



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

**Κατολισθητικά φαινόμενα στον Ν. Αχαΐας. Διερεύνηση των
αιτιών τους και σύνθεση χαρτών επιδεκτικότητας για την
λεκάνη απορροής του ποταμού Κράθη**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Zoryana Strutynska

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

Κατολισθητικά φαινόμενα στον Ν. Αχαΐας. Διερεύνηση των αιτιών τους και σύνθεση χαρτών επιδεκτικότητας για την λεκάνη απορροής του ποταμού Κράθη

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Zoryana Strutynska

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος,

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις:

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Μπενάρδος Ανδρέας, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Νομικός Παύλος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Αθήνα, Ιούνιος 2017

Αφιερωμένο στην οικογένειά μου....

*«Μέσα στη θλίψη της απέραντης μετριότητας, που μας πνίγει από παντού,
παρηγοριέμαι ότι κάπου, σε κάποιο καμαράκι, κάποιοι πεισματάρηδες αγωνίζονται
να εξουδετερώσουν τη φθορά....»*

Ο. Ελύτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στα κατολισθητικά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν το ανατολικό τμήμα του Νομού Αχαΐας. Συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία των κατολισθήσεων από βιβλιογραφικές πηγές και ψηφιακά μέσα. Στην συνέχεια επιλέχθηκαν παράγοντες οι οποίοι θεωρείται ότι επηρεάζουν και προκαλούν την κατολισθητική δραστηριότητα είτε σαν πραγματική αιτία είτε σαν εναυσματικός παράγοντας.

Η λεκάνη απορροής του Κράθη ποταμού επιλέχθηκε ως στενότερη περιοχή μελέτης για την κατασκευή του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας. Η μεθοδολογία που επιλέχθηκε για την κατασκευή του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας είναι η ημιποσοτική μέθοδος Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, ΑΗΡ. Υπολογίστηκε ότι ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκεται σε ζώνη πολύ υψηλής (9,10%) και υψηλής (21,15%) κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Βάσει των καμπύλων ROC, αξιολογήθηκε η ακρίβεια του μοντέλου πρόβλεψης με ποσοστό επιτυχίας 72%, αποδεικνύοντας την επιτυχία του μοντέλου. Ενώ υπολογίστηκε και η σχετική συχνότητα του κάθε παράγοντα που λήφθηκε υπόψη στην κατασκευή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

Ο χάρτης της κατολισθητικής επιδεκτικότητας είναι μια αρχική εκτίμηση για το πόσο κινδυνεύει από την εμφάνιση του φαινομένου των κατολισθήσεων η περιοχή μελέτης. Με βάση τον χάρτη μπορεί να εξεταστεί κατά πόσο ασφαλή είναι οι οικισμοί που ανήκουν στην περιοχή, καθώς και να γίνει σχεδιασμός για την μελλοντική επέκταση των οικισμών και πιθανή μεταφορά των ήδη υπάρχοντων. Έτσι είναι δυνατόν όχι μόνο να περιοριστούν και να παοφευχθούν οικονομικές καταστροφές αλλά και απώλειες ανθρώπινων ζώων.

ABSTRACT

In this postgraduate thesis are examined the landslides that are manifested in the East Part of the Regional Unit Achaia. All the information about landslide in the investigated area were gathered from bibliographic resources and relevant engineering geological studies and then was created a landslide database. Afterwards, were chosen all the factors that are thought to cause the landslide activity either as a real cause or as an initiating factor. The basin of Krathis river was chosen as the area of investigation in order to conduct a Landslide Susceptibility Map.

The methodology for the landslide susceptibility assessment was the semi-quantitative Analytical Hierarchy Process (AHP). As outcome, it was calculated that a significant percentage of the examined area was formed from the Very high (7,96%) and High (19,84%) susceptibility zones. The fit of the Susceptibility Prediction Model was evaluated with the Receiver Operating Characteristics (ROC) curves and the predictive model accuracy was calculated to be 72 %, which shows the success of the model. The relative frequency of each factor that was taken into account in the conduction of the Landslide Susceptibility Map was also calculated.

The map of landslide susceptibility is an initial estimation of landslides hazard at the referenced area and can be used as the basis for future research and the calculation of landslide risk. Based on the Map it can be estimated whether the towns in the area are safe as well as planning for the future expansion or a possible transfer of the existing ones. It is possible not only to avoid the economic damages but also loss of human lives.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επ. Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Κωνσταντίνο Λουπασάκη, για την ανάθεση της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, για τις συμβουλές, καθοδήγηση και συνεχή υποστήριξη του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας, αλλά και κατά την διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας. Ευχομαι το Ελληνικό Πανεπιστήμιο να συνεχίσει να έχει καθηγητές σαν αυτόν.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα Ε.Μ.Π. Παρασκευά Τσαγγαράτο, Ε.ΔΙ.Π του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, για την τεράστια βοήθεια και τη συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε.

Ευχαριστώ τους συνεργάτες μου στο εργασιακό μου περιβάλλον και τον εργοδότη μου για την κατανόησή τους.

Και τέλος θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την συνεχή υποστήριξή της καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου και της ζωής μου, τους φίλους μου για την αγάπη και την υποστήριξή τους και τους κοντινούς μου ανθρώπους που με στήριξαν στις δύσκολες στιγμές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</i>	<i>iv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>v</i>
<i>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</i>	<i>vi</i>
<i>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</i>	<i>vii</i>
<i>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</i>	<i>ix</i>
<i>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</i>	<i>xii</i>
<i>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</i>	<i>xiv</i>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	1
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	<i>1</i>
1.1 Αντικείμενο Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	3
<i>ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ</i>	<i>3</i>
2.1 Κατολισθητικά φαινόμενα.....	3
2.2 Ορισμός	5
2.3 Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις των κατολισθητικών φαινομένων	6
2.4 Διατομή κατολισθήσεων – Ονοματολογία.....	7
2.5 Ταξινόμηση των κατολισθήσεων.....	9
2.6 Κατηγορίες κατολισθήσεων - Αναλυτικά	12
2.7 Ταχύτητα Μετακίνησης.....	18
2.8 Αιτίες και εναυσματικοί παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων	19
2.9 Ζωνοποίηση Κατολισθητικού Κινδύνου & Επιδεκτικότητας	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°	26
<i>ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</i>	<i>26</i>
3.1 Διοικητική και Γεωγραφική Θέση – Μορφολογία.....	26
3.2 Γεωλογική δομή του Ν. Αχαΐας	31
3.3 Τεκτονική - Σεισμικότητα.....	38
3.4 Υδρολογικές Συνθήκες – Υδρογραφικό Δίκτυο Ν. Αχαΐας.....	43
3.5 Κλιματικά Στοιχεία του Ν. Αχαΐας.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	50
<i>ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΧΑΪΑΣ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΡΑΘΗ ΠΟΤΑΜΟΥ</i>	<i>50</i>
4.1 Γενικά.....	50
4.2 Το ανατολικό τμήμα του νομού Αχαΐας – Περιοχή Μελέτης	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°	64
<i>ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΚΡΑΘΗ ΠΟΤΑΜΟΥ.....</i>	
5.1 Γενικά.....	64
5.2 Στοιχεία Εισαγωγής - Σύntαξη Θεματικών Επιπέδων Πληροφορίας (ΘΕΠ)	65
5.3 Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρανών.....	66
5.4 Θεματικός Χάρτης Κλίσεων Πρανών	67
5.5 Θεματικός Χάρτης Ενοποιημένων Γεωλογικών Ενοτήτων	69
5.6 Θεματικός Χάρτης Τεκτονικών Στοιχείων.....	70
5.7 Θεματικός Χάρτης Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο	72
5.8 Θεματικός Χάρτης Οδικού Δικτύου.....	73
5.9 Θεματικός Χάρτης Απογραφής Κατολισθητικών Φαινομένων	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°	76
<i>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</i>	
6.1 Υπολογισμός Δεικτών Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας	76
6.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας.....	83
6.3 Αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°	97
<i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</i>	
7.1 Γενικά.....	97
7.2 Εκτίμηση κατολισθητικής επιδεκτικότητας στην λεκάνη απορροής του Κράθι	97
7.3 Συνοπτικά στατιστικά αποτελέσματα χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....	99
7.4 Πρακτική εφαρμογή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....	101
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</i>	<i>106</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Περιστροφική Ολίσθηση που μετεξελίχθηκε σε ροή μετακινούμενων υλικών (Ρόζος, 2007)	14
Εικόνα 2.2 Ερπυσμός που αποτυπώνεται στον λυγισμό των κορμών των δέντρων (Ρόζος, 2007).....	17
Εικόνα 3.1. Χάρτης κατανομής πύθους στην περιοχή έρευνας (ΕΣΥΕ,2001).....	26
Εικόνα 3.2. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου του Ν. Αχαΐας (Κατά Strahler,1964).....	28
Εικόνα 3.3 Τεταρτογενείς λεκάνες ΔΒΔ- ΑΝΑ διεύθυνσης (Doutsos & Piper, 1990).....	29
Εικόνα 3.4 Χάρτης αναγλύφου της περιοχής του Ν. Αχαΐας	30
Εικόνα 3.5 Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Ν. Αχαΐας.....	31
Εικόνα 3.6 Υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής.....	32
Εικόνα 3.7 Σχηματικό μπλοκ διάγραμμα που δείχνει την παλαιογεωγραφική εξέλιξη του δυτικού τμήματος της Κορινθιακής τάφρου. 1. δελταϊκά ριπιδία 2. αποθέσεις δικτυωτού ποταμού και αλλουβιακά ριπιδία 3. λιμναίες αποθέσεις 4. υπόβαθρο (Rouliirnenos, 1993). 33	
Εικόνα 3.8 Στρωματογραφική στήλη σειράς Γαβρόβου-Τριπόλεως (Meilliez et all, 1978).....	35
Εικόνα 3.9 Στρωματογραφική στήλη σειράς Ωλονού – Πίνδου (Meilliez et all, 1978).....	36
Εικόνα 3.10 Κατανομή επίκεντρων επιφανειακών σεισμών και ενδιάμεσου βάθους σεισμών οι οποίοι έγιναν στον Ελληνικό χώρο και στις τριγύρω περιοχές κατά την περίοδο 1800-1987 (Παπαζάχος Β. και Παπαζάχου Κ., 1989)	38
Εικόνα 3.11 Σχηματικές γεωλογικές τομές κανονικών ρηγμάτων και η επιφάνεια αποκόλλησης (Flotte & Sorel, 2001).....	39
Εικόνα 3.12 Τα κυριότερα νεοτεκτονικά ρήγματα του Κορινθιακού Κόλπου (Παυλίδης, κ.α. 1998).....	40
Εικόνα 3.13 Κυριότερα σεισμοτεκτονικά ρήγματα της Β. Πελοποννήσου	40
Εικόνα 3.14 Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας	42
Εικόνα 3.15 Κατολισθητικά φαινόμενα κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης «Ροδίνη» (Κουκουβέλας και Ντούτσος,1997)	42
Εικόνα 3.16. Υδρογραφικό δίκτυο Ν. Αχαΐας και Ν. Κορινθίας σε τρισδιάστατη μορφή (Τσάνγκας, 2011).....	44
Εικόνα 3.17 Θέσεις βροχομετρικών σταθμών.....	48
Εικόνα 3.18 Βροχομετρικός χάρτης Ν. Αχαΐας (Δημητροπούλου Ι.).....	49

Εικόνα 4.1 Χάρτης συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων στον Ελληνικό Χώρο περιόδου 1950 – 2004 (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).....	51
Εικόνα 4.2 Χάρτης συχνότητας κατολισθήσεων στον Ελληνικό χώρο για στοιχεία μέχρι και το 2010 (Sabatakakis et al., 2013)	51
Εικόνα 4.3 Χάρτης των σημείων εμφάνισης των κατολισθήσεων του Ν. Αχαΐας (Τσαγκάς, 2011).....	53
Εικόνα 4.4 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Πελοποννήσου (Chalkias et al.,2014)	53
Εικόνα 4.5 Έντονη κατολισθητική δραστηριότητα γύρω από τον οικισμό της Βαλιμής	55
Εικόνα 4.6. Κατολισθητικά φαινόμενα στην Συνοικία Πέρα Μεριά Βάλμης (Τσαγκάς, 2011) 56	
Εικόνα 4.7. Κατολισθητικά φαινόμενα που προκλήθηκαν από την διάνοιξη της επαρχιακής οδού προς Ζαρούχλα (Τσαγκάς, 2011).....	56
Εικόνα 4.8. Η λίμνη Τσιβλού (Τσαγκάς, 2011).....	57
Εικόνα 4.9 Άποψη της κατολίστεσης της Τσιβλούς και η τεχνητή λίμνη.....	58
Εικόνα 4.10 Άποψη του οικισμού του Πλατάνου και η εμφανής θέση της κατολίστεσης.....	58
Εικόνα 4.11. Οικισμός του Πλατάνου με εμφανή τα κατολισθαίνοντα σημεία (Τσαγκάς, 2011)	59
Εικόνα 4.12 Άποψη του οικισμού του Άνω Διακοπτού	60
Εικόνα 4.13 Άποψη του οικισμού του Λόφου	60
Εικόνα 4.14 Αποτελέσματα κατολίστεσης του οικισμού Λόφου στις τοπικές οικίες (Τσαγκάς, 2011).....	61
Εικόνα 4.15 Επαρχιακή οδός Αιγείρας-Περιθωρίου (Τσαγκάς, 2011).....	62
Εικόνα 4.16 Επισφαλείς όγκοι πετρώματος επί της επαρχιακής οδού Αμπελόκηποι-Θάσσης (Τσαγκάς, 2011).....	63
Εικόνα 4.17 Μέτρα προστασίας από καταπτώσεις στην επαρχιακή οδό Διακοπτό – Καλάβρυτα (Τσαγκάς, 2011).....	63
Εικόνα 5.1 Η στενή και η ευρύτερη περιοχή μελέτης	65
Εικόνα 7.1 Χάρτης της περιοχής της λεκάνης απορροής του Κράθη με απεικόνιση περιοχών υψηλής και πολύ υψηλής κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....	101
Εικόνα 7.2 Τοποθεσία του οικισμού Βαλιμής σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....	102

<i>Εικόνα 7.3 Τοποθεσία του οικισμού Πύργος σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....</i>	<i>103</i>
<i>Εικόνα 7.4 Τοποθεσία του οικισμού Κάτω Ποταμιά σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....</i>	<i>103</i>
<i>Εικόνα 7.5 Τοποθεσία του οικισμού Κάτω Ποταμιά σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....</i>	<i>104</i>
<i>Εικόνα 7.6 Τοποθεσία του οικισμού Τσίβλος και της Λίμνης Τσιβλού σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....</i>	<i>104</i>
<i>Εικόνα 7.7 Το υφιστάμενο οδικό δίκτυο της περιοχής σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας.....</i>	<i>105</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Κατάταξη των κυριότερων φυσικών καταστροφών βάσει του αριθμού θυμάτων όπως σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006).....	4
Πίνακας 2.2: Ταξινόμηση μετακίνησης πρηνών κατά Varnes (1978).	11
Πίνακας 2.3. Ταξινόμηση ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων βάσει του συστήματος Cruden και Varnes (1996).	19
Πίνακας 2.4: Παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων κατά τη WP/WLI (Από Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).....	20
Πίνακας 3.1 Κυριότερες μορφολογικές παράμετροι για όλες τις λεκάνες στην περιοχή του Ν.Αχαΐας (Νίκας, 2004).....	27
Πίνακας 3.2 Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής του Ν.Αχαΐας με βάση την μέθοδο Horton,1932 (Νίκας, 2004).....	43
Πίνακας 4.1. Στοιχεία κατολισθητικών φαινομένων στον Ν. Αχαΐας (Τσαγκάς, 2011)	54
Πίνακας 6.1 Κλίμακα συγκρίσεων, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).	78
Πίνακας 6.2: Τιμές τυχαίου δείκτη συνέπειας RI, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).....	79
Πίνακας 6.3: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Προσανατολισμός πρηνών.	79
Πίνακας 6.4: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μορφολογική κλίση.	80
Πίνακας 6.5: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από τα τεκτονικά όρια.	80
Πίνακας 6.6: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο.	80
Πίνακας 6.7: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο.	82
Πίνακας 6.8: Συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών στο υπό εξέταση πρόβλημα.	82
Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης AHP στην περιοχή μελέτης.	83
Πίνακας 6.10: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρηνών στην περιοχή μελέτης.....	87
Πίνακας 6.11: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση στην περιοχή μελέτης.	88

Πίνακας 6.12: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης..... 89

Πίνακας 6.13: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης..... 91

Πίνακας 6.14: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης..... 93

Πίνακας 6.15: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης..... 94

Πίνακας 6.16: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης..... 96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1. Ονοματολογία σε μια σύνθετη μετακίνηση (IAEG, Commission on Landslides, 1990).....	8
Σχήμα 2.2: Τύποι μετακίνησης πρηνών κατά Varnes, 1978 (Highland, 2004).	10
Σχήμα 2.3. Ολισθήσεις περιστροφικές και μεταθετικές (Τσαγγαράτος, 2012).	14
Σχήμα 2.4: Πτώσεις και ανατροπές (Τσαγγαράτος, 2012).	15
Σχήμα 2.5: Πλευρικές εκτάσεις (Τσαγγαράτος, 2012).	16
Σχήμα 2.6: Διάγραμμα μεταβολής του συντελεστή ασφαλείας κατά το χρόνο (Popescu, 1994).....	22
Σχήμα 3.1 Μέσες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες του Ν. Αχαΐας (Τσάντζαλος, 2013).....	45
Σχήμα 3.2 Μέση ετήσια θερμοκρασία του Ν. Αχαΐας (Τσάντζαλος, 2013).....	45
Σχήμα 3.3 Θερμοκρασία αέρα που κατγράφηκε από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Αιγίου, Καλαβρύτων και Πάτρας (Ε.Μ.Υ. 1978)	46
Σχήμα 3.4 Μηνιαία επί τοις εκατό κατανομή βροχοπτώσεων από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αιγίου.....	47
Σχήμα 3.5 Διάγραμμα κατανομής μέσης ποσότητας βροχοπτώσεων ανά σταθμό (Τσάνγκας, 2011).....	48
Σχήμα 3.6 Διάγραμμα μέσης ποσότητας βροχοπτώσεων ανά έτος (Τσάνγκας, 2011)	49
Σχήμα 5.1 Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρηνών.....	67
Σχήμα 5.2 Θεματικός Χάρτης Μορφολογικής Κλίσης.....	68
Σχήμα 5.3 Θεματικός Χάρτης Γεωλογικών Ενοτήτων	70
Σχήμα 5.4 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από τα Τεκτονικά Όρια.....	71
Σχήμα 5.5 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από το Υδρογραφικό Δίκτυο	73
Σχήμα 5.6 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από το Οδικό Δίκτυο	74
Σχήμα 5.7 Θεματικός Χάρτης Απογραφής Κατολιθήσεων καθώς και των Τοπικών Οικισμών	75
Σχήμα 6.1 Ιεραρχική Ανάλυση Απόφασης (Τσαγγαράτος, 2012).....	77
Σχήμα 6.2 Αποτελέσματα Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Τεχνικογεωλογικές Ενότητες	81

Σχήμα 6.3 Χάρτης της Κατολιθητικής Επιδεκτικότητας στην Λεκάνη Απορροής του Κράθη Ποταμού	84
Σχήμα 6.4: Αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης ΑΗΡ με χρήση των καμπυλών ROC.	86
Σχήμα 6.5 Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρανών	87
Σχήμα 6.6: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση.	88
Σχήμα 6.7: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.	90
Σχήμα 6.8: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά γεωλογικό σχηματισμό....	92
Σχήμα 6.9: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά ενοποιημένο γεωλογικό σχηματισμό.....	93
Σχήμα 6.10: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από τα τεκτονικά όρια.....	95
Σχήμα 6.11 Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το οδικό δίκτυο.....	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Στην παρούσα Μ.Δ.Ε. μελετήθηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν σε τμήμα του Νομού Αχαΐας. Η περιοχή μελέτης που ορίστηκε είναι η λεκάνη απορροής του ποταμού Κράθη. Διοικητικά, η ευρύτερη περιοχή μελέτης υπάγεται στον Δήμο Αιγιαλείας.

Μελετώνται οι οικισμοί που έχουν υποστεί και πληγεί από έντονες κατολισθήσεις καθώς και παρουσιάζουν κίνδυνο εμφάνισης μελλοντικών κατολισθητικών αστοχιών. Σημειώνεται πως, στην παρούσα Μ.Δ.Ε. οι αναγνωρισμένες μετακινήσεις πρανών κατηγοριοποιήθηκαν βάσει της ταξινόμησης του Varnes (1978).

Για την κατανόηση των φαινομένων αστάθειας, μελετήθηκαν σχετικές γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες της περιοχής ερευνάς. Επίσης μελετήθηκε σε βάθος και η γεωλογική δομή της περιοχής, η γεωτεκτονική εξέλιξη η σεισμικότητα και οι υδρογεωλογικές και κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Ως κύριες αιτίες εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων καταγράφηκαν (Πυργιώτης & Σπανού, 2015):

- Η λιθολογική σύσταση και υφή των σχηματισμών.
- Η διαφορική αντίσταση στη διάβρωση που επιδεικνύουν η ψαμμιτική και ιλυολιθική φάση
- Η διαβρωτική δράση του νερού στα πρανή
- Ανθρώπινες δραστηριότητες (υποσκαφή στον πόδα πρανούς, ελλιπής συντήρηση τεχνικών, αμέλεια διευθέτησης επιφανειακών απορροών επί του οδικού δικτύου κ.α.)

Έγινε η εκτίμηση και αξιολόγηση της Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας των οικισμών εντός του Δήμου Αιγιαλείας και κατασκευάστηκε ο Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας βασιζόμενος στην εμπειρία των ειδικών, τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και τις πληροφορίες για τις θέσεις των κατολισθήσεων που λήφθηκαν από την επιτόπια έρευνα.

Η χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας αποτελεί μια ειδική περίπτωση θεματικής τεχνικογεωλογικής χαρτογράφησης, όπου παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των θέσεων που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές επιδεκτικότητας, διαδικασία γνωστή ως ζωνοποίηση (Τσαγγαράτος, 2012).

Για την εκπόνηση του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας αρχικά δημιουργήθηκε βάση δεδομένων και στη συνέχεια χάρτης με τις καταγεγραμμένες κατολισθήσεις στην περιοχή έρευνας. Στοιχεία για τις θέσεις και το είδος των καταγεγραμμένων αστοχιών λήφθηκαν από Διδακτορική Διατριβή του Δ. Τσαγκά (2011), τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και από επισκόπηση δορυφορικών εικόνων, σε περιβάλλον Google Earth. Βάσει της διαθέσιμης βιβλιογραφίας, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι παράγοντες που συμβάλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν κατάλληλα Θεματικά επίπεδα πληροφοριών (ΘΕΠ) σε περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) για την πραγματοποίηση χωρικών αναλύσεων. Για τον υπολογισμό της Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP), που είναι ημιποσοτική μέθοδος η οποία λαμβάνει υπόψη την γνώση των ειδικών στη λήψη αποφάσεων. Με βάση αυτήν κατασκευάστηκε Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας της περιοχής μελέτης. Δημιουργήθηκαν 5 ζώνες κατολισθητικής επιδεκτικότητας: Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ υψηλή.

Το παραγόμενο μοντέλο αξιολογήθηκε με την βοήθεια των καμπυλών ROC. Επίσης υπολογίστηκε η συχνότητα και η σχετική συχνότητα των κατολισθήσεων για τον κάθε παράγοντα που λήφθηκε υπόψη στην κατασκευή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Ορισμένοι από τους παράγοντες αυτούς είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής έρευνας, η μορφολογική κλίση της περιοχής μελέτης και η απόσταση της εξεταζόμενης θέσης κατολίσθησης από το υδρογραφικό δίκτυο και τα τεκτονικά όρια της περιοχής έρευνας.

Ο παραγόμενος χάρτης αποτελεί μια αρχή και βάση για την εκτίμηση της διακινδύνευσης κατολίσθησης στην εξεταζόμενη περιοχή. Μέσω του παραπάνω χάρτη μπορεί να εξεταστεί η βιωσιμότητα των οικισμών, να προκύψει ανασχεδιασμός των οικισμών όπου αυτό απαιτείται για την ελαχιστοποίηση των οικονομικών ζημιών και το σημαντικότερο την αποφυγή απωλειών ανθρώπινων ζωών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

2.1 Κατολισθητικά φαινόμενα

Οι κατολισθήσεις είναι φυσικά φαινόμενα εκδήλωσης μετακίνησης της εδαφικής ή της βραχώδους μάζας που εμφανίζονται σε φυσικά ή τεχνητά πρηνή. Μαζί με άλλα φυσικά φαινόμενα όπως είναι σεισμοί, εκρήξεις ηφαιστείων, πυρκαγιές και πλημμύρες αποτελούν τις σπουδαιότερες φυσικές καταστροφές, οι οποίες εκτός από σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις προκαλούν απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Το φαινόμενο των κατολισθήσεων είναι ραγδαία αυξανόμενο και μάλιστα θα μπορούσε κανείς να πει σε ετήσια βάση. Σύμφωνα με τις τελευταίες έρευνες οι περισσότερες κατολισθήσεις οφείλονται σε ανθρώπινες επεμβάσεις. Στα διάφορα αναπτυξιακά έργα, είναι κατασκευή των δρόμων, οικιστική ανάπτυξη κτλ, για την κατασκευή των οποίων ο άνθρωπος προβαίνει σε εκσκαφές, επιχωματώσεις κτλ προκαλείται αλλοίωση στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Ακόμη οι μεταλλευτικές και λατομικές εργασίες και παρεμβάσεις που συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον λόγω αυτών των δραστηριοτήτων, είναι συχνό φαινόμενο οι κατολισθήσεις σε μπάζα λατομίων ή μεταλλείων και σε τεχνητά πρηνή. Οι ενέργειες αυτές έχουν σαν συχνό αποτέλεσμα κατοικημένες περιοχές να τίθενται σε κίνδυνο και ο πληθυσμός που κινδυνεύει να αυξάνεται ραγδαία. Παρακάτω παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας πίνακας (πίνακας 2.1.1) με το σύνολο των θανάτων που συμβαίνουν λόγω φυσικών καταστροφών και επίσης και των κατολισθήσεων.

Πίνακας 2.1. Κατάταξη των κυριότερων φυσικών καταστροφών βάσει του αριθμού θυμάτων όπως σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006)

Rank	Disaster type	All Deaths	Deaths 1992–2001 ^a
1	Drought	563,701	277,574
2	Storms	251,384	60,447
3	Floods	170,010	96,507
4	Earthquakes	158,551	77,756
5	Volcanoes	25,050	259
6	Extreme temperature	19,249	10,130
7	Landslides	18,200	9,461
8	Wave/surge	3,068	2,708
9	Wild fires	1,046	574
Total		1,211,159	535,416

^a2002 IFRC World Disaster Report (<http://www.cred.be/emdat/intro.htm>)

Θα μπορούσε κανείς να παρατηρήσει ότι οι θάνατοι λόγω κατολισθήσεων δεν είναι πολλοί σε σχέση με άλλες καταστροφές ωστόσο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι περισσότεροι αποδίδονται σε άλλες φυσικές καταστροφές οι οποίες όμως πολλές φορές προκαλούνται από τις ίδιες τις κατολισθήσεις. Για παράδειγμα πολλές κατολισθήσεις προκαλούνται σε πρανή που βρίσκονται σε οριακή κατάσταση εξαιτίας των σεισμών. Οι κατολισθήσεις που συνοδεύουν έναν ισχυρό σεισμό προκαλούν συχνά πολύ έντονες καταστροφές. Στην Ιαπωνία, μια έντονα σεισμογενή χώρα, το μεγαλύτερο ποσοστό θανάτων από μεγάλους σεισμούς οφείλονται σε κατολισθήσεις.

Είναι σημαντικό λοιπόν να αναγνωριστεί ο κίνδυνος και η σημασία των κατολισθήσεων και πριν μειωθούν οι εκτιμώμενες ζημιές από μελλοντικά κατολισθητικά φαινόμενα, θα πρέπει πρώτα να αναγνωριστεί και να αξιολογηθεί ο κίνδυνος.

Για την εκτίμηση κινδύνου και περιοχών όπου είναι πιθανό να εμφανιστούν κατολισθήσεις είτε υπάρχουν ήδη ιδιαίτερα χρήσιμοι είναι χάρτες που παρέχουν πληροφορίες κατολισθητικού κινδύνου ή διακινδύνευσης σε μία περιοχή μελέτης. αποτελεί ένα πρακτικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο για την αναγνώριση περιοχών στην οποίες υπάρχουν κατολισθήσεις ή μπορεί να συμβούν στο μέλλον (Saunders & Glassey, 2007).

Αν και ένας μικρός αριθμός αστικής ανάπτυξης εντοπίζεται σε περιοχές αστάθειας και κατολισθήσεων, ο αριθμός των ατόμων που επηρεάζεται μπορεί να αυξηθεί όταν παρατηρείται ανάπτυξη αστικού ιστού σε περιοχές λιγότερο σταθερές με πιο απότομες μορφολογικά κλίσεις (ειδικά στις παρυφές της αστικής ανάπτυξης). Είναι σημαντικό σε τέτοιες περιοχές με μεγάλο κίνδυνο - διακινδύνευση κατολισθήσεων, ο κίνδυνος να αναγνωρίζεται σε αρχικά στάδια σχεδιασμού. Τέτοιες περιοχές θα πρέπει να μην

αναπτύσσονται (όπου είναι εφικτό) ή να αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε η διακινδύνευση να είναι σε αποδεκτό επίπεδο. Ο κίνδυνος κατολισθητικότητας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο και η αξιολόγηση της αστάθειας της περιοχής δόμησης να είναι μέρος του οικονομικού προϋπολογισμού. Πρέπει επίσης ο κατολισθητικός κίνδυνος και η διακινδύνευση να προσδιορίζονται σε περιοχές που έχουν ήδη αναπτυχθεί (Saunders & Glassey 2007).

2.2 Ορισμός

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί σχετικά με τον προσδιορισμό της έννοιας της κατολίσθησης (Landslide) στη διεθνή βιβλιογραφία (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί από αυτούς, ο ένας είναι του Schuster το 1978, ο οποίος όρισε τον όρο κατολίσθηση ως την ομάδα εκείνη των μετακινήσεων πρηνών όπου λαμβάνει χώρα διατμητική θραύση κατά μήκος μιας καθορισμένης επιφάνειας ή κατά μήκος πολλών επιφανειών, ο Cruden (1991), ως Πρόεδρος της Ομάδας Εργασίας της UNESCO για τη διεθνή καταγραφή των κατολισθήσεων (WP/WLI) όρισε την κατολίσθηση ως την κίνηση της μιας μάζας βράχου, εδάφους ή κορημάτων προς τα κατόντη ενός πρηνούς. Τέλος ο καθ. Παύλος Μαρίνος όρισε την κατολίσθηση ως κάθε αλλαγή της επιφάνειας μια κλιτύς, μεγάλης ή μικρής, η οποία συνοδεύεται ταυτόχρονα από την μετακίνηση υλικού, ρήξη ή όχι της συνέχειας της, αργή ή γρήγορη, η οποία προκαλείται από δυνάμεις βαρύτητας και μπορεί να οφείλεται σε φυσικά ή τεχνητά αίτια.

Πρακτικά λοιπόν με τον όρο κατολίσθηση περιγράφεται η φυσική εξέλιξη ή αντίδραση των γεωλογικών σχηματισμών προκειμένου να ανακτήσουν την ισορροπία που έχασαν είτε λόγω του φυσιολογικού κύκλου εξέλιξης ενός γεωλογικού ή λιθολογικού συστήματος στη φύση, είτε λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης. Στην πρώτη περίπτωση η κατεύθυνση του φαινομένου είναι προκαθορισμένη και η εκδήλωσή του είναι συνήθως αργή, ενώ στην δεύτερη περίπτωση ο χρόνος εκδήλωσης επισπεύδεται, με χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από τον τρόπο και την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας (Ελευθερίου & Στουρνάρας, 1993).

2.3 Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις των κατολισθητικών φαινομένων

Στον ελληνικό χώρο οι κατολισθήσεις είναι ένα από τα φαινόμενα που επιφέρουν τις μεγαλύτερες καταστροφές. Οι επιπτώσεις τους έχουν συχνά κοινωνικό αντίκτυπο, επηρεάζοντας την βιωσιμότητα πολλών οικισμών, προβλήματα στις θεμελιώσεις τεχνικών έργων και οικιών, η απομόνωση ολόκληρων οικισμών λόγω της καταστροφής του οδικού δικτύου που εξυπηρετεί και συνδέει αυτά με την υπόλοιπη χώρα. Η κοινωνική πλευρά του προβλήματος είναι επίσης σημαντική.

Οι επιπτώσεις των κατολισθήσεων ανάλογα με τις επιπτώσεις τους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες (Τσαγκάς, 2011):

- Επιπτώσεις στο γεωλογικό περιβάλλον, καθώς προκαλούν έντονες μεταβολές στο ανάγλυφο της περιοχής με αποτέλεσμα πολλές φορές να διαταράσσονται οι δασικές περιοχές, οι αγροτικές καλλιέργειες, ζημιές στα τεχνικά έργα, όπως είναι οι δρόμοι κτλ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι κάτοικοι των οικισμών να πρέπει να μεταφερθούν σε περιοχές χαμηλότερου κινδύνου με ότι δυσκολίες και προβλήματα αυτό συνεπάγεται.
- Στην επιφάνεια έρχονται και έμμεσες συνέπειες του φαινομένου αυτού, όπως είναι η επιπλέον φορολογία και ανάγκη για μεγαλύτερες δημόσιες δαπάνες που πρέπει να καταβληθούν προκειμένου να καλυφθούν τα έξοδα των πρώτων βοηθειών και της ανακατασκευής των πληγμένων περιοχών.
- Αλλά και άμεσες όπως είναι τραυματισμοί και θάνατοι και οικονομικές ζημιές των πολιτών

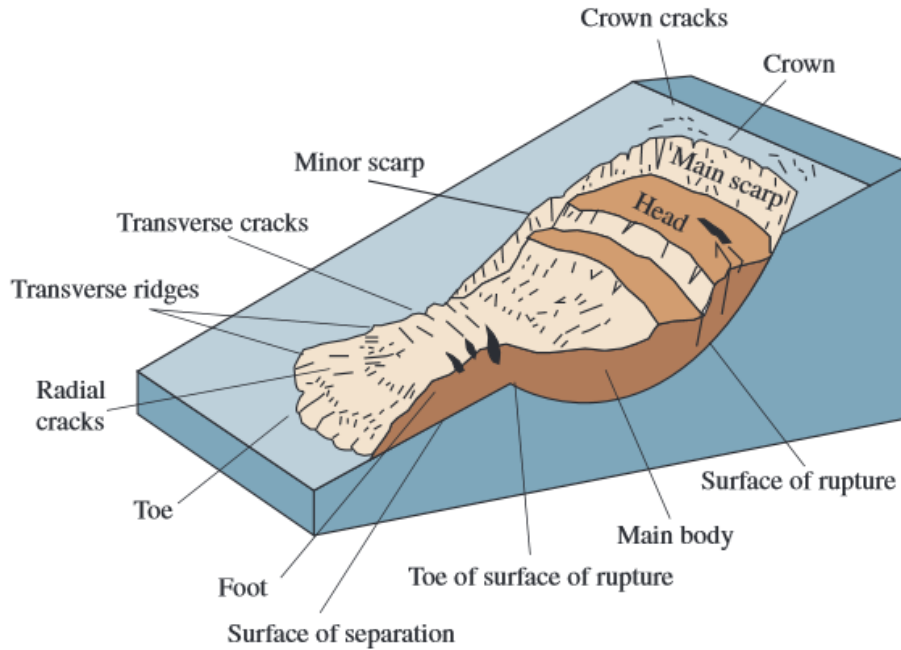
Συγκεκριμένα η οικονομική επιβάρυνση που μπορεί να προκαλέσει μια κατολίσθηση μπορεί να αφορά την ολική μεταφορά ενός οικισμού που μπορεί να κριθεί ακατάλληλος για στέγαση των κατοίκων, αποζημίωση του κράτους προς τις οικογένειες που έχουν πληγεί από τις κατολισθήσεις, αποζημίωση της καλλιεργήσιμης γης των αγροτών, κατασκευή εκ νέου τεχνικών έργων, δρόμων, αποχετευτικού συστήματος, δικτύου υδροδότησης. Θα περίμενε κανείς με την πρόοδο των τεχνικών έργων και της τεχνολογίας γενικότερα το φαινόμενο των κατολισθήσεων και οι επιπτώσεις τους στα τεχνικά έργα να έχουν περιοριστεί σημαντικά όμως κάτι τέτοιο στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα κατολίσθησης που προκάλεσε ζημιές σε τεχνικό έργο και έντονες οικονομικές επιπτώσεις είναι η αυτό της Μαλακάσας. Η κατολίσθηση συνέβει στο 36 χλμ της Εθνικής Οδού Αθηνών – Λαμίας και μάλιστα το τμήμα αυτό του οδικού δικτύου μόλις είχε ολοκληρωθεί. Αρχικά παρατηρήθηκαν μικρές μετακινήσεις οι οποίες έκαναν τις αρμόδιες αρχές να διακόψουν την κυκλοφορία του τραίνου για λόγους ασφαλείας με τελικό αποτέλεσμα να γίνει η κατολίσθηση καταστρέφοντας 80 μέτρα οδικού δικτύου και το τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής που διέρχεται από το σημείο. Το αποτέλεσμα ήταν να διακοπεί η κυκλοφορία τόσο στο οδικό δίκτυο όσο και στο σιδηροδρομικό, αλλά και πολλές βλάβες στο δίκτυο τηλεπικοινωνιών και ύδρευσης.

Αν αναλογιστεί κανείς τις συνέπειες πιο συγκεκριμένα, η κατολίσθηση αυτή προκάλεσε την διακοπή της επικοινωνίας του βόρειου τμήματος της χώρας με το νότιο, προκαλώντας έντονες οικονομικές επιπτώσεις λόγω της μείωσης της μεταφοράς ανθρώπων και αγαθών, μόνο τα έσοδα από τον ΟΣΕ μειώθηκαν κατά 0,5 δις δραχμές ήδη από τον πρώτο μήνα. Επίσης αν γίνει ο απολογισμός του συνολικού οικονομικό κόστους που αφορά το τεχνικό έργο, το ποσό είναι τεράστιο, αφού η κατασκευή του οδικού δικτύου ανά χιλιόμετρο ανήλθε στο 1,5 δις δραχμές στο τμήμα της Εθνικής Οδού που μόλις είχε κατασκευαστεί, ενώ το ποσό το οποίο ξοδεύτηκε για την ανακατασκευή και την αποκατάσταση των ζημιών ήταν επίσης πάρα πολύ μεγάλο.

2.4 Διατομή κατολισθήσεων – Ονοματολογία

Κατά την εκδήλωση μια κατολίσθησης συνήθως παρουσιάζονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Παρακάτω παρουσιάζεται μια τυπική περιστροφική κατολίσθηση (**Error! Reference source not found.**) και ακολουθούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αυτής (Varnes 1978, IAEG 1990 απο Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Τα παρακάτω μπορεί κανείς να τα δει με ευκολία τόσο στο πεδίο όσο και από αεροφωτογραφίες.



Σχήμα 2.1. Ονοματολογία σε μια σύνθετη μετακίνηση (IAEG, Commission on Landslides, 1990).

Στέψη (crown), ή κορυφή : Είναι το τμήμα, το οποίο ουσιαστικά παραμένει στη θέση του, χωρίς πρακτικά να έχει μετακινηθεί και το οποίο γειτονεύει με την κύρια κατακρήμνηση.

Κύρια κατάπτωση (main scarp), ή κύριο μέτωπο : Είναι η απότομη επιφάνεια του αδιατάρακτου εδάφους στην περιφέρεια της κατολίσθησης, η οποία δημιουργείται από την ολισθαίνουσα μάζα. Η προέκταση της επιφάνειας της κύριας κατάπτωσης κάτω από το υλικό που μετατοπίστηκε, αποτελεί την επιφάνεια ολίσθησης.

Δευτερεύουσα κατάπτωση (minor scarp), ή μικρότερα μέτωπα : Είναι οι μικρότερες επιμέρους απότομες επιφάνειες του υλικού που μετατοπίστηκε, οι οποίες προέκυψαν από διάφορες κινήσεις μέσα στη μάζα που ολισθαίνει

Κεφαλή (head): Είναι τα ανώτερα τμήματα των υλικών που κατολίσθησαν και εντοπίζονται κατά μήκος της επαφής των διαταραγμένων υλικών και του κύριου μετώπου της κατολίσθησης. Συχνά είναι δυνατόν να διακριθεί και η κορυφή της κεφαλής, που είναι το υψηλότερο σημείο μεταξύ των διαταραγμένων υλικών και της κύριας ούλης.

Κύριο σώμα (main body) : Είναι το τμήμα του υλικού που έχει κατολισθάνει και βρίσκεται μεταξύ του κύριου μετώπου της κατολίσθησης και του δαχτύλου της επιφάνειας θραύσης και ουσιαστικά υπέρκειται της επιφάνειας θραύσης.

Πλευρές: Ως αριστερή ή δεξιά πλευρά ορίζεται η πλευρά που βρίσκεται στα αριστερά ή δεξιά αντίστοιχα ενός παρατηρητή, όταν αυτός βρίσκεται στην κεφαλή της κατολίσθησης

Επιφάνεια ολίσθησης (surface of rupture) : Είναι η επιφάνεια κατά την οποία αποχωρίζονται τα υλικά που κατολισθαίνουν από το σταθερό υπόβαθρο.

Δάχτυλο (toe of surface of rupture) : Είναι το κατώτερο τμήμα της κατολίσθησης θαμμένο ανάμεσα στο κατώτερο μέρος της επιφάνειας θραύσης και στην αρχική επιφάνεια του εδάφους.

Πόδι (foot) : Είναι το τμήμα της κατολίσθησης που βρίσκεται πάνω από το δάχτυλο της επιφάνειας θραύσης.

Δάχτυλο (toe) : Είναι το τμήμα αυτό της κατολίσθησης που βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από την κύρια κατάπτωση της κατολίσθησης και συνίσταται από περιθώριο των υλικών που κατολίσθησαν.

