

ΜΕΡΟΣ Β΄:

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



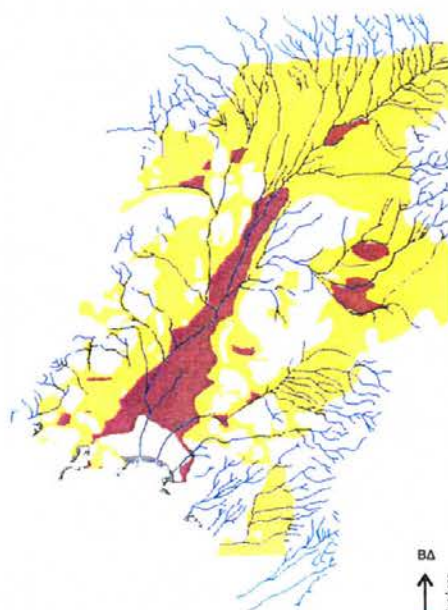
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

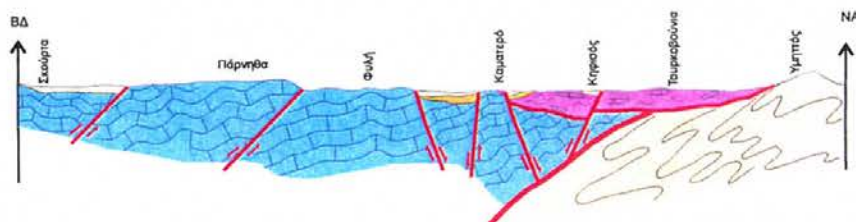
ΜΕΡΟΣ Β΄



ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ

ΜΕΛΕΤΗ

ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ



ΑΘΗΝΑ - Μάρτιος 2002

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Δρ. Π. ΜΑΡΙΝΟΣ, Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής, *Επιστημονικός Υπεύθυνος*

Δρ. Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ, *Επ. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής*

Δρ. Γ. ΜΠΟΥΚΟΒΑΛΑΣ, *Αν. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής*

Δρ. Ν. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, *Λέκτορας Γεωλογίας Παν/μίου Πατρών*

με τη συμβολή των:

Υπ. Δρ. Α. ΑΝΤΩΝΙΟΥ, *Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ, Τομέας Γεωτεχνικής*

Κ. ΠΡΟΒΙΑ, *Γεωλόγος Παν/μίου Αθηνών*

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Κεφάλαιο 1

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	B-1
---------------------------	-----

Κεφάλαιο 2

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	B-3
----------------------------	-----

Κεφάλαιο 3

ΧΑΡΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ	B-5
--	-----

Κεφάλαιο 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ	B-8
---	-----

Κεφάλαιο 5

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	B-10
---	------

Κεφάλαιο 6

ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	B-12
---	------

Υπόμνημα Χάρτη	B-14
----------------------	------

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αμέσως μετά τον μεγάλο σεισμό των Αθηνών, της 07/09/99, ο Τομέας Γεωτεχνικής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. εκπόνησε έρευνα με σκοπό την αποτίμηση της σεισμικής καταλληλότητας των εδαφών στις πληγείσες περιοχές του Λεκανοπεδίου (βόρειο – βορειοδυτικό τμήμα του).

Στη συνέχεια κρίθηκε απαραίτητη η επέκταση της μελέτης για όλο το Λεκανοπέδιο της Αθήνας και η συμπλήρωση της πρώτης μελέτης που έγινε για το ΒΔ τμήμα του Λεκανοπεδίου λαμβάνοντας υπόψη και τα νέα δεδομένα που προέκυψαν από έρευνες που εκτελέστηκαν μετά το σεισμό.

Αποτέλεσμα αυτών των εργασιών ήταν η σύνταξη «Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας Εδαφών του Λεκανοπεδίου της Αθήνας» που συνοδεύεται με το παρόν επεξηγηματικό τεύχος.

Για τον σκοπό αυτό έγιναν οι κάτωθι επιμέρους εργασίες:

- α) Συλλογή και επεξεργασία δημοσιευμένων στοιχείων (χαρτών, μελετών, ερευνητικών εργασιών κλπ.) που αφορούν στις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής που μελετήθηκε *.

* Γεωλογικός χάρτης κλ. 1:25.000 που συντάχτη από το Παν/μιο Αθηνών στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος, γεωτρήσεις αρχείου ΚΕΔΕ, και αρχείου Γεωτεχνικού Τομέα, ΙΓΜΕ: 1:50.000, Φύλλο Αθήνα – Ελευσίνα, 1986, ΙΓΜΕ: 1:50.000, Φύλλο Αθήνα – Πειραιάς, 1986, ΙΓΜΕ: 1:50.000, Φύλλο Κηφισιά (υπό έκδοση), Διδακτορική διατριβή Ν. Σαμπατακάκη. Τεχνικογεωλογικός χάρτης 1:25.000, 1991, Α. Lepsius: Γεωλογικός χάρτης 1:100.000, 1893,.

- β) Αξιοποίηση της βάσης γεωλογικών και γεωτεχνικών δεδομένων του Τομέα Γεωτεχνικής Ε.Μ.Π., η οποία έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια προγενέστερης ερευνητικής δραστηριότητας.
- γ) Έρευνα υπαίθρου για την συμπλήρωση των ανωτέρω στοιχείων.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι βασικές παραδοχές και τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από τις ανωτέρω επί μέρους εργασίες.

