

Α.Δ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ GIS 150kV/ΜΤ ΣΤΟ ΛΑΥΡΙΟ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2013



ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ

γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες

Γραφεία: Γούναρη 62, Αγ. Παρασκευή 153 43, Τηλ.: 210 6004741, Τηλ./Fax: 210 6013044
e-mail: geoconsult@geoconsult.gr, web: www.geoconsult.gr

Εργαστήριο: Καπετανάκη 18, Γλυκά Νερά 153 54, Τηλ.: 210 663 5215, e-mail: lab@geoconsult.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1
1.1. Σκοπός της έρευνας και της έκθεσης	σελ. 1
1.2. Ανάθεση	σελ. 1
1.3. Ομάδα εκπόνησης μελέτης	σελ. 1
1.4. Θέση και περιγραφή του έργου	σελ. 2
1.5. Εκτελεσθείσες εργασίες	σελ. 2
2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	σελ. 3
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	σελ. 4
4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ & ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	σελ. 5
4.1. Γενικές γεωλογικές πληροφορίες	σελ. 5
4.2. Βασικοί σχηματισμοί	σελ. 5
4.3. Υπόγεια νερά	σελ. 6
4.4. Σεισμολογικά στοιχεία	σελ. 7
4.5. Παράμετροι σχεδιασμού	σελ. 7
5. ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ	σελ. 9
6. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ	σελ. 10
7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ	σελ. 11
7.1. Πρανή εκσκαφών	σελ. 11
7.1.1. Έλεγχος γενικής ευστάθειας βραχομάζας	σελ. 11
7.1.2. Έλεγχος ολίσθησης βραχοσφηνών	σελ. 12
7.1.3. Ανάλυση δυνητικών τροχιών βραχοπτώσεων	σελ. 16
7.2. Πρανή επιχωμάτων	σελ. 16
8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	σελ. 18
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 20
ΣΧΗΜΑΤΑ	σχημ. 1-9
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	φωτ. 1-8
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' - Μητρώα γεωτρήσεων	σελ. Α1-Α3
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' - Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών	σελ. Β1-Β2
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' - Δελτία γεωτρήσεων	σελ. Γ1-Γ4
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ' - Ταξινόμηση βραχομάζας	σελ. Δ1-Δ15
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε' - Εδαφοτεχνικοί υπολογισμοί	σελ. Ε1-Ε54

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της έρευνας και της έκθεσης

Σκοπός της έκθεσης είναι η παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας που εκτελέστηκε από την εταιρεία γεωτεχνικών μελετών ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. στο χώρο κατασκευής του Υποσταθμού (Υ/Σ) GIS 150 kV/MT στο Λαύριο Αττικής (βλ. σχήμα 1 και φωτογραφία 1).

Σκοπός της έρευνας είναι η απόκτηση στοιχείων του υπεδάφους προκειμένου να γίνει εκτίμηση της ανεκτής τάσης έδρασης τόσο από άποψη φέρουσας ικανότητας όσο και καθιζήσεων και να γίνουν προτάσεις θεμελίωσης του κτιρίου και διαμόρφωσης και προστασίας των πρηνών εκσκαφών και επιχώσεων.

1.2 Ανάθεση

Η γεωτεχνική έρευνα (γεωτρήσεις, επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές και η παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων) ανατέθηκε στην εταιρεία γεωτεχνικών μελετών ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. από τον Α.Δ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.

1.3 Ομάδα εκπόνησης μελέτης

Για την εκπόνηση της γεωτεχνικής έρευνας και μελέτης συνεργάστηκαν οι ακόλουθοι:

- Αθαν. Πλατής, Πολιτικός Μηχανικός, Γεωτεχνικός
- Γ. Ανδρεάδης, Γεωλόγος
- Νεον. Τζανέτος, Γεωλόγος
- Μ. Παγουλάτου, Γεωλόγος
- Ν. Ζαβιτσάνος, Γεωλόγος.

1.4 Θέση και περιγραφή του έργου

Ο χώρος του έργου βρίσκεται βορειοδυτικά του υπάρχοντος Α.Η.Σ. Λαυρίου, σε απόσταση 4,0 km περίπου βόρεια της πόλης του Λαυρίου και 2,1 km περίπου νοτιοανατολικά της Παλαιοκαμάρizas (βλ. σχήμα 1). Η περιοχή του έργου παρουσιάζει κλίση προς τα νότια (προς τη θάλασσα), με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1:3 έως 1:8 (κατ:οριζ) και μέγιστη υψομετρική διαφορά στα όρια του οικοπέδου 22,00 m περίπου. Υψομετρικά ο χώρος του οικοπέδου βρίσκεται 20,00-42,00 m πάνω από τη μέση στάθμη θάλασσας.

Στο χώρο του έργου προβλέπεται η κατασκευή Υ/Σ GIS 150 kV/MT, η διάταξη του οποίου φαίνεται στο συνημμένο ενδεικτικό σχέδιο κάτοψης (βλ. σχήμα 2). Η στάθμη ισοπέδωσης των εγκαταστάσεων προβλέπεται στο +26,50 m, ενώ για τη διαμόρφωση του χώρου προβλέπεται η διαμόρφωση πράνων εκσκαφών ύψους έως 14,00 m περίπου και επιχωμάτων ύψους έως 10,00 m περίπου.

1.5 Εκτελεσθείσες εργασίες

Οι ερευνητικές εργασίες υπαίθρου εκτελέστηκαν στις 24/7/2013.

Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν στο διάστημα από 29/7/2013 μέχρι 13/8/2013.

2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Η έρευνα περιελάμβανε την εκτέλεση 2 περιστροφικών γεωτρήσεων πυρηνοληψίας Γ1 και Γ2 βάθους 10,00 m και 10,80 m αντίστοιχα, διατεταγμένων στην ανάντη πλευρά του κτιρίου του Υ/Σ, όπου πρόκειται να διαμορφωθούν τα υψηλά πρηνή εκσκαφής. Οι θέσεις των γεωτρήσεων φαίνονται στο συνημμένο τοπογραφικό διάγραμμα (σχήμα 2) και στις φωτογραφίες 2 και 3.

Οι γεωτρήσεις εκτελέστηκαν με περιστροφικό γεωτρύπανο τύπου BOYLES-17. Η διάμετρος της οπής ήταν 117 mm αρχικά, μειούμενη βαθύτερα σε 101 mm. Απαιτήθηκε σωλήνωση μόνο της γεώτρησης Γ2, με σωλήνα διαμέτρου 117 mm μέχρι βάθους 0,50 m. Από τις γεωτρήσεις ελήφθησαν ημιδιαταραγμένα δείγματα εδάφους και πυρήνες του βραχώδους υποβάθρου. Λόγω της φύσης του εδάφους (χάλικες μαρμάρου επιφανειακά και υπόβαθρο μαρμάρου βαθύτερα) δεν ήταν δυνατό να ληφθούν αδιατάρακτα δείγματα (σύμφωνα με τις «Τεχνικές Προδιαγραφές Δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες» του ΥΠΕΧΩΔΕ – ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83 – αδιατάρακτα δείγματα λαμβάνονται σε μαλακά συνεκτικά εδάφη). Λόγω της παρουσίας στρωμάτων σκληρών μαρμάρων απαιτήθηκε κατά θέσεις η χρήση δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος διαμέτρου 101 mm με σπαστήρα (καροττοπαγίδα) για καλύτερη δειγματοληψία και συγκράτηση των βραχωδών πυρήνων. Η περιγραφή των εδαφικών και βραχωδών δειγμάτων, των επί τόπου δοκιμών και των επί τόπου μετρήσεων και παρατηρήσεων των γεωτρήσεων δίνονται συνοπτικά στο Παράρτημα Α' και αναλυτικά στα δελτία γεωτρήσεων στο Παράρτημα Γ'.

Τα ημιδιαταραγμένα δείγματα ελήφθησαν από την πυρηνοληψία για την προχώρηση της γεώτρησης με τη μέθοδο του φραγμού (διακοπή κυκλοφορίας νερού). Η συσκευασία και φύλαξη των δειγμάτων έγινε σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τις προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83). Πιο συγκεκριμένα, οι εξωτερικές επιφάνειες των δειγμάτων συνεκτικού εδάφους που προορίζονται για εργαστηριακές δοκιμές, καθαρίστηκαν από την ελεύθερη υγρασία και καλύφθηκαν αεροστεγώς με διπλή πλαστική μεμβράνη. Στη συνέχεια αυτά τα εδαφικά δείγματα φυλάχθηκαν σε δύο πλαστικές σακκούλες δεμένες η κάθε μία χωριστά, αφού προηγουμένως απομακρύνθηκε ο πλεονάζων αέρας για να διατηρηθεί η φυσική υγρασία του εδάφους. Όλα τα δείγματα (συσκευασμένα και μη) φυλάχθηκαν σε ξύλινα κυψελωτά κιβώτια, φωτογραφήθηκαν (βλ. φωτογραφίες 4 και 5) και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο.

Οι τομές των γεωτρήσεων Γ1-Γ2, με τη λεπτομερή περιγραφή των εδαφικών στρωμάτων και τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών, φαίνονται στη γεωτεχνική τομή του σχήματος 3.

3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τις σημερινές επιστημονικές κατευθύνσεις. Ακολουθούν τις προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (Ε 105-86 - ΦΕΚ 955 Β'/31-12-86), που γενικά συμφωνούν με τις αντίστοιχες Αμερικάνικες προδιαγραφές του AASHTO και του ASTM.

Το είδος των δοκιμών προσαρμόστηκε προς τη φύση του εδάφους, τη δειγματοληψία και το σκοπό της έρευνας. Σε χαρακτηριστικά δείγματα από τις γεωτρήσεις έγιναν δοκιμές φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών.

Συνολικά εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργαστηριακές δοκιμές:

- Προσδιορισμός πυκνότητας βραχωδών πυρήνων 7
- Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης σε βραχώδη δείγματα 7

Τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών δίνονται συνοπτικά μεν στα μητρώα γεωτρήσεων (Παράρτημα Α'), αναλυτικά δε στο φύλλο κάθε δοκιμής (Παράρτημα Β').

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.1 Γενικές γεωλογικές πληροφορίες

Ο χώρος του έργου βρίσκεται βορειοδυτικά του υπάρχοντος Α.Η.Σ. Λαυρίου, σε απόσταση 4,0 km περίπου βόρεια της πόλης του Λαυρίου και 2,1 km περίπου νοτιοανατολικά της Παλαιοκαμάρizas (βλ. σχήμα 1). Η περιοχή του έργου παρουσιάζει κλίση προς τα νότια (προς τη θάλασσα), με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1:3 έως 1:8 (κατ'οριζ) και μέγιστη υψομετρική διαφορά στα όρια του οικοπέδου 22,00 m περίπου. Υψομετρικά ο χώρος του οικοπέδου βρίσκεται 20,00-42,00 m πάνω από τη μέση στάθμη θάλασσας.

Στην ευρύτερη περιοχή της θέσης του έργου εμφανίζονται ανθρακικά μεταμορφωμένα πετρώματα, αποτελούμενα από ανακρυσταλλωμένα μάρμαρα μεσοζωϊκής ηλικίας (Κρητιδικό-Ιουρασικό - βλ. γεωλογικό χάρτη στο σχήμα 4). Κατά θέσεις και κυρίως στα πρηνή οδοποιίας βόρεια του χώρου του έργου, οι σχηματισμοί εμφανίζονται ισχυρά κερματισμένοι και καταπνημένοι, με πλήθος διακλάσεων, ρηγμάτων και εγκοίλων πληρωμένων κατά θέσεις με αργιλικό υλικό πλήρωσης (βλ. φωτογραφίες 6, 7 και 8). Επιφανειακά επικρατούν μικρού βάθους υλικά του μανδύα αποσάθρωσης.

4.2 Βασικοί σχηματισμοί

Στο βάθος που διερευνήθηκε, μέχρι τα 10,80 m (κατώτερο υψόμετρο +19,60 m), απαντήθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί (βλ. και γεωτεχνική τομή στο σχήμα 3). Τα βάθη αναφέρονται από τη στάθμη φυσικού εδάφους στη θέση κάθε γεώτρησης, τα δε υψόμετρα είναι απόλυτα.

[1α] Επιφανειακά στη γεώτρηση Γ2 και μέχρι βάθους 0,50 m (αντίστοιχο υψόμετρο +29,90 m) απαντώνται ΧΑΛΙΚΕΣ μαρμάρου (αποσαθρωμένο ΜΑΡΜΑΡΟ).

[1] Κάτω από τον επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης και μέχρι το μέγιστο βάθος που διερευνήθηκε (10,80 m - υψόμετρο +19,60 m) απαντάται ΜΑΡΜΑΡΟ συμπαγές,

λευκόγκριζου, λευκορόδινου ως λευκόφαιου χρώματος, με μικροέγκοιλα κατά θέσεις. Η διακύμανση των παραμέτρων του στρώματος αυτού δίνεται στον πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Διακύμανση παραμέτρων βραχωδών δειγμάτων στρώματος [1]

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	min	max	Μ.Ο.	Σύνολο τιμών
Μονοαξονική θλίψη (σ_u - MPa)	25,0	28,0	27,0	7
Φαινόμενο βάρος (γ - kN/m ³)	21,2	38,1	28,7	7
Πυρηνοληψία (A - %)	70	100	96	-
R.Q.D. (%)	50	100	87	-

4.3 Υπόγεια νερά

Οι μετρήσεις στάθμης που έγιναν τόσο κατά τη διάρκεια των γεωτρήσεων φαίνονται στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Στάθμες ΥΥΟ στις γεωτρήσεις

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)
Γ1	24.7.2013	11:30	2,10	+29,30
	24.7.2013	14:30	2,30	+29,10
	10.9.2013	15:30	4,10	+27,30
Γ2	24.7.2013	14:30	4,50	+25,90
	10.9.2013	15:30	-	-

Όπως προκύπτει από τις μετρήσεις στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις (βλ. πίνακα 2), αυτή εμφανίζει συνεχή πτώση. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η στάθμη αυτή οφείλεται στη χρήση υδάτων κατά τη διάρκεια της διάτρησης και όχι σε υφιστάμενη στάθμη υπογείων υδάτων. Κατά συνέπεια εκτιμάται ότι η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Υ.Υ.Ο.) βρισκόταν κατά το μήνα Ιούλιο 2013 σε βάθος μεγαλύτερο των 10,80 m (κατώτερο υψόμετρο +19,60 m).

4.4 Σεισμολογικά στοιχεία

Η περιοχή του έργου ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ-2000), όπως τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. Δ17α/12.8.2003 (ΦΕΚ 1154 Β') απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ, το δε έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας [Α] (βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση).

Για τη σεισμική ανάλυση των κατασκευών, η σεισμική επιτάχυνση εδάφους για τη ζώνη I είναι κατά ΕΑΚ: **A = 0,16g**,

οι δε χαρακτηριστικές περιόδους για την κατηγορία εδάφους [Α] είναι:

T₁ = 0,10 sec και **T₂ = 0,40 sec**.

4.5 Παράμετροι σχεδιασμού

Στον πίνακα 3 που ακολουθεί φαίνονται οι παράμετροι σχεδιασμού που έχουν υιοθετηθεί για τους εδαφοτεχνικούς υπολογισμούς της μελέτης.

Η επιλογή των c , ϕ και E_s για το στρώμα [1] (βραχώδες υπόβαθρο) έχει βασιστεί σε αξιολόγηση της βραχομάζας βάσει του GSI (Geological Strength Index) και του RMR (Rock Mass Rating) και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ'. Όσον αφορά τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών, αυτές έχουν ληφθεί βιβλιογραφικά μετά από προσεκτική παρατήρηση της κατάστασης των ασυνεχειών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3**Παράμετροι σχεδιασμού βραχώδους υποβάθρου**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
<i>Υγρό φαινόμενο βάρος (kN/m^3)</i>	28,5
<i>Μέτρο συμπίεσης ($E_s - MN/m^2$)</i>	10.000
Παράμετροι αντοχής	
<i>α) Βραχομάζα</i>	
Γωνία εσωτερικής τριβής (φ')	30°
Συνοχή ($c' - kN/m^2$)	50
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη ($q_u - MN/m^2$)	25,0
<i>β) Ασυνέχειες</i>	
Γωνία εσωτερικής τριβής (φ')	30°
Συνοχή ($c' - kN/m^2$)	0/2 (*)

(*) Η 1^η τιμή αφορά την περίπτωση απώλειας της συνοχής λόγω έντονης χρήσης εκρηκτικών, ενώ η 2^η την περίπτωση εκσκαφής με μηχανικά μέσα ή ελεγχόμενες εκρήξεις

5. ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ

Η εκσκαψιμότητα του εδάφους χαρακτηρίζεται γενικά από την ευκολία που αυτό σκάβεται με μηχανικό εκσκαφέα (τσάπα). Τα είδη των εκσκαφών βάσει της ΠΤΠ Χ1 είναι:

Γαιώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης εδάφη, των οποίων η εκσκαφή είναι δυνατή μόνο με τη χρήση της σκαπάνης (π.χ. άργιλος, μάργα, πηλός, αμμοχάλικα, χάλικες, κροκάλες, λατύπες, λίθοι, μεμονωμένοι ογκόλιθοι όγκου μικρότερου των 0,20 m³, κλπ.).

Ημιβραχώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης εδάφη και πετρώματα, τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην κατηγορία των γαιών και δύνανται να εκσκαφούν ή εξορυχθούν και χωρίς τη χρησιμοποίηση εκρηκτικών υλών.

Στην κατηγορία «ημιβράχος» περιλαμβάνονται, τα είδη πετρωμάτων τα οποία είναι εντόνως διερρηγμένα ή κατακερματισμένα, τα εύθρυπτα, τα εύθραυστα, τα αποφλοιούμενα ή αποσαθρούμενα, οι σταθεροποιημένες λόγω χημικών αντιδράσεων στρώσεις άμμου ή χαλίκων, οι στρώσεις μάργας, οι οποίες έχουν αρκούντως συγκολληθεί με λίθους διαμέτρου μεγαλύτερης των 200 mm, οι συμπαγείς και σκληρές άργιλοι, κλπ.

Γενικά στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη των εδαφών τα οποία είναι αρκούντως συνδεδεμένα ή συγκολλημένα, αλλά λόγω της δομής αυτών λύνονται και χωρίς εκρήξεις.

Βραχώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης μεγάλης ανθεκτικότητας πετρώματα, των οποίων η εξόρυξη μπορεί να γίνει μόνο με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Έτσι ενδεικτικά ως βράχος χαρακτηρίζονται όλα τα μη αποσαθρωμένα συμπαγή πετρώματα, τα οποία υφίστανται σε μεγάλους όγκους, κατά στρώματα, τα ισχυρά συσσωρευμένα κροκαλοπαγή πετρώματα, καθώς και οι μεμονωμένοι βράχοι όγκου τουλάχιστον 0,50 m³. Σε ειδικές περιπτώσεις, όπου δεν επιτρέπεται η χρήση εκρηκτικών υλών, η εξόρυξη του βράχου γίνεται με ειδικές επιτρεπόμενες μεθόδους (π.χ. με μηχανική αερόσφουρα).

Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των σχηματισμών που απαντήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας γεωτεχνικής έρευνας, τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου καθώς και τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από γειτονικές εκσκαφές, οι απαντώμενοι σχηματισμοί μπορούν να καταταχθούν από πλευράς εκσκαψιμότητας σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4**Εκσκαψιμότητα σχηματισμών**

Σχηματισμός	Χαρακτηρισμός		
	Γαιώδεις	Ημιβραχώδεις	Βραχώδεις
Χάλικες μαρμάρου [1α]	-	100%	-
Μάρμαρα [1]	-	0%-10%	90%-100%

Λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία μεταξύ των σχηματισμών που απαντήθηκαν στην περιοχή του έργου, τα εκτιμώμενα ποσοστά εκσκαφών, είναι κατά περίπτωση:

- Γαιώδεις ως ημιβραχώδεις εκσκαφές: 0%-10%
- Βραχώδεις εκσκαφές: 90%-100%.

Οι βραχώδεις εκσκαφές μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με εκρηκτικά είτε με μηχανική αερόσφυρα. Στην περίπτωση εκσκαφής με εκρηκτικά, προτείνεται να γίνει αυτή με ελεγχόμενες εκρήξεις, λόγω της γεινίασης του χώρου του έργου με τον Α.Η.Σ. Λαυρίου και το χώρο της ΔΕΣΦΑ (βλ. σχήμα 1 και φωτογραφία 1).

6. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ

Τα προϊόντα εκσκαφής των μαρμάρων θεωρούνται κατάλληλα για την κατασκευή των επιχωμάτων διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου και της οδοποιίας του Υ/Σ, καθώς και για τις τυχόν απαιτηθείσες στραγγιστικές στρώσεις.

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

7.1 Πρανή εκσκαφών

7.1.1 Έλεγχος γενικής ευστάθειας βραχομάζας

Στο Παράρτημα Ε' ελέγχεται η ευστάθεια πρανούς εκσκαφής ύψους $H = 14,00$ m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 3:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 8,00 m ύψους, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη πρανών. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000 για την περίπτωση πρανών εκσκαφής με:

- οριζόντιο σεισμικό συντελεστή ίσο προς $\alpha_h = \alpha/2$ και
- κατακόρυφο σεισμικό συντελεστή σχεδιασμού $\alpha_v = \pm \alpha_h/2$

όπου: α = σεισμικός συντελεστής περιοχής έργου = 0,16 (ζώνη Ι).

Στον παρακάτω πίνακα 5 και στα σχήματα 5 και 6 συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του βόρειου πρανούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας πρανών εκσκαφής

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,48 > 1,30	Slide1
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,32 > 1,00	Slide1_seismic

(*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα βραχώδη πρανή: $FS_{\min} = 1,30$ (ΟΣΜΕΟ)

Σεισμική φόρτιση: $FS_{\min} = 1,00$ (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι με την προτεινόμενη παραπάνω διαμόρφωση των πρανών εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας έναντι γενικής ευστάθειας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αφαιρεθούν τα χαλαρά υλικά και αποφευχθεί η συγκέντρωση μεγάλων φορτίων στη στέψη της εκσκαφής.

7.1.2 Έλεγχος ολίσθησης βραχοσφηνών

Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα τεκτονικά στοιχεία των ασυνεχειών που μετρήθηκαν στα πρανή της οδοποιίας βόρεια της περιοχής μελέτης. Στο Παράρτημα Ε' παρουσιάζονται τα τεκτονικά διαγράμματα Schmidt που συντάχθηκαν από τα τεκτονικά στοιχεία που μετρήθηκαν. Στα πρανή του ορύγματος της οδοποιίας καταγράφηκαν επτά κύρια συστήματα διακλάσεων με στοιχεία:

1. $24^{\circ}/60^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 17,5%
2. $49^{\circ}/66^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 15,0%
3. $210^{\circ}/66^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 12,5%
4. $195^{\circ}/77^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 12,5%
5. $119^{\circ}/49^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 10,0%
6. $315^{\circ}/78^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 7,5%
7. $9^{\circ}/81^{\circ}$ (διεύθυνση κλίσης/κλίση), με συχνότητα εμφάνισης 5,0%.

Με βάση τα τεκτονικά διαγράμματα σε συνδυασμό με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του υπό διαμόρφωση πρανούς (διεύθυνση και κλίση), πραγματοποιήθηκε ανάλυση κινηματικής δυνατότητας σε ολίσθηση (βλ. Παράρτημα Ε'). Εξετάστηκε δηλαδή η δυνατότητα ολίσθησης σφήνας που σχηματίζεται από δύο τεμνόμενα επίπεδα ασυνεχειών, το κάθε ένα από τα οποία μπορεί να είναι στρώση, ρήγμα ή διάκλαση. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Swedge της ROCKSCIENCE. Σημειώνεται ότι για τα πρανή λήφθηκε η κλίση με την οποία πρόκειται να διαμορφωθούν (3:1, κατ'οριζ).

Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί δίνονται αναλυτικά η κινηματική δυνατότητα ολίσθησης για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς συστημάτων ασυνεχειών (συνολικά 21). Από τον πίνακα αυτό παρατηρούμε ότι μόνο 3 από τους πιθανούς 21 συνδυασμούς συστημάτων ασυνεχειών δημιουργεί κινηματική δυνατότητα ολίσθησης βραχοσφηνών επί του πρανού εκσκαφής. Επίσης παρατηρούμε ότι και στους 3 αυτούς συνδυασμούς συμμετέχει το 3^ο σύστημα διακλάσεων ($210^{\circ}/66^{\circ}$), το οποίο εμφανίζει συχνότητα εμφάνισης 12,5%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6**Τεκτονικά στοιχεία ασυνεχειών**

Θέση	Τεκτονικά στοιχεία		Θέση	Τεκτονικά στοιχεία	
	Διεύθυνση κλίσης (°)	Γωνία κλίσης (°)		Διεύθυνση κλίσης (°)	Γωνία κλίσης (°)
Βόρειο πρανές	312	75	Νότιο πρανές	205	67
	315	50		212	60
	10	80		320	80
	195	80		205	52
	210	82		95	52
	220	68		200	75
	35	72		140	68
	185	82		182	65
	120	57		10	85
	95	67		210	75
	20	60		0	65
	102	76		30	64
	110	62		80	67
	53	65		40	63
	48	84		45	72
	55	74		25	60
	250	40		240	85
	125	38		165	70
	120	46		20	58
				160	60
		55	60		

ΠΙΝΑΚΑΣ 7**Ανάλυση κινηματικής δυνατότητας ολίσθησης**

Συνδυασμός συστημάτων ασυνεχειών			Κινηματική δυνατότητα ολίσθησης
α/α	διευθ. κλίσης /κλίση	διευθ. κλίσης /κλίση	
1	24°/60°	49°/66°	όχι
2	24°/60°	210°/66°	όχι
3	24°/60°	195°/77°	ναι
4	24°/60°	315°/78°	όχι
5	24°/60°	119°/49°	όχι
6	24°/60°	9°/81°	όχι
7	49°/66°	210°/66°	ναι
8	49°/66°	195°/77°	όχι
9	49°/66°	315°/78°	όχι
10	49°/66°	119°/49°	όχι
11	49°/66°	9°/81°	όχι
12	210°/66°	195°/77°	όχι
13	210°/66°	315°/78°	όχι
14	210°/66°	119°/49°	ναι
15	210°/66°	9°/81°	όχι
16	195°/77°	315°/78°	όχι
17	195°/77°	119°/49°	όχι
18	195°/77°	9°/81°	όχι
19	315°/78°	119°/49°	όχι
20	315°/78°	9°/81°	όχι
21	119°/49°	9°/81°	όχι

Τέλος έγινε έλεγχος ευστάθειας έναντι ολίσθησης βραχοσφηνών υπό στατική και σεισμική φόρτιση για κάθε έναν από τους 3 συνδυασμούς συστημάτων ασυνεχειών για τα οποία δημιουργείται δυνατότητα ολίσθησης. Στις αναλύσεις αυτές εξετάστηκε παραμετρικά και η πιθανότητα απώλειας της συνοχής στην επιφάνεια των ασυνεχειών λόγω της χρήσης εκρηκτικών. Οι αναλύσεις έγιναν και πάλι με το λογισμικό Swedge της ROCKSCIENCE.

Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί δίνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων ολίσθησης βραχοσφηνών. Από τον πίνακα αυτό παρατηρούμε ότι για το συνδυασμό των συστημάτων ασυνεχειών 210°/66° (3° σύστημα με συχνότητα εμφάνισης 12,5%) με το 119°/49° (5° σύστημα με συχνότητα εμφάνισης 10,0%) δημιουργείται κίνδυνος αποκόλλησης και ολίσθησης μόνο στην περίπτωση απώλειας της συνοχής στη διεπιφάνεια ($c = 0$ kPa) λόγω της χρήσης εκρηκτικών. Βέβαια η πιθανότητα εμφάνισης αυτού του συνδυασμού ασυνεχειών είναι σχετικά μικρή λαμβάνοντας υπόψη τη μικρή συχνότητα εμφάνισης καθενός από αυτά τα δύο συστήματα διακλάσεων. Σε κάθε άλλη περίπτωση εξασφαλίζεται αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης βραχοσφηνών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχων ολίσθησης βραχοσφηνών

Συνδυασμός συστημάτων ασυνεχειών		ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
διευθ./κλίση	διευθ./κλίση			
24°/60°	195°/77°	Στατική	7,87 > 1,30 (**)	Slide1
		Σεισμική	5,55 > 1,00 (**)	Slide1_seismic
49°/66°	210°/60°	Στατική	3,59 > 1,30 (**)	Slide2
		Σεισμική	2,92 > 1,00 (**)	Slide2_seismic
210°/66°	119°/49°	Στατική	0,69 < 1,30 (**)	Slide3
		Σεισμική	0,62 < 1,00 (**)	Slide3_seismic
210°/66°	119°/49°	Στατική	1,48 > 1,30 (***)	Slide3_c=2
		Σεισμική	1,33 > 1,00 (***)	Slide3_seismic_c=2

(*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα βραχώδη πρηνή: $FS_{\min} = 1,30$ (ΟΣΜΕΟ)

Σεισμική φόρτιση: $FS_{\min} = 1,00$ (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)

(**) $c = 0$ kPa (διεπιφάνεια ασυνεχειών) (***) $c = 2$ kPa (διεπιφάνεια ασυνεχειών)

7.1.3 Ανάλυση δυνητικών τροχιών βραχοπτώσεων

Στο Παράρτημα Ε' πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των δυνητικών τροχιών βραχωδών τεμαχίων που αποκολλώνται από ένα σημείο του πρानού εκσκαφής και εξετάζεται η απόσταση όπου αυτά μπορεί να φτάσουν από τον πόδα του πρानού καθώς και η κινητική τους ενέργεια. Σημειώνεται ότι η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για αποκόλληση βραχωδών τεμαχίων από οποιοδήποτε σημείο του πρानού. Επίσης στην ανάλυση έχει ληφθεί υπόψη η χρήση αμμοχαλικώδους υλικού τόσο στους αναβαθμούς όσο και στο χώρο μεταξύ ποδός του πρανού και του περιμετρικού τοίχου του Υ/Σ. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό RocFall της ROCKSCIENCE.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι, εφόσον αφεθεί μία απόσταση ασφαλείας 4,00 m από τον πόδα του πρανού μέχρι τον περιμετρικό τοίχο του Υ/Σ και διαστρωθεί τόσο στο χώρο αυτό όσο και στους ενδιάμεσους αναβαθμούς αμμοχαλικώδες υλικό πάχους τουλάχιστον 0,30 m, δεν υπάρχει κίνδυνος από βραχοπτώσεις στο χώρο του Υ/Σ.

7.2 Πρανή επιχωμάτων

Στο Παράρτημα Ε' ελέγχεται η ευστάθεια επιχώματος μεγίστου ύψους $H = 10,00$ m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 2:3 (κατ:οριζ) και το οποίο βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη επίχωσης. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανού έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας των επιχωμάτων υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000, λαμβάνοντας υπόψη πρόσθετες οριζόντιες ενεργές επιταχύνσεις της μάζας τους, που μεταβάλλονται από $\alpha_B = 0,5 \cdot \alpha$ στη βάση, μέχρι $\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T)$ στην κορυφή (άρθρο 5.4.2 [1] του ΕΑΚ-2000), όπου:

$\alpha =$ η ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους $= 0,16g$ (Ζώνη Ι, ΕΑΚ-2000)

$\beta(T) =$ η φασματική μεγέθυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T του έργου $\leq 2,5$
Λαμβάνοντας συντηρητικά $\beta(T) = 2,50$ έχουμε:

$$\alpha_B = \alpha/2 = 0,16g/2 = 0,08g$$

$$\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T) = 2,5 \cdot 0,08g = 0,20g$$

οπότε μετά από αντικατάσταση:

$$\alpha_h = (\alpha_B + \alpha_K) / 2 = (0,08 + 0,20) * g / 2 = 0,14g$$

$$\alpha_v = \pm 0,50 * \alpha_h = \pm 0,07g.$$

Στον παρακάτω πίνακα 9 και στα σχήματα 7 και 8 συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του επιχώματος. Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι με την προτεινόμενη παραπάνω διαμόρφωση του επιχώματος εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας έναντι γενικής ευστάθειας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αφαιρεθούν τα χαλαρά υλικά και αποφευχθεί η συγκέντρωση μεγάλων φορτίων στη στέψη της εκσκαφής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας επιχωμάτων

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,66 > 1,38	embankment
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,21 > 1,00	embankment_ seismic

(*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα πρηνή:

$FS_{\min} = 1,38$ (Ευρωκώδικας EC-7)

Σεισμική φόρτιση:

$FS_{\min} = 1,00$ (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)

8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την εκτελεσθείσα γεωτεχνική έρευνα στη θέση κατασκευής του Υ/Σ Λαυρίου, προκύπτει ότι τα ανώτερα εδαφικά στρώματα αποτελούνται συμπαγή μάρμαρα, τα οποία κατά θέσεις εμφανίζονται έντονα κατακερματισμένα, με έγκοιλα πληρωμένα με αργιλικό υλικό πλήρωσης.

Η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Υ.Υ.Ο.) βρισκόταν κατά το μήνα Ιούλιο 2013 σε βάθος μεγαλύτερο των 10,80 m (κατώτερο υψόμετρο +19,60 m).

Από πλευράς σεισμικής επικινδυνότητας η περιοχή του έργου ανήκει στη Ζώνη Ι του τροποποιημένου ΕΑΚ (απόφαση υπ' αριθμ. Δ17α/12.8.2003 του ΥΠΕΧΩΔΕ), το δε έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας [Α].

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, προτείνεται να ληφθούν υπόψη τα εξής για τη διαστασιολόγηση και τον τρόπο θεμελίωσης των διαφόρων κατασκευών:

- Είδος θεμελίωσης: **Οποιαδήποτε μορφή επιφανειακής θεμελίωσης (μεμονωμένα πέδιλα, πεδιλοδοκοί ή γενική κοιτόστρωση)**
- Στάθμη θεμελίωσης: **Εντός του βραχώδους υποβάθρου**
- Βάθος θεμελίωσης: **$\geq 0,80$ m κάτω από τη στάθμη περιβάλλοντος χώρου**
- Επιτρεπόμενη τάση έδρασης:
 - Στατική φόρτιση: **$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 500$ kPa (μέση τάση)**
 - $\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 650$ kPa (τάση ακμής)**
 - Σεισμική φόρτιση: **$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 750$ kPa (μέση τάση)**
 - $\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 845$ kPa (τάση ακμής)**
- Δείκτης εδάφους λαμβανομένης υπόψη της γεωμετρίας της θεμελίωσης:
 - Στατική φόρτιση: **$ks = 50-200$ MN/m³**
 - Σεισμική φόρτιση: **$ks = 100-200$ MN/m³**

Όσον αφορά την εκσκαψιμότητα του εδάφους, τα εκτιμώμενα ποσοστά γαιωδών, ημιβραχωδών και βραχωδών εκσκαφών είναι:

- Γαιώδεις ως ημιβραχώδεις εκσκαφές: 0%-10%
- Βραχώδεις εκσκαφές: 90%-100%.

Οι βραχώδεις εκσκαφές μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με εκρηκτικά είτε με μηχανική αερόσφουρα. Στην περίπτωση εκσκαφής με εκρηκτικά, προτείνεται να γίνει αυτή με ελεγχόμενες εκρήξεις, αφενός λόγω της γεινίασης του χώρου του έργου με τον Α.Η.Σ. Λαυρίου και το χώρο της ΔΕΣΦΑ αφετέρου δε για να περιοριστεί η πιθανότητα απόκόλλησης και ολίσθησης βραχοσφηνών από τα πρηνή.

Τα προϊόντα εκσκαφής των μαρμάρων θεωρούνται κατάλληλα για την κατασκευή των επιχωμάτων διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου και της οδοποιίας του Υ/Σ, καθώς και για τις τυχόν απαιτηθείσόμενες στραγγιστικές στρώσεις.

Όσον αφορά τα υψηλά πρηνή εκσκαφής που θα δημιουργηθούν για τη διαμόρφωση του χώρου του Υ/Σ (μεγίστου ύψους 14,00 m περίπου), αυτά μπορούν να διαμορφωθούν με κλίση 3:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 8,00 m ύψους. Για την αποφυγή πτώσης λίθων ή βραχωδών τεμαχίων, που τυχόν αποκολληθούν από τα πρηνή εκσκαφών, εντός του Υ/Σ, θα απαιτηθεί να αφεθεί μία απόσταση ασφαλείας 4,00 m από τον πόδα του πρηνούς μέχρι τον περιμετρικό τοίχο του Υ/Σ και να διαστρωθεί τόσο στο χώρο αυτό όσο και στους ενδιάμεσους αναβαθμούς χαλαρό αμμοχαλικώδες υλικό πάχους τουλάχιστον 0,30 m.

Όσον αφορά τα επιχώματα που θα δημιουργηθούν για τη διαμόρφωση του χώρου του Υ/Σ (μεγίστου ύψους 10,00 m περίπου), αυτά μπορούν να διαμορφωθούν με κλίση 2:3 (κατ:οριζ). Επίσης, για την αντιδιαβρωτική προστασία των πρηνών από τα απορρέοντα όμβρια, προτείνεται η κάλυψη του μετώπου των πρηνών με λιθορριπή βάρους 20-100 kg, πάχους τουλάχιστον 2,00 m. Τέλος προτείνεται για λόγους ασφαλείας να αφεθεί μία ελάχιστη απόσταση 4,00 m από το φρύδι του πρηνούς μέχρι τον τοίχο της περιφραξης του Υ/Σ.

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών τα πρηνή θα πρέπει να επιθεωρούνται από γεωτεχνικό μηχανικό, ώστε να επαληθεύεται η εικόνα που σχηματίστηκε από τα στοιχεία της παρούσας γεωτεχνικής έρευνας και σε αντίθετη περίπτωση να τροποποιείται η μελέτη και να λαμβάνονται τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα. Ιδιαίτερως επισημαίνεται ότι θα πρέπει να καταγράφονται οι κλίσεις και διευθύνσεις κλίσεων των ασυνχειών των βραχωδών σχηματισμών που εκσκάπτονται έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται η ασφάλεια των προτεινομένων στην παρούσα κλίσεων που έχει βασιστεί κυρίως σε επιφανειακά τεκτονικά στοιχεία.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2013

Για τη ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.

ΑΘΑΝ. ΠΛΑΤΗΣ
Πολιτικός Μηχανικός
Γεωτεχνικός

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

32nd US ROCK MECHANICS SYMPOSIUM (1991)

Hands-on Workshop on Rock Mass Classifications.

A.S.C.E. (1976)

"Rock Engineering for Foundations & Slopes", Vol. I & II, Proceedings of a Specialty Conference, University of Colorado, Boulder, Colorado, August 15-18, 1976.

BIENIAWSKI Z.T. (1974)

"Geomechanics Classification of Rock Masses and its Application in Tunnelling", Proc. 3rd Int. Congr. Rock Mechanics, Denver, Vol. 2, Part 2, pp. 27-32.

BETON KALENDER (1984)

Ελληνική Μετάφραση του Γερμανικού πρωτοτύπου "Beton Kalender 1983", από τον εκδοτικό οίκο Μ. ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ, Τόμοι 1,2,3.

BOWLES J.E. (1996)

"Foundation Analysis & Design", 5th edition, McGraw-Hill, U.S.A.

CIRIA (1984)

"Design of Retaining Walls Embedded in Stiff Clay", CIRIA Report 104, by C.J. Padfield and R.J. Mair, London.

CUR (CENTRE FOR CIVIL ENGINEERING RESEARCH & CODES) (1996)

"Building on Soft Soils - Design & Construction of Earthstructures both on and into Highly Compressible Subsoils of Low Bearing Capacity", A manual based on CUR Report 162, Published by A.A.BALKEMA, Rotterdam.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ Υ.Δ.Ε. (1983)

"Τεχνικές Προδιαγραφές Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες", (Ε 101-83 – ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83).

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ Υ.Δ.Ε. (1984)

"Προδιαγραφές Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών Βραχομηχανικής" (Ε 102-84 και Ε 103-84 - ΦΕΚ 70 Β'/8-2-85).

DIN 4084 (1974)

"Υπολογισμός της Ασφάλειας Πρανών για τον Εμποδισμό της Θραύσης Πρανούς", Μέρος 2, Προκαταρκτικός Κανονισμός, Έκδοση Φεβρουαρίου 1974.

DUNCAN J.M. (1996)

"State of the Art: Limit Equilibrium and Finite-Element Analysis of Slopes", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.122, No.7, pp. 577-596.

DUNCAN J.M., BUCHIGNANI A.L. (1975)

"An Engineering Manual for Slope Stability Studies", Department of Civil Engineering, U.C. Berkeley.

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. (1998)

Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Έργων Οδοποιίας (ΟΣΜΕΟ), Αναθεώρηση Α2, 1.10.1998

FAIRHURST C., CROUCH S.L. (1977)

"Design Methods in Rock Mechanics", Proceedings 16th Symposium on Rock Mechanics, Sept. 22-24, 1975, University of Minnesota, Minneapolis, U.S.A., Published by ASCE, N.Y.

GOODMAN R.E. (1976)

"Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks", West Publishing Company.

HOEK E., BRAY J.W. (1977)

"Rock Slope Engineering", The Institution of Mining & Metallurgy, London, 2nd edition.

HOEK E., BROWN E.T. (1980)

"Underground Excavations in Rock", The Institution of Mining & Metallurgy, London.

HOEK E., MARINOS P., BENISSI M. (1998)

"Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for Very Weak and Sheared Rock Masses. The Case of the Athens Schist Formation", Bulletin Eng. Geol. Env., 57, pp 151-160.

HVORSLEV M.J. (1949)

"Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes", Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army.

LAMBE T.W., WHITMAN R.V. (1969)

"Soil Mechanics", John Wiley & Sons, New York.

NAVFAC DM-7.02 (1986)

"Foundations and Earth Structures", Design Manual, Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, U.S.A.

PECK R.B., HANSON W.E., THORNBURN T.H. (1974)

"Foundation Engineering", John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.

PLATIS A.D. (1980)

"The Stability of Cuts in the Friars Formation - An Investigation of the Long-Term Stability of Slopes in Stiff Fissured Clays and Shales", M.Eng. Thesis, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.

ΠΛΑΤΗΣ Α.Δ. (1985)

"Ευστάθεια Φυσικών Πρανών", Εισήγηση στη 2η Ημερίδα Γεωτεχνικής "Παράμετροι Σχεδιασμού Θεμελιώσεων", σελ. 185-212, ΕΜΠ, Ζωγράφου, Έκδοση ΠΛΑΙΣΙΟ.

ΤΑΣΙΟΣ Θ.Π. (1964)

"Μνημόνιο Θεμελιώσεων".

TERZAGHI K., PECK R.B. (1967)

"Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.

WINTERKORN H.F., FANG H.Y. (1975)

"Foundation Engineering Handbook", Van Nostrand Reinhold, New York.

WYLLIE D.C. (1992)

"Foundations on Rock", E & FN SPON.

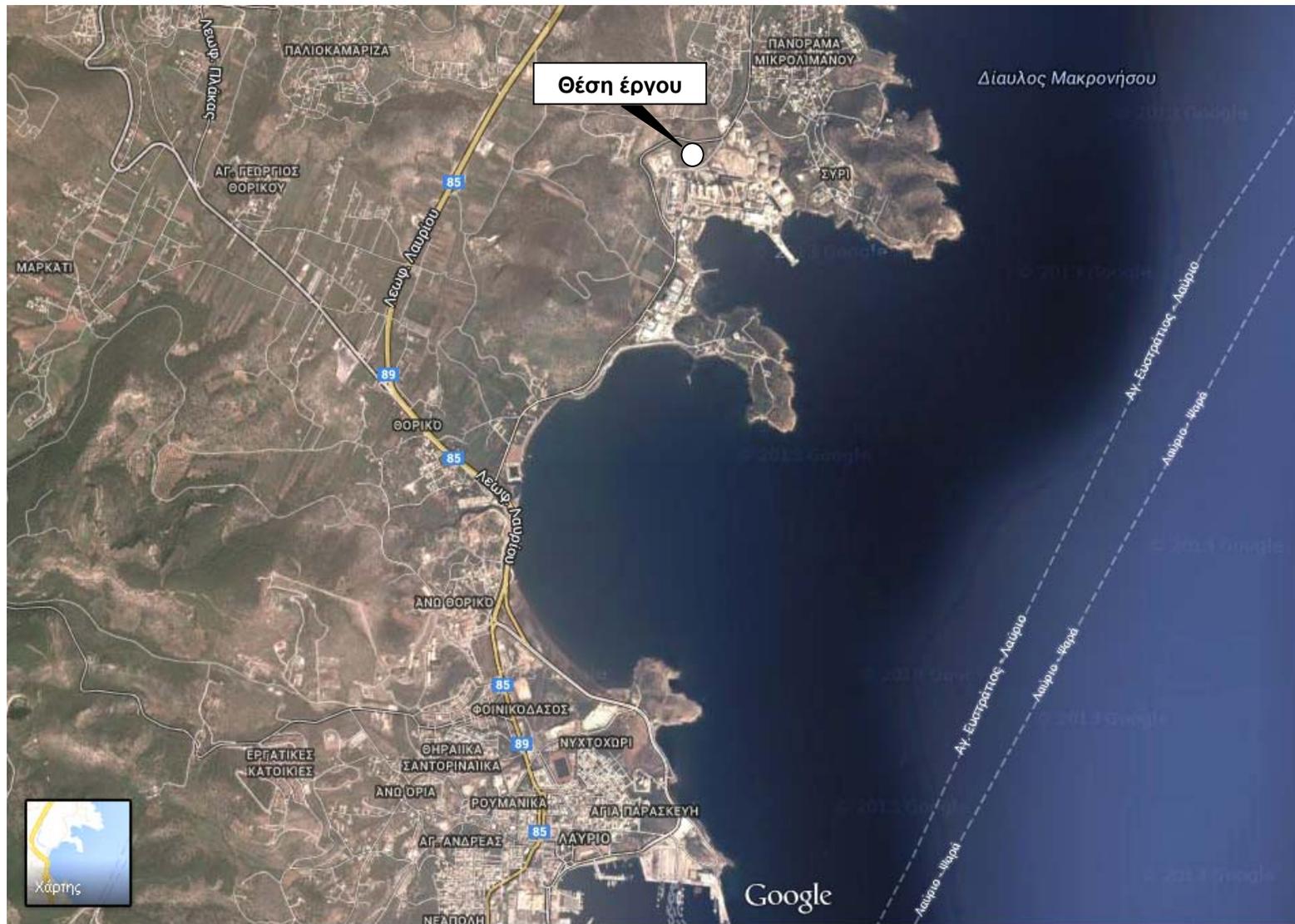
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (1999)

"Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός", Απόφαση Δ17α/141/3/Φ.Ν. 275/15.12/20.12.1999 (ΦΕΚ 2184 Β'), όπως διορθώθηκε με το ΦΕΚ 423 Β'/12.4.2001 και όπως τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. Δ17α/115/9/ΦΝ 275/7/12.8.2003 (ΦΕΚ 1154 Β') απόφαση.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2005)

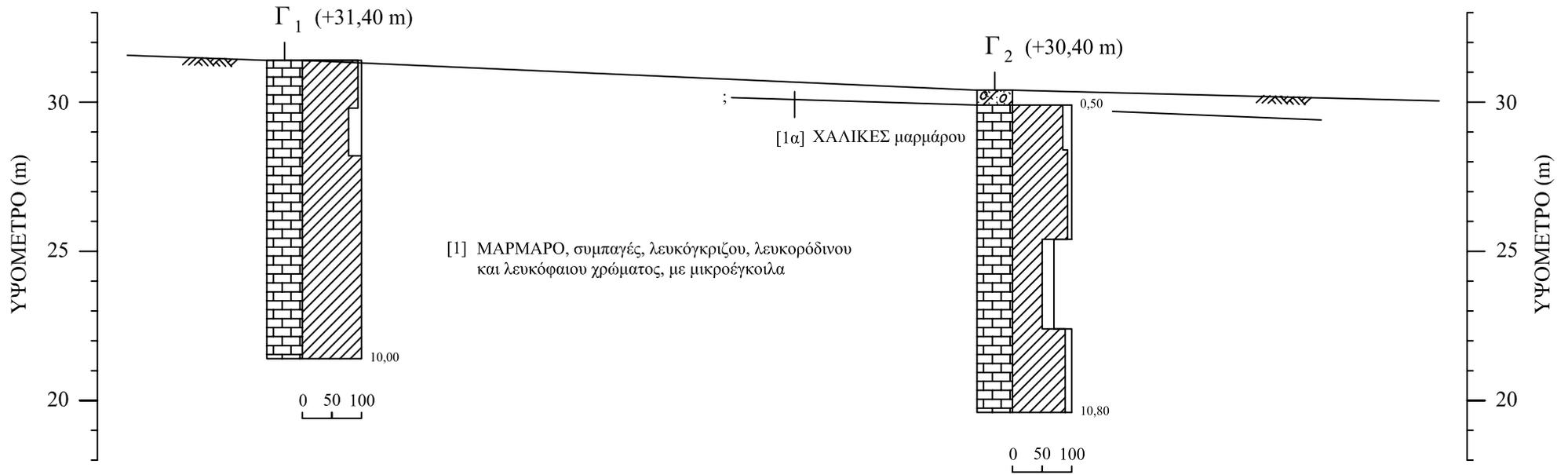
"Έγκριση Κανονισμού Προεκτιμωμένων Αμοιβών Μελετών και Υπηρεσιών κατά τη Διαδικασία της παρ. 7 του άρθρου 4 του Ν.3316/2005", Απόφαση ΔΜΕΟ/α/ο/1257/ 9.8.2005 (ΦΕΚ 1221 Β').