2.5 Ταξινόμηση των κατολισθήσεων

Μέχρι και σήμερα έχουν προταθεί διάφορες ταξινομήσεις των κατολισθήσεων που βασίζονται σε διάφορα κριτήρια, με αποτέλεσμα τα συστήματα ταξινόμησης να διαφοροποιούνται. Τα κύρια συστήματα ταξινόμησης είναι:

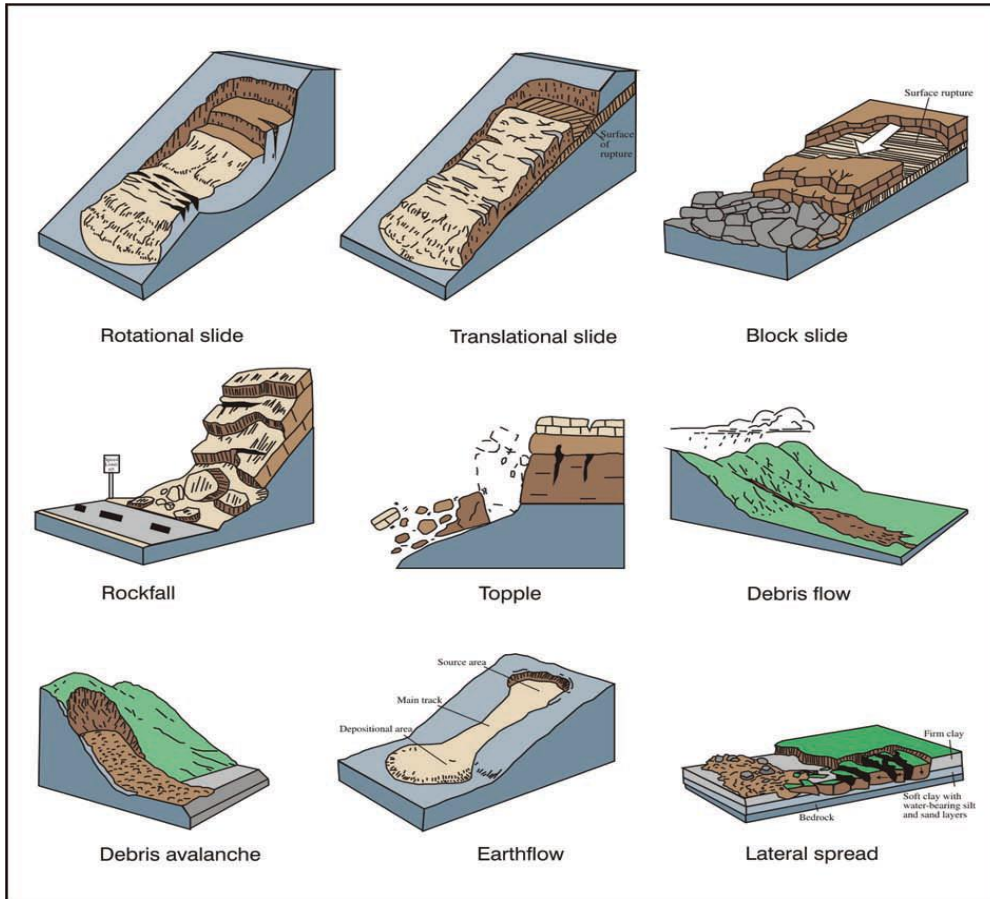
- Ταξινόμηση κατά Heim
- Ταξινόμηση κατά Bay
- Ταξινόμηση κατά Penta
- Ταξινόμηση κατά Desio
- Ταξινόμηση κατά Zabura – Menci
- Ταξινόμηση κατά Hoek – Bray
- Ταξινόμηση κατά Varnes.

Ένα από τα πιο αναγνωρισμένα σε διεθνές επίπεδο σύστημα ταξινόμησης είναι αυτό του Varnes (1978) και Varnes & Cruden (1996)(**Error! Reference source not found. & Error! Reference source not found.**).

Στην ταξινόμηση αυτή για πρώτη φορά, συμπεριλαμβάνονται όλες οι κινήσεις που μπορεί να παρατηρηθούν σε πρηνή εκτός από τις καθιζήσεις. Συγκεκριμένα στην ταξινόμηση αυτή λαμβάνεται υπόψη η έννοια του ερπυσμού, που χαρακτηρίζει και περιγράφει αργές και

συνεχείς παραμορφώσεις και των ροών, για να περιγράψει την κίνηση μη συνεκτικών υλικών.

Η ταξινόμηση που προτείνει ο Varnes στηρίζεται σε δυο (2) κύρια κριτήρια, τον τύπο της κίνησης και τον τύπο της μάζας που κινείται.



Σχήμα 2.2: Τύποι μετακίνησης πρανών κατά Varnes, 1978 (Highland, 2004).

Ανάλογα με το είδος της κίνησης, οι κατολισθήσεις διαχωρίζονται σε πέντε κατηγορίες, συγκεκριμένα σε πτώσεις, ανατροπές, ολισθήσεις, εξαπλώσεις και ροές. Επίσης ανάλογα με το υλικό το οποίο ολισθαίνει, διακρίνονται κινήσεις οι οποίες εκδηλώνονται στο βραχώδες υπόβαθρο ή στους εδαφικούς σχηματισμούς που διακρίνονται σε κορήματα και σε γαίες. Γαίες είναι τα εδαφικά υλικά τα οποία με βάση τη μηχανική τους ταξινόμηση, το ποσοστό των κόκκων μικρότερων των 2mm ξεπερνάει το 80% (κλάσμα άμμου, ιλύος και αργίλου). Κορήματα είναι τα εδαφικά υλικά που περιέχουν υλικά με μέγεθος κόκκου μεγαλύτερο των 2mm σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% (χαλίκι, κροκάλες λατύπες, ογκόλιθοι), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό τους είναι μικρότερο των 2mm.

Ο συνδυασμός του τύπου μετακίνησης και του γεωυλικού που μετακινείται δίδει μια βασική περιγραφή της κατολίσθησης, πχ. καταπτώσεις βράχων, ροή γαιών κλπ.

Περιπτώσεις αναγνώρισης συνδυασμού κατολισθητικών κινήσεων κατατάσσονται στην ομάδα των **σύνθετων κατολισθήσεων**.

Πολλές φορές στην ταξινόμηση των κατολισθήσεων λαμβάνεται υπόψιν και το ποσοστό της υγρασίας που περιέχεται στο μετακινούμενο υλικό. Με βάση αυτό το κριτήριο είναι δυνατό να γίνει ο εξής διαχωρισμός:

- Ξηρά, όταν δεν παρατηρείται κάποιο ποσοστό υγρασίας
- Διαβρεγμένα, όταν περιέχουν κάποιο ποσοστό υγρασίας αλλά στη μάζα τους δεν υπάρχει ελεύθερη ροή νερού
- Υγρά, όταν περιέχουν υψηλό ποσοστό υγρασίας, το νερό ρέει μέσα από τη μάζα τους και συμπεριφέρονται μερικώς ως υδαρά, ή ακόμα όταν περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού, ώστε να έχουν συμπεριφορά ρευστού.

Πίνακας 2.2: Ταξινόμηση μετακίνησης πρανών κατά Varnes (1978).

Τύπος κίνησης		Τύπος μετακινούμενου υλικού		
		Βραχώδεις Υπόβαθρο	Μηχανικά εδάφη	
			Χονδρόκοκκα	Λεπτόκοκκα
Κατάπτωση		Κατάπτωση βράχων	Κατάπτωση κορημάτων	Κατάπτωση γαιών
Ανατροπή		Ανατροπή βράχων	Ανατροπή κορημάτων	Ανατροπή γαιών
Ολίσθηση	Περιστροφική	Περιστροφική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Περιστροφική ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική ολίσθηση γαιών
	Μεταθετική	Μεταθετική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Μεταθετική ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική ολίσθηση γαιών
Πλευρική Εξάπλωση		Πλευρική εξάπλωση βραχώδους υποβάθρου	Πλευρική εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική εξάπλωση γαιών
Ροή		Ροή βραχώδους υποβάθρου (ερπυσμός)	Ροή κορημάτων	Ροή γαιών
			(ερπυσμός εδάφους)	
Σύνθετη		Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων		

Ένας άλλος παράγοντας που υπολογίζεται στην ταξινόμηση των κατολισθήσεων είναι το στάδιο δράσης με βάση το οποίο οι κατολισθήσεις χαρακτηρίζονται ως ενεργές, επανενεργοποιημένες, αδρανείς, ανενεργές, αρχαίες ή απολιθωμένες.

2.6 Κατηγορίες κατολισθήσεων - Αναλυτικά

Οι κατολισθήσεις κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την συνιστώσα της κίνησης του κέντρου βάρους της μάζας που μετακινείται, η οποία είναι συνήθως κατακόρυφη ή οριζόντια. Με βάση την κίνηση αυτή λοιπόν, μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός της καθίζησης που ουσιαστικά είναι η κατακόρυφη μετακίνηση του υλικού και της τυπικής κατολίσθησης που είναι οριζόντια μετακίνηση.

Πολλές φορές είναι δύσκολη η διάκριση της συνιστώσας της κίνησης του μετακινούμενου υλικού καθώς και υπάρχουν περιπτώσεις που αυτές οι κινήσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση που παρατηρούνται και οι δύο συνιστώσες κίνησης, το φαινόμενο καλείται κατολίσθηση με την “ευρεία έννοια”, ενώ όταν σημειώνεται μόνο κατακόρυφη προς τα κάτω κίνηση, το φαινόμενο καλείται καθίζηση ή κατάρρευση (Λέκκας, 1996).

1. Καθίζηση- Κατάρρευση

Καθίζηση ορίζεται η μικρού βάθους καθοδική κίνηση του εδάφους που λαμβάνει χώρα με αργούς ρυθμούς σε χρονικό ορίζοντα εβδομάδων ή ετών, ενώ όταν το βάθος εκδήλωσης φθάνει τα 15m - 20m καλείται κατάρρευση (Λέκκας, 1996).

Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται έντονα σε περιπτώσεις υπεράντλησης υγρών και στερεών υλικών από το υπέδαφος λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων και βιομηχανικών αναγκών ή λόγω φυσικών αιτιών όπως είναι εσωτερική διάβρωση.

2. Τυπική Κατολίσθηση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι τυπικές κατολισθήσεις προκαλούνται από την οριζόντια μετακίνηση του υλικού, το οποίο μετακινείται κατά μήκος μιας επιφάνειας, προκαλώντας ουσιαστικά παραμόρφωση στο υλικό το οποίο μετακινείται. Κατά την διάρκεια αυτής της κίνησης δημιουργούνται ασταθείς ζώνες που έχουν συγκεκριμένα γεωμετρικά όρια.

Οι τυπικές κατολισθήσεις εκδηλώνονται σε βραχώδεις και εδαφικούς σχηματισμούς και ανάλογα με την επιφάνεια ολίσθησης διακρίνονται σε επίπεδες κατολισθήσεις,

περιστροφικές, μικτές κατολισθήσεις, ολίσθηση βραχωδών σχηματισμών, ερπυσμό, ροή εδάφους και ρεύματα εδάφους.

Παρακάτω παρουσιάζεται πιο αναλυτικά ο κάθε τύπος κατολίσθησης.

Ολισθήσεις

Στις ολισθήσεις, η μάζα που ολισθαίνει οριοθετείται από τους υποκείμενους σταθερούς εδαφικούς ορίζοντες με επιφάνεια που έχει μορφή κουταλιού. Η επιφάνεια αυτή διαμορφώνεται κατά μήκος μίας ή περισσότερων επιφανειών αδυναμίας του υλικού. Η κίνηση αυτή μπορεί να συμβεί εφάπαξ ή να συμβεί προοδευτικά από μια επιφάνεια προς τα ανάντι, ενσωματώνοντας περισσότερες ζώνες αδυναμίας. Οι ολισθήσεις διακρίνονται σε:

-μεταθετικές ολισθήσεις

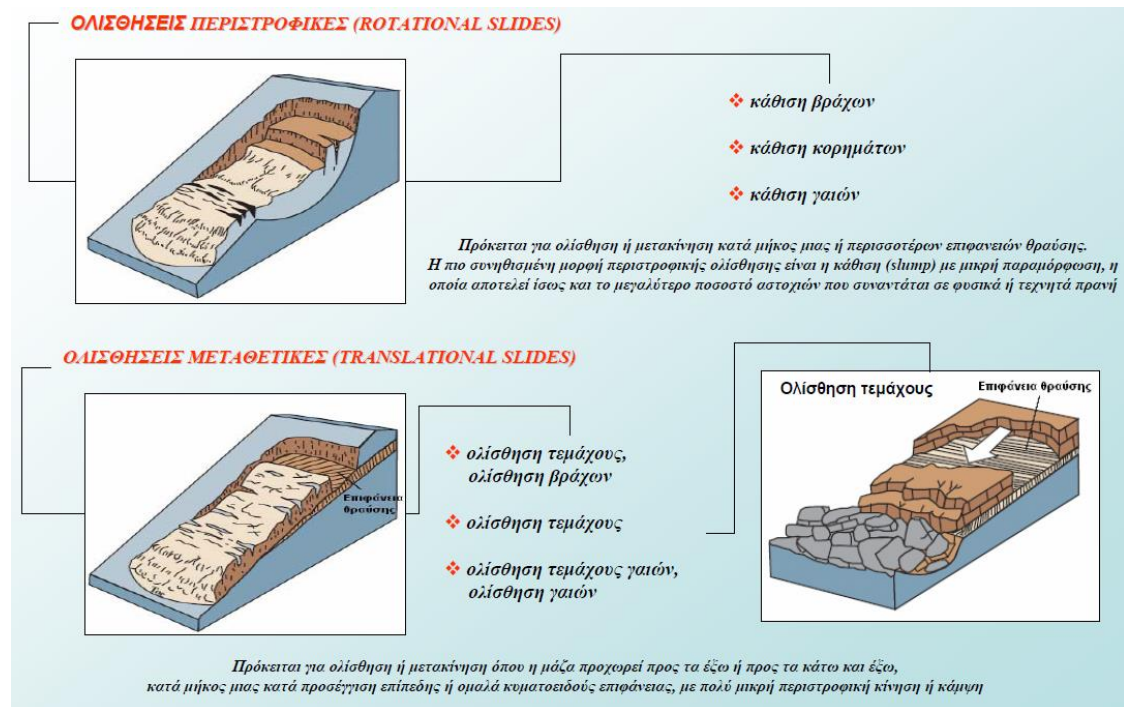
Είναι κατολισθήσεις αυτές στις οποίες η κατολιθαίνουσα μάζα μετακινείται σε μια επίπεδη επιφάνεια, παράλληλη προς την επιφάνεια του πρανούς.

Οι κατολισθήσεις αυτού του είδους προκαλούνται συνήθως από έντονες βροχοπτώσεις, σε ιζηματογενή πετρώματα και σε σχηματισμούς με αργιλικά, πετρώματα δηλαδή που παρουσιάζουν στρώσεις και οι οποίες είναι εύκολα διαβρώσιμες. Το χαρακτηριστικό των κατολισθήσεων αυτών είναι ότι έχουν μεγάλη διάσταση και μικρό βάθος, το οποίο εξαρτάται κυρίως από τον βαθμό της αποσάθρωσης και της ρωγμάτωσης του πετρώματος.

-Περιστροφικές ολισθήσεις

Πρόκειται για κατολισθήσεις με περιστροφή κατά μήκος επιφάνειας κυκλικής διατομής (Rotational Slides). Η επιφάνεια αυτή δεν προϋπάρχει, καθώς εμφανίζεται μετά την εκδήλωση του φαινομένου σε έντονα διερρηγμένους εδαφικούς ή βραχώδεις σχηματισμούς που περιέχουν συχνά αργιλικό υλικό (αργιλικό σχιστόλιθοι, μάργες, κ.λ.π) (Μαρίνος, 1991).

Διακρίνονται δύο υποκατηγορίες (Κούκης 1980), την βαθιά ολίσθηση στροφής (Deep – seated rotational slide) και την αβαθής ολίσθηση στροφής (Shallow rotational slide



Σχήμα 2.3. Ολισθήσεις περιστροφικές και μεταθετικές (Τσαγγαράτος, 2012).

Σύνθετες Κινήσεις

Οι σύνθετες κινήσεις περιλαμβάνουν συνδυασμό δύο ή περισσότερων κύριων τύπων κίνησης, δηλαδή ένας τύπος μπορεί να μετατραπεί τοπικά σε κάποιον άλλον τύπο ή και να συμβάλει στην δημιουργία κίνησης διαφορετικού τύπου (Ρόζος, 2007).



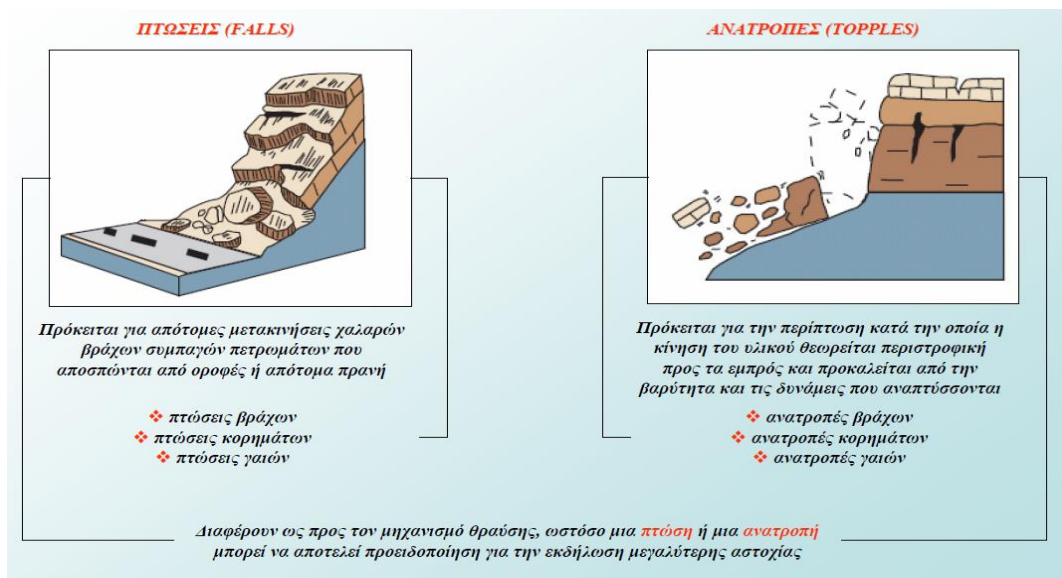
Εικόνα 2.1 Περιστροφική Ολίσθηση που μετεξελίχθηκε σε ροή μετακινούμενων υλικών (Ρόζος, 2007)

Καταπτώσεις

Είναι αστοχία η οποία παρατηρείται σε βραχώδεις σχηματισμούς όπου μια μάζα πετρώματος αλλά και συνεκτικού εδάφους, οποιουδήποτε μεγέθους αποσπάται από ένα απότομο εδαφικό ή βραχώδες πρηνές, χωρίς διατμητική μετατόπιση. Η πτώση γίνεται κυρίως ελεύθερα με αναπήδηση ή κύλιση στην επιφάνεια του πρηνούς, δηλαδή κατάπτωση. Η πτώση μπορεί να είναι πολύ έως εξαιρετικά γρήγορη, ενώ η ταχύτητα κύλισης εξαρτάται από την κλίση του πρηνούς. Οι κινήσεις αυτές επηρεάζονται έντονα από την δύναμη της βαρύτητας, την μηχανική αποσάθρωση και την παρουσία του νερού στους πόρους των πετρωμάτων (Ρόζος, 2007).

Ανατροπές

Στις ανατροπές η κίνηση είναι η προς τα έξω περιστροφή της αποσπώμενης μάζας από ένα βραχώδες κυρίως πρηνές, γύρω από έναν άξονα περιστροφής, που βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους του τεμάχου. Οφείλεται κυρίως στην βαρύτητα, καθώς και σε άλλους παράγοντες, όπως η επίδραση του νερού που γεμίζει τις ασυνέχειες της βραχώμαζας. Η ταχύτητα μετακίνησης μπορεί να είναι εξαιρετικά αργή στα αρχικά στάδια και εξαιρετικά γρήγορη στο τελικό στάδιο (Λιτσοσελίτη, 2012).

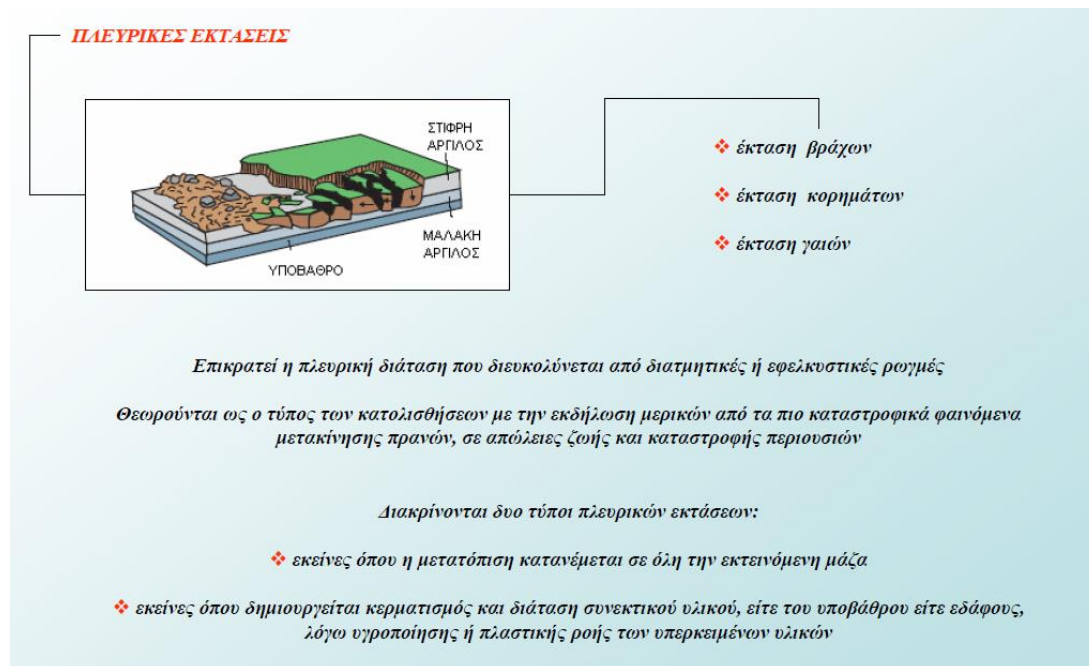


Σχήμα 2.4: Πτώσεις και ανατροπές (Τσαγγαράτος, 2012).

Πλευρική Εξάπλωση

Οι πλευρικές εξάπλωσεις είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε βραχώδεις σχηματισμούς, κορήματα και εδαφικά υλικά και συνοδεύονται από διατμητικές και

εφελκυστικές ρωγμές. Η κίνηση σε αυτή την κατηγορία των κατολισθήσεων μπορεί να είναι επέκταση μάζας που ολισθαίνει, χωρίς να μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια το επίπεδο ολίσθησης ή η ζώνη πλαστικής ροής. Όπως φαίνεται και παρακάτω οι πλευρικές εξαπλώσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτές που η μετατόπιση που κατανέμεται σε όλη την εκτεινόμενη μάζα και σε εκείνες όπου δημιουργείται κερματισμός και διάσπαση συνεκτικού υλικού, υποβάθρου ή εδάφους λόγω τη υγροποίησης ή πλαστικής ροής των υπερκείμενων υλικών.



Σχήμα 2.5: Πλευρικές εκτάσεις (Τσαγγαράτος, 2012).

Ερπυσμός

Ο ερπυσμός είναι μια πολύ αργή κίνηση του ανώτερου τμήματος του επιφανειακού εδαφικού μανδύα που αναγνωρίζεται μορφολογικά από κυματοειδείς μορφές στην επιφάνεια. Γίνεται αντιληπτός από την μικρή κλίση δέντρων ή στύλων, ενώ μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα και από μετακινημένα τμήματα, ανεξάρτητων τμημάτων του υποβάθρου (Στουρνάρας 1989).

Ο μηχανισμός λειτουργίας αναιρεί εν μέρει τον γενικό ορισμό όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεδομένου ότι θεωρείται μια φυσική εξέλιξη της κλιτύος που οφείλεται κυρίως σε διαμοριακές και όχι εξωτερικές τάσεις και υποβοηθάτε από την βαρύτητα (Π. Μαρίνος 1991).

Το φαινόμενο του ερπυσμού ενεργοποιεί τον επιφανειακό εδαφικό μανδύα σε βάθος που συνήθως δεν ξεπερνά τα 20 cm, όταν συμβαίνει σε μεγαλύτερο βάθος ακόμα και αν υπάρχει μετακίνηση θεωρείται πρακτικά ασήμαντη (Γ. Στουρνάρας 1989). Αντίθετα, στις εφαρμογές της Τεχνικής Γεωλογίας ο όρος ερπυσμός αποδίδεται και σε αργές κινήσεις του επιφανειακού καλύμματος έως και το βάθος των 2m-3m (βαθύς ή συνεχής ερπυσμός). Στις περιπτώσεις αυτές ο παράγοντας της βαρύτητας δεν είναι απλά βοηθητικός, αλλά είναι το βασικό αίτιο της κίνησης (Π. Μαρίνος 1991).

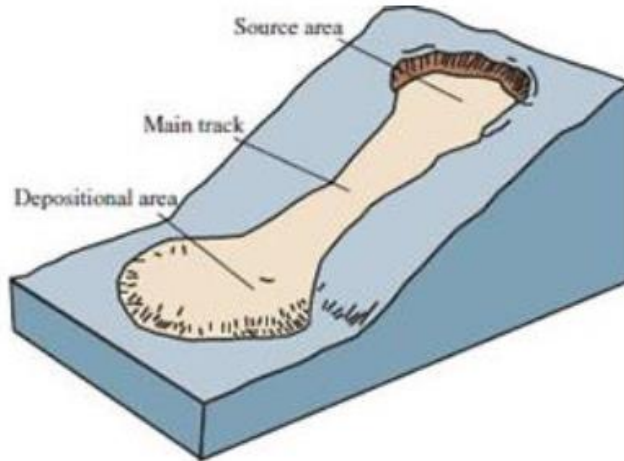


Εικόνα 2.2 Ερπυσμός που αποτυπώνεται στον λυγισμό των κορμών των δέντρων (Ρόζος, 2007)

Ροή Εδάφους

Εδαφική ροή ουσιαστικά είναι μετακίνησης του ανώτερου επιφανειακού στρώματος το οποίο είναι κορεσμένο κατά μια επιφάνεια η οποία διαχωρίζει το στρώμα αυτό από το κατώτερο.

Γενικότερο όμως ροή εδάφους αφορά όλα τα εδάφη τα οποία περιέχουν ένα μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων συστατικών, το επιφανειακό στρώμα των οποίων είναι κορεσμένο. Το φαινόμενο είναι συνηθισμένο σε ψυχρά κλίματα ή σε ορεινές ζώνες, αλλά με τη γενίκευση του όρου σχετίζεται με το πέρασμα του λεπτόκοκκου εδάφους στις περιοχές πλαστικότητας ή υδαρότητας, με συνέπεια να παρατηρείται ακόμα και σε θερμά κλίματα (Π. Μαρίνος 1991).



Εικόνα 2.7 Ροή εδαφικών υλικών (U.S. Geological Survey, 2004)

Ρευστοποίηση (liquefaction)

Είναι ένα φαινόμενο που συνδέεται με την μετάδοση των σεισμικών κυμάτων εντός των λεπτόκοκκων εδαφικών στρωμάτων. Τα εδάφη που κινδυνεύουν από ανάπτυξη υπερπιέσεων και ρευστοποίηση (προϋποτίθεται υψηλός υδροφόρος ορίζοντας) είναι κυρίως λεπτόκοκκες άμμοι και αμμοιίλες γεωλογικά πρόσφατων αποθέσεων (Γ. Κούκης, 2002).

2.7 Ταχύτητα Μετακίνησης

Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολίσθησης είναι παράμετρος που σχετίζεται άμεσα με τις επιπτώσεις που έχει σε ανθρώπινες ζωές, βλάβες κτηρίων και έργων υποδομής καθώς και σε απώλεια γης. Σημειώνεται ότι συχνά είναι δύσκολος ο προσδιορισμός της ταχύτητας μετακίνησης μιας κατολίσθησης, λόγω της διαφορετικής ταχύτητας που αναπτύσσει στα διάφορα στάδια εξέλιξής της ή ακόμα και στα διάφορα τμήματά της ή ακόμα της διαφορετικής ταχύτητας των διαφορεών τύπων μετακίνησης που συνήθως αυτή περιλαμβάνει, όπως στην περίπτωση σύνθετων κατολισθήσεων (Κουκής & Σαμπατακάκης, 2007).

Παρακάτω παρουσιάζεται το σύστημα ταξινόμησης της ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων κατά Cruden και Varnes (1996). Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολίσθησης μπορεί να ενταχτεί σε 7 κατηγορίες ενώ αποτελεί σημαντική παράμετρο στη μελέτη κινδύνου κατολισθήσεων (Saunders & Glassey 2007), καθώς μια κατολίσθηση που

εξελίσσεται με μεγάλη ταχύτητα πολλές φορές μπορεί να αποβεί μοιραία σε περιοχές με ανθρώπινη παρουσία, αλλά και οι κατολισθήσεις που θεωρούνται εξαιρετικά αργές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις, κυρίως σε κτίσματα (ρωγματώσεις, καθιζήσεις κτλ).

Πίνακας 2.3. Ταξινόμηση ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων βάσει του συστήματος Cruden και Varnes (1996).

ΤΑΞΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (mm/sec ²)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ
7	Εξαιρετικά γρήγορη	$>5 \times 10^3$	$>5\text{m/sec}$
6	Πολύ γρήγορη	50	3m/min
5	Γρήγορη	5×10^{-1}	1,8m/hr
4	Μέτρια	5×10^{-3}	13m/month
3	Αργή	5×10^{-5}	1,6m/year
2	Πολύ αργή	5×10^{-7}	15mm/year
1	Εξαιρετικά αργή	$>5 \times 10^{-7}$	$<15\text{mm/year}$

2.8 Αιτίες και εναυσματικοί παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων

2.8.1 Γενικά

Ο μηχανισμός εκδήλωσης μιας κατολίσθησης (landslide process) περιλαμβάνει γενικά μία αλληλουχία γεγονότων που αρχίζουν με την επίδραση διαφόρων αιτιών (landslide causes), που επηρεάζουν τις συνθήκες ισορροπίας του πρηνούς και προκαλούν διατάραξη του με τελικό αποτέλεσμα τη θραύση και τη μετακίνηση αυτού (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Κατολίσθηση είναι ένα φαινόμενο το οποίο δεν συμβαίνει μόνο εξαιτίας ενός συγκριμένου αιτίου. Μπορεί κανείς να πει ότι η κατολίσθηση ξεκινάει με τον σχηματισμό του γεωυλικού του πρηνούς και παρουσιάζει όλα τα επακόλουθα γεγονότα μετακινήσεων του φλοιού της διάβρωσης και της αποσάθρωσης. Για να ενεργοποιηθεί η τελική μετακίνηση ουσιαστικά θα μπορούσε κανείς να πει ότι συμβαίνει μια ασήμαντη δράση. Η δράση αυτή όμως δε μπορεί να θεωρηθεί σαν κύρια αιτία έστω και αν ήταν αναγκαία μέσα στην αλυσίδα των γεγονότων. Τα κύρια αίτια εκδήλωσης των κατολισθήσεων μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες: 1) εδαφικές συνθήκες, 2) γεωμορφολογικές διεργασίες, 3) φυσικές διεργασίες 3) ανθρώπινες διεργασίες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά κατηγορίες των παραγόντων που προκαλούν τις κατολισθήσεις.

Πίνακας 2.4: Παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων κατά τη WP/WLI (Από Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
1	Πλαστικό χαμηλής αντοχής υλικό
2	Ευαίσθητο υλικό
3	Υλικό επιρρεπές σε θραύση
4	Αποσαθρωμένο υλικό
5	Διατμημένο υλικό
6	Ρωγματωμένο ή διακλασμένο υλικό
7	Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (στρώση, σχιστότητα, διακλάσεις)
8	Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (ρήγματα, επιφάνειες επαφής, ασυμφωνίες)
9	Διαφοροποιήσεις στην υδροπερατότητα
10	Διαφοροποιήσεις στη δυσκαμψία (στιφρό ή πυκνό υλικό υπερκείμενο πλαστικού υλικού)
2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Τεκτονική ανύψωση
2	Ανύψωση λόγω ηφαιστείων
3	Επίδραση παγετώνων
4	Ποτάμια διάβρωση της βάσης του πρανούς
5	Θαλάσσια διάβρωση της βάσης του πρανούς
6	Διάβρωση της βάσης του πρανούς από παγετώνα
7	Διάβρωση των πλευρών του πρανούς
8	Εσωτερική διάβρωση
9	Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη στέψη του πρανούς
10	Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (από πυρκαγιά, διάβρωση κ.λπ.)
3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Έντονη, μικρής διάρκειας βροχόπτωση
2	Γρήγορο λιώσιμο χιονιού
3	Παρατεταμένη υψηλή βροχόπτωση
4	Γρήγορη πτώση στάθμης νερού μετά από πλημμύρες, παλίρροιες ή διάρρηξη φυσικών φραγμάτων
5	Σεισμοί
6	Εκρήξεις ηφαιστείων
7	Διάρρηξη λιμνών σε κρατήρες ηφαιστείων
8	Λιώσιμο παγωμένου εδάφους
9	Αποσάθρωση λόγω παγετού
10	Αποσάθρωση από διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών
4. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Εκσκαφές στη βάση (πόδι) του πρανούς
2	Φόρτιση στο μέτωπο ή πάνω από τη στέψη το υ πρανούς
3	Υποβιβασμός της στάθμης σε ταμειυτήρες
4	Άρδευση
5	Κακή συντήρηση αποστραγγιστικών έργων
6	Διαρροή νερών από τεχνικά έργα (δίκτυα, δεξαμενές κ.λπ.)
7	Αποψίλωση

2.8.2 Αιτίες εκδήλωσης κατολισθήσεων

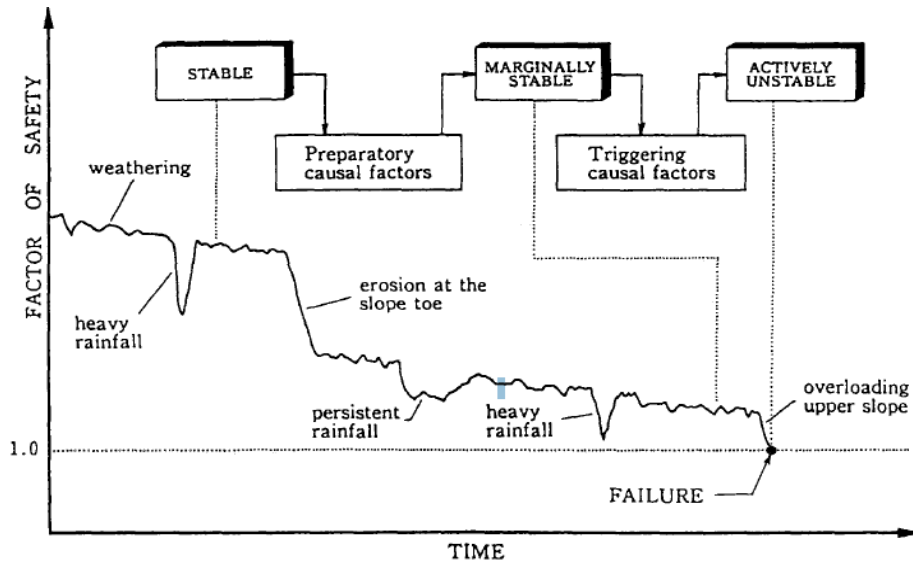
Η αστοχία ενός πρανούς συμβαίνει όταν η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι μικρότερη από την διατμητική τάση που του ασκείται ή με άλλα λόγια όταν οι δυνάμεις που συγκρατούν το πρανές είναι μικρότερες από αυτές που τείνουν να το μετακινήσουν ώστε το σύστημα να έρθει εκ νέου σε ισορροπία.

Με βάση αυτή την υπόθεση ο Terzaghi (1950) ανέλυσε τους παράγοντες εκδήλωσης κατολίσθησης σε:

1. **Εξωγενή αίτια**, τα οποία προκαλούν αύξηση της επιβαλλόμενης διατμητικής τάσης στο πρανές (πχ. μεταβολή στη γεωμετρία του πρανούς, αποφόρτιση του πόδα, φόρτιση του μετώπου, δυναμικές φορτίσεις και σεισμοί, αυξομειώσεις της στάθμης ταμιευτήρα κ.α.).
2. **Ενδογενή αίτια**, τα οποία προκαλούν μείωση της διατμητικής αντοχής του υλικού (πχ. προοδευτική θραύση, αποσάθρωση, διάβρωση κ.α).

Σύμφωνα με τον Varnes (1978), υπάρχει πλήθος ενδογενών & εξωγενών οι παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, σε αυτούς που αυξάνουν τις διατμητικές δυνάμεις οι οποίες ασκούνται στο υλικό που τείνει να μετακινηθεί, σε αυτούς που μειώνουν την διατμητική αντοχή του υλικού αυτού και σε παράγοντες που δρουν ταυτόχρονα δυσμενώς και ευμενώς για το πρανές.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα σχήμα το οποίο ουσιαστικά δείχνει από ποιους παράγοντες επηρεάζεται ένα πρανές, που μειώνουν τον συντελεστή ασφαλείας του μέχρι την τελική αστοχία του πρανούς. Αν παρατηρήσει κανείς πιο προσεκτικά τις διεργασίες αυτές θα δει αυτό που έχει αναφερθεί επανηληλημένα και παραπάνω, ότι δηλαδή η κατολίσθηση είναι ένα φαινόμενο το οποίο προκαλείται σταδιακά από διάφορους παράγοντες και τελικά ένας τελικός παράγοντας προκαλεί την αστοχία του πρανούς χωρίς όμως να είναι ο καθοριστικός παράγοντας της αστοχίας.



Σχήμα 2.6: Διάγραμμα μεταβολής του συντελεστή ασφαλείας κατά το χρόνο (Popescu, 1994).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση λοιπόν μπορεί κανείς να χωρίσει τους παράγοντες που συμβάλλουν σε μια αστοχία στους εξής:

- **Προπαρασκευαστικοί παράγοντες** (preparatory causal factors): Συντελούν προοδευτικά στην αστάθεια του πρανούς, το οποίο με την πάροδο του χρόνου γίνεται επιρρεπές σε ολίσθηση, χωρίς όμως να έχει γίνει έναρξη της μετακίνησης. Απλά, με την επίδραση των προπαρασκευαστικών παραγόντων δημιουργούνται συνθήκες ενός οριακά σταθερού πρανούς.
- **Παράγοντες εναύσματος μετακίνησης** (triggering causal factors): Προκαλούν την έναρξη της μετακίνησης. Οι παράγοντες αυτοί συντελούν στη μετατροπή ενός πρανούς από οριακά σταθερό σε ενεργά ασταθές, αλλά ουσιαστικά δεν είναι αυτοί που οδήγησαν στην αστοχία του πρανούς.

2.9 Ζωνοποίηση Κατολισθητικού Κινδύνου & Επιδεκτικότητας

Η γνώση του κινδύνου εκδήλωσης κατολίσθησης σε μία περιοχή και η απεικόνιση του σε χάρτες, είναι μία πολύ σημαντική και απαραίτητη εργασία τόσο για τον προγραμματισμό και σχεδιασμό των διαφόρων γραμμικών έργων, όσο και στο πλαίσιο του αστικού σχεδιασμού και βέλτιστης χρήσης γης (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, ο όρος κίνδυνος και διακινδύνευση αποδίδεται με τους διεθνείς όρους hazard και Risk οι οποίοι έχουν διαφορετική σημασία ανά μελετητή. Η διεθνώς αποδέκτη έννοια

των όρων αυτών δίνεται από τον Varnes (1984). Συγκεκριμένα (Από Κούκης και Σαμπατακάκης, 2007):

- **Φυσικός Κίνδυνος** (Natural Hazard, H): Ορίζεται η πιθανότητα να συμβεί σε μία ορισμένη χρονική περίοδο και σε μία δεδομένη περιοχή, ένα δυναμικό φυσικό καταστροφικό φαινόμενο (πχ. κατολίσθηση)
- **Τρωτότητα** (Vulnerability, V): Ορίζεται ως ο βαθμός απώλειας κάποιου “στοιχείου του κινδύνου” που οφείλεται στο φυσικό καταστροφικό φαινόμενο και εκφράζεται συγκριτικά με κλίμακα από 0 (καμία βλάβη) μέχρι 1 (ολική βλάβη)
- **Στοιχεία του κινδύνου** (Elements at risk, E): Αποτελούν ο πληθυσμός, οι περιουσίες, οι οικονομικές επιπτώσεις κλπ. σε μια συγκεκριμένη περιοχή
- **Ειδικός κίνδυνος** (Specific risk, Rs): Ορίζεται ως ο αναμενόμενος βαθμός απωλειών, λόγω του συγκεκριμένου καταστροφικού φαινομένου. Δίνεται από τη σχέση $R_s = H \times V$
- **Συνολικός Κίνδυνος** (Total risk, Rt): Ο αναμενόμενος αριθμός των θυμάτων, των τραυματισμών, των βλαβών-ζημιών σε περιουσίες ή ακόμα των επιπτώσεων στις οικονομικές δραστηριότητες, που οφείλονται σε ένα φυσικό καταστροφικό φαινόμενο (πχ κατολίσθηση) και δίνεται από τη σχέση: $R_t = E \times R_s = E \times (H \times V)$
- **Ζωνοποίηση** (Zonation): Ορίζεται η οριοθέτηση ενός τμήματος της γήινης επιφάνειας (κάποιας συγκεκριμένης περιοχής) και η ταξινόμησή του σύμφωνα με το βαθμό του υπαρκτού ή δυνητικού κινδύνου από κατολισθήσεις, χωρίς αυτή να συνεπάγεται αναγκαία κάποιους περιορισμούς

Παρκάτω παρουσιάζονται τα βασικά στάδια σε χάρτες ζωνοποίησης του κατολισθητικού κινδύνου και διακινδύνευσης όπως παρουσιάστηκαν στις εργασίες των **Saunders & Glassey, (2007)**, **Κούκης & Σαμπατακάκης (2007)** και **Τσαγγαράτος (2012)**.

2.9.1 Χάρτης καταγεγραμμένων Κατολισθήσεων (Landslide inventory map)

Η γνώση κατολισθητικών φαινομένων σε μια περιοχή έρευνας εκφράζεται με την κατασκευή χάρτη κατολισθητικών φαινομένων (landslide inventory map) ο οποίος

υποδεικνύει τις θέσεις και τα στοιχεία των κατολισθήσεων. Ένας χάρτης καταγεγραμμένων κατολισθήσεων μπορεί να παρουσιάζει απλά ή σύνθετα γεγονότα. Μικρής κλίμακας χάρτες παρουσιάζουν μόνο τις αναγνωρισμένες θέσεις κατολισθήσεων ενώ μεγάλης κλίμακας χάρτες μπορούν να ταξινομήσουν τα είδη των κατολισθήσεων ή να παρουσιάζουν άλλες επιπλέον σημαντικές πληροφορίες.