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

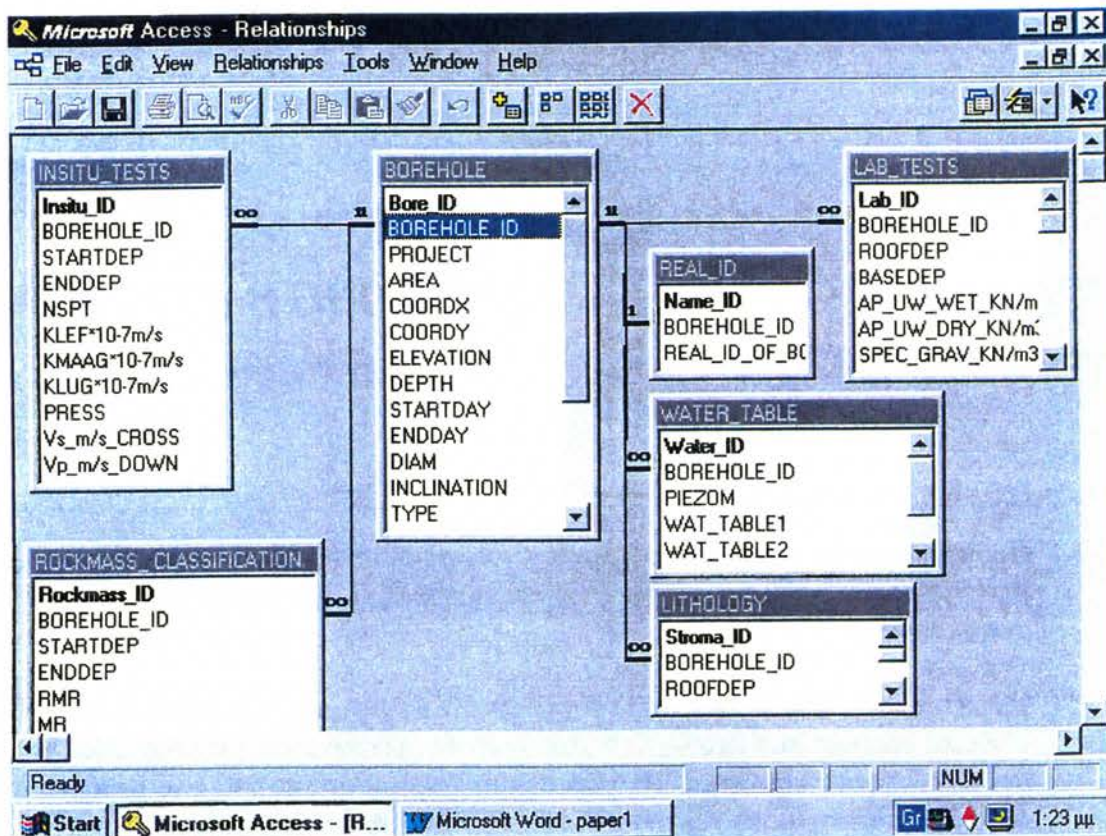
Προκειμένου να συνταχθεί ο χάρτης έγινε αξιοποίηση του σχεσιακού γεωτεχνικού συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων που έχει αναπτυχθεί στον Τομέα Γεωτεχνικής ΕΜΠ.

Συγκεκριμένα το σύστημα έχει τροφοδοτηθεί με στοιχεία από τις κατά καιρούς γεωτεχνικές έρευνες που έχουν γίνει στα πλαίσια γεωτεχνικών μελετών στο Λεκανοπέδιο των Αθηνών και έχουν εισαχθεί σε αυτή περισσότερες από δύο χιλιάδες γεωτρήσεις (βλέπε συνημμένο χάρτη με θέσεις γεωτρήσεων).

Η συγκεκριμένη βάση γεωτεχνικών δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε περιοχή της Ελλάδας καθώς επίσης και να επεκταθεί με τη δόμηση επιπλέον πινάκων πληροφόρησης εφόσον το κρίνει απαραίτητο ο μελλοντικός χρήστης.

Η βάση δεδομένων αποτελείται από τους εξής επτά κύριους πίνακες: BOREHOLE, REAL_ID, LITHOLOGY, WATER_TABLE, INSITU_TESTS, LAB_TESTS, και ROCKMASS_CLASSIFICATION. Το κοινό πεδίο που συνδέει όλους τους πίνακες είναι ο κωδικός αριθμός της κάθε γεώτρησης, ο οποίος είναι μοναδικός.

Η χρήση του σχεσιακού συστήματος διαχείρισης δεδομένων ήταν καθοριστικής σημασίας για τη συγκέντρωση και συσχέτιση των δεδομένων επί της λιθολογικής σύστασης, του σχετικού πάχους και των φυσικών – μηχανικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών σε κάθε θέση.



