

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 109-132	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

I. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ* & ΕΦ. ΣΤΑΜΕΛΟΥ**

Εισαγωγή

Στη μελέτη αυτή εφετάστηκαν 125 χάρτες ισοσειστών, για να μελετηθεί η εξασθένιση των εντάσεων σε συνάρτηση με την επικεντρική απόσταση στον Ελλαδικό χώρο συνολικά, αλλά και λεπτομερέστερα στις ακόλουθες σεισμοτεκτονικές ζώνες:

1) Σερβομακεδονική ζώνη, 2) ζώνη ΒΔ Ελλάδας, 3) ζώνη Ιονίου Δυτ. Πελοποννήσου, 4) ζώνη Κεντρικής Πελοποννήσου, 5) ζώνη Κορινθιακού - Πατραϊκού, 6) ζώνη Κεντρικής Ελλάδας.

Η γεωγραφική διανομή των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων ενός σεισμού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, που συνδέονται με τις ιδιότητες του σεισμογόνου χώρου (εστιακό βάθος, μέγεθος ή σεισμική ροπή, φάσμα συχνοτήτων, διάγραμμα ακτινοβολίας), τη διαδρομή του κύματος (ασυνέχειες, μεταβολές ταχυτήτων) και τη θέση παρατήρησης (τύπος εδάφους, ρήγματα, στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, κλπ.).

Η εξάρτηση της διανομής των εντάσεων από τόσο πολλούς παράγοντες δυσκολεύει την πλήρη ερμηνεία τους, αλλά μερικοί από τους παραπάνω παράγοντες έχουν περισσότερο κυρίαρχο χαρακτήρα συγκριτικά με άλλους. Πάντως οι κύριες μορφές των χαρτών ισοσειστών, που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή, καθορίζονται κυρίως από το μέγεθος του σεισμού, το εστιακό του βάθος και το μηχανισμό γένεσής του.

(*) Καθηγητής στο Παν/μιο της Αθήνας, Τομέας Γεωφυσικής - Γεωθερμίας.

(**) Γεωλόγος στη Δ/ση Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών του Υ.Χ.Ο.Π.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην εργασία αυτή έχει περιγραφεί λεπτομερώς από τον Δρακόπουλο (1978α, 1978β)

Για τη συστηματική μελέτη του μακροσεισμικού πεδίου εφετάστηκαν 125 χάρτες ισοσειστών που αντιστοιχούν σε επιφανειακούς σεισμούς του Ελλαδικού Χώρου, δηλ. στην αρχική ανάλυση των δεδομένων θεωρήθηκε ότι οι παράμετροι διάδοσης σ' ολόκληρο τον Ελλαδικό Χώρο είναι όμοιες, πράγμα που πρακτικά σημαίνει ίδιες σεισμοτεκτονικές συνθήκες.

Όλοι οι χάρτες ισοσειστών που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή έχουν δημοσιευτεί κυρίως στον 'Ατλαντα ισοσειστών του Σεισμολογικού Προγράμματος UNESCO, στα μηνιαία Σεισμολογικά Δελτία του Αστεροσκοπείου Αθηνών και στον 'Ατλαντα Ισοσειστών του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Οι παράμετροι των σεισμών που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ταξινομηθεί χρονολογικά στον Πίνακα I. Οι εντάσεις δίνονται σε κλίμακα Modified Mercalli (MM).

Οι αρχικές ισόσειστες που αντιστοιχούν σε σεισμούς σχετικά παλαιότερων περιόδων (προ του 1960) είναι περισσότερο εκτεταμένες συγκριτικά με τις αντίστοιχες ισόσειστες πλέον πρόσφατων σεισμών του ιδίου μεγέθους που ανήκουν φυσικά στην ίδια γεωγραφική περιοχή. Η πιθανότερη εξήγηση είναι ότι είχαμε υπερεκτιμημένα μακροσεισμικά δεδομένα προ του 1960. Πάντως στους αναθεωρημένους χάρτες που έχουν δημοσιευτεί πρόσφατα αυτό έχει διορθωθεί σε ικανοποιητικό βαθμό.

Ακόμη πρέπει να τονίσουμε ότι η ισόσειστη III βαθμίου επειδή βρίσκεται στα όρια αισθητότητας καθορίζεται με κάποιο βαθμό αβεβαιότητας. Επίσης οι ισόσειστες καμπύλες που αντιστοιχούν στους VIII ή IX βαθμούς έντασης έχουν προσδιοριστεί κατά κανόνα από λίγα σημεία. Για τους παραπάνω λόγους θεωρούμε πλέον αξιόπιστες τις ισόσειστες καμπύλες των IV, V, VI και VII βαθμών έντασης (MM) του Πίνακα I.

Στο χάρτη του σχήματος (1) φαίνονται τα επίκεντρα των σεισμών του Πίνακα I. Τούτο σημαίνει ότι η μελέτη βασίστηκε στην αξιοποίηση των επί μέρους χαρτών ισοσειστών των σεισμών αυτών.

Για κάθε περίπτωση με τη χρησιμοποίηση εμβαδομέτρου υπολογίστηκε η επιφάνεια που περικλείεται από κάθε ισόσειστη και η ακτίνα του ισοδύναμου κύκλου D (από τη σχέση $D = \sqrt{A/\pi}$) θεωρείται ως η αντιπροσωπευτική απόσταση μέχρι την οποία σεισμοί ορισμένου μεγέθους M (και μέγιστης επικεντρικής έντασης I_0) γίνονται αισθητοί με διάφορους βαθμούς μακροσεισμικής έντασης I.

Παράμετροι των κανονικών Σεισμών ($h \leq 35$ km) στον Ελλαδικό Χώρο με αξιόπιστους χάρτες ισοσειστών και αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες γίνονται οι σεισμοί αυτοί αισθητοί με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες της στάθμης που αντιστοιχεί σε κάθε στήλη

a/a	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ N° E°	Βά- θος h	Μέγε- θος M	Μέγ. έντα- ση I_0	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	1902, Ιουλ. 5	40,8 23,2	15	6,6	9	140	70	47	30	17	6	2,5
2	1909, Μάιος 30	38,2 22,2	20	6,2	6-7	136	78	37	22			
3	1909, Ιουλ. 15	37,9 21,5	10	5,7	9	132	65	33	16	10		
4	1912, Ιαν. 24	38,1 20,5	11	6,4	8-9	180	142	90	44	22	10	
5	1912, Ιαν. 25	38,2 20,6	30	5,7	5-6	85	50	24				
6	1914, Νοέμ. 27	38,8 20,6	14	6,2	8-9	136	100	56	32	15	8	
7	1915, Ιαν. 27	38,5 20,6	15	6,3	9		120	62	41	26	14	8
8	1915, Ιαν. 4	39,1 21,4	10	5,8	8	150	94	62	31	15	6	
9	1915, Αύγ. 7	38,5 20,5	18	6,6	8-9	172	125	76	52	33	13	
10	1915, Αύγ. 10	38,5 20,5	7	5,7	7		90	44	28	9		
11	1918, Ιουλ. 11	38,3 21,3	10	4,9	6-7	104	62	37	14			
12	1927, Ιουλ. 1	36,8 22,3	15	6,3	9	190	130	88	44	25	11	5
13	1928, Απρ. 22	38,0 23,0	14	6,2	9	200	142	98	48	38	15	7
14	1931, Ιαν. 4	37,9 22,9	10	5,6	8	106	74	44	22	11	6	
15	1932, Σεπτ. 26	40,5 23,9	20	6,9	9-10	300	205	125	53	36	18	11
16	1932, Σεπτ. 29	40,9 23,3	13	6,2	8-9	190	134	70	32	16	7	
17	1933, Μάιος 11	40,6 23,5	28	6,4	8	230	174	98	42	22		
18	1941, Μάρτ. 1	39,7 22,4	15	6,2	7	152	78	44	25	13		
19	1947, Οκτ. 6	36,8 22,0	25	6,9	8-9	260	195	132	62	28	13	
20	1948, Απρ. 22	38,5 20	13	6,6	9-10			105	45	22	11	
21	1948, Ιούν. 30	38,8 20,5	16	6,4	9	190	140	86	38	22	9	6
22	1952, Ιούν. 27	40,7 23,3	16	4,8	6		75	38	20			

