

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΤΑΜΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΠΑΤΡΑ 2014

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερος την καθηγήτρια Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη, Πολιτικό Μηχανικό, κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Χρυσανθακόπουλο Λεωνίδα, Γεωλόγο MSc που μας παραχώρησε στοιχεία από την μελέτη «Αποκατάσταση κατολίσθησης στην Τοπική Κοινότητα Άνω Κλειτορίας του Δήμου Καλαβρύτων» που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά και να εκφράσουμε την ειλικρινή μας ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μας με κάθε τρόπο και μας βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας.

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές  
(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διαχείριση των φυσικών καταστροφών αποτελεί ένα αντικείμενο μελέτης με διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια συστηματική έρευνα με σκοπό την αντιμετώπιση τους. Η συχνότητα εμφάνισης τους σημειώνει ανοδική πορεία και η επιστήμη είναι αναγκασμένη μέσω της τεχνολογίας να μετριάσει τέτοια φαινόμενα, αφού είναι αδύνατον να τα αποτρέψει. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται ως το βασικό εργαλείο για την αντιμετώπιση και την μετρίαση τέτοιων καταστροφικών φαινομένων. Στην ουσία με την τεχνολογία οι ερευνητές κατανοούν τον μηχανισμό καταστροφών και στην συνέχεια ανευρίσκουν μεθόδους και τεχνικές αντιμετώπισης τους.

Η γη, μέσω των μηχανισμών που διατηρούν την ισορροπία της, αναδιαμορφώνει συνεχώς την μορφή της βιόσφαιρας. Ένας τρόπος αναδιαμορφώσεις είναι και οι κατολισθήσεις που θα μελετηθούν στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Οι κατολισθήσεις αποτελούν μία από τις πιο ισχυρές και καταστροφικές δυνάμεις της γης, αφού λαμβάνει χώρα απροειδοποίητα μπορεί να επεκταθεί σε χιλιάδες χιλιόμετρα και να αποκαλέσει των θάνατο χιλιάδων ανθρώπων και ζώων.

Συμπέρασμα όλων όσων που προαναφέρθηκαν είναι ότι οι κατολισθήσεις είναι ένα σημαντικό φυσικό φαινόμενο το οποίο απαιτεί την προσοχή των αρμόδιων όπως είναι μηχανικοί και γεω – επιστήμονες, που πρέπει να παρέμβουν στην επιφάνεια της γης όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά και αναλύει τα μεθόδους αποκατάστασης κατολισθήσεων. Σκοπός της είναι να αναλύσει τα φαινόμενα κατολισθήσεων και τα μέτρα που λαμβάνονται σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο ορίζεται η έννοια της κατολίστεσης και πώς μπορεί αυτή να δημιουργηθεί. Επίσης, αναγράφονται οι αιτίες και οι παράγοντες που επηρεάζουν τα κατολισθητικά φαινόμενα και πώς ο άνθρωπος παρεμβαίνει σε αυτά.

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναλύονται τα είδη των κατολισθήσεων και πραγματοποιείται ένας διαχωρισμός των κατολισθήσεων. Στην συνέχεια αναλύονται οι τύποι κατολισθήσεων βάση του τύπου της κίνησης και το είδος του υλικού και γίνεται η κατάταξη τους με βάση την ταχύτητα μετακίνησης. Ακολουθεί η ανάλυση της ενεργότητας των κατολισθήσεων καθώς και η γενικές αρχές ζωνοποίησης του κίνδυνου έναντι κατολισθήσεων. Επιπλέον, πραγματοποιείται διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη κατολίστεση φυσικών πρανών και αναγράφονται οι παράγοντες κατολισθήσεων. Ωστόσο, αναφερόμαστε και στις συνθήκες ισορροπίας των πρανών και τον έλεγχο που απαιτείται για την ευστάθεια του. Η επικινδυνότητα έναντι των κατολισθήσεων είναι ένας παράγοντας που αναλύεται εκτενέστερα.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι αποκατάστασης των κατολισθήσεων. Η διαδικασία αποκατάστασης ακολουθεί κάποια συγκεκριμένα βήματα σε όλες τις περιπτώσεις. Αρχικά γίνεται έρευνα με σκοπό να καταγραφεί πλήρως ένα συγκεκριμένο φαινόμενο κατολίστεσης και στην συνέχεια αναλύονται όλες οι μέθοδοι με σκοπό να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης για κάθε περίπτωση. Ωστόσο, αναγράφονται και τα μέτρα πρόληψης που θα πρέπει να λαμβάνονται σε μία κατολίστεση και ποιές είναι οι περιοχές που είναι επιρρεπείς σε αυτή.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναφερόμαστε στις κατολισθήσεις του Ελλαδικού χώρου ποία είναι η γεωλογική και τεκτονική δομή του και ποιές τεχνικό - γεωλογικές συνθήκες. Σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι η κατανόηση του παραδείγματος που ακολουθεί στο επόμενο Κεφάλαιο.

Τέλος, Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναγράφεται και αναλύεται πλήρως ένα παράδειγμα κατολίστεσης στον Ελλαδικό χώρο με σκοπό την κατανόηση των όσων προαναφέρθηκαν. Αρχικά αναφερόμαστε στην θέση και την περιοχή που βρίσκεται καθώς και στις γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν. Ακολουθεί η ανάλυση της σεισμικότητας και της σεισμικής επικινδυνότητας, οι υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν και οι τεχνικό- γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή του μηχανισμού δημιουργίας του κατολισθητικού φαινομένου και στο τέλος παραθέτονται οι προτάσεις αντιμετώπισης του φαινομένου αυτού.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

1.1	ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ	1
1.2	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	2
1.3	ΑΙΤΙΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	3
1.3.1	Ανθρωπογενής παρέμβαση	5

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΕΙΔΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

2.1	ΓΕΝΙΚΑ	7
2.2	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	8
2.2.1	Τύποι κατολισθήσεων βάση του τύπου της κίνηση και το είδος του υλικού	8
2.2.2	Κατάταξη κατολισθήσεων με βάση την ταχύτητα μετακίνησης	18
2.3	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	19
2.4	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	21
2.5	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΡΑΝΩΝ	23
2.5.1	Παράγοντες κατολισθήσεων	24
2.6	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ	26
2.7	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	27
2.8	ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	28
2.9	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	30

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

3.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΈΡΕΥΝΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	31
3.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	36
3.2.1	Άμεσα μέτρα αποκατάστασης κατολισθήσεων	36
3.2.2	Έμμεσα μέτρα αντιμετώπισης κατολισθήσεων	38

3.2.3	Πεδίο εφαρμογής τεχνικών αντιστήριξης	50
3.3	ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	51
3.3.1	Μετρά σταθεροποίησης πρανών	51
3.3.2	Μέτρα αντιμετώπισης και πρόληψης των κατολισθήσεων	53
3.4	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΠΙΡΡΕΠΕΙΣ ΣΕ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	<b>ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ</b>	
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	59
4.2	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	61
4.3	ΤΕΧΝΙΚΟ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ</b>	
5.1	ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	65
5.2	ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	65
5.3	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ	66
5.3.1	Γεωτεκτονικά Στοιχεία	66
5.3.2	Γεωλογία της περιοχής μελέτης	67
5.3.3	Τεκτονική της ευρύτερης περιοχής	69
5.4	ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	70
5.5	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	71
5.5.1	Υδρολιθολογικές ενότητες	71
5.5.2	Υδατικό ισοζύγιο ευρύτερης περιοχής	72
5.6	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	74
5.7	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ	78
5.8	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	80
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		83

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

## 1.1. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ

Με τον όρο Μετακίνηση Μαζών (Mass Wasting ή Mass Movement) χαρακτηρίζονται όλες οι βαρυτικές μετακινήσεις αποσαθρωμένων πετρωμάτων προς τα κατόντη ενός πρανού. Η κατολίσθηση είναι το φαινόμενο της διατάραξης της ισορροπίας μια μάζας εδάφους ή βράχου. Οι κατολισθήσεις αποτελούν μέρος των φυσικών διεργασιών εξέλιξης του γήινου ανάγλυφου. Πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει η δυνατότητα επιβράδυνσης του φαινομένου ακόμα και παύσης με τεχνητά μέσα.

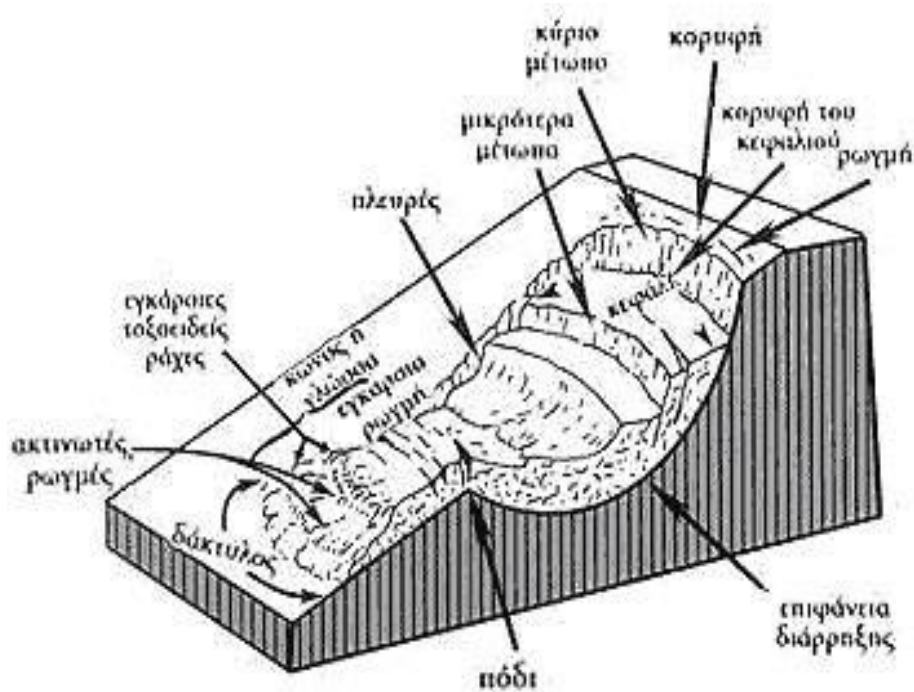
Οι κατολισθήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν σε:

- Ορεινά ή πεδινά χωριά ακόμα και μεγάλες αστικές περιοχές
- Στοές μεταλλείων
- Οδοποιία και σήραγγες.
- Φράγματα (στα αντερείσματα ή στον ταμιευτήρα του φράγματος).
- Δίκτυα κοινής ωφέλειας και υποθαλάσσιες κατασκευές (υποθαλάσσιες αστοχίες πρανών που γίνονται κυρίως λόγω σεισμού).

Οι τυπικές κατολισθήσεις συμβαίνουν σε εδάφη ή κατακερματισμένα πετρώματα και συνοδεύονται από μια σειρά χαρακτηριστικών, ενώ διακρίνονται τα εξής μέρη:

- **Το κυρίως μέτωπο:** Είναι η απότομη επιφάνεια που δημιουργείται στο αδιατάρακτο έδαφος που περιβάλλει την κατολίσθηση.
- **Δευτερεύοντα μέτωπα:** Είναι οι απότομες επιφάνειες εντός του διαταραγμένου υλικού της κατολίσθησης.
- **Κεφάλι:** Βρίσκεται στην κορυφή της κατολίσθησης και αποτελείται από τα ανώτερα τμήματα των υλικών που κατολίσθησαν.
- **Πόδι:** Είναι η γραμμή διατομής μεταξύ του κατώτερου μέρους της επιφάνειας διάρρηξης και της αρχικής επιφάνειας του εδάφους.
- **Δάκτυλος:** Είναι το τμήμα των υλικών που έχουν κατολισθήσει στη μεγαλύτερη απόσταση από το κύριο μέτωπο της κατολίσθησης.
- **Κορυφή:** Είναι το ουσιαστικά αδιατάρακτο υλικό που βρίσκεται στα ψηλότερα σημεία του κύριου μετώπου.
- **Επιφάνεια διάρρηξης:** Είναι η επιφάνεια αποχωρισμού των υλικών που κατολισθαίνουν από το σταθερό υπόβαθρο.
- **Επιφάνεια ολίσθησης:** Είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία γίνεται η κύρια μετατόπιση της μάζας που κατολισθαίνει. Το ανώτερό της τμήμα ταυτίζεται συνήθως με την επιφάνεια διάρρηξης, ενώ το κατώτερο, κάτω από το πόδι, είναι η προϋπάρχουσα επιφάνεια του πρανού.

- **Κώνος ή γλώσσα:** Είναι το τμήμα των υλικών που έχουν ξεπεράσει την επιφάνεια διάρρηξης και έχουν ολισθήσει στην αρχική επιφάνεια του πρανούς.



**Εικόνα 1.1.:** Κύρια χαρακτηριστικά τυπικής κατολίσθησης. (Ρίσβα Ι., 2012)

Η εκδήλωση μιας κατολίσθησης είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης μορφολογικών, γεωλογικών, γεωτεχνικών, περιβαλλοντικών συνθηκών καθώς και ανθρώπινων παρεμβάσεων. Οι τελευταίες μπορούν κυρίως να επιταχύνουν την εκδήλωση του φαινομένου. (Ρίσβα Ι., 2012)

## 1.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

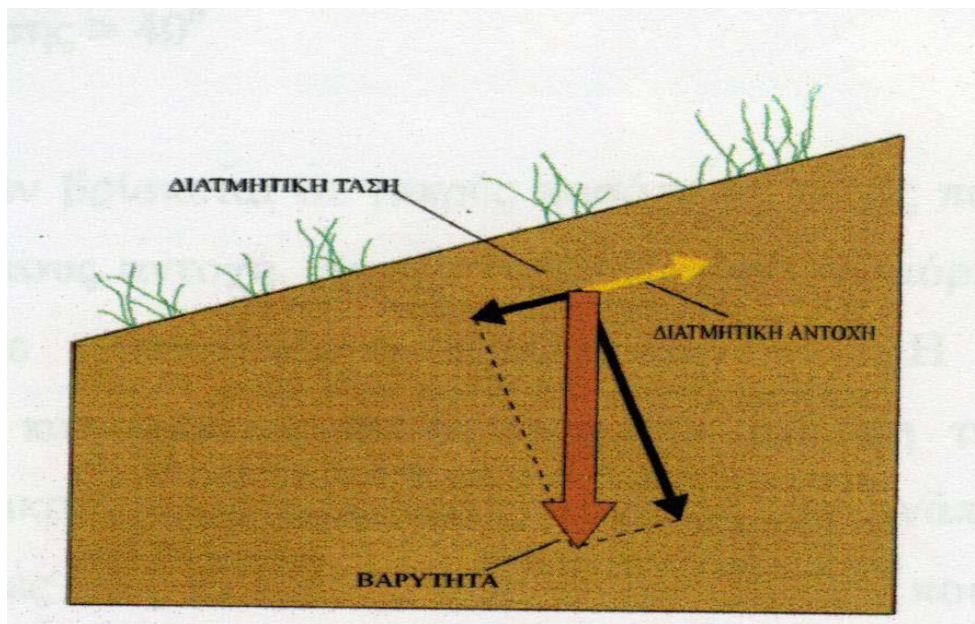
Οι βασικοί παράγοντες που προκαλούν κατολισθήσεις επιγραμματικά είναι:

- Η αφαίρεση της υποστήριξης του πρανούς.
- Η πρόσθετη φόρτιση του πρανούς.
- Η δράση της χλωρίδας και της πανίδας.
- Η αποσάθρωση.
- Η παρουσία του νερού.
- Η γεωλογική δομή. (Γενική Γραμματεία Πολιτισμού, 2013)



### 1.3. ΑΙΤΙΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Οι δυνάμεις που καθορίζουν αν κάποιο πέτρωμα ενός πρανούς θα κινηθεί ή θα παραμείνει σταθερό είναι: η διατμητική τάση και η διατμητική αντοχή, οι οποίες είναι αντίρροπες μεταξύ τους. Το βάρος ενός πετρώματος επί ενός πρανούς μπορεί να αναλυθεί σε μια συνιστώσα κάθετη στο πρανές, την ορθή τάση και μια συνιστώσα παράλληλη προς το πρανές, τη διατμητική τάση. Η τάση αυτή θα κινούσε το πέτρωμα προς τα κάτω εάν αυτό δεν αντιδρούσε με την εσωτερική αντοχή του (διατμητική αντοχή). Αυτή καθορίζεται από την τριβή και τη συνεκτικότητα των επιμέρους τμημάτων του πετρώματος ή του αποσαθρωμένου μανδύα. (Παπαθάνου Μ., 2005)



**Εικόνα 1.2:** Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ διατμητικής τάσης και διατμητικής αντοχής. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

Η ενεργότατο του πρανούς εξαρτάται:

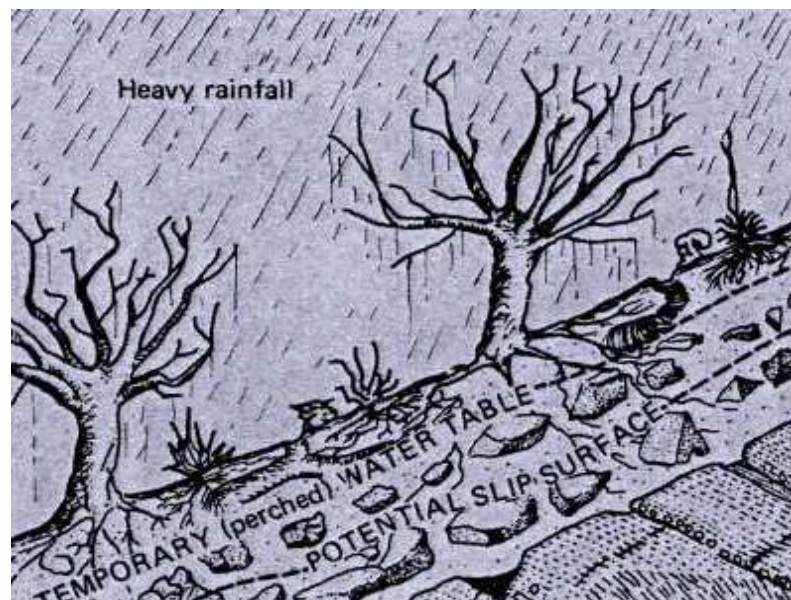
- Τα **γεωμορφολογικά στοιχεία** του πρανούς. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι άμεσος ο συσχετισμός των μορφολογικών στοιχείων μιας περιοχής και των διαδικασιών που οδηγούν σε κατολισθήσεις. Τα χαρακτηριστικά που μελετούνται για τις κατολισθήσεις είναι:

- ✓ το υψόμετρο,
- ✓ η κλίση και
- ✓ ο προσανατολισμός του πρανούς

Η κλίση του πρανούς καθορίζεται από φυσικές ή τεχνητές ανθρώπινες παρεμβάσεις. Οι φυσικές αιτίες περιλαμβάνονται οι κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις της περιοχής, η ποτάμια διάβρωση και ο παράκτιος κυματισμός. Στις ανθρωπογενείς αιτίες περιλαμβάνονται έργα τεχνικά και οδοποιητικά έργα καθώς και μεταλλευτικές

δραστηριότητες. Η κλίση είναι ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλει στην αστοχία του πρανούς. Όσο μεγαλύτερη κλίση τόσο μεγαλύτερη διατμητική τάση, της κατακόρυφης συνιστώσας του βάρους (Εικόνα 1.2.). Αυτό λειτουργεί σαν κινητήριο δύναμη για να συμβεί κατολίσθηση. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι η συχρότητα των κατολισθήσεων εντοπίζεται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο.

- Η **σύσταση** και η **δομή** του πρανούς: Τα πρανή συγκροτούνται από συνδυασμό πετρωμάτων, αποσαθρωμένου μανδύα και εδάφους με διάφορες ποσότητες φυτοκάλυψης και ποσότητας νερού. Όταν το πρανές δομείται αποκλειστικά από συνεκτικά πετρώματα τότε μπορεί να σχηματίζονται έως και κατακόρυφα πρανή. Κάθε πέτρωμα αφενός μεν αποσαθρώνεται, σχηματίζοντας έναν μανδύα αποσάθρωσης, αφετέρου δε φέρει εσωτερικώς επιφάνειες ασυνέχειας (στρώσεις, διαρρήξεις, φυλλώσεις) που όταν η κλίση τους είναι ομόρροπη με αυτή του πρανούς προκαλούν ολισθήσεις και συμβάλουν στο σχηματισμό των κορημάτων. Η σταθερότητα αυτών των κορημάτων εξαρτάται από το μέγεθος, το σχήμα και τη διάταξη των επί μέρους κλαστικών υλικών τους. Γενικώς κορήματα με μεγάλους, γωνιώδεις και ακανόνιστους κόκκους διατεταγμένους χαοτικώς σχηματίζουν πρανή μεγαλύτερων κλίσεων από ότι κορήματα με μικρούς και αποστρογγυλωμένους κόκκους διατεταγμένους σε παράλληλα επίπεδα.
- **Το νερό:** Το νερό επιφανειακό ή υπόγειο είναι ένας σημαντικός παράγοντας επηρεασμού των κατολισθήσεων με τον κορεσμό και φόρτιση των υλικών, τη δημιουργία υδροστατικών πιέσεων, την αυξομείωση της πίεσης των πόρων, την εσωτερική διάβρωση, τις υποσκαφές, τις διαβρωτικές - αποσαθρωτικές διεργασίες, τη χαλάρωση του πετρώματος κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας με τη συνεχή διεύρυνση τους και τη μεταβολή του όγκου στην περίπτωση δημιουργίας παγετού κλπ.



**Εικόνα 1.3:** Εξιδανικευμένο διάγραμμα για την ανάπτυξη ενός υδροφόρου ορίζοντα σε κολλούβια κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων σε σχέση με την έντονη αστάθεια της πλαγιά. (Ρίτσα Ι., 2012)

Όταν το ποσοστό του νερού στους πόρους των πετρωμάτων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα τότε αυξάνεται η διατμητική αντοχή. Οι μικρές ποσότητες νερού ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών με συνέπεια οι ρίζες τους να σταθεροποιούν τα πρανή. Η μικρή ποσότητα νερού λειτουργεί σαν μαγνήτης μεταξύ των κόκκων και βοηθάει στην έλξη μεταξύ τους και κατ' επέκταση στην συνοχή του πρανούς. Αντίθετα όταν το ποσοστό του νερού είναι μεγάλο ο εφελκυσμός της επιφανείας μειώνεται, χάνουν οι κόκκοι την επαφή μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την μείωση της συνεκτικότητας του πετρώματος και συνεπώς της διατμητικής αντοχής. Εδάφη που επηρεάζονται ιδιαίτερα από το ανωτέρω φαινόμενο είναι τα αργιλώδη.

- **Η σεισμική φόρτιση:** Σε πρανή που αποτελούνται από χαλαρά ή μικρής συνεκτικότητας υλικά κατά τη διάρκεια του σεισμικού κραδασμού επέρχεται μείωση της συνοχής και το πρανές οδηγείται σε αστοχία. (Παπαθάνου Μ., 2005 ; Ρίσβα Ι., 2012)

### 1.3.1. Ανθρωπογενής παρέμβαση

Στα αίτια των κατολισθήσεων πρέπει να συμπεριλάβουμε την ανθρωπογενή παρέμβαση. Στην συμπεριφορά των πρανών καθοριστικό ρόλο παίζει η όψη ενός τοπίου, η μορφολογία του, η γεωλογική δομή του, η ορυκτολογική του σύσταση και το τεκτονικό καθεστώς που επικρατεί σε αυτό (διεύθυνση ρηγμάτων, πυκνότητα διακλάσεων), όλα αυτά μπορεί να συνδέονται άμεσα και έμμεσα με τεχνικά έργα.

Οι κατασκευές τεχνικών έργων όπως είναι οδοποιητικά έργα ή έργα δόμησης προκαλούν μεταβολές των πρανών ανάλογα με τις εργασίες που προγραμματίζονται να γίνουν. Η αφαίρεση του προστατευτικού καλύμματος ή η επιπλέον φόρτιση μπορεί να προκαλέσουν την αστοχία των πρανών. Οι κατολισθήσεις βεβαία ανήκουν στην κατηγορία των φυσικών φαινομένων επομένως δύσκολα δίνεται μερίδιο ευθύνης σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Στην κατασκευή των τεχνικών έργων, όμως πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει περίπτωση ενεργοποίησης παλιάς κατολίστησης ή ακόμα και δημιουργία νέας.



**Εικόνα 1.4:** Κατολισθητικό φαινόμενο σε οδοποιητικό έργο.

Τα κατολισθητικά φαινόμενα μπορεί να ενταθούν όταν δεν πραγματοποιείται σωστή μελέτη και σχεδιασμός του τεχνικού έργου, σε περιπτώσεις που έχουν προηγηθεί τα προαναφερόμενα κάποιες από τις συνέπειες μπορέσουν να μετριασθούν. Συνήθως όμως τεχνικά έργα που θεμελιώνονται σε ασταθή πρανή είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν κατολισθήσεις.

Η κατασκευή δρόμων σε περιοχές επιρρεπείς σε κατολισθήσεις αποτελεί σημαντικό πρόβλημα γιατί οι δρόμοι μπορεί να διακόψουν την επιφανειακή απορροή, να διαφοροποιήσουν την υποεπιφανειακή κίνηση του νερού και να μεταβάλουν την κατανομή του υλικού στο πρανές από τις εργασίες τεχνητής διαμόρφωσης. (Παπαθάνου Μ., 2005)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΔΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Φυσικά και τεχνικά πρηνή ονομάζονται οι εξωτερικές επιφάνειες συνήθως κεκλιμένες των εδαφικών σχηματισμών. Τα φυσικά πρηνή είναι αποτέλεσμα γεωλογικών φαινομένων, τα οποία με το πέρασμα των χρόνων έχουν ισορροπήσει σε κεκλιμένα επίπεδα, ακανόνιστου σχήματος και μορφής. Οι σχηματισμοί είναι ανάλογοι με την διαστρωμάτωση και τα χαρακτηριστικά των γεωσχηματισμών και τη φυτοκάλυψη. Τις περισσότερες φορές βρίσκονται σε σταθερή ισορροπία η οποία όμως μπορεί να διαταραχθεί από την μεταβολή των υδραυλικών συνθηκών ή από την δράση δυναμικών φορτίων.

Τα τεχνικά πρηνή στα οποία ανήκουν και τα πρηνή των έργων οδοποιίας δημιουργούνται κατά την φάση εκτέλεσης χωματουργικών εργασιών, ως επίπεδες επιφάνειες ενιαίας κλίσης, ώστε να εξασφαλίζεται η ευστάθεια των γεωκατασκευών. Ο προσδιορισμός της εκάστοτε βέλτιστης κλίσης και της τελικής διαμόρφωσης των τεχνικών πρηνών, εξασφαλίζει αφενός τον όγκο των χωματουργικών εργασιών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αφετέρου εξασφαλίζει την ευστάθεια της εδαφικής μάζας, όπου αποτελεί και το βασικό αντικείμενο του γεωτεχνικού σχεδιασμού.

Ο μηχανικός είναι υποχρεωμένος να βρει την χρυσή τομή των όσων προαναφέρθηκαν ώστε να δώσει την ενδεδειγμένη λύση για την διαμόρφωση κάθε ορύγματος και επιχώματος ξεχωριστά.

Όταν τα φυσικά και τεχνητά πρηνή χάσουν την ισορροπία τους, διαταραχθεί δηλαδή η διατμητική αντοχή του εδάφους και δεν επαρκεί ώστε να αντικατασταθεί στις δυνάμεις βαρύτητας και ενδεχομένως στα δυναμικά φορτία που προκαλούν την αστοχία, πραγματοποιείται η ολίσθηση πρηνών.

Στην πραγματικότητα, τα φαινόμενα αστοχίας πρηνών παρατηρούνται συνήθως κατά ή μετά από περιόδους βροχόπτωσης. Όπως προαναφέρθηκε η δράση του ύδατος στο εσωτερικό των γεωσχηματισμών επιφέρει μείωση των δυνάμεων διατμητικής αντοχής και επακόλουθο αυτού είναι η μείωση της αντίστασης σε ολίσθηση. Στις περιπτώσεις αυτές αναπτύσσονται μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης κατολισθήσεις με απρόβλεπτες συνέπειες για ανθρώπους και κατασκευές.

Ο όρος ολίσθηση πρηνών καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία γεωτεχνικών αστοχιών, που έμμεσα ή άμεσα συνδέονται με την κατασκευή οδικών έργων. Οι διάφορες μορφές ολίσθησης πρηνών χαρακτηρίζονται από το υλικό της γεωκατασκευής, το γεωμετρικό σχήμα της αστοχίας, την ταχύτητα του φαινομένου την έκταση και την διάρκεια του. Η ορολογία η οποία χρησιμοποιείται ακόμη και διεθνώς, δεν είναι σταθερή με συνέπεια η διάκριση μεταξύ ροών, καταπτώσεων, ολισθήσεων, καταρρεύσεων και φαινομένων ερπυσμού να είναι δύσκολη.

Για την σωστή περιγραφή του φαινομένου πρέπει να υπεροι μια σύντομη περιγραφή με σκοπό να προσδιορίζεται με ακρίβεια το είδος της κάθε αστοχίας. Στατιστικές μελέτες σε πραγματικές περιπτώσεις γεωκατασκευών έδειξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ολισθήσεων εμφανίζουν τα γαιώδη πρηνή ορυγμάτων. Συγκεκριμένα σε ένα αντιπροσωπευτικό σύνολο ολισθήσεων παρατηρούνται τα εξής ποσοστά:

- Γαιώδη πρηνή ορυγμάτων 40%
- Φυσικά πρηνή 20%
- Επιχώματα επί κλιτύων 15%
- Πρηνή επιχώματων 15%
- Πρηνή βραχωδών σχηματισμών 10%

## 2.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Κατά καιρούς διάφορα συστήματα ταξινόμησης των κατολισθήσεων, που βασίζονται σε πληθώρα παραμέτρων όπως:

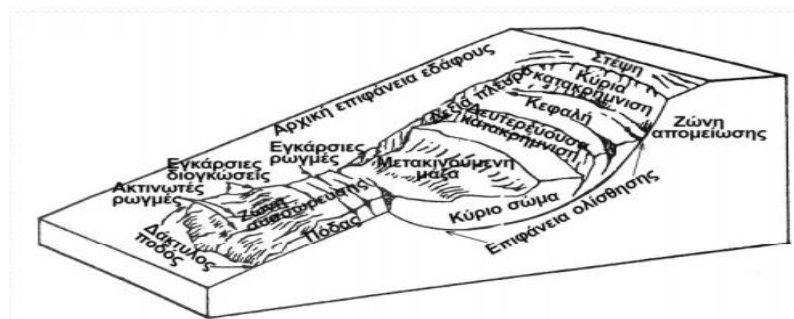
- Το είδος του υλικού που ολισθαίνει
- Ο τύπος κίνησης (ολίσθηση, ροή, κατάπτωση, κλπ)
- Η ταχύτητα μετακίνησης
- Το αίτιο κίνησης (ανθρ/γενής δράση, είδος φόρτισης, νερό, κλπ)
- Ο βαθμός εξέλιξης (ενεργή, παλιά, επαναδραστηριοποιημένη, κλπ)
- Ο μηχανισμός ολίσθησης
- Οι περιβαλλοντολογικές και κλιματικές συνθήκες
- Η γεωμετρία, το μέγεθος, οι καταστροφικές συνέπειες κλπ
- Η μορφή της ολίσθησης (περιστροφική επιπεδόμορφη κλπ.)

Ωστόσο σύμφωνα με τον Erskine (1973), οι κατολισθήσεις μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες, οι οποίες βασίζονται στην εξέλιξή τους, δίνοντας βαρύτητα στις επιπτώσεις που πιθανόν να έχουν στα διάφορα έργα:

- Σταθεροποιημένες (χωρίς ενδείξεις πρόσφατης ενεργοποίησης)
- Πρόσφατες ενεργές (εκδηλώνονται με πρόσφατες κινήσεις)
- Ενεργές (αυτές που δείχνουν να μην έχουν σταθεροποιηθεί)
- Επαναδραστηριοποιημένες πρόσφατα (επαναδραστηριοποίηση μετά από περίοδο σταθεροποίησης). (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

### 2.2.1. Τύποι κατολισθήσεων βάση του τύπου της κίνησης και το είδος του υλικού

Κάθε κατολίσθηση μπορεί να ταξινομηθεί και να περιγραφεί από δύο ονόματα. Το πρώτο περιγράφει τον τύπο της κίνησης και το δεύτερο περιγράφει το είδος του υλικού. Στον Πίνακα που ακολουθεί δίνεται μια από τις πιο πρόσφατες υποδιαιρέσεις η οποία στηρίχθηκε στην ταξινόμηση κατά κατά Varnes (1978), Hutchinson (1988) και αναπτύχθηκε σε πρόγραμμα που αναφέρεται σε κατολισθήσεις πραγματοποιούνται στην Ευρώπη (EPOCH). (Βολιώτη Κ., 2009)



**Εικόνα 2.1:** Απεικόνιση εδάφους.  
(Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

		Τύπος υλικού	
Τύπος κίνησης	Υπόβαθρο	Εδάφη	
		Κορήματα	Γαίες
Πτώσεις	Πτώσεις βράχων	Πτώσεις κορημάτων	Πτώσεις γαιών
Ανατροπές	Ανατροπές βράχων	Ανατροπές κορημάτων	Ανατροπές γαιών
Ολισθήσεις - κυκλικές μεταθετικές	καθίζηση βράχων Ολίσθηση βράχων	Καθίζηση κορημάτων Ολισθήσεις κορημάτων	Καθίζηση γαιών Ολισθήσεις γαιών
Πλευρικές Εκτάσεις	Έκταση βράχων	Έκταση κορημάτων	Έκταση γαιών
Ροές	Ροή βράχων	Ροή κορημάτων	Ροή γαιών (ή ροή ιλύος)
Σύνθετες	Συνδυασμός δύο ή περισσότερων κύριων τύπων μετακινήσεων		

**Πίνακας 2.1:** Σύντομη ταξινόμηση των κατολισθητικών κινήσεων Varnes (1978), Cruden & Varnes,(1996). (Βολιώτη Κ., 2009)

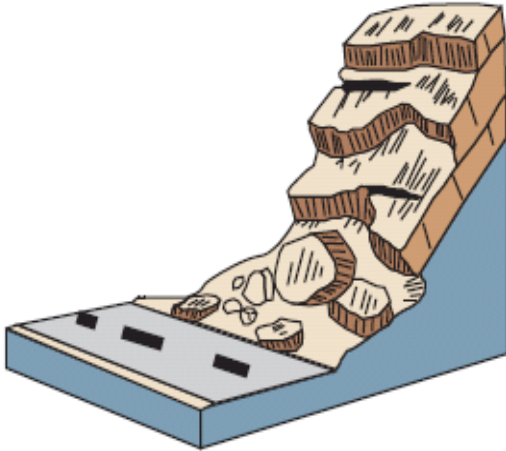
Αναλυτικότερα τα είδη κατολισθητικών κινήσεων είναι τα ακόλουθα:

### ➤ Πτώσεις

Πρόκειται για την αποκόλληση τμήματος εδάφους ή βράχου από απότομο πρανές κατά μήκος μιας επιφάνειας με μικρή ή σχεδόν μηδενική διατμητική αντοχή. Είναι κατακόρυφες ολισθήσεις πετρωμάτων τα οποία συχνά συσσωρεύονται στους πρόποδες των πρανών ως αλλουβιακοί κώνοι κορημάτων. Η κίνηση του υλικού γίνεται μέσω κύλισης και αναπήδησης. Ακολουθούν ύστερα από ισχυρές βροχοπτώσεις και δονήσεις του εδάφους. (Βολιώτη Κ., 2009)

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. Οι πτώσεις βραχών χαρακτηρίζουν συμπαγή πετρώματα, οι πτώσεις κορημάτων εμφανίζονται σε μη

συνεκτικά έως ισχυρώς συνεκτικά δεβρική πετρώματα ενώ οι πτώσεις γαιών σε λεπτόκοκκα πετρώματα. Ο ρυθμός μετακίνησης είναι πολύ μεγάλος (έως και 200km/hr) (Παπαθάνου Μ., 2005).



Πρόκειται για απότομες μετακινήσεις χαλαρών βράχων συμπαγών πετρωμάτων που αποσπώνται από οροφές ή απότομα πρανή. [2]

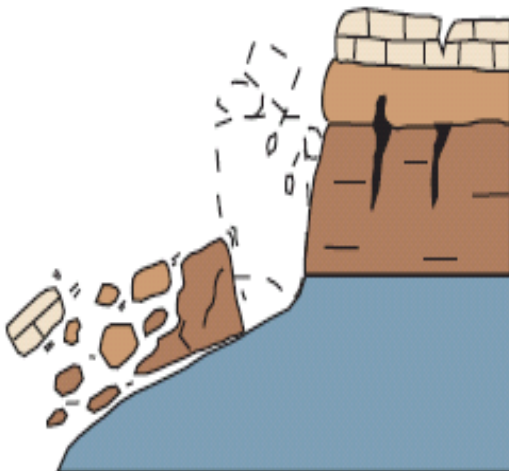
- Πτώσεις βράχων
- Πτώσεις κορημάτων
- Πτώσεις γαιών

**Εικόνα 2.2:** Κατολίσθηση με πτώση. [2]

#### ➤ Ανατροπές

Η κίνηση οφείλεται σε τάσεις οι οποίες προκαλούν περιστροφή προς τα εμπρός, γύρω από ένα σημείο ή άξονα που εντοπίζεται κάτω από το κέντρο βάρους της βραχώδους ή εδαφικής μάζας που επηρεάζεται. Στη συνέχεια τμήματα αποχωρίζονται από την υπόλοιπη μάζα, αναπηδώντας και πέφτοντας προς τα κατόντη του πρανού. Το φαινόμενο μπορεί σταδιακά να εξελιχθεί σε πτώση ή ολίσθηση της μετακινούμενης μάζας, ανάλογα με την γεωμετρία της επιφάνειας αποχωρισμού, και τον προσανατολισμό των ασυνεχειών.

Όπως αναφέρθηκε η κίνηση στις ανατροπές είναι περιστροφική μιας ή περισσότερων μονάδων, γύρω από ένα σημείο περιστροφής το οποίο βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους του τεμάχου. 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 πρανές και κλίνουν αντίρροπα από αυτό. Η κίνηση χαρακτηρίζεται από κάμψη και ανατροπή χωρίς κατάρρευση.



Πρόκειται για την περίπτωση κατά την οποία η κίνηση του υλικού θεωρείται περιστροφική προς τα εμπρός και προκαλείται από την βαρύτητα και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται. [2]

- Ανατροπές βράχων
- Ανατροπές κορημάτων
- Ανατροπές γαιών

**Εικόνα 2.3:** Κατολίσθηση με ανατροπή. [2]



Οι ανατροπές βράχων και οι ανατροπές κορημάτων εμφανίζονται κυρίως σε σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους, βασάλτες και δολερίτες ενώ οι ανατροπές εδαφών σε αργίλους. Το μέγεθος της μετακινούμενης μάζας κυμαίνεται από 1m<sup>3</sup> έως 10 m<sup>3</sup>.

