

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

*Θεωρητική και Πειραματική Μελέτη των Τοπικών Εδαφικών Συνθηκών
με Στόχο την Αξιολόγηση και Αναμόρφωση
των Σεισμικών Δράσεων Σχεδιασμού του ΕΑΚ*

Ε.Π.20300 - ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΩΝ Α.Π.Θ.

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής
Εργαστήριο Εδαφομηχανικής & Θεμελιώσεων

Επιστημονικώς Υπεύθυνος: Καθηγητής Κυριαζής Πιτιλάκης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΜΑΡΤΙΟΣ 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 1.2 ΣΤΟΧΟΣ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
- 1.3 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
- 1.4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
- 1.5 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

- 2.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 2.2 ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
- 2.3 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ
- 2.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
- 2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

- 3.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 3.2 ΠΗΓΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
- 3.3 ΒΑΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
- 3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ - ΣΧΗΜΑΤΑ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ
ΕΡΕΥΝΩΝ**

- 4.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 4.2 ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ
- 4.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ
- 4.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΒΑΣΙΚΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
- 4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

- 5.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 5.2 ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ
- 5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
- 5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ
- 5.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

- 6.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 6.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ
- 6.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ
 - 6.3.1 *Παραμετρικές ανάλυσεις βάσει των εδαφικών κατηγοριών του EC8 – ENV1998*
 - 6.3.2 *Παραμετρικές αναλύσεις αργιλικών, αμμωδών και μικτών εδαφικών ομοιομάτων*
 - 6.3.3 *Παραμετρικές αναλύσεις για τη μελέτη επιρροής εδαφικών στρώσεων μικρής
ακαμψίας και πάχους*
- 6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 6.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ
ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ**

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

7.2 ΒΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

7.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

7.4 ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

7.5 ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

7.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

8.2 ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.3 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΠΙΝΑΚΕΣ – ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα έκθεση συντάσσεται με την ολοκλήρωση του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης με θέμα “*Θεωρητική και Πειραματική Μελέτη των Τοπικών Εδαφικών Συνθηκών με Στόχο την Αξιολόγηση και Αναμόρφωση των Σεισμικών Δράσεων Σχεδιασμού του ΕΑΚ*” (Επιτροπή Ερευνών Α.Π.Θ. - Ε.Π.20300), το οποίο εντάσσεται στην 4^η ενότητα του συντονισμένου προγράμματος του Ο.Α.Σ.Π. “*Εδαφική Ενίσχυση, Εδαφική Αστοχία, Αλληλεπίδραση Εδάφους Κατασκευής*”

Η υποβολή της τελικής έκθεσης στον Ο.Α.Σ.Π. αποτελεί καταληκτική υποχρέωση του Επιστημονικώς Υπευθύνου του Προγράμματος, όπως αυτό ορίζεται στο Άρθρο 5 της σύμβασης ανάθεσης του έργου, που υπογράφηκε στην Αθήνα και στα γραφεία του Ο.Α.Σ.Π. στις 5 Δεκεμβρίου 2000. Σε αυτή περιλαμβάνονται συγκεντρωτικά στοιχεία για το σύνολο των ερευνών και των μελετών που πραγματοποιήθηκαν, τα οποία ανακεφαλαιώνουν και συμπληρώνουν τα όσα έχουν περιληφθεί στις δύο τακτικές και στην ετήσια έκθεση προόδου που προηγήθηκαν (Α΄ Τακτική – Οκτώβριος 2001, Ετήσια – Φεβρουάριος 2002 και Β΄ Τακτική – Αύγουστος 2002). Κύριος στόχος είναι η παρουσίαση του επιστημονικού απολογισμού του Προγράμματος, του βαθμού επιτυχίας σε σχέση με τους αρχικούς στόχους, των προβλημάτων

που εμφανίστηκαν, καθώς επίσης και των προτάσεων για τον τρόπο αξιοποίησης των τελικών αποτελεσμάτων. Υποβάλλεται τέλος ο Οικονομικός Απολογισμός του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, ο οποίος περιέχει τις δαπάνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα (Μάρτιος 2003) για την εκπόνησή του.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Την τελευταία δεκαετία γίνεται ολοένα και περισσότερο ορατή η απόσταση που χωρίζει τη συνήθη πρακτική των μηχανικών και την έρευνα που διεξάγεται στα ζητήματα που πραγματεύονται οι αντισεισμικοί κανονισμοί. Η επισήμανση απλώς και μόνο της ύπαρξης αλληλεπίδρασης εδάφους και ισχυρής κίνησης είναι κοινός τόπος. Για το λόγο αυτό, οι στόχοι του συγκεκριμένου Ερευνητικού Προγράμματος - Μελέτης δεν περιορίζονται μόνο στην ανάδειξη των παραμέτρων εκείνων που ενδυνάμει επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης και την κατανόηση της φυσικής των περίπλοκων φαινομένων που συνοδεύουν την επίδραση εδάφους – εδαφικών σχηματισμών (στρωματογραφία) και σεισμικής διέγερσης, αλλά αφορούν κυρίως στην ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης (μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, δεσπόζουσα περίοδος, διάρκεια διέγερσης, κ.α.) και τη σύνθεση και συστηματοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας, με τρόπο ώστε να μπορούν να συμπεριληφθούν στους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, στο ερευνητικό έργο περιλήφθηκαν οι παρακάτω ερευνητικές εργασίες:

α. Καθορισμός των κατηγοριών των εδαφών

Βασίστηκε στην αξιοποίηση βάσης δεδομένων του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ., η οποία εμπλουτίστηκε και συσχετίστηκε με διαθέσιμα δεδομένα από διεθνείς συνεργασίες και τη διεθνή βιβλιογραφία. Ειδικότερα για τον καθορισμό των κατηγοριών των εδαφών πραγματοποιήθηκαν τα εξής:

- οργάνωση, διαχείριση και αξιολόγηση δεδομένων που αφορούν προσδιορισμένες μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες σε μεγάλο πλήθος διαφορετικών γεωϋλικών, που συναντώνται στην ελληνική επικράτεια (στον χάρτη του Σχήματος 1.1 έχουν

επισημανθεί οι θέσεις όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες)

- στατιστική επεξεργασία όλων των δεδομένων.
- προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών σε διακριτές κατηγορίες με βάση τη στρωματογραφία και τις φυσικές και δυναμικές τους ιδιότητες.
- τελική πρόταση (στα πλαίσια του ΕΑΚ2000 και του EC8), μετά την ολοκλήρωση της μελέτης της σεισμικής απόκρισης.

β. Εκτίμηση συντελεστών ενίσχυσης των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης και ελαστικών φασμάτων απόκρισης σχεδιασμού

Βασίστηκε στην αξιοποίηση αρχείου σεισμικών καταγραφών του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ. καθώς επίσης και άλλων ευρωπαϊκών και διεθνών βάσεων δεδομένων καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης. Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης πραγματοποιήθηκε με:

- επιλογή και επεξεργασία των καταγραφών για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής.
- εφαρμογή ενόργανων μεθόδων προσδιορισμού της σεισμικής απόκρισης και φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους διαμέσου της συσχέτισής τους με την εδαφική δομή.
- θεωρητικές προσομοιώσεις της ισχυρής κίνησης για δεδομένες κατηγορίες εδαφικών σχηματισμών.

1.3 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Το Ερευνητικό Πρόγραμμα – Μελέτη είχε διάρκεια 24 μήνες και χωρίστηκε σε δύο ετήσια στάδια. Για το καθένα από αυτά και προκειμένου να οργανωθούν καλύτερα οι εργασίες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και να μεγιστοποιηθούν τα αποτελέσματα της έρευνας στα στενά χρονικά περιθώρια του προγράμματος και στο χαμηλό του προϋπολογισμό, τέθηκε εξ' αρχής συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα εργασιών, το οποίο συμπεριλαμβάνεται και στο Παράρτημα Ι της σύμβασης ανάθεσης:

1^ο ΈΤΟΣ

- Προγραμματισμός εργασιών *(1^{ος} – 2^{ος} μήνας)*
- Συλλογή, αξιολόγηση και επιλογή, ανάλογα με τις ανάγκες του προγράμματος, δεδομένων από τις γεωφυσικές και γεωτεχνικές έρευνες και καταγραφών σεισμών σε δίκτυα επιταχυνσιογράφων *(1^{ος} – 8^{ος} μήνας)*
- Συλλογή και επεξεργασία αναφορών από τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία και αρθρογραφία *(6^{ος} – 8^{ος} μήνας)*
- Κατάταξη όλων των διαθέσιμων στοιχείων – πρώτη φάση κατηγοριοποίησης των εδαφών *(9^{ος} – 10^{ος} μήνας)*
- Ορισμός σχέσεων συσχέτισης μεταξύ διαφόρων βασικών γεωτεχνικών παραμέτρων και δοκιμών *(10^{ος} – 11^{ος} μήνας)*
- Ετήσια έκθεση προόδου *(12^{ος} μήνας)*

2^ο ΈΤΟΣ

- Υπολογισμός με θεωρητικές και ενόργανες τεχνικές της σεισμικής απόκρισης σε διαφορετικές περιπτώσεις τοπικών εδαφικών συνθηκών *(13^{ος} – 19^{ος} μήνας)*
- Συμπεράσματα, αξιολόγηση και φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τελική φάση κατηγοριοποίησης εδαφών *(18^{ος} – 20^{ος} μήνας)*
- Καθορισμός συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης για κάθε μια από τις κατηγορίες εδάφους σε σχέση με την επιτάχυνση στο βράχο *(21^{ος} μήνας)*
- Καθορισμός κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης για κάθε μία από τις κατηγορίες εδάφους *(21^{ος} – 22^{ος} μήνας)*
- Καθορισμός αντιπροσωπευτικών συνθετικών επιταχυνσιογραφημάτων για κάθε εδαφική κατηγορία *(22^{ος} – 23^{ος} μήνας)*
- Σύνθεση του ερευνητικού έργου *(23^{ος} – 24^{ος} μήνας)*

Τονίζεται, ότι με τη λήξη της συμβατικής 24μηνιαίας περιόδου για την ολοκλήρωση του προγράμματος, ζητήθηκε και δόθηκε τελικά από τον Ο.Α.Σ.Π. τρίμηνη παράταση για την

υποβολή της τελικής έκθεσης. Η μικρή καθυστέρηση που παρατηρήθηκε, οφείλεται στην επί διμήνο κατάληψη της Πολυτεχνικής Σχολής κατά τη διάρκεια των φοιτητικών κινητοποιήσεων Μαΐου-Ιουνίου 2001, οπότε και αναστάλησαν όλες οι λειτουργίες του Εργαστηρίου.

1.4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η τεχνική έκθεση, με την οποία γίνεται η παρουσίαση του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, απαρτίζεται από την Εισαγωγή (Κεφ. 1) και οκτώ Κεφάλαια (Κεφ. 2 – 9).

Στο *Κεφάλαιο 2*, παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής δεδομένων από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες στην Ελλάδα και το εξωτερικό. Αναλύονται οι αρχές και τα κριτήρια βάσει των οποίων έγινε η αξιολόγηση και η τελική επιλογή τους και δίνονται στοιχεία για τις βασικές πηγές πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, γίνεται αναλυτική περιγραφή των περιεχομένων της “*Βάσης Δεδομένων Γεωτεχνικών – Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια*”, η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό την καλύτερη δυνατή οργάνωση και αξιοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων και αποτέλεσε πολύτιμο εργαλείο για την εκπλήρωση των βασικών στόχων του Προγράμματος.

Στο *Κεφάλαιο 3*, παρουσιάζεται το στάδιο εργασιών που αφορά στη συλλογή, αξιολόγηση και επιλογή σεισμικών καταγραφών. Γίνεται αναφορά για τις σχετικές βάσεις δεδομένων που είναι διαθέσιμες κυρίως μέσω του διαδικτύου καθώς και για τη βάση σεισμικών καταγραφών που οργανώθηκε ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις του Ερευνητικού Προγράμματος, αλλά και μελλοντικές ανάγκες του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ. Σε αυτή αρχειοθετήθηκε το σύνολο των επιταχυνσιογραφημάτων που τελικά επιλέχθηκαν και τα προϊόντα της επεξεργασίας τους (φάσματα απόκρισης και φασματικοί λόγοι) σε ψηφιοποιημένη μορφή.

Στο *Κεφάλαιο 4*, αναλύεται το βασικό στάδιο εργασιών του πρώτου έτους, που στοχεύει στην αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες και την κατάλληλη στατιστική επεξεργασία τους ώστε να προταθούν τελικά συγκεκριμένες εδαφικές κατηγορίες (προκαταρκτική κατηγοριοποίηση). Παράλληλα, διερευνάται θεωρητικά το θέμα της εδαφικής κατηγοριοποίησης σε επίπεδο ελληνικών και διεθνών κανονισμών και δημοσιεύσεων. Αντικείμενο του συγκεκριμένου κεφαλαίου αποτελεί τέλος και η προσπάθεια συσχέτισης βασικών δυναμικών ιδιοτήτων με αποτελέσματα γεωτεχνικών δοκιμών, με την

οποία ολοκληρώνονται ουσιαστικά οι εργασίες του πρώτου έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης.

Στο *Κεφάλαιο 5*, παρουσιάζεται η διαδικασία και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των σεισμικών καταγραφών, με την οποία γίνεται εισαγωγή σε ένα από τα βασικά αντικείμενα εργασιών του δεύτερου έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, που αφορά στην εκτίμηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης σε διαφορετικές περιπτώσεις τοπικών εδαφικών συνθηκών. Η επεξεργασία των καταγραφών συνίσταται από τον υπολογισμό των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής της και την εφαρμογή ενόργανων μεθόδων (υπολογισμός κλασσικού φασματικού λόγου *SSR* και φασματικού λόγου της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης *H/V*) και τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους διαμέσου συσχέτισής τους με την εδαφική δομή.

Στο *Κεφάλαιο 6*, περιγράφεται μία από τις βασικές ενότητες εργασιών, που περιλαμβάνει τη θεωρητική προσομοίωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης και την ανάδειξη και μελέτη των βασικών παραμέτρων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Αρχικά, γίνεται βαθμονόμηση των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων και ελέγχεται η αξιοπιστία των μονοδιάστατων αναλύσεων με χρήση ισοδύναμα γραμμικών μοντέλων. Γίνεται επίσης αναλυτική παρουσίαση των εδαφικών ομοιωμάτων που διαμορφώθηκαν και των δεδομένων των θεωρητικών αναλύσεων, και τέλος παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα και παρατηρήσεις που προκύπτουν από τη μελέτη τους.

Βασικό αντικείμενο του *Κεφαλαίου 7*, αποτελεί η παρουσίαση της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, στα πλαίσια της τελικής πρότασης εδαφικών κατηγοριών και του καθορισμού συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε μία από τις προτεινόμενες κατηγορίες εδάφους. Παρατίθενται στοιχεία που αφορούν στην οργάνωση του συνόλου των αποτελεσμάτων σε κατάλληλα διαμορφωμένη βάση δεδομένων και γίνεται αξιολόγηση και τεκμηρίωσή τους μέσω μίας διαδικασίας σύγκρισης τόσο με διατάξεις αντισεισμικών κανονισμών, όσο και με ενόργανες καταγραφές.

Στο *Κεφάλαιο 8*, γίνεται η σύνθεση των αποτελεσμάτων από τα επί μέρους στάδια εργασιών του Ερευνητικού Προγράμματος και παρουσιάζονται οι τελικές προτάσεις σχετικά με την εδαφική κατηγοριοποίηση, τους συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής

επιτάχυνσης σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στο βράχο και τα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης. Γίνεται επίσης ο απολογισμός του Ερευνητικού Έργου και εκτιμάται ο βαθμός υλοποίησης των αρχικών στόχων σε σχέση με τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Τέλος, στο *Κεφάλαιο 9* παρουσιάζονται τα οικονομικά στοιχεία του Προγράμματος, που περιλαμβάνουν τις δαπάνες που πραγματοποιήθηκαν για την εκπόνησή του.

1.5 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

Επιστημονικώς υπεύθυνος του Ερευνητικού Προγράμματος ήταν ο Κ. Πιτιλάκης, Καθηγητής του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ. Η επιστημονική ερευνητική ομάδα απαρτίστηκε από τους κάτωθι ερευνητές – μελετητές:

- Α. Αναστασιάδη, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό, Επίκουρο Ερευνητή του Ινστιτούτου Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (ΙΤΣΑΚ).
- Δ. Ραπτάκη, Δρ. Γεωφυσικής και Τεχνικής Σεισμολογίας του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ.
- Κ. Μάκρα, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ.

Η επιστημονική ερευνητική ομάδα είχε υπό την επίβλεψη και συνεργάστηκε άμεσα με το ερευνητικό προσωπικό του εργαστηρίου, δίνοντας συνεχείς κατευθύνσεις και ελέγχοντας την πορεία των εργασιών. Το ερευνητικό προσωπικό κατά τη διάρκεια του προγράμματος απαρτίστηκε από τους:

- Χ. Γκαζέπη, Πολ. Μηχανικό Α.Π.Θ., Μ.Δ.Ε. στον Αντισεισμικό Σχεδιασμό Τεχνικών Έργων. Βασικός ερευνητής, ο οποίος επωμίσθηκε όλο το βάρος τόσο της έρευνας αυτής καθ' εαυτής, όσο και της σύνταξης των τεχνικών εκθέσεων και γενικά της επιτυχούς ολοκλήρωσής του Προγράμματος.
- Ε. Γρηγοριάδου, Πολ. Μηχανικό Α.Π.Θ., Μ.Δ.Ε. στον Αντισεισμικό Σχεδιασμό Τεχνικών Έργων.
- Δ. Μάνου, Πολ. Μηχανικό Α.Π.Θ.

Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες σε όλους τους επιστήμονες και ερευνητές στην Ελλάδα και το εξωτερικό, που διέθεσαν πολύτιμα στοιχεία. Ενδεικτικά αναφέρονται οι *Ambraseys N., Faccioli E., Kudo K., Μπουκοβάλας Γ.*



Σχήμα 1.1: Χάρτης περιοχών στην ελληνική επικράτεια, με διαθέσιμα στοιχεία από γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες.

2. ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Βάσει του αντικειμένου και των στόχων του Ερευνητικού Προγράμματος, όπως αυτοί αναλύθηκαν στο *Κεφ.1* της παρούσας έκθεσης, θεωρείται βασικής σημασίας η συλλογή αξιόπιστων δεδομένων από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες, τα οποία σε συνδυασμό με τις σεισμικές καταγραφές αποτέλεσαν τα βασικά εργαλεία μελέτης. Οι αρχές και τα κριτήρια, βάσει των οποίων έγινε η αξιολόγηση και η επιλογή τους, τέθηκαν έπειτα από τη θεωρητική διερεύνηση του θέματος της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στη διαμόρφωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης, μέσω της μελέτης πλούσιου βιβλιογραφικού υλικού γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα. Μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στο να γίνει κατανοητό το πώς αντιμετωπίζουν οι διάφοροι αντισεισμικοί κανονισμοί το πρόβλημα της εδαφικής κατηγοριοποίησης και καταλήγουν στην πρόταση φασμάτων απόκρισης σχεδιασμού.

Διαπιστώθηκε πολύ γρήγορα, ότι το βασικό μειονέκτημα όλων των αντισεισμικών κανονισμών στο θέμα της κατηγοριοποίησης των εδαφών και των εδαφικών συνθηκών είναι η έλλειψη αξιόπιστων καταγραφών σε θέσεις με πλήρη γνώση των εδαφοδυναμικών ιδιοτήτων των εδαφών. Συνηθέστατα η κατάταξη της κάθε καταγραφής ισχυρής εδαφικής κίνησης σε κάποια γενική κατηγορία εδάφους (βράχος, σκληρό έδαφος, μαλακό έδαφος) γίνεται με τελείως

συνοπτικό τρόπο, βάσει απλά και μόνο μίας γενικής γεωλογικής εικόνας της περιοχής. Επίσης, ένα εξίσου βασικό μειονέκτημα είναι η έλλειψη ταυτόχρονων καταγραφών σε εδαφικές αποθέσεις και σε γειτονική έξαρση βραχώδους υποβάθρου, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η ενίσχυση του εδαφικού κραδασμού.

Αποτέλεσμα αυτής της έλλειψης στοιχείων και της συνοπτικής περιγραφής των εδαφικών συνθηκών είναι η σύνθεση και στατιστική επεξεργασία ανομοιογενών καταγραφών και η εξαγωγή “μέσων τιμών” που περιγράφουν με ελλειπτικό τρόπο την πραγματικότητα, ενώ και η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σχετικά με την εδαφική ενίσχυση προσκρούει σε αξιέπραστες δυσκολίες.

Το γεγονός αυτό έχει συνειδητοποιηθεί από τη διεθνή κοινότητα και ήδη έχουν ξεκινήσει εκτεταμένα προγράμματα γεωτεχνικής τεκμηρίωσης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στις θέσεις σταθμών επιταχυνσιογράφων (π.χ. πρόγραμμα ROSRINE στις Η.Π.Α). Στην Ιαπωνία έχει ήδη πραγματοποιηθεί μία πλήρης γεωτεχνική περιγραφή όλων των σταθμών του πυκνότερου δικτύου K-NET. Εκτενής σχολιασμός του σημαντικού αυτού θέματος γίνεται σε άρθρα και ομιλίες κατόπιν προσκλήσεως, του Επιστημονικώς Υπευθύνου του παρόντος προγράμματος ^[29,31,32,33], όπως και άλλων γνωστών ερευνητών (π.χ *Bard, P.Y.* ^[4]).

Αγνοώντας αρχικά το πρόβλημα της έλλειψης ταυτόχρονων καταγραφών, αυτό που τελικά έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι η συστηματική ανάλυση καταγραφών ευρέως φάσματος τιμών κορυφαίας εδαφικής επιτάχυνσης ($PGA 0,1 \div 0,8g$) σε ποικιλία εδαφικών συνθηκών, όπου όμως οι γεωτεχνικές - εδαφοδυναμικές παράμετροι είναι κατά το δυνατόν πλήρως γνωστές. Η απλή κατηγοριοποίηση των εδαφών από ένα μεγάλο στατιστικό δείγμα με βάση απλά και μόνο τις φυσικές και μηχανικές - δυναμικές τους ιδιότητες δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία. Είναι οπωσδήποτε ενισχυτική των τελικών συμπερασμάτων, όμως το βασικό είναι να έχουμε ταυτοχρόνως και καλές καταγραφές ισχυρής εδαφικής κίνησης στις θέσεις γεωτεχνικών πληροφοριών.

Επομένως, αποφασίστηκε πως δεν έχει ουσιαστικό όφελος η άκριτη συλλογή δεδομένων από το τεράστιο πλήθος γεωτεχνικών ερευνών που έχουν γίνει κατά καιρούς στην ελληνική επικράτεια. Αυτό που κυρίως μας ενδιαφέρει είναι η επιλογή συγκεκριμένων θέσεων, στις οποίες θα είναι πλήρως εξακριβωμένες οι εδαφικές συνθήκες (γεωτεχνικές – εδαφοδυναμικές παράμετροι) και επιπλέον θα υπάρχουν διαθέσιμες σεισμικές καταγραφές.

2.2 ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η συλλογή και επιλογή γεωτεχνικών πληροφοριών έγινε με τις προϋποθέσεις και προδιαγραφές που προαναφέρθηκαν. Οι συστηματικότερες γεωτεχνικές έρευνες με εκτίμηση δυναμικών ιδιοτήτων εδαφών προέρχονται από τις εξής γενικές πηγές πληροφοριών:

- Μικροζωνικές μελέτες στην Ελλάδα και το εξωτερικό.
- Ειδικές μελέτες μεγάλων τεχνικών έργων στην Ελλάδα και το εξωτερικό.
- Γεωτεχνικές - γεωφυσικές μελέτες σε θέσεις όπου προϋπάρχουν καταγραφές της ισχυρής εδαφικής κίνησης.
- Ειδικά πεδία δοκιμών για τη μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στην Ελλάδα και το εξωτερικό.
- Κατακόρυφα δίκτυα επιταχυνσιογράφων (Downhole Arrays).
- Δίκτυα K-NET, KIK-NET (Japan).
- Πρόγραμμα ROSRINE (USA).

Σε γενικές γραμμές αποφασίστηκε για ευνόητους λόγους να χρησιμοποιηθούν κατά βάση οι θέσεις και οι πληροφορίες από την Ελλάδα. Οι αντίστοιχες πληροφορίες από το εξωτερικό χρησιμοποιήθηκαν για τον απαραίτητο εμπλουτισμό του δείγματος.

Ακολουθεί κατάλογος με τις μικροζωνικές και άλλες μελέτες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων από τον ελλαδικό χώρο:

- Μικροζωνική Μελέτη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Κοζάνης ^[13]
- Μικροζωνική Μελέτη Λάρισας ^[9]
- Μικροζωνική Μελέτη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Βόλου – Ν. Ιωνίας ^[12]
- Μικροζωνική Μελέτη της Πλειόσειστης Περιοχής των Νομών Κοζάνης – Γρεβενών ^[10]
- Μικροζωνική Μελέτη της Ευρύτερης Αστικής Περιοχής Λεμεσού ^[14]
- Μικροζωνική Μελέτη Θεσσαλονίκης ^[1]
- Μικροζωνική Μελέτη Καλαμάτας ^[36]
- Euroseistest (Βόλβη – Θεσσαλονίκη) ^[28]

- Στερεωτικά προβλήματα της θεμελίωσης της οχύρωσης της μεσαιωνικής πόλης της Ρόδου ^[11]
- Μελέτη της επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στις ενόργανες καταγραφές του εθνικού δικτύου επιταχυνσιογράφων (Πάτρα, Πύργος, Λευκάδα, Αργοστόλι, Κυπαρισσία, Αλμυρός, Έδεσσα) ^[25]
- Γεωτεχνική έρευνα πόλης Αιγίου ^[37]
- CORSEIS: An Integrated Study of Seismic Hazard Assessment in the Area of Aigion Gulf of Corinth, Greece ^[15, 16]
- Μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών, της γεωμορφολογίας και της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους – θεμελίωσης – ανωδομής στις ενόργανες καταγραφές του εθνικού δικτύου επιταχυνσιογράφων (Αθήνα) ^[26].

2.3 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ

Για την καλύτερη οργάνωση, αξιολόγηση και αξιοποίηση των δεδομένων που προκύπτουν από το μεγάλο αριθμό γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών που έχουν γίνει στα πλαίσια των παραπάνω μελετών, δημιουργήθηκε η “*Βάση Δεδομένων Γεωτεχνικών – Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια*”. Πρόκειται για βάση δεδομένων, ενδεικτικό απόσπασμα της οποίας παρουσιάζεται στο *Σχήμα 2.1*, η οποία έχει διαμορφωθεί σε περιβάλλον *Excel* και περιλαμβάνει στοιχεία και πληροφορίες (με κωδικοποιημένη ή αριθμητική μορφή) από μεγάλο πλήθος γεωτρήσεων σε διάφορες θέσεις στην ελληνική επικράτεια. Πιο συγκεκριμένα, περιέχονται στοιχεία αναφορικά με:

- την περιοχή και την ακριβή θέση γεωτεχνικής – γεωφυσικής έρευνας.
- τη στρωματογραφία (πάχος και βάθος σχηματισμών, βάθος βραχώδους υποβάθρου) που αναγνωρίστηκε.
- τους τύπους εδαφών που συναντήθηκαν (διάφοροι τύποι αργίλων, άμμων και ιλύων, μίγματα εδαφών, μάργες, κροκαλοπαγή, διάφορες μορφές βράχων κ.α.). Λόγω της μεγάλης ποικιλίας εδαφών η περιγραφή τους γίνεται κωδικοποιημένα (δευτερεύων χαρακτηρισμός + πρωτεύων χαρακτηρισμός + προσθήκες)

- την κατάταξή τους στο διεθνές σύστημα USCS.
- τις δυναμικές ιδιότητες και ειδικότερα την ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων Vs, όπως αυτή έχει προκύψει από μια σειρά γεωφυσικών διασκοπήσεων (Cross-Hole, Down-Hole κ.α.) και τις καμπύλες μεταβολής $G/G_0 - \gamma - D$ %.
- τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που έχουν υπολογιστεί από επί-τόπου και εργαστηριακές δοκιμές (αριθμός κτύπων $N_{SPT,30}$, δείκτης πλαστικότητας PI, αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u).

Οι παραπάνω ιδιότητες είναι και αυτές που κατά κύριο λόγο, άλλες σε μικρό και άλλες σε μεγαλύτερο βαθμό, χρησιμοποιούνται στους σύγχρονους κανονισμούς για την κατάταξη των εδαφών, όπως θα αναφερθεί εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο. Υπ' αυτό το σκεπτικό, προχώρησε η αξιολόγηση και στατιστική επεξεργασία τους ώστε να προκύψει η προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών της ελληνικής επικράτειας σε διακριτές κατηγορίες.

Συγκεντρωτικά και αναλυτικά στοιχεία για τα περιεχόμενα της βάσης δεδομένων παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.1 και 2.2, αντίστοιχα. Χαρακτηριστικά, μπορεί να αναφερθεί ότι επί συνόλου 95 γεωτρήσεων σε διάφορες θέσεις (σε 34 από τις οποίες υπάρχουν εγκατεστημένοι επιταχυνσιογράφοι), έχουν καταγραφεί:

- η στρωματογραφία σε συνολικό μήκος **5050 m**, εκ των οποίων στα 4700 m έχουν καταγραφεί τα ακριβή στοιχεία των διατρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί και στα υπόλοιπα 350 m έχει γίνει εκτίμησή της (σε θέσεις όπου αυτό ήταν δυνατό, με βάση κυρίως τη γνώση των γεωλογικών – γεωτεχνικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή έρευνας).
- οι ταχύτητες διατμητικών κυμάτων Vs σε συνολικό μήκος **3200 m**, εκ των οποίων στα 2360 m έχουν καταγραφεί τα ακριβή αποτελέσματα γεωφυσικών διασκοπήσεων (Cross-Hole, Down-Hole κ.α) και στα υπόλοιπα 840 m έχει γίνει εκτίμησή τους (με βάση κυρίως τα αποτελέσματα των δοκιμών πρότυπης διείδυσης και τη χρήση σχέσεων συσχέτισης Vs - N_{SPT}).
- τα αποτελέσματα από (περίπου): **1500** δοκιμές πρότυπης διείδυσης (SPT), **600** δοκιμές προσδιορισμού του δείκτη πλαστικότητας (PI) συνεκτικών εδαφών και **200** δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης.

- τα αποτελέσματα **100** περίπου ειδικών δοκιμών εδαφοδυναμικής.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ο βαθμός αξιοπιστίας των δεδομένων που έχουν καταγραφεί και κυρίως αυτών που αφορούν στις ταχύτητες Vs δεν είναι ο ίδιος, καθώς κάποια από αυτά προήλθαν από προσεγγιστικές εκτιμήσεις (όπως ήδη αναφέρθηκε) και άλλα (λίγα στον αριθμό) από δοκιμές στις οποίες δεν ακολουθήθηκαν οι διεθνείς σχετικές προδιαγραφές, όπως για παράδειγμα οι δοκιμές Cross-Hole στην Καλαμάτα, όπου ως πηγή γένεσης διατμητικών κυμάτων χρησιμοποιήθηκε ο δειγματολήπτης Terzaghi των δοκιμών SPT. Σε κάθε περίπτωση, οι διάφορες ιδιαιτερότητες έχουν επισημανθεί και καταγραφεί στη βάση δεδομένων και η χρήση των διαφόρων στοιχείων έχει γίνει έπειτα από αυστηρή αξιολόγηση.

Στη βάση δεν έχουν καταγραφεί τα πλήρη στοιχεία από τη μικροζωνική μελέτη Θεσσαλονίκης και το πρόγραμμα Euroseistest, παρά μόνο ενδεικτικά δεδομένα σε επιλεγμένες θέσεις (κυρίως σε αυτές όπου υπάρχουν επιταχυνσιογράφοι). Αυτό έγινε καθότι στις συγκεκριμένες περιοχές έχει προηγηθεί ένα μεγάλο πλήθος αναλυτικών ερευνών και μελετών που κατέληξαν στη σύνθεση γεωτεχνικών χαρτών και στην ταξινόμηση των βασικών εδαφικών σχηματισμών σε διακριτές κατηγορίες, ανάλογα με τις γεωτεχνικές και γεωφυσικές τους ιδιότητες (Anastasiadis et al. ^[1]; Raptakis et al. ^[34]). Προκειμένου λοιπόν ν' αποφευχθεί η χρονοβόρος διαδικασία καταγραφής όλων των πρωτογενών πληροφοριών, χρησιμοποιήθηκαν τα υπάρχοντα αποτελέσματα εδαφικής κατηγοριοποίησης.

Λόγω της απλής μορφής και της ευκολίας εισαγωγής δεδομένων, η βάση που δημιουργήθηκε είναι δυνατό να εξελιχθεί και να βελτιωθεί μελλοντικά (για παράδειγμα μέσω πιθανής σύνδεσης της με κάποιο γραφικό πρόγραμμα) και μπορεί να εμπλουτίζεται συνεχώς από διαθέσιμα στοιχεία εν εξελίξει μελετών (π.χ., ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα CORSEIS στο Αίγιο, γεωτεχνικές - γεωφυσικές έρευνες από την Αθήνα κ.α.). Στόχος είναι να καλυφθεί κατά το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής επικράτειας, ώστε να συμπεριληφθούν όσο γίνεται μεγαλύτερο πλήθος γεωυλικών που συναντώνται στη χώρα μας. Αυτό βέβαια παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς αν και υπάρχει μεγάλος αριθμός γεωτεχνικών μελετών, αυτές δεν μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως από τη στιγμή που είναι περιορισμένος ο αριθμός των γεωφυσικών διασκοπήσεων και επιπλέον, αυτές συνηθέστατα δεν φτάνουν ως το βραχώδες υπόβαθρο. Η εκτέλεση γεωφυσικών ερευνών κρίνεται απαραίτητη, αφού η ακριβής γνώση των δυναμικών ιδιοτήτων αποτελεί βασική προϋπόθεση τόσο για την κατηγοριοποίηση των εδαφών όσο και για την εκτέλεση των αναλύσεων σεισμικής απόκρισης.

2.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

Παράλληλα με τη συλλογή δεδομένων από την ελληνική επικράτεια προχώρησε και η σχετική συλλογή και αξιολόγηση στοιχείων από γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες σε επιλεγμένες θέσεις στο εξωτερικό, με βασικό κριτήριο επιλογής την ύπαρξη διαθέσιμων καταγραφών από τους κυριότερους σεισμούς της τελευταίας εικοσαετίας. Πρόκειται για περιορισμένο αριθμό θέσεων, συγκεντρωτικά στοιχεία για τις οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3. Σε αυτές δεν περιλαμβάνονται, αν και ήταν επιθυμητό, θέσεις από την Τουρκία όπου υπήρξαν καταγραφές των πρόσφατων σεισμών του 1999 (*Kocaeli, Duzce*), καθώς σε αυτές απουσιάζουν πλήρη δεδομένα γεωφυσικών ερευνών, τα οποία στην παρούσα μελέτη θεωρούνται απαραίτητα.

Ιδιαίτερης σημασίας, είναι επίσης τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί από ειδικά πεδία δοκιμών και κατακόρυφα δίκτυα επιταχυνσιογράφων σε όλο τον κόσμο (συγκεντρωτικά στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4), καθώς προέρχονται από συστηματική έρευνα και καλά οργανωμένες μελέτες των τοπικών εδαφικών συνθηκών (*Elgamal et al.*^[8]),

Βασική πηγή άντλησης των παραπάνω δεδομένων, αποτέλεσε ο χώρος του διαδικτύου. Με κριτήριο ότι τα συγκεκριμένα στοιχεία θα πρέπει να είναι άμεσα προσβάσιμα και ελεύθερα προς χρήση, γίνεται παρακάτω αναφορά σε δύο ηλεκτρονικές σελίδες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς αναφέρονται σε δύο εκτεταμένα προγράμματα γεωτεχνικής τεκμηρίωσης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στις θέσεις σταθμών των επιταχυνσιογράφων:

- *Kyoshin Network* (<http://www.k-net.bosai.go.jp>) - *Kiban Kyoshin Network* (<http://www.KiK.bosai.go.jp>) - *National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*: Πρόκειται για την συστηματική συλλογή δεδομένων ισχυρών εδαφικών κινήσεων από το 1996 κι έπειτα, όπως αυτά καταγράφονται από 1000 σταθμούς σε όλη την έκταση της Ιαπωνίας. Για να επιτευχθούν ομοιόμορφες συνθήκες καταγραφής, οι σειсмоγράφοι του δικτύου *K-net* έχουν τοποθετηθεί στο σύνολο τους στο ελεύθερο πεδίο. Το δίκτυο *KiK-net* έχει εγκαταστήσει σε κάποιους από τους παραπάνω σταθμούς, σεισογράφους εντός γεωτρήσεων, σε βάθη που ξεπερνούν τα 100m (downhole arrays).

Το στοιχείο βέβαια που καθιστά την συγκεκριμένη σελίδα ιδιαίτερος χρήσιμη, στα πλαίσια πάντα του Ερευνητικού Προγράμματος, είναι ότι σε κάθε μια από τις θέσεις

όπου έχει τοποθετηθεί σειсмоγράφος, έχουν διερευνηθεί πλήρως οι εδαφικές συνθήκες έως και σε 20m βάθος από την ελεύθερη επιφάνεια, ενώ στις θέσεις όπου υπάρχουν downhole arrays (*KiK-net*), η διερεύνηση έχει προχωρήσει έως και το βάθος στο οποίο είναι εγκατεστημένο το υπόγειο όργανο καταγραφής. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται γεωτεχνική περιγραφή των εδαφικών υλικών, δίνονται αποτελέσματα δοκιμών downhole για την μέτρηση των ταχυτήτων των P και S-κυμάτων και μετρήσεων N_{SPT} ενώ παρουσιάζεται και η μεταβολή της πυκνότητας με το βάθος. Τέλος, για κάθε περιοχή υπάρχει πλήρες μητρώο πληροφοριών, που περιλαμβάνει κωδικό, διεύθυνση σταθμού, γεωγραφικό μήκος και πλάτος, υψόμετρο και ενημερωμένο ημερολόγιο επισκευών και ρυθμίσεων του σειсмоγράφου.

- *ROSRINE – ResOlution of Site Response Issues from the Northridge Earthquake* (<http://geoinfo.usc.edu/rosrine> & <http://rccg03.usc.edu/rosrine>): Η συγκεκριμένη σελίδα αναφέρεται σε μεγάλο ερευνητικό πρόγραμμα που βρίσκεται σε εξέλιξη στις Η.Π.Α. και στοχεύει στην ανάπτυξη μοντέλων εκτίμησης της εδαφικής σεισμικής κίνησης, μέσω της συλλογής και σύνθεσης δεδομένων των εδαφικών συνθηκών σε θέσεις όπου υπάρχουν σταθμοί καταγραφής. Τελικό προϊόν της έρευνας θα είναι η κατασκευή προγράμματος αναλύσεων εδαφικής απόκρισης, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τη συνεισφορά παραμέτρων όπως η σεισμική πηγή, η διαδρομή και οι τοπικές εδαφικές συνθήκες στη διαμόρφωση των τελικών εδαφικών κινήσεων.

Στο αρχικό πλάνο του συγκεκριμένου προγράμματος ήταν η συλλογή δεδομένων μόνο από θέσεις όπου υπήρχαν καταγραφές κατά το σεισμό του Northridge το 1994. Πρόσφατα όμως άρχισε η εξέταση και άλλων περιοχών, με αποτέλεσμα αυτή τη στιγμή να υπάρχουν δεδομένα για περισσότερες από 50 θέσεις. Ο χαρακτηρισμός των εδαφών συνίσταται στην εκτέλεση γεωλογικών, γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών στις διάφορες θέσεις σε βάθη που πολλές φορές ξεπερνούν και τα 100m και στη συλλογή περίπου 50 εδαφικών δειγμάτων από την κάθε μία από αυτές, τα οποία υφίστανται εργαστηριακές “δυναμικές” δοκιμές. Τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται, επεξεργάζονται κατάλληλα και διατίθενται ελεύθερα στην ηλεκτρονική σελίδα του προγράμματος, όπου κάποιος μπορεί να επιλέξει την επιθυμητή περιοχή και να βρει στοιχεία αναφορικά με τη λιθολογία, τη γεωτεχνική περιγραφή, την κατάταξη των εδαφικών υλικών στο USCS, τους κτύπους N_{SPT} , τις ταχύτητες των P και S-κυμάτων

καθώς τέλος και γενικότερα σχόλια για την τοπογραφία, την ύπαρξη υφιστάμενων κατασκευών και τη θέση του οργάνου καταγραφής.

Για το σύνολο των θέσεων καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης στην Ελλάδα και το εξωτερικό, όπου έχουν εξακριβωθεί πλήρως οι εδαφικές συνθήκες (βλ. Πίνακες 2.2-2.4), διαμορφώθηκαν στα πλαίσια του Ερευνητικού Προγράμματος ειδικά αρχεία, στα οποία αποτυπώνονται σχηματικά η εδαφική τομή και η διακύμανση των ταχυτήτων Vs με το βάθος και δίνονται (σε μορφή πίνακα) πληροφορίες σχετικές με τις γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί. Επίσης, περιλαμβάνουν επιταχυνσιογραφήματα, φάσματα απόκρισης και σεισμολογικά στοιχεία από επιλεγμένες καταγραφές, για τις οποίες γίνεται αναλυτική αναφορά στο Κεφ.3 που ακολουθεί. Εικόνα των συγκεκριμένων αρχείων από ενδεικτικές θέσεις παρουσιάζεται στα Σχήματα 2.2-2.3.

2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αναστασιάδης, Α.Ι., Ραπτάκης, Δ.Γ., Πιτιλάκης, Κ.Δ. (2001)
‘Η γνώση της εδαφικής δομής ως αφετηρία στη μικροζωνική μελέτη Θεσ/νίκης
I. Προσδιορισμός εδαφικών προσομοιωμάτων’ *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου
Γεωτεχνικής Μηχανικής, Αθήνα, σ.75-82.*
- [2] Archuleta, R.J., Seale, S.H., Sangas, P.V., Baker, L.M., and Swain, S.T. (1992)
‘Garner valley downhole array of accelerometers: instrumentation and preliminary data
analysis’ *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.82, No.1, pp.1592-1621.*
- [3] Baise, L.G., and Glaser, S.D, (2000)
‘Consistency of ground-motion estimates made using system identification’ *Bull. Seism.
Soc. Am., Vol.90, No.4, pp.993-1009.*
- [4] Bard P-Y. (2001)
‘Ground motion variability and interpretation of sparse strong motion records’ *XVI
ICSME TC4 Satellite Conference on “Lessons Learned from Recent Strong
Earthquakes”, Istanbul, Turkey, pp.113-116.*
- [5] Bouckovalas, G.D., Kouretzis, G.P., Kalogeras, I.S. (2001)
‘Site-specific analysis of strong motion data from the September 7, 1999 Athens, Greece
earthquake’ *Soil Dynamics and Earthquake Engineering (under publication).*
- [6] Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Διεύθυνση Ανάπτυξης ΥΗΕ Έργων, ΚΕΨΕ Κ.
Αλιάκμονα (1994)
‘ΜΥΗΕ Ελεούσας Αξιού’ *1^ο Πρόγραμμα Γεωτεχνικών Ερευνών, Ανάδοχος: Γεώγνωση
Α.Ε.*
- [7] Elgamal, A.W., Zeghal, M., Parra, E., Gunturi, R., Tang, H.T., and Stepp, J.C. (1996)
‘Identification and modeling of earthquake ground response I. Site amplification’ *Soil
Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.15, No.8, pp.499-522.*
- [8] Elgamal, A., Lai, T., Yang, Z., He, L. (2001)
‘Dynamic soil properties, seismic downhole arrays and applications in practice’
*Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances in Geotechnical
Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D.
Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.*
- [9] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (1995)
‘Μικροζωνική μελέτη Λάρισας’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #2744#, Τελική Έκθεση.*

- [10] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (1996)
‘Μελέτη της σεισμικής επικινδυνότητας, γεωτεχνικές μελέτες και μελέτες εδαφικής απόκρισης για τον καθορισμό της οικιστικής καταλληλότητας των πληγέντων κοινοτήτων και οικισμών της πλειόσειστης περιοχής των Νομών Κοζάνης-Γρεβενών’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #8782,8935#, Τελική Έκθεση.*
- [11] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (1998)
‘Στερεωτικά προβλήματα της θεμελίωσης της οχύρωσης της μεσαιωνικής πόλης της Ρόδου’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #8968#, Τελική Έκθεση.*
- [12] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (2000)
‘Μικροζωνική μελέτη πολεοδομικού συγκρ/ματος Βόλου–Ν.Ιωνίας’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #8870#, Τελική Έκθεση.*
- [13] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (2000)
‘Μικροζωνική μελέτη πολεοδομικού συγκροτήματος Κοζάνης’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #4779#, Τελική Έκθεση.*
- [14] Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Α.Π.Θ. (2000)
‘Μικροζωνική μελέτη της ευρύτερης αστικής περιοχής Λεμεσού’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #7428#, Τελική Έκθεση.*
- [15] European Commission, (2001)
‘CORSEIS: An integrated study of seismic hazard assessment in the area of Aigion, Gulf of Corinth, Greece’ *Contract EVG1-CT99-00002, Scientific Work Performed by AUTH, Progress Report # 1.*
- [16] European Commission, (2002)
‘CORSEIS: An integrated study of seismic hazard assessment in the area of Aigion, Gulf of Corinth, Greece’ *Contract EVG1-CT99-00002, Scientific Work Performed by AUTH, Progress Report # 2.*
- [17] Gahayamghamian, M.R., and Kawakami, H. (1996)
‘On the characteristics of non-linear soil response and dynamic soil properties using vertical array data in Japan’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.25, No.1, pp.857-870.*
- [18] Gahayamghamian, M.R., and Kawakami, H. (2000)
‘On-site nonlinear hysteresis curves and dynamic soil properties’ *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.126, No.6, pp.543-555.*

- [19] Gazetas, G. (2001)
‘The 1999 Parnitha (Athens) Earthquake: soil effects on distribution of damage’ *XVI ICSMGE TC4 Satellite Conference on “Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes”*, Istanbul, Turkey.
- [20] Graizer, V., Shakal, A., and Hipley, P. (2000)
‘Recent data recorded from downhole geotechnical arrays’ *SMIP2000 Seminar on Utilization of Strong-Motion Data, Sept.14, Sacramento, California, USA*.
- [21] Iwasaki, Y. (1995)
‘Geological and geotechnical characteristics of Kobe area and strong ground motion records by 1995 Kobe earthquake’ *Tsuchi-to-Kiso, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.43, No.6, pp.15-20*.
- [22] Japanese National Working Group on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion (JESG) (1991)
‘Ashigara valley blind prediction test’ *The Effects of Surface Geology on Seismic Motion*.
- [23] Japanese Geotechnical Society (1996)
‘Special issue on geotechnical aspects of the January 17 1995 Hyogoken-Nambu earthquake’ *Soils and Foundations Journal, January, Tokyo*.
- [24] Olsen, K.B., Nigbor, R.L. and Konno, T. (2000)
‘3D Viscoelastic wave propagation in the upper Borrego valley, California, constrained by borehole and surface data’ *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.90, No.1, pp.134-150*.
- [25] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (1996)
‘Μελέτη της επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών της γεωμορφολογίας και της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους-θεμελίωσης-ανωδομής στις ενόργανες καταγραφές του εθνικού δικτύου επιταχυνσιογράφων’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα #8048#, Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων Α.Π.Θ., Ι.Τ.Σ.Α.Κ., Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Τελική Έκθεση*.
- [26] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας
‘Μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών, της γεωμορφολογίας και της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους – θεμελίωσης – ανωδομής στις ενόργανες καταγραφές του εθνικού δικτύου επιταχυνσιογράφων’ *Ερευνητικό Πρόγραμμα, Ι.Τ.Σ.Α.Κ. (Αναστασιάδης Α., προσωπική επικοινωνία)*.

- [27] Pecker, A. (1995)
‘Validation of small strain properties from recorded weak seismic motions’ *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.14, No.6, pp.399-408.*
- [28] Pitilakis, K.D., (Cord.) (1995)
‘A European test-site for engineering seismology, earthquake engineering and seismology’
Project: EV.5V-CT.93-0281, Euroseistest Final Scientific Report.
- [29] Pitilakis, K.D., Makra, K.A., Anastasiadis, A.J, Raptakis, D.G. (1998)
‘Development and experimental validation of advanced modeling techniques in engineering seismology and earthquake engineering’ *Proceedings of the 2nd Japan-Greece Workshop, Chania, March 16-17.*
- [30] Pitilakis, K., Raptakis, D., Lontzetidis, K., Tika, Th., Jongmans, D. (1999)
‘Geotechnical and geophysical description of Euroseistest, using field, laboratory tests and moderate strong motion recordings’ *Journal of Earthquake Engineering, Vol.3, No.3, pp.381 -409.*
- [31] Pitilakis, K.D., Raptakis, D.G., Makra, K.A., (1999)
Invited lecture: ‘Site Effects: recent considerations and design provisions’ *Proceedings of the 2nd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Lisboa, pp.901-912.*
- [32] Pitilakis, K.D., Makra, K.A., Raptakis, D.G. (2001)
Invited lecture: ‘2D vs. 1D site effects with potential applications to seismic norms: The cases of Euroseistest and Thessaloniki’ *XVI ICSMGE TC4 Satellite Conf. on “Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes”, Istanbul, Turkey, pp.123-133.*
- [33] Pitilakis, K.D. (2001)
Invited lecture: ‘Site effects and engineering practice’ *10th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, SDEE’2001, Philadelphia, USA, Oct 6-10.*
- [34] Raptakis, D.G., Chavez-Garcia, F.J., Makra, K.A., Pitilakis, K.D. (2000)
‘Site effects at Euroseistest – I. Determination of the valley structure and confrontation of observations with 1D analysis’ *Soil Dynamics and Earthq. Engineering, Vol.19, pp.1-22.*
- [35] Sato, K., Higashi, S., Yajima, H., and Sasaki, S. (1998)
‘Ashigara valley test-site, 1D or 2D-3D?’ *The Effects of Surface Geology on Seismic Motion: Recent Progress and New Horizon on ESG Study, Proceedings of the Second International Symposium, Yokohama, Japan, 1-3 Dec., Vol.1, pp.319-340 .*

[36] Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, Δ/νση Ερευνών Εδαφών (1987)

‘Μικροζωνική μελέτη Καλαμάτας’ *Γεωτεχνική Έρευνα και Μελέτη, Τελική Έκθεση.*

[37] Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημόσιων Έργων, Κεντρικό Εργαστήριο Δημόσιων

Έργων, Τμήμα Γεωτεχνικής Μηχανικής (1996)

‘Γεωτεχνική έρευνα πόλης Αιγίου’ *Αθήνα.*`

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
Κωδικός	Περιγραφή	Πηγή Πηγασμάτων	ΑΠΘ θ	ΕΠΣ θ	Πόρος ()	Περιορισμοί	Περιορισμοί	Περιορισμοί	Κενό US CI	Τομήματα (φύλες)	Μήκος, M							
2	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	0,00	2,10	2,10	ΠΣΠ	ΠΣΠ	ΠΣΠ	D8	Cross-Hole	250							
3	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	2,10	9,20	7,10	Α2Β	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Cross-Hole	330							
4	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	2,10	12,80	3,60	ΠΛΑ	ΠΛΑ	ΠΛΑ	SC	Cross-Hole	500					72	75	
5	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	12,80	22,00	9,20	ΠΛΑ	ΜΣΔ	ΜΣΔ	CI	Cross-Hole	520							
6	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	22,00	25,60	3,60	ΕΛΘ	ΠΦΑ	ΜΦΜ	CI	Cross-Hole	470						126	
7	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	25,60	32,70	7,10	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Cross-Hole	800							
8	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	32,70	43,00	10,30	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Cross-Hole	800							
9	Κ02-001	Μεροζ(εσζ)	0,00	25,50	25,50	ΜΑΡ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CH	Cross-Hole	400						83	
10	Κ02-002	Μεροζ(εσζ)	25,50	29,00	3,50	ΑΡΤ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CH	Cross-Hole	400							
11	Κ02-002	Μεροζ(εσζ)	29,00	32,40	3,40	ΛΥ	ΠΛΑΜ (ΠΦΑ)	ΠΛΑΜ	CH	Cross-Hole	580							
12	Κ02-002	Μεροζ(εσζ)	32,40	39,00	5,60	ΑΜΜ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Cross-Hole	580							
13	Κ02-002	Μεροζ(εσζ)	39,00	40,00	2,00	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Cross-Hole	580							
14	Κ02-002	Μεροζ(εσζ)	0,00	10,50	10,50	ΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Cross-Hole	500						122	138
15	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	10,50	16,50	6,00	ΣΥΝ Α2Β	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	910							
16	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	16,50	27,50	11,00	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	SC	Domen-Hole	470						24	
17	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	27,50	32,50	5,00	ΜΣΗ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	SC	Domen-Hole	470						19	
18	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	32,50	34,00	1,50	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	930							
19	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	34,00	40,00	6,00	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	930							
20	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	40,00	47,00	7,00	ΑΠΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	930							
21	Κ02-003	Μεροζ(εσζ)	0,00	2,00	2,00	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	580							
22	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	0,00	3,60	3,60	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	230							
23	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	2,00	3,60	1,60	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	230							
24	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	3,60	4,90	1,30	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
25	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	4,90	15,60	10,70	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	SC	Domen-Hole	560							
26	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	15,60	17,00	1,40	ΠΛΑ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
27	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	17,00	25,70	8,70	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
28	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	25,70	31,50	5,80	ΕΛΘ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
29	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	31,50	35,00	3,50	ΚΕΡ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
30	Κ02-004	Μεροζ(εσζ)	35,00	40,00	5,00	ΚΕΡ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
31	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	0,00	4,60	4,60	Α2Β	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Domen-Hole	230							
32	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	4,60	9,30	4,70	ΑΜΜ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Domen-Hole	230							
33	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	9,30	10,30	1,00	ΑΜΜ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Domen-Hole	560							
34	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	10,30	16,20	5,90	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
35	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	16,20	26,10	9,90	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
36	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	26,10	28,70	2,60	ΧΑΡ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	230							
37	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	28,70	31,50	2,80	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	230							
38	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	31,50	32,30	0,80	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
39	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	32,30	35,00	2,70	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
40	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	35,00	39,80	4,80	ΛΥ	ΠΛΑΜ	ΠΛΑΜ	CI	Domen-Hole	560							
41	Κ02-005	Μεροζ(εσζ)	35,00	45,00	10,00	ΧΑΡ	ΠΦΑ	ΠΦΑ	CI	Domen-Hole	560							
42	Κ02-006	Μεροζ(εσζ)	0,00	1,50	1,50	ΑΡΤ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Domen-Hole	560							
43	Κ02-006	Μεροζ(εσζ)	1,50	4,30	2,80	ΑΡΤ	ΠΜΑ	ΠΜΑ	CI	Domen-Hole	560							

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΜΑΟ	ΜΕ ΑΜΜΟΔΕΙΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ
ΜΠΛ	ΜΕ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΠΛΥΣ
ΜΑΧ	ΜΕ ΑΜΜΟ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΙΑ
ΜΧΛ	ΜΕ ΧΑΛΙΚΙΑ
ΜΚΡ	ΜΕ ΚΡΟΚΑΛΕΣ
ΜΥΦ	ΜΕ ΨΗΦΙΔΕΣ
ΜΑΒ	ΜΕ ΑΣΒΕΣΤΟΛΟΙΚΑ
ΜΚΧ	ΜΕ ΚΟΥΣΙΑ
ΜΟΡ	ΜΕ ΟΡΓΑΝΙΚΑ
ΜΦΤ	ΜΕ ΦΥΤΙΚΑ
ΚΡΚ	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ
ΛΑΥ	ΛΑΥΤΟΠΛΑΓΕΣ
ΚΑΤ	ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΕΜΕΝΟΣ
ΚΕΡ	ΚΕΡΜΑΤΕΜΕΝΟΣ
ΠΦΑ	ΑΠΟΣΦΟΡΜΕΝΟΣ
ΠΜΑ	ΨΑΜΜΙΤΗΣ
ΕΛΘ	ΕΠΙΤΟΝΙΑ ΑΠΟΣΦΟΡΜΕΝΟΣ
ΠΑΒ	ΑΣΒΕΣΤΟΛΟΙΟΣ
ΠΤΡ	ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΕΣ
ΠΤΝ	ΓΝΕΥΣΙΣ
ΕΝΛ	ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ
ΠΟΦ	ΟΦΙΟΛΟΙΟΣ
ΠΠΡ	ΠΕΡΙΩΤΙΠΤΗΣ
ΠΧΛ	ΧΑΛΑΖΙΑΣ
ΠΘΛ	ΘΑΛΑΣΣΑ

Σχήμα 2.1: Βάση Δεδομένων Γεωτεχνικών - Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια. (Ενδεικτικό απόσπασμα)

Πίνακας 2.1: Βάση Δεδομένων Γεωτεχνικών - Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια και την Κύπρο (συγκεντρωτικά στοιχεία)

Περιοχή	Σύνολο Θέσεων	Καταγραφές	Βάθος Βραχ. Υποβάθρου	Vs	N _{SPT}	PI	G/Go – γ - D%
Κοζάνη	17	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Ρόδος	8			✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Λάρισα	4			✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Βόλος	8	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Οικισμοί Ν. Κοζάνης	3	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Οικισμοί Ν. Γρεβενών	4	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Κυπαρισσία	1	✓	✓	✓	✓	✓	
Πύργος	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Πάτρα	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Λευκάδα	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Αργοστόλι	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Αλμυρός	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	
Έδεσσα	1	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Αίγιο	4	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Λεμεσός - Κύπρος	9	✓	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Καλαμάτα	8	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓	
Αθήνα	11	✓	✓	✓	✓	✓	
Βόλβη - Euroseistest	7 ⁽⁴⁾	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ⁽²⁾
Θεσσαλονίκη	2 ⁽⁵⁾	✓	✓ ⁽³⁾	✓	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾
Ελεούσα Αξιού	1			✓	✓	✓	

⁽¹⁾ Σε μία τουλάχιστον θέση

⁽²⁾ Ειδικές δοκιμές εδαφοδυναμικής σε μικρό αριθμό εδαφικών δειγμάτων

⁽³⁾ Εκτίμηση

⁽⁴⁾ Καταγραφή ενδεικτικών δεδομένων σε επιλεγμένες θέσεις και για επιφανειακά εδαφικά στρώματα. Τα συνολικά, αναλυτικά δεδομένα περιλαμβάνονται σε εκθέσεις σχετικών ερευνητικών προγραμμάτων και δημοσιευμένες εργασίες.

⁽⁵⁾ Καταγραφή ενδεικτικών δεδομένων σε επιλεγμένες θέσεις καταγραφών. Τα συνολικά, αναλυτικά δεδομένα περιλαμβάνονται στη *Μικροζωνική Μελέτη Θεσσαλονίκης*.

Πίνακας 2.2: Βάση Δεδομένων Γεωτεχνικών - Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια και την Κύπρο (αναλυτικά στοιχεία γεωτρήσεων – γεωφυσικών διασκοπήσεων)

α/α	Περιοχή	Θέση	Βάθος (m) Διάτρησης	Βάθος (m) Διασκόπησης	Μέθοδος	Παρατηρήσεις
1	Κοζάνη	Αγ. Κωνσταντίνος	43.0	43.0	C-H	Μικροζωνική Μελέτη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Κοζάνης ^[13]
2		Λύκεια	40.0	40.0	C-H	
3		Αλώνια	47.0	40.0	D-H	
4		Νομαρχία	40.0	40.0	D-H	
5		Νότια του Σιδηρ. Σταθμού	54.0	35.0	D-H	
6		Σιδηρ. Σταθμός	45.0	35.0	D-H	
7		Στρ/δο Μακεδονομάχων	25.0	25.0	D-H	
8		ΖΕΠ	40.0	32.0	D-H	
9		Αγ. Αθανάσιος	45.0	45.0	D-H	
10		Κρόκος	45.5	44.0	D-H	
11		Αγ. Γεώργιος	45.0	40.0	D-H	
12		Πλατεία Δημαρχείου	45.0	40.0	D-H	
13		Παύλου Μελά	46.5	35.0	D-H	
14		Έξοδος προς Εθνική Οδό	47.0	35.0	D-H	
15		Σκύρκα	45.5	43.0	D-H	
16		Αγ. Παρασκευή	46.0	30.0	D-H	
17		Γήπεδο	104.0	35.0	D-H	
18	Ρόδος	Προμαχόνας Αγ. Γεωργίου	32.5	30.0	D-H	Στερεωτικά Προβλήματα της Θεμελίωσης της Οχύρωσης της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου ^[11]
19		Προμαχόνας Αγγλίας	30.0	30.0	D-H	
20		Γλώσσα Προβηγίας	32.5	31.5	D-H	
21		Πύλη Αγ. Αικατερίνης	31.0	28.0	D-H	
22		Θαλασσινή Πύλη	31.0	29.0	C-H	
23		Πύλη Ταρσανά	31.5	28.8	C-H	
24		Λουτρά	65.0	4.0 ⁽¹⁾	D-H	
25		Πύργος Ragnac	31.0	30.0	D-H	
26	Λάρισα	Γηροκομείο	30.0	29.5	C-H	Μικροζωνική Μελέτη Λάρισας ^[9]
27		Ορφανοτροφείο	30.0	27.2	C-H	
28		Κεντρική Πλατεία	25.5	24.5	C-H	
29		Πηνεϊός	30.0	29.0	C-H	
30	Βόλος	Πλ. Αγ. Κωνσταντίνου	96.5	85.0	C-H	Μικροζωνική Μελέτη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Βόλου- Ν. Ιωνίας ^[12]
31		Λιμεναρχείο	130	16.0	C-H	
32		Πεδίο Άρεως	70.0	61.2	C-H	
33		Πλ. Ρήγα Φεραίου	90.3	44.0	C-H	
34		Ιωάννου & Γεωργιάδου	42.5	42.2	C-H	
35		Καρτάλη & 28 ^{ης} Οκτωβρίου	49.5	48.0	D-H	
36		Αγ. Νικόλαος	43.5	42.0	C-H	
37		Δωρίδος	41.5	39.0	D-H	

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

α / α	Περιοχή	Θέση	Βάθος (m) Διάτρησης	Βάθος (m) Διασκόπησης	Μέθοδος	Παρατηρήσεις
38	Νομός Κοζάνης	Οικισμός Αιανή	45.0	40.0	D-H	<i>Μικροζωνική Μελέτη της Πλειόσειστης Περιοχής των Νομών Κοζάνης - Γρεβενών^[10]</i>
39		Οικισμός Χρώμιο	45.0	40.0	D-H	
40		Οικισμός Ρύμνιο	45.0	36.0	D-H	
41	Νομός Γρεβενών	Οικισμός Καλόχι	45.0	40.0	D-H	⁽¹⁾ Εκτίμηση εδαφικής τομής έως το βάθος που αναφέρεται σε παρένθεση
42		Οικισμός Κέντρο	45.0 (100) ⁽¹⁾	30.0 ⁽²⁾	D-H	
43		Οικισμός Κνίδη	45.0	21.0	D-H	⁽²⁾ Σε μεγαλύτερα βάθη, γίνεται εκτίμηση των Vs
44		Οικισμός Σαρακήνα	45.0	28.5	D-H	
45	Κυπαρισσία	Α.Τ.Ε	47.0	12.0	C-H	<i>Μελέτη της Επίδρασης των Τοπικών Εδαφ. Συνθηκών στις Ενόργανες Καταγραφές του Εθνικού Δικτύου Επιταχ/γράφων^[25]</i>
46	Πύργος	Α.Τ.Ε.	42.4 (80.0) ⁽¹⁾	42.4 ⁽²⁾	C-H	
47	Πάτρα	Αγ. Δημήτριος	52.0 (85.0) ⁽¹⁾	50.0 ⁽²⁾	C-H	⁽¹⁾ Εκτίμηση εδαφικής τομής έως το βάθος που αναφέρεται σε παρένθεση
48	Λευκάδα	Γενικό Νοσοκομείο	52.0 (60.0) ⁽¹⁾	50.0 ⁽²⁾	C-H	
49	Αργοστόλι	Κτίριο Ο.Τ.Ε.	51.5 (60.0) ⁽¹⁾	50.0 ⁽²⁾	C-H	⁽²⁾ Σε μεγαλύτερα βάθη, γίνεται εκτίμηση των Vs
50	Αλμυρός	Δημαρχείο	36.0 (100) ⁽¹⁾	36.0 ⁽²⁾	C-H	
51	Έδεσσα	Νομαρχία	26.0	15.0 ⁽³⁾	C-H	⁽³⁾ Εκτίμηση Vs έως το τελικό βάθος διάτρησης
52	Αίγιο	Ο.Τ.Ε. ⁽¹⁾	44.0	31.0	C-H	⁽¹⁾ Γεωτεχνική Έρευνα Πόλης Αιγίου (ΚΕΛΕ) ^[37]
53		Ι.Ν. Εισοδίων ⁽¹⁾	29.5	23.5	D-H	
54		Πλατεία Λάφη ⁽¹⁾	26.7	26.3	D-H	⁽²⁾ Ε.Π. CORSEIS ^[15, 16] ⁽³⁾ Εκτίμηση Vs έως το τελικό βάθος διάτρησης βάσει συσχετίσης με N _{SPT}
55		Παλαιά Χαρτοποΐα ⁽²⁾	163.0	60.0 ⁽³⁾	C-H, D-H	
56	Λεμεσός	Ποσειδωνία	55.0	40.0	D-H	<i>Μικροζωνική Μελέτη της Ευρύτερης Αστικής Περιοχής Λεμεσού^[14]</i>
57		Ξενοδοχείο Churchill	62.0	40.0	C-H	
58		Γ.Σ.Ο.	77.0	33.0	C-H	
59		Παλαιό Νοσοκομείο	90.0	38.0	C-H	
60		Τ.Δ.Ε.	40.5	40.0	C-H	
61		Νέο Λιμάνι	95.0	43.0	C-H	
62		Α΄ Αστική Σχολή	28.0	22.0	D-H	
63		Στάδιο 'Λανίτειο'	99.5	42.0	D-H	
64		Β΄ Αστική Σχολή	35.0	30.0	D-H	
65	Καλαμάτα	Νομαρχία	77.3	45.5	C-H ⁽¹⁾	<i>Μικροζωνική Μελέτη Καλαμάτας – Γεωτεχνικός Τομέας Πανεπ. Πατρών^[36]</i> ⁽¹⁾ Ως πηγή γένεσης διατμητικών κυμάτων χρησιμοποιήθηκε ο δειγματολήπτης Terzaqui των δοκιμών N _{SPT}
66		Παλαιό Ο.Τ.Ε.	48.0	48.0	C-H ⁽¹⁾	
67		Ναυαρ. - Ηρώων	86.0	51.0	C-H ⁽¹⁾	
68		Στρατόπεδο	50.0	40.0	C-H ⁽¹⁾	
69		Παλαιολ. – Μαυρομ.	51.6	50.0	C-H ⁽¹⁾	
70		Κολυμβητήριο	53.6	42.0	C-H ⁽¹⁾	
71		Γιαννιτσάνικα	50.0	50.0	C-H ⁽¹⁾	
72		Νέο Ο.Τ.Ε.	52.0	52.0	C-H ⁽¹⁾	
73	Αθήνα	Χαλάνδρι ⁽¹⁾	40.2	27.0	C-H	⁽¹⁾ Ι.Τ.Σ.Α.Κ. ^[26] ⁽²⁾ Gazetas G. ^[19] , Μπουκοβάλας Γ. (προσωπική επικοινωνία)
74		Καλλιθέα - Κ.Ε.Δ.Ε. ⁽¹⁾	41.0	41.0	C-H	
75		Κυνέλη - Γ.Υ.Σ. ⁽¹⁾	40.0	40.0	C-H	
76		Α. Λιόσια ⁽²⁾	35.0	33.0	C-H	

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

α /α	Περιοχή	Θέση	Βάθος (m) Διάτρησης	Βάθος (m) Διασκόπησης	Μέθοδος	Παρατηρήσεις
77	Αθήνα	Σεπόλια	24.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	<i>Bouckovalas G., Kouretzis G., Kalogeras I.</i> ^[5] ⁽¹⁾ Εκτίμηση εδαφικής δομής από γεωτεχνικές έρευνες στην ευρύτερη περιοχή κατασκευής του μετρώ ⁽²⁾ Εκτίμηση Vs έως το τελικό βάθος διάτρησης βάσει συσχέτισης με N _{SPT}
78		Μοναστηράκι	36.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
79		Πεντάγωνο	30.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
80		Δάφνη	30.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
81		Σύνταγμα	40.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
82		Νέος Κόσμος	30.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
83		Νέο Ψυχικό	30.0 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾	-	
84	Λ. Βόλβη (Θεσ/νίκη) ⁽¹⁾	Testsite	45.0	45.0	C-H	<i>Euroseistest</i> ^[28] ⁽¹⁾ Καταγραφή ενδεικτικών δεδομένων σε επιλεγμένες θέσεις και για επιφανειακά εδαφικά στρώματα. Τα συνολικά, αναλυτικά δεδομένα περιλαμβάνονται σε εκθέσεις σχετικών ερευνητικών προγραμμάτων και δημοσιευμένες ενοασίες
85		GRB	45.0	45.0	C-H	
86		FRM	45.0	45.0	C-H	
87		Χ. Στίβος (Εκκλησία)	25.0	25.0	D-H	
88		S5	45.0	45.0	D-H	
89		S7	31.0	18.0	D-H	
90		S10	45.0	45.0	D-H	
91	Θεσ/νίκη ⁽¹⁾	Ξενοδοχείο City	140.0 ⁽²⁾	- ⁽³⁾	-	⁽¹⁾ Καταγραφή ενδεικτικών δεδομένων σε επιλεγμένες θέσεις. Τα συνολικά, αναλυτικά δεδομένα περιλαμβάνονται στη <i>Μικροζωνική Μελέτη Θεσσαλονίκης</i> . ⁽²⁾ Εκτίμηση βάσει των αποτελεσμάτων της μικροζωνικής μελέτης ⁽³⁾ Εκτίμηση έως το τελικό βάθος διάτρησης.
92		I.N. Αγ. Κωνσταντίνου	121.0	38.0 ⁽³⁾	C-H	
93	Ελεούσα Αξιού	M.Y.H.E	55	55	C-H	<i>Γεωτεχνική έρευνα (Δ.Ε.Η.)</i> ^[6]

Σημειώσεις: 1. C-H: δοκιμή Cross-hole

2. D-H: δοκιμή Down-hole

3. Με γκρίζο φόντο έχουν επισημανθεί οι θέσεις όπου υπάρχουν εγκατεστημένοι επιταχυνσιογράφοι

Πίνακας 2.3: Συλλογή δεδομένων από γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες στο εξωτερικό (συγκεντρωτικά στοιχεία)

Περιοχή	Καταγραφές	Βάθος Βραχ. Υποβάθρου	Vs	N _{SPT}	G/Go – γ - D%	Παρατηρήσεις
Arleta, Fire Station (California USA)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓		✓	<i>ROSRINE</i> (<i>geoinfo.usc.edu/rosrine</i> <i>rccg03.usc.edu/rosrine</i>)
Tarzana, Cedar Hill Nursery (California, USA)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓		*επιλογή ενδεικτικών θέσεων, με διαφορετικές εδαφικές συνθήκες
Pacoima Dam, Downstream (California, USA)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓			⁽¹⁾ Northridge Earthquake / SMDDB (Southern California) (<i>smdb.crystal.ucsb.edu</i>)
Wonderland Elem. School (California, USA)	✓ ⁽²⁾	✓	✓			⁽²⁾ Northridge Earthquake / Cosmos Virtual Data Center (<i>cosmos-eq.org</i>)
Pacoima, Kagel Canyon (California, USA)	✓ ⁽²⁾	✓	✓	✓	✓	⁽³⁾ Loma Prieta Earthquake / Cosmos Virtual Data Center (<i>cosmos-eq.org</i>)
Gilroy #3# (California, USA)	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓		⁽⁴⁾ Elgamal et. al. ^[7]
Treasure Island, Fire Station ⁽⁴⁾ (California, USA)	✓ ⁽³⁾	✓	✓	✓		
Port Island, Kobe (Japan)	✓ ⁽¹⁾		✓	✓		<i>Iwasaki, Y.</i> ^[21] ⁽¹⁾ Hyogo Ken Nanbu Earthq.
Hakuta, Station:SMNH01 (Japan)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓		<i>KiK-net</i> (<i>www.KiK.bosai.go.jp</i>)
Hino, Station:TTRH02 (Japan)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓		⁽¹⁾ Tottori Earthquake / KiK-net
Kamisaibara, Station:OKYH10 (Japan)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓	✓		
Hualien (Taiwan)	✓ ⁽¹⁾		✓	✓		<i>Institute of Earth Sciences</i> <i>Academia Sinica</i> (<i>www.earth.sinica.edu.tw</i>)
Lotung (Taiwan)	✓ ⁽¹⁾		✓	✓	✓	⁽¹⁾ Chi-Chi Earthquake <i>Institute of Earth Sciences</i> <i>Academia Sinica</i> (personal contact)
Bagnoli Irpino (Italy)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓			<i>Facioli E.</i> (personal contact)
Sturno (Italy)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓			⁽¹⁾ Campano-Lucano (Irpinia) Earthquake ESMD (<i>www.isesd.cv.ic.ac.uk</i>)
Brienza (Italy)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓			
Calitri (Italy)	✓ ⁽¹⁾	✓	✓			

Σημειώσεις: 1. Με γκρίζο φόντο έχουν επισημανθεί οι καταγραφές για τις οποίες υπάρχει επικοινωνία με τους υπεύθυνους του αντίστοιχου δικτύου και αναμένεται σύντομα η διάθεσή τους.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 2.4: Ειδικά πεδία δοκιμών και κατακόρυφα δίκτυα επιταχυνσιογράφων σε όλο τον κόσμο (Συγκεντρωτικά στοιχεία)

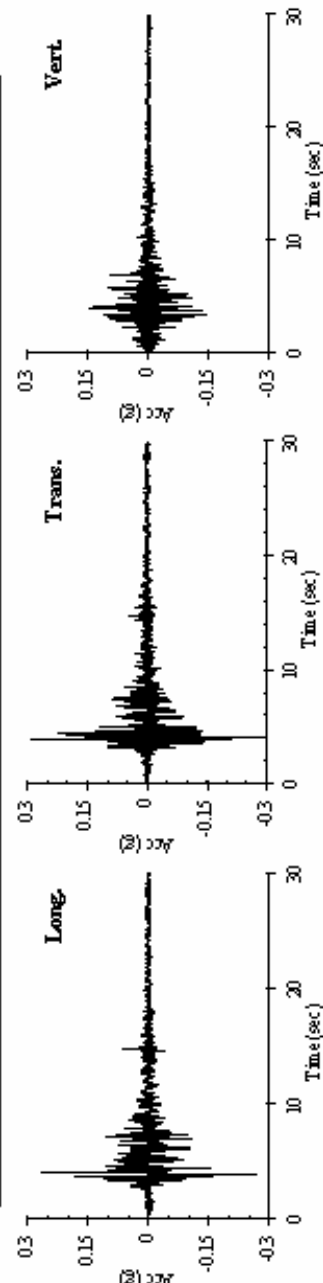
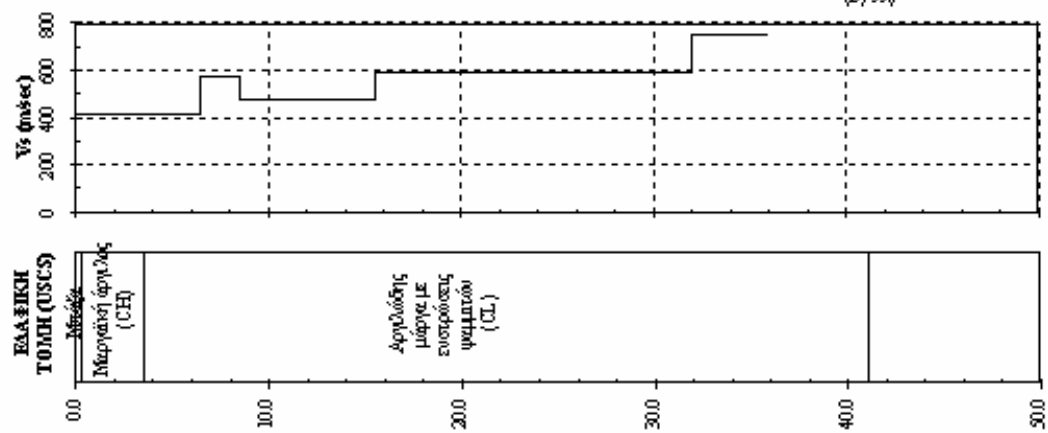
Περιοχή	Δεδομένα		
	Γεωτεχνικά - Γεωφυσικά	Καταγραφές	Πηγές
Volvi Greece (Testsite)	✓	✓	"Euroseistest" Project ^[28]
Kefalonia, Greece	✓	✓	Γκαζέτας Γ. (προσωπική επικοινωνία)
Aigio, Greece	✓	✓	"CORSEIS" Project ^[15, 16]
Sepolia, Athens, Greece	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Bouckovalas, G., Kouretzis, G., Kalogeras, I. ^[5] ⁽²⁾ ESMD, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
Syntagma, Athens, Greece	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Bouckovalas, G., Kouretzis, G., Kalogeras, I. ^[5] ⁽²⁾ ESMD, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
Borrego Valley, Southern CA	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Olsen, K., Nigbor, R., Konno, T. ^[24] www.geovision.com/PDF/P_Borrego.PDF ⁽²⁾ Nigbor, R. (προσωπική επικοινωνία)
Garner Valley, Southern CA	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Archuleta et al. ^[2] , Pecker, A. ^[27] www.crystal.ucsb.edu/observatories/gvda ⁽²⁾ Archuleta, R. (προσωπική επικοινωνία)
La Cienega, L.A., CA	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Graizer et al. ^[20] , ROSRINE, www.dot.ca.gov/hq/esc/earthquake_engineering/Research/SMIP/web04104.pdf ⁽²⁾ California Strong Motion Instrumentation Program ftp.constrv.ca.gov/pub/dmg/csmip/GeotechnicalArrayData
San Francisco	✓		nsmr.wr.usgs.gov/Presentations/San_Francisco_Array/San_Francisco_Array_Presentation_s.html
Treasure Island, CA	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ Elgamal et al. ^[7] , Graizer et al. ^[20] www.geovision.com/PDF/P_PS_Treasure_Island.PDF ⁽²⁾ California Strong Motion Instrumentation Program ftp.constrv.ca.gov/pub/dmg/csmip/GeotechnicalArrayData
Ashigara Valley, Japan	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ "Ashigara Valley Blind Prediction test" Project ^[22] Sato et al. ^[35] ⁽²⁾ Kudo, K. (προσωπική επικοινωνία)
Chiba, Japan	✓		Baise, L and Glaser, S. ^[3] Ghayamghamian, M. and Kawakami, H. ^[17, 18]
Port Island, Kobe, Japan	✓	✓	Special Issue on Geotechnical Aspects of the January 17 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake (1996) ^[23] Iwasaki, Y. ^[21]
KIK-net, Japan (SMNH01, TTRH02, OKYH10)	✓	✓	www.KiK.bosai.go.jp
Lotung, Taiwan	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ www.earth.sinica.edu.tw/~smdmc/hlsst/hlsst.htm ⁽²⁾ Institute of Earth Sciences Academia Sinica (προσωπική επικοινωνία)
Hwalien, Taiwan	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	⁽¹⁾ www.earth.sinica.edu.tw/~smdmc/lssst/lssst.htm ⁽²⁾ Institute of Earth Sciences Academia Sinica (προσωπική επικοινωνία)

Σημειώσεις: 1. Με γκριζο φόντο έχουν επισημανθεί οι καταγραφές για τις οποίες υπάρχει επικοινωνία με τους υπεύθυνους των αντίστοιχων δικτύων και αναμένεται σύντομα η διάθεση τους.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΕΓΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΑΑ & ΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ
 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ-ΓΕΩ & ΥΠΟΓΡΑΦΩΝ & ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
 ΘΕΣΗ: ΑΘΗΝΑ - ΚΑΛΛΙΘΕΑ

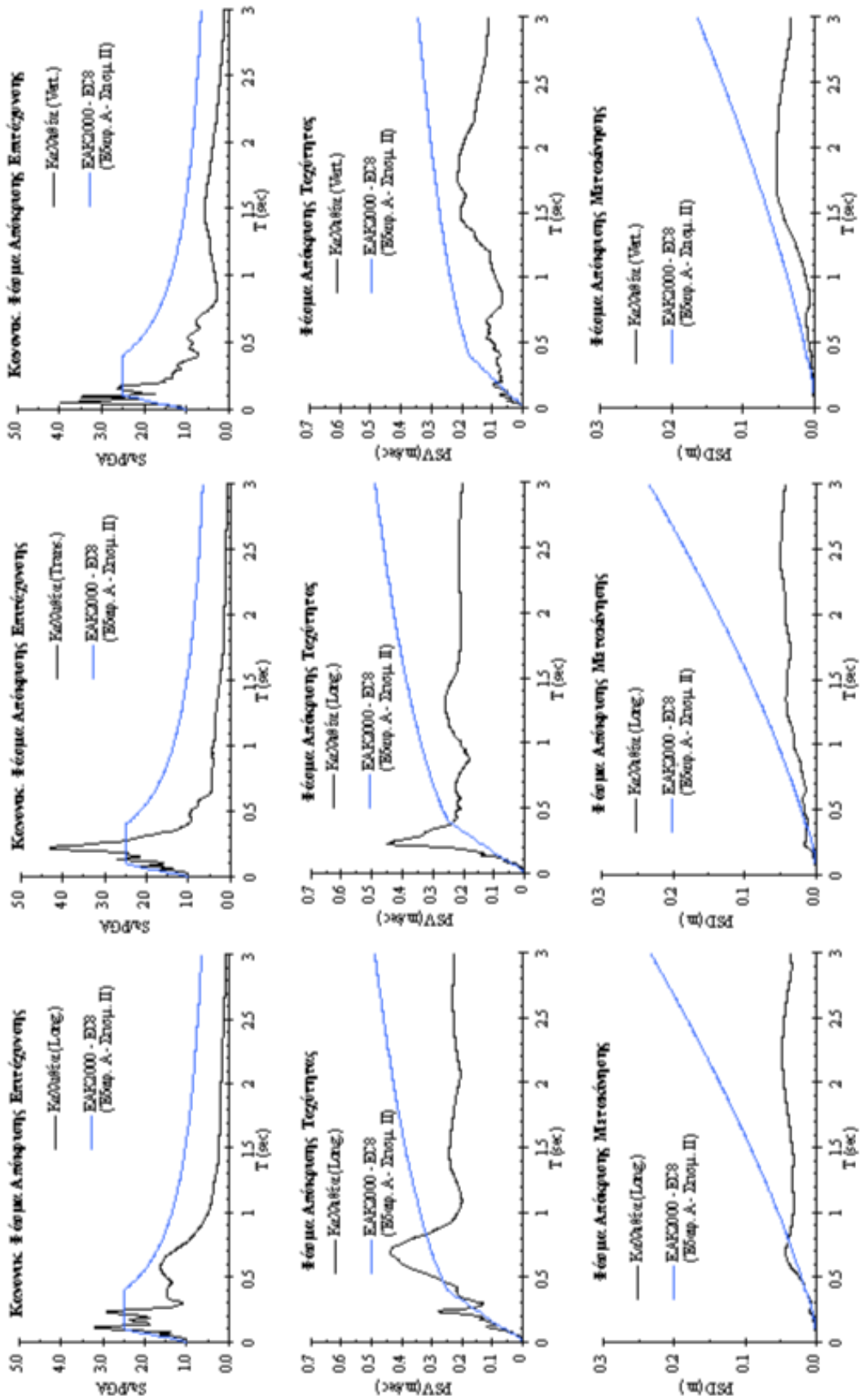
Γεωφυσικές - Γεωφυσικές Έρευνες		Σεισμικές Καταγραφές	
Πηγή Δεδομένου	ITSAK'	Πηγή Δεδομένου	ITSAK, ESMD ?
Μέθοδος Δοσολογίας	Cross-Hole	Χρόνος Γέννησης Σεισμού	7/9/1999, 11:56:50
Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)	512	Μέγεθος $M_L/M_s/M_w$	5.4 / 5.9 / 6.0
Εκτίμηση Βρόχου (m) ($V_s > 750$ m/sec)	320	Επιτ. Απόσταση R	16.0 km
N_{5PT}	✓	Εστιακό Βάθος D	17.0 km
Ειδικοί Βάφη Εδαφικών Υλικών Καμπύλες G/G_{max} - γ & D- γ Κατηγορία εδάφους: EAK2000 / EC8	✓	PGA (g)	LONG TRANS VERT
			0.285 0.307 0.148
		Α κριτής θέστη	Ισόγειο Ιόρδφου κτρίου, Κ.Ε.Δ.Ε. (R/C)
		Επταχρονισγράφου	
		Διόρθωση	✓
		Καταγραφών	
	A / A	Αρχικά Καταγραφών	kallithea

Ε.Π. Ο.Α.Σ.Π. "Μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών της γεωμορφολογίας και της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους - θεμελίωσης - αναστομής στις ενόργανες καταγραφές του Εθν. Δίκτυου Επιταχυνογράφων".
 ? <http://hsmm.isesd.cn.ic.ac.uk/>



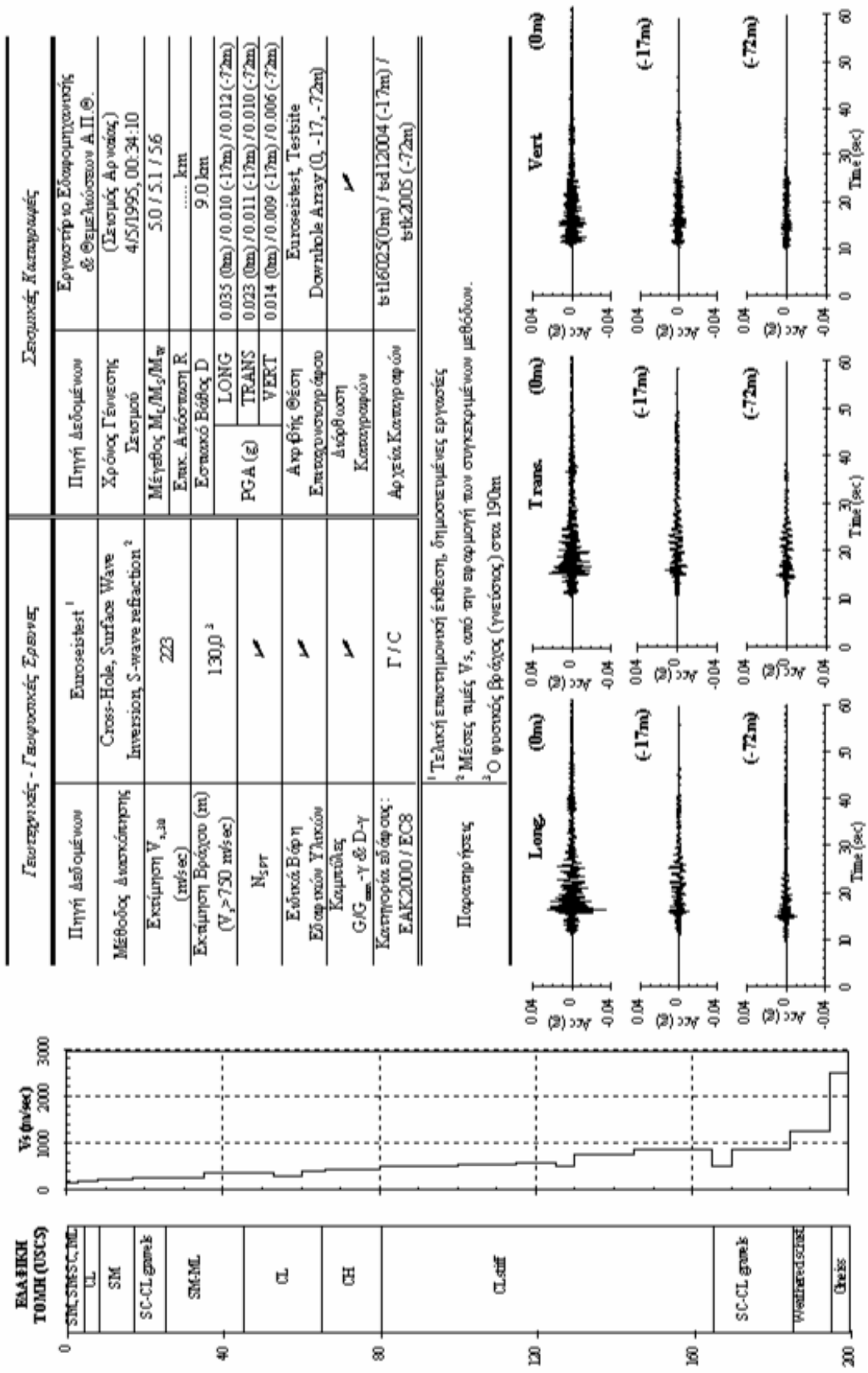
Σχήμα 2.2: Αρχία δεδομένων γεωφυσικών - γεωφυσικών ερευνών και σεισμικών καταγραφών (ενδεικτικό απόσπασμα – θέση: Αθήνα - Καλλιθέα)

ΔΡΕΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΕΓΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΜΦΟΜΟΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ
 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ & ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
 ΘΕΣΣ: ΑΘΗΝΑ - ΚΑΛΛΙΘΕΑ (07/09/99, 11:56 ±0)



Σχήμα 2.2 (...συνέχεια): Αρχεία δεδομένων γεωτεχνικών - γεωφυσικών ερευνών και σεισμικών καταγραφών (ενδεικτικό απόσπασμα – θέση: Αθήνα - Καλλιθέα)

ΑΓΕΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ
 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ & ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ
 ΘΕΣΗ: ΒΟΛΑΒΗ - ΤΣΙ (TS SITE)

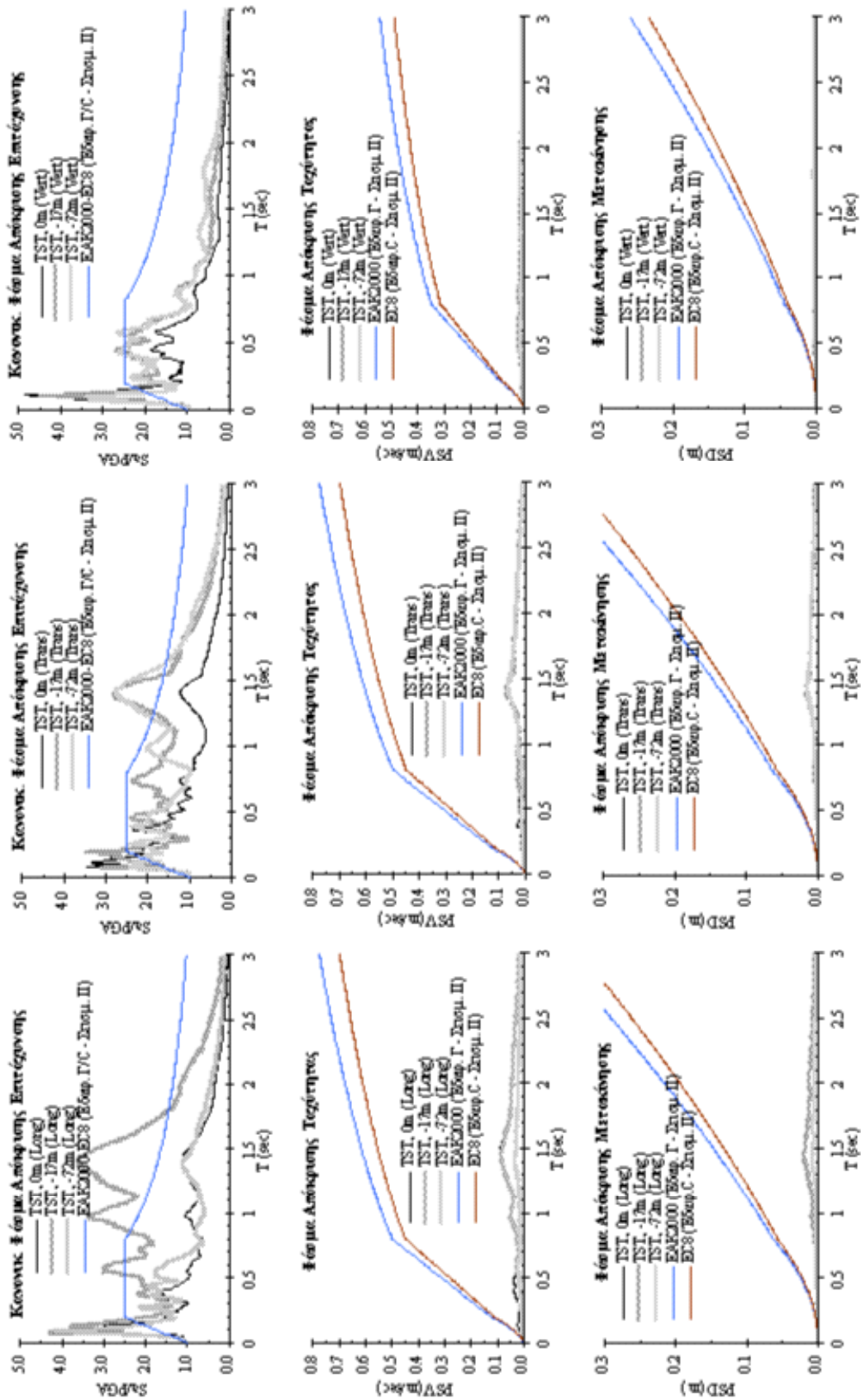


Γεωτεχνικές - Γεωφυσικές Έρευνες		Στοιμικές Καταγραφές	
Πηγή Δεδομένων	Εuroseisest ¹	Πηγή Δεδομένων	Εργαστήριο Εδαφομηχανικής & Θεμελιώσεων Α.Π.Θ.
Μέθοδος Δεδομένων	Cross-Hole, Surface Wave Inversion, S-wave refraction ²	Χρόνος Γένεσης Στοιμώ	(Στοιμώ Αρνώας) 4/5/1995, 00:34:10
Εκτίμηση $V_{s,10}$ (m/s ec)	223	Μέγεθος M_L/M_W	5.0 / 5.1 / 5.6
Εκτίμηση Βόθρου (m) ($V > 750$ m/s ec)	130.0 ³	Επικ. Απόσταση R km
N_{5PT}	✓	Εστιακό Βόθρος D	9.0 km
Επίστροβή Ελάστικότητας	✓	LONG	0.035 (0km) / 0.010 (-17m) / 0.012 (-72m)
Ελαστικές Ελαστικές	✓	TRANS	0.023 (0km) / 0.011 (-17m) / 0.010 (-72m)
G/G _{max} - γ & D-γ	✓	VERT	0.014 (0km) / 0.009 (-17m) / 0.006 (-72m)
Κατηγορία εδάφους: ΕΑΚ2000 / EC8	Γ / C	Ανοβής Θέση	Εuroseisest, Testsite
Παρατηρήσεις		Επικρατούσα όρου	Downhole Array (0, -17, -72m)
		Απόσταση	✓
		Καταγραφών	
		Απόσταση Καταγραφών	ts16025(0m) / ts12004 (-17m) / ts162005 (-72m)

¹ Τελική επιστημονική έκθεση, δημοσιευμένες εργασίες
² Μέσες τιμές V_s , από την εφαρμογή των συγκεκριμένων μεθόδων.
³ Ο φυσικός βόθρος (γνώσιμος) στα 190m

Σχήμα 2.3: Αρχία δεδομένων γεωτεχνικών - γεωφυσικών ερευνών και σεισμικών καταγραφών (ενδεικτικό απόσπασμα – θέση: Βόλβη - Testsite)

ΑΠΕΙΘΥΕΛΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ
 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ & ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΤΡΑΦΩΝ
 ΘΕΣΣΗ ΒΟΛΒΗ - ΤΣΤ (TEST SITE) (0405/95, 00:34:10)



Σχήμα 2.2 (...συνέχεια): Αρχεία δεδομένων γεωτεχνικών - γεωφυσικών ερευνών και σεισμικών καταγραφών (ενδεικτικό απόσπασμα – θέση: Αθήνα - Καλλιθέα)

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

3. ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Παράλληλα με την συλλογή δεδομένων από γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες (βάσει των όσων αναφέρθηκαν στο *Κεφ.2*), εξερίχθηκε και το στάδιο της συλλογής, αξιολόγησης και επιλογής καταγραφών σεισμών σε δίκτυα επιταχυνσιογράφων. Με την αξιοποίηση του υπάρχοντος αρχείου σεισμικών καταγραφών του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ., καθώς και των ελληνικών και διεθνών βάσεων δεδομένων καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης, συλλέχθηκε ένας σημαντικός αριθμός ενόργανων μετρήσεων από σεισμούς της τελευταίας κυρίως εικοσαετίας στην Ελλάδα και το εξωτερικό. Από αυτές και προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του Ερευνητικού Προγράμματος, έγινε επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού στατιστικού δείγματος, λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- βασικό κριτήριο για την τελική επιλογή αποτελεί η ακριβής γνώση των εδαφικών συνθηκών (στρωματογραφία, υλικό, μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες) στη θέση, όπου είναι εγκατεστημένο το όργανο καταγραφής.
- το σύνολο των καταγραφών θα πρέπει να ικανοποιεί μία σειρά κριτηρίων ως προς την αξιοπιστία τους και να καλύπτει ένα σημαντικό εύρος διαφορετικών εδαφικών συνθηκών, συχνοτικού περιεχομένου, σεισμικών μεγεθών και επικεντρικών αποστάσεων.

3.2 ΠΗΓΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

Για τη συλλογή ψηφιοποιημένων καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης είναι διαθέσιμες, κυρίως μέσω του διαδικτύου, αρκετές, καλά οργανωμένες και ελεύθερες προς χρήση βάσεις δεδομένων (ο Πίνακας 3.1 περιλαμβάνει σχετικό κατάλογο ηλεκτρονικών διευθύνσεων). Η χρήση αυτών έγινε έπειτα από κατάλληλη αξιολόγηση, η οποία βασίστηκε στην ικανοποίηση συγκεκριμένων παραμέτρων, με βασικότερες τις ακόλουθες:

- απλή μορφή (format) ψηφιοποιημένων επιταχυνσιογραφημάτων, ώστε να είναι εφικτή η ανάγνωση και επεξεργασία τους από τα αντίστοιχα προγράμματα Η/Υ.
- κατάλληλη προεπεξεργασία των καταγραφών, η οποία κατά κύριο λόγο περιλαμβάνει διόρθωση ως προς τη γραμμή αναφοράς (baseline correction) και εφαρμογή φίλτρου.
- πληροφορίες για την περιοχή και την ακριβή θέση εγκατάστασης του οργάνου καταγραφής, ώστε να είναι αφενός δυνατή η εξακρίβωση των θέσεων όπου έχουν διεξαχθεί γεωτεχνικές – γεωφυσικές έρευνες και αφετέρου να μπορούν να επισημανθούν στις καταγραφές, επιρροές που σχετίζονται με τοπογραφικές ιδιαιτερότητες, επίδραση του κτιρίου εγκατάστασης ή γειτονικών κτισμάτων κ.α.
- επαρκή σεισμολογικά στοιχεία, με βασικότερα τον ακριβή χρόνο γένεσης του σεισμού, το σεισμικό μέγεθος, το εστιακό βάθος και την επικεντρική απόσταση της θέσης καταγραφής.

Βάσει των παραπάνω, η άντληση σεισμικών καταγραφών έγινε κατά κύριο λόγο από:

- την ευρωπαϊκή βάση καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης (*European Strong Motion Database* ^[1] – www.isesd.cv.ic.ac.uk), η οποία παρέχει τη δυνατότητα ελεύθερης πρόσβασης και διάθεσης περισσότερων από 3000 ψηφιοποιημένων καταγραφών από σεισμούς στον ευρωπαϊκό χώρο, καθώς και συνοδευτικών σεισμολογικών δεδομένων. Σε ότι αφορά ειδικά καταγραφές από την Ελλάδα, αυτές προέρχονται από τις τράπεζες σεισμικών καταγραφών του Ινστιτούτου Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (*I.T.S.A.K.* - www.itsak.gr) και του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (www.gein.noa.gr), που διαχειρίζονται τα βασικά δίκτυα επιταχυνσιογράφων σε εθνικό επίπεδο.

- βάσεις σεισμικών καταγραφών από τις Η.Π.Α. και ειδικότερα από την πολιτεία της Καλιφόρνια (Πίνακας 3.1), όπου έχει αναπτυχθεί ένα ιδιαίτερος πυκνό δίκτυο επιταχυνσιογράφων, υπάρχουν διαθέσιμες καταγραφές από μεγάλους σεισμούς της τελευταίας εικοσαετίας (*Northridge, Loma Prieta* κ.α) και όπως αναφέρθηκε στο Κεφ.2 βρίσκεται σε εξέλιξη μεγάλο πρόγραμμα εξακρίβωσης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στις θέσεις σταθμών των επιταχυνσιογράφων (*ROSRINE*).
- τα ιαπωνικά δίκτυα *k-net* (www.k-net.bosai.go.jp) – *KiK-net* (www.KiK.bosai.go.jp), όπου όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφ.2, γίνεται συστηματική συλλογή δεδομένων ισχυρών εδαφικών κινήσεων από το 1996 κι έπειτα, όπως αυτά καταγράφονται από 1000 σταθμούς σε όλη την έκταση της Ιαπωνίας. Η μέση απόσταση μεταξύ αυτών των σταθμών κυμαίνεται στα 25km και καθένας από αυτούς διαθέτει ψηφιακό σειсмоγράφο ευρείας μπάνας συχνοτήτων και δυνατότητας μέτρησης επιταχύνσεων έως 2g. Όλες οι καταγραφές αποστέλλονται στο κέντρο ελέγχου και από εκεί με κατάλληλη επεξεργασία στην συγκεκριμένη ηλεκτρονική σελίδα σε συνδυασμό με σεισμολογικά στοιχεία από την Ιαπωνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

3.3 ΒΑΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες και την επισήμανση των θέσεων, όπου είναι πλήρως εξακριβωμένες οι εδαφικές συνθήκες (Κεφ.2 – Πίνακες 2.2-2.4), έγινε η τελική επιλογή των καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης. Το σύνολο των καταγραφών επεξεργάστηκε κατάλληλα με τη χρήση του προγράμματος *H/Y CyberQuake* ^[5], σε πρώτο στάδιο μέσω συγκεκριμένης διαδικασίας διόρθωσης ως προς τη γραμμή αναφοράς και φιλτράρισμα (όπου αυτά δεν είχαν γίνει) και σε δεύτερο στάδιο με υπολογισμό των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης και των φασματικών λόγων (*H/V* και *SSR*), για τα οποία θα γίνει αναλυτική αναφορά στο Κεφ.5.