Εικόνα 1: Συνολική παρουσίαση της γεωτεχνικής σχεσιακής βάσης δεδομένων

Η σημαντική αυτή πληροφόρηση σε συνδυασμό με τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη που συνετάγη στα πλαίσια του προγράμματος καθώς επίσης και άλλων παλαιότερων χαρτών, αποτέλεσε τη βάση ομαδοποίησης των γεωλογικών σχηματισμών σε συγκεκριμένες ζώνες. Συνεπώς η κάθε ζώνη εκφράζει, τουλάχιστον ποιοτικά, ένα ορισμένο πλαίσιο ομοιογένειας των γεωλογικών σχηματισμών ως προς τη σεισμική συμπεριφορά τους.

ΧΑΡΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ

Ο χάρτης αυτός συντάχθηκε σε κλίμακα 1:25.000 και αφορά το Λεκανοπέδιο Αθηνών. Συγκεκριμένα αναφέρεται στο τμήμα που περικλείεται από το δήμο Αλίμου έως το δήμο Πειραιά στα νότια, το όρος Αιγάλεω στα δυτικά, το δήμο Κηφισιάς στα βόρεια και τις υπώρειες του Ύμηττου στα ανατολικά. Ανάλογα με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά (λιθοστρωματογραφικοί χαρακτήρες), τη μηχανική συμπεριφορά (συνεκτικότητα, πυκνότητα, εκτιμώμενη δυσκαμψία) και το πάχος των γεωλογικών σχηματισμών, διακρίθηκαν οι πέντε (5) ζώνες του Πίνακα Ι. Για κάθε μία ζώνη, δίδεται η αντιστοιχία με τις κατηγορίες εδάφους που προβλέπονται από τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ 2000).

Επισημαίνεται ότι τέτοιου είδους ταξινομήσεις έχουν εφαρμοστεί και σε πολλές μεγαλουπόλεις του εξωτερικού, σε περιοχές με υψηλή κατά κανόνα σεισμική επικινδυνότητα (π.χ. Τόκιο, Λος Άντζελες) με σκοπό την παροχή γενικών κατευθύνσεων ως προς τη σεισμική προστασία. Τα κριτήρια όμως διαχωρισμού μιας αστικής περιοχής σε ζώνες δεν είναι ενιαία, αλλά διαφοροποιούνται κατά περίπτωση προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι συγκεκριμένες γεωλογικές – γεωτεχνικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Στο σημείο αυτό δόθηκε ιδιαίτερη σημασία κατά την παρούσα εργασία.

Το πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει από την εξέταση του χάρτη είναι ότι τα εδάφη του λεκανοπεδίου Αθηνών είναι **απολύτως κατάλληλα** για δόμηση. Αυτό βέβαια δεν αναιρεί την υποχρέωση για εκτέλεση γεωτεχνικής έρευνας όταν πρόκειται για δημόσια κτίρια, για σημαντικά από κοινωνικής και λειτουργικής άποψης ιδιωτικά κτίρια (εργοστάσια, εκπαιδευτήρια, κλινικές κτλ) και για τις περιπτώσεις που επιβάλλει ο ΕΑΚ 2000. Για τα συνήθη ιδιωτικά κτίρια, ο υπεύθυνος μηχανικός κρίνει

την ανάγκη εκτέλεση γεωλογικής – γεωτεχνικής έρευνας, η οποία σε κάθε περίπτωση επιβαρύνει ελάχιστα το ολικό κόστος του κτιρίου.

Τη μόνη εξαίρεση μπορούν να αποτελέσουν περιοχές κοντά σε κοίτες ρεμμάτων και ποταμών, σε περιοχές παλαιών λατομείων - μεταλλείων καθώς επίσης και σε παράκτιες περιοχές οι οποίες έχουν επιχωματωθεί. Στις περιοχές αυτές είναι δυνατό να αναπτύσσονται ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες και πιθανόν αστοχίες λόγω υψηλών και απότομων πρανών ή λόγω δυναμικής συμπίκνωσης των υλικών επιχωματώσεων ή ακόμα και από καθιζήσεις λόγω κατάρρευσης υπόγειων στοών. Οι εν λόγω περιοχές ανήκουν στην Ζώνη [5] του Πίνακα Ι και, όπως ορίζεται και στον ΕΑΚ (2000), θα πρέπει να δομούνται κατά περίπτωση, μετά από ειδικές μελέτες και κατάλληλα μέτρα αντισεισμικής προστασίας του εδάφους και του κτιρίου.

Λαμβάνοντας υπόψη τον επιτελικό χαρακτήρα του χάρτη, κρίνονται απαραίτητες οι παρακάτω πρόσθετες παρατηρήσεις σχετικά με την πρακτική εφαρμογή του.