Και οι δύο περιπτώσεις που προαναφέραμε διαφέρουν ως προς τον μηχανισμό θραύσης, ωστόσο μια πτώση ή μια ανατροπή μπορεί να αποτελέσει προειδοποιητικό σημάδι για μια μεγαλύτερη αστοχία στο πρανές. (Παπαθάνου Μ., 2005).

### ➤ Ολισθήσεις

Οι ολισθήσεις πρόκειται για εδαφική κίνηση με φορά προς τα κάτω που λαμβάνει χώρα κατά μήκος επιφανειών θραύσης ή σχετικά λεπτών ζωνών διάτμησης. Στις ολισθήσεις η μετακίνηση γίνεται κατά τη διάρκεια διατμητικής παραμόρφωσης επάνω σε μια ή περισσότερες επιφάνειες. Το φαινόμενο αρχικά, εκδηλώνεται τοπικά και όχι σε όλο το εύρος της αστοχίας. Ο όγκος της μετακινούμενης μάζας μεγεθύνεται από την αρχική περιοχή τοπικής αστοχίας.

Τα αρχικά σημάδια που αποδεικνύουν μια τέτοιου είδους κατολίσθηση είναι οι ρωγμές στην επιφάνεια του εδάφους, κατά μήκος της οποίας θα διαμορφωθεί το κύριο μέτωπο της ολίσθησης. Η μετακινούμενη μάζα ολισθαίνει πέρα από τον πόδα της επιφάνειας θραύσης, καλύπτοντας την αρχική εδαφική επιφάνεια στο πρανές, η οποία τελικά μεταπίπτει σε επιφάνεια διαχωρισμού. 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. Ποικίλουν σε μέγεθος και βάθος, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται από μερικά cm έως εκατοντάδες m.

Ο Varnes (1978) διαχώρισε τις ολισθήσεις σε περιστροφικές και μεταθετικές. (Ρίσβα Ι., 2012 ; Παπαθάνου Μ., 2005).

#### • *Περιστροφικές ολισθήσεις ή κυκλικές ολισθήσεις:*

Οι περιστροφικές ολισθήσεις κινούνται κατά μήκος μιας κεκλιμένης επιφάνειας αστοχίας η οποία είναι κοίλη προς τα πάνω. Η μετακινούμενη μάζα σε αυτήν την περίπτωση ακολουθεί την επιφάνεια αστοχίας που έχει προφίλ κυκλικό ή κυκλοειδές, έτσι κινείται κατά μήκος της επιφάνειας θραύσης, έχοντας υποστεί εσωτερική παραμόρφωση. Οι άξονες της επιφάνειας και της μάζας που ολισθαίνει είναι παράλληλοι.

Τέτοιου είδους ολισθήσεις με κυκλική επιφάνεια θραύσης συμβαίνουν σε ομοιογενή υλικά και κυρίως σε επιχώματα. Τα φυσικά πρανή κοίλη με μειούμενη κλίση προς τα κατάντη. Το σχήμα της επιφάνειας θραύσης επηρεάζεται από τυχόν ρήγματα, επίπεδα στρώσης και διακλάσεις, που βρίσκονται μέσα στο πέτρωμα.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι καθίσεις κορημάτων και γαιών εμφανίζονται κυρίως σε συμπαγοποιημένες αργίλους, αποσαθρωμένες μάργες και ιλύολιθους (Crozier, 1984), ενώ οι καθίσεις βράχων εμφανίζονται κυρίως σε εναλλαγές μαργών με ασβεστόλιθους ή ψαμμίτες. Ο ρυθμός μετακίνησης των καθίσεων κορημάτων είναι > 3m/sec, ενώ ο ρυθμός μετακίνησης των καθίσεων βράχων είναι αργότερος και κυμαίνεται από cm/χρόνο έως m/μήνα.

Οι βασικές υποκατηγορίες της περιστροφικής ολίσθησης είναι:

#### α) *Απλή Περιστροφική Ολίσθηση – Κάθιση:*

Στις περιστροφικές ολισθήσεις – καθίσεις η κίνηση είναι περιστροφική, γύρω από έναν άξονα που είναι παράλληλος προς τη διεύθυνση του πρανούς. Τα ανώτερα τμήματα της κατολίσθησης είναι δυνατόν να κάμπτονται με κλίσεις αντίθετες προς τη ρηξιγενή επιφάνεια

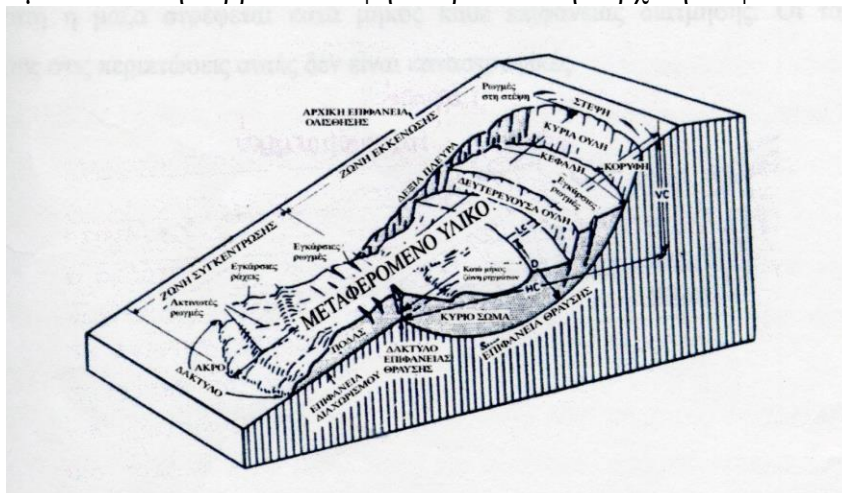
σχηματίζοντας μικρές τάφρους. Οι καθίσεις συνήθως μετατρέπονται σε ροές στον πόδα της κατολίσθησης, όταν η κατολισθαίνουσα μάζα εμποτιστεί με νερό, προκύπτει ένας σύνθετος τύπος μετακίνησης μαζών που ονομάζεται κάθιση – ροή γαιών.

Σε μια τυπική περιστροφική ολίσθηση η κύρια ουλή είναι η επιφάνεια που οριοθετεί προς τα ανάντη το αδιατάρακτο έδαφος που βρίσκεται γύρω από την περιφέρεια της μετακίνησης και προκαλείται από την απομάκρυνση της ολισθαίνουσας μάζας. Η επιφάνεια θραύσης είναι η προέκταση της επιφάνειας της ουλής κάτω από το υλικό που μετατοπίστηκε. Το περιθώριο του πιο απομακρυσμένου, από την κύρια ουλή, υλικού είναι το δάκτυλο της κατολίσθησης. Το πιο απομακρυσμένο σημείο του δακτύλου από την κορυφή της ολίσθησης είναι το άκρο.

Μεταξύ αυτών των δύο σημείων αναπτύσσονται τα υπόλοιπα τμήματα της κατολίσθησης. Το τμήμα του μεταφερόμενου υλικού που υπέρκειται της επιφάνειας θραύσης στην περιοχή ανάμεσα στην κύρια ουλή και το δάκτυλο της επιφάνειας θραύσης ονομάζεται κύριο σώμα. Μεταξύ του μεταφερόμενου υλικού και αυτού που δεν έχει μετατοπισθεί βρίσκεται η επιφάνεια διαχωρισμού, κατά μήκος της οποίας δεν έχει συμβεί καμία θραύση. Ως πόδας χαρακτηρίζεται το μέρος του μεταφερόμενου υλικού που βρίσκεται κατάντη από το δάκτυλο.

Το πρανές χωρίζεται σε δύο ζώνες:

- ✓ Τη ζώνη εκκένωσης είναι η περιοχή μέσα στην οποία το υλικό που μετατοπίστηκε βρίσκεται κάτω από την αρχική επιφάνεια του εδάφους.
- ✓ Τη ζώνη συσσώρευσης είναι η περιοχή μέσα στην οποία το υλικό που μετατοπίστηκε βρίσκεται ψηλότερα από την αρχική επιφάνεια του εδάφους.

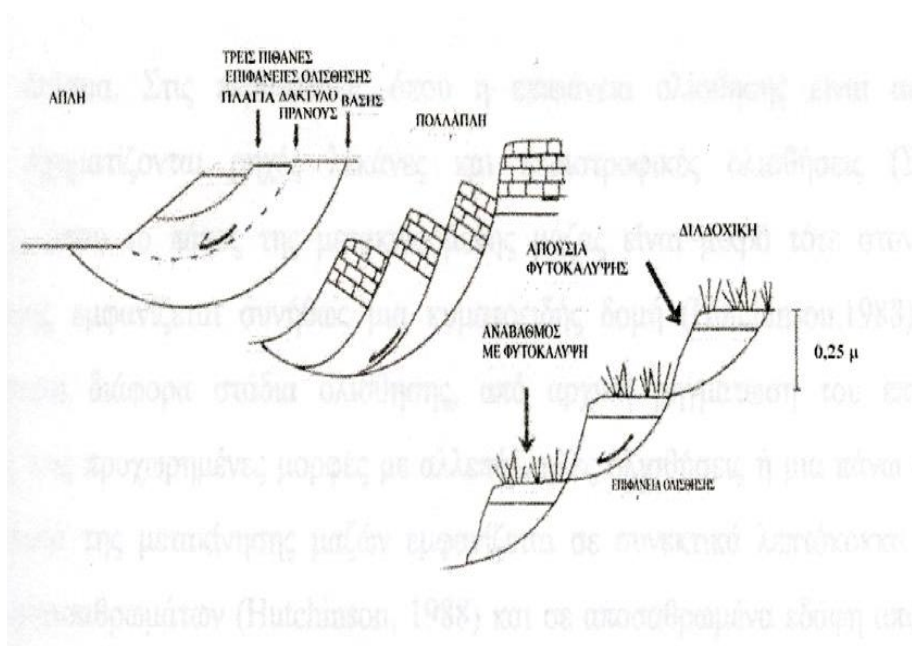


**Εικόνα 2.4:** Διάγραμμα της γεωμετρίας μιας τυπικής περιστροφικής ολίσθησης. (Παπαθάνου Μ., 2005).

### β) Διαδοχικές Περιστροφικές Ολισθήσεις

Στην περίπτωση των περιστροφικών ολισθήσεων που γίνονται διαδοχικά, χαρακτηρίζεται από μια σειρά περιστροφικών ολισθήσεων, που είναι ανεξάρτητες ή όχι η μια από την άλλη, κατά μήκος μιας πλαγιάς. Αυτό που χαρακτηρίζει τις διαδοχικές ολισθήσεις είναι ότι πραγματοποιούνται σε μικρό βάθος, σε μεγάλη πλευρική έκταση. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι πραγματοποιούνται κυρίως σε λεπτόκοκκα ή αποσαθρωμένα εδάφη.

Χαρακτηριστικές δομές που σχηματίζονται στον τύπο αυτό των κατολισθήσεων είναι οι καθίσαις μικρής κλίμακας σε πλαγίες με φυτοκάλυψη, γνωστές ως «ταράτσες».



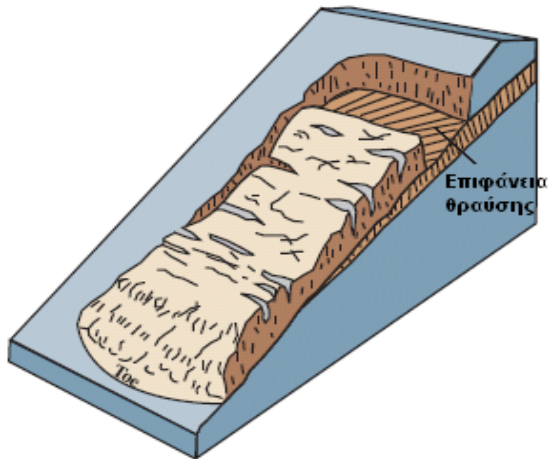
**Εικόνα 2.5:** Απλή, πολλαπλή και περιστροφική ολίσθηση. (Παπαθάνου Μ., 2005).

### γ) Πολλαπλές Περιστροφικές Ολισθήσεις

Χαρακτηριστικό των περιστροφικών πολλαπλών ολισθήσεων είναι ότι πραγματοποιούνται από δύο ή περισσότερες μονάδες ολίσθησης, όπου η επιφάνεια ολίσθησης της κάθε μιας μονάδας συνενώνεται με μια κοινή βασική επιφάνεια ολίσθησης. Όταν η κίνηση ξεκινά από την κεφαλή της κατολίθησης οι εφελκυστικές ρωγμές που βρίσκονται στο κύριο σώμα της κατολίθησης καθίστανται προοδευτικά πλατύτερες. Η κατολισθαίνουσα μάζα στην περίπτωση αυτή διανύει μια μικρή απόσταση και συχνά παράγεται ένας κλιμακωτός σχηματισμός με μια νέα ουλή. Κατά την κίνηση αυτή η μάζα στρέφεται κατά μήκος κάθε επιφάνειας διάτμησης. Οι ταχύτητες μετακίνησης στις περιπτώσεις αυτές είναι μικρές.

#### • Μεταθετικές ολισθήσεις:

Οι μεταθετικές ολισθήσεις είναι η μετακίνηση μάζας με ολίσθηση κατά μήκος μιας επίπεδης ή κυματοειδούς επιφάνειας θραύσης. Χαρακτηριστικό των μεταθετικών ολισθήσεων είναι το μικρό βάθος σε σχέση με τις περιστροφικές. Όταν γίνονται σε βραχώδη πρανή τότε ονομάζονται ολισθήσεις τεμαχών ή επίπεδες ολισθήσεις. Η επιφάνεια αστοχίας μπορεί να δημιουργείται από δύο ασυνέχειες οι οποίες προκαλούν τη μετακίνηση της μάζας που περικλείεται από αυτές προς τα κατάντη κατά μήκος του ίχνους τομής τους, σχηματίζοντας μία σφήνα. Ο τύπος της κίνησης εξαρτάται από τον προσανατολισμό της ελεύθερης επιφάνειας του πρανού και τη σχέση της με τις ασυνέχειες της βραχώμαζας. (Ρίσβα Ι., 2012 ; Παπαθάνου Μ., 2005).



Πρόκειται για ολίσθηση ή μετακίνηση όπου η μάζα προχωρεί προς τα έξω ή προς τα κάτω και έξω, κατά μήκος μιας κατά προσέγγιση επίπεδης ή ομαλά κυματοειδούς επιφάνειας, με πολύ μικρή περιστροφική κίνηση ή κάμψη.

**Εικόνα 2.6:** Μεταθετικές ολισθήσεις. [2]

#### α) Ολίσθηση τεμαχών

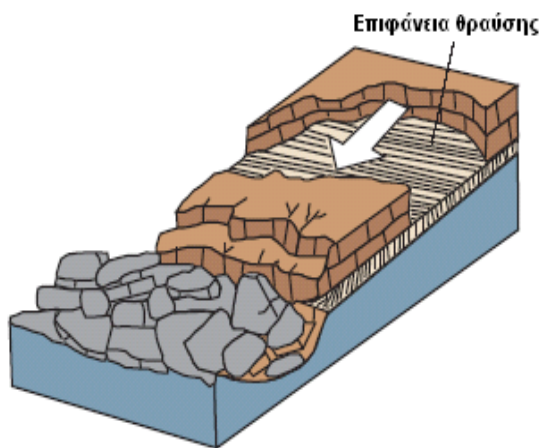
Οι ολισθήσεις τεμαχών πραγματοποιούνται κυρίως σε συμπαγές υπόβαθρο. Κατά την διάρκεια μίας σύνθετης ολίσθησης οι επιφάνειες διάτμησης οδηγούν σε σχηματισμό βυθισμάτων. Στην ουσία ένα βύθισμα είναι ένα δομικό μπλοκ το οποίο υποχωρεί μεταξύ δυο αντίρροπων και απότομα κεκλιμένων επιφανειών, συνήθως με μια ελαφρά προς τα πίσω κλίση. Κατά το σχηματισμό του βυθίσματος το μπλοκ που έχει αποχωριστεί πιέζεται προς τα κατάντη δημιουργώντας μια ευδιάκριτη ράχη. Οι ολισθήσεις τεμαχών διαχωρίζονται στις εξής:

- ✓ Ολισθήσεις τεμαχών εδάφους
- ✓ Ολισθήσεις τεμαχών κορημάτων

Στις περιπτώσεις όπου η επιφάνεια ολίσθησης είναι ακανόνιστου σχήματος σχηματίζονται ρηχές λεκάνες και περιστροφικές ολισθήσεις. Ωστόσο, στις περιπτώσεις όπου το πάχος της μετακινούμενης μάζας είναι μικρό τότε στον πόδα της κατολίσθησης εμφανίζεται συνήθως μια κυματοειδής δομή. Παρατηρείται δε ότι υπάρχουν διάφορα στάδια ολίσθησης, από αρχική ρηγμάτωση του επιφανειακού στρώματος έως προχωρημένες μορφές με αλληπάλληλες ολισθήσεις ή μια πάνω στην άλλη.

Το είδος αυτό της μετακίνησης μαζών εμφανίζεται σε συνεκτικά λεπτόκοκκα εδάφη, σε κορήματα αποσαθρωμάτων και σε αποσαθρωμένα εδάφη από αργίλους. Ο ρυθμός μετακίνησης είναι υψηλός και οι ολισθήσεις χαρακτηρίζονται ως ρηχές. Οι ολισθήσεις αυτές βρίσκονται σε ηρεμία κατά τις ξηρές περιόδους και ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων.

Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι η διαφορά μεταξύ των προαναφερόμενων υποδιαίρέσεων είναι ότι οι περιστροφικές ολισθήσεις, με την κίνησή τους τείνουν να ισορροπήσουν και πάλι τη μετακινούμενη μάζα, αντίθετα με τις μεταθετικές ολισθήσεις συνεχίζουν ανεξέλεγκτα, ιδιαίτερα αν η επιφάνεια αποκόλλησης έχει μεγάλη κλίση. Καθώς η μεταθετική ολίσθηση εξελίσσεται, η μετακινούμενη μάζα μπορεί να σπάσει, ιδιαίτερα αν η ταχύτητα ή η περιεκτικότητα σε νερό αυξηθούν. (Παπαθάνου Μ., 2005).



- Ολίσθηση τεμάχους
- Ολίσθηση βραχών
- Ολίσθηση τεμάχους γαιών
- Ολίσθηση γαιών

**Εικόνα 2.7:** Μεταθετικές ολισθήσεις. [2]

#### β) Ολίσθηση Βράχου:

Οι ολισθήσεις βράχων προκαλούνται όταν οι επιφάνειες των ασυνεχειών κλίνουν ομόρροπα προς το πρηνές ή όταν η ισορροπία στον πόδα της κατολίσθησης διαταραχθεί. Αυτό που πρέπει να παρατηρηθεί είναι ότι η κίνηση ελέγχεται από την παρουσία, την διεύθυνση και την απόσταση επιφανειών ασυνέχειας, όπως ρήγματα διακλάσεις, επίπεδα στρώσης, σχιστότητα κλπ. Το βάθος της επιφάνειας ολίσθησης είναι μικρό και το πάχος του βράχου που αποχωρίζεται είναι συνήθως το 10% του μήκους του. Όσον αφορά τον ρυθμό μετακίνησης της μάζας κυμαίνεται από χαμηλός έως πολύ υψηλός.

#### γ) Ολίσθηση Κορημάτων :

Ο συγκεκριμένος τύπος κατολίσθησης χαρακτηρίζεται από την μετακινούμενη μάζα η οποία διασπάται σε μικρότερα τμήματα κατά τη διάρκεια της κίνησης που είναι συνήθως αργή. Οι ολισθήσεις κορημάτων εμφανίζονται κυρίως σε κολλούβια υλικά, αλλά σπανιότερα σε φλύσχη και σχίστες με παρατηρούμενες ταχύτητες μετακίνησης  $>16\text{m/sec}$ . Οι ολισθήσεις κορημάτων προκαλούνται κυρίως από βροχοπτώσεις ή σεισμούς. Επιπλέον τα πολύ απότομα πρηνή ευνοούν ολισθήσεις με μεγάλες ταχύτητες ώστε να σχηματιστούν χιονοστιβάδες κορημάτων.

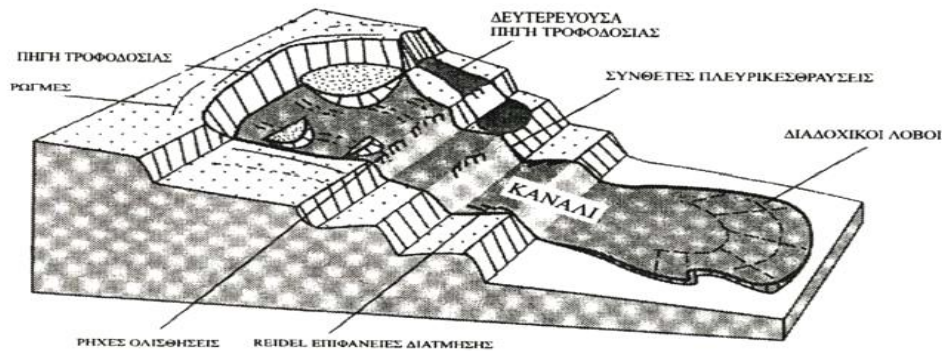
#### δ) Ολίσθηση Λάσπης :

Οι ολισθήσεις λάσπης είναι ένα είδος κατολίσθησης όπου τα υλικά ολισθαίνουν κυρίως κατά μήκος της επιφανειών διάτμησης με σχετικό αργό ρυθμό, σχηματίζοντας μια επιμήκη ή λοβοειδή μορφή. Τα υλικά στα οποία κυρίως εμφανίζονται οι ολισθήσεις λάσπης είναι: κορεσμένες ή συμπαγοποιημένες άργιλοι, ιλυούχες άργιλοι, κατακερματισμένοι ιλυόλιθοι, άργιλοι μέτριας πλαστικότητας, λεπτόκοκκοι άμμοι και ιλύες.

Τρία κύρια στοιχεία ξεχωρίζουν στη γεωμετρία των κατολισθήσεων ιλύος:

- ✓ Η περιοχή τροφοδοσίας του υλικού
- ✓ Το κανάλι κίνησης
- ✓ Η ζώνη συσσώρευσης λοβοειδούς γεωμετρίας.

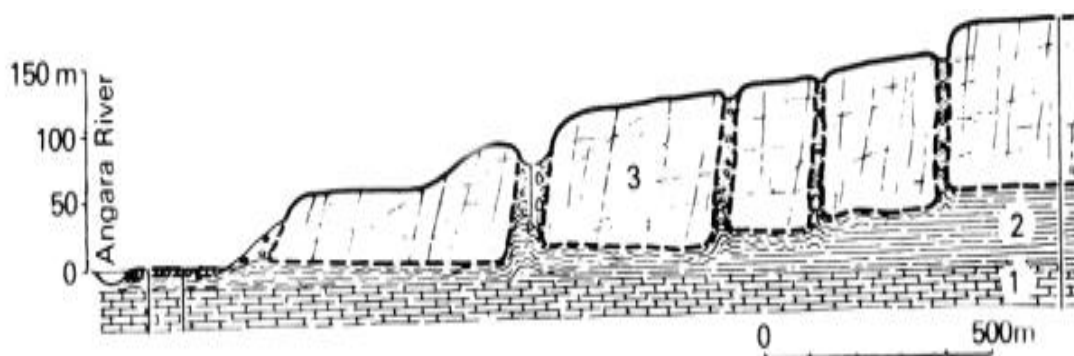
Η περιοχή τροφοδοσίας, έχει σφαιροειδές σχήμα κεφαλής το οποίο υποστηρίζεται από απότομα πρανή. Ανάντι της στέγης υπάρχουν ανοικτές δέσμες διακλάσεων. Τα κανάλια είναι τις περισσότερες φορές απότομα, ευθύγραμμα, με ποικίλα μήκη, που καταλήγουν συνήθως στα κατάντη με λοβοειδές σχήμα. Η ζώνη συσσώρευσης αναπτύσσεται στη βάση του πρανού, από κορήματα τα οποία έχουν μεταφερθεί μέσω των καναλιών, σχηματίζοντας συχνά κλιμακωτή διάρθρωση (Παπαθάνου Μ., 2005).



**Εικόνα 2.8:** Διάγραμμα ολίσθησης λάσπης.  
(Παπαθάνου Μ., 2005)

### ➤ Εκτάσεις

Είναι κινήσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από πλευρικές εκτάσεις συνεκτικών υλικών, τα οποία υπέρκεινται μαλακών υλικών. Η διάταση υποβοηθείται είτε από προϋπάρχουσες διακλάσεις είτε από διακλάσεις που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της ολίσθησης. Διαχωρίζονται σε δύο είδη, σε εκτάσεις βράχων και σε εκτάσεις εδαφών. Στην πρώτη περίπτωση απατούνται ισχυρά διαρρηγμένες βραχώμαζες, και συχνά σχετίζονται με καθίζηση της διαρρηγμένης μάζας όταν υπόκεινται πιο μαλακά υλικά. Συχνά δεν είναι δυνατή η αναγνώριση μια επιφάνειας ολίσθησης στο υπόβαθρο, ούτε μιας πλήρως προσδιορισμένης ζώνης πλαστικής ροής. Οι εκτάσεις ρευστοποίησης δημιουργούνται σε ευαίσθητες αργίλους και ιλύες οι οποίες έχασαν την αντοχή τους και η δομή τους έχει καταστραφεί. (Ρίσβα Ι., 2012)



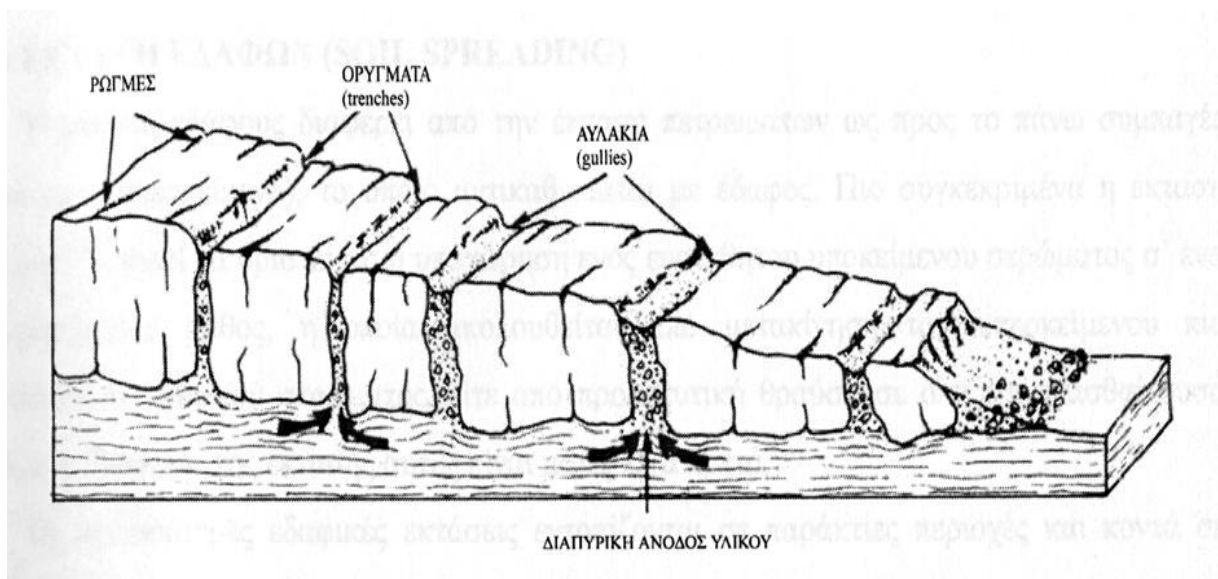
**Εικόνα 2.9:** Εκτάσεις βράχων χωρίς καλώς ορισμένη επιφάνεια διάτμησης ή ζώνη πλαστικής ροής (Βολιώτη Κ., 2009)

### α) Εκτάσεις βράχων:

Η έκταση πετρωμάτων ή βράχων παρατηρείται σε ομοιογενείς μάζες πετρωμάτων ή συνεκτικά πετρώματα υπερκείμενα πλαστικών υλικών. Η έκταση συμβαίνει κατά μήκος διαμήσεων με τη δημιουργία εφελκυστικών ρωγμών στο υπερκείμενο συνεκτικό πέτρωμα. Το έντονο ανάγλυφο και οι προϋπάρχουσες ασυνέχειες ευνοούν την έκταση. Τα υλικά στα οποία εντοπίζεται είναι κυρίως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή πετρώματα καθώς και σχιστοκερατόλιθοι.

Η κίνηση επεκτείνεται αρκετά km, ενώ οι μάζες των πετρωμάτων είναι πολύ μεγάλες και ο όγκος συχνά ξεπερνά το ένα εκατομμύριο m<sup>3</sup>. Η ταχύτητα είναι ιδιαίτερως αργή σε σύγκριση με άλλους τύπους κατολισθήσεων και οι ρυθμοί πλευρικής έκτασης κυμαίνονται από 10-4 και 10-1 m/yr. Οι μεγάλης κλίμακας εκτάσεις πετρωμάτων γενικώς δεν είναι εποχικές αν και έχει καταγραφεί και η άποψη πως οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι σημαντικές για τη γένεσή τους.

Όταν ο μηχανισμός θραύσης αφορά ένα τεκτονικώς διερρηγμένο πέτρωμα, υπερκείμενο μαλακότερων αργιλικών σχιστών ή άλλων πλαστικών υλικών, αναμένουμε αρκετά στάδια κίνησης. Κατά την έκταση των πετρωμάτων τα υποκείμενα μαλακά υλικά υφίστανται πλαστική παραμόρφωση κατά μήκος ενός συστήματος επιφανειών ολίσθησης. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να σχηματίσουν μια καλώς καθορισμένη επιφάνεια ολίσθησης κατά μήκος της οποίας θα εκδηλωθούν ολισθήσεις τεμαχών (Παπαθάνου Μ., 2005).



**Εικόνα 2.10:** Διάγραμμα πλευρικής έκτασης.  
(Παπαθάνου Μ., 2005)

### β) Εκτάσεις εδαφών:

Η έκταση εδάφους διαφέρει από την έκταση πετρωμάτων ως προς το πάνω συμπαγές σύστημα (υπερκείμενο), το οποίο αντικαθίσταται με έδαφος. Πιο συγκεκριμένα η έκταση εδάφους μπορεί να οριστεί ως η υποχώρηση ενός ευαίσθητου υποκείμενου στρώματος σε ένα συγκεκριμένο βάθος, η οποία ακολουθείται είτε από μετακίνηση του υπερκείμενου πιο ανθεκτικού εδαφικού στρώματος, είτε από προοδευτική θραύση σε όλη την ολισθαίνουσα μάζα. Η διάρκεια της έκτασης αυτής είναι μόλις λίγα λεπτά.

Οι περισσότερες εδαφικές εκτάσεις εντοπίζονται σε παράκτιες περιοχές και κοντά σε παραποτάμιες περιοχές καθώς και σε λίμνες. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πλευρικές εκτάσεις αρχίζουν από χαμηλότερα και εξελίσσονται προς μεγαλύτερα υψόμετρα, λόγω αναστροφής επέκτασης της θραύσης. Εκτάσεις του είδους αυτού δημιουργούνται σε λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά, σε ευαίσθητες αργίλους και χαλαρές ιλύες. Κύριο γεωμετρικό χαρακτηριστικό του τύπου αυτού των κατολισθήσεων είναι ο υψηλός λόγος πάχους/μήκους της κατολισθαίνουσας μάζας κατά τη διεύθυνση της πλαγιάς. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία ράχων πίεσεως που συχνά δομούνται από άμμο, πηλό ή και άργιλο, κάθετα στη διεύθυνση της κίνησης καθώς και το ημισεληνοειδές σχήμα των θραύσεων της κεφαλής.

#### ➤ Ροές

Η ροή είναι ένας μηχανισμός παραμόρφωσης στον οποίο συντελείται μια συνεχής, μη αναστρέψιμη παραμόρφωση ενός υλικού που συμβαίνει ως αντίδραση στην ασκούμενη πίεση. Είναι ένα φαινόμενο που χαρακτηρίζεται από συνεχείς κινήσεις στο χώρο, ανήκουν στην συγκεκριμένη κατηγορία. Οι επιφάνειες διάτμησης είναι μικρής έκτασης και συνήθως δεν διατηρούνται. Από άποψη κινηματικής η κίνηση θα μπορούσε να συγκριθεί με ιξώδη ροή.

#### ➤ Σύνθετες

Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται οι κινήσεις εκείνες οι οποίες είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού δύο ή περισσότερων από τις παραπάνω πέντε κατηγορίες. Ωστόσο, πειραματικές έρευνες σημειώνουν ότι όλες οι κατολισθήσεις περιλαμβάνουν περισσότερους από έναν τύπους κινήσεων οι οποίοι είτε δρουν ταυτόχρονα, σε διαφορετικά μέρη της επιφάνειας θραύσης, είτε εξελίσσονται προς τα κάτω, είτε με τον χρόνο εξελίσσονται σε διαφορετικές διαδικασίες. (Ρίσβα Ι., 2012 ; Παπαθάνου Μ., 2005).

### 2.2.1. Κατάταξη κατολισθήσεων με βάση την ταχύτητα μετακίνησης

Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολίσθησης αποτελεί μια παράμετρο που σχετίζεται άμεσα με τις εξής συνέπειες:

- ✓ Ανθρώπινες ζωές
- ✓ Βλάβες κτιρίων
- ✓ Βλάβες έργων υποδομής
- ✓ Απώλεια γης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα μιας μετακίνησης, τόσο πιο μεγάλες θα είναι οι απώλειες και οι επιπτώσεις. Οι πιθανές βλάβες που μπορούν να προκληθούν από κατολισθητικά φαινόμενα διακρίνονται σε επτά κατηγορίες κατά Cruden & Varnes (1996) όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Ρίσβα Ι., 2012)



Κλάση Ταχύτητας	Περιγραφή	Ταχύτητα	Πιθανές Επίπτωσης
1*	Εξαιρετικά Αργή	1.5 cm/έτος	Αμυδρή κίνηση ανιχνεύσιμη μόνο με όργανα. Οι κατασκευές είναι δυνατές με μέτρα προφύλαξης.
2*	Πολύ Αργή	1.6 m/έτος	Ορισμένες μόνο μόνιμες κατασκευές μπορεί να παραμένουν χωρίς ζημιές.
3*	Αργή		Είναι δυνατόν να γίνονται επιδιορθωτικές εργασίες. Μη ευαίσθητες κατασκευές μπορεί να διατηρούνται με συχνή συντήρηση εφόσον δεν υπάρχουν περιοδικές εξάρσεις στην ταχύτητα μετακίνησης.
4*	Μέτρια		13 m/μήνα
5*	Γρήγορη	1.8 m/μέρα	Δυνατή η διαφυγή. Καταστροφή κατασκευών, εγκαταστάσεων και εξοπλισμού.
6*	Πολύ γρήγορη		Μερικώς θανατηφόρες επιπτώσεις. Μη εφικτή η ολική διαφυγή (βάδισμα ανθρώπου $\approx 70$ m/min).
7*	Εξαιρετικά γρήγορη	300 m/ώρα	Μείζονος βιαιότητας καταστροφές. Αδύνατη η διαφυγή. Καταστροφές κατασκευών επίσης από πρόσκρουση κατολισθαίνοντων υλικών.

**Πίνακας 2.2:** Πιθανές βλάβες που μπορούν να προκληθούν από κατολισθητικά φαινόμενα. (Ρίσβα Ι., 2012)

### 2.3. ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην έρευνα των κατολισθήσεων είναι ο προσδιορισμός της ενεργότητάς τους (activity). Το 1993 ομάδα εργασίας της UNESCO προτείνει ως απαραίτητες παραμέτρους για τον προσδιορισμό της ενεργότητας τις παρακάτω:

➤ **Καθεστώς ενεργότητας (state of activity)**

Αναφέρεται στο χρονικό των μετακινήσεων. Έτσι, οι κατολισθήσεις διακρίνονται σε:

- Ενεργές (active)* που παρουσιάζουν πρόσφατες μετακινήσεις. Οι μορφολογικοί χαρακτήρες αναγνωρίζονται εύκολα και δεν έχουν αλλοιωθεί από τις φυσικές διεργασίες της αποσάθρωσης και της διάβρωσης. Από τις κατολισθήσεις αυτές άλλες

εκδηλώνονται για πρώτη φορά και ονομάζονται αρχικά ενεργές και άλλες ενεργοποιούνται μετά από ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο είχαν σταθεροποιηθεί και ονομάζονται επανεργοποιημένες (reactivated). Οι επανεργοποιημένες μετακινούνται συνήθως σε επιφάνειες ολίσθησης που προϋπήρχαν και των οποίων η διατμητική αντοχή πλησιάζει την παραμένουσα. Οι κατολισθήσεις που μετακινήθηκαν κατά τον τελευταίο εποχικό κύκλο και οι οποίες κατά την παρούσα περίοδο δεν μετακινούνται ονομάζονται παροδικά ανενεργές ή υπό αναστολή (suspended).

- b) *Ανενεργές (inactive)* που παραμένουν σταθερές για περισσότερο από ένα έτος. Αν τα αίτια που συντελούν στην εκδήλωση της κατολίστεσης παραμένουν τότε η κατολίστεση βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση (dormant). Αν όμως τα αίτια που τις προκαλούν έχουν εκλείψει, τότε πρόκειται για μη ενεργοποιήσιμη κατολίστεση (abandoned). Τέλος, όταν για μια ανενεργή κατολίστεση έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας και σταθεροποίησης, η κατολίστεση θεωρείται σταθεροποιημένη (stabilized).
- c) *Παλαιές – απολιθωμένες (relict)* οι οποίες δεν έχουν ενεργοποιηθεί για πολλά χρόνια. Τέτοιου είδους κατολισθήσεις αφήνουν τα ίχνη τους πάνω στα πρανή για χρόνια, ενώ έτσι χαρακτηρίζονται και αυτές που έχουν θαφτεί κάτω από νεότερα ιζήματα ή αποθέσεις.

➤ **Κατανομή ενεργότητας (distribution of activity):**

Με την οποία περιγράφεται πως μετακινούνται τα τμήματα της κατολίστεσης. Σύμφωνα με την κατανομή μια κατολίστεση διακρίνεται σε:

- a) *Προωθούμενη (advancing)* όταν παρατηρείται επέκταση της κατολίστεσης προς τα κατάντη, δηλαδή προς την κατεύθυνση της γενικότερης μετακίνησης.
- b) *Ανάδρομη (retrogressive)* όταν οι θραύσεις και η ολίσθηση επεκτείνονται προς τα ανάντη, δηλαδή αντίθετα προς την κατεύθυνση της γενικότερης μετακίνησης.
- c) *Διευρυνόμενη (widening)* αν η επέκταση γίνεται ως προς τη μία ή και τις δύο πλευρές της κατολίστεσης.
- d) *Προοδευτική (progressive)* υπάρχει περαιτέρω διάκριση σε μεγεθυνόμενη (enlarging), αν η κατολίστεση παίρνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις, τόσο σε μήκος όσο και σε πλάτος ή ακόμα και βάθος, και σε απομειούμενη (diminishing), αν ο όγκος των μετακινούμενων υλικών συνεχώς μειώνεται με το χρόνο.