α/α	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ. N° E°	Βά- θος h	Μέγε- θος H	Μέγ. έντα- ση I ₀	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
23	1952, Οκτ. 13	39,2 23,4	15	5,2	8	120	87	60	18	7,5	3,5	
24	1953, Μαρτ. 4	38,5 21,8	5	5,1	7	115	88	46	25	7		
25	1953, Ιούλ. 13	38,1 22,6	4	5,1	7		90	37	21	8		
26	1953, Αύγ. 9	38,4 20,7	14	6,2	8		144	80	38	22	9	
27	1953, Αύγ. 11	38,0 20,7	10	6,5	9-10		172	110	64	42	24	12
28	1953, Σεπτ. 5	37,9 23,0	12	5,6	7	120	78	36	16			
29	1953, Σεπτ. 14	38,4 20,8	7	5,2	7		95	41	22	7		
30	1953, Οκτ. 21	38,4 20,7	14	5,4	6-7		106	51	15			
31	1953, Νοέμ. 3	37,9 21,2	5	4,9	6-7	102	65	32	17			
32	1953, Νοέμ. 8	39,0 24,0	20	5,0	6		70	38	7			
33	1954, Ιαν. 18	37,6 21,6	30	5,1	6-7	96	61	42	18			
34	1954, Απρ. 17	38,0 23,0	17	5,1	7-8		105	57	14	6		
35	1954, Απρ. 30	39,3 22,2	20	6,8	9-10	270	192	125	60	32	16	9
36	1954, Δεκ. 23	37,9 21,2	5	5,5	8	102	76	45	16	8		
37	1955, Φεβρ. 9	38,3 23,9	7	4,8	6-7		36	18	5			
38	1955, Φεβρ. 21	39,4 23,1	4	4,7	8			35	17	8	3	
39	1955, Μαρτ. 28	37,6 21,2	9	5,1	7-8			57	22	12		
40	1955, Απρ. 13	37,3 22,5	19	5,2	7-8	154	105	60	22	7		
41	1955, Απρ. 19	39,3 23,0	14	6,1	8-9	180	120	65	33	16	6	
42	1956, Ιούλ. 9	36,6 26,0	24	7,4	8-9	320	240	162	110	55	25	
43	1956, Νοέμ. 2	39,3 23,1	5	5,2	7-8		70	42	21	9		
44	1957, Μαρτ. 8	39,3 22,0	16	6,6	9-10	196	128	82	50	29	13	7
45	1958, Ιούλ. 17	40,7 23,4	19	5,5	7	135	81	37	18	8		

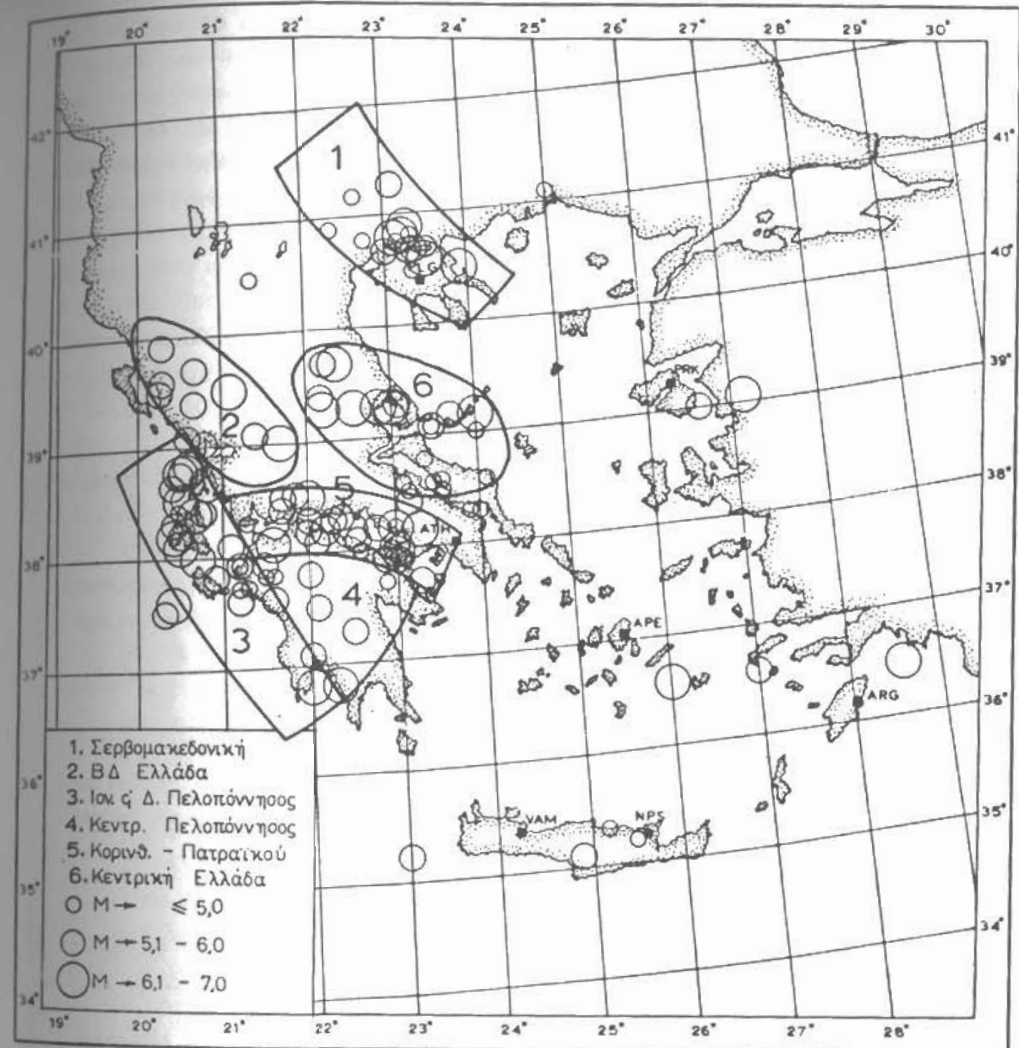
α/α	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ. N° E°	Βά- θος h	Μέγε- θος H	Μέγ. έντα- ση I ₀	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
46	1959, Μάιος 14	35,1 24,9	14	6,0	8-9	153	94	57	28	13	6	
47	1959, Νοέμ. 15	38,7 20,8	29	6,6	7	210	154	100	38	13		
48	1959, Νοέμ. 19	39,0 26,6	8	5,3	6		72	35	8			
49	1960, Φεβρ. 23	39,0 20,7	12	5,4	7	100	64	36	15			
50	1960, Ιούλ. 13	40,5 23,3	7	5,0	8	100	56	32	11	8		
51	1960, Νοέμ. 5	39,1 20,6	10	5,7	7-8	112	80	48	18	9		
52	1961, Μαρτ. 6	38,6 24,1	6	4,5	6		58	14	5			
53	1961, Μάιος 23	36,5 28,6	24	6,3	8	265	190	126	50	27		
54	1961, Σεπτ. 5	38,6 23,6	12	4,5	6		62	34	4			
55	1961, Σεπτ. 5	38,5 23,6	12	4,5	6		65	34	6			
56	1961, Οκτ. 2	37,1 22,0	15	5,5	7	130	78	42	22	8		
57	1961, Δεκ. 13	38,2 23,0	12	4,4	6	72	40	18				
58	1962, Ιαν. 19	38,2 22,0	14	5,3	6-7	100	70	32	12			
59	1962, Οκτ. 4	39,7 22,2	17	5,1	6	104	62	26	13			
60	1964, Φεβρ. 23	39,2 23,7	15	5,5	7	140	94	40	16	6		
61	1964, Απρ. 29	39,1 23,5	25	5,6	6-7	128	82	38	16			
62	1965, Μαρτ. 9	39,2 24,0	15	6,3	8-9	202	146	88	40	18	10	
63	1965, Μαρτ. 31	38,1 21,6	16	6,6	8	230	155	90	36			
64	1965, Απρ. 5	37,8 22,0	12	5,9	9	186	138	78	45	18	7	
65	1965, Ιούλ. 6	38,3 22,3	16	6,0	7	175	116	52	21	10		
66	1966, Ιαν. 2	37,9 23,0	7	5,0	7	76	46	26	10			
67	1966, Φεβρ. 5	39,0 21,7	15	6,3	8-9	160	108	66	32	14		
68	1966, Φεβρ. 8	41,1 25,0	17	4,7	6	90	49	22	10			
69	1966, Σεπτ. 1	37,5 22,1	12	5,6	8	92	62	36	20	10		
70	1966, Οκτ. 29	38,1 21,1	6	5,8	8	120	102	44	21	10		

