

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΦΟΡΕΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΦΟΔΣΑ) ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ
ΠΡΑΝΟΥΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΠΟΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥ ΧΑΔΑ ΤΑΓΑΡΑΔΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ:

ΤΕΥΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
ΜΕΛΕΤΗΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

ΚΛΙΜΑΚΑ

ΑΝΕΥ

ΓΕΩΤ-Τ.1

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:

D.K.N.D. ENGINEERS O.E.
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΧΑΤΖΗΣ Ο.Ε.



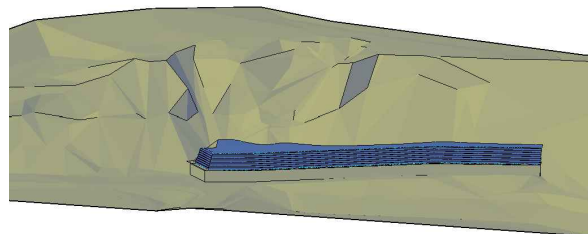
ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΥ 8, ΤΚ 54623,
τηλ & fax: 2310-236051 & 2310-276515
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

webpage: www.dknd.gr
e-mail: dknd@dknd.gr
dknd-xatzis@tee.gr

Για τον Ανάδοχο:

D.K.N.D. ENGINEERS O.E.
ΚΩΝ/ΝΟΣ, ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΧΑΤΖΗΣ Ο.Ε.
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΤΩΝ
ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΥ 8 - Τ.Κ. 54623
ΤΗΛ. & FAX: 2310 276-515
email: dknd@dknd.gr
Α.Φ.Μ. 099796975 - Δ.Ο.Υ. Δ' ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Κωνσταντίνος Χατζής
Πολιτικός Μηχανικός



Η ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

ΕΛΕΝΗ ΜΠΑΚΙΡΤΖΗ
ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ MSc

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ .../.../2023
Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ
ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΕΩΝ & ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

ΕΛΕΝΗ ΜΠΑΚΙΡΤΖΗ
ΑΓΡ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ MSc

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ .../.../2023
Η ΑΝ. ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΤΑΤΣΗ
Δρ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ με Α' ΒΑΘΜΟ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1 Γενικά.....	2
1.2 Σκοπός γεωτεχνικής έρευνας-μελέτης	2
1.3 Στοιχεία έργου.....	3
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4
2.1 Γεωλογικά στοιχεία	4
2.2 Σεισμολογικά στοιχεία.....	6
3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	7
3.1 Ερευνητικές εργασίες πεδίου.....	7
4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	9
4.1 Στρωματογραφία.....	9
4.2 Τιμές εδαφικών παραμέτρων.....	9
5. ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ.....	10
6. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ	12
7. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	14
7.1 Γεωτεχνικές Συνθήκες Ζώνης Έργου - Μηχανισμοί Αστάθειας.....	14
7.2 Υπολογιστικές Εκτιμήσεις Ευστάθειας Πρανών	15
7.2.1 Μηχανικές Παράμετροι Σχεδιασμού	15
7.2.2 Κρίσιμοι Μηχανισμοί Αστοχίας Πρανών	17
7.2.3 Μεθοδολογία Υπολογισμών - Συνδυασμοί Δράσεων - Λογισμικό	18
7.3 Επιλεγόμενα Μέτρα Υποστήριξης	18
7.3.1 Επιλεγόμενες Εναλλακτικές Λύσεις	18
7.3.2 Συντελεστές Ασφάλειας Επιμέρους Ελέγχων - Συστημάτων Αντιστήριξης	20
7.4 Εντατικά Μεγέθη Συστήματος Αντιστήριξης - Οπλισμοί Πασσάλων	21
8. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	21
8.1 Κανονισμοί - Κατάταξη Έργου.....	21
8.2 Κατασκευή άοπλου επικώματος.....	22
8.3 Κατασκευή οπλισμένου επικώματος.....	22
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	27
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	35
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	42
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	43

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Στο παρόν τεύχος παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας - μελέτης που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της μελέτης με τίτλο «ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΠΟΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥ ΧΑΔΑ ΤΑΓΑΡΑΔΩΝ» και παρουσιάζονται τα προτεινόμενα έργα αποκατάστασης και σταθεροποίησης του εν λόγω κατολισθήσαντος πρανούς.

Φορέας ανάθεσης της μελέτης είναι ο Περιφερειακός Σύνδεσμος Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Φο.Δ.Σ.Α.) Κεντρικής Μακεδονίας και Αρμόδια Υπηρεσία Ελέγχου και Έγκρισης είναι η Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών του Φο.Δ.Σ.Α Κεντρικής Μακεδονίας. Επιβλέπουσα της μελέτης ορίστηκε με την υπ'αριθμ. 3487/09-03-2022 Απόφαση της Αν. Προϊσταμένης, κας. Τάτση Αλεξάνδρας, η κα. Μπακιριτζή Ελένη, Προϊσταμένη του Τμήματος Περιβαλλοντικών Αδειοδοτήσεων & Τεχνικών Μελετών (ΑΔΑ: 96Φ00ΪΧΝ-Κ2Φ).

Η μελέτη εκπονείται από τον Ανάδοχο της Σύμβασης, την Τεχνική Εταιρεία Μελετών «Κωνσταντίνος, Δημήτριος, Νικόλαος Χατζής Ο.Ε.» με δ.τ. «D.K.N.D. ENGINEERS O.E.», εκπροσωπούμενη από τον κ.Κωνσταντίνο Χατζή, Νόμιμο Εκπρόσωπό της.

2

1.2 Σκοπός γεωτεχνικής έρευνας-μελέτης

Σκοπός της γεωτεχνικής έρευνας ήταν η διερεύνηση και ο καταρχήν προσδιορισμός των εδαφικών συνθηκών και παραμέτρων που συναντώνται στη θέση των πρόσφατα εκδηλωμένων κατολισθητικών φαινομένων επί του ανάντη πρανού της λιμνοδεξαμενής του ΧΑΔΑ Ταγαράδων.

Τα αποτελέσματα των πορισμάτων που προέκυψαν από τις επιτόπου ερευνητικές εργασίες αξιολογήθηκαν με στόχο:

α) Την παρουσίαση του τυπικού γεωτεχνικού προσομοιώματος, δηλαδή του διαχωρισμού των συναντώμενων σχηματισμών σε εδαφικά στρώματα με κριτήριο τη μηχανική συμπεριφορά και με βάση τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών (εργασίες υπαίθρου και εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής).

β) Την παρουσίαση των τιμών (διακύμανση και μέσοι όροι) των κυριότερων φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών για κάθε εδαφική στρώση που έχει διαχωριστεί.

γ) Την επιλογή αντιπροσωπευτικών τιμών (σχεδιασμού) των φυσικών και μηχανικών παραμέτρων για κάθε διαχωριζόμενη στρώση.

δ) Την κατάταξη των εδαφών από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας με βάση τον EN 1998 και τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000).

Ακολούθως, παρατίθενται τα βασικά στοιχεία της γεωτεχνικής μελέτης η οποία αποσκοπεί στη διατύπωση τεκμηριωμένων προτάσεων σχετικά με τον κατάλληλο τρόπο αποκατάστασης των κατολισθητικών φαινομένων, την πιθανή ανάγκη λήψης ειδικών μέτρων βελτίωσης των συνθηκών υπεδάφους και το σχεδιασμό των τυχόν απαιτούμενων διατάξεων αντιστήριξης.

1.3 Στοιχεία έργου

Κατά μήκος του βόρειου πρανού της λιμνοδεξαμενής του ΧΑΔΑ Ταγαράδων, εκδηλώθηκαν συστηματικά κατολισθητικά φαινόμενα τα οποία προκάλεσαν την αστοχία - κατάρρευση τμήματος του μετώπου του εν λόγω πρανού. Η αστοχία του πρανού επεκτείνεται σε μήκος περί των 50,00m. Από την αυτοψία η οποία διενεργήθηκε στην περιοχή του έργου, προέκυψαν τα εξής (βλ. Παράρτημα Α παρόντος τεύχους):

- Το ανάντη πρανές είναι μέγιστου ύψους της τάξεως των 27,00m (το οποίο εντοπίζεται στη θέση της πρόσφατης εκδηλωμένης αστοχίας) και παρουσιάζει αυξημένη φυσική μεση κλίση. Στο μέτωπό του συναντάται φύτευση και κατά τόπους έντονη.
- Κατά μήκος της εκδηλωμένης αστοχίας και επί της κατάντη περιμετρικής οδού παρουσιάζεται συγκέντρωση εδαφικών όγκων ως απόρροια της εκδήλωσης των εν λόγω κατολισθητικών φαινομένων. Τμήμα αυτών των εδαφικών όγκων έχουν πλήξει και το κατάντη αντέρεισμα της υφιστάμενης λιμνοδεξαμενής.
- Στην ανάντη περιοχή του πρανού εντοπίστηκαν συστηματικές εφελκυστικές ρωγμές και αποκολλήσεις εδαφικών όγκων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η άμεση αποκατάσταση της αστοχίας κρίνεται επιβεβλημένη καθώς υπάρχει άμεσος κίνδυνος επέκτασης των κατολισθητικών φαινομένων προς το ανάντη τμήμα του πρανού καθώς και προς το κατάντη αντέρεισμα της λιμνοδεξαμενής.



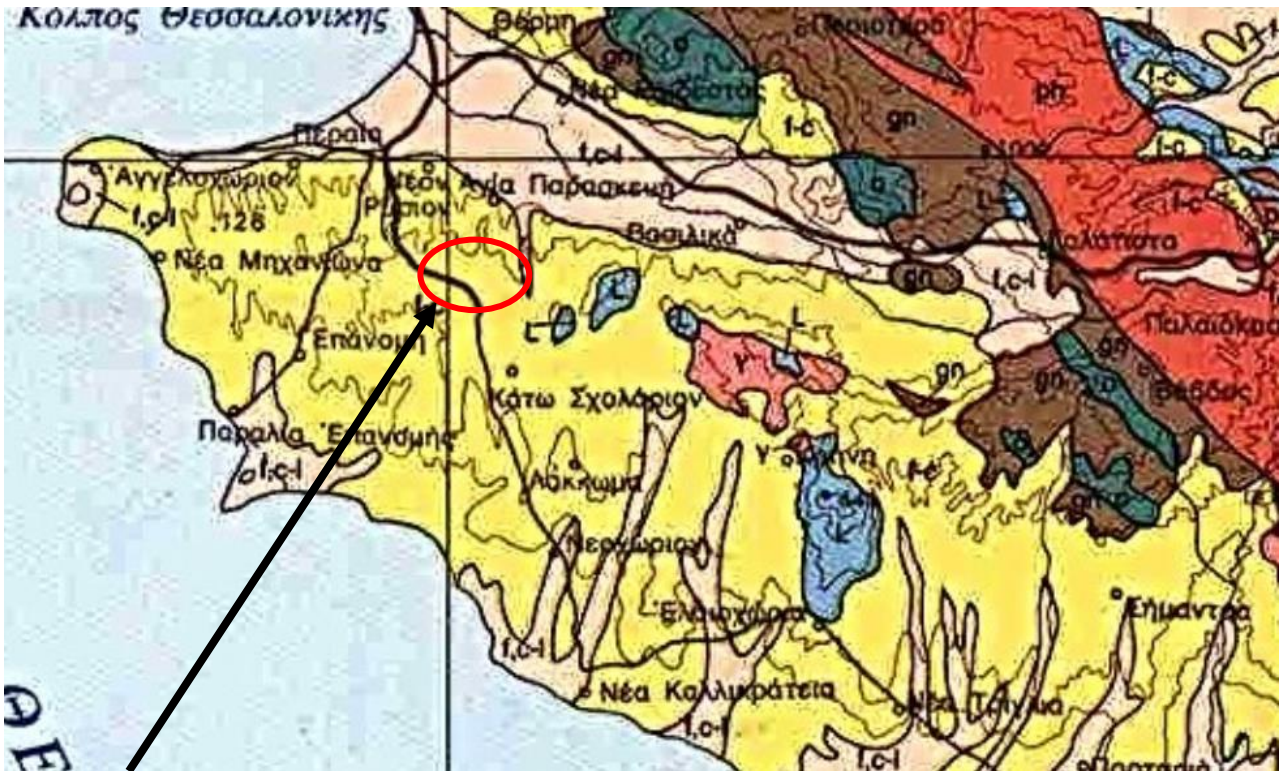
Θέση εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων

Σχήμα 1. Θέση αστοχίας στην ευρύτερη περιοχή του ΧΥΤΑ Ταγαράδων.

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 Γεωλογικά στοιχεία

Σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ του Σχήματος 2 το υπέδαφος στην ευρύτερη περιοχή του έργου συνίσταται από νεογενείς αποθέσεις (f-c) ήτοι άργιλοι, άμμοι, μάργες, ψαμμίτες και τεταρτογενή χαλαρά υλικά εν προκειμένω από αργιλοϊλύες, άμμοι και ψηφίδες.



Θέση έργου

Σχήμα 2. Χάρτης ΙΓΜΕ της ευρύτερης περιοχής του έργου.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Νεογενείς αποθέσεις (f-c) και Μολασσικά ιζήματα Θράκης (οι-ε), μικτών φάσεων: άργιλοι, άμμοι, μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαίκοι ασβεστόλιθοι, σε ενστρώσεις μικρού πάχους. Πρόκειται για θαλάσσιες, λιμνοθαλάσσιες - λιμναιές αποθέσεις, πάχους μέχρι πολλών εκατοντάδων μέτρων.



Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών ποικίλει ανάλογα με τη σύσταση και την αλληλουχία των επί μέρους οριζόντων και συχνά οδηγεί στη δημιουργία ελεύθερων ή και υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων τοπικής σημασίας. Οι λεπτομερείς οριζόντες δίνουν παχύ μανδύα με συχνή εκδήλωση επιφανειών θραύσεων και ολισθήσεων. Γενικά οι σχηματισμοί αυτοί δεν παρουσιάζουν μεγάλης έκτασης και σοβαρότητας κατολισθητικά φαινόμενα.

Η ετερογένεια των σχηματισμών (σε μακροκλίμακα), και κυρίως οι πλευρικές εξελίξεις και αποσφινώσεις των οριζόντων, συντελούν στην ανομοιομορφία και ανισότροπη συμπεριφορά αυτών στο σύνολό τους και την ταχεία μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών στους επί μέρους οριζόντες τόσο στην πλευρική όσο και την κατακόρυφη ανάπτυξη. Έτσι η συνοχή ποικίλλει σε ευρύτατα όρια σε συνάρτηση με ορισμένους πρωτογενείς (αρχική λιθολογική σύσταση, διαγένεση, φύση συνδετικού υλικού, κοκκομετρία), αλλά και δευτερογενείς (εξαλλοίωση, αποσάθρωση) παράγοντες. Οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή χαρακτηρίζονται γενικά, (σε υγιή κατάσταση), από υψηλές τιμές συνοχής και διατμητικής αντοχής.

Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά (εύρος τιμών από μικρό αριθμό εργαστηριακών δοκιμών):

- | | |
|---|--|
| α) άργιλοι, μάργες, αμμοιλύες | β) μαργ. ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή |
| γ_b : 1,8 - 2,2 gr/cm ³ | γ_b : 2,0 - 2,8 gr/cm ³ |
| LL : 27 - 67% | |
| PL : 19 - 33% | |
| c_u : 0,05 (άμμοι) - 2,3 Kg/cm ² | c_u : 2 - 75 Kg/cm ² |
| ϕ_u : 15° - 40° | |
| c_s : 0,03 - 1,0 Kg/cm ² | |
| ϕ_s : 20° - 50° | |
| q_u : 1,0 - 25,0 Kg/cm ² | q_u : 2 - 630 Kg/cm ² |
| C_c : 0,15 - 0,26 | |
| e_0 : 0,7 - 1,1 | |

2.2 Σεισμολογικά στοιχεία

Ο νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας ενσωματώνεται στον ΕΑΚ 2000, που τροποποιήθηκε με την απόφαση Δ 17α/115/9/ΦΝ 275/7.8.2003 του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε και δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1154Β/12.8.2003. Ο σχετικός χάρτης, με τις τρεις κατηγορίες ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας (I, II και III) παρατίθεται στο Σχήμα 3.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I, με αναμενόμενη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού 0,16g για πιθανότητα υπέρβασης 10% για τα επόμενα 50 χρόνια το δε υπέδαφος στη θέση του έργου όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας γεωτεχνικής έρευνας κατατάσσεται στην κατηγορία Β των προσυμπιεσμένων αργίλων μεγάλου πάχους, κατά ΕΑΚ2000 και στην Κατηγορία Β (very stiff clay, very dense sand) κατά τον EN 1998.



Σχήμα 3. Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος.

3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1 Ερευνητικές εργασίες πεδίου

Για τη συστηματική αναγνώριση των εδαφικών σχηματισμών στη θέση του έργου εκτελέστηκε μία (1) ερευνητική - δειγματοληπτική γεώτρηση (Γ1), η ακριβής θέση της οποίας απεικονίζεται στο Σχήμα 4 ενώ περισσότερα στοιχεία παρέχονται στον ακόλουθο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Στοιχεία εκτελεσθεισών γεωερευνητικών εργασιών.

α/α	Όνομασία εργασίας	Περιγραφή εργασίας	Θέση εκτέλεσης		Βάθος έρευνας*	Βάθος υπόγειου υδάτινου οριζοντα
			Χ	Υ		
1	Γ1	Ερευνητική- δειγματοληπτική γεώτρηση	418.824	4.479.798	20,00m	>20,00m

* Από την υφιστάμενη επιφάνεια εδάφους.

Οι εργασίες πεδίου συμπεριελάμβαναν, εκτός από τη γεωλογική αναγνώριση των εδαφικών σχηματισμών, την επιλογή εδαφικών δειγμάτων σε αντιπροσωπευτικά βάθη για τη μετέπειτα εκτέλεση ενδεδεδειγμένων εργαστηριακών δοκιμών καθώς και την εκτέλεση ανά τακτά διαστήματα (1,5m - 2,0m) δοκιμών πρότυπης διεϊσδυσης (N_{SPT}), σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Στοιχεία εκτελεσθεισών δοκιμών πρότυπης διεϊσδυσης (N_{SPT}).

α/α	Όνομασία ερευνητικής - δειγματοληπτικής γεώτρησης	Βάθος εκτέλεσης δοκιμής (m)	Πλήθος κτύπων
1	Γ1	2,00 - 2,45	5 - 8 - 11
2		4,00 - 4,45	7 - 10 - 19
3		6,00 - 6,45	8 - 11 - 15
4		8,00 - 8,45	10 - 14 - 22
5		10,00 - 10,45	9 - 14 - 17
6		12,00 - 12,45	8 - 13 - 19
7		14,00 - 14,45	13 - 16 - 28
8		17,55 - 18,00	14 - 20 - 34

Όλες οι ερευνητικές εργασίες πεδίου διεξήχθησαν από εξειδικευμένο συνεργείο με πλήρως εξοπλισμένο αυτοκινούμενο γεωτρήπανο κατά τρόπο σύμφωνο με τις σχετικές Δημόσιες Τεχνικές Προδιαγραφές (ΥΠΕΧΩΔΕ, Ε101-83, Ε106-86).

Στο Παράρτημα Β παρατίθενται η φωτογραφική αποτύπωση των ερευνητικών εργασιών πεδίου (ερευνητική - δειγματοληπτική γεώτρηση) καθώς και των δειγμάτων αυτής.



Σχήμα 4. Θέση εκτέλεσης γεώτρησης Γ1 (20μ).

4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Στρωματογραφία

Με βάση τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας διαπιστώθηκε ότι στη θέση του υπό μελέτη πρανούς εντοπίζονται στρώσεις μάργας, χαμηλής πλαστικότητας, σκληρής με ενδιάμεσες ενστρώσεις-βραχώδεις ενότητες όμοιας σύστασης. Τοπικά εντοπίζονται και χαλικώδεις ενστρώσεις με μεταβλητή περιεκτικότητα σε άμμο.