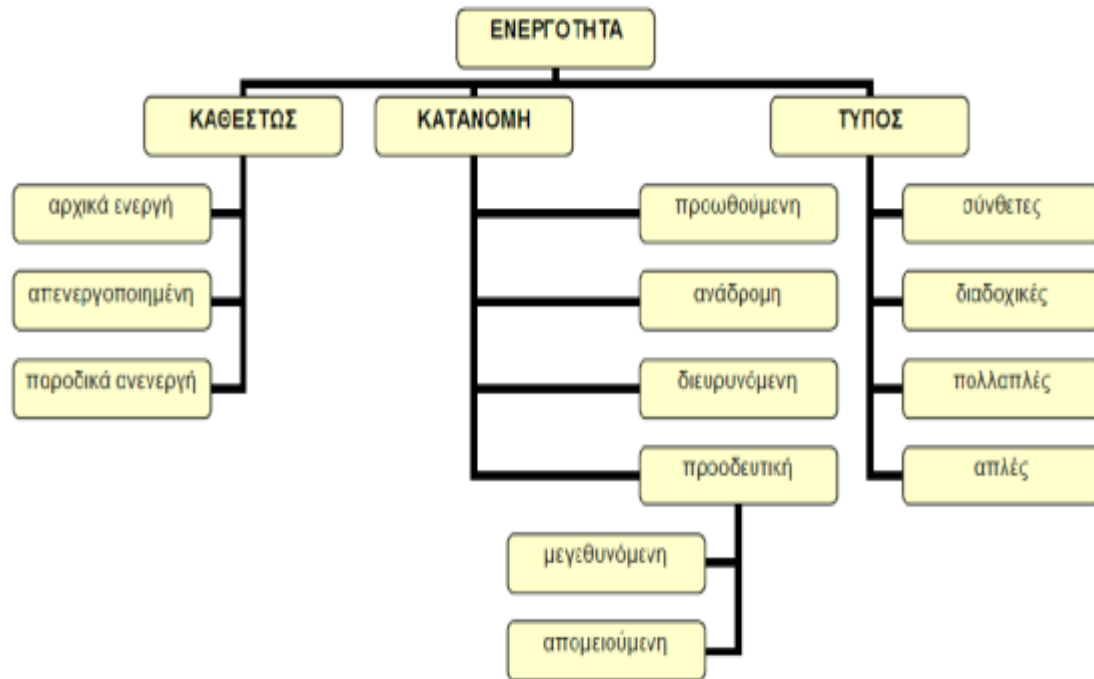
➤ **Τύπο ενεργότητας (type of activity)**

Με τον οποίο καθορίζεται ο τρόπος εκδήλωσης των επιμέρους μετακινήσεων εντός της κύριας μάζας της κατολίστεσης.

Ως σύνθετες (complex ή composite) χαρακτηρίζουμε τις κατολισθήσεις που εκδηλώνονται με τουλάχιστον δύο διαφορετικούς τύπους μετακίνησης. Μια κατολίστεση μπορεί να εμφανίζει επαναλαμβανόμενες κινήσεις του ίδιου τύπου με επέκταση της επιφάνειας θραύσης, οπότε καλείται πολλαπλή (multiple). Η νέα μετακινούμενη μάζα είναι σε επαφή με την προηγούμενη και πολλές φορές έχουν κοινό τμήμα επιφανειών θραύσης.

Παρόμοια με τις πολλαπλές εξελίσσονται και οι διαδοχικές (successive), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει επικάλυψη του υλικού της μιας κατολίσθησης με το αντίστοιχο της άλλης και η καθεμία αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση. Τέλος, αντίθετα από τη σύνθετη, μια απλή (single) κατολίσθηση εκδηλώνεται με έναν και μόνο τύπο μετακίνησης, χωρίς η μάζα που ολισθαίνει να διαχωρίζεται.

Στο Διάγραμμα 2.1 δίνεται συγκεντρωτικά ο διαχωρισμός των κατολισθήσεων ανάλογα με το καθεστώς, την κατανομή και τον τύπο της ενεργότητας. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)



**Διάγραμμα 2.1:** Ταξινόμηση κατολισθήσεων σύμφωνα με το καθεστώς, την κατανομή και τον τύπο ενεργότητας. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

#### 2.4. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Σύμφωνα με τους Varnes (1984) και Hutsinson (1995), οι έρευνες για εκτίμηση του κινδύνου έναντι κατολισθήσεων περιλαμβάνουν τις παρακάτω θεμελιώδεις παραδοχές :

- Οι κατολισθήσεις εκδηλώνονται στις ίδιες γεωλογικές, γεωμορφολογικές, υδρογεωλογικές και κλιματικές συνθήκες οι οποίες υπήρχαν και στο παρελθόν.
- Οι κύριες συνθήκες οι οποίες προκαλούν κατολισθήσεις ελέγχονται από αναγνωρίσιμους φυσικούς παράγοντες.
- Ο βαθμός κινδύνου μπορεί να αξιολογηθεί.
- Όλοι οι τύποι κατολισθήσεων μπορούν να αναγνωριστούν και να ταξινομηθούν.

Για τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση του κινδύνου θα πρέπει να έχουν δοθεί οι απαντήσεις σε κάποια ερωτήματα τα οποία αφορούν τον τόπο που θα λάβει χώρα η κατολίσθηση, τον τύπο της αστοχίας που θα λάβει χώρα καθώς και το πώς θα λάβει χώρα η

κατολισθήση. Ωστόσο, στην διαδικασία εκτίμησης του κινδύνου υπάρχουν κάποια εμπόδια τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τα εμπόδια αυτά είναι τα εξής:

- Η ασυνεχής φύση (στο χώρο και το χρόνο) των αστοχιών των πρανών.
- Η δυσκολία της αναγνώρισης των γενεσιουργών αιτιών, των παραγόντων που σχετίζονται με το έναυσμα της κίνησης, και τις σχέσεις αιτίου – αποτελέσματος.
- Η έλλειψη δεδομένων που αφορούν στην συχνότητα των γεωμορφολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε μια περιοχή.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τις νέες τάσεις χαρτογράφησης του κινδύνου, ο ιδανικός χάρτης για τις προβλεπόμενες κατολισθήσεις σε μια συγκεκριμένη περιοχή και μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με:

- ✓ Την χωρική κατανομή
- ✓ Τον τύπο
- ✓ Τον όγκο
- ✓ Την ταχύτητα
- ✓ Την απόσταση μετακίνησης

Για όλα αυτά που προαναφέρθηκαν θεωρείται πολύ σπάνιο να συναντήσει κανείς τέτοια παραδείγματα ολοκληρωμένης διαδικασίας προσδιορισμού του κινδύνου ή της επικινδυνότητας, στην βιβλιογραφία.

Η πιθανολογική προσέγγιση στον προσδιορισμό του κινδύνου απαιτεί κατανόηση και προσδιορισμό του βαθμού αβεβαιότητας που ενέχει μια τέτοια διαδικασία. Επίσης, υπάρχει πάντα η δυσκολία του ποσοτικού προσδιορισμού της τρωτότητας των στοιχείων σε διακινδύνευση. Οι παραπάνω δυσκολίες καθιστούν συχνά δύσκολη την εξαγωγή μια ακριβούς ανάλυσης κινδύνου.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω συχνά επιτελείται περισσότερο μια διαδικασία προσδιορισμού του κινδύνου ή της επιδεκτικότητας παρά της επικινδυνότητας. Μια ακόμη σημαντική πλευρά η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την διαδικασία προσδιορισμού του κινδύνου, είναι η κλίμακα εργασίας. Η διεθνής ένωση τεχνικής γεωλογία το 1976 διαφοροποίησε τις παρακάτω κλίμακες εργασίας για την εκτίμηση του κινδύνου κατολισθήσεων. (Βολιώτη Κ., 2009)

Όνομασία	Μέγεθος
Εθνική κλίμακα	< 1:1 εκατομμύριο
Κλίμακα περιφέρειας	1:100.000- 1:500.000
Μέση κλίμακα	1:25.000-1:50.000
Μεγάλη κλίμακα	1:5000-1:15.000

**Πίνακας 2.3:** Κλίμακες εργασίας για την εκτίμηση του κινδύνου κατολισθήσεων από την διεθνής ένωση τεχνικής γεωλογία. (Βολιώτη Κ., 2009)

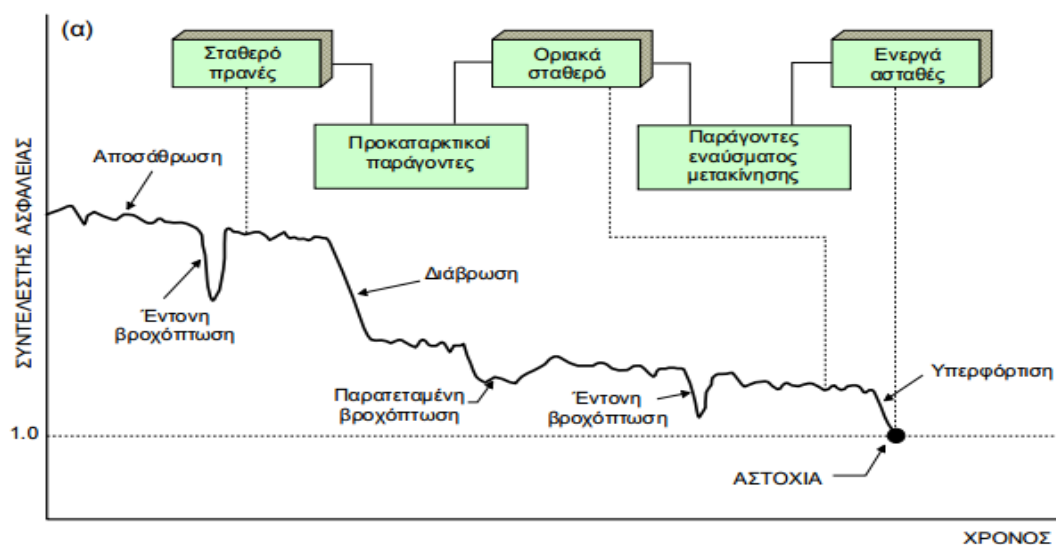
## 2.5. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΡΑΝΩΝ

Το φαινόμενο των κατολισθήσεων προκαλείται από την συνδυασμένη δράση πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους παραγόντων. Μερικοί από τους παράγοντες επιδρούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ άλλοι επιδρούν περιοδικά και αποτελούν το έναυσμα για την του φαινομένου. Σύμφωνα με την επιτροπή UNESCO (WP/WLI 1990) δεν είναι σωστή η χρήση του όρου αίτια κατολισθήσεων αλλά συνθήκες και διεργασίες οι οποίες οδηγούν στην αλλαγή του καθεστώτος ισορροπίας του πρανούς.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατολίσθηση διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

Κατηγορίες	Παράγοντες
Παράγοντες που προέρχονται από τα χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Κλίση πράνων</li> <li>✓ Υψόμετρο</li> <li>✓ Προσανατολισμός πράνων</li> <li>✓ Καμπυλότητα επιφάνειας κατά την διεύθυνση κλίσης</li> <li>✓ Καμπυλότητα επιφάνειας κάθετα στην κλίσης</li> </ul>
Ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες περιβάλλοντος	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Λιθολογία</li> <li>✓ Μέσο ετήσιο ύψος βροχής</li> <li>✓ Χρήση γης</li> <li>✓ Μέγιστη σεισμική επιτάχυνση</li> </ul>

**Πίνακας 2.4:** Παράγοντες που επιδρούν στην εμφάνιση κατολίσθησης. (Βολιώτη Κ., 2009)

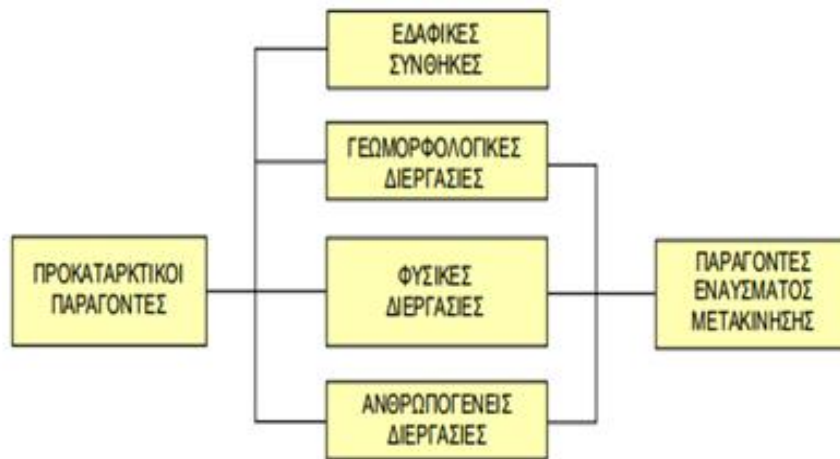


**Διάγραμμα 2.2:** Παράδειγμα μεταβολής του συντελεστή ασφάλειας ενός πρανούς με το χρόνο. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

### 2.5.1. Παράγοντες κατολισθήσεων

<p><b>ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Πλαστικό χαμηλής αντοχής υλικό</li> <li>✓ Ευαίσθητο υλικό</li> <li>✓ Υλικό επιρρεπές σε θραύση</li> <li>✓ Αποσαθρωμένο υλικό</li> <li>✓ Διατμημένο υλικό</li> <li>✓ Ρωγματομένο ή διακλασμένο υλικό</li> <li>✓ Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (στρώση, σχιστότητα, διακλάσεις)</li> <li>✓ Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (ρήγματα, επιφάνειες επαφής, ασυμφωνίες)</li> <li>✓ Διαφοροποιήσεις στην υδροπερατότητα</li> <li>✓ Διαφοροποιήσεις στη δυσκαμψία (στιφρό ή πυκνό υλικό υπερκείμενο πλαστικού υλικού)</li> </ul>
<p><b>ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Τεκτονική ανύψωση</li> <li>✓ Ανύψωση λόγω ηφαιστείων</li> <li>✓ Επίδραση παγετώνων</li> <li>✓ Ποτάμια διάβρωση της βάσης του πρानούς</li> <li>✓ Θαλάσσια διάβρωση της βάσης του πρानούς</li> <li>✓ Διάβρωση της βάσης του πρानούς από παγετώνα</li> <li>✓ Διάβρωση των πλευρών του πρानούς</li> <li>✓ Εσωτερική διάβρωση</li> <li>✓ Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη στέψη του πρानούς</li> <li>✓ Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (από πυρκαγιά, διάβρωση)</li> </ul>
<p><b>ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Έντονη, μικρής διάρκειας βροχόπτωση</li> <li>✓ Γρήγορο λιώσιμο χιονιού</li> <li>✓ Παρατεταμένη υψηλή βροχόπτωση</li> <li>✓ Γρήγορη πτώση στάθμης νερού μετά από πλημμύρες, παλίρροιες ή διάρρηξη φυσικών φραγμάτων</li> <li>✓ Σεισμοί</li> <li>✓ Εκρήξεις ηφαιστείων</li> <li>✓ Διάρρηξη λιμνών σε κρατήρες ηφαιστείων</li> <li>✓ Λιώσιμο παγωμένου εδάφους</li> <li>✓ Αποσάθρωση λόγω παγετού</li> <li>✓ Αποσάθρωση από διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών</li> </ul>
<p><b>ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Εκσκαφές στη βάση (πόδι) του πρानούς</li> <li>✓ Φόρτιση στο μέτωπο ή πάνω από τη στέψη του πρानούς</li> <li>✓ Υποβιβασμός της στάθμης σε ταμειυτήρες</li> <li>✓ Άρδευση</li> <li>✓ Κακή συντήρηση αποστραγγιστικών έργων</li> <li>✓ Διαρροή νερών από τεχνικά έργα (δίκτυα, δεξαμενές κ.λπ.)</li> <li>✓ Αποψίλωση</li> <li>✓ Λατομεία και μεταλλεία</li> <li>✓ Δημιουργία χωματερών</li> <li>✓ Τεχνητές δονήσεις (κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανών, τοποθέτηση πασσάλων κ.λπ.)</li> </ul>

**Πίνακας: 2.5:** Οι σημαντικοί παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων.  
(Βασιλειάδης Ε., 2010)



**Διάγραμμα 2.3:** Ταξινόμηση των παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων κατά WP/WLI (1994).  
(Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Varnes (1978) οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εκδήλωση των κατολισθήσεων ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ Στους παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της διατμητικής τάσης που επιδρά πάνω στο υπό μετακίνηση υλικό.
- ✓ Στους παράγοντες που συμβάλλουν στην πιθανή χαμηλή διατμητική αντοχή του υλικού.
- ✓ Στους παράγοντες που συντελούν στη μείωση της διατμητικής αντοχής του υλικού.

Παράγοντες	Χαρακτηριστικά
Παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της διατμητικής τάσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αφαίρεση της υποστήριξης</li> <li>✓ Επιφόρτιση</li> <li>✓ Παροδικές τάσεις</li> <li>✓ Τοπική ανύψωση</li> <li>✓ Πλευρική πίεση</li> </ul>
Παράγοντες που συμβάλλουν στη χαμηλή διατμητική αντοχή	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Λιθολογική σύσταση και υφή</li> <li>✓ Δομή των πετρωμάτων και γεωμετρία του πρσανούς</li> </ul>
Παράγοντες που συμβάλλουν στην μείωση διατμητικής αντοχής.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αποσάθρωση και άλλες φυσικοχημικές διαδικασίες</li> <li>✓ Μεταβολές των ενεργών τάσεων λόγω του νερού των πόρων</li> <li>✓ Μεταβολές της δομής των πετρωμάτων</li> <li>✓ Άλλοι παράγοντες</li> </ul>

**Πίνακας 2.6:** Ομαδοποίηση παραγόντων που προκαλούν κατολίσθηση κατά Varnes.  
(Κάβουρα Α., 2013)

## 2.6. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

Όπως προαναφέραμε ένα πρανές είναι μια εδαφική δομή η οποία υφίσταται την επίδραση ορισμένων δυνάμεων που διακρίνονται σε:

- Δυνάμεις βαρύτητας και επιφόρτισης
- Δυνάμεις διατμητικής αντοχής των εδαφικών στοιχείων
- Δυνάμεις πίεσης ύδατος
- Δυναμικά φορτία.

Όταν ένα πρανές ευρεθεί σε συνθήκες οριακής ισορροπίας, οι δυνάμεις βαρύτητας τείνουν να παρασύρουν τα έδαφος σε ολίσθηση ενώ παράλληλα ενεργοποιείται η αντίσταση σε διάτμηση, μέσω της συνοχής και της εσωτερικής τριβής, που είναι αντίθετη στην κίνηση αυτή. Τα ύδατα εισέρχονται είτε ως πίεση πόρων, είτε ως παράγοντας που μεταβάλλει τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους προκαλώντας μείωση της αντοχής σε διάτμηση. Όταν οι παραπάνω δυνάμεις δεν ισορροπούν λόγω επάρκειας της διατμητικής αντοχής, παρατηρείται ολίσθηση πρανούς.

Η ισορροπία των εδαφικών σχηματισμών εξαρτάται από τη γεωμετρική διαμόρφωση της εξωτερικής επιφάνειας πρανούς, τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του εδάφους, τις συνθήκες υπόγειας και επιφανειακής διαίτας και επιφόρτισης. Η μεταβολή με τον χρόνο των υδραυλικών συνθηκών και των μηχανικών χαρακτηριστικών επιφέρει διαφοροποίηση των συνθηκών ισορροπίας και κατά συνέπεια, η ευστάθεια σε μια χρονική στιγμή δεν εξασφαλίζει την ισορροπία σε μεγάλη διάρκεια μέσα στο χρόνο.



**Εικόνα 2.11:** Αστοχία βραχώδους πρανούς ορύγματος.

Οι παράμετροι διατμητικής αντοχής που εισάγονται στα προβλήματα ευστάθειας πρανών ή στις αντίστοιχες μεθόδους ανάλυσης της ευστάθειας είναι:

- Παράμετροι αστράγγιστης διατμητικής αντοχής σε περιπτώσεις εκδηλώσεις άμεσης ολίσθησης. Η εφαρμογή αυτού του μοντέλου συμπεριφοράς επιλέγεται σε εδάφη κορεσμένα, μικρής διαπερατότητας και σε προβλήματα άμεσης εξέλιξης, όπως για



παράδειγμα η συμπεριφορά ενός γαιώδους αργιλικού πρανούς αμέσως μετά την φάση εκσκαφής.

- Οι παράμετροι ενεργού διατμητικής αντοχής, για προβλήματα κινδύνου ολίσθησης σε μεγάλης διαπερατότητας εδάφη αλλά και για το σύνολο των γαιωδών υλικών σε προβλήματα ευστάθειας μακράς διάρκειας, όταν δηλαδή επιτευχθεί μηδενισμός της πίεσης των πόρων.

Τέτοια προβλήματα είναι όλα όσα σχετίζονται με την μακροχρόνια συμπεριφορά των γεωκατασκευών, πολύ αργότερα από την φάση εκτέλεσης των χωματουργικών εργασιών. Ο έλεγχος υπό συνθήκες πλήρους στράγγισης θα πρέπει να εκτελείται σε όλες τις περιπτώσεις, ακόμη και σε πρανή κεκορεσμένων λεπτόκοκκων εδαφών, για παραμέτρους διατμητικής αντοχής που προσδιορίζονται μέσω τριαξονικών δοκιμών πλήρους στερεοποίησης. (Κάβουρα Α., 2013)



**Εικόνα 2.12:** Αστοχία πρανούς.

## 2.7. ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Στη γενική μορφή του, το πρόβλημα της ευστάθειας πρανών παρουσιάζεται ιδιαίτερα πολύπλοκο και η επίλυση του απαιτεί σαφή γνώση της μορφολογίας και της σύστασης του εδάφους.

### ➤ *Μορφολογία εδάφους:*

- Γεωλογική διαστρωμάτωση
- Ετερογένεια σχηματισμών
- Υπόγεια υδροφορία

### ➤ *Σύσταση του εδάφους:*

- Φυσικά χαρακτηριστικά
- Μηχανικά χαρακτηριστικά

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στην περίπτωση που είναι εφικτή μια πλήρη γεωτεχνική έρευνα τα αποτελέσματα της δεν είναι δυνατόν να αξιοπιστούν παρά μόνο μέσω κατάλληλου λογισμικού επειδή μια πλήρη ανάλυση απαιτεί επίλυση του προβλήματος δια αριθμητικών μεθόδων.

Σήμερα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων, νομογραφημάτων και πινάκων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων ευστάθειας πρανών. Διαγράμματα και πίνακες καλύπτουν περιπτώσεις απλουστευμένης γεωμετρίας ή μηχανικής συμπεριφοράς αν και συνήθως, στη φάση σχεδιασμού χρησιμοποιούνται μέθοδοι και μοντέλα ενσωματωμένα σε προγράμματα επίλυσης μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Στο σύνολο των μεθόδων και εν χρήσει τεχνικών το πρόβλημα παραμένει ένα κλασικό πρόβλημα οριακής ισορροπίας, οι δυνάμεις και οι ροπές ανατροπής πρέπει να είναι μικρότερες από τις δυνάμεις και ροπές αντίστασης σε οποιαδήποτε πιθανή επιφάνεια αστοχίας. Οι ροπές ολίσθησης προκύπτουν από το βάρος των εδαφικών υλικών και τις δυνάμεις επιφορτίσεως, ενώ οι ροπές αντίστασης οφείλονται στην δράση της διατμητικής αντοχής.

Στο πλαίσιο της εκπόνησης των μελετών, η ευστάθεια πρανών είναι απαραίτητη για πρανή ορυγμάτων και επιχωμάτων ύψους μεγαλύτερου των 10m. Σε περίπτωση ολισθημένων υλικών, η ανάλυση της ευστάθειας των γεωκατασκευών και για μικρότερου ύψους πρανή είναι επιβεβλημένη.

## **2.8. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ**

Η επικινδυνότητα έναντι φυσικών καταστροφών αποτελεί σημαντικό μέρος της διαχείρισης φυσικών κινδύνων – καταστροφών. Στόχος είναι η πρόβλεψη της χωρικής και χρονικής πιθανότητας εκδήλωσης φυσικών καταστροφικών φαινομένων, η αξιολόγηση των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων και η μείωση των κινδύνων με την ανάπτυξη νέων σχεδίων υποδομών και επιμόρφωσης. Η γενικότερη εκτίμηση της «επικινδυνότητας» συνδέεται με τις ακόλουθες έννοιες:

### **➤ *Επιδεκτικότητα (Susceptibility):***

Αναφέρεται στη δυνατότητα να συμβεί μία κατολίσθηση σε μία περιοχή, βάση των τοπικών συνθηκών (γεωλογία, γεωμορφολογία, φυσικές διεργασίες κτλ) που επικρατούν. Η επιδεκτικότητα δεν αναφέρεται στη χρονική πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου δηλαδή πότε και πώς θα συμβεί ούτε και στο μέγεθος της αναμενόμενης κατολίσθησης (πόσο καταστροφική θα είναι). Αποτελεί μία ποσοτική ή ποιοτική εκτίμηση της χωρικής κατανομής των κατολισθήσεων που υπάρχουν ή δυνητικά μπορεί να προκληθούν σε μία περιοχή. Η βασική θεώρηση της επιδεκτικότητας προς κατολίσθηση περιλαμβάνει τη χωρική κατανομή των παραγόντων εκδήλωσης του φαινομένου, με σκοπό την εκτίμηση ζωνών επιρρεπών προς κατολίσθηση χωρίς καμία χρονική αναφορά.

Η επιδεκτικότητα μπορεί επίσης να συμπεριλάβει μία περιγραφή της ταχύτητας και της έντασης των υπαρχόντων ή των δυνητικών κατολισθήσεων. Βασική προϋπόθεση για την εκτίμηση της επιδεκτικότητας σε μία περιοχή είναι η ύπαρξη μιας απογραφής των υφιστάμενων κατολισθήσεων (landslide inventory) μέσω:

- ✓ Βάσης Δεδομένων με καταγραφές περιστατικών που έχουν συμβεί στο παρελθόν (ιστορικές καταγραφές)
- ✓ Ερμηνεία αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων.

➤ **Επικινδυνότητα κατολισθήσεων (Landslide Hazard):**

Περιγράφεται σαν η πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου μέσα σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο και βασικά είναι συνάρτηση της χωρικής και της χρονικής κατανομής του φαινομένου. Η χωρική κατανομή (επιδεκτικότητα) έχει σχέση με τους «στατικούς» παράγοντες εκδήλωσης (κλίση πρανούς, αντοχή εδάφους κ.τ.λ.) ενώ η χρονική με τους «δυναμικούς» παράγοντες εκδήλωσης (βροχόπτωση, σεισμός κ.ά). Η περιγραφή της επικινδυνότητας κατολίστεσης περιλαμβάνει την περιοχή, τον όγκο ή την έκταση, τον τύπο και την ταχύτητα της πιθανής κατολίστεσης καθώς και την πιθανότητα εμφάνισης εντός μιας δεδομένης χρονικής περιόδου.

➤ **Στοιχεία του κινδύνου (elements of risk) (E):**

Αφορά τον πληθυσμό, τις περιουσίες και τις οικονομικές επιπτώσεις σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

➤ **Τρωτότητα (Vulnerability):**

Ο βαθμός απώλειας ενός δεδομένου στοιχείου ή ενός συνόλου στοιχείων σε κίνδυνο, που προκύπτει από την εμφάνιση ενός φυσικού φαινομένου. Εκφράζεται συγκριτικά σε μία κλίμακα από 0 (καμία βλάβη) μέχρι 1 (συνολική απώλεια).


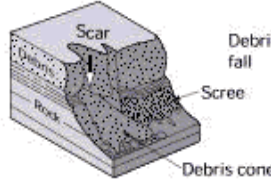
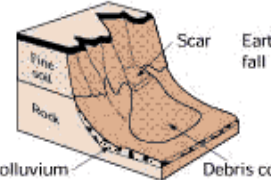
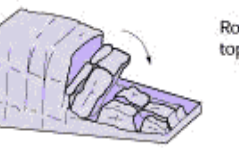
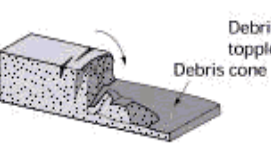
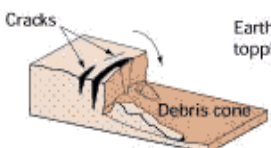
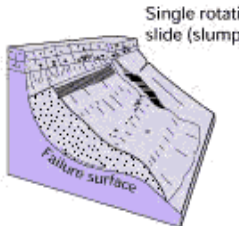
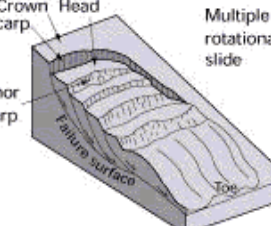
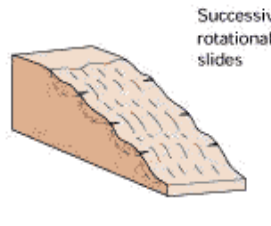
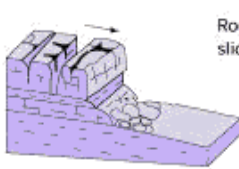

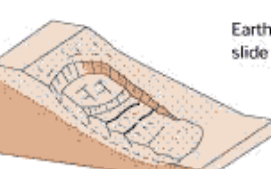
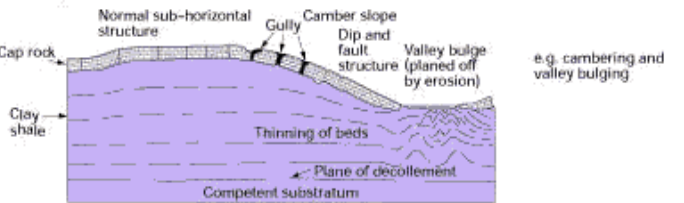
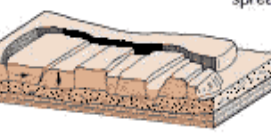
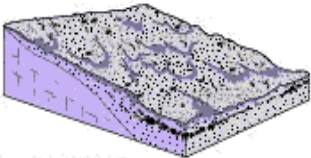
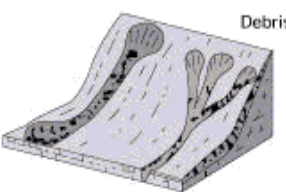

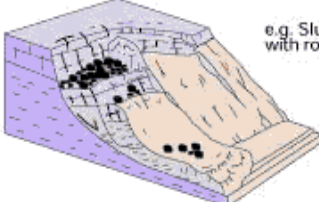
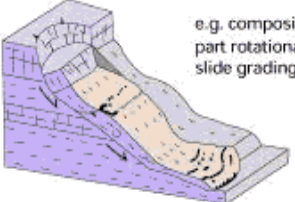
➤ **Διακινδύνευση (Risk) (Rs):**

Εκφράζει τις φυσικές απώλειες (πληθυσμού, κατασκευών, κλπ) λόγω του φαινομένου. Αντιπροσωπεύει την πιθανότητα να συμβούν απώλειες λόγω της συγκεκριμένης επικινδυνότητας. Η διακινδύνευση μπορεί να είναι:

- ✓ Συνολική (total risk) που είναι ο αναμενόμενος αριθμός των θυμάτων, των τραυματισμών, των βλαβών-ζημιών σε περιουσίες ή ακόμα των επιπτώσεων στις οικονομικές δραστηριότητες, που οφείλονται σε ένα φυσικό καταστροφικό φαινόμενο (πχ κατολίστεση).
- ✓ Ειδική (specific risk) που είναι ο αναμενόμενος βαθμός μιας μόνο φυσικής απώλειας (πχ πληθυσμού) λόγω της κατολίστεσης.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στο πρόβλημα προσδιορισμού της επικινδυνότητας των κατολισθήσεων. Η προσέγγιση του προβλήματος βασίζεται στην αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας συλλογής, επεξεργασίας και αξιολόγησης φυσικών δεδομένων για την ανάπτυξη μοντέλων χωρικής και χρονικής πρόβλεψης της εκδήλωσης καταστροφικών φαινομένων. (Κάβουρα Α., 2013)

## 2.9. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 Rock fall	 Debris fall Scree Debris cone	 Earth fall Colluvium Debris cone
		 Rock topple	 Debris topple Debris cone	 Earth topple Debris cone
SLIDES	Rotational	 Single rotational slide (slump) Failure surface	 Multiple rotational slide Crown Scarp Head Minor Scarp Failure surface Toe	 Successive rotational slides
	Translational (Planar)	 Rock slide	 Debris slide	 Earth slide
SREADS	 Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planed off by erosion) Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum e.g. cambering and valley bulging			 Earth spread
FLOWS		 Solifluction flows (Periglacial debris flows)	 Debris flow	 Earth flow (mud flow)
	COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris	 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Πίνακας 2.7: Συγκεντρωτικός πίνακας κατολισθήσεων. [3]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

### 3.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΈΡΕΥΝΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Για την σωστή αντιμετώπιση των κατολισθήσεων θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη γεωλογική και γεωτεχνική έρευνα. Επιπλέον, θα πρέπει να μελετηθούν τα εξής για κάθε περιοχή που υφίσταται κατολίσθηση:

- ✓ Γεωλογική δομή
- ✓ Πετρογραφικά χαρακτηριστικά και φυσικά χαρακτηριστικά των βραχωδών σχημάτων
- ✓ Τοπικά χαρακτηριστικά δηλαδή τις υδρολογικές συνθήκες.

Οι πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί βασίζονται καταλήγουν στα εξής απαραίτητα βήματα:

#### ➤ **Βήμα 1:**

Αρχική έρευνα προκειμένου να οριοθετηθεί η περιοχή που πρέπει να μελετηθεί και στην συνέχεια να οριστούν οι θέσεις των γεωτρήσεων, των φρεάτων, ο κάρναβος των γεωφυσικών μετρήσεων κ.λ.π. Ωστόσο, κάθε περίπτωση είναι διαφορετική με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται όλα τα προαναφερόμενα μέτρα.

#### ➤ **Βήμα 2:**

Λεπτομέρη τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση, ακόμη και με χρήση αεροφωτογραφιών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ταυτόχρονα στο εργαστήριο θα πρέπει να πραγματοποιούνται οι απαραίτητες δοκιμές εδαφομηχανικής και βραχώμηχανικής. Το βήμα αυτό ολοκληρώνεται με την πλήρη γεωτεχνική μελέτη, καθώς και με τα προτεινόμενα μέτρα αποκατάστασης της αστοχίας.

#### ➤ **Βήμα 3**

Στο βήμα αυτό πραγματοποιείται ο γεωλογικός έλεγχος των προτεινόμενων διορθωτικών εργασιών υπαίθρου.

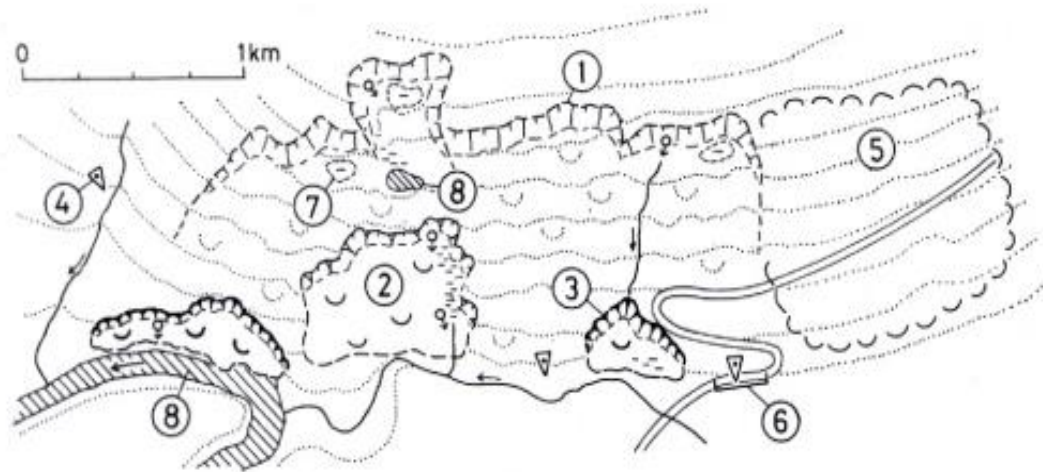
#### ➤ **Βήμα 4:**

Το τελευταίο βήμα αναφέρεται στην παρακολούθηση με μετρήσεις οργάνων της αποτελεσματικότητας της μεθόδου που επιλέχτηκε για την αποκατάσταση της κατολίσθησης.

Επιπλέον, θα πρέπει να τονίσουμε ότι η χρήση αεροφωτογραφιών έχει άμεση εφαρμογή στην έρευνα μία κατολισθαίνουσα περιοχή, καθώς υπάρχει η δυνατότητα να διατυπώνεται η περιοχή τρισδιάστατα. Ακόμα, δίνεται η δυνατότητα να ορισθούν ακριβώς τα όρια της κατολίσθησης (φρύδι, πρανές, πόδι κατολίσθησης κ.τ.λ.). ωστόσο, υπάρχει και η δυνατότητα το μέγεθος της μετακίνησης να μπορεί να μετρηθεί από μετατόπιση γραμμικών χαρακτηριστικών, όπως οδικό ή σιδηροδρομικό δίκτυο, επιφανειακά στραγγιστήρια κ.ά.

Η χρήση των διαθέσιμων γεωλογικών χαρτών είναι απαραίτητη. Οι χάρτες αυτοί έχουν μεγάλη κλίμακα, δεν αφορούν μόνο την περιοχή ενδιαφέροντος και παρουσιάζουν τα

εδαφικά υλικά που υπέρκειται των βραχωδών σχηματισμών. Αποτέλεσμα των όσο προαναφέρθηκαν είναι η απαραίτητη δημιουργία ενός τεχνικογεωλογικού χάρτη της περιοχής όπου θα σημειώνονται με κατάλληλους συμβολισμούς όλα τα στοιχεία που υποδηλώνουν τη θέση και την έκταση της κατολισθαίνουσας μάζας, καθώς και συγκεκριμένα φαινόμενα στην επιφάνεια του εδάφους, όπως για παράδειγμα μικρές συγκεντρώσεις νερού σε πλαγίες, βυθίσματα, εμφάνιση νερού υπό μορφή πηγών που είναι συνήθως βασικός παράγοντας για την αστοχία ενός πρανού.



