



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ:

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

*«Ανάλυση ευστάθειας και σχεδιασμός μέτρων υποστήριξης σε ασταθές
εδαφικό πρανές της περιοχής Μαρκόπουλο Ωρωπού, Ν. Αττικής.»*

ΜΑΡΤΥΡΙΔΟΥ ΒΑΡΒΑΡΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΗΣ 2014

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση αυτής της Διπλωματικής εργασίας οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή Κ. Λουπασάκη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών για την πολύτιμη υποστήριξη του και για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Ευχαριστώ ακόμα τους γονείς μου Γιώργο Μαρτυρίδη και Ευσταθία Ανδρικοπούλου για τη συνεχή στήριξη της προσπάθειας μου.

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η ολοκλήρωση της εργασίας έγινε τον Νοέμβριο του 2014 με την επίβλεψη του Κ. Λουπασάκη, Επικ. Καθηγητή της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών.

Τίτλος της παρούσας εργασίας είναι:

“Ανάλυση ευστάθειας και σχεδιασμός μέτρων υποστήριξης σε ασταθές εδαφικό πρσανές της περιοχής Μαρκόπουλο Ωρωπού, Ν. Αττικής”.

Ο σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας πρσανούς στην περιοχή Μαρκόπουλου Ωρωπού. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των τόμων καθώς και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφικών στρώσεων που χρησιμοποιηθήκαν στο σχεδιασμό του προσομοιώματος προέκυψαν από την αξιοποίηση δεδομένων μελέτης του ΓΜΕ (Μπέλλας, 2007)

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια στα οποία παρουσιάζονται τα εξής:

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή εργασίας .

Κεφάλαιο 2: παρουσιάζονται οι κατηγορίες των κατολισθητικών φαινομένων.

Κεφάλαιο 3: Γίνεται περιγραφή της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής και αναλυτική περιγραφή της θέσης, της μορφολογία, της τεκτονική και των κλιματολογικών συνθηκών της στενής περιοχής .

Κεφάλαιο 4: Παρουσιάζεται τα διαθέσιμα γεωτεχνικά δεδομένα για την στενή περιοχή της αστοχίας

Κεφάλαιο 5: Γίνεται περιγραφή του υπολογιστικού προγράμματος LARIX-5 το

οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση των επιλύσεων.

Κεφάλαιο 6: Περιλαμβάνει την περιγραφή των επιλύσεων που προέκυψαν από το LARIX-5, καθώς και σύντομη αναφορά στους τοίχους αντιστήριξης .

Κεφάλαιο 7: Παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις επιλύσεις καθώς και προτάσεις βασισμένες σε αυτά.

Υπόμνημα : Περιέχονται οι επιλύσεις στις απλοποιημένες τομές του εδαφικού μοντέλου όπως προέκυψαν από το υπολογιστικό πρόγραμμα LARIX-5.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο1: Εισαγωγή.	9
Κεφάλαιο2: Κατολισθήσεις (Landslides).	10
2.1. Εισαγωγή.	10
2.2. Ορισμοί και ορολογία επιμέρους στοιχείων των Κατολισθήσεων.	10
2.3. Ταξινόμηση κατολισθήσεων.	12
2.3.1.Καταπτώσεις.	16
2.3.2.Ανατροπές.	18
2.3.3.Ολισθήσεις.	20
2.3.3.1. Περιστροφικές ολισθήσεις.	21
2.3.3.2. Μεταθετικές (στρωματοειδείς) ολισθήσεις.	21
2.3.4. Πλευρικές (υποοριζόντιες) εξαπλώσεις.	23
2.3.5. Ροές.	25
2.3.6. Σύνθετες κινήσεις.	27
2.3.7. Ερπυσμοί.	29
2.3.8. Ταχύτητα κίνησης εδαφικών μαζών.	30
2.4. Κύριες παράμετροι επηρεασμού της ευστάθειας πρανών.	30
2.5. Παράμετροι που εμπλέκονται στην εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων.	32
2.6. Μέτρα προστασίας.	33
Κεφάλαιο 3 : Γεωλογική δομή.	34
3.1. Εισαγωγή	34
3.2. Θέση.	34

3.3. μορφολογία	36
3.4. Γεωλογία.	37
3.4.1. Γεωτεκτονική δομή της πελαγονικής ζώνης.	37
3.4.2. Γενικά γεωλογικά στοιχεία.	47
3.4.3. Γεωλογία περιοχής.	54
3.5. Τεκτονική.	56
3.6. Κλιματολογικές – Υδρομετεωρολογικές συνθήκες.	56
3.6.1. Γενικά.	56
3.6.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.	57
Κεφάλαιο 4 : Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά.	58
4.1. Γεωτρητικό πρόγραμμα.	58
4.2. Μετρήσεις στάθμης υδροφόρου ορίζοντα.	62
4.3. Γεωτεχνικές παρατηρήσεις.	63
4.4. Μηχανικές παράμετροι.	67
Κεφάλαιο 5 : Περιγραφή υπολογιστικού πακέτου LARIX-5.	72
5.1. Εισαγωγή.	72
5.2. Δημιουργία μοντέλου.	73
5.3. Μέθοδος λωρίδων.	73
5.3.1. Μέθοδος λωρίδων κατά Fellenius.	74
5.3.2. Παρεμφερείς μέθοδοι.	74
5.4. Πρόγραμμα- Υπορουτίνες.	75
5.5. Ασφάλεια.	75
5.6. Δράσεις.	76
5.6.1. Γενικές αρχές.	76
5.6.2. Φορτίσεις.	77
5.6.3. Ορισμός οριακών τιμών.	78
5.6.4. Συντελεστές.	78
5.7. Ευστάθεια πρανών.	78
5.7.1. Νομός του υλικού.	78

5.7.2. Γεωμετρία.	79
5.7.3. Μηχανισμοί θραύσης.	79
5.7.4. Συνθήκες συμβιβαστότητας.	80
5.8. Υπολογιστικό μέρος.	80
5.8.1. Προσομοίωμα.	80
5.8.2. Επιφάνια εδάφους.	81
5.8.3. Εδαφικές στρώσεις.	81
5.8.4. Στάθμη υπόγειων υδάτων.	82
5.8.5. Στοιχεία διατμητικής αντοχής.	82
5.8.6. Παρατεταμένα αγκύρια.	82
5.8.7. Στοιχεία συνάφειας.	82
5.8.8. Ύλωση εδάφους.	83
5.9. Φορτία.	83
5.9.1. Επιφανειακά φορτία.	83
5.9.2. Γραμμικά φορτία.	83
5.9.3. Σεισμικά φορτία.	84
5.10. Ορισμός γραμμών ολίσθησης.	84
5.10.1. Γραμμές ολίσθησης κυκλικής μορφής.	84
5.10.2. Πολυγωνικές γραμμές ολίσθησης.	85
5.11. Εργασία με το LARIX-5.	85
5.11.1. Καρτέλα Προσομοίωμα.	86
5.11.2. Καρτέλα Φορτία.	87
5.11.3. Καρτέλα Υπολογισμός.	88
5.11.4. Καρτέλα Αποτελέσματα.	89
Κεφάλαιο 6 : Περιγραφή επιλύσεων.	90
6.1. Γενικά.	90
6.2. Αναλυτική περιγραφή επιλύσεων.	91
6.2.1. Πρώτη σειρά επιλύσεων.	92
6.2.2. Δεύτερη σειρά επιλύσεων.	95

6.2.3. Τρίτη σειρά επιλύσεων.	97
6.3. Τοίχοι αντιστήριξης.	99
6.3.1. Γενικά.	99
6.3.2. Τοίχοι βαρύτητας.	101
6.3.3. Περιπτώσεις αστοχιών τοίχων αντιστήριξης.	104
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα.	105
Υπόμνημα.	107
Τομή 1.	107
Τομή 1 με εκσκαφή.	109
Τομή 1 με τοίχο αντιστήριξης.	111
Τομή 2.	113
Τομή 2 με εκσκαφή.	115
Τομή 2 με τοίχο αντιστήριξης.	117
Τομή 3.	119
Τομή 3 με εκσκαφή.	121
Τομή 3 με τοίχο αντιστήριξης.	123
Βιβλιογραφία.	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας είναι η έρευνα της κατολίσθησης που εκδηλώθηκε στη κοινότητα Μαρκόπουλου Ωρωπού, στη θέση «Φέρρου – Γκράβα Τσαπάρα», μέσω του σχεδιασμού και της επίλυσης ενός απλοποιημένου μοντέλου του εδαφικού πρηνούς με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος LARIX-5. Το πρηνές είχε κλίση 25 μοίρες και περιμετρικά από αυτό υπάρχει ομαλή έκταση πάνω στην οποία είναι χτισμένες αρκετές κατοικίες. Για την κατολίσθηση αυτή ο δήμος Ωρωπού ζήτησε από το ΙΓΜΕ την εκπόνηση γεωτεχνικής μελέτης, τον Ιούνιο του 2005. Τον Ιούλιο του 2006 έγινε προσπάθεια να κατασκευαστεί τείχος αντιστήριξης κατά την κατασκευή του οποίου το πρηνές αστόχησε εκ νέου.

Ο σχεδιασμός ολοκληρώθηκε σε τρεις σειρές επιλύσεων. Η πρώτη σειρά περιελάμβανε ανάστροφες επιλύσεις και δημιουργία απλοποιημένης τομής της αστοχίας, η δεύτερη σειρά περιελάμβανε έλεγχο ευστάθειας του εδαφικού πρηνούς χωρίς μέτρα υποστήριξης και η τελευταία σειρά περιελάμβανε τον έλεγχο ευστάθειας με τα μέτρα προστασίας που προτάθηκαν εντός του πλαισίου της παρούσας διατριβής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Κατολισθήσεις (Landslides)

2.1. Εισαγωγή

Οι κατολισθήσεις όπως οι σεισμοί, οι πλημμύρες οι εκρήξεις των ηφαιστείων κ.α. είναι από τις σημαντικότερες αιτίες απώλειας ανθρώπινων ζώων αλλά και καταστροφής περιουσιών. Για τον λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η διαχείριση του κινδύνου.

Στη δημιουργία και στην εκδήλωση των κατολισθήσεων συμβάλλουν αρκετοί παράγοντες όπως η γεωμετρία των σχηματισμών, οι κλιματολογικές συνθήκες, η τεκτονική δραστηριότητα της εκάστοτε περιοχής, η βλάστηση κ.α. Στη χώρα μας οι κατολισθήσεις συναντώνται συχνά εδώ και χιλιάδες χρόνια. Η αρχαιότερη που έχει καταγραφεί στον ελλαδικό χώρο είναι αυτή της Ελικής της Πελοποννήσου το 373 π.χ. η οποία εκδηλώθηκε έπειτα από έντονη σεισμική δραστηριότητα (Μαρινάτος 1960).

2.2. Ορισμοί των κατολισθήσεων

Ο όρος “κατολισθητικά φαινόμενα” είναι πλέον αποδεκτός για να περιλαμβάνει όλο το εύρος των αστοχιών πρανών δηλαδή, ερπυσμούς, ολισθήσεις, ροές, ανατροπές, καταπτώσεις, κλπ που μπορεί να συμβούν στην ξηρά αλλά και υποθαλάσσια, κάτι που ο όρος “κατολίσθηση (landslide)” δεν μπορεί να κάνει, αφού αναφέρεται μόνο στις ταχέως εκδηλωμένες κινήσεις εδαφικών μαζών.

Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι ο όρος αυτός που δεν είναι τεχνικά δομικός

αναφέρεται σε περιπτώσεις που η εκλεκτική δύναμη της βαρύτητας σε γεωλογικούς σχηματισμούς υπερβαίνει την αντίσταση τριβής για κίνηση προς τα κάτω (Κούκης, 1993).

Γενικά έχουν δοθεί κατά καιρούς διάφοροι ορισμοί για το φαινόμενο των κατολισθήσεων. Για παράδειγμα :

Ο Terzaghi (1950) ορίζει την κατολίσθηση σαν μία γρήγορη κίνηση μάζας πετρώματος, εναπομένοντος εδάφους ή ιζήματος ενός πρανούς, της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω.

Οι Zaruba και Mencl (1969) ορίζουν την κατολίσθηση σαν μία γρήγορη κίνηση που οφείλεται στην ολίσθηση πετρωμάτων ενός τμήματος πρανούς που διαχωρίζεται από το υπόλοιπο σταθερό τμήμα με μια καλά καθορισμένη επιφάνεια.

Ο Coates (1977), σε ειδικό τόμο της Αμερικανικής Γεωλογικής Εταιρείας για τις κατολισθήσεις, δίνει τους παρακάτω ορισμούς – προϋποθέσεις για την κατάταξη μιας κίνησης στη κατηγορία των κατολισθήσεων :

- Οι κατολισθήσεις αποτελούν μία κατηγορία φαινομένων που υπάγονται στο γενικότερο φαινόμενο της κίνησης μαζών.
- Η βαρύτητα είναι η δύναμη που παίζει πρωτεύοντα ρόλο.
- Το μετακινούμενο υλικό έχει καθορισμένα όρια και συνήθως αποτελεί περιορισμένο τμήμα μια ορεινής ή λοφώδους έκτασης.
- Το μετακινούμενο υλικό περιλαμβάνει μέρος του μανδύα αποσάθρωσης των πετρωμάτων ή μέρους του μητρικού πετρώματος ή ακόμη και τα δύο.
- Η ζώνη ή το επίπεδο της κίνησης δεν ταυτίζεται με γεωλογικό ρήγμα.
- Η κίνηση πρέπει να γίνεται προς τα κάτω και προς τα έξω με σχηματισμό ελεύθερης επιφάνειας (δεν συμπεριλαμβάνονται οι καθιζήσεις).
- Η κίνηση μπορεί να εκδηλώνεται με πτώση, ολίσθηση ή ροή.

Ο Varnes (1980), στην ειδική έκδοση του Οργανισμού Έρευνα Μεταφορών των Η.Π.Α. για τις κατολισθήσεις, χρησιμοποιεί τον όρο “κίνηση πρανών” αντί του όρου “κατολίσθηση” στον οποίο συμφωνεί και ο Nemcok (1982) και με αυτόν περιλαμβάνει κάθε κίνηση πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό.

2.3. Ταξινόμηση κατολισθήσεων

Γεωλόγοι και μηχανικοί έχουν κατά καιρούς προτείνει διάφορα συστήματα ταξινόμησης των κατολισθήσεων, που βασίζονται σε πληθώρα παραμέτρων όπως (α) το είδος του υλικού που ολισθαίνει, (β) ο τύπος της κίνησης (ολίσθηση, ροή, κατάπτωση, κλπ), (γ) η ταχύτητα μετακίνησης, (δ) το αίτιο κίνησης (ανθρωπογενής δράση, στατική ή δυναμική φόρτιση, δράση νερού, κλπ), (ε) ο βαθμός εξέλιξης (ενεργή, παλιά, επαναδραστηριοποιημένη, κλπ), (στ) ο μηχανισμός ολίσθησης, (ζ) οι περιβαλλοντολογικές και κλιματικές συνθήκες, (η) η γεωμετρία, το μέγεθος, οι καταστροφικές συνέπειες, κλπ, (θ) η μορφή επιφάνεια ολίσθησης (περιστροφική, επιπεδόμορφη, κλπ), κ.α.

Ο Erskine (1973), ταξινομεί τις κατολισθήσεις στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες, με βάση την εξέλιξή τους, δίνοντας βάση στις επιπτώσεις που πιθανόν να έχουν στα διάφορα έργα:

- Σταθεροποιημένες (δεν έχουν ενδείξεις πρόσφατης ενεργοποίησης),
- Πρόσφατες ενεργές (εκδηλώνονται με πρόσφατες κινήσεις),
- Ενεργές (αυτές που εκδηλώθηκαν λίγο καιρό πριν και δείχνουν να μην έχουν σταθεροποιηθεί ακόμη),
- Επαναδραστηριοποιημένες πρόσφατα (επαναδραστηριοποίηση μετά από περίοδο σταθεροποίησης).

Οι Zaruba – Mencl (1976) κατέταξαν τις κατολισθήσεις ανάλογα με την φύση και την συνεκτικότητα του υλικού. Οι τύποι μετακίνησης που αντιστοιχούν σε

αυτές είναι οι εξής : περιστροφικές, μεταθετικές – στρωματοειδείς, καταπτώσεις, ρεύματα, υδροποιήσεις κλπ. Η ταξινόμηση αυτή είναι απλή και θεωρείται ότι ανταποκρίνεται στις συνθήκες της χώρας μας (Κούκης, 1980).

- Οι περιστροφικές κατολισθήσεις εκδηλώνονται κυρίως σε σχηματισμούς χαλαρούς ή με μέτρια διαγένεση και είναι γενικά σημαντικού πάχους.
- Οι μεταθετικές – στρωματοειδής κατολισθήσεις εκδηλώνονται με επίπεδο ολίσθησης παράλληλο με το πρηνές, όπου τα κορήματα και τα υλικά αποσάθρωσης επικάθονται σε μαλακότερους σχηματισμούς ή όπου ιζηματογενείς σχηματισμοί έχουν στρώση και κλίση ομόρροπη προς το πρηνές. Το πάχος είναι γενικά μικρό. Ολισθήσεις βραχωδών μαζών εκδηλώνονται κατά μήκος προετοιμασμένων επιφανειών ασυνέχειας που κλίνουν προς το πρηνές.
- Οι καταπτώσεις βράχων παρατηρούνται σε πολύ απότομα πρηνή και βραχώδεις ακτές. Πρόκειται για αποκολλήσεις τεμαχίων και στη συνέχεια κίνηση αυτών στο κενό.
- Τα ρεύματα γαιών είναι συνήθη όταν τα εδαφικά υλικά διαβραχούν (αύξηση του φορτίου, μείωση της διατμητικής αντοχής και τριβής). Χαρακτηρίζονται από μεγάλη κινητική ενέργεια της ολισθαίνουσας μάζας.
- Η υδροποίηση (ρευστοποίηση) αμμωδών σχηματισμών μπορεί να προκληθεί τόσο από απότομες μεταβολές της στάθμης του υπόγειου νερού όσο και από δονήσεις.

Ο Coates (1977) ταξινομεί τις κατολισθήσεις με βάση δύο παραμέτρους :

- Το υλικό μετακίνησης όπου διακρίνει (α) βραχώδες υπόβαθρο (bedrock), (β) μανδύα αποσάθρωσης - κορήματα, (γ) ιζήματα (γεώδεις σχηματισμοί).
- Τον τύπο κίνησης : χαρακτηρίζοντας τις κατολισθητικές κινήσεις σαν (α) ολίσθηση, (β) ροή και (γ) κατάπτωση.

Παρά την πληθώρα ταξινομήσεων που έχουν υπάρξει η ταξινόμηση που χρησιμοποιείται πάρα πολύ σήμερα (τείνει να επικρατήσει) είναι αυτή που έχει προτείνει το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνα των Η.Π.Α. και έχει τροποποιηθεί από τον Varnes (1978, 1980).

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το σύστημα αυτό του Varnes (1978) όλες οι κινήσεις πρανών, που θα μπορούσαν να παρατηρηθούν σε οποιαδήποτε περιοχή, εκτός από τις καθιζήσεις, μπορούν να ταξινομηθούν.

Όπως διαπιστώνεται από τον πίνακα 2.1 , η ταξινόμηση αυτή στηρίζεται σε δύο κύρια κριτήρια, **το είδος της κίνησης και τον τύπο του υλικού που μετακινείται.**

Ανάλογα με το είδος της κίνησης, ο Varnes διακρίνει :

- **Καταπτώσεις (falls)**
- **Ανατροπές (topplings)**
- **Ολισθήσεις (slides)**
- **Πλευρικές εξαπλώσεις (lateral spreads)**
- **Ροές (flows)**
- **Σύνθετες κινήσεις (complex)**

Πίνακας 2.1: Ταξινόμησης κατολισθητικών κινήσεων κατά Varnes (Schuster-Krizek, 1978).

Τύπος Κίνησης		Τύπος μετακινούμενου υλικού		
		Βραχώδες υπόβαθρο	Μηχανικά εδάφη	
			Χονδρόκοκκα	Λεπτόκοκκα
Κατάπτωση		Κατάπτωση βράχων	Κατάπτωση κορημάτων	Κατάπτωση γαιών
Ανατροπή		Ανατροπή βράχων	Ανατροπή κορημάτων	Ανατροπή γαιών
Ολίσθηση	Περιστροφική	Περιστροφική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Περιστροφική ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική ολίσθηση γαιών
	Μεταθετική	Μεταθετική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Μεταθετική ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική ολίσθηση γαιών
Πλευρική εξάπλωση		Πλευρική εξάπλωση βραχώδους υποβάθρου	Πλευρική εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική εξάπλωση γαιών
Ροή		Ροή βραχώδους υποβάθρου (ερπυσμός)	Ροή κορημάτων	Ροή γαιών
			Ερπυσμός εδάφους	
Σύνθετη		Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων		

Ανάλογα με τον τύπο του υλικού που μετακινείται, διακρίνονται οι αστοχίες που εκδηλώνονται :

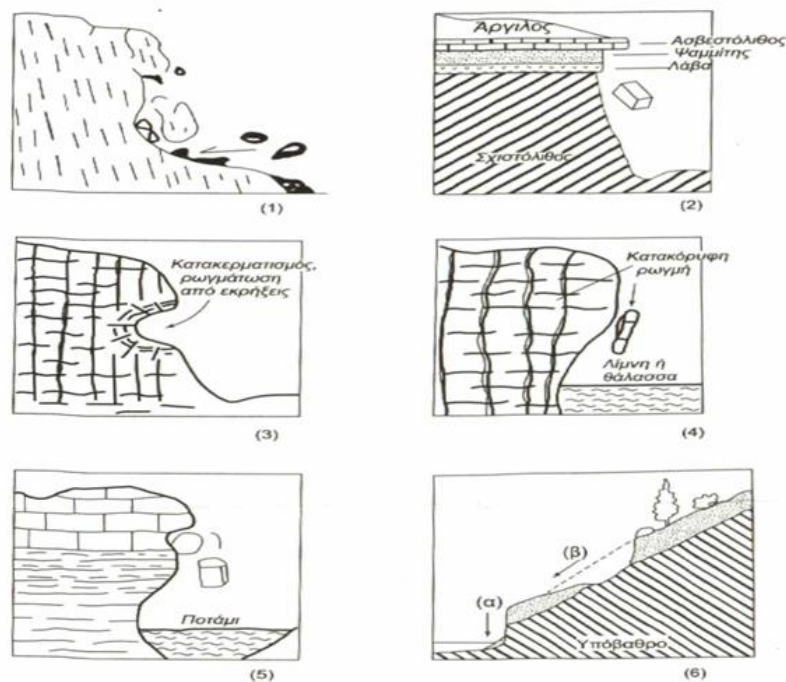
- Στο βραχώδες υπόβαθρο (bedrock) και
- Στα επιφανειακά εδάφη (engineering soils) που με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε κορήματα (debris) και γαίες (earth).

2.3.1. Καταπτώσεις (falls)

Η αστοχία αυτή αφορά σε βραχώδεις σχηματισμούς και αναφέρεται στην αποκόλληση τμημάτων βραχομάζας ποικίλου μεγέθους. Στην περίπτωση αυτή, η αποκόλληση γίνεται σε απότομο πρανές και κατά μήκος μιας επιφάνειας όπου δεν εκδηλώνεται διατμηματική κίνηση. Ακολουθεί η ελεύθερη πτώση του αποσπασθέντος τμήματος της βραχομάζας με κύλιση ή αναπήδηση, δηλαδή με κατάπτωση (Ρόζος 2007).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα καταπτώσεων παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3.

Οι καταπτώσεις διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2, ανάλογα με τη φύση του υλικού κατάπτωσης το μέγεθος κ.α.



Σχήμα 2.2 : Καταπτώσεις βράχων, κορημάτων και γαιών : (1)τυπική κατάπτωση βράχων (Varnes 1978), (2) λόγω διαφορετικής αποσάθρωσης (LRTOURNEUR AND MICHEL 1971), (3) λόγω φυσικού κατακερματισμού ή από εκρήξεις (4) λόγω ρωγμών ή διαφορετικής διάβρωσης από κύμα, (5) λόγω ρωγμών ή διαφορετικής διάβρωσης από κύμα, (6) άμεση κατάπτωση γαιών-εδάφους (α), ή μετά από ολίσθηση (β). (Κούκης, Σαμπατακάκης 2007)

Ο Eapp (1960) διακρίνει τις καταπτώσεις σε :

- Πρωτογενής καταπτώσεις (πτώσεις υλικών απευθείας από το μητρικό πέτρωμα) και
- Δευτερογενείς καταπτώσεις (πτώσεις μεταφερόμενων χαλαρών υλικών).

Τις δευτερογενείς καταπτώσεις διακρίνει ανάλογα με το μέγεθος των κορημάτων σε :

- Πτώσεις χαλικιών (μέγεθος < 75mm)
- Πτώσεις κροκάλων (75mm < μέγεθος < 300mm)
- Πτώσεις τεμαχών (μέγεθος > 300mm)



Εικόνα 2.3: Χαρακτηριστικό παράδειγμα καταπτώσεων
(Colorandogeologicalsurvey.org)

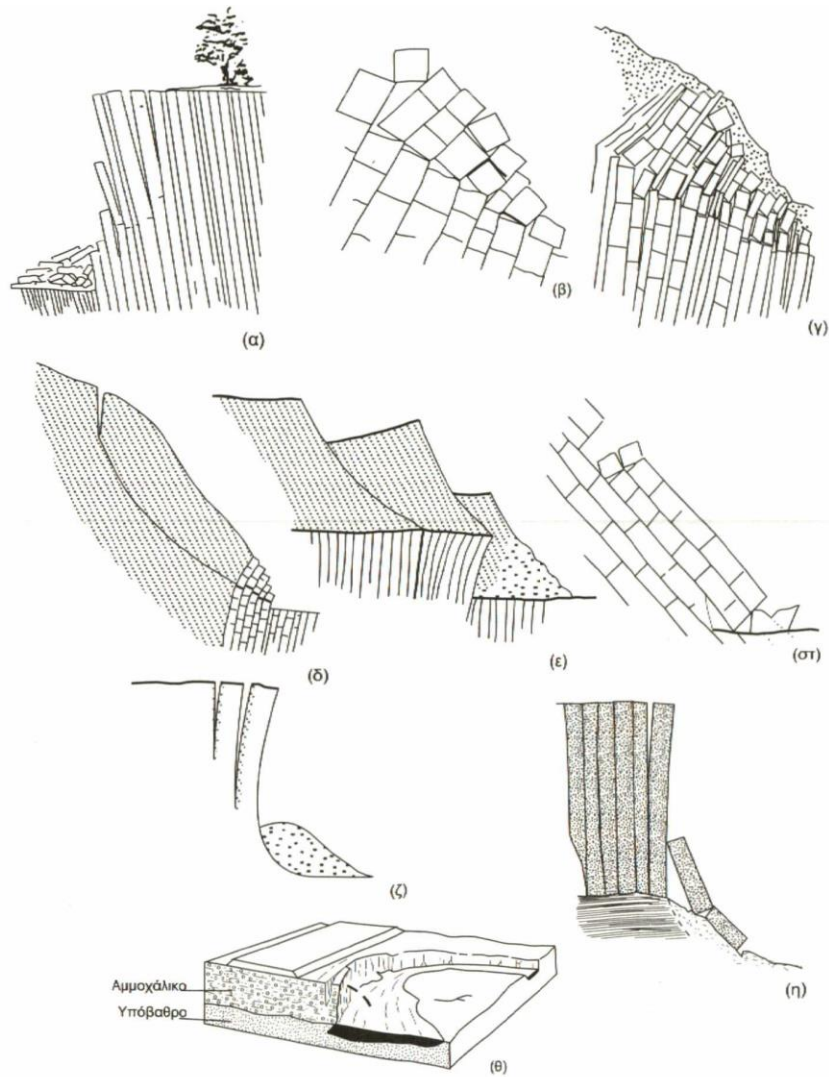
2.3.2.Ανατροπές (topples)

Σε ένα βραχώδη επίσης σχηματισμό, κάτω από τη δράση της βαρύτητας καθώς και άλλων παραγόντων, όπως για παράδειγμα τη δράση του νερού που κινείται μέσα στις ασυνέχειες της βραχομάζας, είναι δυνατό να εκδηλωθεί προς τα έξω ανατροπή και κατάπτωση τεμάχους, εφόσον αυτό οριοθετείται από ασυνέχειες που αποκλίνουν $\pm 10^\circ$ από τη κλίση του πρανούς (Ρόζος 2007). Στην Εικόνα 2.5 φαίνεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ανατροπής.

Οι GOODMAN and BRAY (1976) και στη συνέχεια οι HOEK and BRAY (1977) με βάση τους μηχανισμούς που συμβάλλουν στην εκδήλωση των ανατροπών στους βραχώδεις κυρίως σχηματισμούς (ανατροπές βράχων) πρότειναν την παρακάτω ταξινόμηση :

- Ανατροπή λόγω κάμψης (flexural toppling)
- Ανατροπή τεμαχών (block toppling)
- Ανατροπή τεμαχών λόγω κάμψης (block – flexural toppling)
- Δευτερογενής ανατροπές (secondary toppling). Οι πιο συχνές από τις περιπτώσεις αυτές είναι :
 - Ανατροπή του πόδα λόγω ολίσθησης των ανωτέρω στρωμάτων (slide toe toppling)
 - Ανατροπή της βάσης λόγω ολίσθησης (slide base toppling)
 - Ανατροπή των ανωτέρω στρωμάτων λόγω ολίσθησης (slide head toppling)
 - Ανατροπή λόγω της παρουσίας εφελκυστικών ρωγμών (tension crack toppling)
 - Κυκλοειδής ολίσθηση και ανατροπή (toppling and slumping)

Η ταξινόμηση των ανατροπών σύμφωνα με τους GOODMAN and BRAY παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4 : Ταξινόμηση των ανατροπών (GOODMAN and BRAY 1976): (α) Ανατροπή λόγω κάμψης (β) Ανατροπή τεμαχών (γ) Ανατροπή τεμαχών λόγω κάμψης. Δευτερογενείς ανατροπές :(δ) Ανατροπή του πόδα λόγω ολίσθησης των ανωτέρων στρωμάτων (ε) Ανατροπή της βάσης λόγω ολίσθησης (στ) Ανατροπή των ανωτέρων στρωμάτων λόγω ολίσθησης (ζ) Ανατροπή λόγω της παρουσίας εφελκυστικών ρωγμών (η) κυκλοειδής ολίσθηση και ανατροπή (θ) ανατροπή εδαφικών υλικών. (Κούκης, Σαμπατακάκης 2007)



Εικόνα 2.5 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα Ανατροπών (landslides.usgs.gov)

2.3.3.Ολισθήσεις

Στις ολισθήσεις, η ολισθαίνουσα μάζα εδαφικών υλικών οριοθετείται από τους υποκείμενους σταθερούς εδαφικούς ορίζοντες, με μια επιφάνεια μορφής συνήθως κουταλιού. Η επιφάνεια αυτή διαμορφώνεται κατά μήκος μίας η περισσότερων επιφανειών αδυναμίας του υλικού, κάτω από τη δράση διατμητικών δυνάμεων. Η κίνηση μπορεί να συμβεί εφάπαξ (και να αναφέρεται σε μία επιφάνεια ολίσθησης) ή να εξελιχθεί προοδευτικά από μία αρχική επιφάνεια προς τα ανάντη, ενσωματώνοντας περισσότερες ζώνες αδυναμίας του εδαφικού υλικού. Η εικόνα 2.7 παρουσιάζει ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ολίσθησης. Οι ολισθήσεις γενικά διακρίνονται στις περιστροφικές ολισθήσεις (rotational) και στις επίπεδες μετακινήσεις (translational) (Ρόζος 2007).

2.3.3.1. Περιστροφικές ολισθήσεις

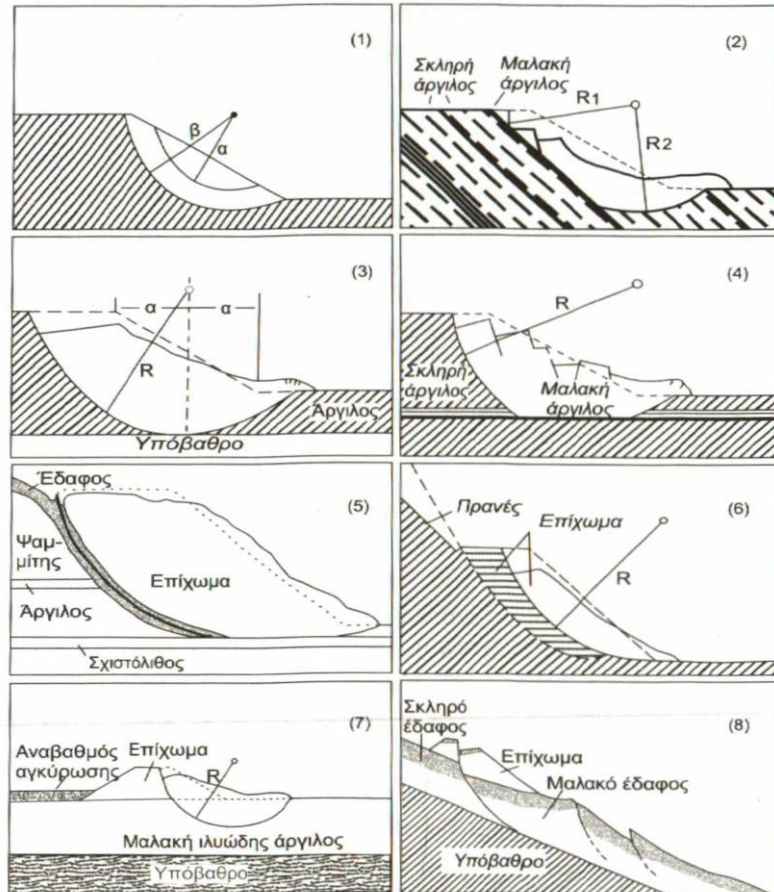
Η επιφάνεια ολίσθησης, στη περίπτωση αυτή, είναι κοίλη ή κυλινδρική ακολουθώντας πάντως σε γενικές γραμμές προϋπάρχουσες επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας, με μικρή παραμόρφωση του τεμάχους που ολισθαίνει (Ρόζος 2007).

Στο Σχήμα 2.6 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι περιστροφικών ολισθήσεων.

2.3.3.2. Μεταθετικές (στρωματοειδείς) ολισθήσεις

Η επιφάνεια ολίσθησης εδώ, είναι σχεδόν επίπεδη και το εδαφικό ή βραχώδες υλικό (ολίσθηση τεμάχους) κινείται κατά μήκος αυτής προς τα κάτω και προς τα έξω.

