

## ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΚΕΡΚΥΡΑΣ\*

ΣΩΚΟΣ Ε.<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Χρησιμοποιώντας μία σειρά μεθόδων υπολογίστηκαν, ειδικά για τη θέση κατασκευής του Νέου Νομαρχιακού Νοσοκομείου της Κέρκυρας, φάσματα και κινήσεις σχεδιασμού. Λοχικά υπολογίστηκε η σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο σεισμικών πηγών. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας στοχαστικές και αιτιοκρατικές μεθόδους υπολογίστηκαν οι πιθανές κινήσεις στο υπόβαθρο της περιοχής, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής πηγής και του μέσου διάδοσης. Ένα εδαφικό μοντέλο της περιοχής κατασκευάστηκε συνδυάζοντας στοιχεία από γεωφυσικές και γεωτεχνικές μελέτες. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο αυτό υπολογίστηκε, η επίδραση των επιφανειακών στρωμάτων στη σεισμική κίνηση στο υπόβαθρο. Βρέθηκε έτσι ένας μέσος συντελεστής ενίσχυσης για την περιοχή και χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό του φάσματος σχεδιασμού κατά ΝΕΑΚ, από το φάσμα αυτό τέλος, υπολογίστηκε το αντίστοιχο επιταχυνσιογράφημα σχεδιασμού.

### ABSTRACT

Site specific design motions have been derived at the construction site of the new National hospital of Corfu, Western Greece. A Probabilistic Seismic Hazard Analysis was conducted, taking into account the detailed seismotectonic features of the region. The relevant contribution of all the seismic sources, affecting the site, to the total seismic hazard was clarified. By combining stochastic and deterministic methodologies, the expected basement acceleration time histories have been constructed taking into consideration both source and path effects. The results from a detailed shallow seismic reflection investigation were combined with data from geotechnical investigations. The site's model was constructed in this way and was used in calculating the effect of the upper layers on the previously calculated, expected ground motions at the site. The amplification factor for the site was computed and the modified site specific design spectrum was computed according to the new Building Code of Greece. Finally the acceleration time history corresponding to the previous design spectrum was computed in order to be used in the dynamical analysis of the building.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Φάσμα σχεδιασμού; σεισμική επικινδυνότητα; φάσμα απόκρισης; Αντισεισμικός κανονισμός.

**KEY WORDS:** Design Spectrum; seismic hazard; response spectrum; Building Code.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι οι τοπικές εδαφικές συνθήκες σε μια θέση επηρεάζουν την εδαμική κίνηση κατά την διάρκεια ενός σεισμού και είναι δυνατόν να μεταβάλουν κατά πολύ τόσο το πλάτος της όσο και το

\* SYNTHETIC GROUND MOTIONS AND DESIGN SPECTRA AT THE BUILDING SITE OF CORFU NEW PREFECTURAL HOSPITAL

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Τεχνολογικό Σεισμολογίας, Ρίο 26110, Πάτρα

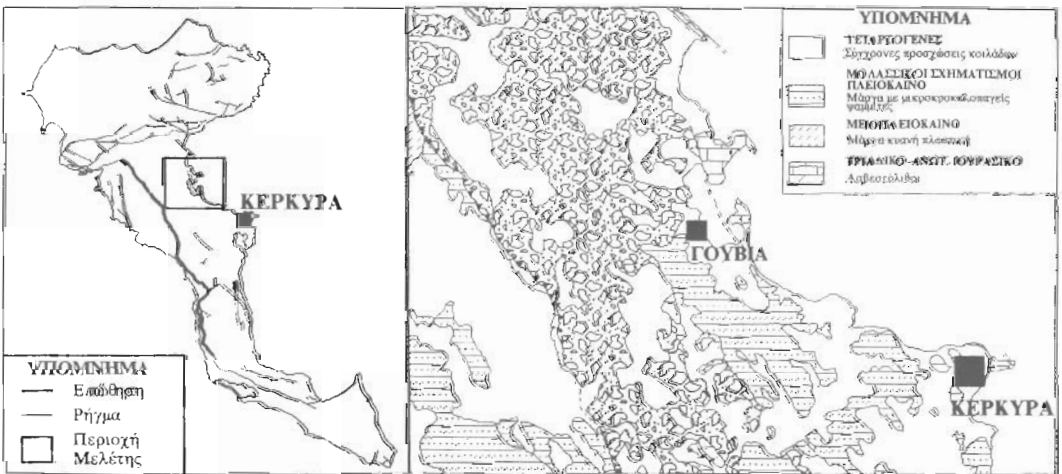
συχνοτικό της περιεχόμενο (Τσελέντης 1997). Αυτή η επίδραση πρέπει να συνυπολογίζεται κατά τον Αντισεισμικό Σχεδιασμό ενός κτιρίου, μαζί με τους άλλους δύο παράγοντες που επιδρούν στην εδαφική κίνηση, τα χαρακτηριστικά της σεισμικής εστίας και τα χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στον σχεδιασμό των εδαφικών κινήσεων για την περιοχή ανέγερσης του Νέου Νοσημασιακού Νοσοκομείου της Κέρκυρας (Ν.Ν.Ν.Κ.).