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

α/α	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ.		Βά- θος h	Μέγε- θος M	Μέγ. έντα- ση I ₀	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
71	1967, Ιαν. 4	38,3	22,0	8	5,3	8	96	64	34	12	7		
72	1967, Φεβρ. 9	39,9	20,3	8	5,6	7-8	102	60	40	14	8		
73	1967, Μαΐος 1	39,5	21,1	15	6,2	8-9	152	96	43	22	14	6	
74	1967, Αύγ. 28	38,3	24,0	30	4,4	4-5	46	24					
75	1968, Μάρτ. 28	37,8	20,9	25	5,8	6	120	78	30				
76	1968, Ιούλ. 4	37,7	23,1	16	5,7	7	128	63	38	18			
77	1968, Οκτ. 31	36,6	27,0	30	5,3	5-6	112	51	21				
78	1969, Ιουν. 8	37,5	20,3	30	5,7	5-6	82	56	21				
79	1969, Οκτ. 13	39,7	20,7	8	5,7	7-8	146	94	44	17	10		
80	1970, Φεβρ. 22	35,3	25,2	4	4,9	7-8	84	41	21	11	6		
81	1970, Απρ. 8	38,2	22,5	17	6,3	7-8	168	110	66	31	16		
82	1970, Απρ. 16	40,7	23,5	14	5,0	6-7	92	44	23	10			
83	1970, Οκτ. 1	38,0	22,6	25	4,4	5	64	30	12				
84	1972, Αύγ. 12	41,1	22,7	n	4,8	6-7	66	39	19	9			
85	1972, Σεπτ. 17	38,2	20,4	n	6,2	7		110	86	26			
86	1972, Οκτ. 10	35,2	25,5	n	4,6	6	62	38	18				
87	1972, Οκτ. 30	38,3	20,4	n	5,5	5	120	52					
88	1973, Ιαν. 10	37,7	21,3	n	5,0	7	76	42	21	10			
89	1973, Μάρτ. 6	38,6	23,5	n	4,3	5	51	24					
90	1973, Μάρτ. 6	38,8	23,4	n	4,2	5	42	20					
91	1973, Ιούλ. 14	37,7	21,2	n	4,8	6	65	42	19				
92	1973, Νοέμ. 4	38,8	20,5	n	6,0	7	140	86	44	22			
93	1973, Νοέμ. 29	35,2	23,0	n	6,0	8	155	110	48	19			

α/α	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ.		Βά- θος h	Μέγε- θος M	Μέγ. έντα- ση I ₀	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
94	1974, Ιούν. 18	38,4	20,5	n	5,0	5-6	90	42	16				
95	1974, Ιούν. 22	41,3	23,1	n	5,1	6	90	50	23	13			
96	1974, Αύγ. 24	37,8	21,5	n	4,2	5-6	42	21	10				
97	1974, Οκτ. 15	40,8	22,8	n	4,5	5-6	54	26	13				
98	1974, Νοέμ. 14	38,4	23,1	n	5,2	7	96	50	30	12			
99	1975, Ιαν. 8	38,2	22,8	n	5,1	5-6	95	63	31				
100	1975, Φεβρ. 2	40,5	21,4	n	4,7	5	56	34	16				
101	1975, Απρ. 4	38,1	22,1	n	5,5	6	93	62	30				
102	1975, Μάιος 19	38,3	22,4	n	5,1	5-6	72	42	25				
103	1975, Ιούν. 30	38,4	21,7	n	5,4	7-8	104	55	35	11			
104	1975, Οκτ. 12	37,9	23,1	n	5,0	6	85	46	20	10			
105	1975, Δεκ. 21	38,4	21,7	n	5,8	7-8	100	58	44	14	10		
106	1975, Δεκ. 31	38,5	21,7	n	5,9	8-9	140	85	50	16	11	6	
107	1976, Ιαν. 18	38,7	20,4	n	5,4	7-8	104	72	35	30	15	8	
108	1976, Φεβρ. 22	39,4	22,2	n	5,1	7	85	50	25	11	5		
109	1976, Μάιος 11	37,6	20,4	33	6,3		174	90	18				
110	1976, Οκτ. 17	38,6	23,1	10	4,0	5	45	27	5				
111	1977, Ιαν. 16	37,8	22,9		4,9	7	57	33	19	8	3		
112	1977, Μάιος 13	39,1	23,5	5	4,9	6	70	42	19	4			
113	1978, Μάιος 23	40,7	23,3	9	5,8	7-8		50	20	3			
114	1978, Ιούν. 2	40,8	23,2	19	4,8	6	59	32	20	11			
115	1978, Ιούν. 20	40,8	23,2	3	6,4	8		90	60	32	14	4	
116	1978, Ιούλ. 4	40,7	23,0	18	5,1	6-7		80	40	9			

α/α	Ημερομηνία	Γεωγρ. Συντ. Ν° Ε°	Βά- θος h	Μέγε- θος M	Μέγ. έντα- ση I ₀	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
117	1978, Σεπτ. 9	38,5 - 23,2	23	4,6	5-6	64	32	10				
118	1979, Μάρτ. 26	37,8 - 21,6	40	4,9	7		40	26	14			
119	1979, Σεπτ. 25	40,9 - 22,4	5	4,6	6-7		32	15	4			
120	1979, Νοέμ. 6	39,6 - 20,3	25	5,7	8	105	66	28	16	9		
121	1979, Νοέμ. 11	39,5 - 20,3	27	5,4	7	58	32	12	7			
122	1980, Ιουλ. 9	39,3 - 22,9	40	6,4	8-9		150	86	48	25	8	
123	1981, Φεβρ. 20	38,2 - 23,0	18	6,7	9	-	225	148	71	46	25	9,5
124	1981, Μάρτ. 4	38,2 - 23,3	15	6,4	9-10		170	95	52	32	18	7
125	1981, Μάρτ. 10	39,4 - 20,7	25	5,6	7-8		134	60	38	16	8,5	