Για την καλύτερη αξιοποίηση των σεισμικών καταγραφών που τελικά επιλέχθηκαν, τόσο για τις ανάγκες του συγκεκριμένου Ερευνητικού Προγράμματος, όσο και για τις μελλοντικές ανάγκες του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ., οργανώθηκε βάση σεισμικών καταγραφών, στην οποία έχει αρχειοθετηθεί ανά σταθμό καταγραφής και ημερομηνία το σύνολο των επιταχυνσιογραφημάτων και τα προϊόντα της επεξεργασίας τους

(φάσματα απόκρισης και φασματικοί λόγοι) σε ψηφιοποιημένη μορφή. Τα συγκεντρωτικά περιεχόμενα της βάσης σεισμικών καταγραφών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2., από όπου προκύπτει ότι:

- επί συνόλου **23** θέσεων σεισμικών καταγραφών στην Ελλάδα (με πλήρως προσδιορισμένες εδαφικές συνθήκες) και **31** σειμών της τελευταίας κυρίως εικοσαετίας, επιλέχθηκαν **120** επιταχυνσιογραφήματα (**80** στην οριζόντια και **40** στην κατακόρυφη διεύθυνση) και υπολογίστηκαν συνολικά **360** φάσματα απόκρισης και **70** φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης (H/V).
- για τον κατάλληλο εμπλουτισμό του δείγματος, επί συνόλου **18** θέσεων σεισμικών καταγραφών από το εξωτερικό (με πλήρως εξακριβωμένες εδαφικές συνθήκες) και **8** σεισμικών γεγονότων, επιλέχθηκαν **84** επιταχυνσιογραφήματα (**56** στην οριζόντια και **28** στην κατακόρυφη διεύθυνση) και υπολογίστηκαν συνολικά **242** φάσματα απόκρισης και **36** φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης (H/V).

Στους Πίνακες 3.3 - 3.4 δίνεται αναλυτικός κατάλογος των σεισμικών καταγραφών της βάσης δεδομένων, από την Ελλάδα και το εξωτερικό, αντίστοιχα, με συμπληρωματικά σεισμολογικά στοιχεία και πληροφορίες για τις τοπικές εδαφικές συνθήκες στις θέσεις καταγραφών. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται:

- η ημερομηνία του σεισμικού γεγονότος και όλα τα απαραίτητα για την ολοκληρωμένη περιγραφή του σεισμολογικά δεδομένα (επιφανειακό μέγεθος δόνησης, εστιακό βάθος, επικεντρική απόσταση από τις διάφορες θέσεις καταγραφών και μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις σε όλες τις διαθέσιμες διευθύνσεις) ^[1, 3, 7, 8].
- πληροφορίες σχετικές με την ακριβή θέση στην οποία είναι εγκατεστημένα τα όργανα καταγραφής (σταθμός, είδος κτιρίου, υλικό κατασκευής κ.α), ώστε να προβλεφθούν πιθανά φαινόμενα αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής και η επιρροή τους στην τελική καταγραφή.
- στοιχεία για τις γεωτεχνικές και γεωλογικές συνθήκες στις διάφορες θέσεις, που έχουν να κάνουν με την εκτίμηση (όπου δεν έχουμε ακριβή δεδομένα) της θέσης του “σεισμικού” βραχώδους υπόβαθρου ($V_s \geq 750$ m/sec) και της μέσης σταθμισμένης

ταχύτητας διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων ($V_{s,30}$). Βάσει αυτών και της γενικότερης περιγραφής των εδαφικών στρώσεων γίνεται και μία προσεγγιστική ταξινόμηση στις κατηγορίες εδαφών που προτείνονται από τον *EAK2000* ^[6], τον *EC8 (ENV1998-1)* ^[2] και τον *UBC97* ^[4].

- τέλος οι πηγές από τις οποίες προήλθαν οι ψηφιοποιημένες μορφές των επιταχυνσιογραφημάτων.

Από την επεξεργασία των στοιχείων των *Πινάκων 3.3 – 3.4* προκύπτει ότι το σύνολο των σεισμικών καταγραφών καλύπτει ένα σημαντικό εύρος διαφόρων σεισμολογικών παραμέτρων και διαφορετικών εδαφικών συνθηκών, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα (α)-(ζ) του *Σχήματος 3.1*. Επιγραμματικά, αναφέρονται παρακάτω τα όρια διακύμανσης των κυριότερων παραμέτρων:

- επιφανειακά μεγέθη σεισμών: **$4.4 \leq M_s \leq 7.1$**
- εστιακά βάθη σεισμών: **$1.0 \leq D \text{ (km)} \leq 22.0$**
- επικεντρικές αποστάσεις σταθμών καταγραφής: **$2.0 \leq R \text{ (km)} \leq 203.0$**
- μέγιστες “οριζόντιες” επιταχύνσεις καταγραφών: **$0.001 \leq PGHA \text{ (g)} \leq 1.78$**
- μέγιστες “κατακόρυφες” επιταχύνσεις καταγραφών: **$0.001 \leq PGVA \text{ (g)} \leq 1.05$**
- βάθη “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου ($V_s \geq 750 \text{ m/sec}$) στις θέσεις καταγραφών:
 $1.5 \leq H_{bed} \text{ (m)} \leq 300.0$
- μέσες σταθμισμένες τιμές ταχυτήτων διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων στις θέσεις καταγραφών : **$181.0 \leq V_{s,30} \text{ (m/sec)} \leq 2111.0$**

Για το σύνολο των θέσεων καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης στην Ελλάδα και το εξωτερικό, όπου έχουν εξακριβωθεί πλήρως οι εδαφικές συνθήκες (βλ. *Πίνακες 2.2-2.4*), διαμορφώθηκαν στα πλαίσια του Ερευνητικού Προγράμματος ειδικά αρχεία, στα οποία αποτυπώνονται σχηματικά τα επιταχυνσιογραφήματα των καταγραφών που επιλέχθηκαν και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης (επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης) και δίνονται (σε μορφή πίνακα) πληροφορίες σχετικές με τα βασικά σεισμολογικά δεδομένα. Επίσης περιλαμβάνονται η εδαφική τομή και η διακύμανση των ταχυτήτων V_s με το βάθος, για τα οποία έγινε αναλυτική αναφορά στο *Κεφ.2*. Εικόνα των συγκεκριμένων αρχείων από ενδεικτικές θέσεις παρουσιάστηκε στα *Σχήματα 2.2-2.3*.

3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. (2002)
‘Internet – Site for European Strong – Motion Data’ *European Commission, Research – Directorate General, Environment and Climate Programme.*
- [2] European Committee for Standardization (1994)
‘Seismic action and general requirements for structures’ *EC8 (EN1998), Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures, Part 1-1.*
- [3] Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (1997)
‘Δελτία καταγραφής ισχυρών σεισμικών κινήσεων του δικτύου επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ (Περίοδος 1980 – 1994)’
- [4] International Conference of Building Officials (1997)
‘Structural engineering design provisions’ *Uniform Building Code, Vol.2.*
- [5] Modaressi, H. (1998)
‘CyberQuake’ *BRGM.*
- [6] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (2000)
‘Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού’ *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Κεφ.2.*
- [7] Papazachos, B. and Papazachou, C. (1997)
‘The earthquakes of Greece’ *Ziti editions, Thessaloniki.*
- [8] Παπαζάχος, Β., Καρακώστας, Β., Κύρατζη, Α., Μάργαρης, Β., Παπαζάχος, Κ., Σκορδύλης, Ε. (2001)
‘Η καταλληλότητα των κλιμάκων μεγέθους που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό σχέσεων υπολογισμού των παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης στην Ελλάδα’ *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, Τομ. Α΄, σσ.55-64.*

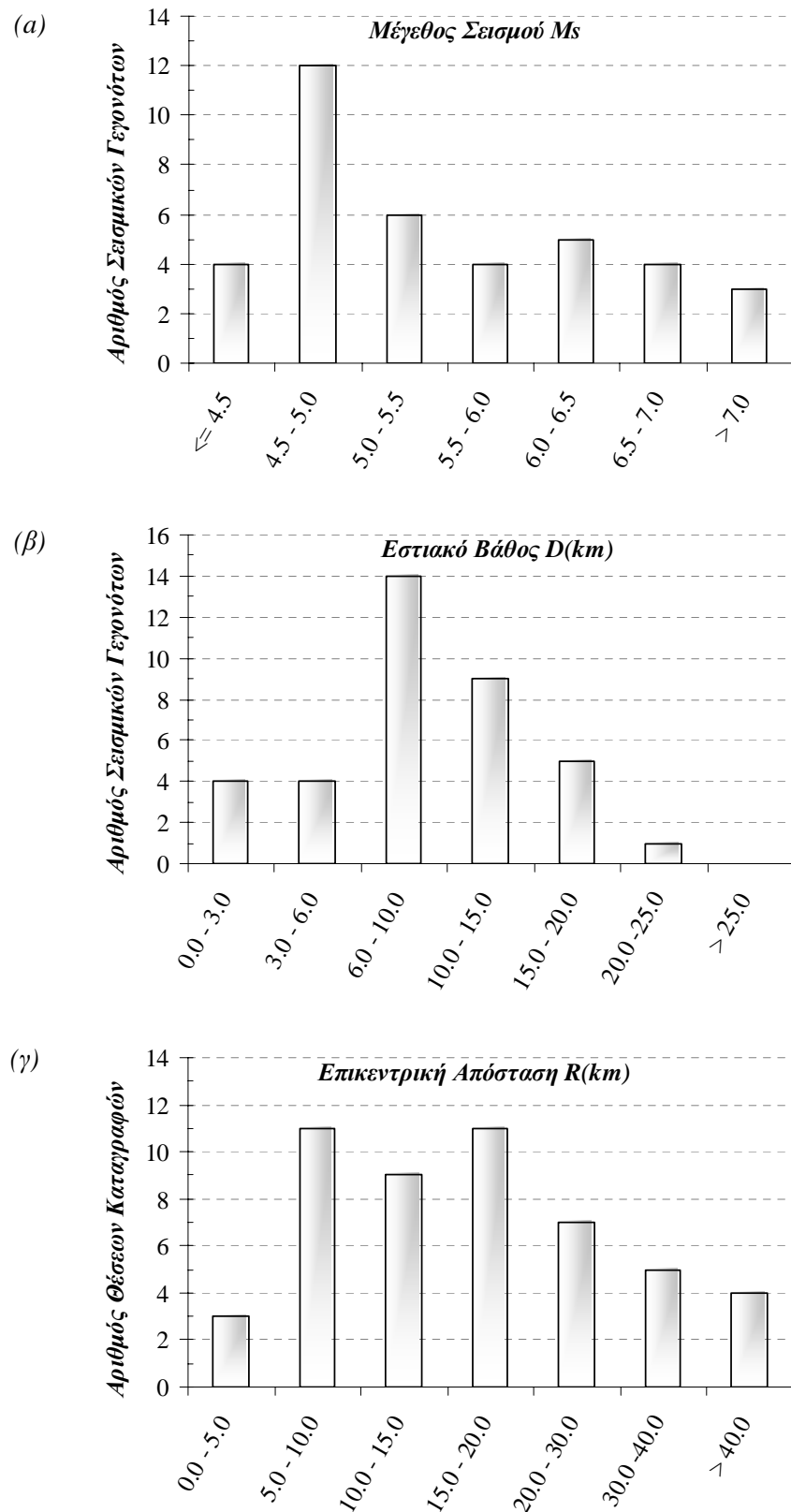
Πίνακας 3.1: Κατάλογος ηλεκτρονικών διευθύνσεων διεθνών βάσεων σεισμικών καταγραφών

Διεύθυνση : http://.....	Παρατηρήσεις
...www.isesd.cv.ic.ac.uk	Internet Site for European Strong-motion Data
...www.k-net.bosai.go.jp ...www.KIK.bosai.go.jp	Kyoshin Network Kiban Kyoshin Network
...cosmos-eq.org	Consortium of Organizations for Strong-Motion Observation Systems
...opensees.berkley.edu ...peer.berkley.edu/smcat	Pacific Earthquake Engineering Research center – strong motion database
...docinet3.consrv.ca.gov/csmip ...ftp.consrv.ca.gov/pub/dmg/csmip/ GeotechnicalArrayData	California Strong-Motion Instrumentation Program (strong motion data center)
...nsmp.wr.usgs.gov	United States National Strong-Motion Program
...earthquake.usgs.gov	USGS earthquake hazards program
...neesgrid.org ...eng.nsf.gov/nees/default.htm	Network for Earthquake Engineering Simulation
...smdb.crustal.uscb.edu	Strong Motion Data Base (Southern California earthquake center)
...www.trinet.org	seismic system for Southern California
...www.scedc.scec.org	Southern California Earthquake Data Center
...quake.wr.usgs.gov	earthquake hazards program – Northern California
...angora.deprem.gov.tr	national strong-motion network of Turkey

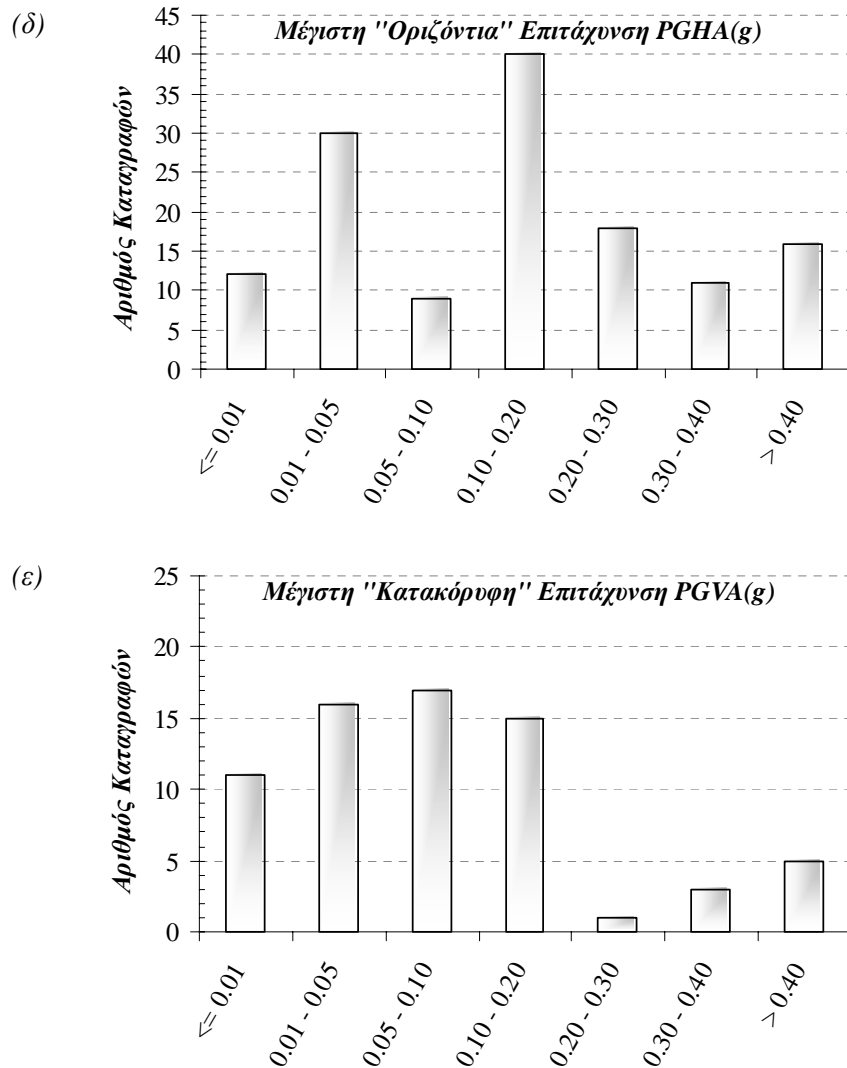
Πίνακας 3.2: Συγκεντρωτικά περιεχόμενα βάσης σεισμικών καταγραφών.

Περιοχή	Σεισμικό Γεγονός	Θέσεις Καταγραφών	Καταγραφές		Επεξεργασία Καταγραφών	
			Οριζόντιες Συνιστώσες	Κατακόρυφες Συνιστώσες	Φάσματα Απόκρισης (RSA, RSV, RSD)	Φασματικοί Λόγοι Η/V
ΕΛΛΑΔΑ						
Αθήνα	1	4 ^(1, 2)	10	5	45	8
Αίγιο	3	2 ⁽¹⁾	10	5	45	6
Αλμυρός	2	1	4	2	18	4
Αργοστόλι	2	1	4	2	18	4
Βόλβη	1	1 ^(1, 3)	6	3	27	2
Έδεσσα	2	1	4	2	18	4
Θεσσαλονίκη	3	2	6	3	27	6
Καλαμάτα	2	2	6	3	27	6
Κέντρο (Ν.Γρεβενών)	1	1	2	1	9	2
Κνίδη (Ν.Γρεβενών)	1	1	2	1	9	2
Κοζάνη	4	2	8	4	36	8
Κυπαρισσία	2	1	4	2	18	4
Λευκάδα	2	1	4	2	18	4
Πάτρα	2	1	4	2	18	4
Πύργος	2	1	4	2	18	4
Χρόμιο (Ν.Κοζάνης)	1	1	2	1	9	2
Σύνολο	31	23	80	40	360	70
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ						
U.S.A. (California)	4	9 ⁽¹⁾	26	13	117	18
Japan	3	5 ⁽¹⁾	22	11	99	10
Italy	1	4	8	4	36	8
Σύνολο	8	18	56	28	242	36

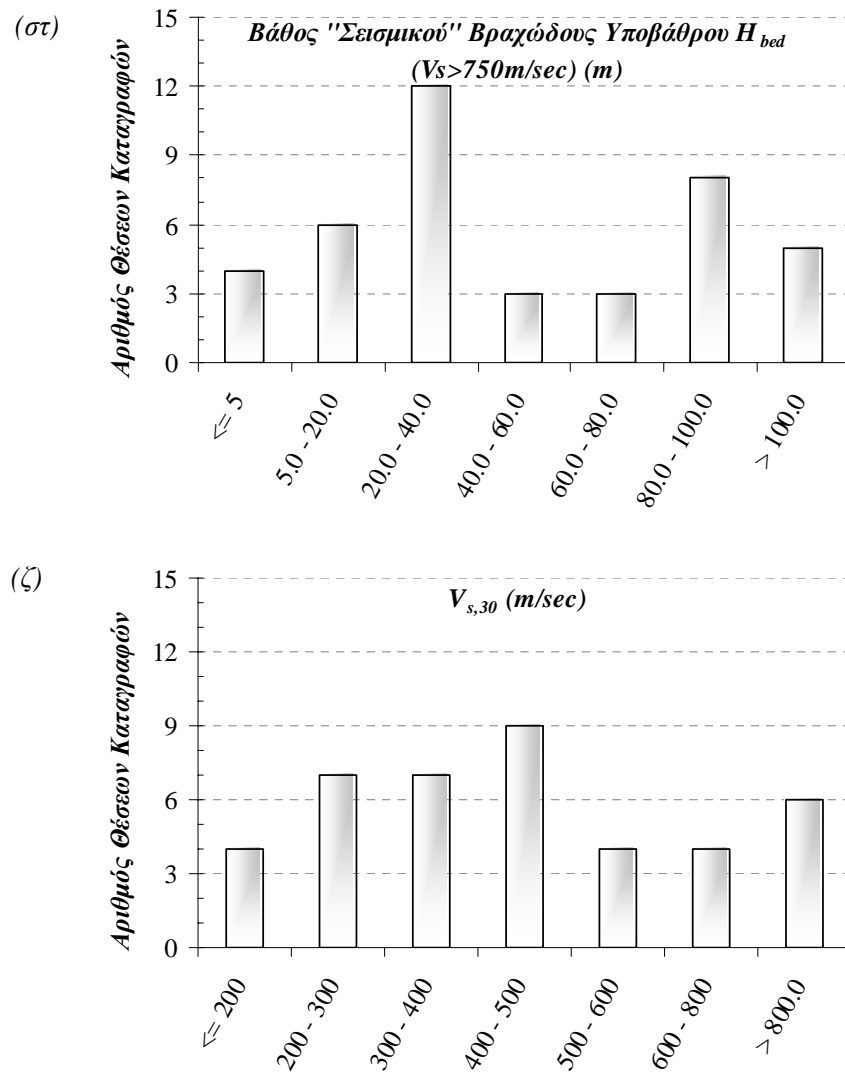
⁽¹⁾ Συμπεριλαμβάνεται μία τουλάχιστον θέση με κατακόρυφο δίκτυο επιταχυνσιογράφων (downhole array)⁽²⁾ Επιλογή θέσεων με την καλύτερη γεωτεχνική – γεωφυσική τεκμηρίωση⁽³⁾ Ελλείψει ισχυρών καταγραφών, επιλέχθηκε ενδεικτικά μία και μόνο θέση από όλο το πεδίο δοκιμών (Euroseistest)



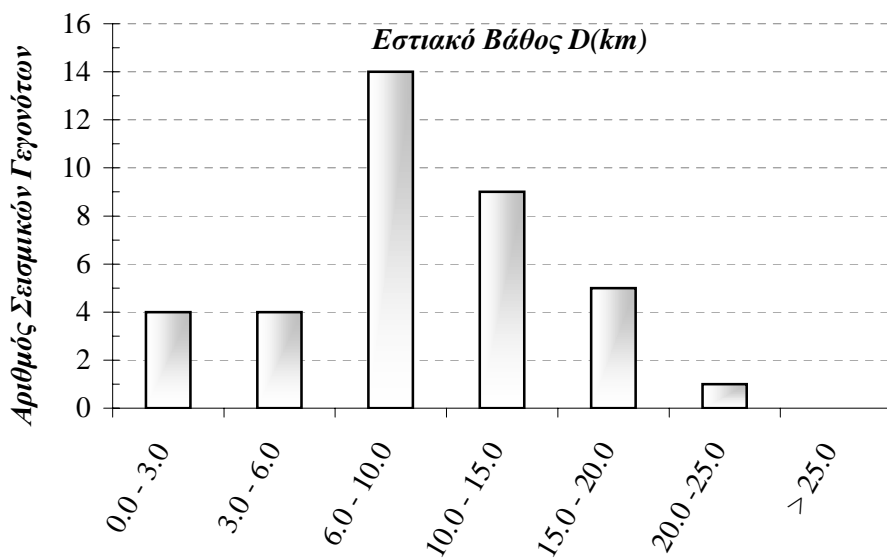
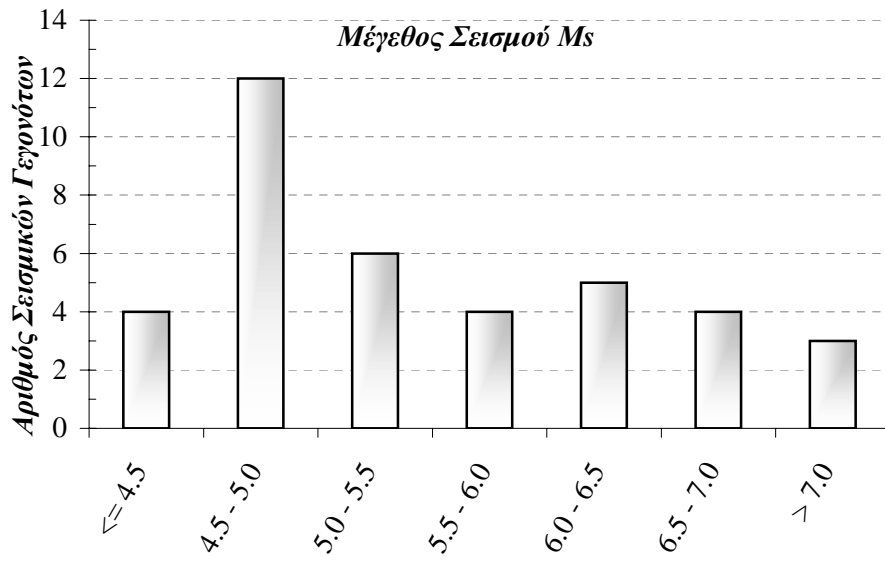
Σχήμα 3.1: Βάση σεισμικών καταγραφών. Διακύμανση (α) σεισμικού μεγέθους M_s , (β) εστιακού βάθους D και (γ) επικεντρικής απόστασης R .

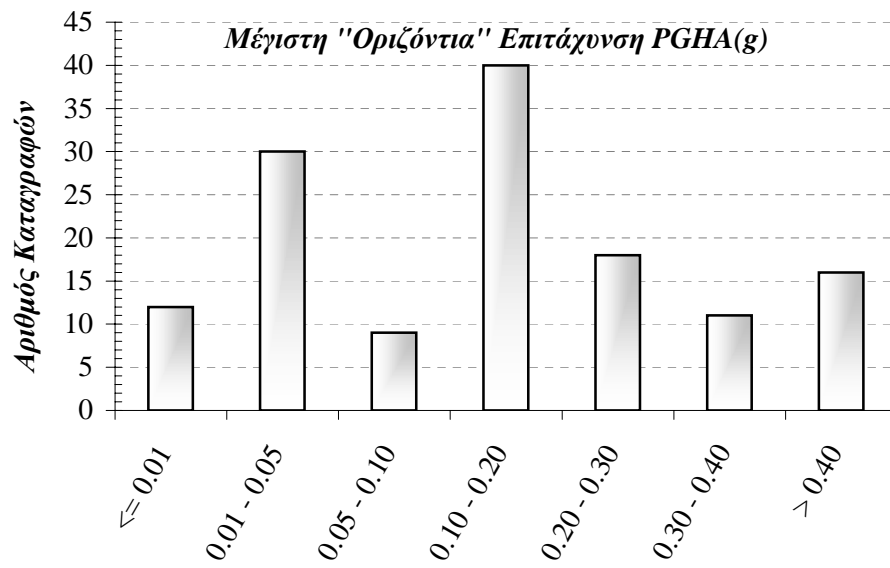
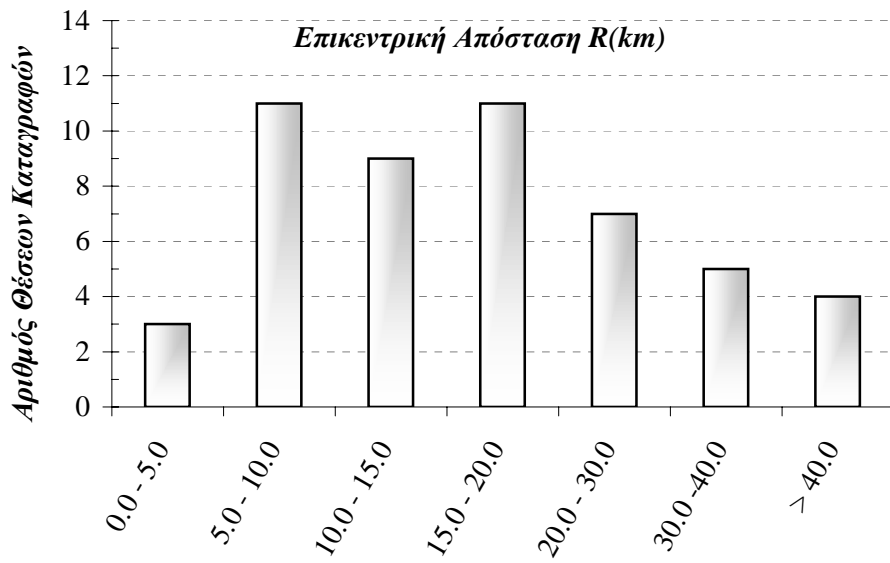


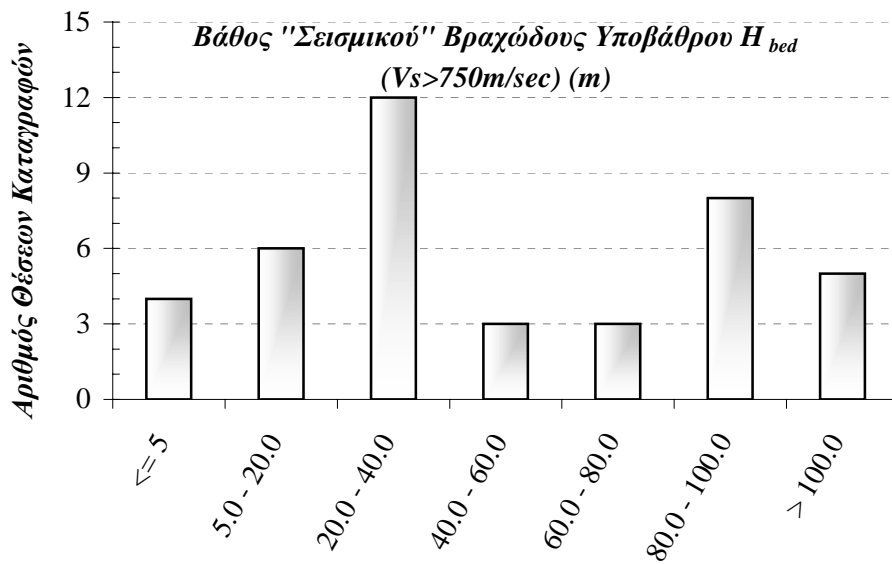
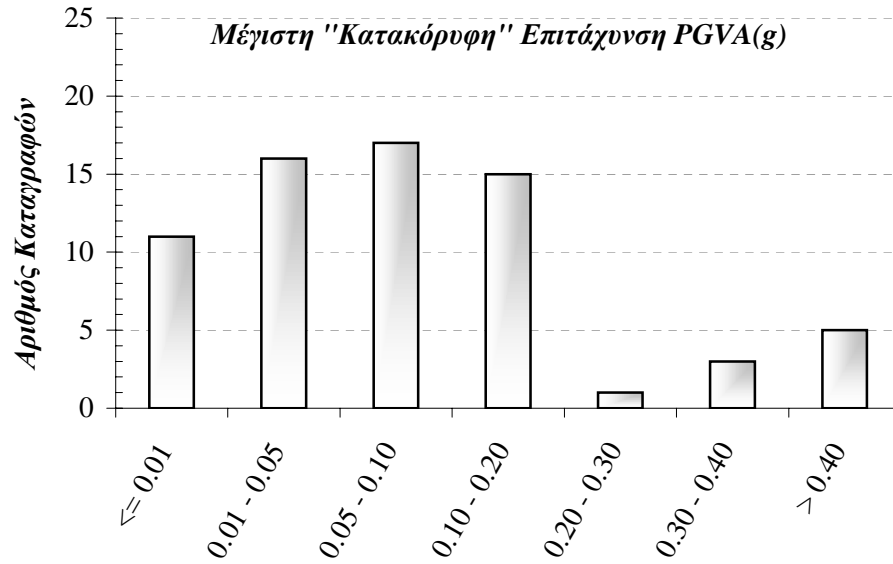
Σχήμα 3.1(..συνέχεια): Βάση σεισμικών καταγραφών. Διακύμανση (δ) μέγιστης "οριζόντιας" επιτάχυνσης PGHA και (ε) μέγιστης "κατακόρυφης" επιτάχυνσης PGVA.

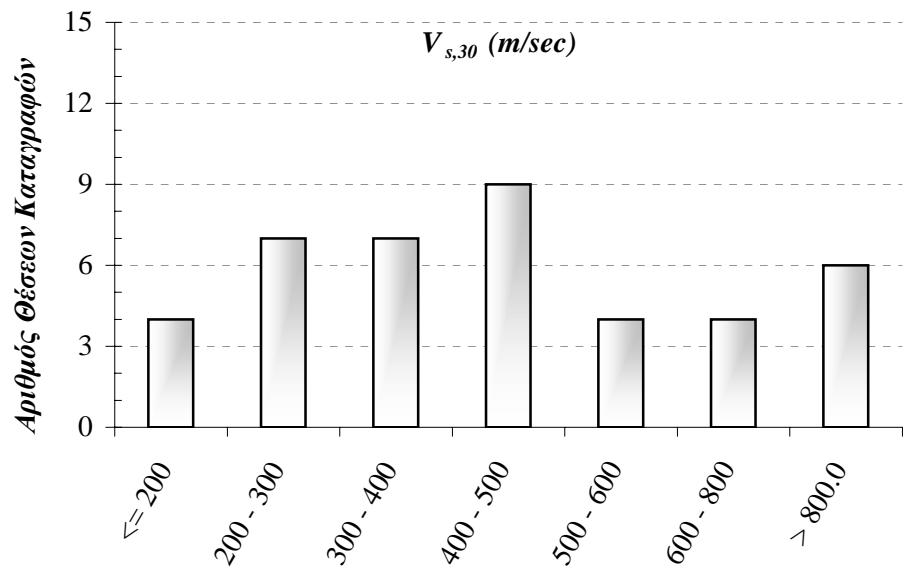


Σχήμα 3.1(..συνέχεια): Βάση σεισμικών καταγραφών. Διακύμανση (στ) βάθους "σεισμικού" βραχώδους υποβάθρου H_{bed} και (ζ) μέσης σταθμισμένης τιμής ταχυτήτων διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων $V_{s,30}$ στις θέσεις καταγραφών.









Πίνακας 3.3: Κατάλογος σεισμικών καταγραφών της αντίστοιχης βάσης δεδομένων, από την Ελλάδα.

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών	
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)	Θέση, Περιγραφή Κτιρίου	Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750 \text{m/sec}$)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)		
Αθήνα	07/09/1999 11:56:50	5.9	16.0	17.0	0.265 long	Καλλιθέα (ΚΕΔΕ) Ισόγειο 1όροφου κτιρίου (R/C)	A, A, Sc	32.0	512	ESMD (ΙΤΣΑΚ)	
					0.307 trans						
					0.148 vert						
					0.119 long	Κυψέλη (ΓΥΣ) Υπόγειο 3όροφου κτιρίου (R/C)	A, A, Sb	11.5	970		
					0.110 trans						
					0.050 vert						
					0.110 long	Χαλάνδρι (Δημαρχείο) Ισόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C)	A, A, Sc	12.0 – 16.0	706		
					0.161 trans						
					0.097 vert						
					0.323 long	Σεπόλια 3όροφο κτίριο στάθμευσης(R/C), 0 m	A, A, Sc	21.7 (;)	362 (;)		ESMD (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)
					0.321 trans						
					0.173 vert						
0.246 long											
0.221 trans	Σεπόλια Σταθμός Μετρό (R/C), -13 m	A, A, Sc	21.7 (;)	362 (;)							
0.079 vert											
0.501 long					Ισόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Ο.Τ.Ε.	B, B, Sc	22.0	473			
0.543 trans											
0.196 vert											
Αίγιο	15/06/1995 00:15:49	6.3	15.0	10.0	0.050 long	Ισόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Ο.Τ.Ε.	B, B, Sc	22.0	473	ESMD (ΙΤΣΑΚ)	
					0.068 trans						
					0.196 vert						
	20/05/2002 16:13:33					4.4e-4 long	Παλιά Χαρτοποιία (Λιμάνι), Downhole Array (0m, -14m, -31m, -57m, -178m)	Γ, C, Sd	160.0	240	CORSEIS
						2.7e-4 trans					
						2.2e-4 vert					
						1.5e-4 long	Παλιά Χαρτοποιία (Λιμάνι), Downhole Array (0m, -14m, -31m, -57m, -178m)	Γ, C, Sd	160.0	240	
						1.6e-4 trans					
						1.2e-4 vert					
6.3e-5 long	Παλιά Χαρτοποιία (Λιμάνι), Downhole Array (0m, -14m, -31m, -57m, -178m)	Γ, C, Sd	160.0	240							
6.5e-5 trans											
8.6e-5 vert											

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)		Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750$ m/sec)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)	
Αιμυρός	30/11/1987 04:19:25	4.4 (M_w)	14.0	6.0	0.022 long	Υπόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Δημαρχείου	B, B, Sc	100.0 (εκτίμηση)	456	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.014 vert					
	16/07/1980 00:06:58	4.5	3.0	12.0	0.124 long					
					0.106 trans 0.087 vert					
Αργιστάλι	23/01/1992 04:27:17	5.2	14.0	3.0	0.204 long	Υπόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Ο.Τ.Ε.	A, A, Sc	37.0	437	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.137 trans					
					0.081 vert					
	23/03/1983 23:51:05	6.1	18.0	3.0	0.182 long					
0.235 trans 0.096 vert										
Βόλβη (N. Θεσ/νίκης)	04/05/1995 00:34:10	5.1		9.0	0.035 long	Euroseistest, Testsite (TST), Downhole Array (0m , -17m, -72m)	Γ, C, Sd	130.0	223	ΙΤΣΑΚ, Εργαστήριο Εδαφομηχανικής & Θεμελιώσεων Α.Π.Θ.
					0.023 trans					
					0.014 vert					
					0.010 long	Euroseistest, Testsite (TST), Downhole Array (0m, -17m , -72m)				
					0.011 trans					
					0.010 vert					
					0.012 long	Euroseistest, Testsite (TST), Downhole Array (0m, -17m, -72m)				
0.010 trans 0.006 vert										
Έδεσσα	21/12/1990 06:57:44	6.1	36.0	8.0	0.098 ew	Υπόγειο 5όροφου κτιρίου (R/C) Νομαρχίας	Γ, Special Case, Sd (-Sc)	19.2	373	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.102 ns					
					0.041 ud					
	18/02/1986 14:34:04	4.4	2.0	10.0	0.087 long					
					0.043 trans 0.038 vert					
Θεσ/νίκη	05/07/1978				0.162 long	I.N. Αγίων Κωνσταντίνου & Ελένης	B, B, Sd	121.0	271	ΙΤΣΑΚ
					0.235 trans					
					0.085 vert					

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)		Θέση, Περιγραφή Κτιρίου	Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750m/sec$)	
Θεσσαλονίκη	20/06/1978 20:03:21	6.4	29.0	6.0	0.142 long	Υπόγειο ξενοδοχείου City (R/C)	Γ, C, Sd	>100.0 (εκτίμηση)	226	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.144 trans					
					0.132 vert					
	04/07/1978 10:23:28	5.1	16.0	12.0	0.099 ew					
					0.114 ns					
0.052 ud										
Καλαμάτα	13/09/1986 17:24:35	5.8	11.0	9.0	0.240 long	Υπόγειο 7όροφου κτιρίου (R/C) Νομαρχίας	B, B, Sc	35.0	496	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.270 trans					
					0.200 vert					
	15/09/1986 11:41:30	4.7	10.0	1.0	0.240 long					
					0.140 trans					
	0.100 vert									
	13/09/1986 17:24:35	5.8	10.0	9.0	0.215 ew					
0.297 ns										
0.331 ud										
Χ. Κέντρο Γρεβενών	11/06/1995 18:51:48	4.8 (M_w)	11.0	13.0	0.101 ew	Ισόγειο δημαρχείου	B, B, Sd	100.0 (εκτίμηση)	320	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.127 ns					
					0.051 ud					
Χ. Κνίδη Γρεβενών	06/06/1995 04:35:38	4.8 (M_w)	7.0	10.0	0.065 ew	free field	A, A, Sc	17.0	709	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.077 ns					
					0.052 ud					
Κοζάνη	13/05/1995 08:47:15	6.5	17.0	14.0	0.212 long	Ισόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Νομαρχίας	A, A, Sc	25.7	510	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.142 trans					
					0.080 vert					
	17/07/1995 23:18:15	4.8	22.0	22.0	0.026 long					
					0.029 trans					
	0.013 vert									
	15/05/1995 04:13:55	4.8	27.0	9.0	0.026 ew					
0.040 ns										
0.027 ud										

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)		Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750m/sec$)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)	
Κοζάνη	17/05/1995 04:14:25	5.0	33.0	9.0	0.024 ns	I.N. Αγίων Κωνσταντίνου & Ελένης	A, A, Sc	25.5	440	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.019 ud					
Κυπριασία	10/06/1987 14:50:11	5.0	17.0	15.0	0.115 long	Υπόγειο 1όροφου κτιρίου (R/C) Αγροτικής Τράπεζας	A, A, Sb	9.5 – 12.0	811	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.127 trans					
					0.032 vert					
	26/04/1997 22:18:34	4.4	26.0	7.0	0.065 long					
					0.043 trans					
				0.023 vert						
Λευκάδα	25/02/1994 02:30:49	5.1	15.0	5.0	0.135 long	Υπόγειο 2όροφου κτιρίου (R/C) Νοσοκομείου	B, B, Sd	60.0 (εκτίμηση)	258	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.136 trans					
					0.053 vert					
	29/11/1994 14:30:30	4.9	17.0	9.0	0.043 long					
					0.076 trans					
				0.027 vert						
Πάτρα	14/07/1993 12:31:49	5.6	9.0	2.0	0.143 long	1όροφο κτίσμα δίπλα στον I.N. Αγίου Δημητρίου	B, B, Sd (-Sc)	85.0 (εκτίμηση)	369	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.402 trans					
					0.123 vert					
	30/05/1992 18:55:40	4.8	33.0	12.0	0.048 long					
					0.042 trans					
				0.027 vert						
Πύργος	26/03/1993 11:58:18	5.1	10.0	14.0	0.145 long	Υπόγειο 1όροφου κτιρίου (R/C) Αγροτικής Τράπεζας	B, B, Sd	85.0 (εκτίμηση)	276	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.434 trans					
					0.121 vert					
	11/08/1996 11:43:45	4.7 (M_w)	2.0	14.0	0.124 long					
					0.115 trans					
				0.063 vert						
Χ. Χρόμιο Κοζάνης	15/05/95 04:13:55	4.8	9.0	9.0	0.160 ew	Ισόγειο κοινοτικού κτιρίου	A, A, Sc	25.0	623	ESMD (ΙΤΣΑΚ)
					0.132 ns					
					0.062 ud					

Πίνακας 3.4: Κατάλογος σεισμικών καταγραφών της αντίστοιχης βάσης δεδομένων, από το εξωτερικό.

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)	Θέση, Περιγραφή Κτιρίου	Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750m/sec$)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)	
California – U.S.A	18/10/1989 00:04 (Loma Prieta)	7.1	31.1	17.6	0.220 (90°)	Gilroy Array Station #3#, Sewage plant, 1-story building, ground level	B, B, Sd	80.0	308	COSMOS
					0.542 (360°)					
			0.367 ud							
			0.159 ew							
	97.6	0.100 ns	Treasure island, Naval Base Fire Station, 2-story building, ground floor	X, C-Special Case, Se (-S _f)	90.0	185				
							0.016 ud			
	17/01/1994 04:30 PST (Northridge)	6.8	10.6	19.0	0.301 (90°)	Pacoima – Kagel Kanyon, Fire Station, 1-story building, ground level	A (-B), A (-B), Sc	77.0	456	
					0.432 (360°)					
					0.180 ud					
					0.103 (95°)					
			20.2		0.159 (185°)	Wonderland Elementary School, 2-story building, ground level	A, A, Sb	3.0	1278	
			19.3		0.417 ew	Pacoima Dam – Downstream, small building at bottom of kanyon, below concrete arch dam	A, A, Sb	1.5	2111	
9.9			0.183 ud		Arleta (Nordhoff) Fire Station, 1-story building, ground level	B, B, Sd	100.0	316		
									0.344 (90°)	
5.5	0.307 (360°)	Tarzana, Cedar Hill Nursery, 1-story building, ground level	B, B, Sd	75.0	300					
						0.552 ud				
						1.778 (90°)				
						0.989 (360°)				
Italy	23/11/1980 18:34:52UTC (Irpinia)	6.8	23.0	16.0	0.181 ew	Bagnoli Irpino, ground level (free field)	A, A, Sb	5.0	1149	
					0.139 ns					
					0.104 ud					
			43.0		0.174 ew	Brienza, ground level (free field)	A, A, Sc	30.0	503	
					0.227 ns					
					0.158 ud					
16.0	0.176 ew	Calitri, ground level (free field)	A, A, Sc	29.0	605					
	0.155 ns									
	0.167 ud									

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής <i>Θέση, Περιγραφή Κτιρίου</i>	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών								
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)		Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750m/sec$)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)									
Italy	23/11/1980 18:34:52UTC (Irpinia)	6.8	32.0	16.0	0.222 ns	Sturmo, ground level (free field)	A, A, Sb	5.0	1069	ESMD (ΙΤΣΑΚ)								
					0.216 ns													
					0.235 ud													
California, U.S.A.	16/10/1999 09:46:44UTC	7.1 (M_L)	203	6.0	0.035 (90°)	La Cienega Downhole Array (0m, -18m, -100m and -252m)	B, B, Sd	>300.0	284	CSMIP								
					0.033 (180°)													
					0.009 ud													
					0.018 (90°)	La Cienega Downhole Array (0m, -18m, -100m and -252m)												
					0.020 (180°)													
					0.008 ud													
	18/08/1999 01:16:18UTC	5.0 (M_L)	29.0	6.7	0.018 (90°)	La Cienega Downhole Array (0m, -18m, -100m and -252m)	X, C-Special Case, Se (-S _f)	90.0	185									
					0.014 (180°)													
					0.007 ud													
					0.016 (90°)	Treasure Island Downhole Array (0m, -7m, -16m, -31m, -44m, -104m and -122m)					X, C-Special Case, Se (-S _f)	90.0	185					
					0.017 (360°)													
					0.010 ud													
0.008 (90°)	Treasure Island Downhole Array (0m, -7m, -16m, -31m, -44m, -104m and -122m)	X, C-Special Case, Se (-S _f)	90.0	185														
0.007 (360°)																		
0.004 ud																		
0.006 (90°)	Treasure Island Downhole Array (0m, -7m, -16m, -31m, -44m, -104m and -122m)					X, C-Special Case, Se (-S _f)	90.0	185										
										0.004 (360°)								
										0.003 ud								
Japan	05/08/1990 07:13:02	5.1	8.4	13.6	0.108 ew					Ashigara Valley Testsite, KS2 Downhole Array (0m, -30m and -97m)	B, B, Sd	98.0	181	Kudo, K. (personal contact)				
					0.226 ns													
					0.065 ud													
					0.039 ew	Ashigara Valley Testsite, KS2 Downhole Array (0m, -30m and -97m)	B, B, Sd	98.0	181	Kudo, K. (personal contact)								
					0.123 ns													
					0.025 ud													
					0.044 ew	Ashigara Valley Testsite, KS2 Downhole Array (0m, -30m and -97m)									B, B, Sd	98.0	181	Kudo, K. (personal contact)
					0.112 ns													
					0.032 ud													

Περιοχή	Σεισμολογικά Στοιχεία					Σταθμός Καταγραφής	Εδαφικές Συνθήκες			Πηγή Καταγραφών
	Ημερομηνία	M_s	R (km)	D (km)	PGA (g)	Θέση, Περιγραφή Κτιρίου	Κατηγορία Εδάφους (EAK2000, EC8-ENV98, UBC97)	Βάθος Σεισμικού Βραχώδους Υποβάθρου (m) ($V_s > 750$ m/sec)	Εκτίμηση $V_{s,30}$ (m/sec)	
Japan	17/01/1995 05:06:52 JST (Hyogo ken Nanbu)	6.9 (M_w)	20.0	10.0	0.348 ns	Kobe, Port Island, Downhole Array (0m , -16m, -32m and -83m) on the nw corner of Port Island	X, C-Special Case, Se (-S _f)	(;)	196	
					0.567 ud					
					0.308 ew					
					0.691 ns					
					0.190 ud					
	06/10/2000 13:30:00 (Tottori)	7.1 (M_w)	13.0	10.0	0.624 ew	Hakuta (Japan) – Station Code: SMNH01 Downhole Array (0m and -101m)	B, B, Sc	22.0	458	
					0.730 ns					
					0.642 ud					
					0.279 ew	Hakuta – Station Code: SMNH01 Downhole Array (0m and -101m)				
					0.189 ns					
					0.199 ud					
			8.0	10.0	0.777 ew	Hino – Station Code: TTRH02 Downhole Array (0m and -100m)	B, B, Sd	42.0	313	
					0.928 ns					
					0.793 ud					
			48.0	10.0	0.585 ew	Hino – Station Code: TTRH02 Downhole Array (0m and -100m)				
					0.365 ns					
					0.322 ud					
					0.134 ew	Kamisaibara – Station Code: OKYH10 Downhole Array (0m and -200m)	B, B, Sc	8.0	553	
0.286 ns										
0.093 ud										
0.014 ew	Kamisaibara – Station Code: OKYH10 Downhole Array (0m and -200m)									
0.025 ns										
0.015 ud										

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται το στάδιο εργασιών του 1^{ου} έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, που αφορά στην αξιοποίηση της “*Βάσης Δεδομένων Γεωτεχνικών – Γεωφυσικών Ερευνών από την Ελληνική Επικράτεια*” (Κεφ.2). Πρόκειται ουσιαστικά, για τη διαχείριση και στατιστική επεξεργασία δεδομένων σχετικών με προσδιορισμένες φυσικές, μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες γεωϋλικών που συναντώνται σε όλη την επικράτεια της χώρας, με στόχο:

- κατά κύριο λόγο, την προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών σε διακριτές κατηγορίες με βάση τη στρωματογραφία και τις φυσικές και δυναμικές τους ιδιότητες.
- κατά δεύτερο, τη συσχέτιση μεταξύ διαφόρων βασικών παραμέτρων και δοκιμών.

4.1 ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ

Απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών, ήταν η καταρχήν θεωρητική διερεύνηση του θέματος της εδαφικής κατηγοριοποίησης σε επίπεδο ελληνικών και διεθνών κανονισμών και δημοσιεύσεων. Βασικό αντικείμενο προβληματισμού και μελέτης αποτέλεσαν η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ζητήματος από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό και ο εντοπισμός των αδυναμιών και των σημείων που χρήζουν βελτίωσης.

Πιο συγκεκριμένα, η κατάταξη των εδαφών που προτείνει ο *EAK2000*^[19] (Πίνακας 4.1), είναι κοινή διαπίστωση ότι δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός σύγχρονου αντισεισμικού κανονισμού, καθώς βασίζεται στη ποιοτική και μόνο περιγραφή τους. Το γεγονός αυτό αυξάνει την αβεβαιότητα επιλογής της κατάλληλης κατηγορίας. Παρουσιάζεται επομένως η ανάγκη εισαγωγής κατ' ελάχιστον ποσοτικών παραμέτρων, οι οποίες θα αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών και θα είναι κατά το δυνατόν εύκολο να μετρηθούν ή ενδεχομένως να εκτιμηθούν εμμέσως.

Προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται αρκετοί διεθνείς αντισεισμικοί κανονισμοί. Στους Πίνακες 4.2 – 4.10 παρουσιάζονται οι διατάξεις (που άπτονται του ζητήματος της εδαφικής κατηγοριοποίησης) των κυριότερων από αυτούς:

- *EC8 (ENV1998), 1994*^[8] (Πίνακας 4.2)
- *EC8 (prEN1998-Draft4), 2001*^[9] (Πίνακας 4.3)
- *UBC, 1997*^[12] (Πίνακας 4.4)
- *Design Specifications of Highway Bridges, Japan, 1998*^[7] (Πίνακας 4.5)
- *Australian/New Zealand Standard for Comment (Draft 00902), 2000*^[30] (Πίνακες 4.6 - 4.7)
- *Specifications for Structures to be Built in Disaster Areas, Turkey, 1998*^[17] (Πίνακες 4.8 – 4.9)
- *AFPS, 1990*^[2] (Πίνακας 4.10)

Στον Πίνακα 4.11 γίνεται σύνοψη των παραπάνω, μέσω μίας ομαδοποίησης των προτεινόμενων ανά κανονισμό εδαφικών κατηγοριών.

Αυτό που εύκολα παρατηρεί κανείς είναι ο εξέχων ρόλος που κατέχει η ταχύτητα των διατμητικών κυμάτων V_s στον χαρακτηρισμό των εδαφών. Οπωσδήποτε η κατάταξη στην μονοπαραμετρική αυτή κλίμακα, υπερτερεί της καθαρά ποιοτικής περιγραφής. Θεωρείται όμως παρακινδυνευμένη η χρήση της τιμής της V_s ως αποκλειστικό μέγεθος περιγραφής της σεισμικής συμπεριφοράς εδαφών, όταν δε συνοδεύεται από την καλή γνώση του τύπου του εδάφους. Ο λόγος είναι προφανής και συνδέεται με την μη γραμμική συμπεριφορά εδαφών, που διαφέρει ριζικά σε κάθε τύπο τους. Επιπλέον, δεν θα πρέπει να αγνοηθεί ότι η ακριβής γνώση των ταχυτήτων V_s εμπεριέχει αρκετούς περιορισμούς, καθώς απαιτεί τη διεξαγωγή εκτεταμένων επί τόπου γεωφυσικών ερευνών.

Επιφυλάξεις εκφράζονται επίσης και ως προς την αξιοπιστία χρήσης της μέσης τιμής V_s των πρώτων 30 m για την περιγραφή των εδαφικών συνθηκών, που υιοθετήθηκε καταρχήν από τους αμερικάνικους κανονισμούς (*NEHRP* ^[4], *UBC* ^[12]) και επεκτάθηκε πρόσφατα στους αντίστοιχους ευρωπαϊκούς (π.χ *EC8-Draft4* ^[9]), καθώς παραβλέπεται η σπουδαιότητα που μπορεί να έχει στην σεισμική απόκριση, το βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο και οι υποκείμενοι των 30 m εδαφικοί σχηματισμοί. Παρατηρήσεις ενόργανων μετρήσεων της εδαφικής κίνησης σε κατακόρυφα δίκτυα επιταχυνσιογράφων (Port Island, Euroseistest, *Pitilakis et al.* ^[22,23,24]) αποδεικνύουν πως τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα, όταν μάλιστα έχουν μικρή δυσκαμψία, είναι δυνατόν να έχουν έναν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια. Είναι επομένως πολύ παρακινδυνευμένο να θεωρηθεί, πως αποτελεί γενικό κανόνα η δυνατότητα περιγραφής της εδαφικής κίνησης από την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στήλης των 30 πρώτων μέτρων.

Βάσει των όσων αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι πρέπει να οδηγηθούμε σε ένα τέτοιο σύστημα κατηγοριοποίησης, που θα συμπεριλάβει τόσο τον παράγοντα της εδαφικής ακαμψίας όσο και αυτόν του βάθους του εδαφικού σχηματισμού, αναγνωρίζοντας την σπουδαιότητα που αυτοί έχουν στην εδαφική απόκριση. Στα πλαίσια αυτού του προβληματισμού, κινούνται και διάφοροι άλλοι ερευνητές. Ενδεικτικά μπορούμε ν' αναφέρουμε:

- Την συστηματική έρευνα των *Seed and Dickenson* ^[6,28,29], οι οποίοι πρότειναν εδαφική κατηγοριοποίηση που βασίζεται κυρίως στην ταχύτητα V_s , το βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο (ή τον οιονεί βράχο) και σε μία κατά το δυνατό λεπτομερή γεωτεχνική περιγραφή των εδαφικών αποθέσεων στην υπό εξέταση περιοχή (*Πίνακας 4.12*).

- Την εργασία των *Rodriguez-Marek, Bray, Abrahamson* ^[27], όπου γίνεται χρήση κυρίως γεωτεχνικών και γεωλογικών πληροφοριών για το χαρακτηρισμό των εδαφών, ενώ οι τιμές των μέσων ταχυτήτων V_s δίνονται ενδεικτικά, ως “οδηγοί”(Πίνακας 4.13). Το σύστημα κατάταξης συμπεριλαμβάνει επίσης και κάποιους επιπλέον παράγοντες, όπως για παράδειγμα η γεωλογική ηλικία των εδαφικών σχηματισμών. Η τελευταία εισάγεται ώστε να καλύψει την επιρροή που μπορεί να έχει σε φαινόμενα μη γραμμικής συμπεριφοράς, ο ρόλος της οποίας στη διαμόρφωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης δε θα πρέπει να αγνοηθεί..

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πληρότητα ενός συστήματος εδαφικής κατηγοριοποίησης προϋποθέτει και την επισήμανση ιδιαιτεροτήτων που αφορούν στις γενικότερες τοπογραφικές και γεωλογικές συνθήκες των υπό εξέταση περιοχών, καθώς αυτές αναγνωρίζεται ότι έχουν σημαντική επιρροή στη διαμόρφωση των εδαφικών κινήσεων. Το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ. έχει προχωρήσει τα τελευταία χρόνια στη συστηματική μελέτη της επιρροής των σύνθετων εδαφικών συνθηκών με τη βοήθεια δυσδιάστατων (2D) αναλυτικών μοντέλων (π.χ *Euroseistest* ^[5,16,23]). Έχει αποδειχτεί μάλιστα, ότι λόγω των πεπερασμένων πλευρικών ορίων των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων σε μια κοιλάδα, δημιουργούνται επιφανειακά κύματα που αυξάνουν το πλάτος και τη διάρκεια της εδαφικής κίνησης και ενισχύουν το φαινόμενο της χωρικής μεταβλητότητας αυτής. Προκειμένου λοιπόν να προβλεφθούν τέτοιου είδους φαινόμενα, από τη στιγμή που είναι πρακτικά αδύνατη η χρήση δυσδιάστατων ομοιωμάτων, θα πρέπει να είναι γνωστές, πέρα από τις ιδιότητες των εδαφικών υλικών, και οι τοπογραφικές- γεωλογικές ιδιαιτερότητες μιας περιοχής. Επομένως, στην κατηγοριοποίηση των εδαφών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι τοπικές συνθήκες ή αλλιώς συνθήκες της επιφανειακής γεωλογίας.

4.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

Πρόκειται για το βασικό στάδιο εργασιών του πρώτου έτους, που στοχεύει στην αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες και την κατάλληλη στατιστική επεξεργασία τους ώστε να προταθούν τελικά συγκεκριμένες εδαφικές κατηγορίες (προκαταρκτική κατηγοριοποίηση).

Οι δυσκολίες του συγκεκριμένου εγχειρήματος είναι βέβαια πολλές και σχετίζονται με το πλήθος των παραμέτρων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα. Όταν μάλιστα αναφερόμαστε σε εδάφη, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζουν έντονη διακύμανση ακόμα και όταν πρόκειται για το ίδιο υλικό, καταλαβαίνουμε ότι δεν είναι καθόλου εύκολο να ποσοτικοποιηθεί το πρόβλημα και να προταθούν τιμές διακύμανσης των διαφόρων μηχανικών και δυναμικών ιδιοτήτων.

Για να απλοποιηθεί κατά το δυνατό η διαδικασία της προκαταρκτικής κατηγοριοποίησης, αποφασίστηκε να επιλεγούν και να αξιολογηθούν εκείνες οι παράμετροι, που χαρακτηρίζουν όσο γίνεται καλύτερα ένα έδαφος και έχουν επίδραση στην διαμόρφωση της σεισμικής του απόκρισης. Βάσει και των όσων προέκυψαν από την επεξεργασία των βιβλιογραφικών αναφορών, αποφασίστηκε να δοθεί κύρια βαρύτητα στην ταχύτητα V_s και τη διακύμανση που αυτή παρουσιάζει για τα διάφορα γεωυλικά, με την απαραίτητη όμως παράθεση συμπληρωματικών παραμέτρων που διευκολύνουν το διαχωρισμό των διαφόρων κατηγοριών (γεωμετρία, αριθμός κτύπων N_{SPT} , δείκτης πλαστικότητας PI).

Σε ένα πρώτο στάδιο έγινε κατάταξη των εδαφών ανά γεωγραφική περιοχή (στην ελληνική επικράτεια), κυρίως εκεί όπου υπήρχε σημαντικός αριθμός δεδομένων από τις αντίστοιχες μικροζωνικές μελέτες. Στους Πίνακες 4.14 – 4.22 παρουσιάζονται τα συγκεκριμένα αποτελέσματα:

- Κοζάνη (Πίνακας 4.14)
- Λάρισα (Πίνακας 4.15)
- Βόλος (Πίνακας 4.16)
- Αίγιο (Πίνακας 4.17)
- Θεσσαλονίκη (Πίνακας 4.18)
- Βόλβη - Euroseistest (Πίνακας 4.19)
- Λεμεσός (Πίνακας 4.20)
- Καλαμάτα (Πίνακας 4.21)
- Ρόδος (Πίνακας 4.22)

Σε ότι αφορά συγκεκριμένα της περιοχές Θεσσαλονίκης και Βόλβης (πρόγραμμα Euroseistest), σημειώνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν αυτούσια τα αποτελέσματα των αναλυτικών ερευνών και μελετών που προηγήθηκαν και οι οποίες κατέληξαν στη σύνθεση γεωτεχνικών χαρτών και στην ταξινόμηση των βασικών εδαφικών σχηματισμών σε διακριτές κατηγορίες, ανάλογα με τις γεωτεχνικές και γεωφυσικές τους ιδιότητες (*Anastasiadis et al.*^[1]; *Raptakis et al.*^[26]).

Η κατάταξη ακολούθησε ενιαία γραμμή και έγινε σε 4 κύριες διακριτές κατηγορίες:

- *Κατηγορία Α:* πρόσφατα υλικά επιχωματώσεων, επιφανειακά εδαφικά στρώματα.
- *Κατηγορία Β:* αργιλικά εδάφη με διάφορες προσμίξεις και με διαφορετικά επίπεδα πλαστικότητας (χαμηλής, μέσης, υψηλής).
- *Κατηγορία Γ:* αμμώδεις σχηματισμοί με διάφορες προσμίξεις (αμμοχάλικα, αμμώδεις σχηματισμοί ποικίλης κοκκομετρικής διαβάθμισης, αμμοιλύες κ.α.).
- *Κατηγορία Δ:* βραχώδεις – ημιβραχώδεις σχηματισμοί (ταχύτητα $V_s > 750$ m/sec).

Τονίζεται, ότι οι συγκεκριμένες κατηγορίες είναι ενδεικτικές και επιλέχθηκαν έτσι ώστε να περιλαμβάνουν στο σύνολο τους τα εδάφη που συναντώνται στην πράξη.

Ακολούθως, έγινε η διάκριση των παραπάνω κατηγοριών σε υποκατηγορίες, βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των βασικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω (V_s , N_{SPT} , P.I, πάχος - βάθος εδαφικών σχηματισμών), για να καταλήξουμε στην τελική μορφή της προκαταρκτικής κατηγοριοποίησης των εδαφών, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.23. Στα Σχήματα 4.1 – 4.6 δίνονται αναλυτικά όλα τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν, ανά προτεινόμενη υποκατηγορία.

Σημειώνεται, ότι η τελική κατηγοριοποίηση των εδαφικών υλικών και των τοπικών εδαφικών συνθηκών (soil + site characterization) γίνεται μετά την ολοκλήρωση της μελέτης της σεισμικής απόκρισης, η οποία θα αναδείξει την επίδραση παραγόντων που σχετίζονται τόσο με τον τύπο και τις φυσικές, μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών, όσο και με τη στρωματογραφία, το λόγο της δυσκαμψίας μεταξύ των αποθέσεων και του βραχώδους υποβάθρου, τη μη γραμμική συμπεριφορά κ.α.

4.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΒΑΣΙΚΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Οι εργασίες αναφορικά με την επεξεργασία των δεδομένων γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών από την ελληνική επικράτεια, ολοκληρώθηκαν με την προσπάθεια συσχέτισης βασικών δυναμικών ιδιοτήτων με αποτελέσματα γεωτεχνικών δοκιμών. Κύρια βαρύτητα δόθηκε στην εκτίμηση της ταχύτητας V_s των διατμητικών κυμάτων, που κυρίως απασχολεί τη Σεισμική Μηχανική και ο ακριβής προσδιορισμός της οποίας στα πλαίσια ενός τεχνικού έργου δεν είναι πολλές φορές δυνατός, λόγω του υψηλού κόστους των γεωφυσικών διασκοπήσεων. Με δεδομένο ότι η πλέον διαδεδομένη γεωτεχνική δοκιμή πεδίου στην Ελλάδα είναι η δοκιμή πρότυπης διείσδυσης (SPT), αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον είναι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών N_{SPT} και αντίστοιχων τιμών V_s .

Η σχετική ιδιομορφία και ποικιλία των ελληνικών εδαφών δημιουργούν βάσιμες αμφιβολίες περί της αξιοπιστίας και της δυνατότητας εφαρμογής σχέσεων συσχέτισης των συγκεκριμένων παραμέτρων, που έχουν προταθεί κατά καιρούς στη διεθνή βιβλιογραφία (*Imai* ^[10]; *Ohta and Goto* ^[18]; *Imai and Tonouchi* ^[11]; *Sykora and Stokoe* ^[31]; *Lee* ^[14,15] κ.α.). Η αντίστοιχη ερευνητική δραστηριότητα, που αναπτύχθηκε στην Ελλάδα την τελευταία δεκαετία, κατέληξε στην πρόταση ανάλογων σχέσεων για μεγάλες ομάδες εδαφών (*Καλτεζιώτης και συνεργάτες* ^[13]; *Athanasopoulos* ^[3]; *Raptakis et al.* ^[25]; *Pitilakis et al.* ^[20,21]; *Anastasiadis et al.* ^[1]). Μεγάλο μέρος από τις παραπάνω προτεινόμενες σχέσεις συσχέτισης $N_{SPT} - V_s$, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.24 και στα διαγράμματα (α) και (β) του Σχήματος 4.7, όπου και διακρίνεται η σημαντική διακύμανση που αυτές παρουσιάζουν, ακόμα και για παρόμοιους τύπους εδαφικών σχηματισμών.

Στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος, παρά το μεγάλο πλήθος δεδομένων που συλλέχθηκε, δεν κατέστη δυνατή η εξαγωγή σχέσεων $N_{SPT} - V_s$ με ικανοποιητικό συντελεστή συσχέτισης ($r > 0.7 - 0.8$). Η βασική αιτία εντοπίζεται στη σχετική ανομοιογένεια των συγκεκριμένων δεδομένων, καθώς:

- οι έρευνες από τις οποίες αυτά αντλήθηκαν, έχουν διεξαχθεί σε περιοχές με μεγάλη ποικιλία γεωμορφολογικών και γεωλογικών χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα εδάφη του ίδιου τύπου να παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στις τιμές των βασικών μηχανικών - δυναμικών ιδιοτήτων τους.

- η μέτρηση των ταχυτήτων V_s έχει γίνει με διάφορες μεθόδους γεωφυσικών διασκοπήσεων (cross-hole, down-hole κ.α) και σε ορισμένες περιπτώσεις με χρήση διαφορετικής διαδικασίας εκτέλεσης (π.χ στην παραγωγή διατμητικών κυμάτων).
- τα αποτελέσματα των δοκιμών πρότυπης διείσδυσης επηρεάζονται από μία σειρά παραγόντων (ακριβές ύψος πτώσης, ύπαρξη τριβών, υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, εμπειρία τεχνικού προσωπικού κ.α.) που διαφοροποιούνται από δοκιμή σε δοκιμή και επιπλέον, παρουσιάζεται η ανάγκη χρήσης διαδικασίας αναγωγής, ώστε να προσδιοριστούν τιμές κτύπων σε κάθε περίπτωση όπου μετρήθηκαν αρνήσεις ($N_{SPT} > 50$, 60 ή 100).

Βάσει όλων των παραπάνω, είναι λογικό να εμφανίζονται ζεύγη τιμών $N_{SPT} - V_s$ με μεγάλη διασπορά, ακόμα και για τον ίδιο τύπο εδάφους. Η εξαγωγή περισσότερο αξιόπιστων σχέσεων συσχέτισης, προϋποθέτει επομένως την εφαρμογή μίας αρκετά χρονοβόρου διαδικασίας ομοιογενοποίησης του συνόλου των διαθέσιμων δεδομένων, η οποία δεν κατέστη δυνατό να ολοκληρωθεί στα στενά χρονικά πλαίσια του συγκεκριμένου Ερευνητικού Προγράμματος.

2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αναστασιάδης, Α.Ι., Ραπτάκης, Δ.Γ., Πιτιλάκης, Κ.Δ. (2001)
‘Η γνώση της εδαφικής δομής ως αφετηρία στη μικροζωνική μελέτη Θεσ/νίκης
I. Προσδιορισμός εδαφικών προσομοιωμάτων’ *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου
Γεωτεχνικής Μηχανικής, Αθήνα, σ.75-82.*
- [2] Association Francaise du Genie Parasismique (1990)
‘Recommendations pour la redaction de regles relatives aux ouvrages et installations a
reviser dans les regions sujettes aux seismes’ *AFPS-90.*
- [3] Athanasopoulos, G.A. (1994)
‘Empirical correlation V_s - N_{SPT} for soils of Greece’ *Proceedings of the 2nd International
Conference on Resistant Construction and Design, ERCAD 94, Berlin, pp.219-226.*
- [4] Building Seismic Safety Council (1997)
‘Recommended provisions for seismic regulations for new buildings’ *NEHRP.*
- [5] Chavez-Garcia, F.J., Raptakis, D.G., Makra, K.A., Pitilakis, K.D. (2000)
‘Site effects at Euroseistest – II. Results from 2D numerical modeling and comparison
with observations’ *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.19, pp.23-39.*
- [6] Dickenson, S.E., Seed, R.B. (1996)
‘Nonlinear dynamic response of soft and deep cohesive soil deposits’ *Proceedings of
International Workshop on Site Response, Yokosuka, Japan, Vol.2, pp.67-81.*
- [7] Earthquake Disaster Prevention Research Center, Public Work Research Institute (1998)
‘Seismic design’ *Design Specifications of Highway Bridges, Japan, Part V.*
- [8] European Committee for Standardization (1994)
‘Seismic action and general requirements for structures’ *EC8, ENV-1998, Design
Provisions For Earthquake Resistance of Structures, Part 1-1.*
- [9] European Committee for Standardization (2001)
‘General rules, seismic actions and rules for buildings’ *EC8, Draft No4, Design of
Structures for Earthquake Resistance, Part 1.*
- [10] Imai, T. (1977)
‘P- and S- wave velocities of the ground in Japan’ *Proceedings of the 2nd European
Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Vol.2, pp.67-72.*

- [11] Imai, T., Tonouchi, K. (1982)
‘Correlation of N- values with S- wave velocity and shear modulus’ *Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, Vol.2, pp.257-260.*
- [12] International Conference of Building Officials (1997)
‘Structural engineering design provisions’ *Uniform Building Code, Vol.2.*
- [13] Καλτεζιώτης, Ν., Σαμπατακάκης, Ν., Βασιλείου, Ι. (1992)
‘Εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών των εδαφών στον Ελληνικό χώρο’ *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής, Θεσ/νίκη, σ.239-246.*
- [14] Lee, S.H.H. (1990)
‘Regression models of shear wave velocities’ *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol.13, No.5, pp.519-532.*
- [15] Lee, S.H.H. (1992)
‘Analysis of the multicollinearity of regression equations of shear wave velocities’ *Soils and Foundations, Vol.6, pp.167-187.*
- [16] Μάκρας, Κ.. (2000)
‘Συμβολή στην εκτίμηση σεισμικής απόδοσης σύνθετης εδαφικής δομής (λεκάνη Euroseistest) με νόρμες και θεωρητικές προσεγγίσεις’ *Διδακτορική Διατριβή, Τμ. Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.*
- [17] Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey (1998)
‘Earthquake disaster prevention’ *Specification for Structures to be Built in Disaster Areas, Part III.*
- [18] Ohta, Y., Goto, N. (1978)
‘Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.6, pp.167-187.*
- [19] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (2000)
‘Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού’ *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Κεφ.2.*
- [20] Pitilakis, K., Lontzetidis, K., Raptakis, D., Tika, Th. (1998)
‘Geotechnical and geophysical surveys for site characterization’ *Proceedings of the 1st Conference on Site Characterization, Atlanta, USA.*

- [21] Pitilakis, K., Anastasiadis, A. (1998)
Invited lectures: ‘Soil and site characterization for seismic response analysis’ *Proceedings of the 11th Conference on Earthquake Engineering, Paris, pp.65-90.*
- [22] Pitilakis, K., Raptakis, D., Lontzetidis, K., Tika, Th., Jongmans, D. (1999)
‘Geotechnical and geophysical description of Euroseistest, using field, laboratory tests and moderate strong motion recordings’ *Journal of Earthquake Engineering, Vol.3, No.3, pp.381 -409.*
- [23] Pitilakis, K.D., Makra, K.A., Raptakis, D.G. (2001)
Invited lecture: ‘2D vs 1D site effects with potential applications to seismic norms: The cases of Euroseistest and Thessaloniki’ *XVI ICSMGE TC4 Satellite Conf. on “Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes”, Istanbul, Turkey, pp.123-133.*
- [24] Pitilakis, K.D. (2001)
Invited lecture: ‘Site effects and engineering practice’ *10th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, SDEE’2001, Philadelphia, USA, Oct 6-10.*
- [25] Raptakis, D.G., Pitilakis, K.D., Anastasiadis, A.I., Lontzetidis, K.D., (1994)
‘ $N_{SPT}-V_s$ correlations and material damping for natural greek soils’ *Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering, Vienna, pp.477-482.*
- [26] Raptakis, D.G., Chavez-Garcia, F.J., Makra, K.A., Pitilakis, K.D. (2000)
‘Site effects at Euroseistest – I. Determination of the valley structure and confrontation of observations with 1D analysis’ *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.19, pp.1-22.*
- [27] Rodriguez-Marek, A., Bray, J.D., Abrahamson, N. (1999)
‘Characterization of site response – general site categories’ *Pacific Earthquake Engineering Research Center, Task 3 (PEER 1999/03).*
- [28] Seed, R.B., Dickenson, S.E., Mok, C.M. (1991)
‘Seismic response analysis of soft and deep cohesive sites: A brief summary at recent findings’ *Proceedings, CALTRANS First Annual Seismic Response Workshop, Sacramento, California.*
- [29] Seed, R.B., Celtin, K.O., Moss, R.E.S (2001)
‘Recent advances in soil liquefaction engineering and seismic site response evaluation’ *Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, Istanbul, Turkey, August 23-24.*

[30] Standards New Zealand Committee (2000)

‘Earthquake actions’ *Draft 00902-00903, New Zealand Standard for Comment, Part 4.*

[31] Sykora, D.W., Stokoe, K.H. (1983)

‘Correlations of in situ measurements in sands of shear wave velocity, soil characteristics and site conditions’ *Report GR 83-33, Civil Engineering Department, University of Texas at Austin, pp.484.*

Πίνακας 4.1: Κατάταξη εδαφών κατά τον ΕΑΚ2000

	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση.
	Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70 μ.
	Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70 μ.
B	Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη.
	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5 μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70 μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5 μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70 μ.
	Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5 μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστικότητας ($PI > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοίλυδα εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων).
	Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα.
	Απότομες κλιτείες καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.
	Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής.
	Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.
	Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

- Σχόλια: 1) Δόμηση μονίμων έργων σε εδάφη κατηγορίας X μπορεί να γίνει μόνο ύστερα από λεπτομερείς έρευνες και μελέτες και εφόσον ληφθούν κατάλληλα μέτρα βελτιώσεως των ιδιοτήτων του εδάφους και αντιμετωπισθούν ειδικώς τα συγκεκριμένα προβλήματα που υπάρχουν..
- 2) Σχηματισμός πάχους μικρότερου των 5 μ μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στην αμέσως προηγούμενη κατηγορία εδάφους με εξαίρεση την κατηγορία X.

Πίνακας 4.2: Site Classes - EC8 (ENV1998-1), 1994

	Description	Vs (m/sec)
A	Rock or other geological formation characterized by a shear wave velocity of at least 800 m/sec including at most 5m of weaker material at surface	≥ 800
	Stiff deposits of sand, gravel or overconsolidated clay at least several tens of meters thick, characterized by a gradual increase of the mechanical properties with depth.	≥ 400 at 10m
B	Deep deposits of medium dense sand, gravel or medium stiff clays with thickness from several tens to many hundreds of meters	≥ 200 at 10m ≥ 350 at 50m
C	Loose cohesionless soil deposits with or without some soft cohesive layers	≤ 200 until 20m
	Deposits with predominant soft-to-medium stiff cohesive soils	≤ 200 until 20m

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.3: Site Classes – EC8 (prEN1998-1, Draft4), 2001

	Description	N _{SPT}	s _u (kPa)	V _{s,30} (m/sec)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5m of weaker material at the surface	-	-	> 800
B	Deposits of very dense sand, gravel or very stiff clay at least several tens of m in thickness characterized by a gradual increase of mechanical properties with depth.	>50	>250	360-800
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of m	15-50	70-250	180-360
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers) or of predominantly soft-to-firm cohesive soil	<15	<70	<180
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with V _{s,30} values of class C or D and thickness varying between about 5 and 20 m, underlain by stiffer materials with V _{s,30} >800 m/sec			
S₁	Deposits consisting – or containing a layer at least 10m thick – of soft clays/silts with high plasticity index (PI>40) and high water content	-	10-20	<100 (indicative)
S₂	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in classes A-E or S ₁			

Comments:

- 1) The average shear wave velocity V_{s,30} is computed according to the following expression:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

where h_i and V_i denote the thickness and shear wave velocity of the N formations of layers existing in the top 30 meters. The site will be classified according to the value of V_{s,30} if this is available otherwise the value of N_{SPT} will be used.

- 2) For sites with ground conditions matching the two special subsoil classes S₁ and S₂ special studies for the definition of the seismic action are required. For these classes and particularly for S₂ the possibility of soil failure under the seismic action must be considered.
- 3) Further sub-division of this classification is permitted to better conform with special soil conditions. The seismic action defined for any sub-class shall not be less than those corresponding to the main class specified in Table 4.3, unless this is supported by special site-classification studies foreseen in the National Annex

Πίνακας 4.4: Site Classes – UBC, 1997

	Description	V _{s,30} (m/sec)
A	HARD ROCK-Eastern United States sites only	>1500
B	ROCK	760-1500
C	VERY DENSE SOIL AND SOFT ROCK Undrained shear strength $s_u > 100$ kPa or $N_{SPT} > 50$	360-760
D	STIFF SOILS Stiff soil with undrained shear strength $50 \text{ kPa} < s_u < 100 \text{ kPa}$ or $15 < N_{SPT} < 50$	180-360
E	SOFT SOILS Profile with more than 3 m of soft clay defined as soil with $PI > 20$, moisture content $w > 40\%$, undrained shear strength $s_u < 50$ kPa and $N_{SPT} < 15$	≤ 180
F	SOILS REQUIRING SITE SPECIFIC EVALUATIONS 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading: e.g. liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays: 3 m or thicker layer 3. Very high plasticity clays: 8 m or thicker layer with $PI > 75$ 4. Very thick soft/medium stiff clays: 36 m or thicker layer	

Πίνακας 4.5: Site Classes – Japan – Design Specifications of Highway Bridges, Japan, 1998

Ground Class	Characteristic value of ground T_G (sec)
I	< 0.2
II	0.2 – 0.6
III	≥ 0.6

Comments:

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

where T_G : Characteristic value of the ground (sec)
(originally refers to the fundamental natural period of the surface layer ground in a slight strain amplitude region)

H_i : Thickness of the i-th soil layer (m)

V_{si} : Average shear elastic wave velocity of the i-th soil layer (m/sec). If the measured value is not available, it can be obtained from equations:

$$V_{si} = 100N_i^{2/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \quad \text{in the case of cohesive soil layer}$$

$$V_{si} = 80N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \quad \text{in the case of sandy soil layer}$$

N_i : Average N value of the i-th soil layer by standard penetration test

i : Number of the i-th soil layer from the ground surface when the ground is classified into N layers from the ground surface to the base ground surface. The base ground surface refers to the upper face of the soil layer with an N value of 25 or more in the case of a cohesive soil layer or an N value of 50 or more in the case of a sandy soil layer, or the upper face of the soil layer with a shear elastic wave velocity of more than about 300m/s.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.6: Site Classes – Australian/New Zealand Standard for Comment (Draft 00902), 2000

	Description	V _{s,30} (m/sec)
A	STRONG ROCK Strong to extremely strong rock with unconfined compressive strength greater than 20 MPa and not underlain by materials having a compressive strength less than 18 MPa or a shear wave velocity less than 600m/sec.	≥760
B	ROCK Material with a compressive strength between 1 and 20 MPa. A surface layer of no more than 3m depth of highly-weathered or completely-weathered rock or soil (a material with a compressive strength less than 1MPa) may be included. The rock shall not be underlain by materials having a compressive strength less than 0.8 MPa or a shear wave velocity less than 300 m/sec.	360-760
C	SHALLOW SOIL SITES Sites where the low amplitude natural period is less than or equal to 0.6 sec, or sites with depths of soil not exceeding those listed in table 4.7, but excluding Class E very soft sites.	
D	DEEP OR SOFT SOIL SITES Sites where the low amplitude natural period is greater than 0.6 sec, or sites with depths of soil exceeding those listed in table 4.7, but excluding Class E very soft sites.	
E	VERY SOFT SOIL SITES Sites with very soft soils with undrained shear-strength less than 12.5 kPa, soils with SPT N-values less than 6 or other sites with soil descriptions not included in table 5.1. Special studies are required to determine the basic seismic hazard acceleration coefficient for these sites. Such studies are outside the scope of this standard.	

Πίνακας 4.7: Depth Limits for Site Subsoil Classes C and D of Table 4.6

Soil type and description		Maximum depth of soil (m)
<i>Cohesive soil</i>	<i>Representative undrained shear strengths (kPa)</i>	
Soft	12.5 – 25	20
Firm	25 – 50	25
Stiff	50 – 100	40
Very stiff or hard	100 – 200	60
<i>Cohesionless soil</i>	<i>Representative SPT (N) values</i>	
Loose dry	6 – 10	40
Medium dense	10 – 30	45
Dense	30 – 50	55
Very dense	>50	60
Gravels	>30	100

Πίνακας 4.8: Site Classes – Specifications for Structures to be Built in Disaster Areas, Turkey, 1998

Local Site Class	Soil Group according to Table 4.9 and Topmost Layer Thickness (h_1)
Z1	Group (A) soils
	Group (B) soils with $h_1 \leq 15\text{m}$
Z2	Group (B) soils with $h_1 > 15\text{m}$
	Group (C) soils with $h_1 \leq 15\text{m}$
Z3	Group (C) soils with $15\text{m} < h_1 \leq 50\text{m}$
	Group (D) soils with $h_1 \leq 10\text{m}$
Z4	Group (C) soils with $h_1 > 50\text{m}$
	Group (D) soils with $h_1 > 10\text{m}$

Comments: In the case where the thickness of the topmost soil layer under the foundation is less than 3 m, the layer below may be considered as the topmost soil layer indicated in Table 4.8.

Πίνακας 4.9: Soil Groups of Table 4.8

Soil Group	Description	N_{SPT}	Relative Density (%)	s_u (kPa)	V_s (m/sec)
(A)	1. Massive volcanic rocks, unweathered sound metamorphic rocks, stiff cemented sedimentary rocks	-	-	> 1000	> 1000
	2. Very dense sand, gravel	> 50	85-100	-	>700
	3. Hard clay, silty clay	> 32	-	>400	>700
(B)	1. Soft volcanic rocks such as tuff agglomerate, weathered cemented sedimentary rocks with planes of discontinuity	-	-	500-1000	700-1000
	2. Dense sand, gravel	30-50	65-85	-	400-700
	3. Very stiff clay, silty clay	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1. High weathered soft metamorphic rocks and cemented sedimentary rocks with planes of discontinuity	-	-	<500	400-700
	2. Medium dense sand and gravel	10-30	35-65	-	200-400
	3. Stiff clay, silty clay	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1. Soft, deep alluvial layers with high water table	-	-	-	< 200
	2. Loose sand	< 10	< 35	-	< 200
	3. Soft clay, silty clay	< 8	-	< 100	< 200

Πίνακας 4.10: Site Classes – AFPS, 1990

	Description	Soil depth (m)	N _{SPT}	V _{s,30} (m/sec)
S ₀	Rock-like material			> 800
	Stiff or dense soil conditions	<15	>30	>400
S ₁	Stiff or dense soil conditions	>15		
	Medium-stiff clay or medium-dense granular soil	<15	10-30 (medium-dense granular soil)	150-400
S ₂	Medium-stiff clay or medium-dense granular soil	15-50		
	Soft clay or loose sandy soil	<10	<10 (loose sandy soil) <2 (soft clay)	<150
S ₃	Medium-stiff clay or medium-dense granular soil	>50	10-30 (medium-dense granular soil)	150-400
	Soft clay or loose sandy soil	10-100	<10 (loose sandy soil) <2 (soft clay)	<150

Comments: For soft clays or loose sandy soils with depths in excess of 100m, AFPS-90 recommends site specific spectral analysis.

Πίνακας 4.11 : Ομαδοποίηση εδαφών βάσει των διατάξεων των αντισεισμικών κανονισμών

V _{s,30} (m/sec)	180	360	760	1500	
UBC/97	S _E	S _D	S _C	S _B	S _A
EAK2000	Δ – Γ	(Γ) B	(A)	A	
EC8 (ENV1998)	C	(C) B	(A)	A	
EC8 (prEN1998) (Draft4, 2001)	D	C	B	A	
New Zealand, 2000 (Draft)	D (T>0.6s =>V _{s,30} <200)	C (T<0.6s =>V _{s,30} >200)	B	A	
Japan, 1998 (Highway Bridges)	III (T>0.6s =>V _{s,30} <200)	II (T=0.2 - 0.6s =>V _{s,30} =200 - 600)	(I)	I (T<0.2s =>V _{s,30} >600)	
Turkey/98	Z ₄ – Z ₃	Z ₃ – Z ₂	Z ₃ – Z ₂ – Z ₁	Z ₁	
AFPS/90	S ₃ – S ₂	S ₃ – S ₂ – S ₁	S ₁ – S ₀	S ₀	

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.12: Proposed “Simplified” Site Classification System
(Raymond B. Seed and Stephen E. Dickenson)

Site Class	Site Condition	General Description	Site Characteristics ^{1,2}
(A ₀)	A ₀	Very Hard Rock	$V_s(\text{avg}) > 1500$ m/sec in top 15 m
A	A ₁	Competent Rock with Little or No Soil and/or Weathered Rock Veneer.	$750 \text{ m/sec} \leq V_s(\text{rock}) \leq 1500 \text{ m/sec}$ and $H_{\text{soil} + \text{weathered rock}} < 12$ m with $V_s > 240$ m/sec (in all but the top few meters ³)
AB	AB ₁	Soft, Fractured and/or Weathered Rock	For both AB ₁ and AB ₂ : $12 \text{ m} \leq H_{\text{soil} + \text{weathered rock}} \leq 45$ m and $V_s > 240$ m/sec (in all but the top few meters ³)
	AB ₂	Stiff, Very Shallow Soil over Rock and/or Weathered Rock	
B	B ₁	Deep, Primarily Cohesionless ⁴ Soils. ($H_{\text{soil}} \leq 90$ m)	No “Soft Clay” (See Note 5), and $H_{\text{cohesive soil}} < 0,2 H_{\text{cohesionless soil}}$
	B ₂	Medium Depth, Stiff Cohesive Soils and/or Mix of Cohesionless with Stiff Cohesive Soils; No “Soft Clay”.	$H_{\text{all soils}} \leq 60$ m, and V_s (cohesive soils) > 150 m/sec (See Note 5)
C	C ₁	Medium Depth, Stiff Cohesive Soils and/or Mix of Cohesionless with Stiff Cohesive Soils; Thin Layer(s) of Soft Clay	Same as B ₂ above, except $0 \text{ m} < H_{\text{soft clay}} \leq 3$ m (See Note 5)
	C ₂	Deep, Stiff Cohesive Soils and/or Mix of Cohesionless with Stiff Cohesive Soils; No “Soft Clay”.	$H_{\text{soil}} > 60$ m, and V_s (cohesive soils) > 150 m/sec
	C ₃	Very Deep, Primarily Cohesionless Soils.	Same as B ₁ above, except $H_{\text{soil}} > 90$ m
	C ₄	Soft, Cohesive Soil at Small to Moderate Levels of Shaking	$3 \text{ m} \leq H_{\text{soft clay}} \leq 30$ m, and $A_{\text{max,rock}} \leq 0,25$ g
D	D ₁	Soft, Cohesive Soil at Medium to Strong Levels of Shaking.	$3 \text{ m} \leq H_{\text{soft clay}} \leq 30$ m, and $0,25 \text{ g} < A_{\text{max,rock}} \leq 0,45$ g, or $[0,25 \text{ g} < A_{\text{max,rock}} \leq 0,55 \text{ g}$ and $M \leq 7 \frac{1}{4}]$
(E) ⁶	E ₁	Very Deep, Soft Cohesive Soil	$H_{\text{soft clay}} > 30$ m (See Note 5)
	E ₂	Soft, Cohesive Soil and Very Strong Shaking.	$H_{\text{soft clay}} > 30$ m, and either: $A_{\text{max,rock}} > 0,55$ g, or $A_{\text{max,rock}} > 0,45$ g and $M \leq 7 \frac{1}{4}$
	E ₃	Very High Plasticity Clays	$H_{\text{clay}} > 9$ m with $PI > 75\%$ and $V_s < 240$ m/sec
(F) ⁷	F ₁	Highly Organic and/or Peaty Soils	$H > 6$ m of peat and/ or highly organic soils.
	F ₂	Sites likely to suffer ground failure due either to significant soil liquefaction or other potential modes of ground instability.	Liquefaction and/or other types of ground failure analysis required.

Notes:

1. H = total (vertical) depth of soils of the types referred to.
2. V_s = seismic shear wave velocity (m/sec) at small shear strains (shear strain $\approx 10^{-4}\%$).
3. If surface soils are cohesionless, V_s may be less than 240 m/sec in top 3 m.
4. “Cohesionless soils” = soils with less than 30% “fines” by dry weight;
 “Cohesive soils” = soils with more than 30% “fines” by dry weight, and $15\% < \text{PI (fines)} \leq 90\%$
 Soils with more than 30% fines, and $\text{PI (fines)} < 15\%$ are considered “silty” soils herein, and these should be (conservatively) treated as “cohesive” soils for site classification purposes in this Table. (Evaluation of approximate V_s for these “silty” soils should be based either on penetration resistance or direct field V_s measurements; see Note 8 below.)
5. “Soft Clay” is defined herein as cohesive soil with: (a) Fines content $> 30\%$, (b) $\text{PI (fines)} > 20\%$, and (c) $V_s \leq 150$ m/sec.
6. Site-specific geotechnical investigations and dynamic site response analyses are strongly recommended for these conditions. Variability of response characteristics within this Class (E) of sites tends to be more highly variable than for Class A₀ through D, and the very approximate response projections herein should be applied conservatively in the absence of (strongly recommended) site-specific studies.
7. Site-specific geotechnical investigations and dynamic site response analyses are required for these conditions. Potentially significant ground failure must be mitigated, and/or it must be demonstrated that the proposed structure/facility can be engineered to satisfactorily withstand such ground failure.
8. The following approaches are recommended for evaluation of V_s :
 - (a) For all site conditions, direct (in-situ) measurement of V_s is recommended.
 - (b) In lieu of direct measurement, the following empirical approaches can be used:
 - (i) For sandy cohesionless soils: either SPT-based or CPT-based empirical correlations may be used.
 - (ii) For clayey soils: empirical correlations based on undrained shear strength and/or some combination of one or more of the following can be used (void ratio, water content, plasticity index, etc.) Such correlations tend to be somewhat approximate, and should be interpreted accordingly.
 - (iii) Silty soils of low plasticity ($\text{PI} \leq 15\%$) should be treated as “largely cohesionless” soils; SPT-based or CPT-based empirical correlations may be used (ideally with some “fines” correction relatively to “clean sand” correlations.) Silty soils of medium to high plasticity should be treated more likely “clayey” soils as in (ii) above.
 - (iv) “Other” soil types (e.g. gravelly soils, rockfill, peaty and organic soils, etc.) require considerable judgement, and must be evaluated on an individual; no simplified “guidance” can appropriately be offered herein.

Πίνακας 4.13: *Proposed Geotechnical Site Categories*
(Adrian Rodriguez-Marek, Jonathan D. Bray, Norman Abrahamson)

Site	Description	Site Period	Comments
A	Hard Rock	≤ 0.1 sec	Hard, strong, intact rock; $V_s > 1500$ m/sec.
B	Rock	≤ 0.2 sec	$V_s > 750$ m/sec or > 6 m of soil.
C ₁	Weathered/Soft Rock	≤ 0.4 sec	$V_s \approx 360$ m/sec increased to > 600 m/sec, weathered zone > 6 m and < 30 m.
C ₂	Shallow Stiff Soil	≤ 0.5 sec	Soil depth > 6 m and < 30 m.
C ₃	Intermediate Depth Stiff Soil	≤ 0.8 sec	Soil depth > 30 m and < 60 m.
D ₁	Deep Stiff Holocene Soil, either S (Sand) or C (Clay)	≤ 1.4 sec	Soil depth > 60 m and < 210 m. Sand has low fines content ($< 15\%$) or non-plastic fines ($PI < 5$). Clay has high fines content ($> 15\%$) and plastic fines ($PI > 5$).
D ₂	Deep Stiff Pleistocene Soil, S (Sand) or C (Clay)	≤ 1.4 sec	Soil depth > 60 m and < 210 m. See D ₁ for S or C sub-categorization.
D ₃	Very Deep Stiff Soil	≤ 2 sec	Soil depth > 210 m.
E ₁	Medium Depth Soft Clay	≤ 0.7 sec	Thickness of soft clay layer 3 m to 12 m.
E ₂	Deep Soft Clay Layer	≤ 1.4 sec	Thickness of soft clay layer > 12 m.
F	Special, e.g. Potentially Liquefiable Sand or Peat	≈ 1 sec	Holocene loose sand with high water table ($z_w \leq 6$ m) or organic peats.

Πίνακας 4.14: Κατάταξη εδαφών - Κοζάνη

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	επιχωματώσεις		220 ± 70	Βάθος: 0-3μ
B	αργιλόμαργες κατά τόπους με χαλίκια και άμμο	CL-CI	320 ± 70	Βάθος: 0-20μ $N_{SPT,30}$: (19-71) 48 ± 16 (30% μετρήσεων αρνήσεις) PI: (9.9-32.4) 21.3 ± 7.2
	μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ασβεστόμαργες	CI - CH	430 ± 80 Σε βάθος 0-20μ: $V_s=380 \pm 70$ m/sec Σε βάθος > 20μ: $V_s=480 \pm 70$ m/sec	$N_{SPT,30}$: (10-107) 56 ± 28 (50% μετρήσεων αρνήσεις) PI: (10.6-47.8) 29 ± 12.1
Γ	αμμώδεις σχηματισμοί κατά τόπους με χαλίκια	SC, SC-CI	510 ± 80	Βάθος: 0-35μ Μεγάλο εύρος τιμών $N_{SPT,30}$: (22-175) (50% μετρήσεων αρνήσεις)
Δ	φλύσχης		Αποσ/νος-κερμ/νος: $V_s=1000 \pm 100$ m/sec Υγιής: $V_s > 1700$ m/sec	
	ασβεστόλιθος		Κερματισμένος: $V_s=1350$ m/sec Υγιής: $V_s=3000$ m/sec	

Πίνακας 4.15: Κατάταξη εδαφών - Λάρισα

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
B	αργιλικά εδάφη κατά τόπους με χαλίκια	CL-CH	300 ± 70	Βάθος: 0-25μ $N_{SPT,30}$: (17-52) 30 ± 9 PI: (7.9-37.5) 24.5 ± 9.3
Γ	άμμοι καλής κοκκομετρικής διαβάθμισης, κατά τόπους με χαλίκια, αργιλώδεις άμμοι	GW-SW, SW, SC	330 ± 90	Βάθος: 5-25μ $N_{SPT,30}$: (31-92) 50 ± 21
	ιλώδεις άμμοι, αμμουιλεις, ιλώδη εδάφη	SM-SW, SM, SC-ML	270 ± 40	Βάθος: 0-30μ $N_{SPT,30}$: (3-68) 30 ± 20

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.16: Κατάταξη εδαφών – Βόλος

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ Vs (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	επιχωματώσεις		210 ± 60	Βάθη: 0-2.5μ
B	μαλακές άργιλοι (αμμώδεις)	CL-CI	200 ± 50	Βάθη: 0-25μ N _{SPT,30} : (3-26) 10 ± 7 PI: (9-27) 19.4 ± 5.2
	στιφρές άργιλοι (αμμώδεις)	CL	420 ± 120	Βάθη: 25-55μ N _{SPT,30} : (10-57) 24 ± 14 PI: (6-24) 13.5 ± 6.4
Γ	αμμοχάλικα με ή χωρίς αργιλικό κλάσμα	GP, GM, GC	460 ± 130 Σε βάθη 0-30μ: Vs=380 ± 130 m/sec Σε βάθη > 30μ: Vs=535 ± 75 m/sec	Σε βάθη 0-30μ: N _{SPT,30} : (9-59) 32 ± 16 Σε βάθη > 30μ: N _{SPT,30} >50 έως και άρνηση
	αμμώδεις σχηματισμοί με κυμαινόμενο ποσοστό ιλύος-αργίλου και χαλίκια κατά τόπους	SP, SM, SC	350 ± 90	Βάθη > 15μ N _{SPT,30} : (9-79) 37 ± 18
	αμμώδεις ιλείς – αμμοιλείς με ή χωρίς οργανικά	SM, ML, ML-OL	200 ± 70	Βάθη: 0-15μ N _{SPT,30} : (3-26) 9 ± 6

Πίνακας 4.17: Κατάταξη εδαφών – Αίγιο

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ Vs (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	πρόσφατες αποθέσεις και επιχωματώσεις		150 - 250	Βάθη: 0-5μ N _{SPT,30} <15
B	αμμώδεις – ιλύδεις άργιλοι	CL, CL-ML	390 ± 90	Βάθη: 5-25μ N _{SPT,30} : (23-55) 38 ± 10 PI: (8-22) 12.8 ± 4.1
Γ	αμμοχάλικα	GM, GM-GP, GM-GC	450 - 500	N _{SPT,30} >50 έως και άρνηση
Δ	κροκαλοπαγές		> 700	Βάθη >20-25m

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.18: Κατάταξη εδαφών – Θεσσαλονίκη

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	επιχωματώσεις		200 – 350 (250)	Βάθη: 0-3μ
B	στιφρές αμμώδεις άργιλοι έως και αργιλώδεις άμμοι	CL-CI, SC	300 – 400 (350)	Επιφανειακές αποθέσεις Πάχος: 2-10μ $N_{SPT,30}$: (12-70) 32 ± 15 PI: (3-27) 15 ± 4
	μαλακές αμμώδεις άργιλοι έως και αργιλώδεις άμμοι	CL-CI, SC	200 – 300 (250)	Επιφανειακές αποθέσεις Πάχος: 3-20μ $N_{SPT,30}$: (4-30) 11 ± 5 PI: (3-30) 12 ± 5
	στιφρές αμμώδεις άργιλοι	CI-CH(MH)	300 – 400 (350)	Επιφανειακές αποθέσεις Πάχος: 2-10μ $N_{SPT,30}$: > 60 PI: (20-45) 30 ± 5
	πολύ στιφρές αμμώδεις άργιλοι	CL-CI	350 – 700 (600)	Επικάθεται του βραχώδους υποβάθρου $N_{SPT,30}$: > 80 PI: (9-33) 20 ± 5
Γ	χαλαρές αμμώδεις ιλείς έως ιλυώδεις άμμοι	ML, SM, ML-OL	120 – 220 (180)	Βάθη: 0-20μ $N_{SPT,30}$: (2-25) 6 ± 4
	αλλουβιακές αποθέσεις, αμμοιλυώδεις άργιλοι έως αργιλώδεις αμμοιλείς	SC-CL, ML, SM-SC	150 – 250 (200)	Πάχος: 15-50μ $N_{SPT,30}$: (15-25) 14 ± 6
Δ	πολύ στιφρές ιλυοαμμώδεις έως χαλικώδεις μαργαϊκές άργιλοι έως μάργες	CL-CI, CL-GC	700 – 850 (750)	Επικάθεται του βραχώδους υποβάθρου
	σχιστόλιθοι & γνεύσιοι		1100 – 1300 (1200)	Οιωνεί βράχος
	σχιστόλιθοι & γνεύσιοι		1750 – 2200 (2000)	

Πίνακας 4.19: Κατάταξη εδαφών – Βόλβη (Euroseistest)

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ Vs (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	ιλοαργιλώδης άμμος	SM-SC	95 – 150 (130)	Βάθη: 0-4μ N _{SPT,30} : (6-24) 15 ± 9
B	μαλακές αμμώδεις άργιλοι	CL	150 – 250 (200)	Επιφανειακές αποθέσεις Πάχος: 3-10μ N _{SPT,30} : (9-22) 15 ± 6 PI: (12-22) 17.1 ± 4.3
	στιφρές μαργαϊκές αμμώδεις άργιλοι έως και αργιλώδεις ιλείς, άργιλοι υψηλής πλαστικότητας	CL, CL-ML, CH	400 – 550 (450)	Ενδιάμεσα βάθη (45-65μ) Πάχος: 10-30μ Οι μεγαλύτερης πλαστικότητας άργιλοι συναντώνται σε μεγαλύτερα βάθη (έως και 85μ) CL, CL-ML: N _{SPT,30} : (41-140) 80 ± 34 PI: (0-15) 7.6 ± 5.3 CH: N _{SPT,30} : (47-118) 67 ± 26 PI: (28-32) 29.8 ± 1.7
	πολύ στιφρές αμμώδεις άργιλοι	CL	560 – 650	Μεγάλα βάθη (έως και 130μ)
Γ	χαλαρές ιλυώδεις άμμοι	SM	150 – 250 (200)	Επιφανειακές αποθέσεις Πάχος: 5-10μ N _{SPT,30} : (12-83) 42 ± 23
	μαργαϊκές ιλείς έως και ιλυώδεις άμμοι	SM-ML	250 - 400 (300)	Βάθη: 0-50μ Πάχος: 10-40μ N _{SPT,30} : (20-130) 63 ± 27
Δ	πολύ στιφρές αργιλώδεις ιλυώδεις άμμοι έως και αμμώδεις άργιλοι με χαλίκια	SC-CL	600 – 900 (800)	Βάθη έως και 200μ Επικάθεται του (οιονεί) βραχώδους υποβάθρου
	σχιστόλιθοι		1000 – 1700 (1250)	Οιονεί βράχος
	γνεύσιοι		2300 - 2600	

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

Πίνακας 4.20: Κατάταξη εδαφών – Λεμεσός

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
B	αμμώδεις – ιλυώδεις άργιλοι	CL, CL-CI	400 ± 100	Βάθη: 5-30μ Μεγάλο εύρος τιμών $N_{SPT,30}$: (10-110) 49 ± 32 PI: (8-30) 20.3 ± 5.5
	άργιλοι υψηλής πλαστικότητας	CH	300 - 600	Βάθη: 30-40μ, μικρό πάχος (έως 5μ) PI: (25-52) 35.8 ± 9.4
Γ	ιλυώδη εδάφη, κατά τόπους με οργανικά	ML, ML-OL	330 ± 110	Βάθη: 0-30μ $N_{SPT,30}$: (7-40) 27 ± 9
	αμμώδη εδάφη κατά τόπους με χαλίκια	SP-SC, SM	540 ± 140	Βάθη: 25-40μ $N_{SPT,30}$: (23-76) 41 ± 18 (50% μετρήσεων αρνήσεις)
	αμμοχάλικα με κροκάλες κατά τόπους, χάλικες και κροκάλες με άμμο	GC-GP, GW-GM	Σε βάθη 0-30μ: $V_s=370 \pm 100$ m/sec Σε βάθη > 30μ: $V_s>600$ m/sec	Σε βάθη 0-30μ: $N_{SPT,30}$: (14-83) 46 ± 18 (30% μετρήσεων αρνήσεις)

Πίνακας 4.21: Κατάταξη εδαφών – Καλαμάτα

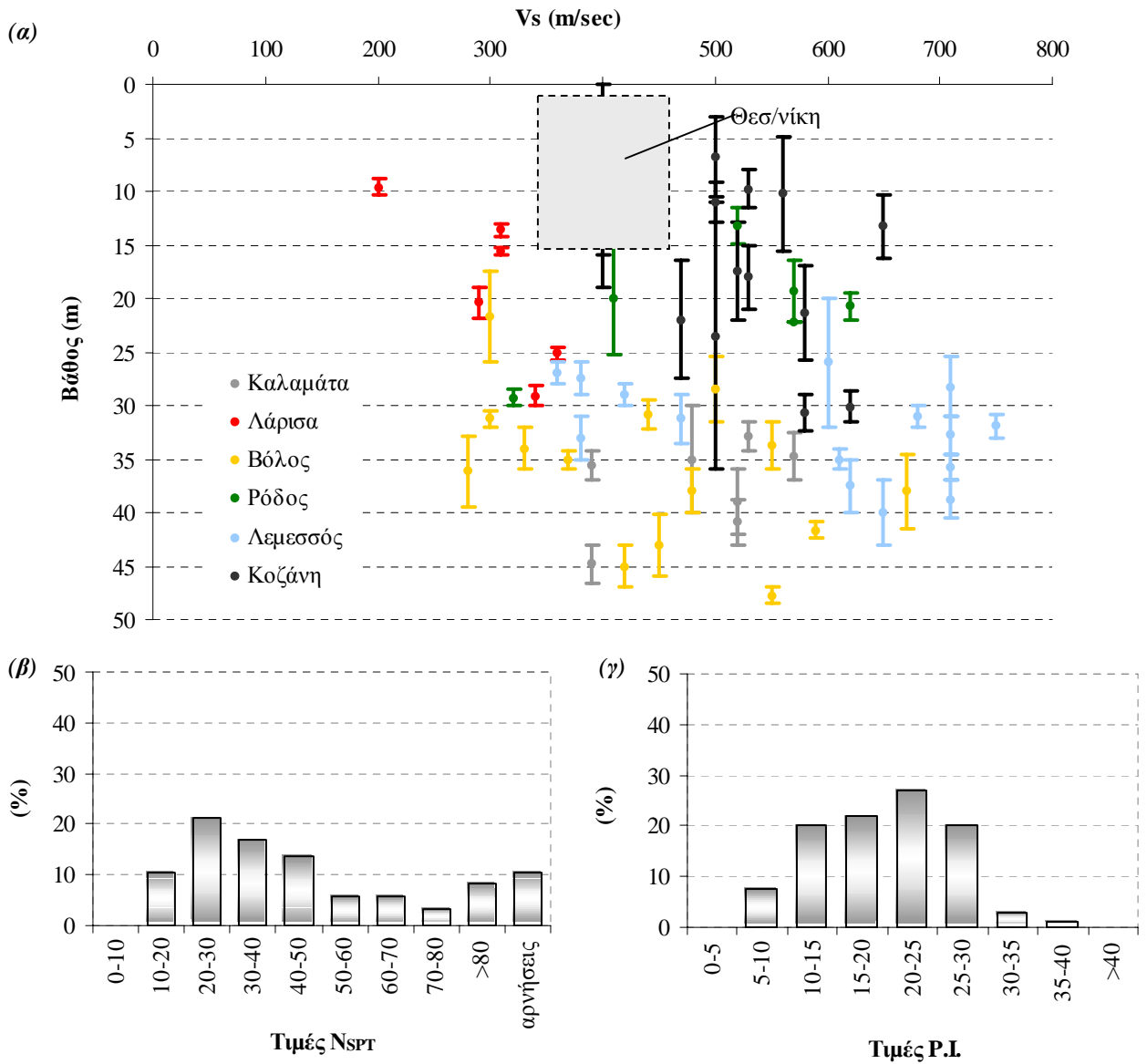
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
B	ιλυώδεις – αργιλώδεις μάργες, κατά τόπους με οργανικά	CL, CL-ML	590 ± 90	Βάθη > 20μ $N_{SPT,30}$: (18-98) 66 ± 23 (50% μετρήσεων αρνήσεις) PI: (6.8-14.8) 10.0 ± 1.8
Γ	ιλυώδεις άμμοι, αμμώδεις ιλεις	SM, ML	Σε βάθη < 30μ: 320 ± 70 Σε βάθη > 30μ: 520 ± 30	Σε βάθη < 30μ: $N_{SPT,30}$: (8-82) 40 ± 18 Σε βάθη > 30μ: $N_{SPT,30}>50$
	ιλυώδη έως αργιλώδη αμμοχάλικα	GM, GM-GC	Σε βάθη < 15μ: 330 ± 80 Σε βάθη > 15μ: 550 ± 80	$N_{SPT,30}$: (22-71) 45 ± 14 Σε βάθη > 20μ: μεγάλο ποσοστό αρνήσεων
Δ	κροκαλοπαγές		1000 - 1100	Βάθη >20m

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΑΚ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.