2.9.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας (Landslide susceptibility map)

Οι χάρτες επιδεκτικότητας και οι αντίστοιχες μελέτες, σχετίζονται με την κατανόηση της επιρροής των προαπαιτούμενων φυσικών παραγόντων που αποτελούν την αιτία και όχι την αφορμή για την κατάλυση της ισορροπίας και την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων (Varnes & IAEG 1984, Soeters & van Westen 1996, Guzzetti et al. 1999; 2005, Van Den Eeckhaut et al. 2006). Οι χάρτες επιδεκτικότητας δείχνουν την πιθανότητα για το που μπορεί να εκδηλωθεί μια κατολίσθηση, συσχετίζοντας παράγοντες που συνέβαλαν στην εκδήλωση παλιότερων κατολισθήσεων. Η διαβάθμιση της επιδεκτικότητας διατυπώνεται με ποιοτικά, όπως υψηλή, μέση ή χαμηλή επιδεκτικότητα με βάση την εμπειρία ειδικών και επιτόπιες παρατηρήσεις.

2.9.3 Χάρτης Κατολισθητικού Κινδύνου (Landslide hazard map)

Οι χάρτες κατολισθητικού κινδύνου παρουσιάζουν την ετήσια πιθανότητα να εκδηλωθούν κατολισθητικά φαινόμενα σε μια περιοχή. Ένας ιδανικός χάρτης κατολισθητικού κινδύνου παρουσιάζει σε κατηγορίες την πιθανότητα μια κατολίσθηση να εκδηλωθεί σε συγκεκριμένη θέση αλλά και την πιθανότητα μία κατολίσθηση ανάντη της θέσης μελέτης να εμφανιστεί στην θέση αυτή.

Σημειώνεται πως, ως κίνδυνος ορίζεται ως η πιθανότητα εκδήλωσης ενός εν δυνάμει καταστροφικού φαινομένου εντάσεως (i) που αναμένεται ότι θα συμβεί στη διάρκεια μιας περιόδου (t).

Η μαθηματική έκφραση του ορισμού δίνεται ότι την εξίσωση:

$$Hit = f(His, ti)$$

όπου, His, είναι η επιδεκτικότητα (susceptibility) της περιοχής έρευνας στο συγκεκριμένο φυσικό κίνδυνο και ti, είναι ο εναυσματικός παράγοντας που περιλαμβάνει την πιθανοτική διάσταση της χρονικής πρόβλεψης (Ηλίας, 2000).

2.9.4 Χάρτης Κατολισθητικής Διακινδύνευσης (Landslide risk map)

Οι χάρτες κατολισθητικής διακινδύνευσης περιέχουν στοιχεία όπως ετήσιο εκτιμώμενο κόστος λόγω κατολισθήσεων στην περιοχή που μελετάται και συνδυάζουν την πληροφορία του κινδύνου εκδήλωσης κατολίσθησης με όλες τις πιθανές συνέπειες σε περίπτωση κατολίσθησης. Για την κατασκευή του συγκεκριμένου χάρτη χρησιμοποιούνται πληροφορίες όπως στοιχεία κινδύνου, τρωτότητα, ειδικός κίνδυνος, συνολικός κίνδυνος κ.α.

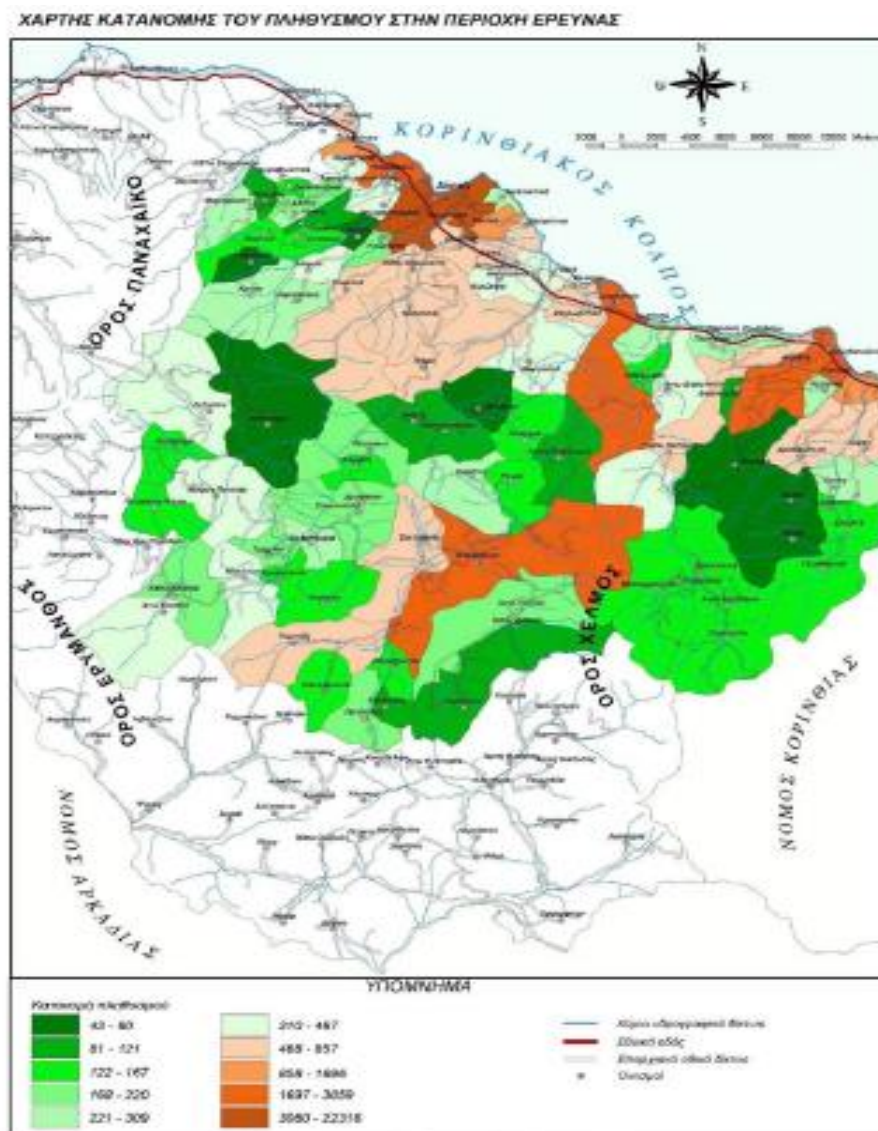
Ο όρος διακινδύνευση (risk) ενέχει την έννοια να συμβεί στην πραγματικότητα ένας συγκεκριμένος κίνδυνος και σημαίνει την πραγματική έκθεση (exposure) οποιουδήποτε στοιχείου που έχει αξία για τον άνθρωπο σε κάποιον κίνδυνο. Οι χάρτες διακινδύνευσης είναι ένα επόμενο βήμα μελέτης για τους χάρτες κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Διοικητική και Γεωγραφική Θέση – Μορφολογία

Η Αχαΐα είναι ένας από τους επτά Δήμους της Πελοποννήσου. Συγκεκριμένα βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και διοικητικά υπάγεται στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Η έκταση του νομού αποτελεί το 2,48% της συνολικής έκτασης της χώρας και περίπου το 28,82% της έκτασης της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Ο συνολικός πληθυσμός της φτάνει περίπου 275.193 χιλιάδες κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή που έγινε το 1981. Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανομή του πληθυσμού στους δήμους της Αχαΐας.



Εικόνα 3.1. Χάρτης κατανομής πηθυσμού στην περιοχή έρευνας (ΕΣΥΕ,2001)

Η περιοχή του Νομού Αχαΐας έχει συνολική έκταση που φτάνει τα 1197 km². Στον τον βορρά ο νομός βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο, στα ανατολικά τα όρια καθορίζονται από τον υδροκρίτη της λεκάνη του Κριού ποταμού ο οποίος συμπίπτει με τα διοικητικά όρια του νομού Αχαΐας, στα νότια από τους υδροκρίτες των ποταμών, Σελινούντα, Βουραϊκό, Κράθη και Κριού καθώς και της κλειστής λεκάνης Μάννας – Λουσιών και δυτικά από τους υδροκρίτες των ποταμών Μεγανείτη και Θολοπόταμου Αιγίου.

Ο νομός χαρακτηρίζεται από έντονη ορογένεση, αφού οι ορεινοί όγκοι του δήμου καλύπτουν περίπου το 60% της συνολικής του έκτασης.

Οι μεγαλύτεροι ορεινοί όγκοι δημιουργήθηκαν κατά τις Αλπικές πτυχώσεις με γενική διεύθυνση αξόνων ΒΒΔ-ΝΝΑ, αποτελώντας την συνέχεια των βουνών της κεντρικής Ελλάδας και της Ηπείρου και είναι οι παρακάτω:

- Το Παναχαϊκό, που καλύπτει το βόρειο και κεντρικό τμήμα του Νομού, με υψόμετρο που φτάνει τα 1925 m.
- Ο Ολονός με υψόμετρο 2224m
- Ο Χελμός, που βρίσκεται ανατολικά του Νομού με υψόμετρο που φτάνει τα 2341m.

Ο Νομός Αχαΐας αποτελείται από επτά κύριες λεκάνες και 5 δευτερεύουσες λεκάνες απορροής, όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 3.2). Οι κύριες λεκάνες απορροής είναι αυτές του ποταμού Πείρου, Γλαύκου, Φοίνικα, Σελινούντα, Βουραϊκού και Κράθι. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι οι ποταμοί αυτοί βρίσκονται σε μια περιοχή με έντονη τεκτονική δραστηριότητα ακόμα και σήμερα, μεταφέροντας μεγάλες ποσότητες ιζημάτων με αποτέλεσμα να σχηματίζουν δέλτα με τη μορφή ριπιδίων.

Πίνακας 3.1 Κυριότερες μορφολογικές παράμετροι για όλες τις λεκάνες στην περιοχή του Ν.Αχαΐας (Νίκας, 2004)

Υδρολογική Λεκάνη	Συνολική έκταση λεκάνης (Κm ²)	Περίμετρος λεκάνης (Κm)	Μέγιστο μήκος λεκάνης (Κm)	Μέγιστο πλάτος λεκάνης (Κm)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο 50%	Υψόμετρο μέγιστης συχνότητας	Μέγιστο ανάγλυφο λεκάνης (m)	Δείκτης ανάγλυφου	Μέση κλίση (%)
Κράθις	145.193	91.260	25,6	9,5	1.091	1.030	1.550	2.325	0,09	36,87
Κερυνίτης	86.679	62.760	18,0	8,6	847	890	1.250	1.573	0,09	33,54
Βουραϊκός	237.476	143.760	34,3	15,8	970	950	850	2.325	0,07	32,61
Σελινούντας	362.581	150.420	37,0	19,4	859	850	950	2.169	0,06	31,30
Λαδοπόταμος	48.027	60.480	17,9	6,5	877	860	1.050	1.921	0,11	30,80
Κριός	98.866	58.920	20,3	11,8	973	1.000	1.150	1.836	0,09	30,78
Θολοπόταμος Αιγείρας	13.743	24.180	8,3	2,9	461	460	550	1.240	0,15	26,63
Μεγανείτης	62.461	60.460	17,4	7,6	698	660	750	1.618	0,09	24,30
Θολοπόταμος Αιγίου	15.264	24.220	7,9	3,4	268	240	350	967	0,12	22,63
Εσωτερική λεκάνη Μάνα-Λουσιών	48.460	42.520	15,3	5,5	1.214	1.100	1.050	1.354	0,09	21,95
Κατουρά Ελίτης	7.916	17.940	5,2	2,5	288	270	150	1.010	0,19	21,88
Λαγκάδι	8.420	19.430	8,5	1,5	239	260	350	825	0,09	15,11

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ Ν. ΑΧΑΪΑΣ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΡΑΘΗ



Εικόνα 3.2. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου του Ν. Αχαιίας (Κατά Strahler, 1964)

Η περιοχή του νομού χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές μορφολογικές κλίσεις με μέση τιμή περίπου 33% και από σχετικά υψηλό υψόμετρο με μέση τιμή γύρω στα 636 μέτρα που κατά περιοχές είναι και μεγαλύτερο. Οι τιμές αυτές είναι αρκετά υψηλές, γεγονός που δηλώνει το έντονο ανάγλυφο, αποτέλεσμα έντονης τεκτονικής δράσης της περιοχής κατά την Μεταλπική περίοδο.

Η διάνοιξη της τεκτονικής τάφρου του Κορινθιακού κόλπου κατά την περίοδο του Τεταρτογενούς (μήκος 100 χιλιόμετρα και πλάτους έως και 35 χιλιόμετρα) διαμόρφωσε την γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής.

Η σπουδαιότητα της τάφρου αυτής έγκειται στον ρυθμό εφελκυσμού γενικής διεύθυνσης ΒΝ, όπου σύμφωνα με διάφορα γεωλογικά μοντέλα και γεωδαιτικές μετρήσεις, για το κεντρικό τμήμα του κόλπου ανέρχεται στο 0,7-1,6 cm/yr, ενώ ο ρυθμός ανύψωσης του ηπειρωτικού τμήματος της ΒΑ Πελοποννήσου υπολογίζεται σε 0,3 mm/yr (Παυλίδης κ.α., 1998)



Εικόνα 3.3 Τεταρτογενείς λεκάνες ΔΒΔ- ΑΝΑ διεύθυνσης (Doutsos & Piper, 1990)

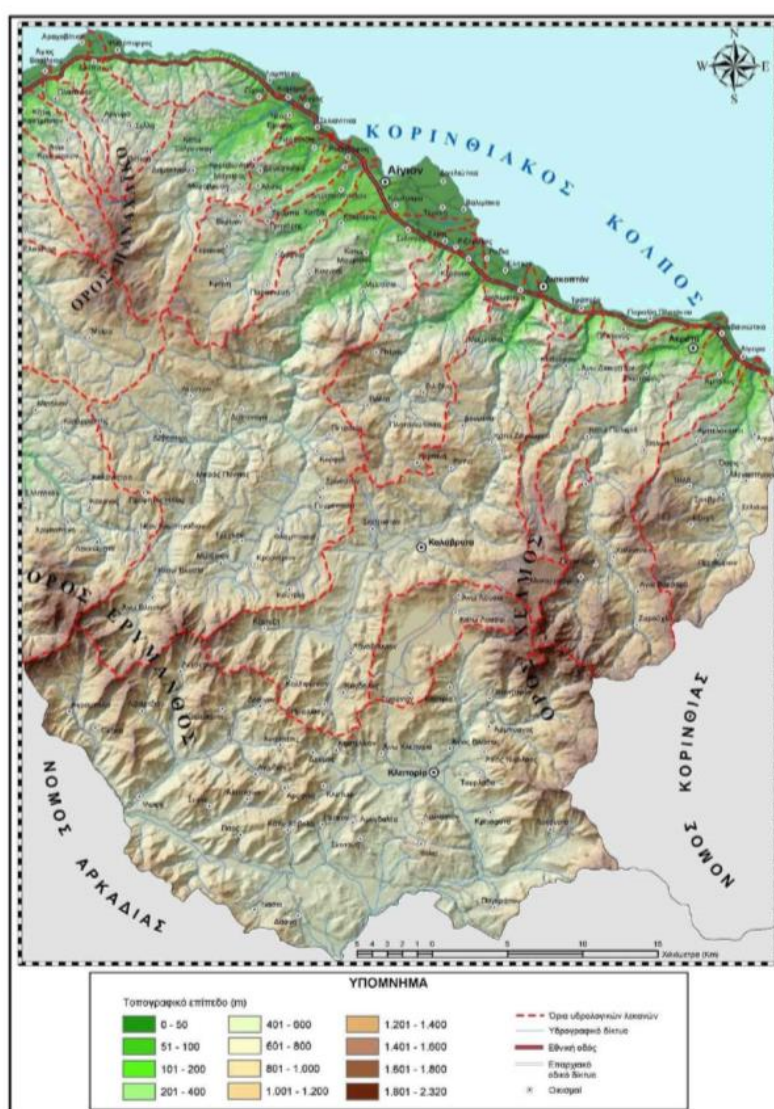
Γενικότερα με βάση τα γεωμορφολογικά δεδομένα η περιοχή του Ν. Αχαΐας μπορεί να διαιρεθεί σε δύο κύριες ενότητες:

Α. Μια τεκτονική περιοχή που χαρακτηρίζεται από ορεινούς όγκους, που αποτελούνται από σχηματισμούς της ζώνης Ωλονού – Πίνδου και Γαβρόβου-Τρίπολης, έντονο πολυσχιδές

ανάγλυφο και αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, έντονη αποσάθρωση στους πρόποδες των ορεινών αυτών όγκων, τις κλιτύς των κοιλάδων και τα περιθώρια ορεινών λεκανών

Β. Μια λοφώδη περιοχή, που δομείται από μεταλλικά ιζήματα, που περιβάλλουν τους ορεινούς όγκους

Η γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής είναι αποτέλεσμα του γεωτεκτονικού καθεστώτος που επέδρασε τα τελευταία χρόνια στην περιοχή, όπου οι ανοδικές τεκτονικές κινήσεις προκαλούν ανύψωση του νότιου τμήματος της περιοχής, με αποτέλεσμα την διατήρηση ενός ισχυρού ανάγλυφου και την αναζωπύρωση της δράσης των εξωγενών παραγόντων. Λόγω του γεγονότος αυτού, ο περιφερειακός λοφώδης τομέας όπου και εντοπίζονται τα κύρια ιζήματα, χαρακτηρίζεται από σχετικά απότομες κλιτύς και την παρουσία κλάδων των υδρορευμάτων που κατατάσσονται στο στάδιο της νεότητας. Ο κεντρικός ορεινός τομέας κατατάσσεται σε ένα μεταβατικό στάδιο μεταξύ νεότητας και ωριμότητας.



Εικόνα 3.4 Χάρτης αναγλύφου της περιοχής του Ν. Αχαΐας

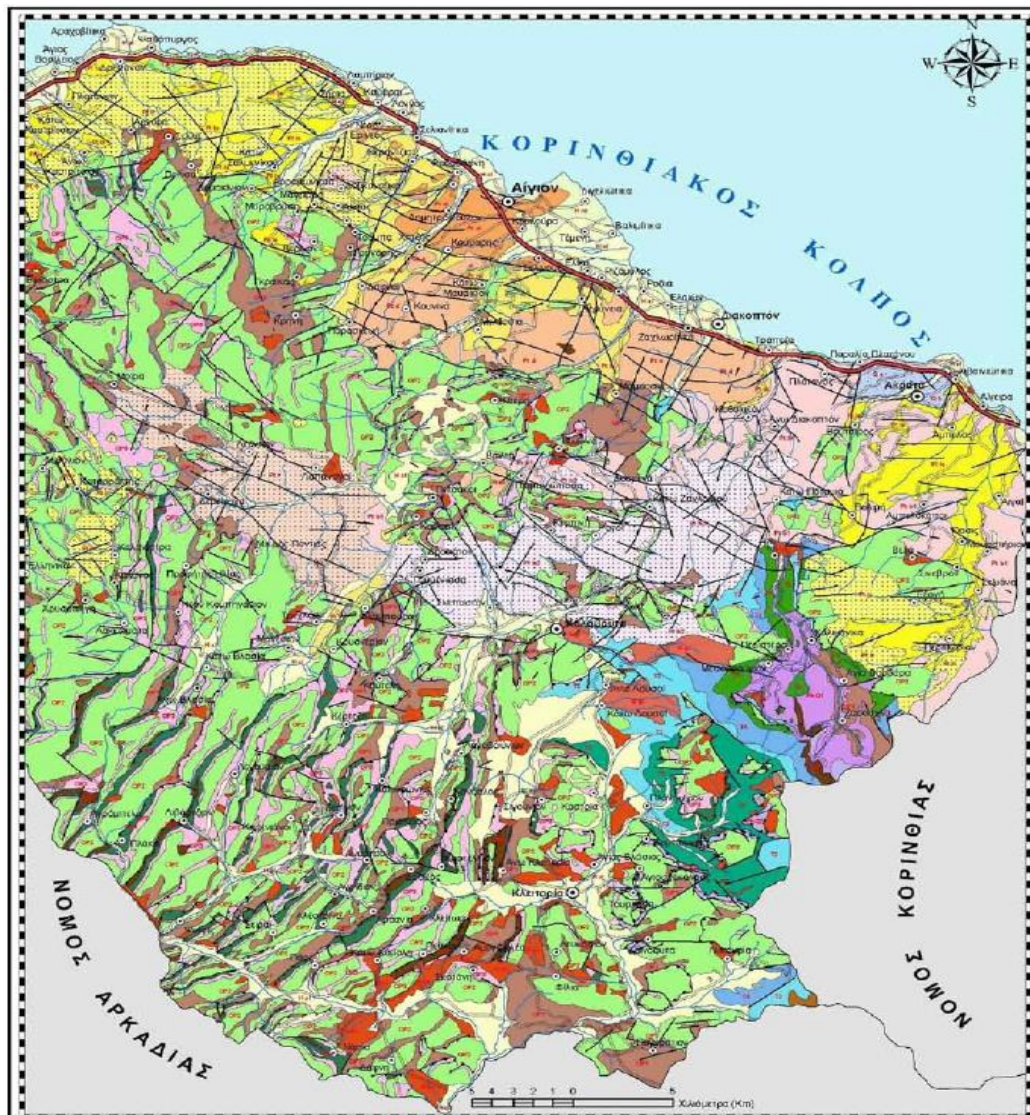
3.2 Γεωλογική δομή του Ν. Αχαΐας

3.2.1 Γενικά

Η σύγχρονη γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής είναι αποτέλεσμα της γεωλογικής δομής και των εξωγενών διεργασιών, που επέδρασαν επί αυτής.

Γενικά οι σχηματισμοί που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή του Ν.Αχαΐας είναι κυρίως ιζηματογενή και ανήκουν σε δύο κύριες τεκτονικές ενότητες των εξωτερικών Ελληνίδων, αυτή της Τρίπολης και της επωθημένης ενότητας της Πίνδου.

Νεότεροι σχηματισμοί του Νεογενούς και Τεταρτογενούς καλύπτουν σε μερικά σημεία τους αλπικούς σχηματισμούς των ενότητων της Πίνδου και Τρίπολης, οι οποίοι αποτέθηκαν ασύμφωνα μετά την αλπική πύκωση (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.5 Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Ν. Αχαΐας



Εικόνα 3.6 Υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής

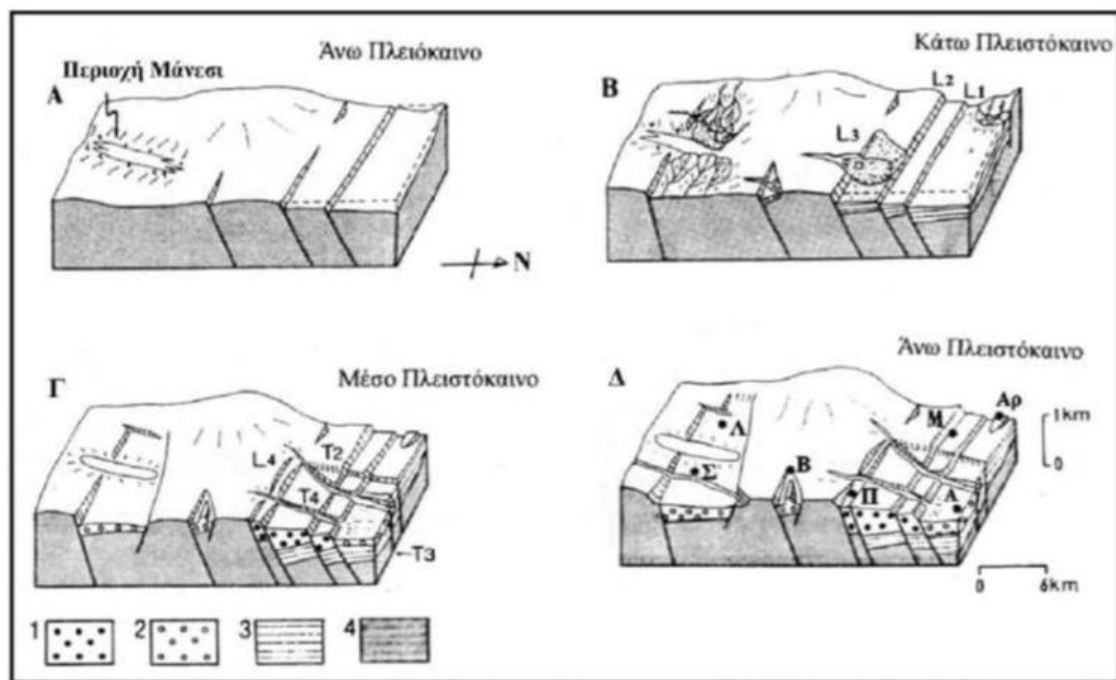
3.2.2 Παλαιογεωγραφική Εξέλιξη

Κατά τον Μεσοζωικό (Τριαδικό έως Ηώκαινο) η γεωτεκτονική ενότητα της Τρίπολης αντιπροσώπευε εκτεταμένη υποθαλάσσια τράπεζα (ύβωμα) μεταξύ της βαθιάς αύλακας της Πίνδου στα ανατολικά και της Ιόνιας στα δυτικά, περίοδος κατά την οποία αποτέθηκαν μεγάλου πάχους (>2km) νηρητικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες (Δούτσος & Καμηλάρης, 1984).

Στην συνέχεια κατά την περίοδο του Ολιγόκαινου, ακολούθησαν έλαβε χώρα η έναρξη της αλπικής ορογένεσης η οποία προκάλεσε την απόθεση του φλύσχη. Στο τέλος του Ολιγόκαινου, όπου και εκδηλώθηκε η κύρια φάση της αλπικής ορογένεσης, είχε σαν

αποτέλεσμα την έντονη πύκωση και λεπίωση των μεσοζωικών σχηματισμών και την επώθηση της γεωτεκτονικής ενότητας της Πίνδου πάνω στην ενότητα της Τρίπολης.

Η έντονη αυτή ρηξιγενής τεκτονική είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τεκτονικών βυθισμάτων, όπως είναι η Κορινθιακή τάφρος (Εικόνα 3.16), όπου παρατηρήθηκε έντονη ανομοιόμορφη εναπόθεση ιζημάτων (Εικόνα). Η εναπόθεση αυτή ολοκληρώθηκε στο Πλειο-Πλειστόκαινο, με την απόθεση χειμάρρειων κροκαλοπαγών με πάχος που φτάνει και τα 100 μέτρα.



Εικόνα 3.7 Σχηματικό μπλοκ διάγραμμα που δείχνει την παλαιογεωγραφική εξέλιξη του δυτικού τμήματος της Κορινθιακής τάφρου. 1. δελταϊκά ριπίδια 2. αποθέσεις δικτυωτού ποταμού και αλλουβιακά ριπίδια 3. λιμναίες αποθέσεις 4. υπόβαθρο (Roullinopoulos, 1993)

Στην συνέχεια κατά την περίοδο του Κατ. Πλειστόκαινου, η Β. Πελοπόννησος ανυψώθηκε εξαιτίας της ενεργοποίησης της ρηξιγενούς τεκτονικής και η Κορινθιακή τάφρος σταδιακά βυθίστηκε και δημιουργήθηκαν θαλάσσιες αναβαθμίδες. Η συνέχεια της ρηξιγενούς τεκτονικής στην περιοχή όχι μόνο προκάλεσε την επιπλέον βύθιση της Κορινθιακής τάφρου αλλά και ανύψωση και τεμαχισμό των θαλάσσιων αναβαθμίδων προκαλώντας την εκβάθυνση των ποταμών και τον σχηματισμό κοιλάδων με φαράγγια.

3.2.3 Στρωματογραφικές συνθήκες

Στην περιοχή του Ν. Αχαΐας προχωρώντας από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά παρατηρούνται τρεις γεωτεκτονικές ζώνες. Συγκεκριμένα η ζώνη του Ιονίου, του Τρίπολης και Πίνδου.

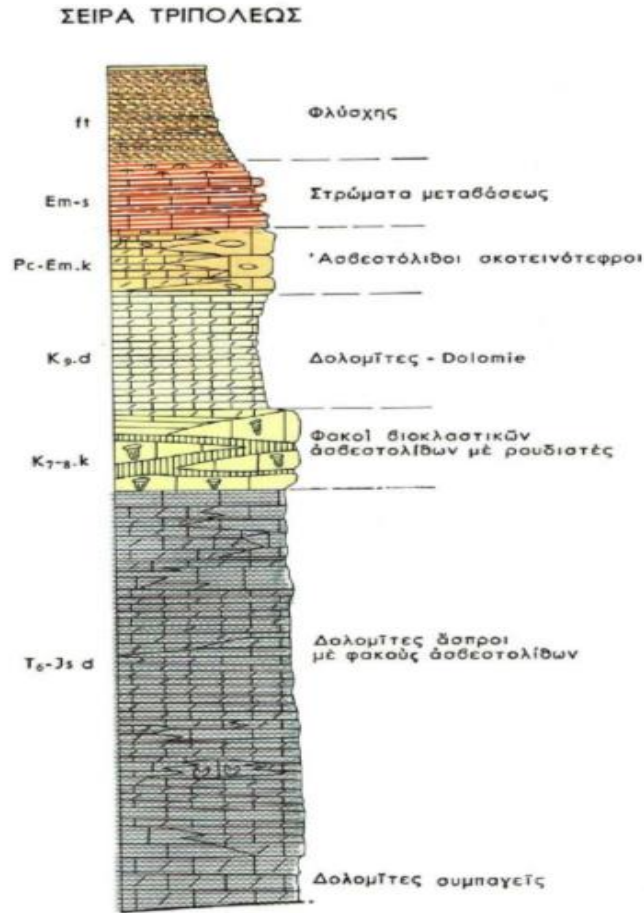
3.2.3.1 Ενότητα Τρίπολης

Η ενότητα αυτή αποτελείται από ιζηματογενή σειρά και από ημιμεταμορφωμένο υπόβαθρο. Το ημιμεταμορφωμένο υπόβαθρο το οποίο είναι γνωστό ως σειρά της Ζαρούχλας που αποτελείται από μεταμορφωμένα και ιζηματογενή πετρώματα με ηφαιστιακές διεισδύσεις.

Στη Πελοπόννησο φαίνεται να περιβάλλεται τεκτονικά από την ζώνη Ωλονού - Πίνδου. Στην περιοχή έρευνας επικαλύπτεται επίσης τεκτονικά, με επώθηση, από την ζώνη Ωλονού - Πίνδου και αποκαλύπτεται επιφανειακά στο ανατολικό, νοτιανατολικό άκρο (όρος Χελμός), υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου, τοποθετούμενη στη θέση αυτή, επάνω στη Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά (ημιμεταμορφωμένο υπόβαθρο). Αποκαλύπτεται επίσης και σε μια μικρή εμφάνιση στο βόρειο τμήμα της περιοχής (Νίκας, 2001), στα ΝΑ της κοινότητας Μαμουσιάς, στη θέση Νιάματα, επάνω από τον ομώνυμο σταθμό του οδοντωτού και επιφανειακά στην κοιλάδα του ποταμού Κράθη, αποδεικνύοντας έτσι την ύπαρξη της και στη ΒΑ ημιορεινή Αχαΐα.

Ο τεχνικογεωλογικός χαρακτήρας του ημιμεταμορφωμένου υπόβαθρου χαρακτηρίζεται από ικανοποιητικές φυσικοχημικές παραμέτρους που δεν ευνοούν την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων, εκτός από τις εδαφοποιημένες ζώνες του μανδύα αποσάθρωσης όπου είναι δυνατόν να εκδηλωθούν ερπυσμοί και ροές εδαφικών υλικών (Ρόζος, 1991).

Η ιζηματογενής σειρά αποτελείται από νηρητικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες. Ο σχηματισμός των σχηματισμών αυτών ξεκίνησε από το Τριαδικό μέχρι και το Ηώκαινο, ενώ στην συνέχεια από το Α. Ηώκαινο έλαβε αρχή ο σχηματισμός του φλύσχη, ο οποίος είναι καθ' όλη την έκταση του σχεδόν είναι καλυμμένος από τους σχηματισμούς της Πίνδου.



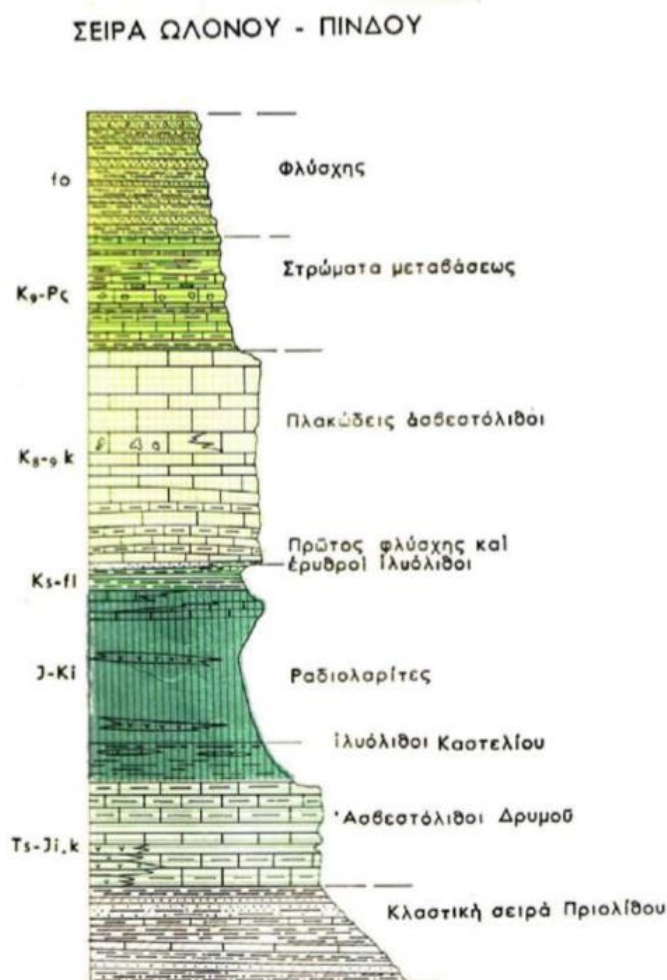
Εικόνα 3.8 Στρωματογραφική στήλη σειράς Γαβρόβου-Τριπόλεως (Meilliez et all, 1978)

3.2.3.2 Ενότητα Πίνδου

Το όνομα της ζώνης αυτής δόθηκε λέγεται ότι δόθηκε από το βουνό Ωλονός (Ερύμανθος) της Πελοποννήσου και την οροσειρά της Πίνδου. Η ενότητα της Πίνδου όχι μόνο συναντάται έντονα στον Ν. Αχαΐας αλλά καταλαμβάνει και μεγάλη έκταση. Η ενότητα της Πίνδου χαρακτηρίζεται από συνεχή ιζηματογένεση που ξεκινάει από απολιθωματοφόρους ασβετόλιθους στο Κάρνιο (Αν. Τριαδικό) και ολοκληρώνεται με την απόθεση του φλύσχη στο Δάνιο (Ρόζος, 1991). Ενώ συναντάται στην επιφάνεια κυρίως στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα κυρίως ως ραδιολαρίτες, λεπτοκοκκώδη ασβεστόλιθοι και φλύσχη.

Σημειώνεται ότι οι ραδιολαρίτες στη βορειοδυτική Πελοπόννησο καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις και τοποθετούνται στρωματογραφικά μεταξύ Αν. Τριαδικού – Κατ. Κρητιδικού. Στη βάση τους συνίσταται από πυριτικές στρώσεις, ενώ στο ενδιάμεσο τμήμα και στην κορυφή από κορυφή από αργιλικές, γαιώδεις έως φυλλώδεις στρώσεις. Το χρώμα τους είναι

συνήθως ερυθρό, ενίοτε όμως παρατηρούνται κίτρινες ή κυανές στρώσεις (Τσόφλιας, 1976).



Εικόνα 3.9 Στρωματογραφική στήλη σειράς Ωλονού – Πίνδου (Meilliez et al, 1978)

3.2.3.3 Μεταλπικοί Σχηματισμοί

Νεογενή – Πλειστοκαινικά ιζήματα

Τα Πλείο-Πλειστοκαινικά ιζήματα είναι σχηματισμοί με ευρεία εξάπλωση στον Ν. Αχαΐας και αποτελούνται από θαλάσσιους, λιμνοθαλάσσιους, λιμναίους ή χερσαίους σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί σχηματίστηκαν σε τρεις τάφρους ιζηματογένεσης και συγκεκριμένα στην λεκάνη Κορινθιακού, Πατραϊκού και Λεοντίου. Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της κάθε λεκάνη απόθεσης χαρακτηρίζονται από τα χαρακτηριστικά (φυσικά, μηχανικά και ορυκτολογικά) του κάθε σχηματισμού. Η εμφάνιση των ιζημάτων αυτών είναι χαρακτηριστική σε ιδιαίτερα υψηλό υψόμετρο και συγκεκριμένα στο ύψωμα

Ξηρόκαμπος στην περιοχή του Χέλμου και εντύπωση προκαλεί και το μεγάλο πάχος του που πολλές φορές είναι μεγαλύτερο από 1000 μέτρα. Στον σχηματισμό αυτόν διακρίνονται δύο λιθοστρωματογραφικές ενότητες. Συγκεκριμένα είναι οι εξής (Ρόζος, 1991):

- Η κατώτερη ενότητα, η οποία αποτελείται κυρίως από λεπτομερή ιζήματα, όπως είναι άργιλοι, μάργες και άμμοι, τα οποία είτε εναλλάσσονται είτε βρίσκονται σε μικτές φάσεις, με διάφορους τρόπους διαγένεσης, χωρίς χονδροκλαστικά υλικά. Μάλιστα ο κύριος σχηματισμός είναι οι μάργες στην ενότητα αυτή με μεγάλο πάχος και επιφανειακή εξάπλωση στην περιοχή. Οι συνθήκες όσον αφορά το υδροδυναμικό περιβάλλον ήταν αρκετά ήπιες με αποτέλεσμα η απόθεση των λεπτόκοκκων και ασθενώς διαβαθμισμένων ιζημάτων να ευνοηθεί. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι σχηματισμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην διάβρωση και την αποσάθρωση.
- Η ανώτερη ενότητα, η οποία αποτελείται από αρκετά έως μέτρια συνεκτικά κροκαλοπαγή με ασβεστομαργαϊκό συνδετικό υλικό, σχετικά μεγάλου πάχους. Στην επαφή της ανώτερης με την κατώτερη ενότητα παρατηρείται έντονη αναύλιση πηγών, εξαιτίας της περατότητας της ανώτερης ενότητας λόγω ενεργού τεκτονισμού και έντονου κερματισμού.

Διλουβιακοί σχηματισμοί

Οι σχηματισμοί αυτοί είναι αδρομερείς σχηματισμοί (ποταμοχερσαίας έως χερσαίας προέλευσης) και καλύπτουν κατά θέσεις τα Πλείο – Πλειστοκαινικά ιζήματα. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι υλικά αναβαθμίδων και συνίστανται κυρίως από εναλλαγές κροκαλοπαγών, άμμων και αργίλων, που καλύπτουν ασύμφωνα τα Πλειο – Πλειστοκαινικά ιζήματα, αλλά έχουν εντοπιστεί και θέσεις όπου υπάρχει συμφωνία λόγω των συνιζηματογενών ρηγμάτων (Ρόζος, 1989).

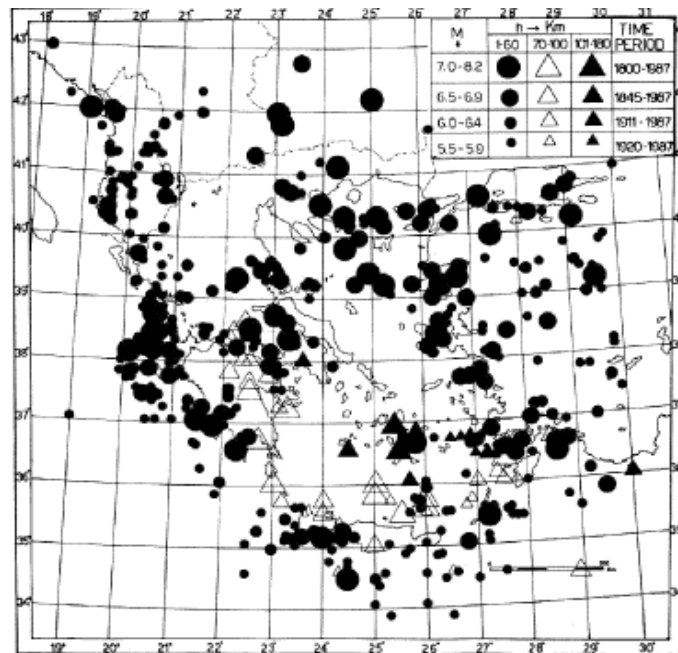
Το πάχος τους δεν είναι σταθερό αλλά μεταβάλλεται και μάλιστα πολλές φορές δεν ξεπερνάει τα 70 μέτρα. Στην βάση των σχηματισμών αυτών κυριαρχούν ψηφιδοκροκαλοπαγή, σε εναλλαγές με άμμους και ολισθολίθους από τα υποκείμενα Καλάβρια κροκαλοπαγή (γωνιώδη τεμάχια). Ακολουθούν εναλλαγές άμμων, χαμηλής έως μέτριας συνεκτικότητας, με κροκαλοπαγείς ορίζοντες μικρού πάχους, που καταλήγουν προς τα πάνω σε ερυθρού χρώματος αμμώδεις αποθέσεις, αργίλων και κροκαλοπαγών (Ρόζος, 1991).

Ολοκαινικές αποθέσεις

Τέλος συνέχεια έχουν οι αποθέσεις κατά την διάρκεια του Ολοκαίνου που αποτελούνται από υλικά νεότερων και παλαιότερων κατολισθήσεων, τα οποία ουσιαστικά είναι ετερογενή και χαλαρά υλικά (ογκόλιθοι με αργιλομαραγαϊκό υλικό), υλικά κορημάτων, τα οποία ουσιαστικά είναι υλικά βραχωδών καταπτώσεων, πλευρικά κορήματα, κώνοι κορημάτων (υλικά τα οποία βρίσκονται σε σχεδόν ασταθή ισορροπία, και όταν είναι κορεσμένα με νερό προκαλούν όχι μόνο ερπυσμό αλλά και περιστροφικές ολισθήσεις), ελουβιακοί σχηματισμοί.