- (α) Η αντιστοίχιση των Ζωνών [1], [2], [3] [4] και [5] σε κατηγορίες εδάφους του ΕΑΚ (2000) διαχωρίζει τις διάφορες περιοχές του Λεκανοπέδιου Αθηνών από την άποψη της σεισμικής καταλληλότητας εδαφών, έχει δε καθοδηγητικό χαρακτήρα
- (β) Τα όρια των Ζωνών [1], [2], [3] [4] και [5], είναι αποτυπωμένα με την ακρίβεια χάρτου 1:25.000. Για το λόγο αυτό η κατάταξη των εδαφών σε περιοχές που γειτονεύουν με όρια ζωνών απαιτεί και επιτόπου εξέταση αφού ληφθεί υπόψη και η υπάρχουσα εμπειρία για τις τοπικές συνθήκες.
- (γ) Ο χάρτης ταξινομεί τα εδάφη ανεξάρτητα των χαρακτηριστικών της σεισμικής δόνησης, προσφέρει δηλαδή ένα ενιαίο υπόβαθρο πληροφόρησης το οποίο θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ακολούθως για τον προσδιορισμό των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού. Τα χαρακτηριστικά της σεισμικής δόνησης στην επιφάνεια του εδάφους, και κυρίως η μέγιστη και οι φασματικές επιταχύνσεις, είναι δυνατόν να διαφοροποιούνται τοπικά, ακόμα και μέσα στην ίδια τη ζώνη. Τούτο μπορεί να οφείλεται στην αλληλεπίδραση της σεισμικής διέγερσης με τις τοπικές εδαφικές και γεωμορφολογικές συνθήκες, η οποία μπορεί να αποτιμηθεί μόνον κατόπιν συστηματικών και συνδυασμένων σεισμολογικών-γεωτεχνικών ερευνών και λεπτομερών αναλύσεων της τοπικής σεισμικής απόκρισης του εδάφους. Οι εργασίες αυτές αποτελούν το κύριο μέρος μιας μικροζωνικής μελέτης σεισμικής επικινδυνότητας, της οποίας αφετηρία αποτελεί η παρούσα έρευνα.
- (δ) Στον χάρτη, λόγω κλίμακας, δεν εμφανίζονται όλες οι περιοχές τεχνητών επιχωματώσεων και τεχνητών υπόγειων εγκοίλων και στοών, που κατατάσσονται

στη ζώνη [5]. Στις περιοχές αυτές, που είναι πάντως περιορισμένης έκτασης, είναι δυνατή η διαφοροποίηση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια του εδάφους. Επισημαίνεται ότι οι περιοχές της Ζώνης [5] είναι πιθανόν ότι επεκτείνονται και σε άλλους κλάδους των κύριων ρεμμάτων και ποταμών ή ακόμα και σε περιοχές παλαιών επιχωματώσεων – απόρριψης μπαζών, που δεν είναι δυνατόν να σημειωθούν στον επιτελικό αυτό χάρτη. Δεν πρέπει επιπλέον να παραβλέπεται και το γεγονός ότι στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται και περιοχές στις οποίες ισχύουν περιορισμοί για οικιστική ανάπτυξη λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων.

- (ε) Τα ρήγματα που διατρέχουν την περιοχή του Λεκανοπέδιου Αθηνών απεικονίζονται σε ιδιαίτερο χάρτη που συνετάγη από το Πανεπιστήμιο Αθηνών στα πλαίσια της παρούσας έρευνας. Ορισμένα μόνο από αυτά χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει ενεργά αλλά τα ίχνη τους δεν είναι πάντα εμφανή στην επιφάνεια του εδάφους. Όπως προκύπτει και από την εμπειρία του σεισμού της Αθήνας, εξάλλου, δεν είναι βέβαιη η εκδήλωση μετακινήσεων στην επιφάνεια του εδάφους κατά τη διάρρηξη ενεργών ρηγμάτων. Η σεισμοτεκτονική λογική της περιοχής του Λεκανοπέδιου δεν απαγορεύει τη γενίκευση της ως άνω παρατήρησης σε όλη την επιφάνειά του. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε σκόπιμο να μην συμπεριληφθούν τα ρήγματα ως μια επιπλέον ζώνη δυσμενών σεισμικών συνθηκών γεγονός που θα προκαλούσε πιθανόν σύγχυση στο χρήστη του χάρτη αυτού.
- (στ) Για τα εδάφη των συγκεκριμένων περιοχών της Αθήνας η επίδραση της παρουσίας υδροφόρου ορίζοντα στη σεισμική επικινδυνότητα αποτελεί παράγοντα δευτερευούσης σημασίας. Πάντως ο ρόλος του δε μπορεί να παραβλεφθεί σε γεωτεχνικές μελέτες στις περιοχές των ζωνών [4] και [5] τουλάχιστον.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1:
ΖΩΝΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ

ΖΩΝΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
[1]	<p>Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί.</p> <p>Περιλαμβάνει ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, ψαμμίτες, μάργες και καλά συγκολλημένα κροκαλοπαγή. Κατά ΕΑΚ (2000) η ζώνη αυτή αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Α. Όταν οι σχηματισμοί αυτοί είναι επιφανειακά έντονα αποσαθρωμένοι με πάχος ζώνης αποσάθρωσης μεγαλύτερο των 5 m και η μηχανική τους συμπεριφορά μεταπίπτει σε συμπεριφορά στιφρών εδαφικών σχηματισμών, η ζώνη αυτή μπορεί να αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Β.</p>
[2]	<p>Συνεκτικά ή πυκνά εδάφη.</p> <p>Περιλαμβάνει κυρίως πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων, χαλαρά – μέτρια συγκολλημένα κροκαλοπαγή, αμμοχάλικα με λίγη άργιλο, σκληρές άργιλους, ερυθρούς πηλούς. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Α, όταν έχουν πολύ πυκνή ή συνεκτική δομή, ή στην κατηγορία Β, όταν έχουν χαλαρότερη και λιγότερη συνεκτική δομή για πάχος άνω των 5-10 m.</p>

