



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΗΜΑΘΙΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΒΕΡΟΙΑΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

21-1-2020

ΕΚΘΕΣΗ

ΑΥΤΟΨΙΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ
ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗ ΟΔΟ
ΛΕΥΚΟΠΕΤΡΑΣ - ΜΙΚΡΑΣ ΣΑΝΤΑΣ

Βέροια, Αύγουστος 2019

1. Εισαγωγή

Η παρούσα έκθεση αφορά στη διερεύνηση του γεωλογικού φαινομένου που εμφανίζεται στην περιοχή μεταξύ των οικισμών Λευκόπετρας και Μικράς Σάντας, της τοπικής Ενότητας Γεωργιανών, του Δήμου Βέροιας και προκαλεί την εμφάνιση επικίνδυνων κατολισθήσεων στην υφιστάμενη δημοτική οδό που ενώνει τους δύο οικισμούς .

Με τη διερεύνηση των γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή επέμβασης επιδιώκεται η επαρκής εκτίμηση της επικινδυνότητας όσον αφορά στην εκδήλωση φαινομένων αστάθειας των γεωλογικών σχηματισμών και η πρόταση ενδεδειγμένων λύσεων για την αντιμετώπιση των φαινομένων.

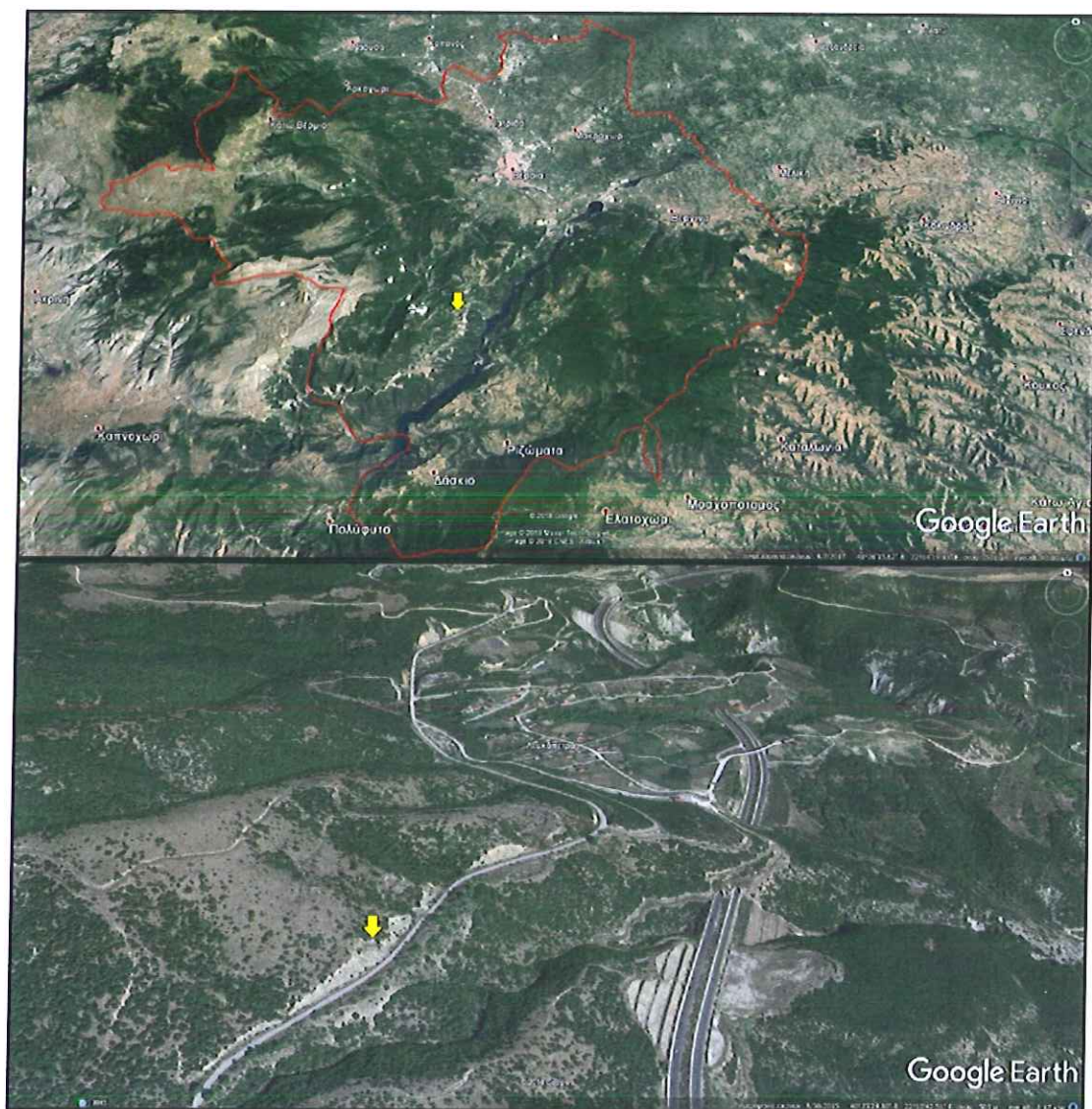
Οι υπάλληλοι του δήμου επισκέφτηκαν την περιοχή τις πρωινές ώρες της 31^{ης} Ιουλίου 2019. Διαπιστώθηκε ότι παρατηρούνται έντονα κατολισθητικά φαινόμενα σε δύο τμήματα στα βραχώδη πρανή της επαρχιακής οδού. Τα σημεία εντοπίζονται στη δεξιά πλευρά του δρόμου που περνάει από τον οικισμό Λευκόπετρας με κατεύθυνση προς τον οικισμό Μικρά Σάντα.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή | 2 |
| 2. Γεωγραφική θέση | 3 |
| 3. Βράχος – Βραχομάζα | 4 |
| 4. Κατολισθήσεις πρανών..... | 5 |
| 4.1 Γενικά..... | 5 |
| 4.2 Ταξινόμηση κατολισθήσεων..... | 5 |
| 4.3 Βραχώδη πρανή..... | 8 |
| 5. ΚΛΙΜΑ – ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ | 9 |
| 6. Γεωλογικά στοιχεία..... | 10 |
| 7. Σεισμικότητα – Σεισμική Επικινδυνότητα | 11 |
| 8. Ανάλυση φαινομένων..... | 14 |
| 9. Συμπεράσματα – Προτάσεις..... | 18 |
| 10. Βιβλιογραφία..... | 20 |

2. Γεωγραφική θέση

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται περίπου 1,4 χιλιόμετρα έξω από τον οικισμό Λευκόπετρα που ανήκει διοικητικά στην τοπική κοινότητα Γεωργιανών του δήμου Βέροιας. Εντοπίζεται στα ΝΝΔ της πόλης της Βέροια και στα ανατολικά του κύριου κλάδου του ποταμού Αλιάκμονα. Ανήκει στο ορεινό τμήμα του νομού Ημαθίας και έχει υψόμετρο περίπου 548m.



Εικόνα 1.: Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας (Google Earth), όπου εμφανίζεται η θέση της κατολίσθησης στο Δήμο Βέροιας.

3. Βράχος - Βραχομάζα

Τα στερεά πετρώματα εξετάζονται ως μια ενιαία ενότητα βράχος-πέτρωμα, τμήμα της βραχόμαζας. Στην επιφάνεια της βραχόμαζας αλλά και σε βαθύτερες περιοχές διακρίνονται ιδιαίτερα εμφανώς οι διάφορες πλαστικοδυναμικές και ρηξιγενείς παραμορφώσεις τους. Η βραχόμαζα είναι τεκτονικά καταπονημένη (πτυχωμένη, κατατμημένη, σχιστοποιημένη ή διαρρηγμένη) σε διάφορα επίπεδα. Ο βαθμός της καταπόνησης εξαρτάται από το είδος του πετρώματος τη γεωλογική ιστορία αλλά και της τοπική γεωλογική κατάσταση. Μεγάλη σημασία για τους διάφορους τεχνικούς σκοπούς έχει ο εντοπισμός, η καταγραφή και η περιγραφή των διάφορων επιφανειών ασυνέχειας.

Για να προσδιοριστεί ένα πέτρωμα ως βράχος θα πρέπει να μην παρουσιάσει καμία μεταβολή εάν μείνει βυθισμένο στο νερό για περισσότερο από δώδεκα ώρες. Η διατμητική αντοχή του βραχώδους πετρώματος διαπιστώνεται με εργαστηριακές δοκιμές. Η αντοχή ενός πετρώματος εξαρτάται από την ικανότητά του να αντιστέκεται σε παραμόρφωση και θραύση. Γενικά, σε ανοιχτές εκσκαφές και τεχνητά πρανή οι επιφάνειες στρώσεις που χαρακτηρίζουν ένα πέτρωμα χαρακτηρίζουν και τις επιφάνειες ολίσθησης τους.

