

ΕΠΟΧΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ  
ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΚΟΣΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Β. Πετρόπουλος, Κ. Πουλάκος

Κ.Ε.Α.Ε.Μ., Ακαδημίας Αθηνών, Αναγνωστοπούλου 14, Αθήνα

Περίληψη

Μελετήσαμε τη μηνιαία κατανομή των σεισμών μεγέθους άνω των 7 Richter, σε πλανητική κλίμακα σε σχέση με τον ολικό αριθμό των εκλάμψεων που παρουσιάζονται στον ήλιο και τον γεωμαγνητικό δείκτη Ap για τη χρονική περίοδο 1966-1980.

1. Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό Barth (1979) <sup>(1)</sup> τα αίτια της γένεσης των σεισμών είναι άμεσα και έμεσα. Τα άμεσα είναι ενδογενή, τα έμεσα συνήθως εξωγενή. Η γένεση των σεισμών από εξωγενείς παράγοντες, οφείλεται, στο γεγονός πως σε ορισμένες περιοχές που η παραμόρφωση των πετρωμάτων από ορογενετικές δυνάμεις πλησιάζει το όριο αντοχής, διάρρηξης των. Τότε ορισμένα φυσικά φαινόμενα που ενεργούν στην επιφάνεια της γής, επιφέρουν απότομη διατάραξη, της ελαστικής ισορροπίας των εσωτερικών πετρωμάτων και επίσπευση του χρόνου έκλυσης της ελαστικής ενέργειας που έχει συσσωρευθεί σε ολικό ποσό σε ορισμένες ασθενείς θέσεις όπως οι μεγάλες ή μικρές περιοχές των ρηξιγενών επιφανειών διηρηγμένων περιοχών. Τα έμεσα αίτια που προκαλούν την έκλυση των σεισμών, ή καλύτερα την επίσπευση τους είναι κυρίως εξωγενή. Σαν εξωγενή αίτια θεωρούνται, οι παλιροροϊκές δυνάμεις, οι κλιματικές μεταβολές, βροχοπτώσεις μεταβολές της βαρομετρικής πίεσης, Galanopoulos (1985) (2) Barth (1979) <sup>(1)</sup> όπως επίσης και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των βράχων Mijschiln et al (1975) (4) επίσης κατακορημνίσματα και πλημμυρίδες, ή ανθρωπογενείς παράγοντες (δημιουργία φραγμάτων, τεχνητών λιμνών κ.λ.π) Barth (1979) (1). Στον Ελληνικό χώρο η χαρτογράφηση όλων των σεισμών για την περίοδο 1911-1980 έγινε από τον Γαλανόπουλο (1985) (3) που μελέτησε την κατανομή σεισμικής ενέργειας των και συνεπέρανε πως παρουσιάζει εποχιακές μεταβολές, με μέγιστα τον Μάρτιο και Αύγουστο, και τις απέδωσε σε κλιματικές μεταβολές ξηρασίας ή βροχοπτώσεως. Τη σχέση μεταξύ ετησίας κατανομής της βροχοπτώσεως και ηλιακής δραστηριότητας μελέτησε διεξοδικά για όλο τον πλανήτη ο Βανθάκης (1975) (5) και βρήκε πως η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των ηλιακών κηλίδων  $R_z$  και δείκτη