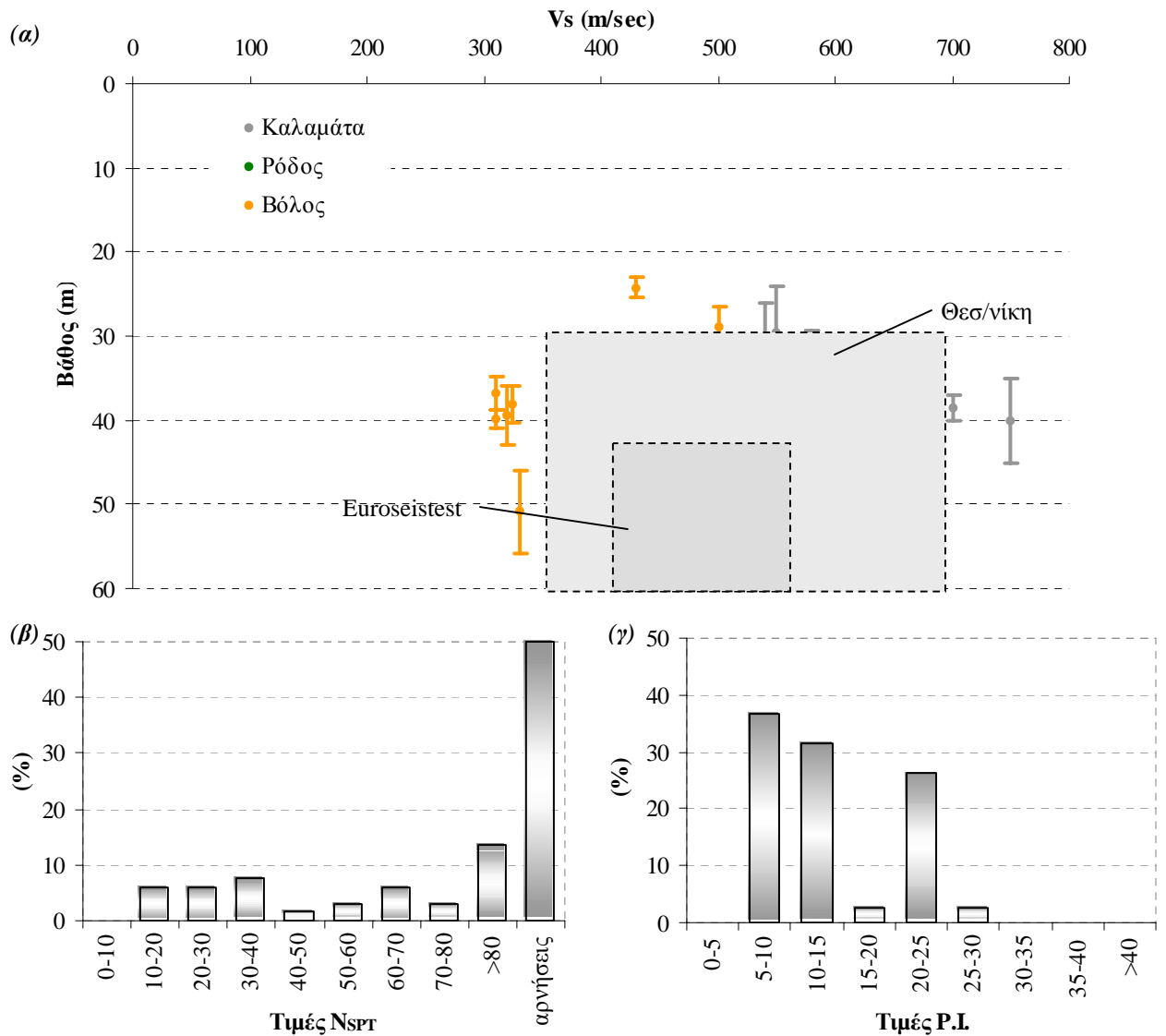
Πίνακας 4.22: Κατάταξη εδαφών – Ρόδος

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ V_s (m/sec)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
B	ιλυώδεις – αμμώδεις άργιλοι	CL-CI	420 ± 100	Βάθος: 10-45μ $N_{SPT,30}$: (13-48) 29 ± 9 PI: (15-29) 22.4 ± 4.0
Γ	χαλαρές ιλυώδεις άμμοι, κατά τόπους με χαλίκια	SM, SW-SM	260 ± 70	Βάθος: 0-10μ $N_{SPT,30}$: (4-19) 13 ± 6
	ιλυώδεις, αργιλώδεις άμμοι	SM, SC	490 ± 100	Βάθος: 10-30μ $N_{SPT,30} > 20$
Δ	ψαμμίτης		800-1000	Οιωνεί βραχώδες υπόβαθρο



	Vs (m/sec)	N _{SPT}	PI
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	365 ± 85	42 ± 23	19 ± 7
Μικροζωνική Θεσ/κης	300 - 400	32 ± 15	15 ± 4
Προτεινόμενες τιμές	300 - 450	20 - 60	11 - 26
Παρατηρήσεις	Το ποσοστό των αρνήσεων που εμφανίζεται στο ιστόγραμμα, αφορά στις αργιλόμαργες.		

Σχήμα 4.1: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία B₂ του Πίνακα 4.23.
 (α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος
 (β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}
 (γ) Ιστόγραμμα τιμών P.I.



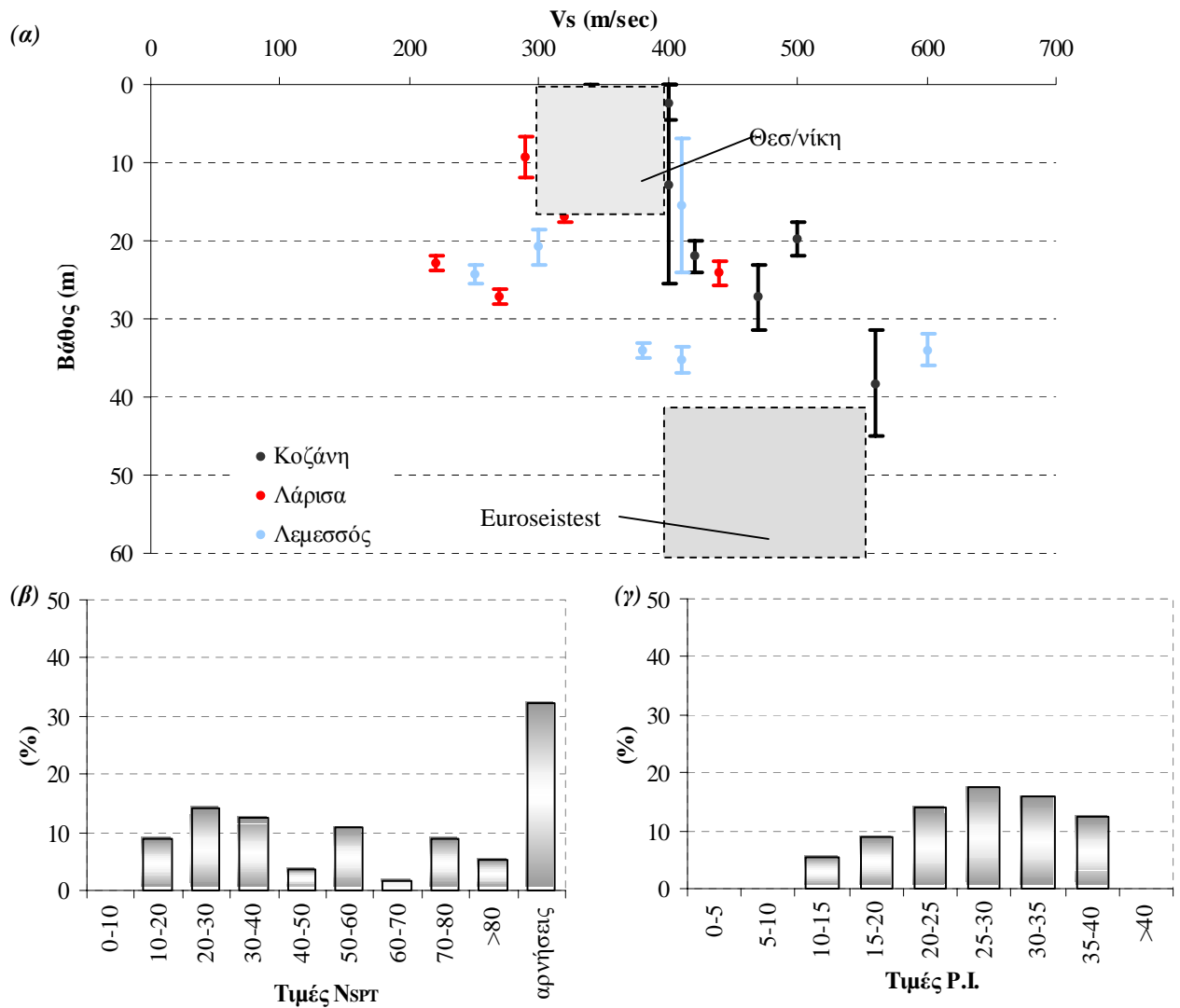
	Vs (m/sec)	N _{SPT}	PI
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	500 ± 130	55 ± 29	14 ± 6
Μικροζωνική Θεσ/κης	350 - 700	>80	20 ± 5
Euroseistest	400 - 550	80 ± 34	7.6 ± 5.3
Προτεινόμενες τιμές	300 - 450	>40	3 - 25
Παρατηρήσεις	Το ποσοστό των αρνήσεων που εμφανίζεται στο ιστόγραμμα, αφορά στις μάργες.		

Σχήμα 4.2: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία B₃ του Πίνακα 4.23.

(α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος

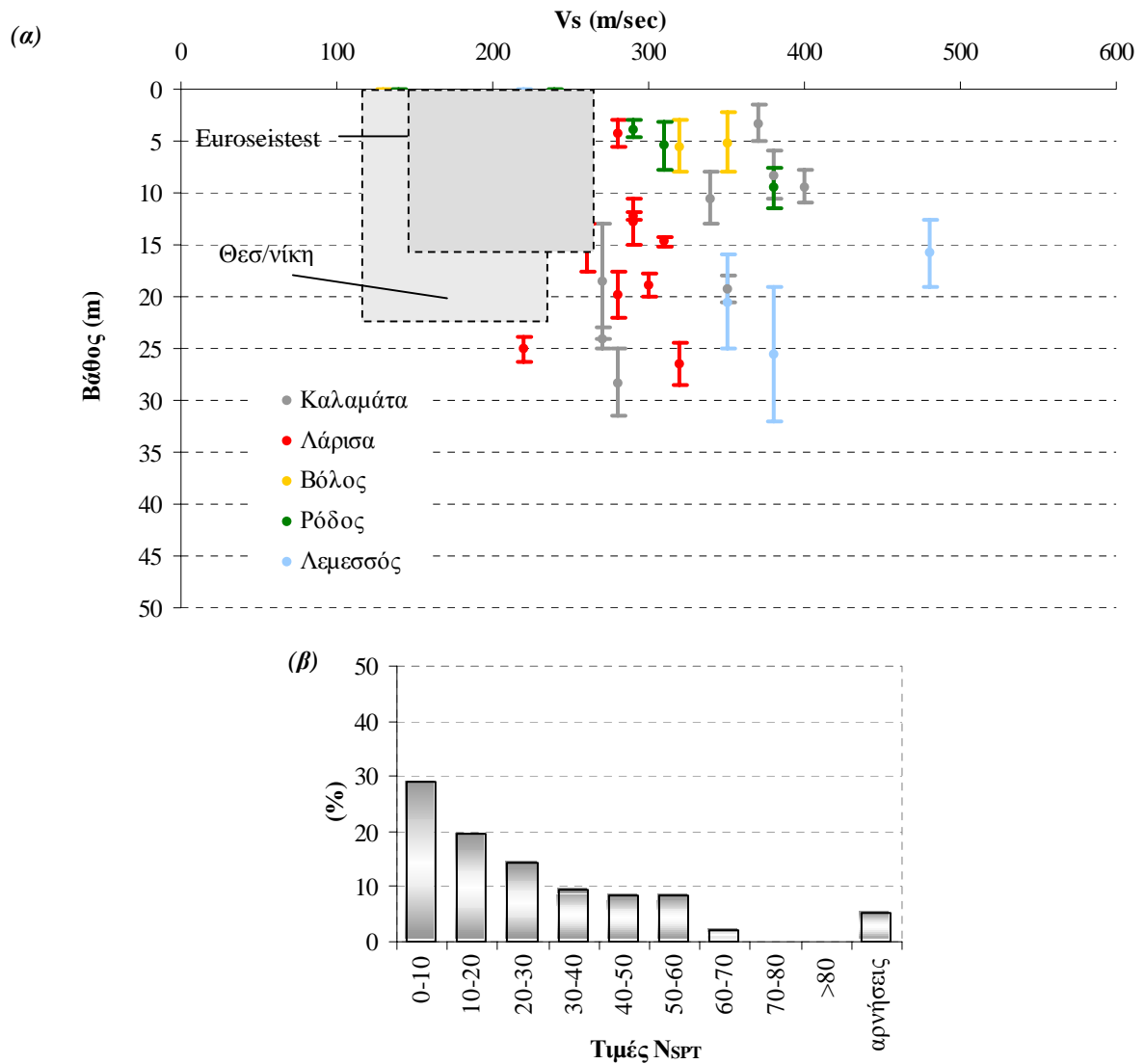
(β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}

(γ) Ιστόγραμμα τιμών P.I.



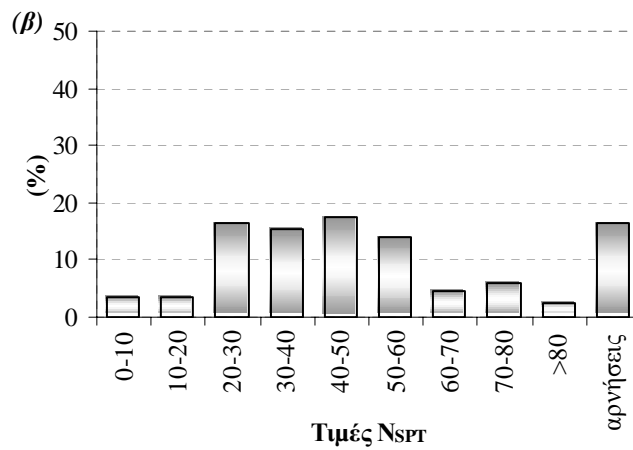
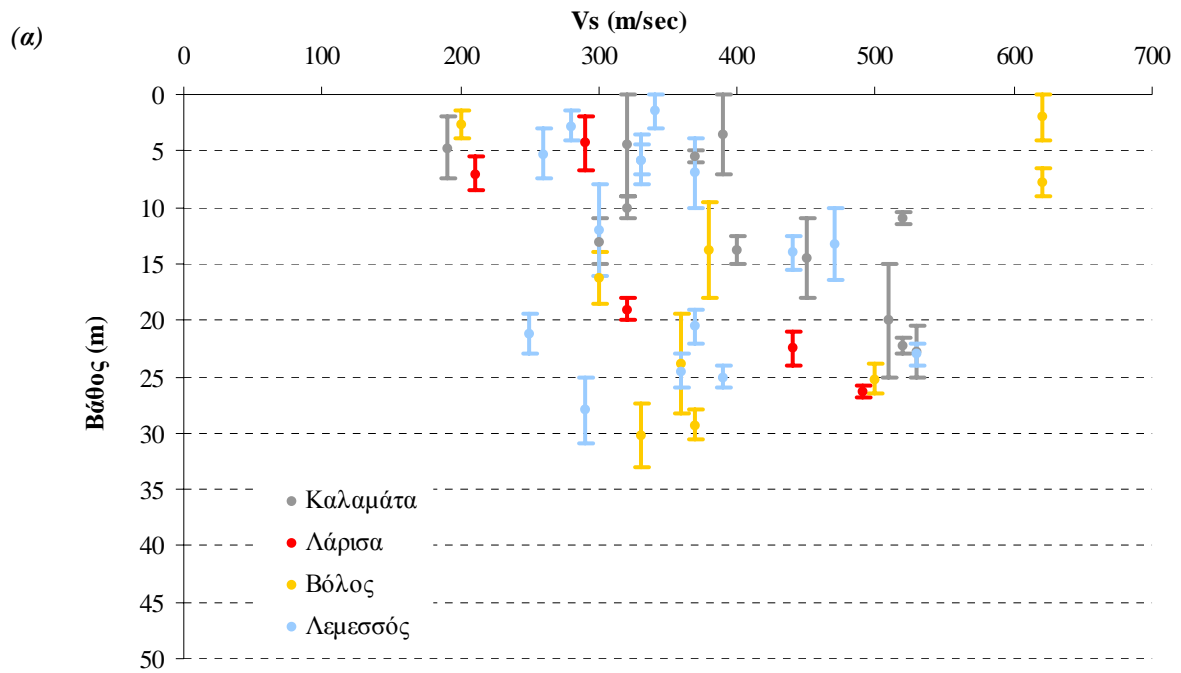
	Vs (m/sec)	N _{SPT}	PI
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	375 ± 100	44 ± 25	30 ± 10
Μικροζωνική Θεσ/κης	300 – 400	>60	30 ± 5
Euroseistest	400 – 550	67 ± 26	29.8 ± 1.7
Προτεινόμενες τιμές	300 - 500	20 - 80	20 - 40
Παρατηρήσεις	Το ποσοστό των αρνήσεων που εμφανίζεται στο ιστόγραμμα, αφορά στις μάργες.		

Σχήμα 4.3: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία B₄ του Πίνακα 4.23.
 (α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος
 (β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}
 (γ) Ιστόγραμμα τιμών P.I.



	Vs (m/sec)	N _{SPT}
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	265 ± 80	23 ± 17
Μικροζωνική Θεσ/κης	120 - 220	6 ± 4
Euroseistest	150 - 250	42 ± 23
Προτεινόμενες τιμές	150 - 350	< 40
Παρατηρήσεις		

Σχήμα 4.4: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία Γ₁ του Πίνακα 4.23.
 (α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος
 (β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}

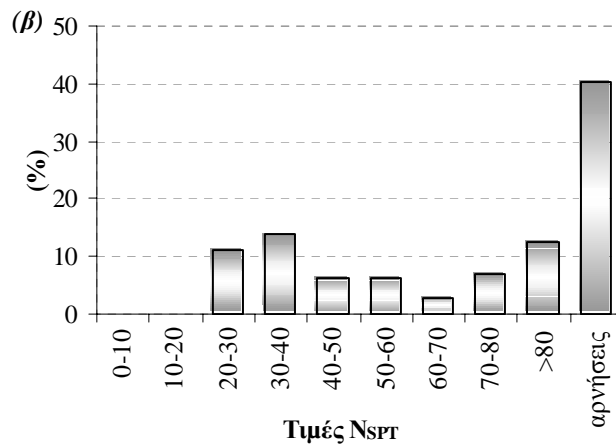
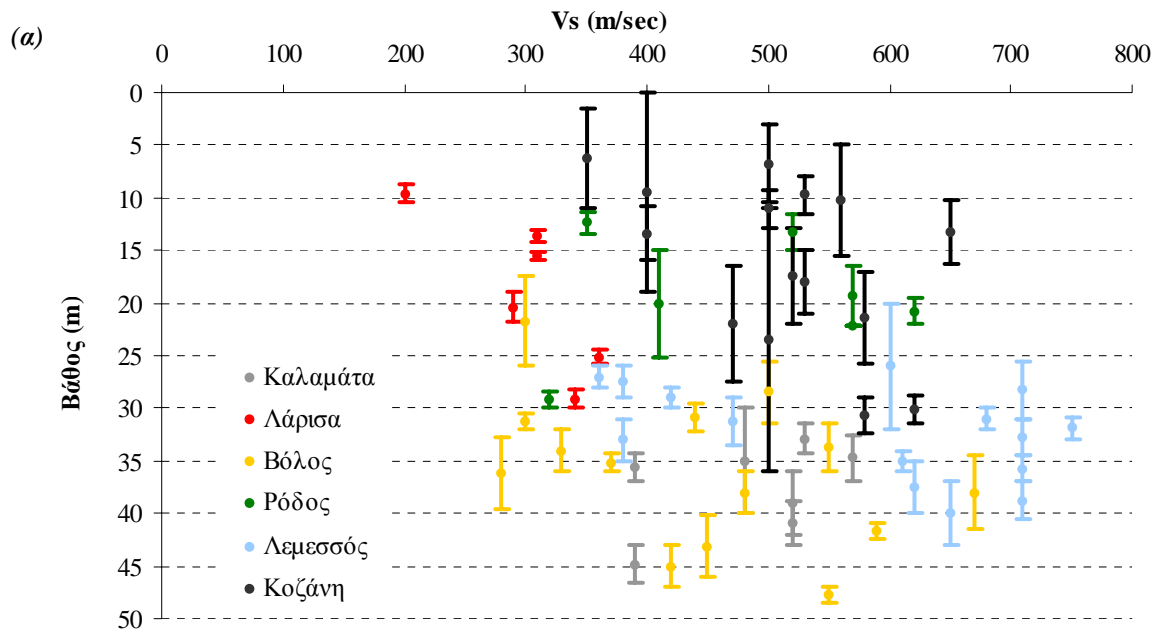


	Vs (m/sec)	N_{SPT}
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	370 ± 95	42 ± 21
Προτεινόμενες τιμές	300 - 450	20 - 60
Παρατηρήσεις		

Σχήμα 4.5: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία Γ_2 του Πίνακα 4.23.

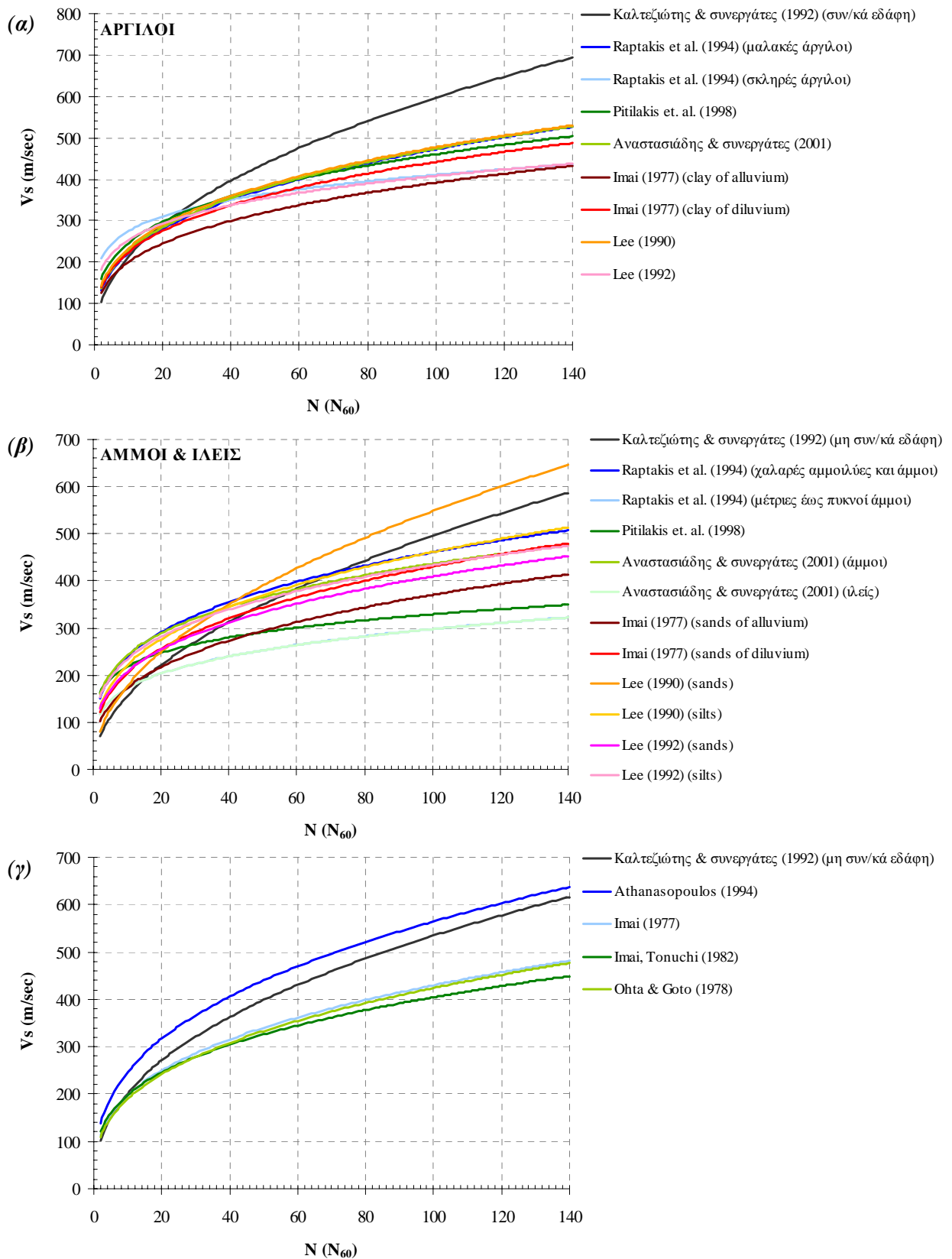
(α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος

(β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}



	Vs (m/sec)	N _{SPT}
Στατιστική επεξεργασία πρωτογενών πληροφοριών	485 ± 110	58 ± 35
Προτεινόμενες τιμές	400 - 600	>40 έως και αρνήσεις
Παρατηρήσεις		

Σχήμα 4.6: Στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποκατηγορία Γ₃ του Πίνακα 4.23.
 (α) Διακύμανση ταχυτήτων Vs με το βάθος
 (β) Ιστόγραμμα τιμών N_{SPT}



Σχήμα 4.6: Προτεινόμενες σχέσεις συσχέτισης $V_s - N_{SPT}$ (Πίνακας 4.24) για:.
 (α) αργιλικά εδάφη
 (β) αμμώδη – ιλυώδη εδάφη
 (γ) κάθε τύπο εδάφους

Πίνακας 4.23: Προκαταρκτική κατηγοριοποίηση εδαφών

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ USCS	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ Vs (m/sec)	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
▲	επιχωματώσεις		150 – 250	Βάθη: 0-5μ	
- Β - ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΕΔΑΦΗ	B1	μαλακές αμμόδεις άργιλοι χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας	CL-CI	150 - 300	Βάθη: 0-20μ N _{SPT,30} < 20 PI: 7-24
	B2	στιφρές αμμόδεις – ιλυώδεις άργιλοι / αργιλόμαργες, χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας (μικρά βάθη)	CL-CI	300 - 450	Βάθη: 0-30μ N _{SPT,30} : 20-60 (στις αργιλόμαργες, έως και αρνήσεις) PI: 11-26
	B3	στιφρές αμμόδεις – ιλυώδεις άργιλοι έως και αργιλώδεις ιλείς / αργιλώδεις - ιλυώδεις μάργες, χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας (ενδιάμεσα βάθη)	CL-ML, CL-CI	400 - 600	Βάθη: 30-60μ N _{SPT,30} > 40 (στις μάργες, έως και αρνήσεις) PI: 3-25
	B4	άργιλοι υψηλής πλαστικότητας / ασβεστόμαργες	CI-CH	300 - 500	N _{SPT,30} : 20-80 (στις μάργες, έως και αρνήσεις) PI: 20-40
- Γ - ΑΜΜΩΔΗ - ΙΛΥΩΔΗ ΕΔΑΦΗ	Γ1	χαλαρές αμμόδεις ιλείς έως ιλυώδεις άμμοι, με ή χωρίς οργανικά (μικρά βάθη)	ML, ML-OL, SM-ML	150 - 350	Βάθη: 0-30μ N _{SPT,30} < 40
	Γ2	αμμοχάλικα με ή χωρίς αργιλικό κλάσμα (μικρά βάθη)	GP, GM, GC	300 - 450	Βάθη: 0-30μ N _{SPT,30} : 20-60
	Γ3	στιφρά αμμώδη εδάφη με κυμαινόμενο ποσοστό ιλύος-αργίλου σε μικρά – ενδιάμεσα βάθη / ιλυοαμμώδη εδάφη & αμμοχάλικα σε ενδιάμεσα εδάφη	SP, SM, SC / SM-ML, GP-GM	400 – 600	(αμμώδη) Βάθη: 0-40μ (ιλυοαμμώδη - αμμοχάλικα) Βάθη: 30-50μ N _{SPT,30} > 40 έως και αρνήσεις
- Δ - ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ - ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ Vs ≥ 750m/sec	Δ1	πολύ στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί ποικίλης σύστασης, σε μεγάλα βάθη		600 - 900	Βάθη > 50μ
	Δ2	κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αποσαθρωμένοι – κερματισμένοι βραχώδεις σχηματισμοί		800 - 1300	Οιωνεί βραχώδεις υπόβαθρο
	Δ3	υγιείς βραχώδεις σχηματισμοί (ασβεστόλιθος, φλύσχη, σχιστόλιθος, γνεύσιος κ.α)		> 1700	

Πίνακας 4.24: Προτεινόμενες σχέσεις συσχέτισης $V_s - N_{SPT}$ από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία

Πηγή	Πεδίο Έρευνας	Τύπος Εδαφών	Προτεινόμενη Σχέση	Πλήθος Δεδομένων n	Συντελεστής Συσχέτισης r
Καλτεζιώτης, Σαμπατακάκης, Βασιλείου (1992)	διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί από τον ελληνικό χώρο ⁽¹⁾	όλα	$V_s=76,2*N^{0,423}$	268	0,82
		συνεκτικά	$V_s=76,55*N^{0,445}$	182	0,89
		μη συνεκτικά	$V_s=49,1*N^{0,502}$	86	0,74
Athanasopoulos (1994)	διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί από τον ελληνικό χώρο ^(1, 2)	όλα	$V_s=107,6*N^{0,36}$	221	0,73
		χαλικώδη	$V_s=121,7*N^{0,33}$	147	0,77
		μη χαλικώδη	$V_s=85,3*N^{0,42}$	74	0,68
Raptakis, Pitilakis, Anastasiadis, Lontzetidis (1994)	διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί από τον ελληνικό χώρο ^(3, 4)	χαλαρές αμμοιλίες & άμμοι	$V_s=123,44*N_{60}^{0,286}$	23	0,82
		μέτριες ως πυκνές άμμοι	$V_s=99,95*N_{60}^{0,237}$	40	0,86
		μαλακές άργιλοι	$V_s=105,67*N_{60}^{0,325}$	35	0,81
		σκληρές άργιλοι	$V_s=184,19*N_{60}^{0,174}$	40	0,72
		μίγματα εδαφών (άργιλοι, χαλίκια)	$V_s=192,41*N_{60}^{0,131}$	11	0,93
		ελληνικές μάργες	$V_s=10,78*N_{60} - 299,3$	23	0,65
Pitilakis, Anastasiadis (1998)	διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί από το πεδίο δοκιμών του Euroseistest και εμπλουτισμός του δείγματος από περιοχές με παρόμοιες εδαφικές συνθήκες ^(3, 4)	ιλείς και άμμοι	$V_s=145*N_{60}^{0,178}$	145	0,70
		άργιλοι	$V_s=132*N_{60}^{0,271}$	176	0,75
Αναστασιάδης, Ραπτάκης, Πιτιλάκης (2001)	διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί από την πόλη της Θεσσαλονίκης ^(3, 4)	άργιλοι	$V_s=109*N_{60}^{0,319}$	75	0,92
		άμμοι	$V_s=134,2*N_{60}^{0,256}$	21	0,84
		ιλείς	$V_s=99,9*N_{60}^{0,174}$	40	0,86

Σημειώσεις: ⁽¹⁾ Στις δοκιμές Cross-Hole, ως πηγή διατμητικών κυμάτων χρησιμοποιήθηκε ο δειγματολήπτης Terzaghi

⁽²⁾ Σε περιπτώσεις όπου μετρήθηκαν αρνήσεις, οι τιμές των κτύπων υπολογίστηκαν με γραμμική παρεμβολή:

π.χ $50/10 \rightarrow N=50*30/10=150$, $35-50/12 \rightarrow N=50*30/12=125$, $25-45-50/10 \rightarrow N=45+50*30/10=195$

⁽³⁾ Σε κάθε περίπτωση που μετρήθηκαν αρνήσεις ($N > 50$ ή $N > 100$) χρησιμοποιήθηκε διαδικασία αναγωγής

⁽⁴⁾ Όλες οι τιμές των κτύπων N διορθώθηκαν κατάλληλα ($N_{60}=N*0,75$), έτσι ώστε να ληφθεί υπ' όψη η μη σταθερή ενέργεια του στελέχους

Πίνακας 4.24 (...συνέχεια)

Πηγή	Πεδίο Έρευνας	Τύπος Εδαφών	Προτεινόμενη Σχέση	Πλήθος Δεδομένων n	Συντελεστής Συσχέτισης r
Imai (1977)	Japan	all	$91 * N^{0.337}$	943	
		Clay of Alluvium	$102 * N^{0.292}$	183	
		Sand of Alluvium	$80.6 * N^{0.331}$	151	
		Clays of Diluvium	$114 * N^{0.294}$	122	
		Sands of Diluvium	$97.2 * N^{0.323}$	100	
Ohta, Goto (1978)		all	$V_s = 85.35 * N^{0.348}$	289	
Imai, Tonuchi (1982)	Japan	all	$V_s = 97 * N^{0.31}$	1654	0,87
Sykora, Stokoe (1983)		sand	$V_s = 330 * N^{0.29}$	97	
Lee (1990)	Taipei basin	Sand	$V_s = 57.40 * N^{0.49}$	22	0.79
		Clay	$V_s = 114.43 * N^{0.31}$	44	0.67
		Silt	$V_s = 105.64 * N^{0.32}$	22	0.86
Lee (1992)	Taipei basin	Sand	$V_s = 104.70 * N^{0.296}$	126	0.67
		Clay	$V_s = 157.14 * N^{0.207}$	265	0.71
		Silt	$V_s = 126.18 * N^{0.268}$	100	0.79

5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των σεισμικών καταγραφών, η συλλογή και τελική επιλογή των οποίων έγινε βάσει των όσων αναφέρθηκαν στο Κεφ.3. Πρόκειται ουσιαστικά για το στάδιο, με το οποίο γίνεται εισαγωγή σε ένα από τα βασικά αντικείμενα εργασιών του 2^{ου} έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, που αφορά στην εκτίμηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης σε διαφορετικές περιπτώσεις τοπικών εδαφικών συνθηκών.

Η επεξεργασία των καταγραφών έγινε με χρήση του προγράμματος Η/Υ *CyberQuake* ^[17] και συνίσταται από:

- τον υπολογισμό των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής της.
- την εφαρμογή ενόργανων μεθόδων (υπολογισμός κλασσικού φασματικού λόγου *SSR* και φασματικού λόγου της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης *H/V*) και τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους διαμέσου συσχέτισης τους με την εδαφική δομή.

5.2 ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ

Η επιρροή των τοπικών εδαφικών συνθηκών στην ένταση και το φασματικό περιεχόμενο της εδαφικής κίνησης στην επιφάνεια, έχει αναδειχθεί από το μέγεθος και το είδος των σεισμικών βλαβών που έχουν κατά καιρούς καταγραφεί, και αναγνωρίζεται από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα μέσω των αποτελεσμάτων πλήθους ερευνητικών εργασιών. Εν τούτοις, η «ενσωμάτωση» της στις σχετικές με τον καθορισμό των σεισμικών δράσεων διατάξεις των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών, γίνεται κατά ένα γενικό και ίσως ατελή τρόπο.

Στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (*EAK2000*^[19]) για παράδειγμα, η επιρροή του υπεδάφους θεμελίωσης στον καθορισμό των σεισμικών διεγέρσεων λαμβάνεται υπόψη δια μέσου των διαφορετικών κατηγοριών εδάφους και του συντελεστή φασματικής ενίσχυσης “β₀”. Η κατάταξη των εδαφών όμως, ακολουθεί ποιοτικά κριτήρια (όπως αναφέρθηκε στο *Κεφ.4 – Πίνακας 4.1*), ενώ οι μέγιστες τιμές του συντελεστή φασματικής ενίσχυσης εμφανίζονται ανεξάρτητες, τόσο της κατηγορίας εδάφους, όσο και της έντασης του αναμενόμενου σεισμικού κραδασμού.

Νεότερες απόψεις (*Seed et al.*^[24], *Idriss*^[13], *Dickenson and Seed*^[8], *Borcherdt*^[4,5], *Rodriguez-Marek et al.*^[22]) βασισμένες σε συμπεράσματα που έχουν προκύψει από την επεξεργασία πραγματικών καταγραφών και μεγάλου αριθμού αναλύσεων μετά από τους πρόσφατους ισχυρούς σεισμούς *Mexico (1985)*, *Loma Prieta (1989)*, *Northridge (1994)*, *Kobe (1995)*, έχουν επιφέρει σημαντικές διαφοροποιήσεις στις σχετικές διατάξεις διεθνών κανονισμών (*UBC/97*^[14], *EC8-prEN1998/Draft4*^[12]). Οι διατάξεις αυτές οδηγούν αφενός σε ορθολογικότερο διαχωρισμό των εδαφών σύμφωνα με αυστηρά ποσοτικά κριτήρια (*Κεφ.4*), λαμβάνοντας υπόψη εδαφοδυναμικά χαρακτηριστικά του εδάφους, ή παραμέτρους αντοχής και χαρακτηριστικά της στρωματογραφίας. Αφετέρου, και σε ότι αφορά ειδικότερα τον *UBC/97*, αναγνωρίζουν ότι η φασματική ενίσχυση είναι μη γραμμική συνάρτηση της έντασης της σεισμικής κίνησης και των τοπικών εδαφικών συνθηκών. Αυτό επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση δύο παραμέτρων ενίσχυσης (*F_a*, *F_v*), όπου ο σεισμικός κραδασμός του υποβάθρου ενισχύεται σε μικρές και μεγάλες περιόδους, αντίστοιχα, ανάλογα με την κατηγορία του εδάφους και την αναμενόμενη μέγιστη τιμή του σεισμικού κραδασμού του υποβάθρου.

Αντίστοιχα, στο πρόσφατο *Draft4* του *EC8 (Dec.2001)* έχουν εισαχθεί τροποποιήσεις στα φασματικά σχήματα και στους “εδαφικούς” συντελεστές ενίσχυσης (*S*), βασιζόμενες σε μεγάλο

βαθμό σε εμπειρικές σχέσεις εκτίμησης φασμάτων απόκρισης για τον ευρωπαϊκό χώρο (*Sabetta and Pugliese* ^[23], *Ambraseys* ^[1,2]). Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψη τις συντηρητικές φασματικές τιμές σε μέσες και μεγάλες τιμές περιόδων (*EC8-ENV1998* ^[11]) και προκειμένου να αναδειχτεί η επιρροή του σεισμικού μεγέθους στο σχήμα των προτεινόμενων φασμάτων σχεδιασμού, υιοθετούνται δύο διαφορετικοί τύποι φασμάτων απόκρισης, Type1 και Type2, ώστε να εφαρμοστούν σε περιοχές υψηλής και χαμηλής σεισμικότητας, αντίστοιχα. Επιπλέον, αναγνωρίζεται ότι η φασματική ενίσχυση είναι συνάρτηση των εδαφικών συνθηκών, μέσω της εισαγωγής διαφορετικών εδαφικών παραμέτρων *S*, για κάθε κατηγορία εδάφους.

Όλα όσα επισημάνθηκαν παραπάνω αποτυπώνονται στα *Σχήματα 5.1 - 5.4*, όπου γίνεται συγκριτική παρουσίαση των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού των αντισεισμικών κανονισμών (*EAK2000*, *EC8-ENV1998*, *EC8-Draft4*, *UBC/97*). Προκειμένου να είναι εφικτή αυτή η σύγκριση, προηγήθηκε προσεγγιστική ‘ποιοτική’ ομαδοποίηση των διαφόρων εδαφικών κατηγοριών, σε “πολύ σκληρά”, ”σκληρά”, ”μαλακά” και “πολύ μαλακά” εδάφη (*Πίνακας 5.1*). Σημειώνεται, ότι τα φάσματα είναι κανονικοποιημένα ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου, έτσι ώστε να είναι εμφανής η διαφοροποίηση στις τιμές των φασματικών ενισχύσεων, ανάλογα με τις διάφορες εδαφικές συνθήκες.

Στα ίδια σχήματα παρουσιάζονται επίσης τα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης που προκύπτουν από εφαρμογή των εμπειρικών σχέσεων των *Sabetta and Pugliese* ^[23] και *Ambraseys* ^[1], για μεγέθη σεισμών 5 και 6.5 (σύγκριση με τα φάσματα Type1 – $M > 5.5$ και Type2 – $M < 5.5$ του *EC8-Draft4*). Η επικεντρική απόσταση δεν εισάγεται, καθώς αυτή ελέγχει το πλάτος των φασματικών τιμών και όχι το σχήμα των φασμάτων και ως εκ τούτου δεν έχει καμία επιρροή όταν αυτά κανονικοποιηθούν.

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

Σύμφωνα με τα αναλυτικά στοιχεία που εκτέθηκαν στα *Κεφ.2 & 3* της παρούσας έκθεσης, κατά τη διάρκεια των εργασιών του 1^{ου} έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης επιλέχθηκε ένας ικανοποιητικός αριθμός καταγραφών ισχυρής εδαφικής κίνησης, οι οποίες στο σύνολο τους καλύπτουν ένα σημαντικό εύρος τιμών κορυφαίας εδαφικής επιτάχυνσης (PGA), σεισμικών μεγεθών και επικεντρικών αποστάσεων. Επιπλέον, προέρχονται από σταθμούς με πλήρως (κατά το δυνατόν) προσδιορισμένες εδαφικές συνθήκες (στρωματογραφία, βάθος

βραχώδους υποβάθρου, μηχανικά και δυναμικά χαρακτηριστικά), οι οποίες καλύπτουν ικανοποιητικά τις βασικές περιπτώσεις εδαφών που συναντώνται στην πράξη (πολύ μαλακά έως βραχώδη εδάφη, ποικιλία γεωυλικών, μεγάλο εύρος πάχους εδαφικών αποθέσεων και διακύμανσης ταχυτήτων V_s). Για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών των σεισμικών κινήσεων στις θέσεις καταγραφής τους, πραγματοποιήθηκε σε πρώτο στάδιο η επεξεργασία τους, σε επίπεδο φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης (≈ 600 φάσματα).

Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία της παρουσίασης των αποτελεσμάτων, οι σταθμοί καταγραφής από την Ελλάδα και το εξωτερικό ομαδοποιούνται στους Πίνακες 5.2 και 5.3, αντίστοιχα, με βάση την κατάταξη τους στις κατηγορίες εδαφών που προτείνονται από τους αντισεισμικούς κανονισμούς *EAK2000*, *EC8 – ENV1998*, *EC8 – prEN1998/Draft4*, *UBC/97* και τους *Dickenson & Seed* ^[8,25] (Κεφ.4). Με δεδομένο ότι, το βασικό κριτήριο κατάταξης που χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των παραπάνω κανονισμών είναι οι τιμές της ταχύτητας V_s και κατά δεύτερο λόγο η στρωματογραφία και το βάθος του βραχώδους υποβάθρου, στους ίδιους πίνακες υπολογίζονται:

- η μέση ταχύτητα διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων $V_{s,30}$, η οποία υπολογίζεται βάσει της σχέσης που προτείνεται από τον *EC8 – Draft4* και τον *UBC/97*:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

- η μέση ταχύτητα διατμητικών κυμάτων \bar{V}_s έως το βάθος του “σεισμικού” ή “οιονεί” βραχώδους υποβάθρου, το οποίο διεθνώς έχει καθιερωθεί να λαμβάνεται ως ο σχηματισμός με $V_s \geq 750\text{m/sec}$:

$$\bar{V}_s = \sum_{i=1,N} \frac{h_i \times V_{s,i}}{h_i}$$

- η τιμή της ιδιοπεριόδου T_o της εδαφικής στήλης τόσο των 30 πρώτων μέτρων, όσο και έως το βάθος του “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου:

$$T_o = 4 \times \sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}$$

Με βάση την ομαδοποίηση που προέκυψε, παρατηρείται καταρχήν μία έλλειψη καταγραφών σε συνθήκες βράχου στον ελληνικό χώρο (εδαφικές κατηγορίες A και S_b κατά EC8-Draft4 και UBC/97 αντίστοιχα, $V_{s,30} \geq 800\text{m/sec}$), η οποία αντισταθμίζεται με επιλογή αντίστοιχων θέσεων από το εξωτερικό. Περιορισμένες είναι και οι καταγραφές σε πολύ μαλακά εδάφη ($V_{s,30} < 200\text{m/sec}$). Τα διαθέσιμα στοιχεία για την συγκεκριμένη κατηγορία, αφορούν κυρίως σε θέσεις όπου τα εδάφη παρουσιάζουν υψηλό δυναμικό ρευστοποίησης και αντιμετωπίζονται από τους αντισεισμικούς κανονισμούς ως ειδική περίπτωση, για την οποία απαιτείται ειδική μελέτη για τον καθορισμό των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού.

Τα φάσματα απόκρισης που υπολογίστηκαν, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στα Σχήματα 5.5 – 5.22, όπου :

- γίνεται διαχωρισμός των καταγραφών από την Ελλάδα (Σχήματα 5.5 – 5.14) και το εξωτερικό (Σχήματα 5.15 – 5.22)
- παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φάσματα απόκρισης, με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στους Πίνακες 5.2 - 5.3. Τονίζεται, ότι η συγκεκριμένη ομαδοποίηση έχει γίνει αποκλειστικά ανάλογα με τις υπάρχουσες κανονιστικές διατάξεις και σε καμία περίπτωση δεν σχετίζεται με κατηγορίες εδαφών, οι οποίες διαμορφώνονται στα πλαίσια του συγκεκριμένου Προγράμματος. Η περιγραφή των εδαφικών συνθηκών ανά ομάδα, που γίνεται στα υπομνήματα των σχημάτων, έχει ως στόχο τον εντοπισμό κάποιων κοινών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων, τα οποία θα ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την τελική φάση εδαφικής κατηγοριοποίησης.
- συγκρίνονται τέλος, τα φάσματα απόκρισης των καταγραφών με τα αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού των αντισεισμικών κανονισμών, ώστε να διαπιστωθεί το κατά πόσο τα τελευταία ανταποκρίνονται στα πραγματικά δεδομένα, για τις διάφορες περιπτώσεις εδαφικών συνθηκών που εξετάζονται..

Στις παρατηρήσεις και τα σχόλια που προκύπτουν από τη μελέτη των παραπάνω σχημάτων, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τα εξής:

- τα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού των κανονισμών έχουν κανονικοποιηθεί ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου, έτσι ώστε να είναι εμφανής η επιρροή των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης. Αυτό δεν είναι

προφανώς εφικτό για τα φάσματα των σεισμικών καταγραφών, η κανονικοποίηση των οποίων έχει γίνει με βάση την εκάστοτε μέγιστη τιμή εδαφικής επιτάχυνσης.

- τα φάσματα απόκρισης ταχύτητας και μετακίνησης των κανονισμών έχουν αποτυπωθεί για τις δύο ακραίες ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, έτσι ώστε να είναι εφικτή η άμεση σύγκριση με τα αντίστοιχα φάσματα σεισμικών καταγραφών, ανάλογα με το μέγεθος της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (περιλαμβάνεται στα συνοδευτικά υπομνήματα των Σχημάτων 5.5 – 5.22).
- για τον υπολογισμό μέσων φασμάτων απόκρισης και την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων απαιτείται προφανώς μία διαδικασία συνεχούς επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, με βάση την συνεχή βελτίωση (ποσοτική και ποιοτική) του στατιστικού δείγματος. Σε κάθε περίπτωση όμως, η εικόνα που παρουσιάζεται μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπροσωπευτική, καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν δεν έχουν ομαδοποιηθεί βάσει μίας γενικής γεωλογικής περιγραφής, αλλά μετά από την ακριβή καταγραφή των εδαφικών τους συνθηκών.

Βάσει των παραπάνω, μπορούν να γίνουν κάποιες γενικές αλλά και ειδικότερες παρατηρήσεις.

- Σε ότι αφορά τη γενική τους εικόνα, αυτό που καταρχήν παρατηρείται είναι η διαφοροποίηση στο σχήμα των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης από καταγραφές στον ελληνικό χώρο και των αντίστοιχων από καταγραφές στο εξωτερικό. Συγκρίνοντας καταγραφές από σταθμούς με κοινές εδαφικές συνθήκες (π.χ Σχήματα 5.7, 5.17 και 5.11, 5.19), διαπιστώνεται ότι τα φάσματα των ελληνικών καταγραφών αρχίζουν να φθίνουν από μικρότερες τιμές περιόδων και με μεγαλύτερο ρυθμό, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μικρότερες μέσες φασματικές τιμές από αντίστοιχες των κανονισμών και καταγραφών του εξωτερικού, για τιμές περιόδων μεγαλύτερες από 0,4 - 0,6 sec (ανάλογα με την κατηγορία εδάφους). Η εικόνα αυτή οφείλεται στο γενικότερο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον της χώρας μας (είδος ρηγμάτων, πάχος στερεού φλοιού κλπ) και καθιστά τα προτεινόμενα φάσματα σχεδιασμού στην περιοχή των υψηλών περιόδων, ως συντηρητικά.

- Αναφορικά με το μέγιστο πλάτος φασματικής ενίσχυσης των μέσων κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης και ανεξάρτητα από την κατηγορία εδάφους, παρατηρείται ότι αυτό παρουσιάζει μία μικρή διακύμανση γύρω από την τιμή 2.5. Η συγκεκριμένη τιμή είναι ίση με την αντίστοιχη των κανονισμών, αν αγνοήσουμε την επιρροή των επί μέρους συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης. Η τυπική απόκλιση που παρατηρείται γύρω από τη συγκεκριμένη τιμή είναι εντούτοις σημαντική, ιδιαίτερα για την περίπτωση σκληρών εδαφών (Σχήματα 5.7, 5.17).
- Τα προτεινόμενα φάσματα επιτάχυνσης σχεδιασμού περιβάλλουν σε κάθε περίπτωση τα μέσα φάσματα καταγραφών, με μοναδική ίσως εξαίρεση την περίπτωση σκληρών εδαφών στην περιοχή των πολύ μικρών περιόδων ($T < 0,1$ sec). Θα πρέπει όμως να επισημανθούν οι ιδιαίτερα συντηρητικές τιμές τους στην περιοχή των μεγάλων περιόδων, για τις οποίες έγινε λόγος παραπάνω και να ληφθεί υπ' όψη η σημαντική τυπική απόκλιση που παρουσιάζεται στα φάσματα των σεισμικών καταγραφών.
- Εκτός από την επιρροή των τοπικών εδαφικών συνθηκών, μια σειρά άλλων παραμέτρων συμμετέχει στην διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης και επηρεάζει έτσι τη μορφή των φασμάτων απόκρισης. Για παράδειγμα, η ασυνήθιστη εικόνα των φασμάτων σε βραχώδεις θέσεις από το εξωτερικό (Σχήμα 5.15), θα πρέπει να αποδοθεί στις γεωλογικές και τοπογραφικές ιδιαιτερότητες που αυτές παρουσιάζουν, ενώ γνωστή είναι επίσης και η επιρροή φαινομένων κατευθυντικότητας που έχει επισημανθεί σε καταγραφές, όπως για παράδειγμα αυτές της περιοχής του Αιγίου.
- Η συντηρητική εικόνα των φασμάτων σχεδιασμού στην περιοχή των μεγάλων περιόδων, γίνεται ακόμα πιο έντονη στα φάσματα ταχύτητας και μετακίνησης. Ειδικότερα μάλιστα για καταγραφές από την Ελλάδα και για περιόδους μεγαλύτερες του 1.0 sec, η μορφή των φασμάτων σχεδιασμού δεν ανταποκρίνεται στα πραγματικά δεδομένα. Η διαφοροποιημένη εικόνα που παρουσιάζεται στις καταγραφές του εξωτερικού σχετίζεται τόσο με το σεισμοτεκτονικό περιβάλλον, όσο και με τις ισχυρότερες καταγραφές που έχουν επιλέγει.
- Οι παραπάνω παρατηρήσεις αφορούν κυρίως σε σκληρά και μέσης σκληρότητας εδάφη. Για τα πολύ μαλακά εδάφη δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς το δείγμα είναι περιορισμένο και περιλαμβάνει θέσεις με ιδιαιτερότητες (π.χ

εδάφη με υψηλό δυναμικό ρευστοποίησης), οι οποίες αντιμετωπίζονται από τους κανονισμούς ως ειδικές κατηγορίες.

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Η επεξεργασία των σεισμικών καταγραφών συνεχίστηκε σε ένα δεύτερο επίπεδο, με τη χρήση ενόργανων μεθόδων προσδιορισμού της σεισμικής απόκρισης και την φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους διαμέσου της συσχέτισης τους με την εδαφική δομή. Οι δύο περισσότερο διαδεδομένες τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θεμελιώδους συχνότητας συντονισμού των εδαφικών σχηματισμών και του αντίστοιχου παράγοντα ενίσχυσης, είναι:

- ο κλασικός φασματικός λόγος (SSR), με τον οποίο συγκρίνεται το φάσμα πλάτους Fourier σεισμικής κίνησης καταγεγραμμένης στην επιφάνεια εδαφικών αποθέσεων, με το αντίστοιχο φάσμα σε επιφανειακό ίχνος βράχου (θέση αναφοράς), σε κοντινή σχετικά απόσταση ώστε η επιρροή της σεισμικής πηγής και της “διαδρομής” διάδοσης των σεισμικών κυμάτων να είναι αμελητέα. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον *Borcherdt (1970)*^[3] και έχει εφαρμοστεί από πολλούς ερευνητές σε περιοχές με ευρύ φάσμα εδαφικών συνθηκών ^[7,15,20,28]. Παρουσιάζει ωστόσο περιορισμούς που σχετίζονται με τη δυσκολία ανεύρεσης κατάλληλων θέσεων αναφοράς, απαλλαγμένων από συνήθεις γεωλογικές και τοπογραφικές ιδιαιτερότητες, και την ανάγκη ύπαρξης πολλών ταυτόχρονων σεισμικών καταγραφών σε δύο ή και περισσότερες θέσεις, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου. Απαιτείται επομένως μια αρκετά χρονοβόρος διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων και η οργάνωση μεγάλων πεδίων δοκιμών, τα οποία επιτρέπουν την μελέτη μίας ευρύτερης περιοχής.
- ο φασματικός λόγος της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης (HVSR), με τον οποίο συγκρίνονται οι δύο συνιστώσες καταγραφής από μία και μόνο θέση. Πρόκειται για μέθοδο, η οποία εφαρμόστηκε από τον *Nakamura (1989)*^[18] επί μετρήσεων μικροθορύβου και γι’ αυτό προσφέρει τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων και εφαρμογής σε περιοχές χαμηλής σεισμικότητας. Η γενίκευση της χρήσης της σε ασθενείς ή και ισχυρές σεισμικές καταγραφές ^[16], έδειξε την αξιοπιστία της σε ότι αφορά τον προσδιορισμό της θεμελιώδους συχνότητας

συντονισμού ^[20,26,27]. Σε ότι αφορά την ορθή πρόβλεψη του αντίστοιχου παράγοντα ενίσχυσης, η πρόσφατη έρευνα επιβεβαιώνει την πιθανή επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας, μεταθέτοντας το πρόβλημα στο εάν, το κατά πόσο και το γιατί αυτή ενισχύεται (*Raptakis et al.* ^[20]).

Η εφαρμογή των συγκεκριμένων ενόργανων τεχνικών στα πλαίσια του Ερευνητικού Προγράμματος, αποβλέπει στο να συσχετιστούν τα αποτελέσματα (έμμεσα ή άμεσα) με τα δεδομένα που προκύπτουν από τη γνώση της εδαφικής δομής των θέσεων οι οποίες επιλέχτηκαν. Ο προσδιορισμός των φασματικών λόγων έγινε μέσω του προγράμματος H/Y CyberQuake, με χρήση ολόκληρων των καταγραφών σεισμικής κίνησης (*Raptakis et al.* ^[20]). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν δε θα πρέπει ωστόσο να θεωρηθούν ασφαλή, καθώς ο αριθμός των διαθέσιμων καταγραφών που χρησιμοποιήθηκε ανά θέση είναι στατιστικά μικρός και η επεξεργασία τους έγινε στα στενά χρονικά περιθώρια του συγκεκριμένου Προγράμματος. Αποτελεί επομένως αντικείμενο περαιτέρω μελέτης, η λεπτομερέστερη επεξεργασία αυτών και η επανεξέταση παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, όπως για παράδειγμα η διαδικασία εξομάλυνσης των φασμάτων πλάτους Fourier.

Σε ότι αφορά τον κλασσικό φασματικό λόγο, αυτός δεν ήταν δυνατό να εφαρμοστεί στο σύνολο σχεδόν των θέσεων μελέτης, καθώς απουσιάζουν καταγραφές σε κοντινές θέσεις αναφοράς. Η συλλογή δεδομένων από κατακόρυφα δίκτυα επιταχυνσιογράφων, στα οποία υπάρχει όργανο καταγραφής στο βράχο (π.χ. *CORSSA* ^[9,10] – *Corinth Gulf Soft Soil Downhole Array* στην περιοχή του Αιγίου), επιτρέπει τον υπολογισμό φασματικού λόγου καταγραφών στην επιφάνεια και το βραχώδες υπόβαθρο. Από το σύνολο των επιλεγμένων θέσεων, ο κλασσικός φασματικός λόγος μπορεί όμως να εφαρμοστεί μόνο στις περιπτώσεις των μεγάλων πεδίων δοκιμών, όπου έχουν εγκατασταθεί επιταχυνσιογράφοι σε γειτονικό, επιφανειακό ίχνος βράχου (π.χ. Euroseistest, Ashigara Valley).

Αντίθετα, η μέθοδος HVSR είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις θέσεις μελέτης. Αποτελέσματα από σταθμούς καταγραφών στην Ελλάδα και το εξωτερικό, παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.23 – 5.28 και 5.29 – 5.32, αντίστοιχα (σύμφωνα και πάλι με την ομαδοποίηση που έχει γίνει στους Πίνακες 5.2, 5.3). Από την αντιπαραβολή των τιμών των θεμελιωδών συχνοτήτων που προσδιορίστηκαν από την εφαρμογή της μεθόδου και των αντίστοιχων που υπολογίστηκαν με βάση τη γνωστή εδαφική δομή έως το “σεισμικό” βραχώδες υπόβαθρο και εφαρμογή της εμπειρικής σχέσης $T_0=4H/V_s$ (Πίνακες 5.2 – 5.3), προκύπτει ικανοποιητική

συμφωνία σε μικρό αριθμό θέσεων (π.χ Λευκάδα, Πάτρα, Πύργος, TST – Euroseistest). Για την αξιοπιστία της μεθόδου και την ερμηνεία των αποκλίσεων που παρουσιάζονται στις υπόλοιπες θέσεις, δεν είναι δυνατό να εξαχθούν γενικευμένα συμπεράσματα για τους λόγους που ήδη έχουν αναφερθεί. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι η ισχύς της παραπάνω εμπειρικής σχέσης προϋποθέτει οριζόντια και επίπεδη στρωματογραφία και να διερευνηθεί το κατά πόσο επηρεάζεται η επιτυχία της μεθόδου HVSR από σύνθετες γεωλογικές δομές και το μέγεθος της επιτάχυνσης της σεισμικής κίνησης, ιδιαίτερα όταν αυτή ξεπερνά το όριο εμφάνισης των μη γραμμικών φαινομένων.

Με την εφαρμογή των ενόργανων μεθόδων προσδιορισμού της σεισμικής απόκρισης, ολοκληρώνεται το στάδιο της επεξεργασίας των σεισμικών καταγραφών, το οποίο είχε ως στόχο την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής της. Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με την εδαφική δομή, η οποία έχει προσδιοριστεί με ακρίβεια στο σύνολο των σταθμών καταγραφής, έγινε δυνατή κυρίως μέσω της μελέτης των φασμάτων απόκρισης, λόγω των αναμενόμενων περιορισμών των ενόργανων τεχνικών που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα των εδαφικών συνθηκών. Για την ολοκλήρωση της μελέτης σεισμικής απόκρισης, απαιτείται ωστόσο και η θεωρητική προσέγγιση του θέματος, η οποία γίνεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί και περιλαμβάνει προσομοιώσεις της ισχυρής κίνησης για συγκεκριμένα εδαφικά ομοιώματα και δεδομένα σενάρια σεισμών εισαγωγής.

5.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ





- [1] Ambraseys, N.N., Simpson, K.A., Bommer, J.J. (1996)
'Prediction of horizontal response spectra in Europe' *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.25, pp.371-400.
- [2] Ambraseys, N.N., Simpson, K.A. (1996)
'Prediction of vertical response spectra in Europe' *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.25, pp.401-412.
- [3] Borchardt, R.D. (1970)
'Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay' *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.60, pp.29-61.
- [4] Borchardt, R.D. (1994)
'Estimates of site-dependent response spectra for design (Methodology and Justification)' *Earthquake Spectra*, Vol.10, pp.617-653.
- [5] Borchardt, R.D. (1997)
'Estimates of the site-dependent response spectra for new and existing highway facilities (Methodology and Justification)' *Proceedings of the FHWA/NCEER Workshop on the National Representation of Seismic Ground Motion for New and Existing Highway Facilities*, pp.171-201.
- [6] Building Seismic Safety Council (1997)
'Recommended provisions for seismic regulations for new buildings' *NEHRP*.
- [7] Chavez-Garcia, F.J., Pedotti, G., Hatzfeld, D., Bard, P.-Y. (1990)
'An experimental study of site effects near Thessaloniki' *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.80, pp.784-806.
- [8] Dickenson, S.E., Seed, R.B. (1996)
'Nonlinear dynamic response of soft and deep cohesive soil deposits' *Proceedings of International Workshop on Site Response, Yokosuka, Japan*, Vol.2, pp.67-81.
- [9] European Commission, (2001)
'CORSEIS: An integrated study of seismic hazard assessment in the area of Aigion, Gulf of Corinth, Greece' *Contract EVG1-CT99-00002, Scientific Work Performed by AUTH, Progress Report # 1*.

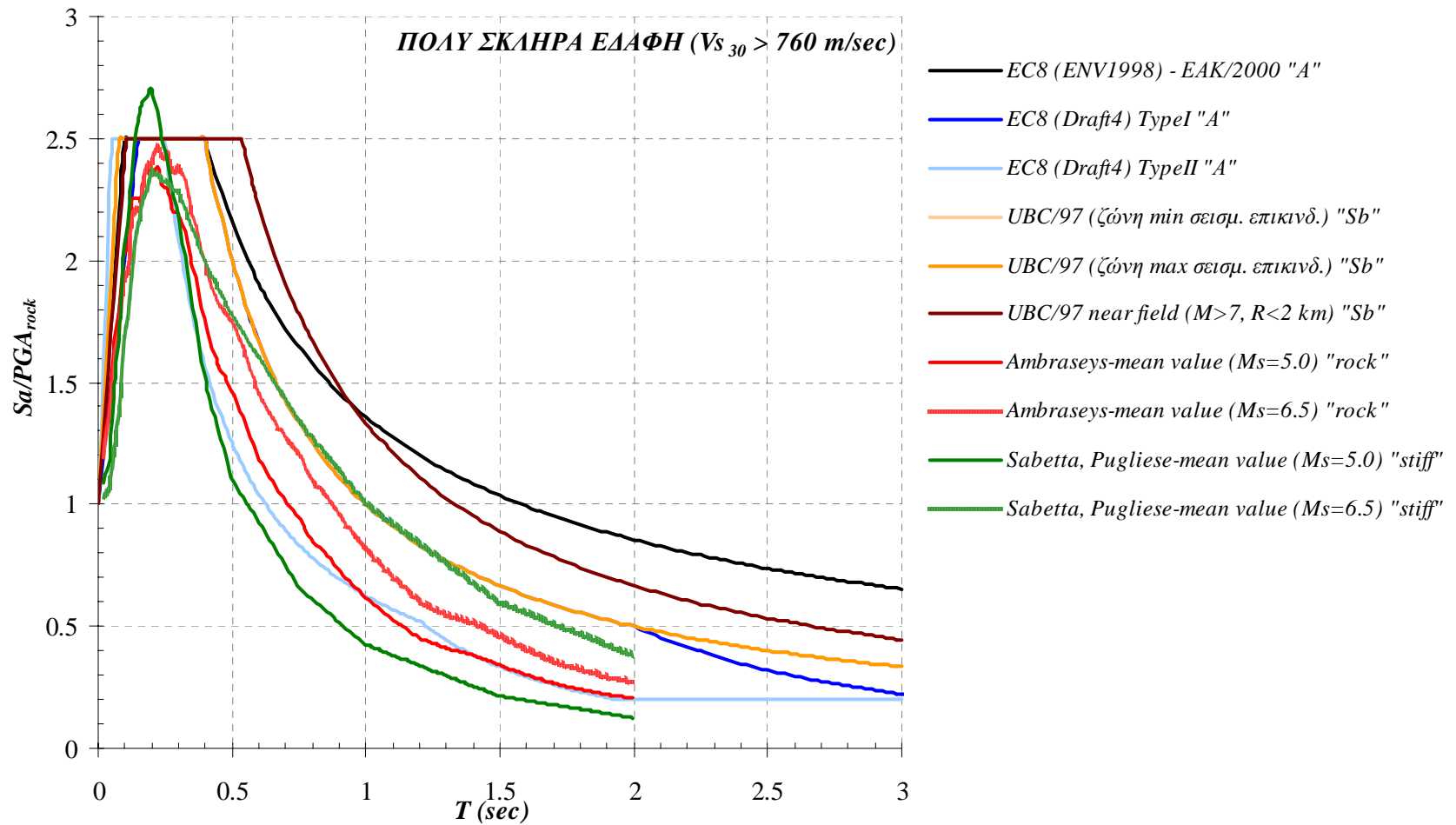
- [10] European Commission, (2002)
‘CORSEIS: An integrated study of seismic hazard assessment in the area of Aigion, Gulf of Corinth, Greece’ *Contract EVG1-CT99-00002, Scientific Work Performed by AUTH, Progress Report # 2.*
- [11] European Committee for Standardization (1994)
‘Seismic action and general requirements for structures’ *EC8, ENV-1998, Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures, Part 1-1.*
- [12] European Committee for Standardization (2001)
‘General rules, seismic actions and rules for buildings’ *EC8, Draft No4, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1.*
- [13] Idriss, I.M. (1990)
‘Response of soft soil sites during earthquakes’ *Proceedings H. Bolton Seed Memorial Symposium, Vol.2, pp.273-290.*
- [14] International Conference of Building Officials (1997)
‘Structural engineering design provisions’ *Uniform Building Code, Vol.2.*
- [15] Jarpe, S.P., Cramer, B.E., Tucker, B.E., Shakal, A.F. (1988)
‘A comparison of observations of ground response to weak and strong motion in Coalinga, California’ *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.78, pp.421-435.*
- [16] Lermo, J., Chavez-Garcia, F. (1993)
‘Site effect evaluation using spectral ratios with only one station’ *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.83, pp.1574-1594.*
- [17] Modaresi, H. (1998)
‘CyberQuake’ *BRGM.*
- [18] Nakamura, Y. (1989)
‘A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface’ *QR of RTRI, Vol.30(1), pp.25-33.*
- [19] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (2000)
‘Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού’ *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Κεφ.2.*
- [20] Raptakis, D., Theodulidis N., Pitilakis, K. (1998)
‘Data analysis of the Euroseistest strong motion array in Volvi: standard and horizontal-to-vertical spectral ratio techniques’ *Earthquake Spectra, Vol.14, pp.203-224.*

- [21] Raptakis, D.G., Chavez-Garcia, F.J., Makra, K.A., Pitilakis, K.D. (2000)
'Site effects at Euroseistest – I. Determination of the valley structure and confrontation of observations with 1D analysis' *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.19, pp.1-22*.
- [22] Rodriguez-Marek, A., Bray, J.D., Abrahamson, N. (1999)
'Characterization of site response – general site categories' *Pacific Earthquake Engineering Research Center, Task 3 (PEER 1999/03)*.
- [23] Sabetta, F., Pugliese, A. (1996)
'Estimation of Response Spectra and Simulation of Nonstationary Earthquake Ground Motions' *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.86, No.2, pp.337-352*.
- [24] Seed, H.B., Romo, M.P., Sun, J.I., Jaime, A., and Lysmer, J. (1987)
'Relationship between soil conditions and earthquake ground motions in Mexico City in the earthquake of September 19, 1985' *Rpt. No. UCB/EERC-84/14, Earthquake Engineering Research Center, Univ. of California, Berkley..*
- [25] Seed, R.B., Celtn, K.O., Moss, R.E.S (2001)
'Recent Advances in soil liquefaction Engineering and seismic site response evaluation' *Geotechnical Earthquake Engineerig and Microzonation Seminar, Istanbul, Turkey, August 23-24*.
- [26] Theodulidis, N., Bard P.-Y. (1995)
'Horizontal to vertical ratio and geological conditions: an analysis of strong motion data from Greece and Taiwan' *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 14, pp. 177-197*.
- [27] Theodulidis, N., Archuleta, R.J., Bard P.-Y., Bouchon, M. (1996)
'Horizontal to vertical spectral ratio and geological conditions: the case of Garner valley downhole array in southern California' *Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 86, pp. 306-319*.
- [28] Tucker, B.E., King J.E. (1984)
'Depedence of sediment filled valley response on input amplitude and valley properties' *Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 74, pp. 153-165*.

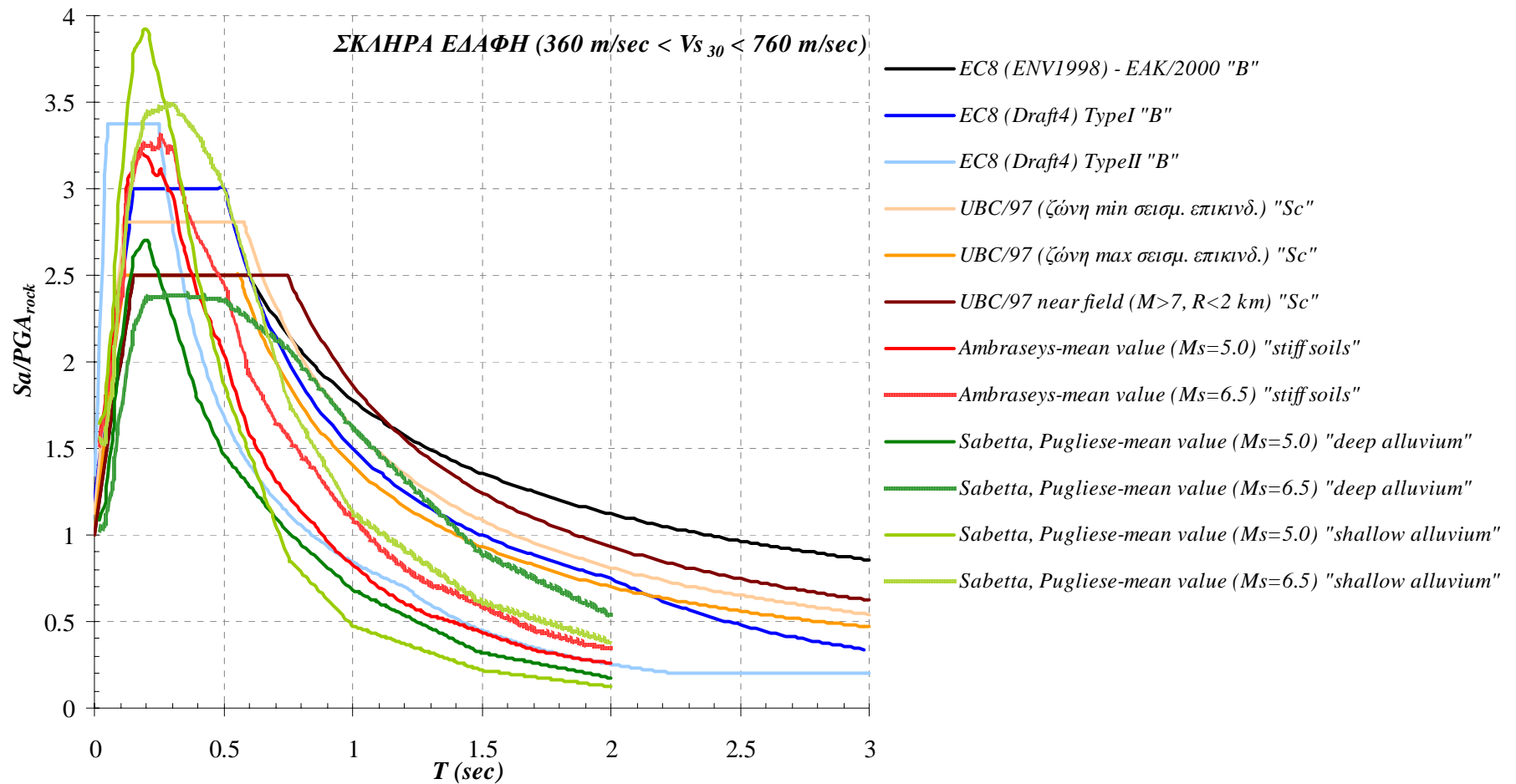
Πίνακας 5.1 : Ομαδοποίηση εδαφικών κατηγοριών αντισεισμικών κανονισμών και εμπειρικών σχέσεων εκτίμησης φασμάτων απόκρισης των *Ambraseys* και *Sabetta and Pugliese*, σε “πολύ σκληρά”, “σκληρά”, “μαλακά” και “πολύ μαλακά” εδάφη.

$V_{s,30}$ (m/sec)	180		360		760		1500	
UBC/97	S_E	S_D	S_C	S_B	S_A			
EAK2000	Δ – Γ	Γ) B	B (A	A				
EC8 (ENV1998)	C	C) B	B (A	A				
EC8 (prEN1998) (Draft4, 2001)	D	C	B	A				
Ambraseys (1996)	-	soft	stiff	rock				
Sabetta and Pugliese (1996)	-	-	deep alluvium & shallow alluvium	stiff				

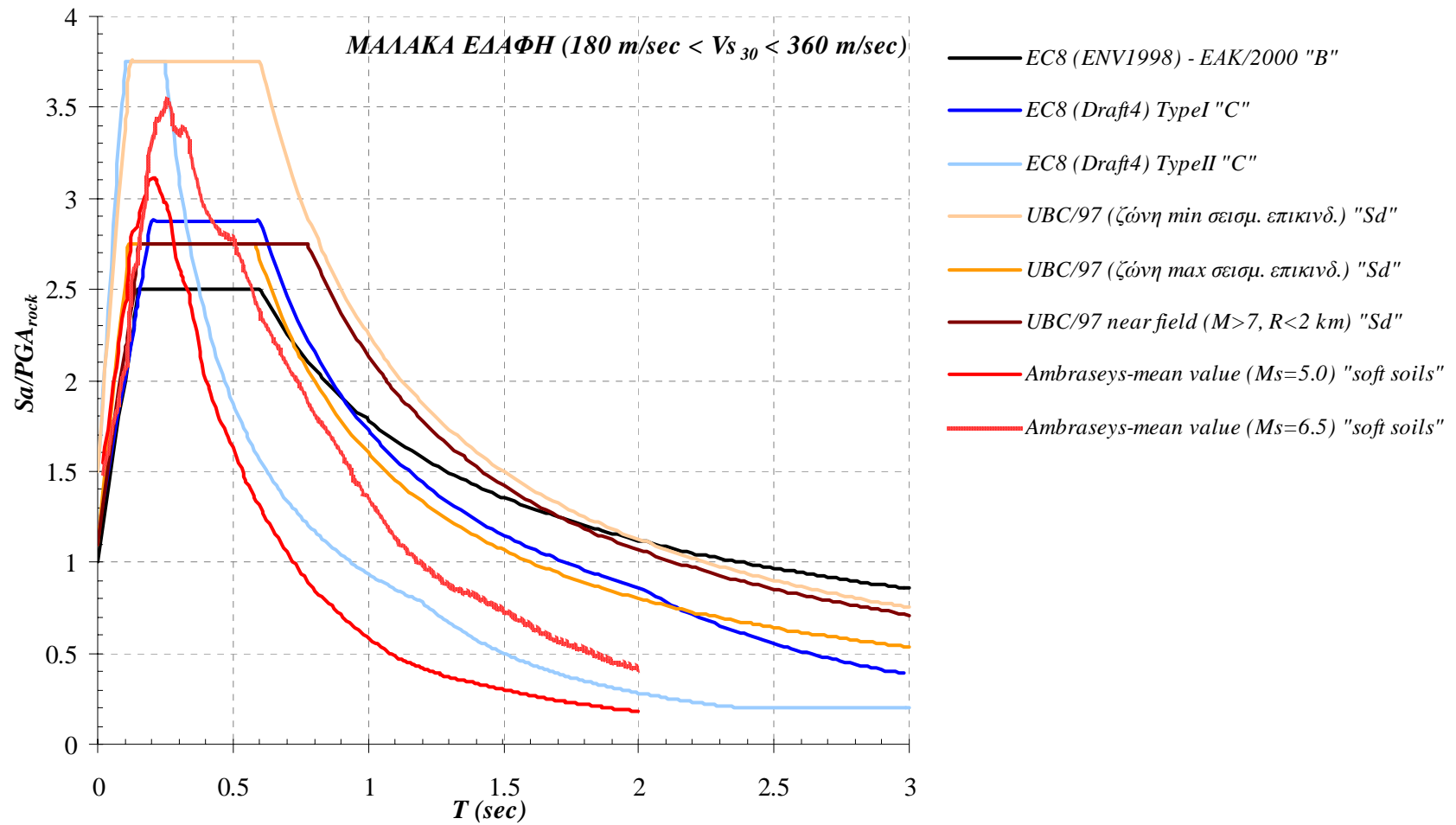
-  “πολύ μαλακά” εδάφη
-  “μαλακά” εδάφη
-  “σκληρά” εδάφη
-  “πολύ σκληρά” εδάφη



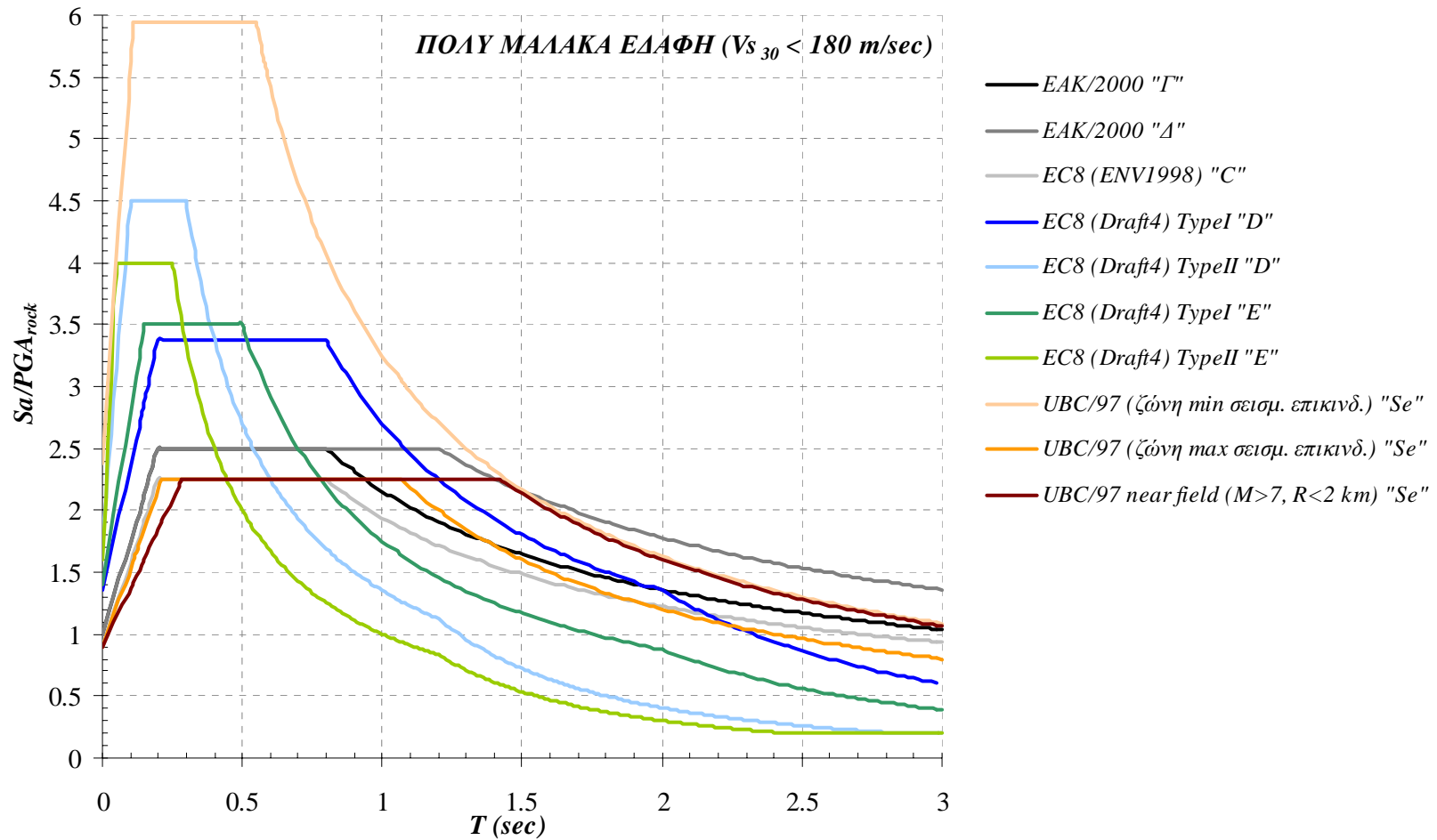
Σχήμα 5.1: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών (EAK2000, EC8-ENV1998, EC8-Draft4, UBC/97) και εκτίμηση αντίστοιχων φασμάτων από επεξεργασία ευρωπαϊκών σεισμικών καταγραφών (Ambraseys, 1996 - Sabetta & Pugliese, 1996). Κανονικοποίηση με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου (PGA_{rock}). Συγκριτική παρουσίαση για «πολύ σκληρά εδάφη», σύμφωνα με την ομαδοποίηση του Πίνακα 5.1.



Σχήμα 5.2: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών (EAK2000, EC8-ENV1998, EC8-Draft4, UBC/97) και εκτίμηση αντίστοιχων φασμάτων από επεξεργασία ευρωπαϊκών σεισμικών καταγραφών (Ambraseys, 1996 - Sabetta & Pugliese, 1996). Κανονικοποίηση με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου (PGA_{rock}). Συγκριτική παρουσίαση για «σκληρά εδάφη», σύμφωνα με την ομαδοποίηση του Πίνακα 5.1.

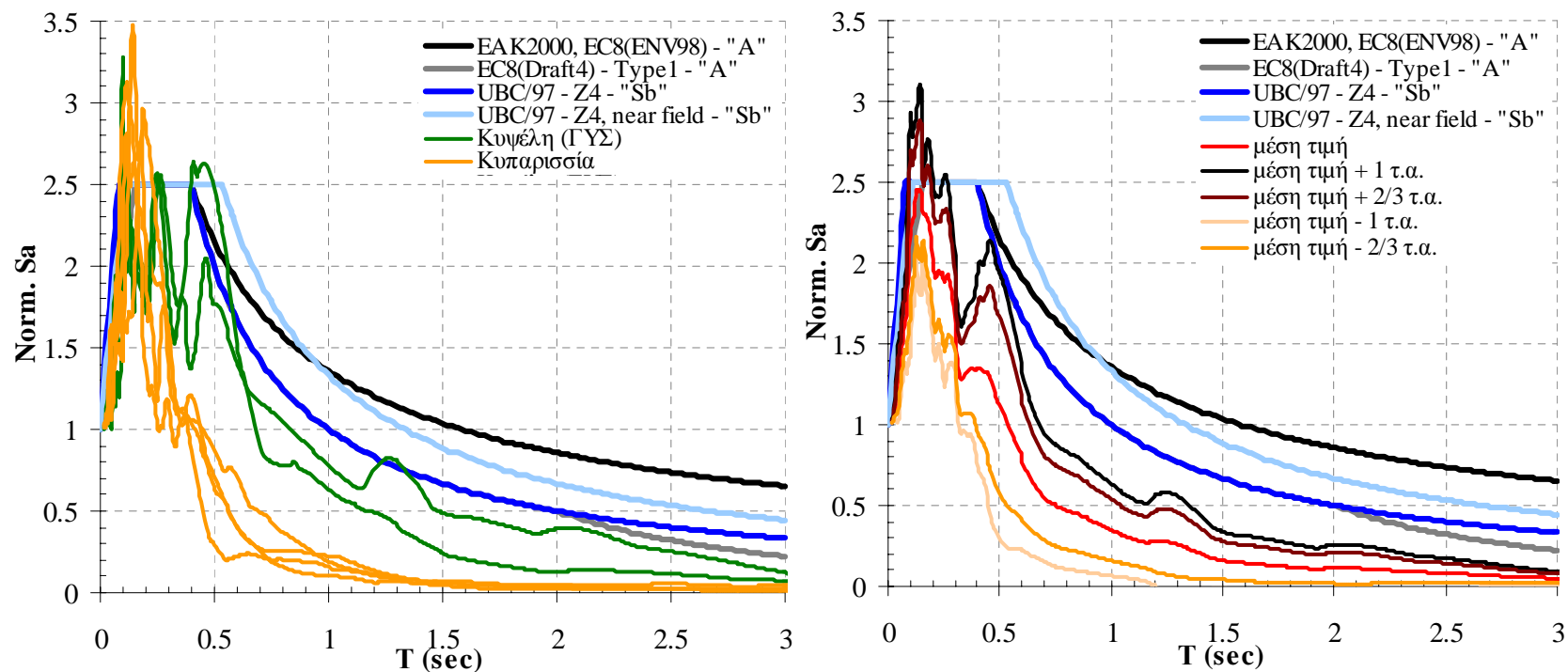


Σχήμα 5.3: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών (EAK2000, EC8-ENV1998, EC8-Draft4, UBC/97) και εκτίμηση αντίστοιχων φασμάτων από επεξεργασία ευρωπαϊκών σεισμικών καταγραφών (Ambraseys, 1996). Κανονικοποίηση με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου (PGA_{rock}). Συγκριτική παρουσίαση για «μαλακά εδάφη», σύμφωνα με την ομαδοποίηση του Πίνακα 5.1.