**Εικόνα 3.1:** Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη με προσθήκη ειδικών συμβόλων που αφορούν τα χαρακτηριστικά κατολίσθησης:

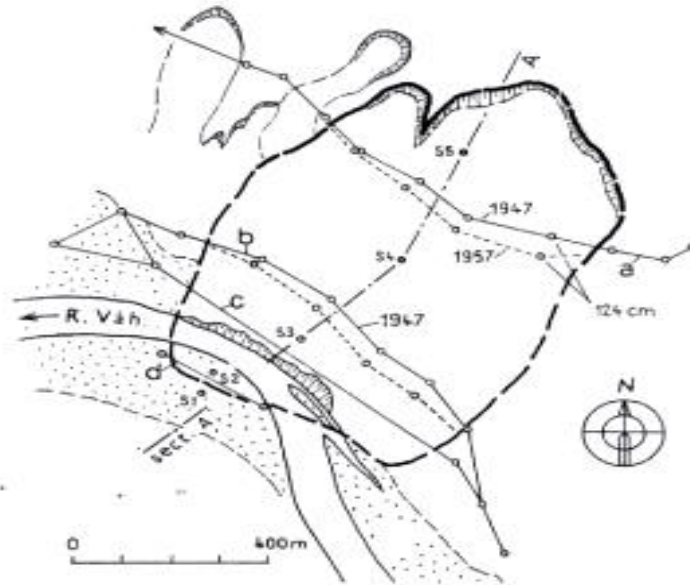
- |  |  |
|--|--|
| 1. Φρύδι παλαιάς κατολίσθησης  | 5. Περιοχή επιρρεπής σε κατολίσθηση              |
| 2. Παλαιά κατολίσθηση που δεν παρουσιάζει νέες μετακινήσεις                | 6. Τεχνικά έργα που κινδυνεύουν από κατολίσθησης |
| 3. Ενεργή κατολίσθηση  | 7. Βυθίσματα                                     |
| 4. Σύμβολο για μικροκατολίσθηση που δεν απεικονίζονται λόγω κλίμακας χάρτη | 8. Μικρές λίμνες και ρεύματα.                    |
- (Αντωνίου Α, 2010)

Με τη ολοκλήρωση των προτεινόμενων διορθωτικών εργασιών υπαίθρου χρειάζεται συστηματική παρακολούθηση τους, μέσω τοπογραφικών μετρήσεων. Συγκεκριμένα με τις συμβατικές γεωδαιτικές μεθόδους επιλέγονται σημεία μέσα στην μάζα που έχει κατολισθήσει, καθώς και σημεία εκτός αυτής που παραμένουν σταθερά και γίνονται μετρήσεις αναφορικά με τη σχετική τους μετακίνηση.

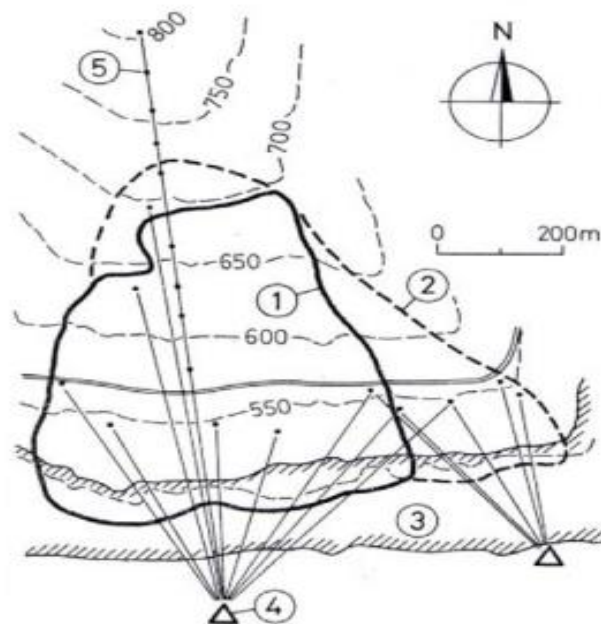
Οι μετρήσεις είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν ως εξής:

- ✓ Σε περιόδους που επικρατούν έντονα φαινόμενα βροχοπτώσεων
- ✓ Μετά την εκδήλωση σεισμού.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της μεθόδου της φωτογραμμετρίας, όπου λαμβάνεται διαδοχική σειρά φωτογραφιών από δύο ή και περισσότερα σταθερά σημεία, που επικαλύπτουν την περιοχή ενδιαφέροντος και με απλή επίθεση είναι δυνατός ο προσδιορισμός της μετακίνησης. (Αντωνίου Α, 2010)



**Εικόνα 3.2:** Χάρτης όπου a,b: γεωδαιτικές οδεύσεις ελέγχου μετακινήσεων στην κατολισθαίνουσα μάζα, όπου c,d: τριγωνομετρικές εξαρτήσεις σημείων ελέγχου. (Αντωνίου Α, 2010)



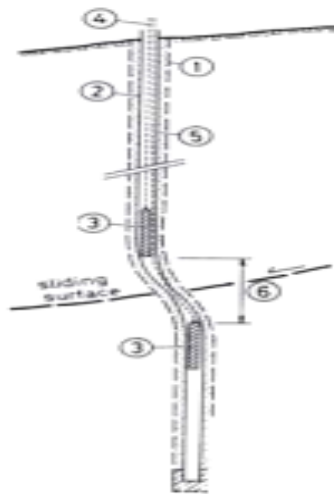
**Εικόνα 3.3:** Γεωδαιτικοί έλεγχοι σε κατολίσηση:

1. Όριο παλαιάς κατολίσησης
2. Οριοθέτηση περιοχής που ενδεχομένως οδηγεί σε αστοχία
3. Ταμιευτήρας
4. Τριγωνομετρικά σημεία στο σταθερό τμήμα του πρανούς
5. Σημεία ελέγχου. (Αντωνίου Α, 2010)

Τα επιφανειακά σημάδια εκδήλωσης μία κατολίσθησης είναι η περιοχή φρυδιού και η περιοχή του πόδα της, ενώ η μορφή της επιφάνειας ολισθήσεως καθορίζει την έκταση της σε βάθος. Στη περίπτωση που η επιφάνεια ολίσθησης βρίσκεται μέχρι και 2m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους τότε η κατολίσθηση ονομάζεται επιφανειακή. Στην περίπτωση που το βάθος της ολίσθησης δεν υπερβαίνει τα 5m τότε ονομάζεται μέσου βάθους, στην περίπτωση που φτάνει τα 20m ονομάζεται βαθιά και τέλος στην περίπτωση που ξεπερνά τα 20m ονομάζεται πολύ βαθιά. Η ολίσθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά μήκος είτε ενός μόνο επιπέδου είτε κατά μήκος περισσοτέρων επιπέδων.

Ο προσδιορισμός του επιπέδου αστοχίας γίνεται συνήθως μέσω γεωτρήσεων. Όταν πραγματοποιείται διάτρηση σε ενεργή κατολίσθηση και ταυτόχρονα γίνεται σωλήνωση της γεώτρησης, στο βάθος όπου η σωλήνωση αλλάζει θέση βρίσκεται και η επιφάνεια αστοχίας. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος δεν θεωρείται αρκετά προσεγγιστικός, ειδικά στην περίπτωση που η επιφάνεια δεν βρίσκεται στην ένωση των σωλήνων αλλά κάπου ενδιάμεσα. Για τον ακριβή προσδιορισμό της επιφάνειας ολίσθησης γίνεται χρήση δύο μεταλλικών σωλήνων που συνδέονται μεταξύ τους με ένα συρματόσχοινο.

Για την κατανόηση των παραπάνω γίνεται καταγραφή της διαδικασίας. Αρχικά ανοίγεται μία γεώτρηση, στην συνέχεια εισάγεται ένας πλαστικός σωλήνας, ο οποίος φτάνει μέχρι τον πυθμένα της. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο σωλήνας έχει μικρότερη διάμετρο από την γεώτρηση και το ενδιάμεσο κενό πληρώνεται με άμμο. Στην συνέχεια εισάγονται οι δύο μεταλλικοί σωλήνες, προσπαθώντας να φτάσει ο καθένας στο μεγαλύτερο βάθος που μπορεί. Οι σωλήνες παραμένουν στο έδαφος μέχρι να ενεργοποιηθεί πάλι η κατολίσθηση. Κατά την ενεργοποίηση της κατολίσθησης ο πλαστικός σωλήνας κάμπτεται ακριβώς πάνω στο επίπεδο ολίσθησης χωρίς όμως να είναι ο δυνατός προσδιορισμός της διεύθυνσης κάμψης, και οι μεταλλικοί σωλήνες αδυνατούν να κατέλθουν σε μεγάλα βάθη.



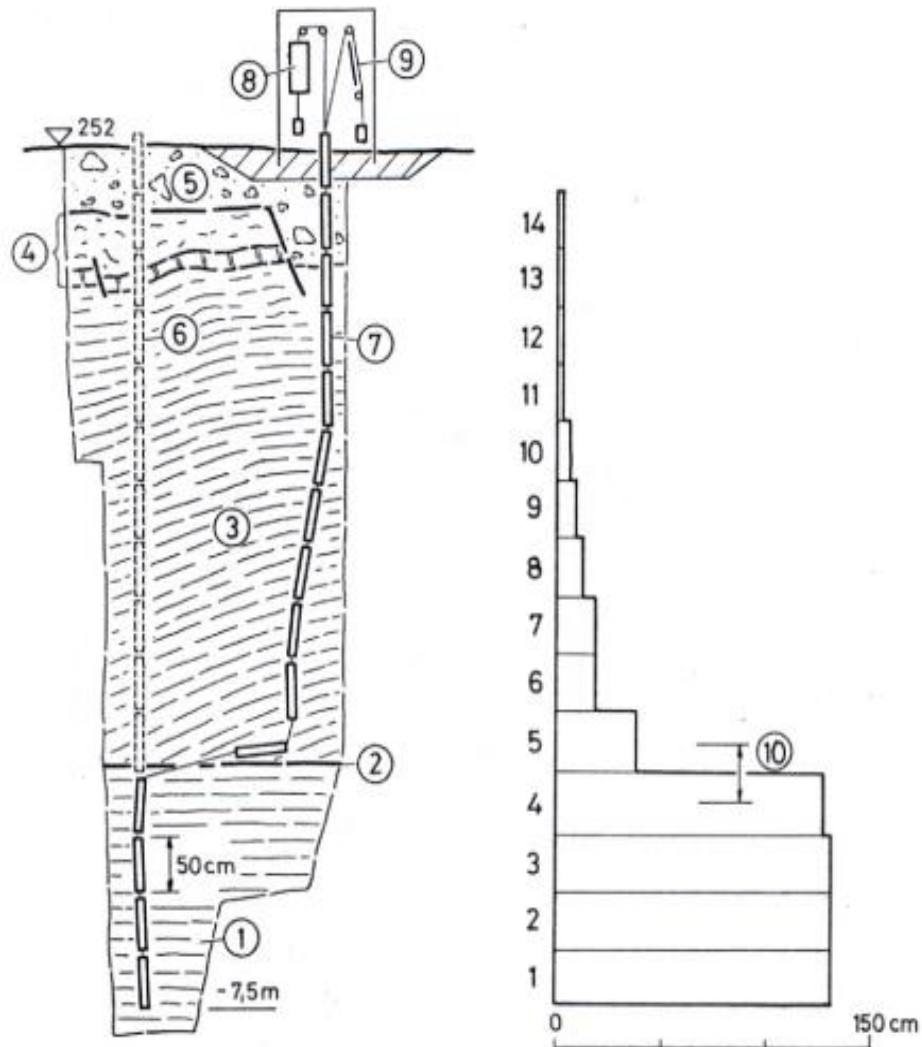
**Εικόνα 3.4:** Προσδιορισμός επιπέδου αστοχίας

1. Γεώτρηση
2. Πλαστικός προστατευτικός σωλήνας
3. Μεταλλικός σωλήνας
4. Συρματόσχοινα
5. Κενό πληρωμένο με άμμο
6. Κάμψη σωλήνα. (Αντωνίου Α, 2010)

Ωστόσο, πειραματικές μελέτες απέδειξαν ότι υπάρχει και άλλος ένας τρόπος που είναι εξίσου αποτελεσματικός για τον προσδιορισμό του βάθους της επιφάνειας αστοχίας καθώς



και του ρυθμού μετακίνηση. Ο προσδιορισμός αυτός επιτυγχάνεται με την χρήση καταγραφικού οργάνου οριζόντιο διατμητικού επιπέδου. Ο Rybar ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε της συσκευή αυτή, η οποία εισάγει πολλούς μεταλλικούς σωλήνες ενωμένους με συρματόσχοινα και καλώδια μέσα σε μία γεώτρηση σε διάφορα βάθη. Αν η μετακίνηση συμβεί σε βάθος που έχει διατρήσει η γεώτρηση, τότε κάτω από το βάθος αυτό, θα υπάρχει πολύ χαμηλότερη τιμή, καθώς παρασύρονται από τα υλικά της κατολίσθησης. (Αντωνίου Α, 2010)



**Εικόνα 3.5:** Συσκευή που κατασκεύασε ο Rybar:

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Άργιλος του μειόκαινου με σχισμές | 6. Αρχική θέση των μεταλλικών σωλήνων |
| 2. Επίπεδο διάτμησης (ολίσθησης)     | 7. Τελική θέση, μετά την μετακίνηση   |
| 3. Ολισθαίνουσα μάζα                 | 8. Καταγραφικός εξοπλισμός            |
| 4. Αποσαθρωμένη άργιλος              | 9. Καταγραφικός εξοπλισμός            |
| 5. Άμμος χαλίκια                     | 10. Θέση του επιπέδου ολίσθησης       |
- (Αντωνίου Α, 2010)

### 3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Τα έργα αντιστήριξης στην οδοποιία κατασκευάζονται για να εξασφαλίσουν την ευστάθεια των εδαφικών μαζών, εκεί όπου η συνθήκες δεν επιτρέπουν στα πρανή να διαμορφωθούν κατά την φυσική τους κλίση εκείνη δηλαδή που καθορίζου τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους και κυρίως οι παράμετροι διατρητικής αντοχής.

Σε έργο οδοποιία η εκτέλεση διατάξεων αντιστήριξης επιβάλλεται όταν, λόγω περιορισμένου εύρους κατάληψης δεν είναι δυνατή η διαμόρφωση των πρανών με την ενδεδειγμένη, από γεωτεχνικής άποψη κλίση. Επιπλέον έργα αντιστήριξης μπορεί να προβλέπονται για προστασία της οδού από τοπικές καταπτώσεις ή κατολισθήσεις γαιωδών και βραχωδών πρανών ορυγμάτων, για προστασία των κατόντη κατασκευών από πιθανή ολίσθηση οδικών επιχωμάτων και σε θέσεις επανεπίχωσης τεχνικών έργων.

Ένα έργο αντιστήριξης είναι μια κατασκευή που σκοπό έχει να εμποδίσει οποιαδήποτε οριζόντια μετακίνηση του εδάφους προς τα κατόντη, η οποία αναπτύσσεται σε ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα της οδού. Τα έργα αντιστήριξης είναι έργα ανάσχεσης των μικρών και μεγάλων μετακινήσεων του εδάφους οι οποίες τείνουν να δημιουργήσουν πρανή κατά την φυσική κλίση απόθεσης του συγκεκριμένου γεωυλικού.

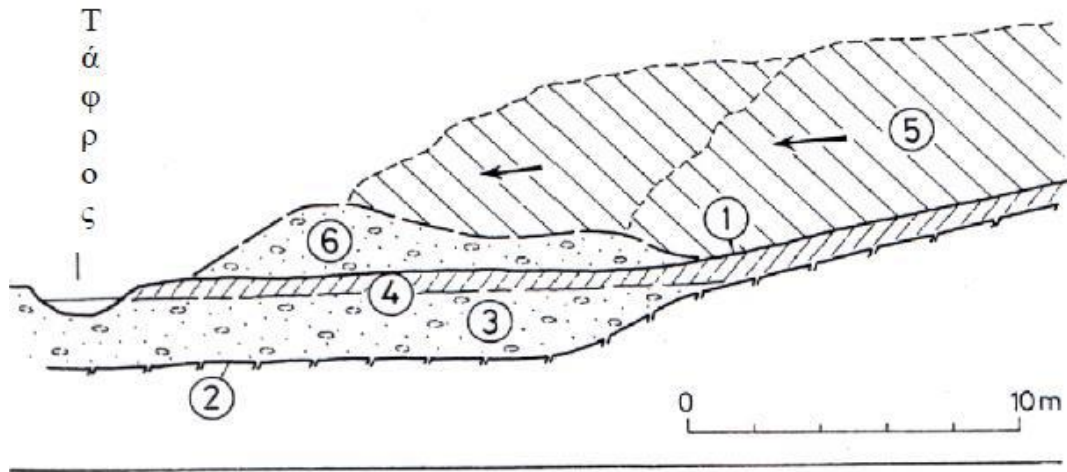
Ανάλογα με το είδος κάθε κατασκευής και με τον τρόπο τον οποία επιταχύνεται η ευστάθεια σε κάθε περίπτωση τα έργα αντιστήριξης διακρίνονται σε άμεσα και έμμεσα, στα παρακάτω εδάφια θα αναλυθούν οι περιπτώσεις αναλυτικότερα. (Μουρατίδης Α., 2005)

#### 3.2.1. Άμεσα μέτρα αποκατάστασης κατολισθήσεων

Για την αντιμετώπιση μια κατολίσθησης μπορούν να ληφθούν τα ακόλουθα άμεσα μέτρα κατά περίπτωση:

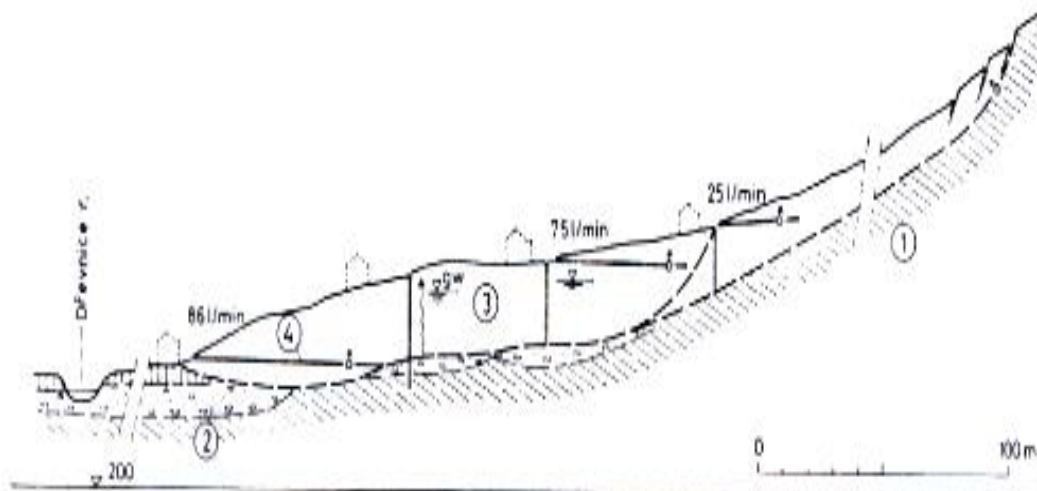
- Τοποθέτηση γαιωδών υλικών στη βάση της ολισθαίνουσας μάζας ή αφαίρεση υλικών από την κεφαλή της κατολίσθησης.
- Διαμόρφωση της επιφάνειας του πρανούς, συνήθως σε αναβαθμούς. Πρόκειται για ευρέως διαδεδομένο μέτρο, το οποίο όμως πρέπει να συνοδεύεται και από άλλα (π.χ. συλλεκτήριες τάφροι ομβρίων υδάτων), ενώ η έκταση και γενικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αναβαθμίδων ποικίλουν κατά περίπτωση.
- Χρήση επιφανειακών στραγγιστηρίων παράλληλα με το φρύδι του πρανούς είτε πάνω στην ολισθαίνουσα μάζα προκειμένου να επιτευχθεί η συλλογή και η απομάκρυνση όλων των επιφανειακών υδάτων που ρέουν μέσα στην ολισθαίνουσα περιοχή.
- Διάνοιξη μέσα στην ολισθαίνουσα μάζα συστήματος κύριων και δευτερευουσών αποστραγγιστικών στοών για τη συλλογή των υπόγειων υδάτων με φυσική ροή.
- Διάνοιξη φρεάτων για άντληση των υπόγειων υδάτων με στόχο την ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- Τσιμεντενέσεις - χημικά ενέματα. Με την εισπίεση τσιμέντου ή άλλων μιγμάτων γίνεται προσπάθεια αύξησης της διατρητικής αντοχής εδαφικών κυρίως μαζών.

- Εκτόξευση σκυροδέματος (gunite). Το μέτρο αυτό λαμβάνεται σε απότομα βραχώδη πρανή και πρέπει να έχει προηγηθεί απολέπιση - φρεζάρισμα της επιφάνειας, ενώ συνοδεύεται και από κατάλληλο δίκτυο αποστραγγιστικών σωλήνων.



**Εικόνα 3.6:** Σχηματική τομή βάσης ολισθαίνοντος πρανούς με την προσθήκη χωματισμών και αποστράγγισης:

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. Αρχική επιφάνεια εδάφους | 4. Εδαφικός μανδύας             |
| 2. Βραχώδες υπόβαθρο        | 5. Βάση κατολίσθησης            |
| 3. Άμμοι και χαλίκια        | 6. Επίχωμα από διαπερατά υλικά. |
- (Ρίσβα Ι., 2012)



**Εικόνα 3.7:** Γεωλογική τομή κατολίσθησης. Η συνολική μετακίνηση ήταν της τάξης του 1.5m και κατέστρεψε 3 σπίτια. Με την χρήση τριών οριζοντίων αποστραγγιστικών γεωτρήσεων μειώθηκε η παροχή στις πηγές από 169lit/min σε 105lit/min.

- |                                       |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Φλύσσης (ψαμμίτες και αργιλόλιθοι) | 3. Υλικά κατολίσθησης          |
| 2. Άμμοι χαλίκια                      | 4. Αποστραγγιστικές γεωτρήσεις |
- (Αντωνίου Α, 2010)

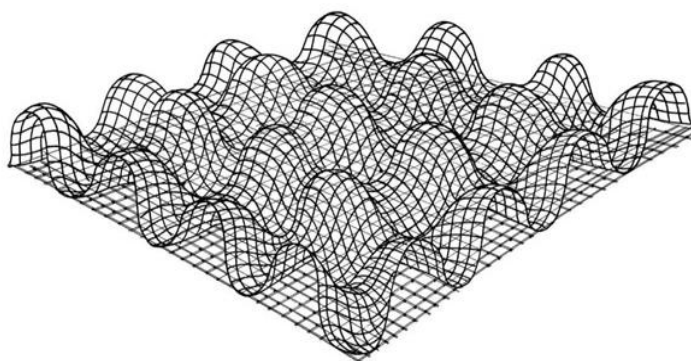
### 3.2.2. Έμμεσα μέτρα αντιμετώπισης κατολισθήσεων

Τα μέτρα μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση μίας κατολίσθησης είναι τα εξής:

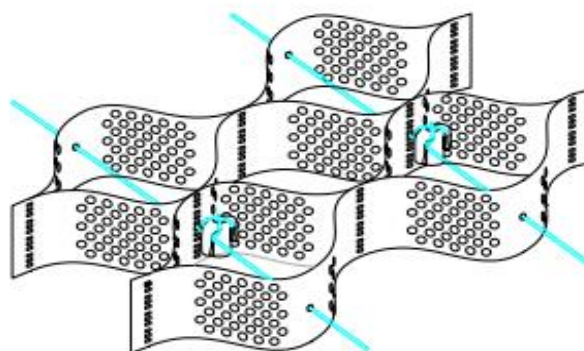
#### ➤ Φυτοκάλυψη του πρανού με ταυτόχρονη χρήση γεωσυνθετικών υλικών

Σε πολλές περιπτώσεις τα πρανή είναι εκτεθειμένα σε μόνιμες, υψηλών ταχυτήτων ροές υδάτων ή σε κυματισμούς. Η ανάπτυξη βλάστησης από μόνη της δεν επαρκεί ως μακροχρόνιο μέτρο σταθεροποίησης πρανών. Τα μόνιμα συστήματα αντιδιαβρωτικής προστασίας διακρίνονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το εάν αυτά θα λειτουργήσουν σε συνδυασμό με την ανάπτυξη βλάστησης ή όχι.

Στην κατηγορία των μόνιμων μέτρων τα οποία προβλέπεται να συνδυαστούν για την απαιτούμενη προστασία, ανήκουν οι μόνιμοι τρισδιάστατοι, ανοικτής δομής, γεωσυνθετικοί τάπητες ή πλέγματα και οι τρισδιάστατες γεωσυνθετικές κυψέλες.



**Εικόνα 3.8:** Γεωσυνθετικός τάπητας ή πλέγμα.  
(Φίκιρης Ι.Φ., 2007)



**Εικόνα 3.9:** Τρισδιάστατες γεωσυνθετικές κυψέλες.  
(Φίκιρης Ι.Φ., 2007)

Οι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες ή πλέγματα είναι πάχους 6mm περίπου συνίστανται από συνθετικές ίνες όπως πλαστικοποιημένο PVC, που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία για να είναι ανθεκτικές στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις χημικές προσβολές που πιθανά να υποστούν από το έδαφος. Επιπλέον, έχουν ιδιαίτερα ανοικτή δομή, πορώδες της τάξεως του 85%), με συνέπεια να επιτρέπουν την ενδιάμεση πλήρωσή τους με εδαφικό υλικό και την ανάπτυξη και αλληλοεμπλοκή του ριζικού συστήματος εντός αυτών.

Έχουν την δυνατότητα να τοποθετηθούν πριν και μετά την εκτέλεση των εργασιών υδραυλικής υδροσποράς σε πρανή και ανήκουν στην οικογένεια των μη βιοδιασπώμενων γεωσυνθετικών υλικών παρέχοντας σε συνδυασμό με τη βλάστηση την απαιτούμενη μακροχρόνια αντιδιαβρωτική προστασία.

Με το πέρασμα των χρόνων οι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν ιδιαίτερα ανθεκτικό αντιδιαβρωτικό μέτρο, με συνέπεια να έχουν αντικαταστήσει τεχνικές λύσεις με συρματοκιβώτια ή και λιθορριπές σε πρανή καναλιών. Επίσης, εργαστηριακές πειραματικές μελέτες απέδειξαν ότι ο φυτρωμένος τρισδιάστατος τάπητας έχει την δυνατότητα να ανθίστανται σε ταχύτητες έως 4m/sec για διάρκεια ροής 48 ωρών.

Η τοποθέτηση των τρισδιάστατων γεωσυνθετικών ταπήτων ή πλεγμάτων στα πρανή πραγματοποιείται συνήθως με την αγκύρωση των πλεγμάτων σε τάφρους στα ανάντη και εάν απαιτείται και στα κατόντη με ενδιάμεσες στηρίξεις με μικρού μήκους δίχαλα ή αγκύρια σε κατάλληλο κάρναβο. Μια πιο ανθεκτική λύση αντιδιαβρωτικής προστασίας, για τις περιπτώσεις όπου δεν επαρκεί ο συνδυασμός βλάστησης και τρισδιάστατου τάπητα, αποτελούν οι τρισδιάστατες γεωκυψέλες.

Οι τρισδιάστατες γεωκυψέλες συνίστανται από λωρίδες υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου (HDPE) ή πολυεστέρα πλάτους της τάξεως των 100mm και πάχους 1.2mm περίπου οι οποίες συνδέονται στην πλευρά της μέγιστης διάστασής τους ανά περίπου 300mm. Επιτόπου του έργου μεταφέρονται συρρικνωμένες, και κατά την τοποθέτηση επιμηκύνονται όπως ένα ακορντεόν, δημιουργώντας μια κατασκευή τύπου κερήθρας μελισσών. Το σύστημα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ευκαμψία και έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται εύκολα σε μορφολογικές διαφοροποιήσεις.

Η εργασία τοποθέτησης των τρισδιάστατων γεωκυψελών ολοκληρώνεται με την πλήρωση στα ενδιάμεσα κενά με εδαφικό υλικό ή εφόσον κριθεί απαραίτητο μόνον με αδρόκκοκο υλικό δημιουργώντας μια πιο ανθεκτική στη διάβρωση κατασκευή (μεγαλύτερες επιτρεπτές ταχύτητες ροής).



**Εικόνα 3.10. a:** Τρισδιάστατες γεωκυψέλες.  
(Φίκιρης Ι.Φ., 2007)



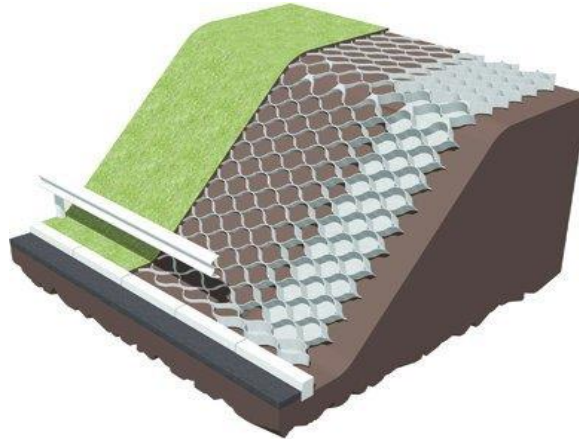
**Εικόνα 3.10. b:** Τρισδιάστατες γεωκυψέλες.  
(Φίκιρης Ι.Φ., 2007)

Η τελική επένδυση υποβοήθησης της φυτοκάλυψης δύναται να πραγματοποιηθεί με την πιο απλή μορφή των βιοδιασπώμενων γεωσυνθετικών υλικών και αφού θεωρηθεί απαραίτητο ακολουθεί ψεκασμός με ασφαλτικό γαλάκτωμα ανάλογα και με την κλίση του πρανούς στα οποία τοποθετείται. Η γεωσυνθετικές κυψέλες σε συνδυασμό με βλάστηση συνίσταται να τοποθετούνται σε περιπτώσεις ροών ταχύτητας έως 2-3m/sec καθώς σε μεγαλύτερες ταχύτητες έχουν παρατηρηθεί υποσκαφές.

Ωστόσο υπάρχουν παρόμοια συστήματα, στα οποία για διευκόλυνση της αποστράγγισης, η μεγάλης διάστασης πλευρά των λωρίδων μπορεί να φέρει οπές, μέσα από

τις οποίες και για την περαιτέρω ενίσχυση του συστήματος δύναται να διέρχονται και τένοντες τάνυσης / στερέωσης.

Η στήριξη των τρισδιάστατων γεωκυψελών στα πρανή πραγματοποιείται με την αγκύρωση τους στο φρύδι των πρανών και με ενδιάμεσα πατενταρισμένα σε κάθε σύστημα αγκύρια. Συχνά προ της τοποθέτησης των τρισδιάστατων γεωκυψελών προβλέπεται η διάστρωση γεωφάσματος που καλείται να λειτουργήσει ως υλικό φιλτραρίσματος. (Φίκιρης Ι.Φ., 2007)



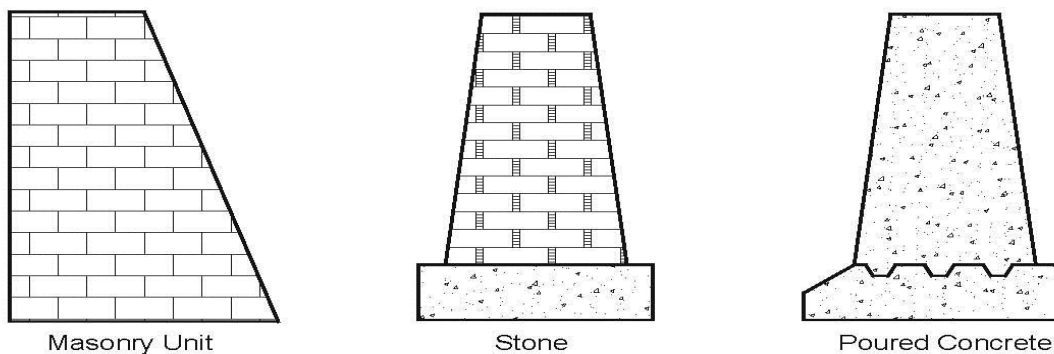
**Εικόνα 3.11:** Φυτοκάλυψη του πρανούς με ταυτόχρονη χρήση γεωσυνθετικών υλικών. [5]

➤ **Κατασκευή τοίχου βαρύτητας στη βάση του πρανούς**

Οι τοίχοι βαρύτητας είναι μία από τις παλαιότερες κατηγορίες έργων αντιστήριξης. Οι τοίχοι βαρύτητας κατασκευάζονται από λιθοδομές, πλινθοδομες και μεταγενέστερα άοπλο σκυρόδεμα. Σκοπός τους είναι να λειτουργούν ως έργα ανάσχεσης των οριζόντιων μετακινήσεων του εδάφους, με τις προϋποθέσεις ευστάθειας να οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην μεγάλη τους μάζα.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ικανότητα αντίστασης που εμφανίζουν στις ενεργειακές ωθήσεις του εδάφους είναι μικρή και η εφαρμογή τους πλέον περιορισμένη. Όσον αφορά την σχηματική τους απεικόνιση οι τοίχοι βαρύτητας έχουν συνήθως τραπεζοειδούς μορφή. Οι παρειές του κορμού μορφώνονται στις περισσότερες περιπτώσεις με μικρή κλίση ως προς την κατακόρυφο.

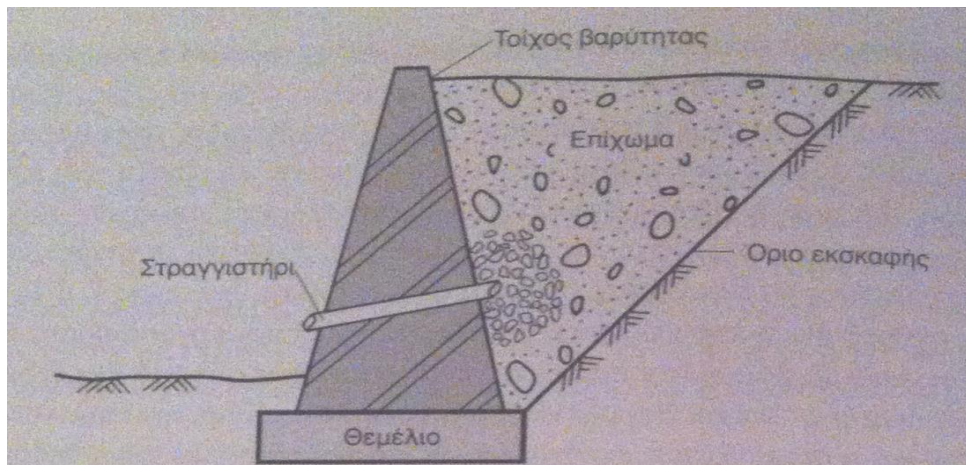
**Gravity Retaining Walls**



**Εικόνα 3.12:** Οι τοίχοι βαρύτητας κατασκευάζονται από λιθοδομές, πλινθοδομες και άοπλο σκυρόδεμα. [6]

Η συνισταμένη των οριζόντιων ωθήσεων και των δυνάμεων βαρύτητας πρέπει να διεξέρχεται από το μεσαίο τρίτο του πλέγματος, ώστε να εξασφαλιστεί η ευστάθεια. Ενώ οι αναπτυσσόμενες τάσεις εφελκυσμού πρέπει να παραμένουν μικρές  $\sigma_t \leq 4 \text{ kg / cm}^2$ .

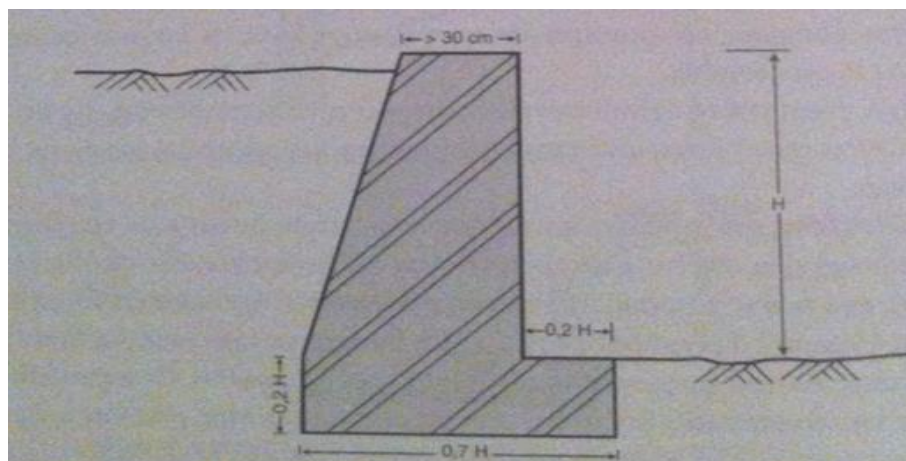
Οι τοίχοι βαρύτητας μπορούν να κατασκευαστούν ως επενδύσεις κατακόρυφων πρανών συνεκτικών εδαφών. Οι ασκούμενες πιέσεις επί τις εσωτερικής παρειάς είναι μικρές και ο τοίχος έχει τον ρόλο προστασίας μικρών τοπικών κατολισθήσεων κυρίως λόγω εποχιακών φαινομένων διάβρωσης.



**Εικόνα 3.13:** Τοίχος βαρύτητας. (Μουρατίδης Α., 2005)

Φαινόμενα υποσκαφής ή πλευρικής ολίσθησης είναι συχνά σε τοίχους βαρύτητας. Αντίστοιχα θα πρέπει να προβλεφθούν οι κατάλληλες διατάξεις αποστράγγισης του εδάφους και των υλικών κυρίως επίχωσης. Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή τοίχων βαρύτητας ως διατάξεων ως διατάξεων αντιστήριξης θα πρέπει να περιορίζεται σε έργα για τα οποία το ύψος της προς αντιστήριξης εδαφικής μάζας δεν ξεπερνά τα 4 m.

Η τυπική διαστασιολόγηση ενός τοίχου βαρύτητας βάση του ύψους απεικονίζεται στην Εικόνα 3.14.



