

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ
ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΓΡΕΒΕΝΑ



ΈλληΕλευθεριάδη

Επιβλέπων Καθηγητής:
Βασίλειος Μαρίνος

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2016

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους, Μαρίνο Βασίλη και Παπαθανασίου Γιώργο, οι οποίοι επέβλεψαν την διπλωματική εργασία μου και μου παρείχαν την αμέριστη στήριξη και καθοδήγηση τους καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής και επιμέλειας της. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Λυδία, Δαβίδ και Αμβρόσιο που με φιλοξένησαν όλο αυτό το διάστημα στη Θεσσαλονίκη καθώς και τους/ τις Στέλλα, Όλγα, Αδελφούς Γρένδα, Νίκο και Γιάννη, Νίκο, Μάριο και Έφη, οι οποίοι με στήριξαν στη ολοκλήρωση και βελτίωση της εργασίας μου. Φυσικά αυτή η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την συμπαράσταση και υπομονή των γονιών μου, Δημήτρη και Μαρίτας.

Περίληψη

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει στόχο τον εντοπισμό και την αξιολόγηση κατολισθητικών φαινομένων στα Γρεβενά.

Για να κατανοήσει ο αναγνώστης καλύτερα την εργασία, αρχικά αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τις κατολισθήσεις, τα είδη τους, η ταχύτητά τους, οι παράγοντες που τις προκαλούν, οι μέθοδοι έρευνας και οι τρόποι αντιμετώπισής τους. Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος ταξινόμησης των βραχώμαζων ανάλογα το μηχανισμό αστοχίας τους για τα συστήματα ταξινόμησης RMR και GSI. Έπειτα γίνεται αναφορά στη γεωλογία, τη μορφολογία και το κλίμα των Γρεβενών, και αναφέρονται περιπτώσεις κατολισθήσεων σε αυτά και τέλος περιγράφονται οι ειδικές ταξινομήσεις σε GSI του φλύσχη και των οφιολίθων.

Για τον εντοπισμό των κατολισθήσεων, αρχικά έγινε χρήση του Google earth, όπου σημειώθηκαν πιθανές θέσεις κατολισθήσεων και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στις θέσεις αυτές για την αξιολογισή τους. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε περιβάλλον GIS για την αναγνώρισή των γεωλογικών μονάδων που συνιστούσαν την κάθε περίπτωση.

Η αξιολόγηση των διάφορων θέσεων που εντοπίστηκαν είχε ως αποτέλεσμα την κατανόηση του τρόπου μετακινήσεως της κάθε κατολίσθησης, τη συσχέτιση της κάθε γεωλογικής μονάδας με έναν τύπο μετακίνησης και συνεπώς την εξαγωγή συμπεράσματος για τη σχέση του γεωυλικού με τον τρόπο που δύναται να ολισθήσει και το ανάγλυφο που μπορεί να διαμορφώσει. Τέλος γίνεται πρόταση μέτρων αντιμετώπισης των μετακινήσεων για την κάθε περίπτωση.

Abstract

The main aim of this thesis is the localization and assessment of landslide phenomena in Grevena.

Initially, a brief analysis on landslides, their different types, triggering factors and countermeasures to mitigate them are reported. Furthermore, the rock mass classification systems, GSI and RMR are described, and later, more specifically, the special classification of Flysch and Ophiolites rock masses in GSI charts. Finally the climate, topography and geology of Grevena are analyzed.

For the localization of the different landslide cases, Google earth was used and followed the in situ inspection of each possible landslide. After that, Gis program was used to identify the geological material constituting each case. The assessment of the various landslides positions resulted in an understanding between the different types of landslides and their constituting geologic material and morphology, followed by a countermeasure proposal for each landslide.

Περιεχόμενα

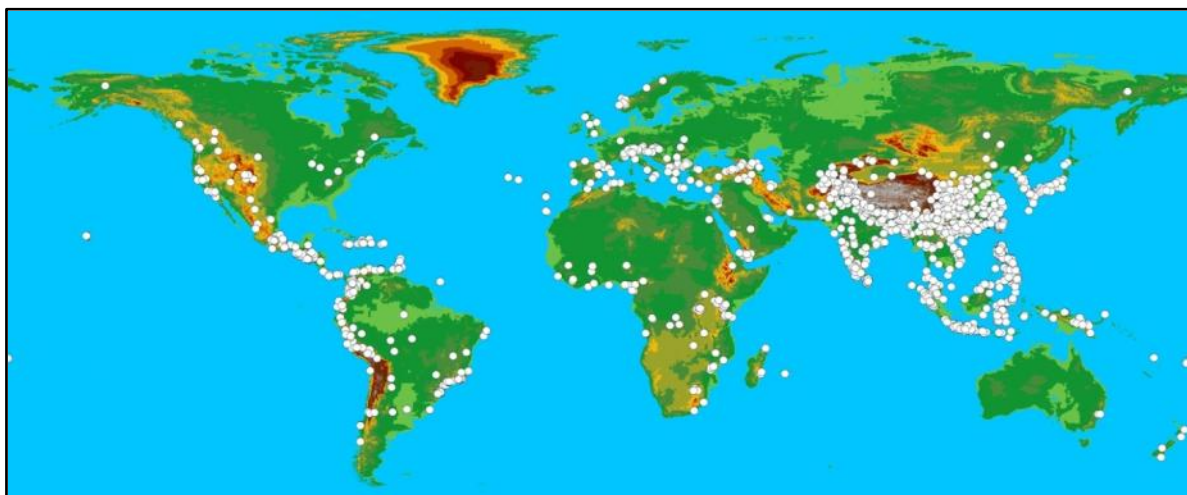
Περιεχόμενα	5
1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	7
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	7
1.2 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ ΟΡΙΣΜΟΣ	8
ΕΙΔΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	9
1.2.1 Ολισθήσεις (Slides)	9
1.2.2 Καταπτώσεις (Falls)	11
1.2.3 Ανατροπές (Topples)	11
1.2.4 Ροές (flows)	12
1.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ	14
1.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ	15
1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΜΙΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	17
1.6 ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	18
1.6.1 Έρευνα γραφείου	18
1.6.2 Σεισμική έρευνα	23
1.7 Έρευνα Πεδίου	23
1.8 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
1.9 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	26
1.9.1 ΒΡΑΧΩΔΗ ΠΡΑΝΗ	26
1.9.2 ΕΔΑΦΙΚΑ ΠΡΑΝΗ	35
2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	39
2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	39
2.1.1 Το Σύστημα RMR	39
2.1.2 Το Σύστημα GSI	40
3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	45
3.1 ΠΙΝΔΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ ΓΕΝΙΚΑ	45
3.2 ΚΛΙΜΑΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΠΙΝΔΟΥ	45
3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΙΝΔΟΥ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	45
3.4 ΤΕΚΤΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ	50
3.5 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΕΥΝΑΣ	50
3.5.1 Φλύσχης	50
3.5.2 Ο 2ος Φλύσχης της Πίνδου.	51
3.5.3 Οφιόλιθοι	52

3.5.4	Η οφιολιθική μάζα της Πίνδου.....	54
3.6	Σεισμικότητα.....	54
3.7	Κατολισθητικά φαινόμενα στην ευρύτερη περιοχή της βόρειας Πίνδου.	54
4	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ	56
4.1	Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του φλύσχη	56
4.1.1	Προσδιορισμός του Δείκτη Αντοχής Βραχώμαζας (GSI) ετερογενών σηματισμών τύπου φλύσχη.....	57
4.1.2	Επιλογή των ποσοτήτων σ_i και m_i για ετερογενείς σχηματισμούς τύπου φλύσχη	59
4.2	Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των οφιολίθων	60
5	ΕΡΕΥΝΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ	63
5.1	Google earth.....	63
5.2	Μελέτη στην ύπαιθρο	65
5.3	ArcGis.....	65
5.4	ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ	66
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	88
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	92

1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Το φαινόμενο των κατολισθήσεων στη σημερινή εποχή συνεχίζει να αποτελεί μία από τις σοβαρότερες και πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές. Κάθε χρόνο χάνονται χιλιάδες ανθρώπινες ζωές λόγω των κατολισθητικών φαινομένων. Συνεπώς η αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών, κρίνεται απολύτως απαραίτητη.



Χάρτης 1.1 Κατανομή των κατολισθήσεων στον κόσμο, κατά την περίοδο 2004-2010(Perkins, 2012)



Εικόνα 1.1 Κατολίσθηση μεγάλης κλίμακας στη Γουατεμάλα (Οκτώβριος 2015)

με 280 θύματα. Πηγή:(<http://finalreport.in>)

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούν γενικές πληροφορίες για το φαινόμενο των κατολισθήσεων, όπως ο ορισμός, η ταξινόμηση των διαφόρων ειδών τους, η ταχύτητα τους, οι παράγοντες πρόκλησής τους και οι τρόποι αντιμετώπισής τους.

1.2 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο όρος κατολίσθηση χρησιμοποιείται ευρέως για την περιγραφή φαινομένων που δεν σχετίζονται απαραίτητα με κινήσεις ολίσθησης αλλά συνιστούν και άλλο είδος κίνησης, όπως οι ανατροπές. Έτσι, ο Varnes (1978), αντί για τον όρο κατολίσθηση, χρησιμοποιώντας τον όρο «μετακίνηση πρανών», ορίζει κάθε μετακίνηση τμήματος πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό. Δίχως να περιλαμβάνονται στις μετακινήσεις, τα φαινόμενα των καθιζήσεων και των χιονοστιβάδων.

Η ταξινόμηση των τύπων των κατολισθήσεων απασχόλησε πολλούς επιστήμονες έτσι ώστε να υπάρχει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας σχετικά με αυτού του είδους τη θεματολογία.

Αυτή που έγινε παγκόσμια αποδεκτή είναι αυτή του Varnes (1978) και σύμφωνα αυτήν, κριτήρια ταξινόμησης των κατολισθήσεων αποτελούν σε πρώτο επίπεδο ο τρόπος μετακίνησης του πρανούς και έπειτα το είδος του υλικού που μετακινείται.

Με τα συγκεκριμένα κριτήρια περιγράφονται όλοι οι τύποι κατολισθήσεων, με εξαίρεση τις καθιζήσεις. Πιο αναλυτικά βάσει του τρόπου μετακίνησής, διακρίνουμε τις:

- ολίσθησεις (slides)
- καταπτώσεις (falls)
- ανατροπές (topples)
- πλευρικές εξαπλώσεις (lateral spreads)
- ροές (flows)

Ως δεύτερο κριτήριο ορίζεται το είδος των μετακινούμενων υλικών. Τα διάφορα υλικά διακρίνονται σε βραχώδη και εδαφικά. Τα βραχώδη αφορούν το βραχώδες υπόβαθρο, δηλαδή ένα συνεκτικό πέτρωμα, ενώ τα εδαφικά αφορούν ένα συσσωμάτωμα ορυκτών και πετρωμάτων, το οποίο προκύπτει από τη αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων και διαχωρίζεται σε κορρήματα και σε γαίες. Κορρήματα θεωρούνται τα εδαφικά ιζήματα που περιέχουν αδρομερείς κόκκους (>2 mm) σε ποσοστό 20-80%. Γαίες θεωρούνται τα εδαφικά

ιζήματα που περιέχουν λεπτομερείς κόκκους (<2 mm) σε ποσοστό πάνω από 80 (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Τύπος κίνησης		Τύπος υλικού		
		Βραχώδη υλικά	Εδαφικά Υλικά	
			Χονδρόκοκκα	Λεπτόκοκκα
Κατάπτωση		Κατάπτωση Βράχων	Κατάπτωση Κορρημάτων	Κατάπτωση Γαιών
Ανατροπή		Ανατροπή Βράχων	Ανατροπή Κορρημάτων	Ανατροπή Γαιών
Ολίσθηση	Περιστροφική	Περιστροφική Ολίσθηση Βράχων	Περιστροφική Ολίσθηση Κορρημάτων	Περιστροφική Ολίσθηση Γαιών
	Μεταθετική	Μεταθετική Ολίσθηση Βράχων	Μεταθετική Ολίσθηση Κορρημάτων	Μεταθετική Ολίσθηση Γαιών
Πλευρική Εξάπλωση		Πλευρική Εξάπλωση Βράχων	Πλευρική Εξάπλωση Κορρημάτων	Πλευρική Εξάπλωση Γαιών
Ροή		Ροή Βράχων (Ερπυσμός)	Ροή Κορρημάτων	Ροή Γαιών
			(Ερπυσμός Εδαφικού Υλικού)	
Σύνθετη		Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων μετακίνησης		

Πίνακας 1.1 Ταξινόμηση ειδών μετακίνησης πρανών

(Τροποποίηση από VARNES (1978))

ΕΙΔΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

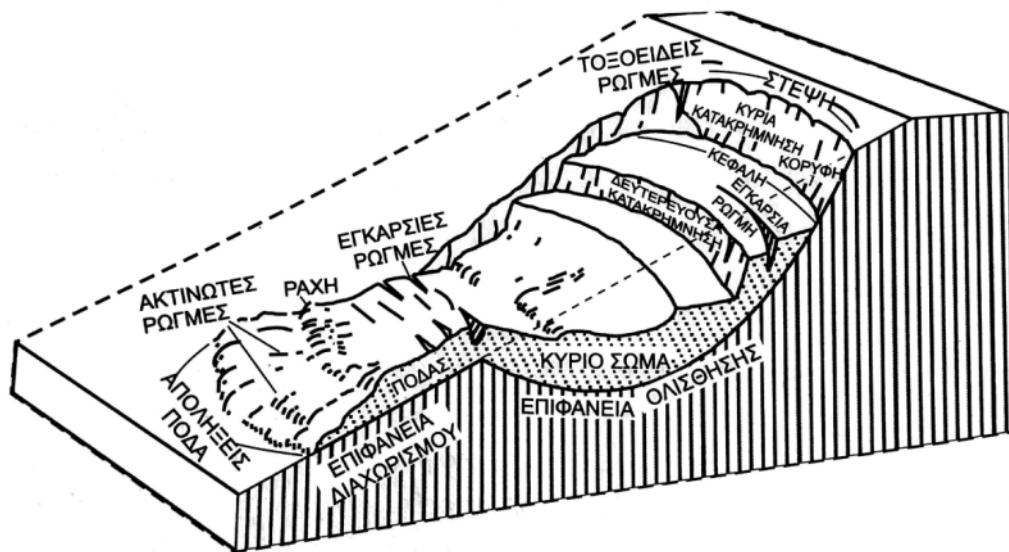
Παρακάτω πρόκειται να αναλυθούν τα διάφορα είδη μετακίνησης των πρανών, τα χαρακτηριστικά του κάθε είδους και θα δοθεί σχηματική αναπαράσταση τους.

1.2.1 Ολισθήσεις (Slides)

Η μετακίνηση στις ολισθήσεις είναι αποτέλεσμα κυρίως διατμητικής παραμόρφωσης και μετατόπισης- θραύσης του υλικού κατά μήκος μίας ή περισσότερων επιφανειών. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ολισθήσεων, οι περιστροφικές και οι μεταθετικές ολισθήσεις.

1.2.1.1 Περιστροφικές ολισθήσεις (Rotational slides)

Στις περιστροφικές ολισθήσεις επιφάνεια διάρρηξης-ολίσθησης συνιστά μία κυλινδρική επιφάνεια πάνω στην οποία ολισθαίνει περιστροφικά το μετακινούμενο υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο άξονας περιστροφής του υλικού είναι παράλληλος με αυτόν της κυλινδρικής επιφάνειας. Το μετακινούμενο υλικό αρχικά χάνει την κατάσταση ισορροπίας στην οποία βρισκόταν, αστοχεί και τη ξαναβρίσκει στην θέση όπου καταλήγει. Αυτές είναι συνηθέστερες σε ομογενή εδαφικά υλικά και το μήκος τους είναι συνήθως ίσο με 3-7 το βάθος τους. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)



Σχήμα 1.1 Μια τυπική περιστροφική ολίσθηση κατά (Varnes, 1978)
(Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.2.1.2 Μεταθετικές ολισθήσεις (Translational slides)

Στις μεταθετικές ολισθήσεις το μετακινούμενο υλικό ολισθαίνει καθοδικά και προς τα έξω πάνω σε μια κεκλιμένη και επίπεδη επιφάνεια, με διεύθυνση παράλληλη στη διεύθυνση κλίσης της επίπεδης επιφάνειας πάνω στην οποία ολισθαίνει.

Οι μεταθετικές ολισθήσεις είναι αβαθείς, αν τις συγκρίνουμε με τις περιστροφικές και το μήκος τους συνήθως ξεπερνά 10 φορές το βάθος τους. Ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε αυτού του τύπου τις ολισθήσεις είναι η παραμόρφωση της κατολισθαίνουσας μάζας (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Στις μεταθετικές ολισθήσεις είναι σημαντικό να προσδιοριστεί το είδος του υλικού που μετακινείται, καθώς παρουσιάζονται έντονες διαφορές ανάλογα με το αν είναι βραχώδεις ή εδαφικό.

Στις εδαφικές μεταθετικές ολισθήσεις την κίνηση ελέγχουν συνήθως υποκείμενες πυκνότερες βραχώμαζες, που αποτελούν την επιφάνεια ολίσθησης, ενώ στους βραχώδεις σχηματισμούς την κίνηση ελέγχουν καθορισμένες επιφάνειες ασυνεχειών, όπως ρήγματα, διακλάσεις, σχιστότητα και η στρώση (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Οι βραχώδεις μεταθετικές ολισθήσεις που πραγματοποιούνται κατά μήκος προδιαγεγραμμένης ασυνέχειας ή ασυνεχειών, ονομάζονται ολισθήσεις τεμάχους (blockslides) κατά PANET (1969). Αυτές λέγονται επίπεδες ολισθήσεις, όταν η ολίσθηση συμβαίνει πάνω σε μία οικογένεια ασυνεχειών και σφηνοειδείς ολισθήσεις, όταν συμβαίνει σε πάνω σε δύο τεμνόμενες επιφάνειες ασυνεχειών.

1.2.2 Καταπτώσεις (Falls)

Στις καταπτώσεις, μία μάζα οποιουδήποτε μεγέθους, αποκολλείται από ένα απότομο πρανές, κατά μήκος μίας επιφάνειας, με μικρή ή μηδενική διατμητική παραμόρφωση, δηλαδή κατά μήκος προδιαγεγραμμένων ασυνεχειών. Η κίνηση που ακολουθούν, εξαρτάται από τη γωνία κλίσης του πρανούς και είναι ελεύθερη πτώση, αναπήδηση ή και κύλιση στο πρανές (Varnes, 1978). Οι καταπτώσεις, συμβαίνουν συνήθως σε επικρεμάμενα μέρη βραχώμαζας, και συναντώνται συνήθως σε πρανή των οποίων το κατώτερο μέρος υποσκάπτεται από τη δράση του νερού (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι) και σε σχηματισμούς που αποτελούνται από διαφορετικής αντοχής πετρώματα, όπως εναλλαγές ψαμμιτικών και αργιλικών υλικών που συναντάμε στο φλύσχη και στη μολάσσα. Το πέτρωμα με τη μικρή ανθεκτικότητα διαβρώνεται και το ανώτερο στρώμα μεγάλης αντοχής μένει μετέωρο και με τη δύναμη της βαρύτητας πέφτει.

1.2.3 Ανατροπές (Topples)

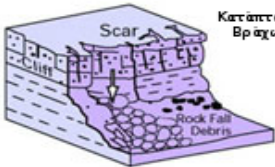
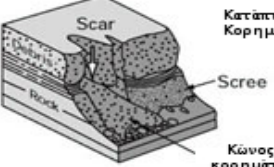
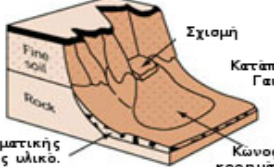
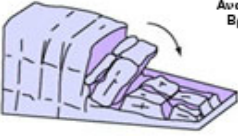
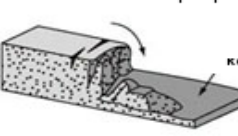
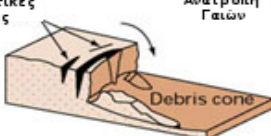
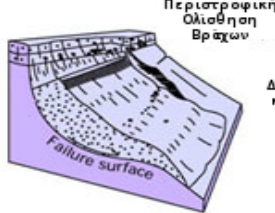
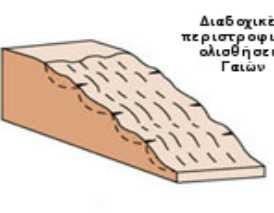
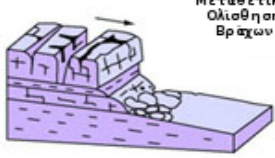
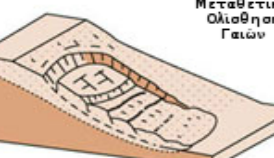
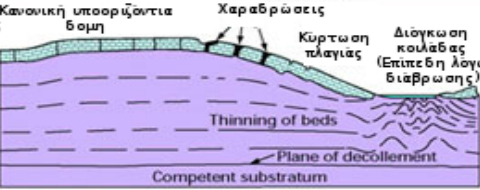
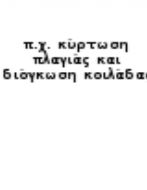
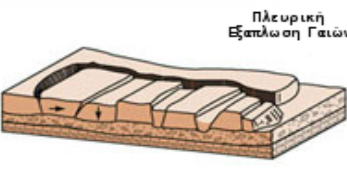
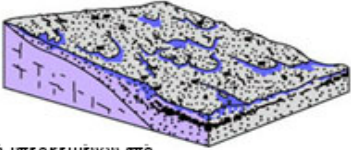
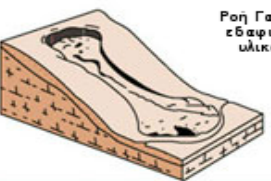
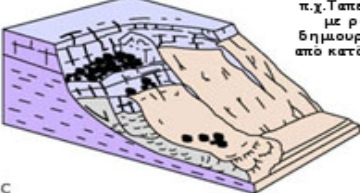
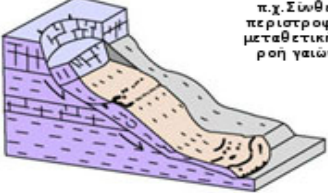
Η κίνηση στις ανατροπές περιλαμβάνει την προς τα εμπρός περιστροφή μίας μάζας ή μαζών.

Η περιστροφή γίνεται γύρω από άξονα ο οποίος βρίσκεται χαμηλότερα του κέντρου βάρους

του τεμάχους. Κυρίως παρατηρείται σε βραχώδη πρηνή.