Μια βραχόμαζα πέρα από τις τεκτονικές δομές (πτυχωσιγενείς και ρηξιγενείς) οι οποίες σχετίζονται με τις γεωλογικές συνθήκες που διαμόρφωσαν το υπόβαθρο και θεωρούνται μεγάλες διαρρήξεις, διατρέχεται και από μικρότερες διαρρήξεις τις διακλάσεις ή ασυνέχειες. Οι ασυνέχειες αυτές της βραχόμαζας διακόπτουν το συνεκτικό της δεσμό και ανάλογα με την πυκνότητα και την ανάπτυξή τους χαλαρώνουν λίγο ή πολύ τη βραχόμαζα και μειώνουν την διατμητική της αντοχή.

Σε ένα τεχνικό έργο είναι απαραίτητη η λεπτομερής περιγραφή των ασυνεχειών-διακλάσεων διότι οι επιφάνειες αυτές επηρεάζουν ουσιαστικά τις συνθήκες θεμελίωσης του έργου πάνω στο βράχο και τη συμπεριφορά της βραχόμαζας. Οι περιγραφή των ασυνεχειών περιλαμβάνει:

- Τον προσανατολισμό των ασυνεχειών (παράταξη, διεύθυνση και μέτρο κλίσης)
- Την πυκνότητα των ασυνεχειών (βαθμός και συντελεστής ρωγμάτωσης)
- Την ανάπτυξη ασυνεχειών (βαθμός διαμελισμού)
- Την τραχύτητα ασυνεχειών (βαθμός αποσάθρωσης)
- Το υλικό πλήρωσης

4. Κατολισθήσεις πρανών

4.1 Γενικά

Οι κατολισθήσεις και άλλες μετακινήσεις πρανών έχουν απασχολήσει τον άνθρωπο καθώς είναι ανεξέλεγκτα φυσικά φαινόμενα. Οι φυσικές και οι τεχνικές πλαγιές παρουσιάζουν προβλήματα σταθερότητας. Όταν η ισορροπία τους διαταραχθεί μια ποικιλία ολισθήσεων μπορεί να λάβει χώρα. Τα φαινόμενα αυτά μπορεί να απειλήσουν την ανθρώπινη περιουσία ή ακόμα και την ανθρώπινη ζωή. Έτσι μπορούν να δημιουργήσουν διάφορα προβλήματα οικονομικής φύσεως σε οικισμούς, κατασκευές ή και στις επικοινωνίες. (Zaruba and Mencl, 1982).

Συγκεκριμένα οι μετακινήσεις πρανών αποτελούν απειλή για:

- κτίρια, χωριά ή και ολόκληρες πόλεις
- αγροτικές καλλιέργειες και δάση
- την λειτουργία των ορυχείων και συνεπώς την εξόρυξη ορυκτών κοιτασμάτων
- δρόμους και σήραγγες υπό κατασκευή ή και αυτές που ήδη χρησιμοποιούνται
- φράγματα και υδατοφράκτες
- λίμνες και δεξαμενές.

Γενικά, οι κατολισθήσεις είναι μετακινήσεις βράχων ή εδαφών που λαμβάνουν χώρα σε κεκλιμένες μορφολογικά επιφάνειες, με την επίδραση της βαρύτητας. Με την κατολίσθηση εκφράζεται το αποτέλεσμα της αναζήτησης μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους (Εξαδάκτυλος, 2001).

Μια κατολίσθηση μπορεί να είναι: Μεγάλη ή μικρή, με ρήξη ή όχι της ασυνέχειας της πλαγιάς, αργή ή ξαφνική.

4.2 Ταξινόμηση κατολισθήσεων

• Πτώσεις

Στις πτώσεις μια μάζα οποιουδήποτε μεγέθους – από μεμονωμένους λίθους έως τεράστιες μάζες πετρωμάτων – αποσπάται από ένα απότομο πρανές κατά μήκος μιας επιφάνειας στην οποία συμβαίνει ελάχιστη ή καθόλου διατμητική μετατόπιση. Τα υλικά φθάνουν στον πόδα της κατολίσθησης με απλή πτώση, αναπήδηση ή κύλιση και δημιουργούν κώνους κορημάτων ή πλευρικά κορήματα. Οι πτώσεις διακρίνονται σε : πτώσεις βράχων (rock fall), πτώσεις κορημάτων (debris fall) και πτώσεις γαιών (soil fall). Οι πτώσεις βράχων χαρακτηρίζουν συμπαγή πετρώματα, οι πτώσεις κορημάτων εμφανίζονται σε μη συνεκτικά έως ισχυρώς συνεκτικά πετρώματα ενώ οι πτώσεις γαιών σε λεπτόκοκκα πετρώματα. Ο ρυθμός μετακίνησης είναι πολύ μεγάλος (έως και 200km/hr).

• Ανατροπές

Κατά τις ανατροπές η κίνηση είναι περιστροφική προς τα εμπρός, μιας ή περισσότερων μονάδων, γύρω από ένα σημείο περιστροφής το οποίο βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους του τεμάχους. Η κίνηση προκαλείται από τη βαρύτητα καθώς και από τις δυνάμεις που ασκούνται από τα γειτονικά τεμάχια ή από τα ρευστά μέσα στις ρωγμές. Η γεωμετρία των ανατροπών ελέγχεται από ακανόνιστα επίπεδα στρώσης, ρήγματα και

διακλάσεις, τα οποία συνήθως είναι σχεδόν παράλληλα στο πρηνές και κλίνουν αντίρροπα από αυτό. Η κίνηση χαρακτηρίζεται από κάμψη και ανατροπή χωρίς κατάρρευση (Varnes, 1978). Διακρίνονται σε ανατροπές βράχων (rock topple), ανατροπές κορημάτων (derbis topple) και ανατροπές εδαφών (soil topple). Οι ανατροπές βράχων και οι ανατροπές κορημάτων εμφανίζονται κυρίως σε σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους, βασάλτες και δολερίτες ενώ οι ανατροπές εδαφών σε αργίλους.

• Ολισθήσεις

Στις ολισθήσεις η μετακίνηση γίνεται κατά τη διάρκεια διατμητικής παραμόρφωσης επάνω σε μια ή περισσότερες επιφάνειες. Η κίνηση μπορεί να είναι προοδευτική, δηλαδή η διατμητική θραύση να μην συμβεί ταυτόχρονα σε όλη την επιφάνεια αλλά να μεταδοθεί από μια περιοχή τοπικής θραύσης σε όλο το σώμα της κατολισθαίνουσας μάζας. Οι ολισθήσεις διακρίνονται σε : περιστροφικές (rotational slides) και μεταθετικές (translational slides). Ποικίλουν σε μέγεθος και βάθος, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως εκατοντάδες μέτρα.

Σε συμπαγές υπόβαθρο μπορεί να παρατηρηθούν ολισθήσεις τεμαχών. Ένας αριθμός από επιφάνειες διάτμησης οδηγούν στο σχηματισμό βυθισμάτων στην επιφάνεια ολίσθησης. Ένα βύθισμα είναι ένα δομικό μπλόκ το οποίο υποχωρεί μεταξύ δύο αντίρροπων και απότομα κεκλιμένων επιφανειών. Κατά το σχηματισμό του βυθίσματος το μπλόκ που έχει αποχωριστεί πιέζεται προς τα κατόντη.

Στην περίπτωση κατά την οποία πραγματοποιείται ολίσθηση βράχου, η κίνηση ελέγχεται από την παρουσία επιφανειών ασυνέχειας (ρήγματα, διακλάσεις, επίπεδα στρώσεις, σχιστότητα). Ο ρυθμός μετακίνησης της μάζας κυμαίνεται από χαμηλός έως πολύ υψηλός.