Το νοσοκομείο πρόκειται να ανεγερθεί στα περίχωρα της πόλης, στην περιοχή Γουβιά (Σχ.1). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στον υπολογισμό των συνθετικών εδαφικών κινήσεων για την περιοχή είναι η ακόλουθη. Αρχικά, το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής εξετάστηκε και καθορίστηκαν οι σεισμικές πηγές που είναι ικανές να προκαλέσουν σημαντικές εδαφικές κινήσεις στην περιοχή. Στην συνέχεια με την χρήση σταχαστιζών και αιτιοκρατιζών μεθόδων υπολογίστηκαν συνθετικές εδαφικές κινήσεις στο υπόβαθρο της περιοχής, για τις σεισμικές πηγές που από το προηγούμενο στάδιο θεωρήθηκαν σαν πιο σημαντικές. Τέλος ένα μονοδιάστατο μοντέλο των εδαφικών στρωμάτων, για την περιοχή ανέγερσης του Ν.Ν.Ν.Κ. κατασκευάστηκε, συνδυάζοντας γεωτεχνικές και γεωφυσικές μεθόδους. Με βάση το μοντέλο αυτό υπολογίστηκε η επίδραση των ανώτερων εδαφικών στρωμάτων στην σεισμική κίνηση στο υπόβαθρο και χρησιμοποιήθηκε για να διορθωθούν κατάλληλα τα φάσματα σχεδιασμού που προτείνει ο Νέος Αντισεισμικός Κανονισμός (ΝΕΑΚ) για την περιοχή.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή της Κέρκυρας ανήκει στο ΒΑ τμήμα της περιοχής σύγκρουσης της Αποιλίας πλάκας με την πλάκα του Αιγαίου. Αρκετοί ερευνητές παρουσιάζουν την Κέρκυρα σαν το σημείο αλλαγής των χαρακτηριστικών της τεκτονικής από καταβύθιση ωκεάνιου φλοιού σε σύγκρουση ηπειρωτικού φλοιού (LePichon et al. 1995, Hatfield et al. 1995, King et al. 1983). Το νησί χαρακτηρίζεται από μία μεγάλη τεκτονική επώθηση (Σχ.1). Η επώθηση έχει διεύθυνση Β-Ν, βρίσκεται στο Ανατολικό τμήμα του νησιού και όπως φαίνεται στο Σχ.1 διακόπτεται σε δύο σημεία από ρήγματα με διεύθυνση Α-Λ, τα οποία παρουσιάζουν οριζόντια κίνηση, όπως δηλώνουν μετρήσεις στο ύψαθρο (Doutsos and Frydas 1994). Ανάλογα με την διακοπή της κύριας επώθησης μπορούμε να χωρίσουμε το νησί σε τρία τμήματα, το Κεντρικό, το Νότιο και το Βόρειο. Στο Κεντρικό τμήμα της επώθησης παρατηρείται τεκτονισμός Μειοζανικής-Πλειοζανικής ηλικίας με χαρακτηριστά ανώστροφο, ενώ συνιζήματογενή ρήγματα κανονικού χαρακτήρα. Στο Νότιο τμήμα παρατηρείται



Σχήμα 1: Τεκτονικός χάρτης της Κέρκυρας και γεωλογικός της περιοχής μελέτης.

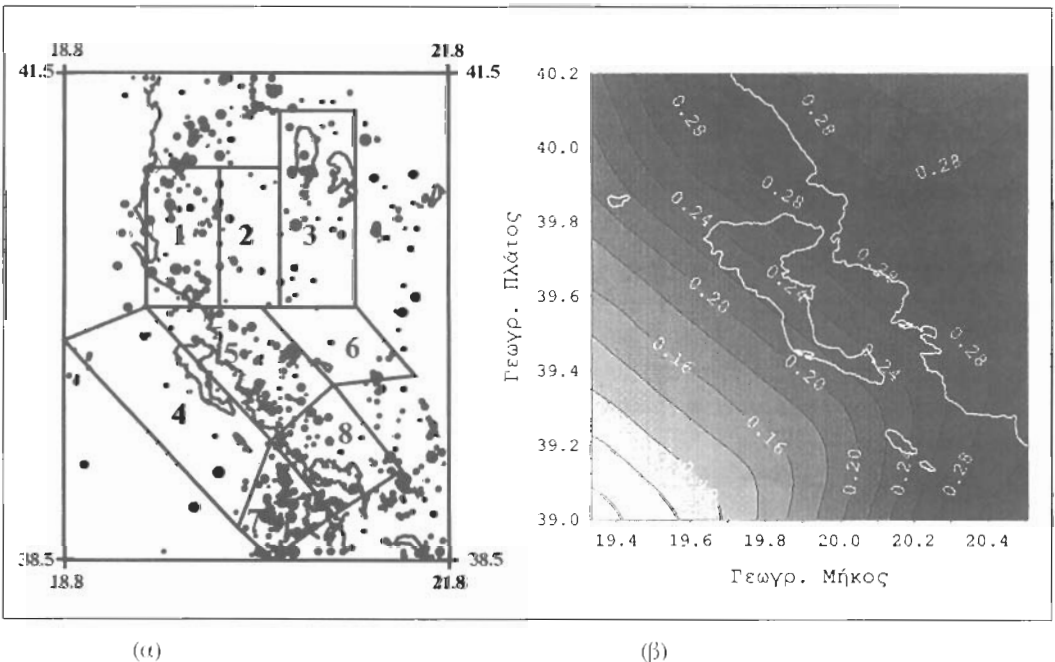
Figure 1: Tectonic map of Corfu and geological map of the study area. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