Η κίνηση δηλαδή δεν περιλαμβάνει σημαντική ολική στροφή ή προς τα πίσω στροφή της κεφαλής και έτσι διακρίνεται εύκολα από τη περιστροφική ολίσθηση. Κυρίως ελέγχεται από την ύπαρξη ασυνεχειών όπως στρώση, ρήγματα, διαρρήξεις κλπ (Ρόζος, 2007)



Σχήμα 2.6 : Διάφοροι τύποι περιστροφικών ολισθήσεων(1) Θραύση σε ομοιογενή υλικά (α) ολίσθηση στο μέτωπο του πρσανούς (β) η επιφάνεια θραύσης τέμνει τον πόδα του πρσανούς (2) Θραύση σε ετερογενή υλικά. Η επιφάνεια θραύσης ακολουθεί την κλίση των ασταθών στρωμάτων. (3) Θραύση του δαπέδου σε ομοιογενείς αργίλους. Ο κύκλος ολίσθησης εφάπτεται του υγιούς υπόβαθρου. Το κέντρο του κύκλου βρίσκεται στην κατακόρυφη που διέρχεται από το μέσον του αρχικού πρσανούς (4) Θραύση του δαπέδου σε ετερογενή υλικά. Η επιφάνεια θραύσης ακολουθεί το στρώμα της πολύ μαλακής αργίλου. (5) Ολίσθηση επιχώματος. Η ολίσθηση ελέγχεται από την ασθενή στρώση πάνω στην οποία εδράζεται το επίχωμα. (6) Θραύση του σώματος του επιχώματος. (7) Θραύση του εδάφους έδρασης επιχώματος. Αντίβαρο (αναβαθμός ακύρωσης) αποτρέπει την εκδήλωση ολίσθησης. (8) Ολίσθηση επιχώματος που περιλαμβάνει θραύση – ολίσθηση της υποκείμενης μαλακής εδαφικής στρώσης (VARNES, 1978)



Εικόνα 2.7 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα ολισθήσεων
(geobgy.campus.ad.csulb.edu)

2.3.4 Πλευρικές (οριζόντιες) εξαπλώσεις

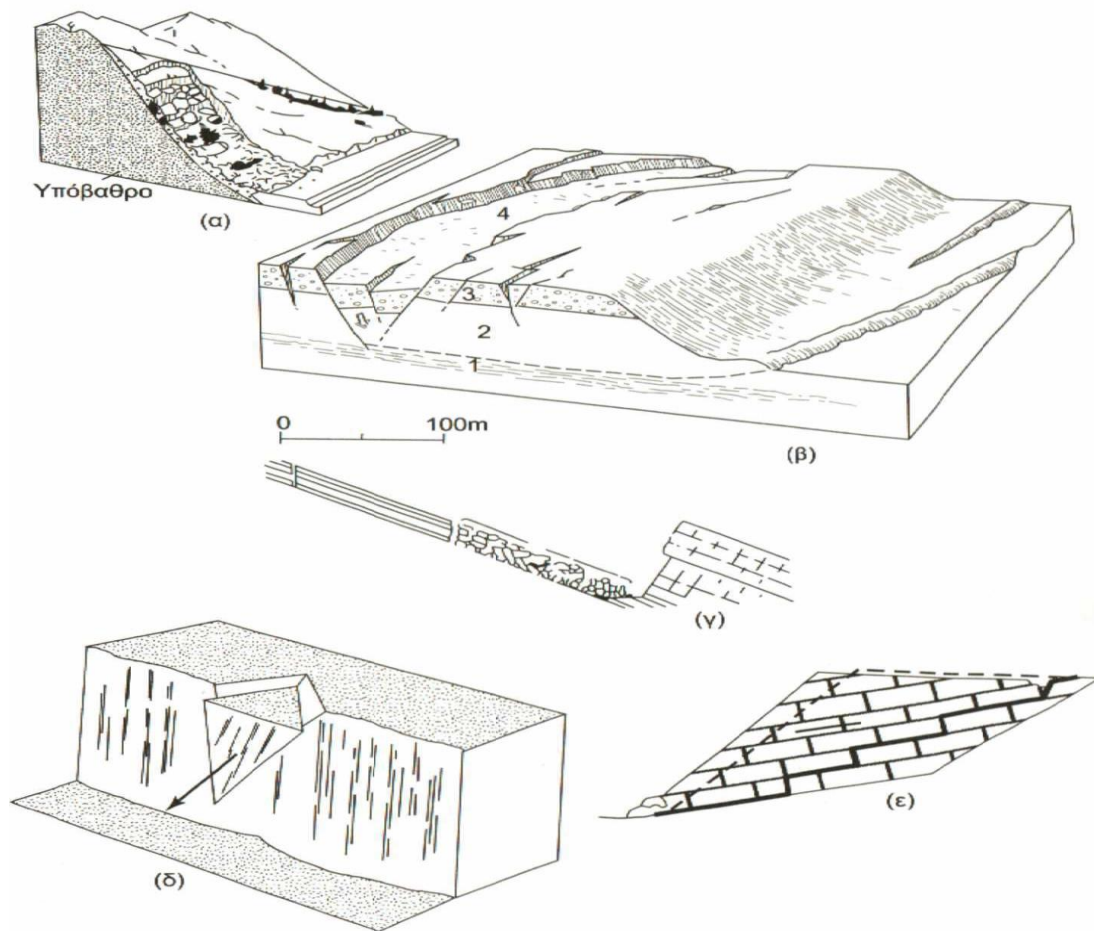
Στις πλευρικές (υποοριζόντιες) εξαπλώσεις η κίνηση συνοδεύεται από διατμητικές και εφελκυστικές ρωγμές.

Γενικά η κίνηση μπορεί να είναι επέκταση μάζας που ολισθαίνει, χωρίς να μπορεί να ορισθεί με ακρίβεια το επίπεδο ολίσθησης ή η ζώνη πλαστικής ροής. Επίσης πλευρικές εξαπλώσεις μπορεί να παρατηρηθούν με την ολίσθηση βραχωδών σχηματισμών ή συνεκτικών εδαφών που σε μαλακά εδαφικά υλικά, όπως ρέουσες πλαστικές αργίλους ή λεπτόκοκκες άμμους και ιλύς που ρευστοποιούνται.

Ο υπερκείμενος σε αυτά τα υλικά βραχώδης ορίζοντας, διαμελίζεται σε μεγάλα τεμάχια, που κινούνται, περιστρέφονται, βυθίζονται ή θρυμματίζονται (Ρόζος 2007).

Δίνονται οι παρακάτω βασικοί τύποι πλευρικών εξαπλώσεων :

- Εξαπλώση τεμαχών (block spreads) όπου βραχώδεις γεωλογικοί σχηματισμοί που υπέρκεινται άλλων ασθενέστερων διαχωρίζονται με κατακόρυφες τομές σε τεμάχια.
- Εξαπλώση λόγω ρευστοποίησης (liquefaction spreads) που δημιουργούνται κυρίως σε ευαίσθητες αργίλους και ιλύς οι οποίες παρουσιάζουν απώλεια της αντοχής τους όταν διαταραχτεί και αλλοιωθεί η αρχική τους δομή.
- Σύνθετες πλευρικές εξαπλώσεις (complex spreads). Τα φαινόμενα αυτά εκδηλώθηκαν ως έντονες παραμορφώσεις σε σχεδόν οριζόντια επιφανειακά σκληρά και διερρηγμένα πετρώματα που υπέρκεινται παχιών στρωμάτων, σκληρών ρωγματωμένων αργίλων ή μαλακών σχιστόλιθων τα οποία με την σειρά τους υπέρκεινται κάποιου σκληρού βραχώδους υπόβαθρου.



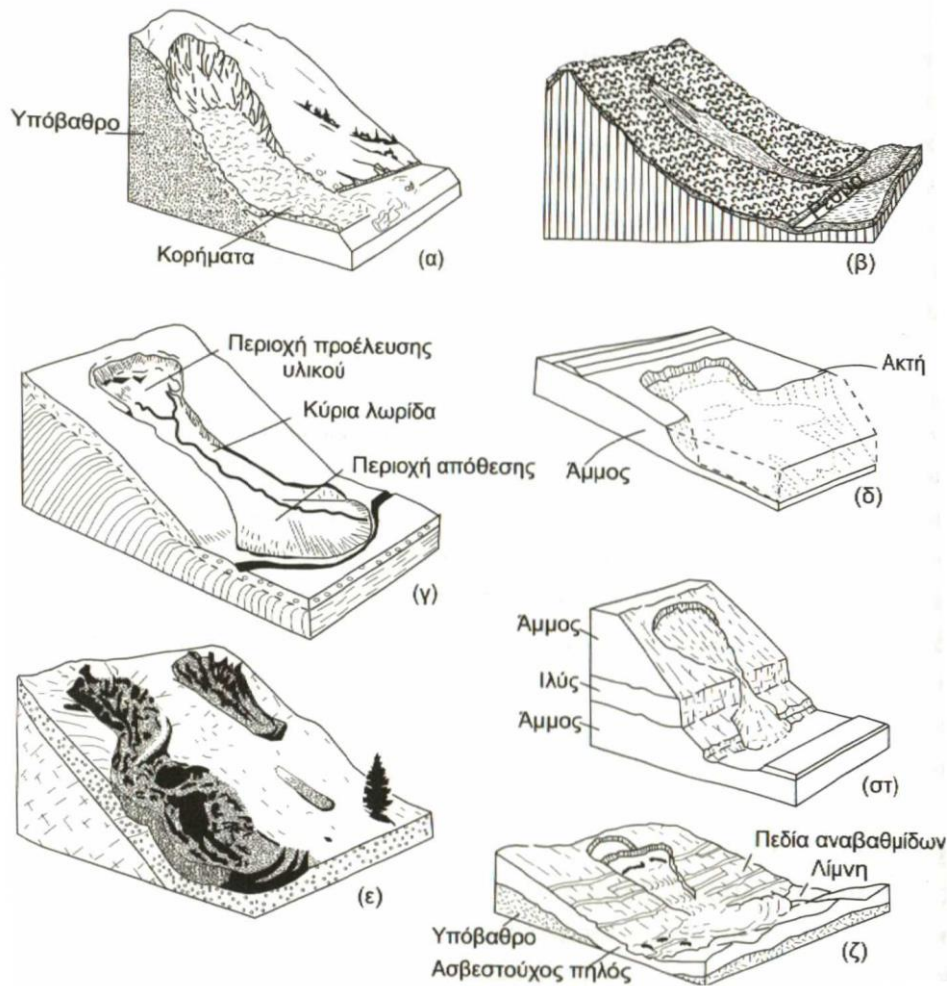
Σχήμα 2.8 : Μεταθετικές ολισθήσεις: (α) αποσαθρωμάτων, (β) εδαφικού τεμάχους, (γ) τεμαχών βράχων – επίπεδη ολίσθηση, (δ) σφηνοειδής, (ε) κλιμακωτή (Hansen, 1965 και Varnes, 1978)

2.3.5. Ροές

Με τον όρο αυτό αναφέρεται η σχετική κίνηση ρευστοποιημένων εδαφικών υλικών που αποτελούν την κινούμενη μάζα, πάνω σε μία άλλη σταθερή.

Δηλαδή το εδαφικό υλικό που μετακινείται προσομοιάζεται, στις περισσότερες των περιπτώσεων, με ιξώδες ρευστό που ρέει (ροές εδαφών, ρεύματα γαιών, ρεύματα κορημάτων). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ροών παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.10. Η κίνηση αυτή δεν πρέπει να συγχέεται με τον ερπυσμό καθώς ο τελευταίος πραγματοποιείται με πολύ αργή κίνηση. Η ροή στους εδαφικούς

σχηματισμούς, όπως η ροή γαιών (άμμου, ιλύος ή αργίλου) ή στα πλευρικά κορήματα των ορεινών περιοχών, μπορεί να γίνει κάτω από διάφορες συνθήκες περιεχόμενης υγρασίας και με ταχύτητα από μικρή μέχρι εξαιρετικά μεγάλη (Ρόζος 2007). Το Σχήμα 2.9 παρουσιάζει παραδείγματα ροών σύμφωνα με την ταχύτητα κίνησής τους.



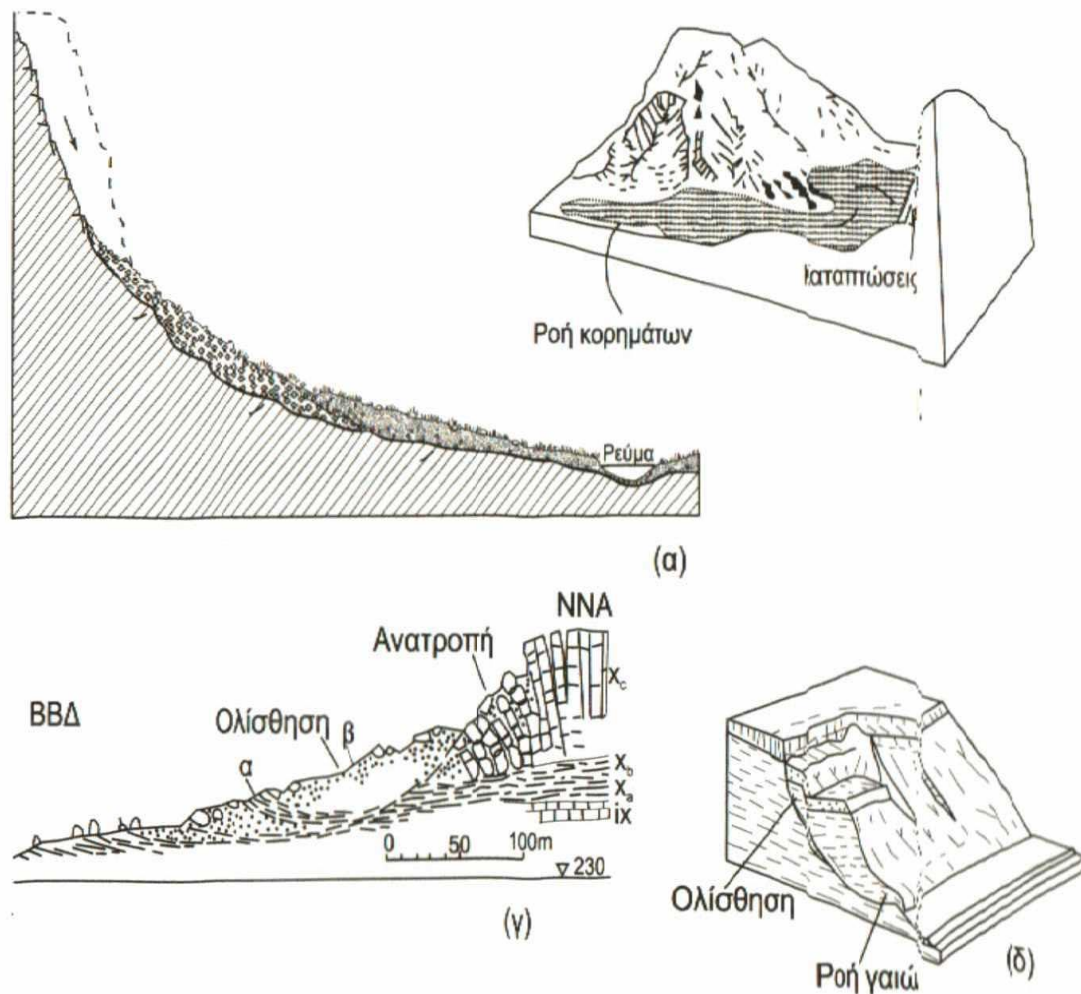
Σχήμα 2.9 : Ροές (α) πολύ γρήγορη ροή «χιονοστιβάδα κορημάτων», (β) «χιονοστιβάδα κορημάτων», (γ) ροή γαιών πολύ αργή έως γρήγορη (Zarumba – Menci, 1963), (δ) ροή άμμου ή ιλύος γρήγορη, (ε) καναλιζάρισμα ροής κορημάτων τεμάχους, (στ) ροή στεγνής άμμου γρήγορη μέχρι πολύ γρήγορη (Varnes, 1987), (ζ) ροή ξερής άμμου αιολικής γης, εξαιρετικά γρήγορη προκαλούμενη από σεισμικές δονήσεις (Κούκης, Σαμπατακάκης 2007)



Εικόνα 2.10 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα Ροών (landslides.usgs.gov)

2.3.6. Σύνθετες κινήσεις

Περιλαμβάνουν περισσότερες του ενός τύπου κίνησης. Δηλαδή, ένας τύπος κίνησης μετατρέπεται τοπικά σε κάποιον άλλο τύπο ή συμβάλει στην δημιουργία κίνησης διαφορετικού τύπου (Ρόζος 2007). Στην Εικόνα 2.12 παρουσιάζεται χαρακτηριστικό παράδειγμα σύνθετης κίνησης ενώ στο Σχήμα 2.11 φαίνονται διάφορες περιπτώσεις σύνθετων κινήσεων.



Σχήμα 2.11 : Περιπτώσεις σύνθετων κατολισθήσεων : (α) πτώσεις βράχων – ερπυσμός κορημάτων, (β) πτώσεις βράχων – ροή κορημάτων (χιονοστιβάδα από καταπτώσεις βράχων στο Elm της Ελβετίας), (γ) περιστροφική ολίσθηση – ανατροπές, (δ) περιστροφική ολίσθηση – ροή εδάφους (Κούκης, Σαμπατακάκης 2007)



Εικόνα 2.12: Χαρακτηριστικό παράδειγμα σύνθετων μετακινήσεων
(eiw.now.edu.an)

2.3.7. Ερπυσμοί

Πρόκειται για αργές έως πολύ αργές παραμορφώσεις στο χώρο (δηλαδή πολύ αργές ολισθήσεις εδαφικών μαζών), που δεν αναπτύσσουν εφελκυστικές ρωγμές και έτσι δεν είναι εύκολο να εντοπισθεί η ζώνη δράσης τους, ενώ αν δεν αντιμετωπισθούν έγκαιρα, εξελίσσονται κυρίως σε περιστροφικές ολισθήσεις (Ρόζος 2007).

2.3.8. Ενεργότητα κατολισθήσεων

Είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες στην έρευνα και μελέτη των κατολισθήσεων. Η ομάδα εργασίας της UNESCO (wp/wli) πρότεινε τις παρακάτω παραμέτρους για τον προσδιορισμό της ενεργότητας των κατολισθήσεων :

- Καθεστώς ενεργότητας, που αναφέρεται στο χρονικό των μετακινήσεων
- Την κατανομή ενεργότητας, με την οποία περιγράφεται ποια τμήματα της κατολίσθησης μετακινούνται
- Τον τύπο ενεργότητας, με τον οποίο καθορίζεται ο τρόπος που εκδηλώνονται οι διάφορες μετακινήσεις μέσα στην ίδια την μάζα της κατολίσθησης (Κούκης, Σαμπατακάκης 2007)

2.4.Κύριες παράμετροι επηρεασμού της ευστάθειας πρανών

Σύμφωνα με τους Duncan et. al., 1999, η ευστάθεια των πρανών, επηρεάζεται από:

- (1) **Τον τύπο των γεωλογικών σχηματισμών που εμπλέκονται.** Χαλαροί σχηματισμοί μπορεί να κινηθούν κατάντη ευκολότερα από βραχώδη υλικά του υποβάθρου.
- (2) **Τον προσανατολισμό και την τεκτονική των σχηματισμών.** Η διάταξη της στρώσης ή η σχιστότητα ως προς τον προσανατολισμό του πρανού και ο κερματισμός του σχηματισμού που επηρεάζουν τον σχηματισμό της αστοχίας.
- (3) **Τη κλίση του πρανού.** Οι κατολισθήσεις είναι περισσότερο συνήθεις στα πλέον απότομα πρανή.

- (4) Το νερό.** Οι κατολισθήσεις είναι πιο συχνές σε περιοχές με αυξημένα ποσοστά ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, καθώς το νερό που κατεισχύει μειώνει την αντίσταση σε ολίσθηση με τη μείωση της εσωτερικής τριβής των εδαφικών σωματιδίων στους αμμώδεις σχηματισμούς, καθώς και τις δυνάμεις συνοχής που υπάρχουν μεταξύ των αργιλικών σωματιδίων στα αργιλικά εδάφη. Ακόμη δρα σαν λιπαντικό σε επιφάνειες που μπορεί να εξελιχθούν σε επιφάνειες αστοχιών, προσθέτει βάρος στα υλικά, αντιδρά με ορισμένα αργιλικά ορυκτά και επιφέρει αλλαγές στον όγκο. Τέλος, ρευστοποιεί κάποια λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά.
- (5) Τις εδαφικές δονήσεις.** Οι ισχυρές δυναμικές φορτίσεις π.χ. αυξημένου μεγέθους σεισμοί, σείουν και χαλαρώνουν τα εδαφικά υλικά επιφέροντας αστάθεια.
- (6) Η φυτοκάλυψη.** Τα υδρόφυλλα δέντρα με βαθύ ριζικό σύστημα «δένουν» τα εδαφικά υλικά αλλά και μειώνουν τη δράση του νερού. Συνεπώς η απομάκρυνση αυτού του είδους της φυτοκάλυψης (πυρκαγιές, αποψιλώσεις κλπ), αυξάνει τις πιθανότητες εκδήλωσης κατολισθητικών κινήσεων. Από την άλλη πλευρά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαβρωτική δράση των ριζών και η διεύρυνση των ρωγμών σε βραχώδεις σχηματισμούς από το ριζικό σύστημα, αλλά και το πρόσθετο φορτίο της δενδρώδους φυτοκάλυψης.
- (7) Την προσέγγιση σε περιοχές με έντονη διαβρωτική δράση.** Πρανή που βρίσκονται σε κοίτες υδρορεμάτων ή ακτές με αυξημένη τη δράση του κυματισμού, υφίστανται τις συνέπειες της αφαίρεσης της αντιστήριξης ποδός.

2.5. Παράγοντες που εμπλέκονται στην εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων

Οι παράγοντες που σχετίζονται με τη γεωτεχνική εξέλιξη και τη λιθολογική διάβρωση ονομάζονται "πρωτογενείς", ενώ εκείνοι που σχετίζονται με την γεωμηχανική συμπεριφορά τους χαρακτηρίζονται σαν "δενδρογενείς". Οι δευτερογενείς παράγοντες διακρίνονται σε "ενδογενείς" (οι αναφερόμενοι σε μείωση της αντοχής) και "εξωγενείς" (οι αναφερόμενοι σε αύξηση των τάσεων) (Ρόζος 2007).

Στους "πρωτογενείς παράγοντες" γίνεται αντιληπτό ότι περιλαμβάνονται :

- **Η γεωλογική δομή και η τεκτονική της περιοχής.**
- **Η γεωδυναμική εξέλιξη περιοχών με νεοτεκτονική δραστηριότητα (π.χ. η τάφος του Κορινθιακού).**
- **Η γενική λιθολογική διάβρωση της περιοχής (έχει διαπιστωθεί ότι συγκεκριμένες δομές ευνοούν περισσότερο την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων).**
- **Η κινητικότητα του υποβάθρου, με την έννοια της επαναδραστηριοποίησης παλαιών ρηγμάτων.**
- **Η σεισμικότητα και η ηφαιστειακή δραστηριότητα.**

Οι "δευτερογενείς παράγοντες" αφορούν στη μείωση της αντοχής ή στην αύξηση των τάσεων των σχηματισμών συγκεκριμένης περιοχής και διακρίνονται σε :

α) "ενδογενείς" στους οποίους περιλαμβάνονται :

- **Οι διαβρωτικές διεργασίες.**
- **Φυσική και χημική αποσάθρωση.**
- **Η υπερβολικές διακυμάνσεις του περιεχόμενου νερού.**
- **Η αύξηση της πίεσης των πόρων.**

β) "εξωγενείς" που αναφέρονται σε :

- Υπερφόρτιση του πρηνούς.
- Εκσκαφές στη βάση του πρηνούς (απομάκρυνση αντιστήριξης στον πόδα).
- Αύξηση του ύψους και της κλίσης του πρηνούς.
- Φυσικές ή τεχνητές δονήσεις.
- Αποψίλωση ποικίλης αιτιολογίας.

Οι πρωτογενείς παράγοντες οφείλονται αποκλειστικά σε φυσικές διεργασίες ενώ οι δευτερογενείς, που συνήθως αποτελούν το τελικό αίτιο μείωσης της ευστάθειας και το έναυσμα αστοχίας των πρηνών, είναι αποτέλεσμα είτε φυσικών διεγέρσεων είτε ανθρωπογενούς παρέμβασης (Ρόζος 2007).

2.6. Μέτρα προστασίας σε εδαφικά πρηνή

Τα συνηθέστερα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται σε εδαφικά πρηνή είναι τα ακόλουθα :

- Μείωση των δυνάμεων που προκαλούν την μετακίνηση
- Εκσκαφή – διαμόρφωση πρηνών
- Αποστράγγιση, επιφανειακή αποστράγγιση
- Αύξηση των δυνάμεων που αντιδρούν στην μετακίνηση
- Λοιπές μέθοδοι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

3.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή της γεωλογικής δομής τόσο της ευρύτερης περιοχής όσο και της στενής περιοχής έρευνας .

Η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην πελαγονική γεωτεκτονική ζώνη η δομή της οποίας παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό. Επίσης παρουσιάζεται τμήμα του γεωλογικού φύλλου του ΙΓΜΕ, 2000 μαζί με το υπόμνημα του.

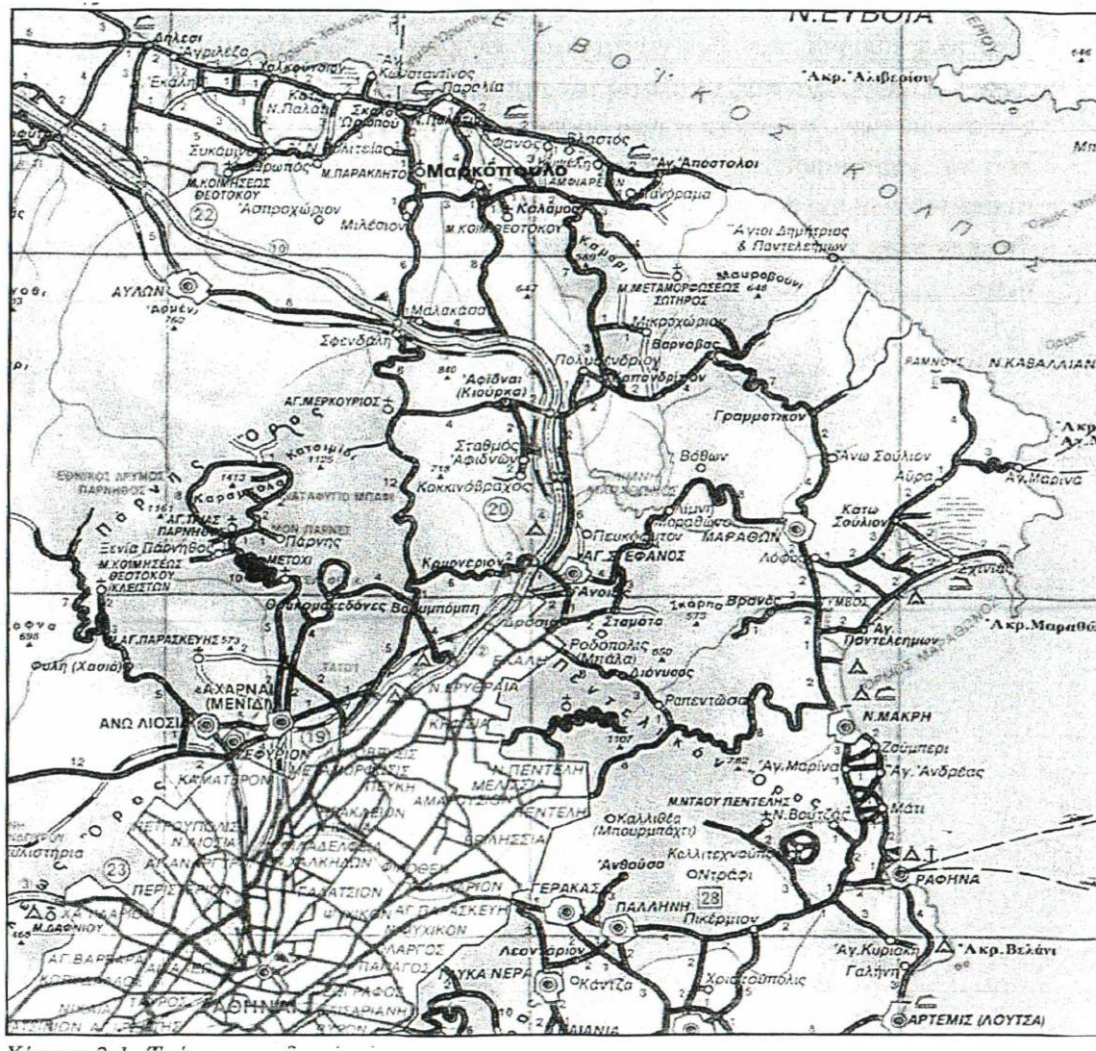
Η στενή περιοχή ανήκει στο νομό Αττικής και συγκεκριμένα στη κοινότητα Μαρκόπουλου-Ωρωπού. Στο παρών κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή της γεωλογίας καθώς και των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στη περιοχή.

3.2.Θέση

Το Μαρκόπουλο Ωρωπού είναι παραθεριστική περιοχή στο βόρειο τμήμα της Αττικής. Μέχρι και τα τέλη του 2010 άνηκε στη Κοινότητα Μαρκόπουλου-Ωρωπού. Η κοινότητα αυτή συνόρευε με τις κοινότητες Μαλακάσας, Καλάμου και Νέων Παλατιών. Από τα τέλη του 2010 μέχρι και σήμερα η κοινότητα αποτελεί τμήμα του δήμου Ωρωπού. Ο δήμος εκτείνεται από τον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο μέχρι και τους πρόποδες της Πάρνηθας και απέχει 40χλμ. από το κέντρο της Αθήνας.

Συγκεκριμένα η παρούσα κατολίσθηση βρίσκεται στο πρανές του αντερείσματος «Κουτρούλη» και σε υψόμετρο 30μ. Απέχει 2,5χλμ από τον

οικισμό, είναι στο βόρειο τμήμα του και η απόστασή του από την θάλασσα είναι 700μ. Σύμφωνα με το έγγραφο του δήμου Ωρωπού η θέση αυτή ονομάζεται «Φέρρου – Γκράβα Τσαπάρα».



Χάρτης 3.1: Τμήμα του οδικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής Αττικής στο επάνω τμήμα του οποίου φαίνεται η θέση δήμου Ωρωπού.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση της θέσης της κατολίσθησης (Google earth)

3.3. Μορφολογία

Η μορφολογία της ευρύτερης περιοχής περιλαμβάνει πεδινά αλλά και ορεινά τμήματα.

Στο κεντρικό – ανατολικό τμήμα συναντάμε μια αρκετά μεγάλη πεδινή έκταση γνωστή ως κοιλάδα του Ασωπού. Επίσης πεδινές εκτάσεις εκτείνονται παράλληλα προς τις ακτές της περιοχής.

Στο νότιο – νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής υπάρχουν ημιορεινές εκτάσεις οι οποίες φθάνουν τα 120μ. υψόμετρο. Ακόμη στο νότιο τμήμα της περιοχής υπάρχει ορεινή ζώνη η οποία φθάνει έως τα 380μ. υψόμετρο.

Στη περιοχή που ερευνούμε το πρηνές που κατολίσθησε βρίσκεται στην

πλαγιά «Κουτρούλη» η οποία έχει κλίση 25°. Στο επάνω μέρος υπάρχει ομαλή έκταση με πυκνή δόμηση ενώ στο κάτω μέρος η έκταση που υπάρχει είναι επίσης ομαλή με κλίση 5° – 10°. Το ύψος της κεφαλής της κατολίσθησης βρίσκεται στα 30μ. ενώ το ύψος του πρανούς είναι 5μ.

3.4 Γεωλογία

Η ζώνη στην οποία ανήκει η ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα ισχύοντα, είναι η «Πελαγονική γεωτεκτονική ζώνη». Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της ζώνης παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

3.4.1. Γεωτεκτονική δομή της Πελαγονικής ζώνης

Η Πελαγονική ζώνη καθιερώθηκε από τους Brunn (1956) και Aubouin (1957) στα πλαίσια διαίρεσης της Ελλάδας σε αλπικές ισοπικές ζώνες. Σύμφωνα με τις απόψεις νεότερων ερευνητών (Μουντράκης 1983) η Πελαγονική ζώνη αποτελούσε ένα μεγάλο ηπειρωτικό τεμάχιο της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάστηκε από την Gondwana. Εκατέρωθεν του τεμαχίου αυτού αναπτύχθηκαν οι ωκεάνιες περιοχές της Παλαιο-Τηθύος (ζώνη Αξιού) και της Νέο-Τηθύος (Υποπελαγονική ζώνη και Ζώνη Πίνδου).

Η Πελαγονική ζώνη εξαπλώνεται με διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ και γειτονεύει προς τα ανατολικά με τη Ζώνη του Αξιού και προς τα δυτικά με την Υποπελαγονική ζώνη (Εικόνα 3.3). Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται οι ορεινοί όγκοι του Βόρα, του Βέρνου, του Βέρμιου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας, ενώ στη συνέχεια κάμπτεται προς τις Σποράδες και περιλαμβάνει τα νησιά Σκιάθος, Σκόπελος, και Σκύρος. Πιθανή προέκταση της Πελαγονικής στο Αιγαίο είναι τα νησιά Οινούσες από όπου η ζώνη περνάει στη βόρεια Μικρά Ασία. Επίσης, προς βορρά η ζώνη εκτείνεται στη Γιουγκοσλαβία.

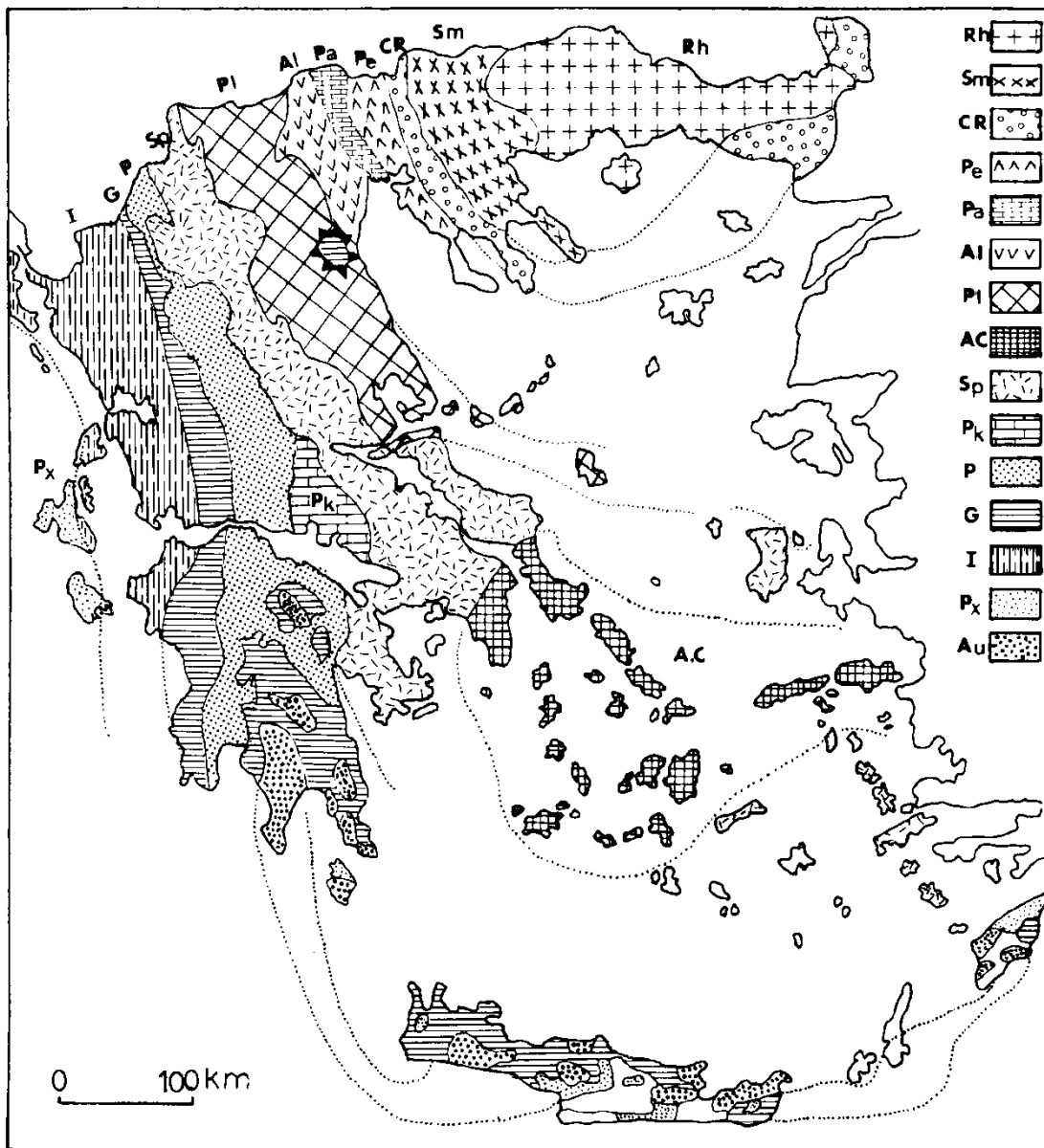
Όπως φαίνεται και στη στρωματογραφική στήλη της εικόνας 3.4 η Πελαγονική ζώνη αποτελείται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου, με τους γνευσιωμένους γρανίτες, πάνω στους οποίους έχουν αποτεθεί Μεσοζωικά ιζήματα. Τα Μεσοζωικά ιζήματα αποτελούνται από το Τριαδικό - Ιουρασικό ανθρακικό κάλυμμα και από τα Άνω Κρητιδικά πελαγικά ιζήματα μέσα στα οποία εντοπίζονται και οφειολιθικές μάζες.

Ειδικότερα η Πελαγονική ζώνη αποτελείται από τις εξής λιθοστρωματογραφικές ενότητες (Μουντροάκης 1985):

α. Κρυσταλλοσχιστώδες υποβάθρο.