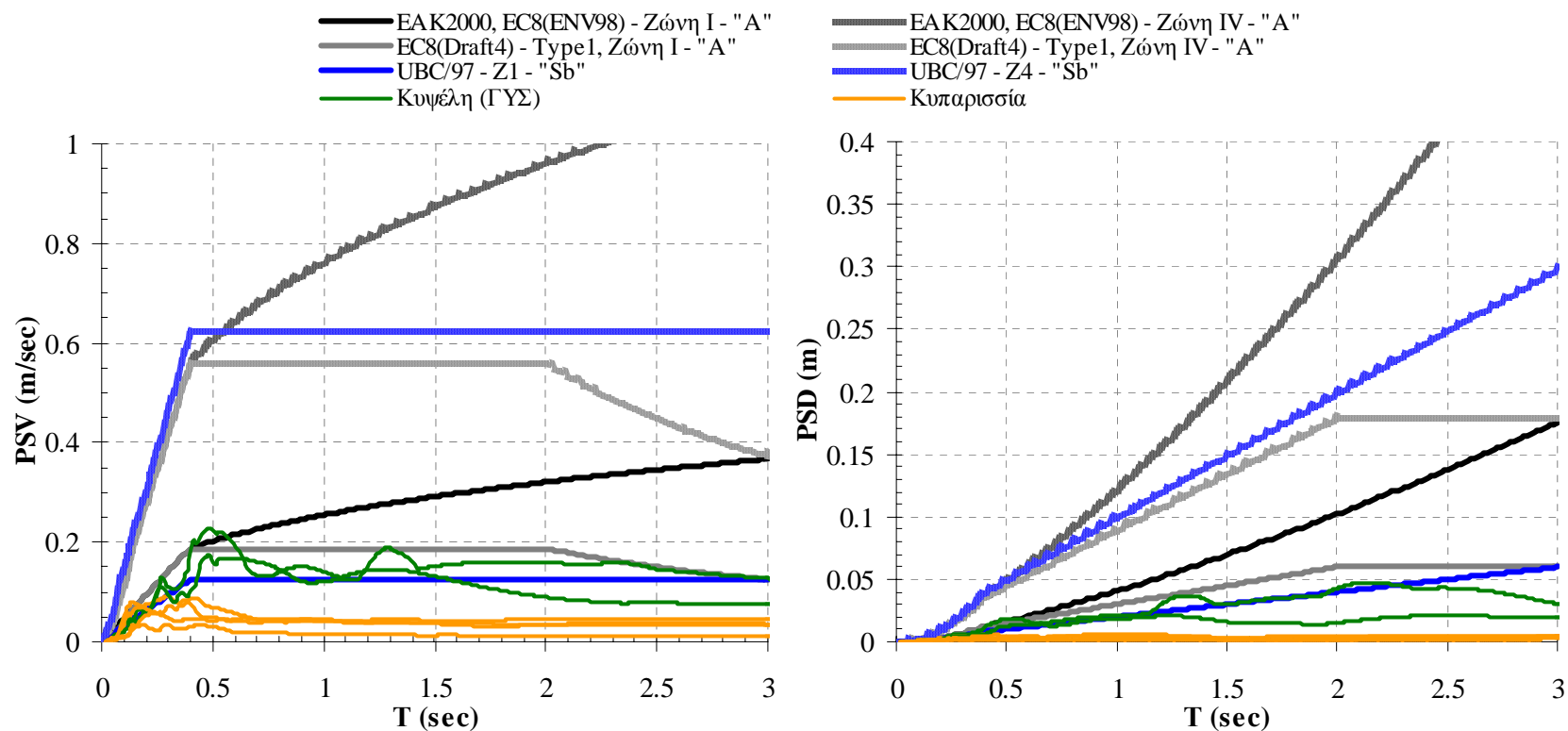
Σχήμα 5.4: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών (EAK2000, EC8-ENV1998, EC8-Draft4, UBC/97). Κανονικοποίηση με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου (PGA_{rock}). Συγκριτική παρουσίαση για «πολύ μαλακά εδάφη», σύμφωνα με την ομαδοποίηση του Πίνακα 5.1.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{S,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (πιεθουινία) PGA_{1999}/PGA_{1977} (σ)
Κυψέλη (Αθήνα)	Ημιβραχώδεις – βραχώδεις σχηματισμοί. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 5m και 10m	> 800	ΕΑΚ: Α EC8-ENV1998: Α EC8-Draft4: Α ΥΠΟΒ. Σ	(7-9-99) 0,119/0,111
Κυπαρισσία				(10-6-87) 0,115/0,127 & (26-4-97) 0,065/0,043



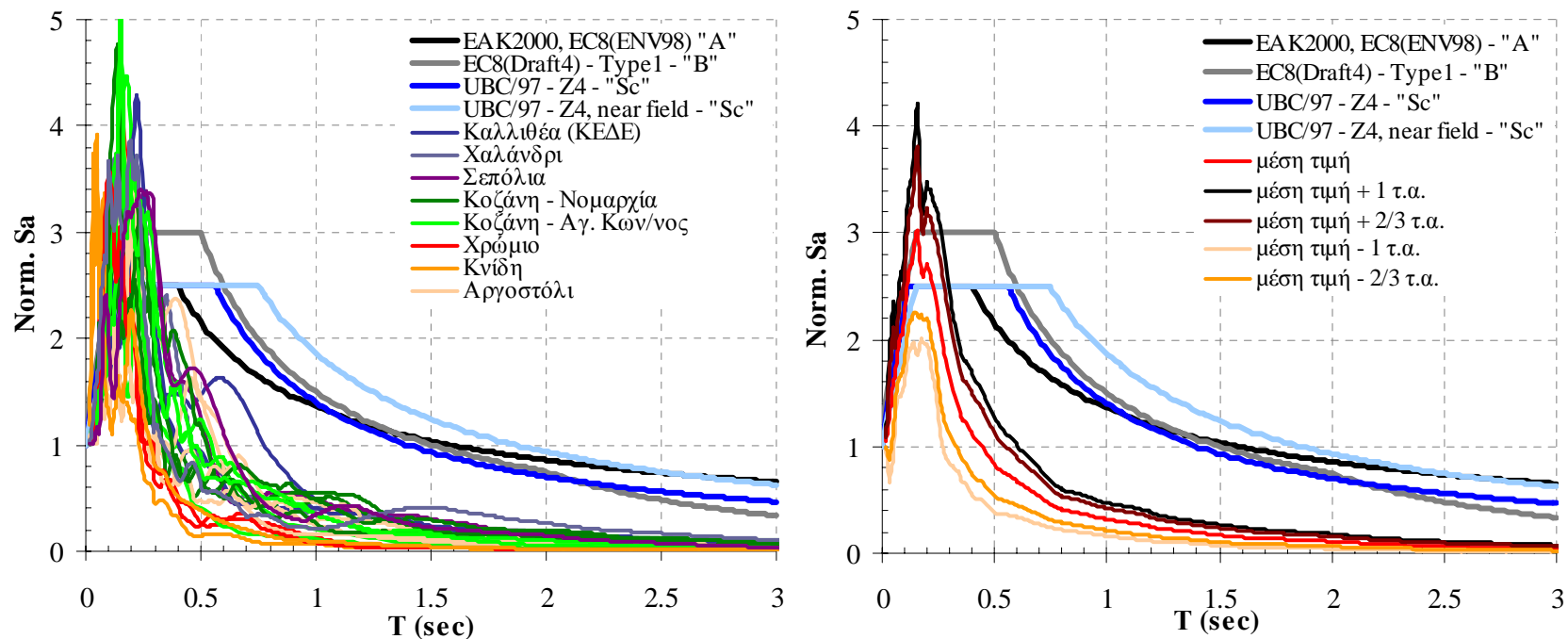
Σχήμα 5.5: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Κυψέλη (Αθήνα)	Ημιβραχώδεις – βραχώδεις σχηματισμοί. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 5m και 10m	> 800	ΕΑΚ: Α EC8-ENV1998: Α EC8-Draft4: Α IBC97: C	(7-9-99) 0,119/0,111
Κυπαρισσία				(10-6-87) 0,115/0,127 & (26-4-97) 0,065/0,043



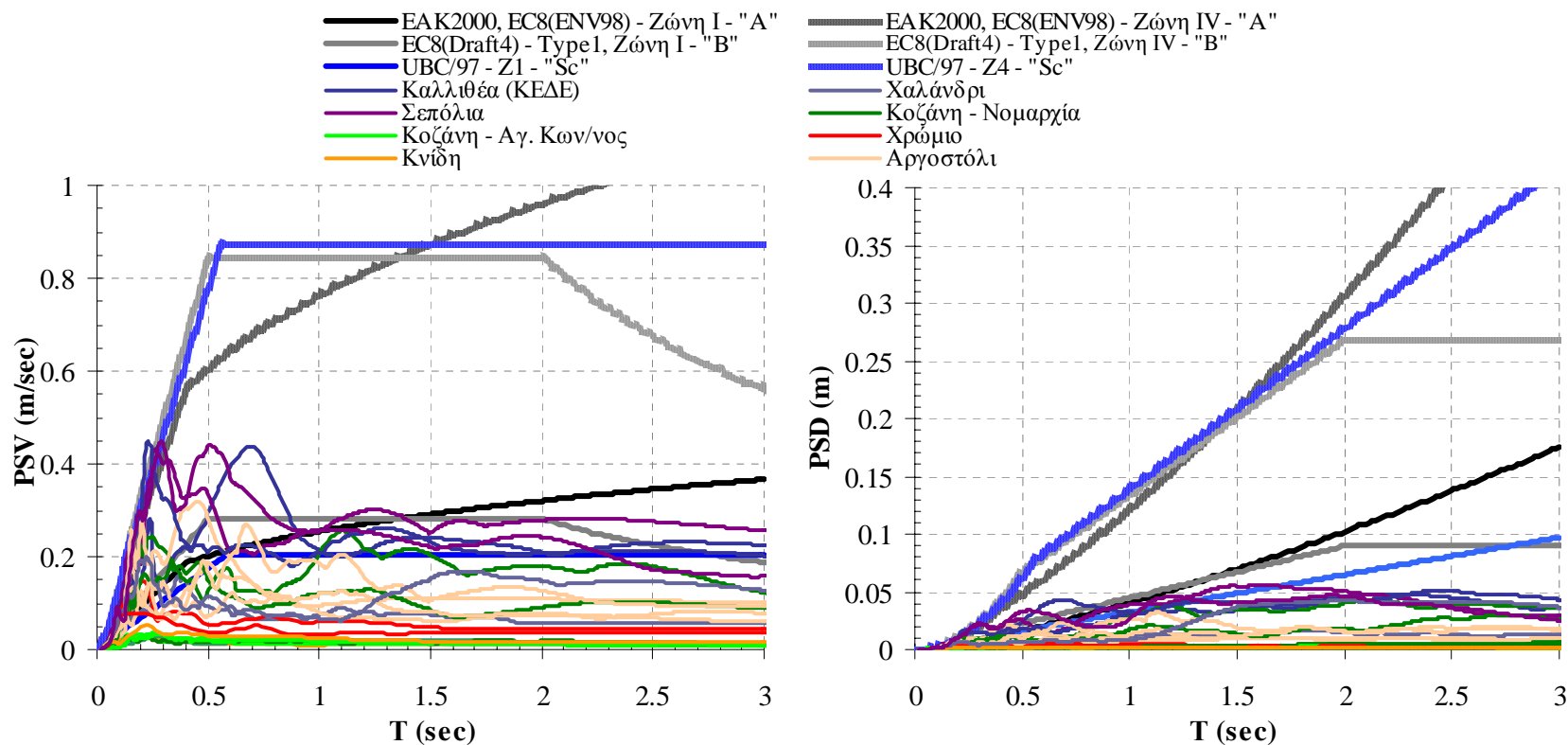
Σχήμα 5.6: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Χαλάνδρι (Αθήνα)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού πάχους. Βάθος "σεισμικού" βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 10m και 35m	430-710	EAK: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(7-9-99) 0,110/0,161
Κνίδη (Ν. Γρεβενών)				(6-6-95) 0,065/0,077
Χρόμιο (Ν. Κοζάνης)				(15-5-95) 0,160/0,132
Καλλιθέα (Αθήνα)				(7-9-99) 0,265/0,307
Κοζάνη (Νομαρχία)				(13-5-95) 0,212/0,142 & (17-7-95) 0,026/0,029
Κοζάνη (Αγ. Κων/νος)				(15-5-95) 0,026/0,040 & (17-5-95) 0,024/0,026
Αργοστόλι				(23-1-92) 0,204/0,137 & (23-3-83) 0,182/0,235
Σεπόλια (Αθήνα)				(7-9-99) 0,323/0,322



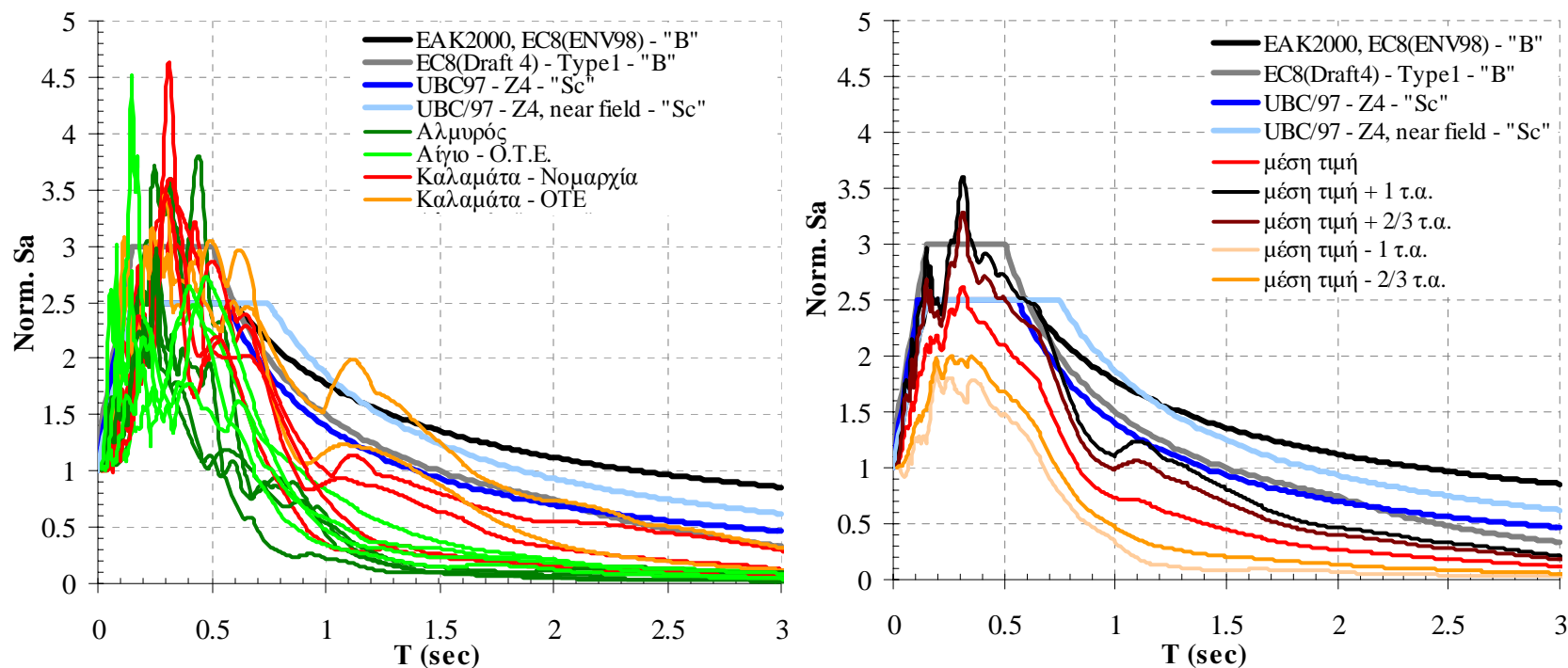
Σχήμα 5.7: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Χαλάνδρι (Αθήνα)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού πάχους. Βάθος "σεισμικού" βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 10m και 35m	430-710	ΕΑΚ: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(7-9-99) 0,110/0,161
Κνίδη (Ν. Γρεβενών)				(6-6-95) 0,065/0,077
Χρόμιο (Ν. Κοζάνης)				(15-5-95) 0,160/0,132
Καλλιθέα (Αθήνα)				(7-9-99) 0,265/0,307
Κοζάνη (Νομαρχία)				(13-5-95) 0,212/0,142 & (17-7-95) 0,026/0,029
Κοζάνη (Αγ. Κων/νος)				(15-5-95) 0,026/0,040 & (17-5-95) 0,024/0,026
Αργοστόλι				(23-1-92) 0,204/0,137 & (23-3-83) 0,182/0,235
Σεπόλια (Αθήνα)				(7-9-99) 0,323/0,322



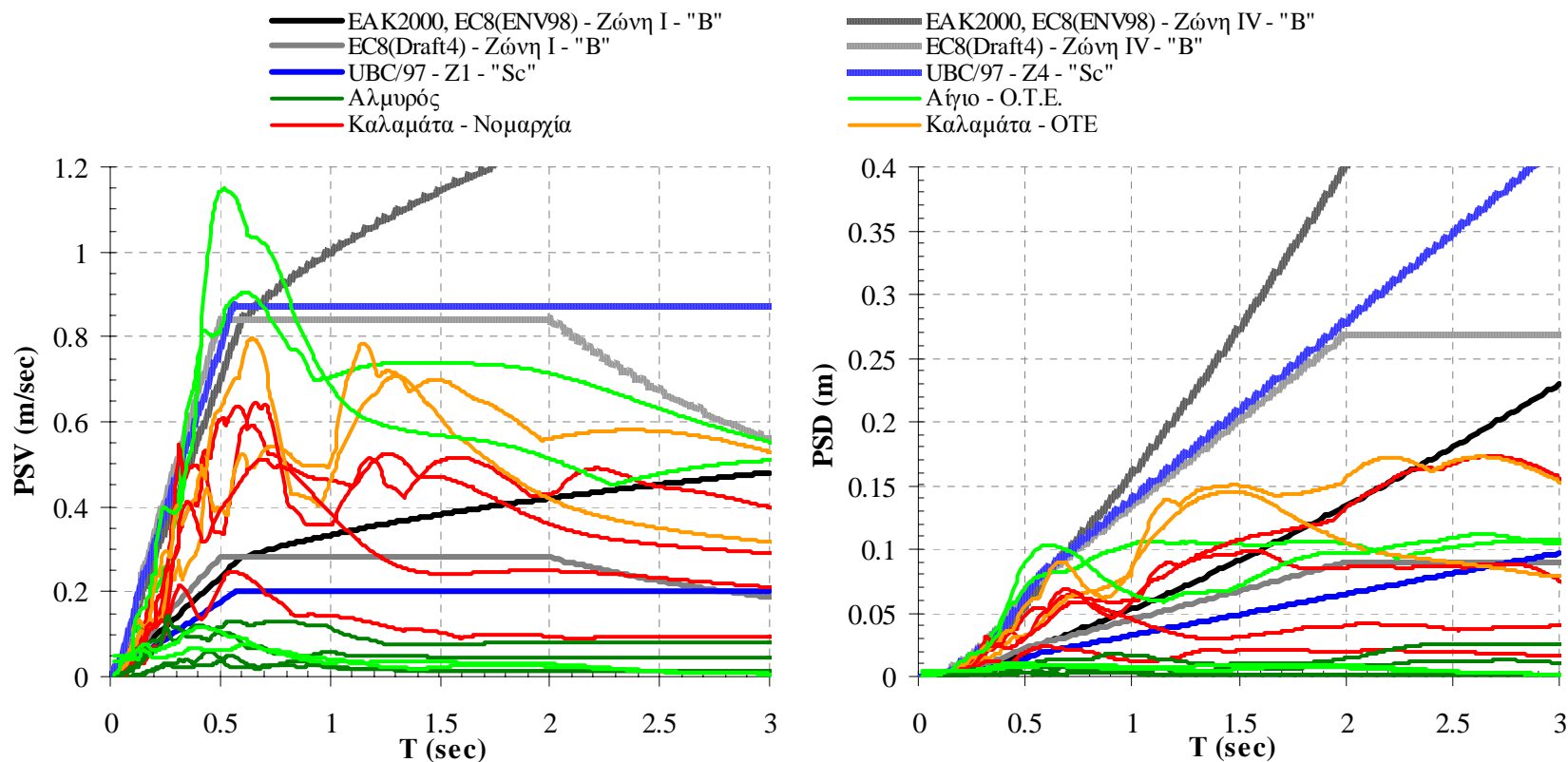
Σχήμα 5.8: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Καλαμάτα (Νομαρχία)	Μέσης σφιρότητας εδαφικοί σχηματισμοί. Μεγάλη διακύμανση βάρους “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου από $\approx 20m$ (Αίγιο) έως και 100m	410-500	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(13-9-86) 0,240/0,272 & (15-9-86) 0,240/0,140
Αίγιο (ΟΤΕ)				(15-6-95) 0,501/0,543 & (15-6-95) 0,050/0,068
Αλμυρός				(30-11-87) 0,023/0,022 & (16-7-80) 0,124/0,106
Καλαμάτα (ΟΤΕ)				(13-9-86) 0,215/0,298



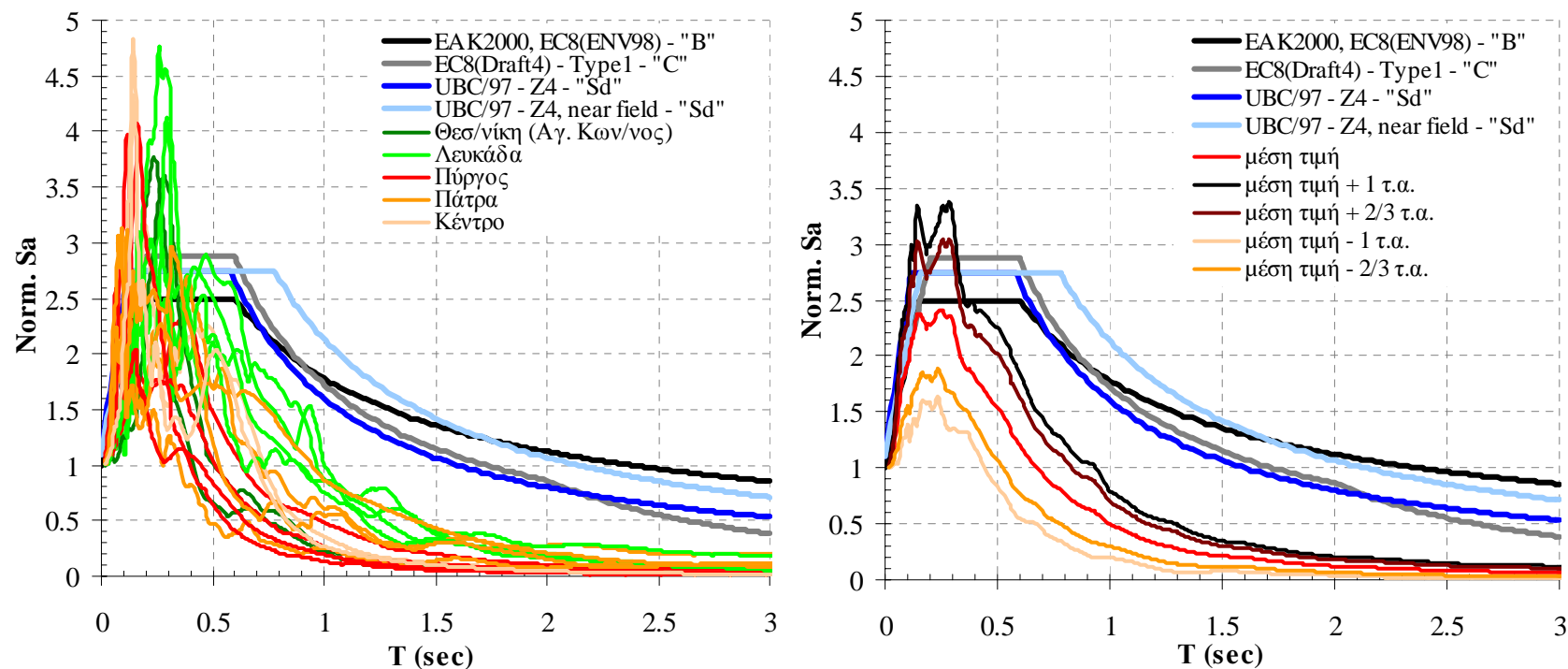
Σχήμα 5.9: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Καλαμάτα (Νομαρχία)	Μέσης στιφρότητας εδαφικοί σχηματισμοί.	410-500	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(13-9-86) 0,240/0,272 & (15-9-86) 0,240/0,140
Αίγιο (ΟΤΕ)				(15-6-95) 0,501/0,543 & (15-6-95) 0,050/0,068
Αλμυρός	Μεγάλη διακύμανση βάθους “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου από ≈20m (Αίγιο) έως και 100m			(30-11-87) 0,023/0,022 & (16-7-80) 0,124/0,106
Καλαμάτα (ΟΤΕ)				(13-9-86) 0,215/0,298



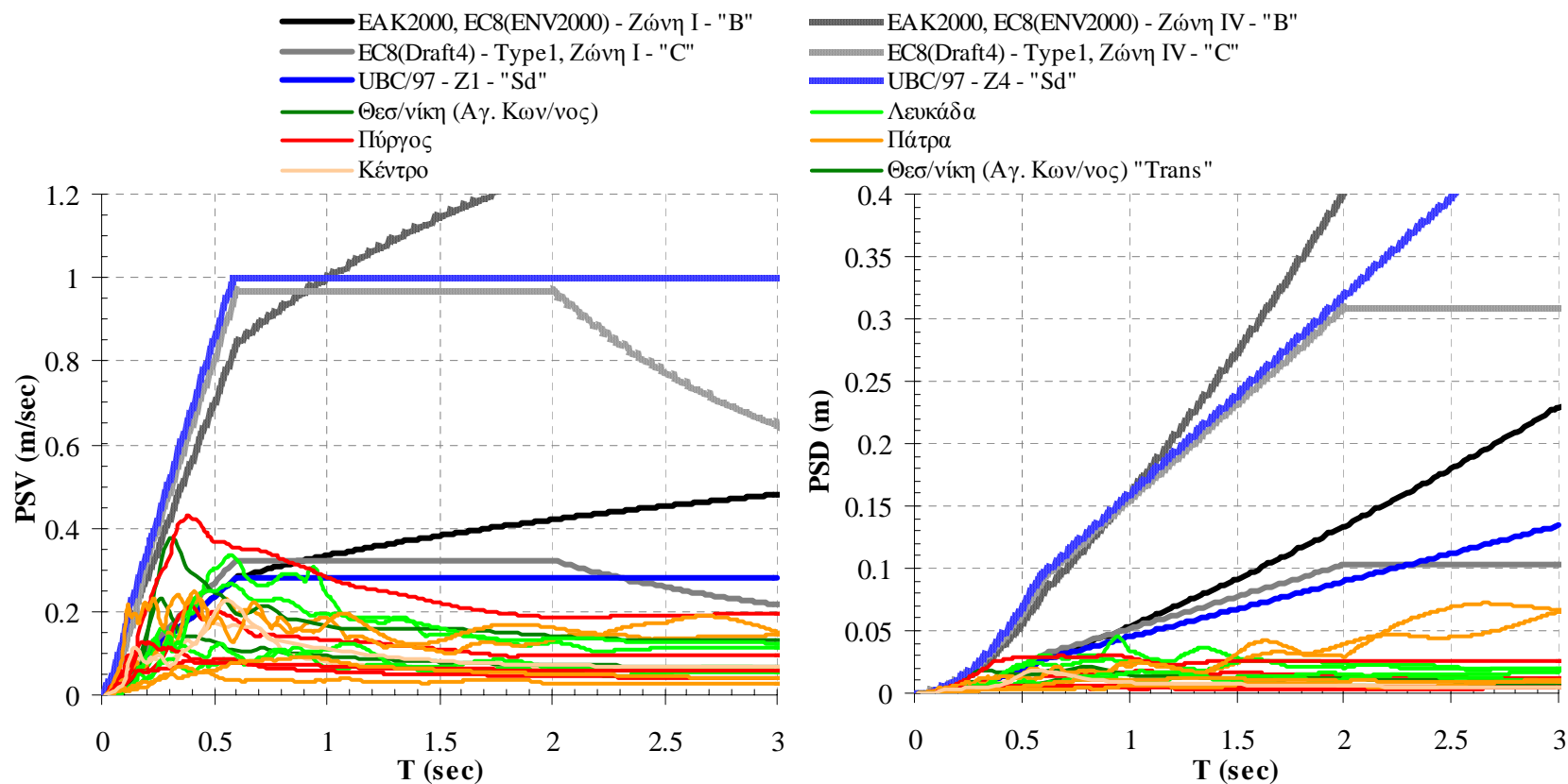
Σχήμα 5.10: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Πάτρα	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σηματισμοί μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 60m	260-370	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_a	(14-7-93) 0,143/0,402 & (30-5-92) 0,048/0,042
Κέντρο (Ν. Γρεβενών)				(11-6-95) 0,101/0,127
Πύργος				(26-3-93) 0,153/0,165 & (11-8-96) 0,124/0,115
Θεσ/νίκη (Αγ. Κων/νος)				(5-7-78) 0,162/0,235
Λευκάδα				(25-2-94) 0,135/0,136 & (29-11-94) 0,043/0,076



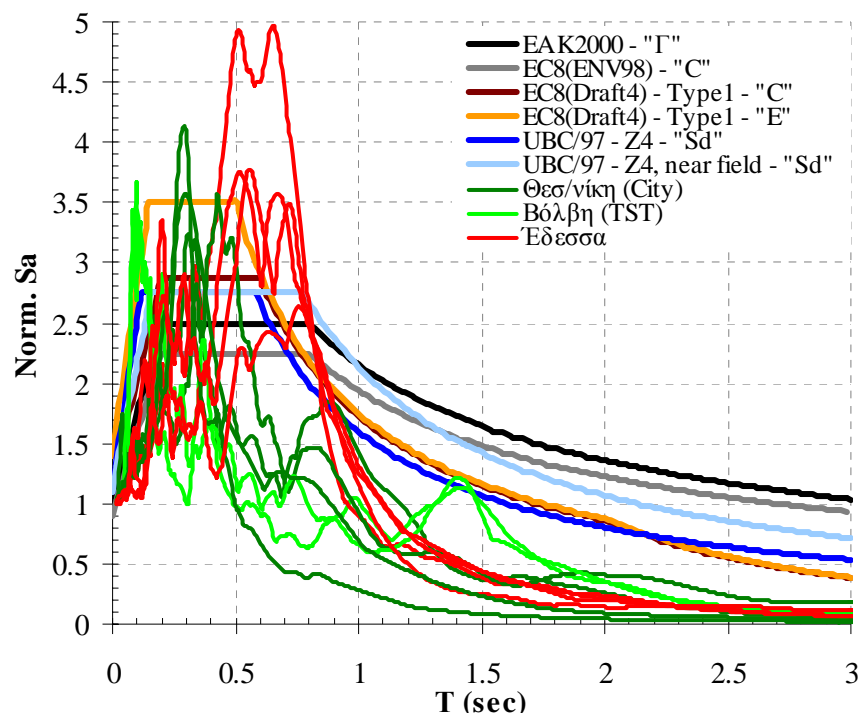
Σχήμα 5.11: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Πάτρα	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σηματισμοί μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 60m	260-370	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_d	(14-7-93) 0,143/0,402 & (30-5-92) 0,048/0,042
Κέντρο (Ν. Γρεβενών)				(11-6-95) 0,101/0,127
Πύργος				(26-3-93) 0,153/0,165 & (11-8-96) 0,124/0,115
Θεσ/νίκη (Αγ. Κων/νος)				(5-7-78) 0,162/0,235
Λευκάδα				(25-2-94) 0,135/0,136 & (29-11-94) 0,043/0,076



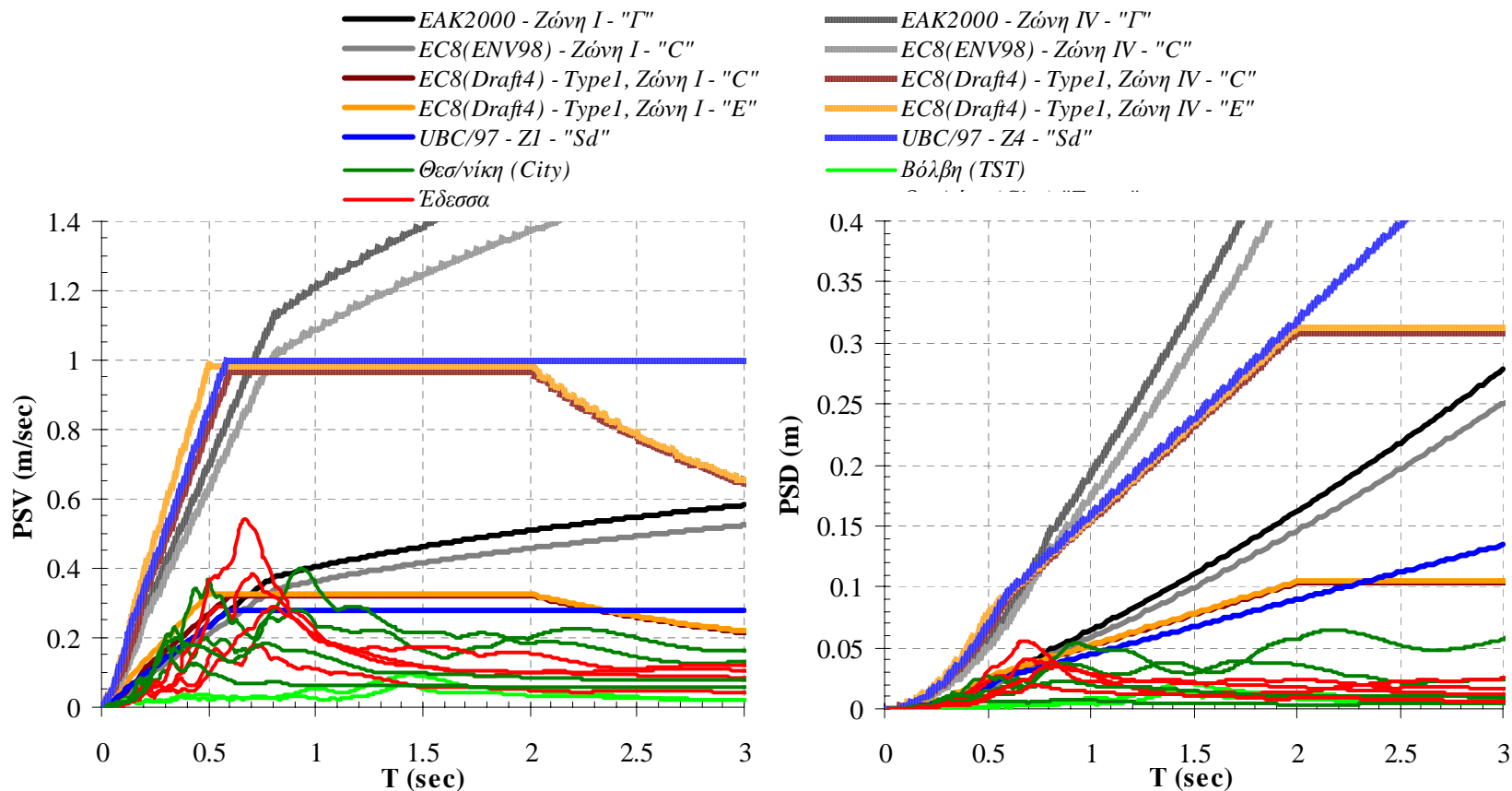
Σχήμα 5.12: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) $PGA_{1,.....}/PGA_{2,.....}$ (σ)
Έδεσσα	Μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί πολύ μεγάλου πάχους.	220-240 (Έδεσσα: 370)	EAK: Γ	(21-12-90) 0,102/0,098 & (18-2-86) 0,087/0,043
Αίγιο (SSDA)	Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 120m.		EC8-ENV1998: C (Έδεσσα: Special case)	(πολύ ασθενείς διαθέσιμες καταγραφές)
Θεσ/νίκη (City)	(Έδεσσα: περίπτωση σχετικά μαλακών εδαφικών σχηματισμών μικρού πάχους επάνω στο βραχώδες υπόβαθρο)		EC8-Draft4: C (Έδεσσα: Special case)	(20-6-78) 0,142/0,144 & (4-7-78) 0,099/0,114
Βόλβη (TST)			UBC97: S_d	(4-5-95) 0,035/0,023



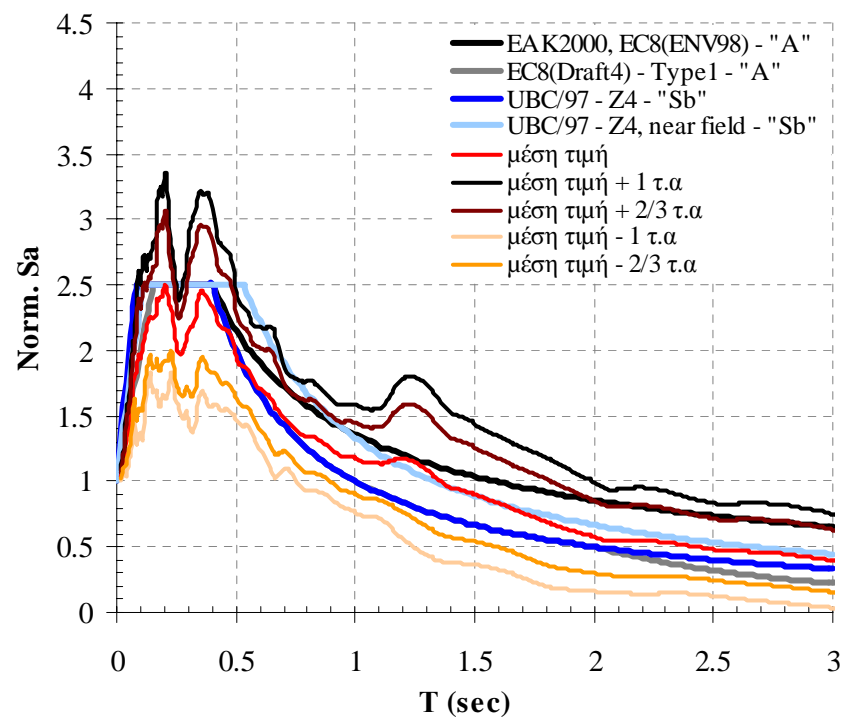
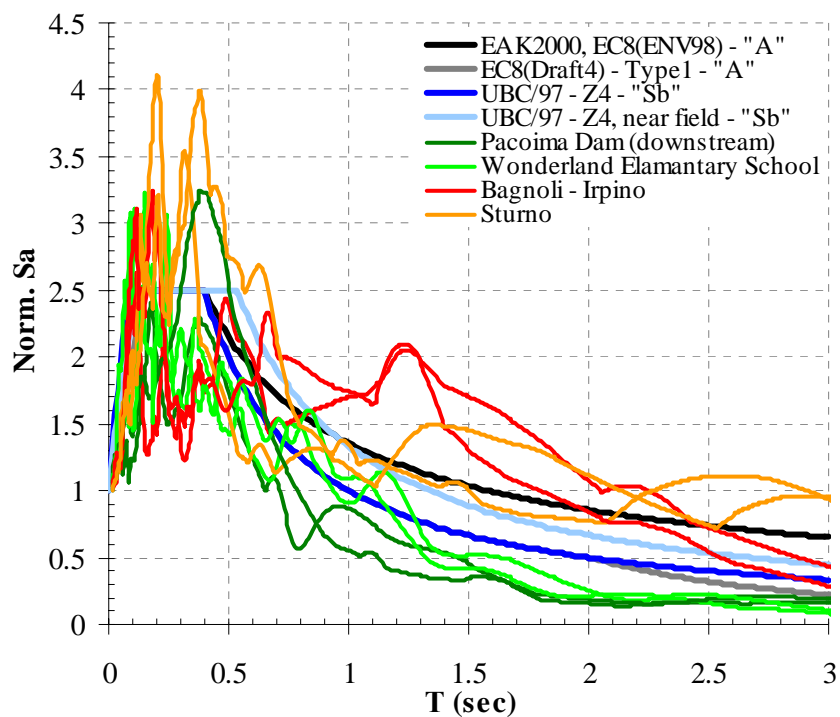
Σχήμα 5.13: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA, /PGA, (σ)
Εδεσσα	Μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί πολύ μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 120m. (Εδεσσα: περίπτωση σχετικά μαλακών εδαφικών σχηματισμών μικρού πάχους σύμφωνα στο βραχώδες υπόβαθρο)	220-240 (Εδεσσα: 370)	ΕΑΚ: Γ EC8-ENV1998: C (Εδεσσα: Special case) EC8-Draft4: C (Εδεσσα: Special case) UBC97: S _d	(21-12-90) 0,102/0,098 & (18-2-86) 0,087/0,043
Αίγιο (SSDA)				(πολύ ασθενείς διαθέσιμες καταγραφές)
Θεσ/νίκη (City)				(20-6-78) 0,142/0,144 & (4-7-78) 0,099/0,114
Βόλβη (TST)				(4-5-95) 0,035/0,023



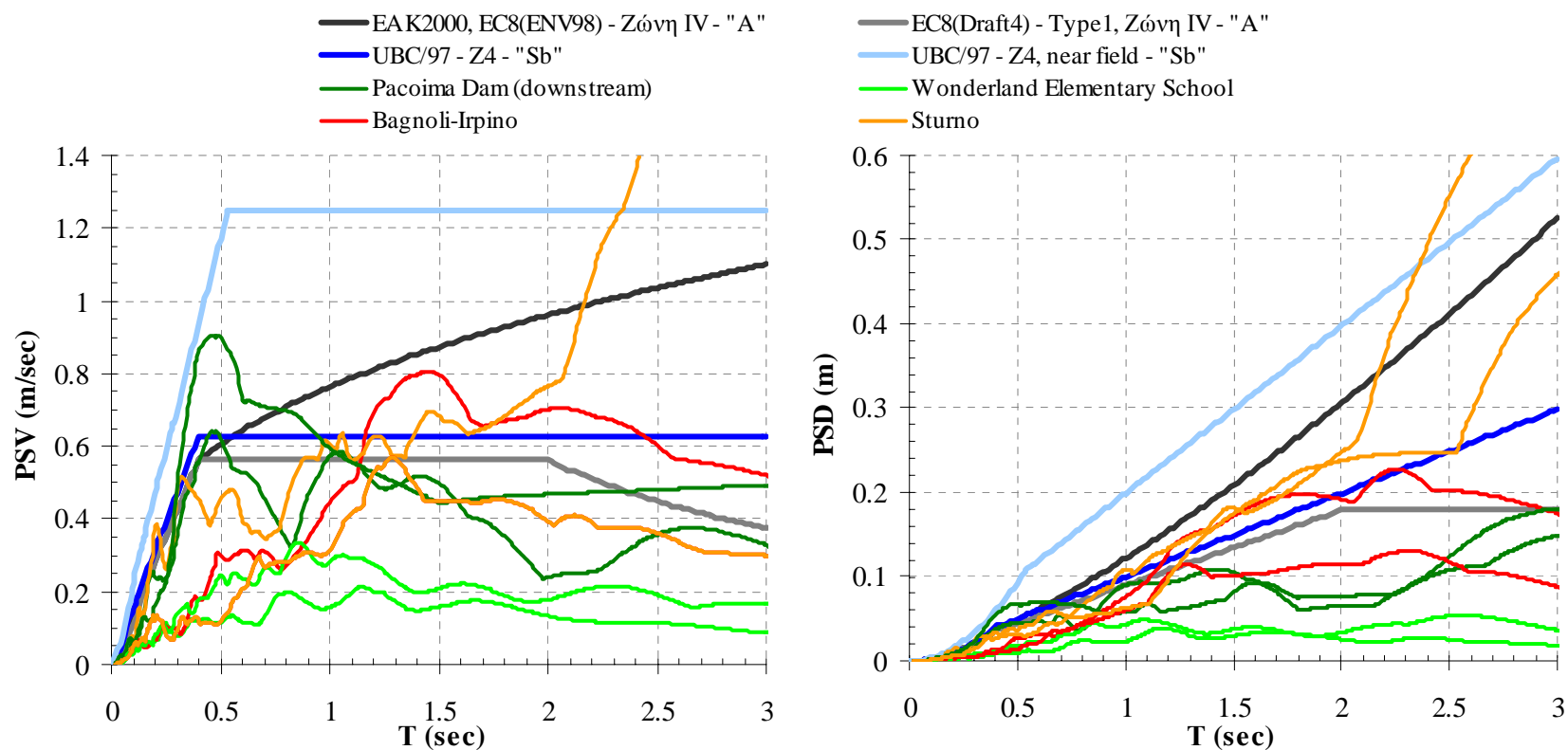
Σχήμα 5.14: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{S,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (μειομηνία) PGA_{max}/PGA_{min} (σ)
Pacoima Dam (downstream)	Ημιβραχώδεις -βραχώδεις σχηματισμοί	>1100	EAK: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: A UBC97: S _b	(17-1-94) 0,417/0,426
Wonderland Elem. School				(17-1-94) 0,103/0,159
Bagnoli – Irpino (Italy)				(23-11-80) 0.181/0.139
Sturno (Italy)				(23-11-80) 0.323/0.216



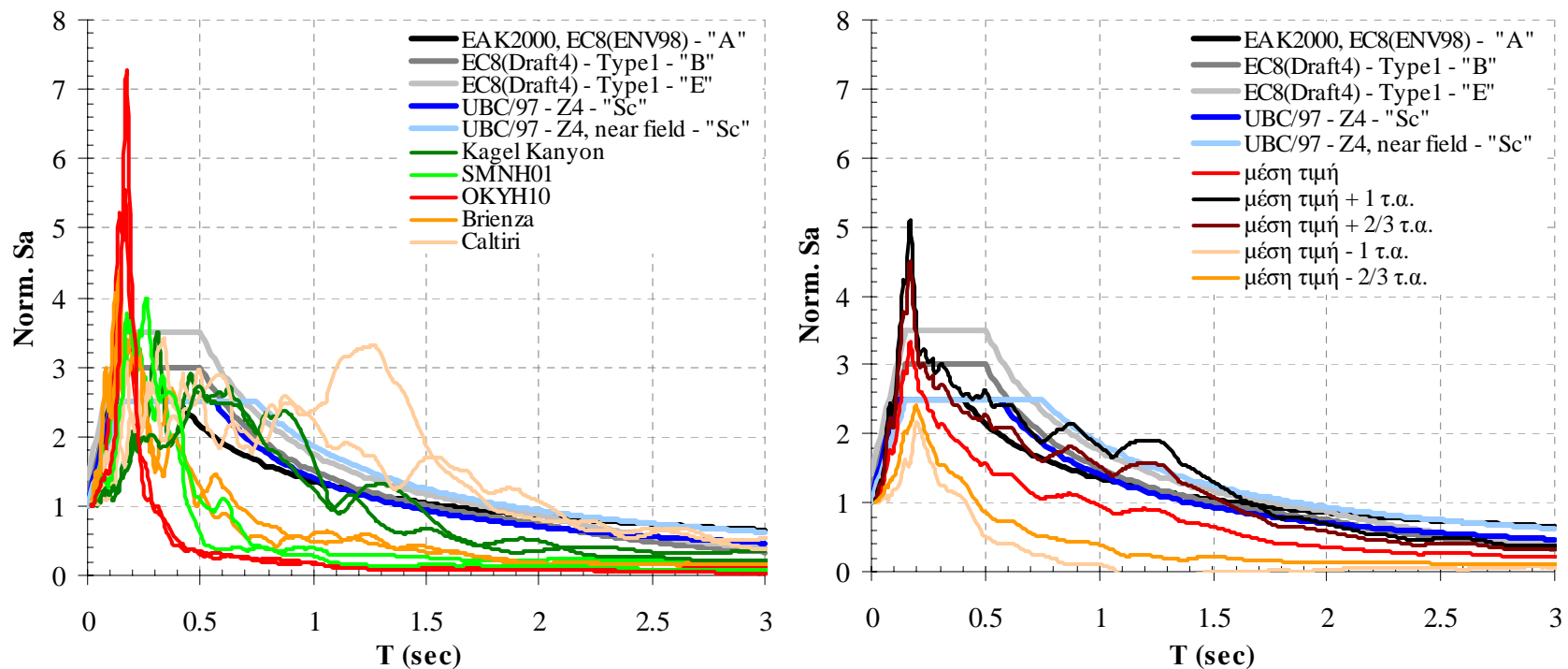
Σχήμα 5.15: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (πιεσομετρία) PGA_{1994}/PGA_{2000} (σ)
Pacoima Dam (downstream)	Ημιβραχώδεις -βραχώδεις σημηματισμοί	>1100	EAK: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: A UBC97: S _b	(17-1-94) 0,417/0,426
Wonderland Elem. School				(17-1-94) 0,103/0,159
Bagnoli – Irpino (Italy)				(23-11-80) 0.181/0.139
Sturno (Italy)				(23-11-80) 0.323/0.216



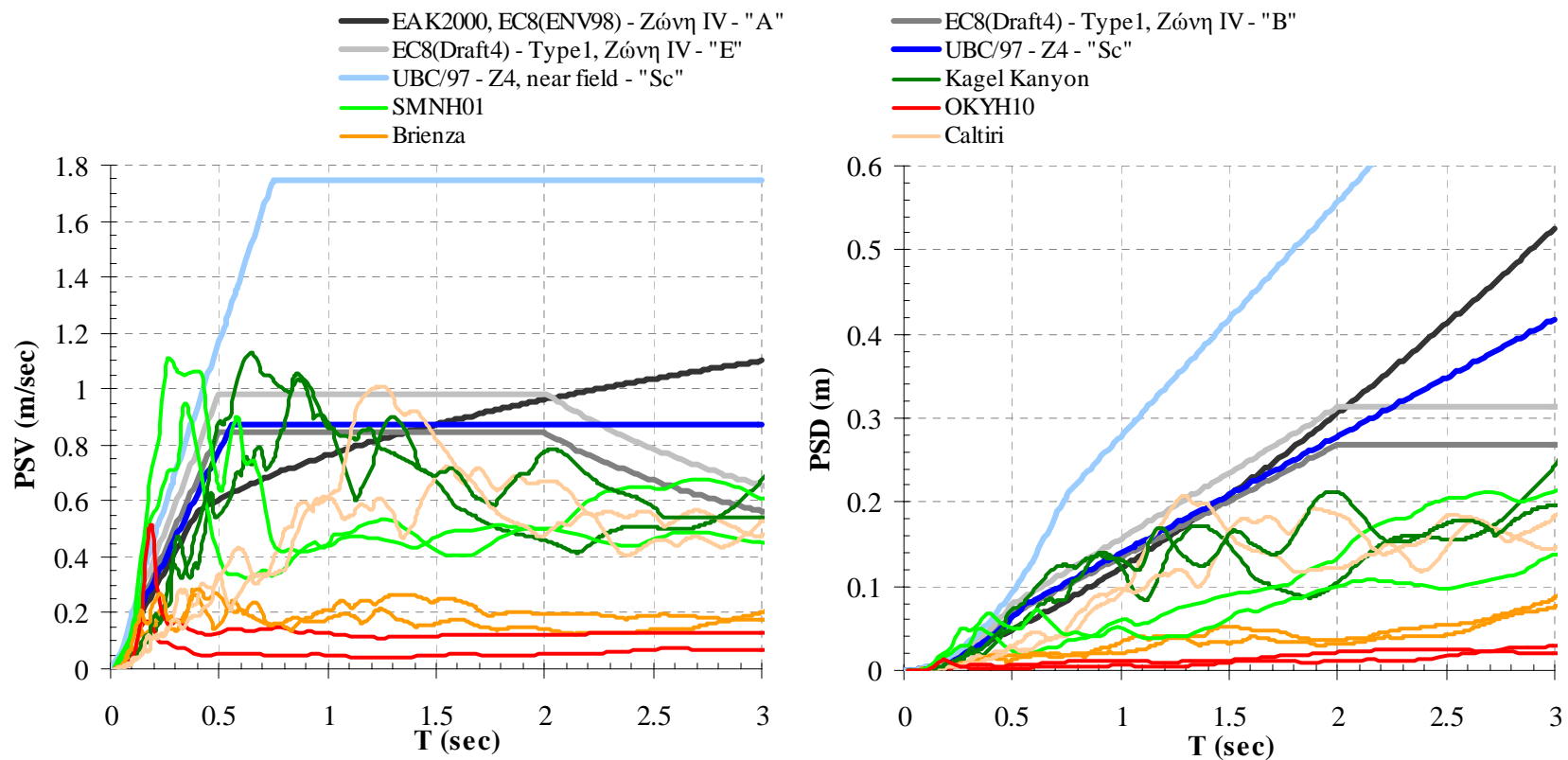
Σχήμα 5.16: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{max}/PGA_{min} (σ)
Calitri (Italy)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού έως ενδιάμεσου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου: 20m – 30m (Στη θέση Kagel Kanyon οι στιφροί σχηματισμοί επεκτείνονται σε μεγαλύτερο βάθος και στη θέση OKYH10 παρατηρείται έντονο contrast ταχυτήτων στα 8.0m μεταξύ του βραχ. υποβάθρου και της επιφανειακής αποσάθρωσης του)	460-600	ΕΑΚ: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: B (OKYH10: E) UBC97: S_c	(23-11-80) 0.176/0.155
OKYH10 (Japan)				(6-10-2000) 0,134/0,286
Brienza (Italy)				(23-11-80) 0.174/0.227
SMNH01 (Japan)				(6-10-2000) 0,624/0,730
Kagel Kanyon				(17-1-94) 0,301/0,432



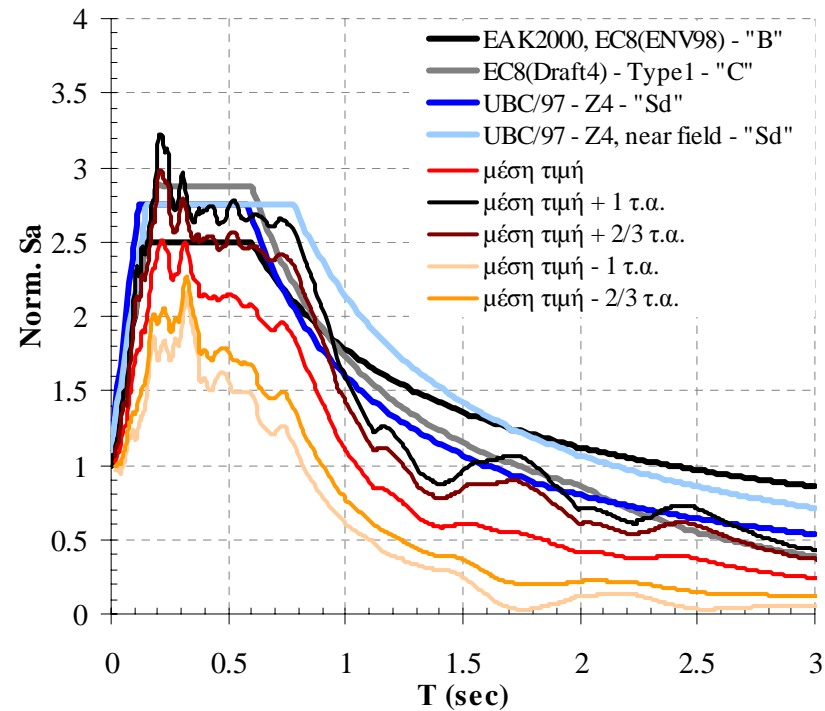
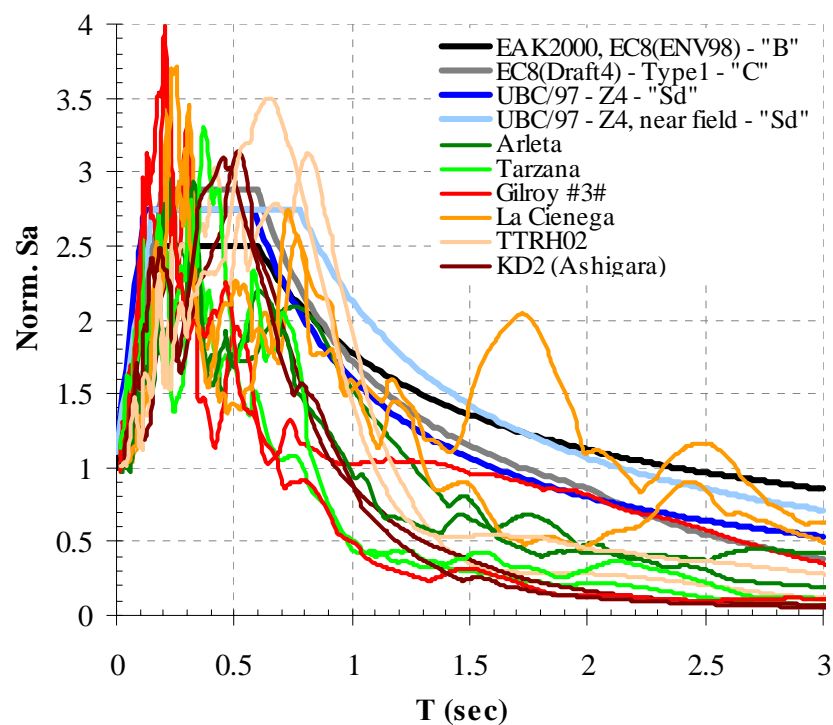
Σχήμα 5.17: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Calitri (Italy)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού έως ενδιάμεσου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου: 20m – 30m (Στη θέση Kagel Canyon οι στιφροί σχηματισμοί επεκτείνονται σε μεγαλύτερο βάθος και στη θέση OKYH10 παρατηρείται έντονο contrast ταχυτήτων στα 8.0m μεταξύ του βραχ. υποβάθρου και της επιφανειακής αποσάθρωσης του)	460-600	ΕΑΚ: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: B (OKYH10: E) UBC97: S _c	(23-11-80) 0.176/0.155
OKYH10 (Japan)				(6-10-2000) 0.134/0.286
Brienza (Italy)				(23-11-80) 0.174/0.227
SMNH01 (Japan)				(6-10-2000) 0.624/0.730
Kagel Canyon				(17-1-94) 0.301/0.432



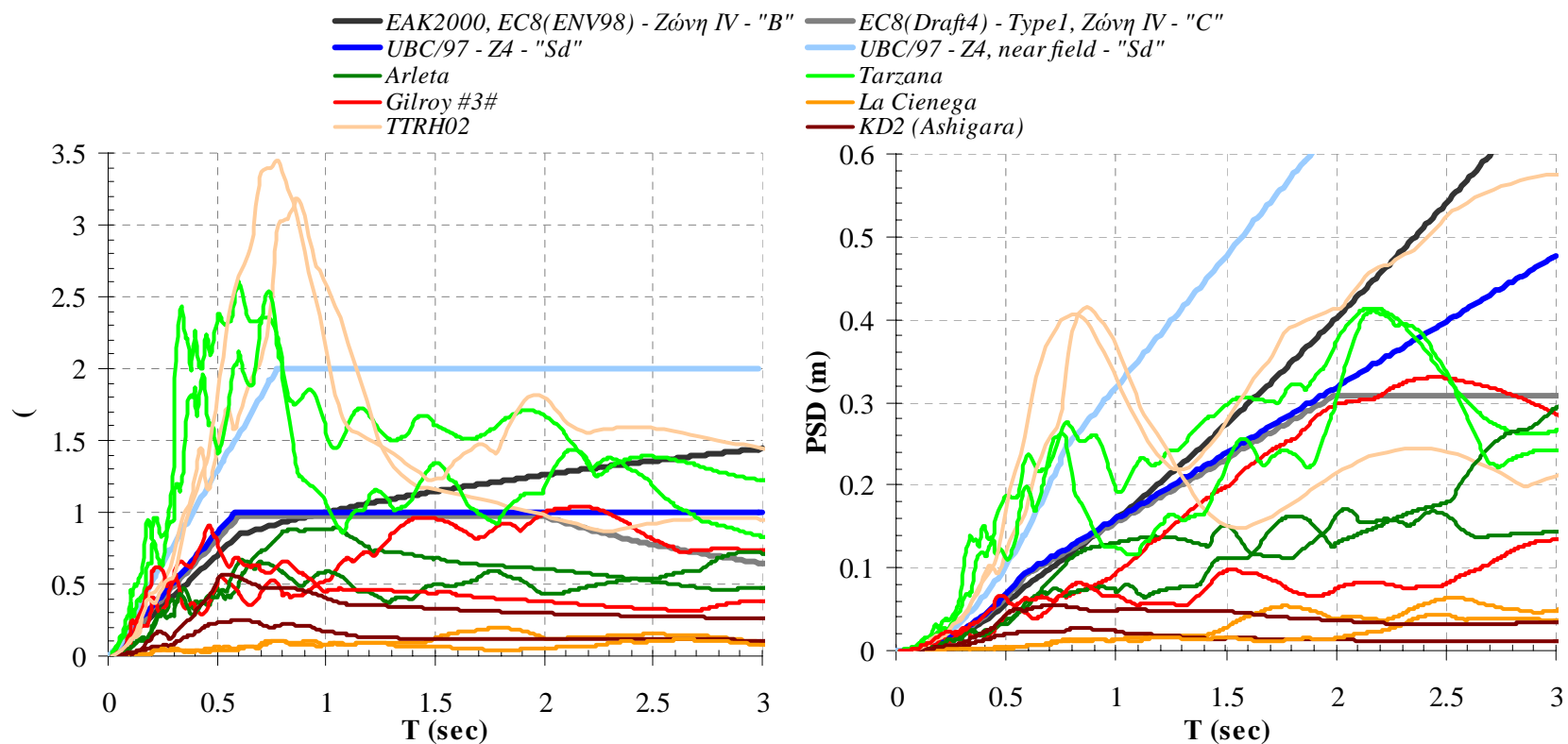
Σχήμα 5.18: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (μικροουινία) PGA_{1971}/PGA_{1998} (σ)
Arleta	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί ενδιάμεσου έως μεγάλου πάχους. Βάθος "σεισμικού" βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 40m (Ειδική περίπτωση η θέση KD2 (Ashigara valley) όπου οι εξαιρετικά μαλακοί επιφανειακοί σχηματισμοί μειώνουν την ταχύτητα $V_{s,30}$)	280-310 (KD2: 180)	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_d	(17-1-94) 0,344/0,307
TTRH02 (Japan)				(6-10-2000) 0,777/0,928
Gilroy #3#				(18-10-89) 0,369/0,542
Tarzana				(17-1-94) 1,788/0,989
La Cienega				(16-10-99) 0,035/0,033
KD2 (Ashigara valley)				(5-8-90) 0,108/0,226



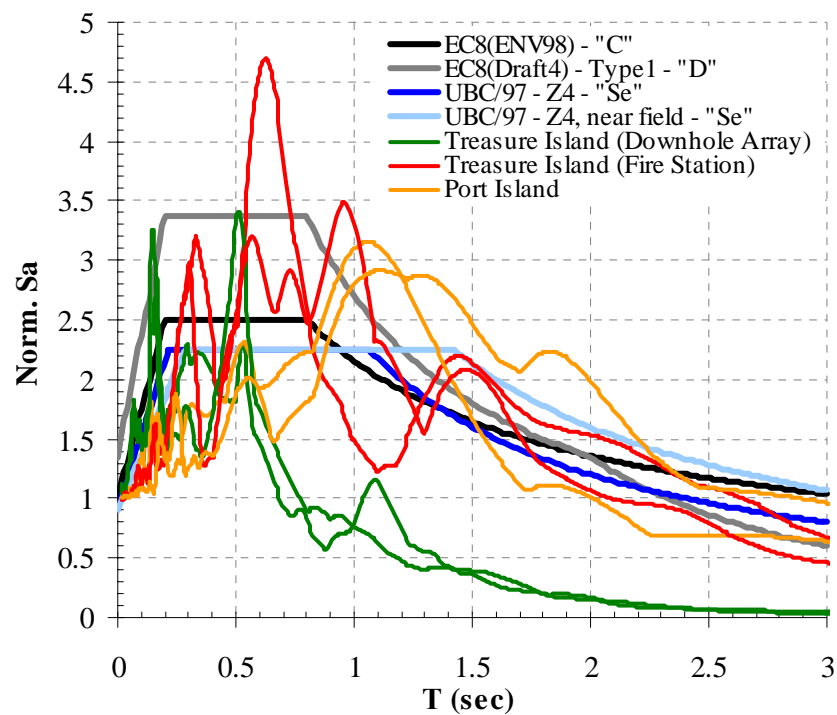
Σχήμα 5.19: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{s,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Arleta	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί ενδιάμεσου έως μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 40m (Ειδική περίπτωση η θέση KD2 (Ashigara valley) όπου οι εξαιρετικά μαλακοί επιφανειακοί σχηματισμοί μειώνουν την ταχύτητα $V_{s,30}$)	280-310 (KD2: 180)	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_a	(17-1-94) 0,344/0,307
TTRH02 (Japan)				(6-10-2000) 0,777/0,928
Gilroy #3#				(18-10-89) 0,369/0,542
Tarzana				(17-1-94) 1,788/0,989
La Cienega				(16-10-99) 0,035/0,033
KD2 (Ashigara valley)				(5-8-90) 0,108/0,226



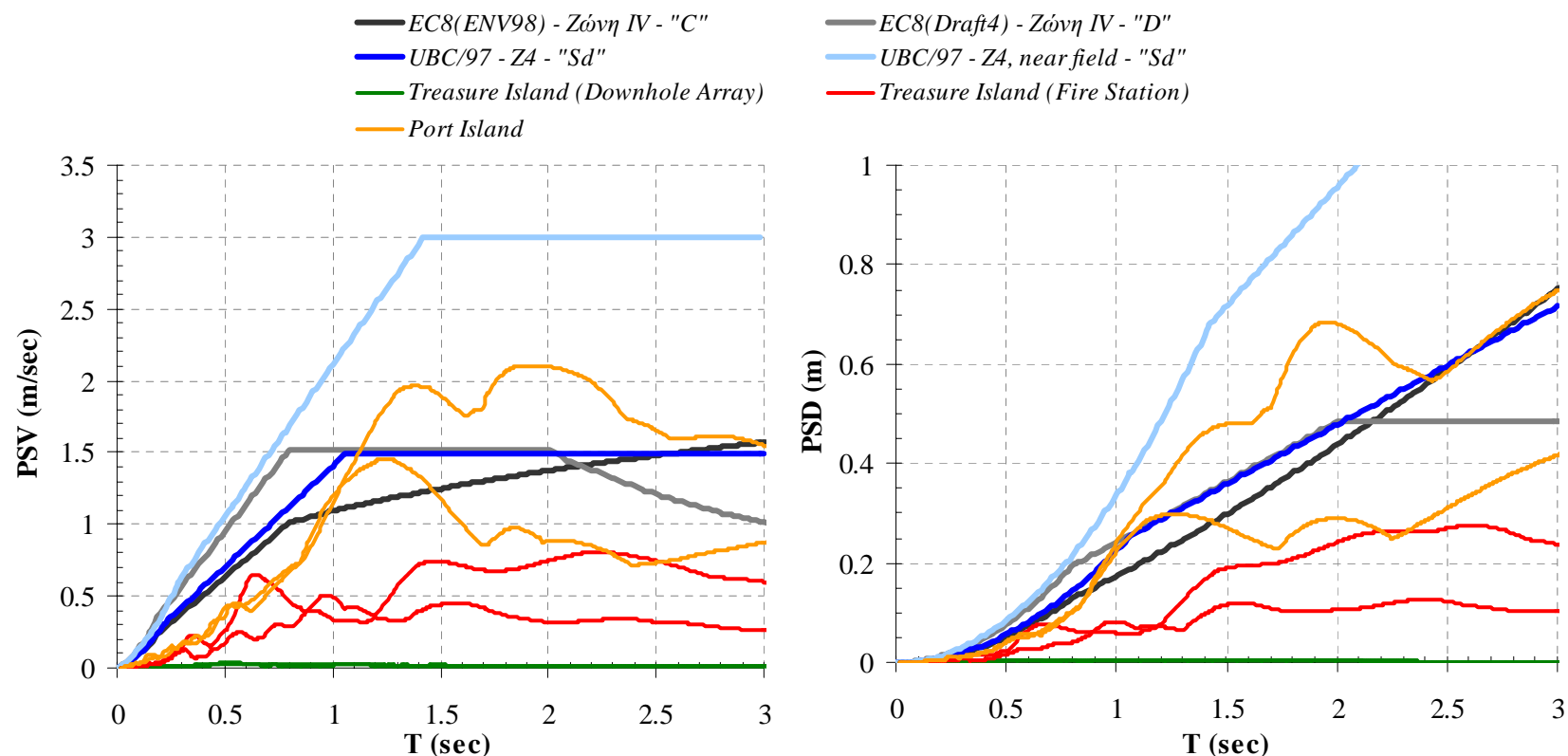
Σχήμα 5.20: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{S,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{max}/PGA_{min} (σ)
Treasure Island (fire station)	Εδάφη με υψηλό δυναμικό ρευστοποίησης	180-200	EAK: X EC8-ENV1998: C-Special case EC8-Draft4: D-S ₂ UBC97: S.-S _e	(18-10-89) 0,159/0,100
Treasure Island (downhole array)				(18-8-99) 0,016/0,017
Port Island				(17-1-95) 0,290/0,348



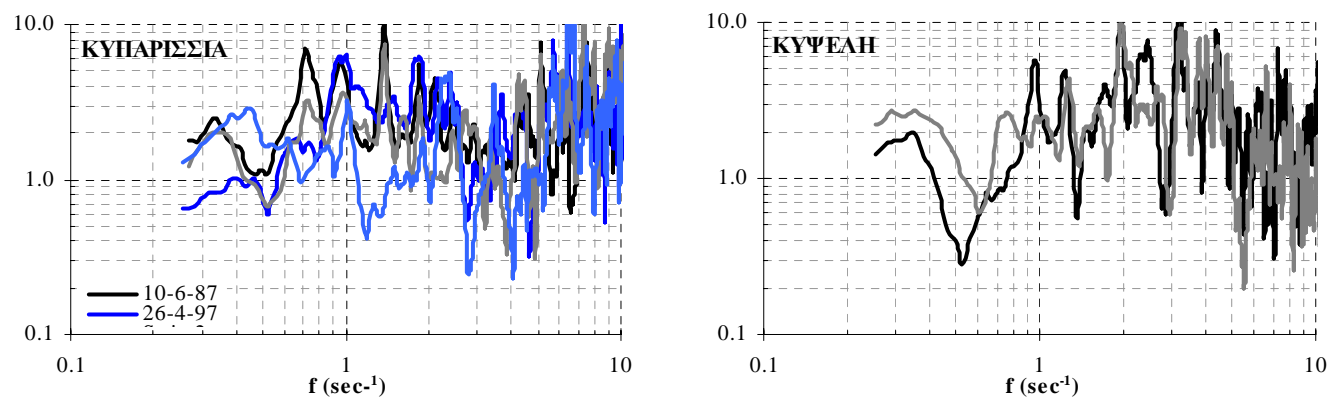
Σχήμα 5.21: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$V_{S,30}$ (m/sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) $PGA_{1,.....}/PGA_{2,.....}$ (σ)
Treasure Island (fire station)	Εδάφη με υψηλό δυναμικό ρευστοποίησης	180-200	EAK: X EC8-ENV1998: C-Special case EC8-Draft4: D-S₂ UBC97: S.-S_r	(18-10-89) 0,159/0,100
Treasure Island (downhole array)				(18-8-99) 0,016/0,017
Port Island				(17-1-95) 0,290/0,348



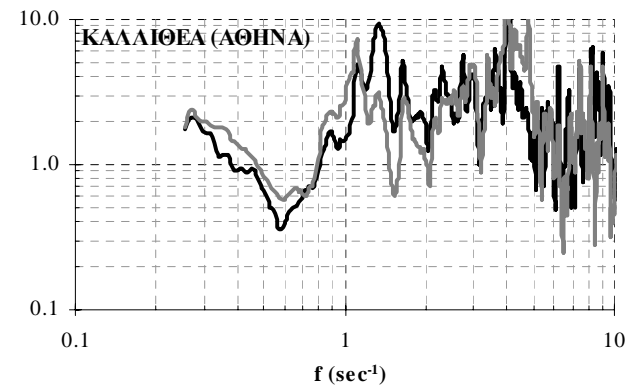
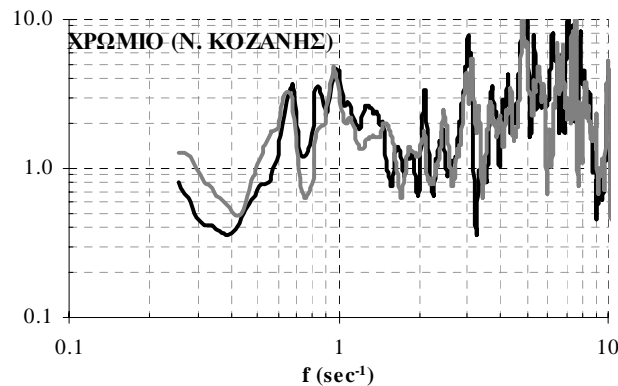
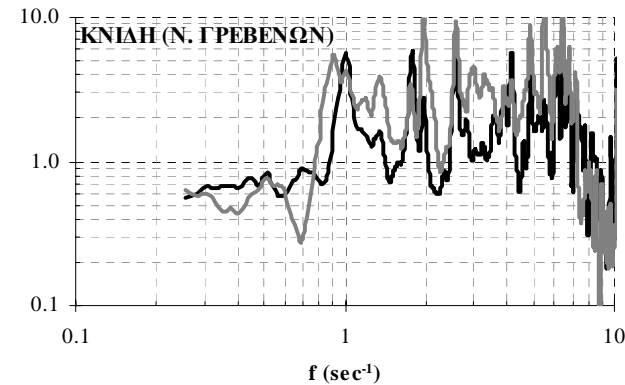
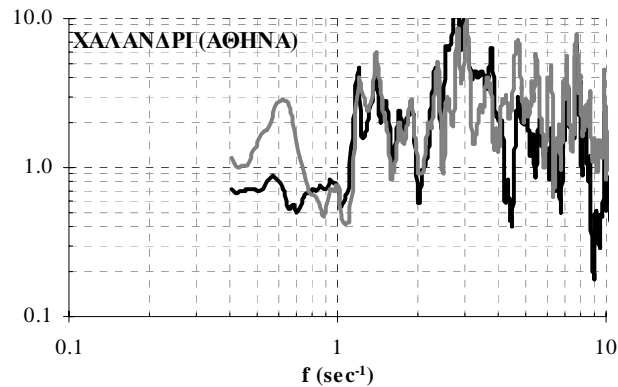
Σχήμα 5.22: Φάσματα απόκρισης ταχύτητας (PSV) και μετακίνησης (PSD) σεισμικών καταγραφών - σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού αντισεισμικών κανονισμών. Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) $PGA_{1, \dots} / PGA_{2, \dots}$ (σ)
Κυψέλη (Αθήνα)	Ημιβραχώδεις – βραχώδεις σχηματισμοί. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 5m και 10m	0,06	ΕΑΚ: Α	(7-9-99) 0,119/0,111
Κυπαρισσία		0,08	EC8-ENV1998: Α EC8-Draft4: Α	(10-6-87) 0,115/0,127 & (26-4-97) 0,065/0,043



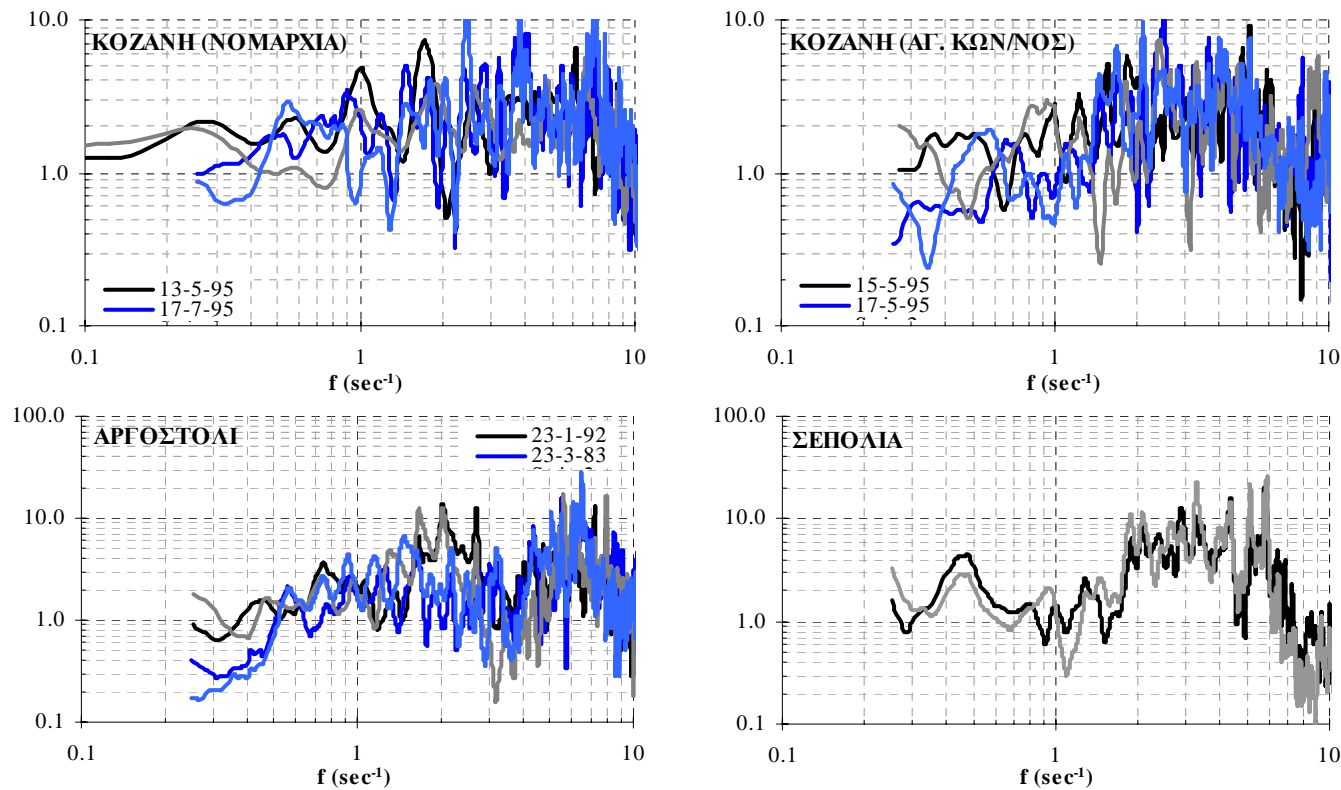
Σχήμα 5.23: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSR). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Χαλάνδρι (Αθήνα)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 10m και 35m	0,09	ΕΑΚ: Α EC8-ENV1998: Α EC8-Draft4: Β UBC97: S_c	(7-9-99) 0,110/0,161
Κνίδη (Ν. Γρεβενών)		0,13		(6-6-95) 0,065/0,077
Χρόμιο (Ν. Κοζάνης)		0,17		(15-5-95) 0,160/0,132
Καλλιθέα (Αθήνα)		0,25		(7-9-99) 0,265/0,307
Κοζάνη (Νομαρχία)		0,22		(13-5-95) 0,212/0,142 & (17-7-95) 0,026/0,029
Κοζάνη (Αγ. Κων/νος)		0,25		(15-5-95) 0,026/0,040 & (17-5-95) 0,024/0,026
Αργοστόλι		0,32		(23-1-92) 0,204/0,137 & (23-3-83) 0,182/0,235
Σεπόλια (Αθήνα)		(:)		(7-9-99) 0,323/0,322



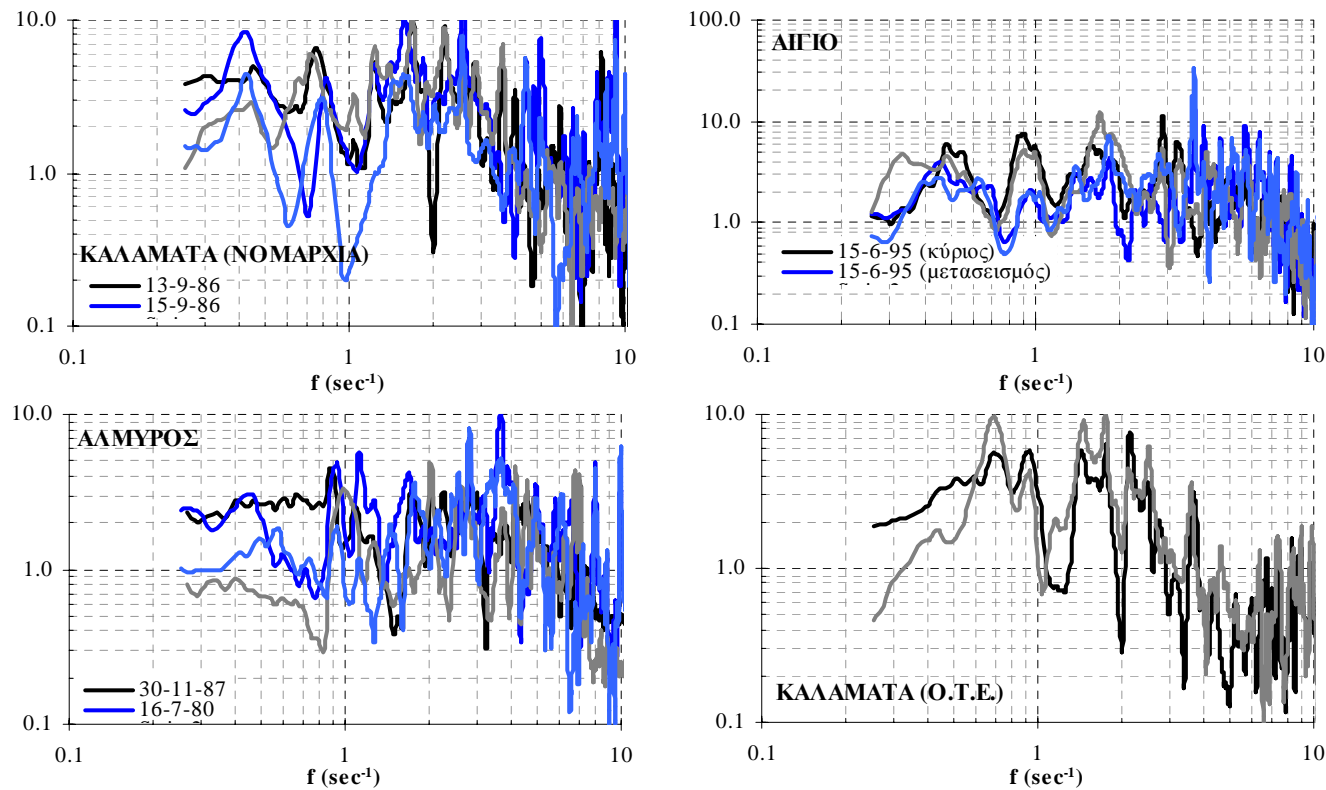
Σχήμα 5.24: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Χαλάνδρι (Αθήνα)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεταξύ 10m και 35m	0,09	ΕΑΚ: A EC8-ENV1998: A EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(7-9-99) 0,110/0,161
Κνίδη (Ν. Γρεβενών)		0,13		(6-6-95) 0,065/0,077
Χρώμιο (Ν. Κοζάνης)		0,17		(15-5-95) 0,160/0,132
Καλλιθέα (Αθήνα)		0,25		(7-9-99) 0,265/0,307
Κοζάνη (Νομαρχία)		0,22		(13-5-95) 0,212/0,142 & (17-7-95) 0,026/0,029
Κοζάνη (Αγ. Κων/νος)		0,25		(15-5-95) 0,026/0,040 & (17-5-95) 0,024/0,026
Αργοστόλι		0,32		(23-1-92) 0,204/0,137 & (23-3-83) 0,182/0,235
Σεπόλια (Αθήνα)		(:)		(7-9-99) 0,323/0,322



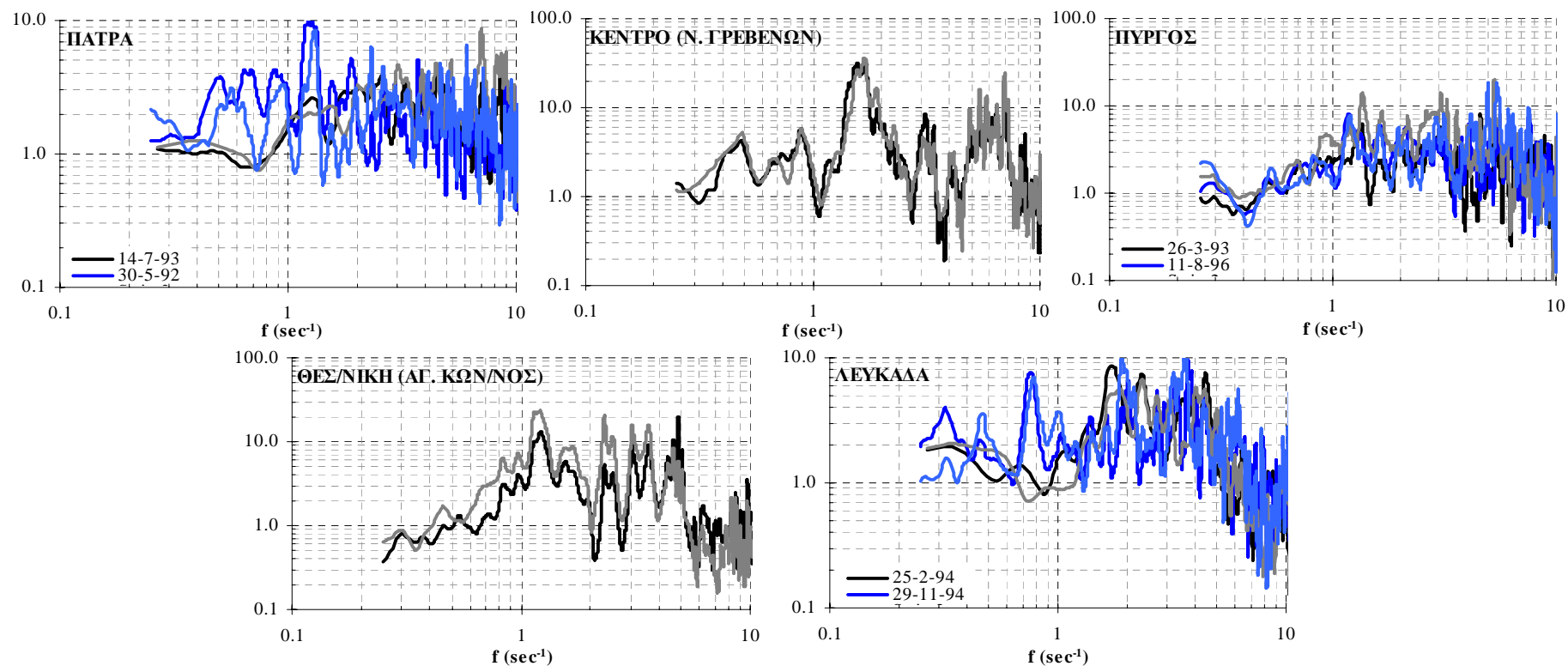
Σχήμα 5.25: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Καλαμάτα (Νομαρχία)	Μέσης σφιγρότητας εδαφικοί σχηματισμοί. Μεγάλη διακύμανση βάθους “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου από $\approx 20m$ (Αίγιο) έως και $100m$ (Αλμυρός)	0,27	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: B UBC97: S_c	(13-9-86) 0,240/0,272 & (15-9-86) 0,240/0,140
Αίγιο (ΟΤΕ)		0,22		(15-6-95) 0,501/0,543 & (15-6-95) 0,050/0,068
Αλμυρός		0,83		(30-11-87) 0,023/0,022 & (16-7-80) 0,124/0,106
Καλαμάτα (ΟΤΕ)		(:)		(13-9-86) 0,215/0,298



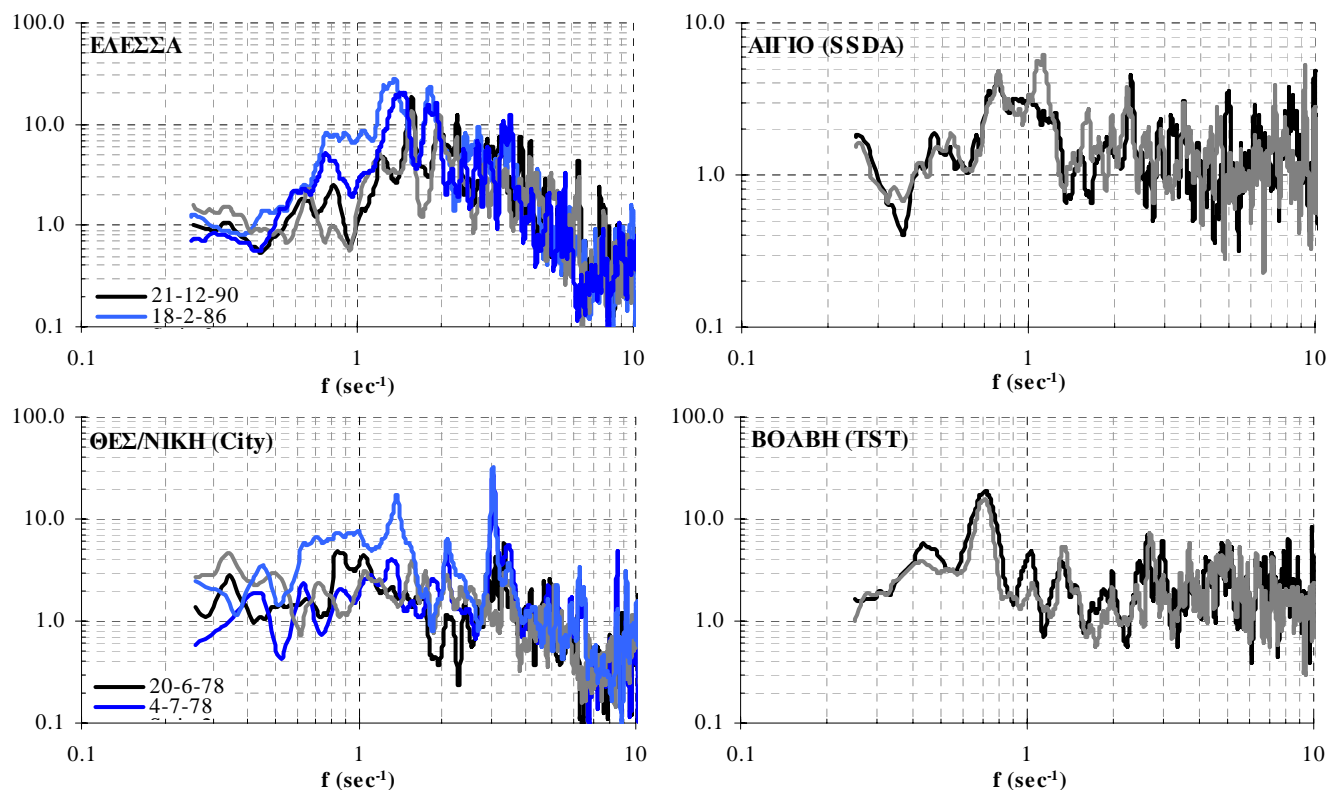
Σχήμα 5.26: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Πάτρα	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 60m	0,84	ΕΑΚ: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_a	(14-7-93) 0,143/0,402 & (30-5-92) 0,048/0,042
Κέντρο (Ν. Γρεβενών)		0,92		(11-6-95) 0,101/0,127
Πύργος		0,76		(26-3-93) 0,153/0,165 & (11-8-96) 0,124/0,115
Θεσ/νίκη (Αγ. Κων/νος)		0,98		(5-7-78) 0,162/0,235
Λευκάδα		0,76		(25-2-94) 0,135/0,136 & (29-11-94) 0,043/0,076



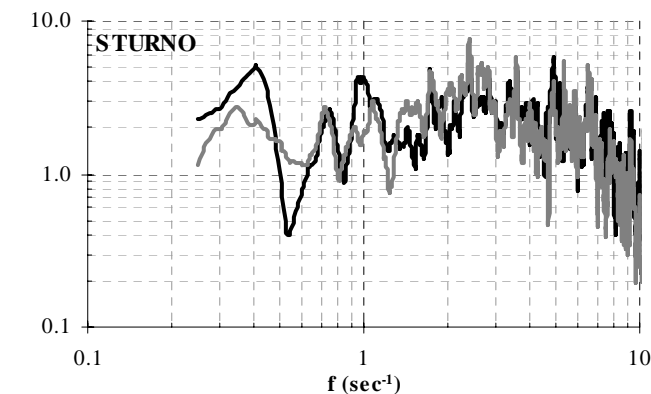
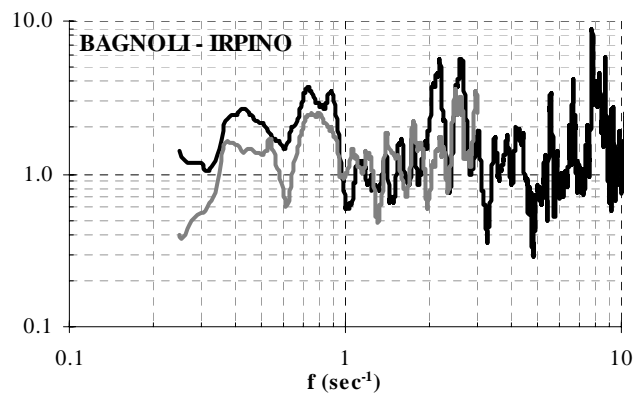
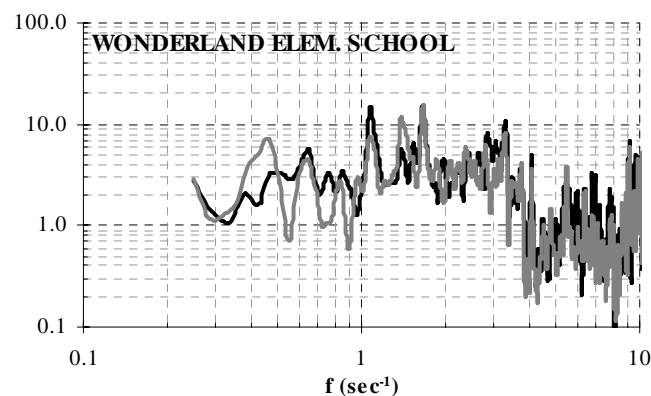
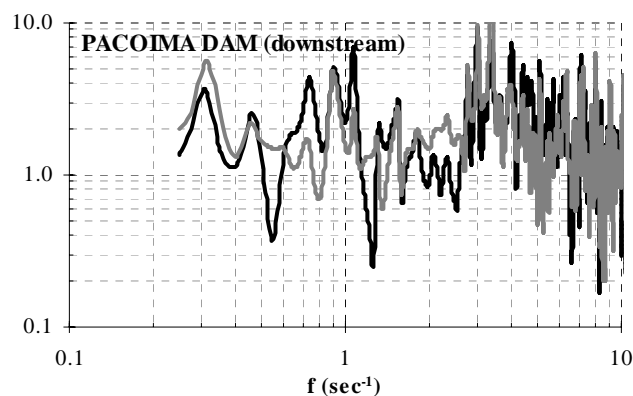
Σχήμα 5.27: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Έδεσσα	Μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί πολύ μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 120m. (Έδεσσα: περίπτωση σχετικά μαλακών εδαφικών σχηματισμών μικρού πάχους επάνω στο βραχώδες υπόβαθρο)	0,29	EAK: Γ	(21-12-90) 0,102/0,098 & (18-2-86) 0,087/0,043
Αίγιο (SSDA)		1,46	EC8-ENV1998: C (Έδεσσα: Special case)	(20-5-02) $4,4 \times 10^{-4} / 2,7 \times 10^{-4}$
Θεσ/νίκη (City)		0,98	EC8-Draft4: C (Έδεσσα: Special case)	(20-6-78) 0,142/0,144 & (4-7-78) 0,099/0,114
Βόλβη (TST)		1,46	UBC97: S_d	(4-5-95) 0,035/0,023



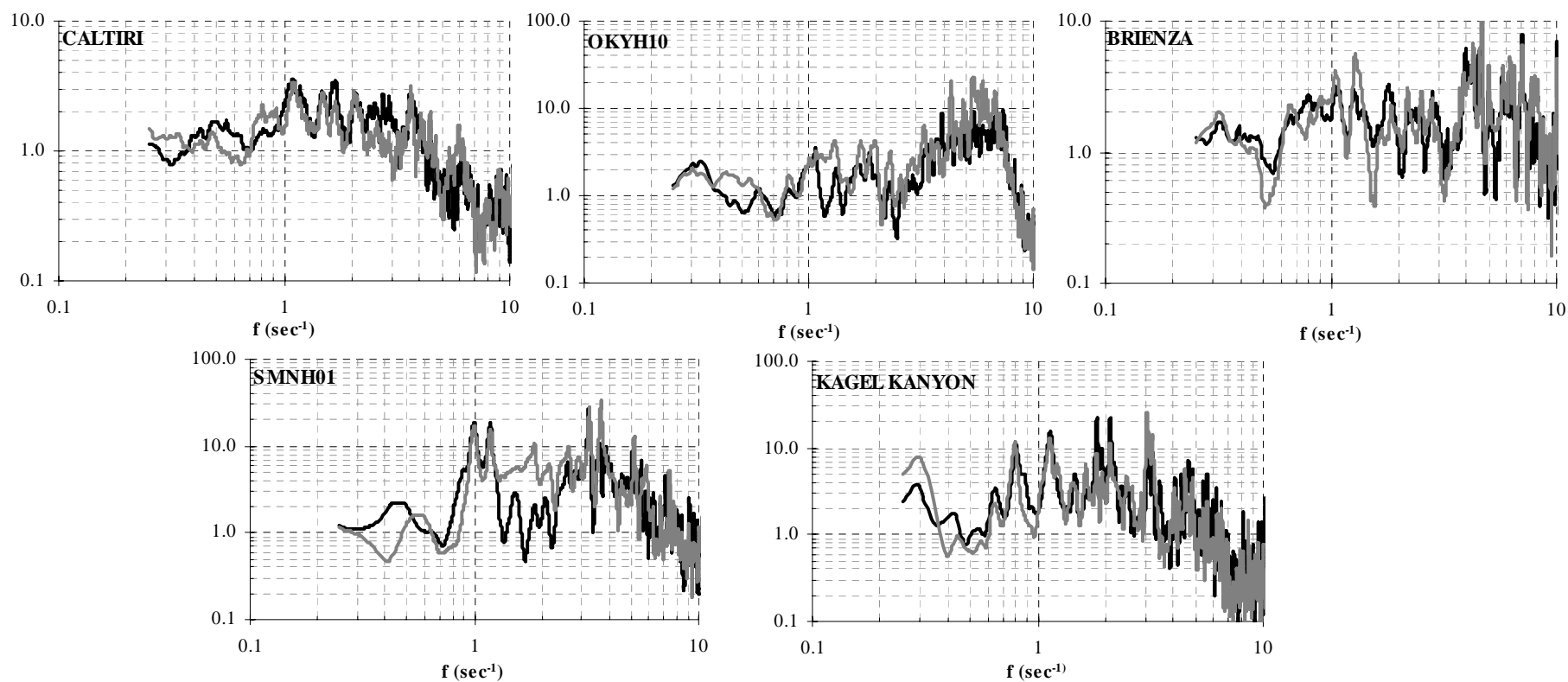
Σχήμα 5.28: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.2.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
<i>Pacoima Dam (downstream)</i>	Ημιβραχώδεις -βραχώδεις σχηματισμοί	0,00	EAK: A	(17-1-94) 0,417/0,426
<i>Wonderland Elem. School</i>		0,03	EC8-ENV1998: A	(17-1-94) 0,103/0,159
<i>Bagnoli – Irpino (Italy)</i>		0,03	EC8-Draft4: A	(23-11-80) 0,181/0,139
<i>Sturmo (Italy)</i>		0,03	UBC97: S_b	(23-11-80) 0,323/0,216



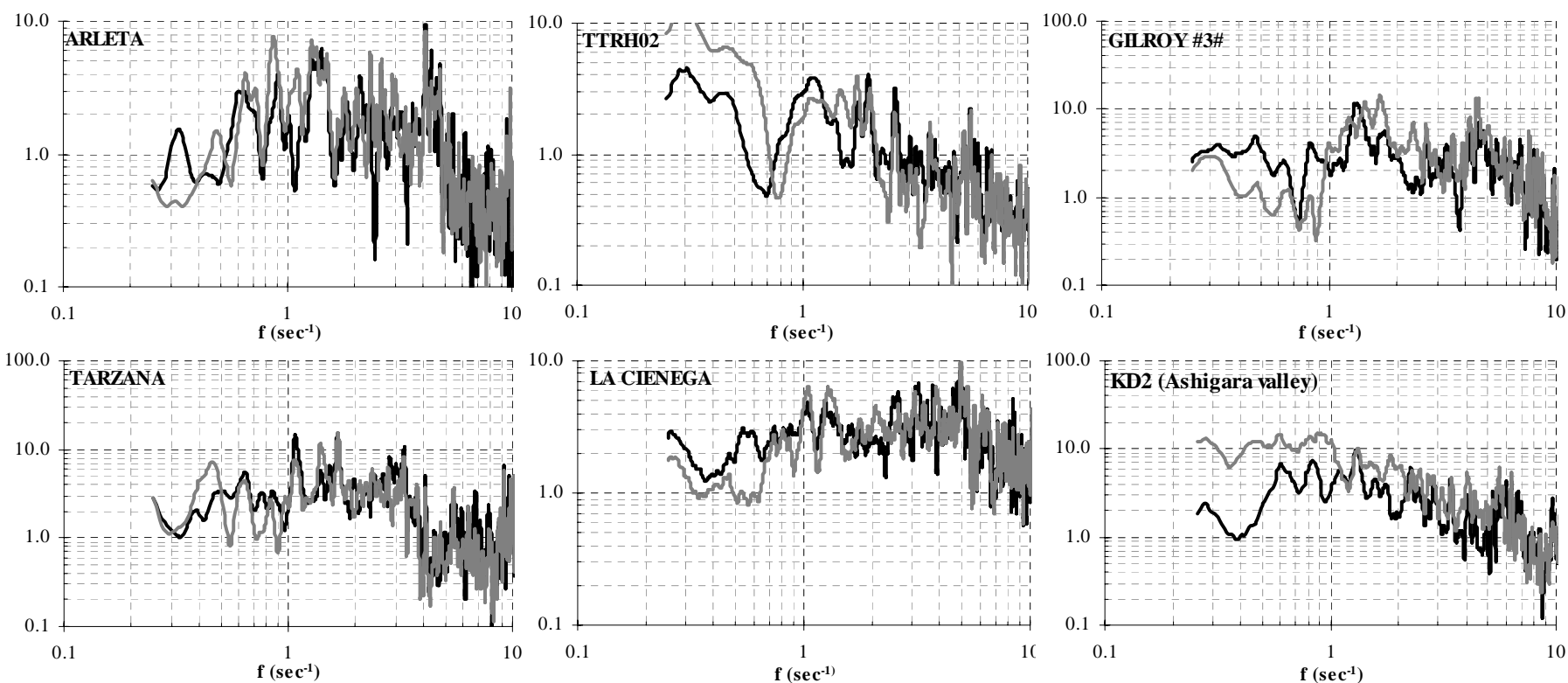
Σχήμα 5.29: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, \text{seism. bedrock}}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) $PGA_{\text{long}}/PGA_{\text{trans}}$ (g)
Calitri (Italy)	Στιφροί εδαφικοί σχηματισμοί μικρού έως ενδιάμεσου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου: 20m – 30m (Στη θέση Kagel Kanyon οι στιφροί σχηματισμοί επεκτείνονται σε μεγαλύτερο βάθος και στη θέση OKYH10 παρατηρείται έντονο contrast ταχυτήτων στα 8.0m μεταξύ του βραχ. υποβάθρου και της επιφανειακής αποσάθρωσης του)	0,19	ΕΑΚ: A EC8-ENV1998: A	(23-11-80) 0.176/0.155
OKYH10 (Japan)		0,13		EC8-Draft4: B (OKYH10: E) UBC97: S_c
Brienza (Italy)		0,24	(23-11-80) 0.174/0.227	
SMNH01 (Japan)		0,23	(6-10-2000) 0.624/0.730	
Kagel Kanyon		0,83	(17-1-94) 0.301/0.432	



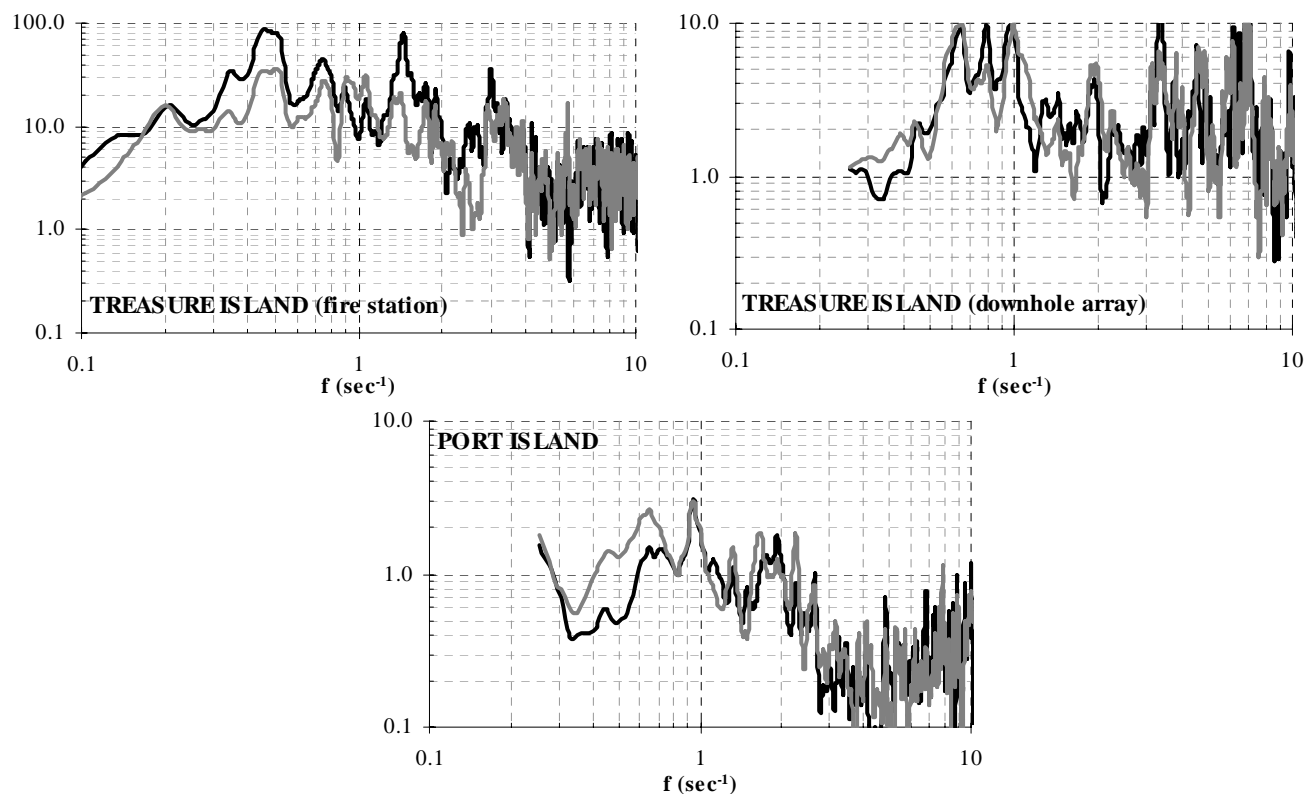
Σχήμα 5.30: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, \text{seismic bedrock}}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Arleta	Σχετικά μαλακοί εδαφικοί σχηματισμοί ενδιάμεσου έως μεγάλου πάχους. Βάθος “σεισμικού” βραχώδους υποβάθρου μεγαλύτερο των 40m (Ειδική περίπτωση η θέση KD2 (Ashigara valley) όπου οι εξαιρετικά μαλακοί επιφανειακοί σχηματισμοί μειώνουν την ταχύτητα $V_{s,30}$)	0,80	EAK: B EC8-ENV1998: B EC8-Draft4: C UBC97: S_d	(17-1-94) 0,344/0,307
TTRH02 (Japan)		0,47		(6-10-2000) 0,777/0,928
Gilroy #3#		0,79		(18-10-89) 0,369/0,542
Tarzana		0,78		(17-1-94) 1,788/0,989
La Cienega		(:)		(16-10-99) 0,035/0,033
KD2 (Ashigara valley)		1,29		(5-8-90) 0,108/0,226



Σχήμα 5.31: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Περιοχές	Περιγραφή εδαφικών συνθηκών	$T_{0, seismic\ bedrock}$ (sec)	Κατηγορία εδάφους	Σεισμικές καταγραφές: (ημερομηνία) PGA_{long}/PGA_{trans} (g)
Treasure Island (fire station)	Εδάφη με υψηλό δυναμικό ρευστοποίησης	1,42	EAK: X	(18-10-89) 0,159/0,100
Treasure Island (downhole array)		1,42	EC8-ENV1998: C-Special case EC8-Draft4: D-S ₂	(18-8-99) 0,016/0,017
Port Island		1,47	UBC97: S _c -S _f	(17-1-95) 0,290/0,348



Σχήμα 5.32: Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών καταγραφών (HVSr). Παρουσίαση με βάση την ομαδοποίηση των σταθμών καταγραφής στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.2: Ομαδοποίηση σταθμών καταγραφής από τον ελληνικό χώρο με βάση τις κατηγορίες εδαφών των αντισεισμικών κανονισμών

Θέση	Κατηγορία εδάφους					Χαρακτηριστικές ιδιότητες εδαφών με βάση την εδαφική δομή:			
						στα πρώτα 30m		έως το γνωστό βραχώδες υπόβαθρο ($V_s > 750 \text{m/sec}$)	
	EAK2000	EC8 (ENV1998)	EC8 (prEN1998-Draft4)	UBC/97	Dickenson - Seed	T_0 (sec)	$V_{S,30}$ (m/sec)	T_0 (sec)	\bar{V}_s (m/sec)
Αθήνα - Κηφισός	A	A	A	S_c	A ₁	0,17	970	0,06	718
Κυπαρισσία	A	A	A	S_b	A ₁	0,14	811	0,08	562
Αθήνα - Χαλάνδρι	A	A	B	S_c	A ₁ - AB ₂	0,16	706	0,09	488
Κνίδη (Ν. Γρεβενών)	A	A	B	S_c	A ₁ - AB ₂	0,17	709	0,13	550
Χρόμιο (Ν. Κοζάνης)	A	A	B	S_c	AB ₂	0,19	623	0,17	582
Αθήνα - Καλλιθέα	A	A	B	S_c	AB ₂	0,23	512	0,25	528
Κοζάνη (Νομαρχία)	A	A	B	S_c	AB ₂	0,23	510	0,22	520
Κοζάνη (Αγ. Κων/νος)	A	A	B	S_c	AB ₂	0,27	440	0,25	435
Αργοστόλι	A	A	B	S_c	AB ₂	0,27	437	0,32	526
Αθήνα - Σεπόλια	A	A	B	S_c	AB ₂	0,33 (;)	362 (;)	(;)	(;)
Καλαμάτα (Νομαρχία)	B	B	B	S_c	B ₁ - AB ₂	0,24	496	0,27	534
Αίγιο (Ο.Τ.Ε.)	B	B	B	S_c	B ₂ - AB ₂	0,25	473	0,22	423
Αλμυρός	B	B	B	S_c	C ₂	0,26	456	0,83	503
Καλαμάτα (Ο.Τ.Ε.)	B	B	B	S_c	B ₂ - C ₂	0,29	411	(;)	(;)
Πάτρα	B	B	C (-B)	S_d (- S_c)	C ₂	0,32	369	0,84	429
Κέντρο (Ν. Γρεβενών)	B	B	C	S_d	C ₂	0,37	318	0,92	466
Πύργος	B	B	C	S_d	C ₂	0,43	276	0,76	525
Θεσ/νίκη (Αγ. Κων/νος)	B	B	C	S_d	C ₂	0,44	271	0,98	541
Λευκάδα	B	B	C	S_d	C ₁	0,46	258	0,76	347
Έδεσσα	Γ	special case	E	S_d (- S_c)	C ₁	0,32	373	0,29	338
Αίγιο (SSDA)	Γ	C	C	S_d	C ₂	0,49	240	1,46	481
Θεσ/νίκη (City)	Γ	C	C	S_d	C ₂	0,53	226	0,98	510
Βόλβη – (Testsite)	Γ	C	C	S_d	C ₂	0,56	223	1,46	402

Πίνακας 5.3: Ομαδοποίηση σταθμών καταγραφής από το εξωτερικό με βάση τις κατηγορίες εδαφών των αντισεισμικών κανονισμών

Site	Site Class					Χαρακτηριστικές ιδιότητες εδαφών με βάση την εδαφική δομή:			
						στα πρώτα 30m		έως το γνωστό βραχώδες υπόβαθρο ($V_s > 750 \text{ m/sec}$)	
	EAK2000	EC8 (ENV1998)	EC8 (prEN1998-Draft4)	UBC/97	Dickenson - Seed	T_0 (sec)	$V_{s,30}$ (m/sec)	T_0 (sec)	\bar{V}_s (m/sec)
Pacoima Dam	A	A	A	S_c	A_1	0,05	2111	0,00	-
Wonderland Elem. School	A	A	A	S_b	A_1	0,09	1278	0,03	380
Bagnoli – Irpino (Italy)	A	A	A	S_b	A_1	0,10	1149	0,03	684
Sturno (Italy)	A	A	A	S_b	A_1	0,11	1069	0,03	650
Calitri (Italy)	A	A	B	S_c	AB_1	0,20	605	0,19	600
OKYH10 (Japan)	A	A	E	S_c	A_1	0,21	553	0,13	250
Brienza (Italy)	A	A	B	S_c	AB_2	0,24	503	0,24	503
SMNH01 (Japan)	A	A	B	S_c	AB_2	0,26	458	0,23	374
Kagel Kanyon	A (-B)	A (-B)	B	S_c	AB_1	0,26	456	0,83	482
Arleta	B	B	C	S_d	C_2	0,38	316	0,80	497
TTRH02 (Japan)	B	B	C	S_d	AB_2-B_1	0,38	313	0,47	358
Gilroy #3#	B	B	C	S_d	C_3	0,39	308	0,79	404
Tarzana	B	B	C	S_d	C_2	0,40	300	0,78	384
La Cienega	B	B	C	S_d	C_3	0,42	284	(:)	(:)
KD2 (Ashigara valley)	B	B	C	S_d	C_4	0,66	181	1,29	302
Treasure Island	X	C-Sp.Case	D-S ₂	S_e-S_f	F_2	0,64	185	1,42	253
Port Island	X	C-Sp.Case	D-S ₂	S_e-S_f	F_2	0,61	196	1,47	448

6. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης, η οποία σε ένα πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε με την επεξεργασία των σεισμικών καταγραφών και την εφαρμογή ενόργανων μεθόδων (Κεφ.5), ολοκληρώθηκε με την εφαρμογή ενός σημαντικού αριθμού θεωρητικών αναλύσεων, η περιγραφή και τα βασικά χαρακτηριστικά των οποίων αποτελούν αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου. Πρόκειται για τη βασική ενότητα εργασιών του 2^{ου} έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, που περιλαμβάνει τη θεωρητική προσομοίωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης και την ανάδειξη και μελέτη των βασικών παραμέτρων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης (στρωματογραφία, φυσικές-μηχανικές-δυναμικές ιδιότητες εδαφικών αποθέσεων και βραχώδους υποβάθρου κ.α.), λαμβάνοντας υπόψη κατά βάση ελαστική και ισοδύναμη γραμμική συμπεριφορά των εδαφικών υλικών.

Τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα προγράμματα H/Y Shake91^[7, 12] και CyberQuake^[10, 9], με τα οποία υπάρχει δυνατότητα εκτέλεσης μονοδιάστατων αναλύσεων απόκρισης οριζόντια στρωματοποιημένων εδαφών και προσομοίωσης της μη γραμμικής συμπεριφοράς των εδαφικών υλικών, μέσω της χρήσης καμπύλων μεταβολής του

κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης (G/Go) και του ποσοστού απόσβεσης (D) με την παραμόρφωση (γ).

Η εφαρμογή των θεωρητικών αναλύσεων έγινε με δεδομένα σενάρια σεισμών διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου (ακριβέστερα και σύμφωνα με τη λειτουργία των προγραμμάτων ανάλυσης η διέγερση εισάγεται στην επιφανειακή έξαρση του βράχου), τα οποία επιλέχθηκαν βάσει ειδικής επεξεργασίας έτσι ώστε να πληρούν τις απαραίτητες ιδιότητες καταγραφών σε βραχώδη ή πολύ σκληρά εδάφη (συχνοτικό περιεχόμενο, PGA, σεισμοτεκτονικό υπόβαθρο). Συγκρίνοντας τα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης πολλών καταγραφών με τα αντίστοιχα των αντισεισμικών κανονισμών για σκληρά εδάφη, έγινε επιλογή δώδεκα επιταχυνσιογραφημάτων, με τιμές κορυφαίας εδαφικής επιτάχυνσης μεταξύ 0,01g και 0,7g. Τα στοιχεία των σεισμών διέγερσης, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται καταγραφές τόσο από τον ελληνικό (Θεσσαλονίκη, Κοζάνη), όσο και από τον διεθνή (Hansin Nambu, Northridge, Loma Prieta) χώρο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1 και τα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσής τους στο Σχήμα 6.1.

Στο Σχήμα 6.2 τα μέσα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης των σεισμών διέγερσης συγκρίνονται με:

- τα φάσματα σχεδιασμού των *UBC/97*^[8] και *EC8-prEN1998/Draft4*^[6] (για τις αντίστοιχες κατηγορίες σκληρών εδαφών). Προκειμένου μάλιστα να ληφθεί υπόψη η διάκριση που εισάγει ο *EC8-prEN1998/Draft4* σε σεισμούς Type1 ($M > 5.5$) και Type2 ($M < 5.5$), προηγήθηκε διαχωρισμός των σεισμών διέγερσης με βάση την κορυφαία τιμή εδαφικής επιτάχυνσης που προκύπτει από την εφαρμογή γνωστών σχέσεων εξασθένισης για την Ευρώπη και την Ελλάδα (*Theodulidis and Papazachos*^[14], *Sabetta and Pugliese*^[11], *Ambraseys*^[1]), για συνθήκες βράχου και κοντινό σεισμό μεγέθους $M=5.5$. Η συγκεκριμένη τιμή PGA υπολογίστηκε ίση με 0.2g.
- εμπειρικά φάσματα απόκρισης για τον ευρωπαϊκό χώρο (*Sabetta and Pugliese*^[11], *Ambraseys*^[2]), για διάφορες τιμές σεισμικού μεγέθους ($M=5.0, 6.0$ και 6.5).

Από την σύγκριση προκύπτει πολύ καλή συμφωνία των μέσων φασμάτων των σεισμών διέγερσης με τα φάσματα σχεδιασμού των αντισεισμικών κανονισμών και με τα αντίστοιχα εμπειρικά, τόσο για τις “ασθενείς” ($PGA < 0.2g$), όσο και για τις “ισχυρές” ($PGA > 0.2g$) καταγραφές που επιλέχθηκαν.

Η σύνθεση των εδαφικών ομοιωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις σεισμικής απόκρισης, βασίστηκε στις απλοποιημένες εδαφικές κατηγορίες που προέκυψαν από την πρώτη φάση του προγράμματος, σε αναπαραγωγή των κατηγοριών των αντισεισμικών κανονισμών καθώς και σε συνήθεις περιπτώσεις εδαφών που συναντώνται στην πράξη. Στο σύνολο τους καλύπτουν ένα σημαντικό εύρος διαφορετικών εδαφικών συνθηκών, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα (α)-(στ) του Σχήματος 6.3. Επιγραμματικά, αναφέρονται παρακάτω τα όρια διακύμανσης κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων:

- βάθος βραχώδους υποβάθρου: $20.0 \leq H_{\text{bed}} \text{ (m)} \leq 110.0$
- ταχύτητα διατμητικών κυμάτων στο βραχώδες υπόβαθρο: $750 \leq V_{s,\text{bed}} \text{ (m/sec)} \leq 2000$
- θεμελιώδης περίοδος εδαφικής στήλης: $0.1 \leq T_o \text{ (sec)} \leq 1.5$
- μέση σταθμισμένη ταχύτητα διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων:
 $120 \leq V_{s,30} \text{ (m/sec)} \leq 837$
- μέση ταχύτητα διατμητικών κυμάτων εδαφικής στήλης: $100 \leq V_{s,\mu} \text{ (m/sec)} \leq 858$
- λόγος ταχυτήτων διατμητικών κυμάτων βραχώδους υποβάθρου και εδαφικής στήλης:
 $1.4 \leq V_{s,\text{bed}} / V_{s,\mu} \leq 15.0$

Αναλυτική περιγραφή των εδαφικών ομοιωμάτων γίνεται σε επόμενη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου.

6.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Προκειμένου να γίνει βαθμονόμηση των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων και να ελεγχθεί η αξιοπιστία των μονοδιάστατων αναλύσεων με χρήση ισοδύναμα γραμμικών μοντέλων, πραγματοποιήθηκαν αρχικά αναλύσεις εδαφικής απόκρισης σε επιλεγμένες θέσεις από την ελληνική επικράτεια, στις οποίες υπάρχουν διαθέσιμες σεισμικές καταγραφές, με στόχο την απ' ευθείας σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με τα πραγματικά δεδομένα. Μέσα από την συγκεκριμένη διαδικασία έγινε επίσης η αξιολόγηση των επιλεγμένων σεισμών διέγερσης (Πίνακας 6.1) και πιο συγκεκριμένα το κατά πόσο αυτοί καλύπτουν το απαιτούμενο φάσμα συχνοτήτων και έντασης, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης σε διάφορες θέσεις με ποικιλία εδαφικών συνθηκών.

Από το σύνολο των διαθέσιμων θέσεων καταγραφών (Κεφ.3) και με κριτήρια την κατά το δυνατό ακριβή γνώση της στρωματογραφίας, του βάθους του βραχώδους υποβάθρου, των ταχυτήτων Vs από επί τόπου γεωφυσικές έρευνες και των καμπύλων G/Go- γ (%) - D (%) από αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών εδαφοδυναμικής σε δείγματα εδάφους από την συγκεκριμένη περιοχή (Κεφ.2), επιλέχτηκαν τελικά 6 θέσεις, οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εδαφικών συνθηκών (σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 5.2) : Καλλιθέα - Κ.Ε.Δ.Ε., Κοζάνη - Νομαρχία, Αίγιο - Ο.Τ.Ε, Αλμυρός - Δημαρχείο, Λευκάδα - Νοσοκομείο, Πύργος - Α.Τ.Ε. Κάθε θέση μελετήθηκε για 4 σεισμούς διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου (από τους 12 επιλεγμένους) και για την καλύτερη προσομοίωση των εδαφοδυναμικών ιδιοτήτων των εδαφικών σχηματισμών, έγινε αυξομείωση των πειραματικών καμπύλων G/Go - γ - D κατά $\pm 10-15\%$:

6 θέσεις X 4 σεισμοί διέγερσης X 3 καμπύλες G/Go- γ -D = 72 αναλύσεις σεισμικής απόκρισης

Ενδεικτικά αποτελέσματα των αναλύσεων για κάθε θέση δίνονται στα διαγράμματα (α)-(γ) των Σχημάτων 6.4 - 6.9, όπου γίνεται σύγκριση των αδιάστατων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών και παρουσιάζονται οι υπολογισθείσες συναρτήσεις μεταφοράς. Από την αξιολόγηση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων προκύπτει γενικά μια πολύ ικανοποιητική συμφωνία σε ότι αφορά τη σύγκριση των μέσων φασμάτων, ειδικότερα για τις θέσεις όπου τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως σκληρά (π.χ. Κοζάνη, Καλλιθέα). Η σύγκλιση μεταξύ αναλύσεων και πραγματικών καταγραφών είναι καλύτερη στην περιοχή των μικρών περιόδων (έως 0,3 - 0,4 sec), ενώ οι διαφορές που παρατηρούνται στην περιοχή μεγαλύτερων περιόδων οφείλονται στην αδυναμία κάποιων από τους σεισμούς διέγερσης να προσομοιάσουν το πραγματικό σεισμοτεκτονικό περιβάλλον της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Αξίζει πάντως να σημειωθεί, η καλή συμφωνία κάποιων καταγραφών με αποτελέσματα μεμονωμένων αναλύσεων, όπως π.χ Αλμυρός 16/7/80 (trans.) - CH40, Λευκάδα 25/2/94 - DGR, Λευκάδα 29/11/94 - G06, Πύργος 11/8/96 (trans.) - MTW. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή του Αιγίου, όπου κανένας από τους σεισμούς διέγερσης δεν κατέστη δυνατό να προσομοιάσει ικανοποιητικά τα φάσματα των καταγραφών στην περιοχή των 0.5sec, η μορφή των οποίων επηρεάζεται μεταξύ άλλων από φαινόμενα, τα οποία δεν μπορούν να περιγραφούν στη μονοδιάστατη ανάλυση.

Σε ότι αφορά τέλος τις συναρτήσεις μεταφοράς, παρατηρείται η αναμενόμενη συμφωνία των τιμών των θεμελιωδών συχνοτήτων με αυτές που υπολογίστηκαν στον Πίνακα 5.2, καθώς

και η μείωση που παρατηρείται στις συγκεκριμένες τιμές με την αύξηση της έντασης του εισαγόμενου σεισμικού κραδασμού και την συνεπαγόμενη αύξηση των παραμορφώσεων.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την πρώτη σειρά αναλύσεων είναι ικανοποιητικά, τόσο ως προς την σωστή λειτουργία των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων, όσο και ως προς την αξιοπιστία της ισοδύναμης γραμμικής μεθόδου ανάλυσης και την επάρκεια των σεισμικών σεναρίων διέγερσης που επιλέχθηκαν, καθώς κατέστη δυνατή η πρόβλεψη της σεισμικής απόκρισης σε ικανοποιητικό βαθμό, στις περισσότερες των περιπτώσεων που εξετάστηκαν.

6.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Το βασικό στάδιο θεωρητικών αναλύσεων, οργανώθηκε έτσι ώστε να εξεταστεί η επίδραση μιας σειράς παραγόντων (φυσικές-μηχανικές-δυναμικές ιδιότητες γεωϋλικών, πάχος-βάθος εδαφικών σχηματισμών, λόγος δυσκαμψίας εδαφικών αποθέσεων βραχώδους υποβάθρου κ.α) στη διαμόρφωση της ισχυρής εδαφικής κίνησης. Ανάλογα με τα κριτήρια, βάσει των οποίων διαμορφώθηκαν τα εδαφικά ομοιώματα και τις παραμέτρους που μελετήθηκαν σε καθένα από αυτά, το σύνολο των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν μπορεί να χωριστεί σε τρεις ομάδες, οι οποίες παρουσιάζονται επιγραμματικά στον Πίνακα 6.2 και εκτενέστερα στις παραγράφους που ακολουθούν:

6.3.1 Παραμετρικές αναλύσεις βάσει των εδαφικών κατηγοριών του EC8 – ENV1998

➤ Δεδομένα: Εξετάστηκαν συνολικά 15 εδαφικά ομοιώματα, τα οποία διαμορφώθηκαν με βάση την γεωτεχνική περιγραφή και τις μέσες τιμές ταχυτήτων V_s των εδαφικών κατηγοριών του EC8 - ENV1998^[5] (Πίνακας 4.2), για 3 διαφορετικές τιμές βάθους βραχώδους υποβάθρου (20, 40 και 60m). Η ταχύτητα διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο βραχώδες υπόβαθρο διατηρήθηκε σταθερή σε όλες τις αναλύσεις και ίση με $V_{s,bed} = 1500$ m/sec. Στο Σχήμα 6.10 παρουσιάζονται οι εδαφικές τομές που προέκυψαν και στον Πίνακα 6.3 έχουν υπολογιστεί οι ιδιοπερίοδοι και οι μέσες ταχύτητες διατμητικών κυμάτων για κάθε μία από αυτές.

Ως σεισμοί διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου, χρησιμοποιήθηκαν τα 12 σεισμικά σενάρια του Πίνακα 6.1, ενώ οι καμπύλες G/Go-γ-D λήφθηκαν από την διεθνή βιβλιογραφία (*Vucetic-Dobry*^[15], για αμμώδη PI=0 και αργιλικά PI=30 εδάφη).

- Αποτελέσματα: Ενδεικτικό μέρος των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στα Σχήματα 6.11 – 6.12:
 - στο Σχήμα 6.11 γίνεται σύγκριση των συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης επιτάχυνσης (λόγος μέγιστων τιμών στην επιφάνεια και το βράχο) που προέκυψαν από τις αναλύσεις και των αντίστοιχων συντελεστών που προτείνονται από τον *UBC/97* για αντίστοιχες κατηγορίες εδαφών.
 - στο Σχήμα 6.12 παρουσιάζονται τα κανονικοποιημένα (ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης στην επιφάνεια) φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης στην επιφάνεια, σε αντιπαράβολή με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του *EC8-ENV1998* για αντίστοιχες κατηγορίες εδαφών.
- Παρατηρήσεις:
 - Παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων, ανάλογα όχι μόνο με τις εδαφικές συνθήκες αλλά και το μέγεθος του σεισμού διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου. Με εξαίρεση τα εδάφη κατηγορίας A κατά *EC8-ENV1998*, όπου παρατηρείται ενίσχυση της εδαφικής κίνησης ανεξαρτήτως σεισμικής έντασης, σε πιο μαλακά εδάφη και λόγω μη γραμμικής συμπεριφοράς, παρατηρείται απομείωση της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, όταν η επιτάχυνση στον βράχο ξεπερνά τα 0,3g. Σε ότι αφορά ειδικότερα την “αμμώδη” τομή IV, καταγράφηκαν απομειώσεις σε όλες σχεδόν τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν.
 - Παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στην απόκριση εδαφικών τομών, οι οποίες ανήκουν στην ίδια κατηγορία εδάφους σύμφωνα με τον *EC8-ENV1998*. Για παράδειγμα η εδαφική τομή I, αν και θεωρητικά κατατάσσεται στην ίδια κατηγορία με την τομή II, παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλες ενισχύσεις της μέγιστης επιτάχυνσης και των φασματικών τιμών στην περιοχή των μικρών περιόδων, εξαιτίας της παρουσίας του μικρού πάχους και σχετικά μικρής ακαμψίας, επιφανειακού στρώματος. Επίσης, οι ενισχύσεις των μέγιστων επιταχύνσεων που προέκυψαν για την “αμμώδη” τομή IV είναι μικρότερη από τις αντίστοιχες της “αργιλικής” τομής V, εξαιτίας της εντονότερης

μη γραμμικής συμπεριφοράς, η οποία γίνεται ορατή και από την μορφή των φασμάτων απόκρισης στην περιοχή των μεγάλων περιόδων.

- Από τη μελέτη της επιρροής του βάθους του βραχώδους υποστρώματος, προκύπτουν ερωτηματικά σχετικά με τη θεώρηση των 30 πρώτων μέτρων για την κατάταξη των εδαφών στους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις (τομές I,V) παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ενίσχυση των εδαφικών επιταχύνσεων, όταν το βραχώδες υπόβαθρο τοποθετήθηκε στα 40 ή τα 60m. Γενικότερα, αποδεικνύεται πως τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα είναι δυνατό να έχουν έναν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια
- Βάσει των παραπάνω γίνεται αντιληπτή η ανάγκη αναπροσαρμογής των διατάξεων του *EC8-ENV1998* σε ότι αφορά την εδαφική κατηγοριοποίηση και την υιοθέτηση συντελεστών ενίσχυσης ανάλογα με τις εδαφικές συνθήκες και το επίπεδο της σεισμικής έντασης. Προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται εν μέρει οι τροποποιήσεις του *EC8-prEN1998/Draft4*, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο *Κεφ.5* της παρούσας έκθεσης.

6.3.2 Παραμετρικές αναλύσεις αργιλικών, αμμωδών και μικτών εδαφικών ομοιομάτων

- Δεδομένα: Εξετάστηκαν συνολικά 21 εδαφικά ομοιώματα (αμιγώς αργιλικά, αμιγώς αμμώδη και μικτά) με διακύμανση των φυσικών ιδιοτήτων (σχετική πυκνότητα D_r , δείκτης πλαστικότητας PI) και των ταχυτήτων V_s των εδαφικών σχηματισμών και του βραχώδους υποβάθρου και του βάθους του βραχώδους υποβάθρου. Ενδεικτική εικόνα των εδαφικών τομών απεικονίζεται στο *Σχήμα 6.13*.

Ως σεισμοί διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου, χρησιμοποιήθηκαν τα 12 σεισμικά σενάρια του *Πίνακα 6.1*, ενώ οι καμπύλες G/G_0 - γ - D λήφθηκαν από τη σχετική βάση δεδομένων του *CyberQuake* μετά από κατάλληλη προσαρμογή και έλεγχο.

- Αποτελέσματα: Τα αποτελέσματα των παραμετρικών αναλύσεων συγκρίνονται με διατάξεις σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών (*EC8-prEN1998/Draft4*, *UBC97*, *NEHRP*^[3]) και γνωστών ερευνητικών εργασιών (*Dickenson & Seed*^[4,13]). Με δεδομένο ότι τα εδαφικά ομοιώματα που μελετήθηκαν κατατάσσονται σε κατηγορίες B και C κατά *EC8-Draft4* (*Πίνακας 4.3*) και S_c και S_d κατά *UBC97* (*Πίνακας 4.4*), οι συγκρίσεις αφορούν στις συγκεκριμένες εδαφικές κατηγορίες. Προκειμένου μάλιστα, να ληφθεί υπόψη η διάκριση

που εισάγει ο *EC8-prEN1998/Draft4* σε σεισμούς Type1 ($M > 5.5$) και Type2 ($M < 5.5$) και να είναι δυνατή η απ' ευθείας σύγκριση με τα αποτελέσματα, οι αναλύσεις διαχωρίστηκαν με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης των σεισμών διέγερσης, σύμφωνα με το σκεπτικό που αναλύθηκε στην §6.1:

$$M < 5.5 \Rightarrow PGA_{rock} < 0.2g \quad M > 5.5 \Rightarrow PGA_{rock} > 0.2g$$

- **απόκριση αμιγώς αργιλικών εδαφών:** στο Σχήμα 6.14 δίνονται οι υπολογιζόμενες μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις στην επιφάνεια αμιγώς αργιλικών εδαφικών ομοιομάτων διαφορετικού πάχους και ταχύτητας Vs. Παρατηρείται, ότι όσο αυξάνεται η ιδιοπερίοδος της εδαφικής στήλης (πιο μαλακά ή μεγαλύτερου πάχους εδάφη), μειώνεται η ενίσχυση της μέγιστης επιτάχυνση και αυτό είναι εντονότερο όταν αυξάνεται και η ένταση του σεισμού διέγερσης. Παρ' όλα αυτά και σε σύγκριση με τις τιμές των κανονισμών, οι οποίες ανταποκρίνονται σε μέσες τάσεις, οι διαφορές δεν είναι σημαντικές.
- **επιρροή λόγου δυσκαμψίας εδαφικών αποθέσεων και βραχώδους υποβάθρου:** στο Σχήμα 6.15 φαίνεται η σχέση μεταξύ του συντελεστή εδαφικής ενίσχυσης (όπως αυτός εκφράζεται από τον λόγο των μέγιστων επιταχύνσεων στην επιφάνεια του εδάφους και στο βράχο) και του λόγου δυσκαμψίας μεταξύ εδαφικών αποθέσεων και βραχώδους υποβάθρου, όταν αυτός ελέγχεται (α) από την ταχύτητα Vs του βραχώδους υποβάθρου, (β) την ταχύτητα Vs αργιλικών εδαφών $PI=30$ ή (γ) την ταχύτητα Vs χαλαρών αμμωδών εδαφών.

Αύξηση των μέσων συντελεστών ενίσχυσης παρατηρείται, ανεξαρτήτως τύπου σεισμού, αυξανόμενου του λόγου δυσκαμψίας για την περίπτωση (α), καθώς η μεταβολή της ταχύτητας Vs του βραχώδους υποβάθρου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό στην ποσότητα της σεισμικής ενέργειας που εισάγεται στους εδαφικούς σχηματισμούς. Για τις περιπτώσεις (β) και (γ), η εικόνα είναι διαφορετική, καθώς αύξηση του λόγου δυσκαμψίας οδηγεί ακόμα και σε απομείωση (για σεισμούς Type1) της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης. Αναμενόμενες διαφορές παρουσιάζονται μεταξύ της απόκρισης των αργιλικών (β) και των αμμωδών (γ) εδαφών.

Σε κάθε περίπτωση, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει, όπως προαναφέρθηκε, η καθοριστική επίδραση της ταχύτητας Vs του βραχώδους υποβάθρου στην διαμόρφωση

της σεισμικής κίνησης, καθώς είναι φανερό ότι η συνήθης υπόθεση για “σεισμικό” βραχώδες υπόβαθρο με ταχύτητα $V_s=750\text{m/sec}$ δεν είναι πάντοτε ασφαλής.

Στον Πίνακα 6.4, υπολογίζονται οι μέσες τιμές των συντελεστών ενίσχυσης των συγκεκριμένων αναλύσεων, για τους δύο τύπους σεισμών που εξετάζονται.

- **επιρροή φυσικών ιδιοτήτων και πάχους εδαφικών σχηματισμών:** Η μεταβολή του συντελεστή εδαφικής ενίσχυσης συναρτήσει του δείκτη πλαστικότητας των αργιλικών εδαφών, της σχετικής πυκνότητας των αμμωδών εδαφών και της ιδιοπεριόδου αργιλικών εδαφικών ομοιωμάτων διαφορετικού πάχους και σταθερής ταχύτητας V_s , εξετάστηκε επίσης στα πλαίσια της συγκεκριμένης σειράς παραμετρικών αναλύσεων. Στο Σχήμα 6.16 και στους Πίνακες 6.5 και 6.6 συνοψίζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Λόγω του περιορισμένου αριθμού εδαφικών ομοιωμάτων που εξετάστηκαν, τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δεν θεωρούνται ικανά για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

- **απόκριση μικτών εδαφών:** στα μικτά εδαφικά ομοιώματα που αναλύθηκαν (Σχήμα 6.13 – Τομή III), μελετήθηκε η επιρροή αμμώδους στρώματος μεταβαλλόμενου πάχους, υπερκείμενου αργιλικών σχηματισμών, για σταθερό συνολικό πάχος (=80m) και σταθερή μέση τιμή V_s (=500m/sec) της εδαφικής στήλης. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.7, οι συντελεστές ενίσχυσης για σεισμό Type 2 είναι οι μεγαλύτεροι που παρατηρήθηκαν σε σχέση με όλα τις περιπτώσεις που αναλύθηκαν παραπάνω, ενώ για σεισμό Type 1 οι μέσες τιμές των συντελεστών ενίσχυσης κυμαίνονται γύρω από την μονάδα. Εξαιρείται η πρώτη περίπτωση (10m άμμου με $V_s=200\text{m/sec}$ και 70m αργίλου μέσης ταχύτητας $V_s=545\text{m/sec}$), η οποία όμως μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στην ειδική κατηγορία ενός μαλακού και μικρού πάχους επιφανειακού στρώματος, υπερκείμενου ενός αρκετά στιφρού εδαφικού σχηματισμού.

- Παρατηρήσεις επί των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων: Το σύνολο των αποτελεσμάτων των Πινάκων 6.4 – 6.7, τα οποία αφορούν στους συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.17, μαζί με τα ανώτερα και τα κατώτερα προδιαγραφόμενα από τους αντισεισμικούς κανονισμούς όρια των αντίστοιχων συντελεστών.

Για σεισμούς Type 2 ($PGA_{rock} < 0,2g$), η πλειοψηφία των μέσων συντελεστών ενίσχυσης βρίσκεται εντός των ελάχιστων και μέγιστων ορίων που προδιαγράφουν οι κανονισμοί, με εξαίρεση την περίπτωση των μικτών εδαφικών προφίλ, για τα οποία έγινε λόγος παραπάνω. Για σεισμούς Type 1 ($PGA_{rock} > 0,2g$), οι μέσοι συντελεστές που υπολογίστηκαν είναι μικρότεροι των ανώτερων τιμών των κανονισμών, με εξαίρεση την ειδική περίπτωση του μικρού πάχους, μαλακού στρώματος άμμου πάνω σε στιφρή άργιλο.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης τα διαγράμματα του Σχήματος 6.18, όπου γίνεται σύγκριση σε επίπεδο κανονικοποιημένων φασματικών ενισχύσεων, για χαρακτηριστικές τιμές περιόδων (0.3, 0.6, 1.0 και 2.0sec). Για μικρές τιμές περιόδων (0.3 sec), η φασματική ενίσχυση που προδιαγράφεται από τους κανονισμούς ($=2.5$) είναι ίση περίπου με την μέση τιμή των αποτελεσμάτων των παραμετρικών επιλύσεων. Σημειώνεται όμως, ότι για σεισμούς διέγερσης με PGA μεταξύ 0.25 και 0.45g, οι υπολογιζόμενες τιμές είναι υψηλότερες και επομένως μία μέση τιμή ίση με 3 ίσως να ήταν περισσότερο αντιπροσωπευτική των αποτελεσμάτων. Για τις άλλες τιμές περιόδων, παρατηρείται ότι οι φασματικές ενισχύσεις των κανονισμών αποτελούν ένα άνω όριο αυτών που προέκυψαν από τις αναλύσεις, με εξαίρεση τις περιπτώσεις πολύ ισχυρών σεισμών διέγερσης ($>0.5g$).

Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης σειράς παραμετρικών επιλύσεων συμβαδίζουν με τους προτεινόμενους συντελεστές των αντισεισμικών κανονισμών, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις, οι αποκλίσεις γύρω από τις μέσες τιμές που υπολογίστηκαν είναι αξιοσημείωτες.

6.3.3 Παραμετρικές αναλύσεις για τη μελέτη επιρροής εδαφικών στρώσεων μικρής ακαμψίας και πάχους

- Δεδομένα: Στις προηγούμενες σειρές παραμετρικών αναλύσεων έγινε λόγος για τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η απόκριση μικρού πάχους, επιφανειακών, χαλαρών εδαφικών στρωμάτων, που υπέρκεινται σκληρών εδαφικών σχηματισμών. Η συγκεκριμένη περίπτωση εδαφικών συνθηκών προδιαγράφεται μάλιστα ως ειδική εδαφική κατηγορία σε κάποιους αντισεισμικούς κανονισμούς (π.χ. *EC8-prEN1998/Draft4*, κατηγορία E). Στις παραμετρικές επιλύσεις που ακολουθούν εξετάστηκε η γενικότερη περίπτωση ενός

εδαφικού στρώματος μικρής ακαμψίας (άμμος μικρής σχετικής πυκνότητας) και πάχους εντός εδαφικού σχηματισμού μεγαλύτερης ακαμψίας (στιφρή άργιλος).

Εξετάστηκαν συνολικά 24 εδαφικά ομοιώματα, με διακύμανση του πάχους και της θέσης του μαλακού στρώματος και του βάθους του βραχώδους υποβάθρου ($V_{sbed.} = 1100 \text{ m/sec}$). Ως σεισμοί διέγερσης στο βραχώδες υπόβαθρο, χρησιμοποιήθηκαν 5 από τα σεισμικά σενάρια του Πίνακα 9 ($0.1g < PGA < 0.5g$), ενώ οι καμπύλες $G/G_0 - \gamma - D$ λήφθηκαν από τη σχετική βάση δεδομένων του *CyberQuake*, μετά από σχετικό έλεγχο και προσαρμογή.

➤ Αποτελέσματα: Ενδεικτικό μέρος των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στα Σχήματα 6.19 – 6.21:

- στο Σχήμα 6.19 παρουσιάζεται η μεταβολή της μέγιστης επιτάχυνσης στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιωμάτων, συναρτήσει της κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο.
- στο Σχήμα 6.20 απεικονίζονται τα μέσα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης (μέσες τιμές των φασμάτων για τους 5 σεισμούς διέγερσης) του συνόλου των εδαφικών ομοιωμάτων που εξετάστηκαν.
- τέλος, στο Σχήμα 6.21 παρουσιάζεται η μεταβολή των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων και παραμορφώσεων με το βάθος, για συγκεκριμένα εδαφικά ομοιώματα (5 σεισμικά σενάρια διέγερσης).

➤ Παρατηρήσεις:

- Όπως προκύπτει από τη μελέτη του Σχήματος 6.19 η “έναρξη” των έντονων μη γραμμικών φαινομένων (απομείωση της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης) τοποθετείται σε μέγιστες τιμές επιτάχυνσης σεισμού διέγερσης $0.1g - 0.2g$. Σε κάθε περίπτωση, η απομείωση είναι εντονότερη όταν αυξάνεται το βάθος του βραχώδους υποβάθρου καθώς και όταν αυξάνεται το πάχος του χαλαρού στρώματος άμμου.
- Σε ότι αφορά στην επιρροή του βάθους του χαλαρού στρώματος, η εικόνα που παρουσιάζεται δεν είναι ξεκάθαρη. Πιο συγκεκριμένα, ενώ η μη γραμμική συμπεριφορά είναι εντονότερη όταν το χαλαρό στρώμα βρίσκεται σε βάθος 15m, όταν το βάθος γίνει 5m δεν παρατηρούνται απομειώσεις της μέγιστης επιτάχυνσης, ακόμα και για υψηλές επιταχύνσεις σεισμού διέγερσης, παρά μόνο όταν το πάχος του στρώματος γίνει ίσο με 15m. Η συγκεκριμένη εικόνα ακολουθεί έως ένα βαθμό τα όσα παρατηρήθηκαν σε

θεωρητικές αναλύσεις που προηγήθηκαν, σε περιπτώσεις όπου το χαλαρό εδαφικό στρώμα βρισκόταν στην επιφάνεια της εδαφικής στήλης (Σχήμα 6.11, Πίνακας 6.7).

- Σχετικά με την εικόνα των κανονικοποιημένων φασμάτων του Σχήματος 6.20, παρατηρείται μία σταδιακή μείωση των φασματικών τιμών, όσο το πάχος του χαλαρού στρώματος αυξάνει, ιδιαίτερα για τιμές περιόδων έως 0,6sec. Για μεγαλύτερες τιμές περιόδων οι φασματικές ενισχύσεις είναι μεγαλύτερες όταν το στρώμα της άμμου βρίσκεται σε βάθος έως και 15m, δείγμα του ότι τα συγκεκριμένα εδαφικά ομοιώματα παρουσιάζουν έντονη μη γραμμική συμπεριφορά.
- Η τελευταία παρατήρηση επιβεβαιώνεται και από τα διαγράμματα του Σχήματος 6.21, τα οποία αναφέρονται μόνο στα εδαφικά ομοιώματα όπου το στρώμα της άμμου βρίσκεται σε βάθος 5.0 και 15.0m. Διακρίνονται οι μεγάλες παραμορφώσεις που αναπτύσσονται εντός του χαλαρού στρώματος, οι οποίες για τις περιπτώσεις των δύο ισχυρότερων σεισμικών σεναρίων ξεπέρασαν το 1%. Σημειώνεται, ότι λόγω των συγκεκριμένων πολύ υψηλών τιμών, παρουσιάζονται προβλήματα στην βήμα προς βήμα διαδικασία ανάλυσης που ακολουθούν τα υπολογιστικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται. Τα αποτελέσματα που αφορούν στις συγκεκριμένες επιλύσεις θα πρέπει επομένως να αντιμετωπιστούν με επιφύλαξη.

6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας την παρουσίαση των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν αφορούν:

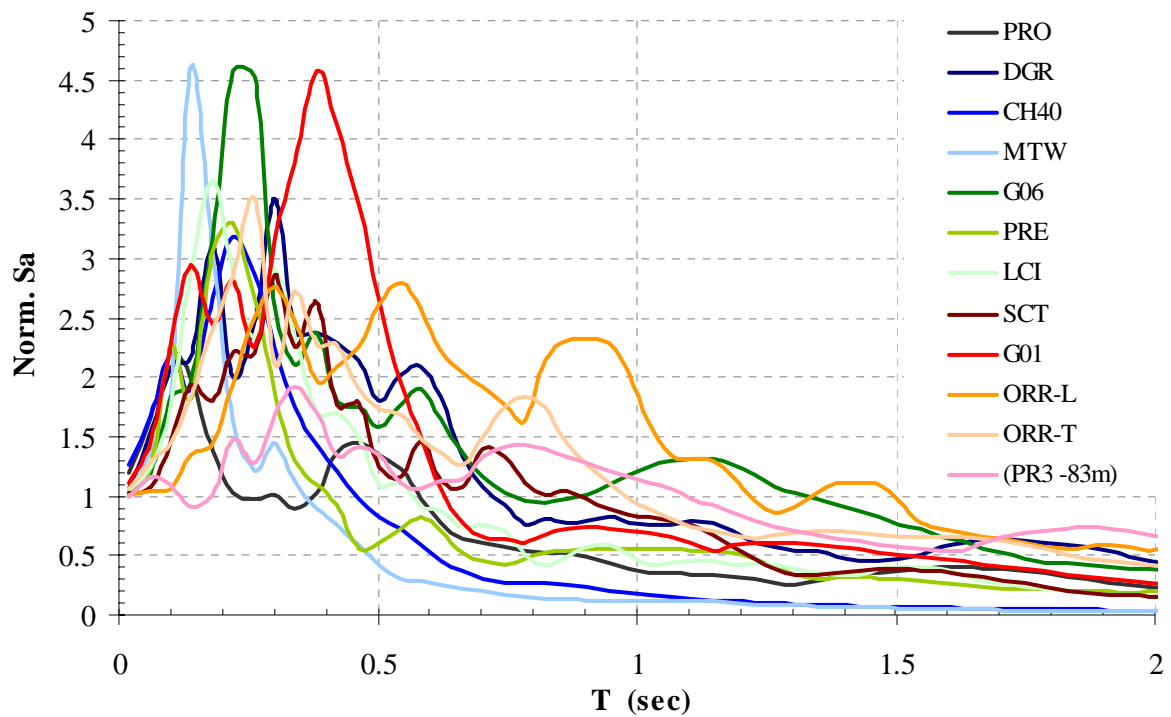
- (α) στην βαθμονόμηση των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων, της ισοδύναμης γραμμικής μεθόδου ανάλυσης και των σεισμικών σεναρίων διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου, με τη χρήση των οποίων κατέστη δυνατή η ορθή πρόβλεψη της σεισμικής απόκρισης στις περισσότερες θέσεις καταγραφών, όπου εφαρμόστηκαν.
- (β) στις παραμετρικές αναλύσεις εδαφικής απόκρισης, μέσα από τα αποτελέσματα των οποίων αναδεικνύεται η επίδραση διαφόρων παραγόντων (ένταση σεισμού διέγερσης, βάθος βραχώδους υποβάθρου, ακαμψία εδαφικών αποθέσεων, είδος και ιδιότητες εδαφικού υλικού κ.α.) στη διαμόρφωση της ισχυρής εδαφικής κίνησης.

Με δεδομένο ότι οι στόχοι του Ερευνητικού Προγράμματος δεν περιορίζονται μόνο στην ανάδειξη των παραμέτρων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης, αλλά αφορούν κυρίως στην ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της, το σύνολο των αποτελεσμάτων από τις θεωρητικές αναλύσεις οργανώθηκε σε κατάλληλα διαμορφωμένη βάση δεδομένων και επεξεργάστηκαν σε επίπεδο συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και φασμάτων απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναλυτικά αναφέρονται στο *Κεφ.7*, που ακολουθεί.

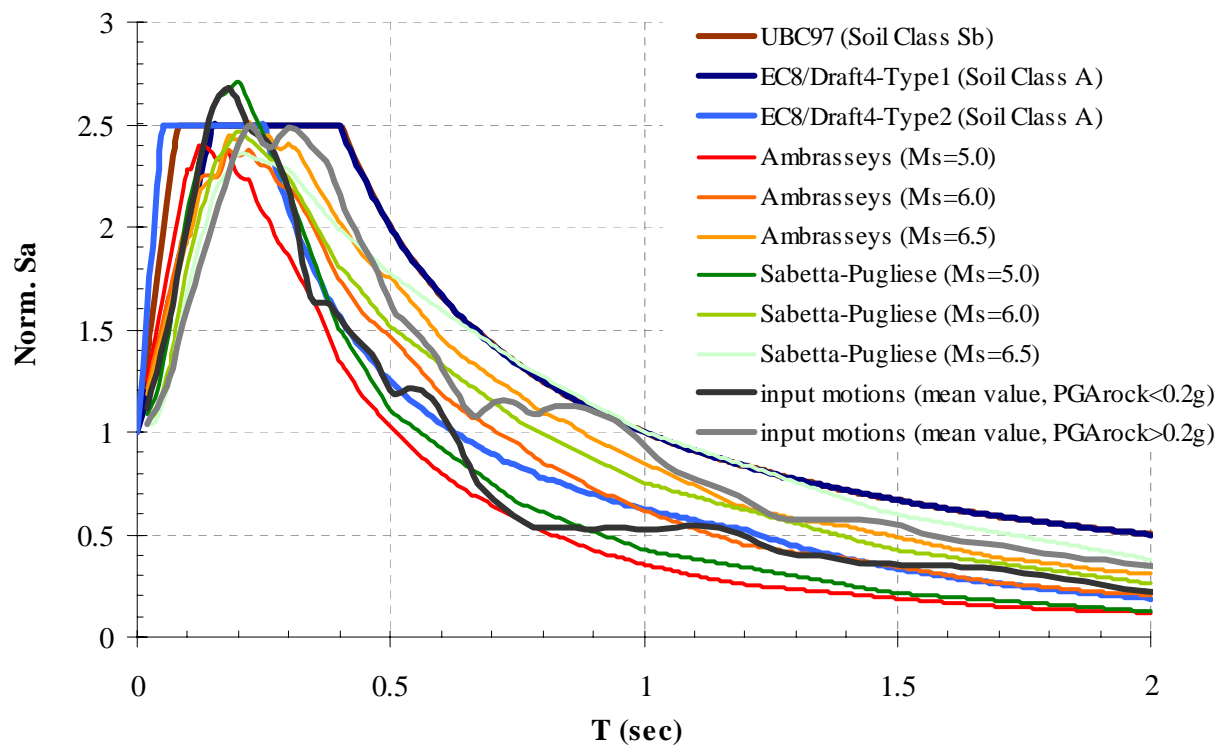
6.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ambraseys, N.N. (1995)
‘The prediction of earthquake peak acceleration in Europe’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.24, pp.467-490.*
- [2] Ambraseys, N.N., Simpson, K.A., Bommer, J.J. (1996)
‘Prediction of horizontal response spectra in Europe’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.25, pp.371-400.*
- [3] Building Seismic Safety Council (1997)
‘Recommended provisions for seismic regulations for new buildings’ *NEHRP.*
- [4] Dickenson, S.E., Seed, R.B. (1996)
‘Nonlinear dynamic response of soft and deep cohesive soil deposits’ *Proceedings of International Workshop on Site Response, Yokosuka, Japan, Vol.2, pp.67-81.*
- [5] European Committee for Standardization (1994)
‘Seismic action and general requirements for structures’ *EC8, ENV-1998, Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures, Part 1-1.*
- [6] European Committee for Standardization (2001)
‘General rules, seismic actions and rules for buildings’ *EC8, Draft No4, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1.*
- [7] Idriss, I.M., Sun, J.I. (1992)
‘SHAKE91 – A computer program for conducting equivalent linear seismic response analysis of horizontally layered soils’ *User’s Guide, Center of Geotechnical Modeling, Civil Engineering Department, U.C. Davis.*
- [8] International Conference of Building Officials (1997)
‘Structural engineering design provisions’ *Uniform Building Code, Vol.2.*
- [9] Mellal A., Modaressi, H. (1998)
‘A simplified numerical approach for nonlinear dynamic analysis of multi-layered media’ *Proceedings of 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris, Sep.6-11.*
- [10] Modaressi, H. (1998)
‘CyberQuake’ *BRGM.*
- [11] Sabetta, F., Pugliese, A. (1996)
‘Estimation of Response Spectra and Simulation of Nonstationary Earthquake Ground Motions’ *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.86, No.2, pp.337-352.*

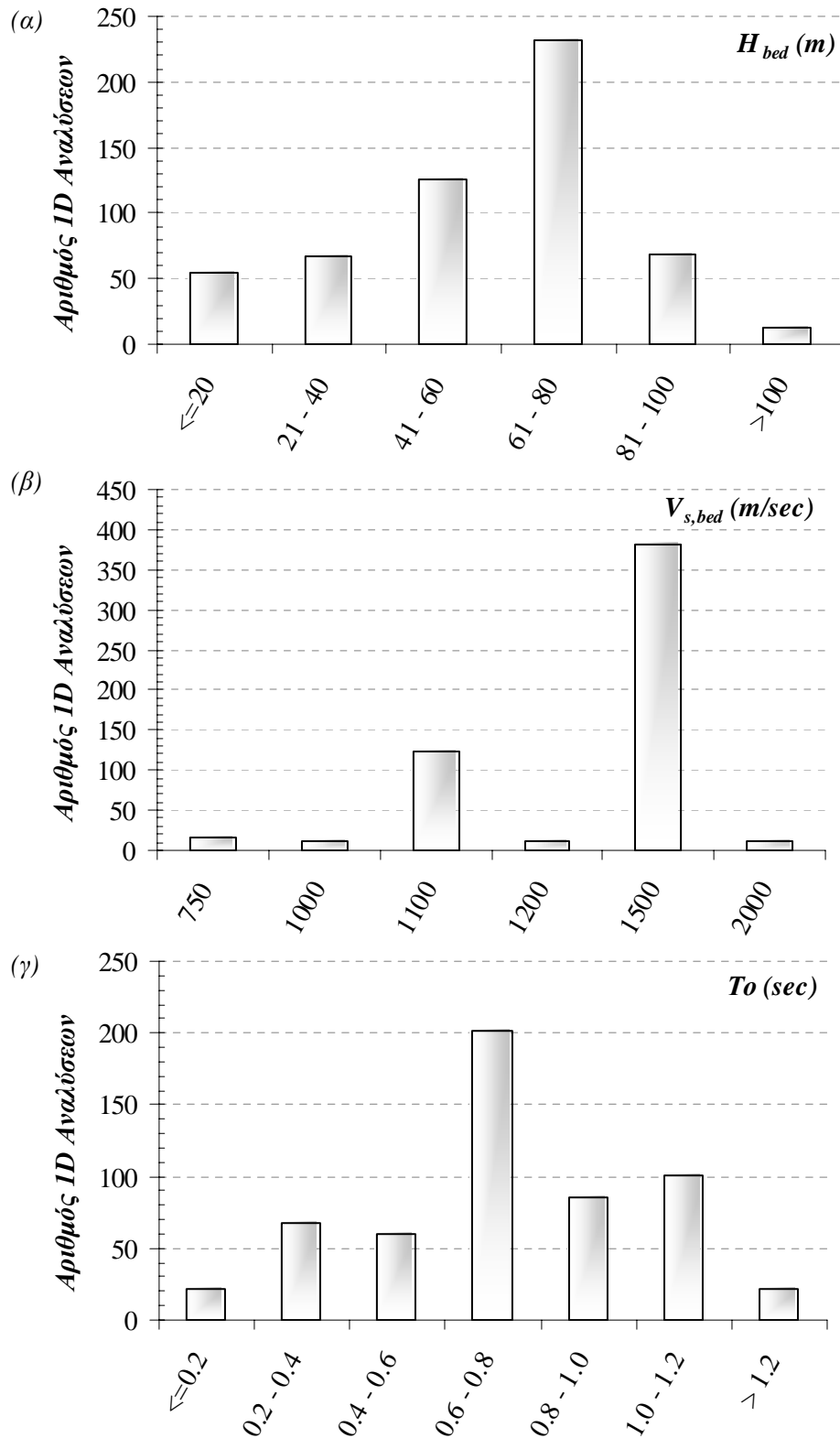
- [12] Schnabel P.B., Lysmer J., Seed H.B. (1972)
'SHAKE – A computer program for earthquake response analyses of layered soils' *User's Manual, EERC-72, Berkley, California.*
- [13] Seed, R.B., Celtn, K.O., Moss, R.E.S (2001)
'Recent Advances in soil liquefaction Engineering and seismic site response evaluation' *Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, Istanbul, Turkey, August 23-24.*
- [14] Theodulidis, N.P., Papazachos, B.C. (1992)
'Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece: I. Peak horizontal acceleration, velocity and displacement' *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 11, pp.387-402.*
- [15] Vucetic M., Dobry, R. (1991)
'Effects of soil plasticity on cyclic response' *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.120, pp.2208-2228.*



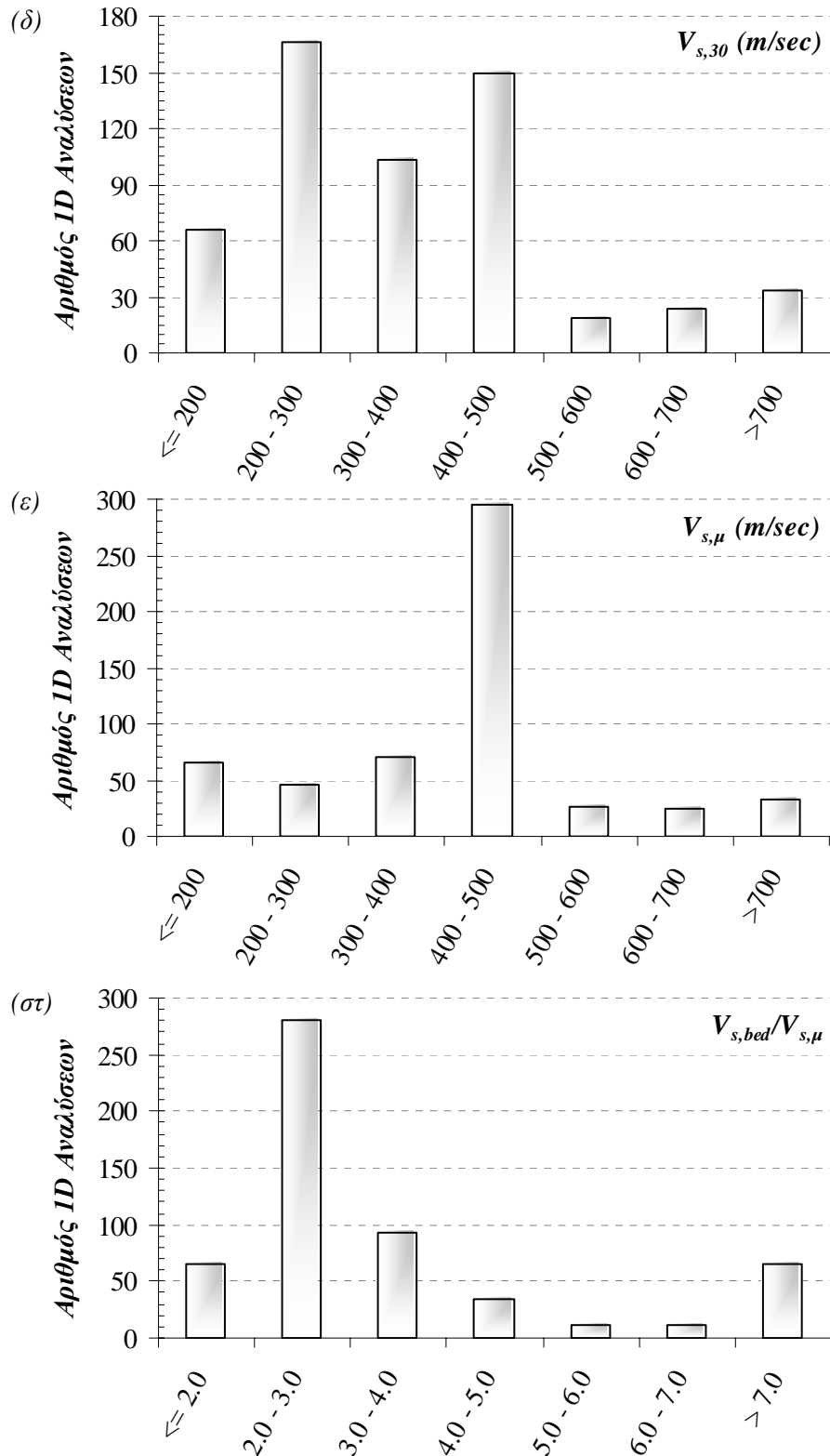
Σχήμα 6.1: Κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης των σεισμών διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου των θεωρητικών αναλύσεων. Στο υπόμνημα αναφέρονται οι σταθμοί καταγραφής με βάση τους κωδικούς του Πίνακα 6.1.



Σχήμα 6.2: Μέσα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης των σεισμών διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου των θεωρητικών αναλύσεων. Σύγκριση με αντίστοιχα φάσματα σχεδιασμού των UBC/97 και EC8-prEN1998/Draft4 και εμπειρικών σχέσεων των Ambrasseys και Sabetta and Pugliese .



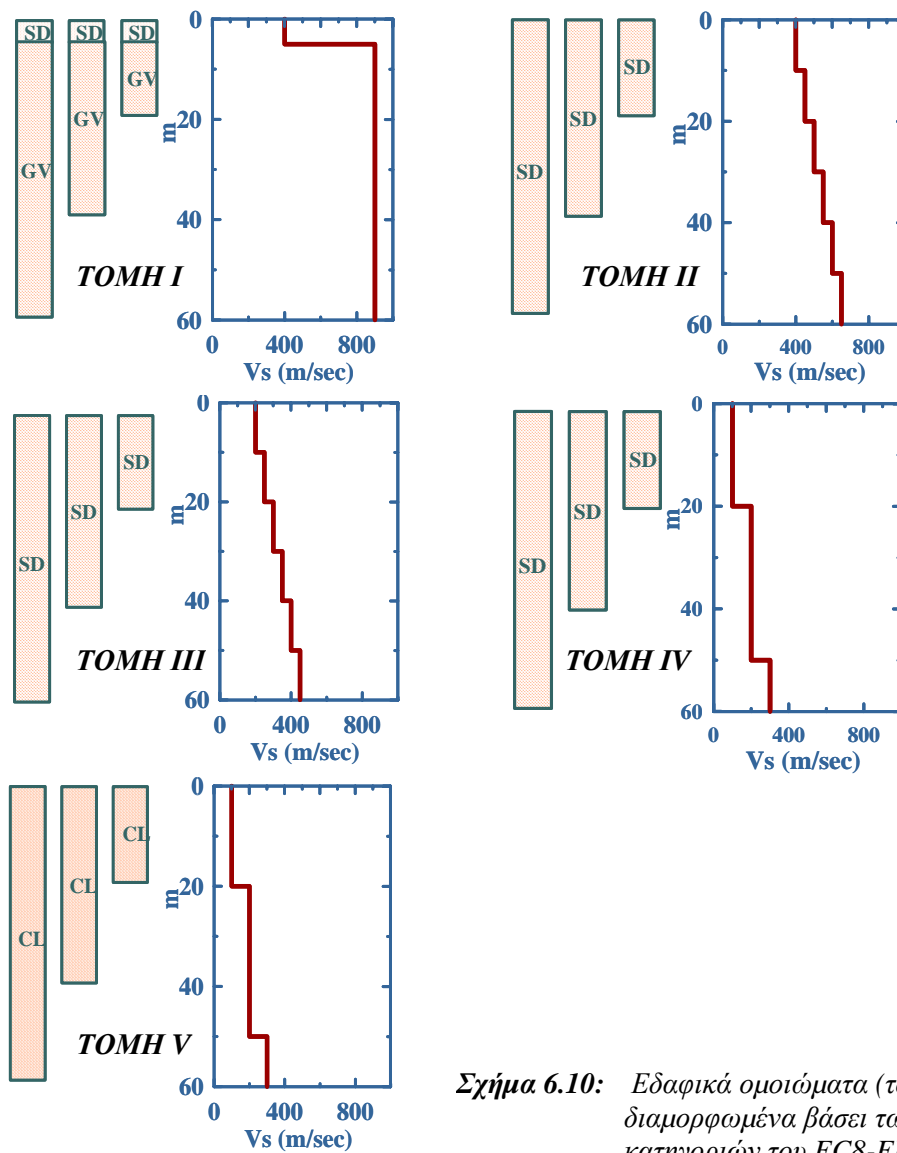
Σχήμα 6.3: Εδαφικά ομοιώματα θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης. Διακύμανση (α) βάθους βραχώδους υποβάθρου H_{bed} , (β) ταχύτητας διατμητικών κυμάτων βραχώδους υποβάθρου $V_{s,bed}$ και (γ) θεμελιώδους περιόδου εδαφικής στήλης T_o .



Σχήμα 6.3(..συνέχεια): Εδαφικά ομοιώματα θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης. Διακύμανση (δ) μέσης σταθμισμένης ταχύτητας διατμητικών κυμάτων των 30 πρώτων μέτρων $V_{s,30}$, (ε) μέσης ταχύτητας διατμητικών κυμάτων εδαφικής στήλης $V_{s,\mu}$ και (στ) λόγου ταχυτήτων διατμητικών κυμάτων βραχόδους υποβάθρου και εδαφικής στήλης $V_{s,bed}/V_{s,\mu}$.

Πίνακας 6.2: Σύντομη περιγραφή παραμετρικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης.

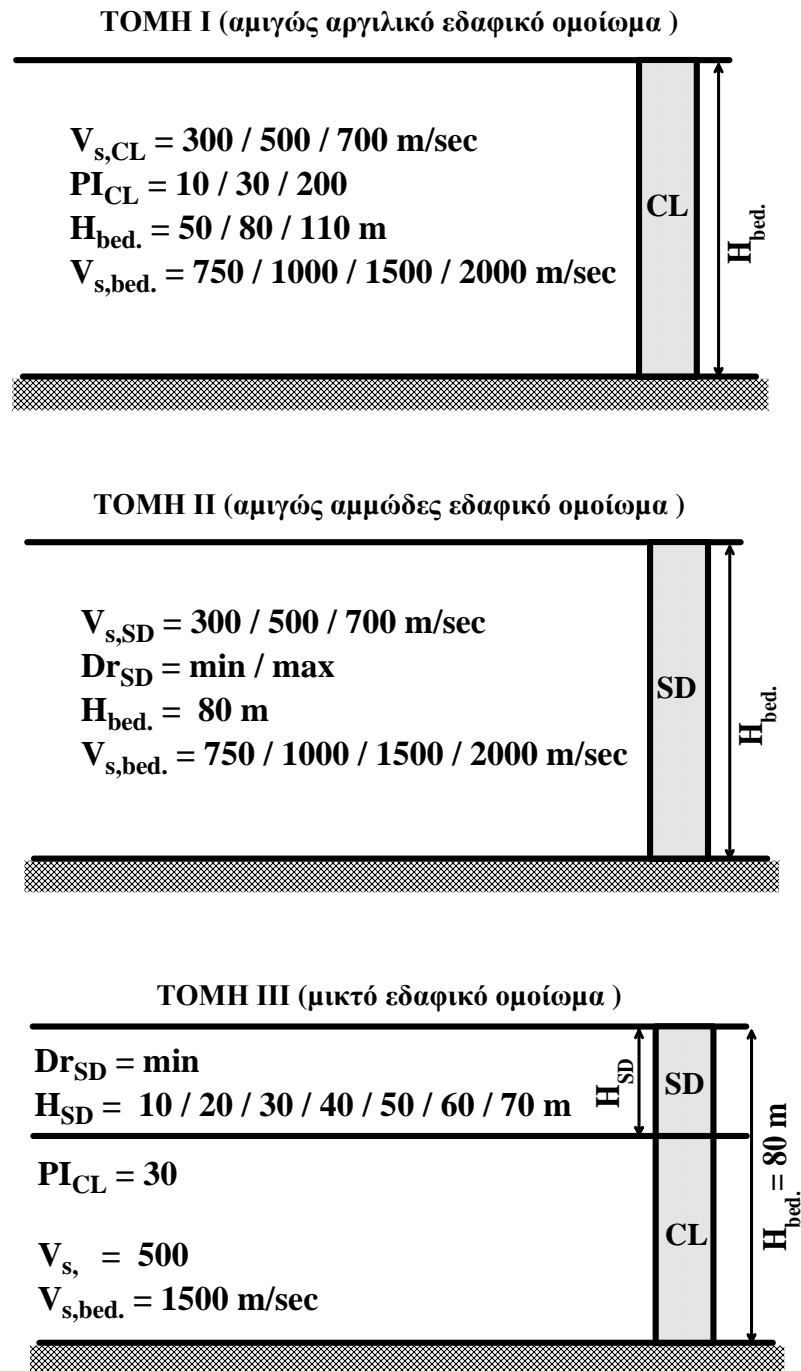
<i>Περιγραφή Εδαφικών Ομοιομάτων</i>	<i>Σύνολο Εδαφικών Ομοιομάτων</i>	<i>Σεισμοί Διέγερσης</i>	<i>Σύνολο Αναλύσεων</i>
Αναπαραγωγή εδαφικών κατηγοριών EC8 (ENV-1998), για διάφορα βάθη βραχώδους υποβάθρου.	15	12	180
Εδαφικά ομοιώματα: α) αμιγώς αργιλικά, β) αμιγώς αμμώδη, γ) μικτά. Διακύμανση εδαφικών ιδιοτήτων (PI , D_r), ταχυτήτων V_s εδαφικών σχηματισμών και βραχώδους υποβάθρου, πάχους εδαφικών σχηματισμών.	21	12	252
Εδαφικό στρώμα μικρής ακαμψίας και πάχους εντός εδαφικού σχηματισμού μεγαλύτερης ακαμψίας. Διακύμανση πάχους και θέσης μαλακού στρώματος και βάθους βραχώδους υποβάθρου	24	5	120
		Σύνολο	552



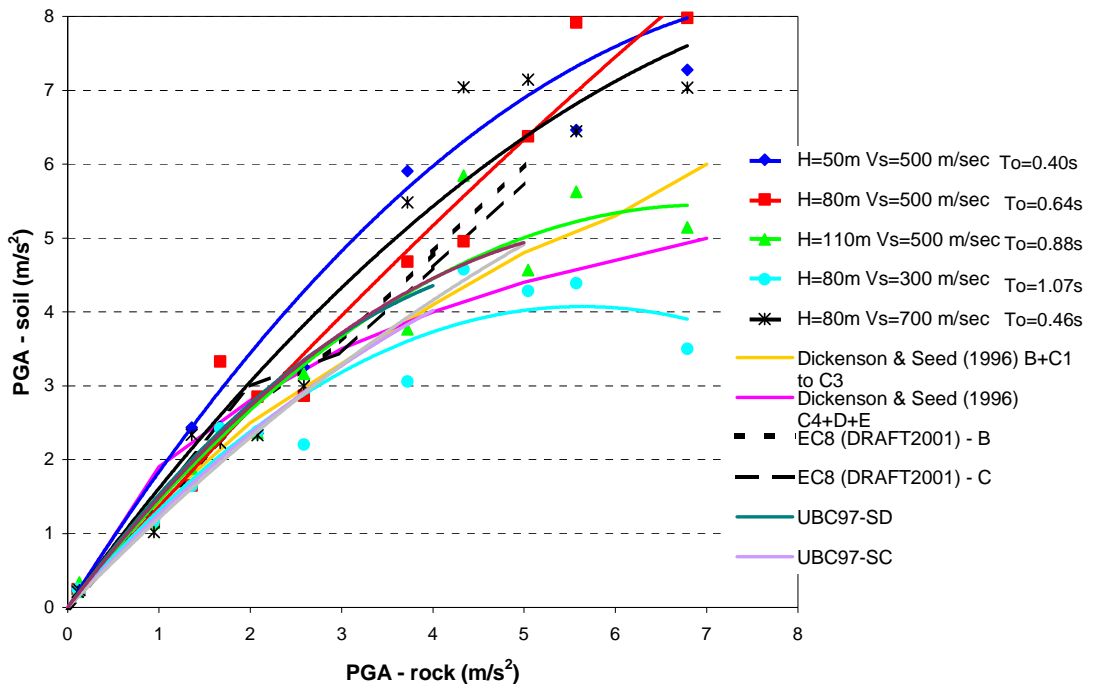
Σχήμα 6.10: Εδαφικά ομοιώματα (τομές I-V) διαμορφωμένα βάσει των εδαφικών κατηγοριών του EC8-ENV1998

Πίνακας 6.3: Ιδιοπερίοδοι T_o (sec) και μέσες ταχύτητες διατμητικών κυμάτων $V_{s,\mu}$ (m/sec) των εδαφικών ομοιομάτων του Σχήματος 6.10

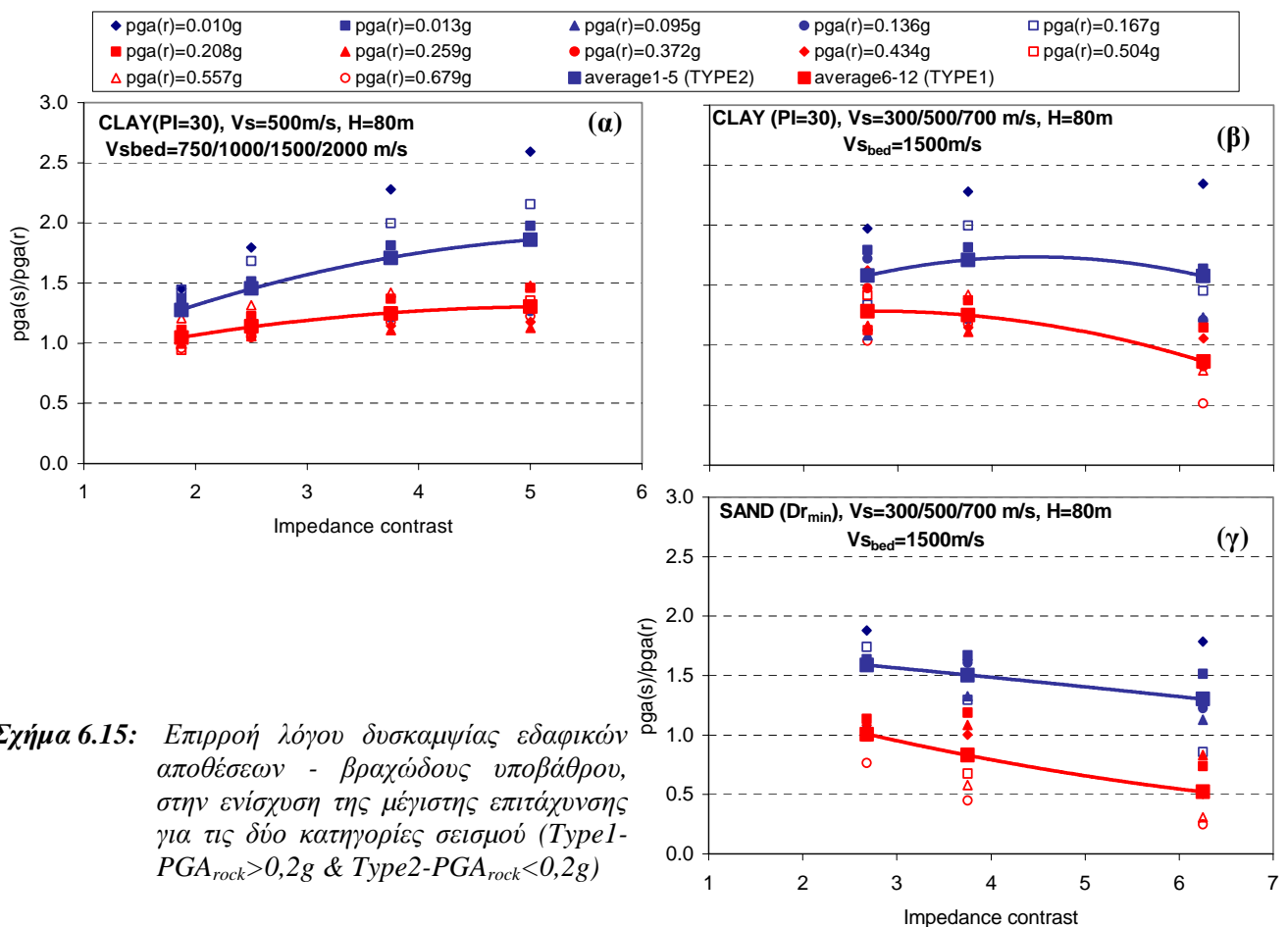
Βάθος Βραχώδους Υποβάθρου H_{bed} (m)	EC8-ENV1998 Soil Class A		EC8-ENV1998 Soil Class B		EC8-ENV1998 Soil Class C					
	Τομή I		Τομή II		Τομή III		Τομή IV		Τομή V	
	T_o	$V_{s,\mu}$	T_o	$V_{s,\mu}$	T_o	$V_{s,\mu}$	T_o	$V_{s,\mu}$	T_o	$V_{s,\mu}$
00	0,12	775	0,10	125	0,36	225	0,80	100	0,80	100
40	0,21	838	0,34	475	0,61	275	1,20	150	1,20	150
60	0,29	858	0,47	525	0,80	325	1,53	183	1,53	183



Σχήμα 6.13: Αργιλικά, αμμώδη και μικτά εδαφικά ομοιώματα (τομές I-III) παραμετρικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης.



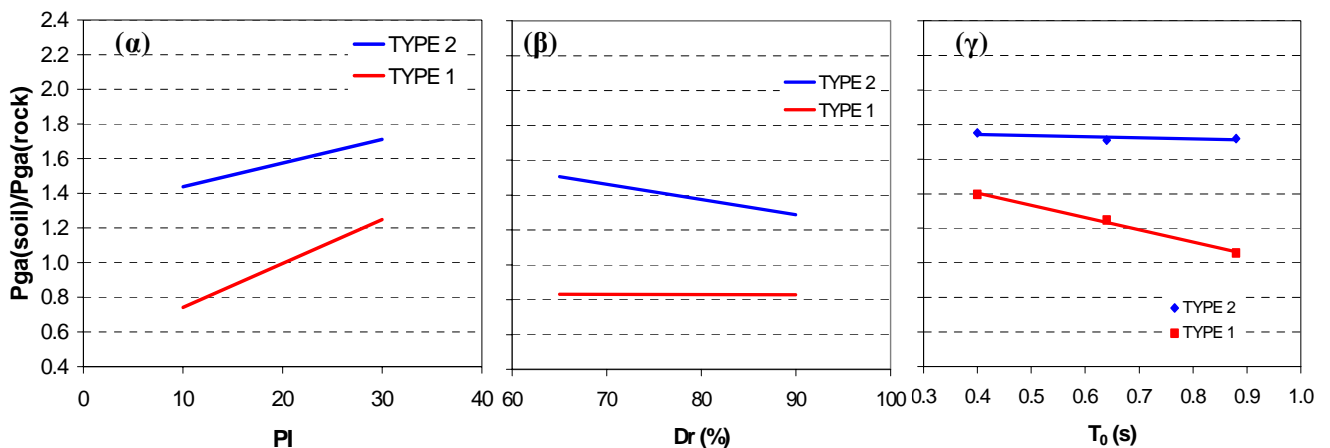
Σχήμα 6.14: Μεταβολή της μέγιστης επιτάχυνσης στην επιφάνεια αμιγώς αργιλικών εδαφών (Σχήμα 6.13 - Τομή Ι), συναρτήσει της μέγιστης επιτάχυνσης στο βράχο.



Σχήμα 6.15: Επιρροή λόγω δυσκαμψίας εδαφικών αποθέσεων - βραχώδους υποβάθρου, στην ενίσχυση της μέγιστης επιτάχυνσης για τις δύο κατηγορίες σεισμού (Type1- $PGA_{rock} > 0,2g$ & Type2- $PGA_{rock} < 0,2g$)

Πίνακας 6.4: Συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης για τις παραμετρικές αναλύσεις του Σχήματος 6.15

CLAY (PI=30) H=80m						SAND (Dr _{min}) H=80m			
V _{sed} =500m/s			V _{bed} =1500m/s			V _{bed} =500m/s			
V _{bed} =750/1000/1500/2000 m/s			V _{sed} =300/500/700 m/s			V _{sed} =300/500/700 m/s			
	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή
Type 2	1.28	1.86	1.57	1.57	1.71	1.64	1.3	1.6	1.45
Type 1	1.0	1.3	1.15	0.86	1.28	1.07	0.5	1.0	0.75



Σχήμα 6.16: Επιρροή δείκτη πλαστικότητας PI αργιλικών εδαφών (α), σχετικής πυκνότητας Dr (%) αμμωδών εδαφών (β) και ιδιοπεριόδου T₀ αργιλικών εδαφών (γ) στην ενίσχυση της μέγιστης επιτάχυνσης για τις δύο κατηγορίες σεισμού (Type1-PGA_{rock}>0,2g & Type2-PGA_{rock}<0,2g)

Πίνακας 6.5: Συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης συναρτήσει του δείκτη πλαστικότητας PI αργιλικών εδαφών και της σχετικής πυκνότητας Dr (%) αμμωδών εδαφών.

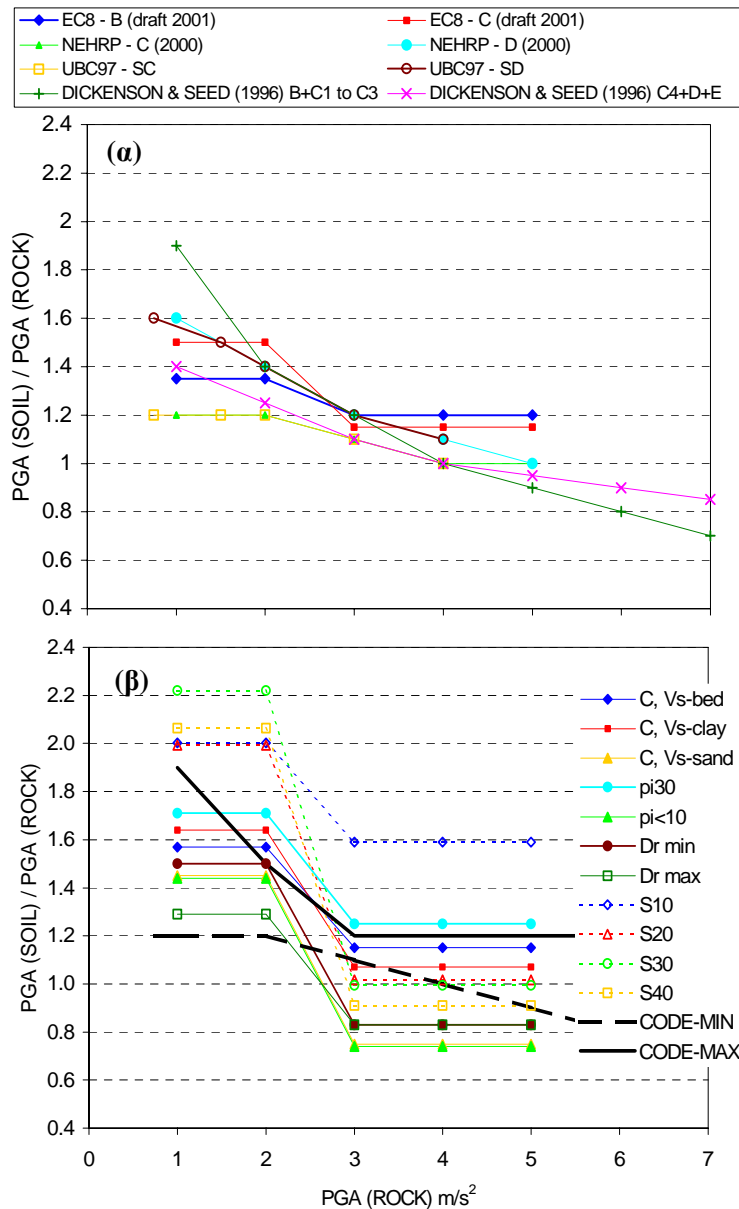
	CLAY H=80m V _{sed} = 500m/s V _{bed} =1500m/s						SAND H=80m V _{sed} = 500m/s V _{bed} =1500m/s					
	PI = 30			PI < 10			Dr _{min} (65%)			Dr _{max} (90%)		
	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή
Type 2	1.21	2.27	1.71	1.15	2.0	1.44	1.3	1.67	1.5	0.93	1.67	1.29
Type 1	1.11	1.42	1.25	0.36	1.18	0.74	0.5	1.8	0.83	0.67	0.98	0.83

Πίνακας 6.6: Συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ιδιοπεριόδου αργιλικών εδαφικών ομοιομάτων

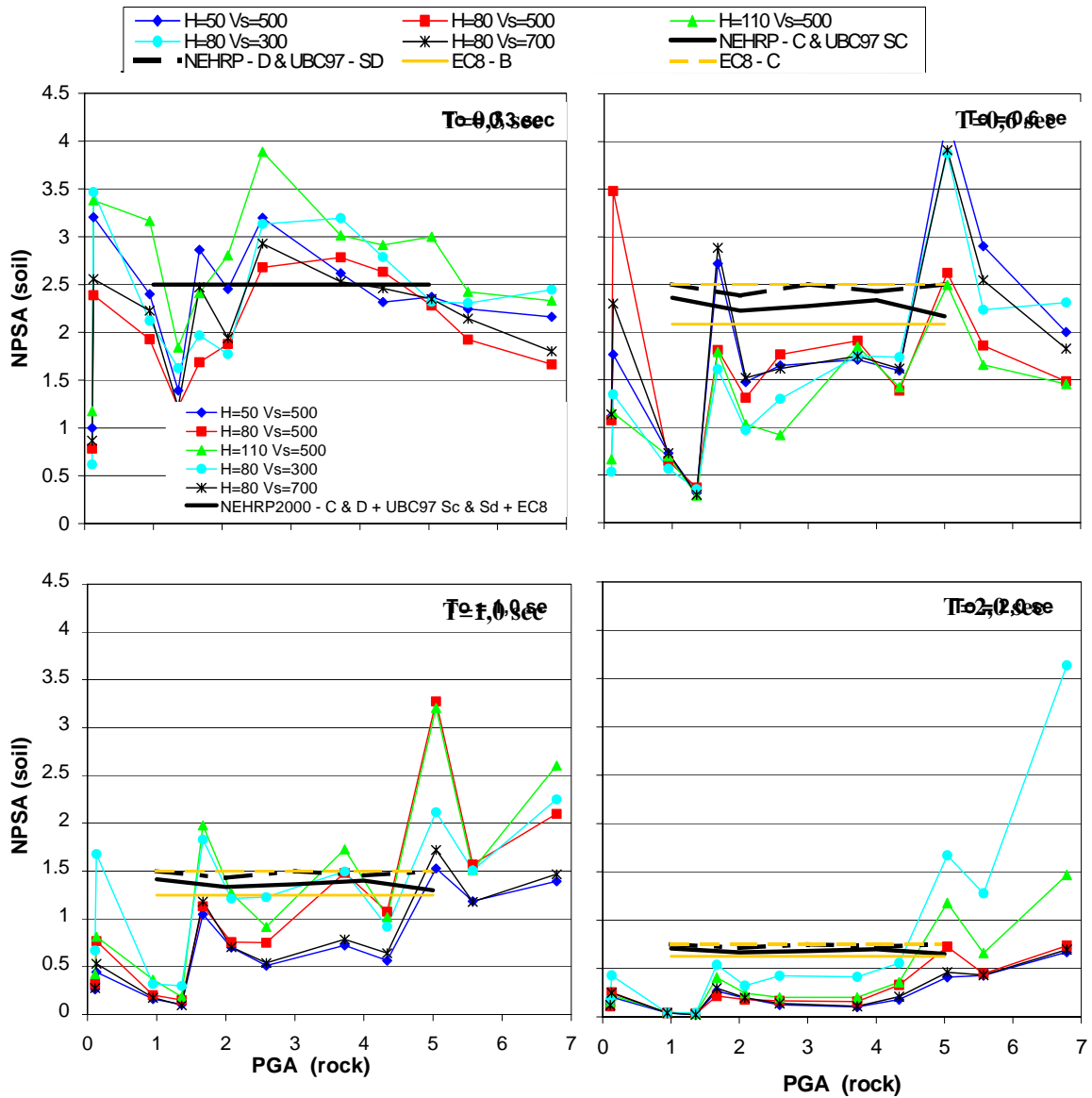
	CLAY (PI=30) V _{sed} = 500 m/s V _{bed} =1500 m/s								
	H=50m, T ₀ =0.4s			H=80m, T ₀ =0.64s			H=110m, T ₀ =0.88s		
	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή
Type 2	1.26	2.17	1.75	1.21	2.28	1.71	1.21	2.61	1.72
Type 1	1.07	1.97	1.39	1.11	1.42	1.25	0.75	1.34	1.06

Πίνακας 6.7: Συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης για μικτά εδαφικά προφίλ (Σχήμα 6.13 - Τομή III)

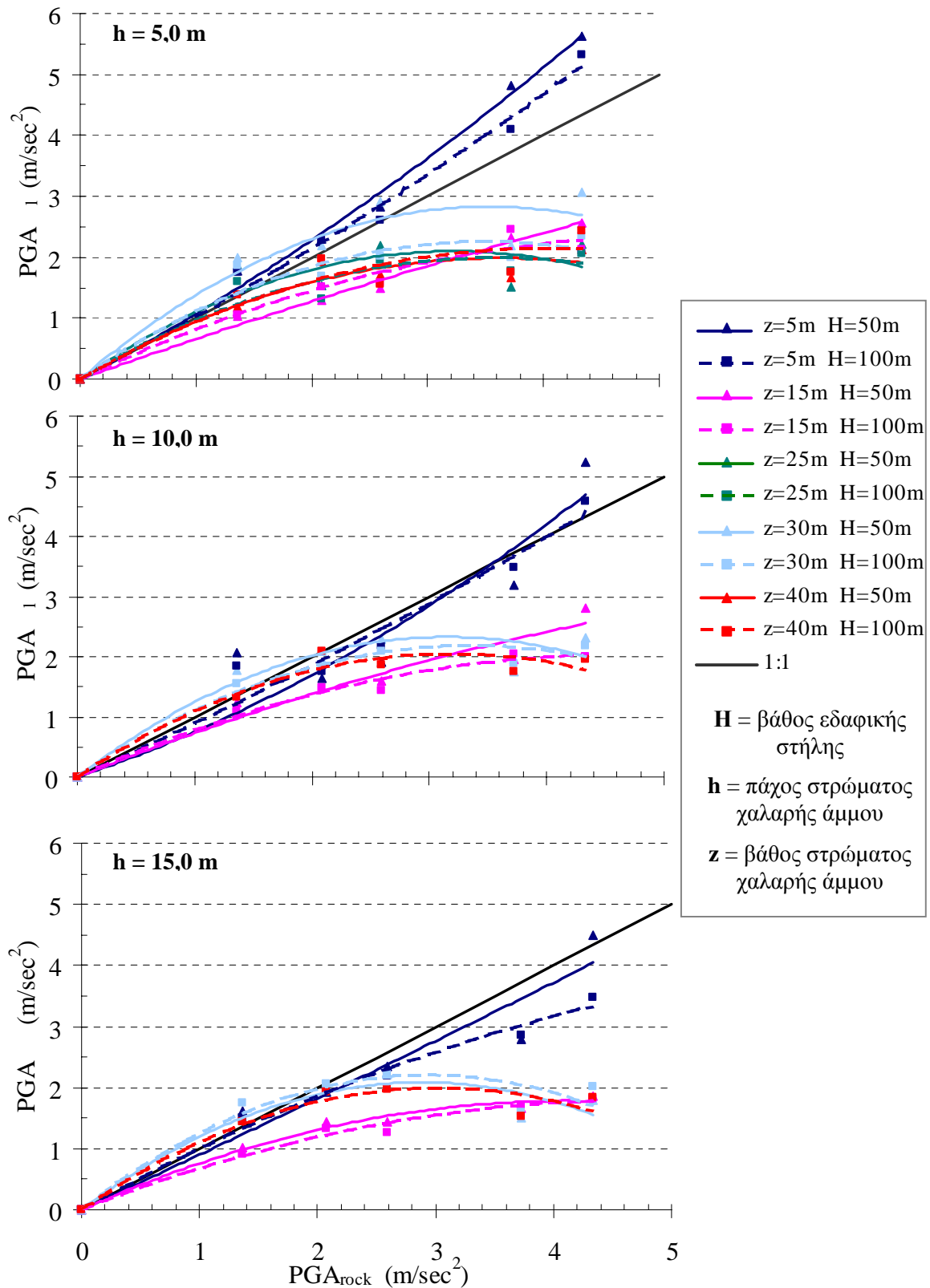
	SAND 10m			SAND 20m			SAND 30m			SAND 40m		
	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή
Type 2	1.71	2.68	2.0	1.62	2.56	1.99	1.68	3.02	2.22	1.67	2.71	2.06
Type 1	1.34	2.06	1.59	0.69	1.31	1.02	0.6	1.3	0.99	0.52	1.31	0.91



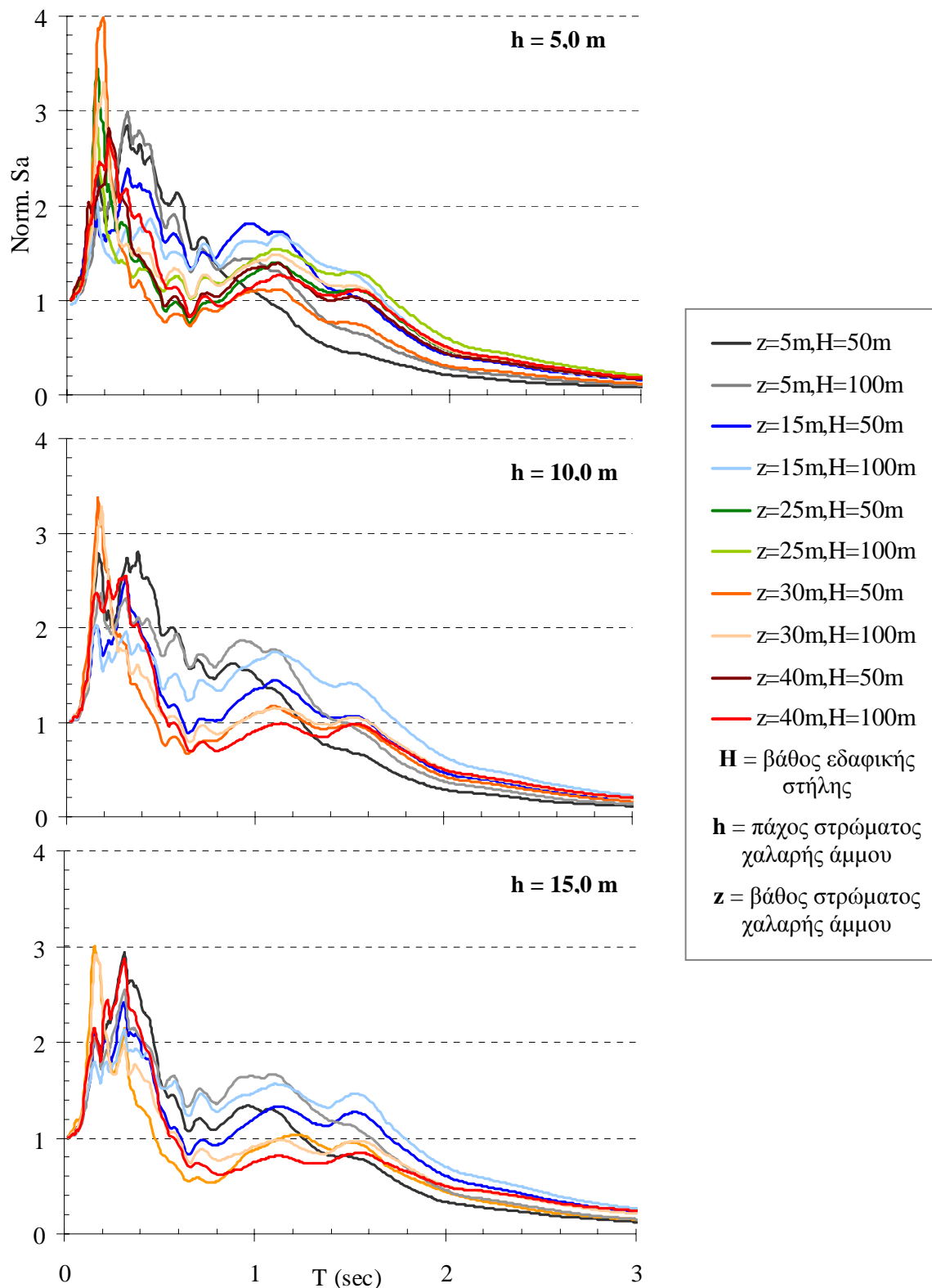
Σχήμα 6.17: Μέσες τιμές ενίσχυσης μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης για διάφορα εδαφικά προφίλ θεωρητικών αναλύσεων (β) σε αντιστοιχία με τις διατάξεις των EC8-Draft No4, NEHRP, UBC97 και Dickenson & Seed (1996) (α)



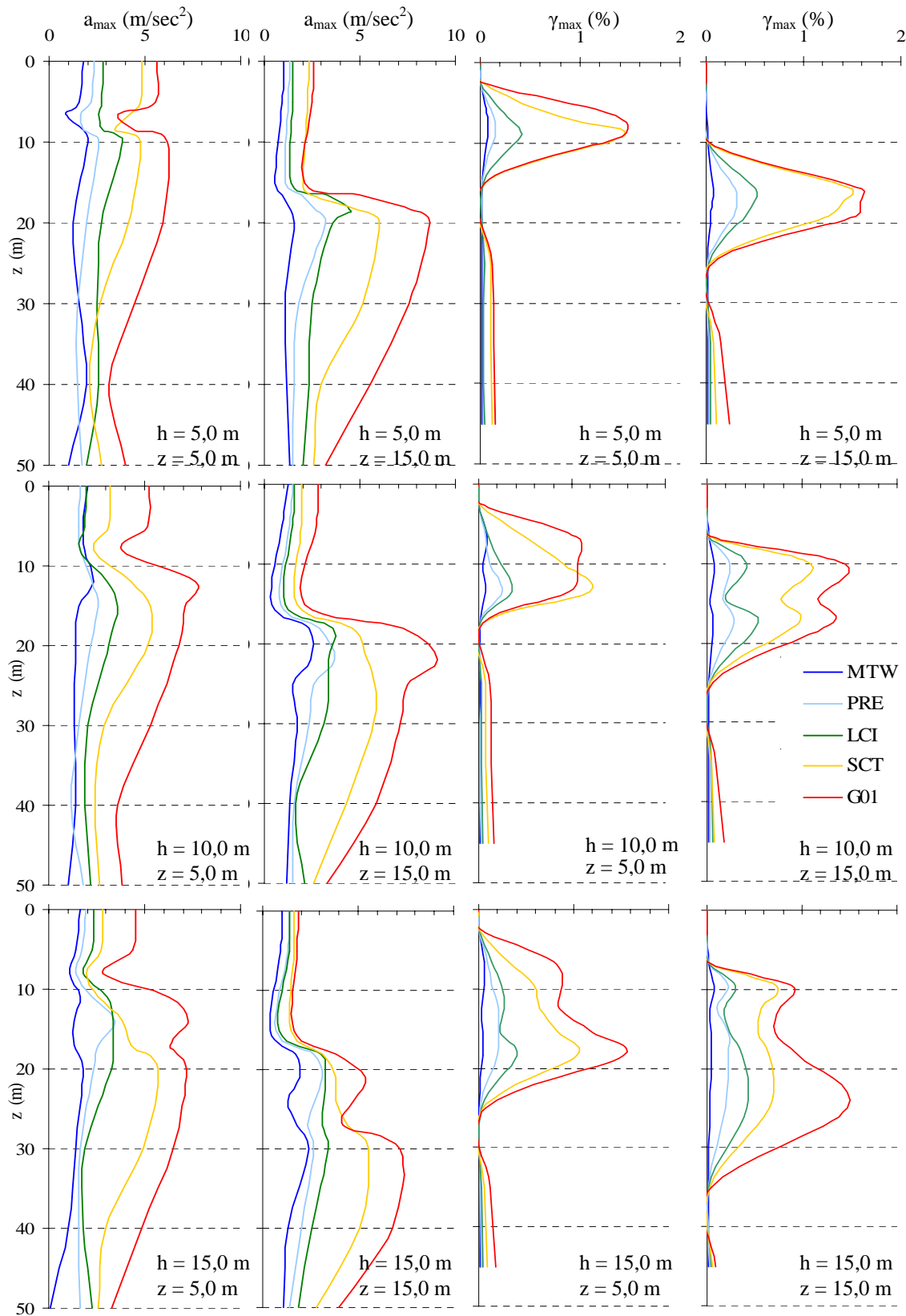
Σχήμα 6.18: Κανονικοποιημένες φασματικές τιμές για περιόδους 0.3sec, 0.6sec, 1.0sec και 2.0sec, σε αντιστοιχία με τις διατάξεις των EC8-prEN1998/Draft4, NEHRP, UBC97. Οι τιμές PGA_{rock} δίνονται σε m/s^2



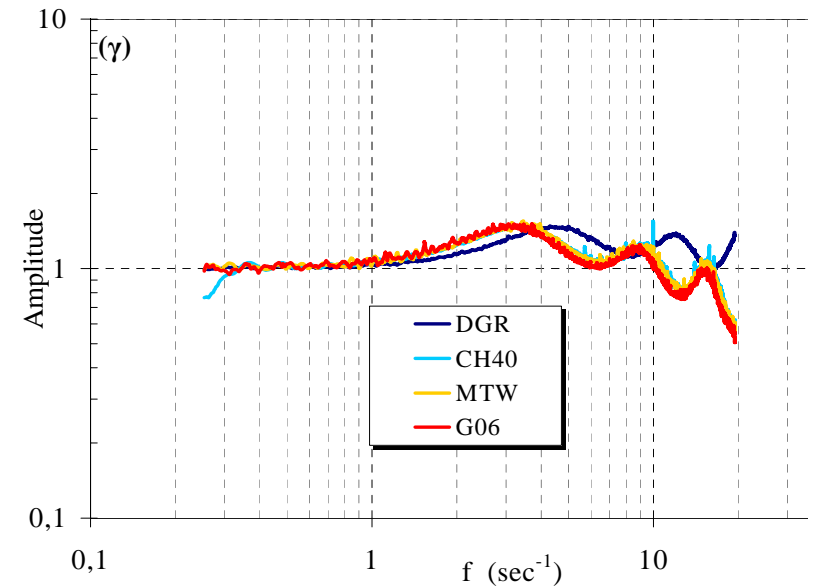
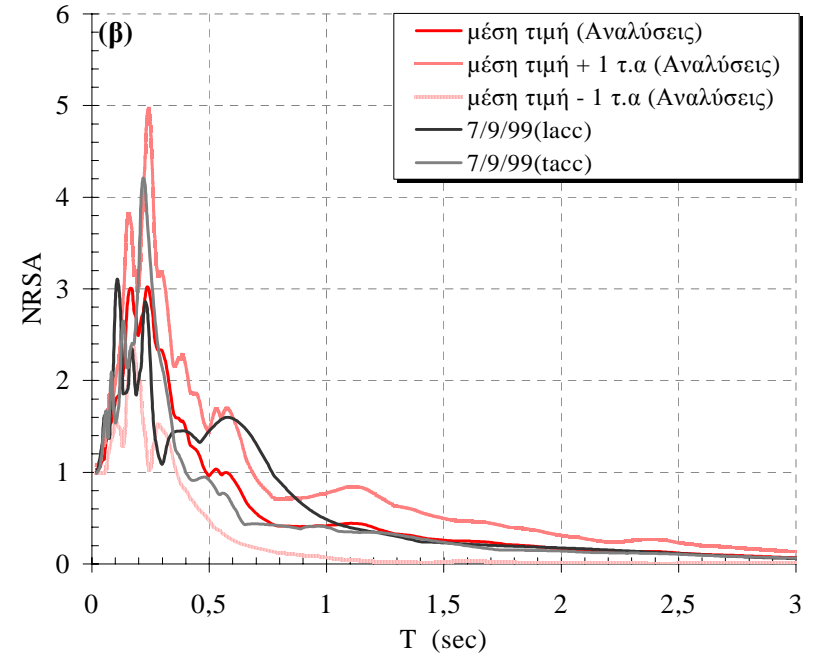
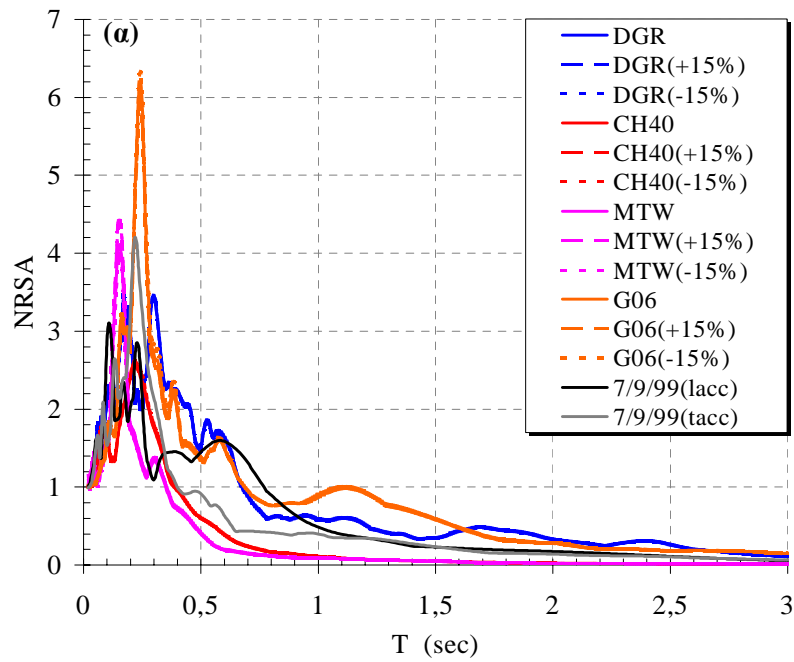
Σχήμα 6.19: Μελέτη επιρροής χαλαρού εδαφικού στρώματος άμμου Dr_{min} εντός εδαφικής στήλης στιφρής αργίλου ($PI=30$). Μεταβολή μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης στην επιφάνεια της εδαφικής στήλης για διάφορα επίπεδα σεισμικής διέγερσης στο βράχο.



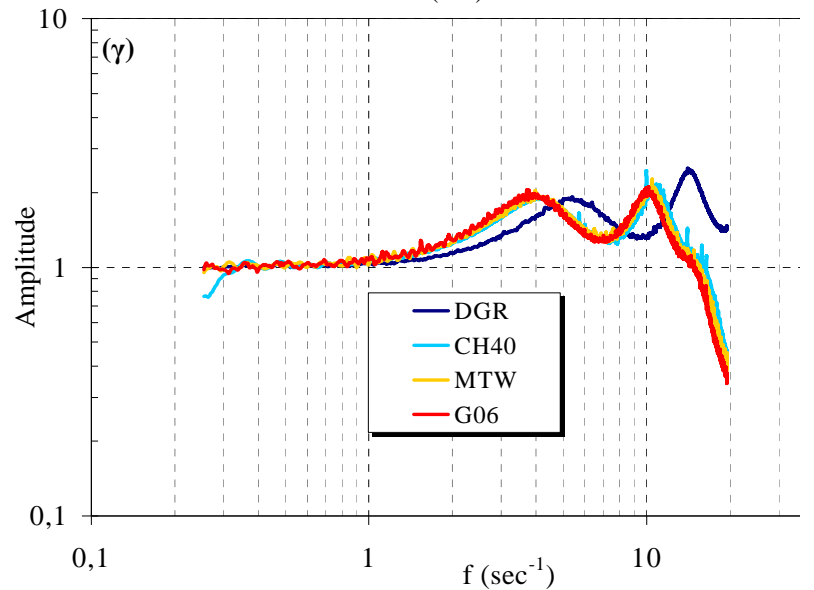
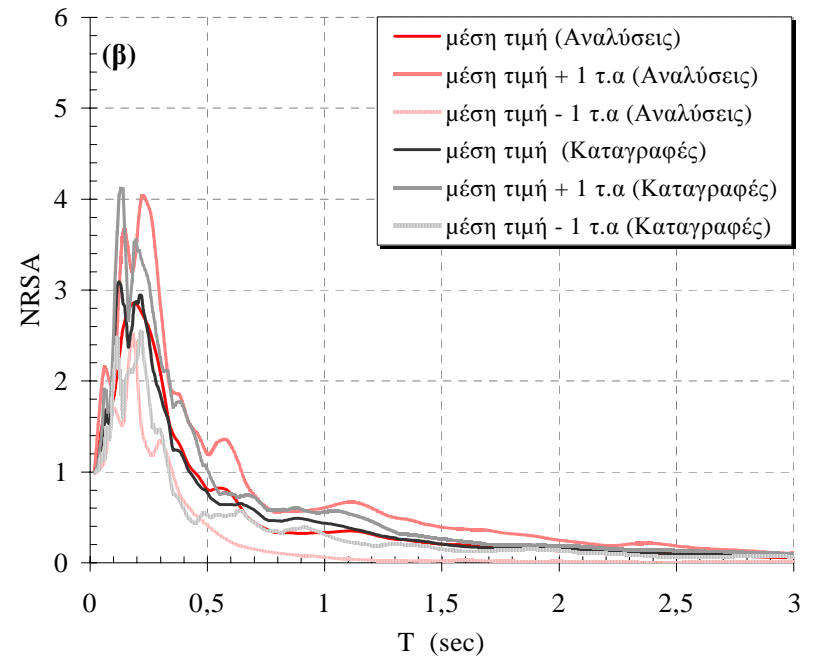
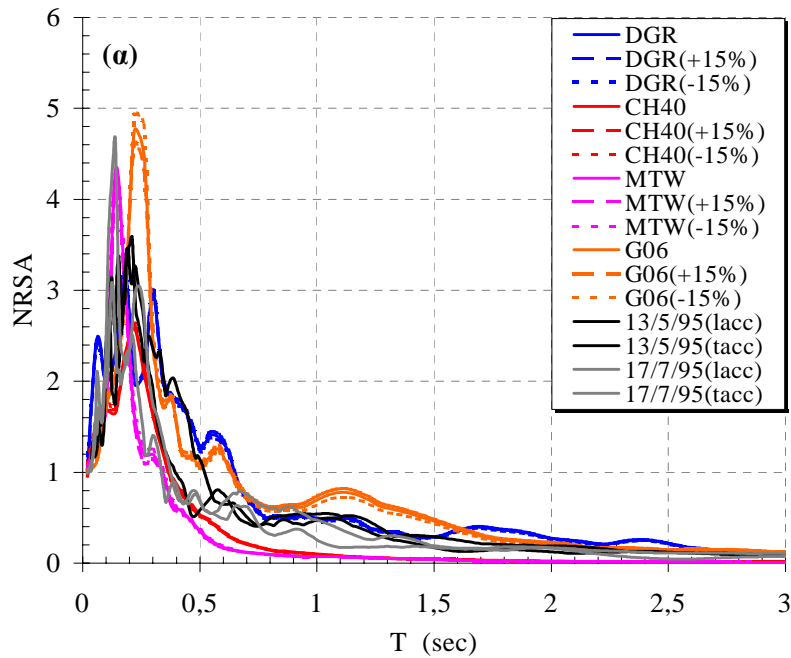
Σχήμα 6.20: Μελέτη επιρροής χαλαρού εδαφικού στρώματος άμμου Dr_{min} , εντός εδαφικής στήλης σιφικής αργίλου ($PI=30$). Μέσα κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης.