1.2.4 **Ροές (flows)**

Η ροή αποτελεί μια χωρικά συνεχή κίνηση, στην οποία οι επιφάνειες διατμήσεως λειτουργούν για μικρό χρονικό διάστημα και βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η κατανομή των ταχυτήτων στη μετατόπιση της μάζας μοιάζει με αυτήν ενός ιξώδους υγρού. Το κατώτερο όριο της μετατοπισμένης μάζας μπορεί να είναι μια επιφάνεια κατά μήκος της οποίας έχει λάβει χώρα μία αξιόλογη διαφορική κίνηση, ή μια παχιά ζώνη κατανεμημένης διάτμησης (Cruden & Varnes, 1996). Οι ροές συνήθως εκδηλώνονται σε χαλαρά υλικά και διαχωρίζονται με τη σειρά τους σε ροές γαιών και ροές κορρημάτων. Από αυτές στις ροές κορρημάτων το μεγαλύτερο ποσοστό του υλικού που ρέει αποτελείται από αδρομερείς κόκκους. Στις ροές αυτές συνήθως υπάρχει και συμμετοχή νερού, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο, καθώς παρατηρούνται και ξηρές ροές κορρημάτων, σε ορεινές κυρίως περιοχές. Μια ροή κορρημάτων αν συμπαρασύρει και άλλα υλικά, αυξήσει τη περιεκτικότητα της σε νερό και βρεθεί σε μεγαλύτερες κλίσεις, αυξάνει το μέγεθός και τη ταχύτητά της και μετατρέπεται στη λεγόμενη «χιονοστιβάδα κορρημάτων», χαρακτηριστικό αυτών είναι πως αφήνουν στην περιοχή της κεφαλής ίχνος σχήματος V. Οι ροές γαιών πολλές φορές αποκαλούνται και ροές λάσπης (mudflows), είναι ροές διαβρεγμένων υλικών που αποτελούνται τουλάχιστον 50% από άμμο, ιλύ και άργιλο. Η ροή έχει σχετικά μεγάλη ταχύτητα. Προκαλείται συνήθως μετά από ισχυρή βροχόπτωση ή λιώσιμο χιονιού και ευνοείται σε πρηνή με μεγάλη γωνία κλίσης και με έλλειψη φυτοκάλυψης (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

ΥΛΙΚΑ ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ		ΒΡΑΧΟΣ	ΚΟΡΗΜΑΤΑ	ΓΑΙΕΣ
ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ				
	ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ			
ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ			
	ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ (ΕΠΙΠΕΔΕΣ)			
ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ				
ΡΟΕΣ				
ΣΥΝΘΕΤΕΣ				

Σχήμα 1.2 Σχηματική παράσταση των ειδών των κατολισθήσεων.

(BGS© NERC) (Τροποποιημένο από(Cruden&Varnes, 1996))

1.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολισθήσεως έχει άμεση σύνδεση με τις επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει στις ανθρώπινες ζωές και γενικότερα σε ανθρώπινες ενέργειες (υποδομές, κτήρια, γη).

Η ταξινόμηση των κατολισθήσεων βάσει της ταχύτητάς μετακίνησης τους, καθώς και η συσχέτιση της κάθε κατηγορίας ταχύτητας με τις δυνητικές καταστροφικές της επιπτώσεις έγινε από τους (WP/WLI 1995). Στον Πίνακα 1.2 χωρίζονται οι μετακινήσεις σε κατηγορίες ανάλογα με την ταχύτητά τους, ενώ στον Πίνακα 1.3 αναφέρονται οι πιθανές βλάβες που μπορούν αυτές να προκαλέσουν ανάλογα με την κατηγορία ταχύτητας που ανήκουν.

Κατηγορία	Περιγραφή	Ταχύτητα mm/sec	Τυπική ταχύτητα
7	Εξαιρετικά γρήγορη	$>5 \times 10^3$	$>5 \text{ m/sec}$
6	Πολύ γρήγορη	$>5 \times 10^1$	$>3 \text{ m/min}$
5	Γρήγορη	$>5 \times 10^{-1}$	$>1.8 \text{ m/h}$
4	Μέτρια	$>5 \times 10^{-3}$	$>13 \text{ m/month}$
3	Αργή	$>5 \times 10^{-5}$	$>1.6 \text{ m/year}$
2	Πολύ αργή	$>5 \times 10^{-7}$	$>16 \text{ mm/year}$
1	Εξαιρετικά αργή	$<5 \times 10^{-7}$	$<16 \text{ mm/year}$

Πίνακας 1.2 Κλίμακα ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων

(WP/WLI 1995; Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Κατηγορία Ταχύτητας μετακίνησης	Πιθανές βλάβες
1	Καταστροφές κτηρίων λόγω έντονων μετακινήσεων ή πρόσκρουσης της μετακινούμενης μάζας, πολλοί θάνατοι, απίθανη η ύπαρξη επιζώντων
2	Μερικοί θάνατοι, περιορισμένος χρόνος για ασφαλή φυγή όλων των κατοίκων
3	Δυνατή η ασφαλής φυγή των κατοίκων. Σπίτια, εγκαταστάσεις, και δίκτυα υποδομής με μεγάλες βλάβες ή εντελώς κατεστραμμένα
4	Μερικές από τις προσωρινές εγκαταστάσεις είναι δυνατόν να διατηρηθούν
5	Δυνατή η λήψη μέτρων προστασίας κατά την ενεργοποίηση. Μερικές καλά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις μπορεί να διατηρηθούν με κατάλληλη συντήρηση, αν δεν υπάρξει ξαφνική επιτάχυνση της κίνησης
6	Μερικές από τις μόνιμες κατασκευές παραμένουν ανέπαφες
7	Η μετακίνηση προσδιορίζεται μόνο με ενόργανες μετρήσεις λόγω του μικρού μεγέθους της. Οι κατασκευές δεν υφίστανται βλάβες, όταν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα

Πίνακας 1.3 Πιθανές βλάβες ανάλογα με την ταχύτητα της μετακίνησης
(WP/WLI 1995; Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

Για να κατολισθήσει ένα πρανές, πρέπει οι δυνάμεις που το συγκρατούν να είναι μικρότερες από αυτές που το ωθούν να αστοχήσει. Οι παράγοντες που ωθούν σε αστοχία ένα πρανές μπορεί να είναι πάρα πολλοί και ποτέ μονάχα ένας.

Υπάρχουν πολλές ταξινομήσεις των παραγόντων που προκαλούν μία κατολίσθηση, με τις πιο σημαντικές να είναι αυτές του Varnes, (1978) και της υπεύθυνης ομάδας της UNESCO (WP/WLI 1994)(Πίνακας 1.4) για τη καταγραφή των παραγόντων.

Εδαφικές Συνθήκες		Γεωμορφολογικές Διεργασίες	
1	Πλαστικό χαμηλής αντοχής υλικό	1	Τεκτονική ανύψωση
2	Ευαίσθητο υλικό	2	Ανύψωση λόγω ηφαιστειών
3	Υλικό επιρρεπές στη θραύση	3	Επίδραση παγετώνων
4	Αποσαθρωμένο υλικό	4	Διάβρωση της βάσης του πρηνούς από ποτάμια δράση
5	Διατμημένο υλικό	5	Διάβρωση της βάσης του πρηνούς από θαλάσσια δράση
6	Ρωγματωμένο ή διακλασμένο υλικό	6	Διάβρωση της βάσης του πρηνούς από παγετώνα
7	Βραχώμαζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών	7	Διάβρωση των πλευρών του πρηνούς
8	Διαφοροποιήσεις στην υδροπερατότητα	8	Εσωτερική διάβρωση
9	Διαφοροποιήσεις στη δυσκαμψία του υλικού (Στιφρό ή πυκνό υπερκείμενο υλικό, πλαστικό υποκείμενο υλικό)	9	Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη στέψη του πρηνούς
		10	Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (πυρκαγιά, διάβρωση)
Φυσικές Διεργασίες		Ανθρωπογενείς Διεργασίες	
1	Έντονη μικρής διάρκειας βροχόπτωση	1	Εκσκαφές στο πόδα του πρηνούς
2	Γρήγορο λιώσιμο χιονιού	2	Φόρτιση στο μέτωπο ή πάνω από τη στέψη του πρηνούς
3	Παρατεταμένη υψηλή βροχόπτωση	3	Υποβιβασμός της στάθμης στους ταμειυτήρες
4	Γρήγορη πτώση στάθμης νερού μετά από πλημμύρες παλίρροιες ή διάρρηξη φυσικών φραγμάτων	4	Άρδευση
5	Σεισμοί	5	Κακή συντήρηση αποστραγγιστικών έργων
6	Εκρήξεις ηφαιστειών	6	Διαρροή υδάτων από τεχνικά έργα (δίκτυα, δεξαμενές κ.λπ.)
7	Διάρρηξη λιμνών σε κρατήρες ηφαιστειών	7	Αποψίλωση των δασών
8	Λιώσιμο παγωμένου εδάφους	8	Λατομεία και μεταλλεία
9	Αποσάθρωση λόγω παγετού	9	Δημιουργία χωματερών
10	Αποσάθρωση από διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών	10	Τεχνητές δονήσεις (κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανών, τοποθέτηση πασσάλων κ.λπ.)

Πίνακας 1.4 Ταξινόμηση παραγόντων που προκαλούν κατολίσθηση

(WP/WLI 1995; Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Ο Varnes, (1978) χώρισε αυτούς του παράγοντες σε 3 ομάδες.

1) Αυτούς που συμβάλλουν στην αύξηση της διατμητικής τάσης, που περιλαμβάνουν εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι:

- Η αφαίρεση της υποστήριξης στον πόδα του πρανούς.
- Η επιφόρτιση των υλικών του πρανούς.
- Παροδικές τάσεις. (π.χ. από μία σεισμική δόνηση).
- Τοπική ανύψωση (Τεκτονισμός κλπ.).
- Πλευρικές τάσεις (Νερό, Πάγος, Υγρασία).

2) Αυτούς που συμβάλλουν στη χαμηλή διατμητική αντοχή, που περιλαμβάνουν τις ιδιότητες του ίδιου του υλικού, όπως η λιθολογία του, η δομή του καθώς και η τοποθέτηση του στο χώρο.

3) Αυτούς που συμβάλλουν στη μείωση της διατμητικής ικανότητας, που περιλαμβάνουν παράγοντες όπως η αποσάθρωση, η διάβρωση και όλους αυτούς τους παράγοντες που σιγά σιγά αποδυναμώνουν το πέτρωμα.

1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΜΙΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι παράγοντες που ωθούν ένα πρανές να κατολισθήσει. Συνήθως όμως μία κατολίσθηση εκδηλώνεται μετά από κάποια ισχυρή μεταβολή της ισορροπίας του.

Οι αιτίες που αυτό συμβαίνει περιλαμβάνουν συνήθως έντονα φυσικά φαινόμενα, όπως:

- Η ισχυρή βροχόπτωση
- Το λιώσιμο του χιονιού
- Η ηφαιστειακή δράση
- Μια σεισμική δόνηση

(Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.6 ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Η διερεύνηση των κατολισθητικών φαινομένων είναι πολύ σημαντική, καθώς η αποφυγή μίας κατολίσθησης διασφαλίζει τη ασφάλεια ανθρώπινων ζώων καθώς και τη αποφυγή ζημιών μεγάλου οικονομικού κόστους. Η έρευνα για την αναζήτηση περιοχών που μπορεί να εκδηλώσουν ή που έχουν ήδη εκδηλώσει κατολισθητικά φαινόμενα έχει δύο τομείς, την έρευνα διά της τηλεπισκόπησης και την έρευνα πεδίου (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.6.1 Έρευνα γραφείου

Η διαδικασία αναζήτησης κατολισθήσεων ενός γεωλόγου περιλαμβάνει αρχικά μία έρευνα “γραφείου”. Ξεκινά πρώτα με την ανάλυση διαφόρων τύπων χαρτών, κυρίως τοπογραφικών και γεωλογικών και τα χαρακτηριστικά των κατολισθήσεων που μπορεί ο ερευνητής να αναζητήσει στον τοπογραφικό χάρτη, αποτελούν συνήθως χαρακτηριστικές ανωμαλίες στις ισοϋψείς, όπως πρηνή με μεγάλη κλίση (ισοϋψείς πολύ κοντά μεταξύ τους) ή ισοϋψείς που σχηματίζουν σχήμα “αιώρας”, ενώ σε έναν γεωλογικό χάρτη ο ερευνητής αναζητά υλικά που είναι επιδεκτικά στις κατολισθήσεις και αναφορές για παλαιότερες κατολισθήσεις.

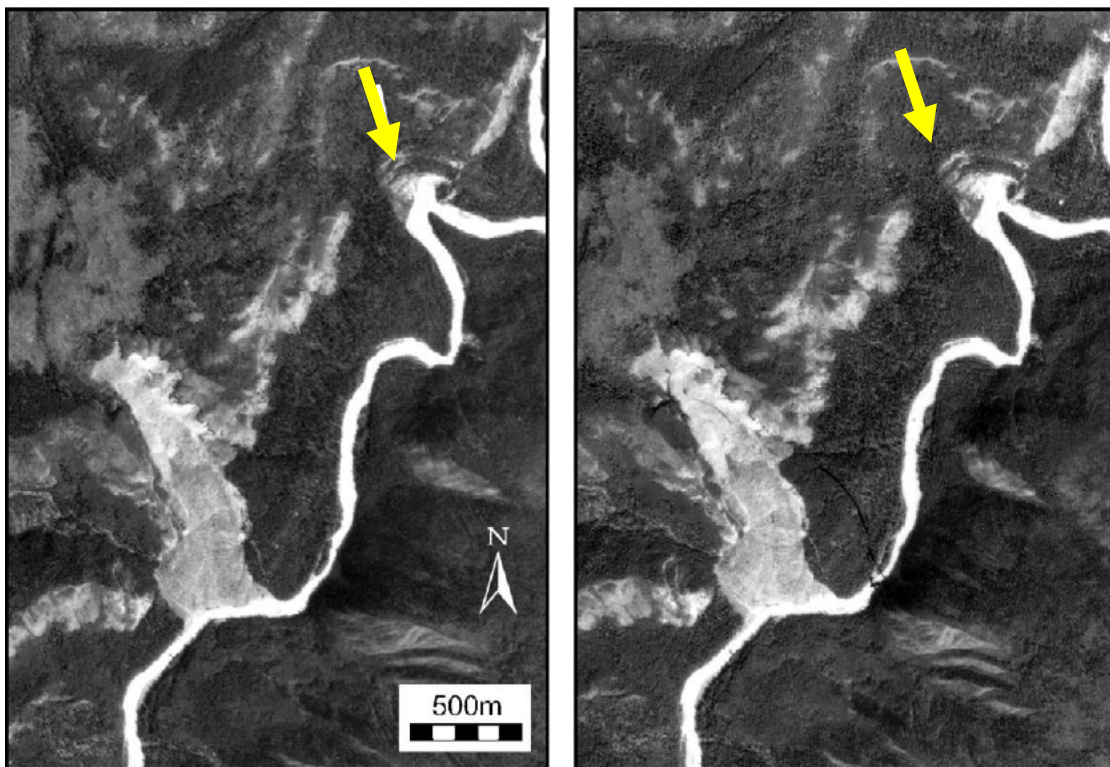
1.6.1.1 Αεροφωτογραφίες

Το επόμενο βήμα ενός ερευνητή είναι η ερμηνεία αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων της περιοχής, δηλαδή την τηλεπισκόπιση. Γενικά στις αεροφωτογραφίες και τις δορυφορικές εικόνες μπορούν να αναγνωρισθούν στοιχεία όπως η αυξημένη υγρασία στα πετρώματα από τη διαφορά χρώματος στο έδαφος, η εμφάνιση τοξοειδών θραύσεων από παλαιές μετακινήσεις, επιφάνειες ρηγμάτων, επιφάνειες πετρωμάτων που πρόσφατα αποκαλύφθηκαν λόγω κάποιας μετακίνησης, ακόμα και να καθοριστεί το βάθος αποσάθρωσης στα εδαφικά ιζήματα· σημαντικά στοιχεία για την αναγνώριση παλαιών και μελλοντικών μετακινήσεων. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Αναλυτικότερα στις αεροφωτογραφίες που μελετούνται σε στερεοσκόπιο, δίνεται η δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης, άρα της παρατήρησης και του ανάγλυφου. Έτσι ο ερευνητής, σύμφωνα με τους Ribkai Liang (1978), θα αναζητήσει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Εδαφικές μάζες από υλικά που έχουν κατολισθήσει σε ρέμα και στη συνέχεια εμφανίζονται να διακόπτονται από αυτό.
- Πρηνή με μεγάλη κλίση που αποτελούμενα από μεγάλες μάζες χαλαρού εδάφους και βράχων

- Απότομη γραμμή διάρρηξης στη στέψη (κύρια κατακρήμνιση) ή/και παρουσία τασικών ρωγμών
- Επιφάνεια της ολισθαίνουσας μάζας με σχήμα αιώρας κάτω από τη στέψη
- Μη κανονική τοπογραφία (σχήματος “κουταλιού”)
- Ζώνες διαρροής υπόγειων υδάτων, όταν δημιουργείται μισγάγγεια από παρεμπόδιση της φυσικής ροής τους
- Επιμηκυμένες αστράγγιστες ταπεινώσεις στην περιοχή
- Συσσώρευση κορρημάτων σε κανάλια απορροής ή κοιλάδες
- Εμφάνιση ανοιχτών τόνων χρωμάτων σε περιοχές που η βλάστηση και η κανονική αποστράγγιση δεν έχουν αποκατασταθεί
- Διαφορές στους τόνους χρωμάτων των σχηματισμών, πιο σκούροι τόνοι δηλώνουν υψηλότερα ποσοστά υγρασίας
- Διαφορές στη βλάστηση που δηλώνουν διαφορά στην υγρασία
- Κεκλιμένα κορμοί δέντρων, κολώνες ηλεκτροδότησης ή μετατοπισμένοι φράχτες-τοίχοι λόγω της μετακίνησης
- Τμήματα οδοποιίας τα οποία έχουν πρόσφατα ανακατασκευαστεί βλ. Εικόνα1.5.



Ζεύγος στερεογραφικών εικόνων, στις οποίες μπορεί να παρατηρηθεί μία κατολίσθηση σε τρισεδιάστατη απεικόνιση. (Geertsema, Clague, Schwab, & Evans, 2006)

1.6.1.2 Google earth

Όσον αφορά τις δορυφορικές εικόνες, στον εικοστό πρώτο αιώνα δίνεται, πλέον, η δυνατότητα σε έναν ερευνητή να τις βρει μέσω του διαδικτύου στην εφαρμογή Google earth της εταιρίας Google.

Το πρόγραμμα Google earth είναι ένα πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της Γης που προσφέρει αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης με τις οποίες ο χρήστης μπορεί εύκολα να εργαστεί σαν να δουλεύει σε έναν διαδραστικό χάρτη. Στο Google earth μπορεί να βρει και να εντοπίσει κάποιος κάποια κατολίσθηση βλ. Εικόνα 1.2.



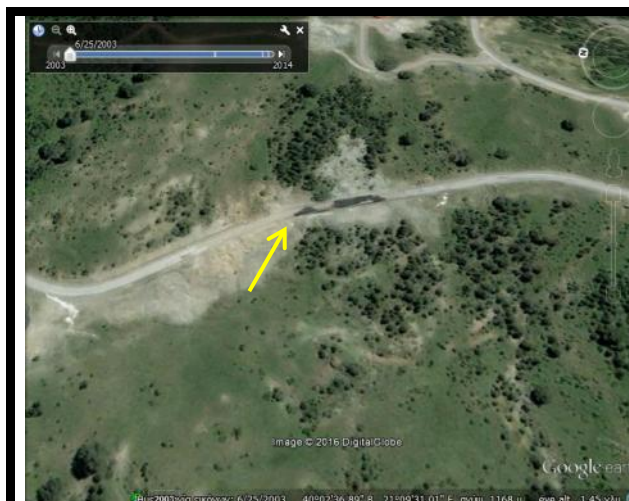
Εικόνα 1.2 Εντοπισμός τωνπεριστροφικών ολισθήσεων στις θέσεις 18,19,στο χωριό Περιβόλι με τη χρήση του Googleearth



Εικόνα 1.3 Εντοπισμός θέσεων μετακίνησης με την παρατήρηση αλλαγής χρώματος στο οδόστρωμα, στο Google earth.

1.6.1.2.1 Σύγκριση εικόνων από διαφορετικές, χρονικά, λήψεις.

Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρήσει και να συγκρίνει εικόνες (Εικόνα 1.4, Εικόνα 1.5) του ίδιου σημείου από λήψεις που έχουν γίνει σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, έτσι μπορεί εύκολα να παρατηρήσει διαφορές μεταξύ των φωτογραφιών ή/και την πορεία μιας μετακίνησης σε ένα πρानές.



Εικόνα 1.4, ελήφθη το 2003



Εικόνα 1.5, ελήφθη το 2014

Πηγή: Google earth

1.6.1.2.2 Υπηρεσία Street View

Άλλη μία υπηρεσία που προσφέρεται στο Google earth είναι η λειτουργία Street View. Σε αυτήν προσφέρονται πανοραμικές εικόνες (Εικόνα 1.6) στον χρήστη από θέσεις στο οδικό δίκτυο. Με αυτή την υπηρεσία ο χρήστης μπορεί να “περιηγηθεί” στην περιοχή και να παρατηρήσει τη θέα γύρω του. Αυτή η υπηρεσία αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην αναγνώριση των κατολισθήσεων, καθώς μπορεί ο χρήστης απευθείας να εντοπίσει μία μετακίνηση, όπως περιηγείται στην περιοχή, χωρίς την τηλεπισκόπηση από τις συνήθεις εικόνες του Google earth.



Εικόνα 1.6 Εντοπισμός της κατολίσθησης (Θέση 18) στο δεξί μέρος του δρόμου, με τη χρήση του Street View.

Πηγή: Google earth

1.6.2 Σεισμική έρευνα

Επιπλέον η έρευνα γραφείου περιλαμβάνει τη σεισμική έρευνα, όπου γίνεται η μελέτη της σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής έρευνας. Στη συνέχεια εξετάζεται η πιθανή σχέση των δονήσεων αυτών με την πρόκληση χαλάρωσης των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής, δηλαδή τη μείωση της αντοχής τους και ως συνέπεια της εκδήλωση μιας κατολίσθησης. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.7 Έρευνα Πεδίου

Την τηλεπισκόπηση ακολουθεί η έρευνα πεδίου. Μια ολοκληρωμένη γεωλογική έρευνα πεδίου χωρίζεται στις επιμέρους έρευνες διαφορετικών ερευνητικών τομέων.

Περιλαμβάνει: Την γεωλογική και τεχνικογεωλογική έρευνα, η οποία περιλαμβάνει, τη γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής, την καταγραφή των ρηγμάτων, την εξέταση των μηχανικών παραμέτρων των σχηματισμών, την καταγραφή των γεωμετρικών στοιχείων των ασυνεχειών και των στρώσεων των πετρωμάτων, τον εντοπισμό και τη μελέτη των παλαιών μετακινήσεων κ.α. Επιπροσθέτως περιλαμβάνει τις ερευνητικές εργασίες που γίνονται για να μελετηθούν ενδελεχώς οι ιδιότητες των σχηματισμών και της μετακίνησης. Οι εργασίες περιλαμβάνουν δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, δημιουργία ερευνητικών φρεατίων και επιτόπιων μετρήσεων, όπως δοκιμές SPT, χρήση πενетроμέτρου και την ταξινόμηση της βραχώμαζας όσον αφορά την αντοχή της και την ποιότητα των ασυνεχειών της. Επίσης περιλαμβάνουν την εγκατάσταση οργάνων παρακολούθησης των μετακινήσεων όπως δέκτες GPS σε συγκεκριμένα σημεία μέσα στο σώμα της ολίσθησης, που σε περίπτωση μετακίνησης των σημείων καταγράφεται η ταχύτητα και η διεύθυνση της μετακινούμενης μάζας, αποκλισιομέτρων κάθετα στην επιφάνεια μίας μετακινούμενης μάζας, έτσι ώστε να αποκαλυφθεί το βάθος της επιφάνειας ολίσθησης και πιεζόμετρων που θα αποκαλύψουν τον υδροφόρο ορίζοντα, το βάθος και τις διακυμάνσεις του.