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου έχουν μεγάλη εξάπλωση στο χώρο της Πελαγονικής ζώνης, όπου και εμφανίζονται με τη μορφή αλληπάλληλων τεκτονικών λεπιών. Παρά το γεγονός ότι διακρίνονται διάφορες λιθολογικές ενότητες, τα πετρώματα του υποβάθρου, αντιμετωπίζονται ως παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες που έχουν παρόμοια λιθολογική εξέλιξη και που κρυσταλλώθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού ή και παλαιότερα του Προκάμβριου.

Η μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό πριν από το Λιθανθρακοφόρο και έγινε σε συνθήκες βαθύτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης έως της ανώτερης αμφιβολιτικής.



Εικόνα 3.3 : Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων Ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα << Ταλέα όρη - Πλακώδεις Αρσεστόλιθοι >> πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (Μουντράκης, 1985).

β. Γνευσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου.

Οι γρανίτες αποτελούν μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής. Οι διεισδύσεις αυτές είναι παλαιές και σύμφωνα με ραδιοχρονολογήσεις η γένεσή τους καθορίστηκε στο Άνω Λιθανθρακοφόρο. Στο μεγαλύτερο μέρος τους οι γρανίτες εμφανίζονται γνευσιομένοι, σε συνθήκες χαμηλής πρρασινοσχιστολιθικής φάσης, εξαιτίας της αλπικής μεταμόρφωσης του Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού. Υπάρχουν όμως και τμήματα τα οποία εμφανίζονται χωρίς μεταμόρφωση ή και τμήματα στα οποία εμφανίζονται μαγματικές διεισδύσεις να διαπερνούν η μία την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε και νεότερες διεισδύσεις που ορισμένες από αυτές ίσως να πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της αλπικής ορογένεσης.

γ. Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες.

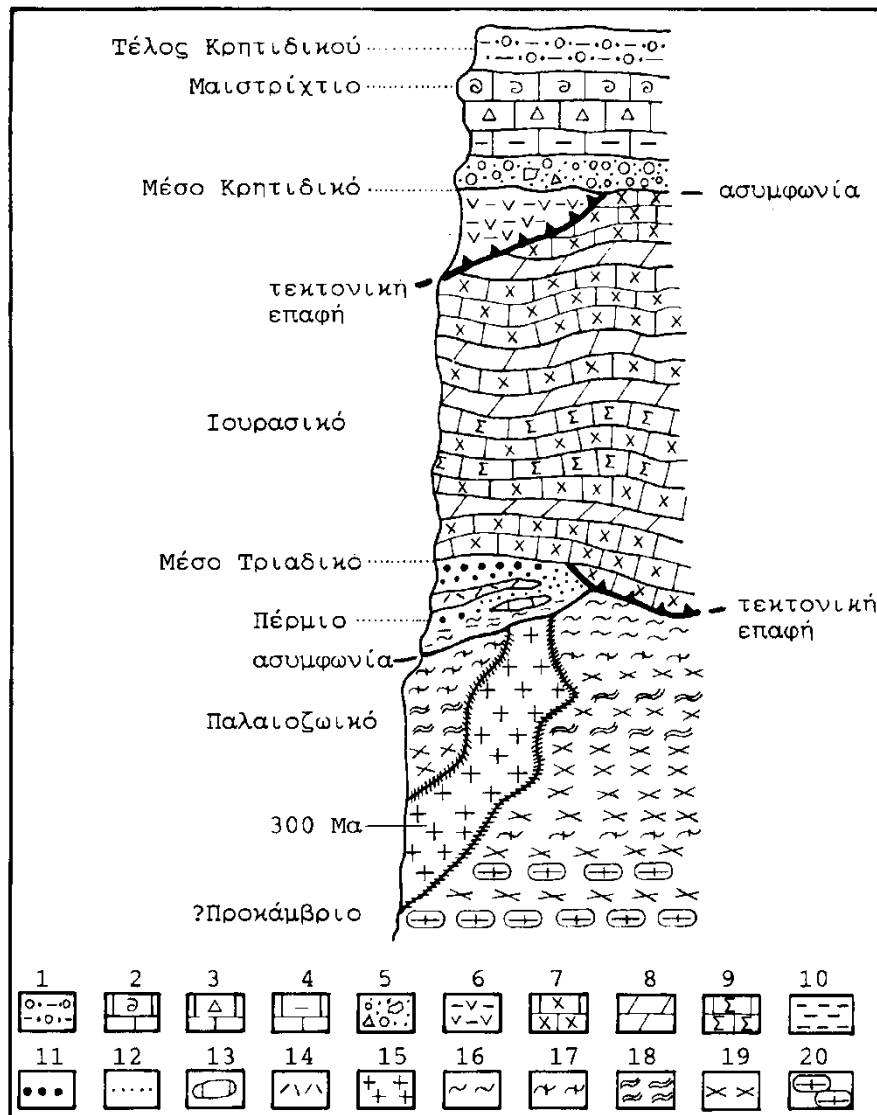
Οι μετακλαστικές ακολουθίες αποτελούνται από κλαστικά ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Περμίου και Κάτω Τριαδικού και στη συνέχεια μεταμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρρασινοσχιστολιθικής φάσης

Η μετακλαστική σειρά του περμοτριάδικού αναπτύσσεται κυρίως κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Πελαγονικής και αντιπροσωπεύει τα ιζήματα της ηπειρωτικής κατωφέρειας. Η ηπειρωτική κατωφέρεια αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της ηπειρωτικής διάρρηξης που οδήγησε στη δημιουργία της ωκεάνιας περιοχής Δυτικά της Πελαγονικής. Στενά συνδεδεμένα με την ηπειρωτική διάρρηξη είναι και τα ηφαιστειακά υλικά που παρεμβάλλονται στις μετακλαστικές ακολουθίες, αφού η ηφαιστειότητα του Περμοτριάδικού εκδηλώθηκε στο χείλος της.

δ. Ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού - Ιουρασικού.

Η ιζηματογένεση στην Πελαγονική ζώνη κατά τη διάρκεια του Τριαδικού - Ιουρασικού χαρακτηρίζεται ως νηριτική ανθρακική και αποτελεί το λεγόμενο << Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής >>.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα νεώτερων ερευνών (Μουντράκης 1983, 1984) το ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής στην ουσία αποτελείται από δύο τμήματα, το ανατολικό και το δυτικό, τα οποία και αποτέθηκαν στα αντίστοιχα περιθώρια της ζώνης.



Εικόνα 3.4 : Συνοπτική λιθοστρωματογραφική - τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. 1-5: Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού. 1: φλύσχης Άνω Μαιστριχτίου - Κάτω Παλαιοκαίνου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο - λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, 7 - 9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού - Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιπολίνες, 10 - 14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 10: μετα-πελίτες, φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα - κροκαλοπαγή, 12: μετα - ψαμμίτες, μετα - αρκόζες, 13: φακοί ασβεστόλιθων, 14: μετα - ρυόλιθοι, μετα - τόφφοι, 15: γνευσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16 - 20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υπόβαθρου Παλαιοζωικής ή και προ - Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγιακοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), 17: διμαρμαρυγιακοί - γρινατούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γνεύσιοι, 20: οφθαλμογνεύσιοι. (Μουντράκης, 1985)

Ειδικότερα, για το δυτικό περιθώριο διαπιστώθηκε ότι είναι αυτόχθονο, δηλαδή αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου Τριαδικού - Κάτω Κρητιδικού πάνω στα Περμοτριάδικά μετακλαστικά ιζήματα όπου το συναντάμε μέχρι και σήμερα. Το πάχος του καλύμματος αυτού υπολογίζεται στα 600 - 800 m. Ενώ αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και ελάχιστες λεπτές παρεμβολές πηλιτικών ενστρώσεων.

Το ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι παρα-αυτόχθονο, δηλαδή αποτέθηκε πάνω στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής και στη συνέχεια εξωθήθηκε προς τα δυτικά πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Και στα δύο προαναφερόμενα καλύμματα γίνεται αισθητή η μεταμόρφωση που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού και σε συνθήκες Πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Η μεταμόρφωση αυτή είναι η ίδια που επηρέασε και τα πετρώματα της Περμοτριάδικής ακολουθίας.

ε. Οφειόλιθοι και συνοδά ιζήματα.

Οι οφειολιθικές μάζες και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας που εμφανίζονται στο χώρο της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι σχηματισμοί που προέρχονται από τους ωκεάνιους χώρους της Παλαιο - Τηθύος και της Νέο - Τηθύος από όπου και εξωθήθηκαν πάνω στο Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα. Τα σημαντικότερα υπολείμματα των εξωθημένων αυτών μαζών τα συναντάμε στον Βούρινο της Κοζάνης (Δίαυλος Κοζάνης) και στην Εύβοια (Δίαυλος Εύβοιας).

Κατά την εξώθηση των οφειολίθων πάνω στο ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής σχηματίστηκε ένας τεκτονικός σχηματισμός που χαρακτηρίζεται ως τεκτονικό οφειολιθικό μίγμα ή τεκτονικό οφειολιθικό melange. Ο σχηματισμός αυτός προήλθε από τη συσσωμάτωση μικρών και μεγάλων τεμαχίων του ασβεστόλιθου, τμημάτων του πέλματος των λεπιών

του οφειολίθου και μέρους των ιζημάτων βαθιάς θάλασσας και προκλήθηκε υπό την επίδραση των τεκτονικών δυνάμεων.

ζ. *Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού.*

Τα θαλάσσια ιζήματα της Μέσο - Άνω Κρητιδικής επίκλησης τοποθετούνται ασύμφωνα πάνω στα ήδη πτυχωμένα Τριαδιοκοϊουρασικά πετρώματα του ανθρακικού καλύμματος και πάνω στους οφειόλιθους και τα γειτονικά πελαγικά ιζήματα, όπου αυτά υπάρχουν. Η επίκληση με την αντίστοιχη απόθεση ιζημάτων άρχισε το Κενομάνιο - Τουρώνιο του Μέσου - Άνω Κρητιδικού ή κατά περίπτωση το Σαντώνιο - Μαιστρίχτιο του Άνω Κρητιδικού. Η στρωματογραφική διάρθρωση των Μέσο - Άνω Κρητιδικών ιζημάτων είναι η ακόλουθη:

- Κροκαλοπαγή, μικρολατυποπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (Κενομάνιο - Τουρώνιο)
- Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Σαντώνιο - Μαιστρίχτιο).
- Συμπαγείς ασβεστόλιθοι με απολιθώματα *Orbitoides media* (Μαιστρίχτιο).
- Φλύσχος που στην αρχή είναι σχιστώδης ασβεστιτικός, εξελίσσεται σε ασβεστοπηλιτικό - ψαμμιτικό και καταλήγει σε πηλιτικό - κροκαλοπαγή (Άνω Μαιστρίχτιο - αρχές Παλαιοκαίνου ;).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεκτονορογενετική εξέλιξη της Πελαγονικής ζώνης που χαρακτηρίζεται από τη δράση τεσσάρων παραμορφωτικών επεισοδίων. Τα παραμορφωτικά αυτά επεισόδια σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985) είναι τα ακόλουθα:

α. Ερκύνια Παραμορφωτική Φάση (ERC).

Η Ερκύνια παραμορφωτική φάση επηρέασε το κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής και έλαβε χώρα πριν το Άνω λιθανθρακοφόρο. Η παραμόρφωση αυτή ήταν συμεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιτώδους υποβάθρου που πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής - αμφιβολιτικής φάσης. Οι σημαντικότερες δομές που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της Ερκύνιας παραμόρφωσης είναι οι τέλειες ισοκλινείς πτυχές, μικροσκοπικής ή εκατοστιαίας κλίμακας που έχουν αξονική διεύθυνση 155° - 160° .

β. Ορογένεση Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού.

Κατά τη διάρκεια της ορογένεσης αυτής καταστράφηκαν οι ωκεανοί της Παλαιο-Τηθύος (ζώνη Αξιού) και της Νεο-Τηθύος (Υποπελαγονική ζώνη και Ζώνη Πίνδου) που βρίσκονταν εκατέρωθεν της Πελαγονικής (Εικόνα 1.3).

Υπολογίζεται ότι η καταστροφή της Παλαιο-Τηθύος πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού, όποτε έγινε και η εξώθηση των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων βαθιάς θάλασσας πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής. Το φαινόμενο αυτό με διεύθυνση από ΒΔ προς τα ΝΔ συνοδεύεται από τη γένεση ισοκλινών έως υποϊσοκλινών πτυχών με αξονική διεύθυνση 150° - 170° .

Αντιστοίχως η καταστροφή της Νέο-Τηθύος πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του Κάτω Κρητιδικού με την εξώθηση των οφειόλιθων της Υποπελαγονικής από τα Δ προς τα Α και με την ταυτόχρονη πρόκληση πτυχών με αξονική διεύθυνση 0° - 30° .

Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης ορογενετικής φάσης πραγματοποιήθηκε και η δεύτερη αλπική μεταμόρφωση, των σχηματισμών της Πελαγονικής, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

γ. Ορογένεση Τελικού Κρητιδικού - Μέσου Ηωκαίνου

Η ορογένεση αυτή έλαβε χώρα μεταξύ του Τελικού Κρητιδικού και του Μέσου Ηωκαίνου. Το αποτέλεσμα αυτής της ορογενετικής φάσης ήταν η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης.

Κατά τη διάρκεια της ορογένεσης αυτής δημιουργήθηκαν δύο φάσεις πτύχωσης. Η μία αποτελείται από πτυχές ανοικτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και απόκλιση προς τα ΝΔ, ενώ η άλλη αποτελείται από πτυχές κλειστές - ανοιχτές αξονικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και απόκλιση προς τα ΝΑ.

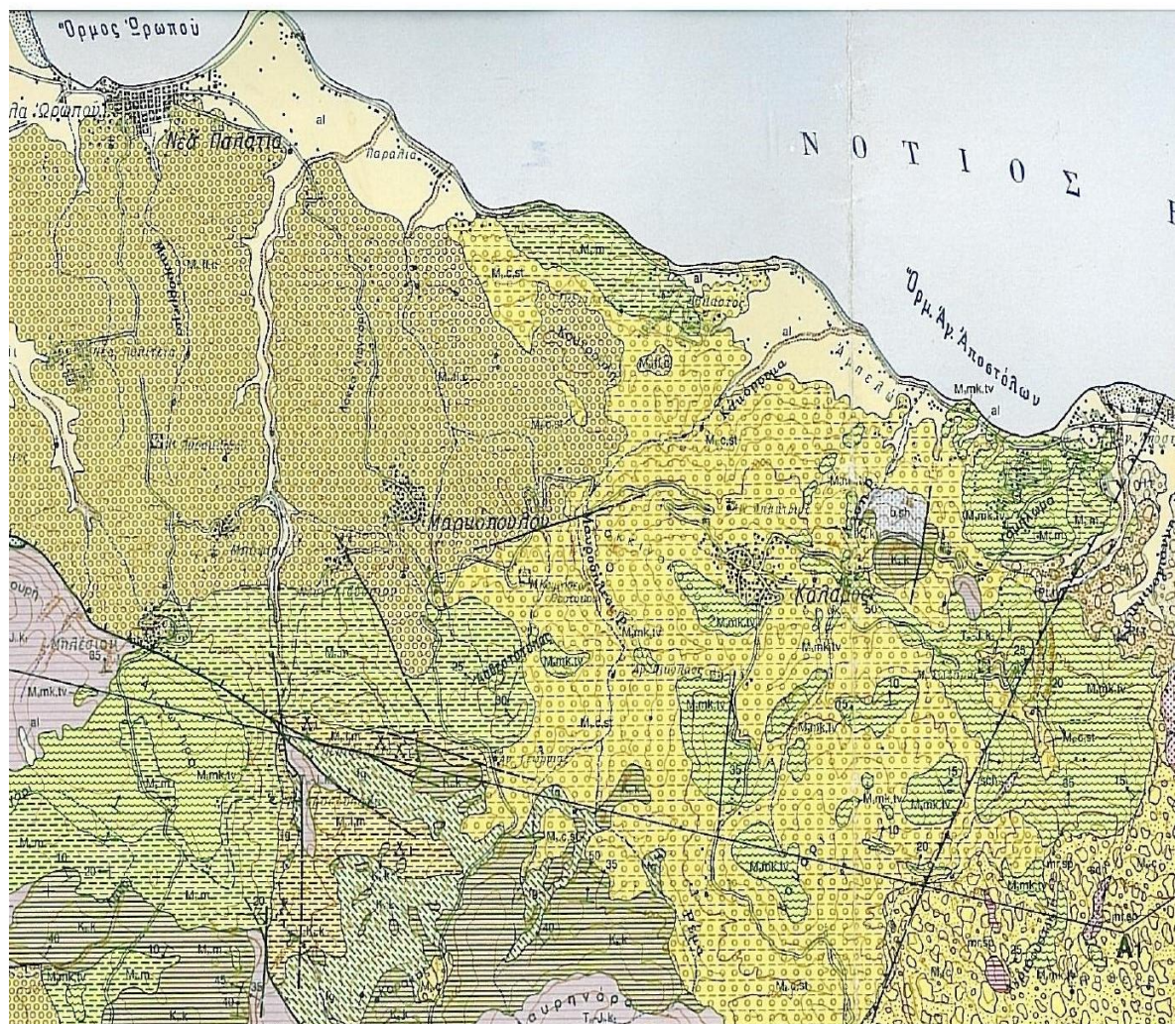
δ. Παραμορφωτική φάση Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου

Κατά τη διάρκεια της παραμορφωτικής φάσης του Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου έλαβε χώρα η τελική παραμόρφωση των σχηματισμών και προκλήθηκαν πτυχές κάμψεις πολύ ανοιχτές και τύπου knick γενικής αξονικής διεύθυνσης Β-Ν.

Οι δύο τελευταίες φάσεις πτύχωσης του Τριτογενούς προκάλεσαν στην ήδη αναδυμένη Πελαγονική, λεπιώσεις, με εξώθηση των λεπιών από Α προς τα Δ. Αν και δεν έχει ακόμα εξακριβωθεί ποια φάση πτύχωσης ευθύνεται για τις λεπιώσεις, πιστεύεται ότι οφείλονται στην τελική φάση πτύχωσης του Ολιγοκαίνου.

3.4.2. Γεωλογία ευρύτερης περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή της κατολίσθησης ανήκει στο γεωλογικό φύλλο του (ΙΓΜΕ, 2000) με τίτλο «ΕΡΕΤΡΙΑ». Τμήμα του γεωλογικού φύλλου, τμήμα των γεωλογικών τομών καθώς και το υπόμνημα που τα συνοδεύει παρατίθεται στη συνέχεια:



Χάρτης 3.5: Τμήμα του Γεωλογικός χάρτη, φύλλο «Ερέτριας». Κλίμακα 1:50.000. (ΙΓΜΕ, 2000)

Το πλήρες υπόμνημα του παραπάνω αποσπάσματος του γεωλογικού φύλλου «ΕΡΕΤΡΙΑ» του ΙΓΜΕ δίνεται παρακάτω:

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Ολόκαινο

Παραλιακά τενάγη και παράκτιοι σχηματισμοί.

Προσχωματικές αποθέσεις : σε ποταμοκοιλιάδες ανοικτές προς την θάλασσα ή σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, κυρίως από χαλαρά καστανόχρωμα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες και κατά θέσεις, με παρεμβολές χαλαρών κροκαλολατυποπαγών, ασύνδετα υλικά, από άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των χειμάρρων, ερυθρογή με διάσπαρτες κροκαλολατύπες, υλικά χειμάρρων αναβαθμίδων μικρού ύψους και παράκτιοι σχηματισμοί : από άμμους, κροκάλες και συνεκτικούς ψαμμίτες (beach rocks).

Πλειστόκαινο - Ολόκαινο

Χειμάρριες αναβαθμίδες : από ασύνδετα αδρομερή και λεπτομερή υλικά, εναλλασσόμενο ταχύτητα, ύψους 3-5μ.

Χειμάρριες αναβαθμίδες : κυρίως από αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και κροκαλολατυποπαγή, μέτριας έως και μεγάλης συνεκτικότητας, κατά κανόνα καστανέρυθρου χρώματος. Στην περιοχή Αγίων Αποστόλων απαντώνται και τεμάχια διαφόρων πετρωμάτων, μεγέθους έως και 1μ.

Ύψος : έως και 10μ.

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

Ανώτερο Μειόκαινο

Περιοχή Μαλακάσας-Ωρωπού

Οι νεογενείς σχηματισμοί της περιοχής Μαλακάσας-Ωρωπού αποτελεί τμήμα της μεγάλης νεογενούς λεκάνης Θηβών-Τανάγρας-Ωρωπού. Αποτελείται από δύο ενότητες σχηματισμών : μία Ανώτερη εξ ολοκλήρου από ποταμό-χερσαίες αποθέσεις, και μια κατώτερη κυρίως από λιμναίες και λιγότερο από ποταμό-λιμναίες αποθέσεις.

Κροκαλοπαγή Μαρκόπουλου-Ωρωπού: καταλαμβάνουν, σχεδόν εξ ολοκλήρου, την μεταξύ Μαρκοπούλου-Σκάλας Ωρωπού και Ωρωπού περιοχή και συνεχίζονται προς τα δυτικά, στην περιοχή Χαλκουτσίου-Δήλεσι. Αποτελούνται κατά κανόνα από κροκαλοπαγή με συνδετικό ψαμμιτικό υλικό και κροκάλες ποικίλης λιθολογικής σύστασης και ποικίλου μεγέθους, που κυμαίνεται από λίγα έως και 50εκ. και σε μερικές περιπτώσεις έως και 1μ., γενικά προχωρημένης αποστρωγγύλωσης. Κατά κανόνα είναι μέτριας συνεκτικότητας. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται και κροκάλες-λατύπες μαργαϊκών ασβεστόλιθων-τραβερτινών που προέρχονται απ' τους σχηματισμούς της Κατώτερης Ενότητας. Συνοδεύονται πάντοτε από ψαμμίτες, αργίλους και καστανέρυθρους πηλούς, με μορφή ενστρώσεων. Σ' αυτά είναι συχνή η παρουσία διασταυρούμενης στρώσης, συνιζηματογενών κατολισθήσεων και συνιζηματογενών ρηγμάτων. Η ηλικία τους είναι ανωμειοκαινική, όπως αυτή προκύπτει από την ανεύρεση στην περιοχή πικερμικής πανίδας με *Hipparion medherrai* \eum και *Hipparion kotmtgswaleli* (I. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, 1971). Ανωμειοκαινική ηλικία δίνεται στους σχηματισμούς αυτούς και από τον A, METTO (1992).

Πάχος : 400-500μ.

Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες : σε μορφή συνήθως φακοειδών

ενστρώσεων αλλά και εκτεταμένων οριζόντων, πάχους από λίγα έως και περισσότερα από 100μ. (περιοχή Δήλεσι και Μονής Σωτήρος), που παρεμβάλλονται σε ολόκληρο το στρωματογραφικό πάχος των σχηματισμών της Κατώτερης Ενότητας. Είναι σκληροί μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες ή τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι, μέσο στρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, που συνοδεύονται, κατά κανόνα, από σκληρές τεφρόλευκες μάργες, προς τις οποίες συνήθως μεταπίπτουν ταχύτατα ή εναλλάσσονται με αυτές. Είναι χρώματος τεφρόλευκου, φαιοκίτρινου ή κιτρινέρυθρου, συχνά με πολυάριθμες οπές και τμήματα υδροχαρών φυτών (τραβερτίνες), ψευδοωολιθικοί και εν μέρει καρστικοποιημένοι. Οι αμιγείς τραβερτίνες της ευρείας περιοχής έχουν τύχει εκτεταμένης εκμετάλλευσης.

Μάργες : συμμετέχουν σε σημαντικό ποσοστό. Είναι συνήθως λευκές έως τεφρόλευκες, υποκίτρινες ή κιτρινόλευκες, εύθρυπτες έως πολύ σκληρές, με καλή στρώση, αμιγείς ή με παρεμβολές αμμούχων ή και αργιλούχων μαργών και μερικές φορές με διάσπαρτες κροκάλες. Κατά θέσεις με παρεμβολές πηλών, αργιλοαμμωδών υλικών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, καθώς και ενστρώσεις μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν σ' αυτές διαστρώσεις και κόνδυλοι οπαλίου.

Μέγιστο συνολικό πάχος : 250μ. περίπου.

Λιμνοποτάμιες αδρομερείς αποθέσεις : συνίστανται από εναλλασσόμενες αποθέσεις κροκαλοπαγών, κροκαλολατυποπαγών, ψαμμιτών, αργιλοαμμωδών υλικών, πηλών, μαργών και μικρών ενστρώσεων μαργαϊκών ασβεστόλιθων (οι μεγάλες έχουν διαχωριστεί κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση). Απαντώνται σε ολόκληρο το στρωματογραφικό πάχος των σχηματισμών της Κατώτερης Ενότητας με μορφή οριζόντων και ενστρώσεων ποικίλου πάχους (έως και 100μ.) ή με μορφή εναλλαγών και πλευρικών μεταβάσεων προς τους αμιγείς λιμναίους σχηματισμούς.

Βαθμιαία τα κατώτερα μέλη των αδρομερών αυτών αποθέσεων μεταβαίνουν

προς τις ανατολικές και νοτιοανατολικές παρυφές της νεογενούς λεκάνης σε κροκαλολατυποπαγείς σχηματισμούς με ογκόλιθους.

Μέγιστο συνολικό πάχος : 300μ. περίπου.

Κροκαλολατυποπαγή με ογκόλιθους : απαντώνται στις ανατολικές και νοτιοανατολικές παρυφές των νεογενών σχηματισμών Μαλακάσας-Ωρωπού και συνιστούν την βάση των σχηματισμών αυτών στις περιοχές αυτές. Είναι κυρίως αδρομερείς ποταμοχειμάρειες αποθέσεις, μικρής γενικά συνεκτικότητας, από άστρωτα ή με ασαφή στρώση κροκαλολατυποπαγή, με λίγο ψαμμιτικό ή ψηφιδοψαμμιτικό συνδετικό υλικό και λατυποπαγή, με κροκαλολατύπες-λατύπες χωρίς διευθέτηση και ποικίλου μεγέθους. Συχνά στις αποθέσεις αυτές απαντώνται παρεμβολές πηλών και άμμων, καθώς και μεγάλοι ογκόλιθοι, όγκου έως και 5μ³, ποικίλης λιθολογικής σύστασης. Στις αποθέσεις αυτές απαντώνται επίσης παρεμβολές μαργαϊκών στρωμάτων και αυτό καθιστά δύσκολη τη διάκριση τους από λιμνοποτάμιες αδρομερείς αποθέσεις (Ms.c.st) προς τα κατώτερα μέλη των οποίων αυτές μεταβαίνουν πλευρικά.

Μέγιστο πάχος : 200μ. περίπου.

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Ανώτερο Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο

Φλύσξης : συνίσταται από εναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών, λεπτόκοκκων έως μεσόκοκκων και συχνά χονδρόκοκκων, χρώματος υποπράσινου, με ενστρώσεις ψαμμούχων και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, καθώς και ανοικτότεφρων έως μελανότεφρων ασβεστόλιθων, μικρού πάχους, κυρίως στα κατώτερα μέλη του φλύσχη. Τοπικά παρατηρήθηκαν παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών με κροκαλολατύπες ψαμμιτικές και ασβεστολιθικές. Στην περιοχή του νότιου τμήματος του φύλλου (βόρεια παρυφή Μαυρυνώρας) η έναρξη του φλύσχη

γίνεται με τη μεσολάβηση ενός οριζοντα από εναλλασσόμενα ιζήματα βαθιάς, γενικά, θάλασσας, όπως αργιλικών σχιστόλιθων, λεπτόκοκκων ασβεστόλιθων, άσβεστο-κερατολίθων και κερατολίθων.

Ηλικία : Ανώτερο Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο

Ορατό πάχος : 150μ. περίπου.

Κενομάνιο – Μαιστρίχτιο

Ανωκρητιδικοί επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι : διακρίνονται σε δύο τμήματα, ένα Ανώτερο και ένα Κατώτερο.

Ανώτερο τμήμα : αποτελείται από λεπτό- έως μεσοστρωματώδεις και μερικές φορές φυλλώδεις μικριτικούς ασβεστόλιθους, χρώματος τεφρόφαιου, τεφρού και κατά θέσεις υποπράσινου ή κοκκινωπού, με κονδύλους και διαστρώσεις πυριτόλιθων. Κατά θέσεις με παρεμβολές ασβεστολιθικών κροκαλολατυποπαγών, συχνά βρίσκονται ασύμφωνα πάνω στους υποκείμενους ασβεστόλιθους του Κατώτερου τμήματος. Σε πολλές θέσεις οι αμέσως υποκείμενοι του φλύσχη ασβεστόλιθοι είναι μικριτικοί και εναλλάσσονται με κλαστικούς, ψαμμούχους ασβεστόλιθους.

Πάχος : έως και 150μ.

Κατώτερο τμήμα : αποτελείται από μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους χρώματος λευκότεφρου ή τεφρού και κατά θέσεις σκουρότεφρου, καστανέρυθρου ή υποκίτρινου, οι οποίοι σε πολλές περιοχές των γειτονικών φύλλων συχνά καλύπτουν με συμφωνία κοιτάσματα λατεριτών (σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος και βωξιτών). Είναι κρυσταλλικοί, νηριτικοί, καρστικοί, με πολλά απολιθώματα, κυρίως ρουδιστών και γαστεροπόδων. Τοπικά είναι βιοκλαστικοί ή και λατυποπαγείς, με λατύπες μεγέθους έως και 5εκ.

Πάχος : 200-400μ.

Ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί : είναι μέλη του Ηωελληνικού Τεκτονικού Καλύμματος πιθανώς Λιάσιας ηλικίας οι οποίοι αποτελούνται από :

- ✓ Ιζήματα ωκεάνιων περιοχών, όπως ραδιολαρίτες, κεραμόχρωμοι πηλίτες, αργιλικοί σχιστόλιθοι και μικριτικοί ασβεστόλιθοι με διαστρώσεις πυριτόλιθων, οι οποίοι συνήθως εγκλείουν Filaments. Τα ιζήματα αυτά μερικές φορές συνοδεύονται από οργανογενείς ασβεστόλιθους στους οποίους βρέθηκε μικροπανίδα πιθανής λιάσιας ηλικίας:
- ✓ Υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων κυρίως βασαλτών, που έχουν υποστεί έντονη σπιλιτίωση και εμφανίζονται συνήθως με μορφή pillow-lavas.

Πάχος ορατό : 50μ. περίπου (περιοχή Καλάμου).

Μέσο Τριαδικό – Κατώτερο Ιουρασικό

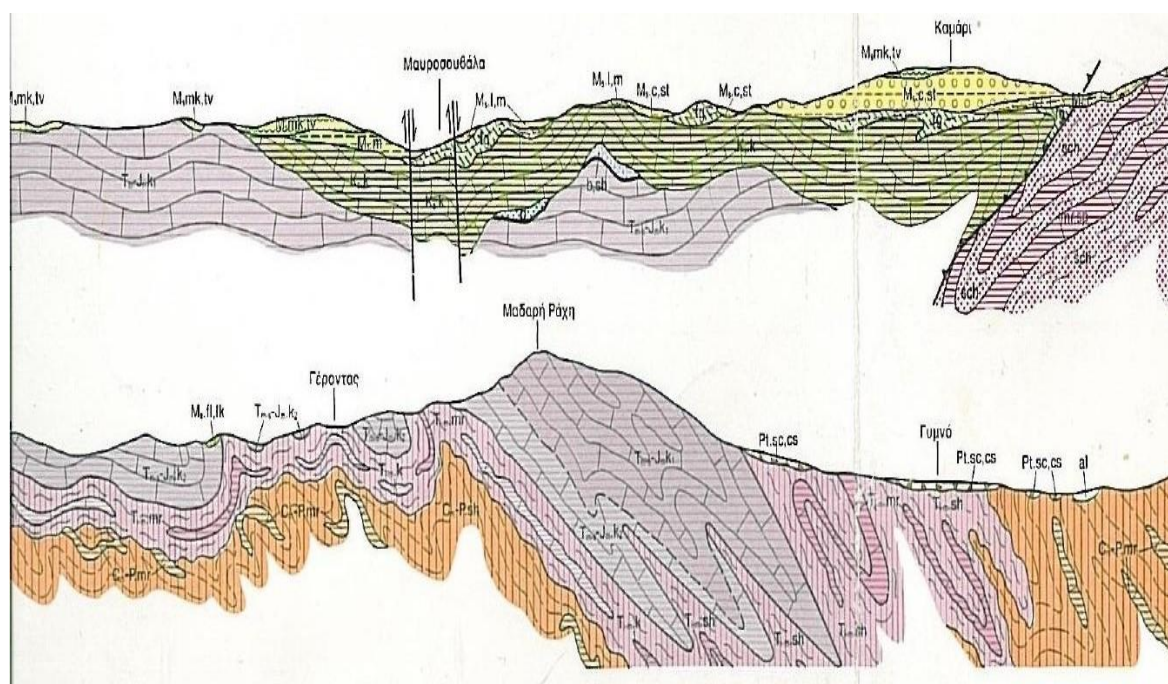
Ασβεστόλιθοι Ασπροχωρίου : είναι μέσο- έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, ανοικτότεφροι έως σκουρότεφροι και τοπικά ροδόχρωμοι ή υποκίτρινοι λόγω αγκεριτίωσης, μικροκρυσταλλικοί, έντονα καρστικοί, νηριτικοί, συχνά οργανογενείς και κατά θέσεις ωολιθικοί, με πολλές παρεμβολές- ενστρώσεις δολομιτών ασβεστόλιθων.

Ορατό πάχος : 500μ. περίπου.

Ασβεστόλιθοι Αγίων Αποστόλων : μικρή εμφάνιση σκουρότεφρων έως μελανόχρωμων ασβεστόλιθων με filaments, κυρίως λεπτοστρωματωδών, που απαντώνται κοντά στο μέτωπο της εξωθημένης Πελαγονικής ζώνης πάνω στη σχετικά αυτόχθονη μεταμορφωμένη Ενότητα Αλμυροποτάμου-Αττικής, αναδυόμενοι με μορφή νησίδας κάτω από τους νεογενείς σχηματισμούς της περιοχής Αγίων Αποστόλων Αττικής. Με υδρογεωτρήσεις συναντήθηκαν και

κάτω από σχηματισμούς του Νεογενούς.