βροχοπτώσεις είναι μικρή για την ζώνη  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ N που περιλαμβάνεται η Ελλάδα, ενώ αντίθετα είναι μεγάλη στις πολιτικές ζώνες. Βρέθηκε ότι ο δείκτης βροχοπτώσεων στη γεωγραφική αυτή ζώνη πλάτους παρουσιάζει περιοδικότητες 4 ετών για την χρονική περίοδο (1898-1960). Την κατανομή των σεισμών σε όλο το πλανήτη μεγέθους  $M \geq 7$  Richter έδωσε ο Abe (1983) (6) ενώ ο Ξανθάκης (1981) (7) μελέτησε την κατανομή, της σεισμικής ενεργείας της γής, που προέρχεται από σεισμούς  $M \geq 7$  Richter σε συνάρτηση με τον χρόνο και βρήκε, πως παρουσιάζει περιοδικότητες 4 ετών, όπως ο δείκτης βροχοπτώσεων. Αν υπάρχει συνεπώς πιθανή συσχέτιση μεταξύ των ηλιακών φαινομένων και της βροχοπτώσεως, στη ζώνη γεωγραφικού πλάτους  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ N, και έμμεσα με την σεισμική ενέργεια, δεν θα είναι σχέση μεταξύ του αριθμού των κηλίδων και του δείκτη βροχοπτώσεως αλλά άλλων ηλιακών φαινομένων όπως τον ολικό αριθμό των εκλάμψεων, που παρουσιάζει επίσης περιοδικότητες 4 ετών Ξανθάκης (1988) (8) για την χρονική περίοδο 1964-1988.

Για τους λόγους αυτούς στη παρούσα εργασία συγκρίναμε τον αριθμό της μηνιαίας κατανομής του ολικού αριθμού των εκλάμψεων, προς την μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών μεγέθους μεγαλύτερου των 7 Richter, που παρατηρούνται στη χρονική περίοδο 1964-1988. Όπως όμως αναφέραμε, η σχέση των εκλάμψεων και της σεισμικότητας, μπορεί να προέρχεται από γεωμαγνητικές μεταβολές. Για τον λόγο αυτό στη παρούσα εργασία, συγκρίναμε τη μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών μεγέθους μεγαλύτερου των 7 Richter με τον γεωμαγνητικό δείκτη  $A_p$ .

## 2. Δεδομένα παρατηρήσεων

Ο αριθμός των ηλιακών εκλάμψεων ελήφθη από τα Solar Geophysical Data (1988) (9) κατόπιν εργασίας της Helen Coffee. Ο αριθμός των σεισμών μεγέθους  $M \geq 7$  Richter ελήφθη από τον πίνακα του Abe (6) (1983) Ο γεωμαγνητικός δείκτης  $A_p$  ελήφθη επίσης από τα Solar Geophysical data.

## 3. Μηνιαία μεταβολή του αριθμού των σεισμών

Η μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών μεγέθους μεγαλύτερου των 7 Richter δίδεται στις εικόνες από 1-5 για κάθε χρόνο από το 1966 έως το 1980. Στις ίδιες εικόνες παρίσταται η εποχιακή κατανομή των σεισμών στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο. Από τη μελέτη των μηνιαίων κατανομών των σεισμών φαίνεται πως υπάρχουν εποχιακές μεταβολές που αφορούν σε περιόδους μικρότερες του έτους, είναι ήδη εμφανείς οι ημιπερίοδοι 4, 6, 8 και δύο μηνών. Η ολική κατανομή των σεισμών παρουσιάζει μέγιστα που δίδονται στον πίνακα 1. Το μέγιστο του Φεβρουαρίου ή Μαρτίου είναι εμφανές σε μερικά έτη και αφέλειται κυρίως σε σεισμούς του Βορείου ημισφαιρίου. Μέγιστα του Ιουλίου, Αυγούστου, και Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου παρουσιάζονται, και στο βόρειο ημισφαίριο αλλά συχνότερα στο νότιο ημισφαίριο. Στην εικόνα 6 παρίσταται η μεταβολή του ολικού αριθμού των σεισμών για κάθε μήνα για την χρονική περίοδο 1966-1980. Είναι εμφανές το μέγιστο των μηνών Φεβρουαρίου αλλά κυρίως Ιουλίου. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με εκείνα του Γαλανόπουλου (1981) (2) που αναφέρονται στον Ελλαδικό χώρο, παρατηρούμε ότι η κατανομή των σεισμών ακολουθεί σχεδόν τα ίδια μέγιστα με διαφορά ενός μηνός.