Τη γεωφυσική έρευνα, κατά την οποία ανιχνεύονται με ηλεκτρομαγνητικές μεθόδους οι κύριες ασυνέχειες και επιφάνειες των ρηγμάτων, οι εναλλαγές των υλικών, το βάθος της επιφάνειας ολίσθησης, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα κ.α. Έτσι γίνεται δυνατή η λήψη και ο σχεδιασμός των απαραίτητων μέτρων αντιμετώπισης των μετακινήσεων, όπως ο καθορισμός του βάθους των αγκυρίων και η στοχευμένη τοποθέτηση των αποστραγγιστικών συστημάτων (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Την υδρογεωλογική έρευνα, κατά την οποία μελετούνται κυρίως τα χαρακτηριστικά του υδρογεωλογικού δικτύου μίας περιοχής, υπόγειου και επιφανειακού, και η υδραυλική αγωγιμότητα των γεωλογικών σχηματισμών.

Την περιβαλλοντική έρευνα κατά την οποία εξετάζονται οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και περιλαμβάνει την απόκτηση στοιχείων βροχομετρικών, θερμοκρασιακών, των χιονοπτώσεων, των ανέμων, της κ.α., με σκοπό την κατανόηση της σχέσης τους με την εκδήλωση των κατολισθήσεων.

1.8 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στον ελλαδικό χώρο οι κατολισθήσεις συνιστούν ένα πολύ συχνό φαινόμενο. Κυρίαρχο παράγοντα για την πρόκληση κατολισθήσεων αποτελεί το έντονο και ορεινό ανάγλυφο, το οποίο ορίζει το κλίμα των ορεινών περιοχών και σχετίζεται άμεσα με την ύπαρξη υψηλού μέσου ύψους βροχής στις εν λόγω περιοχές. Αυτό αποτυπώνεται στο γεγονός πως το 61.4% των κατολισθήσεων να εντοπίζονται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο και το 70 % σε περιοχές με ετήσιο ύψος βροχής >800 mm.. Αυτό φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.5), όπου παρατηρείται πως το μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων να πραγματοποιείται στις γεωτεκτονικές ζώνες της Πελαγονικής και της ζώνης Ωλονού-Πίνδου, που χαρακτηρίζονται από το ορεινό- ημιορεινό ανάγλυφο. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ (%)
Ροδόπης	3
Σερβομακεδονικής	0,5
Περιοδοπικής	0
Αξιού	2
Πελαγονικής	39
Παρνασσού	4
Ωλονού-Πίνδου	41
Γαβρόβου- Τρίπολης	4
Ιονίου	4,5
Παξών	2

Πίνακας 1.5 Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων, κατά γεωτεκτονική ζώνη (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός, ότι η συχνότητα κατολισθήσεων σε περιβάλλον φλύσχη είναι η υψηλότερη (30.35%) στον ελλαδικό χώρο. Αυτό συνδέεται άμεσα με την τεκτονική καταπόνηση που παρουσιάζουν οι σχηματισμοί φλύσχη, τη λιθολογία τους και με την παρουσία τους σε περιοχές που κυριαρχεί το υψηλό ανάγλυφο και ο μεγάλος όγκος βροχής. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.9 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

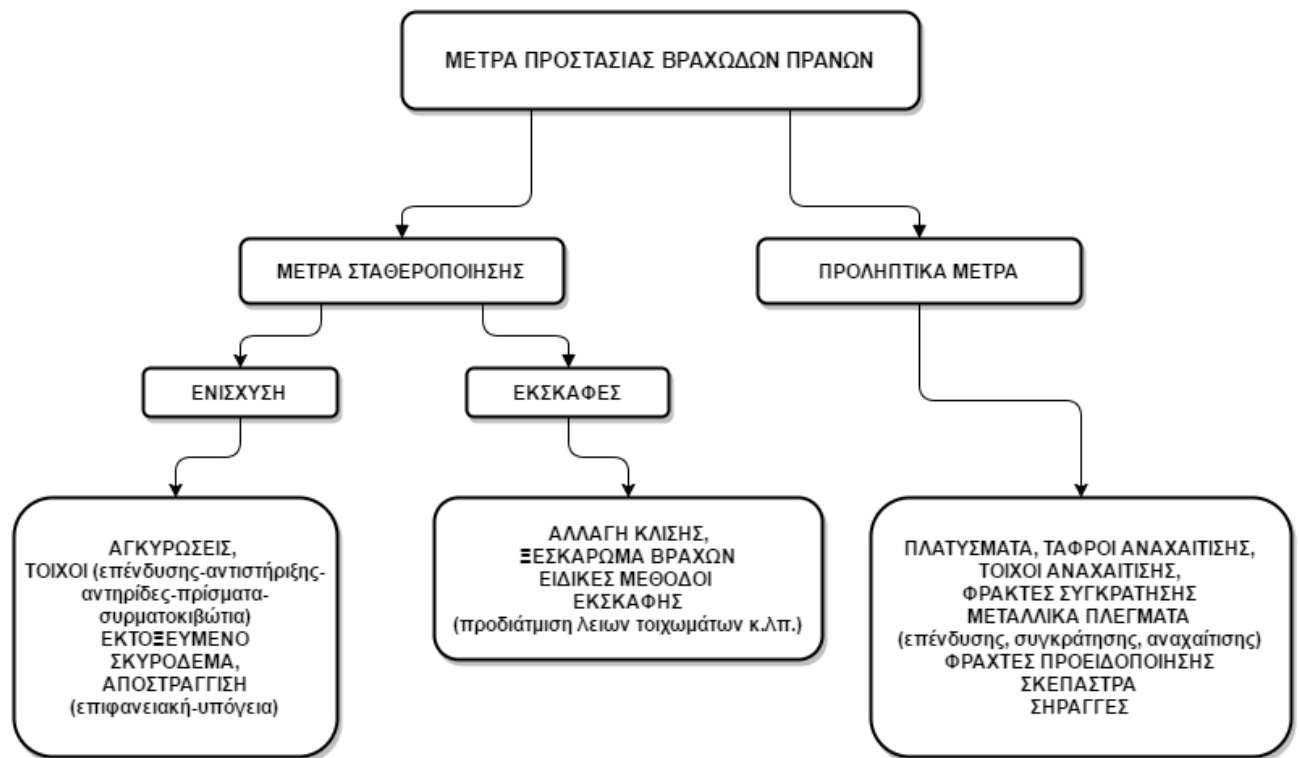
Η αντιμετώπιση της εκδήλωσης των κατολισθήσεων είναι πολύ σημαντική έτσι ώστε να διαφυλαχτούν ζωές και να αποφευχθούν ζημιές μεγάλης οικονομικής σημασίας. Η αντιμετώπιση των κατολισθητικών φαινομένων γίνεται με την ανθρώπινη παρέμβαση, μηχανικά, στα κατολισθαίνοντα ή ασταθή πρανή. Για κάθε είδος γεωλογικού υλικού, βραχώδες ή εδαφικό, υπάρχουν και διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης και πρόληψης της μετακίνησής τους, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.9.1 ΒΡΑΧΩΔΗ ΠΡΑΝΗ

Η αντιμετώπιση των κατολισθητικών φαινομένων στα βραχώδη πρανή χωρίζεται σε δύο μέρη, στα μέτρα σταθεροποίησης (ενεργητικά μέτρα) και τα μέτρα προστασίας από μία αστοχία (παθητικά μέτρα). (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Τα μέτρα σταθεροποίησης αφορούν την επέμβαση στις δυνάμεις ισορροπίας του πρανούς. Περιλαμβάνουν αγκυρώσεις των βραχοτεμαχίων σε πιο σταθερή βραχώμαζα, τη δημιουργία τοίχου αντιστήριξης του πρανούς, την αλλαγή στην γεωμετρία, κλίση του πρανούς, αποστραγγιστικά μέτρα έτσι ώστε να μειωθούν οι τάσεις από το νερό στις ασυνέχειες και το ξεσκάρωμα βραχοτεμαχίων που βρίσκονται επικρεμάμενα στο βραχώδες πρανές. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Τα μέτρα προστασίας, από μία αστοχία, περιλαμβάνουν μέτρα που δεν εμποδίζουν ένα πρανές να αστοχήσει, αλλά μειώνουν ή ελαχιστοποιούν τις καταστροφικές συνέπειες της αστοχίας. Τα βασικότερα από αυτά τα μέτρα είναι η δημιουργία τάφρου αναχαίτισης στον πόδα του πρανούς έτσι ώστε η πτώση των βραχοτεμαχίων να γίνεται μέσα εκεί, η δημιουργία τοίχου αναχαίτισης, η τοποθέτηση μεταλλικών πλεγμάτων στηριζόμενων σε υγιή βραχώμαζα, για τη συνολική συγκράτηση ενός πρανούς, η τοποθέτηση φράκτη- βραχοπαγίδας για την συγκράτηση βραχοτεμαχίων που αστόχησαν και τέλος η δημιουργία σκέπαστρου ή σήραγγας σε ένα δρόμο ώστε εάν συμβεί κάποια βραχώπτωση να καταλήξει εκεί. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)



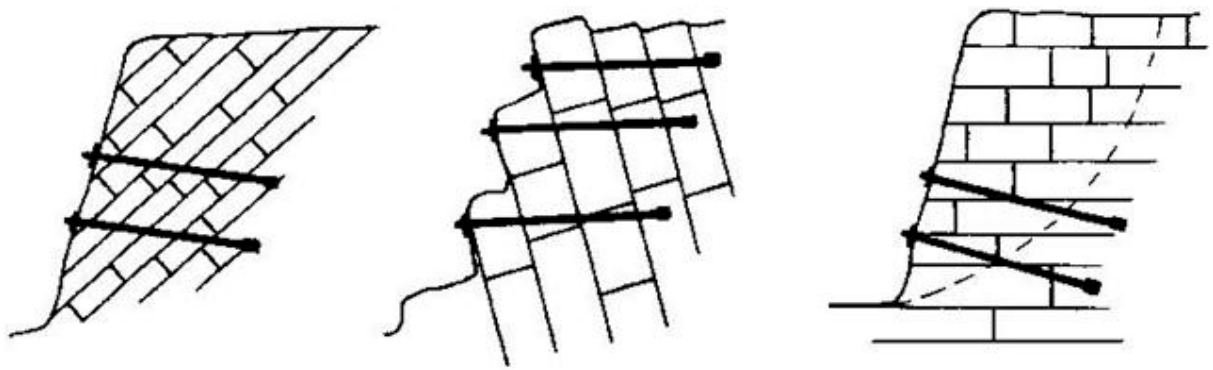
Κατηγορίες μέτρων προστασίας εδαφικών πρανών
(ΚΟΥΚΗΣ & ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

Αναλυτικότερα για τη σταθεροποίηση του πρανού λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα:

1.9.1.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

1.9.1.1.1 Αγκυρώσεις

Οι αγκυρώσεις συνιστούν μία μέθοδο για την στερεοποίηση βραχωδών τεμαχών ή ασταθών εδαφικών μαζών, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.2). Συμβάλουν στη σταθεροποίηση, αυξάνοντας τη διατμητική αντοχή της βραχώμαζας, με την αύξηση των κάθετων δυνάμεων που επενεργούν στις ασυνέχειες. Τα αγκύρια διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα παθητικά και τα προεντεταμένα. Αρχικά τα παθητικά αγκύρια δεν παραλαμβάνουν τάσεις, παρά μόνον όταν ξεκινήσει η παραμόρφωση. Αντίθετα τα προεντεταμένα αγκύρια λαμβάνουν εξ αρχής τις τάσεις, προκειμένου να υπάρχει απόλυτη σταθεροποίηση.



Σχήμα 1.2 Αγκυρώσεις για τη σταθεροποίηση βραχωδών πρανών.

(Peng Qu, Cong Li, Xueming Jia 2016)

1.9.1.1.2 Τοίχοι αντιστήριξης

Οι τοίχοι αντιστήριξης συνιστούν ένα χρήσιμο μέτρο αντιμετώπισης των μετακινήσεων στα βραχώδη, αλλά και στα εδαφικά πρανή, στα βραχώδη χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση κατακερματισμένης βραχώμαζας σε συνδυασμό με αγκυρώσεις και στα εδαφικά για τη συγκράτηση της μετακινούμενης μάζας. Σε όλες τις κατασκευές οι τοίχοι συνδυάζονται με κάποιο σύστημα αποστράγγισης που αποφορτίζει τη βραχώμαζα από την πίεση των πόρων σε περιπτώσεις βροχοπτώσεων Είναι συνήθως κατασκευασμένοι από οπλισμένο σκυρόδεμα και θεμελιώνονται στο υγιές υπόβαθρο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τοίχων αντιστήριξης, οι βαρύτητας (Gravity Wall), οι στυλοειδείς τοίχοι (Pilling Wall), οι τοίχοι με πρόβολο (Cantilever Wall) και οι τοίχοι με αγκύρια (Anchored Wall). (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)



Σχήμα 1.3 Τοίχος αντιστήριξης
(Σινάπης, 2014)

1.9.1.1.3 Ξεσκάρωμα βράχων

Άλλη μία τεχνική πρόληψης μετακινήσεων στα βραχώδη πρανή είναι η μέθοδος του ξεσκαρώματος βράχων. Ουσιαστικά αποτελεί τη υποβοήθηση των χαλαρών βραχοτεμαχίων ενός πρανούς έτσι ώστε να αστοχήσουν σε ελεγχόμενες συνθήκες είτε με τη χρήση εκρηκτικών, είτε από έμπειρους αναρριχητές, όπως φαίνεται στην εικόνα (Εικόνα 1.7).



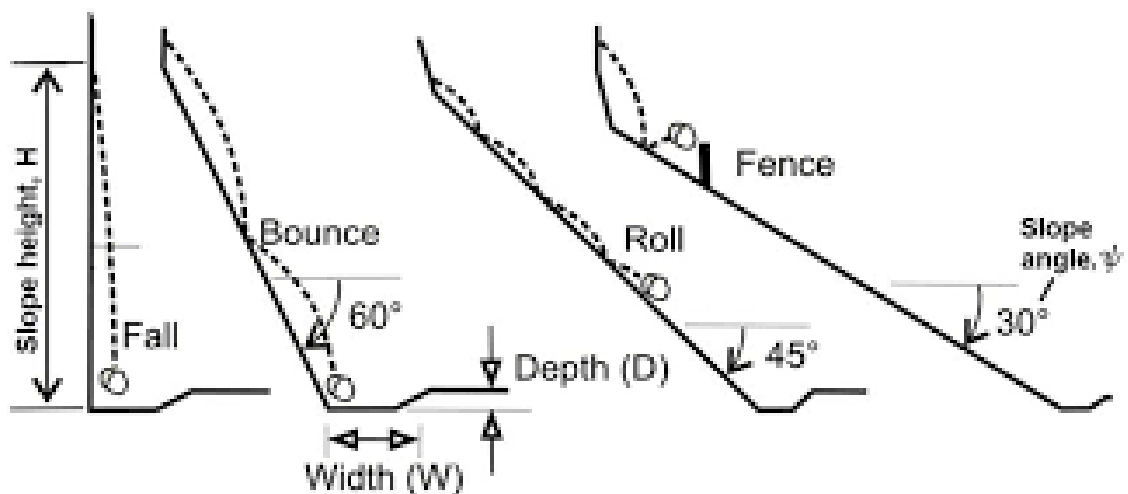
Εικόνα 1.7 Ξεσκάρωμα βράχων

Πηγή: Abcas (UK) Ltd © 2005-13

1.9.1.2 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ- ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

1.9.1.2.1 Τάφροι αναχαίτισης

Οι τάφροι αναχαίτισης αποτελούν ένα από τα συνηθέστερα μέτρα προστασίας από βραχοπτώσεις, κατασκευάζονται στον πόδα του πρανούς και λειτουργούν ως “παγίδες” υποδοχής των βραχοτεμαχίων που αστοχούν. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.5), το πλάτος και το βάθος αυτής εξαρτώνται από την κλίση του πρανούς.



Σχήμα 1.4 Τάφροι ανάσχεσης για βραχοπτώσεις, ανάλογα με την κλίση του πρανούς
(Ritchie, 1963)



Τάφος αναχαίτησης στον πόδα του πρανούς.
(Pierson, Gullixson, & Chassie, 2001)

1.9.1.2.2 Φράκτες αναχαίτισης

Αποτελούν μία δικτυωτή μεταλλική κατασκευή από κρίκους που τοποθετείται σε σημεία που κρίνεται απαραίτητη η συγκράτηση βραχοτεμαχίων που αστοχούν. Είναι πολύ μεγάλης αντοχής και μπορούν να παραλαμβάνουν πολύ μεγάλα φορτία, όπως φαίνεται στην εικόνα (Εικόνα 1.8)



Εικόνα 1.8 Φράκτης αναχαίτισης στον οποίο έχει πέσει ογκώδες δοκιμαστικό βραχοτεμάχιο

Πηγή: naavaay.com

1.9.1.2.3 Φράκτες συγκράτησης

Οι φράκτες συγκράτησης είναι επίσης μεταλλικές κατασκευές οι οποίες εφαρμόζονται στενά πάνω στο πρανές με κάποιου είδους αγκύρωση και αποτρέπουν τα βραχοτεμάχια να αστοχήσουν και συγκρατούν αυτά που αστοχούν. Στην εικόνα (Εικόνα 1.9) φαίνεται ένας φράκτης συγκράτησης τοποθετημένος σε ένα βραχώδες πρανές.



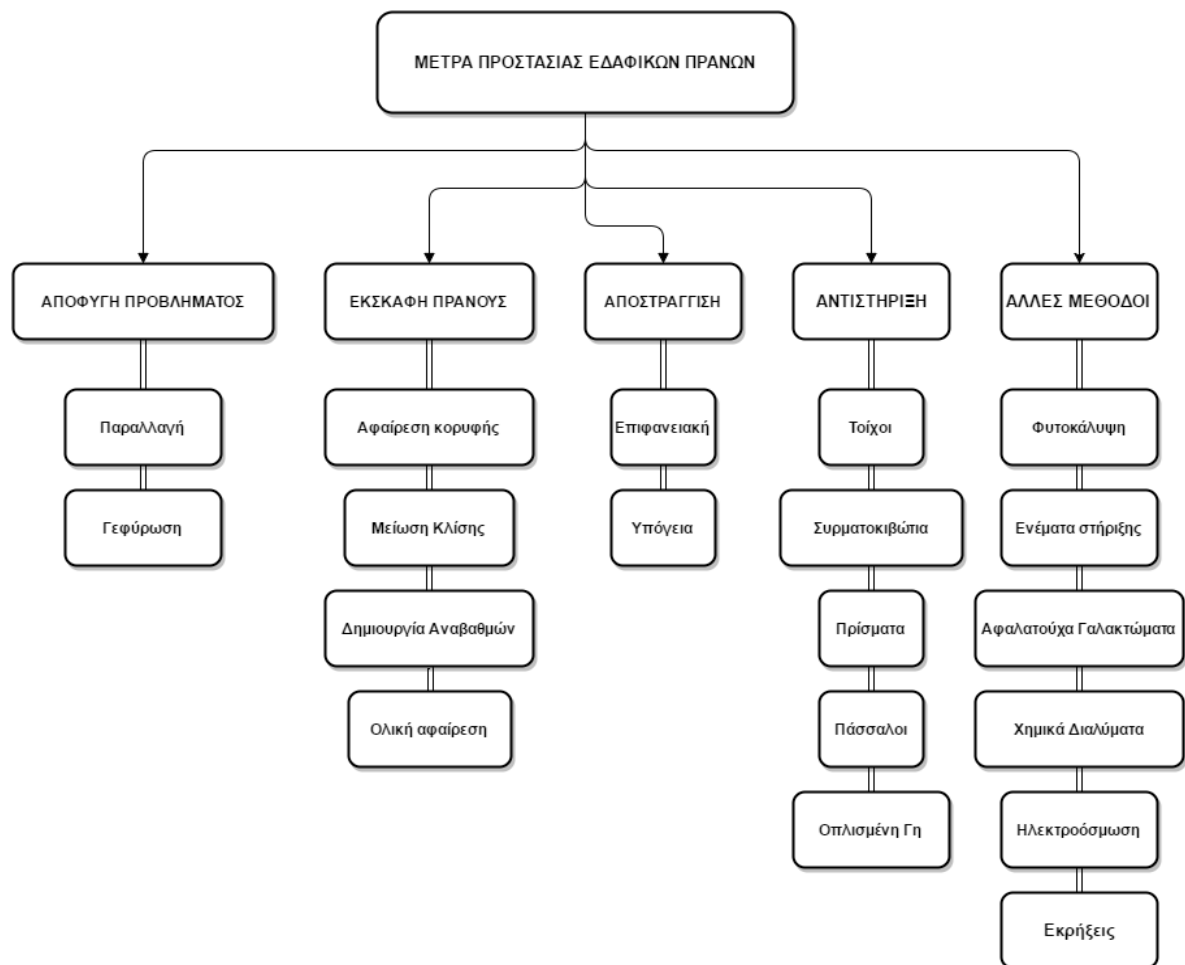
Εικόνα 1.9 Φράκτης συγκράτησης σε βραχώδες πρανές.

Πηγή: IRIDEX GROUP PLASTIC © 2016

1.9.2 ΕΔΑΦΙΚΑ ΠΡΑΝΗ

Στα εδαφικά πρανή η προστασία έναντι των μετακινήσεων γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι οποίοι περιλαμβάνουν τρεις βασικούς άξονες κατά Κούκη & Σαμπατακάκη (2007):

- Την αλλαγή της γεωμετρίας του πρανού.
- Την αποστράγγιση (υπόγεια και επιφανειακή).
- Την αντιστήριξη της κατολίσθησης.