3.3 Τεκτονική - Σεισμικότητα

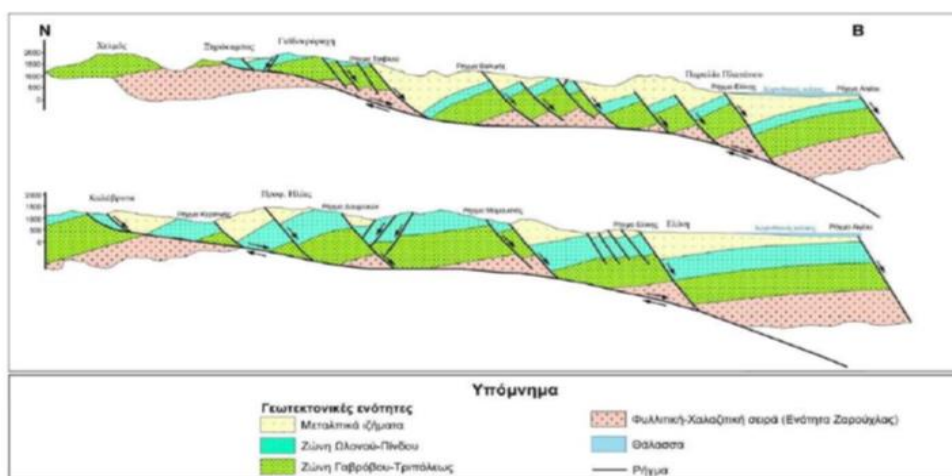
Ο νομός Αχαΐας από την περίοδο Νεογενούς έως και σήμερα παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι βρίσκεται σε άμεση επαφή με τις τεκτονικές τάφρους που είναι υπό γεωδυναμική εξέλιξη, την Ελληνική διάυλο στα δυτικά και τον Κορινθιακό κόλπο στα βόρεια, που εξαιτίας των πολλών ενεργών ρηγμάτων χαρακτηρίζεται από έντονη σεισμικότητα από τα ανατολικά της Κορίνθου έως τα δυτικά Αιγίου – Πάτρας. Η Κορινθιακή-Πατραϊκή τάφρος και ιδιαίτερα το δυτικό τμήμα της Κορινθιακής τάφρου είναι από τις πλέον σεισμογενείς του Ελληνικού χώρου (Εικόνα 3.8). Συγκεκριμένα η περιοχή επιστημονικώς χαρακτηρίζεται ως «νεοτεκτονικά ενεργή».



Εικόνα 3.10 Κατανομή επίκεντρων επιφανειακών σεισμών και ενδιάμεσου βάθους σεισμών οι οποίοι έγιναν στον Ελληνικό χώρο και στις τριγύρω περιοχές κατά την περίοδο 1800-1987 (Παπαζάχος Β. και Παπαζάχου Κ., 1989)

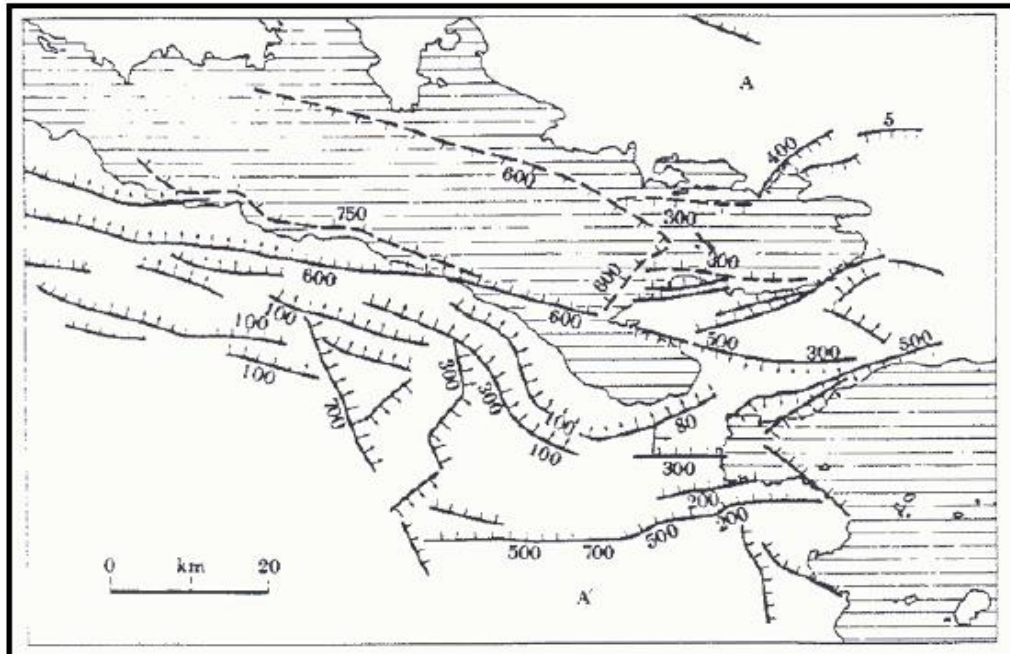
Η Κορινθιακή τάφρος χαρακτηρίζεται ως ασύμμετρη, διαχωρίζεται σε επιμέρους λεκάνες, οι οποίες χαρακτηρίζονται τόσο από διαφορετική βύθιση όσο και από διαφορετικά εστιακά βάθη σεισμών τα οποία ωστόσο δεν ξεπερνούν τα 15 χιλιόμετρα και συμπεραίνεται ότι τα κύρια ρήγματα της μεταπίπτουν σε μια επιφάνεια αποκόλλησης (Εικόνα 3.9). Αυτή η επιφάνεια αποκόλλησης διαχωρίζεται σε δύο τμήματα, στο νότιο που αποτελεί μια σχεδόν οριζόντια επιφάνεια και στο βόρειο που αποκτά μεγαλύτερες κλίσεις. Η διαφορά κλίσης, προκαλεί μια αύξηση της βύθισης των βόρειων ρηξιγενών τεμαχίων της τάφρου, η οποία ακολουθείται από την προς βορρά μετατόπιση των ανυψωτικών ισοστατικών κινήσεων (Πουλημένος, 1991)

Γενικότερα η παραμόρφωση της Β. Πελοποννήσου εξελίσσεται κατά την περίοδο του Ολόκαινου κάτω από καθεστώς έντονων εφελκυστικών τάσεων, με Β-Ν διεύθυνση, που χαρακτηρίζεται από ένα σύστημα παράλληλων κανονικών ρηγμάτων (διεύθυνσης ΑΝΑ-ΔΒΔ έως ΑΔ) με κλίση από 50 έως 70 μοίρες προς βορρά. Τα κύρια νεοτεκτονικά ρήγματα βρίσκονται στο νότιο ενεργό περιθώριο του Κορινθιακού Κόλπου (Εικόνα 3.10), υποθαλάσσια αλλά και παράκτια στην περιοχή Κορίνθου-Πατρών. Η ανάπτυξη των ρηγμάτων αυτών είναι κάθετη προς τον ορεογραφικό άξονα των Ελληνίδων ανάπτυξη τους με αποτέλεσμα να επηρεάζονται δομές όπως φλύσχη, ασβεστόλιθος και γενικότερα οι κύριες αλπικές δομές καθώς και τα νεότερα Πλείο-Πλειστοκαινικά ιζήματα. Οι κλιμακωτές εμφανίσεις παράλληλων μορφοτεκτονικών αναβαθμίδων, γεγονός που ουσιαστικά αποδεικνύει τα επιφανειακά αποτελέσματα των ενεργών ρηγμάτων, δείχνουν την σταδιακή μετανάστευση της τεκτονικής δραστηριότητας από την ενδοχώρα προς τον υποθαλάσσιο χώρο του Κορινθιακού κόλπου (Παυλίδης κ.α., 1998).

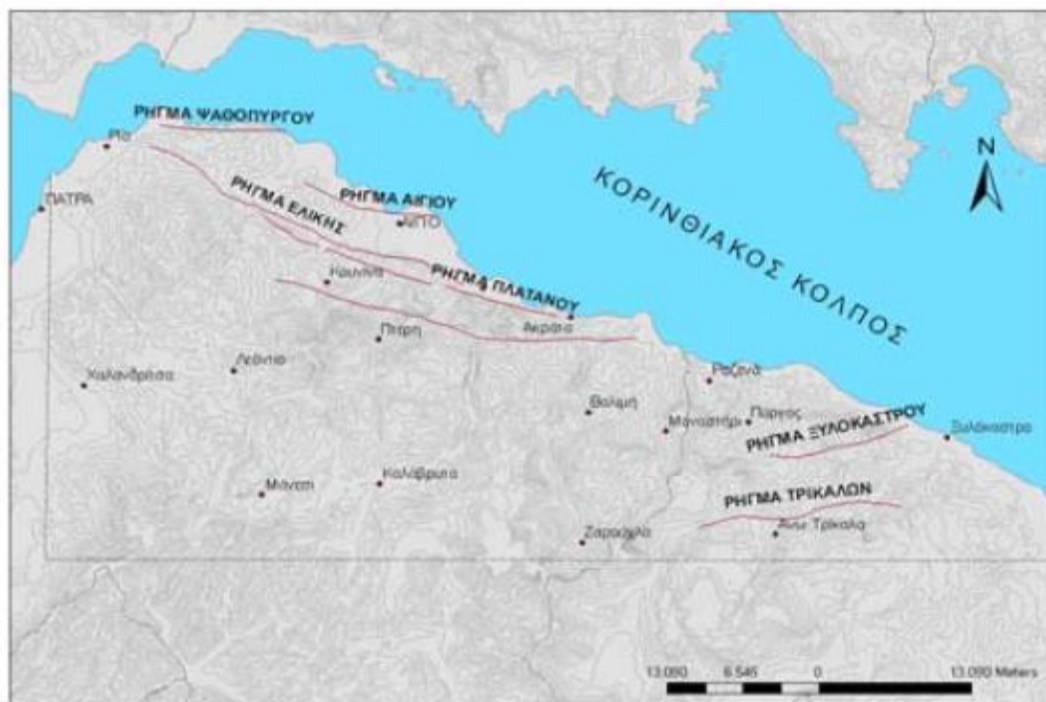


Εικόνα 3.11 Σχηματικές γεωλογικές τομές κανονικών ρηγμάτων και η επιφάνεια αποκόλλησης (Flotte & Sorel, 2001)

Στην περιοχή έρευνας διακρίνονται έξι (Εικόνα 3.11) ενεργά ρήγματα τα οποία δίνουν έντονου σεισμούς, με διεύθυνση Α-Δ και ουσιαστικά προκαλούν την συνολική ενεργή παραμόρφωση της περιοχής.



Εικόνα 3.12 Τα κυριότερα νεοτεκτονικά ρήγματα του Κορινθιακού Κόλπου (Παυλίδης, κ.α. 1998)



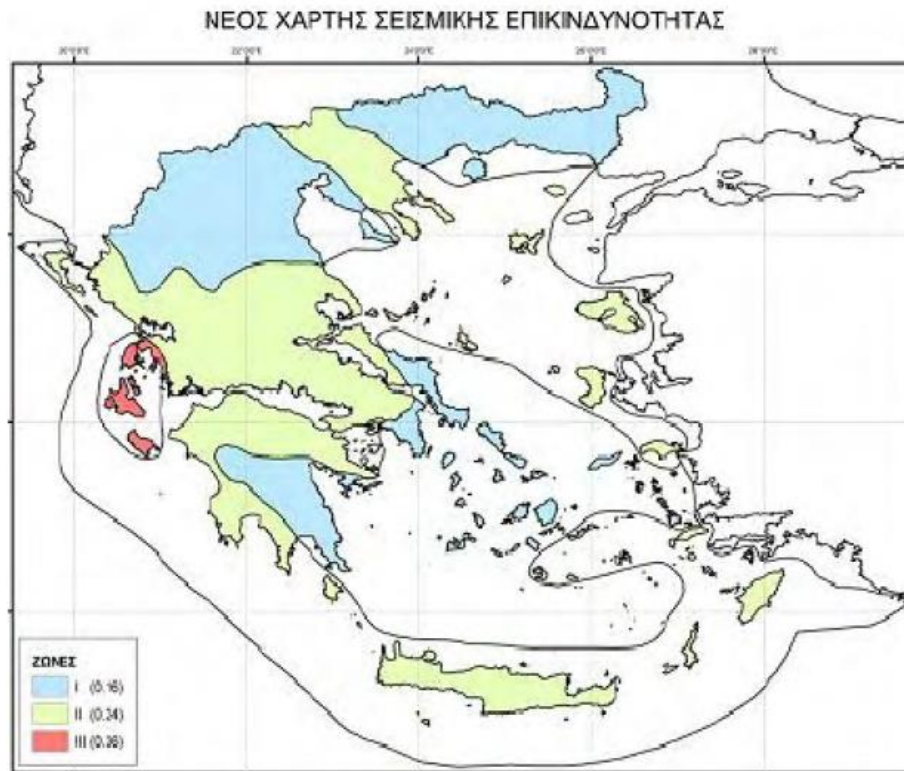
Εικόνα 3.13 Κυριότερα σεισμοτεκτονικά ρήγματα της Β. Πελοποννήσου

Από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με βάση το ιστορικό της σεισμικής δραστηριότητας στην περιοχή Ρίου-Αντιρρίου εντοπίστηκαν οι θέσεις των επίκεντρων των σεισμών. Το συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι οι ΔΒΔ-ΑΝΑ τάφροι του Κορινθιακού και Πατραϊκού κόλπου, ενώνονται διαγώνια με την ΒΑ-ΝΔ/κής διεύθυνσης πλειοπλειστοκαινική τάφρο του Ρίου-Αντιρρίου, όπου τα κέντρα των σεισμών που μελετήθηκαν από του ερευνητές σχηματίζουν ένα ΔΒΔ-ΑΝΑ/κής διεύθυνσης επίπεδο με ΒΑ κλίση. Κατά πάσα πιθανότητα το επίπεδο αυτό αποτελεί την συνέχεια του ενεργού ρήγματος της Κορινθιακής τάφρου. Συγκριμένα ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί το σημείο όπου έχουν καταγραφεί στατιστικά τα περισσότερα επίκεντρα και τα οποία αναπτύσσονται παράλληλα προς την Κορινθιακή τάφρο, σε αντίθεση με τον Πατραϊκό κόλπο που χαρακτηρίζεται από σχετική ηρεμία, ενώ το χερσαίο τμήμα της βόρειας Πελοποννήσου αντιστοιχεί στο νότιο τμήμα της υπόψη ζώνης, με τα συγκριτικά λιγότερα επίκεντρα (Παυλίδης κ.α, 1998, Χριστοδουλοπούλου, 2000)

Με βάση τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1983 με 1986 για τους σεισμούς με κέντρο την περιοχή Ρίου-Αντιρρίου και ακτίνα 150 χιλιομέτρων, διαπιστώνεται ότι στην περιοχή υπάρχουν πολλά κέντρα συγκεντρωμένης σεισμικότητας όπως είναι οι περιοχές Κορινθιακού-Πατραϊκού και Ρίου – Αντιρρίου. Για απόσταση μικρότερη, συγκεκριμένα περίπου σε ακτίνα 60 χιλιομέτρων από το σημείο ζεύξης, έντονοι σεισμοί εκδηλώνονται στην διάυλο Ρίου – Αντιρρίου, στα παράλια του Κορινθιακού κόλπου μέχρι την Ακράτα και το Γαλαξίδι. Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι σε ακτίνα 110 χιλιομέτρων από το σημείο ζεύξης ανά 50 χρόνια συμβαίνουν σεισμοί με μέγεθος 6,5 ρίχτερ και ανά 65 χρόνια περίπου σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο των 7 ρίχτερ. Από την μελέτη της διάστασης των ρηγμάτων στην περιοχή ζεύξης προκύπτει το συμπέρασμα ότι αν ενεργοποιηθεί η κύρια ρηξιγενής γραμμή της περιοχής το μέγεθος των αναμενόμενων σεισμών θα είναι 6,6 ρίχτερ ενώ η τιμή της σεισμικής επικινδυνότητας λαμβάνει την τιμή των οχτώ βαθμών.

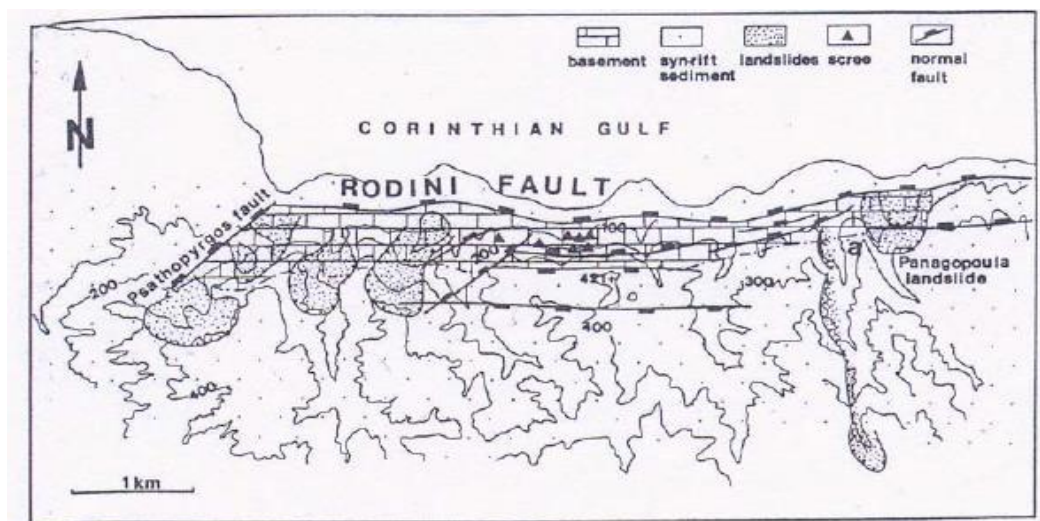
Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι ο Ν. Αχαΐας βρίσκεται σε έντονη σεισμική επικινδυνότητα κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται εκτός από τα παραπάνω δεδομένα και από τον χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας που φαίνεται παρακάτω, όπου ο νομός Αχαΐας βρίσκεται στη ζώνη II (Εικόνα 3.12).

Παρακάτω παρουσιάζεται το σύνολο των σεισμών οι οποίοι έχουν πλήξει την ευρύτερη περιοχή του Ν. Αχαΐας και προκάλεσαν σοβαρές επιπτώσεις,



Εικόνα 3.14 Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας

Η σεισμικότητα της περιοχής ενεργοποιεί και προκαλεί τις κατολισθητικές κινήσεις, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των συνσεισμικών φαινομένων που συνδέονται άμεσα με την παρουσία ενεργών ρηγμάτων. Ειδικότερα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες του Δερβενίου, Διακοπτού και Ροδινής είναι συνδεδεμένες με την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων, όπως φαίνεται και στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 3.15 Κατολισθητικά φαινόμενα κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης «Ροδίνη» (Κουκουβέλας και Ντούτσος, 1997)

3.4 Υδρολογικές Συνθήκες – Υδρογραφικό Δίκτυο Ν. Αχαΐας

Παρατηρώντας το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αυτό που μπορεί να δει κανείς ότι είναι μέτρια ανεπτυγμένο και τα περισσότερα δίκτυα είναι συμμετρικά μεταξύ τους, ενώ η μορφή του είναι γωνιώδης, γεγονός που δείχνει την συμμετοχή των ρηγμάτων στην μορφογένεση της περιοχής. Μάλιστα οι διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι πολλές φορές σχεδόν ταυτόσημες με αυτές του υδρογραφικού δικτύου και η ανάπτυξη του υδρογραφικού δίκτυο είναι άμεσα συνυφασμένη με την τεκτονική εξέλιξη της περιοχής. Τα ποτάμια της περιοχής άλλαξαν πολλές φορές την πορεία τους λόγω της τεκτονικής δραστηριότητας.

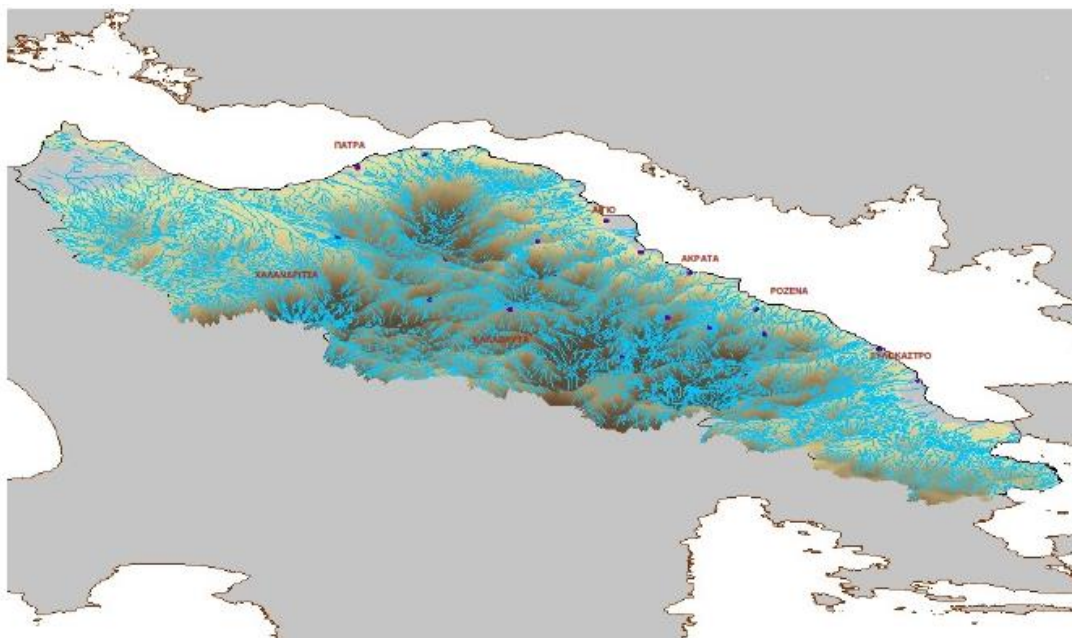
Όπως έχει προαναφερθεί, τα ποτάμια που διασχίζουν τον Νομό Αχαΐας είναι τα εξής:

- Ποταμός Βουραϊκός, ο οποίος εκβάλλει στον Κορινθιακό Κόλπο, συγκριμένα στην περιοχή του Διακοπτού
- Ποταμός Σελινούντας, ο οποίος εκβάλλει ανατολικά στο Αίγιο
- Ποταμός Κράθης, ο οποίος εκβάλλει στην παραλία Ποροβίτσης
- Ποταμοί Κριός και Φοίνικας, που εκβάλουν στην Αιγείρα και στην παραλία Λαμπιρίου αντίστοιχα
- Ποταμός Πείρος, που εκβάλλει στην παραλίας Κάτω Αχαΐας, στον Πατραϊκό και Γλαύκας που εκβάλλει δυτικά της Πάτρας καθώς και ο Ποταμός Βελιτσιάνικος που εκβάλλει δυτικά του Ρίου.
- Ποταμός Λαρισσός ο οποίος ρέει στα σύνορα του Ν. Αχαΐας και Ν. Ηλείας
- Ποταμός Αροάνιος

Πίνακας 3.2 Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής του Ν.Αχαΐας με βάση την μέθοδο Horton,1932 (Νίκας, 2004)

Υδρολογική Λεκάνη	Τάξεις κλάδων ποταμών						Συνολικό μήκος κλάδων	Συντελεστής Διακλάδωσης	Υδρογραφική πυκνότητα	Συχνότητα Διακλάδωσης
	1	2	3	4	5	6				
Σελινούντας	797	209	53	13	3	1	668.010	3,8	1,842	0,30
Βουραϊκός	727	174	33	9	1		513.373	5,5	2,162	0,40
Κράθης	537	140	32	7	1		350.802	4,9	2,416	0,49
Κριός	490	128	28	10	2	1	318.121	3,6	3,218	0,67
Κερυνίτης	243	58	15	5	1		177.093	4,0	2,043	0,37
Λαδοπόταμος	121	31	7	3	1		108.619	3,4	2,262	0,34
Μεγανείτης	64	19	5	1			95.325	4,1	1,526	0,14
Εσωτερική λεκάνη Μάνα-Λουσάν	59	19	5	1			65.775	4,0	1,357	0,17
Θολοπόταμος Αιγείρας	106	26	6	1			46.631	4,8	3,393	1,01
Θολοπόταμος Αιγίου	75	20	6	1			38.890	4,4	2,548	0,67
Λαγκάδι	23	4	1				26.504	4,9	1,836	0,33
Κατουράλι Ελικής	34	4	2	1			14.197	2,5	1,793	0,52

Στο βοριοδυτικό τμήμα του Ν. Αχαΐας οι ποταμοί παρουσιάζουν εποχιακή διακύμανση στην μεταφορική τους ικανότητα και εξαιτίας της διάβρωσης που προκαλούν σχηματίζουν προσχλωσιγενής πεδιάδες. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η κατεΐσδυση των υδάτων μέσω των καρστικών εγκοίλων και αγωγών.



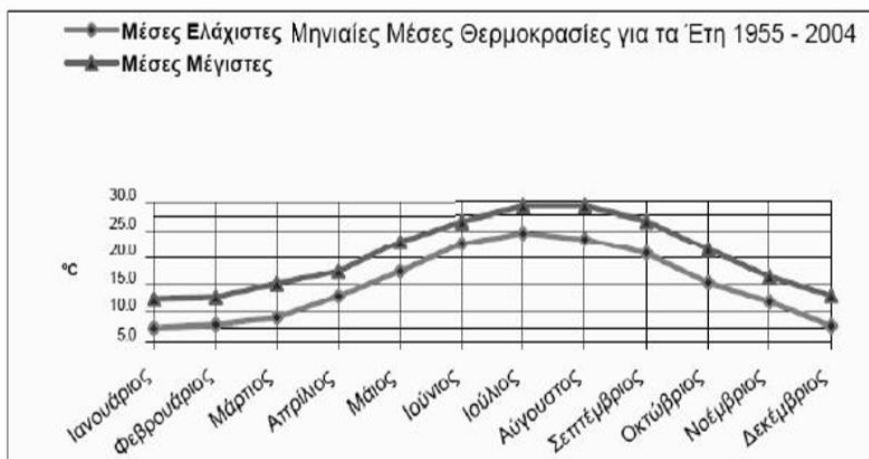
Εικόνα 3.16. Υδρογραφικό δίκτυο Ν. Αχαΐας και Ν. Κορινθίας σε τρισδιάστατη μορφή (Τσάνγκας, 2011)

3.5 Κλιματικά Στοιχεία του Ν. Αχαΐας

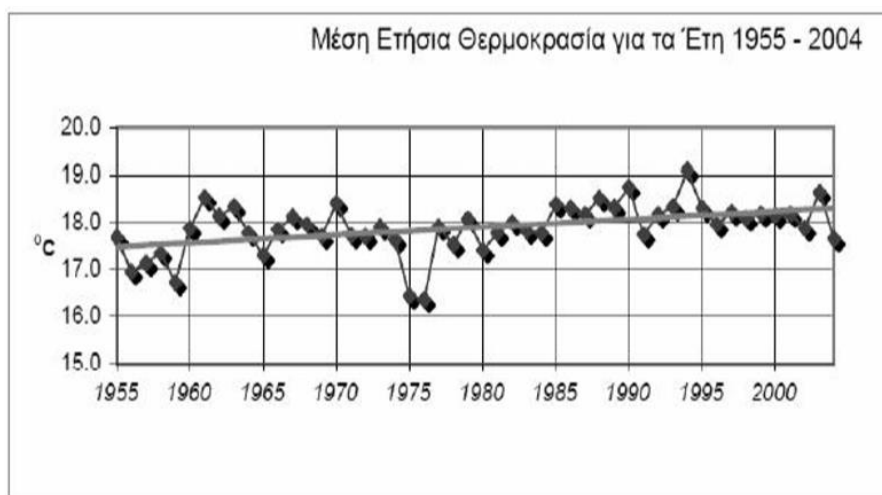
3.5.1 Θερμοκρασία Αέρα

Η θερμοκρασία και οι διακυμάνσεις της μαζί με την αυξομείωση του ποσοστού της υγρασίας είναι παράγοντας που ουσιαστικά συντελεί στην χαλάρωση των πετρωμάτων λόγω του φαινομένου της αποσάθρωσης των ορυκτολογικών συστατικών.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα που δείχνει τις τιμές της θερμοκρασίας από τις μέγιστες μέχρι τις ελάχιστες τιμές αλλά και τις μέσες επικρατούμενες. Οι θερμοκρασίες αυτές προέκυψαν από τις μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών για μια χρονική περίοδο από το 1955 έως και το 2004 από το Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.



Σχήμα 3.1 Μέσες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες του Ν. Αχαΐας (Τσάντζαλος, 2013)



Σχήμα 3.2 Μέση ετήσια θερμοκρασία του Ν. Αχαΐας (Τσάντζαλος, 2013)

Αν αναλύσει κανείς τα θερμοκρασιακά δεδομένα θα δει ότι για τα παράλια του Ν. Αχαΐας είναι από 7 έως 13 βαθμούς Κελσίου ενώ για τις ορεινές περιοχές από 7,8 έως 14 βαθμούς Κελσίου, γεγονός που διευκολύνει την αποσάθρωση των πετρωμάτων αργιλικής σύστασης που ως επί το πλείστον δομούν τον Ν. Αχαΐας.

Σχήμα 3.3 Θερμοκρασία αέρα που καταγράφηκε από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Αιγίου, Καλαβρύτων και Πάτρας (Ε.Μ.Υ. 1978)

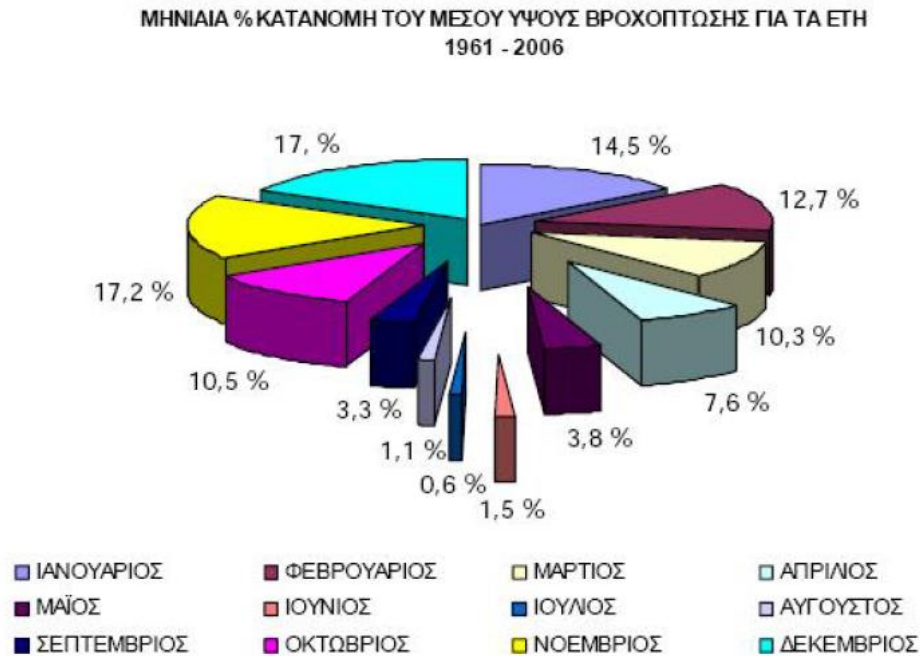
Θερμοκρασία σε C°	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ετήσια
ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΙΓΙΟΥ													
Μέση θερμοκρασία	9,7	10,4	11,8	15,8	20,4	25	28	28	24,4	19,4	14,9	11,3	18,3
Μέση μέγιστη	13,1	14	15,6	19,9	25	29,7	32,8	32,7	28,8	22,6	18,4	14,4	22,3
Μέση ελάχιστη	5,9	6,4	7,3	10,4	14,4	18,3	20,8	21	18,4	14,9	11	7,5	13,0
Μέσο θερμ/κο εύρος	7,2	7,6	8,3	9,5	10,6	11,4	12	11,7	10,4	8,7	7,4	6,9	9,2
ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΛΑΒΡΥΤΩΝ													
Μέση θερμοκρασία	4,4	5,4	7,2	11,4	15,7	20,2	23,2	23,1	19	14	10,2	6,3	13,3
Μέση μέγιστη	8,4	9,7	11,8	16,6	21,3	25,7	28,8	28,8	24,9	19,6	14,3	10,2	18,4
Μέση ελάχιστη	0,6	1,1	2,4	5,4	8,6	12	14,5	14,6	11,8	8,4	5,1	2,3	7,2
Μέσο θερμ/κο εύρος	7,8	8,6	9,4	11,2	12,7	13,7	14,3	14,2	13,1	11,2	9,7	7,9	11,2
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΡΩΝ													
Μέση θερμοκρασία	9,8	10,4	12,1	15,8	19,9	23,9	26,5	26,7	23,4	19	14,7	11,2	17,8
Μέση μέγιστη	14,3	15	16,6	19,9	23,9	27,6	30,3	31,1	28,3	24,3	20,1	16,1	22,3
Μέση ελάχιστη	5,4	5,5	6,4	9,3	12,5	15,6	17,8	17,9	15,5	12,7	9,7	6,8	11,3
Μέσο θερμ/κο εύρος	8,9	9,5	10,2	10,6	11,4	12	12,5	13,2	12,8	11,5	10,4	9,3	11

3.5.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Το κλίμα στην περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται ως εύκρατο με ξηρό θέρος. Η μηνιαία κατανομή των βροχοπτώσεων όπως αυτή καταγράφεται στην πλειονότητα των μετεωρολογικών σταθμών παρουσιάζει μέγιστο τον μήνα Δεκέμβριο και τον μήνα Νοέμβριο ενώ αντίστοιχα ελάχιστο τον μήνα Ιούλιο. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζεται μία τάση μετατόπισης της υγρής περιόδου προς τους εαρινούς μήνες. Η μετατόπιση αυτή συνεπάγεται την απώλεια του διαθέσιμου νερού της ενεργής κατείσδυσης λόγω της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής. Το ύψος βροχής αυξάνεται με την αύξηση του υψομέτρου με σχέση όχι κατ'ανάγκη γραμμική. Η σχετική υγρασία παρουσιάζει την ίδια πορεία με αυτή των βροχοπτώσεων (Βουδούρης, 1995).

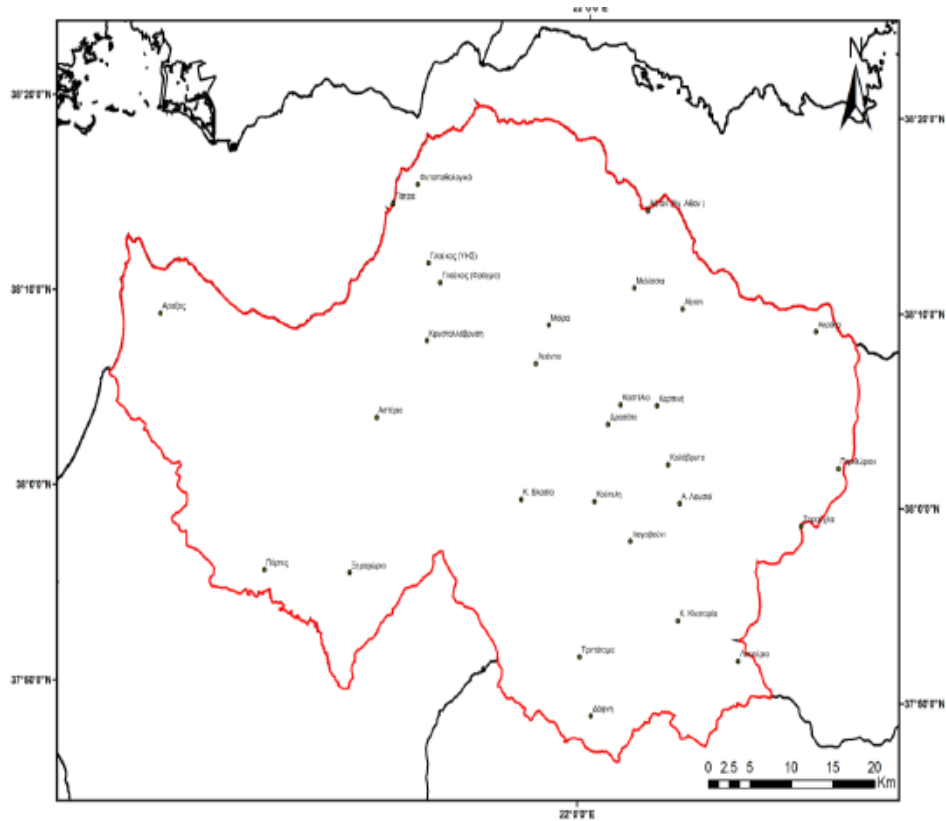
Αυτό που παρατηρείται γενικότερα είναι ότι το ύψος των βροχοπτώσεων στην περιοχή του Ν. Αχαΐας είναι αρκετά υψηλό στις παράκτιες περιοχές και στο Ιόνιο και προχωρώντας σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο αυξάνει.

Συγκεκριμένα από τις καταγραφές μετεωρολογικού σταθμού του Αιγίου για την χρονική περίοδο 1961-2006 προκύπτει ότι τον μήνα Δεκέμβριο παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων. Η ποσοστιαία κατανομή τους φαίνεται στο παρακάτω.



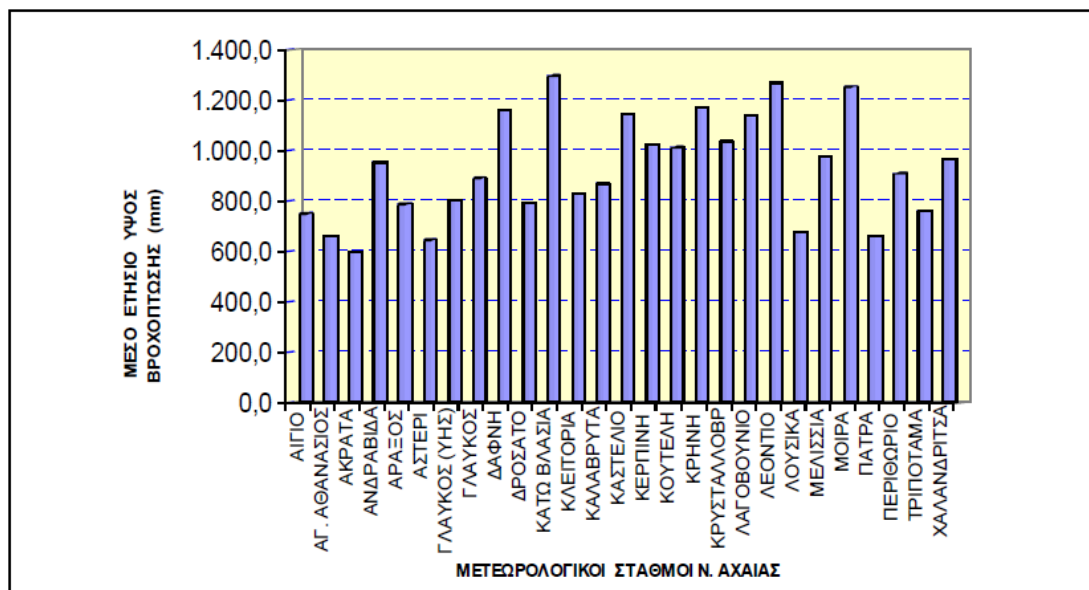
Σχήμα 3.4 Μηνιαία επί τοις εκατό κατανομή βροχοπτώσεων από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αιγίου

Για την ευρύτερη περιοχή του Ν. Αχαΐας δεδομένα συγκεντρώθηκαν από 27 μετεωρολογικοί σταθμοί, που έχουν τοποθετηθεί στην περιοχή του νομού καλύπτοντας συνολική έκταση 3270 τετραγωνικών χιλιομέτρων περίπου. Παρακάτω παρουσιάζεται χάρτης με την κατανομή των σταθμών αυτών.

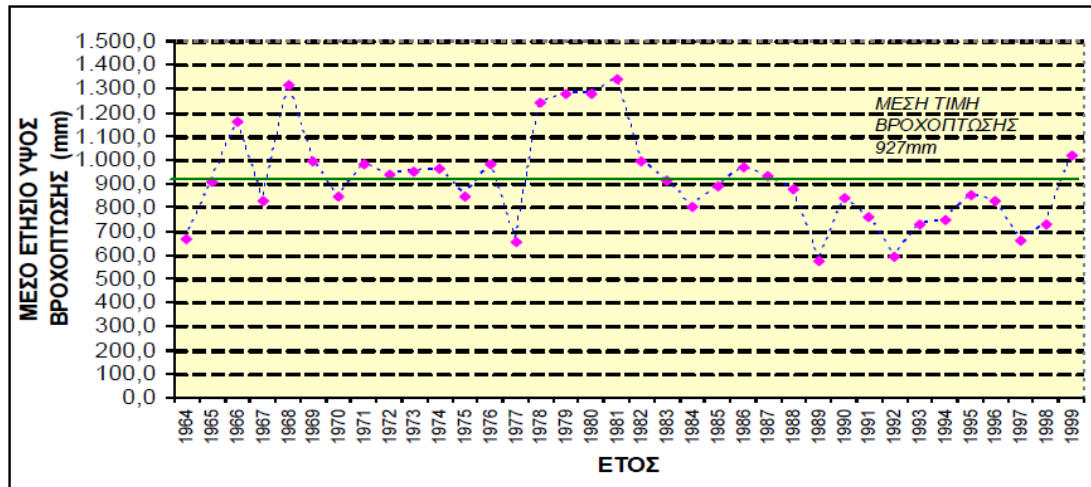


Εικόνα 3.17 Θέσεις βροχομετρικών σταθμών

Από τις μετρήσεων των σταθμών για τη χρονική περίοδο 1964 με 1999 κατασκευάστηκαν διαγράμματα μέσης ποσότητας βροχοπτώσεων ανά σταθμό καθώς και ανά έτος.

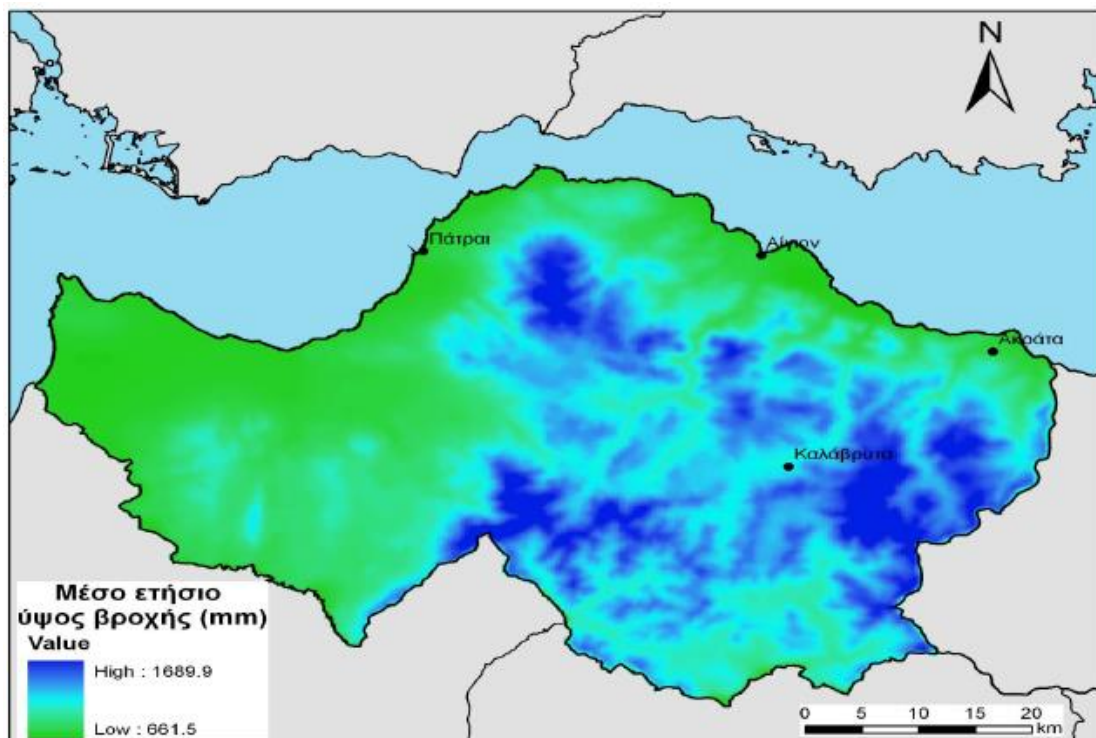


Σχήμα 3.5 Διάγραμμα κατανομής μέσης ποσότητας βροχοπτώσεων ανά σταθμό (Τσάνγκας, 2011)



Σχήμα 3.6 Διάγραμμα μέσης ποσότητας βροχοπτώσεων ανά έτος (Τσάνγκας, 2011)

Παρακάτω παρουσιάζεται βροχομετρικός χάρτης όλης της περιοχής του νομού.