## 4. Μεταβολή του αριθμού των εκλάμψεων

Προκειμένου να μελετήσουμε τη σχέση των εποχιακών μεταβολών του αριθμού των σεισμών, με την ηλιακή δραστηριότητα, μελετήσαμε την μηνιαία κατανομή του αριθμού των εκλάμψεων  $N_F$  που παρίσταται στα σχήματα 7-9

για την χρονική περίοδο 1966-1980, η οποία παρουσιάζει επίσης ημιπεριοδικότητες 4,6,8 μηνών (Ξανθάκης, et al 1988) (8). Τα μέγιστα του ολικού αριθμού των εκλάμψεων συγκρίνονται με εκείνα του ολικού αριθμού των σεισμών όπως επίσης και με εκείνα του δείκτη  $A_p$ . Παρατηρούμε πως για ορισμένα χρόνια υπάρχει σύμπτωση. Στο σχήμα 6 συγκρίναμε τον ολικό αριθμό των εκλάμψεων κατά μήνα, με το ολικό αριθμό των σεισμών.

Τα μέγιστα του Ιουλίου στον ολικό των εκλάμψεων συμπίπτουν με εκείνα του ολικού των σεισμών.

#### 5. Εποχιακές μεταβολές του γεωμαγνητικού δείκτη

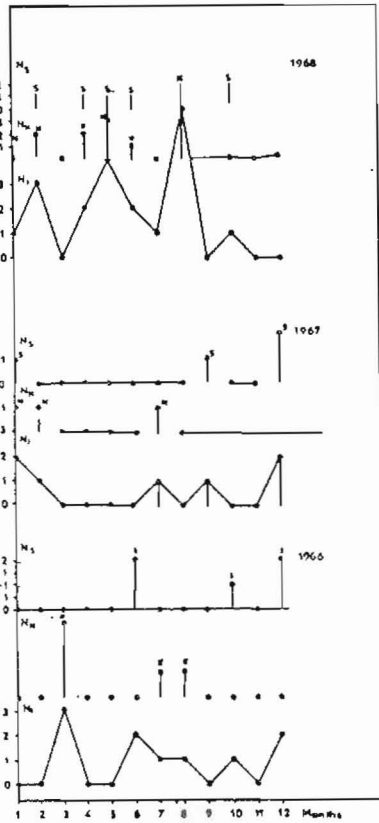
Η μεταβολή του γεωμαγνητικού δείκτη  $A_p$  για την χρονική περίοδο 1960-1980 δείχνει επίσης εποχιακές μεταβολές όπως φαίνεται στα σχήματα 10-12. Τα Μέγιστα παρατηρούνται, τον Μάρτιο ή Απρίλιο αλλά και Σεπτέμβριο Οκτώβριο όπως φαίνεται στον πίνακα 2. Τα Μέγιστα του δείκτη  $A_p$  για την περίοδο 1960-1980 συγκρίνονται με εκείνα των σεισμών (Πίνακας 2) όπως είναι γνωστόν οι ετήσιες τιμές του δείκτη  $A_p$  για τον 20 κύκλο της ηλιακής δραστηριότητας παρουσιάζουν μικρό συντελεστή συσχέτισης με τον αριθμό των κηλίδων όπως επίσης και για τον 21<sup>ο</sup> ηλιακό κύκλο (Μαυρομιχάλη et al 1988) (11) ενώ οι μηνιαίες τιμές παρουσιάζουν περιοδικότητες 4,6,8 μηνών Ξανθάκης et al (1988) (8)

