

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 177-207	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΓΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΑΡ. ΜΠΑΡΟΥΝΗΣ

### 1. ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Από διαθέσιμα στοιχεία καταγραφής σεισμικών βλαβών σε οικοδομές στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, έχει διαπιστωθεί ότι οι βλάβες διά μία δεδομένη οικιστική ή μητροπολιτική περιοχή διαφοροποιούνται κατά θέσεις σε βαθμό που δεν δικαιολογείται από διαφορά απόστασης από το σεισμικό επίκεντρο που σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι της τάξεως των ολίγων δεκάδων μέτρων.

Είναι γνωστό ότι η διαφοροποίηση των βλαβών δια τις ίδιες συνθήκες μελέτης και κατασκευής των έργων οφείλεται σε διαφορετική γεωσεισμική συμπεριφορά του εδάφους θεμελιώσεως που εκφράζεται με διαφορά σεισμικής έντασης.

Είναι επίσης γνωστό ότι η ένταση ενός σεισμού σε δεδομένο σημείο εξαρτάται από μεγάλο αριθμό παραγόντων που είναι: το μέγεθος του σεισμού, η επικεντρική απόσταση, η επιτάχυνση, η περίοδος, η διάρκεια, η ταλάντωση των σεισμικών κυμάτων, ο τύπος και οι μηχανικές ιδιότητες του εδάφους, η γεωλογική τεκτονική κλίση του εδάφους, η υδροστατική στάθμη, όταν δε πρόκειται για συγκεκριμένη θέση έργου υπάρχει εξάρτηση και από το είδος της κατασκευής τις παραδοχές της μελέτης την ποιότητα της κατασκευής και τη φυσική περίοδο της ταλαντώσεως του κτιρίου. Στην περίπτωση των σεισμών της Αθήνας το Φλεβάρη 1981 διαπιστώσαμε διαφορές σεισμικών βλαβών σε κτίρια των ανατολικών σε σχέση με τις δυτικές περιοχές του λεκανοπεδίου σε κτίρια θεμελιωμένα σε αθηναϊκό σχιστόλιθο σε σχέση με άλλα που είναι θεμελιωμένα σε

μάρμαρα ή μάργες ή αλλούβια σε κτίρια θεμελιωμένα σε ξηρό σε σχέση με υδροφόρο έδαφος και τέλος σε κτίρια που βρίσκονται κοντά σε τεκτονικές γραμμές σε σχέση με άλλα που βρίσκονται μακριά από αυτές.

Από αυτές τις πολυσήμαντες διαφοροποιήσεις των βλαβών, διαπιστώνουμε εκ των υστέρων ότι η αντισεισμική προστασία των κατασκευών που σε τελευταία ανάλυση είναι ο εφαρμοσμένος στη μελέτη αντισεισμικός συντελεστής, θα πρέπει να ήταν διαφορετικός κατά διακεκριμένες γεωλογικές ζώνες της πόλεως και όχι ο ίδιος συλλήβδην για όλες τις περιοχές.

(Είναι ο γνωστός αντισεισμικός συντελεστής του 0.4 έως 0.06 που υποτίθεται ότι εφαρμόζουν οι μηχανικοί και οι εργολάβοι μέχρι το σεισμό του Φλεβάρη 1981). Δια να είναι αυτό δυνατόν, θα πρέπει οι Γεωλόγοι και οι Σεισμολόγοι να έχουν προμηθεύσει στους Μηχανικούς κάποιους χάρτες που να δείχνουν τους αντισεισμικούς συντελεστές που πρέπει να εφαρμόζονται κατά διακεκριμένες γεωλογικές ζώνες της μητρόπολης.

Επειδή οι αντισεισμικοί συντελεστές βασικά εξαρτώνται από την αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση που είναι άμεσα συνδεδεμένη εμπειρικά ή θεωρητικά με τους βαθμούς των διαφόρων κλιμάκων σεισμικής έντασης προκύπτει ότι οι χάρτες αυτοί πρέπει να είναι χάρτες ισοσεισμικών καμπύλων, δηλαδή χάρτες ζωνών ίσης σεισμικής επικινδυνότητας.

Η θεωρητική αιτιολόγηση και η μεθοδολογία σύνταξης αυτού του γεωσεισμικού χάρτη είναι ο στόχος αυτής της μελέτης που κυρίως επιδιώκει να είναι χρήσιμη σε δομικές κατασκευές κάποιου ύψους και όχι σε χαμηλά έργα τύπου γέφυρας, τοίχου αντιστήριξης κλπ.

Δια να μπορούμε να διακρίνουμε αυτούς τους γεωσεισμικούς χάρτες που η αντίνα επιρροής τους είναι της τάξης των χιλιομέτρων ή δεκάδων χιλιομέτρων όσα μπορεί να καταλαβαίνει μία μητροπολιτική ή οικιστική περιοχή από τους μικράς κλίμακος περιφερειακούς γεωσεισμικούς χάρτες γεωτεχνικών εφαρμογών (Γ.Χ.Γ.Ε.). Εάν αναζητήσουμε στη διεθνή βιβλιογραφία τον αντίστοιχο όρο, διαπιστώνουμε ότι ως προς την Αγγλοαμερικανική υπάρχει ο όρος Seismic Microregionalization map που σημαίνει γεωσεισμικός μικροπεριφερειακός χάρτης. Συνεπώς από πλευράς ορολογίας μπορούμε να εκλέξουμε μεταξύ:

(α) γεωσεισμικού χάρτη γεωτεχνικών εφαρμογών Γ.Χ.Γ.Ε.

(β) γεωσεισμικού μικροπεριφερειακού χάρτη Γ.Μ.Χ. αλλά εμείς θα προτιμήσουμε τον πρώτο όρο.

Από ιστορικής απόψεως, μπορούμε να σημειώσουμε ότι οι χάρτες του είδους αυτού έχουν συνταχθεί δια πολλές περιοχές της Ρωσίας (Puchkov 1959, Kats 1960, Kuliev 1962, Goryachev et al., 1963). Οδηγίες για τη σύνταξη τους έχουν δώσει οι Kats 1961, Medvedev et al, 1962).

Δια τις ΗΠΑ, ένας από τους πρώτους χάρτες του είδους αυτού, συντάγει από τον Richter το 1959, δια την μητροπολιτική περιοχή του Los Angeles ο οποίος το ίδιο έτος παρουσίασε μία γενική τοποθέτηση του προβλήματος της σύνταξης των μικροπεριφερειακών σε σχέση με τους περιφερειακούς γεωσεισμικούς χάρτες.

Δια την χώραν μας, μία από τις πρώτες εφαρμογές μικροπεριφερειακού γεωσεισμικού χάρτη σημειώθηκε από εμάς το 1983, κατά τη γεωτεχνική γεωσεισμική έρευνα και χαρτογράφηση που κάναμε στα πλαίσια της ΕΠΑ του ΥΧΟΠ για την μητροπολιτική περιοχή Δήμου Τρικαλλών Θεσσαλίας.

## 2. ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Οι παρακάτω βασικές έννοιες, σύμβολα και λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μελέτη κρίνεται σκόπιμο να διευκρινισθούν.

### (α) ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

$\Delta$  = Επικεντρική απόσταση δηλαδή απόσταση περιοχής από το επίκεντρο του σεισμού σε km.

$H$  = Βάθος σεισμικής εστίας σε km.

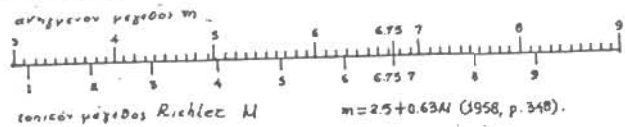
$I$  = Σεισμική ένταση εκφραζόμενη σε βαθμούς σε διάφορες κλίμακες που η αντιστοιχία τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα αριθμ. 1.

$I_0$  = Επικεντρική ένταση εκφραζόμενη στις ίδιες όπως η  $I$  κλίμακες και συνδεδεμένη με το μέγεθος  $M$  με την εμπειρική σχέση  $M = 1 + 2/3 I_0$  που για την Ελλάδα γίνεται  $M = 0.7 + 0.7 I_0$

$M$  = Τοπικό μέγεθος σεισμού στην κλίμακα Richter που καθορίζεται σαν λογάριθμος του μέγιστου ίχνους εδαφικής ταλάντωσης σε μικρά που καταγράφεται από σειсмоγράφο ειδικών προδιαγραφών εγκατεστημένο σε απόσταση 100km από το επίκεντρο.

$m$  = Ανηγμένο μέγεθος σεισμού κατά Gutenberg κ.α. συνδεδεμένο με το μέγεθος  $M$  με τη σχέση του Richter  $m = 2.5 + 0.63M$  ή σύμφωνα

μα με το νομογράφημα σχ. 1. Οι δύο κλίμακες συγκλίνουν στο μέγεθος 6.75 αλλά πάνω ή κάτω από αυτό διαφέρουν.



$r$  = ακτίνα επιρροής σεισμού σε km συνδεόμενη με το βάθος  $H$  και την επικεντρική ένταση  $I_0$  με τη σχέση των Gutenberg & Richter  $I_0 = 1.5 + 31 \text{ gr } \frac{r^2}{h^2}$

$K$  = Συντελεστής σεισμικής εξασθένισης (coefficient of intensity attenuation) που δίνεται από τη σχέση  $I = I_0 e^{-kr}$  όπου  $I_0$  επικεντρική ένταση και  $I$  η ένταση σε απόσταση  $r$ . M από τη σχέση που δίνεται στο σχήμα 14.

M.M = Δωδεκάβαθμος κλίμαξ εντάσεων Mercalli τροποποιημένη από τους Αμερικάνους.

M = Δωδεκάβαθμος Ευρωπαϊκή κλίμαξ Mercalli τροποποιημένη από τους Sieberg και Cancani.

Geofian 12-βαθμος κλίμακα σεισμικής έντασης του Γεωφυσικού Ινστιτούτου της Ακαδημίας Επιστημών της ΕΣΣΔ.

