



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΦΥΣΙΚΑ ΠΡΑΝΗ**  
**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ - ΑΣΤΟΧΙΑ -ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ**



ΛΟΥΚΑΚΗ ΜΑΡΙΑ 7422

ΧΑΙΡΕΤΗ ΧΡΥΣΗ 7424

## **Περιεχόμενα**

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>4</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Τύποι δομής επιφάνειας της γης .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Διαίρεση κινήσεων πρανών .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Κατολισθήσεις .....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Ταξινόμηση κατά Heim .....	9
1.3.2. Ταξινόμηση κατά Penta .....	9
1.3.3. Ταξινόμηση κατά Desio .....	9
1.3.4. Ταξινόμηση κατά Zaruba - Mencl.....	10
1.3.5. Ταξινόμηση κατά Varnes .....	10
1.3.6. Ταξινόμηση κατά Hoek - Bray(1981) .....	11
<b>Κεφάλαιο 2ο Γεωτεχνικοί κίνδυνοι και τεχνολογίες μετριασμού καταστροφών .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Εισαγωγή.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Γεωτεχνικοί κίνδυνοι .....</b>	<b>25</b>
2.2.1 Σεισμοί .....	25
2.2.2 Ρευστοποίηση εδάφους .....	27
2.2.3 Ερπυσμός.....	30
2.2.4 Βροχόπτωση .....	32
2.2.5 Πυρκαγιά .....	35
<b>2.4 Επισκόπηση της χαρτογράφησης της επικινδυνότητας κατολισθήσεων και της διαδικασίας αναπτυξιακού σχεδιασμού .</b>	<b>36</b>
2.4.1 Προσδιορισμός αποδεκτού κινδύνου .....	38
2.4.2 Χαρτογράφηση επικινδυνότητας κατολισθήσεων .....	39
2.4.3 Ενσωμάτωση χαρτών κατηγοριοποίησης ζωνών Επικινδυνότητας Κατολισθήσεων στη Διαδικασία Αναπτυξιακού Σχεδιασμού .....	39
<b>Κεφάλαιο 3ο Τεχνικές μετριασμού .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Δημιουργία ζωνών, χαρτογράφηση και παρακολούθηση .....</b>	<b>51</b>
<b>3.2 Ενίσχυση των κατασκευών .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3 Τεχνολογία βελτίωσης εδάφους .....</b>	<b>52</b>
<b>3.4 Προστασία και σταθεροποίηση πρανών .....</b>	<b>54</b>
<b>Κεφάλαιο 4ο Μέτρηση ετοιμότητας .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Μεθοδολογία.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 Επιλογή δεικτών .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3 Συνδυασμός δεικτών .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4 Επικύρωση μέτρου .....</b>	<b>59</b>

<b>Συμπέρασμα .....</b>	<b>61</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>62</b>

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Καθηγήτρια του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Δρ. Ειρήνη Βγενοπούλου που μας δίδαξε και μας εμπιστεύτηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ακόμα θα θέλαμε να την ευχαριστήσουμε για όλες τις υποδείξεις και συμβουλές της. Επίσης για την προθυμία και για τις γνώσεις που αποκομίσαμε καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μας χρόνων.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή

Σε έναν πλανήτη με τεράστια ποικιλία εδαφών ως πολιτικοί μηχανικοί είναι σημαντικό να γνωρίζουμε αν το έδαφος στο οποίο θα κατασκευάσουμε κάποιο έργο μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε κατηγορία και αν ανήκει π.χ. (Αμμώδη, Αργιλώδη Πηλώδη Οργανικά, Αργιλοασβεστώδη Ασβεστώδη κα). Σε κάθε περίπτωση η κατάσταση του εδάφους πρέπει να είναι γνωστή εκ των προτέρων προκειμένου να έχουμε επαρκή υποστήριξη των κατασκευών μας για αποφυγή καταστροφών .

Στην παρούσα εργασία θα αναλύσουμε συγκεκριμένα τους παράγοντες αστοχίες φυσικών φαινομένων . Πιο συγκεκριμένα θα αναλύσουμε την ύπαρξη γεωτεχνικών κινδύνων καθώς και τρόπους αντιμετώπισης και διαχείρισης των καταστροφών αυτών .

### 1.1 Τύποι δομής επιφάνειας της γης

«Η επιφάνεια της γης είναι μέρος ενός δυναμικού συστήματος, που εξελίσσεται τόσο προοδευτικά όσο και επεισοδικά μέσω των ενεργειών γεωλογικών, γεωμορφολογικών και μετεωρολογικών διεργασιών. Οι κατολισθήσεις αποτελούν μια πτυχή αυτής της εξέλιξης.». Οι Picarelli (1991) και D'Elia κ.ά. (1998) όρισαν διάφορους τύπους δομής που χαρακτηρίζουν αυτή την «επιφάνεια της γης» και επηρεάζουν τη συμπεριφορά των γεωϋλικών σε διαφορετικές κλίμακες (Σχήμα 1):

(α) τη μικροδομή, που σχετίζεται με τα σωματίδια του εδάφους, τη διάταξή τους και την πιθανή σύνδεση μεταξύ των σωματιδίων

(β) τη μεσοδόμηση, που σχετίζεται με το μέγεθος των εργαστηριακών δειγμάτων (εκατοστά έως δεκατόμετρα), (η οποία περιλαμβάνει σχισμές και θύλακες ή ελάσματα εδαφών διαφορετικού μεγέθους κόκκων)

(γ) τη μακροδομή, που σχετίζεται με το μέγεθος της πλειονότητας των έργων μηχανικής (μέτρα έως δεκάδες μέτρα) και γενικά χαρακτηρίζεται από επίπεδα στρώσης, αρμούς και μεγάλες ετερογένειες

(δ) τη μεγαδομή, τυπική για μεγάλα μηχανολογικά προβλήματα (δεκάδες μέτρα έως χιλιόμετρα) και περιλαμβάνει ρήγματα, πτυχώσεις και άλλα γεωλογικά χαρακτηριστικά.

Όλα αυτά τα είδη δομών προκύπτουν από τη γεωλογική ιστορία της περιοχής. Στα πρανή, όλα αλληλεπιδρούν για να παρέχουν την καθολική συμπεριφορά που παρατηρείται.

Η γεωλογία επομένως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα πρανή. Ωστόσο, οι κινήσεις των πρανών αυτές καθαυτές είναι μηχανικές αποκρίσεις του εδάφους ή του βράχου σε αλλαγές στη γεωμετρία, τις οριακές συνθήκες, τις πιέσεις των πόρων ή τις παραμέτρους αντοχής με τον χρόνο. Πρέπει επομένως να εξεταστούν και από μηχανική ή γεωτεχνική άποψη. Στην πραγματικότητα, η καλή κατανόηση των κινήσεων των πρανών μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω μιας κοινής προσπάθειας γεωλόγων, γεωμορφολόγων και γεωτεχνικών μηχανικών. Καθώς το νερό είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη συμπεριφορά των πρανών, η συμβολή υδρολόγων και υδρογεωλόγων είναι επίσης σημαντική. Οι κινήσεις των πρανών πρέπει επομένως να θεωρηθούν ως ένας πολυεπιστημονικός τομέας στον οποίο ο ρόλος του γεωτεχνικού μηχανικού είναι να βελτιώσει την κατανόησή μας για τη συμπεριφορά του εδάφους σε αυτό το συγκεκριμένο πλαίσιο και να προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των μετακινήσεων των πρανών.

## ***1.2 Διαίρεση κινήσεων πρανών***

Οι κινήσεις των πρανών αποτελούν ένα σύνθετο πρόβλημα, το οποίο περιλαμβάνει ποικιλία γεωυλικών σε ποικίλα γεωλογικά και κλιματικά πλαίσια.

Η παρούσα μελέτη λοιπόν αναφέρεται κυρίως σε υλικά που είναι ουσιαστικά ομοιογενή και συνεχή, τουλάχιστον στην κλίμακα της υπό εξέταση κλίσης και σε μηχανικές διεργασίες που οδηγούν σε ολίσθηση των πρανών.

Ακόμη και στο πλαίσιο σχετικά ομοιογενών και συνεχών υλικών, η συμπεριφορά των πρανών εξακολουθεί να είναι πολύπλοκη. Για να απλοποιηθεί η ανάλυση, οι Vaunat et al (1994) και Leroueil et al (1996) πρότειναν τη διαίρεση των κινήσεων των πρανών σε τέσσερα στάδια. Επισημαίνουν, ειδικότερα, ότι τα

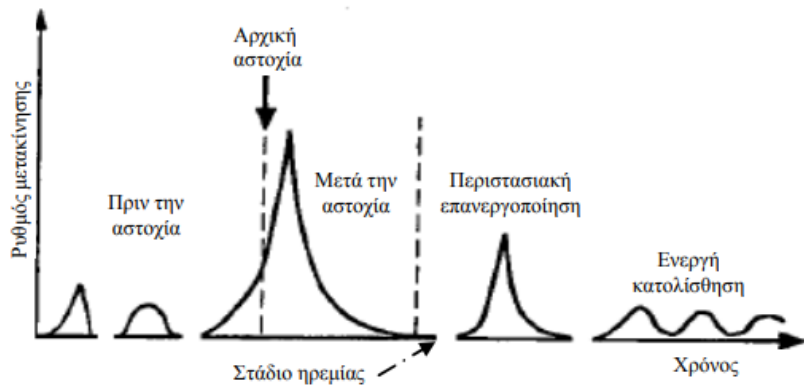
μηχανικά φαινόμενα, οι ελεγκτικοί νόμοι και οι παράμετροι που εμπλέκονται είναι πολύ διαφορετικά από το ένα στάδιο στο άλλο.

(α) Το στάδιο προ της αστοχίας, συμπεριλαμβανομένων όλων των διεργασιών παραμόρφωσης που οδηγούν σε αστοχία. Αυτό το στάδιο ελέγχεται κυρίως από παραμορφώσεις λόγω αλλαγών στην καταπόνηση, στον ερπυσμό και στην προοδευτική αστοχία.

(β) Η έναρξη της αστοχίας, που χαρακτηρίζεται από τον σχηματισμό μιας συνεχούς επιφάνειας διάτμησης σε ολόκληρη τη μάζα του εδάφους.

(γ) Το στάδιο μετά την αστοχία, το οποίο περιλαμβάνει την κίνηση της εδαφικής μάζας που εμπλέκεται στην κατολίσθηση, αμέσως μετά την αστοχία μέχρι ουσιαστικά να σταματήσει. Γενικά χαρακτηρίζεται από αύξηση του ρυθμού μετατόπισης ακολουθούμενη από προοδευτική μείωση της ταχύτητας.

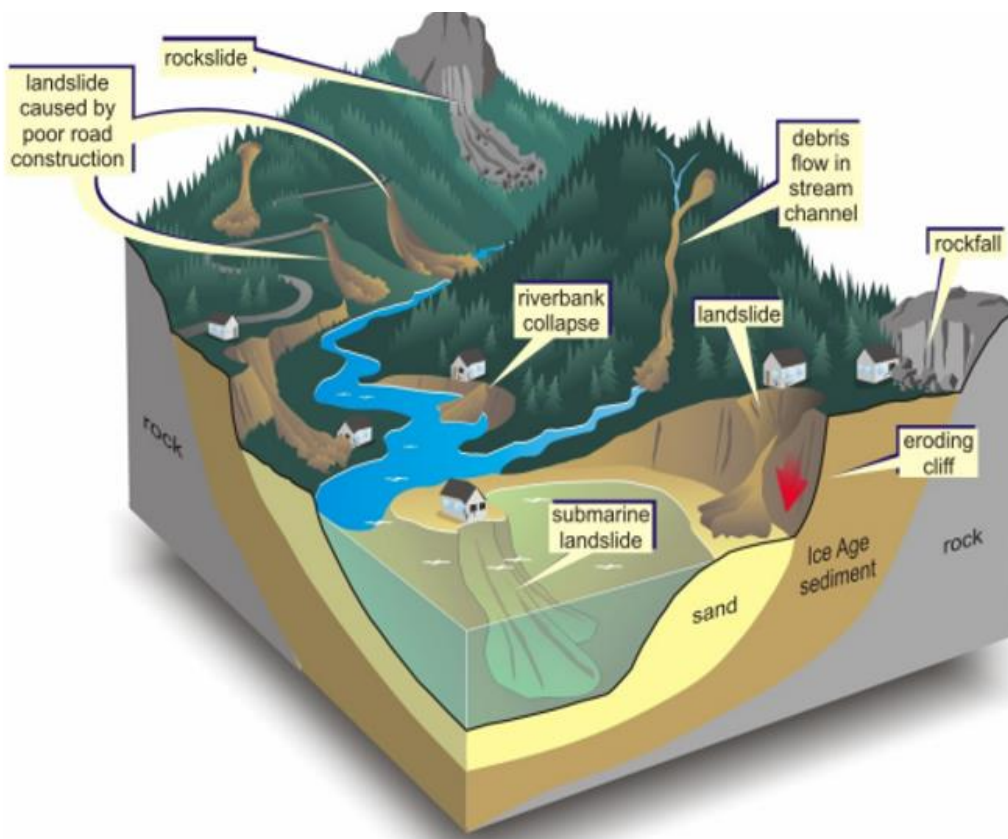
(δ) Το στάδιο επανενεργοποίησης, όταν μια εδαφική μάζα ολισθαίνει κατά μήκος μιας ή περισσότερων προϋπαρχουσών διατμητικών επιφανειών.



Σχήμα 1 Διαφορετικά στάδια μετακίνησης πρανών

### 1.3 Κατολισθήσεις

Κατολίσθηση είναι το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο εδαφικές ή βραχώδεις μάζες κινούνται προς χαμηλότερα ύστερα από διατάραξη της ισορροπίας τους λόγω εσωτερικών ή εξωτερικών μεταβολών. Το φαινόμενο αυτό έχει τις περισσότερες φορές αρκετά καταστροφικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν αφορά μεγάλους όγκους υλικού. Από κινηματική άποψη στο φαινόμενο επιδρούν η κατακόρυφη συνιστώσα (ορθή τάση) και ταυτόχρονα η οριζόντια (διατμητική τάση) η οποία συνήθως είναι μεγαλύτερη της διατμητικής αντοχής του εδάφους ή της ασυνέχειας μιας βραχώμαζας



Εικόνα 1 Μορφές κατολισθήσεων

Γενικότερα έχουν προταθεί ταξινομήσεις των κατολισθήσεων μιας και κρίθηκε από πολύ νωρίς ότι ήταν σκόπιμο να ερευνηθεί ο μηχανισμός δράσης τους προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι συνέπειες του. Κάθε ταξινόμηση δίνει μεγαλύτερη σημασία σε κάποιον ή κάποιους παράγοντες και έχουν διαφορετικά



πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένες από τις πρώτες ταξινομήσεις αλλά και μεταγενέστερες.

### **1.3.1 Ταξινόμηση κατά Heim**

- Η παλαιότερη μιας και έχει προταθεί από το 1885 και περιλαμβάνει
- Κατολισθήσεις λεπτής φέτας
- Κατολισθήσεις με αποκοπή
- Κατολισθήσεις-ολισθήσεις κατά τη διεύθυνση της στρώσης
- Κατολισθήσεις με περιστροφή
- Καταπτώσεις καθώς και σύνθετους τύπους με ένα συνδυασμό συνδυασμό των απλών.

