

**ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΡΟΔΡΟΜΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ**

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Νικ. Δελημπασης

Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας

Πανεπιστημίου Αθηνών

Η έρευνα για την ανίχνευση τυχόν πρόδρομων σεισμικών φαινομένων στην περιοχή Κεφαλληνίας πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή διαφόρων μεθοδολογιών, όπως γεωλογικών, τεκτονικών, σεισμολογικών, γεωδαιτικών (DGPS) και διαστημικών (DInSAR). Σκοπός της γεωδαιτικής μεθόδου, των Διαφορικών Μετρήσεων GPS (DGPS), σε συνδυασμό με την Διαφορική Συμβολομετρία Ραντάρ (DInSAR) ήταν ο εντοπισμός τυχόν προσεισμικής εδαφικής (ανοδικής) παραμόρφωσης, η οποία να συνδέεται με το φαινόμενο της διαστολής, το οποίο, όταν διαπιστωθεί σε συνδυασμό και με την θεώρηση σεισμολογικών δεδομένων, η γένεση σεισμού είναι πλέον θέμα χρόνου.

Πρός τον σκοπό αυτόν εγκαταστάθηκε στην Κεφαλληνία ένα GPS δίκτυο από 25 σταθμούς, το οποίο επαναμετρήθηκε ύστερα από 16 μήνες με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό της οριζόντιας και κατακόρυφης εδαφικής παραμόρφωσης. Παράλληλα εκπονήθηκε ένα διαφορικό συμβολογράφημα από δύο (SAR) εικόνες (ERS2) Ραντάρ, από Σεπτέμβριο 1995 μέχρι Αύγουστο 1998, και κατά τον τρόπο αυτόν προέκυψε η παραμόρφωση της ευρύτερης περιοχής υπό μορφή κροσσών (ελάχιστη δυνητικά προσδιορισθείσα παραμόρφωση 28 mm). Επειδή δεν κατέστη δυνατή η εγκατάσταση σεισμολογικού δικτύου στην ευρύτερη περιοχή, εδόθη έμφαση κυρίως στην εκπόνηση μελέτης της σεισμικής ησυχίας.

Η διαχείριση και επεξεργασία των πολυ-θεματικών δεδομένων έγινε μέσα από ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), με σκοπό τον ευκολότερο συσχετισμό τους και την σύνθεση αντιστοίχων χαρτών. Αποτέλεσμα ήταν η ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων, αλλά και η δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων, για περαιτέρω

διαχείριση και ανάλυση από τον ΟΑΣΠ. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Από γεωλογικής και τεκτονικής απόψεως και σύμφωνα με την κλίμακα παρατήρησης και εργασίας διακρίθηκαν τέσσερα κύρια ρηξιτεμάχη ή «πολυτεμάχη» στην Νήσο Κεφαλληνία. Στο εσωτερικό των «πολυτεμαχών» διεκρίθησαν επί μέρους ρηξιτεμάχη, τα οποία οριοθετούνται από δομές μικροτέρας τάξεως. Τα επί μέρους ρηξιτεμάχη ενός «πολυτεμάχους» έχουν κατά βάση συγγενή χαρακτηριστικά και κοινή νεο-τεκτονική εξέλιξη, τουλάχιστον στο Ανώτερο - Ανώτατο Τεταρτογενές.
- Οι κύριες διευθύνσεις των τεκτονικών γραμμών είναι ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό εμφανίζονται δομές με διεύθυνση Β-Ν και Α-Δ. Οι δομές με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ είναι σχετικά παλαιότερες, αντιπροσωπεύουν ως επί το πλείστον ανάστροφα ρήγματα και επιπτεύσεις και εμφανίζονται σε όλη την νήσο. Αρκετές από αυτές τις δομές εξακολουθούν να είναι ενεργές. Οι δομές με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό και σε μικρότερο βαθμό στο νοτιο-ανατολικό τμήμα της νήσου. Οι δομές αυτές είναι κυρίως συμπίεστικές, αλλά συμπεριλαμβάνουν και σημαντική δεξιόστροφη οριζόντια συνιστώσα ολίσθησης, η οποία σχετίζεται άμεσα με το δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης, που εντοπίζεται δυτικότερα στον θαλάσσιο χώρο.
- Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία και ανάλυση των σεισμολογικών δεδομένων και των μηχανισμών γένεσης επιβεβαιώνουν τα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από την γεωλογική και τεκτονική μελέτη της περιοχής. Η διασπορά των epicέντρων των σεισμών με μέγεθος $M < 5$, χρονικής περιόδου 1966-2002, είναι χαρακτηριστική και παρουσιάζει δύο διευθύνσεις. Η πρώτη ΒΒΑ-ΝΝΔ κύριας διεύθυνσης, όπου περιλαμβάνει την πλειονότητα των epicέντρων και διέρχεται από το δυτικό τμήμα της νήσου (Κόλπος Αργοστολίου και βορειότερα) και η δεύτερη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης προεκτείνεται από τον θαλάσσιο χώρο νότια της νήσου προς τα ΒΔ, ακολουθώντας τον άξονα της οροσειράς.