Τα μέτρα προστασίας των εδαφικών πρανών
(ΚΟΥΚΗΣ & ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ 2007)

1.9.2.1 Εκσκαφή και διαμόρφωση πρανών

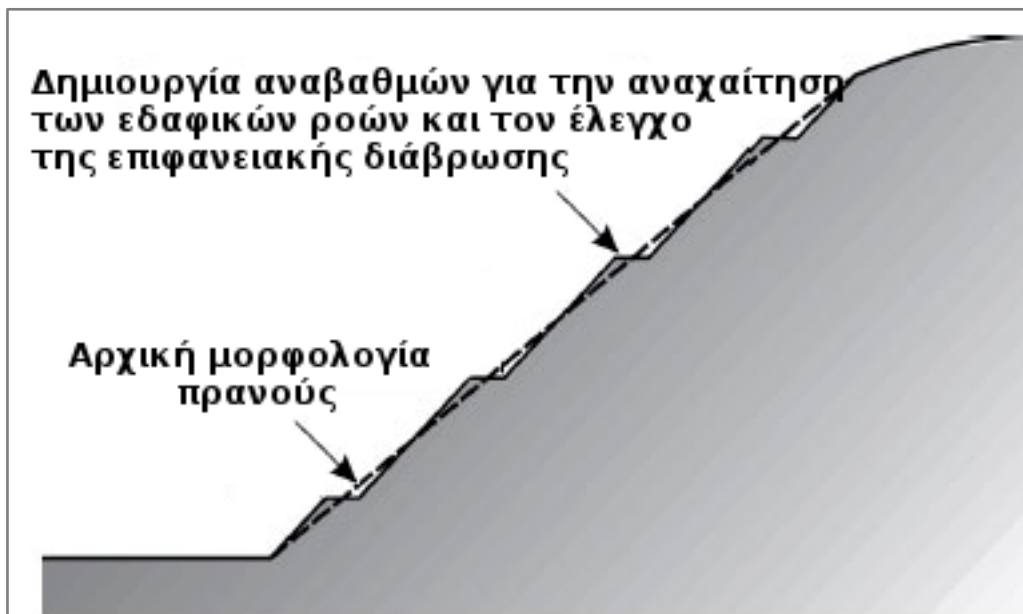
Η εκσκαφή και η διαμόρφωση πρανών περιλαμβάνει χωματουργικές εργασίες και συνήθως πραγματοποιείται:

-Με τη μείωση της κλίσης της πλαγιάς, την δημιουργία αναβαθμών και συνήθως με το συνδυασμό των δύο.(Σχήμα 1.5)

-Με τη αφαίρεση ασταθούς μάζας από την κορυφή της κατολίσθησης, το κύριο σώμα της ή ακόμα με την ολική αφαίρεση της.

(Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Στο Σχήμα 1.5 φαίνεται η δημιουργία αναβαθμών σε πρανές.



Σχήμα 1.5 Δημιουργία αναβαθμών σε πρανές

(Τροποποίηση από (Wesley, 2011))

1.9.2.2 Αποστραγγιστικά μέτρα

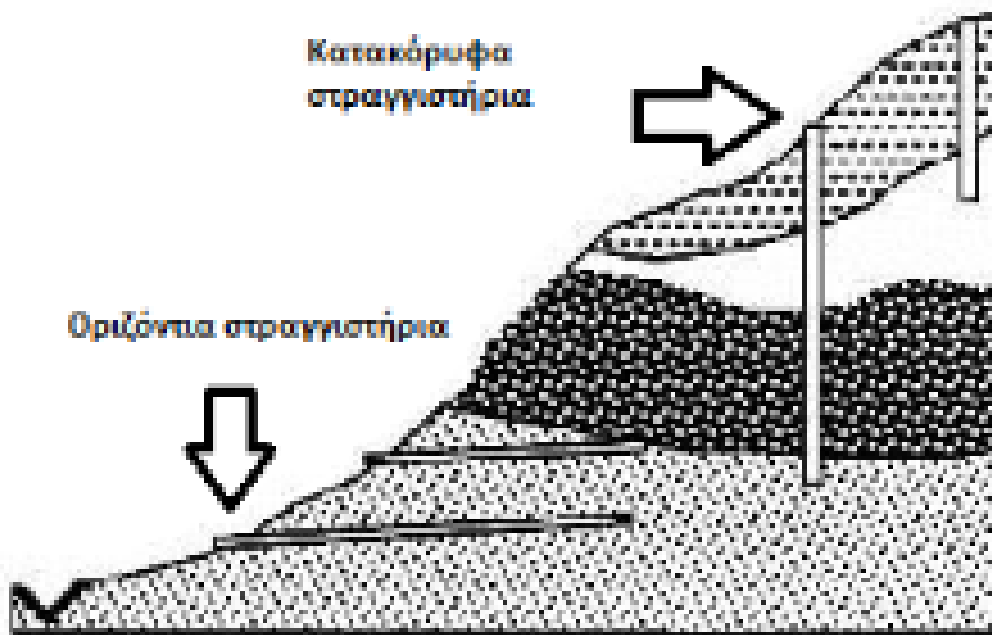
Η αποστράγγιση αποτελεί το πιο σημαντικό μέτρο για την αποφυγή μίας μετακίνησης εδαφικού πρανούς. Αποβλέπει στην αποφόρτιση του βάρους των υδάτων από ένα πρανές ή στην εκτροπή των υδάτων από το να διεισδύσουν στο πρανές και διαχωρίζεται σε έργα επιφανειακής ή υπόγειας αποστράγγισης.(Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1.9.2.2.1 Επιφανειακή αποστράγγιση

Τα έργα επιφανειακής αποστράγγισης έχουν ως στόχο την προστασία των πρανών από τη διαβρωτική δράση των επιφανειακών υδάτων και των κατακρημνισμάτων. Περιλαμβάνει εργασίες όπως τη δημιουργία τάφρων παροχέτευσης των υδάτων, την τοποθέτηση εγκάρσιων στραγγιστηρίων κατά μήκος του πρανούς ή την τοποθέτηση στρώσης κάποιου υλικού ή συστήματος που θα απομακρύνει και θα εμποδίζει τα ύδατα να κατεισδύσουν στο πρανές και να του δημιουργήσουν αστάθειες.

1.9.2.2.2 Υπόγεια αποστράγγιση

Η υπόγεια αποστράγγιση περιλαμβάνει έργα για την αποφόρτιση του πρανούς από τα υπόγεια ύδατα. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που ο υδροφόρος ορίζοντας εμφανίζεται πάνω από την επιφάνεια ολίσθησης σε μια κατολίσθηση. Η παρουσία υπόγειου νερού στις εδαφικές μάζες δημιουργεί πιέσεις πόρων που συντελούν στη μείωση της διατμητικής τους αντοχής, για το λόγο αυτό η αποτροπή δημιουργίας τέτοιων πιέσεων είναι μείζονος σημασίας για την αποφυγή καταστροφών. Η υπόγεια αποστράγγιση επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους. Αρχικά την κατασκευή συστήματος στραγγιστικών τάφρων, για τη συγκέντρωση και απομάκρυνση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων μικρού βάθους. Την τοποθέτηση στραγγιστικών κουβερτών που αποτρέπουν στα ύδατα να κατεισδύσουν, διατηρούν κάποια συνοχή στο πρανές και κατευθύνουν τα επιφανειακά ύδατα προς κάποιου είδους φρεάτιο.



Σχήμα 1.6 Αποστράγγιση του πρανούς με οριζόντια και κατακόρυφα στραγγιστήρια
(Τροποποίηση από GedneyandWeber, 1978)



Αντιστήριξη πρανούς με τη χρήση συρματοκιβωτίων

Πηγή: <http://www.georgantas.gr/proionta/plegmata/antiplimirika-plegmata-sarazaneti.html>

2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Ο σχεδιασμός τεχνικών έργων και η αντιμετώπιση των μετακινήσεων στα πρανή, προϋποθέτουν τη κατανόηση των μηχανικών ιδιοτήτων της βραχόμαζας. Μία βραχόμαζα δύναται να αστοχήσει ισότροπα ή ανισότροπα. Ο τρόπος που θα αστοχήσει μία βραχόμαζα εξαρτάται από το σύνολο των ασυνεχειών που την διατέμνουν ή/και από το βαθμό κατακερματισμού και εξαλλοίωσης της.

Για τον προσδιορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς της βραχόμαζας στα πρανή, υπάρχουν δύο κύρια συστήματα ταξινόμησης.

- Το σύστημα ταξινόμησης RMR (Rock mass rating) από τον Bieniawski (1973)
- Το σύστημα ταξινόμησης GSI (Γεωλογικός δείκτης αντοχής) από τους (Hoek, Brown, Marinos P., Marinos V.)

2.1.1 Το Σύστημα RMR

Αποτελεί ένα σύστημα ταξινόμησης RMR, που λαμβάνει υπόψη του τις βασικές γεωλογικές παραμέτρους, που επηρεάζουν την ευστάθεια της βραχόμαζας και τα συνθέτει για να εκφράσει ένα γενικό χαρακτηρισμό για τη βραχόμαζα (από πολύ φτωχή έως πολύ καλή), ο οποίος χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό και κατασκευή έργων σε βραχόμαζα, όπως τεχνητά πρανή, σήραγγες, θεμέλια και ορυχεία. (Bieniawski, 1973) (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)
Αυτές οι παράμετροι είναι:

- Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη του βραχώδους υλικού
- Ο δείκτης ποιότητας πετρώματος RQD
- Η απόσταση των ασυνεχειών μεταξύ τους
- Η κατάσταση των ασυνεχειών
- Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής
- Ο προσανατολισμός των ασυνεχειών

RMR	Ποιότητα Βραχόμαζας
0 – 20	Πολύφτωχή
21 – 40	Φτωχή
41 – 60	Μέτρια
61 – 80	Καλή
81 - 100	Πολύ καλή

Πίνακας 2.1 Ταξινόμηση της ποιότητας της βραχόμαζας, ανάλογα με το δείκτη RMR

Το σύστημα RMR αποτελεί ένα καλό εργαλείο για ταξινόμηση μιας καλής ποιότητας βραχόμαζας, αντιθέτως δεν επαρκεί σε περιπτώσεις όπου η ποιότητα της βραχόμαζας είναι πολύ χαμηλή.

Αυτή η ανεπάρκεια του συστήματος RMR οδήγησε τους (Hoek-Brown) και στη συνέχεια τους (Μαρίνος Π.) και (Μαρίνος Β.) στη διαμόρφωση ενός συστήματος ταξινόμησης βραχόμαζας, στο οποίο θα δίνεται η δυνατότητα αξιολόγησης και βραχόμαζας με εξαιρετικά πτωχή ποιότητα. Αυτό είναι το σύστημα ταξινόμησης GSI.

2.1.2 Το Σύστημα GSI

Το σύστημα ταξινόμησης GSI είναι ένα κατά βάση εμπειρικό σύστημα ταξινόμησης βραχόμαζας, για έντονα διακλασμένες βραχόμαζες που συμπεριφέρονται ισότροπα.

Ο δείκτης GSI αποτελεί εργαλείο για τη χρήση του γενικευμένου κριτηρίου θραύσης Hoek-Brown .

Το γενικευμένο κριτήριο θραύσης Hoek-Brown για διατμημένες βραχόμαζες ορίζεται ως:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(mb \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^\alpha$$

Όπου το σ'_1 και το σ'_3 είναι η μέγιστη και η ελάχιστη ενεργές κύριες τάσεις, αντίστοιχα, mb η τιμή σταθεράς Hoek-Brown, m για τη βραχόμαζα,

s και το α είναι οι σταθερές που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της βραχόμαζας,

σ_{ci} είναι αντοχή στη μονοαξονική θλίψη άρρηκτου βράχου.

Προκειμένου να είναι δυνατή η χρήση του κριτηρίου Hoek-Brown, πρέπει να υπολογιστούν, η αντοχή στη μονοαξονική θλίψη άρρηκτου βράχου σ_{ci} , η τιμή της σταθεράς Hoek-Brown m_i , άρρηκτου βράχου και η τιμή του Geological Strength Index (GSI) για τη βραχόμαζα.

Για τον προσδιορισμό του δείκτη GSI λαμβάνονται υπόψη οι μακροσκοπικές παρατηρήσεις δύο χαρακτηριστικών της βραχόμαζας. Αρχικά τη δομή της βραχόμαζας (πόσο διατμημένη είναι, το αλληλοκλείδωμα των τεμαχίων της) και στη συνέχεια την κατάσταση της επιφάνειας των ασυνεχειών της βραχόμαζας (τραχύτητα, αποσάθρωση). Οι τιμές του δείκτη GSI κυμαίνονται από 100, που χαρακτηρίζει τους άρρηκτους βράχους έως 5, που χαρακτηρίζει τις εξαιρετικά φτωχής ποιότητας βραχόμαζες.

Στη συνέχεια ο δείκτης GSI που θα υπολογιστεί χρησιμοποιείται στις παρακάτω σχέσεις για τον υπολογισμό των τιμών m_b , s και α .

$$m_b = m_i e^{\frac{GSI - 100}{28 - 14D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI - 100}{9 - 3D}}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

Όπου D ο παράγοντας διατάραξης του υλικού, με τιμές από 0 (αδιατάρακτο υλικό) έως 1 (έντονα διαταραγμένο υλικό).

Αναλυτικά για τον υπολογισμό του δείκτη αντοχής μιας βραχόμαζας γίνεται χρήση του παρακάτω διαγράμματος (Διάγραμμα 2.1).

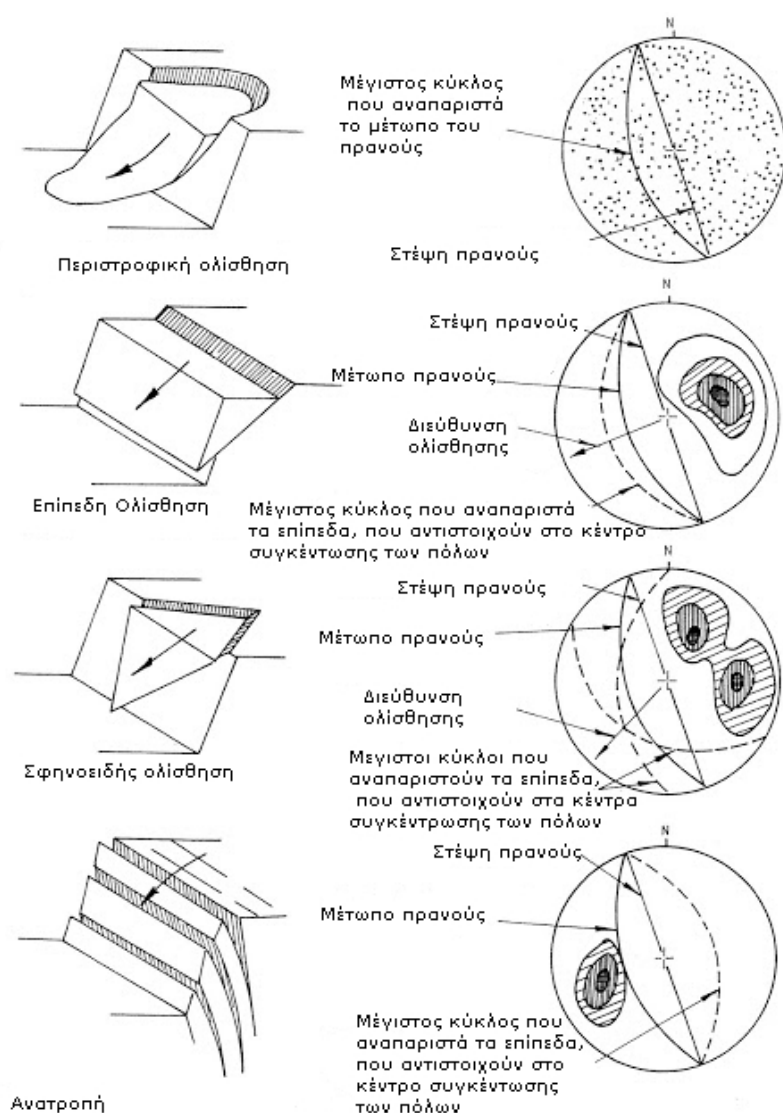
ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI)		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ				
(E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
Βασίζομενοι στην περιγραφή της lithολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατμημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.		POLY ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, υγιείς, μη αποσπασθωμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθωμένες και οξειδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσπασθωμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με συμπληγή επιφλοιωμάτα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα	POLY ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
ΔΟΜΗ						
	ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άσπρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90			N/A	N/A
	ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70			
	POLY TEMAXΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών		60	50		
	ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας			40	30	
	ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων				20	
	ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)					10
		N/A	N/A			

Διάγραμμα 2.1 Δείκτη γεωλογικής αντοχής (GSI) (Ε. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)

Ανάλυση πρανών με ανισότροπη συμπεριφορά

Βραχώδη πρανή που η αστοχία σε αυτά συμβαίνει κατά μήκοςσυγκεκριμένων προϋπάρχουσων ασυνεχειών, συμπεριφέρονται ανισότροπα και οι αστοχίες που μπορεί να προκύψουν σε αυτά είναι οι επίπεδες, οι σφηνοειδείς ολισθήσεις και οι ανατροπές. Οι αστοχίες που μπορεί να προκύψουν από βραχώμαζες που συμπεριφέρονται ανισότροπα, αναλύονται σε τεκτονικά διαγράμματα Schmidt, στα οποία πάνω καταγράφονται:

- τα συστήματα των ασυνεχειών (διακλάσεις, ρήγματα, σχιστότητα, στρώση)
- ο προσανατολισμός και η κλίση του πρανούς
- η γωνία τριβής της κάθε ομάδας ασυνεχειών (εάν διαφέρει, π.χ. σχιστότητας-διάκλασης)



Σχήμα 2.1Ανάλυση ανισότροπων μετακινήσεων σε δίκτυο Schmidt

Στα δίκτυα Schmidt, εξετάζονται οι ασυνέχειες ως προς τη δυνατότητα τους να προκαλέσουν αστοχίες στο πρανές.

Μία ασυνέχεια δύναται να προκαλέσει αστοχία **επίπεδης ολίσθησης**, όταν:

- Ανατέλλει στο πρανές και η διεύθυνση της είναι παράλληλη, με μέγιστη διαφορά $\pm 20^\circ$, με αυτήν του πρανούς.
- Η κλίση του πρανούς είναι μεγαλύτερη από αυτήν της ασυνέχειας.
- Η γωνία τριβής του επιπέδου της ασυνέχειας είναι μικρότερη από τη γωνία κλίσης της ασυνέχειας.

Ένα ζεύγος ασυνεχειών μπορεί να προκαλέσει αστοχία τύπου **σφηνοειδούς ολίσθησης**, όταν:

- Οι ασυνέχειες τέμνονται (τομή μέγιστων κύκλων στο δίκτυο Schmidt)
- Η τομή τους ανατέλλει στο πρανές με διεύθυνση παράλληλη, με μέγιστη διαφορά $\pm 20^\circ$, με τη διεύθυνση του πρανούς.
- Η κλίση του πρανούς είναι μεγαλύτερη από αυτήν της τομής ασυνεχειών.
- Η γωνία τριβής των ασυνεχειών είναι μικρότερη από τη γωνία κλίσης της τομής των ασυνεχειών.

Τέλος μία ασυνέχεια μπορεί να προκαλέσει **ανατροπή** όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η ασυνέχεια έχει διεύθυνση παράλληλα, με μέγιστη διαφορά $\pm 20^\circ$, με αυτή του πρανούς.
- Η διεύθυνση κλίσης της ασυνέχειας είναι αντίρροπη από του πρανούς.
- Η γωνία κλίσης της ασυνέχειας είναι $> 70^\circ$.

3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΓΡΕΒΕΝΩΝ

3.1 ΠΙΝΔΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή έρευνας τοποθετείται γεωγραφικά στο νομό Γρεβενών, δυτικά της πόλης των Γρεβενών, σε οδικούς άξονες πλησίον των χωριών Σμίξη, Αβδέλλα, Περιβόλι, Πολυνέρι και Λάβδας στην Πίνδο. Η τοπογραφία της περιοχής είναι ορεινή με υψόμετρα που ξεπερνούν τα 1000μ. και με έντονα χαραγμένο υδρογραφικό δίκτυο.

3.2 ΚΛΙΜΑΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΠΙΝΔΟΥ

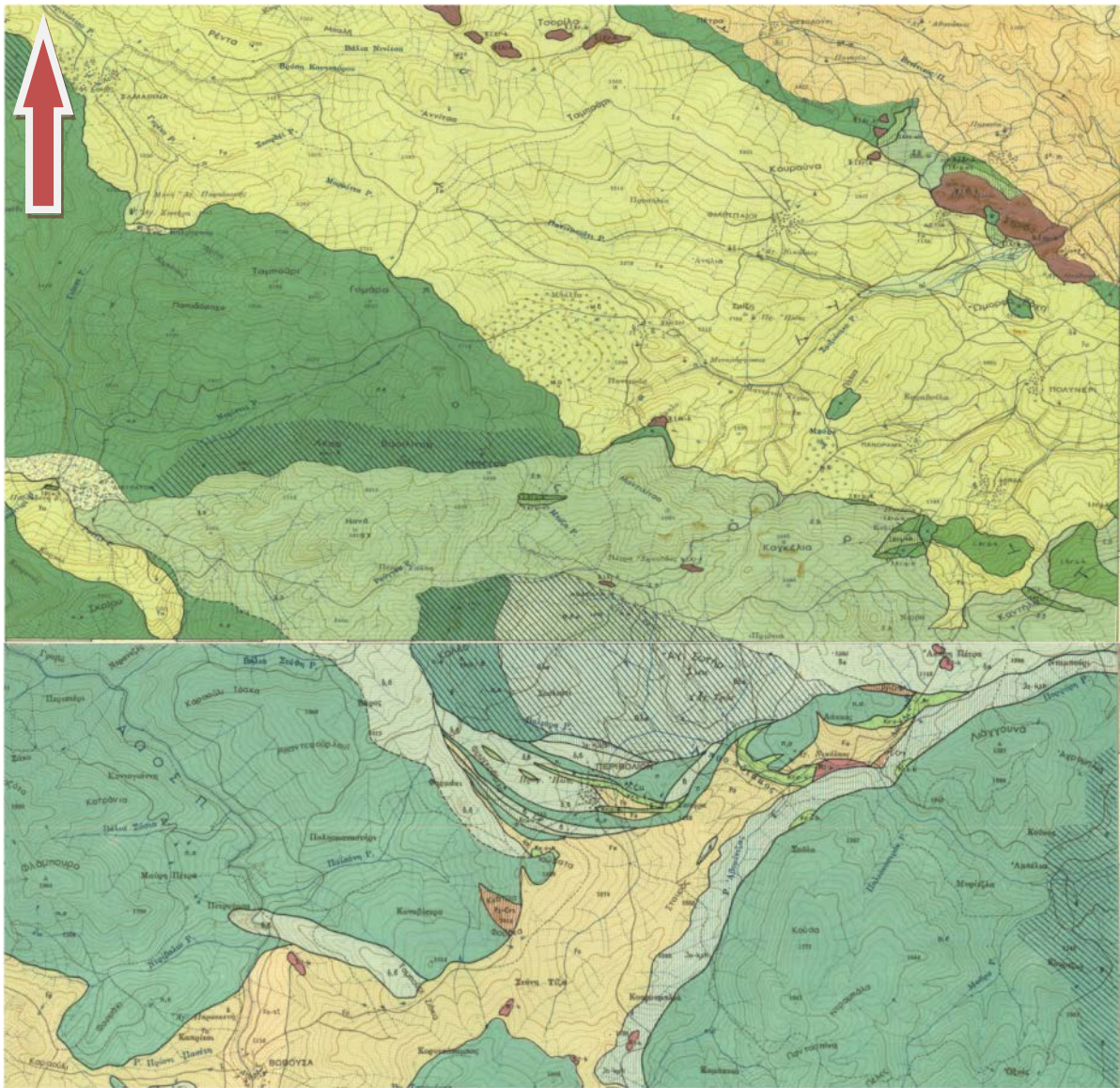
Η Πίνδος στο τμήμα της Δυτικής Μακεδονίας έχει ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες και πιο συγκεκριμένα στο γεωγραφικό διαμέρισμα της δυτικής Μακεδονίας τα ορεινά τμήματα χαρακτηρίζονται από ορεινό κλίμα και ετήσιο ύψος βροχής που ξεπερνά τα 1200mm). Χαρακτηριστικό, στα μεγάλα υψόμετρα, είναι οι δριμείς χειμώνες και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, με νεφώσεις, βροχές και συχνές χιονοπτώσεις με τη χιονοκάλυψη να διαρκεί πολλές φορές από τον Οκτώβρη έως το Μάιο. Σε χαμηλότερα υψόμετρα το κλίμα παρουσιάζεται πιο ήπιο, ενώ κατά τους θερινούς μήνες μειώνονται οι βροχοπτώσεις. (ΥΠΑΠΕΝ - ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2016)

