

# Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Από

Σ. Τάσσου<sup>1</sup>, Α. Αργυρίου<sup>2</sup>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε χρόνο σ' όλο τον κόσμο συμβαίνουν πάρα πολλοί σεισμοί, αρκετοί από τους οποίους προκαλούν καταστροφές και θύματα. Είναι άλλωστε αρκετά γνωστό σε όλους ότι σχεδόν καθημερινά η ειδησεογραφία ασχολείται με τους σεισμούς.

Η κατανομή της σεισμικής δράσης δεν είναι τυχαία και τα περισσότερα γεωδυναμικά φαινόμενα παρατηρούνται πάνω στις δύο ζώνες διάρρηξης του φλοιού της γης, στο ηπειρωτικό σύστημα ζωνών διάρρηξης και το ωκεάνειο σύστημα που συνηθέστερα λέγεται σύστημα μεσωκεάνειων ράχων.

Έτσι όπως κατανέμεται η σεισμική δράση, οι μεγαλύτεροι καταστροφικοί σεισμοί, δυστυχώς, γίνονται σε αναπτυσσόμενες και υπανάπτυκτες περιοχές του πλανήτη μας, με αποτέλεσμα στις χώρες αυτές να έχουμε τα περισσότερα ανθρώπινα θύματα και τις μεγαλύτερες υλικές καταστροφές, κάθε χρόνο. Είναι χαρακτηριστική η αναφορά του Διεθνούς Ερυθρού Σταυρού ότι στα τρία τέταρτα του αιώνα μας 2,7 εκατομμύρια άνθρωποι σκοτώθηκαν από σεισμούς και 29 εκατομμύρια έμειναν άστεγοι.

Με βάση στατιστικά στοιχεία, η Ελλάδα είναι μία από τις σεισμογενείς περιοχές του κόσμου. Στο χώρο που περικλείεται από τις συντεταγμένες 34-42<sup>ο</sup> Βόρειο Πλάτος και 19-29<sup>ο</sup> Ανατολικό Μήκος, κάθε χρόνο γίνεται ένας σεισμός με μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο του 6,5 Ρίχτερ, (Κομνηνάκης, 1975).

Παρ' όλα αυτά και οι υλικές ζημιές και τα ανθρώπινα θύματα είναι σχετικά λίγα σε σύγκριση με τις γειτονικές χώρες (Ιταλία, Γιουγκοσλαβία, Τουρκία) και αυτό οφείλεται στο ότι πολλοί από τους μεγάλους σεισμούς γίνονται στην θάλασσα καθώς και στην ύπαρξη μιάς θερμής μάζας κάτω από το Νότιο Αιγαίο. Μ' άλλα λόγια, ενώ η σεισμικότητα του Ελλαδικού Χώρου είναι από τις μεγαλύτερες στον κόσμο, ο σεισμικός κίνδυνος είναι σχετικά μικρός, αν κανείς λάβει υπόψη του ότι τα θύματα από τους σεισμούς στην Ελλάδα στα πρώτα 4/5 του αιώνα μας, ήταν της τάξης των εκατοντάδων, ενώ και στις τρεις γειτονικές χώρες (Ιταλία, Γιουγκοσλαβία, Τουρκία) της τάξης των χιλιάδων.

---

1. Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Αστεροσκοπείου Αθηνών

2. Γεωλόγος

Το κόστος όμως σε απόλυτους αριθμούς και σε υλικές ζημιές δεν παύει να είναι μεγάλο. Από τους τελευταίους σεισμούς των Αλκυονίδων (24/2 και 4/3/1981) με βάση στατιστικά στοιχεία του 1981, 79.000 οικήματα στο Νομό Αττικής έπαθαν μικρές ή μεγάλες ζημιές. Απ' αυτά το 4% κρίθηκαν κατεδαφιστέα, 7% μπορούν να επισκευαστούν με μεγάλο κόστος, 47% έπαθαν ζημιές στον φέροντα σκελετό και το 42% έπαθαν μικρές ζημιές. Στο Νομό Κορινθίας σε σύνολο 22.000 επηρεασθέντων κατασκευών τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 26%, 17%, 26% και 31%. Για την Βοιωτία σε σύνολο 12.000 κατασκευών τα ποσοστά ήταν 22%, 17%, 55% και 6% αντίστοιχα. Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται φανερό ότι σε απόλυτους αριθμούς, το σύνολο των καταστροφών εξαρτάται από την πυκνότητα δόμησης κάθε περιοχής, με αποτέλεσμα τα κατεδαφιστέα οικήματα στην Αττική να είναι περισσότερα απ' ότι στη Βοιωτία (3.160-2.640) έστω κι αν το ποσοστό των κατεδαφιστέων οικημάτων στην Αττική ήταν πολύ μικρότερο απ' ότι στην Βοιωτία, δηλ. 4% και 22% αντίστοιχα. Συνολικά 12.000 οικήματα κρίθηκαν κατεδαφιστέα (Drakopoulos and Tassos — υπό δημοσίευση) και το συνολικό κόστος των ζημιών από τους σεισμούς αυτούς υπολογίζεται σε 45 δισεκατομμύρια δραχμές, περίπου.

