

Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Μάιος 1988			
Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/3	σελ. 197-210	Αθήνα 1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΟΜΗΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ

Ι. ΚΑΛΟΓΕΡΑ*

ABSTRACT

Six velocity models are compared in this paper in order to choose the best and to determine correction values for each of the stations, the recordings of which are used, for the Central Aegean earthquakes. The recordings and further more the P-residuals of twenty nine stations, located in Greece and in Minor Asia, were used referring to the seismic sequence of March 25, 1986, in Central Aegean.

Some conclusions are also extracted about the effects of local characteristics.

ΣΥΝΟΨΗ

Γίνεται συγκριτική παρουσίαση έξι μοντέλων ταχυτήτων με σκοπό την επιλογή αυτού που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, και τον προσδιορισμό τιμών διόρθωσης για κάθε έναν από τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν για σεισμούς του Κεντρικού Αιγαίου. Για δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν οι μεγαλύτεροι και καλύτερα αναγραφόμενοι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας της 25 Μαρτίου 1986 του Κεντρικού Αιγαίου.

1.- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δομή του φλοιού και του πάνω μανδύα στο χώρο του Αιγαίου και της Ανατολικής Μεσογείου έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές τα τελευταία είκοσι χρόνια με την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων. Λόγω όμως της πολυπλοκότητας των τεκτονικών διεργασιών της περιοχής, τα αποτελέσματα αυτών των μελετών δίνουν μόνο μία γενική εικόνα της δομής της.

Η δομή της περιοχής καθώς και η εξέλιξη της επηρεάζεται από την κατάδυση της Αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από το Νότιο Αιγαίο, δηλαδή έχει τις βασικές ιδιότητες περιθωριακής θάλασσας (Parazachos and Comninakis 1971, McKenzie 1978, Le Pichon and Angelier 1979). Στο σχήμα 1 δείχνονται τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των τεκτονικών διεργασιών του χώρου αυτού (Παπαζάχος 1984).

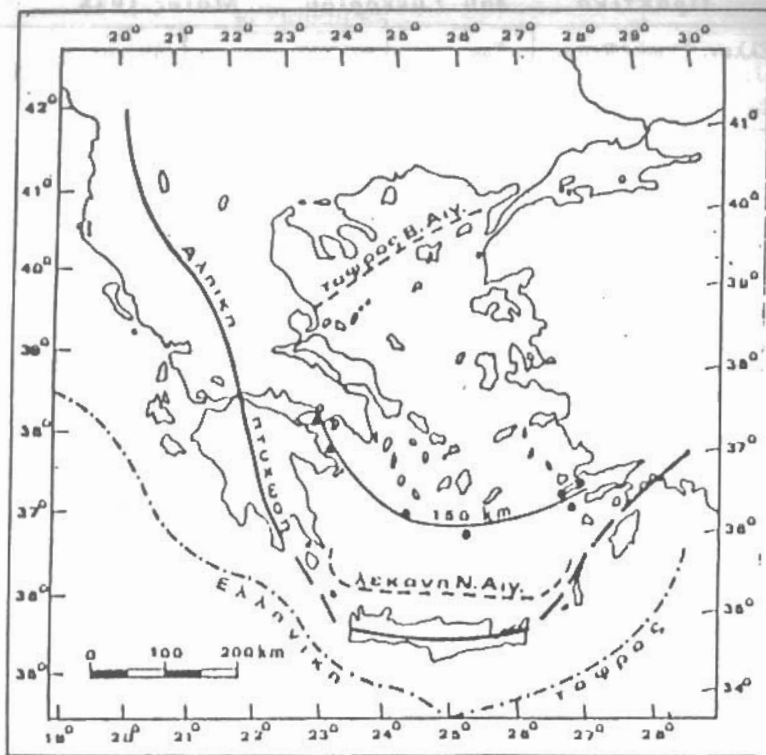
Οι Παπαζάχος και συνεργάτες (1966) πρότειναν ένα μοντέλο του φλοιού στη Νοτιοανατολική Ευρώπη και η εργασία αυτή ήταν η πρώτη σοβαρή προσπάθεια καθορισμού της δομής της περιοχής.

Ακολούθησαν άλλες μελέτες για το σκοπό αυτό. Αναφέρουμε ενδεικτικά τις εργασίες των Παπαζάχου και συνεργατών (1967), Comninakis (1967), Parazachos (1969), Payo (1967, 1969), Makris (1975, 1976, 1978), Gregersen (1976), Makris and Veis (1977), Παναγιωτόπουλου (1984), Τάσσου (1984).

I. S. KALOGERAS - Comparison of structure models in Central Aegean.

* Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Γεωφυσικό Ινστιτούτο, Τ.Θ.20048, 118 10 Αθήνα.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.



ΣΧΗΜΑ 1. Τα κύρια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των τεκτονικών διεργασιών στην ευρύτερη χώρα του Αιγαίου. (Παραζάχος 1984)

FIGURE 1. The main geomorphological characteristics of the tectonic processes in the Aegean sea and surrounding area. (Paparazachos 1984)

Μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να αποκομισθούν πληροφορίες για το εσωτερικό της γης είναι τα χρονικά υπόλοιπα, που προκύπτουν από τη σύγκριση των παρατηρούμενων χρόνων διαδρομής των Ρ κυμάτων και των χρόνων διαδρομής που υπολογίζονται για ένα τυπικό μοντέλο της γης. Τα χρονικά αυτά υπόλοιπα, εκτός των άλλων, αντανακλούν τη σύσταση και τη φυσική κατάσταση του φλοιού και του πάνω μανδύα κάτω από ένα δίκτυο σεισμολογικών σταθμών. Τα χρονικά υπόλοιπα δείχνουν τοπικές διαφορές (Herrin and Taggart 1968, Roupinet 1979) και εξάρτηση από την αζιμουθιακή κατανομή των σταθμών (Ritsema 1959, Bolt and Nuttli 1966). Και τα δύο αυτά φαινόμενα κατά ένα μεγάλο ποσοστό εξηγούνται από την ανομοιογένεια στην ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στο εσωτερικό της γης (Scørrø 1982). Ετσι θετικό χρονικό υπόλοιπο δείχνει ότι κάτω από το σταθμό αναγραφής υπάρχει στρώμα μικρότερης ταχύτητας από αυτήν που χρησιμοποιήθηκε κατά την επεξεργασία, ενώ αρνητικό χρονικό υπόλοιπο δείχνει στρώμα μεγαλύτερης ταχύτητας από αυτήν που χρησιμοποιήθηκε.

2.- ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στις 25 Μαρτίου 1986 στις 01:41 έγινε στο Κεντρικό λιγαίο ένας σεισμός τοπικού μεγέθους $M_L = 5.2$ (ATH). Το επίκεντρο προσδιορίζεται μεταξύ Εύβοιας και Χίου και η δόνηση έγινε αισθητή στην Αθήνα (IV βαθμοί της κλίμακας Mercalli - Sieberg).

Η επίκεντρική περιοχή βρισκόταν σε σεισμική ησυχία από τις 14 Μαρτίου 1933, όταν καταγράφηκε ένας σεισμός με επίφανειακό μέγεθος $M = 5.5$ (Comninakis and Parazachos 1986).

Στην παρούσα περίπτωση καταγράφηκαν επτά σεισμοί τοπικού μεγέθους $M_L \geq 4.5$ σε χρονικό διάστημα τριών περίπου μηνών από τον πρώτο σεισμό της 25 Μαρτίου 1986.

Δύο παρατηρήσεις για τη σεισμική ακολουθία παρουσιάζουν ενδιαφέρον: Πρώτον το ότι τα επίκεντρα προσδιορίζονται σε ίσες περίπου αποστάσεις από τους σταθμούς ATH, PRK, APE, KVR αφενός, και KZN, VAM, NPS, ARG, KNT αφετέρου. Δεύτερον το ότι στις αναγραφές του σταθμού ATH τα μεγαλύτερα πλάτη παρουσιάζονται καθαρά στα εγκάρσια κύματα, τα οποία είναι και ευκρινή, ενώ στις αναγραφές του σταθμού PRK τα επιμήκη και τα εγκάρσια κύματα (που δεν είναι ευκρινή) έχουν περίπου τα ίδια πλάτη (Σχ. 2).

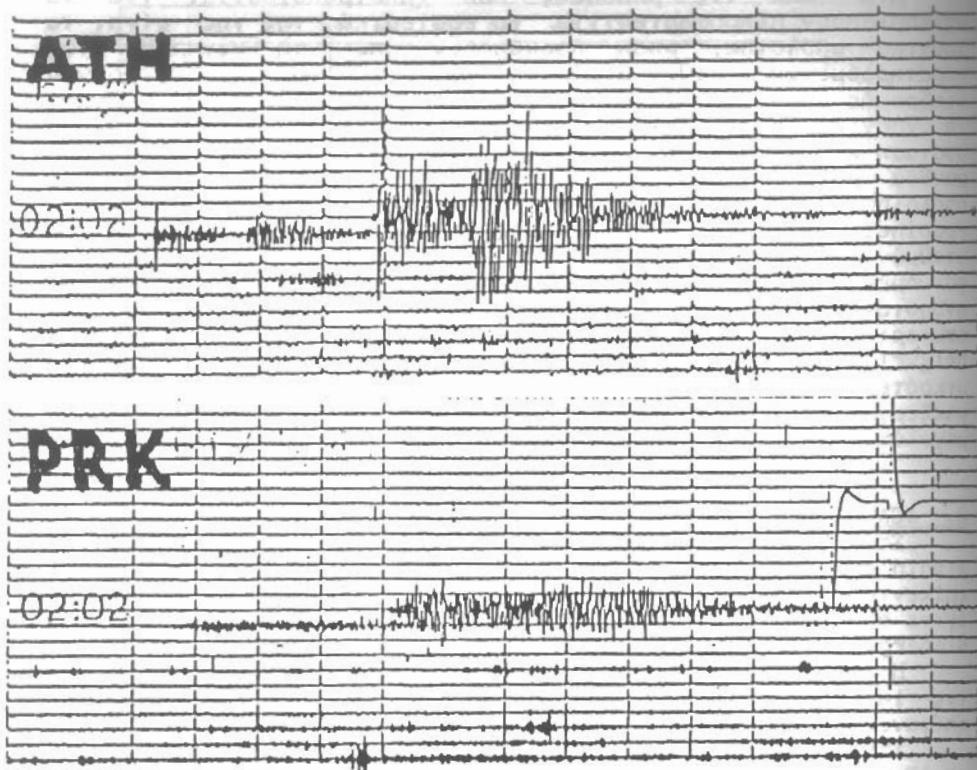
Σε αυτή την εργασία σαν δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν σε πρώτο στάδιο οι πρώτες αφίξεις των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας με μέγεθος $M_L \geq 4.0$ για τη χρονική περίοδο 25 Μαρτίου - 30 Απριλίου 1986 και σε δεύτερο στάδιο οι πρώτες αφίξεις των σεισμών της ακολουθίας με μέγεθος $M_L \geq 3.5$ που αναγράφηκαν από τουλάχιστον είκοσι σταθμούς για την ίδια χρονική περίοδο. Χρησιμοποιήθηκαν οι αναγραφές των εξής σταθμών:

α) ATH, APE, ARG, ITM, VLS, JAN, KZN, PLG, PRK, NPS, VAM, PTL του μόνιμου σεισμολογικού δικτύου του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου.