Εικόνα 3.18 Βροχομετρικός χάρτης Ν. Αχαΐας (Δημητροπούλου Ι.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

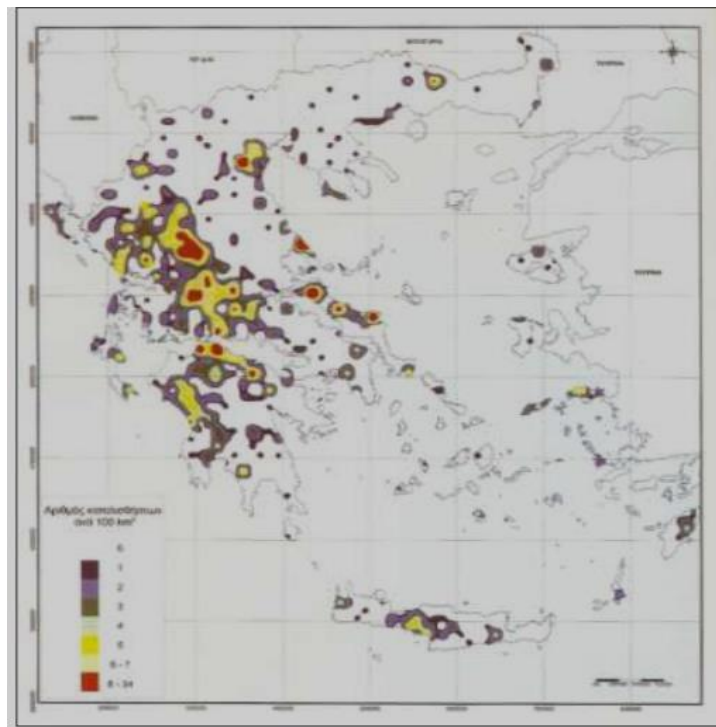
ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΧΑΪΑΣ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΡΑΘΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

4.1 Γενικά

Η εμφάνιση κατολισθητικών φαινομένων γενικότερα στην Ελλάδα είναι ένα αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο που επηρεάζει σημαντικά την κοινωνία και οικονομία της χώρας. Οι περισσότερες και μεγαλύτερες κατολισθήσεις που έχουν εκδηλωθεί, αποτελούν κατά κύριο λόγο ζώνες παλαιότερης ενεργοποίησης που οφείλονται κυρίως σε γεωλογικές και κλιματικές διεργασίες οι οποίες έλαβαν χώρα στο παρελθόν και συνεχίζονται, σε πολλές περιπτώσεις, μέχρι σήμερα (Κούκης& Σαμπατακάκης,2007).

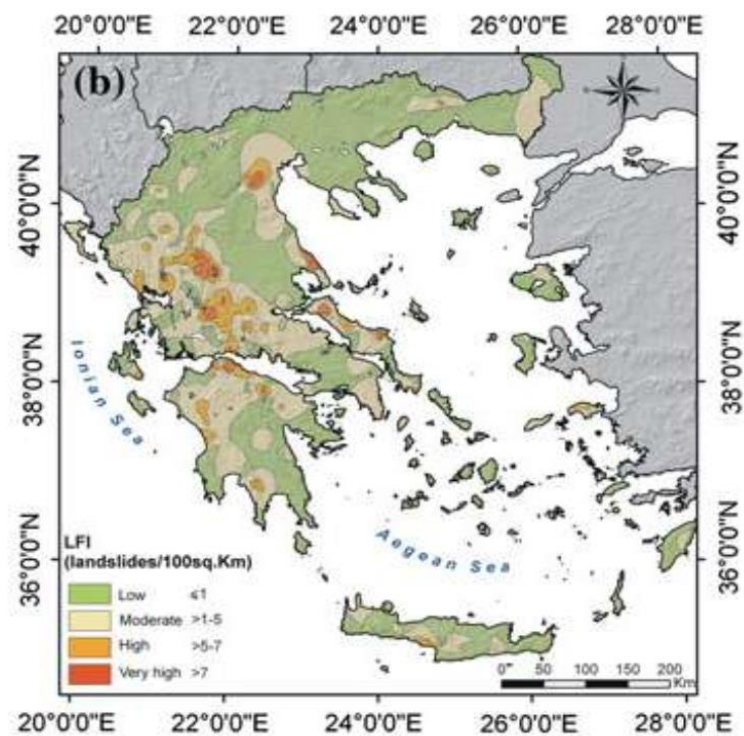
Η έρευνα και η συνεχής καταγραφή των κατολισθήσεων ξεκίνησε από την δεκαετία του 1970 αφού ήδη είχαν γίνει καταστροφικές κατολισθήσεις, όπως στο Μικρό Χωριό της Ευρυτανίας το 1963 που σημειώθηκαν 13 ανθρώπινα θύματα. Κατά την δεκαετία του 1980 άρχισαν να γίνονται οι πρώτες ποιοτικές και ποσοτικές εκφράσεις των φαινομένων στον Ελληνικό χώρο και η δημιουργία μια βάσης δεδομένων με καταγραφές των κατολισθητικών γεγονότων. Στην συνέχεια ακολούθησαν στατιστικές επεξεργασίες και αναλύσεις των κύριων παραγόντων που αποτελούν τα αίτια εκδήλωσης αλλά και των επιπτώσεων που δημιουργούν, με σκοπό την εκτίμηση του κινδύνου των κατολισθητικών φαινομένων για την Ελλάδα.

Με βάση τις κατολισθήσεις που καταγράφηκαν από την Διεύθυνση Τεχνικής Γεωλογίας του ΙΓΜΕ, του εργαστηρίου της Τεχνικής Γεωλογίας Πατρών δημιουργήθηκε ένας χάρτης που παρουσιάζει την συχνότητα εκδήλωσης κατολισθήσεων στον Ελλαδικό χώρο (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 Χάρτης συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων στον Ελληνικό Χώρο περιόδου 1950 – 2004 (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Ο παραπάνω χάρτης εμπλουτίστηκε με καταγραφές πρόσφατων κατολισθήσεων μέχρι και το έτος 2010 (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Χάρτης συχνότητας κατολισθήσεων στον Ελληνικό χώρο για στοιχεία μέχρι και το 2010 (Sabatakakis et al., 2013)

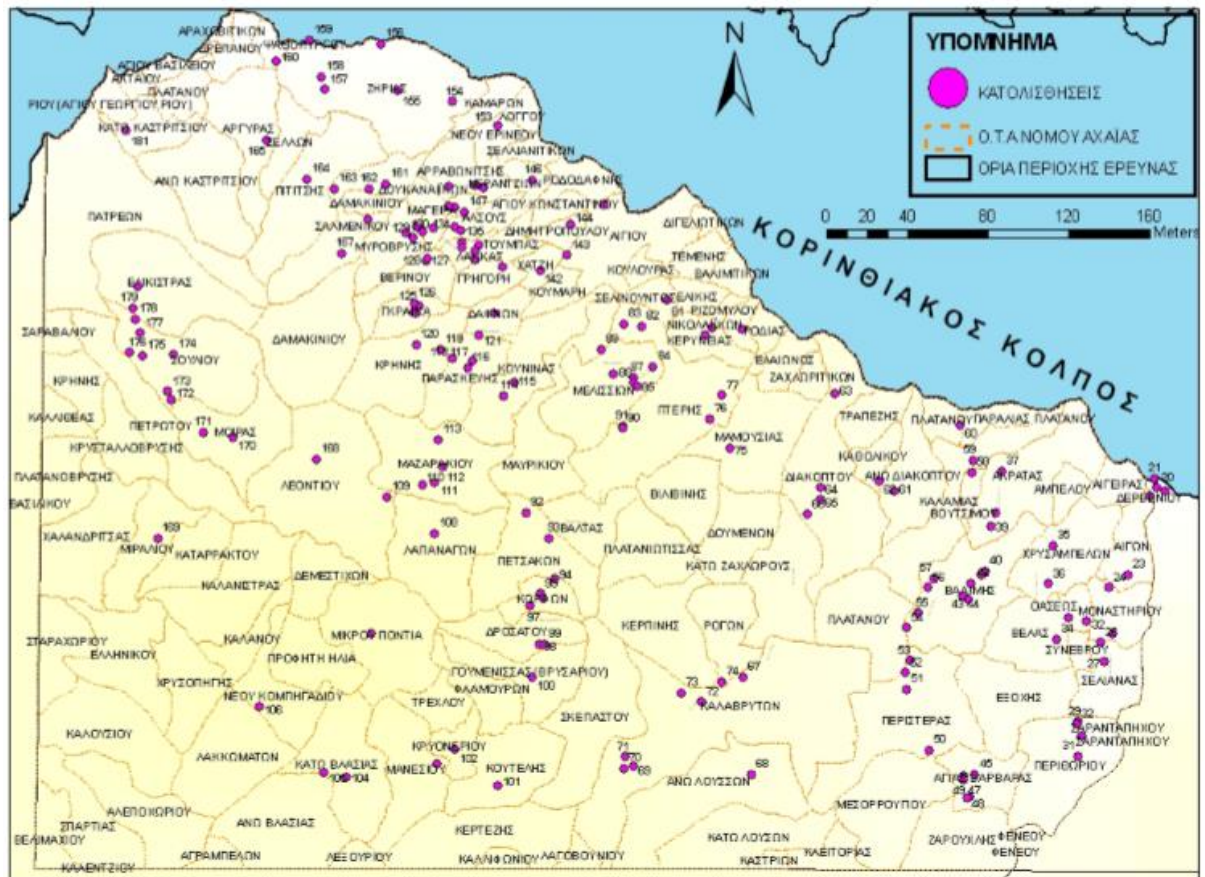
Αυτό που προκύπτει σαν συμπέρασμα από τους χάρτες αυτούς σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα είναι ότι τα κατολισθητικά φαινόμενα είναι πιο έντονα στην Κεντρική και την Δυτική Ελλάδα κατά μήκος της Ζώνης Πίνδου. Τα μεγαλύτερα ποσοστά των κατολισθήσεων βρίσκονται σε περιοχές με όπου παρατηρείται ανθρώπινη παρέμβαση, οικισμοί, οδικό δίκτυο, με έντονη επίδραση στην βλάστηση. Αυτό που είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί είναι η έντονη αύξηση των κατολισθήσεων σε περιοχές με υψόμετρο μικρότερο των 1000 μέτρων και έντονο ανάγλυφο.

Στην Ελλάδα αρχεία κατολισθήσεων διαθέτουν το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Μελετών ΙΓΜΕ και το Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων ΚΕΔΕ. Το ΙΓΜΕ διαθέτει πάνω από 1.100 Τεχνικές Εκθέσεις οι οποίες μελετούν κατολισθητικά φαινόμενα στην Ελλάδα για την περίοδο 1957-2005. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1980 είχαν καταγραφεί από τον Ζιούρκα (1989) στο πλαίσιο της διδακτορικής του διατριβής 1.116 καταγραφές. Η βάση δεδομένων συμπληρώθηκε από Λαλιώτη και Σπανού (2001) για την περίοδο 1991-1998, στα πλαίσια διπλωματικών εργασιών. Επιπλέον συμπλήρωση έγινε από την Μπλιώνα (2008) για την περίοδο 1998-2003 με 397 νέες καταχωρίσεις. Η τελική βάση δεδομένων εμπεριείχε 1.238 κατολισθήσεις ανά την Ελληνική περιφέρεια. Το πλέον ενημερωμένο αρχείο κατολισθήσεων για την Ελλάδα (Sabatakakis et al. 2013), περιλαμβάνει 1.635 τεκμηριωμένες περιπτώσεις κατολισθήσεων που καταγράφηκαν μέχρι και το 2010.

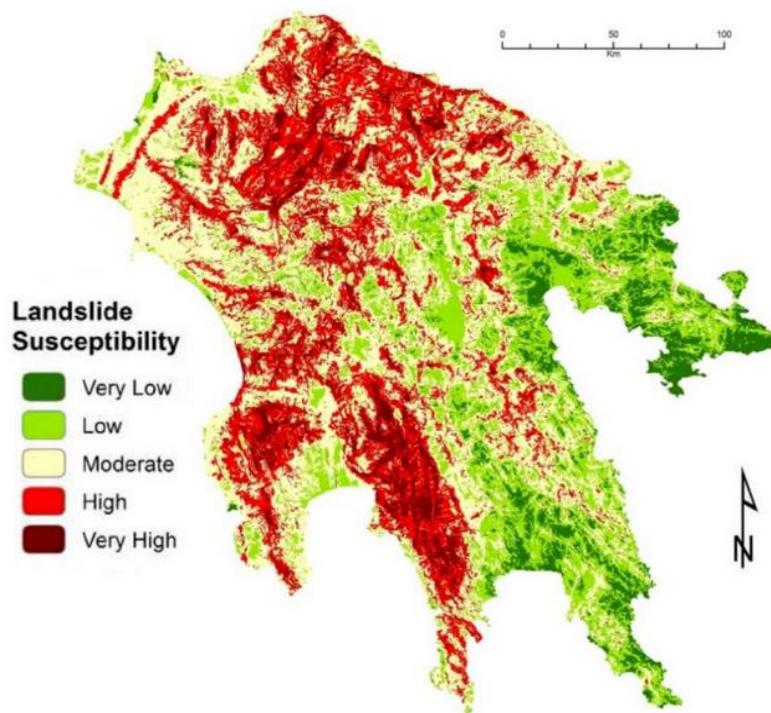
Όσον αφορά την περιοχή της Αχαΐας είναι μια περιοχή με έντονη κατολισθητική δραστηριότητα. Ο συγκεκριμένος νομός είναι μια χαρακτηριστική περιοχή μελέτης κατολισθήσεων, γιατί εκτός της έντονης κατολισθητικότητας, εμφανίζει μεγάλη διαφοροποίηση ως προς τα αίτια της εκδήλωσής της. Η ομαδοποίηση των κατολισθήσεων γίνεται κυρίως με την γεωγραφική τους κατανομή και συγκεκριμένα ομαδοποιούνται σε τρεις κύριες περιοχές. Η πρώτη περιοχή είναι το ανατολικό τμήμα του νομού, με έντονο πρόβλημα στους οικισμούς Μοναστηρίου, Πλατάνου, Τσιβλού και Βαλιμής. Η δεύτερη περιοχή είναι το κεντρικό τμήμα, με έντονη κατολισθητική δραστηριότητα στους οικισμούς Κουνινάς, Αρραβωνίσης, Γραϊκάς, Ζήριας. Και τέλος η Τρίτη περιοχή είναι αυτή του δυτικού τμήματος, με κύρια προβλήματα στους οικισμούς Σαλμενίκου, Μοίρας και Σουλίου.

Παρακάτω παρουσιάζεται εικόνα με τον χάρτη της περιοχής του Ν. Αχαΐας (Εικόνα 4.3) και τις καταγεγραμμένες θέσεις όπου εκδηλώθηκαν οι κατολισθήσεις καθώς και πίνακας με το είδος των κατολισθήσεων και την περιοχή εμφάνισης εντός περιοχής έρευνας (Πίνακας 4.1)

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ Ν. ΑΧΑΪΑΣ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΡΑΘΗ



Εικόνα 4.3 Χάρτης των σημείων εμφάνισης των κατολισθήσεων του Ν. Αχαΐας (Τσαγκάς, 2011)



Εικόνα 4.4 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Πελοποννήσου (Chalkias et al., 2014)

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ Ν. ΑΧΑΪΑΣ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΡΑΘΗ

Πίνακας 4.1. Στοιχεία κατολισθητικών φαινομένων στον Ν. Αχαΐας (Τσαγκάς, 2011)

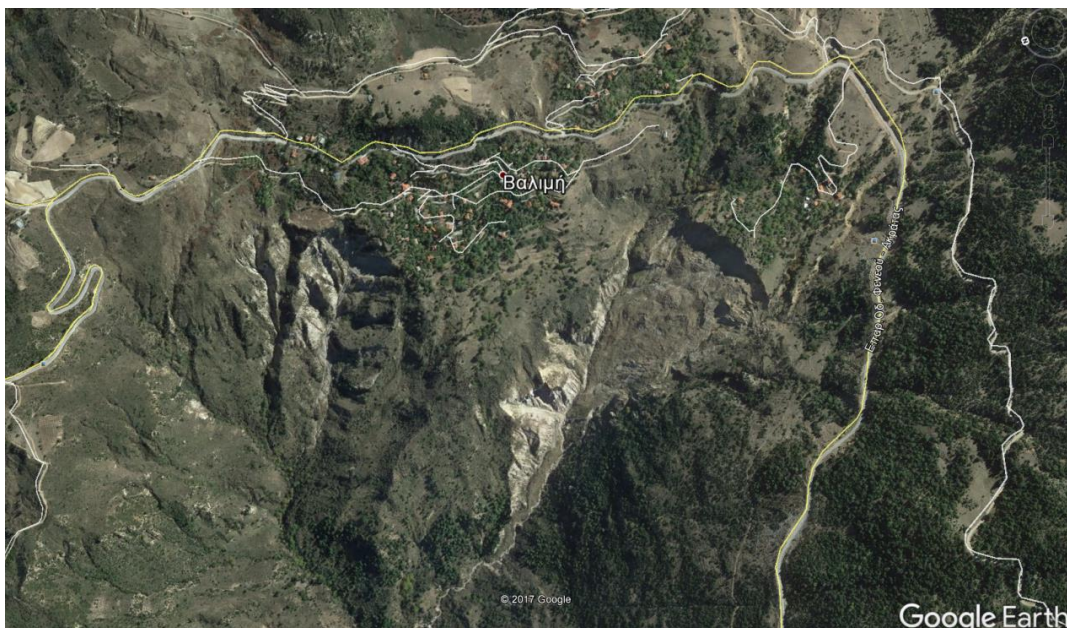
Ο.Τ.Α	ΗΜΕΡΩΝΙΑ ΕΚΔΗΛΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ z	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ		ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ (*: Μονόσας Αποσφραγισμός)	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ	ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΒΟΤΟΡΙΑ
		x	y		Κ/ΜΕΤ	Φ.Μ.Κ					
Βέλος	—	352817	4214780	718.22	55	170	Ελουβία	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Χρυσάμπελου	—	352855	4219308	838.00	30	120	Μάργα	Καθίζηση επιχώματος	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Χρυσάμπελου	—	352435	4217448	700.00	55	010	Κροκαλοπαγείς	Ανατραπή	Τεκτονική (ρήγμα)	Χαμηλή	Όχι
Ακράτας	Ιαν. 1980	350132	4222900	360.00	46	300	Μάργα *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Ακράτας	Ιαν. 1980	349841	4220916	548.02	25	030	Μάργα	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Ακράτας	—	349812	4220286	683.38	35	020	Μάργα	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Βαλιμής	1958	349289	4218075	918.32	20	310	Μάργα	Ερπυσμός	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Βαλιμής	1958	349139	4217872	924.55	40	305	Μάργα	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Βαλιμής	1910	348617	4217497	797.11	70	250	Μάργα	Βαθιά με περιστροφή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Βαλιμής	1958	348457	420894	957.45	35	030	Κροκαλοπαγείς	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Βαλιμής	1958	348170	4216880	940.74	55	020	Ασβεστόλιθος	Κατάπτωση	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Α.γ. Βαρβάρας	1906	348796	4208182	1240.00	46	200	Κορήματα	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Μείση	Όχι
Αγ. Βαρβάρας	—	348245	4208150	1110.62	60	240	Κορήματα	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Αγ. Βαρβάρας	—	348234	4207954	1079.22	45	250	Κορήματα	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Αγ. Βαρβάρας	—	348399	4207044	1040.00	55	304	Φλύσχης	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Αγ. Βαρβάρας	—	348518	4207129	1020.00	65	338	Φλύσχης	Ολίσθηση κορημάτων	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Περιστεράς	—	348493	4209384	877.95	15	298	Κροκαλοπαγείς	Κατάπτωση	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Περιστεράς	—	345374	4212328	847.59	85	068	Φυλλίτης *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Περιστεράς	—	345366	4213132	807.46	60	290	Φυλλίτης *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Περιστεράς	—	345557	4213728	777.08	50	260	Φυλλίτης *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Βαλιμής	22.03.1913	345375	4215338	711.15	60	290	Κορήματα	Ολίσθηση κορημάτων	Σύνθετα	Μεγάλη	Όχι
Βαλιμής	—	345963	4218024	860.00	85	330	Κροκαλοπαγείς	Σφηνοειδής	Σύνθετα	Χαμηλή	Όχι
Βαλιμής	—	348454	4217259	768.68	35	242	Κορήματα	Ολίσθηση κορημάτων	Παρουσία υπόγειου νερού	Χαμηλή	Όχι
Βαλιμής	—	348733	4217719	608.13	45	302	Κροκαλοπαγείς	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Βούτσικου	Ιαν. 1980	348622	4222872	450.00	55	045	Μάργα *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Μείση	Όχι
Καλαμιάς	1981	348710	4223455	249.91	35	090	Μάργα	Λαστορροή	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Ναι
Πλατάνου	1980	348059	4225125	231.85	55	020	Μάργα *	Παράλληλη, ρηχή	Τεκτονική (ρήγμα)	Μείση	Ναι
Α. Διακοπού	1941	344803	4221952	533.07	35	290	Κροκαλοπαγείς *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Μείση	Ναι
Καβαλικού	1940	344050	4222403	370.33	45	040	Μάργα	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Μεγάλη	Όχι
Διακοπού	Φεβ. 1956	341848	4228866	238.39	30	290	Κροκαλοπαγείς *	Παράλληλη, ρηχή	Βροχόπτωση	Μεγάλη	Όχι
Διακοπού	—	341182	4221109	693.30	65	030	Μάργα	Ερπυσμός	Βροχόπτωση	Χαμηλή	Όχι
Διακοπού	—	341133	4221569	780.32	65	010	Ασβεστόλιθος	Καθίζηση οικοδομής	Παρουσία υπόγειου νερού	Μείση	Όχι
Διακοπού	Φεβ. 2003	340484	4220807	997.31	65	005	Ασβεστόλιθος	Ολίσθηση κορημάτων	Παρουσία υπόγειου νερού	Μείση	Όχι

4.2 Το ανατολικό τμήμα του νομού Αχαΐας – Περιοχή Μελέτης

Οι κατολισθήσεις στην περιοχή της Ανατολικής Αχαΐας και συγκεκριμένα στην λεκάνη απορροής του Κράθης και των κοντινών περιοχών, εκδηλώνονται κυρίως σε σημεία όπου το ανάγλυφο θεωρείται σχετικά ορεινό – ημιορεινό και οι σχηματισμοί είναι Νεογενείς (κατά βάση μάργες και μανδύας αποσάθρωσης αυτών). Οι κατολισθήσεις στην περιοχή είναι αρκετές άλλες μικρότερες άλλες μεγαλύτερες, οι οποίες όμως θέτουν σε κίνδυνο τους τριγύρω οικισμούς, με σημαντικότερες τις παρακάτω:

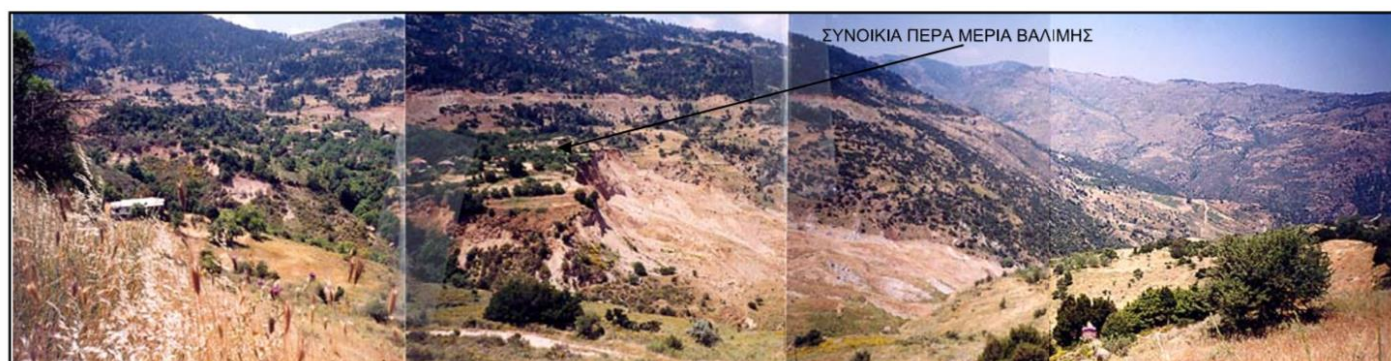
-Τα πρώτα φαινόμενα καταγράφηκαν το 1906 στα ανατολικά του οικισμού Αγίας Βαρβάρας, ενεργοποίησαν τον σχηματισμό των κορημάτων και προκάλεσαν ζημιές σε αρκετές οικίες. Έκτοτε η κατολίπηση σταθεροποιήθηκε, συνέπεια ενός αντερείσματος σχιστολιθικής σύστασης που λειτούργησε ως φυσικό μέσο ανάσχεσης του φαινομένου προς τα κατάντη (Βετούλης 1970).

-Εξίσου σημαντικά ήταν τα κατολισθητικά φαινόμενα της κοινότητας Βαλιμής που διακρίνονται σε παλαιότερα και νεότερα (Βετούλης 1973). Τα παλαιότερα και σοβαρότερα εκδηλώθηκαν το 1910 στον κεντρικό οικισμό κάτι που αποτέλεσε αιτία για την σταδιακή μετακίνηση του πληθυσμού. Την θέση εκδήλωσης της κατολίπησης μπορεί να την παρατηρήσει κανείς ακόμα και σήμερα, αφού οι αναβαθμίδες που δημιουργήθηκαν λόγω της μετακίνησης, στις κατώτερες θέσεις του οικισμού είναι ιδιαίτερα ευδιάκριτες, ενώ η γενική τους εικόνα (μικρές προελάσεις στο μέτωπό τους) δείχνει ότι ενεργοποιούνται τον χειμώνα.



Εικόνα 4.5 Έντονη κατολισθητική δραστηριότητα γύρω από τον οικισμό της Βαλιμής

Τα νεότερα κατολισθητικά φαινόμενα έλαβαν χώρα την δεκαετία του 1950, προκαλώντας επιπτώσεις και ζημιές στον οικισμό “Ανω Γειτονιά”, με αποτέλεσμα το 80% των κατοίκων να αναγκαστεί να φύγει. Οι κύριες αιτίες της κατολίσθησης ήταν δύο, η πρώτη είναι οι εργασίες που αφορούσαν την διάνοιξη του οδικού δικτύου στην περιοχή και η δεύτερη είναι η ολίσθηση του αργιλικού μανδύα αποσάθρωσης των Νεογενών που διαβράχθηκε από την τοπική πηγή «Ελιά» (παροχή 6m³/h). Κατολισθητικές κινήσεις καταγράφηκαν και στον συνοικισμό Πέρα Μεριά, με συνέπεια να εγκαταλειφθούν οι παρακείμενες στο φρύδι της κατολίσθησης οικίες, ενώ η κατολισθαίνουσα ζώνη έχει κάπως σταθεροποιηθεί (Τσαγκάς, 2011).



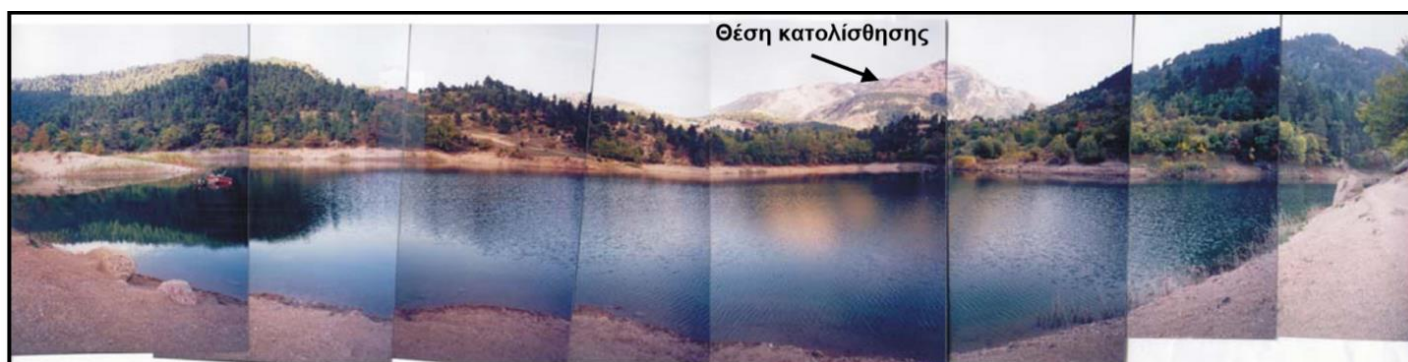
Εικόνα 4.6. Κατολισθητικά φαινόμενα στην Συνοικία Πέρα Μεριά Βάλμης (Τσαγκάς, 2011)



Εικόνα 4.7. Κατολισθητικά φαινόμενα που προκλήθηκαν από την διάνοιξη της επαρχιακής οδού προς Ζαρούχλα (Τσαγκάς, 2011)

-Στις 22 Μαρτίου 1913, εκδηλώθηκε μια καταστροφική κατολίσθηση στην περιοχή της Αν. Αχαΐας στον οικισμό της Σουλίβαινας. Τα πρώτα σημάδια της κατολίσθησης αυτής έγιναν αντιληπτά μέσω μικροσεισμών και θορύβων με αποτέλεσμα οι περισσότεροι κάτοικοι να εγκαταλείψουν το χωριό. Τελικά οι φόβοι του επιβεβαιώθηκαν και λίγο αργότερα ολόκληρη

η πλαγιά του βουνού κύλησε από τα 1650 μέτρα στα 600 μέτρα, διανύοντας μια διαδρομή μήκους 5 χιλιομέτρων και πλάτους περίπου 1000 μέτρων. Το υλικό της κατολίσθησης κατέληξε στο βάθος της κοιλάδας του Κράθη όπου ήταν και ο οικισμός του Τσιβλού. Το υλικό της κατολίσθησης έφραξε και δημιούργησε ένα είδος φράγματος όχι μόνο τον Κράθη αλλά και τον παραποταμό του με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δύο λίμνες, η μία από τα νερά του Κράθη και η άλλη από τα νερά του παραπόταμου, η λεγόμενη λίμνη Τσιβλού. Τα νερά από τις δύο λίμνες προκάλεσα έντονες καταστροφές ενώ ο οικισμός της Σουλίβαινας καταστράφηκε. Τον ερχόμενο χειμώνα λόγω των έντονων βροχοπτώσεων η λίμνη του Κράθη μεγάλωνε συγκεντρώνοντας όλο και μεγαλύτερο όγκο νερών με αποτέλεσμα το φράγμα που είχε δημιουργηθεί λόγω της προηγούμενης κατολίσθησης, να υποχωρήσει και η λίμνη να αδειάσει μέσα σε λίγα λεπτά προκαλώντας τεράστιες καταστροφές. Στην θέση της λίμνης παρέμειναν μικρότερες οι οποίες αργότερα γέμισαν με τα φερτά υλικά του ποταμού. Στο σημείο όπου υποχώρησε το τεχνητό φράγμα δημιουργήθηκε ένα φαράγγι. Αντιθέτως η λίμνη Τσιβλού παρέμεινε στην θέση της καθώς ο όγκος των νερών που δέχτηκε δεν ήταν ικανός για να αποφράξει τα υλικά της κατολίσθησης (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.8. Η λίμνη Τσιβλού (Τσαγκάς, 2011)

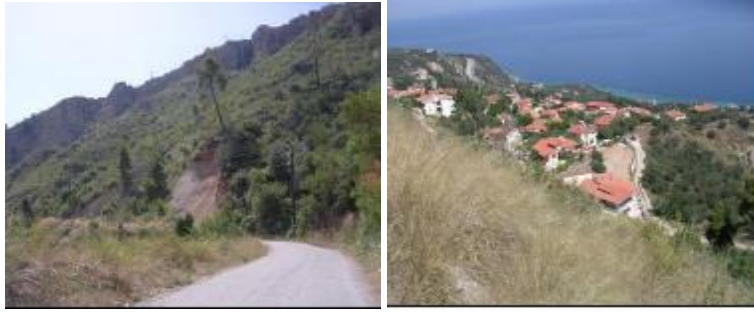


Εικόνα 4.9 Αποψη της κατολίσθησης της Τσιβλούς και η τεχνητή λίμνη

-Μεγάλης έκτασης κατολίσθηση εκδηλώθηκε και στον οικισμό Πλάτανος, εμφανίζοντας μια σχετική μετακίνηση στην περιοχή και αποδεικνύοντας την ενεργότητα της κατολίσθησης αυτής (Εικόνα 4.10, Εικόνα 4.11).



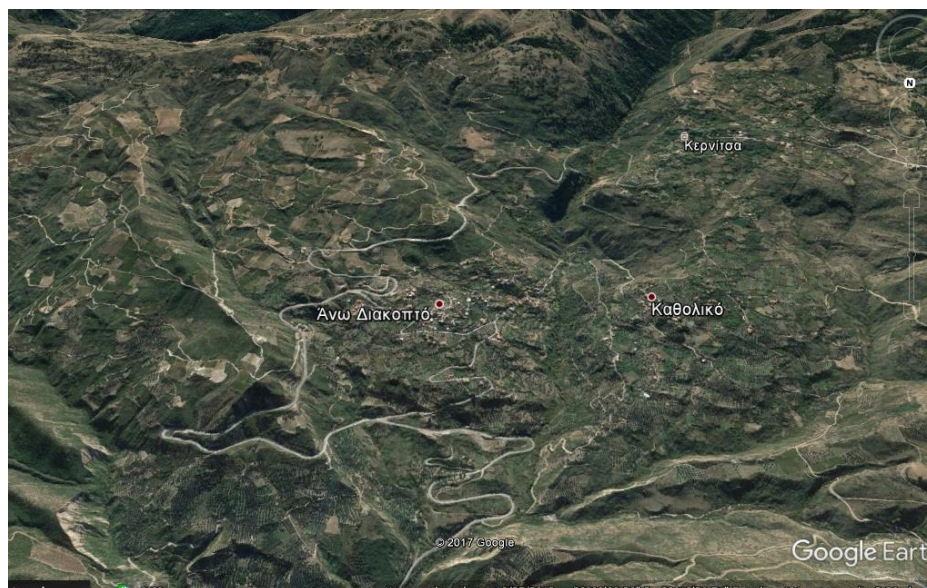
Εικόνα 4.10 Αποψη του οικισμού του Πλατάνου και η εμφανής θέση της κατολίσθησης



Εικόνα 4.11. Οικισμός του Πλατάνου με εμφανή τα κατολισθαίνοντα σημεία (Τσαγκάς, 2011)

-Στις αρχές του 1940 παρατηρήθηκαν τα πρώτα κατολισθητικά φαινόμενα στο νοτιοανατολικό τμήμα του οικισμού Καθολικό στην έξοδο προς Διακοφτό, επηρεάζοντας τον μανδύα αποσάθρωσης των Νεογενών σχηματισμών. Το αποτέλεσμα των κατολισθήσεων αυτών ήταν να χαθούν περίπου 52 κατοικίες από τις 62 του οικισμού καθώς και 180 στρέμματα καλλιεργούμενης γης και το σημαντικότερο είναι ότι χάθηκαν ανθρώπινες ζωές. Ο οικισμός μεταφέρθηκε για λόγους ασφαλείας κοντά στο Αίγιο. (Τσαγκάς, 2011)

-Στην περιοχή του Άνω Διακοφτού, παρατηρήθηκαν έντονες εδαφικές ροές που συνδέονται άμεσα με τις πυρκαγιές που εκδηλώθηκαν στην περιοχή καταστρέφοντας τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Έντονες ολισθήσεις παρατηρήθηκαν και σε περιοχές που αποτελούνται από ημισυνεκτικά κροκαλοπαγή τα οποία ολίσθησαν πάνω σε αργιλομαργαϊκές ενστρώσεις. Στις συγκεκριμένες περιοχές λοιπόν συμβαίνουν έντονα φαινόμενα τέτοιου είδους ολισθήσεων με αποτέλεσμα την συχνή διακοπή του οδικού δικτύου. Η εκδήλωση σοβαρών κατολισθητικών φαινομένων περιμετρικά του οικισμού σε συνδυασμό με την σεισμική έξαρση το 1965, είχε ως συνέπεια να προγραμματιστεί η μεταφορά του οικισμού σε άλλη θέση, απόφαση που δεν υλοποιήθηκε έπειτα από την άρνηση των κατοίκων (Αγγελίδης κ.α 1988).



Εικόνα 4.12 Άποψη του οικισμού του Άνω Διακοπτού

-Στον οικισμό Λόφου οι κατολισθήσεις εκδηλώνονται με την μορφή μικροθραύσεων πρανών, οι οποίες είναι ορατές από τις μικρορωγματώσεις από που εμφανίζονται πάνω σε παλιές οικίες κ τις καθυζίσεων των αυλόγυρων (Εικόνα 4.14). Επιπλέον στα ανάντη του οικισμού μπορεί κανείς να παρατηρήσει μεσοζωικούς ασβεστόλιθους με επικρεμάμενα τεμάχια. Η πιθανότητα της κατάρπτωσης των τεμαχίων αυτών και ο κίνδυνος για τις γύρω κατοικίες οδήγησε στην κατασκευή τοιχίου και την αγκύρωση κάποιων επικρεμάμενων τεμαχίων. Επιπρόσθετα, βόρεια του οικισμού στα απότομα πρανή του Μαντηλιώτικου ρέματος, εμφανίστηκαν αλλεπάλληλες θραύσεις στον αποσαθρωμένο μανδύα των Νεογενών, οι οποίες δεν επηρέασαν την ασφάλεια του οικισμού (Ελευθερίου 1984).



Εικόνα 4.13 Άποψη του οικισμού του Λόφου



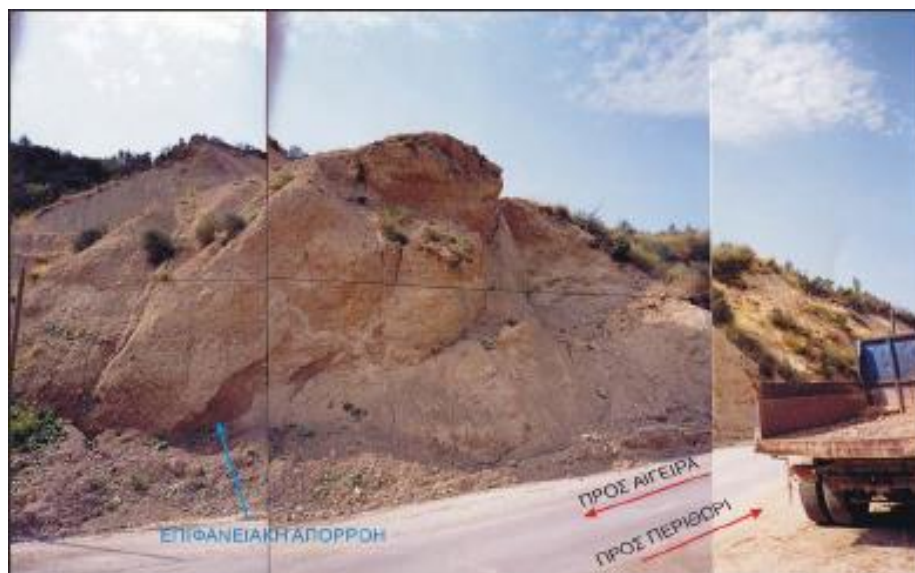
Εικόνα 4.14 Αποτελέσματα κατολίσθησης του οικισμού Λόφου στις τοπικές οικίες (Τσαγκάς, 2011)

-Τα πρώτα κατολισθητικά φαινόμενα στην κοινότητα Μοναστηρίου εκδηλώθηκαν περί το 1960 στο νότιο άκρο του οικισμού πλησίον του ρέματος “Ρίγανη”, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του σχηματισμού των ψαμμούχων μαργών και την διακοπή της οδικής συγκοινωνίας. Παρόμοια φαινόμενα επαναλαμβάνονταν συχνά στην ίδια θέση κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ σοβαρά κατολισθητικά φαινόμενα εκδηλώθηκαν στην περιφερειακή ζώνη του οικισμού κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου 1979 – 1980 σε τέσσερις διαφορετικές θέσεις (Ελευθερίου & Αγγελίδης 1980). Ακολούθησαν νέα κατολισθητικά φαινόμενα που έλαβαν χώρα σε μεγάλη έκταση στον πόδα του πρανούς της κοινότητας τον Μάρτιο του 1980. Μεγάλες ποσότητες υλικών κινήθηκαν υπό μορφή ροής γαιών έως την κοίτη του ποταμού Κριού, φράζοντας προσωρινά τη ροή του και δημιουργώντας λίμνη στον πόδα του πρανούς του οικισμού Όαση (Ελευθερίου 1981).

Στον ευρύτερο κοινοτικό χώρο Μαμουσιάς εκδηλώθηκαν τον Ιανουάριο του 1980 κατολισθητικά φαινόμενα σε έξι διαφορετικές θέσεις, όπου δύο αποτελούν επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων φαινομένων στην μια εκ των οποίων αποδίδεται η καταστροφή της αρχαίας πόλης Θεοδοσία. Οι πέντε θέσεις βρίσκονται εκτός οικιστικής ζώνης, καταστρέφοντας μόνο ένα μικρό τμήμα του οδικού δικτύου, ενώ σε καμία περίπτωση δεν απειλήθηκαν κατοικίες (Ελευθερίου – Νικολάου 1986).