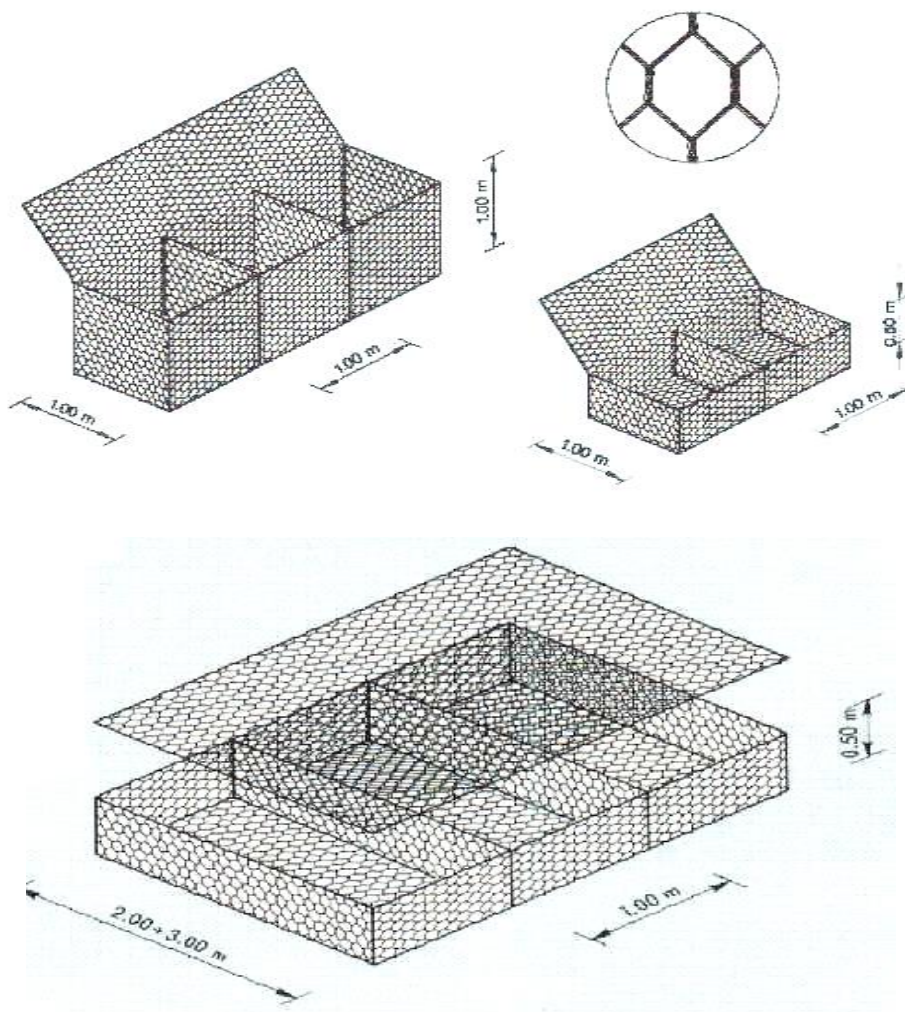
**Εικόνα 3.14:** Διαστασιολόγηση τοίχου βαρύτητας.(Μουρατίδης Α., 2005)

Συνοψίζοντας λοιπόν οι τοίχοι βαρύτητας συνεισφέρουν μόνο με το βάρος τους στη συγκράτηση της ολισθαίνουσας μάζας (αντίσταση στην ολίσθηση). Στην περίπτωση που ο τοίχος αντιστήριξης εδράζεται πάνω σε πασσάλους, τότε και αυτοί μπορούν να παραλάβουν οριζόντια φορτία και προστατεύουν το πρανές από πιθανές επιφάνειες ολίσθησης που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα βάθη. (Μουρατίδης Α., 2005)

### ➤ Προκατασκευασμένα Συρματοκιβώτια - Σαρζανέτ

Τα προκατασκευασμένα συρματοκιβώτια έχουν πολλά πλεονεκτήματα συγκρινόμενα με την συμβατική μέθοδο κατασκευής των συρματοκιβωτίων επί τόπου στο έργο από ρολλά πλέγματος. Παρέχονται έτοιμα στις τελικές επιθυμητές διαστάσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η μέγιστη ασφάλεια της κατασκευής και φυσικά η μέγιστη ταχύτητα εργασιών.

Κατασκευάζονται από βαρέως τύπου γαλβανισμένο σύρμα (275 gr/m<sup>2</sup> σύμφωνα με BS 443/82, EN 10244-2, ASTM A 641-71 A, DIN 1548 και QQ-W-461H). Παρουσιάζουν εφελκυσμός σύρματος : 350 - 500 N/mm<sup>2</sup> σύμφωνα με EN 10223-3 και επιμήκυνση σύρματος: σύμφωνα με EN 10223 - 3. Επιπλέον, παράγονται από πλέγματα με βρόγχους διαφόρων τύπων: 8 X 10, 6 X 8, 10 X 12 και η διάμετρος του σύρματος: 2,70 ή 3.00 mm.



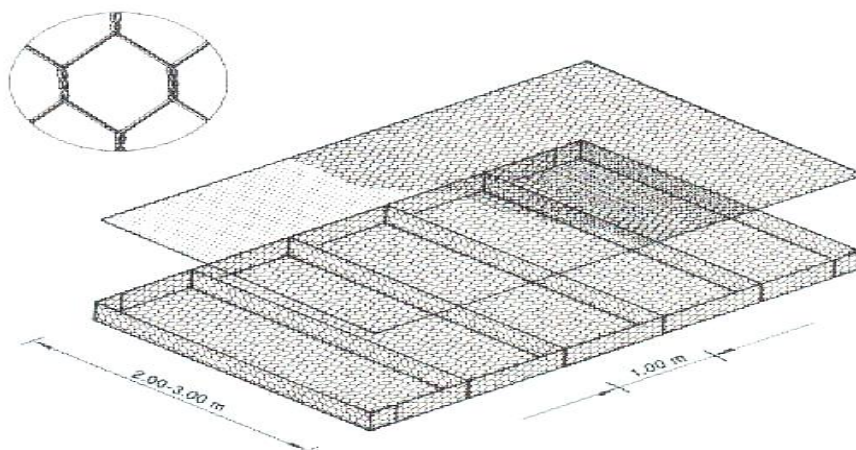


**Εικόνα 3.15:** Προκατασκευασμένα Συρματοκιβώτια – Σαρζανέ. [7]

Λόγω της ιδιαίτερης βαρύτητας που δίδεται τα τελευταία χρόνια στον χρόνο ζωής της κατασκευής εξ' αιτίας των ιδιαίτερα έντονων κλιματολογικών μεταβολών, σε έργα υδραυλικά - αντιπλημμυρικά, κατασκευάζονται συρματοκιβώτια σύμφωνα με τα παραπάνω αλλά με ειδική προστασία του σύρματος, η οποία αποτελείται από κράμα αλουμινίου - ψευδαργύρου, προσδίδοντας έτσι στην κατασκευή αντοχή σε διάβρωση τουλάχιστον τριπλάσια σε σχέση με τα συμβατικά συρματοκιβώτια που παράγονται από γαλβανισμένο πλέγμα.

Επιπλέον, σε περιπτώσεις που τα συρματοκιβώτια πρόκειται να τοποθετηθούν σε βιομηχανική ζώνη όπου η επιβάρυνση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ιδιαίτερα μεγάλη ή σε παράκτιες περιοχές, τότε ενδείκνυται η χρήση συρματοκιβωτίων στα οποία το σύρμα που έχει χρησιμοποιηθεί εκτός της επικάλυψης κράματος αλουμινίου - ψευδαργύρου (galfan) φέρει επίσης και επικάλυψη (μανδύα) ειδικού πολυμερισμένου πλαστικού.

Συνήθως οι κατασκευές αυτές προδιαγράφονται από τον μελετητή του έργου με πλάτος συρματοκιβωτίου 1,00m. Ωστόσο, υπάρχει και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και συρματοκιβώτια διπλάσιου πλάτους δηλαδή, 2,00 m, διευκολύνοντας έτσι κατά πολύ τον εργολάβο δεδομένου ότι έχει μεγάλη ταχύτητα και οικονομία στο σύνολο του έργου.



**Εικόνα 3.16:** Προκατασκευασμένα Συρματοκιβώτια – Σαρζανέ. [7]

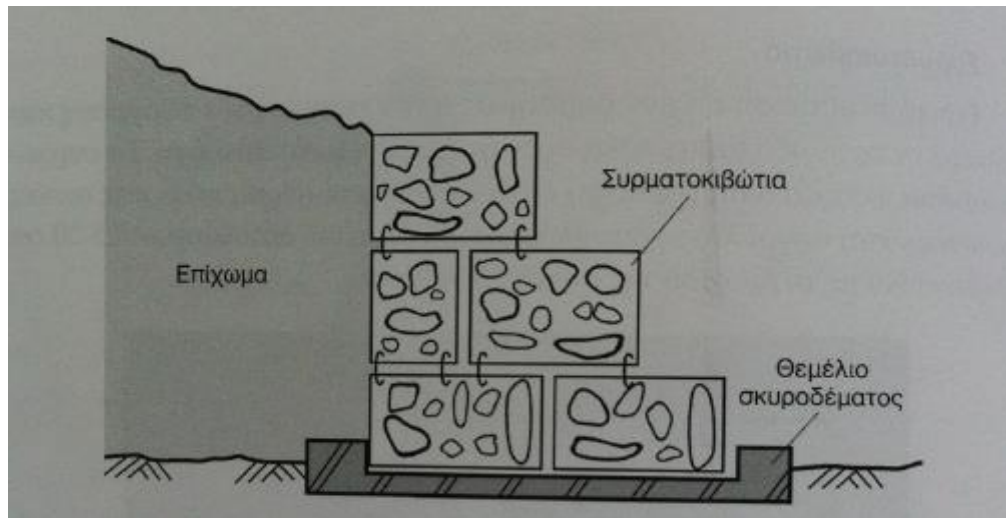
Ακόμη υπάρχει δυνατότητα, ανάλογα με τα υδραυλικά δεδομένα, να χρησιμοποιηθούν συρματοκιβώτια μικρότερου ύψους του συνηθισμένου (0,50 - 1,00m). Αυτές οι ειδικές «στρώμενες» (reno) μπορούν να έχουν ύψος 17 - 23 ή 30 cm, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τον προϋπολογισμό του έργου σημαντικά.

Η συρραφή των συρματοκιβωτίων δεν γίνεται πλέον με τον συμβατικό τρόπο δηλαδή με την χρήση σύρματος αλλά με ειδικά δακτυλίδια συρραφής κατασκευασμένα από χαλύβδινο σύρμα που έχουν αντοχή σε εφελκυσμό 170 kg/mm<sup>2</sup>. Τα δακτυλίδια εφαρμόζουν στην ένωση των πλευρών με ειδικό πνευματικό πιστόλι συρραφής (spenax tool) για την πλέον αποτελεσματική, γρήγορη και ασφαλή συρραφή των κιβωτίων. Η μέθοδος αυτή είναι ότι πιο σύγχρονο υπάρχει στον χώρο των συρματοκιβωτίων δεδομένου ότι εξασφαλίζει πολύ μεγάλη ταχύτητα συρραφής και ως εκ τούτου οικονομία στο εργατικό κόστος.

Τα συρματοκιβώτια- σαρζανετ χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε έργα προστασίας χειμάρρων και ποταμών, έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές σε έργα οδοποιίας όπως:

- ✓ Αντίβαρα ποδός επιχωμάτων

- ✓ Διαμόρφωση όψεων πρανών ειχωμάτων
- ✓ Αντιστήριξη γαιωδών πρανών.



**Εικόνα 3.17:** Έδραση συρματοκιβωτίων. (Μουρατίδης Α., 2005)

Ο σχεδιασμός των διατάξεων των συρματοκιβωτίων εξαρτάται από τα εξής:

- Η κοκκομετρία του υλικού πλήρωσης
- Η σύνδεση των συρματοκιβωτίων μεταξύ τους
- Οι διατάξεις ενίσχυσης των συρματοκιβωτίων
- Η πιθανή σύνδεση τους με πλέγμα όπλισης επιχωμάτων
- Οι συνθήκες έδρασης των συρματοκιβωτίων
- Η πιθανή επένδυση της εξωτερικής πλευρας – όψης.

Ως προς την θεμελίωση και ιδιαίτερα αν υπάρχει κίνδυνος μετατόπισης του τοίχου, σκόπιμα είναι να δημιουργείται ένα θεμέλιο εκ σκυροδέματος με ειδική βάση προσαρμοσμένη στις διαστάσεις των κιβωτίων. (Μουρατίδης Α., 2005)



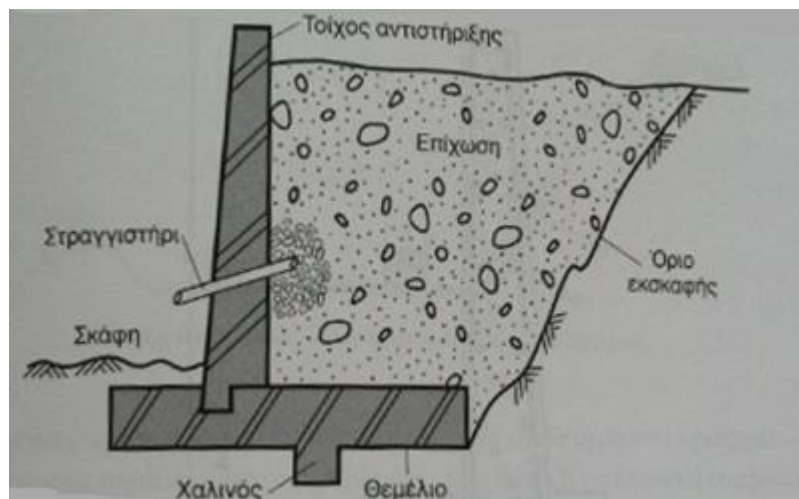
**Εικόνα 3.18 a.:** Συρματοκιβώτια – Σαρζανέτ [4]



**Εικόνα 3.18.b:** Συρματοκιβώτια - Σαρζανέτ [4]

➤ **Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρανού ή πασσαλότοιχου και ταυτόχρονη χρήση αγκυρίων.**

Οι τοίχοι αντιστήριξης αποτελούν την εξέλιξη των τοίχων βαρύτητας, έχουν μια σημαντικά μικρότερη διατομή με συνέπεια να χρειάζονται λιγότερα υλικά κατασκευής. Τέτοιοι τοίχοι κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και παραλαμβάνουν τις ενεργητικές ωθήσεις λειτουργώντας ως πρόβολοι ενώ το ύψος του φτάνει συχνά τα 8 m.



**Εικόνα 3.19:** Διατομή τοίχου αντιστήριξης. (Μουρατίδης Α., 2005)

Οι τοίχοι αντιστήριξης είναι τα συνήθη έργα αντιστήριξης σε κατασκευές οδοποιίας. Όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 3.19 κατασκευάζονται συνήθως με κεκλιμένη την εξωτερική παρειά του κορμού και κατακόρυφη την εσωτερική. Οι υπολογισμοί δεν περιορίζονται στους γεωτεχνικούς ελέγχους ευστάθειας αλλά περιλαμβάνουν συγχρόνως και τους ελέγχους χαρακτηριστικών διατομών σε κάμψη και διάτμηση καθώς και τον προσδιορισμό των απαιτούμενων οπλισμών.

Η διαστασιολόγηση του θεμελίου και του κορμού του τοίχου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και είναι οι εξής:

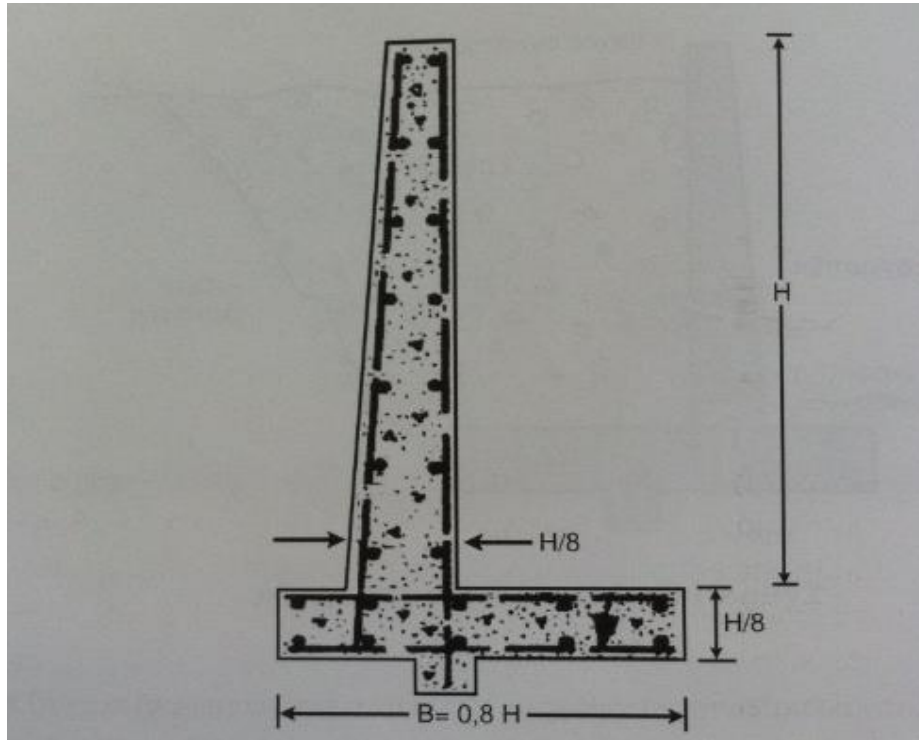
- Ποιότητα τωνυλικών επίχωσης
- Γεωμετρία της εκσκαφής αι γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του φυσικού εδάφους
- Επιφόρτηση
- Ύψος H, της διαφοράς στάθμης εκσκαφής- επιφάνειας επίχωσης και τη γενική διαμόρφωση του τοίχου.

Ορισμένοι απλοί κανόνες για μία πρώτη προσέγγιση στη διαστασιολόγηση ενός τοίχου αντιστήριξης είναι οι εξής:

- Η στέψη του τοίχου πρέπει να έχει ένα πάχος όχι μικρότερο από 20 cm
- Ο τοίχος πρέπει να διαμορφώνεται με μικρό στηθαιό, να εξέχει δηλαδή από την στάθμη επίχωσης 20-30cm

- Όταν οι εξωτερική παρειά είναι κεκλιμένη η κλίση πρέπει να είναι 2%
- Το πλάτος του θεμελίου πρέπει να είναι ίσο με  $B=0.8H$ , ενώ το πάχος του θεμελίου θα πρέπει να είναι  $H/8$ .
- Όλες οι διαστάσεις θα πρέπει να υπολογίζονται σε m ή σε cm και να στρογγυλοποιούνται κατάλληλα.

Όλα αυτά που προαναφέρθηκαν τα παρατηρούμε στην Εικόνα 3.20.



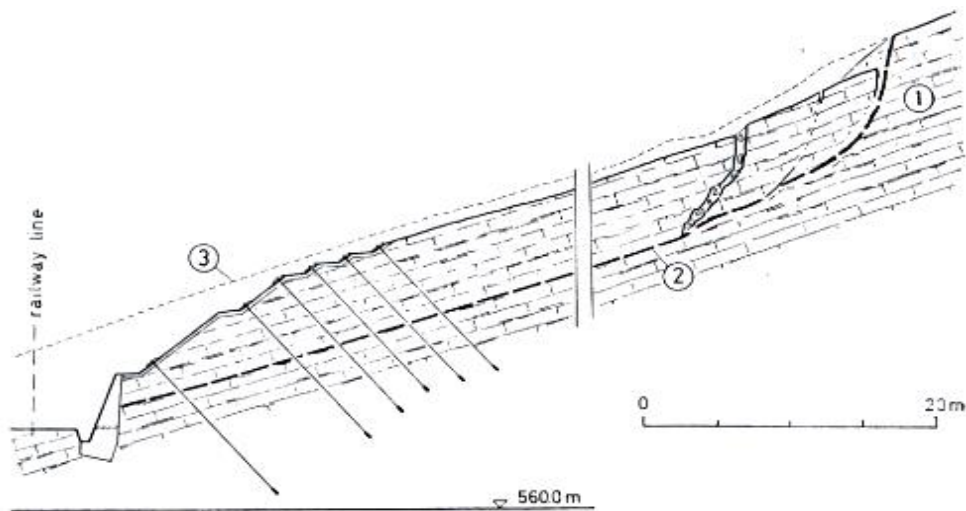
**Εικόνα 3.20:** Διαστασιολόγηση τοίχου αντιστήριξης. (Μουρατίδης Α., 2005)

Εκτός από την χαρακτηριστική διατομή είναι δυνατόν να κατασκευαστούν τοίχοι αντιστήριξης με πολλαπλές παραλλαγές. Για παράδειγμα προτιμούνται οι τοίχοι με κατακόρυφες παρειές λόγω τις ευκολίας της κατασκευής των ξυλότυπων έναντι των κεκλιμένων. Επιπλέον, για αύξηση της ευστάθειας κατασκευάζεται ένας χάλινος στο άκρο του πέλματος.

Μια διαφορετική παραλλαγή του τοίχου αντιστήριξης, αρκετά διαδεδομένη κυρίως στα οδικά έργα είναι ο αγκυρωμένος τοίχος. Η συγκεκριμένη κατασκευή λειτουργεί ως έργο ανάσχεσης των εδαφικών μετακινήσεων και αυτό οφείλεται στην δράση των αγκυρίων. Χαρακτηριστικό αυτών των τοίχων είναι ότι δεν φέρουν καμία θεμελίωση και εφαρμόζονται σε περιπτώσεις όπου η εσκαφή δεν είναι δυνατή.

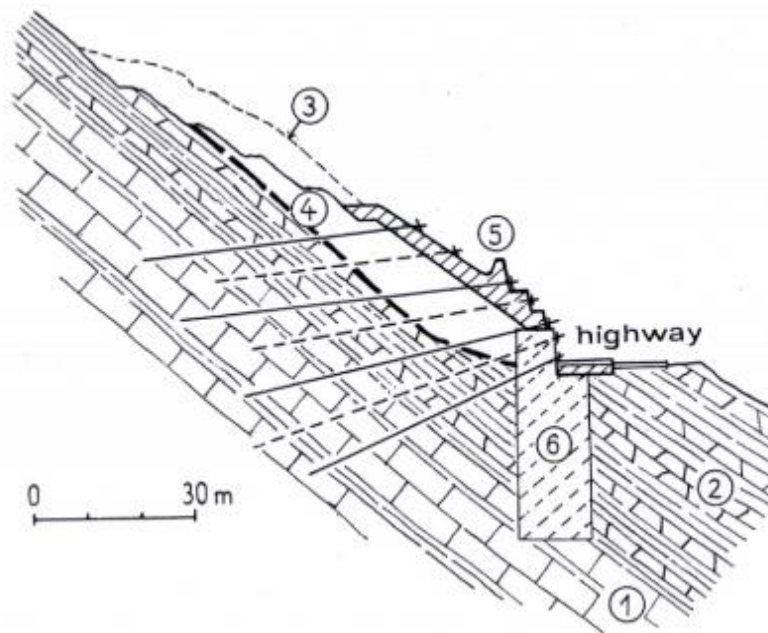
Οι οπλισμοί και οι ξυλότυποι τοποθετούνται επί της διαμορφωμένης επιφάνειας του εδάφους επί της οποίας κατασκευάζεται ο τοίχος. Τα αγκύρια εξασφαλίζουν και λειτουργούν ως αντίσταση στις μετακινήσεις του εδάφους. Τα αγκύρια πρέπει να φτάνουν σε βάθος ικανό για κάθε περίπτωση, δηλαδή να φτάνουν πίσω από την επιφάνεια πιθανής αστοχίας του εδάφους.

Οι αγκυρωμένοι τοίχοι είναι έργα που δίνουν πολλές φορές λύση σε θέσεις όπου τα φυσικά πρανή έχουν απότομη κλίση. Χρησιμοποιούνται δηλαδή, όπου οι συνθήκες επιβάλουν εκτεταμένη εκσκαφή ανάντη, χωρίς να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η γεωστατική ευστάθεια.



**Εικόνα 3.21:** Αντιμετώπιση κατολίσθησης σε πρανές σιδηροδρομικής οδού.

1. Φλύσσης (ψαμμίτες και αργιλόλιθοι)
2. Επίπεδο αστοχίας
3. Αρχική επιφάνεια εδάφους. (Αντωνίου Α, 2010)



**Εικόνα 3.22:** Σταθεροποίηση πρανού αυτοκινητόδρομου με χρήση αγκυρίων και κατακόρυφων στοιχείων από σκυρόδεμα.

1. Ψαμμίτες και μάργες
2. Μάργες και ασβεστόλιθοι
3. Αρχική επιφάνεια εδάφους
4. Επιφάνεια ολίσθησης
5. Πλάκα σκυροδέματος
6. Εννέα επιφάνεια από σκυρόδεμα με βάθος 30m και μεταξύ τους απόσταση 24m. Δύναμη ολίσθησης 6500KN που παραλήφθηκε από 300 αγκύρια μήκους 45 έως 75m (Αντωνίου Α, 2010)

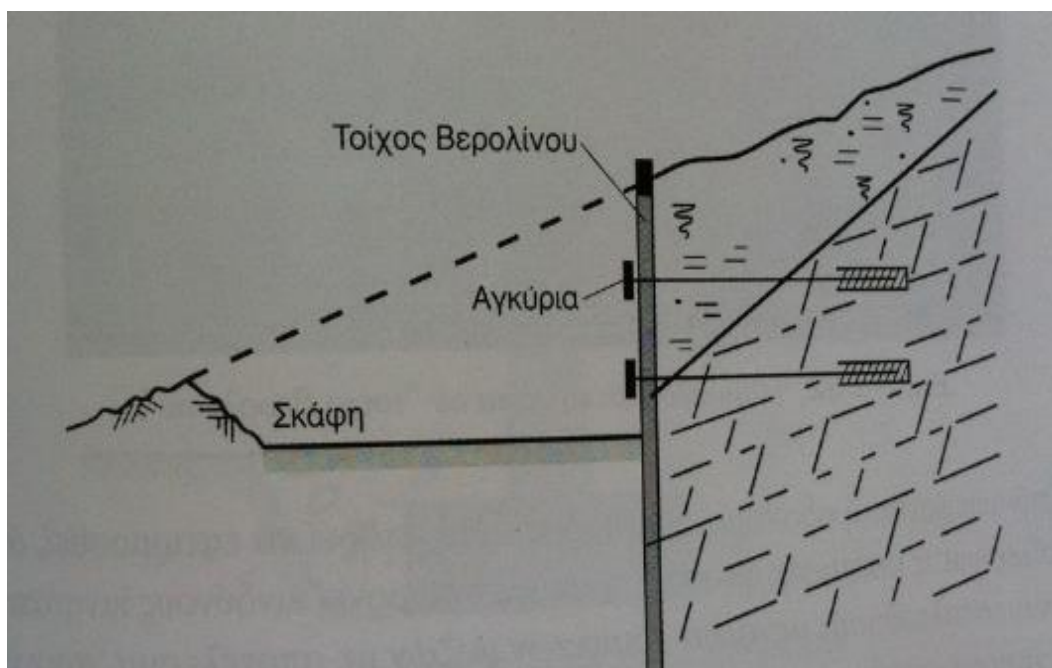
Το θέμα της ευστάθειας του πρανούς τις προσωρινής εκσκαφής όπως και το κατασκευαστικό ζήτημα της επαναεπίχωσης αντιμετωπίζονται άπλα με την επιλογή του αγκυρωμένου τοίχου, όπου η διατήρηση και η τοποθέτηση των αγκυρίων προηγείται της κατασκευής του τοίχου. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το έδαφος θα πρέπει να είναι κατάλληλο για να είναι δυνατή η χρήση των αγκυρίων. (Μουρατίδης Α., 2005)

### ➤ *Τοίχος Βερολίνου*

Οι τοίχοι «τύπου Βερολίνου» είναι μία ειδική κατηγορία έργων αντιστήριξης, η εφαρμογή τους γίνεται κυρίως σε αστικές κατασκευές. Η λειτουργία τους, υπό μορφή κατακόρυφων προβόλων, είναι εντελώς ανάλογη με εκείνη των διαφραγμάτων σκυροδεμάτων, από την οποία ωστόσο υπερτερούν λόγω της απλότητας των μέσων εκσκαφής που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή.

Οι τοίχοι Βερολίνου κατασκευάζονται σταδιακά πριν και κατά την φάση εκσκαφής. Πριν από οποιαδήποτε εκτέλεση χωματουργικών εργασιών, τοποθετείται εντός εδάφους στο όριο ή στο περίγραμμα του προς διάνοιξη σκάμματος, μία σειρά πασσάλων, μεταλλικών ή εκ σκυροδέματος, σε πυκνή διάταξη και σε βάθος μεγαλύτερο αυτού του σκάμματος. Στην συνέχεια εκτελείται σταδιακά η εκσκαφή και αποκαλύπτεται, παράλληλα με την διαδικασία εκσκαφής, η εξωτερική ως προς το σκάμμα πλευρά επιφάνεια πασσάλων. Τα κενά μεταξύ των πασσάλων καλύπτονται με πρόχυτες πλάκες σκυροδέματος, με μεταλλικά φύλλα, ξύλινες σανίδες και συνηθέστερα με εκτοξευμένο σκυρόδεμα οπλισμένο με μεταλλικό πλέγμα.

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα είδος κατακόρυφου διαφράγματος, το οποίο αποτελείται από τους πασσάλους και τα ενδιάμεσα επίπεδα στοιχεία που αντιστηρίζουν την εδαφική μάζα στην εξωτερική παρειά της κατασκευής.



**Εικόνα 3.23:** Αντιστήριξη κατακόρυφης εκσκαφής με τοίχο Βερολίνου. (Μουρατίδης Α., 2005)

Ανάλογα με το μέγεθος των ενεργητικών ωθήσεων, κατά τη σταδιακή εκτέλεση του σκάμματος η δράση αντιστήριξης των πασσάλων μπορεί να ενισχύεται από προεντασμένα ή αυτοδιατηρούμε αγκύρια. Κατά την ολοκλήρωση της εκσκαφής το σύνολο των στοιχείων της κατασκευής, πάσσαλοι, πλάκες και αγκύρια δημιουργούν τις προϋποθέσεις ευσταθείας και αντιστήριξης του εδάφους.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο συνολικό μήκος των πασσάλων επομένως στο βάθος έμπηξης τους, όπου είναι και το βασικό αντικείμενο σχεδιασμού.

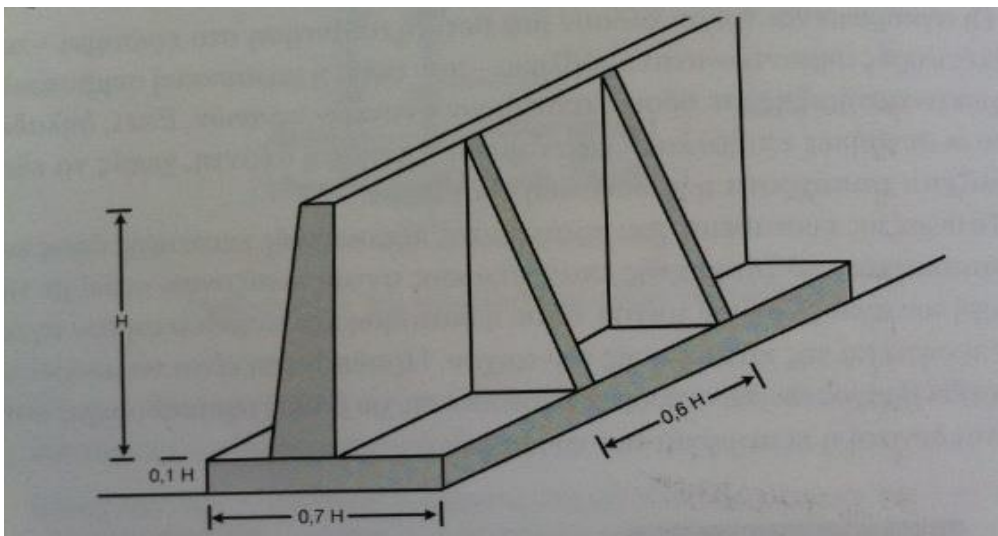
Οι τοίχοι Βερολίνου εφαρμόζονται για λειτουργικούς λόγους και κυρίως για λόγους κινδύνου κατολισθήσεις. Τέτοιες συνθήκες συναντώνται όπως προαναφέραμε σε αστικό περιβάλλον όπου η εκτέλεση υπογείων οδικών ή σιδηροδρομικών έργων δεν μπορεί να διακόπτει την καθημερινή λειτουργία των αστικών λειτουργιών. Θεωρείται μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές εφαρμογές.

Επιπλέον, η μέθοδος αυτή και κυρίως στην υπεραστική οδοποιία εφαρμόζεται όταν μια εκσκαφή φυσικού πρανούς εγκυμονεί κινδύνους κινητοποίησης και κατολισθήσεις μεγάλων εδαφικών μαζών. Το αποτέλεσμα όλων όσων προαναφέρθηκαν είναι πριν από κάθε χωματουργική ή μη εργασία να είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η ευστάθεια των γεωσχηματισμών. (Μουρατίδης Α., 2005)

### ➤ *Αντηριδωτοί τοίχοι*

Οι αντηριδωτοί τοίχοι κατασκευάζονται σε περιπτώσεις που το ύψος  $H$  των γαιών είναι τόσο μεγάλη που η λύση του απλού τοίχου αντιστήριξης είναι αντικοινομική. Το ύψος αυτών των τοίχων ποικίλει από 8 έως 12 m. Οι αντηρίδες έχουν πάχος 20cm κατά το ελάχιστο και τοποθετούνται ανά αποστάσεις 4-5 m περίπου.

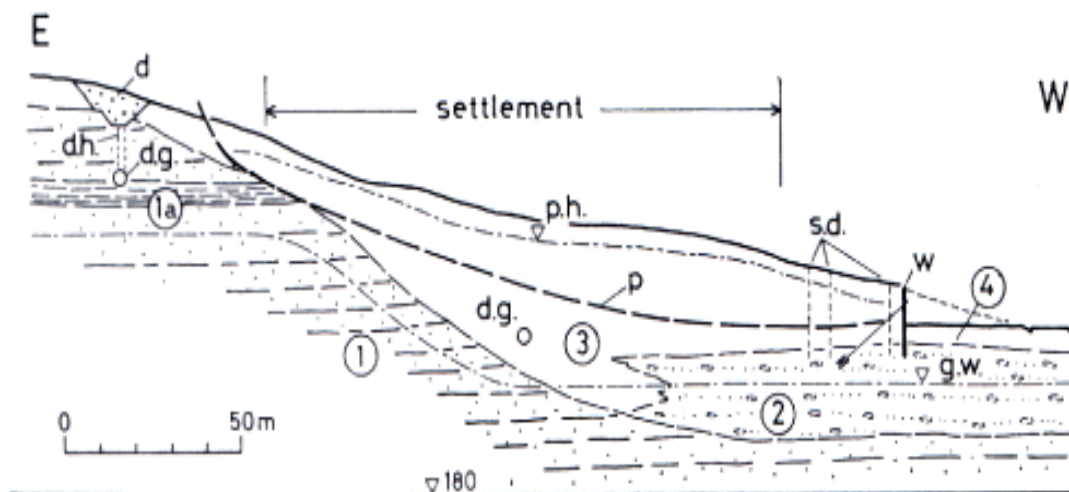
Παραλλαγή του συμβατικού αντηριδωτού τοίχου που φέρει αντηρίδες προς το εσωτερικό είναι ο τοίχος με τις αντηρίδες στην όψη, η οποία αποτελεί μια σπάνια εφαρμογή.



**Εικόνα 3.23:** Διαστασιολόγηση αντηριδωτού τοίχου.  
(Μουρατίδης Α., 2005)

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μέθοδοι, όπως είναι οι εξής:

- Τα σκέπαστρα κατασκευάζονται κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων, στις περιπτώσεις που άλλο μέτρο προστασίας δεν αποδίδει. Είναι αρκετά δαπανηρές κατασκευές.
- Διαμόρφωση της επιφάνειας του πρανούς, συνήθως σε αναβαθμούς. Πρόκειται για ευρέως διαδεδομένο μέτρο, το οποίο όμως πρέπει να συνοδεύεται και από άλλα (π.χ. συλλεκτήριες τάφροι), ενώ η έκταση και γενικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αναβαθμίδων ποικίλουν κατά περίπτωση.
- Αποφυγή εξωτερικών φορτίσεων στην κορυφή και στο σώμα του πρανούς.



**Εικόνα 3.10:** Γεωλογική τομή πρανούς.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Οριζόντια στρώματα από ψαμμιτών και αργιλικών σχιστολιθων.<br>1 <sup>α</sup> . Στρώματα αργιλόλιθου | p:πιθανή επιφάνεια ολίσθησης<br>d.g:αποστραγγιστική τάφρος<br>d.h:αποστραγγιστικές στοές<br>p.h:αποστραγγιστικές οπές<br>s.d: κατακόρυφα στραγγιστήρια<br>w: πασσαλότοιχος με αγκύρια<br>(Αντωνίου Α, 2010) |
| 2. Άμμοι και χαλίκια   |   |
| 3. Κορήματα  |   |
| 4. Πρόσφατες αποθέσεις   |   |

### 3.2.3. Πεδίο εφαρμογής τεχνικών αντιστήριξης

Σύγχρονες τεχνικές αντιστήριξης εφαρμόζονται σε μεγάλο βαθμό σε οδικές χαράξεις που διασχίζουν περιοχές με χαλαρούς εδαφικούς σχηματισμούς και είναι επιρρεπείς σε κατολισθήσεις. Η επιλογή βέβαια για κάθε έργο είναι ανάλογη του προβλήματος και αποτελεί αντικείμενο του βασικού σχεδιασμού και πραγματοποιείται με τεχνικό - οικονομικά κριτήρια.



Για την καταλληλότητα της κάθε τεχνικής σε συγκεκριμένα πεδία κατά τρόπο ώστε, τουλάχιστον από πλευρά κατασκευής να είναι εφαρμόσιμα και αντίστοιχα των τεχνικών έργων. Ο μηχανικός είναι υποχρεωμένος να έχει την δυνατότητα να κρίνει ανεξαρτήτως των γενικών αυτών κατευθύνσεων να προτείνει την καταλληλότερη, σε κάθε περίπτωση τεχνική, συνεκτιμώντας θέματα ποιότητα υλικών και γεωμετρίας. Βέβαια εκτός από τα κατασκευαστικά ζητήματα που είναι πολύ σημαντικά βάρος δίνεται και στα οικονομικά στοιχεία που επιβαρύνουν ένα έργο. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι σε σύνθετα και ιδιόμορφα έργα υπάρχει η δυνατότητα να γίνει συνδυασμός των εν λόγω τεχνικών έργων αντιστήριξης. (Μουρατίδης Α., 2005)

Έργα αντιστήριξης	Πρανή ορυγμάτων από συμπαγή ή συνεκτικά εδάφη	Πρανή ορυγμάτων από χαλαρά εδάφη	Στόμια σηράγγων	Cat and Cover	Κατασκευή επιχωμάτων	Παρόχθιες οδικές κατασκευές
Τοίχοι Αντιστήριξης	**	**	*	*	**	*
Αντηριδωτοί Τοίχοι	*	**	—	—	*	—
Τοίχοι Βαρύτητας		*	—	—	*	*
Αγκυρωμένοι Τοίχοι	**	(*)	*	**	—	—
Πασσαλοσυστοιχίες	**	**	**	**	—	—
Τοίχος Βερολίνου	(*)	*	—	**	—	(*)
Συρματοκιβώτια	*	(*)	—	—	**	**
Αγκύρια	**	(*)	*	*	—	—

**Πίνακας 3.1:** Πεδίο εφαρμογής διαφόρων έργων αντιστήριξης.

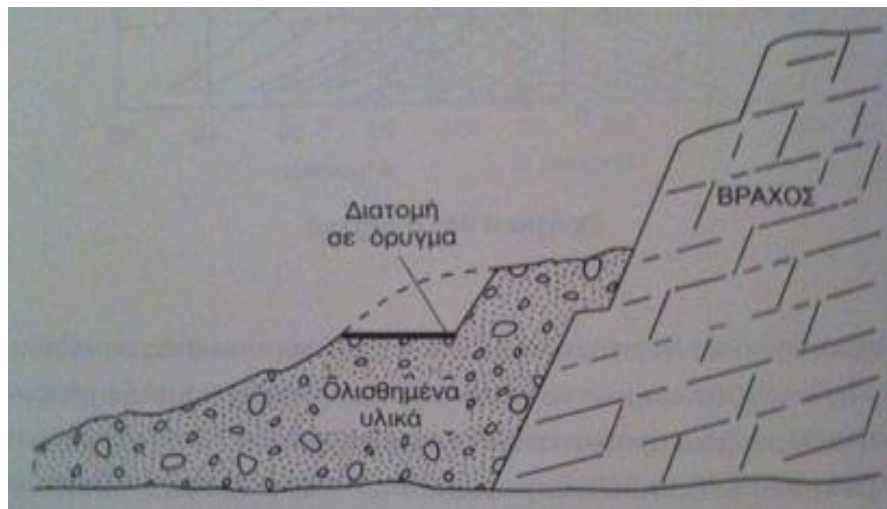
### 3.3. ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

#### 3.3.1. Μετρά σταθεροποίησης πρανών

Τα μέτρα για την προστασία από αστοχίες πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων ξεκινούν από την φάση του βασικού σχεδιασμού, η επιλογή γίνεται χρησιμοποιώντας, πλην των άλλων και κριτήρια ευστάθειας γεωκατασκευών.