Σειρά σχιστόλιθων (sch) : κυρίως μοσχοβιτικών, χαλαζιακών, επιδοτικών και ανθρακικών, με γλαυκοφανή κατά θέσεις και συχνά ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών (mp) ποικίλου πάχους. Συχνή είναι επίσης η παρουσία μεταβασιτών και μικρών τεκτονικών σφηνών σερπεντινιτών. Οι σχηματισμοί της Ενότητας αυτής έχουν υποστεί δύο μεταμορφώσεις, μία σε συνθήκες HP-LT και μία πρασινοσχιστολιθική, και βρίσκονται εξωθημένοι πάνω στην Αυτόχθονη Ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής. (IGME, 2000)

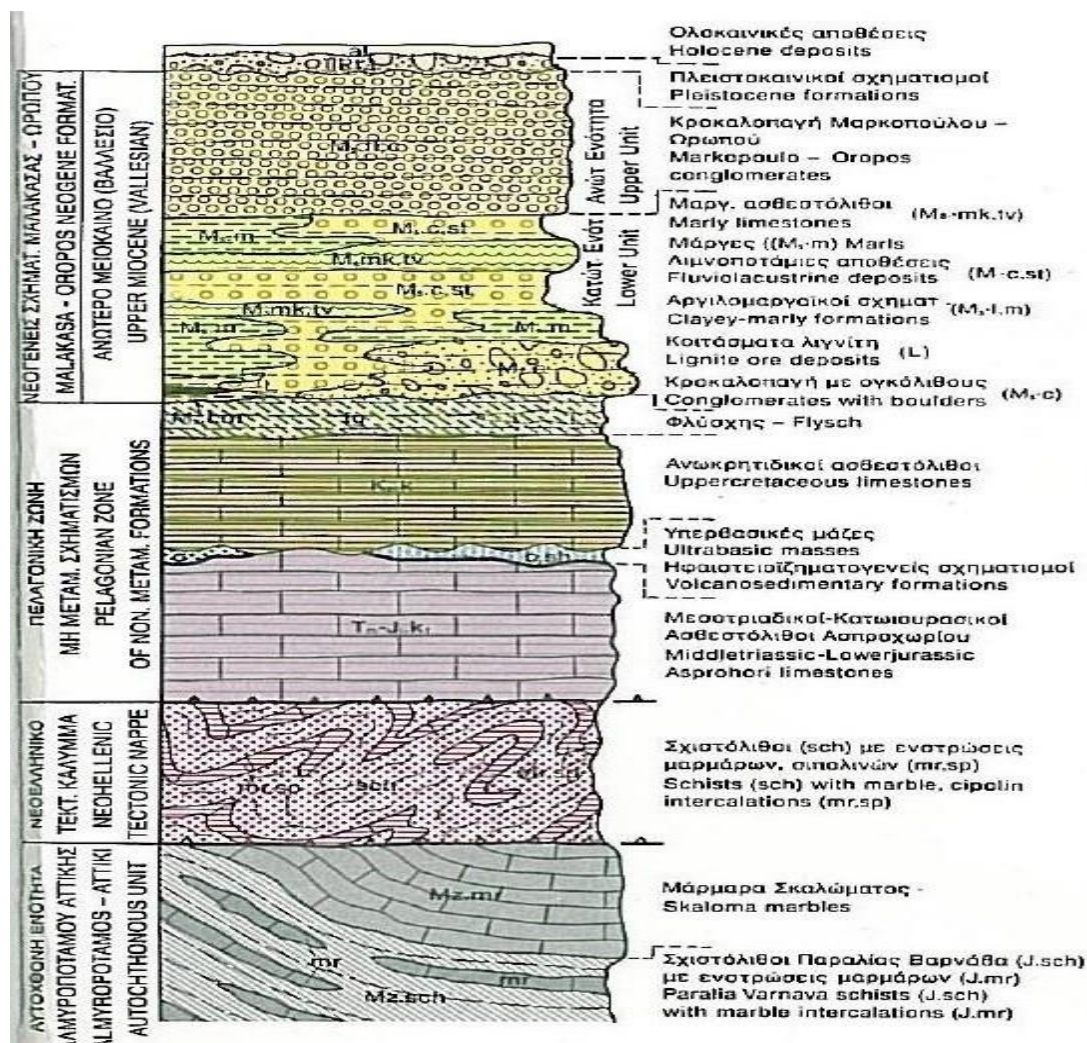


Εικόνα 3.6: Τμήμα των γεωλογικών τομών του φύλου «ΕΡΕΤΡΙΑ» (IGME, 2000).

3.4.3. Γεωλογία περιοχής

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του IGME, 2000 στη περιοχή που ερευνούμε επικρατούν οι λιμνοποτάμιες αδρομερείς αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, κροκαλολατυποπαγών, ψαμμιτών, αργιλοαμμωδών υλικών, πηλών, μαργών και μικρών ενστρώσεων μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Τα εναλλασσόμενα αυτά στρώματα συναντώνται

σε ολόκληρο το βάθος των σχηματισμών της περιοχής. Η μορφή των στρωμάτων μπορεί να είναι οριζόντια με πάχους έως 100μ ή με μορφή εναλλαγών και πλευρικών μεταβάσεων προς τους λιμναίους σχηματισμούς. Σταδιακά τα κατώτερα μέλη των αδρομερών αποθέσεων κινούνται προς τις ανατολικές και νοτιοανατολικές παρυφές της νεογενούς λεκάνης σε κροκαλολατυποπαγείς σχηματισμούς με κροκάλες μεγάλου μεγέθους. Το μέγιστο συνολικό πάχος των στρωμάτων φτάνει περίπου τα 300μ.



Εικόνα 3.7: Στρωματογραφική στήλη από το φύλο «Ερέτριας» του ΙΓΜΕ, τμήμα Αττικής.

3.5. Τεκτονική

Στη περιοχή του Ωρωπού συναντάμε τη συνύπαρξη μεταμορφωμένων αλλά και μη μεταμορφωμένων σχηματισμών όσο και Τριτογενούς- Τεταρτογενούς. Με βάση τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ φύλο Ερέτρια, στη περιοχή παρουσιάζονται επωθητικές κινήσεις αρκετά έντονες με κύρια διεύθυνση ΒΒΔ/κή-ΝΝΑ/κη. Η τεκτονική των πτυχώσεων της περιοχής έχει ένα κύριο σύστημα του οποίου η διεύθυνση του άξονα είναι ΑΒΑ/κη-ΔΒΔ/κη. Στη περιοχή μελέτης υπάρχουν τρία κύρια συστήματα τεκτονικών γραμμών, το πιο ενεργό, από νεοτεκτονικής άποψης, τμήμα της περιοχής είναι οι ρηξιγενείς ζώνες διευθύνσεως Α-Δ, ΒΑ/κη-ΝΔ/κη αλλά και ΒΒΔ/κη- ΝΝΑ/κη. Στη ρηξιγενή ζώνη παρουσιάζονται μεγάλα ρήγματα. Η διάταξη των ρηγμάτων αυτών είναι κλιμακωτή. Λόγο των ρηγμάτων έχει δημιουργηθεί και το έντονο ανάγλυφο των ακτών του νότιου Ευβοϊκού. Τέλος στην περιοχή υπάρχουν και πολλά κανονικά ρήγματα με κατακόρυφο άλμα.

3.6. Κλιματολογικές – Υδρομετεωρολογικές συνθήκες

3.6.1. Γενικά

Η αλλαγή ανάμεσα σε υγρές και ξηρές περιόδους προκαλεί αντίστοιχα διαστολή – συστολή των πετρωμάτων. Οι παραπάνω μεταβολές έχουν σαν συνέπεια την χαλάρωση και αποσάθρωσή τους και την δημιουργία ασταθών μαζών. Τα σπουδαιότερα προβλήματα προκαλούνται όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από το μηδέν. Το νερό που έχει κατεισχύσει στα πετρώματα παγώνει και διαστέλλεται με αποτέλεσμα να συμβάλλει στην αποσάθρωση του πετρώματος.

Η όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρησμάτων επιδρά άμεσα στην ευστάθεια

κάθε περιοχής. Σε περιόδους με έντονη και παρατεταμένη βροχόπτωση υπάρχει συχνότερη εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων. Ακόμα το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας, των εδαφικών κατά κύριο λόγο σχηματισμών, επιδρά άμεσα στα μηχανικά τους χαρακτηριστικά, όπως στην διατμητική αντοχή, στην φέρουσα ικανότητα, και στην εκδήλωση μεταβολών στον εδαφικό όγκο.

3.6.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

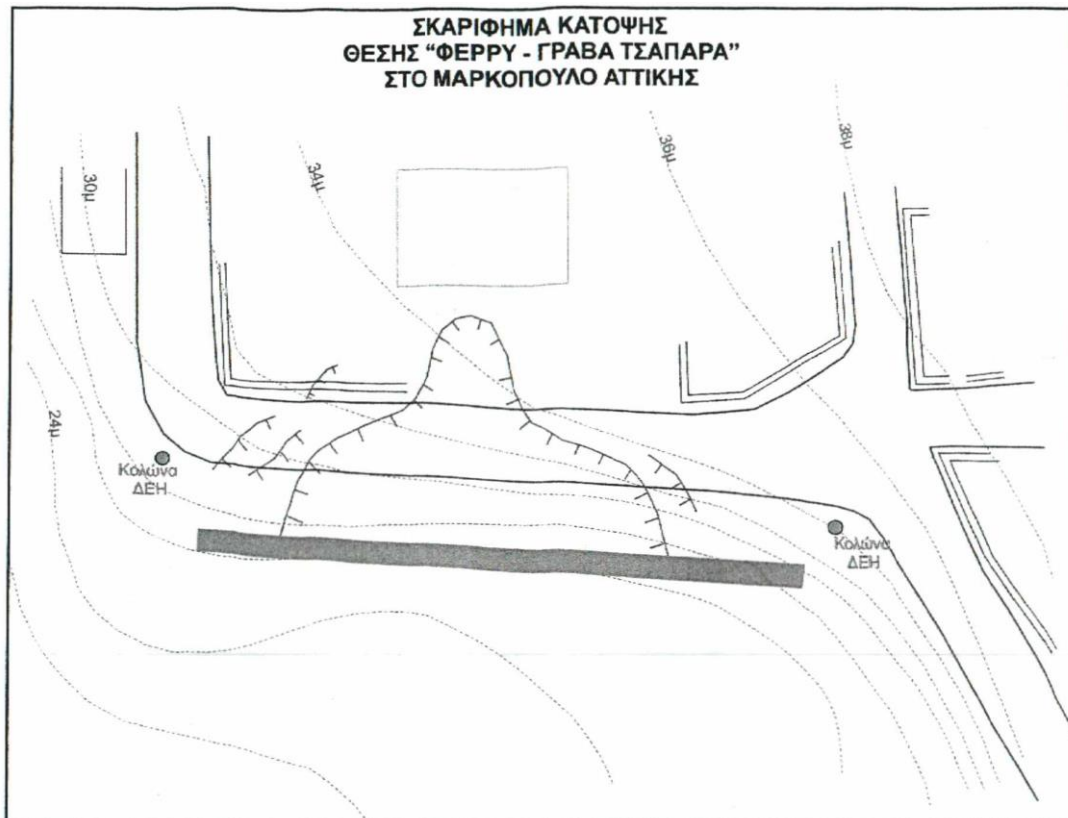
Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της περιοχής δεν κατανέμεται ισόποσα σε όλη την διάρκεια του έτους. Το ποσοστό του ύδατος που κατέρχεται στους πόρους κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του φθινοπώρου είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο που κατεισδύει τις άλλες εποχές του έτους. Το γεγονός αυτό προκαλεί μεγάλη είσοδο νερού στους πόρους του σχηματισμού σε μικρό χρονικό διάστημα. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η διάβρωση των σχηματισμών λόγω αυξημένης πίεσης πόρων, η λίπανση των επιφανειών αστοχίας κ.α.

Συγκριμένα, η περιοχή που ερευνούμε δέχεται, κατά μέσο όρο, κατά τη διάρκεια ενός έτους ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της τάξης των 451,4μμ. Η κατανομή των κατακρημνισμάτων είναι 43% κατά τους χειμερινούς μήνες, 29% τους φθινοπωρινούς, 22% κατά τη διάρκεια της άνοιξης και μόνο 6% το καλοκαίρι.

Κεφάλαιο 4 : Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά

4.1. Διαθέσιμα δεδομένα γεωτρήσεων.

Στη περιοχή εκδήλωσης της κατολίσθησης πραγματοποιήθηκε από το ΙΓΜΕ η διάνοιξη δύο (2) δειγματοληπτικών γεωτρήσεων της Γ.Μ.-1 ανατολικά της κατολίσθησης και της Γ.Μ.-2 δυτικά της κατολίσθησης. Η θέση των γεωτρήσεων παρουσιάζεται στο παρακάτω σκαρίφημα.



Σχήμα 4.1 : Σκαρίφημα κάτοψης της θέσης με το ίχνος της κατολίσθησης (Μπέλλας, 2005)

Η διαδικασία περιγραφής των γεωτρήσεων που ακολουθήθηκε περιελάμβανε αναφορά του γεωτεχνικού χαρακτηρισμού του κάθε σχηματισμού καθώς και αναλυτική περιγραφή του χρώματος, της κοκκομετρίας, της γεωλογικής του

προέλευσης και της περιεκτικότητας του σε αδρομερή. Τέλος, εκτιμήθηκε η συνεκτικότητα και η πλαστικότητα του σχηματισμού, η μορφή της δειγματοληψίας και το ποσοστό απόληψης .

Ανάμεσα στις δύο γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζεται υψομετρική διαφορά 2μ. Η γεώτρηση που βρίσκεται ψηλότερα είναι η ΓΜ-1. Παρατίθεται ο Πινάκας 4.2 όπου η αριστερή στήλη του παρουσιάζει το βάθος του κάθε σχηματισμού και η δεξιά την περιγραφή του. (ΙΓΜΕ, 2005)

Πινάκας 4.2 : Πινάκας περιγραφής αποτελεσμάτων των γεωτρήσεων σε βάθος διάτρησης. (Μπέλας, 2005)

Βάθος (μ)	Περιγραφή ΓΜ-1
0.00 – 0.50	Επιφανειακά επιχώματα του δρόμου.
0.50 – 3.70	Αμμοϊλός με ελάχιστους μικρούς χάλικες. Σχηματισμούς ανοιχτού σταχτοκάστανου χρώματος με χαμηλή πλαστικότητα και χαμηλή συνεκτικότητα. Δειγματοληψία σε μικρά κυρίως αλλά και μεγάλα ημιδιαμορφωμένα καρότα. Απόληψη : 83%
3.70 – 10.00	Αργιλοϊλός σταχτομπλέ χρώματος με λίγη ψιλή άμμος χωρίς την παρουσία χάλικων. Σχηματισμός μέσης έως και κατά θέσεις υψηλής πλαστικότητας και μέσης συνεκτικότητας. Δειγματοληψία με τη μορφή καλώς διαμορφωμένων πυρήνων. Απόληψη : 97%
10.00 – 12.60	Αμμοϊλός αργιλούχα με ελάχιστα μικρά χάλικια. Σχηματισμός χρώματος υπόλευκου χαμηλής πλαστικότητας και χαμηλής έως και μέσης συνεκτικότητας. Δειγματοληψία με την μορφή μικρών πυρήνων.

	Απόληψη : 86%
12.60 – 20.00	Αργιροϊλός αμμούχα κατά θέσεις με επικράτηση των χαλίκων. Σχηματισμός ανοιχτού σταχτομπλέ χρώματος με χαμηλή πλαστικότητα και χαμηλή συνεκτικότητα έως πολύ χαμηλή στις θέσεις επικράτησης των χαλίκων. Δειγματοληψία σε άμορφη κατάσταση και με την μορφή μικρών και μεγάλων πυρήνων. Απόληψη 66%

Βάθος (μ)	Περιγραφή ΓΜ-2
0.00 – 3.70	Αμμοϊλός (ημιβράχος), με ελάχιστα μικρά χαλίκια. Σχηματισμός χρώματος ανοικτού κιτρινοκάστανου με χαμηλή συνεκτικότητα (εύθρυπτο υλικό). Από 1.80 – 2.30μ. συναντήθηκε ασβεστιτική μάργα υπόλευκου χρώματος. Δειγματοληψία σε άμορφη κατάσταση και με τη μορφή θραυσμάτων πυρήνων. Απόληψη : 74%
3.70 – 10.00	Αμμοϊλός με λίγη άργιλο και ελάχιστα μικρά χαλίκια. Σχηματισμούς ανοιχτού κιτρινοκάστανου χρώματος με χαμηλή πλαστικότητα και χαμηλή έως μέση συνεκτικότητα. Δειγματοληψία με την μορφή μικρών καρότων. Απόληψη : 87%
10.00 – 12.60	Αμμοϊλός με χαλίκια κιτρινοκάστανου έως πρασινοκάστανου χρώματος και κατά θέσεις αυξημένων ποσοστών αργίλου. Σχηματισμός χωρίς πλαστικότητα και πρακτικώς χωρίς συνεκτικότητα εάν εξαιρέσουμε μικρά τμήματα μήκους είκοσι πέντε εκ. περίπου. Δειγματοληψία κυρίως σε άμορφη κατάσταση και με την μορφή μικρών πυρήνων στις θέσεις όπου το ποσοστό της αργίλου είναι

	αυξημένο και η συνεκτικότητα είναι μεγαλύτερη.
12.60 – 20.00	Αργιλοϊλός με κυμαινόμενο ποσοστό άμμου και λίγα χαλίκια. Σχηματισμός σταχτομπλέ χρώματος με χαμηλή έως μέση πλαστικότητα και χαμηλή έως μέση συνεκτικότητα. Δειγματοληψία με την μορφή μικρών, μεγάλων πυρήνων και σε πολύ μικρά τμήματα σε άμορφη κατάσταση. Απόληψη : 94%

Από τις περιγραφές των γεωτρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα (Μπέλλας, 2005) :

- A) Σε όλο το μήκος των διατρήσεων συναντήθηκαν Νεογενείς σχηματισμοί.
- B) Σε γενικές γραμμές οι συναντηθέντες σχηματισμοί στις γεωτρήσεις ΓΜ-1 και ΓΜ-2 αποτελούνται από αργιλοϊλό και αμμοϊλό με κυμαινόμενη συνεκτικότητα.
- Γ) Οριζόντες με καθαρή άμμο δεν συναντήθηκαν, όμως κατά θέσεις η δειγματοληψία έδωσε αμμοχάλικα.
- Δ) Δεν υπάρχει δυνατότητα άμεσης συσχέτισης μεταξύ των δύο γεωτρήσεων, δεδομένου ότι σε μεγάλο βαθμό δεν ανταποκρίνονται οι λιθολογικές συστάσεις και τα πάχη των εδαφικών σχηματισμών για τα αντίστοιχα βάθη.
- Ε) Τα εδαφικά υλικά που διατρήθηκαν στα ανώτερα στρώματα έχουν κιτρινοκάστανο χρώμα υποδηλώνοντας οξειδωτικές συνθήκες απόθεσης, ενώ στα βαθύτερα στρώματα είναι σταχτομπλέ υποδηλώνοντας αναγωγικές συνθήκες απόθεσης.
- ΣΤ) Η συνεκτικότητα των σχηματισμών ποικίλλει και στα βάθη στα οποία επικρατούν τα αμμοχάλικα η συνεκτικότητα είναι μειωμένη.

4.2.Μετρήσεις στάθμης υδροφόρου ορίζοντα

Στο εσωτερικό των γεωτρήσεων τοποθετήθηκαν πιεζομετρικοί σωλήνες. Μέσα στους σωλήνες πραγματοποιούνταν συνεχείς μετρήσεις της στάθμης του υπογείου ύδατος σε όλη τη διάρκεια των γεωτρήσεων (22/3/2005-5/4/2005) αλλά και μετά το πέρας αυτών .

Σύμφωνα με επιτόπου μετρήσεις, Πίνακας 4.3, φαίνεται ότι υπάρχει μόνιμος υδροφόρος ορίζοντας σε βάθος 16,60μ από την επιφάνεια του εδάφους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε περίοδο με χαμηλό ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων συνεπώς κατά τη διάρκεια του χειμώνα αναμένεται να υπάρχει μικρή άνοδος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

Πίνακας 4.3 : Πίνακας απεικόνισης στάθμης υδροφόρου ορίζοντα ανά ημερομηνία μέτρησης (Μπέλλας, 2005).

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ (μ.)	
	ΓΜ-1	ΓΜ-2
22-3-2005	-	
23-3-2005	-	
24-3-2005	9,50	
28-3-2005	14,70	-
29-3-2005	18,70	-
30-3-2005	18,70	4,50
31-3-2005	18,70	9,30
1-4-2005	18,70	13,40
4-4-2005	18,70	16,60
5-4-2005	18,70	16,60
14-4-2005	18,70	16,60
18-5-2005	18,70	16,60

14-6-2005	18,70	16,60
-----------	-------	-------

4.3.Γεωτεχνικές παρατηρήσεις

Η θέση της κατολίσθησης που ερευνούμε ονομάζεται «Φέρου – Γράβα Τσαπάρα» και βρίσκεται στο δήμο Ωρωπού. Το πρανές αυτό αστόχησε για πρώτη φορά το 2005 και τον Ιούνιο του 2006 αστόχησε εκ νέου.

Η πρώτη κατολίσθηση εκδηλώθηκε κυρίως λόγω των έντονων και συνεχών βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του χειμώνα που είχε προηγηθεί. Το πρανές της περιοχής παρουσιάζει κλίση 25° στο επάνω μέρος της αστοχίας και περίπου 8° στο κάτω μέρος της. Η κεφαλή της κατολίσθησης έχει ύψος 30μ ενώ το πρανές στο οποίο εκδηλώθηκε είναι ύψους 5μ. Η μορφή της κατολίσθησης ήταν τοξοειδής και έχει πλάτος τα 38μ και μήκος κίνησης τα 15μ.

Από την πρώτη αστοχία επλήγησαν τα επιφανειακά επιχώματα, ο μανδύας αποσάθρωσης και ένα μέρος της αργιλικής στρώσης. Ακόμα προκλήθηκαν ρωγμές μήκους 38μ στο δρόμο και ένα τμήμα του καταστράφηκε. Τέλος ρωγμές αντίστοιχου μήκους με το δρόμο παρουσίασε και ο τοίχος της αυλής αλλά και η αυλή της απέναντι κατοικίας. Η πρώτη αστοχία δεν προκάλεσε ζημιές σε άλλες κατοικίες ή δημόσια έργα στην γύρω περιοχή.

Τη δεύτερη αστοχία προκάλεσε μια εκσκαφή που πραγματοποιήθηκε χωρίς μέτρα υποστήριξης με σκοπό την θεμελίωση του τοίχου αντιστήριξης που προτάθηκε για την αρχική αστοχία. Η νέα αστοχία προκάλεσε μεγαλύτερη καταστροφή όπως ρωγμές μεγαλύτερης έκτασης στο εσωτερικό της αυλής, κατάρρευση μέρους του τοίχου της και καταστροφή τμήματος του δρόμου. Οι μεγαλύτερης έκτασης ζημιές φανερώνουν ότι το φαινόμενο ήταν σφοδρότερο. Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν το μέγεθος των καταστροφών που υπέστη η περιοχή από την δεύτερη κατολίσθηση.



Εικόνα 4.4 : Η αυλή της κατοικίας μετά τη δεύτερη αστοχία



Εικόνα 4.5 : Τμήμα του δρόμος μετά τη δεύτερη αστοχία. Διακρίνεται και ο υπό κατασκευή τοίχος αντιστήριξης στη βάση του πρανούς.



Εικόνα 4.6 : Ρωγμή στην αυλή της κατοικίας μετά τη δεύτερη αστοχία



Εικόνα 4.7 : Ρωγμή στην αυλή της κατοικίας μετά τη δεύτερη αστοχία



Εικόνα 4.8 : Ρωγμή στην αυλή της κατοικίας μετά τη δεύτερη αστοχία



Εικόνα 4.9 : Ρωγμή στην αυλή της κατοικίας μετά τη δεύτερη αστοχία

4.4.Μηχανικές παράμετροι

Από τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα που λήφθηκαν από τις γεωτεχνικές γεωτρήσεις προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές των επιμέρους φυσικών και μηχανικών παραμέτρων.

Η φυσική υγρασία των περισσότερων δειγμάτων εμφάνισε χαμηλές τιμές (Πίνακας 4.10) γεγονός το οποίο οφείλεται στον τύπο της δειγματοληψίας (με φραγμό) αλλά κυρίως το ότι η δειγματοληψία έγινε σε περίοδο με χαμηλά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και πολύ ψηλότερα από τον υδροφόρο ορίζοντα.

Πίνακας 4.10 : Προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας. (Μπέλλας, 2005)

	Min	Max	Mid
ΦΥ (%)	10.2	38.2	24.2

Η κοκκομετρική διαβάθμιση των δειγμάτων (Πίνακας 4.11) σε συνδυασμό με τις τιμές των ορίων Atterberg (Πίνακες 4.12, 4.13) διευκόλυνε στην κατάταξη των υλικών σύμφωνα με το ενιαίο σύστημα ταξινόμησης USCS (Πίνακας 4.14).

Πίνακας 4.11 : Κοκκομετρικής σύνθεσης. (Μπέλλας, 2005)

Εδαφικό υλικό	Ελάχιστο %	Μέγιστο %	Μέση τιμή %
Άργιλος	2	23	12.5
Ιλύς	27	90	58.5
Άμμος	1	71	36.0
Χάλικες	0	11	5.5

Πίνακας 4.12 : Όρια πλαστικότητας, υδαρότητας και δείκτης πλαστικότητας.

Γεώτρηση	Βάθος (μ)	Τύπος Εδάφους κατά U.S.C.S.	Όριο Υδαρότητας LL	Όριο Πλαστικότητας PL	Δείκτης Πλαστικότητας PI
GM-1	0.80-1.00	Φραγμός	46.7	23.9	22.8
	1.70-1.90	φραγμός	33.7	18.4	15.3
	2.10-2.30	φραγμός			
	4.00-4.50	φραγμός			

	5.60-5.80	φραγμός	41.8	21.1	20.7
	6.50-6.80	φραγμός	50.7	23.7	27.0
	7.20-7.50	φραγμός	33.2	20.9	12.3
	8.50-8.70	φραγμός			
	9.50-9.90	φραγμός	41.8	19.4	21.7
	11.00-11.40	φραγμός	48.4	24.6	23.8
ΓΜ-2	4.30-4.65	φραγμός	49.9	23.9	26.0
	9.70-10.00	φραγμός	30.2	17.9	12.3
	12.60-13.00	φραγμός	32.5	23.0	9.5
	15.50-15.90	φραγμός	31.2	22.8	8.4

Από τις δοκιμές που πραγματοποιηθήκαν προκειμένου να προσδιοριστούν τα όρια Atterberg (Πίνακας 4.12) προέκυψε ότι οι τιμές των ορίων διαμορφώνονται όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.13

Πίνακας 4.13 : Όρια Atterberg. (Μπέλλας, 2005)

Όριο Atterberg	Ελάχιστο %	Μέγιστο %	Μέση τιμή %
LL	30.2	50.7	40.5
PL	17.9	24.6	21.3
PI	8.4	27.0	17.7

Πίνακας 4.14 : Γεωτεχνική κατάταξη κατά U.S.C.S. (Μπέλλας, 2005)

Κατηγορία κατά U.S.C.S	Περιγραφή σχηματισμού
CL	Ανόργανη άργιλος μικρής έως μέσης πλαστικότητας, άργιλος με άμμο ή χαλίκια, αργιλοπηλός, Αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος.
CH	Ανόργανες άργιλοι υψηλής πλαστικότητας
SC	Αργιλώδεις άμμοι, μίγματα αργίλου και άμμου.

Οι τιμές που προέκυψαν για το υγρό φαινόμενο βάρος, το ξηρό φαινόμενο βάρος αλλά και για το ειδικό βάρος παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.15 και στο συγκεντρωτικό Πίνακα 4.16. Ο προσδιορισμός του υγρού αλλά και του ξηρού φαινόμενου βάρους έγινε με την εκτέλεση δύο δοκιμών άμεσης διάτμησης και επτά δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης. Ο προσδιορισμός του ειδικού βάρους έγινε για δεκατέσσερα συνολικά δείγματα.

Πίνακας 4.15 : Ειδικό βάρος εδαφικών δειγμάτων καθώς και υγρό-ξηρό φαινόμενο βάρος.

Γεώτρηση	Βάθος (M)	Είδος Δείγματος	Ειδικό Βάρος G_s	Υγρό Φαινόμενο Βάρος (gr / cm^3)	Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr / cm^3)
ΓΜ-1	0.80-1.00	Φραγμός	2.69	-	-
	1.70-1.90	Φραγμός	2.68	-	-
	2.10-2.30	Φραγμός		1.92	1.39
	4.00-4.50	Φραγμός		1.98	1.57
	5.60-5.80	Φραγμός	2.68	1.99	1.59
	6.50-6.80	Φραγμός	2.69	2.05	1.69
	7.20-7.50	Φραγμός	2.68	2.11	1.86
	8.50-8.70	Φραγμός		2.13	1.70
	9.50-9.90	Φραγμός	2.70	2.07	1.69
	11.00-11.40	Φραγμός	2.69	2.20	1.96
ΓΜ-2	4.30-4.65	Φραγμός	2.70	2.18	1.84
	9.70-10.00	Φραγμός	2.68	-	-
	12.60-13.00	Φραγμός	2.67	2.14	1.86
	15.50-15.90	Φραγμός	2.66	-	-

Πίνακας 4.16 : Παρουσίαση υγρού - ξηρού φαινόμενου βάρους και Ειδικού βάρους. (Μπέλλας, 2005)

	Min	max	Mid
ΥΦΒ(gr / cm^3)	1.92	2.20	2.06
ΞΦΒ(gr / cm^3)	1.39	1.96	1.68
Ειδικό βάρος	2.66	2.70	2.68

Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης και άμεσης διάτμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.17. Τα αποτελέσματα προέκυψαν από 14 δείγματα στα οποία εφαρμόστηκε η δοκιμή άμεσης διάτμησης, από τα 14 αυτά δείγματα διαμορφωθήκαν 7 δοκίμια στα οποία πραγματοποιηθήκαν δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης. Τέλος παρατίθεται και ο Πίνακας 4.18 με συγκεντρωμένες τις τιμές του Πίνακα 4.17.

Πίνακας 4.17 : Αποτελέσματα δοκιμής ανεμπόδιστης θλίψης και άμεσης διάτμησης

Γεώτρηση	Βάθος (μ)	Είδος Δείγματος	Τύπος Εδάφους Κατά U.S.C.S	Τάση q_u (Kgr/cm ²)	C (kPa)	Φ (°)
ΜΓ-1	0.80-1.00	Φραγμός	CL			
	1.70-1.90	Φραγμός	CL			
	2.10-2.30	Φραγμός		2.02		
	4.00-4.50	Φραγμός		0.56		
	5.60-5.80	φραγμός	CL	1.08		
	6.50-6.80	φραγμός	CH		55.77	20.41
	7.20-7.50	φραγμός	CL			
	8.50-8.70	φραγμός		2.65		
	9.50-9.90	φραγμός	CL		37.18	23.72
	11.00-11.40	Φραγμός	CL	3.29		
ΓΜ-2	4.30-4.65	φραγμός	CL	1.46		
	9.70-10.00	φραγμός	CL			
	12.60-13.00	φραγμός	SH	0.55		
	15.50-15.90	φραγμός	SH			

Πίνακας 4.18 : Αντοχή σχηματισμών θεμελίωσης σε ανεμπόδιστη θλίψη και άμεση διάτμηση. (Μπέλλας, 2005)

	Min	Max	Mid
q_u (Kgr/ cm ²)	0.55	3.29	1.92
C(kPa)	37.18	55.77	46.48
φ(°)	20.41	23.72	22.07

Στον Πίνακα 4.19 αποτυπώνονται οι τιμές του δείκτη συμπίεστότητας με βάση τον ημιεμπειρικό τύπο που βασίζεται στο όριο υδαρότητας αλλά και οι τιμές του ίδιου δείκτη που προέκυψαν από την εκτέλεση δυο δοκιμών συμπίεστότητας. Ο πίνακας 4.20 παρουσιάζει συγκεντρωμένες τις τιμές του Πίνακα 4.19

Πίνακας 4.19 : Τιμές του δείκτη συμπιεστότητας που προέκυψαν από τις δοκιμές συμπιεστότητας και με βάση τον ημιεμπειρικό τύπο που βασίζεται στο όρια υδαρότητας. (Μπέλλας, 2005)

Γεώτρωση	Βάθος (μ)	Δείκτης Συμπιεστότητας C_c (από εμπειρικό τύπο)	Δείκτης Συμπιεστότητας C_c Από δοκιμή συμπιεστότητας
ΜΓ-1	0.80-1.00	0.330	
	1.70-1.90	0.213	
	2.10-2.30	-0.090	
	4.00-4.50	-0.090	
	5.60-5.80	0.286	
	6.50-6.80	0.366	
	7.20-7.50	0.209	0.048
	8.50-8.70	-0.090	
	9.50-9.90	0.280	0.188
	11.00-11.40	0.346	
ΓΜ-2	4.30-4.65	0.359	
	9.70-10.00	0.182	
	12.60-13.00	0.203	
	15.50-15.90	0.191	

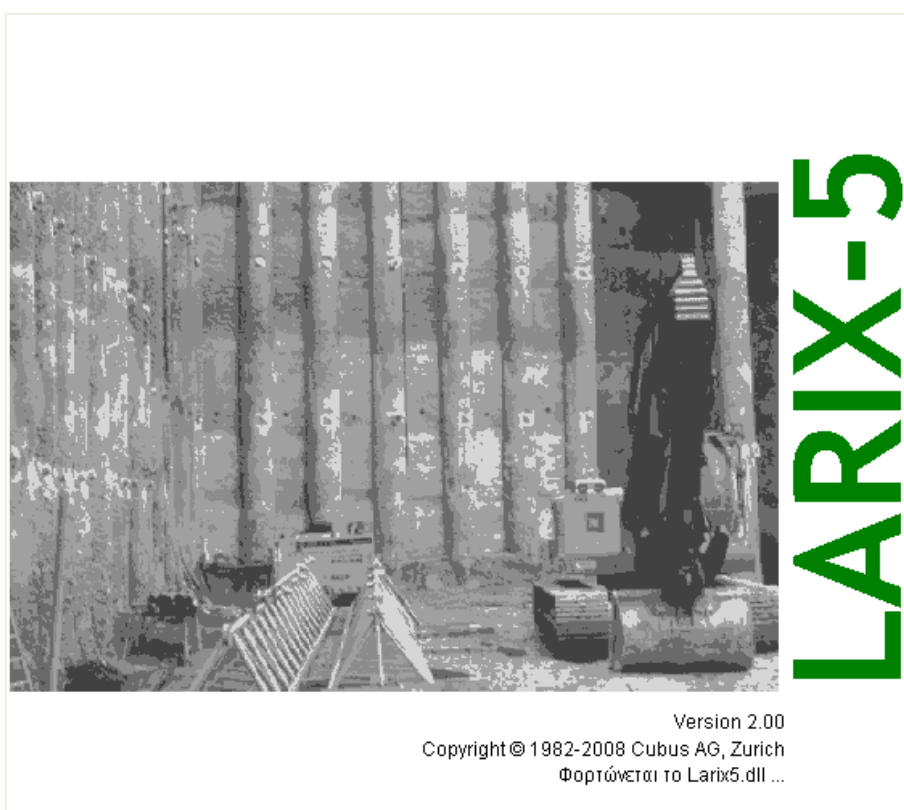
Πίνακας 4.20 : Διακύμανση τιμών του δείκτη συμπιεστότητας. (Μπέλλας, 2005)

		Min	Max	Mid
Δείκτης συμπιεστότητας	Από εμπειρικό τύπο	0.090	0.366	0.138
	Από την δοκιμή	0.048	0.188	0.118

Κεφάλαιο 5 : Περιγραφή υπολογιστικού πακέτου

Larix-5

5.1.Εισαγωγή



Εικόνα 5.1 : Εικόνα έναρξης υπολογιστικού πακέτου LARIX-5

Το LARIX-5S είναι ένα πρόγραμμα για τον έλεγχο της ευστάθειας των πρανών, φραγμάτων, ορυγμάτων, και τοίχων αντιστήριξης με χρήση της μεθόδου των λωρίδων. Η ευστάθεια προσδιορίζεται από την διατύπωση των εξισώσεων ισορροπίας των δυνάμεων επί των λωρίδων με θεώρηση των εδαφικών στρώσεων, των πιέσεων των πόρων, των επιφορτίσεων, των

στοιχείων διατμητικής αντοχής, των αγκυρίων, των στοιχείων συνάφειας και των σεισμικών φορτίων, σύμφωνα με τις αναγνωρισμένες μεθόδους των Janbu και Krey.

Οι αναπτυσσόμενες, επί της επιφάνειας ολίσθησης, διατμητικές τάσεις συγκρίνονται με την διατμητική αντοχή του εδάφους στην ίδια επιφάνεια. Εκτός από τον προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας σε ολίσθηση μπορεί να γίνει και διαστασιολόγηση του ελεύθερου μήκους αγκυρίων, σε περίπτωση κατασκευής αγκυρώσεων, ως μέτρου για την βελτίωση της ευστάθειας πρανούς. (Cubus, 2005).

Πέραν του υποπρογράμματος που εξετάζει την ευστάθεια πρανών, διατίθενται επίσης υποπρογράμματα για τον υπολογισμό έργων όπως (Cubus, 2005) :

- Επενδύσεις ορυγμάτων
- Τοίχοι αντιστήριξης

5.2.Δημιουργία Μοντέλου

Κατά τον έλεγχο ευστάθειας πρανούς με την μέθοδο των λωρίδων εισάγονται απλοποιητικές παραδοχές σε ότι αφορά, για παράδειγμα, τη συμπεριφορά του υλικού, τον μηχανισμό θραύσης, την επίδραση της τρίτης διάστασης, την γεωμετρία των εδαφικών στρώσεων, τις μηχανικές παραμέτρους του εδάφους, τις υδρολογικές συνθήκες, την διατύπωση των εξισώσεων ισορροπίας, την ικανοποίηση των συνθηκών αντοχής κ.ο.κ. Ως εκ τούτου, απαιτείται ακρίβεια στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. (Cubus, 2005)

5.3.Μέθοδος των λωρίδων

Κατά την εφαρμογή της Μεθόδου των Λωρίδων γίνεται διαχωρισμός της αναλυόμενης τομής σε λωρίδες, ίσου ή μεταβαλλόμενου πλάτους, και

εξετάζεται η ισορροπία της κάθε λωρίδας χωριστά.