3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΙΝΔΟΥ ΓΡΕΒΕΝΩΝ

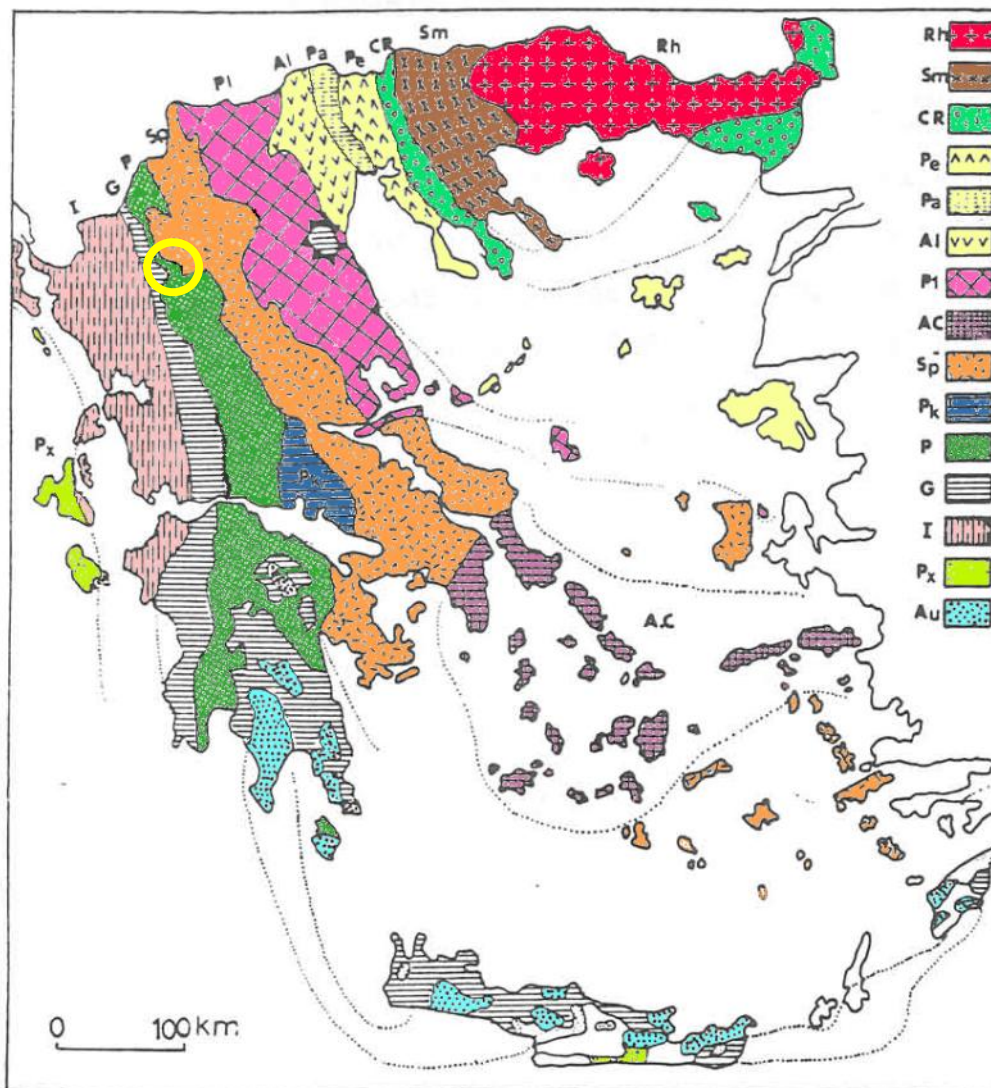
Η περιοχή έρευνας τοποθετείται γεωλογικά στις Εξωτερικές Ελληνίδες, στη γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Η στρωματογραφία της ζώνης Ωλονού -Πίνδου αποτελείται από μία μεσοζωική ακολουθία ανθρακικών και πυριτικών ιζημάτων και πάνω από αυτήν, το φλύσχη της Πίνδου (2ος φλύσχη), ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού - Κάτω Ολιγοκαίνου. Η έρευνα περιλαμβάνει περιοχές που ανήκουν σε δύο διαφορετικά φύλλα γεωλογικών και τοπογραφικών χαρτών, του φύλλου Πεντάλοφος και του φύλλου Μέτσοβο. Παρακάτω παρουσιάζονται ενοποιημένοι για τις ανάγκες της εργασίας.



Χάρτης 3.1 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης



Χάρτης 3.2 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης



Σχήμα 3.1 Χάρτης των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδος. Με χρώμα σκούρο πράσινο φαίνεται η Ζώνη Ωλονού-Πίνδου. (Στο κίτρινο πλαίσιο η περιοχή μελέτης.) (Τροποποιημένο από Μουντράκης κ.α. 1983)

Κάτω Ολιγόκαινο

Άνω Ηώκαινο

Κρητιδικό

Ιουρασικό

Τριαδικό

Άνω

Μέσο

Κάτω

Άνω

Κάτω

2ος Φλύσχος

1ος Φλύσχος

Σχιστοκερατολιθική
διάπλωση



1



2



3



4



5



6



7



8



9

3.2 Λιθοστρωματογραφική στήλη Ζώνης Ωλονού-Πίνδου.

1) Σχηματισμός Φλύσχη (φλύσχος Πίνδου), 2) Ασβεστόλιθοι, 3) Λατυποπαγή, 4) Ασβεστόλιθοι με Πυριτικές Ενστρώσεις, 5) Κερατόλιθοι, 6) Ηφαιστειοϊζηματογενή Υλικά, 7) Αργιλοψαμμίτες, 8) Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι, 9) Δολομίτες,
(Τροποποιημένο από (Μουντράκης, 2010))

3.4 ΤΕΚΤΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ

Με τη σύγκρουση της Απουλίας με την ενωμένη Ευρασία, κατά το Ανώτερο Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο, δημιουργήθηκαν συμπιεστικές τάσεις μεταξύ των δύο ηπειρωτικών τεμαχών που οδήγησαν στην τελική ορογένεση των Ελληνίδων. Έτσι τα στρώματα της ζώνης Ωλονού-Πίνδου αναδύθηκαν και πτυχώθηκαν. Με αυτή τη φάση πτυχώσεων επωθήθηκαν προς τα Δυτικά υπό τη μορφή τεκτονικού καλύμματος, πάνω από τη Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης. Ως αποτέλεσμα της συμπιεστικής τεκτονικής από την ορογένεση, η ζώνη Ωλονού-Πίνδου παρουσιάζει σήμερα τα χαρακτηριστικά τεκτονικά λέπια επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο. Τα τεκτονικά λέπια επωθήθηκαν το ένα πάνω στο άλλο με κατεύθυνση Α>>Δ και με άξονες διεύθυνσης Β-Ν ως ΒΒΔ-ΝΝΑ. Παράλληλα πάνω στους σχηματισμούς του φλύσχη της ζώνης Ωλονού-Πίνδου βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένη η οφιολιθική σόλα της Πίνδου, της οποίας η προέλευση αποτελεί ένα βασικό γεωλογικό πρόβλημα. (Μουντράκης, 2010)

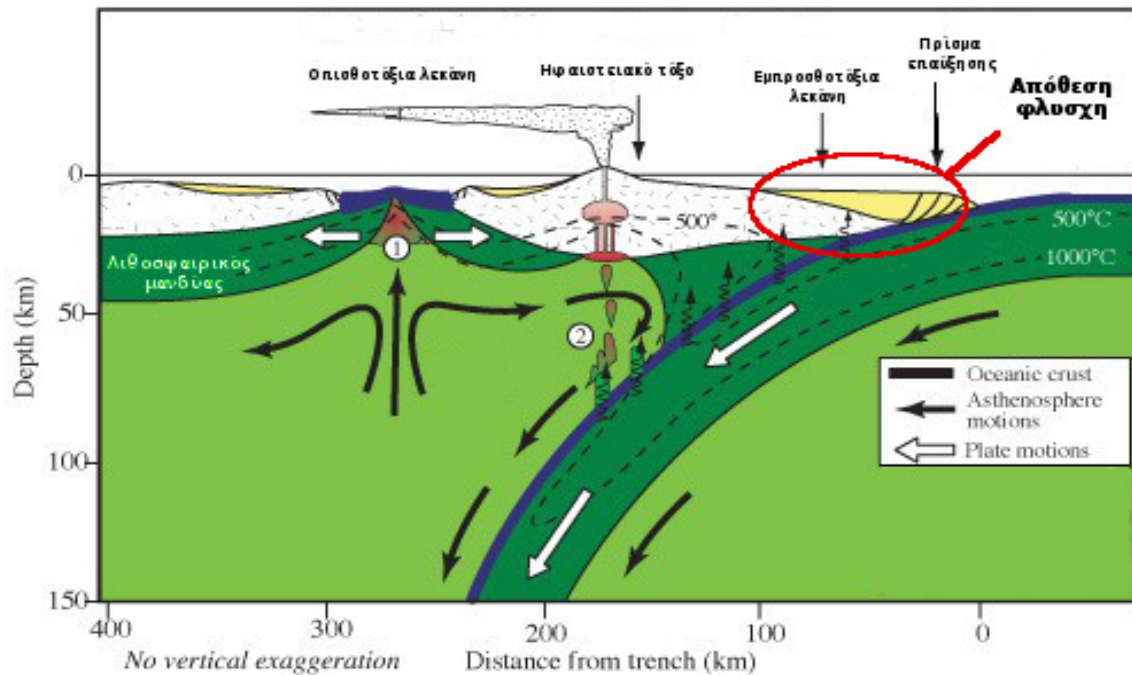
3.5 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα αυτή πραγματοποιείται κυρίως σε περιβάλλον πινδικού Φλύσχη και οφιολίθων της Πίνδου. Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα γενικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών φλύσχη και οφιολίθων και τα ειδικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών που αφορούν τη παρούσα περιοχή μελέτης.

3.5.1 Φλύσχη

Ως φλύσχη ορίζεται μία ετερογενής ιζηματογενής ακολουθία που σχηματίζεται στα αρχικά στάδια της ορογένεσης, μέσα στη βαθιά τάφρο, που δημιουργείται στο περιθώριο της σύγκλισης δύο λιθοσφαιρικών πλακών. Ο φλύσχης λιθολογικά αποτελείται κυρίως από ρυθμικές εναλλαγές ψαμμιτικών, αργιλικών υλικών και ορισμένες φορές και κροκαλοπαγών. Τα υλικά αυτά προέρχονται από την πλευρά της ηπειρωτικής κατωφέρειας, δια μέσου υποθαλάσσιων φαραγγιών με τυρβώδη κίνηση και αποτίθενται στη **τάφρο** (Σχήμα 3.3). Παράλληλα η απόθεση ωκεάνιων ιζημάτων όπως ασβεστόλιθων ή ραδιολαριτών σπανίζει. (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010)

Η τάφρος στην οποία συμβαίνει η ιζηματογένεση του φλύσχη, βρίσκεται σε έντονο τεκτονικό καθεστώς, λόγω της εξέλιξης του ορογενούς, έτσι οι αποθέσεις του φλύσχη παρουσιάζονται σε γενικές γραμμές τεκτονικά διαταραγμένες. Ο φλύσχης της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζεται ως άγριος φλύσχης, συνεπώς αποτελεί μια περίπτωση εντόνως τεκτονικά διαταραγμένου φλύσχη.



Σχήμα 3.3 Σχηματική παράσταση της θέσης απόθεσης του φλύσχη

Πηγή: (Wikipedia :Izu-Bonin-Mariana Arc)

3.5.2 Ο 2ος Φλύσξης της Πίνδου.

Χαρακτηριστικά του πινδικού φλύσχη είναι πως αποτελείται κυρίως από εναλλαγές ψαμμιτών και μαργών-ιλυολίθων ενώ σπάνια περιέχει κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθους, περιέχει ακόμα και ολισθόλιθους του ίδιου του φλύσχη, μεγέθους από μερικά cm έως πολλά μέτρα, οι οποίοι εμφανίζονται έντονα τεκτονισμένοι. Λόγω της ύπαρξης αυτού του τεκτονικού μίγματος, ο 2ος φλύσξης της Πίνδου αναφέρεται και ως "Άγριος Φλύσξης", που είναι χαρακτηριστικός σε θέσεις υποβύθισης. (Μουντράκης, 2010)

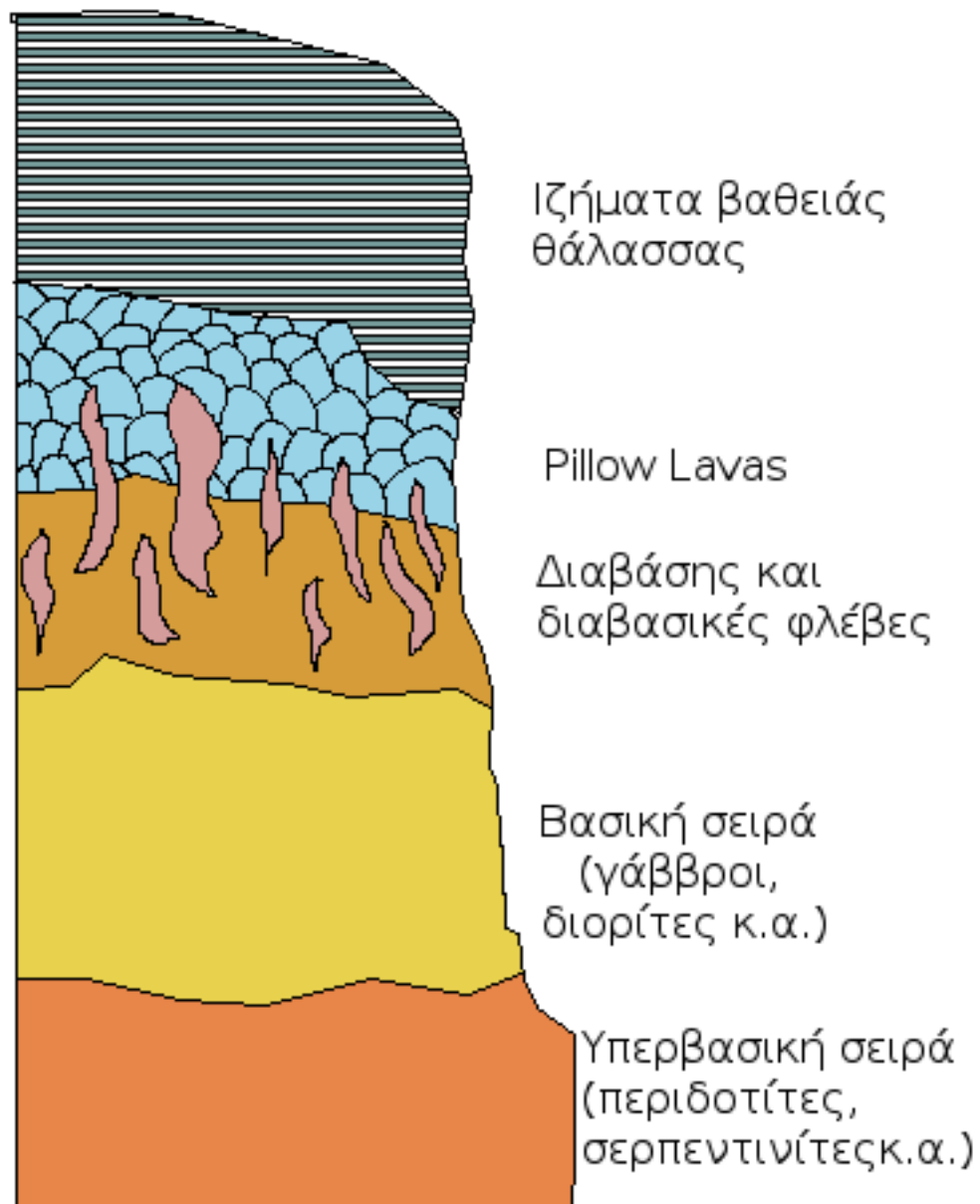
Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά του φλύσχη της Πίνδου.

Ο φλύσξης στην ευρύτερη περιοχή της ορεινής Πίνδου εμφανίζεται εντόνως διατμημένος και συνήθως ως υλικό κατολίσθησης. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται λόγω των καιρικών συνθηκών που πλήττουν την περιοχή και των μεγάλων κλίσεων της ορεινής γεωμορφολογίας, που δημιουργούν τις ιδανικές συνθήκες έτσι ώστε ένα τεκτονικά καταπονημένο ιζηματογενές γεωυλικό να αποσθρωθεί, να μειωθούν τα μηχανικά του χαρακτηριστικά και να αστοχήσει. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

3.5.3 Οφιολίθοι

Ως οφιολίθοι ορίζονται μία ακολουθία πετρωμάτων που αποτελείται από μαγματικά και ηφαιστειακά πετρώματα. Η δημιουργία των οφιολίθων συμβαίνει στις μεσωκεάνιες ράχες, όπου δύο τεκτονικές πλάκες απομακρύνονται η μία από την άλλη. Λόγω αυτής της διάρρηξης το μάγμα ανερχόμενο από το μανδύα κρυσταλλώνεται και σχηματίζει μια ακολουθία πετρωμάτων, που αποτελείται, με σειρά από κάτω προς τα πάνω, από:

- α) Υπερβασικό σύμπλεγμα: περιδοτίτες (χαρτσβουργίτες, λερζόλιθοι και δουνίτες), πυροξενίτες
 - β) Γαββρικό σύμπλεγμα: γάββροι, διορίτες και πλαγιογρανίτες,
 - γ) Βασικό σύμπλεγμα πολλαπλών φλεβών διαβασικά σώματα διαβασικές φλέβες
 - δ) Βασικό ηφαιστειακό σύμπλεγμα: pillow lavas
 - ε) Εναλλαγές λαβών με πελαγικά ιζήματα.
 - στ) Ιζηματογενείς σειρές βαθιάς θάλασσας.
- (Ελευθεριάδης & Κορωναίος, 2004)



3.4 Σχηματική απεικόνιση μίας τυπικής οφιολιθικής ακολουθίας.

3.5.4 Η οφιολιθική μάζα της Πίνδου.

Οι οφιόλιθοι στην Ήπειρο αναφέρονται και ως οφιόλιθοι της Πίνδου, καταλαμβάνουν μια μεγάλη έκταση που περιλαμβάνει το Μέτσοβο, την Παναγία, τη Βοβούσα, την Αβδέλα και τη Σαμαρίνα. Αντιθέτως από το όνομα τους, οφιόλιθοι της Πίνδου, δεν ανήκουν στη γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού-Πίνδου και αυτό γίνεται αντιληπτό λόγω της παντελούς έλλειψης οφιολιθικών εμφανίσεων στα τεκτονικά λείπια της ζώνης. Η προέλευσή των οφιολίθων δεν είναι βέβαιη και για αυτήν έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες. Από αυτές δύο επικρατούν, εκ των οποίων η πρώτη αναφέρεται στην προέλευση των οφιολίθων από τον ωκεάνιο χώρο του Αξιού, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στην ύπαρξη ενός άλλου ωκεάνιου χώρου στο χώρο της Υποπελαγονικής.

Στην παρούσα εργασία η έρευνα επικεντρώνεται, όσον αφορά τις οφιολιθικές εμφανίσεις, στην περιοχή της Αβδέλας και του Περιβολίου. Στην Αβδέλα – Περιβόλι συναντάται το οφιολιθικό “*mélange*” (μίγμα), που αποτελείται από τεκτονικά μίγματα βασαλτών, ωκεάνιων ιζημάτων και μεταμορφωμένων πετρωμάτων της “*σόλας*”. Τα ιζήματα αποτελούνται από ραδιολαριτικούς ασβεστόλιθους, μάργες και ψαμμίτες και χρονολογούνται στο Άνω Τριαδικό-Ιουρασικό. (Μουντράκης, 2010)

3.6 Σεισμικότητα

Η περιοχή δεν παρουσιάζει έντονη σεισμογενή δράση, έτσι τα κατολισθητικά φαινόμενα που υπάρχουν οφείλουν την ύπαρξη τους σε παράγοντες κυρίως μορφολογικούς και κλιματικούς (βροχή, λιώσιμο χιονιού).

3.7 Κατολισθητικά φαινόμενα στην ευρύτερη περιοχή της βόρειας Πίνδου.

Η περιοχή της Βόρειας Πίνδου παρουσιάζει κατά βάση κατολισθητικά φαινόμενα τύπου περιστροφικής ολίσθησης ή και ροής κορρημάτων. (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

Αυτό συμβαίνει, διότι ο υψηλός όγκος των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη συντελεί στην έντονη διάβρωση, αποσάθρωση και τελικά την εδαφοποίηση των σχηματισμών, καθώς και επειδή στην περιοχή επικρατούν οι σχηματισμοί φλύσχη, δηλαδή διαταραγμένα αργιλικά και ψαμμιτικά στρώματα, άκρως επιδεικτικά στην επιφανειακή αποσάθρωση και εδαφοποίηση.



Εικόνα 3.1 Κατολίσθηση πρανούς στη Σαμαρίνα Γρεβενών

Πηγή: (Άετος blog, 2015)..

Στις 15 Σεπτεμβρίου του 2015 σημειώνεται κατολίσθηση στο οδικό δίκτυο πλησίον του χωριού Σαμαρίνα στα Γρεβενά, με συνέπεια την πτώση ενός στύλου ηλεκτροδότησης και τη διακοπή του ρεύματος στη Σαμαρίνα.

4 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφούν οι δύο κύριες λιθολογικές ενότητες που συναντώνται στην περιοχή, ο φλύσχος και οι οφιόλιθοι, θα αναλυθούν γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά τους και η ειδική ταξινόμηση τους στα διαγράμματα GSI.