• Πλευρικές εκτάσεις

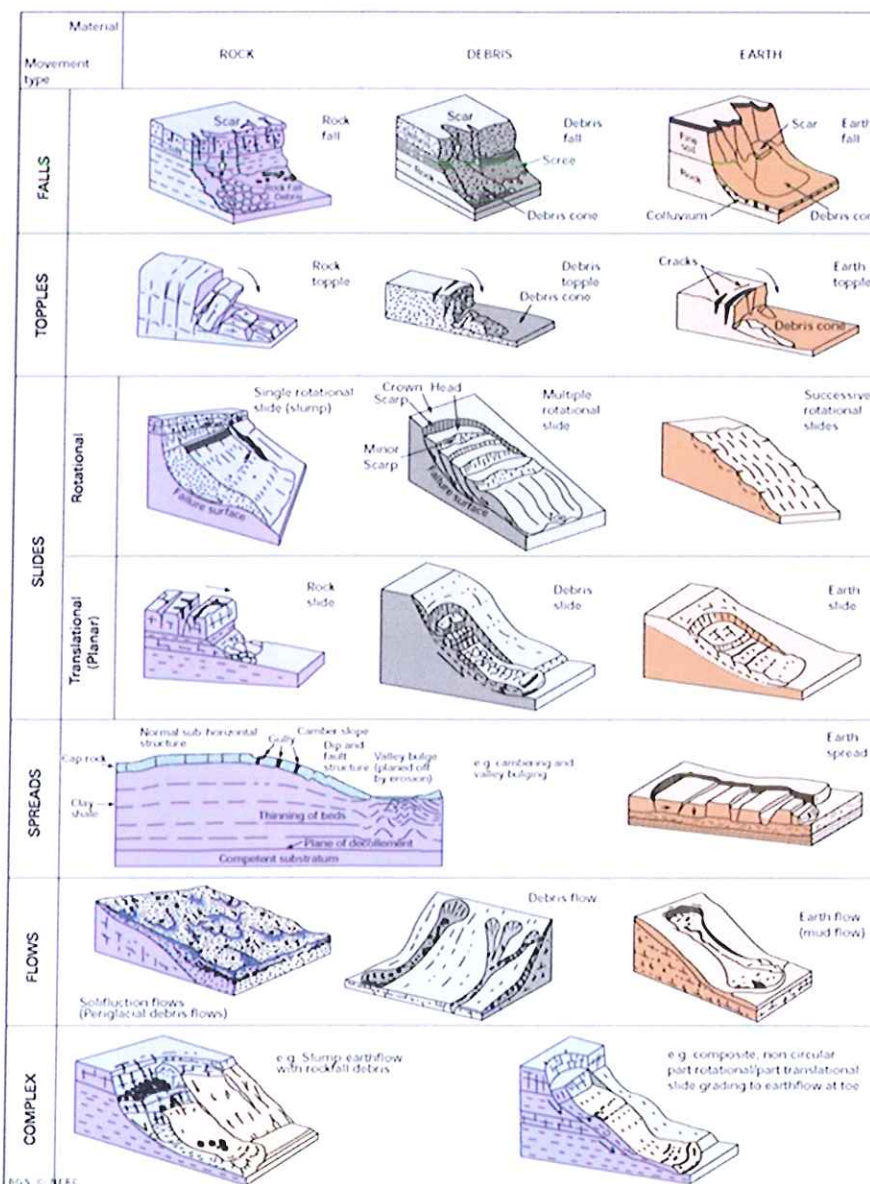
Ο όρος πλευρική έκταση περιγράφει την πλευρική διάταση ενός συνεκτικού πετρώματος (rock) ή μιας συμπαγούς μάζας εδάφους (soil) που υπέρκειται πλαστικών και μαλακών υλικών. Η διάταση υποβοηθείται είτε από προϋπάρχουσες διακλάσεις είτε από διακλάσεις που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της ολίσθησης. Διακρίνεται σε έκταση πετρωμάτων (rock spreading) και έκταση εδάφους (soil spreading). Η έκταση πετρωμάτων παρατηρείται σε ομοιογενείς μάζες πετρωμάτων ή συνεκτικά πετρώματα. Η έκταση συμβαίνει κατά μήκος διατμήσεων με τη δημιουργία εφελκυστικών ρωγμών στο υπερκείμενο συνεκτικό πέτρωμα. Η έκταση εδάφους μπορεί να οριστεί ως η υποχώρηση ενός ευαίσθητου υποκείμενου στρώματος σ'ένα συγκεκριμένο βάθος, η οποία ακολουθείται είτε από μετακίνηση του υπερκείμενου πιο ανθεκτικού εδαφικού στρώματος, είτε από προοδευτική θραύση σε όλη την ολισθαίνουσα μάζα.

• Ροές

Η ροή (flow) είναι ένας μηχανισμός παραμόρφωσης στον οποίο συντελείται μια συνεχής, μη αναστρέψιμη παραμόρφωση ενός υλικού που συμβαίνει ως αντίδραση στην ασκούμενη πίεση. Διακρίνεται σε ροή υποβάθρου - ερπυσμός (rock flow - creep), ροή κορημάτων (debris flow) και ροή εδάφους (soil flow).

Πίνακας 1.: Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Varnes (1978).

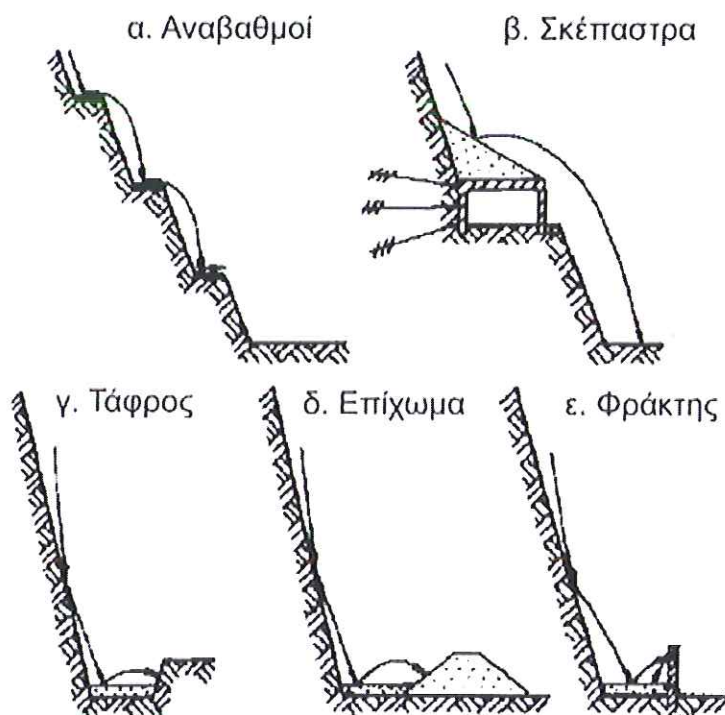
| ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ | | ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ | | |
|--------------------|---------------|---|---------------------------------|--------------------------------|
| | | ΥΠΟΒΑΘΡΟ | ΕΔΑΦΟΣ | |
| | | | ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΤΑ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ | ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ |
| Πτώσεις | | Πτώσεις βράχων | Πτώσεις κορημάτων | Πτώσεις γαιών |
| Ανατροπές | | Ανατροπές βράχων | Ανατροπές κορημάτων | Ανατροπές γαιών |
| Ολισθήσεις | Περιστροφικές | Κάθιση βράχων | Κάθιση κορημάτων | Κάθιση γαιών |
| | Μεταθετικές | Ολίσθηση τεμάχους/βράχου | Ολίσθηση τεμάχους | Ολίσθηση τεμάχους γαιών/γαιών |
| Πλευρικές εκτάσεις | | Έκταση βράχων | Έκταση κορημάτων | Έκταση γαιών |
| Ροές | | Ροή βράχων, βαθύς ερπυσμός | Ροή κορημάτων | Ροή γαιών |
| Σύνθετες | | Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων μετακίνησης | | |



4.3 Βραχώδη πρανή

Στα βραχώδη πρανή όταν ο κίνδυνος περιορίζεται στην πτώση μεμονωμένων βράχων εφαρμόζονται τα εξής παθητικά μέτρα:

- Καθαίρεση των διάφορων κομματιών που είναι ελεύθερα να πέσουν και να προκαλέσουν καταστροφές. Είναι η οικονομικότερη μέθοδος.
- Κατασκευή τάφρων που εμποδίζουν τα κομμάτια να προχωρήσουν και να προκαλέσουν καταστροφές.
- Εκσκαφή πρανών (αλλαγή κλίσης, αναβαθμοί κτλ) έτσι ώστε να μειωθούν οι δυνάμεις που τείνουν να προκαλέσουν αστοχία.
- Τοποθέτηση δικτύων που αγκυρώνονται στο βράχο και συγκρατούν τα μικρά κυρίως κομμάτια.
- Κατασκευή τοίχων που λειτουργούν σαν φράγματα και συγκρατούν κομμάτια που αστοχούν στο πρανές.



Εικόνα2.: Μέτρα προστασίας έναντι καταπτώσεων.

Για πιο σημαντικές κατολισθήσεις χρησιμοποιούνται μέτρα ενίσχυσης της βραχομάζας. Μπορεί να γίνουν αγκυρώσεις μέσα στο βράχο, να ληφθούν μέτρα για την προστασία της επιφάνειας του βράχου με σπλισμένο σκυρόδεμα ή μεταλλικά πλέγματα ή και εργασίες στεγάνωσης του για να εμποδιστεί η διήθηση του νερού της βροχής. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις επιλέγεται η προκαταβολική αφαίρεση των επικίνδυνων τμημάτων με τη βοήθεια εκρηκτικών.