Η διέλευση για παράδειγμα, μίας οδικής χάραξης στον πόδα ενός φυσικού πρανούς ολίσθησης των υλικών, αναπότρεπτα δημιουργεί τεράστια και δυσεπίλυτα προβλήματα ευστάθειας. Ανάλογα προβλήματα δημιουργεί και ο σχεδιασμός διατομών σε υψηλά επιχώματα επί ασθενών συμπίεστων εδαφών σε συνθήκες κορεσμού.

Σημαντικά μέτρα προστασίας πρανών είναι όλα τα μέτρα αποστράγγισης και επένδυσης. Τα μέτρα αυτά είναι εξίσου αποτελεσματικά με αυτά που στοχεύουν άμεσα στην αύξηση της μηχανικής αντοχής των εδράνων και ευστάθειας των γεωκατασκευών.



**Εικόνα 3.11:** Όρυγμα στον πόδα κατολίσθησης.  
(Μουρατίδης Α., 2005)

Στα μέτρα σταθεροποίησης πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων περιλαμβάνονται:

➤ Έργα αντιστήριξης:

- ✓ Τοίχοι αντιστήριξης
- ✓ Αγκυρωμένοι τοίχοι
- ✓ Τοίχοι Βερολίνου
- ✓ Διαφράγματα σκυροδέματος
- ✓ Μικροπάσσαλοι

➤ Αντίβαρα ποδός:

- ✓ Ειδική μορφή έργων αντιστήριξης
- ✓ Διατάξεις συρματοκιβωτίων
- ✓ Επιχώματα λιθορριπής

➤ Έργα ενίσχυσης της μάζας εδάφους ή βραχου:

- ✓ Ηλώσεις
- ✓ Αγκύρια

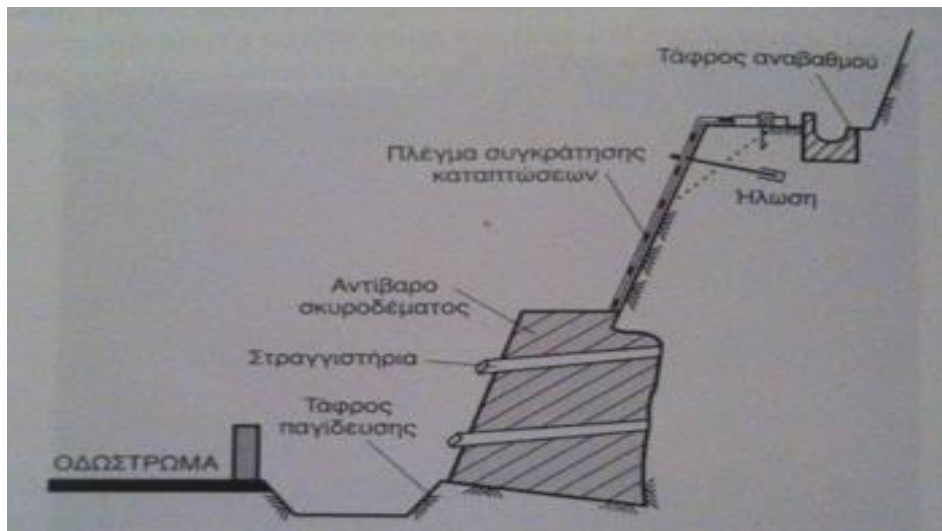
➤ Χωματουργικές επεμβάσεις ανάντη της οφρύος του πρανούς:

- ✓ Απόλυση κλίσεων
- ✓ Απομάκρυνση πλεονάζουσας μάζας ανάντη
- ✓ Μείωση δυνάμεων επιφόρτισης.

➤ Συνδυασμοί διατάξεων επένδυσης:

- ✓ Μεταλλικά πλέγματα
- ✓ Γεωπλέγματα με διατάξεις ενίσχυσης

Η επιλογή των μέτρων σταθεροποίησης, σε συνδυασμό με τα μέτρα αποστράγγισης και επένδυσης γίνεται σε κάθε έργο και σε κάθε γεωκατασκευή ανάλογα με τη φύση των εδαφικών υλικών την γεωμετρία και τις ειδικές συνθήκες κάθε προβλήματος.



Εικόνα 3.12: Έργα σταθεροποίησης πρανούς ορύγματος. [14]

### 3.3.2. Μέτρα αντιμετώπισης και πρόληψης των κατολισθήσεων

Η μελέτη των κατολισθήσεων μιας περιοχής αποσκοπεί στην αναγνώριση των αιτιών που την προκαλούν. Τα αίτια που προκαλούν μια κατολίσθηση είναι συνήθως περισσότερα από ένα με συνέπεια να αξιολογούνται με την σπουδαιότητα που παρουσιάζει το καθένα από αυτά, με σκοπό να κατασκευαστούν τα κατάλληλα έργα.

Όπως έχουμε προαναφέρει η μελέτη για μία κατολίσθηση ακολουθεί κάποια βήματα. Επιπλέον, η μελέτη πρέπει να διερευνεί την ιστορικότητα των κατολισθήσεων, μαζεύοντας πληροφορίες από τις τεχνικές υπηρεσίες της περιοχής καθώς επίσης και από τους κατοίκους. Στην συνέχεια ακολουθεί η χαρτογράφηση όλων των κατολισθήσεων της περιοχής όπου για κάθε μια από αυτές καταγράφονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που την περιγράφουν. Επίσης, παρακολουθείται η εξέλιξη των κινήσεων της κατολισθαίνουσας μάζας στο χρόνο.

Με την βοήθεια ενός γεωλογικού και ενός τοπογραφικού χάρτη της περιοχής μπορούν να διαπιστωθούν οι σχέσεις των κατολισθήσεων με τη γεωλογική δομή και το ανάγλυφο της περιοχής αντίστοιχα. Τέλος, διερευνώνται τα πρόσφατα κατασκευαστικά έργα στην περιοχή αλλά και οι βροχοπτώσεις. Ιδανικό αποτέλεσμα μιας τέτοιας μελέτης είναι ένας χάρτης επικινδυνότητας κατολισθητικών φαινομένων, στον οποίο εύκολα κάποιος μπορεί να δει το βαθμό ευστάθειας μιας περιοχής.

Τα μέτρα αντιμετώπισης γενικά αποσκοπούν στα εξής :

- i. Στη μείωση της διατμητικής τάσης που εξασκείται από το βάρος των πετρωμάτων. Για να επιτευχθεί αυτό, συνιστάται απομάκρυνση των ασταθών υλικών από το πρανές και κατάλληλη διαμόρφωσή του με αναβαθμίδες ώστε να αποκτήσει ηπιότερη κλίση.

- ii. Στην πρόσθεση εξωτερικών δυνάμεων κυρίως στον πόδα της κατολίσθησης. Χρησιμοποιούνται συνήθως για το σκοπό αυτό τοίχοι αντιστήριξης, οι διαστάσεις των οποίων εξαρτώνται από τις διαστάσεις της μάζας που κατολισθαίνει. Η θεμελίωσή τους πρέπει να γίνεται στο υγιές υπόβαθρο και επίσης πρέπει να συνοδεύονται από αποχετευτικούς σωλήνες, ώστε να αποστραγγίζεται το νερό από το κύριο σώμα της κατολίσθησης. Οι τοίχοι αντιστήριξης κατασκευάζονται με σκυρόδεμα, λιθόδεμα ή συρματοκιβώτια (σαραζανέτ).
- iii. Αύξηση της εσωτερικής αντοχής των πετρωμάτων. Αυτό γίνεται κυρίως με την απομάκρυνση του νερού είτε από την επιφάνεια του πρανούς είτε υπόγεια. Στην πρώτη περίπτωση προστατεύεται το πρανές με αδιαπέρατο κάλυμμα, φυτοκάλυψη ή στραγγιστήριους τάφρους, οχετούς. Στη δεύτερη περίπτωση κατασκευάζονται πηγάδια, υδρ γεωτρήσεις, στραγγιστήριες σήραγγες. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα, όπου κατά τη διάνοιξη ενός δρόμου έχει διαπιστωθεί ότι η κύρια αιτία μιας κατολίσθησης στην περιοχή ήταν η υποσκαφή και απομάκρυνση υλικών από το πόδι της κατολίσθησης. Τότε δεν αρκεί μόνο η κατασκευή ενός προστατευτικού τοιχίου για να σταθεροποιηθεί το πρανές. Χρειάζεται επιπλέον κατασκευή αποστραγγιστικών έργων, επειδή οι περιστροφικές κινήσεις των επιμέρους τεμαχών στα μέτωπα της κατολίσθησης δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για τη συγκράτηση νερού. Έτσι λοιπόν το κόστος για τη σταθεροποίηση των πρανών αυξάνει μετά την εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων. Για την καλύτερη λοιπόν προφύλαξη από τον κίνδυνο των κατολισθήσεων, κάθε είδους κατασκευή σε ασταθή πρανή πρέπει να γίνεται κατόπιν προσεκτικής μελέτης των συνθηκών και των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

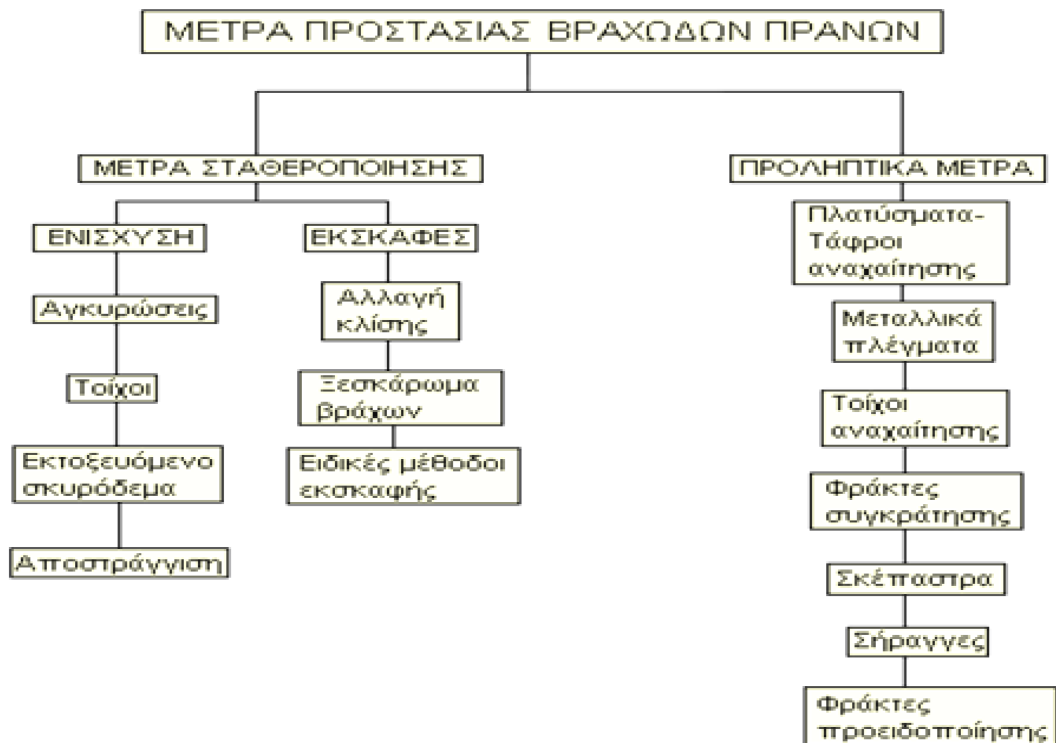
Τα μέτρα προστασίας (remedial measures) έχουν ως βασικό στόχο την πρόληψη των κατολισθητικών φαινομένων, οπότε αναφερόμαστε σε προληπτικά μέτρα, και την αποκατάσταση ή σταθεροποίηση μιας κατολισθητικής κίνησης, οπότε αναφερόμαστε σε μέτρα αποκατάστασης ή σταθεροποίησης. Τα μέτρα προστασίας διακρίνονται σε αυτά που λαμβάνονται για τα βραχώδη πρανή και σε αυτά που λαμβάνονται για τα εδαφικά πρανή, αν και παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες, ενώ συχνά εμπλέκονται μεταξύ τους

Τα μέτρα πρόληψης κατολισθήσεων εντάσσονται σε ένα πλαίσιο ευρύτατο, όπου ο στόχος δεν είναι απλώς η σταθεροποίηση αλλά και η αντιμετώπιση του ενδεχομένου.

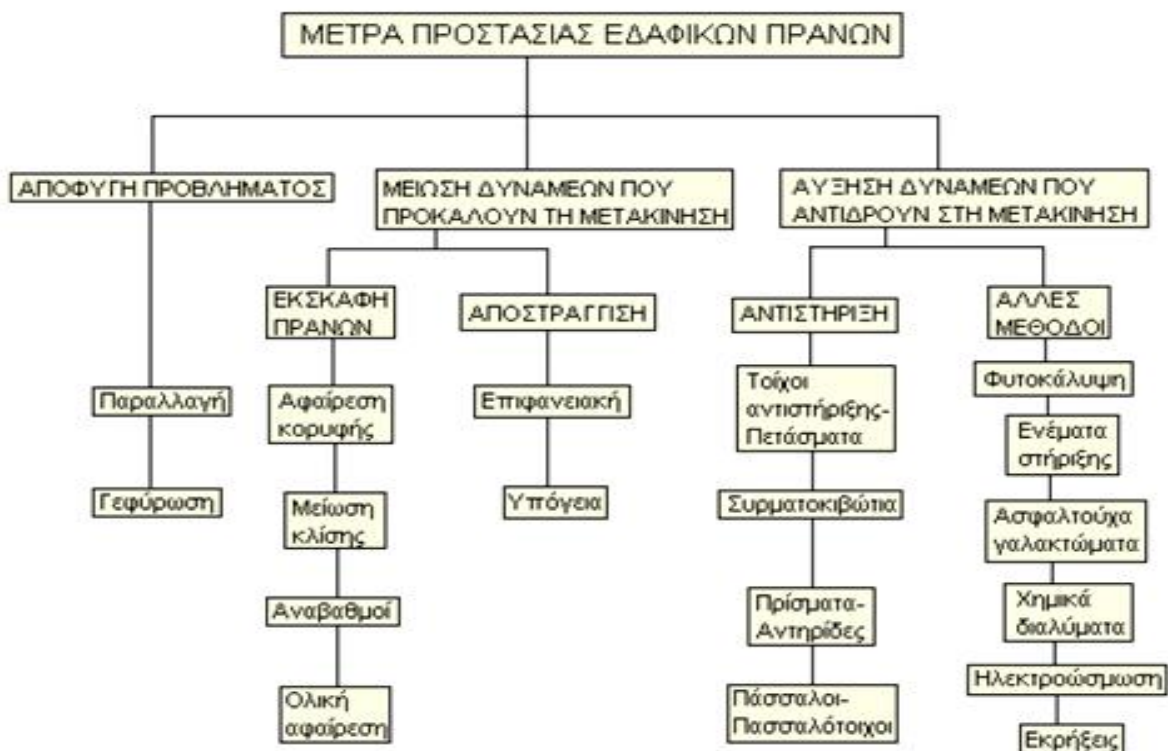
- Απόλυση κλίσεων πρανών
- Κατασκευή πλευρικού αντίβαρου
- Κατασκευή αναβαθμών ορυγμάτων
- Αναβαθμοί σε βραχώδη πρανή



**Εικόνα 3.13:** Κατολίσθηση βραχωδών πρανών. [8]



**Διάγραμμα 3.1:** Συνοπτική παρουσίαση μέτρων βραχωδών πρανών. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)



**Διάγραμμα 3.2:** Συνοπτική παρουσίαση μέτρων εδαφικών πρανών. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

Η εκλογή των μέτρων παρεμβάσεως για κάθε περίπτωση θα γίνει σωστά μόνο μετά από πλήρη γνώση των γεωλογικών και υδρογεωλογικών ιδιομορφιών της περιοχής, των αιτιών

και των αφορμών που μπορούν να προκαλέσουν μια κατολίσθηση, καθώς και των διαστάσεων της ασταθούς μάζας, έτσι κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Αν έντονες βροχοπτώσεις ανεβάσουν την πιεζομετρική επιφάνεια πίσω από ένα πρανές, ή καταστρέψουν τη συνοχή των υλικών εξ αιτίας της εξαφανίσεως των επιφανειακών τάσεων, θα πρέπει να γίνει επένδυση του πρανούς με ένα στεγανό κάλυμμα.
- Αν ο παγετός έχει σαν συνέπεια τη χαλάρωση του εδάφους, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα δίκτυο καλής αποστραγγίσεως των υλικών του επιφανειακού μανδύα από τα υπόγεια νερά.
- Αν μια άργιλος είναι δυνατόν να υποστεί βαθιές σχισμές λόγω συρρίκνωσης (σχιsmές πολυγωνικής όψεως) το πρανές πρέπει να καλυφθεί από γκαζόν ή από ένα παχύ στρώμα άμμου.
- Αν μια άμμος κινδυνεύει να ρεύσει θα πρέπει να συμυκνωθεί.
- Αν μια γρήγορη αποστράγγιση οδηγεί σε υπόγεια διάβρωση, πρέπει το κάτω τμήμα του πρανούς να καλυφθεί με ανεστραμμένο φίλτρο, ή να κατασκευαστούν στραγγιστήρια, τα οποία θα οδηγήσουν στη μετατόπιση της πιεζομετρικής επιφάνειας προς το εσωτερικό του πρανούς.
- Αν υδροπερατά πετρώματα, τα οποία βρίσκονται βαθύτερα από τη βάση του πρανούς, υπάρχει περίπτωση να τροφοδοτηθούν από κάποιο υδροφόρο στρώμα, πρέπει να κατασκευαστούν βαθιά στραγγιστήρια για να μη τεθούν τα πετρώματα αυτά υπό πίεση κ.τ.λ.

Για τη μελέτη γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών και ιδιομορφιών, χρειάζεται λεπτομερής γεωλογική και εδαφοτεχνική διερεύνηση, για την εκπόνηση της οποίας απαιτούνται:

- Λεπτομερής τοπογραφικός χάρτης, κλίμακας 1:500, 1:1000, 1:2000, αναλόγως της διαστάσεως της κατολισθήσεως.
- Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης, κλίμακας 1:500, 1:1000 ή 1:2000 αναλόγως της διαστάσεως της κατολισθήσεως.
- Λεπτομερείς γεωλογικές τομές κατά τον άξονα της κατολισθήσεως, καθώς και εγκάρσιες.
- Ερευνητικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, αποσκοπούσες στον προσδιορισμό της θέσεως της επιφάνειας ολισθήσεως, στη μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών, καθώς και στη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών (για τον τελευταίο αυτό σκοπό οι γεωτρήσεις μετατρέπονται σε πιεζόμετρα παρατηρήσεως της στάθμης των υπόγειων νερών).

- Γεωφυσική (πιθανώς) διασκόπηση (ως επί το πλείστον ηλεκτρική), για τον προσδιορισμό του βάθους και της μορφολογίας του υποβάθρου πάνω στο οποίο έχει γίνει η κατολίσθηση.
- Διερεύνηση και εντοπισμός περιοχών διηθήσεων νερού μέσα στην επικίνδυνη μάζα.
- Μετρήσεις μέσα στις γεωτρήσεις της ταχύτητας μετακινήσεως της μάζας στα διάφορα βάθη.
- Εργαστηριακή έρευνα επί των πυρήνων των γεωτρήσεων για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των υλικών.

Τα χρησιμοποιούμενα μέσα παρεμβάσεως για την αντιμετώπιση των κατολισθήσεων, προληπτικά ή αναχαιτιστικά, είναι τα εξής:

- ✓ Γεωλογική διερεύνηση
- ✓ Αποχέτευση επιφανειακών νερών.
- ✓ Στραγγιστήρια.
- ✓ Σήραγγες και φρεάτια αποστραγγίσεως.
- ✓ Κεκλιμένα στραγγιστήρια.
- ✓ Ηλεκτρική ώσμωση.
- ✓ Αποφόρτιση.
- ✓ Στηθαίο ανακοπής κινήσεως μαζών.
- ✓ Δίκτυα προστασίας (συρματοπλέγματα).
- ✓ Τεχνητή σήραγγα (για συγκοινωνιακά έργα).
- ✓ Ελάττωση των κλίσεων των πρανών.
- ✓ Επένδυση με συρματοκιβώτια.
- ✓ Τοίχοι αντιστηρίξεως πρανών ανάντη.
- ✓ Τοίχοι αντιστηρίξεως πρανών ανάντη με θεμελίωση με φρέατα.
- ✓ Φόρτιση στον πόδα του πρανούς.
- ✓ Τοίχος αντιστηρίξεως με ξηρολιθοδομή.
- ✓ Εμπόδια από λιθόρριπτο υλικό για ανακοπή της διάβρωσης.
- ✓ Αναβαθμοί.
- ✓ Ελκυστήρες με δοκούς κατανομής.
- ✓ Ελκυστήρες χωρίς δοκούς κατανομής.
- ✓ Ελκυστήρες χαμηλού εφελκυσμού.
- ✓ Συμπληρωματικά έργα (δέματα, καφάσια).
- ✓ Φυτική επένδυση με χλόη.
- ✓ Φυτική επένδυση με αναδάσωση. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

### **3.4. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΠΙΡΡΕΠΕΙΣ ΣΕ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών δίνουν την δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η σωστή ανίχνευση των σημείων - περιοχών οι οποίες επιδεικνύουν επιδεκτικότητα σε κατολισθητικά φαινόμενα.

Οι τυπικές περιοχές για την εκδήλωση κατολισθήσεων είναι συνήθως τα εξής:

- ✓ Απότομες πλαγιές
- ✓ Γκρεμοί
- ✓ Απότομα βράχια
- ✓ Περιοχές συγκέντρωσης νερού
- ✓ Ρηξιγενείς ζώνες

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι τυπικές αυτές περιοχές θα πρέπει να βρίσκονται υπό διάβρωση και αποσάθρωση. Επιπλέον, οι κατολισθήσεις δεν συμβαίνουν πάντα σε επιρρεπείς περιοχές, αν δεν επικρατούν συγκεκριμένες συνθήκες. Οι κατολισθήσεις είναι συνηθισμένες σε συγκεκριμένα είδη εδαφών όπως σε μανδύες αποσάθρωσης των πετρωμάτων, στα κορήματα και στα προϊόντα διάβρωσης από το νερό ή τον άνεμο ενώ είναι πολύ σπάνιες σε άλλα είδη εδαφών.

Οι εκδηλώσεις κατολισθήσεων μετριάζονται είτε με παθητικές μεθόδους άμβλυνσης είτε με ενεργητικές.

- *Παθητικές μέθοδοι:* επιτρέπουν την ελεγχόμενη εκδήλωση των κατολισθήσεων.
- *Δραστικές - ενεργητικές μέθοδοι:* λαμβάνουν χώρα στη ζώνη κίνησης και αποτρέπουν την εμφάνιση του φαινομένου.

Τα άμεσα μέτρα που μπορούν να ληφθούν προκειμένου να αντιμετωπιστεί μια κατολίσθηση, είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθέτηση χωματισμών στη βάση της ολισθαίνουσας μάζας ή αφαίρεση χωματισμών από τη κεφαλή της κατολίσθησης.
- Συλλογή και απομάκρυνση όλων των επιφανειακών υδάτων που ρέουν μέσα στην περιοχή που ολίσθησε, με χρήση στραγγιστηρίων που κατασκευάζονται είτε παράλληλα με το φρύδι του πρανούς, είτε πάνω στην ολισθαίνουσα μάζα.
- Διάνοιξη μέσα στην ολισθαίνουσα μάζα συστήματος κυρίων και δευτερευουσών αποστραγγιστικών στοών για τη συλλογή των υπογείων υδάτων (με φυσική ροή).
- Διάνοιξη φρεάτων για άντληση των υπογείων υδάτων με στόχο την ταπείνωση της στάθμης του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα.

Επιπλέον μέτρα μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση μιας κατολίσθησης, όπως η φυτοκάλυψη του πρανούς με την ταυτόχρονη χρήση γεωπλέγματος, η ενίσχυση του εδάφους με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρανούς με πασσάλους ή πασσαλότοιχους με χρήση αγκυρίων, ώστε να παραλαμβάνονται και οριζόντια φορτία, η μείωση της κλίσεως των πρανών με τη δημιουργία αναβαθμίδων, καθώς και η αποφυγή εξωτερικών φορτίσεων στην κορυφή αλλά και στο σώμα του πρανούς. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

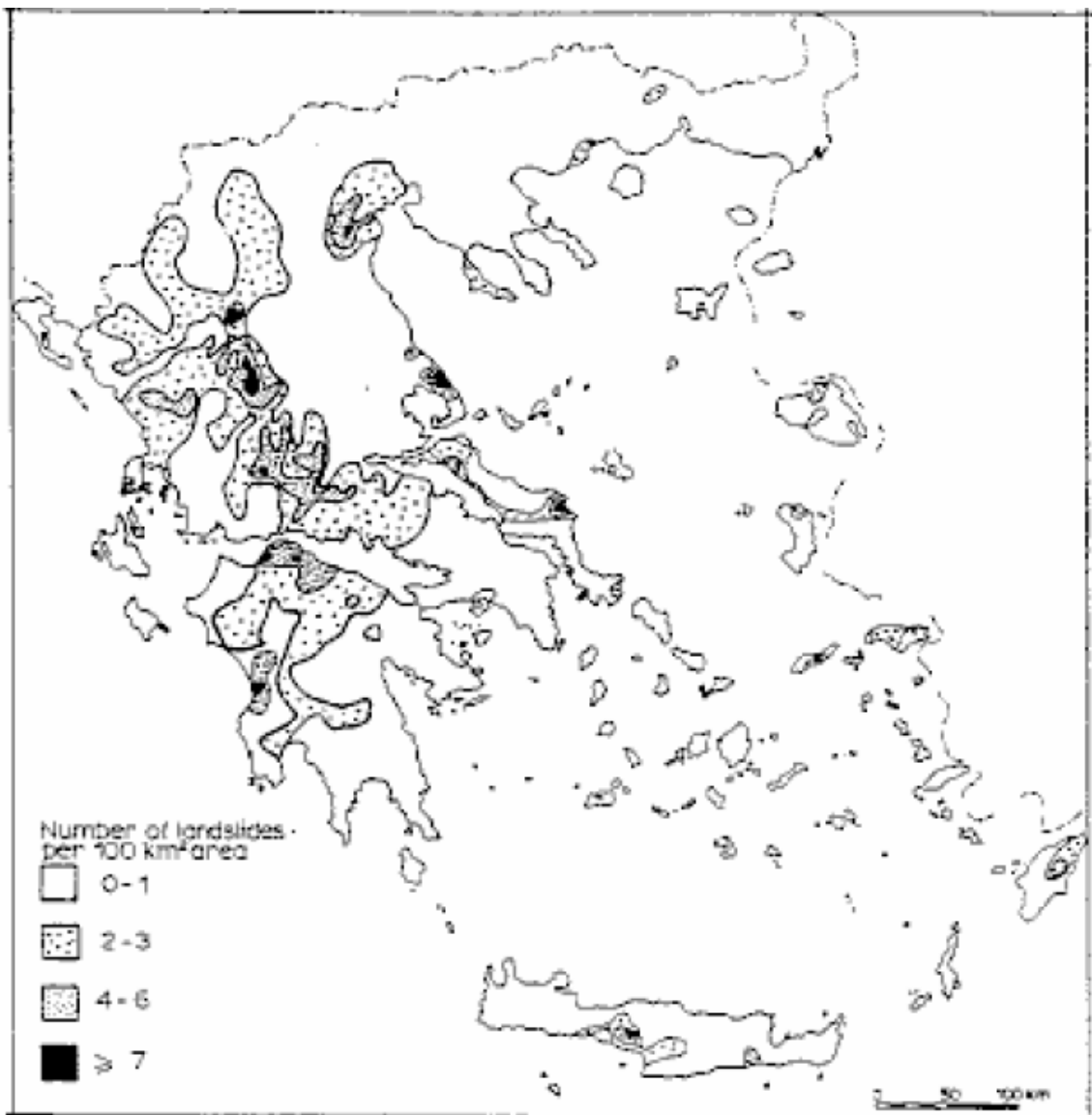


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

### 4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στον Ελληνικό χώρο είναι συχνή η εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων, πολλές φορές σε ευρεία κλίμακα. Οι μεγαλύτερες κατολισθήσεις που έχουν εκδηλωθεί οφείλονται στις γεωλογικές και κλιματικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα από το παρελθόν έως σήμερα, σε συνδυασμό βεβαίως με την ανθρώπινη δραστηριότητα, που στα πλαίσια της αυξημένης αστικοποίησης, αγνοεί το τεχνικογεωλογικό περιβάλλον.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται είναι πολύ σοβαρά, τόσο από κοινωνικοοικονομική όσο και από τεχνική πλευρά, αφού συχνά αναφέρονται σε καταστροφές του οδικού δικτύου και στη μη βιωσιμότητα ολόκληρων οικισμών λόγω επισφαλών συνθηκών.



Χάρτης 4.1: Ζώνες συχνότητας κατολισθήσεων. (Πολυκρέτη Χ., 2010)

Οι κατολισθητικές κινήσεις στην χώρα μας παρουσιάζουν ανομοιόμορφη κατανομή και αυτό απεικονίζεται στον Χάρτη 4.1. οι περισσότερες και σημαντικότερες σε έκταση κατολισθήσεις που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα εντοπίζονται στην κεντρικές και δυτικές περιοχές της. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις κατολισθήσεις στις περιοχές αυτές είναι διάφοροι και οι σπουδαιότεροι είναι:

- ✓ Γεωλογικοί
- ✓ Γεωμορφολογικοί
- ✓ Κλιματολογικοί

Οι παράγοντες αυτοί έχουν διαμορφώσει τις κατάλληλες συνθήκες για την εκδήλωση κατολισθήσεων και μάλιστα σε ευρεία κλίμακα.

Αναλυτικότερα στην Κεντρική και Δυτική Ελλάδα, η λιθολογική σύσταση και η δομή υπαγορεύουν αρκετά επιφανειακές συνθήκες, ιδιαίτερα στις περιοχές που καταλαμβάνονται από χαλαρούς τεταρτογενείς σχηματισμούς, από ιζήματα του φλύσχη (το 60-70% των κατολισθήσεων στο συγκεκριμένο τμήμα της Ελλάδας εντοπίζεται στους σχηματισμούς του σφύσχη), από χαλαρά και πρόσφατα υλικά καθώς και ασβεστολιθικά στρώματα μικρού πάχους που επικαλύπτουν χαλαρούς σχηματισμούς.

Όλες οι προαναφερόμενες συνθήκες χαρακτηρίζονται αρκετά δυσμενείς στην περίπτωση σεισμών οι οποίοι αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που συνοδεύει μερικές φορές έντονες κατολισθήσεις. Στην Κεντρική και Δυτική Ελλάδα είναι ότι τα προβλήματα αυτά παρουσιάζονται κατά ζώνες μεγαλύτερης έντασης λόγω της ύπαρξης της οροσειράς της Πίνδου και της γεωτεχνικής εξελίξεως των σχηματισμών που την συνθέτουν.

Ωστόσο, στην Ανατολική Ελλάδα, η οποία το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από συμπαγή και συνθετικά πετρώματα με μεγάλο πάχος και ομοιόμορφη κατανομή των φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών υπάρχει μεγαλύτερη σταθερότητα με συνέπεια τα προβλήματα που δημιουργούνται να είναι μικρής έκτασης. Το 80 – 85% των κατολισθήσεων στην Ανατολική Ελλάδα εντοπίζεται στα νεογενή ιζήματα, ενώ οι περισσότερες από αυτές εκδηλώνονται στην Χαλκιδική και στην Εύβοια.

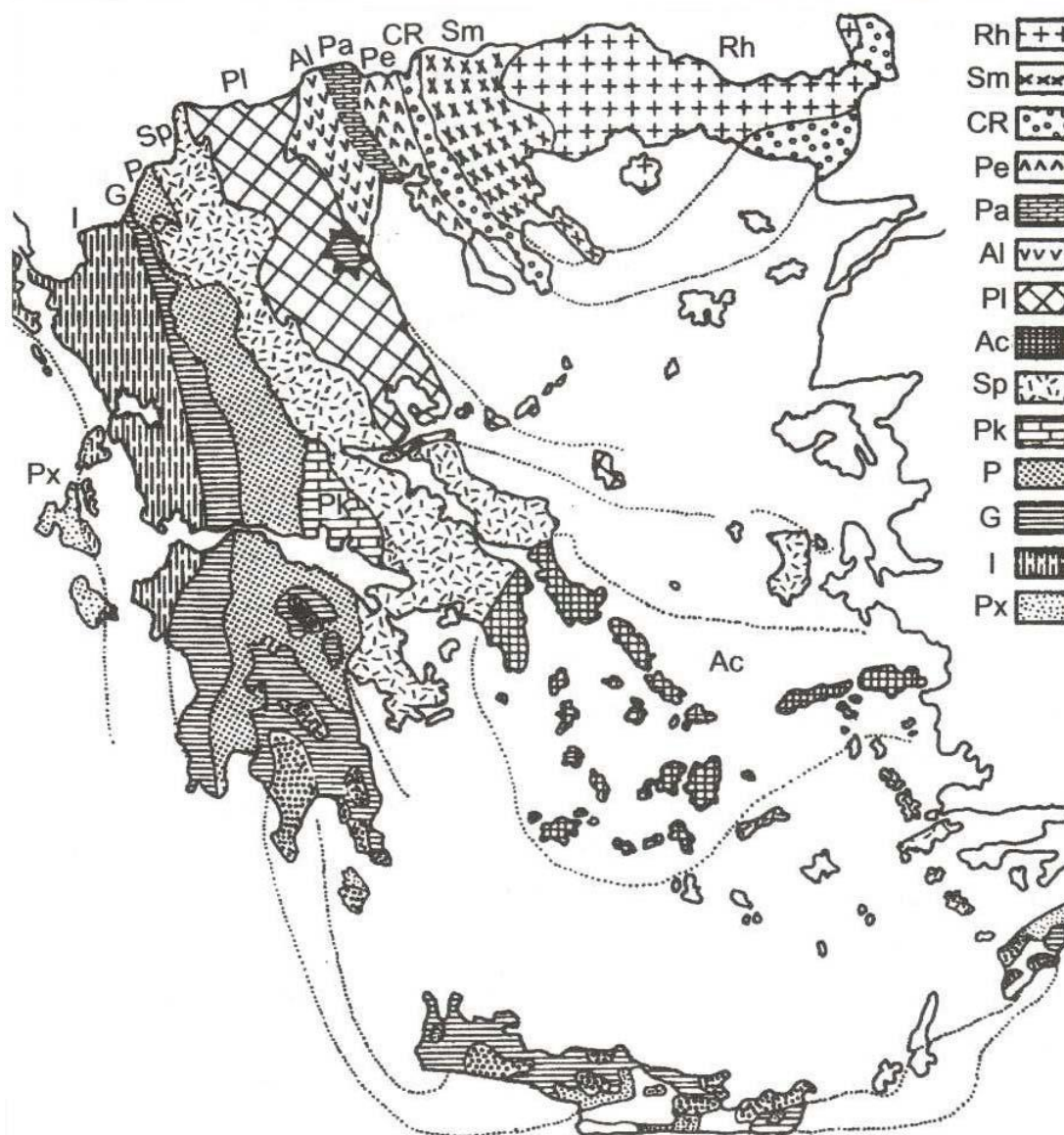
Οι αιτίες που οδηγούν σε συχνή εμφάνιση κατολισθήσεων στον Ελλαδικό χώρο είναι οι εξής:

- Οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις σε πολλά σημεία της χώρας. Για αυτό οι περισσότερες κατολισθήσεις λαμβάνουν χώρα σε ορεινές περιοχές της Ελλάδας κυρίως κατά μήκος της Πίνδου.
- Η έντονη τεκτονική παραμόρφωση. Το σημείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό και συνδέεται και με την υψηλή σεισμικότητα της Ελλάδας (μεγάλος αριθμός κατολισθήσεων συνδέεται με τα σεισμικά φαινόμενα).
- Τα μικρά μεγέθη γεωτεχνικών παραμέτρων των γεωλογικών σχηματισμών.
- Οι έντονες κλιματολογικές διαφοροποιήσεις και οι ακραίες κλιματολογικές συνθήκες σε ορισμένα σημεία του Ελληνικού χώρου και ιδιαίτερα εκεί που συνυπάρχουν συνήθως όλοι οι προηγούμενοι παράγοντες.
- Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις, οι οποίες συχνά γίνονται αλόγιστα και χωρίς μελέτη και προγραμματισμό και οδηγούν στην αποψίλωση των δασών στην εκδήλωση δασικών πυρκαγιών, στην υπεράντληση των υδροφόρων οριζόντων, στην άστοχη διαμόρφωση των πρανών κ.α. (Πολυκρέτη Χ., 2010)

#### 4.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τη σύνθετη γεωλογική δομή και την έντονη τεκτονική καταπόνηση, σαν αποτέλεσμα των επάλληλων ορογενετικών κινήσεων που συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη σημερινή διαμόρφωση της χώρας μας, κατέχει η αλπική ορογένεση που ευθύνεται για τη δημιουργία των Ελληνίδων οροσειρών, καθώς και οι μετακινήσεις του Τεταρτογενούς που συνδέονται άμεσα με την έντονη σεισμικότητα.

Ο Ελληνικός χώρος, όπως είναι γνωστό, διαχωρίζεται σε δώδεκα γεωτεκτονικές ζώνες, των οποίων οι λιθοστρωματογραφικές ενότητες αποκαλύπτουν την γεωλογική και τεκτονική εξέλιξη των χώρων (Χάρτης 4.2).



**Χάρτης 4.2:** Γεωτεκτονικός χάρτης του Ελληνικού χώρου.  
(Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

Τα βασικά γεωλογικά χαρακτηριστικά των επιμέρους ζωνών και οι τεχνικογεωλογικές συνθήκες αυτών περιγράφονται κάτωθι:

➤ **Ζώνη Ροδόπης (Rh) – Σερβομακεδονική (Sm) – Περιοδοπική (CR):**

Γεωγραφικά, η μάζα Ροδόπης καταλαμβάνει το βορειοανατολικό μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας και βρίσκεται ανατολικά του ποταμού Στρυμόνα. Η Σερβομακεδονική ζώνη βρίσκεται δυτικά του Στρυμόνα και μαζί με την Περιοδοπική ζώνη στα δυτικά της καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της Χαλκιδικής χερσονήσου. Η περιοχή αυτή διακρίνεται για το ηπιότερο ανάγλυφο, συγκριτικά με τις άλλες ζώνες, και αποτελείται από ισχυρά μεταμορφωμένα και ημι-μεταμορφωμένα πετρώματα.

