



## 20 χρόνια μετά τον σεισμό της Αθήνας: Τι βελτιώσαμε, τι δεν βελτιώσαμε, αβεβαιότητες, διεθνείς εξελίξεις

Αναστασία Κυρατζή<sup>1</sup>

Καθηγήτρια Σεισμολογίας, Τομέας Γεωφυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
kiratzi@geo.auth.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

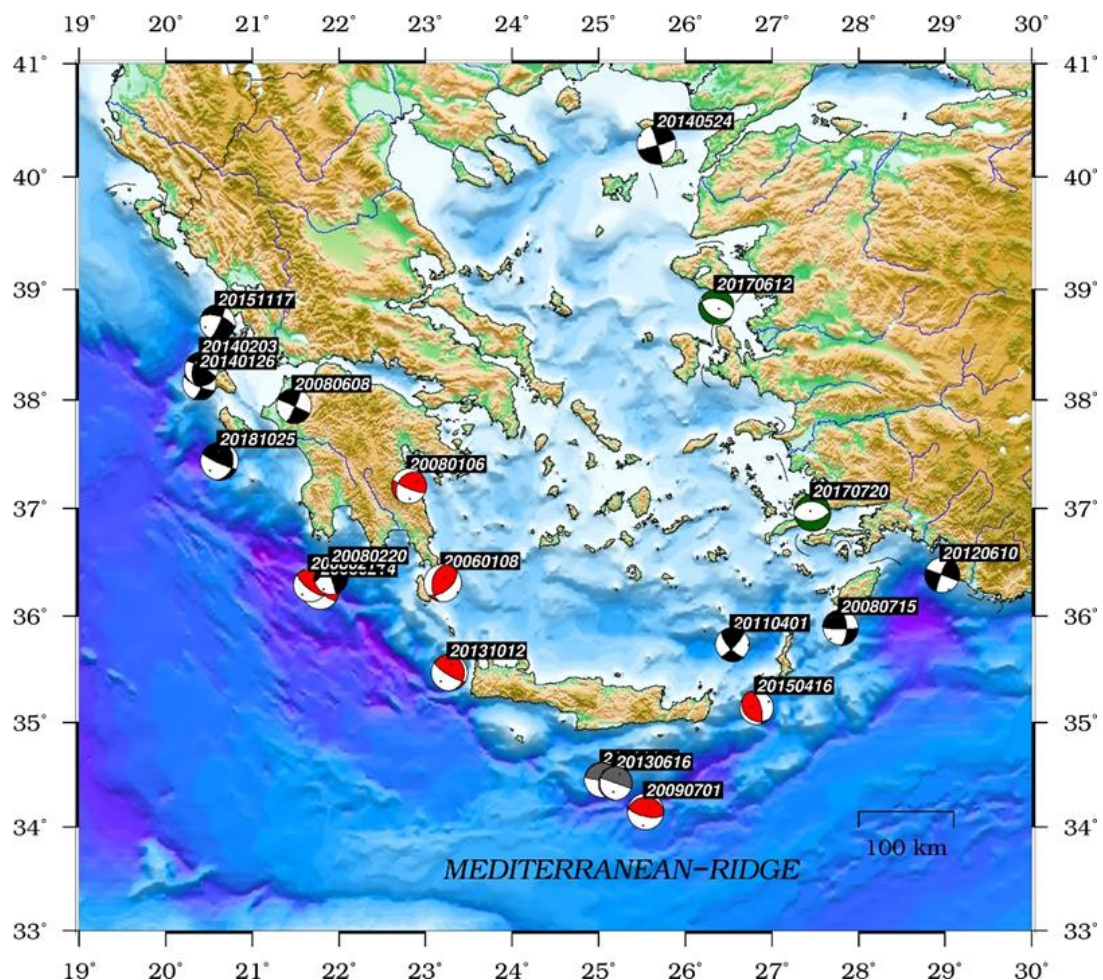
Τα τελευταία 20 χρόνια έγιναν σημαντικά βήματα στην χώρα μας στην επιστήμη της Σεισμολογίας και της Τεχνικής Σεισμολογίας, σε ό,τι αφορά τις υποδομές, την διάθεση ανοιχτών δεδομένων, την προαγωγή της επιστημονικής γνώσης, αλλά και τις προσφερόμενες υπηρεσίες, προς την κοινωνία και την Πολιτεία. Ως θετικό βήμα καταγράφεται η ενοποίηση όλων των δικτύων, σεισμολογικών και επιταχυνσιογράφων, και, ως ακόμα θετικότερο, η παροχή ελεύθερης πρόσβασης στα πρωτογενή δεδομένα (ψηφιακές χρονοσειρές). Στην ομιλία θα δοθούν παραδείγματα της επεξεργασμένης πληροφορίας που παρέχεται μετά από ένα σεισμό, πού αυτή διατίθεται και πώς αναζητούνται τα πρωτογενή δεδομένα από τις υπάρχουσες βάσεις δεδομένων.