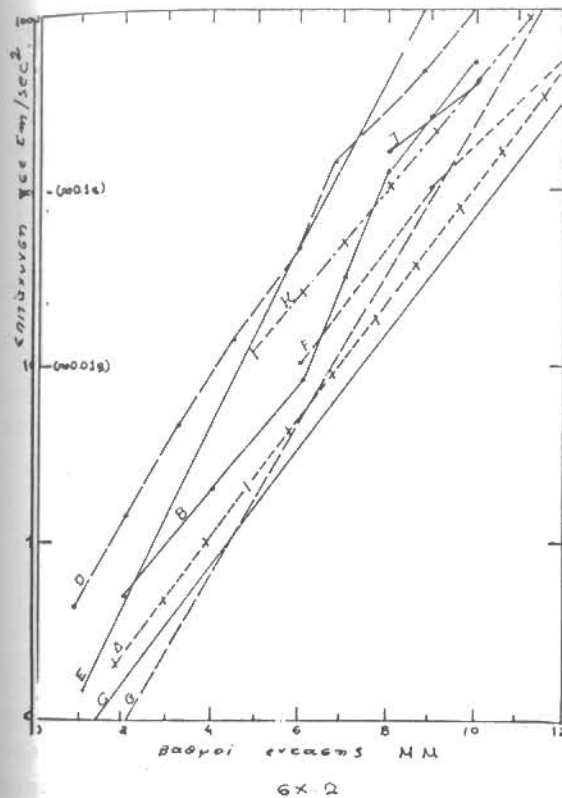
M.S.K. 12-βαθμος κλίμακα σεισμικής έντασης των Medvedev, Spou Lener & Karnik (1964) εφαρμοζόμενη στην ΕΣΣΔ.

Kawasumi Επτάβαθμη Ιαπωνική κλίμακα σεισμικής έντασης.

Π Ι Ν Α Κ Σ 1

	GEOFIAN	MM	KAWASUMI	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ M
1	I	I	0	1
2	II	II	1	2
3	III	III	2	3
4	IV	IV	2,3	4
5	V	V	3	5
6	VI	VI	4	6
7	VII	VII	4,5	7
8	VIII	VIII	5	8
9	IX	IX	5,6	9
10	X	X	6	10
11	XI	XI	7	11
12	XII	XII	7	12

Επιτάχυνση σεισμού  $a$  σε  $\text{cm sec}^{-2}$  που συνδέεται με τη σεισμική ένταση  $I$  με τον τύπο του Newmann  $\text{Log } a = 0.75I - 0.75$  σύμφωνα με τις σχέσεις που φαίνονται στο σχήμα αριθμ. 2.



Ταχύτητα σεισμικής ταλάντωσης σε  $\text{cm/sec} \cdot v$

Ταχύτητα διαμήκων σεισμικών ταχυτήτων  $V$  σε  $\text{cm/sec}$ .

Σεισμική παραμόρφωση  $S = \frac{V_0}{C}$  όπου  $V_0$  εδαφική ταχύτητα και  $C$  ταχύτητα μετάδοσης σεισμικών κυμάτων. Πυκνότητας πετρώματος  $P$ .

Σεισμική αντίδραση (Impedance) γινόμενον των  $V$  και  $P$ .

Ταλάντωση εδαφική  $X_0$  σε  $\text{mm}$  (βλ. πίνακα).

Περίοδος εδαφικής κίνησης  $T$  συνδεόμενη με την  $X_0$  με σχέσεις που φαίνονται στο διάγραμμα σχ. 6 δια σειμούς μεγέθους 6, 7, 8 και 9 MM.

Συχνότης αριθμός περιόδων σε ένα λεπτό.

Αντισεισμικός συντελεστής  $\sigma_w$ . Το ποσοστό του βάρους της κατασκευής  $W$  που υπολογίζεται σαν οριζόντια σεισμική δύναμη στον στατικό υπολογισμό.

Αντισεισμική προστασία τεχνικών έργων η κατασκευή τους με βάση μελέτη που έχει λάβει υπόψη της τον ενδεδειγμένο αντισεισμικό συντελεστή και άλλες προφυλάξεις.

Σεισμικότητα ή κατανομή των σεισμικών εστιών σε μία περιοχή και τα μεγέθη σειμών που μπορεί αυτές να δώσουν.

Σεισμική επικινδυνότητα η κατανομή των αναμενομένων σεισμικών επιταχύνσεων σε μία περιοχή.

Ισοσεισμική ή ισοσειστος καμπύλη μία καμπύλη που ενώνει σημεία ίσης σεισμικής έντασης σε κάποια κλίμακα.

(B) ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Κατεύθυνση τεκτονικής γραμμής: η κατεύθυνση ρήγματος ή διεργημένου άξονα πτυχής.

Κατεύθυνση τεκτονικής δομής (ή πτύχωσης). (Structure trend) η

γενική κατεύθυνση της κύριας πτύχωσης που μπορεί να μη συμπίπτει με ορισμένες τεκτονικές γραμμές.

Γεωλογικό υπόβαθρο πετρώματα ηλικίας τριτογενούς και άνω.

Γεωλογική δομή. Ορος στην έννοια του οποίου υπεισέρχεται γεωλογία και τεκτονική.

(γ) ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Μητροπολιτική περιοχή: η περιοχή μιάς μητρόπολης με τις δορυφόρους πόλεις π.χ. Αθηνών ή Θεσσαλονίκη.

Οικιστική περιοχή: Η περιοχή μιάς κεντρικής πόλεως και άλλων δορυφόρων μικρότερων πόλεων ή χωριών, με τις ενδιάμεσες εδαφικές ζώνες. Μπορεί να είναι πεδιάδα ή κοιλάδα ή γεωλογική λεκάνη.

ΕΠΑ: Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης του ΥΧΟΠ.

Γεωσεισμικός Χάρτης Γεωτεχνικών Εφαρμογών Γ.Χ.Γ.Ε.

ή Μικροπεριφερειακός γεωσεισμικός χάρτης Μ.Γ.Χ. ένας χάρτης που γίνεται σύμφωνα με τα περιεχόμενα αυτής της μελέτης.

3. ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

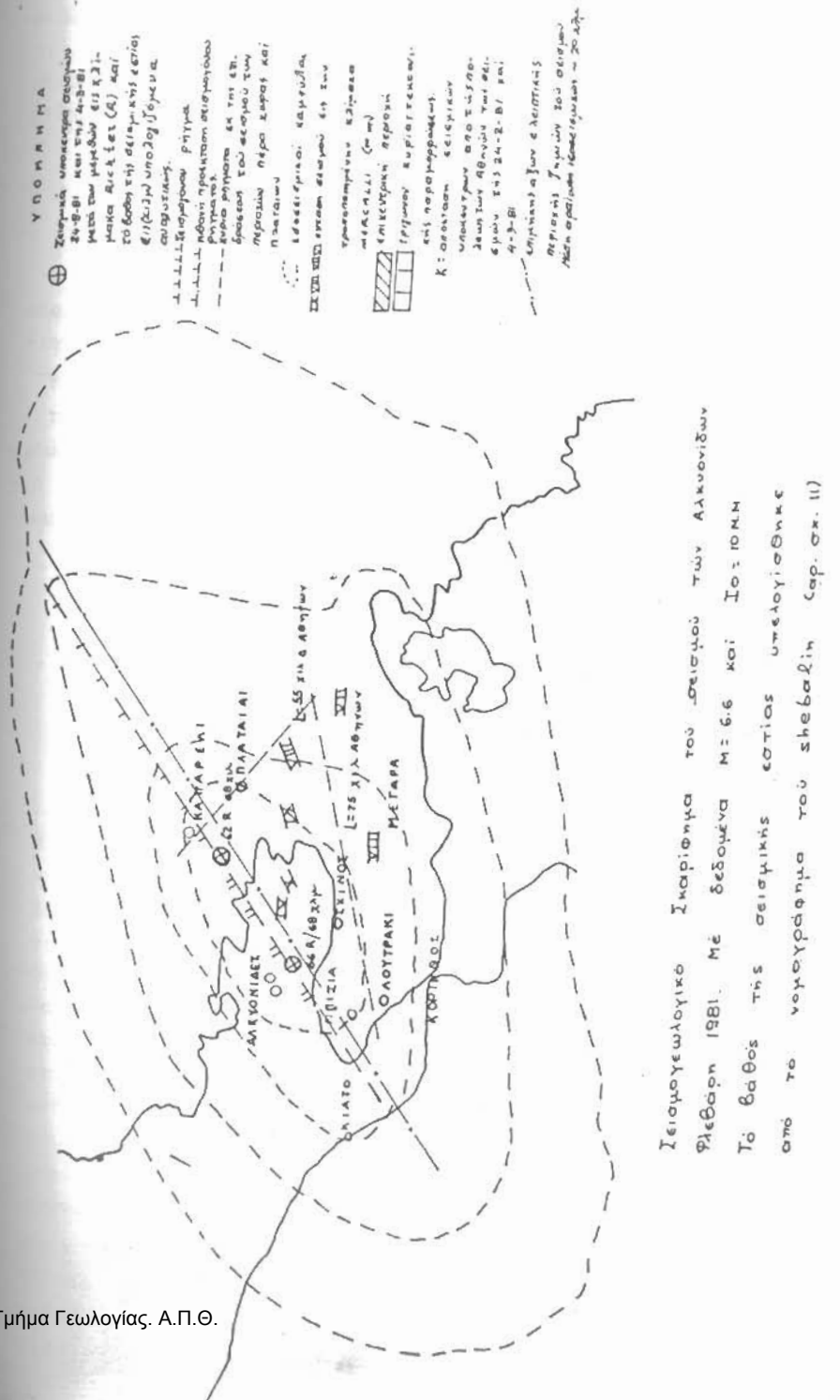
Από τους διάφορους γεωλογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την σεισμική συμπεριφορά του εδάφους θεμελιώσης με αποτέλεσμα αυξομειώση της σεισμικής έντασης ( $I$ ) σε σχέση με την επικεντρική ( $I_0$ ) δια δεδομένο μέγεθος σεισμού ( $M$ ) και βάθος σεισμικής εστίας ( $H$ ), ξεχωρίζουμε τέσσερες και τους αναλύουμε παρακάτω: (α) η γεωλογική τεκτονική (β) η γεωλογική σύσταση (γ) η υδροφορία του εδάφους και (δ) η απόσταση από τη σεισμική εστία.

3.1. Επίδραση της γεωλογικής τεκτονικής

Η επίδραση της τεκτονικής στην διακύμανση της σεισμικής έντασης αποδεικνύεται από την ασυμμετρία των ισοσεισμικών καμπύλων κατά μήκος τεκτονικών γραμμών. Τα τεκτονικά στοιχεία (εμφανιζόμενα ή κεκαλυμένα σε βάθος) που μπορεί να επηρεάσουν τη μορφή και την συμμετρία των ισοσεισμικών είναι:

- (α) οι τεκτονικές γραμμές
- (β) οι ευρύτερες τεκτονικές δομές
- (γ) η αλλαγή μηχανικής κατάστασης από διάρρηξη ή διάτμηση των πετρωμάτων.