Σχ. 1. Χάρτης επικέντρων των σεισμών στις ισοσειστές καμπύλες των οποίων βασίστηκε η εργασία αυτή. Στο χάρτη φαίνονται επίσης οι κύριες σεισμοτεκτονικές μονάδες του Ελλαδικού χώρου

Μερικοί σειсмоγόνοι χώροι προκαλούν μακροσεισμικά αποτελέσματα μιας συγκεκριμένης τυπικής μορφής, όμως συνήθως η μορφή των ισοσειστών είναι πολύπλοκη και μικρές αζιμουθιακές μεταβολές οδηγούν σε μάλλον διαφορετικές καμπύλες εξασθένησης. Η λεπτομερής μελέτη των χαρτών ισοσειστών του Ελλαδικού Χώρου δείχνει ότι το σχήμα τους δεν είναι απλό. Οι παρακάτω μορφές ισοσειστών θεωρούνται ως οι πλέον αντιπροσωπευτικές:

- 1) Κυκλικές.
- 2) Ελλειπτικής Μορφής.
- 3) Κυκλικές, αλλά με αναπτυγμένο λοβό κατά ορισμένη διεύθυνση.
- 4) Ισόσειστες με σημαντικές διαφορές στο σχήμα εσωτερικών και εξωτερικών ισοσειστών.
- 5) Πολύπλοκης Μορφής.

Όπως όμως προαναφέρθηκε στην εργασία αυτή, θεωρήσαμε για όλους τους χάρτες ισοσειστών του Πίνακα I ισοδύναμους κύκλους και κατ' αυτό τον τρόπο έγινε η συνολική επεξεργασία των δεδομένων.

Στο τελευταίο μέρος όμως της εργασίας ασχοληθήκαμε αποκλειστικά με χάρτες ελλειπτικής μορφής, που παρατηρούνται κυρίως σε σεισμούς του Ιονίου και της Δυτ. Πελοποννήσου.

2. Σχέση Μεγέθους Σεισμού και Αντίστοιχων Σεισμικών Εντάσεων

Η σεισμική ένταση επιφανειακών σεισμών I_i στο σημείο i εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος M και την αντίστοιχη επικεντρική απόσταση D_i , δηλαδή:

$$I_i = bM - f(D_i) \quad (1)$$

Η παραπάνω εξίσωση περιγράφει το μακροσεισμικό πεδίο, δηλαδή το γειτονικό προς το επίκεντρο μέρος της επιφάνειας της Γης, όπου παρατηρούνται μακροσεισμικά αποτελέσματα.

Πολλοί ερευνητές τα τελευταία χρόνια βρήκαν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ μεγέθους σεισμού και επιφάνειας, στην οποία ο συγκεκριμένος σεισμός γίνεται αισθητός με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες ορισμένης (Slemmons et al. 1965, Brazee 1972, Τορροζαδά 1975, Δρακοπούλος 1978a).

Από τα δεδομένα του Πίνακα I, που απεικονίζονται στο σχήμα (2), είναι φανερό ότι ο \log της αντιπροσωπευτικής απόστασης $\log D$, αυξάνει σχεδόν γραμμικά με το μέγεθος M για ορισμένη ένταση I , δηλαδή, εξίσωση της μορφής:

$$\log D_i = a_D + b_D M \quad (2)$$

ικανοποιεί τα δεδομένα.

Οι ευθείες γραμμές στο σχήμα (2) έχουν απεικονιστεί με την εφαρμογή της μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων. Προέκταση των αποτελεσμάτων σε μεγαλύτερα μεγέθη δηλ. $M \geq 7,5$ δεν συνιστάται. Η μεγάλη σχετικά διασπορά των σημείων στο σχήμα (2) οφείλεται κυρίως στο διάφορο εστιακό βάθος των επιφανειακών σεισμών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή και στις διαφορετικές παραμέτρους διάδοσης, που ενδεχόμενα υπάρχουν στις διάφορες σεισμοτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού Χώρου.

Η μεγάλη ποικιλία τεκτονικών ενότητων στον Ελλαδικό Χώρο υποδεικνύει ότι οι παράμετροι διάδοσης, σε διάφορες σεισμοτεκτονικές μονάδες, θα διαφέρουν, όταν μάλιστα συνεκτιμηθεί και το γεγονός του διάφορου εστιακού βάθους. Κατά συνέπεια η εξασθένηση των εντάσεων αναμένεται να έχει κάποιας μορφής τοπικό χαρακτήρα.

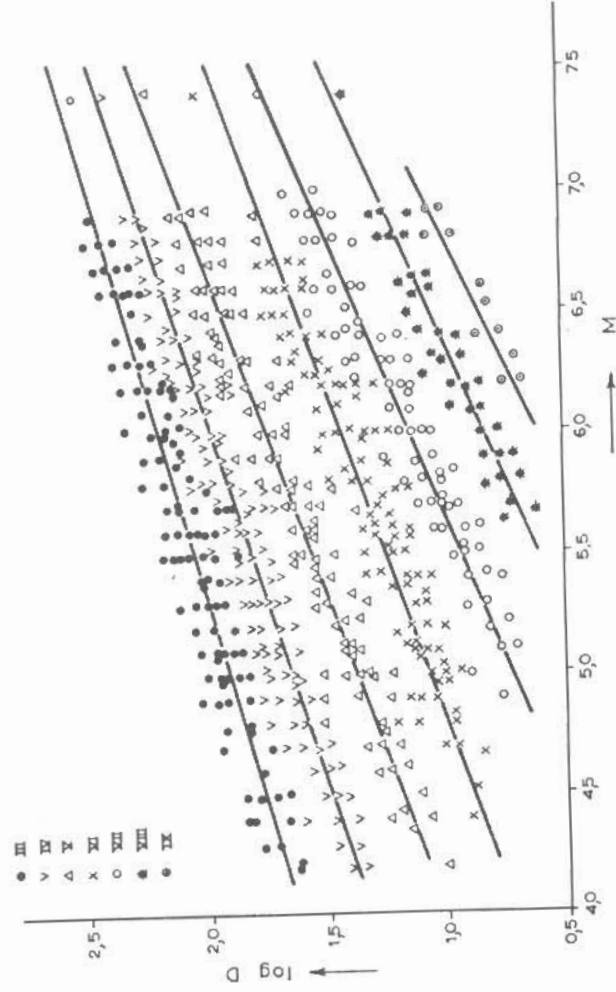
Για τους παραπάνω λόγους χωρίσαμε τον Ελλαδικό Χώρο στις σεισμοτεκτονικές ζώνες, που αναφέρονται στην Εισαγωγή της εργασίας αυτής και φαίνονται στο χάρτη του σχήματος (1).