τεκτονισμός κατά την ίδια περίοδο με τις τεκτονικές δομές να ενεργοποιούνται ξανά κατά το Ολόκαινο. Η γεωλογία της περιοχής αυτής χαρακτηρίζεται από ανερχόμενες εβαπορίτες στη γραμμική επώθηση η οποία καλύπτεται από Μειοκαινικές ενότητες. Στο Βόρειο τμήμα Πλειοκαινικός τεκτονισμός είναι εμφανής. Το βόρειο άκρο της επώθησης τεματίζεται σε ένα ρήγμα οριζόντιας κίνησης με δεξιόστροφο χαρακτήρα. Η επώθηση δεν είναι ενεργή σήμερα αλλά η τεκτονική μετάβαση από το χαρακτήρα επώθησης σε εφελκυστικό περιβάλλον στα Βόρεια, δείχνει ότι καθορίζεται από το εν λόγω οριζόντιο ρήγμα που φαίνεται ενεργό.

Στο Σχ.1 παρουσιάζεται σε μεγέθυνση από το γεωλογικό χάρτη της Κέρκυρας (ΓΓΜΕ 1970) η περιοχή της πόλης της Κέρκυρας καθώς και η περιοχή ανέγερσης του Ν.Ν.Ν.Κ. Όπως φαίνεται και στον χάρτη οι επιφανειακοί γεωλογικοί σχηματισμοί στην περιοχή αποτελούνται από σύγχρονες προσχώσεις, κυρίως άμμοι και άργιλοι οι οποίοι υπέρκεινται των πλειοκαινικών σχηματισμών που αποτελούνται κυρίως από μάργες. Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελούν ιονησιακοί ασβεστόλιθοι.

### 3. ΠΙΘΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Αρχικά έγινε ο υπολογισμός της σεισμικής επικινδυνότητας στην ενυπότερη περιοχή της Κέρκυρας. Χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό μια πιθανολογική μέθοδος και ο αλγόριθμος SEISRISK III από τους Bender and Perkins (1987). Για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας πρέπει αρχικά να καθοριστούν οι σεισμικές πηγές οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν την θέση μελέτης. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως οι σεισμικές πηγές οι οποίες έχουν προταθεί από τον Παπαζάχο 1990. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν πρόσφατα σεισμολογικά και σεισμοτεκτονικά στοιχεία για τον καλύτερο καθορισμό τόσο των ορίων των σεισμικών πηγών όσο και των παραμέτρων που τις περιγράφουν (Σχ.2α).



**Σχήμα 2:** α) Οι σεισμικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας όπως προκύπτουν από τον Παπαζάχο 1990 και β) ισοπτεταχύνσεις στο υπόβαθρο της περιοχής με 90% πιθανότητα μη υπέρβασης για τα επόμενα 50 χρόνια.