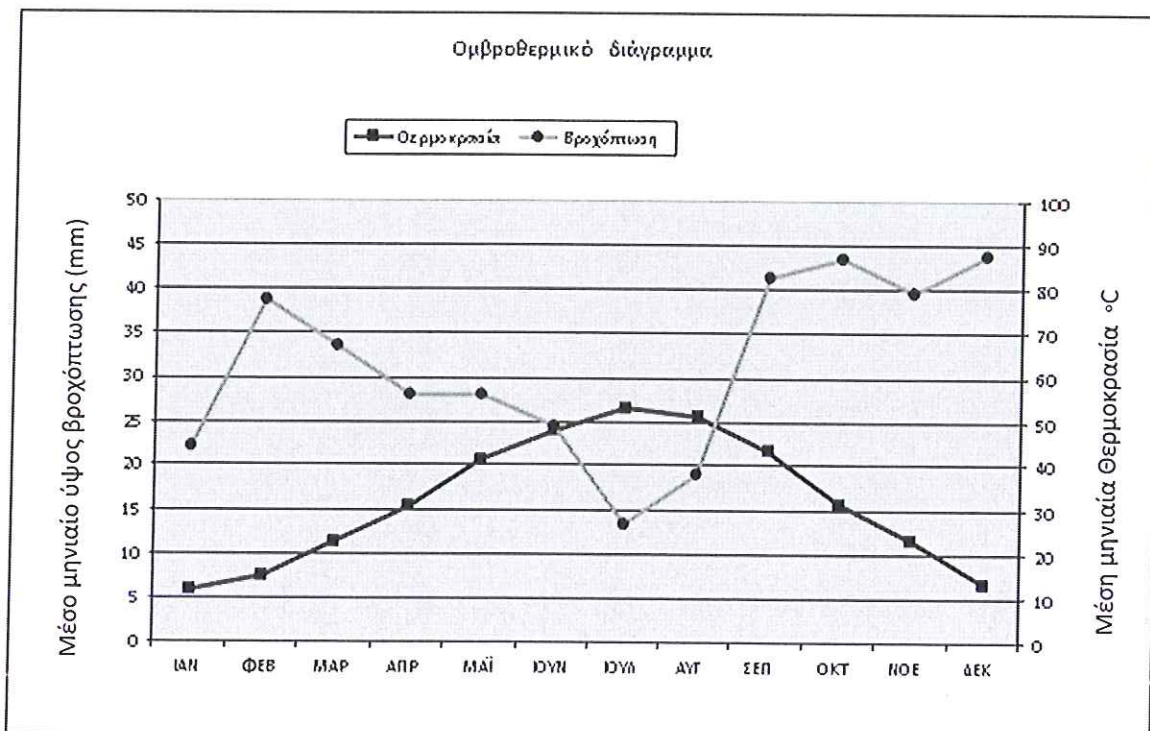
5. Κλίμα – Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα μιας περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του ανάγλυφου της, καθώς ρυθμίζει τους παράγοντες που το διαμορφώνουν με τους μηχανισμούς της διάβρωσης και της αποσάθρωσης. Η ανάλυση του υδρολογικού κύκλου με βάση τα δεδομένα της θερμοκρασίας και των κατακρημνισμάτων βοηθά στην κατανόηση του ιζηματολογικού κύκλου και κατ' επέκταση τη μεταφορά και απόθεση των υλικών μέσα σε μια υδρολογική λεκάνη. Παράλληλα το κλίμα επηρεάζει το είδος της βλάστησης, τον τύπο των εδαφών και εν τέλη τον τύπο των καλλιεργειών που μπορούν να αναπτυχθούν στην περιοχή.

Το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό με θερμά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο η θερμοκρασία είναι πάνω από τους 20 βαθμούς κελσίου, ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο, που αρχίζει από το Νοέμβριο, η πτώση της θερμοκρασίας για μικρά διαστήματα μπορεί να είναι ιδιαίτερα ισχυρή. Ο πιο υγρός μήνας του χρόνου σύμφωνα με τα στοιχεία είναι ο Οκτώβριος ενώ ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος.

Το ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων είναι μεταξύ 400-600mm στα πεδινά και αυξάνεται όσο μεταβαίνουμε προς τα ορεινά όπου και υπερβαίνει τα 1200mm. Το χιόνι αποτελεί συνηθισμένο φαινόμενο ορεινά ενώ πιο σπάνιο στα πεδινά όπως και ο παγετός.

Παρακάτω παρατίθεται το ομβροθερμικό διάγραμμα των Gausseu και Bagnoulis το οποίο προέκυψε από τα δεδομένα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής. Τα δεδομένα προήλθαν από το μετεωρολογικό σταθμό Μακροχωρίου – Βέροιας για τα έτη 2009 έως 2016.



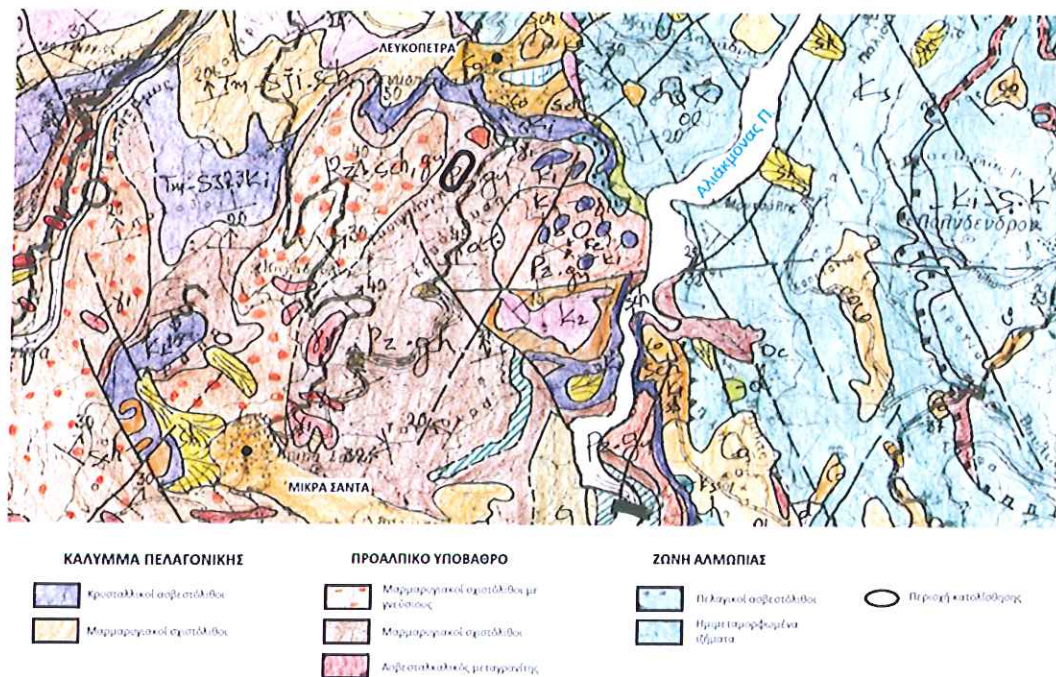
Σχήμα 1: Ομβροθερμικό διάγραμμα για την περίοδο 2009-2016 από το μετεωρολογικό σταθμό Μακροχωρίου – Βέροιας.

6. Γεωλογικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει γεωτεκτονικά στις ζώνες Αλμωπίας και Πελαγονικής. Η ζώνη Αλμωπίας αποτελείται κυρίως από οφιόλιθους και από συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας καθώς και μεταμορφωμένα πετρώματα πιθανώς από το ηπειρωτικό περιθώριο. Όλοι οι σχηματισμοί της ζώνης βρίσκονται υπό τη μορφή τεκτονικών λεπίων τα οποία από ανατολικά προς δυτικά είναι τεκτονικά τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο και όλα μαζί επωθημένα πάνω στη Πελαγονική ζώνη.

Η Πελαγονική ζώνη αποτελείται από το ανακρυσταλλωμένο υπόβαθρο με γνεύσιους και αμφιβολίτες από τον Παλαιοζωικό όπου έχουν διεισδύσει γρανιτικοί όγκοι. Πάνω στο ανακρυσταλλωμένο υπόβαθρο επωθήθηκαν τα μάρμαρα του ανατολικού περιθωρίου. Κατά το Τριαδικό – Ιουρασικό τοποθετηθηκαν τεκτονικά οι οφιολιθικές μάζες. Στη συνέχεια όταν στο μέσο και άνω Ιουρασικό η περιοχή χέρσευσε δημιουργήθηκε η στρωματογραφική ασυμφωνία. Με την εκ νέου επίκλιση της θάλασσας αποτέθηκαν τα μάρμαρα και οι ασβεστόλιθοι κατά το μέσο και άνω Κρητιδικό με τελευταίο το φλύσχη.