Η επίδραση αυτών των στοιχείων στην αλλοίωση της συμμετρίας των ισοσεισμικών δεν είναι πάντοτε η ίδια, οπότε μπορεί να διαπιστωθεί επιμήκυνση των ισοσεισμικών που να

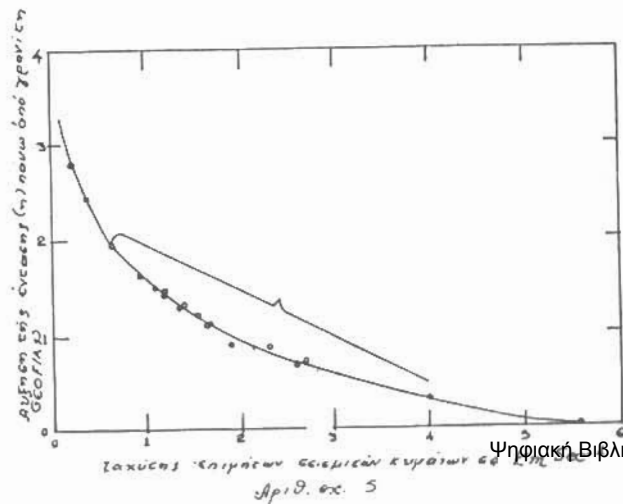
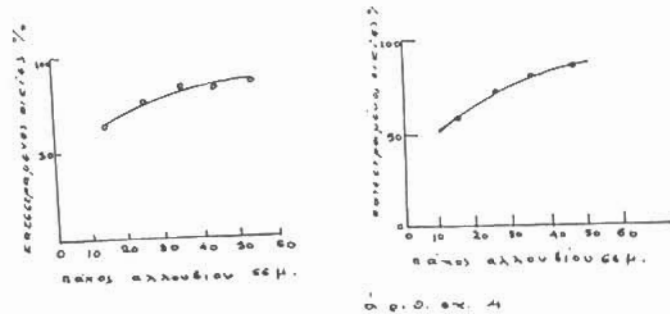


ταυτίζεται με την κατεύθυνση του ρήγματος και άλλοτε σπανιότερα κάθετα προς το ρήγμα και κατά μήκος της κατεύθυνσης και γενικότερης τεκτονικής δομής. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το ρήγμα είναι εγκάρσιο προς την κατεύθυνση (trend) της δομής οπότε σχηματίζεται σεισμική σκιά.

Τελικά μπορούμε να τονίσουμε ότι:

- (α) σε κάθε περίπτωση σεισμού και για κάθε περιοχή υπάρχει ισομορφία στις ισοσεισμικές που πρέπει να εντοπίζεται
- (β) από μεγάλο αριθμό σεισμών έχει αποδειχθεί ότι η επίδραση της τεκτονικής στην αλλοίωση της ασυμμετρίας των ισοσεισμικών είναι συνήθως μικρότερη από όσο είναι η διαφοροποίηση της σεισμικής έντασης λόγω γεωλογικής σύστασης.

Στο σχήμα 3 φαίνεται σε σκαρίφημα ως έγγιστα, μορφή των ισοσεισμικών καμπύλων του σεισμού των Αλκυονίδων, Φλεβάρης 1981. Διακρίνεται η επιμήκυνση των ισοσεισμικών κατά μήκος του ρήγματος των Αλκυονίδων Καπαρέλι. Σχ.3. Ισοσεισμικά Αλκυονίδων.



### 3.2. Επίδραση της γεωλογικής σύστασης

Από το γεγονός ότι όμοιες γεωλογικές δομές διαφορετικής σύστασης αντιδρούν διαφορετικά στην επίδραση του σεισμού έχει εξαχθεί το γενικό συμπέρασμα ότι η διαφορά γεωλογικής σύστασης είναι ο βασικός παράγοντας της διαφοροποίησης των σεισμικών εντάσεων και της αλλοίωσης της συμμετρίας των ισοσεισμικών. Από μελέτες του Newmann (1954-1959) που αφορούσαν τους σεισμούς του Puget Sound των ΗΠΑ, καθορίσθηκε για πρώτη φορά ότι τα πετρώματα ακραίας γεωσεισμικής συμπεριφοράς είναι ο γρανίτης ή κάποιο γρανιτικό ισοδύναμο και η νεώτερη υδροφορούσα πρόσχυση. Από μελέτες συσχέτισης έχει διαπιστωθεί μία αύξηση των ζημιών ανάλογη με το πάχος του αλλούβιου. Αυτό αποδεικνύεται στην περίπτωση των σεισμών της Καρδίτσας και της πεδιάδας της Θεσσαλίας γενικά.

Π Ι Ν Α Κ Ε 2

	ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙΜΑΚΑΣ Μ.Σ.Κ. (m.m.)	a (cm sec <sup>2</sup> )	U (cm sec <sup>-1</sup> )
5	0.5 - 10.0	12 - 25	1.0 - 2.0
6	1.1 - 2.0	25 - 50	2.1 - 4.0
7	2.1 - 40.0	50 - 100	4.1 - 8.0
8	4.1 - 80.0	100 - 200	8.1 - 16.0
9	8.1 - 16.0	200 - 400	16.1 - 32.0
10	16.1 - 32.0	400 - 800	32.1 - 64.0

Αντίθετα άλλες μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι βλάβες ακάμπτων κατασκευών μπορεί να είναι μεγαλύτερες σε σκληρό σταθερό έδαφος παρά σε αλλούβια αυξανόμενου πάχους. Στα εδάφη αυτά και γενικά στα μαλακά εδάφη έχει αποδειχθεί από άλλους ερευνητές ότι οι βλάβες οφείλονται πολλές φορές σε δευτερογενή φαινόμενα όπως είναι οι διαφορικές καθιζήσεις γι' αυτό και στις περιπτώσεις αυτές όταν αναμένονται βλάβες συστήνεται θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση που εξασφαλίζει την καλύτερη ομοιομορφία καθιζήσεων. Μέσα από το πλήθος των συμπερασμάτων που έχουν καταλήξει οι διάφοροι ερευνητές μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα παρακάτω, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη σύνταξης γεωσεισμικών χαρτών για γεωτεχνικές εφαρμογές.

- (α) Κατά τον Newmann (1954) η σεισμική ένταση σε συμπεκνωμένα ιζημάτα μπορεί να ληφθεί μεγαλύτερη κατά 1 βαθμό έντασης MM σε γεωλογικές εμφανίσεις για την ίδια επικεντρική απόσταση.

(β) Κατά τον Medvedev (1952) ο γρανίτης είναι το standard πέτρωμα ελαχίστης έντασης η οποία αυξάνεται κατά ορισμένη κλίμακα για τα άλλα πετρώματα.

(γ) Κατά τον Boron ο γρανίτης είναι επίσης το standard πέτρωμα ελαχίστης έντασης ενώ δια τα άλλα πετρώματα πέραν από την αύξηση της έντασης κατά κάποια κλίμακα διαπιστώνεται και απόκλιση για κάθε ένα μεταξύ μιάς ελαχίστης και μεγίστης τιμής. Για μία δεδομένη επικεντρική απόσταση κατά τον Boron η διαφορά έντασης από μία γρανιτική εμφάνιση μέχρι την παχεία υδροφορούσα αλλουβιακή πρόσχωση είναι 4 βαθμοί MM.

(δ) Κατά τον Puckhon μετά από θεωρητικές μελέτες για ισχυρούς σεισμούς η διαφορά μεταξύ γεωλογικού υποβάθρου και χαλαρών αμμοαργιλλωδών ιζημάτων είναι τρεις βαθμοί δηλαδή ακολουθεί τη σειρά 7, 8, 9 και 10 MM.

(ε) Ο Medvedev (1961) χρησιμοποίησε το γινόμενο της ταχύτητας των διαμήκων κυμάτων επί την πυκνότητα του υλικού για τον υπολογισμό των σχετικών διαφόρων έντασης σε μία ακρίβεια επηρεαζόμενη από την παρουσία υδροφόρου ορίζοντα με τον τύπο  $n = 1.67 \{ \log(U_s P_s) - \log(U_n P_n) \} + e^{-0.04 h^2}$  όπου n η αύξηση της έντασης σε βαθμούς Goefian για έδαφος με χαρακτηριστικά  $U_n P_n$  σε σχέση με standard έδαφος με τιμές  $V_s P_s$  και h το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα. Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής δίνονται στον πίνακα 3.

Από το διάγραμμα του σχ. 5, που δείχνει τη μέση αύξηση έντασης πάνω από την τιμή που αφορά γρανίτη για τα διάφορα είδη πετρωμάτων προκύπτει μία ομαλή αντίστροφη σχέση με τη μέση ταχύτητα των διαμήκων κυμάτων που αντιστοιχεί σε κάθε πέτρωμα. Τέλος ο Boron (1959) παίρνοντας υπόψη διάφορους γεωλογικούς συντελεστές όπως κλίση, πάχος στρώσεων, δομές και βαθμό αποσάθρωσης, κατέληξε σε συμπεράσματα ως προς το μηχανισμό αύξησης των τιμών της σεισμικής έντασης, τα οποία διατυπώνονται με τη μορφή γεωλογικών τομών στο τέλος της μελέτης.