β) KVR, MGR, KIT, PRN, AIG ενός φορητού τηλεμετρικού δικτύου που εγκατέστησε στην Αττική το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο.

γ) SOH, LIT, SRS, THE, PAIG, KNT, GRG, OUR του μόνιμου σεισμολογικού

Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστους - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. του



ΣΧΗΜΑ 2. Τυπικό δείγμα αναγραφών των σταθμών ΑΤΗ και ΡΚΚ των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας της 25 Μαρτίου 1986 στο κεντρικό Αιγαίο.

FIGURE 2. Typical recordings of ATH and PRK of the shocks of the seismic sequence of March 25, 1986, in the central Aegean sea.

Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

5) EZN, EDC, YER, IZM του Αστεροσκοπείου Kandilli στην Μικρά Ασία

Στον Πίνακα I αναφέρονται οι παράμετροι των παραπάνω σταθμών.

Με βάση τις αναγραφές αυτές και για να υπολογιστούν οι σεισμικές παράμετροι και τα χρονικά υπόλοιπα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή HYPO 71 (Lee and Lahr 1975) για μοντέλο ομογενούς ημίχωρου και για έξι διαφορετικά μοντέλα ταχυτήτων, γενικά ή που έχουν προταθεί για τον Ελληνικό χώρο. Τα μοντέλα αυτά είναι:

1) Μοντέλο φλοιού τριών στρωμάτων με πάχη 16, 15 και 11 χιλιόμετρα και αντίστοιχες ταχύτητες 5.25, 6.14 και 6.88 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο και με ταχύτητα αμέσως κάτω από το φλοιό 7.87 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (Parazachos et al 1966).

2) Μοντέλο φλοιού δύο στρωμάτων με πάχη 19 και 14 χιλιόμετρα και αντίστοιχες ταχύτητες 6.00 και 6.60 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο και με ταχύτητα αμέσως κάτω από το φλοιό 7.90 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (Παναγιωτόπουλος 1984).

3) Παραλλαγή του προηγούμενου μοντέλου με προσθήκη επιφανειακού ιζηματογενούς στρώματος πάχους 2.5 χιλιομέτρων και ταχύτητας 5.00 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο (Παναγιωτόπουλος 1984).

4) Μοντέλο φλοιού δύο στρωμάτων με πάχη 20 και 12 χιλιόμετρα και αντίστοιχες ταχύτητες 6.00 και 6.40 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο και με ταχύτητα αμέσως κάτω από το φλοιό 7.80 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (Makris 1978).

5) Μοντέλο φλοιού δύο στρωμάτων με πάχη 16 και 17 χιλιόμετρα και αντίστοιχες ταχύτητες 5.57 και 6.49 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο και ταχύτητα αμέσως κάτω από το φλοιό 7.24 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (Jeffreys and Bullen 1958).

6) Μοντέλο φλοιού δύο στρωμάτων με πάχη 15 και 25 χιλιόμετρα και αντίστοιχες ταχύτητες 6.00 και 6.75 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο και ταχύτητα αμέσως κάτω από το φλοιό 8.05 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (Herrin et al 1968).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για κάθε ένα μοντέλο είναι η εξής: Με το πρόγραμμα HYPO 71 υπολογίζονται οι σεισμικές παράμετροι και τα χρονικά υπόλοιπα για τους σεισμούς της σεισμικής ακολουθίας με μέγεθος $M_L \geq 4.0$. Σε αυτό το στάδιο σαν αρχική διόρθωση για κάθε σταθμό θεωρείται αυτή λόγω του υψομέτρου του.

Για κάθε ένα σταθμό υπολογίζεται ο μέσος όρος των χρονικών υπολοίπων για αυτό το δείγμα των σεισμών, λαμβανομένων υπόψη της αζιμουθιακής κατανομής και της σημαντικότητας του σταθμού στον υπολογισμό των σεισμικών παραμέτρων. Η τιμή αυτή θεωρείται σαν τιμή διόρθωσης του σταθμού και αθροίζεται στην αρχική διόρθωση λόγω υψομέτρου.

Με αυτές τις τιμές διόρθωσης για κάθε σταθμό και για κάθε μοντέλο η διαδικασία επαναλαμβάνεται στο ίδιο δείγμα σεισμών, και από τα αποτελέσματα επιλέγεται το μοντέλο που δίνει τις καλύτερες λύσεις. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι σεισμικές παράμετροι και τα χρονικά υπόλοιπα για τους σεισμούς της σεισμικής ακολουθίας με μέγεθος $M_L \geq 3.5$ που έχουν αναγραφεί σε είκοσι τουλάχιστον σταθμούς.

Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζονται τα χρονικά υπόλοιπα

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

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Οι σταθμοί και οι παράμετροί τους, οι αναγραφές των οποίων αποτέλεσαν τα δεδομένα για την επεξεργασία των σεισμών.

TABLE I. The stations and their parameters, the recordings of which were used for the earthquakes processing.

Κωδικός	φ° Βόρ.	λ° Ανατ.	Υψόμετρο
ATH	37 58.33	23 43.00	95
APE	37 04.13	25 31.83	620
ARG	36 12.97	28 07.57	170
ITM	37 10.78	21 55.60	400
JAN	39 39.40	20 51.05	540
KZN	40 18.40	21 46.25	900
NPS	35 15.75	25 36.75	370
PRK	39 14.77	26 16.30	100
PTL	38 02.93	23 51.88	500
PLG	40 22.43	23 26.73	580
VLS	38 10.50	20 35.38	375
VAM	35 24.42	24 11.98	225
AIG	37 45.50	23 32.50	207
KIT	38 11.00	23 15.00	1409
KVR	37 49.67	23 46.17	60
MGR	38 00.17	23 11.48	986
PRN	38 09.33	23 43.00	1000
GRG	40 57.40	22 24.08	560
KNT	41 09.72	22 53.88	380
LIT	40 06.05	22 29.40	480
OUR	40 20.07	23 58.92	60
PAIG	39 55.63	23 40.78	140
SOH	40 49.03	23 21.23	670
SRS	41 07.03	23 35.53	400
THE	40 37.93	22 57.90	70
EDC	40 20.81	27 51.80	269
EZN	39 49.55	26 19.52	49
IZM	38 23.87	27 15.75	631
YER	37 08.08	28 16.97	729

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ. Τα συνοπτικά αποτελέσματα από την πρώτη επεξεργασία των σεισμών με μέγεθος $M_L \geq 4.0$ για κάθε μοντέλο ταχυτήτων.

TABLE II. The mean results from the first analysis of the earthquakes of local magnitude $M_L \geq 4.0$ for each velocity model.

Μοντέλο	RMS	ERH	ERZ	Μέσο βάθος
1	0.62	1.99	4.18	12
2	0.64	2.05	11.69	5
3	0.64	2.07	23.11	5
4	0.59	1.90	3.88	8
5	0.64	2.02	12.89	7
6	0.72	2.22	24.89	36

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

αντανακλούν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τη δομή της Διαδρομής που ακολουθούν τα σεισμικά κύματα.

3.- ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στον Πίνακα II φαίνονται τα συνοπτικά αποτελέσματα για κάθε μοντέλο από την επεξεργασία των σεισμών με μέγεθος $M_L \geq 4.0$. Δίνονται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, το σφάλμα στον υπολογισμό του επικέντρου, το σφάλμα στον υπολογισμό του βάθους και το μέσο βάθος. Παρατηρούμε ότι τα μικρότερα σφάλματα δίνει το τέταρτο μοντέλο.

Από την επεξεργασία αυτή προκύπτει για κάθε σταθμό μία μέση τιμή διόρθωσης, που περιλαμβάνει τυχαία σφάλματα, την επίδραση της επικεντρικής απόστασης και την επίδραση της σημαντικότητας του σταθμού στον υπολογισμό των σεισμικών παραμέτρων. Η τιμή αυτή αθροίζεται στην αρχική τιμή διόρθωσης κάθε σταθμού λόγω υψομέτρου.

Με αυτές τις τιμές διόρθωσης γίνεται για δεύτερη φορά επεξεργασία αυτών των σεισμών. Στον Πίνακα III φαίνονται τα συνοπτικά αποτελέσματα για κάθε μοντέλο. Παρατηρούμε ότι τα μοντέλα με αριθμούς 4 και 6 παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα ειδικά στο σφάλμα υπολογισμού του εστιακού βάθους. Πάντως, το μέσο εστιακό βάθος που δίνει το μοντέλο με αριθμό 4 παραμένει σταθερό και στις δύο επεξεργασίες και συγχρόνως ανταποκρίνεται καλύτερα στη μορφή αναγραφής των σεισμών.

Επιλέγεται λοιπόν το τέταρτο μοντέλο σαν αυτό που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές διόρθωσης (Πίνακας IV) που προκύπτουν για κάθε σταθμό χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των σεισμών με μέγεθος $M_L \geq 3.5$ που έχουν αναγραφεί σε τουλάχιστον είκοσι σταθμούς. Ο Πίνακας V περιέχει τις σεισμικές παραμέτρους που βρέθηκαν από την επεξεργασία των σεισμών χρησιμοποιώντας τις τελικές τιμές διόρθωσης.

Από την επεξεργασία αυτή προκύπτουν τα εξής:

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η προβολή των υποκέντρων των σεισμών κατά δύο διευθύνσεις, N-B (α) και Δ-Α (β).

Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται τα μέσα χρονικά υπόλοιπα των μόνιμων σεισμολογικών σταθμών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου που ακολουθούν το ίχνος του τόξου του Αιγαίου. Παρατηρείται αλλαγή από στρώμα μικρής ταχύτητας (θετικά χρονικά υπόλοιπα) στα βόρεια (JAN) και δυτικά (VLS) σε στρώμα μεγαλύτερης ταχύτητας, περίπου ίσης με αυτήν του χρησιμοποιούμενου μοντέλου (θετικά και αρνητικά χρονικά υπόλοιπα) στα νοτιοδυτικά (ITM), στα νότια (VAM, NPS) και στα νοτιοανατολικά (ARG). Αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στο μεγάλο πάχος του ιζηματογενούς στρώματος που έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές στις ακτές του Ιονίου (Μακρίσι 1978, Πάναγιωτόπουλος 1984, Τάσσοι 1984). Η δομή ωστόσο στην περιοχή της Κρήτης δεν είναι καθαρή (Gregersen 1977, Μακρίσι 1978).

Στο σχήμα 5 παρουσιάζονται τα χρονικά υπόλοιπα των σταθμών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, μόνιμων και μη, στην περιοχή της Αττικής. Η γενική εικόνα δείχνει ότι η Αττική χαρακτηρίζεται από στρώμα μεγάλης ταχύτητας (αρνητικά χρονικά

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ. Τα συνοπτικά αποτελέσματα από τη δεύτερη επεξεργασία των σεισμών με τοπικό μέγεθος $M_L \geq 4.0$ για κάθε μοντέλο ταχυτήτων.

TABLE III. The mean results from the second analysis of the earthquakes of local magnitude $M_L \geq 4.0$ for each velocity model.

Μοντέλο	RMS	ERH	ERZ	Μέσο βάθος
1	0.47	1.50	5.36	7
2	0.50	1.60	5.57	5
3	0.51	1.58	19.74	3
4	0.50	1.66	0.42	9
5	0.42	1.33	1.45	6
6	0.54	1.67	0.27	23

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙV. Οι τιμές διόρθωσης που βρέθηκαν για κάθε έναν από τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν.

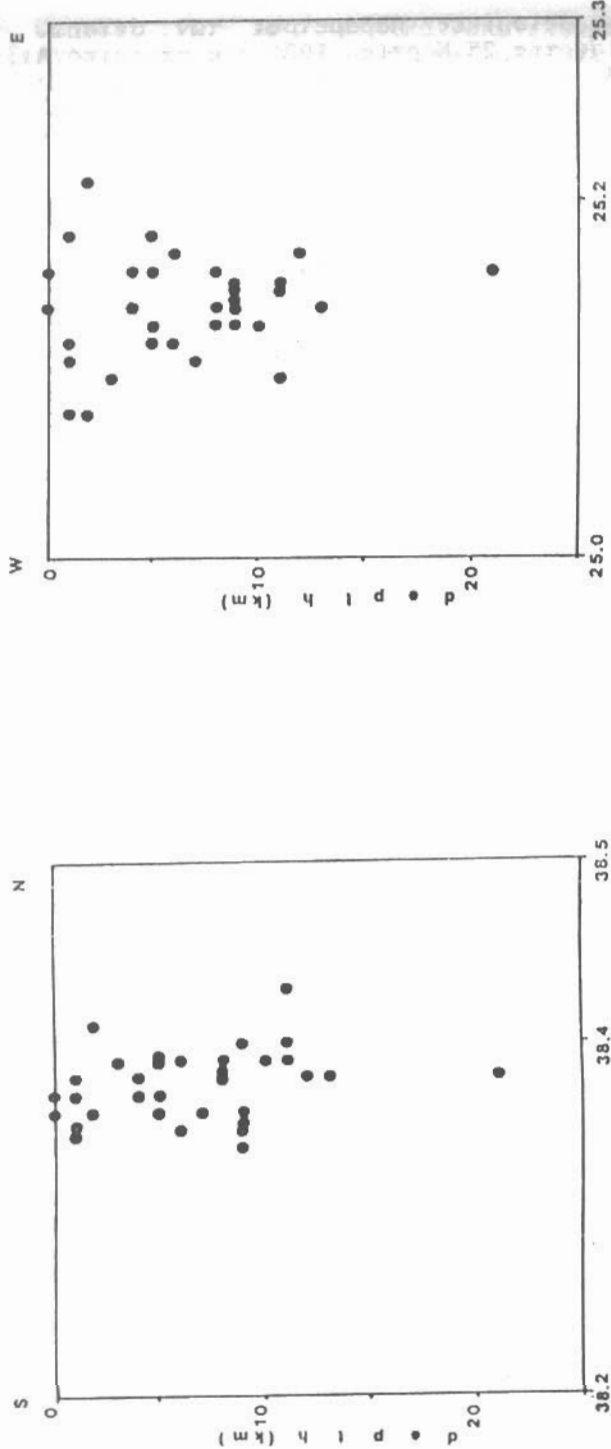
TABLE IV. The correction values that are found for each station, the recordings of which were used.

Κωδικός σταθμού	Τιμή διόρθωσης	Κωδικός σταθμού	Τιμή διόρθωσης
ATH	0.13	GRG	0.30
APE	-0.39	KNT	0.44
ARG	0.38	LIT	-0.13
ITM	0.54	OUR	0.10
JAN	1.20	PAIG	0.16
KZN	0.14	SOH	0.14
NPS	-0.18	SRS	-0.30
PRK	0.20	THE	0.36
PTL	0.09	EDC	-0.36
PLG	-0.04	EZN	-0.85
VLS	1.22	IZM	0.21
VAM	0.41	YER	0.28
AIG	-0.04		
KIT	-0.70		
KVR	-0.41		
MGR	-1.15		
PRN	-0.27		

ΠΙΝΑΚΑΣ V. Οι σεισμικές παράμετροι των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας της 25 Μαρτίου 1986 στο κεντρικό Αιγαίο με τοπικό μέγεθος $M_L \geq 3.5$, έτσι όπως προέκυψαν από την τελική επεξεργασία των δεδομένων, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές διόρθωσης που βρέθηκαν.

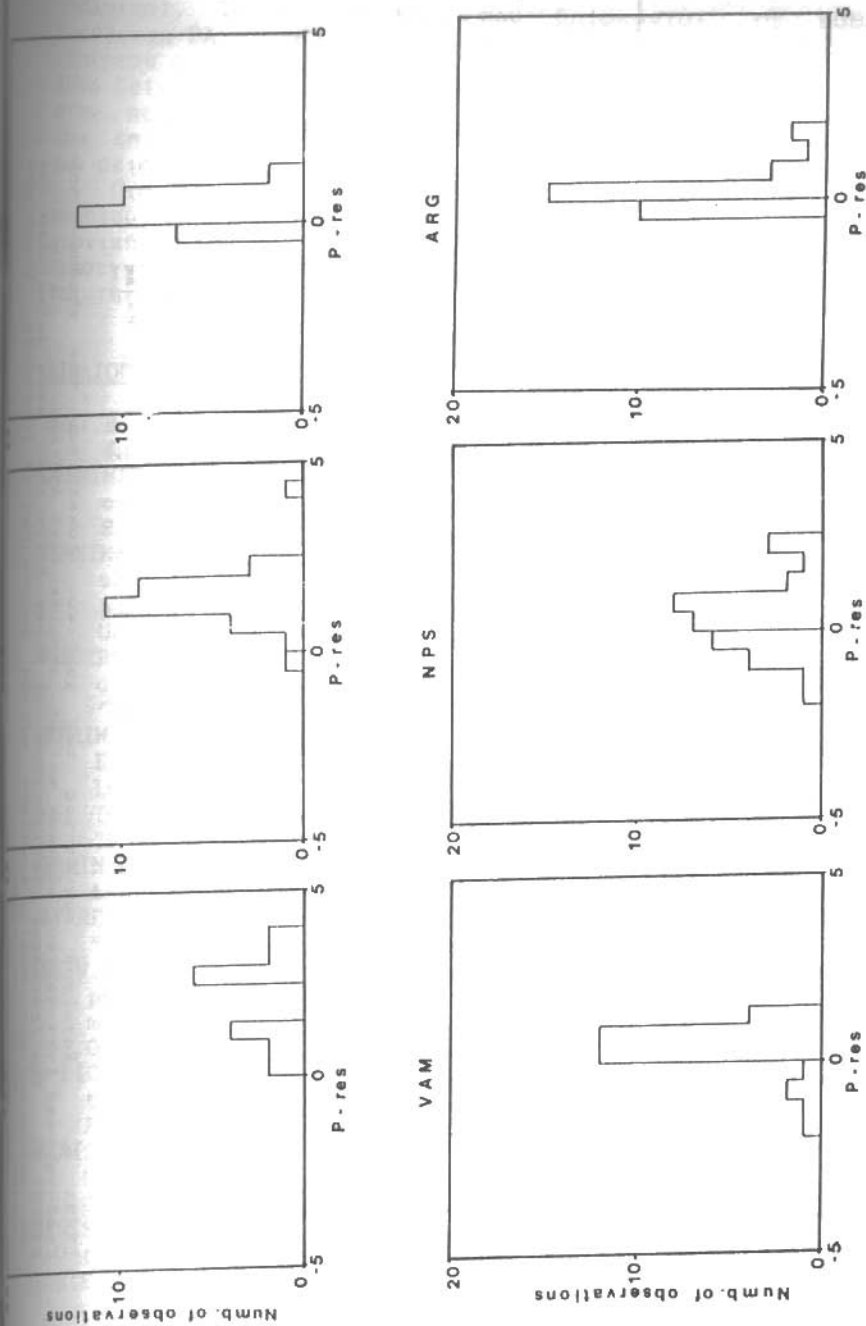
TABLE V. The seismic parameters of the earthquakes of local magnitude $M_L \geq 3.5$ of the central Aegean seismic sequence, March 25, 1986, as they are calculated by the second analysis using the correction values.

Ημερομηνία	Χρόνος γένεσης	φ° βόρ.	λ° ανατ.	βάθος	M_L
25/3/86	01:41:35.3	38.35	25.15	9	5.2
25/3/86	03:48:46.3	38.35	25.17	6	3.5
25/3/86	07:39:37.4	38.39	25.13	5	3.9
25/3/86	15:12:20.2	38.36	25.18	5	3.7
28/3/86	21:50:44.4	38.38	25.14	13	3.9
28/3/86	22:32:42.8	38.38	25.14	8	3.8
29/3/86	13:36:59.3	38.36	25.21	2	3.7
29/3/86	18:36:38.2	38.38	25.16	8	5.2
29/3/86	19:22:28.6	38.40	25.15	11	4.1
29/3/86	20:56:55.6	38.36	25.14	9	3.7
29/3/86	21:01:49.8	38.38	25.16	21	3.7
30/3/86	11:01:29.3	38.37	25.14	1	3.7
30/3/86	11:40:24.3	38.37	25.14	4	3.6
31/3/86	02:05:42.0	38.40	25.13	9	4.2
31/3/86	05:08:53.2	38.39	25.17	12	4.0
3/4/86	18:52:33.3	38.38	25.11	1	3.8
3/4/86	20:38:06.0	38.35	25.12	1	3.7
3/4/86	23:32:18.6	38.36	25.11	7	4.9
3/4/86	23:36:30.4	38.36	25.16	1	3.8
4/4/86	00:09:40.3	38.34	25.14	9	4.2
8/4/86	20:38:26.7	38.39	25.10	3	3.7
9/4/86	21:03:32.1	38.41	25.08	2	3.8
10/4/86	14:43:03.3	38.39	25.12	5	4.3
18/4/86	13:48:26.0	38.37	25.08	1	4.2
21/4/86	13:37:10.8	38.37	25.16	5	4.3
23/4/86	22:56:12.3	38.43	25.10	11	4.0
25/4/86	05:00:46.8	38.39	25.13	10	4.7
26/4/86	19:52:14.9	38.39	25.13	8	4.1
26/4/86	20:23:34.4	38.35	25.18	1	3.9
26/4/86	22:25:59.2	38.39	25.12	6	3.6
28/4/86	09:08:22.4	38.39	25.15	11	3.8
28/4/86	14:57:43.0	38.38	25.16	4	3.6
28/4/86	20:32:56.4	38.35	25.15	9	3.6

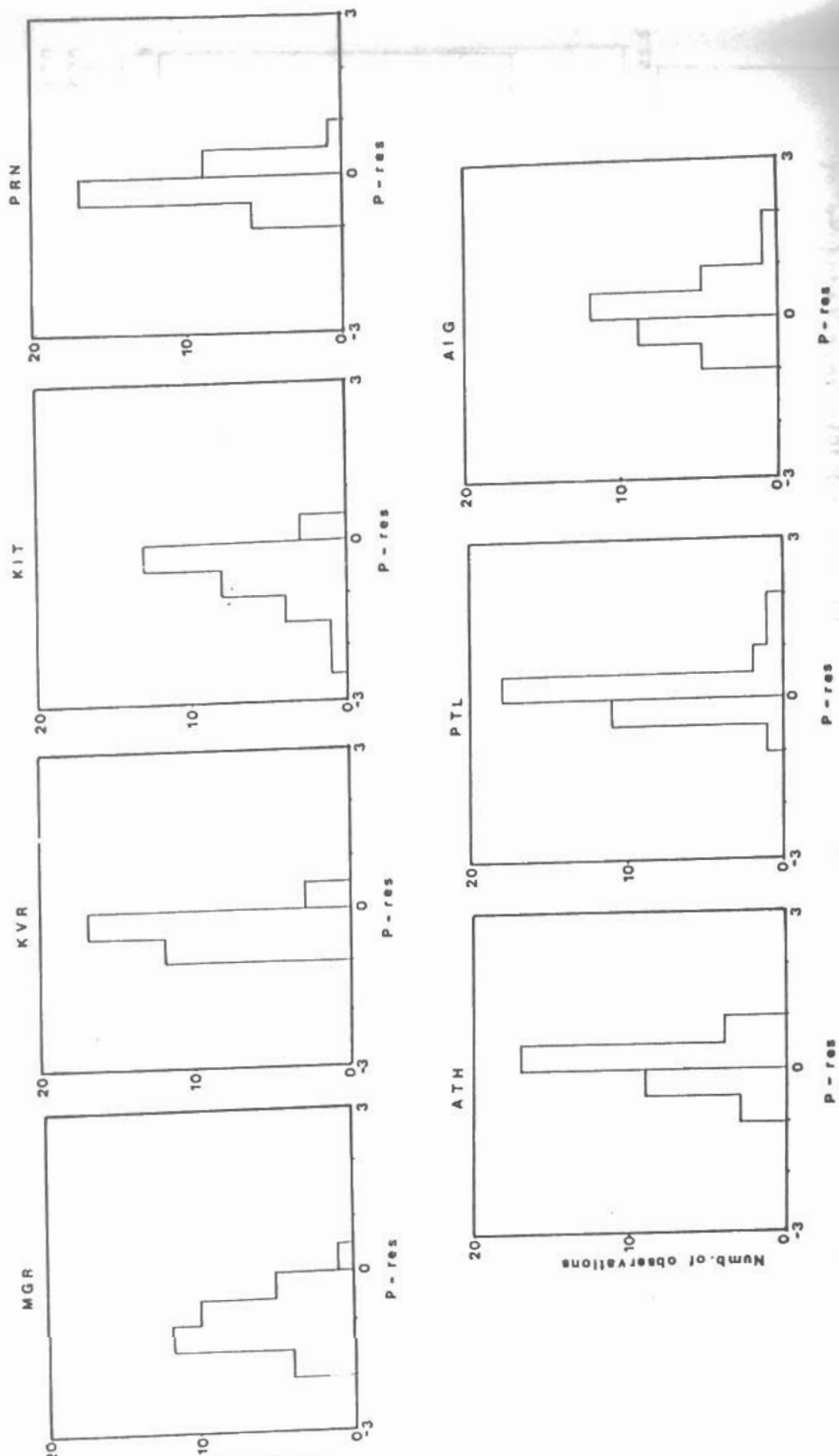


ΣΧΗΜΑ 3. Η προβολή των υποκέντρων των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας της 25 Μαρτίου 1986 στο κεντρικό Αιγαίο. Τοπικού μεγέθους $M_L \geq 3.5$, που έχουν ανιχνευτεί από τουλάχιστον είκοσι σταθμούς. α) κατά τη διεύθυνση N-B, β) κατά τη διεύθυνση Δ-Α.

FIGURE 3. The plot of the hypocenters of the central Aegean seismic sequence of March 25, 1986. These earthquakes are of local magnitude $M_L \geq 3.5$ and have been recorded by at least twenty station. a) At S - N orientation, b) At W - E orientation.



ΣΧΗΜΑ 4. Κατανομή συχνότητας των χρονικών υπολοίπων των μόνιμων σεισμολογικών σταθμών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου που ακολουθούν το ίχνος του τόξου του Αιγαίου.
 FIGURE 4. The frequency distribution of P-residuals that were calculated for the permanent stations of the Seismological Institute, which are located along the Aegean arc.



ΣΧΗΜΑ 5. Κατανομή συχνότητας των χρονικών υπολοίπων υπολοίπων των σταθμών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου. Μόλιμα και μη. στην περιοχή Αττικής.
 FIGURE 5. The frequency distribution of P-residuals that were calculated for the permanent and mobile stations of the Seismological Institute, which are located in the Attica region.