Είναι λοιπόν φανερό ότι είναι επιτακτική η ανάγκη σωστού και ολοκληρωμένου αντισεισμικού σχεδιασμού που θα έχει σαν κύριο στόχο την ελαχιστοποίηση των καταστροφών, κάτι που μπορεί κύρια να γίνει με την μακράς και μέσης διάρκειας πρόγνωση, η οποία χρειάζεται την ολοκληρωμένη μελέτη και εξέταση από κάθε άποψη (γεωλογική, γεωφυσική, σεισμοτεκτονική, εδαφολογική κλπ.) κάθε περιοχής.

## 2. ΠΡΟΓΝΩΣΗ — ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΤΗ ΣΤΕΝΗ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥ

Πρόγνωση με τη στενή έννοια του όρου είναι ο εκ των προτέρων προσδιορισμός με όσο δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια του χρόνου γένεσης, του επίκεντρου και του μεγέθους ενός σεισμού.

Ανάλογα με την ακρίβεια προσδιορισμού των 3 αυτών παραμέτρων, και κύρια του χρόνου γένεσης και της επικεντρικής περιοχής έχουμε:

- Την μακράς διάρκειας πρόγνωση, όπου η ακρίβεια του χρόνου γένεσης είναι της τάξης ετών και ο προσδιορισμός της επικεντρικής περιοχής της τάξης των χιλιάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων.
- Την μέσης διάρκειας πρόγνωση, με ακρίβεια προσδιορισμού του χρόνου γένεσης σε μήνες, ενώ η ακρίβεια προσδιορισμού της επικεντρικής περιοχής είναι της τάξης εκατοντάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων.
- Την άμεση πρόγνωση, με ακρίβεια ημερών ή ωρών και δεκάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα, αντίστοιχα στο χρόνο γένεσης και στο επίκεντρο.

Η μακράς και μέσης διάρκειας πρόγνωση, ή στατιστική πρόγνωση σαν στόχο έχει τον προσδιορισμό του σεισμικού κινδύνου μιας σχετικά μεγάλης περιοχής (Papazachos, 1980) και την ελαχιστοποίηση των καταστροφών, με την κατασκευή κατάλληλων κατασκευών, και επομένως έμμεσα σώζει ζωές, ενώ η άμεση πρόγνωση έχει σαν κύριο στόχο να σώσει ανθρώπινες ζωές μια που δεν υπάρχει χρόνος για τίποτα άλλο παρά για την εκκένωση της επικίνδυνης περιοχής, αν φυσικά είναι κατοικημένη.

Στον Ελληνικό Χώρο δεν έχει γίνει σοβαρή προσπάθεια για την βραχείας

διάρκειας πρόγνωση· αντίθετα έχει γίνει η πρώτη μακράς διάρκειας πρόγνωση για τον σεισμό της 17ης Ιανουαρίου 1983, στα Ιόνια Νησιά (Papazachos and Comninakis, 1982, Papadimitriou and Papazachos — υπό δημοσίευση).

Για να γίνει οποιαδήποτε πρόγνωση χρειάζεται συνδυασμένη μελέτη πολλών φυσικών φαινομένων που προηγούνται ενός σεισμού και χαρακτηρίζονται σαν πρόδρομα φαινόμενα.

Πρόδρομα φαινόμενα χαρακτηρίζονται οι προσεισμοί, η ανώμαλη σεισμικότητα, η μετανάστευση των επικέντρων, η μεταβολή της ταχύτητας των σεισμικών κυμάτων, η κλίση και η παραμόρφωση του φλοιού της Γης, μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας, οι μεταβολές στο γεωμαγνητικό και γεωηλεκτρικό πεδίο, ανωμαλίες στην αντίσταση και την αγωγιμότητα της Γης, αύξηση της περιεκτικότητας σε ραδόνιο, μεταβολές στη ροή του νερού, ανώμαλη συμπεριφορά των ζώων κ.ά. Συνολικά υπάρχουν 400 περίπου τέτοια πρόδρομα φαινόμενα και μόνο οι συνδυασμένες παρατηρήσεις όλων, ή των περισσότερων απ' αυτά έχουν οδηγήσει στην πρόγνωση ορισμένων σεισμών, κύρια στην Κίνα, αλλά και στη Σοβιετική Ένωση, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ. Σε εργαστηριακά πειράματα του Σομπόλεφ, σοβιετικού σεισμολόγου, ειδικού στην πρόγνωση, βρέθηκε ότι το κυριότερο πρόβλημα παράμενει ο προσδιορισμός του χρόνου γένεσης ενός σεισμού (Παπαζάχος, 1982).