Με βάση την προηγούμενη μεθοδολογία καταβλήθηκε προσπάθεια να βρεθεί επίσης απόσβεση για κάθε μία από τις συγκεκριμένες αυτές σεισμοτεκτονικές ζώνες, εκτός της:

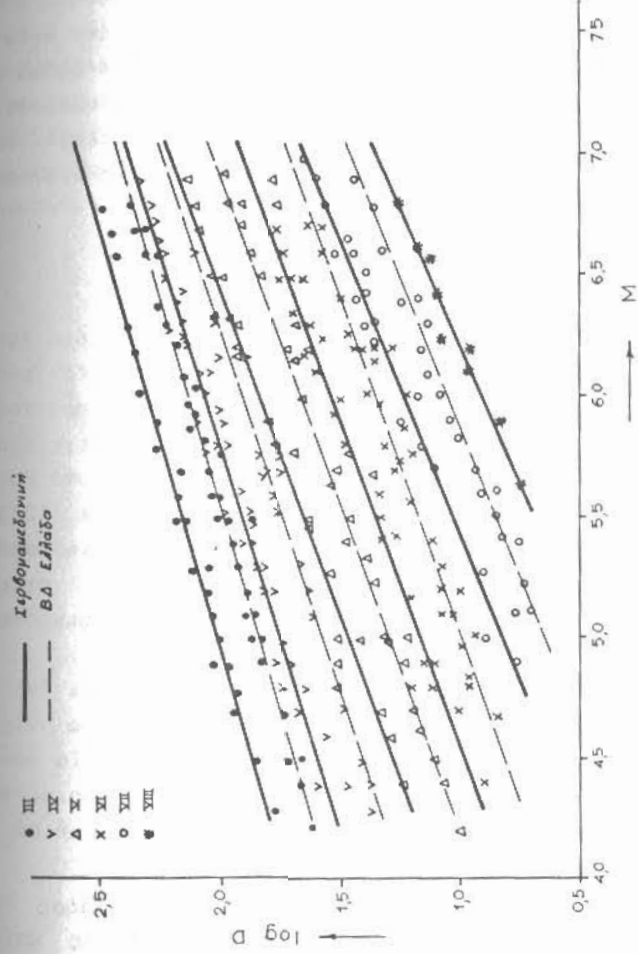
- 1) Ιονίου - Δυτ. Πελοποννήσου, επειδή κυριαρχούν ισόσειστες με ελλειπτική μορφή, τους οποίους και εξετάζουμε στη συνέχεια της μελέτης.

Σημειώνεται ότι σεισμοί του Ελληνικού τόξου δεν εξετάστηκαν στη μελέτη αυτή διότι στη συγκεκριμένη περιοχή συνυπάρχουν επιφανειακοί και ενδιαμέσου βάθους σεισμοί αλλά και διότι η ακρίβεια ισοσειστών είναι λόγω θάλασσας όχι αποδεκτή.

Η απεικόνιση των σημείων του σχήματος 2 για κάθε μία από τις υπόλοιπες 5 σεισμοτεκτονικές ζώνες, έδειξε σαφώς μικρότερη διασπορά σημείων (μεγάλη διασπορά παρατηρείται κυρίως στην περιοχή Κεντρικής Πελοποννήσου. Σε κοινό διάγραμμα, στο σχήμα (3), παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη Σερβομακεδονική Ζώνη και τη Ζώνη ΒΔ Ελλάδα. Με αυτή τη μεθοδολογία, για κάθε σεισμοτεκτονική ζώνη, βρέθηκαν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ μεγέθους σεισμού και επιφάνειας, στην οποία ο συγκεκριμένος σεισμός γίνεται αισθητός με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες ορισμένης.



Σχ. 2. Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες επιφανειακοί σεισμοί ωρισμένου μεγέθους στον Ελληνικό χώρο είναι αισθητοί με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες της στάθμης που αντιστοιχεί σε κάθε ευθεία γραμμή.



Σχ. 3. Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες επιφανειακοί σεισμοί ωρισμένου μεγέθους είναι αισθητοί με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες της στάθμης που αντιστοιχεί σε κάθε ευθεία γραμμή για τις δύο αναγραφόμενες σεισμοτεκτονικές ζώνες.

3. Εξασθένηση των Εντάσεων σε Συνάρτηση με την Απόσταση

Οι νόμοι εξασθένησης των εντάσεων σε συνάρτηση με την απόσταση έχουν κυρίαρχο χαρακτήρα στις μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας και σε άλλα πρακτικά προβλήματα της σεισμολογικής έρευνας. Για το λόγο αυτό αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών (Ergin 1969, Brazee 1972, Howell and Schultz 1975, Drakopoulos 1978b).

Με τους ίδιους συλλογισμούς και παραδοχές που ακολούθησε ο Δρακόπουλος το 1978b, και χρησιμοποίηση περισσότερων και πλέον αξιόπιστων δεδομένων, βρήκαμε τις σχέσεις που απεικονίζονται στο σχήμα (4) για ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο, που δείχνουν τις μέσες αναμενόμενες επικεντρικές αποστάσεις, μέχρι τις οποίες επιφανειακοί σεισμοί ορισμένης μέγιστης επικεντρικής έντασης I_0 είναι αισθητοί με διάφορο βαθμό έντασης I (σχ. 4). Εξισώσεις της μορφής:

$$\log \Delta_I = A_\Delta + B_\Delta I_0 \quad (3)$$

ικανοποιούν τα δεδομένα.

Από το σχήμα (4) καταλήγουμε στον Πίνακα II και στο σχήμα (5). Πρακτικά δηλαδή, οι καμπύλες του σχήματος (5) δείχνουν τη μέση εξασθένηση της έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση για ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο. Από το σχήμα (5) είναι φανερό ότι οι εντάσεις εξασθενούν περισσότερο απότομα σε πολύ μικρές αποστάσεις. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με την παρατήρηση των Howell και Schultz (1975) που στο γενικό όρο εξασθένησης που υπάρχει σε μεγάλες σχετικά αποστάσεις, εμφανίζεται ένας πρόσθετος όρος γρήγορης απόσβεσης στις μικρές σχετικά αποστάσεις, δηλαδή σε αποστάσεις που είναι μικρότερες ή συγκρίσιμες με τις διαστάσεις του σεισμολογικού χώρου.

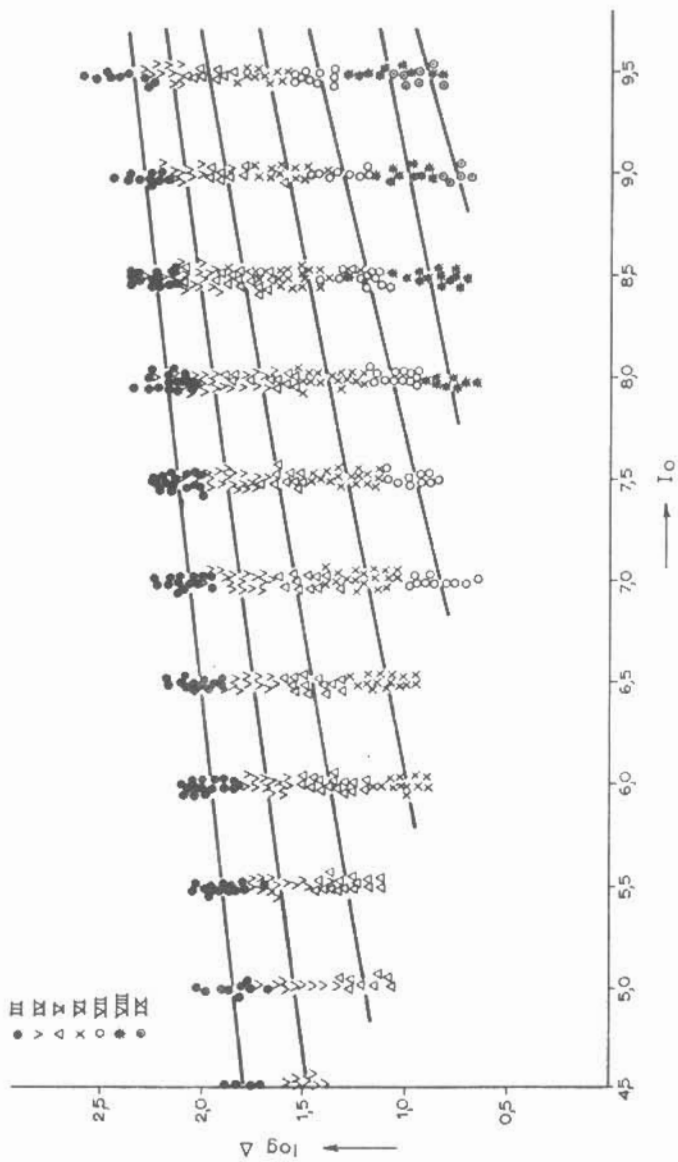
Η μεγάλη διασπορά των σημείων στο σχήμα (4) υποδεικνύει ότι θα πρέπει να μελετηθεί η εξασθένηση των εντάσεων χωριστά για τις διάφορες σεισμοτεκτονικές ζώνες. Ακολουθήσαμε τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και στο σχήμα (6) παρουσιάζονται σε κοινό διάγραμμα τα αποτελέσματα για τη Σερβομακεδονική ζώνη και τη ζώνη ΒΔ Ελλάδας.

Η μεγαλύτερη απόσβεση βρέθηκε σε σεισμούς της ΒΔ Ελλάδας και η μικρότερη σε σεισμούς της Σερβομακεδονικής ζώνης και της ζώνης της Κεντρικής Ελλάδας, ενώ οι σεισμοί που βρίσκονται στις σεισμοτεκτονικές ζώνες Κορινθιακού - Πατραϊκού και Κεντρ. Πελοποννήσου ακολουθούν τη μέση απόσβεση του Ελλαδικού χώρου.

Για κάθε σεισμοτεκτονική μονάδα του Ελλαδικού χώρου από τα διαγράμματα της μορφής (4), καταλήγουμε στο σχήμα (7), που δείχνει τη μέση εξασθεμένη, την εξασθένηση της έντασης, συγκριτικά για κάθε ενότητα.

Σε κάθε σεισμοτεκτονική ζώνη αποδεικνύεται ότι οι εντάσεις εξασθενούν εκθετικά με την απόσταση και μειώνονται γρήγορα σε αποστάσεις που είναι μικρότερες ή συγκρίσιμες με τις διαστάσεις του σεισμολογικού ρήγματος του αντίστοιχου σεισμού.

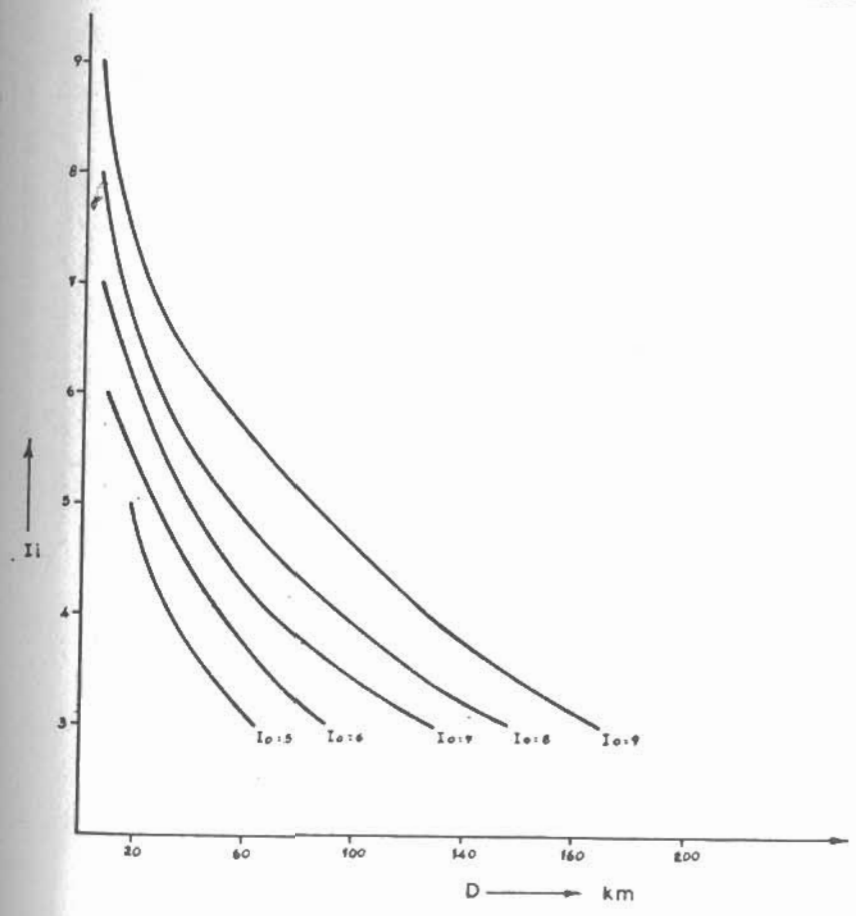
Κατά συνέπεια, για κάθε σεισμοτεκτονική μονάδα βρέθηκε αξιόπιστη ποσοτική σχέση εξασθένησης της μακροσεισμικής έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση και οι σχέσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ό' όλες τις μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας του Ελλαδικού χώρου και να συμβάλουν ουσιαστικά στη βελτίωση των μέχρι τώρα αποτελεσμάτων.



Σχ. 4. Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες κανονικοί σεισμοί του Ελλαδικού χώρου ωρισμένης μέγιστης μακροσεισμικής έντασης I_0 γίνονται αισθητοί με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες της στάθμης που αντιστοιχεί σε κάθε ευθεία γραμμή.