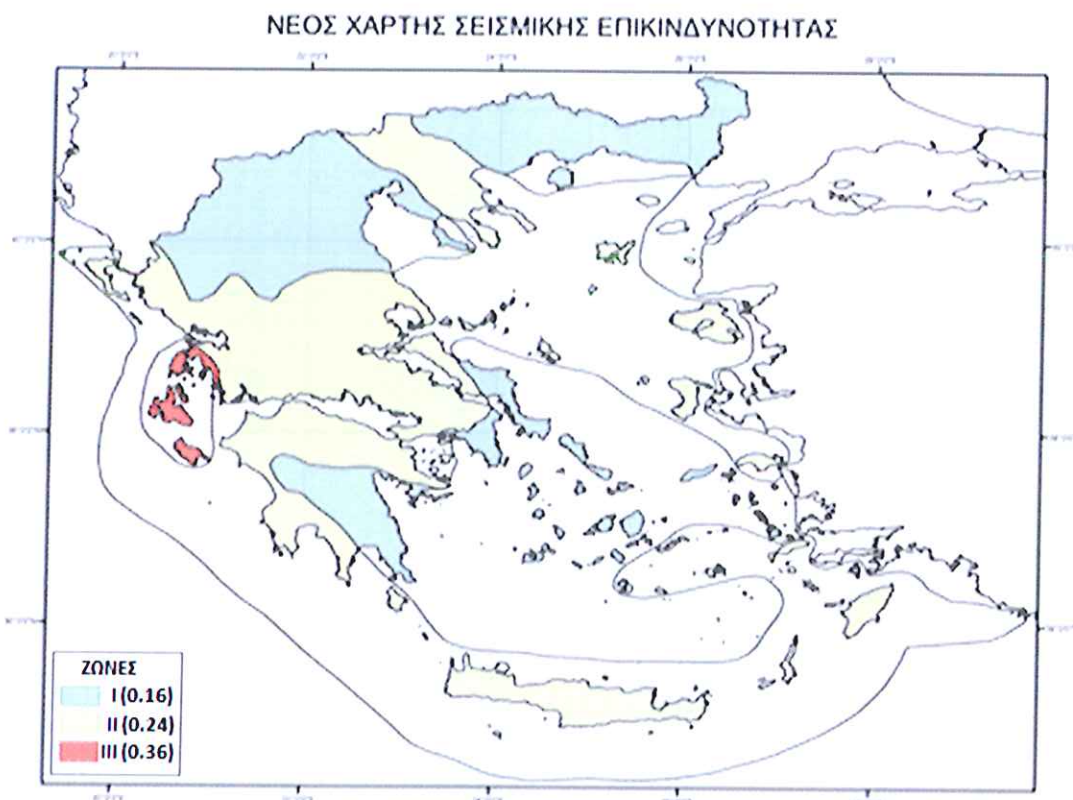
Η κατολίσθηση παρατηρείται στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους της Πελαγονικής στα πρηνή της επαρχιακής οδού που περνά από τον οικισμό Λευκόπετρας προς τον οικισμό Μικρά Σάντα.



Εικόνα 3.: Η γεωλογία της ευρύτερης περιοχής

7. Σεισμικότητα – Σεισμική Επικινδυνότητα

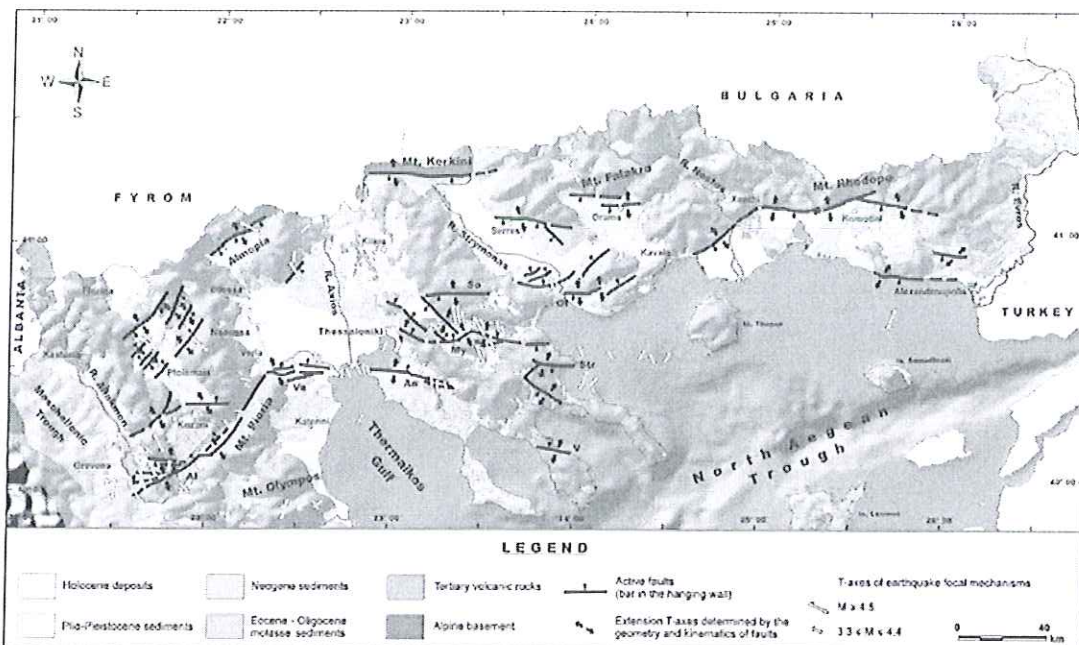
Η σεισμική επικινδυνότητα σε μια θέση όπου υπάρχει ή πρόκειται να γίνει μια τεχνική κατασκευή, αποτελεί την αναμενόμενη ένταση της σεισμικής κίνησης σε αυτή τη θέση. Για την μελέτη της σεισμικής επικινδυνότητας είναι απαραίτητη η γνώση σημαντικών παραγόντων, όπως η μέγιστη παρατηρηθείσα μακροσεισμική ένταση, η μέγιστη αναμενόμενη μακροσεισμική ένταση, η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, η ταχύτητα και η διάρκεια της δόνησης και του τρόπου απόσβεσής της. Από το 2004 ο ελληνικός χώρος κατατάσσεται πλέον, σε τρεις σεισμικές ζώνες επικινδυνότητας. Έτσι, οι τιμές σχεδιασμού των επιταχύνσεων του εδάφους είναι α) 0.16g στην πρώτη ζώνη, β) 0.24g στη δεύτερη ζώνη, γ) 0.36g στην τρίτη ζώνη. Η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στη ζώνη χαμηλού σεισμικού κινδύνου.



Εικόνα 4.: Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα (Πηγή: www.pkm.gov.gr)

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης εντοπίζεται ανάμεσα σε δυο επιβεβαιωμένες ζώνες ρηγμάτων. Στα ΒΒΑ υπάρχει η ζώνη ρηγμάτων διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ της περιοχής των βορείων Πιερίων. Η ζώνη εκτείνεται στα 20 χιλιόμετρα και διαμορφώνει τη λεκάνη του Αλιάκμονα τα τελευταία 10 χιλιόμετρα της, μεταξύ της ζώνης Βεργίνας – Κολινδρού, είναι τα πιο σημαντικά. Η δεύτερη ζώνη είναι η ζώνη ρηγμάτων του Αλιάκμονα, αποτελείται από ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, παράλληλα στην κοίτη του ποταμού. Αυτά τα ρήγματα κόβουν το όρος Βέρμιο και συναντώνται με τα ρήγματα της ζώνης των βόρειων Πιερίων.

Σύμφωνα με τον Moudrakis et al. (2006) τα ρήγματα στα βόρεια Πιέρια μπορούν να δώσουν σεισμούς 6,2-5,6R, ενώ τα ρήγματα στη ζώνη του Αλιάκμονα μέχρι 6,5R στο κομμάτι που βρίσκεται στην περιοχή Κοζάνης-Γρεβενών.



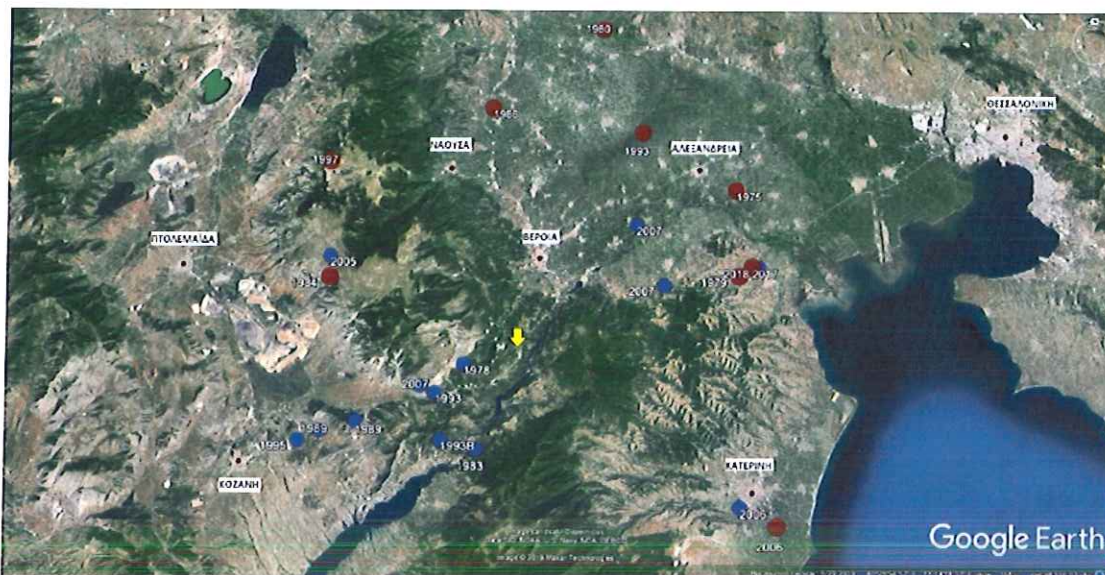
Εικόνα 5.: Γεωλογικό-τεκτονικός χάρτης της περιοχής της βορείου Ελλάδος, σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα μεγέθη σεισμών $M \geq 3$ (Mountrakis et al, 2006).

