

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/285334242>

The Aghios Nikitas – Athani active fault and the geological hazard of Lefkada island

Conference Paper · January 2008

CITATION

1

READS

645

2 authors:



Theodora Rondoyanni

National Technical University of Athens

2 PUBLICATIONS 36 CITATIONS

SEE PROFILE



George Tsiambaos

National Technical University of Athens

104 PUBLICATIONS 1,858 CITATIONS

SEE PROFILE

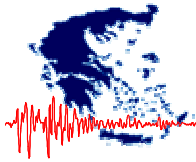
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Study of tectonic faults interaction [View project](#)



Rockfalls: experimental testing, modelling, design of protection measures [View project](#)



Το ενεργό ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου στη Λευκάδα και η γεωλογική επικινδυνότητα του νησιού The Aghios Nikitas-Athani active fault and the geological hazard of Lefkada island

Θεοδώρα ΠΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ¹, Γεώργιος ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Ο προσδιορισμός των ενεργών ρηγμάτων στο νησί της Λευκάδας και των γεωλογικών κινδύνων που συνδέονται με αυτά, βασίστηκε στη γεωλογική χαρτογράφηση των πρόσφατων γεωλογικών σχηματισμών, την νεοτεκτονική μελέτη καθώς και την καταγραφή των εδαφικών παραμορφώσεων και αστοχιών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του σεισμού του 2003. Επιπλέον έγινε αξιολόγηση των περιγραφών από προηγούμενους σεισμούς, που υπάρχουν κυρίως στα Αρχεία του νομού Λευκάδας και σε ιστορικά κείμενα, γεγονός που επιβεβαίωσε τη διαπίστωση για την διαχρονική επανάληψη των ίδιων καταστροφικών φαινομένων σε συγκεκριμένες θέσεις του νησιού. Μεταξύ των ενεργών ρηγμάτων που μελετήθηκαν πιο σημαντικό, από σεισμοτεκτονική άποψη, είναι το ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου, το οποίο αναπτύσσεται παράλληλα και κοντά στις δυτικές ακτές, και παρουσιάζει εντυπωσιακή ομοιότητα με τον βόρειο κλάδο του υποθαλάσσιου ρήγματος της Κεφαλονιάς-Λευκάδας. Τα υπόλοιπα ενεργά ρήγματα είναι κανονικά ρήγματα μικρού μήκους, των οποίων η δράση θεωρούμε ότι είναι γενετικώς συνδεδεμένη με το ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου και πιθανή ενεργοποίηση τους θα είναι δευτερογενής.

ABSTRACT : The determination of the active faults in Lefkada island and the related geological hazard was based on the mapping of the recent geological formations, the neotectonic study and the study of the surface deformation and failures during the 2003 earthquake. Moreover,¹ valuable data for previous destructive earthquakes, founded in the Archives of Lefkada prefecture as well as from historical descriptions were evaluated, enabling the determination of the island areas prone to major earthquake damage. Among the existing faults in Lefkada island, the most important is considered to be the Aghios Nikitas-Athani strike-slip fault, which is parallel to the offshore Kefalonia-Lefkada fault and presents identical geometric and dynamic characteristics, whereas the normal faults may present a secondary reactivation.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

Το νησί της Λευκάδας κατέχει, από γεωδυναμική άποψη, μια θέση-κλειδί στην δυτική Ελλάδα, θέση όπου η σύγκλιση στο Ελληνικό Τόξο μεταβαίνει στην Αδριατική σύγκρουση, δια μέσου του δεξιόστροφου ρήγματος μετασχηματισμού Κεφαλονιάς-Λευκάδας (Sorel et al., 1976; Monopolis & Bruneton, 1982; Mascle et al., 1984; Scordilis et al., 1985; Cushing, 1985; Louvari et al, 1999; Kokinou et al., 2006). Στην παρουσία του υποθαλάσσιου αυτού

¹ Επ. Καθηγήτρια, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., e-mail: rondo@central.ntua.gr

² Αν. Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., e-mail: gktsiamb@central.ntua.gr

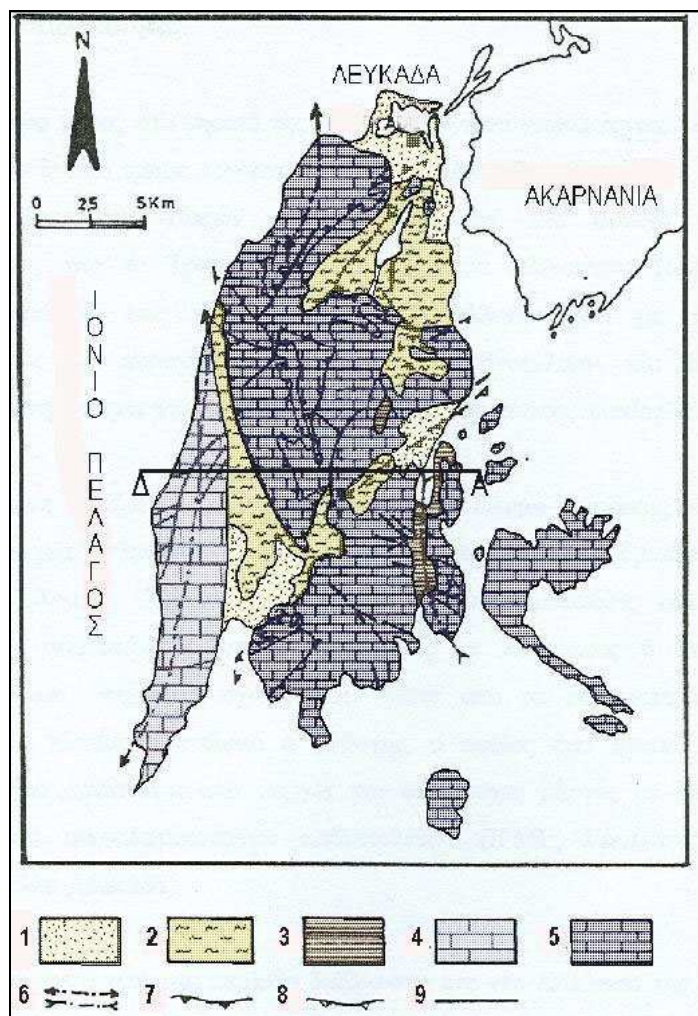


Σχήμα 1. Το υποθαλάσσιο ρήγμα Κεφαλονιάς-Λευκάδας, κοντά στις δυτικές ακτές των νησιών. Απεικονίζονται επίσης με τους μικρούς κύκλους τα σεισμικά επίκεντρα καθώς και οι μηχανισμοί γένεσης των μεγαλύτερων σεισμών (από Louvari et al., 1999).

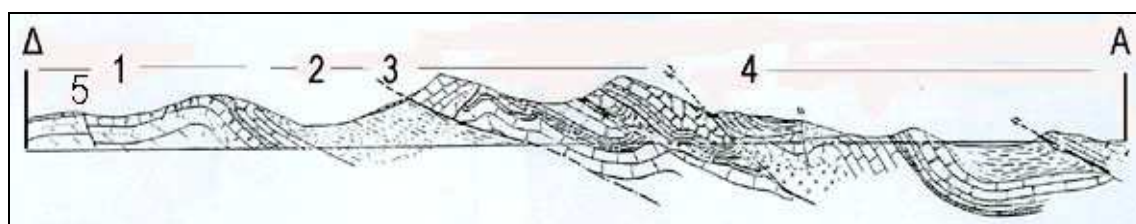
του ρήγματος, σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από τις δυτικές ακτές της Λευκάδας (Σχήμα 1) αποδίδεται το μεγαλύτερο μέρος της ισχυρής σεισμικότητας της περιοχής, με τελευταίο γνωστό γεγονός τον σεισμό του 2003 (Zahradnik et al, 2003; Papadopoulos et al. 2003; Karakostas et al., 2004; Papadimitriou et al., 2006).

Η ευρύτερη περιοχή του νησιού της Λευκάδας έχει υποστεί πολλαπλές τεκτονικές διεργασίες, με αποτέλεσμα την παρουσία έντονου ανάγλυφου και σύνθετης γεωλογικής δομής, γεγονός στο οποίο συμβάλλει και η παρουσία των εβαποριτών. Λόγω αφενός της εκδήλωσης ισχυρών σεισμών στον χώρο του Ιονίου πελάγους και αφετέρου των γεωλογικών συνθηκών που ευνοούν την πιθανότητα ύπαρξης υδρογονανθράκων, έχουν πραγματοποιηθεί, στην ευρύτερη περιοχή, κατά το παρελθόν σημαντικές γεωλογικές, γεωφυσικές και σεισμοτεκτονικές έρευνες.

Σύμφωνα με τις υποθαλάσσιες τομές που έγιναν στην περιοχή του κεντρικού Ιονίου πελάγους, προσδιορίστηκε ένας αριθμός σημαντικών τεκτονικών δομών, όπως είναι η ιόνιος επίπλευση, ενδοφλοιικές ανάστροφες επιπτεύσεις, διαπυρισμοί και κανονικά ρήγματα (Sorel et al., 1976; Le Pichon & Angelier, 1979; Monopolis & Bruneton, 1982; Mascle et al., 1984; Poulos et al., 1999; Clement et al., 2000). Η γεωλογική δομή και η στρωματογραφική εξέλιξη του νησιού της Λευκάδας μελετήθηκαν αναλυτικά από τον Μπορνόβα (1964) και το Γαλλικό Ινστιτούτο Πετρελαίου-I.F.P. (1966). Η γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής μελετήθηκε από τους Cushing (1985) και Sorel (1989), οι οποίοι αποδίδουν την πρόσφατη παραμόρφωση του νησιού στις συμπίεστικές τάσεις που συνδέονται με την εξέλιξη του ρήγματος Κεφαλονιάς-Λευκάδας και προκαλούν αναθόλωση του νησιού, ενώ τα κανονικά ρήγματα ερμηνεύονται ως δομές που δημιουργήθηκαν λόγω τοπικού εφελκυσμού στην κορυφή αυτής της αναθόλωσης.



Σχήμα 2. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης: 1. Αλλουβιακές αποθέσεις, 2. Νεογενείς αποθέσεις, 3. Φλύσχης, 4. Ασβεστόλιθοι ζώνης Παξών, 5. Ασβεστόλιθοι Ιονίου ζώνης, 6. Άξονες πτυχώσεων, 7. Επώθησεις, 8. Εμφιπτεύσεις, 9. Ρήγματα (από Rondoyanni, 1988)



Σχήμα 3. Ενδεικτική γεωλογική τομή (από Sorel, 1989). Η θέση της φαίνεται στο Σχήμα 1. 1. Ασβεστόλιθοι Παξών σε αντικλινική δομή, 2. Νεογενείς αποθέσεις, 3. Επώθηση, 4. Πολυπτυχωμένοι σχηματισμοί Ιονίου ζώνης, 5. Ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου.

Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού της Λευκάδος ανήκει γεωτεκτονικά στην Ιόνιο ζώνη ενώ το δυτικό τμήμα του στη ζώνη Παξών (Bornovas, 1964; IGRS-IFP, 1966; British Petroleum, 1971). Η ζώνη Παξών, εδώ, χαρακτηρίζεται από ασβεστόλιθους και δολομίτες στους οποίους υπέρκεινται νεογενή κλαστικά ιζήματα, κυρίως μάργες και ψαμμίτες (Σχήμα 2).

Η Ιόνιος ζώνη η οποία είναι επωθημένη στην ζώνη Παξών, αρχίζει με εβαπορίτες τους οποίους ακολουθεί μια ανθρακική ιζηματογένεση που περιλαμβάνει δολομίτες, ασβεστόλιθους και πυριτικούς σχιστόλιθους, πάνω στους οποίους υπάρχει κατά θέσεις ο

φλύσξης, ενώ ακολουθεί η απόθεση των νεογενών ιζημάτων, που είναι κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (Bizon, 1967; De Mulder, 1975; Benda et al., 1982). Κατά θέσεις, μέσα στις αποθέσεις αυτές παρατηρούνται ποικίλου μεγέθους ολισθημένα τεμάχια ασβεστολίθων που φανερώνουν την τεκτονική αστάθεια που επικρατούσε στην παράκτια αυτή λεκάνη ιζηματογένεσης. Τα πρόσφατα ιζήματα εμφανίζονται πολύ περιορισμένα, γεγονός που αποτελεί χαρακτηριστική διαφορά σε σχέση με τα άλλα ιόνια νησιά, όπου εμφανίζονται πρόσφατα θαλάσσια και λιμναία ιζήματα (Keraudren, 1975) μέσα στα οποία έχει αποτυπωθεί, σε πολυάριθμες θέσεις, η σύγχρονη παραμόρφωση (Sorel, 1976).

Η γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής συνδέεται με τις επικρατούσες κατά το μεγαλύτερο διάστημα συμπίεστικές τάσεις, που στο δυτικό τμήμα (ζώνη Παξών) δημιούργησαν μια μεγάλη αντικλινική πτυχή με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Στην περιοχή της Ιονίου ζώνης, αντίθετα, παρατηρείται πολυπλοκότητα, η οποία εκφράζεται με τον σχηματισμό πολυάριθμων πτυχώσεων και επωθήσεων (Σχήμα 3). Η κατανομή των αξόνων των συγκλίνων και αντικλίνων φανεώνει το ρόλο των εβαποριτών στην τεκτονική αποκόλληση του καλύμματος των ιζηματογενών πετρωμάτων (Sorel, 1989). Η μεγαλύτερη συμπίεστική δομή από γεωτεκτονική άποψη, που δημιουργήθηκε κατά το νεοτεκτονικό στάδιο, είναι η επώθηση των σχηματισμών της Ιονίου ζώνης πάνω στη ζώνη Παξών. Πρόκειται για μια δομή που θεωρείται πλέον μη ενεργή, καθόσον το μέτωπο της συμπίεσης αναγνωρίζεται πιο δυτικά, μέσα στο θαλάσσιο χώρο (Cushing, 1985).

Στο ενδιαφέρον αυτό, όσο και «δύσκολο» γεωλογικό περιβάλλον, πραγματοποιήθηκε η νεοτεκτονική χαρτογράφηση της Λευκάδας και της ευρύτερης περιοχής του Αμβρακικού κόλπου σε κλίμακα 1:100.000 (Ροντογιάννη κ.α., 2008) η οποία περιλάμβανε τη λεπτομερή μελέτη τόσο των πρόσφατων αποθέσεων όσο και των ρηγμάτων, δεδομένα που βοηθούν στην κατανόηση του μοντέλου παραμόρφωσης του νησιού και στον εντοπισμό περιοχών αυξημένης σεισμικής επικινδυνότητας. Ο προσδιορισμός των ενεργών ρηγμάτων έγινε κυρίως με βάση τη γεωμορφολογική και μορφοτεκτονική τους έκφραση, τη μετατόπιση των τεταρτογενών αποθέσεων, τη «νεότητα» των κατοπτρικών τους επιφανειών καθώς και τα γεωμετρικά και δυναμικά τους χαρακτηριστικά, στοιχεία ενδεικτικά μιας ανάδρασης από το Ανώτερο Πλειστόκαινο (τελευταία 300.000 χρόνια). Επιπλέον στοιχεία έδωσε η αναζήτηση ιστορικών στοιχείων για τις σεισμικές καταστροφές στο νησί καθώς και τα νέα σεισμοτεκτονικά δεδομένα μετά το γεγονός του 2003.

Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΣΦΑΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι πρόσφατοι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι περιορισμένοι σε έκταση, αλλά σημαντικοί από την άποψη των προβλημάτων αστάθειας που συχνά προκαλούν. Εκτεταμένες αποθέσεις πλευρικών κορημάτων απαντούν κυρίως στο δυτικό και νότιο τμήμα του νησιού, όπου με βάση την υφή και το χρώμα τους μπορούν να διακριθούν δύο ομάδες. Τα παλαιότερα κορήματα είναι λευκού χρώματος λατυπτοπαγή, άστρωτα, μέτρια συνεκτικά, ενώ τα νεότερα είναι ερυθρού χρώματος και καλοστρωμένα. Νεότερες έως και σύγχρονες αποθέσεις κορημάτων, με μικρότερη ανάπτυξη, είναι διάσπαρτες στο νησί της Λευκάδας ιδιαίτερα όμως κοντά στα χωριά Άγιος Νικήτας, Δρυμώνας, Καλαμίτσι, Δράγανο και στο Αθάνι, όπου είναι πολύ συχνά και τα φαινόμενα καταπτώσεων και κατολισθήσεων, ιδιαίτερα δε ενεργοποιούμενα κατά τη διάρκεια ισχυρών σεισμών (Σχήμα 4).

Παράλληλα, οι συχνές κλιματικές μεταβολές και τα έντονα φαινόμενα εξαλλοίωσης σε όλη τη διάρκεια του Τεταρτογενούς είχαν σαν αποτέλεσμα την απόθεση μεγάλης ποσότητας υλικών μέσα σε καρστικά έγκοιλα, αποτελούμενα κυρίως από ερυθρές αργίλους. Σε αρκετές περιπτώσεις τα βυθίσματα αυτά είναι ευθυγραμμισμένα σε μέση διεύθυνση Β-Ν, φανερώνοντας την σύνδεσή τους με τεκτονικούς παράγοντες γένεσης. Χαρακτηριστικές αποθέσεις ερυθρογής εμφανίζονται νότια από το χωριό Αθάνι, προς τη χερσόνησο του

Λευκάτα, μέσα στις οποίες έχουν διαπιστωθεί και ίχνη παλαιολιθικής κατοίκησης (Zachos & Douzougli, 2003).

Σε ότι αφορά τα θαλάσσια ιζήματα, αυτά περιορίζονται σε μια πολύ μικρή εμφάνιση νοτιοδυτικά του χωριού Άγιος Νικήτας καθώς και στον παράκτιο σχηματισμό του «ζωστήρα», βόρεια από την πόλη της Λευκάδας (Livaditis & Verikiou-Paraspiridakou, 1987). Πρόκειται για κροκαλοπαγή ελαφρώς συνεκτικά που η πεταλοειδής τοποθέτησή τους δημιούργησε την ρηχή λιμνοθάλασσα της Λευκάδας (στον πυθμένα της οποίας έχουν αποθεθεί κυρίως ιλυούχα ιζήματα με πάχος μεγαλύτερο των 3 μέτρων. Λεπτομερή στοιχεία για την σύσταση του υπεδάφους στην πόλη της Λευκάδας, με βάση γεωτρητικές και γεωφυσικές έρευνες, δίνονται από τον Parathanassiou et al. (2005).

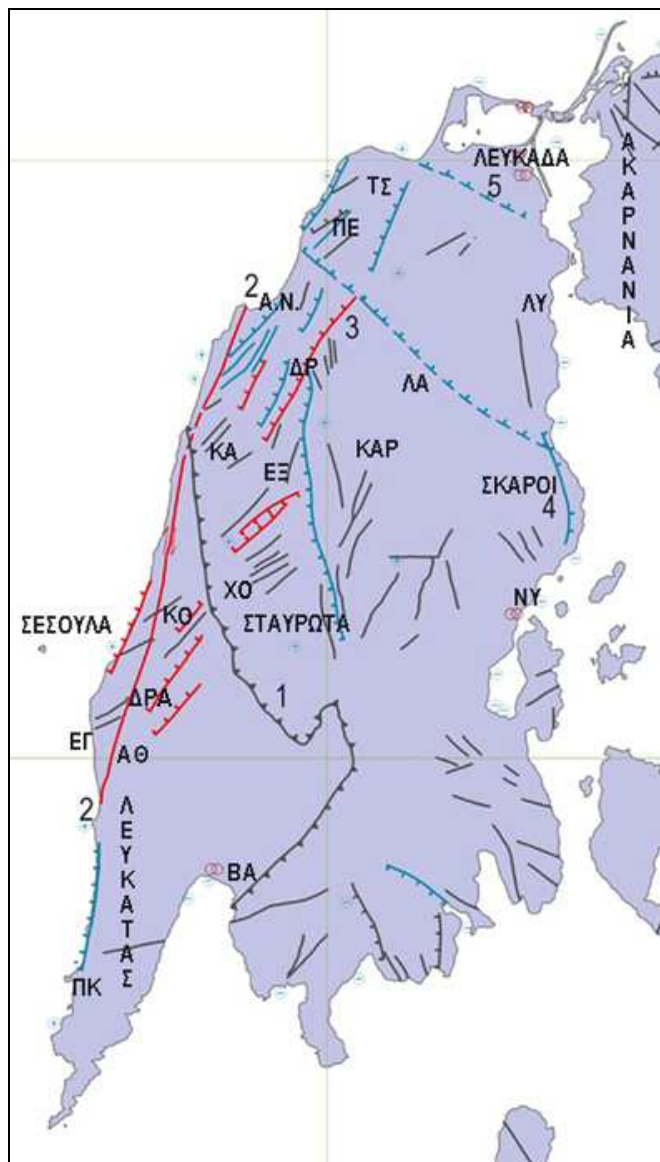
Αλλουβιακές αποθέσεις απαντούν στην πόλη της Λευκάδας, όπου έχουν πάχος μεγαλύτερο από 10 μέτρα, στην πεδιάδα της Βασιλικής και στα χωριά Νυδρί και Καρυά. Σημειώνονται ιδιαίτερα οι πολύ μικρού πάχους πρόσφατες αδρομερείς αποθέσεις στην περιοχή του χωριού Λαζαράτα, πάνω σε μαργαίτους ασβεστόλιθους. Στην παρουσία των αποθέσεων αυτών πάνω στους πολύ συνεκτικούς νεογενείς σχηματισμούς, που έχουν μεγάλη ανάπτυξη στην ευρύτερη περιοχή μπορούν να αποδοθούν οι αυξημένες βλάβες που παρατηρήθηκαν εκεί κατά τη διάρκεια του σεισμού του 2003 - η μακροσεισμική ένταση έφθασε τους VII βαθμούς στις κλίμακες MM και EMS (Papadopoulos et al., 2003). Τέλος, ιστορικές αποθέσεις καλύπτουν την παράκτια περιοχή στα νοτιοανατολικά της Λευκάδας, μέσα στις οποίες εντοπίζονται αρχαίες κατασκευές. Παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Λυγιάς, όπου σε μικρό βάθος, της τάξεως του ενός μέτρου, βρέθηκε τμήμα αρχαίας οδού πλαισιωμένης από οικοδομήματα-αποθήκες (Zachos & Douzougli, 2003)

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Ο ρηξιγενής ιστός στη Λευκάδα διαμορφώνεται από έναν μεγάλο αριθμό ρηγμάτων μικρού σχετικά μήκους, «κληρονομημένων» από παλαιότερες τεκτονικές φάσεις. Από τα ρήγματα αυτά η παρούσα εργασία εστίασε σε όσα επηρεάζουν τους νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς ή βρίσκονται στην επαφή τους με το προνεογενές υπόβαθρο (Σχήμα 5). Μέσα στους προνεογενείς ασβεστόλιθους είναι συχνά τα συζυγή ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης, που δείχνουν το έντονο διαχρονικό πεδίο συμπιεστικών τάσεων με διευθύνσεις



Σχήμα 4. Μεγάλου πάχους αποθέσεις κορημάτων: Στην αριστερή φωτογραφία ανοιχτόχρωμα λατυποπαγή στην περιοχή του χωριού Καλαμίτσι. Στην δεξιά φωτογραφία ερυθρά κορήματα στην περιοχή του Πόρτο Κατσίκι.



Σχήμα 5. Χάρτης της Λευκάδας όπου απεικονίζονται τα ενεργά ρήγματα (με κόκκινο χρώμα), τα νεοτεκτονικά (με γαλάζιο χρώμα) και τα παλαιότερα ρήγματα (με μαύρο χρώμα).

1. Επώθηση
 2. Ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου
 3. Ρήγμα Δρυμώνας
 4. Ρήγμα Σκάρων
 5. Ρήγμα Τσουκαλάδων
- Α.Ν--Άγιος Νικήτας
 ΑΘ-Αθήνι
 ΒΑ-Βασιλική
 ΔΡ-Δρυμώνας
 ΔΡΑ- Δράγανο
 ΕΓ_ Εγκρεμνοί
 ΕΞ-Εξάνθεια
 ΚΑ-Καλαμίτσι
 ΚΑΡ-Καρυά
 ΚΟ-Κομηλιό
 ΛΑ_Λαζαράτα
 ΛΥ-Λυγιά
 ΝΥ-Νυδρί
 ΠΕ- Πευκούλια
 ΠΚ-Πόρτο Κατσίκι
 ΤΣ-Τσουκαλάδες
 ΧΟ-Χορτάτα

ΒΑ-ΝΔ ($B30^{\circ}$ - $B60^{\circ}$) και ΑΝΑ-ΔΒΔ ($B110^{\circ}$ - $B120^{\circ}$) και έννοια κίνησης δεξιόστροφη και αριστερόστροφη αντίστοιχα. Στις νεογενείς αποθέσεις, στο βόρειο τμήμα του νησιού, επικρατούν τα ρήγματα με κύριες διευθύνσεις $B5^{\circ}$ - $B15^{\circ}$, $B40^{\circ}$ και $B150^{\circ}$ - $B170^{\circ}$, τα οποία είναι ρήγματα κυρίως οριζόντιας ολίσθησης και ανάστροφα, λίγα δε έχουν κανονικό χαρακτήρα.

Χαρακτηριστική είναι η διαφορά στον πρόσφατο τεκτονισμό μεταξύ της ανατολικής πλευράς του νησιού και των δυτικών απότομων ακτών, οι οποίες παρουσιάζουν και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από την άποψη της γεωλογικής επικινδυνότητας. Τα ρήγματα κοντά στις ανατολικές ακτές είναι μικρότερα, με επιφάνειες πολύ διαβρωμένες, στοιχεία που δείχνουν ότι δεν είναι ενεργά, ενώ τον κυρίαρχο ρόλο στην εξέλιξη του χώρου αυτού είχαν οι γεωμορφολογικοί παράγοντες. Αναφέρεται το μεγαλύτερο από αυτά, βόρεια από το Νυδρί που είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση περίπου Β-Ν, το οποίο διαμορφώνει την απότομη ανατολική πλαγιά του όρους Σκάροι (ρήγμα Σκάρων), από την οποία κατά τη διάρκεια σεισμών σημειώνονται καταπτώσεις βράχων. Πρέπει επίσης να τονισθεί εδώ η αντίστοιχη διαφορά που υπάρχει και στις σύγχρονες κατακόρυφες κινήσεις στις δύο πλευρές

του νησιού. Στην δυτική πλευρά παρατηρούνται φαινόμενα ανύψωσης ενώ οι ανατολικές ακτές, όπως δείχνουν τα γεωλογικά και αρχαιολογικά στοιχεία (Murray, 1982), υφίστανται μια σταθερή καταβύθιση.

Τα κυριότερα ρήγματα στο δυτικό τμήμα της Λευκάδας εμφανίζουν κατοπτρικές επιφάνειες στους προνεογενείς ασβεστόλιθους και δολομίτες, στη βάση των οποίων η συγκέντρωση διαφόρων γενεών λατυποπαγών φανερώνει επανάληψη της δραστηριότητάς τους. Αναφέρεται εδώ μια ομάδα υποπαράλληλων ρηγμάτων στην περιοχή του χωριού Δρυμώνας, με διεύθυνση BBA-NNΔ και δυτική κλίση, τα οποία επηρεάζουν τους μεσοζωικούς ασβεστόλιθους. Το μεγαλύτερο από αυτά (Σχήμα 6) παρουσιάζει κατοπτρική επιφάνεια ύψους 8 μέτρων με γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης, σε επαφή με μη συνεκτικά ασβεστολιθικά κορήματα με καστανέρυθρη αργιλομαργαϊκή ενδιάμεση ύλη, γεγονός που μας κάνει να υποθέσουμε ανάδραση του κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Τεταρτογενούς.

Αντίθετα, στο βόρειο τμήμα του νησιού, τα απότομα πρηνή που υψώνονται νότιο-δυτικά της πόλης της Λευκάδας, δεν αποτελούν, κατά την άποψη μας, την έκφραση ενός ενεργού ρήγματος (του «ρήγματος των Τσουκαλάδων», όπως αναφέρεται από άλλους ερευνητές (Λέκκας κ.α., 2001), αλλά είναι εμφανής η διαμόρφωση τους από κατολισθητικά φαινόμενα κυρίως και λιγότερο από φαινόμενα διαβρώσεως παλαιάς ακτής (Σχήμα 7). Θεωρούμε ότι το ρήγμα αυτό είναι παλαιότερο, πιθανώς δε αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης ρηξιγενούς ζώνης, η οποία συνεχίζεται και στην απέναντι ξηρά της Ακαρνανίας και εντάσσεται στην ευρύτερη ζώνη που διαμορφώνει το νότιο περιθώριο του Αμβρακικού κόλπου.

Αξιοσημείωτη είναι η φύση του γεωλογικού υλικού (ασβεστολιθικού-δολομιτικού), σε μια ζώνη πλάτους πολλών εκατοντάδων μέτρων κατά μήκος της δυτικής παράκτιας περιοχής, το οποίο είναι εντονότατα τεκτονισμένο έως θρυμματισμένο και κατά θέσεις κονιοποιημένο. Οι ρηξιγενείς ζώνες έχουν προκαλέσει θρυμματισμό των πετρωμάτων, ενώ η κατάσταση επιβαρύνεται ιδιαίτερα σε θέσεις όπου οι σπηλαιώδεις δολομίτες έχουν μεταβληθεί και από φαινόμενα εξαλλοίωσης σε δολομιτική άμμο. Μέσα στο υλικό αυτό διαπιστώθηκε η παρουσία πολλών μικρών ρηξιγενών επιφανειών με ποικίλο προσανατολισμό, αλλά ταυτόχρονα η απουσία ενός μεγάλου κανονικού ρήγματος κατά μήκος των δυτικών ακτών. Σε θέσεις όπου το πέτρωμα κρατά ελαφρά τη δομή του, εμφανίζονται κατοπτρικές επιφάνειες ρηγμάτων με μικρό εύρος και μήκος, ποικίλες διευθύνσεις και γραμμώσεις ολίσθησης, των οποίων η κλίση κυμαίνεται από 5° έως και 90°.



Σχήμα 6. Τμήμα της κατοπτρικής επιφάνειας του ρήγματος του Δρυμώνα μεταξύ των ασβεστολιθών και των πλευρικών κορημάτων.



Σχήμα 7. Το πρηνές βόρεια από το χωριό Τσουκαλάδες, με χαρακτηριστική μορφολογία διαβρώσεως και καταπτώσεων.



Σχήμα 8. Κατολισθήσεις – καταπτώσεις στο τμήμα του δρόμου Τσουκαλάδες - Άγιος Νικήτας που επεκτάθηκαν κατά το σεισμό του 2003.

Πρόκειται για προϋπάρχουσες επιφάνειες ασυνέχειας μέσα στην θρυμματισμένη αυτή ζώνη, πάνω στις οποίες έχει αποτυπωθεί το ίχνος μικρομετατοπίσεων λόγω τεκτονισμού ή και βαρύτητας σε ορισμένες περιπτώσεις. Στην έντονα τεκτονισμένη αυτή ζώνη παρατηρήθηκαν, κατά τον πρόσφατο σεισμό αλλά και παλαιότερα, έντονα φαινόμενα καταπτώσεων και ολισθήσεων των φυσικών κλιτύων και των τεχνητών πρηνών των δρόμων (Σχήμα 8).

ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΗΤΑ-ΑΘΑΝΙΟΥ

Το ρήγμα αυτό βρίσκεται σε απόσταση λίγων εκατοντάδων μέτρων από την δυτική ακτογραμμή και είναι ορατό από τον όρμο του Αγίου Νικήτα μέχρι και νότια από το χωριό Αθάνα, τέμνοντας τους ασβεστόλιθους και δολομίτες της περιοχής. Έχει διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και ανατολική κλίση. Το ίχνος του ρήγματος, καλά εκφρασμένο στην μορφολογία της περιοχής ακολουθείται για ένα μήκος 17 km. Το βορειότερο τμήμα του, στη δυτική πλευρά του οικισμού του Αγ. Νικήτα, συμπίπτει με το ανατολικό πρηνές του λόφου Μεγάλη Ράχη και μπροστά του αναπτύσσεται το μικρό επίμηκες βύθισμα του Αγίου Νικήτα. Πάνω στις λίγες κατοπτρικές επιφάνειες που εμφανίζονται εδώ, φαίνονται γραμμώσεις ολίσθησης με κλίση 5° - 10° που δείχνουν δεξιόστροφη κίνηση. Πρόσφατα πλευρικά κορήματα αναπτύσσονται μπροστά από την επιφάνεια του ρήγματος, πάνω στους θρυμματισμένους δολομιτικούς ασβεστόλιθους του υποβάθρου. Πολύ πρόσφατα μέσα στα κορήματα αυτά ανακαλύφθηκε θολωτός τάφος μυκηναϊκής εποχής, περίοδος που δεν ήταν μέχρι τώρα γνωστή στη Λευκάδα και στα άλλα ιόνια νησιά, οπότε αποτελεί σημαντική μαρτυρία για την προϊστορία της Δυτικής Ελλάδας. Η εύρεση του τάφου κατά τη διαπλάτυνση του δρόμου, μετά τον όρμο του Αγίου Νικήτα, αρκετά μέτρα στο εσωτερικό του προϋπάρχοντος πρηνούς, μαρτυρά την μετέπειτα κάλυψη του από πολύ πρόσφατα πλευρικά κορήματα, γεγονός σημαντικού ενδιαφέροντος, από γεωλογική άποψη.

Η πιο διακριτή και εντυπωσιακή εμφάνιση της επιφάνειας του ρήγματος παρατηρείται δυτικά από το χωριό Δράγανο, όπου έχει κλίση 65° - 70° και εμφανίζει χαρακτηριστικές τεκτονικές αυλακώσεις (Σχήμα 9) με μικρή κλίση (μικρότερη από 5° - 10°) και επιπλέον παράλληλες γραμμώσεις ολίσθησης, ενδεικτικές δεξιόστροφης κίνησης. Πρόκειται δηλαδή για ένα ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης με πολύ μικρή συνιστώσα κανονικής κίνησης. Πολυάριθμες μικρές κατοπτρικές επιφάνειες με αντίστοιχα γεωμετρικά και κινηματικά χαρακτηριστικά διαπιστώθηκαν μέσα στη ζώνη των ασβεστολίθων που καλύπτουν την περιοχή δυτικά του ρήγματος και μέχρι την ακτή (Σχήμα 10). Βόρεια και νότια από το χωριό Δράγανο, μπροστά από την επιφάνεια του ρήγματος αναπτύσσεται ένα επίμηκες βύθισμα μήκους 4 km και πλάτους από 100 έως 500 m, το οποίο κοντά στο χωριό Αθάνα είναι πληρωμένο με πρόσφατες αποθέσεις ερυθρογής (Σχήμα 11).



Σχήμα 9. Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου, κοντά στο χωριό Δράγανο. Διακρίνονται οι υποοριζόντιες τεκτονικές αυλακώσεις της επιφάνειας του ρήγματος. Το κόκκινο βέλος δείχνει την έννοια της κίνησης.



Σχήμα 10. Γραμμές οριζόντιας ολίσθησης του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου (το βέλος δείχνει την έννοια της κίνησης) μέσα στους δολομιτικούς ασβεστόλιθους, νοτιοδυτικά από το χωριό του Αγίου Νικήτα προς την παραλία.



Σχήμα 11. Άποψη του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου νότια από το χωριό Αθάνι. Με τη γραμμή έχει σημειωθεί η επιφάνεια του ρήγματος μεταξύ των θρυμματισμένων δολομιτικών ασβεστολίθων (αριστερά με το λευκό χρώμα) και της ερυθρογής (η κλίμακα δίνεται από τα δένδρα).

Η δράση του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου, και των άλλων αντίστοιχων μικρότερων ρηγμάτων στη γειτονία του, είναι συμβατή με την επικράτηση συμπιεστικών τάσεων κατά τη διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Η εντυπωσιακή ομοιότητα των γεωμετρικών και δυναμικών χαρακτηριστικών του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου, με τα αντίστοιχα του κλάδου Λευκάδας του υποθαλάσσιου ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης Κεφαλονιάς-Λευκάδας (όπως είναι γνωστά από τις σεισμικές και σεισμολογικές έρευνες, αλλά και το μηχανισμό γένεσης του σεισμού του 2003) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα δύο ρήγματα είναι άμεσα συνδεδεμένα και προφανώς το ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου, αποτελεί ένα παράπλευρο και μικρότερο ρήγμα στην ξηρά του αντίστοιχου μεγάλου υποθαλάσσιου ρήγματος.

Σύμφωνα και με την γεωδυναμική ερμηνεία της βαθυμετρικής εικόνας της ευρύτερης αυτής, τα μεγάλα βάθη στο Ιόνιο πέλαγος συνδέονται με την ανυψωμένη θέση της υποθαλάσσιας Απουλίας πλατφόρμας και την προώθηση της προς τα δυτικά. Στις σεισμικές τομές που έγιναν στον θαλάσσιο χώρο του Ιονίου, δυτικά της Λευκάδας, διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα ρήγματα είναι ανάστροφα, έχουν διεύθυνση περίπου Β-Ν και κλίση προς Α (Sorel et al., 1976; Auroux, 1984; Clement et al., 2000). Πρόσφατες σεισμικές και σεισμολογικές έρευνες που έγιναν στον υποθαλάσσιο χώρο του ρήγματος μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς-Λευκάδας (Kokinou et al., 2006) έδειξαν ότι το τμήμα δυτικά της Λευκάδας

έχει BBA-NNΔ διεύθυνση, έντονη κλίση προς ανατολάς και χαρακτήρα ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης με μια συνιστώσα ανάστροφης κίνησης. Οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν την παρουσία πολλών ρηγμάτων με αυτά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και διαδοχικές αναδράσεις που είχαν είτε κανονική είτε ανάστροφη συνιστώσα της κίνησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και τα στοιχεία από την έρευνα υπαίθρου, μπορούμε να πιθανολογήσουμε ότι ο «θρυμματισμός» των πετρωμάτων κατά μήκος των δυτικών ακτών της Λευκάδας οφείλεται στην έντονη καταπόνηση τους μεταξύ δύο δεξιόστροφων ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης, στα οποία παλαιότερα υπερίσχυε η ανάστροφη κίνηση. Στη συνέχεια, λόγω της δεξιόστροφης κίνησης που υφίσταται η ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με τα παλαιομαγνητικά δεδομένα (Kissel, 1986), και της σταθερότητας του προσανατολισμού των τεκτονικών τάσεων που δρουν πάνω στις προϋπάρχουσες τεκτονικές επιφάνειες, είχαν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ανάστροφης κίνησης των ρηγμάτων σε κίνηση οριζόντιας ολίσθησης.

ΣΕΙΣΜΟΙ, ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

Το νησί της Λευκάδας παρουσιάζει πολύ μεγάλη σεισμικότητα, λόγω της οποίας έχει χαρακτηριστεί με την ανώτερη κατηγορία στον Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού. Σύμφωνα με τις περιγραφές παλαιότερων και τις παρατηρήσεις των πιο πρόσφατων σεισμών, οι περισσότεροι συνδέονται με την εκδήλωση δευτερογενών φαινομένων, όπως κατολισθήσεων και καταπτώσεων βράχων, καταβυθίσεων περιορισμένης έκτασης, ρευστοποιήσεων και θαλασσιών κυμάτων βαρύτητας. Η δημιουργία μικρού εύρους και μεγέθους εδαφικών ρωγμών συνδέεται με τα παραπάνω φαινόμενα, ενώ δεν έχουν καταγραφεί, έως τώρα, πρωτογενείς σεισμικές εδαφικές ρωγμές, άμεσα συνδεδεμένες με ανάδραση ρήγματος.

Οι σεισμικές αναφορές που αξιολογήθηκαν βασίζονται κυρίως σε στοιχεία από το Αρχαιοφυλάκιο του Δήμου Λευκάδας, τις ταξινομημένες σημειώσεις του αρχαιοφύλακα Γεωργίου Παρίση με τίτλο «Σεισμοί από του έτους 1469-1957», που περιέχει αντιγραφές ή περιλήψεις ντοκουμέντων (στα ελληνικά και ιταλικά) όπως είναι γράμματα Ιταλών αρμοστών, Ελλήνων νομαρχών, αναφορές ιερέων κ.α., σε βιβλία και άρθρα της Χαραμογλείου Ειδικής Βιβλιοθήκης (Σάθας, 1867; Σταματέλος, 1870; Μαχαιράς, 1940; Μαχαιράς, 1951; Ζώρας, 1973; Ροντογιάννης, 1982), σε εφημερίδες της εποχής, στις εκθέσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου και του ΙΓΜΕ, σε ιστορικά βιβλία, καθώς τις αναφορές για τους παλαιότερους σεισμούς που συγκεντρώθηκαν από τους Γαλανόπουλο (1955), Μουγιάρη (1994) και Παπαζαχός & Παπαζαχού (1997).

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι υπάρχει σοβαρή απουσία αρχαιολογικών και ιστορικών δεδομένων σχετικά με τη σεισμικότητα των Ιονίων νήσων, αν λάβουμε υπόψη μας ότι η πρώτη αναφορά σεισμού στον ελληνικό χώρο είναι το 2400 π.Χ. Από το 1100 έως το 625 π.Χ. ήταν μια σκοτεινή περίοδος με ελάχιστες μαρτυρίες και αρχαιολογικά ευρήματα για το νησί της Λευκάδας. Αντίστοιχη περίοδος ήταν και από τον 3^ο έως τον 9^ο μ. Χ. αιώνα, όταν υπήρξε παρακμή και συνεπώς έλλειψη μαρτυριών για τη ζωή και τα γεγονότα (Zachos & Dousougli, 2003). Μια μόνο αναφορά υπάρχει (Ροντογιάννης, 1982) κατά την οποία η καταστροφή των τειχών της αρχαίας Λευκάδας οφείλεται πιθανώς σε ένα σεισμό που έλαβε χώρα τον 6^ο αιώνα. Έτσι, ο πρώτος γνωστός σεισμός ήταν την άνοιξη του 1469, ο οποίος προκάλεσε ζημιές στα σπίτια και στα τείχη και επηρέασε επίσης την Κεφαλλονιά και την Ζάκυνθο, για τον οποίο υπάρχουν μαρτυρίες. Σύμφωνα με όλες τις διαθέσιμες περιγραφές των σεισμών της Λευκάδας, διαπιστώνεται ότι εκτός από την πόλη της Λευκάδας, στην περιοχή των χωριών Δράγανο, Κομηλιό και Αθάνι εντοπίζονται οι περισσότερες καταστροφές από την άποψη βλαβών στον οικιστικό ιστό αλλά και εδαφικών αστοχιών, καταπτώσεων και κατολισθήσεων.

Ειδικότερα, με τον πρόσφατο σεισμό στις 14^η Αυγούστου 2003 (38.81B, 20.56A) με μέγεθος $M_s=6.4$ και εστιακό βάθος 12 χιλιόμετρα (σύμφωνα με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών) οι καταστροφές ήταν περισσότερες στην πόλη της Λευκάδας, στα χωριά Λαζαράτα και Ασπρογερακάτα (στο μικρό επίμηκες οροπέδιο των Σφακιωτών) καθώς και στο χωριό Δράγανο. Ο μηχανισμός γένεσης του σεισμού (Harvard, 2003) έδειξε την ενεργοποίηση ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης με διεύθυνση BBD-NNA και δεξιόστροφη κίνηση με ελάχιστη κανονική συνιστώσα (Harvard, 2003) λίγα χιλιόμετρα από τις δυτικές ακτές του νησιού. Η κατανομή των επικέντρων του σεισμού του 2003, ο οποίος μελετήθηκε διεξοδικά από πολλούς ερευνητές διαφόρων ειδικοτήτων, έδειξε ότι η δραστηριότητα ήταν συγκεντρωμένη κατά μήκος των δυτικών ακτών της Λευκάδας καθώς και στην περιοχή μεταξύ της Λευκάδας και της Κεφαλονιάς. Η προβολή του σεισμικού ρήγματος είναι σε εξαιρετική συμφωνία με την μορφολογία του θαλάσσιου πυθμένα που είναι παράλληλα και πολύ κοντά με την απότομη ακτογραμμή (Karakostas et al., 2004). Τα ίδια αποτελέσματα έδωσε και η μελέτη της παραμόρφωσης στα νησιά του κεντρικού Ιονίου, με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων από DGPS και DInSAR, μεταξύ των ετών 1995 και 2006 (Lagios et al., 2007).

Επιφανειακές ρωγμές και παραμορφώσεις δευτερογενούς προέλευσης, συνοδευόμενες από μερικές καταστροφές σε τεχνικά έργα σημειώθηκαν κατά μήκος της ανατολικής και δυτικής προκουμαίας της πόλης της Λευκάδας, στη νέα μαρίνα και στην αμμώδη παραλία μπροστά από το φάρο (Σχήμα 12) με τοπικά φαινόμενα ρευστοποίησης (Gazetas et al., 2004, Γκαζέτας κ.α., 2006). Δημιουργήθηκαν επίσης ρωγμές στο λιμάνι της Λυγιάς (Σχήμα 13) και καταβύθιση τμήματος της προκουμαίας, η πιο σοβαρή από τα αντίστοιχα φαινόμενα στο νησί, ενώ μικρότερης έκτασης αντίστοιχα φαινόμενα με καθίζηση στην ζώνη του λιμανιού συνέβησαν και στο χωριό Βασιλική, στο νότιο τμήμα του νησιού. Μετά το χωριό Χορτάτα, συνεχείς ρωγμές περιορισμένου μήκους και μικροκαθιζήσεις παρατηρήθηκαν στον δρόμο προς το χωριό Κομηλιό, κυρίως σε θέσεις που φαινόταν και αποκαταστάσεις του οδοστρώματος λόγω παλαιότερων φαινομένων αστάθειας των πρανών.

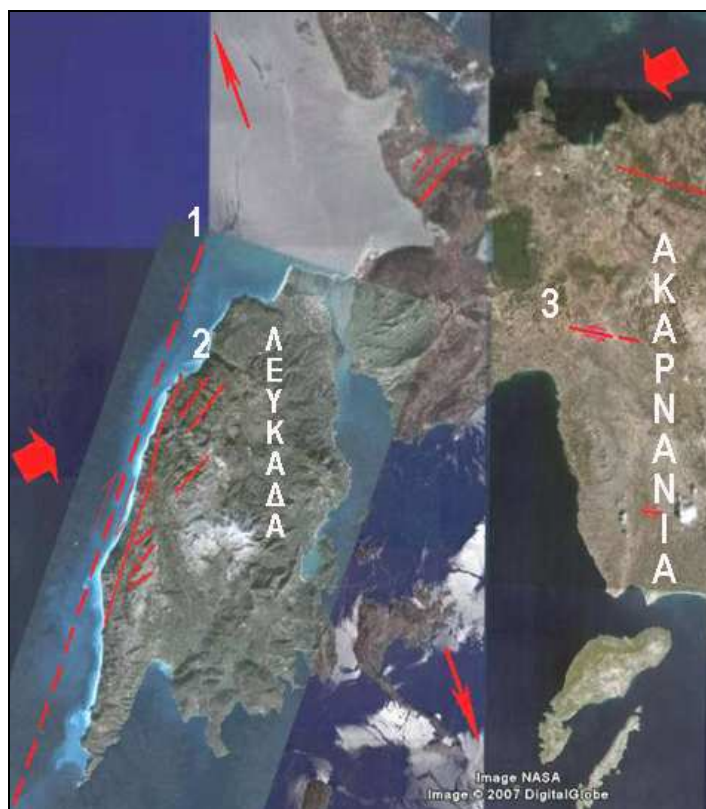
Αρκετές ρωγμές ποικίλων διευθύνσεων παρατηρήθηκαν επίσης και στο δρόμο από το χωριό Κομηλιό προς το Δράγανο, τόσο παράλληλα όσο και κάθετα στο δρόμο. Μια μεγάλη ρωγμή με διεύθυνση περίπου B-N δημιουργήθηκε σε φυσικό πρανές καλυμμένο με πλευρικά κορήματα λίγο πριν το χωριό Δράγανο (Σχήμα 14). Σημειώνεται ότι στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκαν πολυάριθμες καταρρεύσεις των λιθοδομών από τις υπάρχουσες αναβαθμίδες καλλιέργειας ενώ οι ανατροπές και μετατοπίσεις μεμονωμένων λίθων ήταν ιδιαίτερα έντονες. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις αυτές συμπεραίνεται ότι η εδαφική κίνηση πρέπει να ήταν στην περιοχή αυτή σημαντικά ενισχυμένη. Μικρές ρωγμές και καταπτώσεις σημειώθηκαν στη διασταύρωση από Άγιο Νικήτα προς Κάθισμα, πολύ κοντά στην επιφάνεια του ρήγματος του Αγίου Νικήτα.



Σχήμα 13. Ρευστοποίηση στην αμμόγλωσσα, στο φάρο της Λευκάδας



Σχήμα 12. Ρωγμές και καταβύθιση τμήματος της προκουμαίας στη Λυγιά



Σχήμα 15. Τα σεισμικά και ενεργά ρήγματα στην περιοχή Λευκάδας-Ακαρνανίας.

1. Το δεξιόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού Κεφαλονιάς-Λευκάδας, 2. Το δεξιόστροφο ενεργό ρήγμα Αγίου Νικήτα-Αθανίου 3. Το αριστερόστροφο σεισμικό ρήγμα στην Ακαρνανία

Ανάτη του χωριού Δρυμώνας παρατηρήθηκε αποκόλληση μεγάλων τεμαχών που απείλησαν την ασφάλεια του χωριού. Καταπτώσεις βράχων έπληξαν κατά θέσεις τους δρόμους Λευκάδας-Νυδρίου, Λευκάδας-Καρυάς και Ασπρογερακάτων-Δρυμώνα-Εξάνθειας-Καλαμιτσίου-Αγίου Νικήτα. Τα μεγαλύτερα προβλήματα στο οδικό δίκτυο του νησιού προκάλεσαν οι εντυπωσιακού μεγέθους καταπτώσεις και κατολισθήσεις των πρηνών του δρόμου Τσουκαλάδων - Αγίου Νικήτα, οι οποίες τον απέκλεισαν σε πολλές θέσεις καθώς και στην είσοδο του χωριού. Παρόμοιας έντασης ήταν και τα κατολισθητικά φαινόμενα στις παραλίες Πευκούλια, Άγιος Νικήτας, Εγκρεμνοί και Πόρτο Κατσίκι, καθώς και στις μικρότερες παραλίες σε όλες τις δυτικές ακτές του νησιού. Είναι ένα γεγονός που επαναλαμβάνεται σε κάθε μεγάλο σεισμό, στις περιοχές αυτές, λόγω του μεγάλου ύψους και της απότομης κλίσης των πρηνών, και κυρίως λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης και χαλάρωσης των πετρωμάτων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μέσα στο συγκεκριμένο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον, περίεργο μπορεί να χαρακτηριστεί το γεγονός της μη επιφανειακής ανάδρασης του ρήγματος Αγίου Νικήτα-Αθανίου, καθόσον πολλά σεισμικά επίκεντρα καταγράφονται και στην ξηρά κατά μήκος αυτού του ρήγματος. Η μόνη συν-σεισμική επιφανειακή διάρρηξη στην περιοχή του κεντρικού Ιονίου αφορά τους μεγέθους $M=5.4$ και $M=5.6$ σεισμούς του 1983 στην Ακαρνανία (που ακολούθησε τον μεγέθους $M=7.0$ σεισμό στην Κεφαλονιά) και συνδέεται με την ανάδραση αριστερόστροφου ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης κοντά στο χωριό Σκλάβαινα, διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ (Koukis et al., 1990). Η επίλυση του μηχανισμού γένεσης του σεισμού έδωσε διεύθυνση συμπίεσης ΒΑ-ΝΔ, όπως και αυτή του σεισμού της Λευκάδας του 2003, γεγονός που επιτρέπει να συμπεράνουμε την δράση τους κάτω από το ίδιο καθεστώς τάσεων που επικρατεί στην περιοχή της Λευκάδας - Δυτικής Ακαρνανίας (Σχήμα 15).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη των ρηγμάτων στο νησί της Λευκάδας και η αξιολόγηση των επιπτώσεων των παλαιότερων ισχυρών σεισμών καθώς και του σεισμού του 2003, έδειξε ότι ως σημαντικότερο ενεργό ρήγμα μπορεί να θεωρηθεί το δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης Αγίου Νικήτα - Αθανίου, το οποίο έχει διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ, παράλληλη σχεδόν με τη δυτική ακτογραμμή. Το ρήγμα αυτό έχει παρόμοια γεωμετρικά και δυναμικά χαρακτηριστικά με το υποθαλάσσιο ρήγμα Κεφαλονιάς-Λευκάδας, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από τις απότομες ακτές, η διαμόρφωση των οποίων δεν συνδέεται με την ύπαρξη κανονικού ρήγματος, αλλά με την τεκτονική ανύψωση της ξηράς, ως αποτέλεσμα της συμπίεσης που επικρατεί στην περιοχή και επακόλουθα φαινόμενα βαρύτητας.

Μέσα στο συγκεκριμένο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον αξιοσημείωτο είναι το γεγονός της μη επιφανειακής ανάδρασης του ρήγματος Αγίου Νικήτα - Αθανίου, παρά την τόσο έντονη μορφοτεκτονική του παρουσία και την καταγραφή πολλών σεισμικών επικέντρων κατά μήκος του, γεγονός που πιθανώς να οφείλεται σε μεγάλη περίοδο επανάληψης της δράσης του. Εν τούτοις, η περιοχή του ρήγματος αυτού συνδέεται, σχεδόν σε όλους τους σεισμούς, με αυξημένες καταστροφές στο δομημένο και φυσικό περιβάλλον καθώς και υψηλού βαθμού σεισμικές εντάσεις. Τα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ αποτελούν μικρότερης σημασίας εφελκυστικές δομές που αναπτύσσονται στη ζώνη του ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης, πιθανή δε ενεργοποίησή τους θα έχει δευτερογενή χαρακτήρα.

Από γεωδυναμική άποψη, θεωρούμε ότι οι επικρατούσες συμπίεστικές τάσεις ευθύνονται για τη δράση του ρήγματος οριζόντιας ολίσθησης Αγίου Νικήτα - Αθανίου και τον κατακερματισμό των πετρωμάτων (ασβεστολίθων και δολομιτών) όλης της δυτικής πλευράς του νησιού, πετρώματα που συνθλίβονται ανάμεσα σε δυο ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης (το ένα υποθαλάσσιο). Λαμβάνοντας υπόψη την δεξιόστροφη κίνηση της ευρύτερης περιοχής και το γεγονός ότι η διεύθυνση των συμπίεστικών τάσεων παραμένει σταθερή, τα ίδια ρήγματα τα οποία παλαιότερα δρούσαν ως ανάστροφα ή ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης με ανάστροφη συνιστώσα, τώρα δρουν ως ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης με ελάχιστη κανονική συνιστώσα της κίνησης.

Τέλος, η γεωλογική επικινδυνότητα του νησιού εκφράζεται, επίσης, με ολισθήσεις πρανών, καθιζήσεις στις παραλιακές ζώνες και ρευστοποιήσεις, φαινόμενα που διαχρονικά επαναλαμβάνονται με κάθε ισχυρό σεισμό. Αυτή η διαπίστωση αποτελεί θετικό παράγοντα, από την άποψη της αντισεισμικής προστασίας, αφού τα δευτερογενή φαινόμενα που συνοδεύουν κάθε σεισμό μπορούν να θεωρηθούν «προβλέψιμα», εξαρτώμενα βέβαια από τη θέση του επικέντρου και το μέγεθος του σεισμού. Έτσι, οι πλέον επικίνδυνες θέσεις, με καταπτώσεις βράχων και κατολισθήσεις, βρίσκονται κατά μήκος των δυτικών ακτών, ενώ οι ρευστοποιήσεις και καταβυθίσεις εκδηλώνονται συνήθως στις παραλιακές περιοχές στο βόρειο και ανατολικό τμήμα του νησιού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Auroux G. (1984), Evolution néotectonique de la dorsale apulienne et de ses bordures, Thèse 3^{me} Cycle, Université de Nice, pp. 138.
- Benda L., Meulenkamp J.J., Schmidt R.R., Zachariasse W.J. (1982), "Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean" Neogene Newsl. Stratigr., 8.
- Bizon G. (1967), Contribution à la connaissance des Foraminifères planctoniques d' Epire et des îles ioniennes (Grèce occidentale) depuis le Paléogène jusqu' au Pliocène, Thèse 3^{me} cycle, Paris, Technip.
- British Petroleum Co (1971), The geological results of petroleum exploration in Western Greece, Inst. for Geology and Subsurface Research, no 10, Athens.

- Clement C., Hirn A., Charvis P., Sachpazi M., Marnelis F. (2000), "Seismic structure and active Hellenic subduction in the Ionian islands", *Tectonophysics*, 329, pp.141-156.
- Cushing, M. (1985), Evolution structurale de la marge nord ouest hellénique dans l' île de Levkas et ses environs (Grèce nord-occidentale). Thèse 3^{me} cycle, Univ. de Paris-Sud.
- De Mulder E.F.J. (1975), "Microfauna and sedimentary-tectonic history of the Oligo-miocene of the ionian islands and western Epirus (Greece)", *Utrecht Microp. Bull.*, 13, pp. 1-139.
- Gazetas G. (2004), "Geotechnical Aspects of the Ms 6.4 Lefkada Island, Greece: Preliminary Assessment", *Proc. Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, New York in CD-ROM.
- Harvard, CMT solutions: <http://www.seismology.harvard.edu>.
- I.G.R.S.-I.F.P. (1966), *Etude géologique de l' Epire (Grèce nord-occidentale)*. Editions Technip, Paris, pp. 306.
- Karakostas V., Papadimitriou E. & Papazachos C. (2004), "Properties of the 2003 Lefkada, Ionian islands, Greece, Earthquake seismic sequence and seismicity triggering", *Bull. Seism. Soc. America*, 94 (5), pp. 1976-1981.
- Keraudren B. (1975), "Essais de Stratigraphie et de Paléogéographie du Plio-Pleistocene égéen», *Soc. Geol. de France*. 7, XVIII, 6, pp. 1110-1120.
- Kissel C. (1986), "Apport du paléomagnétisme à la compréhension de l'évolution géodynamique tertiaire du domaine égéen de l' Epire a l' Anatolie occidentale", Thèse de sciences, Université Paris Sud, pp. 415.
- Kokinou E., Papadimitriou E., Karakostas V., Kamberis E., Vallianatos E. (2006), "The Kefalonia Transform Zone (offshore Western Greece) with special emphasis to its prolongation towards the Ionian Abyssal plain", *Marine Geophys Res*, 27, pp. 241-252.
- Koukis G., Rondoyanni Th., Delibasis N (1990), "Surface seismic strike-slip motions related to the 1983 Akarnania (Western Greece) earthquakes of small magnitude", *Annales Tectonicae*, IV/1, pp. 43-51.
- Le Pichon J., Angelier J. (1979), "The Hellenic and trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area", *Tectonophysics*, 60, pp. 1-42.
- Livaditis G. & Verikiou-Papaspiridakou E. (1987), "Coastal sedimentology conditions that formed "Zostiras" formation in Leukada town", *Proc. 1st Hellenic Geographical Congress*, vol. II, pp. 229-235.
- Louvari E., Kiratzi A.A., Papazachos B.C. (1999), "The Cephalonia transform fault and its extension to western lefkada island (Greece)", *Tectonophysics*, 308, pp. 223-236.
- Masclé J., Auroux C., Rossi S. (1984), "Structure géologique superficielle et evolution recente de la dorsale apulienne (mer ionien)", *Revue de l'Institut francais du Pétrole*, 39, 2, pp. 127-142.
- Monopolis D. and Bruneton A. (1982), Ionian sea (western Greece): its structural outline deduced from drilling and geophysical data". *Tectonophysics*, 83, 227-242.
- Murray W.H. (1982), The coastal sites of western Acarnanie. A topographical, historical survey, PhD. Thesis, Univ. of Pensylvanie.
- Papadimitriou P., Kaviris G., Makropoulos K. (2006), "The $M_w=6.3$ 2003 Lefkada earthquake (Greece) and induced stress transfer changes", *Tectonophysics*, 423, pp. 73-82.
- Papadopoulos G., Karastathis V., Ganas A., Pavlides S., Fokaefs A. and Orfanogiannaki K. (2003), "The Lefkada Ionian sea (Greece), Shock (M_w 6.2) of 14 August 2003 : Evidence for the characteristic earthquake from seismicity and ground failures", *Earth, Planets Space*, 55, pp. 713-718.
- Papathanassiou G., Pavlides S., Ganas A. (2005), "The 2003 Lefkada earthquake: Field observations and preliminary microzonation map based on liquefaction potential index for the town of Lefkada". *Engineering Geology*, 82, pp. 12-31.
- Papazachos and Papazachou (1997). *The earthquakes of Greece*, Ziti editions, Thessaloniki.
- Poulos S.E., Lykousis V., Collins M.B., Rohling E.J., Pattiaratchi C.B. (1999). "Sedimentation processes in a tectonically active environment: the Kerkyra-Kefalonia submarine valley system (NE Ionian sea)", *Marine Geology*, 160, pp. 25-44.

- Rondoyanni Th. (1997), "Les seismes et l'environnement géologique de l'île de Lefkada: Passé et futur", Proc. Int. Symp. Engineering Geology and the Environment, A.A. Balkema, vol. 2, 1469-1474.
- Scordilis E.M., Karakaisis G.F., Karacostas B.G., Panagiotopoulos D.G., Comninakis P.E., Papazachos B.C., (1985), "Evidence from transform faulting in the Ionian Sea: the Cephalonia island earthquake sequence of 1983", PAGEOPH 123, pp. 387-397.
- Sorel D. (1976), "Étude néotectonique dans l'arc égéen externe occidental: les îles Ioniennes de Kephallinia et Zakynthos et l'Elide occidentale". Thèse 3^{me} cycle, Univ. Paris XI-Orsay, pp. 196.
- Sorel D., Nesteroff W., Limond J., Lemeille F., Sebrier M., (1976), "Mise en évidence de structures compressives sous-marines plio-pleistocènes dans l'arc égéen externe au large de Levkas (îles ioniennes, Grèce)", C. R. Acad. Sc. Paris, 282, pp. 2045-2048.
- Sorel D. (1989), L'évolution structurale de la Grèce nord occidentale depuis le Miocène dans le cadre géodynamique de l'arc égéen. Thèse d'état, Univ. de Paris – Sud.
- Zachos K. & Douzougli A. (2003), Lefkada: Historical – Archaeological review. Ministry of Culture, Athens.
- Zahradnik J., Serpetzidaki A., Sokos E., Tselentis G.A. (2000), "A multiple event interpretation of the 2003 Lefkada earthquake", Bull. Seism. Soc. America.
- Γκαζέτας Γ., Ντάκουλας Π., Αναστασόπουλος Ι. (2006), "Αστοχία Λιμενικών Κρηπιδοτοίχων στον Σεισμό της Λευκάδας 14-8-2003", Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Ξάνθη, τ. 2, 159-166.
- Ζώρας Γ. (1973), Οι σεισμοί των ετών 1820 και 1825 σύμφωνα με τις περιγραφές του απορρήτου αρχείου του Βατικανού, Κείμενα και μελέται νεοελληνικής Φιλολογίας, Αθήνα.
- Λέκκας Ε., Δανάμος Γ., Λόζιος Σ. (2001), "Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Λευκάδας", Bull. Geol. Soc., Greece, XXXIV/1, pp. 157-163.
- Μαχαιράς Γ. Κ. (1940), Λευκάς και Λευκάδιο επί Αγγλικής προστασίας.
- Μαχαιράς Β. Κ. (1951), Η Λευκάς επί Ενετοκρατίας 1864-1797.
- Μπορνόβας Ι. (1964), Η Γεωλογία του νησιού της Λευκάδας, Γεωλογικές και Γεωφυσικές Έρευνες, 10/1, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Μουγιάρης Ν. (1994), Η σεισμική ιστορία των Αιγαίων χωρών, Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Πατρών.
- Ροντογιάννης Π. (1982), Η Ιστορία του νησιού της Λευκάδας, Εταιρία Λευκαδικών μελετών, Αθήνα.
- Ροντογιάννη Θ., Μέττος Α., Πάσχος Π., Γεωργίου Χ. (2008), Νεοτεκτονικός Χάρτης Ελλάδας κλίμακας 1:100.000, Φύλλο "Λευκάδα", έκδοση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Σάθας Κ.Μ. (1867), "Κατάλογος μεσαιωνικών σεισμών της Ελλάδος με ιδιαίτερη αναφορά στην Κεφαλονιά και Λευκάδα". ΑΙΩΝ, 222, 223, 225.
- Σταματέλος Ν. (1870), Οι 13 καταστροφές της Λευκάδος από το 1612 έως το 1869, Φιλολογική Εφημερίς Φιλομαθών, ν. 726.