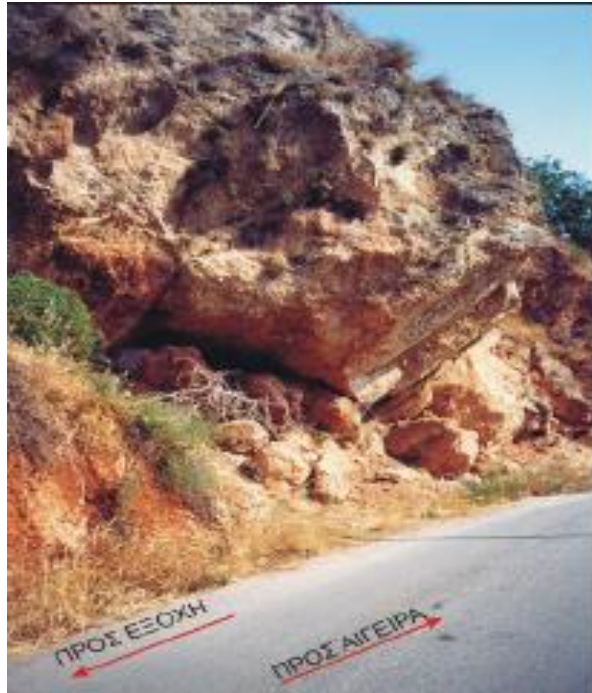
Γενικότερα αυτό που μπορεί κανείς να παρατηρήσει στην περιοχή σαν μια γενικότερη εικόνα είναι επισφαλείς όγκους πετρωμάτων κατά μήκος της οδού Αιγείρας –Περιθωρίου με πρηνή όπου η κλίση πολλές φορές υπερβαίνει τις 60°. Οι σχηματισμοί της περιοχής αποτελούνται κυρίως από μάργες και Πλείο-Πλειστοκαινικά κροκαλοπαγή. Η μόνιμη διαβροχή προκαλεί την διάβρωση της μάργας με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πρόβολοι από συνεκτικά κροκαλοπαγή τα οποία ουσιαστικά κατολισθαίνουν (Εικόνα 4.10).

Παρόμοια φαινόμενα είναι εμφανή και στην επαρχιακή οδό Αιγείρας – Εξοχής , αλλά και την επαρχιακή οδό Ακράτας – Ζαρούχλας .



Εικόνα 4.15 Επαρχιακή οδός Αιγείρας-Περιθωρίου (Τσαγκάς, 2011)

Επίσης κατά μήκος της επαρχιακής οδού Διακοφτό – Καλάβρυτα εντοπίστηκαν επικρεμάμενοι όγκοι βράχου που αποτελούνται από συνεκτικά κροκαλοπαγή, οποία χαρακτηρίζονται από έντονο τεκτονισμό και υψηλή μορφολογική κλίση (Εικόνα 4.12). Ο τεκτονισμός και η αποσάθρωση των πετρωμάτων αυτών διευκολύνει τα επιφανειακά ύδατα που κατεισδύουν εντός των διακλάσεων να διαβρέχουν τις μαργαϊκές στρώσεις, με συνέπεια την απώλεια της αντοχής και τελικά την αστοχία των πρανών.



Εικόνα 4.16 Επισφαλείς όγκοι πετρώματος επί της επαρχιακής οδού Αμπελόκηποι-Θάσσης (Τσαγκάς, 2011)



Εικόνα 4.17 Μέτρα προστασίας από καταπτώσεις στην επαρχιακή οδό Διακοφτό – Καλάβρυτα (Τσαγκάς, 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΚΡΑΘΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

5.1 Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο εξετάζεται διεξοδικά η κατολισθητική επιδεκτικότητα για την λεκάνη απορροής του ποταμού Κράθη, η έκταση της οποίας υπολογίζεται περίπου στα 145 km² (Εικόνα 5.1). Όσον αφορά τις μορφολογικές συνθήκες στην στενή λεκάνη μελέτης, η ανακούφιση της περιοχής επηρεάζεται από τη γεωλογική δομή, την πρόσφατη τεκτονική δραστηριότητα και τους συνεχείς μηχανισμούς διάβρωσης και διάβρωσης. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ορεινή με μαζικές βραχώδεις ασβεστολιθικές κορυφογραμμές και ψηλές κορυφές. Συγκεκριμένα, το υψηλότερο παρατηρούμενο υψόμετρο είναι 2.310 μ., με μέσο υψόμετρο 985 μ. Οι περιοχές με κλίσεις μεγαλύτερες από 46 ° καλύπτουν κατά προσέγγιση το 3,0% της συνολικής έκτασης, ενώ οι περιοχές με γωνία κλίσης μικρότερη από 15° καλύπτουν περίπου το 25%. Ο τύπος κλίματος της περιοχής είναι μεσογειακό (Csa) με ήπιους χειμώνες και ξηρά και ζεστά καλοκαίρια. Η περίοδος βροχών είναι από τον Οκτώβριο έως τον Μάιο, με τον Δεκέμβριο τον πιο βροχερό μήνα (128,9 mm) που ακολουθείται από τον Νοέμβριο (124,7 mm), ενώ ο πιο ξηρός μήνας φαίνεται να είναι ο Αύγουστος (7,0 mm) και ο Ιούλιος (8,8 mm).



Εικόνα 5.1 Η στενή και η ευρύτερη περιοχή μελέτης

Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων από την βιβλιογραφία και από την Διδακτορική διατριβή του Δ. Τσαγκά (2011), η οποία περιέχει λεπτομέρειες από 36 περιστροφικές και μεταφραστικές ολισθήσεις, καθώς και καταπτώσεις βράχων. Διαθέσιμη ήταν επίσης η πληροφορία του πότε έγινε η αστοχία, ο τύπος της αστοχίας, ο παράγοντας εναύσματος και οι επιπτώσεις της κάθε κατολίσθησης.

5.2 Στοιχεία Εισαγωγής - Σύνταξη Θεματικών Επιπέδων Πληροφορίας (ΘΕΠ)

Για την έναρξη της μελέτης της κατολισθητικής επιδεκτικότητας της περιοχής είναι απαραίτητη η γνώση των παραγόντων που δημιουργούν οριακές συνθήκες ευστάθειας του εξεταζόμενου πρानούς καθώς και των παραγόντων που ουσιαστικά προκαλούν το έναυσμα της μετακίνησής του. Οι παράγοντες αυτοί πολλές φορές είναι αλληλεξαρτώμενοι και είναι απαραίτητη μια εξακριβωμένη και πιο λεπτομερειακή ανάλυση προκειμένου να αναλυθεί και να διαπιστωθεί η σχέση εξάρτησης των μεταβλητών αυτών αλλά και ποιες από αυτές είναι περισσότερο ή λιγότερο σημαντικές στην εκδήλωση αυτού του φαινομένου. Οι γεω-

περιβαλλοντικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης αναλύθηκαν σε σχέση με έξι παραμέτρους:

- Η απόσταση από τεκτονικά όρια
- Η διεύθυνση κλίσης
- Η γωνία κλίσης
- Η γεωλογία
- Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο
- Η απόσταση από το οδικό δίκτυο

Παρακάτω παρουσιάζεται η επιμέρους ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για τον καθένα από τους παραπάνω παράγοντες που επιδρούν στην εκδήλωση των κατολισθήσεων, με κύριο σκοπό τον προσδιορισμό του τρόπου και του βαθμού που επιδρούν.

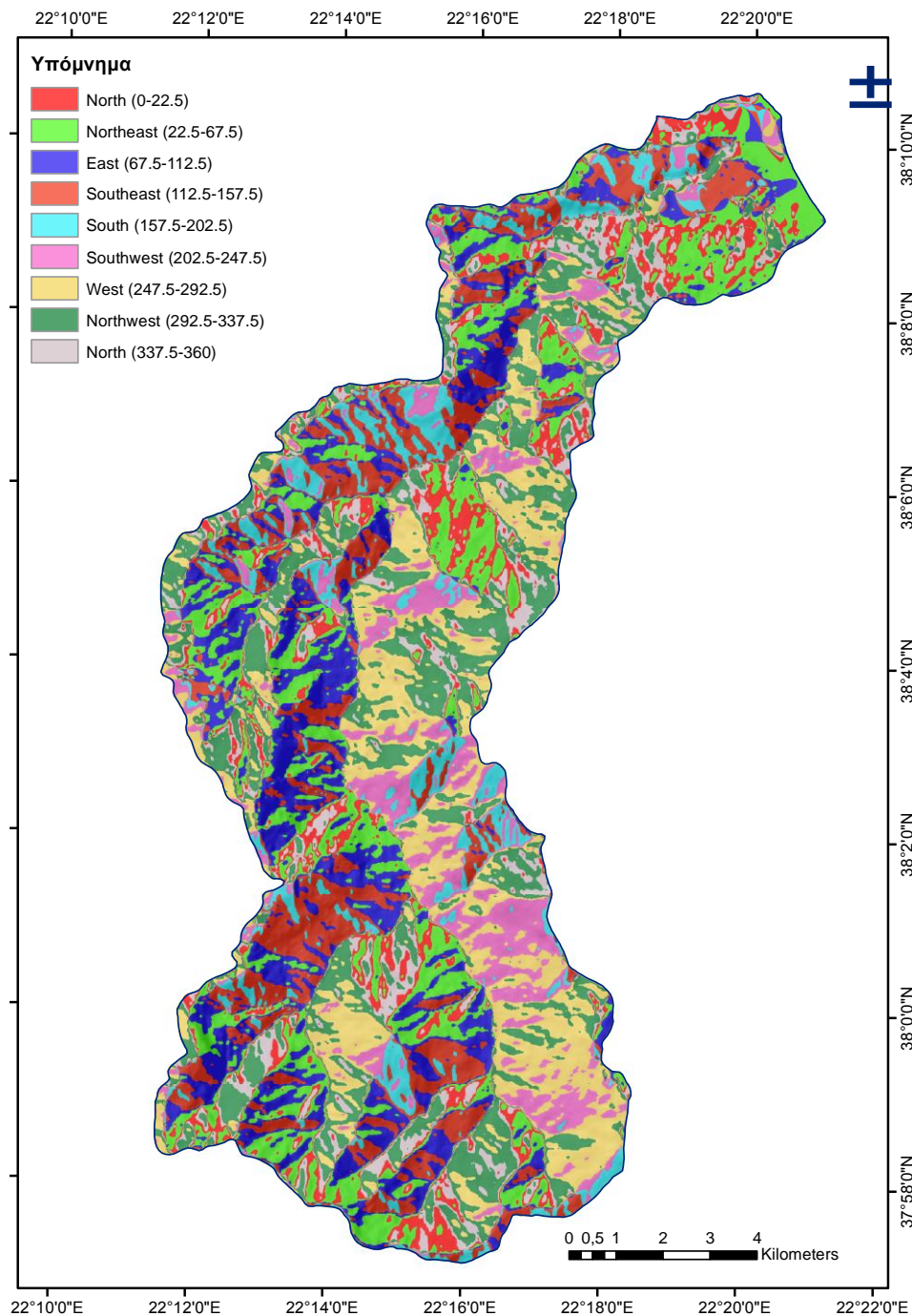
5.3 Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρανών

Ο προσανατολισμός των πρανών, όπως και η μορφολογική κλίση, αποτελεί σημαντικό παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Παράμετροι που συνδέονται με τον προσανατολισμό των πρανών όπως ηλιοφάνεια, άνεμοι, βροχόπτωση (βαθμός κορεσμού του εδάφους) και ασυνέχειες αποτελούν παράγοντες εκδήλωσης κατολίσθησης (Yalcin, 2008).

Η κατασκευή του θεματικού χάρτη Προσανατολισμού Πρανών της ευρύτερης περιοχής μελέτης, προέκυψε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους DEM που παραχωρήθηκε, κατόπιν αιτήσεως, από το Κτηματολόγιο Α.Ε. για τις απαιτήσεις της μεταπτυχιακής εργασίας. Το ΘΕΠ είναι σε μορφή ράστερ με διαστάσεις μοναδιαίου στοιχείου 10x10m

Ο προσανατολισμός πρανών ουσιαστικά παίζει έμμεσο ρόλο στην κατολισθητική διαδικασία, για την ακρίβεια παίζει καθοριστικό ρόλο το είδος και στον βαθμό ανάπτυξης της βλάστης της περιοχής καθώς με βάση τον προσανατολισμό των πρανών καθορίζεται η ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνει. Αν εξετάσει κανείς τον προσανατολισμό των πρανών που είναι ευνοϊκότερος για την ανάπτυξη της βλάστησης είναι ο νοτιοδυτικός, καθώς είναι αυτός που ευνοείται περισσότερο από την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Με βάση την γνώση των ειδικών και τις διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, διαμορφώθηκαν 9 κλάσεις στο εξεταζόμενο ΘΕΠ. Για την ακρίβεια κατασκευάστηκαν οι παρακάτω:



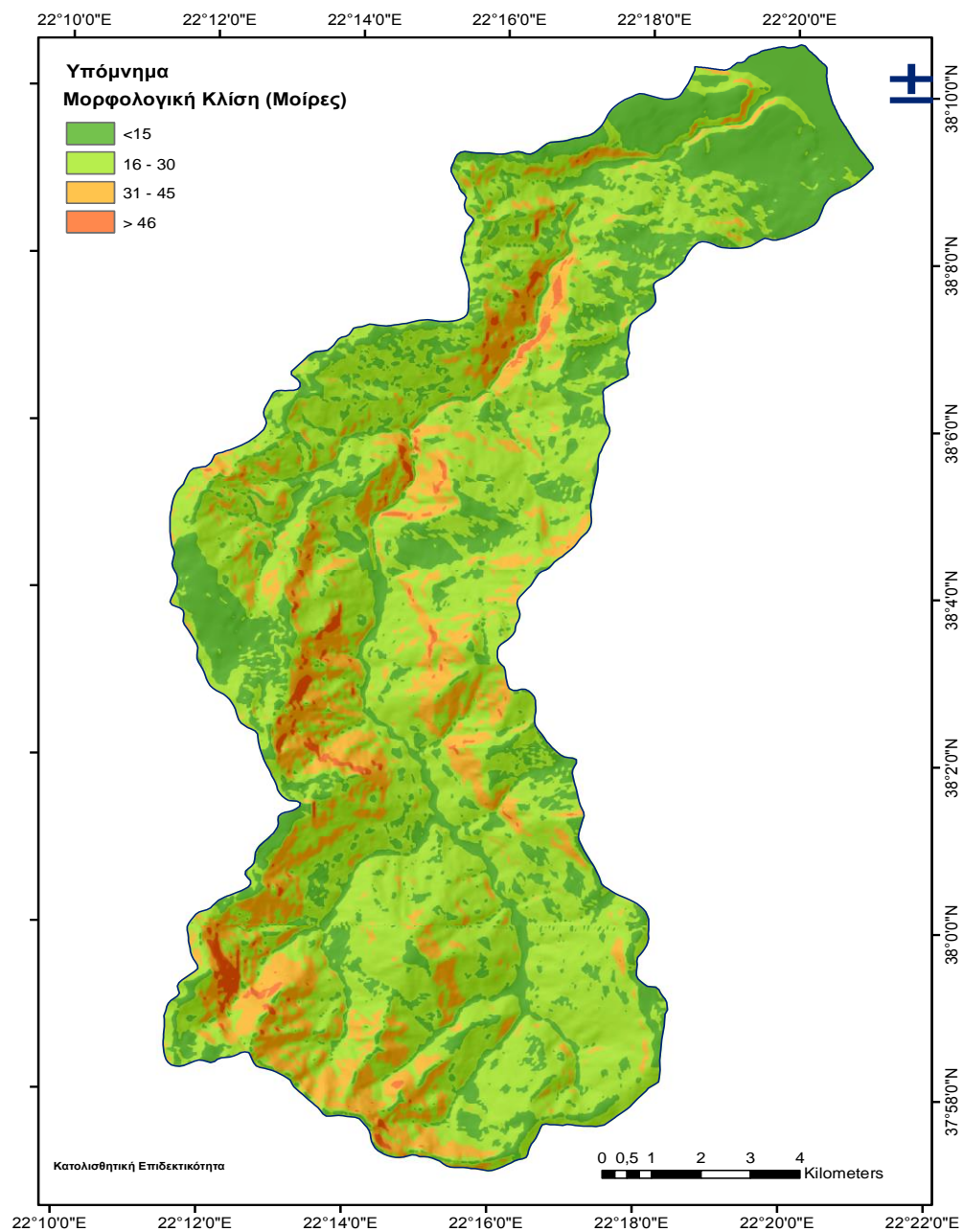
Σχήμα 5.1 Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρατών

5.4 Θεματικός Χάρτης Κλίσεων Πρατών

Η μορφολογική κλίση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων (Lee & Min, 2001). Καθώς η γωνία κλίσης ενός πρανού είναι συνδεδεμένη με τις κατολισθήσεις, χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές στην διαδικασία παρασκευής χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας (Rozos et al., 2011, Tsaggaratos, 2012, Yalcin, 2008).

Με βάση το διαθέσιμο DEM παράχθηκε με την βοήθεια του σχετικού αλγόριθμου το ΘΕΠ μορφολογικών κλίσεων της περιοχής μελέτης. Για τον θεματικό χάρτη κλίσεων διαμορφώθηκαν 4 κλάσεις με την μορφολογική κλίση των πρανών, συγκεκριμένα είναι:

- 0-15°
- 16°-30°
- 31°- 45°
- >45°



Σχήμα 5.2 Θεματικός Χάρτης Μορφολογικής Κλίσης

Σχετικά με την χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 16-30° (53,82%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις συμμετέχουν με ποσοστό από 1,5% έως και 28,25%.

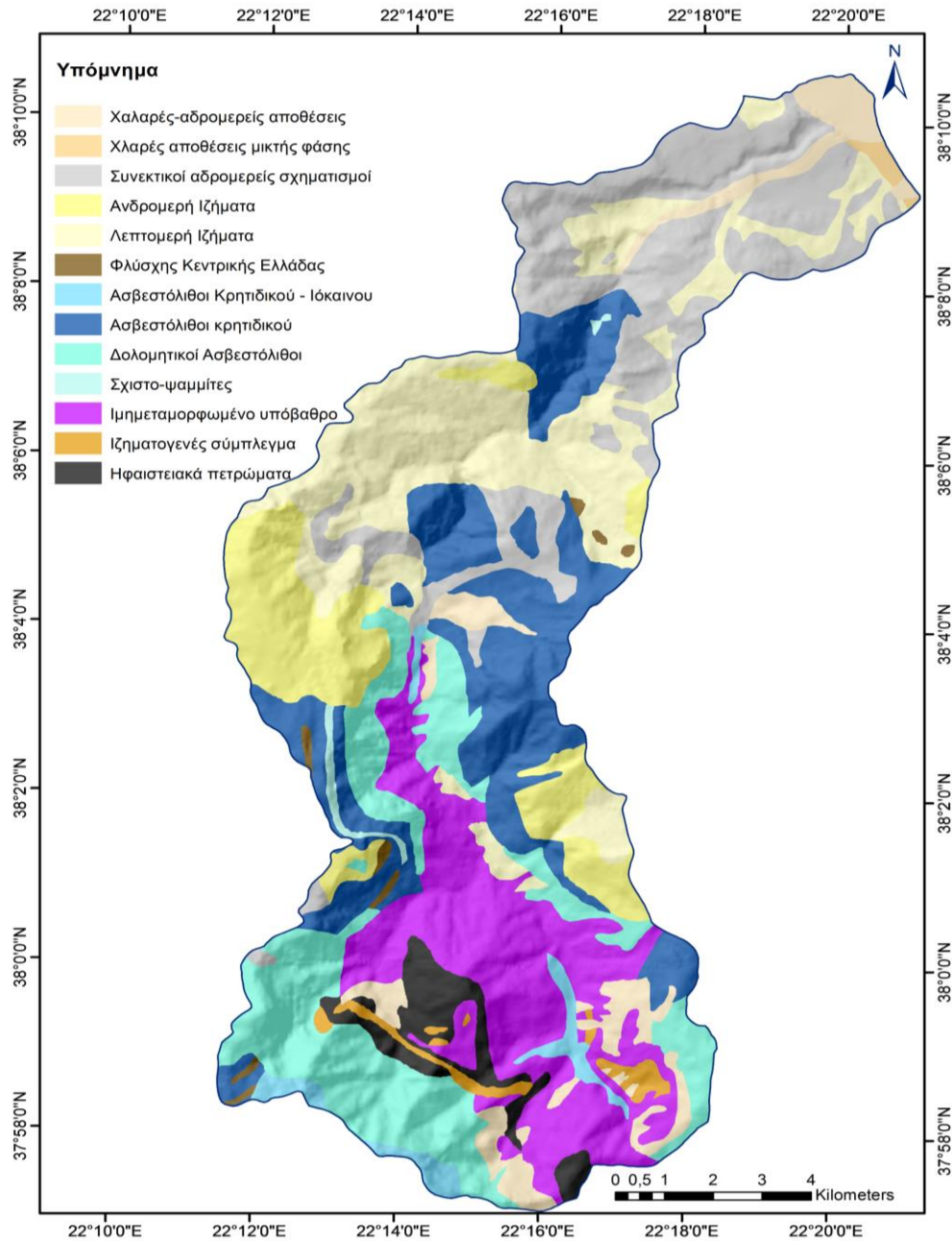
5.5 Θεματικός Χάρτης Ενοποιημένων Γεωλογικών Ενοτήτων

Το γεωλογικό καθεστώς δόμησης μιας περιοχής μελέτης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Για την δημιουργία χάρτη έγινε η ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών του γεωλογικών χαρτών του Αιγίου και του Δερβενίου του ΙΓΜΕ 1:50.000.

Στην συνέχεια έγινε η ενοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών και στην περιοχή μελέτης. Το ΘΕΠ είναι σε μορφή ράστερ με διαστάσεις μοναδιαίου στοιχείου 10x10m. Δημιουργήθηκαν 12 κλάσεις, όπως φαίνεται παρακάτω:

- Χαλαρές Ανδρομερείς Αποθέσεις
- Χαλαρές Αποθέσεις Μικτών Φάσεων
- Συνεκτικοί Αδρομερείς Σχηματισμοί
- Ανδρομερή Ιζήματα
- Λεπτομερή Ιζήματα
- Φλύσχης Κεντρικής Ελλάδας
- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού – Ιόκαινου
- Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι
- Σχιστοψαμμίτες
- Ημιμεταμορφωμένο Υπόβαθρο
- Ηφαιστειακά Πετρώματα

Σχετικά με την κατανομή των παραπάνω κλάσεων εντός της περιοχής μελέτης το μεγαλύτερο ποσοστό το καταλαμβάνει η κλάση των Τεταρτογενών Αποθέσεων (Χαλαρές Ανδρομερείς Αποθέσεις, Χαλαρές Αποθέσεις Μικτών Φάσεων, Συνεκτικοί Αδρομερείς Σχηματισμοί, Ανδρομερή Ιζήματα, Λεπτομερή Ιζήματα) με ποσοστό 48,78% και ακολουθούν οι Ασβεστόλιθοι- Δολομίτες με ποσοστό 31,24%.



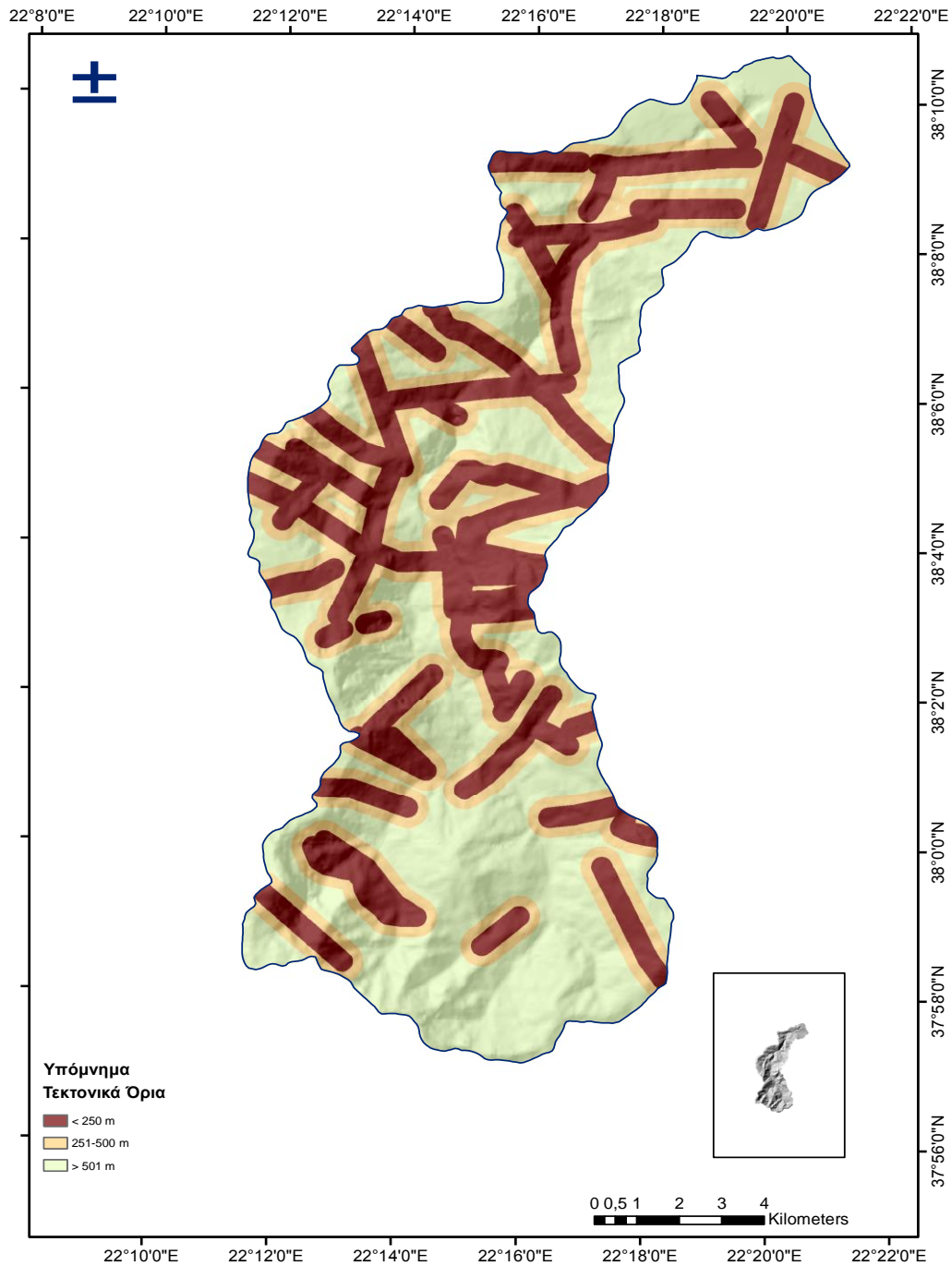
Σχήμα 5.3 Θεματικός Χάρτης Γεωλογικών Ενότητων

5.6 Θεματικός Χάρτης Τεκτονικών Στοιχείων

Τα τεκτονικά στοιχεία που βρίσκονται σε μια περιοχή είναι πολλές φορές καθοριστικός παράγοντας για την εκδήλωση των κατολισθήσεων για αυτό είναι σημαντικό να καταγράφονται και να εξετάζονται. Για τον αντίστοιχο ΘΕΠ, ψηφιοποιήθηκαν όλα τα τεκτονικά στοιχεία της περιοχής από τους αντίστοιχους χάρτες Αίγιου και Δερβενίου του ΙΓΜΕ.

Έπειτα με βάση την βιβλιογραφία και την εμπειρία των ειδικών ορίστηκαν τρεις ζώνες απόστασης από τα τεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης. Έτσι δημιουργήθηκαν τρεις κλάσεις: m

- 0 -250m
- 251 – 500m
- > 501m



Σχήμα 5.4 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από τα Τεκτονικά Όρια

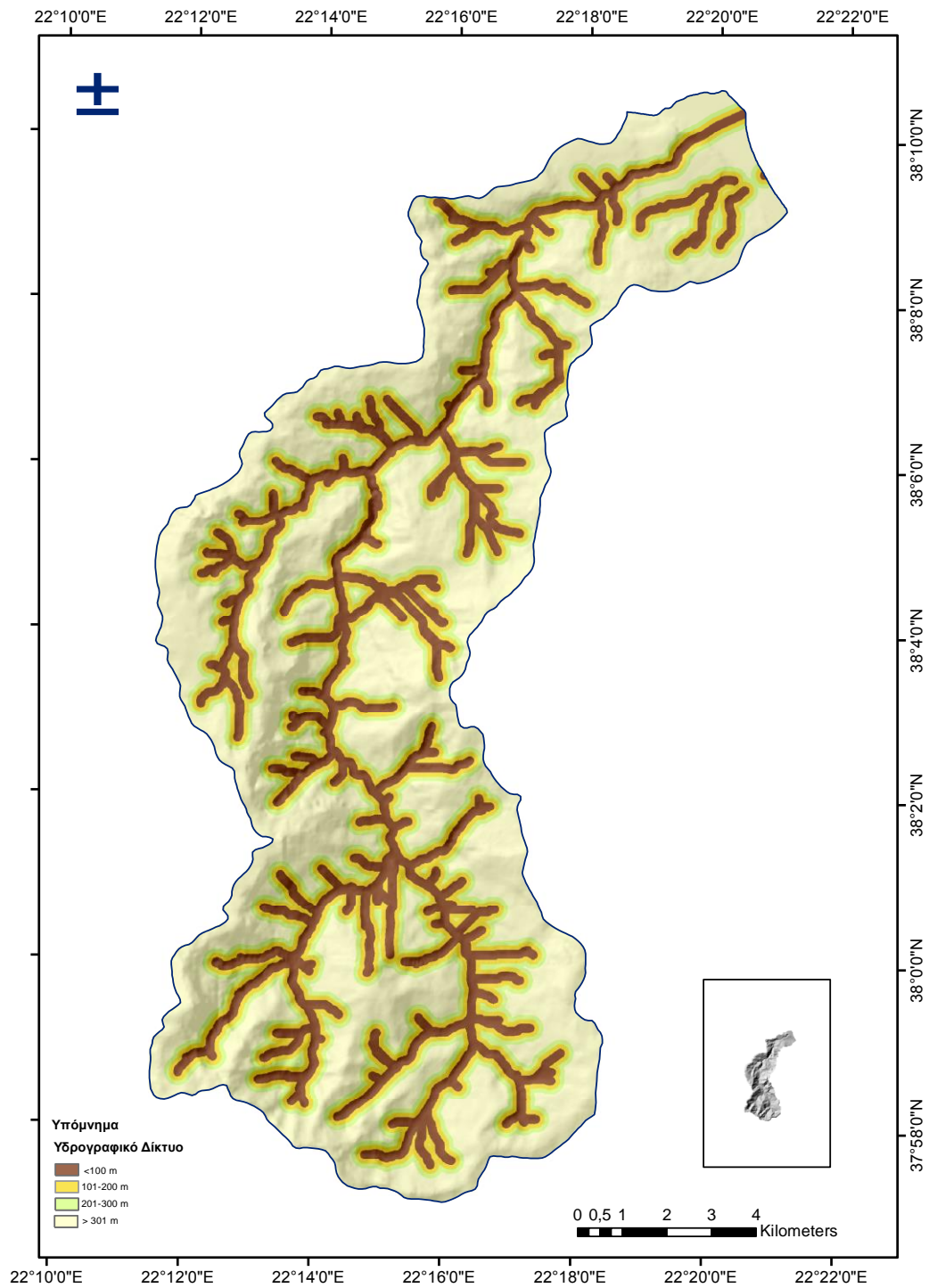
Σχετικά με την χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση >501m (40,61%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις συμμετέχουν με ποσοστό 32,78% (για απόσταση 0-250m) και 26,61% (για απόσταση 251-500m).

5.7 Θεματικός Χάρτης Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο

Ο βαθμός κορεσμού του εδάφους, όπως ήδη έχει προαναφερθεί συμβάλει έντονα στην εκδήλωση των κατολισθήσεων για αυτό θα πρέπει να εξετάζεται και αυτός. Συγκεκριμένα η ευστάθεια ενός πρανούς επηρεάζεται έντονα όταν το χαμηλότερο τμήμα του διαβρώνεται και κορένεται από το νερό κάτι το οποίο έχει σαν συνέπεια την αύξηση της στάθμης των υδάτων. Το υδρογραφικό δίκτυο αριθμήθηκε κατά την μέθοδο Strahler και κατασκευάστηκε ο ΘΕΠ όπου διακρίθηκαν τέσσερις ζώνες με βάση την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, όπως φαίνονται παρακάτω:

- 0-100m
- 101 – 200m
- 201 – 300m
- > 300m

Σχετικά με την χωρική κατανομή των κλάσεων αυτών φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση >301m με ποσοστό 47,22%, ακολουθεί η κλάση 0-100m με 20,2%, 101-200m με 17,62% και τέλος η κλάση 201-300m με 15,14%.

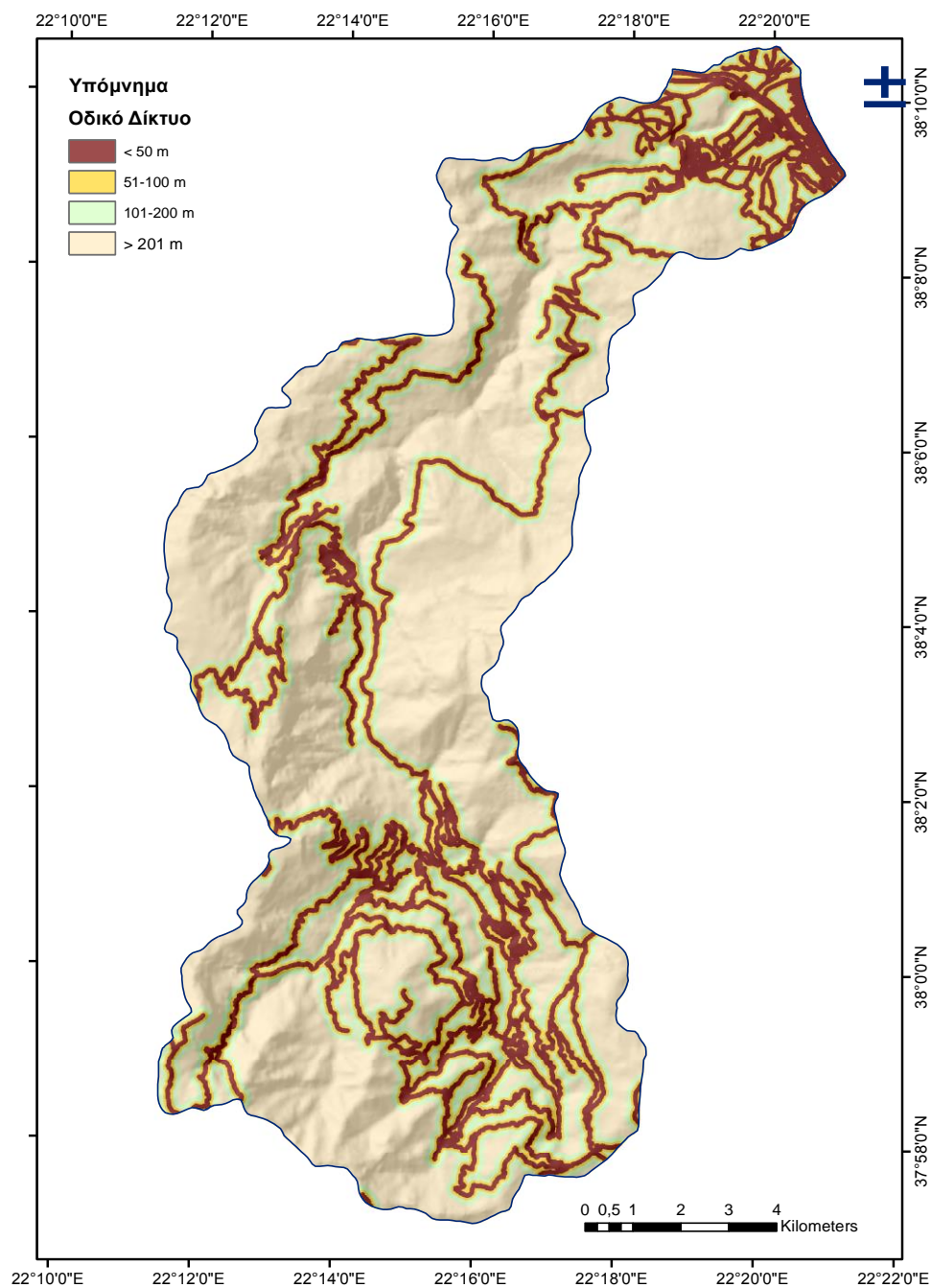


Σχήμα 5.5 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από το Υδρογραφικό Δίκτυο

5.8 Θεματικός Χάρτης Οδικού Δικτύου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εκδήλωσης των κατολισθήσεων. Οι σύνηθες κατασκευές που

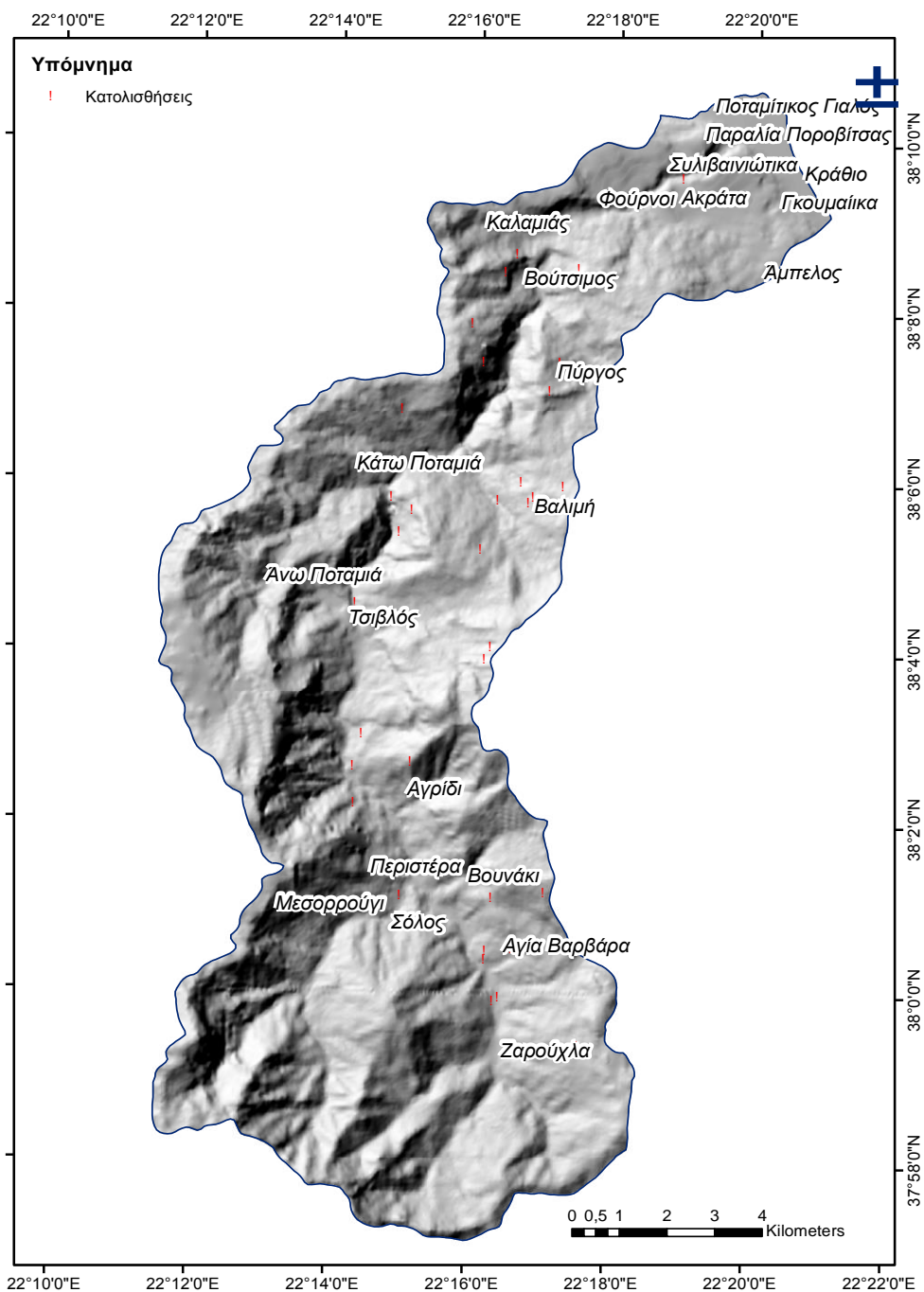
προκαλούν το φαινόμενο αυτό είναι η κατασκευή των δρόμων καθώς η κατασκευή τους πολλές φορές μεταβάλλει την ευστάθεια του πρανούς, είτε λόγω υποσκαφής του πόδα του πρανού και κατά συνέπεια την αφαίρεση της υποστήριξής του, είτε λόγω επιφόρτισής του με επίχωμα στα ανάντη. Τέλος πολλές φορές είναι πιθανή η μείωση της διατμητικής αντοχής του πρανού και λόγω εισροής των υδάτων στη μάζα του πρανού λόγω κακής διεύθεσης των απορροών. Σχετικά με την χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση >301m (47,22%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις συμμετέχουν με ποσοστό από 15,14% έως και 20,18%.



Σχήμα 5.6 Θεματικός Χάρτης Απόστασης από το Οδικό Δίκτυο

5.9 Θεματικός Χάρτης Απογραφής Κατολισθητικών Φαινομένων

Ο συγκεκριμένος θεματικός χάρτης κατασκευάστηκε και περιλαμβάνει περίπου 35 καταγεγραμμένες θέσεις κατολισθήσεων εντός της λεκάνης απορροής του Κράθη ποταμού. Οι κατολισθήσεις αυτές προσδιορίστηκαν και καταγράφηκαν ύστερα από αξιολόγηση διαθέσιμων βιβλιογραφικών πηγών. Οι θέσεις των κατολισθήσεων εισήχθησαν στο πρόγραμμα του GIS και αυτό που μπορεί κανείς να παρατηρήσει μακροσκοπικά είναι ότι οι περισσότερες κατολισθήσεις εμφανίζονται κοντά στο οδικό και υδρογραφικό δίκτυο.



Σχήμα 5.7 Θεματικός Χάρτης Απογραφής Κατολισθήσεων καθώς και των Τοπικών Οικισμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

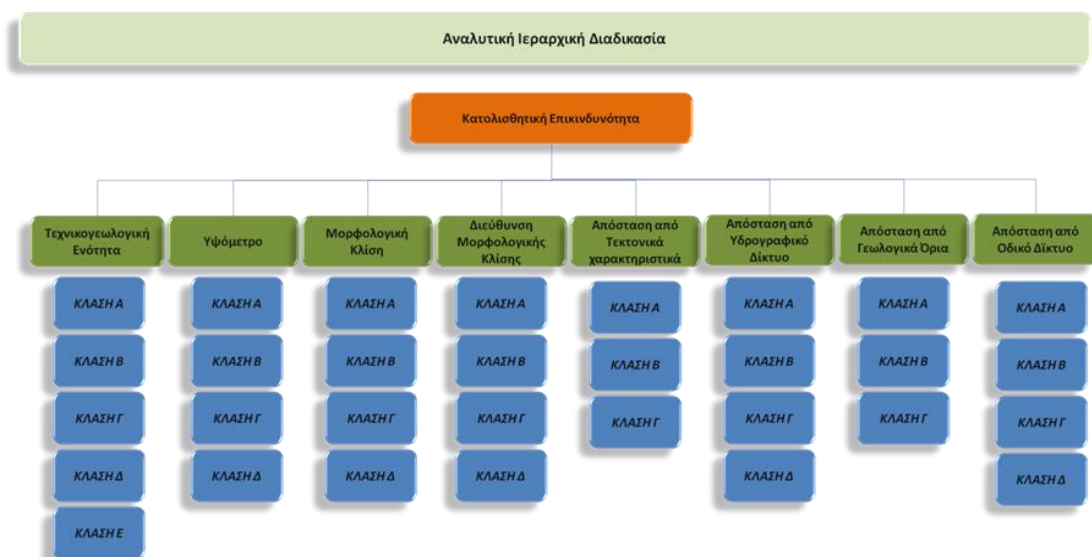
Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται ο δείκτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας στην λεκάνη του ποταμού Κράθη που είναι η περιοχή μελέτης. Ο δείκτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας με την χρήση της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ).