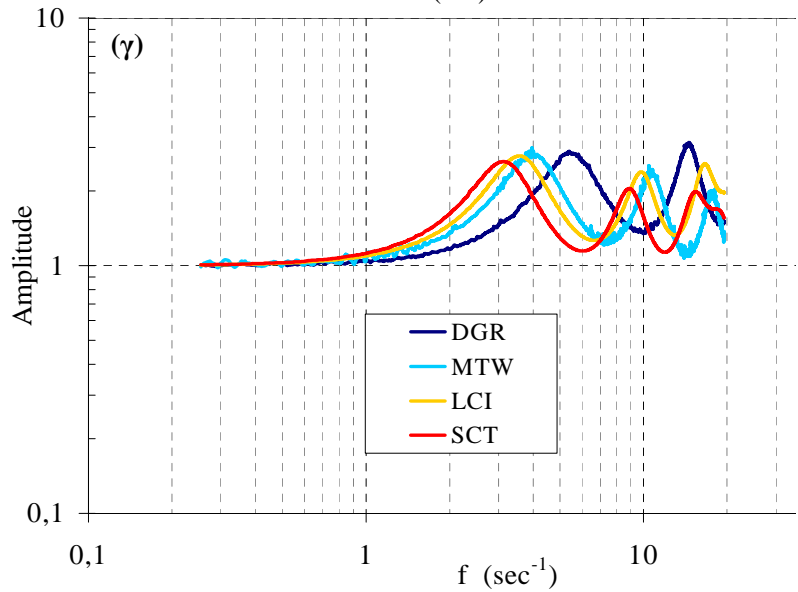
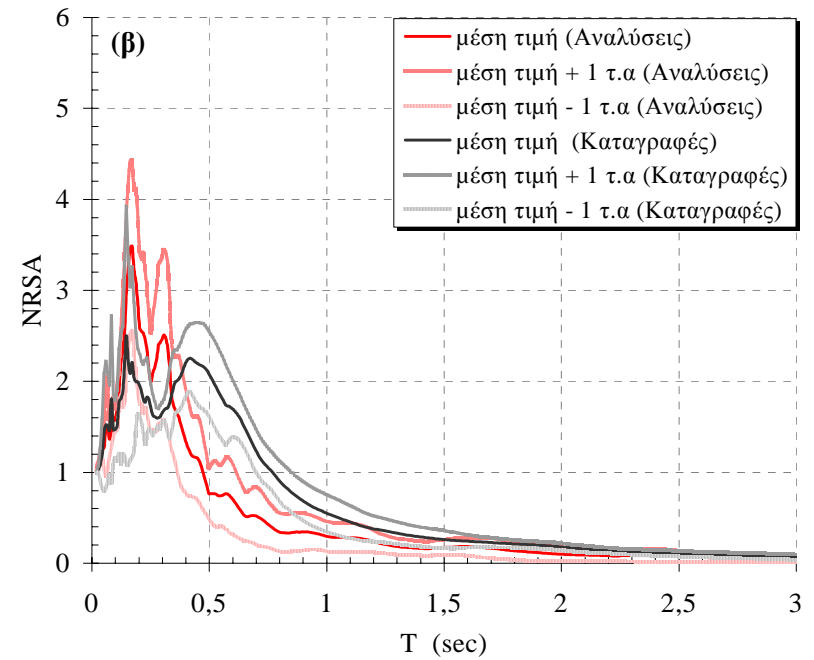
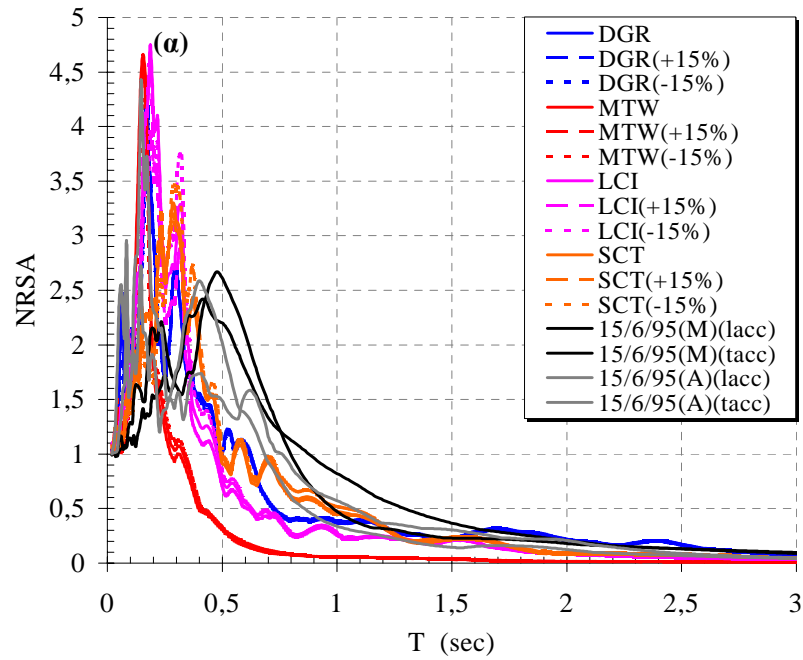
Σχήμα 6.21: Μελέτη επιρροής χαλαρού εδαφικού στρώματος άμμου Dr_{min} εντός εδαφικής στήλης σιφικής αργίλου ($PI=30$). Μεταβολή μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και παραμόρφωσης με το βάθος για τα διάφορα σενάρια σεισμικής διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου. Στο υπόμνημα αναφέρονται οι σταθμοί καταγραφής με βάση τους κωδικούς του Πίνακα 6.1.



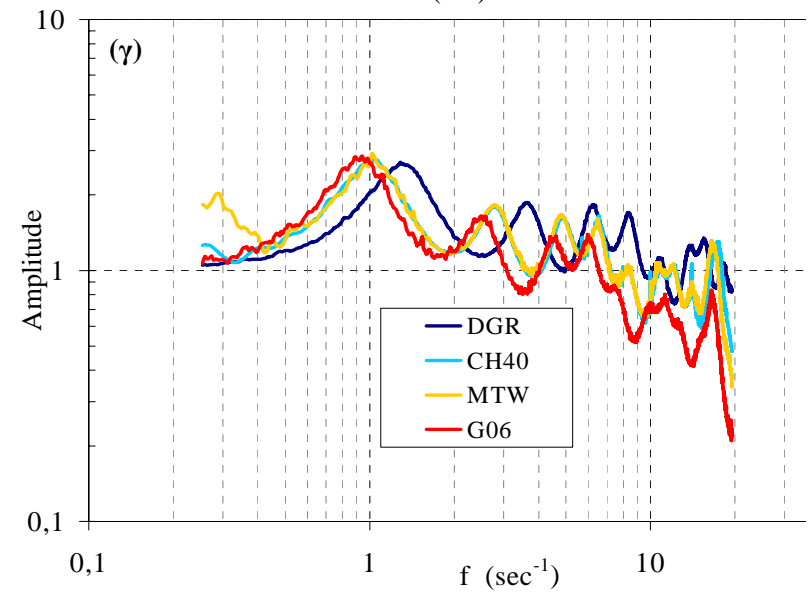
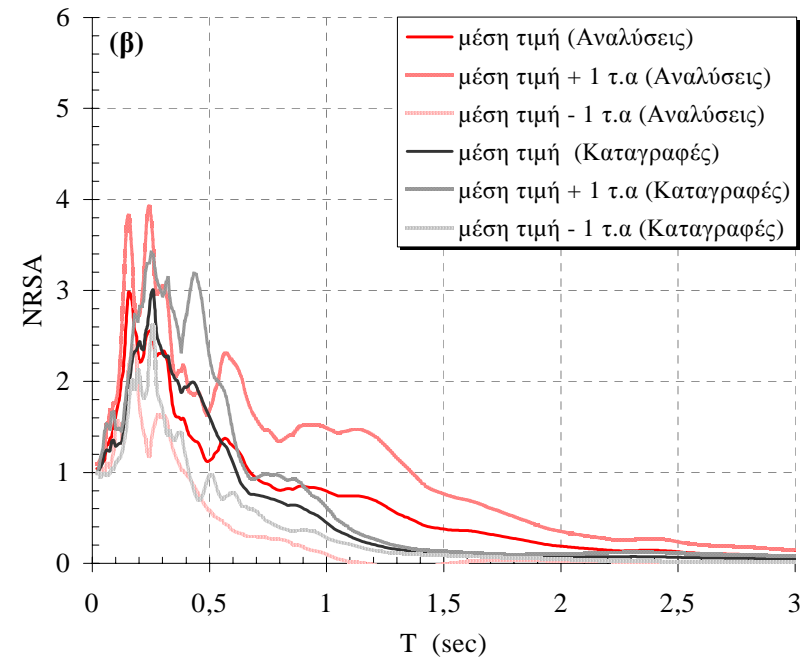
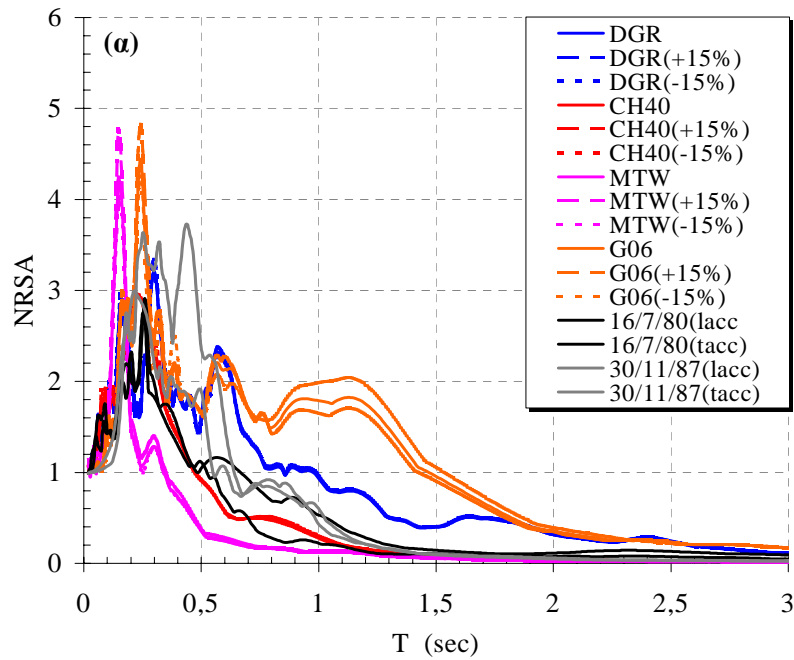
Σχήμα 6.4: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση **Καλλιθέα - ΚΕΔΕ**. Σύγκριση φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμοί διέγερσης που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1.



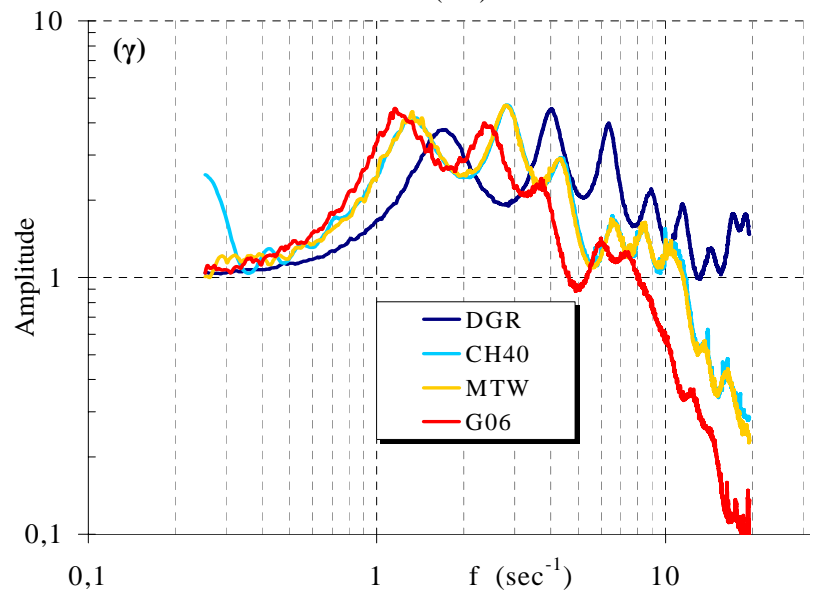
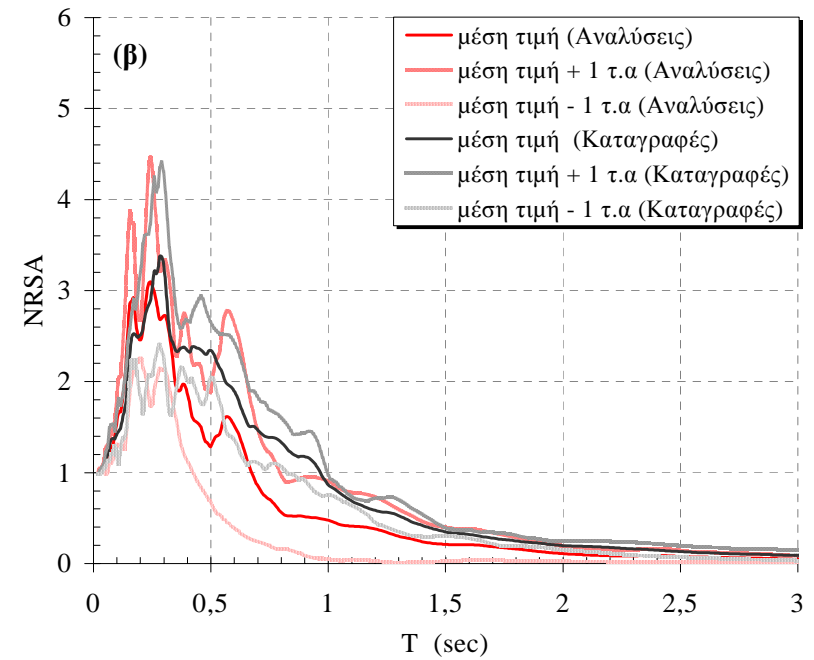
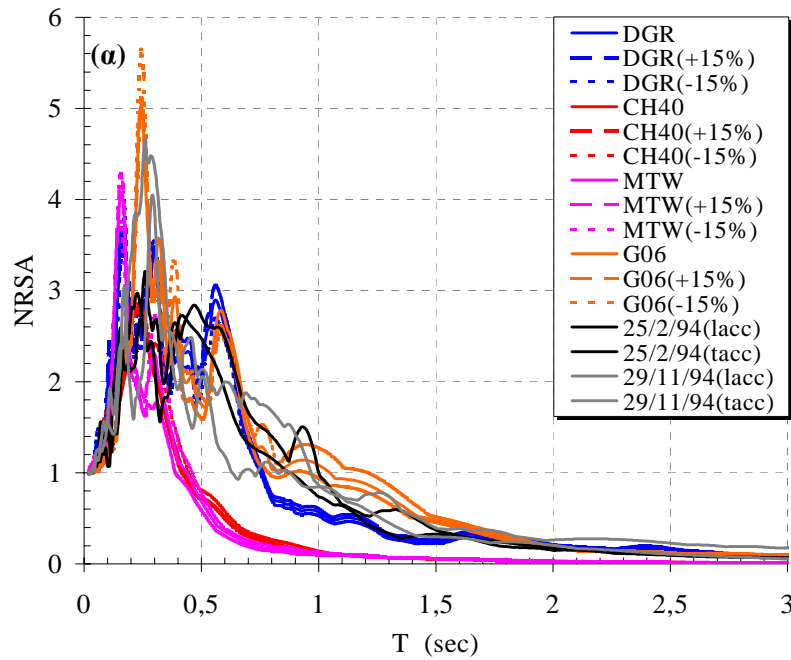
Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση **Κοζάνη - Νομαρχία**. Σύγκριση φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμοί διέγερσης που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1.



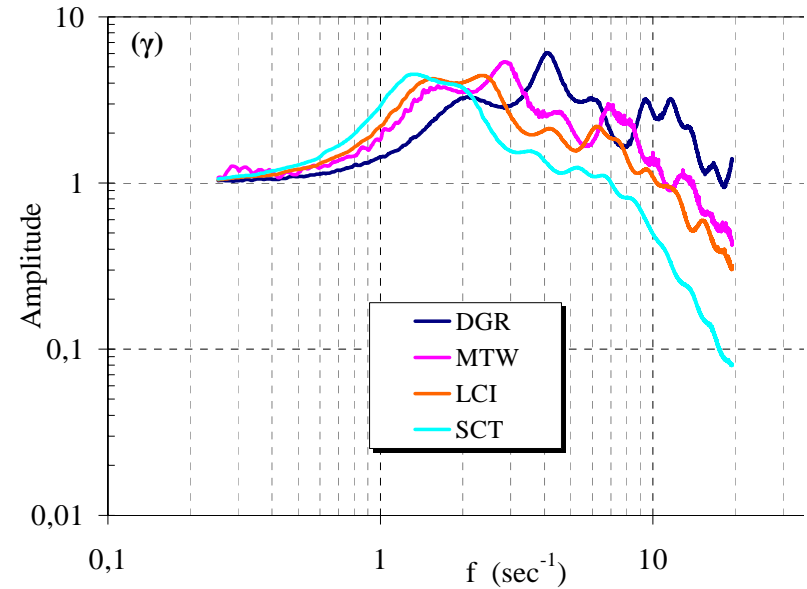
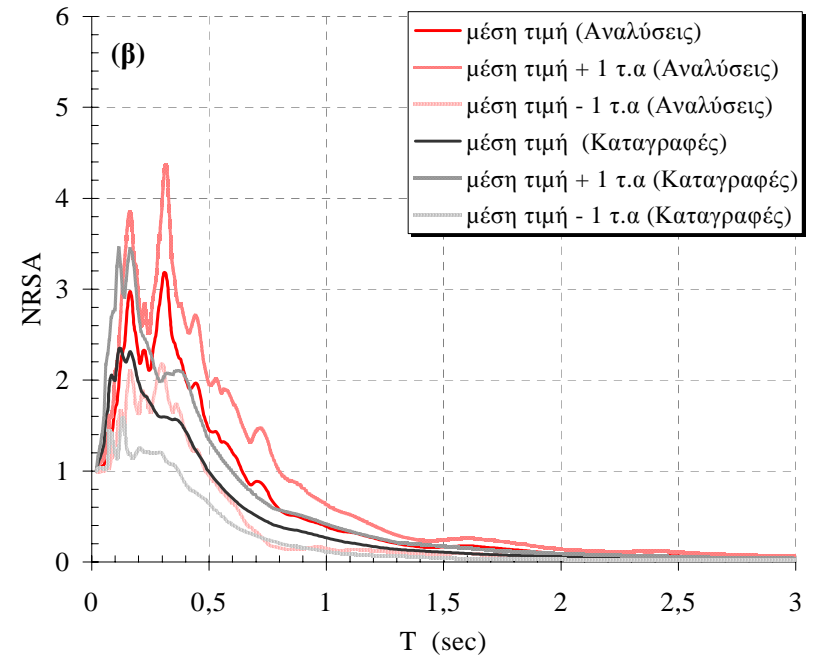
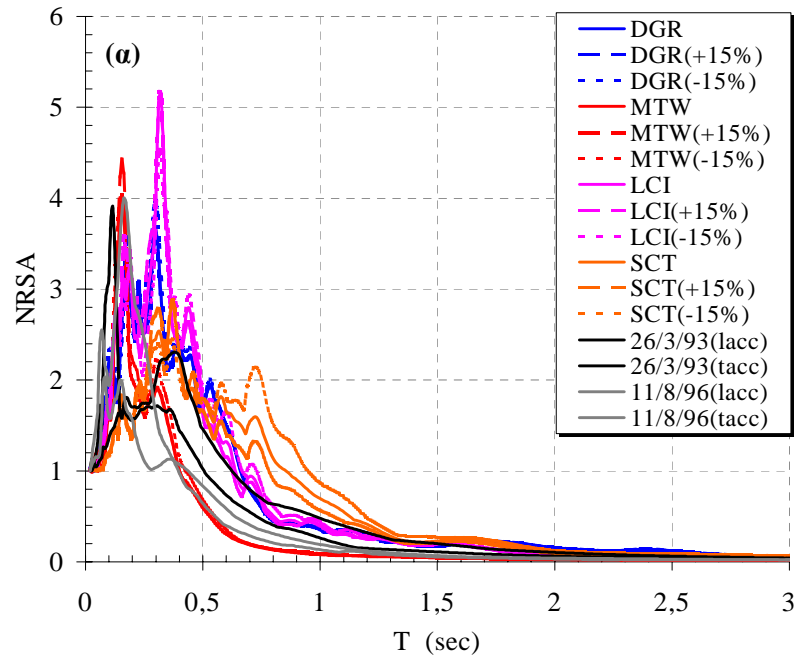
Σχήμα 6.6: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση **Αίγιο - Ο.Τ.Ε.** Σύγκριση φάσμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμικοί διέγερσης που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1.



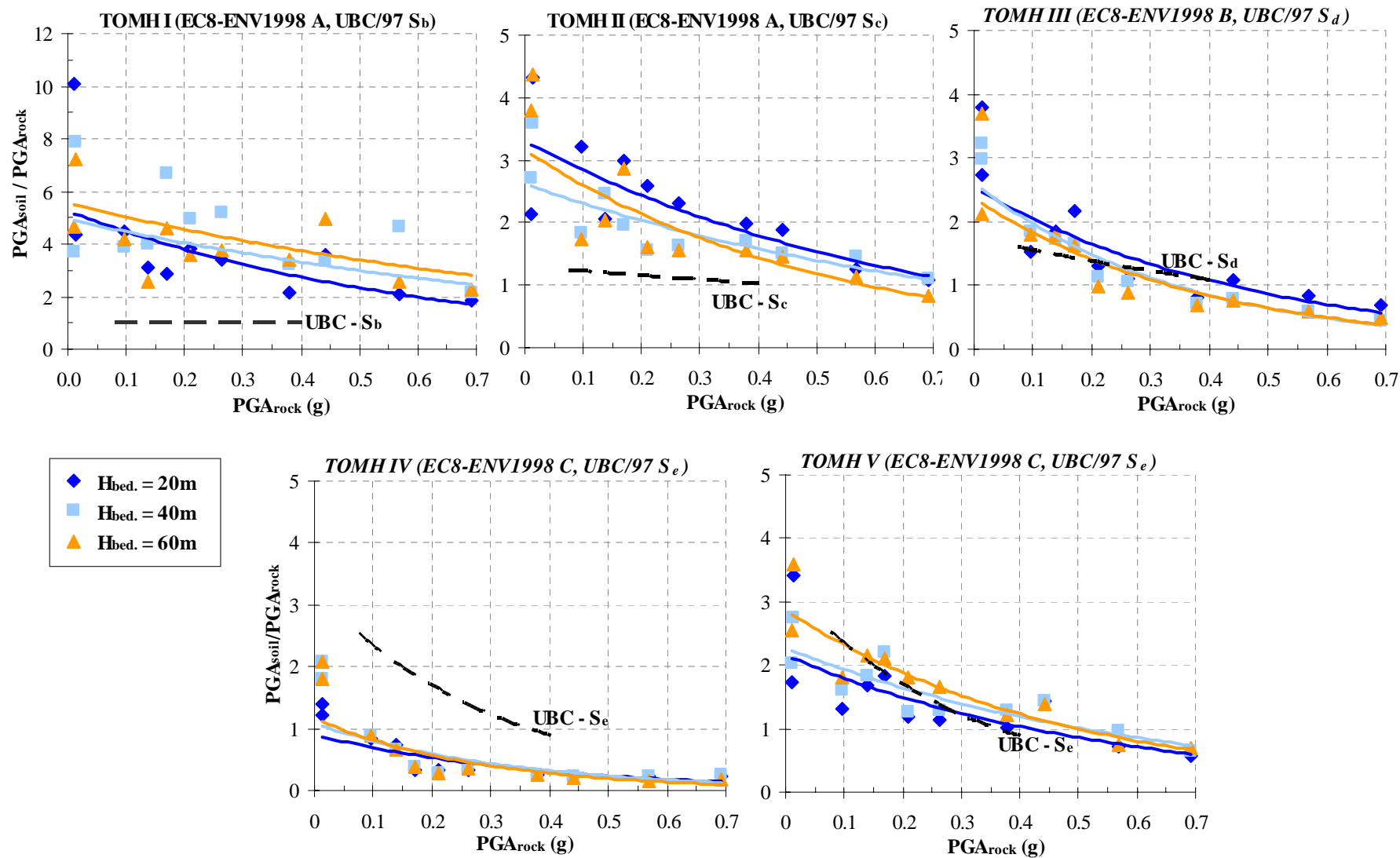
Σχήμα 6.7: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση Αλμυρός - Δημαρχείο. Σύγκριση φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμολογικοί δεικτες που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1



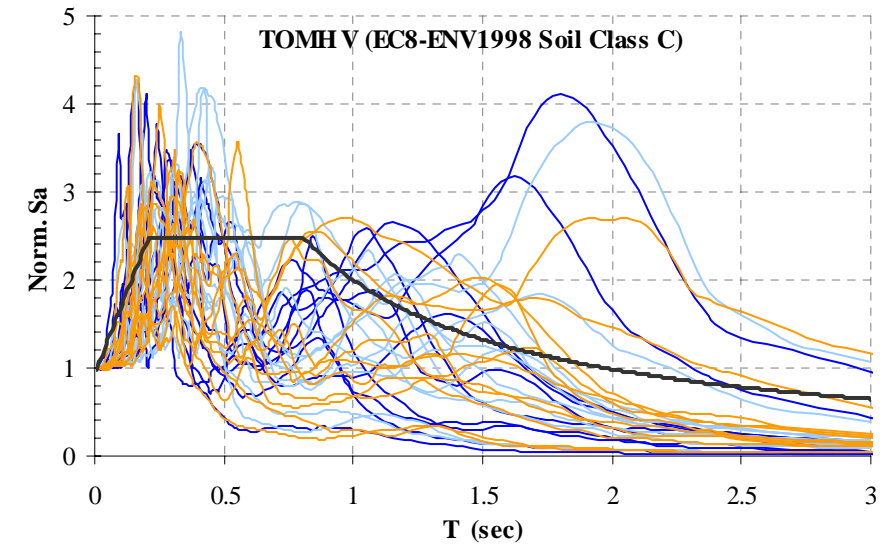
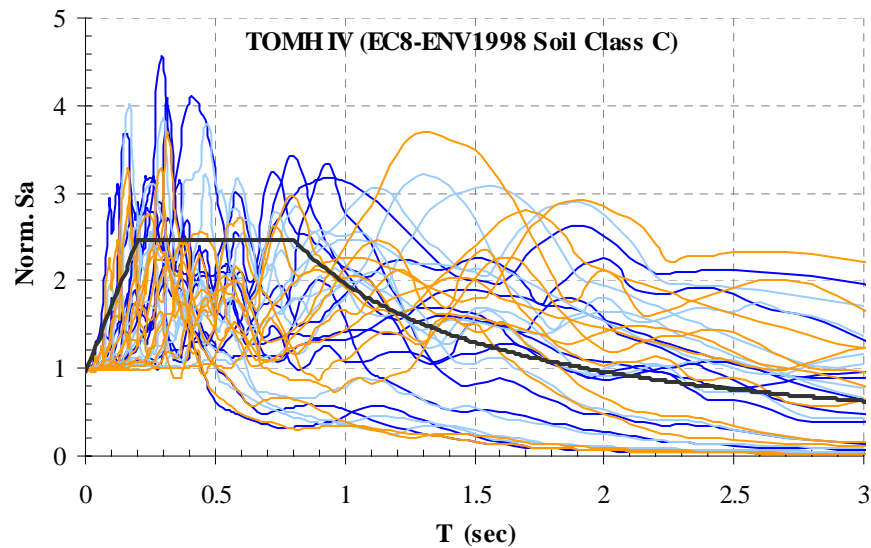
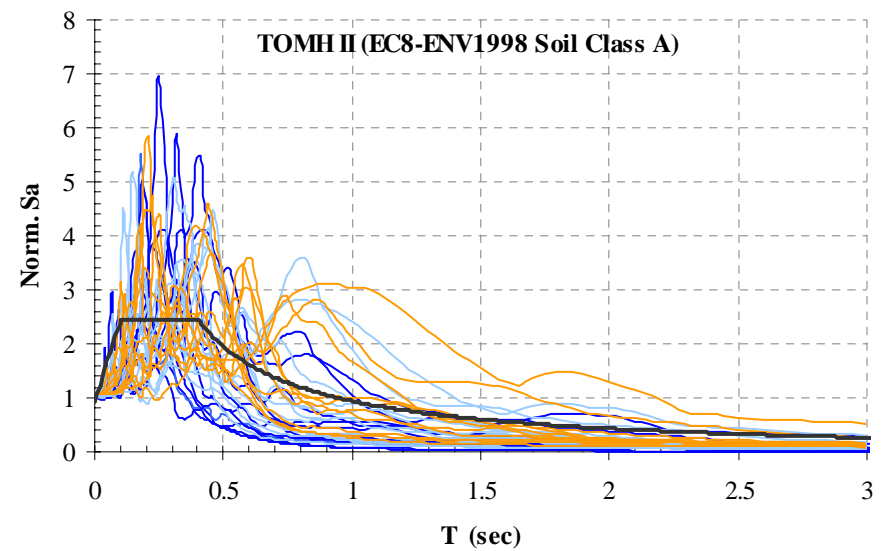
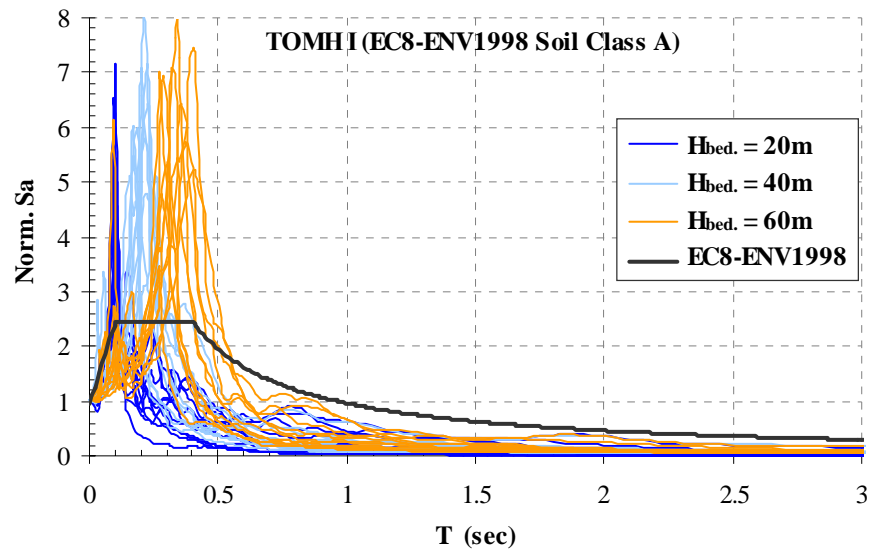
Σχήμα 6.8: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση *Λευκάδα - Νοσοκομείο*. Σύγκριση φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμολογικές διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1.



Σχήμα 6.9: Αποτελέσματα 1-D αναλύσεων στη θέση Πύργος - Α.Τ.Ε. Σύγκριση φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης με αντίστοιχα καταγραφών (α) & (β), συναρτήσεις μεταφοράς (γ). Οι σεισμολογικές διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, αναφέρονται με βάση τους κωδικούς των σταθμών καταγραφής του Πίνακα 6.1.



Σχήμα 6.11: Αποτελέσματα αναλύσεων σεισμικής απόκρισης των εδαφικών ομοιοτήτων του Σχήματος 6.10 - Μεταβολή της ενίσχυσης της κορυφαιάς εδαφικής επιτάχυνσης από το βράχο στην επιφάνεια συναρτήσει της κορυφαιάς τιμής στο βράχο.



Σχήμα 6.12: Αποτελέσματα αναλύσεων σεισμικής απόκρισης των εδαφικών ομοιωμάτων του Σχήματος 6.10 - Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης στην επιφάνεια, κανονικοποιημένα ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης στην επιφάνεια.

Πίνακας 6.1: Στοιχεία σεισμικών καταγραφών διέγερσης βραχύδου υποβάθρου των θεωρητικών αναλύσεων

<i>Σεισμικό Γεγονός</i>	<i>Ημερομηνία</i>	<i>Κωδικός Σταθμού Καταγραφής</i>	<i>Γεωλογία</i>	<i>PGA (m/s²)</i>	<i>Επικεντρική Απόσταση (km)</i>	<i>Μέγεθος Σεισμού</i>	<i>Εστιακό Βάθος (km)</i>	<i>Δεσπόζουσα Περίοδος (sec)</i>
Αρναία, GR	04/05/1995	PRO	“Οιωνεί’ βράχος	0.118	32.0	5.8	9.0	0.090
Northridge, CA	17/01/1994	DGR	Metamorphic rock	0.131	153.3	6.7	19.0	0.302
Θεσσαλονίκη, GR	04/07/1978	CH40	Βράχος	0.945	15.0	5.1	6.0	0.214
Whittier, CA	04/10/1987	MTW	Granitic rock	1.360	17.2	5.3	14.0	0.141
Loma Prieta, CA	18/10/1989	G06	Rock	1.669	35.2	7.0	17.6	0.238
Κοζάνη, GR	13/05/1995	PRE	Στιφρή άργιλος	2.060	20.0	6.3	14.0	0.194
Northridge, CA	17/01/1994	LCI	Sedimentary Rock	2.580	38.3	6.7	19.0	0.176
Northridge, CA	17/01/1994	SCT	Rock	3.715	14.0	6.7	19.0	0.306
Loma Prieta, CA	18/10/1989	G01	Rock	4.336	28.4	7.0	17.6	0.384
Northridge, CA	17/01/1994	ORR-L	Sandstone	5.042	40.1	6.7	19.0	0.544
Northridge, CA	17/01/1994	ORR-T	Sandstone	5.574	40.1	6.7	19.0	0.258
Kobe, JP	17/01/1995	(PR3 –83m)	Dense gravel	6.780	12.0	7.2	15.0	0.351

7. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Βασικό αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση της επεξεργασίας, αξιολόγησης και φυσικής ερμηνείας των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης. Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται από τα ακόλουθα βήματα:

- οργάνωση βάσης αποτελεσμάτων παραμετρικών, μονοδιάστατων αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο *Κεφ.6*.
- υπολογισμός (για το σύνολο των αναλύσεων) των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, εκφρασμένων με το λόγο των φασματικών επιταχύνσεων στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιωμάτων προς τις αντίστοιχες τιμές στο βράχο, για διάφορες τιμές φασματικών περιόδων.
- στατιστική επεξεργασία των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης και αξιολόγηση - φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων, στα πλαίσια της τελικής πρότασης εδαφικών κατηγοριών και του καθορισμού συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε μία από τις προτεινόμενες κατηγορίες εδάφους
- αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων με ενόργανες μετρήσεις.

7.2 ΒΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Για την καλύτερη οργάνωση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών, μονοδιάστατων αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, δημιουργήθηκε σχετική βάση δεδομένων, ενδεικτικό απόσπασμα της οποίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.1. Πρόκειται για βάση, η οποία έχει διαμορφωθεί σε περιβάλλον *Excel* και περιλαμβάνει στοιχεία και πληροφορίες (με κωδικοποιημένη ή αριθμητική μορφή) για το σύνολο των αναλύσεων που εκτελέστηκαν και πιο συγκεκριμένα:

- κωδικοποιημένη ονομασία των εδαφικών ομοιομάτων
- χαρακτηριστικά του σεισμού διέγερσης, όπως ο σταθμός καταγραφής, το μέγεθος σεισμού, η κορυφαία τιμή επιτάχυνσης, η δεσπόζουσα περίοδος και οι τιμές φασματικής επιτάχυνσης για συγκεκριμένες τιμές περιόδων: $T = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.25, 2.5 \text{ sec}$
- περιγραφή των εδαφικών ομοιομάτων: βάθος και ταχύτητα (V_{sbed}) βραχώδους υποβάθρου, στρωματογραφία, μεταβολή ταχυτήτων V_s των εδαφικών αποθέσεων, καμπύλες μεταβολής G/G_0 - γ - D , ιδιοπερίοδος και σταθμισμένη μέση τιμή ταχυτήτων (T_{030}), (V_{s30}) εδαφικής στήλης για τα 30 πρώτα μέτρα και (T_{0bed}), ($V_{s\mu,bed}$) για το συνολικό βάθος έως το βράχο, λόγος ταχυτήτων ($V_{s\mu,bed}/V_{sbed}$) εδαφικών αποθέσεων και βραχώδους υποβάθρου και κατάταξη εδαφικών ομοιομάτων σύμφωνα με τις κανονιστικές διατάξεις των *EAK2000*^[10], *EC8-ENV1998*^[7], *EC8-prEN1998/Draft4*^[8], *UBC97*^[9], *NEHRP97*^[5] και το “σύστημα” εδαφικής κατηγοριοποίησης των *Seed and Dickenson*^[6,15].
- αποτελέσματα αναλύσεων: κορυφαία τιμή επιτάχυνσης και δεσπόζουσα περίοδος σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιομάτων, συντελεστής ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, απόλυτες και κανονικοποιημένες τιμές φασματικών επιταχύνσεων και συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης, εκφρασμένοι ως οι λόγοι των φασματικών επιταχύνσεων στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιομάτων προς τις αντίστοιχες τιμές στο βράχο, για τις τιμές περιόδων που αναφέρθηκαν και παραπάνω.

7.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Το μεγαλύτερο βάρος στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων δόθηκε στον υπολογισμό, τη μελέτη και την στατιστική επεξεργασία των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης (λόγοι των φασματικών επιταχύνσεων στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιομάτων προς τις αντίστοιχες τιμές στο βράχο). Μέσα από την συγκεκριμένη διαδικασία αναδεικνύεται και ποσοτικοποιείται ως ένα βαθμό η επίδραση που έχουν στη σεισμική απόκριση, παράγοντες που σχετίζονται με τον τύπο, τις μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών, τη στρωματογραφία, το λόγο της δυσκαμψίας μεταξύ των αποθέσεων και του βραχώδους υποβάθρου, τη μη γραμμική συμπεριφορά του εδάφους κ.α. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα οδηγήσει στην τελική πρόταση εδαφικών κατηγοριών και επιπλέον, θα αποτελέσει τη βάση για τον καθορισμό συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε μία από τις προτεινόμενες κατηγορίες εδάφους.

Οι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη, συγκρίνονται με τους αντίστοιχους, προτεινόμενους από τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς συντελεστές, οι οποίοι αποτυπώνονται στα Σχήματα 7.2-7.4, ως οι λόγοι των ελαστικών φασμάτων απόκρισης σχεδιασμού για τις διάφορες κατηγορίες εδάφους, προς το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα αναφοράς (συνθήκες 'βράχου', $V_s \geq 750$ m/sec). Από τη μελέτη των παραπάνω σχημάτων, προκύπτει ότι ενώ στον *EAK2000* και τον *EC8-ENV1998* (Σχήμα 7.2) οι συγκεκριμένοι συντελεστές μεταβάλλονται συναρτήσει της κατηγορίας του εδάφους και μόνο, ο *UBC97*, ο *NEHRP97* και πρόσφατα ο *EC8-prEN1998-Draft4 (2001)* εισάγουν και την επιρροή της έντασης της σεισμικής κίνησης στο βραχώδες υπόβαθρο. Αυτό γίνεται είτε με άμεση εξάρτηση των συντελεστών ενίσχυσης από την αναμενόμενη μέγιστη επιτάχυνση στο βράχο, δηλ. με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας (*UBC97*, *NEHRP97* - Σχήμα 7.4), είτε με την υιοθέτηση δύο τύπων σεισμών, ανάλογα με το μέγιστο αναμενόμενο σεισμικό μέγεθος *M* (*EC8-prEN1998-Draft4* - Σχήμα 7.3, Type1 – $M > 5.5$, Type2 – $M < 5.5$).

Προκειμένου λοιπόν, να γίνει εφικτή η μελέτη της επιρροής της έντασης του σεισμού διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου στη διαμόρφωση των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης και η άμεση σύγκριση με τις κανονιστικές διατάξεις, έγινε διαχωρισμός των θεωρητικών αναλύσεων με βάση την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης που προκύπτει από την εφαρμογή γνωστών σχέσεων εξασθένισης για την Ευρώπη και την Ελλάδα (*Theodulidis and*

Papazachos^[16], Sabetta and Pugliese^[14], Ambraseys^[1]), για συνθήκες βράχου και κοντινό σεισμό μεγέθους $M=5.5$. Η συγκεκριμένη τιμή PGA εκτιμήθηκε ίση με $0.2g$:

$$M < 5.5 \Rightarrow PGA_{rock} < 0.2g \quad M > 5.5 \Rightarrow PGA_{rock} > 0.2g$$

Στον Πίνακα 7.1 έχουν καταγραφεί οι ελάχιστες, μέγιστες και μέσες τιμές των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης που προέκυψαν από το σύνολο των θεωρητικών αναλύσεων, ανάλογα με το μέγεθος της PGA_{rock} , για ενδεικτικές τιμές περιόδων ($T=0, 0.1, 0.3, 0.6, 1.0, 1.6$ sec) και συγκεκριμένες ομάδες εδαφικών ομοιομάτων, ανάλογα:

- με την κατάταξη τους στις κατηγορίες εδάφους των αντισεισμικών κανονισμών (*EAK2000, EC8-ENV1998, EC8-prEN1998/Draft4, UBC97*)
- με την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στήλης T_{0bed} για το συνολικό βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο
- με τη σταθμισμένη μέση ταχύτητα της εδαφικής στήλης $V_{s\mu,bed}$ για το συνολικό βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο
- με το λόγο της δυσκαμψίας βραχώδους υποβάθρου και εδαφικών αποθέσεων, μέτρο του οποίου αποτελεί ο αντίστοιχος λόγος ταχυτήτων $V_{sbed} / V_{s\mu,bed} = \lambda$.

Από τη μελέτη των στοιχείων του Πίνακα 7.1 μπορεί να γίνει μία σειρά επισημάνσεων, οι οποίες συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Οι τιμές των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης μεταβάλλονται συναρτήσει τόσο του μεγέθους της μέγιστης επιτάχυνσης στο βράχο (PGA_{rock}), όσο και της τιμής της φασματικής περιόδου. Η συγκεκριμένη εικόνα γίνεται καλύτερα αντιληπτή μέσα από τα διαγράμματα των Σχημάτων 7.5 – 7.10, όπου παρουσιάζεται η διακύμανση των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (Sa_{rock}), για τις τιμές περιόδων του Πίνακα 7.1 και για ενδεικτικές ομάδες εδαφικών ομοιομάτων (με βάση τις εδαφικές κατηγορίες των *EC8-ENV1998, EC8-prEN1998/Draft4* και *UBC97*).

Σε γενικές γραμμές και συγκρίνοντας τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές, παρατηρείται μείωση των συντελεστών ενίσχυσης αυξανόμενης της μέγιστης επιτάχυνσης στο βράχο, κυρίως για μικρές έως μέσες τιμές φασματικών περιόδων ($T < 1.0$ sec). Αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη για την επιρροή μη γραμμικών φαινομένων στα χαρακτηριστικά της

σεισμικής απόκρισης, η οποία εκδηλώνεται κυρίως μέσω της αύξησης της ιδιοπεριόδου των εδαφικών αποθέσεων και της αύξησης της απόσβεσης υλικού, όταν αυξάνεται η ένταση της σεισμικής διέγερσης. Η μεγαλύτερη απόσβεση οδηγεί σε μειωμένες φασματικές ενισχύσεις, ανεξαρτήτως περιόδου. Καθώς όμως η επιρροή της είναι μεγαλύτερη στις υψίσυχνες κινήσεις, η μείωση των φασματικών ενισχύσεων είναι εντονότερη στην περιοχή μικρών περιόδων και κυρίως στην τιμή της PGA. (Η αύξηση της ιδιοπεριόδου των εδαφικών αποθέσεων δεν έχει ξεκάθαρη επιρροή στη σεισμική απόκριση, καθώς ανάλογα με το συχνοτικό περιεχόμενο του σεισμού διέγερσης, μπορεί να οδηγήσει σε περιόδους μεγαλύτερου ή μικρότερου «ενεργειακού» περιεχομένου).

Αναφορικά με το εύρος διακύμανσης και τη διασπορά που εμφανίζουν οι τιμές των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, η γενική εικόνα δείχνει ότι αυτές παρουσιάζουν τυχαία κατανομή, για τις διάφορες τιμές περιόδων. Για μέσες όμως κατηγορίες εδαφών (Σχήματα 7.6-7.9), στις οποίες ανήκει και η πλειοψηφία των εδαφικών ομοιομάτων που αναλύθηκαν, η διασπορά εμφανίζεται μεγαλύτερη σε μέσες τιμές περιόδων ($T=0.6 - 1.0$ sec).

- Οι ακραίες τιμές ενισχύσεων και απομειώσεων που έχουν καταγραφεί, αντιστοιχούν σε ιδιαίτερες περιπτώσεις εδαφικών ομοιομάτων, για τα οποία έχει γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο Κεφ.6 που προηγήθηκε. Πρόκειται ουσιαστικά για ιδιαίτερες περιπτώσεις εδαφικών συνθηκών, που είτε προδιαγράφονται ως ειδικές κατηγορίες σε κάποιους από τους αντισεισμικούς κανονισμούς, είτε εντάσσονται σε κάποιες γενικότερες, οι οποίες χρήζουν περαιτέρω διακριτοποίησης.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται η περίπτωση μεγάλων τιμών ενίσχυσης στην περιοχή των μικρών περιόδων, λόγω της παρουσίας επιφανειακών και μικρού πάχους εδαφικών στρώσεων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μικρή ακαμψία σε σχέση με τους υποκείμενους σχηματισμούς. Πρόκειται ουσιαστικά για εδάφη που μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία E του *EC8-prEN1998/Draft4* (Πίνακας 4.3, Σχήμα 7.10) και στα οποία η διαφορά δυσκαμψίας των εδαφικών στρώσεων (stiffness contrast) αναγνωρίζεται ότι έχει σημαντική επιρροή στη διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια (όπως φαίνεται και από τις αυξημένες τιμές στα φάσματα σχεδιασμού για την συγκεκριμένη κατηγορία εδάφους – Σχήματα 5.1-5.4). Ωστόσο, σημαντική φαίνεται να είναι και η επιρροή της μεμονωμένης ακαμψίας και του είδους του

εδαφικού υλικού του επιφανειακού στρώματος, καθώς σε περιπτώσεις πολύ μαλακού ($V_s < 150-200$ m/sec) και κατά κύριο λόγο αμμώδους σύστασης υλικού, έχουν καταγραφεί ακόμα και απομειώσεις των φασματικών τιμών επιτάχυνσης, όπως φαίνεται στα διαγράμματα του Σχήματος 7.10, κυρίως λόγω της μη γραμμικής συμπεριφοράς των εδαφών αυτών.

Γενικότερα και σε ότι αφορά τις απομειώσεις που παρατηρήθηκαν, αυτές συνδέονται κατά κύριο λόγο με παρουσία πολύ μαλακών εδαφικών στρώσεων (χωρίς να είναι ξεκάθαρη η επιρροή του βάθους εμφάνισής τους, βάσει των αποτελεσμάτων της σχετική σειράς παραμετρικών αναλύσεων που παρουσιάστηκαν στο Κεφ.6 – Σχήματα 6.19-6.21) και ισχυρών σεισμών διέγερσης, που όπως έχει ήδη επισημανθεί συνδέονται με εμφάνιση μη γραμμικής συμπεριφοράς. Εντονότερη είναι η συγκεκριμένη εικόνα για τα αμμώδη εδάφη (Σχήματα 6.11 & 6.15), τα οποία εμφανίζουν γενικώς μικρότερα “ανεκτά” όρια παραμορφώσεων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη μείωση του μέτρου διάτμησης και αύξηση της απόσβεσης, για μέσης και μεγάλης έντασης σεισμούς (*Vucetic-Dobry*^[17]).

- Από τη συσχέτιση των διαφόρων παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των εδαφικών ομοιομάτων (T_{0bed} , $V_{S_{\mu,bed}}$, $V_{S_{bed}} / V_{S_{\mu,bed}}$), προκύπτει πως δεν υπάρχει ακριβής αντιστοιχία μεταξύ αυτών και των προτεινόμενων από τους κανονισμούς εδαφικών κατηγοριών. Το γεγονός αυτό είναι απόρροια της χρήσης της μονοπαραμετρικής κλίμακας $V_{s,30}$ για τον χαρακτηρισμό των εδαφών από τους σύγχρονους κανονισμούς (*UBC/97*, *EC8-prEN1998/Draft4*), παραβλέποντας την σημαντική επιρροή που μπορεί να έχει το βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Η πληρότητα ενός νέου συστήματος εδαφικής κατηγοριοποίησης, όπως και αυτού που θα προκύψει από το συγκεκριμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα – Μελέτη, επιβάλλει τη διάκριση των εδαφών βάσει συγκεκριμένου γεωτεχνικού χαρακτηρισμού, που θα συμπεριλάβει τόσο τον παράγοντα της ακαμψίας, όσο και αυτόν του βάθους των εδαφικών σχηματισμών.

Ενδεικτικά της επιρροής που είναι δυνατό να έχουν στη σεισμική απόκριση, το βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο και οι υποκείμενοι των 30m εδαφικοί σχηματισμοί, είναι:

i) τα *Σχήματα 7.11 & 7.12*, όπου αποτυπώνεται η μεταβολή των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα που κατατάσσονται στις κατηγορίες C και D, αντίστοιχα, κατά *UBC/97* (ή B και C, αντίστοιχα, κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), μεταβαλλόμενου του βάθους του βραχώδους υποβάθρου

ii) το *Σχήμα 7.13*, όπου παρουσιάζεται η μεταβολή των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης συναρτήσει της τιμής της ιδιοπεριόδου της εδαφικής στήλης T_{0bed} (προτεινόμενες μέθοδοι υπολογισμού παρουσιάζονται στον *Πίνακα 7.2^[4]*), η οποία αποτελεί μέτρο τόσο των δυναμικών ιδιοτήτων, όσο και του συνολικού βάθους των εδαφικών σχηματισμών.

Η βασική διαφοροποίηση που παρατηρείται, λόγω της αύξησης του βάθους του βραχώδους υποβάθρου και της επακόλουθης αύξησης της ιδιοπεριόδου T_{0bed} , έγκειται στην μετατόπιση των κορυφαίων φασματικών ενισχύσεων σε αντίστοιχα μεγαλύτερες τιμές φασματικών περιόδων. Αυτό συμβαίνει ανεξαρτήτως του μεγέθους της μέγιστης επιτάχυνσης στο βράχο, το οποίο όμως επηρεάζει σημαντικά τα πλάτη των μέσων φασματικών ενισχύσεων στην περιοχή των μικρών περιόδων, σύμφωνα και με όσα προαναφέρθηκαν.

- Αξιοσημείωτη είναι τέλος και η επιρροή του είδους των εδαφικών σχηματισμών, είτε πρόκειται για μεταβολή των φυσικών παραμέτρων τους (π.χ σχετική πυκνότητα άμμων, πλαστικότητα αργιλικών εδαφών κ.α), είτε για μεταβολή του ίδιου του υλικού. Σε κάθε περίπτωση, η συγκεκριμένη επιρροή εκφράζεται μέσω της διαφορετικής μη γραμμικής συμπεριφοράς των εδαφικών υλικών, η οποία είναι συνάρτηση και διαφόρων άλλων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η γεωλογική ηλικία^[12,13].

Ενδεικτικά των παραπάνω είναι τα *Σχήματα 7.14 & 7.15*, όπου αποτυπώνεται η μεταβολή των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα που κατατάσσονται στις κατηγορίες C και D, αντίστοιχα, κατά *UBC/97* (ή B και C, αντίστοιχα, κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), μεταβαλλόμενου του είδους του εδαφικού υλικού. Ο αριθμός αναλύσεων που κατέστη δυνατόν να πραγματοποιηθούν στα πλαίσια του Προγράμματος, επιτρέπει την εξαγωγή τουλάχιστον προκαταρκτικών συμπερασμάτων αναφορικά με τον ακριβή τρόπο επιρροής του εδαφικού υλικού στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Έχει όμως ήδη επισημανθεί, η ιδιαίτερη

συμπεριφορά των σχετικά μικρού πάχους στρώσεων μαλακής άμμου, η οποία αποτυπώνεται εν μέρει και στο Σχήμα 7.15.

7.3 ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, είναι δυνατή η σύγκριση με τους αντίστοιχους συντελεστές που προτείνονται από τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, οι οποίοι αποτυπώνονται στα Σχήματα 7.2-7.4. Με δεδομένη την επιρροή της έντασης της σεισμικής κίνησης στο βράχο, η οποία λαμβάνεται υπόψη στις διατάξεις τόσο του *UBC97*, όσο και του *EC8-prEN1998/Draft4*, το σύνολο των συγκρίσεων που ακολουθεί γίνεται ανάλογα με την τιμή της κορυφαίας τιμής επιτάχυνσης του σεισμού διέγερσης ($PGA_{rock} < 0.2g$ και $PGA_{rock} < 0.2g$), βάσει των όσων αναφέρθηκαν εκτενώς στην προηγούμενη παράγραφο.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 7.1 προκύπτει ότι η πλειοψηφία των εδαφικών ομοιομάτων που εξετάστηκε, κατατάσσεται στις κατηγορίες C και D κατά *UBC/97* (ή B και C, αντίστοιχα, κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), οι οποίες αντιπροσωπεύουν και την πλειονότητα των εδαφικών συνθηκών που συναντώνται στην πράξη. Θεωρήθηκε επομένως σκόπιμο να δοθεί ιδιαίτερο βάρος στη μελέτη των συγκεκριμένων κατηγοριών, καθώς το μεγαλύτερο στατιστικό δείγμα αυξάνει την αξιοπιστία των σχετικών αποτελεσμάτων. Στα Σχήματα 7.16 – 7.19 παρουσιάζεται η μεταβολή των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης για τις συγκεκριμένες εδαφικές κατηγορίες, ως συνάρτηση της περιόδου και της έντασης της σεισμικής κίνησης. Αποτυπώνεται επίσης το μέγεθος των τυπικών αποκλίσεων και γίνεται αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων του παρόντος Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, τόσο με τις σχετικές κανονιστικές διατάξεις, όσο και με αποτελέσματα πρόσφατης, αντίστοιχης εργασίας των *Anastasiadis and Klimis*^[3]. Οι βασικές επισημάνσεις που μπορούν να γίνουν είναι οι εξής:

- Ανεξάρτητα από την κατηγορία εδάφους, οι προτεινόμενοι μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης παρουσιάζουν μεγαλύτερες διαφορές από τους αντίστοιχους των κανονισμών και μεγαλύτερες τιμές τυπικής απόκλισης, για την περίπτωση των ασθενών καταγραφών διέγερσης ($PGA_{rock} < 0.2g$) και για τιμές φασματικών περιόδων $T < 1.2-1.5$ sec.

- Για την κατηγορία εδάφους C κατά *UBC/97* (B κατά *EC8-prEN1998/Draft4* και *EAK2000*), οι μέγιστες τιμές των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης καταγράφονται σε τιμές περιόδων 0.6-1.0 sec, όπου και παρατηρείται σημαντική αύξηση σε σχέση με τους αντίστοιχους συντελεστές των κανονισμών. Αυξημένοι συντελεστές ενίσχυσης εμφανίζονται επίσης στην περιοχή των μικρών περιόδων (0.1-0.4 sec), για σεισμούς διέγερσης μικρής έντασης ($PGA_{rock} < 0.2g$). Είναι χαρακτηριστικό, ότι για τις παραπάνω περιπτώσεις οι διατάξεις των κανονισμών συγκλίνουν με τα κάτω όρια (μέση τιμή – τυπική απόκλιση) των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων. Τα αποτελέσματα των *Anastasiadis and Klimis* ακολουθούν επίσης τα κάτω όρια των συντελεστών ενίσχυσης της παρούσας μελέτης για μέσες και μεγάλες τιμές περιόδων ($> 0,5$ sec), εμφανίζουν όμως μέγιστες τιμές ενίσχυσης στην περιοχή των μικρών περιόδων, οι οποίες είναι αυξημένες συγκριτικά με τους συντελεστές ενίσχυσης της παρούσας μελέτης. Οι παρατηρούμενες διαφορές αποδίδονται στο γεγονός ότι τα εδαφικά ομοιώματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω εργασία χαρακτηρίζονται από μικρότερο εύρος ιδιοπεριόδων (0.18-0.6 sec έναντι 0.2-0.9 στην παρούσα μελέτη) και αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι καταγραφές διέγερσης εμφανίζουν τιμές δεσπόζουσας περιόδου μεταξύ 0.1-0.4 sec, οδήγησε σε υψηλότερες τιμές συντελεστών ενίσχυσης σε μικρές περιόδους και αντίστοιχα χαμηλότερες τιμές συντελεστών για μεγαλύτερες τιμές περιόδων.
- Για την κατηγορία εδάφους D κατά *UBC/97* (C κατά *EC8-prEN1998/Draft4* και B ή Γ κατά *EAK2000*), οι μέγιστες τιμές των μέσων συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης καταγράφονται σε μέσες τιμές περιόδων (0.6-1.2 sec) για $PGA_{rock} < 0.2g$ και σε μεγαλύτερες περιόδους (1.0-2.0 sec) για $PGA_{rock} > 0.2g$. Σε ότι αφορά ειδικότερα την περίπτωση των ασθενών καταγραφών διέγερσης ($PGA_{rock} < 0.2g$), οι αντισεισμικοί κανονισμοί στο σύνολό τους φαίνεται να υποεκτιμούν τις φασματικές ενισχύσεις στις μικρές και κυρίως στις μέσες τιμές περιόδων, καθώς οι τιμές που προτείνονται ακολουθούν και πάλι τα κάτω όρια των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων της παρούσας μελέτης. Αντίστοιχες διαφορές παρατηρούνται και με τα αποτελέσματα των *Anastasiadis and Klimis*, γεγονός που πρέπει να αποδοθεί στις ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν τα εδαφικά ομοιώματα που εξετάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, πολλά από τα οποία αποτελούν ιδιαίτερες περιπτώσεις εδαφικών συνθηκών, οι

οποίες δεν προβλέπονται ή δεν έχουν ληφθεί κατάλληλα υπόψη στις διατάξεις των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών.

Βάσει των παραπάνω γενικών παρατηρήσεων προκύπτει μία τάση υποεκτίμησης των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης από τις διατάξεις των αντισεισμικών κανονισμών, στην περιοχή των μέσων περιόδων (0.5-1.0 sec). Με δεδομένο ότι η πλειοψηφία των εδαφικών ομοιομάτων που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη χαρακτηρίζεται από το συγκεκριμένο εύρος ιδιοπεριόδων, οι αυξημένες τιμές ενισχύσεων που υπολογίστηκαν από τις θεωρητικές αναλύσεις, αναδεικνύουν την επιρροή του βάθους και κατ' επέκταση της ιδιοπεριόδου των εδαφικών σχηματισμών στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Η συγκεκριμένη εικόνα είναι εντονότερη και επεκτείνεται στην περιοχή των μικρών περιόδων για την περίπτωση των ασθενών καταγραφών διέγερσης ($PGA_{rock} < 0.2g$), γεγονός που επιβεβαιώνει την επιρροή της έντασης του σεισμού διέγερσης και της μη γραμμικής συμπεριφοράς των εδαφικών υλικών. Σε κάθε περίπτωση, η ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων θα πρέπει ωστόσο να ελεγχθεί υπό το πρίσμα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν αρκετά από τα εδαφικά ομοιώματα που εξετάστηκαν στα πλαίσια των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης.

Σε ότι αφορά εδαφικά ομοιώματα που δεν ανήκουν στις εδαφικές κατηγορίες C και D κατά *UBC/97* (ή B και C, αντίστοιχα, κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), είναι δύσκολο να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα από τη στιγμή που ο αριθμός των θεωρητικών αναλύσεων που κατέστη δυνατό να πραγματοποιηθούν είναι σχετικά περιορισμένος. Για λόγους πληρότητας, αναφέρονται επιγραμματικά τα εξής:

- Για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας E κατά *UBC/97* και D κατά *EC8-prEN1998/Draft4* (Σχήμα 7.20), οι τυπικές αποκλίσεις που παρατηρούνται είναι αναμενόμενα μεγάλες, λόγω της διαφορετικής (μη γραμμικής) απόκρισης των μαλακών αργιλικών και αμμωδών εδαφών που εξετάστηκαν. Προκύπτει επομένως η ανάγκη διαχωρισμού των εδαφών μικρής ακαμψίας ανάλογα με το είδος του υλικού.
- Για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας E κατά *EC8-prEN1998/Draft4* (Σχήμα 7.21), οι υψηλές τιμές μέσων εδαφικών ενισχύσεων αλλά και τυπικών αποκλίσεων στην περιοχή των μικρών περιόδων (0.1-0.4 sec), επιβεβαιώνουν τις παρατηρήσεις που διατυπώθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο για την επιρροή των επιφανειακών εδαφικών στρώσεων μικρού πάχους και μειωμένης ακαμψίας σε σχέση με τους υποκείμενους σχηματισμούς. Σε σύγκριση μάλιστα με τις ενισχύσεις που προδιαγράφονται από τον *EC8-*

prEN1998/Draft4 για το συγκεκριμένο εύρος περιόδων, τα αποτελέσματα των θεωρητικών αναλύσεων είναι σημαντικά αυξημένα και σε ορισμένες περιπτώσεις οι ενισχύσεις που προκύπτουν είναι σχεδόν οι διπλάσιες.

7.4 ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ

Για την βαθμονόμηση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης και ειδικότερα των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, έγινε χρήση ενόργανων καταγραφών από την ελληνική επικράτεια, από τη βάση σεισμικών καταγραφών που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του συγκεκριμένου Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης. Με δεδομένο ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σταθμών καταγραφής, αλλά και των εδαφικών ομοιομάτων που μελετήθηκαν κατατάσσονται στις κατηγορίες εδάφους C και D κατά *UBC/97* (ή B και C, αντίστοιχα, κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), οι συγκρίσεις που έγιναν αφορούν αποκλειστικά στις συγκεκριμένες κατηγορίες και αποτυπώνονται στα *Σχήματα 7.22-7.31*. Η διαδικασία που εφαρμόστηκε αποτελείται από δύο στάδια:

- στο πρώτο, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στα διαγράμματα (α), γίνεται εκτίμηση του κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης στο βράχο, έχοντας ως βάση το αντίστοιχο φάσμα στο σταθμό καταγραφής και τους μέσους συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Ακολουθεί σύγκριση με τα αντίστοιχα μέσα φάσματα των σεισμών διέγερσης που χρησιμοποιήθηκαν στις θεωρητικές αναλύσεις και με αυτά που προκύπτουν από την εφαρμογή γνωστών, εμπειρικών σχέσεων εξασθένισης (*Sabetta and Pugliese^[14]*, *Ambraseys^[21]*) με βάση γνωστά στοιχεία για το μέγεθος του σεισμού που εξετάζεται και για την απόσταση του σταθμού καταγραφής από το επίκεντρο και το ρήγμα.
- στο δεύτερο, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στα διαγράμματα (β), ακολουθεί η αντίστροφη διαδικασία, καθώς γίνεται εκτίμηση των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, έχοντας ως βάση το φάσμα απόκρισης επιτάχυνσης της ενόργανης καταγραφής και υποθετικά φάσματα για συνθήκες βράχου (μέσα φάσματα σεισμών διέγερσης θεωρητικών αναλύσεων, φάσματα κανονισμών, φάσματα εμπειρικών σχέσεων εξασθένισης). Για την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης στο βράχο, από την οποία «αναρτώνται» τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης, είτε γίνεται εκτίμηση από τις

αντίστοιχες σχέσεις εξασθένισης, είτε γίνεται χρήση των τιμών σχεδιασμού που προδιαγράφονται από τον ΕΑΚ2000 ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας. Ακολουθεί σύγκριση των εκτιμώμενων συντελεστών ενίσχυσης με τους αντίστοιχους συντελεστές που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη και αυτούς των *Anastasiadis and Klimis*.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε σχετίζεται με το γεγονός ότι για τις ενόργανες καταγραφές που χρησιμοποιήθηκαν απουσιάζουν ταυτόχρονες καταγραφές σε συνθήκες βράχου, με αποτέλεσμα η σύγκλιση θεωρητικών αναλύσεων και ενόργανων μετρήσεων να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορθή εκτίμηση της κορυφαίας τιμής επιτάχυνσης και των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για συνθήκες βράχου. Με αυτό το δεδομένο, η σύγκριση των συντελεστών ενίσχυσης μπορεί να θεωρηθεί ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. Καλλιθέα, Καλαμάτα, Λευκάδα), ενώ σε άλλες η σύγκριση δεν είναι ικανοποιητική, ειδικά σε μεγάλες περιόδους. Οι επί μέρους διαφορές που παρατηρούνται, οφείλονται κατά βάση σε συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες των καταγραφών που εξετάστηκαν. Πιο συγκεκριμένα:

- όπως διαπιστώθηκε και κατά την επεξεργασία των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης σεισμικών καταγραφών (Κεφ.5), αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερα μικρές τιμές στην περιοχή των μέσων και μεγάλων περιόδων, γεγονός που πιθανότατα οφείλεται στο γενικότερο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον στην Ελλάδα (είδος ρηγμάτων, πάχος στερεού φλοιού κλπ). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. Χαλάνδρι, Κοζάνη, Αργοστόλι) αντίστοιχα μικροί συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης στις μεσαίες/μεγάλες περιόδους και αξιοσημείωτες διαφορές με τα αποτελέσματα των θεωρητικών αναλύσεων, όπου οι μέγιστες τιμές των συγκεκριμένων συντελεστών υπολογίστηκαν κατά κανόνα σε μέσες τιμές περιόδων 0.6-1.0 sec
- είναι εκ των προτέρων γνωστό, ότι συγκεκριμένες ενόργανες καταγραφές εμπεριέχουν την επιρροή παραγόντων όπως η κατευθυντικότητα και η τοπογραφία (π.χ Αίγιο) ή έντονες γεωλογικές ιδιαιτερότητες και ασυνέχειες, που είναι αδύνατο να προβλεφθούν στα πλαίσια των μονοδιάστατων αναλύσεων σεισμικής απόκρισης.
- τέλος, και σε ότι αφορά ειδικότερα την κατηγορία εδαφών D κατά *UBC/97* (C κατά *EC8-prEN1998/Draft4*), υπενθυμίζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εδαφικών

ομοιομάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις θεωρητικές αναλύσεις, και τα οποία αποτυπώνονται στους συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης που τελικά υπολογίστηκαν.

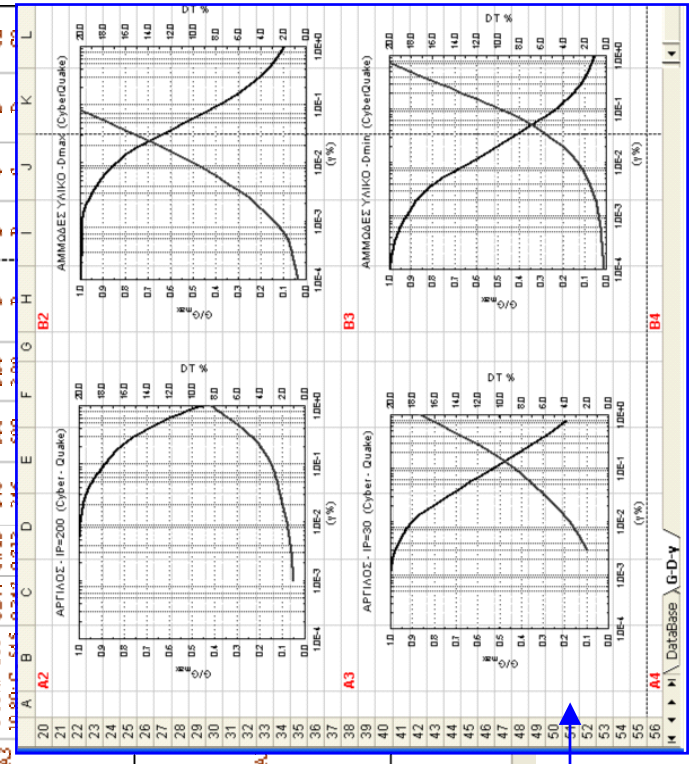
Με την αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές, ολοκληρώνεται ουσιαστικά η μελέτη και η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης, που πραγματοποιήθηκε με την επεξεργασία των σεισμικών καταγραφών, την εφαρμογή ενόργανων μεθόδων και τις θεωρητικές προσομοιώσεις της ισχυρής σεισμικής κίνησης. Τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, θα αποτελέσουν τη βάση για τις τελικές προτάσεις που θα διατυπωθούν στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας έκθεσης, στο οποίο γίνεται η σύνθεση και ο απολογισμός του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης.

7.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ambraseys, N.N. (1995)
‘The prediction of earthquake peak acceleration in Europe’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.24, pp.467-490.*
- [2] Ambraseys, N.N., Simpson, K.A., Bommer, J.J. (1996)
‘Prediction of horizontal response spectra in Europe’ *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.25, pp.371-400.*
- [3] Anastasiadis, A., Klimis, N. (2002)
‘Effects of soil non-linearities and site characteristics on evaluation of site coefficients’ *12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference 498.*
- [4] Bard P-Y. ()
‘Local effects on strong motion: basic physical phenomena and estimation methods for microzoning studies’ *Proceedings of the Advanced Study Course on Seismic Risk "SERINA – Seismic Risk : an integrated seismological, geotechnical and structural approach", Thessaloniki, Greece, 21-27 September 1997, ITSAK Editor, pp. 229-299.*
- [5] Building Seismic Safety Council (1997)
‘Recommended provisions for seismic regulations for new buildings’ *NEHRP.*
- [6] Dickenson, S.E., Seed, R.B. (1996)
‘Nonlinear dynamic response of soft and deep cohesive soil deposits’ *Proceedings of International Workshop on Site Response, Yokosuka, Japan, Vol.2, pp.67-81.*
- [7] European Committee for Standardization (1994)
‘Seismic action and general requirements for structures’ *EC8, ENV-1998, Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures, Part 1-1.*
- [8] European Committee for Standardization (2001)
‘General rules, seismic actions and rules for buildings’ *EC8, Draft No4, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1.*
- [9] International Conference of Building Officials (1997)
‘Structural engineering design provisions’ *Uniform Building Code, Vol.2.*
- [10] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (2000)
‘Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού’ *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Κεφ.2.*

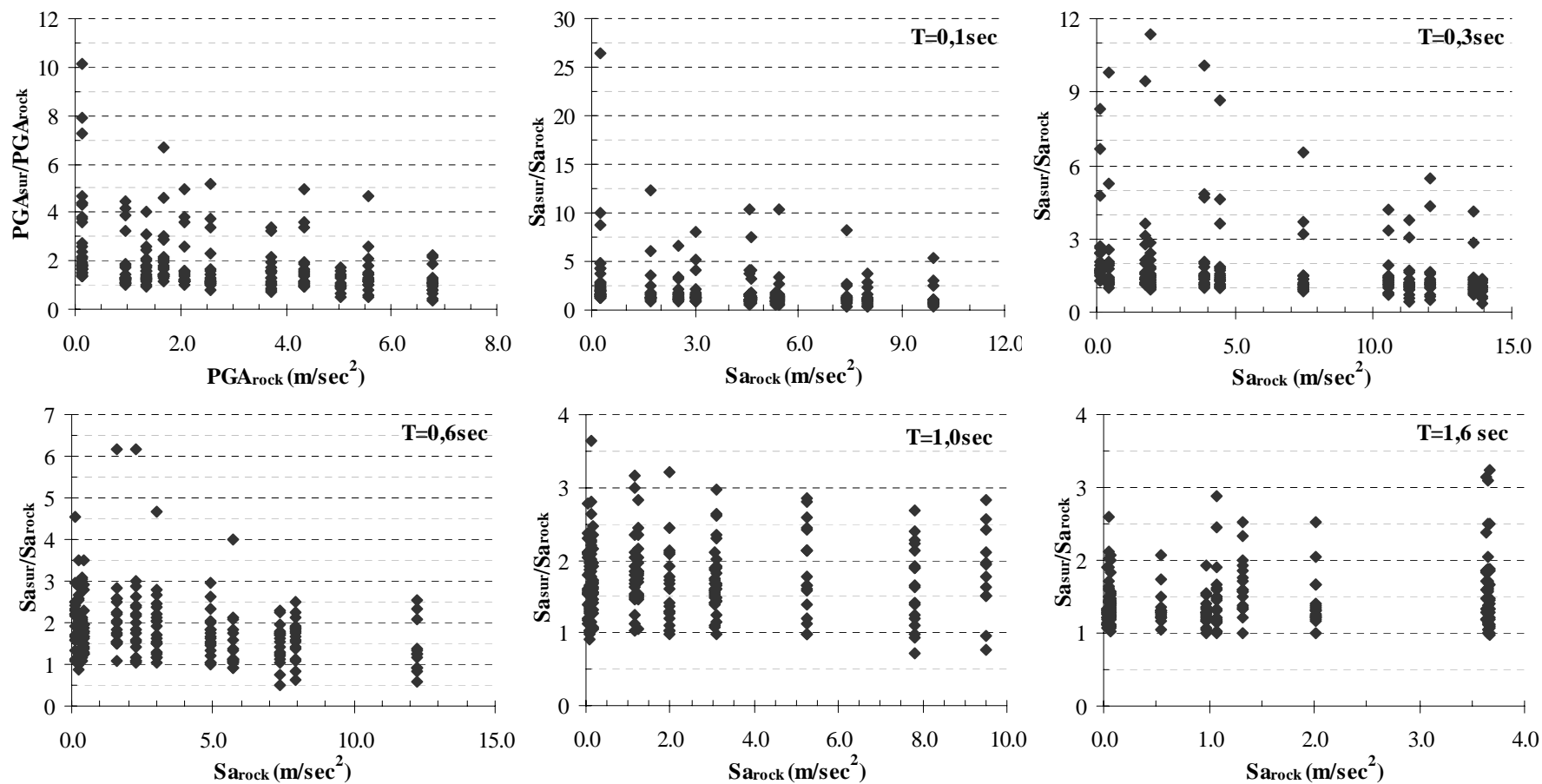
- [12] Rodriguez-Marek, A., Bray, J.D., Abrahamson, N. (1999)
'Characterization of site response – general site categories' *Pacific Earthquake Engineering Research Center, Task 3 (PEER 1999/03)*.
- [13] Rodriguez-Marek, A., Bray, J.D., Abrahamson, N. (2001)
'An empirical geotechnical seismic site response procedure' *Earthquake Spectra, Vol.17, No.1*.
- [14] Sabetta, F., Pugliese, A. (1996)
'Estimation of Response Spectra and Simulation of Nonstationary Earthquake Ground Motions' *Bull. Seism. Soc. Am., Vol.86, No.2, pp.337-352*.
- [15] Seed, R.B., Celnik, K.O., Moss, R.E.S (2001)
'Recent Advances in soil liquefaction Engineering and seismic site response evaluation' *Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, Istanbul, Turkey, August 23-24*.
- [16] Theodulidis, N.P., Papazachos, B.C. (1992)
'Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece: I. Peak horizontal acceleration, velocity and displacement' *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 11, pp.387-402*.
- [17] Vucetic M., Dobry, R. (1991)
'Effects of soil plasticity on cyclic response' *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.120, pp.2208-2228*.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	
ΚΑΤΑΚΟΙ ΟΜΟΚΛΑΣΙΑΣ							ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕΒΕΡΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΕΣ							ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΞΙΟΥ ΠΡΟΣΩΚΟΙΟΜΑΤΟΣ														
1	ΕΛΑΞΙΟΝ ΠΡΟΣΩΚΟΙΟΜΑΤΩΝ						ΔΙΕΥΘΕΣ							ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΞΙΟΥ ΠΡΟΣΩΚΟΙΟΜΑΤΟΣ														
2	ρ	P	ρ	ρ	ρ	P	Στερεο-Στροφ...	μ	FGA	To	W _{basic}	W _{basic}	Number of Soil Lay	Soil Charac	G-By cur	Comment	To _{so}	To _{so}	V ₃₀	V ₃₀	V _{ibac}	V _{ibac}	Eκκλ(φ ₀)	Eκκλ(φ ₀)	E _{1c}	E _{1c}	UB C _{adm}	Ser ¹
3	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Area	PRC	5.8	0.118	0.090	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
160	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Area	PRC	5.8	0.118	0.090	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
161	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Norht. 1	DGR	6.7	0.131	0.302	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
162	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Thessal	CH40	5.1	0.945	0.214	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
163	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Whittier	MTW	5.3	1.360	0.141	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
164	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	L.Priata 1	606	7.0	1.669	0.238	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
165	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Kozani	PRE	6.3	2.060	0.194	800	1500	1	S	B2		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1
166	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Norht. 2	LCI	6.7	2.580	0.176	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
167	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Norht. 3	ECT	6.7	3.715	0.306	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
168	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	L.Priata 2	601	7.0	4.336	0.384	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
169	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Norht. 4	ORR-L	6.70	5.043	0.544	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
170	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	Norht. 5	ORR-T	6.7	5.574	0.258	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
171	ID	MAN	0.14	0.14	0.14	0.14	H.Nambou	PR3-83m	7.2	6.780	0.351	800	1500	1	S		0.240	0.640	300	500	3.00	3.00	B	A	B	C	B1	
172	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Aretea	PRC	5.8	0.118	0.090	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
173	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Norht. 1	DGR	6.7	0.131	0.302	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
174	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Thessal	CH40	5.1	0.945	0.214	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
175	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Whittier	MTW	5.3	1.360	0.141	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
176	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	L.Priata 1	606	7.0	1.669	0.238	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
177	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Kozani	PRE	6.3	2.060	0.194	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
178	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Norht. 2	LCI	6.7	2.580	0.176	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
179	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Norht. 3	ECT	6.7	3.715	0.306	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
180	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	L.Priata 2	601	7.0	4.336	0.384	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
181	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Norht. 4	ORR-L	6.70	5.043	0.544	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
182	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	Norht. 5	ORR-T	6.7	5.574	0.258	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
183	ID	MAN	0.15	0.15	0.15	0.15	H.Nambou	PR3-83m	7.2	6.780	0.351	800	1500	2	M		0.347	0.713	346	500	3.00	3.00	B	B	C	D	C2	
184	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Aretea	PRC	5.8	0.118	0.090	800	1500	>2	M													L
185	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Norht. 1	DGR	6.7	0.131	0.302	800	1500	>2	M													L
186	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Thessal	CH40	5.1	0.945	0.214	800	1500	>2	M													L
187	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Whittier	MTW	5.3	1.360	0.141	800	1500	>2	M													L
188	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	L.Priata 1	606	7.0	1.669	0.238	800	1500	>2	M													L
189	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Kozani	PRE	6.3	2.060	0.194	800	1500	>2	M													L
190	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Norht. 2	LCI	6.7	2.580	0.176	800	1500	>2	M													L
191	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Norht. 3	ECT	6.7	3.715	0.306	800	1500	>2	M													L
192	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	L.Priata 2	601	7.0	4.336	0.384	800	1500	>2	M													L
193	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Norht. 4	ORR-L	6.70	5.043	0.544	800	1500	>2	M													L
194	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	Norht. 5	ORR-T	6.7	5.574	0.258	800	1500	>2	M													L
195	ID	MAN	0.16	0.16	0.16	0.16	H.Nambou	PR3-83m	7.2	6.780	0.351	800	1500	>2	M													L
196	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	Aretea	PRC	5.8	0.118	0.090	800	1500	>2	M													L
197	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	Norht. 1	DGR	6.7	0.131	0.302	800	1500	>2	M													L
198	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	Thessal	CH40	5.1	0.945	0.214	800	1500	>2	M													L
199	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	Whittier	MTW	5.3	1.360	0.141	800	1500	>2	M													L
200	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	L.Priata 1	606	7.0	1.669	0.238	800	1500	>2	M													L
201	ID	MAN	0.17	0.17	0.17	0.17	Kozani	PRE	6.3	2.060	0.194	800	1500	>2	M													L



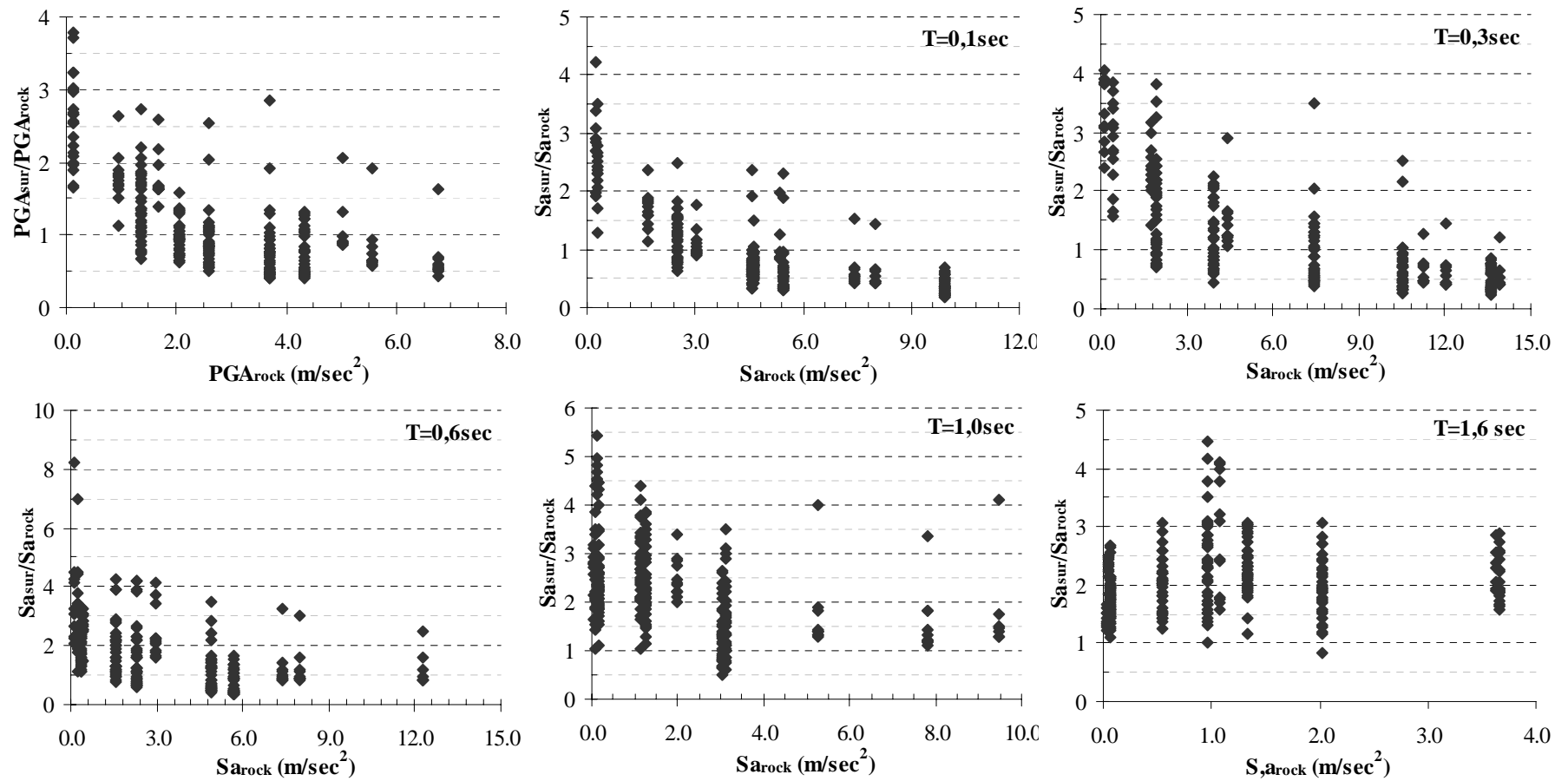
Σχήμα 7.1: Βάση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης (ενδεικτικό αποτέλεσμα)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8-Draft4 (prEN1998)	UBC97	Seed - Dickenson	T_{030}	T_{0bed}	V_{S30}	$V_{\mu bed}$
EC8-ENV1998 Soil Class A	218	A, B	A(-E), B, B(-E)	B, C, C-B	A, AB, B ₁ , B ₂ , C ₂	0.14-0.27	0.12-0.88	446-837	425-858



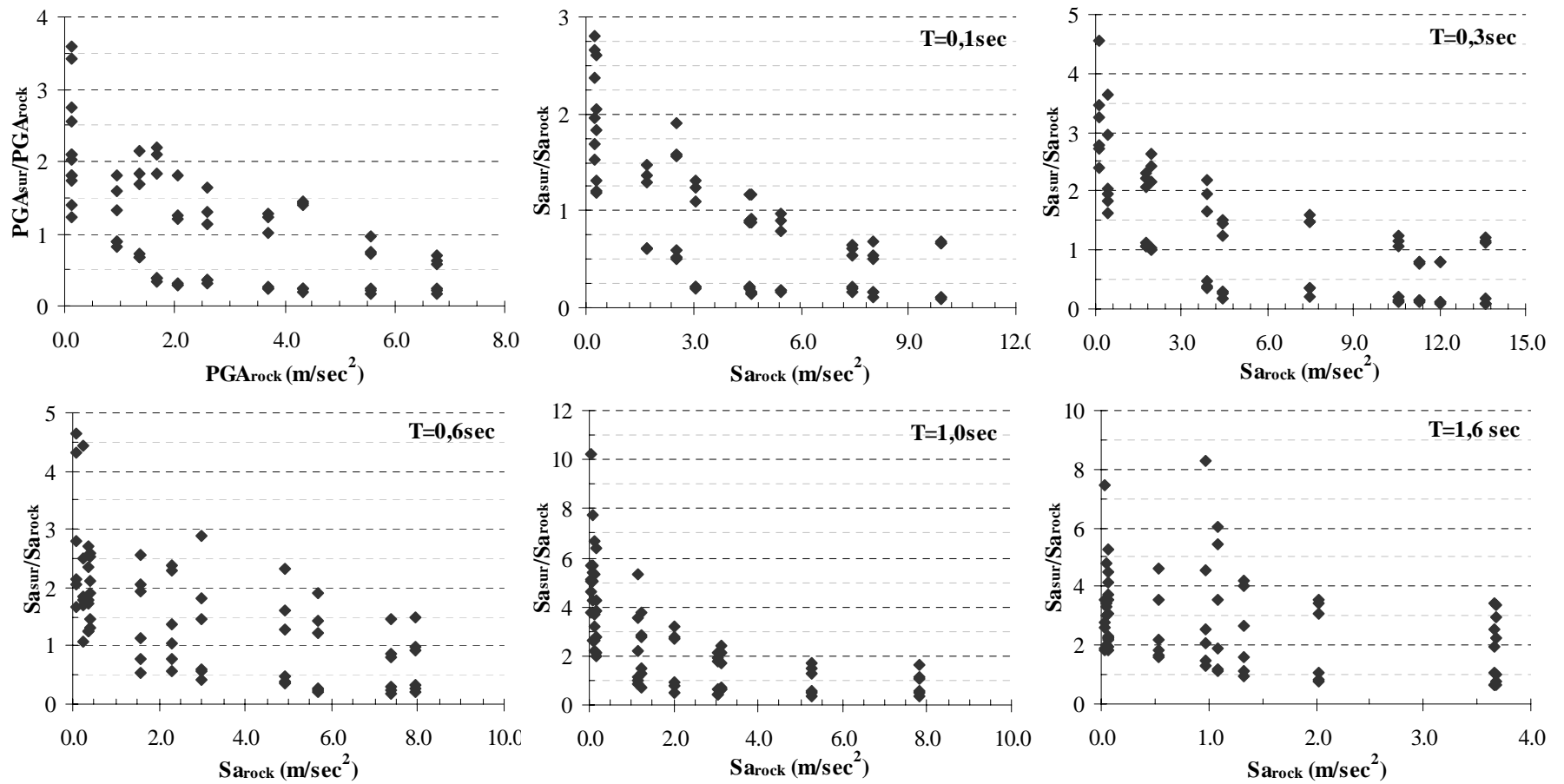
Σχήμα 7.5: Διακύμανση συντελεστήν εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομήγατος).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8-Draft4 (prEN1998)	UBC97	Seed - Dickenson	T ₀₃₀	T _{0bed}	V _{S30}	V _{Sμbed}
EC8-ENV1998 Soil Class B	253	B, B-Γ	B, C, C(-E)	C, D	A, B, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.25-0.53	0.22-0.91	229-473	225-525



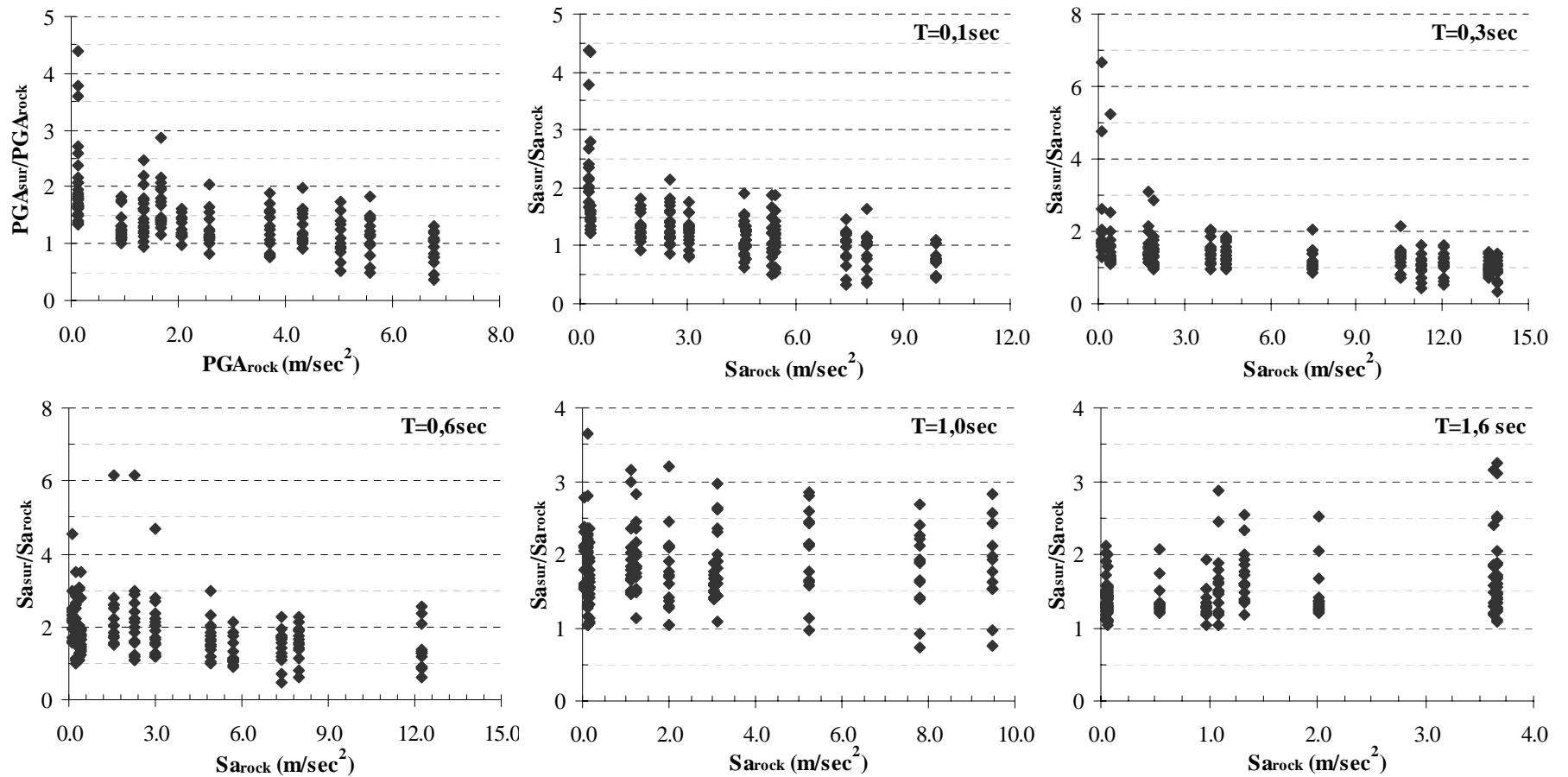
Σχήμα 7.6: Διακύμανση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομνήματος).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8-Draft4 (prEN1998)	UBC97	Seed - Dickenson	T_{030}	T_{0bed}	V_{S30}	$V_{\mu bed}$
EC8-ENV1998 Soil Class C (UBC97 Soil Class E)	66	Γ	D, D-E	E	B ₁ , C ₄ , D ₁	0.83-1.00	0.80-1.53	120-145	100-183



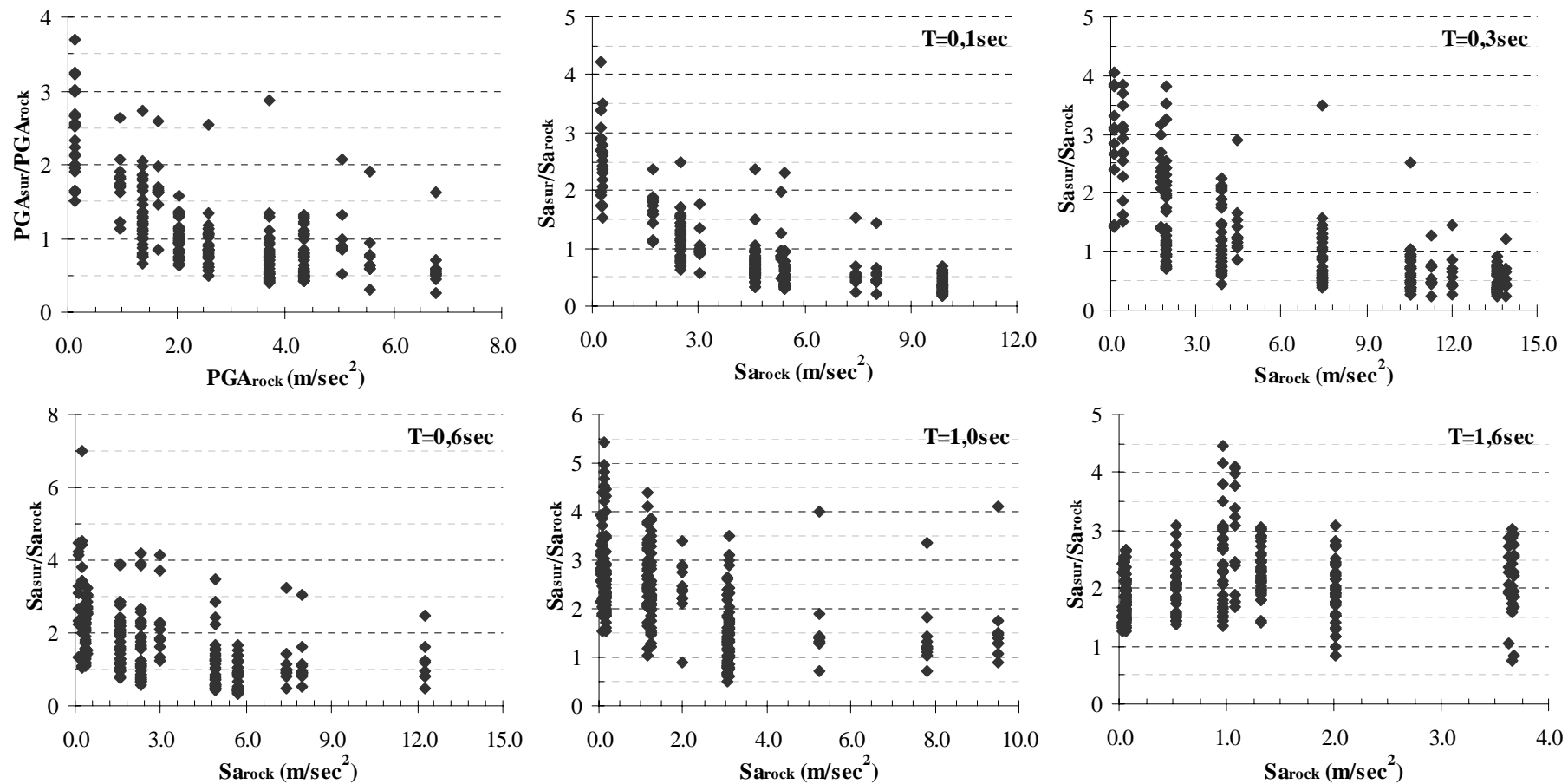
Σχήμα 7.7: Διακόμανση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομνήματος).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8 (ENV1998)	EC8-Draft4 (prEN1998)	Seed - Dickenson	T_{030}	T_{0bed}	V_{S30}	$V_{\mu bed}$
UBC97 Soil Class C (EC8-Draft4 Soil Class B)	182	A, B	A, B	B	A, AB, B ₁ , B ₂	0.17-0.27	0.22-0.88	446-700	423-700



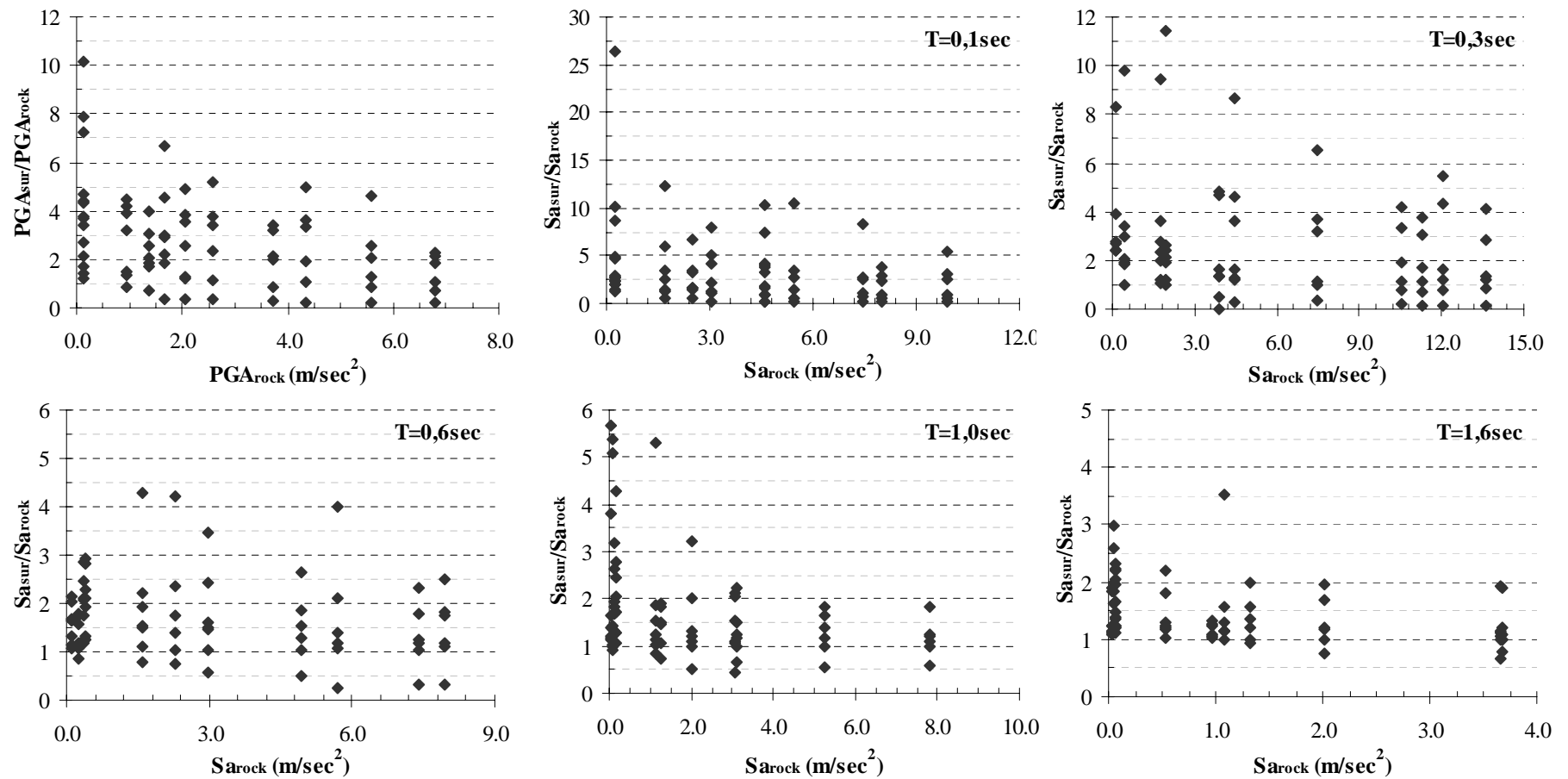
Σχήμα 7.8: Διακύμανση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομήματος).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8 (ENV1998)	EC8-Draft4 (prEN1998)	Seed - Dickenson	T_{030}	T_{0bed}	V_{S30}	$V_{\mu bed}$
UBC97 Soil Class D (EC8-Draft4 Soil Class C)	258	B, B-Γ	B, B-C	C	AB, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₃	0.34-0.53	0.36-0.98	229-350	225-525

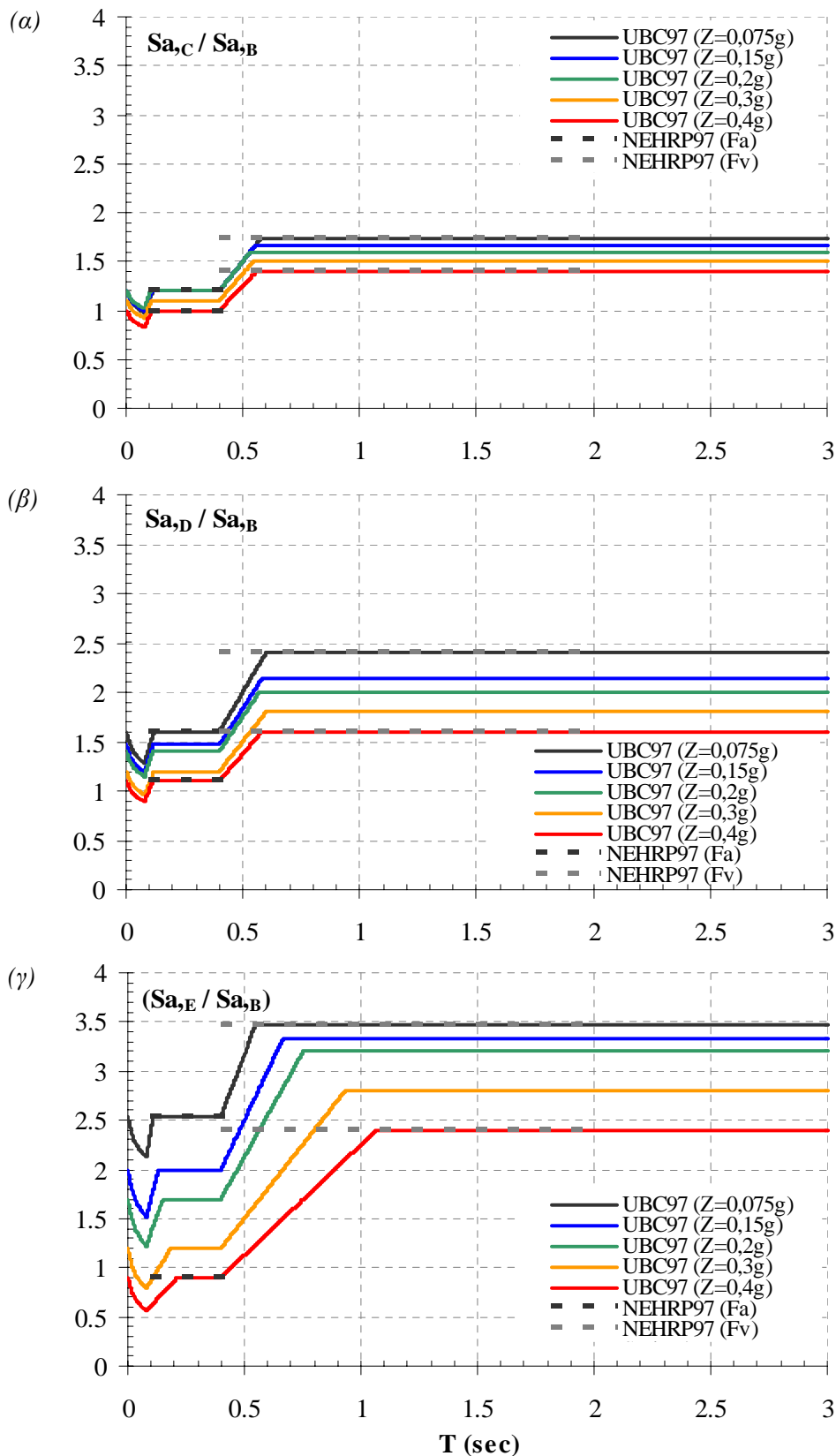


Σχήμα 7.9: Διακύμανση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομνήματος).