4.1 Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του φλύσχη

Ο φλύσχος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί έναν τεκτονικά διαταραγμένο ετερογενή σχηματισμό με αποτέλεσμα η γεωτεχνική του ταξινόμηση να βασίζεται στα διάφορα χαρακτηριστικά των επιμέρους υλικών του. Τα σημαντικότερα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του φλύσχη, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αποτελούν η ετερογένεια του σχηματισμού, με τις εναλλαγές των ανθεκτικών στρωμάτων, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, και των μη ανθεκτικών στρωμάτων, ιλυολιθικής, αργιλικής σύστασης. Σε αυτά πρέπει να δοθεί έμφαση, καθώς καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την συμπεριφορά του σχηματισμού, δίνοντας του χαμηλή διαπερατότητα, μειώνοντας τη συνολική αντοχή του και καθιστώντας τον “ευαίσθητο” κατά την έκθεσή του σε ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η συνέπειες της έκθεσης των ιλυολιθικών-αργιλικών στρωμάτων σε επιφανειακές συνθήκες φαίνονται στις παρακάτω εικόνες, όπου απεικονίζονται κάποιοι πυρήνες γεωτρήσεων, από σχηματισμό μολάσσας, που λιθολογικά είναι παρόμοιος με του φλύσχη. Η πρώτη εικόνα (Εικόνα 4.1) δείχνει τους πυρήνες της γεώτρησης αμέσως μετά την διάτρηση, στην οποία εμφανίζονται συνεκτικοί και η δεύτερη (Εικόνα 4.2) τους ίδιους πυρήνες μετά την πάροδο 6 μηνών και την έκθεσή τους σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπου εμφανίζονται πλήρως αποδιοργανωμένοι στα αργιλικά-ιλυολιθικά τμήματά τους.

(HOEK, MARINOS 2001) (Hoek, Marinos, & Marinos, 2005)



Εικόνα 4.1 Οι πυρήνες της γεώτρησης αμέσως μετά την πραγματοποίησή της. (Hoek, Marinos, & Marinos, 2005)



Εικόνα 4.2 Οι πυρήνες της γεώτρησης 6 μήνες αργότερα. (Hoek, Marinos, & Marinos, 2005)

4.1.1 Προσδιορισμός του Δείκτη Αντοχής Βραχώμαζας (GSI) ετερογενών σχηματισμών τύπου φλύσχη.

Στην Ελλάδα πολλά έργα υποδομής πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλον ετερογενών σχηματισμών όπως ο φλύσχος. Όμως ο φλύσχος λόγω της έντονης ετερογένειας του, καθιστά δύσκολη την ανάλυση των γεωτεχνικών του παραμέτρων, όπως την αντοχή του, με τις απλές μεθόδους ταξινόμησης. Έτσι κρίθηκε αναγκαία η ειδική γεωτεχνική ταξινόμηση των εν λόγω σχηματισμών. Η γεωτεχνική ταξινόμηση ετερογενών σχηματισμών όπως ο φλύσχος έγινε από τους (HOEK, MARINOS 2001) σε διαγράμματα GSI και βελτιώθηκε από τον MARINOSV. (2007).

Ο προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών που έχει ένας σχηματισμός φλύσχη εξαρτάται από τη λιθολογία και την ακεραιότητα του εκάστοτε σχηματισμού. Παρακάτω το διάγραμμα ταξινόμησης του φλύσχη (Διάγραμμα 4.1).

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) ΣΕ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΕΣ ΟΠΩΣ Ο ΦΛΥΣΧΗΣ (B. Marinos, 2007)					ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (κυρίως επίπεδα στρώσης)				
ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ					ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ				
					ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΟΛΥ ΠΕΝΕΛΗ	ΠΟΛΥ ΠΕΝΕΛΗ
					Πολλές τρύχεις, υγρές, μη αποσθραμμένες επιφάνειες	Τρύχεις, ελαφρώς αποσθραμμένες και οξειδωμένες επιφάνειες	Λείες, μετρίως αποσθραμμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες	Πολλές λείες, κατά περίπτωση ολίσθητες επιφάνειες με σημαντική επιφύλαξη ή ολίσθηση με γωνιώδη θραύσματα	Πολλές ολίσθητες επιφάνειες με γωνιώδη θραύσματα
Ετερογενείς βραχώδεις εννοούνται εδώ αυτές που εναλλάσσονται στρώματα σφοδρά διαφορετικών λιθολογικών τύπων με σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά αντοχής τους. Για τον φλύσχη αυτές οι εναλλαγές αναφέρονται κυρίως σε ψαμίτες και ιαλύλους. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται και αργιλικό σχιστόλιθο. Βασίζονται στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των συνεχειών (κυρίως της στρώσης) της βραχώδους επιφάνειας. Η επιλογή της δομής πρέπει να καθορίζεται με βάση την τεκτονική διαταραχή (αδιατάρακτη, μέτρια διαταραγμένη - διαταραγμένη, αποδιοργανωμένη, διατηρημένη), την αναλογία ψαμμιτών και ιαλύλων και την εκτεταμένη εσωτερική στρωμάτωσή τους. Στους τύπους IV και V όταν το πάχος των τραπεζιών του ψαμμιτή είναι μεγάλο (>50 cm) προτείνεται η αύξηση της τιμής GSI κατά 5 μονάδες. Από τον τύπο IV και στους επόμενους τύπους τα επίπεδα στρώσης διακρίνονται μέσα στη μάζα του ιαλύλου. Επιλέξτε τη θέση στο πεδίο που περιγράφει τις συνθήκες και εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις κορυφές. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών n-x από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των συνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γεωλογικών πεδίων προς κάθε κατεύθυνση. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθεις που ελέγχονται από συγκεκριμένες συνθήκες όταν οι αστάθεις επιπέδες επιφάνειες (όπως διατηρημένα επίπεδα στρώσης) έχουν διαμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η αντοχή ορισμένων βραχωδών μειώνεται από τη παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης συνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.									
ΤΥΠΟΣ I. Αδιατάρακτος, μεσοστρωματώδης έως παχυστρωματώδης ψαμμιτής με αποδοτικούς πολύ λεπτούς υμένους ιαλύλους. Σε αβαθείς στρώσεις ή πρανή αν ο μηχανισμός αστάθειας λόγω έλλειψης πλευρικού παρεμποδισμού (χαλαρή δομή) έχει κινηματικό χαρακτήρα που ελέγχεται από τα επίπεδα στρώσης τότε δεν εφαρμόζεται ο δείκτης GSI					ΤΥΠΟΣ II. Αδιατάρακτος συμπαγής ιαλύλος (δεν διακρίνονται τα επίπεδα στρώσεων) με σποραδικές λεπτές ενταρνώσεις ψαμμιτών				
ΤΥΠΟΣ III. Μέτρια διαταραγμένος ψαμμιτής με λεπτές ενταρνώσεις ιαλύλων					ΤΥΠΟΣ V. Μέτρια διαταραγμένος ιαλύλος με ενταρνώσεις ψαμμιτών				
ΤΥΠΟΣ IV. Μέτρια διαταραγμένη βραχώδης που αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτή και ιαλύλου σε ίσες περιόδους αναλογίες					ΤΥΠΟΣ VI. Μέτρια διαταραγμένος ιαλύλος με αραίες ενταρνώσεις ψαμμιτών				
ΤΥΠΟΣ VII. Έντονα διαταραγμένη - πτωχή βραχώδης, η οποία διατηρεί τη δομή της και αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτή και ιαλύλου σε ίσες περίπου αναλογίες					ΤΥΠΟΣ VIII. Έντονα διαταραγμένη- πτωχή βραχώδης, η οποία διατηρεί τη δομή της και δεν έχει παραμορφωθεί- διατηρεί σε μεγάλο βαθμό και αποτελείται από ιαλύλο ή και αργιλικό σχιστόλιθο με ενταρνώσεις ψαμμιτή				
ΤΥΠΟΣ IX. Αποδιοργανωμένη βραχώδης που απαντάται συνήθως σε μεγάλες ζώνες ρηγματώσεων ή/και έντονης αποσθραμμένης. Στον τύπο αυτό απαντώνται κυρίως ψαθούρα γεωλικά με διαταραγμένο ιαλύλικό υλικό ανάμεσα					ΤΥΠΟΣ X. Τεκτονικά παραμορφωμένος, έντονα πτωχός, διατηρημένος ιαλύλος ή αργιλικός σχιστόλιθος με κερματισμένα και παραμορφωμένα ψαμμιτικά τεμάχια που διαμορφώνουν σχέδον χαοτική δομή. Οι στρώσεις του ψαμμιτή παραμένουν παράλληλες με αυτές του ιαλύλου				
ΤΥΠΟΣ XI. Τεκτονικός ισχυρά διατηρημένος ιαλύλος ή αργιλικός σχιστόλιθος σε χαοτική δομή με θύλακες αργίλου. Λεπτά στρώματα ψαμμιτή έχουν μετατραπεί σε κερματισμένα πολύ μικρά βραχώδη τεμάχια. Οριακά η συμπεριφορά των γεωλικών μπορεί να προσομοιωθεί με εδαφικά									

N/A → Σημειώνει γεωλογικώς αδύνατος συνδυασμός. Αλλού, εκτός των σκιασμένων περιοχών, περιπτώσεις όχι αδύνατες αλλά πολύ σπάνιες να υπάρχουν
 Φορά τεκτονικής διαταραχής αντίστοιχης λιθολογίας

Διάγραμμα 4.1 Δείκτης γεωλογικής αντοχής (GSI) σε ετερογενείς βραχώδεις όπως ο φλύσχος (B. Marinos 2007)

4.1.2 Επιλογή των ποσοτήτων σσι και μι για ετερογενείς σχηματισμούς τύπου φλύσχη

Σε ετερογενείς σχηματισμούς η επιλογή των ποσοτήτων σσι και μι δεν είναι απλή καθώς αυτές οι ποσότητες αφορούν συνεκτικούς, ομογενείς σχηματισμούς, ενώ τα στρώματα στον φλύσχη εναλλάσσονται από τα ανθεκτικά, ψαμμιτικά, στα μη ανθεκτικά ιλυολιθικά. Για το λόγο αυτό, για να προσδιοριστούν αυτές οι ποσότητες χρησιμοποιείται μία σταθμισμένη μέση τιμή των αδρόκοκκων και των λεπτόκοκκων στρωμάτων. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1, Πίνακας 4.2) φαίνονται οι αρχικές τιμές του μι και ο πίνακας με τις προτεινόμενες μετατροπές για κάθε τύπο φλύσχη.

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates (21 ± 3)	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2	Claystones 4 ± 2
			Breccias (19 ± 5)		Greywackes (18 ± 3)	Shales (6 ± 2) Marls (7 ± 2)
	Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
		Evaporites		Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
		Organic				Chalk 7 ± 2

Πίνακας 4.1 Τιμές του μι για συμπαγείς ιζηματογενείς σχηματισμούς. (Σημείωση: οι τιμές στις παρενθέσεις είναι προσεγγιστικές). Το εύρος των τιμών για κάθε υλικό εξαρτάται από την κοκκομετρία του και το αλληλοκλείδωμα των κόκκων του- οι υψηλότερες τιμές σχετίζονται με καλό αλληλοκλείδωμα κόκκων και τη μεγάλη γωνία τριβής.

Βασισμένος πίνακας από τους Deere, (1968) & Palmstrom & Singh, (2001)

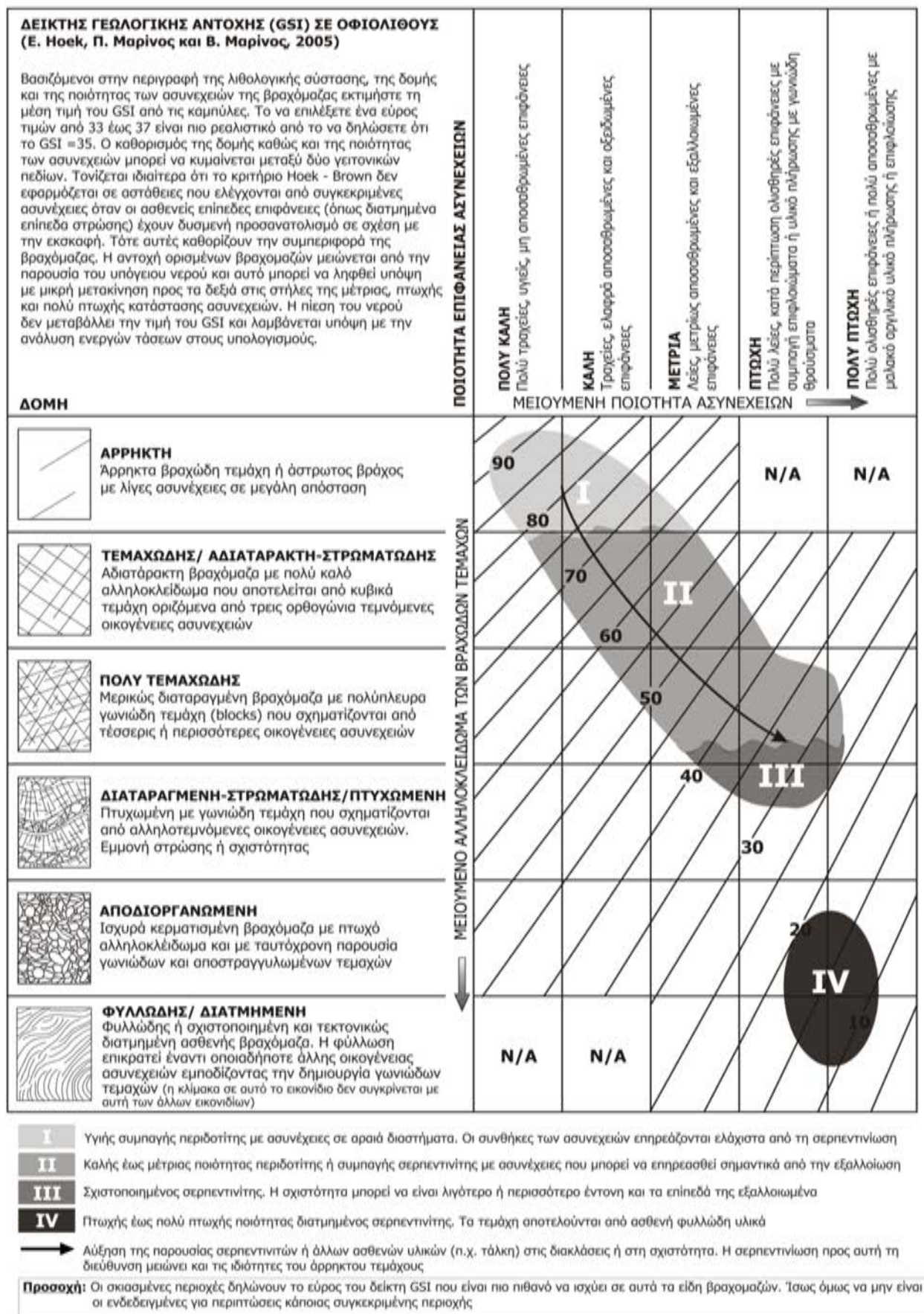
Τύπος Φλύσχη	Απαραίτητα ποσοστά των ποσοτήτων σσι και μι για κάθε τύπο φλύσχη, για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων της βραχώμαζας
A και B	Χρήση τιμών των ψαμμιτικών στρωμάτων
C	Μείωση της τιμής των ψαμμιτών κατά 20% και χρήση ακέραιης της τιμής των ιλυολίθων
D	Μείωση της τιμής των ψαμμιτών κατά 40% και χρήση ακέραιης της τιμής των ιλυολίθων
E	Μείωση της τιμής των ψαμμιτών κατά 40% και χρήση ακέραιης της τιμής των ιλυολίθων
F	Μείωση της τιμής των ψαμμιτών κατά 60% και χρήση ακέραιης της τιμής των ιλυολίθων
G	Χρήση της τιμής των ιλυολίθων
H	Χρήση της τιμής των ιλυολίθων
(HOEK, MARINOS 2001)	

Πίνακας 4.2 Απαραίτητα ποσοστά των ποσοτήτων σσι και μι για κάθε τύπο φλύσχη, για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων της βραχώμαζας (HOEK, MARINOS 2001).

4.2 Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των οφιολίθων

Οι οφιολίθοι αποτελούν σχηματισμούς που για να βρεθούν στη σημερινή τους θέση έχουν υποστεί μια έντονη τεκτονική καταπόνηση λόγω κυρίως συμπιεστικών τεκτονικών κινήσεων. Οι γεωτεχνικές ιδιότητες των διάφορων σχηματισμών ποικίλλουν από εξαιρετικές- μέτριες έως και φτωχές-πολύ φτωχές. Η γεωτεχνική ταξινόμηση των οφιολίθων σε διαγράμματα GIS, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της κατασκευής της Εγνατίας οδού, στους οφιολιθικούς σχηματισμούς της Πίνδου. Οι σχηματισμοί που συναντούνται περιλαμβάνουν κυρίως περιδοτίτες, γάββρους, σερπεντινωμένους περιδοτίτες, σερπεντινίτες, pillow λαβες και οφιολιθικά μίγματα. Η αντοχή του κάθε σχηματισμού διαφέρει δραματικά η μία από την άλλη, ακόμα και στην περίπτωση εξαλλοίωσης του. Αναλυτικότερα οι μη διατμημένοι περιδοτίτες παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και κατατάσσονται στις θέσεις I και II στο διάγραμμα. Σε περίπτωση που είναι τεκτονικά διαταραγμένοι, παρατηρείται σερπεντινίωση των επιφανειών των ασυνεχειών τους, με αποτέλεσμα η βραχώμαζα να παρουσιάζει δραματική πτώση των ιδιοτήτων της και οι GIS τιμές της πέφτουν έως και στο 35, στα χαμηλότερα σημεία της θέσης II. Εάν η σερπεντινίωση οφείλεται στην αυτομεταμόρφωση και/ή σχετίζεται με τεκτονική επώθηση οι ιδιότητες της βραχώμαζας είναι φτωχές, κατατάσσοντας την στη θέση III του διαγράμματος. Σε διατμημένες ζώνες σερπεντινιτών, παρατηρούνται δομές αποτελούμενες από ολισθηρά κομμάτια και νιφάδες σερπεντινίτη. Τότε

οι τιμές GSI κυμαίνονται στη θέση IV του πίνακα, και πέφτουν έως και κάτω από το 20. Τέλος στην περίπτωση των οφιολιθικών μιγμάτων, δηλαδή τις οφιολιθικές μάζες που λόγω της επώθησής τους αναμειγνύονται με διάφορους από τους σχηματισμούς που παρασέρνουν ή επικαλύπτουν, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μία πλήρως αποδιοργανωμένη μάζα, που παρουσιάζεται διατμημένη και πτυχωμένη, η τιμές GSI είναι πολύ χαμηλές και κατατάσσονται στη θέση V. (Marinos et al 2005)



Διάγραμμα 4.2 Δείκτης γεωλογικής αντοχής (GSI) σε οφιόλιθους.

5 ΕΡΕΥΝΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενό της τον εντοπισμό, τον χαρακτηρισμό και τη γενικότερη αξιολόγηση κατολισθητικών φαινομένων στον οδικό άξονα μεταξύ των οικισμών, Σαμαρίνα, Σμίξη, Περιβόλι, Αβδέλλα, Πολυνέρι, Λάβδα, Φιλιππαίων στα Γρεβενά. Παρακάτω θα αναλυθούν τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον εντοπισμό των κατολισθήσεων στο Google earth, την αξιολόγηση των πιθανών μετακινήσεων, την καταγραφή των περιπτώσεων κατά την υπαίθρια μελέτη, την σύγκριση της έρευνας από τον υπολογιστή στο πεδίο και θα γίνει η αξιολόγηση της κάθε θέσης ξεχωριστά.

5.1 Google earth

Ο αρχικός εντοπισμός των μετακινήσεων έγινε με τη χρήση του Google earth, κατά τον οποίο δόθηκε ιδιαίτερη σημασία σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία αναφέρονται στο Κεφάλαιο 1. Με αυτή την έρευνα δημιουργήθηκε ένα αρχείο kmz το οποίο περιείχε τις θέσεις στις οποίες πιθανώς υπάρχει μετακίνηση. Αυτές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, η πρώτη με το κόκκινο χρώμα περιλαμβάνει τις μετακινήσεις που θεωρείται βέβαιη η ύπαρξή τους, η δεύτερη με το κίτρινο χρώμα περιλαμβάνει αυτές που είναι σχεδόν βέβαιη και τέλος με το ροζ χρώμα περιλαμβάνονται αυτές που η ύπαρξή τους είναι υπό εξέταση. Στην Εικόνα 5.1 παρακάτω φαίνονται όλα τα σημεία που εντοπίστηκαν.



Εικόνα 5.1 Η εμφάνιση του kmz αρχείου με τις πιθανές θέσεις μετακίνησης.

5.2 Μελέτη στην ύπαιθρο

Στις 16/05/2016 πραγματοποιήθηκε η οδική εξόρμηση για τον εντοπισμό των μετατοπίσεων. Η διαδρομή που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τους οδικούς άξονες Σμίξης-Πολυνερίου, Σμίξης –Λάβδα, Λάβδα-Αβδέλλας και Αβδέλλας-Περιβολιού. Η εργασία στην ύπαιθρο περιελάμβανε την φωτογράφιση των αστοχιών, την καταγραφή των γεωγραφικών συντεταγμένων τους, την αξιολόγηση του τρόπου μετακίνησης τους, αν ήταν δυνατόν τον καθορισμό του υλικού, και την καταγραφή γενικών παρατηρήσεων σχετικά με το μετακινούμενο υλικό και τη μορφολογία της περιοχής. Στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση της κάθε θέσης μετατόπισης.

5.3 ArcGis

Το πρόγραμμα ArcGis αποτελεί ένα πρόγραμμα επεξεργασίας, διαχείρισης, ανάλυσης και αποθήκευσης χωρικών δεδομένων, πάσης φύσεως. Το ArcGis χρησιμοποιήθηκε, στα πλαίσια της εργασίας, ως εργαλείο για την ταυτοποίηση των γεωλογικών μονάδων που υπήρχαν σε κάθε θέση. Για το σκοπό αυτό πρώτο βήμα ήταν η γεωαναφορά των γεωλογικών χαρτών, από το προβολικό σύστημα εγσα87 σε WGS84, έτσι ώστε να μπορέσουν να προβληθούν πάνω σε αυτόν τα σημεία που ήταν ήδη γεωαναφερόμενα στο WGS84. Για την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας και για την οικειοποίηση με τα εργαλεία του προγράμματος, τελικό στάδιο ήταν η ψηφιοποίηση των γεωλογικών χαρτών της περιοχής και η εξαγωγή ενός χάρτη πλήρως ψηφιοποιημένου, με προβολή των σημείων πάνω σε αυτόν. Βλ. Παράρτημα.