Η περιοχή έχει επηρεαστεί από παλαιότερες ορογενέσεις και περιφερειακά έχει δεχτεί την επίδραση των αλπικών παραμορφώσεων. Τα γεωτεχνικά προβλήματα περιορίζονται σε αποκολλήσεις και καταπτώσεις έντονα διερρηγμένων βραχωδών μαζών, καθώς και θραύσεις – ολισθήσεις στη ζώνη χαλάρωσης και το μανδύα αποσάθρωσης των σχηματισμών.

➤ **Ζώνη Αζιού (Παιονίας, Πάικου, Αλμωπίας) (Pe, Pa, Al)**

Η γεωτεκτονική της εξέλιξη προσδίδει ποικίλο μορφολογικό χαρακτήρα στη ζώνη αυτή. Παλαιογεωγραφικά εξεταζόμενη μπορεί να χωριστεί σε τρεις υποζώνες από τα ανατολικά προς τα δυτικά:

- ✓ Παιονίας: αντιπροσωπεύει αύλακα
- ✓ Πάικου: αντιπροσωπεύει ύβωμα
- ✓ Αλμωπίας: αντιπροσωπεύει αύλακα

Το προαλπικό της υπόβαθρο συνιστούν κρυσταλλικά πετρώματα ενώ τα αλπικά ιζήματα αποτελούν ποικιλία πετρωμάτων από ημικρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους, οφιόλιθους, ψαμμίτες και κλαστικά ιζήματα. Οι ασταθείς συνθήκες περιορίζονται στους νεότερους σχηματισμούς και κυρίως στο δυτικό τμήμα της.

➤ **Ζώνη Πελαγονική (Pl)**

Σε αυτή την περιοχή το κύριο χαρακτηριστικό είναι η ακαμψία του προαλπικού υποβάθρου, με αποτέλεσμα τα αλπικά ιζήματα να εμφανίζονται λιγότερο πτυχωμένα συγκριτικά με τους σχηματισμούς παρακείμενων ζωνών. Το υπόβαθρο συνιστά ένα ισχυρώς μεταμορφωμένο σύστημα (γνεύσιοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι) και ένα ημιμεταμορφωμένο από φυλλίτες, γραουβάκες και σχιστόλιθους. Το μεσοζωικό συνιστάται από ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, φλύσχη και διεισδύσεις μεγάλων οφιολιθικών σωμάτων. Το συμπαγές προαλπικό υπόβαθρο περιορίζει τις ασταθείς συνθήκες στους νεότερους αλπικούς σχηματισμούς και ιδιαίτερα αυτούς τις σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και του φλύσχη.

➤ **Ζώνη Ανατολικής Ελλάδας (Υποπελαγονική) (Sp)**

Η περιοχή της Ανατολικής Ελλάδας χαρακτηρίζεται μορφολογικά από ορεινό – ημιορεινό ανάγλυφο. Το προαλπικό υπόβαθρο συνιστά το ισχυρά μεταμορφωμένο σύστημα με συνδυασμό μη μεταμορφωμένων σχηματισμών, όπως ασβεστόλιθοι, σχιστοψαμμίτες και δολομίτες του Τριαδικού. Ακολουθούν η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιόλιθους και ενστρώσεις ασβεστόλιθων του Ιουρασικού και του Κρητιδικού, οι σχηματισμοί του φλύσχη και τα μολασσικά ιζήματα.

Επιπλέον, η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από μικτή τεκτονική, με τους παλαιότερους σχηματισμούς να επιτρέπουν πτύχωση κατά ευρέα αντίκλινα και σύγκλινα και τους υψηλότερους ορίζοντες να είναι πολυπτυχωμένοι και συχνά κατακεκλιμένοι. Γεωτεχνικά προβλήματα εντοπίζονται κυρίως στους νεότερους αλπικούς σχηματισμούς και τα νεογενή.

#### ➤ ***Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας (Pk)***

Στην ζώνη του Παρνασσού μορφολογικά επικρατεί ο έντονος ορεινός χαρακτήρας. Το προαλπικό υπόβαθρο συνιστούν οι σχιστόλιθοι, ενώ οι αλπικοί σχηματισμοί αποτελούνται από δολομιτικούς παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους του Τριαδικού, ακολουθεί ανθρακική ιζηματογένεση του Κρητιδικού και η απόθεση του φλύσχη. Τα νεογενή ιζήματα χαρακτηρίζονται κυρίως από μάργες, άμμους, αργιλοίλυες λεπτομερών ή και μικτών φάσεων, καθώς και από χαλαρά έως ημισυνεκτικά κροκαλοπαγή. Τις τεταρτογενείς αποθέσεις συνιστούν αργιλοαμμώδη υλικά και κορήματα. Συνήθη γεωτεχνικά προβλήματα είναι οι καταπτώσεις βράχων, οι ολισθήσεις στις χαλαρές τεταρτογενείς αποθέσεις (ιδιαίτερα στα κορήματα), στο φλύσχη και στα νεογενή.

#### ➤ ***Ζώνη Ωλονού - Πίνδου (P)***

Στην περιοχή του Ωλονού το προαλπικό υπόβαθρο δεν έχει αποκαλυφθεί, ενώ το αλπικό υπόβαθρο συνθέτουν δολομίτες, ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι σε εναλλαγές με αργιλικούς σχιστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες, λατυποπαγή, φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη αστάθεια, ιδιαίτερα στις περιοχές που παρατηρούνται κορήματα, η μεταβατική προς φλύσχη σειρά από αργιλομιγή ιζήματα και έντονα τεκτονισμένους ασβεστόλιθους – κερατόλιθους, καθώς και τα νεογενή.

#### ➤ ***Ζώνη Γαβρόβου - Τριπόλεως (G)***

Το μορφολογικό ανάγλυφο της ζώνης του Γαβρόβου, λόγω των έντονων τεκτονικών γεγονότων και της δράσης των διαβρωτικών παραγόντων εμφανίζει πολυσχιδή ανάγλυφο με επικράτηση του ορεινού ή ημιορεινού. Το προαλπικό υπόβαθρο συνίσταται από σχιστόλιθους, χαλαζίτες και φυλλίτες, ενώ από τους αλπικούς σχηματισμούς επικρατούν οι σβεστόλιθοι και δολομίτες Τριαδικής– Κρητιδικής ηλικίας και τα ιζήματα του φλύσχη με εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και ιλυολίθων με επικράτηση της αδρομερούς φάσης.

Τα προβλήματα στο βόρειο τμήμα διακρίνονται ιδιαίτερα στα ιζήματα του φλύσχη, τις νεογενείς αποθέσεις και τα χαλαρά τεταρτογενή. Στο νότιο τμήμα παρατηρούνται θραύσεις και ολισθήσεις των σχιστόλιθων, των χαλαρών υλικών του μανδύα, του φλύσχη, καθώς και καταπτώσεις βράχων στους νεότερους αλπικούς σχηματισμούς.

#### ➤ ***Ζώνη Ιόνιος (I)***

Η ζώνη του Ιονίου χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο στο βόρειο και κεντρικό τμήμα, ενώ στο νότιο η μορφολογία είναι η πλέον ήπια. Το γεωλογικό υπόβαθρο συνιστούν Τριαδικό– Ιουρασικό σχηματισμοί, ακολουθούν οι ασβεστόλιθοι με ραδιολαρίτες του Τριαδικού, οι ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους του Ηωκαίνου και τέλος ο φλύσχη. Τα νεογενή μικτών φάσεων έχουν μεγάλο πάχος και οι πρόσφατες αποθέσεις καλύπτουν εκτεταμένες περιοχές.

Τα γεωτεχνικά προβλήματα είναι πολλαπλά και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ένταση στα ιζήματα του φλύσχη, τις νεογενείς αποθέσεις και τα χαλαρά τεταρτογενή. Οι κατολισθητικές κινήσεις ευνοούνται από το μεγάλο πάχος των κορημάτων, την έντονη

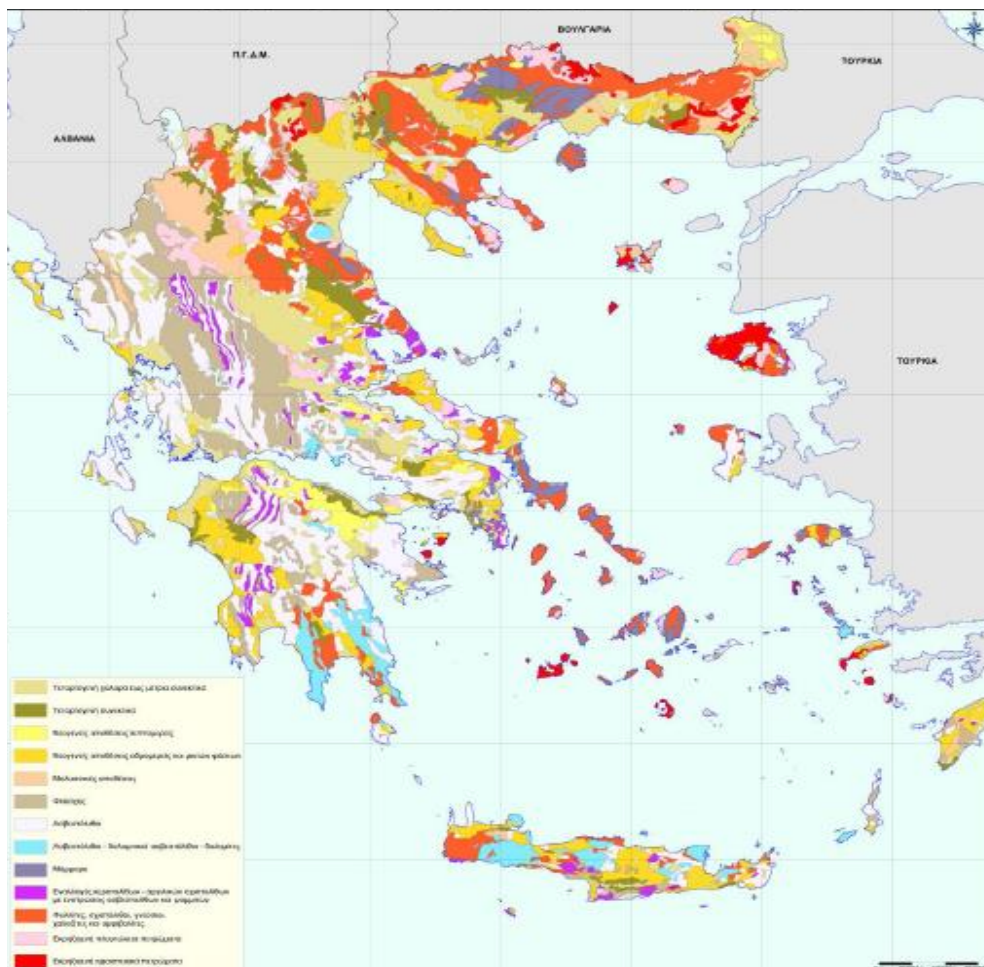
τεκτονική καταπόνηση του φλύσχι και τις ιδιαίζουσες υδρογεωλογικές συνθήκες, ενώ αποδεικνύονται καταστροφικές υπό την επίδραση ισχυρής σεισμικής φόρτισης.

➤ **Ζώνη Παξών (Px)**

Στη γεωλογική δομή της ζώνης των Παξών, συμμετέχουν ανθρακικά ιζήματα του Κρητιδικού και Ηωκαίνου, νεογενή (μάργες, άμμοι, ημισυνεκτικοί ψαμμίτες) και τεταρτογενή μικτών φάσεων. Οι γεωτεχνικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές με εξαίρεση την εκδήλωση διαφορικών καθιζήσεων και υποχωρήσεων στα νεογενή και τεταρτογενή. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

**4.3. ΤΕΧΝΙΚΟ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

Λεπτομερής θεώρηση των γεωλογικών σχηματισμών στον ελληνικό χώρο, σχετικά με τα τεχνικογεωλογικά - γεωτεχνικά χαρακτηριστικά τους, δίνονται, στον πρωτότυπο τεχνικογεωλογικό χάρτη (Χάρτης 4.3), αρχικής κλίμακας 1:1.000.000. Ο τεχνικογεωλογικός διαχωρισμός των σχηματισμών γίνεται με βάση τον τρόπο γένεσης, το βαθμό συνεκτικότητας - συγκόλλησης, της φάσης που επικρατεί (λεπτομερής, αδρομερής) καθώς και τις γενικότερες υδρογεωλογικές-υδρολογικές συνθήκες. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)



**Χάρτης 4.3:** Πρωτότυπος τεχνικογεωλογικός χάρτης της Ελλάδας. (Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013)

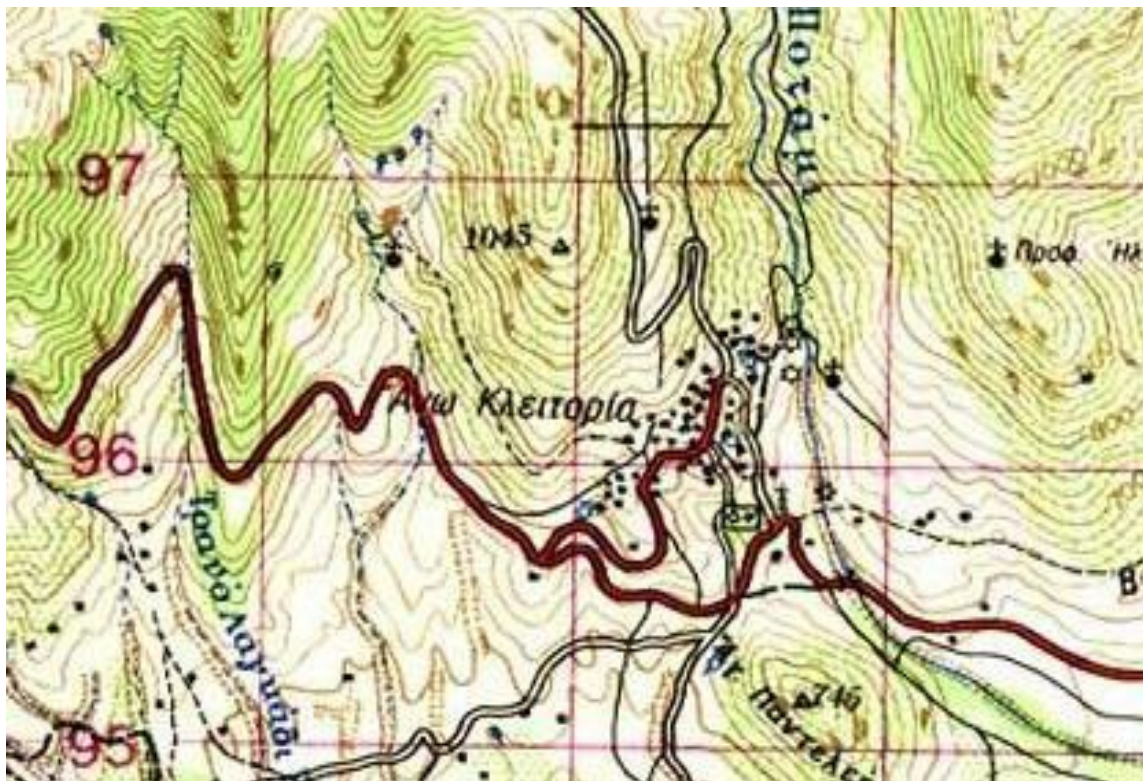
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

### 5.1. ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Η περιοχή όπου εκδηλώθηκε το φαινόμενο της κατολίσθησης είναι στην Άνω Κλειτορία, βρίσκεται Νοτιοδυτικά του Δήμου Καλαβρύτων του Νομού Αχαΐας. Η κατολίσθηση βρίσκεται στο κέντρο του οικισμού και καταλαμβάνει έκταση 0,7 στρέμματα.

### 5.2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα που φτάνουν τα 2.300 μέτρα (Αροάνια Όρη), στην περιοχή της Άνω Κλειτορίας το μέσο υψόμετρο είναι 750 μέτρα με αποτέλεσμα να δέχεται μεγάλους ύψους κατακρημνίσματα με τη μορφή βροχόπτωσης και χιονόπτωσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον κορεσμό με νερό του αποσαθρωμένου λεπτόκοκκου υλικού του πρανούς της κατολίσθησης στην περιοχή εξέτασης του φαινομένου. Το υλικό αυτό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που υπάρχει ελάχιστη ή μηδενική βροχόπτωση παρουσιάζει ευστάθεια στα πρανή του. Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει στους χειμερινούς μήνες όπου παρουσιάζεται μεγάλη αστάθεια σε συνδυασμό με την μεγάλη κλίση που εμφανίζουν τα πρανή με συνέπεια το έδαφος να κατολισθαίνει και να βρίσκεται σε συνεχή αστάθεια.



Χάρτης 5.1: Τοπογραφική απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής της Άνω Κλειτορίας.

Η Άνω Κλειτορία αναπτύσσεται σε μία ορεινή περιοχή στην νοτιοανατολικό πρηνές ενός ορεινού όγκου με μέγιστο υψόμετρο 1100m. Ο οικισμός βρίσκεται σε υψόμετρο 650m-780m. Στα ανατολικά της διέρχεται ποτάμι με διεύθυνση προς το Βορρά ενώ νότια του οικισμού οι κλίσεις των πρηνών είναι πιο απαλές. Μέσα στον οικισμό δεν αναπτύσσεται υδρογραφικό δίκτυο ενώ παράλλη την απότομη μορφολογία της περιοχής δεν υπάρχουν φυσικές τομές στην ευρύτερη περιοχή της κατολίσθησης λόγω της οικιστικής ανάπτυξης της περιοχής. Βόρεια και δυτικά του οικισμού αναπτύσσεται ορεινός όγκος.



**Εικόνα 5.1:** Απεικόνιση της περιοχής της κατολίσθησης (Τρισδιάστατη απεικόνιση από το Google Earth).

### **5.3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ**

#### **5.3.1. Γεωτεκτονικά Στοιχεία**

Η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου. Ο παλαιογεωγραφικός χώρος της Πίνδου ήταν μια υποθαλάσσια αύλακα και σχηματισμοί που προήλθαν από το χώρο αυτό απωθήθηκαν προς τα δυτικά και αποτελούν σήμερα ένα τεκτονικό κάλυμμα. Το κάλυμμα αυτό στην Πελοπόννησο, λόγω της διάβρωσης του, παρουσιάζεται ασυνεχές.



Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να αποκαλύπτονται κάτω από το κάλυμμα αυτό σχηματισμοί της Ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης με την μορφή τεκτονικών παραθύρων.

Οι σχηματισμοί της Πίνδου λόγω της πλαστικότητας που τους χαρακτηρίζει, είναι έντονα πτυχωμένοι και λεπιωμένοι, κυρίως στο δυτικό τμήμα της ζώνης αυτής και γενικά στο μέτωπο του πινδικού τεκτονικού καλύμματος. Η αποκόλληση- διάρρηξη των λεπίων γίνεται κατά κανόνα μεταξύ των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων την πινδικής σειράς και του υποκείμενου σε αυτούς ορίζοντα των ραδιολαριτών ή και σε βαθύτερα στρώματα του ραδιολαριτικού ορίζοντα.

Αναλυτικότερα ή στρωματογραφική διάρθρωση των σχηματισμών την Ζώνης της Πίνδου από τους παλαιότερους προς τους νεότερους έχει ως εξής:

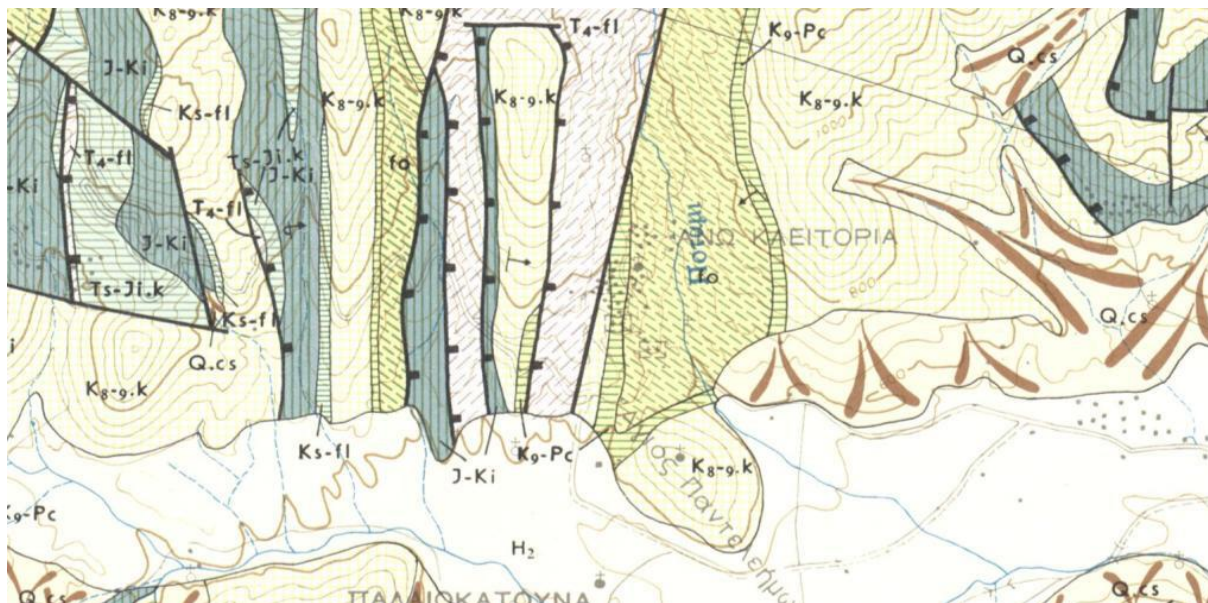
- Ορίζοντας τριαδικών σχηματισμών όπου αποτελείται από ψαμμίτες, πηλίτες και κλαστικούς ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με ασβεστόλιθους και κερατόλιθους βαθείας θάλασσας.
- Ασβεστόλιθοι Δριμού πρόκειται για πελαγικούς ασβεστόλιθους με ενστρώσεις κερατολίθων και μερικές φορές πηλιτών.
- Ραδιολαρίτες, χρώματος ερυθρού, πράσινου ή ιώδους με μικρές εμφανίσεις μεταλλεύματος μαγγανίου θέσεις
- Πρώτος φλύσχης αποτελούμενες από στρώματα ψαμμιτών με ενστρώσεις ψαμμούχων μικροβιοκλαστικών ασβεστολίθων και πηλιτών
- Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι πελαγικής φάσης, μεσοστρωματώδεις με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων
- Μεταβατικά στρώματα προς το δεύτερο φλύσχη με στρώματα λεπτοστρωματωδών ασβεστόλιθων, μαργών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και ψαμμούχωνμαργών σε εναλλαγές
- Δεύτερος φλύσχης που αποτελείται κυρίως απ ψαμμιτοπηλικά στρώματα με κροκαλοπαγή στο ανατολικό τμήμα της πινδικής αύλακας.

### 5.3.2. Γεωλογία της περιοχής μελέτης

Στα πλαίσια της μελέτης για την περιγραφή της στρωματογραφίας της υπό μελέτης περιοχής χρησιμοποιήθηκε ως βάση, κατόπιν αξιολόγησης, το γεωλογικό φύλλο Δάφνη του ΙΓΜΕ, το οποίο περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή της Άνω Κλειτορίας.

Η στρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής μελέτης διαρθρώνεται από τους ανώτερους προς τους κατώτερους σχηματισμούς σε τέσσερις κύριες ομάδες γεωλογικών σχηματισμών που ανήκουν στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου, για όποιους εισάγονται και οι κωδικοί συντόμευσης με τους οποίους παρουσιάζονται στο γεωλογικό Χάρτη:

- ✓ Φλύσχης (f<sub>0</sub>/ Ηώκαινο)
- ✓ Στρώματα μετάβασης (K<sub>9</sub>Pc / Μαιστρίχτιο –Παλαιόκαινο)
- ✓ Πλακώδεις ασβεστόλιθοι (K<sub>8-9</sub>k /Ανωτ. Κρητιδικό)
- ✓ Κλαστική σειρά Πριολίθου (T<sub>4</sub>-fl /ΑνωΤ. Τριαδικό)

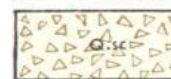


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ

Κώνιοι κορημάτων παλαιοί και σύγχρονοι: Ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπὸ θραύσματα ἀσβεστολίθων.

Πλευρικά κορήματα



### ΑΛΛΟΧΘΟΝΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΣΕΙΡΑ ΩΛΟΝΟΥ - ΠΙΝΔΟΥ

#### ΗΩΚΑΙΝΟ

Φλύσσης: Ἐναλλαγὴ παχειῶν πάγκων ψαμιτιῶν καὶ ψαμιτικῶν ἰλυολίθων. Πρὸς τὴ βάση ἡ κλαστικὴ ἰζηματογένεση διακόπτεται ἀπὸ μίαν ἐναλλαγὴ μαρμαριτικῶν ἀσβεστολίθων.

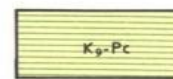
Ἡλικία: Ἡώκαινο

Πάχος ὄρατό: 100 μ.



#### ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ - ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ

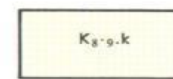
Στρώματα μεταβάσεως: Ἐναλλαγὴς πλακωδῶν ἀσβεστολίθων, ἀσβεστομαρμαριτικῶν ὄλικῶν, ψαμιτιῶν καὶ λατυποπαγῶν ἀσβεστολίθων. Ἐνας ὀριζωντὰς πλούσιος σὲ μαύρους πυριτολίθους, πάχους 10 - 12 μ., ἀποτελεῖ ἐξαιρετικὸ καθοδηγητικὸ στρώμα τοῦ ἄνωτ. Μαϊστριχτίου. Ἡ μικροπανίδα ἀφθονεῖ μέσα στὰ μικρικτικὰ στρώματα. Οἱ πτυχὲς τῆς τάξεως τοῦ μέτρου εἶναι ἰδιαίτερα εὐδιάκριτες.



#### ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

Πλακῶδεις ἀσβεστολίθοι: Παχειὰ σειρά λεπτοπλακωδῶν, στιφρῶν, βιομικρικτικῶν ἀσβεστολίθων μὲ ἀκτινόζωα.

Στὴ βάση, μὲ πυκνὲς ἐνστρώσεις ἰάσιδων, εἶναι εἴτε ἀργιλικὸ καὶ ἐρυθρῶποι, εἴτε λευκοὶ καὶ πολὺ ἀπολιθωματοφόροι. Τὰ ἀνώτερα στρώματα εἶναι ἀποκλειστικὰ ἀσβεστολιθικά, φτωχὰ σὲ πανίδα. Μικροκλαστικοὶ ἀσβεστολίθοι (ἐνδοσπαρίτες) περικλείουν θραύσματα Ρουδιστῶν καὶ βενθονικά μικροαπολιθώματα (*Orbitoides*): οἱ ἐνστρώσεις τῶν ἰλυολίθων εἶναι σπάνιες.



#### ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

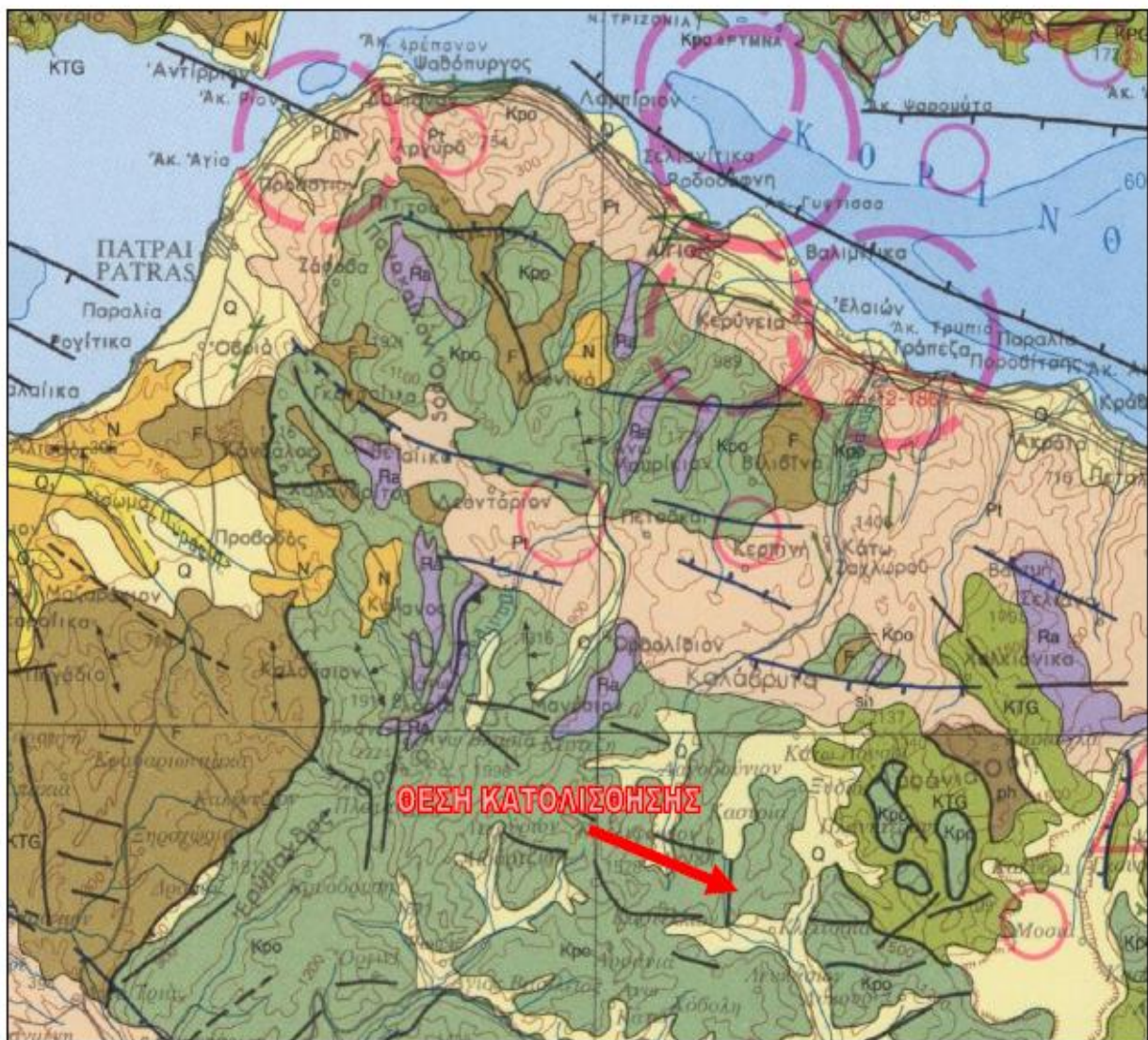
Κλαστικὴ σειρά Προιλίθου: Σύνολο ψαμιτο - ἰλυολιθικὸ πὺ περιέχει μερικὲς ἐνστρώσεις ἀσβεστολίθων μὲ πυριτικὸς κονδύλους. Οἱ ἰλυόλιθοι εἶναι εἴτε λεπτόκοκκοι, τεφροκύανοι ἢ πρασινῶποι, χωρὶς κλαστικὰ στοιχεῖα, εἴτε ψαμιτικοὶ καὶ διάσπαρτοι ἀπὸ φυτικὰ λείβανα καὶ σπανιώτερα ἀποτυπώματα *Halobia*. Οἱ ψαμιτιες εἶναι χωρὶς καλὴ διαβάθμιση, συχνὰ ἀστριούχοι, πολὺ πλούσιοι σὲ μαρμαρυγία καὶ σὲ φυτικὰ λείβανα. Οἱ στιφροὶ ἀσβεστολίθοι παρουσιάζουν ἕνα κίτρινο ἐπίχρισμα καὶ ἐγκλείουν filaments.



Χάρτης 5.2: Τμήμα του Γεωλογικὸ χάρτη του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο Δάφνη).

### 5.3.3. Τεκτονική της ευρύτερης περιοχής

Ο έντονος τεκτονικός της ευρύτερης περιοχής οφείλεται στην επώθηση των ιζημάτων προς τα δυτικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παρουσία πολλών ρηγάτων στην ευρύτερη περιοχή με διεύθυνση κυρίως ΔΒΔ – ΑΝΑ καθώς και κάθετα σε αυτά με διεύθυνση ΑΒΑ-ΝΝΔ. Δυτικά της ολίστηση, στα όρια του οικισμού υπάρχει το ρήγμα ανάμεσα στους σχηματισμούς της κλαστικής σειράς του Πριόλιθου και του Φλύσχη. Στην στενή περιοχή μελέτης δεν εντοπίστηκαν κάποια ρηγμάτα μεγάλης κλίμακας αφενός για την ακολουθία των ιζημάτων είναι κανονική αφετέρου επειδή παρότι ο οικισμός αναπτύσσεται στο πρηνές ενός ορεινού όγκου μέσα στο χωρίο υπάρχουν ελάχιστες τομές λόγω της οικιστικής ανάπτυξης. Αυτό καθιστά δύσκολο τον εντοπισμό ρηγμάτων μικρότερης κλίμακας αλλά και την ακριβή χαρτογράφηση και σε γεωλογικές παρατηρήσεις από τομές στα όρια το οικισμού.

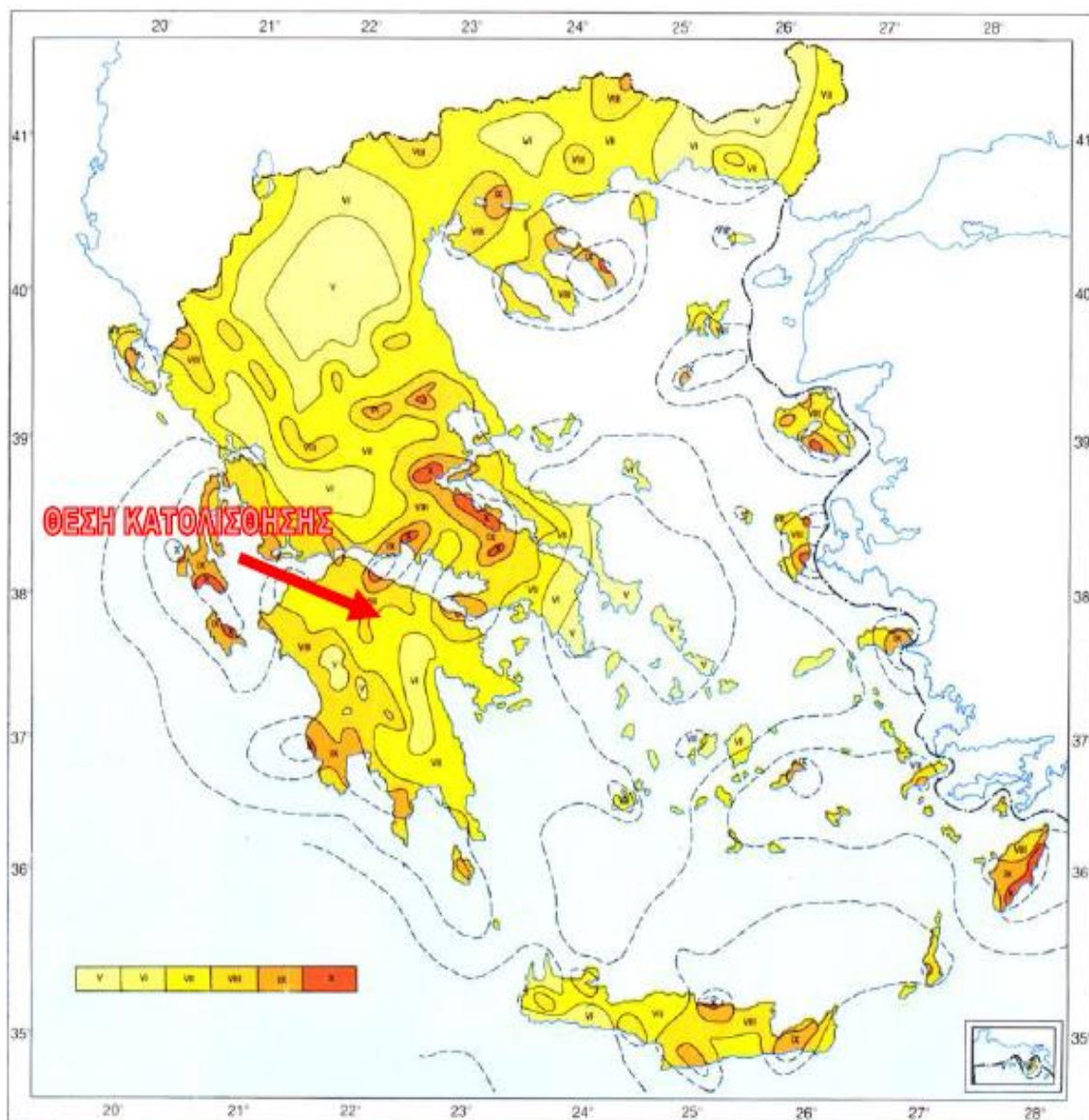


Χάρτης 5.3: Τμήμα του Σεισμοτεκτονικού χάρτη κλίμακας 1:500.000 του ΙΓΜΕ.