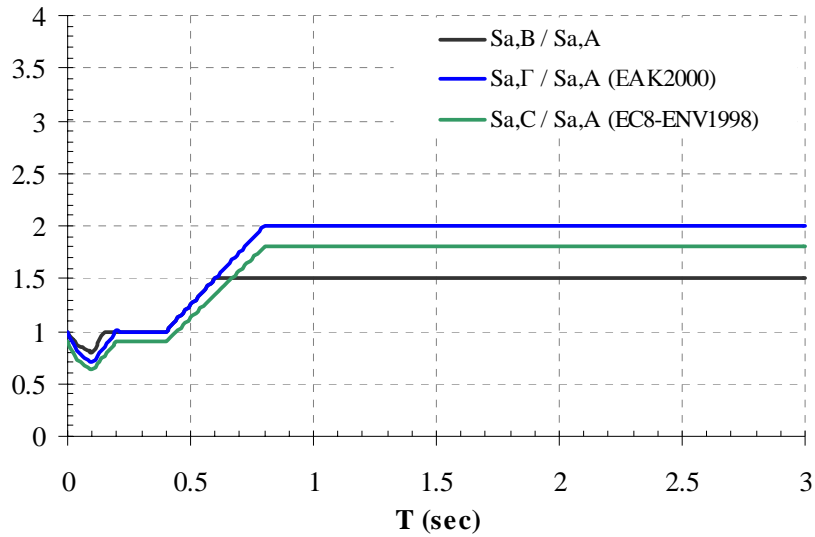
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ							
		ΕΑΚ2000	EC8 (ENV1998)	UBC97	Seed - Dickenson	T_{030}	T_{0bed}	V_{S30}	$V_{\mu bed}$
EC8-Draft4 Soil Class (-E)	77	A, B, Γ	A, B, C	B, C, D, E	A, AB, B ₁ , D ₁	0.14-0.83	0.12-0.80	145-837	100-858



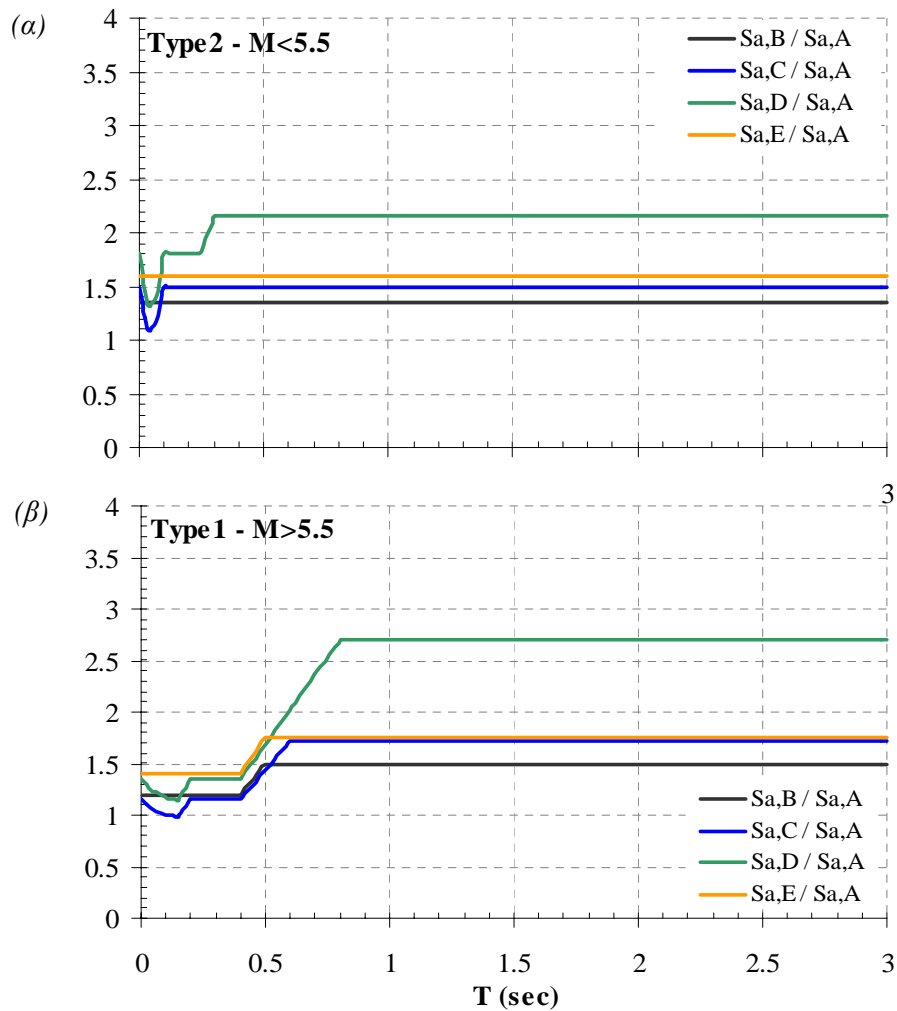
Σχήμα 7.10: Διακόμανση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης σε διάφορες τιμές φασματικών περιόδων T , συναρτήσει των φασματικών επιταχύνσεων στο βράχο (για τα εδαφικά ομοιώματα του υπομνήματος).



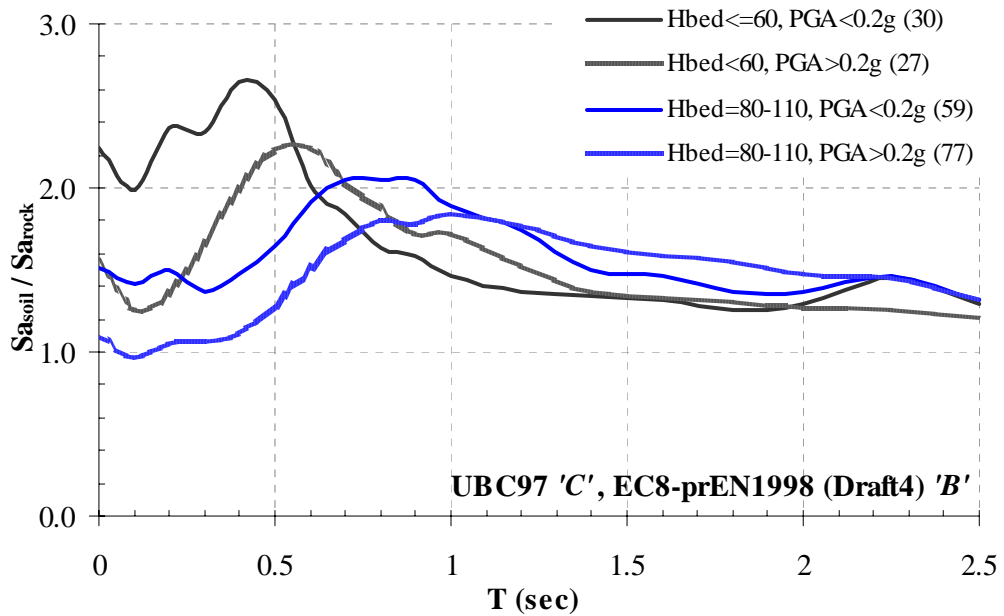
Σχήμα 7.4: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης κατά UBC97 και NEHRP97 (ακραίες τιμές), για εδάφη κατηγορίας C (α), D (β) και E (γ), συναρτήσει της ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας (μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση στο βράχο)



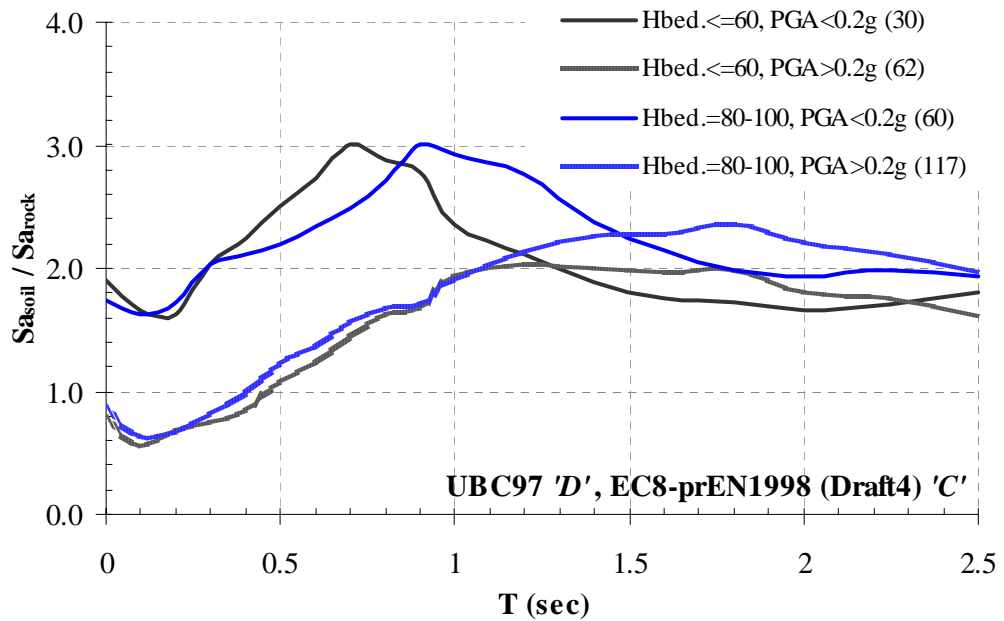
Σχήμα 7.2: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης κατά EAK2000 και EC8-ENV1998, συναρτήσει της κατηγορίας εδάφους



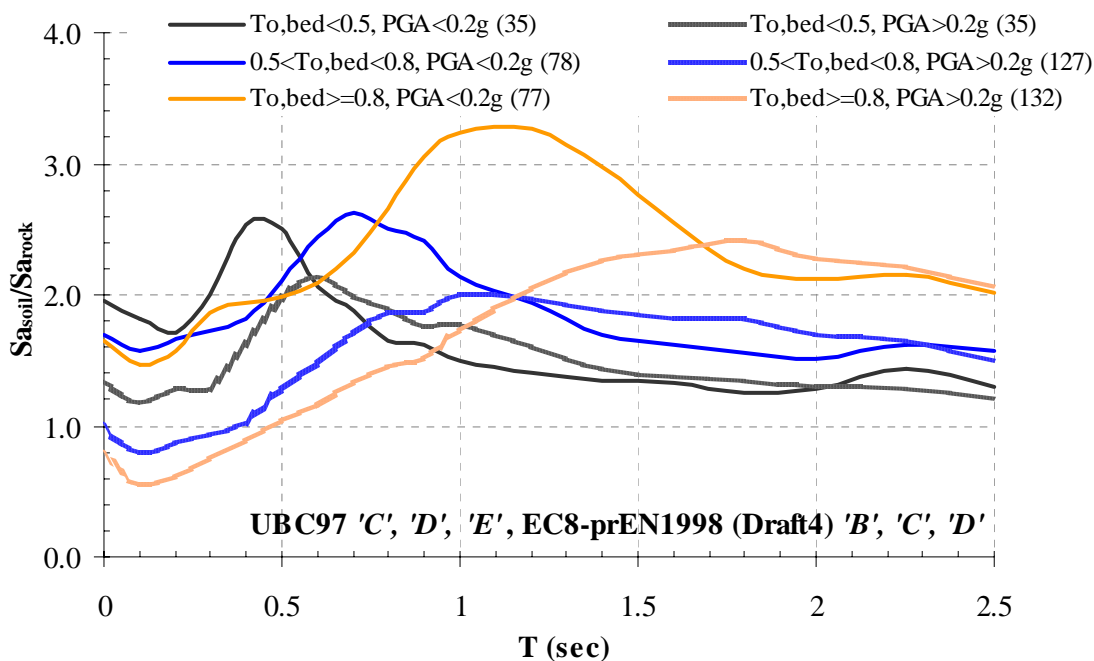
Σχήμα 7.3: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης κατά EC8-prEN1998/Draft4, για σεισμούς Type1 (α) και Type2 (β), συναρτήσει της κατηγορίας εδάφους.



Σχήμα 7.11: Μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας C κατά UBC97 και B κατά EC8-prEN1998/Draft4: μελέτη επιρροής βάθους (H_{bed}) βραχώδους υποβάθρου (στο υπόμνημα, εντός των παρενθέσεων, αναγράφεται το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων σεισμικής απόκρισης).



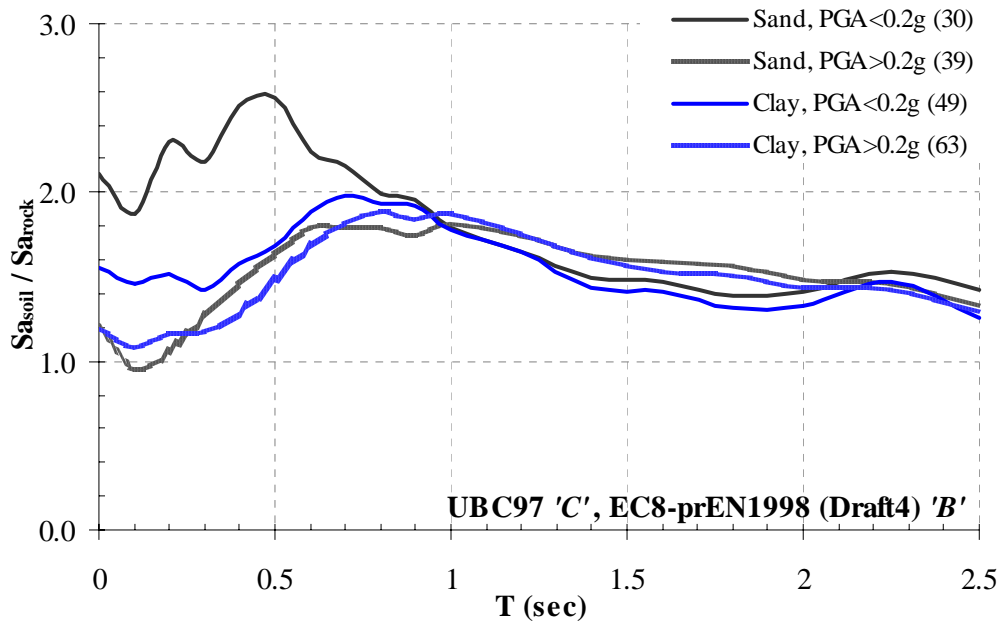
Σχήμα 7.12: Μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας D κατά UBC97 και C κατά EC8-prEN1998/Draft4: μελέτη επιρροής βάθους (H_{bed}) βραχώδους υποβάθρου (στο υπόμνημα, εντός των παρενθέσεων, αναγράφεται το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων σεισμικής απόκρισης).



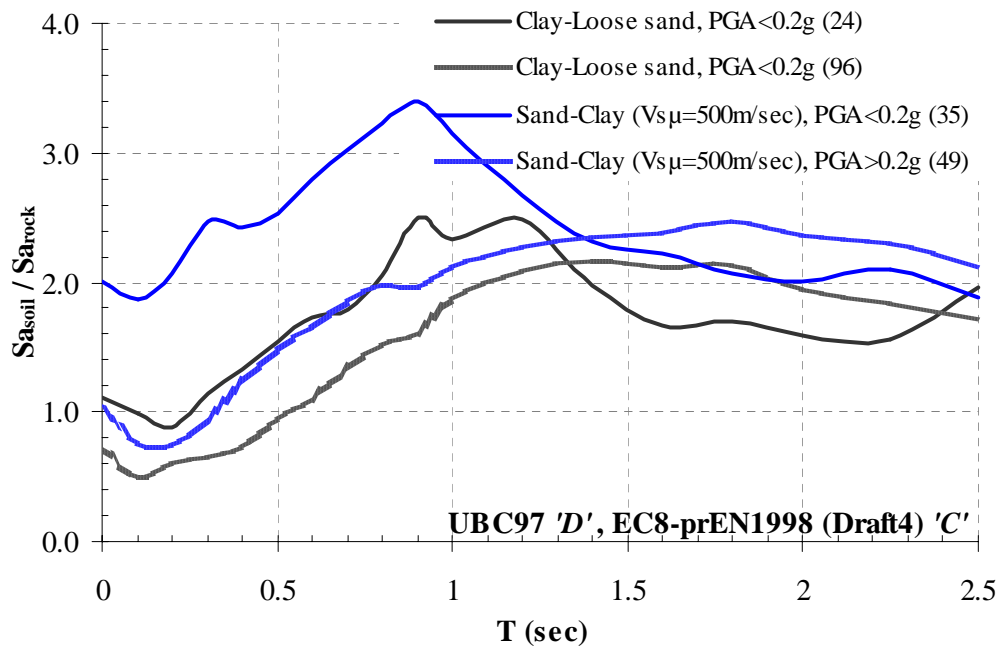
Σχήμα 7.13: Μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης: μελέτη επιρροής της ιδιοπεριόδου της εδαφικής στήλης ($T_{o,bed}$), για το συνολικό βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο (στο υπόμνημα, εντός των παρενθέσεων, αναγράφεται το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων σεισμικής απόκρισης).

Πίνακας 7.2: Μέθοδοι υπολογισμού ιδιοπεριόδου εδαφικής στήλης $T_{o,bed}$, για το συνολικό βάθος έως το βραχώδες υπόβαθρο.

Μέθοδος	Περιγραφή	Μαθηματική Σχέση	Παρατηρήσεις
1	Σταθμισμένος μέσος όρος ταχυτήτων S κυμάτων	$V_{s,\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i H_i}{H} \quad T_o \approx \frac{4H}{V_{s,\mu}}$	<i>Madera (1970), Schnabel et al. (1972)</i> Μέση υπερεκτίμηση: 10 – 15 % Περιορισμοί: μικρή διακύμανση ταχυτήτων μεταξύ δύο διαδοχικών εδαφικών στρώσεων ($0.5 < V_{s,i}/V_{s,i+1} < 1.5$)
2	Σταθμισμένος μέσος όρος των μέτρων διάτμησης και των πυκνοτήτων	$G_\mu = \frac{\sum_{i=1}^n G_i H_i}{H}, \rho_\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i H_i}{H}$ $T_o \approx 4H / \sqrt{\frac{G_\mu}{\rho_\mu}}$	<i>Ambraseys (1959), Idriss (1969)</i> Μέση υπερεκτίμηση: 5 %
3	Άθροισμα ιδιοπεριόδων όλων των εδαφικών στρώσεων	$T_o \approx \sum_{i=1}^n \frac{4H_i}{V_i}$	<i>Shima (1962), Zeevaert (1972), Okamoto (1973)</i> Μέση υπερεκτίμηση: 25 – 30 %
4	Γραμμική προσέγγιση της θεμελιώδους ιδιομορφής	$\omega^2 = \frac{3 \sum_{i=1}^n V_i^2 H_i}{H^3} \quad T_o \approx \frac{2\pi}{\omega}$	<i>Dobry et al. (1976)</i> Μέση υπερεκτίμηση: 5 %



Σχήμα 7.14: Μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας C κατά UBC97 και B κατά EC8-prEN1998/Draft4: μελέτη επιρροής εδαφικού υλικού (στο υπόμνημα, εντός των παρενθέσεων, αναγράφεται το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων σεισμικής απόκρισης).

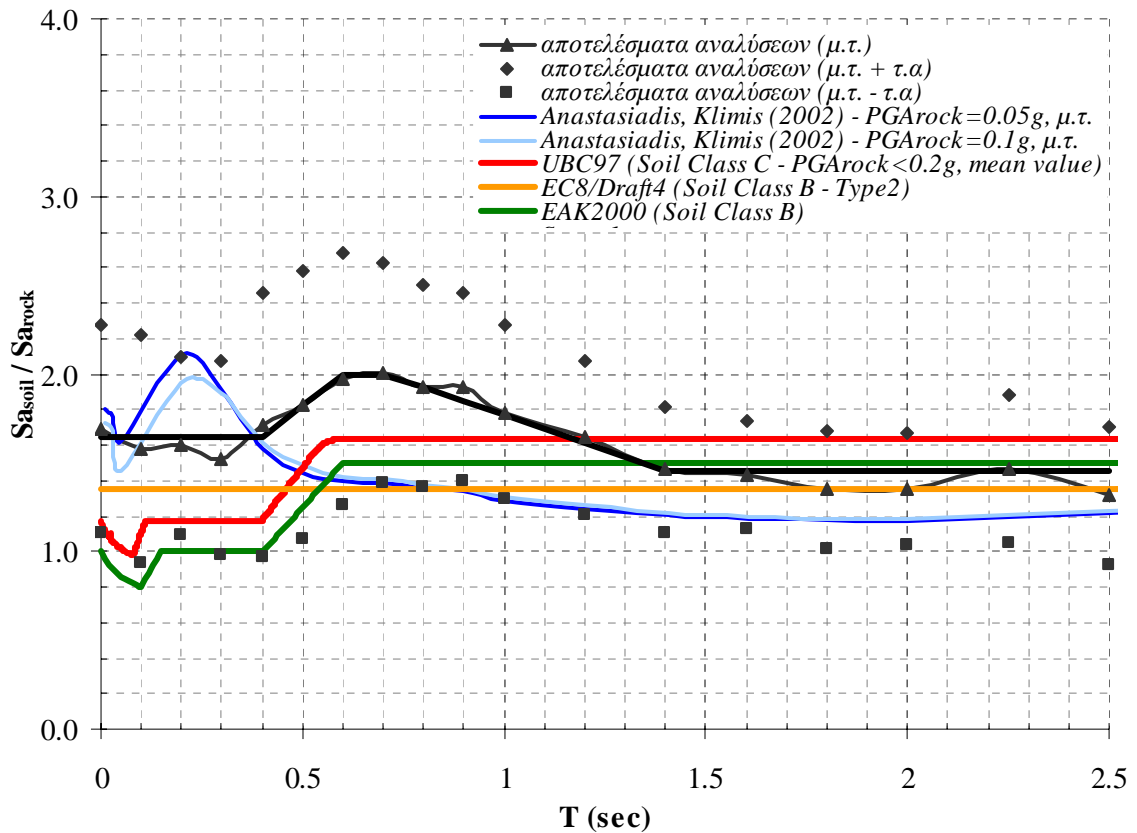


Σχήμα 7.15: Μέσοι συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας D κατά UBC97 και C κατά EC8-prEN1998/Draft4: μελέτη επιρροής εδαφικού υλικού (στο υπόμνημα, εντός των παρενθέσεων, αναγράφεται το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων σεισμικής απόκρισης).

UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)

$PGA_{rock} < 0,2g$

(84 αναλύσεις σεισμικής απόκρισης)



Προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

$$0 \leq T < 0.4 : f(T) = 1.65 + 0.55P$$

$$0.4 \leq T < 0.6 : f(T) = 1.65 + 1.75(T-0.4) + (0.75T+0.25)P$$

$$0.6 \leq T < 0.7 : f(T) = 2.0 + 0.7P$$

$$0.7 \leq T < 1.4 : f(T) = 2.0 - (T-0.7)0.55/0.7 + (1.05-0.5T)P$$

$$1.4 \leq T : f(T) = 1.45 + 0.35P$$

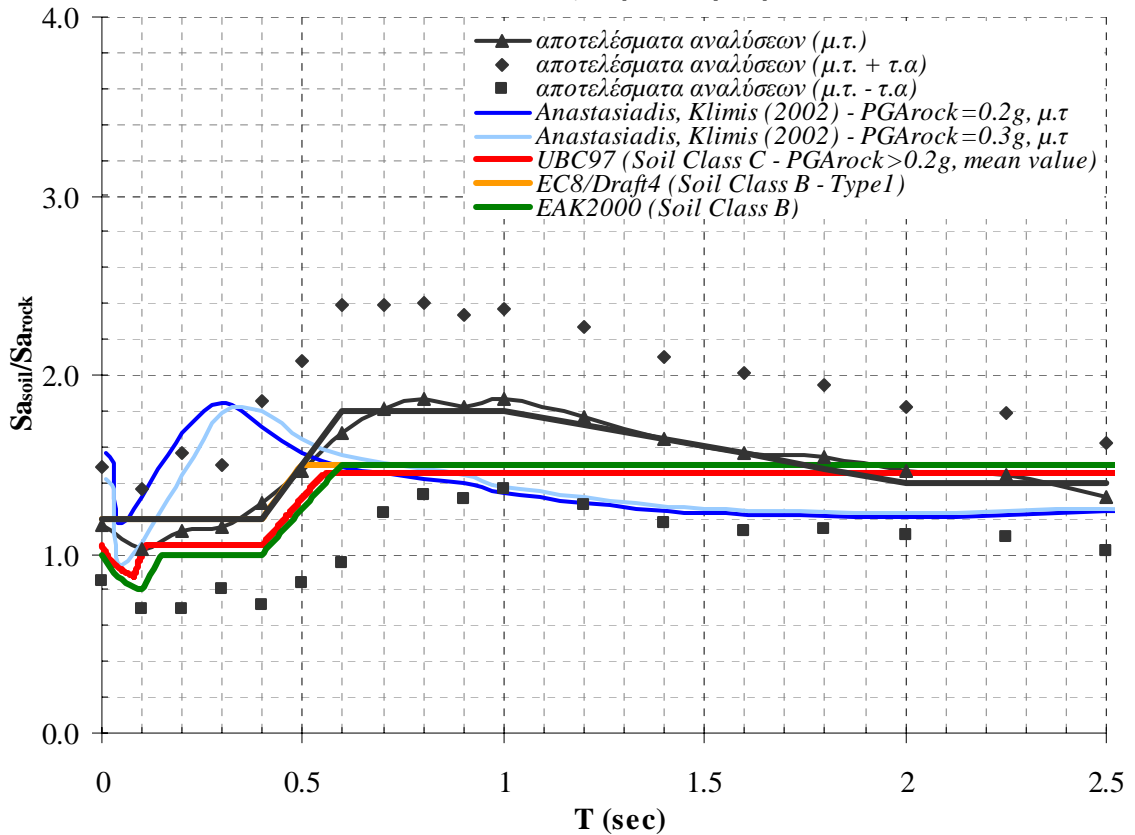
όπου $P=0$: μέση τιμή & $P=\pm 1$: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση

Σχήμα 7.16: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας C κατά UBC97 και B κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο $PGA_{rock} < 0,2g$: προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής και σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του UBC97 και του EC8-prEN1998/Draft4.

UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)

$PGA_{rock} > 0,2g$

(98 αναλύσεις σεισμικής απόκρισης)



Προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

$$0 \leq T < 0.4 : f(T) = 1.2 + 0.35P$$

$$0.4 \leq T < 0.6 : f(T) = 1.2 + 3.0(T-0.4) + (T-0.05)P$$

$$0.6 \leq T < 1.0 : f(T) = 1.8 + 0.55P$$

$$1.0 \leq T < 2.0 : f(T) = 1.8 - 0.4(T-1) + (0.75-0.2T)P$$

$$2.0 \leq T : f(T) = 1.4 + 0.35P$$

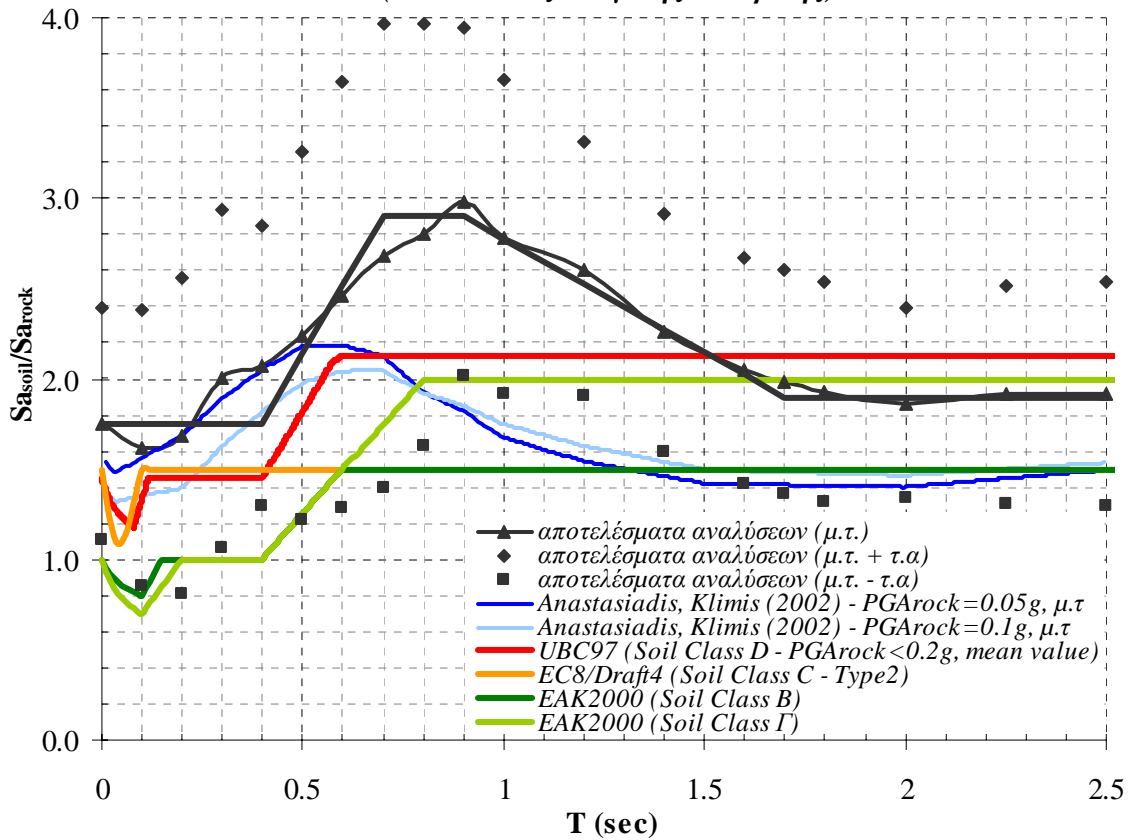
όπου $P=0$: μέση τιμή & $P=\pm 1$: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση

Σχήμα 7.17: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας C κατά UBC97 και B κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο $PGA_{rock} > 0.2g$: προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής και σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του UBC97 και του EC8-prEN1998/Draft4.

UBC/97 (Site Class D) - EC8/Draft4 (Site Class C)

$PGA_{rock} < 0,2g$

(85 αναλύσεις σεισμικής απόκρισης)



Προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

$$0 \leq T < 0.4 : f(T) = 1.75 + 0.75P$$

$$0.4 \leq T < 0.7 : f(T) = 1.75 + 3.833(T-0.4) + (0.283+1.167T)P$$

$$0.7 \leq T < 0.9 : f(T) = 2.9 + 1.1P$$

$$0.9 \leq T < 1.7 : f(T) = 2.9 - 1.25(T-0.9) + (1.662-0.625T)P$$

$$1.7 \leq T : f(T) = 1.9 + 0.6P$$

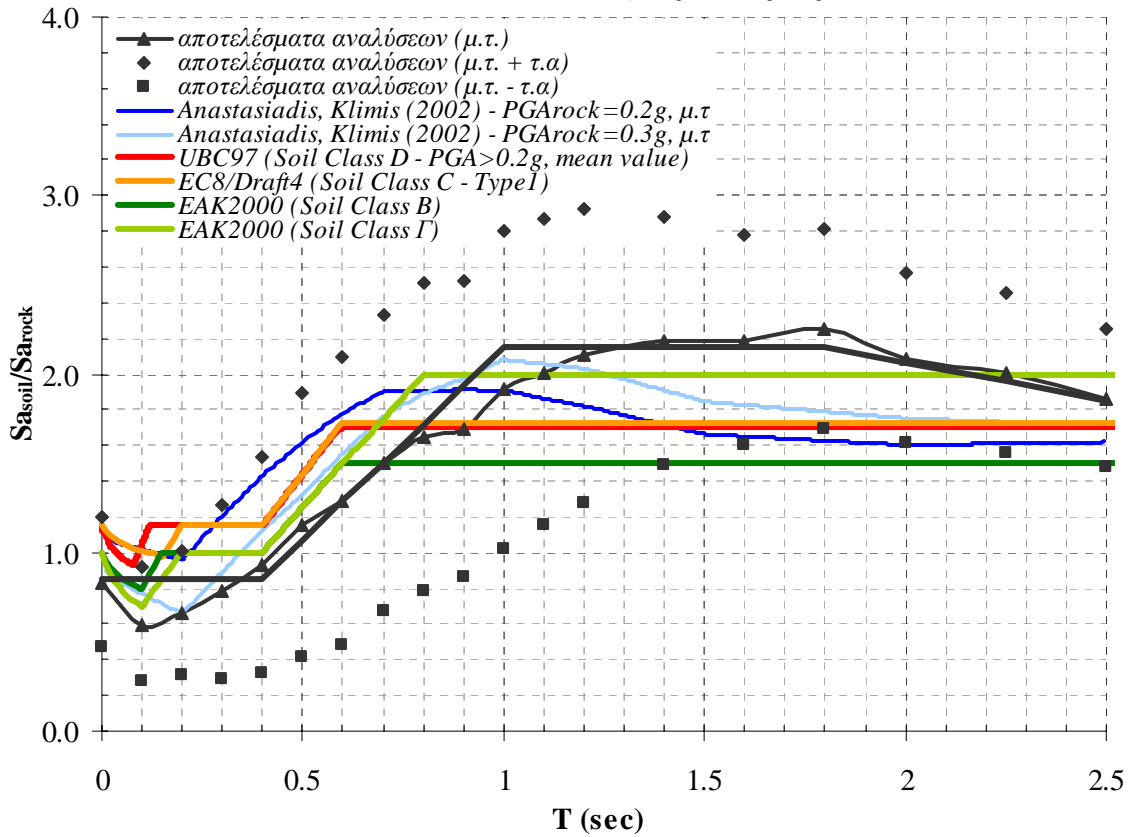
όπου $P=0$: μέση τιμή & $P=\pm 1$: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση

Σχήμα 7.18: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας D κατά UBC97 και C κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο $PGA_{rock} < 0.2g$: προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής και σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του UBC97 και του EC8-prEN1998/Draft4.

UBC/97 (Site Class D) - EC8/Draft4 (Site Class C)

$PGA_{rock} > 0,2g$

(173 αναλύσεις σεισμικής απόκρισης)



Προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

$$0 \leq T < 0.4 : f(T) = 0.85 + 0.35P$$

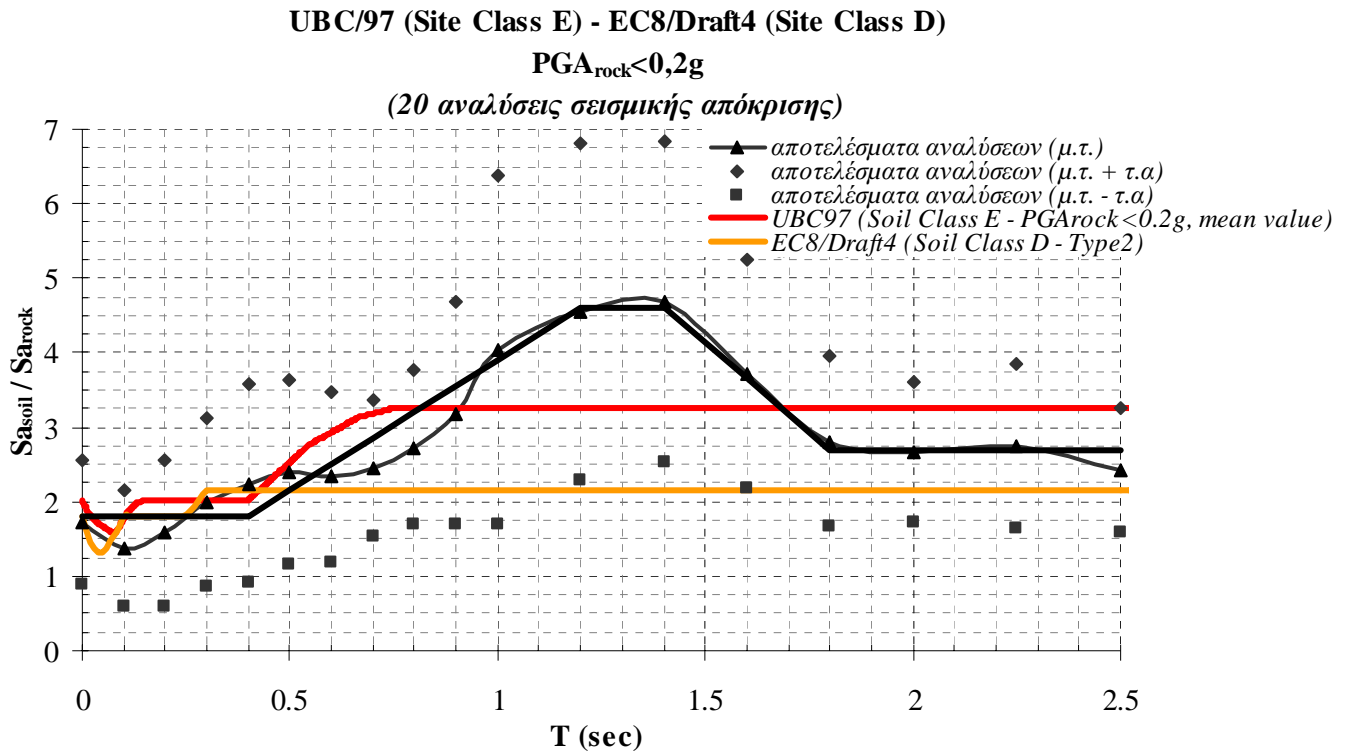
$$0.4 \leq T < 1.0 : f(T) = 0.85 + (T-0.4)1.3/0.6 + (0.117+0.583T)P$$

$$1.0 \leq T < 1.8 : f(T) = 2.15 + 0.7P$$

$$1.8 \leq T : f(T) = 2.15 - (T-1.8)3/7 + (1.471-0.428T)P$$

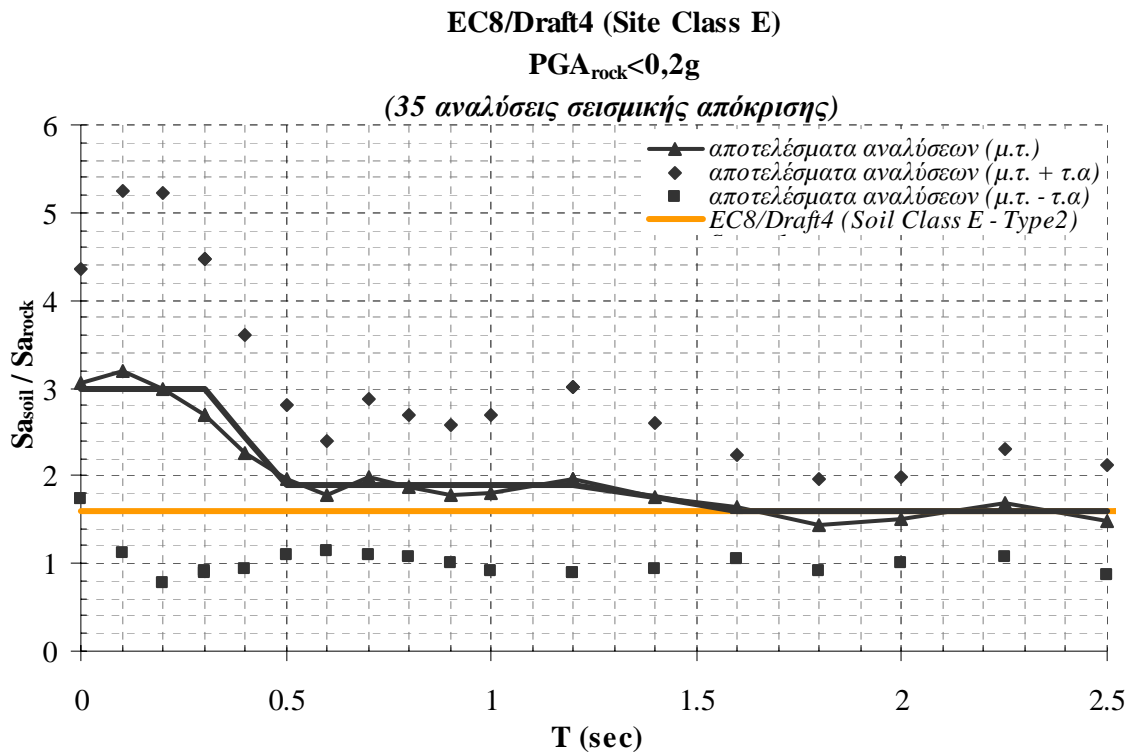
όπου $P=0$: μέση τιμή & $P=\pm 1$: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση

Σχήμα 7.19: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας D κατά UBC97 και C κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο $PGA_{rock} > 0.2g$: προτεινόμενες σχέσεις μεταβολής και σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του UBC97 και του EC8-prEN1998/Draft4.

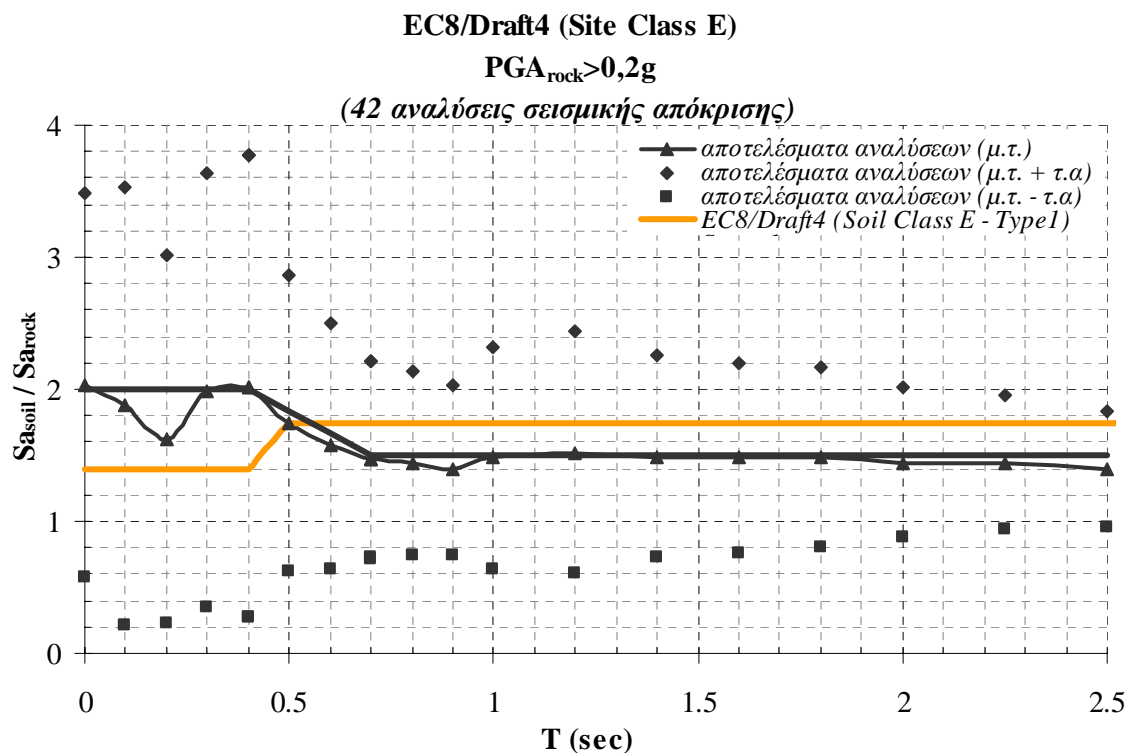


Σχήμα 7.20: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας E κατά UBC97 και D κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο (α) $PGA_{rock} < 0.2g$ και (β) $PGA_{rock} > 0.2g$: σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του UBC97 και του EC8-prEN1998/Draft4.

(α)

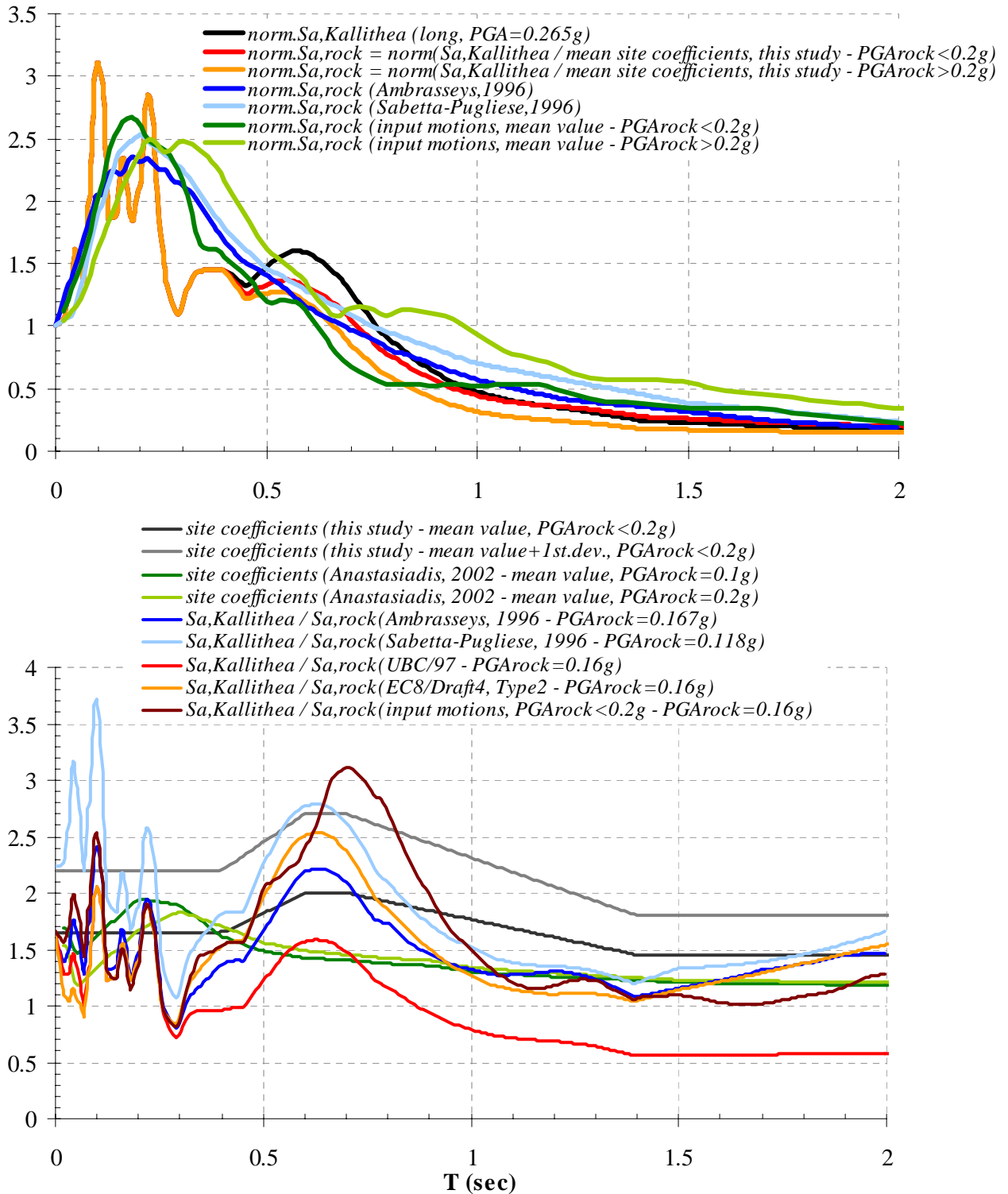


(β)



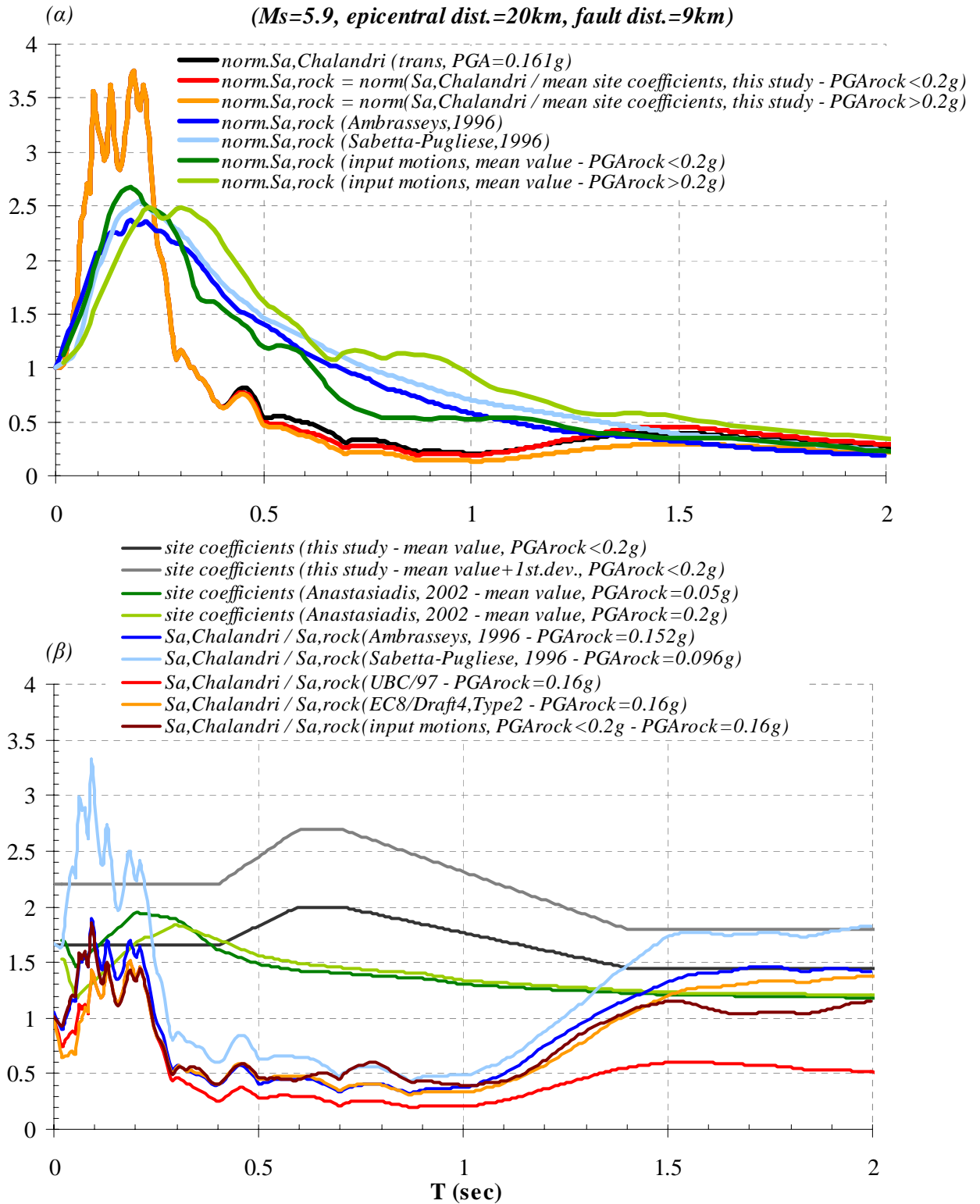
Σχήμα 7.21: Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης για εδαφικά ομοιώματα κατηγορίας E κατά EC8-prEN1998/Draft4 και μέγεθος κορυφαίας επιτάχυνσης στο βράχο (α) $PGA_{rock} < 0.2g$ και (β) $PGA_{rock} > 0.2g$: σύγκριση με αντίστοιχους συντελεστές του EC8-prEN1998/Draft4.

UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
 ($M_s=5.9$, epicentral dist.=16km, fault dist.=8km)



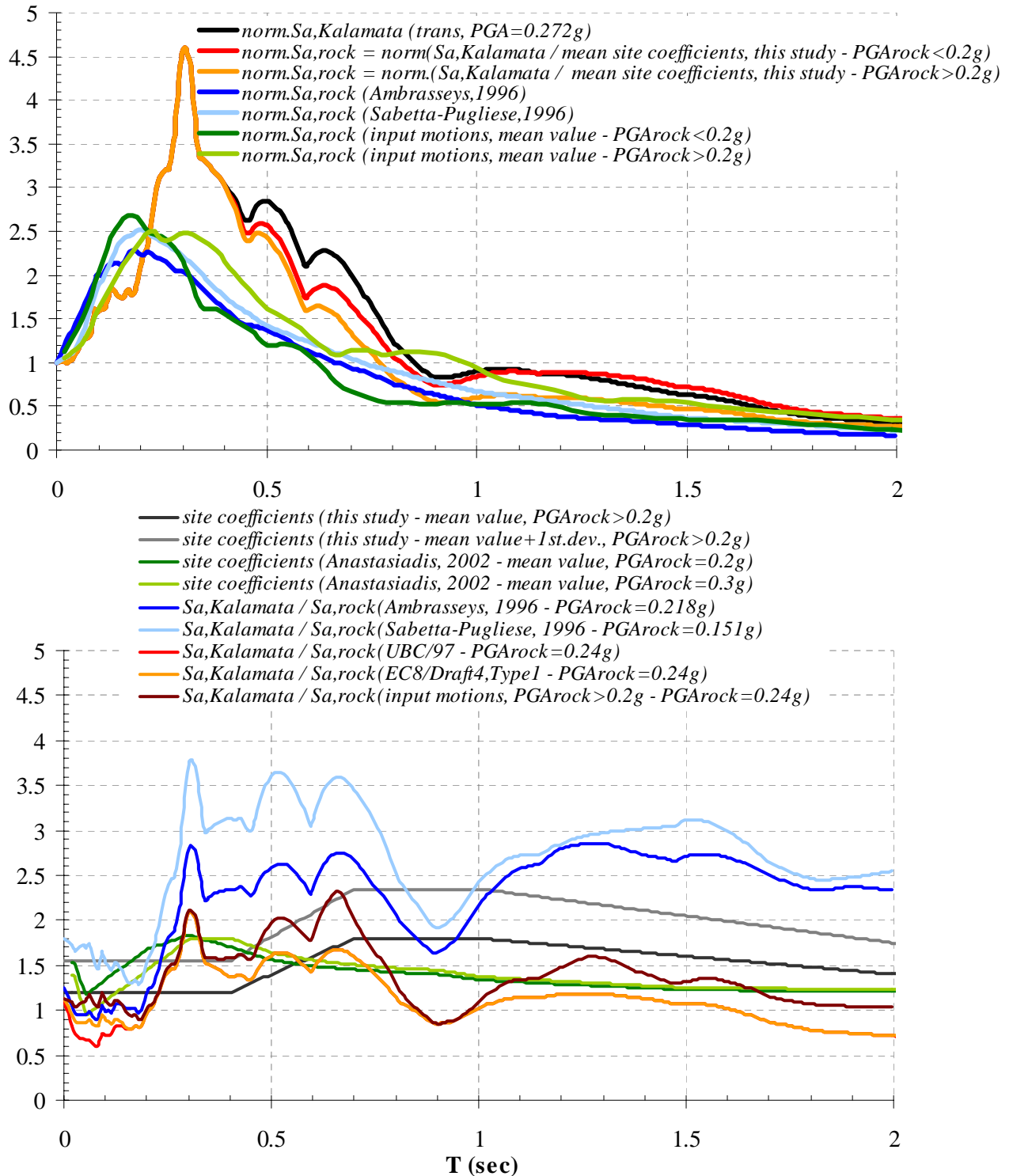
Σχήμα 7.22: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την Αθήνα - Καλλιθέα: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Αθήνα - Χαλάνδρι, 07/09/1999
UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
($M_s=5.9$, epicentral dist.=20km, fault dist.=9km)



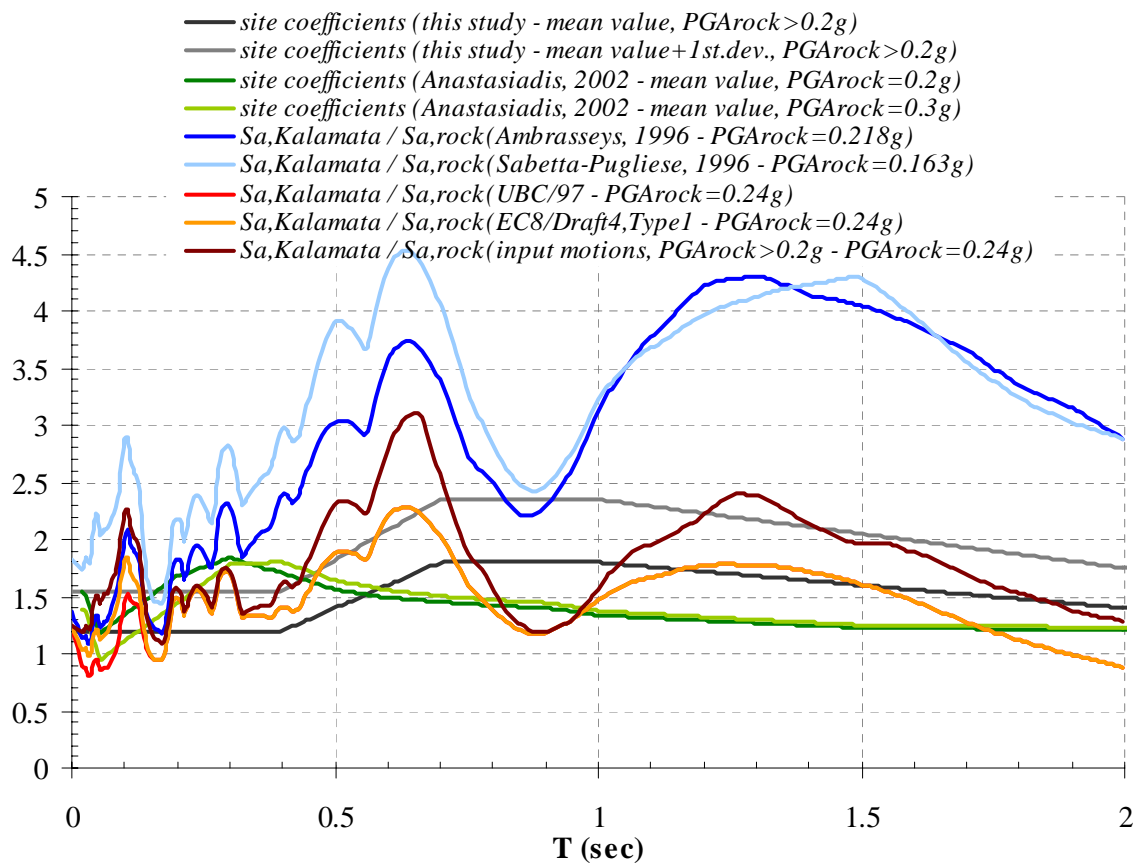
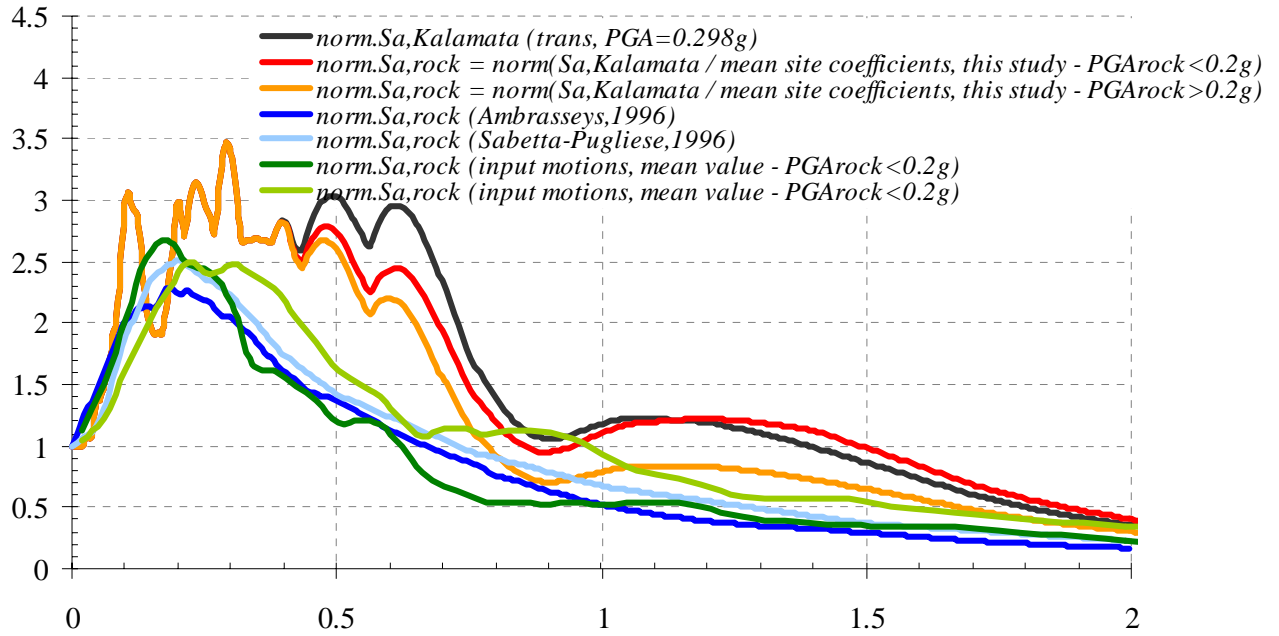
Σχήμα 7.23: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την Αθήνα - Χαλάνδρι: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Καλαμάτα - Νομαρχία, 13/09/1986
UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
($M_s=5.8$, epicentral dist.=11km, fault dist.=5km)



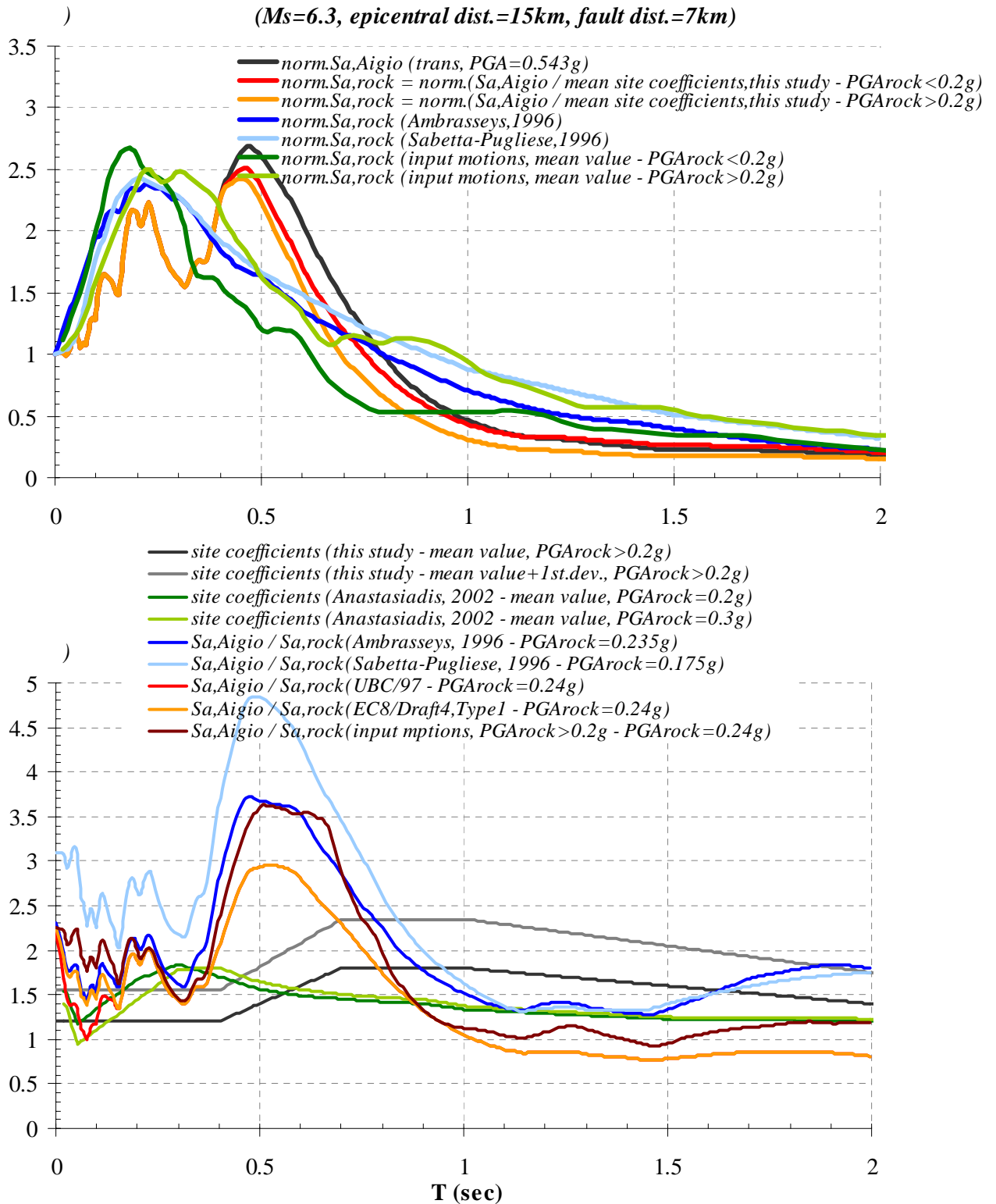
Σχήμα 7.24: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την **Καλαμάτα - Νομαρχία:** (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Καλαμάτα - O.T.E., 13/09/1986
UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
($M_s=5.8$, epicentral dist.=10km, fault dist.=5km)



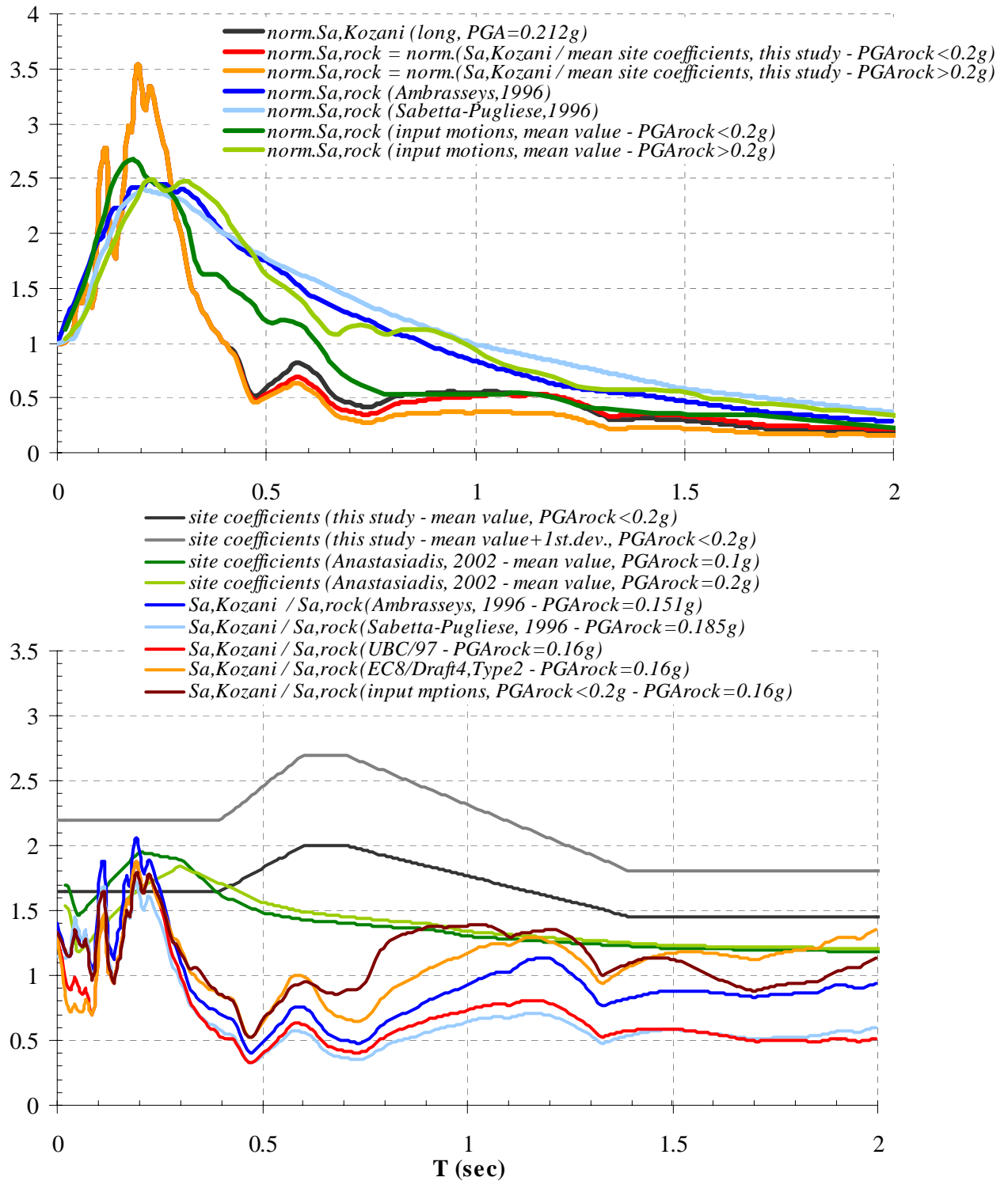
Σχήμα 7.25: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την **Καλαμάτα - O.T.E.**: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Αίγιο - O.T.E., 15/06/1995
UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
($M_s=6.3$, epicentral dist.=15km, fault dist.=7km)



Σχήμα 7.26: Σύγκριση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από το Αίγιο - O.T.E: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Κοζάνη - Νομαρχία, 13/05/1995
UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)
($M_s=6.5$, epicentral dist.=17km, fault dist.=14km)

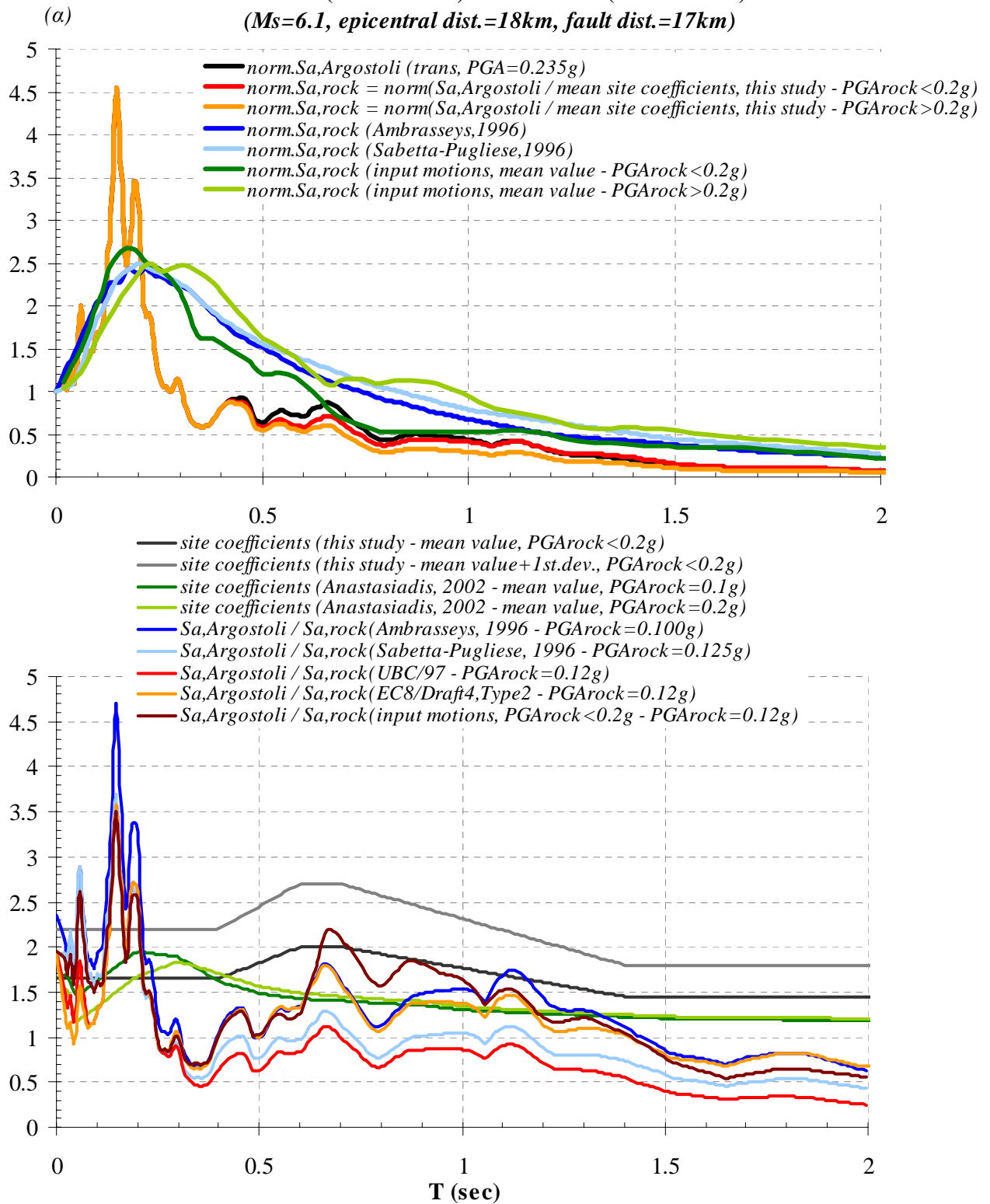


Σχήμα 7.27: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την Κοζάνη - Νομαρχία: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Αργοστόλι, 23/03/1983

UBC/97 (Site Class C) - EC8/Draft4 (Site Class B)

($M_s=6.1$, epicentral dist.=18km, fault dist.=17km)

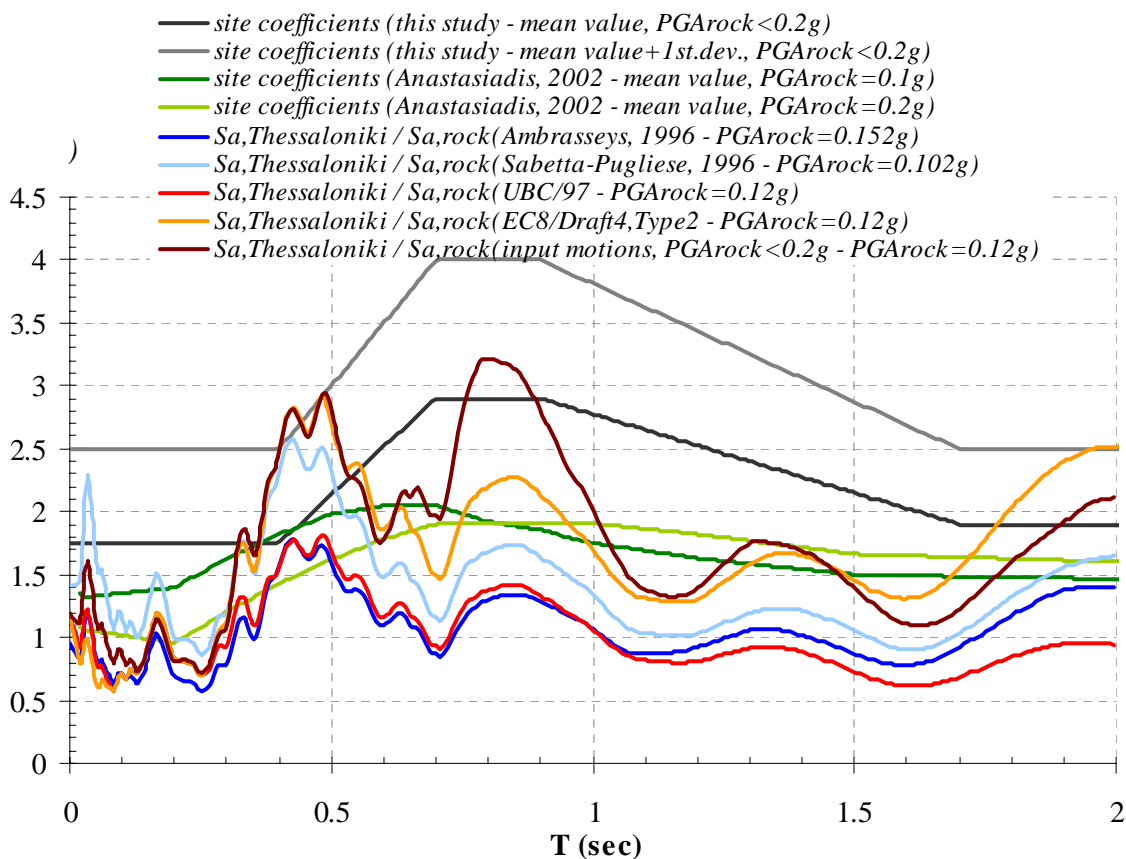
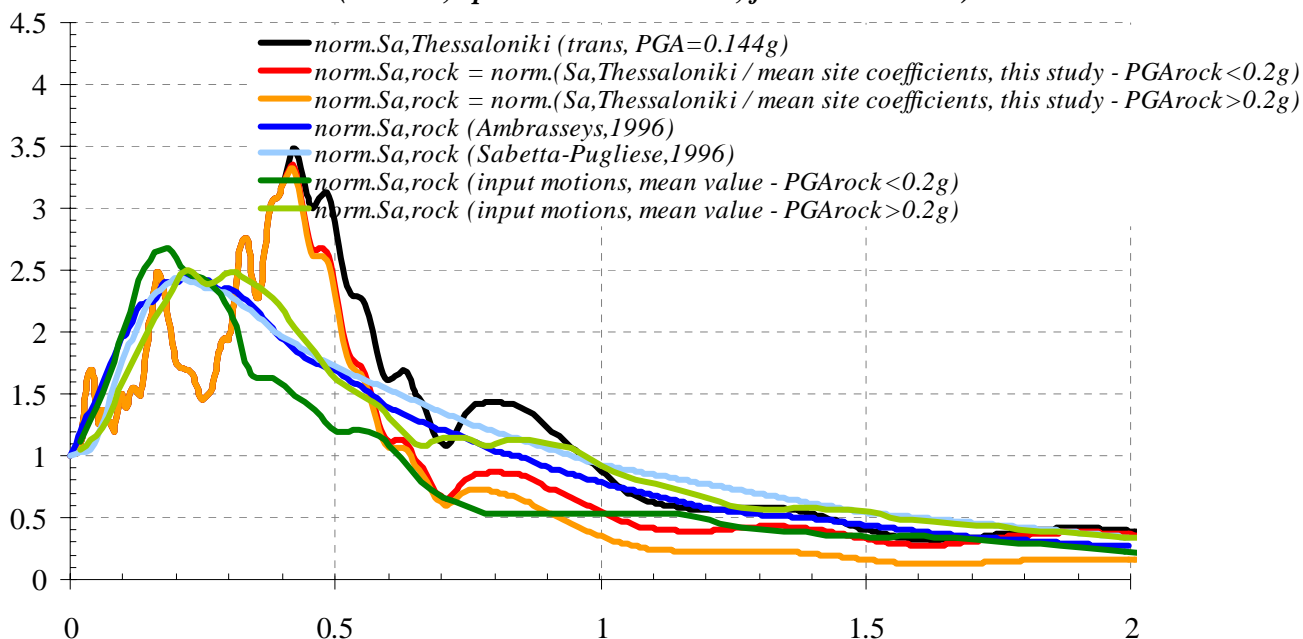


Σχήμα 7.28: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από το Αργοστόλι: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Θεσσαλονίκη, 20/06/1978

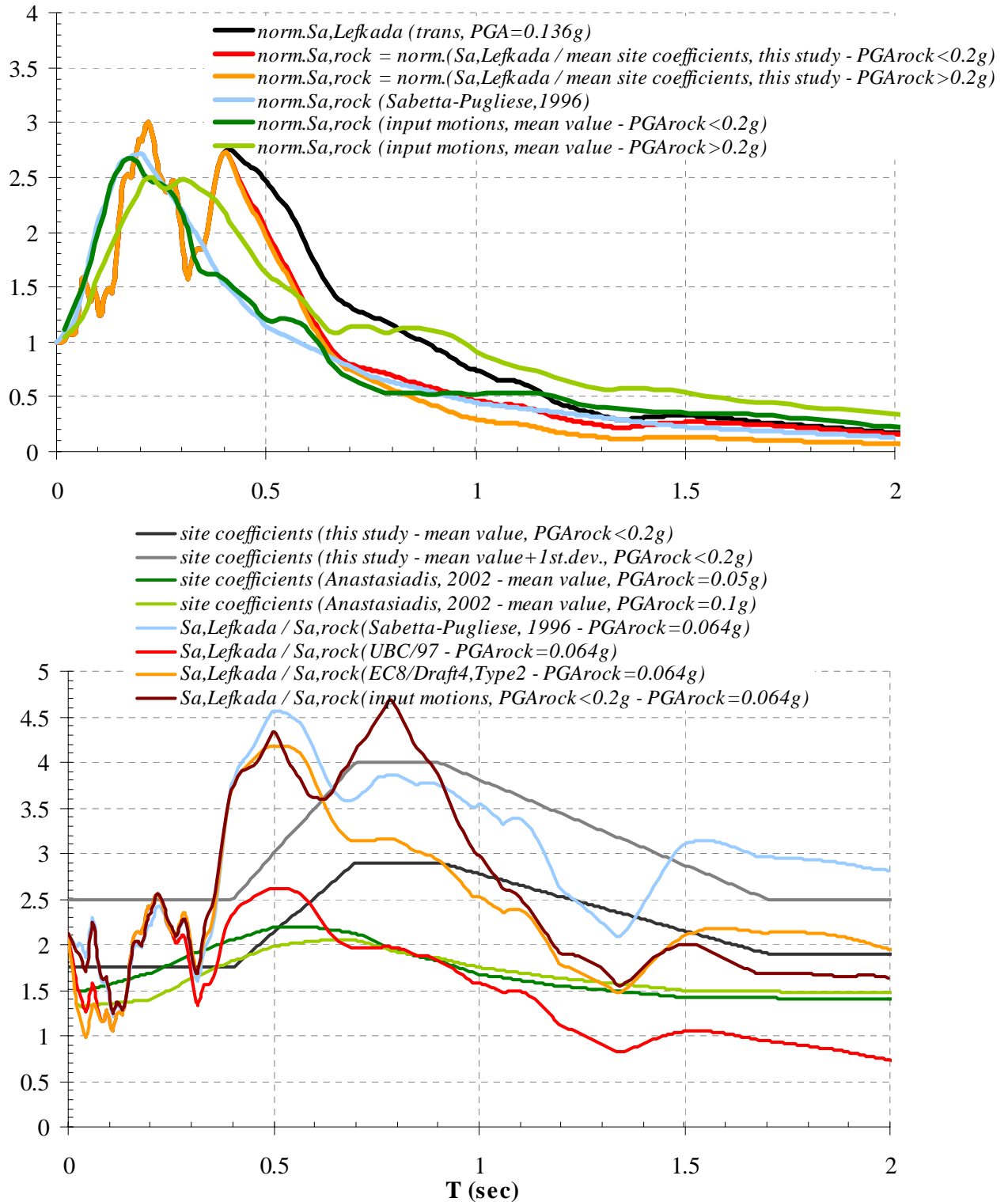
UBC/97 (Site Class D) - EC8/Draft4 (Site Class C)

($M_s=6.4$, epicentral dist.=29km, fault dist.=13km)



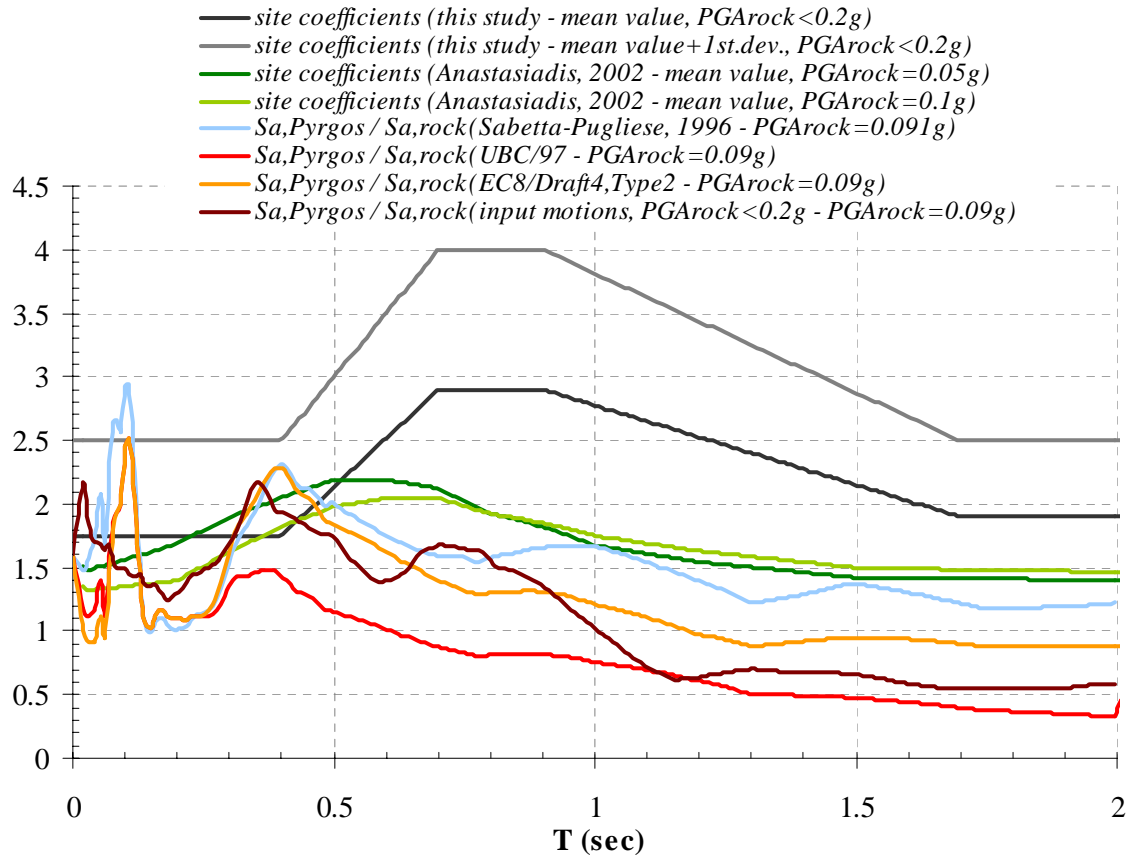
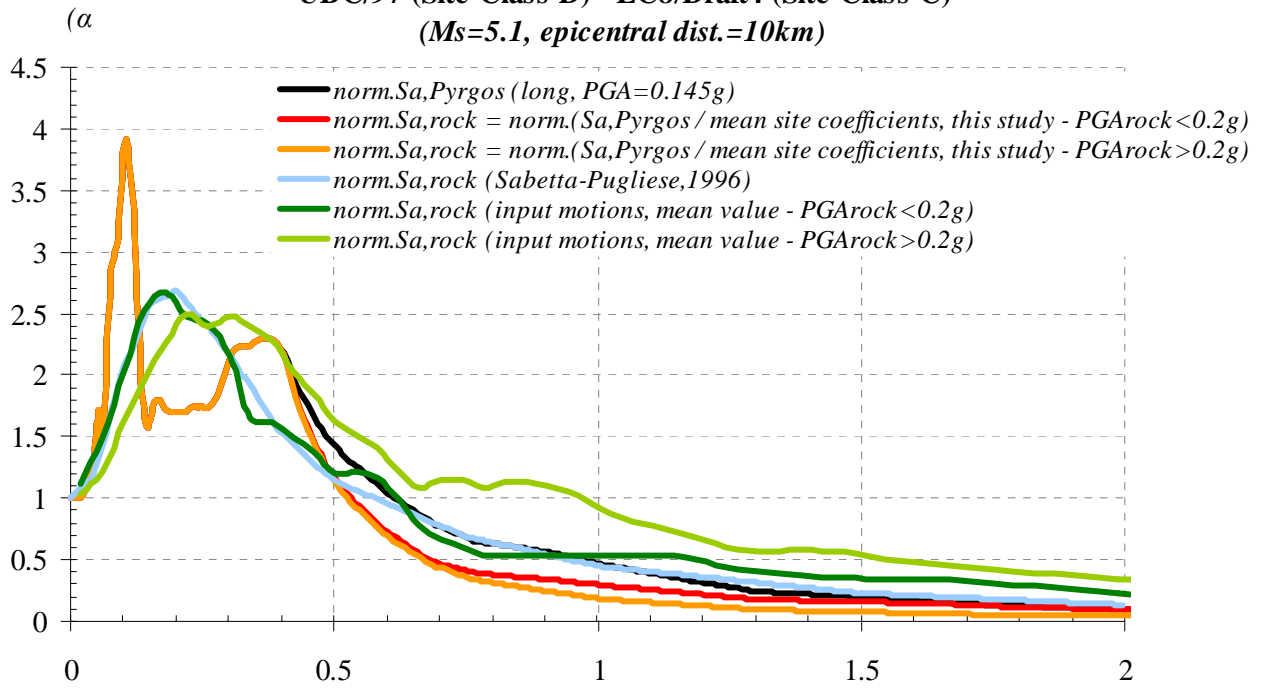
Σχήμα 7.29: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την Θεσσαλονίκη - Άγιος Κωνσταντίνος: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Λευκάδα, 25/02/1994
UBC/97 (Site Class D) - EC8/Draft4 (Site Class C)
($M_s=5.1$, epicentral dist.=15km)



Σχήμα 7.30: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από την Λευκάδα: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Πύργος, 26/03/1993
UBC/97 (Site Class D) - EC8/Draft4 (Site Class C)
($M_s=5.1$, epicentral dist.=10km)



Σχήμα 7.31: Σύγκριση αποτελεσμάτων θεωρητικών αναλύσεων με ενόργανες καταγραφές από τον Πύργο: (α) εκτίμηση κανονικοποιημένου φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης για βράχο και (β) εκτίμηση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

Πίνακας 7.1: Στατιστική επεξεργασία συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ									ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ (Type2: $PGA_{rock} < 0.2g$ / Type1: $PGA_{rock} > 0.2g$)												
		ΕΑΚ2000	EC8 (ENV1998)	EC8-Draft4 (prEN1998)	UBC97	Seed - Dickenson	To_{30}	To_{bed}	Vs_{30}	$Vs_{\mu,bed}$		PGA_{sur}/PGA_{rock}	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.1 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.3 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.6 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=1.0 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=1.6 sec)						
ΕΑΚ2000 Κατηγορία Εδάφους Α	86	A	A	A, A(-E), B, B(-E)	B, C, C-B	A, AB, B ₁ , B ₂	0.14-0.27	0.12-0.47	446-837	425-858	min max average	1.26 10.12 3.20	0.83 5.19 2.30	1.22 26.47 3.86	0.79 10.40 2.63	1.02 11.40 3.17	0.92 10.11 2.40	0.86 4.67 1.93	1.02 6.16 2.08	0.92 2.64 1.47	0.98 2.97 1.56	0.99 2.60 1.35	0.98 1.99 1.26
ΕΑΚ2000 Κατηγορία Εδάφους Β	339	B	A, B, B-C	B, C, C(-E)	C, D	A, B, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.17-0.53	0.22-1.07	229-700	225-700	min max average	0.75 3.79 1.75	0.25 2.86 0.98	0.55 4.22 1.61	0.23 2.35 0.79	0.74 4.06 1.83	0.23 3.48 0.94	1.00 8.20 2.29	0.34 4.29 1.49	0.90 5.44 2.37	0.60 4.40 1.94	1.09 4.10 1.80	0.75 4.47 1.95
ΕΑΚ2000 Κατηγορία Εδάφους Γ	66	Γ	C	D, D(-E)	E	B ₁ , C ₄ , D ₁	0.83-1.00	0.80-1.53	120-145	100-183	min max average	0.34 3.60 1.63	0.16 1.81 0.70	0.20 2.79 1.33	0.09 1.17 0.47	0.18 4.56 1.94	0.09 2.19 0.72	0.43 4.65 2.06	0.18 2.56 1.03	0.52 10.26 4.05	0.33 5.29 1.49	1.15 7.45 3.22	0.66 8.28 2.34
EC8 (ENV1998) Soil Class A	218	A, B	A	A(-E), B, B(-E)	B, C, C-B	A, AB, B ₁ , B ₂ , C ₂	0.14-0.27	0.12-0.88	446-837	425-858	min max average	0.95 10.12 2.26	0.36 5.19 1.53	0.81 26.47 2.41	0.34 10.40 1.61	0.93 11.40 2.09	0.32 10.11 1.59	0.86 4.67 1.94	0.49 6.16 1.74	0.92 2.64 1.72	0.73 2.97 1.76	0.99 2.60 1.42	0.98 1.99 1.48
EC8 (ENV1998) Soil Class B	253	B, B-Γ	B	B, C, C(-E)	C, D	A, B, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.25-0.53	0.22-0.91	229-473	225-525	min max average	0.67 3.23 1.83	0.41 2.86 0.86	0.64 4.22 1.64	0.19 2.35 0.63	0.71 4.05 2.08	0.24 3.48 0.81	1.12 8.20 2.53	0.34 4.29 1.35	1.04 5.44 2.66	0.51 4.40 1.96	1.09 4.10 1.94	0.83 4.47 2.17
EC8 (ENV1998) Soil Class C	66	Γ	C	D, D-E	E	B ₁ , C ₄ , D ₁	0.83-1.00	0.80-1.53	120-145	100-183	min max average	0.34 3.60 1.63	0.16 1.81 0.70	0.20 2.79 1.33	0.09 1.17 0.47	0.18 4.56 1.94	0.09 2.19 0.72	0.43 4.65 2.06	0.18 2.56 1.03	0.52 10.26 4.05	0.33 5.29 1.49	1.15 7.45 3.22	0.66 8.28 2.34
UBC97 Soil Class B / EC8-Draft4 Soil Class A(-E)	11	A	A	A(-E)	B	A	0.14	0.12	837	775	min max average	2.88 10.12 4.99	1.86 3.80 2.80	6.62 26.47 12.69	2.89 10.40 7.46	1.02 2.39 1.42	1.10 1.36 1.19	0.86 1.31 1.12	1.02 1.10 1.05	0.92 1.30 1.09	0.98 1.07 1.02	0.99 1.24 1.14	0.98 1.04 1.00
UBC97 Soil Class C / EC8-Draft4 Soil Class B	182	A, B	A, B	B	C	A, AB, B ₁ , B ₂	0.17-0.27	0.22-0.88	446-700	423-700	min max average	0.95 4.38 1.69	0.36 2.03 1.18	0.81 4.37 1.58	0.34 1.91 1.03	0.93 6.69 1.63	0.32 2.15 1.15	1.00 4.67 1.97	0.49 6.16 1.72	1.03 3.64 1.78	0.73 3.15 1.87	1.03 2.87 1.43	1.03 3.24 1.57
UBC97 Soil Class D / EC8-Draft4 Soil Class C	258	B, B-Γ	B, B-C	C	D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.34-0.53	0.36-0.98	229-350	225-525	min max average	0.67 3.70 1.75	0.25 2.86 0.83	0.55 4.22 1.62	0.19 2.35 0.60	0.71 4.05 2.00	0.23 3.48 0.78	1.03 8.20 2.46	0.34 4.19 1.29	0.90 5.44 2.79	0.51 4.40 1.91	1.21 4.10 2.05	0.75 4.47 2.19
UBC97 Soil Class E / EC8-Draft4 Soil Class D, D(-E)	66	Γ	C	D, D(-E)	E	B ₁ , C ₄ , D ₁	0.83-1.00	0.80-1.53	120-145	100-183	min max average	0.34 3.60 1.63	0.16 1.81 0.70	0.20 2.79 1.33	0.09 1.17 0.47	0.18 4.56 1.94	0.09 2.19 0.72	0.43 4.65 2.06	0.18 2.56 1.03	0.52 10.26 4.05	0.33 5.29 1.49	1.15 7.45 3.22	0.66 8.28 2.34
EC8-Draft4 Soil Class (-E)	77	A, B, Γ	A, B, C	A(-E), B(-E), C(-E), D(-E)	B, C, D, E	A, AB, B ₁ , D ₁	0.14-0.83	0.12-0.80	145-837	100-858	min max average	0.34 10.12 3.30	0.22 5.19 2.03	0.20 26.47 4.08	0.11 10.40 2.39	0.30 11.40 3.27	0.13 6.54 1.99	0.56 3.45 1.74	0.25 4.29 1.57	0.52 6.71 2.21	0.44 5.29 1.48	0.99 3.53 1.62	0.67 3.55 1.48
$To_{bed} \leq 0.25$	45	A, B	A, B	A(-E), B, B(-E)	B, C, C-B	A, AB	0.14-0.25	0.12-0.25	473-837	423-838	min max average	1.34 10.12 3.31	1.08 5.19 2.76	1.26 26.47 4.37	0.90 10.40 3.79	1.02 4.64 2.01	1.10 5.44 2.46	0.85 2.29 1.35	1.02 2.10 1.43	0.92 1.85 1.18	0.98 1.54 1.18	0.99 1.64 1.20	0.98 1.34 1.10

Πίνακας 7.1 (..συνέχεια): Στατιστική επεξεργασία συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ								ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ (Type2: $PGA_{rock} < 0.2g$ / Type1: $PGA_{rock} > 0.2g$)									
		ΕΑΚ2000	EC8 (ENV1998)	EC8-Draft4 (prEN1998)	UBC97	Seed - Dickenson	To_{30}	To_{bed}	Vs_{30}	$Vs_{\mu,bed}$		PGA_{sur}/PGA_{rock}	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.1 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.3 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=0.6 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=1.0 sec)	$S,a_{sur}/S,a_{rock}$ (T=1.6 sec)		
$0.25 < To_{bed} < 0.5$	80	A, B	A, B	B, B(-E), C(-E)	C, C-B, D	A, AB, B ₁ , B ₂ , C ₂	0.16-0.39	0.29-0.47	310-745	225-858	min max average	1.08 0.68 7.24 5.98 2.48 1.54	1.17 0.51 8.76 4.14 2.41 1.34	1.09 0.70 11.40 10.11 3.30 1.76	1.57 0.91 4.67 6.16 2.40 2.25	1.27 1.20 2.64 2.97 1.71 1.81	1.12 1.09 2.60 1.99 1.46 1.43		
$0.5 < To_{bed} < 0.8$	205	B, B-Γ	A, B	B, C	C, D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.24-0.49	0.57-0.79	243-500	275-525	min max average	0.75 0.36 3.70 2.86 1.69 0.99	0.68 0.19 4.22 2.35 1.57 0.79	0.73 0.30 4.06 3.48 1.73 0.93	1.13 0.34 8.20 4.19 2.44 1.48	1.31 0.68 5.44 4.40 2.14 2.00	1.20 1.20 3.22 3.04 1.62 1.82		
$0.8 \leq To_{bed} < 1.0$	108	B, Γ	A, B, C	B, C, D(-E)	C, D, E	B ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.24-0.83	0.80-0.99	145-500	100-503	min max average	0.34 0.22 3.41 1.43 1.77 0.86	0.20 0.11 3.09 1.26 1.61 0.64	0.30 0.13 3.69 2.17 2.10 0.87	0.56 0.25 4.41 2.58 2.11 1.20	0.52 0.44 6.71 5.29 3.32 1.84	1.15 0.67 4.10 4.47 2.20 2.35		
$To_{bed} > 1.0$	123	B, B-Γ, Γ	B, B-C, C	C, D	D, E	B ₁ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.34-1.00	1.01-1.53	120-350	150-420	min max average	0.39 0.16 3.60 1.81 1.46 0.71	0.22 0.09 2.88 1.17 1.26 0.48	0.18 0.09 4.56 2.19 1.60 0.67	0.43 0.18 4.65 2.86 1.95 1.11	0.78 0.33 10.26 3.79 3.36 1.66	1.19 0.66 7.45 8.28 2.88 2.32		
$Vs_{\mu,bed} < 250$	77	B, Γ	B, C	C(-E), D, D(-E)	D, E	AB, B ₁ , C ₄ , D ₁	0.39-1.00	0.36-1.53	120-310	100-225	min max average	0.34 0.16 3.79 1.81 1.74 0.74	0.20 0.09 2.86 1.17 1.41 0.51	0.18 0.09 4.56 2.19 2.03 0.74	0.43 0.18 4.65 4.29 2.12 1.20	0.52 0.33 10.26 5.29 3.73 1.56	1.15 0.66 7.45 8.28 2.97 2.25		
$250 < Vs_{\mu,bed} < 400$	105	B, B-Γ	B, B-C	C	D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂	0.34-0.49	0.57-1.07	243-350	275-355	min max average	0.75 0.25 3.70 1.30 1.68 0.74	0.55 0.19 4.22 0.93 1.55 0.53	0.73 0.23 3.84 2.25 1.77 0.72	1.03 0.34 8.20 3.89 2.36 1.12	0.90 0.60 5.44 4.40 2.55 1.79	1.26 0.75 3.39 3.04 1.98 2.01		
$400 < Vs_{\mu,bed} < 750$	346	A, B, B-Γ	A, B	B, B(-E), C	C, D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.17-0.53	0.19-1.09	229-700	403-700	min max average	0.67 0.36 4.38 2.86 1.74 1.05	0.64 0.19 4.37 2.35 1.63 0.85	0.71 0.24 6.69 4.68 1.87 1.03	1.00 0.40 4.67 6.16 2.16 1.57	0.97 0.51 4.95 4.12 2.18 1.92	1.03 0.83 4.10 4.47 1.66 1.93		
$Vs_{\mu,bed} > 750$	33	A	A	A(-E), B(-E)	B, C-B	A	0.14-0.16	0.12-0.29	745-837	775-858	min max average	2.59 1.86 10.12 5.19 4.95 3.37	2.78 2.38 26.47 10.40 7.33 4.60	1.02 1.10 11.40 10.11 4.61 3.49	0.86 1.02 2.93 4.00 1.67 1.74	0.92 0.98 2.64 2.12 1.44 1.28	0.99 0.98 2.60 1.68 1.39 1.16		
$Vs_{bed}/Vs_{\mu,bed} = \lambda$ $1.0 < \lambda \leq 2.0$	65	A, B	A	A(-E), B, B(-E)	B, C, C-B	A, AB, C ₂	0.14-0.24	0.12-0.64	500-837	500-858	min max average	1.03 0.94 10.12 5.19 3.04 2.38	1.00 0.75 26.47 10.40 4.08 3.01	0.98 0.89 11.40 10.11 2.80 2.41	0.86 1.02 2.93 4.00 1.53 1.60	0.92 0.98 2.64 2.12 1.38 1.48	0.99 0.98 2.60 1.68 1.29 1.23		
$Vs_{bed}/Vs_{\mu,bed} = \lambda$ $2.0 < \lambda \leq 3.0$	280	A, B, B-Γ	A, B	B, C	C, D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₂ , C ₄ , D ₁	0.17-0.53	0.22-1.01	229-700	403-700	min max average	0.67 0.36 4.38 2.86 1.74 1.03	0.64 0.19 4.37 2.35 1.23 0.80	0.71 0.24 4.74 3.48 1.43 0.96	1.00 0.40 4.67 6.16 1.93 1.53	1.04 0.51 4.95 4.12 2.19 1.93	1.09 0.83 4.10 4.47 1.93 2.03		
$Vs_{bed}/Vs_{\mu,bed} = \lambda$ $2.0 < \lambda \leq 5.0$	128	A, B, B-Γ	A, B, B-C	B, B(-E), C	C, D	AB, B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂	0.21-0.49	0.19-1.06	243-557	300-500	min max average	0.75 0.25 4.31 2.58 1.86 0.92	0.55 0.19 4.22 1.85 1.67 0.68	0.73 0.23 6.69 4.68 2.03 0.92	1.03 0.34 4.48 3.89 2.07 1.30	0.90 0.60 5.44 4.40 2.26 1.80	1.08 0.75 3.39 3.04 1.80 1.85		
$Vs_{bed}/Vs_{\mu,bed} = \lambda$ $\lambda > 5.0$	88	B, Γ	B, C	C, C(-E), D, D(-E)	D, E	AB, B ₁ , C ₄ , D ₁	0.39-1.00	0.36-1.53	120-310	100-275	min max average	0.34 0.16 3.79 1.81 1.81 0.74	0.20 0.09 3.40 1.17 1.48 0.51	0.18 0.09 4.56 2.19 2.05 0.77	0.43 0.18 8.20 4.29 2.41 1.21	0.52 0.33 10.26 5.29 3.58 1.62	1.15 0.66 7.45 8.28 2.84 2.24		

8. ΣΥΝΘΕΣΗ – ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν, τελευταίο κεφάλαιο της Τελικής Έκθεσης, γίνεται η σύνθεση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα επί μέρους στάδια εργασιών του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, τα οποία παρουσιάστηκαν εκτενώς στα κεφάλαια που προηγήθηκαν. Τελικό προϊόν αυτής της σύνθεσης αποτελεί η πρόταση:

- εδαφικών κατηγοριών, οι οποίες θα περιγράφονται από τα ιδιαίτερα φυσικά, μηχανικά, δυναμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εδαφικών σχηματισμών που τις συνιστούν.
- συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης ($T = 0.0 \text{ sec}$) για κάθε μία από τις κατηγορίες εδάφους, σε σχέση με την επιτάχυνση στο βράχο.
- κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε μία από τις κατηγορίες εδάφους.