ΣΧΗΜΑΤΑ

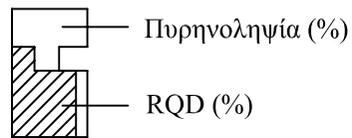


ΣΧΗΜΑ 1
Θέση έργου

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ Γ1-Γ2



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

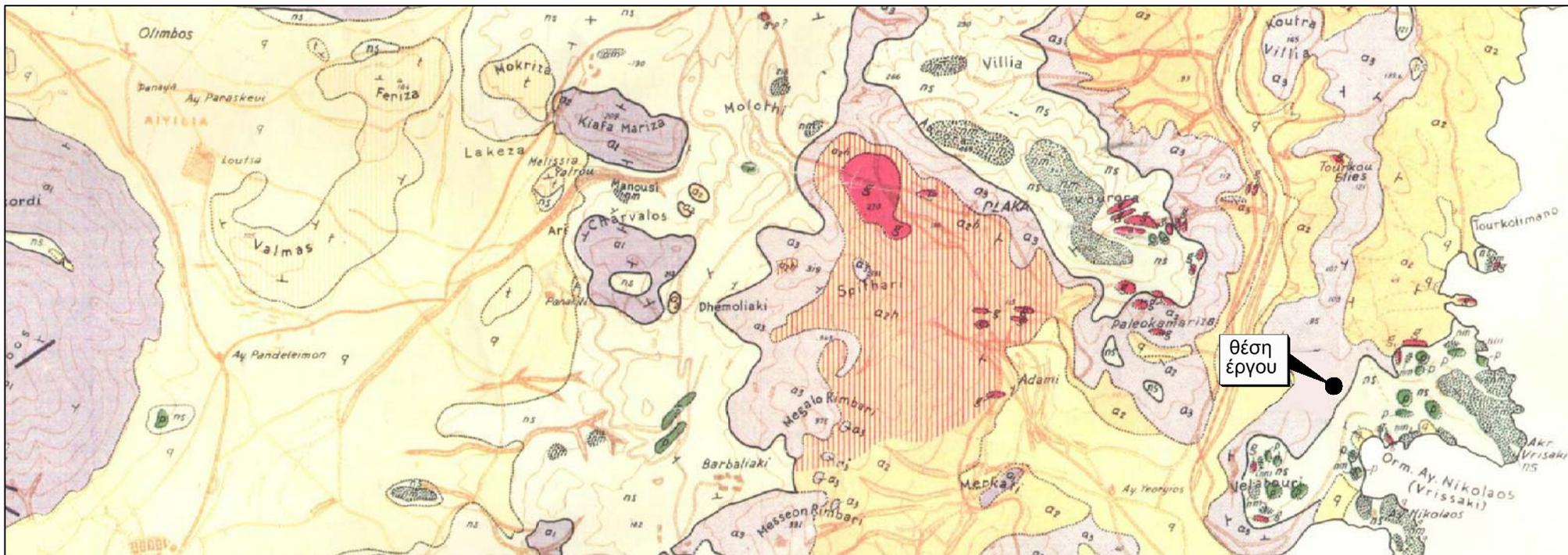


ΚΛΙΜΑΚΕΣ

Οριζόντια 1:200
 Κατακόρυφη 1:200

Υ/Σ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΣΧΗΜΑ 3

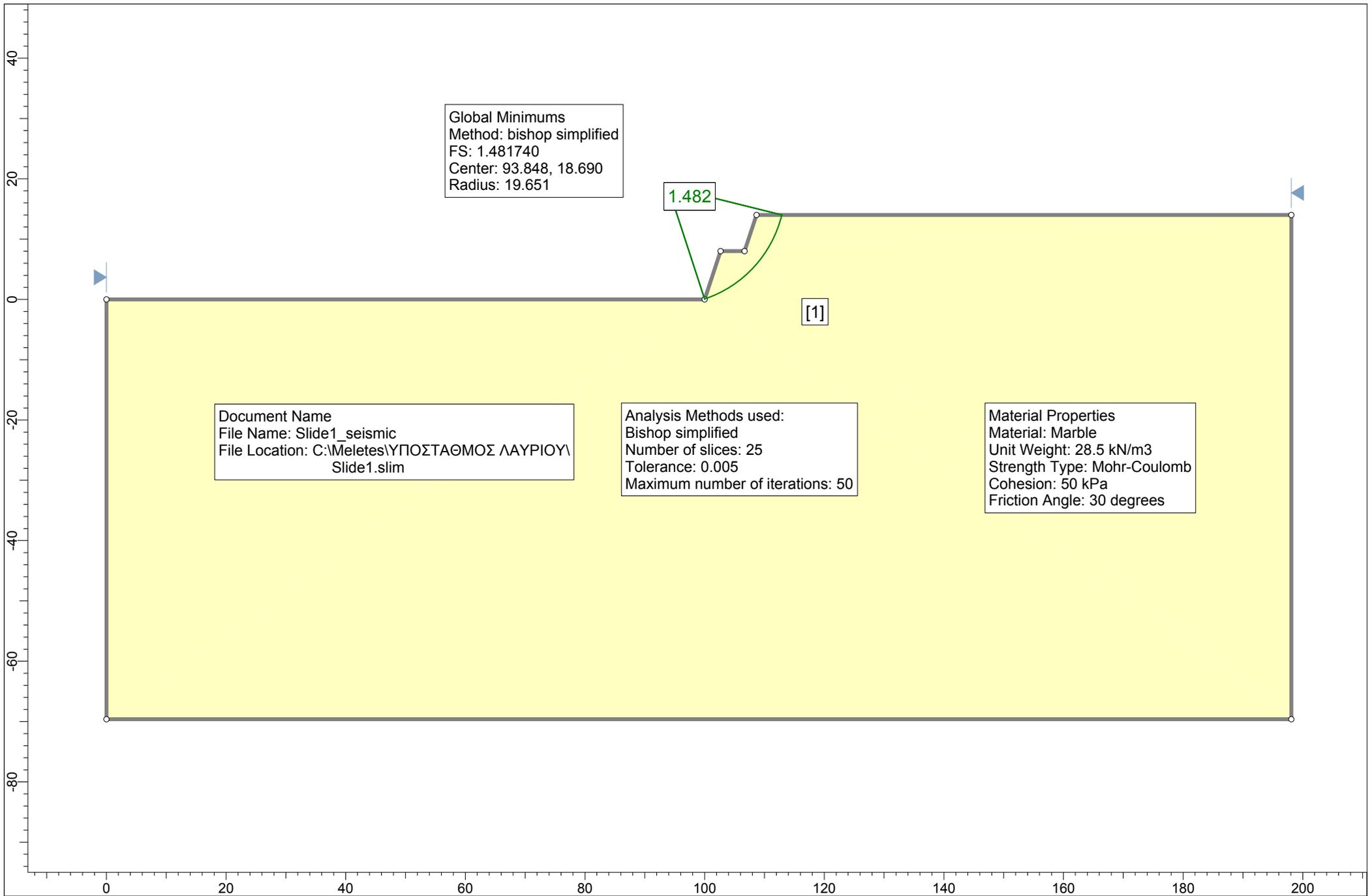


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

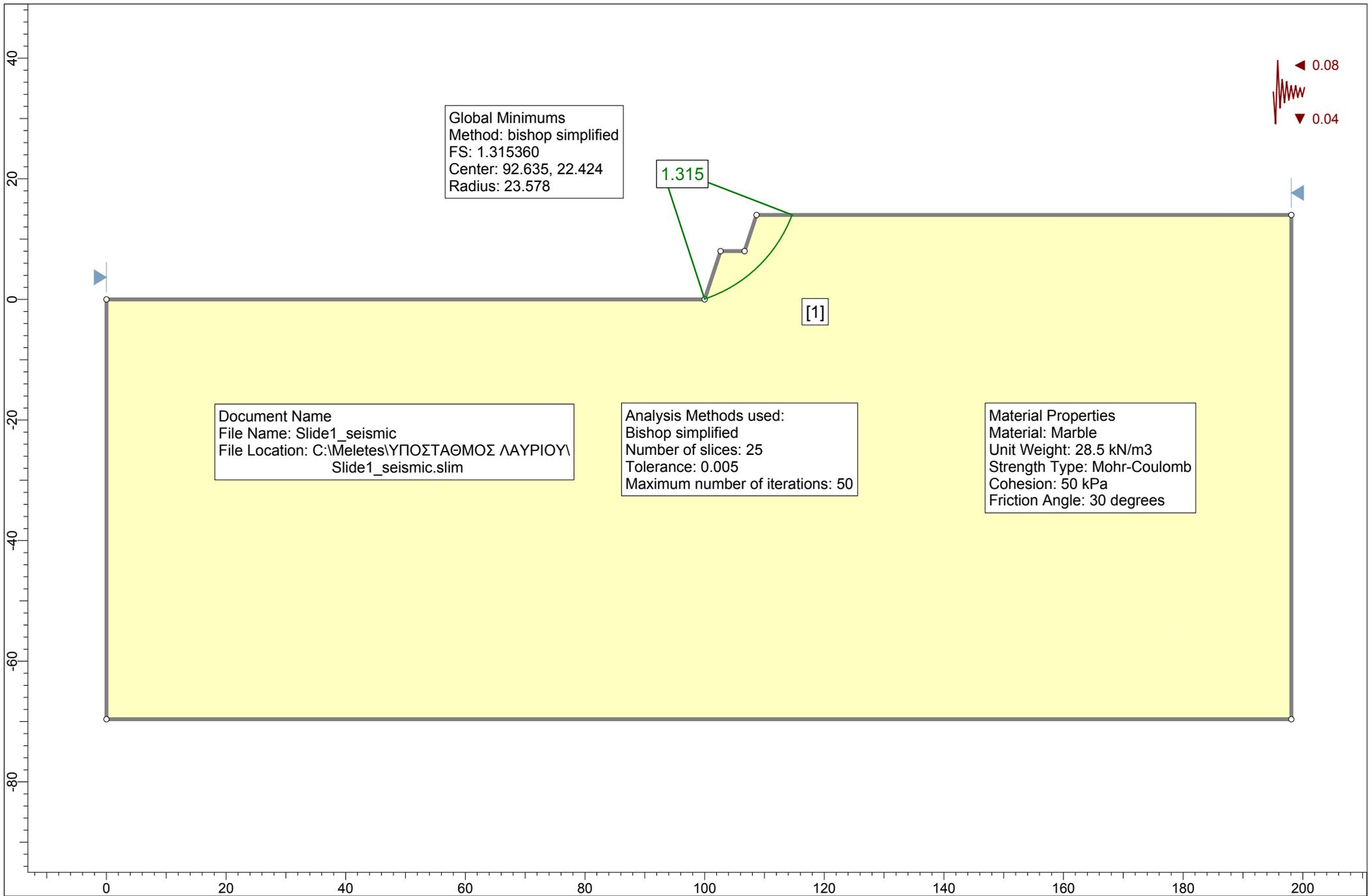
q Τεταρτογενές. Quaternary	a₂ Μαρμαρυχιαίοι οξιστόλιθοι (Καισαριανής-Καμαρίνης). Mica schists (Kaesariani-Kamariza).
f Τριτογενές (Νεογενές). Tertiary (Neogen)	a_{2h} Κερατίται (πλάκίται) εκ μεταμορφώσεως επαφής. Hornfels (plakites) contact metamorphic.
ns Σύστημα ανώτερων οξιστόλιθων (φυλλίται, οξιστόλιθοι, χαλαζίται). Upper schists system (Phyllites, Schists, Quartzites)	a₁ Σύστημα κατώτερου μαρμάρου (μετά δολομιτών και οξιστόλιθων a _{1s}). Lower marble system with dolomites and schists (a _{1s})
nm Λοβεστόλιθοι και μάρμαρα εντός των ανώτερων οξιστόλιθων. Limestones and marbles in the upper schists system.	p Πρασινίται (βασικά έωρηξίγενή πετρώματα μεταμορφωμένα). Prasinites (Metamorphic basic igneous rocks).
a₃ Ανώτερον μάρμαρον Upper marble	s Όξινα έωρηξίγενή πετρώματα (γρανодиόριται, γρανιτοπορφύραι). Acid igneous rocks (granodiorites, granitoporphyres).
Γραμμή επωθήσεως. Overthrust line	Ρήγματα Faults
Γραμμές Lineation	Διευθύνσεις και υψίσεις στρωμάτων. Strike and dip.

ΣΧΗΜΑ 4

Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη
Κλίμακα 1:50.000



ΣΧΗΜΑ 5



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.315360
 Center: 92.635, 22.424
 Radius: 23.578

1.315

[1]

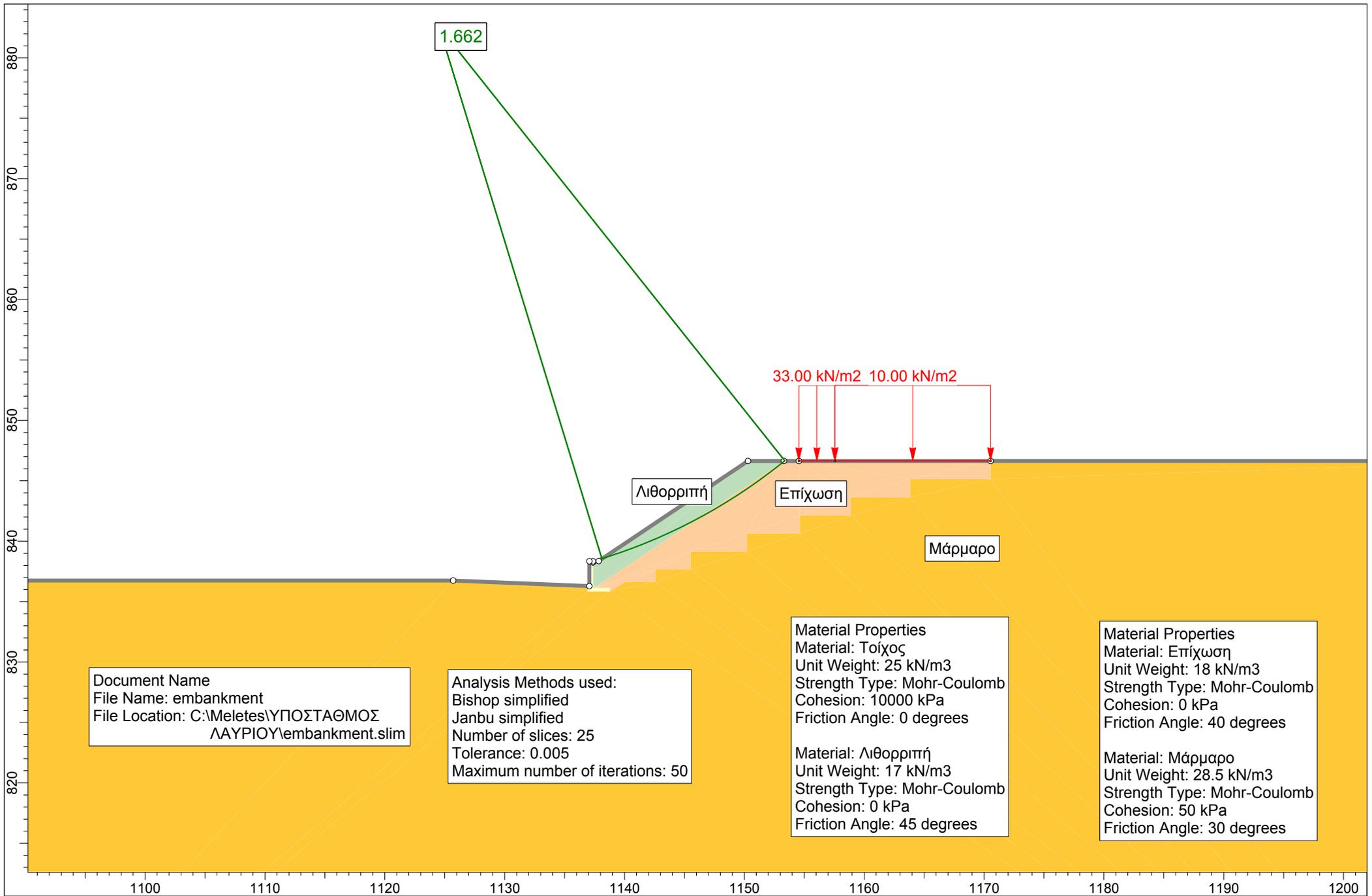
Document Name
 File Name: Slide1_seismic
 File Location: C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ\Slide1_seismic.slim

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Material Properties
 Material: Marble
 Unit Weight: 28.5 kN/m3
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees

0.08
 0.04

ΣΧΗΜΑ 6



Document Name
 File Name: embankment
 File Location: C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ
 ΛΑΥΡΙΟΥ\embankment.slim

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

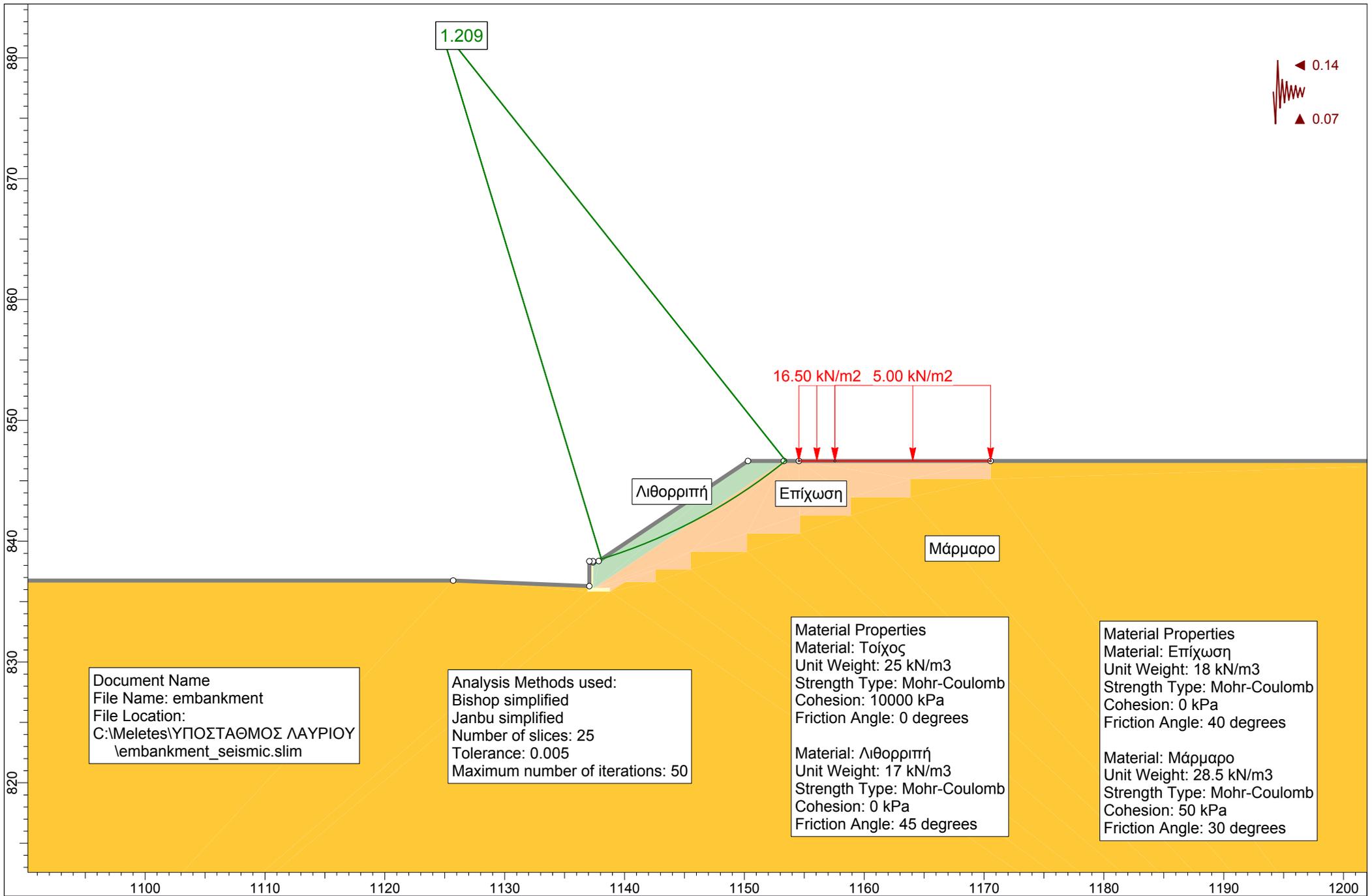
Material Properties
 Material: Τοίχος
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 10000 kPa
 Friction Angle: 0 degrees

Material: Λιθορριπή
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 45 degrees

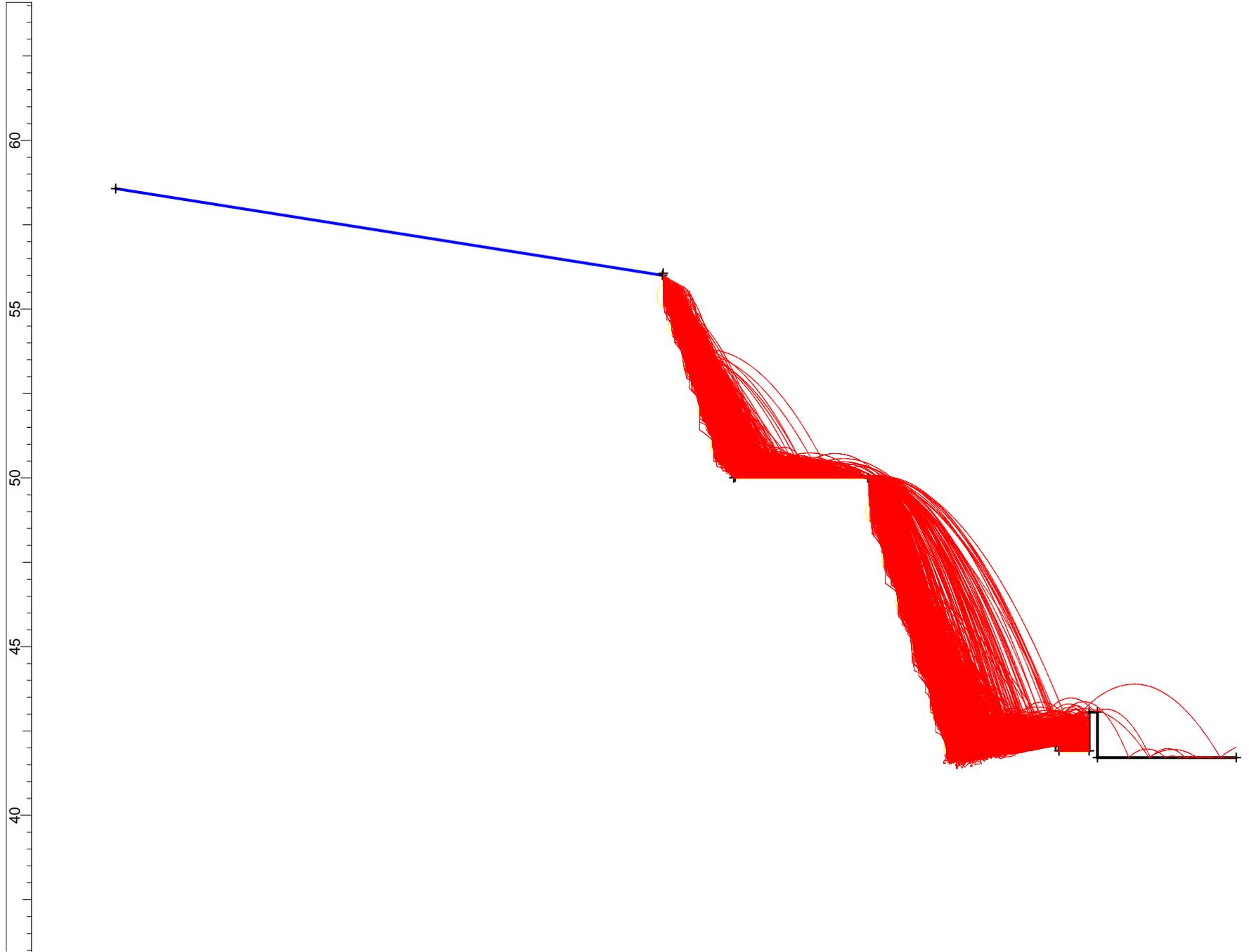
Material Properties
 Material: Επίχωση
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 40 degrees

Material: Μάρμαρο
 Unit Weight: 28.5 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees

ΣΧΗΜΑ 7



ΣΧΗΜΑ 8



ΣΧΗΜΑ 9

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΦΩΤ. 1 Γενική άποψη του χώρου του έργου από βόρεια και γεωτρύπανο στη θέση Γ2



ΦΩΤ. 2 Γεωτρύπανο στη θέση Γ1



ΦΩΤ. 3 Γεωτρύπανο στη θέση Γ2



ΦΩΤ. 4 Δειγματοληψία γεώτρησης Γ1



ΦΩΤ. 5 Δειγματοληψία γεώτρησης Γ2



ΦΩΤ. 6, 7, 8 Εμφανίσεις τεκτονικών διακλάσεων, ρηγμάτων και εγκοίλων στα πρανή της οδοποιίας βόρεια της περιοχής του έργου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Μητρώα Γεωτρήσεων

**ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΤΑ ΜΗΤΡΩΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ
ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

1. Αποσάθρωση

- I: Μη αποσαθρωμένο
 II: ελαφρά
 III: μέση
 IV: ισχυρή
 V: τελείως αποσαθρωμένο

2. Ασυνέχειες

Τύπος

- J: Διάρρηξη
 L: Στρώση
 F: Ρήγμα

Επιφάνεια Ασυνέχειας

- S: Λεία
 R: Τραχεία

Διάστημα μεταξύ Ασυνεχειών

- VC: Πολύ μικρό (<6 mm)
 C: Μικρό (6 – 20 mm)
 M: Μέσο (20 – 200 mm)
 W: Μεγάλο (200 – 600 mm)
 VW: Πολύ μεγάλο (600 mm - 2 m)

Χρωματισμός Επιφάνειας

- W: Λευκόφαια
 B: Καστανή
 BI: Μελανή-Φαία
 G: Τεφρή

Υλικό πλήρωσης

- C: Αργιλικό
 Ca: Ασβεστιτικό
 Fe: Οξειδία Fe, Mn
 Q: Χαλαζιακό

Άνοιγμα Ασυνεχειών

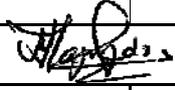
- W: Ευρύ (>200 mm)
 M: Μέτριο (20-200 mm)
 N: Μικρό (6-20 mm)
 VN: Πολύ Μικρό (2-6 mm)
 EN: Εξαιρ. Μικρό (0-2 mm)
 C: Κλειστό (0 mm)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

**Αναλυτικά φύλλα αποτελεσμάτων
εργαστηριακών δοκιμών**

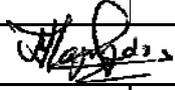
**ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ
(E103-84/4,1, ASTM D2938, ASTM D3148, ASTM D2216)**

ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΟΠΤΕΙΑ ΤΟΥ Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.