### **1.3.2. Ταξινόμηση κατά Penta**

- Κατολισθήσεις γαιών, βραχωδών πετρωμάτων και κλαστικών υλικών
- Κατακρημνίσεις επιφανειακές και μεγάλων μαζών
- Καταρρεύσεις
- Καθιζήσεις
- Μικτές και πολύπλοκοι τύποι κατολισθήσεων

### **1.3.3. Ταξινόμηση κατά Desio**

- Κατολισθήσεις με κατάρρευση
- Κατολισθήσεις με διάρρευση
- Κατολισθήσεις με ολίσθηση
- Κατολισθήσεις με θραύση
- Κατολισθήσεις με κατακρήμνιση
- Κατολισθήσεις πολύπλοκες

#### **1.3.4. Ταξινόμηση κατά Zaruba - Mencl**

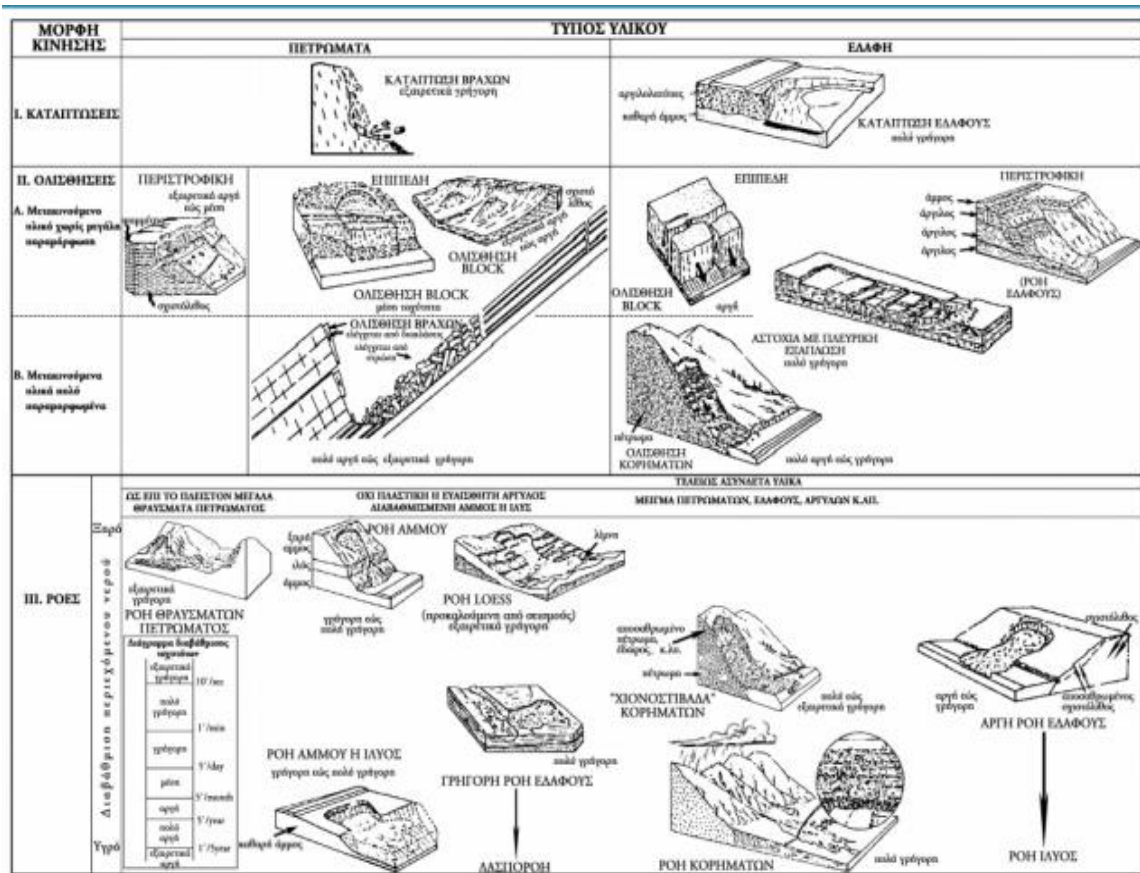
Οι Zaruba - Mencl διακρίνουν τύπους κατολισθήσεων ανάλογα με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του σχηματισμού. Έτσι διακρίνονται:

- Μετακινήσεις αργιλικών αποθέσεων
  1. Ερπυσμός κορημάτων και κάμψεις κεφαλών στρωμάτων ,
  2. Ολίσθηση του επιφανειακού μανδύα αποσάθρωσης ,
  3. Ροές γαιών ,
  4. Ροές κορημάτων
  
- Μετακινήσεις σε αργιλικά πετρώματα
  1. Ολίσθηση κατά μήκος κυλινδρικών επιφανειών ολίσθησης ,
  2. Ολίσθηση κατά μήκος σύνθετων επιφανειών ,
  3. Μετακίνηση σε πλαστικά πετρώματα
  
- Ολισθήσεις συμπαγών πετρωμάτων
  1. Ολίσθηση κατά μήκος υφιστάμενης ασυνέχειας ,
  2. Ολίσθηση βαρύτητας ,
  3. Πτώση βράχων
  
- Ειδικές περιπτώσεις μετακινήσεων
  1. Εδαφική ροή ,
  2. Ροή αργίλων ,
  3. Ημι-υγρή ολίσθηση

#### **1.3.5. Ταξινόμηση κατά Varnes**

Θεωρείται μία από τις πληρέστερες μιας και λαμβάνεται υπόψη το είδος της κίνησης, το υλικό, η μορφή της κίνησης . Διακρίνονται διάφορα είδη:

- Καταπτώσεις
- Ολισθήσεις
- Ροές

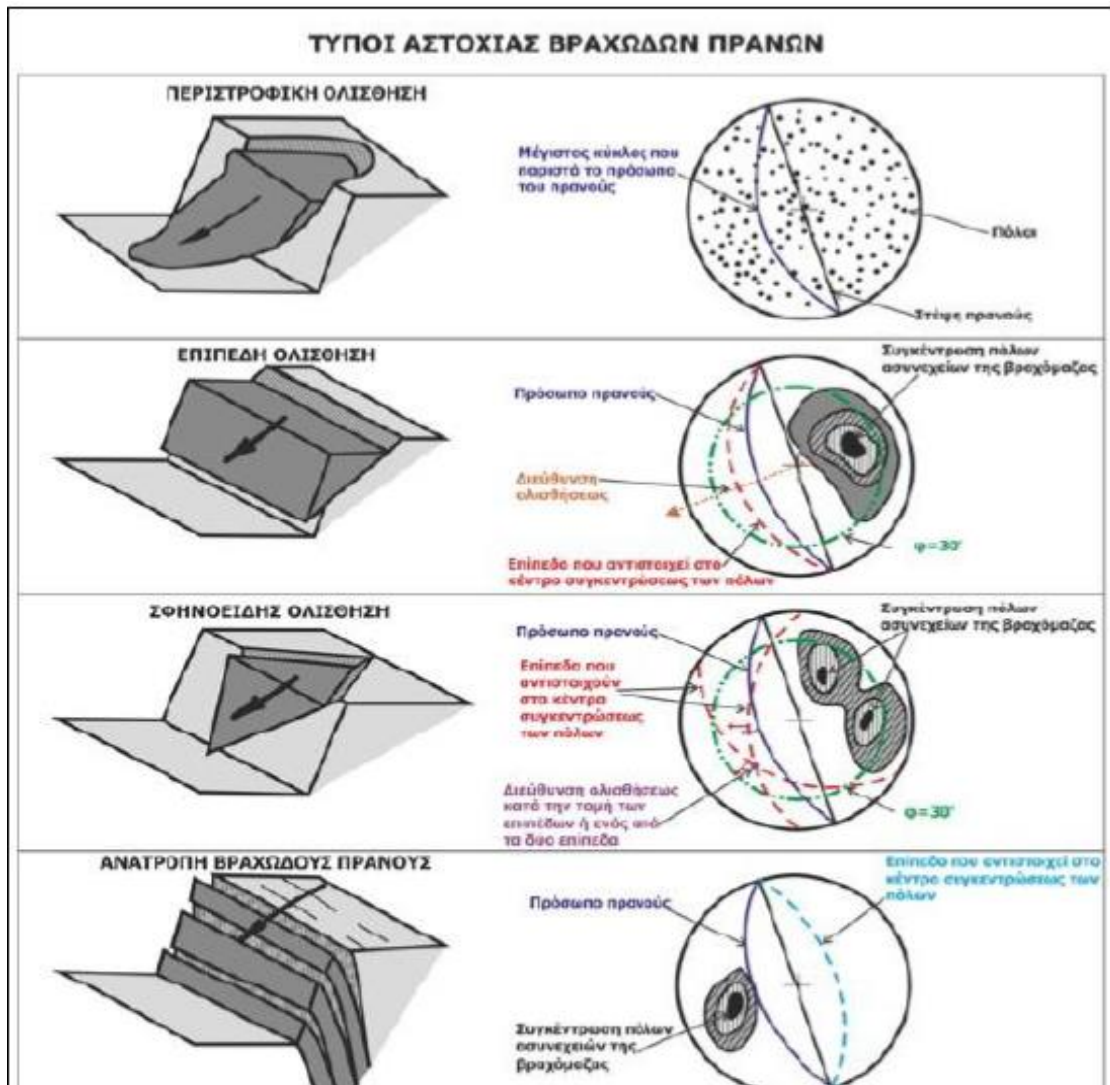


Σχήμα 2 Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Varnes(1978)

### 1.3.6. Ταξινόμηση κατά Hoek - Bray(1981)

Η ταξινόμηση κατά Hoek - Bray αφορά κατολισθήσεις αποκλειστικά σε βραχώδεις μάζες, οι οποίες διακρίνονται σε:

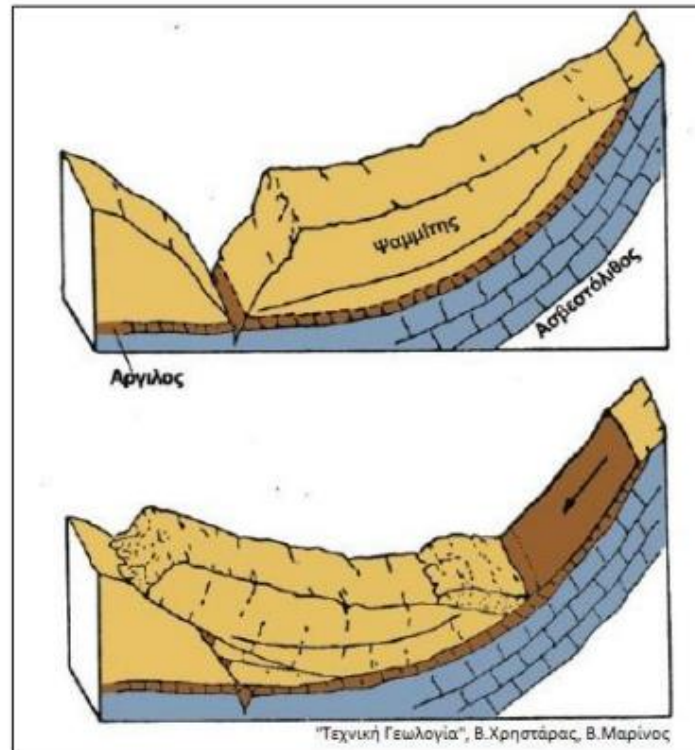
- Απλές θραύσεις
  1. Επίπεδη ,
  2. Σφηνοειδής ,
  3. Κυκλική ,
  4. Ανατροπή



Σχήμα 3 Κύριοι τύποι αστοχίας πρανών και στερεοδιαγράμματα τεκτονικών δομών (Τροποποιημένο κατά Muller(1963), Hoek & Bray(1981))

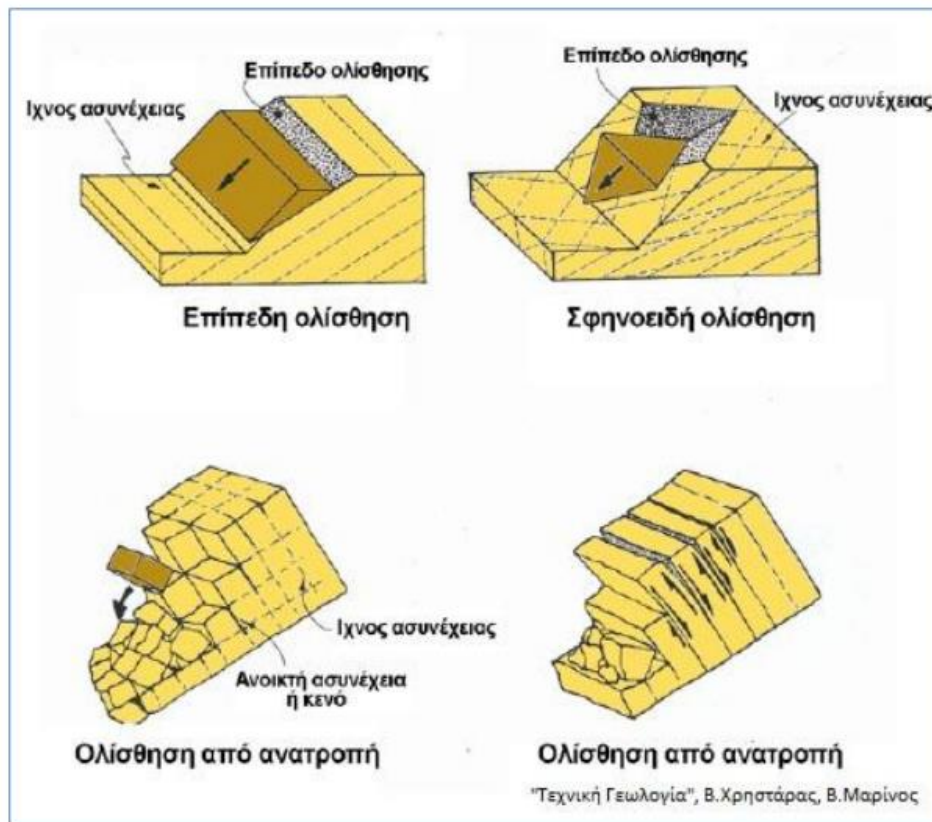
- Σύνθετες θραύσεις
  1. Θραύσεις σε δύο επιφάνειες ,
  2. Θραύσεις από διόγκωση ,
  3. Ολίσθηση και ανατροπή ,
  4. Θραύσεις από επαγωγικές τάσεις ,
  5. Προοδευτική θραύση
- Εκτόξευση βράχων

Οι εκτοξεύσεις βράχων υπάρχουν κατά κύριο λόγο βραχώδεις σχηματισμοί και για αυτό και επιλέχθηκε ως πληρέστερη να χρησιμοποιηθεί η κατάταξη Hoek - Bray(1981) .



Σχήμα 4 Ισότροπη συμπεριφορά βράχου, από "Τεχνική Γεωλογία" Β.Χρηστάρας, Β.Μαρίνος

Με βάση τα παραπάνω οι βραχώδεις σχηματισμοί μπορεί να συμπεριφερθούν ισότροπα, προκαλώντας μια περιστροφική ολίσθηση, σχήμα 3 και εικόνα 1 είτε ανισότροπα με συνέπεια μια επίπεδη/σφηνοειδή ολίσθηση ή μια ανατροπή, σχήμα 4 και εικόνες 2,3,4.



Σχήμα 5 Ανισότροπη συμπεριφορά βράχου, από "Τεχνική Γεωλογία"  
Β.Χρηστάρας, Β.Μαρίνος

Περιστροφική ολίσθηση : Η ολίσθηση αυτή πραγματοποιείται μέσα από τη συνολική μάζα της βραχώμαζας, θραύοντας τόσο τις ασυνέχειες όσο και το άρρηκτο πέτρωμα. Συμβαίνει στις περιπτώσεις έντονα κερματισμένης βραχώμαζας. Στην περίπτωση αυτή η βραχώμαζα συμπεριφέρεται σαν έδαφος, ισότροπα.



Εικόνα 2 Περιστροφική ολίσθηση βράχου, από "Τεχνική Γεωλογία"  
Β.Χρηστάρας, Β.Μαρίνος

Επίπεδη ολίσθηση: Συμμετέχει μία μόνο επιφάνεια ασυνέχειας η οποία προβάλλει στο μέτωπο του πρανούς και η ολίσθηση γίνεται κατά μήκος αυτής.



Εικόνα 3 Επίπεδη ολίσθηση, φωτογραφία του Roozbeh Geraili  
Mikola

Σφηνοειδής ολίσθηση: Η ολίσθηση τύπου σφήνας πραγματοποιείται κατά μήκος της ακμής του διεδρου που σχηματίζεται από την τομή δύο ασυνεχειών η οποία έχει κλίση προς το μέτωπο του πρανούς.



Εικόνα 4 Σφηνοειδής ολίσθηση, φωτογραφία του Omen Necrofis

Ανατροπή: Αυτή η αστοχία περιλαμβάνει πλάκες ή κολώνες βράχου και συμβαίνει όταν μία ασυνέχεια βυθίζεται αντίθετα με τη φορά του πρανούς και με μεγάλη κλίση. Λόγω βαρύτητας, κολώνες κάμπτονται, αποκολλούνται και πέφτουν.

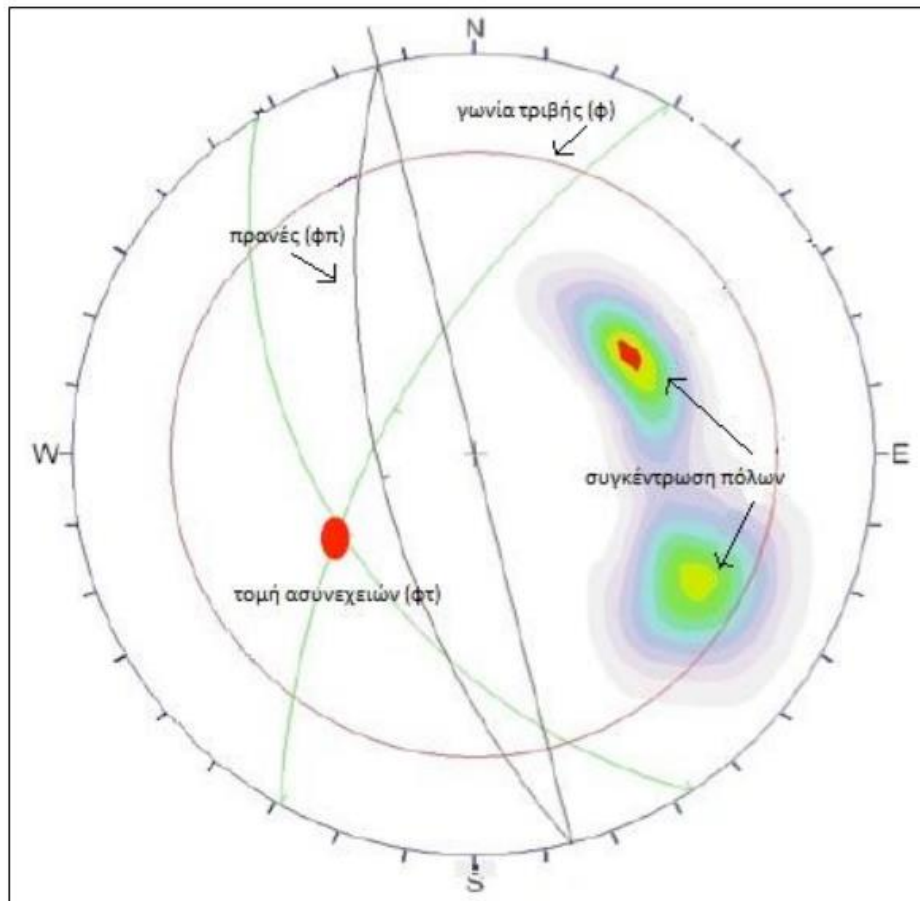




Εικόνα 5 Αστοχία ανατροπής, από παρουσίαση του Riccardo Fanti στο <http://www.geologimarche.it/>

Ανισότροπα συμπεριφέρεται μια βραχώμαζα όταν λαμβάνει χώρα ολίσθηση επάνω σε μία ή περισσότερες ασυνέχειες της (επίπεδη, σφηνοειδής, ανατροπή). Η θραύση και η ολίσθηση ευνοούνται από τον δυσμενή προσανατολισμό των ασυνεχειών σε σχέση με αυτόν του πρανούς.