#### 6. Συμπεράσματα

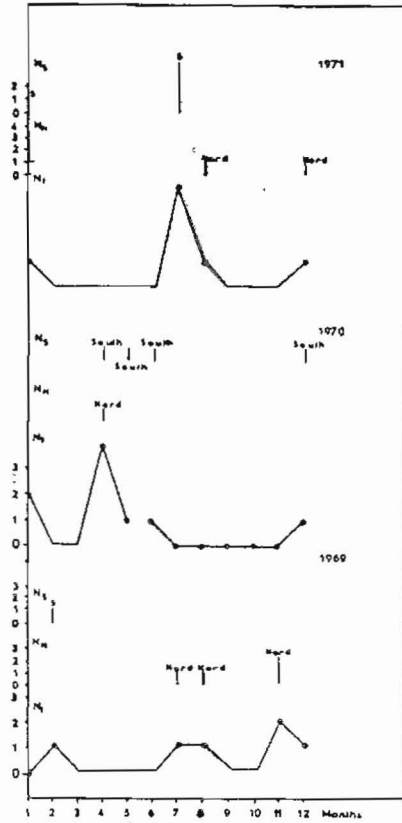
Μπορούμε να συμπεράνουμε από την παρούσα μελέτη πως εξωγενείς παράγοντες όπως ο ολικός αριθμός των εκλάμψεων  $N_e$  παρουσιάζει εποχιακές μεταβολές Πετρόπουλος - Πουλάκος (1988) (10). Οι εποχιακές αυτές μεταβολές πιθανώς να μεταφέρονται στις κλιματικές μεταβολές και στο γεωμαγνητικό πεδίο της γής, όπως απεδείχθη στη παρούσα εργασία. Οι εξωγενείς και εσωγενείς αυτές εποχιακές μεταβολές, ίσως επιδρούν στην εποχιακή μεταβολή του αριθμού των μεγάλων σεισμών στο Πλανήτη, που επίσης παρουσιάζει μέγιστα των τιμών του  $N$  ιδίως τον Ιούλιο. Οι εποχιακές αυτές μεταβολές φαίνονται επίσης και στους σεισμούς μικροτερου μεγέθους τουλάχιστον στον ελληνικό χώρο, όπως έδειξε ο Γαλανόπουλος (3) (1985)

#### Βιβλιογραφία

- (1) Barth Marcus, Introduction to Seismology, Birkhauser, (1979)
- (2) Galanopoulos A.G. Publ.Seism.Lab.Univ.Athens (1977)
- (3) Galanopoulos A.G. Praktika of the Athens Academy p.142, (1985).
- (4) Mijachin V.I., Brace, W.F., Sobolev G.A., Dieterich, J.H. Pure and Appl. Geophys.113,169, (1975).
- (5) J.Xanthakis, Solar activity and global precipitation, Praxmatia of the Academy of Athens, t. 37 (1975)
- (6) Abe Katsuyuki Physics of the Earth and Planetary Interiors 27, p. 72, (1981)
- (7) Xanthakis, J., Praktika of the Athens Academy, (1981) 56,p.241
- (8) Xanthakis, J. (unpublished work)
- (9) Solar Geophysica Data, Comprehensive reports, Number 15,518 part.II, October, Publ.by U.S. Depart. of Commerce, 1987.
- (10) Petropoulos B., Poulakos C.Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Αθήνα 1986.
- (11) Mavromichalaki H., Petropoulos B.:1984 Astrophys.Space Sci 106, 61.