Η επιστημονική γνώση στην σεισμολογία εξελίχτηκε, και νέες μέθοδοι και αλγόριθμοι είναι διαθέσιμοι, παράλληλα με την ύπαρξη δεδομένων που διατρέχουν ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων της σεισμικής κίνησης. Τα τελευταία ~10 χρόνια έχουμε σώρευση σεισμών στην Ελλάδα, τόσο στο χρόνο, όσο και στο χώρο, με αυτούς να συγκεντρώνονται, κατά κύριο λόγο στην νότια Ελλάδα. Κατά μια ερμηνεία αυτή η σεισμικότητα συνδέεται με τις διεργασίες στην καταδύομενη Αφρικανική λιθόσφαιρα που επηρεάζουν μια μεγάλη σε έκταση περιοχή, μέχρι και τις δυτικές ακτές της Τουρκίας. Συνέβησαν 21 σεισμοί με μέγεθος  $> 6.0$  σε διάστημα λίγων ετών (Σχ. 1) που ευτυχώς είχαν περιορισμένες συνέπειες σε ανθρώπινες ζωές, και έδωσαν πληθώρα σεισμικών και γεωδαιτικών καταγραφών. Παρατηρήθηκε παράλληλα και ταυτόχρονη αύξηση των σημνοσεισμών (εκατοντάδες σεισμοί μετρίου μεγέθους σε λίγες μέρες) τόσο στην Ελλάδα, και ιδιαίτερα στον Κορινθιακό Κόλπο, όσο και στις ακτές της Δ. Τουρκίας.

Παρά την βελτίωση των δικτύων και των εργαλείων επεξεργασίας των δεδομένων, δυστυχώς η επιστήμη της Σεισμολογίας, καλείται να μελετήσει πολύπλοκες διεργασίες, χωρίς την άμεση *in situ* παρατήρηση. Όταν τα ρήγματα βρίσκονται σε βάθος δεκάδων χιλιομέτρων και σπάνια εμφανίζονται στην επιφάνεια, δεν υπάρχει παρατήρηση που να επιβεβαιώνει το μοντέλο και την ερμηνεία. Ταυτόχρονα, τα υψίσυχνα σεισμικά κύματα που παράγονται στην σεισμική πηγή, αποσβένονται κατά τη διάδοσή τους μέχρι να καταγραφούν, με αποτέλεσμα να χάνεται πολύτιμη πληροφορία για τη διαδικασία διάρρηξης. Εντούτοις, ο καταιγισμός των σεισμών στο Αιγαίο Πέλαγος και την ηπειρωτική περιοχή έδωσε την δυνατότητα καλύτερης κατανόησης των δυναμικών και κινηματικών χαρακτηριστικών της σεισμικής πηγής, της αλληλεπίδραση μεταξύ των σεισμών, αλλά και της γεωμετρίας της ζώνης κατάδυσης στο Ελληνικό Τόξο.

<sup>1</sup> Καθηγήτρια Σεισμολογίας, Τομέας Γεωφυσικής, ΑΠΘ e-mail kiratzi@geo.auth.gr

Οι καταγραφές της ισχυρής σεισμικής κίνησης των τελευταίων σεισμών, και ειδικότερα οι μέγιστες φασματικές τιμές τους, κατέδειξαν την αναγκαιότητα επανεξέτασης των σεισμικών κινήσεων σχεδιασμού του Αντισεισμικού Κανονισμού αλλά και της σεισμικής επικινδυνότητας στην χώρα μας, με νέα εργαλεία και γνώσεις, έχοντας και ως στόχο ένα ορθολογικό σχεδιασμό μελλοντικής ασφάλισης έναντι σεισμού. Παρά ταύτα είναι αξιοσημείωτη η αντοχή των κατασκευών σε μεγάλες φασματικές τιμές της επιτάχυνσης στο κοντινό πεδίο, όπως η περίπτωση της Κεφαλονιάς στο σεισμό του 2014, όπου είχαμε δίδυμους σεισμούς με εστίες ακριβώς κάτω από το νησί. Όμως, σε άλλες περιοχές εντός της ηπειρωτικής Ελλάδας, και σε ρήγματα που διατρέχουν αστικές περιοχές, και είμαστε στο κοντινό πεδίο όπου το μέγεθος έχει μικρή σημασία, είναι ερώτημα αν θα συμπεριφερθεί ο οικοδομικός πλούτος το ίδιο ικανοποιητικά.