Κατά την περίοδο εκτέλεσης της γεωτεχνικής έρευνας δεν εντοπίστηκε σταθερός υπόγειος υδάτινος ορίζοντας έως το μέγιστο βάθος έρευνας (>20,00m).

4.2 Τιμές εδαφικών παραμέτρων

Οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων των ως άνω επιμέρους στρώσεων προκύπτουν τελικώς από τη σύνθεση των δεδομένων της επί τόπου έρευνας, τις τιμές της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (N_{SPT}), τις τιμές των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν καθώς και από συνήθεις εμπειρικές-ημιεμπειρικές συσχετίσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ειδικότερα, οι τιμές των διαφόρων χαρακτηριστικών κατάταξης και φυσικής κατάστασης των διαχωριζόμενων εδαφικών στρωμάτων, λαμβάνονται τελικώς ως οι μέσοι όροι των τιμών των αντίστοιχων εργαστηριακών δοκιμών. Ομοίως, οι τιμές των παραμέτρων αντοχής και συμπίεστότητας εκτιμώνται ως οι ελάχιστες χαρακτηριστικές τιμές με διάστημα εμπιστοσύνης 95% (εάν και εφόσον υπάρχει διαθέσιμο δείγμα), λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τα αποτελέσματα των επιτόπου δοκιμών πρότυπης διείσδυσης.

Τα αποτελέσματα και η στατιστική επεξεργασία των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών θα παρουσιαστούν αναλόγως με την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δοκιμών.

5. ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ

Το φυσικό πρανές επί του ποδός του οποίου αναπτύσσεται η περιμετρική οδός της λιμνολεκάνης, τμήμα του οποίου αστόχησε λόγω των πρόσφατων κατολισθητικών φαινομένων, είναι ικανού κρίσιμου ύψους της τάξεως των 28,00m, αυξημένης φυσικής κλίσης ίσης με 57% περίπου και συνίσταται από μαργαϊκά γεωυλικά, με μικρή έως αρκετή περιεκτικότητα σε άμμο, τα οποία χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα ευπαθή στην περίπτωση κατά την οποία διαποτισθούν με νερό (π.χ όμβρια ύδατα).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της γεωτεχνικής έρευνας καθώς και τα πορίσματα που προέκυψαν κατά την αναγνώριση των επιτόπου συνθηκών προκύπτει ότι τα πρόσφατα εκδηλωμένα κατολισθητικά φαινόμενα, τα οποία επέφεραν την αστοχία τμήματος του πρανού, οφείλονται σε κατακρημνίσεις του ανώτερου εδαφικού χαλαρού - εν γένει - μανδύα. Συγκεκριμένα, όπως προαναφέρθηκε και δείχνεται στις επισυναπτόμενες φωτογραφίες του Παραρτήματος Α, στις εν λόγω θέσεις εκδηλώθηκαν σημαντικές μετακινήσεις επί του μετώπου του πρανού με συνέπεια την κατακρήμνιση εδαφικών μαζών από το φυσικό πρανές και τη σταδιακή μείωση - έως την πλήρη κατάργηση - του πλάτους της οδού.

Το συγκεκριμένο φαινόμενο (ήτοι των κατολισθητικών αστοχιών) αναμένεται να εμφανισθεί εκ νέου σε διάφορες θέσεις του πρανού προκαλώντας παρόμοιες καταστάσεις με την υφιστάμενη.

10

Τα βασικά αίτια της εκδήλωσης των πρόσφατων κατολισθητικών φαινομένων αλλά και της αναμενόμενης συνέχισης αυτών στο προσεχές διάστημα (εάν δεν ληφθούν τα ενδεικνυόμενα μέτρα αντιστήριξης) είναι τα εξής:

- το έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο (αυξημένο ύψος / μήκος πρανού, ιδιαίτερα έντονη φυσική κλίση),
- το ικανό πάχος των ανώτερων εδαφικών γεωυλικών (υπερκείμενη στοιβάδα),
- η περιοδική, απότομη και παροδική εμφάνιση υψηλού υδάτινου ορίζοντα εντός των υπερκείμενων εδαφικών γεωυλικών λόγω των ισχυρών βροχοπτώσεων και της έντονης κατείσδυσης των επιφανειακών νερών μέσω των υφιστάμενων εφελκυστικών ρωγμών (ρηγματώσεων) και των πλευρικών διηθήσεων,
- η αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων και η συνακόλουθη μείωση της διατμητικής αντοχής των ανώτερων εδαφικών υλικών,
- η πρόκληση ανοδοκαθοδικών κινήσεων από τους διαδοχικούς κύκλους ύγρυνσης - ξήρανσης στα συμπιεστά και διογκούμενα λεπτόκοκκα γεωυλικά της επιφανειακής μάζας,
- η περιοδική αύξηση του βάρους της ολισθαίνουσας μάζας ήτοι των ανώτερων εδαφικών γεωυλικών λόγω του διαποτισμού τους από ύδατα (όμβρια),

- η μείωση της διατμητικής αντοχής κατά μήκος των διεπιφανειών διαζώνισης των επιμέρους εδαφικών γεωϋλικών αλλά και της διεπιφάνειας επαφής των υπερκείμενων εδαφικών υλικών και του υποκείμενου υποβάθρου (σκληρή αργιλώδης μάργα),
- οι κατά καιρούς δυναμικές φορτίσεις (σεισμοί) της ευρύτερης περιοχής, έστω και μικρής έντασης, οι οποίες ενεργοποιούν και επιταχύνουν τα ερπυστικά φαινόμενα.

Με βάση όλα τα παραπάνω, προκύπτουν τα ακόλουθα κύρια συμπεράσματα (βλ. Σχήμα 5):

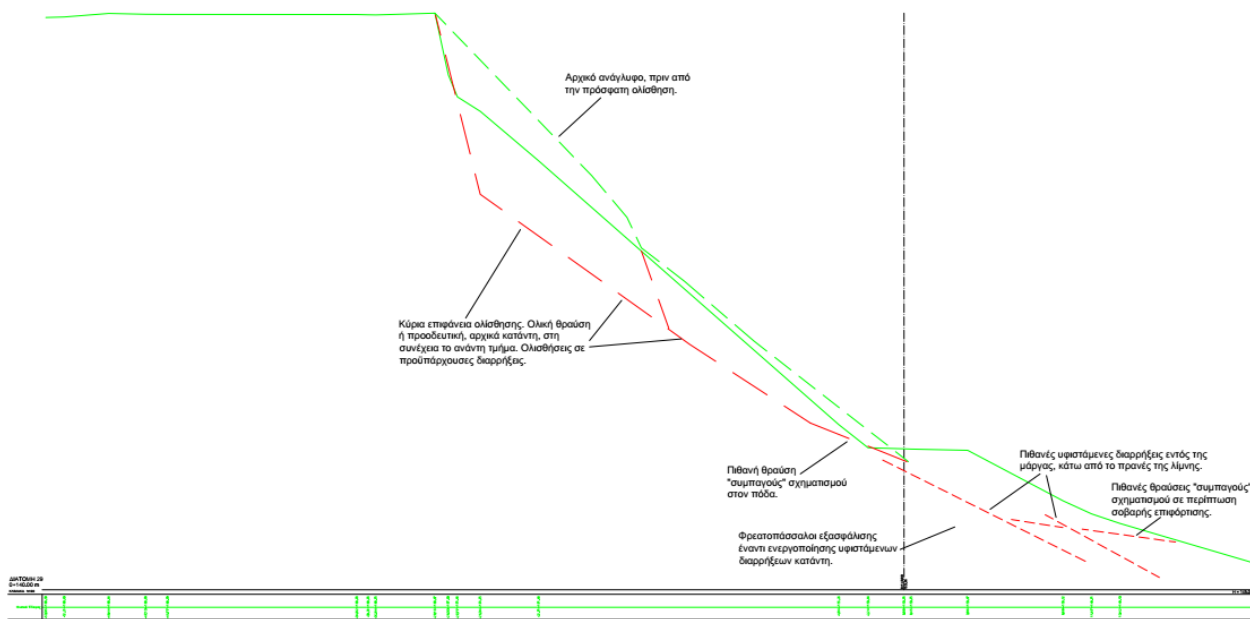
1^ο) Στην υπόψη περιοχή προϋπήρχαν χρόνιες και αργές ερπυστικές μετακινήσεις, που μπορούν να χαρακτηρισθούν ως παλιές και δικαιολογούν το βεβαρημένο ιστορικό για την περιοχή.

2^ο) Κατά την παρούσα χρονική στιγμή, φαίνεται ότι στην περιοχή έχουν αναπτυχθεί πολλαπλές διεπιφάνειες ολίσθησης τοπικά πολυγωνικής επιμήκους μορφής, οι οποίες εκτιμώμε ότι βρίσκονται σε κατάσταση οριακής ισορροπίας.

3^ο) Το βάθος των διεπιφανειών ολίσθησης οι οποίες προκάλεσαν τα πρόσφατα κατολισθητικά φαινόμενα περιορίζεται προς το παρόν εντός των ανώτερων εδαφικών υλικών. Τα ίχνη των επιμέρους θραύσεων και των ερπυστικών μετακινήσεων, όπως εφελκυστικές ρωγμές και ολισθημένα γεωϋλικά είναι ορατά στην υφιστάμενη περιμετρική οδό υπό τη μορφή λασπορών και χαλαρών εδαφικών κώνων.

4^ο) Η έντονη κλίση της διεπιφάνειας επαφής μεταξύ του σταθερού υποβάθρου της σκληρής αργιλώδους μάργας και των υπερκείμενων αυτού εδαφικών υλικών σε συνδυασμό με τα φυσικά-μηχανικά χαρακτηριστικά των στρώσεων αυτών μπορεί να θεωρηθούν ως βασική αιτία για την εκδήλωση νέων κατολισθητικών φαινομένων επί των ανώτερων οριζόντων της περιοχής και προς τα ανάντη όρια του περιγράμματος της πρόσφατης ολίσθησης (ήτοι προς τις ιδιόκτητες εκτάσεις). Η οροφή της υπόκειμενης σκληρής μαργαϊκής ενότητας αλλά και οι λεπτές αμμώδεις ενστρώσεις εντός αυτής μπορεί να αποτελέσουν ένα ολισθηρό μέσο επί του οποίου δύναται να συντελεστεί μετακίνηση των υπερκείμενων εδαφικών υλικών υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις (π.χ συνέχιση κατολισθητικών φαινομένων παρόμοιων με τα ήδη εκδηλωμένα στο κατάντη τμήμα της περιμετρικής οδού ήτοι επί του πρανούς της λιμνοδεξαμενής, διαποτισμός του πρανούς με όμβρια ύδατα και αύξηση της πίεσης των πόρων, απουσία νέων μέτρων αντιστήριξης του πρανούς, τυχηματικές φορτίσεις - σεισμός κ.λπ).

Ως εκ τούτου θεωρείται επιβεβλημένο να ληφθούν κατάλληλα μέτρα κατά μήκος του πρανούς ώστε αφενός να βελτιωθούν άμεσα οι συνθήκες ευστάθειάς του και αφετέρου να διασφαλισθεί η ομαλή λειτουργία της περιμετρικής οδού της λιμνοδεξαμενής. Τα μέτρα αυτά παρουσιάζονται στις ακόλουθες ενότητες.



Σχήμα 5. Μηχανισμοί πρόκλησης κατολισθητικών φαινομένων.

6. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

12

Συνεκτιμώντας το σύνολο των προαναφερόμενων επισημάνσεων κρίσιμος παράγοντας για την άμεση και ουσιαστική βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας του πρανούς είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση της περαιτέρω εξάπλωσης των πρόσφατων κατολισθητικών φαινομένων. Εν προκειμένω, για τη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας του υπό μελέτη πρανούς προτείνεται η κατασκευή τοιχείου αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς σε συνδυασμό με την κατασκευή οπλισμένου επιχώματος άνωθεν αυτού. Το εν λόγω τοίχειο θα θεμελιώνεται επί έγχυτων φρεατοπασσάλων ελάχιστης διαμέτρου $D=1,20m$.

Πιο αναλυτικά, για την αποκατάσταση και σταθεροποίηση της κατολίσθησης του Βόρειου Πρανούς της Βορειοανατολικής Λιμνοδεξαμενής Αποθήκευσης Στραγγισμάτων του Αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Ταγαράδων, προτείνεται η υλοποίηση ενός συστήματος αντιστήριξης που αποτελείται από ένα οπλισμένο επίχωμα, εδραζόμενο επί άοπλου επιχώματος, στηριζόμενο από ενιαίο τοίχειο αντιστήριξης.

Το τοίχειο αντιστήριξης κατασκευάζεται από Οπλισμένο Σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 και έχει τραπεζοειδή διατομή. Πιο συγκεκριμένα, η όψη του προς το κατολισθέν πρανές είναι κεκλιμένη, ενώ η αντίστοιχη όψη προς το εσωτερικό του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Ταγαράδων είναι κατακόρυφη, με ύψος 3,00m. Το πάχος του τοιχείου κυμαίνεται από 0,40m στη στέψη έως 0,70m στη βάση αυτού.

Ο τοίχος εδράζεται επί κεφαλοδέσμου από Ο/Σ κατηγορίας C30/37 διαστάσεων 1,40x1,40 (ΠxΥ) (m), κάτωθεν του οποίου αναπτύσσεται σύστημα φρεατοπασσάλων από Ο/Σ κατηγορίας C30/37 διαμέτρου $\varnothing 1,20\text{m}$ και μήκους 20,0m (μη συμπεριλαμβανομένου του κεφαλοδέσμου). Οι φρεατοπάσσαλοι τοποθετούνται σε απόσταση 1,50m μετρούμενη από το κέντρο τους.

Όπισθεν του τοιχείου, προς το πρανές, κατασκευάζεται άοπλο επίχωμα από επίλεκτα υλικά κατηγορίας E4 κατά ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-02-07-01-00. Σε αυτόν εδράζεται οπλισμένο επίχωμα, επίσης από επίλεκτα υλικά κατηγορίας E4, ύψους 4,0m. Για τη συγκράτησή του, τοποθετούνται συρματοκιβώτια διαστάσεων 1,00x1,00x0,50 (ΠxΜxΥ) (m). Το επίχωμα οπλίζεται με γεωπλέγματα αντοχής 100kN/m και αντοχής σε μακροχρόνιες συνθήκες $TD \geq 42,0\text{KN/m}$.

Για τη διασφάλιση της ευστάθειας του πρανούς, τοποθετούνται γεωσυνθετικό φύλλο αποστράγγισης και τρισδιάστατο γεώπλεγμα άνωθεν αυτού. Τα γεωσυνθετικά υλικά αγκυρώνονται σε τάφρο αγκύρωσης ύψους 0,50m και πλάτους 0,50m στο φρύδι αυτού, καθώς και με τη χρήση αγκυριών.

Επιπλέον, έπειτα από υπόδειξη της Υπηρεσίας και λαμβάνοντας υπόψη ότι από την περιοχή έχει διαμορφωθεί οδός για τη διέλευση των οχημάτων, η οποία πρέπει να προστατευτεί έναντι υποχωρήσεων και καταπτώσεων, τοποθετούνται συρματοκιβώτια τόσο στο φρύδι της Νοτιοδυτικής λιμνοδεξαμενής, όσο και στον πόδα του πρανούς. Τα συρματοκιβώτια είναι διαστάσεων 1,00x1,00x1,00 (ΠxΜxΥ) (m) και στην περίπτωση της λιμνοδεξαμενής εναποτίθενται στο φρύδι, ενώ στην περίπτωση του πρανούς, τοποθετούνται έπειτα από την αφαίρεση 0,30m φυτικής γης.

Τέλος, στο Έργο περιλαμβάνεται ο προσεκτικός καθαρισμός των πρανών των λιμνοδεξαμενών από επικώσεις, όπως έχουν προκύψει από την εν λόγω κατολίσθηση.

Σημειώνεται ότι η εκτέλεση όλων των εργασιών θα πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και τηρούμενων όλων των μέτρων ασφάλειας και υγείας προκειμένου να αποφευχθεί περαιτέρω κατολίσθηση του πρανούς, αλλά και φθορά της γεωμεμβράνης των λιμνοδεξαμενών. Σε περίπτωση φθοράς της αυτή θα αντικατασταθεί τοπικά από νέα, η συρραφή της οποίας θα γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή του υλικού.

Τα επιμέρους στάδια κατασκευής των ως άνω έργων είναι τα εξής:

1° Στάδιο: Τοπική διαμόρφωση της υφιστάμενης οδού ως δάπεδο εργασίας για την κατασκευή των έγχυτων φρεατοπασσάλων του τοίχου αντιστήριξης.

2° Στάδιο: Κατασκευή των φρεατοπασσάλων. Για την επίτευξη βέλτιστης λειτουργίας των φρεατοπασσάλων έναντι διατμητικών φορτίσεων κρίνεται αναγκαία η ισχυρή σύνδεση των

κεφαλών αυτών με την κατασκευή συνεχούς δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα (κεφαλόδεσμος).

3^ο Στάδιο: Σταδιακή κατασκευή του τοιχείου αντιστήριξης επί του κεφαλοδέσμου του προηγούμενου σταδίου.

4^ο Στάδιο: Κατασκευή άοπλου επιχώματος όπισθεν του τοιχείου αντιστήριξης και κατασκευή οπλισμένου επιχώματος άνωθεν αυτού. Τα εν λόγω επιχώματα συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας του πρανούς και παράλληλα λειτουργούν ως μέτρα συγκράτησης - παγίδευσης προϊόντων πιθανών μελλοντικών αποκολλήσεων από το μέτωπο του πρανούς.

7. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

7.1 Γεωτεχνικές Συνθήκες Ζώνης Έργου - Μηχανισμοί Αστάθειας

Το υπό εξέταση πρανές της ζώνης του ΧΥΤΑ Ταγαράδων δομείται από πολύ στιφρές έως σκληρές μαργαϊκές αργίλους, οι οποίες μεταβαίνουν με το βάθος σε σκληρές έως πολύ σκληρές μάργες, με παρουσία λεπτών ενστρώσεων ψαμμιτικών μαργών έως αργιλικών αμμοχάλικων. Ο νεογενής αυτός σχηματισμός παρουσιάζει γενικά διεπιφάνειες διάστρωσης, ενώ κατά τη φάση της απόθεσης και διαγένεσης αυτού επί του υποβάθρου των μαργαϊκών ασβεστολίθων, είναι πιθανή η ανάπτυξη εσωτερικών διαρρήξεων, καθώς αυτός ακολουθούσε τις τεκτονικές μετακινήσεις των υποκείμενων ασβεστολίθων. Μικρότερες ή πιο εκτεταμένες επιφάνειες ολίσθησης εντός των μαργών εντοπίζονται επίσης συχνά και οφείλονται σε παλαιότερες επίπεδες ή σφηνοειδείς ολισθήσεις, πιθανώς λόγω διάβρωσης από παλαιότερες διελεύσεις ρεμάτων κατά τη φάση της διαγένεσης. Οι διαρρήξεις αυτές έχουν δημιουργηθεί σε διάφορες ιστορικές φάσεις και συχνά δεν είναι ορατές από την επιφάνεια, αλλά συναντώνται κατά την πρόοδο των εκσκαφών εντός των εν λόγω σχηματισμών, συχνά σε συνδυασμό με παράγοντες που αναφέρονται στην επόμενη παράγραφο.

Χαρακτηριστική είναι η ιδιότητα των σχηματισμών αυτών να μεταπίπτουν σταδιακά και προοδευτικά από τις κορυφαίες στις παραμένουσες ιδιότητες διατμητικής αντοχής, με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη μετακινήσεων στην μάζα τους, εφόσον αυτή βρίσκεται σε μία οριακή κατάσταση ισορροπίας. Η σταδιακή μετάπτωση μαργαϊκών σχηματισμών σε συνθήκες παραμένουσας αντοχής και η συνεχής μείωση αυτής, λόγω συνδυασμένης δράσης νερού και μικρομετακινήσεων-ολισθήσεων στη μάζα τους έχει κατ' επανάληψη παρατηρηθεί στον Ελλαδικό χώρο και έχει σχετιστεί με συστηματικά κατολισθητικά φαινόμενα. Η ιδιότητα δε αυτή των μαργαϊκών σχηματισμών προκαλεί την περιοδική επανενεργοποίηση ή τη συνεχή εξέλιξη ολισθήσεων μέρους ή του συνόλου των μαζών που αρχικά κατολίσθησαν, με

αποτέλεσμα την εξέλιξη - μεγέθυνση των κατολισθητικών φαινομένων ανάντη της εκάστοτε στέψης τους.

7.2 Υπολογιστικές Εκτιμήσεις Ευστάθειας Πρανών

7.2.1 Μηχανικές Παράμετροι Σχεδιασμού

Για τον προσδιορισμό των μηχανικών παραμέτρων σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε μία εκ των πλέον κρίσιμων διατομών του έργου, η Δ29 (Χ.Θ. 0+400), όπου εκδηλώθηκε εκτεταμένη ολίσθηση, η οποία περιλάμβανε το σύνολο πρακτικά του ύψους του διαμορφωμένου πρανούς, ανάντη της ανατολικής δεξαμενής στραγγισμάτων. Η συγκεκριμένη διατομή συνδυάζει αυξημένο ύψος του ολισθημένου πρανούς, σε συνδυασμό με σημαντικούς περιορισμούς στη ζώνη του πόδα, λόγω της κατάντη παρουσίας της λεκάνης στραγγισμάτων, διαμόρφωση που δεν επιτρέπει τη δημιουργία εκτεταμένου χωματουργικού έργου αντιστήριξης των κατολισθημένων και των ευρισκομένων σε οριακή ισορροπία ανάντη διαμορφωμένων πρανών.

Η γενική στρωματογραφία και οι ανάλογες μηχανικές παράμετροι σχεδιασμού των επιμέρους στρώσεων προκύπτουν από το συνδυασμό εφαρμογής ανάστροφης ανάλυσης ευστάθειας του αρχικού πρανούς, της επιτόπου παρατήρησης των σχηματισμών και των ευρημάτων της πραγματοποιηθείσας δειγματοληπτικής γεώτρησης, με έμφαση στα αποτελέσματα των επιτόπου δοκιμών SPT.

Οι έλεγχοι ανάστροφης ανάλυσης ευστάθειας επιτρέπουν τον προσδιορισμό των μηχανικών παραμέτρων της ανώτερης ζώνης της μαργαϊκής αργίλου και της διαμορφωθείσας επιφάνειας ολίσθησης, θεωρώντας για τη μεν πρώτη περίπτωση αρχική οριακή ισορροπία και συντελεστή ασφάλειας λίγο μεγαλύτερο από $FS=1,0$, ενώ στη δεύτερη περίπτωση (πλήρης διαμόρφωση επιφάνειας ολίσθησης, μετά τη σταδιακή μετάβαση από τις κορυφαίες τιμές διαμητικής αντοχής στις παραμένουσες) λαμβάνεται συντελεστής ασφάλειας σαφώς μικρότερος της μονάδας. Το σύνολο των ελέγχων πραγματοποιείται με εφαρμογή ενεργών τιμών διαμητικής αντοχής των αργιλομαργαϊκών σχηματισμών, καθώς οι έλεγχοι υπό τη θεώρηση αστράγγιστης διαμητικής αντοχής αποδεικνύονται ευνοϊκότεροι, ενώ πρακτικά δεν έχουν εφαρμογή στη δεδομένη περίπτωση, καθώς πρόκειται για αστοχίες πρανών που είχαν παραμείνει ευσταθή για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Μηχανικές Παράμετροι Αντοχής και Παραμορφωσιμότητας από δοκιμές SPT

Η τιμή της αστράγγιστης διαμητικής αντοχής εκτιμάται από τον αριθμό N_{SPT} με βάση τη σχέση του Terzaghi : $C_u = (10 * N')/2$, όπου N' η διορθωμένη τιμή αριθμού κτύπων. Με βάση τις τιμές N_{SPT} της στρώσης, η αστράγγιστη διαμητική αντοχή κυμαίνεται από 95,0kPa έως 130,0kPa στις ανώτερες αργιλικές στρώσεις, ενώ στις υποκείμενες μάργες η αντίστοιχη αντοχή αυξάνεται έως τα 200,0kPa ÷ 250,0kPa.

Παραμορφωσιμότητα Στρώσης

Για το εκτιμώμενο εύρος τιμών δείκτη πλαστικότητας (PI) (εκτιμώνται τιμές >20%), το μέτρο ελαστικότητας της στρώσης δίδεται από τη σχέση :

$$E'_s = 1,20 \times N \text{ (MPa)}$$

Με βάση τη σχέση αυτή, το μέτρο ελαστικότητας της ανώτερης αργιλικής στρώσης κυμαίνεται περί τα 19,0MPa ÷ 26,0MPa, αυξανόμενο έως τα 45,0MPa ÷ 50,0MPa σε μεγαλύτερα βάθη ανάπτυξης της υποκείμενης μάργας.

Με βάση την εμπειρία από την απόκριση αντίστοιχων σχηματισμών και τα αντίστοιχα στις περιπτώσεις εκείνες αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού της διατμητικής αντοχής σε μακροχρόνιες συνθήκες φόρτισης, οι ενεργές τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής για τον υπό εξέταση σχηματισμό, όσο αυτός βρίσκεται σε σχετικά "άρρηκτη" κατάσταση κυμαίνονται στις παρακάτω τιμές :

Ανώτερη στρώση μαργαϊκής αργίλου : $c' = 25,0\text{kPa} \div 50,0\text{kPa}$, $\varphi' = 21^\circ \div 24^\circ$

Κατώτερη στρώση μάργας : $c' = 55,0\text{kPa} \div 70,0\text{kPa}$, $\varphi' = 20^\circ \div 23^\circ$

Με τη σταδιακά αυξανόμενη διατμητική παραμόρφωση των αργιλικών σχηματισμών, η συνοχή αυτών απομειώνεται, μεταβαίνοντας - για μεγάλες παραμορφώσεις - σε πρακτικά μηδενικές τιμές.

Προσδιορισμός Μηχανικών Παραμέτρων από Ελέγχους Ανάστροφης Ανάλυσης Ευστάθειας

α) Ο προσδιορισμός των μηχανικών παραμέτρων του σχετικά "άρρηκτου" σχηματισμού, πριν δηλαδή από τη δημιουργία συνθηκών εκδήλωσης κατολίσθησης, πραγματοποιείται με την εφαρμογή ανάστροφης ανάλυσης και τη θεώρηση συντελεστή ασφάλειας περί το 1,15 ÷ 1,20.

β) Για τον προσδιορισμό των μηχανικών παραμέτρων των ήδη διαμορφωμένων επιφανειών ολίσθησης, εφαρμόζεται ανάστροφη ανάλυση ευστάθειας επί της εκδηλωθείσας επιφάνειας, στην κρίσιμη διατομή αυτής, με βάση την αρχική γεωμετρία του πρανού. Για την περίπτωση αυτή θεωρείται συντελεστής ασφάλειας περί το 0,90.

Με βάση τις ανάστροφες αναλύσεις ευστάθειας, σε συνδυασμό με τα ευρήματα της πραγματοποιηθείσας δειγματοληπτικής γεώτρησης, προκύπτουν οι ακόλουθες μηχανικές παράμετροι σχεδιασμού για τις επιμέρους γεωτεχνικές στρώσεις της περιοχής των υπό εξέταση πρανών :

α) Στρώση MC1 : Πολύ στιφρή έως σκληρή μαργαϊκή άργιλος με λεπτές ενστρώσεις άμμου και χαλαρών ψηφιδωπαγών.

$$c' = 40,0\text{kPa} , \varphi' = 21^\circ , c'_{sl} = 10,0\text{kPa} , \varphi'_{sl} = 19^\circ , E'_s = 20,0\text{MPa} \div 30,0\text{MPa}$$

β) Στρώση MC2 : Ενδιάμεση στρώση σκληρής μαργαϊκής αργίλου, με λεπτές ενστρώσεις αργιλώδους άμμου - αμμοχάλικου.

$$c' = 50,0\text{kPa} , \varphi' = 20^\circ , E'_s = 30,0\text{MPa} \div 40,0\text{MPa}$$

γ) Στρώση MC3 : Μαργαϊκό υπόβαθρο ζώνης έργου. Σκληρή έως πολύ σκληρή αργιλομάργα.

$$c' = 60,0\text{kPa} , \varphi' = 21^\circ , E'_s = 40,0\text{MPa} \div 60,0\text{MPa}$$

7.2.2 Κρίσιμοι Μηχανισμοί Αστοχίας Πρανών

Με βάση τα προαναφερόμενα, σχετικά με τη δομή και τη συμπεριφορά των επιμέρους σχηματισμών, εξετάζονται οι παρακάτω επιμέρους μηχανισμοί αστοχίας του υπό εξέταση πρανού :

- (α) Κυκλικές ολισθήσεις των υφιστάμενων πρανών. Οι κρίσιμοι έλεγχοι αφορούν στην ανώτερη ζώνη των μαργαϊκών αργίλων (στρώση MC1). Εφόσον το επιλεγόμενο σύστημα υποστήριξης του πρανού εξασφαλίζει τους ελάχιστους απαιτούμενους συντελεστές ασφάλειας $FS_{STW50} = 1,30$ και $FS_{EQW50} = 1,00$, εκτιμάται ότι το πρανές είναι εξασφαλισμένο έναντι μελλοντικών συνεχιζόμενων παραμορφώσεων και τη συνεπαγόμενη απώλεια της διαθέσιμης διατμητικής αντοχής σε μακροχρόνιες συνθήκες.
- (β) Έλεγχος επίπεδης ολίσθησης επί της υφιστάμενης επιφάνειας ολίσθησης. Αποδεικνύεται ότι το επιλεγόμενο σύστημα εξασφαλίζει τη μελλοντική ευστάθεια του ήδη κατολισθημένου πρανού.
- (γ) Ακραία σενάρια επίπεδης ολίσθησης σε ήδη διαμορφωμένες επιφάνειες ολίσθησης οι οποίες να διέρχονται σε μεγαλύτερα βάθη από την εκδηλωθείσα ολίσθηση, να περιλαμβάνουν το σύνολο του πρανού και να καταλήγουν πλησίον του πυθμένα της υφιστάμενης λεκάνης συλλογής στραγγισμάτων.

Τονίζεται ότι το εν λόγω σενάριο είναι ακραίο για τους ακόλουθους τρεις λόγους : (1) Από την πραγματοποιηθείσα γεωτεχνική έρευνα δεν εντοπίστηκαν υφιστάμενες επιφάνειες ολίσθησης διερχόμενες κατάντη του σχεδιαζόμενου συστήματος αντιστήριξης. (2) Εάν τέτοιες προϋπάρχουσες επιφάνειες ήταν εκτεταμένες, το υπό εξέταση πρανές θα είχε ήδη ολισθήσει σε μεγαλύτερο βάθος. (3) Το επιλεγόμενο σύστημα αντιστήριξης προσφέρει ενίσχυση του υφιστάμενου πρανού σε επαρκή βαθμό, ώστε να μην είναι εφικτή η μελλοντική ανάπτυξη επιφανειών ολίσθησης, λόγω εκτεταμένων διατμητικών παραμορφώσεων και αντίστοιχης απώλειας της διαθέσιμης διατμητικής αντοχής σε μεγάλα βάθη.

Παρόλα αυτά, πραγματοποιούνται ανάλογοι έλεγχοι ευστάθειας, από τους οποίους αποδεικνύεται ότι ακόμα και στα εν λόγω ακραία σενάρια εξασφαλίζεται επαρκής ασφάλεια

έναντι αστοχίας του πρανούς, έστω με χαμηλότερους συντελεστές ασφάλειας (τουλάχιστον όχι στην πλέον κρίσιμη διατομή ελέγχου). Σημειώνεται ότι ο πλέον ακραίος έλεγχος γίνεται με θεώρηση υφιστάμενης επιφάνειας ολίσθησης η οποία αναπτύσσεται από αρκετά μέτρα πίσω από το υφιστάμενο φρύδι του πρανούς, έως τον πόδα του πρανούς της λεκάνης στραγγισμάτων. Είναι προφανές ότι εάν τέτοια επιφάνεια πράγματι υπήρχε, θα είχε ήδη οδηγήσει σε σοβαρή αστοχία του συνόλου των υφιστάμενων δεξαμενών συλλογής στραγγισμάτων.

7.2.3 Μεθοδολογία Υπολογισμών - Συνδυασμοί Δράσεων - Λογισμικό

Οι ως άνω τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής χρησιμοποιήθηκαν για τους ελέγχους ευστάθειας του πρανούς, λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των προτεινόμενων μέτρων σταθεροποίησης. Για τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό H/Y SLIDE, με το οποίο ελέγχονται κυκλικές επιφάνειες δυνητικής αστοχίας σε συνθήκες επίπεδης παραμόρφωσης (μέθοδος οριακής ανάλυσης ULS).

Οι δράσεις λαμβάνονται υπόψη θεωρώντας τα ίδια βάρη των υλικών, τις παραδοχές πιέσεων νερού, τα εξωτερικά φορτία και την αδρανειακή φόρτιση (σεισμός με ψευδοστατική θεώρηση), εφαρμόζοντας τους ανάλογους συντελεστές ασφάλειας, οι δε αντιδράσεις υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής των γεωυλικών και τις πιέσεις νερού.

Το πρόγραμμα υπολογίζει για κάθε συνδυασμό δράσεων έναν αριθμό δυνητικών επιφανειών που μπορεί να είναι είτε μία επιφάνεια, ή περισσότερες τυχαίες, αναλόγως του συνδυασμού - περίπτωσης που εξετάζεται. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι υπολογισμού με διακριτοποίηση σε κατακόρυφα τμήματα (μέθοδοι Bishop, Janbu, Spencer και Morgenstern - Price).

Για το συγκεκριμένο πρανές γίνονται τρεις κρίσιμοι έλεγχοι κατά ΟΜΟΕ :

- α) Στατικές μακροχρόνιες συνθήκες με ανώτατη στάθμη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα 50ετίας [STW50] ($F_{\text{απαιτ.}} \geq 1,30$).
- β) Σεισμική φόρτιση σχεδιασμού [EQW] ($F_{\text{απαιτ.}} \geq 1,00$).
- γ) Ακραία σενάρια συγκράτησης προϋπαρχουσών επιφανειών ολίσθησης [STW50] ($F_{\text{απαιτ.}} \geq 1,10$).

7.3 Επιλεγόμενα Μέτρα Υποστήριξης

7.3.1 Επιλεγόμενες Εναλλακτικές Λύσεις

Λαμβάνοντας υπόψη τους κρίσιμους μηχανισμούς ευστάθειας, όπως αυτοί παρατέθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, επιλέγεται η κατασκευή συστήματος αντιστήριξης - ενίσχυσης των υφιστάμενων πρανών, σύμφωνα με τα αντίστοιχα σχέδια διατομών και οριζοντιογραφίας, το οποίο περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στοιχεία:

Οπλισμένο επίχωμα, κλίσης μετώπου 5:2, το οποίο εδράζεται όπισθεν και ανάντη τοίχου αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο τοίχος εδράζεται επί πασσαλοδιαφράγματος κατάλληλου μήκους και διαστάσεων. Για τις ανάγκες της αντιστήριξης επιλέγεται η ακόλουθη διάταξη αντιστήριξης :

α) Ανάντη οπλισμένο επίχωμα, ύψους $H = 4,0\text{m}$, κλίσης μετώπου 5:2 (56°). Η επένδυση του μετώπου πραγματοποιείται με λιθοπληρωμένα συρματοκιβώτια. Το επίχωμα οπλίζεται με πολυμερικά γεωπλέγματα οριακής αντοχής $T_{ULT} \geq 100,0\text{kN/m}$ και αντοχής σε μακροχρόνιες συνθήκες $T_D \geq 42,0\text{kN/m}$. Το οπλισμένο επίχωμα κατασκευάζεται με καλά συμπυκνωμένα κοκκώδη γεωυλικά κατηγορίας τουλάχιστον A-1-b κατά AASHTO.

β). Κατάντη τοίχος αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα, η στέψη του οποίου θα βρίσκεται στην ίδια στάθμη με τον πόδα του ανάντη οπλισμένου επιχώματος και σε απόσταση 1,0m εξωτερικά αυτού. Ο τοίχος αντιστήριξης θα έχει ύψος $H = 3,0\text{m}$ και θα εδράζεται επί του κεφαλόδεσμου του υποκείμενου πασσαλότοιχου. Το όπισθεν του τοίχου επίχωμα θα κατασκευαστεί με κατάλληλα συμπυκνωμένα γεωυλικά κατηγορίας τουλάχιστον A-1-b κατά AASHTO, κατ' αναλογία προς το υπερκείμενο οπλισμένο επίχωμα.

γ) Υποκείμενος πασσαλότοιχος αντιστήριξης πρανούς. Συνίσταται από φρεατοπασσάλους $\Phi 120\text{cm}$, σε αξονικές αποστάσεις $s = 1,50\text{m}$, μήκους $L = 20,0\text{m}$. Οι φρεατοπάσσαλοι συνδέονται μεταξύ τους με κεφαλόδεσμο τετραγωνικής διατομής $B = H = 1,40\text{m}$. Οι οπλισμοί κάθε φρεατοπασσάλου περιλαμβάνουν διαμήκεις οπλισμούς $24\Phi 25\text{mm}$ (12 ζεύγη) και σπειροειδή οπλισμό διάτμησης $\Phi 12/10\text{cm}$ για τα πρώτα 7,20m από την κεφαλή του πασσάλου και προς τα κάτω, συμπεριλαμβανομένου τμήματος του κεφαλοδέσμου μήκους 1,20m (ήτοι 1,20m εντός κεφαλοδέσμου + 6,00m στο σώμα του πασσάλου) και σπειροειδή οπλισμό διάτμησης $\Phi 12/15\text{cm}$ για τα υπόλοιπα 14,0m μήκους του πασσάλου.

Το επιλεγόμενο σύστημα αντιστήριξης επιτελεί ταυτόχρονα τους ακόλουθους σκοπούς :

- 1) Τη δημιουργία επιχωματικού αντιβάρου, για την αντιστήριξη των ήδη ολισθημένων αργιλικών μαζών και των επιφανειακών τμημάτων του υφιστάμενου πρανούς.
- 2) Τη δημιουργία επαρκούς επιφάνειας στη στέψη, για τη συγκέντρωση κατερχόμενων όγκων που έχουν αποκολληθεί κυρίως από το φρύδι του υφιστάμενου πρανούς.

3) Τη δημιουργία - σε συνδυασμό με τον υποκείμενο τοίχο αντιστήριξης - επαρκούς αντιβάρου ποδός, για την εξασφάλιση της συνολικής ευστάθειας του συνολικού μετώπου των υφιστάμενων πρανών.

4) Τη δημιουργία ενός συστήματος ενίσχυσης του συνολικού πρανού, έναντι των ακραίων σεναρίων της ενεργοποίησης τυχόν υφιστάμενων βαθέων επιφανειών ολίσθησης, οι οποίες θα περιλαμβάνουν τα υπό μελέτη πρανή και το διαμορφωμένο πρανές των υποκείμενων λεκανών - δεξαμενών συγκέντρωσης στραγγισμάτων

7.3.2 Συντελεστές Ασφάλειας Επιμέρους Ελέγχων - Συστημάτων Αντιστήριξης

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται το σύνολο των αποτελεσμάτων των ελέγχων ευστάθειας που πραγματοποιήθηκαν με βάση τα αναγραφόμενα στις παραγράφους 7.2.1 έως και 7.2.3. Τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών, τα οποία βασίζονται στην κρίσιμη διατομή Δ29 (Χ.Θ. 0+140), παρατίθενται στο παράρτημα Α της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης.

Στον πίνακα συμπεριλαμβάνονται και οι ανάστροφες αναλύσεις προσδιορισμού των μηχανικών παραμέτρων των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών (αρχική κατάσταση πρανούς).

Πίνακας: Συντελεστές Ασφάλειας Επιμέρους Ελέγχων

Διατομή	Συνδυασμός Φόρτισης	Μηχανισμός Ολίσθησης	Σ.Α.	Σχήμα
Δ29	STW Ανάστροφη Ανάλυση	Κυκλική Ολίσθηση	1,19	S1/STW/REV
	STW Ανάστροφη Ανάλυση	Επίπεδη Ολίσθηση	0,89	S2/STW/REV
	STW50 Σύστημα Υποστήριξης	Κυκλική Ολίσθηση	1,30	S3/STW50/C1
	EQW50 Σύστημα Υποστήριξης	Κυκλική Ολίσθηση	1,12	S4/EQW50/C2
	STW50 Σύστημα Υποστήριξης	Επίπεδη Ολίσθηση	1,50	S5/STW50/P1
	EQW50 Σύστημα Υποστήριξης	Επίπεδη Ολίσθηση	1,30	S6/EQW50/P2
	STW50 Σύστημα Υποστήριξης	Πολυεπίπεδη Ολίσθηση - Βαθεία Ολίσθηση	1,30	S7/STW50/P3
	STW50 Σύστημα Υποστήριξης	Πολυεπίπεδη Ολίσθηση - Βαθεία Ολίσθηση - Σύνολο Πρανούς	1,04	S8/STW50/P4

7.4 Εντατικά Μεγέθη Συστήματος Αντιστήριξης - Οπλισμοί Πασσάλων

Για την εξασφάλιση των προαναφερόμενων συντελεστών ασφάλειας έναντι αστοχίας του πρανούς, για τα επιμέρους ελεγχόμενα συστήματα αντιστήριξης, θα πρέπει τα επιμέρους στοιχεία (φρεατοπάσσαλοι) να διαθέτουν τις ακόλουθες ελάχιστες τιμές διαθέσιμης διατμητικής αντοχής :

Φρεατοπάσσαλος D120cm : Ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή $V_{RD} \geq 1000\text{kN}$

Για την εξασφάλιση των προαναφερόμενων αντοχών διατμητικής αντοχής επιλέγονται οι ακόλουθοι οπλισμοί :

Φρεατοπάσσαλος D120cm : Διαμήκεις οπλισμοί **14Φ25mm**, διάτμησης : **Φ12mm/20cm**

$$M_{RD} = 1430\text{kNm} , V_{RD} = 1050\text{kN}$$

Από τους ελέγχους απόκρισης του υπό εξέταση πασσαλότοιχου, δεν προκύπτουν αναπτυσσόμενα εντατικά μεγέθη μεγαλύτερα από :

$$M_{SD} = 467,1\text{kNm} , V_{SD} = 177,7\text{kN} , s = 27,0\text{mm}$$

για το σύνολο των στατικών και σεισμικών ελέγχων, χωρίς τη δημιουργία επιφάνειας ολίσθησης.

21

8. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

8.1 Κανονισμοί - Κατάταξη Έργου

Ο σχεδιασμός των επιχωμάτων πραγματοποιείται με βάση τις Ο.Μ.Ο.Ε. και τις οδηγίες του EN 1997-1:2004, σχετικά με την αξιολόγηση των διαθέσιμων αποτελεσμάτων γεωτεχνικών ερευνών στη ζώνη του έργου (επιλογή χαρακτηριστικών τιμών παραμέτρων σχεδιασμού) και την επιλογή τρόπου ανάλυσης (design approach) του έργου.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση των επιχωμάτων πραγματοποιείται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14475 : 2006 - Execution of Special Geotechnical Works - Reinforced Fill.

- Η τυχόν αστοχία του σχεδιαζόμενου άοπλου και οπλισμένου επιχώματος θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια των υφιστάμενων εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ (λιμνοδεξαμενή). Ως εκ τούτου, λόγω των σοβαρότατων συνεπειών από πιθανή αστοχία του έργου, αυτό κατά-τάσσεται στη Γεωτεχνική Κατηγορία 3 (ΓΚ3) κατά EN1997-1:2004.
- Η κατάταξη του έργου στη Γεωτεχνική Κατηγορία ΓΚ3 δεν μεταβάλλει τις τιμές του επιδιωκόμενου συντελεστή ασφάλειας, οριοθετεί όμως την έμφαση στην επίβλεψη κατά τη διάρκεια της κατασκευής, καθώς και το απαιτούμενο επίπεδο ενοργάνωσης και συντήρησης κατά τη λειτουργία του έργου.
- Ο σχεδιασμός του έργου πραγματοποιείται για διάρκεια ζωής 120 ετών.

8.2 Κατασκευή άοπλου επιχώματος

Το σώμα του επιχώματος, όπισθεν του τοιχείου αντιστήριξης, διαμορφώνεται ως σύνηθες, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-02-07-01-00 με την εξαίρεση ότι τα χρησιμοποιούμενα γεωυλικά θα είναι σε κάθε περίπτωση κατηγορίας τουλάχιστον A-1-b κατά AASHTO.

Τα χρησιμοποιούμενα γεωυλικά θα διαθέτουν υγρό φαινόμενο βάρος τουλάχιστον ίσο με $20,5\text{KN/m}^3$, επαρκή χαρακτηριστική τιμή ενεργού γωνίας τριβής $\varphi'k \geq 34^\circ$ και σχετικά ικανοποιητικές αποστραγγιστικές ιδιότητες. Συγκεκριμένα προβλέπεται υλικό κοκκώδες, θραυστό ή φυσικό, με μέγιστη διάμετρο κόκκων $d \leq 20,0\text{cm}$, με επιδιωκόμενο βαθμό συμπίκνωσης $\geq 95\%$ της βέλτιστης πυκνότητας κατά AASHTO T180-D.

Η συμπίκνωση όλων των υλικών προβλέπεται σε στρώσεις μέγιστου πάχους $50,0\text{cm}$, υπό την προϋπόθεση χρησιμοποίησης κατάλληλου δονητικού οδοστρωτήρα βαρέως τύπου, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφος βαθμός συμπίκνωσης σε όλο το πάχος της στρώσης. Εφόσον δε διατίθεται ανάλογο μηχάνημα, το πάχος της κάθε στρώσης θα μειώνεται αναλόγως.

8.3 Κατασκευή οπλισμένου επιχώματος

Τα γεωυλικά κατασκευής του υπό μελέτη οπλισμένου επιχώματος είναι γενικά δυνατό να είναι διάφορης σύστασης, εφόσον όμως τεκμηριώνονται τα μηχανικά, φυσικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους σε σχέση με τον οπλισμό και εφόσον εμπίπτουν από πλευράς καταλληλότητας και τρόπου διάστρωσης - συμπίκνωσης στις γενικές τεχνικές προδιαγραφές του έργου περί κατασκευής επιχωμάτων. Τα γεωυλικά κατασκευής των οπλισμένων επιχωμάτων θα ακολουθούν τα προδιαγραφόμενα στις ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-02-07-04-00 (Οπλισμένα Επιχώματα) και ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-02-05-00 (Έργα Αντιστήριξης από Οπλισμένη Γη), με εξαίρεση την προδιαγραφόμενη μέγιστη διάμετρο κόκκου.

Ο παρακάτω πίνακας 3 συνοψίζει τις απαιτούμενες τιμές των χαρακτηριστικών των υλικών αυτών.

Σημειώνεται ότι αντίστοιχων προδιαγραφών γεωυλικά προτείνεται να διαστρωθούν και στο ανώτερο $1,00\text{m}$ του συνόλου της στέψης του άοπλου επιχώματος, έτσι ώστε να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες έδρασης του οπλισμένου επιχώματος.

Η συμπίκνωση όλων των υλικών του οπλισμένου επιχώματος προβλέπεται σε στρώσεις μέγιστου πάχους $25,0\text{cm}$, υπό την προϋπόθεση χρησιμοποίησης κατάλληλου δονητικού οδοστρωτήρα βαρέως τύπου, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφος βαθμός συμπίκνωσης σε όλο το πάχος της στρώσης. Εφόσον δε διατίθεται ανάλογο μηχάνημα, το πάχος της κάθε στρώσης θα μειώνεται αναλόγως.

Για όλα τα υλικά του επικώματος θα πρέπει με βάση τα αποτελέσματα σχετικών εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα με την ίδια κατάσταση πυκνότητας (βαθμού συμπίκνωσης) όπως προδιαγράφεται στο έργο, να προσδιορίζονται οι τιμές των ακόλουθων τουλάχιστον εδαφικών χαρακτηριστικών :

- Φαινόμενο βάρος γ_k (ξηρό και υγρό με τη βέλτιστη υγρασία συμπίκνωσης).
- Ενεργός γωνία τριβής φ'_k και αντίστοιχη ενεργός συνοχή c'_k σε μακροχρόνιες συνθήκες για διάφορες καταστάσεις υγρασίας (ξηρά υλικά, υγρά, κορεσμένα), με το βαθμό συμπίκνωσης που προδιαγράφεται για να τοποθετηθούν στο έργο.
- Περιβαλλοντικές συνθήκες pH προκειμένου να ελεγχθεί η συμβατότητα με τα γεωπλέγματα οπλισμού. Όλα τα υλικά θα πρέπει να διαθέτουν pH μεταξύ των τιμών 3 και 10, το δε χρησιμοποιούμενο γεώπλεγμα να παραμένει εντελώς ανεπηρέαστο από το pH των γεωυλικών.
- Το οπλισμένο επίχωμα θα κατασκευαστεί με κατάλληλα συμπυκνωμένα κοκκώδη γεωυλικά κατηγορίας τουλάχιστον A-1-b κατά AASHTO. Το υλικό του οπλισμένου επικώματος θα κατατάσσεται στην κατηγορία τουλάχιστον E4 κατά ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-02-07-01-00:2018.
- Πέρα από την κατάταξη κατά AASHTO / ΕΛΟΤ ΤΠ, τα χρησιμοποιούμενα για το υπό εξέταση οπλισμένο επίχωμα γεωυλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τις προδιαγραφές της κατηγορίας του Τύπου 2-B του πίνακα Α.1 / παράρτημα Α / EN 14475:2006.

23

Με βάση τα προαναφερόμενα, τα γεωυλικά πλήρωσης που θα διατεθούν για τις ανάγκες του έργου θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του παρακάτω πίνακα, τα δε φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αυτών θα προσδιορίζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών Ε 105-86 (αρ.7 και 8) του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Πίνακας 3. Στοιχεία εκτελεσθεισών δοκιμών πρότυπης διείσδυσης (N_{SPT}).

Α. Κοκκομετρία Γεωυλικών	
Διάμετρος κοσκίνου	% Διερχόμενο
125 mm	100
75 mm	≥ 75
10 mm	≥ 10
75 μm (No 200)	≤ 15
Β. Όρια Atterberg Γεωυλικών	
Όριο Υδαρότητας (WL)	-
Δείκτης Πλαστικότητας (PI)	N.P.
Γ. Λοιπά Φυσικά Χαρακτηριστικά Γεωυλικών	
Τιμή pH	3 έως 9
Μέγιστη πυκνότητα κατά την	> 1.950 kg/m ³

τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης	
Περιεκτικότητα σε οργανικά	0%
Δ. Μηχανικά Χαρακτηριστικά Γεωλικών (Χαρακτηριστικές Τιμές X_k)	
Ενεργός Τιμή Γωνίας Τριβής	$\varphi'_k \geq 36^\circ$
Ενεργός Τιμή Συνοχής	$2,0 \geq c'_k \geq 1,0 \text{ KPa}$
Μέτρο Ελαστικότητας Συμπυκνωμένου Γεωλικού	$E_s \geq 40,0 \text{ MPa}$
Τιμή CBR	> 20 (διόγκωση = 0)

Επισημαίνονται τα ακόλουθα :

- Ο βαθμός συμπίκνωσης θα πρέπει να είναι ψηλότερος του 95% της βέλτισης εργαστηριακής πυκνότητας του υλικού (τροποποιημένο Proctor) (προτείνεται δονητικός οδοστρωτήρας)

Για την ακραία ζώνη της επίκωσης, οι στρώσεις θα είναι 20-25cm, η δε συμπίκνωση θα επιτυγχάνεται με χρήση ελαφρών δονητικών μέσων (ελαφρές ή βαριές δονητικές πλάκες).

- Η προδιαγραφόμενη κοκκομετρική διαβάθμιση προτείνεται να ελέγχεται σε δείγματα που θα λαμβάνονται από το σώμα του επικώματος κατά τη σταδιακή κατασκευή του, μετά την ολοκλήρωση των εργασιών διάστρωσης και συμπίκνωσης της εκάστοτε υποστρώσης. Σε κάθε περίπτωση το προς διάστρωση υλικό (πριν από την εργασία συμπίκνωσης) θα πρέπει να έχει μέγιστη διάμετρο κόκκου <125mm για την αποφυγή τραυματισμού των γεωπλεγμάτων.
- Η επαλήθευση της απαιτούμενης διαθέσιμης διατμητικής αντοχής των προς χρήση γεωυλικών θα πραγματοποιείται με δοκιμές άμεσης βραδείας διάτμησης ή τριαξονικής βραδείας φόρτισης σε δείγματα του εκάστοτε δανειοθαλάμου, συμπυκνωμένα στο 95% της βέλτιστης ξηράς πυκνότητας κατά την τροποποιημένη δοκιμή PROCTOR. Για το σκοπό αυτό θα πραγματοποιούνται τουλάχιστον τρεις (3) δοκιμές αντοχής ανά χρησιμοποιούμενο δανειοθάλαμο.
- Για τον έλεγχο της συμπίκνωσης και της συμπίεστότητας των διαστρωθέντων υλικών προτείνεται η εκτέλεση δοκιμών φόρτισης πλάκας και συγκεκριμένα τουλάχιστον δύο δοκιμές ανά ελεγχθείσα ζώνη. Για την αποδοχή της συμπίεστότητας του σώματος του επικώματος θα πρέπει κατά τις δοκιμές να προκύπτει : $E_2 > 60\text{MPa}$ με $E_2 / E_1 < 2,00$ εκτός εάν $E_1 > 40\text{MPa}$ ως ο μέσος όρος δύο τουλάχιστον δοκιμών).
- Το επικώμα δεν θα περιλαμβάνει υλικά τα οποία χάνουν τα χαρακτηριστικά τριβής τους, υλικά ευαίσθητα στο νερό ή ακατάλληλα υλικά όπως υλικά από βάλτους, τύρφη, φυτικές γαίες και υλικά που φθείρονται, υλικά που αυτοαναφλέγονται, υλικά σε παγωμένη κατάσταση και υλικά με περιεχόμενη υγρασία μεγαλύτερη από αυτή που επιτρέπεται για τα συγκεκριμένα υλικά, όπως αυτή μπορεί να καθορίζεται από την Υπηρεσία.

Γεωπλέγματα Όπλισης Επιχωμάτων

Οι προβλεπόμενοι κύριοι οπλισμοί συνίστανται από πολυμερικά γεωπλέγματα κατασκευασμένα από πλέξη ινών πολυεστέρα (PET) με κατάλληλη προστατευτική επάλειψη. Για τις ανάγκες του έργου επιλέγονται γεωπλέγματα δύο διαφορετικών οριακών χαρακτηριστικών αντοχών, με σκοπό την κατά το δυνατό βελτιστοποίηση του κόστους σύμφωνα με τις ανάγκες όπλισης. Τα γεωπλέγματα τοποθετούνται σε συγκεκριμένα υψόμετρα (οριζόντιες στρώσεις), με κατακόρυφες μεταξύ τους αποστάσεις $S_v = 0,50m$. Τα μήκη των γεωπλεγμάτων μεταβάλλονται κατάλληλα καθ' ύψος, σύμφωνα με τα επισυναπτόμενα σχέδια. Η κατώτερη στρώση γεωπλεγματος τοποθετείται στη στάθμη έδρασης του επικώματος, μετά από κατάλληλη διαμόρφωση - επιπέδωση αυτής, η οποία αντιστοιχεί στην αποστραγγιστική στρώση της βάσης. Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται οι εφαρμοζόμενοι κατά το σχεδιασμό μειωτικοί συντελεστές της αντοχής των γεωπλεγμάτων λόγω ερπυσμού, κατασκευαστικής διαδικασίας του επικώματος, επίδρασης περιβαλλοντικών συνθηκών και πιθανών αποκλίσεων της παραγωγής :

		ARTER GTS 100/20/25
Ονομαστική εφελκυστική αντοχή στοιχείου όπλισης	T_{ult}	100 KN/m
Συντελεστής μείωσης έναντι αποκλίσεων της παραγωγής και χρονικής προέκτασης δεδομένων	f_m	1,10
Συντελεστής μείωσης λόγω περιβαλλοντικών προσβολών	f_e	1,20
Συντελεστής μείωσης λόγω φθορών κατά την τοποθέτηση και κατασκευή	f_d	1,10
Συντελεστής μείωσης λόγω ερπυσμού για την απαιτούμενη διάρκεια ωφέλιμης χρήσης	f_{cr}	1,65
Συνολικός μειωτικός συντελεστής	RF	2,40
Χαρακτηριστική τιμή εφελκυστικής αντοχής σε μακροχρόνιες συνθήκες (100 έτη)	T_k	42,0 KN/m

- Χαρακτηριστική τιμή εφελκυστικής παραμόρφωσης στους 20°C στο ονομαστικό όριο θραύσης (T_{ult}) : $10\% \pm 2,5$, για το σύνολο των χρησιμοποιούμενων γεωπλεγμάτων του παραπάνω πίνακα.

Η τοποθέτηση των γεωπλεγμάτων γίνεται σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- Τα γεωπλέγματα όπλισης τοποθετούνται οριζοντίως κατά τη διεύθυνση της κύριας όπλισης, δηλαδή εγκάρσια προς το μέτωπο του επικώματος και στερεώνονται με γαλβανισμέ-

νες ράβδους πίσω από το μέτωπο. Τα ρολά ξετυλίγονται με κατεύθυνση προς το εσωτερικό του επιχώματος.

- Επακολουθεί η σταδιακή ελαφρά τάνυση του γεωπλέγματος με δύναμη 0,40 - 0,60KN/m και η αντίστοιχη σταδιακή στερέωσή του (κάρφωμα) ανά 4,0m μήκους και στο πίσω άκρο του με ράβδο Φ12, με τρόπο ώστε η τάνυση των επόμενων τεσσάρων μέτρων μήκους να πραγματοποιείται με αφετηρία το στερεωμένο τμήμα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η πλήρης τάνυση των μεγάλου μήκους γεωπλεγμάτων η οποία εκτιμάται ως προβληματική εφόσον πραγματοποιηθεί σε ένα μόνο βήμα.
- Τα ρολά των γεωσυνθετικών οπλισμών τοποθετούνται σε συνέχεια, δηλαδή σε κάλυψη 100%, χωρίς να μεσολαβούν κενά μεταξύ τους. Για την εξασφάλιση της συνέχειας των γεωπλεγμάτων, τα διαδοχικά ρολά, στη διεύθυνση παράλληλα προς το μέτωπο, συνδέονται επί των ιδίων ενδιάμεσων ράβδων Φ12 με τα επαπτόμενα προς αυτά ρολά. Εκ των πραγμάτων, λόγω της στροφής του μετώπου με αμβλείες γωνίες σε δύο θέσεις, τα γεωπλέγματα αλληλοκαλύπτονται προς τα πίσω στις συγκεκριμένες περιοχές.
- Στη διαμήκη διεύθυνση των γεωπλεγμάτων, εφόσον απαιτηθεί λόγω ολοκλήρωσης ρολού, θα πραγματοποιείται επικάλυψη οπλισμών, τουλάχιστον ίση με 1,5μ, με την επιπλέον στερέωση και των δύο τεμαχίων με χαλύβδινες ράβδους Φ12 στα τέσσερα άκρα της επικάλυψης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Φωτογραφική αποτύπωση αστοχιών πρανούς



Εικόνα 1 Άποψη του Βόρειου πρανούς της Βορειοανατολικής λιμνοδεξαμενής αποθήκευσης στραγγισμάτων του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Ταγαράδων που έχει αστοχήσει. Διακρίνεται η πτώση χωματισμών εντός της ανωτέρω λιμνοδεξαμενής και η δημιουργία προσωρινής χωμάτινης οδού μεταξύ του κατολισθήσαντος πρανούς και του φρυδιού των πρανών της λιμνοδεξαμενής.



Εικόνα 2 Κοντινότερη άποψη του Βόρειου πρανού της Βορειοανατολικής λιμνοδεξαμενής αποθήκευσης στραγγισμάτων του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Ταγαράδων που έχει αστοχήσει. Διακρίνονται κατακόρυφα τμήματα επί του πρανού που έχουν αποκολληθεί και είναι πιθανό να αστοχήσουν το επόμενο διάστημα.



Εικόνα 3 Άποψη των χωματισμών του υφιστάμενου πρανούς που υπερκάλυψαν τμήμα της γεωμεμβράνης των πρανών της λιμνοδεξαμενής.



Εικόνα 4 Κοντινότερη άποψη των χωματισμών του υφιστάμενου πρανούς, στην οποία διακρίνεται η προσωρινή χωμάτινη οδός που έχει διαμορφωθεί για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας περιμετρικά της λιμνοδεξαμενής.



Εικόνα 5 Άποψη της χωμάτινης οδού που διαμορφώθηκε στη θέση αστοχίας του Βόρειου πρανούς. Η οδός κινείται σε επίχωμα το οποίο λειτουργεί εν είδει αντιβάρου στο κατολισθήσαν πρανές.



Εικόνα 6 Λήψη του πρανούς που έχει αστοχήσει στη θέση στέψης αυτού. Στην φωτογραφία διακρίνονται έντονες αποκολλήσεις και εφελκυστικές ρωγμές των σχηματισμών ως απόρροια της κατολίσθησης που έχει συντελεστεί. Επίσης, φαίνονται κατακόρυφα τμήματα που έχουν αποκολληθεί και είναι πιθανόν να αστοχήσουν στο μέλλον. Στο βάθος διακρίνεται η Νοτιοδυτική Λιμνοδεξαμενή στραγγισμάτων του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Ταγαράδων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Φωτογραφική αποτύπωση ερευνητικών εργασιών πεδίου



Εικόνα 7 Θέση υλοποίησης της δειγματοληπτικής γεώτρησης Γ1 βάθους 20,0m. Διακρίνεται ο εξοπλισμός και το γεωτρήπανο με κατεύθυνση προς τα Ανατολικά.



Εικόνα 8 Θέση υλοποίησης της δειγματοληπτικής γεώτρησης Γ1 Βάθους 20,0m. Διακρίνεται ο εξοπλισμός και το γεωτρήπανο με κατεύθυνση προς τα Δυτικά.



Εικόνα 9 Δειγματοληψία Εδαφικών Σχηματισμών Γεώτρησης Γ1 - Κιβ. 1/4 - Βάθη 0,00-5,00m



Εικόνα 10 Δειγματοληψία Εδαφικών Σχηματισμών Γεώτρησης Γ1 - Κιβ. 2/4 - Βάθη 5,00-10,00m



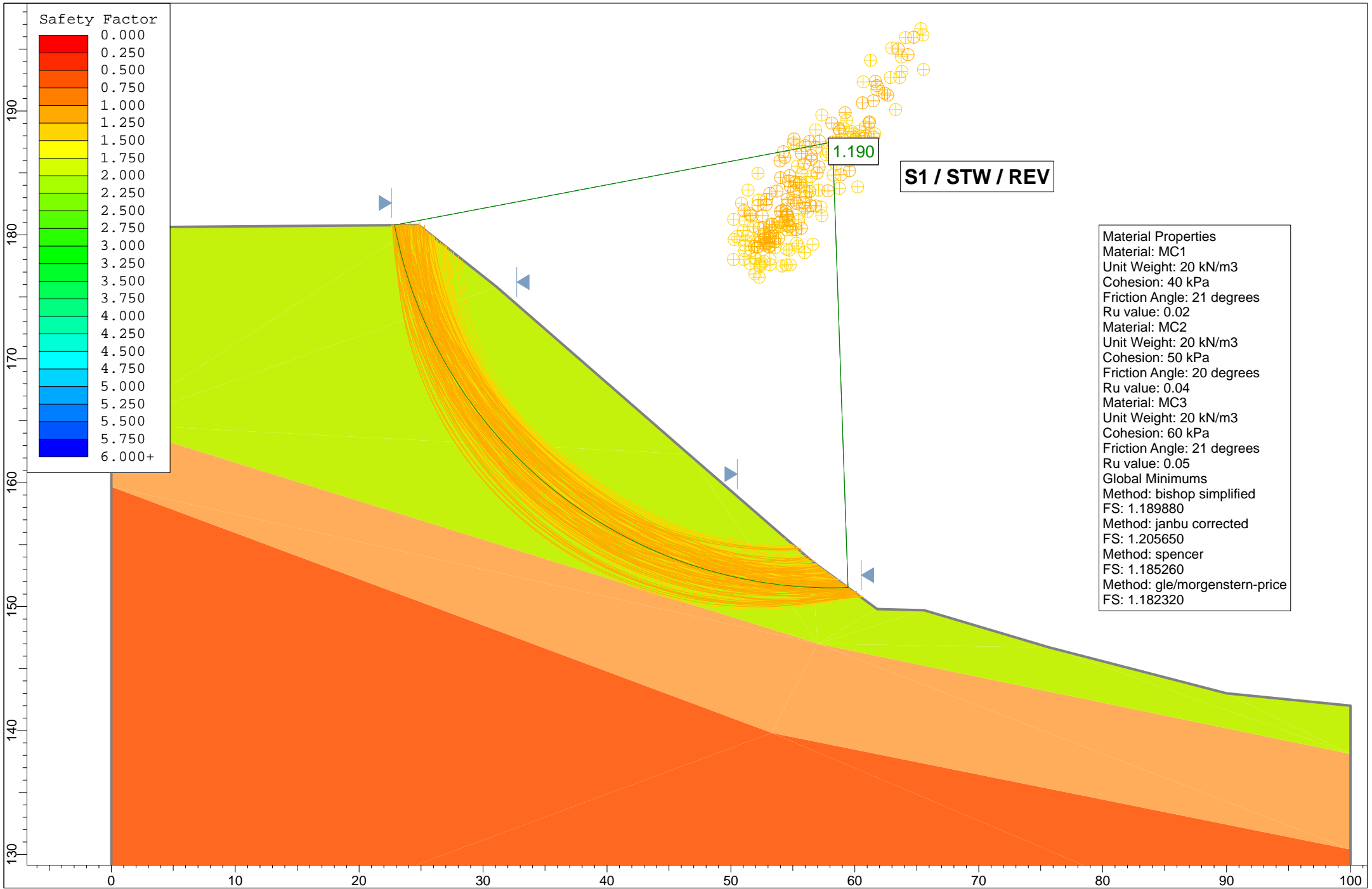
Εικόνα 11 Δειγματοληψία Εδαφικών Σχηματισμών Γεώτρησης Γ1 - Κιβ. 3/4 - Βάθη 10,00-15,00m

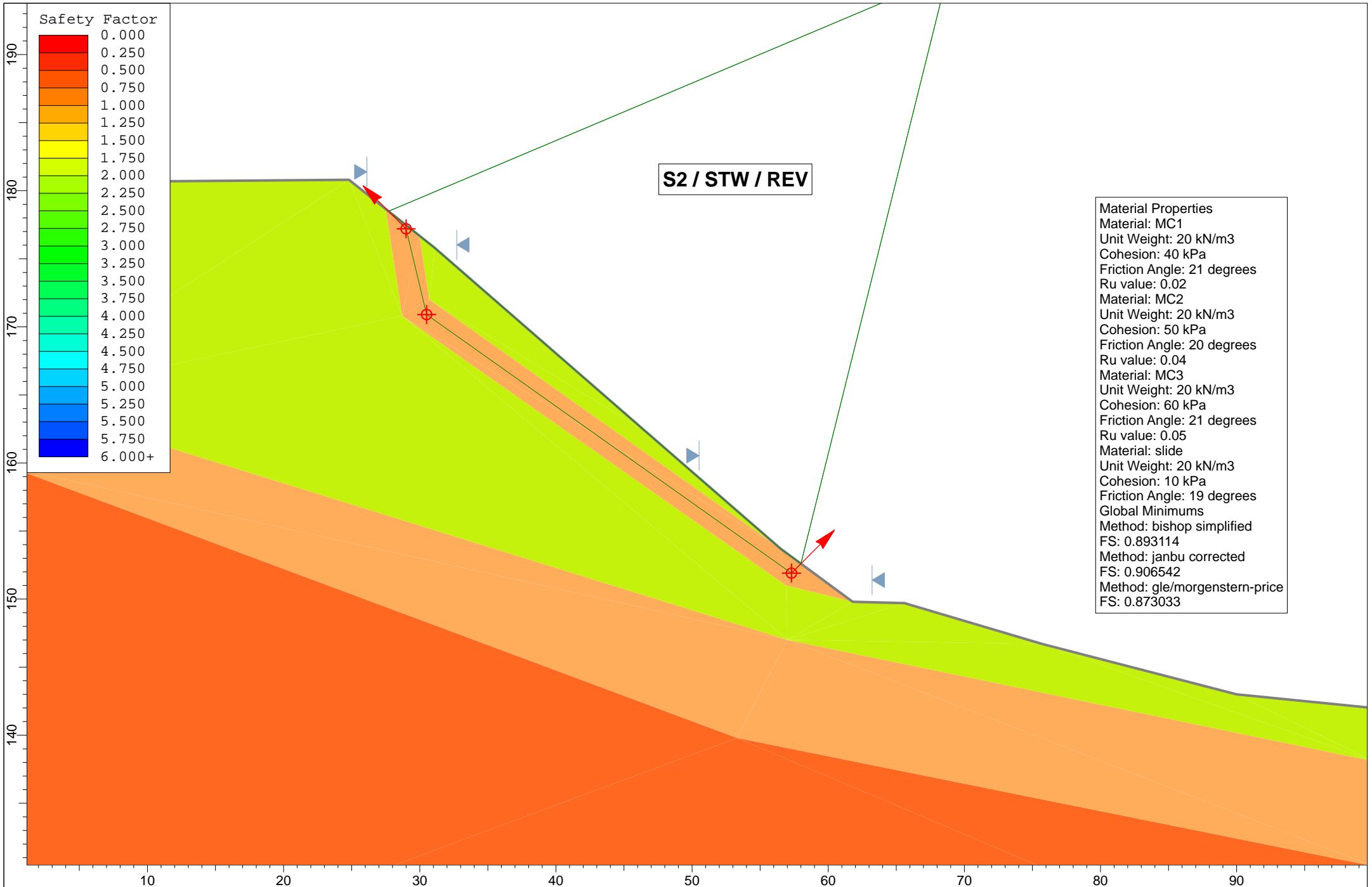


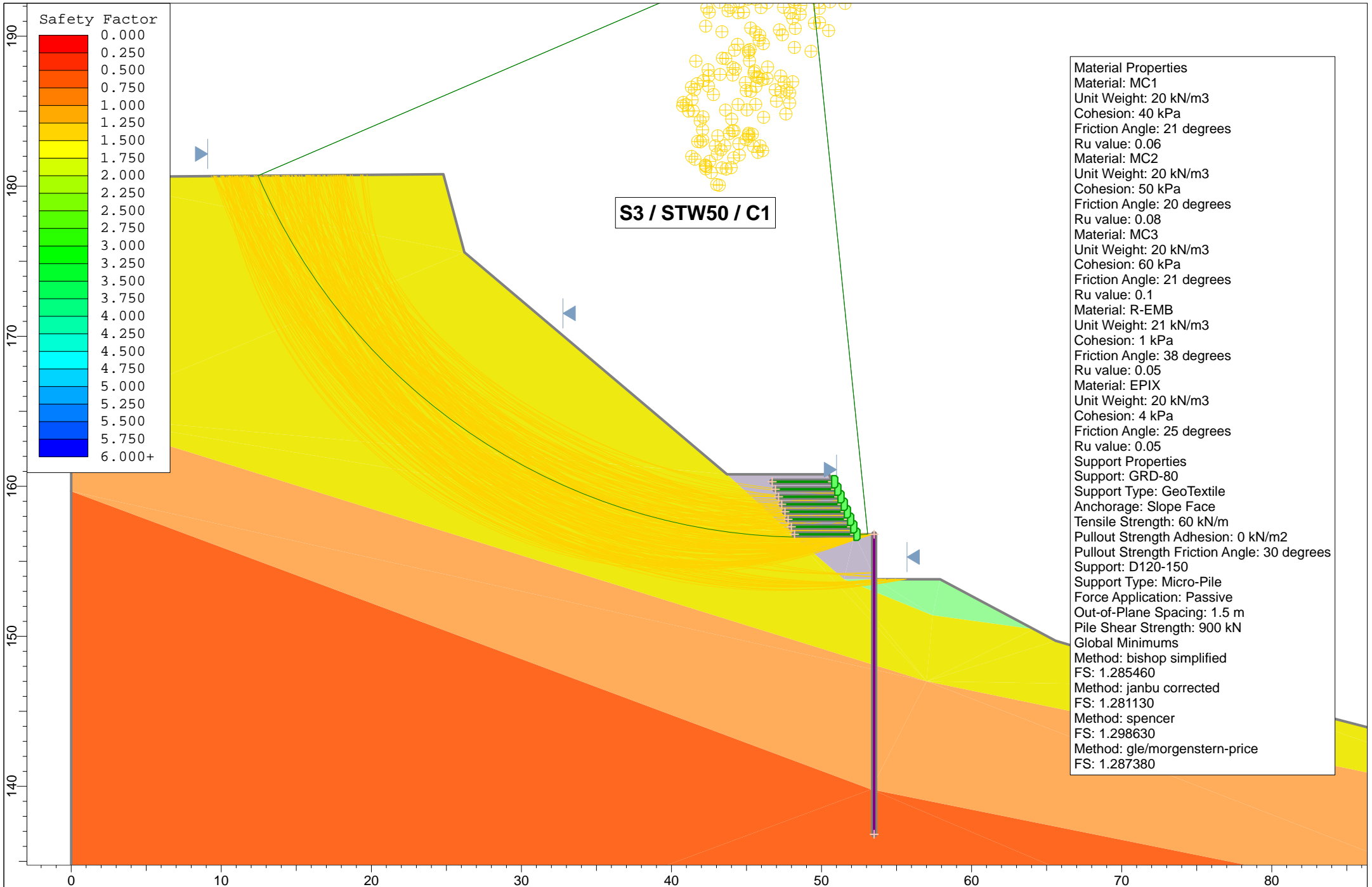
Εικόνα 12 Δειγματοληψία Εδαφικών Σχηματισμών Γεώτρησης Γ1 - Κιβ. 4/4 - Βάθη 15,00-20,00m

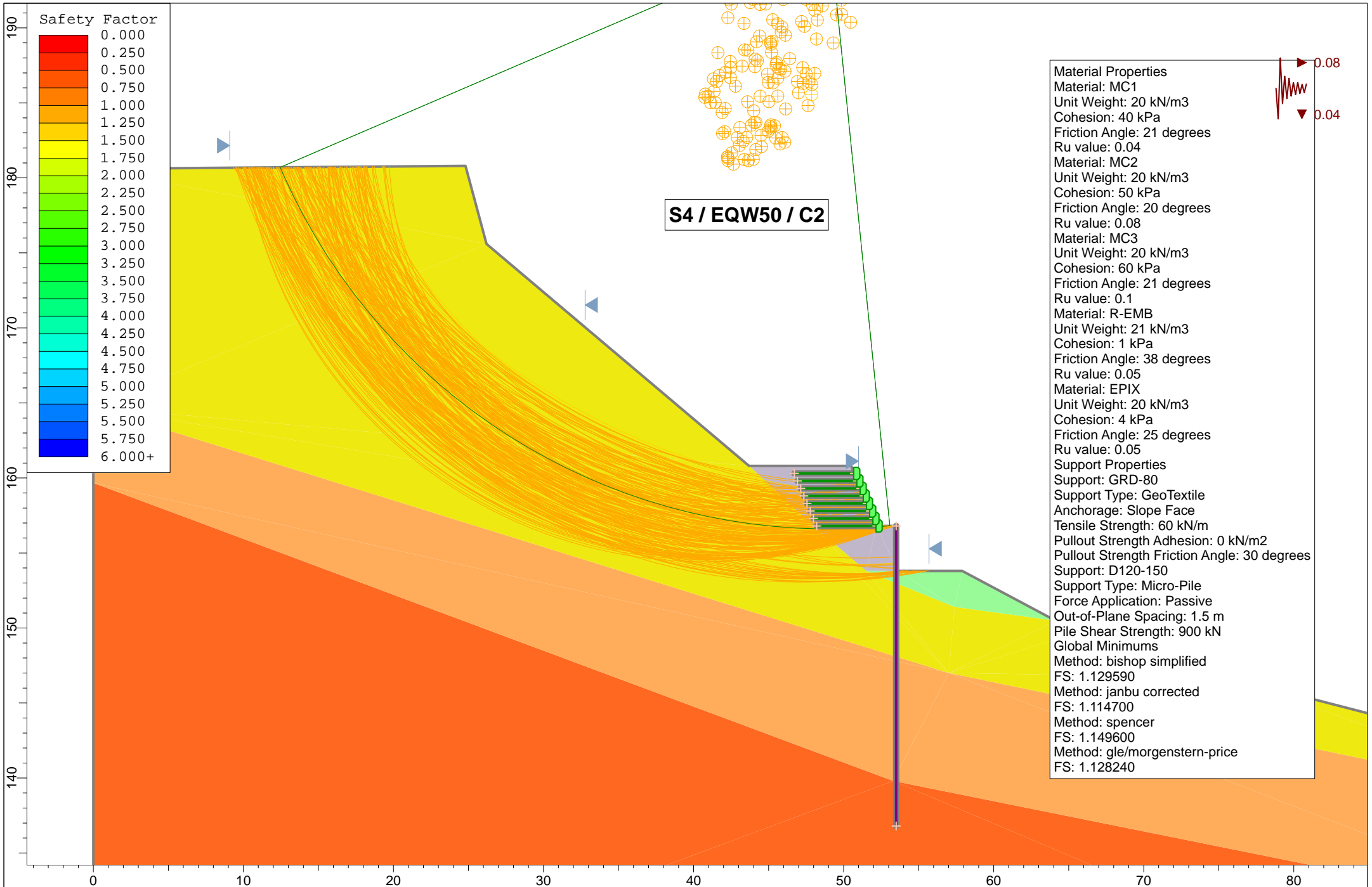
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Αναλυτικά δεδομένα και αποτελέσματα ελέγχων ευστάθειας
(μήκος πασσάλων $L=20,00\text{m}$)

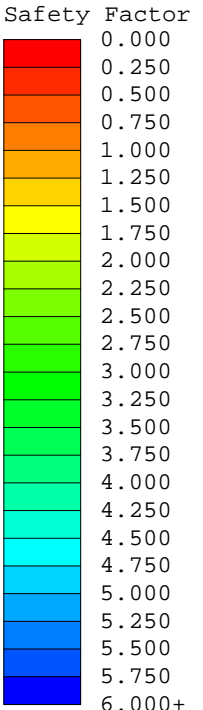






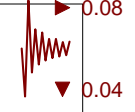


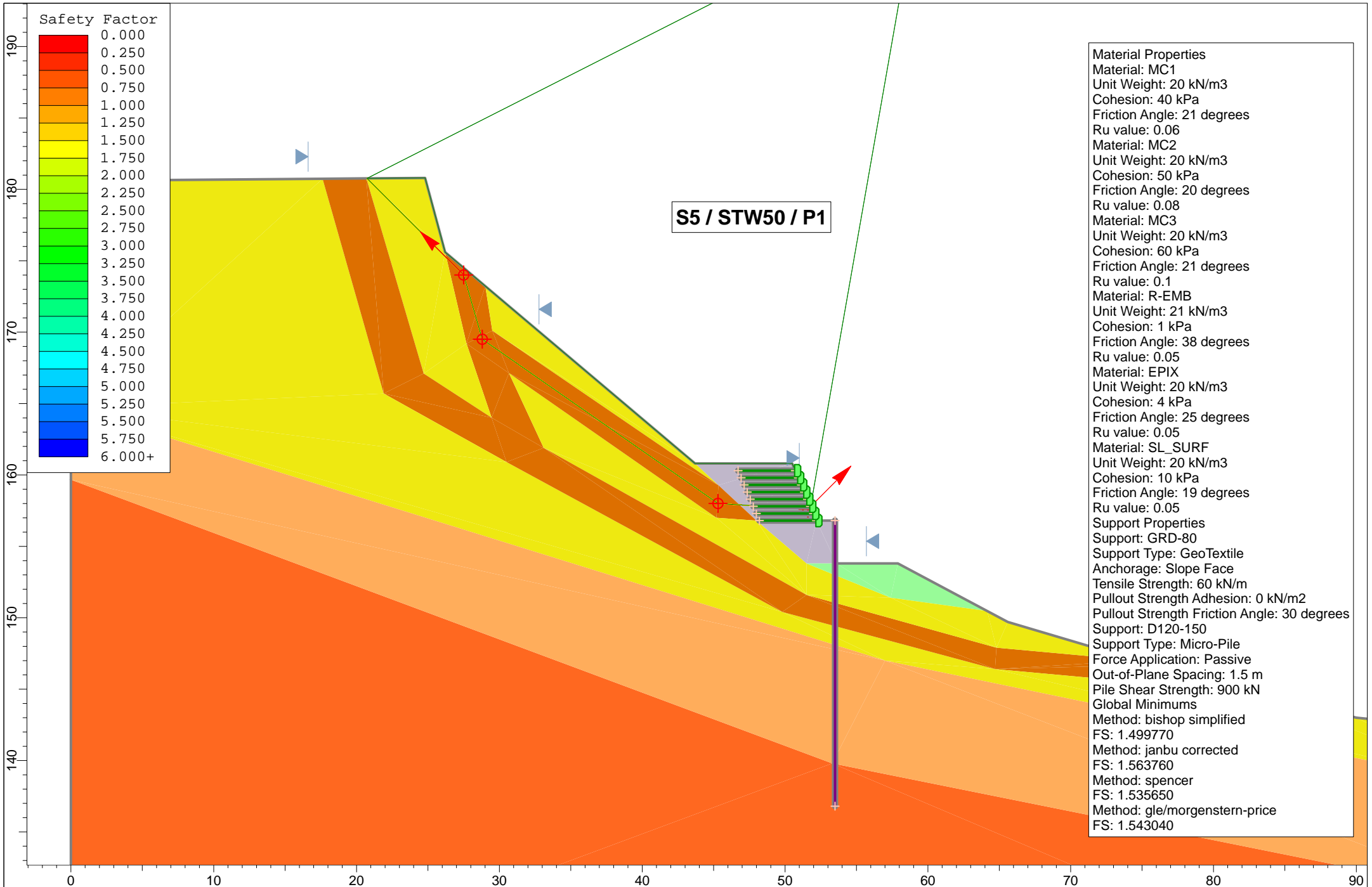
S4 / EQW50 / C2

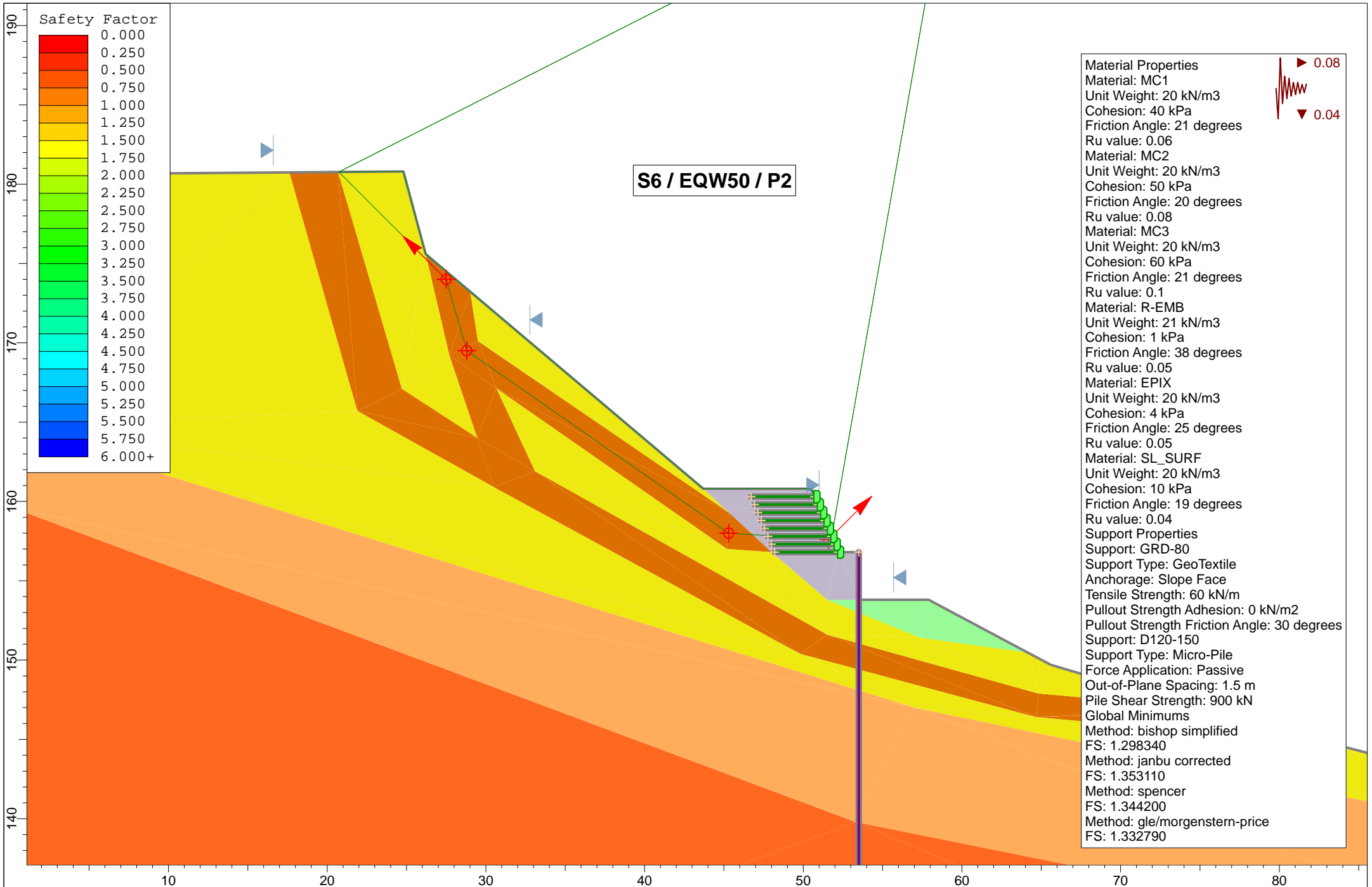


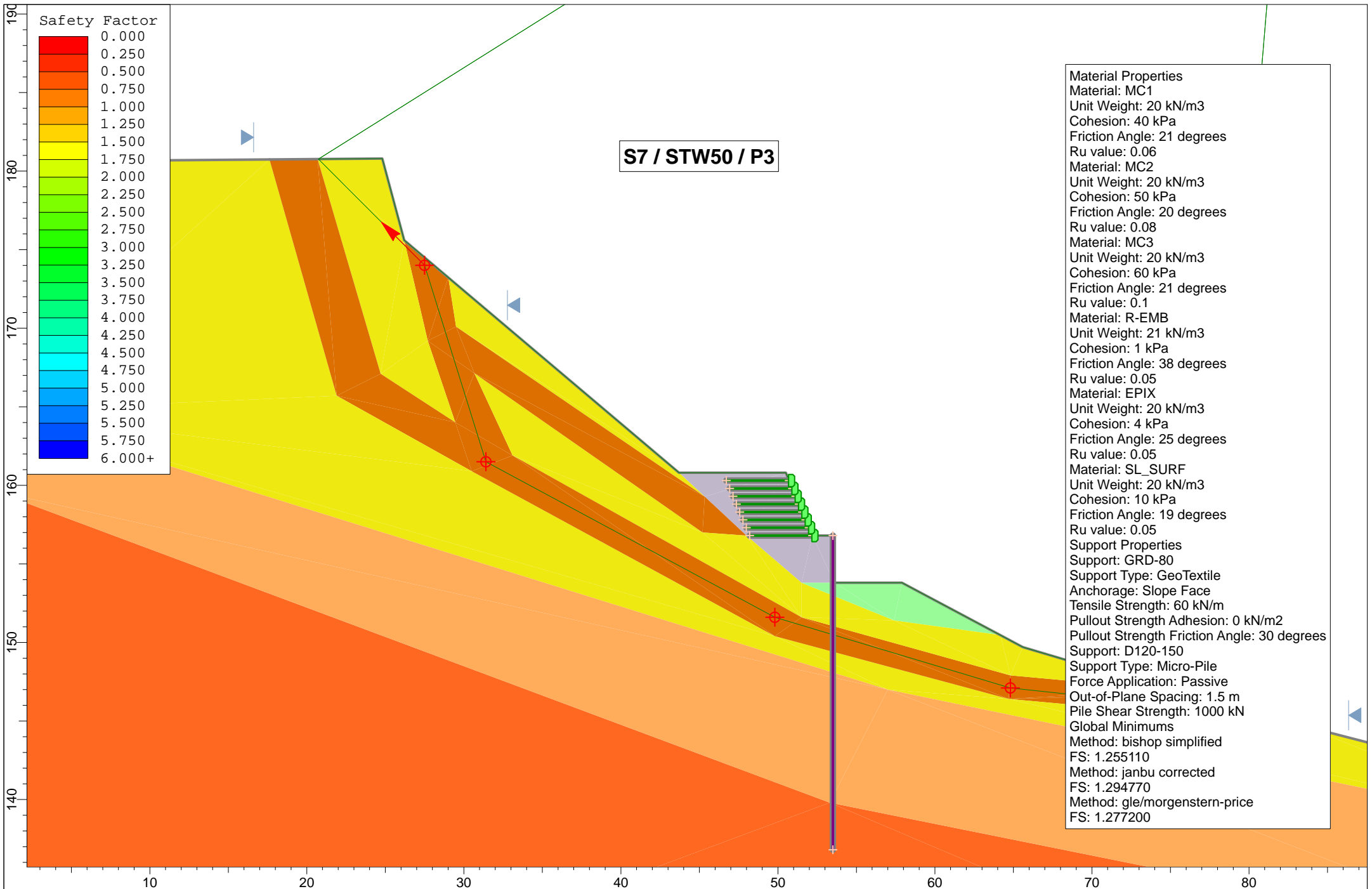
Material Properties

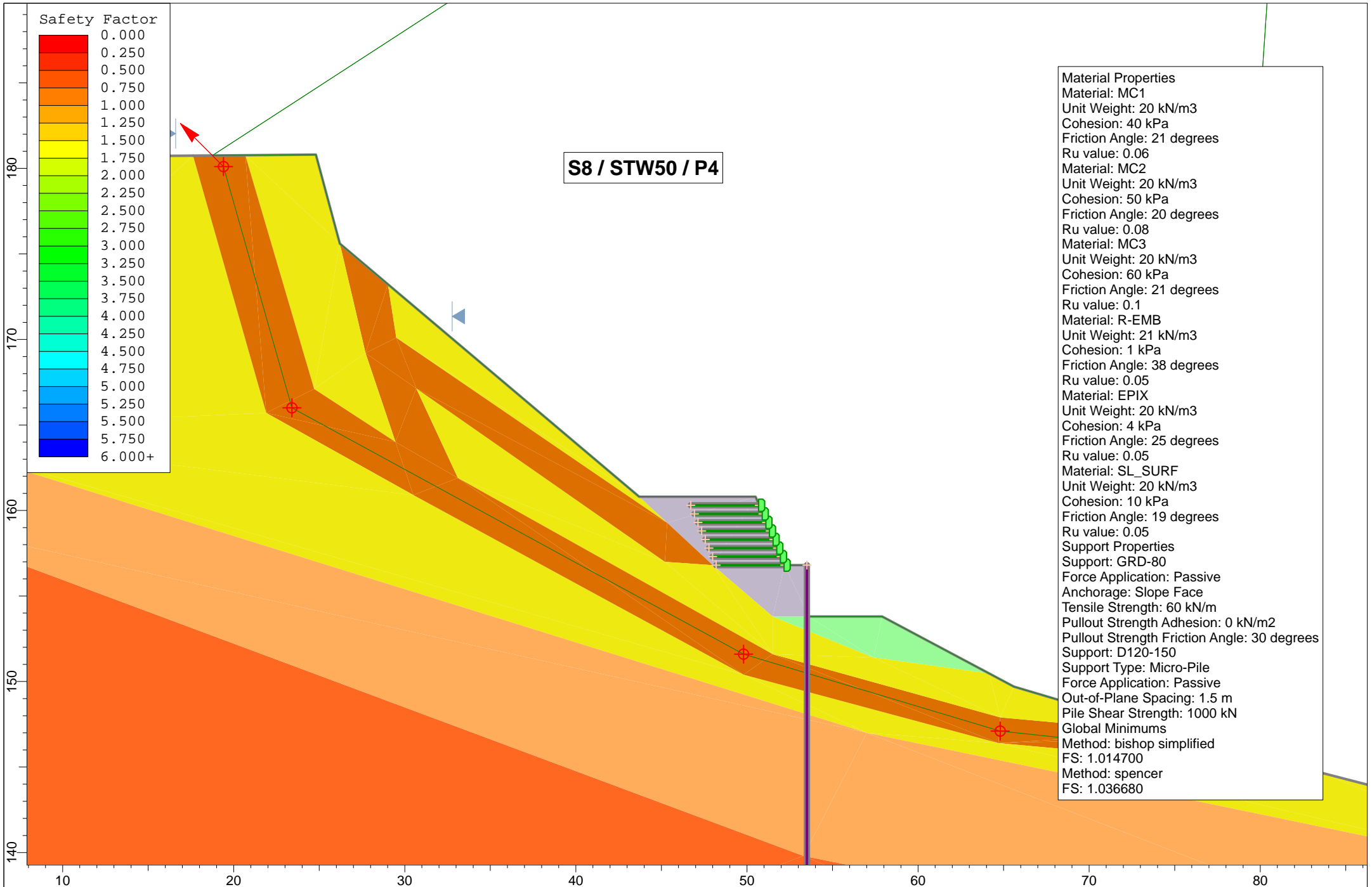
Material: MC1
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Ru value: 0.04
Material: MC2
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Ru value: 0.08
Material: MC3
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Ru value: 0.1
Material: R-EMB
Unit Weight: 21 kN/m3
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Ru value: 0.05
Material: EPIX
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Ru value: 0.05
Support Properties
Support: GRD-80
Support Type: GeoTextile
Anchorage: Slope Face
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees
Support: D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 900 kN
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.129590
Method: janbu corrected
FS: 1.114700
Method: spencer
FS: 1.149600
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.128240











Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_anastr_v1.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 5000
Upper Angle: Not Defined
Lower Angle: Not Defined
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.02

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.04

Material: MC3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.189880
Center: 58.207, 187.488
Radius: 35.983
Left Slip Surface Endpoint: 22.854, 180.784
Right Slip Surface Endpoint: 59.454, 151.526
Resisting Moment=144098 kN-m
Driving Moment=121103 kN-m

Method: janbu corrected
FS: 1.205650
Center: 58.207, 187.488
Radius: 35.983
Left Slip Surface Endpoint: 22.854, 180.784
Right Slip Surface Endpoint: 59.454, 151.526
Resisting Horizontal Force=3243.18 kN
Driving Horizontal Force=2689.98 kN

Method: spencer
FS: 1.185260
Center: 57.113, 185.483
Radius: 34.280
Left Slip Surface Endpoint: 23.156, 180.787
Right Slip Surface Endpoint: 59.755, 151.305
Resisting Moment=142055 kN-m
Driving Moment=119851 kN-m
Resisting Horizontal Force=3206.38 kN
Driving Horizontal Force=2705.2 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.182320
Center: 58.207, 187.488
Radius: 35.983
Left Slip Surface Endpoint: 22.854, 180.784
Right Slip Surface Endpoint: 59.454, 151.526
Resisting Moment=143183 kN-m
Driving Moment=121103 kN-m
Resisting Horizontal Force=3083.72 kN
Driving Horizontal Force=2608.19 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_anastr_v1_plan.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 135
Left Projection Angle (End Angle): 135
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): 45
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.02

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.04

Material: MC3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: slide
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 0.893114
Axis Location: 68.747, 195.835
Left Slip Surface Endpoint: 27.708, 178.492
Right Slip Surface Endpoint: 57.998, 152.598
Resisting Moment=39810 kN-m
Driving Moment=44574.3 kN-m

Method: janbu corrected
FS: 0.906542
Axis Location: 68.747, 195.835
Left Slip Surface Endpoint: 27.708, 178.492
Right Slip Surface Endpoint: 57.998, 152.598
Resisting Horizontal Force=753.024 kN
Driving Horizontal Force=830.656 kN

Method: spencer
Resisting Moment=-0 kN-m
Driving Moment=0 kN-m
Resisting Horizontal Force=-0 kN
Driving Horizontal Force=0 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 0.873033
Axis Location: 68.747, 195.835
Left Slip Surface Endpoint: 27.708, 178.492
Right Slip Surface Endpoint: 57.998, 152.598
Resisting Moment=39476.8 kN-m
Driving Moment=45218 kN-m
Resisting Horizontal Force=722.212 kN
Driving Horizontal Force=827.246 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_STW50.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 5000
Upper Angle: Not Defined
Lower Angle: Not Defined
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.06

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.08

Material: MC3

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.1

Material: R-EMB

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: EPIX

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Support Properties

Support: GRD-80

GRD-80
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Slope Face
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150

D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 900 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.285460
Center: 49.051, 196.448
Radius: 39.852
Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700
Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800
Resisting Moment=158694 kN-m
Driving Moment=123453 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.281130

Center: 48.183, 192.443

Radius: 35.972

Left Slip Surface Endpoint: 14.176, 180.714

Right Slip Surface Endpoint: 53.039, 156.800

Resisting Horizontal Force=3296.05 kN

Driving Horizontal Force=2572.77 kN

Method: spencer

FS: 1.298630

Center: 49.051, 196.448

Radius: 39.852

Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700

Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800

Resisting Moment=160319 kN-m

Driving Moment=123453 kN-m

Resisting Horizontal Force=3340.35 kN

Driving Horizontal Force=2572.22 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.287380

Center: 49.051, 196.448

Radius: 39.852

Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700

Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800

Resisting Moment=158931 kN-m

Driving Moment=123453 kN-m

Resisting Horizontal Force=3308.21 kN

Driving Horizontal Force=2569.72 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_EQW50.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 5000
Upper Angle: Not Defined
Lower Angle: Not Defined
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

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

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.04

Material: MC2

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.08

Material: MC3

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.1

Material: R-EMB

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: EPIX

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Support Properties

Support: GRD-80

GRD-80
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Slope Face
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150

D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 900 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.129590
Center: 49.051, 196.448
Radius: 39.852

Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700
Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800
Resisting Moment=161302 kN-m
Driving Moment=142797 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.114700
Center: 46.371, 192.231
Radius: 36.092
Left Slip Surface Endpoint: 12.171, 180.698
Right Slip Surface Endpoint: 53.250, 156.800
Resisting Horizontal Force=3873.07 kN
Driving Horizontal Force=3474.54 kN

Method: spencer

FS: 1.149600
Center: 49.051, 196.448
Radius: 39.852
Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700
Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800
Resisting Moment=164160 kN-m
Driving Moment=142797 kN-m
Resisting Horizontal Force=3443.8 kN
Driving Horizontal Force=2995.64 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.128240
Center: 49.051, 196.448
Radius: 39.852
Left Slip Surface Endpoint: 12.442, 180.700
Right Slip Surface Endpoint: 53.078, 156.800
Resisting Moment=161110 kN-m
Driving Moment=142797 kN-m
Resisting Horizontal Force=3384.29 kN
Driving Horizontal Force=2999.61 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_STW50_plan.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 135
Left Projection Angle (End Angle): 135
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): 45
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.06

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.08

Material: MC3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.1

Material: R-EMB
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: EPIX
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: SL_SURF
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Support Properties

Support: GRD-80
GRD-80
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Slope Face
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150
D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 900 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.499770

Axis Location: 59.242, 200.324

Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767

Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782

Resisting Moment=50612.2 kN-m

Driving Moment=33746.5 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.563760

Axis Location: 59.242, 200.324

Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767

Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782

Resisting Horizontal Force=1009.44 kN

Driving Horizontal Force=645.516 kN

Method: spencer

FS: 1.535650

Axis Location: 59.242, 200.324

Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767

Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782

Resisting Moment=51274.2 kN-m

Driving Moment=33389.2 kN-m

Resisting Horizontal Force=981.457 kN

Driving Horizontal Force=639.115 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.543040

Axis Location: 59.242, 200.324

Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767

Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782

Resisting Moment=51244.9 kN-m

Driving Moment=33210.4 kN-m

Resisting Horizontal Force=979.859 kN

Driving Horizontal Force=635.019 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_EQW50_plan.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 135
Left Projection Angle (End Angle): 135
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): 45
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

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

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None

Ru value: 0.06

Material: MC2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 20 degrees

Water Surface: None

Ru value: 0.08

Material: MC3

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 60 kPa

Friction Angle: 21 degrees

Water Surface: None

Ru value: 0.1

Material: R-EMB

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m³

Cohesion: 1 kPa

Friction Angle: 38 degrees

Water Surface: None

Ru value: 0.05

Material: EPIX

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 25 degrees

Water Surface: None

Ru value: 0.05

Material: SL_SURF

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 10 kPa

Friction Angle: 19 degrees

Water Surface: None

Ru value: 0.04

Support Properties

Support: GRD-80

GRD-80

Support Type: GeoTextile

Force Application: Passive

Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent

Anchorage: Slope Face

Shear Strength Model: Linear

Strip Coverage: 100 percent

Tensile Strength: 60 kN/m

Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²

Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150

D120-150

Support Type: Micro-Pile

Force Application: Passive

Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 900 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.298340
Axis Location: 59.242, 200.324
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782
Resisting Moment=50970.9 kN-m
Driving Moment=39258.6 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.353110
Axis Location: 59.242, 200.324
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782
Resisting Horizontal Force=1020.81 kN
Driving Horizontal Force=754.413 kN

Method: spencer

FS: 1.344200
Axis Location: 59.242, 200.324
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782
Resisting Moment=52126.3 kN-m
Driving Moment=38778.7 kN-m
Resisting Horizontal Force=1001.24 kN
Driving Horizontal Force=744.86 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.332790
Axis Location: 59.242, 200.324
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 51.782, 157.782
Resisting Moment=51629.7 kN-m
Driving Moment=38738.2 kN-m
Resisting Horizontal Force=991.058 kN
Driving Horizontal Force=743.598 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_STW50_plan2.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 135
Left Projection Angle (End Angle): 135
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): 45
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.06

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.08

Material: MC3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.1

Material: R-EMB
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: EPIX
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: SL_SURF
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Support Properties

Support: GRD-80
GRD-80
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Slope Face
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150
D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 1000 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.255110
Axis Location: 83.610, 220.222
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248
Resisting Moment=241858 kN-m
Driving Moment=192698 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.294770
Axis Location: 83.610, 220.222
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248
Resisting Horizontal Force=2906.64 kN
Driving Horizontal Force=2244.92 kN

Method: spencer

FS: 1.233410
Axis Location: 83.610, 220.222
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248
Resisting Moment=240748 kN-m
Driving Moment=195188 kN-m
Resisting Horizontal Force=2761.61 kN
Driving Horizontal Force=2238.99 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.277200
Axis Location: 83.610, 220.222
Left Slip Surface Endpoint: 20.733, 180.767
Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248
Resisting Moment=239531 kN-m
Driving Moment=187544 kN-m
Resisting Horizontal Force=2740.3 kN
Driving Horizontal Force=2145.55 kN

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: D29_0400_STW50_plan3.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 135
Left Projection Angle (End Angle): 135
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): 45
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: MC1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.06

Material: MC2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 20 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.08

Material: MC3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 60 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.1

Material: R-EMB
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: EPIX
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Material: SL_SURF
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0.05

Support Properties

Support: GRD-80
GRD-80
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Slope Face
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 60 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Support: D120-150
D120-150
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Pile Shear Strength: 1000 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.014700

Axis Location: 82.602, 222.198

Left Slip Surface Endpoint: 18.749, 180.751

Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248

Resisting Moment=277857 kN-m

Driving Moment=273832 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 0.994298

Axis Location: 82.602, 222.198

Left Slip Surface Endpoint: 18.749, 180.751

Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248

Resisting Horizontal Force=3214.04 kN

Driving Horizontal Force=3232.47 kN

Method: spencer

FS: 1.036680

Axis Location: 82.602, 222.198

Left Slip Surface Endpoint: 18.749, 180.751

Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248

Resisting Moment=273387 kN-m

Driving Moment=263713 kN-m

Resisting Horizontal Force=3087.28 kN

Driving Horizontal Force=2978.04 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.008500

Axis Location: 82.602, 222.198

Left Slip Surface Endpoint: 18.749, 180.751

Right Slip Surface Endpoint: 77.448, 146.248

Resisting Moment=274173 kN-m

Driving Moment=271861 kN-m

Resisting Horizontal Force=3068.06 kN

Driving Horizontal Force=3042.19 kN

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Υπολογισμός Τοιχείου Αντιστήριξης

Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

 Units: kN,m

INPUT DATA

SOIL PROFILE

Stratum no.	Elevation of top of stratum	----- Soil types -----			
		Active side		Passive side	
1	0.00	1	GM1	1	GM1
2	-3.00	2	MC1	2	MC1
3	-8.00	3	MC2	3	MC2

SOIL PROPERTIES

-- Soil type -- No. Description (Datum elev.)	Bulk density kN/m3	Young's Modulus Eh, kN/m2 (dEh/dy)	At rest coeff. Ko (dKo/dy)	Consol state. NC/OC (Nu)	Active limit Ka (Kac)	Passive limit Kp (Kpc)	Cohesion kN/m2 (dc/dy)
1 GM1	20.00	30000	0.500	OC (0.250)	0.224 (0.000)	6.535 (0.000)	
2 MC1	19.00a 20.00b	25000	0.500	OC (0.250)	0.426 (1.496)	2.620 (4.221)	40.00d
3 MC2	19.00a 20.00b	35000	0.500	NC (0.250)	0.426 (1.496)	2.620 (4.221)	50.00d

Note: (a) and (b) are Bulk Densities above and below the water table

GROUND WATER CONDITIONS

Density of water = 10.00 kN/m3

	Active side	Passive side
Initial water table elevation	-6.00	-6.00

Automatic water pressure balancing at toe of wall : No

WALL PROPERTIES

Elevation of toe of wall = -20.00
 Maximum finite element length = 1.20
 Youngs modulus of wall E = 2.5000E+07 kN/m2
 Moment of inertia of wall I = 0.068000 m4/m run
 E.I = 1.7000E+06 kN.m2/m run

HORIZONTAL and MOMENT LOADS/RESTRAINTS

Load no.	Elevation	Horizontal load kN/m run	Moment load kN.m/m run	Moment restraint kN.m/m/rad
1	-3.00	70.00	0	0
2	-2.00	70.00	0	0

SURCHARGE LOADS

Surcharge no.	Elev.	Distance from wall	Length parallel to wall	Width perpend. to wall	Surcharge kN/m2	
					Near edge	Far edge
1	0.00	1.00(A)	30.00	10.00	80.00	90.00

Note: A = Active side, P = Passive side

A trapezoidal surcharge is defined by two values:
 N = at edge near to wall, F = at edge far from wall

CONSTRUCTION STAGES

Construction stage no.	Stage description
1	Apply surcharge no.1 at elevation 0.00
2	Excavate to elevation -1.50 on PASSIVE side
3	Excavate to elevation -4.50 on PASSIVE side
4	Apply load no.1 at elevation -3.00
5	Apply load no.2 at elevation -2.00

FACTORS OF SAFETY and ANALYSIS OPTIONS

Type of structure - Retaining wall

Stability analysis:

Method of analysis - Strength Factor method
 Factor on soil strength for calculating wall depth = 1.20
 Factor on soil strength for calculating tie force = 1.00

Parameters for undrained strata:

Minimum equivalent fluid density = 5.00 kN/m3
 Maximum depth of water filled tension crack = 0.00 m

Bending moment and displacement calculation:

Method - Subgrade reaction model using Influence Coefficients
 Open Tension Crack analysis? - No
 Non-linear Modulus Parameter (L) = 0 m

Boundary conditions:

Length of wall (normal to plane of analysis) = 30.00 m

 Width of excavation on active side of wall = 20.00 m
 Width of excavation on passive side of wall = 50.00 m

 Distance to rigid boundary on active side = 20.00 m
 Distance to rigid boundary on passive side = 50.00 m

OUTPUT OPTIONS

Results to be stored on disk? - Yes
 Results to be output on the printer? - No

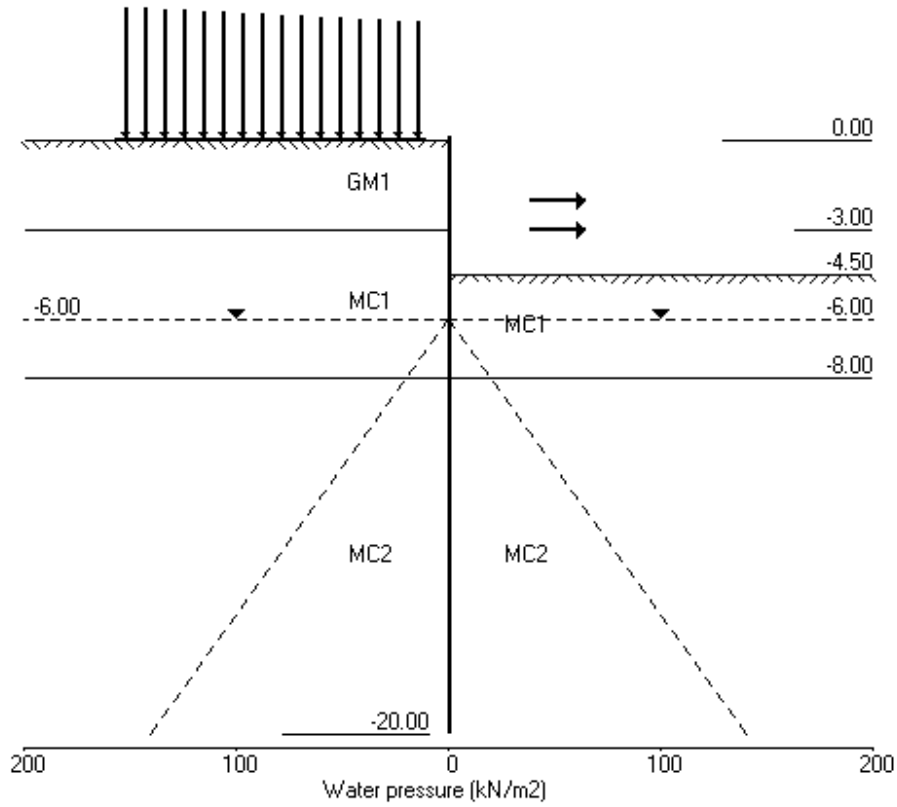
Stage no.	Stage description	Displacement	Active, Passive pressures	Graph. output
1	Apply surcharge no.1 at elev. 0.00	Yes	Yes	Yes
2	Excav. to elev. -1.50 on PASSIVE side	Yes	Yes	Yes
3	Excav. to elev. -4.50 on PASSIVE side	Yes	Yes	Yes
4	Apply load no.1 at elev. -3.00	Yes	Yes	Yes
5	Apply load no.2 at elev. -2.00	Yes	Yes	Yes
*	Summary output	Yes	-	Yes

Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

Units: kN,m

Stage No.5 Apply load no.2 at elev. -2.00



Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

Units: kN,m

Stage No. 2 Excavate to elevation -1.50 on PASSIVE side

STABILITY ANALYSIS according to Strength Factor method

Factor of safety on soil strength

Stage No.	G.L.		Strut Elev.	FoS for toe elev. = -20.00		Toe elev. for FoS = 1.200		Strut force for F=1.000
	Act.	Pass.		Factor of Safety	Moment at elev.	Toe elev.	Wall Penetration	
2	0.00	-1.50	Cant.	4.842	-17.96	-2.63	1.13	Strut force kN/m run

BENDING MOMENT and DISPLACEMENT CALCULATION - Assumptions:

Subgrade reaction model - Boussinesq Influence coefficients
 Soil deformations are elastic until the active or passive limit is reached
 Open Tension Crack analysis - No
 Length of wall perpendicular to section = 30.00m

Rigid boundaries: Active side 20.00 from wall
 Passive side 50.00 from wall

Node no.	Y coord	Nett pressure kN/m ²	Wall disp. m	Wall rotation rad.	Shear force kN/m	Bending moment kN.m/m	Strut forces kN/m
1	0.00	0.00	0.008	1.15E-04	0.0	0.0	
2	-0.75	5.24	0.008	1.15E-04	2.0	1.1	
3	-1.50	12.73	0.008	1.13E-04	8.7	5.7	
4	-2.00	-9.84	0.008	1.11E-04	9.4	11.2	
5	-3.00	-11.97	0.008	1.03E-04	-1.5	15.3	
		-5.97	0.008	1.03E-04	-1.5	15.3	
6	-3.75	-3.39	0.008	9.72E-05	-5.0	12.7	
7	-4.50	-1.51	0.008	9.27E-05	-6.8	8.1	
8	-5.25	-0.14	0.008	9.03E-05	-7.4	2.6	
9	-6.00	0.86	0.008	9.04E-05	-7.2	-3.0	
10	-7.00	1.76	0.008	9.41E-05	-5.9	-9.7	
11	-8.00	2.29	0.007	1.01E-04	-3.8	-14.7	
		1.21	0.007	1.01E-04	-3.8	-14.7	
12	-8.80	1.49	0.007	1.08E-04	-2.7	-17.4	
13	-9.60	1.58	0.007	1.17E-04	-1.5	-19.2	
14	-10.80	1.45	0.007	1.31E-04	0.3	-20.2	
15	-12.00	1.12	0.007	1.45E-04	1.8	-19.1	
16	-13.20	0.70	0.007	1.57E-04	2.9	-16.5	
17	-14.40	0.25	0.007	1.68E-04	3.5	-12.8	
18	-15.60	-0.19	0.006	1.75E-04	3.5	-8.8	
19	-16.80	-0.57	0.006	1.80E-04	3.1	-5.0	
20	-18.00	-0.90	0.006	1.83E-04	2.2	-2.0	
21	-19.00	-1.11	0.006	1.83E-04	1.2	-0.5	
22	-20.00	-1.27	0.006	1.84E-04	0.0	-0.0	

Stage No.2 Excavate to elevation -1.50 on PASSIVE side (continued)

Node no.	Y coord	----- ACTIVE side -----					Total earth pressure kN/m2	Soil stiffness kN/m3
		----- Effective stresses -----						
		Water press. kN/m2	Vertic -al kN/m2	Active limit kN/m2	Passive limit kN/m2	Earth pressure kN/m2		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3589
2	-0.75	0.00	23.38	5.24	152.79	5.24	5.24a	3589
3	-1.50	0.00	56.76	12.73	370.91	12.73	12.73a	3589
4	-2.00	0.00	76.30	17.11	498.65	17.11	17.11a	3589
5	-3.00	0.00	108.54	24.34	709.33	24.34	24.34a	3589
		0.00	108.54	0.00	453.22	27.63	27.63	2990
6	-3.75	0.00	128.15	0.00	504.60	36.96	36.96	2990
7	-4.50	0.00	145.78	2.23	550.80	45.60	45.60	2990
8	-5.25	0.00	162.06	9.16	593.45	53.77	53.77	2990
9	-6.00	0.00	177.35	15.68	633.53	61.59	61.59	2990
10	-7.00	10.00	187.62	20.05	660.43	67.11	77.11	2990
11	-8.00	20.00	196.95	24.02	684.88	72.30	92.30	2990
		20.00	196.95	9.06	727.18	75.81	95.81	4187
12	-8.80	28.00	203.93	12.03	745.46	79.74	107.74	4187
13	-9.60	36.00	210.59	14.87	762.91	83.48	119.48	4187
14	-10.80	48.00	220.17	18.94	788.00	88.88	136.88	4187
15	-12.00	60.00	229.44	22.89	812.29	94.11	154.11	4187
16	-13.20	72.00	238.56	26.78	836.21	99.27	171.27	4187
17	-14.40	84.00	247.66	30.65	860.05	104.41	188.41	4187
18	-15.60	96.00	256.81	34.55	884.02	109.58	205.58	4187
19	-16.80	108.00	266.05	38.48	908.25	114.81	222.81	4187
20	-18.00	120.00	237.00	26.11	832.11	120.10	240.10	4187
21	-19.00	130.00	247.00	30.37	858.32	124.57	254.57	4187
22	-20.00	140.00	257.00	34.63	884.52	129.09	269.09	4187

Node no.	Y coord	----- PASSIVE side -----					Total earth pressure kN/m2	Soil stiffness kN/m3
		----- Effective stresses -----						
		Water press. kN/m2	Vertic -al kN/m2	Active limit kN/m2	Passive limit kN/m2	Earth pressure kN/m2		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
3	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2857
4	-2.00	0.00	10.00	2.24	65.35	26.95	26.95	2857
5	-3.00	0.00	30.00	6.73	196.06	36.31	36.31	2857
		0.00	30.00	0.00	247.44	33.60	33.60	2381
6	-3.75	0.00	44.25	0.00	284.78	40.34	40.34	2381
7	-4.50	0.00	58.50	0.00	322.12	47.12	47.12	2381
8	-5.25	0.00	72.76	0.00	359.46	53.91	53.91	2381
9	-6.00	0.00	87.01	0.00	396.81	60.73	60.73	2381
10	-7.00	10.00	97.02	0.00	423.03	65.35	75.35	2381
11	-8.00	20.00	107.03	0.00	449.26	70.00	90.00	2381
		20.00	107.03	0.00	491.53	74.60	94.60	3334
12	-8.80	28.00	115.04	0.00	512.52	78.24	106.24	3334
13	-9.60	36.00	123.05	0.00	533.52	81.91	117.91	3334
14	-10.80	48.00	135.08	0.00	565.04	87.43	135.43	3334
15	-12.00	60.00	147.11	0.00	596.57	92.99	152.99	3334
16	-13.20	72.00	159.15	0.00	628.12	98.57	170.57	3334
17	-14.40	84.00	171.20	0.00	659.70	104.17	188.17	3334
18	-15.60	96.00	183.26	3.23	691.29	109.77	205.77	3334
19	-16.80	108.00	195.33	8.37	722.91	115.38	223.38	3334
20	-18.00	120.00	207.40	13.51	754.56	121.00	241.00	3334
21	-19.00	130.00	217.47	17.80	780.95	125.68	255.68	3334

Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

| Sheet No.
 | Date:29-08-2022
 | Checked :

Stage No.2 Excavate to elevation -1.50 on PASSIVE side (continued)

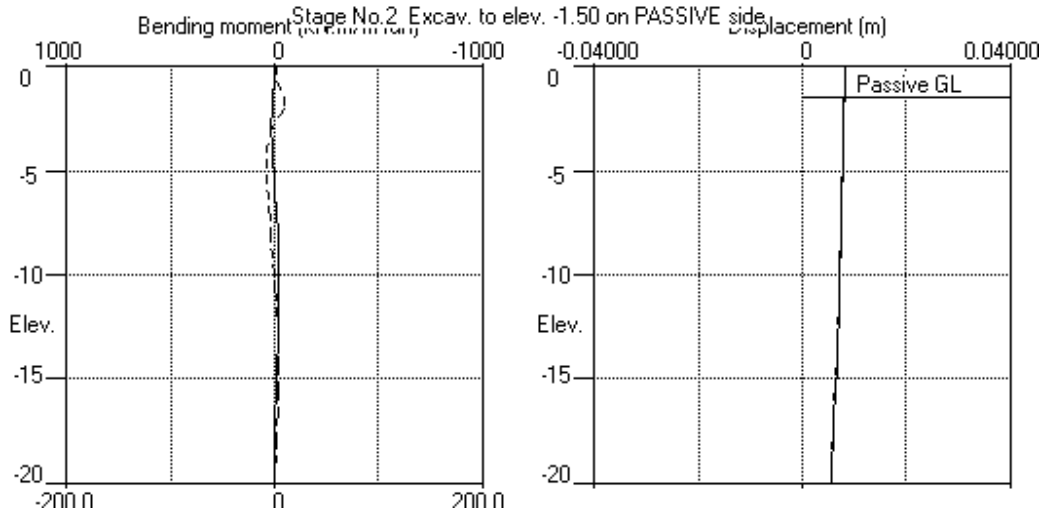
Node no.	Y coord	----- PASSIVE side -----					Total earth pressure	Soil stiffness coeff.
		Water press.	Vertic -al	Active limit	Passive limit	Earth pressure		
		kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m3
22	-20.00	140.00	227.55	22.09	807.36	130.36	270.36	3334

Note: 24.34a Soil pressure at active limit
 123.45p Soil pressure at passive limit

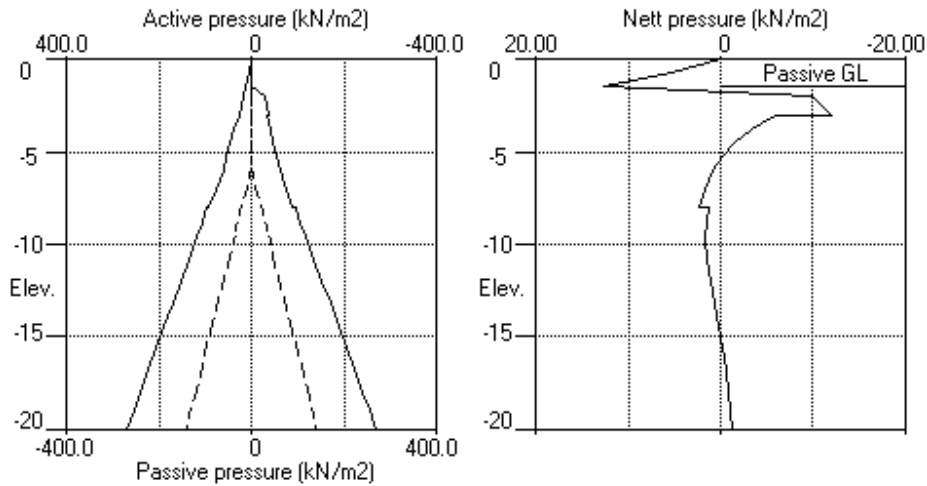
Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

Units: kN,m



Stage No.2 Excav. to elev. -1.50 on PASSIVE side



Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

Units: kN,m

Stage No. 3 Excavate to elevation -4.50 on PASSIVE side

STABILITY ANALYSIS according to Strength Factor method

Factor of safety on soil strength

Stage No.	G.L.		Strut Elev.	FoS for toe elev. = -20.00		Toe elev. for FoS = 1.200		Strut force for F=1.000
	Act.	Pass.		Factor of Safety at elev.	Moment at elev.	Toe elev.	Wall Penetration	
3	0.00	-4.50	Cant.	2.567	-18.32	-6.66	2.16	Strut force kN/m run

BENDING MOMENT and DISPLACEMENT CALCULATION - Assumptions:

Subgrade reaction model - Boussinesq Influence coefficients
 Soil deformations are elastic until the active or passive limit is reached
 Open Tension Crack analysis - No
 Length of wall perpendicular to section = 30.00m

Rigid boundaries: Active side 20.00 from wall
 Passive side 50.00 from wall

Node no.	Y coord	Nett pressure kN/m ²	Wall disp. m	Wall rotation rad.	Shear force kN/m	Bending moment kN.m/m	Strut forces kN/m
1	0.00	0.00	0.020	1.17E-03	0.0	0.0	
2	-0.75	5.24	0.019	1.17E-03	2.0	1.1	
3	-1.50	12.73	0.018	1.17E-03	8.7	5.7	
4	-2.00	17.11	0.018	1.17E-03	16.2	12.3	
5	-3.00	24.34	0.017	1.15E-03	36.9	38.2	
		0.00	0.017	1.15E-03	36.9	38.2	
6	-3.75	11.42	0.016	1.13E-03	41.2	69.3	
7	-4.50	22.51	0.015	1.09E-03	53.9	104.1	
		-26.63	0.015	1.09E-03	53.9	104.1	
8	-5.25	-20.72	0.014	1.04E-03	36.1	137.1	
9	-6.00	-15.46	0.013	9.74E-04	22.6	158.4	
10	-7.00	-9.39	0.013	8.77E-04	10.1	173.2	
11	-8.00	-4.35	0.012	7.73E-04	3.3	178.7	
		-15.89	0.012	7.73E-04	3.3	178.7	
12	-8.80	-11.26	0.011	6.90E-04	-7.6	176.1	
13	-9.60	-7.46	0.011	6.09E-04	-15.1	166.4	
14	-10.80	-3.12	0.010	5.00E-04	-21.4	142.7	
15	-12.00	-0.18	0.009	4.09E-04	-23.4	114.4	
16	-13.20	1.69	0.009	3.39E-04	-22.5	85.8	
17	-14.40	2.77	0.009	2.87E-04	-19.8	59.7	
18	-15.60	3.33	0.008	2.53E-04	-16.2	37.5	
19	-16.80	3.59	0.008	2.33E-04	-12.0	20.2	
20	-18.00	3.71	0.008	2.23E-04	-7.6	8.1	
21	-19.00	3.80	0.007	2.20E-04	-3.9	2.1	
22	-20.00	3.92	0.007	2.19E-04	0.0	-0.0	

Stage No.3 Excavate to elevation -4.50 on PASSIVE side (continued)

Node no.	Y coord	----- ACTIVE side -----					Total earth pressure kN/m2	Soil stiffness kN/m3
		Water press. kN/m2	Vertic -al kN/m2	Effective Active limit kN/m2	Effective Passive limit kN/m2	Earth pressure kN/m2		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3845
2	-0.75	0.00	23.38	5.24	152.79	5.24	5.24a	3845
3	-1.50	0.00	56.76	12.73	370.91	12.73	12.73a	3845
4	-2.00	0.00	76.30	17.11	498.65	17.11	17.11a	3845
5	-3.00	0.00	108.54	24.34	709.33	24.34	24.34a	3845
		0.00	108.54	0.00	453.22	0.00	0.00a	3204
6	-3.75	0.00	128.15	0.00	504.60	11.42	11.42	3204
7	-4.50	0.00	145.78	2.23	550.80	22.51	22.51	3204
8	-5.25	0.00	162.06	9.16	593.45	33.03	33.03	3204
9	-6.00	0.00	177.35	15.68	633.53	43.05	43.05	3204
10	-7.00	10.00	187.62	20.05	660.43	51.25	61.25	3204
11	-8.00	20.00	196.95	24.02	684.88	58.77	78.77	3204
		20.00	196.95	9.06	727.18	56.87	76.87	4485
12	-8.80	28.00	203.93	12.03	745.46	63.04	91.04	4485
13	-9.60	36.00	210.59	14.87	762.91	68.71	104.71	4485
14	-10.80	48.00	220.17	18.94	788.00	76.42	124.42	4485
15	-12.00	60.00	229.44	22.89	812.29	83.35	143.35	4485
16	-13.20	72.00	238.56	26.78	836.21	89.70	161.70	4485
17	-14.40	84.00	247.66	30.65	860.05	95.64	179.64	4485
18	-15.60	96.00	256.81	34.55	884.02	101.34	197.34	4485
19	-16.80	108.00	266.05	38.48	908.25	106.90	214.90	4485
20	-18.00	120.00	237.00	26.11	832.11	112.44	232.44	4485
21	-19.00	130.00	247.00	30.37	858.32	117.08	247.08	4485
22	-20.00	140.00	257.00	34.63	884.52	121.76	261.76	4485

Node no.	Y coord	----- PASSIVE side -----					Total earth pressure kN/m2	Soil stiffness kN/m3
		Water press. kN/m2	Vertic -al kN/m2	Effective Active limit kN/m2	Effective Passive limit kN/m2	Earth pressure kN/m2		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
3	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
4	-2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
5	-3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
6	-3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
7	-4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
		0.00	0.00	0.00	168.83	49.14	49.14	2987
8	-5.25	0.00	14.25	0.00	206.17	53.75	53.75	2987
9	-6.00	0.00	28.50	0.00	243.51	58.51	58.51	2987
10	-7.00	10.00	38.50	0.00	269.72	60.64	70.64	2987
11	-8.00	20.00	48.51	0.00	295.94	63.12	83.12	2987
		20.00	48.51	0.00	338.20	72.76	92.76	4182
12	-8.80	28.00	56.52	0.00	359.19	74.30	102.30	4182
13	-9.60	36.00	64.54	0.00	380.19	76.17	112.17	4182
14	-10.80	48.00	76.57	0.00	411.73	79.55	127.55	4182
15	-12.00	60.00	88.62	0.00	443.30	83.53	143.53	4182
16	-13.20	72.00	100.69	0.00	474.93	88.01	160.01	4182
17	-14.40	84.00	112.78	0.00	506.60	92.87	176.87	4182
18	-15.60	96.00	124.89	0.00	538.33	98.00	194.00	4182
19	-16.80	108.00	137.02	0.00	570.13	103.31	211.31	4182
20	-18.00	120.00	149.18	0.00	601.99	108.73	228.73	4182
21	-19.00	130.00	159.33	0.00	628.59	113.28	243.28	4182
22	-20.00	140.00	169.50	0.00	655.24	117.84	257.84	4182

Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
XYTA - Tagarades
STW - EQW

| Sheet No.
| Date: 29-08-2022
Checked :

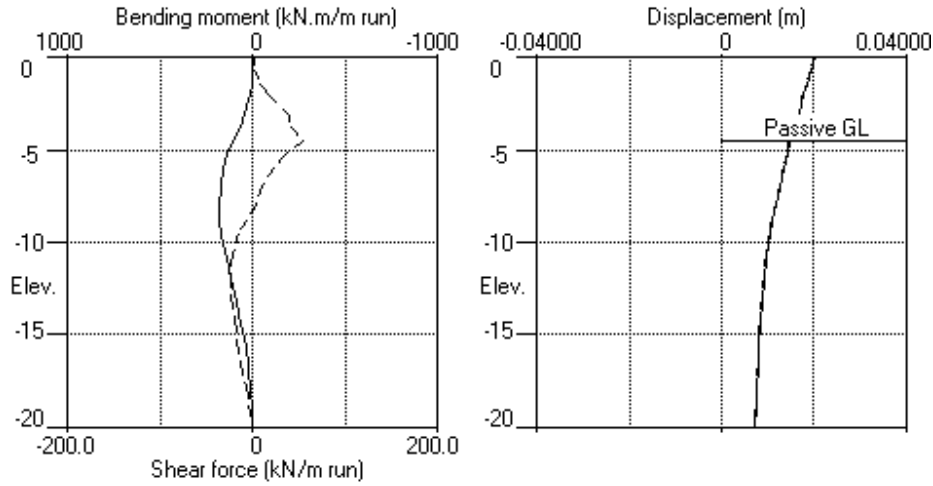
Stage No.3 Excavate to elevation -4.50 on PASSIVE side (continued)
Note: 0.00a Soil pressure at active limit
123.45p Soil pressure at passive limit

Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

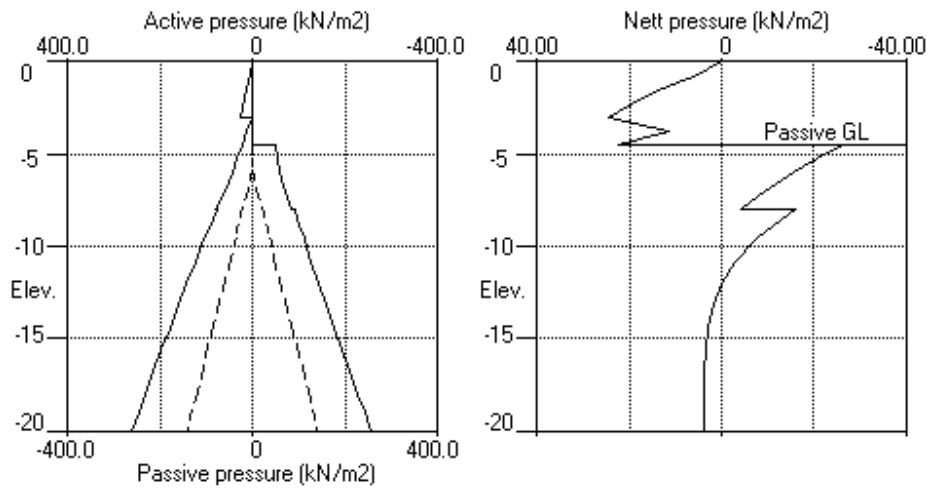
Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

Units: kN,m

Stage No.3 Excav. to elev. -4.50 on PASSIVE side



Stage No.3 Excav. to elev. -4.50 on PASSIVE side



Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Licensed from GEOSOLVE
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date: 29-08-2022
 Checked :

 Units: kN,m

Summary of results

STABILITY ANALYSIS according to Strength Factor method

Factor of safety on soil strength

Stage No.	G.L.		Strut Elev.	FoS for toe elev. = -20.00		Toe elev. for FoS = 1.200		Strut force for F=1.000
	Act.	Pass.		Factor of Safety	Moment at elev.	Toe elev.	Wall Penetration	
1	0.00	0.00	Cant.		Conditions unsuitable for			FoS calc.
2	0.00	-1.50	Cant.	4.842	-17.96	-2.63	1.13	
3	0.00	-4.50	Cant.	2.567	-18.32	-6.66	2.16	
4	0.00	-4.50	Cant.	2.413	-18.17	-7.93	3.43	
5	0.00	-4.50	Cant.	2.263	-18.01	-9.24	4.74	

Licensed to LND
 Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
 Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
 XYTA - Tagarades
 STW - EQW

Sheet No.
 Job No.
 Made by :
 Date:29-08-2022
 Checked :

 Units: kN,m

Summary of results

BENDING MOMENT and DISPLACEMENT CALCULATION - Assumptions:

Subgrade reaction model - Boussinesq Influence coefficients
 Soil deformations are elastic until the active or passive limit is reached
 Open Tension Crack analysis - No
 Length of wall perpendicular to section = 30.00m

Rigid boundaries: Active side 20.00 from wall
 Passive side 50.00 from wall

Bending moment, shear force and displacement envelopes

Node no.	Y coord	Displacement		Bending moment		Shear force	
		maximum	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum
		m		kN.m/m		kN/m	
1	0.00	0.037	0.000	0.0	-0.0	0.0	0.0
2	-0.75	0.035	0.000	1.1	-0.2	2.0	-3.2
3	-1.50	0.032	0.000	5.7	-4.0	8.7	-9.4
4	-2.00	0.031	0.000	12.3	-9.5	86.2	-12.6
5	-3.00	0.027	0.000	108.2	-24.0	176.9	-16.1
6	-3.75	0.025	0.000	243.2	-35.6	176.9	-14.8
7	-4.50	0.023	0.000	376.9	-45.9	177.7	-12.8
8	-5.25	0.020	0.000	486.2	-54.7	118.2	-10.6
9	-6.00	0.018	0.000	555.1	-61.7	67.9	-8.3
10	-7.00	0.016	0.000	593.4	-68.4	18.1	-5.9
11	-8.00	0.014	0.000	591.2	-72.6	3.3	-14.3
12	-8.80	0.013	0.000	565.7	-73.4	0.6	-43.7
13	-9.60	0.011	0.000	521.2	-71.7	3.7	-62.4
14	-10.80	0.010	0.000	433.5	-65.1	7.1	-75.1
15	-12.00	0.009	0.000	340.3	-55.2	9.2	-75.6
16	-13.20	0.009	0.000	251.3	-43.8	10.0	-69.6
17	-14.40	0.009	0.000	172.4	-31.9	9.8	-59.8
18	-15.60	0.008	0.000	107.0	-20.9	8.8	-47.9
19	-16.80	0.008	0.000	56.8	-11.5	7.0	-35.1
20	-18.00	0.008	0.000	22.2	-4.6	4.7	-21.9
21	-19.00	0.007	0.000	5.6	-1.1	2.5	-10.9
22	-20.00	0.007	0.000	0.0	-0.0	0.0	0.0

Maximum and minimum bending moment and shear force at each stage

Stage no.	Bending moment				Shear force				
	maximum	elev.	minimum	elev.	maximum	elev.	minimum	elev.	
		kN.m/m		kN.m/m		kN/m		kN/m	
1	0.0	0.00	-73.4	-8.80	10.0	-13.20	-16.1	-3.00	
2	15.3	-3.00	-20.2	-10.80	9.4	-2.00	-7.4	-5.25	
3	178.7	-8.00	-0.0	-20.00	53.9	-4.50	-23.4	-12.00	
4	346.1	-8.00	-0.0	-20.00	110.6	-4.50	-44.9	-12.00	
5	593.4	-7.00	-0.0	-20.00	177.7	-4.50	-75.6	-12.00	

Maximum and minimum displacement at each stage

Stage no.	Displacement				Stage description
	maximum	elev.	minimum	elev.	
		m		-----	
1	0.006	-9.60	0.000	0.00	Apply surcharge no.1 at elev. 0.00
2	0.008	0.00	0.000	0.00	Excav. to elev. -1.50 on PASSIVE side
3	0.020	0.00	0.000	0.00	Excav. to elev. -4.50 on PASSIVE side
4	0.027	0.00	0.000	0.00	Apply load no.1 at elev. -3.00
5	0.037	0.00	0.000	0.00	Apply load no.2 at elev. -2.00

Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
XYTA - Tagarades
STW - EQW

| Sheet No.
| Date: 29-08-2022
| Checked :

Summary of results (continued)

Licensed to LND
Program: WALLAP Version 5.03 Revision A19.B32.R29
Licensed from GEOSOLVE
Run ID. TYP_STW-EQW_D120-150
XYTA - Tagarades
STW - EQW

Sheet No.
Job No.
Made by :
Date: 29-08-2022
Checked :

Units: kN,m

Bending moment, shear force, displacement envelopes