A/A ΔΟΚΙΜΗΣ	I	II	III	IV	V
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1	Γ1	Γ1	Γ1	Γ2
ΔΕΙΓΜΑ	-	-	-	-	-
ΒΑΘΟΣ (m)	0,30-0,80	1,00-1,30	4,70-5,00	8,50-8,90	2,20-2,60
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	83,50	83,50	83,50	83,50	83,65
ΜΗΚΟΣ (mm)	185,00	176,00	180,00	177,00	181,38
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (mm ²)	5475,99	5475,99	5475,99	5475,99	5495,68
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (kN)	208,45	163,73	156,62	160,30	174,35
ΑΝΤΟΧΗ σ (MPa)	38,1	29,9	28,6	29,3	31,7
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σ _c (MPa)	-	-	-	-	-
ΥΓΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (kN/m ³)	-	-	-	-	-
ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ _d (kN/m ³)	27,19	27,44	27,85	27,96	26,94
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%)	-	-	-	-	-
ΠΟΡΩΔΕΣ n (%)					
ΥΔΑΤΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ A (%)					
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	Μάρμαρο ροδοκάστανο καστανότεφρο	Μάρμαρο φαιότεφρο	Μάρμαρο ροδοκάστανο καστανότεφρο	Μάρμαρο φαιότεφρο	Μάρμαρο φαιότεφρο
Ο αναπλ. προϊστάμενος του εργαστηρίου Γ. Ανδρεάδης - Γεωλόγος	Η προϊσταμένη του εργαστηρίου Μ. Παγουλάτου - Γεωλόγος				
ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. γεωτεχνικές μελέτες & έρευνες	ΕΡΓΟ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ			ΦΥΛΛΟ B-1	

ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ
(E103-84/4,1, ASTM D2938, ASTM D3148, ASTM D2216)

ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΟΠΤΕΙΑ ΤΟΥ Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.

A/A ΔΟΚΙΜΗΣ	I	II	III	IV	V
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ2	Γ2	Γ1	Γ1	Γ2
ΔΕΙΓΜΑ	-	-	-	-	-
ΒΑΘΟΣ (m)	5,70-6,00	9,60-10,00			
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	83,55	83,50			
ΜΗΚΟΣ (mm)	181,50	180,00			
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (mm ²)	5482,55	5475,99			
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (kN)	116,25	122,38			
ΑΝΤΟΧΗ σ (MPa)	21,2	22,3			
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σ_c (MPa)	-	-			
ΥΓΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (kN/m ³)	-	-			
ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ_d (kN/m ³)	24,97	26,63			
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%)	-	-			
ΠΟΡΩΔΕΣ n (%)					
ΥΔΑΤΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ A (%)					
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	Μάρμαρο καστανό	Μάρμαρο φαιότεφο			
Ο αναπλ. προϊστάμενος του εργαστηρίου Γ. Ανδρεάδης - Γεωλόγος	Η προϊσταμένη του εργαστηρίου Μ. Παγουλάτου - Γεωλόγος				
ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. γεωτεχνικές μελέτες & έρευνες	ΕΡΓΟ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ			ΦΥΛΛΟ B-2	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄

Δελτία γεωτρήσεων



ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ
γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες

ΕΡΓΟ: Υ/Σ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ: ΑΔΜΗΕ Α.Ε. / ΔΝΕΜ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ

ΗΜΕΡΗΣΙΟ

ΔΕΛΤΙΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ1

Διάμετρος γεώτρησης: Φ101 Γεωτρήσανο: BOULES-17 Ημερομηνία: 24/7/2013 α/ε δελτίου: 1
 Διάμετρος ουλήνωσης: Υψόμε. εδάφους: +31.40 κ. Καιρός: Αίθρ. 100% α/ε ανά γεώτρηση: 1

Συλλήψεις		Βάθος από αρχή γεώτρησης	Διάρκεια		Αριθμός δειγμάτων	Είδος δειγματος			Περιγραφή δειγματος	Μέτρηση στάθμης νερού		Παρατηρήσεις
Διάμετρος	Βάθος		Από	Μέχρι		Διατ.	Αθιπ.	Σ.Ρ.Τ.		Ηρα	Στάθμη	
						Αρ. κρούσεων						
	1.00	0.00	1.70	-	Υ				Μάρμαρο σκληράς, λευκόχρ. με ως λευκόχρ. να χυθείται με κηροπηχάδα Σ: 1/45° κλίση Α: 100% ΡΑΡ: 160/170			Διάτρησι: Τ.0101: 0.00-10.00 X: 505.500 Y: 4.177.576
	2.00	1.70	3.20	-	Υ				ως άνω Σ: 1/60°-70° κ/20-30° τραχεία σφαιρωμένες Α: 100% ΡΑΡ: 117/130			
	4.00	3.20	6.20	-	Υ				Μάρμαρο λευκόχρ. με ως λευκόχρ. σκληράς Σ: 2/40°-60° τραχεία Α: 100% ΡΑΡ: 100%			
	6.00											

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ

ΑΝΔΡΕΑΣ Γ. ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΡΓΟΔΟΤΗ

- Διαταραγμένο δείγμα
- Αδυστάκτο δείγμα
- Δείγμα με φραγή
- Δείγμα με νερό
- Δείγμα μη συμπιεσθέν

T-1



ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ
γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες

ΕΡΓΟ: Υ/Σ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ: ΑΔΜΗΕ Α.Ε. / ΔΝΕΜ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ

**ΗΜΕΡΗΣΙΟ
ΔΕΛΤΙΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ₂**

Διάμετρος γεώτρησης: <u>Φ101</u>	Γεωτρήσανο: <u>BOYLES-17</u>	Ημερομηνία: <u>24/7/2013</u>	α/α δελτίου: <u>4</u>
Διάμετρος σωλήνωσης:	Υψ.μ. εδάφους: <u>+30,40 Α</u>	Καιρός: <u>Αίθρας</u>	α/α ανά γεώτρηση: <u>2</u>

Σωλήνωση		Βάθος από αρχή γεώτρησης	Διήθηση		Αριθμός δείγματος	Είδος δείγματος			Περιγραφή δείγματος	Μήτρηση στάθμης νερού		Παρατηρήσεις
Διάμετρος	Βάθος		Από	Μέχρι		Διατ.	Αθιστ.	S.P.T. Αρ. κρούσεων		Θρα	Στόμην	
		8.00							A: 210/300 ΕΣΙΔ: 149/300	14:30	4,50	Στα 7,20 μ. επαναμένει υδάτων
		9.00	8.00	10.80	-	γ			Σημάδα καθαρό Σ: 2/50 30° Διείση Δευτερεύου ως Τριτοβάθμια κ: 10010 ΕΣΙΔ: 160180	15:30	10/9	Ολική ανώτερη υψών στα 9,80 μ. Επανεμένει στα 10,10 μ
		11.00							Τέλος ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ ₂ Συνολικό βάθος: 10,80 μ. Βάθος Σωλήνωσης Φ117: 0,50 μ			
		12.00										
		13.00										

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ

[Signature]
ΑΝΑΓΕΛΑΔΗΣ Γ.
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΡΓΟΔΟΤΗ

- Διατεταγμένο δείγμα
- Αθροιστικό δείγμα
- Δείγμα με φραγμό
- Δείγμα με νερό
- Δείγμα μη αναμετρητό

10.80

h-1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄

Ταξινόμηση Βραχομάζας

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης		
		σ_c (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1
		<input type="radio"/> Α	<input type="radio"/> Β	<input type="radio"/> Γ	<input checked="" type="radio"/> Δ	<input type="radio"/> Ε	<input type="radio"/> Ζ	<input type="radio"/> Η	

2	RQD (%)	<input type="radio"/> 90 - 100	<input checked="" type="radio"/> 75 - 90	<input type="radio"/> 50 - 75	<input type="radio"/> 25 - 50	<input type="radio"/> <25
---	---------	--------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------

3	Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)	<input type="radio"/> >2 m	<input checked="" type="radio"/> 2 - 0.6 m	<input type="radio"/> 0.6 - 0.2 m	<input type="radio"/> 0.2 - 0.06 m	<input type="radio"/> <60 mm
Προσαρμογή Αύξηση 30 % <input type="checkbox"/>						

4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχιές επιφάνειες. Ασυνεχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχιές επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχιές επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	Επιφανειακή ολίσθησης (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	----------------------	-------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Συνέχεια	<input type="radio"/> < 1m	<input checked="" type="radio"/> 1 - 3 m	<input type="radio"/> 3 - 10 m	<input type="radio"/> 10 - 20 m	<input type="radio"/> > 20 m
----------	----------------------------	------------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένας	<input checked="" type="radio"/> < 0.1 mm	<input type="radio"/> 0.1 - 1 mm	<input type="radio"/> 1 - 5 mm	<input type="radio"/> >5 mm
----------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Τραχύτητα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Πολύ τραχιές	<input checked="" type="radio"/> Τραχιές	<input type="radio"/> Ελαφρά τραχιές	<input type="radio"/> Ομαλές	<input type="radio"/> Ολισθηρές
----------------------	------------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένα	<input checked="" type="radio"/> Σκληρό <5 mm	<input type="radio"/> Σκληρό >5mm	<input type="radio"/> Μαλακό <5mm	<input type="radio"/> Μαλακό >5 mm
---------------------------	------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

Αποσάθρωση Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Υγιές	<input checked="" type="radio"/> Ελαφρά	<input type="radio"/> Μέτρια	<input type="radio"/> Πολύ	<input type="radio"/> Αποσυνθεμένο
-----------------------	-----------------------------	-----------------------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------------

5	Υπόγειο νερό	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας. (l/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125
		Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5
		Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού
		<input checked="" type="radio"/> Α	<input type="radio"/> Β	<input type="radio"/> Γ	<input type="radio"/> Δ	<input type="radio"/> Ε	

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR_{bas} (RMR βασικό)

Βαθμός

4

17

15

4

5

5

4

5

15

RMR_{bas}

74

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ
ευνοϊκή

Ευνοϊκή

Μέτρια

Δυσμενής

Πολύ
Δυσμενής [Help](#)

Α

Β

Γ

Δ

Ε

-25

Τελική βαθμολογία RMR	RMR_{bas} -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
49	74	-25

**Ταξινόμηση
Βραχομάζας με
βάση συνολική
Βαθμολογία
RMR**

Κατηγορία III. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Μέτρια.
Συνοχή Βραχομάζας (kPa) 200 - 300. Γωνία τριβής
Βραχομάζας 25 - 35 μοίρες.

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Βαθμός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης		
		σ_c (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1
		<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> Γ	<input checked="" type="radio"/> Δ	<input type="radio"/> E	<input type="radio"/> Z	<input type="radio"/> H	

4

2	RQD (%)	<input type="radio"/> 90 - 100	<input checked="" type="radio"/> 75 - 90	<input type="radio"/> 50 - 75	<input type="radio"/> 25 - 50	<input type="radio"/> <25
---	---------	--------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------

17

3	Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)	<input type="radio"/> >2 m	<input checked="" type="radio"/> 2 - 0.6 m	<input type="radio"/> 0.6 - 0.2 m	<input type="radio"/> 0.2 - 0.06 m	<input type="radio"/> <60 mm
Προσαρμογή Αύξηση 30 % <input type="checkbox"/>						

15

4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχείες επιφάνειες. Ασυνεχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	Επιφανειακή ολίσθησης (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	----------------------	--------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

6

Συνέχεια	<input checked="" type="radio"/> < 1m	<input type="radio"/> 1 - 3 m	<input type="radio"/> 3 - 10 m	<input type="radio"/> 10 - 20 m	<input type="radio"/> > 20 m
----------	---------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	------------------------------

6

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας	<input checked="" type="radio"/> Κανένας	<input type="radio"/> < 0.1 mm	<input type="radio"/> 0.1 - 1 mm	<input type="radio"/> 1 - 5 mm	<input type="radio"/> >5 mm
----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

6

Τραχύτητα Ασυνέχειας	<input checked="" type="radio"/> Πολύ τραχείες	<input type="radio"/> Τραχείες	<input type="radio"/> Ελαφρά τραχείες	<input type="radio"/> Ομαλές	<input type="radio"/> Ολισθηρές
----------------------	------------------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

6

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας	<input checked="" type="radio"/> Κανένα	<input type="radio"/> Σκληρό <5 mm	<input type="radio"/> Σκληρό >5mm	<input type="radio"/> Μαλακό <5mm	<input type="radio"/> Μαλακό >5 mm
---------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

6

Αποσάθρωση Ασυνέχειας	<input checked="" type="radio"/> Υγιές	<input type="radio"/> Ελαφρά	<input type="radio"/> Μέτρια	<input type="radio"/> Πολύ	<input type="radio"/> Αποσυνθμεμένο
-----------------------	----------------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	-------------------------------------

6

5	Υπόγειο νερό	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας. (lt/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125
		Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5
		Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού
		<input checked="" type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> Γ	<input type="radio"/> Δ	<input type="radio"/> E	

15

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR_{bas} (RMR βασικό)

RMR_{bas}

81

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ
ευνοϊκή

Ευνοϊκή

Μέτρια

Δυσμενής

Πολύ
Δυσμενής [Help](#)

Α

Β

Γ

Δ

Ε

-25

Τελική βαθμολογία RMR	RMR_{bas} -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
56	81	-25

Ταξινόμηση Βραχομάζας με βάση συνολική Βαθμολογία RMR	Κατηγορία III. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Μέτρια. Συνοχή Βραχομάζας (kPa) 200 - 300. Γωνία τριβής Βραχομάζας 25 - 35 μοίρες.
------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (ΒΙΕΝΙΑWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Βαθμός

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδισης θλίψης		
		σ_c (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1

A B Γ Δ E Z H

2

2 RQD (%)

90 - 100 75 - 90 50 - 75 25 - 50 <25

3

3 Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)

>2 m 2 - 0.6 m 0.6 - 0.2 m 0.2 - 0.06 m <0.06 m

Προσαρμογή Αύξηση 30 %

5

4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχείες επιφάνειες. Ασυνεχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	Επιφάνειες ολισθητές (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	----------------------	--------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Συνέχεια

< 1m 1 - 3 m 3 - 10 m 10 - 20 m > 20 m

1

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας

Κανένας < 0.1 mm 0.1 - 1 mm 1 - 5 mm >5 mm

4

Τραχύτητα Ασυνέχειας

Πολύ τραχείες Τραχείες Ελαφρά τραχείες Ομαλές Ολισθηρές

1

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας

Κανένα Σκληρό <5 mm Σκληρό >5mm Μαλακό <5mm Μαλακό >5 mm

2

Αποσάθρωση Ασυνέχειας

Υγιές Ελαφρά Μέτρια Πολύ Αποσυνθμεμένο

3

5	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας. (lt/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125
	Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5
	Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού

A B Γ Δ E

15

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR_{bas} (RMR βασικό)

RMRbas

36

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ
ευνοϊκή Ευνοϊκή Μέτρια Δυσμενής Πολύ
Δυσμενής [Help](#)

Α Β Γ Δ Ε

-25

Τελική βαθμολογία RMR	RMR_{bas} -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
11	36	-25

Ταξινόμηση Βραχομάζας με βάση συνολική Βαθμολογία RMR	Κατηγορία V. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Πολύ Πτωχή . Συνοχή Βραχομάζας (kPa) <100. Γωνία τριβής Βραχομάζας <15 μοίρες.
------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Βαθμός

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης		
		σ_c (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1
<input type="radio"/> Α <input type="radio"/> Β <input type="radio"/> Γ <input type="radio"/> Δ <input checked="" type="radio"/> Ε <input type="radio"/> Ζ <input type="radio"/> Η									

2

2	RQD (%)	<input type="radio"/> 90 - 100	<input type="radio"/> 75 - 90	<input type="radio"/> 50 - 75	<input type="radio"/> 25 - 50	<input checked="" type="radio"/> <25
---	---------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------

3

3	Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)	<input type="radio"/> >2 m	<input type="radio"/> 2 - 0.6 m	<input type="radio"/> 0.6 - 0.2 m	<input checked="" type="radio"/> 0.2 - 0.06 m	<input type="radio"/> <60 mm
Προσαρμογή Αύξηση 30 % <input type="checkbox"/>						

8

4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχείες επιφάνειες. Ασυνεχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	Επιφανειακή ολίσθησης (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	----------------------	--------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Συνέχεια	<input type="radio"/> < 1m	<input type="radio"/> 1 - 3 m	<input checked="" type="radio"/> 3 - 10 m	<input type="radio"/> 10 - 20 m	<input type="radio"/> > 20 m
----------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

2

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένας	<input type="radio"/> < 0.1 mm	<input checked="" type="radio"/> 0.1 - 1 mm	<input type="radio"/> 1 - 5 mm	<input type="radio"/> >5 mm
----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

4

Τραχύτητα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Πολύ τραχείες	<input type="radio"/> Τραχείες	<input checked="" type="radio"/> Ελαφρά τραχείες	<input type="radio"/> Ομαλές	<input type="radio"/> Ολισθηρές
----------------------	-------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

3

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένα	<input type="radio"/> Σκληρό <5 mm	<input checked="" type="radio"/> Σκληρό >5mm	<input type="radio"/> Μαλακό <5mm	<input type="radio"/> Μαλακό >5 mm
---------------------------	------------------------------	------------------------------------	----------------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

2

Αποσάθρωση Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Υγιές	<input type="radio"/> Ελαφρά	<input checked="" type="radio"/> Μέτρια	<input type="radio"/> Πολύ	<input type="radio"/> Αποσυνθεμένο
-----------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------------------	----------------------------	------------------------------------

3

5	Υπόγειο νερό	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας. (lt/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125
		Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5
		Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού
<input checked="" type="radio"/> Α <input type="radio"/> Β <input type="radio"/> Γ <input type="radio"/> Δ <input type="radio"/> Ε							

15

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR_{bas} (RMR βασικό)

RMRbas
42

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ
ευνοϊκή

Ευνοϊκή

Μέτρια

Δυσμενής

Πολύ
Δυσμενής [Help](#)

Α

Β

Γ

Δ

Ε

-25

Τελική βαθμολογία RMR	RMR_{bas} -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
17	42	-25

Ταξινόμηση Βραχομάζας με βάση συνολική Βαθμολογία RMR	Κατηγορία V. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Πολύ Πτωχή . Συνοχή Βραχομάζας (kPa) <100. Γωνία τριβής Βραχομάζας <15 μοίρες.
------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

GSI (Από γεωτρήσεις)

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Εκτιμείστε τη μέση τιμή του γεωλογικού δείκτη αντοχής από τις ισαριθμητικές. Μην προσπαθείτε να είστε πολύ ακριβής. Παράθεση ενός εύρους τιμών του GSI από 36 έως 42 είναι πιάο πραγματιστική από τον καθορισμό μιάς τιμής GSI=38.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, πρόσφατες μη αποσπασθωμένες επιφάνειες
ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθωμένες, σίδηρο-οξειδωμένες επιφάνειες
ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μέτρια αποσπασθωμένες ή εξαλλοιωμένες επιφάνειες
ΠΤΩΧΗ Ολισθηρές, πολύ αποσπασθωμένες επιφάνειες, με πυκνές επικαλύψεις ή γομώσεις από γωνιώδη θραύσματα
ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Ολισθηρές, πολύ αποσπασθωμένες επιφάνειες με μαλακές οργανικές επικαλύψεις ή γομώσεις

Δομή του πετρώματος



ΟΓΚΟΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ - Πολύ καλά αλληλοεμπλεκόμενη βραχομάζα, αποτελούμενη από κυβικά τεμάχια, σχηματιζόμενα από τρία, ορθογωνικά τεμνόμενα, συστήματα ασυνεχειών



ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ - Αλληλοεμπλεκόμενη, μερικά διαταραγμένη βραχομάζα, αποτελούμενη από γωνιώδη τεμάχια, πολλαπλών επιφανειών, σχηματιζόμενα από τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών



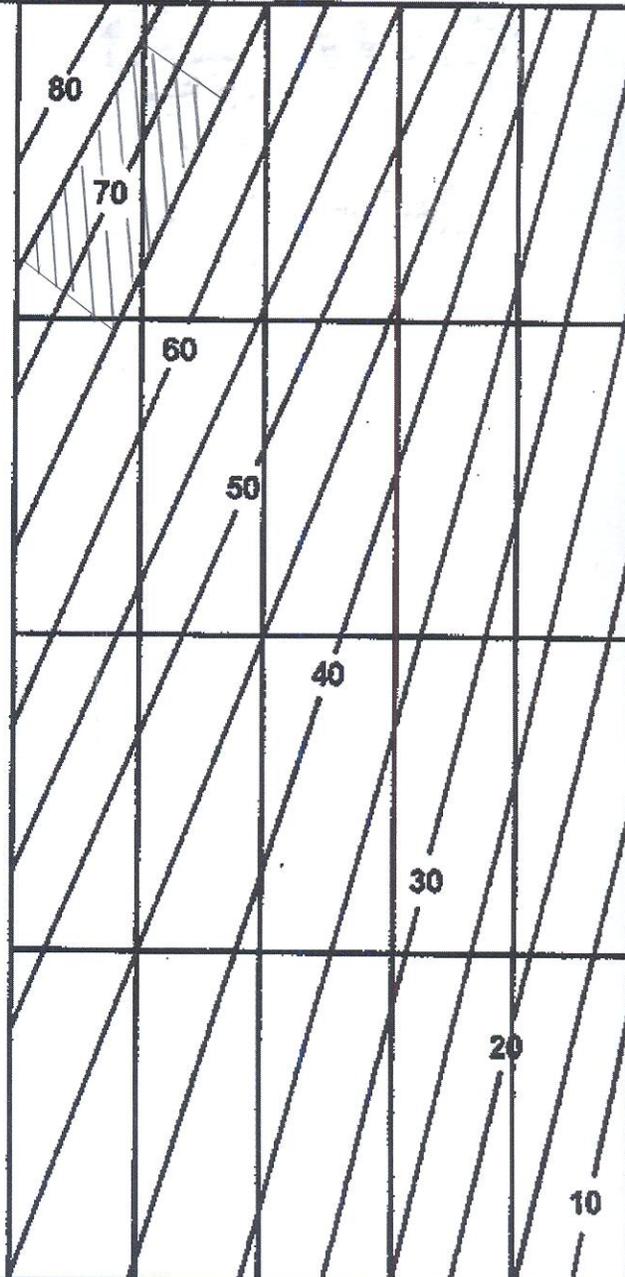
ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ/ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΟ - Πτυχωμένο και/ή ρηγματωμένο πέτρωμα αποτελούμενο από γωνιώδη τεμάχια σχηματιζόμενα από πολλά τεμνόμενα συστήματα ασυνεχειών



ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΕΝΟ - Πτωχά αλληλοεμπλεκόμενη, κατακερματισμένη βραχομάζα, αποτελούμενη από ένα μίγμα γωνιωδών και στρογγυλεμένων βραχωδών τεμαχίων

Μειούμενη ποιότητα της επιφάνειας

Μειούμενη αλληλοεμπλοκή των βραχωδών τεμαχίων



GSI (Από πρανή οδοποιΐας)

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Εκτιμήστε τη μέση τιμή του γεωλογικού δείκτη αντοχής από τις ισαριθμητικές. Μην προσπαθείτε να είστε πολύ ακριβής. Παράθεση ενός εύρους τιμών του GSI από 36 έως 42 είναι πιά πραγματιστική από τον καθορισμό μιάς τιμής GSI=38.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ
Πολύ τραχιές, πρόσφατες μη αποσθρωμμένες επιφάνειες

ΚΑΛΗ
Τραχιές, ελαφρά αποσθρωμμένες, σίδηρο-οξειδωμένες επιφάνειες

ΜΕΤΡΙΑ
Λείες, μέτρια αποσθρωμμένες ή εξαλειωμένες επιφάνειες

ΠΤΩΧΗ
Ολισθηρές, πολύ αποσθρωμμένες επιφάνειες, με πυκνές επικαλύψεις ή γομώσεις από γωνιώδη θραύσματα

ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ
Ολισθηρές, πολύ αποσθρωμμένες επιφάνειες με μαλακές αργίλικές επικαλύψεις ή γομώσεις

Δομή του πετρώματος



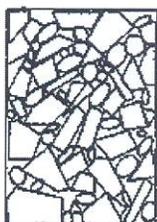
ΟΓΚΟΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ - Πολύ καλά αλληλοεμπλεκόμενη βραχομάζα, αποτελούμενη από κυβικά τεμάχια, σχηματιζόμενα από τρία, ορθογωνικά τεμνόμενα, συστήματα ασυνεχειών



ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ - Αλληλοεμπλεκόμενη, μερικά διαταραγμένη βραχομάζα, αποτελούμενη από γωνιώδη τεμάχια, πολλαπλών επιφανειών, σχηματιζόμενα από τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών



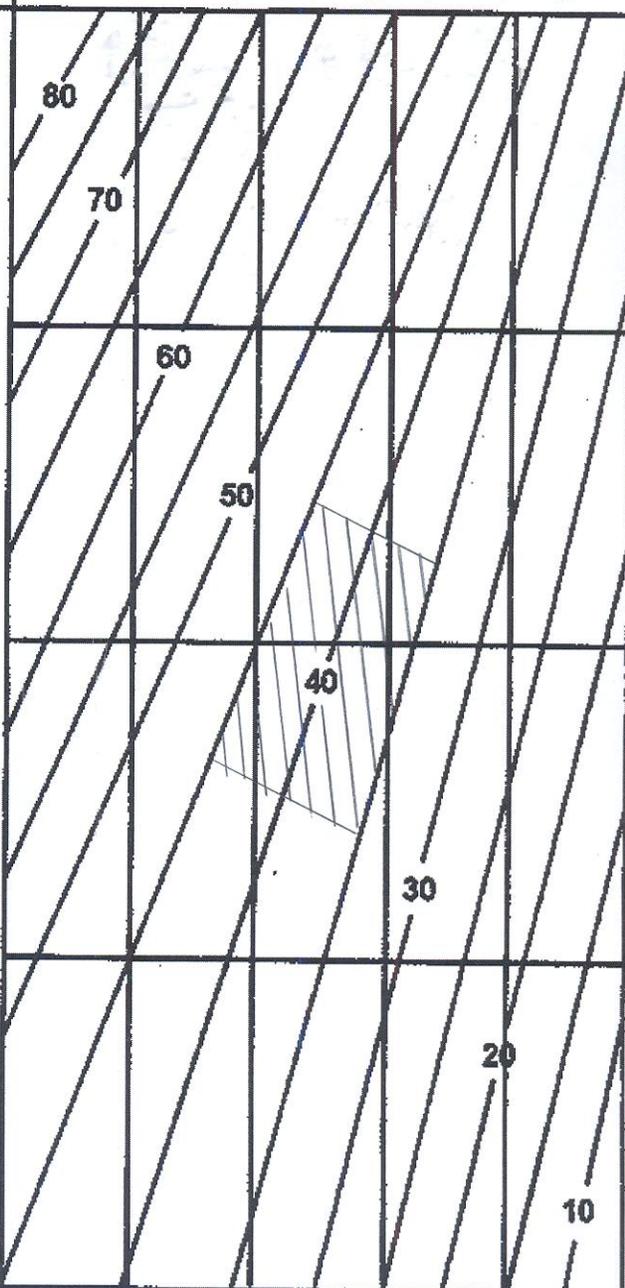
ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ/ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΟ - Πτυχωμένο και/ή ρηγματωμένο πέτρωμα αποτελούμενο από γωνιώδη τεμάχια σχηματιζόμενα από πολλά τεμνόμενα συστήματα ασυνεχειών



ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΕΝΟ - Πτωχά αλληλοεμπλεκόμενη, κατακερματισμένη βραχομάζα, αποτελούμενη από ένα μίγμα γωνιωδών και στρογγυλεμένων βραχωδών τεμαχίων

Μειούμενη ποιότητα της επιφάνειας

Μειούμενη αλληλοεμπλοκή των βραχωδών τεμαχίων



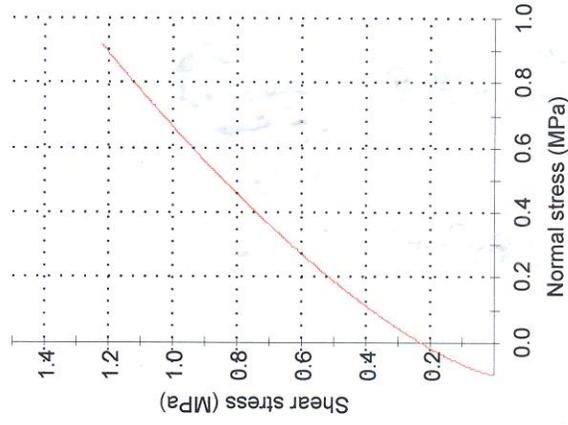
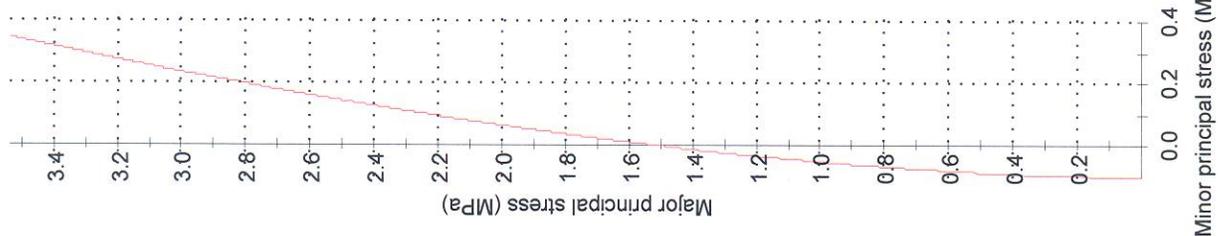
Analysis of Rock Strength using RocLab (Από χαρακτηρισμούς)

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 28 MPa
 GSI = 65 mi = 10 Disturbance factor (D) = 1
 intact modulus (Ei) = 19600 MPa
 modulus ratio (MR) = 700

Hoek-Brown Criterion
 mb = 0.821 s = 0.0029 a = 0.502

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.273 MPa friction angle = 47.71 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.100 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.498 MPa
 global strength = 3.519 MPa
 deformation modulus = 3206.42 MPa



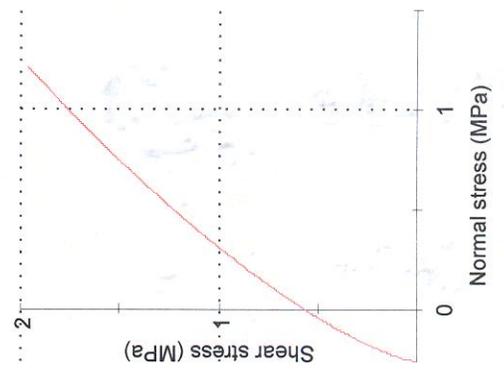
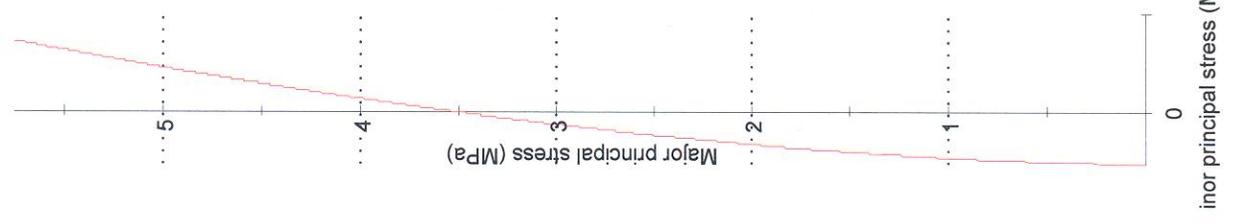
Analysis of Rock Strength using RocLab (And Response)

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 28 MPa
 GSI = 75 mi = 10 Disturbance factor (D) = 1
 intact modulus (Ei) = 19600 MPa
 modulus ratio (MR) = 700

Hoek-Brown Criterion
 mb = 1.677 s = 0.0155 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.573 MPa friction angle = 50.91 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.259 MPa
 uniaxial compressive strength = 3.473 MPa
 global strength = 5.432 MPa
 deformation modulus = 5292.00 MPa



Analysis of Rock Strength using RocLab (Ano nra vi somotias)

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 28 MPa
GSI = 35 mi = 10 Disturbance factor (D) = 1
intact modulus (Ei) = 19600 MPa
modulus ratio (MR) = 700

Hoek-Brown Criterion

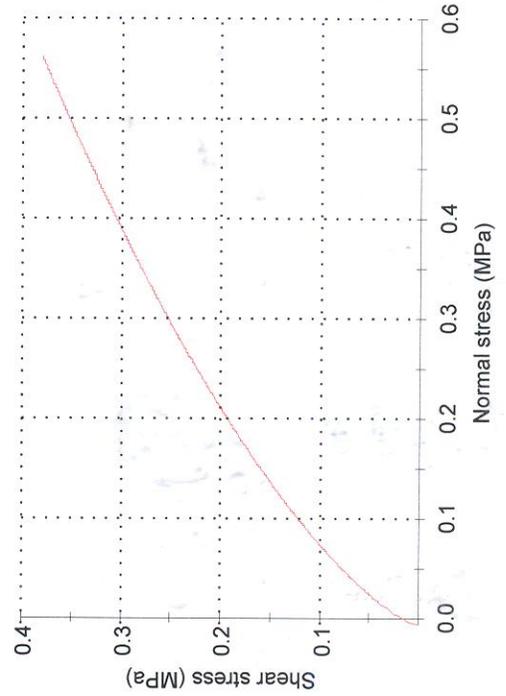
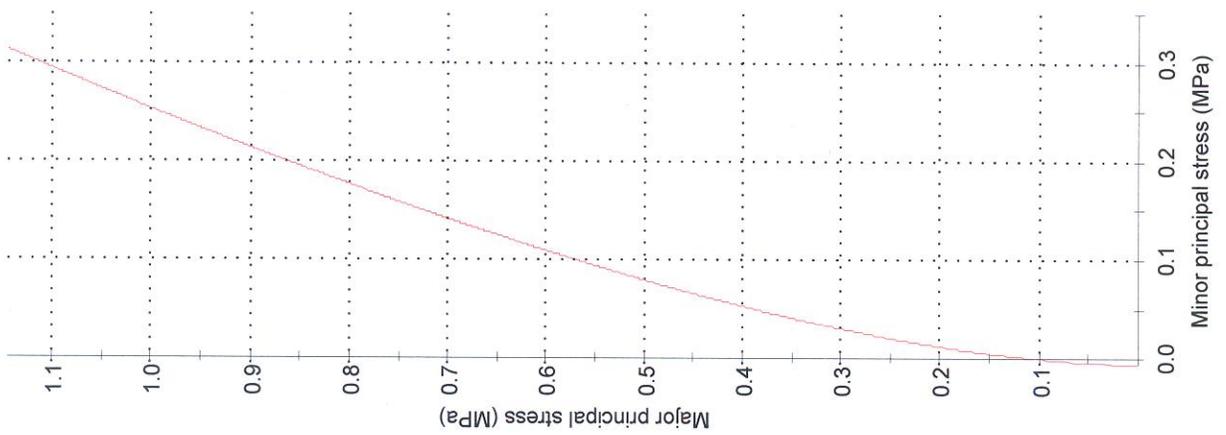
mb = 0.096 s = 1.97e-5 a = 0.516

Mohr-Coulomb Fit

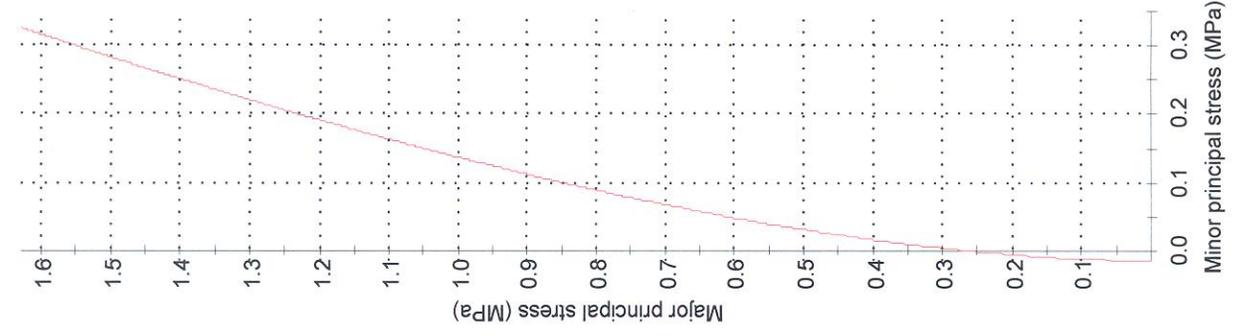
cohesion = 0.063 MPa friction angle = 30.94 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.006 MPa
uniaxial compressive strength = 0.105 MPa
global strength = 1.042 MPa
deformation modulus = 643.58 MPa



Analysis of Rock Strength using RocLab (Από ηρανή δοκιμίες)

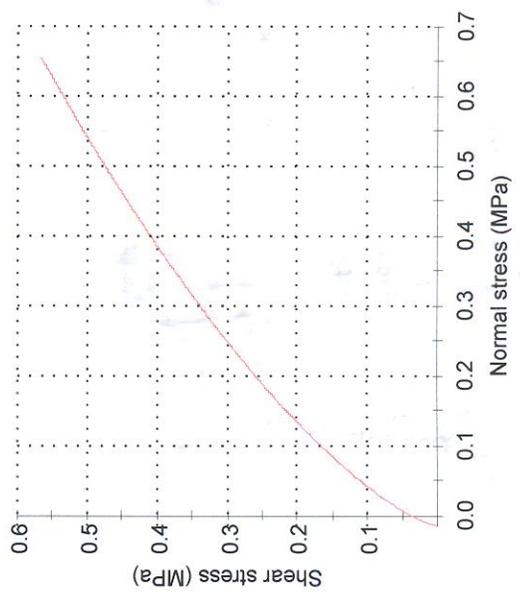


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 28 MPa
 GSI = 45 mi = 10 Disturbance factor (D) = 1
 intact modulus (E_i) = 19600 MPa
 modulus ratio (MR) = 700

Hoek-Brown Criterion
 mb = 0.197 s = 0.0001 a = 0.508

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.095 MPa friction angle = 37.37 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.015 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.266 MPa
 global strength = 1.588 MPa
 deformation modulus = 993.55 MPa



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄

Εδαφοτεχνικοί υπολογισμοί



Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/617	E-1	
Member/Location		
Drg. Ref.		
Made by ΓΙΑ	Date ΣΕΠΤ 2013	Chd ΑΔΠ

Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ

1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Ελέγχεται παρακάτω η ευστάθεια πρανούς εκσκαφής ύψους $H = 14,00$ m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 3:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 8,00 m ύψους, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη πρανών. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000 για την περίπτωση πρανών εκσκαφής με:

- οριζόντιο σεισμικό συντελεστή ίσο προς $\alpha_h = a/2$ και
- κατακόρυφο σεισμικό συντελεστή σχεδιασμού $\alpha_v = \pm \alpha_h/2$

όπου: a = σεισμικός συντελεστής περιοχής έργου = 0,16 (ζώνη I).

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του βόρειου πρανούς.

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων γενικής ευστάθειας πρανών εκσκαφής

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,48 > 1,30	Slide1
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,32 > 1,00	Slide1_seismic

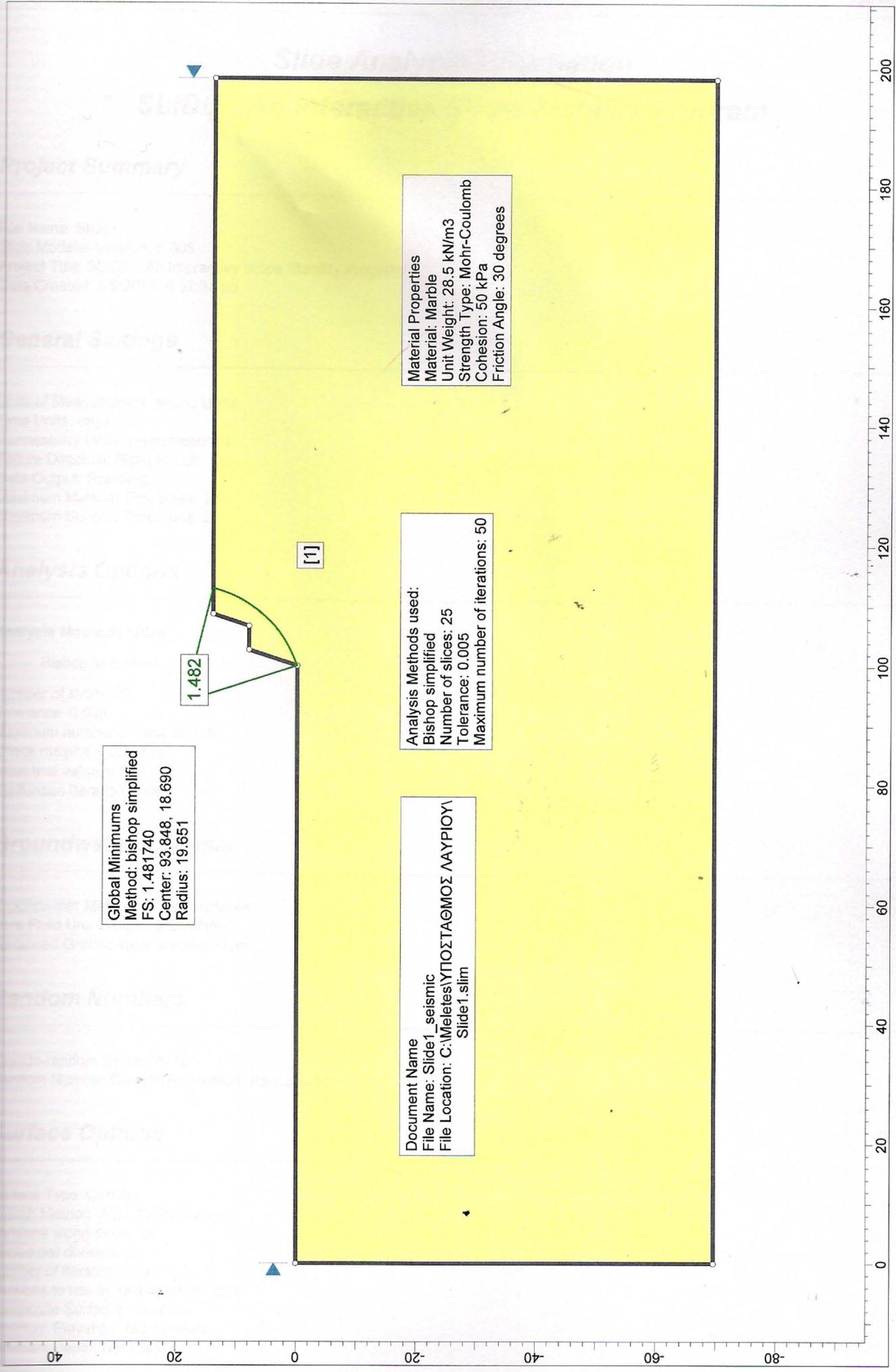
(*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα βραχώδη πρανή:

$FS_{\min} = 1,30$ (ΟΣΜΕΟ)

Σεισμική φόρτιση:

$FS_{\min} = 1,00$ (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.481740
 Center: 93.848, 18.690
 Radius: 19.651

Document Name
 File Name: Slide1_seismic
 File Location: C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΑΛΥΠΙΟΥ\
 Slide1.slm

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Material Properties
 Material: Marble
 Unit Weight: 28.5 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees

1.482

[1]

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

-80 -60 -40 -20 0 20 40

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Slide1
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 5/9/2013, 6:57:34 μμ

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
Circles per division: 20
Number of iterations: 20
Divisions to use in next iteration: 20%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Marble
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	28.5
Cohesion [kPa]	50
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.481740
 Center: 93.848, 18.690
 Radius: 19.651
 Left Slip Surface Endpoint: 100.010, 0.029
 Right Slip Surface Endpoint: 112.932, 14.000
 Resisting Moment=35079.4 kN-m
 Driving Moment=23674.4 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 16910
 Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48174

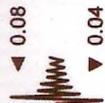
Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.516877	10.105	Marble	50	30	36.4516	54.0119	6.94874	0	6.94874
2	0.516877	30.1946	Marble	50	30	49.2632	72.9953	39.829	0	39.829
3	0.516877	50.0395	Marble	50	30	61.6221	91.3079	71.5473	0	71.5473
4	0.516877	69.6314	Marble	50	30	73.5216	108.94	102.087	0	102.087
5	0.516877	88.9607	Marble	50	30	84.953	125.878	131.425	0	131.425
6	0.516877	99.5769	Marble	50	30	90.6071	134.256	145.936	0	145.936
7	0.516877	95.7302	Marble	50	30	87.1081	129.072	136.956	0	136.956
8	0.516877	91.3588	Marble	50	30	83.3208	123.46	127.236	0	127.236
9	0.516877	86.6717	Marble	50	30	79.382	117.624	117.127	0	117.127
10	0.516877	81.6502	Marble	50	30	75.2866	111.555	106.617	0	106.617
11	0.516877	76.2729	Marble	50	30	71.0287	105.246	95.689	0	95.689
12	0.516877	70.5145	Marble	50	30	66.602	98.6869	84.3282	0	84.3282
13	0.516877	64.5119	Marble	50	30	62.0942	92.0074	72.7588	0	72.7588
14	0.516877	71.9109	Marble	50	30	65.1288	96.5039	80.5471	0	80.5471
15	0.516877	87.6485	Marble	50	30	72.5058	107.435	99.4801	0	99.4801
16	0.516877	102.845	Marble	50	30	79.1501	117.28	116.532	0	116.532
17	0.516877	116.713	Marble	50	30	84.6088	125.368	130.541	0	130.541

18	0.516877	114.172	Marble	50	30	81.157	120.254	121.683	0	121.683
19	0.516877	104.437	Marble	50	30	73.9894	109.633	103.287	0	103.287
20	0.516877	93.7615	Marble	50	30	66.41	98.4023	83.8353	0	83.8353
21	0.516877	81.9457	Marble	50	30	58.3544	86.466	63.1609	0	63.1609
22	0.516877	68.6913	Marble	50	30	49.7344	73.6934	41.0381	0	41.0381
23	0.516877	53.5214	Marble	50	30	40.4225	59.8957	17.1398	0	17.1398
24	0.516877	35.5724	Marble	50	30	30.218	44.7752	-9.04968	0	-9.04968
25	0.516877	12.8807	Marble	50	30	18.744	27.7738	-38.4969	0	-38.4969

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	0
0	-69.6174
198.077	-69.6174
198.077	14
108.667	14
106.667	8
102.667	8
100	0



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.315360
 Center: 92.635, 22.424
 Radius: 23.578

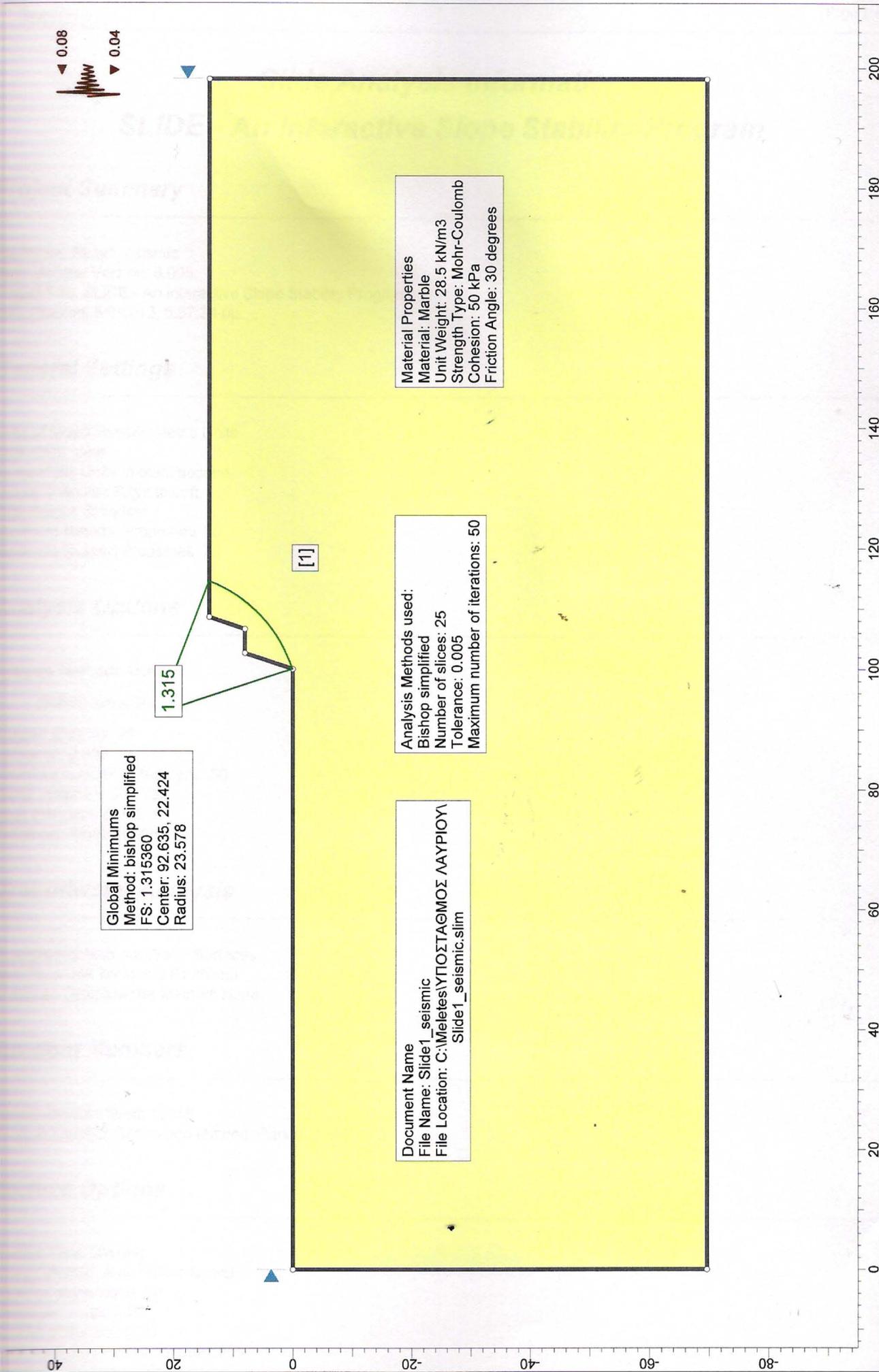
1.315

[1]

Document Name
 File Name: Slide1_seismic
 File Location: C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΕΙΟΥ
 Slide1_seismic.slim

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Material Properties
 Material: Marble
 Unit Weight: 28.5 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Slide1_seismic
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 5/9/2013, 6:57:34 μμ

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
Circles per division: 20
Number of iterations: 20
Divisions to use in next iteration: 20%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Property	Marble
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	28.5
Cohesion [kPa]	50
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.315360
 Center: 92.635, 22.424
 Radius: 23.578
 Left Slip Surface Endpoint: 100.010, 0.029
 Right Slip Surface Endpoint: 114.656, 14.000
 Resisting Moment=47338.4 kN-m
 Driving Moment=35989 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 29763
 Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31536