υπόλοιπα). Τρεις σταθμοί που βρίσκονται σε ευθεία με διεύθυνση ΒΑ - ΝΑ (PTL, ATH, AIG) χαρακτηρίζονται κατ' εξαίρεση από εξίσου θετικά και αρνητικά χρονικά υπόλοιπα. Αυτό δείχνει μία πολυπλοκότητα στη δομή του πάνω στρώματος στην περιοχή της Αττικής, αφού λόγω της μικρής απόστασης από την επικεντρική περιοχή, είναι αυτό που καθορίζει τη διάδοση των σεισμικών κυμάτων.

Πιστεύουμε ότι η χρησιμοποίηση τοπικών δικτύων από φορητούς σειсмоγράφους που θα εγκαθίστανται για ορισμένη χρονική περίοδο σε προκαθορισμένες περιοχές, μπορεί να προσεγγίσει σε πρώτη φάση το πρόβλημα των τοπικών μοντέλων ταχυτήτων, με μικρό κόστος και σε σύντομο χρονικό διάστημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BOLT, B.A. and NUTTLI, O.W., 1966, P-wave residuals as a function of azimuth, "J. Geophys. Res.", 71, 5977-5985".
- COMNINAKIS, P.E., 1967, Travel time curves of shallow earthquakes in Greece, "Nat. Obs. Athens, Seism. Inst., Sci. Prog. Rep., No 8, 14-15".
- COMNINAKIS, P.E. and PAPAZACHOS, B.C., 1986, A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 1901-1985, "Publ. Geophys. Lab. Thessaloniki Univ., No 1, 167pp".
- GREGERSEN, S., 1977, P-wave travel time residuals caused by a dipping plate in the Aegean arc, Greece, "Tectonophysics, 37, 83-93".
- HERRIN, E., ARNOLD, E.P., BOLT, B.A., CLAWSON, G.E., ENGDahl, E.R., FREEDMAN, H.W., GORDON, D.W., HALES, A.L., LOBDELL, J.L., NUTTLI, O., ROMNEY, C., TAGGART, J. and TUCKER, W., 1968, Seismological tables for P phases, "Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1193-1241".
- HERRIN, E. and TAGGART, J., 1968, Regional variations in P travel times, "Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1325-1337".
- JEFFREYS, H. and BULLEN, K.E., 1958, Seismological tables, "Brit. Ass. Gray-Milne Trust, 50pp".
- LEE, W.H.K. and LAHR, J.C., 1975, Hypo 71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes, "US. Geol. Surv., Open-file Rep., 75-311".
- Le PICHON, X. and ANGELIER, J., 1979, The hellenic arc and trench system: A key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area, "Tectonophysics, 60, 1-42".
- MAKRIS, J., 1975, Crustal structure of the Aegean sea and the Hellenides obtained from geophysical surveys, "J. Geophys., 41, 441-443".
- MAKRIS, J., 1976, A dynamic model of the hellenic arc deduced from geophysical data, "Tectonophysics, 36, 339-346".
- MAKRIS, J., 1978, The crust and upper mantle of the Aegean region from deep seismic soundings, "Tectonophysics, 46, 269-284".
- MAKRIS, J. and VEES, R., 1977, Crustal structure of the Aegean sea and islands Evia and Crete, Greece, obtained by refractive seismic experiments, "J. Geophys., 42, 329-341".
- Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
- McKENZIE, D.P., 1978, Active tectonics of the Alpine-Himalayan

- belt: The Aegean sea and surrounding regions, "Geophys. J.R. astr. Soc., 55, 217-254".
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Α.Γ., 1984, Καμπύλες χρόνων - Διαδρομής και δομή του φλοιού στο Νότιο Βαλκανικό χώρο, "Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 173".
- PAPAZACHOS, B.C., 1969, Phase velocities of Rayleigh waves in Southeastern Europe and Eastern Mediterranean sea, "Pageoph, 75, 47-55".
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β.Κ., 1984, Τεκτονική βάθους και σεισμικότητα του ελληνικού χώρου, "Πρακτικά Συνεδρίου Σεισμοί και Κατασκευές, Αθήνα, 1, 207-227".
- PAPAZACHOS, B.C. and COMNINAKIS, P.E., 1971, Geophysical and tectonic features of the Aegean arc, "J. Geophys. Res., 76, 8517-8533".
- PAPAZACHOS, B.C., COMNINAKIS, P.E. and DRAKOPOULOS, J.K., 1966, Preliminary results of an investigation of the crustal structure in the southeastern Europe, "Bull. Seism. Soc. Am., 56, 1241-1263".
- PAPAZACHOS, B.C., POLATOU, M. and MANDALOS, M., 1967, Dispersion of surface waves recorded in Athens, "Pageoph, 67, 95-106".
- PAYO, G., 1969, Crustal structure of the Mediterranean sea by surface waves, Part I: Group velocity, "Bull. Seism. Soc. Am., 57, 151-172".
- PAYO, G., 1969, Crustal structure of the Mediterranean sea by surface waves, Part II: Phase velocity and travel times, "Bull. Seism. Soc. Am., 59, 23-42".
- POUPINET, G., 1979, On the relation between P-wave travel time residuals and the age of the continental plates, "Earth and Planetary Science Letters, 43, 149-161".
- RITSEMA, A., 1959, Note on the azimuthal deviations of P-waves recorded at Djakarta station, "Pageoph, 43, 159-166".
- SCARPA, R., 1982, Travel time residuals and three dimensional velocity structure in Italy, "Pageoph, 120, 583-606".
- ΤΑΣΣΟΣ, Σ.Τ., 1984, Στατικές και δυναμικές ιδιότητες του πάνω μανδύα στο νότιο Αιγαίο, "Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 155".