**Σχήμα 1.** Σε διάστημα περίπου 10 ετών συνέβησαν στην χώρα μας 21 σεισμοί με μέγεθος  $M > 6.0$ . Στο χάρτη σημειώνονται οι θέσεις και η ημερομηνία των σεισμών αυτών. Τα διαφορετικά χρώματα στους μηχανισμούς γένεσης υποδηλώνουν διαφορετικά είδη διάρρηξης (κόκκινο = ανάστροφα ρήγματα, μαύρο = ρήγματα οριζόντιας κίνησης). Είναι αξιοσημείωτο ότι όλοι αυτοί οι σεισμοί σημειώνονται στην Ελληνική Ζώνη Κατάδυσης και διαφαίνεται μια αλληλεπίδραση σεισμών ενδιάμεσου βάθους ( $h > 60$  km) με τους σεισμούς με επιφανειακότερες εστίες.

Σήμερα εκπονούνται χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας, που περιλαμβάνουν και την Ελλάδα, στο πλαίσιο ευρωπαϊκών ερευνητικών έργων ή παγκοσμίων οργανισμών, για παράδειγμα Global Earthquake Model (GEM) Organization ([www.globalquakemodel.org](http://www.globalquakemodel.org)). Αυτό δεν ακυρώνει την



αναγκαιότητα ενός εθνικού σχεδιασμού για την νέα γενιά του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας. Ενός σχεδιασμού που θα περιλαμβάνει αναθεωρημένους καταλόγους σεισμικότητας, ορθολογικότερο σχεδιασμό ζωνών, νέα γνώση της γεωμετρίας των ρηγμάτων, σύγκριση των διαθέσιμων σχέσεων απόσβεσης, καλύτερη εκτίμηση των αβεβαιοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό, τα πιθανολογικά στατιστικά μοντέλα εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας, θα μπορούσαν να συγκριθούν και με μοντέλα προσομοίωσης αυτής, βασισμένα στην φυσική των σεισμών (physics-based models) και να υπολογισθούν τα κλασικά μέτρα επικινδυνότητας, για παράδειγμα PGA και PSA σε ένα φάσμα περιόδων και για διάφορα επίπεδα ετήσιας πιθανότητας, που θα συνάδουν με τις τρέχουσες προβλέψεις του Αντισεισμικού Κανονισμού.

Στην Ελλάδα σήμερα γίνονται σημαντικά και σταθερά βήματα, ακολουθώντας και τις διεθνείς τάσεις, για την πρόβλεψη των μετασεισμών μετά την γένεση ενός σεισμού, αλλά και της δυνατότητας έγκαιρης προειδοποίησης πριν το σεισμό, για επιχειρησιακούς σκοπούς. Στην χώρα μας στην φάση αυτή, εξετάζουμε την αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου εθνικού συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης, σε επιλεγμένα αστικά κέντρα και περιοχές ιδιαίτερα κατά μήκος της ζώνης κατάδυσης που επηρεάζει μεγάλη σε έκταση περιοχή.

Για το αν υπάρχει αιτιοκρατία κατά την έναρξη της σεισμικής υπάρχουν δυο σχολές. Η μια προσέγγιση υποστηρίζει ότι το συχνοτικό περιεχόμενο της εκλυόμενης σεισμικής ενέργειας κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα, είναι ανάλογο του μεγέθους του σεισμού, που υποδηλώνει αιτιοκρατία. Η άλλη προσέγγιση υποστηρίζει ότι οι μικροί μεγέθους και μεγάλοι μεγέθους σεισμοί έχουν την ίδια έναρξη της διάρρηξης, και άρα είναι αδύνατο να προβλεφθεί το τελικό μέγεθος. Αυτό προκύπτει από τις καταγραφές εδαφικής μετακίνησης μικρών και μεγάλων σεισμών που δεν διαφοροποιούνται κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα. Πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες κατέδειξαν ότι υπάρχει αιτιοκρατία περίπου 10 sec μετά την έναρξη της διάρρηξης. Ο χρόνος αυτός είναι μεγαλύτερος από τον συνολικό χρόνο διάρρηξης των μικρών σεισμών, αλλά πολύ μικρότερος από τον συνολικό χρόνο διάρρηξης των μεγάλων σεισμών. Συμπερασματικά, υπάρχουν στην Ελλάδα τα εργαλεία και τα δίκτυα (στην περίπτωση αυτή χρειάζονται τα γεωδαιτικά δίκτυα και δη να είναι κοντά στο ρήγμα) έτσι ώστε έγκαιρα να ξέρουμε αν θα πρόκειται για μεγάλο μεγέθους σεισμό ή όχι, που έχει μεγάλη σημασία. Εν κατακλείδι, όλες οι προσπάθειές μας οφείλουν να έχουν ως στόχο την βελτίωση της εθνικής αντισεισμικής πολιτικής.