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.58586	12.9909	Marble	50	30	41.8289	55.0201	8.695	0	8.695
2	0.58586	38.8269	Marble	50	30	58.6566	77.1546	47.0331	0	47.0331
3	0.58586	64.3669	Marble	50	30	74.8898	98.507	84.0167	0	84.0167
4	0.58586	89.6016	Marble	50	30	90.5224	119.07	119.632	0	119.632
5	0.58586	111.35	Marble	50	30	103.497	136.135	149.191	0	149.191
6	0.58586	110.796	Marble	50	30	101.874	134	145.493	0	145.493
7	0.58586	105.699	Marble	50	30	97.3741	128.082	135.242	0	135.242
8	0.58586	100.246	Marble	50	30	92.7108	121.948	124.618	0	124.618
9	0.58586	94.4185	Marble	50	30	87.8804	115.594	113.613	0	113.613
10	0.58586	88.197	Marble	50	30	82.879	109.016	102.218	0	102.218

11	0.58586	81.5586	Marble	50	30	77.7025	102.207	90.4249	0	90.4249
12	0.58586	80.4365	Marble	50	30	75.8444	99.7627	86.1915	0	86.1915
13	0.58586	100.297	Marble	50	30	86.0765	113.222	109.503	0	109.503
14	0.58586	121.578	Marble	50	30	96.6651	127.149	133.627	0	133.627
15	0.58586	141.574	Marble	50	30	106.02	139.455	154.941	0	154.941
16	0.58586	141.2	Marble	50	30	103.717	136.425	149.692	0	149.692
17	0.58586	131.314	Marble	50	30	96.2105	126.552	132.592	0	132.592
18	0.58586	120.689	Marble	50	30	88.4096	116.29	114.819	0	114.819
19	0.58586	109.228	Marble	50	30	80.2914	105.612	96.3229	0	96.3229
20	0.58586	96.8097	Marble	50	30	71.829	94.481	77.0434	0	77.0434
21	0.58586	83.2745	Marble	50	30	62.9911	82.856	56.9082	0	56.9082
22	0.58586	68.4031	Marble	50	30	53.7403	70.6878	35.8323	0	35.8323
23	0.58586	51.8819	Marble	50	30	44.0322	57.9182	13.7148	0	13.7148
24	0.58586	33.2323	Marble	50	30	33.8159	44.4801	-9.56077	0	-9.56077
25	0.58586	11.6512	Marble	50	30	23.0378	30.303	-34.1162	0	-34.1162

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	0
0	-69.6174
198.077	-69.6174
198.077	14
108.667	14
106.667	8
102.667	8
100	0



Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/617	E-10	
Member/Location		
Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ		
Drg. Ref.		
Made by ΓΙΑ	Date ΣΕΠΤ 2013	Chd ΑΔΠ

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Ελέγχεται παρακάτω η ευστάθεια επιχώματος μεγίστου ύψους $H = 10,00$ m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 2:3 (κατ:οριζ) και το οποίο βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη επίχωσης. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000, λαμβάνοντας υπόψη πρόσθετες οριζόντιες ενεργές επιταχύνσεις της μάζας τους, που μεταβάλλονται από $\alpha_B = 0,5 \cdot a$ στη βάση, μέχρι $\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T)$ στην κορυφή (άρθρο 5.4.2 [1] του ΕΑΚ-2000), όπου:

a = η ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους = 0,16g (Ζώνη Ι, ΕΑΚ-2000)

$\beta(T)$ = η φασματική μεγέθυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T του έργου $\leq 2,5$

Λαμβάνοντας συντηρητικά $\beta(T) = 2,50$ έχουμε:

$$\alpha_B = a/2 = 0,16g/2 = 0,08g$$

$$\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T) = 2,5 \cdot 0,08g = 0,20g$$

οπότε μετά από αντικατάσταση:

$$\alpha_h = (\alpha_B + \alpha_K)/2 = (0,08 + 0,20) \cdot g/2 = 0,14g$$

$$\alpha_v = \pm 0,50 \cdot \alpha_h = \pm 0,07g.$$

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του επιχώματος.

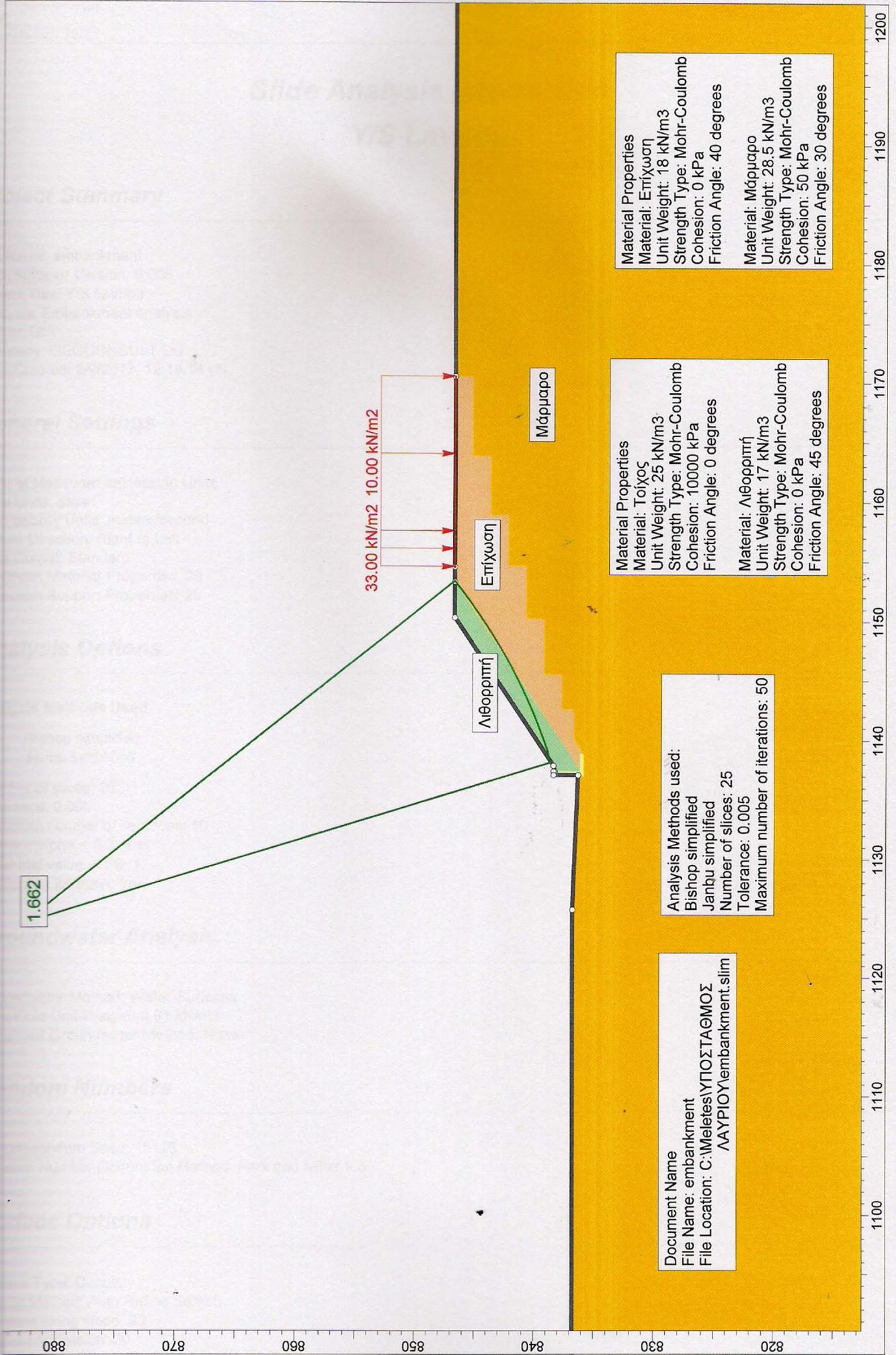
Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας επιχώματος

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,66 > 1,38	embankment
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,21 > 1,00	embankment_seismic

(*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα πρανή: $FS_{min} = 1,38$ (Ευρωκώδικας EC-7)

Σεισμική φόρτιση: $FS_{min} = 1,00$ (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)



1.662

33.00 kN/m² 10.00 kN/m²

Λιθορριπή

Επίχωση

Μάρμαρο

Document Name
 File Name: embankment
 File Location: C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ
 \ΑΥΠΙΟΥ\embankment.slim

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Material Properties
 Material: Τοίχος
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 10000 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Material: Λιθορριπή
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 45 degrees

Material Properties
 Material: Επίχωση
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 40 degrees
 Material: Μάρμαρο
 Unit Weight: 28.5 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees

1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200

880 870 860 850 840 830 820

Slide Analysis Information

Y/S Lavriou

Project Summary

File Name: embankment
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: Y/S Lavriou
Analysis: Embankment analysis
Author: GIA
Company: GEOCONSULT Ltd
Date Created: 6/9/2013, 12:18:14 μμ

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
Circles per division: 20
Number of iterations: 20
Divisions to use in next iteration: 20%

Composite Surfaces: Disabled
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: 2

Loading

2 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kN/m2]: 33
 Orientation: Normal to boundary

Distributed Load 2

Distribution: Constant
 Magnitude [kN/m2]: 10
 Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Τοίχος	Λιθορριπή	Επίχωση	Μάρμαρο
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	25	17	18	28.5
Cohesion [kPa]	10000	0	0	50
Friction Angle [deg]	0	45	40	30
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.661640
 Center: 1124.531, 882.570
 Radius: 46.082
 Left Slip Surface Endpoint: 1138.115, 838.535
 Right Slip Surface Endpoint: 1153.385, 846.639
 Resisting Moment=13780.4 kN-m
 Driving Moment=8293.26 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.640920
 Center: 1124.531, 882.570
 Radius: 46.082
 Left Slip Surface Endpoint: 1138.115, 838.535
 Right Slip Surface Endpoint: 1153.385, 846.639
 Resisting Horizontal Force=260.901 kN
 Driving Horizontal Force=158.997 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 28009
 Number of Invalid Surfaces: 33

Error Codes:

Error Code -112 reported for 33 surfaces

Method: Janbu Simplified

Number of Valid Surfaces: 27940
 Number of Invalid Surfaces: 102

Error Codes:

Error Code -108 reported for 100 surfaces
 Error Code -112 reported for 2 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-112 = The coefficient M-Alpha = $\cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F) < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.66164

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.612116	1.11141	Λιθορριπή	0	45	0.918045	1.52546	1.52546	0	1.52546
2	0.612116	3.28509	Λιθορριπή	0	45	2.69255	4.47405	4.47406	0	4.47406
3	0.612116	5.35982	Λιθορριπή	0	45	4.35884	7.24283	7.24283	0	7.24283
4	0.612116	7.33417	Λιθορριπή	0	45	5.91771	9.8331	9.8331	0	9.8331
5	0.612116	9.20661	Λιθορριπή	0	45	7.36983	12.246	12.246	0	12.246
6	0.612116	10.9755	Λιθορριπή	0	45	8.71591	14.4827	14.4827	0	14.4827
7	0.612116	12.6392	Λιθορριπή	0	45	9.95643	16.544	16.544	0	16.544
8	0.612116	14.1958	Λιθορριπή	0	45	11.0919	18.4307	18.4307	0	18.4307
9	0.612116	15.6433	Λιθορριπή	0	45	12.1227	20.1436	20.1435	0	20.1435
10	0.612116	16.9797	Λιθορριπή	0	45	13.0492	21.6831	21.6831	0	21.6831
11	0.612116	18.2026	Λιθορριπή	0	45	13.8717	23.0498	23.0498	0	23.0498
12	0.612116	19.3098	Λιθορριπή	0	45	14.5905	24.2441	24.244	0	24.244
13	0.612116	20.2986	Λιθορριπή	0	45	15.2055	25.266	25.266	0	25.266
14	0.609374	21.0934	Επίχωση	0	40	13.7432	22.8362	27.2151	0	27.2151
15	0.609374	21.8744	Επίχωση	0	40	14.1419	23.4988	28.0047	0	28.0047
16	0.609374	22.5227	Επίχωση	0	40	14.4465	24.0049	28.6079	0	28.6079
17	0.609374	23.0347	Επίχωση	0	40	14.6566	24.354	29.0239	0	29.0239
18	0.609374	23.4067	Επίχωση	0	40	14.7716	24.5451	29.2517	0	29.2517
19	0.609374	23.6346	Επίχωση	0	40	14.7911	24.5775	29.2902	0	29.2902
20	0.609374	23.7057	Επίχωση	0	40	14.7092	24.4414	29.1281	0	29.1281
21	0.609374	21.2752	Επίχωση	0	40	13.086	21.7442	25.9137	0	25.9137
22	0.609374	16.845	Επίχωση	0	40	10.2685	17.0626	20.3344	0	20.3344
23	0.609374	12.2513	Επίχωση	0	40	7.3998	12.2958	14.6536	0	14.6536
24	0.609374	7.48806	Επίχωση	0	40	4.48026	7.44458	8.8721	0	8.8721
25	0.609374	2.54656	Επίχωση	0	40	1.5089	2.50725	2.98804	0	2.98804

Global Minimum Query (Janbu Simplified) - Safety Factor: 1.64092

Slice	Width	Weight	Base	Base	Base Friction	Shear	Shear	Base Normal	Pore	Effective Normal
-------	-------	--------	------	------	---------------	-------	-------	-------------	------	------------------

Number	[m]	[kN]	Material	[kPa]	Angle [degrees]	[kPa]	[kPa]	Stress [kPa]	[kPa]	Stress [kPa]
1	0.612115	1.1114	Λιθορριπή	0	45	0.927766	1.52239	1.52239	0	1.52239
2	0.612115	3.28508	Λιθορριπή	0	45	2.72083	4.46466	4.46465	0	4.46465
3	0.612115	5.3598	Λιθορριπή	0	45	4.40426	7.22704	7.22704	0	7.22704
4	0.612115	7.33414	Λιθορριπή	0	45	5.97888	9.81086	9.81085	0	9.81085
5	0.612115	9.20659	Λιθορριπή	0	45	7.4454	12.2173	12.2173	0	12.2173
6	0.612115	10.9755	Λιθορριπή	0	45	8.80457	14.4476	14.4476	0	14.4476
7	0.612115	12.6392	Λιθορριπή	0	45	10.0569	16.5025	16.5025	0	16.5025
8	0.612115	14.1958	Λιθορριπή	0	45	11.2029	18.383	18.383	0	18.383
9	0.612115	15.6433	Λιθορριπή	0	45	12.243	20.0898	20.0897	0	20.0897
10	0.612115	16.9796	Λιθορριπή	0	45	13.1776	21.6234	21.6235	0	21.6235
11	0.612115	18.2026	Λιθορριπή	0	45	14.0071	22.9845	22.9845	0	22.9845
12	0.612115	19.3098	Λιθορριπή	0	45	14.7316	24.1733	24.1733	0	24.1733
13	0.612115	20.2986	Λιθορριπή	0	45	15.3513	25.1902	25.1902	0	25.1902
14	0.609376	21.0935	Επίχωση	0	40	13.8792	22.7747	27.1417	0	27.1417
15	0.609376	21.8745	Επίχωση	0	40	14.2808	23.4337	27.9272	0	27.9272
16	0.609376	22.5228	Επίχωση	0	40	14.5873	23.9366	28.5264	0	28.5264
17	0.609376	23.0348	Επίχωση	0	40	14.7982	24.2827	28.939	0	28.939
18	0.609376	23.4068	Επίχωση	0	40	14.9132	24.4714	29.1638	0	29.1638
19	0.609376	23.6347	Επίχωση	0	40	14.9317	24.5017	29.2	0	29.2
20	0.609376	23.7058	Επίχωση	0	40	14.8478	24.364	29.0359	0	29.0359
21	0.609376	21.2753	Επίχωση	0	40	13.2083	21.6737	25.8297	0	25.8297
22	0.609376	16.8451	Επίχωση	0	40	10.3636	17.0058	20.2667	0	20.2667
23	0.609376	12.2513	Επίχωση	0	40	7.4677	12.2539	14.6037	0	14.6037
24	0.609376	7.48811	Επίχωση	0	40	4.52096	7.41853	8.84107	0	8.84107
25	0.609376	2.54657	Επίχωση	0	40	1.52248	2.49826	2.97732	0	2.97732

List Of Coordinates

Line Load

X	Y
1157.55	846.639
1154.55	846.639

Line Load

X	Y
1170.55	846.639
1157.57	846.639

External Boundary

X	Y
1153.3	846.639
1150.3	846.639
1137.85	838.359
1137.37	838.239
1137.37	838.339
1137.07	838.339
1137.07	836.279
1125.7	836.739
1075.7	836.739
1075.7	783.36
1215.94	783.36
1215.94	846.639

1170.55	846.639
1154.55	846.639

Material Boundary

X	Y
1138.77	835.839
1140.07	836.639
1142.59	836.639
1142.59	837.639
1145.52	837.639
1145.52	839.139
1150.21	839.139
1150.21	840.639
1154.64	840.639
1154.64	842.139
1158.89	842.139
1158.89	843.639
1163.85	843.639
1163.85	845.139
1170.55	845.139
1170.55	846.639

Material Boundary

X	Y
1137.37	838.239
1137.37	836.139
1137.51	836.139
1153.3	846.639

Material Boundary

X	Y
1137.07	836.279
1137.07	836.139
1136.92	836.139
1136.92	835.839
1138.77	835.839
1138.77	836.139
1137.51	836.139



Slide Analysis YS Lev

Project Summary

Model Description: Embankment
 Model Version: 8.0.0
 Project Title: Y/S Lev
 Analysis Method: Simplified
 Analysis Date: 2023-10-14 14:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Result Units: m, kN/m², kPa
 Safety Factor: Standard
 Maximum Search Depth: 30
 Maximum Search Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Groundwater Analysis

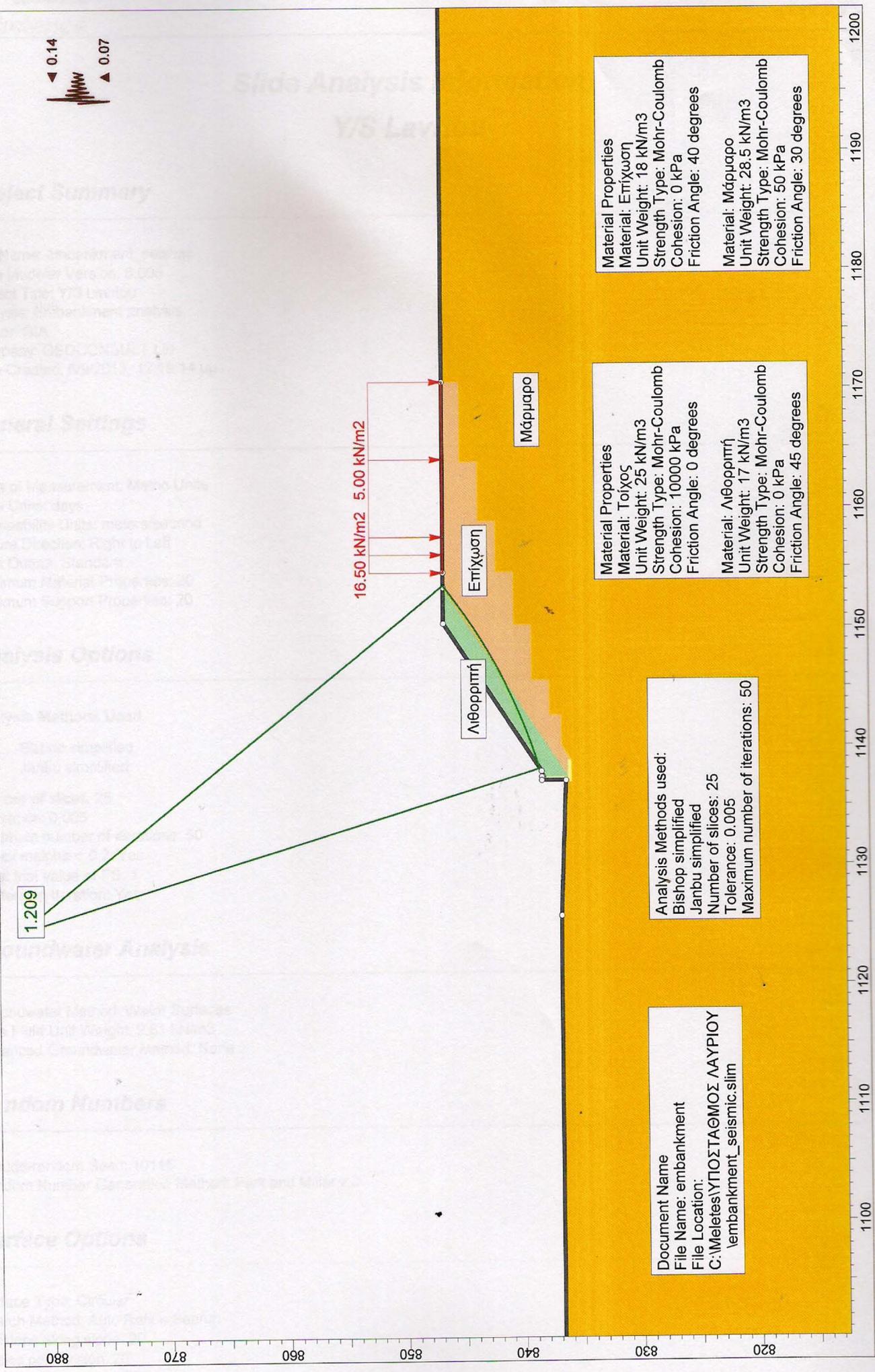
Groundwater Method: Water Surface
 Soil Unit Weight: 25 kN/m³
 Advanced Groundwater method: None

Random Numbers

Seed Number: 10114
 Seed Number Generation Method: Pseudo Random

Surface Options

Slide Type: Other
 Search Method: Topography



1.209

16.50 kN/m² 5.00 kN/m²

Λιθοπηγή

Επίχωση

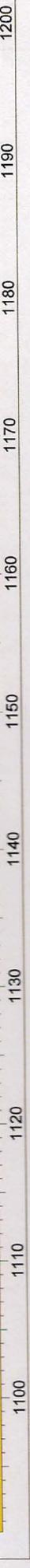
Μάρμαρο

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Document Name
 File Name: embankment
 File Location:
 C:\Meletes\ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ
 \embankment_seismic.slim

Material Properties
 Material: Επίχωση
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 40 degrees
 Material: Μάρμαρο
 Unit Weight: 28.5 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 30 degrees

Material Properties
 Material: Τοίχος
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 10000 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Material: Λιθοπηγή
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 45 degrees



Slide Analysis Information

Y/S Lavriou

Project Summary

File Name: embankment_seismic
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: Y/S Lavriou
Analysis: Embankment analysis
Author: GIA
Company: GEOCONSULT Ltd
Date Created: 6/9/2013, 12:18:14 μμ

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
Circles per division: 20
Number of iterations: 20
Divisions to use in next iteration: 20%

Composite Surfaces: Disabled
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: 2

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.14
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.07
 2 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kN/m²]: 16.5
 Orientation: Normal to boundary

Distributed Load 2

Distribution: Constant
 Magnitude [kN/m²]: 5
 Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Τοίχος	Λιθορριπή	Επίχωση	Μάρμαρο
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	25	17	18	28.5
Cohesion [kPa]	10000	0	0	50
Friction Angle [deg]	0	45	40	30
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.208840
 Center: 1124.586, 882.658
 Radius: 46.166
 Left Slip Surface Endpoint: 1138.070, 838.505
 Right Slip Surface Endpoint: 1153.463, 846.639
 Resisting Moment=12112.4 kN-m
 Driving Moment=10019.9 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.185940
 Center: 1124.586, 882.658
 Radius: 46.166
 Left Slip Surface Endpoint: 1138.070, 838.505
 Right Slip Surface Endpoint: 1153.463, 846.639
 Resisting Horizontal Force=228.455 kN
 Driving Horizontal Force=192.636 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 31001
 Number of Invalid Surfaces: 12

Error Codes:

Error Code -112 reported for 12 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 30794
 Number of Invalid Surfaces: 219

Error Codes:

Error Code -108 reported for 135 surfaces
 Error Code -112 reported for 84 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20884

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.596664	1.066	Λιθορριπή	0	45	1.09249	1.32064	1.32064	0	1.32064
2	0.596664	3.15271	Λιθορριπή	0	45	3.19964	3.86785	3.86785	0	3.86785
3	0.596664	5.14825	Λιθορριπή	0	45	5.17391	6.25443	6.25444	0	6.25444
4	0.596664	7.05136	Λιθορριπή	0	45	7.01709	8.48254	8.48254	0	8.48254
5	0.596664	8.86069	Λιθορριπή	0	45	8.73085	10.5542	10.5542	0	10.5542
6	0.596664	10.5748	Λιθορριπή	0	45	10.3167	12.4712	12.4712	0	12.4712
7	0.596664	12.1922	Λιθορριπή	0	45	11.7762	14.2355	14.2355	0	14.2355
8	0.596664	13.7112	Λιθορριπή	0	45	13.1106	15.8486	15.8485	0	15.8485
9	0.596664	15.1302	Λιθορριπή	0	45	14.3212	17.312	17.312	0	17.312
10	0.596664	16.4473	Λιθορριπή	0	45	15.4092	18.6272	18.6272	0	18.6272
11	0.596664	17.6605	Λιθορριπή	0	45	16.3757	19.7956	19.7956	0	19.7956
12	0.596664	18.7677	Λιθορριπή	0	45	17.2216	20.8182	20.8183	0	20.8183
13	0.596664	19.7668	Λιθορριπή	0	45	17.948	21.6963	21.6963	0	21.6963
14	0.636367	22.0849	Επίχωση	0	40	16.4046	19.8305	23.6331	0	23.6331
15	0.636367	23.0096	Επίχωση	0	40	16.9183	20.4515	24.3731	0	24.3731
16	0.636367	23.7852	Επίχωση	0	40	17.3086	20.9233	24.9353	0	24.9353
17	0.636367	24.4077	Επίχωση	0	40	17.5757	21.2462	25.3203	0	25.3203
18	0.636367	24.8728	Επίχωση	0	40	17.7199	21.4205	25.528	0	25.528
19	0.636367	25.1758	Επίχωση	0	40	17.7411	21.4462	25.5586	0	25.5586
20	0.636367	25.3118	Επίχωση	0	40	17.6395	21.3233	25.4121	0	25.4121
21	0.636367	23.1134	Επίχωση	0	40	15.9253	19.2512	22.9427	0	22.9427
22	0.636367	18.3217	Επίχωση	0	40	12.4777	15.0836	17.976	0	17.976
23	0.636367	13.3434	Επίχωση	0	40	8.97977	10.8551	12.9366	0	12.9366
24	0.636367	8.17354	Επίχωση	0	40	5.43374	6.56852	7.82806	0	7.82806
25	0.636367	2.79565	Επίχωση	0	40	1.83534	2.21863	2.64406	0	2.64406