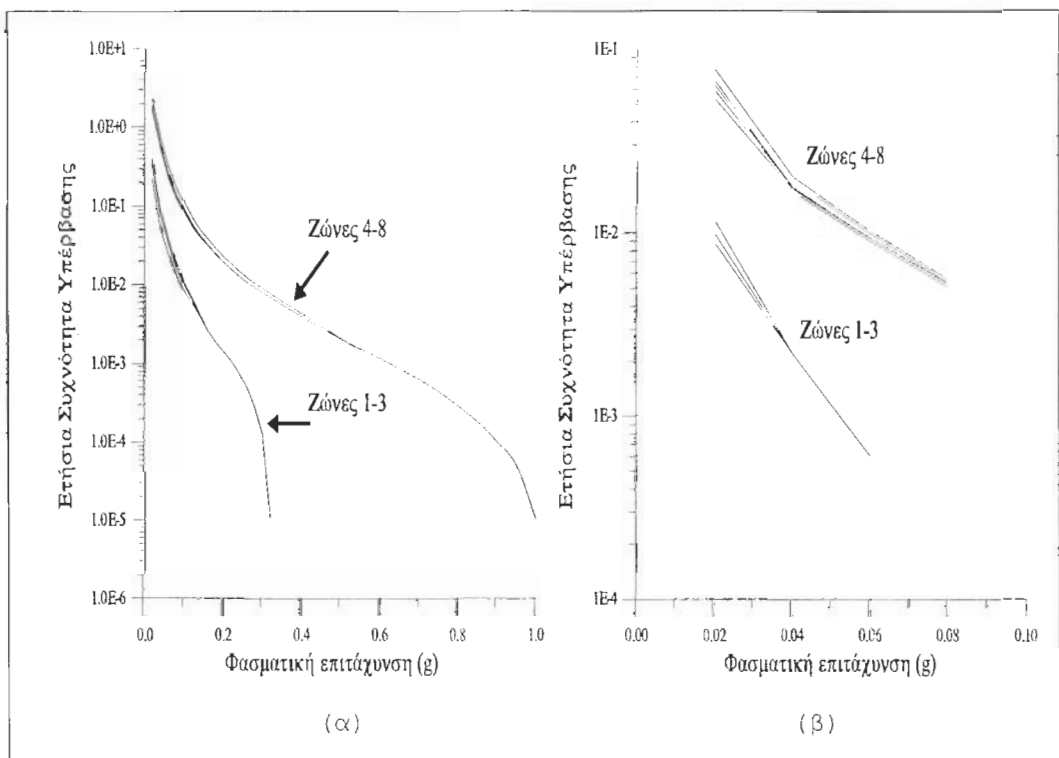
**Figure 2:** a) Seismic sources around the study area (Papazachos 1990) and b) isoacceleration curves for the area with 90% probability of not being exceeded for the next 50 years.

Για να γίνει κατανοητή η συνεισφορά της κάθε σεισμικής πηγής στην συνολική σεισμική επικινδυνότητα της θέσης ακολουθήθηκε η ανάλυση που προτείνεται από τον McGuire 1995. Υπολογίστηκε η σεισμική επικινδυνότητα για δύο συχνότητες, 1Hz και 10Hz και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων ώστε να διαπιστωθεί αν κάποια σεισμική πηγή κυριαρχεί έναντι των άλλων, στην σεισμική επικινδυνότητα της θέσης ή εάν διαφορετικές πηγές κυριαρχούν καθώς μεταβάλλεται η συχνότητα που εξετάζουμε.

Για τον υπολογισμό των συντελεστών της σχέσης Gutenberg -Richter (a, b) αλλά και του μέγιστου για κάθε ζώνη αναμενόμενου μεγέθους χρησιμοποιήθηκε η τεχνική που έχει προταθεί από τους Kijko & Sellevoll 1989 με την οποία είναι δυνατόν να συνδυασθούν ιστορικά και πρόσφατα στοιχεία για τον προσδιορισμό των πιο πάνω παραμέτρων. Τέλος οι σχέσεις εξασθένησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι αυτές που προτάθηκαν από τους Theodulidis & Papazachos 1992, Theodulidis & Papazachos 1994 για τη φασματική ταχύτητα (PSV) και τη φασματική επιτάχυνση (PHA).

Τα αποτελέσματα από την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής παρουσιάζονται στα Σχ.3α και Σχ.3β. Όπως φαίνεται και στα πιο κάτω σχήματα οι ζώνες 4-8 και στις δύο περιπτώσεις συνεισφέρουν περισσότερο στην συνολική σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής. Η παραπάνω ανάλυση επιτρέπει να περιορίσουμε την μελέτη μας σε αυτές τις πηγές μια και αυτές κυριαρχούν στην σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής.

Τέλος με την ίδια μέθοδο που περιγράψαμε πιο πάνω προσέφυγε και η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση, με 90% πιθανότητα μη υπέρβασης για τα επόμενα 50 χρόνια, όπως προτείνεται από το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό και βρέθηκε ίση με 0.24g για την περιοχή της Κέρκυρας (Σχ.2β).



**Σχήμα 3:** Διάγραμμα συνεισφοράς κάθε πηγής ξεχωριστά στη συνολική σεισμική επικινδυνότητα για α)  $T=0.1\text{sec}$  και β)  $T=1\text{sec}$

**Figure 3:** a) Contribution to the hazard by source for  $T=0.1\text{sec}$  and β) Contribution to the hazard by source for  $T=1\text{sec}$ . Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

#### 4. ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Για την ανάλυση της εδαφικής απόκρισης στην περιοχή χρησιμοποιήθηκαν δύο επιταχυνσιογράφηματα χαρακτηριστικά των κινήσεων που αναμένουμε για την περιοχή.

