

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ-ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

"Σεισμική Απόκριση Εδαφικών Σχηματισμών"

(Τελική Έκθεση με βάση τα μέχρι  
σήμερα διαθέσιμα σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία)

---

Κυριαζής Πιτιλάκης

Θεσσαλονίκη 20.12.87

## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ-ΑΝΑΓΚΑΙΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ  
ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
2. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
3. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΖΗΜΙΩΝ
4. "ΣΕΙΣΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ"
5. ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
6. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
7. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## 1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ-ΑΝΑΓΚΑΙΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το ερευνητικό έργο που παρουσιάζεται συνθετικά στην έκθεση αυτή έχει σαν στόχο την διερεύνηση του ρόλου των τοπικών εδαφικών συνθηκών στην έκταση και την κατανομή των ζημιών στην πόλη της Καλαμάτας κατά τον σεισμό του Σεπτεμβρίου του 1986.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής μόνο έμμεσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς σε μελλοντικούς σεισμούς. Συγκεκριμένα όταν οι σεισμοί αυτοί δεν θα έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (επίκεντρο, ένταση, μηχανισμός διάρρηξης κλπ.) με τον σεισμό της 13ης Σεπτεμβρίου 1986, τότε τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής πρέπει να ερμηνευθούν και να αξιολογηθούν με αρκετή σύνεση. Το γεγονός αυτό υπαγορεύεται από τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου σεισμού (πολύ μικρή διάρκεια, παρουσία υψηλών συχνοτήτων ειδικά στην κατακόρυφη συνιστώσα, μικρή επικεντρική απόσταση), που οπωσδήποτε δεν είναι ακόμη σύγγραφο ότι συνιστούν αντιπροσωπευτικό σεισμό σχεδιασμού για την περιοχή. Εάν κάποιος μελλοντικός σεισμός γεννηθεί σε άλλο ρήγμα με διαφορετικό μηχανισμό διάρρηξης, είναι πιθανόν κάποια από τα συμπεράσματα και κάποιες από τις προτάσεις της εργασίας αυτής, να απαιτούν αναθεώρηση.

Στην συγκεκριμένη εργασία ασχολούμαστε αποκλειστικά με την επιρροή των τοπικών εδαφικών συνθηκών, δεχόμενοι τις παρακάτω βασικές υποθέσεις.

- 1.- Δεν υπήρξε διαφοροποίηση του κραδασμού "εισαγωγής" στο βραχώδες υπόβαθρο, από θέση σε θέση εξαιτίας του μηχανισμού διάρρηξης ή/και της γεωμορφολογίας της περιοχής.
- 2.- Ο σεισμός σχεδιασμού πηγάζει αποκλειστικά από τον σεισμό της 13.9.86.

3.- Δεν υπεισέρχεται στα προτεινόμενα φάσματα σχεδιασμού στην επιφάνεια ο παράγοντας της αλληλοεπίδρασης εδάφους-κατασκευής (συνθήκες ελεύθερου πεδίου).

Η εξέταση του με αριθμό 1 θέματος αποτελεί αντικείμενο άλλου ερευνητικού προγράμματος που εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος επέκτασης της Μικροζωνικής Μελέτης Καλαμάτας.

Με βάση αυτά τα δεδομένα στόχος της εργασίας αυτής είναι:

- να εξετάσει την διαφοροποίηση της δόνησης στην επιφάνεια και κατά συνέπεια την διαφοροποίηση των ζημιών, εξαιτίας των τοπικών εδαφικών συνθηκών
- να προτείνει ομαλοποιημένα φάσματα σχεδιασμού και λοιπά χαρακτηριστικά σεισμικά μεγέθη για διάφορες περιοχές του οικιστικού συγκροτήματος της Καλαμάτας
- να προτείνει τιμές συντελεστών σεισμικής επιβάρυνσης ε σε διάφορες περιοχές σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (σε ό,τι αφορά τις τιμές του ε και όχι βέβαια ακολουθώντας την μεθοδολογία του).

Το ερευνητικό πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε με όσα διαθέσιμα στοιχεία υπήρχαν από παράλληλα ερευνητικά προγράμματα και ιδιαίτερα γεωτεχνικού χαρακτήρα. Μεγάλη έμφαση δόθηκε στην διενέργεια και στην επακόλουθη χρήση των αποτελεσμάτων δοκιμών GROSS-HOLE σε όσο το δυνατόν περισσότερες περιοχές και κύρια στις θέσεις υπαρχουσών καταγραφών (Νομαρχία, Π. ΟΤΕ και Ν. ΟΤΕ). Η έκθεση αυτή αποτελεί τελική έκθεση εφόσον δεν προβλέπεται να γίνουν πρόσθετες γεωτεχνικές έρευνες. Επισημαίνεται πάντως η ανάγκη πληρέστερης γνώσης των καταστατικών νόμων συμπεριφοράς, (ειδικά σ' ό,τι αφορά τις αποσβέσεις), των εδαφών, ιδιαίτερα μάλιστα των επιφανειακών στρώσεων αμμοΐλλους και αμμοχάλικων.

## 2. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το Κ.Ε.Δ.Ε. έχει εκτελέσει ένα εξαιρετικά μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων και επιτόπου δοκιμών (SPT και CPT). Παράλληλα με συνεργασία του ΚΕΔΕ με τον Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Πολυτεχνείου της Πάτρας (κ. Γ. Αθανασόπουλος) έχει πραγματοποιηθεί ένας ικανοποιητικός αριθμός δοκιμών GROSS-HOLE για την άμεση εκτίμηση του μέτρου διάτμησης  $G_0$  που αντιστοιχεί σε πολύ μικρές παραμορφώσεις.

Με βάση το σύνολο αυτών των πληροφοριών το υπέδαφος στο οικιστικό συγκρότημα της Καλαμάτας μπορεί να χωρισθεί σε τρεις (3) βασικές ζώνες.

Η παλιά πόλη βρίσκεται θεμελιωμένη σχεδόν απ'ευθείας σ' έναν μαργαϊκό σχηματισμό μεγάλης αντοχής. Στον σχηματισμό αυτόν έχουν γίνει σε δοκίμια από βάθος -14,0 M (Στρατόπεδο) δοκιμές στην στήλη συντονισμού (Γ. Αθανασόπουλος), οπότε γνωρίζουμε σχετικά ικανοποιητικά τα δυναμικά του χαρακτηριστικά. Επισημαίνεται το μεγάλο ποσοστό απόσβεσης που μετρήθηκε και που κατά την προσωπική μας άποψη δεν πρέπει να αποτελεί τον κανόνα για όλο τον μαργαϊκό σχηματισμό, ανεξαρτήτως βάθους.

Νοτιώτερα το μαργαϊκό υπόβαθρο βυθίζεται αργά και επιφανειακά συναντώνται εναλλασσόμενες στρώσεις ιλυώδους αμμοχάλικου και αμμοϋλύος μέσης ως μεγάλης σχετικής πυκνότητας. Συχνά, ιδίως στην περιοχή Κεντρικό Νησάκι-Κολυμβητήριο, συναντώνται και φακοί χαλαρότερων ψαθυρών σχηματισμών.

Το συνολικό πάχος των στρώσεων αυτών ποικίλει από λίγα μέτρα μέχρι 40÷50 M στο νοτιώτερο μέρος. Κάτω από τις στρώσεις αυτές υπάρχει ένα μικρού πάχους (1÷3 M) στρώμα ισχυρού κροκαλοπαγούς και στην συνέχεια αρχίζει και συνεχίζεται μέχρι αγνώστου βάθους ο μαργαϊκός σχηματισμός. Το μητρικό πέτρωμα πρέπει να

βρίσκεται σε βάθος οπωσδήποτε μεγαλύτερο των 80 M.

Τέλος, η τρίτη ζώνη είναι η παραλιακή όπου επιφανειακά υπάρχει μια στρώση σχετικά χαλαρής ιλυώδους άμμου και υλυώδους μαλακής αργίλου και στην συνέχεια συναντάται σε γενικές γραμμές το προφίλ της ζώνης Β.

Στο σχήμα 1 δίδεται μια μέση εδαφική τομή στον άξονα Β-Ν.

Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι όσο απομακρυνόμαστε από την ευρύτερη κοίτη του Νέδοντα (προς τα ανατολικά) οι σχηματισμοί γίνονται περισσότερο ομογενείς, ενώ κοντά στην κοίτη αφ' ενός μεν επιφανειακά επικρατούν αμμοχαλικώδεις σχηματισμοί, αφ' ετέρου δε η συνθετότητα της εδαφικής τομής στα επιφανειακά στρώματα, γίνεται μεγαλύτερη.

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά των εδαφών σε διάφορες θέσεις εκτιμήθηκαν είτε άμεσα από τις δοκιμές GROSSHOLE ( $G_0(z)$ ) και τη στήλη συντονισμού (G-γ και D(%)-γ για τον επιφανειακό μαργαϊκό σχηματισμό), είτε έμμεσα από τα υπόλοιπα γεωτεχνικά στοιχεία (κύρια N(SPT) και CPT) και την διαθέσιμη διεθνή βιβλιογραφία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά κανόνα οι επιτόπου δοκιμές GROSSHOLE οδηγούσαν σε υψηλότερες τιμές του  $G_0(z)$  απ' ό,τι οι έμμεσοι προσδιορισμοί από το N(SPT). Επίσης, με εξαίρεση εν μέρει τον επιφανειακό μαργαϊκό σχηματισμό, τα δυναμικά χαρακτηριστικά των υπόλοιπων σχηματισμών δεν έχουν μελετηθεί ακόμη συστηματικά. Μόνο η γνώση του  $G_0(z)$  δεν επαρκεί. Η απόσβεση των εδαφών αυτών, ιδιαίτερα μάλιστα σε τόσο ισχυρές δονήσεις, είναι μια πολύ ουσιαστική παράμετρος, που όμως εκτιμάται αναγκαστικά με έμμεσο τρόπο από διαθέσιμα βιβλιογραφικά στοιχεία.

### Προσομολώση της συμπεριφοράς των εδαφικών στοιχείων

Κρίθηκε σκόπιμο παρόλη στην μεγάλη ένταση του σεισμικού κραδασμού να μην χρησιμοποιηθούν ανελαστικά προσομοιώματα της εδαφικής απόκρισης. Δύο λόγοι βάρυναν υπέρ αυτής της απόφασης:

- Πρώτον, η μικρή διάρκεια του συγκεκριμένου σεισμού
- Δεύτερον, το γεγονός ότι δεν διαθέτουμε τα απαραίτητα εδαφo-δυναμικά εδαφικά χαρακτηριστικά για να γίνει μια τέτοια αξιόπιστη προσομολώση.

Προτιμήθηκε δηλαδή η χρησιμοποίηση κάποιου δοκιμασμένου και αρκετά καλά ελεγχόμενου μοντέλου ισοδύναμης μη γραμμικής ανάλυσης, με δεδομένο ότι τα πιθανά σφάλματα από τις αναγκαστικές εκτιμήσεις των παραμέτρων ανελαστικής συμπεριφοράς (π.χ. μέγιστη διατμητική αντίσταση  $\tau_m$  σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση κ.λ.π.) , πιθανόν να επιδράσουν πολύ περισσότερο στην ακρίβεια των τελικών αποτελεσμάτων.

Εφόσον στο μέλλον γίνουν οι κατάλληλες δοκιμές ανακυκλιζόμενης φόρτισης σ' όλους τους βασικούς εδαφικούς σχηματισμούς μπορούμε να επανέλθουμε και να χρησιμοποιήσουμε κάποια προσομολώση ανελαστικού τύπου.

Χρησιμοποιήθηκε λοιπόν για την μελέτη της απόκρισης των εδαφικών σχηματισμών η μονοδιάστατη θεώρηση με το ισοδύναμο μη γραμμικό μοντέλο περιγραφής της εδαφικής συμπεριφοράς (κώδικας SHAKE). Όπου διαθέταμε δυναμικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν αυτά ως έχουν. Όπου όμως δεν διαθέταμε χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα προσαρμοσμένες καμπύλες (G-γ, D-γ) και σχέσεις της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας.

### 3. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Κατά γενικό κανόνα, και αναφερόμενοι σε απόλυτα μεγέθη χωρίς να εξετασθεί το είδος των κτιρίων, διαπιστώνουμε ότι στην παλιά πόλη και στο σημερινό κέντρο της πόλης (περιοχή με-ταξύ Νομαρχίας και Π.ΟΤΕ) παρατηρήθηκαν περισσότερες ζημιές απ'ό,τι στο νοτιώτερο μέρος της πόλης, όπου επικρατούν τα περισσότερα σύγχρονα κτίρια με περισσότερους ορόφους. Η παραλιακή ζώνη παρουσίασε σαφέστατα το μικρότερο ποσοστό ζημιών.

Η γενική αυτή εικόνα αποτέλεσε βασικό στοιχείο και κριτήριο επαλήθευσης των διαφόρων τελικών προτάσεων που διατυπώνονται στην έκθεση αυτή.

#### 4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ "ΣΕΙΣΜΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ"

Βασική προϋπόθεση για την με οποιαδήποτε μέθοδο μελέτη της εδαφικής απόκρισης είναι η γνώση του σεισμού σχεδιασμού στο "θέσει" βραχώδες υπόστρωμα, που κατά γενική αποδοχή λαμβάνεται εκεί όπου έχουμε  $V_s \geq 750$  m/s.

Οι μέχρι σήμερα μελέτες έχουν προτείνει μια σειρά από προκαταρκτικά συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα (εκθέσεις Μακρόπουλου Δεκ. 1986) και Γκαζέτα 14.7.1987).

Εκτός από αυτά έγιναν από τον Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Α.Π.Θ. μερικές πρόσθετες προσπάθειες εκτίμησης ενός αντιπροσωπευτικού σεισμού μελέτης, τουλάχιστον για τον σεισμό της 13ης Σεπτεμβρίου 1986. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε τόσο η τεχνική της αντίστροφής των υπάρχουσών καταγραφών όσο και τα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν την γεωλογική δομή της περιοχής καθώς και το σύνολο των σεισμολογικών στοιχείων και των υπάρχουσών καταγραφών. Στο σχήμα 2 δίδεται το επιταχυνσιογράφημα που καταλήξαμε και στα σχήματα 3α και 3β τα σχετικά ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης και ταχύτητας.

Το συνθετικό επιταχυνσιογράφημα της προκαταρκτικής έκθεσης Μακρόπουλου (αναφέρεται σε κάπως ισχυρότερο σεισμό  $M_s=6,5$ ) που δίδεται στο σχήμα 4α. Όταν χρησιμοποιήθηκε σαν σεισμός εισαγωγής σε μονοδιάστατη ισοδύναμη μη γραμμική ανάλυση στην θέση της Νομαρχίας, έδωσε αποτελέσματα σημαντικά διάφορα των πραγματικών καταγραφών. Για τον λόγο αυτό (κατά κύριο λόγο) αποκλείστηκε η χρησιμοποίησή του στην μελέτη που ακολουθεί.

Τα συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα (τρία (3) πιθανά) του Γ. Γκαζέτα (Σχ. 4β) θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση εκτίμησης ενός αντιπροσωπευτικού σεισμού σχεδιασμού στο βραχώδες υπόστρωμα εφόσον αυτό το βραχώδες υπόβαθρο είχε τις ιδιότητες

πραγματικού βράχου. Στην πραγματικότητα ο "θέσει" βράχος βρίσκεται σε άγνωστο βάθος στην περιοχή του οικιστικού συγκροτήματος της Καλαμάτας (οποσδήποτε  $H > 80$  M), ενώ για πολλούς κυρίως πρακτικούς λόγους είμαστε αναγκασμένοι να υποθέσουμε το βραχώδες υπόστρωμα, είτε στην στάθμη του κροκαλοπαγούς ( $\approx -20$  M στην παλιά πόλη και  $\approx -40 \pm -50$  M προς την παραλία) είτε κάπου ενδιάμεσα στον υποκείμενο μαργαϊκό σχηματισμό. Ο σχηματισμός δε αυτός παρόλ'ω που μπορεί σε κάποια βάθη να παρουσιάζει  $V_s > 750$  m/sec, δεν είναι όμως τόσο άκαμπτος ώστε να θεωρηθεί απόλυτα σαν βράχος. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε από τις σχετικές δοκιμές στην στήλη συντονισμού (βλ. Γ. Αθανασόπουλος), όπου σ' ένα δοκίμιο - από βάθος  $-14,5$  M (περιοχή στρατοπέδου) παρατηρήθηκαν αποσβέσεις μέχρι και 8% ( $\gamma \approx 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4}$ ). Πιστεύεται λοιπόν ότι εάν θέλουμε να εισάγουμε τον "σεισμό σχεδιασμού" σε βάθη που να είναι μικρότερα των 80 M και οποσδήποτε βέβαια όχι σε πραγματικό βραχώδες υπόστρωμα, δεν θα πρέπει να έχει ο σεισμός αυτός την μορφή που θα είχε στον φυσικό βράχο (μεγάλες φασματικές τιμές σε υψηλές συχνότητες). Στο σχήμα 5 συγκρίνονται τα φάσματα επιτάχυνσης των τριών συνθετικών κραδασμών του Γ. Γκαζέτα και του σεισμού-κραδασμού που εκτιμήθηκε στα πλαίσια αυτής της μελέτης. Βλέπουμε ότι η συμφωνία είναι πολύ ικανοποιητική στην περιοχή  $1,5 \div 5$  Hz, σχετικά ικανοποιητικά για  $f < 1,5$  Hz, ενώ οι διαφορές είναι πολύ μεγάλες στις υψηλές συχνότητες ( $f > 5$  Hz). Η διαφορά όμως αυτή είναι πολύ ουσιαστική γεγονός που αναδεικνύεται όταν συγκρίνονται τα αποτελέσματα μονοδιάστατης ανάλυσης στις θέσεις Νομαρχία και Π. ΟΤΕ, όπου ως γνωστόν διαθέτουμε πραγματικές καταγραφές (βέβαια όχι ελεύθερου πεδίου αλλά στο υπόγειο δύο διαφορετικών κτιρίων). Το επιταχυνσιογράφημα βάσης που εκτιμήθηκε κατά την μελέτη αυτή

δίνει πολύ καλή περιγραφή της σεισμικής κίνησης στο Π. ΟΤΕ (Σχ. 6) και φυσικά στην Νομαρχία. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι οι αναλύσεις που παρουσιάσθηκαν στην προκαταρκτική έκθεση Γκαζετα πραγματοποιήθηκαν με έμμεση εκτίμηση των τιμών  $G_0$  καθώς δεν είχαν γίνει τότε GROSS-HOLE δοκιμές στις δύο αυτές θέσεις.

Για όλους αυτούς τους λόγους προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί κατά την μελέτη αυτήν σαν "σεισμός εισαγωγής" στο εκάστοτε "θέσει" βραχώδες υπόβαθρο, ο κραδασμός που διατίθεται στα σχήματα 2 και 3. Αφορά κύρια τον σεισμό της 13.9.86 καθώς και κάθε μελλοντικό σεισμό ίδιας έντασης και ίδιων φασματικών χαρακτηριστικών. Εάν στο μέλλον προταθεί κάποιος "σεισμός" περισσότερο αντιπροσωπευτικός και ίσως από άλλον εστιακό χώρο, τότε θα πρέπει να επαναληφθεί η όλη μελέτη.

## 5. ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα σχήματα 8 ως 29 δίδονται τα σπουδαιότερα αποτελέσματα της μελέτης της εδαφικής απόκρισης για κατακόρυφα διαδιδόμενα S κύματα σε έντεκα (11) συνολικά θέσεις που καλύπτουν με αντιπροσωπευτικό τρόπο το σύνολο του οικιστικού συγκροτήματος της Καλαμάτας (σχ. 7).

Σε κάθε μια από τις 12 αντιπροσωπευτικές θέσεις δίδονται:

- η τομή σχεδιασμού ( $G_0(z)$ )
- η μέγιστη πραγματική (65% max) διατμητική παραμόρφωση  $\gamma(z)$
- η μέγιστη επιτάχυνση  $a_{max}(z)$
- το ελαστικό φάσμα επιτάχυνσης (5%)
- το ελαστικό φάσμα ταχύτητας
- ο λόγος ενίσχυσης

Στα σχήματα 30÷34 παρουσιάζεται μια σύνθεση των αποτελεσμάτων (φάσματα  $S_a$ ). Με την σύνθεση αυτή αποδεικνύεται ότι από άποψη εδαφικής απόκρισης η Καλαμάτα μπορεί να χωρισθεί στις εξής πέντε περιοχές:

1. Παραλιακή ζώνη (περίπου ως το ύψος της οδού Κρήτης)
2. Ενδιάμεση ζώνη (Κεντρικό Νησάκι, Κολυμβητήριο μέχρι και το Νέο ΟΤΕ, χωρίς την Νομαρχία)
3. Κέντρο (από το ύψος της Νομαρχίας-μέχρι το ύψος του Παληού ΟΤΕ)
4. Παληά Πόλη και περιοχή στρατοπέδου
5. Γιαννιτσάνικα.

## 6. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την επεξεργασία του συνόλου των αποτελεσμάτων καταλήξαμε στα απλοποιημένα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού στην επιφάνεια (συνθήκες "ελεύθερου πεδίου") που δίδονται στα σχή-

ματα 35 ως 39. Παράλληλα στα ίδια σχήματα δίδονται και οι τιμές της θεμελιώδους περιόδου της εδαφικής απόθεσης (μονοδιάστατη θεώρηση), όπως και η μέγιστη εδαφική οριζόντια επιτάχυνση  $a_{\max}$  ( $a_{\max}$  στο βραχώδες υπόστρωμα  $\approx 0,178$  g).

Τα αποτελέσματα της μελέτης επιβεβαιώνουν την κατανομή το είδος και την έκταση των ζημιών.

Στην παληά πόλη (ζώνη 4) όπου επικρατούν τα διόροφα παληά σχετικά άκαμπτα κτίρια, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε υψηλές συχνότητες δόνησης, είχαμε ακριβώς μέγιστες φασματικές τιμές, (που ήταν και οι υψηλότερες για τον συγκεκριμένο σεισμό), στην περιοχή  $f=2\pm 5$  Hz, ενώ η ιδιοπερίοδος της εδαφικής απόθεσης ήταν  $T_0=0,30\pm 0,35$  sec.

Στο σημερινό κέντρο της πόλης (ζώνη 3 της μελέτης αυτής) είχαμε κάπως μικρότερες μέγιστες φασματικές τιμές που όμως καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων  $f=1,5\pm 4$  Hz. ( $T_0=0,4$  sec). Έτσι δεν είναι τυχαίο ότι και στην περιοχή αυτή είχαμε πολλές ζημιές εξίσου στα παλαιά χαμηλά κτίρια και στα καινούργια πολύοροφα ( $n= 5$  όροφοι).

Στην ενδιάμεση ζώνη (ζώνη 2) παρατηρείται σε γενικές γραμμές η ίδια εικόνα με την ζώνη 3 μόνο που εδώ το ελαστικό φάσμα επιτάχυνσης είναι σαφέστατα μετατοπισμένο σε χαμηλότερες συχνότητες ( $f=1,2\pm 2,5$  Hz).

Στην παραλιακή ζώνη (ζώνη 1) τα φάσματα μετατοπίζονται σε ακόμη χαμηλότερες συχνότητες και οι μέγιστες φασματικές επιταχύνσεις μικραίνουν ενώ οι ταχύτητες αυξάνονται.

Τέλος, στα Γιαννιτσάνικα, και γενικά στην ανατολική περιοχή της πόλης έξω από το κυρίως πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης, παρατηρούνται πολύ μεγάλες τιμές φασματικών επιταχύνσεων σ'ένα αρκετά μεγάλο εύρος συχνοτήτων ( $f=1,25\pm 5$  Hz). Εξηγείται

λοιπόν και εκεί το μεγάλο ποσοστό των ζημιών με βάση τα αποτελέσματα της μονοδιάστατης εδαφικής απόκρισης.

Ξεκινώντας από τα ομαλοποιημένα φάσματα σχεδιασμού είναι δυνατόν να εκτιμηθούν οι συντελεστές σεισμικής επιβάρυνσης για την ψευδο-στατική μέθοδο ανάλυσης που επιβάλλει ο ισχύων Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται η μεθοδολογία που προτείνεται στο Α.Τ.Ε.-3 (βλ. βιβλιογραφία). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή ο συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης  $\varepsilon$  για φορτία λειτουργίας (συντ. 1,75) εκτιμάται ως εξής:

$$\varepsilon = \frac{1,2 A_v \cdot S}{Q \cdot T^{2/3} \cdot 1,75} < \frac{2,5 A_a}{Q \cdot 1,75}$$

- $A_a$  και  $A_v$  είναι σεισμικοί συντελεστές συνδεδεμένοι με την πραγματική μέγιστη επιτάχυνση (EPA) και ταχύτητα (EPV) αντίστοιχα.
- $Q$  είναι ο συντελεστής πλαστιμότητας του κτιρίου. Στην Καλαμάτα πρέπει να κυμαίνεται από 2,0 για τα παλιά κτίρια μέχρι 3,0 για τα καινούργια.
- $S$  είναι συντελεστής επιρροής εδάφους (1,0-1,2-1,5 αντίστοιχα για βράχο, σκληρά εδάφη και χαλαρά-μαλακά εδάφη).
- $T$  είναι η ιδιοπερίοδος του κτιρίου (π.χ.  $n/10$ , η ο αριθμός ορόφων)

Οι τιμές EPA και EPV εκτιμώνται από τα φάσματα επιτάχυνσης και ταχύτητας αντίστοιχα, και για φασματικές τιμές που αντιστοιχούν κατά μέσο όρο σε περιόδους  $T=0,5$  sec και  $T=1,0$  sec αντίστοιχα

$$EPA = \frac{Sa(T=0,5 \text{ sec})}{2,5} \quad EPV = \frac{Sv(T=1,0 \text{ sec})}{2,5}$$

Στην συνέχεια:  $A_a = EPA$  με  $A_{a_{max}} = 0,4$   
και  $A_v = 0,05-0,1-0,2-0,4$  για  $EPV=1,5-4-6$  και  $12 \text{ in/sec}$  αντί-  
στοιχα.

Ειδικά για εδάφη μαλακά-χαλαρά ( $S=S_3=1,5$ ) και  $A_a \geq 0,3$   
τότε η μέγιστη τιμή του συντελεστή  $\varepsilon$  είναι:

$$\varepsilon = \frac{2,0 A_a}{0,1,75}$$

Με βάση την μεθοδολογία αυτή εκτιμήθηκαν αρχικά για τις  
πέντε ζώνες οι παρακάτω συντελεστές  $A_a$  και  $A_v$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Ζ Ω Ν Η	$A_a$	$A_v$
Παλιά Πόλη-Στρατόπεδο	0,3	0,30
Κέντρο	0,35	0,26
Ενδιάμεση Ζώνη	0,40	0,40
Παραλία	0,30	0,40
Γιαννιτσάνικα	0,40	0,26

Παρατηρούμε ότι οι τιμές αυτές είναι εξαιρετικά υψηλές  
( $\max A_a, A_v=0,4$  σύμφωνα με το Α.Τ.Ο.-3).

Στην συνέχεια υπολογίσθηκαν οι συντελεστές σεισμικής επι-  
βάρυνσης για διάφορες ιδιοπεριόδους κτιρίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ: Συντελεστές σεισμικής επιβάρυνσης  $\epsilon$   
( $Q=2,5$ ) σύμφωνα με τη μέθοδο ATC-3

ΖΩΝΗ \ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ T (sec)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Παλιά Πόλη-Στρατόπεδο	0,17	0,17	0,14	0,12	0,10
Κέντρο	0,20	0,18	0,15	0,13	0,11
Ενδιάμεση Ζώνη	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20
Παραλία	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Γιαννιτσάνικα	0,20	0,18	0,15	0,13	0,11

Οι συντελεστές  $\epsilon$  του πίνακα ΙΙ υπολογίσθηκαν με βάση την μέση μεθοδολογία υπολογισμού που ουσιαστικά προέκυψε για συνηθισμένους σεισμούς των Ηνωμένων Πολιτειών.

Στο ίδιο το κείμενο σημειώνεται ότι για σεισμούς μικρής διάρκειας, όπως σημαίνει συνήθως στην Ελλάδα και κατ'έξοχήν συνέβει στην Καλαμάτα ( $t \approx 6,0$  sec), και για κραδασμούς στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων, που επίσης ήταν η περίπτωση του σεισμού της 13.9.1986, οι συντελεστές  $A_a$  και  $A_v$  που εκτιμώνται με την παραπάνω μεθοδολογία είναι υψηλότεροι απ'ό,τι θα έπρεπε. Στις περιπτώσεις αυτές προτείνεται μια μείωση, χωρίς όμως να δίδεται και το ποσοστό μείωσης. Επαφίεται κατά περίπτωση η εκτίμηση στον σεισμολόγο μελετητή.

Επίσης ο πίνακας ΙΙ αναφέρεται σε μία μέση τιμή δείκτη πλαστιμότητας 2,5. Στα καινούργια κτίρια και ειδικά όσα θα κτισθούν με τον νέο αντισεισμικό κανονισμό ο δείκτης αυτός πρέπει να πλησιάζει το 3,0. Έτσι, στα κτίρια αυτά οι τιμές του  $\epsilon$  του πίνακος ΙΙ πρέπει να μειωθούν κατά 20% περίπου.

Με βάση λοιπόν τις παραπάνω παρατηρήσεις και λαμβάνοντας υπόψη το είδος των υπάρχουσών κατασκευών όπως και το γεγονός ότι τα νέα κτίρια θα κτισθούν με τις διατάξεις του νέου αναθεωρημένου αντισεισμικού κανονισμού, προτείνονται κατά περιοχή οι παρακάτω συντελεστές  $\epsilon$  σεισμικής επιβάρυνσης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ: Προτεινόμενοι συντελεστές  $\epsilon$**

---

- Παλιά πόλη-Στρατόπεδο	: 0,14 για παλαιά κτίρια και νέα με $n \geq 2$ ορόφους
	0,10 για νέα πολυόροφα κτίρια ( $n \geq 5$ όροφοι)
- Κέντρο	: 0,12
- Ενδιάμεση ζώνη	: 0,14
- Παραλία	: 0,10
- Γιαννιτσάνικα	: 0,12

---

**7. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε αποκλειστικά το θέμα της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στην σεισμική απόκριση κατά τον σεισμό της 13ης Σεπτεμβρίου 1986. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων, τα συμπεράσματα και οι τελικές προτάσεις αφορούν τον συγκεκριμένο σεισμό και κάθε μελλοντικό σεισμό, εφόσον αυτός έχει τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά και προκύψει από το ίδιο σεισμικό ρήγμα. Για σεισμούς διαφορετικών χαρακτηριστικών, τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής πρέπει να αξιολογηθούν κατάλληλα. Οποσδήποτε όμως, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος της έντασης της δόνησης και το γεγονός ότι ουσιαστικά με βάση την ισχύουσα νομοθεσία (Ε.Α.Κ.) ενδιαφέρουν κάποιες πιθανές μέγιστες τιμές, ισοδύναμων "στατικών" φορτίων όπως αυτές εκφράζονται με τους συντελεστές σεισμικής επιβάρυνσης  $\epsilon$ , μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι συντελεστές  $\epsilon$  που τελικά προτείνονται είναι

αρκετά αντιπροσωπευτικοί για τις περισσότερες των περιπτώσεων.

Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι η μελέτη αυτή στηρίχθηκε στα υπάρχοντα σήμερα γεωτεχνικά, σεισμολογικά και γεωλογικά στοιχεία. Κρίθηκε λοιπόν αναγκαίο να γίνουν μερικές υποθέσεις-εκτιμήσεις που ενδέχεται να παίζουν κάποιο ρόλο στα τελικά συμπεράσματα. Οι σπουδαιότερες από αυτές αφορούν α) τους καταστατικούς νόμους συμπεριφοράς των εδαφικών υλικών σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση, β) το βάθος του "θέσει" βραχώδους υποστρώματος όπου εισάγεται ο σεισμός σχεδιασμού και γ) τα επιμέρους χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού.

Τα γενικά συμπεράσματα και οι προτάσεις που κατέληξε η μελέτη συνοψίζονται στα παρακάτω:

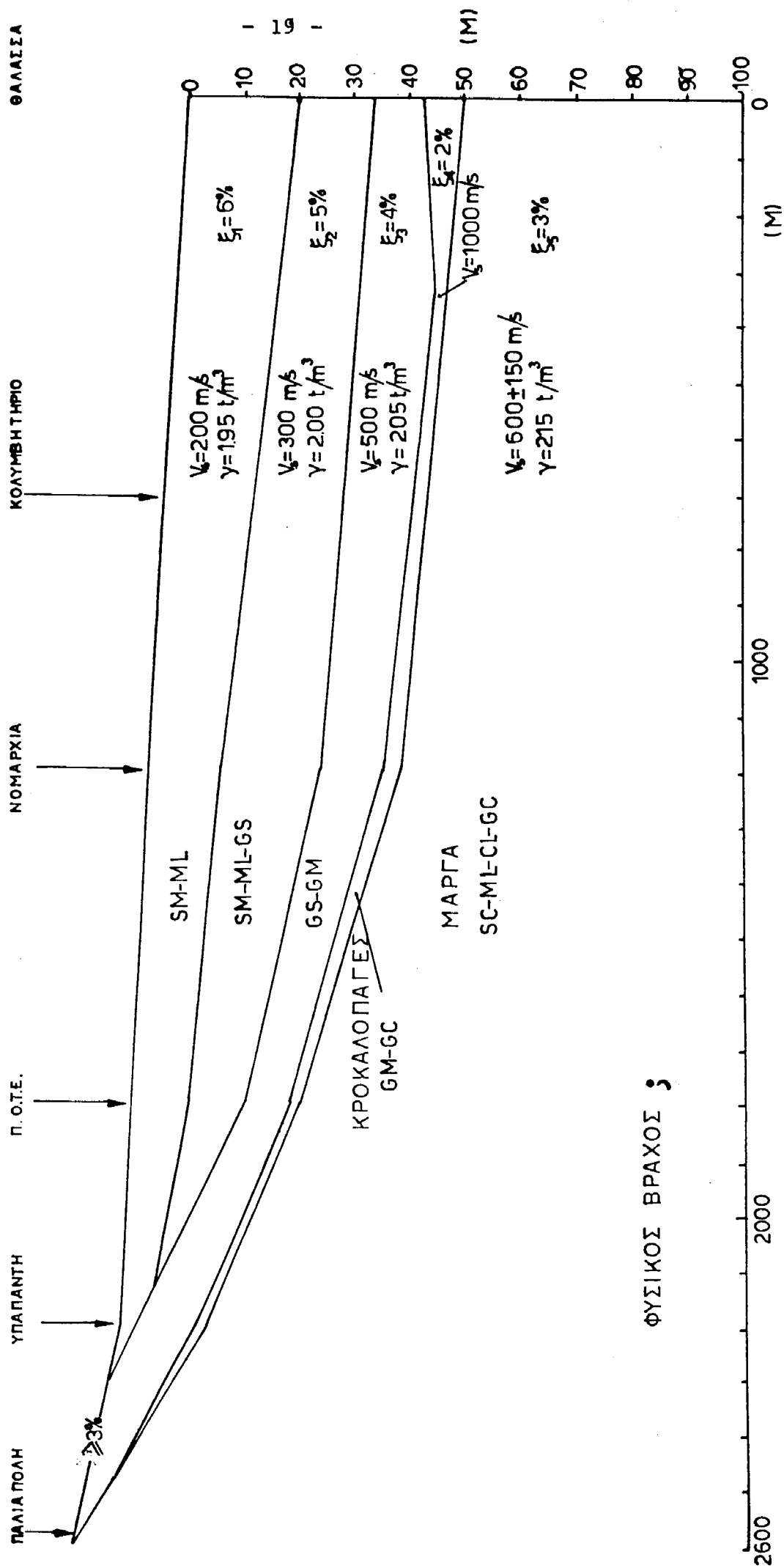
- α. Η συγκεκριμένη κατανομή των ζημιών εξηγείται πολύ ικανοποιητικά από το ρόλο που έπαιξαν οι τοπικές εδαφικές συνθήκες.
- β. Προτείνονται τυπικά ομαλοποιημένα φάσματα σχεδιασμού ( $S_a$ ,  $S_v$ ) για τις πέντε ζώνες που η μελέτη αυτή χώρισε το οικιστικό συγκρότημα της Καλαμάτας (σχ. 35 ως 39).
- γ. Προτείνονται για κάθε ζώνη συντελεστές σεισμικής επιβάρυνσης  $\varepsilon$  (0,10÷0,14). (Πίνακας III).

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Όλες οι εκθέσεις των διάφορων ερευνητών προς τον ΟΑΣΠ στα πλαίσια της Μικροζωνικής Μελέτης της Καλαμάτας.
2. A.T.C. 3-06 Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings (1973).
3. ΙΤΣΑΚ 86-06, Οι σεισμοί της Καλαμάτας τον Σεπ. 86.
4. Papazachos et al (1988), Pageoph Vol. 126, 1.
5. Seed, H.B. et al (1986), Moduli and Damping factors for dynamic analysis of cohesionless soils", J. Geot. Engng, ASCE, Vol. 112, No. 11 p.p. 1016-1032.
6. Imai, T. and Tonouchi, K. (1982): Correlation of N values with S-wave velocity and shear modulus, II E.S.O.P.T. Amsterdam, 1982.

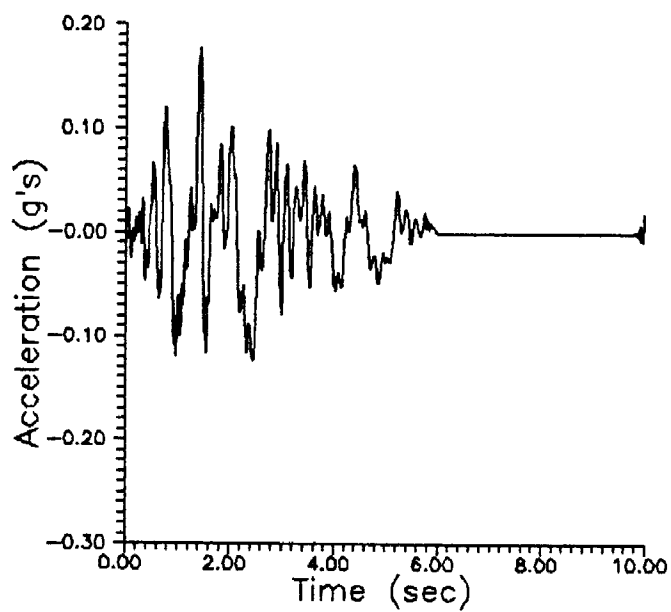
Σ Χ Η Μ Α Τ Α

# ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΟΜΗ (N-S)



ΦΥΣΙΚΟΣ ΒΡΑΧΟΣ ;

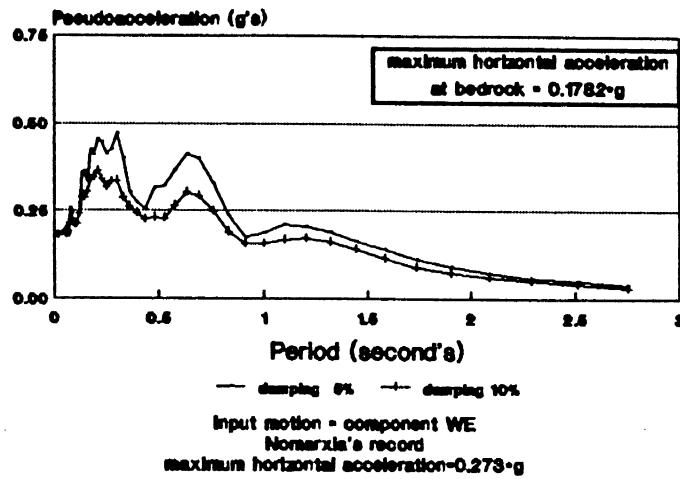
ΣΧΗΜΑ 1



Σχ. 2 Επιταχυνσιογράφημα σχεδιασμού στο  
"θέσει" βραχώδες υπόστρωμα

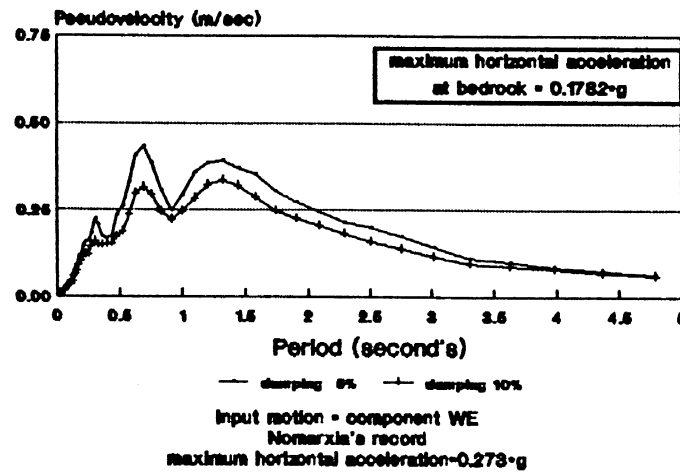
### Kalamata's Microzonation

#### Nomaxia's deconvolution spectra accelerations



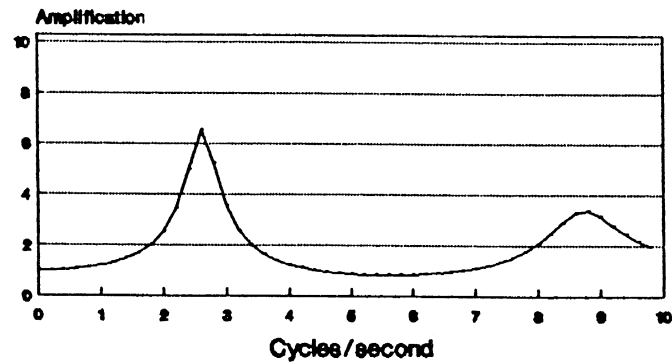
### Kalamata's Microzonation

#### Nomaxia's deconvolution spectra velocities

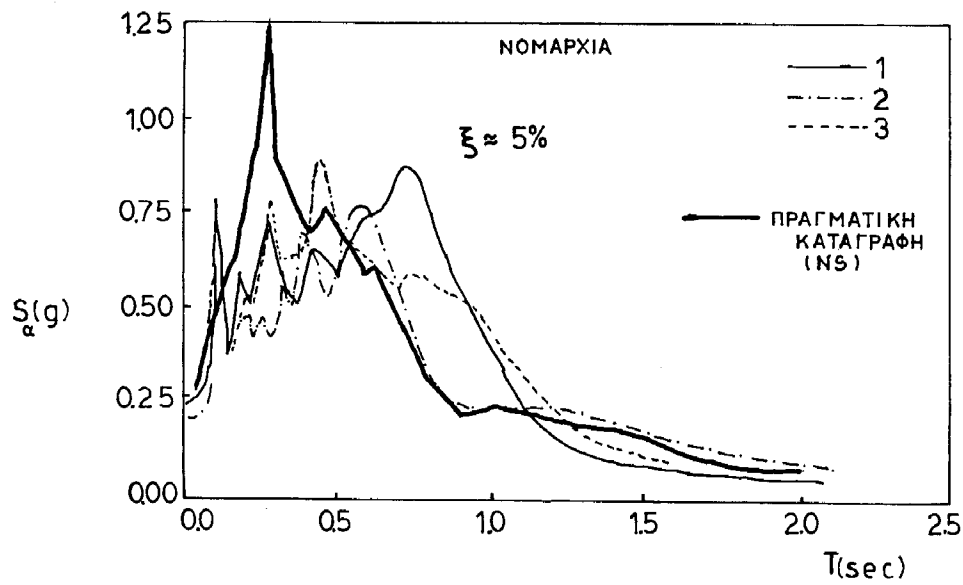
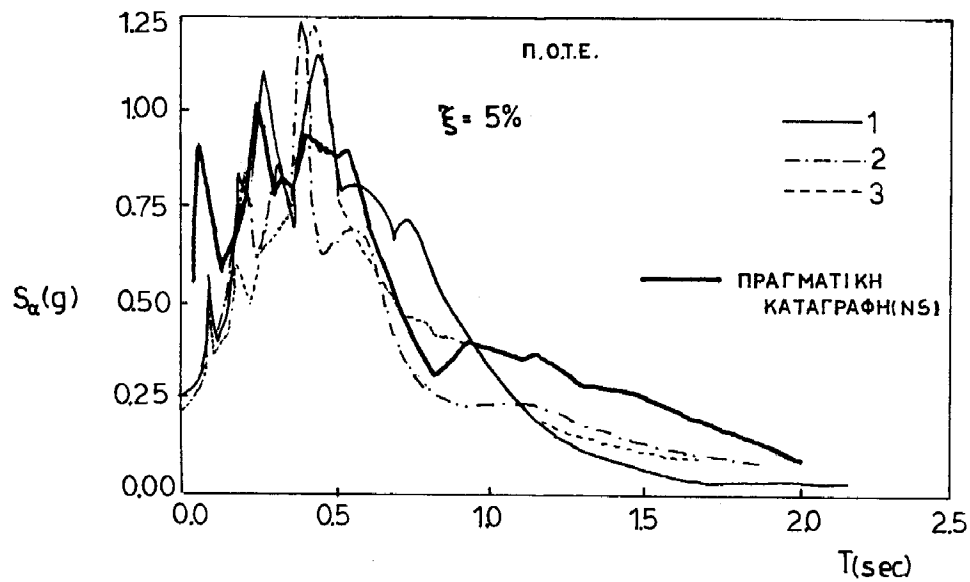


### Kalamata's Microzonation

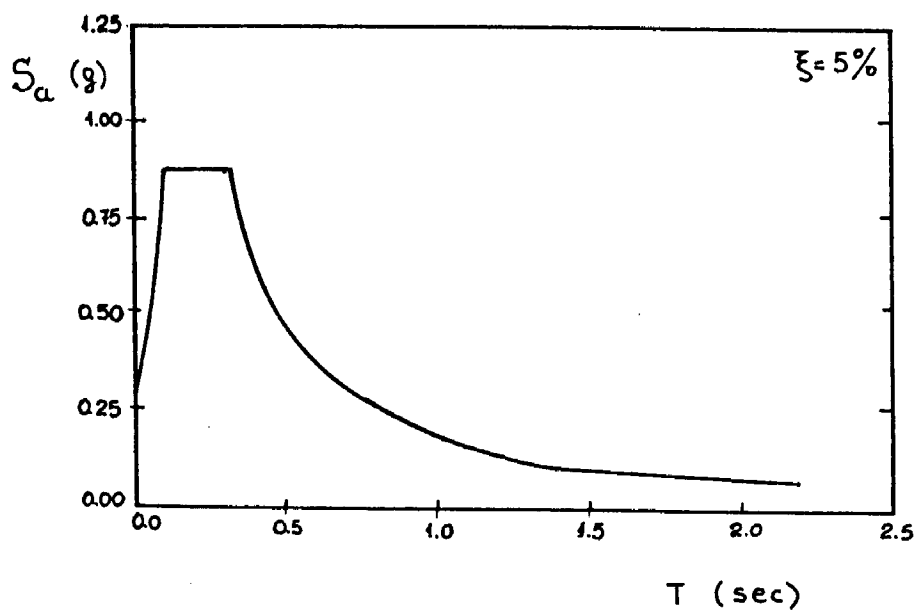
#### NOMARXIA (deconvolution) amplification spectra



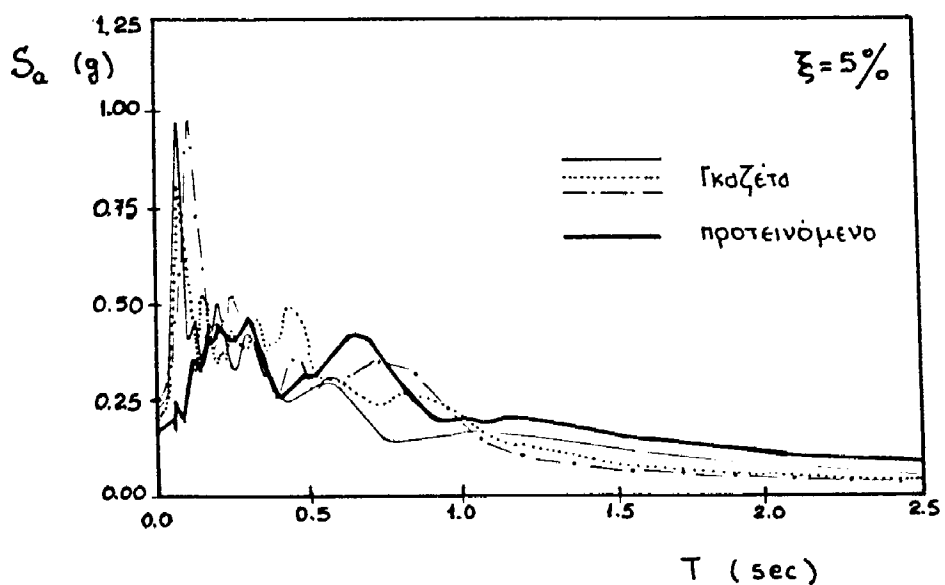
Input motion = component WE  
Nomaxia's record (at surface)  
maximum horizontal acceleration=0.273-g



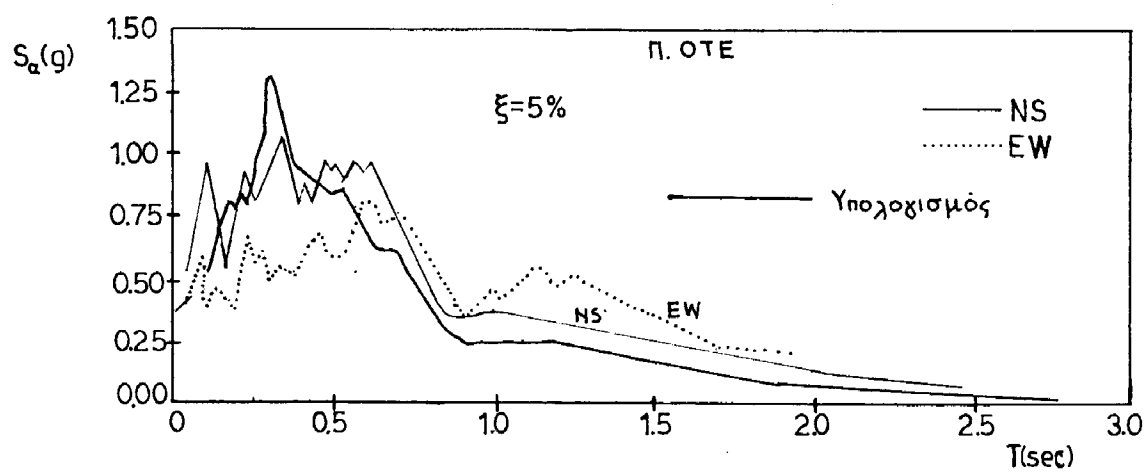
Σχ. 4α,β Συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα προκαταρκτικής έκθεσης Γ.Γιαζέτα (14.7.87) και πραγματικές καταγραφές



Σχ. 5α Ελαστικό φάσμα επιτάχυνσης συνθετικού σεισμού σχεδιασμού (προκαταρκτικός) έκθεσης Μακρόπουλου (Δεκ. 1986)



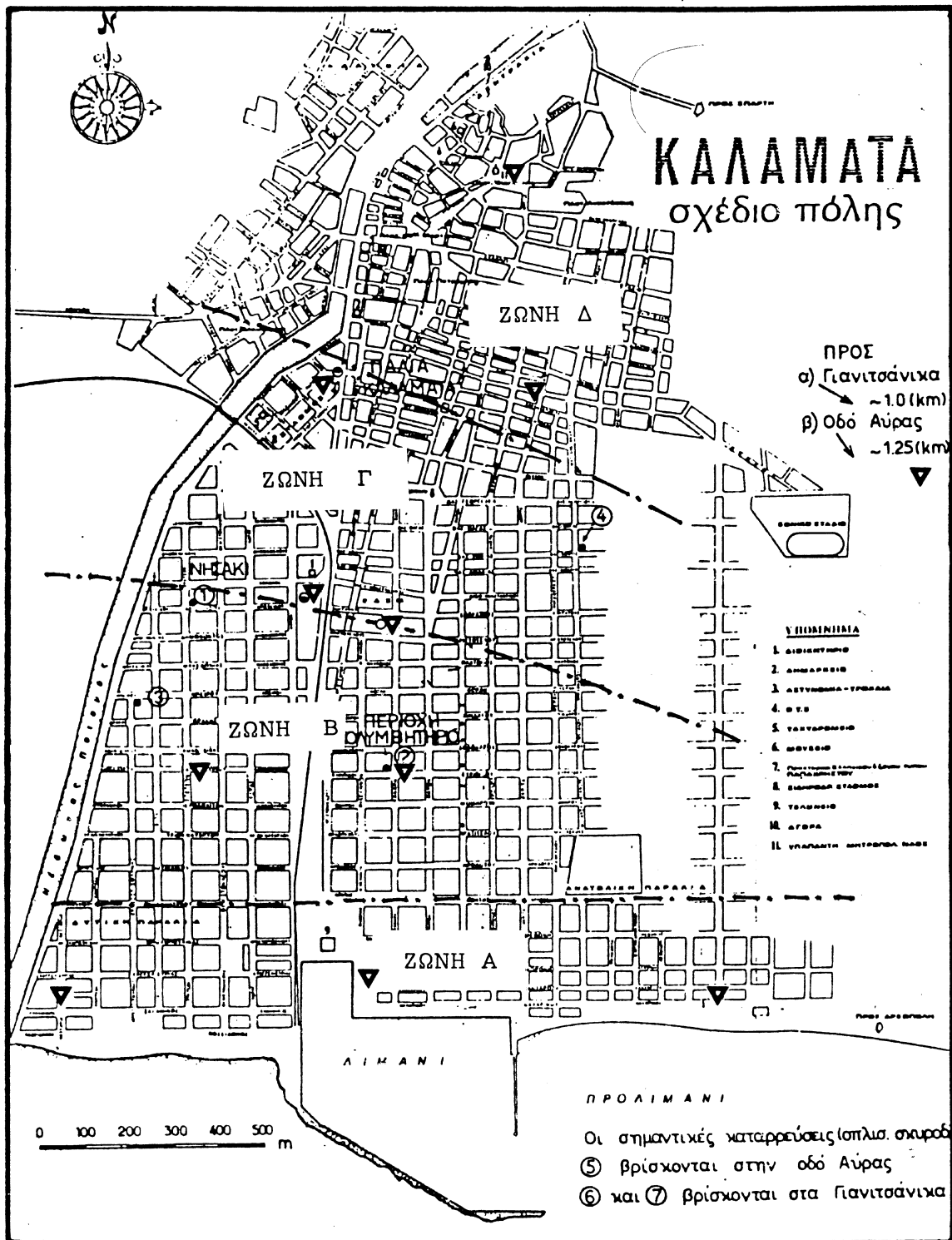
Σχ. 5β,γ Ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης συνθετικών σεισμών σχεδιασμού στο "θέσει" βραχώδες υπόστρωμα



Σχ. 6 Σύγκριση πραγματικών καταγραφών στο Παληό ΟΤΕ, με τον υπολογισμό βάσει του προτεινόμενου σεισμού σχεδιασμού.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ  
ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ  
ΣΕ 11 ΘΕΣΕΙΣ

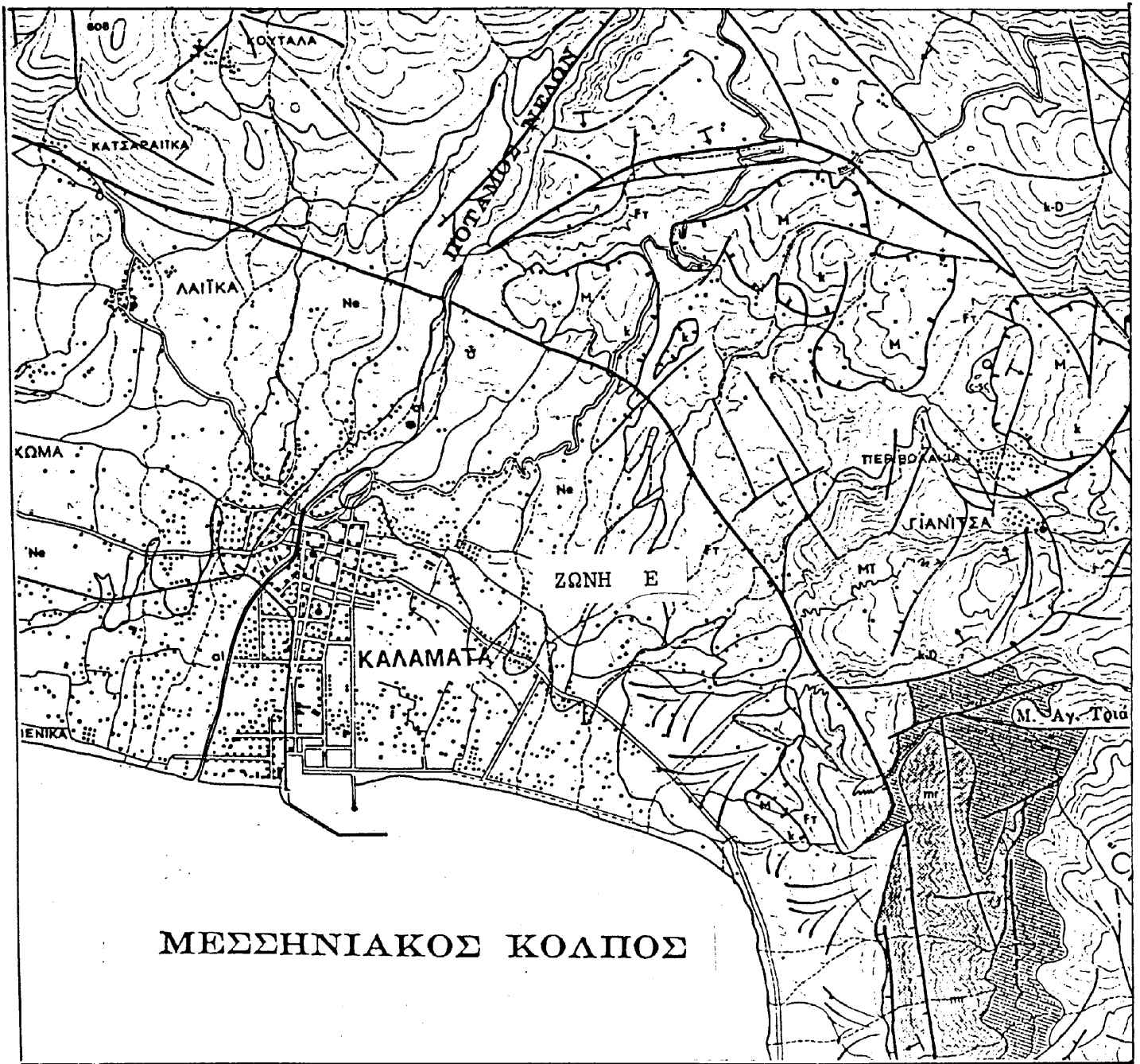
* Ανατολική Παραλία	]	ΖΩΝΗ Α "ΠΑΡΑΛΙΑ"
* Κεντρική Παραλία		
* Δυτική Παραλία		
* Κεντρικό Νησάκι	]	ΖΩΝΗ Β "ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΖΩΝΗ"
* Κολυμβητήριο		
* Νέο ΟΤΕ		
* Νομαρχία	]	ΖΩΝΗ Γ "ΚΕΝΤΡΟ"
* Παλιό ΟΤΕ		
* Παλαιολόγου και Μαυρομιχαλη	]	ΖΩΝΗ Δ "ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ"
* Υπαπαντή		
* Στρατόπεδο		
* Γιαννιτσάνικα	]	ΖΩΝΗ Ε



▼ θέσεις μελέτης της εδαφικής απόκρισης

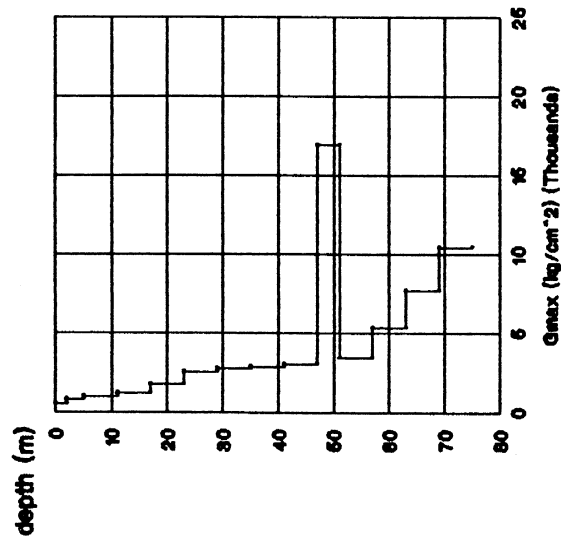
Σχ.7α. Χάρτης της πόλης της Καλαμάτας όπου παρουσιάζονται

- α) Οι θέσεις μελέτης της εδαφικής απόκρισης
- β) Οι θέσεις των επιταχυνσιογράφων (• Νομαρχία • Π. ΟΤΕ)
- γ) Οι θέσεις των καταρρεύσεων οικοδομών από οπλισμένο σκυροδεμα
- δ) Οι ζώνες που προτείνονται στην παρούσα μελέτη  
(τα όρια δεν είναι απόλυτα)



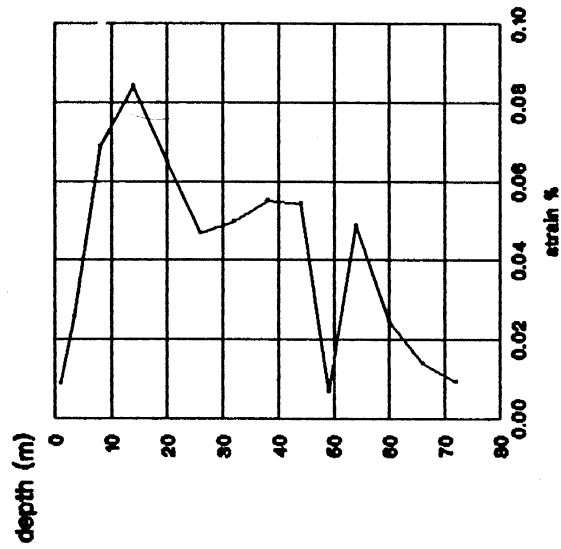
Σχ. 7β Χάρτης της ευρύτερης περιοχής Καλαμάτας

Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
maximum shear modulus



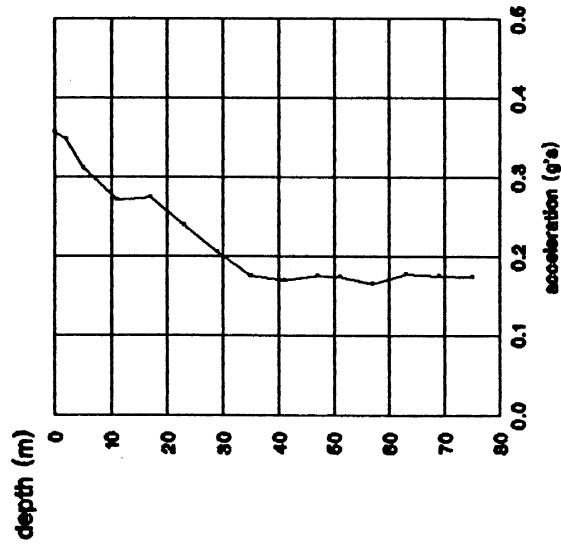
Input motion -component WE  
Nomarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
effective strain



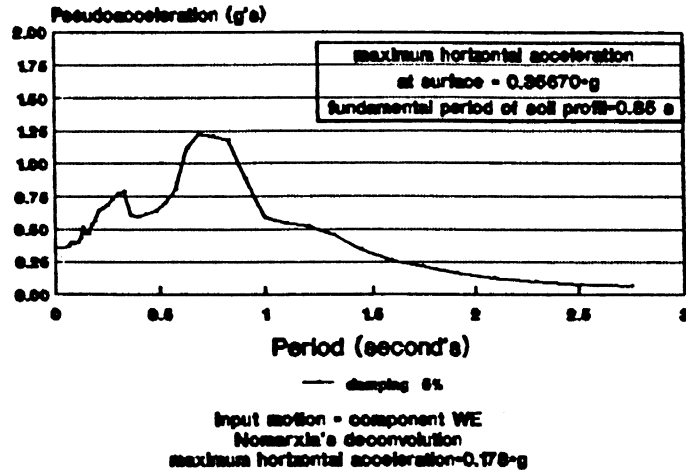
Input motion -component WE  
Nomarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
maximum horizontal accelerations

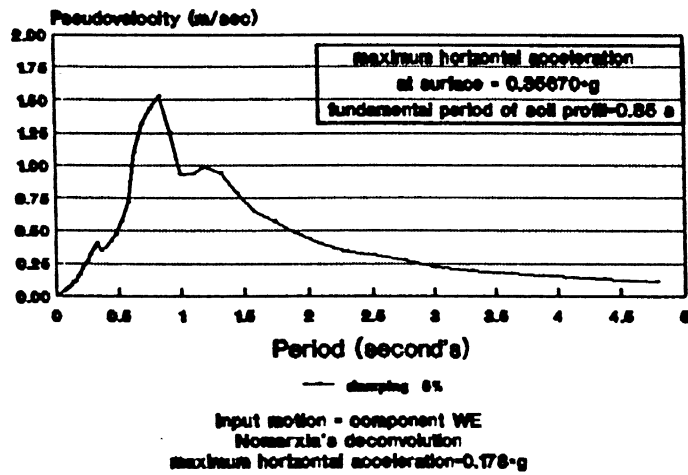


Input motion -component WE  
Nomarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

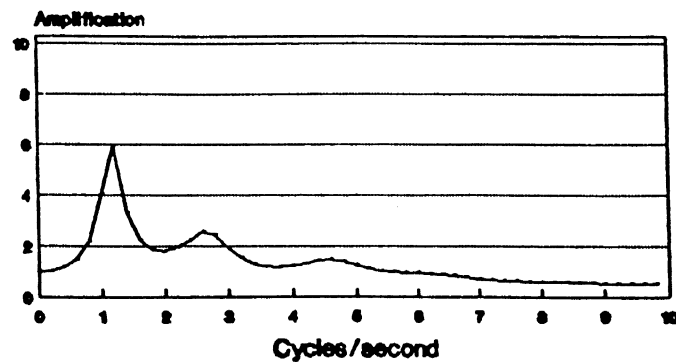
Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
spectra accelerations



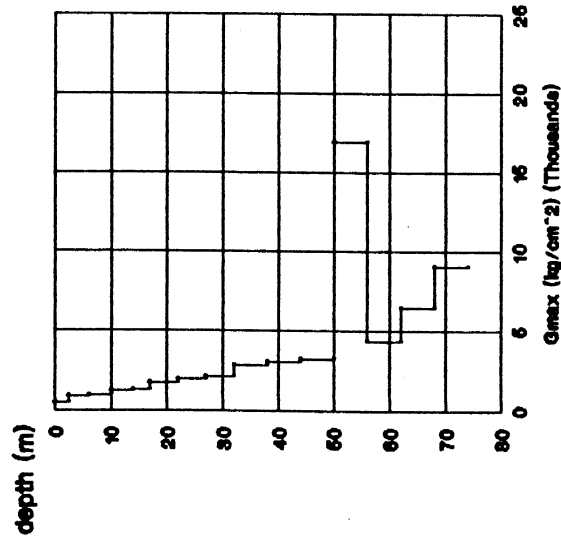
Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
spectra velocities



Kalamata's Microzonation  
D.PARALIA  
amplification spectra

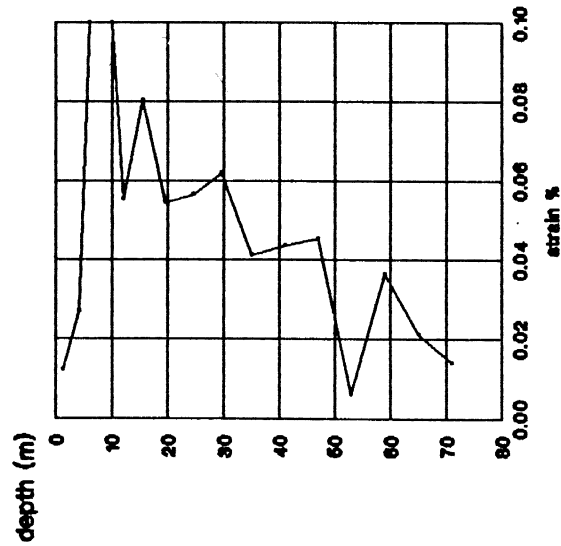


Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
maximum shear modulus



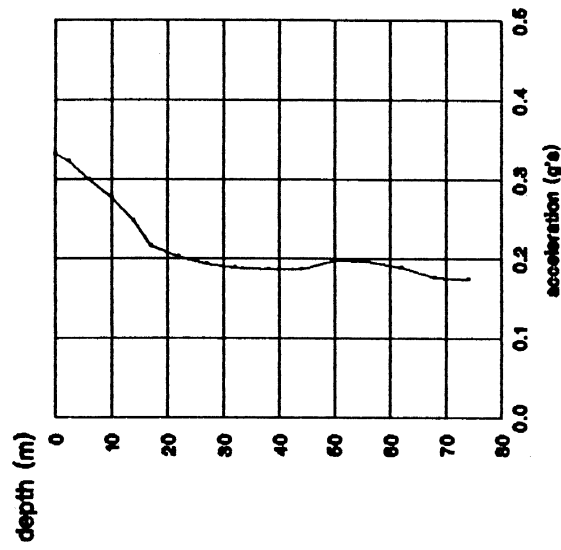
Input motion -component WE  
Nomarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
effective strain



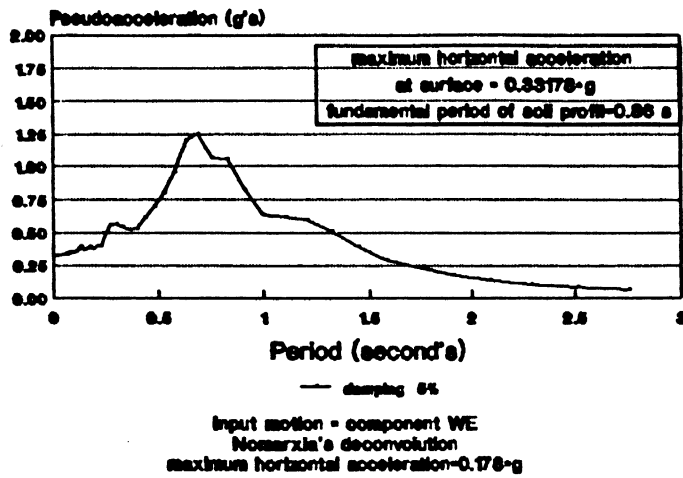
Input motion -component WE  
Nomarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
maximum horizontal accelerations

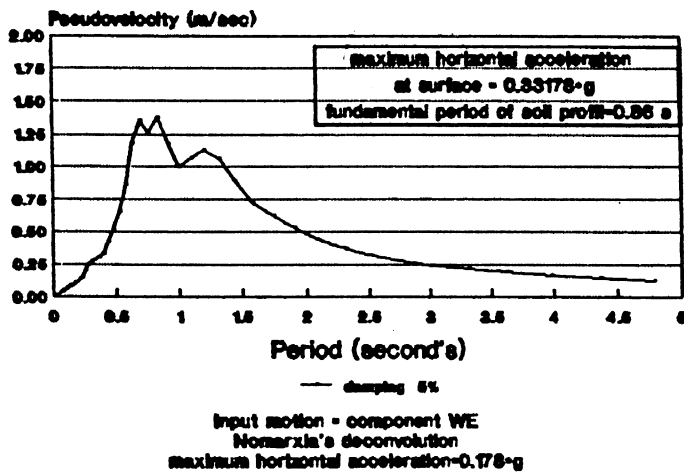


Input motion -component WE  
Nomarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

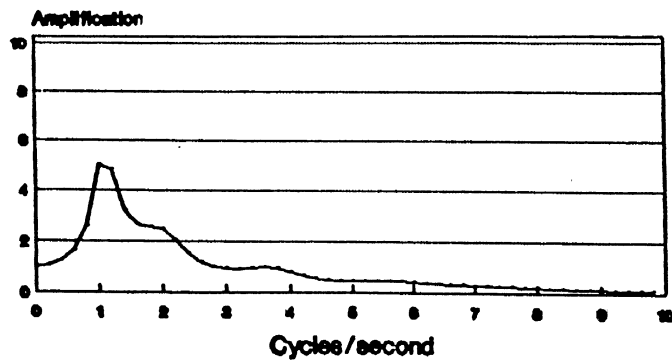
Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
spectra accelerations



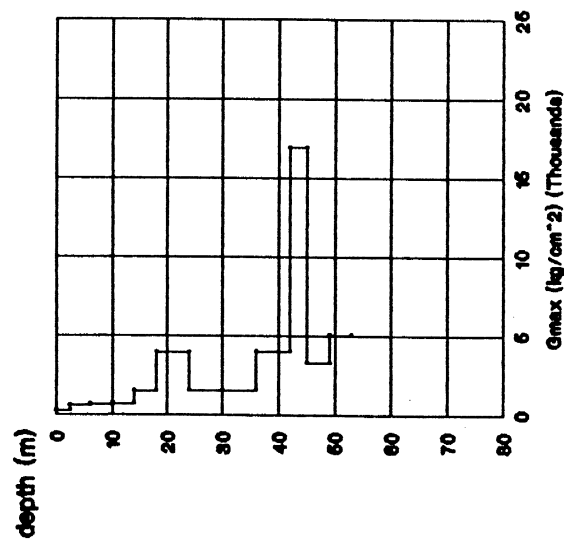
Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
spectra velocities



Kalamata's Microzonation  
K.PARALIA  
amplification spectra

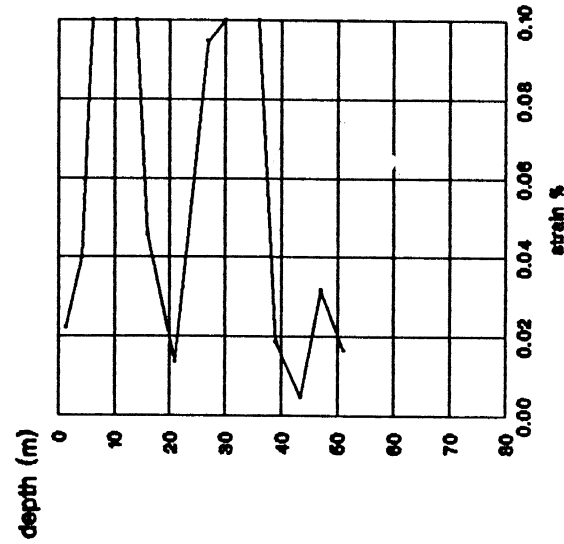


Kalamata's Microzonation  
A.PARALIA  
maximum shear modulus



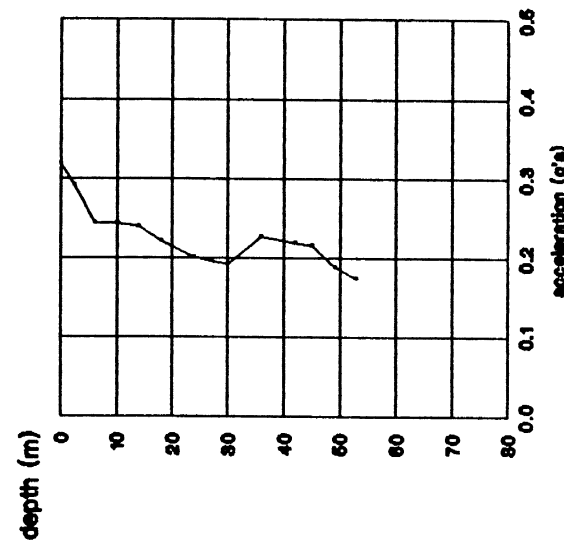
Input motion - component WE  
Nomarxla's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
A.PARALIA  
effective strain



Input motion - component WE  
Nomarxla's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
A.PARALIA  
maximum horizontal accelerations

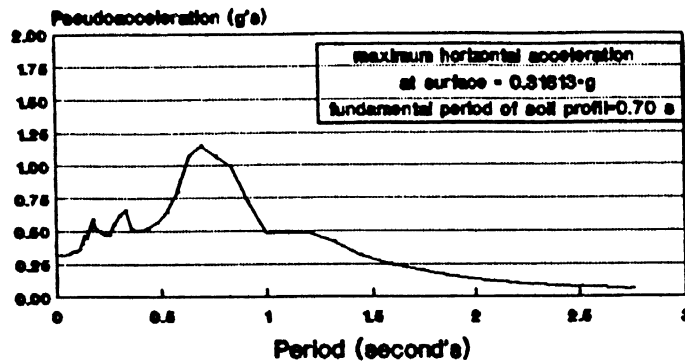


Input motion - component WE  
Nomarxla's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

### Kalamata's Microzonation

A.PARALIA

spectra accelerations



Input motion = component WE

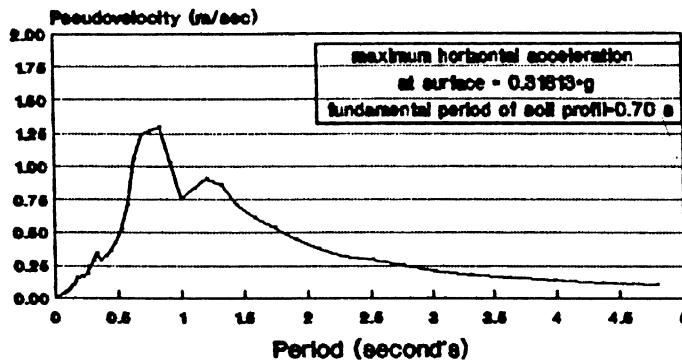
Nonmarzla's deconvolution

maximum horizontal acceleration=0.178-g

### Kalamata's Microzonation

A.PARALIA

spectra velocities



Input motion = component WE

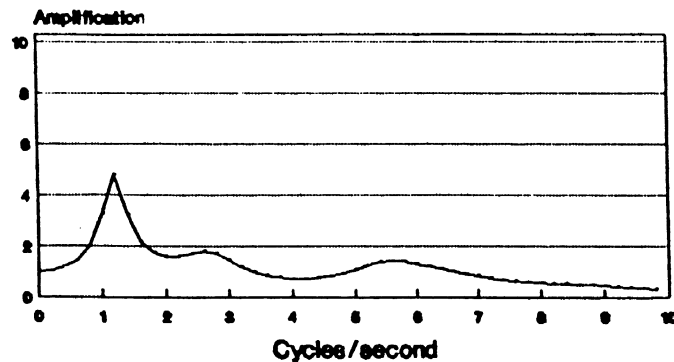
Nonmarzla's deconvolution

maximum horizontal acceleration=0.178-g

### Kalamata's Microzonation

A.PARALIA

amplification spectra

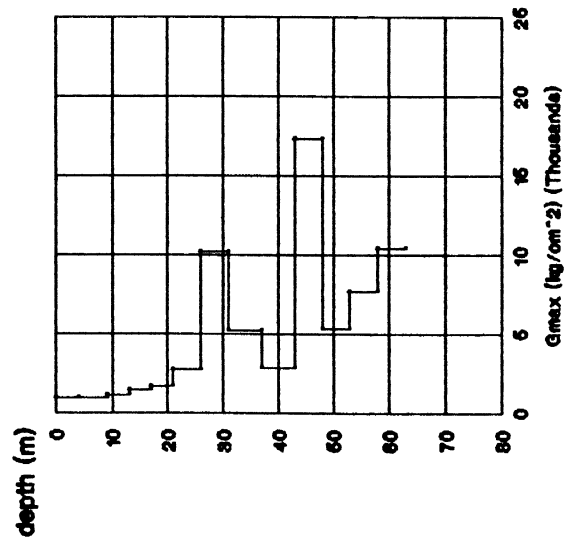


Input motion = component WE

Nonmarzla's deconvolution

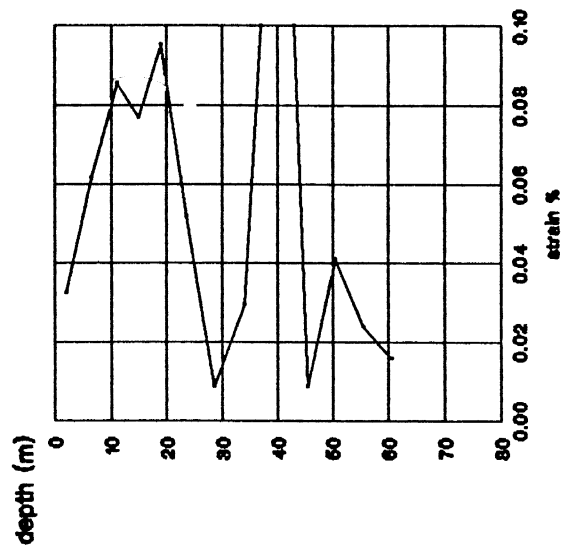
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
K.NHSKI  
maximum shear modulus



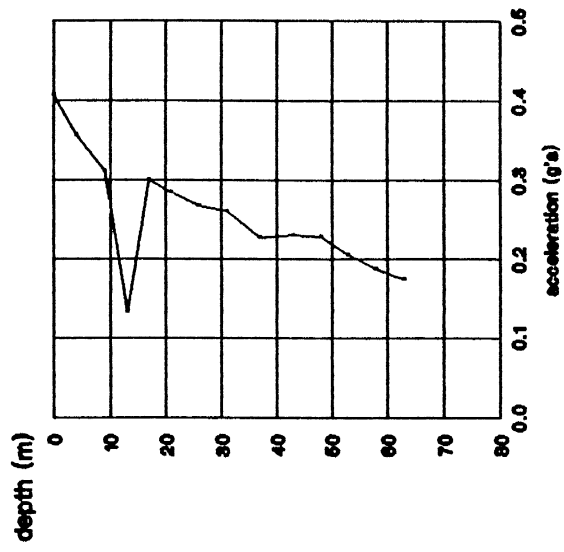
Input motion -component W/E  
Nonarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
K.NHSKI  
effective strain



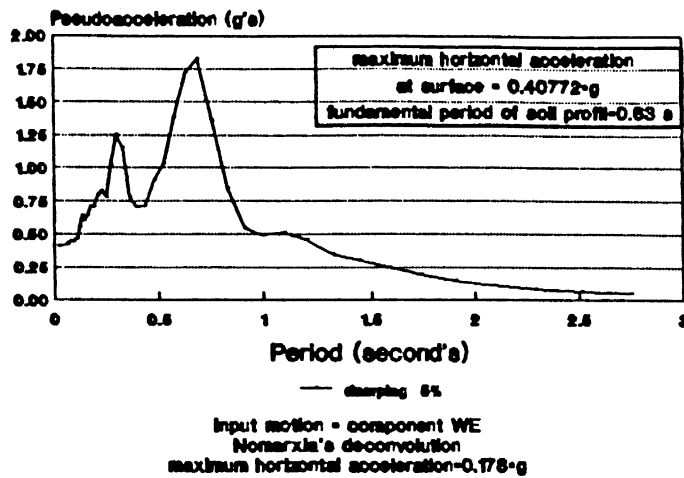
Input motion -component W/E  
Nonarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
KATW NHSKI  
maximum horizontal accelerations

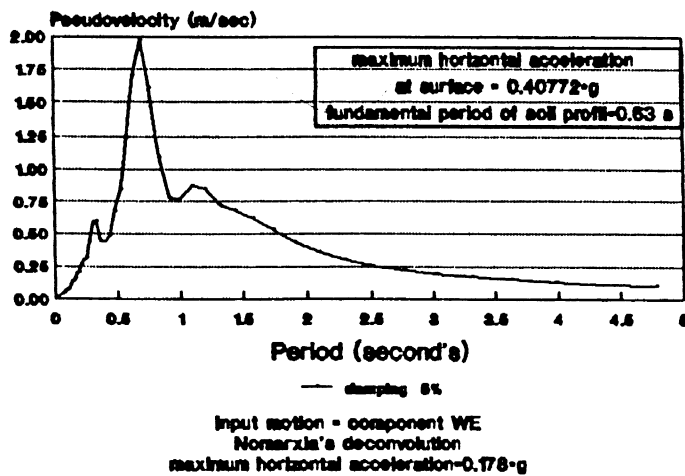


Input motion -component W/E  
Nonarxia's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

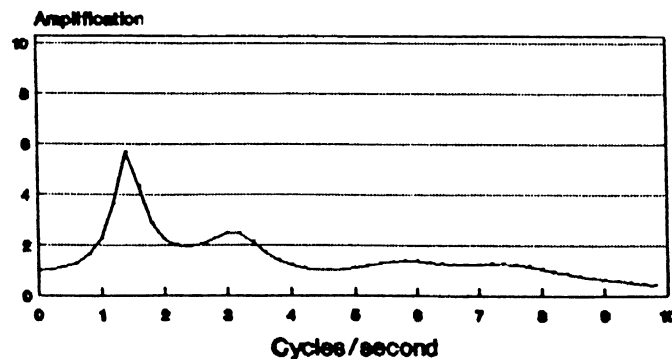
Kalamata's Microzonation  
K.NHS AKI  
spectra accelerations



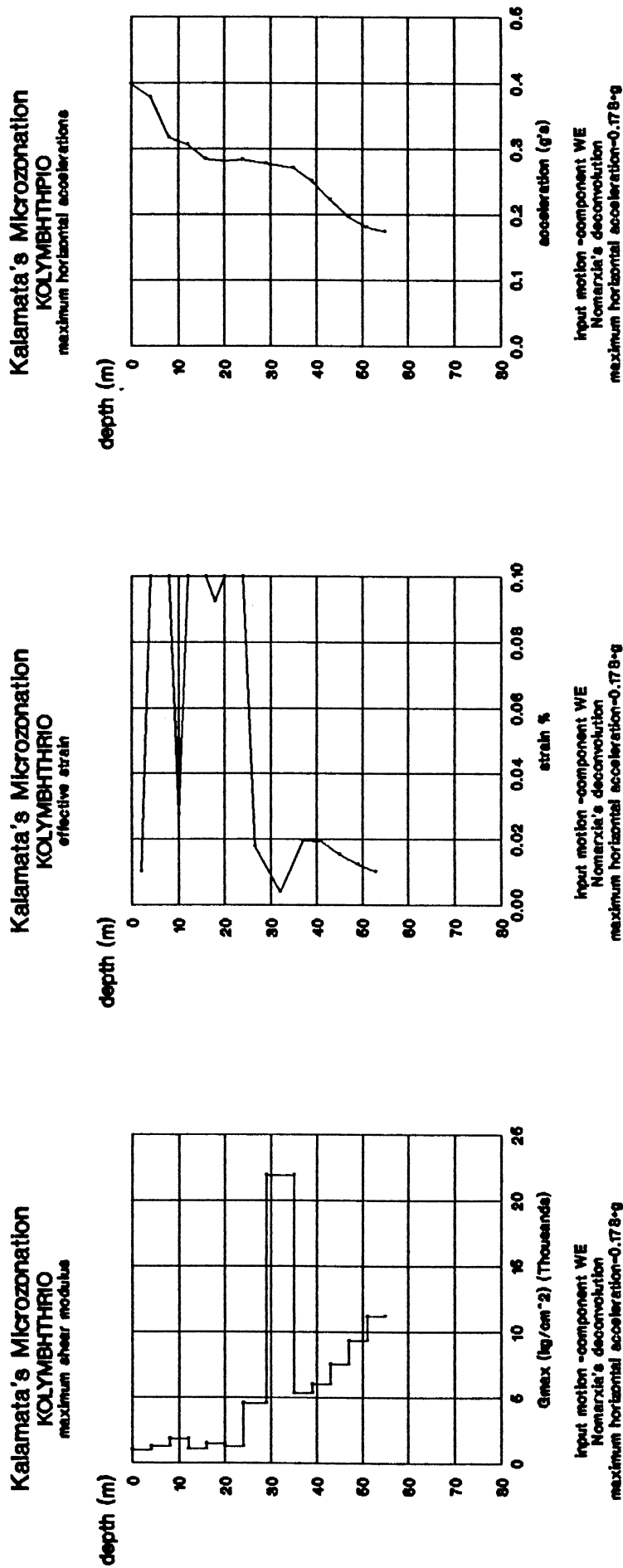
Kalamata's Microzonation  
K.NHS AKI  
spectra velocities



Kalamata's Microzonation  
K.NHS AKI  
amplification spectra

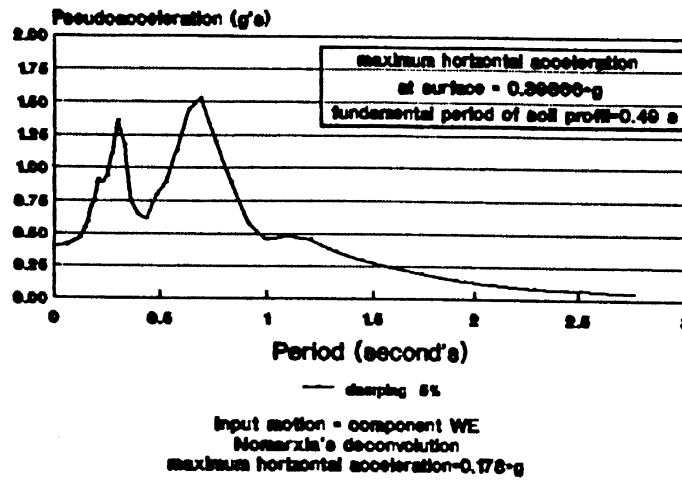


Input motion = component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

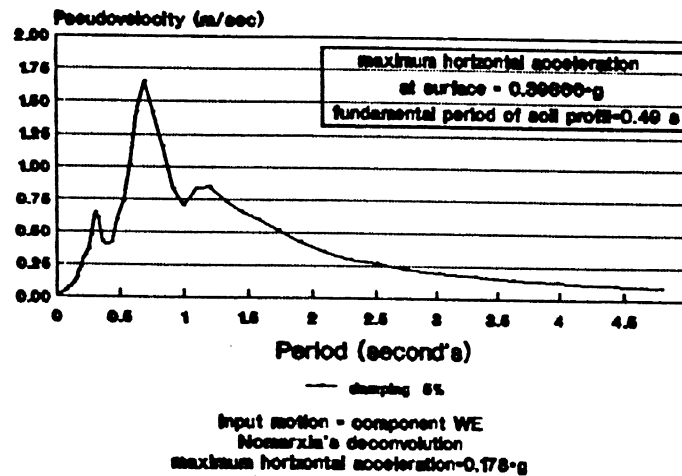


ΣX. 16

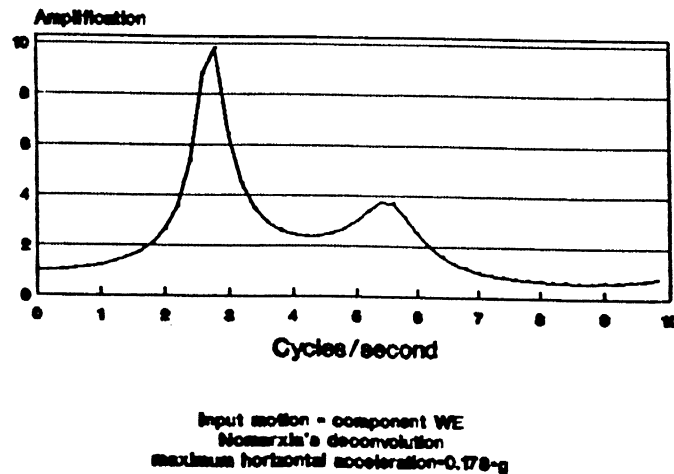
Kalamata's Microzonation  
KOLYMBITHPIO  
spectra accelerations



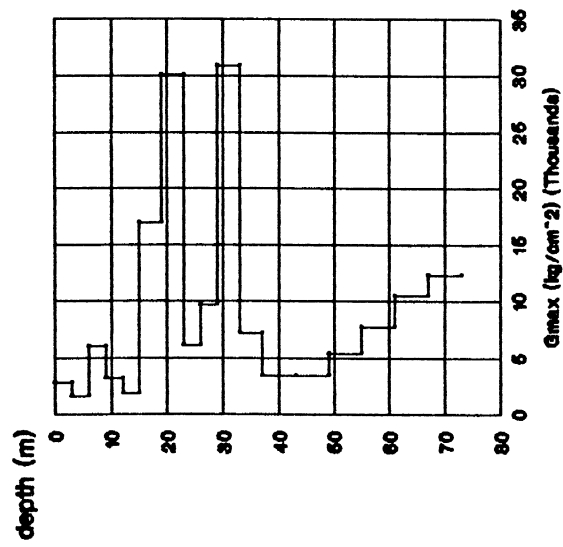
Kalamata's Microzonation  
KOLYMBITHPIO  
spectra velocities



Kalamata's Microzonation  
KOLYMBITHPIO  
amplification spectra

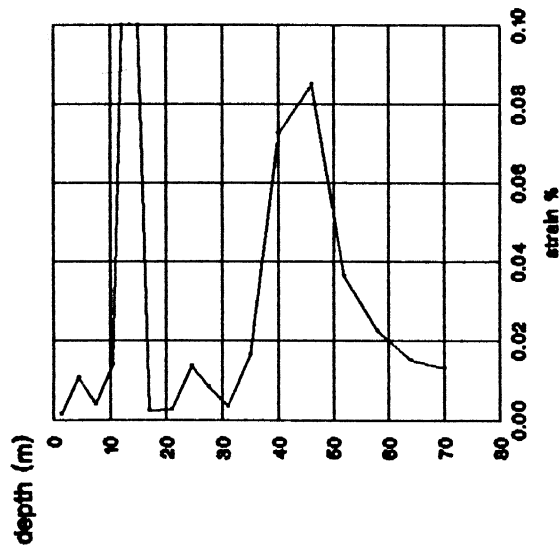


Kalamata's Mikrozonation  
NEO OTE  
maximum shear modulus



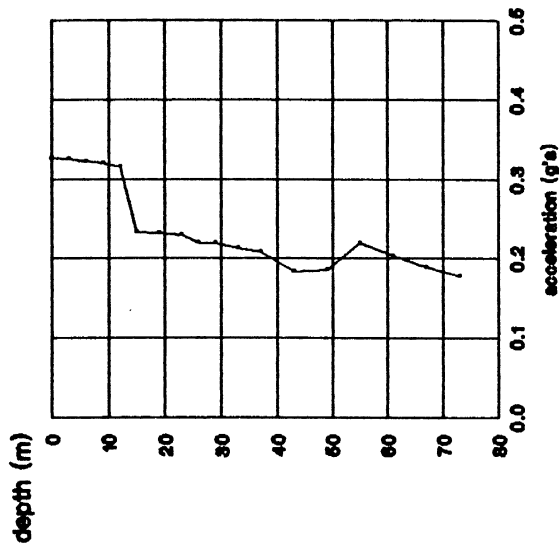
Input motion -component WE  
Nomarxle's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
NEO OTE  
effective strain



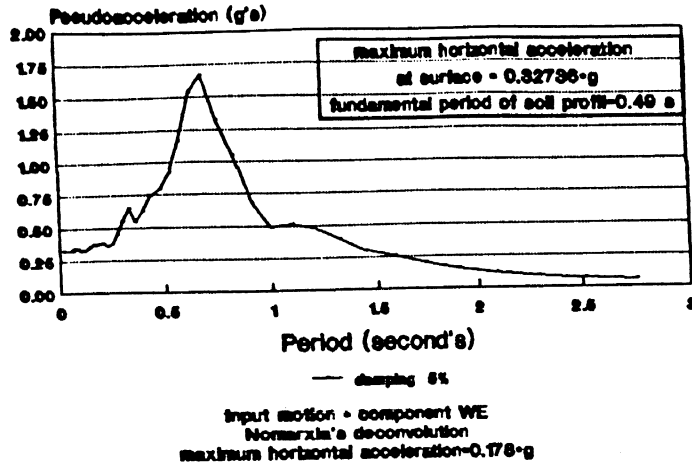
Input motion -component WE  
Nomarxle's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
NEO OTE  
maximum horizontal accelerations

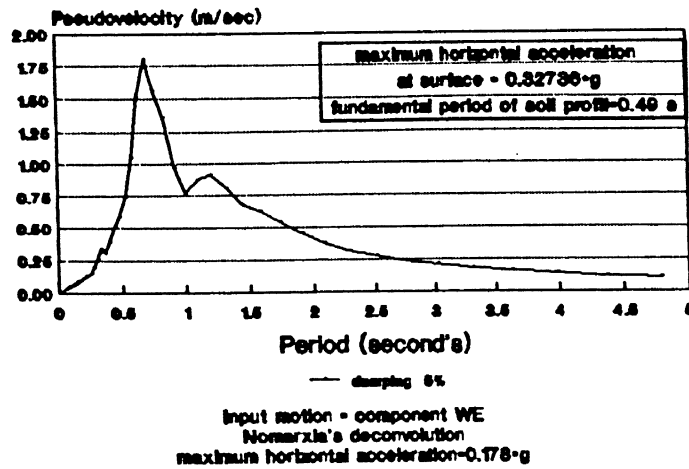


Input motion -component WE  
Nomarxle's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

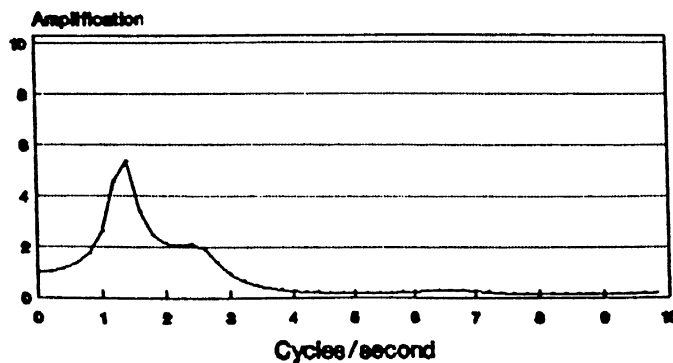
Kalamata's Microzonation  
NEO OTE  
spectra accelerations



Kalamata's Microzonation  
NEO OTE  
spectra velocity

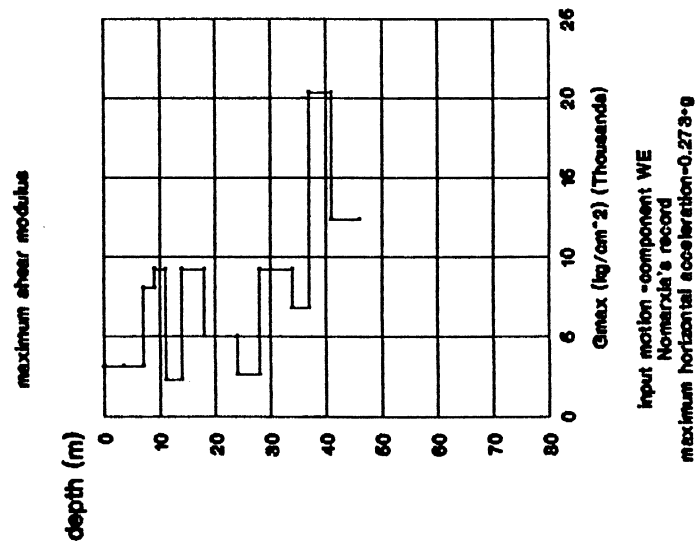


Kalamata's Microzonation  
NEO OTE  
amplification spectra

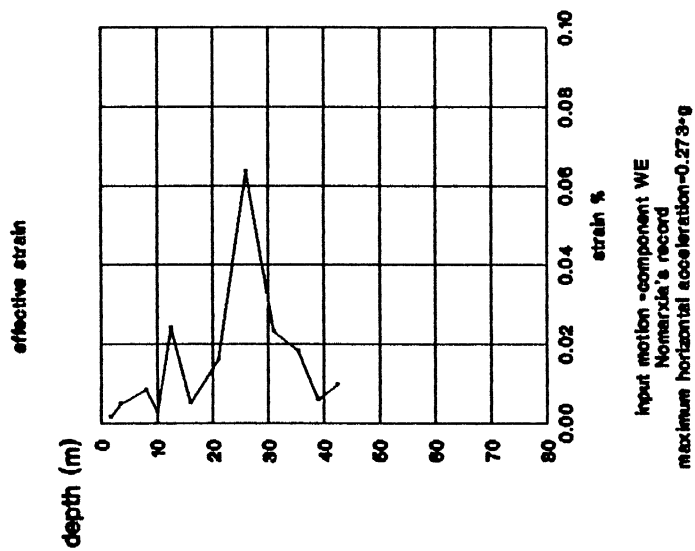


Input motion = component WE  
Nonmarzla's deconvolution  
maximum horizontal acceleration = 0.178-g

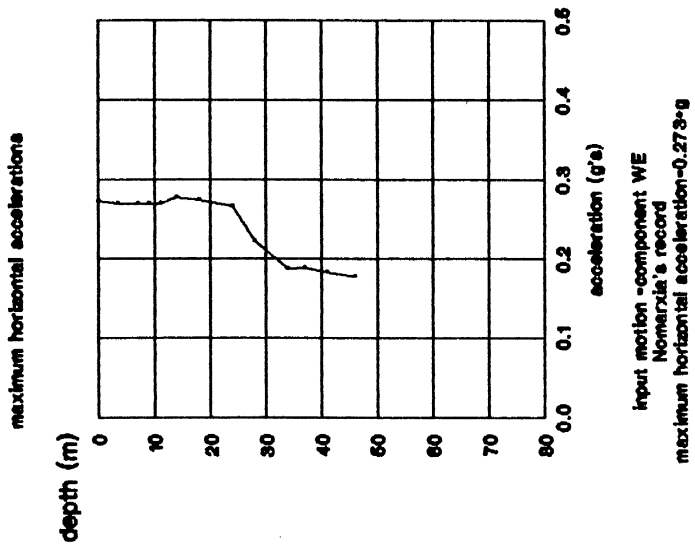
Kalamata's Mikrozonation



Kalamata's Mikrozonation

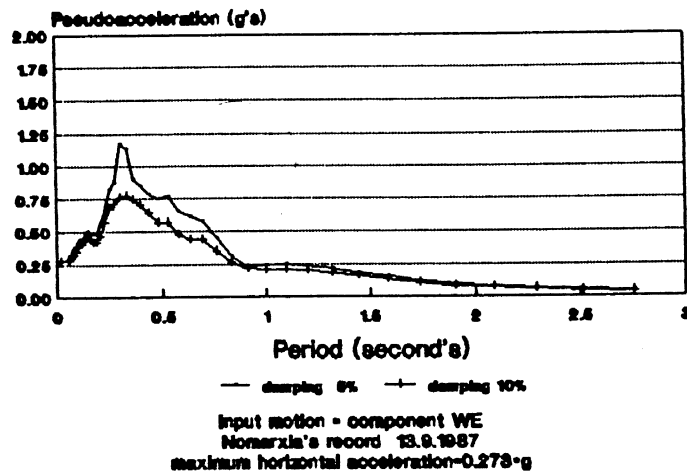


Kalamata's Mikrozonation



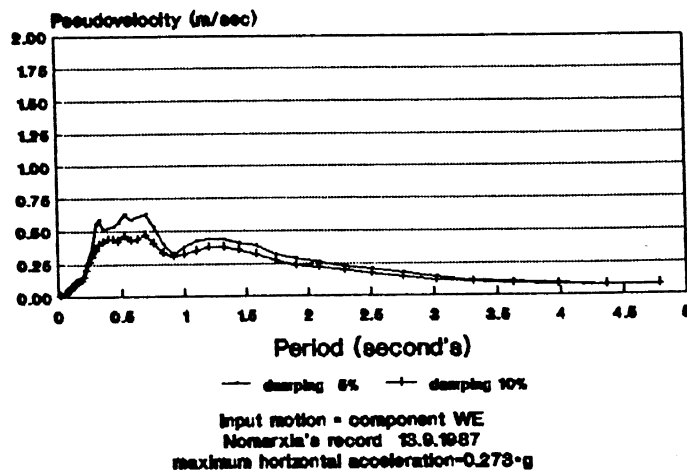
### Kalamata's Microzonation

Nomarxla's record  
spectra accelerations

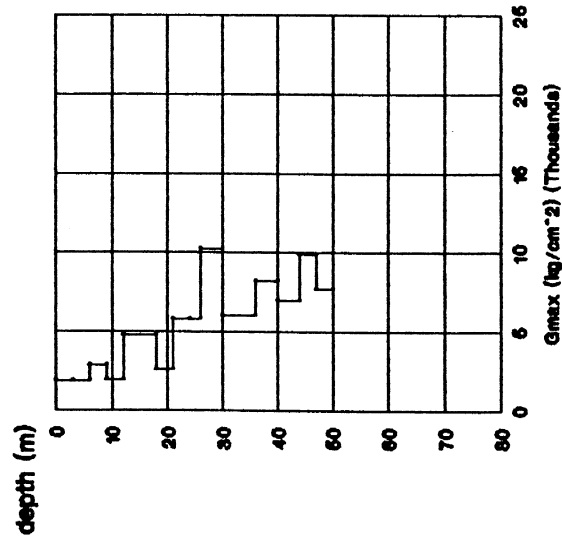


### Kalamata's Microzonation

Nomarxla's record  
spectra velocities

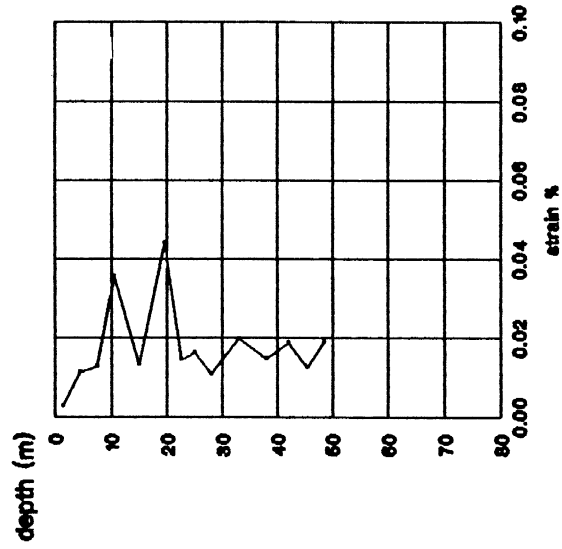


Kalamata's Microzonation  
PALJO OTE  
maximum shear modulus



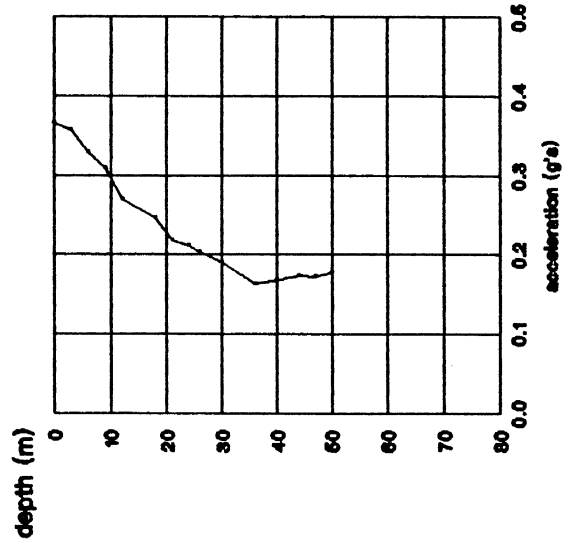
Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
PALJO OTE  
effective strain



Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

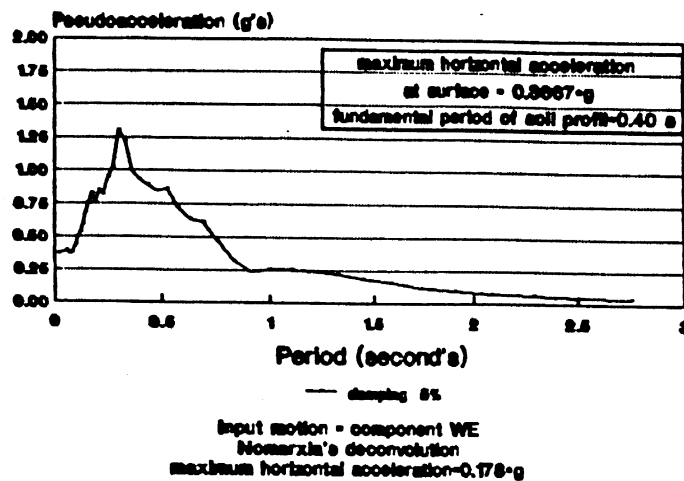
Kalamata's Microzonation  
PALJO OTE  
maximum horizontal accelerations



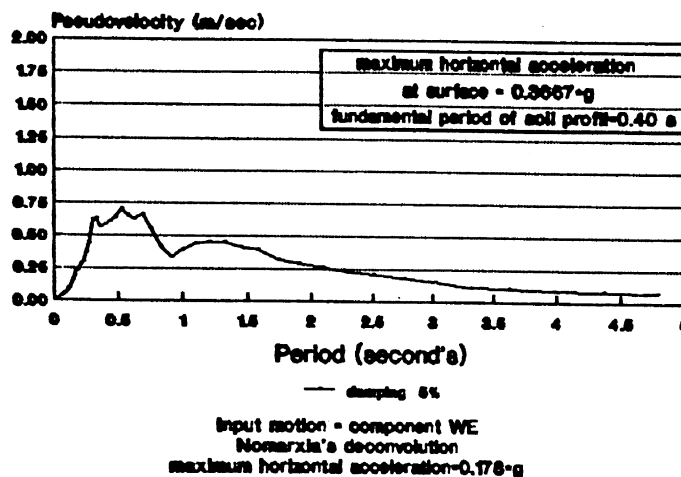
Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Microzonation  
PALIO OTE  
spectra accelerations

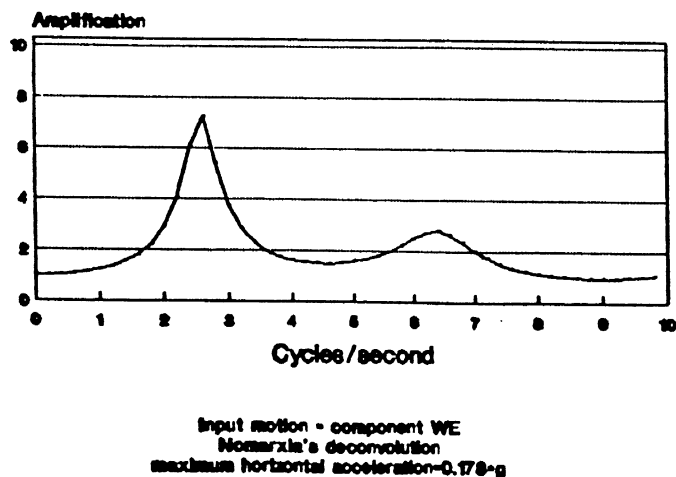
- 43 -



Kalamata's Microzonation  
PALIO OTE  
spectra velocities

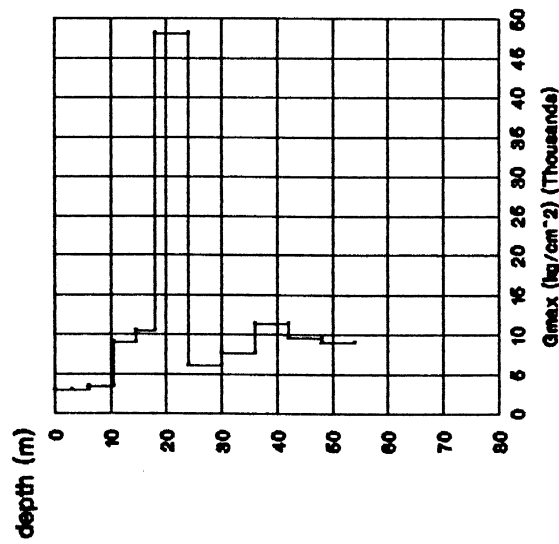


Kalamata's Microzonation  
PALIO OTE  
amplification spectra



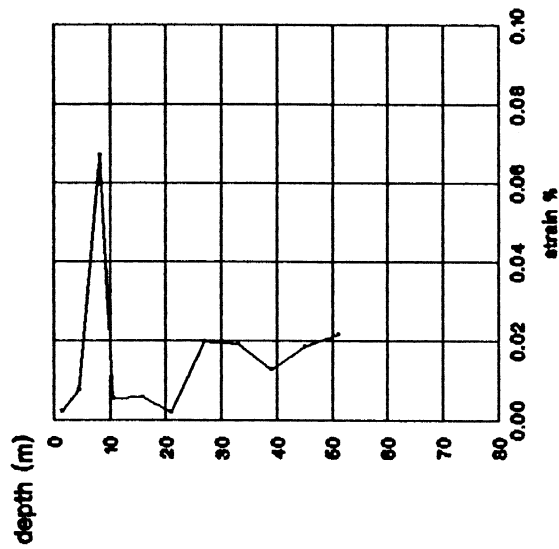
Σχ. 23

Kalamata's Mikrozonation  
PALAIOLOGOY-MAYROMIXALH  
maximum shear modulus



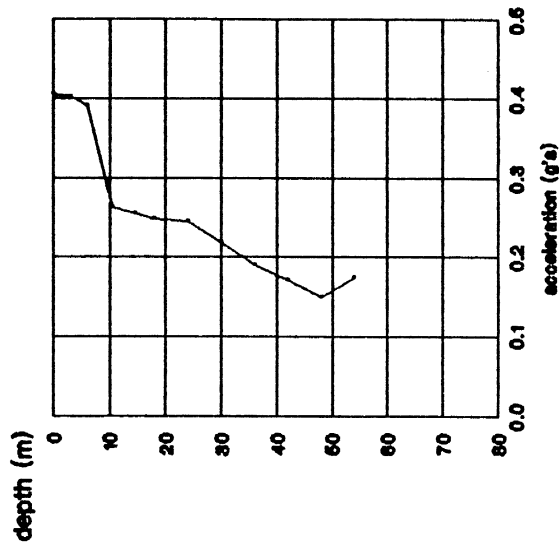
Input motion -component WE  
Nonarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
PALAIOLOGOY-MAYROMIXALH  
effective strain



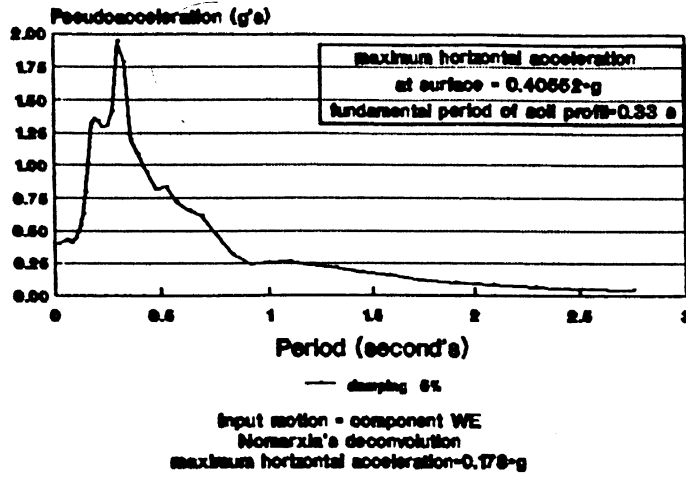
Input motion -component WE  
Nonarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

Kalamata's Mikrozonation  
PALAIOLOGOY-MAYROMIXALH  
maximum horizontal acceleration

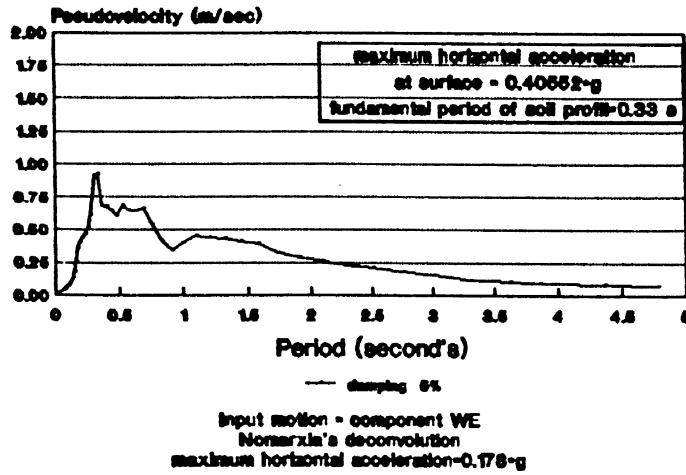


Input motion -component WE  
Nonarzie's deconvolution  
maximum horizontal acceleration-0.178-g

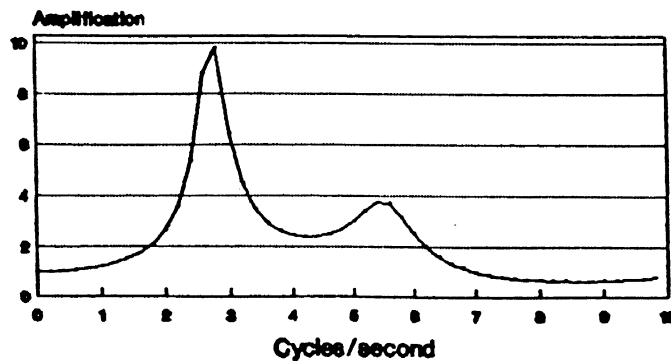
**Kalamata's Microzonation**  
**PALAIODOGY - MAYPOMIXALH**  
 spectra accelerations



**Kalamata's Microzonation**  
**PALAIODOGY - MAYPOMIXALH**  
 spectra velocities

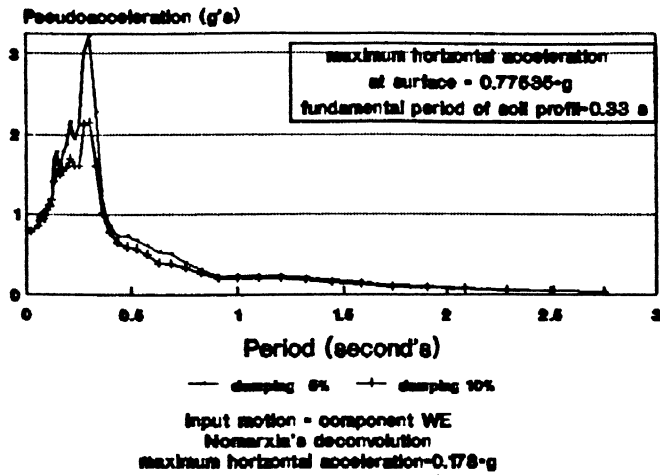


**Kalamata's Microzonation**  
**PALAIODOGY**  
 amplification spectra

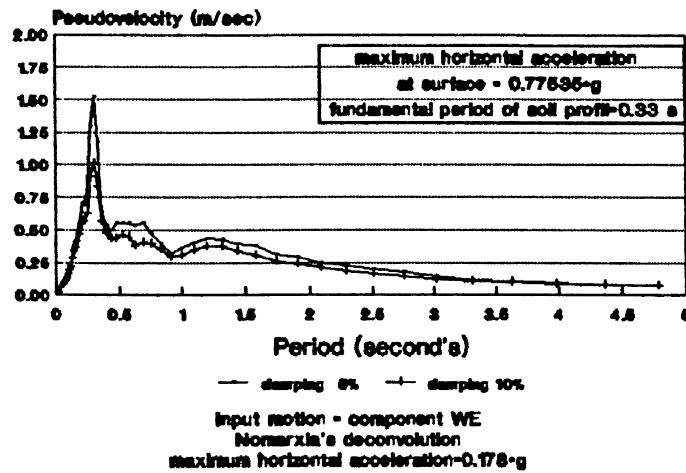


Input motion - component WE  
 Nonlinear's deconvolution  
 maximum horizontal acceleration=0.178-g

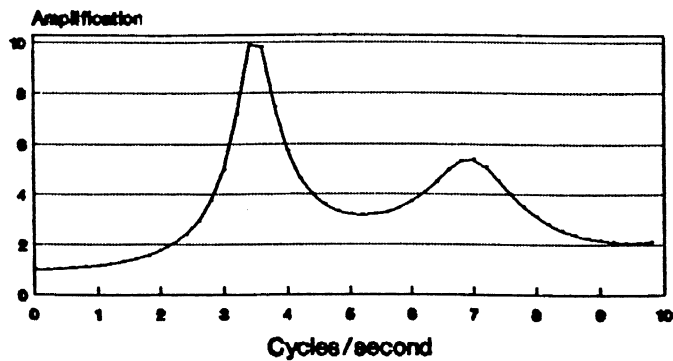
Kalamata's Microzonation  
YPAPANTH  
spectra accelerations



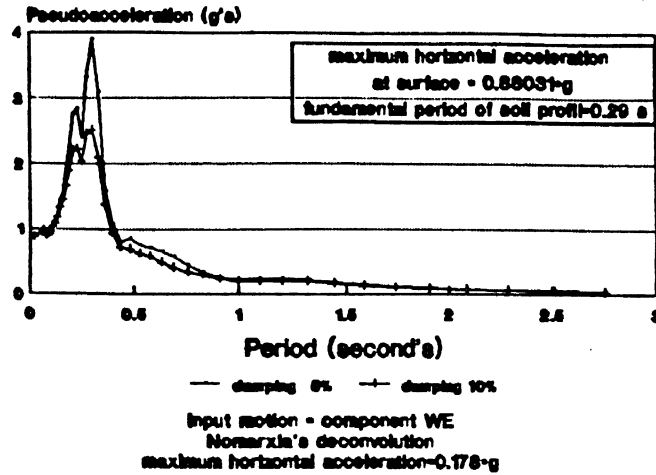
Kalamata's Microzonation  
YPAPANTH  
spectra velocities



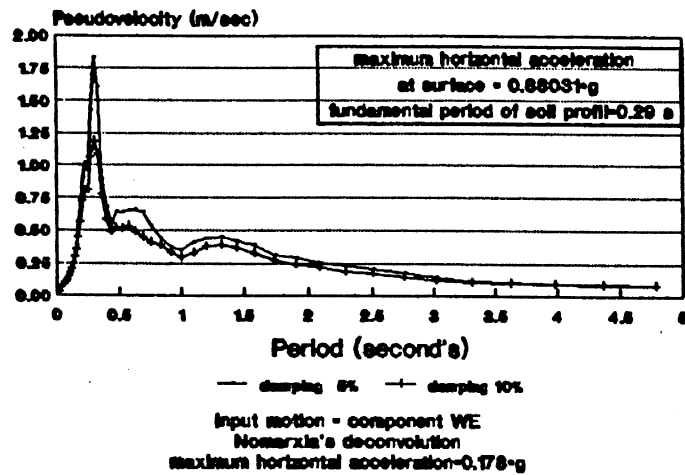
Kalamata's Microzonation  
YPAPANTH  
amplification spectra



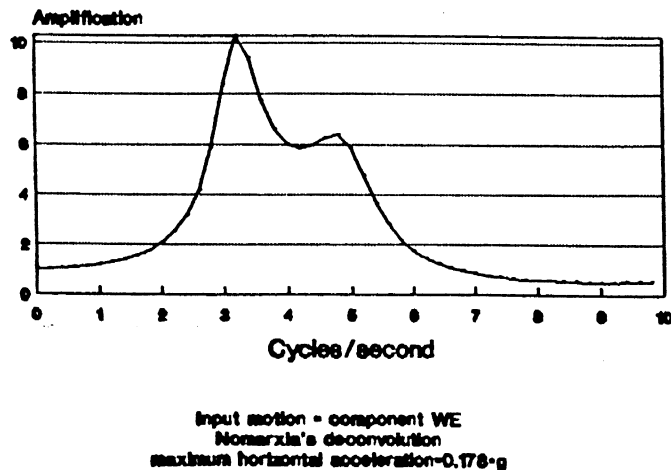
Kalamata's Microzonation  
STRATOPEDO  
spectra accelerations



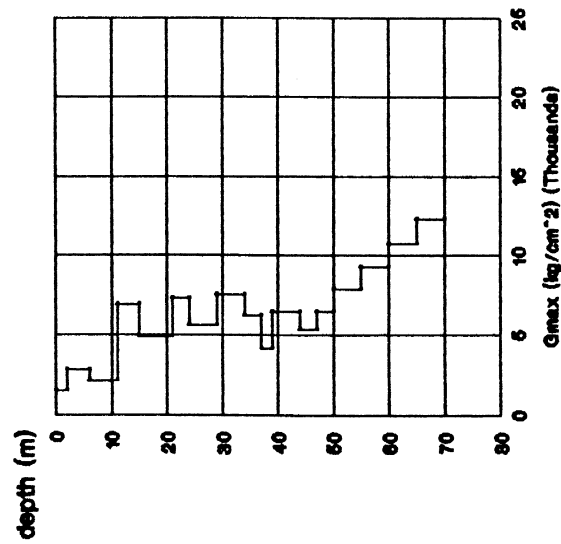
Kalamata's Microzonation  
STRATOPEDO  
spectra velocities



Kalamata's Microzonation  
STRATOPEDO  
amplification spectra

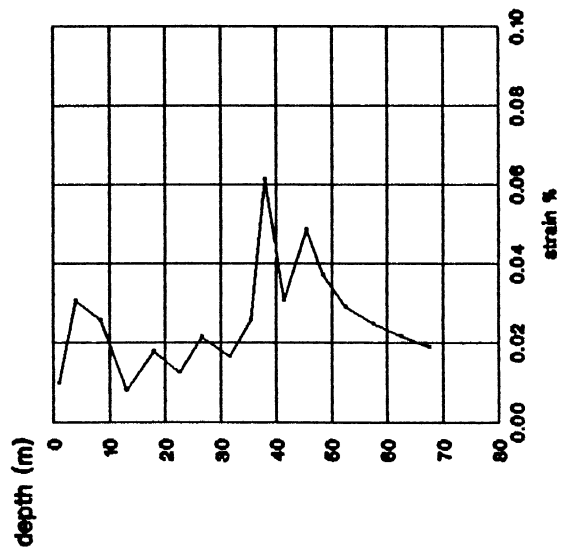


Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
maximum shear modulus



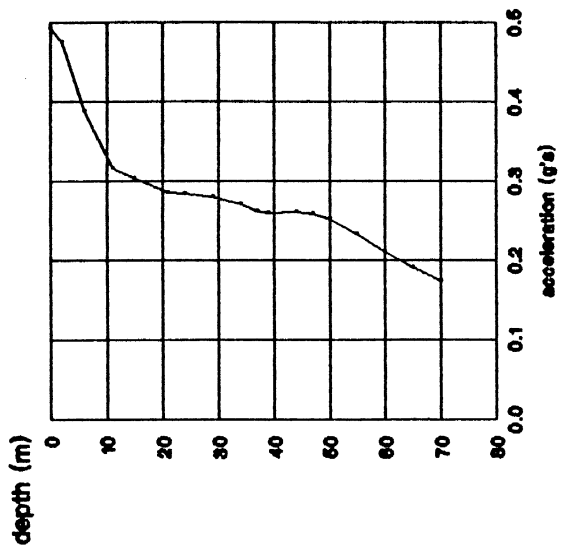
Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
effective strain



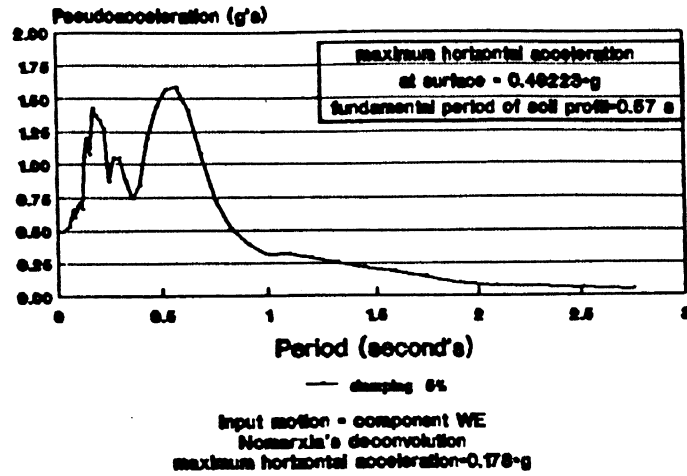
Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
maximum horizontal accelerations

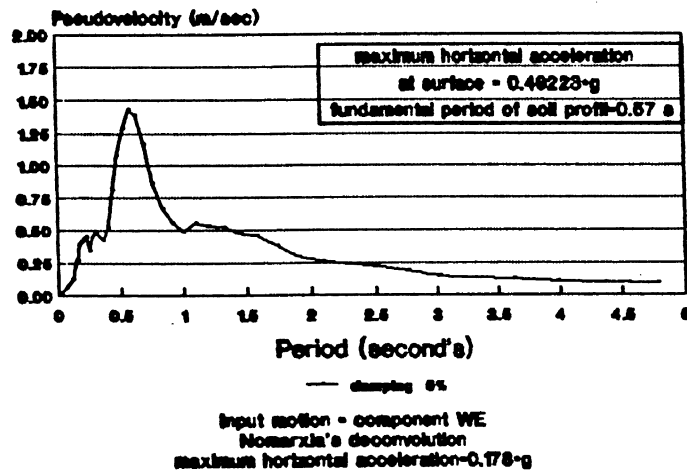


Input motion -component WE  
Nonlinear's deconvolution  
maximum horizontal acceleration=0.178-g

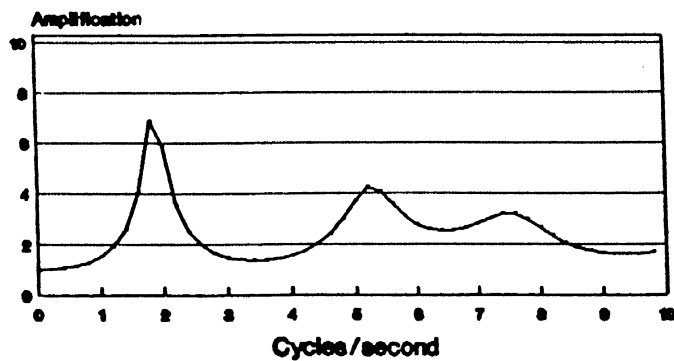
Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
spectra accelerations

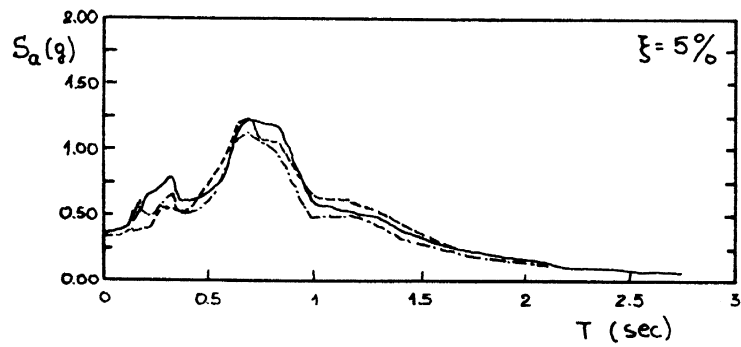


Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
spectra velocities

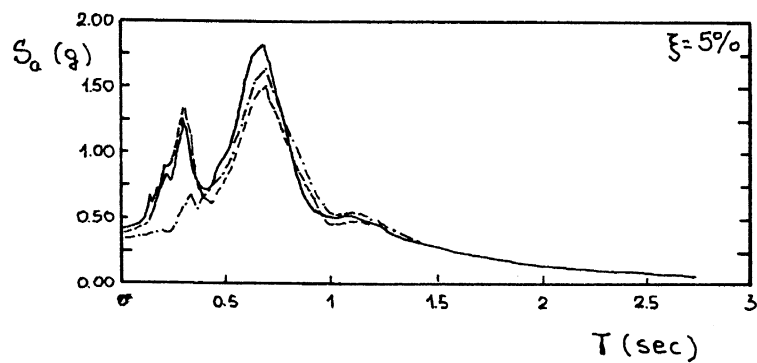


Kalamata's Microzonation  
GIANNITSANIKI  
amplification spectra

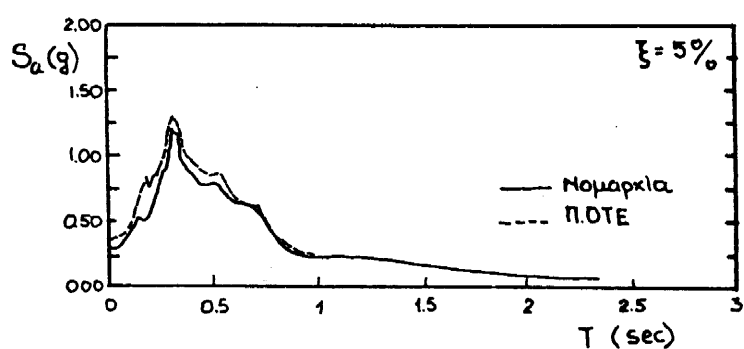




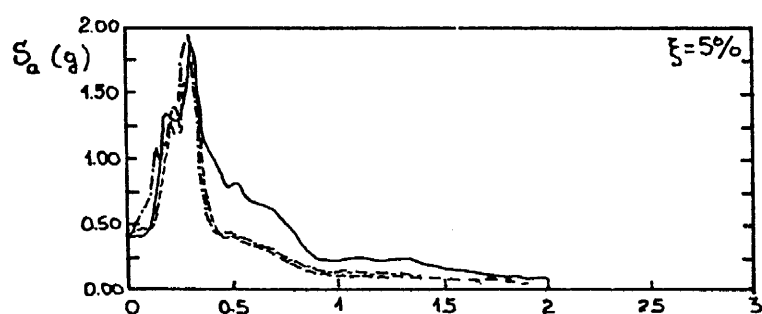
Σχ. 30 Ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης  
στην παραλιακή ζώνη  
ΖΩΝΗ Α "ΠΑΡΑΛΙΑ"



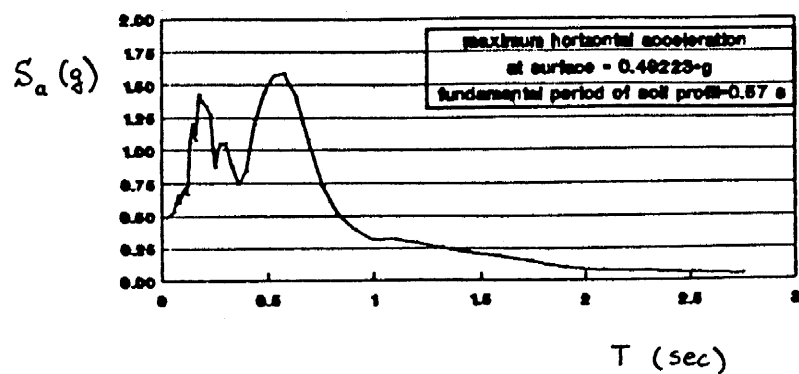
Σχ. 31 Ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης  
στην περιχή Κολυμβητηρίου-  
Κεντρικό Νησάκι  
ΖΩΝΗ Β "ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΖΩΝΗ"



Σχ. 32 Ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης  
στο Κέντρο της πόλης  
ΖΩΝΗ Γ "ΚΕΝΤΡΟ"



Σχ. 33 Ελαστικά φάσματα επιτάχυνσης  
στην παλιά πόλη (Παλαιολόγου  
και Μαυρομιχάλη, Υπαπαντή), και  
στην περιοχή του στρατοπέδου  
ΖΩΝΗ Δ "ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ-ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟ"

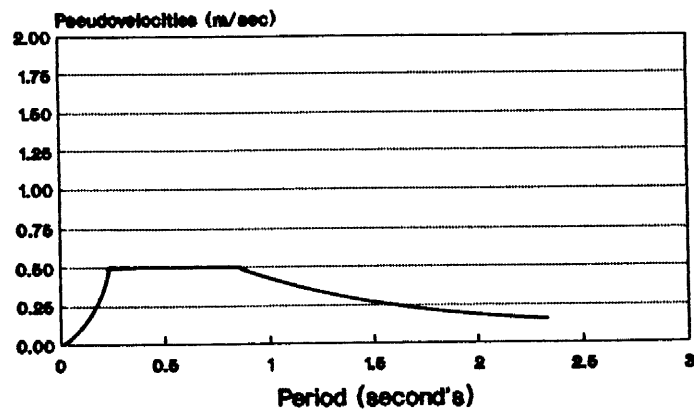
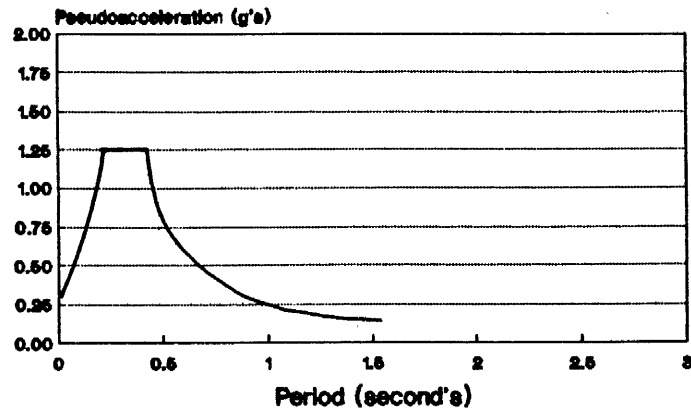


Σχ. 34 Ελαστικό φάσμα επιτάχυνσης  
στην περιοχή των Γιαννιτσάνικων  
ΖΩΝΗ Ε "ΓΙΑΝΝΙΤΣΑΝΙΚΑ"

ΤΥΠΙΚΑ ΟΜΑΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΦΑΣΜΑΤΑ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΣΤΙΣ ΠΕΝΤΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

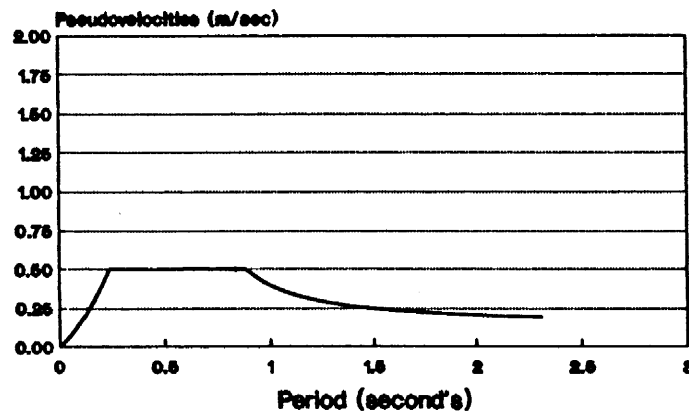
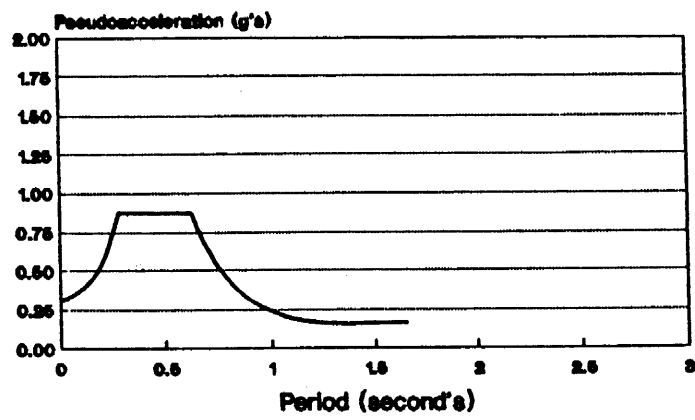
ΖΩΝΗ Δ "ΠΑΛΗΑ ΠΟΛΗ - ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟ"



Θεμελιώδης περίοδος εδαφικής απόθεσης  $T_0 = 0.30 \div 0.35 \text{sec}$

---

ΖΩΝΗ Γ " KENTPO "

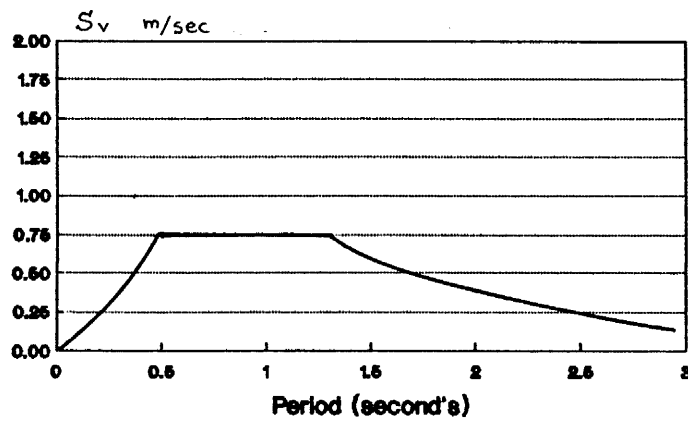
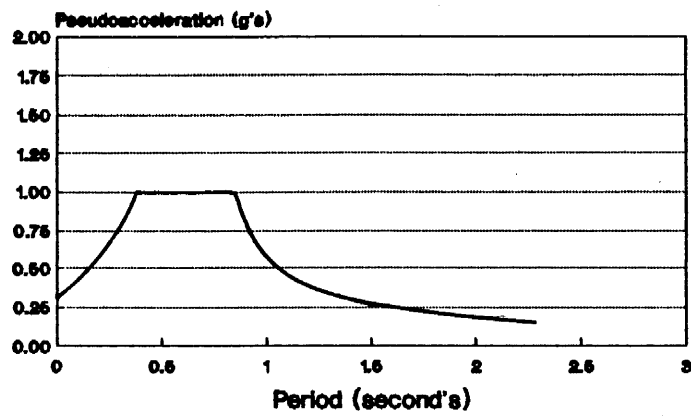


θεμελιώδης περίοδος εδαφικής απόθραξης  $T_0 = 0.4 \text{ sec}$

Σχ. 36

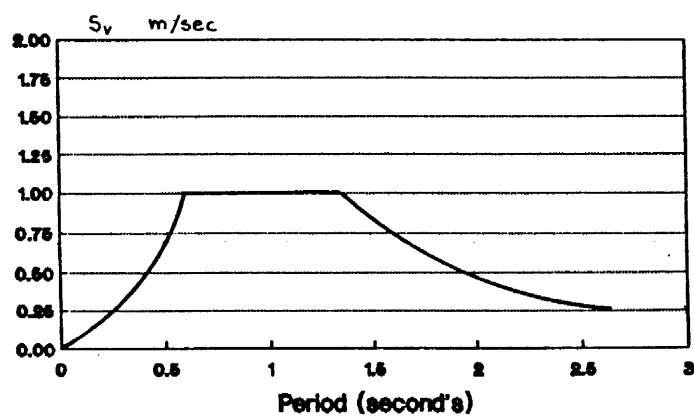
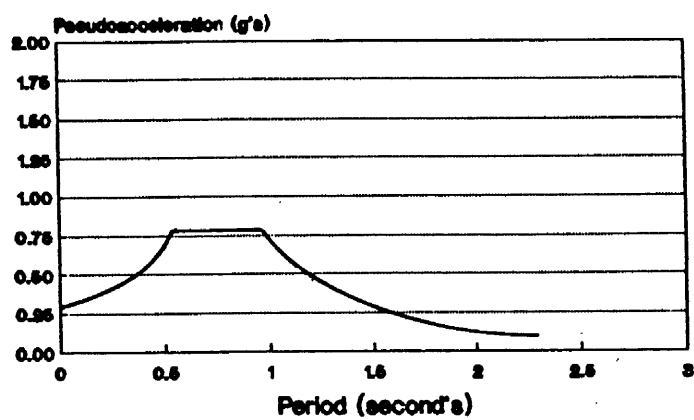
ΖΩΝΗ Β " ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΖΩΝΗ "

(Κολυμβητήριο, Κεντρικό Νησάκι)



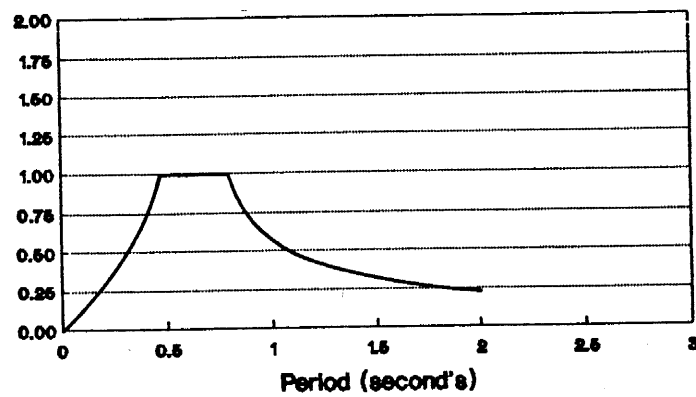
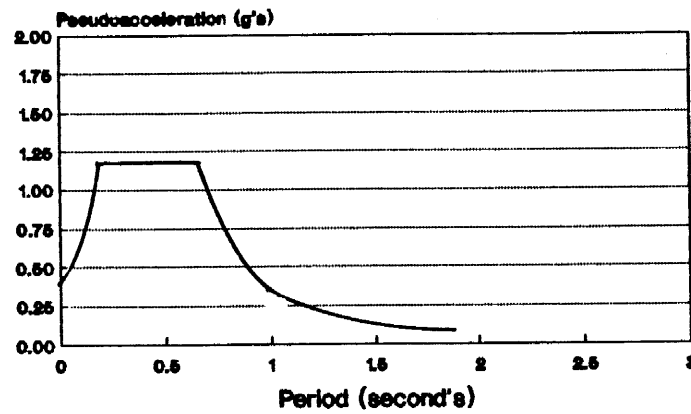
Θεμελιώδης περίοδος εδαφικής απόθεςης  $T_0 = 0.50 \div 0.55 \text{ sec}$

ΖΩΝΗ Α " ΠΑΡΑΛΙΑ "



Θεμελιώδης περίοδος εδαφικής απόθεσης  $T_0 = 0.70 \div 0.85 \text{ se}$

ΖΩΝΗ Ε " ΓΙΑΝΝΙΤΕΑΝΙΚΑ "



Θεμελιώδης περίοδος εδαφικής απόθεσης  $T_0 = 0.55 \text{ sec}$