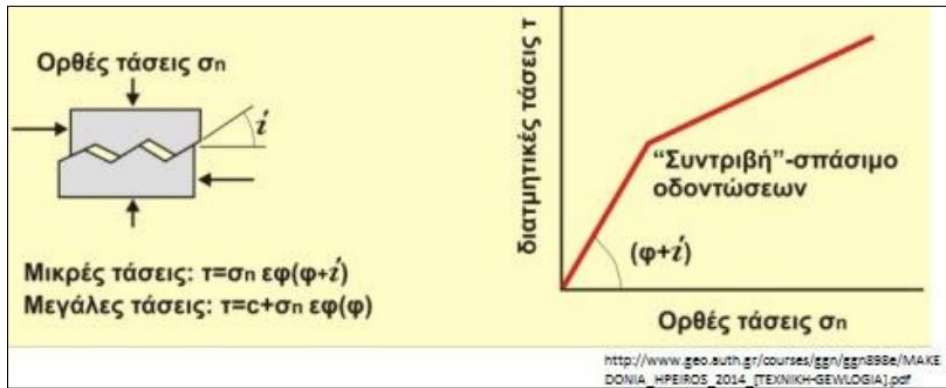
Η διαπίστωση ευνοϊκών προσανατολισμών ή όχι προκύπτει με τη σύνταξη στερεοδιαγραμμάτων στο δίκτυο Schmidt όπου γίνεται αναπαράσταση των ασυνεχειών ενός πρανούς, της κλίσης αυτού και της γωνίας τριβής των ασυνεχειών που εμπλέκονται στην ολίσθηση καθώς και κινηματική ανάλυση για τον εντοπισμό του μηχανισμού αστοχίας



Σχήμα 6 Στεροδιάγραμμα Schmidt μιας σφηνοειδούς ολίσθησης

Οι βασικές μηχανικές παράμετροι που καθορίζουν την κινηματική συμπεριφορά των διακλάσεων είναι η συνοχή τους (ή αυτή του υλικού πλήρωσης) και η γωνία τριβής τους. Η διατμητική αντοχή των ασυνεχειών προσδιορίζεται με τη γενική εξίσωση Mohr-Coulomb κατά την οποία  $\tau = c + \sigma \cdot \tan\phi$  όπου  $\tau$  η διατμητική τάση κατά την αστοχία,  $c$  η συνοχή,  $\sigma$  η ορθή τάση κατά την αστοχία και  $\phi$  η γωνία τριβής.

Η βασική γωνία τριβής  $\phi_b$  είναι σημαντική στην κατανόηση της διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών. Θεωρούμε βασική γωνία τριβής  $\phi_b$  αυτήν που υπολογίζεται για επίπεδες βραχώδεις επιφάνειες που έχουν τεχνητά κοπεί. Ο Patton(1966) πρότεινε τη σχέση  $\tau = \sigma \cdot \tan(\phi_b + i)$  όπου  $\phi_b$  η βασική γωνία τριβής και  $i$  η γωνία της οδόντωσης, σχήμα 6.

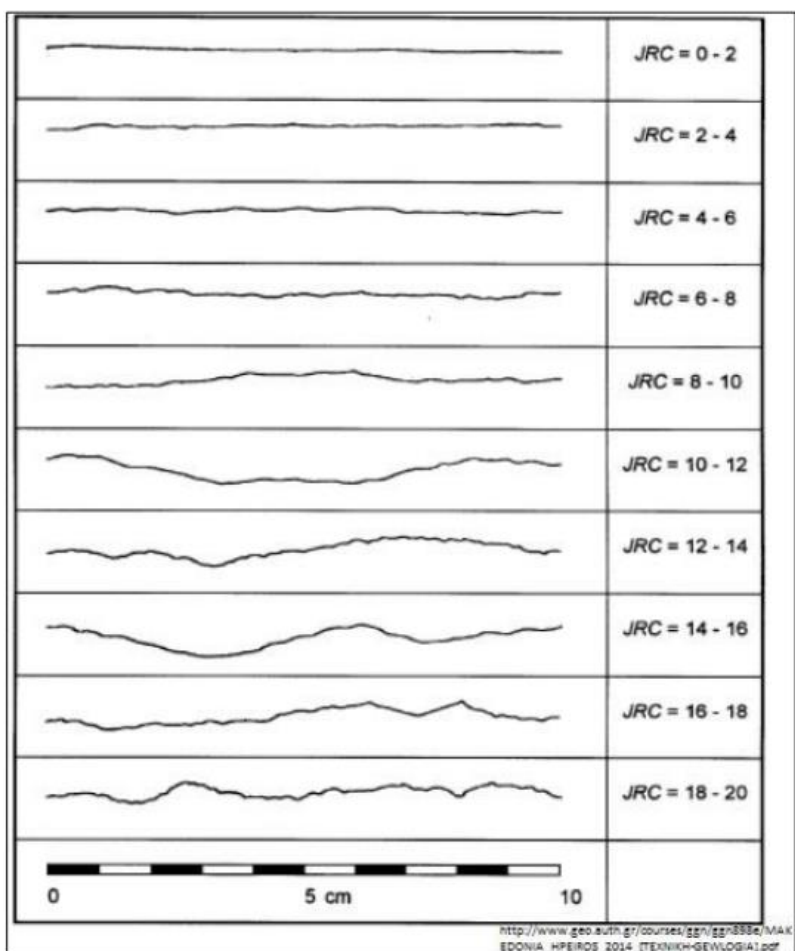


Σχήμα 7 Σχέση γωνίας τριβής και οδόντωσης (Patton), από ηλεκτρονικά μαθήματα "Τεχνική Γεωλογία" στο <http://www.geo.auth.gr/>

Για μεγάλες τιμές ορθής τάσης οι οδοντώσεις των ασυνεχειών κατά τη διάτμηση θραύονται και η αντοχή των επιφανειών περιγράφεται καλύτερα από την εμπειρική σχέση που προτάθηκε από τον Barton (1973)

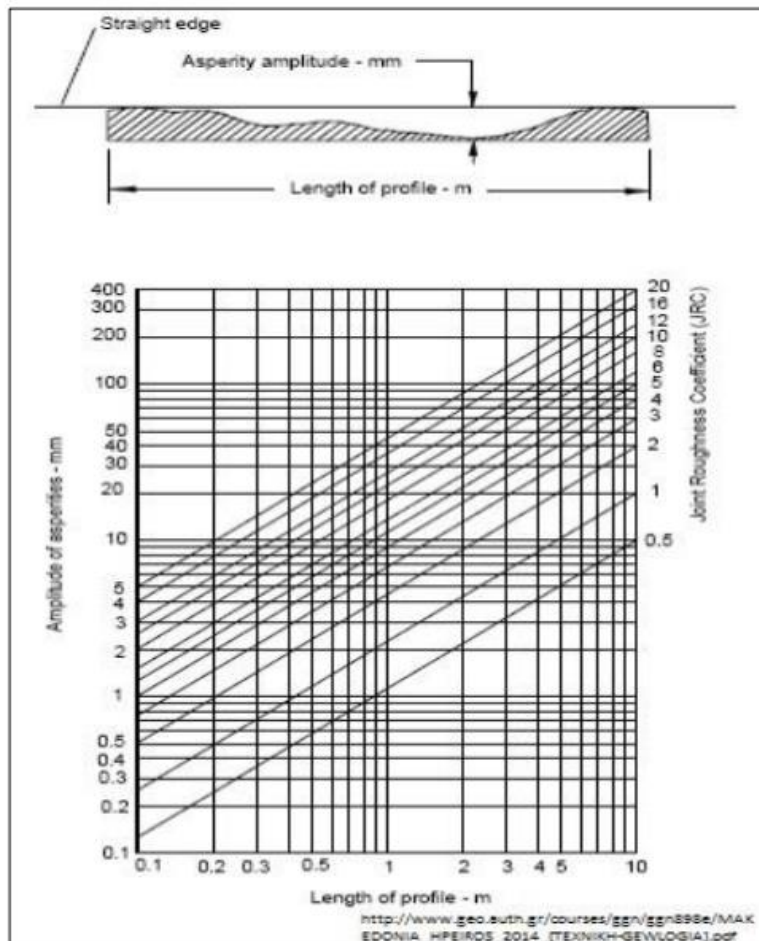
$$\tau = \sigma' \cdot \tan (JRC \cdot \log + \phi_b),$$

όπου  $\tau$  η μέγιστη διατμητική αντοχή,  $\sigma'$  η ενεργή ορθή τάση, JRC ο συντελεστής τραχύτητας ασυνεχειών, JCS ο συντελεστής συμπίεστικής αντοχής ασυνεχειών και  $\phi_b$  η βασική γωνία τριβής



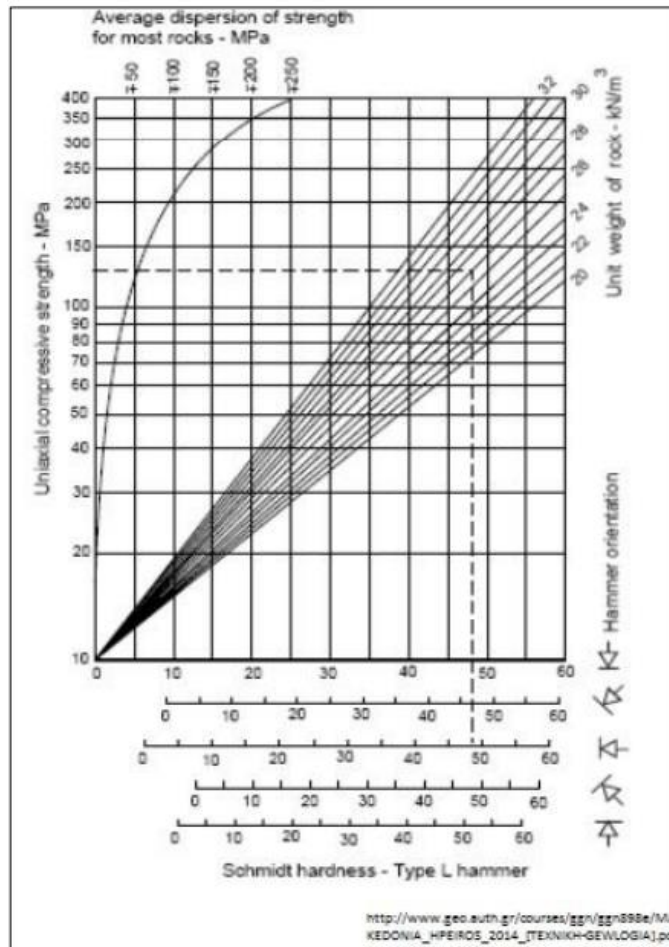
Σχήμα 8 Προφίλ τραχύτητας επιφανειών και αντίστοιχες τιμές συντελεστή JRC (Barton και Choubey, 1977), από ηλεκτρονικά μαθήματα "Τεχνική Γεωλογία" στο <http://www.geo.auth.gr/>

Στην περίπτωση που θέλουμε να μετρήσουμε το JRC μιας επιφάνειας μεγάλου μήκους τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το νομόγραμμα του Barton (1982) στο οποίο υπεισέρχεται το συνολικό μήκος της επιφάνειας και η απόσταση του βαθύτερου σημείου από τη νοητή οριζόντια που διέρχεται από το υψηλότερο σημείο της επιφάνειας.



Σχήμα 9 Νομόγραμμα υπολογισμού του συντελεστή JRC από το πλάτος (εύρος) της τραχύτητας χρησιμοποιώντας ευθύ άκρο κατά Barton(1982), από ηλεκτρονικά μαθήματα "Τεχνική Γεωλογία" στο <http://www.geo.auth.gr/>

Για τον επί τόπου υπολογισμό της τιμής της JCS κατά μήκος μιας επιφάνειας ασυνέχειας χρησιμοποιείται συνήθως η σφύρα Schmidt όπως προτάθηκε από τους Deere και Miller(1966) και υπολογίζεται μέσω του αριθμού των αναπηδήσεων της στην επιφάνεια αυτή.



Σχήμα 10 Εκτίμησης του JRC με βάση τη σκληρότητα Schmidt κατά Deere και Miller(1966), από ηλεκτρονικά μαθήματα "Τεχνική Γεωλογία" στο <http://www.geo.auth.gr/>

Η ποσοτικοποίηση της ευστάθειας ή της αστοχίας γίνεται μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή ασφαλείας. Αυτός ορίζεται γενικά ως ο λόγος των δυνάμεων που αντιτίθεται στην αστοχία ή ολίσθηση προς τις δυνάμεις που την προκαλούν.

$$F = \frac{\text{δυνάμεις συγκράτησης}}{\text{δυνάμεις ολίσθησης}}$$

Έτσι όσο μεγαλύτερες τιμές από τη μονάδα παίρνει ο συντελεστής αυτός τόσο μεγαλύτερη η ευστάθεια. Αντίθετα τιμές μικρότερες της μονάδας δείχνουν δυνητική αστοχία.

Οι δυνάμεις συγκράτησης είναι το βάρος(κάθετη συνιστώσα), η τριβή και η συνοχή κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης ενώ οι δυνάμεις που ωθούν σε ολίσθηση είναι το βάρος(παράλληλη

συνιστώσα), η πίεση του νερού ανάμεσα στις ασυνέχειες, η δύναμη από πιθανό σεισμό και κάποιο εξωτερικό φορτίο.

## **Κεφάλαιο 2ο Γεωτεχνικοί κίνδυνοι και τεχνολογίες μετριασμού καταστροφών**

### **2.1 Εισαγωγή**

Ο φυσικός κίνδυνος είναι αναμενόμενο ή ανεξέλεγκτο φυσικό συμβάν ασυνήθιστου μεγέθους που απειλεί τις δραστηριότητες των ανθρώπων ή τους ίδιους τους ανθρώπους (Orense, 2003). Ο φυσικός κίνδυνος μπορεί να οδηγήσει σε μια φυσική καταστροφή εάν έχει ως αποτέλεσμα την ευρεία καταστροφή περιουσιών και έχει προκαλέσει τραυματισμούς και/ή θάνατο. Αυτά τα φυσικά συμβάντα που επηρεάζουν άμεσα το έδαφος ή προκαλούν κινήσεις του εδάφους ονομάζονται γεωτεχνικοί κίνδυνοι. Μερικοί γεωτεχνικοί κίνδυνοι είναι: σεισμοί και κίνδυνοι που σχετίζονται με τους σεισμούς όπως η ρευστοποίηση του εδάφους, η πλευρική επέκταση και το τσουνάμι, οι κατολισθήσεις του εδάφους ή τα προβλήματα λόγω κλίσεων του εδάφους.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν την εμφάνιση και τη σοβαρότητα ενός γεωτεχνικού κινδύνου, όπως οι κατασκευές στην κορυφή μιας μη σταθερής πλαγιάς θα αυξήσουν την πιθανότητα κατάρρευσης της πλαγιάς, η απότομη κλίση λόγω εκσκαφών στην πλαγιά ενός λόφου ή οι επιχωματώσεις και η υπερβολική υλοτομία μπορούν να προκαλέσουν κατολισθήσεις. Μολονότι οι φυσικοί γεωτεχνικοί κίνδυνοι δεν μπορούν να προληφθούν, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα ελέγχου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές. Με αποτελεσματικές τεχνικές μετριασμού, μπορούν να μειωθούν οι ζημιές, η σοβαρότητα των επιπτώσεων αυτών και επίσης να μειωθούν τα δεινά για τους ανθρώπους που προκύπτουν από τέτοιες καταστροφές.