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η καταγραφή του κύριου σεισμού των Παξών στις 13/6/93, σαν αντιπροσωπευτική των ζωνών 4-5. Επιλέχθηκε η επιμήκης συνιστώσα του σεισμού αυτού, με μέγιστη επιτάχυνση  $\approx 0.15g$  στη θέση καταγραφής. Η συνιστώσα αυτή παρουσιάζει μέγιστη φασματική επιτάχυνση για μικρές περιόδους (0.1-0.5 sec).

Ακόμη χρησιμοποιήθηκε και η καταγραφή ενός σεισμού σε αρκετά μεγάλη απόσταση ( $>100km$ ), χαρακτηριστική των ζωνών 7-8. Ο σεισμός αυτός είχε μέγεθος  $M_s=6.1$  και είχε καταγραφεί στα Χανιά στις 23/05/94, χαρακτηρίζεται από μέγιστη επιτάχυνση  $\approx 0.17g$  και στο φάσμα του κυριαρχούν οι μεγάλες περίοδοι (0.4-0.8sec).

Οι δύο καταγραφές ενισχύθηκαν στα επίπεδα επιτάχυνσης που προέκυψαν από την μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας, δηλαδή  $\approx 0.24g$ .

#### 5. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ-ΕΡΕΥΝΕΣ

Κατά το στάδιο της Γεωτεχνικής έρευνας στη θέση μελέτης, ανοίχθηκαν έξι γεωτρήσεις και τέσσερα φρέατα. Σε όλες τις γεωτρήσεις έγιναν δοκιμές χρονοτικής διείσδυσης και ελήφθησαν δείγματα εδάφους. Τα δείγματα εδάφους υποβλήθηκαν σε δοκιμές κατάταξης και ταξινομήθηκαν κατά ASTM ενώ υπολογίστηκε και το υγρό φαινόμενο βάρος τους. Αυστηρώς μόνο μία γεώτρηση έφτασε έως το υπόβαθρο της περιοχής και για τον λόγο αυτό εκτελέστηκαν και γεωφυσικές έρευνες, ώστε να γίνει κατανοητή τόσο η μορφολογία του υποβάθρου όσο και η κατανομή των ταχυτήτων των σεισμικών κυμάτων στην περιοχή.

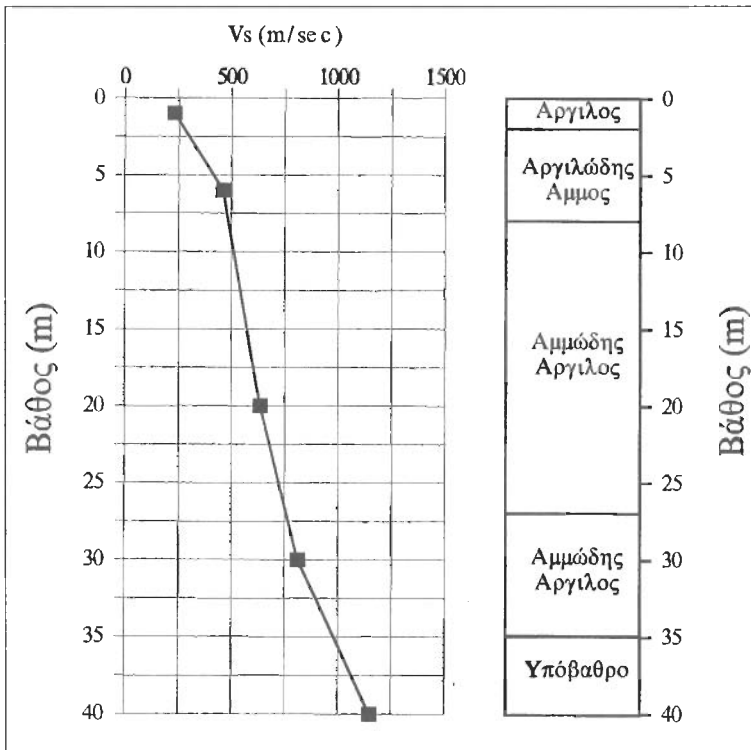
Οι γεωφυσικές μετρήσεις περιελάμβαναν ένα σεισμικό προφίλ ανάγλυσης υψηλής ευκρίνειας και δύο προφίλ σεισμικής διάθλασης. Οι μετρήσεις έγιναν με την χρήση ενός ψηφιακού σεισιογράφου BISON SPECTRA 120 καναλιών και χρησιμοποιώντας μεταλλική πλάκα και σφύρι βάρους 5 κιλών για την δημιουργία των σεισμικών κυμάτων.

Με βάση τα αποτελέσματα των γεωφυσικών μετρήσεων αλλά και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων το υπόβαθρο στη θέση μελέτης βρίσκεται σε ένα βάθος 35m.