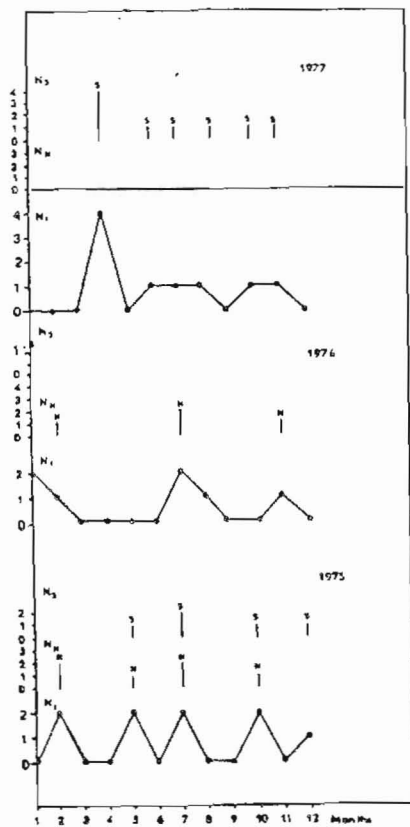


Σχ. 1

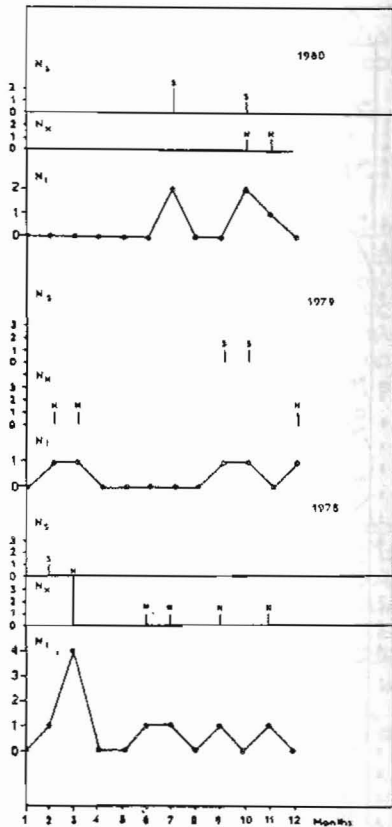


Σχ. 2

Σχ. 1,2 : Μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών του Βορείου ( $N_N$ ) και του Νοτίου ( $N_S$ ) ημισφαιρίου καθώς και του ολικού αριθμού των σεισμών της Γης ( $N_T$ ) για  $M > 7$  Richter και για τις περιόδους 1966-1968 (Σχ.1), 1969-1971 (Σχ.2) αντίστοιχως

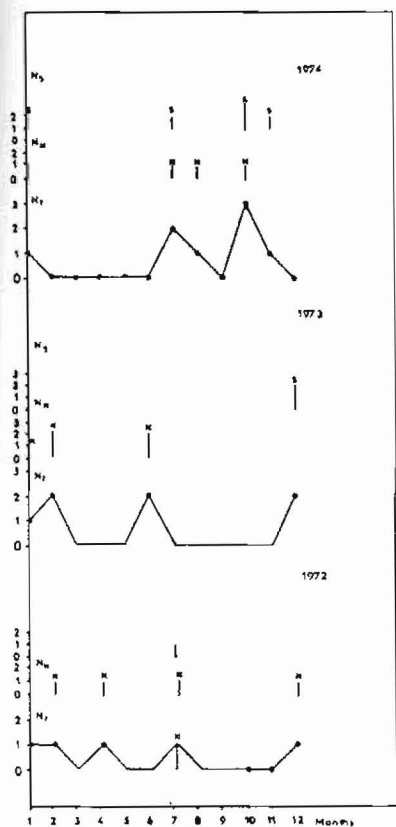


Σχ. 3



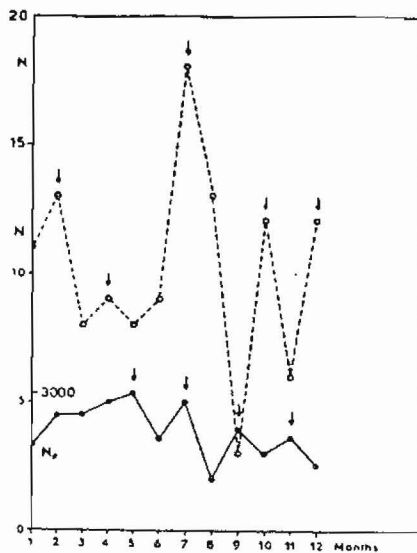
Σχ. 4

Σχ. 3,4 : Μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών του Βορείου (N<sub>N</sub>) και Νοτίου (N<sub>S</sub>) ημισφαιρίου καθώς και του ολικού αριθμού των σεισμών της Γης (N<sub>T</sub>) για M>7 Richter και για τις περιόδους 1975-1977 (Σχ.3), 1978-1980 (Σχ.4) αντιστοίχως



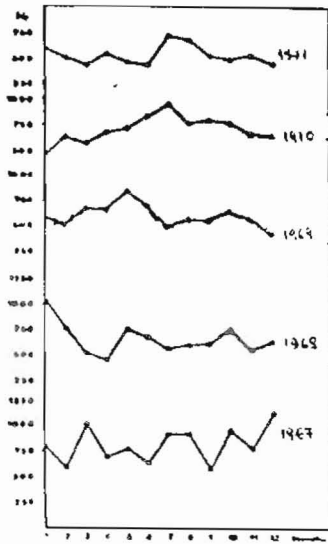
Σχ. 5

Σχ. 5 : Μηνιαία κατανομή του αριθμού των σεισμών του Βόρειου ( $N_N$ ) και Νότιου ( $N_S$ ) ημισφαιρίου καθώς και του ολικού αριθμού των σεισμών της Γης ( $N_T$ ) για  $M > 7$  Richter και για την περίοδο 1978-1980

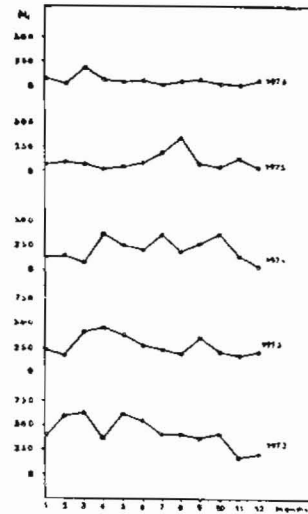


Σχ. 6

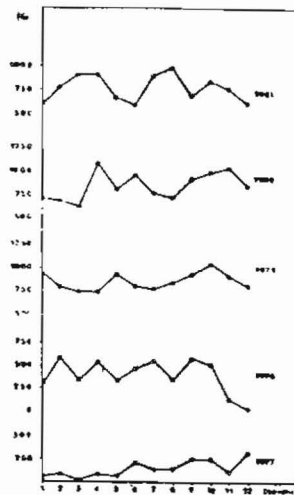
Σχ. 6 : Ολικός αριθμός των σεισμών ( $N$ ) μεγέθους  $M > 7$  Richter για την περίοδο 1966-1980 σε σύγκριση με τον ολικό των ηλιακών εκλάμψεων ( $N_F$ )



Σχ. 7

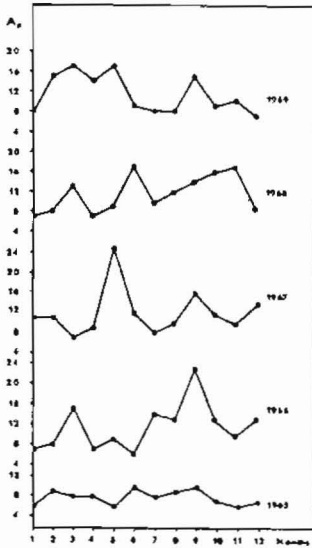


Σχ. 8

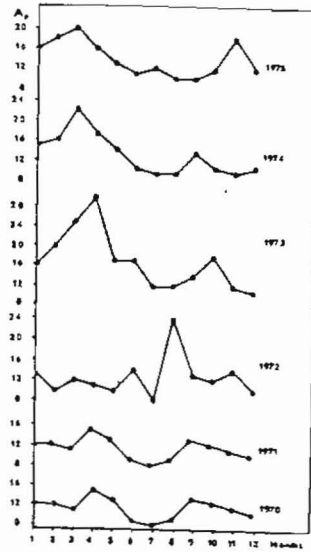


Σχ. 9

Σχ. 7,8,9 : Μηνιαία κατανομή του αριθμού των ηλιακών εκλάμψεων (Nf) για τις περιόδους α) 1967-1971, β) 1972-1976 και γ) 1977-1981 αντιστοίχως

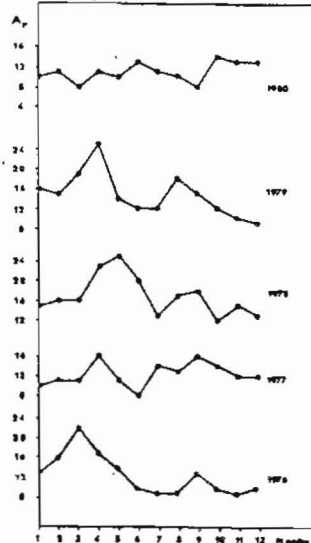


Σχ. 10



Σχ. 11

Σχ. 10,11 : Μηνιαία κατανομή του γεωμαγνητικού δείκτη ( $A_p$ )  
 για τις περιόδους α) 1965-1975 και  
 β) 1970-1975 αντιστοίχως



Σχ. 12

Σχ. 12 : Μηνιαία κατανομή του γεωμαγνητικού δείκτη ( $A_p$ )  
 για την περίοδο 1976-1980

ΠΙΝΑΚΑΣ 1  
Μέγιστα του αριθμού των σεισμών  
και των ηλιακών εκλάμψεων

| Ετη  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |         |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---------|
| 1966 |   |   | + |   |   | + |   |   |   | +  |    | +  | N<br>NF |
| 1967 |   |   |   |   |   |   | + |   | + |    |    | +  | N<br>NF |
| 1968 |   | + | ο | ο | ο |   | ο | ο |   | ο  |    | ο  | N<br>NF |
| 1969 |   | + |   |   | + |   |   |   | + | +  |    |    | N<br>NF |
| 1970 | + |   |   | + |   | ο |   |   |   | ο  |    | +  | N<br>NF |
| 1971 |   |   |   |   |   |   | + |   |   |    |    |    | N<br>NF |
| 1972 | + | + | ο | ο | + |   | ο | ο |   |    |    | ο  | N<br>NF |
| 1973 |   | + |   | + |   |   |   |   |   |    |    | ο  | N<br>NF |
| 1974 | + |   | ο | ο |   |   |   | ο |   |    |    |    | N<br>NF |
| 1975 |   | + |   | + |   |   |   |   |   | +  |    |    | N<br>NF |
| 1976 | + | ο |   |   |   | + | + |   |   |    |    | ο  | N<br>NF |
| 1977 |   |   |   | + | + | + | ο | ο | ο | ο  | ο  | ο  | N<br>NF |
| 1978 |   |   | + |   |   | ο | ο | ο | + | +  |    |    | N<br>NF |
| 1979 |   | + | + |   |   |   | + | + | + |    |    | ο  | N<br>NF |
| 1980 |   |   |   | ο |   |   |   |   |   | ο  |    | ο  | N<br>NF |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Μέγιστα του αριθμού των σεισμών N  
και του γεωμαγνητικού δείκτη A<sub>p</sub>

| Ετη  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                     |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---------------------|
| 1966 |   |   | + |   |   | + |   |   |   | +  |    | +  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1967 |   | + |   |   | ο |   |   |   | + |    |    | +  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1968 |   | + | ο |   | + | ο |   |   |   | +  | ο  |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1969 |   | + | ο |   | ο |   |   |   | ο |    |    | +  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1970 | + |   |   | + |   |   |   |   |   | ο  |    | +  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1972 | + | + | + |   |   | + |   |   |   | ο  |    | +  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1973 |   | + | + |   |   |   |   |   |   | ο  |    |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1974 | + |   | ο |   |   |   | + |   | ο |    |    |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1975 |   | + | ο |   |   |   |   |   | + |    |    | ο  | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1976 | + |   | ο |   |   |   | + | + |   |    |    |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1977 |   |   |   |   | + | + | + | + | + | ο  |    |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1978 |   |   | + | ο |   |   | + | + | + | ο  | +  |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1979 |   | + | ο |   |   | + | + |   |   |    | +  |    | N<br>A <sub>p</sub> |
| 1980 |   |   |   |   |   | + |   |   | + | ο  |    |    | N<br>A <sub>p</sub> |