Οι επιπρόσθετες δυνατότητες της μεθόδου των λωρίδων διαμορφώνονται ως εξής (Cubus, 2005) :

- Μπορεί να προσεγγίσει τη μεταβολή των υδραυλικών συνθηκών κατά μήκος της τομής.
- Μπορεί να προσεγγίσει τη μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε πρανή στα οποία η μορφολογία της επιφάνειας δεν είναι επίπεδη ή σε πρανή με κλιμακωτή ανάπτυξη.
- Μπορεί να αναλύσει αστοχίες στις οποίες η γεωλογική δομή οδηγεί στην ανάπτυξη μη κυκλικής επιφάνειας αστοχίας.

5.3.1. Μέθοδος λωρίδων κατά FELLENIUS

Παραδοχές μεθόδου λωρίδων κατά Fellenius (Κ.Λουπασάκης, 2014) :

- Αγνοεί και ως εκ τούτου αμελεί τις εσωτερικές δυνάμεις διεπιφάνειας.
- Ως θέση εφαρμογής των δυνάμεων θεωρείται το σημείο τομής της κατακόρυφης από το Κ.Β. με τη βάση της λωρίδας.
- Η γωνία κλίσης της βάσης της λωρίδας είναι προσημασμένη. Περιορισμός ροπών ανατροπής.
- Ο όρος N δεν μπορεί να έχει αρνητικές τιμές. Δεν επιτρέπεται η εκδήλωση φαινομένων υδραυλικής ανύψωσης.

Η συγκεκριμένη μέθοδος δίνει τιμές αυξημένες προς τη μεριά της ασφάλειας κατά 10 έως 15%. Δεν ενδείκνυται για περιπτώσεις με βαθιούς κύκλους ολίσθησης και για μεγάλες τιμές υπερπίεσεως των υδάτων των πόρων.

5.3.2. Παρεμφερείς μέθοδοι είναι :

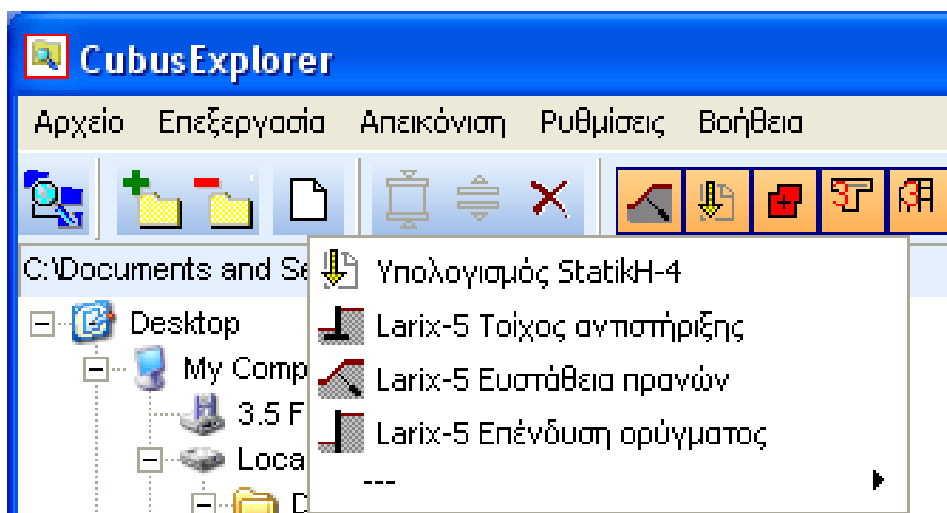
- Ακριβής Μέθοδος Λωρίδων Κατά Bishop

- Απλοποιημένη Μέθοδος Λωρίδων Κατά Bishop
- Μέθοδος Λωρίδων Κατά Janbu

5.4. Πρόγραμμα - Υπορουτίνες

Το LARIX-5 είναι πρόγραμμα για γεωτεχνικές αναλύσεις και αποτελείται από τα ακόλουθα υποπρογράμματα (Cubus, 2005):

- Ευστάθεια πρανών: Υπολογισμός ευστάθειας πρανών, φραγμάτων, ορυγμάτων και τοίχων αντιστήριξης με την μέθοδο των λωρίδων.
- Επενδύσεις ορυγμάτων: Υπολογισμός αγκυρωμένων και μη αγκυρωμένων επενδύσεων ορυγμάτων όπως πασσαλοσανίδες, διαφραγματικοί τοίχοι, φρεατοπάσσαλοι και πασσαλοσυστοιχίες.
- Τοίχοι αντιστήριξης: Υπολογισμός οπλισμένων τοίχων αντιστήριξης και τοίχων αντιστήριξης βαρύτητας οποιασδήποτε μορφής (γεωμετρίας).



Εικόνα 5.2 : Καρτέλα εμφανίσεις υποπρογραμμάτων

5.5. Αντίληψη σχετικά με την ασφάλεια.

Το Larix-5 δίνει τη δυνατότητα να γίνουν οι υπολογισμοί είτε βασισμένοι στους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας είτε στον συντελεστή ασφαλείας που αναφέρουν οι κανονισμοί. Η εναλλαγή ανάμεσα στις δύο μεθόδους

υπολογισμού μπορεί να γίνει πολύ εύκολα παρέχοντας τη δυνατότητα η ανάλυση να γίνει και με τις δύο μεθόδους.

Η βασική μέθοδος λειτουργίας του Larix-5 είναι η μέθοδος των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας. Όταν οι υπολογισμοί γίνονται με τη μέθοδο του συνολικού συντελεστή ασφαλείας όλοι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας παίρνουν την τιμή 1.0 ενώ ο επιμέρους συντελεστής για την φέρουσα ικανότητα μεταβάλλεται ανοδικά.

Με τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας εντοπίζεται η ασκούμενη εδαφική ένταση που προκαλείται λόγω των δράσεων, οι οποίες μεταβάλλονται ανοδικά ή καθοδικά με τους κατάλληλους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας. Η ένταση που προέκυψε από την προηγούμενη διαδικασία συγκρίνεται με την αντίσταση, η οποία είναι πολλαπλασιασμένη επίσης με κατάλληλους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας. Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε πολλούς συνδυασμούς δράσεων αλλά και οριακών τιμών.

5.6. Δράσεις

5.6.1 Γενικές Αρχές

Σε κάθε νέα ανάλυση το πρόγραμμα παρουσιάζει ένα πλαίσιο διαλόγου που περιλαμβάνει τρία πεδία επιλογής. Το πλαίσιο διαλόγου "γενικές ρυθμίσεις" παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3. Τα πεδία που υπάρχουν είναι:

- **Κανονισμός.**

Παρέχει τη δυνατότητα επιλογής των τιμών των φορτίσεων, των δράσεων και των αντιστάσεων. Επίσης προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής εδαφικών υλικών .

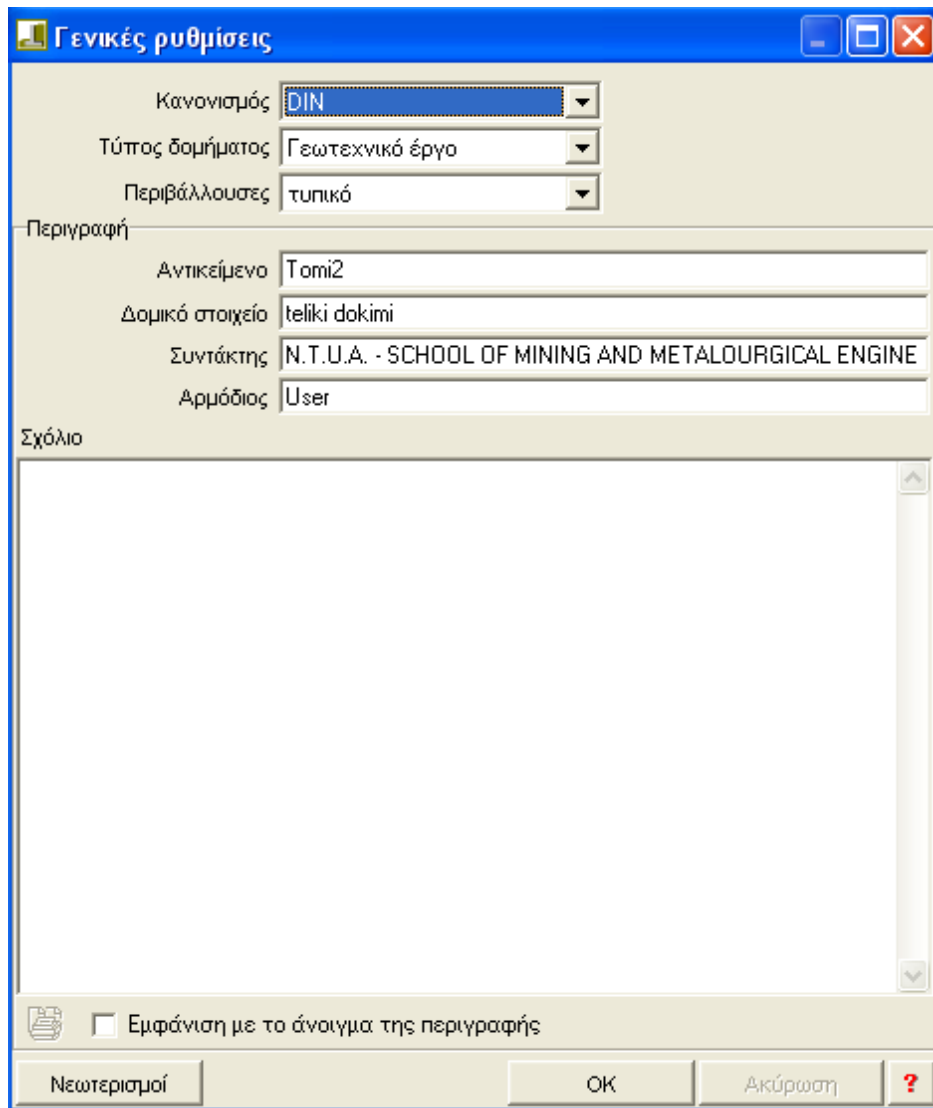
- **Είδος κατασκευής**

Προσαρμόζει της παρεχόμενες κατηγορίες δράσεων και τους επιμέρους

συντελεστές.

- **Οριακές τιμές**

Δίνει τη δυνατότητα επιλογής αυτόματης ή χειροκίνητης εισαγωγής οριακών τιμών.



Εικόνα 5.3 : Πλαίσιο διαλόγου. "Τεχνικές ρυθμίσεις.

5.6.2. Φορτίσεις

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τις φορτίσεις συνδέονται με τις δράσεις. Κάθε φόρτιση αντιστοιχεί σε μία δράση. Οι φορτίσεις που ανήκουν στην ίδια δράση αθροίζονται.

Για κάθε φόρτιση απαιτείται ο ορισμός μιας δράσης. Το πλαίσιο διαλόγου των ιδιοτήτων κάθε φόρτισης παρουσιάζει δυο πεδία για την επιλογή της κατηγορίας και της υποκατηγορίας. Στο πεδίο "Περιγραφή" ο χρήστης απλά δίνει χαρακτηρισμό στη φόρτιση .

5.6.3. Ορισμός οριακών τιμών

Σε κάθε Οριακή Κατάσταση το πρόγραμμα σχεδιάζει έναν κατάλληλο συνδυασμό δράσεων. Για αυτούς τους συνδυασμούς οριακών τιμών δεν παρέχεται η δυνατότητα διαγραφής ή τροποποίησης δίνεται όμως η δυνατότητα δημιουργίας πρόσθετων. Η αυτόματη παραγωγή οριακών τιμών μπορεί να ακυρωθεί. Τέλος υπάρχει στη καρτέλα " υπολογισμός " η επιλογή του πλαισίου διαλόγου "ορισμός οριακών τιμών" που δίνει τη δυνατότητα ορισμού από το χρηστή των δράσεων και των συνδέσμων δράσεων.

5.6.4. Συντελεστές και παράμετροι

Επιλέγοντας το αντίστοιχο εικονίδιο εμφανίζονται όλοι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας και οι παράμετροι υπολογισμού που εξαρτώνται από τον Κανονισμό και από τις οριακές καταστάσεις. Το πλαίσιο διαλόγου "Συντελεστές και παράμετροι" βρίσκεται στην πάνω αριστερή γωνία του παραθύρου της εφαρμογής. Τα επιμέρους πεδία που υπάρχουν στο πλαίσιο διαλόγου εξαρτώνται από το υποπρόγραμμα που είναι ενεργό.

5.7.Ευστάθεια Προανών.

5.7.1 Νόμος υλικού

Στο LARIX-5 το υλικό θεωρείται πως έχει απόλυτα πλαστική συμπεριφορά.

Σύμφωνα με την πλαστικότητα αυτή μέχρι οι διατμητικές τάσεις να αγγίξουν το όριο θραύσης εμφανίζονται μηδενικές παραμορφώσεις ενώ υπό σταθερή διατμητική τάση οι παραμορφώσεις λαμβάνουν πολύ μεγάλη τιμή.

5.7.2. Γεωμετρία

Τα προβλήματα ευστάθειας παρουσιάζονται σε (τριδιάστατα) πρανή με πολύπλοκο μηχανισμό θραύσης. Με την μέθοδο των λωρίδων παρόλα αυτά, μπορούν να εξεταστούν μόνο επίπεδα μοντέλα και απλές γραμμές ολίσθησης. Κατά τον έλεγχο ευστάθειας το μοντέλο διαιρείται σε τμήματα κάθετα στον μηχανισμό θραύσης. Επομένως μπορούν να αντιμετωπιστούν ως επίπεδα μοντέλα.

5.7.3. Μηχανισμοί θραύσης

Με το πρόγραμμα αυτό δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν περιπτώσεις ολίσθησης με κυκλική ή πολυγωνική μορφή. Οι κυκλικές γραμμές ολίσθησης μπορούν να επεκταθούν με εφαπτόμενα, στο άκρος της κυκλικής γραμμής, ευθύγραμμα τμήματα, προκειμένου να μην προκύψουν εξαιρετικά απότομες γραμμές ολίσθησης. Η κίνηση του τμήματος που ολισθαίνει με βάση τον μηχανισμό θραύσης είναι προδιαγεγραμμένη από το LARIX-5.

- Για κυκλικές γραμμές ολίσθησης σύμφωνα με τη μέθοδο υπολογισμού κατά Krey είναι μια στροφή στερεού σώματος κατά την διεύθυνση κίνησης των δεικτών του ρολογιού
- Για γραμμές ολίσθησης τεθλασμένες σύμφωνα με τη μέθοδο υπολογισμού κατά Janbu είναι μια μεταφορική μετατόπιση από δεξιά προς αριστερά.

5.7.4. Συνθήκες ισορροπίας και συμβιβασμού των μετακινήσεων

Στις μεθόδους υπολογισμού που εφαρμόζονται σε αυτό το πρόγραμμα δεν ικανοποιούνται πλήρως οι συνθήκες ισορροπίας έτσι λοιπόν:

- Η μέθοδος Krey δε συμπεριλαμβάνει την ισορροπία των οριζόντιων δυνάμεων
- Η μέθοδος Janbu δε συμπεριλαμβάνει την ισορροπία των ροπών.

Για των ορισμό των γραμμών ολίσθησης αλλά και την επιλογή της μεθόδου υπολογισμού πρέπει να ικανοποιούνται όσο γίνεται περισσότερο οι συνθήκες συμβιβασμού των μετακινήσεων και ο μηχανισμός θραύσης να συμβαδίζει με τους μηχανισμούς της μεθόδου υπολογισμού που χρησιμοποιείται.

5.8. Υπολογιστικό μέρος.

5.8.1. Προσομοίωμα

Στο προσομοίωμα σχεδιάζεται η γεωμετρία του πρανούς με τη βοήθεια του επεξεργαστή γραφικών. Η γεωμετρία σχεδιάζεται με το συνδυασμό σημείων, γραμμών και πολυγώνων. Τα γραφικά αντικείμενα αυτά φέρουν τις πληροφορίες σχετικά με τη γεωμετρία αλλά και άλλες ιδιότητες όπως τις εδαφικές παραμέτρους στις πολυγωνικές γραμμές. Οι πολυγωνικές γραμμές απαιτείται να είναι μονότονα αύξουσες ή μονότονα φθίνουσες ως προς την τετμημένη x των σημείων τους. Ανεξάρτητα από την οριζόμενη από τον χρήστη περιοχή, οι πολυγωνικές γραμμές συνεχίζουν να επεκτείνονται οριζόντια από το πρόγραμμα.

5.8.2.Επιφάνεια εδάφους

Η επιφάνεια εδάφους περιγράφεται με μία πολυγωνική γραμμή, η οποία μπορεί να οριστεί ανεξάρτητα από τις εδαφικές στρώσεις. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε στο γεγονός ότι το εν λόγω πολύγωνο θα πρέπει να βρίσκεται εξ ολοκλήρου κάτω από την ανώτατη εδαφική στρώση. Η εισαγωγή επιφάνειας εδάφους είναι προαιρετική. Σε περίπτωση που δεν δοθεί επιφάνεια εδάφους, το LARIX-5S χρησιμοποιεί ως επιφάνεια εδάφους την ανώτατη εδαφική στρώση.

5.8.3. Εδαφικές στρώσεις

Οι εδαφικές στρώσεις ορίζονται από μια πολυγωνική γραμμή. Οι εδαφικές στρώσεις μπορούν να εφάπτονται μεταξύ τους αλλά δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να τέμνονται, ο λόγος είναι ότι το LARIX-5S επεκτείνει τις στρώσεις οριζόντια. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ακόμα προκειμένου να μην τέμνονται ούτε οι επεκτάσεις.

Το LARIX-5 δίνει τη δυνατότητα οι εδαφικές στρώσεις και η στάθμη υπογείων νερών να μπορούν να οριστούν εντελώς ανεξάρτητα μεταξύ τους. Οι γραμμές που ορίζουν τις εδαφικές στρώσεις επιτρέπεται να τέμνονται από την γραμμή που ορίζει την στάθμη των υπογείων νερών.

Σε κάθε στρώση μπορεί να οριστεί υπερπίεση πόρων ύδατος. Η πίεση πόρων λαμβάνεται υπ' όψιν στην γραμμή ολίσθησης όταν βρίσκεται κάτω από την στάθμη των υπόγειων υδάτων. Η υπερπίεση των πόρων δε μπορεί να αυξηθεί με επιμέρους συντελεστή ασφαλείας.

5.8.4. Στάθμη υπόγειων υδάτων

Η στάθμη των υπόγειων υδάτων ορίζεται με πολυγωνικές γραμμές. Για τον προσδιορισμό των δυνάμεων οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με το συνολικό εδαφικό βάρος και με τις απόλυτες πιέσεις πόρων ύδατος.

Η πίεση πόρων μπορεί να εισαχθεί στο πρόγραμμα σαν μόνιμη δράση ή σαν μεταβλητή δράση.

5.8.5. Στοιχεία διατμητικής αντοχής

Τα στοιχεία διατμητικής αντοχής για το πρόγραμμα είναι εκείνα τα δομικά στοιχεία που θα μπορούσαν να φέρουν αντίσταση σε ένα μηχανισμό θραύσης που σχετίζεται με τη διάτμηση.

5.8.6. Προεντεταμένα αγκύρια

Τα προεντεταμένα αγκύρια εισάγονται στο LARIX-5 σαν απλές γραμμές στο εδαφικό προσομοίωμα. Τα αγκύρια προσφέρουν αύξηση στην ασφάλεια απέναντι στην ολίσθηση λόγω της εφελκυστικής δύναμης τους. Ακόμα τα αγκύρια διαθέτουν διατμητική αντοχή.

5.8.7. Στοιχεία συνάφειας

Τα στοιχεία συνάφειας για το LARIX-5 είναι οι ηλώσεις εδάφους και τα γεωϋφάσματα. Παρουσιάζονται στο εδαφικό προσομοίωμα σαν γραμμές και αυξάνουν το συντελεστή ασφαλείας απέναντι στη θραύση. Η γραμμή ολίσθησης των διαφόρων μηχανισμών θραύσης τέμνει ένα στοιχείο, ώστε να αναπτύσσεται εφελκυστική δύναμη κατά μήκος του στοιχείου. Ακόμα τα στοιχεία συνάφειας δεν έχουν διατμητική αντοχή.

5.8.8. Ήλωση εδάφους

Οι ήλοι μπορεί να είναι χαλύβδινοι ή από σύνθετα υλικά και να τοποθετούνται είτε με διάτρηση είτε με κρούση και, επιπλέον, να πακτώνονται με τσιμεντένεμα, αλλά σε κάθε περίπτωση χωρίς προένταση. Η όψη του πρανούς ή του τοίχου επενδύεται με λεπτή προστατευτική επένδυση και συνδέεται σταθερά με ήλους.

Οι μεμονωμένοι ήλοι μπορούν να προσομοιωθούν στο Larix- 5S με στοιχεία συνάφειας και ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης μπορεί να προσδιοριστεί με θεώρηση του κατάλληλου πρίσματος ολίσθησης. Το Larix- 5S δεν υπολογίζει, ωστόσο, το απαιτούμενο μήκος του στοιχείου συνάφειας για δεδομένο συντελεστή ασφαλείας, όπως γίνεται για το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης σε περίπτωση αγκυριού. (Cubus, 2005)

5.9. Φορτία

5.9.1. Επιφανειακά φορτία

Τα επιφανειακά φορτία στο εδαφικό προσομοίωμα έχουν τραπεζοειδή μορφή και δρουν κατακόρυφα ή οριζόντια σε όλο το μήκος εφαρμογής τους. Τα επιφανειακά φορτία μπορούν να σχεδιαστούν από πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους σε όποια θέση απαιτείται. Όταν το φορτίο ή μέρος αυτού βρίσκεται εκτός πρίσματος ολίσθησης δεν υπολογίζεται στην ανάλυση.

5.9.2. Γραμμικά φορτία

Τα γραμμικά φορτία μπορούν να εκτείνονται, κάθετα στο εδαφικό προσομοίωμα. Μπορούν ακόμα να εισαχθούν πάνω ή κάτω από την επιφάνεια εδάφους σε όποια θέση επιθυμεί ο χειριστής του προγράμματος.

Συμμετέχουν στους υπολογισμούς μόνο όταν το σημείο εφαρμογής τους βρίσκεται εκτός του πρίσματος ολίσθησης.

5.9.3. Σεισμικά φορτία

Τα σεισμικά φορτία ορίζονται σαν κλάσματα της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Χαρακτηρίζονται από επιτάχυνση και στις δυο διευθύνσεις. Η οριζόντια σεισμική επιτάχυνση και η κατακόρυφη σεισμική επιτάχυνση εισάγονται στους υπολογισμούς με τη χαρακτηριστική τους τιμή ως μη συνήθης δράση.

5.10. Ορισμός των γραμμών ολίσθησης

Το LARIX-5 δεν υπολογίζει τον ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας για ένα εδαφικό προσομοίωμα, αλλά τον ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας μιας σειράς γραμμών ολίσθησης που ορίζει ο χρήστης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει μια σειρά υπολογισμών με διαφορετικές κάθε φορά γραμμές ολίσθησης. Με σκοπό να βρεθεί η γραμμή ολίσθησης με τον ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας.

Οι γραμμές ολίσθησης αλλά και ομάδες γραμμών ολίσθησης μπορεί να είναι κυκλικής αλλά και πολυγωνικής μορφής. Οι γραμμές ολίσθησης κυκλικής μορφής μπορεί να έχουν ευθύγραμμα άκρα αλλά μπορεί επίσης και να μην έχουν.

5.10.1 Γραμμές ολίσθησης κυκλικής μορφής

Για να ορισθούν ομάδες γραμμών ολίσθησης κυκλικής μορφής υπάρχουν δύο τρόποι. Απαραίτητος και για τους δυο τρόπους είναι ο ορισμός της θέσης των κέντρων των κύκλων ολίσθησης. Ακόμα μπορεί να δοθεί το πεδίο τιμών των ακτινών των κύκλων ολίσθησης ή η θέση της γραμμής σημείων υποχρεωτικής

διέλευσης κύκλων ολίσθησης. Με τους παραπάνω τρόπους δημιουργούνται κύκλοι ολίσθησης που μπορούν να εξεταστούν με όλες τις μεθόδους ανάλυσης που προσφέρει το πρόγραμμα.

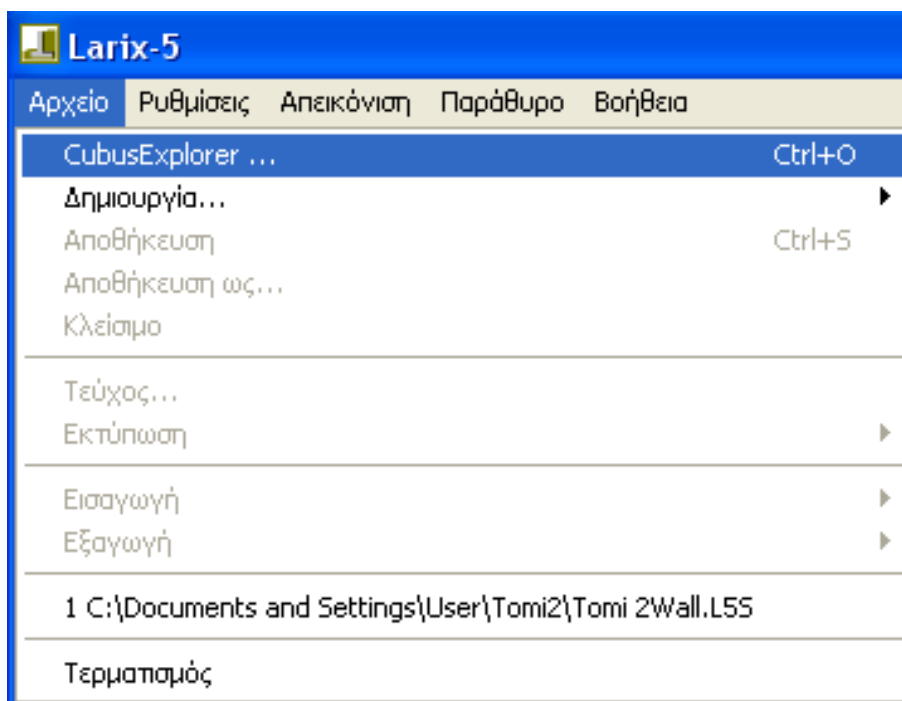
5.10.2. Πολυγωνικές γραμμές ολίσθησης

Ο υπολογισμός των πολυγωνικών γραμμών ολίσθησης μπορεί να γίνει μόνο με τη μέθοδο του Janbu. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τις συνθήκες ισορροπίας των οριζόντιων και κατακόρυφων δυνάμεων θεωρώντας μια μεταφορική κίνηση του πρίσματος ολίσθησης. Εκτός από τον συντελεστή ασφαλείας μίας πολυγωνικής γραμμής ολίσθησης, μπορεί να υπολογιστεί ακόμα ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας μιας ομάδας πολυγωνικών γραμμών ολίσθησης. Ο σχεδιασμός μιας ομάδας πολυγωνικών γραμμών ολίσθησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον ορισμό των δύο ακραίων πολυγωνικών γραμμών ολίσθησης. Οι δυο αυτές ακραίες πολυγωνικές γραμμές ολίσθησης πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό κορυφών ενώ μπορούν να εφάπτονται και όχι να τέμνονται.

5.11. Εργασία με το LARIX-5

Η εκκίνηση του προγράμματος μπορεί να γίνει με δυο τρόπους :

- Απευθείας από το αρχείο LARIX-5.EXE των Windows.
- Μέσα από το Cubus Explorer που είναι ανεξάρτητο πρόγραμμα αλλά μπορεί να εκκινηθεί επίσης από το μενού των Windows όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.3.



Εικόνα 5.3 : Εκκίνηση του Cubus Explorer μέσα από το μενού των Windows.

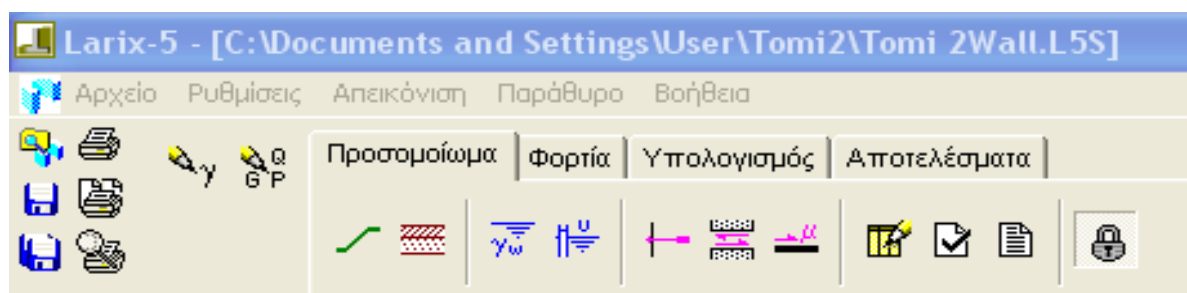
Στο κυρίως μενού του προγράμματος υπάρχουν τέσσερις καρτέλες εργασίας. Οι καρτέλες είναι τοποθετημένες από τα αριστερά προς τα δεξιά σύμφωνα με τη σειρά χρήσης τους σε έναν ολοκληρωμένο κύκλο ανάλυσης. Η κάθε καρτέλα περιέχει μια σειρά από εικονίδια όπου είναι και αυτά τοποθετημένα με τη σειρά χρήσης τους. Ορισμένες από τις παραπάνω ενέργειες, σε οποιαδήποτε καρτέλα και αν ανήκουν, περιέχουν αντίστοιχα πλαίσια διαλόγου τα οποία εισάγουν κάποιες παραμέτρους καθοριστικές για την επίλυση.

5.11.1.Καρτέλα προσομοίωμα

Η καρτέλα προσομοίωμα είναι η πρώτη καρτέλα που συναντάμε από τα αριστερά προς τα δεξιά άρα και η πρώτη καρτέλα που χρησιμοποιούμε. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 5.5 η καρτέλα προσομοίωμα περιέχει μια σειρά από ενέργειες τις οποίες μπορούμε να εκτελέσουμε επιλέγοντας το αντίστοιχο εικονίδιο. Τα εικονίδια είναι τοποθετημένα από τα αριστερά προς τα δεξιά

με την εξής σειρά:

1. Επιφάνεια εδάφους. Εδαφικές στρώσεις.
2. Στάθμη υπόγειων υδάτων.
3. Ισογραμμές πίεσης πόρων.
4. Προεντεταμένο αγκύριο.
5. Διατμητική αντίστασή
6. Στοιχεία συνάφειάς
7. Επιλογές για το μοντέλο εδάφους
8. Έλεγχος του μοντέλου εδάφους
9. Λεζάντα μοντέλου εδάφους
10. Εκλεξιμότητα γραφικών αντικειμένων



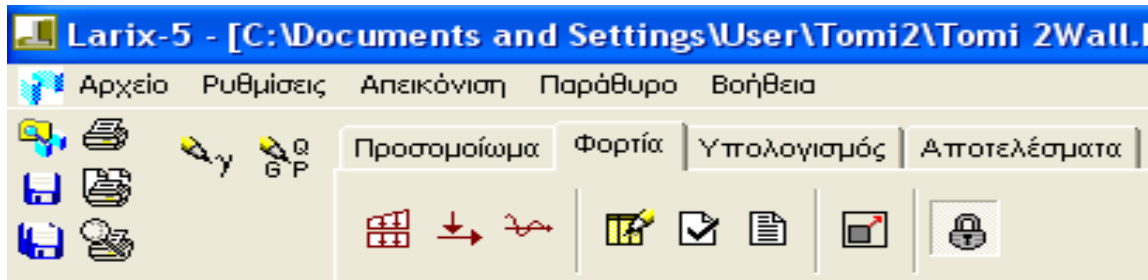
Εικόνα 5.5 : Καρτέλα Προσομοίωμα .

5.11.2 Καρτέλα φορτία

Η καρτέλα φορτία είναι η δεύτερη σε σειρά καρτέλα που εμφανίζεται στο κυρίως μενού του LARIX-5. Σε αυτή την καρτέλα μπορούμε να εισάγουμε τα φορτία που υπάρχουν. Οι ενέργειες που περιλαμβάνονται στη καρτέλα αυτή όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.6 είναι οι εξής:

1. Επιφανειακά Φορτία.
2. Σεισμικά φορτία.
3. Επιλογές για τα φορτία
4. Έλεγχος δεδομένων φορτίων

5. Λεζάντα για τα φορτία
6. Κλιμακοποίηση φορτίων
7. Επιφανειακά φορτία
8. Επιλεξιμότητα φορτίων

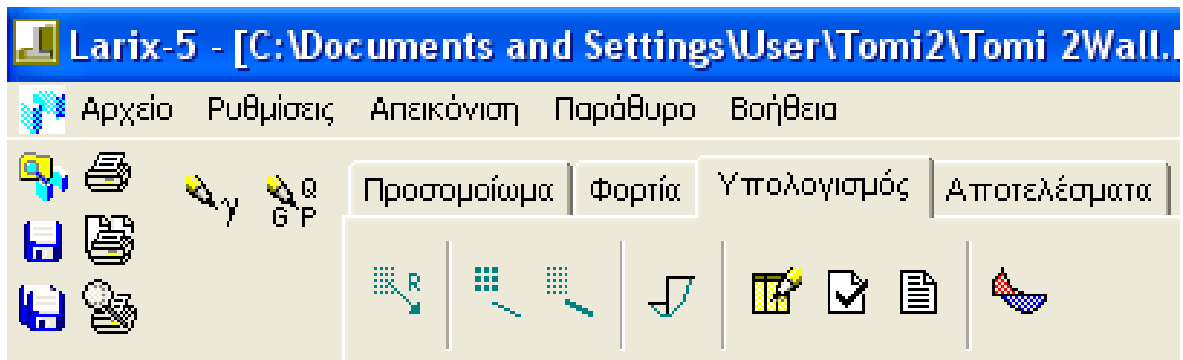


Εικόνα 5.6 : Καρτέλα φορτία

5.11.3. Καρτέλα υπολογισμός.

Η καρτέλα υπολογισμός είναι η τρίτη κατά σειρά στο κεντρικό μενού του προγράμματος. Εδώ πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί των κύκλων ολίσθησης. Οι ενέργειες που περιλαμβάνονται στη καρτέλα όπως παρουσιάζονται και στην εικόνα 5.7 είναι οι ακόλουθες:

1. Κύκλοι ολίσθησης με περιοχές ακτίνας
2. Κέντρα κύκλων ολίσθησης (ευθεία σημείων υποχρεωτικής διέλευσης).
3. Πολυγωνικές γραμμές ολίσθησης.
4. Επιλογές υπολογισμού.
5. Έλεγχος υπολογισμού.
6. Έλεγχος δεδομένων.
7. Λεζάντα επιλογών υπολογισμού.
8. Ορισμός οριακών τιμών.

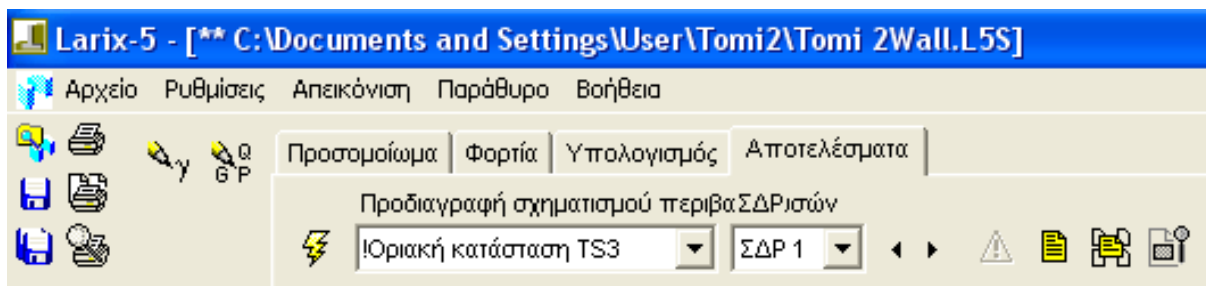


Εικόνα 5.7 : Καρτέλα Υπολογισμός.