5.4 ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

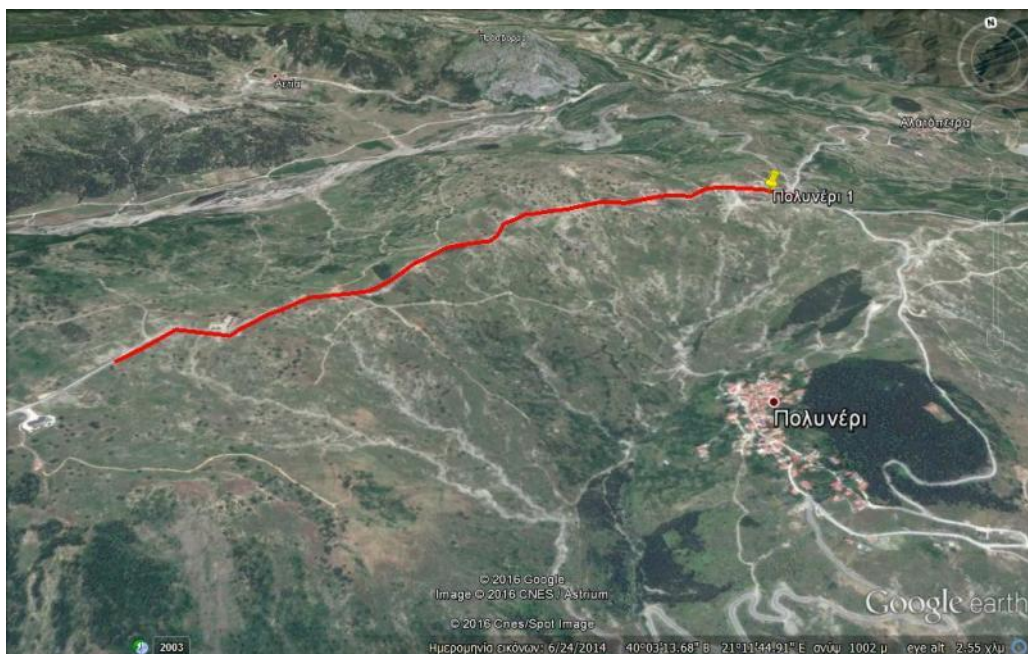
Θέση πρώτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: $21^{\circ}12'28.79''\text{A}$

Γεωγραφικό πλάτος $40^{\circ}3'34.46''\text{B}$

Περιγραφή θέσης

Στην πρώτη θέση εντοπίστηκε σε ήπιο ανάγλυφο μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης, το φαινόμενο δεν περιορίζεται στο συγκεκριμένο σημείο αλλά η μετακίνηση εκτείνεται σε όλη την έκταση της πλαγιάς, όπως διαγράφεται στην 5.2 Εικόνα με την κόκκινη γραμμή.



5.2 Εικόνα της 1ης θέσης, από Google earth

Το μετακινούμενο υλικό αυτής της θέσης αποτελεί αποσαθρωμένος μανδύας, που σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη προέρχεται από τον φλύσχη της Πίνδου. Στο σημείο που έγινε η λήψη των φωτογραφιών, το οδόστρωμα παρουσίαζε ανωμαλίες, διακρινόταν λόγω του διαφορετικού χρώματος η εκ νέου ασφαλτόστρωση του δρόμου και υπήρχε ένας κεκλιμένος στύλος φωτισμού της Δ.Ε.Η. Τέλος στην κατάντη πλευρά του οδοστρώματος ήταν εμφανή τα εξάρματα που σχηματίζονται από την κατολίσθηση εδαφικών υλικών. Στο σημείο αυτό προτείνεται η αντιμετώπιση της μετακίνησης με επιφανειακά αποστραγγιστικά μέτρα, την κάλυψη του πρανούς, για τη διαφύλαξη του από τις επιφανειακές απορροές των υδάτων, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.

Θέση δεύτερη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'35.07"A

Γεωγραφικό πλάτος 40° 2'49.58"B

Περιγραφή θέσης

Στη δεύτερη θέση, σε μέτριο ανάγλυφο, εντοπίστηκε πρανές το οποίο είχε κατολισθήσει περιστροφικά, ανάντη του οδοστρώματος όπως φαίνεται στην (5.3εικόνα). Μετακινούμενο υλικό σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Η μετακίνηση ήταν εμφανής λόγω της παρουσίας της επιφάνειας ολίσθησης και της κύριας κατακρήμνισης. Στο σημείο αυτό προτείνεται η αντιμετώπιση της μετακίνησης με επιφανειακά αποστραγγιστικά μέτρα, που θα περιλαμβάνουν την κάλυψη του πρανούς, για τη διαφύλαξη του από τις επιφανειακές απορροές των υδάτων και αποστραγγιστήρια, τα οποία θα αποφορτίζουν το πρανές από το βάρος του υπόγειου νερού. Με τα μέτρα αυτά θα μπορούσε να αποφευχθεί περαιτέρω μετακίνηση.



5.3 Θέση 2

Θέση τρίτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 9'32.78"A

Γεωγραφικό πλάτος 40° 2'38.17"B

Περιγραφή θέσης

Στην τρίτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης, η οποία όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.4 της Google earth περιλαμβάνει συνολικά το πρανές ανάντη και κατόντη του οδοστρώματος, όπως διαγράφεται με την κόκκινη γραμμή. Μετακινούμενο υλικό σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Στοιχεία για την αναγνώριση της μετακίνησης αποτέλεσαν το ανώμαλο οδόστρωμα, η νέα ασφαλτόστρωση και οι σχηματισμοί από εξάρματα που εντοπίστηκαν ανάντη του οδοστρώματος. Στο σημείο αυτό προτείνεται η αντιμετώπιση της μετακίνησης με επιφανειακά αποστραγγιστικά μέτρα, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς, ώστε να αποφευχθεί περαιτέρω μετακίνηση.



Εικόνα 5.4 Θέση 3

Πηγή: Googleearth

Θέση τέταρτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 7'42.83"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 3'13.46"B

Περιγραφή θέσης

Στην τέταρτη θέση, σε ήπιο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης. Μετακινούμενο υλικό σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Στοιχεία για την αναγνώριση της μετακίνησης αποτέλεσαν η ανωμαλία στο οδόστρωμα, το σκαλοπάτι κατακρήμνισης και η παρουσία απορροής υδάτων πάνω σε αυτό. Το τελευταίο στοιχείο σχετίζεται με τη δημιουργία μισγάγγειας λόγω της διάνοιξης του δρόμου (Εικόνα 5.5), έτσι ως μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η στοχευμένη αποστράγγιση για την αποφόρτιση του πρανούς και η ανακατεύθυνση των υδάτων, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.5 Θέση 4, Απορροή υδάτων στο επίχωμα λόγω δημιουργίας μισγάγγειας

Θέση πέμπτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 9'19.01"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 2'46.92"B

Περιγραφή θέσης

Στην πέμπτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκαν δύο μετακινήσεις τύπου περιστροφικής ολίσθησης στο επίχωμα σε υλικό αποσαθρωμένου μανδύα. Προέλευση του υλικού σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Ανάντη του επιχώματος το πρανές φαίνεται να ισορροπεί, έτσι πιθανή αιτία πρόκλησης της μετακίνησης αποτελεί η διάνοιξη του δρόμου. Ως μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η δημιουργία υπόγειου και επιφανειακού συστήματος αποστράγγισης, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.6Οι 2 αστοχίες σε κάτοψη, θέση 5

Πηγή: Googleearth

Θέση έκτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: $21^{\circ} 9'44.71''$

Γεωγραφικό πλάτος: $40^{\circ} 2'1.25''B$

Περιγραφή θέσης

Στην έκτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε προϋπάρχον εδαφικό υλικό ολίσθησης. Μετακινούμενο υλικό σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Η μετακίνηση έγινε αντιληπτή λόγω της παρουσίας αστοχίας στο επίχωμα (Εικόνα 5.7), την εμφάνιση εφελκυστικών ρωγμών στο πρανές (Εικόνα 5.8) και της παρουσίας δένδρων με τη χαρακτηριστική καμπύλωση στον κορμό (Εικόνα 5.9), λόγω της μετακίνησης. Ως μέτρο αντιμετώπισης της μετακίνησης προτείνεται ο σχεδιασμός αποστραγγιστικού συστήματος για την αποφόρτιση του πρανούς από τα ύδατα και την ανάσχεση της μετακίνησης. Επίσης αναγκαία κρίνεται και η δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.7 Η αστοχία του επιχώματος, θέση 6



Εικόνα 5.8 Η αστοχία του πρανούς, θέση 6



Εικόνα 5.9 Παρουσία κεκλιμένου κορμού δέντρου

Θέση έβδομη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος:

Γεωγραφικό πλάτος:

Περιγραφή θέσης

Στην έβδομη θέση, σε ήπιο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφική ολίσθησης σε υλικό αποσαθρωμένου μανδύα. Προέλευση του υλικού σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου. Στοιχείο για την αναγνώριση της ολίσθησης αποτέλεσε η παρουσία ένας κεκλιμένος στύλος φωτισμού της Δ.Ε.Η. (Εικόνα 5.10), καθώς και οι εκ νέου ασφαλτοστρώσεις στο επίχωμα. Στο σημείο αυτό προτείνεται η αντιμετώπιση της μετακίνησης με αποστράγγιση, προκειμένου να απομακρύνονται τυχόντα κατακρημνίσματα από την κατολισθαίνουσα μάζα και να σταματήσει η μετακίνηση.



Εικόνα 5.10 Ο κεκλιμένος στύλος φωτισμού της Δ.Ε.Η., θέση 7

Θέση όγδοη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'11.07"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 1'42.33"B

Περιγραφή θέσης

Στην όγδοη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε, σε περιβάλλον αποσαθρωμένου μανδύα, μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης και σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη η μετακίνηση λαμβάνει χώρα σε φλύσχη της Πίνδου. Στοιχεία για την αναγνώριση της μετακίνησης αποτέλεσε το γεγονός πως η κατολίσθηση ήταν εμφανής σε όλο το μήκος και πλάτος της και φαινόταν χαρακτηριστικά ανάντη του επιχώματος, η κύρια κατακρήμνιση Εικόνα 5.11, και ο πόδας της βρισκόταν κατάντη του επιχώματος, στο ρέμα.(Εικόνα 5.12). Ως μέτρο αντιμετώπισης της μετακίνησης προτείνεται ο σχεδιασμός αποστραγγιστικού συστήματος για την αποφόρτιση του πρανούς από τα ύδατα και την ανάσχεση της μετακίνησης, καθώς η δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς..



Εικόνα 5.11 Η κύρια κατακρήμνιση ανάντη του επιχώματος, θέση 8



Εικόνα 5.12 Η συνέχεια της κατολίσθησης κατάντη του επιχώματος, θέση 8

Θέση ένατη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'28.42"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 2'4.61"B

Περιγραφή θέσης

Στην ένατη θέση, σε ήπιο ανάγλυφο, σε κατολισθητικό υλικό φλύσχη, έγινε εντοπισμός καθίζησης ενός κτίσματος, και περιστροφικών ολισθήσεων όλης της πλαγιάς. Τα στοιχεία που βοήθησαν στην αναγνώριση του φαινομένου, ήταν η ύπαρξη ρωγμών και αποκόλλησης των τσιμεντόλιθων του κτίσματος (Εικόνα 5.13) και σχετικά με την πλαγιά, ή παρουσία των χαρακτηριστικών δομών από εδαφικά εξάρματα σε όλη την έκτασή της (Εικόνα 5.14). Ως μέτρο αντιμετώπισης της κίνησης κρίνεται απαραίτητη, λόγω μικρής ταχύτητας της κίνησης, επιφανειακή αποστράγγιση για την προστασία του πρανούς από την κατείσδυση υδάτων σε αυτό, καθώς και η δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



5.13 Ρωγμές στον τοίχο του κτίσματος, θέση 9



Εικόνα 5.14 Εδαφικά εξάρματα κατά μήκος της πλαγιάς, θέση 9

Θέση δέκατη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'48.33"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 1'26.00"B

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε αποσαθρωμένο μανδύα φλύσχη, όπως αποτυπώνεται στο γεωλογικό χάρτη. Η αστοχία παρουσιάστηκε στο επίχωμα και τα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για την αναγνώριση της κατολίσθησης αποτέλεσαν η χρονικά νεότερη ασφαλτόστρωση του επιχώματος στο σημείο, οι εφελκυστικές ρωγμές πάνω και στη νέα άσφαλτο, που δηλώνουν τη συνέχεια της μετακίνησης μετά την αρχική επιδιόρθωση, και η κύρια κατακρήμνιση στο επίχωμα (Εικόνα 5.15). Η περίπτωση αυτής της αστοχίας πιθανώς να σχετίζεται με ανθρωπογενείς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα τη διάνοιξη οδικού άξονα στο πρανές. Η αντιμετώπιση της μετακίνησης προτείνεται να γίνει με αποστραγγιστικά μέτρα, υπόγεια και επιφανειακά, που θα περιλαμβάνουν την κάλυψη του πρανούς για την προστασία του από τη διαβρωτική δράση των επιφανειακών υδάτων, και την τοποθέτηση στραγγιστηρίων για την αποφόρτιση της κατολισθαίνουσας μάζας από το βάρος των υπόγειων υδάτων και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς..



Εικόνα 5.15 Κατακρήμνιση στο επίχωμα, θέση 10

Θέση ενδέκατη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'51.86"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 0'50.57"B

Περιγραφή θέσης

Στην ενδέκατη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε υλικό αποσαθρωμένου μανδύα. Προέλευση του υλικού σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη αποτελούσε ο 2^{ος} φλύσχος της Πίνδου. Η αστοχία εντοπίστηκε στο πρανές ανάντη του επιχώματος και παρατηρήθηκαν αρχικά τα χαρακτηριστικά εξάρματα (Εικόνα 5.16), λόγω της περιστροφικής μετακίνησης του υλικού και αργότερα τους κεκλιμένους κορμούς ορισμένων δένδρων, που αποτελούν, στοιχείο για την αναγνώριση των μετακινήσεων σε πρανή. Τα μέτρα αντιμετώπισης που προτείνονται στη θέση αυτή είναι αποστραγγιστικά που κυρίως θα περιλαμβάνουν την προστασία του πρανούς από τη διαβρωτική δράση των επιφανειακών υδάτων και την αποφόρτιση του πρανούς από τα κατεισδύσαντα ύδατα με την τοποθέτηση στραγγιστηρίων, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.16 Πρανές με εξάρματα και κεκλιμένα δέντρα, θέση 11

Θέση δωδέκατη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°11'14.50"A

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 0'27.61"B

Περιγραφή θέσης

Στη δωδέκατη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε υλικό αποσάθρωσης φλύσχη, σύμφωνα με την αποτύπωση της θέσης στον γεωλογικό χάρτη. Η κατολίσθηση ήταν εμφανής στο πρανές ανάντη του οδικού άξονα (Εικόνα 5.17) και είχε συμβεί μετά τη δημιουργία παράδρομου ανάντη του κεντρικού οδικού άξονα, χωρίς τη λήψη των απαραίτητων σταθεροποιητικών μέτρων. Ως μέτρα σταθεροποίησης του πρανούς, προτείνονται, η επιφανειακή αποστράγγιση του, καθώς και η τοποθέτηση φορτίου στον πόδα του πρανούς, είτε με τη μορφή τοίχου αντιστήριξης, είτε με τη μορφή συρματοκιβωτίων.



Εικόνα 5.17 Περιστροφική ολίσθηση στο πρανές, θέση 12

Θέση δέκατη τρίτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 9'26.28"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°58'53.76"B

Περιγραφή θέσης

Στη δέκατη τρίτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε αποσαθρωμένο υλικό ασβεστολιθικής βραχώμαζας, σύμφωνα με την αποτύπωση της θέσης στον γεωλογικό χάρτη. Η αναγνώριση της ολίσθησης βασίστηκε στην παρουσία εφελκυστικών ρωγμών στο ανώτερο σημείο του πρανούς και της παρουσίας κορρημάτων ολίσθησης στον πόδα του πρανούς. Ως μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η επιφανειακή αποστράγγιση για την απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων, η δημιουργία στραγγιστηρίων για την αποφόρτιση του πρανούς από τα υπόγεια ύδατα, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.18 Κατολίσθηση & παρουσία εφελκυστικών ρωγμών ανάντη του πρανούς, θέση 13

Θέση δέκατη τέταρτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 8'50.00"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°58'58.44"B

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη τέταρτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε αστοχία λόγω βραχοπτώσεων. Η αστοχία πραγματοποιήθηκε σε ασβεστολιθική βραχώμαζα, σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη. Η αντιμετώπιση των καταπτώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την επιδιόρθωση του πλέγματος συγκράτησης, με τη δημιουργία τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.19 Αστοχία στο πλέγμα συγκράτησης, θέση 14

Θέση δέκατη πέμπτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 7'39.97"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°59'49.07"B

Περιγραφή θέσης

Στη δέκατη πέμπτη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης και ροής κορρημάτων, σε τεκτονικό μίγμα ασβεστόλιθων με οφιόλιθους, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη. Η κατολίσθηση έγινε αντιληπτή λόγω της παρουσίας κορρημάτων στον πόδα του πρανούς και της αποκάλυψης, κάτω από τον αποσαθρωμένο μανδύα, του μητρικού πετρώματος. Ως μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η επιφανειακή αποστράγγιση για την απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων, η δημιουργία στραγγιστηρίων για την αποφόρτιση του πρανούς από τα υπόγεια ύδατα, καθώς και τη δημιουργία αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς.



Εικόνα 5.20 Αποκάλυψη μητρικού πετρώματος, κάτω από τον αποσαθρωμένο μανδύα, θέση 15

Θέση δέκατη έκτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: $21^{\circ} 7'29.42''\text{A}$

Γεωγραφικό πλάτος: $40^{\circ} 0'11.49''\text{B}$

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη έκτη θέση, σε ήπιο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης σε αποσαθρωμένο μανδύα προέρχόμενο από οφιολίθικο μίγμα δολερίτη, Pillow lava και γάββρων, όπως αποτυπώνεται στον γεωλογικό χάρτη. Η αστοχία αναγνωρίστηκε από την ύπαρξη συρματοκιβωτίων, τα οποία είχαν τοποθετηθεί ως μέτρο αντιμετώπισης στο σώμα τη μετακινούμενης μάζας (Εικόνα 5.21). Ως επιπρόσθετο μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η επιφανειακή αποστράγγιση του πρανούς.



Εικόνα 5.21 Συρματοκιβώτια για την ανάσχεση της μετακίνησης, θέση 16

Θέση δέκατη έβδομη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 7'0.05"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°59'2.96"B

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη έβδομη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης, σε αποσαθρωμένο μανδύα, προερχόμενο από υλικό Pillow Lava και δολεριτών, όπως αποτυπώνεται στον γεωλογικό χάρτη. Ως μέτρο αντιμετώπισης των μετακινήσεων προτείνεται επιφανειακή και υπόγεια αποστράγγιση, για την προστασία του πρανούς από τα επιφανειακά ύδατα που δύναται να το διαβρώσουν ή να κατεισδύσουν σε αυτό και την αποφόρτιση του πρανούς από τα κατεισδύσαντα και υπόγεια ύδατα.



Εικόνα 5.22 Αστοχία στο επίχωμα, θέση 17

Θέση δέκατη όγδοη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος:21° 7'17.76"A

Γεωγραφικό πλάτος:39°58'41.61"B

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη ένατη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη ο κυρίαρχος γεωλογικός σχηματισμός είναι ασβεστόλιθος. Στοιχεία για την αναγνώριση της μετακίνησης αποτέλεσαν η εμφάνιση των πρανών, αρχικά από τις δορυφορικές φωτογραφίες του Google earth και έπειτα η παρατήρηση των πρανών στην επιτόπια έρευνα. Ακόμα εντοπίστηκαν υλικά ολίσθησης στο κάτω μέρος του πρανούς, πάνω στο οδόστρωμα. Πιθανή αιτία της αστοχίας είναι η πρόσφατη χάραξη του οδικού δικτύου από το πρανές, που το οδήγησε να αστοχήσει. Ως μέτρα αντιμετώπισης προτείνονται επιφανειακά και υπόγεια μέτρα αποστράγγισης, εκ των οποίων τα πρώτα θα διασφαλίσουν την ελεγχόμενη απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων από το πρανές και τα δεύτερα, με την τοποθέτηση στραγγιστηριών κατά μήκος του πρανούς, θα διασφαλίσουν την αποστράγγιση του από τυχόντα υπόγεια ύδατα ή από ύδατα που κατάφεραν να διεισδύσουν στη βραχώμαζα. Έτσι η κατολίσθηση είναι δυνατόν να σταματήσει, ενώ παράλληλα, μέχρι την σταθεροποίηση του πρανούς θα ήταν θεμιτή η διακοπή της κυκλοφορίας στο οδικό άξονα κατάντη του πρανούς για τη διαφύλαξη της ασφάλειας των διερχομένων οχημάτων.

Εικόνα 5.23

Θέση δέκατη ένατη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 8'52.71"A

Γεωγραφικό πλάτος:39°58'51.11"B

Περιγραφή θέσης

Στην δέκατη ένατη θέση, σε έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης που τοποθετείται ακριβώς δίπλα της δέκατης όγδοης θέσης. Στοιχεία για την αναγνώριση της μετακίνησης αποτέλεσε η εμφάνιση των πρανών, αρχικά από τις δορυφορικές φωτογραφίες του Google earth και έπειτα η εμφάνιση των πρανών από κοντά. Ακόμα εντοπίστηκαν υλικά ολίσθησης στο κάτω μέρος του πρανούς. Αιτία της αστοχίας είναι η πρόσφατη χάραξη του οδικού δικτύου από το πρανές, που το οδήγησε να αστοχήσει. Ως μέτρα αντιμετώπισης προτείνονται επιφανειακά και υπόγεια μέτρα αποστράγγισης, εκ των οποίων τα πρώτα θα διασφαλίσουν την ελεγχόμενη απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων από το πρανές και τα δεύτερα, με την τοποθέτηση στραγγιστηριών κατά μήκος του πρανούς, θα διασφαλίσουν την αποστράγγιση του από τυχόντα υπόγεια ύδατα ή από ύδατα που κατάφεραν να διεισδύσουν στη βραχώμαζα. Έτσι η κατολίσθηση είναι δυνατόν να σταματήσει, ενώ παράλληλα, μέχρι την σταθεροποίηση του πρανούς θα ήταν θεμιτή η διακοπή της κυκλοφορίας στο οδικό άξονα κατάντη του πρανούς για τη διαφύλαξη της ασφάλειας των διερχομένων οχημάτων. *Εικόνα 5.24*



Εικόνα 5.23 Περιστροφική ολίσθηση, θέση 18



Εικόνα 5.24 Περιστροφική ολίσθηση, θέση 19

Θέση εικοστή

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21° 8'52.71"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°58'51.11"B

Περιγραφή θέσης

Στην εικοστή θέση, σε ήπιο έως έντονο ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου περιστροφικής ολίσθησης μεγάλης κλίμακας. Η κατολίσθηση συνέβαινε σε υλικό αποσαθρωμένου μανδύα, μητρικό πέτρωμα του οποίου είναι ο φλύσχης της Πίνδου, κατά τον γεωλογικό χάρτη. Για την αναγνώριση της κατολίσθησης λήφθηκαν υπόψη οι εφελκυστικές ρωγμές και τα εξάρματα του εδαφικού υλικού στα πρανή, όπως και σε πολλά σημεία δένδρα τα οποία ήταν κεκλιμένα λόγω της ολίσθησης. Το φαινόμενο αυτό είχε πολύ μεγάλη έκταση, και αντιμετωπίζεται μόνο με τη δημιουργία συστημάτων αποστράγγισης υπόγειας και επιφανειακής σε όλη την έκταση της πλαγιάς.