Με βάση το αρχείο σεισμών του ελληνικού γεωδυναμικού ινστιτούτου σε μια ακτίνα 40 χιλιομέτρων από την περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί οι σεισμοί που εμφανίζονται στον πίνακα για το χρονικό διάστημα 1975-2019.

Πίνακας 2.: Σεισμική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής, για σεισμούς μεγέθους μεγαλύτερου ή ίσου με 3,5 Richter.

| Χρόνος Γένεσης (GMT) | Γεωγρ.Πλάτος | Γεωγρ.Μήκος | Βάθος (χμ) | Μέγεθος (ML) | Επίκεντρο |
|----------------------|--------------|-------------|------------|--------------|--------------------------|
| 2018/11/19 04:47:29 | 40.51 | 22.53 | 14 | 3.9 | 26.6 χμ Β της Κατερίνης |
| 2017/11/22 22:37:35 | 40.51 | 22.52 | 6 | 4.2 | 26.5 χμ Β της Κατερίνης |
| 2007/06/14 11:39:35 | 40.38 | 22.04 | 24 | 3.5 | 21.1 χμ ΝΔ της Βέροιας |
| 2007/02/24 14:46:58 | 40.56 | 22.35 | 14 | 3.8 | 13.0 χμ ΑΒΑ της Βέροιας |
| 2007/02/21 02:04:38 | 40.49 | 22.39 | 11 | 3.9 | 16.2 χμ ΑΝΑ της Βέροιας |
| 2006/05/18 07:45:18 | 40.25 | 22.49 | 5 | 3.6 | 2.7 χμ ΝΝΔ της Κατερίνης |
| 2006/05/18 02:25:27 | 40.23 | 22.54 | 19 | 4.1 | 5.6 χμ ΝΑ της Κατερίνης |
| 2005/11/10 08:56:55 | 40.52 | 21.90 | 16 | 3.7 | 25.7 χμ Δ της Βέροιας |
| 1997/08/16 09:14:25 | 40.63 | 21.89 | 5 | 4.0 | 23.1 χμ ΝΔ της Έδεσσας |
| 1995/05/13 14:26:07 | 40.32 | 21.87 | 38 | 3.8 | 13.1 χμ Α της Κοζάνης |
| 1993/10/18 14:29:23 | 40.32 | 22.07 | 5 | 3.7 | 25.3 χμ ΝΝΔ της Βέροιας |
| 1993/10/18 14:19:34 | 40.37 | 22.06 | 5 | 3.8 | 20.9 χμ ΝΔ της Βέροιας |
| 1993/10/10 18:05:16 | 40.67 | 22.36 | 5 | 4.1 | 21.0 χμ ΒΑ της Βέροιας |
| 1989/02/19 08:52:31 | 40.34 | 21.95 | 1 | 3.7 | 19.8 χμ Α της Κοζάνης |
| 1989/02/19 01:50:46 | 40.33 | 21.90 | 11 | 3.8 | 15.5 χμ Α της Κοζάνης |
| 1986/02/18 14:34:04 | 40.70 | 22.13 | 5 | 4.6 | 13.2 χμ ΝΝΑ της Έδεσσας |
| 1984/07/09 18:57:10 | 40.68 | 21.90 | 5 | 4.9 | 18.3 χμ ΝΔ της Έδεσσας |
| 1983/09/05 08:32:08 | 40.31 | 22.12 | 5 | 3.8 | 24.8 χμ ΝΝΔ της Βέροιας |
| 1980/06/02 04:22:53 | 40.80 | 22.30 | 10 | 4.0 | 21.3 χμ Α της Έδεσσας |

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|----|-----|-------------------------|
| 1979/02/22 17:37:18 | 40.50 | 22.50 | 10 | 4.2 | 25.2 χμ Α της Βέροιας |
| 1978/05/11 10:06:32 | 40.40 | 22.10 | 33 | 3.7 | 16.3 χμ ΝΝΔ της Βέροιας |
| 1975/02/28 19:51:08 | 40.60 | 22.50 | 10 | 4.1 | 26.4 χμ ΑΒΑ της Βέροιας |



Εικόνα 6.: Οι καταγεγραμμένοι σεισμοί του πίνακα όπως προβλήθηκαν σε εικόνα του Google earth. Με κόκκινο χρώμα αποτυπώνονται τα επίκεντρα με $M \geq 4$, ενώ με μπλε χρώμα $M \geq 3,5$.

Η περιοχή ενδιαφέροντος περιβάλλεται από δυο ζώνες ρηγμάτων που μπορούν να δώσουν σεισμούς σημαντικού μεγέθους. Σε αυτό συμφωνούν και οι καταγραφές του αρχείου των ιστορικών σεισμών. Το βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής έχει χαμηλή απόκριση στα σεισμικά κύματα αλλά αυτό δε σημαίνει ότι δεν μπορεί να επηρεαστεί μια ήδη καταπονημένη βραχομάζα.

8. Ανάλυση φαινομένων

Στα βραχώδη πρηνή εντοπίστηκαν και αναγνωρίστηκαν δύο σημεία κατολίσθησης. Τα σημεία αυτά απέχουν μεταξύ τους περίπου 40 μέτρα ενώ το έρεισμα από την άκρη του δρόμου μέχρι το πρηνές φτάνει περίπου τα 2,20-2,50 μέτρα.

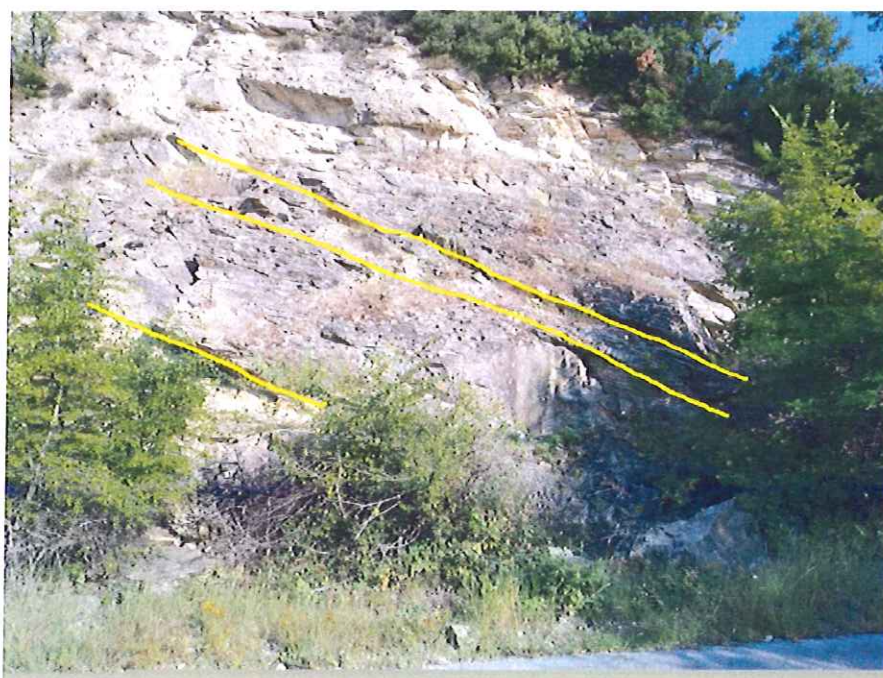
Πίνακας 3.: Η ακριβής θέση των σημείων κατολίσθησης.

| | Γεωγραφικό πλάτος | Γεωγραφικό μήκος |
|------------------------------------|-------------------|------------------|
| 1 ^ο σημείο κατολίσθησης | 40°25'22.18"Β | 22°10'35.63"Α |
| 2 ^ο σημείο κατολίσθησης | 40°25'23.39"Β | 22°10'36.18"Α |

1^ο σημείο κατολίσθησης

Το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα στο βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής που αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Έχει περίπου 18 μέτρα μήκος και το ύψος του πρηνούς στο σημείο εντοπισμού της κατολίσθησης είναι προσεγγιστικά 12 μέτρα. Η επιτόπια έρευνα έδειξε ότι έχει αποκολληθεί ένα μεγάλο τέμαχος βράχου από τον κύριο όγκο της βραχομάζας και αυτή τη στιγμή η αποσπασμένη μάζα παραμένει σε μια κατάσταση ισορροπίας.