Σχετικά με τη χρήση της γεωηλεκτρικής μεθόδου στην πρόγνωση των σεισμών, τα τελευταία συμπεράσματα των Κινέζων σεισμολόγων, που ασχολούνται με το θέμα είναι τα ακόλουθα:

1. Παρουσιάζονται μερικές ανωμαλίες στην γεωηλεκτρική αντίσταση πριν από ένα σεισμό. Στο σεισμό του Τανγκσάν το 1976, η ανωμαλία στην αντίσταση παρουσιάστηκε 2-3 χρόνια πριν το σεισμό και προχώρησε από το επίκεντρο με μια φαινόμενη ταχύτητα περίπου 100 χιλιόμετρα το χρόνο και σε μια ακτίνα 150 χιλιομέτρων περίπου.
2. Οι ανωμαλίες στην αντίσταση έχουν σχέση με το μηχανισμό γένεσης του σεισμού, δηλαδή αν θα έχουμε αύξηση ή πτώση της αντίστασης εξαρτάται από τις τάσεις που εξασκούνται κάτω από την περιοχή του σταθμού με πιθανή μείωση της αντίστασης αν έχουμε συμπιεστικές τάσεις, και αύξησή της αν έχουμε εφελκυσμό. Η μεταβολή στην ηλεκτρική αντίσταση είναι ευαίσθητη στην παραμόρφωση των πετρωμάτων και η μεταβολή της αντίστασης συνήθως είναι δύο με τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από την μεταβολή στην παραμόρφωση.
3. Εκτός από την μακράς διάρκειας μεταβολή 2-3 χρόνια πριν το σεισμό, της οποίας το μέγεθος και η διάρκεια εξαρτώνται λογαριθμικά από το μέγεθος του σεισμού, έχουμε και ανωμαλίες που παρουσιάζονται λίγο πριν το σεισμό και φαίνεται ότι έχουν σχέση με πρόδρομες διαρρήξεις στο σειсмоγενή χώρο. Οι μεταβολές αυτές εμφανίζονται πολύ κοντά στην επικεντρική περιοχή.
4. Μετακινήσεις κατά τη διάρκεια ή μετά από ένα σεισμό μπορούν να προκαλέσουν μετασεισμικές μεταβολές στην γεωηλεκτρική αντίσταση.
5. Επίσης βρέθηκε ότι μεταβολές στην αντίσταση δεν αντιστοιχούσαν σε σεισμούς και ότι υπήρχαν σεισμοί όπου δεν παρατηρήθηκαν τέτοιες ανωμαλίες, τουλάχιστον σ' όλους τους σταθμούς (Qian Fuyue et al., 1983).

Γενικά η συχνότητα και το είδος των προδρόμων φαινομένων εξαρτάται από τις γεωλογικές και γεωφυσικές ιδιότητες κάθε περιοχής π.χ. στην Καλιφόρνια τα πρόδρομα φαινόμενα είναι ελάχιστα, ενώ στην Κίνα πολύ περισσότερα.

Η θεωρία της διόγκωσης ή διασταλτικότητας εξηγεί αρκετά καλά τα πρόδρομα φαινόμενα αν και το μοντέλο αυτό παρουσιάζει σοβαρές αδυναμίες και απαιτείται ακόμα μεγάλη επιστημονική προσπάθεια για να δώσουμε μια ακριβή φυσική εξήγηση (Παπαζάχος, 1982).

Περίληπτικά η θεωρία αυτή λέει, ότι πριν από ένα σεισμό και όταν οι τάσεις πλησιάζουν το όριο αντοχής των πετρωμάτων, δημιουργούνται μικροσπασίματα - μικρορωγμές. Η αύξηση αυτή του όγκου θα έχει σαν αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης του φλοιού της Γης στην εστιακή περιοχή. Αν επίσης υποτεθεί ότι τα υπόγεια νερά εισρέουν στην διογκωμένη περιοχή αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης και το κατέβασμα της στάθμης του νερού στη γύρω περιοχή. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε ραδόνιο μπορεί επίσης να εξηγηθεί με την εισροή του νερού.