Εικόνα 5.25 Εδαφικά εξάρματα και Εικόνα 5.26 Αστοχία στο πρανές, θέση 20
εφελκυστικές ρωγμές στο πρανές, θέση 20

Θέση εικοστή πρώτη

Συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος: 21°10'44.81"A

Γεωγραφικό πλάτος: 39°59'32.56"B

Περιγραφή θέσης

Στην εικοστή πρώτη θέση, σε υψηλό ανάγλυφο, εντοπίστηκε μετακίνηση τύπου σφηνοειδούς ολίσθησης, σε βραχώδες πρανές, που αποτελούταν ασβεστόλιθους του μεσοζωικού, όπως αποτυπώνεται στο γεωλογικό χάρτη. Η μετακίνηση έγινε αντιληπτή από την παρουσία του ογκόλιθου στο πλάι του οδοστρώματος (Εικόνα 5.27) και χαρακτηριστικά φαίνονται οι δύο οικογένειες ασυνεχειών που οδήγησαν τον ογκόλιθο να αστοχήσει. Ως μέτρο προστασίας έναντι των επιπτώσεων των μετακινήσεων προτείνεται η δημιουργία μίας τάφρου ανάσχεσης των βραχοτεμαχίων, που θα μπορέσει να αποτρέψει τα βραχοτεμάχια να καταλήξουν στο οδόστρωμα και να αποβούν επικίνδυνα για τους διερχόμενους στον οδικό άξονα.



Εικόνα 5.27 Σφηνοειδής ολίσθηση, θέση 21

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη αποτέλεσε μία αφετηρία για την γενική καταγραφή και μελέτη των κατολισθήσεων που έχουν λάβει χώρα κατά μήκος των οδικών αξόνων στην Πίνδο της Δυτικής Μακεδονίας. Η αρχική προσέγγιση και αναγνώριση των κατολισθήσεων απαιτούσε καταρχάς την απόκτηση θεωρητικών γνώσεων σχετικά με τις κατολισθήσεις και τη συμπεριφορά και ταξινόμηση της κάθε βραχώμαζας. Παράλληλα απαραίτητη υπήρξε και η μελέτη των κλιματολογικών, μορφολογικών και γεωλογικών συνθηκών της περιοχής. Η αναζήτηση των κατολισθήσεων πραγματοποιήθηκε καταρχάς σε περιβάλλον Google earth. Την καταγραφή των κατολισθήσεων μέσα από το Google earth ακολούθησε η υπαίθρια μελέτη με την ταυτοποίηση των κατολισθήσεων, την ερμηνεία του τύπου μετακίνησης και την καταγραφή με GPS των συντεταγμένων της κάθε μιας θέσης. Με αυτήν τη κίνηση δόθηκε η ευκαιρία για τη μελέτη της εγκυρότητας των θέσεων που είχαν αρχικά εντοπιστεί μέσα από τον υπολογιστή. Στη συνέχεια λόγω της ανάγκης ταυτοποίησης των γεωλογικών μονάδων, έγινε η χρήση του προγράμματος ArcGis έτσι ώστε να γεωαναφερθεί ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής σε κοινό σύστημα αναφοράς με αυτό των σημείων και στη συνέχεια να ψηφιοποιηθεί, έτσι ώστε να προβληθούν οι θέσεις πάνω σε αυτόν και να μπορέσει να γίνει η αναγνώρισή των γεωλογικών μονάδων στην κάθε θέση.

Με την αναγνώριση των γεωλογικών μονάδων εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τη σχέση της κάθε γεωλογικής μονάδας με τον τύπο κατολίσθησης που συναντάται και τη σχέση της με τη μορφολογία που σχηματίζει και αστοχεί. Πιο αναλυτικά παρατηρήθηκε η παρουσία αποσαθρωμένου μανδύα σε όλες τις θέσεις αστοχιών, που σχετίζεται με το έντονο ανάγλυφο και το μεγάλο όγκο κατακρημνισμάτων που δέχεται η περιοχή. Ακόμα στις θέσεις με φλύσχη, παρατηρούνται αστοχίες τύπου περιστροφικής ολίσθησης, σε ανάγλυφο που κυμαίνονταν από ήπιο έως έντονο. Όλα αυτά τα στοιχεία επιβεβαιώνουν τα χαμηλά μηχανικά χαρακτηριστικά που έχει ο αποσαθρωμένος μανδύας του φλύσχη. Ενδιαφέρουσα ήταν η συμπεριφορά της ασβεστολιθικής βραχώμαζας, η οποία ανάλογα με το βαθμό κατάκλασης της, αποσάθρωσής της και τον προσανατολισμό των ασυνεχειών της αστόχησε είτε περιστροφικά σε ψηλά πρηνή, είτε με βραχύπτωση, είτε με σφηνοειδή ολίσθηση. Τελευταίο βήμα αποτέλεσε η πρόταση μέτρων αντιμετώπισης για την κάθε θέση ολίσθησης με κυριότερο μέτρο την επιφανειακή και υπόγεια αποστράγγιση των πρανών, καθώς η επίδραση των υδάτων έχει καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση των αστοχιών. Σε μία μόνο περίπτωση προτείνεται η

αντιστήριξη του πόδα του πρανούς, ενώ για τις περιπτώσεις της βραχύπτωσης και της σφηνοειδούς ολίσθησης προτείνεται η δημιουργία τάφρου ανάσχεσης και στις δύο και η σταθεροποίηση τους, με πλέγμα συγκράτησης η πρώτη και με αγκυρώσεις η δεύτερη. Τέλος, ο εντοπισμός και η ανάλυση των κατολισθητικών φαινομένων στην Πίνδο είναι πολύ σημαντικά για την κατανόηση τους και την αντιμετώπιση τους. Αυτό λόγω της ύπαρξης δυσμενών συνθηκών, μορφολογίας και κλίματος, που συντελούν στην συχνή πρόκληση αστοχιών στις περιοχές αυτές με συνέπειες που μπορεί να περιλαμβάνουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης ενός χωριού, την παρεμπόδιση της κυκλοφορίας σε έναν οδικό άξονα και να αποβούν μοιραίες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. *Transactions of the South African Institution of Civil Engineers* (15), σσ. 335-344.
2. Pierson, L. A., Gullixson, C., & Chassie, R. G. (2001). *ROCKFALL CATCHMENT AREA*. Final Report, Oregon Department of Transportation, Federal Highway Administration, Salem, OR , Washington, DC.
3. An overview of recent large landslides in northern British Columbia, Canada2006*Engineering Geology* 83120 – 143
4. Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). LANDSLIDE TYPES AND PROCESSES. Στο *LANDSLIDE: INVESTIGATION AND MITIGATION* (σσ. 36-75). Washington, DC: Transportation Research Board.
5. D., D. (n.d.).
6. Deere, (1968). Chapter 1: Geological Consideration. Στο K. G. Stagg , & O. C. Zienkiewicz, , *In Rock Mechanics in Engineering Practice* (σσ. 1-20). London: John Wiley and Sons.
7. Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch2001*Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 6085-92
8. Fausto Guzzetti, A. C.-T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews* , 112 (1.2), σσ. 42–66.
9. Hoek, E., Marinos, P., & Marinos, V. (2005). Characterisation and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 42 , σσ. 277–285.
10. Hoek, E., Μαρίνος, Π., & Μαρίνος, Β. (2005). Characterisation and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* (42), σσ. 277–285.
11. *LANDSLIDES: Analysis and Control*1978Washington, DCTransportation Research Board
12. M., P. (1969). Discussion of graphical stability analysis of slopes in jointed rock by K.W. John 1968. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division* , σσ. 685–686.
13. Palmstrom , A., & Singh , R. (2001). The deformation modulus of rock masses: comparisons between in situ tests and indirect estimates. *Tunelling and Underground Space Technology* (16), σσ. 115-131.
14. Pepe, G., Piazza, M., & Cevasco, A. (2014, July 15). *Geomechanical characterization of a highly heterogeneous flysch rock mass by means of the GSI method*. Ανάκτηση 2016, από <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10064-014-0642-4>
15. Perkins, S. (2012). Death toll from landslides vastly underestimated.
16. Rib, H., & Liang, T. (1978). Recognition and Identification. Στο R. L. Schuster, & R. J. Krizek, *Landslides: Analysis and Control* (σσ. 34-80). Washington, DC: Transportation Research Board.
17. 1978Slope Movement Types and ProcessesWashington, DCTransportation Research Board
18. Wesley, L. (2011). Stability of slopes in residual soils. *Obras y Proyectos* (10), σσ. 47-61.
19. *Αετος blog*. (2015, Σεπτέμβριος 15). Ανάκτηση από http://aetos-grevena.blogspot.gr/2015/09/blog-post_559.html
20. *Γεωλογία τεχνικών έργων*2007ΑθήναΠαπασωτηρίου

21. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ GSI. ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΕΔΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΤΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ 2004 Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου XXXVI Θεσσαλονίκη
22. Ελευθεριάδης, Γ., & Κορωναίος, Α. (2004). ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ. Θεσσαλονίκη.
23. 2009 Επεξεργασία και απεικόνιση βάσης δεδομένων κατολισθήσεων σε περιβάλλον Google earth- Εφαρμογή στο νομό Αχαΐας Διπλωματική εργασία Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθήνα
24. Ιζηματολογία 2010 Θεσσαλονίκη ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
25. Μαρίνος, Β. (2010). NEW PROPOSED GSI CLASSIFICATION CHARTS FOR WEAK OR COMPLEX ROCK MASSES. Πρακτικά 12ου Διεθνούς Συνεδρίου. 43, σσ. 1248-1258. Πάτρα: Ελληνική Γεωλογική Εταιρία.
26. Μουντράκης, Δ. (2010). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: University Press.
27. Μπλιώνα, Μ. (2008). Ανάπτυξη βάσης δεδομένων κατολισθήσεων στον ελληνικό χώρο. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
28. 2014 ΤΕΧΝΙΚΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΦΛΥΣΧΗ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΚΚΙΝΗ ΠΑΡΑΛΙΑ, ΔΗΜΟΥ ΘΗΡΑΣ Διπλωματική εργασία Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας Θεσσαλονίκη
29. Τοίχος αντιστήριξης στο δρόμο για Περιβολάκια Πελοπόννησος Ελλάδα
30. Τσιραμπίδης, Α. (2008). Ιζηματογενή Πετρώματα.
31. ΥΠΑΠΕΝ - ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ. (2016, 6 24). Συνοπτική Περιγραφή του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας. Ανάκτηση 2016, από http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=107&Itemid=12

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

1



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°12'28.79"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 3'34.46"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση- ερπυσμός

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Νέα ασφαλτόστρωση, ανωμαλία στο οδόστρωμα, κεκλιμένη κολώνα φωτισμού

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Μετακίνηση σε όλο το μήκος και πλάτος της πλαγιάς

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

2



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'35.07"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 2'49.58"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφανής επιφάνεια ολίσθησης, και σκαλοπάτι κατακρήμνισης στο πάνω μέρος της πλαγιάς

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

3

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 9'32.78"Α

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 2'38.17"Β

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Νέα ασφαλτόστρωση, Ρωγμές στο οδόστρωμα

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

4

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕ
Σ:ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΜΗΚΟΣ:

21° 7'42.83"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΠΛΑΤΟΣ:

40° 3'13.46"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσξης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Σκαλοπατάκι κατακρήμνισης στο οδόστρωμα, Απορροή υδάτων διαταραγμένη (αποτέλεσμα να απορρέει πάνω και κάτω από το επίχωμα)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας, παρεμπόδιση φυσικής υπόγειας αποστράγγισης δημιουργία μισγάγγειας που προκαλεί την μετατόπιση του επιχώματος

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

5

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 9'19.01"Α

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 2'46.92"Β

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Αστοχία στο επίχωμα σε 2 σημεία

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας,
ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

6

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕ
Σ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 9'44.71"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 2'1.25"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχεις

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχει

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Αστοχία στο επίχωμα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας,
ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

7



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'2.54"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 1'51.54"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιτροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Κεκλιμένη κολώνα ηλεκτροδότησης (κίνηση μετά την τοποθέτηση της κολώνας)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Η κίνηση στην πλαγία

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

8

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'11.07"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 1'42.33"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Χαρακτηριστικό κουταλοειδές σχήμα περιστροφικής ολίσθησης

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

9

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'28.42"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 2'4.61"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Καθίζηση κατασκευής πάνω σε υλικό που αστοχεί περιστροφικά

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εφελκυστικές ρωγμές σε στάνη

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κατασκευή στάνης πάνω σε κακής ποιότητας υλικό, με αποτέλεσμα τη καθίζηση του υλικού από το βάρος

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

10

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχη

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Αστοχία στο επίχωμα, Νέα ασφαλτόστρωση

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας,
δημιουργήθηκε ανισορροπία στην πλαγιά

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα
του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

11

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕ
Σ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'51.86"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 0'50.57"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Δολερίτες- Pillow Lavas

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Περιστροφική ολίσθηση στον αποσαθρωμένο μανδύα και πλέον κατολισθητικό υλικό δολεριτών-pillowlavas.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Χαρακτηριστικά εξάρματα στο πρανές, παρουσία κεκλιμένων κορμών δένδρων

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: : Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

12



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΜΗΚΟΣ:

21°11'14.50"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΠΛΑΤΟΣ:

40° 0'27.61"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας
φλύσχηΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφανής περιστροφική ολίσθηση μικρής κλίμακας σε
ασταθές πρανέςΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κατολίσθηση που συνέβη λόγω της επιχείρησης κατασκευής
οδού ανάντη της κεντρικής, σε ασταθές υλικό, με αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση
του πρανούς

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αλλαγή χάραξης δρόμου, αποστραγγιστικά μέτρα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

13



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΜΗΚΟΣ:

21° 9'26.28"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ
ΠΛΑΤΟΣ:

39°58'53.76"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Μεσοζωικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Περιστροφική ολίσθηση στον αποσαθρωμένο μανδύα των ασβεστόλιθων.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφάνιση ελλιπούς πρανούς, λόγω διαφυγής του υλικού από την ολίσθηση και παρουσία εφελκυστικών ρωγμών στο άνω μέρος του πρανούς

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: : Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

14

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 8'50.00"Α

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°58'58.44"Β

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Μεσοζωικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Βραχοπτώσεις

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αστοχία προστατευτικού πλέγματος συγκράτησης λόγω καταπτώσεων βραχοτέμαχων από το πρανές.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Αστοχία στο πλέγμα συγκράτησης

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Επιδιόρθωση συρματοπλέγματος, δημιουργία τάφρου ανάσχεσης βραχοπτώσεων.

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

15

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 7'39.97"Α

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°59'49.07"Β

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Οφιολιθικό μίγμα με παρασυρμένα ασβεστολιθικά μέρη

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: αποσαθρωμένος μανδύας του υλικού

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφάνιση των αστοχούντων υλικών στον πόδα του πρανούς.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Εμφανής ο μανδύας αποσάθρωσης, κάτω από αυτόν το βραχώδες μητρικό πέτρωμα

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

16



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 7'29.42"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

40° 0'11.49"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Δολερίτης-PillowLavas και γάββροι (Οφιολιθικό μίγμα)

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Υλικό αποσάθρωσης δολερίτη, pillow lavas και γαββρών.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Η ύπαρξη συρματοκιβωτίων πάνω στο κατολισθαίνων υλικό ως μέσο προστασίας, ενδεικτικό ύπαρξης κάποιας μετακίνησης

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

17



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 7'0.05"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°59'2.96"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Δολερίτης- Pillow Lavas

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Περιστροφική ολίσθηση στον αποσαθρωμένο μανδύα.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Αστοχία στα κατάντη του χωματόδρομου

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Στο σημείο ήταν κατασκευασμένος χωματόδρομος, πιθανόν λόγω της αδυναμίας του γεωολικού της περιοχής να αντέξει το βάρος της κατασκευής κανονικού επιχώματος με άσφαλτο

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα και μέτρα αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

18



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 7'17.76"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°58'41.61"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Μεσοζωικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας υλικού

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφανής κύρια κατακρήμνιση, παρουσία εφελκυστικών ρωγμών στη στέψη της ολίσθησης και παρουσία κατολισθαίνουσας μάζας στην απέναντι πλευρά του οδικού άξονα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας,
δημιουργήθηκε ανισορροπία στην πλαγιά, που προοδευτικά “προχωρά” πιο μέσα

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά μέτρα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

19



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 8'52.71"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°58'51.11"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ
ΥΛΙΚΟ:

Μεσοζωικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Περιστροφική ολίσθηση σε αποσαθρωμένο μανδύα

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Εμφανής η κύρια κατακρήμνιση, παρουσία κεκλιμένων κορμών δέντρων

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αστοχία λόγω της οδοποιίας,
δημιουργήθηκε ανισορροπία στην πλαγιά

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά έργα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

20

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21° 8'52.71"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°58'51.11"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Φλύσχης

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Περιστροφική ολίσθηση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Αποσαθρωμένος μανδύας φλύσχη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Παρουσία εφελκυστικών ρωγμών, και εξαρμάτων από κατολίσθηση σε όλη την έκταση της πλαγιάς

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κατολίσθηση μεγάλης κλίμακας (όλης της πλαγιάς), η οποία φαίνεται και στον τοπογραφικό χάρτη, λόγω μη κανονικότητας των ισοϋψών.

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Ήπιο Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αποστραγγιστικά έργα

ΜΗΤΡΩΟ ΘΕΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

#

21

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:

21°10'44.81"A

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:

39°59'32.56"B

ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝ
Ο ΥΛΙΚΟ:

Μεσοζωικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι

ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ: Σφηνοειδής ολίσθηση

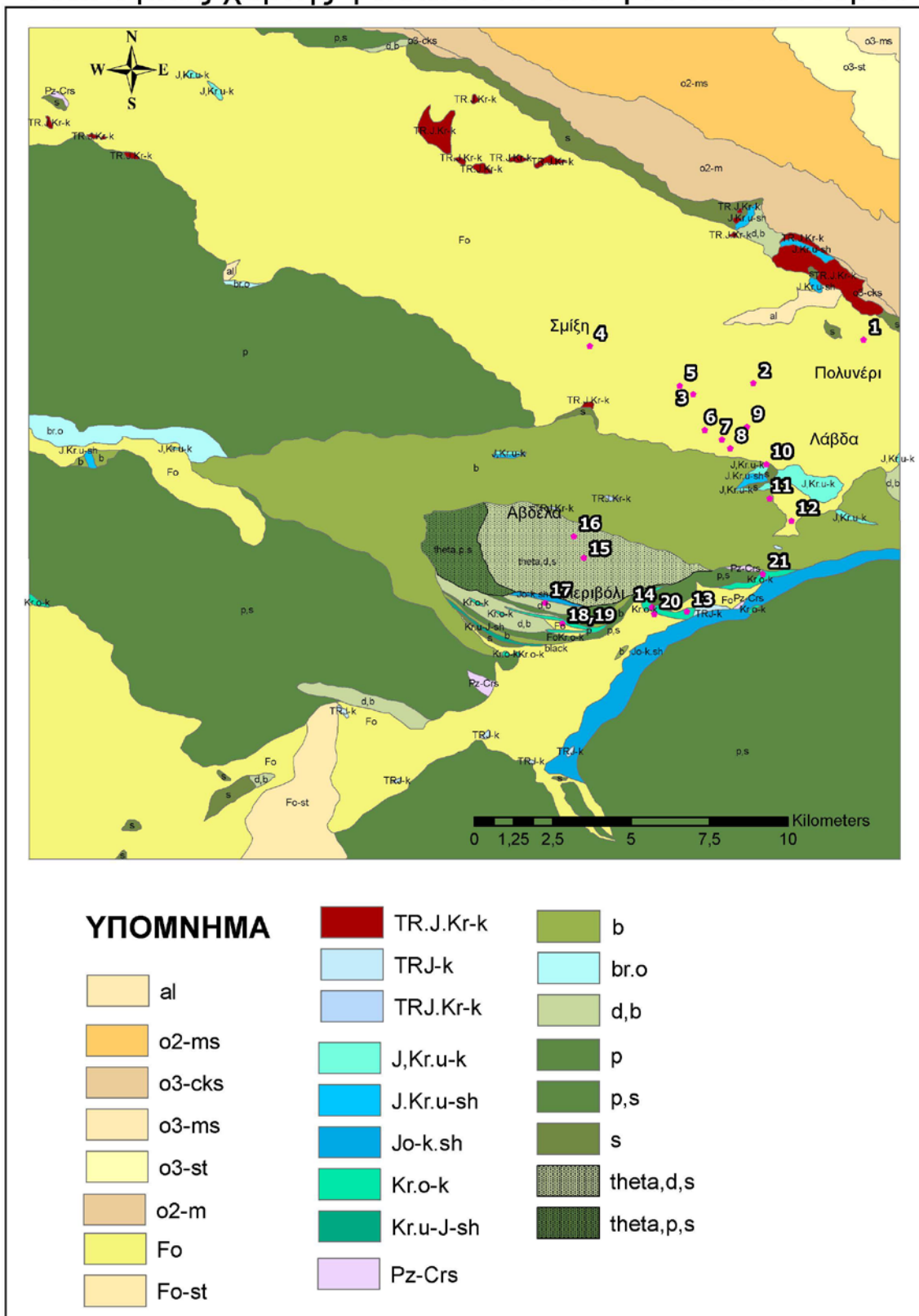
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Τεμαχώδης ασβεστόλιθος μερικώς αποσαθρωμένος

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ: Παρουσία βραχοτέμαχους στον πόδα του πρανούς

ΑΝΑΓΛΥΦΟ: Έντονο

ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ: Αγκυρώσεις, δημιουργία τάφρου ανάσχεσης.

Γεωλογικός χάρτης φύλλων Πενταλόφου και Μετσόβου



Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας με προβολή των θέσεων κατολίσθησης.

Υπόμνημα

al: Αλλουβιακοί σχηματισμοί, σύγχρονες προσχώσεις

o3-cks Στρώματα βάσεως (Ολιγόκαινο)

o3-ms Ψαμμίτες, Άμμοι και Μάργες Μόρφης (Ακουιτάνιο)

o2-st Ψαμμίτες Πενταλόφου (Ακουιτάνιο)

o2-ms Ψαμμίτες και Μάργες Ταλιάρου (Ανώτερο Στάμπιο)

o2-m Μάργες Επταχωρίου (Στάμπιο)

fo: ψαμμίτης Πίνδου (Δάνιο-Ηώκαινο)

fo-st: Ψαμμίτες του φλύσχη της Πίνδου

TR,J-k: Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, κατά συμπαγείς μάζες

Jo-k,sh: Ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι (Ανώτερο Ιουρασικό)

Kr.o-k: Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, πλακώδεις

Kr.u, J-sh: Κερατόλιθοι και σχιστόλιθοι (Ιουρασικό- Κατ.Κρητιδικό)

Pz-Crs: Κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι (Παλαιοζωικό υπόβαθρο)

ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ

p,s: Περιδοτίτες, Σερπεντινίτες

br.o: Οφειολιθικό τεκτονικό λατυποπαγές.

d,b: Δολερίτες, Βασάλτες, Μικρολιθικά πετρώματα

theta: Γάββροι