Όπως διαπιστώθηκε το βραχώδες τέμαχος αποκόπηκε από την κύρια μάζα με μια επιφάνεια ολίσθησης με φορά ΝΔ-ΒΑ. Η ολίσθηση πραγματοποιήθηκε πάνω σε μια προϋπάρχουσα επιφάνεια ασυνέχειας. Στο ίδιο τέμαχος εντοπίζονται τρεις εμφανείς ρηγματώσεις με φορά ΝΔ-ΒΑ. Από το φαινόμενο έχουν δημιουργηθεί δύο εμφανείς κώνοι κορημάτων. Ο πρώτος βρίσκεται στο ύψος που συντελέστηκε η διάρρηξη και είναι σχεδόν πίσω από το αποσπασμένο κομμάτι. Ο δεύτερος κώνος έχει διαμορφωθεί στη βάση του πρηνούς στο ύψος του δρόμου.



Εικόνα 7.: Ρηγματώσεις στο κομμάτι που αποκολλήθηκε.



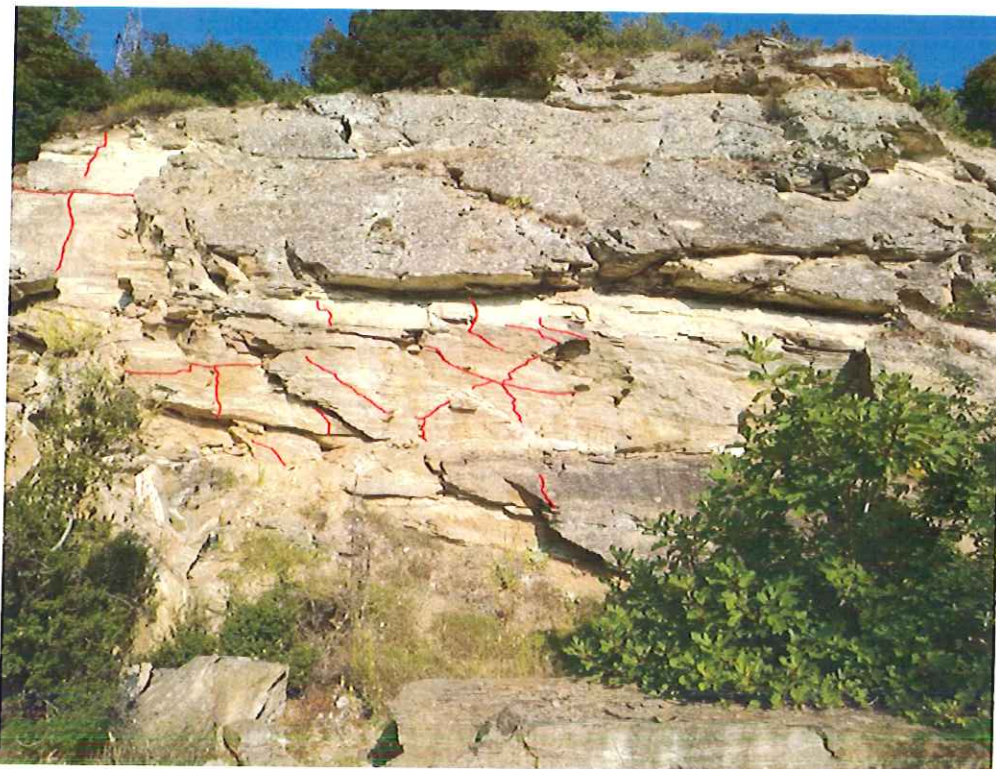
Εικόνα 8.: Κώνοι κορημάτων στο πρώτο σημείο κατολίσθησης.

2^ο σημείο κατολίσθησης

Το σημείο που ορίστηκε ως δεύτερο σημείο κατολίσθησης έχει την ίδια γεωλογία με το πρώτο και εντοπίζεται στους μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους του υποβάθρου. Έχει περίπου 20 μέτρα μήκος και το ύψος του πρανούς στο σημείο είναι περίπου 10 μέτρα. Η βραχομάζα διαπιστώθηκε ότι είναι έντονα κατατμημένη και σχιστοποιημένη.

Ορισμένα τεμάχια σημαντικού μεγέθους διαπιστώθηκε ότι έχουν αποκολληθεί και πέσει με ανατροπή. Εντοπίστηκε μια μεγάλη ενιαία μάζα βράχου με έντονη ρηγμάτωση αποκολλημένη από τον κύριο όγκο και με εμφανή τον κίνδυνο ανατροπής. Παρατηρήθηκαν ογκόλιθοι συμπαγείς οι οποίοι εμφανώς έχουν μετατοπιστεί από την αρχική τους θέση, αλλά στη νέα κατάσταση που έχουν περιέλθει η θέση τους εμφανίζει σημάδια υποσκαφής. Οι ογκόλιθοι αυτοί έχουν σταματήσει πάνω σε μια σαθρή βάση από κορήματα, που προέκυψαν από μικρού μεγέθους κατολισθήσεις, σε μια αμφίβολη κατάσταση ισορροπίας. Παράλληλα έχουν σχηματιστεί κώνοι κορημάτων στη βάση του πρανούς δίπλα στο δρόμο.

Επίσης, με τη χρήση της λειτουργίας street view του Google Earth εντοπίστηκαν εικόνες του σημείου από τον Αύγουστο του 2011. Η σύγκριση των εικόνων οδήγησε στη διαπίστωση ότι αρκετά τμήματα του βράχου έχουν καταρρεύσει μέχρι σήμερα. Στο συμπέρασμα αυτό συναινεί και ο μεγαλύτερος κώνος κορημάτων που υπάρχει αυτή τη στιγμή στη βάση του πρανούς.



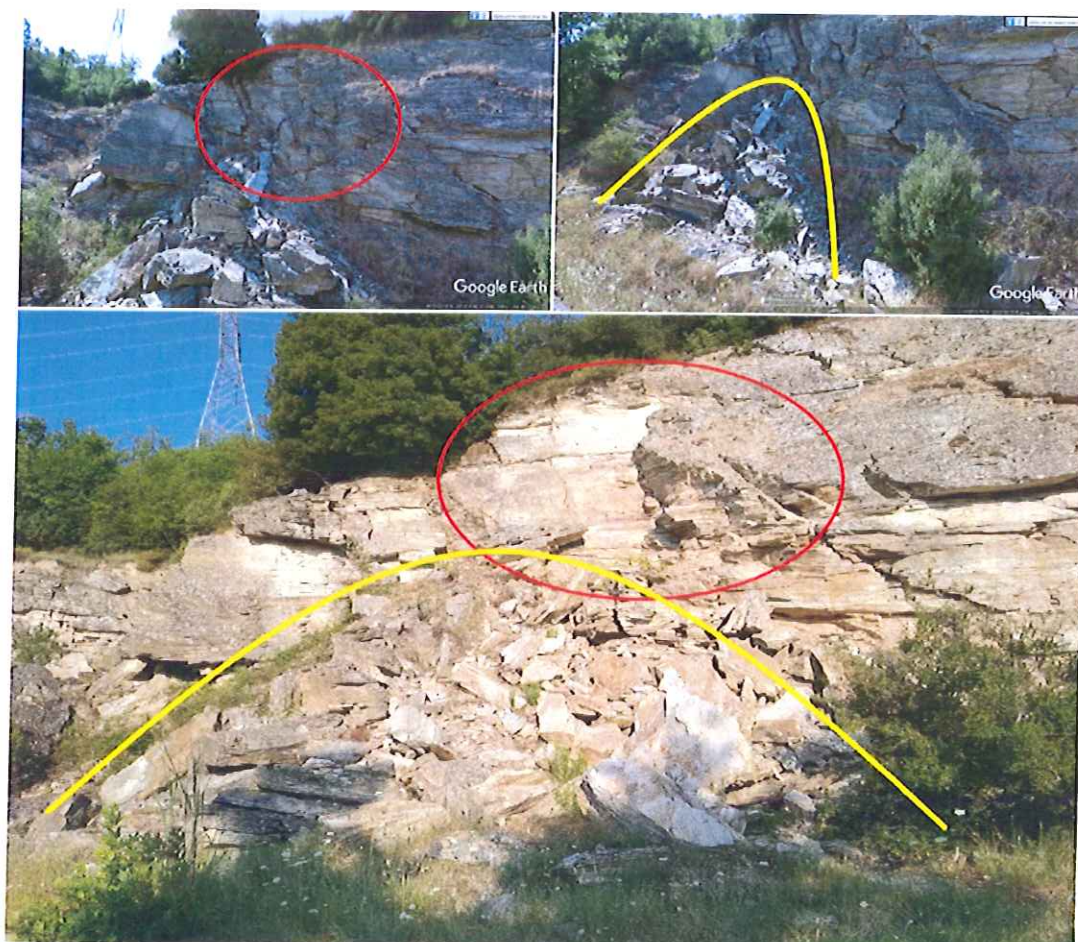
Εικόνα 9.: Έντονα διερρηγμένη βραχομάζα, με κόκκινο χρώμα οι επιφάνειες ασυνέχειας.



Εικόνα 10.: Μεγάλο κομμάτι βραχομάζας με σημάδια αποκόλλησης και εμφανή τον κίνδυνο πτώσης με ανατροπή.



Εικόνα 11.: Μεγάλο αποκολλημένο τέμαχος με εμφανή σημάδια υποσκαφής και κίνδυνο πτώσης με ανατροπή, καθώς επίσης και σχηματισμένος κώνος κορημάτων.



Εικόνα 12.: Οι πάνω εικόνες είναι από το Google earth από το έτος 2011. Με κόκκινο χρώμα φαίνεται το σημείο που υπήρχε υλικό και αποκολλήθηκε και με κίτρινο ο κώνος κορημάτων που είναι πλέον σημαντικά μεγαλύτερος.

9. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο ορεινό τμήμα του νομού Ημαθίας. Στις πλαγιές του όρους Βέρμιο σε υψόμετρο περίπου 450m. Στην επαρχιακή οδό ανάμεσα στους οικισμούς Λευκόπετρας και Μικράς Σάντας.

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από βραχώδεις σχηματισμούς μαρμαρυγιακών σχιστολίθων. Οι σχιστόλιθοι είναι υπόλευκοι έως γκρι καστανό-τεφρού χρώματος. Οι βραχομάζα έχει ορατά σχιστογενή επίπεδα και εμφανίζεται κατατμημένη. Χαρακτηριστικό της γεωλογικής φύσης και σύστασης του σχηματισμού αυτού.

Το βραχώδες υπόβαθρο έχει χαμηλή απόκριση στα σεισμικά κύματα. Η περιοχή όμως βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ρηγματογενείς ζώνες οι οποίες είναι ικανές να δώσουν σημαντικά μεγέθη σεισμών, όπως άλλωστε έχει συμβεί και στο παρελθόν. Ένα καινούριο έντονο γεγονός δεν αποκλείεται να έχει συνέπειες σε μια ήδη διαρρηγμένη βραχομάζα.

Ο εδαφικός ορίζοντας στην περιοχή μελέτης έχει πολύ μικρό πάχος. Στα ανώτερα σημεία των πρανών, στην επιφάνεια του εδάφους, παρατηρείται χαμηλή βλάστηση της οποίας το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται διαρρηγνύοντας τη βραχομάζα. Αυτό το γεγονός συμβάλει στην κατάτμηση της βραχομάζας αφενός, αφετέρου δημιουργεί διόδους για να εισχωρεί πιο εύκολα το νερό της βροχής. Αυτό σημαίνει ότι ένα έντονο γεγονός βροχόπτωσης μπορεί να αυξήσει την διατμητική πίεση στις ασυνέχειες στις βραχομάζας προκαλώντας την αποκόλληση κομματιών βράχου.

Στο πρώτο σημείο κατολίσθησης το κομμάτι αποκολλήθηκε κατά μήκος μιας προϋπάρχουσας ασυνέχειας. Σε περίπτωση οριστικής αποκόλλησης, θα επέλθει πτώση με ολίσθηση κατά μήκος των επιφανειών των ρηγματώσεων που είναι ορατές στο σημείο. Το μεγάλο αυτό τέμαχος έχει προσεγγιστικά 12 μέτρα μήκος και 7 μέτρα ύψος.

Στο δεύτερο σημείο κατολίσθησης τα κομμάτια που έχουν εντοπιστεί και θεωρούνται επικίνδυνα, είναι ικανά να αποκολληθούν με πτώση και ανατροπή. Σε αυτή την περίπτωση ολόκληρα κομμάτια μεγάλου μεγέθους και όγκου θα αποκολληθούν από τη θέση τους και θα κατακυλήσουν.

Σε ένα κατολισθητικό γεγονός, σε όποιο από τα δύο σημεία και αν συμβεί, ολόκληρα κομμάτια βράχου είναι ικανά να φτάσουν στο δρόμο. Εάν συμβεί αυτό υπάρχει η πιθανότητα να προκληθεί ατύχημα με κάποιο διερχόμενο όχημα, κάτι που θα θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές.

Επίσης εάν η κατολίσθηση είναι εκτεταμένη, τα βράχια που θα φτάσουν στο δρόμο, μπορεί να αποκλείσουν και τα δύο ρεύματα. Σε αυτή την περίπτωση θα κοπεί η οδική σύνδεση μεταξύ των δύο οικισμών Λευκόπετρας και Μικράς Σάντας και μάλιστα ο δεύτερος οικισμός κινδυνεύει να αποκλειστεί έως ότου καθαριστεί ο δρόμος.

Για την αντιμετώπιση αυτών των κατολισθητικών φαινομένων δεν προτείνεται κανένα μέτρο αντιστήριξης των συγκεκριμένων πρανών. Τα μέτρα που θα ληφθούν θα πρέπει να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο πτώσης των βράχων και όχι τη συγκράτησή τους.

Θα πρέπει να γίνει συντήρηση των πρανών και να αφαιρεθούν τα χαλαρά πετρώματα. Οι ακανόνιστες εξάρσεις αδιατάρακτου βράχου και τα επικρεμάμενα τμήματα βράχου, που συνιστούν κίνδυνο, θα πρέπει επίσης να απομακρυνθούν. Ιδιαίτερα στο δεύτερο σημείο κατολίσθησης έχουν εντοπιστεί αρκετοί ογκόλιθοι οι οποίοι έχουν μετατοπιστεί από την αρχική τους θέση. Η καθαίρεση αυτών κρίνεται απαραίτητη με τη χρήση μηχανικών κυρίως μέσων.

Σε ότι αφορά τα μεγάλα ενιαία τμήματα βραχομάζας που έχουν εντοπιστεί και έχουν κριθεί ικανά να πέσουν, θα πρέπει να ληφθούν πιο δραστικά μέτρα. Για αυτά προτείνεται η καθαίρεση τους με ελεγχόμενες μικρό-εκρήξεις. Έτσι ώστε να επέλθει η οριστική αποκόλληση τους από την βραχομάζα και να ακολουθήσουν οι εργασίες καθαρισμού της περιοχής.

Όλες οι εργασίες που θα λάβουν χώρα θα πρέπει να έχουν ως κύριο στόχο την απομάκρυνση των διαρρηγμένων και κατακερματισμένων τμημάτων έως ότου το πρανές θα συνιστάται από την υγιή και αδιατάρακτη βραχομάζα.

Λόγω της φύσης των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής η βραχομάζα δεν θεωρείται ότι θα επανέλθει σύντομα στην σημερινή αποσαθρωμένη εικόνα της. Παρ' όλα αυτά μπορεί να εξεταστεί η κατασκευή τοιχίου στο περιθώριο του δρόμου με μικρό ύψος. Το τοιχίο αυτό θα έχει ως κύριο σκοπό τη συγκράτηση των πολύ μικρών τεμαχών βράχων, από το να φτάσουν στο οδόστρωμα. Τα τεμάχια αυτά μπορεί να αποκολλούνται ακόμα και μετά από κάποια επεισόδια βροχής και το μέγεθος τους μπορεί να είναι λίγα εκατοστά.

10. Βιβλιογραφία

Δημόπουλος, Γεώργιος (2008) *Τεχνική Γεωλογία*. Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη α.ε..

Εξαδάκτυλος, Γ., (2001) *Ανάλυση Ευστάθειας Υπαίθριων και Υπογείων Έργων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Μουντράκης Δ., 1985, "Γεωλογία της Ελλάδας", University Studio Press, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Mountrakis, D., Tranos, M., Papazachos, C., Thomaidou, E., Karagianni, E. and Vamvakaris, D. (2006) *Neotectonic and seismological data concerning major active faults, and the stress regimes of Northern Greece*, Geological Society, London, Special Publications, 260, 649–670.

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. in Schuster R.L. & Krizak R., *Landslides* Washington D.C.. National Academy of Sciences Transportation Research Board. p. 11-13.

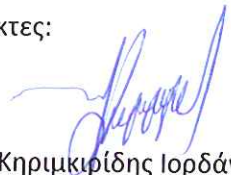
Zaruba Quido and Mencil Vojtech, (1982) *Landslides and Their Control*, Elsevier scientific publishing company.

Χάρτες

Ι.Γ.Μ.Ε., απόσπασμα φύλλου χάρτη κλίμακας 1:25.000, Φύλλο "Βελβεντός".

Βέροια, 19 Αυγούστου 2019.

Οι συντάκτες:



Κηρικιρίδης Ιορδάνης,

Γεωλόγος Μηχανικός

Δεργιανλή Λαμπρινή,

Γεωλόγος