#### 6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Σύμφωνα με το εδαφικό μοντέλο που προέκυψε στο προηγούμενο στάδιο υπολογίστηκε η μονοδιάστατη απόκριση των σχηματισμών στη θέση μελέτης στις δύο κινήσεις που επιλέχθηκαν πιο πάνω. Η κατανομή των σεισμικών ταχυτήτων με το βάθος υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου της σεισμικής διάθλασης αλλά και από τις ισχύουσες σχέσεις ανάμεσα στον αριθμό κτύπων της δοκιμής χρονοτικής διείσδυσης και της ταχύτητας των εγχαρσίων κυμάτων.

Για την ανάλυση της εδαφικής απόκρισης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SHAKE91 Schnabel et al<sup>11</sup>. Το πρόγραμμα SHAKE χρησιμοποιεί την ισοδύναμη γραμμική μέθοδο για να υπολογίσει την απόκριση ενός αριθμού επίπεδων εδαφικών στρωμάτων τα οποία υπέρχειται ενός ημιχώρου. Η ανάλυση έγινε χρησιμοποιώντας τόσο το μοντέλο του Σχ.4 αλλά και το ίδιο μοντέλο χωρίς το πρώτο επιφανειακό στρώμα χαμηλής ταχύτητας το οποίο πρόκειται να αφαιρεθεί, σύμφωνα με τη Γεωτεχνική μελέτη. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή δεν λαμβάνουν υπ' όψιν το πρώτο στρώμα. Στο Σχ.5α,β παρουσιάζονται οι σεισμικές κινήσεις στο υπόβαθρο και στην επιφάνεια της θέσης μελέτης ενώ στο Σχ.6α,β τα αντίστοιχα φάσματα. Από τα φάσματα αυτά προκύπτει ένας λόγος ενίσχυσης για την περιοχή διαφρώντας το φάσμα της κίνησης στο υπόβαθρο με το αντίστοιχο στην επιφάνεια.



**Σχίμα 4:**  
Μεταβολή της ταχύτητας των εγκάρσιων κυμάτων με το βάθος, μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση σεισμικής απόκρισης.

**Figure 4:**  
Variation of shear wave velocity with depth, used in the response analysis.

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση σεισμικής απόκρισης συνοψίζονται στον Πίνακα 1 για τις δύο σεισμικές κινήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σαν διεγέρσεις στο υπόβαθρο. Δίνεται η μέγιστη επιτάχυνση για κάθε σεισμό τόσο στο υπόβαθρο όσο και στην επιφάνεια. Επίσης δίνεται η ιδιοπερίοδος της εδαμικής στήλης (T) και ο συντελεστής ενίσχυσης (A). Ο μέσος συντελεστής ενίσχυσης βρέθηκε ίσος με 1.4 και χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό του φάσματος σχεδιασμού.

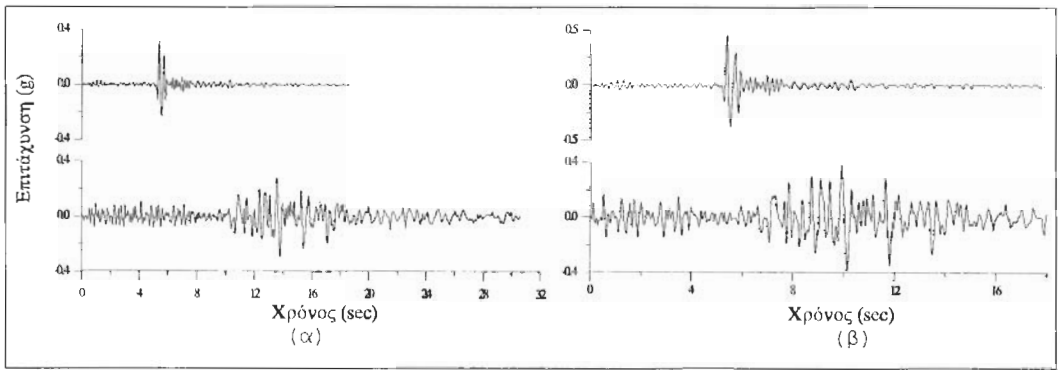
	Υπόβαθρο	Επιφάνεια	A	T (sec)
Σεισμός 1	0.45g	0.64g	1.43	0.4-0.9
Σεισμός 2	0.29g	0.4g	1.38	0.4-0.8
		Μέσος όρος	1.4	

**Πίνακας 1.** Μέγιστες επιταχύνσεις στο υπόβαθρο και στην επιφάνεια της θέσης μελέτης, συντελεστής ενίσχυσης και ιδιοπερίοδος για τις δύο σεισμικές διεγέρσεις.

**Table 1.** Peak accelerations at the bedrock and at the surface of the site, amplification ratio and period of maximum amplification for the two studied earthquakes.