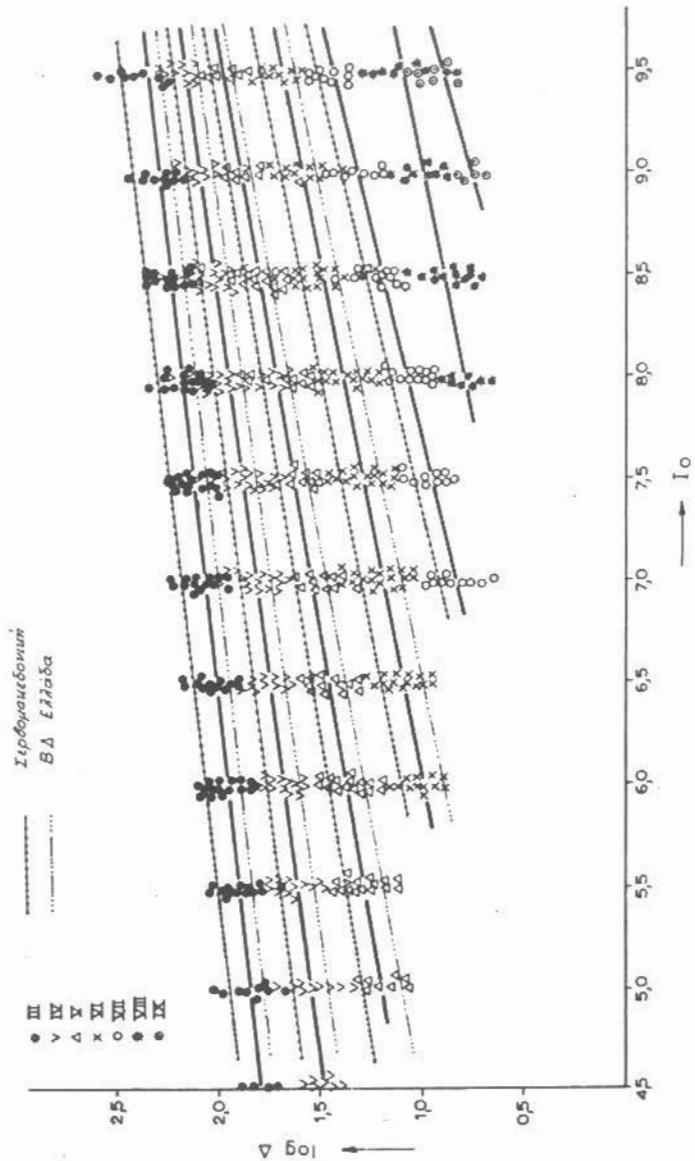
Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι
Επικεντρικές εντάσεις I_0 και μέσες επικεντρικές αποστάσεις μέχρι όπου κανονικοί σεισμοί του Ελλαδικού χώρου γίνονται αισθητοί

I_0	Δ_{III}	Δ_{IV}	Δ_V	Δ_{VI}	Δ_{VII}	Δ_{VIII}	Δ_{XI}
5	64	33	18				
6	90	51	27	10			
7	130	71	40	20	6,5		
8	158	93	56	27	13	6	
9	190	127	86	48	24	10	5

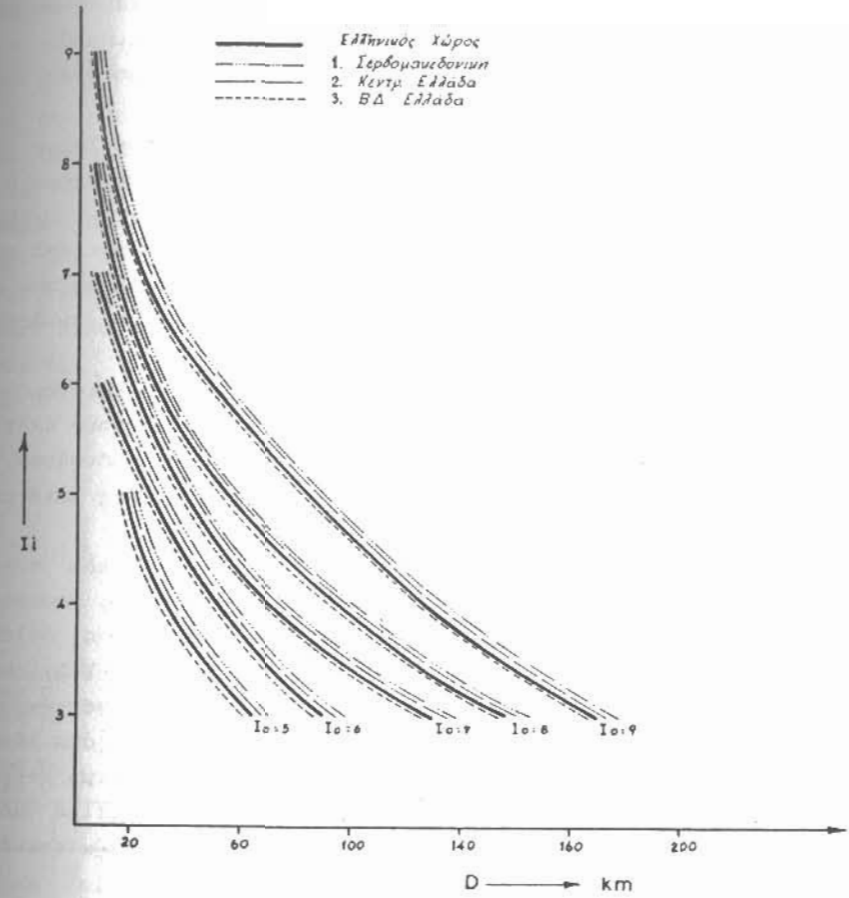


Σχ.5. Μέση εξασθένηση των εντάσεων σε συνάρτηση με την απόσταση των σεισμών του Ελλαδικού χώρου

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Α.Π.Θ.



Σχ. 6. Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες κανονικοί σεισμοί του Ελλαδικού χώρου ωρισμένης μέγιστης μακροσεισμικής έντασης I_0 γίνονται αισθητοί με εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες της στάθμης που αντιστοιχεί σε κάθε ευθεία γραμμή. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιστοιχούν στα δεδομένα των δύο Σεισμοτεκτονικών ζωνών.



Σχ. 7. Εξασθένιση των εντάσεων σε συνάρτηση με την απόσταση, στις κύριες σεισμοτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού χώρου (μέσες εξομαλυσμένες τιμές).

4. Εξασθένηση των Εντάσεων σε Περιοχές με Ελλειπτική Μορφή Χαρτών Ισοσειστών

Είναι γενικά παραδεκτό ότι η μορφή των ισοσειστών καμπύλων μεγάλων σχετικά σεισμών παρουσιάζει έντονη τάση προσανατολισμού, κυρίως στις μεγάλες εντάσεις, λόγω της επίδρασης του σεισμογόνου ρήγματος, δηλαδή, της πεπερασμένης σεισμογόνου πηγής.

Η λεπτομερής μελέτη χαρτών ισοσειστών του Ελλαδικού Χώρου έδειξε ότι οι σεισμοί του Ιόνιου και της Δυτ. Πελοποννήσου έχουν σχεδόν ελλειπτική μορφή ισοσειστών. Η συστηματική επιμήκυνση, των εξωτερικών κυρίως ισοσειστών κατά διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, αποδόθηκε από τους Δρακόπουλο και Δελήμπαση (1974) μερικώς σε ασύμμετρη διάδοση των εγκάρσιων κυμάτων, αλλά κυρίως στη μικρότερη απορρόφηση των εντάσεων σε διεύθυνση παράλληλη με τις Ελληνίδες οροσειρές.

Θα ήταν εποικοδομητικό να ερευνηθεί ποια θα ήταν η κατανομή των εντάσεων σε περιπτώσεις περιοχών που οι ισόσειστες έχουν ελλειπτική μορφή, όπως είναι η περιοχή του Ιόνιου - Δυτ. Πελοποννήσου. Σε τέτοιες περιπτώσεις μελετάται η σχέση έντασης-απόστασης κατά μήκος του μεγάλου και μικρού άξονα της έλλειψης.

Με τη χρησιμοποίηση των δεδομένων από τον Πίνακα I, που αντιστοιχούν σε σεισμούς του Ιόνιου και της Δυτ. Πελοποννήσου, προσπαθήσαμε να δούμε τα όρια μεταβολής του λόγου $\frac{D_{max}}{D_{min}}$ της έλλειψης για διάφορες εντάσεις IV, V, VI, VII, και VIII βαθμών. Η διασπορά των σημείων ήταν μεγάλη και ο λόγος $\frac{D_{max}}{D_{min}}$ κυμαίνεται από 1 μέχρι 3,5, με μεγάλη συγκέντρωση σημείων στο διάστημα από 1,3 μέχρι 2,2. Τούτο υποδεικνύει ως καλύτερη τιμή $\frac{D_{max}}{D_{min}} = 1,75$ για όλες τις ισόσειστες μια και δεν βρέθηκε συστηματικά μεγαλύτερος λόγος $\frac{D_{max}}{D_{min}}$ στις εσωτερικές (μεγάλες) ή τις εξωτερικές (μικρές) εντάσεις.