- Τα επίκεντρα των σεισμών με μέγεθος $M \geq 5$, χρονικής περιόδου 1900-2002, παρουσιάζουν διασπορά BBA-NNΔ διεύθυνσης. Η δεύτερη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση στερείται σχεδόν σεισμών. Αυτό οδηγεί στο πιθανό συμπέρασμα ότι οι σεισμοί μεγέθους $M \geq 5$ απαντούν κυρίως στον θαλάσσιο χώρο και συμβαίνουν στην σεισμική ζώνη με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση.
- Οι μηχανισμοί γένεσης των σεισμών δείχνουν ότι τα επίπεδα διάρρηξης, όπως αυτά έχουν καθορισθεί από την διασπορά των μετασεισμών και των μορφολογικών, γεωφυσικών και γεωδαιτικών παρατηρήσεων, παρουσιάζουν επίσης τις προαναφερθείσες δύο διευθύνσεις. Μία BBA-NNΔ στην βόρεια πλευρά της νήσου και μία ΒΒΔ-ΝΝΑ στο νότιο τμήμα. Οι διευθύνσεις αυτές συμφωνούν με τις διευθύνσεις της θαλάσσιας τοπογραφίας της περιοχής. Οι λύσεις των μηχανισμών γένεσης των σεισμών έδειξαν ότι όλοι οι σεισμοί της περιοχής προκαλούνται από ανάστροφα ρήγματα που παρουσιάζουν οριζόντια ολίσθηση. Το είδος της κίνησης των ρηγμάτων αυτών χαρακτηρίζεται από οριζόντια δεξιόστροφη κίνηση.
- Η επικράτηση των συμπιεστικών τάσεων, όπως έχει περιγραφεί από την τεκτονική και σεισμολογική μελέτη της περιοχής, έχει ως αποτέλεσμα την βραδεία συνολική ανύψωση της νήσου, η οποία εκφράζεται ποσοτικώς από τα αποτελέσματα των διαφορικών μετρήσεων GPS. Η ύπαρξη σημαντικής συνιστώσας δεξιόστροφης οριζόντιας ολίσθησης στο δυτικό τμήμα, όπως περιγράφεται από τα GPS αποτελέσματα, έχει ως αποτέλεσμα την σχετική περιστροφή αυτού ως προς την υπόλοιπη νήσο. Η δεξιόστροφη περιστροφή της περιοχής μελέτης είχε διαπιστωθεί και το 1972 από την ερευνητική ομάδα των Mercier, Bousquet & Delibasis et al. (1973).
- Η παρατηρούμενη καταβύθιση των μεταλλικών σχηματισμών, κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης του Αίνου, στην ΝΑ Κεφαλληνία, δεν πρέπει να οφείλεται στο υφιστάμενο τεκτονικό καθεστώς, αλλά μάλλον σε βραδέα κατολισθητικά φαινόμενα λόγω της χαλαρότητας των σχηματισμών αυτών. Η ποιότητα των εδαφών στην τουριστικώς αναπτυσσόμενη περιοχή (π.χ. Σκάλα) της ΝΑ Κεφαλληνίας, σε

συνδυασμό με πιθανή ισχυρή μελλοντική σεισμική δόνηση αναμένεται να προκαλέσει ιδιαίτερα έντονες εδαφικές κινήσεις, οι οποίες αναμένεται να επηρεάσουν (με καθίζηση) ακόμη περισσότερο τις περιοχές αυτές. Τέλος, η συμπεριφορά των εβαποριτών (ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νερό), πιθανώς επηρεάζει την τεκτονική του ανατολικού τμήματος της νήσου (ανύψωση $\approx 20\text{mm}$ παρατηρούμενη από τις GPS μετρήσεις) και πιθανώς την μικροσεισμική δραστηριότητα της περιοχής.

