



Εθνικό και
Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

National and
Kapodistrian University
of Athens

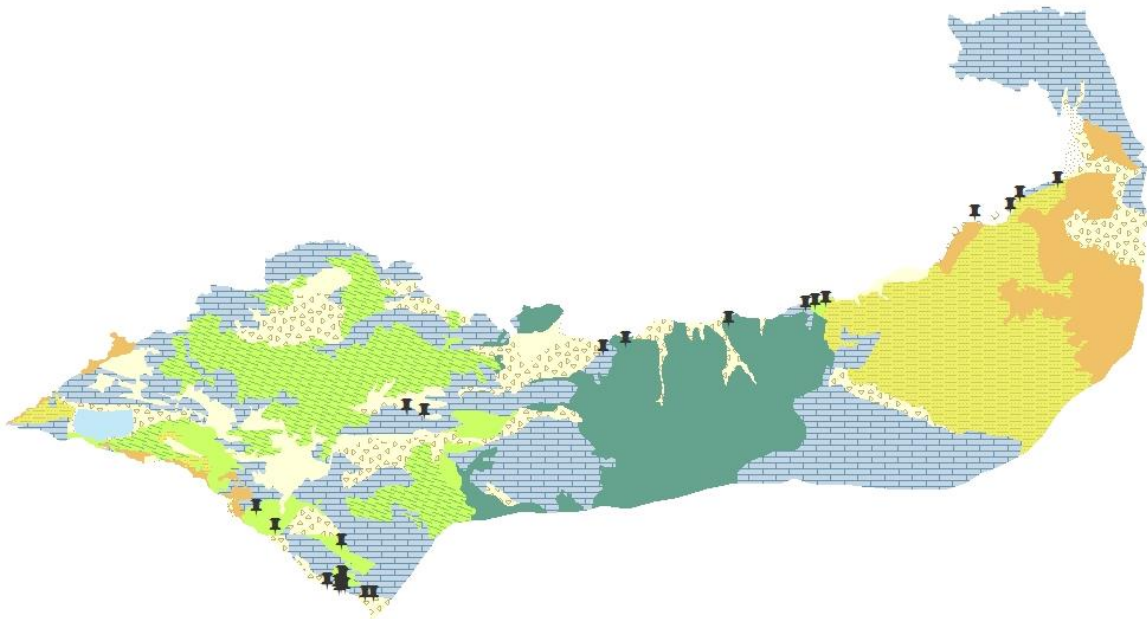
Τμήμα Γεωλογίας και
Γεωπεριβάλλοντος
Faculty of Geology and
Geoenvironment



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟ ΤΗΣ ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ.

Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα
Σπουδών στην
Εφαρμοσμένη
Περιβαλλοντική
Γεωλογία

ΜΑΡΟΥΣΑ ΔΟΓΕΑ,
Α.Μ. 2902



ΑΘΗΝΑ, 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας σε κατολισθήσεις του ανατολικού τμήματος του Κορινθιακού Κόλπου με τη συνδυασμένη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Πολυκριτηριακών Μεθόδων Στήριξης Αποφάσεων. Εφαρμόζοντας την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία και τη διαδικασία του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού δημιουργήθηκε ένας χάρτης κατολισθητικής επικινδυνότητας ο οποίος παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες ευστάθειας της περιοχής και μπορεί να χρησιμεύσει σαν ένα πρώτο βήμα στο σχεδιασμό για την αντιμετώπιση των καταστροφών από κατολισθήσεις στο Ανατολικό Κορινθιακό Κόλπο που είναι και μια περιοχή με νεοτεκτονικά και σεισμικά ενεργά ρήγματα που έχουν δώσει μεγάλους σεισμούς όπως ο σεισμός του 1981 στις Αλκυονίδες. Η εκτίμηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας σχετίζεται με την ευστάθεια των πρανών και κατά συνέπεια παίζει σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων για τεχνικά και μεγάλα κατασκευαστικά έργα.

Η παρούσα εργασία ασχολείται επίσης με την ταξινόμηση των ακτών του ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου ως προς την τρωτότητά στην αναμενόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης εφαρμόζοντας τον Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Ο δείκτης αυτός επιτρέπει τη συνεκτίμηση έξι παραμέτρων με ημι-ποσοτικό τρόπο. Οι παράμετροι αυτές είναι η παράκτια γεωμορφολογία, η παράκτια μορφολογική κλίση, ο ρυθμός μεταβολής της σχετικής στάθμης θάλασσας, ο ρυθμός προέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής, το μέσο εύρος παλίρροιας και το μέσο ύψος κύματος. Κάθε παράμετρος κατηγοριοποιήθηκε με βάση τη δυνητική συνεισφορά στις φυσικές μεταβολές της ακτής καθώς η θαλάσσια στάθμη ανυψώνεται. Η πρόβλεψη των ποσοστών απώλειας γης και υποχώρησης της ακτογραμμής είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό των μελλοντικών στρατηγικών διαχείρισης της παράκτιας ζώνης και την αξιολόγηση των μελλοντικών επιπτώσεων που ενδεχομένως να προκληθούν από αλλαγές εξαιτίας απότομων ή σταδιακών φυσικών διεργασιών.

ABSTRACT

The study is titled “ Susceptibility of landslides and coastal vulnerability index in Perachora peninsula”. The purpose of this study is to assess the susceptibility of landslides at the eastern part of the Corinth Gulf using GIS and Multicriteria Decision Analysis. Analytic Hierarchy Process and Weighted Linear Combination method were used to create a landslide susceptibility map which provides valuable information concerning the stability conditions of the territory and may help towards the mitigation of natural landslide disasters in the study area. The susceptibility of landslides is related to slope stability and that is the reason why it is so important in the planning of technical and structural works

The present investigation also concerns the classification of the coast of the eastern part of the Corinth Gulf according to its vulnerability to an anticipated future sea-level rise, using the Coastal Vulnerability Index (CVI) and utilizing GIS technology. This index allows the six following physical variables: geomorphology, coastal slope, relative sea-level rise rate, shoreline erosion or accretion rate, mean tidal range and mean wave height, to be related in a semiquantitative manner. Each variable is ranked on the basis of its potential contribution to physical changes on the coast as sea-level rises. Predicting the subsidence of the coastline is very important in planning and managing the coastal zone as well as in evaluating future effects that may be provoked from natural processes.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	7
2.1. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.....	7
2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ VARNES	10
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	24
3.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	24
3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	31
3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	35
3.4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ)	39
3.5. ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΚΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΡΗΓΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ.....	46
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	50
4.1. ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΓΣΠ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	50
4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ	52
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
5.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ – ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	56
ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	56
ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ.....	61
5.2. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	66
5.3. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	69
5.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	76
5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	87
5.4. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ (C.V.I).....	92
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	109

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών « Εφαρμοσμένη Γεωλογία» του τομέα Οικονομικής Γεωλογίας – Γεωχημείας, κάτω υπό την επίβλεψη του Επικ. Καθηγητή Στυλιανού Λόζιου και των άλλων δυο μελών της επιτροπής επίβλεψης τον Καθηγητή Ευθύμιο Λέκκα και τον Αναπλ. Καθηγητή Σεραφείμ Πούλο.

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής ειδίκευσης αφορά στην εκτίμηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας που σχετίζεται με την ευστάθεια των πρανών και η εκτίμηση της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης ως προς την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης λόγω κλιματικής αλλαγής.

Η εκτίμηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας σχετίζεται με την ευστάθεια των πρανών και κατά συνέπεια παίζει σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων για τεχνικά και μεγάλα κατασκευαστικά έργα. Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην παράκτια γεωλογία και γεωμορφολογία είναι ο καθορισμός της φυσικής απόκρισης της ακτογραμμής στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Η πρόβλεψη των ποσοστών απώλειας γης και υποχώρησης της ακτογραμμής είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό των μελλοντικών στρατηγικών διαχείρισης της παράκτιας ζώνης και την αξιολόγηση των μελλοντικών επιπτώσεων που ενδεχομένως να προκληθούν από αλλαγές εξαιτίας απότομων ή σταδιακών φυσικών διεργασιών.

Στην Ελλάδα, ανάλογες εργασίες εκτίμησης της κατολισθητικής επικινδυνότητας έχουν γίνει στην περιοχή της Μεσσηνίας (LADAS, I., FOUNTOULIS, I., and MARIOLAKOS I. (2007). - *Large scale landslide susceptibility mapping using gis-based weighted linear combination and multicriteria decision analysis – a case study in northern messinia (SW Peloponnesus, Greece)*. Τόμος Περιλήψεων σ. 12. Πρακτικά 8ου Συνέδριου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Μεσσηνίας (LADAS, I., FOUNTOULIS, I & MARIOLAKOS, I. (2007) – *Using GIS & Multicriteria Decision Analysis in landslide susceptibility mapping – case study in Messinia prefecture area (SW Peloponnesus, Greece)*. Proc. 11th International Conference of the Geological Society of Greece, Athens, 24-26 May 2007, Bull. Geol. Soc. Greece, **XXXX/4**, p. 1973-1985, Ηλείας (Καρυώτη, 2013).

Οι μεταβολές στην παράκτια ζώνη επιδεινώνονται από την κλιματική αλλαγή, έχοντας επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη μια σημαντική εκτίμηση της σταθερότητας της στην κλιματική αλλαγή και ειδικότερα στην σχετιζόμενη με αυτή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Η εκτίμηση της τρωτότητας θα συμβάλλει στον χωροταξικό σχεδιασμό για την εξασφάλιση της «ανθεκτικότητας» των παράκτιων κοινοτήτων και των κοινωνικο-οικονομικών τους δραστηριοτήτων στην κλιματική αλλαγή. Με τον τρόπο αυτό οι κοινότητες θα είναι ικανές να διαχειρίζονται τον «κίνδυνο» και να προσαρμόζονται σε μια συνεχώς μεταβαλλόμενη ακτογραμμή.

Παγκοσμίως έχουν γίνει πολλές εκτιμήσεις της παράκτιας επικινδυνότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης με τη χρήση διαφόρων δεικτών και μεθόδων. Στην Ελλάδα έχει εφαρμοστεί ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας (CVI) των *PENDLETON ET AL., (2004)* σε αρκετές περιοχές, όπως η Βορειοανατολική περιοχή της Αττικής (*Chatzieleftheriou et al., 2007*), η περιοχή του Πόρτο Χελίου και της Ερμιόνης (*Σένη, 2007*), οι ακτές του Αιγαίου (*Alexandrakis et al., 2009*), Αργολικός Κόλπος (*Gaki-Paranastasiou et al., 2010*) και Δυτικός Κορινθιακός (*Νασοπούλου, 2011*).

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι καθιζήσεις και οι κατολισθήσεις, σαν σύνολο, είναι φυσιολογικές αντιδράσεις των γεωλογικών σχηματισμών να επανακτήσουν την ισορροπία τους που διαταράχθηκε για κάποιο λόγο. Η διατάραξη αυτή μπορεί να οφείλεται σε ανθρώπινη παρέμβαση, μπορεί όμως να είναι αποτέλεσμα του φυσιολογικού κύκλου εξέλιξης ενός γεωλογικού ή λιθολογικού συστήματος.

Κοινό χαρακτηριστικό και των δύο φαινομένων είναι ο υποβιβασμός του κέντρου βάρους της ασταθούς μάζας, πράγμα που από την αρχή επισημαίνει τη σπουδαιότητα του βάρους και της γεωμετρίας της ασταθούς ζώνης στην εκδήλωση και στην αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών. Και τα δύο φαινόμενα χαρακτηρίζονται από την εμφάνιση οριζόντιας και κατακόρυφης συνιστώσας κίνησης, έστω κι αν κάποια από τις δύο μπορεί να υπερέχει συντριπτικά σε σύγκριση με την άλλη. Στις τυπικές καθιζήσεις εκδηλώνεται σχεδόν αποκλειστικά η κατακόρυφη συνιστώσα, ενώ στις τυπικές κατολισθήσεις η οριζόντια, με πάντα όμως υπολογίσιμη την κατακόρυφη. Υπάρχουν περιπτώσεις που με βάση τη σχέση των συνιστωσών κίνησης δεν είναι εύκολη η διάκριση των φαινομένων, αλλά και στις περιπτώσεις όπου τα δύο φαινόμενα εκδηλώνονται ταυτόχρονα και επηρεάζουν την ίδια γεωλογική ενότητα (π.χ. κεκλιμένα στρωσιγενή εδάφη). Τέλος, άλλες μετακινήσεις που κυριαρχούνται από την κατακόρυφη συνιστώσα (π.χ. ανατροπές) χαρακτηρίζονται σαν κατολισθήσεις με κριτήρια μηχανισμού γέννησης.

2.1. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ο όρος κατολίσθηση (landslide) περιλαμβάνει την έννοια της ολίσθησης, της πτώσης, της ανατροπής και της ροής, αν και ετυμολογικά δεν διακρίνονται όλες οι παραπάνω κατηγορίες. Επιπλέον, το φαινόμενο της κατολίσθησης μπορεί να παρατηρηθεί τόσο στη ξηρά όσο και μέσα σε θάλασσες, λίμνες και ταμειυτήρες.

Παράγοντες που ευνοούν τις κατολισθήσεις είναι συνήθως (Στουρνάρας, 1989):

- *Γεωλογικοί.* Η φύση του εδάφους ή της βραχομάζας, η δομή και η γεωμετρία, οι σχέσεις με το υπόλοιπο γεωλογικό περιβάλλον.
- *Γεωμορφολογικοί.* Στατικές και δυναμικές γεωμορφολογικές παράμετροι, στάδιο γεωμορφολογικής εξέλιξης, εσωτερική γεωμετρία γεωμορφολογικών ενότητων.

- *Τοπογραφικοί*. Εξωτερική γεωμετρία.
- *Υδρολογικοί*. Επιφανειακά και υπόγεια νερά, φυσική υγρασία.
- *Κλιματολογικοί*. Κλιματολογικές συνθήκες, κλιματολογικός τύπος, μικροκλίμα, εναλλαγές θερμοκρασίας και υγρασίας, καθεστώς κατακρημνισμάτων (ένταση, κατανομή, ύψος κ.τ.λ.)
- *Μηχανικοί*. Μηχανικά χαρακτηριστικά γεωλογικών σχηματισμών και τεκτονικών επεισοδίων, διαμορφωμένες ή σε εξέλιξη εντατικές καταστάσεις.
- *Ανθρωπογενείς*. Κατασκευή τεχνικών έργων, υδραυλικές διευθετήσεις, εκμεταλλεύσεις υπόγειων νερών ή ορυκτών πόρων, υλοτομία, πυρκαγιές κ.τ.λ.

Ο πρώτος ορισμός του όρου προτάθηκε το 1950 από τον TERZAGHI, σύμφωνα με τον οποίο κατολίσθηση είναι μια γρήγορη κίνηση μάζας πετρώματος, υπολειμματικού εδάφους ή ιζήματος ενός πρανούς, της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω.

Στη συνέχεια, οι ZARUBA AND MENCL (1969) ορίζουν την κατολίσθηση σαν μία γρήγορη κίνηση πετρωμάτων που οφείλεται στην ολίσθηση ενός τμήματος πρανούς, το οποίο διαχωρίζεται από το υπόλοιπο σταθερό τμήμα με μία καλά καθορισμένη επιφάνεια.

Ο COATES (1977) δίνει τις παρακάτω προϋποθέσεις για την ταξινόμηση μιας εδαφικής μάζας στις κατολισθήσεις:

- Η βαρύτητα είναι η δύναμη που κατέχει πρωτεύοντα ρόλο,
- Η ταχύτητα της κίνησης πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη (άρα δεν συμπεριλαμβάνεται ο ερπυσμός),
- Η κίνηση μπορεί να εκδηλώνεται με πτώση, ολίσθηση ή ροή,
- Η ζώνη ή το επίπεδο της κίνησης δεν ταυτίζεται με γεωλογικό ρήγμα,
- Η κίνηση πρέπει να γίνεται προς τα κάτω και προς τα έξω με τη δημιουργία ελεύθερης επιφάνειας (άρα δεν συμπεριλαμβάνονται οι καθιζήσεις),
- Το μετακινούμενο υλικό έχει καθορισμένα όρια και αποτελεί συνήθως περιορισμένο τμήμα μιας ορεινής ή λοφώδους έκτασης,
- Το μετακινούμενο υλικό περιλαμβάνει μέρος του μανδύα αποσάθρωσης των πετρωμάτων ή μέρος του μητρικού πετρώματος ή και τα δύο,
- Ολισθήσεις που οφείλονται σε φαινόμενα παγετού συνήθως δε συμπεριλαμβάνονται στις ολισθήσεις.

Ο *VARNES (1978)* χρησιμοποιεί τον όρο μετακίνηση μαζών (mass movements), στον οποίο περιλαμβάνει κάθε μετακίνηση τμήματος πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση,

κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό. Με αυτό τον ορισμό δεν περιλαμβάνονται στις κατολισθήσεις φαινόμενα όπως οι καθιζήσεις, οι χιονοστιβάδες και οι μετακινήσεις πάγου.

Από το 1978 έως σήμερα έχει επικρατήσει ο ορισμός κατά *VARNES* αφού αποδίδει μια ευρύτερη έννοια στη λέξη κατολίσθηση, χωρίς ωστόσο να περιλαμβάνονται οι καθιζήσεις και οι καταρρεύσεις.

Τα πρώτα συστήματα ταξινόμησης των κατολισθήσεων προτάθηκαν από τους *SHARPE (1939)* και *VARNES (1958)* και βασίζονταν στον τύπο και την ταχύτητα κίνησης, στον τύπο του υλικού και στην περιεχόμενη υγρασία.

Στη συνέχεια, ο *ERSKINE (1973)* ταξινόμησε τις κατολισθήσεις με βάση την ενεργότητα τους και τις επιπτώσεις που πιθανόν να έχουν στα διάφορα τεχνικά έργα.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά *ZARUBA – MENCL (1976)* (Απο *ΚΟΥΚΗΣ & ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007*)

Κατηγορία	Είδος
Μετακινήσεις επιφανειακών αποθέσεων	Ερπυσμός κορημάτων και κάμψη της κεφαλής των στρωμάτων
	Ολισθήσεις κορημάτων και μανδύα αποσάθρωσης
	Ροές γαιών
Μετακινήσεις σε αργιλικά εδάφη και πετρώματα	Ολισθήσεις κατά μήκος κυλινδρικών επιφανειών ολίσθησης
	Ολισθήσεις κατά μήκος σύνθετων επιφανειών ολίσθησης
	Μετακίνηση πρανών από σύνθλιψη μαλακών πετρωμάτων
Μετακινήσεις συμπαγών πετρωμάτων	Ολισθήσεις βράχων κατά μήκος προκαθορισμένων επιφανειών
	Ολισθήσεις βαρύτητας (μακροχρόνιες παραμορφώσεις πρανών)
	Πτώσεις βράχων
Ειδικοί τύποι μετακίνησης	Εδαφική ροή λόγω παγετού
	Ολισθήσεις σε ευαίσθητες αργίλους

Οι *ZARUBA AND MENCL (1976)* διακρίνουν τέσσερις κύριες κατηγορίες μετακίνησης πρανών, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιομορφίες της γεωλογικής δομής των χωρών τους,

ανάλογα με τη σύσταση των υλικών που μετακινούνται. Η ταξινόμηση δίνεται στον Πίνακα 1. Ο VARNES (1978) βασίζει την ταξινόμησή του στον τύπο μετακίνησης και στο είδος του υλικού που μετακινείται.

Από όλες τις παραπάνω ταξινομήσεις οι πλέον σημαντικές είναι αυτές των ZARUBA – MENCL και κυρίως του VARNES που αναλύεται παρακάτω.

2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ VARNES

Η ταξινόμηση του Varnes έχει γίνει πλέον διεθνώς αποδεκτή και χρησιμοποιείται ευρέως για την περιγραφή όλων των εδαφικών μετακινήσεων, καθώς είναι αρκετά ευέλικτη και προσαρμόζεται εύκολα στις εκάστοτε συνθήκες. Αυτοί είναι και οι λόγοι που επιλέχθηκε σαν ταξινόμηση και για την παρούσα εργασία.

Τα βασικά κριτήρια για αυτή την ταξινόμηση είναι:

- ο τύπος μετακίνησης, οπότε διακρίνονται σε καταπτώσεις, ανατροπές, ολισθήσεις, πλευρικές εξαπλώσεις και ροές – ερπυσμούς, και
- το είδος του μετακινούμενου υλικού, οπότε διακρίνονται σε κινήσεις που εκδηλώνονται στο βραχώδες υπόβαθρο, στους χονδρόκοκκους εδαφικούς σχηματισμούς (κορήματα) και στους λεπτόκοκκους εδαφικούς σχηματισμούς (γαίες).

Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση, το βραχώδες υπόβαθρο ορίζεται σαν τη μάζα που πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης ήταν ένα σκληρό συνεκτικό πέτρωμα στη φυσική του θέση, ενώ το έδαφος ορίζεται σαν χαλαρά ή ασθενώς συνδεδεμένα συσσωματώματα ορυκτών και πετρωμάτων που προέκυψαν από αποσάθρωση, διάβρωση και μεταφορά προϋπαρχόντων πετρωμάτων ή από την επί τόπου αποσάθρωσή τους.

Τα εδάφη διακρίνονται περαιτέρω σε γαίες, δηλαδή υλικά με μέγεθος μικρότερο των 2mm σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% της μάζας τους, και σε κορήματα, δηλαδή υλικά με μέγεθος μεγαλύτερο των 2mm σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20 – 80% της μάζας τους. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος κορήματα αποδίδεται με την έννοια του αδρομερούς υλικού και όχι με την καθαρά γεωλογική του σημασία. Η ταξινόμηση δίνεται στον Πίνακα 2.

Η παραπάνω διάκριση αναφέρεται στα υλικά της κατολίσθησης πριν εκδηλωθεί το φαινόμενο. Επομένως, λέγοντας κατάπτωση βράχων εννοούμε ότι πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης η μάζα ήταν βραχώδης, η οποία μπορεί μετά το φαινόμενο να μετατρέπηκε σε κορήματα.

Πίνακας 2: Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά VARNES (1978) (Απο ΚΟΥΚΗΣ & ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

Τύπος μετακίνησης		Τύπος μετακινούμενου υλικού			
Κατάπτωση		Κατάπτωση βράχων	Κατάπτωση κορημάτων	Κατάπτωση Γαιών	
Ανατροπή		Ανατροπή βράχων	Ανατροπή κορημάτων	Ανατροπή Γαιών	
Ολίσθηση	Περιστροφική Ολίσθηση	Περιστροφική Ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Περιστροφική Ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική Ολίσθηση Γαιών	
	Μεταθετική Ολίσθηση	Μεταθετική Ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Μεταθετική Ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική Ολίσθηση Γαιών	
Πλευρική Εξάπλωση		Πλευρική Εξάπλωση βραχώδους υποβάθρου	Πλευρική Εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική Εξάπλωση Γαιών	
Ροή		Ροή - Ερπυσμός βραχώδους υποβάθρου	Ροή κορημάτων - Ερπυσμός Εδάφους	Ροή Γαιών - Ερπυσμός Εδάφους	
Σύνθετη		Σύνθετη	Σύνθετη	Σύνθετη	

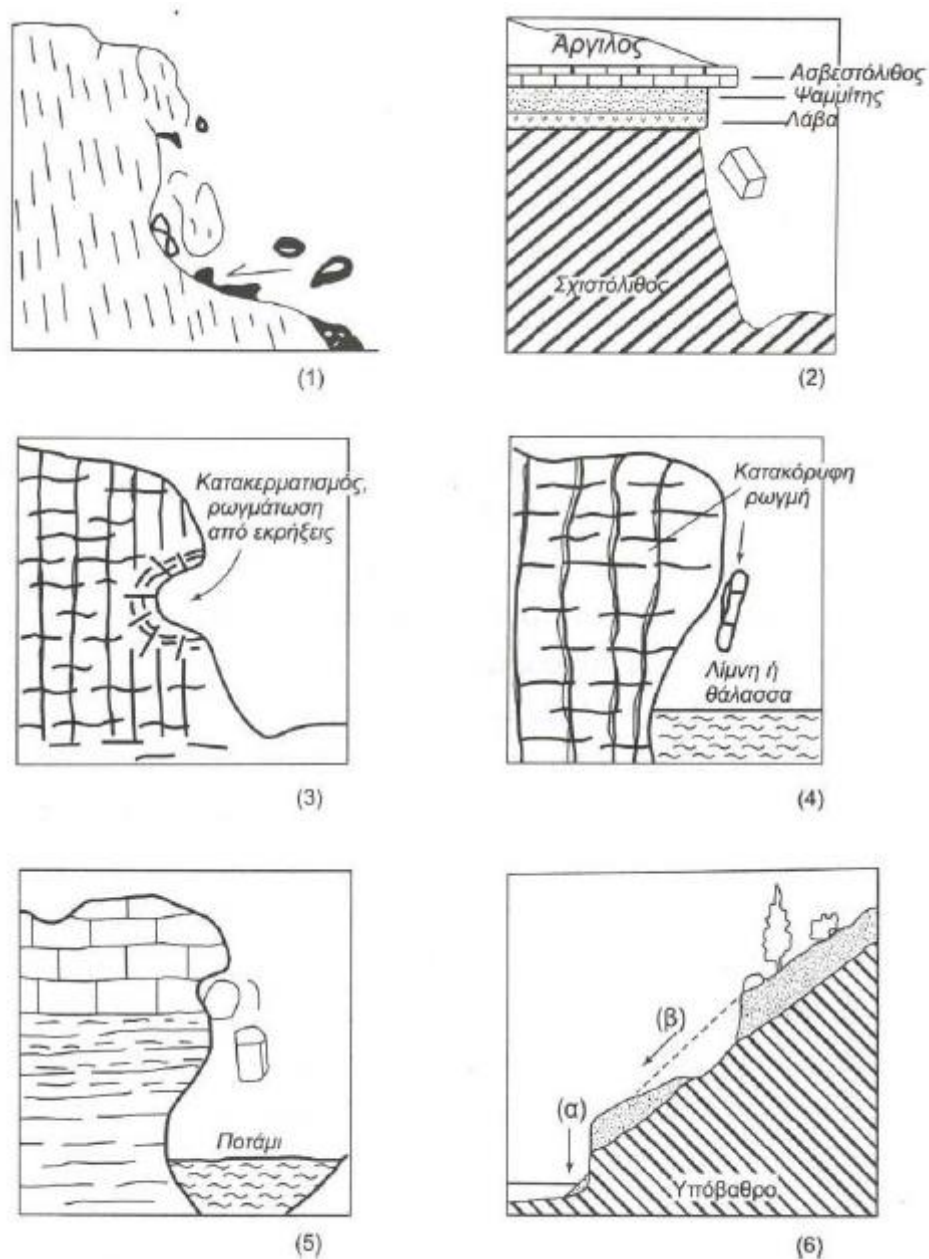
Στη συνέχεια δίνεται μια συνοπτική περιγραφή κάθε τύπου μετακίνησης σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Varnes.

Καταπτώσεις (falls)

Σε αυτή τη κατηγορία εντάσσονται διάφορες μορφές κατολισθητικών φαινομένων που αφορούν πετρώματα, αλλά και ημίβραχους και πολύ συνεκτικά εδάφη. Μια μάζα πετρώματος ή συνεκτικού εδάφους, οποιουδήποτε μεγέθους, αποσπάται από ένα εδαφικό ή βραχώδες πρηνές, κατά μήκος μιας επιφάνειας. Η πτώση γίνεται κυρίως ελεύθερα, με αναπήδηση ή κύλιση στην επιφάνεια του πρηνούς. Η μετακίνηση αυτού του τύπου είναι πολύ έως εξαιρετικά γρήγορη και είναι πιθανό να έχουν προηγηθεί μικρότερες μετακινήσεις που έφεραν τον προοδευτικό αποχωρισμό της μετακινούμενης μάζας από το μητρικό πέτρωμα.

Το φαινόμενο των καταπτώσεων είναι συνηθισμένο στα απότομα πρηνή πολύ συνεκτικών εδαφών ή βράχων, τα οποία υποσκάπτονται από την ενέργεια θαλάσσιων κυμάτων ή το ρεύμα ποταμών ή ακόμα και από ανθρωπογενή παρέμβαση.

Στην περίπτωση καταπτώσεων βράχων (rock falls), η μάζα που μετακινείται είναι μάζα βράχων που αποσπάστηκαν από μια περιοχή του υποβάθρου. Οι πιο συχνές περιπτώσεις αναφέρονται σε εναλλαγές συμπαγών και λιγότερων συμπαγών πετρωμάτων, καθώς και συμπαγή πετρώματα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών. Στην περίπτωση καταπτώσεων κορημάτων (debris falls), η μάζα που αποκολλάται είναι κορήματα, που αποτελούνται από θραύσματα δημιουργημένα πριν το κατολισθητικό φαινόμενο. Ο RAPP (1960) διακρίνει τις πρωτογενείς καταπτώσεις (πτώσεις υλικών κατευθείαν από το μητρικό πέτρωμα) και τις δευτερογενείς καταπτώσεις (πτώσεις μεταφερόμενων χαλαρών υλικών). Τέλος, η κατάπτωση γαιών ή εδάφους (earth fall) είναι πολύ σπάνιο φαινόμενο και κατά κανόνα υπόκειται σε άλλους τύπους μετακίνησης (σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Καταπτώσεις βράχων, κορημάτων και γαιών: (1) τυπική κατάπτωση βράχων (VARNES 1978), (2) κατάπτωση λόγω διαφορικής αποσάθρωσης (LETOURNEUR AND MICHEL 1971), (3) λόγω φυσικού κατακερματισμού ή από εκρήξεις, (4) λόγω ρωγμών και διαφορικής διάθρωσης από το κύμα, (5) λόγω ρωγμών και διαφορικής διάθρωσης από το ποτάμι (VARNES 1978), (6) (α) άμεση κατάπτωση γαιών- εδάφους ή (β) μετά από ολίσθηση (Απο ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007).

Οι φάσεις που ακολουθεί μια διαδικασία κατάπτωσης είναι:

- η διαστολή των ρωγμών, ανεξάρτητα από τα αίτια.
- Η χαλάρωση του πετρώματος.
- Η αιώρηση του όγκου που αποχωρίζεται.
- Η πτώση.

Οι τρεις πρώτες φάσεις διαρκούν για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, ενώ η τελευταία φάση (πτώση) γίνεται ακαριαία.

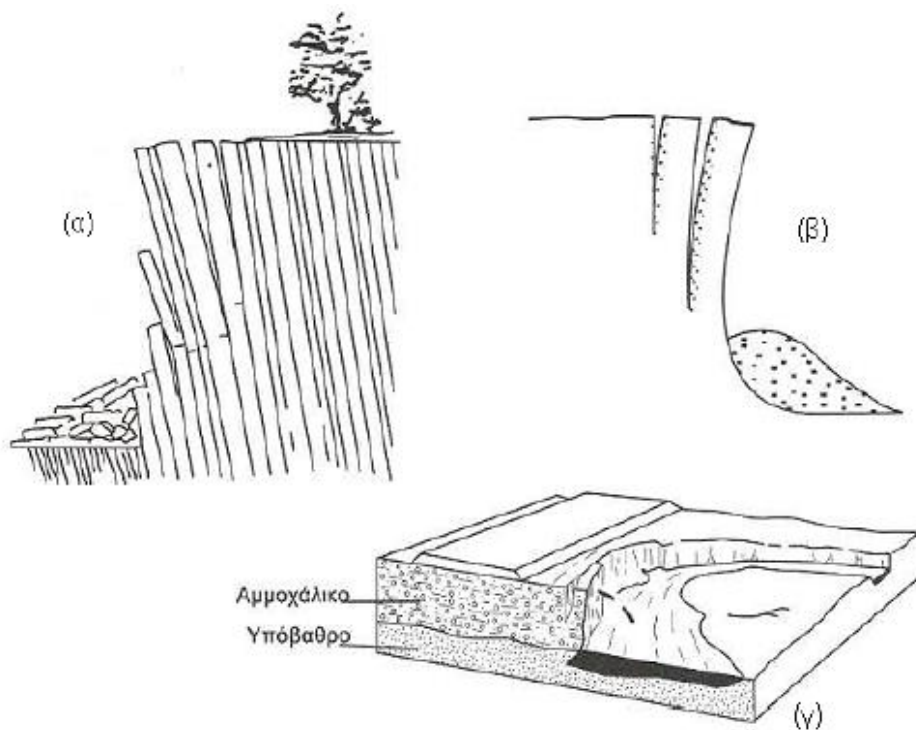
Η πρόληψη των καταπτώσεων γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το βαθμό χαλάρωσης του πετρώματος, την κλίση του πρανούς, το είδος του τεχνικού έργου που απειλείται, τις εκάστοτε τεχνικές δυνατότητες και τον διατιθέμενο προϋπολογισμό. Οι κυριότεροι τρόποι είναι οι εξής:

- Αλλαγή της κλίσης του πρανούς.
- Προληπτική αφαίρεση χαλαρωμένων βράχων.
- Αποστράγγιση επιφανειακών και υπόγειων νερών.
- Ηλώσεις που συνδέουν τα χαλαρωμένα επιφανειακά τμήματα με τα βαθύτερα σταθερά.
- Στέγαστρα και τάφροι, ιδιαίτερα για έργα οδοποιίας.
- Επίστρωση του πρανούς με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite).
- Πλέγματα που εμποδίζουν την πτώση (εφαπτόμενα στο πρανές) ή πλέγματα συλλογής των προϊόντων καταπτώσεων στη βάση του πρανούς.

Ανατροπές (topples)

Η κίνηση είναι μια προς τα έξω περιστροφή της μάζας, γύρω από ένα σημείο ή άξονα περιστροφής που βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους της μετακινούμενης μάζας. Προκαλείται κυρίως από τη βαρύτητα και από τις δυνάμεις που ασκούνται από τα γειτονικά τεμάχια ή από την επίδραση του νερού που γεμίζει τις ασυνέχειες. Η ανατροπή εξελίσσεται συνήθως σε πτώση ή ολίσθηση, ανάλογα με τη γεωμετρία του πρανούς, της μετακινούμενης μάζας και της επιφάνειας αποκόλλησης (Σχήμα 2.2).

Η ανατροπή σαν κίνηση πλήττει κυρίως βραχώδη πρανή, ενώ αντίθετα η ανατροπή κορημάτων και γαιών είναι ένα σπάνιο φαινόμενο που όταν εμφανιστεί οφείλεται, κατά κύριο λόγο, σε υποσκαφή της βάσης του πρανούς λόγω φυσικών διεργασιών (π.χ. διάβρωση) ή ανθρώπινων παρεμβάσεων (π.χ. λατομεία).



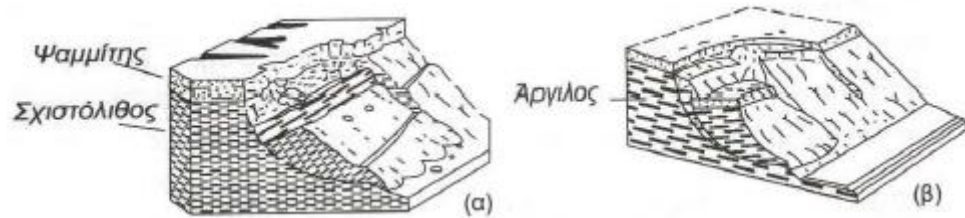
Σχήμα 2.2: (α) Ανατροπή λόγω κάμψης, (β) Ανατροπή λόγω παρουσίας εφελκυστικών ρωγμών, (γ) Ανατροπή εδαφικών υλικών (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007).

Ολισθήσεις (slides)

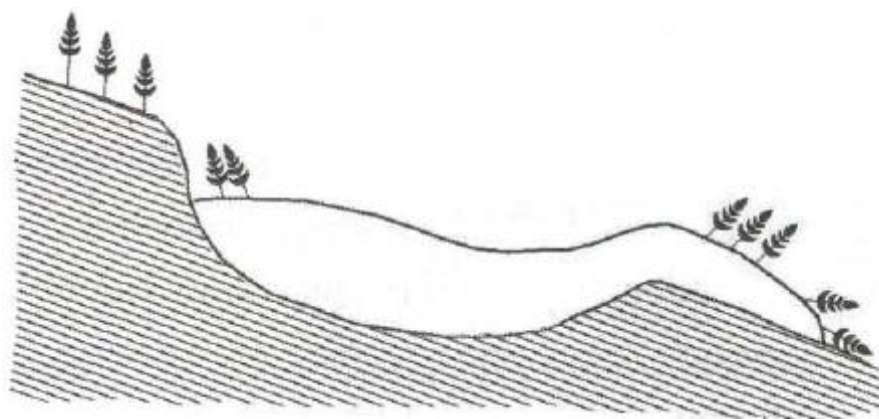
Στις ολισθήσεις, η μετακίνηση προϋποθέτει διατμητική παραμόρφωση και θραύση – ολίσθηση του υλικού κατά μήκος μιας ή και περισσότερων επιφανειών. Ανάλογα με τη μορφή της επιφάνειας ολίσθησης και το μηχανισμό μετακίνησης διακρίνουμε τα παρακάτω είδη ολισθήσεων:

Περιστροφικές Ολισθήσεις (rotational slides)

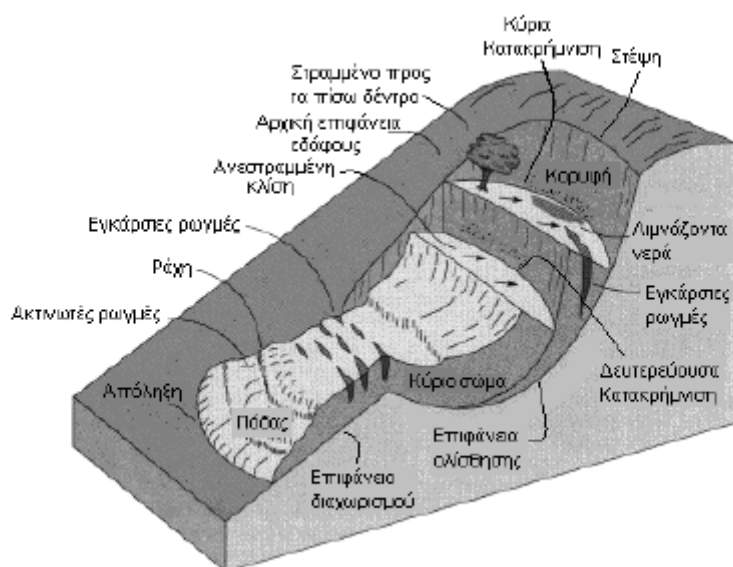
Γίνονται συνήθως κατά μήκος κοίλων προς τα πάνω επιφανειών με μικρή παραμόρφωση στο εσωτερικό της μετακινούμενης μάζας. Το ανώτερο τμήμα της μετακινούμενης μάζας κινείται προς τα κάτω με μια μικρή κάμψη προς τα πίσω, λόγω της περιστροφικής κίνησης, ενώ στη βάση της μετακινούμενης μάζας παρατηρείται ανύψωση (σχήμα 2.3, 2.4, 2.5). Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή και δίνεται συνήθως με τον όρο slump. Οι πρώτες ενδείξεις πριν την εκδήλωσή τους είναι η εμφάνιση εδαφικών τοξοειδών ρωγμών, κατά μήκος των οποίων θα αναπτυχθεί η κύρια κατακρήμνιση.



Σχήμα 2.3: Περιστροφικές ολισθήσεις κατά VARNES 1978: (α) βραχώδους υποβάθρου, (β) γαιών (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007).



Σχήμα 2.4: Γενική διάταξη των δένδρων στις περιστροφικές ολισθήσεις (Landslides: Analysis and control 1978) (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007).

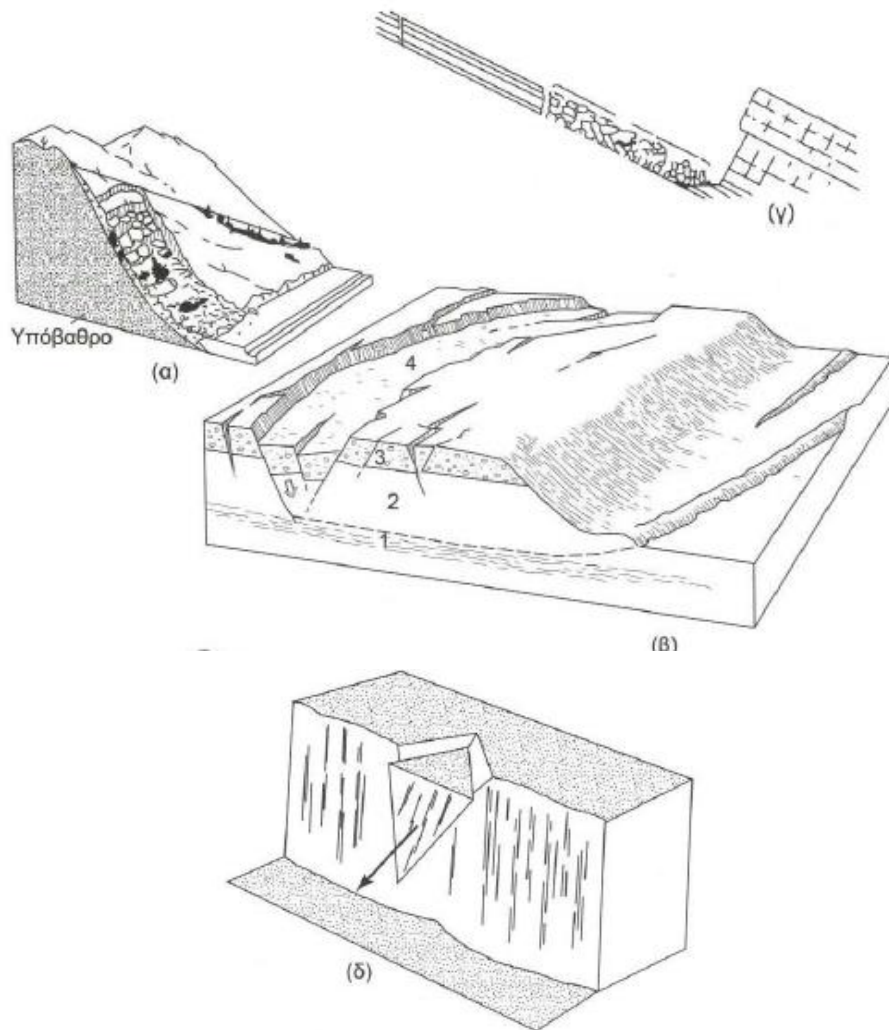


Σχήμα 2.5: Ιδεατό σχέδιο και ονοματολογία μιας περιστροφικής ολίσθησης (VARNES, 1978) (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007) :

- A.) Στέψη (crown):** το ανώτερο σταθερό τμήμα του φυσικού εδάφους, το πλησιέστερο προς την κύρια κατακρήμνιση.
- B.) Κύρια κατακρήμνιση (main scarp):** απότομο βύθισμα της επιφάνειας του φυσικού εδάφους στο ανώτερο τμήμα της ολίσθησης (στέψη).
- Γ.) Κορυφή (top):** το υψηλότερο σημείο επαφής της μετακινούμενης μάζας και της κύριας κατακρήμνισης.
- Δ.) Κεφαλή (head):** τα ανώτερα τμήματα της κατολίσθησης κατά μήκος της επαφής της μετακινούμενης μάζας και της κύριας κατακρήμνισης.
- Ε.) Δευτερεύουσα κατακρήμνιση (minor scarp):** δευτερεύουσα επιφάνεια θραύσης της μετακινούμενης μάζας που προκλήθηκε από διαφορικές μετακινήσεις της μάζας αυτής.
- Στ.) Κύριο σώμα (main body):** το τμήμα της μετακινούμενης μάζας που υπέρκειται της επιφάνειας ολίσθησης, μεταξύ της κύριας κατακρήμνισης και της απόληξης της επιφάνειας ολίσθησης.
- Ζ.) Άκρο (tip):** το σημείο της απόληξης που απέχει τη μεγαλύτερη απόσταση από την κορυφή της κατολίσθησης.
- Η.) Απόληξη (toe):** το κατώτερο, συνήθως κυρτό όριο, της μετακινούμενης μάζας.
- Θ.) Πόδας (foot):** το τμήμα της κατολίσθησης που έχει μετακινηθεί πέραν της απόληξης της επιφάνειας ολίσθησης και το οποίο υπέρκειται της αρχικής επιφάνειας του εδάφους.
- Ι.) Επιφάνεια ολίσθησης (surface of rupture):** η επιφάνεια που αποτελεί επέκταση της κύριας κατακρήμνισης κάτω από τη μετακινούμενη μάζα, πάνω στην οποία έγινε η κατολίσθηση.
- Κ.) Επιφάνεια διαχωρισμού (surface of separation):** το τμήμα της αρχικής επιφάνειας του φυσικού εδάφους που καλύπτεται από τον πόδα της κατολίσθησης.
- Λ.) Αρχική επιφάνεια εδάφους (original ground surface):** η επιφάνεια του εδάφους πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης.

Μεταθετικές Ολισθήσεις (translational slides)

Η μάζα που αποσπάται από το πρηνές μετακινείται προς τα έξω ή προς τα κάτω και έξω, κατά μήκος μιας κατά προσέγγιση επίπεδης ή ομαλής – κυματοειδούς επιφάνειας, με πολύ μικρή ή καθόλου περιστροφή. Συνήθως η μετακινούμενη μάζα ολισθαίνει παράλληλα με την επιφάνεια ολίσθησης και πάνω σε αυτή (σχήμα 2.6).



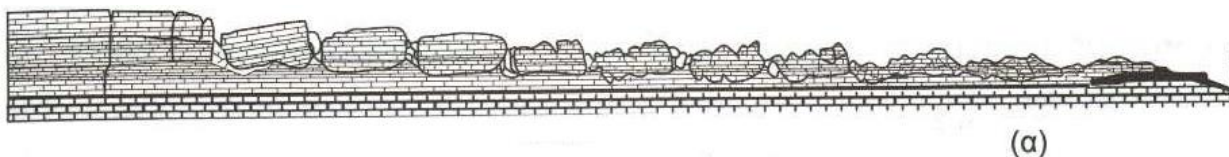
Σχήμα 2.6: Μεταθετικές ολισθήσεις (HANSEN 1965 και VARNES 1978) (α) αποσαθρωμάτων, (β) εδαφικού τεμάχους, (γ) επίπεδη, (δ) σφηνοειδής. (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

Πλευρικές εξαπλώσεις (lateral spreads)

Στις πλευρικές εξαπλώσεις η κίνηση που επικρατεί είναι η πλευρική διάσταση του υλικού που διευκολύνεται από διατμητικές ή εφελκυστικές ρωγμές. Διακρίνεται σε τρεις βασικούς τύπους:

- **Εξάπλωση τεμαχών (block spreads)**

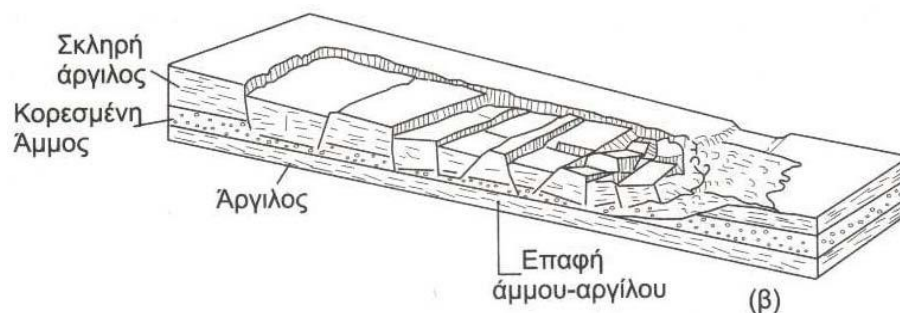
Βραχώδεις γεωλογικοί σχηματισμοί, που υπέρκεινται άλλων ασθενέστερων, διαχωρίζονται με κατακόρυφες ρωγμές σε τεμάχη. Το υποκείμενο υλικό συνθλίβεται και συχνά καλύπτει τις ρωγμές που δημιουργούνται. Η μετατόπιση κατανέμεται σε όλη την εκτεινόμενη μάζα και τις περισσότερες φορές είναι εξαιρετικά αργή (σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.7: Πλευρική εξάπλωση ασβεστολιθικών τεμαχών που υπέρκεινται μαλακότερων σχηματισμών (VARNES 1978) (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007) .

- Εξάπλωση λόγω ρευστοποίησης (liquefaction spreads)

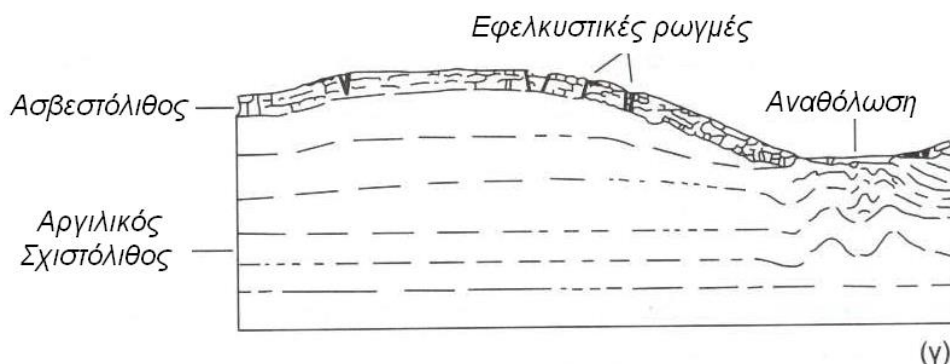
Δημιουργούνται κυρίως σε ευαίσθητες αργίλους και ιλύες, οι οποίες, όταν διαταραχθούν, παρουσιάζουν απώλεια της αντοχής τους. Η θραύση είναι βαθμιαία και συνήθως αρχίζει σαν εκτεταμένη καθίζηση με αντίστροφη προοδευτική επέκταση (δηλαδή από την αρχική θραύση προς τα πίσω). Η κίνηση ξεκινάει χωρίς προειδοποίηση και είναι μεγάλης έως πολύ μεγάλης ταχύτητας (σχήμα 2.8).



Σχήμα 2.8: Πλευρική εξάπλωση αργίλου που υπέρκεινται ρευστοποιημένου στρώματος άμμου και ιλύος (VARNES 1978) (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007) .

- Σύνθετη πλευρική εξάπλωση (complex spreads)

Πρόκειται για μετακινήσεις που εκδηλώνονται ως έντονες παραμορφώσεις οριζόντιων σκληρών και διερρηγμένων στρωμάτων που υπέρκεινται ρωγματωμένων αργίλων ή μαλακών σχιστόλιθων (σχήμα 2.9) και παρατηρήθηκαν σε πολλές κοιλάδες της Αγγλίας κατά την κατασκευή φραγμάτων. Ο μηχανισμός της μετακίνησης αυτή δεν έχει διευκρινιστεί αρκετά.

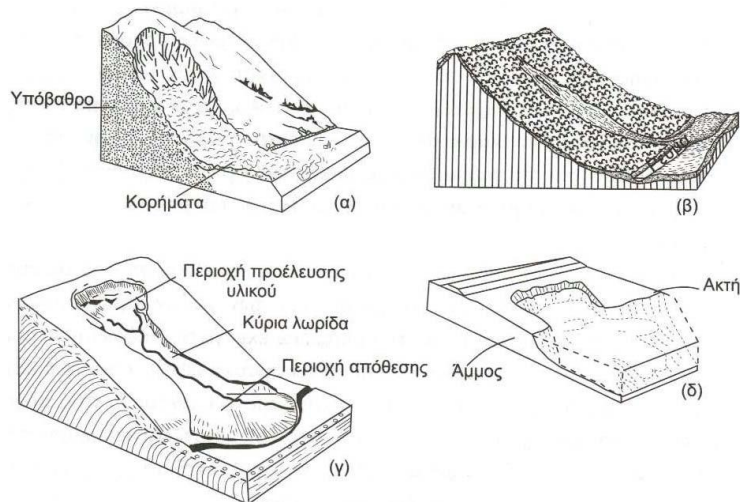


Σχήμα 2.9: Σύνθετη ολίσθηση: Πλευρική εξάπλωση ασβεστόλιθων και αναθόλωση των υποκείμενων αργιλικών σχιστόλιθων (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007).

Ροές (flows)

Εκδηλώνονται κυρίως σε χαλαρά υλικά με την μετακινούμενη μάζα να υφίσταται έντονες παραμορφώσεις, ενώ όταν χαρακτηρίζονται από πολύ έως εξαιρετικά αργή ταχύτητα μετακίνησης τότε ταξινομούνται στον *ερπυσμό (creep)*. Στον ερπυσμό η μετατόπιση είναι δυσδιάκριτη, ενώ σαν φαινόμενο αναγνωρίζεται από την κλίση δέντρων, στύλων ή ακόμα και από τη χαρακτηριστική θέση θραυσμάτων κάποιου γεωλογικού ορίζοντα.

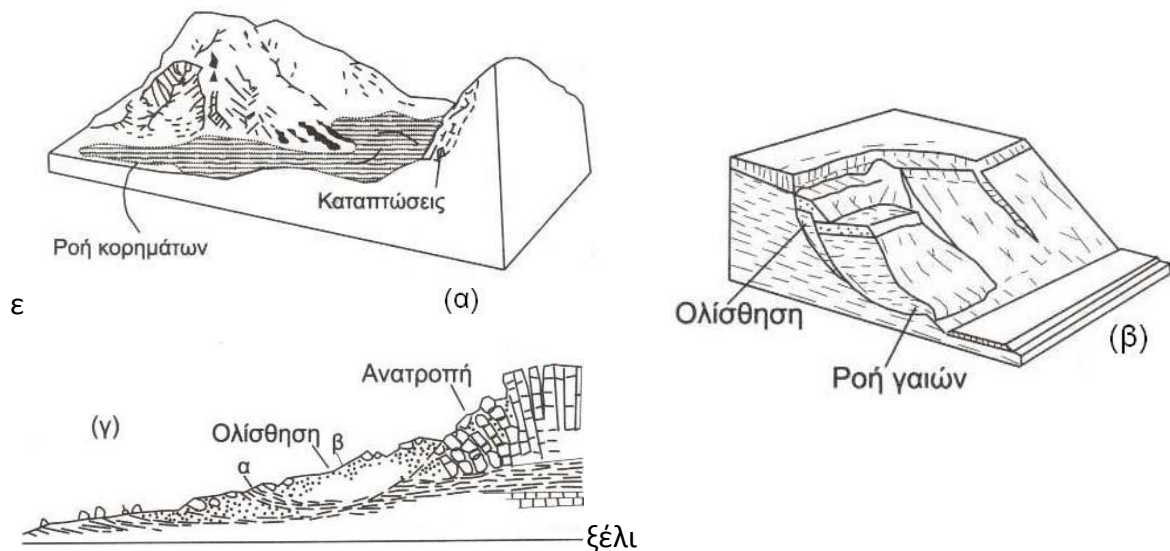
Όταν μιλάμε για *ροές του βραχώδους υποβάθρου* τότε αναφερόμαστε σε παραμορφώσεις τις βραχώμαζας που κατανέμονται ανάμεσα σε ρωγμές ή διακλάσεις, χωρίς τον εντοπισμό μετατόπισης κατά μήκος μιας επιφάνειας. Αντίθετα, στα χαλαρά υλικά, οι ροές αναγνωρίζονται ευκολότερα αφού οι μετατοπίσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες και πολύ πιο ευκρινείς. Στο χονδρόκοκκο υλικό είναι γνωστές ως *ροές κορημάτων* και στο λεπτόκοκκο σαν *ροές γαιών*, οι οποίες παρουσιάζουν ακόμη μεγαλύτερη έκταση και ένταση όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό αργιλικού υλικού (σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10: (α) – (β) Ροή κορημάτων, (γ) Ροή γαιών, (δ) Ροή άμμου – ιλύος (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

Σύνθετες μετακινήσεις μαζών (composite slides)

Είναι ένας συνδυασμός τόσο των μετακινήσεων όσο και των υλικών που περιγράφηκαν έως τώρα. Εκδηλώνονται είτε στα διάφορα τμήματα της μετακινούμενης μάζας είτε στα διάφορα στάδια της



της μετακίνησης (σχήμα 2.11).

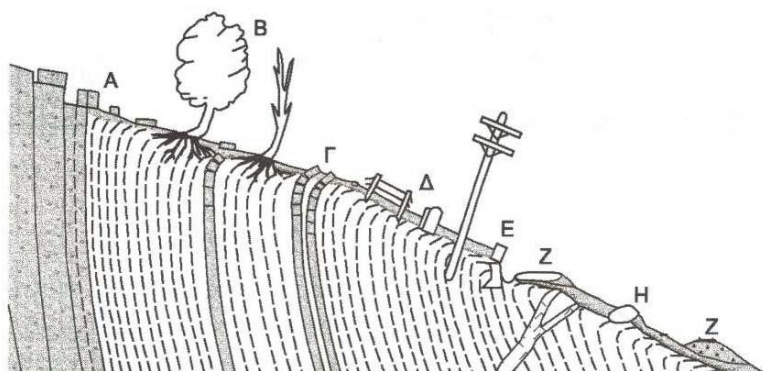
Σχήμα 2.11: Σύνθετες μετακινήσεις:

(α) Καταπτώσεις – Ροή

(β) Ολίσθηση – Ροή

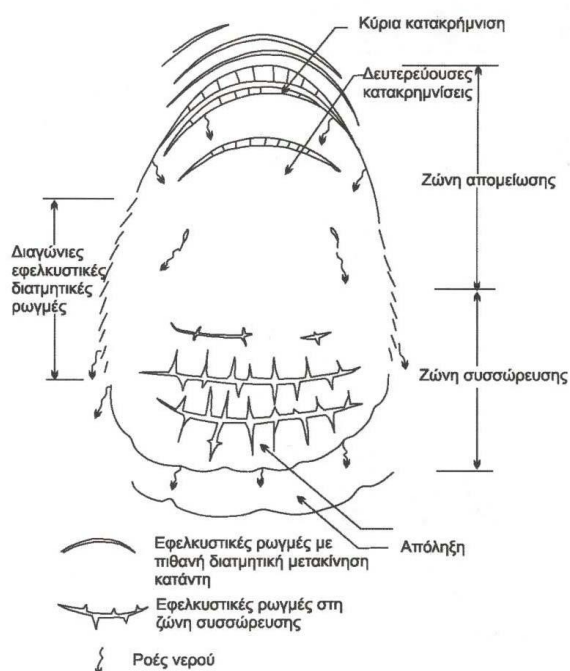
(γ) Ανατροπή – Ολίσθηση

(Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)



Σχήμα 2.12: Συνήθεις ενδείξεις ερπυσμού (Από ΚΟΥΚΗΣ – ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

Υπόμνημα: Α: μετακινημένα τεμάχια που δημιουργήθηκαν από ρωγμές, Β: κορμοί δένδρων με κοίλη καμπυλότητα προς τα ανάντη, Γ: κάμψη των στρωμάτων προς τα κατόντη, Δ . μετατόπιση φράχτη, κολώνας τηλεφωνικών ή ηλεκτρικών καλωδίων και μνημείων
Ε . θραυσμένοι ή μετατοπισμένοι τοίχοι αντιστήριξης,
Ζ . δρόμοι και σιδηροτροχιές μετατοπισμένοι από την ευθεία,
Η . χλόη κυλισμένη κατόντη από ογκόλιθους που έρπουν.



Σχήμα 2.13: Ενδεικτική αποτύπωση ρωγμών, κατακρημνίσεων και ροών νερού σε μια κατολίσθηση (από ΚΟΥΚΗΣ & ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

2.3. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

Ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας των παράκτιων περιοχών (CVI) αποτελεί ένα δυναμικό, απλό, αντικειμενικό και εύχρηστο μοντέλο προσδιορισμού της επικινδυνότητας των παράκτιων περιοχών σε σχέση με τις ενδεχόμενες μελλοντικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει την «ευαισθησία» του παράκτιου συστήματος σε μεταβολές, δηλαδή την διαφοροποίηση της ακτογραμμής λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας με τη φυσική δυνατότητά του για προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες.

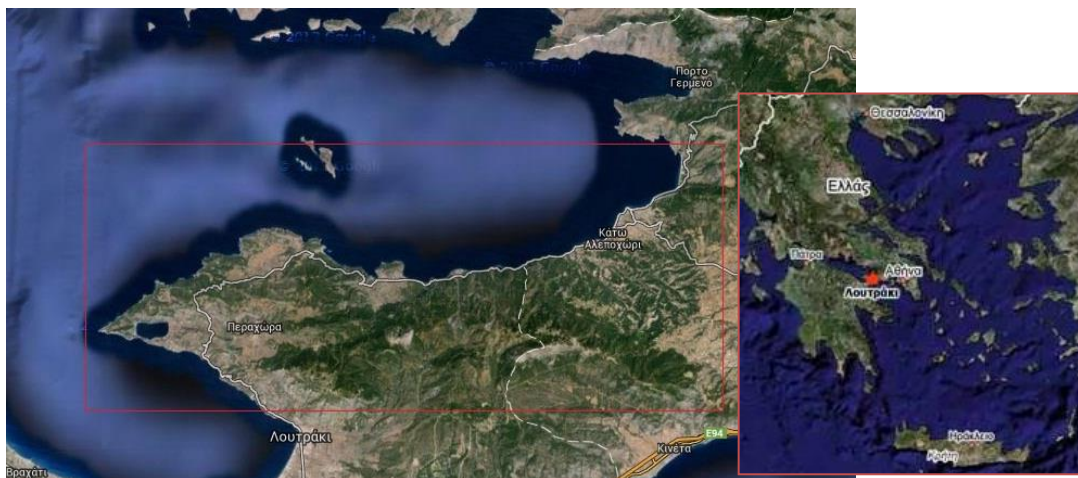
Η βασική ιδέα του Δείκτη Τρωτότητας είναι η ταξινόμηση της επικινδυνότητας των παράκτιων περιοχών ανάλογα με την τιμή του δείκτη αυτού ο οποίος εξαρτάται από ορισμένες μεταβλητούς παραμέτρους. (PENDLETON ET AL., 2004) Στην Ελλάδα σύμφωνα με το πρόγραμμα EUROSION (2001) και την μελέτη των ALEXANDRAKI ET AL. (2010), η πλειοψηφία των ελληνικών ακτογραμμών είναι κάτω από διάβρωση.

Ο πρωταρχικός σκοπός της πρόβλεψης της μεταβολής της ακτογραμμής λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι η ποσοτικοποίηση των σημαντικών διεργασιών – μεταβλητών που συμβάλλουν στην διαμόρφωση και εξέλιξη μιας παράκτιας περιοχής. Ο δείκτης τρωτότητας των παράκτιων περιοχών (C.V.I.) χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων μιας επικείμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά μήκος των ακτών των ΗΠΑ (GORNITZ ET.AL, 1994, THIELER AND HAMMAR- KLOSE, 1999 HAMMAR- KLOSE AND THIELER, 2001 ΚΑΙ ALEXANDRAKIS ET AL, 2010). Αποτελεί δηλαδή ένα ποσοτικό μέτρο που βασικός σκοπός του είναι ο εντοπισμός των περιοχών που ενδέχεται να είναι περισσότερο ‘ευάλωτες’ και ‘ευπαθείς’ λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή που θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία βρίσκεται στην περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου και εκτείνεται από την παραλία της Ψάθας (38.116596,23.214869) έως και το Λουτράκι (37.982498,22.970667) καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος της χερσονήσου της Περαχώρας. Το ανατολικό μέρος της περιοχής υπάγεται στο νομό αττικής ενώ το δυτικό στο νομό Κορινθίας. Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της περιοχή μελέτης της παρούσης εργασίας είναι 76,17 km. (σχήμα 3.1)

Η περιοχή μελέτης μας παρουσιάζει αυξημένη οικιστική ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες. Από τον όρμο της Ψάθας έως το Σχίνο, υπάρχουν πολλές παραθεριστικές κατοικίες και έργα που κατά θέσεις έχουν αλλοιώσει τα φυσικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης. Επιπλέον, η περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της έντονης σεισμικότητας ενώ έχει επηρεαστεί από τις πρόσφατες μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης και τις τεκτονικές κινήσεις του Τεταρτογενούς.

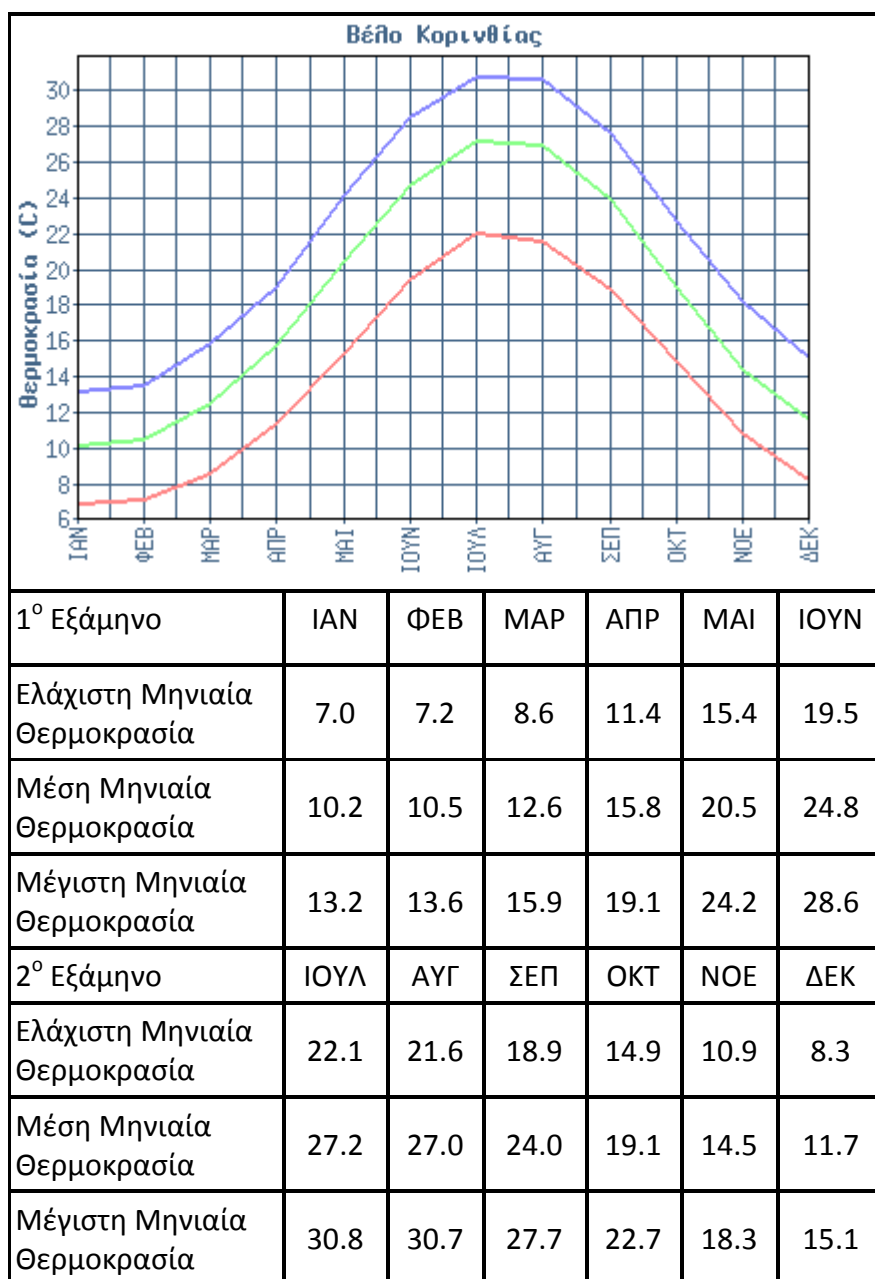


Σχήμα 3.1: Οριοθέτηση περιοχής μελέτης (πηγη: Google Maps)

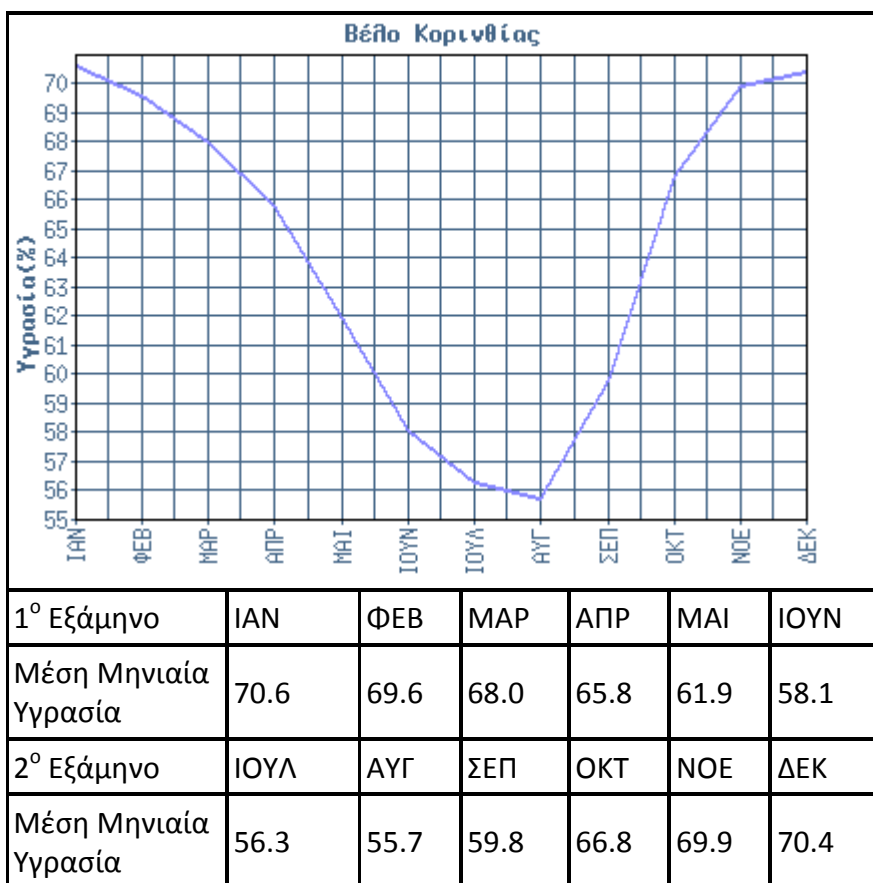
3.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης μας προσδιορίζονται από τους σταθμούς Ελευσίνα και Βέλο Κορινθίας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που είναι και οι εγγύτεροι στην περιοχή μελέτης.

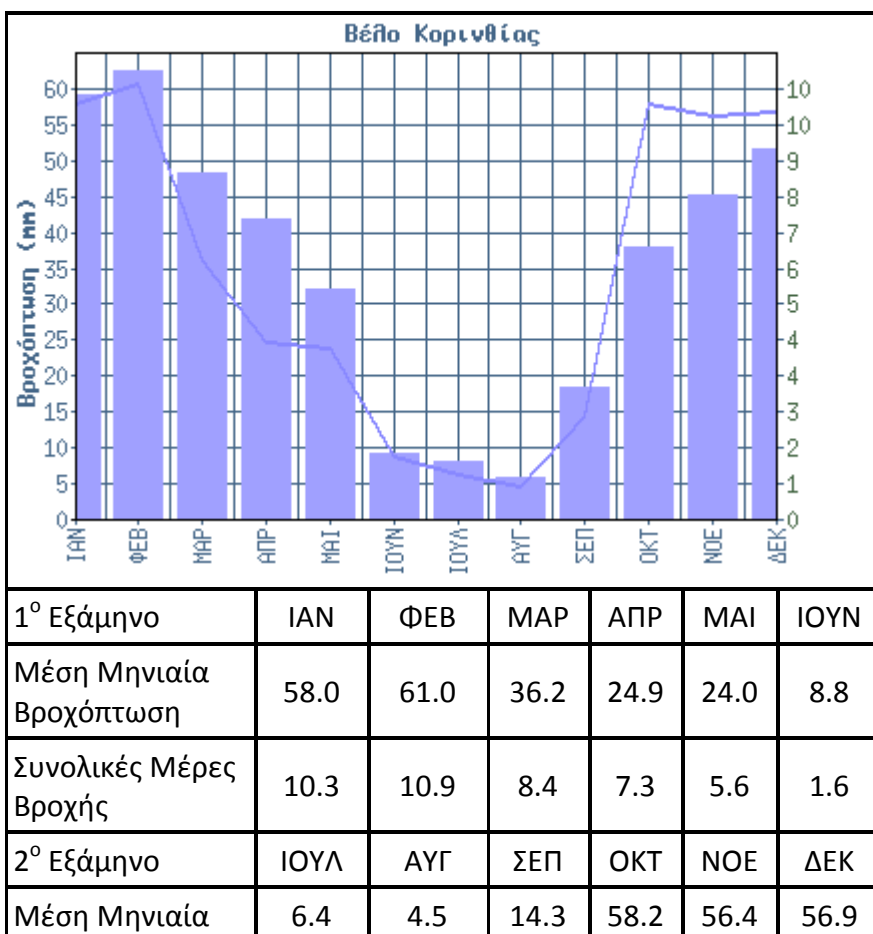
Στα σχήματα 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 δίνονται συνοπτικά τα κλιματικά χαρακτηριστικά του σταθμού Βέλο (Κορινθίας) όπου κατά το διάστημα 1987-1997 σημειώθηκε απόλυτη μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία 38,8°C / -1,4°C, υγρασία 55,7%/70,6%, βροχόπτωση 4,9 mm/ 61mm και ένταση ανέμου 3,9kt/6,0 kt



Σχήμα 3.2. Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία Βέλο Κορινθίας (πηγή: Ε.Μ.Υ)

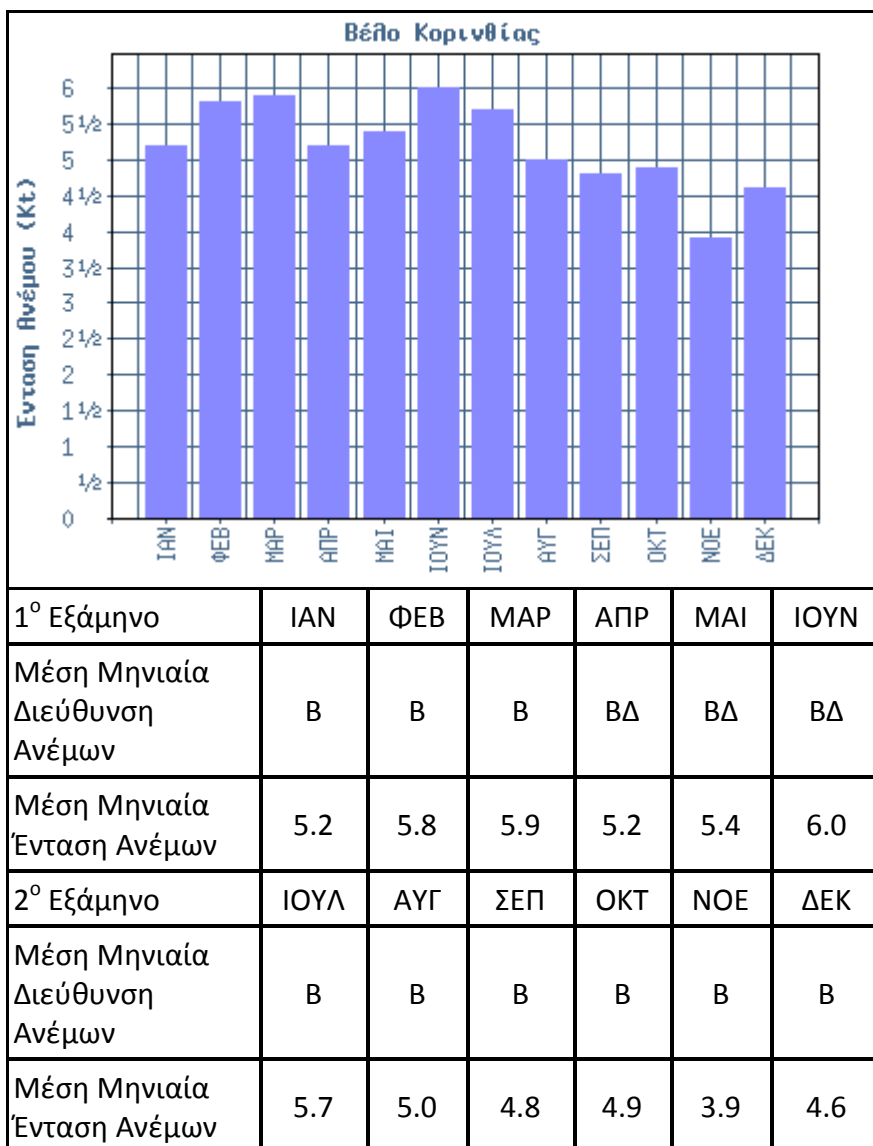


Σχήμα 3.3. Μέση Μηνιαία Υγρασία Βέλο Κορινθίας (πηγή: Ε.Μ.Υ)



Βροχόπτωση						
Συνολικές Μέρες Βροχής	1.4	1.0	3.2	6.6	7.9	9.0

Σχήμα 3.4. Μέση μηνιαία βροχόπτωση Βέλο Κορινθίας (πηγή: Ε.Μ.Υ)

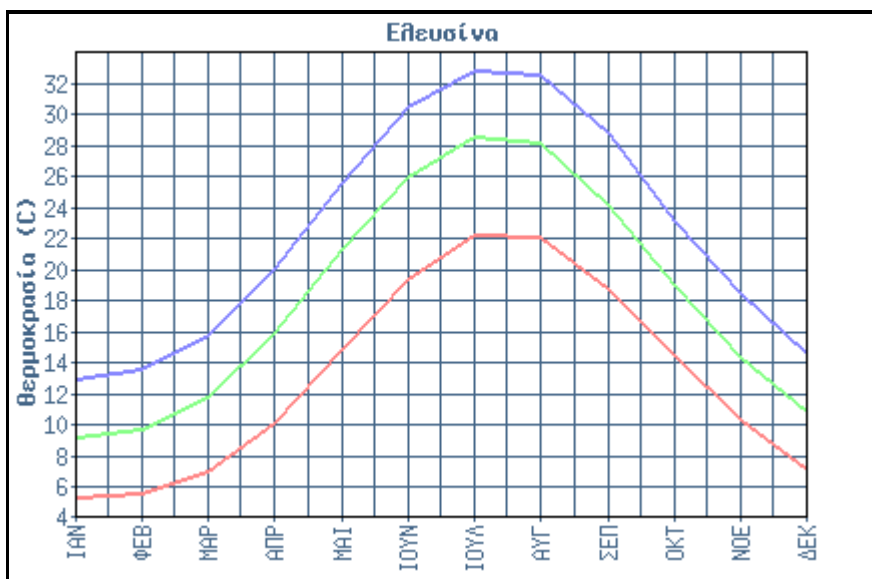


Σχήμα 3.5. Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμων/ Μέση μηνιαία ένταση ανέμων Βέλο Κορινθίας (πηγή: Ε.Μ.Υ)

Στα σχήματα 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 δίνονται συνοπτικά τα κλιματικά χαρακτηριστικά του σταθμού Ελευσίνας, όπου κατά το διάστημα 1987-1997 σημειώθηκε απόλυτη μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία 48°C / -5°C, υγρασία 42,8%/73,3%, βροχόπτωση 5,4mm/67,9mm.

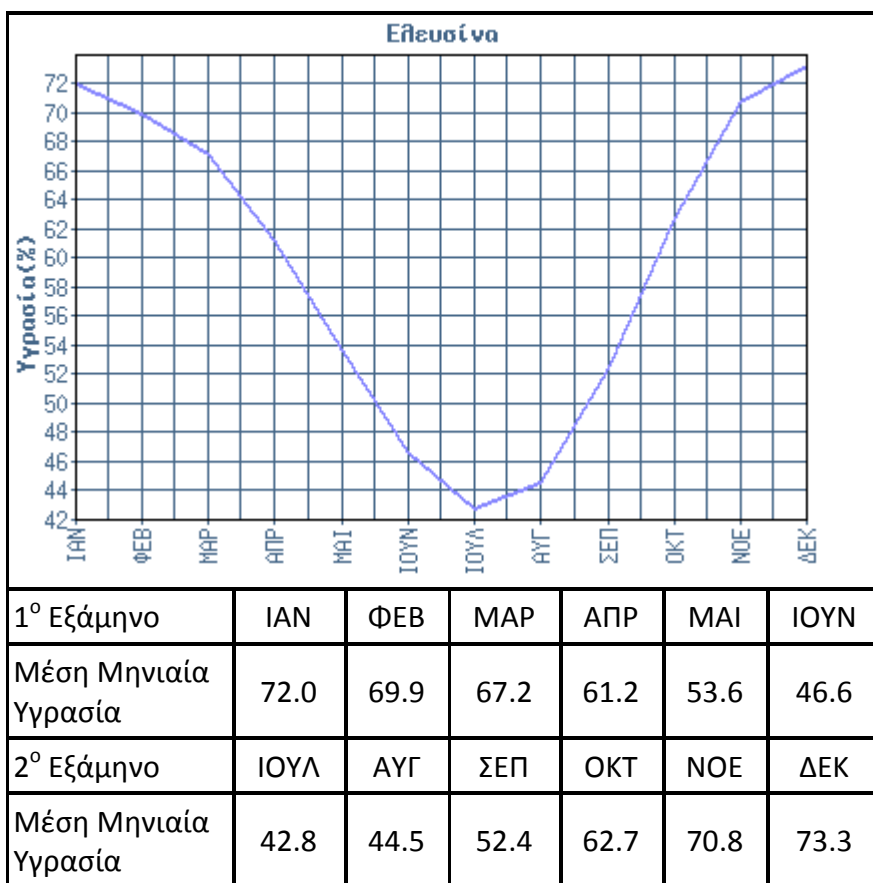
ΑΠΟΛΥΤΗ ΜΕΓ. ΘΕΡΜ.: 48°C / ΑΠΟΛΥΤΗ ΕΛΑΧ. ΘΕΡΜ.: -5°C ΠΕΡΙΟΔΟΣ

ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: 1958-1997

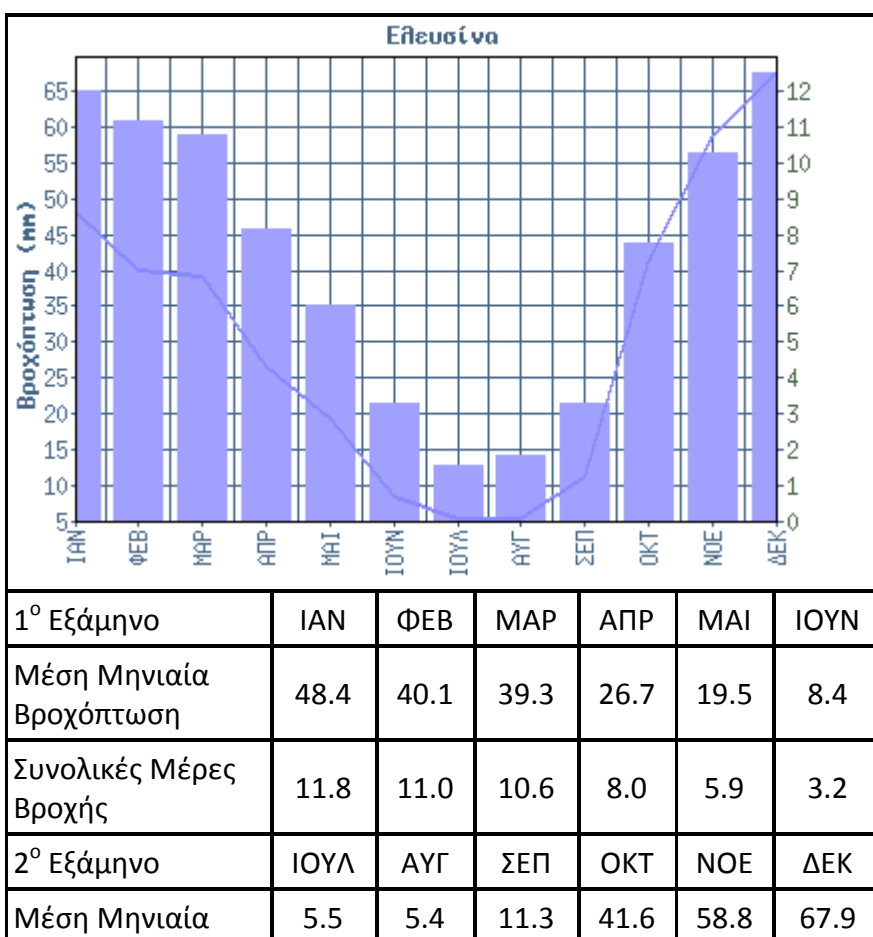


1 ^ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	5.4	5.6	7.1	10.1	14.9	19.5
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	9.2	9.7	11.8	15.9	21.4	26.1
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	13.0	13.6	15.8	20.1	25.7	30.6
2 ^ο Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	22.3	22.2	18.8	14.6	10.4	7.2
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	28.6	28.2	24.3	19.0	14.4	10.9
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	32.9	32.7	28.9	23.2	18.5	14.7

Σχήμα 3.6. Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία Ελευσίνα (πηγή: Ε.Μ.Υ)

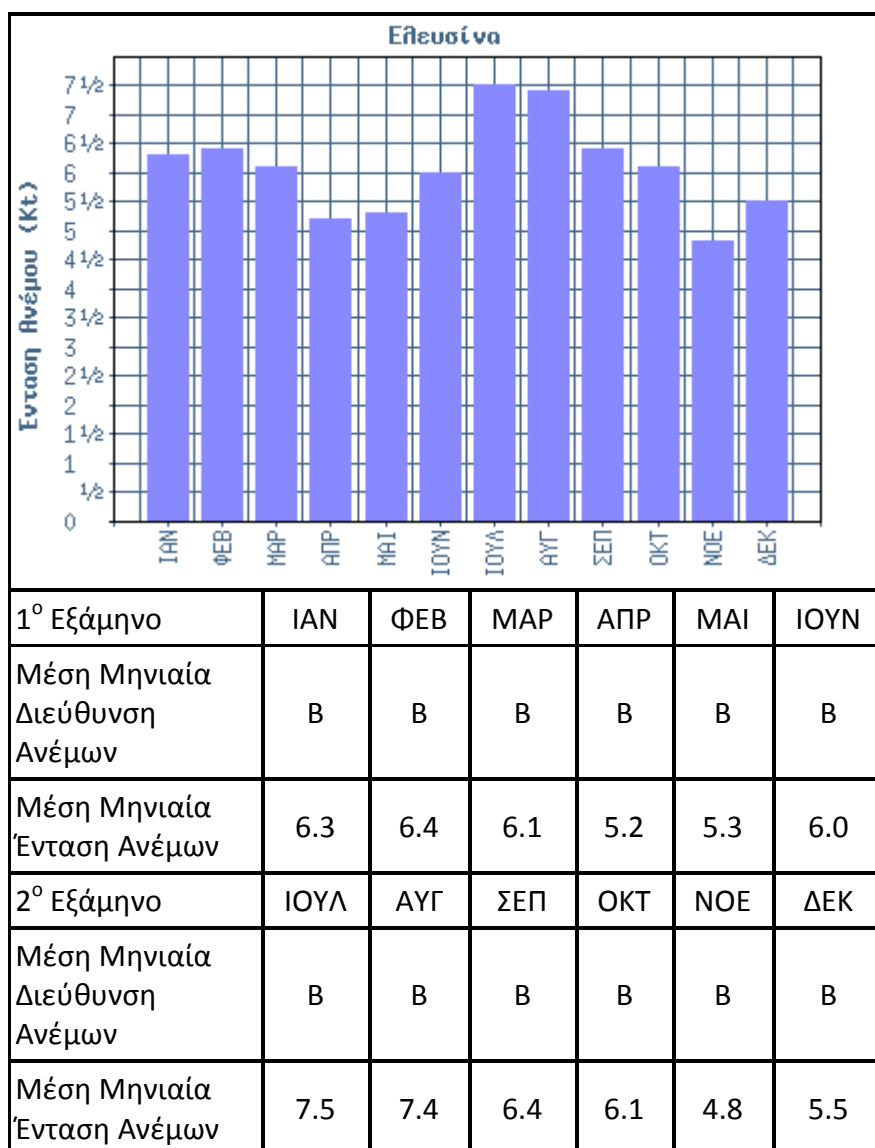


Σχήμα 3.7. Μέση Μηνιαία Υγρασία Ελευσίνα (πηγή: Ε.Μ.Υ)



Βροχόπτωση						
Συνολικές Μέρες Βροχής	1.5	1.8	3.2	7.6	10.1	12.3

Σχήμα 3.8. Μέση μηνιαία βροχόπτωση Ελευσίνα (πηγή: Ε.Μ.Υ)



Σχήμα 3.9. Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμων/ Μέση μηνιαία ένταση ανέμων Ελευσίνα (πηγή: Ε.Μ.Υ)

3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί μια σύγχρονη τεκτονική τάφρο, που οφείλει το σχηματισμό της στις ενεργές εφελκυστικές τάσεις που επενεργούν στην περιοχή (Collier et al., 1992; Armijo et al., 1996). Ο κορινθιακός δείχνει μια πολυφασική εξέλιξη [JOLIVET ET AL., 2012]. Το πιο πρόσφατο στάδιο ξεκίνησε 600-700 Ma πριν όταν το ρήμα της Ελίκης ή του Ξυλοκάστρου ανύψωσαν το νότιο περιθώριο του κόλπου (ARMIJO ET AL., 1996; FORD ET AL., 2007; ROHAIS ET AL., 2007B). Από γεωδαιτικές μελέτες (BILLIRIS ET AL., 1991; RIGO ET AL., 1996; CLARKE ET AL., 1997; DAVIES ET AL., 1997; BRIOLE ET AL., 2000; AVALLONE ET AL., 2004) και τη μοντελοποίηση της παραμόρφωσης των γεωλογικών στοιχείων (ARMIJO ET AL., 1996) προκύπτει διεύρυνση του κόλπου σε διεύθυνση B-N με ρυθμούς κυμαινόμενους από 4 – 16 mm/yr. Οι ρυθμοί αυτοί είναι από τους μεγαλύτερους ρυθμούς ηπειρωτικού εφελκυσμού και επιμήκυνσης στον κόσμο. Ο ραγδαίος αυτός εφελκυσμός συνδέεται με μια πολύ νέα ρηξιγενή φάση (1 Ma), η οποία κόβει τις δομές του παλαιότερου ρηξιγενούς τεκτονισμού της λεκάνης (ARMIJO ET AL., 1996; SAKELLARIOU ET AL., 1998).

Οι εφελκυστικές αυτές τάσεις εκφράζονται από σημαντικά ενεργά ρήγματα στο βόρειο και στο νότιο περιθώριο της λεκάνης (γενικής διεύθυνσης A-Δ), όπου δημιουργούν ένα ασύμμετρο τεκτονικό βύθισμα, με το βόρειο περιθώριο να εμφανίζεται σήμερα σχετικά παθητικό, αντίθετα από το νότιο που εμφανίζει έντονη δραστηριότητα (MARIOLAKOS 1976; PAPANASTASIOU, 1996; SAKELLARIOU ET AL., 1998; LYMPERIS ET AL., 1998). Η μορφολογία του νότιου περιθωρίου ελέγχεται εξ ολοκλήρου από τα ρήγματα αυτά, τα οποία εμφανίζουν μια λοξή κλιμακωτή διάταξη (en echelon) προς τα ανατολικά με τα μεγαλύτερα τμήματα της ρηξιγενούς ζώνης να εμφανίζουν μήκη από 15-25 km (ROBERTS & JACKSON, 1991; ROBERTS & ΚΟΥΚΟΥΝΕΛΑΣ, 1996). Τα περισσότερα από τα ρήγματα αυτά εμφανίζουν λιστρικό χαρακτήρα με φορά βύθισης προς Β και γωνίες που στην επιφάνεια έχουν τιμές από 50° – 70° (ARMIJO ET AL., 1996).

Το βόρειο περιθώριο βυθίζεται κατά 1 mm/yr σε σχέση με το νότιο (TSELENTIS & ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, 1986), ενώ δεν υπάρχουν ενδείξεις και για σχηματισμό συντεκτονικών ιζημάτων (ORI, 1989; DOUTSOS & ΡΟΥΛΙΜΕΝΟΣ, 1992). Αντιθέτως, στο νότιο περιθώριο εμφανίζονται συντεκτονικά ιζήματα μεγάλου πάχους (περίπου 1 km) (Doutsos &

Roulimenos, 1992) στη βόρεια Πελοπόννησο, που αποτελούν ένδειξη της γρήγορης ανύψωσης της περιοχής. Το πάχος των σύγχρονων ιζημάτων στον κόλπο υπολογίστηκε από προφίλ σεισμικής ανάκλασης σε περίπου 1 km (BROOKS & FERENTINOS, 1984; HIGGS, 1988) υποδηλώνοντας μια εδαφική έξαρση περίπου 3 km μεταξύ του υποβάθρου στο βυθό του κόλπου και των υψηλότερων σημείων της ανυψωμένης ξηράς. Οι μετρήσεις GPS υποδηλώνουν σήμερα μεγαλύτερους ρυθμούς διάνοιξης στο δυτικό Κορινθιακό κόλπο (περίπου 13mm/yr) σε σχέση με τον ανατολικό (περίπου 6mm/yr) (CLARKE ET AL., 1997A). Ο ρυθμός ανύψωσης των ακτών του νότιου περιθωρίου είναι της τάξεως των 0.75 mm/yr στα ανατολικά στη χερσόνησο της Περαχώρας, ενώ δυτικά στην περιοχή του Αιγίου ανέρχεται περίπου στα 1.5 mm/yr (STEWART & VITA FINZI, 1996). Οι ρυθμοί αυτοί συγκρινόμενοι με τη σημερινή γεωμετρία του κόλπου, όπου εμφανίζεται με μεγαλύτερα πλάτη ανατολικά σε σχέση με το δυτικό τμήμα και σε σχέση με τη μεγαλύτερη τάση παραμόρφωσης που εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα (0.15 ppm/yr στα ανατολικά με 1.12 ppm/yr στα δυτικά; CLARKE ET AL., 1998), υποδεικνύουν μια προοδευτική μετατόπιση των ρυθμών εφελκυσμού της λεκάνης προς τα δυτικά, όπως έχει προταθεί εξάλλου και από τους CLARKE ET AL., 1997; SAKELLARIOU ET AL., 2001. Η κορινθιακή τάφρος φαίνεται να έχει σχηματισθεί κυρίως κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς. Ο κορινθιακός Κόλπος έχει μια συνολική εκτατική μετατόπιση της τάξεως των 15 km [Jolivet et al 2012., 2010a; Taylor et al., 2011] από 3.5 Ma [Rohais et al., 2007].

Εικόνες σεισμικής τομογραφίας υποδεικνύουν το βάθος της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας στα 60-65 km στη δυτική Πελοπόννησο (PAPAZACHOS & NOLET, 1997) και 74 km στο δυτικό όριο του Κορινθιακού Κόλπου (ZELT ET AL., 2005) με γωνίες υποβύθισης από περίπου 10° προς τα ανατολικά στη δυτική Πελοπόννησο, στις 35° στην κεντρική. Το πάχος του φλοιού εμφανίζει επίσης ισχυρές διακυμάνσεις μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού Κορινθιακού κόλπου. Η επιφάνεια Moho εμφανίζεται σε βάθος 20 km κάτω από την Κόρινθο και σε βάθος 40 km κάτω από την περιοχή του Αιγίου (MAKRIS ET AL., 2001). Δεδομένα βαρυτικών διασκοπήσεων υποδεικνύουν την ίδια διαφοροποίηση στο πάχος του φλοιού μεταξύ του ανατολικού και δυτικού τμήματος του κόλπου, υποδεικνύουν όμως και μια διαφοροποίηση σε διεύθυνση B-N. Το πάχος του φλοιού αυξάνεται βόρεια του κόλπου και μειώνεται ξανά στον Ευβοϊκό κόλπο (TIBERI, 2000; TIBERI ET AL., 2001; ZELT ET AL., 2005).

Ο σχηματισμός της Κορινθιακής τάφρου μπορεί να οφείλεται :

1. Στην προς δυσμάς κίνηση της μικροπλάκας της Ανατολίας (TAYMAZ ET AL., 1991; JACKSON, 1994; LE PICHON ET AL., 1995) και την προς δυσμάς επέκταση της ρηξιγενούς ζώνης της Βόρειας Ανατολίας (ARMIJO ET AL., 1996, JOLIVET ET AL 2012.,) ή/και
2. Στις εφελκυστικές τάσεις που εκφράζονται στην οπισθοχώρα του Ελληνικού τόξου (LE PICHON & ANGELIER, 1979; HATZFELD ET AL., 1997; MEIJER ET WORTEL, 1997).

ΣΥΝΘΕΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΑΦΡΟΥ

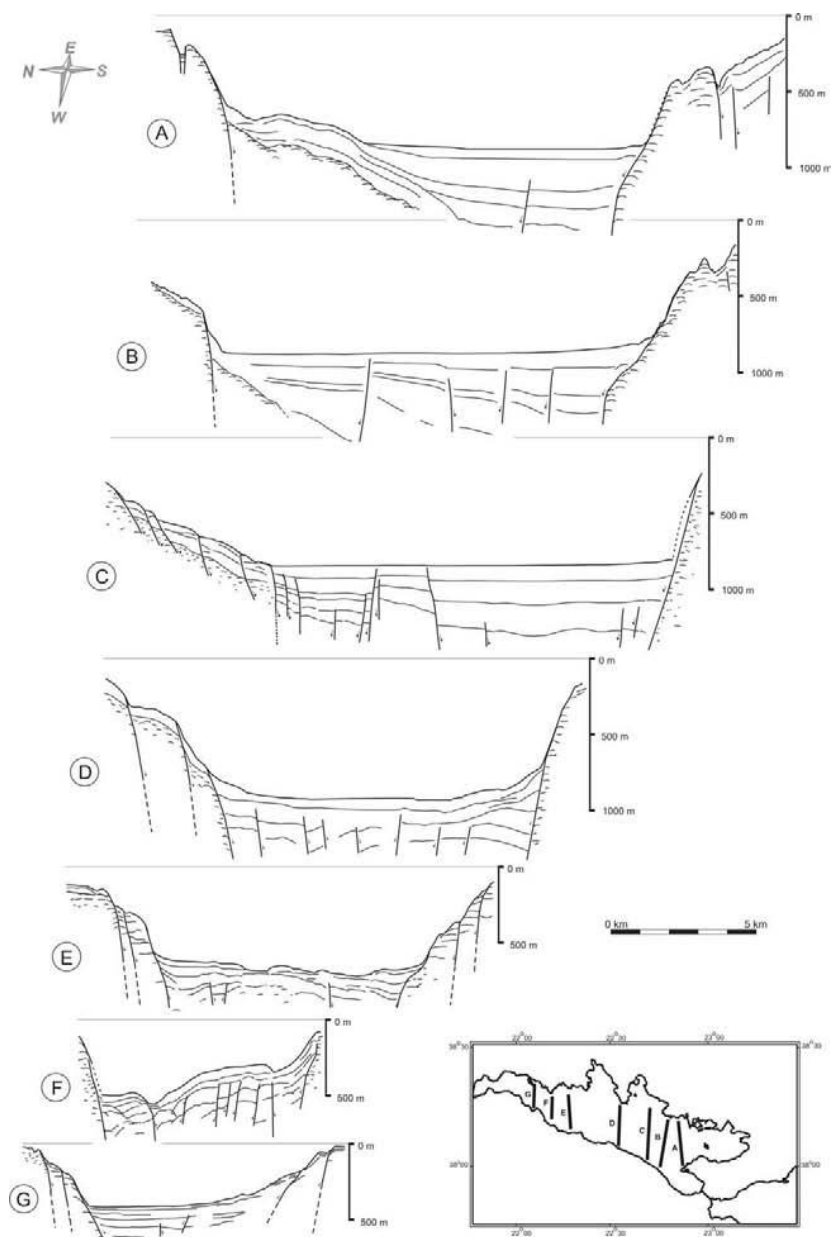
Οι διαθέσιμες τομές σεισμικής ανάκλασης, αποκαλύπτουν ότι ο Κορινθιακός κόλπος είναι μια σύνθετη ασύμμετρη τάφρος (*complex half-graben*), στην οποία ο πόλος μέγιστης βύθισης μετακινείται προοδευτικά κατά το μήκος του άξονά της (σχ. 3.10) (STEFATOS ET AL 2002).

Στα ανατολικά (τομές Α και Β) (σχ. 3.10) τα ιζηματογενή στρώματα που καλύπτουν τον πυθμένα της λεκάνης παρουσιάζουν χαρακτηριστική κλίση προς νότο. Η κλίση αυτή είναι διακριτή σε όλο το εύρος της λεκάνης του Κορινθιακού κόλπου από το βόρειο ως το νότιο περιθώριο της. Η γωνία κλίσης των κεκλιμένων ιζηματογενών στρωμάτων αυξάνει προοδευτικά με το βάθος. Η χαρακτηριστική αυτή γεωμετρία υποδηλώνει ταχύτερους ρυθμούς μετατόπισης στη διάρκεια της ιζηματογένεσης, για τα ρήγματα του νότιου περιθωρίου συγκριτικά με τα ρήγματα του βορείου περιθωρίου. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης του Κορινθιακού κόλπου, η προς νότο κλίση των ιζηματογενών στρωμάτων μειώνεται προοδευτικά από ανατολικά προς δυτικά (τομές Γ και Δ) (σχ. 3.10).

Δυτικότερα, όπως φαίνεται και στη τομή Ε (σχ. 3.10), η γενική, προς νότο, κλίση των ιζημάτων γίνεται οριακά αντιληπτή. Στη θέση πλέον αυτή, είναι εμφανής η αντίθετη κλίση των τεμαχών βάσης των ρηγμάτων που ορίζουν το νότιο και το βόρειο περιθώριο της λεκάνης. Η αντίστοιχα αντίθετη κλίση των ιζηματογενών στρωμάτων που καλύπτουν τα τεμάχη βάσης των δύο περιθωριακών ρηγμάτων, υποδηλώνει παρόμοιους ρυθμούς μετατόπισης για τα δύο ρήγματα.

Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης (τομές Ζ και Η) (σχ. 3.10), τα ιζήματα που καλύπτουν το πυθμένα παρουσιάζουν μια γενική κλίση προς τα βόρεια. Η γενική αυτή κλίση προς βορρά υποδηλώνει ότι τα ρήγματα του βορείου περιθωρίου χαρακτηρίζονται από ταχύτερο ρυθμό μετατόπισης συγκριτικά με τα ρήγματα στο νότιο περιθώριο.

Μια αντίστοιχη περίπτωση με τη καταγεγραμμένη σύνθετη γεωμετρία της λεκάνης του Κορινθιακού κόλπου έχει παρατηρηθεί στη τάφρο της ανατολικής Αφρικής και συγκεκριμένα στη λίμνη Tanganika, περιοχή που αποτελεί πρότυπο για την μελέτη της ηπειρωτικής ταφρογένεσης (rifting) (ROSENDHAL ET AL., 1986; ROSENDHAL ET AL., 1987) ΚΑΙ MALAWI (EBINGER ET AL., 1987; SCHOLZ & FINNEY, 1994; SCHOLZ, 1995A) ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΦΡΟ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΥ SUEZ (BOSWORTH, 1985; COLLETA ET AL., 1988).



Σχήμα 3.10: Σειρά από κάθετες στον άξονα της λεκάνης τεκτονικές τομές κατά μήκος του Κορινθιακού κόλπου.

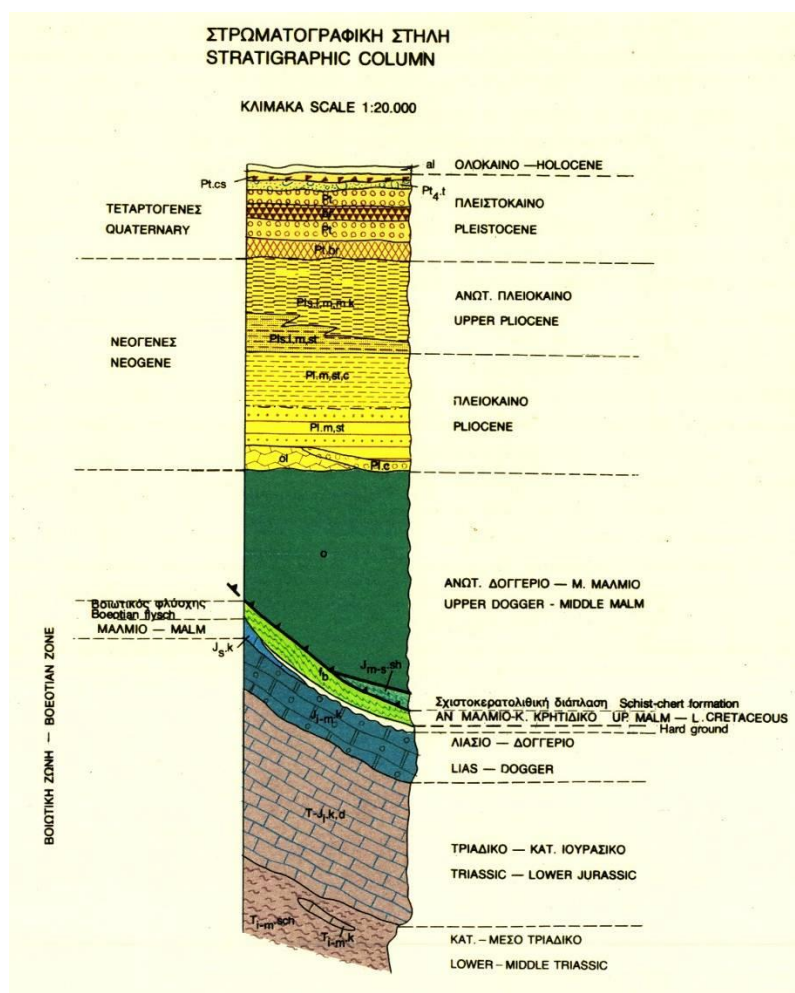
Οι τομές αυτές προέκυψαν από την ερμηνεία των αντίστοιχων τομών σεισμικής ανάκλασης. Οι τομές A, B και C στα ανατολικά παρουσιάζουν την τυπική γεωμετρία ημι-

τάφρου με το κύριο ρήγμα να βρίσκεται στο νότιο περιθώριο. Οι τομές D και E, επιδεικνύουν μια περισσότερο συμμετρική εικόνα της τάφρου, ενώ οι τομές F και G δυτικά παρουσιάζουν μεταφορά του πόλου βύθισης της τάφρου στο βόρειο περιθώριο. (STEFATOS ET AL 2002)

3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΛΙΘΟ-ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Βάσει των φύλλων Καπαρέλλι, Περαχώρα, Κόρινθος και νεοτεκτονικός χάρτης φύλλο Θήβα (1:50.000) του Ι.Γ.Μ.Ε, ακολουθεί η αναφορά των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 3.11 Στρωματογραφική στήλη (ΙΓΜΕ, 1984, Φύλλο Καπαρέλλι)

Μεταλλικοί σχηματισμοί

Τεταρτογενές

Ολόκαινο

- *Αλλουβιακές αποθέσεις και ελουβιακός μανδύας.* Πρόκειται για ασύνδετα υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες, προσχώσεις χαλαρών αργιλοαμμωδών υλικών, ερυθρογή σε εσωτερικές μικρές λεκάνες, υλικά χειμαρρωδών αναβαθμίδων μικρού πάχους και υλικά ελουβιακού μανδύα. Εντοπίζονται στον Όρμο του Σχίνου, στην περιοχή Ντουράκος στις Αιγειούσαι και στην περιοχή που βρίσκεται δυτικά του Κάτω Αλεποχωρίου και νότια της ακτής Λούτσα με τη μορφή αλλουβιακών ριπιδίων. Αλλουβιακά ρυπίδια συναντάμε στη Ράχη Πρίφτη, στην ακτή Μαυρολίμνη και στην Κινέτα. Πρόκειται για αποθέσεις υλικών ποικίλων τα οποία παρασύρονται από ποταμούς μεγάλης κλίσης με διακλαδιζόμενες κοίτες (δηλαδή ποτάμια που χαρακτηρίζονται από μια ροή που παρουσιάζει πολλές κοίτες οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους από νησίδες αλλουβιακών υλικών) και αποτίθενται στις εκβολές του. Στην περιοχή μελέτης τα αλλουβιακά ριπίδια έχουν Πλειστοκαινική ηλικία κυρίως. (Καρύμπαλης Ε, 2004:114)
- *Ιλύς τεναγών και άμμοι ακτών.* Συναντώνται στον Όρμο του Σχίνου, στην Κινέτα, βόρεια της λίμνης Μαυρολίμνη, και στον Όρμο της Ψάθας.
- *Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων.* Είναι ασύνδετα υλικά που αναπτύσσονται στις πλαγιές και βρίσκονται στην περιοχή της Κινέτας, του Άγιου Βλάσιου, δυτικά της λίμνης Μαυρολίμνη, στο Λιθάρι Νταβέλι, και στον Όρμο της Ψάθας.
- *Άμμοι και κροκάλες ακτής.* Πρόκειται για αποθέσεις με αρτίγωνα απολιθώματα που καλύπτονται από νεότερα υλικά αποσαθρώσεως των γύρω σχηματισμών και συναντώνται στην ακτή Λούτσα.

Πλειστόκαινο

- *Κώνοι κορημάτων.* Αποτελούνται από λατύπες διατεταγμένες σε λεπτές στρώσεις, ελαφρά συγκολλημένες στα ανώτερα μέλη τους και ισχυρά στα κατώτερα. Το συνδετικό υλικό είναι ασβεστιτικό και μερικές φορές αργιλικό στα κατώτερα μέλη. Το μέγιστο πάχος είναι 10m. Επίσης αποτελούνται από λατύπες κυρίως ασβεστολιθικές μέσα στις οποίες απαντούν πολλές φορές μεγάλα ασβεστολιθικά τεμάχια. Το συνδετικό υλικό είναι αργιλομαρμαϊκό. Χαρακτηριστικό τους είναι οι ενδιαστρώσεις από κόκκινες αργίλους. Το μέγιστο πάχος τους ανέρχεται στα 20m και βρίσκονται στον Όρμο του Σχίνου, δυτικά της ακτής Μαυρολίμνη και στον Όρμο της Ψάθας.
- *Θαλάσσιες αναβαθμίδες.*
- *Τυρρήνιες αποθέσεις Περαχώρας:* θαλάσσια ιζήματα από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Πρόκειται για θαλάσσιες αποθέσεις μικρού πάχους, που αποτελούνται από ψαμμίτες, άμμους και κροκαλοπαγή. Το ύψος της ανέρχεται στα 6m και εντοπίζεται στην περιοχή Αιγειρούσαι και στην ακτή Λούτσα.
- *Ποταμοχερσαίες αποθέσεις.* Αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, καστανέρυθρων αργίλων, αμμούχων αργίλων και πηλών χωρίς απολιθώματα. Στο Άνω Αλεποχώρι παρατηρείται ένστρωση πάχους περίπου 60m που αποτελείται από λατύπες και μεγάλα τεμάχια ασβεστολίθων που συνδέονται ισχυρά μεταξύ τους. Το πάχος τους είναι 150m και βρίσκονται στην περιοχή του Όρμου της Ψάθας.
- *Συνεκτικά λατυποπαγή*

Νεογενές

Ανώτερο Πλειόκαινο

- *Άργιλοι, μάργες (λιμναίες – υφαλμύρου φάσεως).* Τα κατώτερα μέλη αποτελούνται από εναλλαγές καστανέρυθρων αργίλων, αμμούχων αργίλων, αργιλούχων μαργών, λεπτών ενστρώσεων άμμων και ψαμμιτών. Οι σχηματισμοί αυτοί μεταβαίνουν πλευρικά σε αργίλους και μάργες που εναλλάσσονται με αμμούχες αργίλους,

ενστρώσεις μαρμαϊκών ασβεστολίθων μικρού πάχους και χαλαρών κροκαλοψαμμιτών καστανού χρώματος. Μέσα στις μάργες υπάρχουν κατά θέσεις εμφανίσεις λιγνίτη μικρού πάχους. Μέσα στους παραπάνω σχηματισμούς απαντούν μικρού πάχους ενστρώσεις από αμμούχες μάργες, θαλάσσιας προέλευσης. Το πάχος τους ανέρχεται στα 300m και συναντώνται στην περιοχή νοτιοανατολικά της ακτής Λούτσα.

Αλπικοί σχηματισμοί

Ενότητα ανατολικής Ελλάδας

- Ανθρακικά πετρώματα: άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι του Αν. Κρητιδικού – Ηωκαίνου, ενίοτε με ενδιαστρώσεις φλυσχικού τύπου.
- Σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση

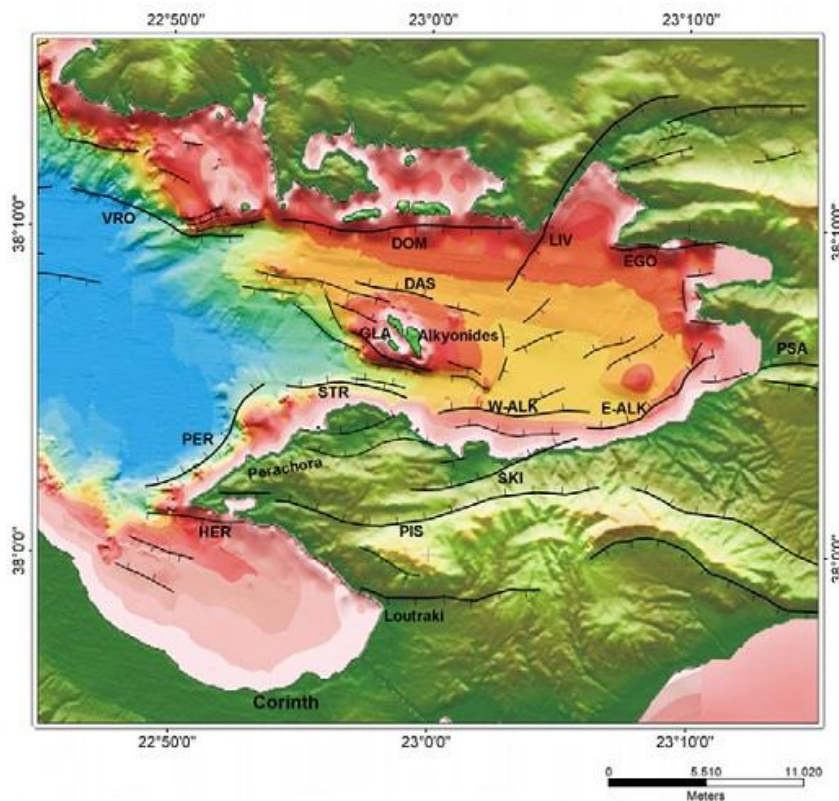
Βοιωτική ζώνη

- *Βοιωτικός φλύσχης* (αν. Μάλμιο – Κατ. Κρητιδικό). Είναι ρυθμική σειρά από τεφρούς, πρασινότεφρους, κιτρινοπράσινους λεπτοπλακώδεις, πλακώδεις βιομικρίτες, πηλίτες με πυριτόλιθους που εναλλάσσονται προς τα πάνω με βασαρενίτες, ωοσπαρίτες και ψαμμίτες (με θραύσματα οφιολίθων, ραδιολαριτών, χαλαζία, ασβεστολίθων καθώς και μεταμορφωμένων πετρωμάτων). Συχνά παρατηρούνται παρεμβολές ερυθρών – ερυθρότεφρων πλακωδών ραδιολαριτών. Το πάχος τους είναι 100m και εντοπίζεται ανατολικά της ακτής Μαυρολίμνης.
- *Σχιστοκερατολιθική διάπλαση με παρεμβολές οφιολιθικών πετρωμάτων* (αν. Δογγέριο – μ. Μάλμιο). Πρόκειται για αργλικούς σχιστόλιθους εναλλασσόμενους με ερυθρούς ραδιολαρίτες μέσα στους οποίους υπάρχουν λεπτές διαχωριστικές επιφάνειες μαγγανίου και λεπτοπλακώδεις ερυθρωποί ή τεφροί ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους. Στους σχηματισμούς αυτούς παρεμβάλλονται ή επίκεινται τεκτονικώς υπερβασικά πετρώματα κατά θέσεις έντονα σερπεντινωμένα. Μέσα σε αυτά παρατηρούνται συχνά εγκλείσματα από τεμάχια ασβεστολίθων Ιουρασικής ή Τριαδικής ηλικίας. Το μέγιστο πάχος τους φθάνει τα 50- 80m και συναντώνται στο ακρωτήριο του Σχίνου, στην ακτή της Μαυρολίμνης και στην περιοχή νότια και νοτιοδυτικά της ακτής Μαυρολίμνης.

- Ασβεστόλιθοι: τεφροί, λευκότεφροι παχυπλακώδεις έως παχυστρωματώδεις (Λιάσιο – Δογγέριο
- Ασβεστόλιθοι – δολομίτες: τεφροί, λευκότεφροι, λευκοκίτρινοι, ερυθρόλευκοι παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι βιομικρίτες (Μέσο – Ανωτ. Τριαδικό – Κατ. Ιουρασικό). Το μέγιστο πάχος τους φθάνει τα 600m περίπου. Εντοπίζονται στην περιοχή ανατολικά του Ακρωτηρίου Μαυρολίμνης και στην ανατολική ακτή του όρμου Αγίας Σωτήρας.
- Σύμπλεγμα από κερατόλιθους, ψαμμίτες και σχιστολίθους με φακούς ερυθρότεφρων στιφρών μαργαϊκών ασβεστολίθων.

3.4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ)

Το ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου αποτελούν ο κόλπος των Αλκυονίδων και ο όρμος Κορίνθου (σχήμα. 3.12).



Σχήμα 3.12: Τεκτονικός χάρτης του ανατολικού Κορινθιακού κόλπου(κόλπος Αλκυονίδων) στον οποίο παρουσιάζονται τα χαρτογραφημένα υποθαλάσσια ρήγματα όπως προέκυψαν από την ερμηνεία των σεισμικών τομών. (Στεφάτος, Α., 2005)

Η λεκάνη στην είσοδο του κόλπου των Αλκυονίδων, οριοθετείται στα βόρεια από το ρήγμα Βρώμα (VRO) και στα νότια από το ρήγμα Περαχώρα (PER). Με μήκος 10,2 km, το ρήγμα Βρώμα διαμορφώνει το όριο της λεκάνης μετατοπίζοντας το ακουστικό υπόβαθρο κατά 480 m (στα 1500 ms^{-1}) και σχηματίζοντας ρηξιγενές πρανές 370 m ύψους. Η κλίση του επιπέδου του ρήγματος κυμαίνεται μεταξύ 40° και 54° , ενώ το ρηξιγενές πρανές εμφανίζει ηπιότερη μέση κλίση ($20^\circ - 22^\circ$)(Στεφάτος, Α., 2005).

Στον ανατολικό Κορινθιακό Κόλπο η κίνηση μετατίθεται μέσω ρηξιγενούς τεκτονισμού βόρεια από την πόλη της Κορίνθου, στη χερσόνησο της Περαχώρας (VITA-FINZI & KING, 1985). Ο ανατολικός Κορινθιακός κόλπος φαίνεται να παρουσιάζει μια πιο περίπλοκη τεκτονική δομή με πλήθος ενεργών ρηγμάτων που σχηματίζουν μια σειρά ρηξιγενών υβωμάτων και βυθισμάτων που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Τα ρήγματα αυτά φαίνεται να έχουν λιστρικό χαρακτήρα και δημιουργούν τα τεκτονικά βυθίσματα της λεκάνης των Αλκυονίδων και του Λεχαιού κόλπου, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται το τεκτονικό κέρασ της Περαχώρας.

Το τεκτονικό κέρασ της Περαχώρας αποτελεί μια μεγάλης κλίμακας μακροδομή, η οποία αναπτύσσεται ανάμεσα στο τεκτονικό βύθισμα των Αλκυονίδων στα Βόρεια και στα τεκτονικά βυθίσματα του Λεχαιού κόλπου και της λεκάνης της Ανατολικής Κορίνθου στα νότια. Κινηματικά, το τεκτονικό κέρασ της Περαχώρας περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ προς τα ΒΑ (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU, 1981). Επίσης, περιστρέφεται ταυτόχρονα, γύρω από οριζόντιο άξονα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ προς τα ΝΑ (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU, 1981, LEEDER ET AL., 1991).

Δύο παράλληλες κανονικές ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης Α-Δ, ορίζουν το νότιο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος της Περαχώρας. Αυτές είναι: η ρηξιγενής ζώνη Λουτρακίου-Αγ. Κυριακής και η ρηξιγενής ζώνη Αγ. Παταπίου. Η ρηξιγενής ζώνη του Λουτρακίου είναι η κύρια δομή με μήκος 15 Km και οριοθετεί τους αλπικούς σχηματισμούς των Γερανείων στα βόρεια από τη λεκάνη της Ανατολικής Κορίνθου και τους μεταλπικούς σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής του Ισθμού στα νότια. Οι κλίσεις της επιφάνειας κυμαίνονται στις $60^\circ - 70^\circ$ προς Ν ενώ εμφανίζει άλμα μεγαλύτερο των 150 m. Η δομή αυτή συνεχίζεται υποθαλάσσια προς δυσμάς έως το ακρωτήριο του Ηραίου (Roberts & Jackson, 1991). Η ρηξιγενής ζώνη του Οσίου Παταπίου προσανατολίζεται παράλληλα με τη ρηξιγενή ζώνη Λουτρακίου – Αγ. Κυριακής, εμφανίζει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με αυτή και

συμμετέχει και αυτή στη διαμόρφωση και εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του ρηξιτέμαχους της Περαχώρας.

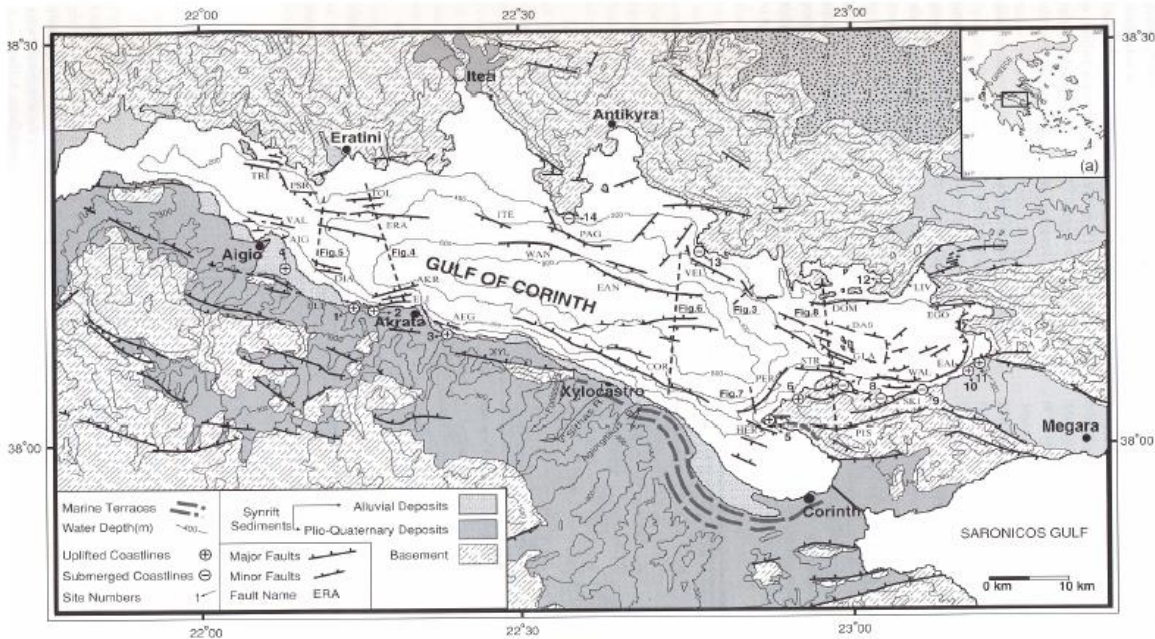
Η λεκάνη της ανατολικής Κορίνθου οριοθετείται στα νότια από ένα δεύτερο σύστημα που κλίνει προς βορρά. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τρεις παράλληλες ρηξιγενείς ζώνες: των Κεχριών, του Αγ. Βασιλείου-Ρύτου και των Ονείων προς νότο αντίστοιχα, γενικής διεύθυνσης Α-Δ και με μεταξύ τους απόσταση περίπου 4Km. Τα ρήγματα αυτά δημιουργούν μορφολογικές εξάρσεις 300-500m στους Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους. Αρκετά γεωλογικά στοιχεία μαρτυρούν πως το σύστημα του τεκτονικού κέρατος της Περαχώρας εμφανίζει μεγαλύτερη δραστηριότητα από το νοτιότερο σύστημα στη διάρκεια του κατώτερου Τεταρτογενούς (*GOLDSWORTHY & JACKSON, 2001*).

Στο ΒΑ τμήμα του Κορινθιακού βρίσκεται το τεκτονικό βύθισμα της λεκάνης των Αλκυονίδων. Γεωλογικές και τεκτονικές μελέτες στην ανερχόμενη χερσόνησο της Περαχώρας (*MARIOLAKOS ET AL., 1981; JACKSON ET AL., 1982; BORNOVAS ET AL., 1984; COLLIER & GAWTHORPE, 1995; PANTOSTI ET AL., 1996*) καθώς και θαλάσσιες γεωφυσικές μελέτες ευρείας κλίμακας (*PAPATHEODOROU & FERENTINOS, 1993; SAKELLARIOU ET AL., 1998, 2001; LEEDER ET AL., 2002, 2005; STEFATOS ET AL., 2002; MORETTI ET AL., 2003*) αποδεικνύουν την ασύμμετρη δομή του τεκτονικού βυθίσματος και τονίζουν τον κυρίαρχο ρόλο του νότιου τεκτονικού περιθωρίου στην εξέλιξη του κόλπου των Αλκυονίδων. Βάσει γεωλογικών στοιχείων η έναρξη του ρηγματογόνου τεκτονισμού στο βόρειο περιθώριο της χερσονήσου της Περαχώρας έγινε περί τα 1Ma, παράλληλα με την αδρανοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης του Πατέρα με βύθιση N-NΔ, που αποτελεί την κύρια ρηξιγενή δομή του περιθωρίου του τεκτονικού βυθίσματος των Μεγάρων προς Α (*LEEDER ET AL., 1991*).

Οι κύριες ρηξιγενείς δομές που οριοθετούν στα Β το τεκτονικό κέρατος της Περαχώρας είναι **οι ρηξιγενείς ζώνες των Πισίων, του Σχίνου και της Ψάθας**. Η ρηξιγενής ζώνη των Πισίων είναι μια σύνθετη πολυκερματισμένη ρηξιγενής ζώνη κανονικού χαρακτήρα με διεύθυνση που μεταβάλλεται από ΔΝΔ-ΑΒΑ στο ανατολικό της τμήμα, σε ΔΒΔ στα δυτικά. Το συνολικό της μήκος είναι 16km ενώ κατά μήκος της εμφανίζονται ρηξιγενή κάτοπτρα. Εμφανίζει φορά βύθισης προς βορρά με κλίσεις 40° -65°. Κατά τους σεισμούς των Αλκυονίδων το 1981, ενεργοποιήθηκε το μεγαλύτερο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης (*JACKSON ET AL., 1982*) με επιφανειακές διαρρήξεις που στο κεντρικό τμήμα της έφτασαν τα 1.5 m. Βόρεια της ρηξιγενούς ζώνης των Πισίων και σχεδόν παράλληλα με αυτή, βρίσκεται η ρηξιγενής ζώνη του Σχίνου. Οι δύο αυτές ρηξιγενείς ζώνες έχουν δημιουργήσει μια

μορφολογική έξαρση 1100 m στο ανερχόμενο τέμαχος της χερσονήσου. Η ζώνη αυτή παρουσιάζει κανονικό χαρακτήρα και κλίνει προς βορρά με γωνίες βύθισης $45^{\circ} - 65^{\circ}$. Εμφανίζει διεύθυνση από A-Δ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ στο ανατολικό της τμήμα, ενώ το συνολικό της μήκος είναι περίπου 10km. Πρόκειται για μια από τις ρηξιγενείς ζώνες που ενεργοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των σεισμών των Αλκυονίδων το 1981 με επιφανειακές διαρρήξεις που στο κεντρικό τμήμα ήταν της τάξεως 30-60 cm, ενώ στο ανατολικό τμήμα μεγαλύτερες του 1m (JACKSON ET AL., 1982; PANTOSTI ET AL., 1996; COLLIER ET AL., 1998). Εκτός των επιφανειακών διαρρήξεων, επεισοδιακά φαινόμενα υποβύθισης κατά μήκος της ακτογραμμής του Σχίνου περιγράφηκαν κατά τα γεγονότα του 1981 (JACKSON ET AL., 1982; HUBERT ET AL., 1996). Παλαιοσεισμολογικές ενδείξεις στο ανατολικό τμήμα του ρήγματος έδειξαν ότι η συχνότητα επανάληψης σεισμών ομοίων του 1981 είναι 330 χρόνια (PANTOSTI ET AL., 1996; COLLIER ET AL., 1998) ενώ η συνολική μετατόπιση στην επιφάνεια του ρήγματος είναι 1.42-1.60 km σε περίοδο >0.6 Ma (LEEDER ET AL., 2005). Η ρηξιγενής ζώνη των Πισίων, όπως και αυτή του Σχίνου, είναι σχετικά νεότερες δομές με περίοδο δράσης 1Ma (COLLIER ET AL., 1992; LEEDER & JACKSON 1993). Το ρήγμα της Ψάθας βρίσκεται στη ΝΑ απόληξη του κόλπου των Αλκυονίδων. Το μήκος του στην επιφάνεια είναι 7.7 km (MOREWOOD & ROBERTS, 2002) με πιθανή την υποθαλάσσια επέκτασή του προς τα δυτικά σε μήκος 1.5km (Leeder et al., 2002). Το ρήγμα είναι ενεργό στο Ολόκαινο (LEEDER ET AL., 2005) με ρυθμό ανύψωσης 0.3mm/year τα τελευταία 7 ka (LEEDER ET AL., 1991). Από νεότερες μελέτες προκύπτει παρόμοιος ρυθμός ανύψωσης (0.24 ± 0.05 mm/year) για τα τελευταία 83 ka (LEEDER ET AL., 2005).

Τρία ρήγματα με μήκος από 7 έως 8,8 χιλιόμετρα, περιορίζουν την λεκάνη των Αλκυονίδων στα νότια (σχήμα 3.13). Τα ρήγματα αυτά είναι το ρήγμα Στραβά (STR), το δυτικό (W-ALK) και ανατολικό (E-ALK) ρήγμα Αλκυονίδων. Τα δύο πρώτα, ρήγμα Στραβών και ρήγμα δυτικών Αλκυονίδων, έχουν μέση διεύθυνση Δ – Α και κλίση προς βορρά (διεύθυνση παράταξης ρήγματος 11° και 0° αντίστοιχα), ενώ το ρήγμα ανατολικών Αλκυονίδων στρέφεται προοδευτικά σε διεύθυνση ΔΝΔ – ΑΒΑ (μέση διεύθυνση παράταξης 334°), παράλληλα προς τη παρακείμενη ακτογραμμή.



Σχήμα 3.13: Γενικός τεκτονικός χάρτης του κορινθιακού κόλπου στον οποίο φαίνονται τα ρήγματα που οριοθετούν την τάφρο.

Τα υποθαλάσσια ρήγματα που ονομάζονται με συντομογραφία είναι: AEG: Το ρήγμα της Αιγείρας, AKR: το ρήγμα της Ακράτας, COR: το ρήγμα της Κορίνθου, DAS: το ρήγμα Δασκαλιό, DIA: το ρήγμα του Διακοπτού, DOM: το ρήγμα Δομβερνα, EAL: το ρήγμα των ανατολικών Αλκυονίδων, EAN: το ρήγμα ανατολικά των Αντικίρων, EGO : το ρήγμα Εγοσθένα, ERA : το ρήγμα της Ερατεινής, GLA: το ρήγμα Γλαρονήσι, HER: το ρήγμα του Ηραίου, ITE: το ρήγμα της Ιτέας, PAG: το ρήγμα Πάγαλος, PER: το ρήγμα της Περαχώρας, PSR: το ρήγμα της Ψαρομύτας, STR: το ρήγμα στα Στραβά, TOL: το ρήγμα του Τολοφόνα, TRZ: το ρήγμα στα Τριζόνια, VEL: το ρήγμα Βελανίδια, WAL: το ρήγμα των δυτικών Αλκυονίδων. Τα χερσαία ρήγματα AIG: το ρήγμα του Αιγίου, ELI: το ρήγμα της Ελίκης, LIV: το ρήγμα Λιβαδόστρατο, PIS: το ρήγμα στα Πίσσια, PSA: το ρήγμα Ψάθα, SKI: το ρήγμα του Σκίνου, XYL: το ρήγμα του Ξυλοκάστρου. (STEFATOS ET AL 2002)

Το ρήγμα Στραβά, αναπτύσσεται κατά μήκος των βορείων ακτών της χερσονήσου της Περαχώρας και έχει συνολικό έχει μήκος 7 km. Το ρηξιγενές πρανές που διαμορφώνει έχει κλίση 40° και ύψος που αυξάνει από τα ανατολικά (200 m) προς τα δυτικά (>300 m). Το συνολικό κατακόρυφο άλμα του ρήγματος εκτιμάται ότι υπερβαίνει τα 500 m καθώς ξεπέρνα το όριο σεισμικής διείδυσης. 670 ms.

Το ρήγμα δυτικών Αλκυονίδων, με μήκος 8,7 km, διαμορφώνει ρηξιγενές πρανές με ύψος που ξεπερνά τα 190 m, και μέση κλίση περίπου 15° - 25° . Το συνολικό κατακόρυφο άλμα του ρήγματος υπερβαίνει το όριο σεισμικής διείδυσης και δεν είναι δυνατό να προσδιορισθεί (> 260 m στα 1500 m s^{-1}). Προοδευτική πάχυνση των ιζηματογενών στρωμάτων πλησιάζοντας το επίπεδο του ρήγματος συνιστά σαφή ένδειξη ότι η βάση του ρήγματος βυθίζεται στη διάρκεια της ιζηματογένεσης. Η βύθιση αυτή μπορεί να αποδοθεί στη μετατόπιση του ρήγματος δυτικών Αλκυονίδων είτε, όπως προτείνουν οι Leeder et al., (2002), στη μετατόπιση που προκαλεί η δράση του χερσαίου ρήγματος Σκίνος (SKI).

Τα ρήγματα Αιγόςθενα (EGO) και Δόμβρενα (DOM) κατά μήκος των βορείων ακτών του κόλπου των Αλκυονίδων, ορίζουν το βόρειο όριο της λεκάνης. Τα ρήγματα αυτά αναπτύσσονται παράλληλα και σε μικρή απόσταση από την ακτή, διαμορφώνοντας την πλαγιά και περιορίζοντας σημαντικά την έκταση της κρηπίδας. Το μήκος των ρηγμάτων είναι 13,2 km (ρ. Δόμβρενα) και 6,5 km (ρ. Αιγόςθενα), με διεύθυνση Α – Δ και έχουν κλίση προς νότο (διεύθυνση κλίσης 182° και 177° αντίστοιχα). Το ρήγμα Αιγόςθενα έχει συνολικό κατακόρυφο άλμα μεγαλύτερο από 225 m (υπερβαίνει το όριο σεισμικής διείδυσης) και σχηματίζει πρανές ύψους 140 μέτρων. Αντίθετα με τις περισσότερες των περιπτώσεων των ρηγμάτων που μελετήθηκαν τα ιζηματογενή στρώματα που καλύπτουν το τέμαχος οροφής των δύο ρηγμάτων εμφανίζονται να κλίνουν προς νότο ομόρροπα προς τη κλίση των ρηγμάτων.

Ενδιάμεσα των δύο ρηγμάτων ο πυθμένας τέμνεται από την υποθαλάσσια προέκταση του ρήγματος Λιβαδόστρου (LIV). Όπως και με τις περιπτώσεις των ρηγμάτων Αιγίου και Ελίκης στο δυτικό Κορινθιακό κόλπο, το ρήγμα προεκτείνεται στη θάλασσα όπου και κόβει τα επιφανειακά ιζήματα δημιουργώντας ένα ρηξιγενές πρανές ύψους 22 μέτρων. Η μέγιστη

κατακόρυφη μετατόπιση των ανώτερων ιζηματογενών στρωμάτων φθάνει τα 45 m (στα 1500 ms^{-1}).

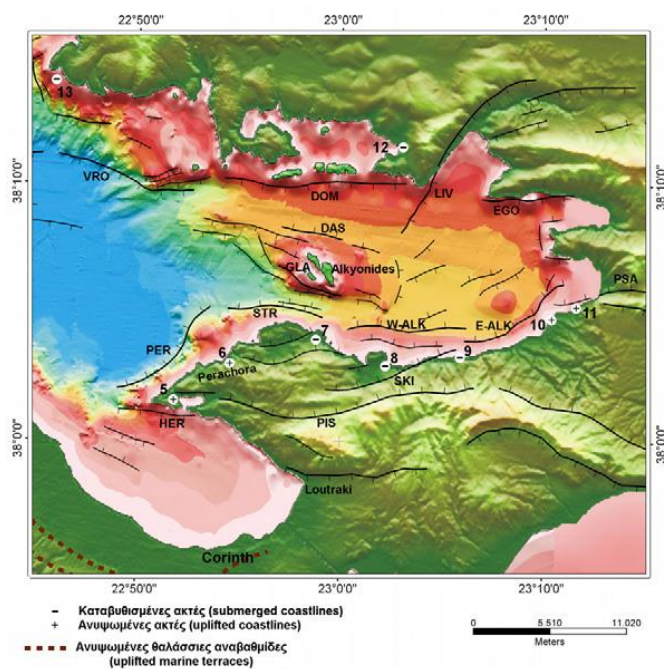
Τα ρήγματα Δασκαλιό (DAS) και Γλαρονήσι (GLA) στο κέντρο του κόλπου, σχηματίζουν ένα τεκτονικό κέρασ στην κορυφή του οποίου σχηματίζονται τα νησιά των Αλκυονίδων. Το ρήγμα Δασκαλιό με μήκος 4,1 km και διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ. Το ρήγμα Δασκαλιό αναπτύσσεται αντιθετικά προς το ρήγμα Δόμβρενα, σχηματίζοντας μια μικρή τάφρο πλάτους 4 km η οποία αποτελεί και την βόρεια είσοδο στο κόλπο των Αλκυονίδων. Το ρήγμα Δασκαλιό κλίνει προς ΒΒΑ στις 30° περίπου, έχει κατακόρυφο άλμα που υπερβαίνει τα 262 m (στα 1500 m s^{-1}) και σχηματίζει στην επιφάνεια ρηξιγενές πρανές ύψους 60 m.

Σχεδόν παράλληλα προς το ρήγμα Δασκαλιό, αλλά από τη νότια πλευρά των νήσων Αλκυονίδων και με κλίση προς νότο, αναπτύσσεται το ρήγμα Γλαρονήσι. Το ρήγμα Γλαρονήσι, έχει κλίση προς νότο αντιθετικά προς το ρήγμα Στραβά σχηματίζοντας τη δευτερεύουσα τάφρο των Στραβών η οποία αποτελεί την νότια είσοδο στο κόλπο των Αλκυονίδων. Η τάφρος των Στραβών έχει περιγραφεί λεπτομερώς από τους *PAPATHEODOROU & FERENTINOS*, (1993). Με μήκος 5,1 km και κλίση περίπου 30°, το ρήγμα Γλαρονήσι αποτελεί το μεγαλύτερο σε μήκος ρήγμα στο νότιο περιθώριο των Αλκυονίδων νήσων.

Η μέγιστη μετατόπιση παρατηρείται στο ρήγμα των Στραβών στο νότιο περιθώριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο κόλπος να παρουσιάζει ασυμμετρία προς το νότο, όπου και σαφώς μια μεγαλύτερης κλίσης πλαγιά περιορίζει την έκταση της λεκάνης. Η προοδευτική από βορρά προς νότο αύξηση του πάχους των ιζηματογενών στρωμάτων που τερματίζουν πάνω στα ρήγματα Στραβά και Δασκαλιό, υποδηλώνει την συνιζηματογενή δράση τους. Η συνολική προς νότο ασυμμετρία των αποθέσεων υποδεικνύει ότι οι ρυθμοί μετατόπισης των ρηγμάτων του νοτίου περιθωρίου ξεπερνούν τους αντίστοιχους ρυθμούς των ρηγμάτων στο βόρειο περιθώριο. Η ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια των σεισμών του 1981, του ρήγματος Πισία (PIS) - Σκίνος (SKI) στις νότιες ακτές και του ρήγματος Καπαρέλι (CAP) στις βόρειες ακτές του κόλπου, σε συνδυασμό με το συνιζηματογενή χαρακτήρα των υποθαλάσσιων ρηγμάτων και τη μετατόπιση των ανώτερων Ολοκαινικών αποθέσεων, αποτελούν σαφή ένδειξη ότι τα ρήγματα και στα δύο περιθώρια του κόλπου παραμένουν ενεργά.

3.5. ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΚΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΡΗΓΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ.

Στον ανατολικό Κορινθιακό κόλπο, στη χερσόνησο της Περαχώρας, η παρουσία μιας σειράς από ανυψωμένες ακτές στο Ηραίο και το Μυλοκόπι (θέσεις 5, 6, σχ. 3.14) μας προσφέρουν αποδείξεις επανειλημμένης σεισμικής ανύψωσης τα τελευταία 6400 χρόνια (PIRAZZOLI ET AL. 1994; STEWART & VITA-FINZI 1996, MOREWOOD & ROBERTS 1997; 1999). Οι αναφερόμενοι ερευνητές βασίστηκαν στη μελέτη ανυψωμένης καλά διατηρημένης θαλάσσιας πανίδας (αρθρωτά και σε θέσεις ανάπτυξης τρύπες και κελύφη από *Lithophaga* καθώς και *Vermetus triqueter*), και των ιχνών της αντίστοιχης θαλάσσιας πανίδας (παρουσία μικρής κρούστας από κελύφη *Chthamalus*) που διέφυγαν την αναμενόμενη μέσο-παλιρροιακή βιογενή διάβρωση (escaped mid-littoral bioerosion) (Stiros et al., 1992). Σύμφωνα με τους PIRAZZOLI ET AL. (1994), η παρατηρούμενη ανύψωση είναι το αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενων σεισμών. Πιο συγκεκριμένα στο Ηραίο, η ανύψωση είναι αποτέλεσμα τριών σεισμών που συνέβησαν το 4400 π.χ., το 3170 π.χ. και ενός μεταξύ του 1190 και 1440 μ.χ., ενώ στο Μυλοκόπι είναι αποτέλεσμα δύο σεισμών ενός το 3170 π.χ. και ενός μεταξύ του 400 και 540 μ.χ..

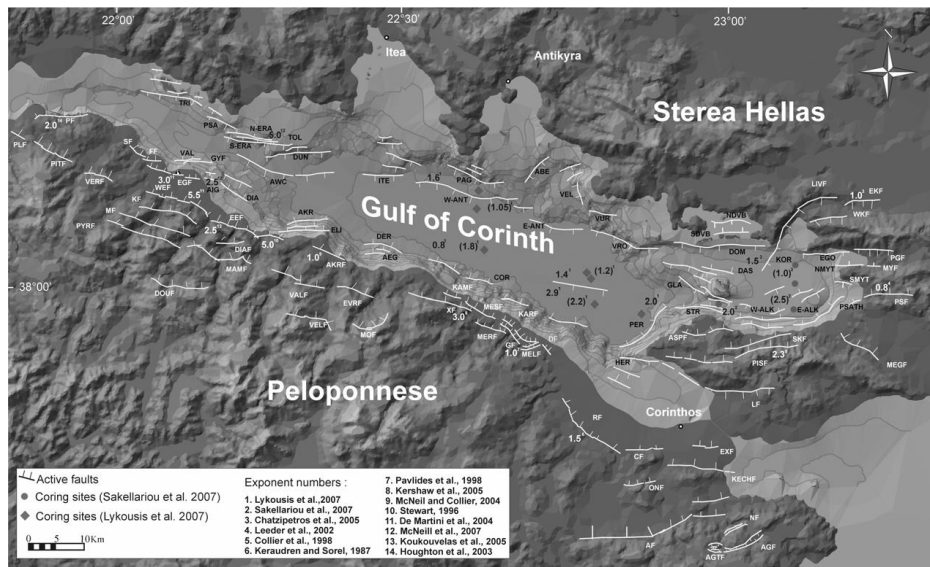


Σχήμα 3.14: Χάρτης ρηγμάτων ανατολικού Κορινθιακού κόλπου στον οποίο επισημαίνονται επιπλέον και οι θέσεις στις οποίες έχουν αναγνωρισθεί ανυψωμένες και καταβυθισμένες παλαιοακτές. (Stefatos et al 2002)

Σε αντίθεση με την ανύψωση της ακτογραμμής μετά από διακριτά σεισμικά επεισόδια, οι STEWART & VITA-FINZI (1996) αφού επανεξέτασαν και διόρθωσαν τα δεδομένα των PIRAZZOLI ET AL. (1994) ως προς τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας, προτείνουν ότι η παρατηρούμενη ανύψωση και στις δύο θέσεις στην Περαχώρα είναι ομοιόμορφη και ότι ένα ποσοστό της παρατηρούμενης ανύψωσης είναι σεισμικής φύσης. Με δεδομένους τους ομοιόμορφους ρυθμούς ανύψωσης που προτείνουν και την μικρή απόσταση των δύο θέσεων μεταξύ τους (περίπου 4.5 χιλιόμετρα) οι Stewart και Vita-Finzi θεωρούν την περιοχή ως ένα ομοιόμορφα ανυψωμένο τέμαχος. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι παραπάνω ερευνητές δεν μπόρεσαν να αποδώσουν την παρατηρούμενη ανύψωση σε κάποιο από τα ως σήμερα γνωστά ρήγματα. Οι MOREWOOD & ROBERTS (1997, 1999) αναφέρουν ανυψωμένες Πλειστοκαινικές θαλάσσιες αναβαθμίδες κατά μήκος των νοτίων ακτών της χερσονήσου της Περαχώρας (σχ. 3.14). Οι Morewood & Roberts, (1999) χαρτογράφησαν τρεις διαφορετικές θαλάσσιες αναβαθμίδες, τις οποίες και συσχέτισαν με τα υψηλά επίπεδα της στάθμης της θάλασσας στα 125, 240 και 330 χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα. Κάνοντας εκτιμήσεις υψομέτρου αποδεικνύουν ότι οι ρυθμοί ανύψωσης μειώνονται στη κατεύθυνση του Ηραίου στα δυτικά και προτείνουν ότι αντικατοπτρίζουν την θέση των αναβαθμίδων πλησίον της δυτικής άκρης του χερσαίου ενεργού ρήγματος Πισία. Τα στοιχεία της παρούσας μελέτης αποκαλύπτουν ότι οι ανυψωμένες ακτογραμμές στη χερσόνησο Περαχώρα, βρίσκονται επί του τεμάχους βάσης των υποθαλάσσιων ρηγμάτων Περαχώρας, Στραβών και Ηραίου. Συνεπώς η παρατηρούμενη ανύψωση μπορεί να θεωρηθεί ως το συνδυαστικό αποτέλεσμα σεισμικών και σεισμικών κινήσεων κατά μήκος των ρηγμάτων αυτών.

Ακόμα πιο ανατολικά, κατά μήκος των βορείων ακτών της χερσονήσου Περαχώρα, τμήματα της ακτογραμμής ανυψώθηκαν και αλλά καταβυθίστηκαν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, αμέσως μετά το σεισμό των M_s 6,9 στο Λουτράκι το 1981. Η ακτογραμμή μεταξύ Στραβών (θέση 7), Σκίνου (θέση 8) και Μαυρολίμνης (θέση 9), (σχ. 3.14) υπέστη βύθιση αμέσως μετά το σεισμό, σε αντίθεση με την ακτή από το Αλεποχώρι (θέση 10, σχ. 3.14) ως και των κόλπο Ψάθα (θέση 11, σχ. 3.14) η οποία ανυψώθηκε (JACKSON ET AL. 1982A; VITA-FINZI & KING 1985; STIROS & PIRAZZOLI, 1998). Οι Leeder et al. (1991) και Collier et al. (1992) αναφέρουν

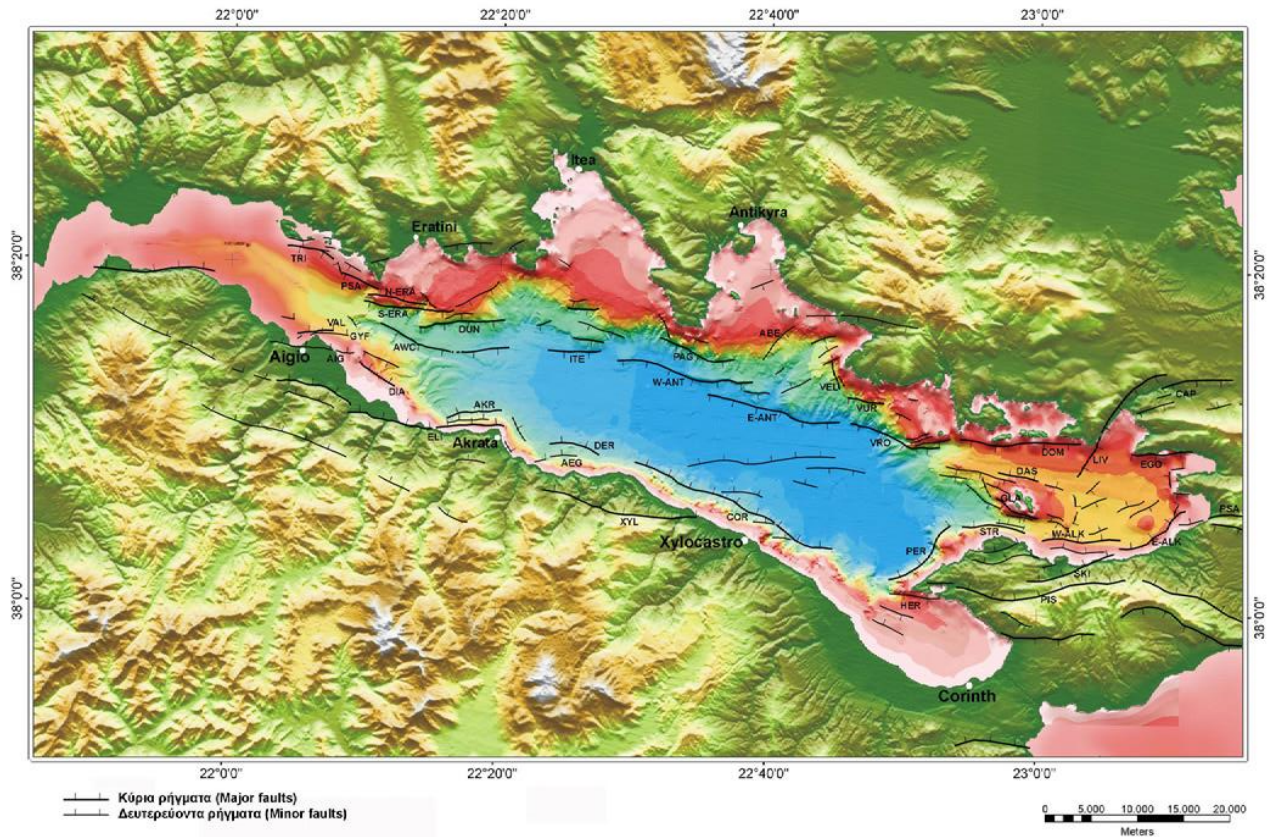
μια μεγάλης διάρκειας ανύψωση να συντελείται τα τελευταία 127 χιλιάδες χρόνια μεταξύ του Αλεποχωρίου και του κόλπου Ψάθα. Οι παραπάνω ερευνητές προκειμένου να εξηγήσουν την καταβύθιση και ανύψωση της ακτογραμμής, υπέθεσαν ότι τα ρήγματα Σκίνος και Πισία που ενεργοποιήθηκαν κατά το σεισμό του 1981, συνεχίζουν στη θάλασσα έως ότου συναντήσουν το υποθαλάσσιο ρήγμα Ψάθα. Σε μια τέτοια περίπτωση οι ανυψωμένες ακτές βρίσκονται επί του τεμάχου βάσης των εν' λόγω ρηγμάτων ενώ οι καταβυθισμένες ακτές επί του τεμάχου οροφής των ίδιων ρηγμάτων. Στα σχήματα 3.15 και 3.16 που ακολουθούν, φαίνεται η υποθαλάσσια κατανομή των ρηγμάτων.



Σχήμα. 3.15. Τεκτονικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου που δείχνει τα υποθαλάσσια και χερσαία ενεργά ρήγματα, τους ρυθμούς ολίσθησης (χιλ./έτος), τους ρυθμούς ιζηματογένεσης (τιμές εντός παρενθέσεων σε χιλ./έτος)(από ZYGOURI ET AL. 2008).

Η καταβύθιση τμημάτων της ακτογραμμής μεταξύ Στραβών και Μαυρολίμνης κατά το σεισμό του 1981, καθώς και η απουσία απολιθωμένων ακτών πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, δείχνουν ότι ο ρυθμός ανύψωσης του τεμάχου βάσης του υποθαλάσσιου ρήματος Δυτικών Αλκυονίδων υπολείπεται του ρυθμού βύθισης του τεμάχου οροφής των ρηγμάτων Σκίνος και Πισία. Από την άλλη πλευρά η ανύψωση τμήματος της ακτογραμμής

μεταξύ του Αλεποχωρίου και του κόλπου Ψάθας κατά στο σεισμό του 1981 και το γεγονός ότι η περιοχή αυτή ανυψώνεται συνεχώς τα τελευταία 127 χιλιάδες χρόνια, επιβεβαιώνουν την αρχική παρατήρηση ότι το θαλάσσιο ρήγμα των Ανατολικών Αλκουνίδων παραμένει διαρκώς ενεργό.



Σχήμα 3.16: Τεκτονικός χάρτης του Κορινθιακού κόλπου στον οποίο παρουσιάζεται το σύνολο των 104 χαρτογραφημένων υποθαλάσσιων ρηγμάτων . Τα χερσαία ρήγματα ελήφθησαν από JACKSON ET AL., (1982A, B), DOUSOS & ROULIMENOS (1992) ΚΑΙ ΚΟΥΚΟΥΒΕΛΑΣ ET AL., (2001).

Υπόμνημα: Οι συντμήσεις των ονομάτων των ρηγμάτων με λατινικούς χαρακτήρες αντιστοιχούν σε: ABE: ρ. Άμπελος, AEG: ρ. Αιγείρα, AIG: ρ. Αίγιο, AKR: ρ. Ακράτα, CAP: ρ. Καπαρέλι, COR: ρ. Κόρινθος, Das: ρ. Δασκαλιό, DER: ρ. Δερβένι, DIA: ρ. Διακοφτό, DOM: ρ. Δόμβρενα, DUN: ρ. Ντούνος, E-ALK: ρ. Ανατολικών Αλκουνίδων, E-ANT: ρ. Ανατολικών Αντικύρων, EGO: ρ. Αιγόςθενα, ELI: ρ. Ελίκη, GLA: ρ. Γλαρονήσι, HER: ρ. Ηραίο, ITE: ρ. Ιτέα, LIV: ρ. Λιβαδόστρατο, N-ERA: ρ. Βόρειο Ερατεινής, PAG: ρ. Πάγκαλος, PER: Περαχώρα, PIS: ρ. Πίσια, PSA: ρ. Ψάθα, PSR: ρ. Ψαρομούτα, S-ERA: ρ. Νότιο Ερατεινής, SKI: ρ. Σκίνος, STR: ρ. Στραβά, TRI: ρ. Τριζόνια, VAL: ρ. Βαλιμίτικα, VEL: ρ. Βελανιδιά, VRO: ρ. Βρώμα, VUR: ρ. Βούρλια, W-ALK: ρ. Δυτικών Αλκουνίδων, W-ANT: ρ. Δυτικών Αντικύρων, XYL: ρ. Ξυλόκαστρο. (Stefatos et al., 2002)

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΓΣΠ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Για το σκοπό της εργασίας που είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας σε κατολισθήσεις του ανατολικού τμήματος του Κορινθιακού Κόλπου (χερσόνησος Περαχώρας έως όρμος Ψάθας) γίνεται συνδυασμένη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Πολυκριτηριακών Μεθόδων Στήριξης Αποφάσεων. Εφαρμόζοντας την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία και τη διαδικασία του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού κατασκευάστηκε ένας χάρτης κατολισθητικής επικινδυνότητας ο οποίος παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες ευστάθειας της περιοχής και μπορεί να χρησιμεύσει σαν ένα πρώτο βήμα στο σχεδιασμό για την αντιμετώπιση των καταστροφών από κατολισθήσεις στην περιοχή.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος WLC (Weighted Linear Combination Method), για τη δημιουργία του χάρτη τρωτότητας μέσω άλλων θεματικών χαρτών. Κάθε χάρτης αντιπροσωπεύει ένα παράγοντα και για κάθε παράγοντα ορίστηκαν κλάσεις. Σαν αποτέλεσμα, η περιοχή χωρίστηκε σε ομογενείς υποπεριοχές σε κάθε χάρτη σύμφωνα με τις κλάσεις του εκάστοτε παράγοντα. Στη μέθοδο WLC, οι κλάσεις των παραγόντων είναι τυποποιημένες σε ένα κοινό αριθμητικό εύρος και στη συνέχεια συνδυάζονται βάσει σταθμισμένου μέσου όρου (βάρη ανάλογα με τον παράγοντα).

Στην περιοχή μελέτης μας, λήφθηκαν υπόψιν 10 παράμετροι και κάθε παράγοντας χωρίστηκε σε επιμέρους κλάσεις. Αυτοί οι παράγοντες είναι:

I. Slope gradient	VI. Πάχος εδάφους
II. Slope curvature	VII. Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις
III. Slope aspect	VIII. Εγγύτητα σε ρήγματα
IV. Λιθολογία	IX. Απόσταση από υδρογραφικό δίκτυο
V. Χρήσεις γης	X. Απόσταση από οδικό δίκτυο.

Η επιλογή αυτών των παραγόντων βασίστηκε στη σχέση τους με τα περιστατικά καταπτώσεων στην περιοχή.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία όλων των χαρτών προήλθαν από τη Γ.Υ.Σ (τοπογραφικά διαγράμματα 1:50.000), ΙΓΜΕ (φύλλα Κόρινθος, Περαχώρα, Καπαρέλλι, κλ. 1:50.000), Νεοτεκτονικός χάρτης Θήβας (κλ.1:100.000), CORINE 2000 για τις χρήσεις γης, Εδαφολογικοί χάρτες (φύλλα Κόρινθος, Περαχώρα, Καπαρέλλι, κλ.1:50.000), ΕΜΥ-δεδομένα βροχοπτώσεων (Ελευσίνα, Βέλο Κορινθίας), προσωπική εργασία υπαίθρου και ορθο-φωτογραφίες. Οι χάρτες που αφορούν κλίσεις προέκυψαν απευθείας σε μορφή raster από DEM.

Οι χάρτες προέκυψαν με ψηφιοποίηση με τη βοήθεια του λογισμικού Arc Gis10. Κάθε χάρτης μετατράπηκε σε raster με μέγεθος κυψελίδας 15*15m

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν βάρη στον κάθε παράγοντα βάσει της χρήσης της Αναλυτικής Ιεραρχικής διαδικασίας (Saaty 1980). Η ΑHP βασίζεται στα στάδια της ιεράρχησης (design of an hierarchy) και αξιολόγησης (hierarchy evaluation)

Τα στοιχεία κάθε επιπέδου της ιεραρχίας συγκρίνονται μεταξύ τους ανά ζεύγη και προκύπτει ένας παράγοντας βαρύτητας σε κάθε στοιχείο του κάθε κριτηρίου. Η λήψη της απόφασης λαμβάνεται είτε από ένα άτομο που είναι εξειδικευμένο στο αντικείμενο είτε από μια ομάδα ανθρώπων διαφορετικής επιστημονικής κατάρτισης.

Πιο συγκεκριμένα, τα τρία βασικά στοιχεία της ΑHP είναι τα παρακάτω (Saaty, 1980):

1. Η ΑHP μετατρέπει σε αριθμούς τα στοιχεία και όλα όσα απαρτίζουν το συγκεκριμένο "πρόβλημα" για το οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση
2. Ιεραρχεί το πρόβλημα σε υπο - προβλήματα για να μετατρέψει το σύνθετο πρόβλημα σε απλό

3. Οι παράγοντες και οι πληροφορίες που ενσωματώνονται για να ληφθεί η απόφαση έχουν επιστημονική βάση

Τέλος, οι χάρτες με τα αντίστοιχα βάρη τους προστέθηκαν σε ένα χάρτη όπου κάθε κυψελίδα έχει ξεχωριστό δείκτη κατολισθητικής επικινδυνότητας (LSI – Landslide susceptibility index). Αυτός ο χάρτης μετά από καινούριο διαχωρισμό σε κλάσεις, μας δίνει τον τελικό χάρτη επικινδυνότητας.

4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

Ο δείκτης τρωτότητας των παράκτιων περιοχών (C.V.I.) που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων μιας επικείμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά μήκος των ακτών των ΗΠΑ (*GORNITZ ET.AL, 1994, THIELER AND HAMMAR-KLOSE, 1999 HAMMAR- KLOSE AND THIELER, 2001*).

Για να υπολογιστεί ο δείκτης τρωτότητας χρησιμοποιούνται οι εξής παράμετροι:

- Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής που μελετάται, συμπεριλαμβανομένης και των γεωλογικών σχηματισμών που καταλήγουν στην ακτογραμμή,
- οι παράκτιες κλίσεις,
- οι οριζόντιες ιστορικές αλλαγές της θέσης της ακτογραμμής,
- ο ρυθμός της σχετικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας,
- το εύρος της παλίρροιας,
- το μέσο σημαντικό ύψος των κυμάτων που προσπίπτουν στην ακτογραμμή

Πίνακας 4.1. Ταξινόμηση των μεταβλητών του δείκτη τρωτότητας με βάση τους Pendleton et al. (2004).

	Τρωτότητα (παράμετροι)	Πολύ χαμηλή 1	Χαμηλή 2	Μέση 3	Υψηλή 4	Πολύ υψηλή 5
a	Γεωμορφολογία	Βραχώδης κρημνώδης ακτές, Φιόρδ	Μέσου ύψους κρημνοί, δαντελωτές ακτές	Χαμηλοί κρημνοί, ακτές παγετώδους προέλευσης, αλλουβιακές πεδιάδες	Παραλίες με κροκάλες, Estuary, Lagoon	Παραλίες νησιωτικών φραγμάτων ενδοπαλιρροιακής ζώνης (Mangrove, Salt marsh, Mud flats) αμμώδης παραλίες, δέλτα, κοραλλιογενής ύφαλοι
b	Μεταβολή Ακτογραμμής (m / yr)	> 2,0	1,0 - 2,0	-1,0 – 1,0	-2,0 – 1,0	<- 2,0
c	Παράκτια κλίση (%)	> 1,20	1,2 - 0,9	0,9 – 0,6	0,6 – 0,3	< 0,3
d	Σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης (mm / yr)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
e	Ύψος κύματος (m)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25
f	Εύρος παλίρροιας (m)	> 6,0	4,0 – 6,0	2,0 – 4,0	1,0 – 2,0	< 1,0
	C.V.I.	< 0,4	0,4 – 3,3	3,3 - 11	11 - 26	> 26

Ο καθορισμός των μεταβλητών και των ορίων τους έχει γίνει από διάφορες μελέτες του U.S. Geological Survey (U.S.G.S.) που έχουν πραγματοποιηθεί σε ακτές του Ατλαντικού Ωκεανού και του Κόλπου του Μεξικού.

Οι παραπάνω μεταβλητές του δείκτη τρωτότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες: στις φυσικογεωγραφικές μεταβλητές και στις μεταβλητές των φυσικών διεργασιών. Οι φυσικογεωγραφικές μεταβλητές περιλαμβάνουν την γεωμορφολογία, την

ιστορική αλλαγή της ακτογραμμής και την παράκτια κλίση της ακτογραμμής ενώ οι φυσικές διεργασίες περιλαμβάνουν την άνοδο της στάθμη της θάλασσας, το μέσο ύψος κύματος και το μέσο εύρος παλίρροιας. Σπουδαίο και βασικό ρόλο στον δείκτη τρωτότητας διαδραματίζει το **υψόμετρο της εκάστοτε περιοχής**. Η μεγαλύτερη πιθανότητα παρατήρησης επίκλησης διαπιστώνεται σε παράκτιες περιοχές σε υψόμετρα μέχρι ύψος 1 m πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Αντίθετα, οι παράκτιες περιοχές με υψόμετρα μέχρι και 4 m από την μέση στάθμη της θάλασσας διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο από την κατάκλιση λόγω παλίρροιας ή σοβαρών κυμάτων θύελλας. Σε μεγαλύτερα μέσα υψόμετρα μειώνεται σταδιακά ο κίνδυνος κατάκλισης για κάθε παράκτια περιοχή.

Σχετική μεταβολή της στάθμης της θάλασσας. Η εκτίμηση της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας σε μια περιοχή γίνεται με την χρήση δικτύων παλιρροιογράφων εφόσον βέβαια υπάρχουν. Η σχετική μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σε κάθε τοποθεσία είναι αποτέλεσμα της ευστατικής (1,5 mm/year) και άλλων κατακόρυφων ανοδικών ή καθοδικών κινήσεων της ξηράς. Οι περιοχές που υποχωρούν ή εκείνες με σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας μεγαλύτερη από αυτήν λόγω ευστατισμού (περισσότερο από 1,5 mm/year), ανεξάρτητα από την αρχική αιτία, αντιμετωπίζουν τους μεγαλύτερους κινδύνους κατάκλισης και ταξινομούνται βάσει αυτής της προϋπόθεσης στον πίνακα .

Η ιστορική μετατόπιση μιας ακτογραμμής αποτελεί ένα μέτρο της τάσης μιας ακτής να υποχωρεί ή να προελαύνει. Σε αυτή τη μεταβλητή οι αλλαγές που συντελούνται στην ακτογραμμή με ρυθμό + 1,0 m/year βρίσκονται μέσα στο λάθος μέτρησης και δεν θεωρούνται σημαντικές. Ακτές με ρυθμούς διάβρωσης - 1 m / year ή λιγότερο υποχωρούν λόγω διάβρωσης και διατρέχουν σχετικά μεγαλύτερο κίνδυνο. Αντιθέτως, οι ακτές με ρυθμούς μεγαλύτερους από 1,0 m / year προελαύνουν και διατρέχουν αντίστοιχα χαμηλό κίνδυνο. **Η γεωλογία και οι παράκτιες γεωμορφές** αποτελούν μεταβλητές που συνδέονται με τον κίνδυνο διάβρωσης μιας περιοχής. Εξαιτίας της δυσκολίας στην ποσοτικοποίηση της σχετικής αντίστασης στην διάβρωση για κάθε γεωμορφή ή του τύπου και της φύσης του υλικού από το οποίο αποτελείται, αυτές οι δύο μεταβλητές ταξινομήθηκαν στις κατηγορίες αυξανόμενης επιδεκτικότητας πετρώματος ή γεωμορφής.

Το ύψος κύματος και τα παράκτια ρεύματα που παράγονται από αυτά μετασχηματίζουν ενεργά την ακτή μέσω της μεταφοράς της απόθεσης και της απομάκρυνσης ιζημάτων.

Το μέσο παλιρροιακό εύρος συνδέεται με τους μόνιμους και τους επεισοδιακούς κινδύνους κατάκλισης. Ένα μεγάλο παλιρροιακό εύρος καθορίζει τη χωρική έκταση της ακτής που ενεργεί επάνω της ο κυματισμός. Οι περιοχές που υφίστανται διάβρωση ποικίλουν και αυτό εξαρτάται από την ώρα της ημέρας και τις παλιρροιακές συνθήκες. Οι περιοχές με μεγάλα παλιρροιακά εύρη έχουν διαπαλιρροιακές ζώνες πολύ λιγότερο ευαίσθητες σε μόνιμο κατακλυσμό. Είναι επίσης ιδιαίτερα ευαίσθητες στην επεισοδιακή πλημμύρα που συνδέεται με κύματα θύελλας, ιδιαίτερα εάν αυτά συμπίπτουν με μεγάλη παλίρροια.

Σε μελέτες υπολογισμού του δείκτη τρωτότητας συνεκτιμώνται 6 μεταβλητές που επηρεάζουν έντονα την παράκτια εξέλιξη μιας ακτογραμμής. Αυτές οι 6 μεταβλητές κάθε δεδομένου τμήματος μιας ακτογραμμής λαμβάνουν μια τιμή τρωτότητας από 1 έως 5 σύμφωνα με τον πίνακα.

Με βάση τις τιμές των 6 μεταβλητών προκύπτει για ορισμένο τμήμα μιας ακτογραμμής ο Δείκτης Τρωτότητας όπου οι παράγοντες a, b, c, d, e, f λαμβάνουν ακέραιες τιμές από 1 έως 5 βάσει του πίνακα 4.1. χαρακτηρισμού τρωτότητας των 6 μεταβλητών των Pendleton et al. (2004). Έτσι, ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου ή τετραγωνική ρίζα του γινομένου των κατηγοριοποιημένων μεταβλητών παράκτιας επικινδυνότητας διαιρούμενου με το πλήθος των μεταβλητών αυτών, σύμφωνα με την εξίσωση 1.

C.V.I.	$= \frac{\sqrt{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}}{\sqrt{6}}$	(1)
--------	-----------------------------------------------------------------------	-----

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ – ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν στην παράκτια γεωμορφολογία ακολουθείται η ταξινόμηση των ακτών σε πρωτογενείς και δευτερογενείς, σύμφωνα με τον Shepard (1963). Έτσι, στις πρωτογενείς ακτές εντάσσονται οι ακτές και οι γραμμές ακτών που στη πραγματικότητα είναι το αποτέλεσμα της επαφής της θάλασσας επάνω σε μια έκταση ξηράς, η οποία τοπογραφικώς οφείλεται σε ένα χερσαίο παράγοντα. Οι δευτερογενείς ακτές έχουν σχηματιστεί από την επίδραση θαλάσσιων παραγόντων όπως του κυματισμού, των ρευμάτων και της παλίρροιας. Πιθανόν αρχικά να ήταν πρωτογενείς ακτές, οι οποίες στη συνέχεια διαμορφώθηκαν σε δευτερογενείς με την επενέργεια των θαλάσσιων παραγόντων που αναφέρθηκαν.

Στην παράκτια γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης, οι γεωμορφές διακρίθηκαν σε θαλάσσιας διάβρωσης και απόθεσης. Επίσης, σημειώθηκαν οι μορφές που οφείλονται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα καθώς και κατασκευές προστασίας από τη διάβρωση.

- **Κρημνοί:** Οι ομαλοί κρημνοί προέρχονται από τη δράση του θαλάσσιου νερού και το κύριο γνώρισμά τους είναι ότι συνορεύουν με πυθμένες μικρής σχετικά κλίσης, σε αντίθεση με τους ρηξιγενείς κρημούς που συνοδεύονται από απότομους πυθμένες. Ανώμαλες κρημνώδεις ακτές που συνορεύουν με πυθμένες μεγάλων κλίσεων, είναι ρηξιγενείς κρημνοί με μικρές σχετικά εγκοιλώσεις που δεν εισχωρούν βαθιά μέσα στην ξηρά.(σχ. 5.1)



Σχήμα 5.1: Απόρριψη ογκολίθων για διαμόρφωση και προστασία από τη διάβρωση του παραλιακού δρόμου Ψάθας- Αλεποχωρίου.

Σε αυτή την κατηγορία ακτών έχουμε διάβρωση από τα θαλάσσια κύματα αλλά και από τα νερά που προέρχονται από τις κορυφές των απόκρημνων ακτών. Σε αυτή την περίπτωση, μεγάλα τεμάχια αποσπώνται και πέφτουν στη βάση του κρημού, όπου και διαλύονται από τα θαλασσινά νερά.(σχ 5.2.)



Σχήμα 5.2: Κατάπτωση ογκόλιθων στην παράκτια ζώνη Ψάθας- Αλεποχωρίου.

Στην περιοχή μελέτης οι κρημοί αναπτύσσονται τόσο σε χαλαρές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, όσο και σε υλικά αλλουβιακών κώνων και σε ασβεστόλιθους Μεσοζωικής ηλικίας.

Παράκτιους κρημνούς μεγάλης κλίσης έχουμε στις περιοχές που απαντώνται οι ασβεστόλιθοι Τριαδικής ηλικίας. Τέτοιες περιοχές έχουμε στον Όρμο της Ψάθας, και στα ανατολικά της περιοχής της Μαυρολίμνης στον Όρμο Αγίας Σωτήρας. Στην παράκτια ζώνη Σχίνου-Αλεποχωρίου-Ψάθας η απόκρυμνη ακτή ορίζεται σε πολλά σημεία από το ρήγμα το οποίο γίνεται παράκτιο και ορίζει την περιοχή. Πρίν την κατασκευή του δρόμου, ήταν εμφανείς οι εγκοπές στη βάση των ασβεστολίθων, οι οποίες ήταν ανυψωμένες σε σχέση με τη σημερινή θαλάσσια στάθμη.

Στις θέσεις που οι Πλειστοκαινικοί κώννοι κορημάτων και τα αλλουβιακά ριπίδια καταλήγουν στη θάλασσα, δημιουργούνται κρημνοί αρκετά μεγάλου ύψους που μπορεί να φτάσουν και τα 5 m. Στη βάση αυτών των κώννων κατά μήκος της ακτογραμμής, αποτίθενται υλικά από την υποχώρησή τους.(σχ. 5.3)

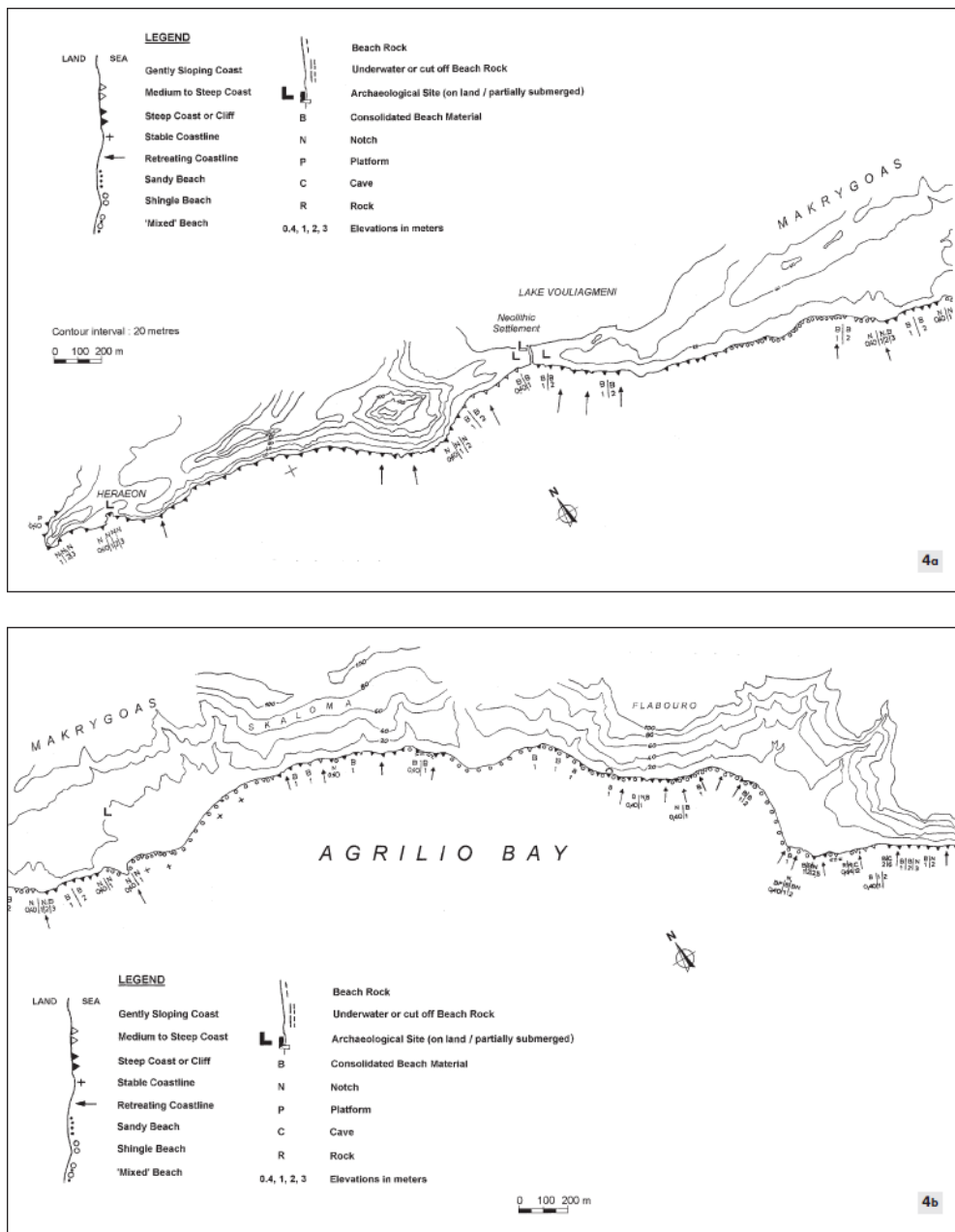


Σχήμα 5.3: Στον δρόμο Βαμβακές – Σχίνος, κίνδυνος κατολισθήσεων. Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώννοι κορημάτων: ασύνδετα υλικά που αναπτύσσονται στις πλαγιές. (417781, 4211868 alt.=44m)

Κρημνοί χαμηλότερου ύψους μπορούν να αναπτυχθούν σε χαλαρές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, στα σημεία που τα υδρογραφικά δίκτυα καταλήγουν στην ακτή. Έτσι, δύνανται να

σηματισθούν αιγιαλοί μπροστά απο τους κρημνούς. Οι αιγιαλοί αυτοί θα συνίστανται από άμμους και κροκάλες.

Κρημνοί συναντώνται επίσης και στη νότια πλευρά της χερσονήσου της Περαχώρας και στην εικόνα που ακολουθεί σημειώνονται με μαύρα βέλη (σχ. 5.10).



Σχήμα 5.10: Γεωμορφολογικός χάρτης την Νότιας παράκτιας ζώνης της χερσονήσου της Περαχώρας. (GAKI ET AL, 2007).

- **Εγκοπές:** Σε ορισμένες περιοχές παρατηρείται στη βάση των απόκρημνων ακτών ένα είδος οριζόντιας εγκοπής που τοποθετείται στο όριο της υψηλής στάθμης της θάλασσας. Είναι μια διαλυτική χημική δράση, συνδυασμένη στην περίπτωση των πολυμαλακών πετρωμάτων, με μια μηχανική δράση.

Οι εγκοπές αυτές απαντώνται στη βάση των ασβεστολίθων του μετώπου του ρήγματος Αλεποχωρίου – Ψάθας.

Τέτοιες εγκοπές παρατηρούνται επίσης στην περιοχή Λακούλα της περιοχής μελέτης. Σε ένα ασβεστολιθικό βράχο διακρίνονται δύο εγκοπές ανυψωμένες σε σχέση με τη σημερινή θαλάσσια στάθμη. Η πρώτη βρίσκεται 0.5m και η δεύτερη 1.3 m πάνω από τη σημερινή θαλάσσια στάθμη, προσδίδοντας στο βράχο μια μορφή μανιταριού. Είναι μια χαρακτηριστική ένδειξη διαδοχικής τεκτονικής ανύψωσης της περιοχής. (σχ. 5.11)



Σχήμα 5.11: Ασβεστολιθικός βράχος μορφής μανιταριού στην περιοχή Λακούλα. Διακρίνονται δύο ανυψωμένες εγκοπές.

Οι εγκοπές στο Νότιο τμήμα της Χερσονήσου της Περαχώρας, σημειώνονται με N όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.10. Βρίσκονται στο ίδιο ύψος με τα beach rocks ή λίγο ψηλότερα. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή του ακρωτηρίου Ηραίου, εγκοπές παρατηρούνται σε υψόμετρα 3,2,1 και 0.4m. Το ακριβές υψόμετρο αυτών των εγκοπών εξαρτάται από τη μετακίνηση της ακτογραμμής, εποχιακούς, μετεωρολογικούς και παλιρροϊκούς παράγοντες.

ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ

- ΑΙΓΙΑΛΟΙ

Ως αιγιαλός θεωρείται η μορφή που οφείλεται σε θαλάσσια απόθεση και αποτελείται από χαλαρά υλικά, τα οποία βρίσκονται μεταξύ μιας ζώνης που εκτείνεται από τη μέση χαμηλή στάθμη της θάλασσας, έως εκεί που παρατηρείται μια αλλαγή στη μορφολογία ή στη βλάστηση, προς την λευρά της θάλασσας.

Οι αιγιαλοί δημιουργούνται από την απόθεση στερεών υλικών που μεταφέρονται στις ακτές με τις παλίρροιες, τα παράκτια ρεύματα και τα κύματα.

Το φάσμα του μεγέθους των υλικών του αιγιαλού, κυμαίνεται από ευμεγέθεις κροκάλες, χάλικες, άμμο, ιλύ και άργιλο έως λεπτόκοκκη άμμο.

Η διάκριση των αιγιαλών κατά την παράκτια γεωμορφολογική χαρτογράφηση, έγινε βάσει μεγέθους υλικών. Στην περιοχή μελέτης οι αιγιαλοί αποτελούνται κυρίως από αδρόκοκκα υλικά.

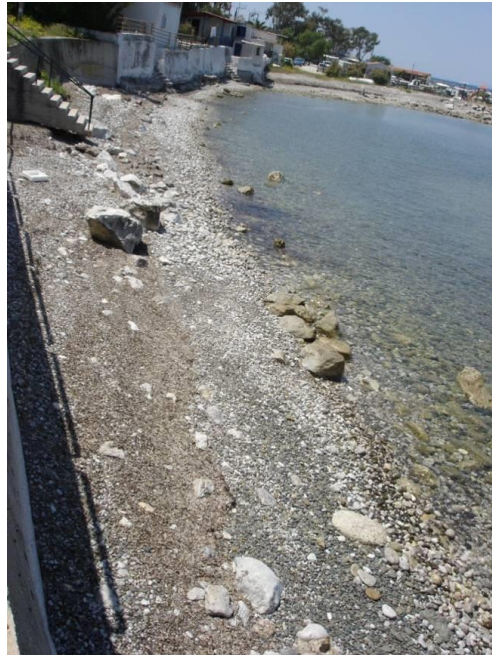
Ο χαρακτηριστικότερος αιγιαλός της περιοχής μελέτης, είναι αυτό του Όρμου της Ψάθας. Έχει μεγάλη διαβάθμιση στην κοκκομετρία. Χαρακτηριστικά του μεγέθους των κροκαλών που απαντώνται, φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί. (σχ.5.12)



Σχήμα 5.12: Διαβάθμιση υλικού παραλίας Ψάθας.

Αιγιαλοί με κροκάλες απαντώνται επίσης στην ακτή της Μαυρολίμνης και στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, στον όρμο του Σχίνου, στο ακρωτήριο Λούτσα, στις παράκτιες περιοχές πάνω από την Πούντα, στο Ντουράκο και στη Λακούλα.

Στην παραλία του Αλεποχωριού, στις ακτές δυτικά του ακρωτηρίου της Λούτσας, στη Μαυρολίμνη, στην περιοχή πάνω από τη ράχη Πρίφτη, στην Κινέτα και στον Όρμο της Ψάθας, απαντώνται αιγιαλοί με ανάμεικτο υλικό κυριώς από άμμους και κροκάλες. (σχ.5.13)



Σχήμα 5.13: Σύσταση παραλίας αλεποχωριού/ βότσαλα και πέτρες.

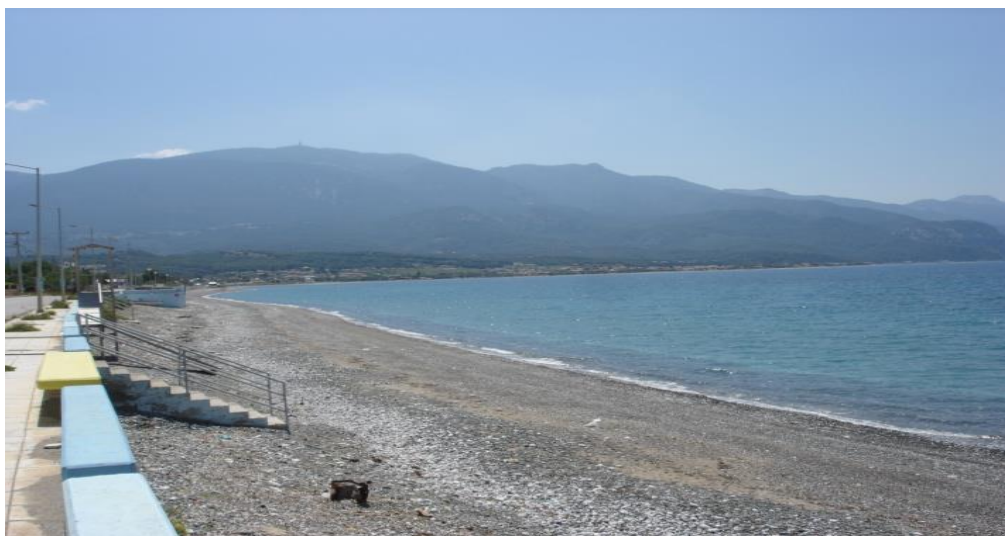
Τέλος, αμμώδη αιγιαλό έχουμε στον όρμο Αγίας Σωτήρας, στη Ράχη Πρίφτη και στις Αιγειρούσες. Χαλικώδεις, αμμώδεις και μεικτοί τύποι αιγιαλών απαντώνται και στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Περαχώρας, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.10

- ΣΥΓΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΖΩΝΕΣ (Berm).

Πρόκειται για χαρακτηριστικού σχηματισμούς που αποτελούνται από κροκαλοαμμώδεις ζώνες με συγκεντρική συνήθως μορφή, όπου η λιθολογική τους σύσταση είναι άμμοι όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων, κροκάλες και άλλα μικροθράυσματα της παράκτιας περιοχής.

Το ιζηματολογικό αυτό υλικό αποτίθεται στο ανώτερο σημείο της ακτής που μπορεί να φτάσει το ενεργοποιημένο κύμα, σχηματίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο και κατά μήκος της ακτογραμμής μια επιμήκη και τοξοειδή κυρίως αμμώδη ταινία.

Η δημιουργία, η θέση και ο αριθμός των berms σχετίζονται με τις μεταβολές της ενέργειας των κυμάτων και ερμηνεύεται το γεγονός ότι σε μια ακτή είναι δυνατός ο σχηματισμός περισσότερων του ενός berm.



Σχήμα 5.14: παραλιακή ζώνη Αλεποχωρίου – Μαυρολίμνης που διακρίνονται berms.

Στην περιοχή μελέτης αναπτύσσονται berms στην περιοχή της Ψάθας, στον Ντουράκο, στη Λακούλα και στην παραλιακή ζώνη του Αλεποχωρίου (σχ.5.14).

- ΑΚΤΟΛΙΘΟΙ (BEACH ROCK).

Πρόκειται για ειδικούς πετρολογικούς σχηματισμούς που συναντάμε σε θαλάσσιες ακτές πρόσφατης γεωλογικής ηλικίας (ολοκαινικής), αποτελούμενους από άμμο και αδρομερή υλικά όπως κροκάλες, λατύπες, άμμοι και ποικίλα εγκλείσματα που συγκολλώνται μεταξύ τους με συγκολλητικό υλικό ασβεσίτη ή αραγωνίτη.

Οι ακτόλιθοι παρατηρούνται κατά μήκος των ακτών και λίγο μπροστά από αυτές και εμφανίζονται σαν κομμένες ταινιόπλακες με παράλληλη διάταξη σε σχέση με την ακτογραμμή, με μικρή κλίση προς τη θάλασσα, κλίση που φτάνει κατά περίπτωση στις 5° - 15° .

Η εμφάνιση των ακτόλιθων συνδέεται άμεσα με την υποχώρηση της παραλίας, έτσι που να μπορούν να αποκαλυφθούν. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της βαθμιαίας επίκλυσης της θάλασσας, της συνεχούς απόσυρσης της θάλασσας, της ανοδικής και καθοδικής κίνησης σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας σε μια ευρύτερη παράκτια περιοχή, της απότομης εισόδου της θάλασσας σε παράκτια περιοχή.



Σχήμα 5.15: Beach rock στην περιοχή μελέτης.

Τα beach-rocks στην περιοχή αυτή είναι ανυψωμένα κατά 0, 3 έως 0,5m σε σχέση με τη σημερινή θαλάσσια στάθμη. Τα ανυψωμένα beach-rocks προφανώς έχουν βρεθεί στη σημερινή τους θέση από ενεργοποιήσεις του ρήγματος Αλεποχωρίου - Ψάθας που στην περιοχή αυτή διέρχεται υποθαλάσσια ανοικτά της ακτογραμμής. Επίσης, πάγκοι beach-rocks εμφανίζονται στην περιοχή Πούντα του Αλεποχωρίου. Είναι επίσης ανυψωμένα λόγω τεκτονικής δραστηριότητας πιθανά λόγω του ρήγματος Αλεποχωρίου – Ψάθας.

Στη νότια πλευρά της χερσονήσου της Περαχώρας, η πιο χαρακτηριστική παράκτια γεωμορφή που απαντάται είναι αυτή των ακτολίθων. Στην πλειοψηφία τους, μπορούμε να τους παρατηρήσουμε στην περιοχή μεταξύ Λίμνης Βουλιαγμένης και Φλάμπουρου. Το ύψος

των beach rocks αυξάνει καθώς μετακινούμαστε προς το Ηράϊον. Ο ακτόλιθος που βρίσκεται στην είσοδο της λίμνης Βουλιαγμένης περιλαμβάνει στα ανώτερα του στρώματα, θραύσματα που προέρχονται από το γειτονικό αρχαιολογικό χώρο κι έτσι έχουμε μια έμμεση χρονολόγηση του ακτόλιθου (GAKI, PAPANASTASIOU & MAROUKIAN HELLENIC JOURNAL OF GEOSCIENCES, VOL. 42, 45-56).

- ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΕΛΗ

Στον όρμο του Σχίνου παρατηρήθηκε μια περιοχή στην οποία έχει δημιουργηθεί ένα παράκτιο έλος (περιοχή Αλμύρα).

Αναπτύσσεται σε μια περιοχή αλλουβιακών αποθέσεων που έχουν αποτεθεί από το χειμάρρο, το υδρογραφικό δίκτυο του οποίου αποστραγγίζει τη νότια ορεινή περιοχή. Οι προσχώσεις του χειμάρρου αυτού, έχουν ενώσει την περιοχή νησάκι με την ξηρά.



Σχήμα 5.16: παράκτιο έλος στην περιοχή Αλμύρα.

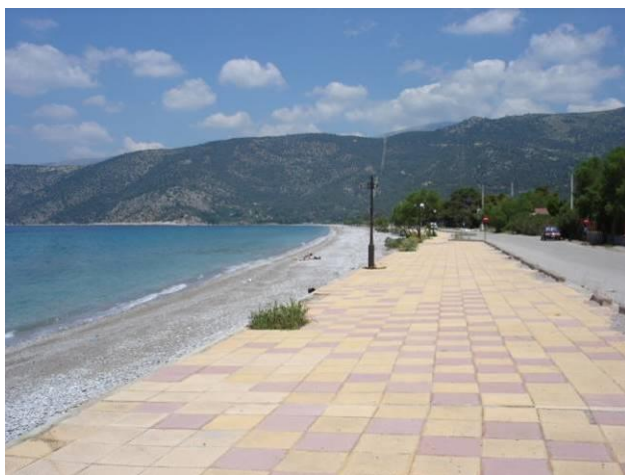
- ΤΟΜΒΟΛΟ

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η μορφή tombolo που δημιουργείται στο ακρωτήριο του Σχίνου (περιοχή νησάκι). Η χαρακτηριστική μορφή της λωρίδας ξηράς, που ενώνει ένα νησί με τη στεριά, αποτελεί το Tombolo (ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ Ε. 2004:89,90). Αυτή η μορφή θαλάσσιας απόθεσης αποτελείται από χαλαρά υλικά (άμμους, κροκάλες) και τα υλικά σχηματίζουν μια ζώνη ξηράς που ενώνει ένα νησί με τη στεριά.

5.2. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

Κατά μήκος της παραλιακής ζώνης που μελετήθηκε, καταγράφηκαν αρκετές ανθρώπινες παρεμβάσεις. Κάποιες από αυτές έγιναν για την προστασία από τη διάβρωση, και κάποιες για διαμόρφωση της παραλιακής ζώνης.

Ξεκινώντας από την περιοχή της Ψάθας (σχ. 5.17) , σημειώνεται η παρέμβαση που έχει γίνει στον αιγιαλό με την κατασκευή του πεζόδρομου ο οποίος έχει μειώσει αισθητά το πλάτος του.



Σχήμα 5.17: Διαμόρφωση παραλιακής ζώνης Ψάθας με πεζόδρομο (430989, 4216748).

Στη συνέχεια, κατευθυνόμενοι προς την περιοχή του Αλεποχωρίου και συγκεκριμένα στο σημείο από το οποίο διέρχεται το ρήγμα της Ψάθας, έχει γίνει απόρριψη ογκολίθων για προστασία του οδικού δικτύου από τη διάβρωση, ενώ σε ένα σημείο του ίδιου δρόμου έχει κατασκευαστεί και τοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα για προστασία του δρόμου από κατολισθήσεις. (σχ. 5.17).



Σχήμα 5.17: Απόρριψη ογκολίθων για διαμόρφωση και προστασία από τη διάβρωση του παραλιακού δρόμου Ψάθας- Αλεποχωρίου.



Σχήμα 5.18: Τοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα για προστασία του δρόμου από κατολισθήσεις (πλάτος= 30 cm, ύψος= 1,30 m και μήκος = 200 m).

Στην περιοχή του Αλεποχωρίου, ο παραλιακός δρόμος έχει κατασκευασθεί πάνω στην παραλιακή ζώνη και σε κάποια σημεία υπάρχει κίνδυνος για καθίζηση. (σχ. 5.19)



Σχήμα 5.19: Ανθρωπογενής παρέμβαση στον αιγιαλό.



Σχήμα 5.20: Κακή ποιότητα κατασκευής με κίνδυνο καθίζησης του οδοστρώματος (429545, 4215940 el.4m).



Σχήμα 5.21: Λιμενοβραχίονας - λιμανάκι στο αλεποχώρι (428430, 4215746 el.2m).



Σχήμα 5.22: Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και διαμόρφωση παραλιακής ζώνης

Τέλος, εκτός από το λιμενοβραχίονα στο Αλεποχώρι, έχει κατασκευασθεί ένα λιμανάκι και στην περιοχή της Μαυρολίμνης (5.23).



Σχήμα 5.23: Λιμάνι Μαυρολίμνης (420936, 4212484)

5.3. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Περιγραφή-παρουσίαση κατολισθητικών φαινομένων

Κατά την επίσκεψη στην περιοχή μελέτης, σημειώθηκαν με τη χρήση GPS οι περιοχές στις οποίες είναι πιο πιθανό να λάβουν χώρα κατολισθητικά φαινόμενα σε ενδεχόμενη τεκτονική μετακίνηση. Ακολουθεί παράθεση των επικίνδυνων περιοχών σε διαδρομή από την Ψάθα προς το εσωτερικό της χερσονήσου της Περαχώρας.



Σχήμα 5.24: Πολύ απότομες κλίσεις - κίνδυνος κατολισθήσεων στον παραλιακό δρόμο Ψάθας- Αλεποχωρίου (429801, 4216323 el.2).



Σχήμα 5.25: Σαθρό έδαφος- κατολισθήσεις. Κατακερματισμένος σχηματισμός που έχει ολισθήσει μέχρι την κάτω πλευρά του δρόμου. Αποτελείται από διαφορετικά τεμάζια κ ίσως να είναι διάπλαση. (423880, 4213110 alt.= 8).



Σχήμα 5.26: Σαθρό έδαφος- κατολισθήσεις. Κατακερματισμένος σχηματισμός που έχει ολισθήσει μέχρι την κάτω πλευρά του δρόμου. Αποτελείται από διαφορετικά τεμάζια κ ίσως να είναι διάπλαση. (423880, 4213110 alt.= 8).



Σχήμα 5.27: Σαθρό έδαφος- κατολισθήσεις. Κατακερματισμένος σχηματισμός που έχει ολισθήσει μέχρι την κάτω πλευρά του δρόμου. Αποτελείται από διαφορετικά τεμάχια. (423880, 4213110 alt.= 8).

Βλέπουμε ότι η πλειοψηφία των περιοχών που παρουσιάζεται ενδεχόμενο κατολισθήσεων, έχει αρκετά απότομο ανάγλυφο. Όπως θα δούμε παρακάτω, ένας από τους παράγοντες που χρησιμοποιούμε για την εκτίμηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας είναι και οι κλίσεις. Σε πολλές από τις περιπτώσεις που παρατίθενται, τα τεμάχια ολισθαίνουν και κατάντι του οδικού δικτύου.



Σχήμα 5.28: Δημιουργούν σάρες κατά μήκος του δρόμου.

Σε πολλές από τις περιπτώσεις που σημειώθηκαν, βλέπουμε ότι έχουν κατασκευαστεί τοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα για την προστασία του οδικού δικτύου (σχ. 5.32, 5.33). Στο σχήμα 5.28 βλέπουμε ότι το υλικό έχει ολισθήσει μέχρι το οδικό δίκτυο και άρα θα αποτελεί κίνδυνο για την κίνηση των οχημάτων αν δεν γίνει πρόβλεψη για κάποιο πλέγμα ή τοιχείο.



Σχήμα 5.29: Κατακερματισμένος ανθρακικός σχηματισμός. (423555, 4213038 alt.=10m)



Σχήμα 5.30: Ογκόλιθοι ανθρακικοί από κατάπτωση (423269, 4212963 alt.= 5m).



Σχήμα 5.31: Στον δρόμο Βαμβακές – Σχίνος, κίνδυνος κατολισθήσεων. Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων: ασύνδετα υλικά που αναπτύσσονται στις πλαγιές. (417781, 4211868 alt.=44m)



Σχήμα 5.32: Κατολισθήσεις/ τοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα $\pi=30\text{cm}$ $h=1.30$ μήκος= 100 μ Ανθρακικός σχηματισμός και κορήματα. (417097, 4211617 alt.=12m).

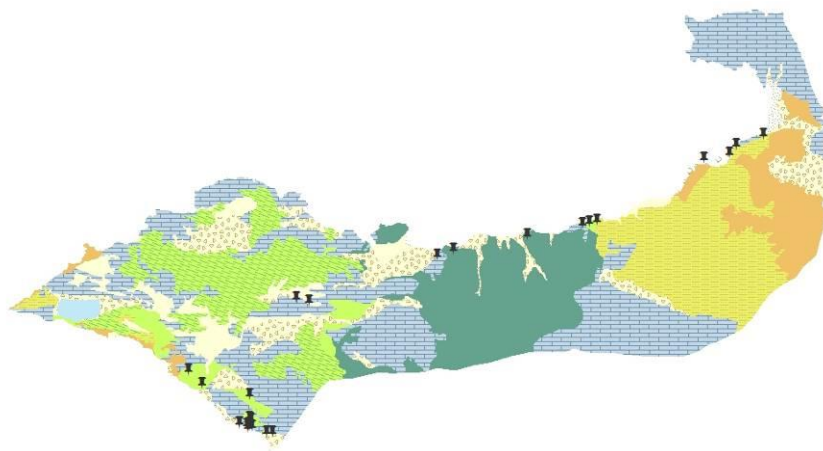


Σχήμα 5.33: Τοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα για προστασία του δρόμου από κατολισθήσεις $\pi=85$ cm $h=2$ μ μήκος=50μ (411090, 4209806 alt.= 451m).



Σχήμα 5.34: Κίνδυνος κατολισθήσεων . Βρισκόμαστε ακριβώς έξω από το κέντρο του Λουτρακίου στο δρόμο προς Περαχώρα. Περίπου 80° κλίση (409045, 4204315 el.6).

Τέλος, παρουσιάζονται τα σημεία που κρίθηκαν από επιτόπια παρατήρηση ως υψηλού βαθμού για εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων όσον αφορά το οδικό δίκτυο (Σχήμα 5.35)



Σχήμα 5.35. Σημεία που παρατηρήθηκαν από επιτόπια παρατήρηση ως υψηλού κινδύνου για εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων

5.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

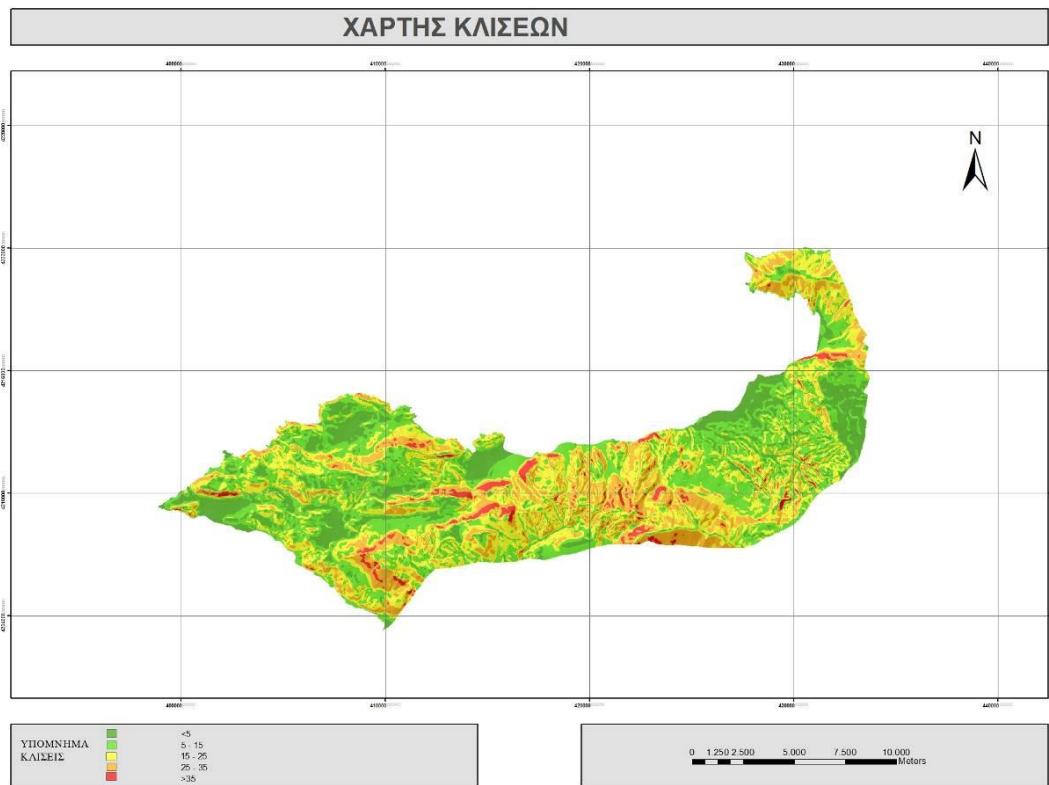
Με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGis 10 δημιουργήθηκαν οι χάρτες όλων των παραγόντων που συνυπολογίζονται για την εκτίμηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας (βλ. Κεφ. 4.1.1.).

1. Κλίσεις εδαφών - Slope gradient

Για τη δημιουργία του χάρτη κλίσεων χρησιμοποιήθηκαν ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης. Μέσω του ArcToolbox-> Spatial analyst Tools -> Surface -> Slope δημιουργήθηκε ο χάρτης κλίσεων της περιοχής σε μοίρες. Στη συνέχεια, κατηγοριοποιήθηκαν στις εξής κατηγορίες :

- < 5°
- 5 – 15°
- 15 – 25°
- 25 – 35°
- > 35°

Οι οποίες με τη σειρά τους θα κατηγοριοποιηθούν σε κλάσεις ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας της κάθε κατηγορίας. Ακολουθεί ο χάρτης κλίσεων που δημιουργήθηκε μέσω του λογισμικού Arc Gis 10.



Σχήμα 5.2.1: Χάρτης Κλίσεων

Η κλίση σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τις πιθανές κατολισθήσεις καθότι η κλίση του εδάφους σχετίζεται με την επιφανειακή απορροή και την κατείδυση και συνεπώς με το νερό των πόρων των σχηματισμών. Παρατηρούμε ότι η περιοχή έχει ως επί το πλείστον χαμηλές κλίσεις εκτός από το κεντρικό μέρος που αυξάνουν.

2. Κυρτότητα - Slope curvature

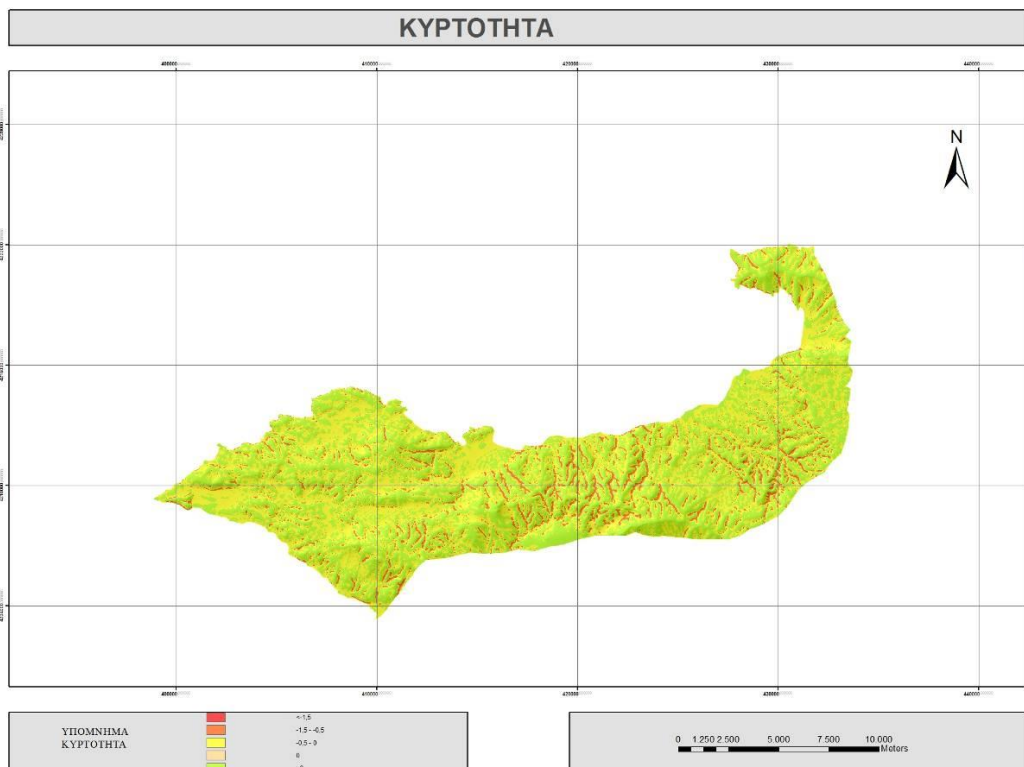
Για τη δημιουργία του χάρτη κυρτότητας χρησιμοποιήθηκαν ψηφιοποιημένες ισοψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης. Μέσω του Arctoolbox-> Spatial analyst Tools -> Surface ->

Curvature δημιουργήθηκε ο χάρτης κυρτότητας της περιοχής . Στη συνέχεια, κατηγοριοποιήθηκαν στις εξής κατηγορίες :

- < - 1.5
- - 1.5 - -0.5
- 0
- > 0

Μια κοίλη επιφάνεια του εδάφους έχει περισσότερες πιθανότητες να παρουσιάσει φαινόμενα κατολίσθησης λόγω του ότι μπορεί να διατηρήσει το νερό της βροχής.

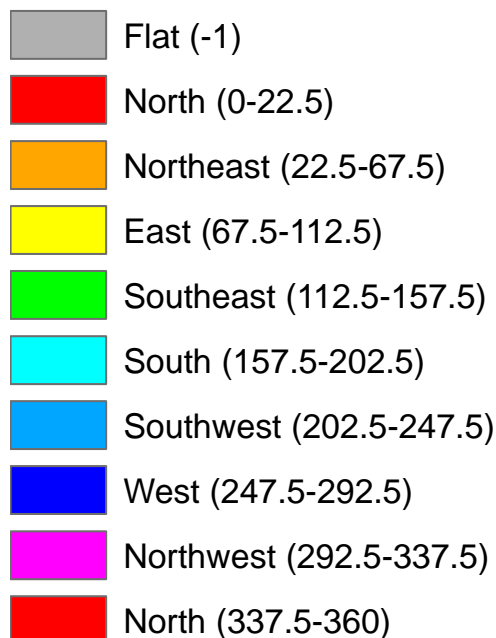
Στο χάρτη που ακολουθεί, οι θετικές τιμές καμπυλότητας αντιστοιχούν σε κυρτές επιφάνειες ενώ οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν σε κοίλες επιφάνειες. Μηδενική τιμή καμπυλότητας υποδεικνύει επίπεδη επιφάνεια.



Σχήμα 5.2.2: Χάρτης Κυρτότητα

3. Εκθέσεις εδαφών - Slope aspect

Για τη δημιουργία του χάρτη χρησιμοποιήθηκαν ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης. Μέσω του Arctoolbox-> Spatial analyst Tools -> Surface -> Aspect δημιουργήθηκε ο χάρτης προσανατολισμού – εκθέσεων της περιοχής. Το slope aspect δείχνει τον προσανατολισμό μιας περιοχής και χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες:



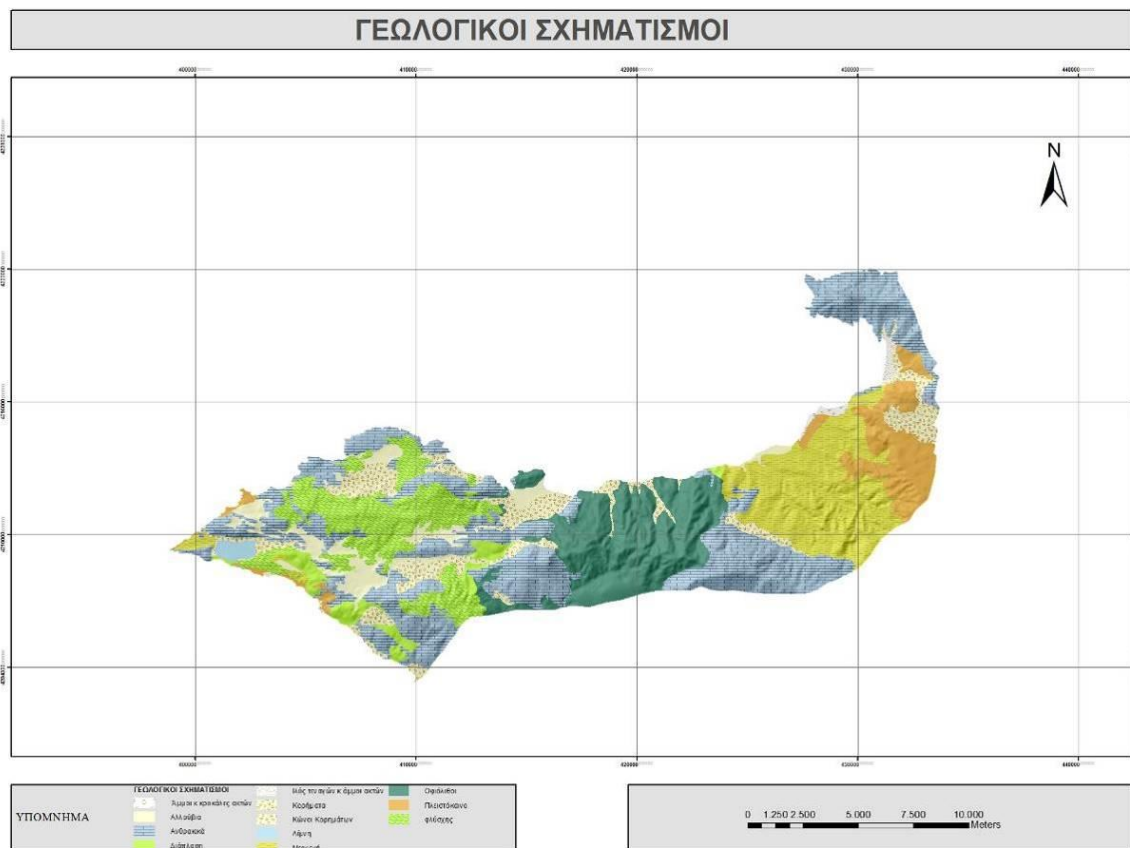
Η επίδραση του προσανατολισμού μιας επιφάνειας είναι πολύ σημαντική καθώς επηρεάζει την έκθεση της επιφάνειας στον ήλιο και τους ξηρούς ανέμους και έμμεσα τη χλωρίδα, το βαθμό κορεσμού και εξατμισοδιαπνοής του εδάφους.

Σύμφωνα με τους Guzzetti et al., στο γεωγραφικό πλάτους του βόρειου ημισφαιρίου που είναι η Ελλάδα, οι πλαγιές που έχουν προσανατολισμό Β και ΒΔ είναι πιο επικίνδυνες για

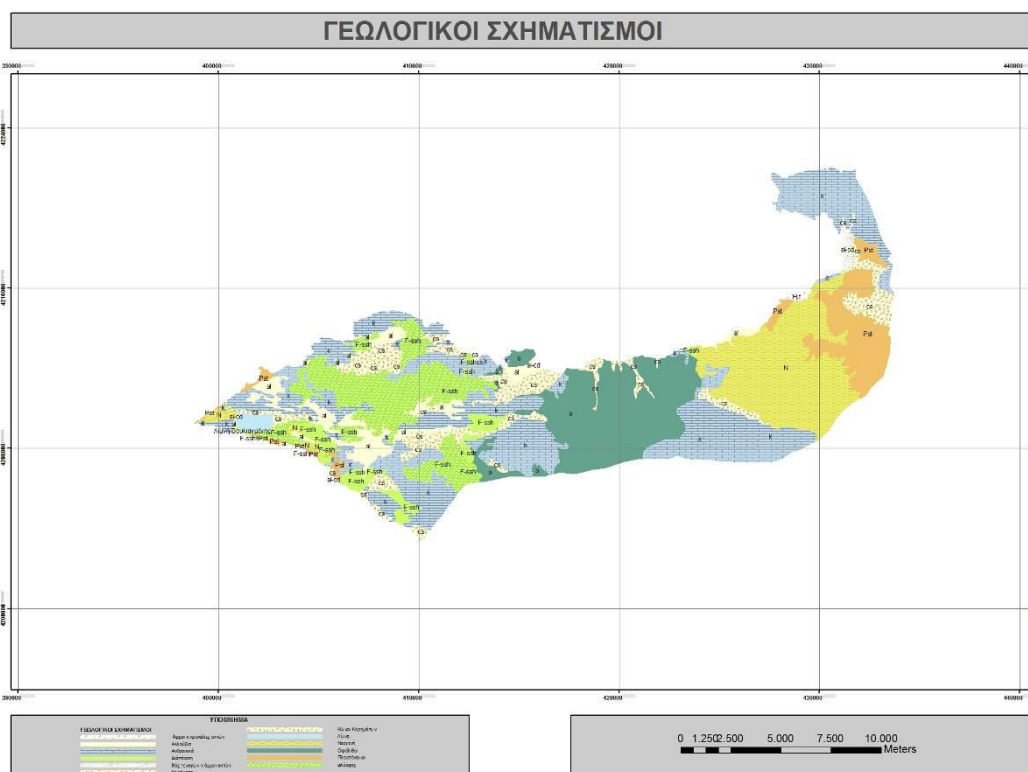
κατολίσθηση λόγω των ψυχρότερων συνθηκών και της περισσότερης σκιάς που ευνοούν τη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους.

4. Λιθολογία

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης ψηφιοποιήθηκαν βάσει των γεωλογικών φύλλων του Ι.Γ.Μ.Ε. (1:50.000) Κόρινθος, Περαχώρα και Καπαρέλλι και παρουσιάζονται στο σχήμα 5.2.4.



Σχήμα 5.2.4: Γεωλογικός Χάρτης

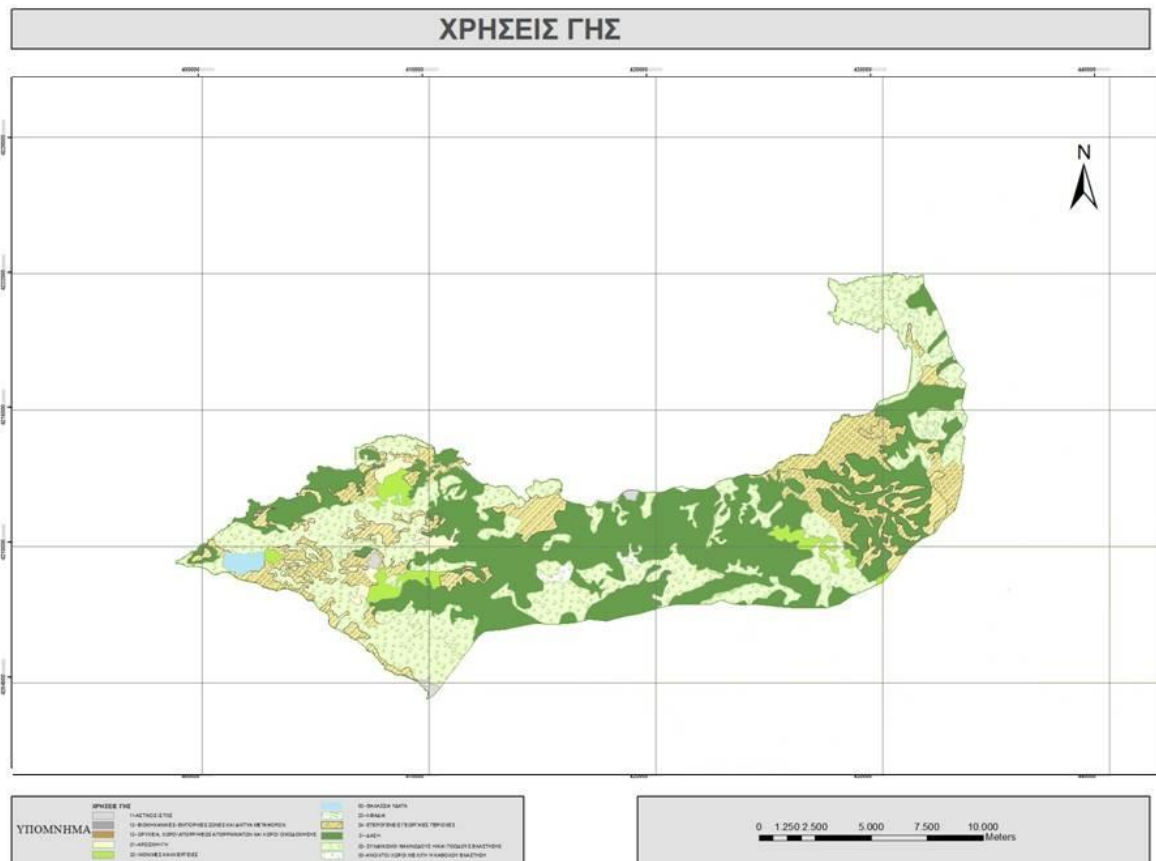


5. Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης προέκυψαν μέσω του προγράμματος Corinne 2000 και ανακατηγοριοποιήθηκαν στις εξής κατηγορίες:

- ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ
- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ- ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
- ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ
- ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ
- ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
- ΛΙΒΑΔΙΑ

- ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
- ΔΑΣΗ
- ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ
- ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ
- ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ

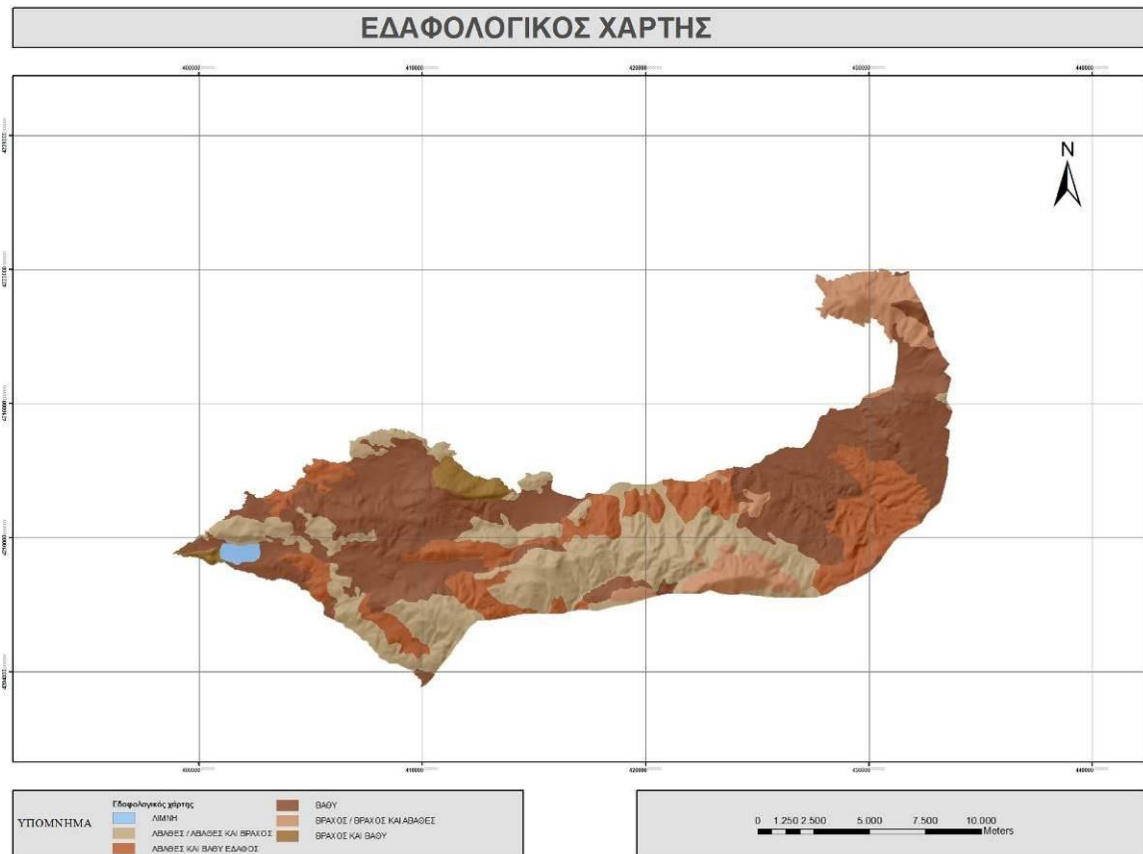


Σχήμα 5.2.5: Χάρτης Χρήσεων Γης

6. Πάχος εδάφους

Για τη δημιουργία του εδαφολογικού χάρτη που απεικονίζει τα εδάφη της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες γαιών της Δασικής υπηρεσίας. Τα φύλλα που

αντιστοιχούσαν στη περιοχή μελέτης είναι τα φύλλα Κόρινθος, Περαχώρα και Καπαρέλλι (1:50.000). Η περιοχή μας χωρίστηκε στις εξής κατηγορίες (Σχήμα 5.2.6):

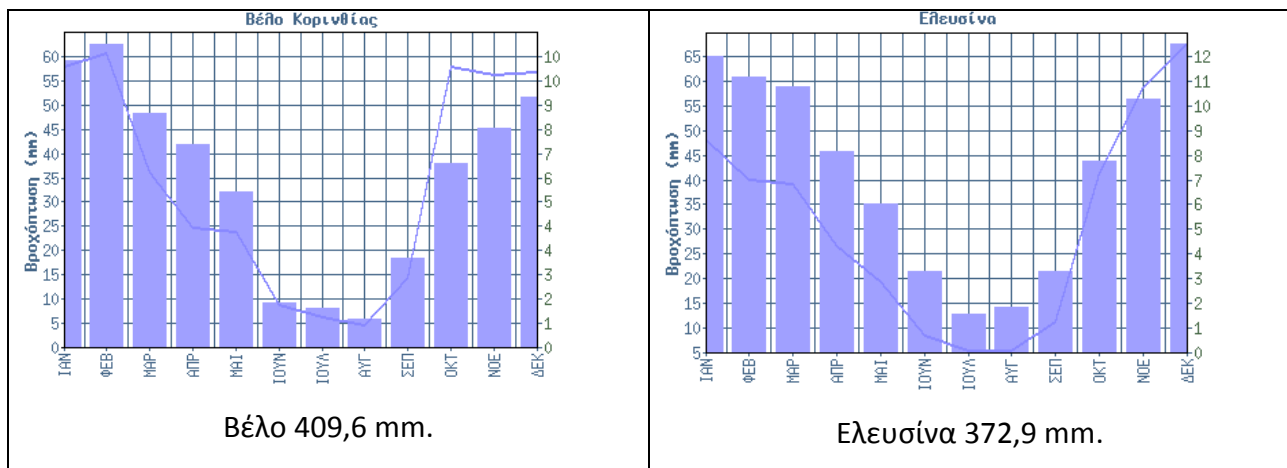


Σχήμα 5.2.6: Χάρτης εδαφών

Όσο πιο βραχώδες είναι ένα έδαφος, τόσο μικρότερος ο βαθμός κατολισθητικής επικινδυνότητας. Όπως φαίνεται στο χάρτη, το κεντρικό μέρος έχει ως επί το πλείστον βραχώδη και αβαθή εδάφη ενώ το δυτικό και ανατολικό μέρος έχουν ως επί το πλείστον βαθιά εδάφη.

7. Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του χάρτη των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων προέκυψαν από τους βροχομετρικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Οι διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί που είναι εγγύτερα στην περιοχή μελέτης είναι οι σταθμοί Ελευσίνα και Βέλο Κορινθίας.



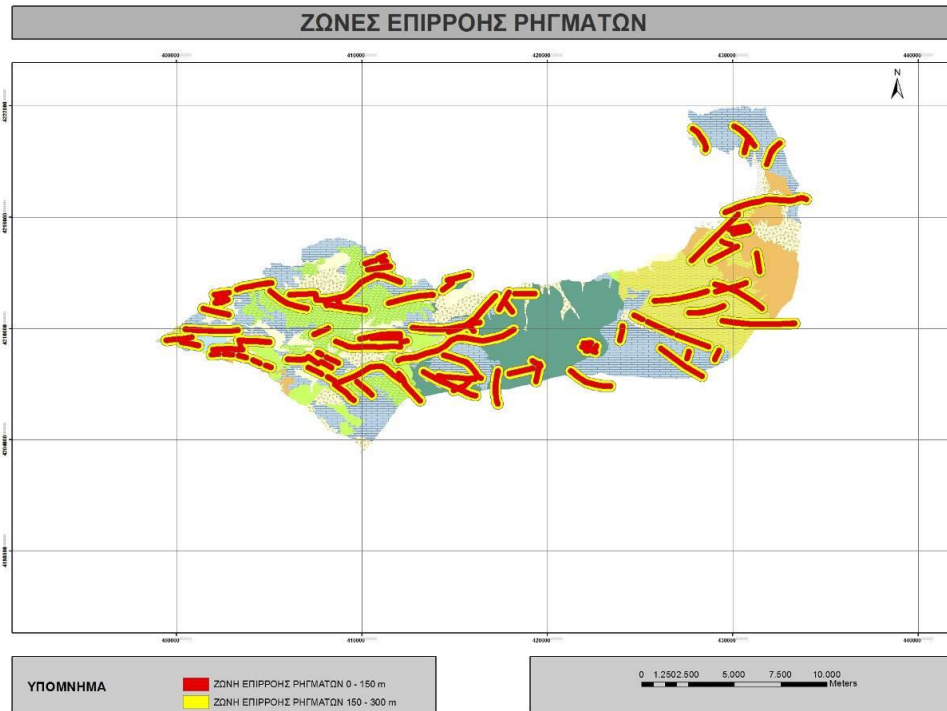
Σχήμα 5.2.7: Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις α. Βέλο β. Ελευσίνα (Ε.Μ.Υ.)

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης είναι <500 mm

8. Ζώνη επιρροής ρηγμάτων

Ο χάρτης ρηγμάτων (Σχήμα 5.2.8) προέκυψε από την επεξεργασία των φύλλων του ΙΓΜΕ Καπαρέλλι, Περαχώρα καθώς και του νεοτεκτονικού χάρτη φύλλο Θήβα. Στη συνέχεια

δημιουργήθηκαν οι ζώνες επιρροής 0-150 m και 150 – 300 m μέσω του ArcToolbox-> Analysis Tools -> Proximity -> Buffer.



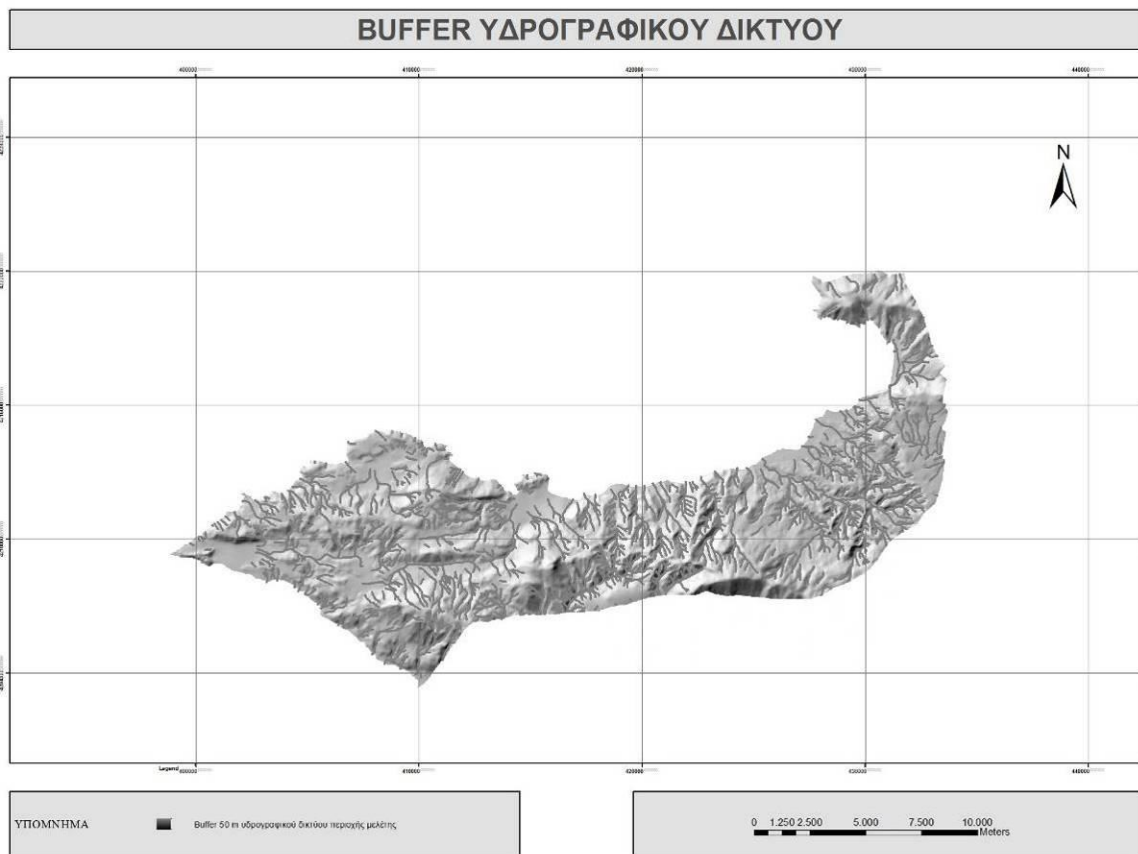
Σχήμα 5.2.8: Χάρτης ζωνών επιρροής ρηγμάτων.

9. Ζώνη επιρροής υδρογραφικού δικτύου

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι ζώνες επιρροής 0 - 50 m του υδρογραφικού δικτύου μέσω του ArcToolbox-> Analysis Tools -> Proximity -> Buffer (Σχήμα 5.2.10)

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής δόθηκε σε ήδη ψηφιοποιημένη μορφή και χρησιμοποιήθηκε απευθείας για τη δημιουργία των ζωνών επιρροής.

Το υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να επηρεάσει την πιθανότητα εκδήλωσης ενός κατολισθητικού φαινομένου, καθώς συμβάλλουν στη διάβρωση. Η κατολισθητική επικινδυνότητα αυξάνεται όσο εγγύτερα είμαστε στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου.

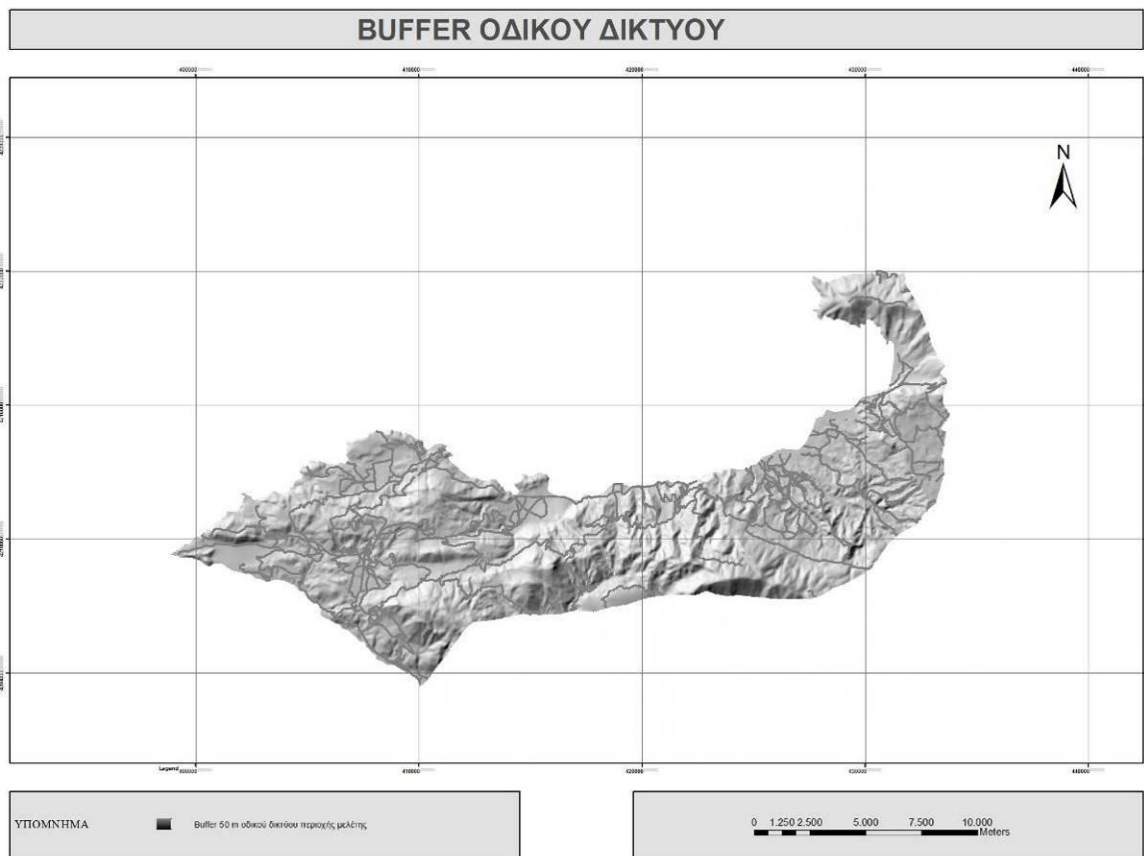


Σχήμα 5.2.10: Χάρτης Ζωνών Επιρροής Υδρογραφικού δικτύου.

10. Ζώνη επιρροής οδικού δικτύου

Οι κατολισθήσεις είναι πιο πιθανές κοντά στο οδικό δίκτυο. Αυτό οφείλεται στην κακή αποστράγγιση, την κακοτεχνία και την κατά πολλές φορές κακή επιλογή θέσης κατασκευής του οδικού δικτύου.

Παρακάτω απεικονίζονται οι ζώνες επιρροής οδικού δικτύου 0 – 50 m.



Σχήμα 5.2.11: Χάρτης Ζωνών Επιρροής Οδικού δικτύου.

5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Οι συντελεστές βαρύτητας των παραγόντων του μοντέλου φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (5.1), όπου Α: Λιθολογία, Β: Κλίσεις σε μοίρες, Γ: εγγύτητα σε ρήγματα, Δ: Χρήσεις γης, Ε: πάχη εδαφών, ΣΤ: καμπυλότητα, Ζ: απόσταση από κλάδους υδρογραφικού δικτύου, Η: Απόσταση από το οδικό δίκτυο, Θ: μέση ετήσια βροχόπτωση, Ι: εκθέσεις επιφανειών.

Το CR (Consistency Ratio) που υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα Expert Choice είναι ίσο με 0.08 και είναι αποδεκτό γιατί σύμφωνα με τον Saaty θα πρέπει να είναι μικρότερο από 0.1.

Πίνακας 5.1.: Συντελεστές βαρύτητας των παραγόντων του μοντέλου.

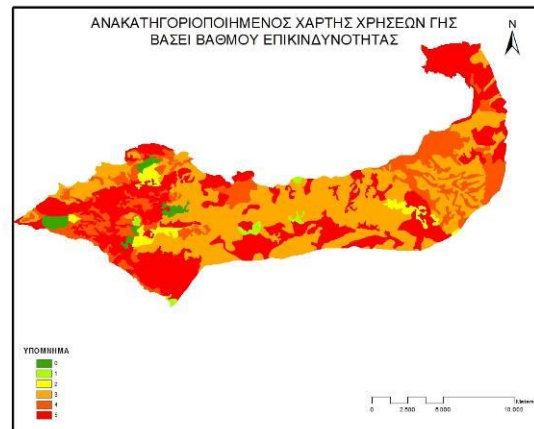
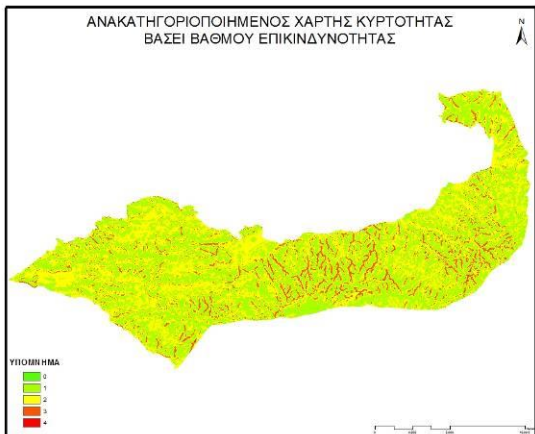
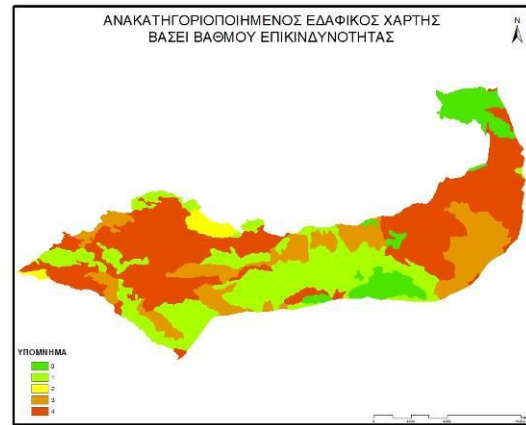
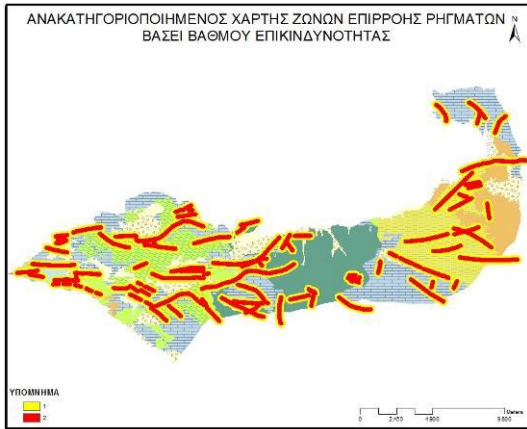
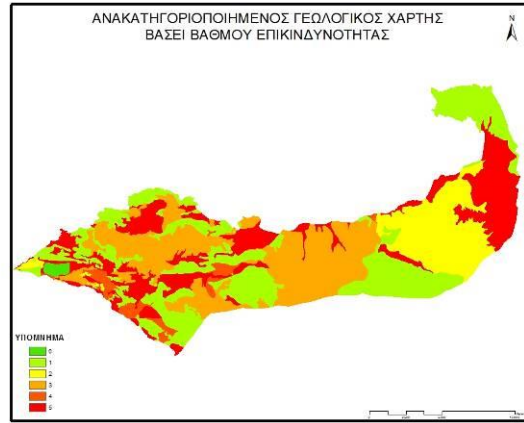
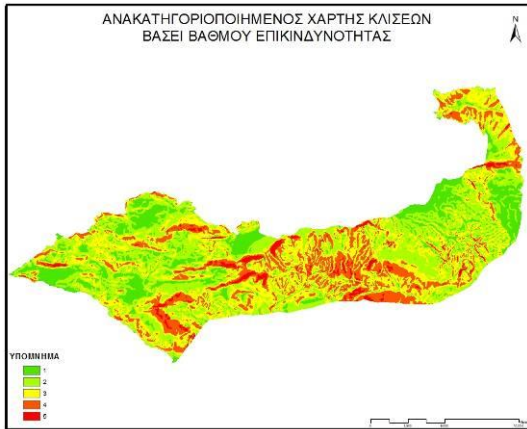
	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ	I	Weights
A	1	2	3	4	5	5	5	5	5	6	0.269
B	1/2	1	3	3	4	3	5	5	5	5	0.209
Γ	1/3	1/3	1	3	3	3	3	3	3	5	0.137
Δ	1/4	1/3	1/3	1	3	3	3	3	3	5	0.107
E	1/5	1/4	1/3	1/3	1	2	2	2	3	5	0.070
ΣΤ	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2	2	2	2	0.055
Z	1/5	1/5	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	3	5	0.050
H	1/5	1/5	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	3	5	0.050
Θ	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1	3	0.033
I	1/6	1/5	1/5	1/5	1/5	1/2	1/5	1/5	1/3	1	0.021
											CR= 0.08

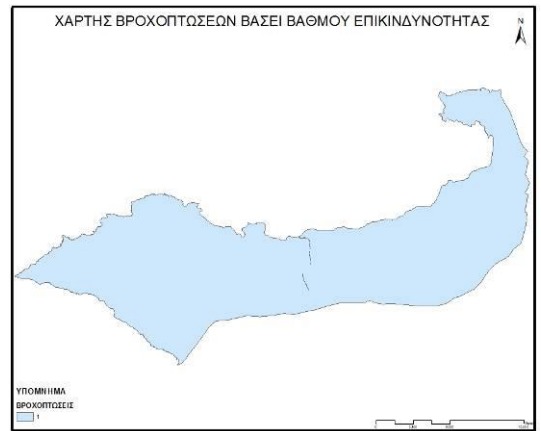
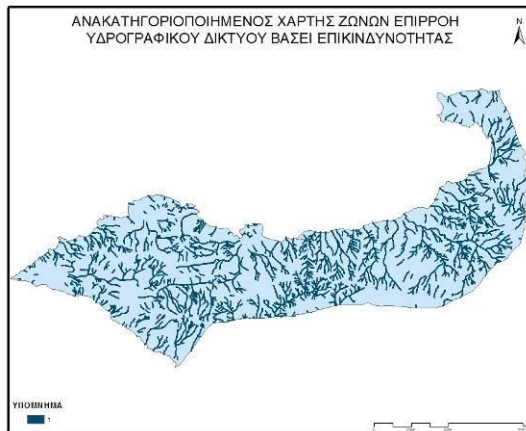
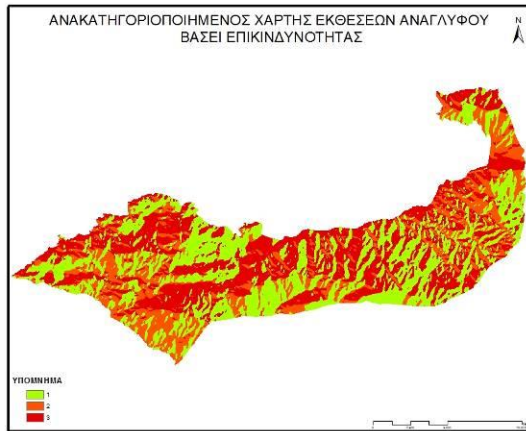
Όλοι οι παράγοντες συνδυάστηκαν μέσω της Weighted Linear Combination (WLC), μέθοδος που χρησιμοποιείται στις πολυκριτηριακές μεθόδους. Το άθροισμα των συντελεστών των παραγόντων πρέπει να είναι ίσο με 1 και οι κλάσεις των παραγόντων πρέπει να έχουν μια κοινή αριθμητική λογική. Αυτό μπορεί να γίνει διαιρώντας την τιμή κατάταξης της κάθε κλάσης με την τιμή της μέγιστης κλάσης και μετά πολλαπλασιάζοντας επί 100, ώστε να επιτευχθεί ακέραιος αριθμός από το 0 έως το 100 (βλέπε Πίνακα 5.2). Βάσει του παραπάνω πίνακα (5.2), εξήχθησαν χάρτες όλων των παραγόντων ανακατηγοριοποιημένοι βάσει της κλάσης και του rank value (Πίνακας 5.2).

Όλοι οι ανακατηγοριοποιημένοι χάρτες που παρατέθηκαν παραπάνω, θα μας χρησιμεύσουν για την εξαγωγή του τελικού χάρτη κατολισθητικής επικινδυνότητας της περιοχής μελέτης. Οι χάρτες θα συνδυαστούν με τη βοήθεια του raster calculator στο οποίο συνδυάζεται ο κάθε χάρτης μαζί με το βάρος που του αναλογεί.

Πίνακας 5.2.: βάρη παραγόντων (LADAS ET AL.2007)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	Weights	classes	Rank values	Standardized ratings
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	0.2690	Τεταρτογενή Φλύσσης Νεογενή Οφιόλιθοι Ανθρακικά Λίμνη	5 4 3 2 1 0	100 80 60 40 20 0
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0.107	Λιβάδια Συνδυασμοί θαμνώδους ή και ποώδους βλάστησης Γεωργικές περιοχές Δάση Αστικός ιστός Αρόσιμη γη Υδάτινες επιφάνειες	5 4 3 2 1 0 0	100 80 60 40 20 0 0
ΚΛΙΣΕΙΣ	0.209	> 35° 25 – 35° 15 – 25° 5 – 15° < 5°	5 4 3 2 1	100 80 60 40 20
ΚΥΡΤΟΤΗΤΑ	0.055	< - 1.5 - 1.5 - - 0.5 - 0.5 – 0 > 0 =0	4 3 2 1 0	100 75 50 25 0
ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	0.021	N&NW W&SW Υπόλοιπες διευθύνσεις Επίπεδο	3 2 1 0	100 67 33 0
ΒΑΘΗ ΕΔΑΦΩΝ	0.070	ΒΑΘΥ ΑΒΑΘΕΣ ΚΑΙ ΒΑΘΥ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΟΣ ΚΑΙ ΒΑΘΥ ΑΒΑΘΕΣ / ΑΒΑΘΕΣ ΚΑΙ ΒΡΑΧΟΣ ΒΡΑΧΟΣ / ΒΡΑΧΟΣ ΚΑΙ ΑΒΑΘΕΣ ΛΙΜΝΗ	5 4 3 2 1 0	100 80 60 40 20 0
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0.033	<500	1	100
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΡΗΓΜΑΤΑ	0.137	<150 150-300	2 1	100 50
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	0.050	<50 >50	1 0	100 0
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	0.050	<50 >50	1 0	100 0

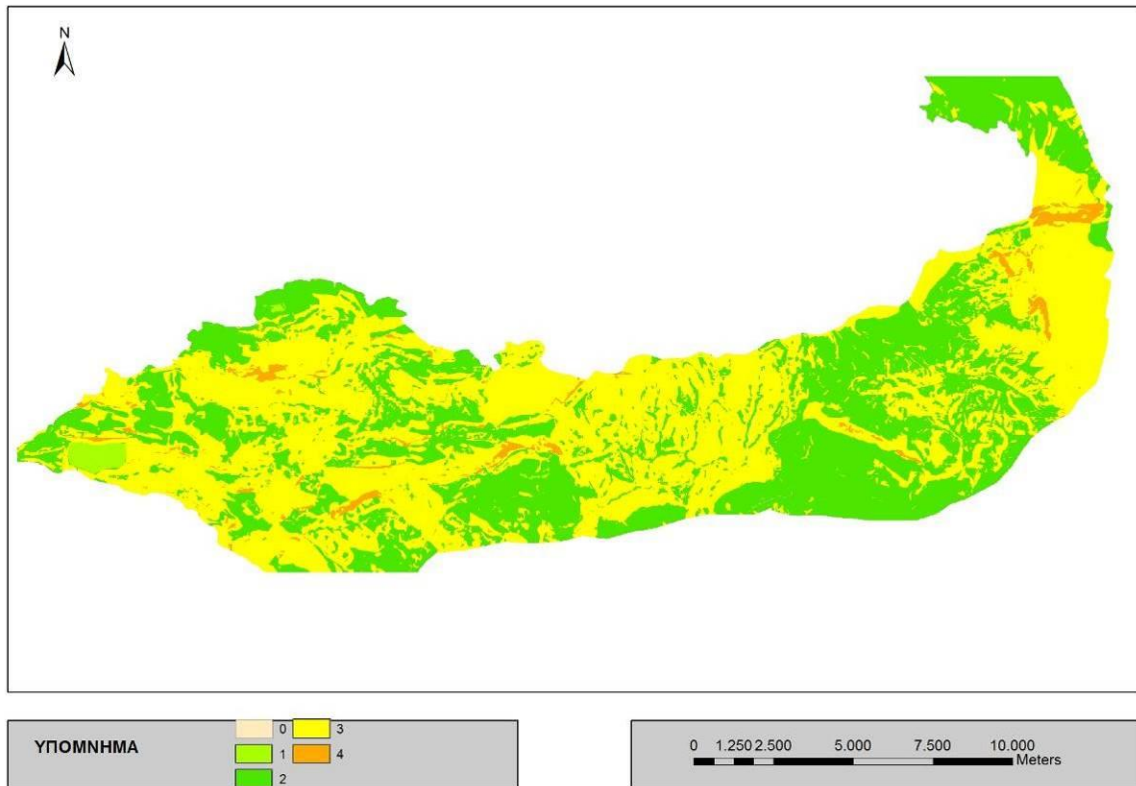




Σχήμα 5.3.1. Ανακατηγοριοποιημένοι χάρτες περιοχής μελέτης

Στον χάρτη του σχήματος 5.3.2 που ακολουθεί, έχουν συνδυαστεί όλοι οι παράγοντες κατολισθητικής επικινδυνότητας προκύπτει ότι ο μέγιστος βαθμός επικινδυνότητας που έχουμε στην περιοχή μελέτης είναι 4. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έχει βαθμό 3 και βαθμό 2. Πολύ υψηλή επικινδυνότητα (βαθμός 5) δεν απαντάται σε κανένα μέρος του χάρτη. Παρόλα αυτά, η περιοχή μελέτης μας είναι μια περιοχή που έχει δώσει σεισμούς μεγάλης έντασης όπως ο σεισμός του 1981, γεγονός που πρέπει να μας προβληματίσει ως προς τον βαθμό επικινδυνότητας.

ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ



Σχήμα 5.3.2: Χάρτης Κατολισθητικής Επικινδυνότητας

5.4. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ (C.V.I)

Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας είναι 76,17 km και έχει χωριστεί σε 10 περιοχές των 7,6 km. Παρατηρούνται 5 κατηγορίες παράκτιων γεωμορφών που έχουν βαθμονομηθεί σε κλίμακα από 1 έως 5, όπου 1 οι βραχώδεις κρημνώδεις ακτές και 5 οι αμμώδεις παραλίες (πίνακας 4.1 Pendleton et al. (2004). Όπως

παρατηρείται από τον πίνακα, το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής καταλαμβάνεται από παράκτιες γεωμορφές με δείκτη 1 και αποτελεί το 35% επί του συνόλου της ακτογραμμής. Αντιστοίχως, δείκτη 2 έχει το 17,1%, δείκτη 3 το 10,4%, δείκτη 4 το 22,4% και δείκτη 5 το 14,8%.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικά όλοι οι παράμετροι που έχουν ληφθεί υπόψιν για την εξαγωγή του δείκτη παράκτιας τρωτότητας στην περιοχή μελέτης.

Το **μέσο σημαντικό ύψος κύματος** χρησιμοποιείται σαν ένας δείκτης της προσπίπτουσας στην ακτογραμμή ενέργειας των κυμάτων. Οι μέσες ετήσιες τιμές του σημαντικού ύψους κύματος, αντλήθηκαν από τον Άτλαντα ανέμου και κύματος των Ελληνικών θαλασσών (Soukissian et al. 2007) ο οποίος έχει εκδοθεί από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών και βασίζεται σε μετρήσεις που αφορούν την περίοδο 1999-2007 (οι μετρήσεις έχουν γίνει στα πλαίσια του προγράμματος Ποσειδών). Για την περιοχή μελέτης είναι 0,55m άρα έχει δείκτη 1.

Οι **ρυθμοί παράκτιας διάβρωσης ή προέλασης**, υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας και συγκρίνοντας την ακτογραμμή που προέκυψε από την ψηφιοποίηση των τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ χρονολογίας 1975 με την ακτογραμμή που δημιουργήθηκε από της ορθοφωτογραφίες του κτηματολογίου. Οι ορθοφωτογραφίες αυτές, προέκυψαν από πρόσφατες φωτοληψίες της περιόδου 2007-2009. Η συγκριτική παρατήρηση των δύο ακτογραμμών παρέχει μια ένδειξη των μεταβολών της ακτογραμμής για μια σειρά 33 ετών που θεωρείται ικανοποιητική για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Ο **ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης** καθορίζεται από την αλληλεπίδραση του ευστατισμού με την ισοστασία και/ή τον τεκτονισμό. Η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης θεωρείται ενιαία για όλη την περιοχή μελέτης. Η παράμετρος αυτή παίρνει τιμή 1.8 mm/yr (χαμηλή τρωτότητα-τιμή τρωτότητας 2). Η τιμή αυτή αποτελεί το ρυθμό της μέσης ευστατικής παγκόσμιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης για την περίοδο 1850 έως 1950 όπως

έχει εκτιμηθεί από τη διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική αλλαγή και βασίζεται σε μετρήσεις παλιρροιογράφων από διάφορες περιοχές της γης (IPCC, 2007).

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται **άνοδος λόγω τεκτονισμού** της τάξεως του 1,5mm/yr (Gaki, recent uplift rates at perachora peninsula).

Λαμβάνοντας υπόψιν τα διαθέσιμα στοιχεία της Υδρογραφικής Υπηρεσίας για τον Ελλαδικό χώρο, το μέσο **παλιρροιακό εύρος** για την περιοχή μελέτης είναι 0,15 cm (δείκτης 5).

Η γεωμορφολογία και η παράκτια κλίση παρουσιάζονται στους χάρτες που ακολουθούν και δημιουργήθηκαν με το λογισμικό Arc GIS 10.

Οι δείκτες των υπολοίπων παραγόντων έχουν καταχωρηθεί βάσει των τιμών που προαναφέρθηκαν.

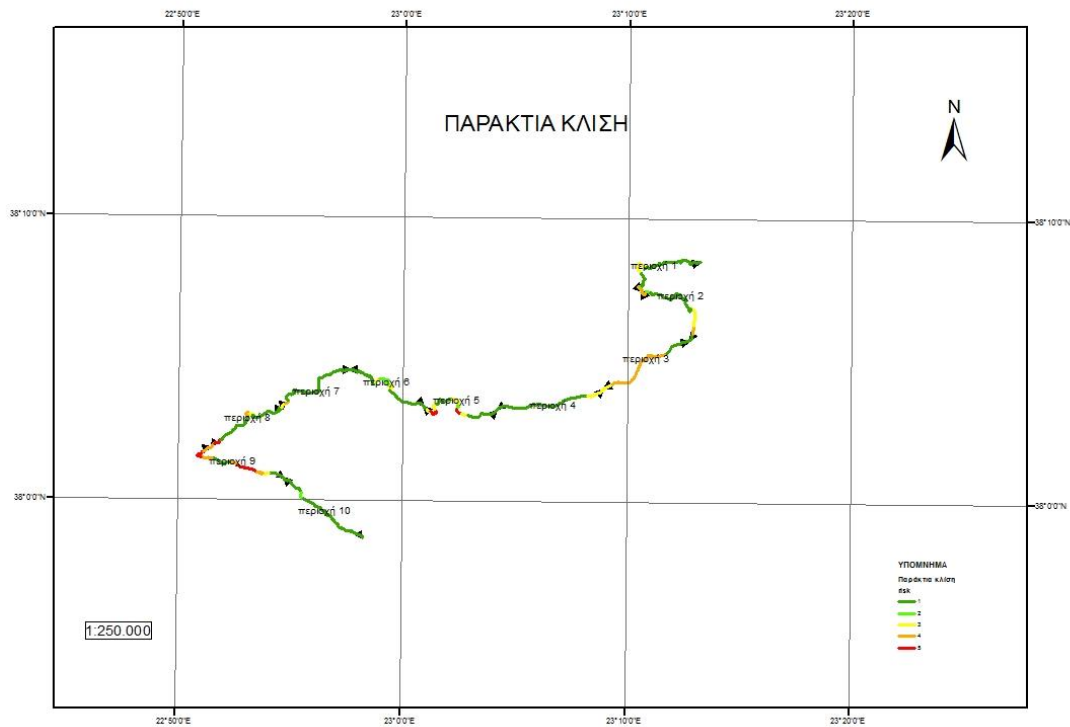
Στον παρακάτω πίνακα (5.3) δίδονται ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας καθώς και το μήκος της ακτογραμμής που παρατηρείται.

Πίνακας 5.3. Τιμές δείκτη παράκτια τρωτότητα (CVI) και αντίστοιχα μήκη ακτογραμμής (L)

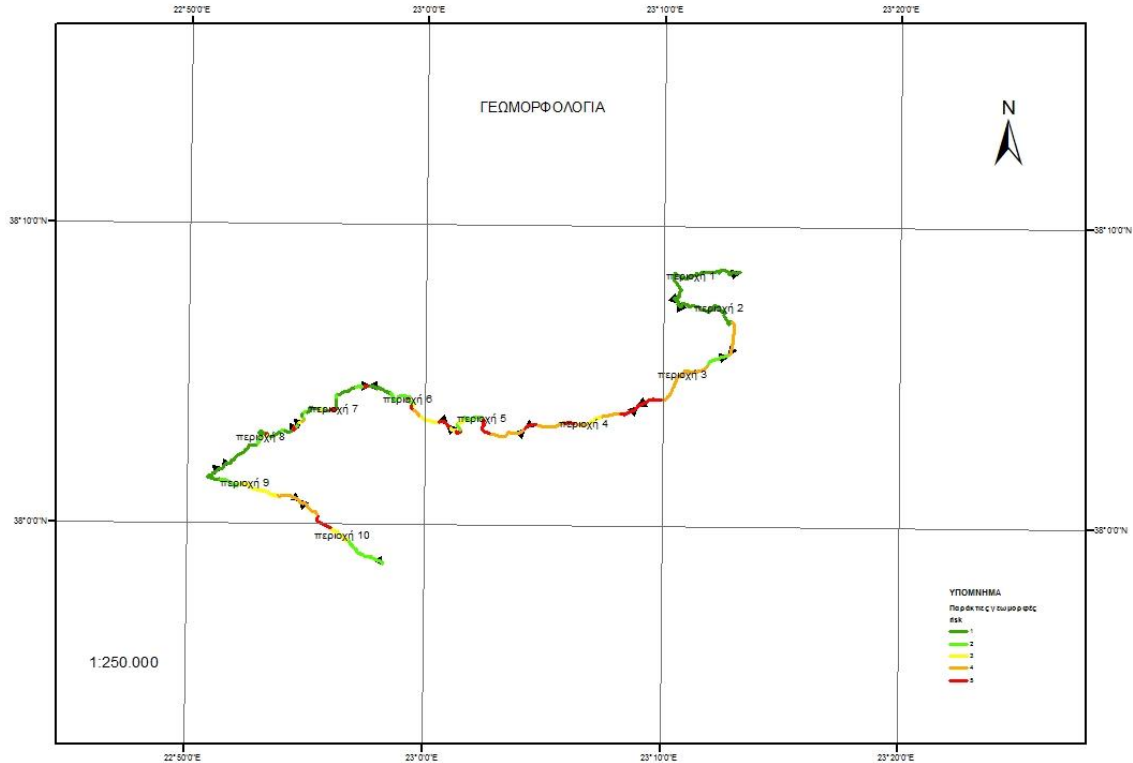
Περι- οχή	CVI	L (m)									
1	2	4482,96	5.7	2	1057,6	7.10	2	256,92	9.10	3	1189,29
1.1.	2	1146,22	5.8	3	370,6	7.11	3	320,44	ΠΕΡΙΟΧΗ		
1.2	2	1331,37	5.9	3	184,24	7.12	3	193,39	10	3	1482,29
1.3	2	127,01	5.10	3	313,44	7.13	3	133,19	10.1	3	510,19
1.4	3	529,59	5.11	3	137,36	7.14	3	177,51	10.2	3	889,69
2	3	543,12	5.12	3	553,13	7.15	3	113,83	10.3	3	1516,43
2.1	2	281,08	5.13	3	219,41	ΠΕΡΙΟΧΗ			10.4	2	3218,54
2.2	2	4501,94	5.14	3	285,06	8	3	535,02			
2.3	3	79,93	5.15	3	24,97	8.1	2	565,19			
2.4	3	1160,89	5.16	3	315,74	8.2	2	322,38			
2.5	3	540,05	ΠΕΡΙΟΧΗ			8.3	2	762,22			
2.6	3	510,13	6	3	584,26	8.4	2	68,69			
ΠΕΡΙΟΧΗ			6.1	3	1329,54	8.5	3	47,44			
3	2	1410,23	6.2	3	670,29	8.6	3	167,04			
3.1	3	383,9	6.3	3	208,46	8.7	3	106,05			
3.2	3	4226,27	6.4	3	172,44	8.8	3	59,73			
3.3	3	884,98	6.5	3	474,11	8.9	3	331,23			
3.4	3	711,76	6.6	3	232,04	8.10	3	575,3			
ΠΕΡΙΟΧΗ			6.7	3	216,96	8.11	2	28,95			
4	3	1207,37	6.8	3	769,23	8.12	2	812,36			
4.1	3	1202,38	6.9	3	402,79	8.13	2	2280,13			
4.2	3	959,75	6.10	2	734,51	8.14	3	580,8			
4.3	3	792,62	6.11	2	1872,52	8.15	3	374,63			
4.4	3	807,42	ΠΕΡΙΟΧΗ			ΠΕΡΙΟΧΗ					
4.5	3	1712,31	7	3	586,75	9	3	582,1			
4.6	3	885,29	7.1	2	1455,01	9.1	3	857,36			
ΠΕΡΙΟΧΗ			7.2	2	783,62	9.2	3	674,13			
5	3	2141,12	7.3	2	647,42	9.3	3	226,03			
5.1	3	329,89	7.4	3	602,91	9.4	2	1066,37			
5.2	3	132,82	7.5	2	524,3	9.5	3	121,41			
5.3	3	474,94	7.6	3	169,29	9.6	3	480,58			
5.4	3	362,48	7.7	2	1160,31	9.7	3	1370,46			
5.5	3	321,69	7.8	2	261,09	9.8	3	602,43			
5.6	3	348,48	7.9	2	252,07	9.9	3	442,55			

Ακολουθούν οι χάρτες που δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGis 10 από τους οποίους προέκυψε ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας της περιοχής μελέτης.

Όπως φαίνεται και από το χάρτη παράκτιων κλίσεων (Σχήμα 5.4.1), η περιοχή μελέτης δεν παρουσιάζει μεγάλες παράκτιες κλίσεις. Οι περισσότερες περιοχές έχουν δείκτη 1 και 2. Μεταξύ της περιοχής του Αλεποχωριού και της παραλίας της Ψάθας εμφανίζεται μια περιοχή με δείκτη 4, ενώ δείκτης 5 εμφανίζεται σε σημεία στο δυτικό μέρος της χερσονήσου της περαχώρας.



Σχήμα 5.4.1. Παράκτια κλίση περιοχής μελέτης



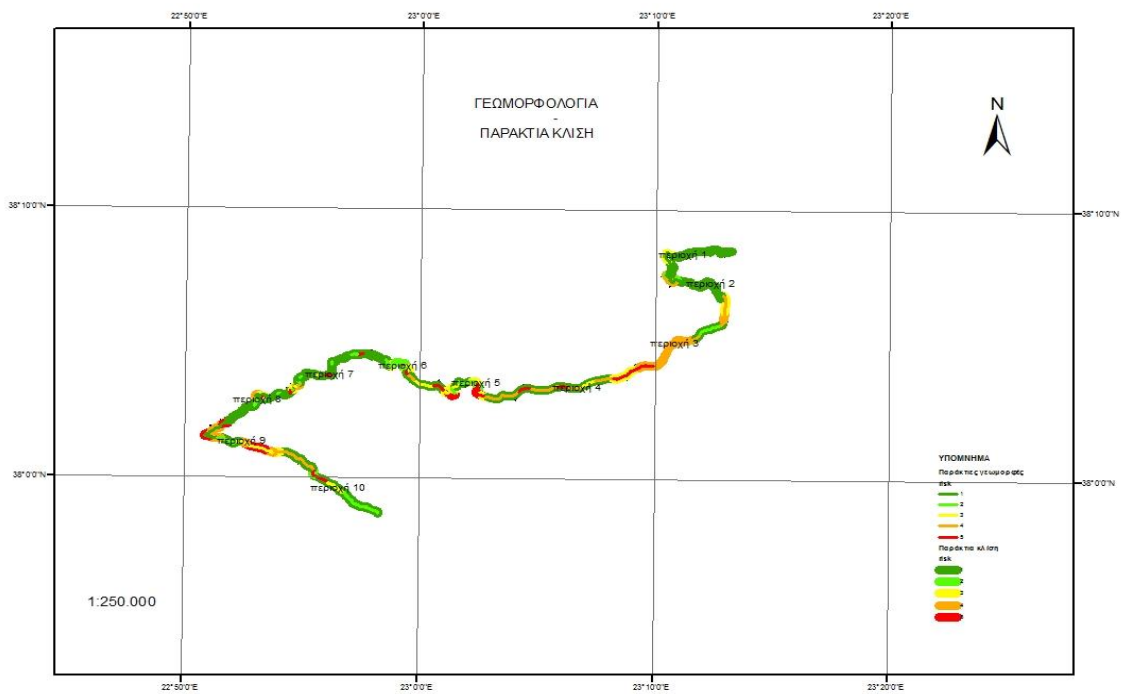
Σχήμα 5.4.2 Γεωμορφολογία περιοχής μελέτης.

Όσον αφορά τη Γεωμορφολογία, υπάρχει όλη η κλίμακα των δεικτών και αυτό οφείλεται στην ποικιλομορφία της ακτογραμμής. Η ταξινόμηση έγινε βάσει της κατηγοριοποίησης των Pendleton et al. (2004).

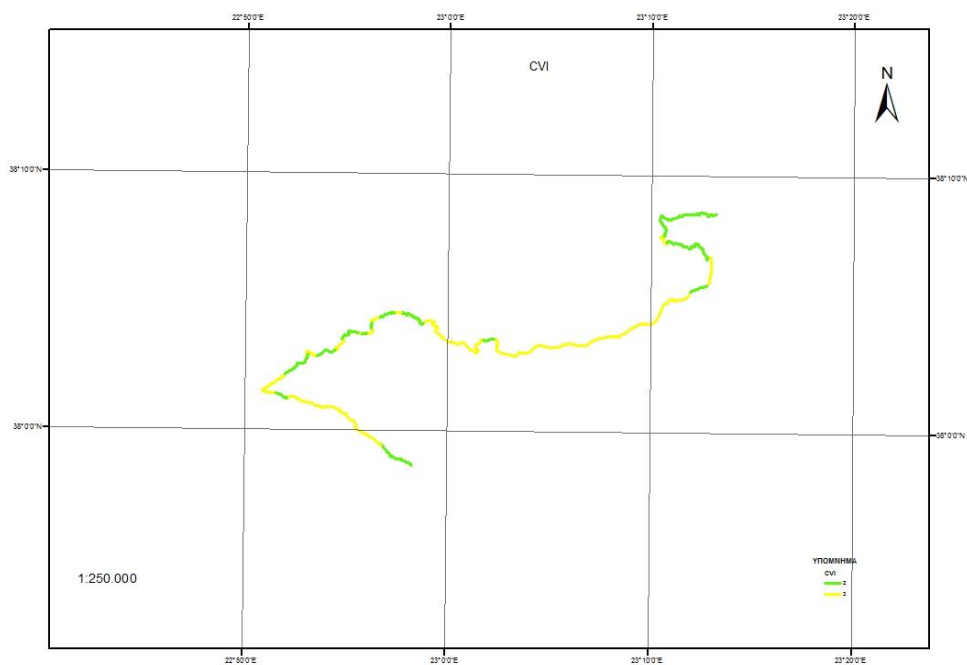
Πίνακας 5.4. Δείκτες βάσει γεωμορφολογίας (Pendleton et al. (2004).

	1	2	3	4	5
Γεωμορφολογία	Βραχώδης κρημνώδης ακτές, Φιόρδ	Μέσου ύψους κρημνοί, δαντελωτές ακτές	Χαμηλοί κρημνοί, ακτές παγετώδους προέλευσης, αλλουβιακές πεδιάδες	Παραλίες με κροκάλες, Estuary, Lagoon	Παραλίες νησιωτικών φραγμάτων ενδοπαλιρροιακής ζώνης (Mangrove, Salt marsh, Mud flats) αμμώδης παραλίες, δέλτα, κοραλλιογενής ύφαλοι

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται συνδυασμένα τα δεδομένα παράκτιας κλίσης και γεωμορφολογίας σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Ο συγκεκριμένος χάρτης σε συνδυασμό με τις τιμές των λοιπών παραγόντων, οδηγεί στην εξαγωγή του χάρτη που ακολουθεί και παρουσιάζει το δείκτη παράκτιας τρωτότητας σε όλο το μήκος της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης μας.



Σχήμα 5.4.3. Συνδυαστικός χάρτης που απεικονίζεται η γεωμορφολογία και η παράκτια κλίση



Σχήμα 5.4.4. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ (C.V.I.)

Με την εφαρμογή της μεθόδου εντοπίζονται τα τμήματα της γραμμής που μπορούν να επηρεαστούν από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Ο εντοπισμός αυτός αποτελεί ένα πρώτο στάδιο χάραξης πολιτικών διαχείρισης της παράκτιας ζώνης με σκοπό τη μελλοντική προστασία των ακτών, που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής λόγω του σημαντικού κοινωνικοοικονομικού τους ρόλου. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μπορεί να αναδείξει τις ιδιαιτερότητες των επιμέρους τμημάτων της ακτογραμμής με σκοπό να ληφθούν υπόψη κατά την παράκτια διαχείριση. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας είναι απλώς μια ένδειξη ενδεχόμενης επικινδυνότητας βασισμένη στα ιδιαίτερα φυσικά γεωλογικά και μορφολογικά – περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε ακτής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παράμετροι εκείνες που καθορίζουν τη γεωγραφική διαφοροποίηση της τελικής τιμής του δείκτη, είναι η παράκτια κλίση και η γεωμορφολογία.

Αντίθετα, ο κυματισμός, η παλιρροία και ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, δε διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση του δείκτη στα επιμέρους τμήματα της ακτογραμμής.

Από τον τελευταίο χάρτη (Σχήμα 5.4.4), στον οποίο απεικονίζεται ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας, προκύπτει ότι η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται αποκλειστικά από δείκτη 2 και 3 (Pentleton et al. (2004), δηλαδή χαμηλή και μέση τρωτότητα.

Η μέση τρωτότητα παρατηρείται κυρίως εκατέρωθεν της περιοχής του Αλεποχωρίου και θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν καθότι η περιοχή είναι κατοικημένη, αλλά εκτός αυτού, είναι αρκετά έντονη η ανθρωπογενής παρέμβαση στην παράκτια ζώνη (βλ. Κεφ. Ανθρωπογενής παρέμβαση στην παράκτια ζώνη).

Στο βόρειο τμήμα της χερσονήσου της Περαχώρας παρατηρείται ως επί το πλείστον χαμηλή τρωτότητα. Η συγκεκριμένη περιοχή είναι κρημνώδης και δεν παρατηρείται έντονη οικιστική ανάπτυξη.

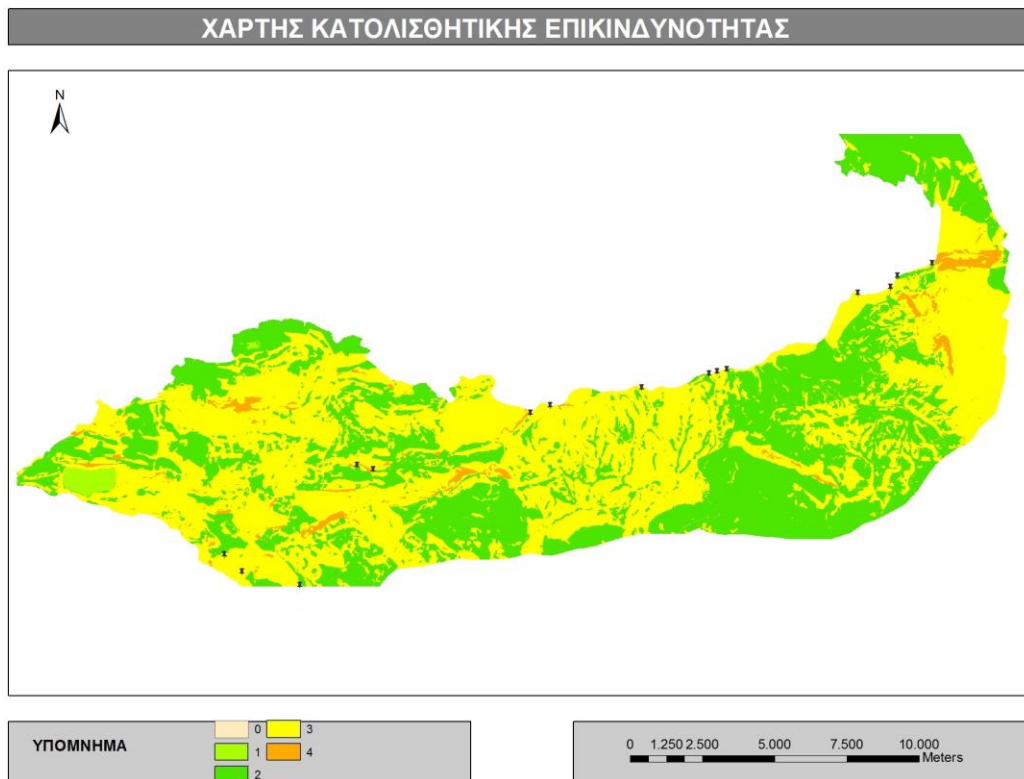
Το ποσοστό της ακτογραμμής που χαρακτηρίστηκε με δείκτη 2- χαμηλής τρωτότητας, είναι βάσει του πίνακα 39,8% (αντιστοιχεί σε 30,35 km), ενώ το ποσοστό της ακτογραμμής που χαρακτηρίστηκε μέσης τρωτότητας, είναι 60,2% (αντιστοιχεί σε 46,39 km)

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κατολισθήσεις στην περιοχή μελέτης, στο σύνολο τους εκτιμώνται ότι είναι φυσιολογικές αντιδράσεις των γεωλογικών σχηματισμών στην προσπάθεια τους να επανακτήσουν την ισορροπία τους που διαταράχθηκε από φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες. Η ανθρωπίνη παρέμβαση είναι συνήθως η χάραξη δρόμων, η παρέμβαση στα πρηνή ενώ στα φυσικά αίτια εντάσσεται ένας φυσιολογικός κύκλος εξέλιξης του γεωλογικού ή λιθολογικού συστήματος.

Κατά μήκος της παραλιακής ζώνης που μελετήθηκε, καταγράφηκαν αρκετές ανθρώπινες παρεμβάσεις. Κάποιες από αυτές έγιναν για την προστασία από τη διάβρωση, και κάποιες για διαμόρφωση της παραλιακής ζώνης.

Στο Σχήμα 6.1 δίνονται οι περιοχές που είναι πιο πιθανό να εκδηλωθούν κατολισθήσεις κατά μήκος του οδικού δικτύου, μετά από επιτόπια παρατήρηση.



Σχήμα 6.1. Συνδυαστικός χάρτης που παρουσιάζεται η κατολισθητική επικινδυνότητα βάσει του μοντελου που χρησιμοποιήθηκε και οι περιοχές που σημειώθηκαν από την εργασία υπαίθρου σαν πιθανές για κατολισθήσεις.

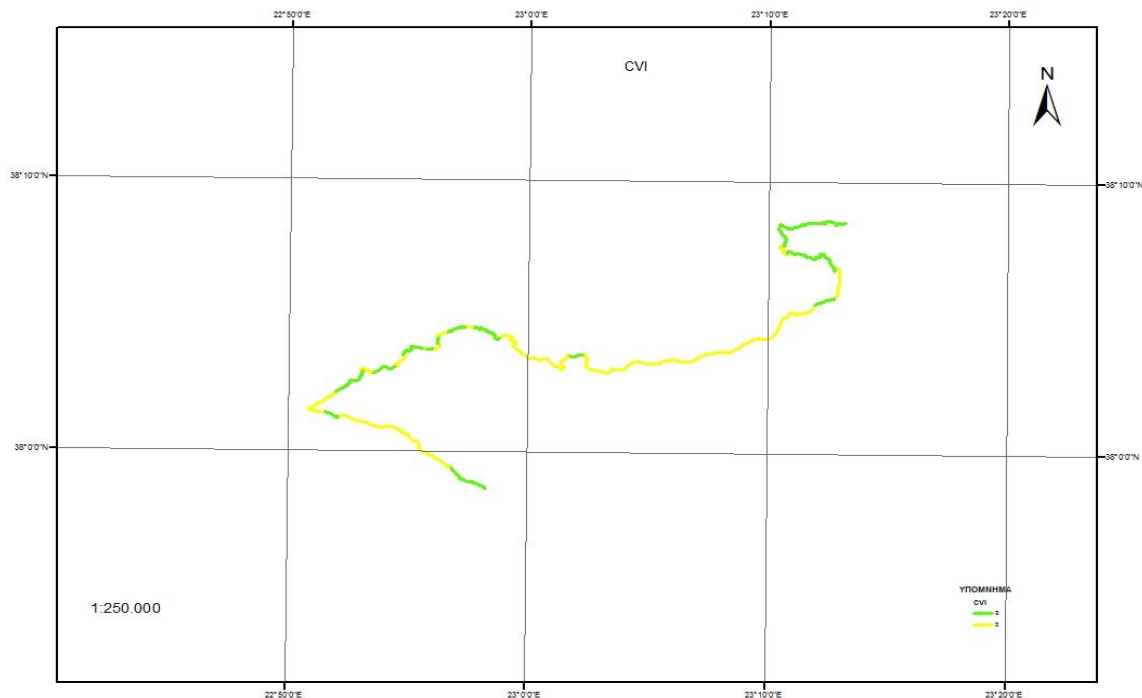
Ο μέγιστος βαθμός επικινδυνότητας που έχουμε στην περιοχή μελέτης είναι 4. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έχει βαθμό 3 (~55,46 %) και βαθμό 2 (~41,61%). Οι περιοχές που σημειώθηκαν σαν πιθανές για κατολισθήσεις από την επιτόπια παρατήρηση, είναι περιοχές που βάσει του χάρτη κατολισθητικής επικινδυνότητας ανήκουν σε δείκτη 3.

Από το χάρτη κατολισθητικής επικινδυνότητας (Σχήμα 6.1) διαπιστώνουμε ότι υψηλότεροι δείκτες απαντώνται σε περιοχές με υψηλότερες κλίσεις, καθώς η κλίση του αναγλύφου και η γεωλογία είναι οι παράγοντες που έχουν και τον υψηλότερο βαθμό συμμετοχής στην κατολισθητική επικινδυνότητα. Έτσι, οι περιοχές που έχουν δείκτη 4 χαρακτηρίζονται από κλίσεις $>25^{\circ}$, ενώ από γεωλογικής πλευράς είναι περιοχές που απαντώνται κορήματα και κώνοι κορημάτων.

Όσον αφορά το δείκτη παράκτιας τρωτότητας, η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από δείκτη τρωτότητας ακτών στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης από 2 (χαμηλή) και 3 (μέση) σύμφωνα με το δείκτη των Pentleton et al. 2004). (Σχήμα 6.2)

Μέση τρωτότητα παρουσιάζει περί το 60% της περιοχής μελέτης (~ 47,5 km) και παρατηρείται κυρίως εκατέρωθεν της περιοχής του Αλεποχωρίου, η οποία είναι κατοικημένη, και ως εκτός τούτου έχει υποστεί αρκετά έντονα την ανθρωπογενή παρέμβαση.

Χαμηλή τρωτότητα έχει το περίπου το 40% της ακτογραμμής (~30,35 km) και συναντάται κυρίως στο βόρειο τμήμα της χερσονήσου της Περαχώρας, η οποία είναι κρημνώδης και δεν παρατηρείται έντονη οικιστική ανάπτυξη.



Σχήμα 6.2. Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας

Στο βόρειο τμήμα της χερσονήσου της περαχώρας παρατηρείται ως επί το πλείστον χαμηλή τρωτότητα. Η συγκεκριμένη περιοχή είναι κρημνώδης και δεν παρατηρείται έντονη οικιστική ανάπτυξη.

Γενικά, η περιοχή από Αλεποχώρι μέχρι Λουτράκι χαρακτηρίζεται από δείκτες 2 και 3 ως προς τον κίνδυνο στην εκδήλωση κατολισθήσεων, ενώ από πλευράς τρωτότητας των ακτών ο κίνδυνος είναι μάλλον από μέτριος έως χαμηλός

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexandrakis G., Karditsa A., Poulos S., Ghionis G. and Kampanis N.A., 2010. An assessment of the vulnerability to erosion of the coastal zone due to a potential rise of sea level: The case of the Hellenic Aegean coast.

In Environmental Systems, [Ed. Achim Sydow], in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK.

- Angelier, I., 1979. Neotectonique de l' arc 'Egeen.

Societe Geologique du Nord, Publication Special, v.3, p.418.

- Benedetti, L., Finkel, R., King, G., Armijo, R., Papanastasiou, P., Ryerson, F.J., Flent, F., Farber D., Stavrakakis G., 2003.

Motion on the Kaparelli fault (Greece) prior to the 1981 earthquake sequence determined from the 36 cl cosmogenic dating. Terra nova, v.15, p.18-24

- Bornovas, I., Eleftheriou, A., Gaitanakis, P., Rondogianni, Th., Sirgaikis, K., Tsaila, S., Mettos, A., 1984 a.

Geological map of Greece 1:50.000 scale, Kaparellion Sheet. The Institute of Geological and Mining Exploration (IGME), Athens.

- Bornovas, I., Eleftheriou, A., Gaitanakis, P., Rondogianni, Th., Sirgaikis, K., Tsaila, S., Mettos, A., 1984 b.

Geological map of Greece 1:50.000 scale, Perachora Sheet. The Institute of Geological and Mining Exploration (IGME), Athens.

- Chatzieleftheriou M., Alexandrakis G., Poulos S., Gaki-Papanastasiou K., Maroukian X., 2010. An assessment of coastal vulnerability of the north and northeastern coast of Attica to the anticipated sea-level rise.

Proceedings of the 8th Panhellenic Geographical Congress, Athens, 5-8/10/2007, 298-305

- Collier R., Pantosti D., D' Addegio G., De Martini P.M., Masana E., Sakellariou D., 1998. Paleoseismicity of the 1981 Corinth earthquake fault: seismic contribution to extensional strain in central Greece and implications for seismic hazard.

J. Geophys. Res.103 (B12), 30001 - 30019

- Fountoulis, I., Ladas, I., Spyridonos, E. and Mariolagos, I., 2004. The role of the tectonics and hydrology for the Tsakona landslide (SW Peloponnese, Greece).

Bull. Geol. Soc. Greece, XXXVI/4, 1872-1881, (in Greek with English abstract).

-Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E, Poulos, S E., Seni, A. and Zouva, C. (2010) Coastal vulnerability assessment to sea -level rise based on geomorphological and oceanographical parameters: the case of Argolikos Gulf, Peloponnese, Greece,Hellenic Journal of Geosciences, 45, 109-122

- Gaki – Papanastasiou K., Maroukian H., Pavlopoulos K., and Zamani A., 1997. The implications of the expected sea level rise on the low – lying areas of continental Greece in the next century. Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, 121 – 126.

- Gaki-Papanastassiou K., Papanastassiou D., Maroukian H., Recent Uplift Rates at Perachora Peninsula, East Gulf of Corinth, Greece, based on geomorphological - archaeological evidence and radiocarbon dates.

Hellenic Journal of Geosciences, vol. 42, 45-56

- KOUKIS, G., TSIABAOS, G., SABATAKAKIS, N. (1996). Landslides in Greece: Research, Evolution and Quantitative Analysis,
Proceedings of 7th International Symposium on Landslides, 1935-1940. Trondheim, Norway, Balkema.

- KOUKIS, G., SABATAKAKIS, N., NIKOLAOU, N. LOUPASAKIS, C. (2005). Landslide Hazard Zonation in the Greece,
Proceedings of the open Symposium on Landslide risk analysis and sustainable disaster management by International Consortium on Landslides, Washington, USA, 13-14 October 2005, chapter 37: 291-296.

- Ladas I.1, Fountoulis I.1, and Mariolakos I.1,2007. Large scale landslide susceptibility mapping using gis-based weighted linear combination and multicriteria decision analysis – a case study in northern messinia (SW Peloponnesus, Greece).

Τόμος Περιλήψεων σ. 12. Πρακτικά 8ου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας

- Ladas I.1, Fountoulis I.1, and Mariolakos I.1,2007. Using GIS & Multicriteria Decision Analysis in landslide susceptibility mapping – case study in Messinia prefecture area (SW Peloponnesus, Greece).

Proc. 11th International Conference of the Geological Society of Greece, Athens, 24-26 May 2007, Bull. Geol. Soc.

Greece, XXXX/4, p. 1973-1985.

- Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E., Vouvalidis, K., Pavlopoulos, K., Papanastassiou D, Albanakis, K. (2008) “Morphotectonic control on drainage network evolution in the Perachora peninsula, Greece” *Geomorphology*, 102 (1): 81-92.

- Pendleton E., Williams S., and Thieler E.R., 2004. Coastal vulnerability assessment of Assateague Island National Seashore (ASIS) to sea-level rise.

U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-2010, Electronic Book 2004.

- Sabot V. and Maroukian H., 1982. Geomorphology and tectonics in and around the Gulf of Corinth, Greece, Intern.

Symp. on the Hellenic Arc and Trench, April 8-10, Athens, 1981, Proc., II, 174-182

- Sowers, G. F.; Royster, D. L. 1978. Field investigation. In: R.L. Schuster and R.J. Krizek. Landslides-Analysis and Control, Chapter 5, pp. 81-111. Washington, D.C., National Academy of Science. (Transport Research Board Special Report, 176.)

- Αντωνίου, Α.Α & Λέκκας Ε. 2004. Έρευνα και αντιμετώπιση κατολισθήσεων ιδιαίτερα σε περιπτώσεις σεισμικής φόρτισης στην περιοχή της περιφερειακής οδού Λουτρακίου.

Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

- ΚΟΥΚΗΣ, Γ., ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, Ν. (2007). Γεωλογία τεχνικών έργων, σελ. 109-328.

- Λέκκας, Ε. κ.ά. 2000. Αντισεισμικός Σχεδιασμός και Οργάνωση Δήμου Λουτρακίου – Περαχώρας.

Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 547σ., Αθήνα.

- Νασοπούλου, Ι., 2011. Παράκτιες γεωμορφολογικές παρατηρήσεις και μελέτη της τρωτότητας των βορείων ακτών του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου ως προς την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Μεταπτυχιακή εργασία ειδίκευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας και Διαχείρισης Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, Αθήνα.

- Παπανικολάου Δ., 1984. Γεωτεκτονικός Χάρτης Ελλάδας.

- Πούλος Σ. Ε., 2001. Εφαρμοσμένη και Γεωπεριβαλλοντική ωκεανογραφία και περιβάλλον. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας Κλιματολογίας, Αθήνα

- Στεφάτος, Α., 2005. Μελέτη ιζηματογενών διεργασιών και τεκτονικών δομών στον Κορινθιακό κόλπο με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων.

Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γενικής Θαλάσσιας Γεωλογίας & Γεωδυναμικής, Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφία, Πάτρα.

- Τρομπούκη Π., Ολοκαινική Εξέλιξη του Υποθαλάσσιου Τμήματος της Οροφής των Ρηγμάτων του Αιγίου και της Ελίκης με τη Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS)
Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ωκεανο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.1. ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΤΟΝ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΔΕΙΚΤΗ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ. (Βλ. ΠΙΝΑΚΑ 5.3)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ						ΔΕΙΚΤΗΣ CVI		Μήκος (m)
	a	b	c	d	e	f	ΤΙΜΗ	ΧΑΡΑΚΤΗ- ΡΙΣΜΟΣ	
1	1	1	1	5	5	1	2,041	2	4482,96
1.1.	1	3	1	5	5	1	3,54	2	1146,22
1.2.	1	1	1	5	5	1	2,04	2	1331,37
1.3.	1	2	1	5	5	1	2,89	2	127,01
1.4.	1	4	1	5	5	1	4,08	3	529,59

2	1	4	1	5	5	1	4,082483	3	543,12
2.1	1	2	1	5	5	1	2,886751	2	281,08
2.2	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	4501,94
2.3	1	3	1	5	5	1	3,535534	3	79,93
2.4	4	3	1	5	5	1	7,071068	3	1160,89
2.5	4	4	1	5	5	1	8,164966	3	540,05
2.6	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	510,13
ΠΕΡΙΟΧΗ									
3	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	1410,23
3.1	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	383,9
3.2	4	4	1	5	5	1	8,164966	3	4226,27

3.3	5	4	1	5	5	1	9,128709	3	884,98
3.4	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	711,76
ΠΕΡΙΟΧΗ									
4	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	1207,37
4.1	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	1202,38
4.2	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	959,75
4.3	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	792,62
4.4	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	807,42
4.5	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	1712,31
4.6	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	885,29
ΠΕΡΙΟΧΗ									
5	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	2141,12
5.1	4	3	1	5	5	1	7,071068	3	329,89
5.2	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	132,82
5.3	5	5	1	5	5	1	10,20621	3	474,94
5.4	5	2	1	5	5	1	6,454972	3	362,48
5.5	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	321,69
5.6	2	3	1	5	5	1	5	3	348,48
5.7	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	1057,6
5.8	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	370,6
5.9	3	3	1	5	5	1	6,123724	3	184,24
5.10	2	3	1	5	5	1	5	3	313,44
5.11	2	5	1	5	5	1	6,454972	3	137,36
5.12	5	5	1	5	5	1	10,20621	3	553,13
5.13	3	5	1	5	5	1	7,905694	3	219,41
5.14	3	3	1	5	5	1	6,123724	3	285,06
5.15	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	24,97

5.16	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	315,74
ΠΕΡΙΟΧΗ									
6	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	584,26
6.1	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	1329,54
6.2	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	670,29
6.3	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	208,46
6.4	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	172,44
6.5	2	3	1	5	5	1	5	3	474,11
6.6	2	2	1	5	5	1	4,082483	3	232,04
6.7	5	2	1	5	5	1	6,454972	3	216,96
6.8	2	2	1	5	5	1	4,082483	3	769,23
6.9	2	3	1	5	5	1	5	3	402,79
6.10	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	734,51
6.11	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	1872,52
ΠΕΡΙΟΧΗ									
7	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	586,75
7.1	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	1455,01
7.2	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	783,62
7.3	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	647,42
7.4	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	602,91
7.5	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	524,3
7.6	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	169,29
7.7	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	1160,31
7.8	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	261,09
7.9	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	252,07
7.10	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	256,92
7.11	4	4	1	5	5	1	8,164966	3	320,44

7.12	3	3	1	5	5	1	6,123724	3	193,39
7.13	1	3	1	5	5	1	3,535534	3	133,19
7.14	2	3	1	5	5	1	5	3	177,51
7.15	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	113,83
ΠΕΡΙΟΧΗ									
8	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	535,02
8.1	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	565,19
8.2	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	322,38
8.3	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	762,22
8.4	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	68,69
8.5	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	47,44
8.6	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	167,04
8.7	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	106,05
8.8	5	3	1	5	5	1	7,905694	3	59,73
8.9	1	3	1	5	5	1	3,535534	3	331,23
8.10	1	4	1	5	5	1	4,082483	3	575,3
8.11	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	28,95
8.12	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	812,36
8.13	1	1	1	5	5	1	2,041241	2	2280,13
8.14	1	5	1	5	5	1	4,564355	3	580,8
8.15	1	4	1	5	5	1	4,082483	3	374,63
ΠΕΡΙΟΧΗ									
9	1	4	1	5	5	1	4,082483	3	582,1
9.1	1	5	1	5	5	1	4,564355	3	857,36
9.2	1	4	1	5	5	1	4,082483	3	674,13
9.3	2	4	1	5	5	1	5,773503	3	226,03
9.4	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	1066,37

9.5	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	121,41
9.6	3	4	1	5	5	1	7,071068	3	480,58
9.7	3	5	1	5	5	1	7,905694	3	1370,46
9.8	3	4	1	5	5	1	7,071068	3	602,43
9.9	4	3	1	5	5	1	7,071068	3	442,55
9.10	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	1189,29
ΠΕΡΙΟΧΗ									
10	4	1	1	5	5	1	4,082483	3	1482,29
10.1	5	2	1	5	5	1	6,454972	3	510,19
10.2	5	1	1	5	5	1	4,564355	3	889,69
10.3	3	1	1	5	5	1	3,535534	3	1516,43
10.4	2	1	1	5	5	1	2,886751	2	3218,54