Από τα συμπεράσματα όλων των παραπάνω ερευνών προκύπτει μία μείωση της επίδρασης της γεωλογικής σύστασης επί της σεισμικής έντασης καθώς μειώνεται η επικεντρική απόσταση ώπου τελικά κοντά στο επίκεντρο ή στο επίκεντρο η σεισμική ένταση να παίρνει πρακτικά τις ίδιες τιμές άσχετα από τη γεωλογική σύσταση. Στην περίπτωση αυτή η μορφή των ισοσεισμικών είναι περίπου κυκλική για υπόκεντρο που προσομοιάζει με σημείο και

Π Ε Τ Ρ Ω Μ Α Τ Α	v (Km/sec)	n αύξηση έντασης
<b>ΣΚΛΗΡΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ</b>		
Γρανίτης	5.6	
Σκληρός σχιστόλιθος, σχίστης, γνεύσιος	3.5-4.5	0.2-0.4
Πυκνός φαιμίτης	2.2-3.0	0.5-0.8
Πτυχωμένοι ασβεστόλιθοι, φαιμίτες, σχιστόλιθοι	1.5-2.3	0.7-1.1
<b>ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ</b>		
Γύψος	2.4-3.0	0.6-0.8
Μάρμα	2.0-2.5	0.7-1.0
Συγκολλημένη άμμος	1.4-1.9	1.0-1.2
<b>ΑΛΛΟΥΒΙΑ ΚΟΡΗΜΜΑΤΑ</b>		
Χαλίκια και κροκάλες	1.3-2.1	0.9-1.3
Χαλίκια (από κρυσταλλικά)	1.2-1.9	1.0-1.4
Χαλίκια (ιζηματογενή)	1.1-1.7	1.1-1.5
Άμμος: χονδρή	1.1-1.6	1.2-1.4
Άμμος μέσης κοκκομετρίας	1.0-1.4	1.3-1.4
Ψιλή και ιλιώδης άμμος	0.7-1.2	1.4-1.8

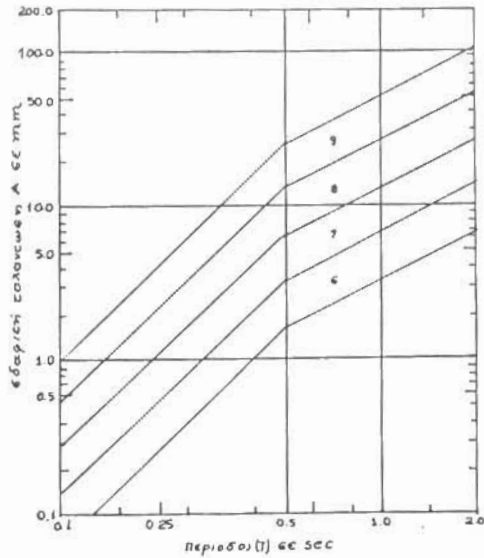
ελλειπτική για επίκεντρο που προσομοιάζει με ρήγμα. Σε αυτήν την περίπτωση οι ισοσεισμικές καμπύλες παίρνουν τη μορφή έλλειψης με το μεγάλο άξονα να συμπίπτει με το σειсмоγόνο γεωλογικό ρήγμα. Το σχήμα 3 είναι σκαρίφημα ισοσεισμικών που έγινε από εμάς για τους σεισμούς της Αθήνας το Φεβρουάριο 1981.

Ο προσδιορισμός των διαφορών εδαφικής επιτάχυνσης έχει γίνει αντικείμενο πειραματικών μετρήσεων διαφόρων ερευνητών από τις οποίες πιστοποιείται μία ευρεία διακύμανση. Κατά τον Newmann (1954), μεταξύ γεωλογικού υποβάθρου και ασύνεκτων ιζημάτων μιάς κοντινής πρόσχωσης, σημειώθηκε διαφορά επιτάχυνσης X 15.

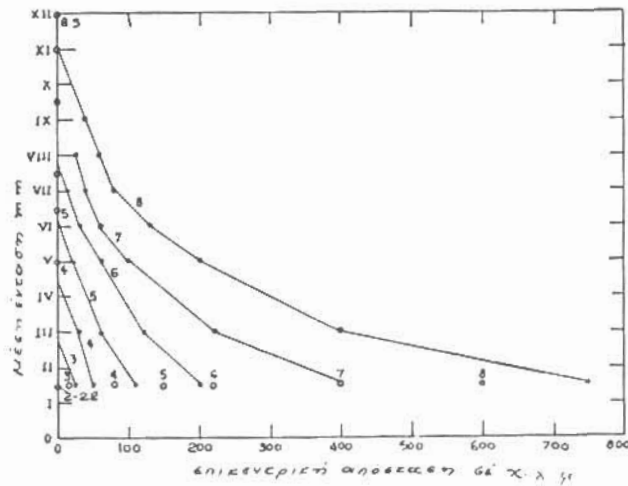
Κατά τον Gutenberg, ταλαντώσεις μετρηθείσες πάνω από υδροφόρα ασύνεκτα ιζήματα σε σχέση με γεωλογικό υπόβαθρο ήταν περίπου διπλάσιες. Από άλλες μετρήσεις έχει αποδειχθεί μεγαλύτερη ταλάντωση, διάρκεια και μέση περίοδος στα αλλούβια σε σχέση με γεωλογικό υπόβαθρο.

Ο Medvedev (1963a) χρησιμοποίησε στοιχεία κινήσεως εδάφους για να υπολογίσει τάση και σχετική παραμόρφωση προκύπτουσα από εδαφικές κινήσεις σε διάφορους τύπους πετρωμάτων για διαφορετικές εντάσεις και συμπέρανε ότι για την ίδια ένταση η παραμόρφωση συμπαγούς πετρώματος είναι περίπου 15 φορές μικρότερη από ότι είναι για σύνεκτα εδάφη (βλ.σχ. 8).

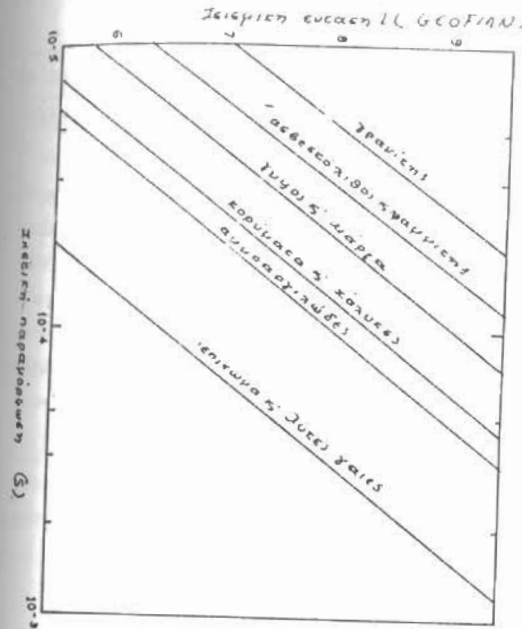
Ο Wiggins (1964) προσδιόρισε ότι η μέγιστη ταχύτητα εδαφικής κίνησης αναμένεται σε μία θέση σε σχέση με μία άλλη είναι ίση



αριθ. σχ. 6.

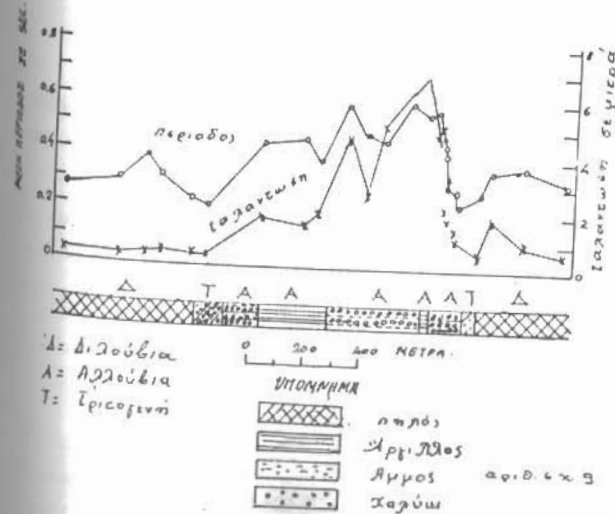


αριθ. σχ. 7



Σχήμα 8

κού Κανονισμού που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Οι διακυμάνσεις αυτές φαίνονται στο σχήμα 9.



Α: Διζούδια  
 Λ: Αρζούδια  
 Τ: Τριχοφενί

0 200 400 ΜΕΤΡΑ.

ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ

□ κρητός  
 ▨ άργιλλος  
 ▤ Άγμος  
 ● χαλύβι

αριθ. σχ. 9

με τον αντίστροφο λόγο των τετραγωνικών ριζών των σεισμικών αντιδράσεων εφ'όσον τα άλλα στοιχεία είναι τα ίδια.

Το πρόβλημα των μικροδομήσεων που προκαλούνται από φυσικές πηγές (οχήματα, μηχανές κλπ.) έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές και τα συμπεράσματα ως προς τις ταλαντώσεις και τις περιόδους αυτών των κινήσεων που κυμαίνονται ευρέως, είναι πολύ χρήσιμα για τη σεισμική διάταξη των εδαφών.

Μία τέτοια είναι εκείνη του Ιαπωνικού Οικοδομικού

ΠΙΝΑΞ 4

Κατάταξη των εδαφών κατά τον Ιαπωνικό Οικοδομικό Κανονισμό.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I. Βράχος φαμμίτης ή κροκαλοπαγές ηλικίας τριτογενούς ή αρχαιότερης σε σημαντική έκταση γύρω από την κατασκευή.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II. Εδαφος αμώδες αργιλώδες χαλικώδες πηλώδες

διλουβιακής ή αλλουβιακής ηλικίας και γένεσης πάχους 5m ή περισσότερου σε μια αρκετή ζώνη γύρω από την κατασκευή.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III. Εδαφος πάχους 5m ή παραπάνω που διαφέρει από την κατηγορία II ως προς τη μικρότερη συνδεση.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ IV. Αλλουβιακές ή δελταϊκές ελώδεις ή τελματώδεις εναποθέσεις και τα παρόμοια πάχους πάνω από 30m περιλαμβάνονται και επιχώματα πάχους έως 3m ηλικίας πάνω από 30 έτη.

Τέλος, από την παραπάνω μελέτη διαπιστώθηκε επί πλέον ότι οι ταλαντώσεις των σεισμικών κινήσεων στην επιφάνεια είναι μεγαλύτερες από όσον είναι σε βάθος επίσης αποδείχθηκε ότι οι ταλαντώσεις αυτές σε σχέση με τις ταλαντώσεις μικροδονήσεων μπορεί να τροποποιήσουν σημαντικά τα σεισμικά κύματα που προέρχονται από το γεωλογικό υπόβαθρο κατά την διέλευση τους μέσα από το επιφανειακό στρώμα.