5.11.4. Καρτέλα αποτελέσματα.

Η τελευταία καρτέλα που εμφανίζεται στο μενού του Larix-5 είναι αυτή των αποτελεσμάτων. Στην καρτέλα των αποτελεσμάτων λοιπόν περιέχονται επτά διαδικασίες που σύμφωνα με την εικόνα 5.8 είναι:

1. Έναρξη υπολογισμών.
2. Πεδίο για την επιλογή των ομάδων οριακών τιμών.
3. Πεδίο για την επιλογή των συνδυασμών δράσεων.
4. Πλήκτρα για τη διαδοχική εμφάνιση όλων των αποτελεσμάτων.
5. Αναλυτικά αποτελέσματα –αριθμητικά.
6. Οριακές τιμές – αριθμητικά.
7. Γραφικά αποτελέσματα.



Εικόνα 5.8 : Καρτέλα Αποτελέσματα

Κεφάλαιο 6: Προσομοίωση Ευστάθειας πρανών

6.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή των επιλύσεων που πραγματοποιηθήκαν σε απλοποιημένο εδαφικό μοντέλο. Για την διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της γεωμετρίας του πρανούς καθώς και των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών από βιβλιογραφικές πηγές (Μπέλλας, 2005). Στις επιλύσεις όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ήταν ανέφικτο να συμπεριληφθούν όλοι οι σχηματισμοί ένας προς ένας με τα ακριβή όρια τους. Για το λόγο αυτό σχεδιαστήκαν δύο στρώματα εδαφών, ο μανδύας αποσάθρωσης και ένα στρώμα που ονομάστηκε "έδαφος", και έγινε προσπάθεια τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στα πραγματικά μηχανικά χαρακτηριστικά όπως αυτά προέκυψαν από τις εργαστηριακές δοκιμές.

Για την ολοκλήρωση των υπολογισμών εκτελέστηκαν τρεις σειρές επιλύσεων:

Η πρώτη σειρά επιλύσεων- Περιελάμβανε ανάστροφες επιλύσεις σε απλοποιημένες τομές της κατολίθησης με σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών σχηματισμών.

Η δεύτερη σειρά επιλύσεων - Περιελάμβανε τον έλεγχο του εδαφικού πρανούς χωρίς υποστήριξη. Σκοπός ήταν να επιβεβαιωθεί η αστοχία του πρανούς μετά τη εκσκαφή χωρίς μέτρα υποστήριξης και με τα μηχανικά χαρακτηριστικά που προέκυψαν από την πρώτη σειρά επιλύσεων .

Τρίτη σειρά επιλύσεων - Περιελάμβανε τον έλεγχο ευστάθειας με τα προτεινόμενα μέτρα υποστήριξης του πρανούς. Σκοπός ήταν να προταθούν μέτρα υποστήριξης τα οποία να εξασφαλίζουν επαρκή συντελεστή ασφαλείας. Επισημαίνεται ότι τα προτεινόμενα από την παρούσα διατριβή μέτρα υποστήριξης δεν έχουν καμία σχέση με αυτά που έχουν τελικώς εφαρμοστεί, ούτε και τα κρίνουν.

Οι επιλύσεις έγιναν κατά μήκος τριών τομών, μια στο κέντρο περίπου, μια δεξιά και μία αριστερά της αστοχίας. Τα σημεία αυτά επιλέχθηκαν με σκοπό να εξεταστεί όλο το εύρος του πρανούς.

Ακόμα έγινε προσπάθεια τα προσομοιώματα κάθε τομής να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά της γεωμετρίας και των εδαφικών στρώσεων της κατολίσθησης.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι τελικές επιλύσεις όπως πρόεκυψαν από το πρόγραμμα LARIX-5. Η κάθε επίλυση περιλαμβάνει :

- Απλοποιημένη γεωλογική τομή της επίλυσης
- Πινάκα διεπιφανειών εδαφικό στρώσεων.
- Τον κύκλο ολίσθησης με τον μικρότερο συντελεστή ασφαλείας
- Υπόμνημα προσομοιώσεων.

Για κάθε μια από τις τρεις θέσεις εκτελέστηκαν τρεις επιλύσεις, μια για κάθε σειρά επιλύσεων.

6.2 Αναλυτική περιγραφή επιλύσεων

Σε κάθε προσομοίωμα φαίνεται η γεωμετρία της τομής καθώς και τα φυσικο-μηχανικά χαρακτηριστικά κάθε στρώσης. Ακόμα παρουσιάζονται οι κύκλοι ολίσθησης, κάθε τομής, με το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά κάθε στρώσης (γωνία τριβής, φαινόμενο βάρος και συνοχή) είναι ίδια για όλες τις επιλύσεις.

Στο πίνακα διεπιφανειών εδαφικών στρώσεων παρουσιάζονται τα μηχανικά

χαρακτηριστικά κάθε στρώσης καθώς επίσης το ύψος και το πλάτος των σημείων της εδαφικής καμπύλης.

6.2.1. Πρώτη σειρά επιλύσεων.

Όπως προαναφέρθηκε η πρώτη σειρά επιλύσεων περιλαμβάνει ανάστροφες αναλύσεις σε απλοποιημένες τομές της κατολίσθησης με σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών σχηματισμών. Με δεδομένη την ανομοιογένεια των γεωλογικών σχηματισμών στην έκταση του πρανούς ο ασφαλέστερος τρόπος προσδιορισμού των μηχανικών παραμέτρων στην έκταση του πρανούς είναι η εκτέλεση ανάστροφων αναλύσεων.

Με τις αναλύσεις αυτές αναπαράχθηκε ο μηχανισμός εκδήλωσης της αστοχίας και εκτιμήθηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 6.1:

Πίνακας 6.1 : Μηχανικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τις ανάστροφες αναλύσεις

Περιγραφή	Παράμετροι επαναλήψεων		
	φ (°)	γ (Kgr/cm ²)	c (gr / cm ³)
Τσιμέντο	45.00	25.00	200.00
Μανδύας Αποσάθρωσης	16.00	19.00	5.00
Έδαφος	24.00	19.00	40.00

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά που προσδιορίστηκαν από την διαδικασία αυτή

βρίσκονται εντός των ορίων των τιμών που προσδιορίστηκαν από τις εργαστηριακές δοκιμές στα καρότα των γεωτρήσεων.

Οι συντελεστές ασφαλείας των ανάστροφων αναλύσεων, όπως φαίνεται και στις Εικόνες 6.2, 6.3, 6.4 είναι:

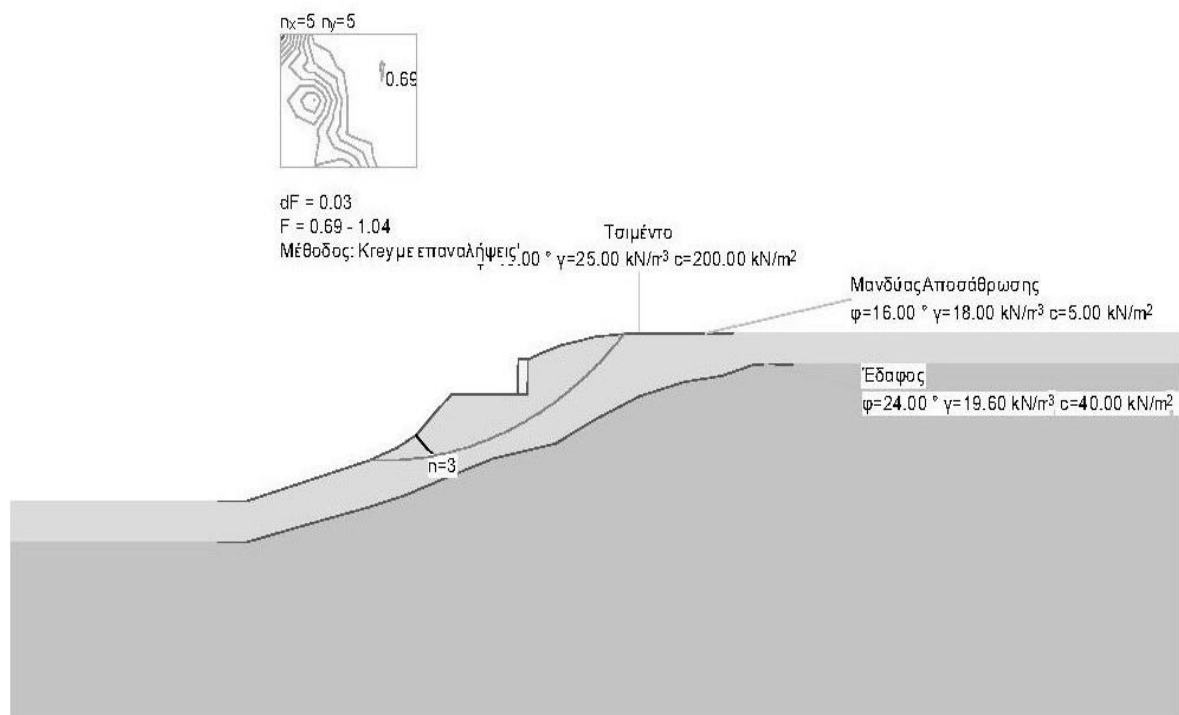
Για την Τομή 1- 0.69

Για την Τομή 2- 0.99

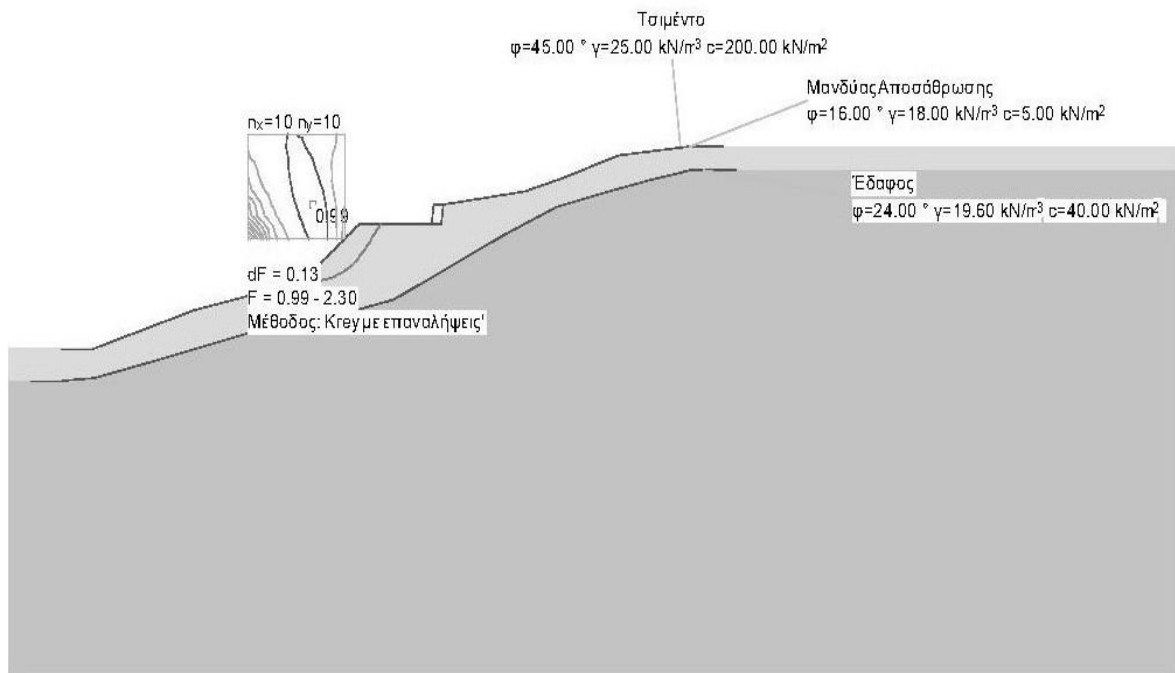
Για την Τομή 3- 0.76

Παρατηρούμε ότι η Τομή 1 (Εικόνα 6.2) έχει το χαμηλότερο συντελεστή ασφαλείας, αυτό συμβαίνει γιατί βρίσκεται πολύ κοντά στον άξονα της κατολίθησης .

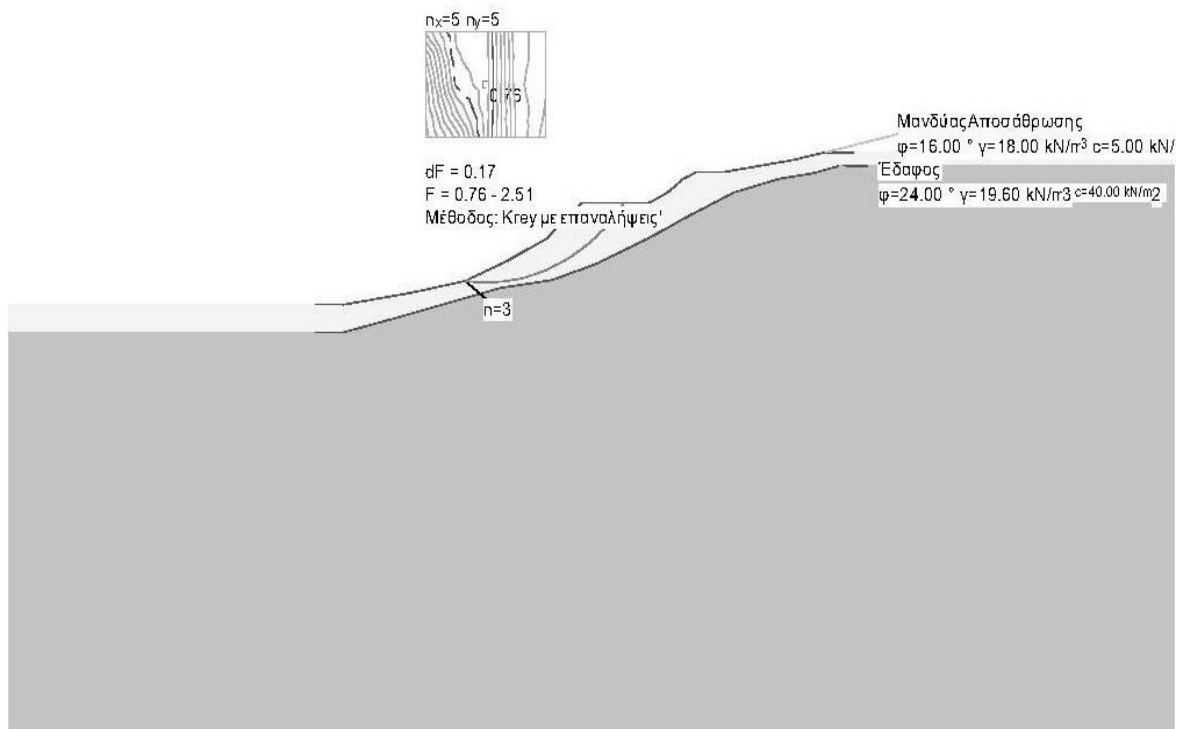
Καμία από τις τομές δεν έχει επαρκή συντελεστή ασφαλείας. Αυτός είναι και ο λόγος της αρχικής αστοχίας.



Εικόνα 6.2 : Τομή 1 στην οποία διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.



Εικόνα 6.3 : Τομή 2 στην οποία διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης



Εικόνα 6.4 : Τομή 3 στην οποία διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.

6.2.2. Δεύτερη σειρά επιλύσεων.

Στο πρανές που ερευνούμε πραγματοποιήθηκε εκσκαφή χωρίς μέτρα υποστήριξης. Η δεύτερη σειρά επιλύσεων εκτελέστηκε με σκοπό να εξεταστεί η ευστάθεια του σχηματισμού κατά την εκσκαφή χωρίς την λήψη μέτρων υποστήριξης. Οι συντελεστές ασφαλείας που προέκυψαν από τις επιλύσεις, Εικόνες 6.5, 6.6, 6.7, είναι:

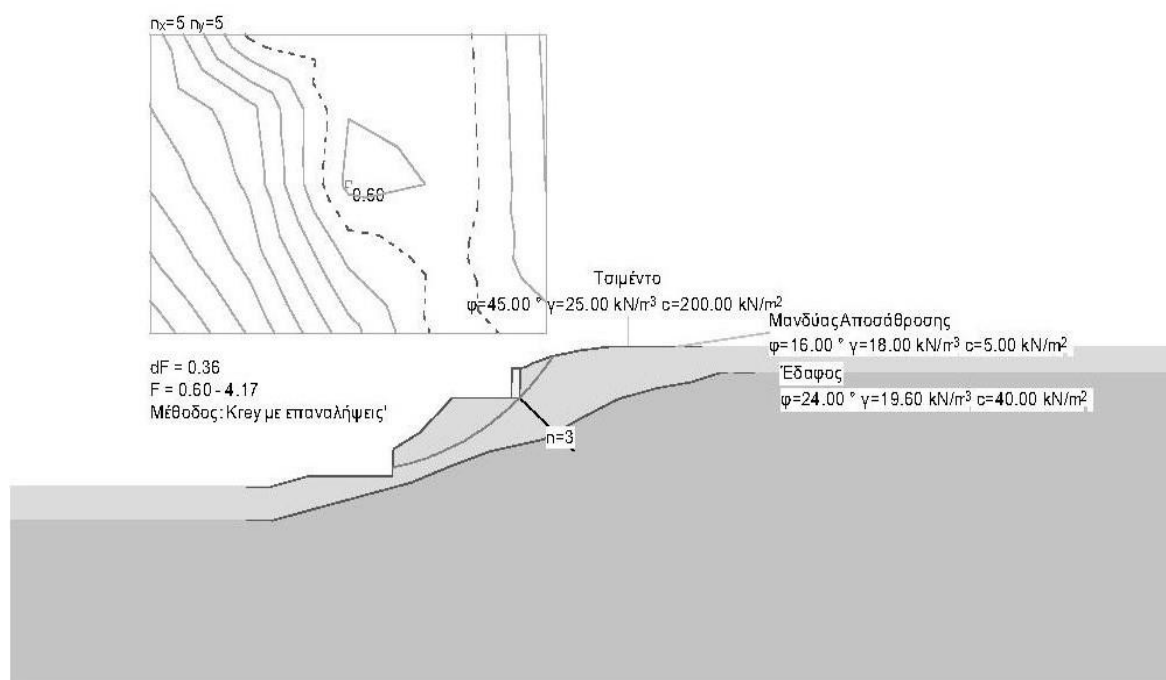
Για την Τομή 1- 0.60

Για την Τομή 2- 0.45

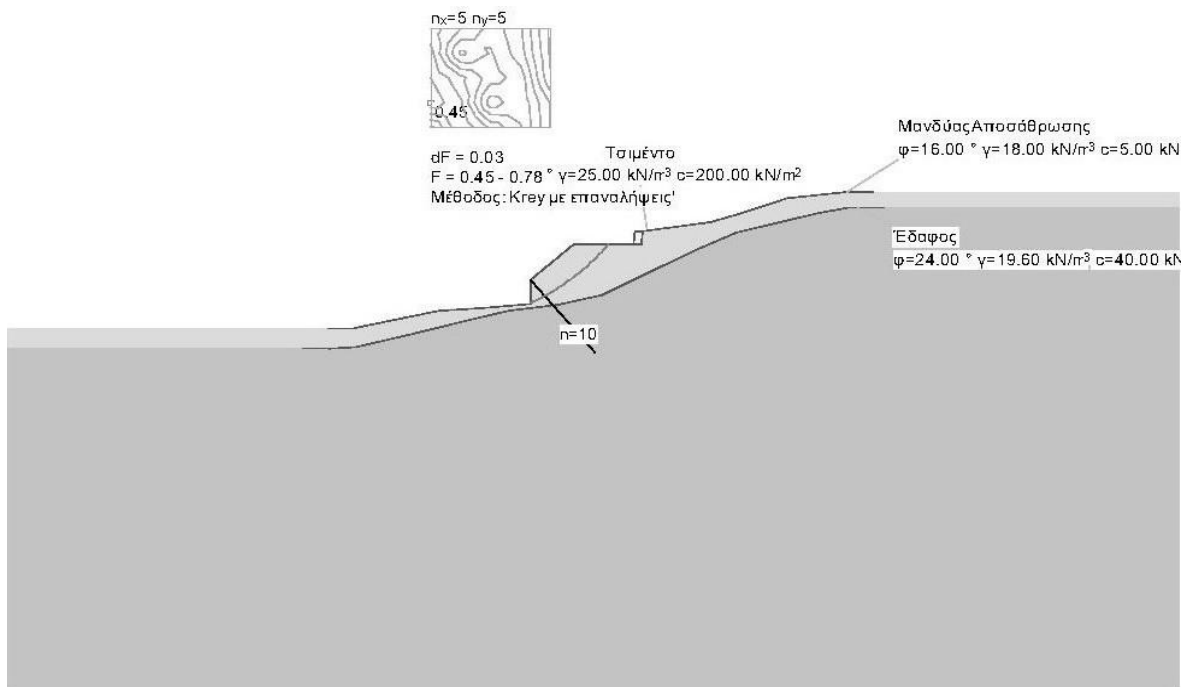
Για την Τομή 3- 0.74

Παρατηρούμε ότι σε αυτή τη σειρά επιλύσεων η Τομή 2 (Εικόνα 6.6) παρουσιάζει το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας. Ο λόγος είναι ότι σε αυτή την τομή έγινε η βαθύτερη εκσκαφή.

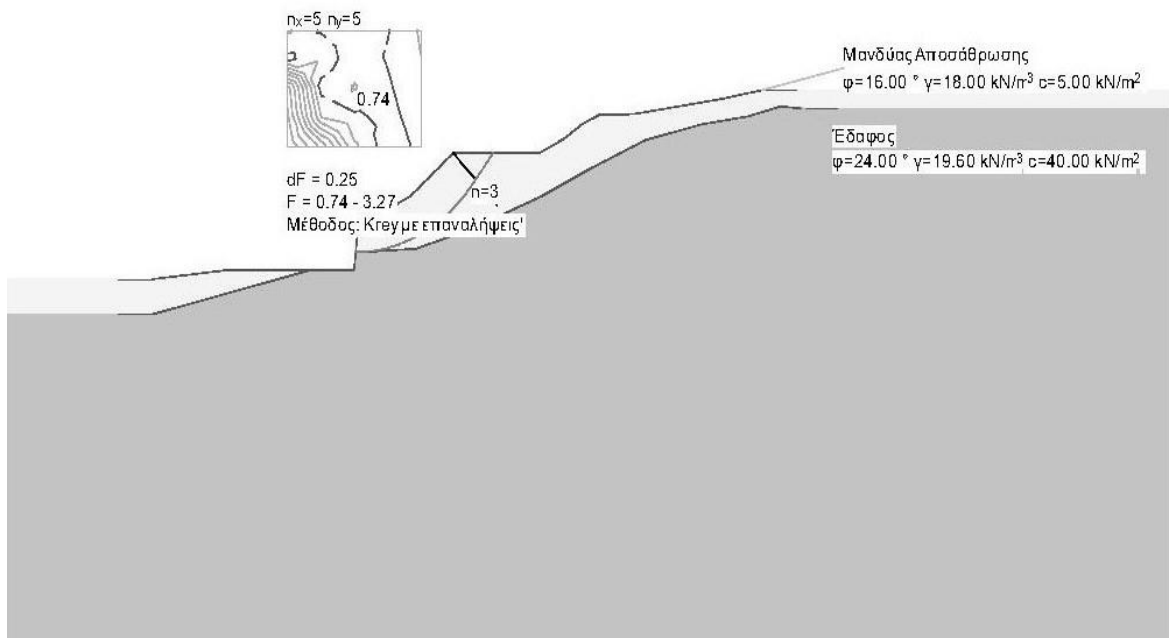
Όπως προαναφέρθηκε σε όλες τις τομές αυτής της σειράς, κατά την εκσκαφή, δεν χρησιμοποιήθηκαν μέτρα υποστήριξης. Η απουσία των μέτρων υποστήριξης δικαιολογεί και τους χαμηλότερους συντελεστές ασφαλείας σε σύγκριση με την πρώτη σειρά επιλύσεων.



Εικόνα 6.5 : Τομή 1 με εκσκαφή και κύκλο ολίσθησης



Εικόνα 6.6 : Τομή 2 με εκσκαφή χωρίς μέτρα υποστήριξης. Διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.



Εικόνα 6.7 : Τομή 3 με εκσκαφή χωρίς μέτρα υποστήριξης. Διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.

6.2.3. Τρίτη σειρά επιλύσεων.

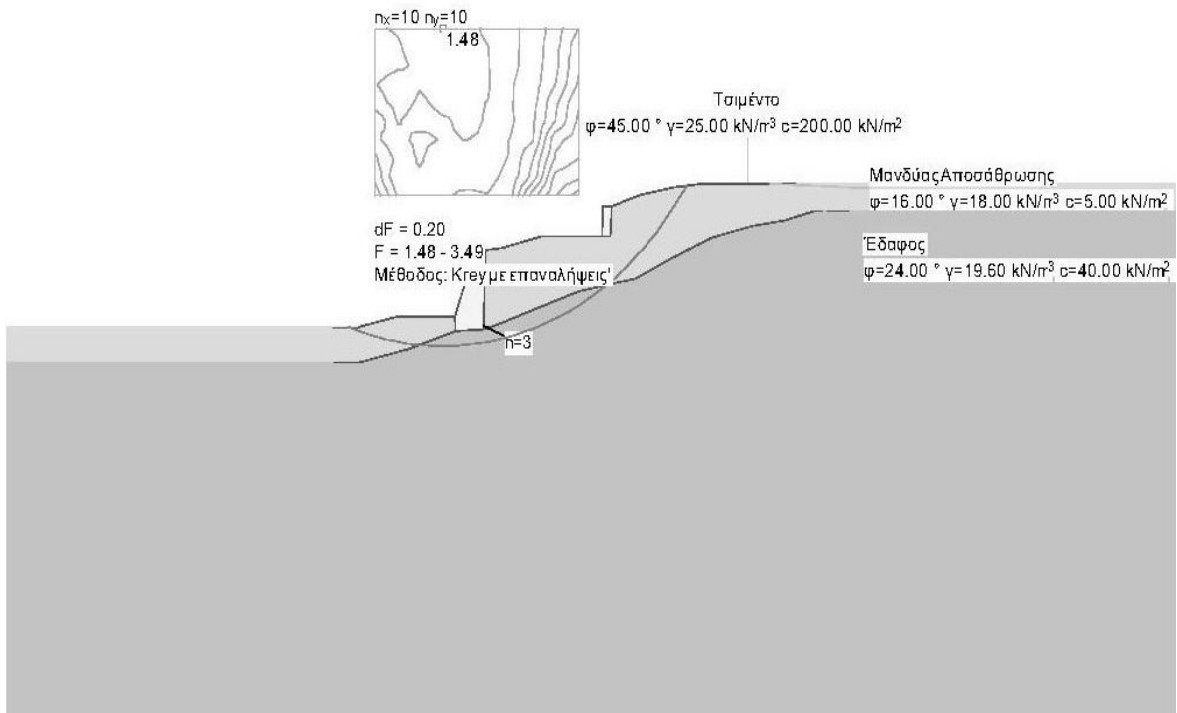
Η τρίτη σειρά επιλύσεων πραγματοποιήθηκε με σκοπό να εξεταστεί αν η κατασκευή τοίχου βαρύτητας θα βελτιώσει την ευστάθεια του πρανούς. Για να υπάρξει ευστάθεια στο πρανές οι συντελεστές ασφαλείας, που θα προκύψουν από τις επιλύσεις, πρέπει να είναι μεγαλύτεροι του 1,3. Οι συντελεστές ασφαλείας που προέκυψαν από τις επιλύσεις σύμφωνα με τις Εικόνες 6.8, 6.9, 6.10 είναι:

Για την Τομή 1- 1.48

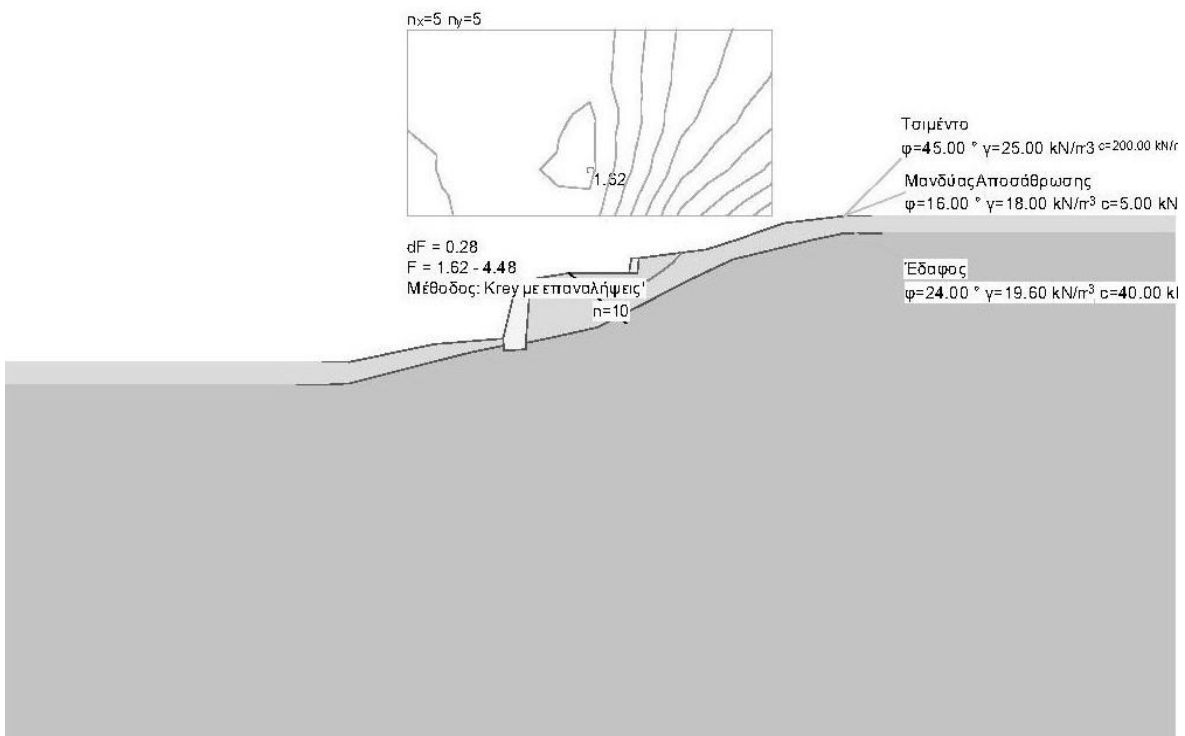
Για την Τομή 2- 1.62

Για την Τομή 3- 1.29

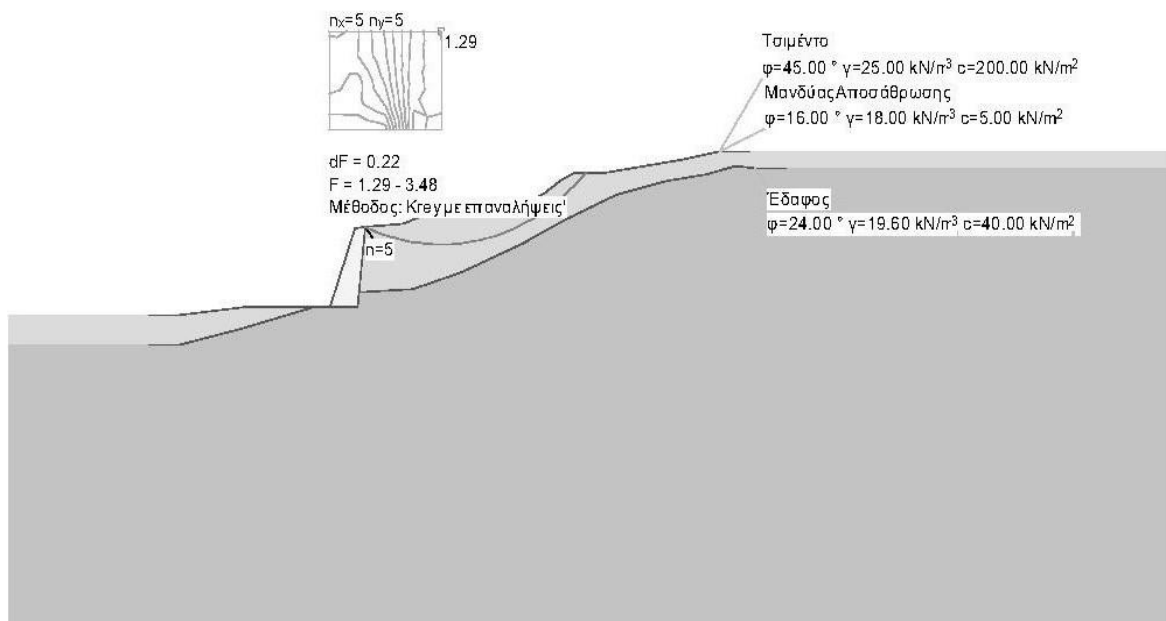
Παρατηρούμε ότι στη παρούσα σειρά επιλύσεων οι συντελεστές ασφαλείας για όλες τις τομές είναι παραπάνω από επαρκείς. Η υποστήριξη του πρανούς με τοίχο βαρύτητας, σύμφωνα πάντα με τις επιλύσεις, σταθεροποίησε το πρανές και εξασφάλισε αυξημένες τιμές στους συντελεστές. Για την πληρότητα του κειμένου στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζονται οι κατηγορίες των τοίχων αντιστήριξης καθώς και αναφορά στις περιπτώσεις αστοχιών.



Εικόνα 6.8: Τομή 1 με τοίχο βαρύτητας και κύκλο ολίσθησης. Διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.



Εικόνα 6.9: Τομή 2 με τοίχο βαρύτητας. Διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.



Εικόνα 6.10 : Τομή 3 με τοίχο βαρύτητας. Διακρίνεται ο κύκλος ολίσθησης.

6.3. Τοίχοι αντιστήριξης.

6.3.1 Γενικά.

Η αντιστήριξη των εδαφικών σχηματισμών είναι απαραίτητη για τη διεξαγωγή διαφόρων τεχνικών δραστηριοτήτων και κατασκευών. Σκοπός της κατασκευής έργου αντιστήριξης είναι η αντιμετώπιση των πλευρικών τάσεων που ασκούνται από το έδαφος και το νερό προκειμένου να μην προκαλέσουν αστοχίες σε πρανή και κατασκευές αλλά και στο σχηματισμό θεμελιώσεως.

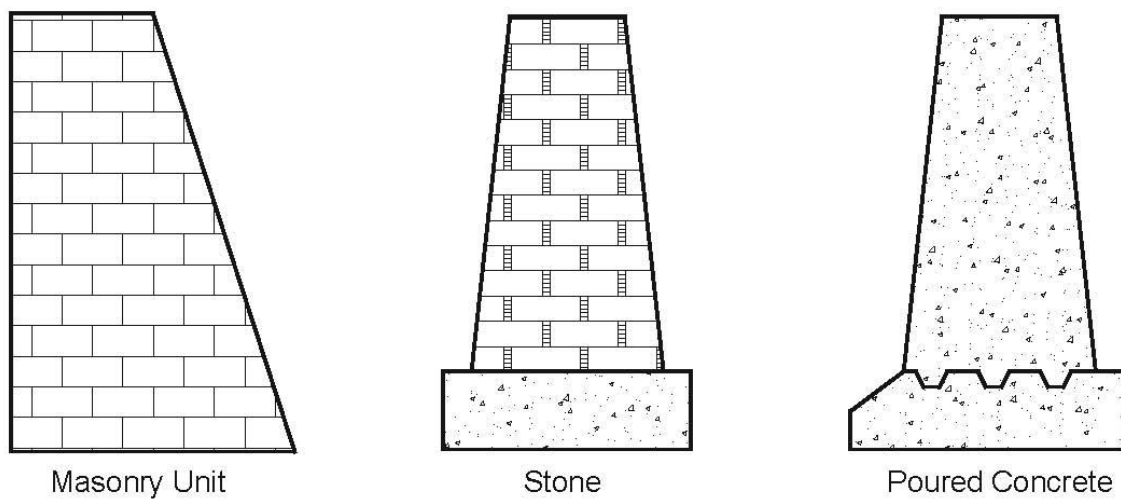
Η δημιουργία τέτοιων κατασκευών γίνεται όλο και πιο αναγκαία σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται κατακόρυφες εκσκαφές ή κατασκευές σε πρανή επίφοβα για αστοχίες.