6.1 Υπολογισμός Δεικτών Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας

6.1.1 Μεθοδολογία ΑΗΡ

Η αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (ΑΗΡ) αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty στα τέλη της δεκαετίας του '70 (Saaty 1980, Τσαγγαράτος 2012). Η μέθοδος αυτή βασίστηκε στην αρχή της αναγνώρισης ενός πολύπλοκου προβλήματος, στην αποδόμησή του και στην συνέχεια στην διερεύνηση του προβλήματος ανά επίπεδο και τέλος συνδυαστικά. Η αξιολόγηση των επιπέδων είναι κυρίως ποιοτική ωστόσο εκφράζεται και αριθμητικά, με σκοπό με βάση την τελική βαθμολογία τα επίπεδα που εξετάζονται να καταταχθούν με βάση το πόσο σημαντικός είναι ο καθένας σε σχέση με το πρόβλημα που εξετάζεται.

Συγκεκριμένα στην περίπτωση αυτής της μελέτης και της εκτίμησης της κατολισθητικής επιδεκτικότητας το πρόβλημα αποδομείται και λαμβάνει μια ιεραρχική μορφή δέντρου. Στην κορυφή του δέντρου αυτού βρίσκεται ο στόχος, ο οποίος στην συνέχεια αναλύεται σε πρώτο επίπεδο στους παράγοντες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκδήλωση κατολίθησης. Στο δεύτερο επίπεδο εμφανίζονται οι επιμέρους κλάσεις για κάθε παράγοντα του πρώτου επιπέδου.



Σχήμα 6.1 Ιεραρχική Ανάλυση Απόφασης (Τσαγγαράτος, 2012)

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών ή τα στοιχεία της βιβλιογραφίας κάθε στοιχείο του προβλήματος συγκρίνεται κατά ζεύγη βάση μιας κλίμακας σύγκρισης ως προς το βαθμό προτίμησης του ενός σε σχέση με τον άλλον. Στην συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές αλλά και για τις κλάσεις της κάθε παραμέτρου.

Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων οργανώνονται σε μητρώα. Τα διαγώνια στοιχεία των παραγόμενων πινάκων παίρνουν την τιμή ίση με 1 καθώς συγκρίνονται ίδια στοιχεία γραμμής και στήλης. Όταν ένα στοιχείο το οποίο μελετάται είναι πιο δυσμενές σε σχέση με το άλλο, δηλαδή έχει μεγαλύτερη σπουδαιότητα λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη της μονάδας, ενώ όταν το εξεταζόμενο στοιχείο είναι λιγότερο σπουδαίο σε σχέση με άλλο λαμβάνει τιμή μικρότερη της μονάδας. Η βαθμολόγηση γίνεται με βάση τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1) όπου γίνεται χρήση κυρίως μονών αριθμών και οι χρήση της βαθμολογίας 2,4,6,8 γίνεται όταν απαιτείται συμβιβασμός μεταξύ δύο παραγόντων.

Έτσι γίνεται ο υπολογισμός των τιμών και ουσιαστικά της προτεραιότητας κάθε μεταβλητής και της κάθε κλάσης και των δεικτών που εκφράζουν την ποιότητα του παραγόμενου πίνακα. Ένας τέτοιος δείκτης είναι ο δείκτης CI. Ο δείκτης αυτό εκφράζεται από την παρακάτω σχέση:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

όπου, l_{max} , η μέγιστη ιδιοτιμή, στοιχείου της Γραμμικής Άλγεβρας και n ο αριθμός των κλάσεων ή μεταβλητών που εξετάζονται αντίστοιχα.

Αντίστοιχα ένα ακόμη δείκτη που δείχνει το μέτρο ποιότητας του υπολογισμού είναι ο λόγος της συνέπειας (CR), ο οποίος εκφράζεται από τη σχέση

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

όπου, CI , ο δείκτης συνέπειας και RI ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας.

Ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας RI (*Random Consistency Index*), προκύπτει ως η μέση τιμή των δεικτών συνέπειας, από τυχαία δημιουργημένους πίνακες συγκρίσεως, διαφόρων διαστάσεων, που ακολουθούν την κλίμακα 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9.

Η αποδεκτή τιμή του δείκτη CR για να θεωρείται ο πίνακας αληθής θα πρέπει να είναι μικρότερη του 0,1 σε αντίθετη περίπτωση οι τιμές του πίνακα θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν.

Πίνακας 6.1 Κλίμακα συγκρίσεων, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).

Τιμή	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο ή το κριτήριο.
3	Μικρή σπουδαιότητα ενός σε σχέση με άλλον	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Βασική ή μεγάλη σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή ή αποδεδειγμένη σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα σε σχέση με άλλον	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα είναι αδιαμφισβήτητα.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός.
0	Καμία σχέση	Ο παράγοντας δεν συμβάλλει στον στόχο.

Το τελικό αποτέλεσμα του δείκτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας υπολογίζεται από τον τύπο (μέθοδος Weighted Linear Combination – WLC):

$$LSI = \sum_{j=1}^n W_j W_{ij}$$

Όπου: ο συντελεστής βαρύτητας κάθε παράγοντα (μεταβλητής), ο συντελεστής βαρύτητας της κλάσης i στην παράμετρο j και n ο αριθμός των παραμέτρων.

Αν εφαρμοστεί όλη η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω προκύπτει το μητρώο συντελεστή βαρύτητας των επιλεγμένων μεταβλητών, παραγόντων, κατολισθητικής επιδεκτικότητας το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

Πίνακας 6.2: Τιμές τυχαίου δείκτη συνέπειας RI, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Παρακάτω ακολουθεί η βαθμολογία για τον κάθε παράγοντα που εξετάζεται στην συγκεκριμένη ανάλυση ως προς το πόσο συμμετέχει ο κάθε παράγοντας στην εκδήλωση κατολισθήσεων.

Πίνακας 6.3: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Προσανατολισμός πρανών.

Προσανατολισμός Πρανών - Βαθμολόγηση									
Κλάση	Degrees		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	W	
[1] SWW	225 270		1	4	1/6	2	2	0,1536	
[2] EAST	45 90		1/4	1	1/9	1/4	1/5	0,0359	
[3] ESE to WNW	90 135 270 315		6	9	1	7	7	0,6248	
[4] NNW	315 360		1/2	4	1/7	1	2	0,0925	
[5] NNE to SSW	0 45 135 180 180 225		1/2	5	1/7	1/2	1	0,0932	
Σύνολο:								1,000	
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων						λmax	CI	CR	
						5,2	0,05	0,044	

Πίνακας 6.4: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μορφολογική κλίση.

Μορφολογική κλίση - Βαθμολόγηση					
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	W
[1] 0° - 16°	1	1/3	1/5	1/7	0,0577
[2] 16° - 30°	3	1	1/2	1/5	0,1364
[3] 31° - 45°	5	2	1	1/2	0,2717
[4] > 46°	7	5	2	1	0,5342
Σύνολο:					1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			λmax	CI	CR
			4,05	0,017	0,018

Πίνακας 6.5: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από τα τεκτονικά όρια.

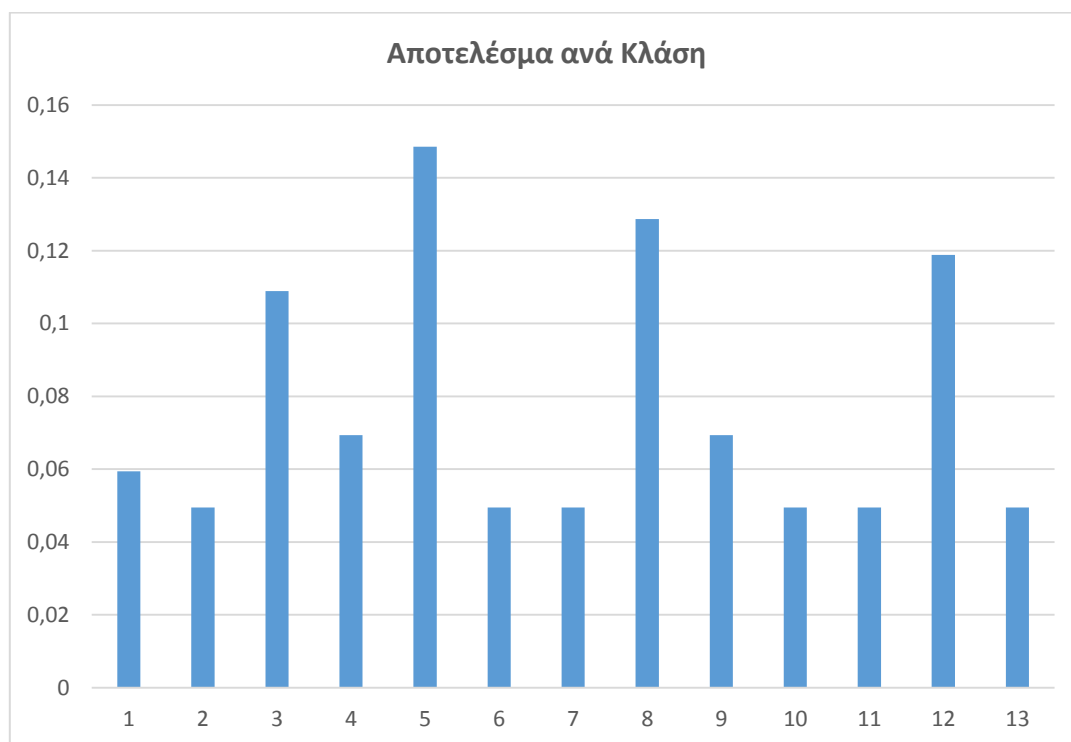
Απόσταση από τα τεκτονικά όρια - Βαθμολόγηση				
Κλάση	[1]	[2]	[3]	W
[1] 0-250m	1	3	7	0,6491
[2] 251-500m	1/3	1	5	0,2790
[3] >500m	1/7	1/5	1	0,0719
Σύνολο:				1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων		λmax	CI	CR
		3,065	0,032	0,055

Πίνακας 6.6: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο.

Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο - Βαθμολόγηση					
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	W
[1] 0 - 100m	1	3	5	7	0,5734
[2] 101 - 200m	1/3	1	2	5	0,2388
[3] 201 - 300m	1/5	1/2	1	3	0,1310
[4] > 301m	1/7	1/5	1/3	1	0,0563
Σύνολο:					1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			λmax	CI	CR
			4,078	0,026	0,029

Για τις γεωλογικές ενότητες για λόγους απλούστευσης καθώς στην ανάλυση χρησιμοποιούνται και οι δεκατρείς γεωλογικοί σχηματισμοί, παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα με τα αποτελέσματα της Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης για κάθε μία από τις παρακάτω κλάσεις:

- 1) Χαλαρές-αδρομερείς αποθέσεις
- 2) Χλαρές αποθέσεις μικτής φάσης
- 3) Συνεκτικοί αδρομερείς σχηματισμοί
- 4) Ανδρομερή Ιζήματα
- 5) Λεπτομερή Ιζήματα
- 6) Φλύσχης Κεντρικής Ελλάδας
- 7) Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού – Ιόκαινου
- 8) Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού
- 9) Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι
- 10) Σχιστο-ψαμμίτες
- 11) Ιμημεταμορφωμένο υπόβαθρο
- 12) Ιζηματογενές σύμπλεγμα
- 13) Ηφαιστειακά πετρώματα



Σχήμα 6.2 Αποτελέσματα Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Τεχνικογεωλογικές Ενότητες

Πίνακας 6.7: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο.

Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο – Βαθμολόγηση					
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	W
[1] 0-100m	1	3	5	7	0,5650
[2] 100-201m	1/3	1	3	5	0,2622
[3] 201-300m	1/5	1/3	1	3	0,1175
[4] >301m	1/7	1/5	1/3	1	0,0553
Σύνολο:					1,000

Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων	λ_{max}	CI	CR
	4,117	0,039	0,043

Στην συνέχεια δημιουργείται ένα συνολικό μητρώο με την βαθμολογία για όλους του παράγοντες που θεωρούνται καθοριστικοί για την εκδήλωση μίας κατολίσθησης με βάση την βιβλιογραφία και την κρίση των ειδικών.

Πίνακας 6.8: Συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών στο υπό εξέταση πρόβλημα.

Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	W
[1]	1	1/5	1/2	1/3	5	1/2	0,0814
[2]	5	1	5	3	7	4	0,4350
[3]	2	1/5	1	1/3	5	1/2	0,1023
[4]	3	1/3	3	1	5	2	0,2114
[5]	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1/5	0,0316
[6]	2	1/4	2	1/2	5	1	0,1383
Σύνολο:							1,000

Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων	λ_{max}	CI	CR
	6,3491	0,0698	0,0563

Παράμετροι: [1]Απόσταση από τα τεκτονικά όρια, [2] Ενοποιημένο Γεωλογικοί Σχηματισμοί, [3] Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, [4] Γεωμορφολογική κλίση, [5] Προσανατολισμός πρανών, [6] Απόσταση από το οδικό δίκτυο

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι ο σημαντικότερος παράγοντας για την εκδήλωση της κατολισθητικής επιδεκτικότητας όπως άλλωστε είναι και λογικό, είναι οι τεχνικογεωλογικές ενότητες. Ο παράγοντας αυτός συμμετέχει σε ποσοστό περίπου 43,5%. Στη συνέχεια κατά φθίνουσα σειρά σημαντικότητας εκτιμήθηκαν οι παράγοντες **Μορφολογική κλίση (21,1%), Απόσταση από το οδικό δίκτυο (13,8%), Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο (10,23%), Απόσταση από τα τεκτονικά όρια (8,14%)** και τέλος ο **Προσανατολισμός πρανών (3,2%)**.

6.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας

Με βάση τα παραπάνω και την διαδικασία που περιγράφηκε κατασκευάστηκε ο χάρτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας για την λεκάνη του ποταμού Κράθη στον νομό Αχαΐας. Στην συνέχεια ο χάρτης κατηγοριοποιήθηκε σε κλάσεις κατολισθητικής επιδεκτικότητας, συγκεκριμένα επιλέχθηκαν πέντε κλάσεις, όπου η πρώτη αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλή επιδεκτικότητα, η δεύτερη σε χαμηλή, η τρίτη σε μέτρια, η τέταρτη σε υψηλή και η πέμπτη σε πολύ υψηλή κατολισθητική επιδεκτικότητα. Η ομαδοποίηση του χάρτη έγινε με την χρήση της μεθόδου Natural Breaks. Στην συνέχεια

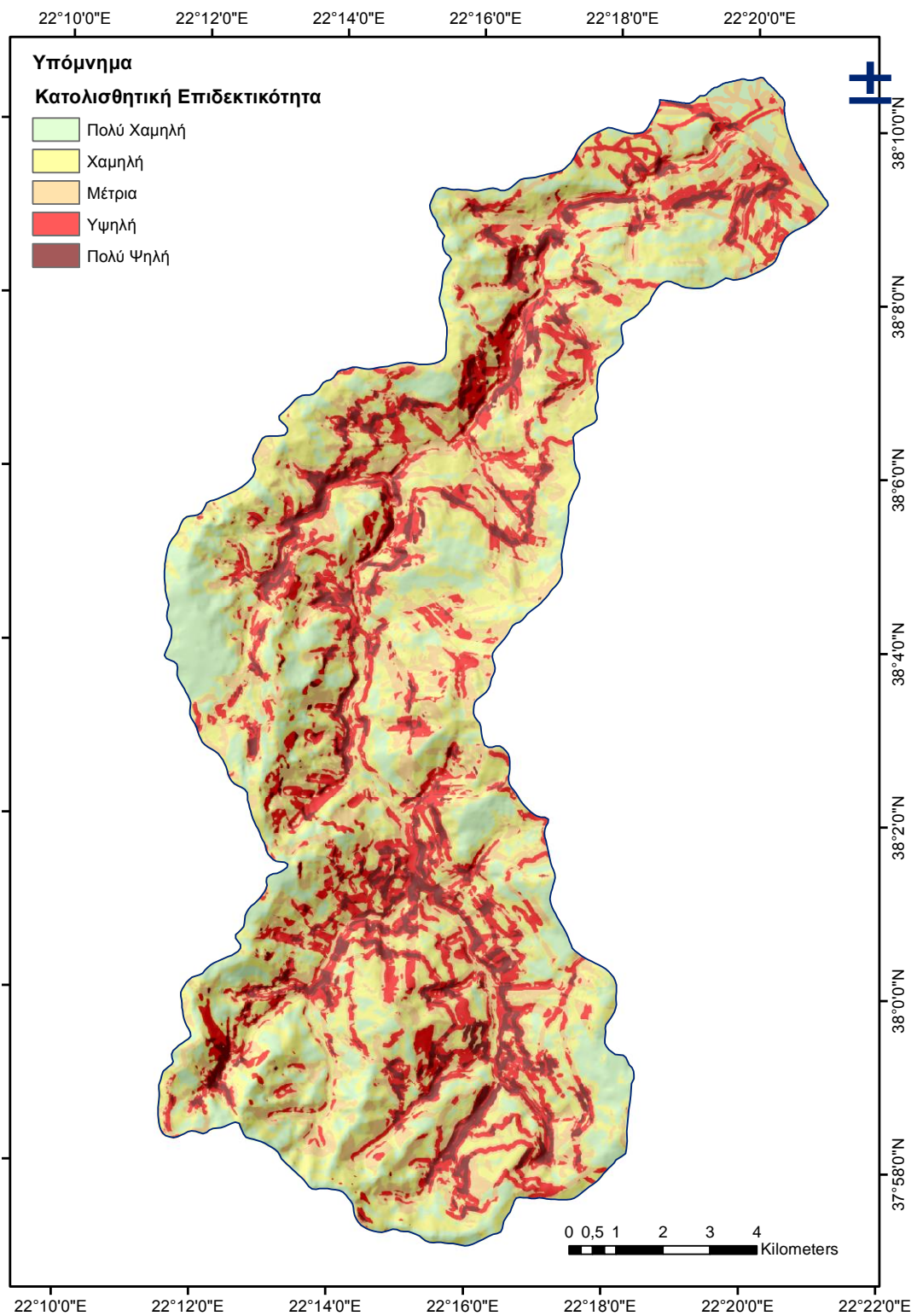
Το εμβαδόν της περιοχής μελέτης που βρίσκεται στην Πολύ Χαμηλή κλάση υπολογίστηκε 17,69%. Αντίστοιχα, στη Χαμηλή κλάση το εμβαδόν της περιοχής μελέτης υπολογίστηκε ίσο με 28,16%, στη Μέτρια κλάση υπολογίστηκε 26,34%, στην Υψηλή κλάση υπολογίστηκε 19,84% και στην Πολύ Υψηλή υπολογίστηκε 7,96% (Πίνακας 6.9).

Αυτό που έχει αξία να μελετήσουμε είναι η σχετική συχνότητα των κατολισθήσεων στην περιοχή. Μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι παρόλο που η συχνότητα των κατολισθήσεων είναι μικρότερη στην Πέμπτη κλάση από ότι στην Τέταρτη η έκταση της πέμπτης κλάσης είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με άλλες με αποτέλεσμα τελικά η σχετική συχνότητα των κατολισθήσεων να είναι πολύ μεγαλύτερη στην λεγόμενη υψηλής επιδεκτικότητας Πέμπτη κλάση.

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης AHP στην περιοχή μελέτης.

Κλάση Επιδεκτικότητας	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Εμβαδόν Κλάσης	Σχετική Συχνότητα Κατολισθήσεων
Πολύ Χαμηλή	5,55%	17,69%	4,88%
Χαμηλή	13,89%	28,16%	7,66%
Μέτρια	25%	26,34%	14,75%
Υψηλή	30,56%	19,84%	23,93%
Πολύ Υψηλή	25%	7,96%	48,78%

Παρατηρώντας τον παραπάνω χάρτη είναι φανερό ότι οι υψηλότερες τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας ανήκουν σε ορεινές περιοχές, υψηλές τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας εμφανίζονται ωστόσο και σε πεδινές περιοχές και αυτό γιατί στον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψιν και άλλοι παράγοντες όπως είναι το υδρογραφικό δίκτυο, η απόσταση από το οδικό δίκτυο καθώς και από τα τεκτονικά όρια. Μάλιστα παρατηρώντας μακροσκοπικά τις θέσεις των κατολισθήσεων είναι φανερό ότι οι περισσότερες είναι κοντά σε οδικό και υδρογραφικό δίκτυο σε σημεία όπου τα πρηνή έχουν έντονη κλίση.



Σχήμα 6.3 Χάρτης της Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας στην Λεκάνη Απορροής του Κράθη Ποταμού

6.3 Αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Παρακάτω θα αναλυθεί και θα αξιολογηθεί η ποιότητα και η αξιοπιστία του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Η αξιολόγηση γίνεται με την χρήση του μοντέλου Καμπυλών ROC

6.3.1 Καμπύλες ROC

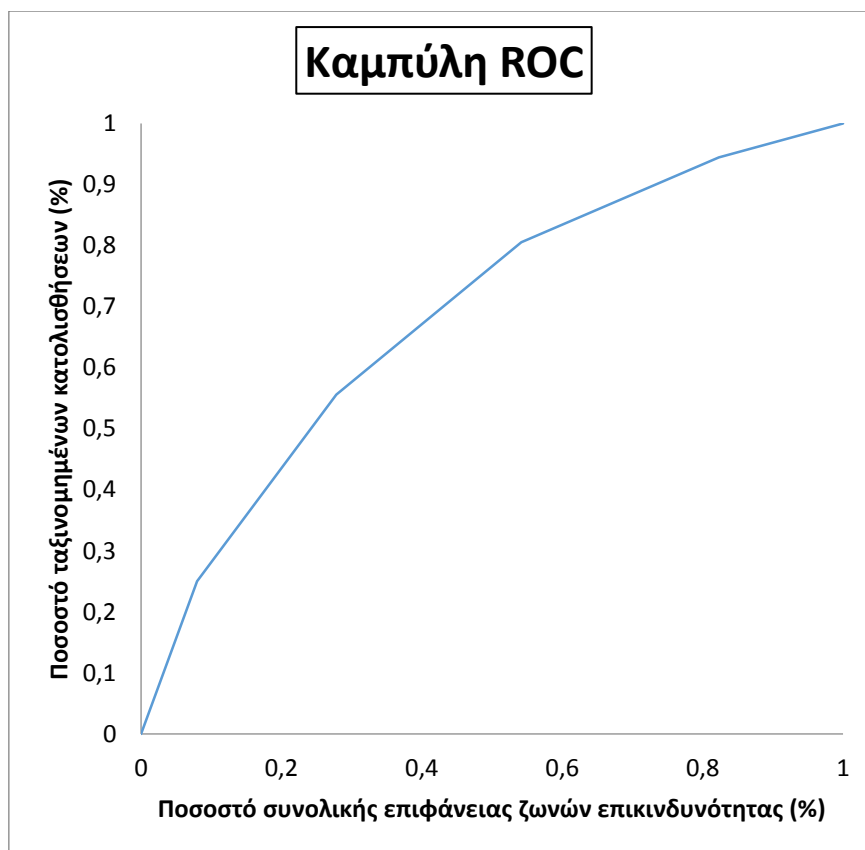
Οι καμπύλες ROC είναι μια μέθοδος μέσω της οποίας είναι δυνατή η οργάνωση η απεικόνιση ταξινομητών με την χρήση της γραφικής τους παράστασης. Χρησιμοποιούνται ευρέως στη Διαγνωστική Ιατρική, για την λήψη ιατρικών αποφάσεων, ενώ πρόσφατα έχουν υιοθετηθεί στους τομείς της Μηχανικής μάθησης, στην εξόρυξη δεδομένων, στη επιστήμη της Ψυχολογίας, της Οικονομίας, της Πληροφορικής. Οι καμπύλες ROC έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη θεωρία λήψης σημάτων για την εύρεση του ορίου της ορθής λήψης σήματος (hit rate) και εσφαλμένου συναγερμού (false alarm rates) ενός ταξινομητή (δέκτη).

Στην περίπτωση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας για την αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας σύγχυσης (confusion matrix) σχετικά με την πραγματική και την προβλεπόμενη ταξινόμηση που πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των δεδομένων (Τσαγγαράτος, 2012).

Σε περίπτωση που οι καταγεγραμμένες θέσεις αστοχίας είναι σε περιοχές υψηλής και πολύ επικινδυνότητας, ο ταξινομητής τις καταγράφει ως αληθείς. Όσο οι καταγεγραμμένες θέσεις εντοπίζονται στη μέτρια προς χαμηλή έως πολύ χαμηλή ζώνη, ο ταξινομητής της καταγράφει ως ψευδείς τιμές. Σημειώνεται πως το σημείο (0,1) αναπαριστά την τελεία ταξινόμηση ενώ το σημείο (1,1) ότι όλες οι τιμές του δείγματος είχαν δεχτεί ως χαρακτηρισμό την τιμή αληθές.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που λήφθηκαν από τον χάρτη επικινδυνότητας που προέκυψε και χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή της καμπύλης ROC, το ποσοστό επιτυχίας είναι αρκετό υψηλό. Η επιτυχία του μοντέλου προέκυψε μετρώντας το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη που κατασκευάστηκε, δηλαδή κάτω από την καμπύλη διαχωριστικού ορίου cut-off value. Μια τιμή του εμβαδού ίση με 0,5 με 1 δείχνει ότι ο ταξινομητής είναι επιτυχής, ενώ τιμές μικρότερες του 0,5 ουσιαστικά δηλώνουν ότι η ταξινόμηση έγινε τυχαία. Στην περίπτωση της παρούσας ανάλυσης, υπολογίζοντας το εμβαδόν που προαναφέρθηκε το

ποσοστό επιτυχίας του μοντέλου είναι 71%, τιμή που δηλώνει ότι η ταξινόμηση είναι αποδεκτή. Μάλιστα αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στην περιοχή μελέτης, την λεκάνη του Κράθη οι καταγεγραμμένες κατολισθήσεις με βάση τις βιβλιογραφικές καταγραφές και το Google Map δεν είναι πάρα πολλές ωστόσο το ποσοστό επιτυχίας που προκύπτει από την καμπύλη ROC είναι αρκετά υψηλό.



Σχήμα 6.4: Αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης AHP με χρήση των καμπυλών ROC.

6.3.2 Στατιστική ανάλυση των θεματικών επιπέδων πληροφορίας

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται προσπάθεια και ανάλυση του κάθε παράγοντα ο οποίος θεωρείται καθοριστικός για την εκδήλωση μιας κατολισθήσεως και συνυπολογίζεται στην προηγούμενη μέθοδο AHP. Οι παράγοντες που εξετάζονται είναι η συχνότητα και η σχετική συχνότητα καταγραφής κατολισθήσεων ανάλογα με τον εξεταζόμενο παράγοντα.

6.3.2.1 Προσανατολισμός πρανών

Για την παραπάνω ανάλυση υπολογίζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των πρανών στην

περιοχή της μελέτης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν εμφανίζεται ο παρακάτω πίνακας που παρουσιάζει την συχνότητα των κατολισθήσεων στις περιοχές ανάλογα με τον προσανατολισμό καθώς και την σχετική συχνότητα των κατολισθήσεων που συνυπολογίζει την έκταση που καταλαμβάνει κάθε περιοχή με διαφορετικό προσανατολισμό.

Πίνακας 6.10: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρανών στην περιοχή μελέτης

Προσανατολισμός Πρανών	Degrees		Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
N	337,5	22,5	8,33%	14,57%	6,87%
NE	0	45	11,11%	15,41%	8,66%
E	45	90	11,11%	14,83%	9%
SE	90	135	8,33%	13,61%	7,36%
S	135	180	2,78%	9,09%	3,67%
SW	180	225	8,33%	5,65%	17,73%
W	225	270	27,78%	11,33%	29,46%
NW	270	315	22,22%	15,50%	17,23%
Σύνολο			100,00%	100,00%	100,00%



Σχήμα 6.5 Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρανών

Από τα παραπάνω μπορεί κανείς να δει ότι η μεγαλύτερη συχνότητα κατολισθήσεων εμφανίζεται σε πρανή με προσανατολισμό S (29,46%), και έπειτα πρανή με προσανατολισμό SW(17,73%) και NW(17,23%). Οι παραπάνω τιμές λήφθηκαν για την

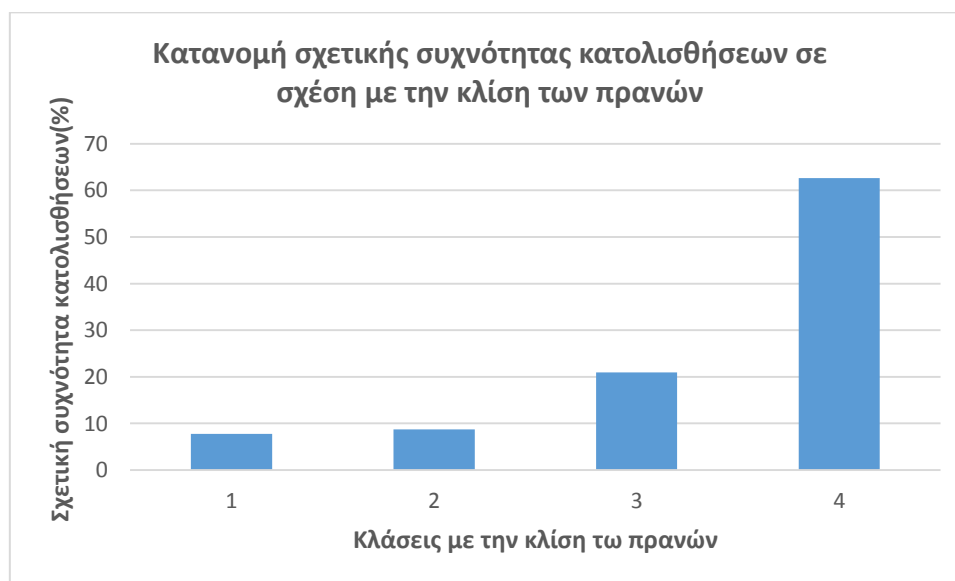
κατηγοριοποίηση του προσανατολισμού των πρानών καθώς και για την βαθμολογία τους για την δημιουργία του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Αυτό που είναι σημαντικό να δει κανείς είναι ότι η κατανομή των κατολισθήσεων όσον αφορά τον προσανατολισμό δεν έχει μεγάλη διαφοροποίηση, γεγονός που δηλώνει ότι ο παράγοντας αυτός δεν είναι ιδιαίτερα καθοριστικός στον υπολογισμό του δείκτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

6.3.2.2 Μορφολογική κλίση

Όσον αφορά την μορφολογική κλίση δημιουργήθηκαν κυρίως τέσσερις κλάσεις με βάση τις κλίσεις της περιοχής και την εμφάνιση των κατολισθήσεων. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε η κλάση $0^{\circ} - 15^{\circ}$, $16^{\circ} - 30^{\circ}$, $30^{\circ} - 45^{\circ}$, $>46^{\circ}$.

Πίνακας 6.11: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση στην περιοχή μελέτης.

Μορφολογική Κλίση (deg)	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
0 - 15	19,44%	28,25%	7,74%
16 - 30	41,67%	53,82%	8,71%
31 - 45	30,55%	16,44%	20,91%
>46	8,33%	1,50%	62,62%
Σύνολο	100,00%	100,00%	100,00%



Σχήμα 6.6: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση.

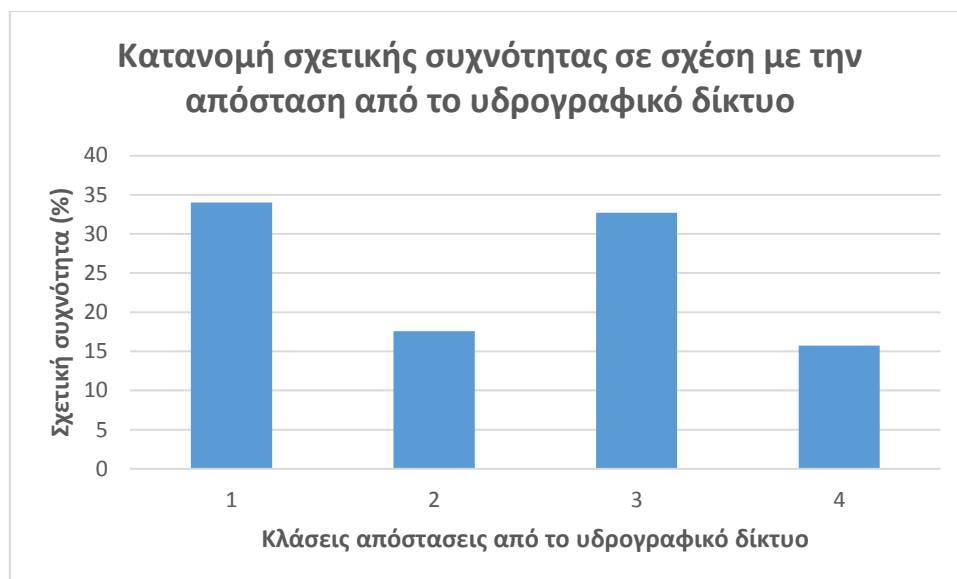
Με βάση τα παραπάνω είναι φανερό ότι πρηνή με μορφολογική κλίση πάνω από 45 μοίρες παρουσιάζουν την μεγαλύτερη σχετική συχνότητα κατολισθήσεων, συγκεκριμένα είναι της τάξης του 62,62% ενώ η αμέσως προηγούμενη κλάση μορφολογική κλίση 31-45 μοίρες η σχετική συχνότητα είναι 20,91%. Οι διαφορές των κλάσεων είναι αρκετά μεγάλη και η αύξηση της γωνίας κλίση προκαλεί έντονη αύξηση κάτι που δηλώνει ότι ο παράγοντας της κλίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός και συμβάλει έντονα στην εκδήλωση των κατολισθήσεων.

6.3.2.3 Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Παρακάτω παρουσιάζεται η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο”: 0-100m (30,56%), 101-200m (13,89%), 201-300 (22,22%) και στην κλάση >301m (33,33%).

Πίνακας 6.12: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από το Υδρογραφικό δίκτυο (m)	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
0 – 100	30,55%	20,02%	34,01%
101 - 200	13,89%	17,62%	17,56%
201 - 300	22,22%	15,14%	32,69%
> 301	33,33%	47,22%	15,73%
Σύνολο	100,00%	100,00%	100,00%



Σχήμα 6.7: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων καταγράφηκε στην κλάση 0-100m. Η μέγιστη τιμή της σχετικής συχνότητας επίσης καταγράφεται στην κλάση 0-100m. Στην τρίτη κλάση για απόσταση από το υδρογραφικό 201-300m η τιμή της σχετικής συχνότητας είναι αρκετά μεγάλη. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες που επιδρούν στην εμφάνιση των κατολισθήσεων. Ωστόσο η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον του υδρογραφικού δικτύου δηλώνει τη σημαντικότητα του υδρογραφικού δικτύου ως παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων.

6.3.2.4 Γεωλογικές ενότητες

Παρακάτω παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα των κατολισθήσεων σε σχέση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που δομούν την περιοχή μελέτης. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι:

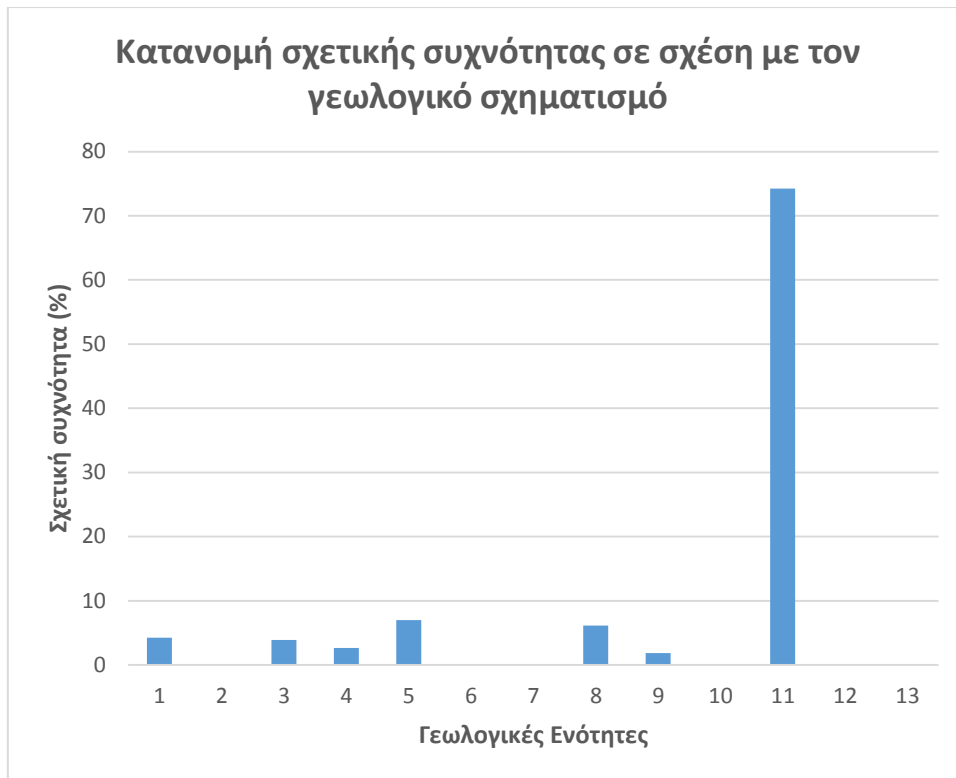
- Χαλαρές-αδρομερείς αποθέσεις
- Χλαρές αποθέσεις μικτής φάσης
- Συνεκτικοί αδρομερείς σχηματισμοί
- Ανδρομερή Ιζήματα
- Λεπτομερή Ιζήματα
- Φλύσξης Κεντρικής Ελλάδας
- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού – Ιόκαινου

- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού
- Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι
- Σχιστο-ψαμμίτες
- Ιμμεταμορφωμένο υπόβαθρο
- Ιζηματογενές σύμπλεγμα
- Ηφαιστειακά πετρώματα

Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων χαρακτηρίζει τα Λεπτομερή Ιζήματα (27,78%) στην συνέχεια ακολουθεί ο σχηματισμός των Ασβεστολίθων του Κρητιδικού (22,22%), το Ημμεταμορφωμένο Υπόβαθρο (19,44%) και οι Συνεκτικοί Αδρομερείς Σχηματισμοί (13,89%). Έπειτα ακολουθούν οι Χαλαρές Ανδρομερείς Αποθέσεις, οι Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι και τα Ανδρομερή Ιζήματα με ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων περίπου 5,5% και οι υπόλοιποι σχηματισμοί οι οποίοι δεν παρουσιάζουν κατολισθήσεις. Ο σχηματισμός με την μεγαλύτερη σχετική συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων (74,24%) είναι το ημμεταμορφωμένο υπόβαθρο.

Πίνακας 6.13: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης.

	Γεωλογικός σχηματισμός	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
1	Χαλαρές-αδρομερείς αποθέσεις	5,55%	5,81%	4,23%
2	Χαλαρές αποθέσεις μικτής φάσης	0,00%	0,32%	0,00%
3	Συνεκτικοί αδρομερείς σχηματισμοί	13,89%	15,84%	3,88%
4	Ανδρομερή Ιζήματα	5,56%	9,26%	2,66%
5	Λεπτομερή Ιζήματα	27,78%	17,56%	7,00%
6	Φλύσχης Κεντρικής Ελλάδας	0,00%	0,51%	0,00%
7	Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού – Ιόκαινου	0,00%	1,84%	0,00%
8	Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού	22,22%	16,01%	6,14%
9	Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι	5,56%	13,39%	1,84%
10	Σχιστο-ψαμμίτες	0,00%	0,45%	0,00%
11	Ιμμεταμορφωμένο υπόβαθρο	19,44%	1,16%	74,24%
12	Ιζηματογενές σύμπλεγμα	0,00%	14,80%	0,00%
13	Ηφαιστειακά πετρώματα	0,00%	3,06%	0,00%
	Σύνολο		100,00%	100,00%



Σχήμα 6.8: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά γεωλογικό σχηματισμό

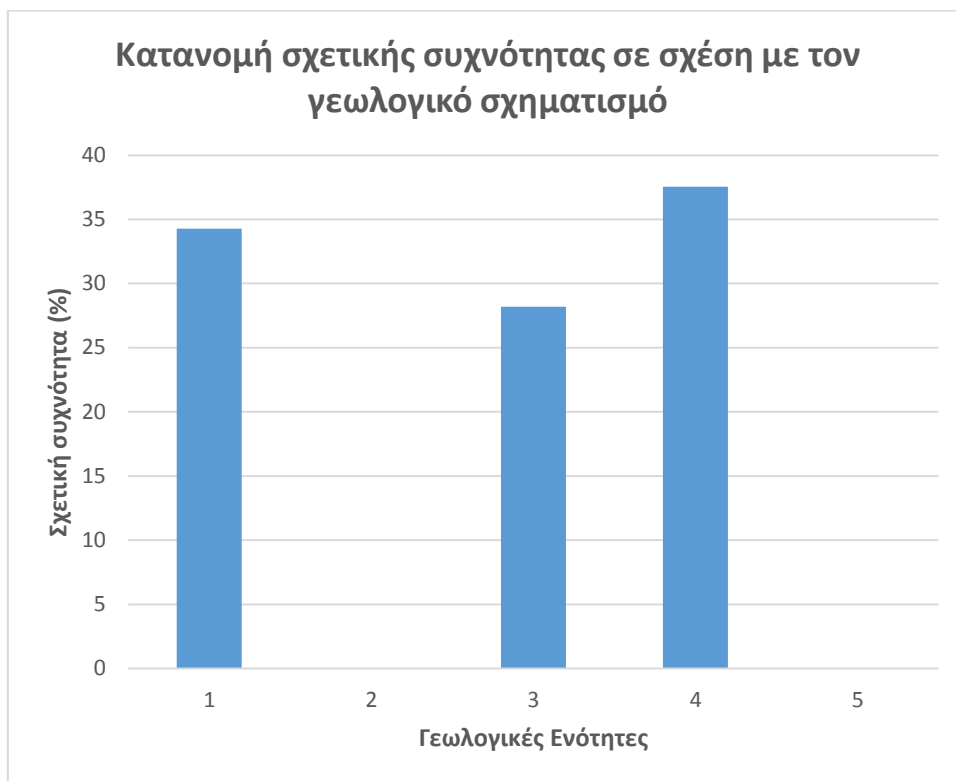
Οι παραπάνω σχηματισμοί είναι δυνατόν να ενοποιηθούν σε πέντε κατηγορίες κύριες κατηγορίες: Τεταρτογενείς Αποθέσεις (Χαλαρές-αδρομερείς αποθέσεις, Χλαρές αποθέσεις μικτής φάσης, Συνεκτικοί αδρομερείς σχηματισμοί, Ανδρομερή Ιζήματα, Λεπτομερή Ιζήματα), Φλύσχης, Ασβεστόλιθοι-Δολομίτες (Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού – Ιόκαινου, Ασβεστόλιθοι κρητιδικού, Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι), Ιζηματογενείς Σχηματισμοί Χαμηλής Μεταμόρφωσης (Σχιστο-ψαμμίτες, Ιμμεταμορφωμένο υπόβαθρο, Ιζηματογενές σύμπλεγμα) και Ηφαιστειακά Πετρώματα.