Στον αντισεισμικό σχεδιασμό καλή οργάνωση έχουν οι Ιάπωνες. Υπάρχει μια καθαρά συντονιστική επιτροπή η οποία δίνει τις κατευθύνσεις και συντονίζει τις σχετικές έρευνες. Η επιτροπή αυτή προεδρεύεται από τον πρωθυπουργό της χώρας και έχει 50 μέλη καταναμημένα στους τομείς: 1) Άμεσης Πρόγνωσης, 2) Μέσης και Μακράς Διάρκειας Πρόγνωσης και Προσδιορισμού του Σεισμικού Κίνδυνου, και 3) Στον Τομέα της Αντισεισμικής Προστασίας, που περιλαμβάνει και τις αντισεισμικές κατασκευές, καθώς και την επιμόρφωση του πληθυσμού, σχετικά με τους σεισμούς.

### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι Γεωεπιστήμονες (Γεωλόγοι, Σεισμολόγοι, Γεωφυσικοί) πρέπει να εξετάσουν τα σεισμικά φαινόμενα, να μελετήσουν τα πρόδρομα φαινόμενα και να εξαγάγουν τα σχετικά συμπεράσματα για να βοηθήσουν στη σωστή αντιμετώπιση των συνεπειών από τους σεισμούς.

Με τον προσδιορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας και των σεισμικών ζωνών κάθε περιοχής του Ελλαδικού Χώρου, με την έκδοση του σεισμοτεκτονικού χάρτη και την αναθεώρηση του αντισεισμικού κώδικα θα μπορούσαμε να ελαχιστοποιήσουμε τις συνέπειες από τους καταστροφικούς σεισμούς, κτίζοντας κατασκευές ανάλογα με την επικινδυνότητα κάθε περιοχής.

Η έρευνα αυτή, με την κλασική έννοια του όρου, χαρακτηρίζεται σαν βασική, επειδή όμως έχει συγκεκριμένους στόχους και αποβλέπει στην κάλυψη ορισμένων αναγκών, εύκολα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν εφαρμοσμένη.

Έτσι βλέπουμε ότι η άμεση αξιοποίηση των γεωεπιστημόνων για την επάνδρωση των σχετικών φορέων έρευνας, αποτελεί εθνική ανάγκη.

Παράλληλα με τον τομέα της έρευνας οι Γεωεπιστήμονες μπορούν να βοηθήσουν και στον τομέα της ψυχολογικής προετοιμασίας του λαού μας, εκλαϊκεύοντας τις γνώσεις τους και μεταφέροντας την εμπειρία τους, για τη σωστή αντιμετώπιση των συνεπειών από τους σεισμούς.

Βασική - εφαρμοσμένη έρευνα με στόχο τη μακράς και μέσης διάρκειας

πρόγνωση και τον προσδιορισμό του σεισμικού κινδύνου κάθε περιοχής του Ελλαδικού Χώρου, καθώς και η έρευνα για την άμεση πρόγνωση των σεισμών είναι τομείς που κατά κύριο λόγο ανήκουν στους Γεωεπιστήμονες, επειδή διαθέτουν την ανάλογη επιστημονική κατάρτιση και πείρα, χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει ότι δεν απαιτείται η συνεργασία με επιστήμονες άλλων κλάδων.

Συμπερασματικά οι Γεωεπιστήμονες, καθώς και κάθε κλάδος απαιτούν την ισότιμη και δημιουργική συνεργασία με βάση τις ανάγκες του λαού και του τόπου, τις γνώσεις, την εξειδίκευση και τη δυνατότητα προσφοράς των συμβαλλόμενων μερών.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen C.R., 1982.
2. Drakopoulos J. and Tassos S., (on press). Earthquakes and their Social, Economic and Legal Implications. *UNESCO Proceedings*.
3. Honkura Y., 1981.
4. Κομνηνάκης Π., 1975. Συμβολή εις την Έρευναν της Σεισμικότητας του Ελληνικού Χώρου, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 110 σελ.
5. Papazachos B.C., 1980. Seismicity Rates and Long Term Earthquake Prediction in the Aegean Area. *Quaterniones Geodaesiae*.
6. Παπαζάχος Β.Κ., 1982. Η Πρόγνωση των Σεισμών. Επιστημονική Σκέψη, τεύχος 9, σελ. 81-84.
7. Papadimitriou E. E., and Papazachos B.C., (on press). Evidence for Seismicity Premonitory Patterns in the Ionian Islands (Greece).
8. Papazachos B.C., and Comninakis P.E., 1982. Long - term Earthquake Prediction in the Hellenic Trench - Arc System. *Tectonophysics*. 86: 3-16.
9. Quian Fuyue, Zou hao yulin( yu mouming( wang Zhixian, Liu Xiaowei, and Chang Simin, 1983. Geoelectric Resistivity Anomalies Before Earthquakes. *Scientia Sinica (Sb)*, Vol. XXVI. No 3, p. 326-336.
10. Τάσσος Σ.Τ., 1983. Η Πρόγνωση των Σεισμών και η Μέθοδος «B AN». *Επιστημονική Σκέψη*, τεύχος 13, σελ. 53-55.