[3]	<p>Εδάφη μέσης συνεκτικότητας ή μικρής πυκνότητας.</p> <p>Περιλαμβάνει πρόσφατες αποθέσεις και ασύνδετα κορήματα, που αποτελούνται κυρίως από ιλυοαργιλικά εδάφη χαμηλής σχετικά συνεκτικότητας καθώς και άμμους με άργιλο και αμμοχάλικα μέσης μέχρι μικρής πυκνότητας. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Β, εκτός από αυτά με τη λιγότερο συνεκτική-πυκνή δομή που το πάχος τους είναι μεγαλύτερο των 10-20 m τα οποία κατατάσσονται στη κατηγορία Γ.</p>
[4]	<p>Χαλαρές παράκτιες αποθέσεις.</p> <p>Περιλαμβάνει αποθέσεις παράκτιων περιοχών που αποτελούνται από πλαστικές αμμοιλύες και μαλακές αργίλους μεγάλης μέχρι μέσης συμπίεστικότητας. Κατά ΕΑΚ (2000) οι αποθέσεις αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία Γ εκτός αν το πάχος τους είναι μικρότερο των 5-10 m, οπότε μπορούν να διαφοροποιηθούν σε καλύτερη συμπεριφορά.</p>
[5]	<p>Κοίτες ποταμών και ρεμμάτων – πρόσφατες επιχωματώσεις.</p> <p>Περιλαμβάνει περιοχές εντός ή παρά την κοίτη του Κηφισού ποταμού και των κυρίων ρεμμάτων καθώς και περιοχές που έχουν επιχωματωθεί, όπως πχ παράκτιες περιοχές. Κατά ΕΑΚ (2000) οι αποθέσεις αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία Χ. Προφανώς δεν έχουν σημειωθεί οι τοπικές και περιορισμένες επιχωματώσεις λόγω κλίμακας του χάρτη και περιοχές παλαιών λατομείων – ορυχείων. Σε όλες τις περιοχές αυτές κοίτες-επιχωματώσεις, αν και όχι υποχρεωτικά, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ιδιαίτερα δυσμενείς σεισμικές συνθήκες λόγω τοπογραφίας, πιθανής αστοχίας πρανών και ανεξέλεγκτης συμπεριφοράς των επιχωματώσεων. Τα όρια της ζώνης αυτής, που ενδεικτικά και μόνον απεικονίζονται στο χάρτη, θα πρέπει να καθοριστούν μετά από λεπτομερή έρευνα, όπως προβλέπεται για την κατηγορία εδαφών Χ του ΕΑΚ (2000). Πάντως οι ζώνες γύρω από τις κοίτες των ρεμμάτων είχαν ούτως ή άλλως τους δικούς τους περιορισμούς έναντι οποιασδήποτε δόμησης από την περιβαλλοντική νομοθεσία.</p>

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

- **Η ζώνη 1**, που αποτελείται κυρίως από βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμούς, συναντάται κυρίως στα περιθώρια του Λεκανοπέδιου καθόσον στη ζώνη αυτή εντάσσονται βασικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν τους γύρω ορεινούς όγκους. Επίσης, συναντάται στον κεντρικό άξονα του Λεκανοπέδιου κυρίως κατά μήκος των κεντρικών λόφων (Τουρκοβούνια, Λυκαβηττός, Ακρόπολη κλπ) και επεκτείνεται μέχρι την παράκτια περιοχή (Π. Φάληρο – Καλαμάκι). Το εύρος εξάπλωσης της ζώνης στην περιοχή αυτή είναι αρκετά σημαντικό και περιλαμβάνει περιοχές όπως Ηράκλειο, Γαλάτσι, Ψυχικό, Αμπελόκηποι, Βύρωνας-Παγκράτι, Ν. Σμύρνη. Η παρουσία της επίσης εντοπίζεται στην περιοχή της Πειραιϊκής χερσονήσου –Δραπετσώνα, στο Ζεφύρι, στις Αχαρνές, κ.α. όπου εμφανίζονται και οι μαργαϊκοί σχηματισμοί οι οποίοι εντάσσονται στη ζώνη αυτή.
- **Η ζώνη 2** καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του Λεκανοπέδιου, κυρίως εκτεταμένες περιοχές του βόρειου τμήματος (Κηφισιά, Α. Λιόσια, Θρακομακεδόνες, Μαρούσι), του δυτικού (Ν. Λιόσια, Περιστερί, Νίκαια,) και του ανατολικού (Αγ. Παρασκευή, Χολαργός, Ζωγράφου).
- **Η ζώνη 3** εντοπίζεται στο δυτικό τμήμα του Λεκανοπέδιου κυρίως κατά μήκος της κοίτης του Κηφισού, όπου παρατηρείται αύξηση του πάχους των πρόσφατων εδαφικών αποθέσεων. Το εύρος της ζώνης αυξάνεται στη νότια περιοχή του Κηφισού, όπου και το πάχος των αποθέσεων αυτών υπερβαίνει τα 30m. Περιορισμένης σχετικά εξάπλωσης της ζώνης αυτής παρατηρείται στην κεντρική και βόρεια περιοχή του Χαλανδρίου, όπου το πάχος των πρόσφατων

αποθέσεων υπερβαίνει τα 10m, καθώς επίσης και σε περιορισμένης έκτασης περιοχές των Α. Λιοσίων, Αχαρνών και στην Κάτω Κηφισιά (Αδάμες).

- Η ζώνη 4 εντοπίζεται αποκλειστικά στη νότια παραλιακή ζώνη και συγκεκριμένα Φάληρο – Μοσχάτο, στην περιοχή Καμινίων και στο ΒΔ τμήμα του Λιμένα του Πειραιά. Το μέγιστο πάχος της ζώνης είναι περίπου 20m στην περιοχή των εκβολών του Κηφισού, ενώ η επιφανειακή του εξάπλωση περιορίζεται τοπικά από την ύπαρξη επιχωματώσεων ή και πολύ μικρού πάχους πρόσφατων αποθέσεων.
- Η ζώνη 5 περιλαμβάνει τη στενή περιοχή της κοίτης του Κηφισού αλλά και των κύριων ρεμμάτων αυτού (Χαλανδρίου-Ποδονίφτη, Χελιδονούς, Κοκκιναρά, κτλ). Επίσης περιλαμβάνει τη στενή περιοχή της κοίτης του Ιλισσού και των κύριων ρεμμάτων αυτού (πχ. Καισαριανής – Ηριδανός), του ρέματος της Πικροδάφνης στο Π. Φάληρο κτλ. Εδώ πάντως πρέπει να σημειωθεί ότι μέρος του κύριου αλλά και του δευτερεύοντος υδρογραφικού δικτύου του Λεκανοπέδιου έχει ήδη τεχνικά καλυφθεί ή επιχωθεί. Η ζώνη [5] επίσης περιλαμβάνει περιοχές που έχουν επιχωθεί λόγω κατασκευαστικής δραστηριότητας (επέκταση – διαμόρφωση παράκτιων περιοχών, πχ όρμος Φαλήρου, Λιμάνι Πειραιά) καθώς και περιοχές απόθεσης τεχνητών υλικών όπως είναι οι χώροι εκσκαφής των παλαιών λατομείων αλλά και σε άλλες περιοχές ανεξέλεγκτης απόθεσης, που η ακριβής θέση τους και τα όρια τους δεν είναι γνωστά. Οι περιοχές αυτές έχουν σημειακό μόνο χαρακτήρα και φυσικά δεν αλλοιώνουν τα συμπεράσματα της ζωνοποίησης που παρουσιάζεται στο χάρτη που προέκυψε από την παρούσα έρευνα.

ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- (α) Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας των εδαφών του Λεκανοπέδιου Αθήνας έχουν το χαρακτήρα γενικών οδηγιών, είναι όμως ιδιαιτέρως χρήσιμα για την αντιμετώπιση του θέματος «προστασία έναντι σεισμού» σε επίπεδο επιτελικού σχεδιασμού. Συγχρόνως παρέχουν σημαντικές πληροφορίες και προσφέρουν το βασικό υπόβαθρο για την εκπόνηση οποιωνδήποτε Μικροζωνικών Μελετών σεισμικής επικινδυνότητας με σκοπό το λεπτομερή προσδιορισμό των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού των κατασκευών στις διάφορες περιοχές.
- (β) Γενικά, τα εδάφη των περιοχών του λεκανοπεδίου Αθηνών κρίνονται ως απολύτως κατάλληλα για δόμηση. Μόνη εξαίρεση αποτελούν περιοχές εντός ή πλησίον της κοίτης των κύριων ρεμάτων του Λεκανοπέδιου (Κηφισός, Ιλισσός, Ποδονόφτης, ρέμα Πικροδάφνης κλπ), καθώς και τοπικού χαρακτήρα επιχωματώσεις για τις οποίες η αντισεισμική δόμηση απαιτεί ειδικές μελέτες και κατάλληλα μέτρα αντισεισμικής προστασίας του εδάφους και των κτιρίων.
- (γ) Η διαπίστωση για την καταλληλότητα των εδαφών είναι βέβαια αρχική και δεν αναιρεί την υποχρέωση για διερεύνηση των γεωτεχνικών συνθηκών στην περίπτωση κατασκευής δημόσιων κτιρίων (σχολεία, νοσοκομεία, πολιτιστικά κέντρα, εργατικές κατοικίες κ.λ.π.), για σημαντικά από κοινωνικής και λειτουργικής άποψης ιδιωτικά κτίρια (εργοστάσια, εκπαιδευτήρια, κλινικές κτλ) και για όσα κτίρια προβλέπεται γεωτεχνική μελέτη από τον ΕΑΚ 2000.
- (δ) Εννοείται ότι στα συνήθη ιδιωτικά κτιριακά έργα (κατοικίες) ο μηχανικός προβαίνει υποχρεωτικά σε χαρακτηρισμό του εδάφους από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας (σύμφωνα με τις κατηγορίες εδαφών του ΕΑΚ). Αν κρίνει ότι οι

συνθήκες το απαιτούν θα πρέπει να προτείνει γεωλογική – γεωτεχνική γνωμάτευση ή ακόμη και εκτέλεση γεωτεχνικής έρευνας για τον ακριβή προσδιορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας του εδάφους. Το κόστος των πρόσθετων αυτών εργασιών είναι σχετικά μικρό και δεν θα έχει σημαντική επίδραση στο συνολικό κόστος μελέτης και κατασκευής του έργου.


- (ε) Η παρούσα ταξινόμηση των εδαφών σε ζώνες έχει γίνει ερήμην των χαρακτηριστικών της σεισμικής διέγερσης, σύμφωνα εξάλλου και με το πνεύμα του ΕΑΚ 2000. Ο χάρτης είναι λοιπόν γενικής χρήσεως και όχι ειδικής για συγκεκριμένο σεισμό. Επιπλέον αναφέρεται κυρίως στο γεωτεχνικό χαρακτήρα των εδαφών και δε λαμβάνει υπόψη τοπικού χαρακτήρα φαινόμενα αλληλεπίδρασης σεισμικής δόνησης – γεωμορφολογίας τα οποία είναι δυνατό να διαφοροποιήσουν τη σεισμική κίνηση στην επιφάνεια του εδάφους ακόμη και εντός της ίδιας ζώνης.
- (στ) Ο χρήστης του χάρτη πρέπει πάντοτε να λαμβάνει υπόψη την πρωτογενή κλίμακα σύνταξης του (1:25.000) τόσο στην εκτίμηση των ορίων των ζωνών, όσο και στην αποτύπωση σχηματισμών περιορισμένης έκτασης.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ


ΧΑΡΤΗ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ

Α. ΖΩΝΕΣ

ΖΩΝΗ [1]: Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί

Περιλαμβάνει ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, ψαμίτες, μάρμες και καλά συγκολλημένα κροκαλοπαγή. Κατά ΕΑΚ (2000) η ζώνη αυτή αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Α. Όταν οι σχηματισμοί αυτοί είναι επιφανειακά έντονα αποσαθρωμένοι με πάχος ζώνης αποσάθρωσης μεγαλύτερο των 5 m και η μηχανική τους συμπεριφορά μεταπίπτει σε συμπεριφορά σιφρών ε-
δαφικών σχηματισμών, η ζώνη αυτή μπορεί να αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Β.

ΖΩΝΗ [2]: Συνεκτικά ή πυκνά εδάφη

Περιλαμβάνει κυρίως πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων, χαλαρά – μέτρια συγκολλημένα κροκαλοπαγή, αμμοχάλικα με λίγη άργιλο, σκληρές αργίλους, ερυθρούς πηλούς. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Α, όταν έχουν πολύ πυκνή ή συνεκτική δομή, ή στην κατηγορία Β, όταν έχουν χαλαρότερη και λιγότερη συνεκτική δομή για πάχος άνω των 5-10 m.


ΖΩΝΗ [3]: Εδάφη μέσης συνεκτικότητας ή μικρής πυκνότητας

Περιλαμβάνει πρόσφατες αποθέσεις και ασύνδετα κορήματα, που αποτελούνται κυρίως από ιλοαργιλικά εδάφη χαμηλής σχετικά συνεκτικότητας καθώς και άμμους με άργιλο και αμμοχάλικα μέσης μέχρι μικρής πυκνότητας. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Β εκτός από αυτά με τη λιγότερο συνεκτική-πυκνή δομή που το πάχος τους είναι μεγαλύτερο των 10-20 m τα οποία κατατάσσονται στη κατηγορία Γ.



ΖΩΝΗ [4]: Χαλαρές παράκτιες αποθέσεις.

Περιλαμβάνει αποθέσεις παράκτιων περιοχών που αποτελούνται από τεφρές αμμοιούδες και μαλακές αργίλους μεγάλης μέχρι μέσης συμπίεστότητας. Κατά ΕΑΚ (2000) οι αποθέσεις αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία Γ εκτός αν το πάχος τους είναι μικρότερο των 5-10 m, οπότε μπορούν να διαφοροποιηθούν σε καλύτερη συμπεριφορά.



ΖΩΝΗ [5]: Κοίτες ποταμών και ρεμμάτων – πρόσφατες επιχωματώσεις

Περιλαμβάνει περιοχές εντός ή παρά την κοίτη του Κηφισού ποταμού και των κυρίων ρεμμάτων καθώς και περιοχές που έχουν επιχωματωθεί, όπως πχ παράκτιες περιοχές. Κατά ΕΑΚ (2000) οι αποθέσεις αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία Χ. Προφανώς δεν έχουν λόγω κλίμακας σημειωθεί οι τοπικές και περιορισμένες επιχωματώσεις και περιοχές παλαιών λατομείων – ορυχείων. Σε όλες τις περιοχές αυτές κοίτες-επιχωματώσεις, αν και όχι υποχρεωτικά, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ιδιαίτερα δυσμενείς σεισμικές συνθήκες λόγω τοπογραφίας, πιθανής αστοχίας πρανών και ανεξέλεγκτης συμπεριφοράς των επιχωματώσεων. Τα όρια της ζώνης αυτής, που ενδεικτικά και μόνον απεικονίζονται στο χάρτη, θα πρέπει να καθοριστούν μετά από λεπτομερή έρευνα, όπως προβλέπεται για την κατηγορία εδαφών Χ του ΕΑΚ (2000). Επισημαίνεται ότι οι περιοχές της Ζώνης [5] είναι πιθανόν ότι επεκτείνονται και σε άλλους κλάδους των κύριων ρεμμάτων και ποταμών ή ακόμα και σε περιο-



χές παλαιών επιχωματώσεων – απόρριψης μπάζων, που δεν είναι δυνατόν να σημειωθούν στον επιτελικό αυτό χάρτη. Δεν πρέπει επιπλέον να παραβλέπεται και το γεγονός ότι στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται και περιοχές στις οποίες ισχύουν περιορισμοί για οικιστική ανάπτυξη λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων.

Β. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Η σύνταξη του χάρτη βασίστηκε στην αξιοποίηση και επεξεργασία στοιχείων:

- Επιτόπου αναγνωρίσεων
- Δειγματοληπτικών γεωτρήσεων
- Υπαρχόντων γεωλογικών χαρτών (Γεωλογικού χάρτη Λεκανοπέδιου Αθήνας που συνετάχθη από το τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών στα πλαίσια του παρόντος προγράμματος, κλίμακας 1:25.000, (2002), χάρτες ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, Φύλλο Αθήνα – Ελευσίνα (1986), ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, Φύλλο Αθήνα – Πειραιάς (1986), ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, Φύλλο Κηφισιά (υπό έκδοση), τεχνικογεωλογικός χάρτης υπό Ν. Σαμπατακάκη: Τεχνικογεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:25.000, (1991), Α. Lepsius: Γεωλογικός χάρτης 1:100.000, (1893), κ.ά).

2. Η ζωνοποίηση του Λεκανοπέδιου Αθηνών από πλευράς της σεισμικής καταλληλότητας εδαφών και η αντιστοίχιση των Ζωνών [1], [2], [3], [4] και [5] με τις κατηγορίες εδαφους που διακρίνει ο ΕΑΚ (2000) έχει χαρακτηρισά καθοδηγητικό.

3. Τα όρια των Ζωνών [1], [2], [3], [4] και [5] είναι αποτυπωμένα με τη ακρίβεια κλίμακας 1:25.000. Συνιστάται συνεπώς η επιτόπου εξέταση, εφόσον απαιτείται πληροφόρηση για κάποια οικοπεδική έκταση κτιρίου ή τεχνικού έργου που αποτυπώνονται σε χάρτες μεγαλύτερης κλίμακας.

4. Ο χάρτης ταξινομεί τα εδάφη ανεξαρτήτως των χαρακτήρων της σεισμικής δόνησης και αποτελεί λοιπόν το βασικό υπόβαθρο πληροφόρησης. Τα χαρακτηριστικά της σεισμικής δόνησης στην επιφάνεια του εδάφους, και κυρίως η μέγιστη και οι φασματικές επι-

ταχύνσεις, είναι δυνατόν να διαφοροποιούνται τοπικά, ακόμα και μέσα στην ίδια τη ζώνη. Τούτο μπορεί να οφείλεται στην αλληλεπίδραση της σεισμικής διέγερσης με τις τοπικές εδαφικές και γεωμορφολογικές συνθήκες, η οποία μπορεί να αποτιμηθεί μόνον κατόπιν συστηματικών και συνδυασμένων σεισμολογικών-γεωτεχνικών ερευνών και λεπτομερών αναλύσεων της τοπικής σεισμικής απόκρισης του εδάφους. Οι εργασίες αυτές αποτελούν το κύριο μέρος μιας μικροζωνικής μελέτης σεισμικής επικινδυνότητας, της οποίας αφετηρία αποτελεί η παρούσα έρευνα.

5. Στον χάρτη, λόγω κλίμακας, δεν εμφανίζονται όλες οι περιοχές των τεχνητών επιχωματώσεων και τεχνητών υπόγειων εγκοίλων και στοών, που κατατάσσονται στη ζώνη [5]. Στις περιοχές αυτές, που είναι πάντως περιορισμένης έκτασης, είναι δυνατή η διαφοροποίηση της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια του εδάφους. Η παρουσία τέτοιων περιοχών δεν αλλοιώνει την παρουσιαζόμενη ζωοποίηση.
6. Τα ρήγματα που διατρέχουν την περιοχή του Λεκανοπέδιου Αθηνών απεικονίζονται στο χάρτη που συντάξε ο Τομέας Τεκτονικής, Δυναμικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Γεωλογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος. Ορισμένα από αυτά χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει ενεργά αλλά τα ίχνη τους δεν είναι πάντα εμφανή στην επιφάνεια του εδάφους. Από την εμπειρία του σεισμού τους Αθήνας εξάλλου δεν παρατηρήθηκαν μετακινήσεις που να συνδέονται με ενεργοποιημένο(α) ρήγμα(τα). Η σεισμοτεκτονική λογική τους περιοχής του Λεκανοπέδιου εξάλλου συνηγορεί με τη γενίκευση τους ως άνω παρατήρησης σε όλη την έκτασή του. Για τους ανωτέρω λόγους τα ρήγματα δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μια επιπλέον ζώνη δυσμενών σεισμικών συνθηκών, ζώνη η οποία σύγχυση θα δημιουργούσε στο χάρτη του.
7. Για τα εδάφη των περιοχών της Αθήνας η επίδραση της παρουσίας υδροφόρου ορίζοντα στη σεισμική επικινδυνότητα αποτελεί παράγοντα δευτερευούσης σημασίας. Πάντως ο ρόλος τους δε μπορεί να παραβλεφθεί σε γεωτεχνικές μελέτες στις περιοχές [3], [4] και [5].