- Το τοπικό τεκτονικό καθεστώς της νήσου με την παραμόρφωση μικρότερη από 28mm , η οποία διαπιστώνεται και περιγράφεται από τα GPS αποτελέσματα, αδυνατεί να εντοπισθεί και περιγραφεί από την Διαφορική Συμβολομετρία Ραντάρ, η οποία, όπως διαπιστώθηκε, περιορίζεται σε αυστηρά τοπικού χαρακτήρα παραμορφώσεις στις θέσεις πλησίον της Αγίας Ευφημίας, Τζανάτα και Κομητάτα.
- Σύμφωνα με παλαιότερες νεοτεκτονικές μελέτες (Mercier et al. 1972), το τεκτονικό καθεστώς το οποίο χαρακτηρίζει την περιοχή (ανάστροφες οριζόντιες κινήσεις και ΒΑ-ΝΔ συμπιεστικές τάσεις) επικρατεί από το Τεταρτογενές, γεγονός που υποδηλώνει ότι το τεκτονικό καθεστώς στην περιοχή του Ιονίου Πελάγους δεν έχει αλλάξει τα τελευταία 2 εκ. έτη.
- Σε ό,τι αφορά την παράμετρο της σεισμικής ησυχίας, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα αξιόλογη σεισμική ησυχία στην περιοχή ενδιαφέροντος. Μόνο στο ΒΔ τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής, οι τιμές των παραμέτρων που υπολογίσθηκαν υποδηλώνουν την ύπαρξη σεισμικής ησυχίας, η οποία θα πρέπει να τονισθεί ότι είναι μεγαλύτερη συγκρινόμενη με την επικρατούσα στην υπόλοιπη γειτονική περιοχή.
- Από τον σεισμό του 1983 μέχρι τέλος του 2002 δεν παρατηρείται ελάττωση της σεισμικότητας στην περιοχή. Η προσδιορισθείσα σεισμική ησυχία, μέχρι την περίοδο (Ιανουάριος 2002) που ελήφθη υπ' όψιν στην παρούσα ανάλυση, δεν υποδηλώνει καθαρά την ύπαρξη ιδιαίτερα αξιόλογης ανωμαλίας, η οποία θα μπορούσε να

συνδεθεί με επερχόμενο ισχυρό σεισμό στην περιοχή, χωρίς βεβαίως να είναι δυνατόν να αποκλεισθεί τέτοιο ενδεχόμενο.

- Η σεισμική ησυχία ως πρόδρομο φαινόμενο πρέπει να εξετάζεται και να ερμηνεύεται σε συνδυασμό με άλλα πρόδρομα φαινόμενα και όχι μονοσήμαντα. Επί πλέον, είναι αναγκαία η πραγματοποίηση συνεχών μετρήσεων της σεισμικότητας της περιοχής με την εγκατάσταση ανάλογου τοπικού σεισμολογικού δικτύου, με σκοπό την ανίχνευση οποιασδήποτε σημαντικής μεταβολής. Στην παρούσα φάση (λόγω οικονομικής αδυναμίας) δεν πραγματοποιήθηκε τέτοια ενέργεια.
- Οι τοπικές ανυψωτικές κινήσεις, οι οποίες παρατηρούνται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της νήσου, είναι δύσκολο να εκληφθούν ως πρόδρομο σεισμικό φαινόμενο μεγάλου μεγέθους επερχόμενου σεισμού, εάν προηγουμένως δεν διαπιστωθεί το φαινόμενο της διαστολής. Ακριβέστερη μελέτη για την ανίχνευση πρόδρομων σεισμικών φαινομένων σχετιζομένων με το φαινόμενο της διαστολής θα μπορούσε να επιτευχθεί (μεταξύ άλλων) και με τον ακριβή προσδιορισμό της μεταβολής του λόγου V_p/V_s . Η έρευνα αυτή απαιτεί εγκατάσταση πυκνού σεισμολογικού δικτύου στην ευρύτερη περιοχή. Η συγκεκριμένη όμως έρευνα, ενώ είχε αρχικά προταθεί, δεν κατέστη δυνατόν να πραγματοποιηθεί, λόγω περικοπής του ποσού της αρχικής πρότασης κατά 50%.

Γενικά επιβεβαιώνεται ότι η περιοχή των Ιονίων Νήσων παρουσιάζει την μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα περισσότερα γεωδυναμικά φαινόμενα που παρατηρούνται στην εν λόγω περιοχή και στον γειτονικό Ελληνικό Χώρο.