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.18594

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.596663	1.066	Λιθορριπή	0	45	1.10864	1.31478	1.31478	0	1.31478
2	0.596663	3.15271	Λιθορριπή	0	45	3.24642	3.85006	3.85007	0	3.85007
3	0.596663	5.14824	Λιθορριπή	0	45	5.2487	6.22464	6.22464	0	6.22464
4	0.596663	7.05134	Λιθορριπή	0	45	7.11734	8.44074	8.44075	0	8.44075
5	0.596663	8.86067	Λιθορριπή	0	45	8.85416	10.5005	10.5005	0	10.5005
6	0.596663	10.5748	Λιθορριπή	0	45	10.4606	12.4057	12.4057	0	12.4057
7	0.596663	12.1922	Λιθορριπή	0	45	11.9385	14.1584	14.1584	0	14.1584
8	0.596663	13.7112	Λιθορριπή	0	45	13.2892	15.7602	15.7603	0	15.7603
9	0.596663	15.1302	Λιθορριπή	0	45	14.514	17.2127	17.2127	0	17.2127
10	0.596663	16.4473	Λιθορριπή	0	45	15.6141	18.5174	18.5175	0	18.5175
11	0.596663	17.6604	Λιθορριπή	0	45	16.5908	19.6757	19.6756	0	19.6756
12	0.596663	18.7677	Λιθορριπή	0	45	17.4451	20.6888	20.6888	0	20.6888
13	0.596663	19.7668	Λιθορριπή	0	45	18.1779	21.5579	21.558	0	21.558
14	0.636368	22.0849	Επίχωση	0	40	16.6248	19.716	23.4966	0	23.4966
15	0.636368	23.0096	Επίχωση	0	40	17.1426	20.3301	24.2285	0	24.2285
16	0.636368	23.7852	Επίχωση	0	40	17.5353	20.7958	24.7834	0	24.7834
17	0.636368	24.4078	Επίχωση	0	40	17.803	21.1133	25.1619	0	25.1619
18	0.636368	24.8728	Επίχωση	0	40	17.9462	21.2831	25.3642	0	25.3642
19	0.636368	25.1759	Επίχωση	0	40	17.9647	21.3051	25.3905	0	25.3905
20	0.636368	25.3119	Επίχωση	0	40	17.8588	21.1795	25.2408	0	25.2408
21	0.636368	23.1135	Επίχωση	0	40	16.1207	19.1182	22.7841	0	22.7841
22	0.636368	18.3217	Επίχωση	0	40	12.6287	14.9769	17.8488	0	17.8488
23	0.636368	13.3435	Επίχωση	0	40	9.0868	10.7764	12.8428	0	12.8428
24	0.636368	8.17358	Επίχωση	0	40	5.49757	6.51979	7.76998	0	7.76998
25	0.636368	2.79566	Επίχωση	0	40	1.85658	2.20179	2.62398	0	2.62398

List Of Coordinates

Line Load

X	Y
1157.55	846.639
1154.55	846.639

Line Load

X	Y
1170.55	846.639
1157.57	846.639

External Boundary

X	Y
1153.3	846.639
1150.3	846.639
1137.85	838.359
1137.37	838.239
1137.37	838.339
1137.07	838.339
1137.07	836.279
1125.7	836.739
1075.7	836.739

1075.7	783.36
1215.94	783.36
1215.94	846.639
1170.55	846.639
1154.55	846.639

Material Boundary

X	Y
1138.77	835.839
1140.07	836.639
1142.59	836.639
1142.59	837.639
1145.52	837.639
1145.52	839.139
1150.21	839.139
1150.21	840.639
1154.64	840.639
1154.64	842.139
1158.89	842.139
1158.89	843.639
1163.85	843.639
1163.85	845.139
1170.55	845.139
1170.55	846.639

Material Boundary

X	Y
1137.37	838.239
1137.37	836.139
1137.51	836.139
1153.3	846.639

Material Boundary

X	Y
1137.07	836.279
1137.07	836.139
1136.92	836.139
1136.92	835.839
1138.77	835.839
1138.77	836.139
1137.51	836.139



Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/617	E-23	
Member/Location		
Drg. Ref.		
Made by	ΓΙΑ	Date ΣΕΠΤ 2013 Chd ΑΔΠ

Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Πραγματοποιείται παρακάτω στατιστική επεξεργασία των δυνητικών τροχιών βραχωδών τεμαχών που αποκολλώνται από ένα σημείο του πρανούς και εξετάζεται η απόσταση όπου αυτά μπορεί να φτάσουν από τον πόδα του πρανούς καθώς και η κινητική τους ενέργεια. Σημειώνεται ότι η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για αποκόλληση βραχωδών τεμαχών από οποιοδήποτε σημείο του πρανούς. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση αμμοχαλικώδους υλικού στους αναβαθμούς και στον πόδα του πρανούς και με τοίχο ανασχεσης στον πόδα του πρανούς. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό RocFall της ROCKSCIENCE.

RocFall Analysis Information

Topography Name:

File Name:

Project Name:

Units:

Entity Type: Use Value Info specified in model

Minimum Velocity: 0.1

Surface: Weight of the rock CONSIDERED

Weathering: WEATHERING USED when generating slope variables

Weathering: Random generation: Random

Slope:

Sample 1: Use Value Info specified in model

Sample 2: Use Value Info specified in model

Sample 3: Use Value Info specified in model

Sample 4: Use Value Info specified in model

Sample 5: Use Value Info specified in model

Sample 6: Use Value Info specified in model

Sample 7: Use Value Info specified in model

Sample 8: Use Value Info specified in model

Sample 9: Use Value Info specified in model

Sample 10: Use Value Info specified in model

Sample 11: Use Value Info specified in model

Sample 12: Use Value Info specified in model

Sample 13: Use Value Info specified in model

Sample 14: Use Value Info specified in model

Sample 15: Use Value Info specified in model

Sample 16: Use Value Info specified in model

Sample 17: Use Value Info specified in model

Sample 18: Use Value Info specified in model

Sample 19: Use Value Info specified in model

Sample 20: Use Value Info specified in model

Sample 21: Use Value Info specified in model

Sample 22: Use Value Info specified in model

Sample 23: Use Value Info specified in model

Sample 24: Use Value Info specified in model

Sample 25: Use Value Info specified in model

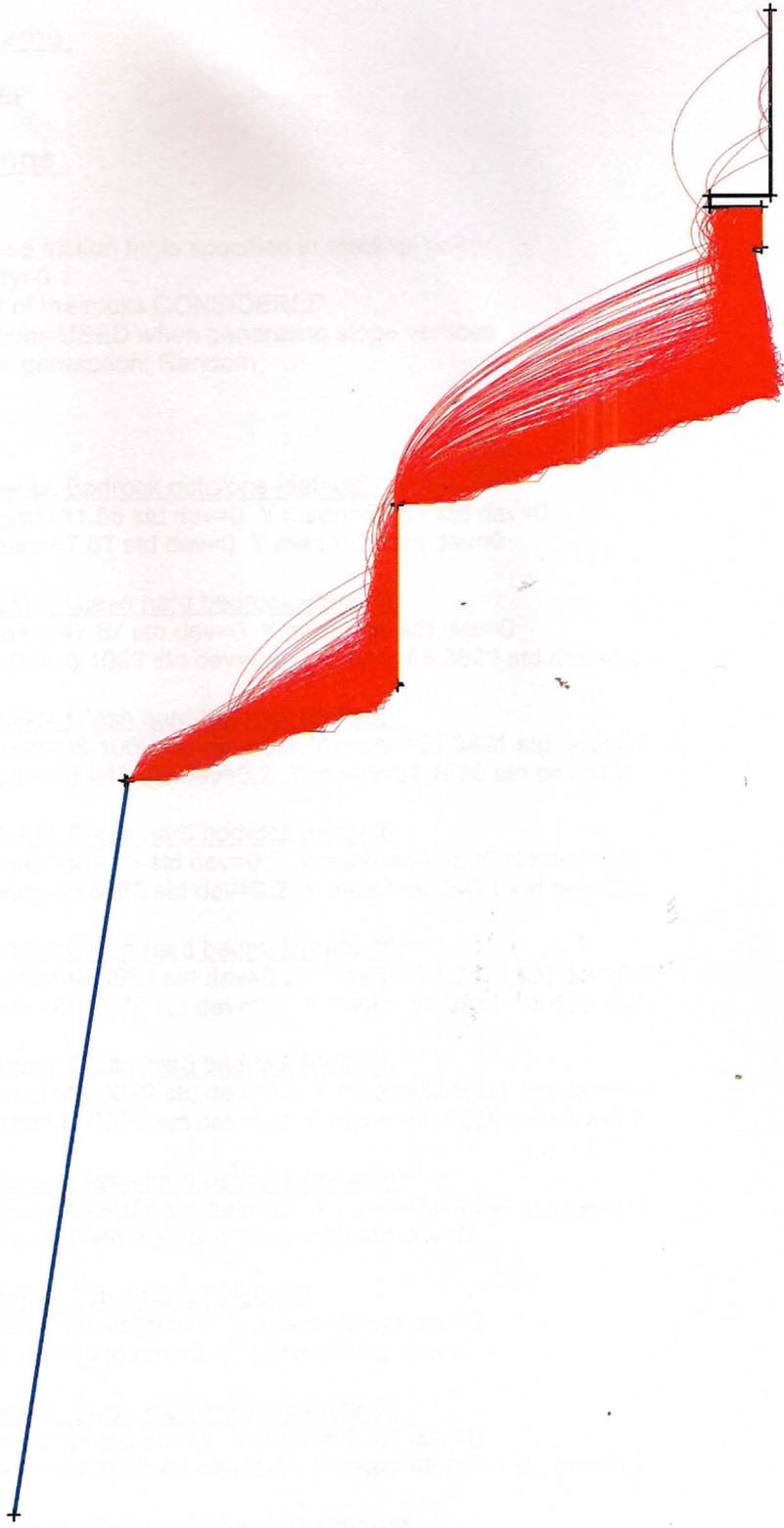
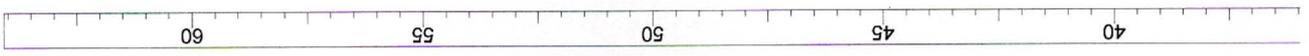
Sample 26: Use Value Info specified in model

Sample 27: Use Value Info specified in model

Sample 28: Use Value Info specified in model

Sample 29: Use Value Info specified in model

Sample 30: Use Value Info specified in model



RocFall Analysis Information

Document Name

Rock_FINAL_SEP

Project Settings

Units: Metric

Friction angle: Use friction angle specified in material editor

Minimum Velocity=0.1

Angular Velocity of the rocks CONSIDERED

Standard Deviations USED when generating slope vertices

Random-number generation: Random

Slope

Segment 1, Material: Bedrock outcrops [default]

Start Point: X mean=31.55 std dev=0 Y mean=58.57 std dev=0

End Point: X mean=47.87 std dev=0 Y mean=56 std dev=0

Segment 2, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=47.87 std dev=0 Y mean=56 std dev=0

End Point: X mean=48.1069 std dev=0.2 Y mean=55.3821 std dev=0.2

Segment 3, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=48.1069 std dev=0.2 Y mean=55.3821 std dev=0.2

End Point: X mean=48.449 std dev=0.2 Y mean=54.4895 std dev=0.2

Segment 4, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=48.449 std dev=0.2 Y mean=54.4895 std dev=0.2

End Point: X mean=48.8862 std dev=0.2 Y mean=53.3491 std dev=0.2

Segment 5, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=48.8862 std dev=0.2 Y mean=53.3491 std dev=0.2

End Point: X mean=49.3079 std dev=0.2 Y mean=52.0811 std dev=0.2

Segment 6, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.3079 std dev=0.2 Y mean=52.0811 std dev=0.2

End Point: X mean=49.6978 std dev=0.2 Y mean=50.9086 std dev=0.2

Segment 7, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.6978 std dev=0.2 Y mean=50.9086 std dev=0.2

End Point: X mean=50 std dev=0 Y mean=50 std dev=0

Segment 8, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=50 std dev=0 Y mean=50 std dev=0

End Point: X mean=54 std dev=0 Y mean=50 std dev=0

Segment 9, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54 std dev=0 Y mean=50 std dev=0

End Point: X mean=54.3366 std dev=0.2 Y mean=48.9914 std dev=0.2

Segment 10, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.3366 std dev=0.2 Y mean=48.9914 std dev=0.2

End Point: X mean=54.8061 std dev=0.2 Y mean=47.5848 std dev=0.2

Segment 11, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.8061 std dev=0.2 Y mean=47.5848 std dev=0.2

End Point: X mean=55.2378 std dev=0.2 Y mean=46.2912 std dev=0.2

Segment 12, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=55.2378 std dev=0.2 Y mean=46.2912 std dev=0.2

End Point: X mean=55.6985 std dev=0.2 Y mean=44.9109 std dev=0.2

Segment 13, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=55.6985 std dev=0.2 Y mean=44.9109 std dev=0.2

End Point: X mean=56.2838 std dev=0.2 Y mean=43.1571 std dev=0.2

Segment 14, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=56.2838 std dev=0.2 Y mean=43.1571 std dev=0.2

End Point: X mean=56.67 std dev=0.2 Y mean=42 std dev=0.2

Segment 15, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=56.67 std dev=0.2 Y mean=42 std dev=0.2

End Point: X mean=59.61 std dev=0 Y mean=42.06 std dev=0

Segment 16, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=59.61 std dev=0 Y mean=42.06 std dev=0

End Point: X mean=59.61 std dev=0 Y mean=42.11 std dev=0

Segment 17, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=59.61 std dev=0 Y mean=42.11 std dev=0

End Point: X mean=59.71 std dev=0 Y mean=42.11 std dev=0

Segment 18, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=59.71 std dev=0 Y mean=42.11 std dev=0

End Point: X mean=59.71 std dev=0 Y mean=41.91 std dev=0

Segment 19, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=59.71 std dev=0 Y mean=41.91 std dev=0

End Point: X mean=60.61 std dev=0 Y mean=41.91 std dev=0

Segment 20, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=60.61 std dev=0 Y mean=41.91 std dev=0

End Point: X mean=60.61 std dev=0 Y mean=43.06 std dev=0

Segment 21, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=60.61 std dev=0 Y mean=43.06 std dev=0

End Point: X mean=60.86 std dev=0 Y mean=43.06 std dev=0

Segment 22, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=60.86 std dev=0 Y mean=43.06 std dev=0

End Point: X mean=60.86 std dev=0 Y mean=41.71 std dev=0

Segment 23, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=60.86 std dev=0 Y mean=41.71 std dev=0

End Point: X mean=65 std dev=0 Y mean=41.71 std dev=0

Materials

Material name: Clean hard bedrock [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.53 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.99 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Asphalt [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.4 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.9 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Bedrock outcrops [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.35 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.85 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Talus Cover [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.32 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.82 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Seeders

Line Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0
Vertical Velocity: mean=0, std dev=0
Mass: mean=1000, std dev=0
Angular Velocity: mean=0, std dev=0
Location (Vertex 1): 54.028, 49.992
Location (Vertex 2): 56.694, 42.028

Line Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0
Vertical Velocity: mean=0, std dev=0
Mass: mean=1000, std dev=0
Angular Velocity: mean=0, std dev=0
Location (Vertex 1): 47.894, 56.062
Location (Vertex 2): 50.046, 50.024



Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/617	E-28	
Member/Location		
Drg. Ref.		
Made by	Date	Chd
ΓΙΑ	ΣΕΠΤ 2013	ΑΔΠ

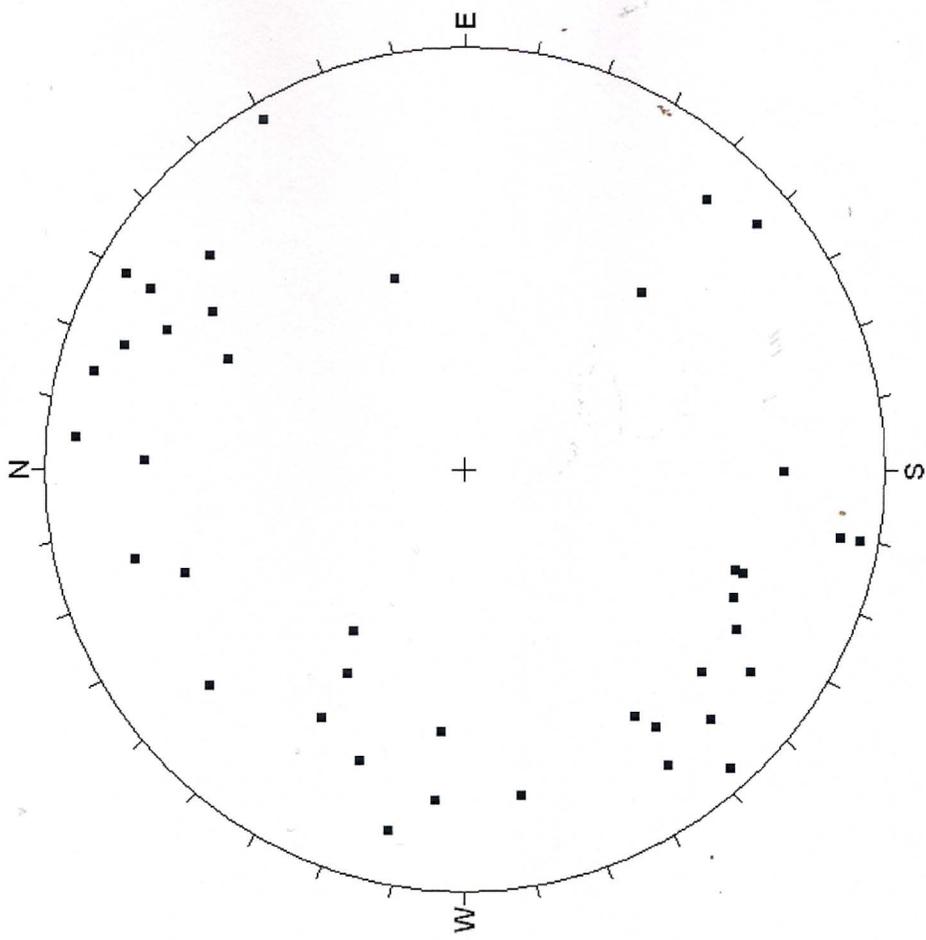
Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΒΡΑΧΟΣΦΗΝΩΝ

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα τεκτονικά διαγράμματα Schmidt που συντάχθηκαν από τα τεκτονικά στοιχεία που μετρήθηκαν στα πρηνή του ορύγματος της οδοποιίας.

Με βάση τα τεκτονικά διαγράμματα σε συνδυασμό με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του υπό διαμόρφωση πρηνούς (διεύθυνση και κλίση), πραγματοποιήθηκε ανάλυση κινηματικής δυνατότητας σε ολίσθηση. Εξετάστηκε δηλαδή η δυνατότητα ολίσθησης σφήνας που σχηματίζεται από δύο τεμνόμενα επίπεδα ασυνεχιών, το κάθε ένα από τα οποία μπορεί να είναι στρώση, ρήγμα ή διάκλαση. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Swedge της ROCKSCIENCE. Σημειώνεται ότι για τα πρηνή λήφθηκε η κλίση με την οποία πρόκειται να διαμορφωθούν (3:1, κατ:οριζ).

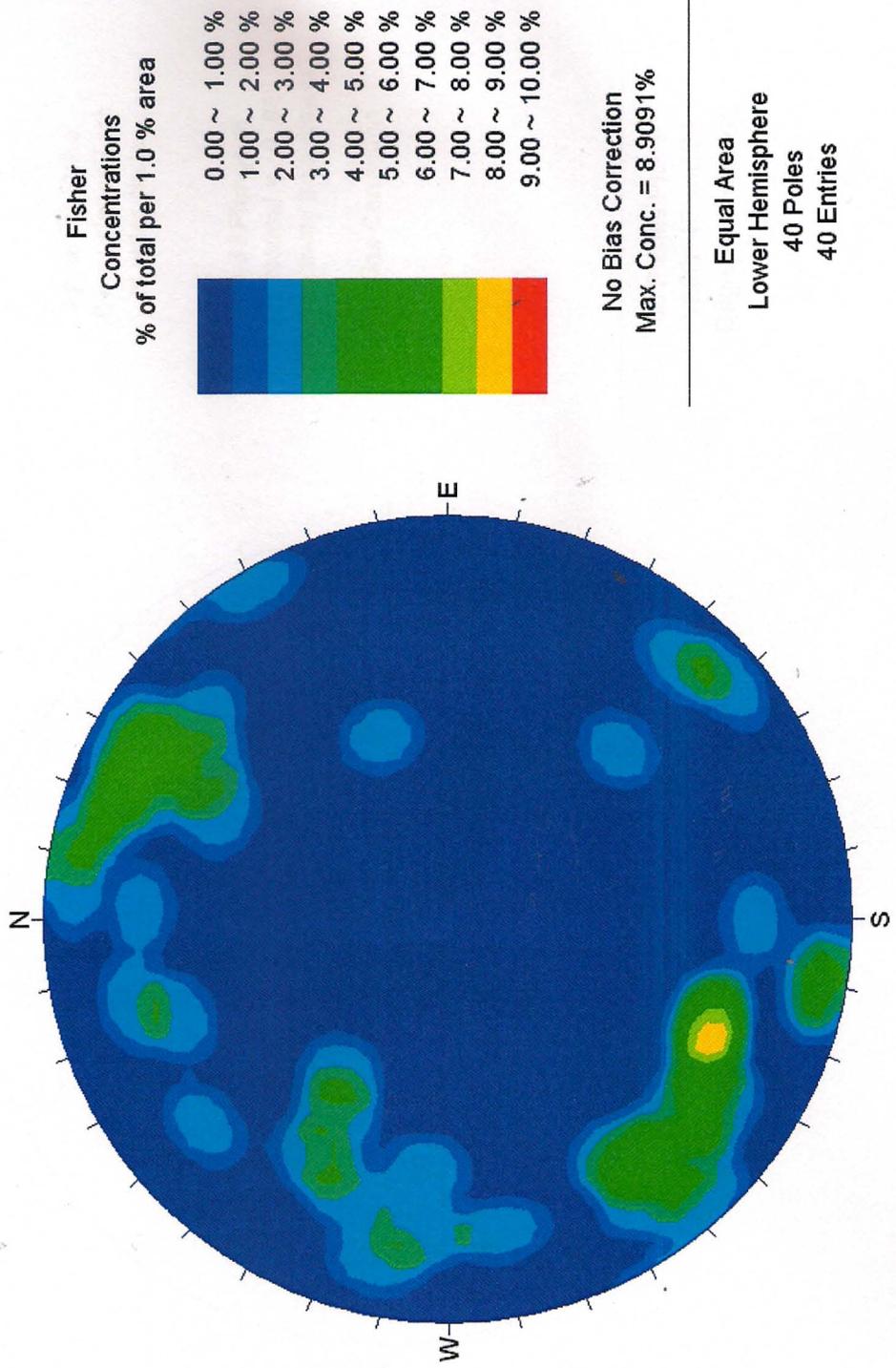
Στις επόμενες σελίδες δίνονται τα αποτελέσματα της κινηματικής δυνατότητας ολίσθησης βραχοσφηνών για κάθε συνδυασμό συστήματος ασυνεχιών για το οποίο δημιουργείται δυνατότητα ολίσθησης.