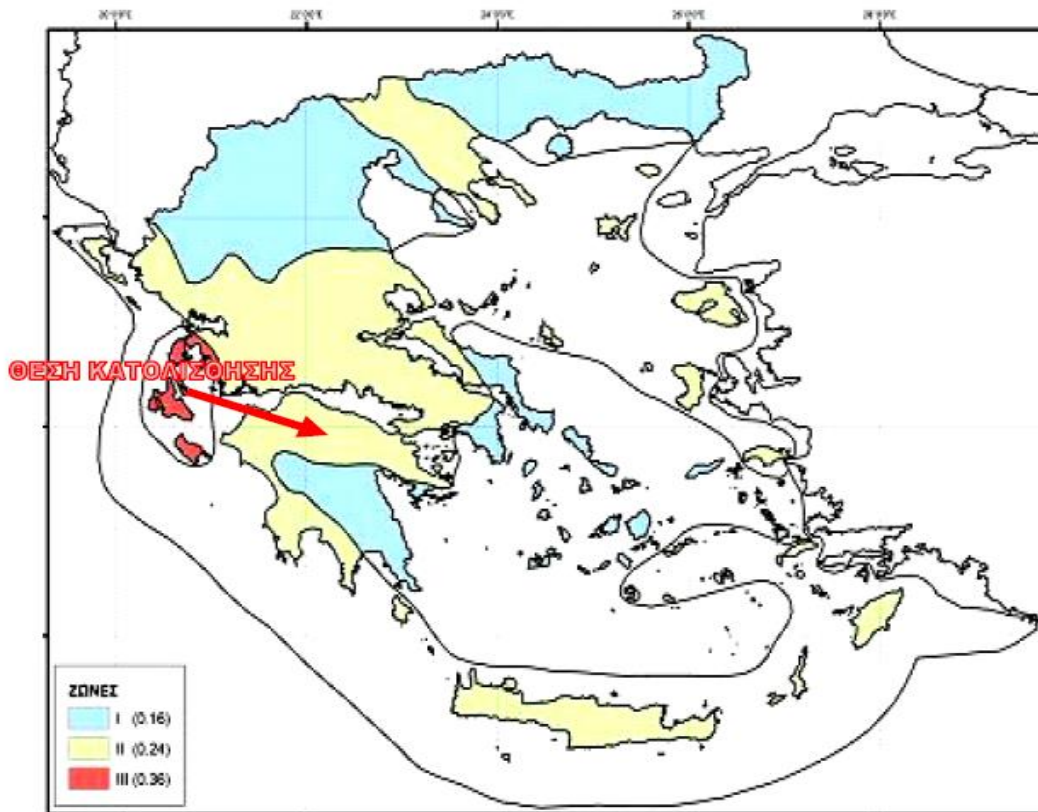
#### 5.4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης παρουσιάζει μέτρια έως υψηλή σεισμικότητα. Βρίσκεται στα Βόρεια της σεισμικής ζώνης του Κορινθιακού κόλπου όπου έχει δώσει μεγάλους σεισμούς κατά το παρελθόν, αυτό φαίνεται και στον χάρτη 5.3. Στον επόμενο χάρτη 5.4 παρουσιάζεται ο χάρτης μέγιστων σεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στον Ελλαδικό χώρο. Τα επίκεντρα τω μεγάλων σεισμών εντοπίζονται στον υποθαλάσσιο χώρο και σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 50m από την Άνω Κλειτορία.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ) του 2000(ΦΕΚ 2184 Β'/20-12-1999) και την τροποποίηση του (ΦΕΚ 2184 Β'/12-8-2003) που περιέχει το νέο « Χάρτη Ζωνών επικινδυνότητας σε 3 ζώνες.



**Χάρτης 5.4:** Χάρτης μέγιστων εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στον Ελληνικό χώρο.



**Χάρτης 5.5:** οι τρεις κατηγορίες ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000.

Ωστόσο, ο χαρακτηρισμός της κατηγορίας εδάφους σε κάθε θέση, διαμορφώνεται ανάλογα με τις ιδιαίτερες γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, τις μηχανικές ιδιότητες, το επίπεδο του υδροφόρου, το πάχος των προσφάτων επιχωματώσεων κλπ.

## 5.5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

### 5.5.1. Υδρολιθολογικές ενότητες

Οι σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης από την άποψη της υδρογεωλογικής τους συμπεριφορά είναι πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Ο χαρακτηρισμός γίνεται ως προς τον συντελεστή υδροπερατότητας.

Συντελεστής k (cm/sec)	Χαρακτηρισμός
$> 10^{-1}$	ΥΨΗΛΗ
$10^{-1} - 10^{-3}$	ΜΕΤΡΙΑ
$10^{-3} - 10^{-5}$	ΧΑΜΗΛΗ
$10^{-5} - 10^{-7}$	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
$< 10^{-7}$	ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

**Πίνακας 5.1:** Κατηγορίες συντελεστή υδροπερατότητας.

Στους αδιαπέρατους σχηματισμούς κατατάσσονται και οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί με διαπερατότητα  $10^{-11}$  -  $10^{-6}$  και οι σχηματισμοί του φλύσχη, με την υδροπερατότητα στα ψαμμιτικά πετρώματα κυμαίνεται από  $10^{-10}$ -  $10^{-5}$ . Γενικά οι βραχώδεις σχηματισμοί δεν εμφανίζουν πρωτογενή διαπερατότητα, οι ασυνέχειες που παρουσιάζουν τα πετρώματα αυτά είτε οφείλονται σε τεκτονικά αίτια είτε είναι αποτέλεσμα διαγένεσης (δευτερογενή διαπερατότητα).

Στα πετρώματα όπου οι διεργασίες αυτές αποκτούν μέγιστες τιμές είναι γενικά τα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι). Σε αυτά η τεκτονική μαζί με τη διάλυση λόγω παρουσίας του νερού, έχουν διευρύνει τις υπάρχουσες ρωγμές και τα έγκοιλα με την πάροδο του χρόνου έτσι ώστε σε ορισμένες περιπτώσεις η κίνηση του υπόγειου νερού να γίνεται μέσα σε ανοικτούς αγωγούς.

### 5.5.2. Υδατικό ισοζύγιο ευρύτερης περιοχής

Το νερό που φτάνει στο έδαφος μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι) ακολουθεί διάφορες διαδρομές. Ένα μέρος του ρέει επιφανειακά πάνω στο έδαφος και αφού διανύσει μια διαδρομή είτε μικρή είτε μεγάλη, συγκεντρώνεται σε μεγαλύτερους αγωγούς (ποτάμια, χείμαρροι), που με την σειρά τους οδηγούν σε λίμνες και θάλασσες. Το τμήμα αυτό αποτελεί το επιφανειακό νερό (απορροή). Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι φυσικές και χημικές ιδιότητες μεταβάλλονται από στιγμή σε στιγμή.

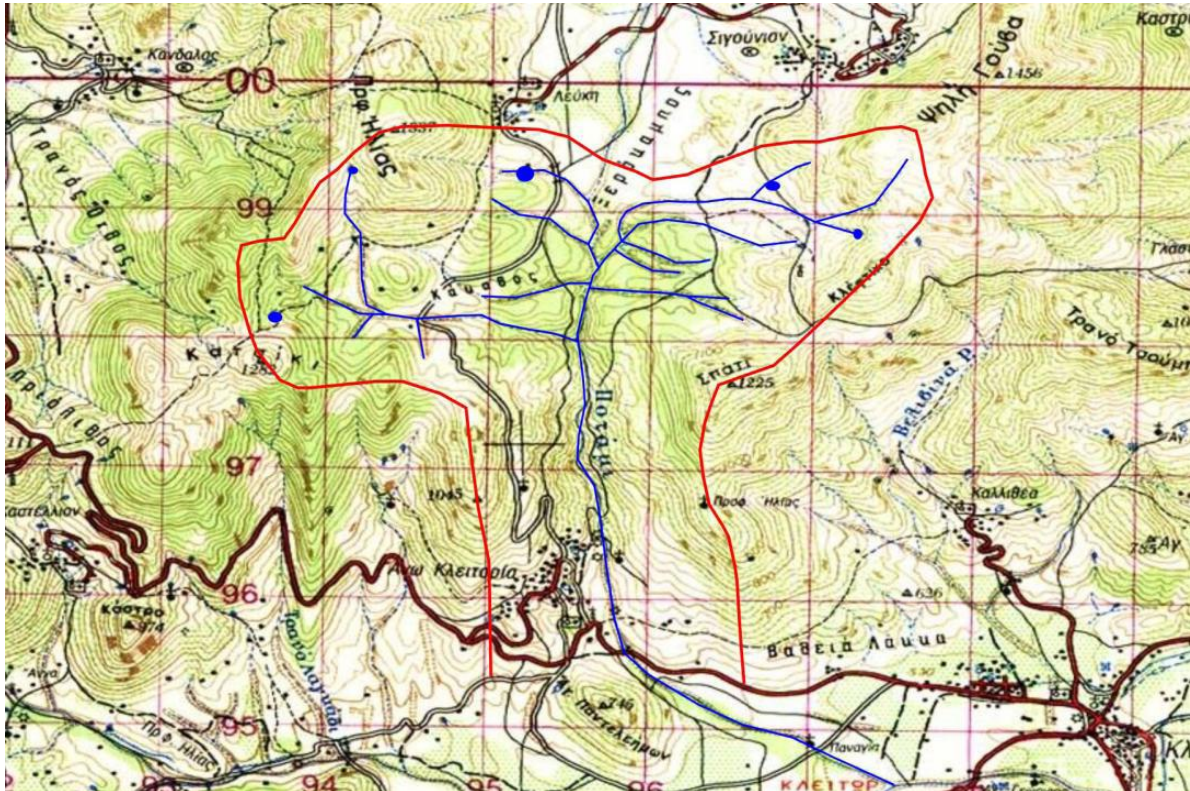
Ένα άλλο τμήμα από το μετεωρικό νερό, δεν φτάνει ποτέ στ έδαφος και από γιατί κατά την διάρκεια της πτώσης του είτε εξατμίζεται είτε εάν φτάσει στο έδαφος πάνω στην βλάστηση εξατμίζεται από τις ελεύθερες επιφάνειες των φύλλων.

Μια Τρίτη κατηγορία νερού είναι αυτή όπου το νερό φτάνοντας στο έδαφος περνά το επιφανειακό στρώμα αλλά στην συνέχεια παραλαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών και απελευθερώνεται πάλι στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Το υπόλοιπο νερό που δεν ανήκει στις κατηγορίες που προαναφέραμε είναι αυτό που κάνει προσπαθεί να κινηθεί στα βαθύτερα και να συγκεντρωθεί σε βαθιά στρώματα (κατείσδυση).

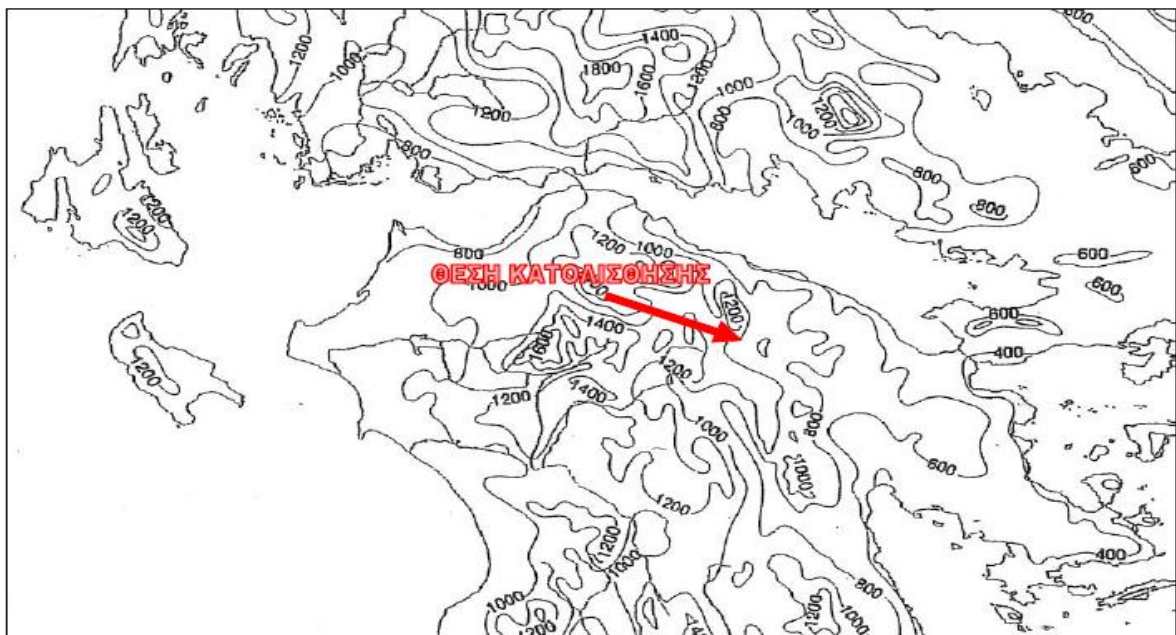
Παρόλη του όμως, την προσπάθεια, δεν φτάνει ποτέ ολόκληρο στον προορισμό του. Ένα μέρος από αυτό, θα συγκρατηθεί από τους κόκκους των πετρωμάτων με δυνάμεις συνάφειας που υπερνικούν τις δυνάμεις βαρύτητας. Ένα άλλο μέρος από την ποσότητα αυτή του νερού δεν υπόκειται στις δυνάμεις τις βαρύτητας και δεν μεταβιβάζει την υδροστατική πίεση. Σε αυτή την κατηγορία γενικά ανήκουν το υμενώδες και υγροσκοπικό νερό.

Σε αυτά τα νερά, θα προστεθεί ακόμα μια ποσότητα νερού που γεμίζει τα ανοίγματα των πετρωμάτων με τριχοειδή διατομή (τριχοειδές νερό), ενώ το υπόλοιπο τμήμα τέλος μπορεί να κινηθεί στα μεγαλύτερα ανοίγματα των πετρωμάτων και να σχηματίσει το βαρυτικό νερό. Αυτό το τμήμα από το αρχικό μετεωρικό νερό είναι που θα κινηθεί βαθιά μέσα στο πέτρωμα, θα κατεισδύσει, θα εμπλουτίσει το υπόγειο νερό και θα αυξήσει τα αποθέματα του μέσα στο φυσικό υπόγειο ταμειυτήρα που ονομάζεται υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας.

Το υδρολογικό ισοζύγιο συνδέεται με αυτό που ονομάζουμε κύκλο του νερού. Κύκλος του νερού είναι ατέρμονη διαδικασία εξατμησης του νερού της γης και η επιστροφή του σε αυτή, δια μέσου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Επιπλέον, το υπόγειο νερό συνδέεται με την κατείσδυση, αποτέλεσμα αυτού είναι η αξιολόγηση της ποσότητας του νερού που προστίθεται στο υπόγειο νερό.



**Χάρτης 5.6:** Απόσπασμα του τοπογραφικού φύλλου Δάφνης, κλίμακας 1:50.000 της ΓΥΣ για την ευρύτερη περιοχή μελέτης. Με κόκκινο χρώμα φαίνεται η λεκάνη απορροής με μπλέ χρώμα το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής και με μπλε κύκλους είναι οι κυριότερες πηγές της περιοχής που τροφοδοτούν το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.



**Χάρτης 5.7:** Απόσπασμα βροχομετρικού χάρτη Ελλάδας με βάση τα στοιχεία της ΔΕΗ για την περίοδο 1950 -1974.

Βάση της μελέτης που έχει πραγματοποιηθεί το ετήσιο υδατικό Ισοζύγιο Λεκάνης Απορροής υδατορέμματος ποτάμι άνω Κλειτορίας που διατρέχει τους γεωλογικούς σχηματισμούς την Ζώνης Ωλονού – Πίνδου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2 και 5.3.

Επιφάνεια (Km <sup>2</sup> )	7,5
Μέσο υψόμετρο Λεκάνης Απορροής (m)	800
Μέσο ύψος βροχόπτωσης (mm)	1000
Συνολικός όγκος νερού που δέχεται η Λεκάνη Απορροής (m <sup>3</sup> /έτος)	7.5x10 <sup>6</sup> (ποσοστό 100%)
Συνολικός όγκος νερού που χάνεται με την Απορροή (m <sup>3</sup> /έτος)	2.375x10 <sup>6</sup> (ποσοστό 31,66%)
Συνολικός όγκος νερού που χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή (m <sup>3</sup> /έτος)	3.375x10 <sup>6</sup> ποσοστό 45%)
Συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει σε όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς (m <sup>3</sup> /έτος)	1.75x10 <sup>6</sup> (ποσοστό 23,33%)

**Πίνακας 5.2:** Ετήσιο Υδατικό Ισοζύγιο Λεκάνης Απορροής υδατορέμματος ποτάμι Άνω Κλειτορίας που διατρέχει τους γεωλογικούς σχηματισμούς την Ζώνης Ωλονού – Πίνδου.

Γεωλογικοί Σχηματισμοί Ζώνης Ωλονού-Πίνδου της περιοχής μελέτης	Υδροπερατοί Σχηματισμοί (Ασβεστόλιθοι)	Υδατοστεγείς Σχηματισμοί (Ψαμμίτες, ραδιολαρίτες)
Επιφάνεια Λεκάνης Απορροής (Km <sup>2</sup> )	2.5	5.0
Συνολικός όγκος νερού που δέχεται η Λεκάνη Απορροής (m <sup>3</sup> /έτος)	2.5x10 <sup>6</sup> (100%)	5x10 <sup>6</sup> (100%)
Συνολικός όγκος νερού που χάνεται με την Απορροή (m <sup>3</sup> /έτος)	125x10 <sup>3</sup> (5%)	2.25x10 <sup>6</sup> (45%)
Συνολικός όγκος νερού που χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή (m <sup>3</sup> /έτος)	1.125x10 <sup>6</sup> (45%)	2.25x10 <sup>6</sup> (45%)
Συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στους γεωλογικούς σχηματισμούς (m <sup>3</sup> /έτος)	1.25x10 <sup>6</sup> (50%)	0.5x10 <sup>6</sup> (10%)

**Πίνακας 5.3:** Επιμέρους Ετήσιο Υδατικό Ισοζύγιο των γεωλογικών σχηματισμών που απαντάται στη Λεκάνη Απορροής του υδατορέμματος ποτάμι Άνω Κλειτορίας.

## 5.6. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η λεπτομερή χαρτογράφηση μέσα στον οικισμό την Άνω Κλειτορίας καθίσταται δύσκολη εξαιτίας της οικιστικής ανάπτυξης της περιοχής καθώς εξαιτίας των μέτρων αντιστήριξης που έχουν λάβει οι κάτοικοι υπάρχουν ελάχιστες τομές μέσα στο κέντρο του οικισμού παρόλη την απότομη μορφολογία.

Η χαρτογράφηση γίνεται με βάση τα μορφολογικά στοιχεία της περιοχής αλλά και τις επαφές όπως φαίνονται στα όρια του οικισμού ή και έξω από αυτόν. Με βάση τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών στην περιοχή μελέτης, 200m περιμετρικά της κατολίσθησης, διακρίνονται τέσσερις κύριες τεχνικογεωλογικές ενότητες, οι οποίες είναι ταξινομημένες σε εκείνες από τα καλύτερα προς εκείνες μετά φτωχότερα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά.



➤ **ΤΕ 1: Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι**

Καταλαμβάνουν το δυτικό- νοτιοδυτικό τμήμα οικισμού. Είναι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, τεφροί, σκληροί, με κερατολιθικούς ορίζοντες μικρού πάχους. Εμφανίζουν ελαφρά έως μέτρια κερματισμένοι, ελαφρά αποσαθρωμένοι επιφανειακά και πτυχωμένοι κατά θέσεις λόγω του έντονου τεκτονισμού που έχει υποστεί. Ο μανδύας αποσάθρωσης είναι μικρού πάχους και δεν ξεπερνά τα 2m. Παρουσιάζουν δευτερογενή υδροπερατότητα μέσα από τα συστήματα διακλάσεων που αναπτύσσονται στο σχηματισμό.

Η συμπεριφορά της βραχομάζας παρουσιάζει ανομοιομορφία και ανισορροπία και εξαρτάται σε μεγάλο βάθος από την πυκνότητα από την πυκνότητα των κερατολιθικών ενστρώσεων. Η αυξημένη πυκνότητα των συνεχειών υποβιβάζουν τη διατμητική αντοχή του πετρώματος.



**Εικόνα 5.3:** Πλακώδεις ασβεστόλιθοι στην περιοχή μελέτης που έχουν υποστεί έντονη τεκτονική καταπόνηση.

➤ **ΤΕ 2: Μεταβατικά Στρώματα**

Αποτελούν την μετάβαση από τους πλακώδεις ασβεστόλιθους στον υπρεκείμενο φλύσχη. Αναπτύσσονται στ κεντρικό τμήμα του οικισμού, είναι μικρού αλλά κυμαινόμενου πάχους και συνίστανται από πλακώδεις ασβεστόλιθους, ψαμμιτικούς ορίζοντες και ασβεστομαργαϊκό υλικό. Εμφανίζονται στο δυτική τμήμα της κατολίσθησης, κάτω από την στέψη όπου ο μανδύας αποσάθρωσης σε συνδυασμό με τα υλικά των πρόσφατων επιχωματώσεων από τις παλαιότερες κατολισθήσεις φτάνουν σε πάχος 7 m.



**Εικόνα 5.4:** Εναλλαγές πλακωδών ασβεστόλιθων με σχηματισμούς του φλύσχη αποτελούν το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

➤ **ΤΕ 3: Φλύσχη**

Αποτελεί το έδαφος θεμελίωσης του ανατολικού τμήματος του οικισμού. Αποτελείται κυρίως από ψαμμίτες και στα κατώτερα στρώματα ιλυόλιθους. Οι ψαμμίτες έχουν μεγάλη αντοχή αλλά τα επιφανειακά στρώματα εμφανίζουν μέτρια έως ισχυρή αποσάθρωση και πυκνό δίκτυο ασυνεχειών που προκαλούν έντονη δευτερογενή χαλάρωση.



**Εικόνα 5.5:** Ψαμμιτικοί ορίζοντες παρουσιάζουν στρωμάτωση στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

Τα ιλυολιθικά στρώματα είναι μικρού πάχους και είναι κατακερματισμένα. Έχει μανδύα αποσάθρωσης κυμαινόμενου πάχους που δεν φαίνεται να ξεπερνά τα 4 m. Όταν συναντώνται σε πρανή σε μεγάλες κλίσεις δημιουργούν προβλήματα ολισθήσεων εξαιτίας των διαφορών των μηχανικών χαρακτηριστικών μεταξύ των διάφορων στρωμάτων, του

δικτύου ασυνεχειών και του προσανατολισμού σε σχέση με το πρηνές και της παρουσίας νερού.



**Εικόνα 5.6:** Σχηματισμοί του φλύσχη με επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης εξαπλώνεται ανατολικά της κατολίσθησης.

➤ **ΤΕ 4: Υλικά πρόσφατων και παλαιότερων κατολισθήσεων**

Είναι τα υλικά στην περιοχή της κατολίσθησης. Αποτελούνται από τα υλικά του μανδύα αποσάθρωσης των στρωμάτων μετάβασης και του φλύσχη καθώς και από υλικά πρόσφατων επιχώσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση του δρόμου στη στέγη της κατολίσθησης κατά την διάρκεια παλαιότερων ολισθήσεων μικρότερου μεγέθους. Πρόκειται για αργιλικά υλικά με κροκάλες και χάλικες ασβεστόλιθικης και κυρίως ψαμμιτικής σύστασης. Το πάχος δεν ξεπερνά τα 3m.



**Εικόνα 5.7:** Η περιοχή της κατολίσθησης αποτελείται από υλικά του μανδύα αποσάθρωσης των μεταβατικών στρωμάτων και του φλύσχη καθώς και από υλικά πρόσφατων επιχωματώσεων.

## 5.7. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Με τις έντονες βροχοπτώσεις που παρουσιάστηκαν στην περιοχή το 2010, οι συγκεντρώσεις επιφανειακών υδάτων προς την κατολισθαίνουσα μάζα, ήταν αυξημένες σε συνδυασμό με τις αυξημένες ποσότητες νερού της πλευρικής τροφοδοσίας από τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους λόγω της κατεΐσδυσης του μεγάλου ρήγματος στα δυτικά του οικισμού της Άνω Κλειτοριάς με διεύθυνση ΒΒΑ –ΝΝΔ της ολίσθησης όλη η περιοχή καλύπτεται από σκυρόδεμα και τσιμέντο ακόμα και τα πρανή, ενώ οι κλίσεις του εδάφους οδηγούν όλα τα βρόχινα νερά στην περιοχή της κατολίσθησης.

Όλα τα ανωτέρω έχουν σαν αποτέλεσμα την προοδευτική χαλάρωση του επιφανειακού καλύμματος της κατολισθαίνουσας μάζας με ταυτόχρονη μείωση του συντελεστή ασφάλειας του πρανούς, που οδηγούν τελικά στην επαναδραστηριοποίηση των προϋπαρχόντων βραδέων κατολισθητικών κινήσεων (ερπυσμός) σε ταχείες κατολισθητικές κινήσεις οι οποίες περιλάμβαναν την ευρύτερη ζώνη εκτονώνοντας τις συσσωρευμένες τάσεις.

Έτσι, η γενική εικόνα της κατολίσθησης είναι ότι δεν ολίσθησε ενιαία η μάζα αυτής, αλλά έλαβαν επιμέρους κλιμακωτές μετακινήσεις μικρότερων μαζών που εκδηλώθηκαν διαδοχικά και περιορίζονται στον αποσαθρωμένο μανδύα των βραχωδών στρωμάτων του φλύσχη και των ασβεστόλιθων που αποτελούν και το υπόβαθρο της περιοχής.



**Εικόνα 5.8:** Φωτογραφική απεικόνιση της κατολίσθησης

Παρατηρώντας και την Εικόνα 5.8 διαπιστώνουμε το βαθμό της κατολίσθησης, όπου ο υπάρχον δρόμος έχει καταστραφεί.

Η ενεργοποίηση της παλαιάς κατολίσθησης έγινε όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις αυτού του είδους, είναι τοξοειδούς μορφής με κυκλική ολίσθηση. Η στέγη της κατολίσθησης έχει μορφή τοξοειδή μήκους περίπου 25 μέτρων που αρχίζει από την άκρη του Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου μέχρι τον μεγάλο πλάτανο καταστρέφοντας τον δρόμο που οδηγεί προς τις οικίες στο βόρειο τμήμα του οικισμού.

Σύμφωνα με μαρτυρίες προηγήθηκε η ολίσθηση στην κεφαλή της παλαιάς κατολίσθησης με την κατάρρευση των επιχωμάτων του δρόμου και στην συνέχεια η μετακίνηση επεκτάθηκε προς τα κατόντη. Επίσης σημάδια μετακίνησης παρατηρούνται και στην πλατεία της εκκλησίας λίγα μέτρα δυτικότερα της στέψης καθώς και νοτιότερα στην πλατεία όπως φαίνεται στην εικόνα 5.9. και 5.10. αντίστοιχα.



**Εικόνα 5.9:** Τα πλακάκια στον προαύλιο χώρο της εκκλησίας μόλις τέσσερα μέτρα από την κατολίσθηση έχουν ρωγματώδες.



**Εικόνα 5.10:** Νοτιότερα της κατολίσθησης παρουσιάζεται βύθιση κοντά στο πρανές.

Στον πόδα της κατολίσθησης έχει δημιουργηθεί επίμηκες ύβωμα από την συγκέντρωση των ωθημένων γαιών του αποσαθρωμένου μανδύα των υλικών των μεταβατικών στρωμάτων στον κατάντη δρόμο που οδηγεί προς το κέντρο του χωριού με αποτέλεσμα την προσωρινή παρεμπόδιση της ελεύθερης διακίνησης των οχημάτων. Η οδός έχει επιχωθεί με αμμοχάλικο για την αποκατάσταση της κυκλοφορίας χωρίς καμία μελέτη για την ευστάθεια της οδού. Αστοχίες παρατηρούνται και ανατολικότερα του κατάντη δρόμου σε οικία όπου λόγω και της πρόχειρης κατασκευής έχει αστοχήσει η τοιχοποιία.



**Εικόνα 5.11:** Η πρόχειρη φτιαγμένη τοιχοποιία έχει αστοχήσει.

Τα χαλαρά ασύνδετα υλικά του αποσαθρωμένου μανδύα που μετακινήθηκαν λόγω της ολίσθησης παρουσιάζουν χαμηλές μηχανικές παραμέτρους που μειώθηκαν ακόμη περισσότερο με την προσρόφιση μεγάλων ποσοτήτων νερού λόγω του υψηλού αργλικού ποσοστού τους, μετά τις καταρρακτώδεις βροχές τον Νοέμβριο του 2010, οι οποίες προηγήθηκαν του φαινομένου.

## **5.8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ**

Οι μεγάλες συγκεντρώσεις των επιφανειακών υδάτων λόγω των έντονων βροχοπτώσεων (Νοέμβριος 2010) προς την κατολισθαίνουσα μάζα σε συνδυασμό με τις αυξημένες ποσότητες του νερού της πλευρικής τροφοδοσίας από τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους λόγω της κατεΐσδυσης του νερού σε αυτά μέσω των διαφόρων συστημάτων διακλάσεων (δευτερογενές πορώδες) αλλά και του μεγάλου ρήγματος στα δυτικά του οικισμού της Άνω Κλειτορίας (σε απόσταση 300m δυτικά του οικισμού). Η κατάσταση επιβαρύνεται και από την οικιστική ανάπτυξη της περιοχής καθώς περιμετρικά της ολίσθησης όλη η περιοχή καλύπτεται από σκυρόδεμα και τσιμέντο, ακόμα και τα πρανή, ενώ οι κλίσεις του εδάφους οδηγούν όλα τα βρόχινα νερά στην περιοχή της κατολίσθησης.

Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική χαλάρωση του επιφανειακού καλύμματος κατολισθαίνουσας μάζας με ταυτόχρονη μείωση του συντελεστή ασφαλείας του πρανούς, που οδήγησαν τελικά στην επαναδραστηριοποίηση των προϋπαρχόντων βραδέων

κατολισθητικών κινήσεων(ερπυσμός) σε ταχείες κατολισθητικές κινήσεις οι όποιες περιέλαβαν την ευρύτερη ζώνη εκτονώνοντας τις συσσωρευμένες τάσεις.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι εικόνα της κατολίσθησης είναι ότι η μάζα δεν ολίσθησε ενιαία αλλά υπήρχαν κλιμακωτές μετακινήσεις μικρότερων μαζών που εκδηλώθηκαν διαδοχικά και περιορίζονται στον αποσαθρωμένο μανδύα των βραχωδών στρωμάτων του φλύσχη και των ασβεστόλιθων που αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής.

Η στέψη της κατολίσθησης έχει μορφή τοξοειδή μήκους περίπου 25m που αρχίζει από την άκρη του Ιερού Ναού της Κοιμήσεως της Θεοτόκου και φτάνει μέχρι τον μεγάλο πλάτανο καταστρέφοντας τον δρόμο που οδηγεί στο βόρειο τμήμα του οικισμού. Προηγήθηκε η ολίσθηση στην κεφαλή της παλαιάς κατολίσθησης με την κατάρρευση των επιχωμάτων του δρόμου και στην συνέχεια η μετακίνηση επεκτάθηκε προς τα κατάντη.

Σημάδια μετακίνησης παρατηρούνται και στην πλατεία της εκκλησίας λίγα μέτρα δυτικότερα της στέψης. Στον πόδα της κατολισθήσεως έχει δημιουργηθεί επίμηκες ύψωμα από την συγκέντρωση των ωθημένων γαιών του αποσαθρωμένου μανδύα των υλικών των μεταβατικών στρωμάτων στον κατάντη δρόμο που οδηγεί προς το κέντρο του χωριού, αποτέλεσμα αυτών να παρεμποδίζεται η ελεύθερη μετακίνηση των οχημάτων.

Τα χαλαρά ασύνδετα υλικά του αποσαθρωμένου μανδύα που μετακινήθηκαν λόγω της ολίσθησης, παρουσιάζουν χαμηλές μηχανικές παραμέτρους που μειώθηκαν ακόμη περισσότερο με την προσρόφιση μεγάλων ποσοτήτων νερού μετά από τα έντονα καιρικά φαινόμενα, πριν την εκδήλωση του φαινομένου.

Για την αποκατάσταση της ολίσθησης πραγματοποιήθηκαν δύο γεωτρήσεις, μία στην στέψη και μία στον πόδα της ολίσθησης. προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια και η απρόσκοπτη λειτουργία της οδού αλλά και η ευστάθεια των κατασκευών στην στέψη του πρανούς προτάθηκαν τα εξής:

- Απομάκρυνση των προϊόντων της κατολίσθησης. Η απομάκρυνση του υλικού γίνεται σε αναβαθμούς αγκύρωσης διαστάσεων, πλάτους 5m και ύψους 2m. Η απομάκρυνση των προϊόντων ολίσθησης γίνεται από την στέψη και επεκτείνεται στον πόδα του πρανούς.
- Σε πρώτη φάση πρέπει να απομακρυνθούν τα προϊόντα της κατολίσθησης με την κατασκευή αναβαθμών, όπου και προβλέπεται κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια. Μετά την κατασκευή του τοίχου αντιστήριξης θα συνεχιστεί η απομάκρυνση των προϊόντων της κατολίσθησης προς τον πόδα του πρανούς.
- Μεταξύ των αναβαθμών αγκύρωσης διαστρώνεται γεωφάσμα διαχωρισμού ώστε να εξασφαλιστεί η στρώση της επίχωσης από διείδυση λεπτόκοκκου αργιλικού υλικού. Πάνω από το γεωφάσμα διαστρώνεται στρώση άμμου πάχους 0,10 m για προστασία του γεωφάσματος από διάτρηση κατά την κατασκευή της επίχωσης.
- Σε απόσταση 11.5 m περίπου κατάντη από την στέψη του πρανούς προτάθηκε η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια. Το απαιτούμενο ύψος του τοίχου αντιστήριξης υπολογίζεται βάση της τοπογραφικής αποτύπωσης και είναι περίπου ίσο με 7m.
- Η περιοχή πίσω από τον τοίχο αντιστήριξης από συρματοκιβώτια πληρώνεται με χονδρόκοκκο υλικό.

- Όπισθεν του τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια, στα δύο επίπεδα των αναβαθμών αγκύρωσης, κατασκευάζονται διαμήκη στραγγιστήρια για την αποφυγή ανόδου της στάθμης των υπογείων υδάτων και την δημιουργία πρόσθετων ωθήσεων λόγω της υδροστατικής πίεσης. Για την κατασκευή των στραγγιστηριών χρησιμοποιείται ημιδιάτριτος διηθητικός αγωγός διαμέτρου Φ40, ο οποίος εγκλωβίζεται σε στρώση φίλτρου χαλίκων διαμέτρου 5 έως 10 cm πάχους 80 cm. Στην συνέχεια η περιοχή πληρούται με αμμοχάλικο, υλικό 3Αμέχρι συνολικού βάθους 1m. Στις παρειές τους στραγγιστηριού διαστρώθηκε γεωύφασμα για την προστασία από απόπλυση του λεπτόκοκκου υλικού.
- Ο τοίχος αντιστήριξης κατασκευάζεται από συρματοπλεκτα κιβώτια 0.50 m x 1.00m x 3.00m (ύψος x πλάτος x μήκος). Το κάθε συρματοπλεκτο κιβώτιο διαθέτει εσωτερικά χωρίσματα σε απόσταση 1.00 m, πληρώνεται με αδρανή ελάχιστης διαμέτρου 80mmκαι μέγιστης 250mm ( $250\text{mm} > d > 80\text{mm}$ ) και τα δεσμάτα συναρμολόγησης που γίνονται ανά 0.50m.χρησιμοποιείται γαλβανισμένο υφαντό συρματοπλεκτο κιβώτιο, όπου είναι διπλής στρέψεως από σύρμα σίδηρο, γαλβανισμένο εν θερμώ. Αμφότερα υπάρχει ενίσχυση με σύρμα σίδηρο γαλβανισμένο που φτάνει ακόμα και τα 4.4 mm. Το σύρμα ραφήσειται από σίδηρο γαλβανισμένο και είναι συσκευασμένο σε σπείρες. Το πλέγμα που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί από σύρμα άριστης ποιότητας ομοιογενούς σύστασης, σταθερά κυκλικής διατομής χωρίς σχισμές και αυλακώσεις.
- Το πρανές και αφού απομακρυνθούν τα προϊόντα ολίσθησης μορφώνεται με χονδρόκοκκο υλικό κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης.
- Τα νερά που συλλέγονται από τα στραγγιστήρια τόσο όπισθεν του τοίχου αντιστήριξης όσο και από τους αναβαθμούς, οδηγούνται με διαμόρφωση επαρκών κλίσεων σε φυσικό αποδέκτη κατάντη της ολίσθησης με την κατασκευή σωληνωτού οχετού Φ800 και κατάλληλη διαμόρφωση της εξόδου αυτού, ώστε η παροχέτευση των υδάτων να είναι ομαλή χωρίς επιβάρυνση για το κατάντη πρανές. Επίσης για την προστασία του έργου από τα νερά του οικισμού κατασκευάζεται επενδεδυμένη τάφρος στους δύο δρόμους που συμβάλουν στην θέση του έργου και οδηγούνται στο ίδιο τεχνικό.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ρίσβα Ι., 2012, *Κατολισθητικές κινήσεις στην περιοχή Προυσού, Ευρυτανίας*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών
2. Μουρατίδης Α., 2005, *Οδοποιία- Η κατασκευή των οδικών έργων*, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη.
3. Παπαθάνου Μ., 2005, *Μελέτη μικρο-μετακινήσεων σε κατολισθαίνοντα πρανή στην περιοχή της Πιτίτσας με επίγειες και φωτογραμμετρικές μεθόδους*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών
4. Πολυκρέτη Χ., 2010, *Εφαρμογές Σ.Γ.Π. (κατολισθήσεις): Εφαρμογή για την περιοχή της Πελοποννήσου*, Εκδόσεις Χαροκόπειο πανεπιστήμιο, Αθήνα.
5. Φίκιρης Ι.Φ., 2007, *Αντιδιαβρωτική Προστασία με Χρήση Γεωσυνθετικών Υλικών*, Ημερίδα: Γεωτεχνικές Εφαρμογές Γεωσυνθετικών Υλικών, Αθήνα
6. Βολιώτη Κ., 2009, *Ζωνοποίηση της Επικινδυνότητας λόγω Κατολισθήσεων στο χώρο της Ηπειρωτικής Ελλάδας με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών Απεικόνιση σε χάρτη μικρής κλίμακας*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
7. Τσαντάλης Ι. και Σαράφης Ι., 2013, *Το φαινόμενο της κατολίσθησης στον Ελλαδικό χώρο*, Εκδόσεις Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.
8. Κάβουρα Α., 2013, *Κατολισθήσεις στο νόμο Αχαΐας: Ανάπτυξη μοντέλου επικινδυνότητας*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών.
9. Αντωνίου Α., 2010, *Τεχνική γεωλογία Έργων Πολίτικου Μηχανικού*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή, Βόλος.
10. Βασιλειάδης Ε., 2010, *Ζωνοποίηση της επικινδυνότητας των κατολισθητικών φαινομένων στον Ελληνικό χώρο. Δημιουργία και εφαρμογή μοντέλων με Γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών.
11. «Αποκατάσταση κατολίσθησης στην Τοπική Κοινότητα Άνω Κλειτορίας.», μελέτη που ανατέθηκε από τον Δήμο Καλαβρύτων στον μελετητή Γεωλόγο Μηχανικό Χρυσανθακόπουλο Λεωνίδα

## *Διαδίκτυο*

1. <http://www.gscp.gr> Γενική Γραμματεία Πολιτισμού
2. [http://www.metal.ntua.gr/uploads/3723/\\_KATO.pdf](http://www.metal.ntua.gr/uploads/3723/_KATO.pdf) Engineering Geology & hydrogeology, Κατολισθητικά φαινόμενα,
3. <http://info.geonet.org.nz/display/slide/Landslide+Glossary>
4. [http://sarzanet.blogspot.gr/p/blog-page\\_9029.html](http://sarzanet.blogspot.gr/p/blog-page_9029.html)
5. <http://www.terram.com/applications/containment-confinement.html>
6. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravity\\_Walls.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravity_Walls.jpg)
7. <http://www.temkald.gr/ylikadimosionergon/gr/gabions/gabions.htm>
8. [http://www.iliatora.gr/news\\_details.php?id=3398](http://www.iliatora.gr/news_details.php?id=3398)