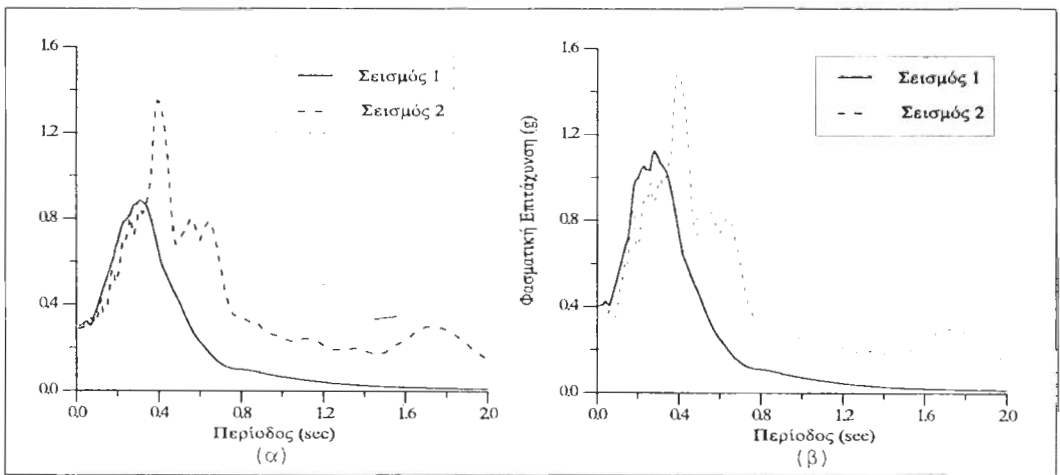
Για να ελεγχθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης έγιναν στη θέση μελέτης και μετρήσεις εδαμικού θορύβου. Χρησιμοποιήθηκε τόσο η γνωστή τεχνική των φασματικών λόγων σε σχέση με μία θέση αναφοράς στο υπόβαθρο όσο και η σχετικά πρόσφατη τεχνική του λόγου της οριζόντιας συνιστώσας προς την κατακόρυφη πιο γνωστή και σαν τεχνική Nakamura (Nakamura 1989). Τα αποτελέσματα συμφωνούν αρκετά καλά με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σεισμικής απόκρισης ως προς την περίοδο που έχουμε την ενίσχυση όχι όμως τόσο καλά ως προς το συντελεστή ενίσχυσης κάτι που έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Γεώφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



**Σχήμα 5:** α) Επιταχυνογράμματα στο υπόβαθρο και β) στην επιφάνεια για τις δύο σεισμικές διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

**Figure 5:** a) Accelerograms at the bedrock and b) at the surface for the two earthquakes used in the analysis.



**Σχήμα 6:** Φάσμα απόκρισης για τις δύο σεισμικές διεγέρσεις α) στο υπόβαθρο, β) στην επιφάνεια.

**Figure 6:** Response spectrum for the two earthquakes at a) the bedrock and b) the surface.

## 7. ΦΑΣΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΝΕΑΚ

Σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό (NEAK) το ελαστικό φάσμα απόκρισης δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$A\beta_d(T) = \begin{cases} A\beta_0 & \text{for } T < T_2 \\ A\beta_0 (T_2/T)^{2/3} & \text{for } T_2 < T \end{cases}$$

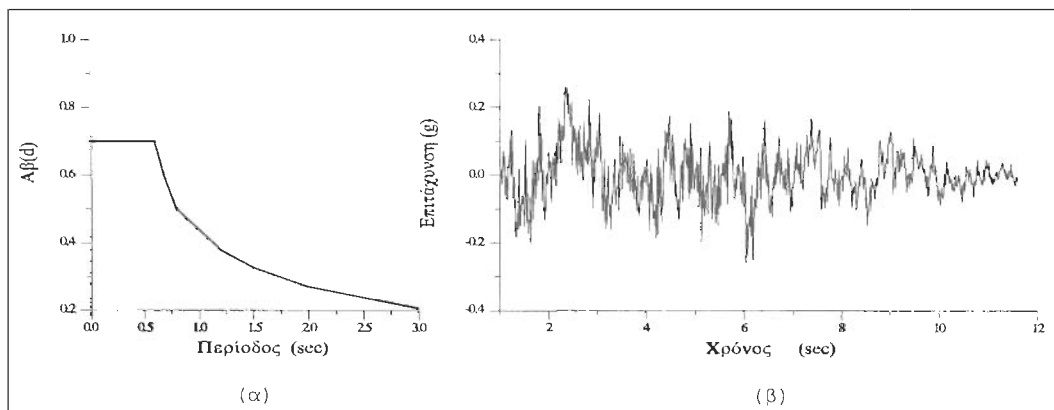
όπου  $A$  είναι η επιτάχυνση στην επιφάνεια,  $\beta_0$  είναι ένας συντελεστής ενίσχυσης,  $T_2$  είναι η χαρακτηριστική περίοδος του φάσματος,  $\beta_d$  είναι το τροποποιημένο ελαστικό φάσμα και  $T$  η περίοδος.

Από την προηγούμενη ανάλυσή μας αν πολλαπλασιάσουμε τα 0.24g στο υπόβαθρο με 1.4 συντελεστή ενίσχυσης προκύπτει μια επιτάχυνση  $A$  ίση με 0.33g στην επιφάνεια. Η τιμή της επιτάχυνσης που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό του φάσματος είναι η "ενεργός" επιτάχυνση και ισούται με το 80% της παραπάνω τιμής δηλαδή 0.26g.

Η περίοδος  $T_2$  δίνεται από το NEAK σύμφωνα με τις εδαφικές συνθήκες στη θέση θεμελίωσης και βρέθηκε ίση με 0.6sec. Τέλος ο συντελεστής,  $\beta_0$  δίνεται επίσης από το NEAK και είναι ίσος με 2.5

Η τιμή αυτή μεταβλήθηκε επίσης ώστε να συμφωνεί με τις τοπικές εδαφικές συνθήκες και έφθρεπε σύμφωνα με την ανάλυση σεισμικής απόκρισης να ενισχυθεί κατά 20%. Το τελικό φάσμα σχεδιασμού παρουσιάζεται στο Σχ. 7α.

Αφού υπολογίσαμε το φάσμα σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Gasparini & Vanmarcke 1976 ώστε να υπολογιστεί ένα σεισμόγραμμα συμβατό με το φάσμα αυτό. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Σχ.7β



**Σχήμα 7:** α) Προτεινόμενο φάσμα σχεδιασμού και β) αντίστοιχο σεισμόγραμμα.

**Figure 7:** a) Proposed design spectra and β) corresponding seismogram.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτή χρηματοδοτήθηκε από τη Δημόσια Επιχείρηση Ανέγερσης Νοσηλευτικών Μονάδων (ΔΕΠΑΝΟΜ). Ο συγγραφέας ευχαριστεί επίσης τον Αναπλ. Καθηγητή κ. Α. Τσελέντη για την πολύτιμη βοήθειά του, κατά την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BENDER B.K. AND PERKINS D.M. 1987. SEISRISK III A computer program for seismic hazard estimation, U.S.Geological Survey Bulletin 1772, 82p.
- DOUSOS TH. and FRYDAS D. 1994. The Corfu thrust (Greece). C.R. Acad. Sci. Paris, t.318, series II, 659-666.
- GASPARINI D.A. and VANMARCKE E.H. 1976. Simulated earthquake motions compatible with prescribed response spectra, Evaluation of Seismic Safety of Buildings, Report No. 2.
- HATZFELD D., KASSARAS I. PANAGIOTOPOULOS D, AMORESE D, MAKROPOULOS K, KARAKAISIS G and COUTANT O. 1995. Microseismicity and strain pattern in north-western Greece, *Tectonics*, 14, 4, 773-785.
- ΓΓΜΕ 1970. Γεωλογικός χάρτης (Κλίμακα 1:50000), Φύλλα Βόρεια και Νότια Κέρκυρα.
- KIJKO A., and SELLEVOLL M.A. 1989. Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part I. Utilisation of extreme and complete catalogues with different threshold magnitudes, *Bull. Seism. Soc. Am*, 79, 645-654.
- KING G.C.P., TSELENTIS A., GOMBERG J., MOLNAR P., ROECKER S., SINVHAL H., SOUFLERIS C., and STOCK J.M. 1983. Microearthquake seismicity and active tectonics of the north-western Greece, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 66, 279-288.
- LePICHON X., CHAMOT-ROOKE N., LALLEMANT S., NOOMEN R. and VEIS G, 1995. Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: Implications for eastern Mediterranean tectonics, *J.Geophys. Res.* In press.
- McGUIRE, R.K. 1995. Probabilistic seismic hazard analysis and design earthquakes: Closing the loop, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85, 1275-1284.
- NAKAMURA Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Quart. J. Earthquake Engng.* 26, 1-14.



- PAPAZACHOS B.C. 1990. Seismicity of the Aegean and surrounding area, *Tectonophysics*, 178, 287-308.
- SCHNABEL P.B., LYSMER J., and SEED H.B. 1972. SHAKE-A computer programme for earthquake response analysis of layered soils, EERC-72 Berkeley, CA.
- ΤΣΕΛΕΝΤΗΣ Α-Γ. 1997. Σύγχρονη Σεισμολογία, Εκδότης: Α. Παπασωτηρίου & ΣΙΑ Ο.Ε., Αθήνα 1997.
- THEODULIDIS, N.P., and PAPAACHOS, 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*, 11, 387-402.
- THEODULIDIS, N.P., and PAPAACHOS, B.C. 1994. Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece: II, Horizontal pseudovelocity, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 13, 317 - 343.