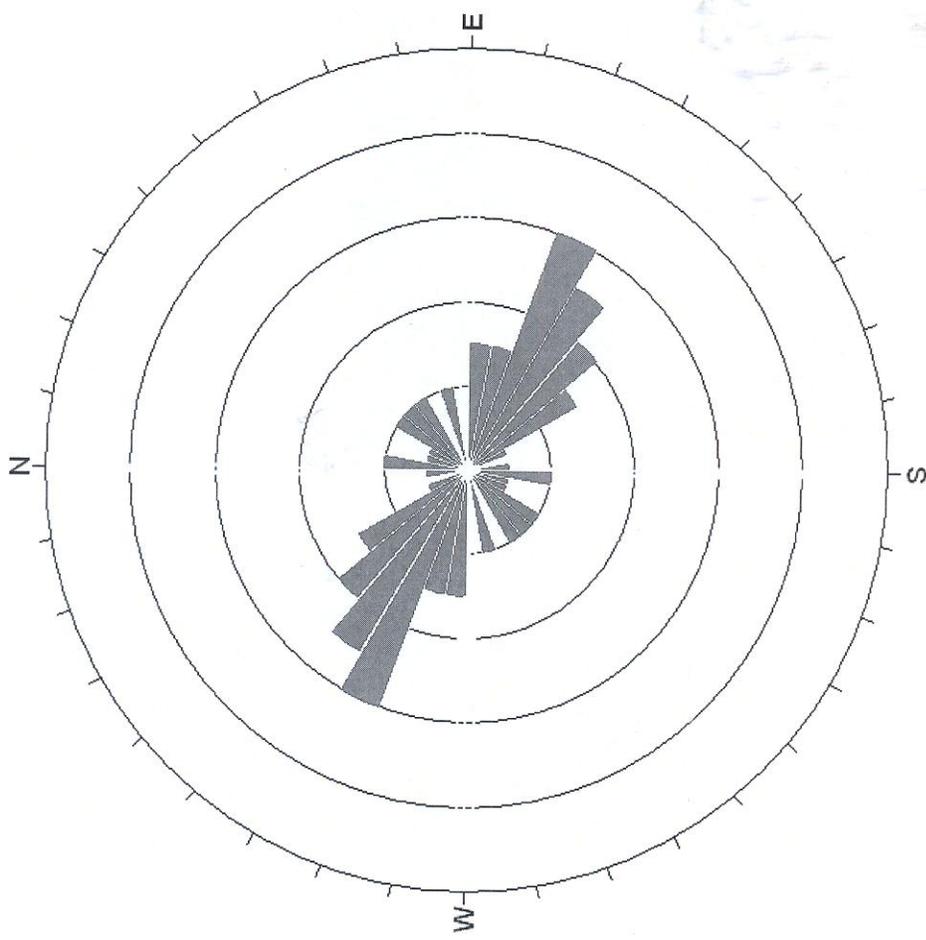


Poles



Equal Area
Lower Hemisphere
40 Poles
40 Entries



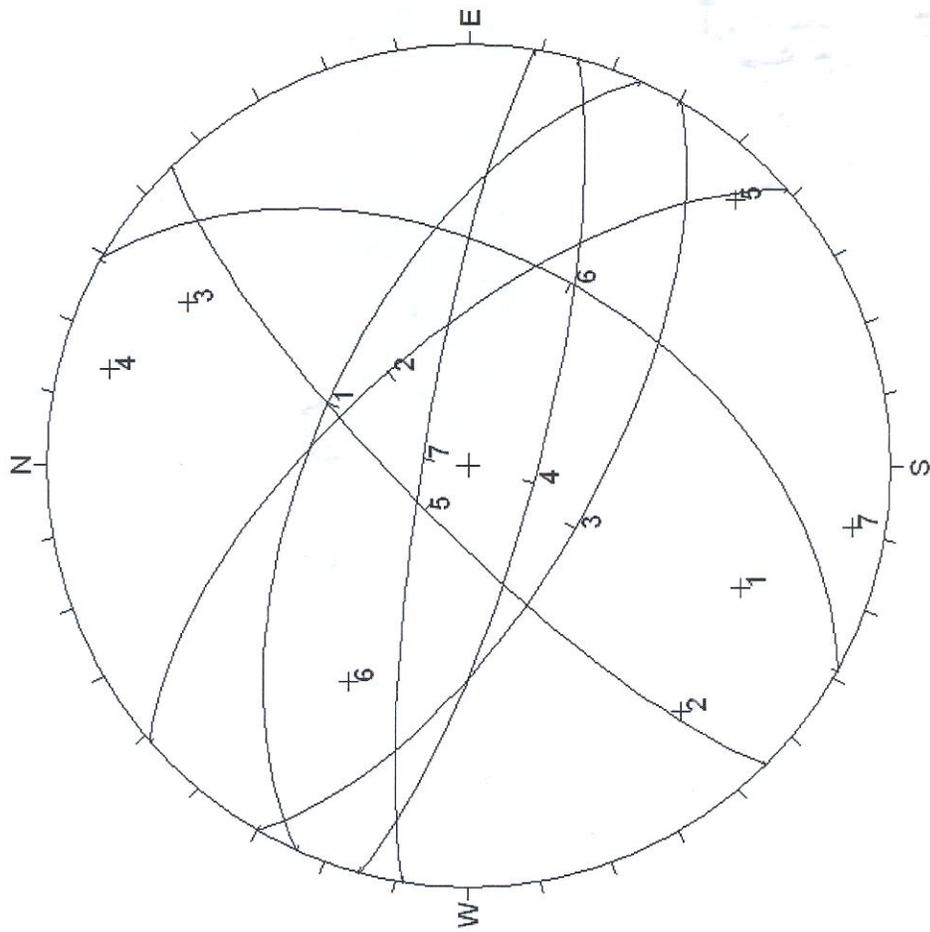


Apparent Strike
10 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

38 Planes Plotted
Within 45 and 90
Degrees of Viewing
Face

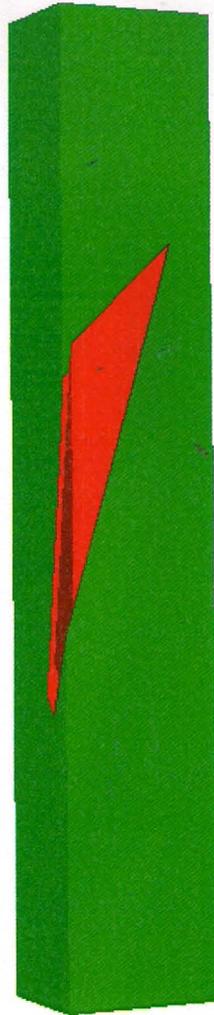


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	60 / 024
2	66 / 049
3	66 / 210
4	77 / 195
5	78 / 315
6	49 / 119
7	81 / 009

Equal Area
 Lower Hemisphere
 40 Poles
 40 Entries

Swedge Analysis

Document Name: swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 7.8744



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge1

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
 Safety Factor=7.8744
 Wedge height(on slope)=14 m
 Wedge width(on upper face)=5.71296 m
 Wedge volume=454.763 m³
 Wedge weight=1296.07 tonnes
 Wedge area (joint1)=177.207 m²
 Wedge area (joint2)=437.188 m²
 Wedge area (slope)=270.464 m²
 Wedge area (upper face)=104.966 m²
 Normal force (joint1)=1787.21 tonnes
 Normal force (joint2)=1580.07 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=10.9814 deg, trend=107.568 deg
 length=78.7027 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=53.7123 m
 Joint2 on slope face=20.9517 m
 Joint1 on upper face=25.579 m
 Joint2 on upper face=61.9435 m

Maximum Persistence:

Joint1=78.7027 m
 Joint2=78.7027 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 28.7292 deg
 J1&Crest on slope face = 15.9061 deg
 J1&Crest on upper face = 167.094 deg
 J2&Crest on slope face = 135.365 deg
 J2&Crest on upper face = 5.29182 deg
 J1&2 on upper face = 7.6138 deg

Joint Set 1 Data:

dip=60 deg, dip direction=24 deg
 cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=77 deg, dip direction=195 deg

cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -50.1, 13.4, 14
Point 234: -13.9, 7.07, 14
Point 123: -73.7, 23.3, 15

Swedge Analysis

Document Name: swedge1_seismic
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 5.54547

Analysis Information

Job Name: SWEDGE
Job Number: 5.54547
Job Date: 11/11/2011
Job Time: 11:20:05 AM
Job User: 451.703.mg
Job Path: C:\Users\451703\Documents\1298.07\swedge1_seismic\swedge1_seismic.dwg
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Job View: PERSPECTIVE
Job Safety Factor: 5.54547
Job Status: OK
Job Description: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results

Number of Surfaces: 1
Number of Wedges: 1
Number of Failure Modes: 1
Number of Active Failure Modes: 1
Number of Inactive Failure Modes: 0
Number of Surfaces: 1
Number of Wedges: 1
Number of Failure Modes: 1
Number of Active Failure Modes: 1
Number of Inactive Failure Modes: 0

Surface 1

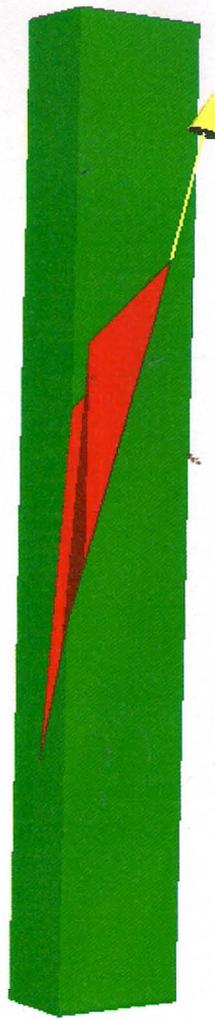
Surface Name: Surface 1
Surface Type: Surface
Surface Area: 104.968 sq ft
Surface Volume: 177.897 cu ft
Surface Weight: 437.163 kN
Surface Safety Factor: 5.54547
Surface Status: Active

Wedge 1

Wedge Name: Wedge 1
Wedge Type: Wedge
Wedge Volume: 177.897 cu ft
Wedge Weight: 437.163 kN
Wedge Safety Factor: 5.54547
Wedge Status: Active

Failure Mode 1

Failure Mode Name: Failure Mode 1
Failure Mode Type: Failure Mode
Failure Mode Area: 104.968 sq ft
Failure Mode Volume: 177.897 cu ft
Failure Mode Weight: 437.163 kN
Failure Mode Safety Factor: 5.54547
Failure Mode Status: Active



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge1_seismic

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=5.54547
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=5.71296 m
Wedge volume=454.763 m³
Wedge weight=1296.07 tonnes
Wedge area (joint1)=177.207 m²
Wedge area (joint2)=437.188 m²
Wedge area (slope)=270.464 m²
Wedge area (upper face)=104.966 m²
Normal force (joint1)=1787.21 tonnes
Normal force (joint2)=1580.07 tonnes

Seismic Force:

Seismic force=103.686 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=10.9814 deg, trend=107.568 deg
length=78.7027 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=53.7123 m
Joint2 on slope face=20.9517 m
Joint1 on upper face=25.579 m
Joint2 on upper face=61.9435 m

Maximum Persistence:

Joint1=78.7027 m
Joint2=78.7027 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 28.7292 deg
J1&Crest on slope face = 15.9061 deg
J1&Crest on upper face = 167.094 deg
J2&Crest on slope face = 135.365 deg
J2&Crest on upper face = 5.29182 deg
J1&2 on upper face = 7.6138 deg

Joint Set 1 Data:

dip=60 deg, dip direction=24 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=77 deg, dip direction=195 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.08
Direction=line of interesection J1&J2
trend=107.568 deg, plunge=10.9814 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -50.1, 13.4, 14
Point 234: -13.9, 7.07, 14
Point 123: -73.7, 23.3, 15

Swedge Analysis

Document Name: swedge2
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 3.99037

[Faint, illegible text from the reverse side of the page, likely bleed-through from another slide or document.]



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge2

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
 Safety Factor=3.59037
 Wedge height(on slope)=14 m
 Wedge width(on upper face)=18.6278 m
 Wedge volume=857.436 m³
 Wedge weight=2443.69 tonnes
 Wedge area (joint1)=210.565 m²
 Wedge area (joint2)=387.442 m²
 Wedge area (slope)=156.396 m²
 Wedge area (upper face)=197.909 m²
 Normal force (joint1)=2641.08 tonnes
 Normal force (joint2)=2641.08 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=20.3399 deg, trend=129.5 deg
 length=49.5836 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=21.3922 m
 Joint2 on slope face=15.7952 m
 Joint1 on upper face=31.1307 m
 Joint2 on upper face=49.8059 m

Maximum Persistence:

Joint1=49.5836 m
 Joint2=49.8059 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 67.7759 deg
 J1&Crest on slope face = 43.4817 deg
 J1&Crest on upper face = 143.246 deg
 J2&Crest on slope face = 68.7424 deg
 J2&Crest on upper face = 21.9631 deg
 J1&2 on upper face = 14.7905 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=49 deg
 cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg

cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

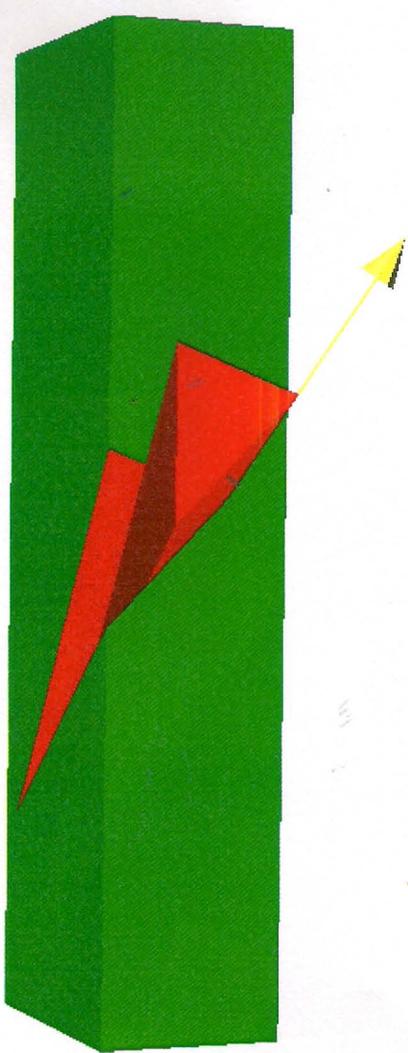
dip=10 deg, dip direction=190 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -14.5, 7.18, 14
Point 234: 6.43, 3.49, 14
Point 123: -35.9, 29.6, 17.2

Swedge Analysis

Document Name: swedge2_seismic
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 2.91863



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge2_seismic

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=2.91863
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=18.6278 m
Wedge volume=857.436 m³
Wedge weight=2443.69 tonnes
Wedge area (joint1)=210.565 m²
Wedge area (joint2)=387.442 m²
Wedge area (slope)=156.396 m²
Wedge area (upper face)=197.909 m²
Normal force (joint1)=2641.08 tonnes
Normal force (joint2)=2641.08 tonnes

Seismic Force:

Seismic force=195.495 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=20.3399 deg, trend=129.5 deg
length=49.5836 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=21.3922 m
Joint2 on slope face=15.7952 m
Joint1 on upper face=31.1307 m
Joint2 on upper face=49.8059 m

Maximum Persistence:

Joint1=49.5836 m
Joint2=49.8059 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 67.7759 deg
J1&Crest on slope face = 43.4817 deg
J1&Crest on upper face = 143.246 deg
J2&Crest on slope face = 68.7424 deg
J2&Crest on upper face = 21.9631 deg
J1&2 on upper face = 14.7905 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=49 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Seismic Data:

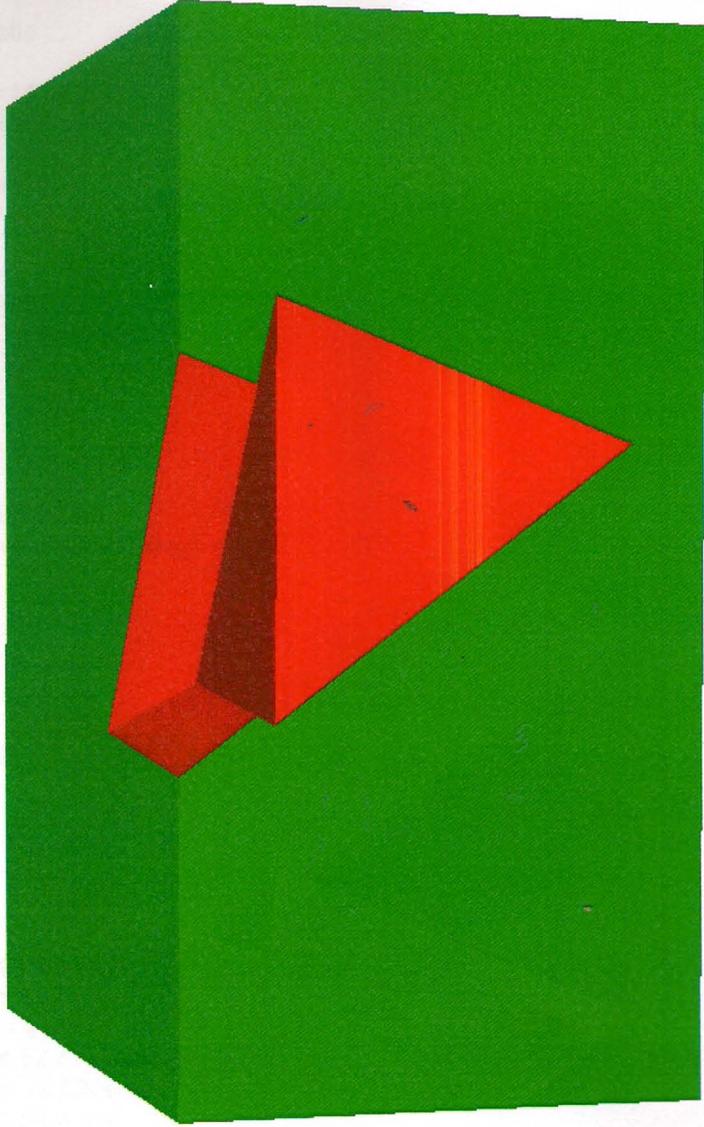
Seismic coefficient=0.08
Direction=line of interesection J1&J2
trend=129.5 deg, plunge=20.3399 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting, Northing, Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -14.5, 7.18, 14
Point 234: 6.43, 3.49, 14
Point 123: -35.9, 29.6, 17.2

Swedge Analysis

Document Name: swedge3
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 0.685945



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge3

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=0.685945
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=6.40497 m
Wedge volume=236.309 m³
Wedge weight=673.48 tonnes
Wedge area (joint1)=133.218 m²
Wedge area (joint2)=58.3302 m²
Wedge area (slope)=125.357 m²
Wedge area (upper face)=54.5437 m²
Normal force (joint1)=172.546 tonnes
Normal force (joint2)=397.876 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=45.4704 deg, trend=146.911 deg
length=21.1986 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=15.7952 m
Joint2 on slope face=18.5606 m
Joint1 on upper face=17.1252 m
Joint2 on upper face=6.50728 m

Maximum Persistence:

Joint1=21.1986 m
Joint2=21.1986 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 58.781 deg
J1&Crest on slope face = 68.7424 deg
J1&Crest on upper face = 21.9631 deg
J2&Crest on slope face = 52.4766 deg
J2&Crest on upper face = 79.8266 deg
J1&2 on upper face = 78.2103 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=49 deg, dip direction=119 deg

cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting, Northing, Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 6.43, 3.49, 14
Point 234: -10.3, 6.44, 14
Point 123: -8.12, 12.5, 15.1

Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge3_c=2

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.48387
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=6.40497 m
Wedge volume=236.309 m³
Wedge weight=673.48 tonnes
Wedge area (joint1)=133.218 m²
Wedge area (joint2)=58.3302 m²
Wedge area (slope)=125.357 m²
Wedge area (upper face)=54.5437 m²
Normal force (joint1)=172.546 tonnes
Normal force (joint2)=397.876 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=45.4704 deg, trend=146.911 deg
length=21.1986 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=15.7952 m
Joint2 on slope face=18.5606 m
Joint1 on upper face=17.1252 m
Joint2 on upper face=6.50728 m

Maximum Persistence:

Joint1=21.1986 m
Joint2=21.1986 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 58.781 deg
J1&Crest on slope face = 68.7424 deg
J1&Crest on upper face = 21.9631 deg
J2&Crest on slope face = 52.4766 deg
J2&Crest on upper face = 79.8266 deg
J1&2 on upper face = 78.2103 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg
cohesion=2 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=49 deg, dip direction=119 deg

cohesion=2 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

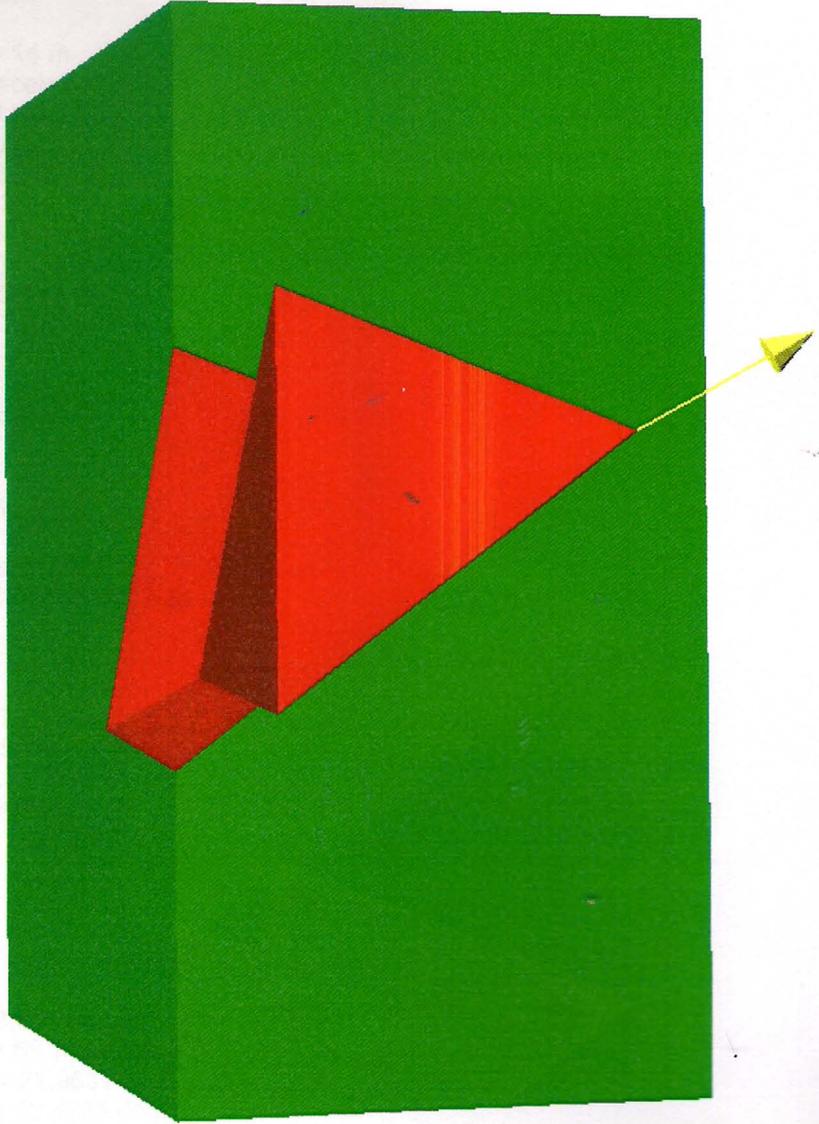
dip=10 deg, dip direction=190 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting, Northing, Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 6.43, 3.49, 14
Point 234: -10.3, 6.44, 14
Point 123: -8.12, 12.5, 15.1

Swedge Analysis

Document Name: swedge3_seismic
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Factor: 0.616736



Swedge Analysis Information

Document Name:

swedge3_seismic

Job Title:

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=0.616736
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=6.40497 m
Wedge volume=236.309 m³
Wedge weight=673.48 tonnes
Wedge area (joint1)=133.218 m²
Wedge area (joint2)=58.3302 m²
Wedge area (slope)=125.357 m²
Wedge area (upper face)=54.5437 m²
Normal force (joint1)=172.546 tonnes
Normal force (joint2)=397.876 tonnes

Seismic Force:

Seismic force=53.8784 tonnes

Failure Mode:

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

plunge=45.4704 deg, trend=146.911 deg
length=21.1986 m

Trace Lengths:

Joint1 on slope face=15.7952 m
Joint2 on slope face=18.5606 m
Joint1 on upper face=17.1252 m
Joint2 on upper face=6.50728 m

Maximum Persistence:

Joint1=21.1986 m
Joint2=21.1986 m

Intersection Angles:

J1&J2 on slope face = 58.781 deg
J1&Crest on slope face = 68.7424 deg
J1&Crest on upper face = 21.9631 deg
J2&Crest on slope face = 52.4766 deg
J2&Crest on upper face = 79.8266 deg
J1&2 on upper face = 78.2103 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=49 deg, dip direction=119 deg
cohesion=0 tonnes/m², friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m³
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.08
Direction=line of interesection J1&J2
trend=146.911 deg, plunge=45.4704 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting, Northing, Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 6.43, 3.49, 14
Point 234: -10.3, 6.44, 14
Point 123: -8.12, 12.5, 15.1

Swedge Analysis Information

Document Name:
swedge3_seismic_c=2

Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.33415
Wedge height(on slope)=14 m
Wedge width(on upper face)=6.40497 m
Wedge volume=236.309 m3
Wedge weight=673.48 tonnes
Wedge area (joint1)=133.218 m2
Wedge area (joint2)=58.3302 m2
Wedge area (slope)=125.357 m2
Wedge area (upper face)=54.5437 m2
Normal force (joint1)=172.546 tonnes
Normal force (joint2)=397.876 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=53.8784 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=45.4704 deg, trend=146.911 deg
length=21.1986 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=15.7952 m
Joint2 on slope face=18.5606 m
Joint1 on upper face=17.1252 m
Joint2 on upper face=6.50728 m

Maximum Persistence:
Joint1=21.1986 m
Joint2=21.1986 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 58.781 deg
J1&Crest on slope face = 68.7424 deg
J1&Crest on upper face = 21.9631 deg
J2&Crest on slope face = 52.4766 deg
J2&Crest on upper face = 79.8266 deg
J1&2 on upper face = 78.2103 deg

Joint Set 1 Data:

dip=66 deg, dip direction=210 deg
cohesion=2 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=49 deg, dip direction=119 deg
cohesion=2 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=72 deg, dip direction=190 deg
slope height=14 meters
rock unit weight=2.85 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=10 deg, dip direction=190 deg

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.08
Direction=line of interesection J1&J2
trend=146.911 deg, plunge=45.4704 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting, Northing, Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 6.43, 3.49, 14
Point 234: -10.3, 6.44, 14
Point 123: -8.12, 12.5, 15.1