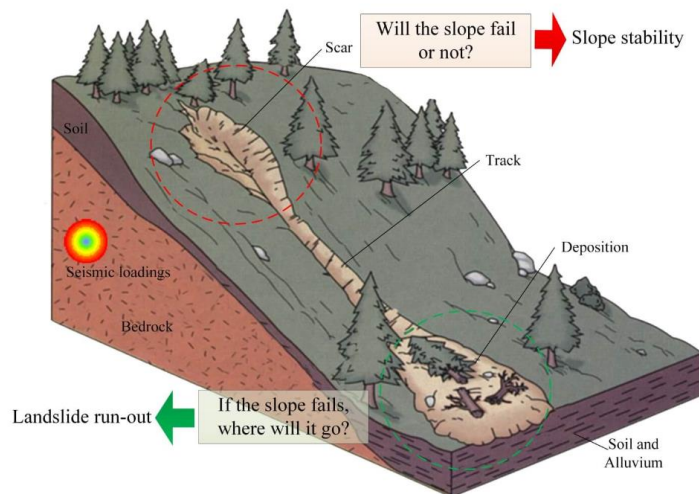


## 2.2 Γεωτεχνικοί κίνδυνοι

Για την εκδήλωση φαινομένου αστοχίας πρανών συνήθως απαιτείται η συνύπαρξη πολλών παραγόντων τόσο γεωλογικών, γεωτεχνικών, μορφολογικών, περιβαλλοντολογικών όσο και ανθρώπινων. Η παρουσία αυτών των παραγόντων δρα καταλυτικά μειώνοντας στην ουσία την ευστάθεια των μαζών.

### 2.2.1 Σεισμοί

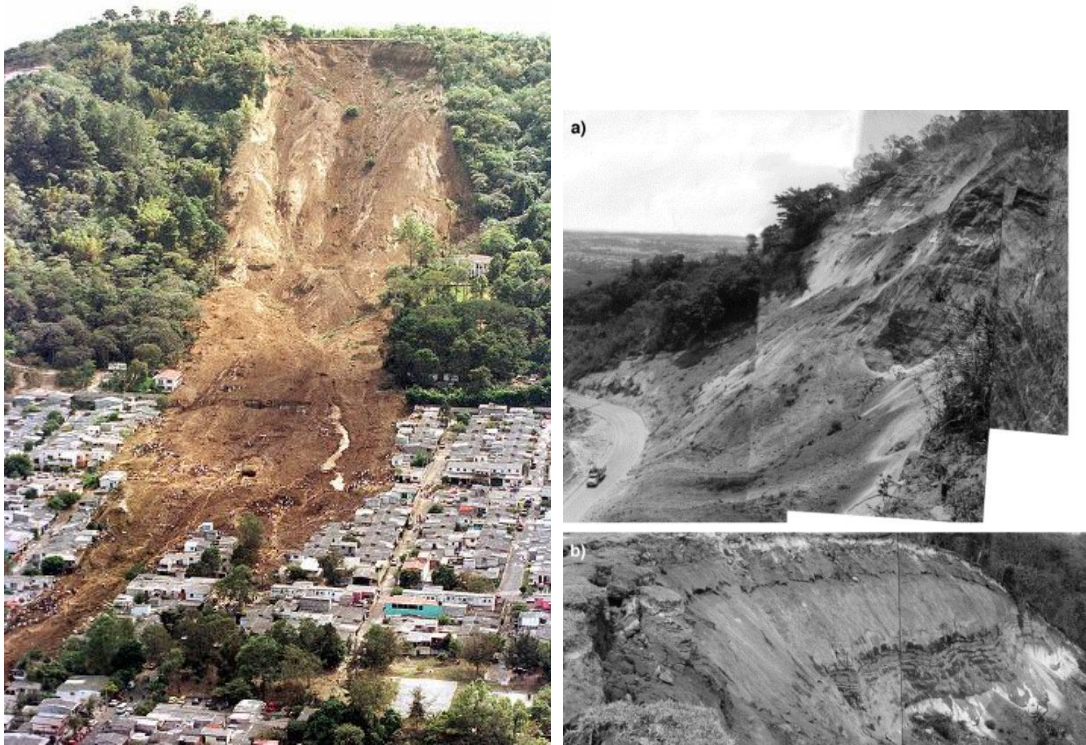
Ένας σεισμός είναι το αποτέλεσμα μιας ξαφνικής απελευθέρωσης ενέργειας στον φλοιό της γης που δημιουργεί σεισμικά κύματα. Στην επιφάνεια της γης, οι σεισμοί εκδηλώνονται με δονήσεις και μερικές φορές μετατόπιση του εδάφους. Οι σεισμικές δονήσεις ή άλλη ταχεία φόρτιση μπορούν να μειώσουν την αντίσταση στη διάτμηση του εδάφους και να κάνουν το έδαφος να συμπεριφέρεται σαν υγρό, οπότε το συμβάν ονομάζεται ρευστοποίηση του εδάφους. Οι δονήσεις σε έναν σεισμό μπορούν επίσης να προκαλέσουν κατολισθήσεις και περιστασιακά ηφαιστειακή δραστηριότητα.



Σχήμα 1 προσομοίωση κατολίσθησης

## Σεισμός στο El Salvador

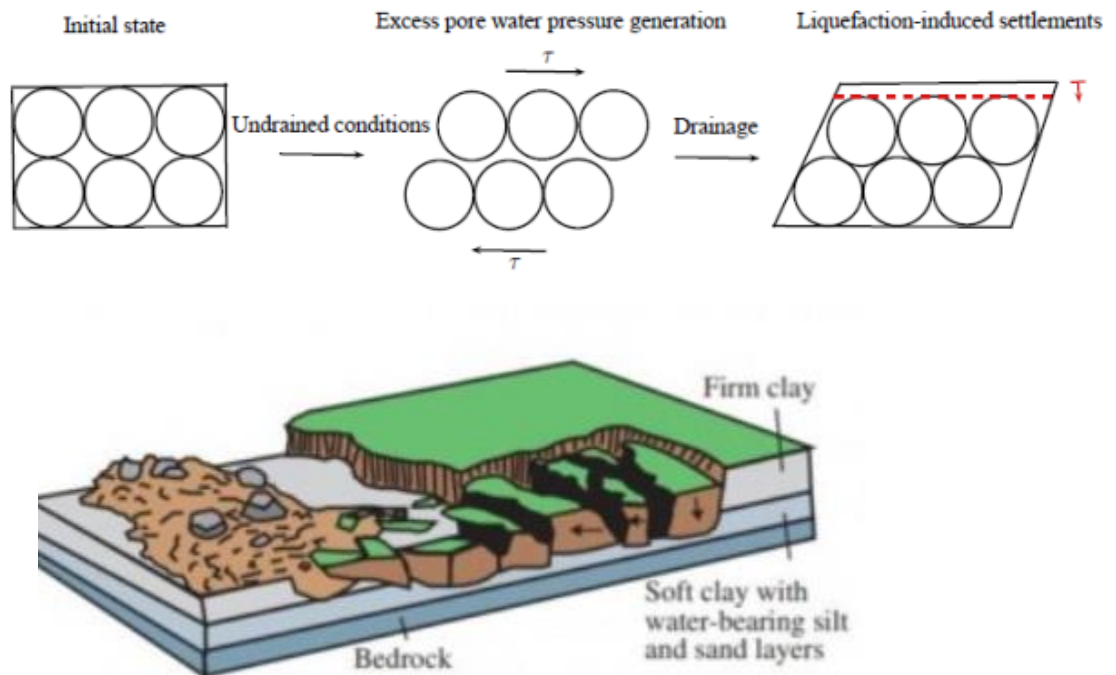
Κατά τη διάρκεια του σεισμού στο Ελ Σαλβαδόρ προκλήθηκε η κατολίσθηση του Las Colinas ,μία από τις πιο καταστροφικές κατολισθήσεις που έχουν γίνει ποτέ γνωστές .



Εικόνα 1,2 κατολίσθηση σεισμού στο Ελ Σαλβαδόρ

### 2.2.2 Ρευστοποίηση εδάφους

Ως ρευστοποίηση ορίζεται ένα φαινόμενο όπου σε ένα κορεσμένο έδαφος, κυρίως αμώδες και λεπτόκοκκο, το οποίο υποβάλλεται σε μονοτονική ή ανακυκλιζόμενη διατμητική δύναμη, χάνει ένα μεγάλο ποσοστό της διατμητικής του αντοχής και ρέει με έναν τρόπο που θυμίζει ρευστό (Castro και Poulos, 1977). Η ρευστοποίηση εμφανίζεται σε κορεσμένες αποθέσεις λεπτόκοκκης άμμου κατά τη διάρκεια ανακυκλιζόμενης σεισμικής φόρτισης. Κατά τη διάρκεια αυτής της φόρτισης, η κορεσμένη άμμος συμπυκνώνεται και λόγω του αστράγγιστου χαρακτήρα της, οι σεισμικές ορθές τάσεις από τον εδαφικό σκελετό μεταφέρονται στο νερό. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων και συνεπώς η μείωση των ενεργών τάσεων. Όταν οι πιέσεις του νερού των πόρων αυξηθούν σε τέτοιο βαθμό ώστε οι ενεργές τάσεις να πλησιάζουν τη μηδενική τιμή, η διατμητική αντοχή του εδάφους πλέον είναι μηδενική και το έδαφος ρευστοποιείται.



Σχήμα 2,3 Απλοποιημένη σχηματική αναπαράσταση ρευστοποίησης εδάφους απεικονίζεται

## **Φαινόμενο ρευστοποίησης στην πόλη Boumerdès, Βόρεια Αλγερία**

Η πόλη Boumerdes στην βόρεια Αλγερία επηρεάστηκε άσχημα κατά τη διάρκεια του σεισμού την 21η Μαΐου 2003 που προκάλεσε εκτεταμένη ρευστοποίηση.



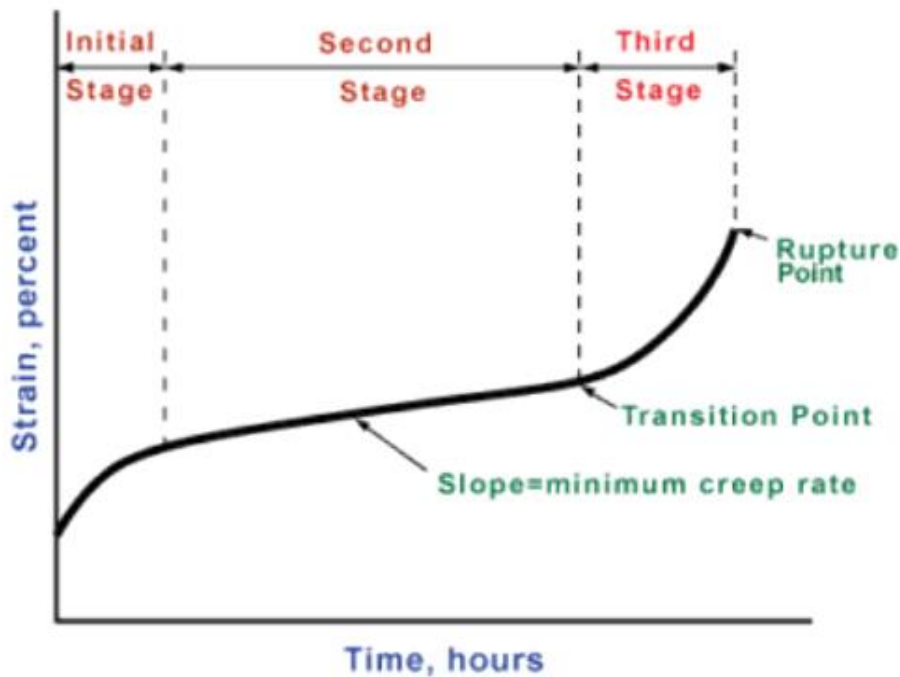
Εικόνες 3,4 Παράδειγμα φαινομένου ρευστοποίησης στην περιοχή Boumerdes



Εικόνες Διαφορετικοί τύποι ρευστοποίησης που εμφανίστηκαν κατά την διάρκεια του σεισμού

### 2.2.3 Ερπυσμός

Ερπυσμό ονομάζουμε την συνεχή παραμόρφωση που παρουσιάζουν υλικά με τη πάροδο του χρόνου, όταν βρίσκονται υπό τάση και σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών. Όταν ένα υλικό φορτίζεται υπό σταθερή τάση, τότε η παραμόρφωσή του αυξάνει συναρτήσει του χρόνου μέχρι ενός σημείου οπότε είναι δυνατόν να συμβεί η θραύση του. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θραύση λόγω ερπυσμού (creep rupture) ή σε άλλες περιπτώσεις ονομάζεται στατική κόπωση (static fatigue).



Σχήμα 4 Διάγραμμα τάσης συναρτήσει του χρόνου

### **Κατολίσθηση στην περιοχή Vagharad της Σουηδίας**

Στις 23 Μαΐου 1997, σημειώθηκε κατολίσθηση στην κοινότητα Vagharad στη Σουηδία. Ήταν η μεγαλύτερη κατολίσθηση που εμφανίστηκε σε κατοικημένη περιοχή στην Σουηδία από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Πραγματοποιήθηκε σε πλαγιά από αργιλώδες έδαφος και κάλυψε μια έκταση 200 m κατά μήκος του ποταμού Trosa. Στις 15 Μαΐου 1997 προηγήθηκε μία μικρότερη αστοχία πρανούς κατά μήκος του ποταμού.



Εικόνα7 Μερική όψη της κατολίσθησης της 23ης Μάη .



Εικόνα 8 Κατεστραμμένο οίκημα λόγω κατολίσθησης

#### **2.2.4 Βροχόπτωση**

Η εκδήλωση των κατολισθήσεων κάτω από την επίδραση των βροχοπτώσεων οφείλεται αρχικά στην γρήγορη κατείσδυση του νερού της βροχής το οποίο προκαλεί κορεσμό του εδάφους, αύξηση του βάρους της εδαφικής μάζας, αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων, με αποτέλεσμα την μείωση της διατμητικής αντοχής του εδάφους. Ο μηχανισμός αυτός ισχύει τόσο για νέες όσο και για τις επανα-ενεργοποιημένες επιφάνειες ολίσθησης.

Οι περιπτώσεις νέων κατολισθήσεων που προκαλούνται από βροχοπτώσεις, εκδηλώνονται συνήθως σε αποσαθρωμένα εδάφη με μέτρια πλαστικότητα και πρανή με κλίσεις συνήθως από 25 έως 45 μοίρες.

Οι επανενεργοποιήσεις παλαιών επιφανειών ολίσθησης λόγω επίδρασης των βροχοπτώσεων συμβαίνουν συνήθως σε μέτριας έως υψηλής πλαστικότητας εδάφη, είτε σε περιοχές παλαιών μεγάλων κατολισθήσεων ή σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονη τεκτονική καταπόνηση και έχουν ιστορικό εδαφικών μετακινήσεων.



### **Οι κατολισθήσεις των Cherry Hills, πόλη Antipolo, νησί Luzon**

Στις 3 Αυγούστου 1999, μετά από αρκετές ημέρες συνεχών έντονων βροχοπτώσεων, σημειώθηκε κατολίσθηση στην περιοχή Cherry Hills, SanLuis Village στην πόλη Antipolo, 32 χλμ. ανατολικά της Μανίλα στις Φιλιππίνες. Καταστράφηκαν περίπου 379 σπίτια με αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους τουλάχιστον 58 άνθρωποι. Η περιοχή αυτή είχε αναπτυχθεί σε έδαφος με μέτρια κλίση στην πόλη Antipolo (Εικ. 9). Μια επακόλουθη έρευνα πεδίου από τους Maglambayan κ.ά. (1999) έδειξε ότι η εκσκαφή που σχετίζεται με τις κατασκευές στην περιοχή οδήγησε σε υπερβολική απότομη κλίση των πρανών. Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να επιτάχυναν τη διαδικασία και να προκάλεσαν τις κατολισθήσεις (Orense, 2003). Οι υδροστατικές πιέσεις που αναπτύχθηκαν κατά μήκος των ρωγμών μπορεί να μετέτρεψαν τα πρανή σε ασταθή.



Εικ.9 Η περιοχή Cherry Hills, στην πόλη Antipolo ,Φωτό:Punongbayan(1999)

### **Οι κατολισθήσεις του νησιού Panaon, νότιο Leyte**

Από τις 17 έως τις 20 Δεκεμβρίου 2003, πολυάριθμες κατολισθήσεις και πλημμύρες σημειώθηκαν στις νότιες Φιλιππίνες, ειδικά στην επαρχία Southern Leyte, Surigao και Agusan (Cabria και Catane, 2003). Η πιο καταστροφική από αυτές συνέβη στις 19 Δεκεμβρίου

στο νησί Panaon, στο νότιο Leyte (Εικ. 10). Εκατοντάδες άνθρωποι σκοτώθηκαν και τραυματίστηκαν ενώ περισσότεροι έμειναν άστεγοι. Οι κατολισθήσεις προήλθαν από μέτρια κλίση των πρανών (μεταξύ 30 και 40 μοιρών) με παχιά εδαφική κάλυψη. Οι περισσότερες από τις κατολισθήσεις αφορούσαν συντρίμια και εδαφικά υλικά και όχι βράχους. Ο μηχανισμός κυριαρχείται από την ταχεία ολίσθηση του εδάφους που μετατρέπεται σε ροή συντριμμιών, υποδηλώνοντας την κορεσμένη φύση των υλικών της πλαγιάς



Εικ.10 Κατολισθήσεις στο νησί Panaon, Φωτό: PhilippineStar(2003)

### 2.2.5 Πυρκαγιά

Στις πυρόπληκτες περιοχές, οι μεταβολές που προκαλούνται στο ανώτερο στρώμα του εδάφους, όπως η εκτεταμένη ξήρανση του και για αποτέφρωση του οργανικού υλικού μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά της υδατοπερατότητας και διάβρωσιμότητας του, προκαλώντας έτσι τη μείωση της ικανότητας κατείσδυσης του νερού και επακόλουθα την αύξηση της επιφανειακής απορροής είτε επί της εδαφικής επιφάνειας είτε εντός των υδρο-ρευμάτων με τελικό αποτέλεσμα τη μετακίνηση του εδάφους.