Ετσι τα στοιχεία της κίνησης στην επιφάνεια μπορεί να καθορισθούν από τα στοιχεία της κίνησης στο γεωλογικό υπόβαθρο τροποποιημένα από τα δονητικά χαρακτηριστικά του εδαφικού στρώματος. Ένας από τους πολλούς τύπους υπολογισμού αυτής της κίνησης είναι και ο παρακάτω, που οφείλεται σε Ιάπωνες ερευνητές.

$$G(T) = 1 + \sqrt{\left( \frac{1+a}{1-a} \left\{ 1 - \left( \frac{T}{TG} \right) \right\} \right)^2 + \left\{ \frac{0.3}{\sqrt{TG}} \left( \frac{T}{TG} \right) \right\}^2}$$

Όπου T και TG περίοδοι σεισμικών κυμάτων και κυρία περίοδος εδάφους σε sec και ο λόγος των σεισμικών αντιδράσεων του εδάφους προς τις αντίστοιχες του Bedrock (P1V1/P2V2).

### 3.3. Επίδραση της υδροφορίας του υπεδάφους

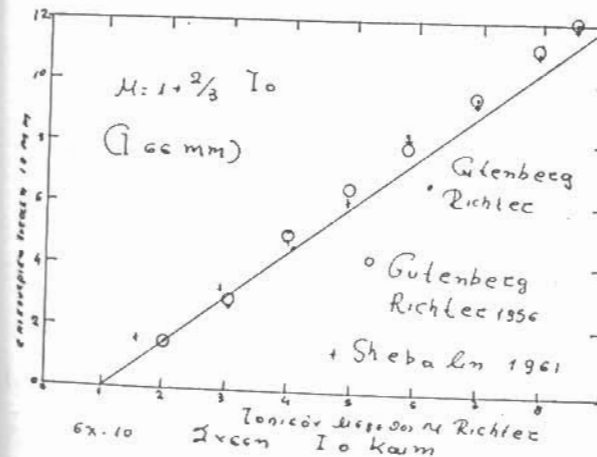
Κατά τον Gutenberg ταλαντώσεις μετρηθείσες σε ασύνετα υδροφόρα ιζήματα είναι πολλαπλάσιες από όταν τα ιζήματα είναι ξηρά και περισσότερο πολλαπλάσιες από εκείνες του γεωλογικού υποβάθρου.

Ενδεικτικά για την επίδραση της υδροφορίας είναι τα στοιχεία του πίνακα 5 που δίνει την αύξηση της σεισμικής έντασης για διαφορετικές συνθήκες υδροφορίας διαφορετικών πετρωμάτων στην περίπτωση σεισμών της Χερσονήσου Arshegonsk ΕΣΣΔ.

### 3.4. Σχέση με το μέγεθος του σεισμού

Η επικεντρική ένταση ( $I_0$ ) συνδέεται με το μέγεθος του σεισμού M με διάφορες εμπειρικές σχέσεις, που προκύπτουν από τα διαγράμματα που δείχνουν τη διακύμανση της  $I_0$  με το μέγεθος M. Ένα τέτοιο διάγραμμα που αφορά σεισμούς της Καλιφόρνιας και της ΕΣΣΔ, φαίνεται στο σχήμα 10.

ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΕ m	≤10	4	1
Ασβεστόλιθος (τριτογενής ή 4γενής)	-1.2	-0.7	-0.4
Ψαμμίτης " "	-0.8	-0.3	+0.0
Άργιλος " "	-0.6	-0.1	+0.2
Αμμώδης άργιλος " (μάργα)	-0.2	+0.3	+0.6
Άργιλος 4γενής	-0.2	+0.3	+0.6
Άμμος (τριτογενής)	-0.1	+0.4	+0.7
Άμμοαργιλώδης (τεταρτογενής)	0.0	+0.5	+0.8
Πηλοί τριτογενείς ή 4γενείς	+0.2	+0.2	+1.0
φυσικό επίχωμα πρόσφατο	+0.3	+0.8	+1.1
Αιολική άμμος πρόσφατη	+0.4	+0.9	+1.2



Ο τύπος που προκύπτει από αυτό το διάγραμμα έχει εκφραστεί από τον Richter και είναι  $M = 1 + 2/3 I_0$  όπου I είναι σε βαθμούς MM.

### 3.5. Εξάρτηση με την απόσταση από τη σεισμική εστία

Τέλος ως προς την εξάρτηση της σεισμικής έντασης από την απόσταση της περιοχής από το επίκεντρο που είναι βασική, μπορούμε να πούμε όπως συμβαίνει με τα άλλα στοιχεία ότι είναι ιδιαίτερη ατομικών γνώρισμα κάθε σεισμού που ενδεικτικά φαίνεται στο σχήμα 13 για σεισμούς βάθους εστίας 10 έως 20km.

### 4. ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Η ποσοτική εκτίμηση της διαφοροποίησης της σεισμικής έντασης σε διαφορετικές γεωλογικές δομές σε συνδυασμό με στοιχεία της σει-



ομικής ιστορίας της περιοχής επιτρέπουν τη σύνταξη γεωσεισμικών χαρτών στους οποίους η γεωλογική σύσταση εκφράζεται με τη μορφή σεισμικής επικινδυνότητας. Εκτός από τις αναμενόμενες μέγιστες εντάσεις που εκφράζονται με τη μορφή ισοσεισμικών καμπύλων σε βαθμούς κάποιας σεισμικής κλίμακας εντάσεων μπορούμε για κάθε ζώνη να καθορίζουμε τη μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση και κατ' επέκταση βάσει αυτής να υπολογίσουμε τον ενδεδειγμένο για την κάθε ζώνη αντισεισμικό συντελεστή. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε για κάθε σεισμικά διακεκριμένη ζώνη να δίνουμε τα στοιχεία I σεισμικής έντασης α σεισμικής επιτάχυνση και  $\sigma_{\omega}$  σεισμικός συντελεστής.

Τα στοιχεία σεισμικότητα της περιοχής στα οποία θα βασισθεί η σύνταξη του χάρτη, παίρνονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες ή από υπάρχουσες δημοσιευμένες καταγραφές. Στην περίπτωση της περιοχής Τρικάλων εμείς πήραμε από τη μελέτη των Παπαζάχου Μελέτη τα παρακάτω στοιχεία.

Π Ι Ν Α Ξ 6

ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

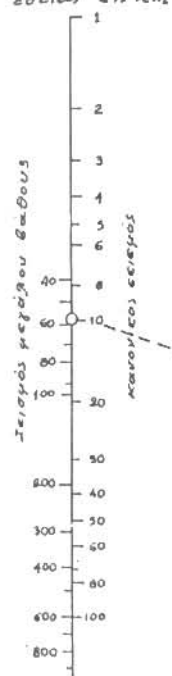
A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥ	ΕΠΙΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΒΑΘΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΣΤΙΑΣ	M	I
1	30.4.54	Καρδίτσα	;	7	X
2	8.3.57	Βιλεστίνο	;	6.8	X
3	19.2.68	Β.Σποράδες	;	7	XI

Αν δεν υπάρχουν στοιχεία αναμενόμενης επικεντρικής έντασης ( $I_0$ ) μπορούμε να την προσδιορίσουμε κάνοντας χρήση του νομογράφηματος αριθμ. σχ. 11, το οποίο συνδέει τα μεγέθη  $I_0$ ,  $h$  και  $M$ .

Όταν προσδιορίσουμε την επικεντρική ένταση  $I_0$  η σεισμική ένταση στην περιοχή που μας ενδιαφέρει (αν δεν είναι γνωστή από καταγραφές) υπολογίζεται ανάλογα με την απόσταση από το επίκεντρο και τις υπάρχουσες γεωλογικές δομές. Επιβοηθητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα σχ.12, που δίνει τη μέση ισοσεισμική ακτίνα σε χιλιόμετρα σε σχέση με σεισμικές εντάσεις στην κλίμακα Kawasumi που αφορά συγκεκριμένους σεισμούς της περιοχής Tetsikaga της Ιαπωνίας.

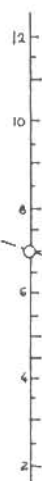
Βασική προϋπόθεση για τη σύνταξη του χάρτη είναι να διαθέτουμε γεωλογικούς χάρτες κατάλληλα συντεταγμένους για την περιοχή που μας ενδιαφέρει κατά προτίμηση στην κλίμακα που θα γίνει ο γεωσεισμικός χάρτης δηλαδή 1:20.000 ή 1:10.000. Αν δεν υπάρχουν

Βάθος σεισμικής εστίας εις Km

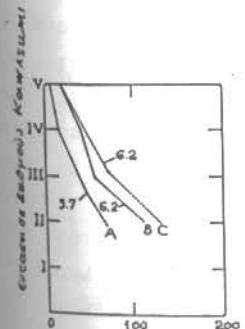


Μεγέθος σεισμού κατά Richter

ΕΥΣΤΑΤΗ ΣΕΙΣΜΟΥ ΕΙΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ GEOPIAW



αριθ. σχ. 11



Μέση ισοσεισμική ακτίνα σε χιλμ. Α, Β, C σεισμοί μεγεθους 5.7, 6.2 κ 6.2 σχ. 12

Αριθμ σχ. 11

Νομογράφημα που συνδέει τα μεγέθη  $M$ ,  $I_0$  κ  $h$  δια σεισμού μεγάλου βάθους κατά Sheba βίτη (1954) Τηλεμαρτυρούμενου από την σχέση:

$$I_0 = 1.5M - 3.4 \log h + 5.4$$

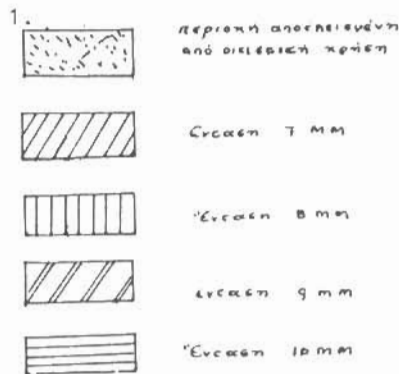
$$h_a < h < 640 \text{ χ.λ.μ.}$$

$$\text{όπου } h_a = 80 \text{ χ.λ.μ.}$$

και ο μόνος χάρτης που διαθέτουμε είναι το γεωλογικό φύλλο 1:50.000 του ΙΓΜΕ, θα πρέπει:

- (α) Να κάνουμε επεξεργασία ενοποίησης των γεωλογικών μονάδων ηλικίας τριτογενούς και άνω που θα τις ονομάσουμε γεωλογικό υπόβαθρο και παραπέρα ανάλυση των νεώτερων γεωλογικών μονάδων. Επί πλέον θα εμπλουτίσουμε τον χάρτη με άλλα στοιχεία από υπάρχουσα άλλη εμπειρία κυρίως τεκτονικά.
- (β) Θα κάνουμε φωτομεγέθυνση του τμήματος που μας ενδιαφέρει σε κλίμακα 1:20.000.
- (γ) Τελικά θα πάρουμε ένα γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:20.000 στην κατάλληλη μορφή που χρειάζεται για να μετατραπεί σε γεωσεισμικό.

Η εγγραφή των ζωνών ίσης σεισμικής έντασης πάνω σε αυτό το χάρτη που θα έχει χρωματιστά σύμβολα, θα γίνει με γραφικά σύμβολα όπως τα παρακάτω. Επειδή συνήθως η διαφορά σεισμικής έντασης από το στερεώτερο πέτρωμα (γρανίτης) στο ασθενέστερο (υδροφόρος άμμος), δεν περνάει τους 4 βαθμούς μπορούμε να έχουμε 4 σεισμικές ζώνες με 4 γραφικά σύμβολα και ένα το υπ' αριθμ. 5, για να δείχνουμε ζώνες ακατάλληλες για κάθε χρήση π.χ. έλη, τέλματα, κοίτες ποταμών, θήνες άμμου, πλαγιές από κορρήματα, βραχώδεις προεξοχές μέσα με νεαρές προσχώσεις.



Κατά τη σχεδίαση της συμμετρίας των ισοσεισμικών, θα λαμβάνονται υπόψη κυρίως οι επαφές των αντίστοιχων γεωλογικών μονάδων και τα γεωλογικά ρήγματα ορατά ή κεκαλυμένα κατά μήκος των οποίων θα επιμηκύνονται οι καμπύλες. Σε συνήθεις χάρτες κλίμακος 1:10.000 ή 1:20.000 δεν χρειάζεται ή δεν είναι δυνατόν να λαμβάνεται υπόψη η γενικότερη γεωλογική τεκτονική και πτύχωση στην αλλοίωση της συμμετρίας των ισοσεισμικών καμπύλων λόγω κλίμακος.

Επιμένοντας από τεκτονικής πλευράς μπορούμε να περιορίσουμε στο να λάβουμε υπόψη μόνον τεκτονικές γραμμές δηλαδή ρήγματα και άξονες διερρηγμένων πτυχών συγκλίνω ή αντισυγκλίνω. Για ρήγματα θα ληφθεί υπόψη η κατάσταση τους, αν δηλαδή είναι ανοικτά γεμισμένα κλειστά ή απολιθωμένα (συγκεκολλημένα). Στην περίπτωση της περιοχής Τρικάλων από τα σεισμολογικά στοιχεία του πίνακα

έχουμε μέγιστη αναμενομένη σεισμική επικεντρική ένταση X, MM που αφορά τις πλέον δυσμενείς γεωλογικές ζώνες. Επειδή η διαφορά έντασης μεταξύ αυτών των ζωνών και του γεωλογικού υποβάθρου θα είναι το πολύ 4 βαθμοί (βλ. ανωτέρω), προκύπτει ότι η γεωσεισμική χαρτογράφηση της περιοχής θα περιλαμβάνει σεισμικές ζώνες έντασης X, IX, VIII και VII βαθμών MM που θα αφορά το γεωλογικό υπόβαθρο. Για τη σχεδίαση των ζωνών οδηγούμεθα, πλην των άλλων και από τις γεωλογικές τομές του σχήματος 13.

Ως προς τις αναμενόμενες σεισμικές επιταχύνσεις κάθε ζώνης, μπορούμε να τις βγάλουμε από το διάγραμμα του σχήματος 2, ή από τον παρακάτω πίνακα.

Π Ι Ν Α Κ Σ 7

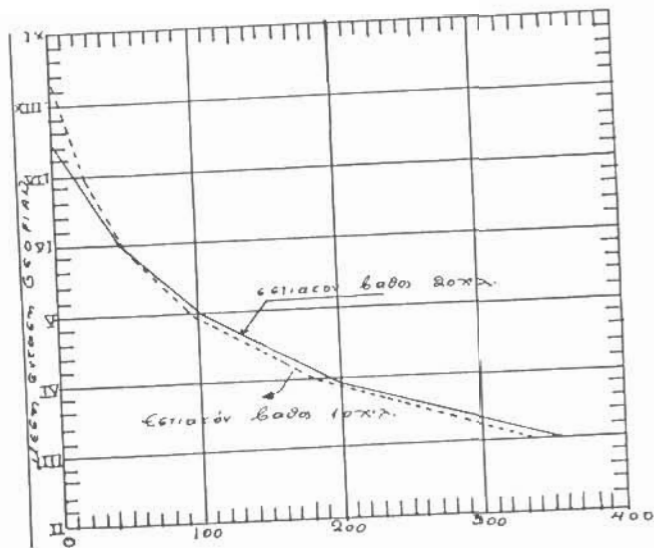
ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ MM	α ΚΑΤΑ SIEBERG MM sec <sup>-2</sup>	α ΚΑΤΑ GUTENBERG MM sec <sup>-23</sup>
6	100	300
6.5	150	450
7	250	700
7.5	350	1000
8	500	1500
8.5	750	2100
9	1000	3200
9.5	2500	4600

##### 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ

Οι τιμές του ενδεδειγμένου αντισεισμικού συντελεστή που θα παρουσιάζονται ενδεικτικά στις ισοσεισμικές ζώνες του χάρτη είναι ένα δευτερογενές στοιχείο που προκύπτει από κάποιο υπολογισμό με βάση την αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση. Για τον υπολογισμό του  $\sigma_w$  μπορούμε να εφαρμόσουμε τη μέθοδο που προτείνει ο Καθηγητής Α. Γαλανόπουλος στο σύγγραμμα του Στοιχεία Σεισμολογίας κλπ. Αθήνα 1976.

Με αυτή τη μέθοδο τ'όσο συμφωνεί με τους Γαλλικούς κανονισμούς και που γίνεται σκέψη να εφαρμοσθεί στο νέο υπό σύνταξη ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό, οι τιμές που προκύπτουν για τους αντισεισμικούς συντελεστές είναι σχετικά μεγάλες σε σχέση με τους μέχρι του 1981 εφαρμοζόμενους συντελεστές του 0.04 έως 0.6.

Από εφαρμογές της μεθόδου αυτής που κάναμε σε εδαφοτεχνικές μελέτες σιλό μεγάλου ύψους της ΚΥΔΕΠ στην περιοχή Καστοριάς και



Απόσταση από επίκεντρο χ.λ.μ.

6 x. 13

Λάρισας, προέκυψαν αντισεισμικοί συντελεστές 12% για την Καστοριά και 15% για τη σεισμικά πλέον επικίνδυνη περιοχή της Λάρισας.

Σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο, ο αντισεισμικός συντελεστής  $\sigma$  είναι γινόμενο 4 άλλων συντελεστών που είναι:

- (α) Συντελεστής σεισμικής έντασης που παίρνει την τιμή 1 στην περίπτωση που το έργο υπολογίζεται για προστασία από σεισμό VIII έως 2 για την περίπτωση που αναμένονται σεισμοί IX ή X. Τέλος, παίρνει την τιμή 0.5 για το καλύτερο έδαφος θεμελίωσης (γρανίτες κλπ.).
- (β) Συντελεστής αντίδρασης που είναι ηλίκον της επιτάχυνσης του εδάφους δια της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Στην περίπτωση που είναι  $\alpha = 1$  το  $\beta$  μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση  $\beta = 0.065/\sqrt[3]{T}$  όπου  $T$  περίοδος αιωρήσεως της κατασκευής.
- (γ) Συντελεστής διανομής υπολογιζόμενος από τη σχέση  $\gamma = \frac{3r}{2n+1}$  όπου  $r$  η τάξη ορόφου που εξετάζεται και  $n$  ο αριθμός ορόφων.
- (δ) Συντελεστής εδάφους θεμελίωσης που παίρνει την τιμή 0.8 για ευνοϊκά εδάφη έως 1.3 για δυσμενή.

## 6. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΡΙΚΑΛΛΩΝ

Στον πίνακα 8 δίνονται ταξινομημένα τα στοιχεία που θα εφαρμοσθούν στη σύνταξη του χάρτη, ενώ στον πίνακα 9 δίνονται το υπόμνημα για την περίπτωση της ευρύτερης περιοχής της πόλεως των Τρικαλλών.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

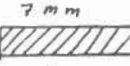
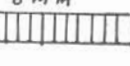
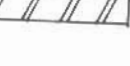


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή τη μελέτη, μπορεί να συνοψισθούν παρακάτω.

- (α) Το πρόβλημα του αντισεισμικού συντελεστή που είναι βασικής σπουδαιότητας και χρησιμότητας για τη μελέτη των κατασκευών, δεν είναι δυνατόν πλέον να αντιμετωπίζεται σαν γενικό πρόβλημα μιας περιοχής. Μέσα στην ίδια περιοχή, ανάλογα με τις γεωλογικές δομές που υπάρχουν, θα εκλέγεται Αντισεισμικός συντελεστής βάσει της αναμενόμενης έντασης σεισμού που θα προκύπτει από κάποια γεωσεισμική χαρτογράφηση εκτελούμενη με αυτήν ή κάποια άλλη μέθοδο. Έτσι, μία ζώνη μπορεί να απαιτεί συντελεστή 0.06 ή 0.08, ενώ κά-

## ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΡΙΚΑΛΛΩΣ

A/A ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM sec <sup>-2</sup>	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.
A/A ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.	Αναμενόμενη σεισμική επίταξη, σε MM. Ένταση.
1	Γεωλογικό υπόβαθρο	475	475	0,048	1,26	1	0,06
2	Νεογενή	1000	1000	0,102	1,26	4,4	0,12
3	Διλλούβια με μερική συμπύκνωση	2100	2100	0,21	1,26	4,4	0,26
4	Αλλούβια ασύνεκτα υδροφόρα	4650	4650	0,47	1,26	4,1	0,59
5	Εδάφη κατάλληλα διά διά ή χρήση: Τέλματα, έλη κορύματα θήνες κλπ.	4650	4650	0,47	1,26	1,3	1,3

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΡΙΚΑΛΛΩΝ

A/A ΣΕΙΣΜ.	ΕΔΑΦΙΚΗ Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΣΕΙΣΜ. ΕΝΤΑΞΗ	ΣΕΙΣΜ. ΕΠΙΤΑΧ.	ΑΝΤΙΣΕΙΣΜ. ΣΥΝΤΕΛ.	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ
1	Γεωλογικό υπόβαθρο	VII	475	0.06	Κατάλληλο για κάθε κατασκευή οσοδήποτε βαριά.	
2	Νεογενείς μάργες & φαρμίτες	VIII	1000	0.12	Μικρές ή πολυόρφες οικοδομές, μικρά τεχνικά έργα.	
3	Διλλούβια με μερική διαγένεση	IX	2100	0.26	Επαφές κατασκευής, οικοδομές έως 4-5 ορόφων κλπ.	
4	Αλλούβια ασύνεκτα, υδροφόρα σε νεογενές υπόβαθρο.	X	4650	0.59	Κατάλληλα για ελαφρές κατασκευές και μικρά τεχνικά έργα.	
5	Τέλματα, έλη, θήνες, πλάγια κορήματα, υδροφόρος άμμος.	X	465	0.59	Ακατάλληλα για κάθε χρήση.	

νου ότι ο αντισεισμικός συντελεστής επιβαρύνει το κόστος έργου συνάγεται ότι με κατάλληλη επιλογή των αντισεισμικών συντελεστών θα επιτευχθεί και οικονομία στο έργο και ασφάλεια.

(β) Παρίσταται ανάγκη αμέσου έναρξης της γεωσεισμικής μικροπεριφερειακής χαρτογράφησης της χώρας, αρχίζοντας με τις πλέον επικίνδυνες σεισμικά περιοχές, π.χ. τη Θεσσαλονίκη, την Αθήνα, το Ηράκλειο, τα Ιόνια νησιά, τη Θεσσαλία κλπ. και με προτεραιότητα στις οικοδομικά αναπτυσσόμενες.

(γ) Με ένα πρόγραμμα γεωσεισμικών χαρτογραφήσεων αυτών των περιοχών που θα πρέπει να αρχίσει σύντομα, πέραν από τους παραπάνω στόχους, θα επιτευχθεί και ένας άλλος εξ ίσου σημαντικός. Να δοθεί απασχόληση σε ένα μεγάλο αριθμό νέων πτυχιούχων της Γεωλογίας και της Σεισμολογίας.

(δ) Ανάλογα με την έκταση της κάθε γεωσεισμικής επαρχίας, θα εκλέγεται και η κλίμακα της χαρτογράφησης που θα μπορεί να είναι 1:5.000 ή 1:10.000 ή 1:20.000.

(ε) Οι βασικοί γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ σε κλίμακα 1:50.000 μπο-

ρούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν αρχικά σαν βασικά γεωλογικά υπόβαθρα των γεωσεισμικών χαρτών αφού υποστούν την επεξεργασία που καθορίσαμε.

(στ) Έτσι το ΙΓΜΕ θα αποτελέσει τον βασικό φορέα μέσα στους άλλους συνεργαζόμενους φορείς που θα επιφορτισθεί το έργο της σύνταξης των γεωσεισμικών χαρτών.

(ς) Με τα παραπάνω και άλλα μέτρα, που θα κρίνουν κατάλληλα οι αρμόδιοι, θα δοθεί μία ριζική λύση στο πρόβλημα της αντισεισμικής προστασίας των κατασκευών με τις αναφερόμενες παραπάνω ευνοϊκές επιπτώσεις και παράλληλα θα δοθεί μία μερική λύση στο πρόβλημα της απασχόλησης μεγάλου αριθμού νέων γεωλόγων.

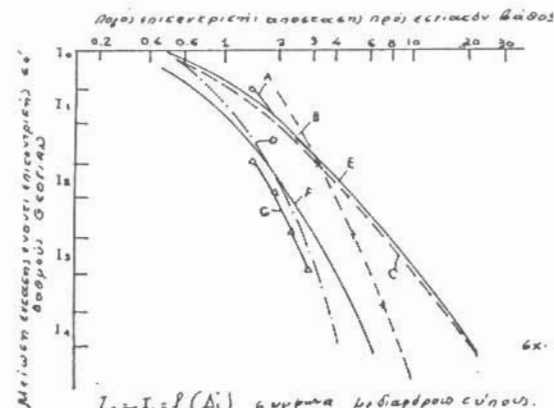
Σε πρώτη φάση, μία διεύθυνση γεωσεισμικών χαρτογραφήσεων του ΙΓΜΕ, θα μπορούσε να απασχολήσει 50 γεωλόγους και γεωτεχνικούς και άλλους τόσους ο ΟΑΣΠ.

(η) Ο φόβος και οι ανησυχίες των Υπηρεσιών μετά από τους σεισμούς των Αλκυονίδων του Φλεβάρη 1981 που εκδηλώνεται με τάση για υψηλούς αντισεισμικούς συντελεστές δεν είναι απόλυτα δικαιολογημένες. Οπωσδήποτε κάθε γήπεδο έχει το δικό του αντισεισμικό συντελεστή, ο οποίος όταν πρέπει θα είναι υψηλός και όταν μπορεί θα είναι χαμηλός, όπως ήταν και προ του 1981. Αυτό απαιτεί η οικονομική εκμετάλλευση των έργων.

(θ) Επειδή όπως είπαμε σε μία συνήθη γεωλογική ζώνη που αποτελείται από γεωλογικό υπόβαθρο και από νεώτερα ιζήματα μπορούμε να έχουμε διακύμανση 4 μονάδων, σεισμικής έντασης προκύπτει ότι σε αυτό περίπου τον αριθμό θα πρέπει να κυμαίνονται οι εφαρμοστέοι αντισεισμικοί συντελεστές σε μία τέτοια περιοχή και αυτός θα είναι ο αριθμός (4-5) των διακεκριμένων μονάδων της γεωσεισμικής χαρτογράφησης.

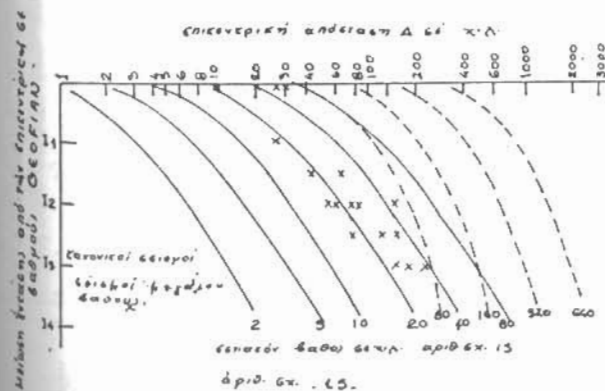
(ι) Ως προς την αναλυόμενη στην μελέτη αυτή μέθοδο γεωσεισμικής χαρτογράφησης μπορούμε να σημειώσουμε ότι σε σχέση με τις αντίστοιχες Ρώσικες και Αμερικάνικες διαφέρει κατά το ότι πέρα από τις ισοσεισμικές και τις επιταχύνσεις συνδυάζει και τον υπολογισμό του αντισεισμικού συντελεστή.

$I_0 - I_1 = K \log \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta L}{h}\right)^2}$   
 όπου:  $I_0 - I_1$   
 διαφορά κλιμακωτικής  
 και έντασης σε από-  
 σταση:  $\Delta L$  από το  
 κέντρο,  $K$  συντε-  
 λεστής σεισμικής  
 εξασθένισης γέ σιμής  
 20' έως 4.5 διά μανο-  
 νικού σεισμού και  
 4.5 έως 7.5 διά σει-  
 σμού μεγάλου βά-  
 θους



$I_0 - I_1 = f(\Delta L)$  αγκυρά με διαφόρου εύρους.

- A, Ingledad (1924) (υπολογιστική)
- B, Gutenberg and Richter (1921)
- C, Koverligetay (1902) and Grassmann (1911) χωρίς απορροή  $P=0$
- D Same as C but with consideration of absorption ( $\cos \theta \cdot \rho \cdot \Delta L$ )
- E, Brate (1941) βία  $K=3$
- F, Same as E βία  $K=6$
- G, Medvedev (1959)



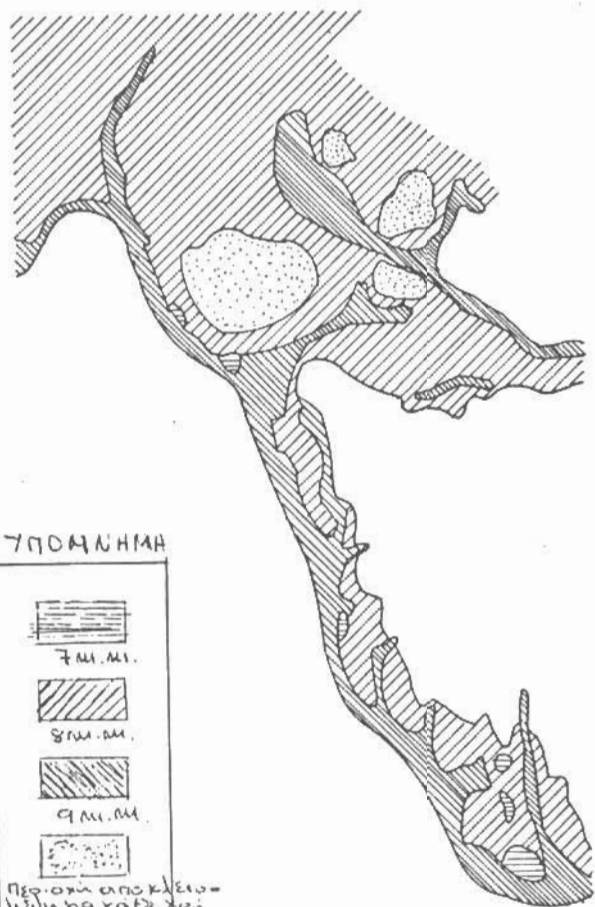
ΤΥΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣΤΙΚΙΑ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ  
2053 ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΑΙ Η ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΡΟΦΟΥ (1959)  
ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΕΙΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΕΙΣ ΑΙΑ 713 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ Α. ΜΗΡΑΡΟΥΔΗ  
ΕΣ ΠΕΤΡΕΛΙΑ ΑΛΩΣΘΡΑΣ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ Ο ΓΡΑΦΙΤΗΣ ΜΕ ΑΥΞΗΣΗ Ο

Α/Α Νομά. του σερωματογραφή	Γεωλογική περιγραφή	Βασικοί φαινόμενα	Αιτίες και προτάσεις	Διακρινόμενα χαρακτηριστικά
1	 Γρανιτικός ιεδύναμα χωρίς αποσάθρωση και χωρίς διάρρηξη.	Βασικοί φαινόμενα Γρανιτική αποσάθρωση	Μείωση 1.2	Μείωση 1.2
2	 Μεγάλου ποσού ηφαιστειακή πετρώματα: αβεβέτοιχοι παγνίται κρεοποίηση θραυώδους υψών ή μεταμορφωμένα τύπου χλαστικής ή ζυμώσεως	Βασικά φαινόμενα Αφασία ως θφηνίσωση	02.08	02.08
3	 Ηφαιστειακή πετρώματα γυμνοεργητή φεωκασεϊδή ή εκτεσθρη (ηλικία) αυστηρή ηγνίσληρα πορώδη γυάλου πάκου λετρώματα μινωής υψών ή εκτεσθρής πτυκωμένα, κρυσταλλικά τασθοί, ζωρμωί, παγγίτες αφηθίτοιχοι και γραμαρψίκοι εκτεσθρη, μετασφαιώσεως κομής ή κωμψίκοι της γωνίας του εσωτερικού επιπέδου.	Βασικά φαινόμενα Αφασία ως θφηνίσωση από την περιήωση και τη μετασφαιώση κομής παρασφαιώση από εισαγωγή	07.1.1	Μείωση 1

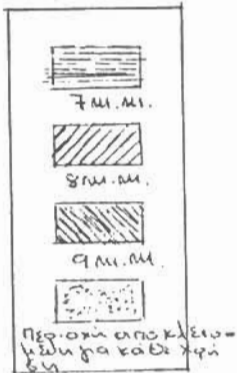
Α/Α Νομά. του σερωματογραφή	Γεωλογική περιγραφή	Βασικά φαινόμενα	Αιτίες και προτάσεις	Διακρινόμενα χαρακτηριστικά
4	 Σημειοί κρυσταλλικοί αποκλειστικοί και κομψίκοι κρυσταλλικοί κομψίκοι σε ελάση από ελάση. Στο επάνω τμήμα φάσμα κρυσταλλικών και η μετασφαιώση, μετασφαιώση. Μείωση γυάλου υψών, στο πορώδη 5(α)	Βασικά φαινόμενα Αφασία από υπερφόρτιση και μετασφαιώση. Κομψίκοι από υπερφόρτιση. Κομψίκοι μετασφαιώση	1-2-16	Αφασία
5	 Κομψίκοι κρυσταλλικοί αποκλειστικοί και κομψίκοι σε ελάση από ελάση. Στο επάνω τμήμα φάσμα κρυσταλλικών και η μετασφαιώση, μετασφαιώση. Μείωση γυάλου υψών, στο πορώδη 5(α)	Βασικά φαινόμενα Αφασία από υπερφόρτιση και μετασφαιώση. Κομψίκοι από υπερφόρτιση. Κομψίκοι μετασφαιώση	1.0.-2.0	Μείωση 1 και 2 Μείωση 1 και 2 Μείωση 1 και 2
6	 Αφασία από ελάση κρυσταλλικών και κομψίκοι σε ελάση από ελάση. Στο επάνω τμήμα φάσμα κρυσταλλικών και η μετασφαιώση, μετασφαιώση. Μείωση γυάλου υψών, στο πορώδη 5(α)	Βασικά φαινόμενα Αφασία από υπερφόρτιση και μετασφαιώση. Κομψίκοι από υπερφόρτιση. Κομψίκοι μετασφαιώση	2-2-5 1.6-2.8	Αφασία Αφασία Αφασία
7	 Αφασία από ελάση κρυσταλλικών και κομψίκοι σε ελάση από ελάση. Στο επάνω τμήμα φάσμα κρυσταλλικών και η μετασφαιώση, μετασφαιώση. Μείωση γυάλου υψών, στο πορώδη 5(α)	Βασικά φαινόμενα Αφασία από υπερφόρτιση και μετασφαιώση. Κομψίκοι από υπερφόρτιση. Κομψίκοι μετασφαιώση	1.6-2.8	Μείωση 1 και 2 Μείωση 1 και 2 Μείωση 1 και 2

	<p>Αλλοβία πακου εσω από 3μ. σε εστίο υπόθετο τεταρτογενές αίγροι χαλυει ληροί, άρβ. άρβ.</p>	<p>Ξειογία ενικινδύνη είδία σε κειομένα ηρωτά. Αξιογία ενίδραση είναι ικυρότερη δσο γεωραφική ή διαφορά ιδιοτήτων αλλοβίων και υπόθετον.</p>	<p>Αύξηση κατά 1-2 μ. ουδέτε 1-2 μ. ουδέτε 1-2 μ. ουδέτε</p>
	<p>Νύφα ενδώνη και τεταρτογώνη έδαρη</p>	<p>Πολύ ενικινδύνα εισοριώς όχι μόνο επί ηρωτίες αλλά και σε οριζόντιο έδαρη Τα ηρωτά ηρίνη και οριζοτά όνοτα</p>	<p>Αύξηση κατά 1-2 μ. ουδέτε 1-2 μ. ουδέτε</p>
	<p>Φυεία ενικινδύνα. Απορίματα μεταλλίων σίπακος από 3-10μ.</p>	<p>Πολύ ενικινδύνα εισοριώς είδία όταν δέν έκουν ευθύνη ευθείς σφείλονται σε ηρωτά.</p>	<p>Αύξηση 1-2 μ. ουδέτε</p>
	<p>Πλαφία κορύματα σε ενικινδύνα νέος γεωγραφικόν υπόθετον</p>	<p>Πολύ ενικινδύνα είδία σε ενικινδύνα υπόθετον και όταν υπόθετον σε ρευτορασία</p>	<p>Αύξηση 1-2 μ. ουδέτε</p>

	<p>Ανθεκτικά σερύματα σε εξέλιξη υπερκίονος διαδο- σης και, ασαρ, ασαρ και βελίματα</p>	<p>Ανθεκτικόν η αύξηση κατά 12μ.ον.</p>
	<p>Στοματά ορυγμένων διεσθών. αων με ίση μακροτήτων ή μή- τε μακροβύτων ή τρυβύματα</p>	<p>Ανθεκτικόν η αύξηση κατά 1 μ.ον.</p>
	<p>Ανθεκτικά σερύματα καί τρυβύματα διαδορών πεταμένων α) 3μ.ον β) 1μ.ον</p>	<p>Ανθεκτικόν η αύξηση κατά 1-2 μ.ον.ον</p>
	<p>Σταματά ορυγμένων ή κομωτά διεσθώνος σερύματα βύθη- τα σερύματα (b) σερύματα ηισανών (α) ενίερητα</p>	<p>Ανθεκτικόν η αύξηση κατά 1-2 μ.ον.ον</p>



ΥΠΟΜΑΧΗΜΑ



Σκ17 Ο μικροπεριφερειακός γεωσεισμικός χάρτης που συνέταξε το 1959 δια την μητροπολιτική περιοχή Los Angeles Η.Π.Α ο Richter.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ, Α. Στοιχεία Σεισμολογίας και φυσικής του εσωτερικού της γης. Αθήνα 1976.
- ΜΕΛΕΝΤΗ, Ι., ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Β. Σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου. Θεσσαλονίκη 1980.
- ΡΟΥΣΣΟΠΟΥΛΟΥ, Α. Αντισεισμικά κατασκευαί. Αθήνα 1969.
- ΙΩΑΝΝΙΔΗ, Π. Το φαινόμενο του σεισμού. Αθήνα 1969-1981.
- ΑΝΩΝΥΜΟΣ. Σεισμοί, Αθήνα, 1981.
- BULLEN, K.E. In introduction to the theory of seismology.
- ESSA. Symposium on Earthquake Prediction U.S. Department of Commerce 1966.
- GORYACHEV, A.V., YERSHOV, I.A., KIRILLOV, F.A, KUZIN, I.P., LYAMZINA, G.A., MEDVEV, S.C., POPOV, V.V., FEDOTOV, S.A. and SHTEINBERG, V.V., 1963. Seismic micro regionalization of the territory of Petropavlosk - Kamchatka, in Problems in engineering seismology, N°8: Akad. Nauk SSSR Inst. Fiziki Zemli Trudy 28 (195).
- GUTENBERG, BENO, 1942c. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration: *Seismol.Soc.America Bull.*, v.32, N°3, p.163-191.
- GUTENBERG, BENO, 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration (2rd paper). *Seismol.Soc.America Bull.*, v.46, N°2.
- GUTENBERG, BENO, RICHTER, C.F., and WOOD, H.O., 1932. The earthquake in Santa Monica Bay, California on August 30, 1930. *Seismol.Soc.America Bull.*, v. 22, N°2.
- U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION. Use of seismic intensity data to predict the effects of earthquakes and underground Nuclear explosions in various Geologic Settings. Washington 1969.
- NEWMANN, FRANK and CLOUD, W.K., 1955. Strong-motion records of the KERN Contry earthquakes. *California Div. Mines and Geology Bull.* 171.
- POPOV, V.V., 1959. Engineering-geologic criteria of detailed seismic regionalization, in Problem in engineering seismology, N°2. *Akad. Nauk SSSR Inst. Fiziki Zemli Trudy 5.*
- PUCHKOV, S.V., 1959. Instrumental seismic micro-regionalization of the zone of the AshKabad Earthquake of 1984, in Problems in engineering seismology, N°2. *Akad.Nauk SSSR Inst. Fiziki Zemli Trudy 5 (172).*
- RICHTER, C.F., 1935. An instrumental earthquake magnitude scale: *Seismol. Soc. America Bull.*, v.25, N°1.
- RICHTER, C.F., 1958. Elementary seismology. San Francisco, California, W.H. Freeman and Co.
- RICHTER, C.F., 1959. Seismic regionalization. *Seismol. Soc. America Bull.*, v. 49, N°2.
- SHEBALIN, C.E., 1955. On the connection between energy, intensity and Focal depth of earthquakes. *Akad. Nauk SSR Izv. Fiziki Zemli Ser. 4.*
- SHEBALIN, N.V., 1975b. Correlation between magnitude and intensity of earthquakes; asthenosphere. *Akad. Nauk SSSR 11 Gen. Assembly Internat. Union Geodesy and Geophysics*, thesis rept.
- SHEBALIN, N.V., 1961. Intensity, magnitude and depth of focus of earthquakes in the USSR. *Moscow Akad. Nauk SSSR.*