Αν γίνει αυτή η ενοποίηση τότε το ποσοστό της μέγιστης τιμής εμφάνισης κατολισθήσεων είναι μέγιστο στις Τεταρτογενείς Αποθέσεις με ποσοστό 52,78%, στην συνέχεια ακολουθούν οι Ασβεστόλιθοι – Δολομίτες με 27,78% και τέλος οι Ιζηματογενείς Σχηματισμοί Χαμηλής Μεταμόρφωσης με ποσοστό εμφάνισης 19,44%.

Μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων παρατηρήθηκε στην κλάση των Ιζηματογενών Σχηματισμών Χαμηλής Μεταμόρφωσης (37,53%). Οι κλάσεις των Τεταρτογενών Αποθέσεων και Ασβεστολίθων-Δολομιτών παρουσιάζουν στη συνέχεια μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων της τάξης του 34,29% και 28,18% αντίστοιχα.

Πίνακας 6.14: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης.

Γεωλογικός σχηματισμός	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
1 Τεταρτογενείς Αποθέσεις	52,77%	48,78%	34,28%
2 Φλύσχης Κεντρικής Ελλάδας	0,00 %	0,51%	0,00%
3 Ασβεστόλιθοι - Δολομίτες	27,78%	31,24%	28,18%
4 Ιζηματογενείς Σχηματισμοί Χαμηλής Μεταμόρφωσης	19,44%	16,42%	37,53%
5 Ηφαιστειακά πετρώματα	0,00%	3,06%	0,00%
Σύνολο		100,0 %	100,00%



Σχήμα 6.9: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά ενοποιημένο γεωλογικό σχηματισμό.

Σημειώνεται ότι οι γεωλογικές ενότητες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Στην κατασκευή χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας, η υπό εξέταση παράμετρος λαμβάνεται υπόψη με μεγάλο ποσοστό συμμετοχής, σε συνδυασμό φυσικά με άλλους κρίσιμους παράγοντες (πχ μορφολογική κλίση & απόσταση από τεκτονικά όρια). Στην παρούσα εργασία για τη βαθμολόγηση των ενοποιημένων γεωλογικών ενοτήτων λήφθηκε υπόψη το αρχείο καταγραφής κατολισθήσεων της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με τη γνώση των ειδικών.

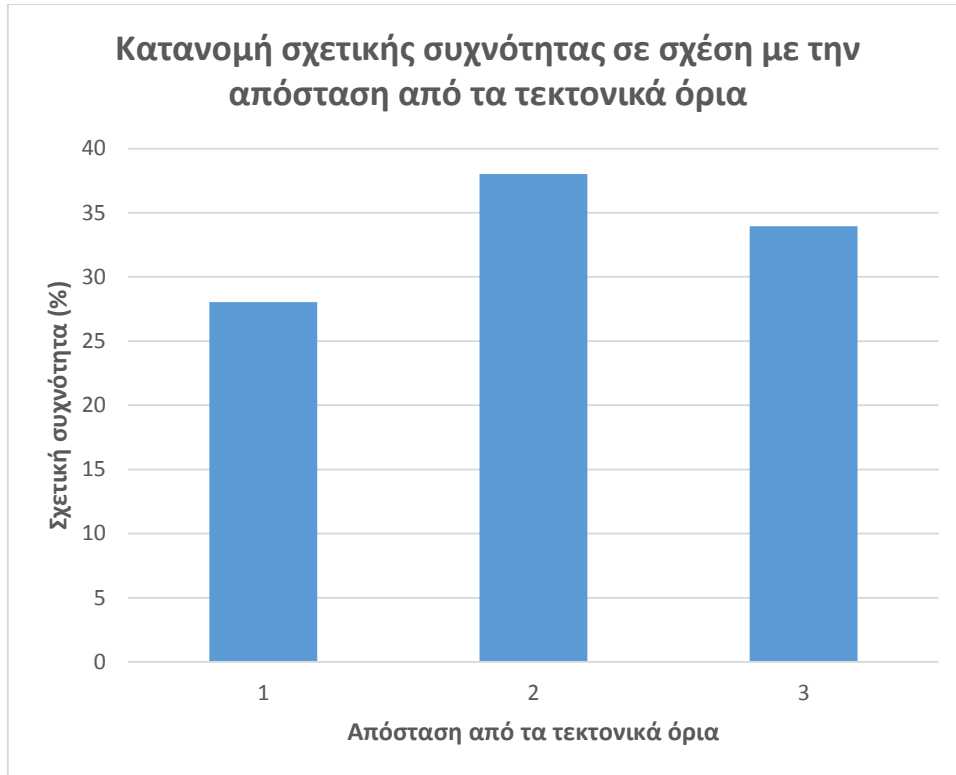
6.3.2.5 Απόσταση από τα τεκτονικά όρια

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια στην περιοχή μελέτης (Πίνακας 6.15 και **Error! Reference source not found.**). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται στην κλάση που δηλώνει απόσταση >500m (41,67%), στην συνέχεια στην κλάση 250-500m (30,55%) και τέλος 0-250m (27,77%). Λαμβάνοντας υπόψη τη συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση απόστασης από τα τεκτονικά όρια, δηλαδή την σχετική συχνότητα όπως έχει αναφερθεί, το μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 250-500m (38,01%), >500m (33,95%) και στην κλάση 0-250m (28,04%).

Η τιμή είναι αρκετά υψηλή σε όλες τις κλάσεις, ακόμα και στην κλάση 0-250m η σχετική συχνότητα είναι της τάξης του 28%. Το γεγονός αυτό δηλώνει τη σημαντικότητα του παράγοντα απόσταση από τα τεκτονικά όρια στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Κατολισθήσεις πλησίον των τεκτονικών ορίων επηρεάζονται αισθητά από τα τεκτονικά όρια (κλάση 0-250m). Όσο οι υπό εξέταση κατολισθήσεις απομακρύνονται από τα τεκτονικά όρια θεωρείται ότι συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες που συμβάλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων και το υψηλό ποσοστό εμφάνισης σχετικής συχνότητας.

Πίνακας 6.15: συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από τα τεκτονικά όρια (m)	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
0-250	27,78%	32,78%	28,05%
251-500	30,56%	26,61%	38,01%
>501	41,67%	40,61%	33,95%
Σύνολο		100,00%	100,00%



Σχήμα 6.10: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από τα τεκτονικά όρια.

6.3.2.6 Απόσταση από το οδικό δίκτυο

Στην παρακάτω παράγραφο παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.16 και **Error! Reference source not found.**). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο”: >300m (33,33%), 0-100m (27,78%), 101-200m (16,67%), και στην κλάση 201-300m (22,22%). Η σχετική συχνότητα εμφάνιση κατολισθήσεων για κάθε κλάση απόστασης από το οδικό δίκτυο, εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 201-300m (32,56%), 0-100m (30,79%), 101-200 (20,98%) και στην κλάση >300m (15,66%).

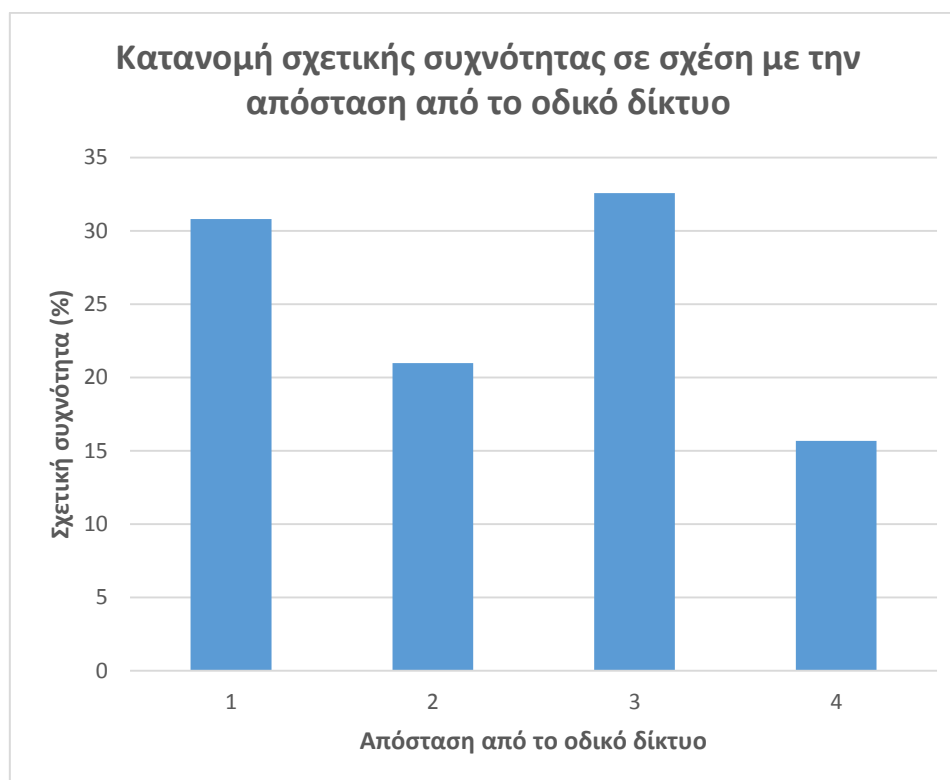
Όπως μπορεί να δει κανείς μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων καταγράφηκε στην κλάση >300 (33,33%). Αντίστοιχης τάξης ποσοστό κατολισθήσεων καταγράφεται στην κλάση 0-100m (27,78%). Λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό έκτασης της κάθε κλάσης, η κλάση 201-300m παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων (32,56%) ενώ στην κλάση >300m λόγω μεγάλης έκτασης όπως φαίνεται από την στήλη του ποσοστού έκτασης, το ποσοστό των κατολισθήσεων μειώνεται αρκετά στο 15,66%. Οι κλάσεις 200-300m και 0-

100-300m παρουσιάζουν ποσοστά σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων σχεδόν ίδιας τάξης μεγέθους.

Παρατηρείται ότι απόσταση από το οδικό δίκτυο, συγκεκριμένα μέχρι 100m, επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των σίγουρα δρουν παράγοντες που επηρεάζουν έντονα την εκδήλωση των κατολισθήσεων.

Πίνακας 6.16: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από το οδικό δίκτυο (m)	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Ποσοστό Έκτασης	Σχετική Συχνότητα
0-100	27,78%	20,18%	30,79%
101-200	16,67%	17,62%	20,98%
201-300	22,22%	15,14%	32,56%
>301	33,33%	47,22%	15,66%
Σύνολο		100,00%	100,00%



Σχήμα 6.11 Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το οδικό δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Γενικά

Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής εργασίας εξετάστηκε η κατολισθητική επιδεκτικότητα στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Κράθη ποταμού, η οποία βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του Νομού Αχαΐας στον Δήμο Αιγιαλείας. Η λεκάνη του ποταμού καταλαμβάνει έκταση που φτάνει περίπου τα 145 km² σε περιοχή οποία χαρακτηρίζεται ως ορεινή, με υψηλές ασβεστολιθικές κορυφογραμμές και με μέσο υψόμετρο περίπου 985m που τοπικά φτάνει και τα 2.310m. Η τιμή της μορφολογικής κλίσης σε ορισμένα σημεία φτάνει και τις 46°. Ο τύπος κλίματος της περιοχής είναι μεσογειακό (Csa) με ήπιους χειμώνες και ξηρά και ζεστά καλοκαίρια. Η περίοδος βροχών είναι από τον Οκτώβριο έως τον Μάιο, με τον Δεκέμβριο τον πιο βροχερό μήνα (128,9 mm) που ακολουθείται από τον Νοέμβριο (124,7 mm), ενώ ο πιο ξηρός μήνας φαίνεται να είναι ο Αύγουστος (7,0 mm) και ο Ιούλιος(8,8mm).

Για την μελέτη συγκεντρώθηκαν δεδομένα από βιβλιογραφικά στοιχεία και ψηφιακά μέσα μια βάση δεδομένων η οποία περιείχε λεπτομέρειες από 36 περιστροφικές και μεταφραστικές ολισθήσεις, καθώς και καταπτώσεις βράχων. Διαθέσιμη ήταν επίσης η πληροφορία του πότε έγινε η αστοχία, ο τύπος της αστοχίας, ο παράγοντας εναύσματος και οι επιπτώσεις της κάθε κατολίσθησης.

7.2 Εκτίμηση κατολισθητικής επιδεκτικότητας στην λεκάνη απορροής του Κράθη

Για την λεκάνη απορροής του ποταμού Κράθη κατασκευάστηκε ο Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας. Η δημιουργία του βασίστηκε κυρίως στην εμπειρία των ειδικών και σε διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές.

Η χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας αποτελεί μια ειδική περίπτωση θεματικής τεχνικογεωλογικής χαρτογράφησης, όπου παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των θέσεων που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές επιδεκτικότητας, διαδικασία γνωστή ως ζωνοποίηση (Τσαγγαράτος, 2012).

Εξετάστηκαν και επιλέχθηκαν οι παράγοντες οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν την εκδήλωση της κατολισθησης, στην συνέχεια οι παράγοντες αυτοί ποσοτικοποιήθηκαν και εκφράστηκαν αριθμητικά με την μέθοδο η οποία αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η μέθοδος αυτή συνδυάζει την εμπειρία των ειδικών με αριθμητικά μοντέλα, προκειμένου να κατασκευαστεί το μοντέλο πρόβλεψης κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου, διαπιστώνεται η μεταβλητή Τεχνικογεωλογική Ενότητα, αποτελεί την πιο σημαντική μεταβλητή ως προς την κατολισθητική επιδεκτικότητα. Έπειτα ακολουθούν οι υπόλοιποι παράγοντες, η Απόσταση από Τεκτονικά χαρακτηριστικά, η Μορφολογική κλίση, η Απόσταση από Οδικό δίκτυο, η Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο, η Απόσταση από Γεωλογικά Όρια και τέλος η διεύθυνση των μορφολογικών κλίσεων.

Δημιουργήθηκαν 5 ζώνες κατολισθητικής επιδεκτικότητας με την εξής διαβάθμιση: Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ υψηλή.

Το εμβαδόν της περιοχής μελέτης που βρίσκεται στην Πολύ Υψηλή κλάση υπολογίστηκε 7,96% με σχετική συχνότητα κατολισθήσεων 48,78%. Επίσης η Υψηλή κλάση παρουσιάζει εμβαδόν 19,84% με σχετική συχνότητα κατολισθήσεων 23,93%.

Με την εφαρμογή της μεθόδου, υπολογίστηκε ο βαθμός της κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Οι περιοχές που σημειώνουν μεγάλες τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας όπως είναι και λογικό αναφέρονται στα ορεινά τμήματα. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στα πεδινά τμήματα, ωστόσο κατά τόπους υψηλές τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας παρατηρούνται σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο, ακόμη και σε πεδινές περιοχές. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο συνδυασμό παραμέτρων που δρουν στις υπό εξέταση περιοχές, όπως είναι το υδρογραφικό δίκτυο, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν αυτές τις περιοχές η απόσταση από τα ρήγματα και το οδικό δίκτυο.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, που υπολογίστηκαν με το μοντέλο πρόβλεψης AHP, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των καμπύλων ROC με ποσοστό επιτυχίας περίπου 72%, αριθμός που φανερώνει ότι από τις 36 καταγεγραμμένες κατολισθήσεις οι 26 κατηγοριοποιήθηκαν σωστά. Το ποσοστό είναι πάρα πολύ καλό αν σκεφτεί κανείς ότι ο αριθμός των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων δεν είναι πολύ μεγάλος.

7.3 Συνοπτικά στατιστικά αποτελέσματα χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας

- Μελετώντας τον **προσανατολισμό των πρηνών**, μεγαλύτερη σχετική συχνότητα κατολισθήσεων καταγράφηκε κατά σειρά στις κλάσεις: W (29,46%), SW (17,73%) και NW (17,23%). Στη συνέχεια οι κλάσεις N και NE παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων της τάξης του 9%.

Η μεγαλύτερη συχνότητα κατολισθήσεων εμφανίζεται σε πρηνή με προσανατολισμό W (27,78%), και έπειτα πρηνή με προσανατολισμό NW (22,22%) και NE – E (11,11%).

Αυτό που είναι σημαντικό κανείς να παρατηρήσει είναι ότι ο προσανατολισμός δεν επηρεάζει καθοριστικά την εμφάνιση των κατολισθήσεων, δηλαδή δεν παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση, γεγονός που δηλώνει ότι ο παράγοντας αυτός δεν είναι ιδιαίτερα καθοριστικός στον υπολογισμό του δείκτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

- Μελετώντας τη μορφολογική κλίση των πρηνών, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις $>45^\circ$ (62,62%), $31^\circ-45^\circ$ (20,91%), $16^\circ-30^\circ$ (8,71%), $0^\circ-15^\circ$ (7,74%). Τα παραπάνω δείχνουν ότι η μορφολογική κλίση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εμφάνιση των κατολισθήσεων καθώς παρατηρούμε αρκετά μεγάλη διαφοροποίηση στον αριθμό των κατολισθήσεων.

- Μελετώντας την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0-100m (34,01%), 201-300m (32,69%), 101-200 (17,56%) και στην κλάση $>301m$ (15,73%).

Η υψηλότερη τιμή εμφάνισης των κατολισθήσεων συναντάται στην κλάση που δηλώνει την πλησιέστερη απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Οι τιμές της σχετικής συχνότητας για τις υπόλοιπες κλάσεις μειώνονται ωστόσο για τις κλάσεις αυτές στην εμφάνιση των κατολισθήσεων επιδρούν και άλλοι παράγοντες.

- Μελετώντας τις ενοποιημένες γεωλογικές ενότητες το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων χαρακτηρίζει τα Λεπτομερή Ιζήματα (27,78%) στην συνέχεια ακολουθεί ο σχηματισμός των Ασβεστόλιθων του Κρητιδικού (22,22%), το Ημιμεταμορφωμένο Υπόβαθρο (19,44%) και οι Συνεκτικοί Αδρομερείς Σχηματισμοί (13,89%). Έπειτα ακολουθούν οι Χαλαρές Ανδρομερείς Αποθέσεις, οι Δολομητικοί Ασβεστόλιθοι και τα Ανδρομερή Ιζήματα με ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων περίπου 5,5% και οι υπόλοιποι σχηματισμοί οι οποίοι δεν παρουσιάζουν κατολισθήσεις. Ο σχηματισμός με την μεγαλύτερη σχετική συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων (74,24%) είναι το ημιμεταμορφωμένο υπόβαθρο

Σημειώνεται ότι οι γεωλογικές ενότητες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Στην κατασκευή χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας, η υπό εξέταση παράμετρος λαμβάνεται υπόψη με μεγάλο ποσοστό συμμετοχής, σε συνδυασμό με άλλους κρίσιμους παράγοντες (πχ μορφολογική κλίση & απόσταση από τεκτονικά όρια).

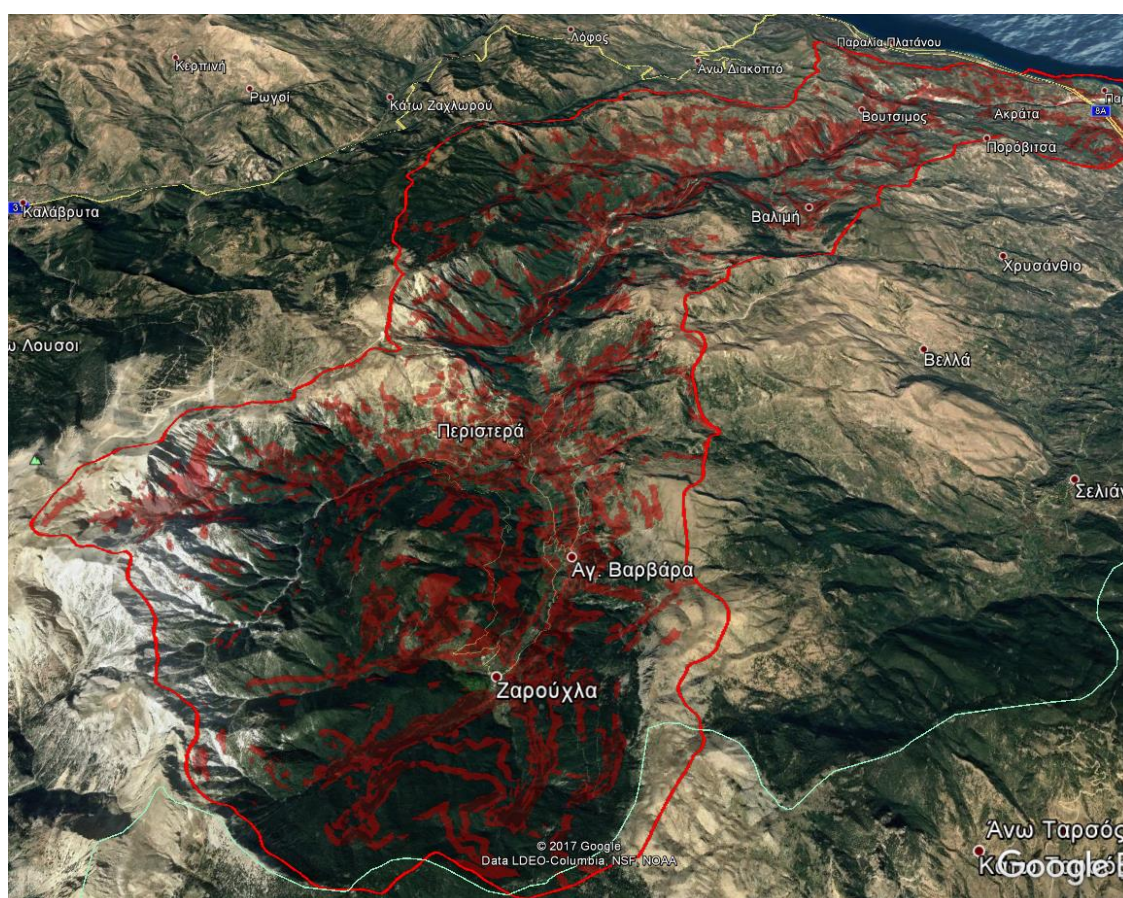
- Μελετώντας την απόσταση από τα τεκτονικά όρια, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: 250-500 (38,01%). >500 (33,95%) και στην κλάση 0-250m (28,05%). Παρατηρείται ότι οι τιμές είναι σχετικά ίδιες χωρίς να παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις. Αυτό δείχνει ότι η παράμετρος αυτή είναι αρκετά σημαντική για την εκδήλωση των κατολισθήσεων, ειδικά αφού υψηλές τιμές καταγράφονται και κοντά στα τεκτονικά όρια. Αυτό που θα παρατηρήσει κανείς είναι ότι όσο οι υπό εξέταση κατολισθήσεις απομακρύνονται από τα τεκτονικά όρια οι τιμές της σχετικής συχνότητας συνεχίζουν να είναι αρκετά υψηλές, κάτι το οποίο είναι λογικό καθώς μπορεί να συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την εκδήλωση κατολισθήσεων
- Μελετώντας την απόσταση από το οδικό δίκτυο, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: 201-300m (32,56%), 0-100m (30,79%), 101-200 (20,98%) και στην κλάση >300m (15,66%).

Παρατηρείται ότι η απόσταση από το οδικό δίκτυο, συγκεκριμένα μέχρι 300m, επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων και οι τιμές της σχετικής συχνότητας είναι πολύ παρόμοιες και για τις δύο κλάσεις. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι όπως και στους προηγούμενους παράγοντες στην εμφάνιση των

κατολισθήσεων παίζουν ρόλο και άλλα στοιχεία τα οποία πιθανόν επηρεάζουν τις παραπάνω τιμές.

7.4 Πρακτική εφαρμογή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας

Η πρακτική εφαρμογή του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ο ουσιαστικός και πρακτικός λόγος της παραγωγής του είναι με βάση τις προηγούμενες κατολισθήσεις να υπολογιστεί και να προβλεφθεί κίνδυνος για τις περιοχές που ακόμη δεν έχουν υποστεί κατολίσθηση και ιδιαίτερα για τους οικισμούς των περιοχών αυτών.

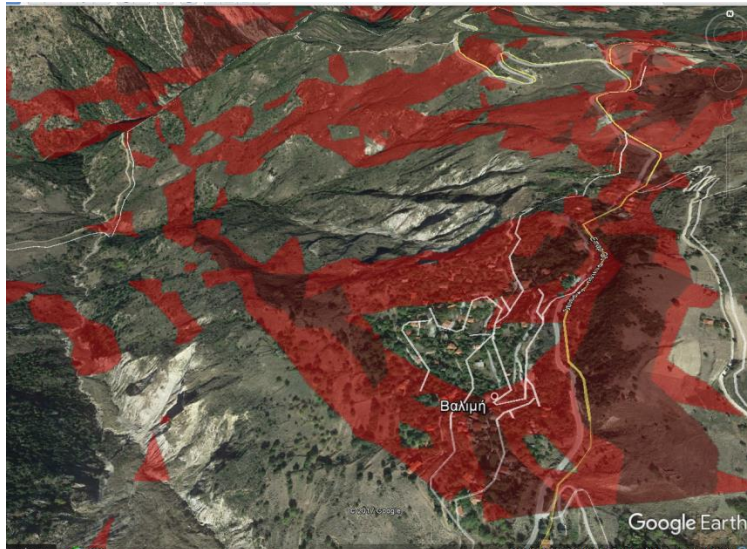


Εικόνα 7.1 Χάρτης της περιοχής της λεκάνης απορροής του Κράθη με απεικόνιση περιοχών υψηλής και πολύ υψηλής κατολισθητικής επιδεκτικότητας

Στην περίπτωση της λεκάνης απορροής του Κράθη ποταμού έχουν καταγραφεί οικισμοί, οι οποίοι ανήκουν στην περιοχή μελέτης και είναι δυνατόν προσδιοριστούν αυτοί που κινδυνεύουν από εμφάνιση πιθανών κατολισθήσεων. Ο χάρτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας που κατασκευάστηκε προσαρμόζεται στο χάρτη της περιοχής μέσω της

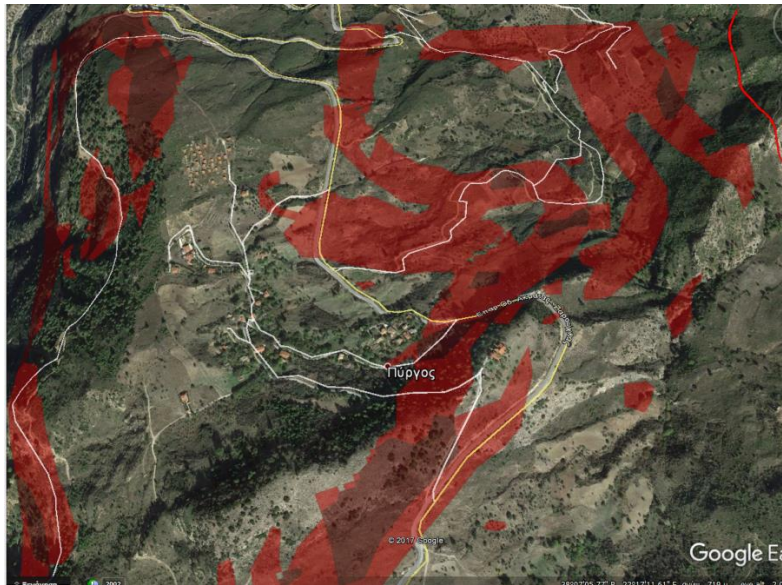
Google Earth. Αυτό που μπορεί να δει κανείς είναι ότι οι περισσότεροι οικισμοί της περιοχής βρίσκονται στην υψηλή και πολύ υψηλή κλάση κατολισθητικής επιδεκτικότητας και αρκετοί γειτονεύουν με περιοχές προυπάρχουσων κατολισθήσεων που δείχνουν να είναι πιθανό να επανενεργοποιηθούν (Εικόνα 7.1).

Χαρακτηριστικά τέτοια παραδείγματα είναι ο Τσιβλός, περιοχή παλιάς κατολίσθησης, Η Άνω και η Κάτω Ποταμιά, η Βαλιμή και ο Πύργος. Μάλιστα ο οικισμός της Βαλιμής είναι στο επίκεντρο της κατολισθητικής δραστηριότητας, υποδηλώνοντας ότι είναι πιθανή εκδήλωση νέων κατολισθήσεων που μπορεί να πλήξει αυτόν τον οικισμό (Εικόνα 7.2). Μέσω του παραπάνω χάρτη είναι δυνατόν να διερευνηθεί και λεπτομερειακά το ποια σπίτια ακριβώς κινδυνεύουν και ποιες περιοχές των οικισμών αυτών, υποθέσεις που μπορεί να επιβεβαιωθούν από επιτόπια έρευνα, καταγραφή πιθανών καθιζήσεων και ρωγματώσεων στα κτήρια και γενικότερα στην περιοχή.

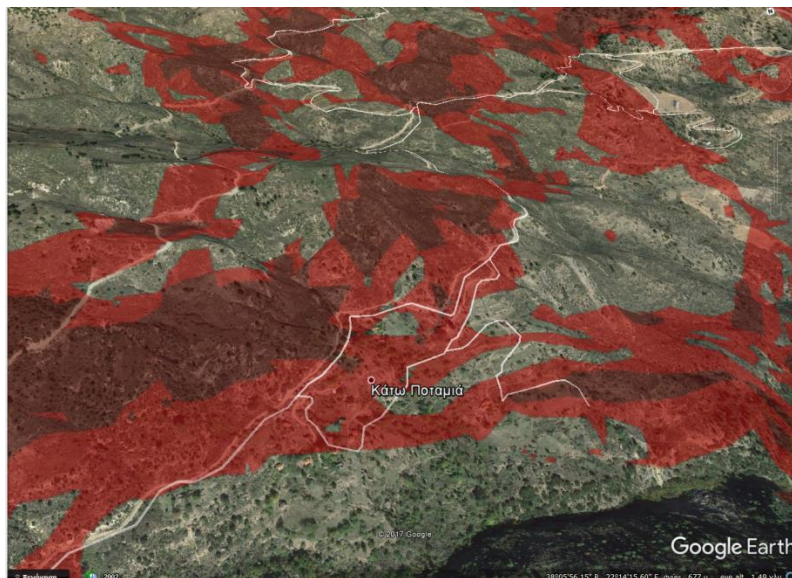


Εικόνα 7.2 Τοποθεσία του οικισμού Βαλιμής σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας

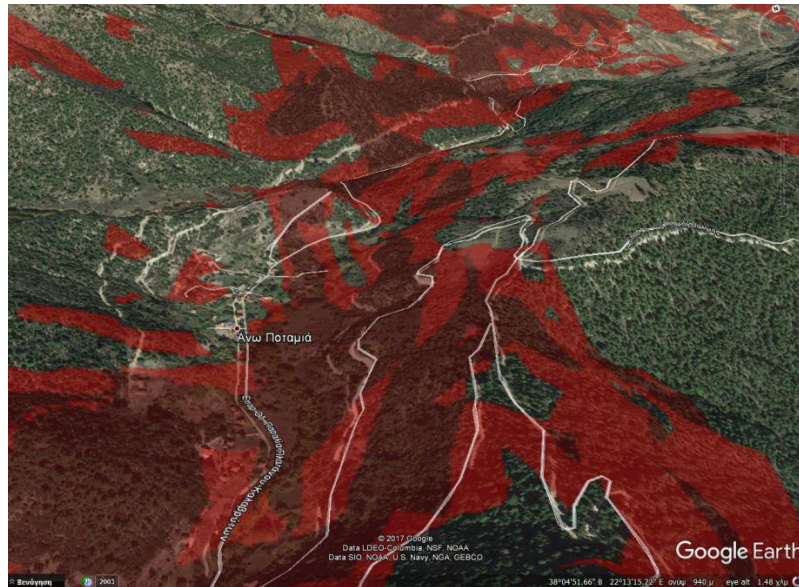
Ο οικισμός του Πύργου και οι κατοικίες δεν είναι ακριβώς στην ζώνη υψηλής κατολισθητικής επιδεκτικότητας όμως είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι κατοικίες βρίσκονται ακριβώς στον πόδα της πιθανής κατολίσθησης που μπορεί να εκδηλωθεί. Το ίδιο παρατηρείται και στον οικισμό της Άνω και Κάτω Ποταμιάς (Εικόνα 7.3, Εικόνα 7.4 και Εικόνα 7.5). Ο οικισμός Τσιβλός επίσης βρίσκεται σε πολύ υψηλή ζώνη κατολισθητικής επιδεκτικότητας και η λίμνη Τσιβλού που δημιουργήθηκε από παλιότερη κατολίσθηση (Εικόνα 7.6).



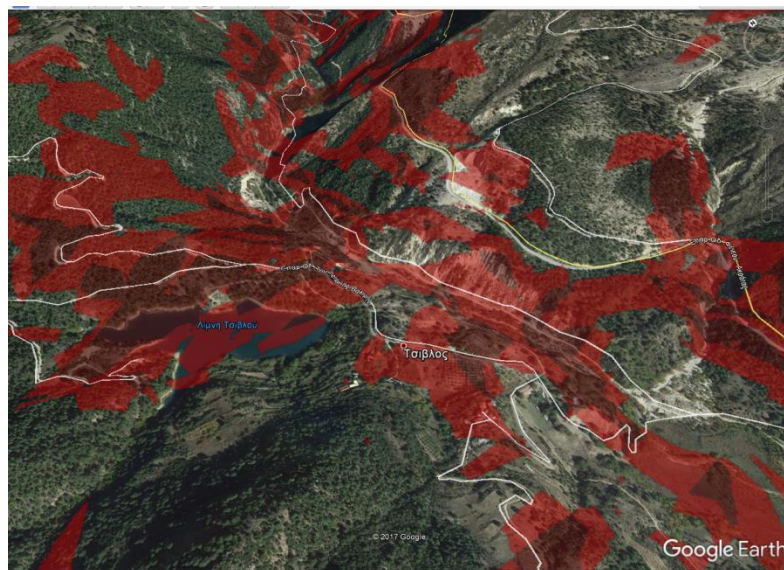
Εικόνα 7.3 Τοποθεσία του οικισμού Πύργος σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας



Εικόνα 7.4 Τοποθεσία του οικισμού Κάτω Ποταμιά σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας



Εικόνα 7.5 Τοποθεσία του οικισμού Κάτω Ποταμιά σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας



Εικόνα 7.6 Τοποθεσία του οικισμού Τσιβλικός και της Λίμνης Τσιβλικού σε σχέση με τις περιοχές κατολισθητικής επιδεκτικότητας

Αυτό που μπορεί να παρατηρήσει κανείς είναι ότι πολύ μεγάλο μέρος του οδικού δικτύου είναι επίσης στις δύο υψηλές κατηγορίες κατολισθητικής επιδεκτικότητας (Εικόνα 7.7).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cruden, D.M., 1991. A Simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, pp.27-29

Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes in Landslides; Investigation and Mitigation. Special Report 247. A. K. Turner and R. L. Schuster. Washington D.C., National Academy Press, pp. 36-71

Chalkias C. ET AL (2014): GIS Based landslide susceptibility Mapping on the Peloponnese Peninsula, Greece

Doutsos T., Piper D (1990) : Listric faulting, sedimentation, and morphological evolution of the Quaternary eastern Corinth rift, Greece. First stages of continental rifting. Geological society of America, vol 102, number 6

Highland, L (Compiler), (2004): Landslide Types and Processes. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2004-3072

Koukis, G., Sabatakakis, N., Nikolaou, N., Loupasakis, C., 2005. Landslide Hazard Zonation in Greece. Landslides Risk Analysis and Sustainable Disaster Management, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.291-296

Koukis G. et al. (2007): «Soil suitability estimation for housing purposes in landslides-prone areas. The case of Karya village, Patras, W. Greece», Proceedings of the 11th International Congress, Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXX, Athens

Meilliez F., Flament J. and De Wever P. (1978): Γεωλογικός Χάρτης Φύλλο Δάφνης, κλίμακα 1:50.000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C., Jaedicke, C., 2006. Global landslide and avalanche hotspots, Landslides 3, Springer-Verlag, pp.159-173

Papanikoalou, I., Lekkas, E., 2008. Lithostratigraphic differentiation of the Gavrovo and the Ionian flysch in the Southern Akarnania and the role of the Agrilia and Evinos transverse fault zones. Hellenic Journal of Geosciences, vol.43, pp.41-55

Popescu, M., 1994. A suggested method for reporting landslide causes. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Paris, No 50, pp. 71-74

Poulimenos, G. (1993): Tectonics and sedimentation in the western Corinth graben. Njb.geol.Paleont.Mh.

Sabatakakis N. et al.(2005) :«Composite landslides induced by heavy rainfalls in suburban areas: City of Patras and surrounding area, western Greece», Landslides, Springer

Sabatakakis N. et al. (2013): «Landslide susceptibility zonation in Greece», Natural Hazards, Springer, 65, pp. 523-543

Stournaras G., Tsimpidis G., Tsoumanis P., Giannatos G., and Guillande R., (1998): Geomorphologie evolution and instability phenomena induced by the lithologie and hydrologic conditions, BULL I.A.E.G.

Strahler, A. N., (1964): Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, Section 4-11 in Chow, V.T. (Ed.) , Handbook of applied Hydrology, McGraw-Hill, New York

Varnes, D.J. & IAEG Commission on Landslides and Other Mass-Movements, (1984). Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice, UNESCO, Paris, pp.63

Varnes, D.J (1978): Slope Movement Types and Processes in: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C, pp.11-33

Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. Catena, 72, pp.1-12

Αγγελίδης Χ., Μπελλάς Μ., (1989) : Έκθεση γεωτεχνικής έρευνας για τις συνθήκες θεμελίωσης οικιστικών περιοχών του Ν. Αχαΐας που πλήγηκαν από κατολισθητικά φαινόμενα. Δημοσίευτη έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε

Βετούλης Δ., (1970) : Γεωλογική ασφάλεια των οικισμών Αγίδιον Χαλκιάνικων Αγίας Βαρβάρας της επαρχίας Καλαβρύτων του νομού Αχαΐας. Δημοσίευτη έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε

Δούτσος, Θ, Καμηλάρης, Χ., (1984): Οι κατολισθήσεις του Νομού Αχαΐας (Μηχανισμός, καταστροφές και έργα προστασίας). Ορυκτός πλούτος

Ελευθερίου Α., (1984) : Γεωτεχνική έρευνα στον οικισμό Λόφου - Διακοπτού. Δημοσίευτη έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε

Ηλίας, Π., 2000. Ανάπτυξη μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας με χρήση νευρωνικών δικτυων. Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτελειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, pp.552

ΙΓΜΕ. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Αιγίου.

ΓΓΜΕ, 1977. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Δερβενίου.

Καβουρά Κ. (2013): Κατολισθήσεις στον Ν. Αχαΐας – Ανάπτυξη μοντέλου επικινδυνότητας, Διπλωματική Εργασία Παν. Πατρών

Κούκης Γ., (1980) : Γεωτεχνική αναγνώριση των εδαφικών συνθηκών θεμελίωσης στους οικισμούς Πετσάκοι, Δάφνες, Όαση, Άνω Βλασιά και Κάτω Βλασιά Ν. Αχαΐας. Δημοσίευτη έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε

Κούκης Γ.& Σαμπατακάκης Ν. (2007): Γεωλογία τεχνικών έργων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, pp.575

Λιτοσελίτη Α. (2012): Κατολισθήσεις πριν και μετά τη διάρκεια των σεισμών του 2008, στο όρος Σκόλις. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα

Νίκας Κ., (2001): Έρευνα - Αξιοποίηση υδατικών πόρων νομού Αχαΐας.

Νίκας Κ., Αγγελικάκης Ι., Βέργου Α., Βασιλειάδης Ε. (2001): Υδρογεωλογικές και γεωχημικές έρευνες στο νομό Αχαΐας. Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. XXXIV5, 1875-1884

Νίκας Κ. (2004): Υδρογεωλογικές συνθήκες ΒΑ τμήματος Ν. Αχαΐας. Διδακτορική Διατριβή Παν. Πατρών

Παπαζάχος Β, Παπαζάχου Κ., (1989) Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

Παυλίδης Σ., Κουκουβελάς Ι., Δούτσος Θ., (1998) : Μελέτη ενεργών ρηγμάτων κατά μήκος της χάραξης της νέας σιδηροδρομικής γραμμής (τμήμα Κιάτο – Ξυλόκαστρο). Νεοτεκτονική – Σεισμοτεκτονική Έκθεση

Ρόζος Δ., (1989): Τεχνικογεωλογικές συνθήκες στο νομό Αχαΐας - Γεωμηχανικοί χαρακτήρες των πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων. Διδ. Διατριβή Παν. Πατρών

Ρόζος Δ., (2007): Τεχνική Γεωλογία Ι. ΕΜΠ, Αθήνα

Στουρνάρας Γ., (1989) : Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τσαγγαράτος Π., Διερεύνηση της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών με τη χρήση Πληροφοριακών Συστημάτων. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, ΕΜΠ

Τσαγκάς Δ.,(2011): Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις και κινήσεις βαρύτητας στην Βόρεια Πελοπόννησο. Διδακτορική Διατριβή Εθνικού και Καποδιστριακού Παν. Αθηνών

Τσόφλιας Π.,(1985): Γεωλογικός χάρτης φύλλο Δερβέσι 1: 50.000.1.Γ.Μ.Ε., Αθήνα

Τσόφλιας Π., (1970): Γεωλογική κατασκευή του βορειότερου τμήματος της Πελοποννήσου (Νομού Αχαΐας). Ann. geol. Pays Hellen.

Τσόφλιας Π., (1976) : Γεωλογικά και μορφολογικά έρευναι στο όρος Χελμός καθώς και στην περιοχή Λουσών και επαρχίας Καλαβρύτων. (Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XII, Τεύχος 2

Φερεντίνου Μ., ΧΑΛΚΙΑΣ, Χ., 2012. Προπαρασκευαστική ανάλυση της διακινδύνευσης έναντι κατολισθήσεων με βάση τη χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας - Εφαρμογή σε περιφερειακή κλίμακα. Γεωγραφίες, Νο 19