### **Ροές συντριμμιών στην Νότια Καλιφόρνια μετά από πυρκαγιά**

Στη νότια Καλιφόρνια παράγονται ροές συντριμμιών από πρόσφατα καμένες περιοχές. Η απώλεια των στοιχείων της βλάστησης από τις πυρκαγιές αυξάνει τη διαβρωτική ικανότητα του νερού και κατ'επέκταση τη διάβρωση. Καθώς και η μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων εδάφους είτε από το εσωτερικό των υδατορευμάτων είτε από την επιφάνεια των πρηνών.



## **2.4 Επισκόπηση της χαρτογράφησης της επικινδυνότητας κατολισθήσεων και της διαδικασίας αναπτυξιακού σχεδιασμού**

Η επιδεκτικότητα μιας δεδομένης περιοχής σε κατολισθήσεις μπορεί να προσδιοριστεί και να απεικονιστεί χρησιμοποιώντας τη διάκριση σε ζώνες της επικινδυνότητας. Ένας χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων μπορεί να προετοιμαστεί νωρίς στη μελέτη σχεδιασμού και να αναπτυχθεί με περισσότερες λεπτομέρειες καθώς προχωρά η μελέτη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τον προσδιορισμό των περιοχών που είναι οι καταλληλότερες για ανάπτυξη, εξετάζοντας τον πιθανό κίνδυνο κατολίσθησης. Επιπλέον, μόλις εντοπιστεί η επιδεκτικότητα στις κατολισθήσεις, μπορούν να αναπτυχθούν επενδυτικά έργα που αποφεύγουν, αποτρέπουν ή μετριάζουν ουσιαστικά την επικινδυνότητα.

Ο προσδιορισμός της έκτασης της επικινδυνότητας κατολίσθησης απαιτεί τον εντοπισμό εκείνων των περιοχών που θα μπορούσαν να επηρεαστούν από μια καταστροφική κατολίσθηση και την αξιολόγηση της πιθανότητας η κατολίσθηση να συμβεί μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα. Γενικά, ωστόσο, ο καθορισμός ενός χρονικού πλαισίου για την εκδήλωση μιας κατολίσθησης είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ακόμη και υπό ιδανικές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα, η επικινδυνότητα των κατολισθήσεων αντιπροσωπεύεται συχνά από την επιδεκτικότητα για κατολισθήσεις (Ciurean, Schröter&Glade, 2013). Παρόμοια με την έννοια των επιρρεπών σε πλημμύρες περιοχών, η επιδεκτικότητα στις κατολισθήσεις προσδιορίζει μόνο περιοχές που ενδέχεται να επηρεαστούν και δεν συνεπάγεται ένα χρονικό πλαίσιο κατά το οποίο μπορεί να συμβεί κατολίσθηση. Για να απλοποιηθούν αυτές οι έννοιες, η επιδεκτικότητα στις κατολισθήσεις θα αναφέρεται ως επικινδυνότητα κατολισθήσεων σε αυτό το κεφάλαιο. Η σύγκριση της θέσης μιας περιοχής προτεινόμενης ανάπτυξης με τον βαθμό επικινδυνότητας κατολίσθησης που υπάρχει, επιτρέπει στον μελετητή να εκτιμήσει την επικινδυνότητα κατολίσθησης. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της ικανότητας χρήσης γης και τον προσδιορισμό των κατάλληλων μέτρων μετριασμού.

## **ΟΡΙΣΜΟΙ**

- Επικινδυνότητα κατολίσθησης: όπως αντιπροσωπεύεται από την επιδεκτικότητα, η οποία είναι η πιθανότητα να συμβεί μια δυνητικά επιζήμια κατολίσθηση σε μια δεδομένη περιοχή.
- Ευπάθεια: το επίπεδο του πληθυσμού, της παρουσίας, της οικονομικής δραστηριότητας, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων υπηρεσιών κ.λπ., σε κίνδυνο σε μια δεδομένη περιοχή ως αποτέλεσμα της εκδήλωσης κατολίσθησης ενός συγκεκριμένου τύπου.
- Κίνδυνος (συγκεκριμένος): ο αναμενόμενος βαθμός απώλειας λόγω ενός συγκεκριμένου φαινομένου κατολίσθησης.

Μπορεί να δημιουργηθεί ένας χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων που προσδιορίζει περιοχές με διαφορετικό δυναμικό κατολίσθησης. Η ανάγκη για τέτοιες πληροφορίες επικινδυνότητας κατολισθήσεων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τη μελλοντική χρήση γης. Ο βαθμός της υφιστάμενης επικινδυνότητας κατολίσθησης θεωρείται σχετικός, καθώς αντιπροσωπεύει την προσδοκία μελλοντικής εκδήλωσης κατολισθήσεων με βάση τις συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής. Μια άλλη περιοχή μπορεί να φαίνεται παρόμοια, αλλά, στην πραγματικότητα, μπορεί να έχει διαφορετική επικινδυνότητα κατολίσθησης λόγω ενός ελαφρώς διαφορετικού συνδυασμού συνθηκών κατολίσθησης. Έτσι, η επιδεκτικότητα σε κατολισθήσεις είναι σχετική με τις συνθήκες κάθε συγκεκριμένης περιοχής και δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι πανομοιότυπη για μια παρόμοια εμφανιζόμενη περιοχή.

Ακόμη και με λεπτομερή έρευνα και παρακολούθηση, είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθεί η επικινδυνότητα των κατολισθήσεων σε απόλυτες τιμές. Ωστόσο, υπάρχει επαρκής κατανόηση των διεργασιών κατολισθήσεων για να είναι δυνατή η εκτίμηση του δυναμικού επικινδυνότητας κατολισθήσεων. Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτήν την εκτίμηση για να λάβει ορισμένες αποφάσεις σχετικά με την καταλληλότητα της τοποθεσίας, τον τύπο ανάπτυξης και τα κατάλληλα μέτρα μετριασμού. Έτσι, ο μελετητής καθορίζει τον αποδεκτό κίνδυνο (Wang, Gao, Jiang&Yuan, 2009).

#### **2.4.1 Προσδιορισμός αποδεκτού κινδύνου**

Ο καθορισμός του κατά πόσον υπάρχει ανάγκη για πληροφορίες για την επικινδυνότητα κατολισθήσεων είναι το πρώτο βήμα για να διασφαλιστεί ότι η επικινδυνότητα κατολισθήσεων δεν υπερβαίνει ένα αποδεκτό επίπεδο στον σχεδιασμό μελλοντικής χρήσης γης. Ο στόχος των πληροφοριών για τις κατολισθήσεις είναι να προσδιοριστούν ποιες σχετικά επιδεκτικές σε κατολισθήσεις περιοχές είναι οι καταλληλότερες για ποιους τύπους αναπτυξιακών δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, η αξιολόγηση της επικινδυνότητας κατολισθήσεων θα είχε χαμηλή προτεραιότητα σε περιοχές σχεδιασμού που θα διατεθούν για εθνικά πάρκα ή καταφύγια θηραμάτων. Αντίθετα, οι κατολισθήσεις μπορεί να είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη νέων δασικών εκτάσεων ή για την κατασκευή υποδομών σε ορεινό ή λοφώδες έδαφος. Σαφώς, η ποσότητα των πληροφοριών για την επικινδυνότητα κατολισθήσεων που απαιτείται βασίζεται στο επίπεδο και τον τύπο της αναμενόμενης ανάπτυξης για μια περιοχή. Η αποτυχία κατανόησης των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να έχει η κατολίσθηση σε ένα έργο ή πώς το έργο μπορεί να επηρεάσει το ενδεχόμενο κατολίσθησης μπορεί να επιφέρει αυξημένο κίνδυνο.

Οι φυσικές αλλαγές καθώς και οι αλλαγές που προκαλούνται από τον άνθρωπο μπορούν να επηρεάσουν την επιδεκτικότητα μιας περιοχής στις κατολισθήσεις και πρέπει να γίνονται κατανοητές κατά την αξιολόγηση του δυναμικού κατολισθήσεων μιας περιοχής. Είναι κρίσιμο για έναν μελετητή να εκτιμήσει αυτά τα ζητήματα νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού. Τελικά λαμβάνεται μια απόφαση σχετικά με τον βαθμό κινδύνου που είναι αποδεκτός ή μη αποδεκτός για ένα έργο. Στη συνέχεια, οι στρατηγικές μετριασμού σχεδιάζονται για τη μείωση του κινδύνου. Αυτές οι έννοιες συζητούνται εκτενέστερα αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

Συνιστάται η έγκαιρη διαβούλευση με ειδικούς τεχνικούς κατολισθήσεων, ώστε να μπορούν να αξιολογήσουν τον κίνδυνο των προτεινόμενων δραστηριοτήτων σε μια περιοχή με επικινδυνότητα κατολισθήσεων. Ο μελετητής, αν και δεν αναμένεται να είναι τεχνικός εμπειρογνώμονας, πρέπει να γνωρίζει τις ερωτήσεις που πρέπει να κάνει σε έναν ειδικό κατολισθήσεων. Θέτοντας τις κατάλληλες ερωτήσεις, ο μελετητής θα είναι σε θέση να εντοπίσει και να αξιολογήσει μέτρα για την ελαχιστοποίηση ή την αποφυγή της ευπάθειας στις κατολισθήσεις (Athapaththu, Yabuki&Tsuchida, 2016).

#### **2.4.2 Χαρτογράφηση επικινδυνότητας κατολισθήσεων**

Η ερμηνεία της μελλοντικής εμφάνισης κατολισθήσεων απαιτεί κατανόηση των συνθηκών και των διαδικασιών που ελέγχουν τις κατολισθήσεις στην περιοχή μελέτης. Τρεις φυσικοί παράγοντες - το παρελθόν, η απότομη κλίση των πρανών και το βραχώδες υπόστρωμα - είναι τα ελάχιστα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας κατολισθήσεων. Είναι επίσης επιθυμητό να προστεθεί ένας υδρολογικός παράγοντας που να αντικατοπτρίζει τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν συχνά τα υπόγεια ύδατα στην εμφάνιση κατολισθήσεων. Μια ένδειξη αυτού του παράγοντα συνήθως λαμβάνεται έμμεσα εξετάζοντας τη βλάστηση, τον προσανατολισμό των πρανών ή τις ζώνες βροχόπτωσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν να χαρτογραφηθούν. Συγκεκριμένοι συνδυασμοί αυτών των παραγόντων συνδέονται με διαφορετικούς βαθμούς επικινδυνότητας κατολισθήσεων. Ο προσδιορισμός της επέκτασης αυτών των συνδυασμών στην υπό αξιολόγηση περιοχή έχει ως αποτέλεσμα έναν χάρτη επικινδυνότητας κατολισθήσεων. Η τεχνική που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία χαρτών επικινδυνότητας ονομάζεται συνδυασμένη παραγοντική ανάλυση και περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω (NeamatandKarimi, 2020).

#### **2.4.3 Ενσωμάτωση Χαρτών κατηγοριοποίησης ζωνών Επικινδυνότητας Κατολισθήσεων στη Διαδικασία Αναπτυξιακού Σχεδιασμού**

Οι πληροφορίες για την επικινδυνότητα κατολισθήσεων χρησιμεύουν ως ένα από τα πολλά στοιχεία μιας ολοκληρωμένης μελέτης σχεδιασμού ανάπτυξης. Δεδομένου ότι η δραστηριότητα κατολισθήσεων μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανθρώπινη δραστηριότητα, η επικινδυνότητα κατολισθήσεων περιορίζει τη δυνατότητα χρήσης γης. Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό να εντοπιστούν τα σχετικά επίπεδα επικινδυνότητας κατολισθήσεων από νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού. Αυτό επιτρέπει στους μελετητές να προσδιορίσουν τον βαθμό κινδύνου κατολισθήσεων που είναι αποδεκτός ή μη αποδεκτός σε ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα. Στη συνέχεια, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με το ποια από αυτά τα μέτρα θα ληφθούν: αποφυγή, πρόληψη ή μετριασμός υφιστάμενης και μελλοντικής επικινδυνότητας κατολισθήσεων στο αναπτυξιακό πρόγραμμα. Η μέθοδος που περιγράφεται στο παρόν δίδει έμφαση στον προσδιορισμό της επικινδυνότητας κατολισθήσεων και στη χρήση της σε μια ολοκληρωμένη μελέτη

σχεδιασμού καθώς αξιολογούνται οι φυσικοί πόροι, διαμορφώνεται μια αναπτυξιακή στρατηγική και προσδιορίζονται επενδυτικά έργα σε επίπεδο προφίλ.

### **A) Προκαταρκτική Αποστολή**

Κατά τη διάρκεια της Προκαταρκτικής Αποστολής μιας μελέτης ολοκληρωμένου αναπτυξιακού σχεδιασμού, γίνεται μια αρχική ανασκόπηση του τύπου και του περιεχομένου των διαθέσιμων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών για τους φυσικούς κινδύνους. Συνήθως διαπιστώνεται η διαθεσιμότητα γεωλογικών, τοπογραφικών, υδρολογικών και χαρτών και αεροφωτογραφιών, καθώς και σχετικά με την βλάστηση. Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για την κατάρτιση ζωνών επικινδυνότητας κατολισθήσεων (βλ. Σχήμα 10-1). Επίσης, σε αυτό το στάδιο της μελέτης, θα πρέπει να συλλέγονται και να επανεξετάζονται οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με εκτιμήσεις φυσικών κινδύνων, συμπεριλαμβανομένων των κατολισθήσεων και των καταστροφών, που είναι γνωστό ότι έχουν επηρεάσει την περιοχή μελέτης (Mateosetal., 2020).

#### **Προκαταρκτική αποστολή (σχεδιασμός μελέτης) ερωτήσεις που πρέπει να θέσουν οι μελετητές:**

- Υπάρχουν γεωλογικοί, τοπογραφικοί, υδρολογικοί και χάρτες βλάστησης; Σε ποια κλίμακα;
- Υπάρχουν διαθέσιμες αεροφωτογραφίες; Σε ποια κλίμακα;
- Η περιοχή μελέτης έχει ιστορικό κατολισθήσεων ή/και καταστροφών που προκλήθηκαν από κατολισθήσεις;
- Υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες αξιολόγησης της επικινδυνότητας κατολισθήσεων;

#### **Βασικές αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σε αυτό το στάδιο:**

- Είναι πιθανό οι κατολισθήσεις να επηρεάσουν μεγάλα ή/και σημαντικά τμήματα της περιοχής μελέτης;
- Θα έχει η μελέτη πρόσβαση σε πληροφορίες εκτίμησης επικινδυνότητας κατολισθήσεων άλλες από αυτές που μπορεί να παράγει;



## **B) Φάση I - Διάγνωση Ανάπτυξης**

Στο πλαίσιο του σχεδιασμού της ανάπτυξης μιας λεκάνης απορροής ποταμού, μιας επαρχίας ή άλλης μονάδας σχεδιασμού, μια αναπτυξιακή διάγνωση βοηθά στον εντοπισμό περιοχών με το υψηλότερο αναπτυξιακό δυναμικό. Αυτές χαρακτηρίζονται ως «περιοχές στόχοι», στις οποίες συγκεντρώνονται μεταγενέστερες, πιο λεπτομερείς μελέτες. Μέρος της διαδικασίας ανάπτυξη της διάγνωσης περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την οριοθέτηση παραγόντων φυσικών πόρων που ευνοούν ή περιορίζουν την ανάπτυξη σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η επικινδυνότητα κατολισθήσεως είναι ένας μη επιθυμητός παράγοντας και όσο μεγαλύτερη είναι η επικινδυνότητα, τόσο περισσότερο μπορεί να διαμορφώσει τις δυνατότητες ανάπτυξης.

Όταν υπάρχει μια πιθανή επικινδυνότητα στην περιοχή μελέτης, το πρώτο βήμα είναι να πραγματοποιηθεί μια σύντομη έρευνα για να διαπιστωθεί εάν έχουν σημειωθεί κατολισθήσεις το τελευταίο διάστημα. Οι δρόμοι, οι σιδηρόδρομοι και οι όχθες ποταμών είναι καλές τοποθεσίες για την αναζήτηση ενδείξεων προηγούμενων κατολισθήσεων. Οι συζητήσεις με τις τοπικές αρχές που είναι αρμόδιες για τα δημόσια έργα, τη δασοκομία και τις γεωργικές δραστηριότητες μπορούν να αποδειχθούν πολύτιμη πηγή πληροφοριών, καθώς μπορεί να είναι εξοικειωμένες με παλαιότερες κατολισθήσεις σε μια περιοχή. Ωστόσο, είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι οι νέες αναπτυξιακές δραστηριότητες μπορεί να αυξήσουν την επικινδυνότητα κατολισθήσεων και η απουσία στοιχείων από προηγούμενες κατολισθήσεις δεν εγγυάται ότι οι κατολισθήσεις δεν θα δημιουργήσουν προβλήματα στο μέλλον.

### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΘΕΣΟΥΝ ΟΙ ΜΕΛΗΤΗΤΕΣ:**

- Είναι διαθέσιμες επαρκείς πληροφορίες για την προετοιμασία ενός χάρτη καταγραφής των κατολισθήσεων, ενός ισοπληθούς χάρτη υπάρχουσών κατολισθήσεων ή/και ενός χάρτη επικινδυνότητας κατολισθήσεων με χρήση παραγοντικής ανάλυσης;
- Πώς θα γίνει η αξιολόγηση; Σε ποια χρονική περίοδο; Πώς θα ενσωματωθούν οι πληροφορίες αξιολόγησης στη συνολική στρατηγική ανάπτυξης της μελέτης και στις δραστηριότητες προσδιορισμού του έργου;

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ:**

- Είναι απαραίτητος ένας χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων;
- Σε ποια κλίμακα πρέπει να καταρτιστεί ο χάρτης;
- Ποιος θα εκτελέσει την αξιολόγηση;
- Ποιος θα είναι υπεύθυνος για την ενσωμάτωση των πληροφοριών αξιολόγησης στις συνολικές δραστηριότητες μελέτης;

Η έκταση και η ποικιλία των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων που εξετάζονται καθιστούν τον προσδιορισμό της ευαισθησίας στις κατολισθήσεις με βάση όλες τις υπάρχουσες κατολισθήσεις, ανεξαρτήτως τύπου, μια κατάλληλη προσέγγιση (DeGraff, 1982). Μια απλή απογραφή προηγούμενων κατολισθήσεων, μαζί με δεδομένα σχετικά με το βραχώδες υπόστρωμα, την απότομη κλίση των πρανών και - όταν είναι διαθέσιμο - τον υδρολογικό παράγοντα, παράγει έναν χάρτη κινδύνου κατολισθήσεων που θα ικανοποιήσει τις ανάγκες της ανάπτυξης της διάγνωσης (βλ. Σχήμα 10-1). Οι κατάλληλες κλίμακες για τον χάρτη κινδύνου κατολισθήσεων κυμαίνονται από 1:250.000 έως 1:50.000. (Βλ. Πίνακας 10-2 για περιγραφή των αναγκών αναγνώρισης κινδύνου και κατάλληλες κλίμακες χαρτών για τα διάφορα στάδια σχεδιασμού).

Η ύπαρξη περιορισμένων ή ανεπαρκών δεδομένων για την προετοιμασία της συνδυασμένης παραγοντικής ανάλυσης είναι πολύ πιθανό να αποτελεί πρόβλημα που συναντάται στο επίπεδο της ανάπτυξης της διάγνωσης. Όταν προκύψει αυτή η κατάσταση, υπάρχουν δύο επιλογές: (1) να επενδυθούν τα χρήματα και οι άνθρωποι πόρο ώστε να αποκτηθούν τα δεδομένα που απαιτούνται για την παραγωγή ενός χάρτη κινδύνου κατολισθήσεων ή (2) να καταρτιστεί ένας ισοπληθής χάρτη των υπάρχουσών κατολισθήσεων. Ο ισοπληθής χάρτης δείχνει περιοχές με συχνές ή σπάνιες κατολισθήσεις. Ενώ αυτός ο τύπος χάρτη παρέχει κάποια ιδέα για το πού μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ανάπτυξη οι κατολισθήσεις, αποτελεί μια πρόχειρη προσέγγιση για το πού μπορεί να παρουσιαστεί ένα πρόβλημα κατά την ανάπτυξη. Οι ισοπληθείς

χάρτες είναι μια αποδεκτή επιλογή σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης, αλλά είναι εντελώς ακατάλληλοι για χρήση στα πιο λεπτομερή στάδια του σχεδιασμού.

Ο βαθμός του κινδύνου κατολίσθησης σε μια περιοχή είναι περιοριστικός παράγοντας μόνο για εκείνες τις δραστηριότητες που ενδέχεται να αλλάξουν την υφιστάμενη ισορροπία μεταξύ των δυνάμεων που οδηγούν και αντιστέκονται στην κίνηση σε μια αδιάπτωτη πλαγιά. Οι μελετητές πρέπει να κατανοήσουν τι επιπτώσεις μπορεί να έχουν οι αναπτυξιακές δραστηριότητες σε αυτή την ισορροπία δυνάμεων. Για παράδειγμα, η τοποθέτηση ενός φράχτη γύρω από ένα χωράφι δεν θα προκαλέσει κατολίσθηση, ούτε θα αποτρέψει μια κατολίσθηση. Η απομάκρυνση της δασικής κάλυψης για τη δημιουργία χωραφιού για την ανάπτυξη καλλιεργειών είναι πολύ πιο πιθανό να οδηγήσει σε κατολισθήσεις, καθώς μεταβάλλει την ισορροπία των δυνάμεων και μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε αστοχία πρηνών από κάποιο συμβάν πυροδότησης, όπως η παρατεταμένη βροχόπτωση, η οποία δεν θα είχε προκαλέσει την κατολίσθηση υπό τις αρχικές συνθήκες. Αυτή η αυξημένη ευαισθησία μπορεί να μην είναι άμεσα εμφανής, καθώς μπορεί να υπάρχει χρόνος υστέρησης πριν καταστεί εμφανής.

Η διάκριση σε ζώνες του κινδύνου κατολισθήσεων μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένας μεμονωμένος παράγοντας που περιορίζει την ικανότητα του εδάφους ή μπορεί να συνδυαστεί με τη κατηγοριοποίηση σε ζώνες κινδύνου για άλλους φυσικούς κινδύνους ως συνολικός κίνδυνος. Υπάρχουν τουλάχιστον 10 διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία χαρτών της ικανότητας του εδάφους (Hopkins, 1977).

Η μέθοδος για την εκτίμηση του κινδύνου κατολισθήσεων που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός χάρτη. Έτσι, μπορεί να ληφθεί υπόψη στην εφαρμογή προσεγγίσεων της ικανότητας χρήσης γης.

Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές μιας εκτίμησης κινδύνου

κατολισθήσεων στη δυνατότητα χρήσης γης που περιλαμβάνει σχετικές έρευνες. Πρώτον, χρησιμοποιείται στο συνολικό αναπτυξιακό σχεδιασμό για να τονιστεί η υποκειμενική φύση της εκχώρησης ικανότητας χρήσης γης. Για παράδειγμα, στο στάδιο της ανάπτυξη της κε, η σχετική ταξινόμηση της «υψηλότερης» ικανότητας μπορεί να αξιολογηθεί σε σχέση με τους περιορισμούς που ενδέχεται να θέτουν οι πιθανοί αυξημένοι κίνδυνοι κατολισθήσεων στις προτεινόμενες αναπτυξιακές δραστηριότητες. Δεύτερον, μπορεί να δείξει πού μπορεί να αντιμετωπίσει κάποιον κίνδυνο η υπάρχουσα ανάπτυξη που δεν είχε προηγουμένως προσδιοριστεί. Αυτό επιτρέπει την ανάθεση προτεραιότητας των δραστηριοτήτων μετριάσμού σε διαφορετικές αναπτυξιακές δραστηριότητες.

### **Γ) Φάση II - Στρατηγική Ανάπτυξης και Διαμόρφωση Έργου**

Καθορίζεται ένα σχέδιο δράσης με στόχο τη διευκόλυνση της ανάπτυξης των περιοχών-στόχων που προσδιορίζονται στη Φάση I. Σε αυτό το στάδιο διατυπώνονται τα αναπτυξιακά έργα που εξετάζονται για την περιοχή-στόχο. Επίσης σε αυτό το σημείο, βελτιώνεται η αξιολόγηση της επικινδυνότητας κατολισθήσεων εντός της περιοχής μελέτης. Η γενική εκτίμηση επικινδυνότητας κατολισθήσεων πρέπει να συμπληρωθεί με μια ενδιάμεση απογραφή για να υποδειχθεί ο βαθμός επικινδυνότητας για συγκεκριμένους τύπους κατολισθήσεων που μπορεί να επηρεάσουν τις προτεινόμενες αναπτυξιακές δραστηριότητες. Για παράδειγμα, η εισαγωγή εκτεταμένων γεωργικών δραστηριοτήτων σε ένα δασικό περιβάλλον απαιτεί μεγαλύτερη κατανόηση του κινδύνου από ρηχές κατολισθήσεις παρά από βαθιές κατολισθήσεις.

Στις αναπτυσσόμενες περιοχές με κινδύνους κατολισθήσεων, θα πρέπει να επιλέγονται μέτρα μετριάσμού εάν δεν αποτελούν ήδη μέρος των πληροφοριών ταυτοποίησης του έργου. Είναι δυνατό να μειωθούν οι πιθανές επιπτώσεις της φυσικής δραστηριότητας κατολισθήσεων και να περιοριστούν οι κατολισθήσεις που συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας (Kockelman, 1985). Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις: πρώτον, να αποφευχθούν περιοχές ευαίσθητες σε κατολισθήσεις και, δεύτερον, να σχεδιαστούν μέτρα για την αντιστάθμιση της πρόκλησης κατολισθήσεων. Για παράδειγμα, θα πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις τοποθεσίας, ώστε να αποφεύγεται η κατασκευή σε ορισμένες περιοχές, όπως η τοποθέτηση κατοικιών και ζωτικής σημασίας υποδομών εκτός περιοχών με υψηλή

πιθανότητα φυσικής κατολισθητικής δραστηριότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι πιθανές επιπτώσεις μιας κατολίσθησης μπορούν να μετριαστούν. Οι κίνδυνοι κατολίσθησεων που προκύπτουν από την ανάπτυξη μπορούν να μειωθούν με τον σχεδιασμό αλλαγών για την εξουδετέρωση του αντίκτυπου που μπορεί να έχει η ανάπτυξη στην ακεραιότητα των πρανών. Αυτό μπορεί να λάβει τη μορφή του να επιτρέπονται μόνο αποθήκες και εγκαταστάσεις αποθήκευσης σε περιοχές υψηλότερου κινδύνου, για να μειωθεί η ευπάθεια του πληθυσμού σε περίπτωση κατολίσθησης.

#### **- Ενέργειες πρόκλησης:**

Από άλλους κινδύνους:

Σεισμοί

Πλημμύρες

Πυρκαγιά (και επακόλουθη απώλεια βλάστησης)

Ηφαίστεια

Ενέργειες σχετιζόμενες με την ανάπτυξη:

Αλλαγές στη φυτική κάλυψη

Φράγματα από χώμα

Εκσκαφή και εξόρυξη

Άρδευση

Κατασκευή υποδομών και εγκαταστάσεων

Απόρριψη υγρών (υγειονομικών, αποχετεύσεις, αποχωρητήρια κ.λπ.)

Πασσαλώσεις

Εδαφικές αποθέσεις

Δομικός Σχεδιασμός

Προτεινόμενη ανάπτυξη

Κατά τη διαμόρφωση των επενδυτικών σχεδίων, απαιτείται ένας πιο λεπτομερής χάρτης ζώνης επικινδυνότητας. Απαιτείται μια ενδιάμεση απογραφή των κατολίσθησεων που να παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες για τη διάκριση των διαφορετικών τύπων κατολίσθησεων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για μια εκ νέου ανάλυση της συνδυασμένης παραγοντικής ανάλυσης. Αυτή η εκ νέου ανάλυση αποδίδει έναν βελτιωμένο χάρτη επικινδυνότητας κατολισθήσεων. Εάν ο υδρολογικός παράγοντας δεν αποτελούσε μέρος της προηγούμενης ανάλυσης της επικινδυνότητας κατολισθήσεων, η συμπερίληψή του σε αυτό το στάδιο θα βελτίωνε σημαντικά τον χάρτη επικινδυνότητας που προκύπτει.

Σε αυτό το στάδιο, η αξία ενός χάρτη επικινδυνότητας κατολισθήσεων για τους μελετητές μπορεί να βελτιωθεί με την αναπαράσταση περιοχών όπου επικρατούν συγκεκριμένοι τύποι κατολισθήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με την προετοιμασία ενός ισοπληθούς χάρτη, όπως αναφέρεται στη Φάση 1. Η προετοιμασία, ωστόσο, θα πρέπει να τροποποιηθεί για να καλύψει τις συγκεκριμένες ανάγκες αυτού του σταδίου σχεδιασμού. Παράγεται ένας χάρτης που αντιπροσωπεύει την ένταση της προηγούμενης εμφάνισης κατολισθήσεων σε μορφή που μοιάζει με τοπογραφικό χάρτη. Οι ισοπληθείς γραμμές εμφανίζονται παρόμοιες με τις γραμμές περιγράμματος που δείχνουν ανύψωση. Ο τελικός ισοπληθής χάρτης χρησιμοποιείται ως επικάλυψη στον χάρτη επικινδυνότητας κατολισθήσεων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο ισοπληθής χάρτης δεν αλλάζει τις βασικές ζώνες επικινδυνότητας που καθορίστηκαν προηγουμένως. Εξακολουθεί να είναι ένας αναλυτικός χάρτης, ο οποίος σε αυτήν την περίπτωση δείχνει τη διαφορετική επικράτηση ενός συγκεκριμένου τύπου κατολίσθησης σε μια περιοχή. Παρέχει ένα πρόσθετο κριτήριο που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο μελετητής για να αποφασίσει ποια περιοχή μπορεί να είναι η καταλληλότερη για ορισμένες αναπτυξιακές δραστηριότητες. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την αξιολόγηση των ζωνών μέτριας επικινδυνότητας.

## **ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΚΑΝΟΥΝ ΟΙ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ**

- Παρέχει ο αρχικός χάρτης επικινδυνότητας κατολίσθησης συνδυασμένης παραγοντικής ανάλυσης επαρκείς πληροφορίες για να προχωρήσουμε στη διαμόρφωση του επενδυτικού έργου;

- Εάν δεν περιλαμβάνεται ήδη, υπάρχει υδρολογικός

παράγοντας που θα μπορούσε να προστεθεί για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις επικίνδυνες ζώνες;

- Πρέπει να προστεθεί μια επικάλυψη ισοπλήθους στον χάρτη διάκρισης ζωνών επικινδυνότητας;

- Υπάρχουν συγκεκριμένες προτεινόμενες χρήσεις γης για τις οποίες θα πρέπει να περιλαμβάνονται συστάσεις για μετρίασμό στη διαμόρφωση των επενδυτικών σχεδίων;

### **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ:**

- Ποιος θα εκτελέσει την ενδιάμεση εκτίμηση επικινδυνότητας κατολισθήσεων;

- Ποιοι τομείς πρέπει να συμπεριληφθούν στην πρόσθετη αξιολόγηση;

- Ποιος θα είναι υπεύθυνος για την ενσωμάτωση πρόσθετων πληροφοριών στις δραστηριότητες διαμόρφωσης επενδυτικών σχεδίων

Όταν η προτεινόμενη χρήση γης αναγνωρίζεται ως επιρρεπής σε έναν συγκεκριμένο τύπο κατολίσθησης, η προτεινόμενη δραστηριότητα εντοπίζεται καλύτερα σε ζώνη χαμηλής επικινδυνότητας ή σε μια ζώνη μέτριας επικινδυνότητας με τη χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης, δηλαδή τη μικρότερη τιμή ισοπληθούς, αυτού του τύπου κατολίσθησης. Ο βελτιωμένος χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων και η ισοπληθής απεικόνιση απαιτούν την προετοιμασία μιας ενδιάμεσης απογραφής κατολισθήσεων σε αυτό το επίπεδο σχεδιασμού. Ο χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων που είναι κατάλληλος για τη διαμόρφωση αναπτυξιακών έργων θα πρέπει να είναι σε κλίμακα από 1:62.500 έως 1:12.500 (βλ. Εικόνα 10-2).