Παράλληλα, γίνεται ο επιστημονικός απολογισμός του Προγράμματος, στον οποίο επιχειρείται μία σύνοψη των ενεργειών που έγιναν και των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν και εκτιμάται ο βαθμός επιτυχίας σε σχέση με τους αρχικούς στόχους.

8.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τα όσα ορίζονται από τον τίτλο και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης, οι στόχοι του Ερευνητικού Προγράμματος αφορούν κυρίως στην ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης και στην συστηματοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων ώστε να μπορούν να συμπεριληφθούν στους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς. Με αυτή την προοπτική, οι ερευνητικές εργασίες που έλαβαν χώρα καθώς και οι τελικές προτάσεις, οργανώθηκαν γύρω από δύο βασικούς τομείς:

- τον καθορισμό εδαφικών κατηγοριών, ο οποίος βασίζεται
 - (α) στην αξιοποίηση του μεγάλου πλήθους δεδομένων που έχει συλλεγεί από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες σε όλη την επικράτεια της χώρας και το εξωτερικό (Κεφ. 2)
 - (β) στην επεξεργασία των συγκεκριμένων δεδομένων, που κατέληξε στην προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών σε διακριτές κατηγορίες με βάση τη στρωματογραφία και τις φυσικές και δυναμικές ιδιότητες (Κεφ.4)
 - (γ) στην επεξεργασία πλούσιου βιβλιογραφικού υλικού σε επίπεδο ελληνικών και διεθνών κανονισμών και δημοσιεύσεων (Κεφ.4) και
 - (δ) στα συμπεράσματα και τις παρατηρήσεις που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της μελέτης σεισμικής απόκρισης (Κεφ.5-6-7)
- την εκτίμηση συντελεστών ενίσχυσης των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης και ελαστικών φασμάτων απόκρισης σχεδιασμού για κάθε εδαφική κατηγορία, η οποία βασίζεται
 - (α) στην επιλογή καταγραφών ισχυρής σεισμικής κίνησης σε θέσεις με εξακριβωμένες εδαφικές συνθήκες (Κεφ.3)
 - (β) στην επεξεργασία των καταγραφών σε επίπεδο φασμάτων απόκρισης και στην εφαρμογή ενόργανων μεθόδων για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής της (Κεφ.5)
 - (γ) στην επεξεργασία σχετικών βιβλιογραφικών αναφορών (Κεφ.5)
 - (δ) στην εφαρμογή μεγάλου πλήθους θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης (Κεφ.6) και

- (ε) στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων (Κεφ.7), το τελικό στάδιο της οποίας θα πραγματοποιηθεί με βάση τις τελικές κατηγορίες εδάφους που θα προκύψουν.

8.2.1 Τελική κατηγοριοποίηση εδαφών

Η καταρχήν θεωρητική διερεύνηση του θέματος της εδαφικής κατηγοριοποίησης, ανέδειξε μία σειρά προβληματισμών γύρω από την αντιμετώπιση του από τον ελληνικό και τους κυριότερους διεθνείς αντισεισμικούς κανονισμούς. Η διάκριση των εδαφών με καθαρά ποιοτικά κριτήρια, που προτείνεται από τον *EAK2000* (Πίνακας 4.1), αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι δεν ανταποκρίνεται στις βασικές απαιτήσεις ενός σύγχρονου συστήματος κατηγοριοποίησης, καθώς πέραν των άλλων αδυναμιών η απουσία ποσοτικών παραμέτρων, οι οποίες θα αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών, αυξάνει την αβεβαιότητα επιλογής της κατάλληλης κατηγορίας.

Η πλειοψηφία των διεθνών αντισεισμικών κανονισμών, αναγνωρίζοντας την ανάγκη εισαγωγής ποσοτικών παραμέτρων, προχώρησε στον χαρακτηρισμό των εδαφών με βάση την ταχύτητα των διατμητικών κυμάτων V_s . Τα τελευταία μάλιστα χρόνια, τόσο οι αμερικάνικοι κανονισμοί (*NEHRP/97, UBC/97 – Πίνακας 4.4*), όσο και οι αντίστοιχοι ευρωπαϊκοί (*EC8-prEN1998/Draft4 – Πίνακας 4.3*) έχουν συμπεριλάβει στις διατάξεις τους τη χρήση της σταθμισμένης μέσης ταχύτητα V_s των πρώτων 30 μέτρων για την περιγραφή των εδαφικών συνθηκών. Αν και η κατάταξη στην μονοπαραμετρική αυτή κλίμακα υπερτερεί της καθαρά ποιοτικής περιγραφής, εκφράζονται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία χρήσης της και προκύπτουν αρκετά ερωτηματικά που σχετίζονται με την ταυτόχρονη επιρροή μιας σειράς παραγόντων στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης, η οποία αναδείχθηκε και μέσα από τη σχετική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Ερευνητικού Προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα:

- η περιγραφή των εδαφών αποκλειστικά από την τιμή V_s , εμπεριέχει περιορισμούς που σχετίζονται με τη χρήση στατιστικών σχέσεων και την ανάγκη διεξαγωγής εκτεταμένων επί τόπου γεωφυσικών ερευνών και δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρης αν δεν συνοδεύεται από καλή γνώση του τύπου του εδάφους και διαφόρων χαρακτηριστικών φυσικών και μηχανικών παραμέτρων, οι οποίες θα είναι κατά το δυνατόν εύκολο να μετρηθούν ή

ενδεχομένως να εκτιμηθούν εμμέσως. Ο λόγος είναι προφανής και συνδέεται με τη μη γραμμική συμπεριφορά εδαφών, που όπως αποδείχθηκε και από τη μελέτη σεισμικής απόκρισης, διαφέρει ριζικά σε κάθε τύπο εδάφους.

- η κατάταξη βάσει της επιφανειακής εδαφικής δομής στα πρώτα 30 μέτρα, παραβλέπει τη σπουδαιότητα που μπορεί να έχουν στη σεισμική απόκριση οι υποκείμενοι εδαφικοί σχηματισμοί έως το βραχώδες υπόβαθρο. Τόσο οι ενόργανες μετρήσεις, όσο και οι θεωρητικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, ανέδειξαν τον καθοριστικό ρόλο των βαθύτερων εδαφικών στρωμάτων στη διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια.

Βάσει των όσων αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι η πρόταση ενός νέου συστήματος εδαφικής κατηγοριοποίησης θα πρέπει να συμπεριλάβει τόσο τον παράγοντα της εδαφικής ακαμψίας, όσο και αυτού του τύπου και του βάθους των εδαφικών σχηματισμών, αναγνωρίζοντας τη σπουδαιότητα που αυτοί έχουν στην εδαφική απόκριση. Επιπλέον, η ενσωμάτωσή του στα πλαίσια ενός αντισεισμικού κανονισμού, προϋποθέτει τη δυνατότητα κάλυψης όλων των πιθανών περιπτώσεων εδαφικών συνθηκών που συναντώνται στην πράξη, την πληρότητα στη περιγραφή και την εισαγωγή φυσικών και μηχανικών παραμέτρων που αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες των εδαφών και είναι εύκολο να προσδιοριστούν από επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές ή να εκτιμηθούν εμμέσως.

Η ικανοποίηση των παραπάνω κριτηρίων αποτέλεσε τη βάση για την τελική πρόταση εδαφικής κατηγοριοποίησης, η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.1. Πρόκειται ουσιαστικά για το τελικό αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης και λαμβάνοντας υπόψη και ανάλογες εργασίες που έχουν γίνει από άλλους ερευνητές, όπως βέβαια και τις προτάσεις σύγχρονων κανονισμών. Ειδικότερα, ελήφθησαν υπόψη:

- οι διατάξεις του *Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού* και του *EC8-prEN1998*.
- τα αποτελέσματα συστηματικών ερευνών που έχουν γίνει πάνω στο ζήτημα της εδαφικής κατηγοριοποίησης, με έμφαση σε αυτές των *Seed and Dickenson* (Πίνακας 4.12) και *Bray and Rodriguez-Marek* (Πίνακας 4.13), οι οποίες κινούνται στα πλαίσια των προβληματισμών που εκφράστηκαν και καλύπτουν σε ικανοποιητικό βαθμό τα κριτήρια που τέθηκαν παραπάνω.

- τα αποτελέσματα της επεξεργασίας δεδομένων από γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες στην ελληνική επικράτεια, που κατέληξε στην προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών σε διακριτές κατηγορίες με βάση τη στρωματογραφία και τις φυσικές και δυναμικές ιδιότητές τους (Πίνακας 4.23).

Οι βασικοί παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των προτεινόμενων εδαφικών κατηγοριών είναι:

- η ποιοτική περιγραφή με βάση τον τύπο των σχηματισμών – αποθέσεων (υγείς / ελαφρά αποσαθρωμένοι / έντονα αποσαθρωμένοι βραχώδεις σχηματισμοί, πολύ στιφρές έως μαλακές άργιλοι, μεγάλης πυκνότητας έως χαλαρές άμμοι κλπ), η οποία αποτελεί μέτρο της ακαμψίας τους και βρίσκεται σε αντιστοιχία με τις προτεινόμενες τιμές μέσης ταχύτητας διάδοσης των διατμητικών κυμάτων (\bar{V}_s).
- το πάχος των εδαφικών σχηματισμών έως το βραχώδες υπόβαθρο, το οποίο ορίζεται ως ο σχηματισμός με $V_s \geq 800$ m/sec.

Βοηθητικά, για λόγους που επιβάλει η πληρότητα αλλά και η διευκόλυνση της κατάταξης των εδαφών σε μία από τις προτεινόμενες κατηγορίες, προτείνονται επίσης όρια διακύμανσης για:

- την ιδιοπερίοδο των εδαφικών σχηματισμών, η οποία αποτελεί μέτρο έκφρασης τόσο της ακαμψίας τους, όσο και του πάχους τους έως το βραχώδες υπόβαθρο.
- την τιμή N_{SPT} της δοκιμής πρότυπης διείσδυσης, η οποία αποτελεί την πλέον διαδεδομένη γεωτεχνική δοκιμή πεδίου στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται τόσο για τον χαρακτηρισμό των εδαφών, όσο και για την έμμεση εκτίμηση των ταχυτήτων V_s (Πίνακας 4.24).
- την τιμή της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής S_u , η οποία χρησιμοποιείται για την κατάταξη των αργιλικών εδαφών (συμπληρωματικά χρησιμοποιείται και η τιμή του δείκτη PI).

Βάσει των παραπάνω διαμορφώθηκαν τελικά 6 βασικές κατηγορίες εδαφών (A, B, Γ, Δ, E και X), ο διαχωρισμός των οποίων γίνεται κατά βάση με κριτήριο την ποιοτική περιγραφή και την ακαμψία τους. Στη γενική τους μορφή ανταποκρίνονται ως ένα βαθμό στις κατηγορίες εδαφών των υφιστάμενων κανονισμών και στις ειδικές περιπτώσεις εδαφικών συνθηκών που

επισημάνθηκαν κατά τη θεωρητική μελέτη της σεισμικής απόκρισης που προηγήθηκε και που στο σύνολο τους ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στις περισσότερες από τις πιθανές περιπτώσεις εδαφικών συνθηκών που συναντώνται στην πράξη. Η υποδιαίρεση των βασικών κατηγοριών *A*, *B*, *Γ*, και *Δ* σε επί μέρους υποκατηγορίες, έγινε με κριτήριο το πάχος των εδαφικών σχηματισμών – αποθέσεων και βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στα αποτελέσματα των θεωρητικών αναλύσεων, οι οποίες ανέδειξαν την επιρροή του βάθους έως το βραχώδες υπόβαθρο στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Θα πρέπει βέβαια να τονιστεί ότι τόσο ο τελικός αριθμός κατηγοριών, όσο και τα όρια διακύμανσης των παραμέτρων διαχωρισμού που χρησιμοποιήθηκαν, ανταποκρίνονται στα δεδομένα και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, η εφαρμογή τους όμως σε επίπεδο κανονισμών εξαρτάται από επί μέρους παράγοντες και σε κάθε περίπτωση αποτελεί αντικείμενο γενικότερου πολιτικού σχεδιασμού.

8.2.2 *Καθορισμός συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης*

Η τελική πρόταση συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης σε σχέση με την επιτάχυνση στο βράχο και των κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης γίνεται για κάθε μία από τις κατηγορίες εδάφους που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη και βασίζεται στην αξιοποίηση της βάσης αποτελεσμάτων των παραμετρικών, μονοδιάστατων αναλύσεων σεισμικής απόκρισης.

Με δεδομένο ότι η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων, έχει γίνει σε επίπεδο συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, εκφρασμένων με τους λόγους των φασματικών επιταχύνσεων στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιομάτων που εξετάστηκαν, προς τις αντίστοιχες τιμές στο βράχο, γίνεται αντιληπτό πώς για τον καθορισμό των ζητούμενων παραμέτρων απαιτείται ο εξ' αρχής ορισμός ενός φάσματος αναφοράς, το οποίο θα ανταποκρίνεται σε συνθήκες βράχου. Επιπλέον, η αποδεδειγμένη επιρροή της έντασης του σεισμού διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου στη διαμόρφωση των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, επιβάλλει την υιοθέτηση συντελεστών ενίσχυσης και φασμάτων απόκρισης συναρτήσει της έντασης της σεισμικής κίνησης στο βράχο.

Συνεκτιμώντας τα παραπάνω, θεωρήθηκε πως οι διατάξεις του *EC8-prEN1998/Draft4* μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη διαμόρφωση των τελικών προτάσεων καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί στα κεφάλαια που προηγήθηκαν:

- λαμβάνουν υπόψη την επιρροή της έντασης της σεισμικής κίνησης στο βράχο, μέσω της εισαγωγής δύο τύπων σεισμών, ανάλογα με το μέγιστο αναμενόμενο σεισμικό μέγεθος (Type 1 – $M > 5.5$, Type 2 – $M < 5.5$). Με την εφαρμογή γνωστών σχέσεων εξασθένισης, η συγκεκριμένη διάκριση μπορεί να αναχθεί σε επίπεδο κορυφαίων τιμών επιτάχυνσης σε συνθήκες βράχου (Type 1 – $PGA_{rock} > 0.2g$, Type 2 – $PGA_{rock} < 0.2g$).
- τα προτεινόμενα φάσματα σχεδιασμού για συνθήκες βράχου έχουν προκύψει από την επεξεργασία μεγάλου αριθμού ενόργανων καταγραφών από τον ευρωπαϊκό χώρο και ανταποκρίνονται στο συγκεκριμένο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον. Αυτό αποδεικνύεται και μέσω της σύγκρισης που γίνεται στο *Σχήμα 6.2*, απ' όπου προκύπτει πολύ καλή συμφωνία με αντίστοιχα εμπειρικά φάσματα απόκρισης για τον ευρωπαϊκό χώρο (*Sabeta and Pugliese, Ambraseys*), τόσο για την περίπτωση των “ασθενών” (Type 2), όσο και γι' αυτή των “ισχυρών” (Type 1) σεισμών.

Έχοντας πλέον ορίσει ως φάσματα αναφοράς, τα προτεινόμενα φάσματα σχεδιασμού του *EC8-prEN1998/Draft4* για συνθήκες βράχου και θεωρώντας δύο επίπεδα έντασης της σεισμικής κίνησης (Type 1 – $PGA_{rock} > 0.2g$, Type 2 – $PGA_{rock} < 0.2g$), η διαδικασία που ακολουθείται για τον καθορισμό των συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και των κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για τις υπόλοιπες κατηγορίες εδάφους περιλαμβάνει:

- κατάταξη των εδαφικών ομοιομάτων που εξετάστηκαν στα πλαίσια των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, στις εδαφικές κατηγορίες που διαμορφώθηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.
- στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων σε επίπεδο συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης (μεταβολή μέσω τιμών και τυπικών αποκλίσεων για κάθε κατηγορία εδάφους, συναρτήσει των φασματικών περιόδων και της έντασης του σεισμού διέγερσης).
- εκτίμηση των κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε κατηγορία εδάφους, τα οποία προκύπτουν από την εφαρμογή των μέσω συντελεστών

εδαφικής ενίσχυσης στα αντίστοιχα κανονικοποιημένα φάσματα για συνθήκες βράχου και περιγράφονται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$0 \leq T \leq T_B : Sa(T)/PGA_{rock} = S * [1 + T/T_B * (\beta - 1)]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : Sa(T)/PGA_{rock} = S * \beta$$

$$T_C \leq T \leq T_D : Sa(T)/PGA_{rock} = S * \beta * (T_C/T)$$

$$T_D \leq T : Sa(T)/PGA_{rock} = S * \beta * (T_C * T_D / T^2)$$

όπου PGA_{rock} : η επιτάχυνση σχεδιασμού για συνθήκες βράχου

T_B, T_C : οι τιμές περιόδων που οριοθετούν το σταθερό κλάδο του φάσματος

T_D : η τιμή περιόδου που ορίζει το σημείο αλλαγής της κλίσης του κατερχόμενου κλάδου του φάσματος απόκρισης επιτάχυνσης και την αρχή του σταθερού κλάδου στο αντίστοιχο φάσμα μετακινήσεων

S : ο συντελεστής ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης

β : ο συντελεστής φασματικής ενίσχυσης

Στα Σχήματα 8.1-8.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παραπάνω επεξεργασίας για κάθε εδαφική κατηγορία και για τα δύο επίπεδα έντασης της σεισμικής κίνησης που εξετάστηκαν (Type 1 – $PGA_{rock} > 0.2g$, Type 2 – $PGA_{rock} < 0.2g$) και καθορίζονται οι τιμές των παραμέτρων T_B, T_C, T_D, S και β που περιγράφουν τα προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης. Τα τελευταία απεικονίζονται συγκεντρωτικά στα Σχήματα 8.10 & 8.11, κανονικοποιημένα αντίστοιχα ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης στο βράχο (PGA_{rock}) και ως προς την κορυφαία τιμή εδαφικής επιτάχυνσης ($PGA_{rock} * S$).

Από τη μελέτη των παραπάνω σχημάτων, προκύπτει ότι τόσο οι προτεινόμενοι συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (S), όσο και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης, έχουν καθοριστεί κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνονται και να περιβάλλουν κατά το δυνατό τα αποτελέσματα των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, εκτός από τις περιπτώσεις όπου κρίθηκε σκόπιμη η χρήση συντηρητικότερων τιμών, με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία και βιβλιογραφικά δεδομένα (κυρίως σε επίπεδο κανονισμών). Χαρακτηριστικά, αναφέρεται η περίπτωση της εδαφικής κατηγορίας Δ_2 ($PGA_{rock} > 0.2g$), όπου

οι μεγάλες τιμές απομειώσεων που υπολογίστηκαν εξαιτίας της έντονης μη γραμμικής συμπεριφοράς των χαλαρών αμμωδών εδαφών, αντιμετωπίζονται με επιφύλαξη λόγω των προβλημάτων που εμφανίζονται στην βήμα προς βήμα ανάλυση που εφαρμόζουν τα υπολογιστικά προγράμματα στην ισοδύναμη γραμμική μέθοδο, όταν οι αναπτυσσόμενες παραμορφώσεις ξεπεράσουν συγκεκριμένα όρια.

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι προτάσεις που διατυπώθηκαν για κάθε εδαφική κατηγορία, αφορούν σε ένα προκαταρκτικό στάδιο μελέτης και ανταποκρίνονται στα έως την παρούσα στιγμή διαθέσιμα αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων. Χρήζουν ωστόσο περαιτέρω μελέτης, η οποία θα περιλαμβάνει:

- θεωρητικές αναλύσεις της σεισμικής απόκρισης σε μεγαλύτερο αριθμό εδαφικών ομοιομάτων, τα οποία θα διαμορφωθούν με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προτεινόμενων εδαφικών κατηγοριών
- χρήση εναλλακτικών της ισοδύναμης γραμμικής μεθόδων ανάλυσης, οι οποίες θα λαμβάνουν υπόψη τη μη γραμμική συμπεριφορά των υλικών που συνθέτουν το εδαφικό ομοίωμα
- αντιπαραβολή με τα αποτελέσματα ενόργανων μετρήσεων, η οποία προϋποθέτει την οργάνωση και λειτουργία μεγάλων πεδίων δοκιμών και ενός πυκνού δικτύου επιταχυνσιογράφων, που θα επιτρέπουν τη λήψη ταυτόχρονων καταγραφών σε θέσεις με ποικιλία εδαφικών συνθηκών και την κατάλληλη επεξεργασία τους σε σχέση με καταγραφές σε θέσεις “αναφοράς” (συνθήκες βράχου), ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η ενίσχυση του εδαφικού κραδασμού.

8.3 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα παράγραφο, με την οποία ολοκληρώνεται η Τελική Έκθεση του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, γίνεται η σύνοψη των ενεργειών και των αποτελεσμάτων από τα επί μέρους στάδια εργασιών και εκτιμάται ο βαθμός υλοποίησης των αρχικών στόχων σε σχέση και με τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν. Η αναφορά γίνεται βάσει του αρχικού προγραμματισμού εργασιών και του χρονοδιαγράμματος που παρουσιάστηκε στην §1.3.

➤ *Συλλογή, αξιολόγηση και επιλογή δεδομένων από τις γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες (Κεφ.2)*

Βασίστηκε στην αξιοποίηση στοιχείων από συστηματικές γεωτεχνικές και γεωφυσικές έρευνες στην Ελλάδα και στον απαραίτητο εμπλουτισμό του δείγματος με αντίστοιχες πληροφορίες από το εξωτερικό. Βάσει των στόχων του Προγράμματος, επιλέχθηκαν τελικά θέσεις με πλήρως εξακριβωμένες εδαφικές συνθήκες και διαθέσιμες σεισμικές καταγραφές. Το σύνολο των δεδομένων οργανώθηκε σε κατάλληλα διαμορφωμένη “*Βάση Γεωτεχνικών – Γεωφυσικών Δεδομένων από την Ελληνική Επικράτεια*”, στην οποία έως την παρούσα στιγμή έχουν καταγραφεί δεδομένα 95 γεωτρήσεων σε διάφορες θέσεις, σε 34 από τις οποίες υπάρχουν εγκατεστημένοι επιταχυνσιογράφοι. Λόγω της απλής μορφής και της ευκολίας εισαγωγής δεδομένων, η βάση που δημιουργήθηκε είναι δυνατό να εμπλουτίζεται συνεχώς με στοιχεία εν εξελίξει και νέων μελετών, ώστε να καλυφθεί κατά το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής επικράτειας. Οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν, εντοπίζονται κυρίως στην έλλειψη δεδομένων από γεωφυσικές διασκοπήσεις, που δεν επιτρέπει την πλήρη αξιοποίηση του μεγάλου αριθμού γεωτεχνικών μελετών.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ *Συλλογή, αξιολόγηση και επιλογή καταγραφών σεισμών σε δίκτυα επιταχυνσιογράφων (Κεφ.3)*

Για τη συλλογή σεισμικών καταγραφών αξιοποιήθηκε το σχετικό αρχείο του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ. και οι ελληνικές και διεθνείς βάσεις δεδομένων. Η τελική επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος, βασίστηκε στην ακριβή γνώση των εδαφικών συνθηκών στους σταθμούς καταγραφής και στην ικανοποίηση κριτηρίων

ως προς την αξιοπιστία και την κάλυψη ενός σημαντικού εύρους συχνοτικού περιεχομένου, σεισμικών μεγεθών και επικεντρικών αποστάσεων. Για την καλύτερη αξιοποίηση των σεισμικών καταγραφών που τελικά επιλέχθηκαν, οργανώθηκε βάση δεδομένων, στην οποία έχει αρχειοθετηθεί ανά σταθμό καταγραφής και ημερομηνία το σύνολο των επιταχυνσιογραφημάτων και τα προϊόντα της επεξεργασίας τους (φάσματα απόκρισης και φασματικοί λόγοι) σε ψηφιοποιημένη μορφή. Έως την παρούσα στιγμή, επί συνόλου 41 θέσεων σεισμικών καταγραφών στην Ελλάδα και το εξωτερικό και 39 σεισμών της τελευταίας εικοσαετίας, έχουν επιλεγεί περισσότερα από 200 επιταχυνσιογραφήματα και έχουν υπολογιστεί συνολικά περισσότερα από 600 φάσματα απόκρισης.

Το βασικό πρόβλημα που σχετίζεται με την επιλογή σεισμικών καταγραφών, εντοπίζεται στην έλλειψη ταυτόχρονων καταγραφών σε εδαφικές αποθέσεις και σε γειτονική έξαρση βραχώδους υποβάθρου, που κρίνονται αναγκαίες για τη μελέτη επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης, προϋποθέτουν όμως την διαμόρφωση ειδικών πεδίων δοκιμών και την εγκατάσταση ενός πυκνού και καλά οργανωμένου δικτύου επιταχυνσιογράφων.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ ***Συλλογή και επεξεργασία αναφορών από τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία (Κεφ.2-7)***

Η συλλογή και επεξεργασία βιβλιογραφικών αναφορών σε επίπεδο ελληνικών και διεθνών κανονισμών και δημοσιεύσεων, εξελίχθηκε παράλληλα με τα υπόλοιπα στάδια εργασιών του Ερευνητικού Προγράμματος. Ανάλογα με τα αντικείμενα που μελετήθηκαν, δόθηκε κύρια βαρύτητα σε αναφορές που άπτονται του προβλήματος της εδαφικής κατηγοριοποίησης, σε συνάρτηση με την πρόταση συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης και φασμάτων ελαστικής απόκρισης καθώς και της εφαρμογής ενόργανων τεχνικών και θεωρητικών μεθόδων για την εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ **Κατάταξη όλων των διαθέσιμων στοιχείων – πρώτη φάση κατηγοριοποίησης των εδαφών (Κεφ.4)**

Πρόκειται για το βασικό στάδιο εργασιών του πρώτου έτους του Ερευνητικού Προγράμματος – Μελέτης, στο οποίο έγινε η διαχείριση και η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, σχετικά με τις προσδιορισμένες φυσικές, μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες γεωυλικών που συναντώνται σε όλη την επικράτεια της χώρας. Η προκαταρκτική κατάταξη εδαφών έγινε σε 4 κύριες διακριτές κατηγορίες βάσει του τύπου του εδαφικού υλικού, κατάλληλα επιλεγμένες ώστε να περιλαμβάνουν στο σύνολο τους τα εδάφη που συναντώνται στην πράξη. Ακολούθησε διάκριση σε επί μέρους υποκατηγορίες, βάσει των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας παραμέτρων που αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών (V_s , N_{SPT} , PI , στρωματογραφία). Οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν σχετίζονται με την έντονη διασπορά που παρουσιάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά ακόμα και όταν πρόκειται για το ίδιο υλικό, με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολη η ποσοτικοποίηση τους και η πρόταση συγκεκριμένων ορίων διακύμανσης.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ **Ορισμός σχέσεων συσχέτισης μεταξύ διαφόρων βασικών γεωτεχνικών παραμέτρων και δοκιμών (Κεφ.4)**

Κύρια βαρύτητα δόθηκε στην συσχέτιση της ταχύτητας διάδοσης των διατμητικών κυμάτων V_s , ο ακριβής προσδιορισμός της οποίας στα πλαίσια ενός τεχνικού έργου δεν είναι πολλές φορές δυνατός λόγω του υψηλού κόστους των γεωφυσικών διασκοπήσεων, με τις τιμές N_{SPT} της δοκιμής πρότυπης διείδυσης, που είναι η πλέον διαδεδομένη δοκιμή πεδίου στην Ελλάδα. Παρά το μεγάλο πλήθος δεδομένων που συλλέχθηκε, η σχετική ανομοιογένεια τους και η μεγάλη διασπορά που παρατηρήθηκε στα ζεύγη τιμών $N_{SPT} - V_s$, δεν επέτρεψε την εξαγωγή σχέσεων με ικανοποιητικό συντελεστή συσχέτισης ($r > 0.7-0.8$). Έγινε ωστόσο μία κατά το δυνατόν πλήρης βιβλιογραφική ανασκόπηση του θέματος, στην οποία έχουν περιληφθεί τα αποτελέσματα της ερευνητικής δραστηριότητας στην Ελλάδα για μεγάλες ομάδες εδαφών, σε αντιπαραβολή με αντίστοιχες σχέσεις, που έχουν προταθεί κατά καιρούς στη διεθνή βιβλιογραφία.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ *Υπολογισμός με ενόργανες τεχνικές της σεισμικής απόκρισης σε διαφορετικές περιπτώσεις τοπικών εδαφικών συνθηκών (Κεφ.5)*

Η συγκεκριμένη ενότητα εργασιών, αφορά στην επεξεργασία των επιλεγμένων σεισμικών καταγραφών και πιο συγκεκριμένα στον υπολογισμό των φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης και στην εφαρμογή ενόργανων μεθόδων (*SSR, HVSR*), για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στις θέσεις καταγραφής της.

Τα φάσματα απόκρισης που υπολογίστηκαν παρουσιάστηκαν συγκριτικά, με βάση την κατάταξη των γνωστών εδαφικών συνθηκών των σταθμών καταγραφής στις κατηγορίες εδαφών που προτείνονται από τους αντισεισμικούς κανονισμούς. Με αυτόν τον τρόπο, κατέστη δυνατή τόσο η μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στα φασματικά σχήματα, όσο και η αντιπαραβολή των ενόργανων δεδομένων με τα φάσματα σχεδιασμού των αντισεισμικών κανονισμών.

Σε ότι αφορά την εφαρμογή των ενόργανων τεχνικών, η απουσία καταγραφών σε κοντινές θέσεις αναφοράς (επιφανειακή έξαρση βράχου) για το σύνολο σχεδόν των θέσεων μελέτης, έκανε αδύνατο τον προσδιορισμό του κλασσικού φασματικού λόγου (*SSR*). Αντίθετα, η μέθοδος (*HVSR*) με την οποία συγκρίνονται η οριζόντια και η κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικής κίνησης από μία και μόνο θέση, εφαρμόστηκε σε όλες τους σταθμούς καταγραφής. Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων (θεμελιώδης συχνότητα συντονισμού) με την γνωστή εδαφική δομή, είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε μικρό αριθμό θέσεων. Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν γενικευμένα συμπεράσματα για την ερμηνεία των αποκλίσεων που παρατηρήθηκαν στις υπόλοιπες θέσεις, καθώς θα πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των διαθέσιμων καταγραφών και να διερευνηθεί το κατά πόσο επηρεάζεται η επιτυχία της μεθόδου από σύνθετες γεωλογικές δομές και το μέγεθος της επιτάχυνσης της σεισμικής κίνησης.

βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ *Υπολογισμός με θεωρητικές τεχνικές της σεισμικής απόκρισης σε διαφορετικές περιπτώσεις τοπικών εδαφικών συνθηκών (Κεφ.6)*

Πρόκειται για τη βασική ενότητα εργασιών του δεύτερου έτους του Ερευνητικού Προγράμματος, στην οποία πραγματοποιήθηκε η θεωρητική προσομοίωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης, για την ανάδειξη και μελέτη των βασικών παραμέτρων που επηρεάζουν τα

χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης, λαμβάνοντας υπόψη κατά βάση ισοδύναμη γραμμική συμπεριφορά των εδαφικών υλικών. Για τη βαθμονόμηση των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων και της μεθόδου ανάλυσης καθώς και την αξιολόγηση των σεισμών διέγερσης που επιλέχθηκαν, πραγματοποιήθηκαν αρχικά αναλύσεις εδαφικής απόκρισης σε επιλεγμένες θέσεις από την ελληνική επικράτεια, τα αποτελέσματα των οποίων συγκλίνουν ικανοποιητικά με τις διαθέσιμες σεισμικές καταγραφές. Στο βασικό στάδιο παραμετρικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (~550 συνολικά), χρησιμοποιήθηκαν εδαφικά ομοιώματα που στο σύνολό τους καλύπτουν ένα σημαντικό εύρος εδαφικών συνθηκών και η σύνθεση των οποίων βασίστηκε σε αναπαραγωγή των κατηγοριών των αντισεισμικών κανονισμών και σε συνήθεις περιπτώσεις εδαφών που συναντώνται στην πράξη.

Βαθμός υλοποίησης: 100%

➤ ***Συμπεράσματα, αξιολόγηση και φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τελική φάση κατηγοριοποίησης εδαφών (Κεφ.7-8)***

Για την καλύτερη οργάνωση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, δημιουργήθηκε σχετική βάση δεδομένων, στην οποία περιλήφθηκαν στοιχεία και πληροφορίες για το σύνολο των αναλύσεων που εκτελέστηκαν. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στον υπολογισμό, τη μελέτη και την στατιστική επεξεργασία των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης (λόγοι των φασματικών επιταχύνσεων στην επιφάνεια των εδαφικών ομοιωμάτων προς τις αντίστοιχες τιμές στο βράχο). Μέσα από την συγκεκριμένη διαδικασία αναδείχθηκε και ποσοτικοποιήθηκε ως ένα βαθμό η επίδραση που έχουν στη σεισμική απόκριση, παράγοντες που σχετίζονται με τον τύπο, τις μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες των εδαφικών υλικών, τη στρωματογραφία, το λόγο της δυσκαμψίας μεταξύ των αποθέσεων και του βραχώδους υποβάθρου, τη μη γραμμική συμπεριφορά του εδάφους κ.α.

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των θεωρητικών αναλύσεων, σε συνδυασμό με την επεξεργασία πλούσιου βιβλιογραφικού υλικού σε επίπεδο ελληνικών και διεθνών κανονισμών και δημοσιεύσεων και την προκαταρκτική κατάταξη των εδαφών σε διακριτές κατηγορίες που προηγήθηκε, οδήγησε στη διαμόρφωση της τελικής πρότασης εδαφικής κατηγοριοποίησης. Οι βασικοί παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για το διαχωρισμό των εδαφικών κατηγοριών είναι η ποιοτική περιγραφή με βάση τον τύπο των σχηματισμών – αποθέσεων και το πάχος των

εδαφικών σχηματισμών έως το βραχώδες υπόβαθρο. Βοηθητικά, για λόγους πληρότητας αλλά και διευκόλυνσης της κατάταξης, προτείνονται επίσης όρια διακύμανσης για την ιδιοπερίοδο των εδαφικών σχηματισμών (μέτρο της ακαμψία και του πάχους τους), την τιμή N_{SPT} της δοκιμής πρότυπης διείδυσης και την τιμή της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής S_u .

βαθμός υλοποίησης: 100%

- **Καθορισμός συντελεστών ενίσχυσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και κανονικοποιημένων φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης για κάθε μια από της κατηγορίες εδάφους (Κεφ.8)**

Η αποδεδειγμένη επιρροή της έντασης του σεισμού διέγερσης του βραχώδους υποβάθρου στη διαμόρφωση των συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης, οδήγησε στην υιοθέτηση συντελεστών ενίσχυσης και φασμάτων απόκρισης επιτάχυνσης συναρτήσει της έντασης της σεισμικής κίνησης στο βράχο (Type 1 – $PGA_{rock} > 0.2g$, Type 2 – $PGA_{rock} < 0.2g$). Για τη διαμόρφωση των τελικών προτάσεων, αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των παραμετρικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης, βάσει των δεδομένων που προέκυψαν από την εδαφική κατηγοριοποίηση που προηγήθηκε. Σε κάθε περίπτωση, οι προτάσεις που διαμορφώθηκαν ανταποκρίνονται όπως είναι φυσικό στα έως την παρούσα στιγμή διαθέσιμα αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων και χρήζουν συνεχούς επιβεβαίωσης κυρίως μέσω καλής ποιότητας καταγραφών. Παράλληλα, κρίνεται σκόπιμο η έρευνα να συνεχιστεί με πρόσθετο αντικείμενο την επεξεργασία σε επίπεδο φασμάτων απόκρισης ταχύτητας και μετακίνησης, για τα οποία δεν κατέστη δυνατή η διαμόρφωση συγκεκριμένων προτάσεων στα στενά χρονικά πλαίσια του συγκεκριμένου Προγράμματος

βαθμός υλοποίησης: 100%

- **Καθορισμός αντιπροσωπευτικών συνθετικών επιταχυνσιογραφημάτων για κάθε εδαφική κατηγορία**

Η πρόταση αντιπροσωπευτικών συνθετικών επιταχυνσιογραφημάτων για κάθε εδαφική κατηγορία αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολη για τον απλούστατο λόγο της σχετικά μεγάλης διασποράς των φασματικών τιμών σχεδόν σε όλες τις εδαφικές κατηγορίες. Ο κύριος λόγος της

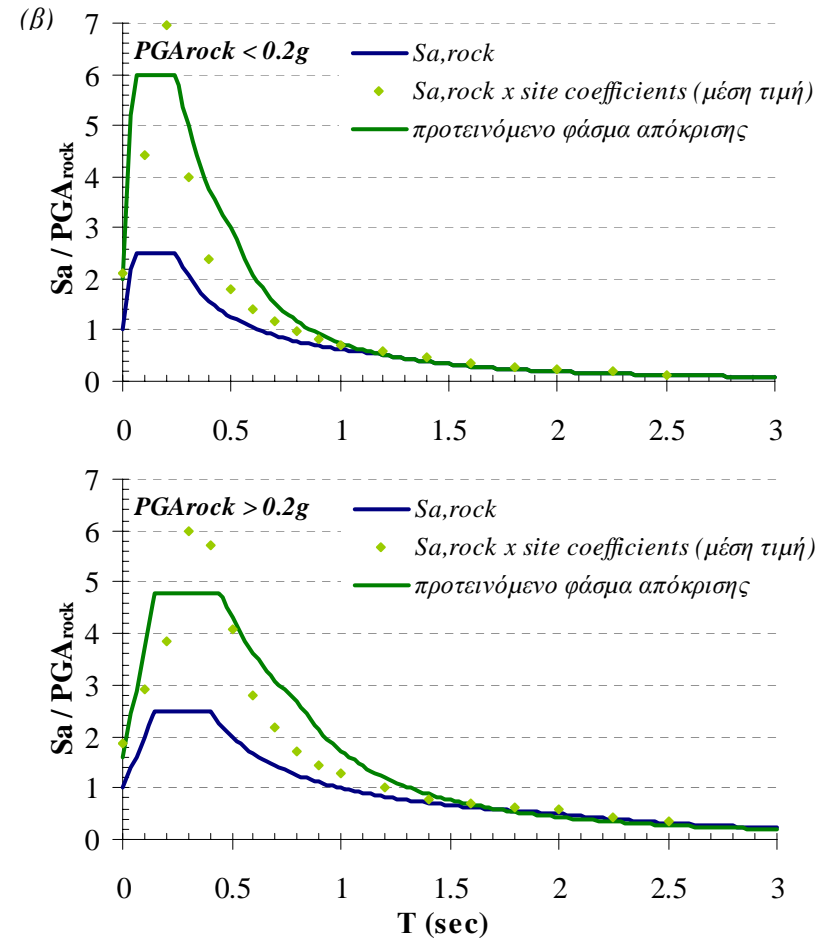
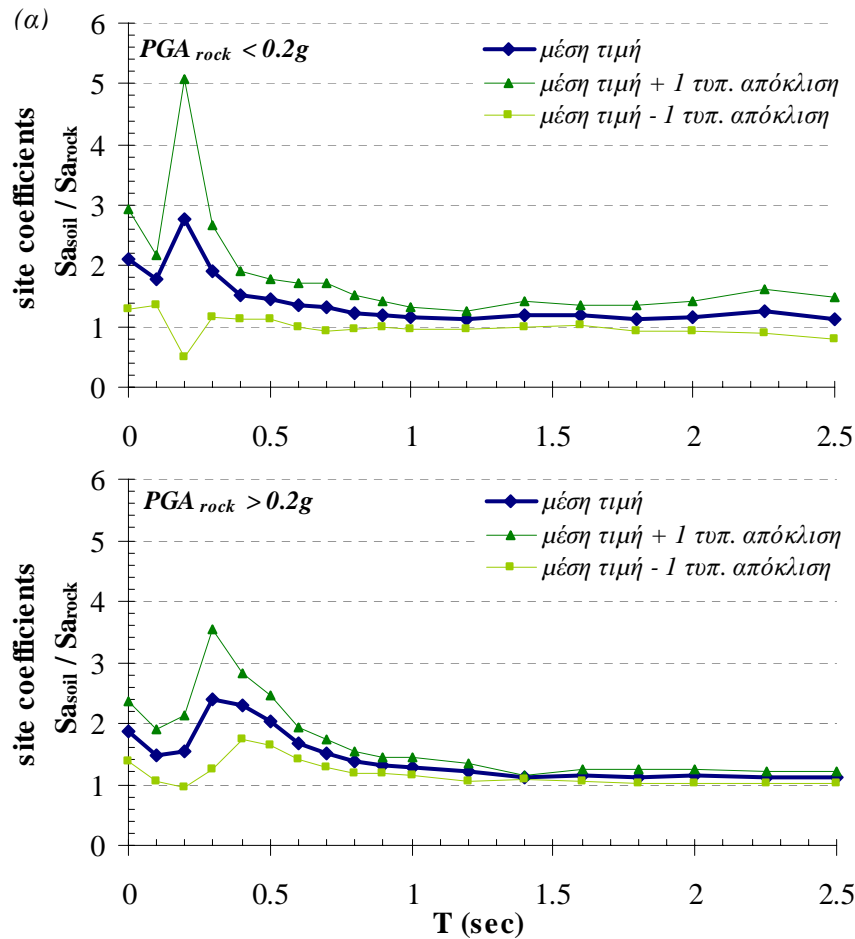
μεγάλης διασποράς θα πρέπει να αναζητηθεί στην ποικιλομορφία των διεγέρσεων στο σεισμικό υπόβαθρο, για την οποία λίγα πράγματα μπορεί να κάνει κανείς προς το παρόν.

Ενόψει της δυσκολίας αυτής, προτείνεται η δημιουργία συνθετικών επιταχυνσιογραφημάτων από τα αντίστοιχα προτεινόμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης, ακολουθώντας αντίστροφη πορεία με την χρήση κάποιου από τα διαθέσιμα λογισμικά. Προκειμένου δε να καλυφθεί πλήρως η παρατηρηθείσα διασπορά, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν οι εξής φασματικές τιμές:

- μέση τιμή – τυπική απόκλιση
- μέση τιμή – $1/2$ τυπική απόκλιση
- μέση τιμή
- μέση τιμή + $1/2$ τυπική απόκλιση
- μέση τιμή + τυπική απόκλιση

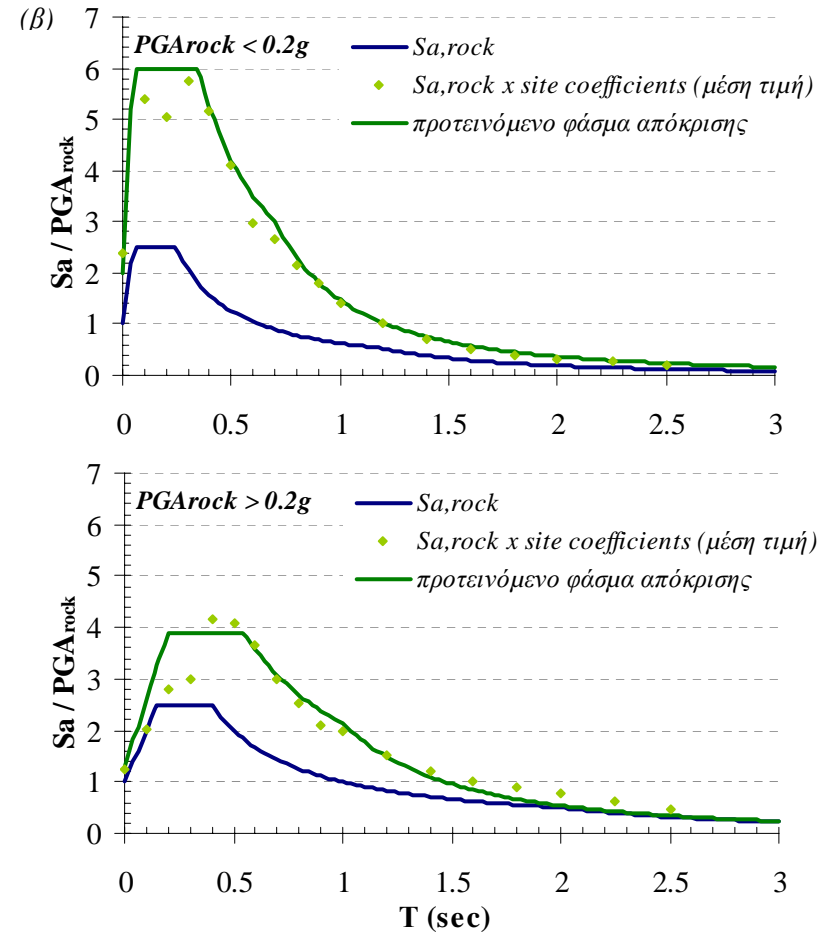
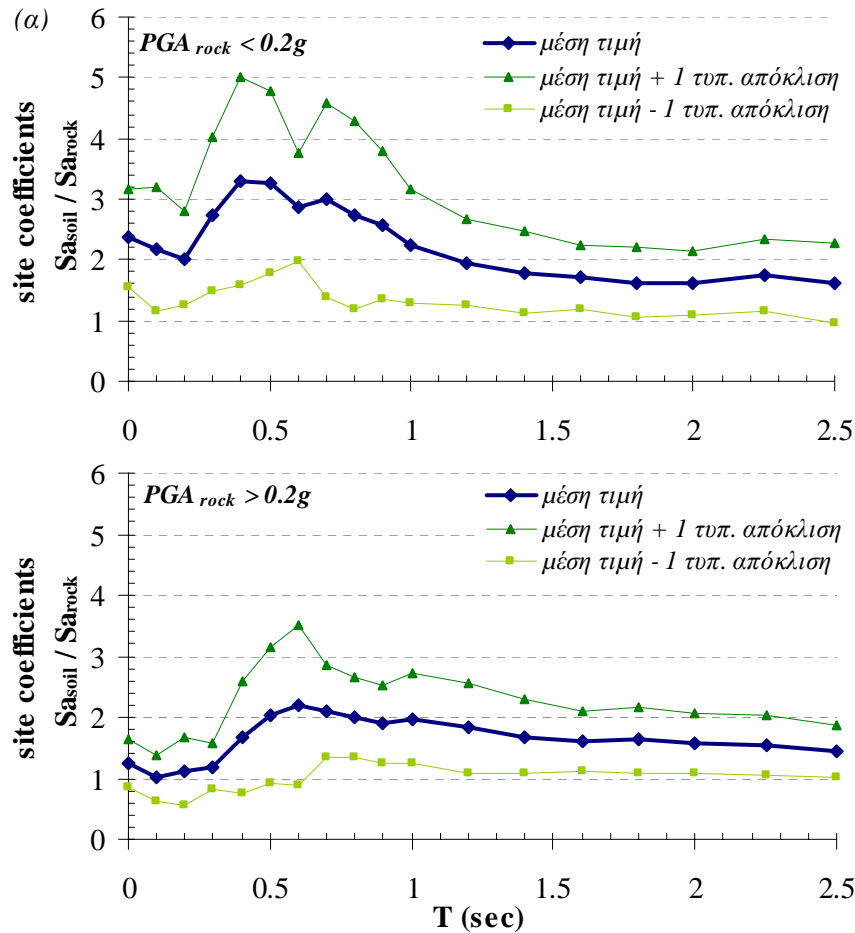
βαθμός υλοποίησης: 100 %

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
B_1	23	20 - 32	470 - 560	425 - 530	0,19 - 0,25	0,05	0,25	0,5	2,0	3,0	0,15	0,45	0,8	1,6	3,0



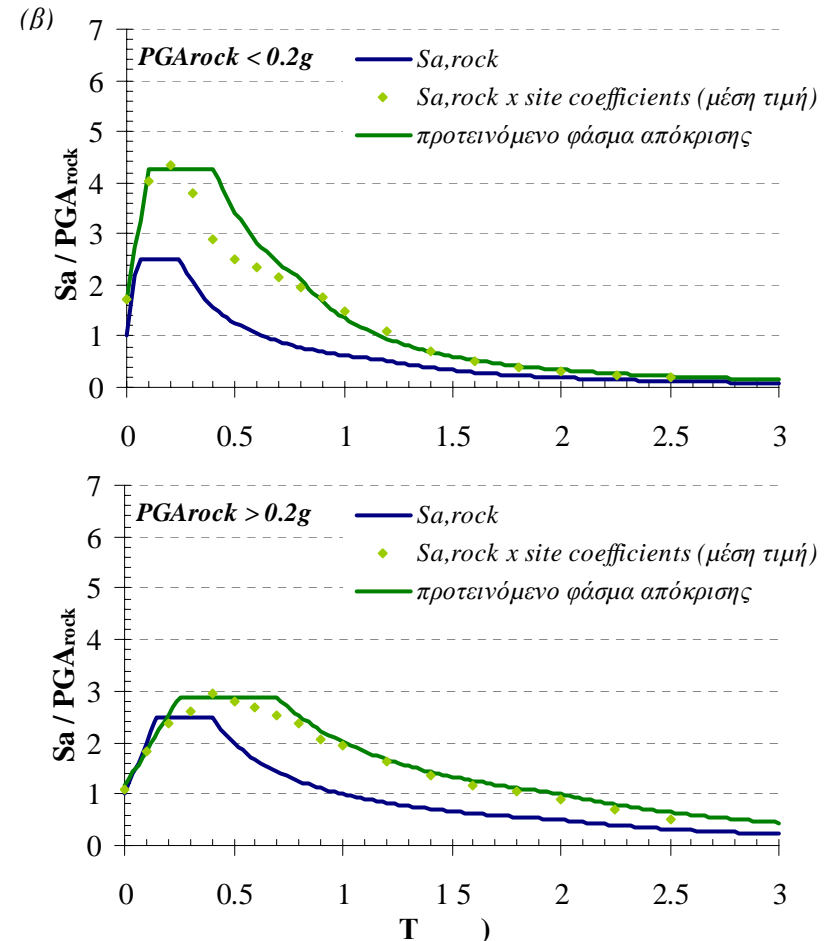
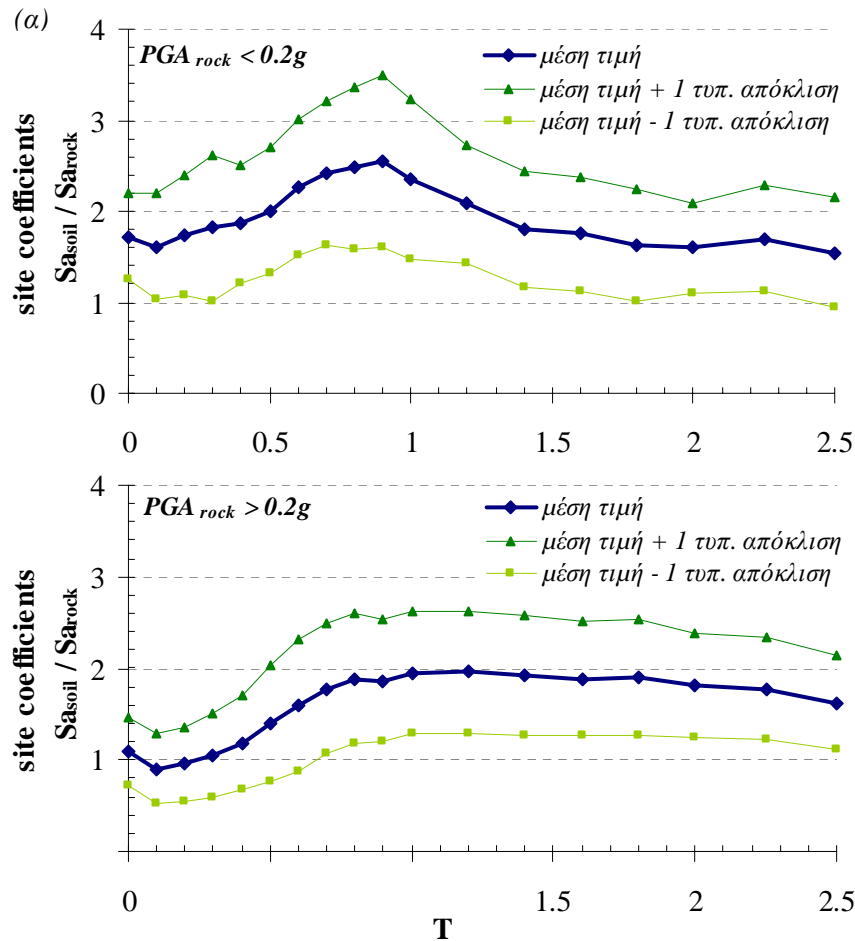
Σχήμα 8.1: Κατηγορία εδάφους B_1 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
B_2	49	40 - 60	240 - 500	400 - 535	0,34 - 0,60	0,05	0,35	0,7	2,0	3,0	0,2	0,55	1,0	1,3	3,0



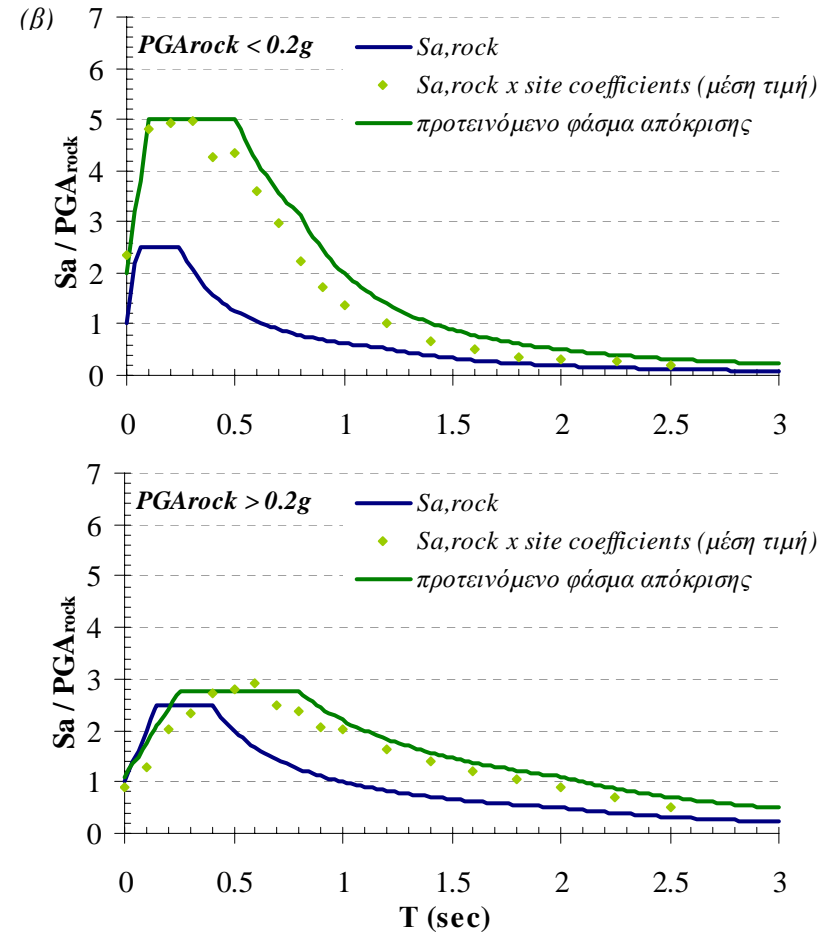
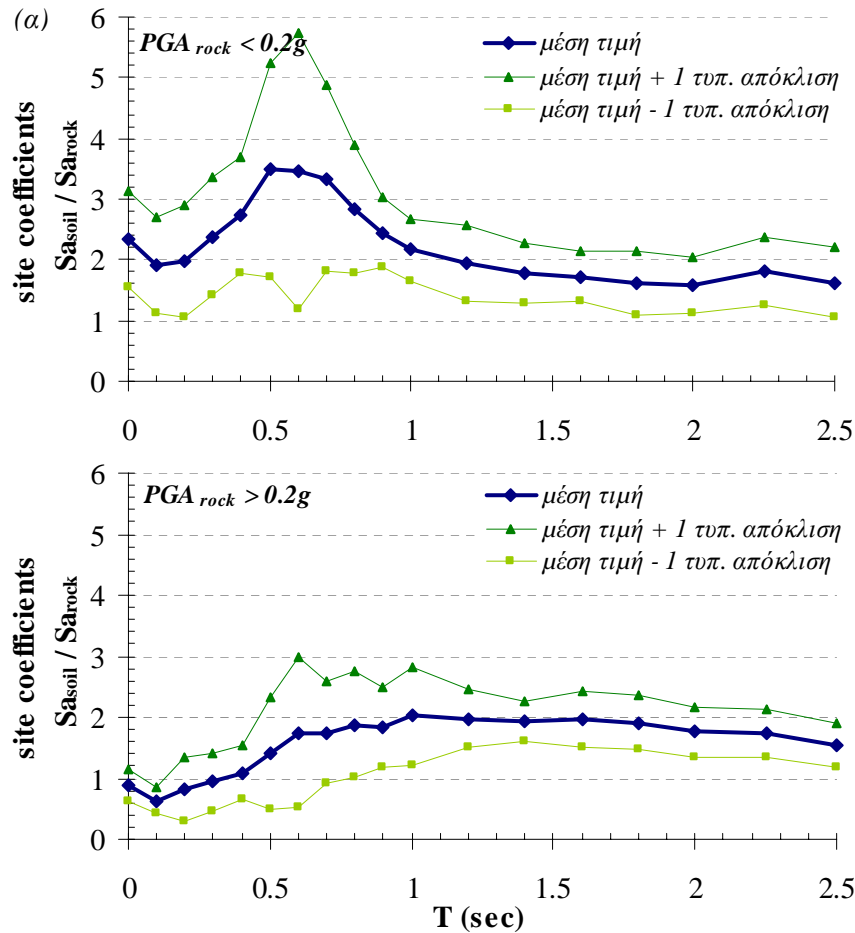
Σχήμα 8.2: Κατηγορία εδάφους B_2 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
Γ_1	225	80 - 110	230 - 700	500 - 700	0,46 - 0,98	0,1	0,4	0,8	1,7	2,5	0,25	0,7	2,0	1,15	2,5



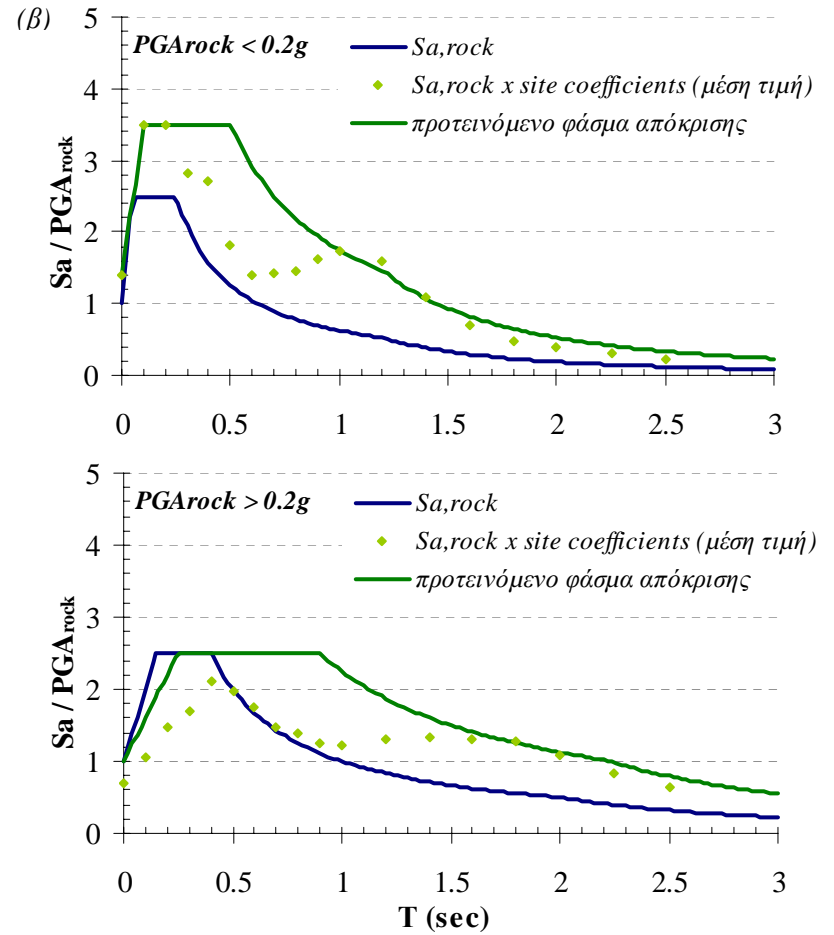
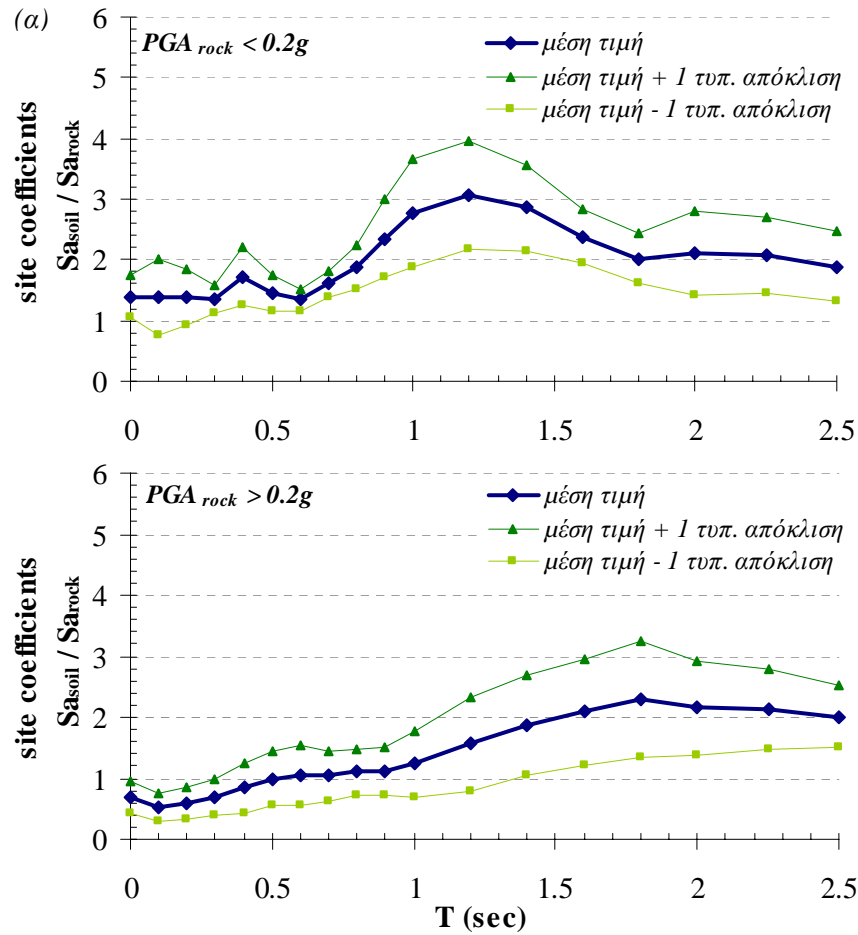
Σχήμα 8.3: Κατηγορία εδάφους Γ_1 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{μ,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
Γ_2	22	40	243	275	0,6	0,1	0,5	0,8	2,0	2,5	0,25	0,8	2,0	1,1	2,5



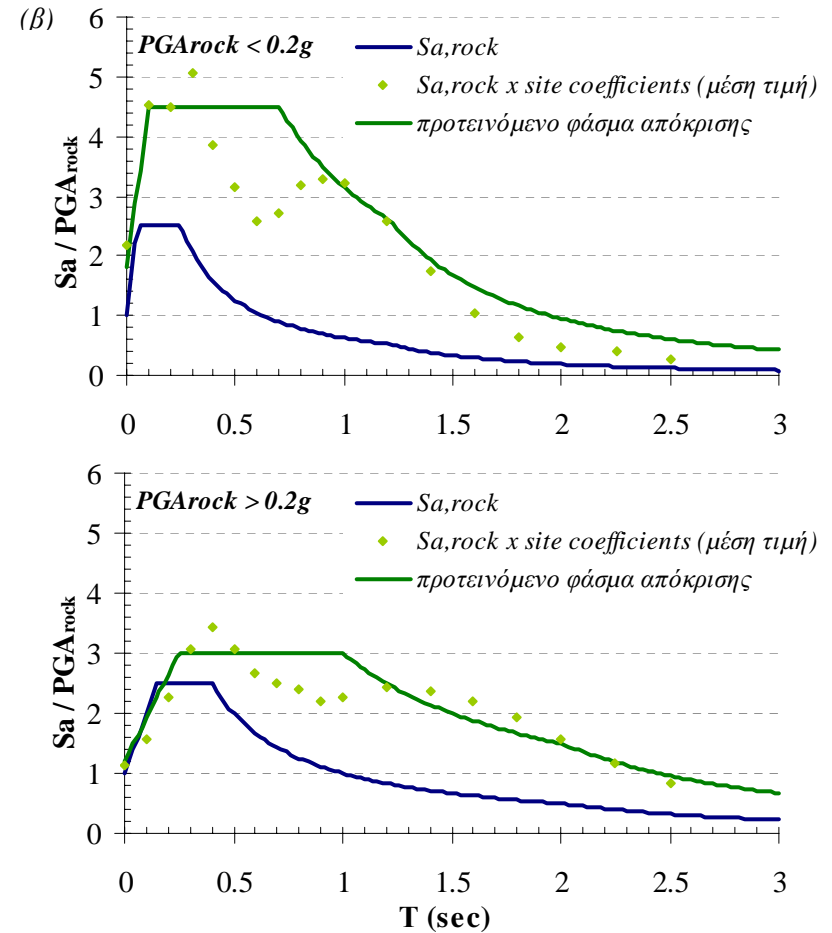
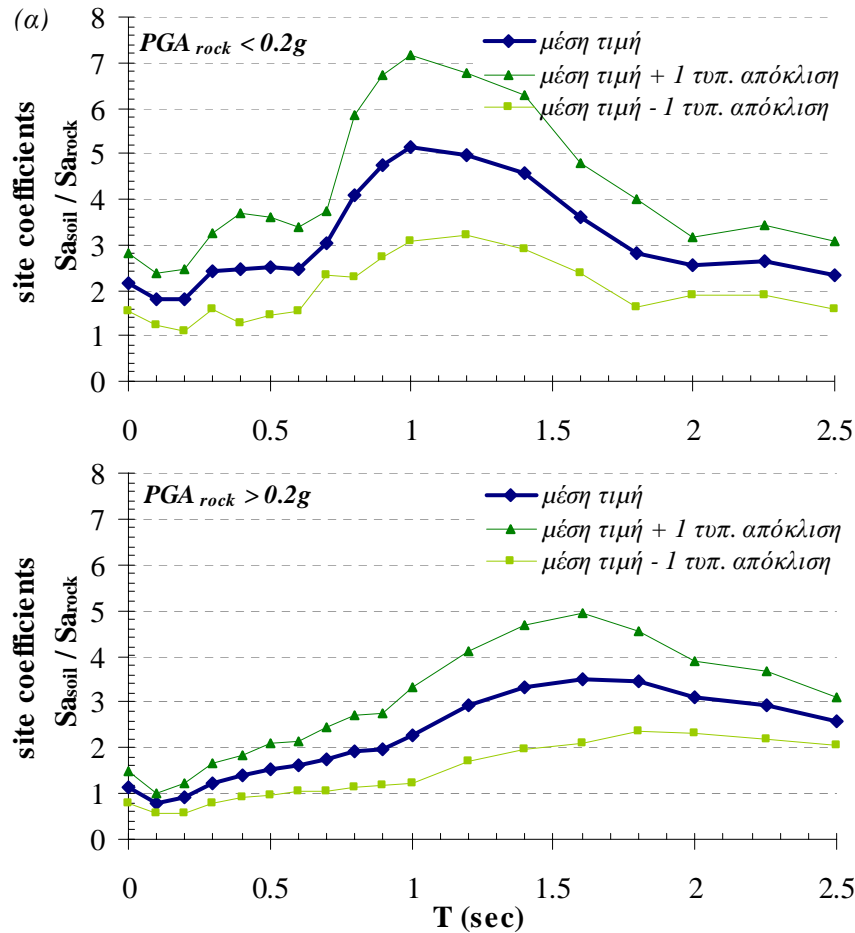
Σχήμα 8.4: Κατηγορία εδάφους Γ_2 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{μ,bed}}$ (m/sec)	T_{Obed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
Γ_3	23	80	300	300	1,07	0,1	0,5	1,2	1,4	2,5	0,25	0,9	2,2	1,0	2,5



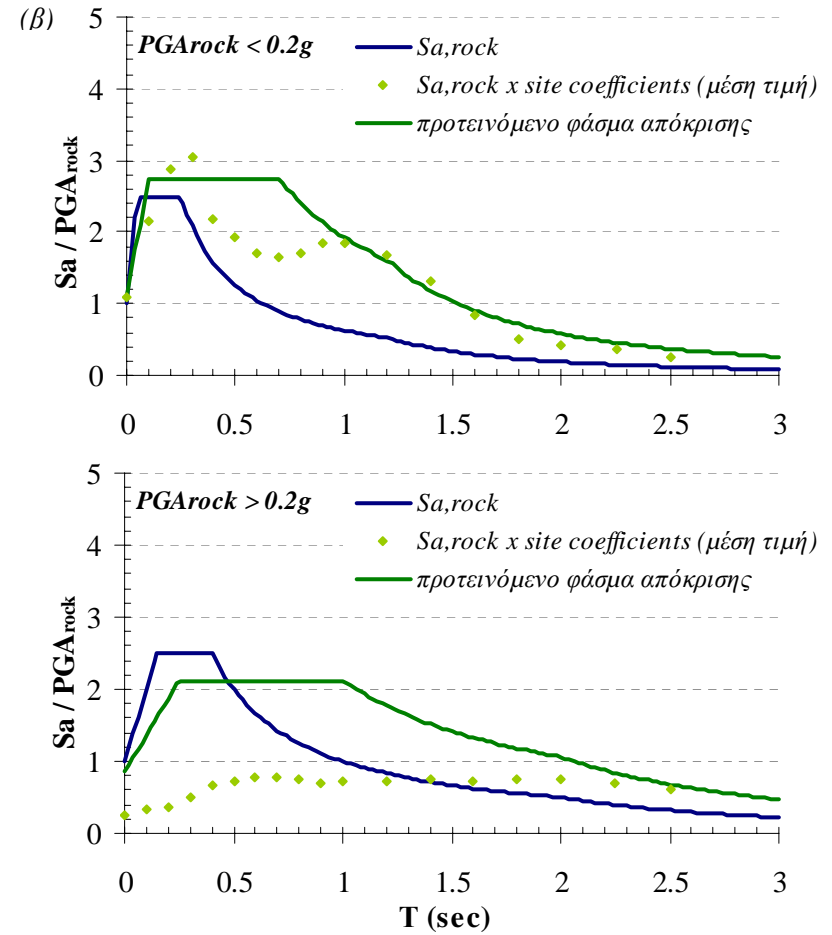
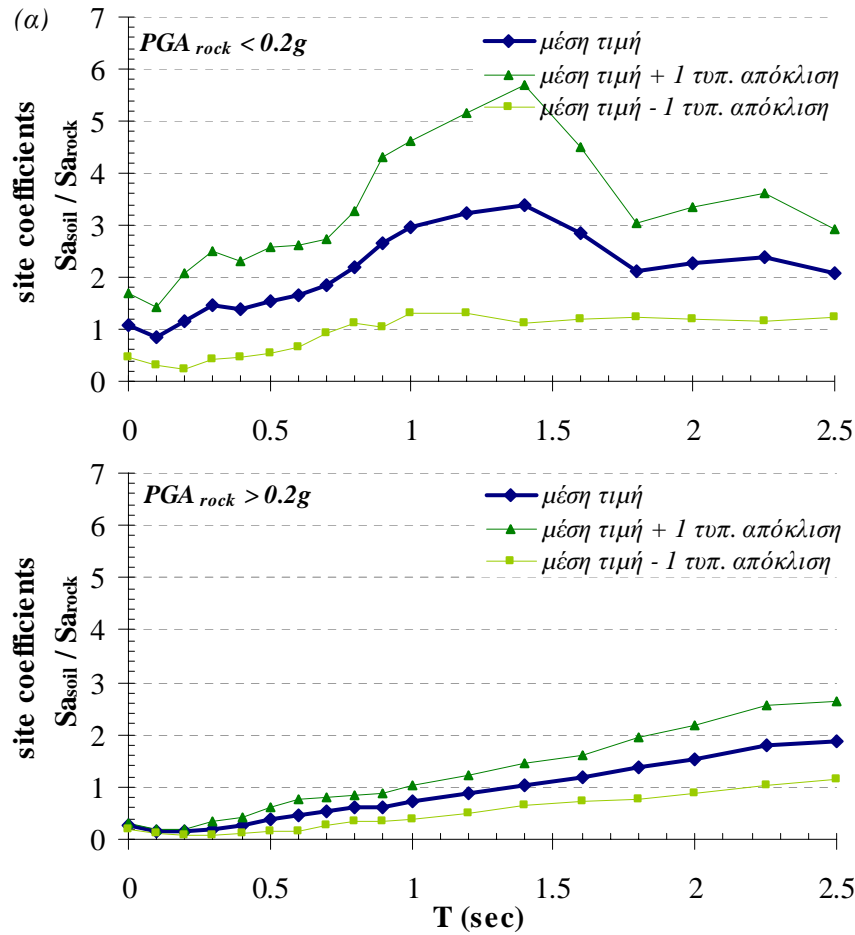
Σχήμα 8.5: Κατηγορία εδάφους Γ_3 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
A_1	33	20 - 60	120 - 145	100 - 183	0,8 - 1,5	0,1	0,7	1,2	1,8	2,5	0,25	1,0	2,0	1,2	2,5



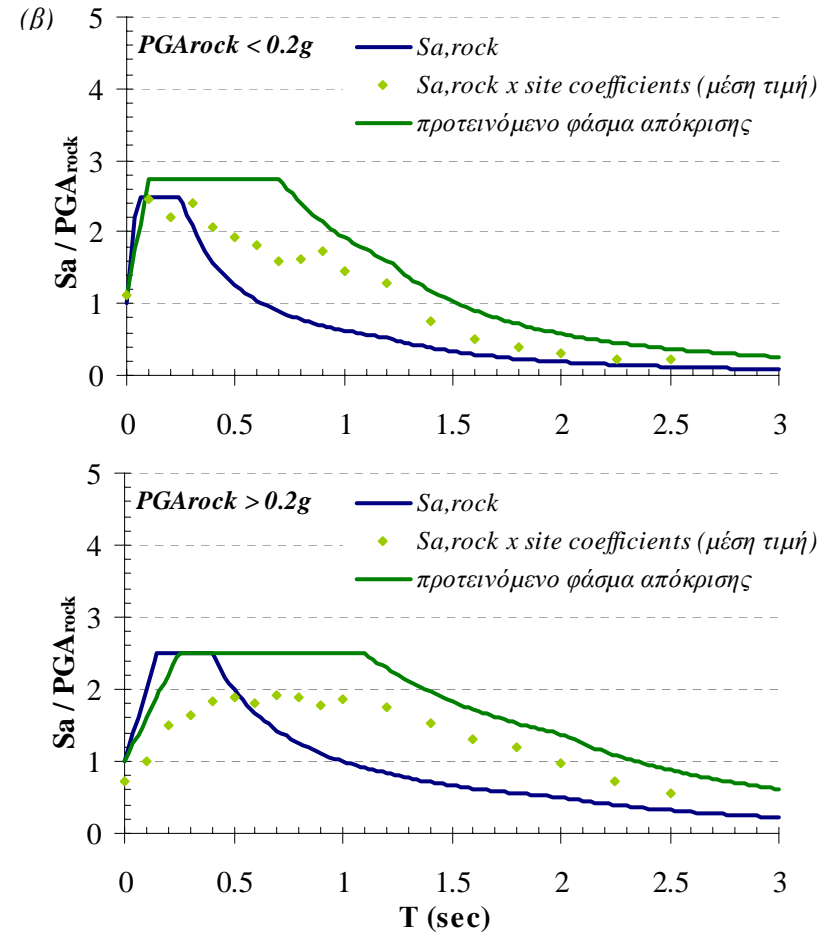
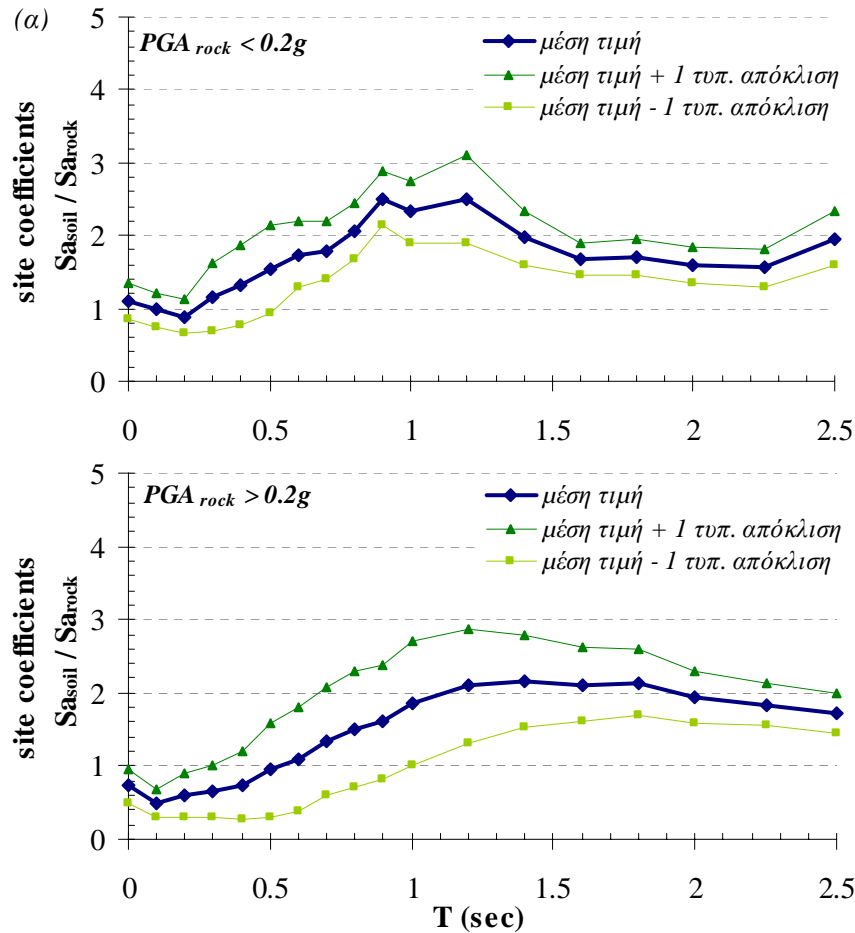
Σχήμα 8.6: Κατηγορία εδάφους A_1 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
A_2	33	20 - 60	120 - 145	100 - 183	0,8 - 1,5	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,0	2,0	0,85	2,5



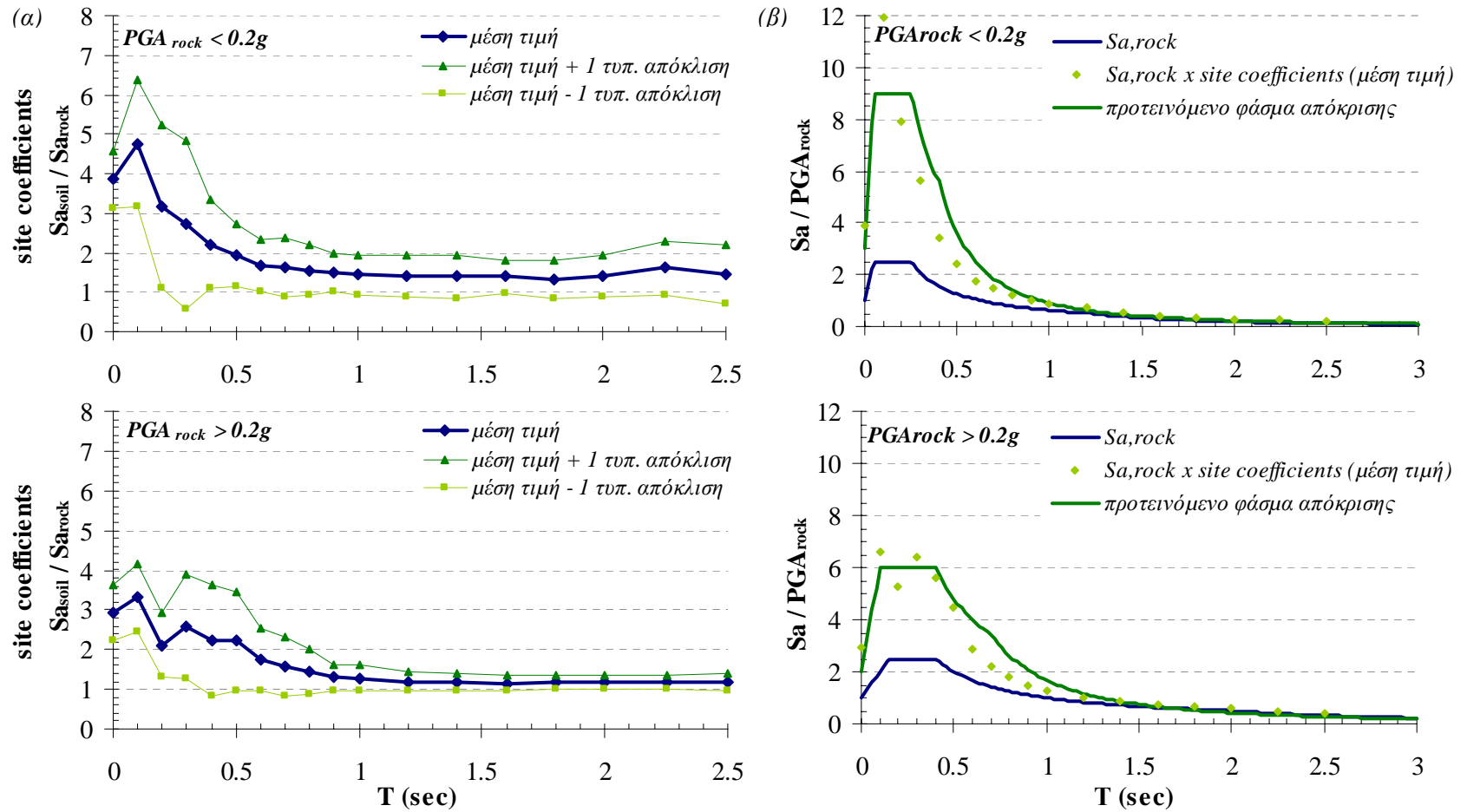
Σχήμα 8.7: Κατηγορία εδάφους A_2 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	$T_{o,bed}$ (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
A_3	120	50 - 100	255 - 350	325 - 420	0,57 - 1,0	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,2	2,0	1,0	2,5



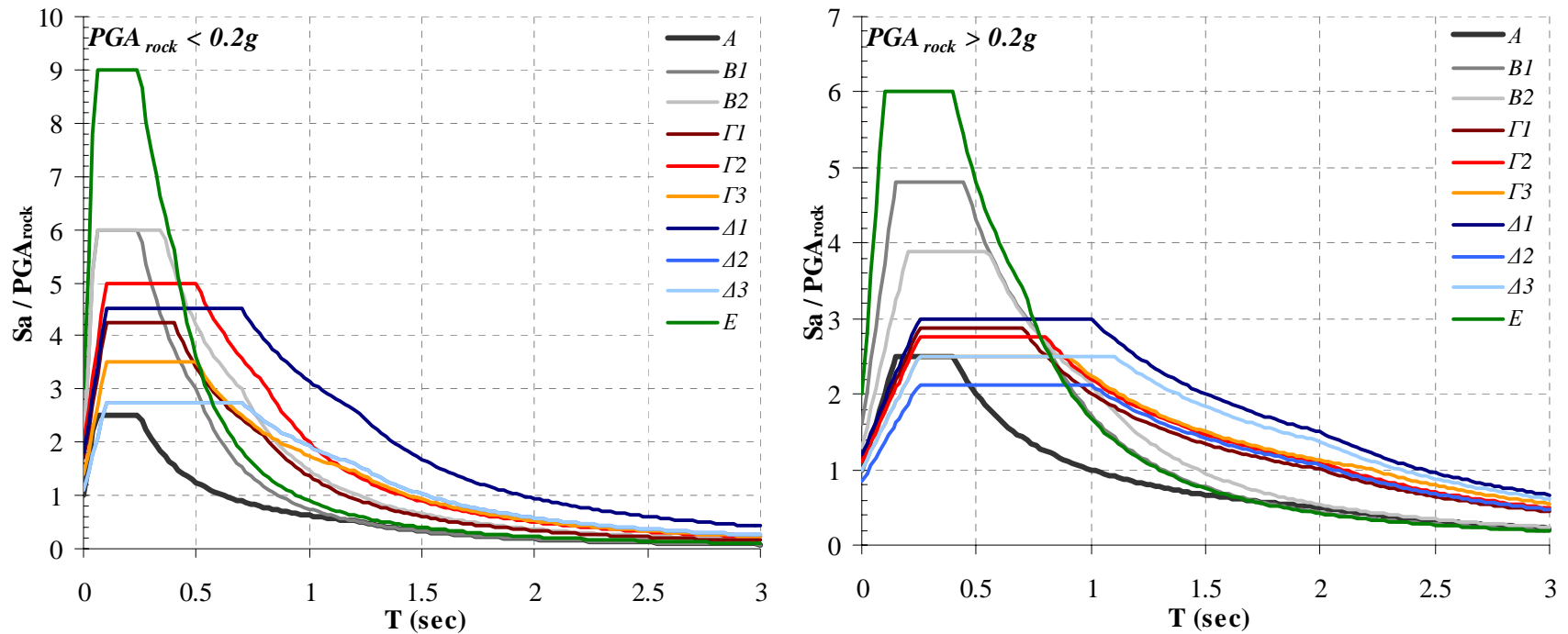
Σχήμα 8.8: Κατηγορία εδάφους A_3 (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή εδαφικών ομοιομάτων					Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
						$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	αριθμός αναλύσεων	H_{bed} (m)	V_{S30} (m/sec)	$V_{S_{\mu,bed}}$ (m/sec)	T_{0bed} (sec)	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S	β
<i>E</i>	33	20 - 60	740 - 840	770 - 860	0,11 - 0,3	0,05	0,25	0,4	3,0	3,0	0,1	0,4	0,7	2,0	3,0



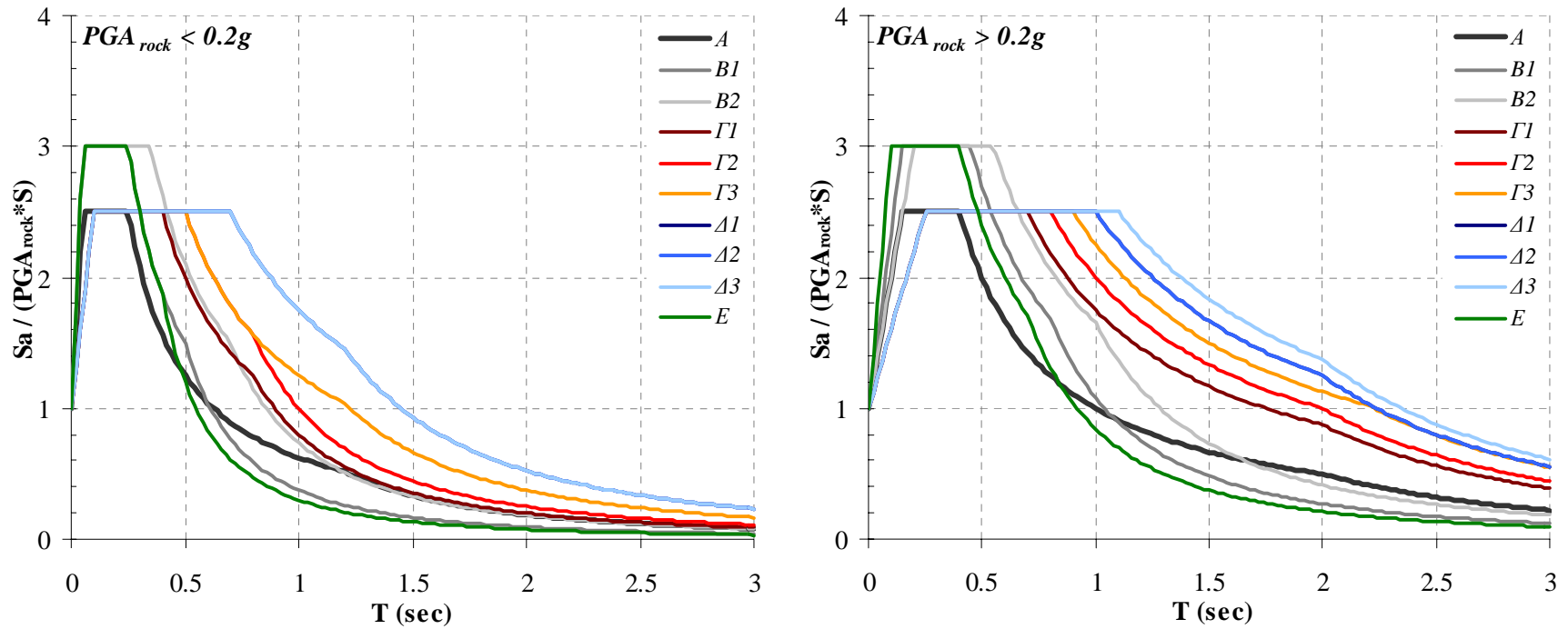
Σχήμα 8.9: Κατηγορία εδάφους *E* (α) Συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης - Αποτελέσματα θεωρητικών αναλύσεων εδαφικής απόκρισης (β) Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης

Κατηγορία Εδάφους	Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
	$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	$T_B(sec)$	$T_C(sec)$	$T_D(sec)$	S	β	$T_B(sec)$	$T_C(sec)$	$T_D(sec)$	S	β
<i>A</i>	0,05	0,25	1,2	1,0	2,5	0,15	0,4	2,0	1,0	2,5
<i>B₁</i>	0,05	0,25	0,5	2,0	3,0	0,15	0,45	0,8	1,6	3,0
<i>B₂</i>	0,05	0,35	0,7	2,0	3,0	0,2	0,55	1,0	1,3	3,0
<i>Γ₁</i>	0,1	0,4	0,8	1,7	2,5	0,25	0,7	2,0	1,15	2,5
<i>Γ₂</i>	0,1	0,5	0,8	2,0	2,5	0,25	0,8	2,0	1,1	2,5
<i>Γ₃</i>	0,1	0,5	1,2	1,4	2,5	0,25	0,9	2,2	1,0	2,5
<i>Δ₁</i>	0,1	0,7	1,2	1,8	2,5	0,25	1,0	2,0	1,2	2,5
<i>Δ₂</i>	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,0	2,0	0,85	2,5
<i>Δ₃</i>	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,2	2,0	1,0	2,5
<i>E</i>	0,05	0,25	0,4	3,0	3,0	0,1	0,4	0,7	2,0	3,0



Σχήμα 8.10: Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε εδαφική κατηγορία, κανονικοποιημένα ως προς την κορυφαία τιμή επιτάχυνσης στο βράχο (PGA_{rock})

Κατηγορία Εδάφους	Προτεινόμενα Φάσματα Απόκρισης Επιτάχυνσης									
	$PGA_{rock} < 0.2g$					$PGA_{rock} > 0.2g$				
	$T_B(sec)$	$T_C(sec)$	$T_D(sec)$	S	β	$T_B(sec)$	$T_C(sec)$	$T_D(sec)$	S	β
<i>A</i>	0,05	0,25	1,2	1,0	2,5	0,15	0,4	2,0	1,0	2,5
<i>B₁</i>	0,05	0,25	0,5	2,0	3,0	0,15	0,45	0,8	1,6	3,0
<i>B₂</i>	0,05	0,35	0,7	2,0	3,0	0,2	0,55	1,0	1,3	3,0
<i>Γ₁</i>	0,1	0,4	0,8	1,7	2,5	0,25	0,7	2,0	1,15	2,5
<i>Γ₂</i>	0,1	0,5	0,8	2,0	2,5	0,25	0,8	2,0	1,1	2,5
<i>Γ₃</i>	0,1	0,5	1,2	1,4	2,5	0,25	0,9	2,2	1,0	2,5
<i>Δ₁</i>	0,1	0,7	1,2	1,8	2,5	0,25	1,0	2,0	1,2	2,5
<i>Δ₂</i>	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,0	2,0	0,85	2,5
<i>Δ₃</i>	0,1	0,7	1,2	1,1	2,5	0,25	1,2	2,0	1,0	2,5
<i>E</i>	0,05	0,25	0,4	3,0	3,0	0,1	0,4	0,7	2,0	3,0



Σχήμα 8.11: Προτεινόμενα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης για κάθε εδαφική κατηγορία, κανονικοποιημένα ως προς την κορυφαία τιμή εδαφικής επιτάχυνσης ($PGA_{rock} * S$)

Πίνακας 8.1: Τελική πρόταση κατηγοριοποίησης εδαφών

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	T ₀ (sec) ⁽¹⁾	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
A	A ₁		V _s ≥ 1500 m/sec
	A ₂	≤ 0.2	επιφανειακή ζώνη αποσάθρωσης: $\bar{V}_s \geq 300$ m/sec βραχώδεις σχηματισμοί: V _s ≥ 800 m/sec
	Γεωλογικοί σχηματισμοί που προσομοιάζουν βραχωδών σχηματισμών από απόψεως μηχανικών ιδιοτήτων και σύστασης (π.χ. κροκαλοπαγή)		V _s ≥ 800 m/sec
B			ζώνη αποσάθρωσης: \bar{V}_s ⁽²⁾ ≥ 300 m/sec
	B ₁	≤ 0.4	$\bar{V}_s = 400 - 800$ m/sec N _{SPT} ⁽³⁾ > 50 S _u ⁽⁴⁾ > 200 KPa
			$\bar{V}_s = 400 - 800$ m/sec N _{SPT} > 50 S _u > 200 KPa
	B ₂	≤ 0.8	$\bar{V}_s = 400 - 800$ m/sec N _{SPT} > 50 S _u > 200 KPa
Γ	Γ ₁	≤ 1.2	$\bar{V}_s = 400 - 800$ m/sec N _{SPT} > 50 S _u > 200 KPa
	Γ ₂	≤ 1.2	$\bar{V}_s = 200 - 400$ m/sec N _{SPT} > 20 S _u > 70 KPa
	Γ ₃	≤ 1.4	$\bar{V}_s = 200 - 400$ m/sec N _{SPT} > 20 S _u > 70 KPa
Δ	Δ ₁	≤ 2.0	$\bar{V}_s \leq 200$ m/sec N _{SPT} < 20 S _u < 70KPa
	Δ ₂	≤ 2.0	$\bar{V}_s \leq 200$ m/sec N _{SPT} < 20
	Δ ₃	≤ 1.2	
E	Επιφανειακές εδαφικές στρώσεις μικρού πάχους (5 - 20m), μικρής αντοχής και ακαμψίας, δυνάμενες να ενταχθούν από απόψεως γεωτεχνικών ιδιοτήτων στις κατηγορίες Γ και Δ, υπερκείμενοι σχηματισμών της κατηγορίας A (V _s ≥ 800 m/sec)	≤ 0.5	επιφανειακές εδαφικές στρώσεις: $\bar{V}_s = 150 - 300$ m/sec
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοίλυδα έδαφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων). Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Εδάφη με πολύ υψηλό ποσοστό οργανικού υλικού		

⁽¹⁾ Ιδιοπερίοδος εδαφικής στήλης έως το βάθος του βραχώδους υποβάθρου (σχηματισμός με V_s ≥ 800 m/sec), υπολογισμένη βάσει μίας εκ των προτεινόμενων σχέσεων του Πίνακα 7.2

⁽²⁾ Μέση τιμή, σταθμισμένη με το πάχος των επί μέρους εδαφικών στρώσεων

⁽³⁾ Μέση τιμή

⁽⁴⁾ Μέση τιμή