Σημειώνεται ότι ο Shebalin (1973), είχε υποδείξει ως λόγο $\frac{D_{max}}{D_{min}} = 1,5$, το οποίο εφάρμοσε ο Δρακόπουλος (1978b) για τον Ελλαδικό χώρο.

Για τους παραπάνω όμως λόγους στην εργασία αυτή υιοθετήσαμε θεωρητικές μορφές ισοσειστών, που προκύπτουν από τις σχέσεις:

$$\bar{D} = \sqrt{D_{max} D_{min}} \quad (4)$$

$$\frac{D_{max}}{D_{min}} = 1,75 \quad (5)$$

Οι προηγούμενες σχέσεις είναι ισοδύναμες με τις:

$$D_{max} = 1,32 \bar{D} \quad (6)$$

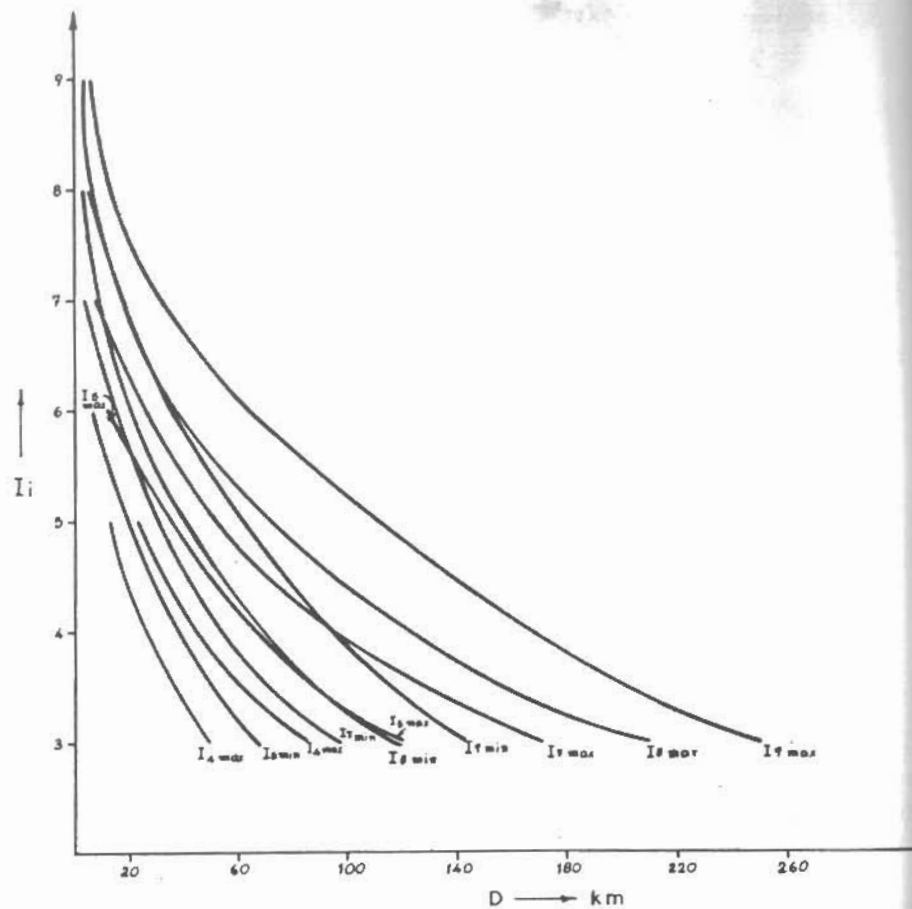
$$D_{min} = 0,75 \bar{D} \quad (7)$$

με την παραδοχή ότι η μέση εξασθένηση των εντάσεων σε συνάρτηση με την απόστασή για ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο (σχ.7) ισχύει και για την περιοχή του Ιονίου και Δυτ. Πελοποννήσου και με τη χρησιμοποίηση των σχέσεων (6) και (7), καταλήγουμε στον πίνακα III και στη συνέχεια στο σχήμα (8), που δείχνει τη μέση εξασθένηση των εντάσεων κατά μήκος του μεγάλου και μικρού άξονα της έλλειψης, δηλαδή αντιστοίχως παράλληλα και κάθετα στις Ελληνίδες οροσειρές.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι Ι

Μέσες αποστάσεις μέχρι τις οποίες σεισμοί της ζώνης Ιονίου-Δ. Πελοποννήσου επικεντρικής έντασης I_0 γίνονται αισθητοί με ωρισμένη ένταση κάθετα (D_{min}) και παράλληλα (D_{max}) προς τις Ελληνίδες.

I_0	III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}	D_{min}	D_{max}
5	48	84	24	43	13	23								
6	67	118	38	67	20	35	7,5	13						
7	97	171	53	93	30	52	15	26	5	8,5				
8	118	208	69	122	42	73	20	35	10	17	5	8		
9	142	250	95	167	64	113	36	63	18	31	7,5	13	4	6,5



Σχ.8. Μέση εξασθένηση των εντάσεων σεισμών της ζώνης Ιονίου - Δυτ. Πελοποννήσου κατά μήκος του μικρού και μεγάλου άξονα της έλλειψης δηλ. κάθετα και παράλληλα στις Ελληνίδες.

Βιβλιογραφία

- Brazee R. J. 1972. Attenuation of Modified Mercalli Intensities with distance for the United States East of 106° W "Earthquake Notes" 43, 41 - 52.
- Drakopoulos J. 1978 a. Magnitude estimation as a function of intensities for shallow shocks in the area of Greece "Proceed. of Intern. Symp. on Seismicity and Risk" Liblice pp.159 - 172.
- Drakopoulos J. 1978 b. Attenuation of intensities with distance for shallow earthquakes in the area of Greece " Bull. Geof. Teor. ed Applic. " Vol. XX n. 78 , 114 - 130.
- Ergin K. 1969. Observed Intensity - epicentral distance relations in earthquakes " Bull. Seism. Soc. Am. " 59, 1227- 1238.
- Howell F. and T. Schultz 1975. Attenuation of modified Mercalli intensity with distance from the epicenter "Bull. Seism. Soc. Am. " 65 , 651 - 665.
- Papazachos et al 1982. Atlas of Isoseismal Maps for Earthquakes in Greece 1902 1981 Publ. of Geoph.Labor. of Thessaloniki Univ. n. 4.
- Shebalin N. 1974. Principles and procedures of cataloguing, Unesco report , Skopje.
- Shebalin N. 1974 editor. Atlas of isoseismal maps "UNDP -Unesco Survey of the Seismicity of the Balkan Region 70 /172 pp 275.

Slemmons B., A. Jones and J. Gimlett 1965, Catalogue of Nevada earthquakes, 1852 - 1960, "Bull. Seism. Soc. Am." 55,519-566.

Topozada T. 1975. Earthquake magnitude as a function of intensity data in California and Western Nevada "Bull. Seism. Soc. Am." , 65 1223 - 1238.