### **Δ) Υλοποίηση σχεδίου**

Ο χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων μπορεί να συμβάλει στον σχεδιασμό για την υλοποίηση ενός έργου. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις όπου αυτός ο χάρτης μπορεί να αποδειχθεί επωφελής όπου και οι δύο σχετίζονται με τον μετρίασμό των πιθανών επιπτώσεων των κατολισθήσεων. Σε μία περίπτωση, μπορεί να καταστεί σαφές ότι εάν οι περιοχές που προσδιορίζονται με μέτρια επικινδυνότητα κατολισθήσεων στοχευθούν για ανάπτυξη, απαιτούνται περισσότερες λεπτομέρειες αυτών των περιοχών για να

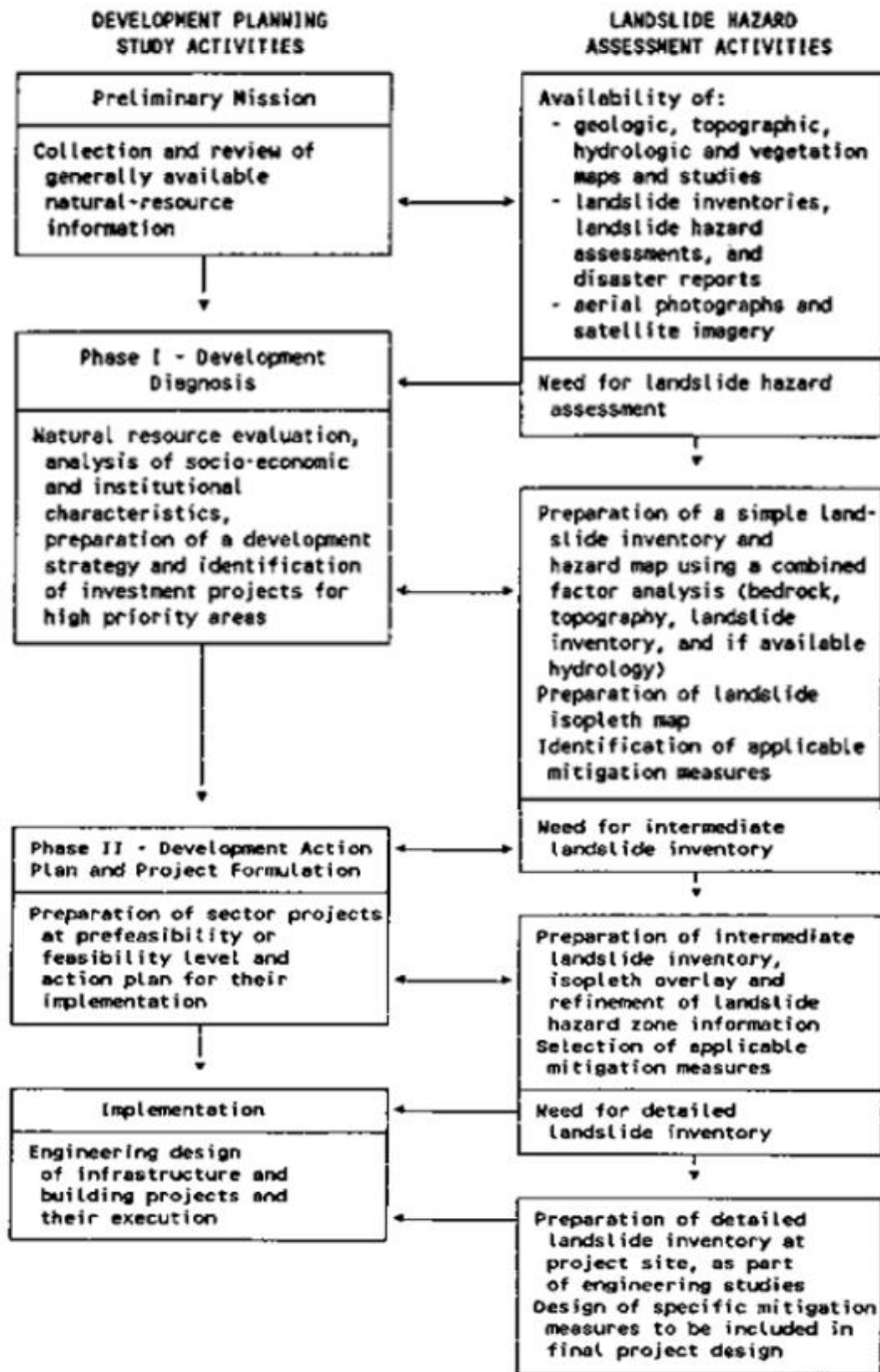
διασφαλιστεί ότι ο σχεδιασμός του έργου αντισταθμίζει αυτό το μεγαλύτερο δυναμικό επικινδυνότητας. Για παράδειγμα, περιοχές μέτριας ή υψηλότερης επικινδυνότητας μπορεί να μην μπορούν να αποφευχθούν πλήρως κατά μήκος ενός προτεινόμενου δρόμου. Η λεπτομερής έρευνα μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τις συνθήκες των υπόγειων υδάτων και για τα χαρακτηριστικά σταθερότητας του εδάφους και των πετρωμάτων για να εξασφαλιστεί ένας σταθερός σχεδιασμός (Morgenstern και Sangrey, 1978).

Σε άλλη περίπτωση, η υφιστάμενες υποδομές ή κοινότητες μπορεί να βρίσκονται σε ζώνες υψηλής επικινδυνότητας που δεν είχαν προσδιοριστεί προηγουμένως. Σε αυτούς τους τομείς θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα για την εισαγωγή κάποιου μέτρου μετριασμού.

Για παράδειγμα, η επίδραση των κατολισθήσεων που αυξάνεται σε μια κατοικημένη περιοχή από κοντινά ορεινά φαράγγια μπορεί να μετριαστεί με την κατασκευή λεκανών συγκριμάτων για να παγιδευτεί το μεγαλύτερο μέρος του υλικού. Όταν ένας τέτοιος μετριασμός είναι αδύνατος και ο κίνδυνος προσδιορίζεται ως εξαιρετικά υψηλός, μπορεί να εξεταστεί το ενδεχόμενο μετεγκατάστασης σε ασφαλέστερη περιοχή.

Σε αυτό το στάδιο του σχεδιασμού του έργου είναι απαραίτητος ένας λεπτομερής χάρτης επικινδυνότητας για τη συγκεκριμένη τοποθεσία. Είναι πλέον απαραίτητη η προετοιμασία μιας λεπτομερούς καταγραφής των κατολισθήσεων. Τα χαρακτηριστικά μεγάλης κλίμακας που αντιπροσωπεύονται στις κατολισθήσεις που έχουν χαρτογραφηθεί σε αυτή τη λεπτομερή καταγραφή είναι πολύτιμα για τη δοκιμαστική γεώτρηση μιας τοποθεσίας και άλλες δραστηριότητες δειγματοληψίας των εργασιών τεχνικού σχεδιασμού. Οι λεπτομερείς καταγραφές των κατολισθήσεων και η σχετική ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δοκιμών απαιτούν κλίμακες χαρτών από 1:12.500 έως 1:500 (βλ. Σχήμα 10-2).





Σχήμα 10-1 Μελέτη αναπτυξιακού σχεδιασμού και δραστηριότητες αξιολόγησης επικινδυνότητας κατολισθήσεων

**Πίνακας 10-2 - ΘΕΜΑΤΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ  
ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

<b>Στάδιο Σχεδιασμού</b>	<b>Ανάγκη αναγνώρισης επικινδυνότητας</b>	<b>Επίπεδο απογραφής κατολισθήσεων</b>	<b>Κατάλληλες κλίμακες για χάρτες επικινδυνότητας</b>
Προκαταρκτική Αποστολή	Προσδιορισμός του ζητήματος επικινδυνότητας	Ως διατίθεται	Ως διατίθεται
Φάση I- Διάγνωση Ανάπτυξης	Βαθμός επικινδυνότητας από κάθε είδους κατολισθήσεις	Απλή	1:250,000 έως 1:62,500
Φάση II - Σχέδιο Δράσης και Διαμόρφωση Έργου	Βαθμός επικινδυνότητας από όλους τους τύπους κατολισθήσεων που συμπληρώνεται από επικινδυνότητα από ορισμένους συγκεκριμένους τύπους	Ενδιάμεση	1:62,500 έως 1:10,000
Υλοποίηση σχεδίου	Επικινδυνότητα ειδική για την τοποθεσία βάσει γεωτεχνικών μοντέλων	Λεπτομερής	1:12,500 έως 1:500

## **Κεφάλαιο 3ο Τεχνικές μετριάσμού**

Δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί ο ακριβής χρόνος και η τοποθεσία του επόμενου μεγάλου φυσικού κινδύνου όπως ένας σεισμός ή μια κατολίσθηση, αλλά κατανοώντας το πότε, πού, γιατί και πώς συμβαίνει, μπορεί να είμαστε σε θέση να επέμβουμε έγκαιρα και να αποφύγουμε καταστάσεις υψηλού κινδύνου, μειώνοντας έτσι τις επιπτώσεις στη ζωή μας.

Ο μετριάσμός είναι η διαδικασία μείωσης των επιπτώσεων των φυσικών κινδύνων πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εμφάνισή τους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανικές λύσεις για την προσωρινή μείωση των επιπτώσεων του φυσικού κινδύνου, αλλά κάθε κίνδυνος απαιτεί συγκεκριμένο τύπο μετριάσμού. Η γενική ευαισθητοποίηση και η ύπαρξη ενός αποτελεσματικού σχεδίου ετοιμότητας για την επικείμενη καταστροφή είναι μορφές μετριάσμού που λειτουργούν σε κάθε είδους φυσικούς κινδύνους. Η ενημέρωση είναι το κλειδί σε μια κρίση. Οι πληροφορίες αποτελούν δύναμη όταν είναι αξιόπιστες, έγκαιρες, τοπικές, σχετικές και ευρέως προσβάσιμες στον πληθυσμό. Αυτή η ενότητα περιγράφει συνοπτικά ορισμένα μέτρα μετριάσμού που μπορούν να ληφθούν για τη μείωση του κινδύνου από διάφορους γεωτεχνικούς κινδύνους:

### ***3.1 Δημιουργία ζωνών, χαρτογράφηση και παρακολούθηση***

Οι παρατηρήσεις από προηγούμενες αστοχίες παρέχουν πολλές πληροφορίες για μια συγκεκριμένη περιοχή που είναι επιρρεπής σε γεωτεχνικούς κινδύνους. Είναι σημαντικό να εντοπιστούν και να χαρτογραφηθούν περιοχές που είναι επιρρεπείς σε σεισμούς κινδύνου ρευστοποίησης, κατολισθήσεων που προκαλούνται από σεισμό και ενισχυμένης δόνησης του εδάφους. Το αποτέλεσμα αυτής της παρατήρησης και αξιολόγησης παρουσιάζεται καλύτερα σε έναν χάρτη ζωνών όπου προσδιορίζονται τοποθεσίες ή ζώνες διαφορετικών επιπέδων δυναμικού κινδύνου. Οι πόλεις και οι δήμοι, ιδιαίτερα οι πυκνοκατοικημένες περιοχές συμβουλεύονται να δημιουργήσουν χάρτες ζωνών.

Στην περίπτωση κατασκευής οικισμών, θα πρέπει να ερευνάται εάν η τοποθεσία είναι επιρρεπής σε ρευστοποίηση ή κατολίσθηση και για τον σκοπό αυτόν είναι πολύ χρήσιμος ένας

χάρτης ζωνών. Θα πρέπει να απαιτείται εκτίμηση της μηχανολογικής γεωλογίας και της γεωτεχνικής επικινδυνότητας πριν από οποιαδήποτε αναπτυξιακά έργα, ειδικά σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε κατολισθήσεις. Με βαθύτερη κατανόηση και παρακολούθηση των κινήσεων των ασταθών πρανών, μπορεί να υπάρξει έγκαιρη επέμβαση και εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων μετριασμού.

### ***3.2 Ενίσχυση των κατασκευών***

Συνιστάται πάντα να αποφεύγονται περιοχές που είναι επιρρεπείς σε κινδύνους σεισμών όπως η ρευστοποίηση του εδάφους. Ωστόσο, για ορισμένους λόγους, όπως περιορισμοί χώρου και ευνοϊκές τοποθεσίες, η κατασκευή σε αυτές τις περιοχές δεν μπορεί να αποφευχθεί. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να σχεδιαστεί μια αντισεισμική κατασκευή και τα στοιχεία θεμελίωσης να είναι ανθεκτικά στις επιπτώσεις της ρευστοποίησης και της καθίζησης του εδάφους. Η έμφαση του σχεδιασμού θα πρέπει πάντα να δίνεται στην ασφάλεια έναντι της αισθητικής και της λειτουργικότητας.

Αν είναι δυνατόν, θα πρέπει να αποφεύγονται οι περίεργες δομές. Οι αστοχίες κτιρίων με ορόφους μπορούν να αποφευχθούν με τον σωστό σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής μορφής του κτιρίου και δίνοντας έμφαση στον σχεδιασμό ολκιμότητας των υποστυλωμάτων, των τοίχων και των δοκών. Για να μειωθεί η ζημιά που μπορεί να υποστεί μια κατασκευή σε περίπτωση σεισμού, μια κατασκευή πρέπει να διαθέτει πλαστικότητα για να δέχεται μεγάλες παραμορφώσεις, ρυθμιζόμενα στηρίγματα για διορθώσεις σε διαφορικές καθιζήσεις και να έχει σχέδιο θεμελίωσης που να μπορεί να εκτείνεται σε μαλακά εδάφη.

### ***3.3 Τεχνολογία βελτίωσης εδάφους***

Ένας άλλος τρόπος μετριασμού των κινδύνων που σχετίζονται με τον σεισμό, όπως η ρευστοποίηση, είναι η βελτίωση της αντοχής, της πυκνότητας ή/και των χαρακτηριστικών αποστράγγισης του εδάφους. Αυτό μπορεί να

πραγματοποιηθεί με διάφορες τεχνικές βελτίωσης εδάφους. Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις τεχνικές μετριασμού του κινδύνου ρευστοποίησης

<b>Τεχνικές μετριασμού του κινδύνου</b>
συμπύκνωση
Βελτίωση εδάφους
Χαμηλότερος βαθμός κορεσμού
Ταχεία διάχυση της πίεσης του νερού διαμέσου των πόρων
Έλεγχος παραμόρφωσης

Πίνακας 2- Παραδείγματα τεχνικών μετριασμού του κινδύνου ρευστοποίησης

Είδοσ τεχνικής	Τεχνικές μετριασμού του κινδύνου ρευστοποίησης
συμπύκνωση	συμπύκνωση με πασσάλους άμμου, δονητική διείσδυση, δυναμική συμπύκνωση, ενέσεις συμπύκνωσης
Βελτίωση εδάφους	Εγχύσεις, αντικατάσταση
Χαμηλότερος βαθμός κορεσμού	Διηθητικό φρεάτιο
Ταχεία διάχυση της πίεσης του νερού διαμέσου των πόρων	Αποστράγγιση με χαλίκια
Έλεγχος παραμόρφωσης	Τοιχώματα με πασσαλοσανίδες, τοίχωμα με στήλες χώματος-τσιμέντου

### **3.4 Προστασία και σταθεροποίηση πρανών**

Τα μηχανικά αντίμετρα για τη μείωση των κατολισθήσεων γενικά περιλαμβάνουν τη χρήση μεθόδων σταθεροποίησης πρανών, όπως οι αναβαθμοί, η βελτίωση της υπόγειας αποστράγγισης, η κατασκευή κατασκευών αντιστήριξης και η ενίσχυση των πρανών. Οι αναβαθμοί είναι η πρακτική της μετατροπής μιας μεγάλης κλίσης σε μια σειρά από χαμηλότερες πλαγιές με οριζόντιες επιφάνειες μεταξύ των πλαγιών που αναφέρονται ως αναβαθμοί. Ο σκοπός της αναβαθμού είναι να μειωθεί η συνολική κλίση της κλίσης.

Η εγκατάσταση της κατάλληλης αποστράγγισης ελαχιστοποιεί τις αποσταθεροποιητικές επιπτώσεις των υδροστατικών δυνάμεων και των δυνάμεων διαρροής σε μια πλαγιά, καθώς και μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης και των

καναλιών μεταφοράς υδάτων (Abramson, 1996). Στις Φιλιππίνες, η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική αποστράγγισης είναι η εγκατάσταση επιφανειακών αποστραγγίσεων για την απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής και την πρόληψη της διαρροής της στην πλαγιά. Η βλάστηση όπως το γρασίδι Vetiver χρησιμοποιείται επίσης ευρέως για τη σταθεροποίηση πρανών με απότομη κλίση και την αποκατάσταση υποβαθμισμένων και διαταραγμένων εδαφών. Τα τελευταία 50 έτη, η προσοχή έχει επικεντρωθεί στις μοναδικές ιδιότητες διατήρησης του εδάφους του Vetiver.

Αναπτύσσεται τόσο σε πολύ όξινα όσο και σε αλκαλικά εδάφη και οι ρίζες του μπορούν να αναπτυχθούν σε βάθη από 3 έως 4 μέτρα. Όταν τοποθετούνται σε μεμονωμένες γραμμές κατά μήκος του περιγράμματος, οι φράκτες από χόρτο Vetiver διαπιστώθηκε ότι είναι πολύ αποτελεσματικοί στη διατήρηση του εδάφους και της υγρασίας. Ο Πίνακας 2 συνοψίζει ορισμένες μηχανικές πρακτικές για τη σταθεροποίηση ή/και την προστασία επισφαλών πλαγιών. Η Εικ. 14 δείχνει ορισμένες τεχνικές προστασίας και σταθεροποίησης πρανών.

Πίνακας 3 Παραδείγματα τεχνικών μετριασμού του κινδύνου από τα πρανή

Είδος τεχνικής	Τεχνικές προστασίας και σταθεροποίησης πρανών
Εργασίες ελέγχου	Αφαίρεση εδάφους (αποφόρτωση), πλήρωση αντίβαρου, αναβαθμοί, αποστράγγιση, προστασία πρανών (π.χ. δικτυωτές πλάκες, βλάστηση, συρματοκιβώτια, εκτόξευση κονιάματος)

Εργασίες πρόληψης	πασσαλώσεις, εργασίες φρεατίων, ήλωση του εδάφους, αγκύρωση βράχων
Άλλα	Φράγμα για καταπτώσεις βράχων, σκέπαστρο για καταπτώσεις βράχων



α) ένεση με λιθόρριπτα



β) ήλωση εδάφους



γ) τοιχώματα με συρματοκιβώτια δρόμων



δ) Γρασίδι vetiver σε έργα



Εικ.1 Παραδείγματα τεχνικών προστασίας και σταθεροποίησης πρανών

## **Κεφάλαιο 4ο Μέτρηση ετοιμότητας**

### **4.1 Μεθοδολογία**

Μια γενική μεθοδολογία για την κατασκευή ενός μέτρου ετοιμότητας προτείνεται παρακάτω. Αποτελείται από τέσσερα βήματα, καθένα από τα οποία θα συζητηθεί περαιτέρω στις ακόλουθες υποενότητες: 1) Επιλογή συμβάντος και προοπτική, 2) Επιλογή δεικτών, 3) Συνδυασμός δεικτών, 4) Επικύρωση μέτρου.

Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, είναι απαραίτητο να αποφασιστεί το συμβάν για το οποίο θα υπάρχει η σχετική προετοιμασία και η προοπτική που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτή μπορεί να είναι μια απλή απόφαση. Ένας οργανισμός απόκρισης, όπως οι πυροσβεστικές υπηρεσίες και οι υπηρεσίες διάσωσης, θα πρέπει πρωτίστως να ενδιαφερθούν για την οργανωσιακή ετοιμότητα και τα συμβάντα για τα οποία είναι υπεύθυνα.

Ωστόσο, εάν θέλουμε να κατασκευάσουν ένα μέτρο που να περιλαμβάνει πολλαπλά συμβάντα, π.χ. ετοιμότητα για αντιμετώπιση όλων των ειδών πυρκαγιών, τροχαίων ατυχημάτων, κατολισθήσεων και ατυχημάτων πνιγμού, οι παράγοντες που θα πρέπει να εμπλέκονται στο μέτρο αυξάνονται. Γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη η διαδικασία εάν πρόκειται α δημιουργηθεί ένα μέτρο για την (γενική) ετοιμότητα για καταστροφές σε μια πόλη. Στη συνέχεια, είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η πιθανότητα εμφάνισης για όλους τους τύπους καταστροφών που μπορεί να επηρεάσουν την πόλη. Είναι επίσης απαραίτητο να επιλεγεί η προοπτική. Στην ετοιμότητα της κοινωνίας που είναι η φυσική επιλογή για αυτό το παράδειγμα, μπορεί να απαιτείται η συμπερίληψη τόσο της οργανωσιακής

ετοιμότητας για τους οργανισμούς απόκρισης όσο και της προσωπικής ετοιμότητας για τους πολίτες. Εν ολίγοις, η πολυπλοκότητα του μέτρου ετοιμότητας αυξάνεται γρήγορα με τον αριθμό των συμβάντων και τον αριθμό των προοπτικών που το μέτρο θα πρέπει να μπορεί να ενσωματώσει.

#### **4.2 Επιλογή δεικτών**

Ένα μέτρο ετοιμότητας συνήθως κατασκευάζεται από ένα σύνολο δεικτών. Μερικά παραδείγματα δεικτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικά είδη συμβάντων είναι: (Προσωπική) ετοιμότητα για τσουνάμι: Γνώση, ατομικός σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης και ικανότητα κινητοποίησης πόρων (Rachmalia κ.ά., 2011). (Προσωπική) ετοιμότητα για τυφώνα: Τρόφιμα για τρεις ημέρες, φακός με μπαταρίες για τρεις ημέρες, φάρμακα, πόσιμο νερό, σημαντικά έγγραφα, μια εξωτερική ψησταριά, μια γεννήτρια (Baker 2011). (Οργανωσιακή) ετοιμότητα ατυχημάτων οδικής σήραγγας: μήκος σήραγγας, έξοδοι έκτακτης ανάγκης, εμπειρία διαχειριστή σήραγγας, εκπαίδευση προσωπικού έκτακτης ανάγκης, υποστήριξη πρώτων βοηθειών και πολλά άλλα (MancaandBrambilla, 2011). (Οργανωσιακή) ετοιμότητα παιδιατρικών επειγόντων περιστατικών: παιδιατρικοί πάροχοι διαθέσιμοι για ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης, συγκεκριμένος αριθμός παιδιατρικών ασθενών που μπορούν να θεραπευθούν, αριθμός παιδιών που οι πάροχοι μπορούν να διαβαθμίζουν ανά ώρα, κ.λπ. (MarkensonandKrug (2009). (Κοινωνική) εθνική ετοιμότητα σε πανδημία γρίπης: πόσο συχνά συνεδριάζει η εθνική επιτροπή/ειδική ομάδα, μέτρα επιτήρησης κατά τη διάρκεια μιας πανδημίας, προτεραιότητες των εγκαταστάσεων υγείας και στρατηγικές αντιμετώπισης, κ.λπ. (WHO 2001).

Επιπλέον, αν και μπορεί να μην χρησιμοποιούνται άμεσα ως μέτρα ετοιμότητας, οι μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας που εφαρμόζονται στη φάση της προετοιμασίας της διαχείρισης καταστροφών ή έκτακτης ανάγκης έχουν συνήθως κάποια κριτήρια για την αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων. Μερικά από αυτά τα κριτήρια μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες ετοιμότητας, π.χ. μέτρα κάλυψης, αναμενόμενοι χρόνοι απόκρισης ή ικανοποιούμενη ζήτηση. Κατά την κατασκευή ενός ποσοτικού μέτρου, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν δείκτες

που μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Για παράδειγμα, ο δείκτης Γνώση, που χρησιμοποιείται στο Rachmaliak.ά. (2011), μετρήθηκε με τη χρήση ερωτηματολογίου όπου κάθε ερωτώμενος έλαβε βαθμολογία ανάλογα με το επίπεδο γνώσεών του. Είναι επίσης απαραίτητο να επιλέγονται δείκτες για τους οποίους υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα δεδομένα ή είναι δυνατή η συλλογή τους.

### **4.3 Συνδυασμός δεικτών**

Υποθέτοντας ότι υπάρχει ένα σύνολο λογικών δεικτών, πιθανότατα θα διαφέρουν σημαντικά ως προς τις μονάδες, συμπεριλαμβανομένων των χρονικών μετρήσεων, των νομισματικών μονάδων, των δυαδικών μονάδων και των ποσοστών. Εάν αυτοί οι δείκτες πρόκειται να συνδυαστούν σε έναν δείκτη ή σε κάποιο άλλο είδος μέτρησης ή εάν πρόκειται να συγκριθούν απευθείας μεταξύ τους, μπορεί να είναι απαραίτητο να σταθμιστούν ή να κλιμακωθούν. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για αυτό και μελετώνται στο Cardona (2005), όπου συζητούνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα μεθόδων όπως τα μοντέλα παλινδρόμησης, η παραγοντική ανάλυση, η λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων, η κρίση των ειδικών και η διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας, μεταξύ άλλων.

Για ένα συγκεκριμένο συμβάν ή σύνολο συμβάντων και προοπτικών, μπορεί να μην αρκεί η κατασκευή μόνο ενός μέτρου. Μπορεί ακόμη και να είναι αντιπαραγωγικό για τον επιδιωκόμενο σκοπό του μέτρου, π.χ. η δημιουργία ενός μέτρου για όλα τα είδη καταστροφών που μπορεί να επηρεάσουν μια πόλη μπορεί να είναι χρήσιμη εάν ο κύριος σκοπός είναι να συγκριθεί η ετοιμότητα διαφορετικών πόλεων για καταστροφές. Ωστόσο, δεν θα δώσει απαραίτητα κατευθυντήριες γραμμές για το πώς και σε ποιους τομείς μπορεί να βελτιωθεί η ετοιμότητα. Για τον τελευταίο σκοπό, θα ήταν πιο χρήσιμο ένα μέτρο για κάθε είδος καταστροφής που μπορεί να επηρεάσει την πόλη.

### **4.4 Επικύρωση μέτρου**

Όταν οι επιλεγμένοι δείκτες συνδυάζονται σε ένα μέτρο ετοιμότητας, αυτό πρέπει να επικυρωθεί. Μια επιτυχής επικύρωση σημαίνει ότι το μέτρο εκπληρώνει τον επιδιωκόμενο

σκοπό του. Υπάρχει ένας αριθμός διαθέσιμων μεθόδων και τεχνικών για την επικύρωση ποσοτικών μοντέλων και ειδικά η επικύρωση μοντέλων προσομοίωσης υπήρξε ένας ακμάζων ερευνητικός τομέας, βλ. π.χ. Sargent (2005). Μολονότι εδώ δεν ισχύουν όλες οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται συνήθως για την επικύρωση μοντέλων προσομοίωσης, ορισμένες από αυτές μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν για να διασφαλιστεί ότι το μέτρο παράγει λογικά και χρήσιμα αποτελέσματα.

Δύο παραδείγματα τεχνικών που αναφέρονται στον Sargent (2005) που μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν στην επικύρωση των μέτρων ετοιμότητας είναι: η ανάλυση της ευαισθησίας όπου οι παράμετροι που αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στο μέτρο αλλάζουν και μελετάται η έξοδος από το μέτρο. Αυτό εφαρμόζεται στην πρώτη μελέτη περίπτωσης και η εγκυρότητα όπου ζητείται από ειδικούς του συστήματος να μελετήσουν και να σχολιάσουν τα αποτελέσματα που παράγονται από το μέτρο. Αυτό εφαρμόζεται στη δεύτερη μελέτη περίπτωσης.

## Συμπέρασμα

Σε αυτή την εργασία αναλύθηκε μια εισαγωγή στην έννοια των αστοχιών φυσικών πρανών, τους γεωτεχνικούς κινδύνους και τις μεθόδους διαχείρισης αυτών. Όπως αναφέρθηκε για την εκδήλωση ενός τέτοιου φαινομένου συμβάλλουν πολλοί παράγοντες όπως γεωλογικοί, γεωτεχνικοί, περιβαλλοντικοί αλλά και ανθρώπινοι. Για την αντιμετώπιση αυτών, θα ήταν χρήσιμο για έναν υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να μπορεί να εφαρμόσει ένα μέτρο χωρίς την ανάγκη συγκριτικής αξιολόγησης. Τότε όμως το μέτρο θα έπρεπε να έχει μια μονάδα που μπορεί εύκολα να ερμηνευτεί, π.χ. κόστος ή απώλειες. Η κύρια δυσκολία στην κατασκευή ενός τέτοιου μέτρου είναι οι πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ του συμβάντος, της ανταπόκρισης, της ευπάθειας και των συνεπειών. Είναι εξαιρετικά δύσκολο να ειπωθεί με βεβαιότητα πόσοι άνθρωποι σε μια συγκεκριμένη πόλη θα πληγούν για παράδειγμα από την κατολίσθηση που μπορεί να προκαλέσει ένας σεισμός.

Κατά συνέπεια, υπάρχει ανάγκη για περισσότερη έρευνα στη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, καταστροφών και άλλων συμβάντων, της ετοιμότητας για το χειρισμό τους και των συνεπειών. Δεδομένου ότι μπορούμε να εντοπίσουμε και να ποσοτικοποιήσουμε αυτές τις σχέσεις, θα είναι δυνατό –σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό– να μετρήσουμε και να βελτιστοποιήσουμε την ετοιμότητα και επίσης να υπάρχει αποδοχή για τα αποτελέσματα.

Όταν υπάρχει δυνητικός κίνδυνος στην περιοχή μελέτης, το πρώτο βήμα είναι να διεξαχθεί μια σύντομη έρευνα για να διαπιστωθεί εάν υπήρξαν πρόσφατες αστοχίες στα πρανά. Οι συζητήσεις με τις τοπικές αρχές που είναι αρμόδιες για δημόσια έργα, δασοκομικές και γεωργικές δραστηριότητες μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμη πηγή πληροφοριών, καθώς μπορεί να είναι εξοικειωμένες με παλαιότερες καταστροφές σε μια περιοχή. Ωστόσο, είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι οι νέες αναπτυξιακές δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο αστοχιών των πρανά και η απουσία δεδομένων για προηγούμενες αστοχίες δεν εγγυάται ότι δεν θα δημιουργήσουν προβλήματα στο μέλλον.

## Βιβλιογραφία

- Abramson, L.W. et al. (1996) *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Wiley and Sons.
- Andersson T, Petersson S, Värbrand P, (2007), Decision support for efficient ambulance logistics. In Brailsford S & Harper P (eds), "Operational Research For Health Policy: Making Better Decisions - Proceedings of the 31st Annual Conference of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services", Peter Lang Publishing Group, 2007, 107 – 126.
- Andersson T, Värbrand P, (2007), Decision support tools for ambulance dispatch and relocation. *Journal of the Operational Research Society*, 58(2), 2007, 195-201.
- Baker EJ, (2011), Household preparedness for the Aftermath of Hurricanes in Florida. *Applied Geography*, 31(1), 46-52.
- Athapaththu, A.M.R.G., Yabuki, K. and Tsuchida, T., 2016. Geotechnical assessment of natural slopes and valleys based on real time rainfall data. *GEOMATE Journal*, 10(19), pp.1584-1594.
- Birkmann J, (2007), Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7, 20–31.
- Cabria, H. and Catane, S.G. (2003) The 19 December landslide in Panaon Island, Southern Leyte, Philippines. QRT Report, National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines-Diliman, Quezon City.
- Cardona OD, (2005), Indicators of disaster risk and risk management – main technical report, IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of Colombia, Manizales.
- Catane, S.G. et al. (2006) Catastrophic rockslide-debris avalanche at St. Bernard, Southern Leyte, Philippines. *Landslides*
- Catane, S.G. et al. (2005) Assessment of hazards resulting from the July 11, 2005 landslide, Barangay Mayana, Jagna Bohol. Technical Report prepared for the Local Government Unit, Jagna, Bohol, National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines-Diliman, Quezon City.

- Ciurean, R.L., Schröter, D. and Glade, T., 2013. Chapter Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction.
- Collins English Dictionary – Complete and Unabridged, (2003), HarperCollins Publishers.
- Davidson RA, Lambert KB, (2001), Comparing the hurricane disaster risk of U.S. coastal counties. *Natural Hazards Review*, 2(3), 132-142.
- Haimes YY, Crowther K, Horowitz BM, (2008), Homeland Security Preparedness: Balancing Protection with Resilience in Emergent Systems. *Systems Engineering*, 11(4), 287-308.
- Lee S, (2011), The role of preparedness in ambulance dispatching. *Journal of the Operational Research Society*, 62, 1888–1897.
- Maglambayan, V.B. et al. (1999) A proposed model for the 03 August 1999 Cherry Hills landslide, Antipolo City. Proceeding of the 12<sup>th</sup> Annual Geological Convention, Galleria, Mandaluyong City, Philippines.
- Manca D, Brambilla S, (2011), A methodology based on the Analytic Hierarchy Process for the quantitative assessment of emergency preparedness and response in road tunnels. *Transport Policy*, 18, 657–664.
- Markenson D, Krug S, (2009), Developing Pediatric Emergency Preparedness Performance Measures. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, 10(3), 229-239.
- Mateos, R.M., López-Vinielles, J., Poyiadji, E., Tsagkas, D., Sheehy, M., Hadjicharalambous, K., Liscák, P., Podolski, L., Laskowicz, I., Iadanza, C. and Gauert, C., 2020. Integration of landslide hazard into urban planning across Europe. *Landscape and urban planning*, 196, p.103740.
- Neamat, S. and Karimi, H., 2020, December. A systematic review of GIS-based landslide Hazard Mapping on Determinant Factors from International Databases. In 2020 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE) (pp. 180-183). IEEE.
- Orense, RP (2003) Geotechnical Hazards-nature, assessment and mitigation. The

University of the Philippines Press, Diliman, Quezon City, Philippines.

- Rachmalia MNS, Urai Hatthakit RN, Aranya Chaowalit, APN, (2011), Tsunami preparedness of people living in affected and non-affected areas: A comparative study in coastal area in Aceh, Indonesia. *Australasian Emergency Nursing Journal*, 14(1), 17-25.
- Sargent R., (2005) Verification and validation of simulation models, in *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, 130-143.
- Simpson D, (2008), Disaster preparedness measures: a test case development and application. *Disaster Prevention and Management*, 17(5), 645-661. UNISDR (2011), <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>. The secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction, accessed 2022-3-22.
- Wang, Z., Gao, B., Jiang, Y. and Yuan, S., 2009. Investigation and assessment on mountain tunnels and geotechnical damage after the Wenchuan earthquake. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 52(2), pp. 546-558.
- Warnitchai, P. (2005) The 26 December 2004 tsunami disaster in Thailand: experience and lessons learned, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Workshop on Safety and Stability of Infrastructures against Environmental Impacts*, De La Salle University-Manila, 5-6 December 2005.
- WHO, (2011), Comparative analysis of national pandemic influenza preparedness plans. World Health Organization.
- Zarco, M.H. et al. (2005) July 11, 2005 5 landslide, Barangay Mayana, Jagna, Bohol, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Workshop on Safety and Stability of Infrastructures against Environmental Impacts*, De La Salle University-Manila, 5-6 December 2005.
- Benahchilif, S., Zendagui D., (2016), assessment of liquefaction in Boumerdes (Algeria) using reliability analysis, Faculty of Technology, University Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algeria
- Hamid, B., et al., (2016), Liquefaction hazard mapping in the city of Boumerdès, Northern Algeria



Crosta ,G.B., et al, (2005) , Small fast-moving flow-like landslides in volcanic deposits:The 2001 Las Colinas Landslide (El Salvador)