Για την επιπλέον ασφάλεια ενός έργου οι τοίχοι αντιστήριξης συνήθως χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με της αγκυρώσεις (ήλοι, αγκύρια κ.α.). Με αυτό το συνδυασμό μπορεί να μειωθεί το βάθος του τοίχου.

Οι τοίχοι αντιστήριξης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τη μορφή, την ακαμψία, το μέγεθος κ.α. Ενδεικτικοί τύποι τοίχων αντιστήριξης είναι οι παρακάτω:

- Βαρύτητας (gravity retaining walls), Εικόνα 6.11
- Δομικοί τοίχοι αντιστήριξης (Structural retaining walls), Εικόνα 6.12
- Εύκαμπτοι τοίχοι αντιστήριξης (Flexible retaining walls)

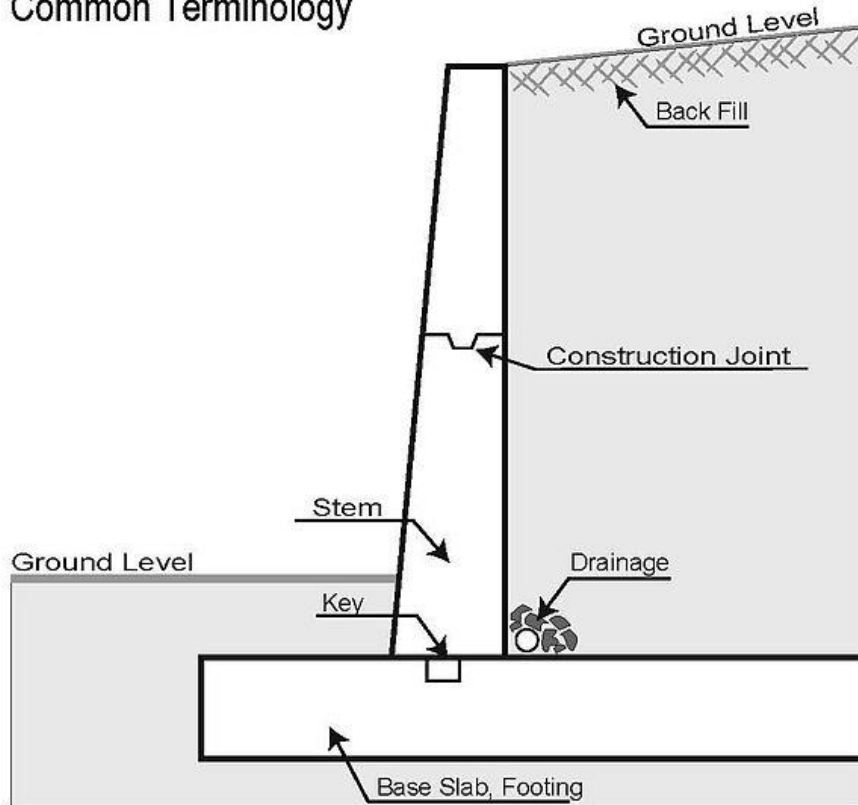
Gravity Retaining Walls



Εικόνα 6.11: Χαρακτηριστικό παράδειγμα τοίχου βαρύτητας.

(upload.wikimedia.org)

Common Terminology



Εικόνα 6.12 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα δομικού τοίχου αντιστήριξης
(en.wikipedia.org)

6.3.2 Τοίχοι βαρύτητας (gravity retaining walls).

Βασικό πλεονέκτημα της μορφής αυτής τοίχων αντιστήριξης είναι η μεγάλη μάζα τους που τους επιτρέπει να αντιστέκονται σε πλευρικές ωθήσεις. Αποτελούνται από τσιμέντο ή βράχους και έχουν τραπεζοειδή διατομή με το πλάτος της βάσης τους να φτάνει το 30% με 40% του ύψους. Στο πίσω μέρος του τοίχου συγκεντρώνονται όλες οι τάσεις. Η ώθηση του επιχώματος σε συνδυασμό με την υδροστατική πίεση μπορεί να οδηγήσουν σε ανατροπή της κατασκευής. Επομένως είναι απαραίτητη η δημιουργία συστημάτων αποστράγγισης κάτω από τον τοίχο. Οι οπές του συστήματος πρέπει να έχουν διάμετρο 7.5-10 εκ. και απόσταση 1,5-3,0 μ. Ανάλογα με μέγεθος του τοίχου χρησιμοποιείται απαιτούμενος αριθμός σειρών στις οπές με κάθε σειρά οπών

να απέχει το λιγότερο 1.5 μ.

Οι τοίχοι βαρύτητας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα με βάση τα υλικά κατασκευής τους, τη μορφή, την ακαμψία κ.α.

Κατηγορίες με βάση το υλικό κατασκευής είναι οι ακόλουθες :

- **Τοίχοι από σκυρόδεμα ή βραχώδη στοιχεία (Concrete or rock gravity walls).**

Η αντίσταση ολίσθησης στη βάση του τοίχου αντιστέκεται στις ενεργές δυνάμεις

- **Τοίχοι από συρματοκιβώτια (Gabion walls).** Εικόνα 6.13.

Είναι ορθογώνια κλουβιά κατασκευασμένα από σύρμα και πληρωμένα με εδαφικό υλικό. Προσφέρουν ευκαμψία, ανθεκτικότητα, ικανότητα αποστράγγισης, αντοχή και συμβάλουν στη προστασία του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.13.

- **Οπλισμένη γη (Mechanically stabilized earth).**

Κατασκευάζονται από συνδυασμό εδαφικού υλικού, προκατασκευασμένων τσιμεντένιων και οπλισμένων πλακών και πλέγμα από χαλύβδινους δοκούς.

Οι τάσεις που αναπτύσσονται μεταφέρονται σαν εφελκυστικές στις δοκούς του συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα παρουσιάζεται στην εικόνα 6.14.



Εικόνα 6.13 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα τοίχου από συρματοκιβώτια (qsv.gr)



Εικόνα 6.14 : Χαρακτηριστικό παράδειγμα τοίχου οπλισμένης γης (associateseng.com)

6.3.3 Περιπτώσεις αστοχιών τοίχων αντιστήριξης

Το σημαντικότερο κομμάτι σε μια κατασκευή είναι η ευστάθεια. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που μια κατασκευή μπορεί να παρουσιάσει αστοχία. Οι βασικότεροι από αυτούς, αναφορικά με τους τοίχους αντιστήριξης, είναι :

- Το μικρό βάθος πάκτωσης.
- Η ανεπιθύμητη κατανομή των ωθήσεων στο έδαφος.
- Η ροπή κάμψης του τοίχου αν αυτός είναι εύκαμπτος

Κεφάλαιο 7 : Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο στη περιοχή επικρατούν οι λιμνοποτάμιες αδρομερείς αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, κροκαλολατυποπαγών, ψαμιτιών, αργιλοαμμωδών υλικών, πηλών, μαργών και μικρών ενστρώσεων μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Τα στρώματα αυτά καταλαμβάνουν όλο το βάθος των σχηματισμών της περιοχής. Η μορφή των στρωμάτων εμφανίζεται τότε οριζόντια, με πάχος έως 100μ, και τότε με τη μορφή εναλλαγών και πλευρικών μεταβάσεων προς τους λιμναίους σχηματισμούς. Τα κατώτερα μέλη των αδρομερών αποθέσεων κατευθύνονται προς τις ανατολικές και νοτιοανατολικές παρυφές της νεογενούς λεκάνης σε σχηματισμούς κροκαλολατυποπαγών με πολύ μεγάλες κροκάλες. Το συνολικό πάχος τους μπορεί να φτάσει μέχρι τα 300μ.

Το πρηνές που κατολίσθησε βρίσκεται στην πλαγιά «Κουτρούλη» της οποίας η κλίση είναι 25°. Στο πάνω μέρος της πλαγιάς υπάρχει πυκνή δόμηση πάνω σε ομαλή έκταση ενώ και στο κάτω μέρος υπάρχει επίσης ομαλή έκταση με κλίση 5° – 10°. Το ύψος της κεφαλής της κατολίσθησης είναι στα 30μ. ενώ το ύψος του πρηνούς είναι 5μ.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα :

- Η αστοχία που εκδηλώθηκε στην αρχική γεωμετρία του πρηνούς προκλήθηκε λόγω μειωμένων μηχανικών χαρακτηριστικών σε συνδυασμό με την απότομη κλίση του σχηματισμού.
- Η δεύτερη αστοχία προκλήθηκε έπειτα από εκσκαφή χωρίς κανένα μέτρο υποστήριξης. Η εκδήλωση της δεύτερης αστοχίας ήταν απόλυτα

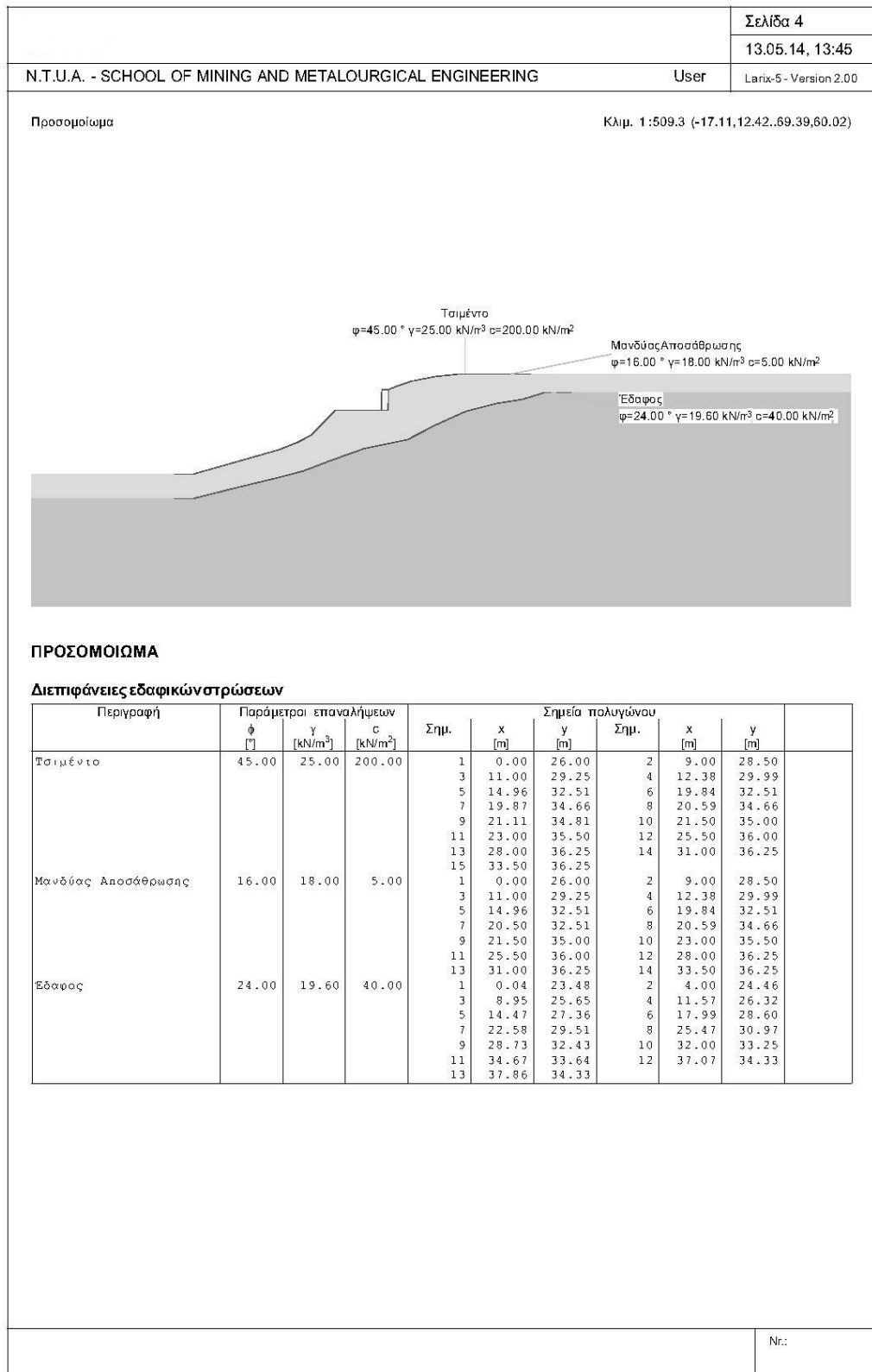
αναμενόμενη αφού στο προανές εκτός από τα μειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και τη μεγάλη κλίση, που αρχικά επικρατούσαν, δημιουργήθηκε και η εκσκαφή.

- Σύμφωνα με τις επιλύσεις προκύπτει ότι, με την κατασκευή τοίχου βαρύτητας, το προανές έχει σε όλο το μήκος του συντελεστή ασφαλείας αρκετά πάνω από τον κατώτερο επιτρεπτό. Οι τιμές των συντελεστών ασφαλείας που προέκυψαν μετά την κατασκευή του τοίχου εξαλείφουν τον κίνδυνο της εκδήλωσης νέας αστοχίας.

Σκοπός της παρούσας εργασίας δεν ήταν να αξιολογηθούν τα μέτρα που εφαρμόστηκαν. Ανεξάρτητα λοιπόν με τα μέτρα προστασίας που επιλέχτηκε να εφαρμοστούν και σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις επιλύσεις, το προανές θα μπορούσε να σταθεροποιηθεί και με τοίχο βαρύτητας.

Υπόμνημα

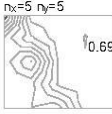
Τομή 1



C:\Documents and Settings\User\Desktop\tomi1.L5S

		Σελίδα 5
		13.05.14, 13:45
N.T.U.A. - SCHOOL OF MINING AND METALOURGICAL ENGINEERING		User Larix-5 - Version 2.00

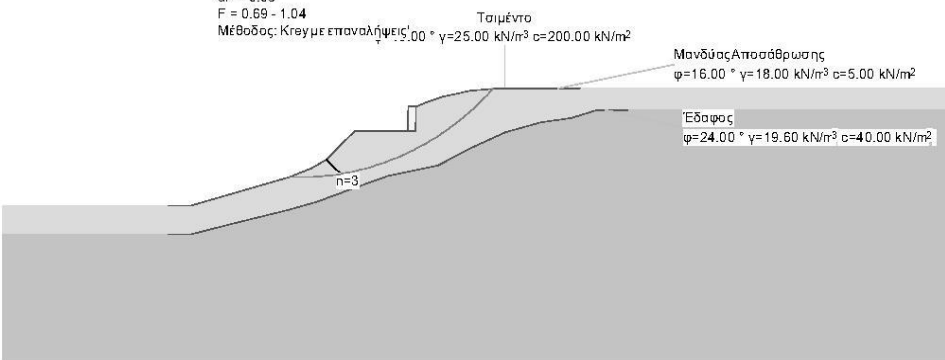
ΙΟριακή κατάσταση TS3 τυχμ., ΣΔΡ 1
Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης
Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης



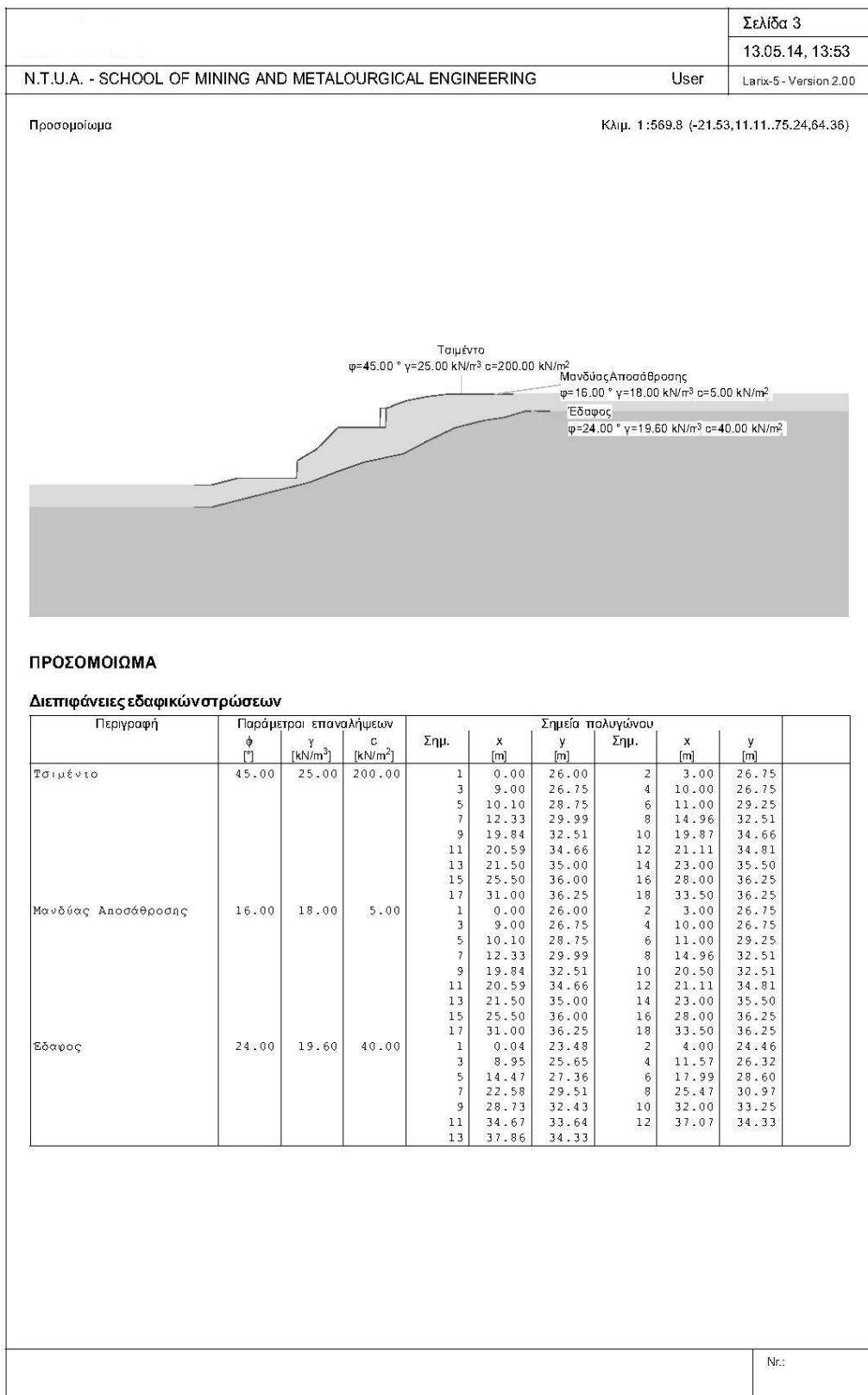
$n_x=5$ $n_y=5$
 $f=0.69$

$dF = 0.03$
 $F = 0.69 - 1.04$
Μέθοδος: Κrey με επαναλήψεις $\psi=1.00$ * $\gamma=25.00$ kN/m³ $c=200.00$ kN/m²

Κλίμ. 1:509.3



Τομή 1 με εκσκαφή



C:\DocumentsandSettings\User\Desktop\toimi1cut.L5S

		Σελίδα 4
		13.05.14, 13:53
N.T.U.A. - SCHOOL OF MINING AND METALOURGICAL ENGINEERING		User Larix-5 - Version 2.00

Ιστορική κατάσταση TS3 τυχμ., ΣΔΡ 1
 Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης
 Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης

Κλιμ. 1:569.8 (-21.53,11.11..75.24,64.36)

$n_x=5$ $n_y=5$

0.60

Τσιμέντο
 $\varphi=45.00^\circ$ $\gamma=25.00$ kN/m³ $c=200.00$ kN/m²

Μανδύας Αποσάθρωσης
 $\varphi=16.00^\circ$ $\gamma=18.00$ kN/m³ $c=5.00$ kN/m²

Έδαφος
 $\varphi=24.00^\circ$ $\gamma=19.60$ kN/m³ $c=40.00$ kN/m²

$dF = 0.36$
 $F = 0.60 - 4.17$
 Μέθοδος: Κrey με επαναλήψεις'

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ

Κύκλος ολίσθησης με το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας

Κύκλος No.	x [m]	y [m]	R υποχρεωτικής διαίρεσης [m]	Σημείο	Αγκύριο	F διαθέσιμα [-]	L _{σταθ} [m]	L _{min} [m]	Παρατήρηση βέλιπε υποσημειώσεις
37	6.37	48.19	21.11	1		0.60			1)

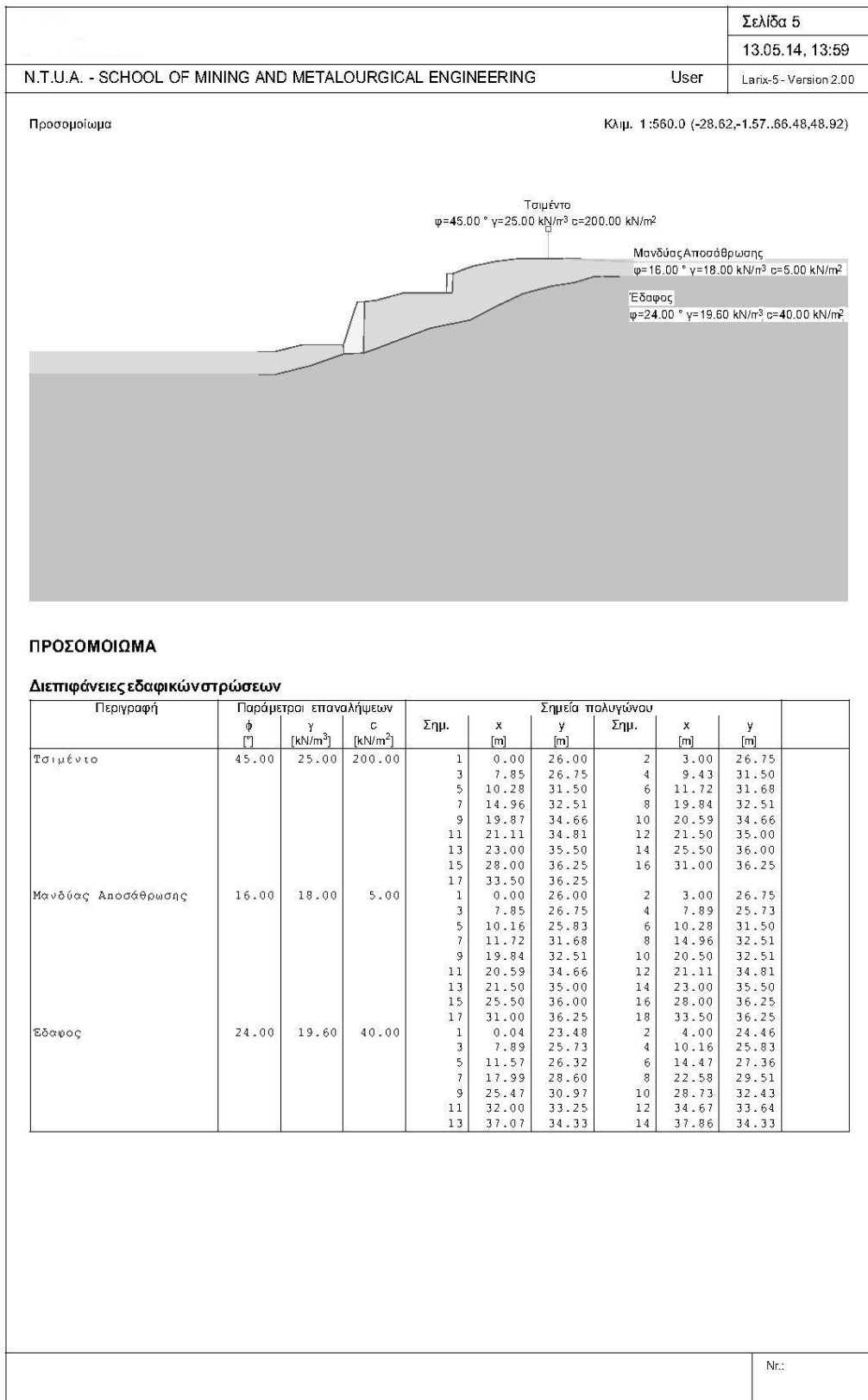
F_{διαθέσιμα} : διαθέσιμη ασφάλεια, απαιτούμενη ασφάλεια F_{σταθ} = 1.00
 L_{σταθ} : υπολογιστικά απαιτούμενο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης στην περιοχή L_{min} - L_{max}
 L_{min} : δεδομένο, ελάχιστο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης

Υπόμνημα υποσημειώσεων

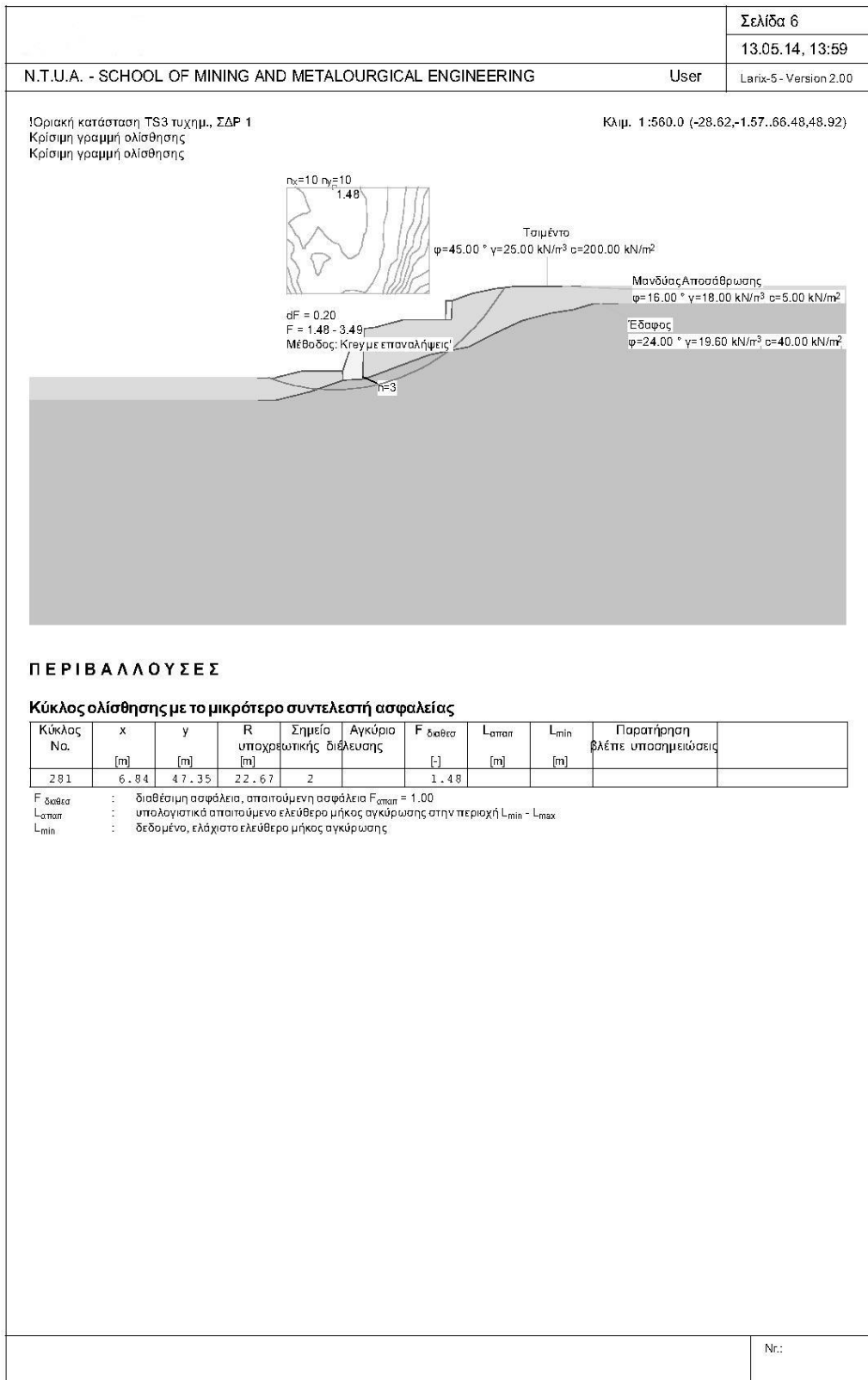
Υποσημείωση	Παρατήρηση
1)	Ο συντελεστής ασφαλείας είναι μικρότερος του επιθυμητού.

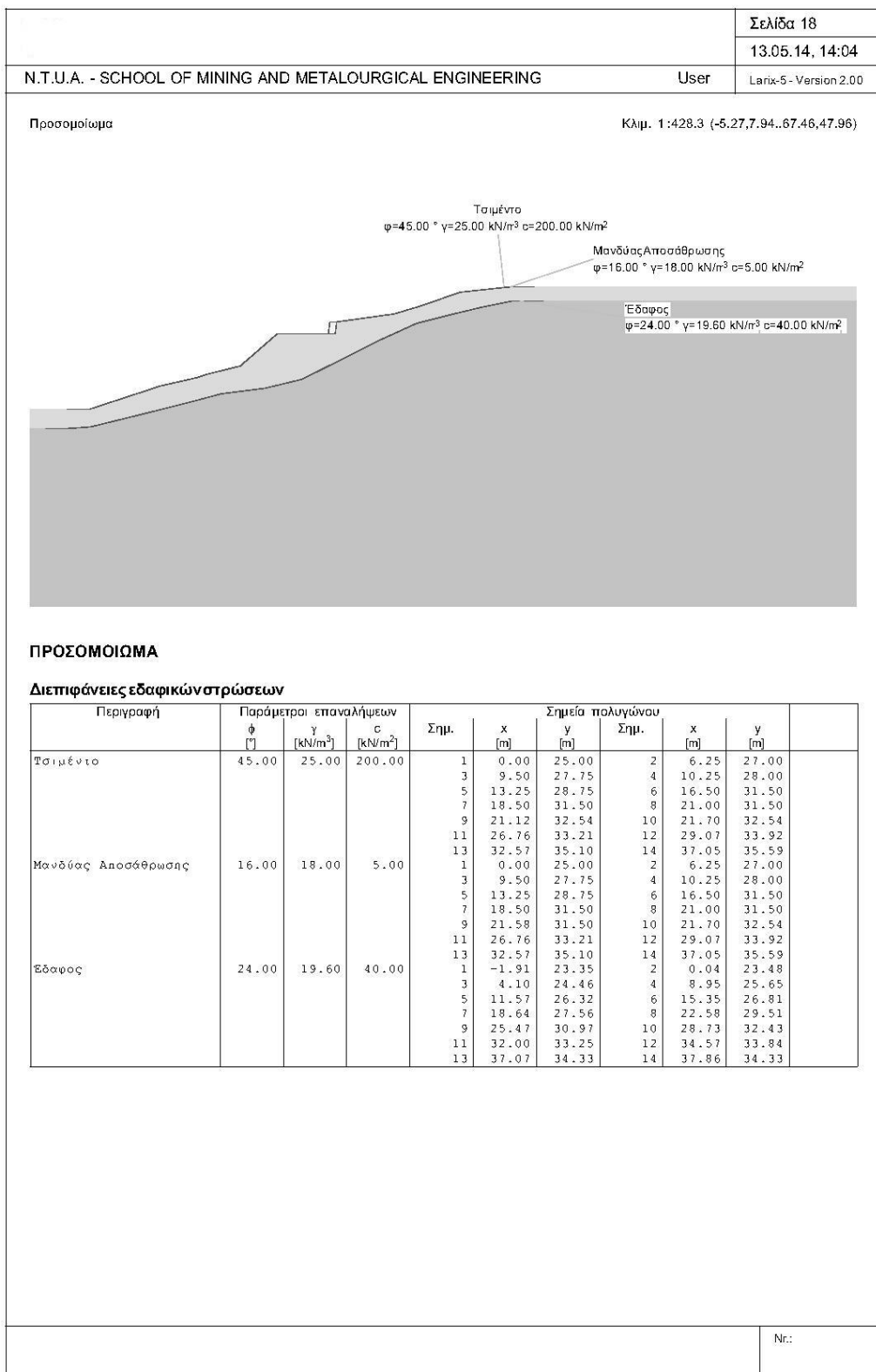
Nr.:

Τομή 1 με τοίχο βαρύτητας



C:\Documents and Settings\User\Desktop\1wall.LSS

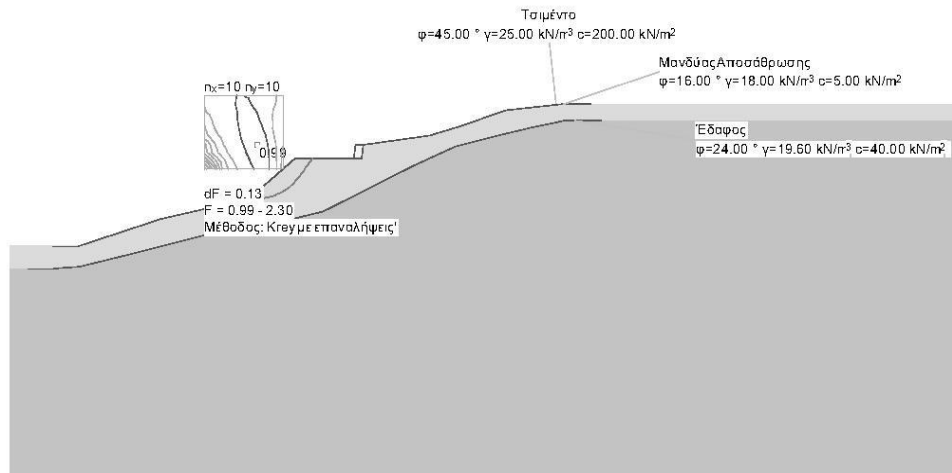




C:\Documents and Settings\User\Desktop\Τομή 2.L5S

ΙΟρισκή κατάσταση TS3, ΣΔΡ 1
 Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης
 Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης

Κλιμ. 1 :428.3 (-5.27,7.94..67.46,47.96)



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ

Κύκλος ολίσθησης με το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας

Κύκλος No.	x [m]	y [m]	R υποχρεωτικής διέλευσης [m]	Σημείο	Αγκύριο	F διαθέσιμα [-]	L _{σπασίμ} [m]	L _{min} [m]	Παρατήρηση βλέπε υποσημειώσεις
362	13.58	32.55	4.01	2		0.99			1)

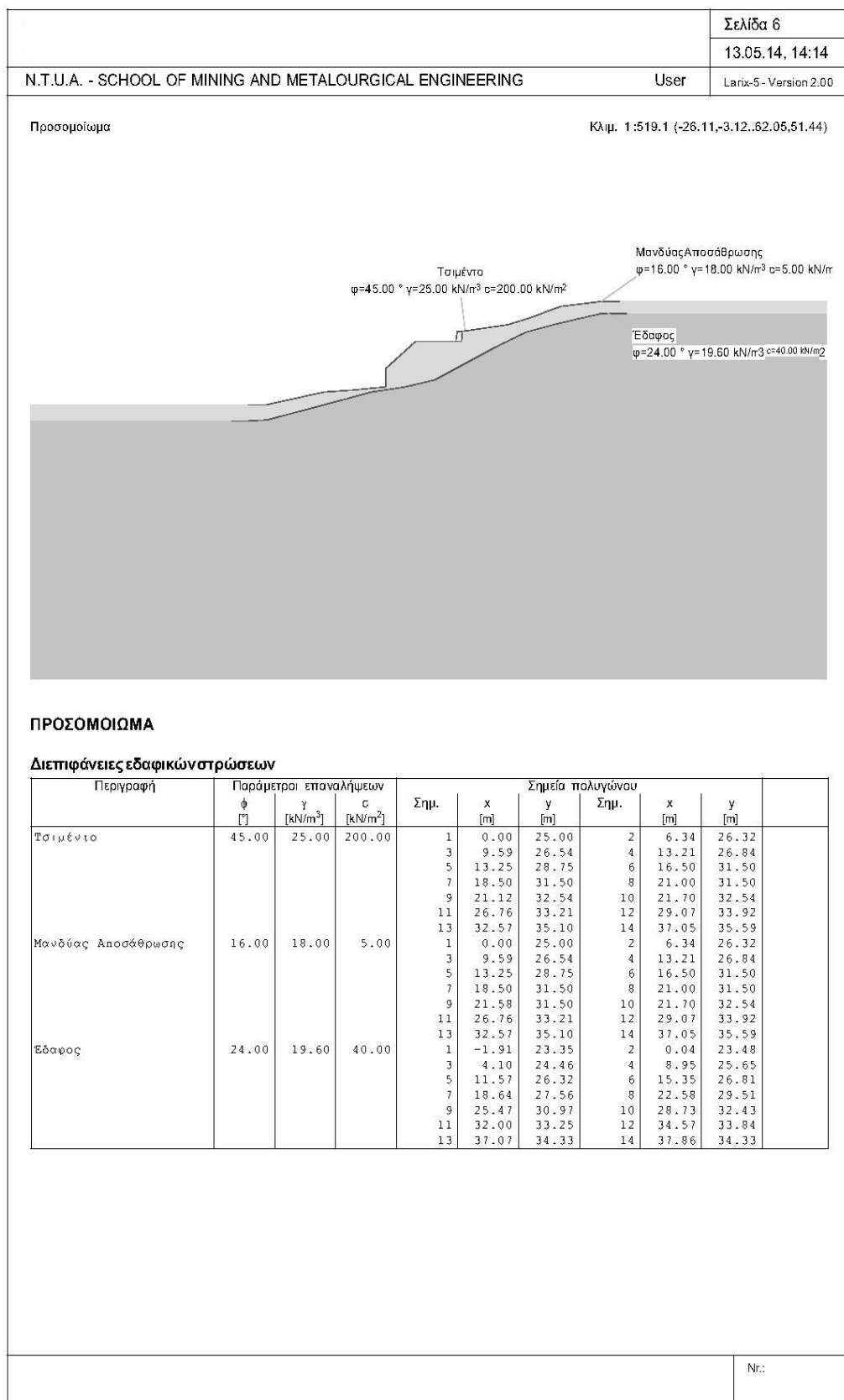
F_{διαθέσιμα} : διαθέσιμη ασφάλεια, απαιτούμενη ασφάλεια F_{σπασίμ} = 1.00
 L_{σπασίμ} : υπολογιστικά απαιτούμενο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης στην περιοχή L_{min} - L_{max}
 L_{min} : δεδομένο, ελάχιστο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης

Υπόμνημα υποσημειώσεων

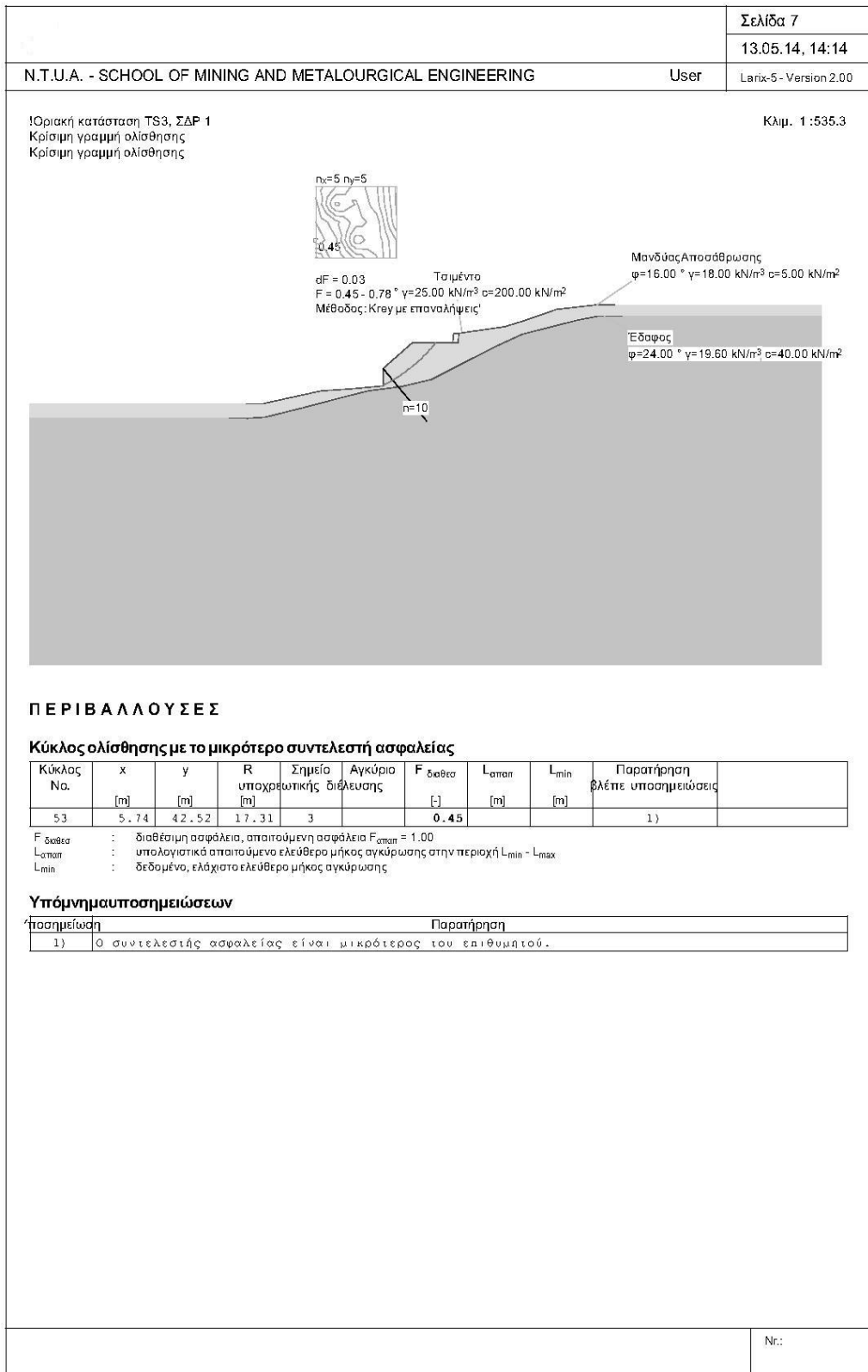
Υποσημείωση	Παρατήρηση
1)	Ο συντελεστής ασφαλείας είναι μικρότερος του επιθυμητού.

№:

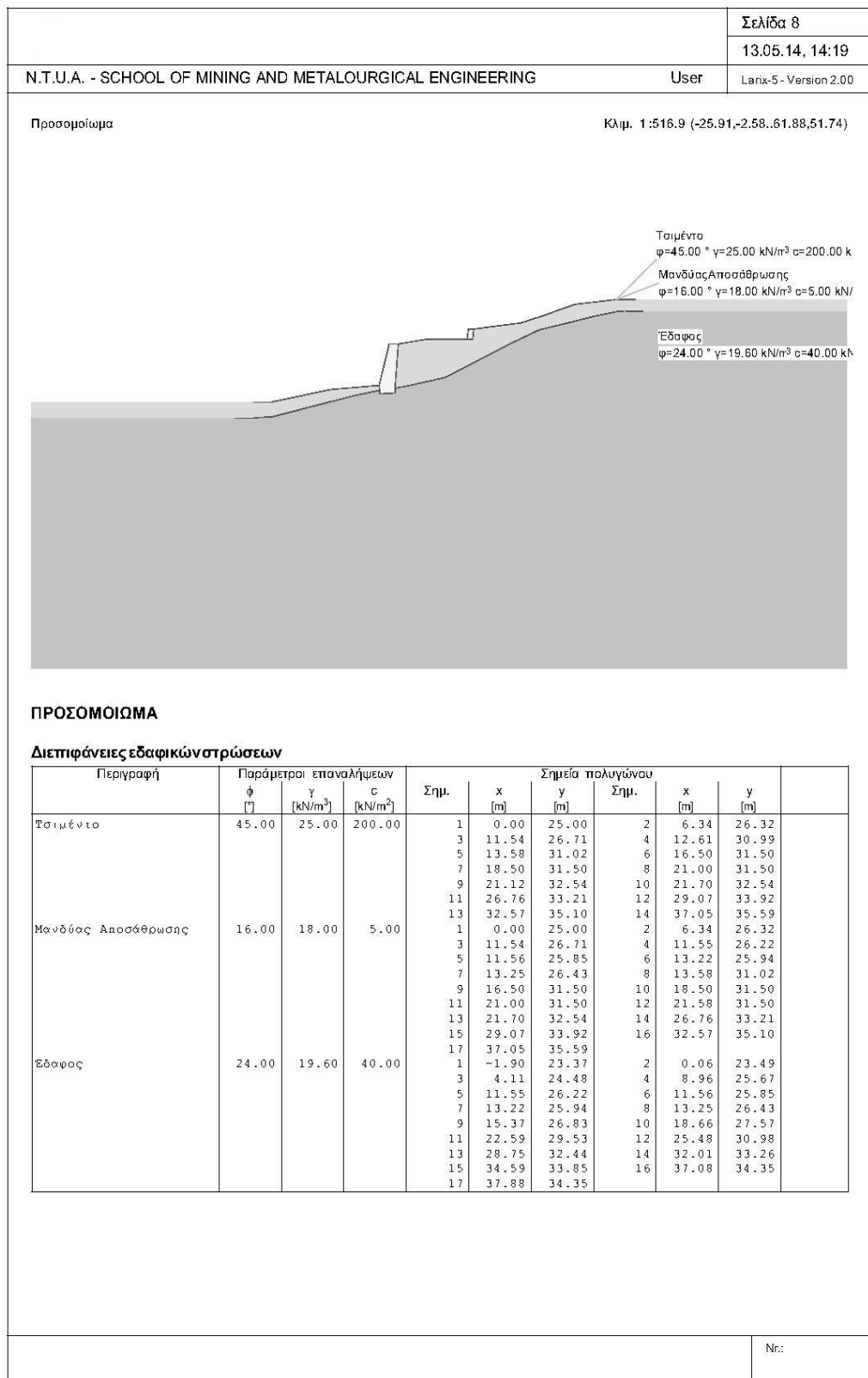
Τομή 2 με εκσκαφή



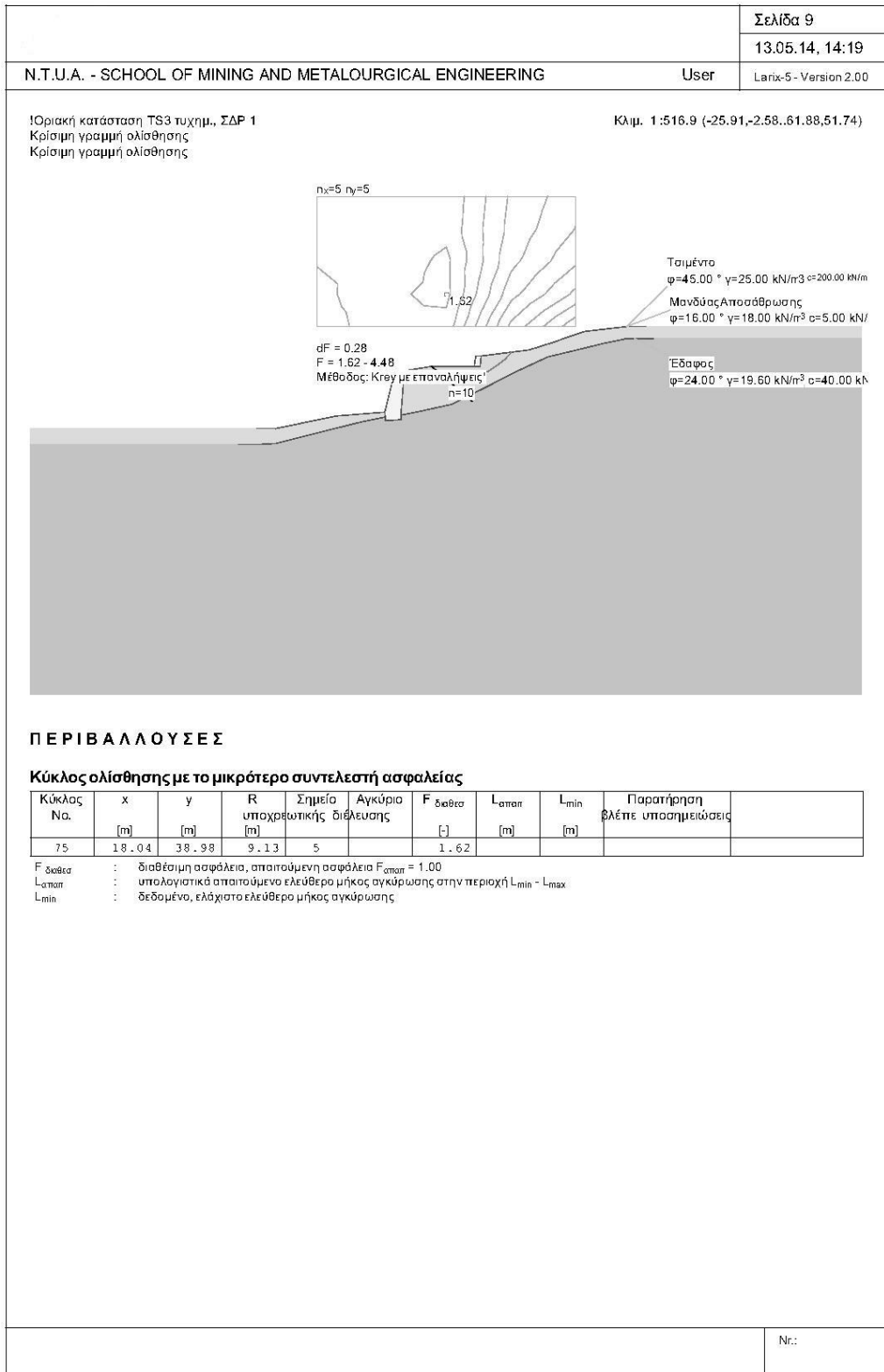
C:\Documents and Settings\User\Desktop\Τομή2cut.L5S

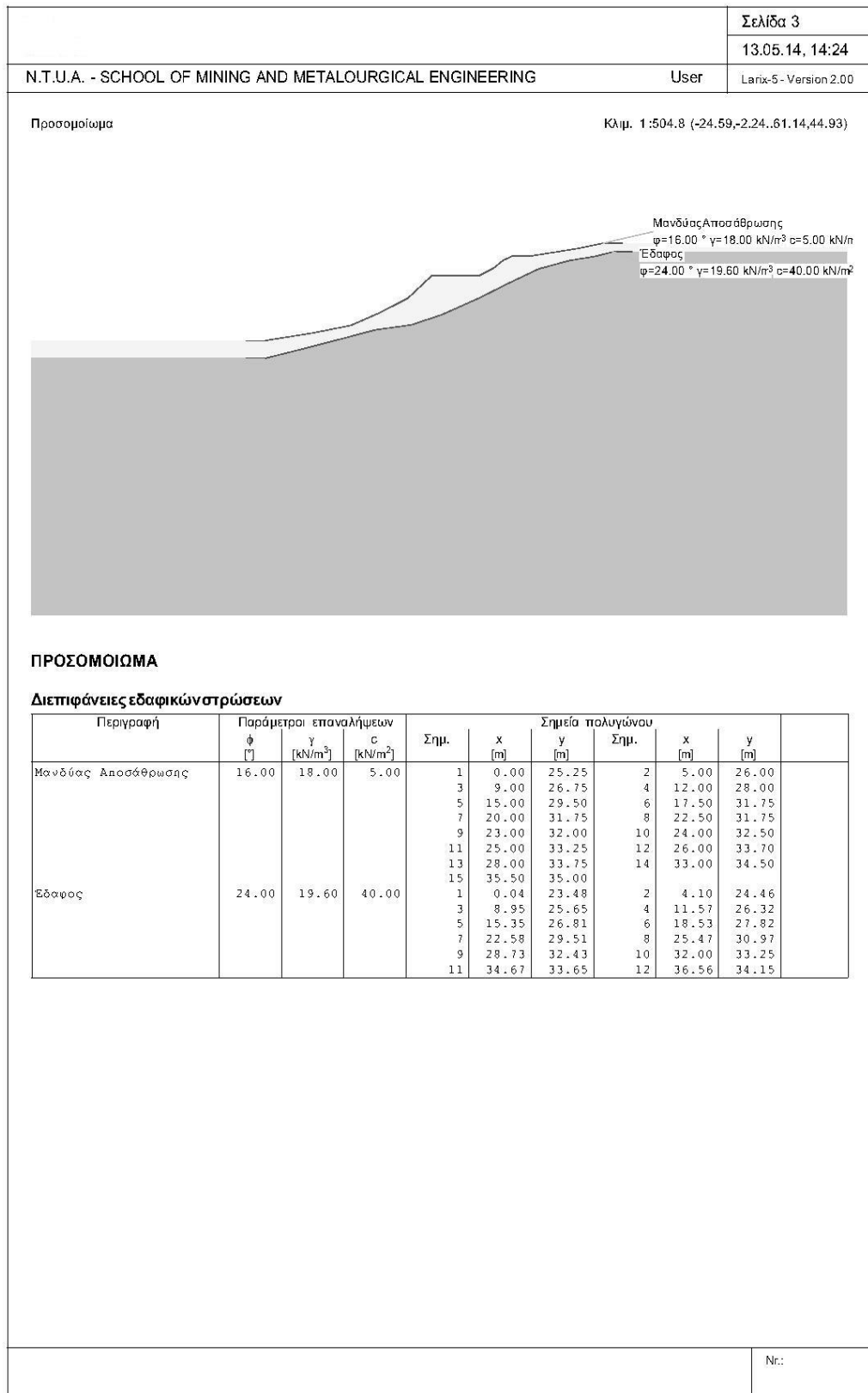


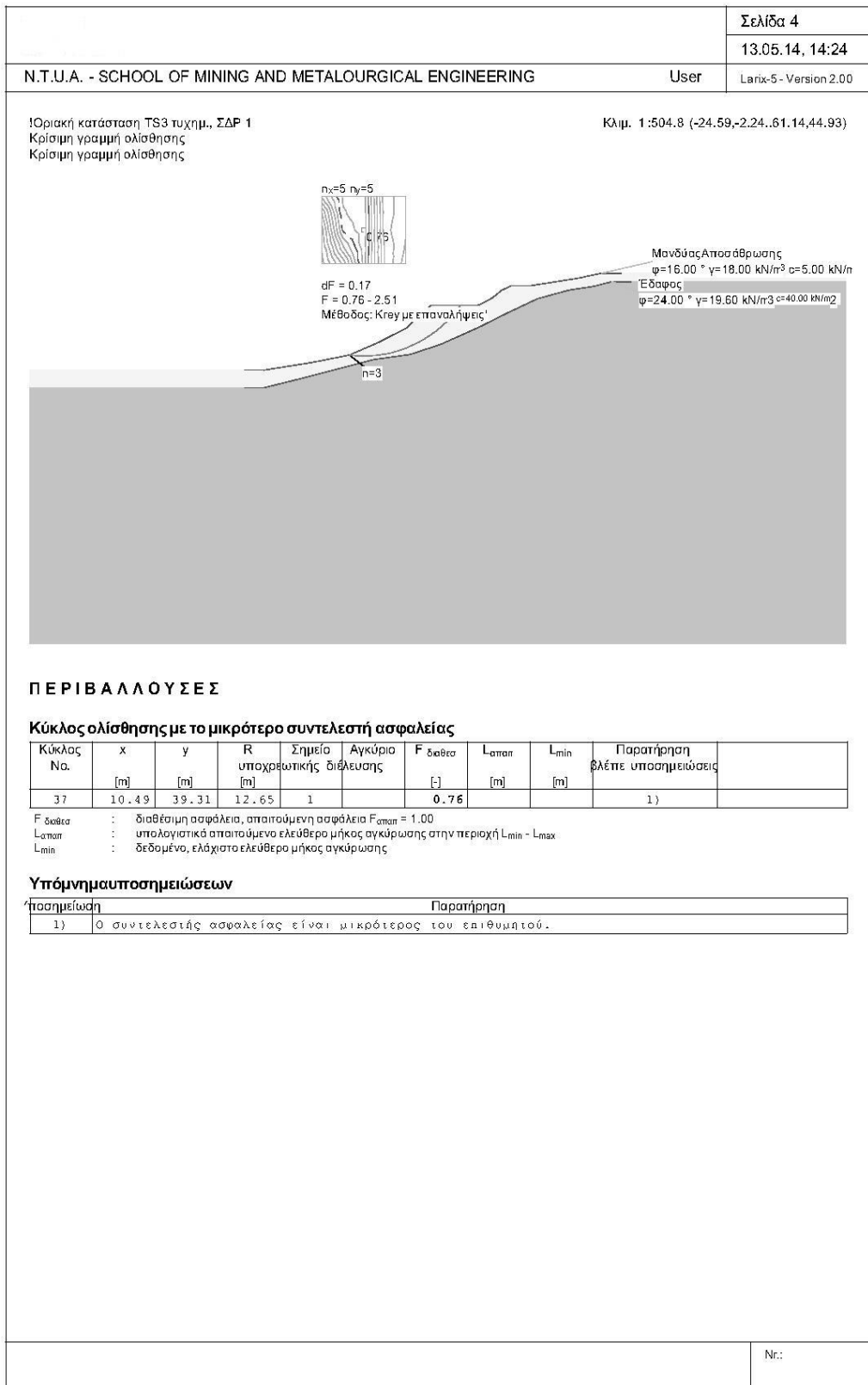
Τομή 2 με τοίχο βαρύτητας



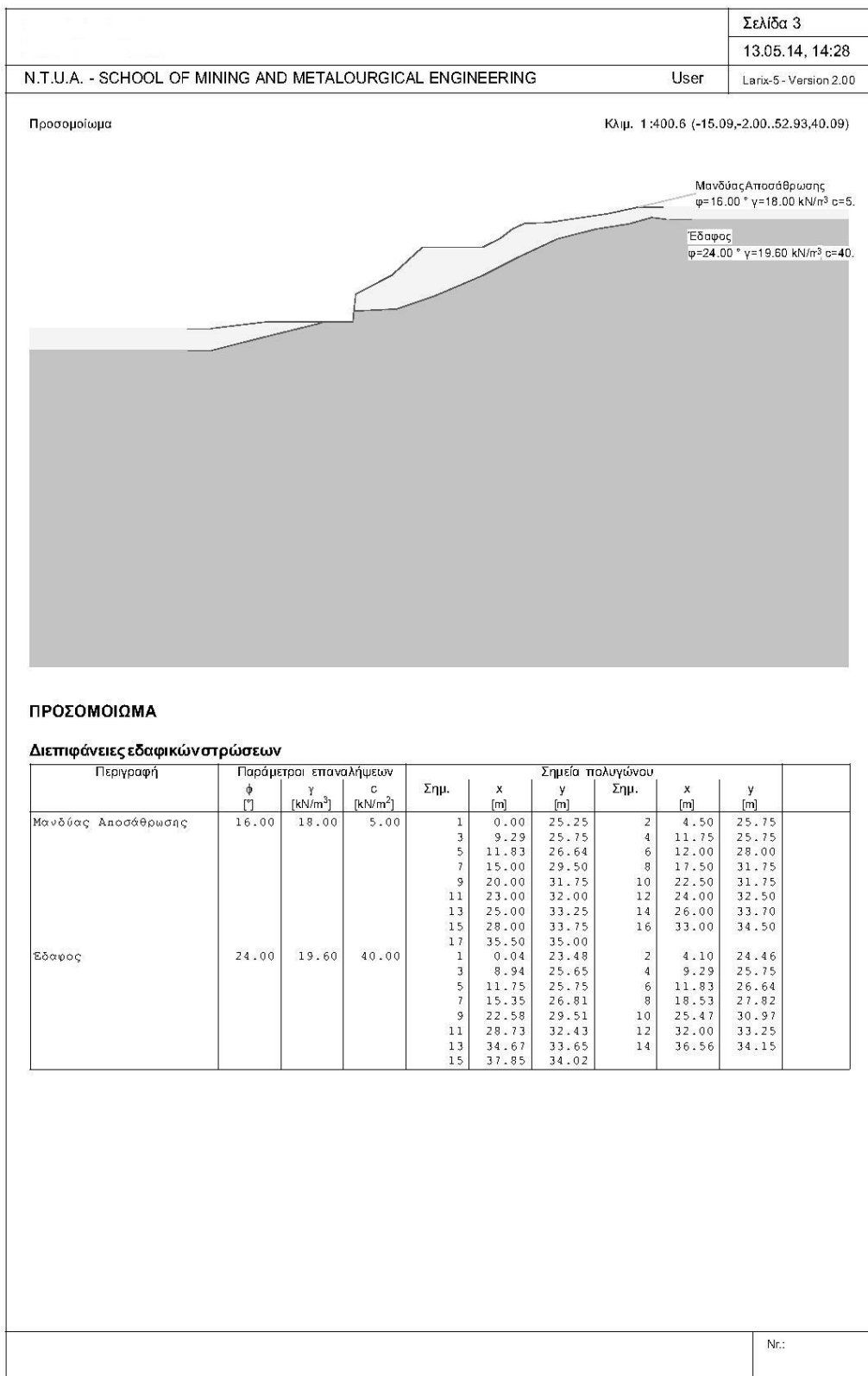
C:\Documents and Settings\User\Desktop\Tomi2Wall.L5S







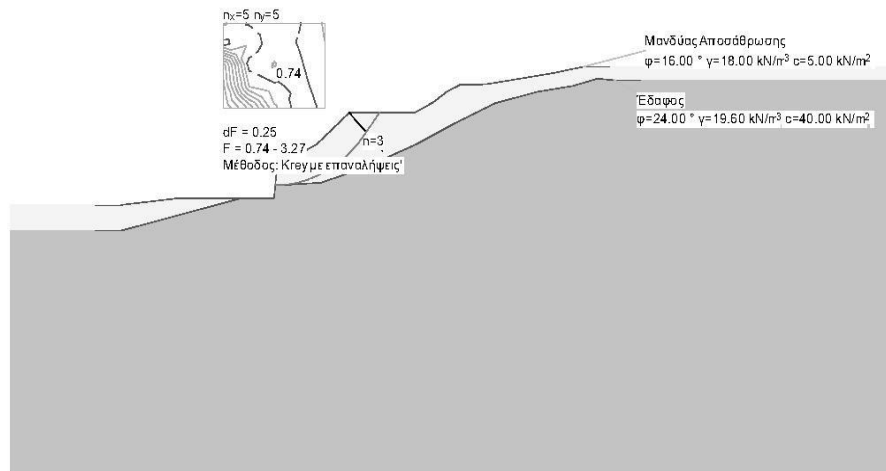
Τομή 3 με εκσκαφή



C:\Documents and Settings\User\Desktop\to3cut.L5S

!Οριακή κατάσταση TS3, ΣΔΡ 1
Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης

Κλίμ. 1:400.6 (-8.49,6.28,..59.54,48.38)



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ

Κύκλος ολίσθησης με το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας

Κύκλος No.	x [m]	y [m]	R υποχρεωτικής διέλευσης [m]	Σημείο	Αγκύριο	F διαθέσιμα [-]	L _{σταθ} [m]	L _{min} [m]	Παρατήρηση βλέπε υποσημειώσεις
38	11.75	35.11	8.46	2		0.74			1)

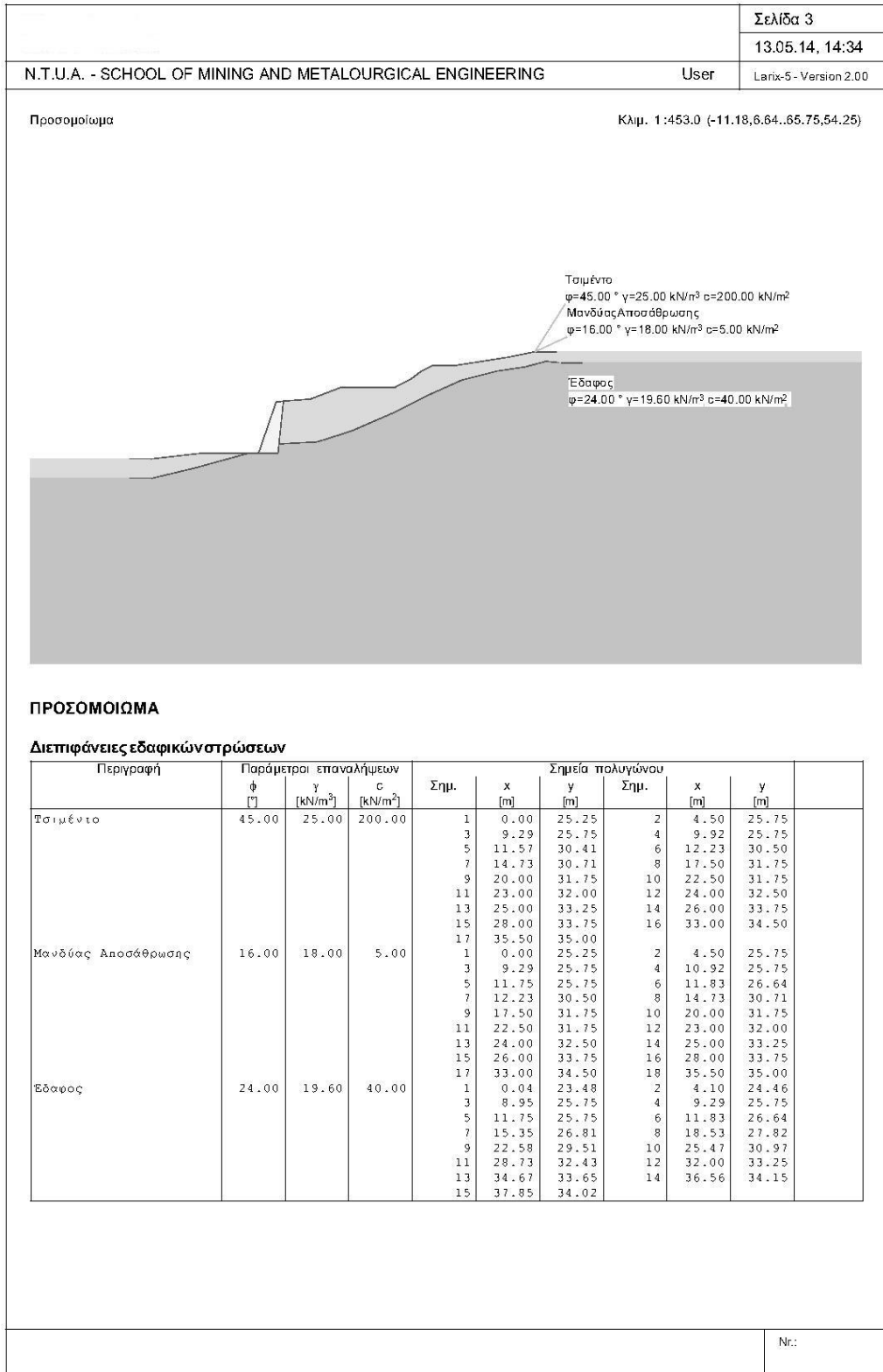
F_{διαθέσιμα} : διαθέσιμη ασφάλεια, απαιτούμενη ασφάλεια F_{απαιτ} = 1.00
L_{σταθ} : υπολογιστικά απαιτούμενο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης στην περιοχή L_{min} - L_{max}
L_{min} : δεδομένο, ελάχιστο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης

Υπόμνημα υποσημειώσεων

Υποσημείωση	Παρατήρηση
1)	Ο συντελεστής ασφαλείας είναι μικρότερος του επιθυμητού.
2)	Πολύ μικρή επιφάνεια κρίσιματος ολίσθησης.

№:

Τομή 3 με τοίχο βαρύτητας



C:\Documents and Settings\User\Desktop\ptomi3wall.L5S

		Σελίδα 4																								
		13.05.14, 14:34																								
N.T.U.A. - SCHOOL OF MINING AND METALOURGICAL ENGINEERING		User																								
		Larix-5 - Version 2.00																								
<p>Όριακή κατάσταση TS3, ΣΔΡ 1 Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης Κρίσιμη γραμμή ολίσθησης</p>		<p>Κλίμ. 1:453.0 (-11.18,6.64..65.75,54.25)</p>																								
<p>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ</p> <p>Κύκλος ολίσθησης με το μικρότερο συντελεστή ασφαλείας</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Κύκλος No.</th> <th>x [m]</th> <th>y [m]</th> <th>R [m]</th> <th>Σημείο υποχρεωτικής διέλευσης</th> <th>Αγκύριο</th> <th>F διαθέσιμα</th> <th>L_{σποπ} [m]</th> <th>L_{min} [m]</th> <th>Παρατήρηση βλέπε υποσημειώσεις</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>121</td> <td>17.23</td> <td>42.17</td> <td>12.69</td> <td>1</td> <td></td> <td>1.29</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p> F_{διαθέσιμα} : διαθέσιμη ασφάλεια, απαιτούμενη ασφάλεια F_{σποπ} = 1.00 L_{σποπ} : υπολογιστικό απαιτούμενο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης στην περιοχή L_{min} - L_{max} L_{min} : δεδομένο, ελάχιστο ελεύθερο μήκος αγκύρωσης </p> <p>Υπόμνημα υποσημειώσεων</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Υποσημείωση</th> <th>Παρατήρηση</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1)</td> <td>Πολύ μικρή επιφάνεια κρίσιμης ολίσθησης.</td> </tr> </tbody> </table>			Κύκλος No.	x [m]	y [m]	R [m]	Σημείο υποχρεωτικής διέλευσης	Αγκύριο	F διαθέσιμα	L _{σποπ} [m]	L _{min} [m]	Παρατήρηση βλέπε υποσημειώσεις	121	17.23	42.17	12.69	1		1.29				Υποσημείωση	Παρατήρηση	1)	Πολύ μικρή επιφάνεια κρίσιμης ολίσθησης.
Κύκλος No.	x [m]	y [m]	R [m]	Σημείο υποχρεωτικής διέλευσης	Αγκύριο	F διαθέσιμα	L _{σποπ} [m]	L _{min} [m]	Παρατήρηση βλέπε υποσημειώσεις																	
121	17.23	42.17	12.69	1		1.29																				
Υποσημείωση	Παρατήρηση																									
1)	Πολύ μικρή επιφάνεια κρίσιμης ολίσθησης.																									
		Nc.:																								

C:\Documents and Settings\User\Desktop\tomi3wall.L5S

Βιβλιογραφία

1. ΛΟΥΠΙΑΣΑΚΗΣ, Κ., (2014), Παρουσιάσεις μαθήματος “Τεχνική Γεωλογία Ι”
2. ΡΟΖΟΣ, Δ. (2007). “Τεχνική γεωλογία Ι”
3. ΚΟΥΚΗΣ, Γ., και ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, Ν. (2007). “ Γεωλογία τεχνικών έργων”.
4. GOODMAN, R.E., and J.W. BRAY (1976). “Toppling of Rock Slopes”. In Proc., Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes, Boulder, Colo., Aug. 15-18, American Society of Civil Engineers, New York, Vol.2, pp. 201-234. TERZAGHI, K. (1950). “Mechanism of Landslides”. In Application of Geology to Engineering Practice (S. Paige, ed.), Geological Society of America, New York, 566 pp.
5. TERZAGHI, K. (1950). “Mechanism of Landslides”. In Application of Geology to Engineering Practice (S. Paige, ed.), Geological Society of America, New York, 566 pp.
6. VARNES, D.J. (1958). “Landslide Types and Processes”. In Special Report 29: Landslides and Engineering Practice (E.B. Eckel, ed.), HRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 20-47.
7. VARNES, D.J. (1978). “Slope Movement Types and Processes”. In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 12-33.
8. VARNES, D.J. (1984). “Landslides Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice”. UNESCO, Paris, 63 pp.
9. ZARUBA, Q., and V. MENCL (1969). “Landslides and Their Control”.

- Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 205 pp.
10. ZARUBA, Q., and V. MENCL (1976). "Engineering Geology". Elsevier, Amsterdam, 504 pp.
 11. DUNCAN, J.M. (1992). «State – of – the – Art : Static Stability and Deformation Analysis». In Proc., ASCE Specialty Conference on Stability and Performance of Slopes and Embankments II, Berkeley, California, Special Publication 31, American Society of Civil Engineers, New York.
 12. ΜΠΕΛΛΑΣ, ΜΙΧ. (2005). "Γεωλογική μελέτη κατολίσθησης στην κοινότητα Μαρκόπουλου Ωρωπού του νομού Αττικής".
 13. Audouin, J., (1957), Coantribution a l' etude geologique de la Grece Septentrionale: Lew Corfins de l' Epire et de la Thessalie. Ann. geol. Pays Hell., 10, 1-483.
 14. Brunn, J., (1956), Contribution a l' etude geologique du Pinde septentrional et d' une partie de la Macedoine occidentale. Ann. Geol. Pays Hell., 7, 1-358.
 15. Μουντράκης, Δ., (1983), Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υφηγεσία, Πανεπ. Θεσσαλονίκης, σελ. 289.
 16. Μουντράκης, Δ., (1985), "Γεωλογία της Ελλάδος", University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 207.
 17. Cubus Hellas Ltd (2005), www.cubushellas.gr.
 18. ΙΓΜΕ, (1993), Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος.