



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΗΜΟΣ ΗΡΩΙΚΗΣ ΝΑΟΥΣΑΣ**

**ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ  
ΟΔΟΥ ΝΑΟΥΣΑΣ - ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ**

**ΤΕΥΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ**

<b>Ο ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ</b>	<b>ΑΒΡΑΑΜ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ</b> Πολιτικός Μηχανικός	
<b>ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ Ο Επιβλέπων Μηχανικός</b>	<b>ΘΩΜΑΣ ΚΥΡΑΝΟΣ</b> Πολιτικός Μηχανικός	
<b>ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ Ο Προϊστάμενος Τ.Μ.</b>	<b>ΕΛΕΝΗ ΤΣΙΟΓΚΑ</b> Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός	
<b>ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ Ο Διευθυντής Τ.Υ.</b>	<b>ΠΑΥΛΟΣ ΚΥΡΙΑΚΙΔΗΣ</b> Πολιτικός Μηχανικός	

**ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2015**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>3</b>
1. <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>5</b>
2. <b>ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	<b>5</b>
 <b>ΜΕΡΟΣ I: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ</b>	
3. <b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b>	<b>8</b>
 <b>ΜΕΡΟΣ II: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΕΚΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ</b>	
4. <b>ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ – ΠΛΑΣΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ</b>	<b>13</b>
5. <b>ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ</b>	<b>14</b>
 <b>ΜΕΡΟΣ III: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ</b>	
6. <b>ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ</b>	<b>19</b>
6.1 <b>ΛΥΣΗ 1: ΠΑΣΣΑΛΟΔΙΑΦΡΑΓΜΑ</b> .....	<b>21</b>
6.1.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης .....	<b>21</b>
6.1.2 Αποτελέσματα αναλύσεων .....	<b>22</b>
6.1.3 Διαστασιολόγηση .....	<b>23</b>
6.1.4 Έλεγχος φέρουσας ικανότητας πασσάλων .....	<b>27</b>
6.1.5 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης .....	<b>30</b>
6.2 <b>ΛΥΣΗ 2: ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ</b> .....	<b>31</b>
6.2.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης .....	<b>31</b>
6.2.2 Αποτελέσματα αναλύσεων .....	<b>31</b>
6.2.3 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης .....	<b>32</b>
6.3 <b>ΛΥΣΗ 3: ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙ ΠΑΣΣΑΛΩΝ</b> .....	<b>33</b>
6.3.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης .....	<b>33</b>
6.3.2 Αποτελέσματα αναλύσεων .....	<b>33</b>
6.3.3 Διαστασιολόγηση .....	<b>34</b>
6.3.4 Έλεγχος φέρουσας ικανότητας πασσάλων .....	<b>39</b>
6.3.5 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης .....	<b>41</b>
7. <b>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ</b>	<b>42</b>
7.1 <b>ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ</b> .....	<b>42</b>
7.2 <b>ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ</b> .....	<b>43</b>

**ΜΕΡΟΣ IV: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αποτελέσματα Αναλύσεων Ευστάθειας (GSTABL7)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Αποτελέσματα Αναλύσεων με χρήση Αριθμητικών Μεθόδων (PLAXIS)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Αναλυτική Προμέτρηση Τοίχου Αντιστήριξης επί Πασσάλων (Λύση 3)

**ΣΥΝΗΜΜΕΝΑ:**

Σχέδιο ΓΤ-1: Γεωτεχνική Τομή

**ΛΥΣΗ 1**

Σχέδιο Γ-1.1: Γενική Διάταξη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-1.2: Κάτοψη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-1.3: Μηκοτομή Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-1.4: Διάταξη – Διαστασιολόγηση Έργων Αντιστήριξης

**ΛΥΣΗ 2**

Σχέδιο Γ-2.1: Γενική Διάταξη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-2.2: Κάτοψη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-2.3: Μηκοτομή Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-2.4: Διάταξη – Διαστασιολόγηση Έργων Αντιστήριξης

**ΛΥΣΗ 3**

Σχέδιο Γ-3.1: Γενική Διάταξη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-3.2: Κάτοψη Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-3.3: Μηκοτομή Έργων Αντιστήριξης

Σχέδιο Γ-3.4: Διάταξη – Διαστασιολόγηση Έργων Αντιστήριξης

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ**

- Στο παρόν τεύχος μελετάται τμήμα της δημοτικής οδού Νάουσας-Ροδοχωρίου όπου εκδηλώθηκε τοπική αστοχία του κατάντη πρανούς του δρόμου σε μήκος 40,00m περίπου, η οποία και διαμόρφωσε κατακόρυφο μέτωπο κυμαινόμενου ύψους 6,00-8,00m περίπου..
- Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση των εδαφικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, η διατύπωση προτάσεων για την αντιμετώπιση της τοπικής ολίσθησης, καθώς και εναλλακτικοί τρόποι για την ασφαλή αποκατάσταση της δημοτικής οδού.
- Το υπέδαφος στην περιοχή έρευνας συνίσταται αρχικά και μέχρι το βάθος των 2,00m από καστανό αμμοχάλικο (**Στρώση A-SG**). Στη συνέχεια και μέχρι τα 5,00-6,45m συναντάται καστανή αμμώδης άργιλος, με υψηλό ποσοστό άμμου κατά τόπους, σπιφρή έως πολύ σπιφρή, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες (**Στρώση B-1SC**). Υποκείμενη της παραπάνω στρώσης συναντάται γκριζοκυανή αμμώδης άργιλος, πολύ σπιφρή έως σκληρή, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες (**Στρώση Γ-2SC**). Τέλος μέχρι το μέγιστο βάθος διάτρησης ακολουθεί γκριζοκυανό αργιλώδες αμμοχάλικο, πολύ πυκνό (**Στρώση Δ-CG**).
- Για τον προσδιορισμό και την κατανόηση των μηχανισμών ανάπτυξης των υποχωρήσεων του εδάφους, πραγματοποιούνται αντίστροφες αναλύσεις ευστάθειας, από τις οποίες επιβεβαιώνεται ο μηχανισμός αστάθειας του εδάφους καθώς και η απώλεια της διαμητικής του αντοχής. Από τις πραγματοποιηθείσες αναλύσεις ευστάθειας, προκύπτει ότι η παραμένουσα διαμητική αντοχή των στρώσεων Α και Β αντιστοιχεί σε τιμή συνοχής ίση με 5kPa και 14kPa αντίστοιχα, και σε γωνία τριβής ίση με 10ο σε συνθήκες αργής θραύσης.
- Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τις αντίστροφες αναλύσεις, επιχειρείται στο τρίτο μέρος της μελέτης ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των έργων αντιστήριξης. Συγκεκριμένα εξετάζονται τρεις εναλλακτικές κατασκευαστικές λύσεις:

**ΛΥΣΗ 1:**

Κατασκευή διπλού πασσαλοδιαφράγματος, με ενιαίο κεφαλόδεσμο στην κατάντη πλευρά της οδού, αποτελούμενο από κατακόρυφους φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, σε επαφή μεταξύ τους, και τέσσερις (4) φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, στην ανάντη πλευρά της οδού οι οποίοι συνδέονται μέσω εγκάρσιων

συνδετήριων δοκών διατομής 0,50x0,80m με το κεφαλόδεσμο του πασσαλοδιαφράγματος.

**ΛΥΣΗ 2:**

Κατασκευή οπλισμένου επιχώματος πλάτους 6,00m κατάντη της οδού, σε όλο το μέτωπο της ολίσθησης, μήκους 40m περίπου, και με ύψος της τάξης των 7,00-8,00m.

**ΛΥΣΗ 3:**

Κατασκευή τοιχίου αντιστήριξης, ύψους 3,00m, σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του δρόμου, και συγκεκριμένα στον πόδα του μετώπου της ολίσθησης, 9,00-10,00m από την άκρη του οδοστρώματος. Θα εδράζεται επί ασυνεχούς πασσαλοδιαφράγματος, με διάμετρο πασσάλων 0,80m και μήκος 9,00m, σε αξονικές αποστάσεις 3,00m μεταξύ τους και ενιαίο κεφαλόδεσμο διαστάσεων 0,90x4,00m.

- Τέλος, κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου, θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση από έμπειρο γεωτεχνικό μηχανικό ή Τεχνικό Σύμβουλο.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν τεύχος μελετάται τμήμα της δημοτικής οδού Νάουσας-Ροδοχωρίου όπου εκδηλώθηκε τοπική αστοχία του κατάντη πρανούς του δρόμου σε μήκος 40,00m περίπου, η οποία και διαμόρφωσε κατακόρυφο μέτωπο κυμαινόμενου ύψους 6,00-8,00m περίπου.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση των εδαφικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, η διατύπωση προτάσεων για την αντιμετώπιση της τοπικής ολίσθησης, καθώς και εναλλακτικοί τρόποι για την ασφαλή αποκατάσταση της δημοτικής οδού.

Για την αποτίμηση του μηχανισμού αστάθειας πραγματοποιήθηκε γεωτεχνική έρευνα με στόχο τον προσδιορισμό της στρωματογραφίας και των εδαφικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή και η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Τεύχος Αξιολόγησης Γεωτεχνικής Έρευνας. Στο παρόν τεύχος προσδιορίζονται οι εδαφικές παράμετροι σχεδιασμού μετά από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών και δίνεται η Τυπική Εδαφική Τομή Σχεδιασμού.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας γίνεται διερεύνηση των συνθηκών κάτω από τις οποίες προέκυψε η αστάθεια στην περιοχή, καθώς επίσης και η πλήρης κατανόηση και επιβεβαίωση των μηχανισμών εντός του εδάφους.

Στο τρίτο μέρος πραγματοποιείται σχεδιασμός και διαστασιολόγηση τριών εναλλακτικών μέτρων αντιστήριξης (διπλό πασσαλοδιάφραγμα με ενιαίο κεφαλόδεσμο στο επίπεδο του οδοστρώματος, οπλισμένο επίχωμα, διπλό πασσαλόδιαφραγμα με τοίχο αντιστήριξης κατάντη της αστοχίας και επίχωμα) για την εξασφάλιση της ευστάθειας της δημοτικής οδού και την αποκατάσταση της αστοχίας.

Η παρούσα γεωτεχνική μελέτη αντιστήριξης ανατέθηκε στον υπογράφοντα πολιτικό μηχανικό κ. **Κωνσταντίνιδη Αβραάμ** από το Δήμο Νάουσας στα πλαίσια του έργου: "ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΝΑΟΥΣΑΣ-ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ".

## 2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με το Τεύχος Αξιολόγησης Γεωτεχνικής Έρευνας και τα αποτελέσματα των γεωερευνητικών εργασιών, το υπέδαφος στην περιοχή έρευνας συνίσταται αρχικά και μέχρι το βάθος των 2,00m από καστανό αμμοχάλικο. Στη συνέχεια και μέχρι τα 5,00-6,45m συναντάται καστανή αμμώδης άργιλος, με υψηλό ποσοστό άμμου κατά τόπους, σφιγρή έως πολύ σφιγρή, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες. Υποκείμενη της παραπάνω στρώσης

συναντάται γκριζοκυανή αμμώδης άργιλος, πολύ στιφρή έως σκληρή, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες. Τέλος μέχρι το μέγιστο βάθος διάτρησης ακολουθεί γκριζοκυανό αργιλώδες αμμοχάλικο, πολύ πυκνό.

Το έδαφος, σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000), κατατάσσεται στην κατηγορία Γ. Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας, η περιοχή κατασκευής του έργου εντάσσεται στη ζώνη Ι, με σεισμική επιτάχυνση α ίση με 0,16g.





### 3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωερευνητικών εργασιών στην περιοχή του έργου, το υπέδαφος συνίσταται από τις παρακάτω εδαφικές στρώσεις:

**Στρώση Α(SG):** Επιφανειακή στρώση αποτελούμενη από καστανό ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ και πάχος της τάξης των 2,00m.

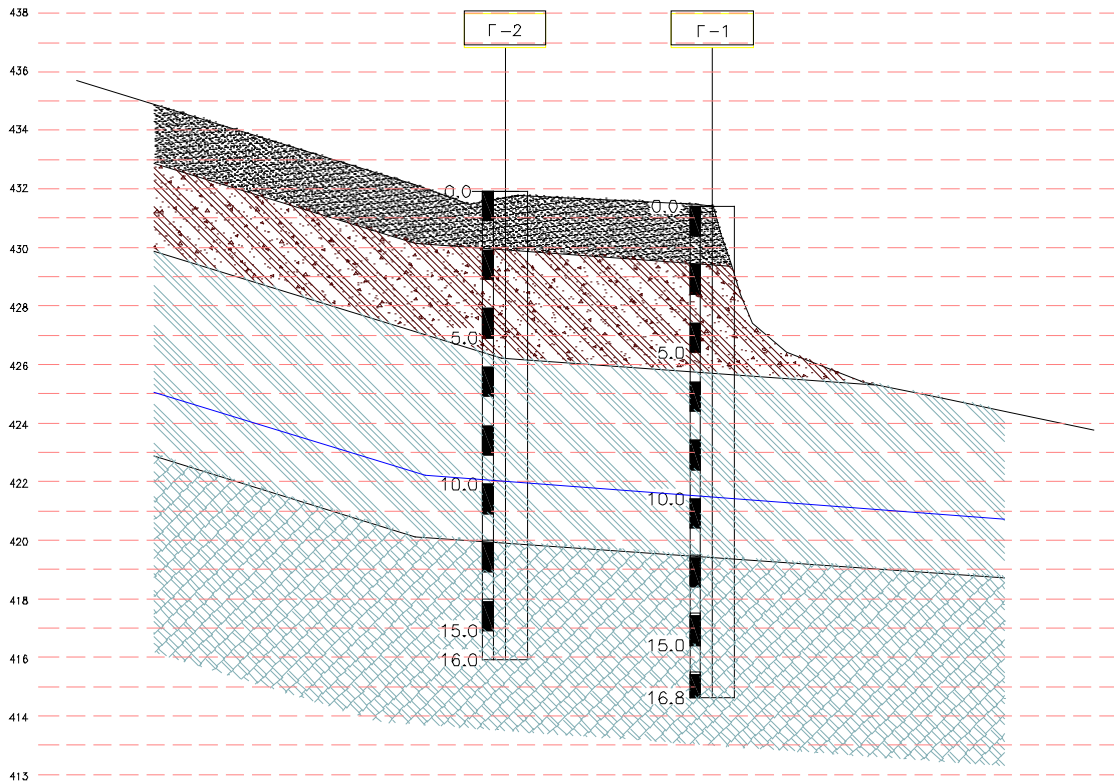
**Στρώση Β(1SC):** Καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες, σιφρή έως πολύ σιφρή με την αύξηση του βάθους. Συναντάται στη θέση της γεώτρησης Γ-1 όπου και εμφανίζει πάχος 4,45m (2,00-6,45m) και στη γεώτρηση Γ-2 στα βάθη 2,00-5,00m όπου στο βάθος 2,45-2,75 μεταπίπτει σε αργιλώδη άμμο με χαλίκια. Η μέση τιμή του αριθμού κρούσεων κατά SPT είναι ίση με  $N=17$  για 30cm διείδυση. Η μέση τιμή των ορίων πλαστικότητας και υδαρότητας είναι 20,9 και 34,0 αντίστοιχα, ενώ η φυσική υγρασία έχει μέση τιμή 15,6%. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη προέκυψε ίση με 58kPa.

**Στρώση Γ(2SC):** Γκριζοκυανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ, με χαλίκια, μέσης πλαστικότητας, πολύ σιφρή έως σκληρή. Συναντάται και στις δύο γεωτρήσεις μέχρι το βάθος των 12,0m. Κατά τη δοκιμή πρότυπης διείδυσης, ο αριθμός κρούσεων εμφανίζει τιμή μεγαλύτερη από 50 για 30cm διείδυση. Η τιμή των ορίων πλαστικότητας και υδαρότητας είναι 22,0 και 41,0 αντίστοιχα, ενώ η φυσική υγρασία έχει μέση τιμή 12,7%. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη προέκυψε ίση με 130kPa, ενώ οι μέγιστες (peak values) τιμές συνοχής και γωνία εσωτερικής τριβής από τις εργαστηριακές δοκιμές διάτμησης (αστράγγιστες συνθήκες) βρέθηκαν ίσες με 34kPa και 19° αντίστοιχα. Τέλος οι μέγιστες (peak values) τιμές συνοχής και γωνία εσωτερικής τριβής από τις εργαστηριακές τριαξονικές δοκιμές, χωρίς στερεοποίηση, σε αστράγγιστες συνθήκες, βρέθηκαν ίσες με 37kPa και 19° αντίστοιχα.

**Στρώση Δ(CG):** Γκριζοκυανό αργιλώδες ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ, με αυξημένο ποσοστό άμμου κατά τόπους, πολύ πυκνό. Συναντάται στη θέση της γεώτρησης Γ-1 μέχρι το τελικό βάθος διάτμησης των 16,80m, καθώς επίσης και στη γεώτρηση Γ-2 μέχρι τα 16,00m. Κατά τη δοκιμή πρότυπης διείδυσης, ο αριθμός κρούσεων εμφανίζει τιμή μεγαλύτερη από 50 έως άρνηση διείδυσης. Η τιμή των ορίων πλαστικότητας και υδαρότητας είναι 25,7 και 34,5 αντίστοιχα, ενώ η φυσική υγρασία έχει μέση τιμή 17,7%. Οι μέγιστες (peak values) τιμές συνοχής και γωνία εσωτερικής τριβής από τις εργαστηριακές δοκιμές διάτμησης (αστράγγιστες συνθήκες) βρέθηκαν ίσες με 25kPa και 30° αντίστοιχα.

Από την επιτόπια παρατήρηση της μορφής και των χαρακτηριστικών της ολίσθησης, διαπιστώνεται ότι η επιφάνεια κατολίσθησης περιορίζεται κυρίως στις επιφανειακές στρώσεις **Α** και **Β** καθώς και στη διεπιφάνειά τους με την υποκείμενη σιφρότερη αργιλική στρώση **Γ**. Εκτενέστερη ανάλυση των αιτιών που προκάλεσαν την αστάθεια πραγματοποιείται στο δεύτερο μέρος της παρούσας με την εκτέλεση αντίστροφων αναλύσεων ευστάθειας.

Με βάση τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας και την τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής του έργου, σχεδιάστηκε η εδαφική τομή που δίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 3.1 :** Εγκάρσια εδαφική τομή

Κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων η στάθμη υπόγειας υδροφορίας συναντήθηκε στα 10,00m στη θέση της γεώτρησης Γ-2. Η αξιολόγηση των επιτόπου δοκιμών σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και η χρήση δόκιμων σχέσεων συσχέτισης, επέτρεψε τον προσδιορισμό των εδαφικών στρώσεων και των παραμέτρων που τις χαρακτηρίζουν. Στο σχήμα 3.2 δίνεται η τυπική εδαφική τομή με βάση την οποία θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί ευστάθειας και διαστασιολόγησης των έργων αντιστήριξης καθώς και τυχόν άλλοι μελλοντικοί γεωτεχνικοί και γεωστατικοί έλεγχοι.

**Βάθος**

Γ-1 & Γ-2 (βάθη εμφάνισης στις αντίστοιχες γεωτρήσεις)

0,0

**A (SG):** Επιφανειακή στρώση αποτελούμενη από καστανό ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ.

[SG]

**F=21,2**                      **γ=19,00**

2,00 – 2,00

**B (1SC):** Καστανή αμμόδης ΑΡΓΙΛΟΣ, έως αργιλώδης ΑΜΜΟΣ κατά τόπους, μέσης πλαστικότητας, με χάλικες, στιφρή έως πολύ στιφρή με την αύξηση του βάθους.

[SC/CL]

**G=18,0**                      **S=26,0**                      **F=56,0**                      **W<sub>P</sub>=20,9**  
**W<sub>L</sub>=34,0**                      **PI=13,1**                      **W=15,6**                      **γ<sub>d</sub>=17,23**  
**γ=19,83**                      **e<sub>o</sub>=0,578**                      **q<sub>u</sub>=58**                      **ε=2,6**  
**E=25**                      **N<sub>SPT</sub>=19**                      **S<sub>u</sub>=30**

6,45 – 5,00

**Γ (2SC):** Γκριζοκυανή αμμόδης ΑΡΓΙΛΟΣ, με χαλίκια, μέσης πλαστικότητας, πολύ στιφρή έως σκληρή.

[CL]

**G=8,5**                      **S=28,5**                      **F=63,0**                      **W<sub>P</sub>=22,0**  
**W<sub>L</sub>=41,0**                      **PI=19,0**                      **W=12,7**                      **γ<sub>d</sub>=17,96**  
**γ=19,83**                      **e<sub>o</sub>=0,541**                      **N<sub>SPT</sub>>50**                      **φ<sub>us</sub>=19**  
**c<sub>us</sub>=34**                      **S<sub>u</sub>=100**                      **c<sub>uu</sub>=37**                      **φ<sub>uu</sub>=19**  
**q<sub>u</sub>=130**                      **ε=2,75**                      **E=70**

12,00 – 12,00

**Δ (CG):** Γκριζοκυανό αργιλώδες ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ, με αυξημένο ποσοστό άμμου κατά τόπους, πολύ πυκνό.

[SM/GC]

**G=30,0**                      **S=36,0**                      **F=34,0**                      **W<sub>P</sub>=25,7**  
**W<sub>L</sub>=34,5**                      **PI=8,8**                      **W=17,7**                      **γ<sub>d</sub>=16,56**  
**γ=19,45**                      **e<sub>o</sub>=0,596**                      **N<sub>SPT</sub>=A**                      **φ<sub>us</sub>=30**  
**c<sub>us</sub>=25**                      **E=200**

**ΥΠΟΜΝΗΜΑ:**

G	: Χάλικες (%)	S	: Άμμος (%)
F	: Λεπτόκοκκα (%)	W <sub>L</sub>	: Όριο υδαρότητας
W <sub>P</sub>	: Όριο πλαστικότητας	PI	: Δείκτης πλαστικότητας
W	: Φυσική υγρασία (%)	γ	: Φαινόμενο βάρος (kN/m <sup>3</sup> )
γ <sub>d</sub>	: Ξηρό φαινόμενο βάρος (KN/m <sup>3</sup> )	e <sub>o</sub>	: Δείκτης κενών
N <sub>SPT</sub>	: Αριθμός χτύπων ΤΔΔ	q <sub>u</sub>	: Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη (kPa)
ε	: Αξονική παραμόρφωση (%)	φ	: Γωνία τριβής (°)
c	: Συνοχή (KPa)	E	: Μέτρο Ελαστικότητας (MPa)
S <sub>u</sub>	: Αστράγγιστη διατμητική αντοχή (kPa)		

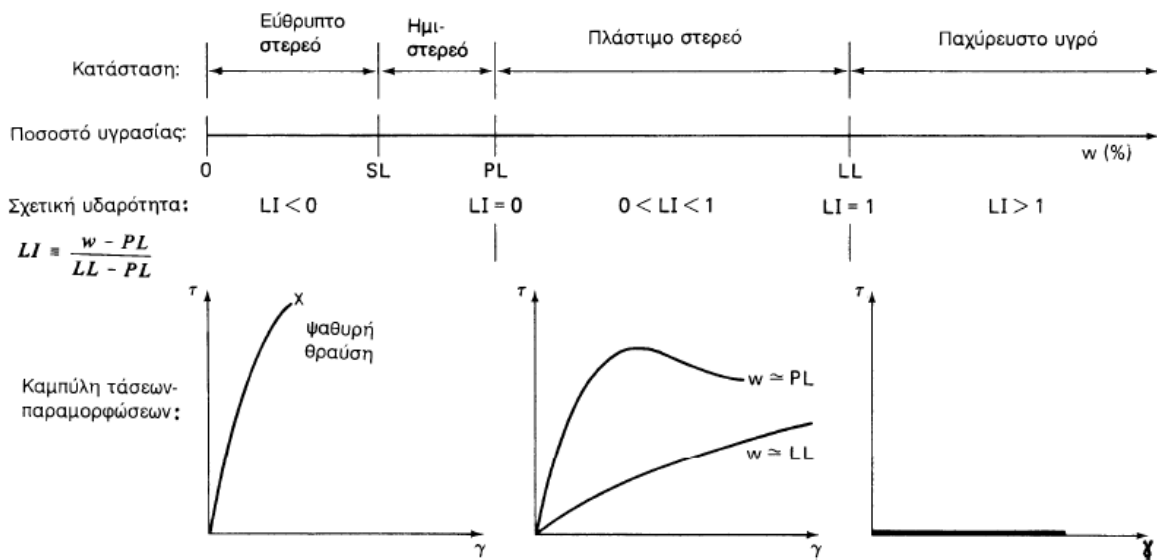
Οι δείκτες στις παραμέτρους διατμητικής αντοχής έχουν την παρακάτω αντιστοιχία:

u<sub>s</sub> : Δοκιμή ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση      u<sub>u</sub> : Δοκιμή τριαξονικής φόρτισης UU

**Σχήμα 3.2 :** Τυπική εδαφική τομή σχεδιασμού

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των εδαφικών παραμέτρων προκύπτει ότι το εδαφικό υλικό της στρώσης Γ εμφανίζει κατά μέσο όρο όριο υδαρότητας ίσο με 41%, ενώ η φυσική του υγρασία είναι μικρότερη από την παραπάνω τιμή. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορεί να ειπωθεί ότι τα εδαφικά υλικά της στρώσης αυτής βρίσκονται σε κατάσταση στερεής έως ημιστερεής μηχανικής συμπεριφοράς κατά την οποία το έδαφος εμφανίζει υψηλές τιμές αντοχής με ψαθυρή και απότομη θραύση (σχήμα 3.3). Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας συμπεριφοράς εμφανίζεται στο σύνολο των δοκιμών ανεμπόδισης

θλίψης καθώς επίσης και στις δοκιμές διάτμησης όπου η θραύση τους γίνεται σε πολύ μικρό ποσοστό παραμόρφωσης. Αντίθετα, στην κατάσταση κατά την οποία η φυσική υγρασία είναι μεγαλύτερη από το όριο υδαρότητας (στρώση Β στη θέση της γεώτρησης Γ-2 με όριο πλαστικότητας και όριο υδαρότητας ίσο με 19,8% και 26,9% αντίστοιχα, και φυσική υγρασία με μέση τιμή ίση με 21,2%) το έδαφος δεν μπορεί να αναλάβει διατμητικές τάσεις χωρίς συνεχιζόμενη παραμόρφωση και εμφανίζει συμπεριφορά παχύρρευστου υγρού με την αύξηση της φυσικής υγρασίας. Στο κάτω όριο (μικρά ποσοστά υγρασίας) της κατάστασης αυτής το έδαφος παρουσιάζει χαρακτηριστικά ερπυσμού, η συμπεριφορά του όμως με την αύξηση του ποσοστού υγρασίας γρήγορα εξελίσσεται σε ρέουσα.



**Σχήμα 3.3 :** Μεταβολή της μηχανικής συμπεριφοράς των αργίλων με την αύξηση του ποσοστού υγρασίας

Συνεπώς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, το εδαφικό υλικό της στρώσης Γ εμφανίζει ψαθυρή μηχανική συμπεριφορά κατά την οποία η φυσική του υγρασία είναι μικρότερη του ορίου πλαστικότητας. Αντίθετα, το εδαφικό υλικό σε τμήματα εκατέρωθεν της διεπιφάνειας επαφής των δύο επιφανειακών στρώσεων (Β και Γ) εμφανίζει ποσοστό φυσικής υγρασίας μεγαλύτερο του ορίου πλαστικότητας. Ιδιαίτερα κατά τη φάση εκδήλωσης της αστάθειας εκτιμάται ότι το ποσοστό φυσικής υγρασίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερο και ξεπερνούσε και την τιμή του ορίου υδαρότητας, προσδίδοντας μηχανικά χαρακτηριστικά ερπυσμού με σημαντική απώλεια της διαθέσιμης διατμητικής αντοχής των σχηματισμών αυτών. Σημειώνεται επίσης ότι οι παράμετροι διατμητικής αντοχής που προσδιορίζονται εργαστηριακά αντιστοιχούν σε μη διατάραξη του υλικού και αντιπροσωπεύουν μικρό τμήμα του εδαφικού σχηματισμού. Στην πραγματικότητα οι μετακινήσεις που προκαλούνται από την ολίσθηση οδηγούν σε μεταβολή των παραμέτρων διατμητικής αντοχής και ειδικότερα στην απώλεια της συνοχής κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης.

**ΜΕΡΟΣ**



**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΙΤΙΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ  
ΤΗΣ ΕΚΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ**

#### 4. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ – ΠΛΑΣΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Αντικείμενο του πρώτου μέρους του παρόντος τεύχους αποτέλεσε ο προσδιορισμός των εδαφικών συνθηκών και χαρακτηριστικών του υπεδάφους στην περιοχή της κατολίσθησης. Με βάση τα στοιχεία αυτά επιχειρείται ο προσδιορισμός και η παρουσίαση των μηχανισμών θραύσης του εδάφους, για την πλήρη κατανόηση και αντιμετώπιση του προβλήματος αστάθειας.

Σύμφωνα με την επιτόπια παρατήρηση η κατολίσθηση περιορίζεται στις επιφανειακές στρώσεις των ασύνδετων τεχνητών επιχωματώσεων **A** και της αργιλικής στρώσης **B**. Η έναρξη της κατολίσθησης θα πρέπει να αποδοθεί στη δράση υπόγειων και επιφανειακών ροών ύδατος και στη συγκράτησή τους στο κατάντη τμήμα του πρσανούς της στρώσης **B**. Υπό τις συνθήκες αυτές και παράλληλα με τη δράση των έντονων βροχοπτώσεων που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια του έτους, η συγκράτηση υδάτων από τη μάζα της αργιλικής στρώσης και η τροφοδότηση νερών είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια διατμητικής αντοχής του ευπαθούς τμήματος της επιφανειακής αργιλικής στρώσης **B** στη διεπιφάνεια αυτής με το υποκείμενο στρώμα **Γ**. Η εκδηλωθείσα αστάθεια εμφανίστηκε σε μήκος περίπου 40,00m και δημιούργησε μέτωπο ολίσθησης ύψους 6,00-8,00m.

Όπως αναφέρθηκε, τα προβλήματα ευστάθειας θα πρέπει να αποδοθούν στην απώλεια διατμητικής αντοχής και αλλαγής της μηχανικής συμπεριφοράς από μια ψαθυρή αρχικά, σε πλαστική έως ρέουσα. Ειδικότερα το πρόβλημα εντοπίζεται στη διεπιφάνεια της στρώσης **B** με την υποκείμενη σφιχρότερη – σχετικά αδιαπέρατη στρώση **Γ** λόγω της συγκέντρωσης υδάτων με ταυτόχρονη ανάπτυξη πιέσεων πόρων κατά μήκος της διεπιφάνειας των δύο σχηματισμών.

Κατά την παρούσα χρονική περίοδο η περιοχή του έργου δεν εμφανίζει αξιόλογες μετακινήσεις ή έντονα φαινόμενα ερπυσμού, και βρίσκεται σε κατάσταση οριακής ισορροπίας. Σε περίπτωση σεισμικής φόρτισης εντούτοις ή αύξησης των πιέσεων πόρων, για την εξασφάλιση των απαιτούμενων συντελεστών ασφάλειας απαιτείται η κατασκευή πρόσθετων έργων αντιστήριξης.

Στο πλαίσιο κατανόησης του προβλήματος και επιβεβαίωσης των μηχανισμών θραύσης του εδάφους πραγματοποιήθηκαν αντίστροφες αναλύσεις ευστάθειας χρησιμοποιώντας ως βάση τα χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής του υπεδάφους, όπως αυτά παρουσιάζονται στο πρώτο μέρος του παρόντος τεύχους. Οι αναλύσεις ευστάθειας πραγματοποιούνται στις δυσμενέστερες εδαφικές τομές όσον αφορά στην κλίση του φυσικού υποβάθρου. Χρησιμοποιείται συμβατική μεθοδολογία, σύμφωνα με την οποία εκτιμούνται τα

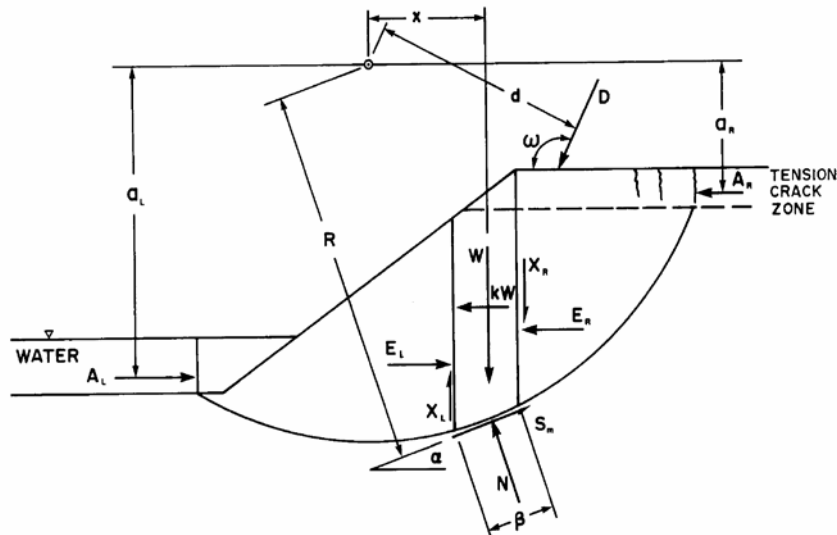
χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής, ενώ διεξάγονται και αριθμητικές αναλύσεις για την επιβεβαίωση των υιοθετούμενων παραμέτρων.

Η διαδικασία ανάλυσης περιλαμβάνει την κατάλληλη εισαγωγή της γεωμετρίας των εδαφικών στρώσεων και τη διακύμανση των διατμητικών χαρακτηριστικών με στόχο την επίτευξη μοναδιαίου συντελεστή ασφάλειας, ελέγχοντας όλες τις πιθανές επιφάνειες ολίσθησης. Οι προκύπτουσες, σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία παράμετροι, αποτελούν τις τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών που θα χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των απαιτούμενων έργων αντιστήριξης.

## 5. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Στα πλαίσια των αντίστροφων αναλύσεων ευστάθειας με τις συμβατικές μεθόδους, χρησιμοποιείται η τροποποιημένη μέθοδος Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης. Παρακάτω απεικονίζεται η διαδικασία ανάλυσης της ευστάθειας με χρήση συμβατικής μεθόδου οριακής ισορροπίας ροπών ή δυνάμεων, ενώ δίνονται και οι βασικές εξισώσεις οριακής ισορροπίας.

### □ ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



**Σχήμα 5.1:** Απεικόνιση ορωσών δυνάμεων σε εδαφική στήλη κατολισθαινουσας μασας

όπου:

- $W$  = συνολικό βάρος εδαφικής στήλης πλάτους  $b$  και ύψους  $h$
- $N$  = ολική δύναμη δροσά στη βάση της εδαφικής στήλης
- $S_m$  = η κινητοποιούμενη διατμητική δύναμη στη βάση της εδαφικής στήλης
- $E$  = η οριζόντια ορθή δύναμη ανάμεσα στις στήλες, με δείκτη  $L$  η αριστερή και δείκτη  $R$  η δεξιά
- $X$  = η κατακόρυφη διατμητική δύναμη ανάμεσα στις στήλες, με δείκτη  $L$  η αριστερή και δείκτη  $R$  η δεξιά
- $D$  = εξωτερικό φορτίο

- $kW$  = το οριζόντιο σεισμικό φορτίο, εφαρμοζόμενο στο κέντρο βάρους της εδαφικής στήλης  
 $R$  = ο βραχίονας ροπής  
 $x$  = οριζόντια απόσταση από το κέντρο εδαφικής στήλης μέχρι το κέντρο περιστροφής ή το κέντρο των ροπών  
 $e$  = κατακόρυφη απόσταση από το κέντρο εδαφικής στήλης μέχρι το κέντρο περιστροφής ή το κέντρο των ροπών  
 $d$  = η κάθετη απόσταση από τον άξονα του εξωτερικού φορτίου μέχρι το κέντρο περιστροφής ή το κέντρο των ροπών  
 $A$  = η συνισταμένη εξωτερική δύναμη από την δράση υδάτων, με δείκτη  $L$  η αριστερή και δείκτη  $R$  η δεξιά  
 $\omega$  = η γωνία του εξωτερικού φορτίου ως προς την οριζόντιο  
 $\alpha$  = η γωνία ανάμεσα στην εφαπτομένη στο κέντρο της εδαφικής στήλης και της οριζοντίου

Η κινητοποιούμενη διατμητική δύναμη σε κατάσταση οριακής ισορροπίας είναι ίση με:

$$S_m = \frac{s\beta}{F} = \frac{\beta(c' + (\sigma_n - u)\tan\phi')}{F}$$

όπου:

$$\sigma_n = \frac{N}{\beta} = \text{μέση ορθή τάση στη βάση της εδαφικής στήλης}$$

$F$  = συντελεστής ασφάλειας

$\beta$  = το μήκος της βάσης της εδαφικής στήλης

Ο λόγος των ροπών ευστάθειας (αριθμητής) προς τον λόγο των ροπών ανατροπής (παρονομαστής) δίνει τον συντελεστή ασφάλειας  $F_m$ . Αντίστοιχα λόγος των δυνάμεων ευστάθειας (αριθμητής) προς τον λόγο των δυνάμεων ανατροπής (παρονομαστής) δίνει τον συντελεστή ασφάλειας  $F_f$ .

$$F_m = \frac{\sum (c'\beta R + (N - u\beta)R \tan\phi')}{\sum Wx - \sum Nf + \sum kW e \pm [Dd] \pm Aa}$$

$$F_f = \frac{\sum (c'\beta \cos\alpha + (N - u\beta)\tan\phi' \cos\alpha)}{\sum N \sin\alpha + \sum kW - [D \cos\omega] \pm A}$$

Η πίεση πόρων στις ανωτέρω εξισώσεις προκύπτει ως υδροστατικό φορτίο με αναφορά την πιεζομετρική γραμμή. Στις περιπτώσεις όπου το έδαφος είναι ακόρεστο και παρατηρούνται εποχικοί επικρεμάμμενοι υπόγειοι ορίζοντες ή επικρατούν τοπικές συνθήκες κυκλοφορίας ύδατος κατά μήκος διάφορων επιφανειών ιδιαίτερα σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, είναι δυνατόν η πίεση του νερού των πόρων να αποδοθεί ως συνάρτηση των εδαφοστατικών πιέσεων. Για τον προσδιορισμό της πίεσης των πόρων στην περίπτωση αυτή γίνεται εφαρμογή του συντελεστή πίεσης πόρων  $r_u$  ο οποίος δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση,



$$r_u = \frac{u}{\sum \gamma_i h_i}$$

όπου:

- $\gamma_i$  = το ολικό φαινόμενο βάρος της εδαφικής στρώσης i
- $h_i$  = το μέσο πάχος της εδαφικής στρώσης i
- i = ο αριθμός της εδαφικής στρώσης
- u = η πίεση του νερού των πόρων

Οι αναλύσεις πραγματοποιούνται με το πρόγραμμα GSTABL7 (with STEDwin, Version 2.002), το οποίο πρακτικά αποτελεί τροποποίηση του κώδικα του προγράμματος PC STABL του Purdue University για περιβάλλον Windows. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει ειδική ρουτίνα αυτοματοποιημένης διαδικασίας παραγωγής επιφανειών ολίσθησης με σύγκλιση στη δυσμενέστερη επιφάνεια. Εξετάζεται σημαντικός αριθμός, πέραν των 100, επιφανειών θραύσης ανά περίπτωση, εκ των οποίων οι 10 δυσμενέστερες απεικονίζονται γραφικά. Πέραν των 10 δυσμενέστερων επιφανειών ολίσθησης, στα σχήματα απεικόνισης των επιλύσεων μπορούν να παρουσιασθούν, μεταξύ άλλων, η γεωμετρία του προβλήματος, οι εδαφικές στρώσεις με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους, η πιεζομετρική γραμμή, οι επιφορτίσεις, οι συντελεστές σεισμικής δράσης και το όνομα του αρχείου δεδομένων.

Αναλυτικότερα, προσομοιώθηκε η κατάσταση αστοχίας του πρανούς στις διατομές ελέγχου 1-1 και 2-2, με χρήση του συντελεστή  $r_u$  για την προσομοίωση της ανάπτυξης πιέσεων πόρων  $r_u$  στην ευπαθή ζώνη και προσέγγιση της επιφάνειας ολίσθησης. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής πιέσεων πόρων  $r_u$  λήφθηκε ίσος με 0,4 ως μέγιστη δυνατή δράση των υπόγειων υδάτων στις δύο πρώτες εδαφικές στρώσεις **A** και **B**. Οι συντελεστές ασφάλειας που προέκυψαν είναι 1,009 και 1,006 για τις διατομές 1-1 και 2-2 αντίστοιχα.

Η γεωμετρία των επιφανειών ολίσθησης που προέκυψαν από τις αντίστροφες αναλύσεις επιβεβαιώνονται από τη μορφή και χωροθέτηση των επί τόπου ρηγματώσεων, οι οποίες φανερώνουν ότι η επιφάνεια ολίσθησης τοπικά καμπυλώνεται προς την επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα την εμφάνιση εφελκυστικών παραμορφώσεων (ρωγμών) κάθετα στην κίνηση.

Στα σχήματα του παραρτήματος Α απεικονίζονται όλα τα αναλυτικά αποτελέσματα επίλυσης ενώ στον πίνακα 5.1 δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές ασφάλειας που προκύπτουν από το συνδυασμό δράσεων.

Σχήμα	$r_u$	Σεισμός	FOS	Παρατηρήσεις
A1	0,4	-	1,009	Προσέγγιση αρχικής αστοχίας πρσανούς διατομής 1-1, κυκλικές επιφάνειες, Bishop
A2	0,4	-	1,006	Προσέγγιση αρχικής αστοχίας πρσανούς διατομής 2-2, κυκλικές επιφάνειες, Bishop

**Πίνακας 5.1** Προκύπτοντες συντελεστές ασφάλειας με τις συμβατικές μεθόδους.

Σύμφωνα με τις πραγματοποιηθείσες αναλύσεις ευστάθειας, προκύπτει ότι η παραμένουσα διατμητική αντοχή των στρώσεων **A** και **B** αντιστοιχεί σε τιμή συνοχής ίση με 5kPa και 14kPa αντίστοιχα, και σε γωνία τριβής ίση με 10° σε συνθήκες αργής θραύσης. Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω επιλύσεων και των τιμών διατμητικής αντοχής των εδαφικών σχηματισμών πραγματοποιείται στο τρίτο μέρος της παρούσας μελέτης η επιλογή και διαστασιολόγηση των απαιτούμενων έργων αντιστήριξης.

**ΜΕΡΟΣ**



**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ**

## 6. ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Αντικείμενο του δεύτερου μέρους του παρόντος τεύχους αποτέλεσε ο προσδιορισμός των διατμητικών χαρακτηριστικών παραμένουσας αντοχής των εδαφικών σχηματισμών που σχετίζονται με την εκδήλωση της κατολίσθησης. Ο προσδιορισμός αυτός πραγματοποιήθηκε με τη διεξαγωγή αντίστροφων αναλύσεων ευστάθειας κατά τις οποίες επιβεβαιώθηκε ο μηχανισμός θραύσης του εδάφους. Με βάση τα στοιχεία αυτά, καταδεικνύεται πρακτικά η ανάγκη λήψης διορθωτικών μέτρων με στόχο την διασφάλιση της οδού, την αποστράγγιση των υδάτων και την βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας.

Ως κατάλληλες λύσεις αποκατάστασης της ολίσθησης προτείνονται οι ακόλουθες τρεις κατασκευαστικές λύσεις:

### **ΛΥΣΗ 1: Πασσαλοδιάφραγμα**

Κατασκευή διπλού πασσαλοδιαφράγματος, με ενιαίο κεφαλόδεσμο στην κατάντη πλευρά της οδού, αποτελούμενο από κατακόρυφους φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, σε επαφή μεταξύ τους, και τέσσερις (4) φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, στην ανάντη πλευρά της οδού οι οποίοι συνδέονται μέσω εγκάρσιων συνδετήριων δοκών διατομής 0,50x0,80m με το κεφαλόδεσμο του πασσαλοδιαφράγματος.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιομορφοποίηση των αναμενόμενων κινηματικών και εντατικών μεγεθών καθώς και εγκιβωτισμός των υποκείμενων του καταστρώματος, εδαφικών στρώσεων της οδού, ενώ παράλληλα λειτουργεί και ως τοίχος αντιστήριξης στο μέτωπο της ολίσθησης.

Η συγκεκριμένη λύση βελτίωσης της ευσταθείας με την κατασκευή διπλού πασσαλοδιαφράγματος θεωρείται ως η πλέον βέλτιστη λύση εφόσον παρουσιάζει σαφή λειτουργικά και κατασκευαστικά πλεονεκτήματα, καθώς η κατασκευή των πασσάλων μπορεί να γίνει σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη της υπάρχουσας κατάστασης του υπεδάφους και την μικρότερη παρεμπόδιση της κυκλοφορίας.

### **ΛΥΣΗ 2: ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ**

Προτείνεται η κατασκευή οπλισμένου επιχώματος πλάτους 6,00m κατάντη της οδού, σε όλο το μέτωπο της ολίσθησης, μήκους 40m περίπου, και με ύψος της τάξης των 7,00-8,00m.

Για την όπλισή του θα χρησιμοποιηθεί γεώπλεγμα αντοχής  $T_{ult} = 80 \text{ kN/m}$  το οποίο θα τοποθετηθεί σε στρώσεις συμπυκνωμένου πάχους 50cm. Η επένδυση της εξωτερικής

παρειάς του επιχώματος θα διαμορφωθεί με συρματοκυβώτια με προεξέχων τμήμα 4,00 (στη βάση) και 3,00m (στο σώμα του επιχώματος).

Η έδραση του οπλισμένου επιχώματος θα γίνει επί εξυγιαντικής-αποστραγγιστικής στρώσης πάχους 1,00m από καλά συμπυκνωμένο αμμοχάλικο, εφόσον πρώτα διαστρωθεί γεώφυασμα διαχωρισμού βάρους 300 gr/m<sup>2</sup>.

Για την απομάκρυνση των υπόγειων υδάτων πίσω από το επίχωμα θα διαμορφωθεί στρώση στράγγισης πάχους 0,50m.

Τέλος για την αντιμετώπιση τοπικών καταπτώσεων, που ενδεχομένως θα παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου, προτείνεται η εκσκαφή να πραγματοποιηθεί τμηματικά και αν απαιτείται να διαμορφωθούν κατάλληλοι αναβαθμοί.

Η λύση αυτή απαιτεί χρονοβόρες και εκτεταμένες εκσκαφές, διαταράσσει την υφιστάμενη κατάσταση του υπεδάφους και παρουσιάζει το μειονέκτημα της μείωσης των λωρίδων κυκλοφορίας σε μία ή και τον αποκλεισμό της οδού για όσο διάστημα διαρκεί η κατασκευή του έργου.

### **ΛΥΣΗ 3: ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙ ΠΑΣΣΑΛΩΝ**

Προκειμένου να μη διακοπεί η κυκλοφορία των οχημάτων στην δημοτική οδό, προτείνεται η κατασκευή των έργων αντιστήριξης να γίνει σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του δρόμου, και συγκεκριμένα στον πόδα του μετώπου της ολίσθησης, 9,00-10,00m από την άκρη του οδοστρώματος, εφόσον προηγουμένως διανοιχθεί κατάλληλη πρόσβαση και διαμορφωθεί δάπεδο εργασίας.

Τα έργα αντιστήριξης θα περιλαμβάνουν τοίχο αντιστήριξης, ύψους 3,00m, ο οποίος θα εδράζεται επί ασυνεχούς πασσαλοδιαφράγματος, με διάμετρο πασσάλων 0,80m και μήκος 9,00m, σε αξονικές αποστάσεις 3,00m μεταξύ τους και ενιαίο κεφαλόδεσμο διαστάσεων 0,90x4,00m.

Στη συνέχεια και για την εξασφάλιση της οδού θα κατασκευαστεί συμβατικό επίχωμα πίσω από τον τοίχο αντιστήριξης και μέχρι το επίπεδο του υφιστάμενου δρόμου.

Η επιλογή της συγκεκριμένης λύσης επιτρέπει, επιπρόσθετα των πλεονεκτημάτων της 1<sup>ης</sup> λύσης, τη συνέχιση της κυκλοφορίας της οδού χωρίς διακοπές. Παρουσιάζει παρόλα αυτά το μειονέκτημα της δύσκολης πρόσβασης των βαρέων μηχανημάτων τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή των φρεατοπασσάλων στη θέση κατασκευής του έργου, καθώς και το

περιορισμένο χώρο εκτέλεσης των εργασιών. Επίσης όλες οι εργασίες θα πρέπει να ολοκληρωθούν πριν την έναρξη των έντονων βροχοπτώσεων.

Σε όλες τις παραπάνω κατασκευαστικές λύσεις και κατά την τελική φάση διαμόρφωσης των έργων αντιστήριξης θα πρέπει να γίνει κατάλληλη διευθέτηση του συστήματος απορροής των ομβρίων υδάτων έτσι ώστε να αποφευχθεί η κατείσδυσή τους εντός του σώματος του έργου.

## 6.1 ΛΥΣΗ 1: ΠΑΣΣΑΛΟΔΙΑΦΡΑΓΜΑ

Η λύση αυτή είναι πιο φιλική στο περιβάλλον, δεν θα απαιτήσει διάνοιξη πρόσθετων οδών προσπέλασης και μεγάλους όγκους εκσκαφών, ενώ παρουσιάζει και μεγάλη δυνατότητα προσαρμοστικότητας σε μετακινήσεις του εδάφους που αναπόφευκτα υπάρχουν στις περιοχές αυτές.

### 6.1.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης

Για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των έργων αντιστήριξης πραγματοποιούνται αναλύσεις με πρόγραμμα αριθμητικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων. Το πρόβλημα συνίσταται στην εκτίμηση της αλληλεπίδρασης εδάφους-πασσάλων. Λόγω της επιμήκους μορφής των έργων γίνεται θεώρηση επίπεδης παραμόρφωσης. Χρησιμοποιείται το πρόγραμμα PLAXIS ver 8.0, με τις ίδιες παραμέτρους και παραδοχές που θεωρήθηκαν και στις αναλύσεις ευστάθειας (παράγραφος 5).

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται αναλυτικά τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τόσο των εδαφικών σχηματισμών όσο και των στοιχείων δοκού που χρησιμοποιήθηκαν.

ID	Name	Type	g_unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	g_sat [kN/m <sup>3</sup> ]	nu [ - ]	E_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	c_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	phi [ ° ]
1	A-SG	Drained	19,00	19,00	0,3	25000	5	10
2	B-1SC	Undrained	19,8	19,8	0,3	25000	14	10
3	G-2SC	Undrained	19,8	19,8	0,3	70000	35	20
4	D-CG	Drained	19,5	19,5	0,3	200000	25	30
5	Fill	Drained	20	20	0,3	10000	10	35

ID	Name	Type	EA [kN/m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	w [kN/m <sup>2</sup> ]	nu [ - ]
1	Pile1	Elastic	23200000	1237333,3	20	0
2	Pile2	Elastic	2320000	123733,33	2	0,15
3	Kef	Elastic	1160000	61866,667	2	0

**Πίνακας 6.1:** Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών.

Η διαδικασία ανάλυσης πραγματοποιείται σε φάσεις, ξεκινώντας με την εισαγωγή του αρχικού εντατικού πεδίου. Κατά το δεύτερο στάδιο ενεργοποιούνται τα κατασκευαστικά στοιχεία αντιστήριξης και επιβάλλεται φορτίο 10kPa για την προσομοίωση της κυκλοφορίας των οχημάτων στην οδό.

Ακολουθεί η επιβολή του σεισμού, με περιστροφή του πεδίου βαρύτητας με οριζόντια επιτάχυνση  $a_h = 0.5 \cdot 0.16 \cdot 9.81$  (θεώρηση φυσικού πρηνούς). Η δράση αυτή εξετάζεται με φορά προς τα κατάντη, έτσι ώστε να διερευνηθεί η εκδήλωση γενικής αστάθειας και να προσδιορισθεί η επίπτωση στους πασσάλους λόγω κινηματικής αλληλεπίδρασης. Ο βαθμός αποσταθεροποίησης εντούτοις, πέραν της μέγιστης τιμής οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης εξαρτάται και από το συχνοτικό περιεχόμενο. Όλες οι αναλύσεις που περιλαμβάνουν σεισμό πραγματοποιούνται επιλέγοντας για την στρώση της αμμώδους αργίλου τις αστράγγιστες τιμές της διατμητικής αντοχής.

Τέλος πραγματοποιούνται αναλύσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή ασφάλειας σε ολίσθηση, μετά την εφαρμογή των μέτρων αντιστήριξης, για την εκτίμηση της κινηματικής αλληλεπίδρασης στην περίπτωση απομείωσης της διατμητικής αντοχής.

### **6.1.2 Αποτελέσματα αναλύσεων**

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στο Παράρτημα Β. Στα σχήματα δίνεται η συνολική γεωμετρία του προβλήματος, οι ισοτιμές οριζοντίων μετακινήσεων και τα εντατικά μεγέθη των στοιχείων αντιστήριξης μετά την εφαρμογή τους. Επίσης απεικονίζονται οι ισοτιμές των οριζοντίων μετακινήσεων και οι αναμενόμενες τιμές εντατικών μεγεθών των στοιχείων αντιστήριξης για την περίπτωση της σεισμικής δράσης με  $a_h = 0.08g$ , μετά την εφαρμογή των μέτρων.

Μετά την εφαρμογή των μέτρων αντιστήριξης ο συντελεστής ασφάλειας προκύπτει ίσος με 1,39 ( $\approx 1,40$ ) για στατική φόρτιση και 0,94 ( $\approx 1,00$ ) για σεισμό.

Στον Πίνακα 6.1 δίνονται τα μέγιστα εντατικά μεγέθη και τα αντίστοιχα στάδια στα οποία καταγράφονται. Οι κατανομές των ανωτέρω μεγεθών κατά μήκος του φορέα απεικονίζονται στα σχήματα του παραρτήματος Β. Σημειώνεται ότι τα εντατικά μεγέθη των πασσάλων θα πρέπει να πολλαπλασιασθούν επί την αξονική απόσταση τοποθέτησής τους, ενώ όλα τα εντατικά μεγέθη αυξάνονται κατά 50% δεδομένου ότι κατά την ανάλυση αλληλεπίδρασης δεν εφαρμόζονται συντελεστές ασφαλείας ή συντελεστές φορτίσεων.

Στάδιο προσομοίωσης	Καμπτικές Ροπές πασσαλών πασσαλοδιαφράγματος (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις πασσάλων πασσαλοδιαφράγματος (kN)	Καμπτικές Ροπές μεμονομένων πασσάλων (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις πασσάλων μεμονομένων πασσάλων (kN)	Καμπτικές Ροπές δοκού σύνδεσης (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις δοκού σύνδεσης (kN)
Στατική επίλυση	Κεφαλή: 160,28	Κεφαλή: 44,94	Κεφαλή: 168,93	Κεφαλή: 38,61	Στήριξη: 168,93	Στήριξη: 147,57
	Ανάπτυγμα: 246,08	Ανάπτυγμα: 120,23	Ανάπτυγμα: 47,84	Ανάπτυγμα: 33,70	Άνοιγμα: 203,24	
Σεισμική επίλυση με $\alpha_h=0.08g$	Κεφαλή: 48,18	Κεφαλή: 19,31	Κεφαλή: 118,31	Κεφαλή: 23,21	Στήριξη: 118,31	Στήριξη: 60,53
	Ανάπτυγμα: 385,38	Ανάπτυγμα: 176,61	Ανάπτυγμα: 126,04	Ανάπτυγμα: 78,17	Άνοιγμα: 55,28	

**Πίνακας 6.2:** Μέγιστες τιμές καμπτικών ροπών και τέμνουσών δυνάμεων πασσάλων και κεφαλόδεσμου κατά τα στάδια επίλυσης.

### 6.1.3 Διαστασιολόγηση

Για τη διαστασιολόγηση, εφαρμόζεται ενιαίος συντελεστής ασφαλείας ίσος με 1,50 ο οποίος οδηγεί στις ακόλουθες καμπτικές ροπές και τέμνουσες σχεδιασμού:

#### **ΠΑΣΣΑΛΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ**

##### Κεφαλή Πασσάλου:

$$M_{d\_κεφ}=1,50 \cdot M=1,50 \cdot (160,28+48,18) \cdot 1,00=312,69 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_κεφ}=1,50 \cdot V=1,50 \cdot (44,94+19,31) \cdot 1,00=96,38 \text{ kN}$$

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στην κεφαλή του πασσάλου που βρίσκεται προς το εξωτερικό του πρανούς.

##### Ανάπτυγμα Πασσάλου (μέγιστες τιμές):

$$M_{d\_πασσάλου}=1,50 \cdot (\max M)=1,50 \cdot (246,08+385,38) \cdot 1,00=947,19 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_πασσάλου}=1,50 \cdot (\max V)=1,50 \cdot (120,23+176,61) \cdot 1,00=445,26 \text{ kN}$$

Για την κατασκευή του έργου χρησιμοποιείται σκυρόδεμα C20/25 με  $f_{cd}=20/1,5$  και χάλυβας B500C με  $f_{yd}=500/1,15$ . Ακολουθεί η διαστασιολόγηση των πασσάλων με τα παραπάνω εντατικά μεγέθη.

##### Κεφαλή Πασσάλου:

Για ροπή 312,69 kNm, προκύπτει:



$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{312,69 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^3 \cdot 20/1,5} = 0,058$$

Για  $\mu_d=0,058$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού κυκλικών διατομών  $\omega_{tot}=0,155$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,155 \cdot 3,14 \cdot 40^2}{32,6} = 23,9 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός ο ελάχιστος ( $\min 1\%=50,27\text{cm}^2$ ), ήτοι 20Φ18 ( $50,89\text{cm}^2$ ) B500C.

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης είναι ίση με:

$$V_{Rd} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,20 + 40\rho_l) \cdot S$$

όπου  $\tau_{Rd} = 0,26 \text{ MPa}$ ,  $k=1,6-d$  (όπου  $d$  το στατικό ύψος),  $\rho_l$  το ποσοστό του εφελκόμενου οπλισμού και  $S$  η ενεργός διατομή. Με αντικατάσταση προκύπτει μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη διάτμησης ίση με 198,28 kN, η οποία καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ο ελάχιστος ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, ήτοι Φ10/20 B500C, ο οποίος κρίνεται αναγκαίο να συνεχίζει κατά 0,40m εντός του κεφαλόδεσμου.

### Ανάπτυγμα Πασσάλου

Για ροπή 947,19 kNm, είναι:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{947,19 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^3 \cdot 20/1,5} = 0,177$$

Για  $\mu_d=0,177$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες  $\omega_{tot}=0,514$  που αντιστοιχεί σε οπλισμό:

$$A_s = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,515 \cdot 3,14 \cdot 40^2}{32,6} = 79,4 \text{ cm}^2$$

Τίθενται 26Φ20 ( $81,68\text{cm}^2$ ) B500C, σε όλο μήκος των πασσάλων.

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης όπως υπολογίστηκε παραπάνω είναι ίση με 232,89 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd} = 445,26 - 232,89 = 212,37 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} * 0,9 * d * f_{ywd} * (1 + \cot \alpha) * \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 7,43 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τίθεται ελικοειδής οπλισμός Φ10/20 ( $2 * 3,93 = 7,96 \text{ cm}^2$ ) B500C ως ελάχιστος, σε όλο το μήκος των πασσάλων.

### **ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ**

#### **Κεφαλή Πασσάλου:**

$$M_{d\_κεφ} = 1,50 * M = 1,50 * (168,93 + 118,31) = 430,86 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_κεφ} = 1,50 * V = 1,50 * (38,61 + 23,21) = 92,73 \text{ kN}$$

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στην κεφαλή του πασσάλου που βρίσκεται προς το εσωτερικό του πρανούς.

#### **Ανάπτυγμα Πασσάλου (μέγιστες τιμές):**

$$M_{d\_πασσάλου} = 1,50 * (\max M) = 1,50 * (47,84 + 126,04) = 260,28 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_πασσάλου} = 1,50 * V = 1,50 * (33,70 + 78,17) = 167,81 \text{ kN}$$

Για σκυρόδεμα C20/25 με  $f_{cd} = 20/1,5$  και χάλυβα B500C με  $f_{yd} = 500/1,15$  προκύπτει:

#### **Κεφαλή Πασσάλου:**

Για ροπή 430,86 kNm, προκύπτει:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{430,86 * 10^{-3}}{2 * 3,14 * 0,4^3 * 20/1,5} = 0,08$$

Για  $\mu_d = 0,08$  και  $n_d = 0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού κυκλικών διατομών  $\omega_{tot} = 0,210$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega * \pi * r^2 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,210 * 3,14 * 40^2}{32,6} = 32,4 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός ο ελάχιστος ( $\min 1\% = 50,27 \text{ cm}^2$ ), ήτοι 20Φ18 ( $50,89 \text{ cm}^2$ ) B500C.

Η μέγιστη τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης προκύπτει ίση με 198,28 kN, η οποία καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια,

τοποθετείται ο ελάχιστος ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, ήτοι Φ10/20 B500C, ο οποίος κρίνεται αναγκαίο να συνεχίζει κατά 0,40m εντός του κεφαλόδεσμου.

### Ανάπτυγμα Πασσάλου

Για ροπή 260,28 kNm, είναι:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{260,28 * 10^{-3}}{2 * 3,14 * 0,4^3 * 20/1,5} = 0,049$$

Για  $\mu_d=0,049$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες  $\omega_{tot}=0,150$  που αντιστοιχεί σε οπλισμό:

$$A_s = \omega * \pi * r^2 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,150 * 3,14 * 40^2}{32,6} = 23,1 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός ο ελάχιστος ( $\min 1\%=50,27 \text{ cm}^2$ ), ήτοι 20Φ18 ( $50,89 \text{ cm}^2$ ) B500C.

Η μέγιστη τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης προκύπτει ίση με 198,28 kN, η οποία καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ο ελάχιστος ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, ήτοι Φ10/20 B500C..

### ΔΟΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Οι πάσσαλοι συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιες δοκούς σύνδεσης, ύψους 0,80m και πλάτους 0,50m. Παρακάτω γίνεται διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής πλάτους 0,50m και ύψους 0,80m.

Για μέγιστη ροπή  $M_{d\_δοκού} = 1,5 * (168,93 + 118,31) = 430,86 \text{ kNm}$ , προκύπτει:

$$\mu_d = \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{430,86 * 10^{-3}}{0,5 * 0,8^2 * 20/1,5} = 0,101$$

Για  $\mu_d=0,101$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού ορθογωνικών διατομών  $\omega_{tot}=0,113$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,113 * 0,50 * 0,80}{32,6} = 13,86 \text{ cm}^2$$

Τίθεται επομένως διαμήκης οπλισμός 5Φ20 ( $15,71 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) B500C.

Η μέγιστη τέμνουσα, που αναπτύσσεται στον κόμβο σύνδεσης με τον εσωτερικό πάσσαλο, και καλείται να αναλάβει η δοκός είναι ίση με :

$$V_{d\_δοκού} = 1,50 * (\max V) = 1,50 * (147,57 + 60,53) = 208,10 \text{ kN}$$

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η δοκός χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης, βάσει της παραπάνω σχέσης, είναι ίση με 127,22 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται οπλισμός διάτμησης, Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd} = 208,10 - 127,22 = 80,88 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} * 0,9 * d * f_{ywd} * (1 + \cot \alpha) * \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 0,028$$

Για δίμητους συνδετήρες Φ10 είναι:  $A_s = 2 * 0,79 = 1,58 \text{ cm}^2$

Συνεπώς:  $s = 1,58 / 0,028 \rightarrow s = 56,4 \text{ cm}$

Τίθενται επομένως Φ10/20 (3,93cm<sup>2</sup>) B500C σε όλο το μήκος της δοκού ως ελάχιστος οπλισμός.

Όλες οι κατασκευαστικές διατάξεις για τους πάσσालους και τον κεφαλόδεσμο δίνονται στο κατασκευαστικό σχέδιο Γ-1.4.

#### 6.1.4 Έλεγχος φέρουσας ικανότητας πασσάλων

Στην παρούσα παράγραφο δίνεται ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας και των επιτρεπόμενων κατακόρυφων φορτίων, καθώς και των καθιζήσεων των πασσάλων του πασσαλοδιαφράγματος, με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφικών στρώσεων που υπολογίστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για πάσσαλο μήκους 14,00m και διαμέτρου 0,80m με βάση το Γερμανικό Κανονισμό DIN 4014. Θεωρήθηκε διείσδυση κατά 3,00m τουλάχιστον στην αμμοχαλικώδη στρώση, ενώ η συνεισφορά των πρώτων 5,50m αγνοήθηκε. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Διάμετρος πασσάλου	Οριακά φορτία (kN)			Επιτρεπόμενα θλιπτικά φορτία		Μήκος Πασσάλου (m)	Καθίζηση για N=Qεπ S (cm)	K=Qεπ/S (MN/m)
				Qεπ (kN) κατά DIN 4014				
	Αιχμής Qs	Τριβής Qr	Ολικό Q	Φόρτιση 1	Φόρτιση 3			
<b>Φ80cm</b>	1708	2010	3718	1859	2860	<b>14,00</b>	1,03	181,1

**Πίνακας 6.3:** Οριακά και επιτρεπόμενα θλιπτικά φορτία μεμονωμένου πασσάλου, διαμέτρου Φ80cm.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί δίνονται στο Σχήμα 6.1, όπου ειδικότερα απεικονίζονται ή αναγράφονται τα ακόλουθα:

- ◆ Ο πάσσαλος, η έδρασή του και το βάθος από το οποίο αρχίζει η συμβολή της πλευρικής τριβής.
- ◆ Οι στρώσεις του υπεδάφους, τα όρια και οι παράμετροι τους.
- ◆ Η συνεισφορά κάθε στρώσης στην πλευρική αντίσταση  $Q_r$ , με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά κάθε στρώσης (πάχος, επιφάνεια, μοναδιαία τριβή  $T_m$ ).
- ◆ Η τάση αιχμής και η αντίσταση αιχμής  $Q_s$  για τις αντίστοιχες καθιζήσεις.
- ◆ Η αντίσταση τριβής, αιχμής και το σύνολό τους για τις προτεινόμενες τιμές των καθιζήσεων.
- ◆ Η συνολική ελατηριακή σταθερά απόκρισης του πασσάλου σε κατακόρυφα φορτία.
- ◆ Τα επιτρεπόμενα φορτία κατά DIN και τα αντίστοιχα κατά τον Ευρωκώδικα ENV 1997-1 καθώς και οι αντίστοιχες καθιζήσεις και τα ελατήρια συνολικής απόκρισης σε κατακόρυφα φορτία.

**ΑΞΟΝΙΚΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ ΚΑΤΑ DIN 4014 & ENV 1997-1**

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ**

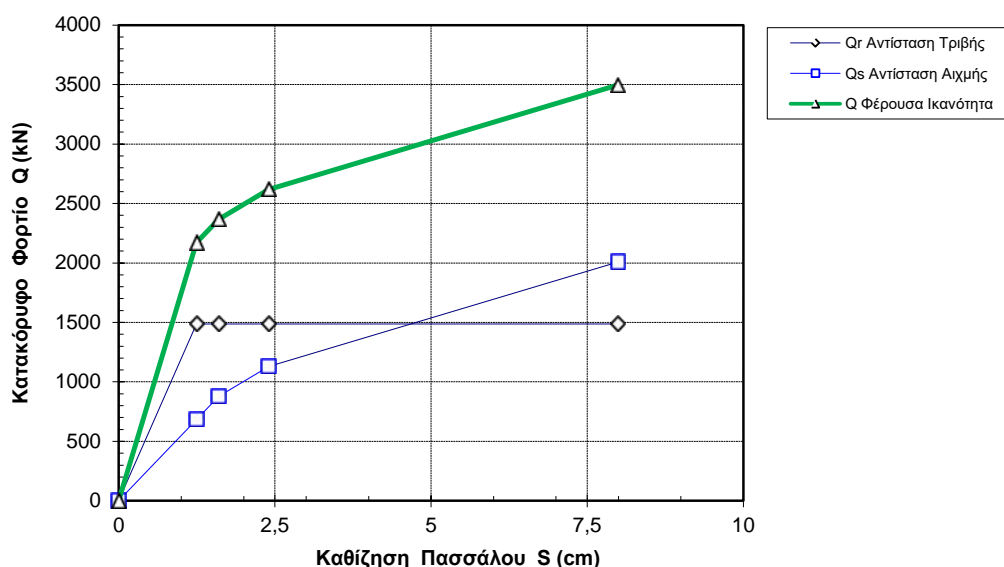
Διάμετρος Πασσάλου (m)= 0,80  
 Απόλυτο Υψόμετρο Εδάφους (m)= 431,50  
 Στάθμη Κεφαλής Πασσάλου (m)= 430,00  
 Στάθμη Αιχμής Πασσάλου (m)= 416,00  
 Μήκος Πασσάλου (m)= 14,00  
 Βάθος Ενεργοπ. Τριβής (m)= -5,50

Στρώση	Βάθος (m)	Τύπος Εδάφους	Cu kPa	qc Mpa	tmf	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Qr kN	Κατ/ρυφα Ελατήρια kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m <sup>3</sup>
1	-2,0	Συνεκτικό	10		0,010	0,00	0	0,0	0,8
2	-5,5	Συνεκτικό	30		0,026	0,00	0	0,0	2,5
3	-12,0	Συνεκτικό	100		0,040	16,33	653	100,5	8,4
4	-16,0	Ψαθυρό		150,0	0,120	7,54	904	301,4	843,8
							1708		

Καθίζηση S (cm)	Αντίσταση Τριβής Qr (kN)	Αντίσταση Αιχμής Qs (kN)	Φέρουσα Ικανότητα Q (kN)	Κατ/ρυφα Ελατήρια Kv (MN/m)
1,4	1708	744	2452	181,1
1,6	1708	879	2587	161,7
2,4	1708	1130	2839	118,3
8,0	1708	2010	3718	46,5

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία Qεπ=(Qr+Qs)/n	Qεπ (kN)	S (cm)	Kv (MN/m)
Φόρτιση "1" : n=2 , n <sup>e</sup> =2 :	<b>1859</b>	1,03	181,1
Οδηγία E39/99 : n=1.3	<b>2860</b>	2,54	112,8

ENV 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - Rcd=(Qs/γb+Qr/γs)/1,5	Rcd (kN)	S (cm)	Kv (MN/m)
Φόρτιση "C": γb=1.6, γs=1.3	<b>1713</b>	0,95	181,1
Ατυχ. Φόρτιση : γb=γs=γm=1	<b>2479</b>	1,40	176,8



**Σχήμα 6.1:** Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας πασσάλου Φ80 κατά DIN 4014 & ENV 1997-1.

### 6.1.5 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης

Θα κατασκευασθούν αρχικά οι πάσσαλοι του διπλού πασσαλοδιαφράγματος σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια στο επίπεδο του οδοστρώματος του υφιστάμενου δρόμου. Οι πάσσαλοι θα κατασκευάζονται θέση παρά θέση και σε δεύτερη φάση θα κατασκευάζονται οι απομένοντες. Οι κεφαλές των πασσάλων δεν θα σκυροδετούνται, η δε σκυροδέτηση τους θα πραγματοποιηθεί από κοινού με την δοκό κεφαλόδεσμο και τις εγκάρσιες δοκούς σύνδεσης. Η σύσταση των υλικών και η διηθητική δράση των υπογείων νερών θα απαιτήσει προστασία των τοιχωμάτων έναντι καταπτώσεων κατά την διάρκεια της διάτρησης. Η χρήση μπεντονίτη αποτελεί συνήθη τρόπο προστασίας. Παρόλα αυτά είναι πιθανόν να απαιτηθεί σωλήνωση για τα πρώτα έξι (6) μέτρα διάτρησης μετά από σχετική έγκριση της επίβλεψης του έργου. Η σκυροδέτηση θα πραγματοποιείται από κάτω προς τα πάνω με χρήση σωλήνα tremie.

Το έργο ολοκληρώνεται με την κατασκευή του κεφαλόδεσμου των πασσάλων πλησίον του μετώπου της ολίσθησης και τη σύνδεσή του με τους ανάντη πασσάλους μέσω των συνδετήριων δοκών.

## 6.2 ΛΥΣΗ 2: ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ

### 6.2.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης

Χρησιμοποιείται το πρόγραμμα PLAXIS ver 8.0, με τις παραμέτρους και παραδοχές που θεωρήθηκαν και στις αναλύσεις ευστάθειας (παράγραφος 5). Λόγω της επιμήκους μορφής των έργων γίνεται θεώρηση επίπεδης παραμόρφωσης. Το προσομοίωμα περιλαμβάνει 1002 στοιχεία δύο διαστάσεων για την προσομοίωση του εδάφους, 15 στοιχεία για την προσομοίωση των γεωπλεγμάτων.

Παρακάτω πίνακες δίνονται αναλυτικά τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τόσο των εδαφικών σχηματισμών όσο και των στοιχείων γεωπλέγματος (geogrid) που χρησιμοποιήθηκαν.

ID	Name	Type	g_unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	g_sat [kN/m <sup>3</sup> ]	nu [ - ]	E_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	c_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	phi [ ° ]
1	A-SG	Drained	19,00	19,00	0,3	25000	5	10
2	B-1SC	Undrained	19,8	19,8	0,3	25000	14	10
3	G-2SC	Undrained	19,8	19,8	0,3	70000	35	20
4	D-CG	Drained	19,5	19,5	0,3	200000	25	30
5	Fill	Drained	20	20	0,3	10000	10	35

ID	Name	Type	EA [kN/m]	N_p [kN/m]
1	Geogrid	Elastic	1500	1,00E+10

**Πίνακας 6.4:** Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών.

### 6.2.2 Αποτελέσματα αναλύσεων

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στο Παράρτημα Β. Στο σχήματα δίνεται η συνολική γεωμετρία του προβλήματος, οι ισοτιμές οριζοντίων μετακινήσεων και τα εντατικά μεγέθη των στοιχείων αντιστήριξης μετά την εφαρμογή τους, καθώς και η εκτίμηση του συντελεστή ασφάλειας. Επίσης παρουσιάζονται οι οριζόντιες μετακινήσεις για σεισμό με  $\alpha_h=0.08g$ , και απεικονίζονται οι ισοτιμές των οριζοντίων μετακινήσεων για την περίπτωση της σεισμικής δράσης με  $\alpha_h=0.08g$ .

Μετά την εφαρμογή των μέτρων αντιστήριξης ο συντελεστής ασφάλειας προκύπτει ίσος με 1,28 για στατική φόρτιση και  $0,95 \approx (1,00)$  για σεισμό.



Ελέγχθηκε επίσης το σώμα του οπλισμένου επιχώματος και τα αποτελέσματα δίνονται στο Παράρτημα Β.

### **6.2.3 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης**

Η κατασκευή του έργου θα γίνει τμηματικά, προκειμένου να μη διακοπεί η κυκλοφορία της οδού και για να αποφευχθούν πιθανές καταπτώσεις του μετώπου εκσκαφής.

Οι εργασίες περιλαμβάνουν την εκσκαφή μέχρι το βάθος έδρασης του οπλισμένου επιχώματος, διαμόρφωση και συμπύκνωση υπεδάφους, κατασκευή και πλήρωση των συρματοκιβωτίων, τοποθέτηση φύλλων γεωπλέγματος με επικάλυψη και κατάλληλη αγκύρωση, επίχωση με επίλεκτο υλικό Ε3-Ε4 και συμπήκνωση. Ο βαθμός συμπύκνωσης που θα πρέπει να επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο αριθμό διελεύσεων στατικού οδοστρωτήρα ανέρχεται στο 95% της ξηράς πυκνότητας κατά Proctor (τροποποιημένη δοκιμή).

### 6.3 ΛΥΣΗ 3: ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙ ΠΑΣΣΑΛΩΝ

#### 6.3.1 Παραδοχές – Πλαίσιο Ανάλυσης

Για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των έργων αντιστήριξης πραγματοποιούνται αναλύσεις με το πρόγραμμα αριθμητικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων, PLAXIS ver 8.0, με τις ίδιες παραμέτρους και παραδοχές που θεωρήθηκαν και στις αναλύσεις εκτίμησης των συντελεστών ασφαλείας (παράγραφος 5). Λόγω της επιμήκους μορφής των έργων γίνεται θεώρηση επίπεδης παραμόρφωσης. Το προσομοίωμα περιλαμβάνει 1010 στοιχεία δύο διαστάσεων για την προσομοίωση του εδάφους, και 7 στοιχεία δοκού για τη προσομοίωση των πασσάλων, του κεφαλόδεσμου και του τοιχίου αντιστήριξης.

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται αναλυτικά τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τόσο των εδαφικών σχηματισμών όσο και των στοιχείων δοκού που χρησιμοποιήθηκαν.

ID	Name	Type	g_unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	g_sat [kN/m <sup>3</sup> ]	nu [-]	E_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	c_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	phi [°]
1	A-SG	Drained	19,00	19,00	0,3	25000	5	10
2	B-1SC	Undrained	19,80	19,80	0,3	25000	14	10
3	G-2SC	Undrained	19,80	19,80	0,3	70000	35	20
4	D-CG	Drained	19,50	19,50	0,3	200000	25	30
5	Fill	Drained	20,00	20,00	0,3	10000	10	35

ID	Name	Type	EA [kN/m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	w [kN/m <sup>2</sup> ]	nu [-]
1	Pile	Elastic	7733333	412444,4	6,67	0
2	Toixos	Elastic	23200000	1237333	20	0,15
3	Kefal	Elastic	26100000	1761750	22,5	0

**Πίνακας 6.5:** Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών.

#### 6.3.2 Αποτελέσματα αναλύσεων

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στο Παράρτημα Β. Στα σχήματα δίνεται η συνολική γεωμετρία του προβλήματος, οι ισοτιμές οριζοντίων μετακινήσεων και τα εντατικά μεγέθη των στοιχείων αντιστήριξης μετά την εφαρμογή τους, καθώς και η εκτίμηση του συντελεστή ασφαλείας. Επίσης παρουσιάζονται οι οριζόντιες μετακινήσεις για σεισμό με  $a_h=0.08g$ , και απεικονίζονται οι ισοτιμές των οριζοντίων μετακινήσεων και οι αναμενόμενες τιμές εντατικών μεγεθών των στοιχείων αντιστήριξης για την περίπτωση της σεισμικής δράσης με  $a_h=0.08g$ .

Μετά την εφαρμογή των μέτρων αντιστήριξης ο συντελεστής ασφάλειας προκύπτει ίσος με 1,323 για στατική φόρτιση και 0,957  $\approx$  (1,00) για σεισμό.

Στον Πίνακα 6.4 δίνονται τα μέγιστα εντατικά μεγέθη και τα αντίστοιχα στάδια στα οποία καταγράφονται. Οι κατανομές των ανωτέρω μεγεθών κατά μήκος του φορέα απεικονίζονται στα σχήματα του παραρτήματος Β. Σημειώνεται ότι τα εντατικά μεγέθη των πασσάλων θα πρέπει να πολλαπλασιασθούν επί την αξονική απόσταση τοποθέτησής τους, ενώ όλα τα εντατικά μεγέθη αυξάνονται κατά 50% δεδομένου ότι κατά την ανάλυση αλληλεπίδρασης δεν εφαρμόζονται συντελεστές ασφαλείας ή συντελεστές φορτίσεων.

Στάδιο προσομοίωσης	Καμππικές Ροπές εξωτ. πασσάλων (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις εξωτ. πασσάλων (kN)	Καμππικές Ροπές εσωτ. πασσάλων (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις εσωτ. πασσάλων (kN)	Καμππικές Ροπές κεφαλόδεσμου (kNm/m)	Τέμνουσες Δυνάμεις κεφαλόδεσμου (kN)
Στατική επίλυση	Κεφαλή: 56,44	Κεφαλή: 39,35	Κεφαλή: 1,94	Κεφαλή: 5,85	Στήριξη: 85,01	Στήριξη: 32,38
	Ανάπτυγμα: 23,46	Ανάπτυγμα: 43,43	Ανάπτυγμα: 91,94	Ανάπτυγμα: 30,04	Άνοιγμα: 184,62	Άνοιγμα: 190,67
Σεισμική επίλυση με $\alpha_h=0.08g$	Κεφαλή: 37,95	Κεφαλή: 44,27	Κεφαλή: 2,05	Κεφαλή: 3,09	Στήριξη: 289,57	Στήριξη: 274,50
	Ανάπτυγμα: 44,99	Ανάπτυγμα: 45,47	Ανάπτυγμα: 110,92	Ανάπτυγμα: 66,02	Άνοιγμα: 464,22	Στήριξη: 307,28

**Πίνακας 6.6:** Μέγιστα εντατικά μεγέθη διαστασιολόγησης.

### 6.3.3 Διαστασιολόγηση

Για τη διαστασιολόγηση, εφαρμόζεται ενιαίος συντελεστής ασφαλείας ίσος με 1,50 ο οποίος οδηγεί στις ακόλουθες καμππικές ροπές και τέμνουσες σχεδιασμού:

#### **ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ**

##### Κεφαλή Πασσάλου:

$$M_{d\_κεφ}=1,50 \cdot M=1,50 \cdot (56,44+37,95) \cdot 3,00=424,76 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_κεφ}=1,50 \cdot V=1,50 \cdot (39,35+44,27) \cdot 3,00=376,29 \text{ kN}$$

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στην κεφαλή του πασσάλου που βρίσκεται προς το εξωτερικό του πρανούς.

##### Ανάπτυγμα Πασσάλου(μέγιστες τιμές):

$$M_{d\_πασσάλου} = 1,50 * (\max M) = 1,50 * (23,46 + 44,99) * 3,00 = 308,03 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_πασσάλου} = 1,50 * (\max V) = 1,50 * (43,43 + 45,47) * 3,00 = 400,05 \text{ kN}$$

Για την κατασκευή του έργου χρησιμοποιείται σκυρόδεμα C20/25 με  $f_{cd}=20/1,5$  και χάλυβας B500C με  $f_{yd}=500/1,15$ . Ακολουθεί η διαστασιολόγηση των πασσάλων με τα παραπάνω εντατικά μεγέθη.

### Κεφαλή Πασσάλου:

Για ροπή 424,76 kNm, προκύπτει:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{424,76 * 10^{-3}}{2 * 3,14 * 0,4^3 * 20/1,5} = 0,079$$

Για  $\mu_d=0,079$  και  $n_d=0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού κυκλικών διατομών  $\omega_{tot}=0,250$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega * \pi * r^2 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,250 * 3,14 * 40^2}{32,6} = 38,5 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός ο ελάχιστος ( $\min 1\%=50,27\text{cm}^2$ ), ήτοι 20Φ18 ( $50,89\text{cm}^2$ ) B500C.

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης είναι ίση με:

$$V_{Rd} = \tau_{Rd} * k * (1,20 + 40\rho_l) * S$$

όπου  $\tau_{Rd} = 0,26 \text{ MPa}$ ,  $k=1,6-d$  (όπου  $d$  το στατικό ύψος),  $\rho_l$  το ποσοστό του εφελκόμενου οπλισμού και  $S$  η ενεργός διατομή. Με αντικατάσταση προκύπτει μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη διάτμησης ίση με 198,28 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd} = 376,29 - 198,28 = 178,01 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} * 0,9 * d * f_{ywd} * (1 + \cot \alpha) * \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 6,14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τίθεται ελικοειδής οπλισμός Φ10/20 ( $2 * 3,93 = 7,86\text{cm}^2$ ) B500C.

### Ανάπτυγμα Πασσάλου

Για ροπή 308,08 kNm, είναι:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{308,03 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^3 \cdot 20/1,5} = 0,057$$

Για  $\mu_d=0,057$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες  $\omega_{tot}=0,164$  που αντιστοιχεί σε οπλισμό:

$$A_s = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,164 \cdot 3,14 \cdot 40^2}{32,6} = 25,3 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός ο ελάχιστος ( $\min 1\%=50,27\text{cm}^2$ ), ήτοι 20Φ18 ( $50,89\text{cm}^2$ ) B500C σε όλο το μήκος του πασσάλου.

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης όπως υπολογίστηκε παραπάνω είναι ίση με 198,28 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd}=V_{sd}-V_{Rd}=400,05-198,28=201,77 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

προκύπτει: 
$$\frac{A_s}{s} = 6,97 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τίθεται ελικοειδής οπλισμός Φ10/20 ( $2 \cdot 3,93=7,96\text{cm}^2$ ) B500C ως ελάχιστος, σε όλο το μήκος του πασσάλου.

### **ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ**

#### Κεφαλή Πασσάλου:

$$M_{d\_κεφ}=1,50 \cdot M=1,50 \cdot (1,94+2,05) \cdot 3,00=17,95 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_κεφ}=1,50 \cdot V=1,50 \cdot (5,85+3,09) \cdot 3,00=40,23 \text{ kN}$$

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στην κεφαλή του πασσάλου που βρίσκεται προς το εσωτερικό του πρανούς.

#### Ανάπτυγμα Πασσάλου(μέγιστες τιμές):

$$M_{d\_πασσάλου}=1,50 \cdot (\max M)=1,50 \cdot (91,94+110,92) \cdot 3,00=912,87 \text{ kNm}$$

$$V_{d\_πασσάλου}=1,50 \cdot (\max V)=1,50 \cdot (30,04+66,02) \cdot 3,00=432,27 \text{ kN}$$

Για την κατασκευή του έργου χρησιμοποιείται σκυρόδεμα C20/25 με  $f_{cd}=20/1,5$  και χάλυβας B500C με  $f_{yd}=500/1,15$ . Ακολουθεί η διαστασιολόγηση των πασσάλων με τα παραπάνω εντατικά μεγέθη.

### Ανάπτυγμα Πασσάλου

Για ροπή 912,87 kNm, είναι:

$$\mu_d = \frac{M_d}{2\pi r^3 f_{cd}} = \frac{912,87 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^3 \cdot 20/1,5} = 0,170$$

Για  $\mu_d=0,170$  και  $n_d=0$ , προκύπτει από πίνακες  $\omega_{tot}=0,495$  που αντιστοιχεί σε οπλισμό:

$$A_s = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,495 \cdot 3,14 \cdot 40^2}{32,6} = 76,3 \text{ cm}^2$$

Τίθεται διαμήκης οπλισμός 25Φ20 (78,54cm<sup>2</sup>) B500C σε όλο το μήκος του πασσάλου.

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η διατομή χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης όπως υπολογίστηκε παραπάνω είναι ίση με 229,36 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται ελικοειδής οπλισμός διάτμησης, Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd}=V_{sd}-V_{Rd}=432,27-229,36=202,91 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 7,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τίθεται ελικοειδής οπλισμός Φ10/20 ( $2 \cdot 3,93=7,96\text{cm}^2$ ) B500C ως ελάχιστος, σε όλο το μήκος του πασσάλου.

### ΚΕΦΑΛΟΔΕΣΜΟΣ

Οι πάσσαλοι συνδέονται μεταξύ τους με κεφαλόδεσμο, ύψους 0,90m και πλάτους 4,00m. Παρακάτω γίνεται διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής πλάτους 1,00m και ύψους 0,90m.

Για μέγιστη ροπή  $M_{d\_πλάκας} = 1,5 \cdot (184,62 + 464,22) = 973,26 \text{ kNm}$ , προκύπτει:

$$\mu_d = \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{973,26 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 0,9^2 \cdot 20/1,5} = 0,101$$

Για  $\mu_d=0,101$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού ορθογωνικών διατομών  $\omega_{tot}=0,109$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,109 \cdot 1,00 \cdot 0,90}{32,6} = 28,31 \text{ cm}^2$$

Τίθεται επομένως εγκάρσιος οπλισμός  $\Phi 20/10$  ( $31,42 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) B500C, ενώ κατά την διαμήκη έννοια τοποθετούνται  $\Phi 18/20$  ( $12,72 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Η μέγιστη τέμνουσα που καλείται να αναλάβει η πλάκα είναι ίση με :

$$V_{d\_πλάκας} = 1,50 \cdot (\max V) = 1,50 \cdot (190,67 + 307,28) = 746,93 \text{ kN}$$

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η πλάκα χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης, βάσει της παραπάνω σχέσης, είναι ίση με 247,92 kN, η οποία δεν καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται οπλισμός διάτμησης,  $\Phi 12$ , ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd} = 746,93 - 247,92 = 499,01 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τίθεται οπλισμός  $\Phi 16/12,5$  ( $16,08 \text{ cm}^2$ ) B500C σε όλη την έκταση της πλάκας-κεφαλόδεσμου.

### **ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ**

Ο τοίχος αντιστήριξης έχει ύψος 3,00m και πάχος 0,80m. Παρακάτω γίνεται διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής πλάτους 1,00m και ύψους 0,80m.

Για μέγιστη ροπή  $M_{d\_δοκού} = 1,5 \cdot (128,17 + 201,54) = 494,56 \text{ kNm}$ , προκύπτει:

$$\mu_d = \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{494,56 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 0,8^2 \cdot 20/1,5} = 0,066$$

Για  $\mu_d=0,066$  και  $\eta_d=0$ , προκύπτει από πίνακες προσδιορισμού ποσοστού οπλισμού ορθογωνικών διατομών  $\omega_{tot}=0,070$  και ο απαιτούμενος οπλισμός είναι:

$$A_s = \omega * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,070 * 1,00 * 0,80}{32,6} = 15,98 \text{ cm}^2$$

Τίθεται επομένως διαμήκης οπλισμός Φ16/12,5 (16,08 cm<sup>2</sup>/m) B500C.

Η μέγιστη τέμνουσα, που αναπτύσσεται στον κόμβο σύνδεσης με τον εσωτερικό πάσσαλο, και καλείται να αναλάβει η δοκός είναι ίση με :

$$V_{d\_δοκού} = 1,50 * (\max V) = 1,50 * (63,72+60,53) = 186,53 \text{ kN}$$

Η τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει η δοκός χωρίς πρόσθετο οπλισμό διάτμησης, βάσει της παραπάνω σχέσης, είναι ίση με 227,32 kN, η οποία καλύπτει την ασκούμενη. Κατά συνέπεια, τοποθετείται Φ10, ο οποίος αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη ίση τουλάχιστον με:

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd} = 208,10 - 127,22 = 80,88 \text{ kN}$$

Από τη σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_s}{s} * 0,9 * d * f_{ywd} * (1 + \cot \alpha) * \sin \alpha$$

προκύπτει:

$$\frac{A_s}{s} = 0,028$$

Για δίτμητους συνδετήρες Φ10 είναι:  $A_s = 2 * 0,79 = 1,58 \text{ cm}^2$

Συνεπώς:  $s = 1,58 / 0,028 \rightarrow s = 56,4 \text{ cm}$

Τίθενται επομένως 4Φ10/m<sup>2</sup> B500C σε όλο το μήκος της τοίχου ως ελάχιστος οπλισμός.

Όλες οι κατασκευαστικές διατάξεις για τους πάσσालους και τον κεφαλόδεσμο δίνονται στο κατασκευαστικό σχέδιο Γ-3.4.

#### 6.3.4 Έλεγχος φέρουσας ικανότητας πασσάλων

Στην παρούσα παράγραφο δίνεται ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας και των επιτρεπόμενων κατακόρυφων φορτίων, καθώς και των καθιζήσεων των πασσάλων των έργων αντιστήριξης, με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφικών στρώσεων που υπολογίστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για πάσσαλο μήκους 9,00m και διαμέτρου 0,80m με βάση το Γερμανικό Κανονισμό DIN 4014. Θεωρήθηκε διείσδυση κατά 3,00m τουλάχιστον στην αμμοχαλικώδη στρώση, ενώ η συνεισφορά των πρώτων 0,90m αγνοήθηκε. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.



Διάμετρος πασσάλου	Οριακά φορτία (kN)			Επιτρεπόμενα θλιπτικά φορτία		Μήκος Πασσάλου (m)	Καθίζηση για N=Qεπ S (cm)	K=Qεπ/S (MN/m)
				Qεπ (kN) κατά DIN 4014				
	Αιχμής Qs	Τριβής Qr	Ολικό Q	Φόρτιση 1	Φόρτιση 3			
Φ80cm	1487	2010	3497	1748	2690	9,00	1,00	174,5

**Πίνακας 6.7:** Οριακά και επιτρεπόμενα θλιπτικά φορτία μεμονωμένου πασσάλου, διαμέτρου Φ80cm.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί δίνονται στο Σχήμα 6.2.

**ΑΞΟΝΙΚΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ ΚΑΤΑ DIN 4014 & ENV 1997-1**

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥ**

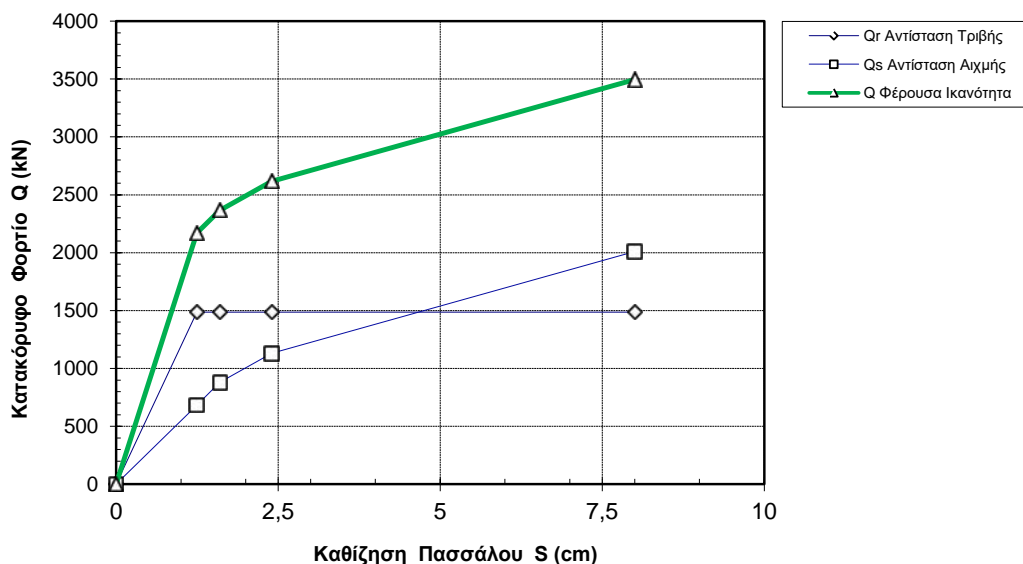
Διάμετρος Πασσάλου (m)= 0,80  
 Απόλυτο Υψόμετρο Εδάφους (m)= 425,00  
 Στάθμη Κεφαλής Πασσάλου (m)= 430,00  
 Στάθμη Αιχμής Πασσάλου (m)= 416,00  
 Μήκος Πασσάλου (m)= 14,00  
 Βάθος Ενεργοπ. Τριβής (m)= -5,50

Στρώση	Βάθος (m)	Τύπος Εδάφους	Cu kPa	qc Mpa	tmf	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Qr kN	Κατ/ρυφα Ελατήρια kN/m	Οριζόντια Ελατήρια MN/m <sup>3</sup>
1	-0,9	Συνεκτικό	100		0,040	0,00	0	0,0	8,4
2	-6,0	Συνεκτικό	100		0,040	15,32	613	100,5	8,4
3	-15,0	Ψαθυρό		150,0	0,120	7,28	847	301,4	843,8
							1487		

Καθίζηση S (cm)	Αντίσταση Τριβής Qr (kN)	Αντίσταση Αιχμής Qs (kN)	Φέρουσα Ικανότητα Q (kN)	Κατ/ρυφα Ελατήρια Kv (MN/m)
1,4	1487	683	2170	174,4
1,6	1487	879	2366	147,9
2,4	1487	1130	2618	109,1
8,0	1487	2010	3497	43,7

DIN 1054 : Επιτρεπόμενα Φορτία Qεπ=(Qr+Qs)/n	Qεπ (kN)	S (cm)	Kv (MN/m)
Φόρτιση "1" : n=2 , n <sup>o</sup> =2 :	1748	1,00	174,5
Οδηγία E39/99 : n=1.3	2690	2,86	94

ENV 1997-1 : Αντοχές σχεδιασμού - $R_{cd}=(Q_s/\gamma_b+Q_r/\gamma_s)/1,5$	$R_{cd}$ (kN)	S (cm)	$K_v$ (MN/m)
Φόρτιση "C": $\gamma_b=1.6, \gamma_s=1.3$	1600	0,92	174,5
Ατυχ. Φόρτιση : $\gamma_b=\gamma_s=\gamma_m=1$	2331	1,54	151,8



**Σχήμα 6.2:** Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας πασσάλου Φ80 κατά DIN 4014 & ENV 1997-1.

### 6.3.5 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής της λύσης

Η κατασκευή του όλου έργου θα ξεκινήσει με την διάνοιξη της απαραίτητης διόδου πρόσβασης των μηχανημάτων διάτρησης των πασσάλων και την κατάλληλη διαμόρφωση δαπέδου εργασίας στο χώρο όπου προβλέπεται η κατασκευή των πασσάλων, της πλάκας-κεφαλόδεσμου και του τοίχου αντιστήριξης. Για τον σκοπό αυτό γίνεται εκσκαφή μέχρι τη στάθμη έδρασης του κεφαλοδέσμου (πάχος τουλάχιστον 1,00m). Θα ακολουθήσει διάστρωση του σκυροδέματος καθαριότητας πάχους 10cm.

Μετά την ολοκλήρωση του δαπέδου εργασίας θα κατασκευαστεί το πασσαλοδιάφραγμα στις θέσεις που δίνονται στα κατασκευαστικά σχέδια. Θα χρησιμοποιηθεί ευέλικτο μηχάνημα διάτρησης και μηχανολογικός εξοπλισμός λόγω της στενότητας του χώρου. Η σκυροδέτηση των κεφαλών των πασσάλων θα πραγματοποιηθεί από κοινού με την πλάκα-κεφαλόδεσμο, ενώ οι διαμήκεις οπλισμοί των εξωτερικών πασσάλων θα επεκταθούν προκειμένου να αποτελέσουν αναμονές για το τοιχίο αντιστήριξης, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια (Γ-3.4). Λόγω της δομής των υλικών κρίνεται αναγκαία η προστασία των τοιχωμάτων έναντι καταπτώσεων κατά τη διάρκεια της διάτρησης. Καταλληλότερη μέθοδος αποτελεί η τοποθέτηση μεταλλικών σωλήνων παράλληλα με την πρόοδο της διάτρησης. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μπετονίτης, ο οποίος αποτελεί συνήθη τρόπο προστασίας, μετά από

σχετική δοκιμή και έγκριση της επίβλεψης. Η σκυροδέτηση θα πραγματοποιείται από κάτω προς τα πάνω με χρήση σωλήνα tremie.

Ακολουθεί η όπλιση και σκυροδέτηση του τοίχου αντιστήριξης, ύψους 3,00 σε όλο το μήκος του κεφαλόδεσμου. Το έργο ολοκληρώνεται με την κατασκευή συμβατικού επιχώματος πίσω από τον τοίχο αντιστήριξης, με φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης σε στρώσεις συμπυκνωμένου πάχους 25cm. Ο βαθμός συμπίκνωσης που θα πρέπει να επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο αριθμό διελεύσεων στατικού οδοστρωτήρα ανέρχεται στο 90% της ξηράς πυκνότητας κατά Proctor (τροποποιημένη δοκιμή).

Θα πρέπει κατά την τελική φάση διαμόρφωσης του έργου να γίνει κατάλληλη διευθέτηση του συστήματος απορροής των ομβρίων υδάτων έτσι ώστε να αποφευχθεί η καείσδυσή τους, εντός του σώματος των επιχωματώσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή κατάλληλης ταύρου απορροής επιφανειακών υδάτων ανάντι του δρόμου.

Τέλος, κατά την διάρκεια κατασκευής του έργου, θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση από έμπειρο γεωτεχνικό μηχανικό ή Τεχνικό Σύμβουλο προκειμένου να επιβεβαιωθεί καθ' όλο το ανάπτυσμα η διείσδυση των πασσάλων στο υγιές αμμοχαλικώδες υπόβαθρο.

## 7. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά οι τρεις εναλλακτικές κατασκευαστικές λύσεις, με τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, οι οποίες προτείνονται για την ασφαλή αποκατάσταση του τμήματος της δημοτικής οδού Νάουσας-Ροδοχωρίου όπου εκδηλώθηκε τοπική αστοχία του κατάντη πρανούς του δρόμου σε μήκος περίπου 40,00m διαμορφώνοντας κατακόρυφο μέτωπο κυμαινόμενου ύψους 6,00-8,00m. Πρόσθετα, τα αίτια της τοπικής αυτής αστοχίας παρουσιάζονται συνοπτικά στην επόμενη παράγραφο.

### 7.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, το υπέδαφος στην περιοχή έρευνας συνίσταται από

- καστανό αμμοχάλικο (0-2,00m),
- στιφρή έως πολύ στιφρή καστανή αμμώδη άργιλο (2,00- περίπου 6,00m),
- πολύ στιφρή έως σκληρή γκριζοκυανή αμμώδη άργιλος (περίπου 6,00-12,00),
- πολύ πυκνό γκριζοκυανό αργιλώδες αμμοχάλικο (12,00- μέγιστο βάθος γεώτρησης).

Κατόπιν αυτοψίας που διενεργήθηκε στην περιοχή της κατολίσθησης, είναι εμφανές ότι η αστοχία περιορίζεται στις επιφανειακές στρώσεις του αμμοχάλικου και της αργίλου (0,00-6,00m). Στο συγκεκριμένο τμήμα της οδού διαπιστώθηκε η ύπαρξη τεχνικού για τη διοχέτευση των υδάτων από την ανάντη στην κατάντη πλευρά του οδοστρώματος, το οποίο όμως δε λειτουργούσε λόγω πλήρωσης αυτού με φερτά υλικά.

Η έναρξη της αστοχίας αποδίδεται στη δράση των υπόγειων και επιφανειακών ροών των υδάτων, μέρος των οποίων συγκρατήθηκε από τη στρώση της καστανής αμμώδους αργίλου, η οποία έχει την ιδιότητα να προσροφά νερό στην επιφάνεια των κόκκων της με ισχυρές δυνάμεις και να περνά από την στερεή στην υδαρή κατάσταση.

Οι έντονες βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια του έτους συνετέλεσαν στην ένταση του φαινομένου και οδήγησαν στην απώλεια της διατμητικής αντοχής μεταξύ της εδαφικής στρώσης της καστανής αργίλου και του υποκείμενου στρώματος. Η καστανή αργίλος, λόγω της εισρόφησης του νερού, πέρασε από την ψαθυρή στην πλαστική κατάσταση με παράλληλη αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων η οποία, στην διεπιφάνεια της με το υποκείμενο σχετικά αδιαπέρατο έδαφος, οδήγησε στην προαναφερθήσα απώλεια της διατμητικής αντοχής και στην επακολουθείσα κατολίσθηση.

## **7.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

### **ΛΥΣΗ 1: ΠΑΣΣΑΛΟΔΙΑΦΡΑΓΜΑ**

Κατασκευή διπλού πασσαλοδιαφράγματος, με ενιαίο κεφαλόδεσμο στην κατάντη πλευρά της οδού. Το πασσαλοδιάφραγμα αποτελείται από:

- κατακόρυφους φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, σε επαφή μεταξύ τους,
- τέσσερις (4) φρεατοπασσάλους Φ80, μήκους 14,00m, στην ανάντη πλευρά της οδού
- εγκάρσιες συνδετήριες δοκούς διατομής 0,50x0,80m σύνδεσης των φρεατοπασσάλων ανάντη και κατάντη της οδού.

Για την κατασκευή τους απαιτείται:

1. Κατασκευή των πασσάλων του διπλού πασσαλοδιαφράγματος στο επίπεδο του οδοστρώματος του υφιστάμενου δρόμου θέση παρά θέση.
2. Κατασκευή των εναπομείναντων πασσάλων κατάντη και των πασσάλων ανάντη.
3. Κατασκευή του κεφαλόδεσμου των πασσάλων πλησίον του μετώπου της ολίσθησης και τη σύνδεσή του με τους ανάντη πασσάλους μέσω των συνδετήριων δοκών.

4. Προστασία των τοιχωμάτων έναντι καταπτώσεων κατά την διάρκεια της διάτρησης με τη χρήση μπετονίτη και πιθανή σωλήνωση των πρώτων έξι μέτρων της διάτρησης με τη χρήση με χρήση σωλήνα tremie.

Με τη συγκεκριμένη κατασκευαστική λύση:

- Επιτυγχάνεται ομοιομορφοποίηση των αναμενόμενων κινηματικών και εντατικών μεγεθών.
- Επιτυγχάνεται εγκιβωτισμός των υποκείμενων του καταστρώματος, εδαφικών στρώσεων της οδού.
- Το έργο αντιστήριξης λειτουργεί και ως τοίχος αντιστήριξης στο μέτωπο της ολίσθησης.
- Οι πάσσαλοι κατασκευάζονται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη της υπάρχουσας κατάστασης του υπεδάφους και την μικρότερη παρεμπόδιση της κυκλοφορίας.
- Λύση φιλική στο περιβάλλον, χωρίς την απαίτηση διάνοιξης πρόσθετων οδών προσπέλασης και μεγάλων όγκων εκσκαφών.
- Μεγάλη δυνατότητα προσαρμοστικότητας σε μετακινήσεις του εδάφους που αναπόφευκτα υπάρχουν στις περιοχές αυτές.

## **ΛΥΣΗ 2: ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ**

Κατασκευή οπλισμένου επιχώματος πλάτους 6,00m κατόντη της οδού, σε όλο το μέτωπο της ολίσθησης, μήκους 40m περίπου, και με ύψος της τάξης των 7,00-8,00m.

- Όπλισή του με τη χρήση γεώπλεγματος αντοχής  $T_{ult} = 80 \text{ kN/m}$  το οποίο θα τοποθετηθεί σε στρώσεις συμπυκνωμένου πάχους 50cm.
- Επένδυση της εξωτερικής παρειάς του επιχώματος με συρματοκυβώτια με προεξέχων τμήμα 4,00 (στη βάση) και 3,00m (στο σώμα του επιχώματος).
- Εδραση του οπλισμένου επιχώματος επί εξυγιαντικής-αποστραγγιστικής στρώσης πάχους 1,00m από καλά συμπυκνωμένο αμμοχάλικο, εφόσον πρώτα διαστρωθεί γεώφασμα διαχωρισμού βάρους 300 gr/m<sup>2</sup>.
- Απομάκρυνση των υπόγειων υδάτων πίσω από το επίχωμα με στρώση στράγγισης πάχους 0,50m.
- Για την αντιμετώπιση τοπικών καταπτώσεων, η εκσκαφή θα πραγματοποιηθεί τμηματικά και αν απαιτείται να διαμορφωθούν κατάλληλοι αναβαθμοί.
- Η κατασκευή του έργου θα γίνει τμηματικά, προκειμένου να μη διακοπεί η κυκλοφορία της οδού και για να αποφευχθούν πιθανές καταπτώσεις του μετώπου εκσκαφής.

Οι εργασίες περιλαμβάνουν:

1. την εκσκαφή μέχρι το βάθος έδρασης του οπλισμένου επιχώματος,
2. διαμόρφωση και συμπύκνωση υπεδάφους,
3. κατασκευή και πλήρωση των συρματοκιβωτίων,
4. τοποθέτηση φύλλων γεωπλέγματος με επικάλυψη και κατάλληλη αγκύρωση,
5. επίχωση με επίλεκτο υλικό Ε3-Ε4 και συμπύκνωση.

Η λύση αυτή:

- απαιτεί χρονοβόρες και εκτεταμένες εκσκαφές,
- διαταράσσει την υφιστάμενη κατάσταση του υπεδάφους,
- μείωση των λωρίδων κυκλοφορίας σε μία
- πιθανός αποκλεισμός της οδού για όσο διάστημα διαρκεί η κατασκευή του έργου.

### **ΛΥΣΗ 3: ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙ ΠΑΣΣΑΛΩΝ**

Κατασκευή τοιχίου αντιστήριξης, ύψους 3,00m, σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του δρόμου, και συγκεκριμένα στον πόδα του μετώπου της ολίσθησης, 9,00-10,00m από την άκρη του οδοστρώματος.

- Εδράζεται επί ασυνεχούς πασσαλοδιαφράγματος, με διάμετρο πασσάλων 0,80m και μήκος 9,00m, σε αξονικές αποστάσεις 3,00m μεταξύ τους
- Κατασκευή ενιαίου κεφαλόδεσμου διαστάσεων 0,90x4,00m.
- Κατασκευή συμβατικού επιχώματος πίσω από τον τοίχο αντιστήριξης και μέχρι το επίπεδο του υφιστάμενου δρόμου για τη διασφάλιση της οδού.

Η κατασκευή του έργου είναι η ακόλουθη:

1. Πραγματοποιείται διάνοιξη της απαραίτητης διόδου πρόσβασης των μηχανημάτων διάτρησης των πασσάλων
2. Ακολουθεί κατάλληλη διαμόρφωση δαπέδου εργασίας στο χώρο όπου προβλέπεται η κατασκευή των πασσάλων, της πλάκας-κεφαλόδεσμου και του τοίχου αντιστήριξης με εκσκαφή μέχρι τη στάθμη έδρασης του κεφαλοδέσμου (πάχος τουλάχιστον 1,00m).
3. Ακολουθεί διάστρωση του σκυροδέματος καθαριότητας πάχους 10cm.
4. Κατασκευή του πασσαλοδιαφράγματος.
5. Σκυροδέτηση των κεφαλών των πασσάλων από κοινού με την πλάκα-κεφαλόδεσμο.
6. Επέκταση των διαμήκη οπλισμών των εξωτερικών πασσάλων προκειμένου να αποτελέσουν αναμονές για το τοίχιο αντιστήριξης
7. Προστασία των τοιχωμάτων έναντι καταπτώσεων κατά τη διάρκεια της διάτρησης με την τοποθέτηση μεταλλικών σωλήνων παράλληλα με την πρόοδο της διάτρησης ή με μπετονίτη κατόπιν δοκιμής.
8. Σκυροδέτηση από κάτω προς τα πάνω με χρήση σωλήνα tremie.

9. Ακολουθεί όπλιση και σκυροδέτηση του τοίχου αντιστήριξης, ύψους 3,00 σε όλο το μήκος του κεφαλόδεσμου.
10. Κατασκευή συμβατικού επιχώματος πίσω από τον τοίχο αντιστήριξης, με φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης σε στρώσεις συμπυκνωμένου πάχους 25cm.

Θα πρέπει κατά την τελική φάση διαμόρφωσης του έργου να γίνει κατάλληλη διευθέτηση του συστήματος απορροής των ομβρίων υδάτων έτσι ώστε να αποφευχθεί η κατείσδυσή τους, εντός του σώματος των επιχωματώσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή κατάλληλης ταύρου απορροής επιφανειακών υδάτων ανάντι του δρόμου.

Με τη συγκεκριμένη λύση:

- Επιτυγχάνεται ομοιομορφοποίηση των αναμενόμενων κινηματικών και εντατικών μεγεθών.
- Επιτυγχάνεται εγκιβωτισμός των υποκείμενων του καταστρώματος, εδαφικών στρώσεων της οδού.
- Επιτυγχάνεται συνέχιση της κυκλοφορίας της οδού χωρίς διακοπές.
- Γίνεται χρήση βαρέων μηχανημάτων τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή των φρεατοπασσάλων στη θέση κατασκευής του έργου για τα οποία η πρόσβαση είναι ιδιαίτερα δύσκολη.
- Ο χώρος εκτέλεσης των εργασιών είναι περιορισμένος.
- Οι εργασίες θα πρέπει να εκτελεστούν σε περιόδους χωρίς βροχοπτώσεις.

Σε όλες τις παραπάνω κατασκευαστικές λύσεις και κατά την τελική φάση διαμόρφωσης των έργων αντιστήριξης θα πρέπει να γίνει κατάλληλη διευθέτηση του συστήματος απορροής των ομβρίων υδάτων έτσι ώστε να αποφευχθεί η κατείσδυσή τους εντός του σώματος του έργου.

Μελετήθηκε Ο Συντάξας Νάουσα ___/___/___	Ελέγχθηκε Ο Επιβλέπων Νάουσα ___/___/___	Ελέγχθηκε Η Προϊσταμένη Τ.Μ. Νάουσα ___/___/___	Εγκρίθηκε & Θεωρήθηκε Ο Διευθυντής Τ.Υ. Νάουσα ___/___/___
--	--	---	--

Κωνσταντινίδης Αβραάμ Πολιτικός Μηχανικός	Κυράνος Θωμάς Πολιτικός Μηχανικός	Τσιόγκα Ελένη Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός	Κυριακίδης Παύλος Πολιτικός Μηχανικός
--	--------------------------------------	---	--

**ΜΕΡΟΣ IV**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

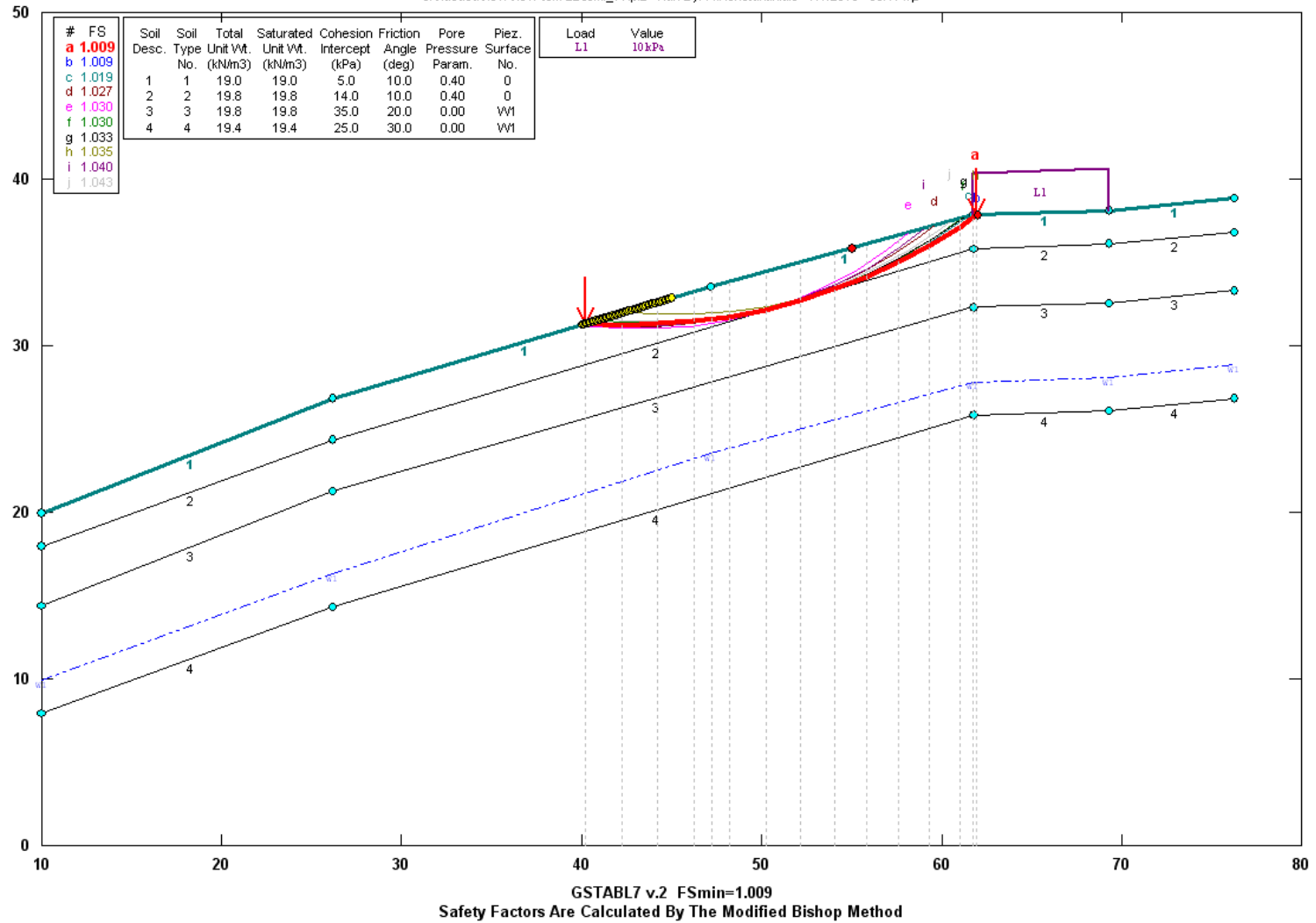


**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ**

### Αποκατάσταση Οδου Ναουσα - Αrxiki Diatomi 1-1

c:\naousa\new\new tom 22\tom1\_11.pl2 Run By: A.Konstantinidis 7/1/2016 09:17μμ



ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΝΑΟΥΣΑΣ – ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ

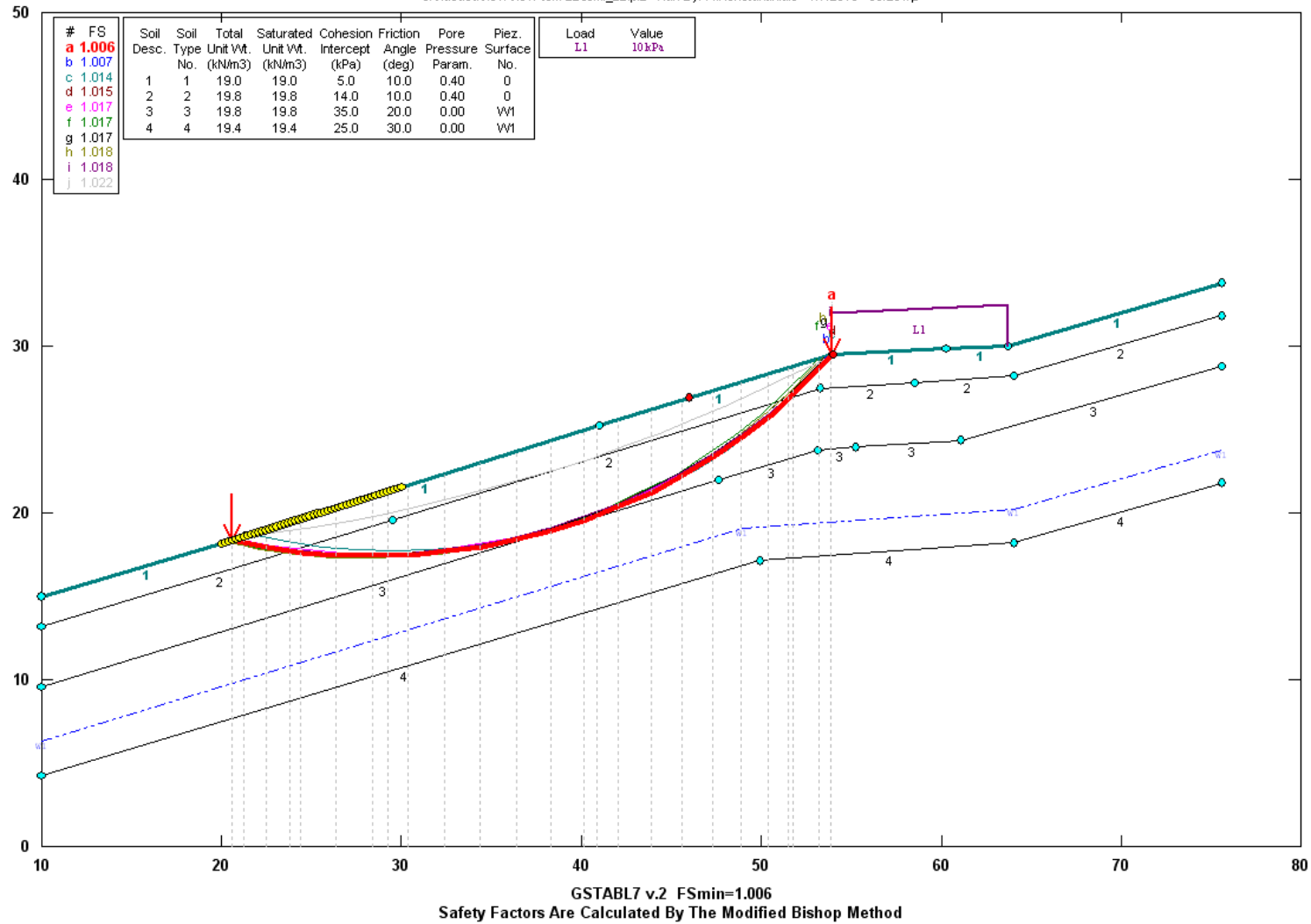
Σχήμα Α-1

Τομή 1-1, διερεύνηση συντελεστή ασφάλειας πρανούς σε στατικές συνθήκες φόρτισης και  $r_u=0,4$

**Α.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ**  
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

### Αποκατάσταση Οδου Naousa - Arxiki Diatomi

c:\naousa\new\new tom 22\tomi\_22.pl2 Run By: A.Konstantinidis 1/7/2016 09:23πμ



ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΝΑΟΥΣΑΣ –  
ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ

Σχήμα Α-2

Τομή 2-2, διερεύνηση συντελεστή ασφάλειας πρσανούς σε στατικές συνθήκες φόρτισης και  $r_u=0,4$ .

**Α.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ**  
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

\*\*\* GSTABL7 \*\*\*

\*\* GSTABL7 by Garry H. Gregory, P.E. \*\*

\*\* Original Version 1.0, January 1996; Current Version 2.003, June 2002 \*\*  
 (All Rights Reserved-Unauthorized Use Prohibited)

\*\*\*\*\*

SLOPE STABILITY ANALYSIS SYSTEM

Modified Bishop, Simplified Janbu, or GLE Method of Slices.  
 (Includes Spencer & Morgenstern-Price Type Analysis)  
 Including Pier/Pile, Reinforcement, Soil Nail, Tieback,  
 Nonlinear Undrained Shear Strength, Curved Phi Envelope,  
 Anisotropic Soil, Fiber-Reinforced Soil, Boundary Loads, Water  
 Surfaces, Pseudo-Static & Newmark Earthquake, and Applied Forces.

\*\*\*\*\*

Analysis Run Date: 7/1/2016  
 Time of Run: 09:17pm  
 Run By: A.Konstantinidis  
 Input Data Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_11.in  
 Output Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_11.OUT  
 Unit System: SI  
 Plotted Output Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_11  
 PROBLEM DESCRIPTION: Apokatastasi Odou Naousa  
 - Arxiki Diatomi 1-1

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries  
 17 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	19.95	26.11	26.81	1
2	26.11	26.81	47.21	33.56	1
3	47.21	33.56	61.72	37.81	1
4	61.72	37.81	69.28	38.08	1
5	69.28	38.08	76.25	38.81	1
6	10.00	17.95	26.11	24.31	2
7	26.11	24.31	61.72	35.81	2
8	61.72	35.81	69.28	36.08	2
9	69.28	36.08	76.25	36.81	2
10	10.00	14.45	26.11	21.31	3
11	26.11	21.31	61.72	32.31	3
12	61.72	32.31	69.28	32.58	3
13	69.28	32.58	76.25	33.31	3
14	10.00	7.95	26.11	14.31	4
15	26.11	14.31	61.72	25.81	4
16	61.72	25.81	69.28	26.08	4
17	69.28	26.08	76.25	26.81	4

Default Y-Origin = 0.00(m)  
 Default X-Plus Value = 0.00(m)  
 Default Y-Plus Value = 0.00(m)

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kN/m3)	Saturated Unit Wt. (kN/m3)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. (kPa)	Pressure Constant (kPa)	Piez. Surface No.
1	19.0	19.0	5.0	10.0	0.40	0.0	0
2	19.8	19.8	14.0	10.0	0.40	0.0	0
3	19.8	19.8	35.0	20.0	0.00	0.0	1
4	19.4	19.4	25.0	30.0	0.00	0.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.81(kN/m3)  
 Piezometric Surface No. 1 Specified by 6 Coordinate Points  
 Pore Pressure Inclination Factor = 0.50

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	9.95
2	26.11	16.31
3	47.21	23.50
4	61.72	27.81
5	69.28	28.08

6 76.25 28.81  
 BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (kPa)	Deflection (deg)
1	61.72	69.28	10.0	0.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.  
 A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.  
 5000 Trial Surfaces Have Been Generated.  
 100 Surface(s) Initiate(s) From Each Of 50 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 40.00(m) and X = 45.00(m)  
 Each Surface Terminates Between X = 55.00(m) and X = 62.00(m)  
 Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 0.00(m)  
 2.00(m) Line Segments Define Each Trial Failure Surface.  
 Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Evaluated. They Are Ordered - Most Critical First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*  
 Total Number of Trial Surfaces Evaluated = 5000  
 Statistical Data On All Valid FS Values:  
 FS Max = 5.171 FS Min = 1.009 FS Ave = 1.859  
 Standard Deviation = 0.611 Coefficient of Variation = 32.90 %

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.20	31.32
2	42.20	31.24
3	44.20	31.28
4	46.19	31.45
5	48.17	31.74
6	50.13	32.16
7	52.06	32.69
8	53.95	33.35
9	55.79	34.12
10	57.59	35.00
11	59.32	35.99
12	60.99	37.09
13	61.96	37.82

Circle Center At X = 42.50 ; Y = 63.36 ; and Radius = 32.12

Factor of Safety  
 \*\*\* 1.009 \*\*\*

Individual data on the 14 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (kN)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force		Surcharge Load (kN)
			Top (kN)	Bot (kN)	Norm (kN)	Tan (kN)	Hor (kN)	Ver (kN)	
1	2.0	13.7	0.0	5.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
2	2.0	38.7	0.0	15.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
3	2.0	58.7	0.0	23.6	0.	0.	0.0	0.0	0.0
4	1.0	36.1	0.0	14.6	0.	0.	0.0	0.0	0.0
5	1.0	37.2	0.0	15.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
6	2.0	81.0	0.0	33.1	0.	0.	0.0	0.0	0.0
7	1.9	83.3	0.0	34.6	0.	0.	0.0	0.0	0.0
8	1.9	80.4	0.0	34.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
9	1.8	72.7	0.0	31.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
10	1.8	60.6	0.0	27.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
11	1.7	44.7	0.0	20.6	0.	0.	0.0	0.0	0.0
12	1.7	25.6	0.0	12.3	0.	0.	0.0	0.0	0.0
13	0.7	4.6	0.0	2.3	0.	0.	0.0	0.0	0.0
14	0.2	0.4	0.0	0.2	0.	0.	0.0	0.0	2.4

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point	X-Surf	Y-Surf
-------	--------	--------

No.	(m)	(m)
1	40.00	31.25
2	42.00	31.18
3	44.00	31.24
4	45.99	31.41
5	47.97	31.70
6	49.93	32.11
7	51.85	32.64
8	53.75	33.29
9	55.60	34.05
10	57.40	34.92
11	59.14	35.89
12	60.83	36.98
13	61.98	37.82

Circle Center At X = 42.15 ; Y = 64.19 ; and Radius = 33.00

Factor of Safety

\*\*\* 1.009 \*\*\*

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point	X-Surf	Y-Surf
No.	(m)	(m)
1	40.00	31.25
2	42.00	31.16
3	44.00	31.20
4	45.99	31.37
5	47.97	31.67
6	49.92	32.09
7	51.85	32.63
8	53.73	33.30
9	55.57	34.09
10	57.35	35.00
11	59.07	36.02
12	60.72	37.15
13	61.48	37.74

Circle Center At X = 42.40 ; Y = 62.20 ; and Radius = 31.04

Factor of Safety

\*\*\* 1.019 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point	X-Surf	Y-Surf
No.	(m)	(m)
1	40.10	31.29
2	42.10	31.13
3	44.10	31.13
4	46.09	31.29
5	48.06	31.60
6	50.01	32.07
7	51.91	32.69
8	53.76	33.46
9	55.54	34.36
10	57.25	35.41
11	58.87	36.58
12	59.57	37.18

Circle Center At X = 43.09 ; Y = 56.52 ; and Radius = 25.41

Factor of Safety

\*\*\* 1.027 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point	X-Surf	Y-Surf
No.	(m)	(m)
1	40.00	31.25
2	41.99	31.04
3	43.99	31.02
4	45.98	31.17
5	47.96	31.50
6	49.89	32.01
7	51.77	32.68
8	53.58	33.53
9	55.31	34.54
10	56.94	35.69

11            58.22            36.78  
 Circle Center At X =    43.31 ; Y =    53.18 ; and Radius =    22.18  
 Factor of Safety  
 \*\*\*    1.030    \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.71	31.48
2	42.71	31.36
3	44.71	31.38
4	46.70	31.54
5	48.68	31.84
6	50.63	32.28
7	52.54	32.87
8	54.41	33.58
9	56.22	34.43
10	57.97	35.40
11	59.64	36.50
12	61.15	37.64

Circle Center At X =    43.45 ; Y =    59.39 ; and Radius =    28.04  
 Factor of Safety  
 \*\*\*    1.030    \*\*\*

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.41	31.38
2	42.41	31.28
3	44.41	31.32
4	46.40	31.49
5	48.37	31.79
6	50.33	32.23
7	52.24	32.80
8	54.12	33.49
9	55.94	34.31
10	57.71	35.26
11	59.40	36.32
12	61.02	37.49
13	61.24	37.67

Circle Center At X =    42.90 ; Y =    60.84 ; and Radius =    29.56  
 Factor of Safety  
 \*\*\*    1.033    \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	42.35	32.00
2	44.34	31.86
3	46.34	31.86
4	48.34	32.01
5	50.31	32.32
6	52.26	32.77
7	54.17	33.38
8	56.02	34.12
9	57.82	35.01
10	59.54	36.03
11	61.18	37.17
12	61.96	37.82

Circle Center At X =    45.31 ; Y =    58.00 ; and Radius =    26.16  
 Factor of Safety  
 \*\*\*    1.035    \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.51	31.42
2	42.50	31.23
3	44.50	31.21
4	46.50	31.37
5	48.47	31.70

6	50.41	32.20
7	52.29	32.86
8	54.12	33.68
9	55.86	34.66
10	57.52	35.78
11	59.05	37.03

Circle Center At X = 43.68 ; Y = 54.38 ; and Radius = 23.19  
Factor of Safety  
\*\*\* 1.040 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	41.02	31.58
2	43.02	31.43
3	45.02	31.44
4	47.01	31.61
5	48.98	31.92
6	50.93	32.39
7	52.83	33.01
8	54.68	33.77
9	56.47	34.67
10	58.18	35.71
11	59.80	36.87
12	60.49	37.45

Circle Center At X = 43.91 ; Y = 57.22 ; and Radius = 25.81  
Factor of Safety  
\*\*\* 1.043 \*\*\*  
\*\*\*\* END OF GSTABL7 OUTPUT \*\*\*\*



\*\*\* GSTABL7 \*\*\*

\*\* GSTABL7 by Garry H. Gregory, P.E. \*\*

\*\* Original Version 1.0, January 1996; Current Version 2.003, June 2002 \*\*  
 (All Rights Reserved-Unauthorized Use Prohibited)

\*\*\*\*\*

SLOPE STABILITY ANALYSIS SYSTEM

Modified Bishop, Simplified Janbu, or GLE Method of Slices.  
 (Includes Spencer & Morgenstern-Price Type Analysis)  
 Including Pier/Pile, Reinforcement, Soil Nail, Tieback,  
 Nonlinear Undrained Shear Strength, Curved Phi Envelope,  
 Anisotropic Soil, Fiber-Reinforced Soil, Boundary Loads, Water  
 Surfaces, Pseudo-Static & Newmark Earthquake, and Applied Forces.

\*\*\*\*\*

Analysis Run Date: 1/7/2016  
 Time of Run: 09:23pm  
 Run By: A.Konstantinidis  
 Input Data Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_22.in  
 Output Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_22.OUT  
 Unit System: SI  
 Plotted Output Filename: C:\Naousa\New\new tom 22\tomi\_22  
 PROBLEM DESCRIPTION: Apokatastasi Odou Naousa  
 - Arxiki Diatomi

BOUNDARY COORDINATES

6 Top Boundaries  
 19 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	10.00	15.00	21.32	18.60	1
2	21.32	18.60	40.95	25.26	1
3	40.95	25.26	53.95	29.50	1
4	53.95	29.50	60.23	29.84	1
5	60.23	29.84	63.72	30.03	1
6	63.72	30.03	75.58	33.78	1
7	10.00	13.18	29.48	19.60	2
8	29.48	19.60	53.27	27.45	2
9	53.27	27.45	58.54	27.83	2
10	58.54	27.83	64.03	28.22	2
11	64.03	28.22	75.58	31.80	2
12	10.00	9.58	47.65	22.00	3
13	47.65	22.00	53.10	23.80	3
14	53.10	23.80	55.28	23.94	3
15	55.28	23.94	61.10	24.31	3
16	61.10	24.31	75.58	28.80	3
17	10.00	4.30	49.94	17.14	4
18	49.94	17.14	64.03	18.22	4
19	64.03	18.22	75.58	21.80	4

Default Y-Origin = 0.00(m)  
 Default X-Plus Value = 0.00(m)  
 Default Y-Plus Value = 0.00(m)

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kN/m3)	Saturated Unit Wt. (kN/m3)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kPa)	Piez. Surface No.
1	19.0	19.0	5.0	10.0	0.40	0.0	0
2	19.8	19.8	14.0	10.0	0.40	0.0	0
3	19.8	19.8	35.0	20.0	0.00	0.0	1
4	19.4	19.4	25.0	30.0	0.00	0.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.81(kN/m3)

Piezometric Surface No. 1 Specified by 4 Coordinate Points

Pore Pressure Inclination Factor = 0.50

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	6.29
2	48.94	19.14
3	64.03	20.22

4 75.58 23.80  
BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (kPa)	Deflection (deg)
1	53.95	63.72	10.0	0.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.  
A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.  
5000 Trial Surfaces Have Been Generated.

100 Surface(s) Initiate(s) From Each Of 50 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 20.00(m) and X = 30.00(m)  
Each Surface Terminates Between X = 46.00(m) and X = 54.00(m)

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 0.00(m)  
2.00(m) Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Evaluated. They Are Ordered - Most Critical First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Total Number of Trial Surfaces Evaluated = 5000

Statistical Data On All Valid FS Values:

FS Max = 3.123 FS Min = 1.006 FS Ave = 2.134  
Standard Deviation = 0.726 Coefficient of Variation = 34.02 %

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.61	18.37
2	22.57	17.96
3	24.55	17.66
4	26.54	17.49
5	28.54	17.43
6	30.54	17.50
7	32.53	17.68
8	34.50	17.99
9	36.46	18.42
10	38.38	18.96
11	40.27	19.62
12	42.12	20.39
13	43.91	21.27
14	45.65	22.26
15	47.33	23.35
16	48.93	24.54
17	50.46	25.83
18	51.91	27.21
19	53.28	28.67
20	53.97	29.50

Circle Center At X = 28.45 ; Y = 50.43 ; and Radius = 33.00

Factor of Safety

\*\*\* 1.006 \*\*\*

Individual data on the 25 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (kN)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force		
			Top (kN)	Bot (kN)	Norm (kN)	Tan (kN)	Hor (kN)	Ver (kN)	Surcharge Load (kN)
1	0.7	2.5	0.0	1.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
2	1.2	17.1	0.0	7.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
3	1.3	35.1	0.0	14.2	0.	0.	0.0	0.0	0.0
4	0.6	23.2	0.0	9.4	0.	0.	0.0	0.0	0.0
5	2.0	94.2	0.0	37.8	0.	0.	0.0	0.0	0.0
6	2.0	126.0	0.0	50.4	0.	0.	0.0	0.0	0.0
7	0.9	68.9	0.0	27.6	0.	0.	0.0	0.0	0.0
8	1.1	83.7	0.0	33.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
9	2.0	173.7	0.0	69.8	0.	0.	0.0	0.0	0.0

10	2.0	189.1	0.0	76.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
11	2.0	198.6	0.0	81.3	0.	0.	0.0	0.0	0.0
12	1.9	202.2	0.0	84.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
13	1.9	200.1	0.0	84.8	0.	0.	0.0	0.0	0.0
14	0.7	71.3	0.0	30.9	0.	0.	0.0	0.0	0.0
15	1.2	121.0	0.0	52.4	0.	0.	0.0	0.0	0.0
16	1.8	178.9	0.0	79.7	0.	0.	0.0	0.0	0.0
17	1.7	160.9	0.0	74.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
18	1.7	139.0	0.0	66.4	0.	0.	0.0	0.0	0.0
19	1.6	113.9	0.0	56.7	0.	0.	0.0	0.0	0.0
20	1.5	86.5	0.0	45.2	0.	0.	0.0	0.0	0.0
21	1.1	46.8	0.0	25.8	0.	0.	0.0	0.0	0.0
22	0.3	10.9	0.0	6.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
23	1.4	29.1	0.0	17.0	0.	0.	0.0	0.0	0.0
24	0.7	4.0	0.0	2.5	0.	0.	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.	0.0	0.0	0.2

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.61	18.37
2	22.57	17.95
3	24.54	17.65
4	26.54	17.47
5	28.53	17.41
6	30.53	17.47
7	32.52	17.66
8	34.50	17.97
9	36.45	18.40
10	38.38	18.95
11	40.26	19.61
12	42.10	20.39
13	43.89	21.29
14	45.63	22.29
15	47.29	23.39
16	48.89	24.60
17	50.41	25.90
18	51.84	27.29
19	53.19	28.77
20	53.72	29.43

Circle Center At X = 28.49 ; Y = 49.90 ; and Radius = 32.50

Factor of Safety

\*\*\* 1.007 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	21.63	18.71
2	23.58	18.26
3	25.56	17.94
4	27.55	17.75
5	29.55	17.69
6	31.55	17.76
7	33.54	17.95
8	35.51	18.27
9	37.46	18.71
10	39.38	19.28
11	41.25	19.98
12	43.08	20.79
13	44.86	21.71
14	46.57	22.75
15	48.21	23.89
16	49.77	25.14
17	51.25	26.48
18	52.64	27.92
19	53.94	29.44
20	53.98	29.50

Circle Center At X = 29.53 ; Y = 48.90 ; and Radius = 31.21

Factor of Safety

\*\*\* 1.014 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.41	18.31
2	22.37	17.93
3	24.36	17.67
4	26.35	17.53
5	28.35	17.50
6	30.35	17.58
7	32.34	17.79
8	34.31	18.10
9	36.27	18.54
10	38.19	19.08
11	40.08	19.73
12	41.93	20.50
13	43.73	21.37
14	45.48	22.34
15	47.17	23.41
16	48.79	24.58
17	50.34	25.84
18	51.82	27.19
19	53.22	28.62
20	53.98	29.50

Circle Center At X = 27.86 ; Y = 51.90 ; and Radius = 34.41

Factor of Safety

\*\*\* 1.015 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.82	18.44
2	22.78	18.04
3	24.76	17.77
4	26.75	17.61
5	28.75	17.57
6	30.75	17.66
7	32.74	17.86
8	34.71	18.18
9	36.66	18.62
10	38.59	19.17
11	40.47	19.84
12	42.31	20.63
13	44.10	21.52
14	45.84	22.51
15	47.51	23.61
16	49.11	24.81
17	50.64	26.10
18	52.09	27.48
19	53.45	28.94
20	53.89	29.48

Circle Center At X = 28.38 ; Y = 50.85 ; and Radius = 33.28

Factor of Safety

\*\*\* 1.017 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.20	18.25
2	22.16	17.84
3	24.14	17.56
4	26.14	17.40
5	28.14	17.35
6	30.13	17.43
7	32.12	17.64
8	34.10	17.96
9	36.05	18.40
10	37.97	18.96
11	39.85	19.63

12	41.69	20.42
13	43.48	21.31
14	45.21	22.32
15	46.87	23.43
16	48.47	24.63
17	49.99	25.93
18	51.43	27.32
19	52.78	28.80
20	53.13	29.23

Circle Center At X = 27.82 ; Y = 50.25 ; and Radius = 32.90

Factor of Safety  
 \*\*\* 1.017 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.61	18.37
2	22.57	17.97
3	24.55	17.69
4	26.54	17.52
5	28.54	17.48
6	30.54	17.56
7	32.53	17.76
8	34.51	18.09
9	36.46	18.53
10	38.38	19.09
11	40.26	19.76
12	42.10	20.55
13	43.88	21.45
14	45.61	22.45
15	47.28	23.56
16	48.87	24.77
17	50.39	26.07
18	51.82	27.47
19	53.17	28.94
20	53.51	29.35

Circle Center At X = 28.23 ; Y = 50.32 ; and Radius = 32.84

Factor of Safety  
 \*\*\* 1.017 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	20.20	18.25
2	22.16	17.82
3	24.14	17.52
4	26.13	17.34
5	28.13	17.28
6	30.13	17.34
7	32.12	17.53
8	34.09	17.83
9	36.05	18.26
10	37.97	18.80
11	39.86	19.47
12	41.70	20.24
13	43.49	21.13
14	45.23	22.13
15	46.90	23.23
16	48.50	24.43
17	50.02	25.72
18	51.46	27.11
19	52.82	28.58
20	53.43	29.33

Circle Center At X = 28.10 ; Y = 49.91 ; and Radius = 32.64

Factor of Safety  
 \*\*\* 1.018 \*\*\*

Failure Surface Specified By 20 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
-----------	------------	------------

1	20.61	18.37
2	22.57	17.99
3	24.56	17.72
4	26.55	17.57
5	28.55	17.54
6	30.55	17.63
7	32.54	17.83
8	34.51	18.15
9	36.46	18.59
10	38.39	19.15
11	40.27	19.81
12	42.11	20.59
13	43.91	21.47
14	45.65	22.46
15	47.32	23.55
16	48.93	24.74
17	50.47	26.02
18	51.93	27.39
19	53.30	28.84
20	53.82	29.46

Circle Center At X = 28.09 ; Y = 51.27 ; and Radius = 33.73

Factor of Safety

\*\*\* 1.018 \*\*\*

Failure Surface Specified By 19 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	21.22	18.57
2	23.20	18.85
3	25.18	19.17
4	27.14	19.54
5	29.10	19.95
6	31.05	20.41
7	32.99	20.90
8	34.91	21.45
9	36.83	22.03
10	38.73	22.65
11	40.61	23.32
12	42.48	24.03
13	44.34	24.78
14	46.17	25.57
15	47.99	26.40
16	49.79	27.27
17	51.57	28.18
18	53.33	29.13
19	53.98	29.50

Circle Center At X = 9.56 ; Y = 108.12 ; and Radius = 90.31

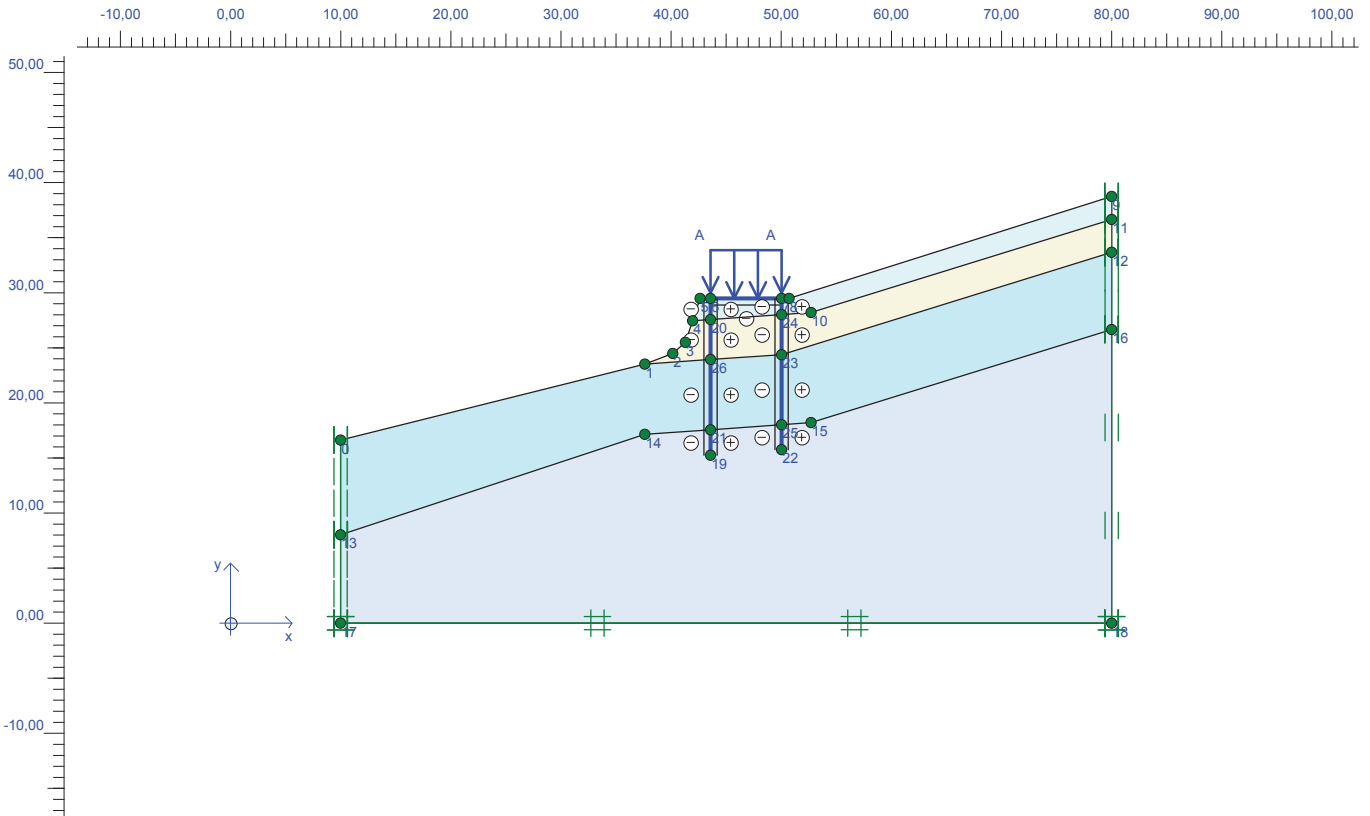
Factor of Safety

\*\*\* 1.022 \*\*\*

\*\*\*\* END OF GSTABL7 OUTPUT \*\*\*\*

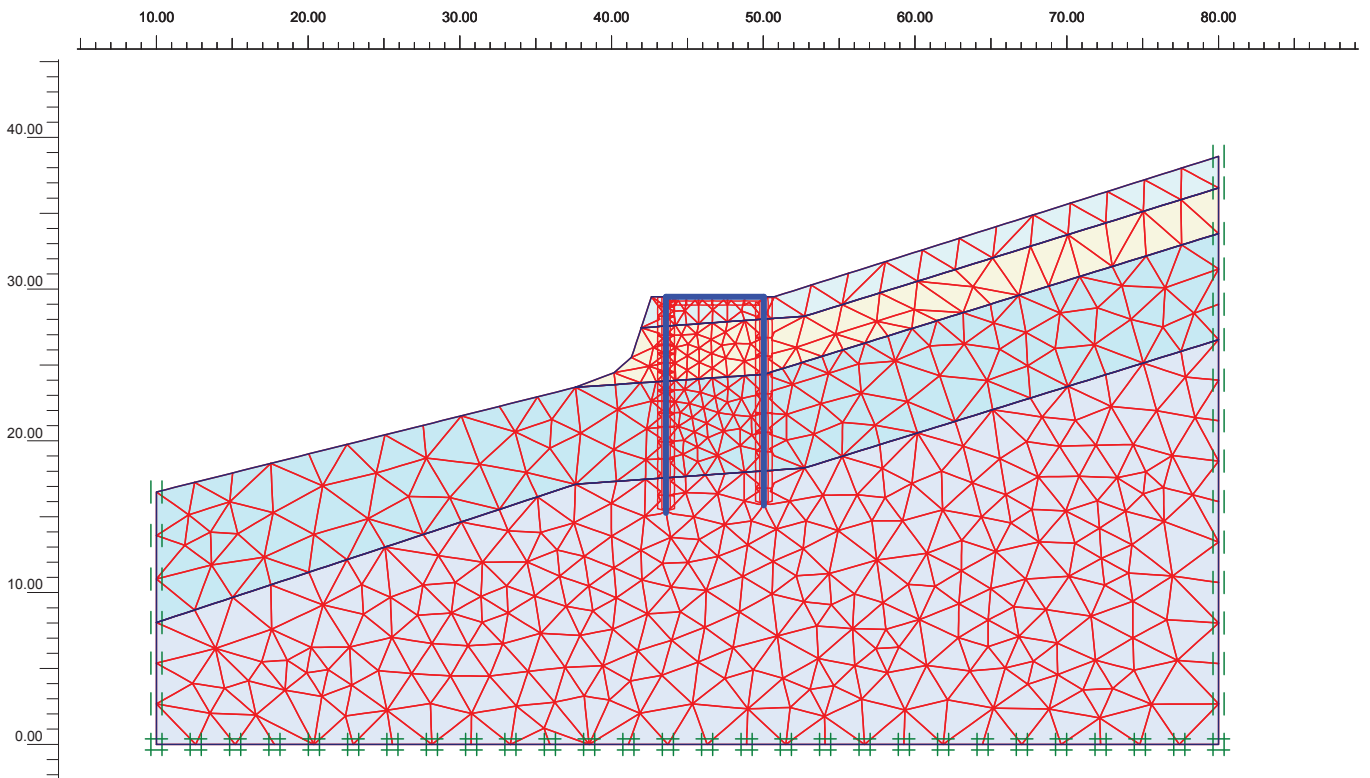
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ**



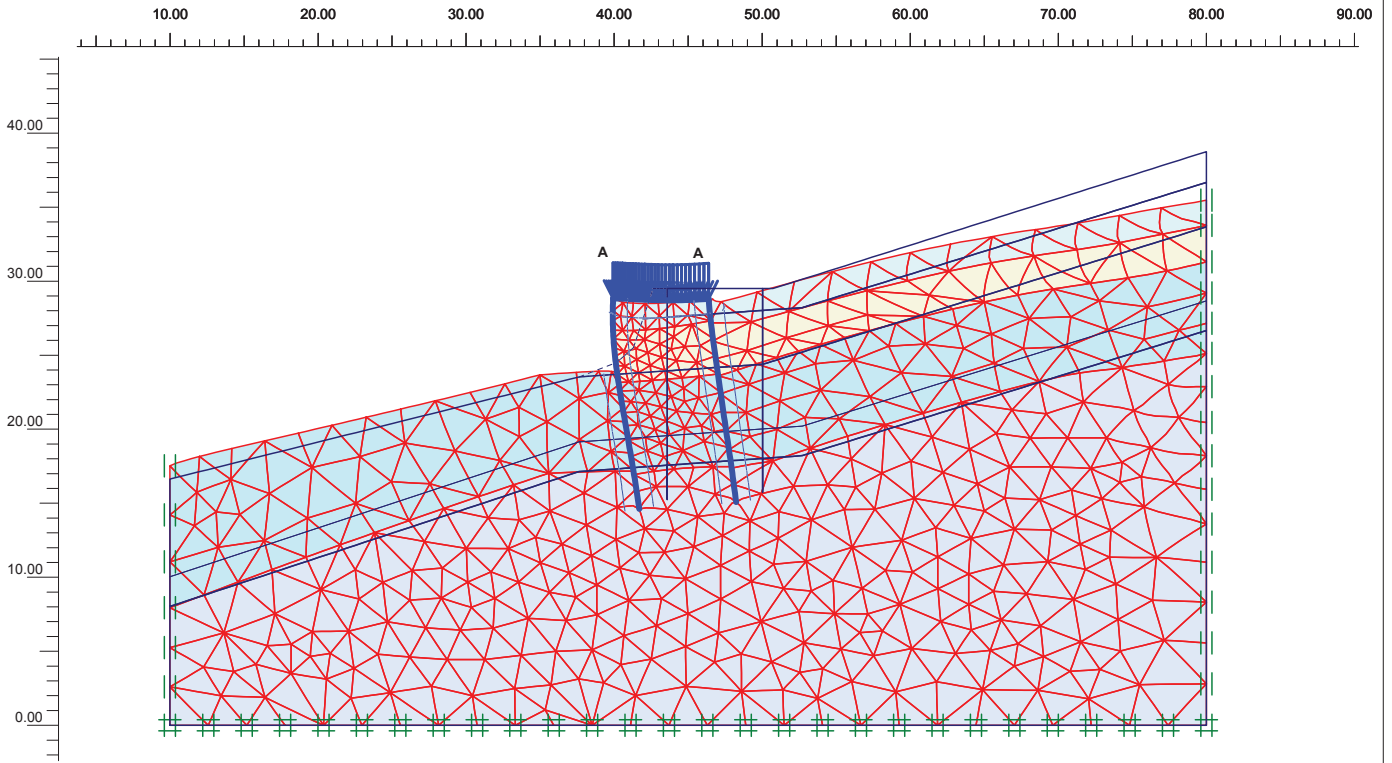
Project description			<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Date	User name		
Stability_Naousa_...	12/1/2016			

PLAXIS V8



Project description			<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Date	User name		
Stability_Naousa_...	12/01/16			

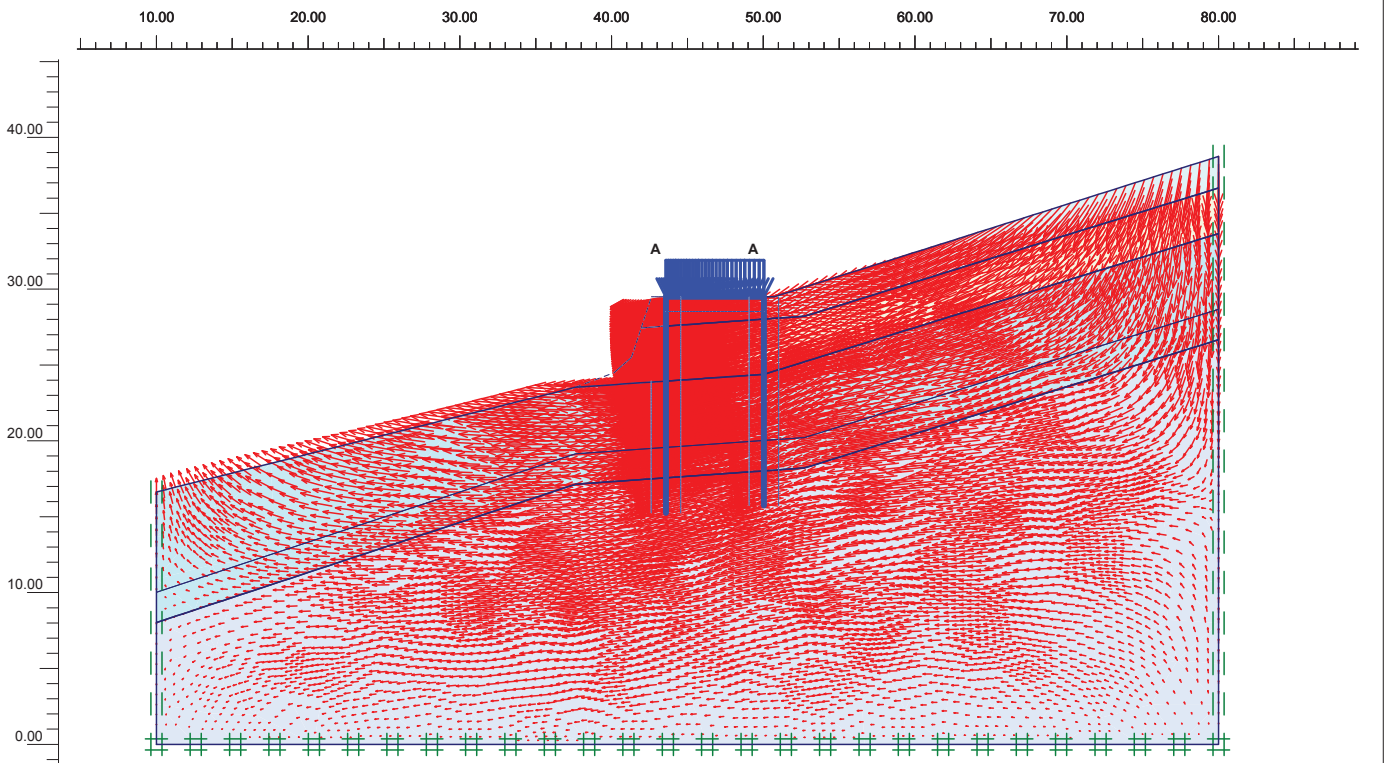




**Deformed Mesh**  
 Extreme total displacement  $18,92 \cdot 10^{-3}$  m  
 (displacements scaled up 200,00 times)



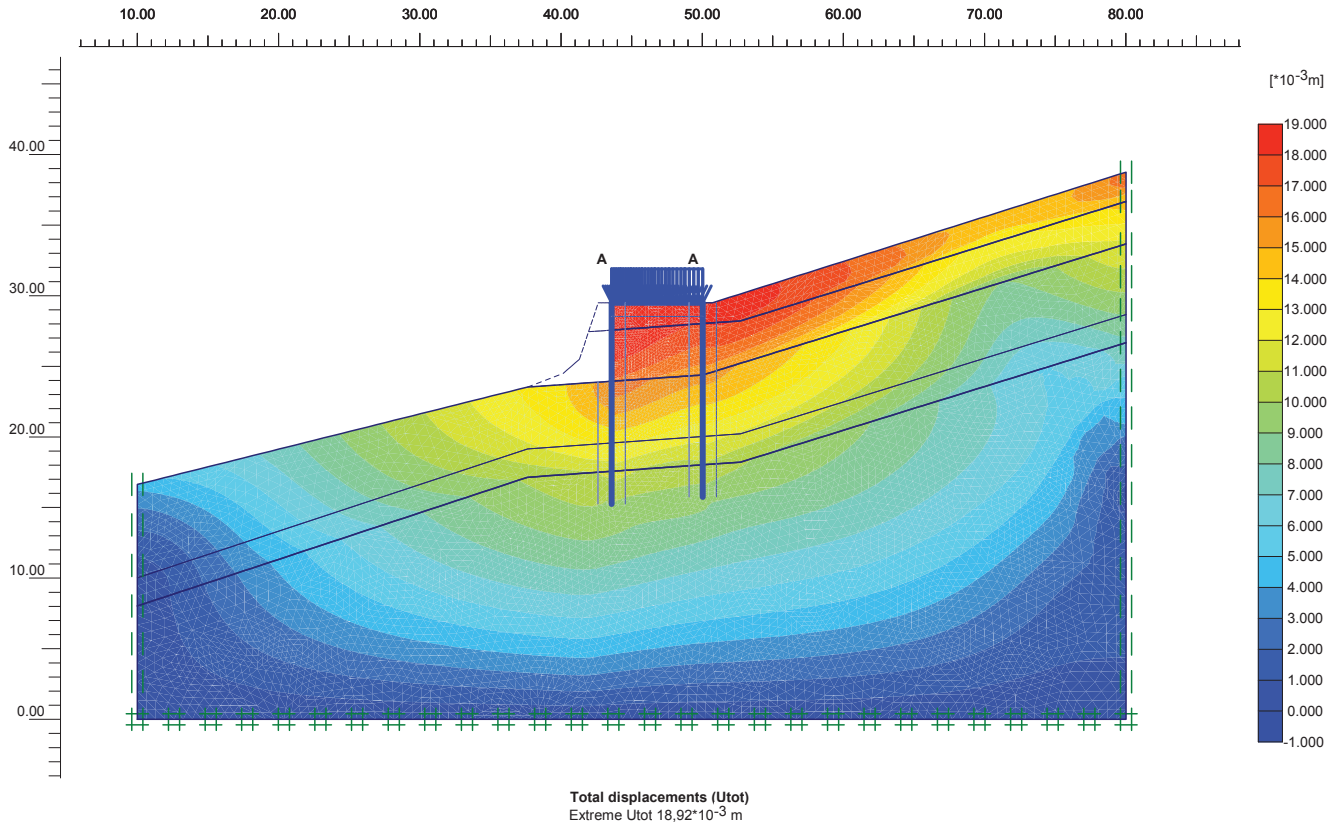
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



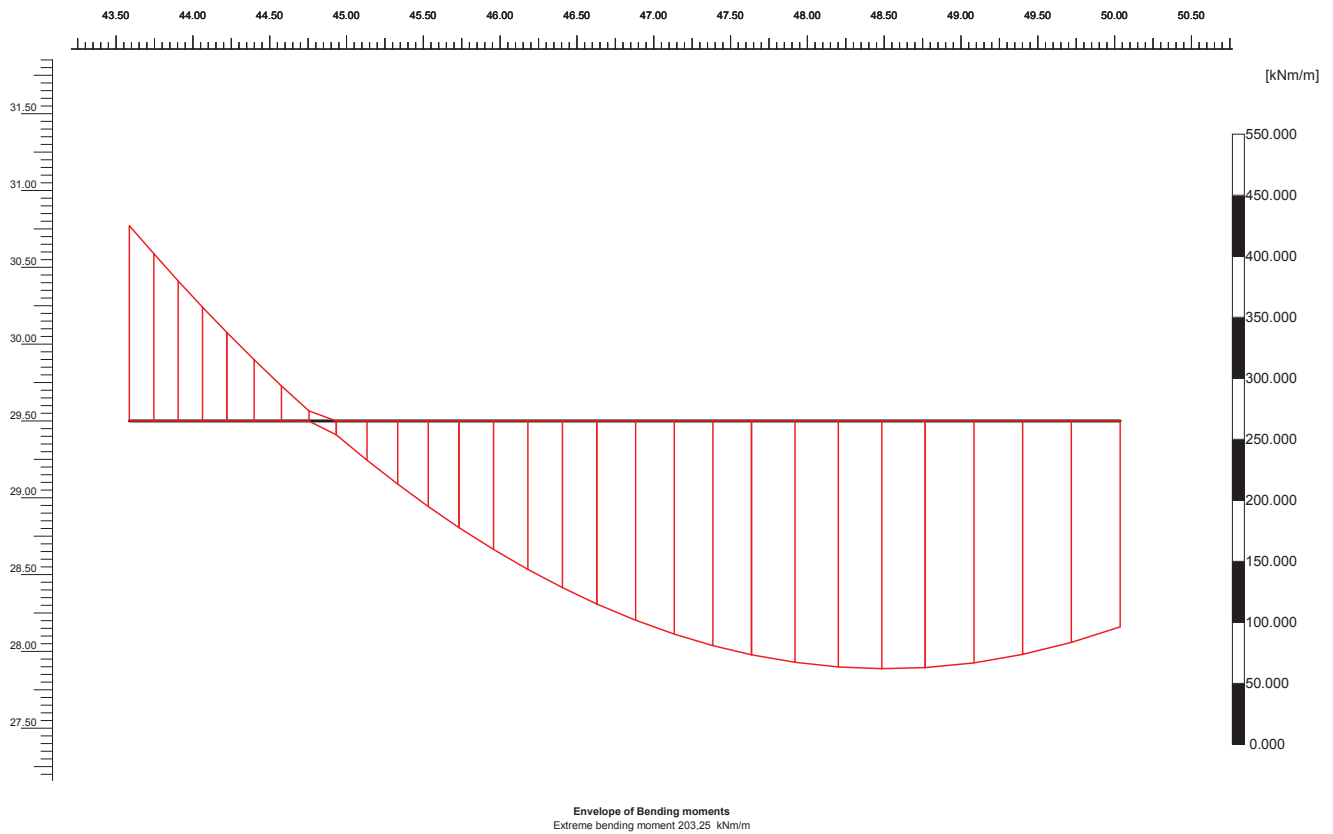
**Total displacements (Utot)**  
 Extreme Utot  $18,92 \cdot 10^{-3}$  m



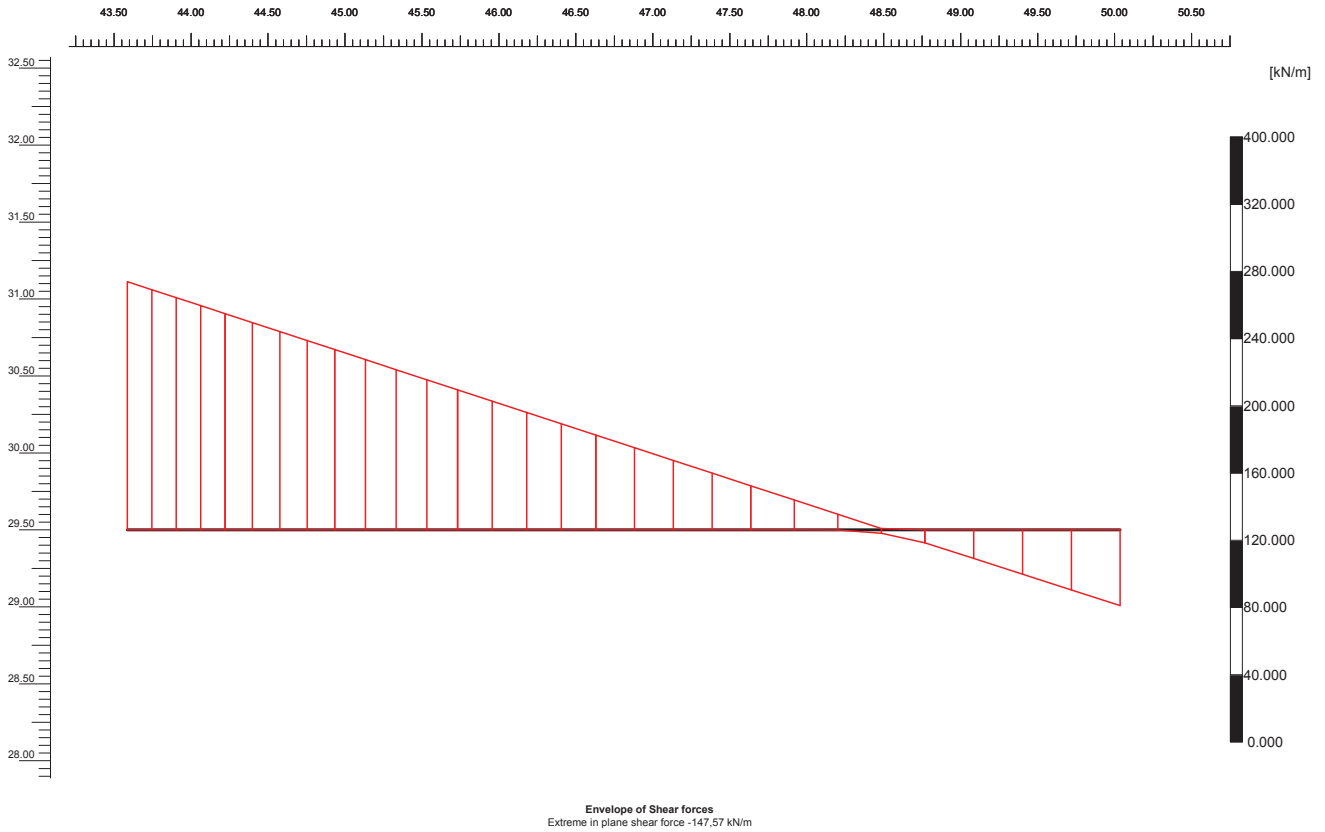
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



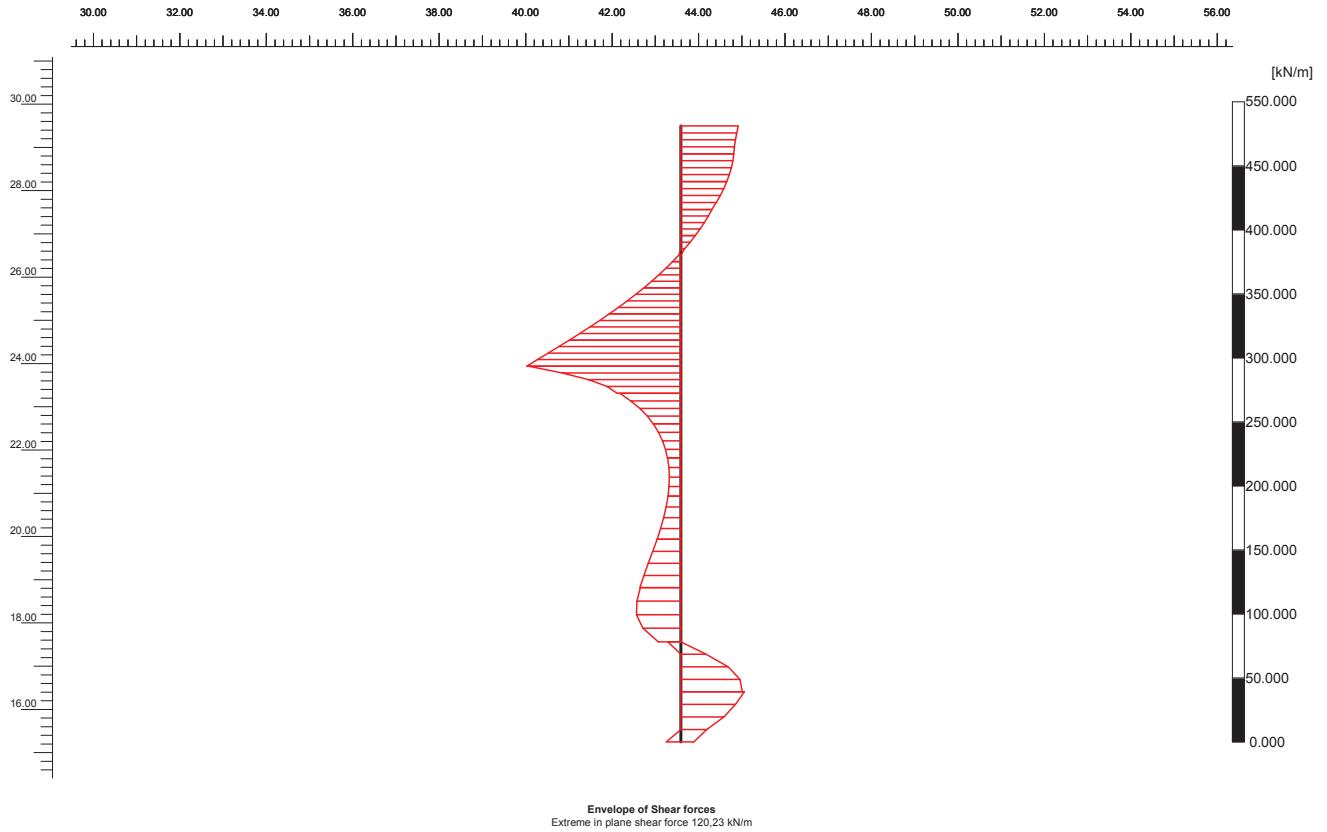
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



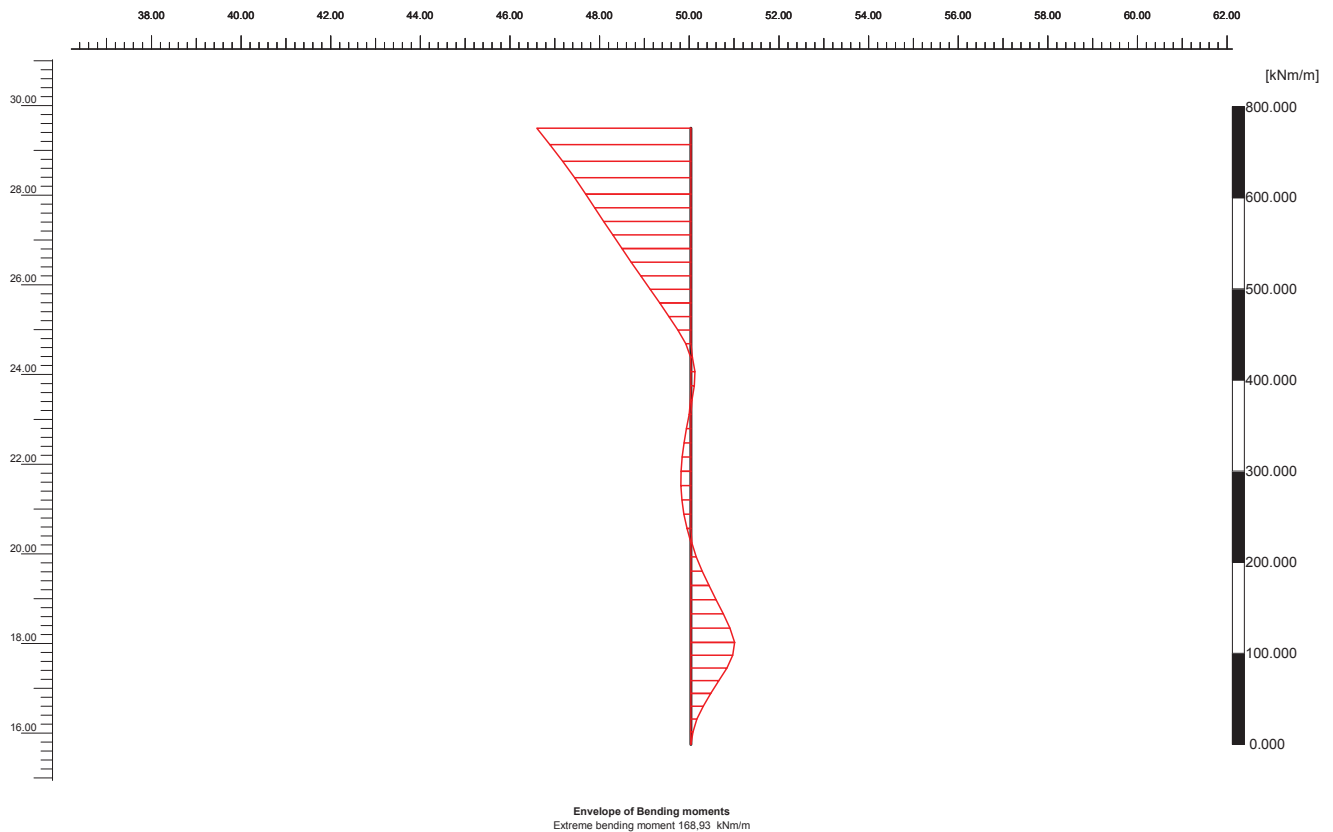
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



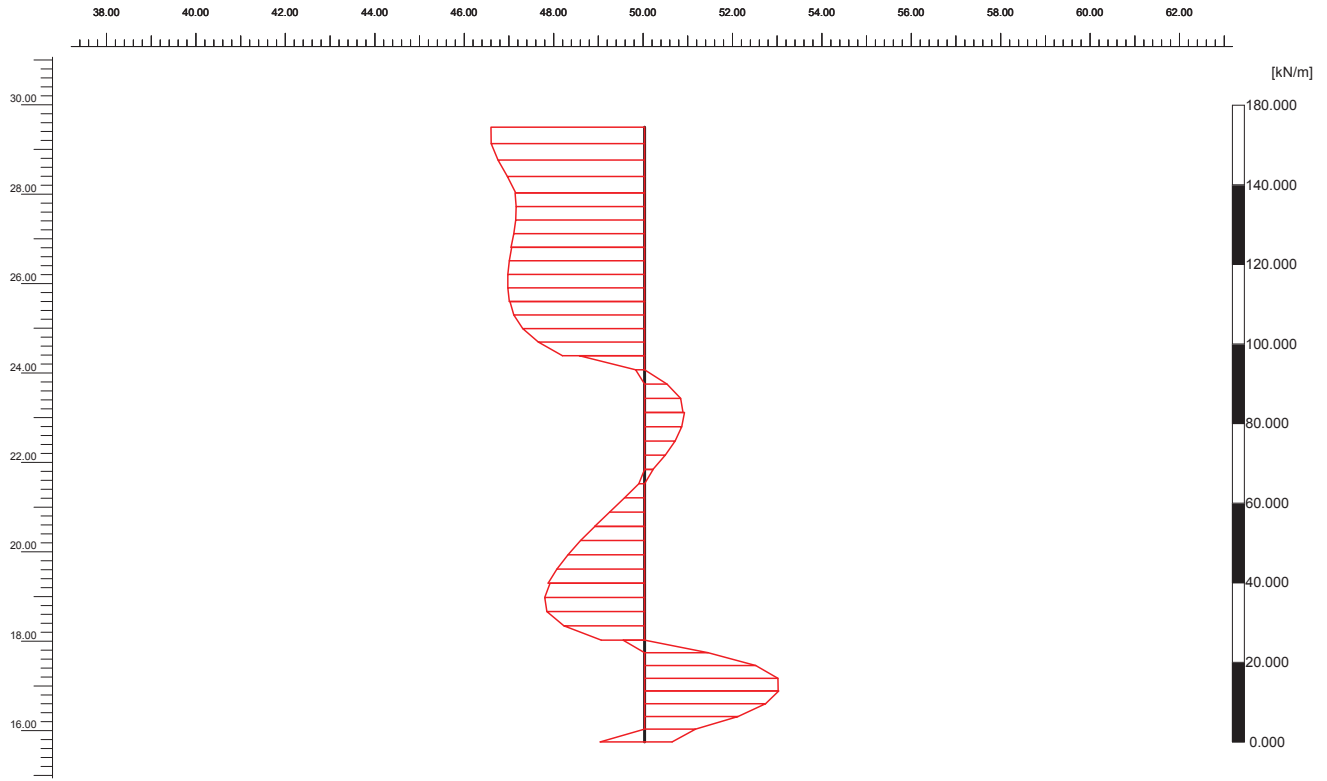
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



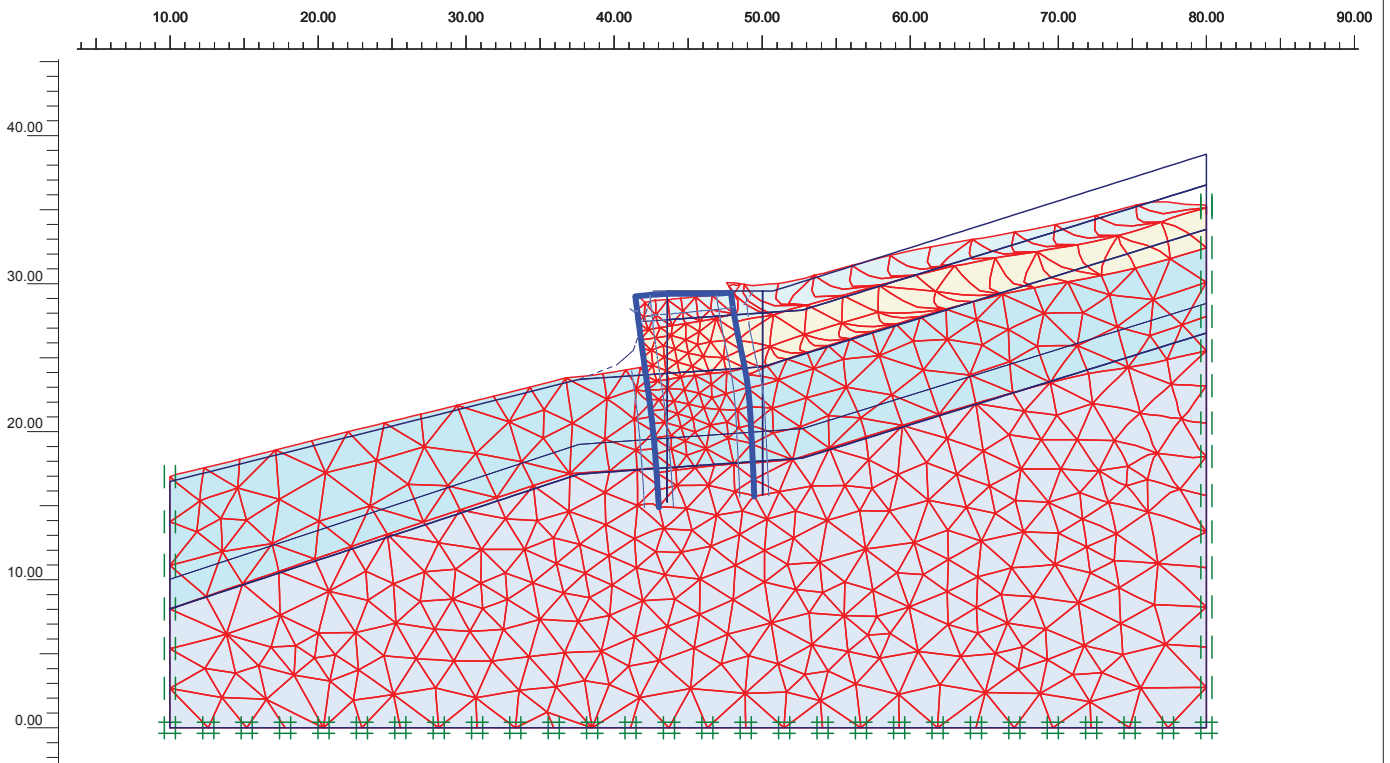
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



Envelope of Shear forces  
Extreme in plane shear force 38,61 kN/m



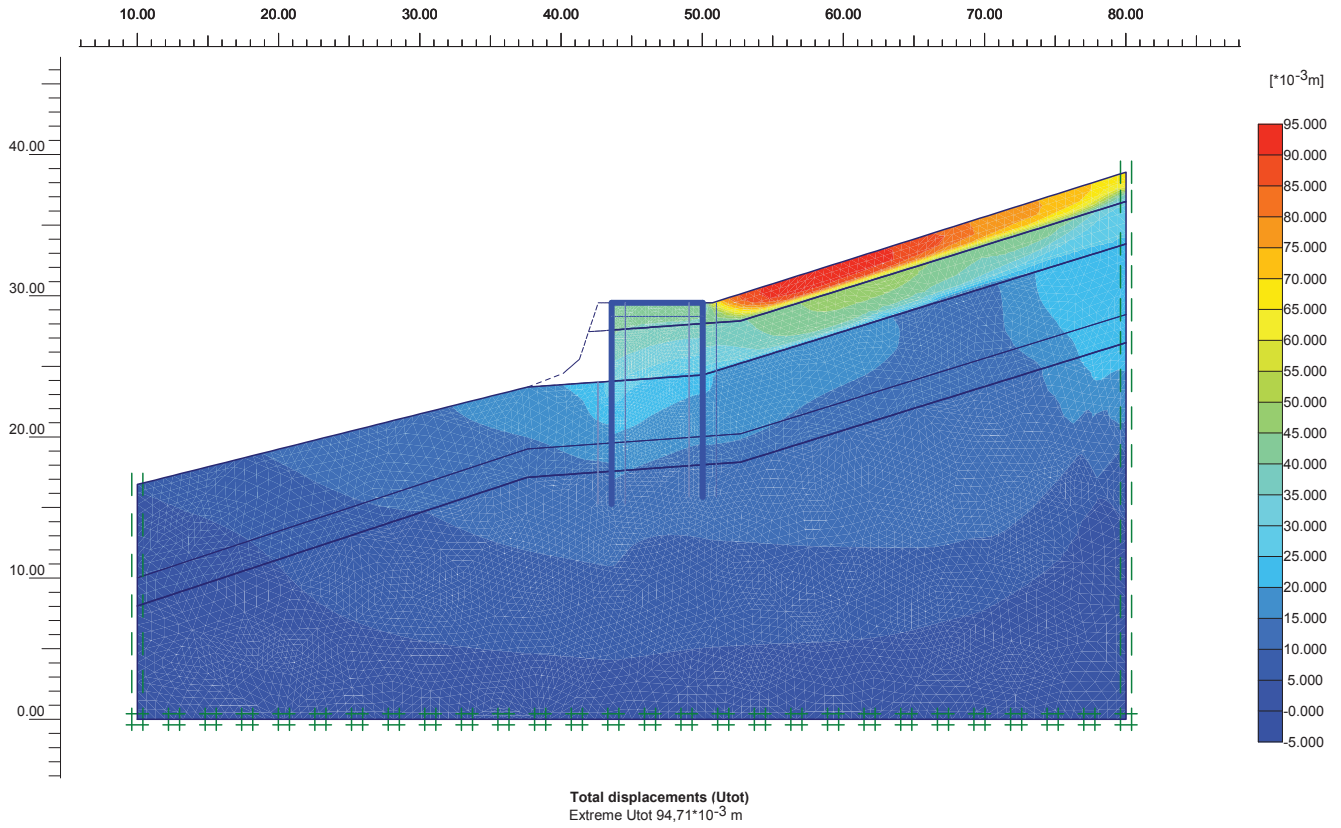
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	33	12/01/16			



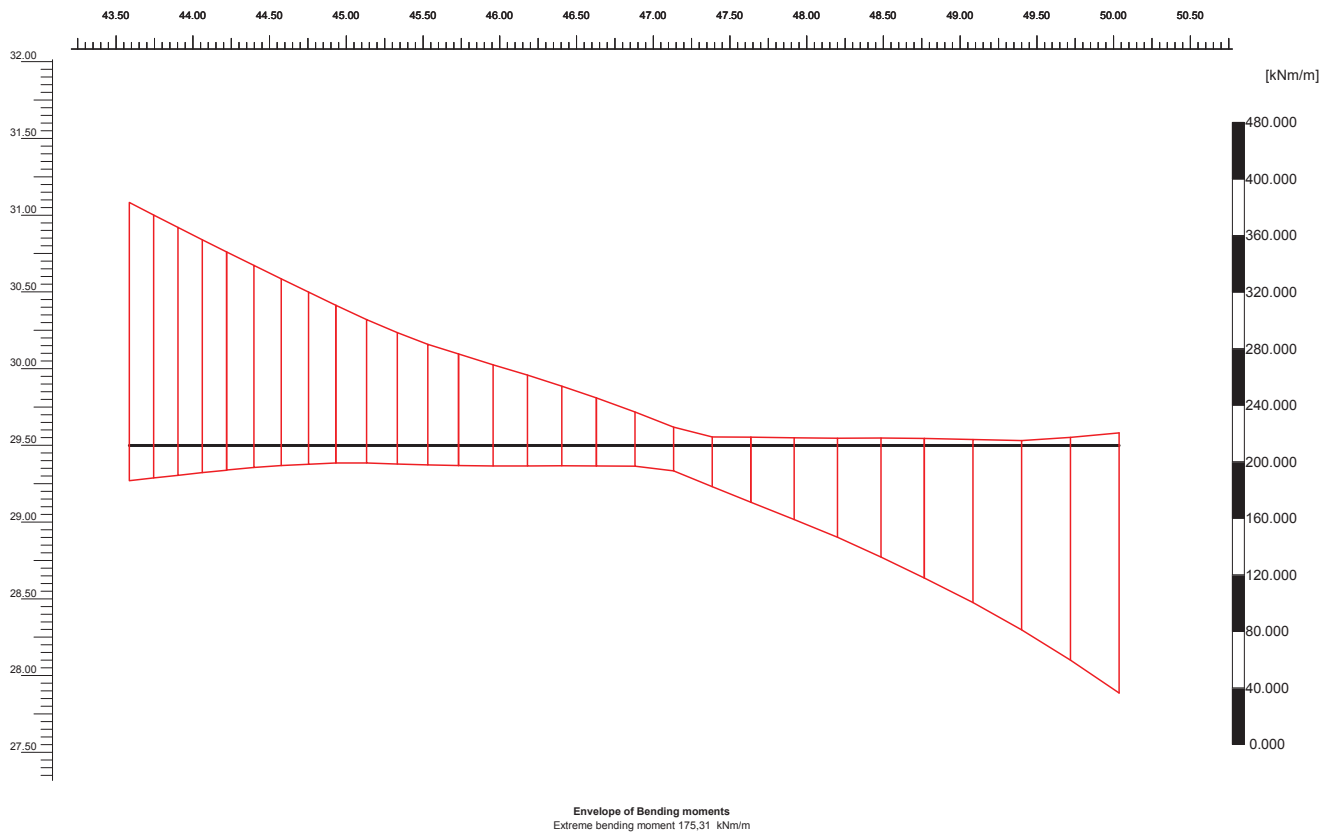
Deformed Mesh  
Extreme total displacement  $94,71 \cdot 10^{-3}$  m  
(displacements scaled up 50,00 times)



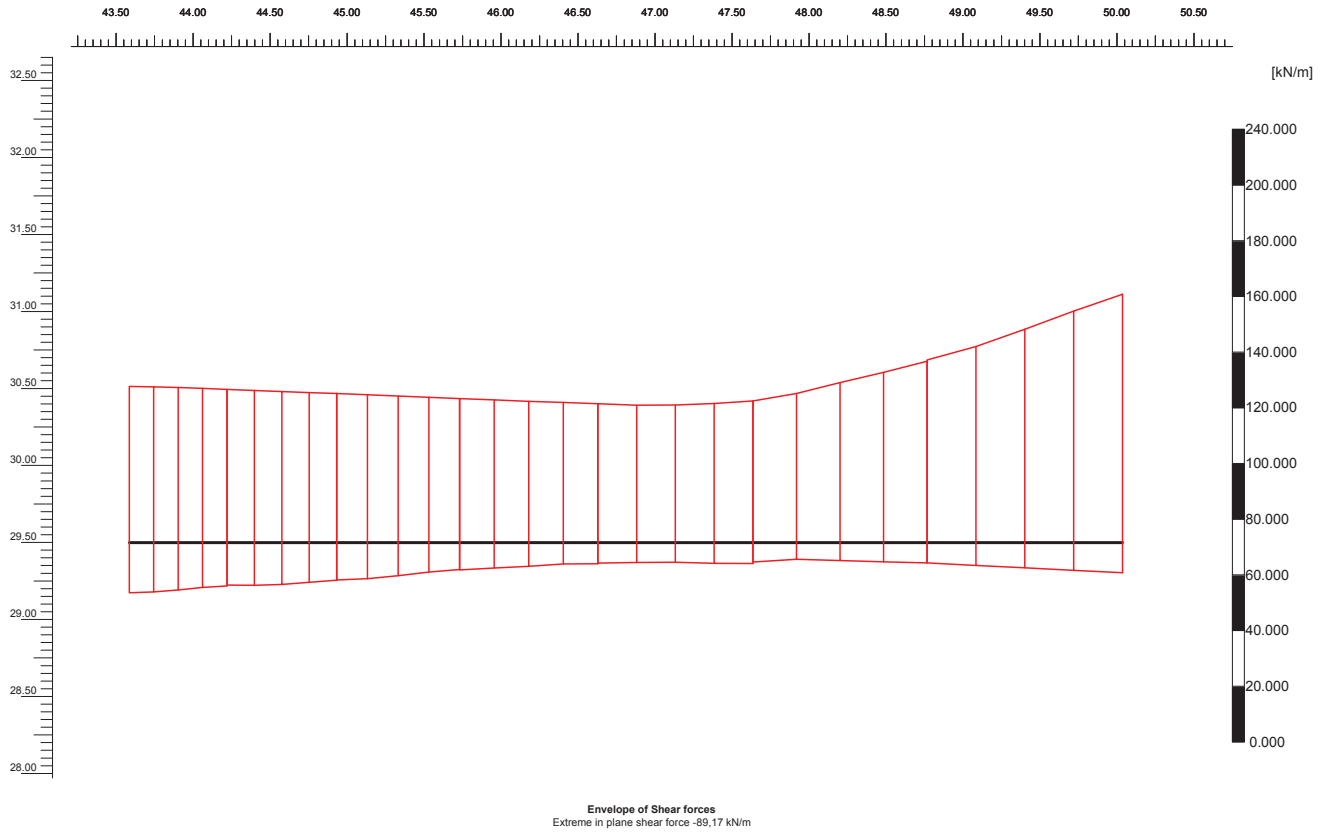
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



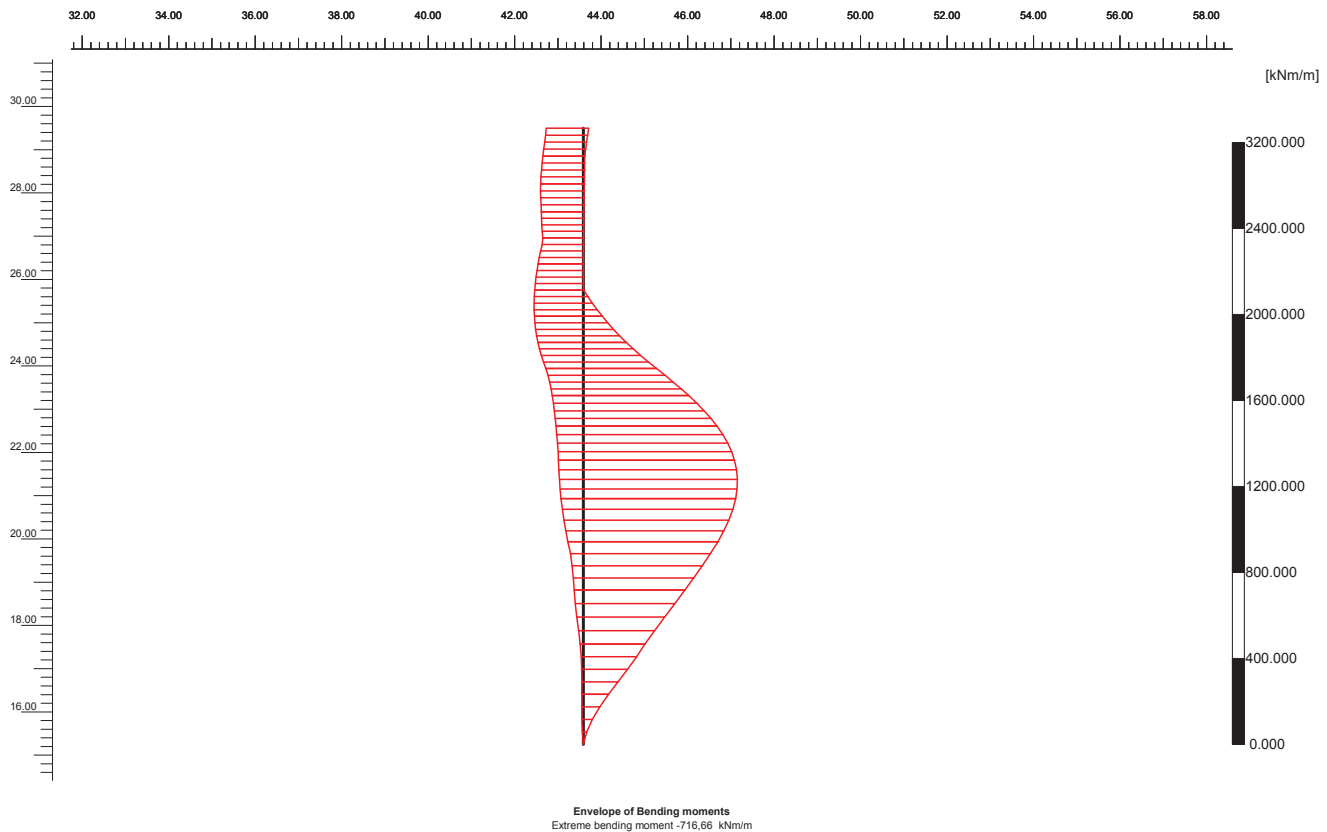
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



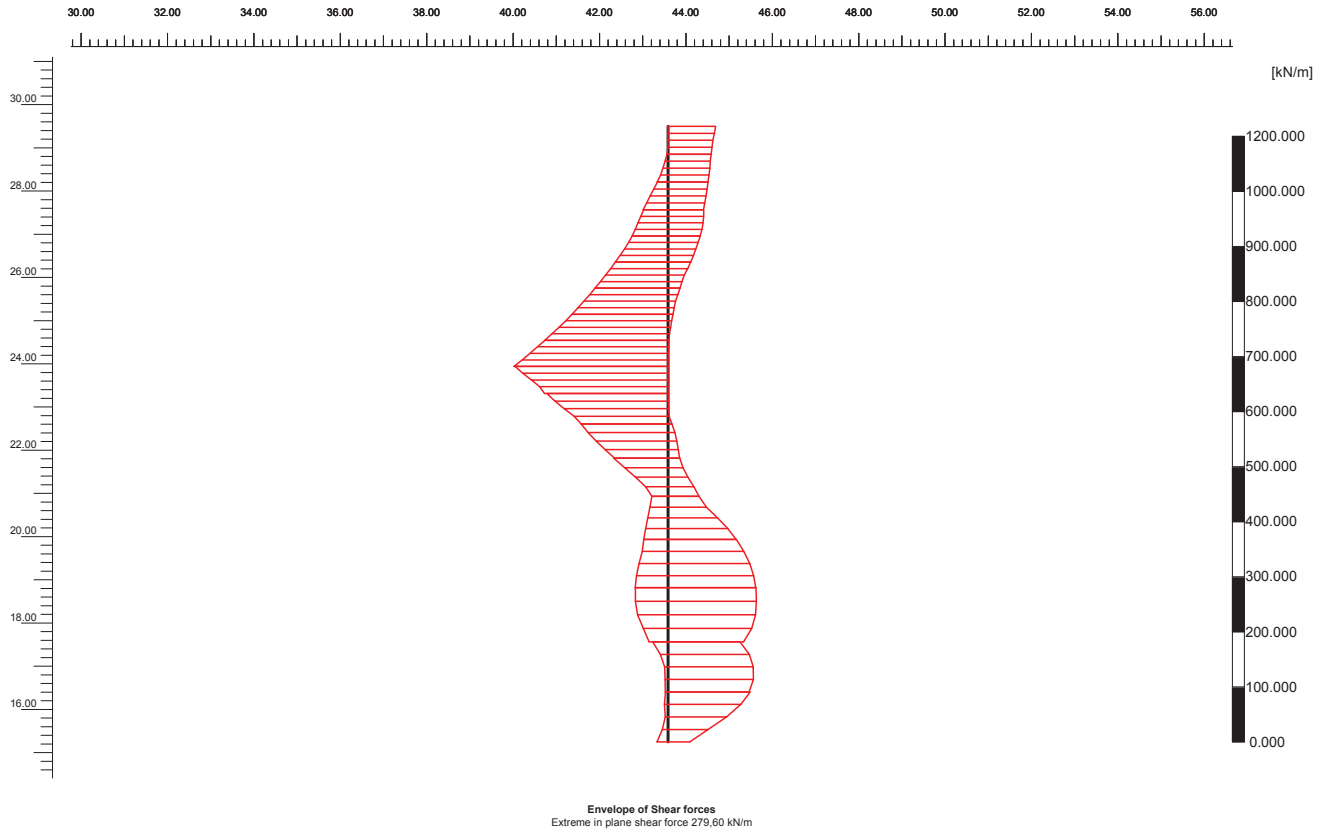
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



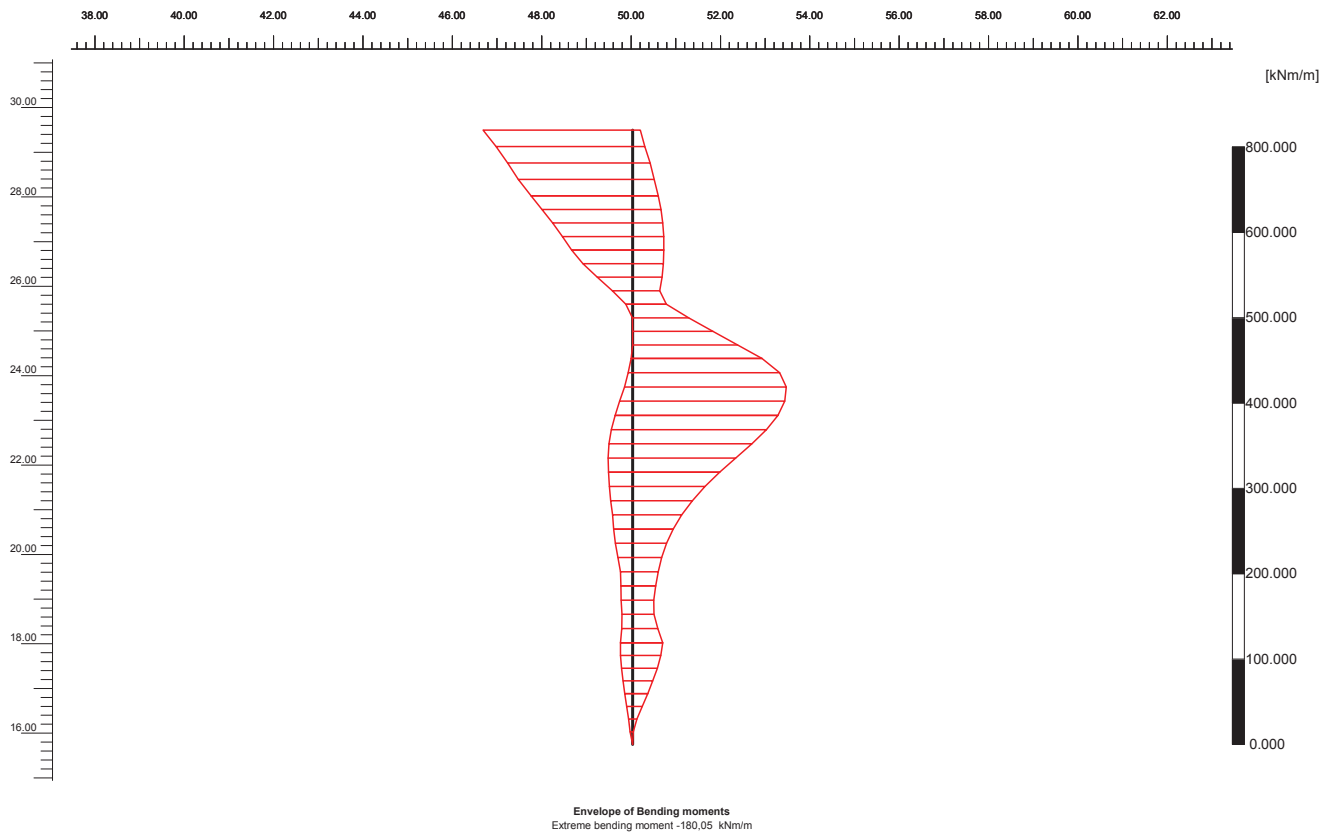
<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			

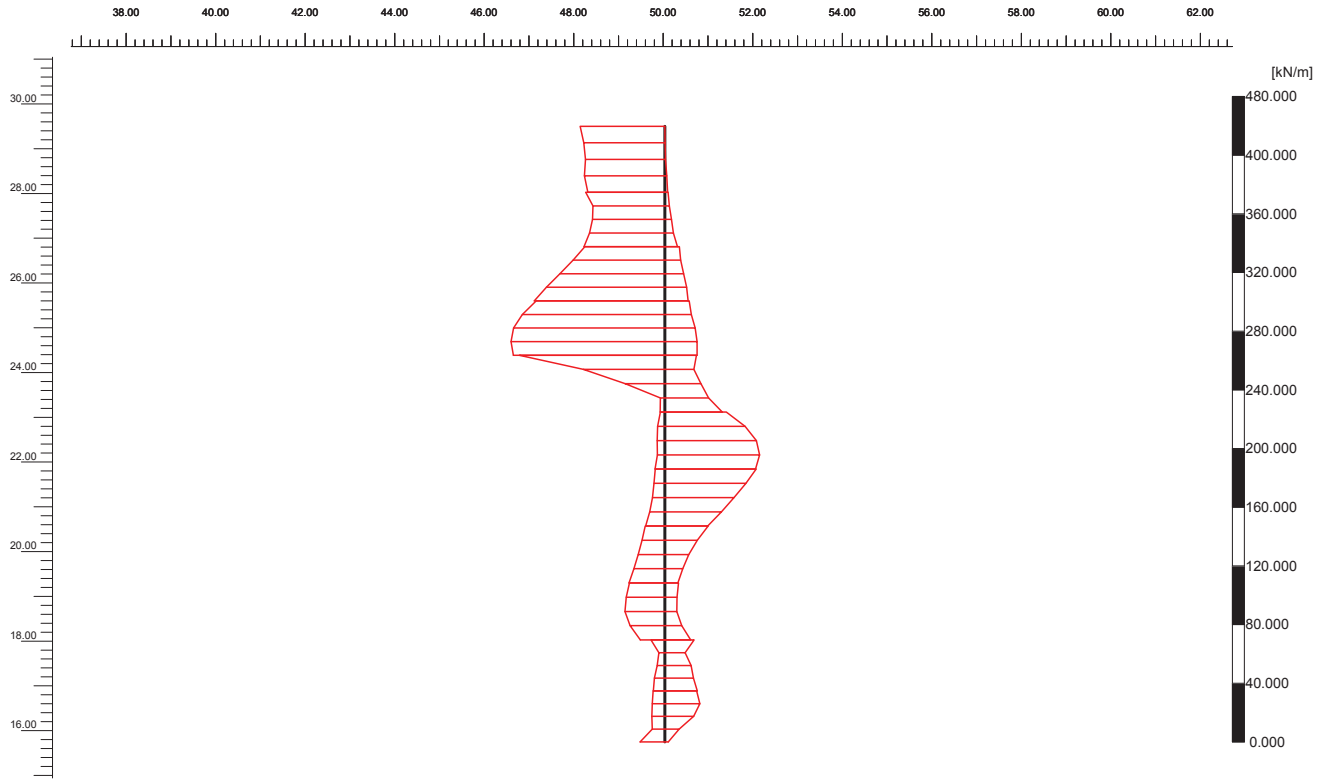


Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			

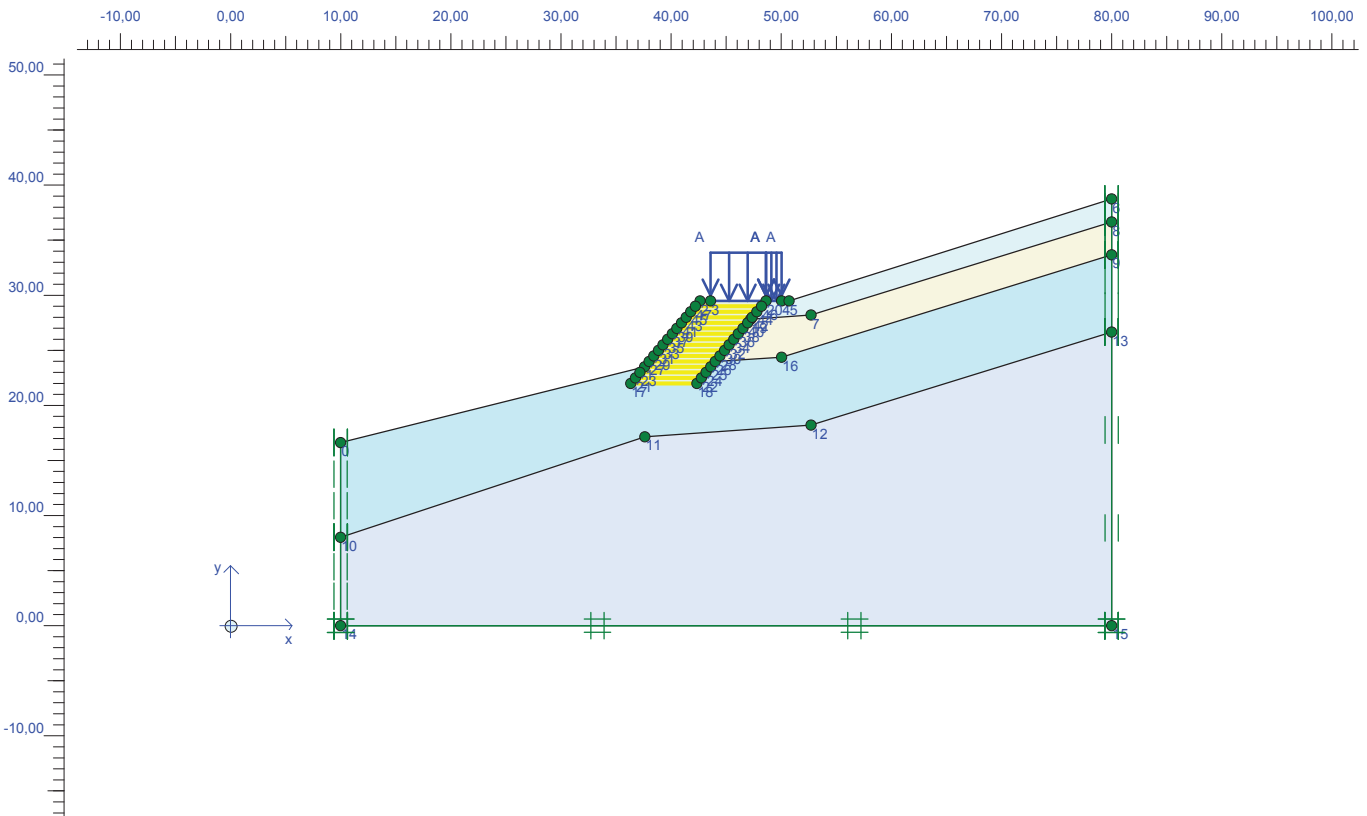




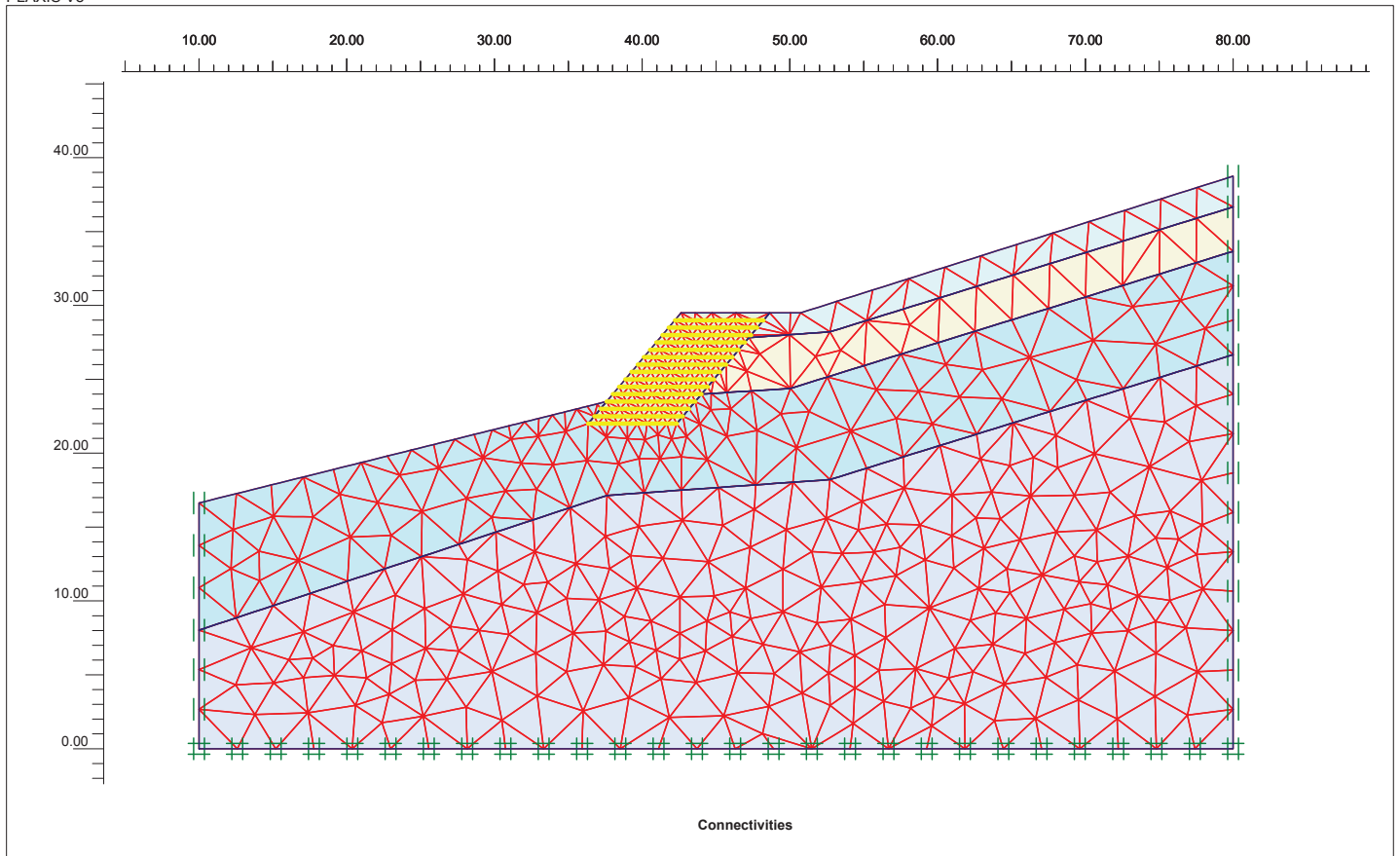
Envelope of Shear forces  
Extreme in plane shear force 104.77 kN/m



Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



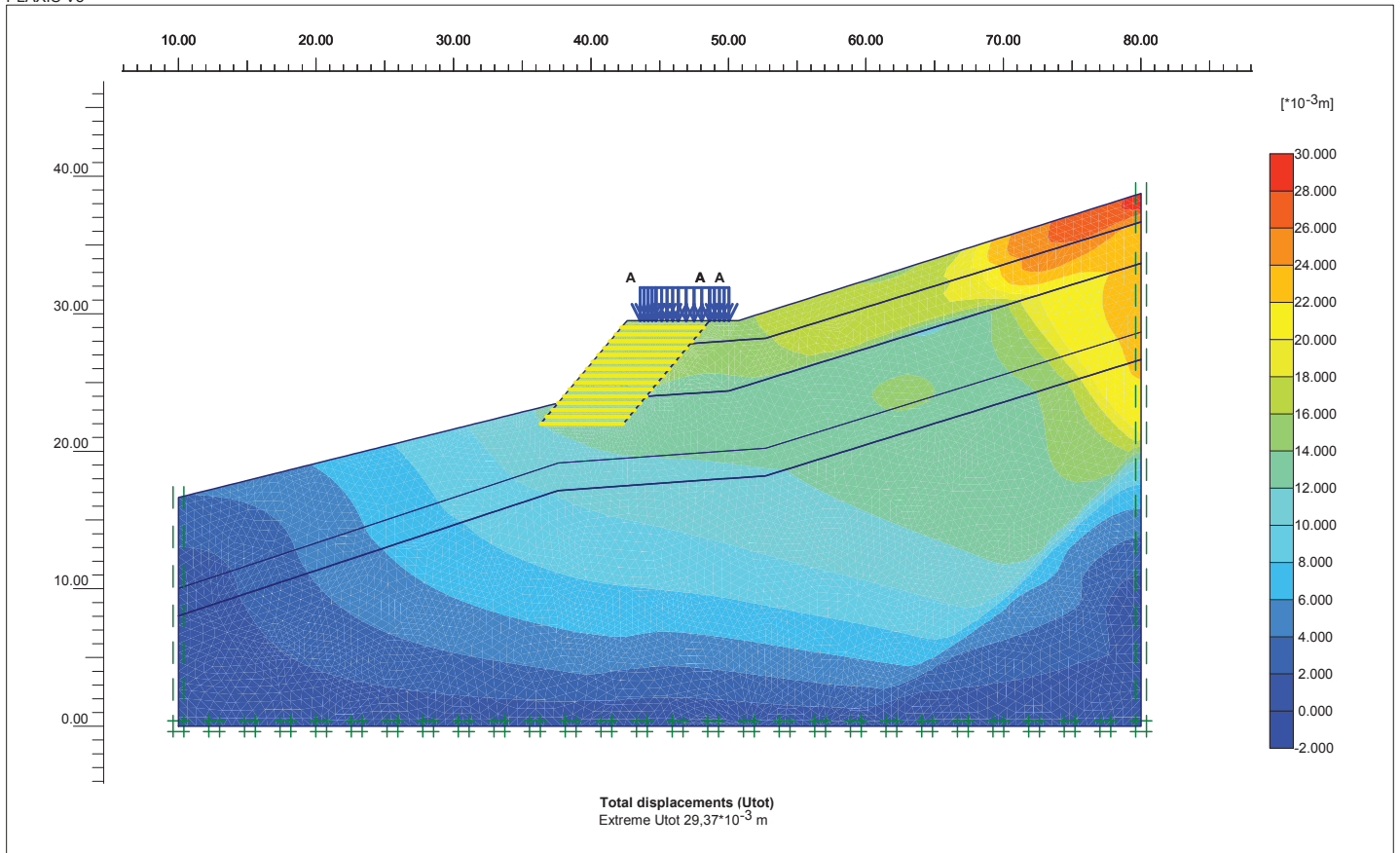
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Date	User name			
Stability_Naousa_...	12/1/2016				



Connectivities



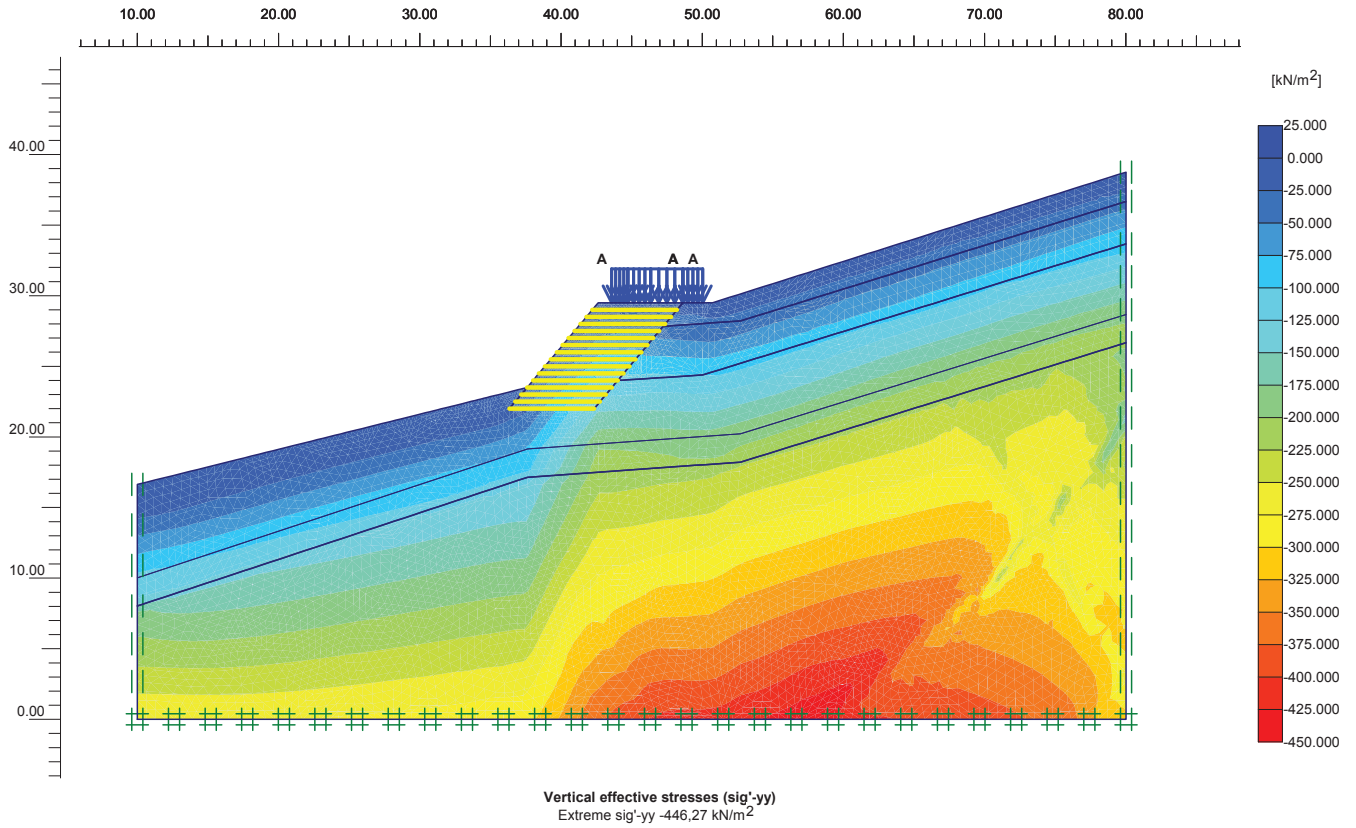
Project description		Stability_Naousa	
Project name	Date	User name	
	12/01/16		



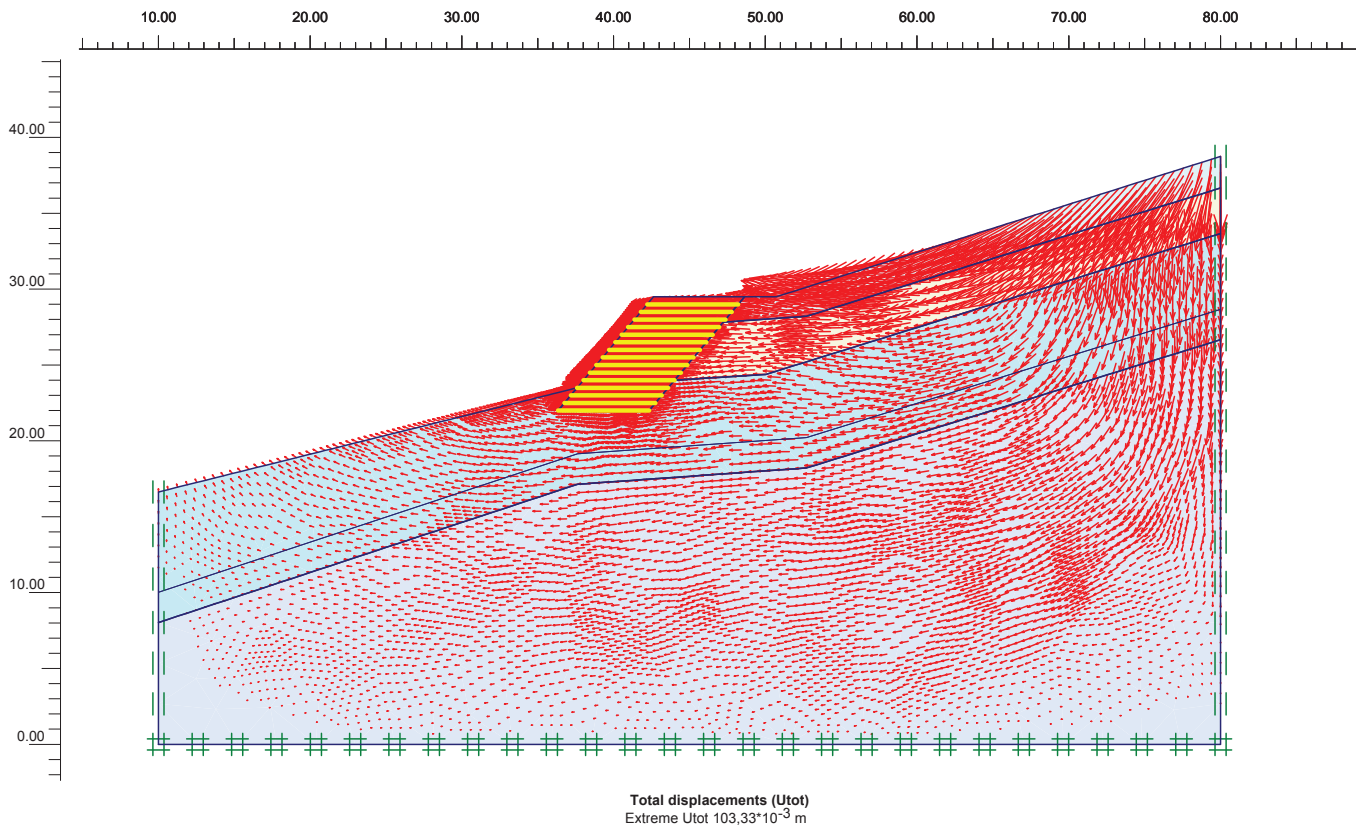
Total displacements (Utot)  
Extreme Utot 29,37\*10<sup>-3</sup> m



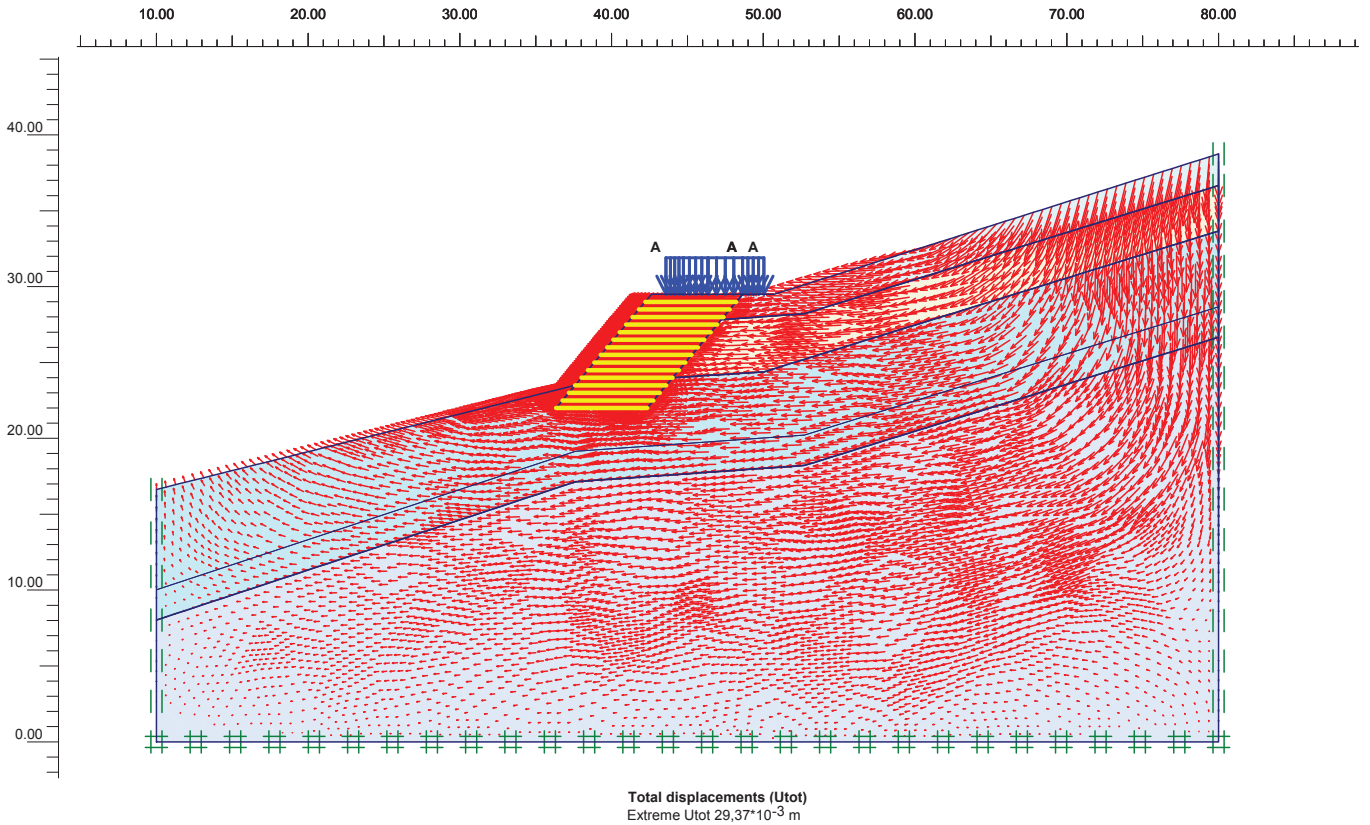
Project description		Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name
Stability_Naous...	21	13/01/16	



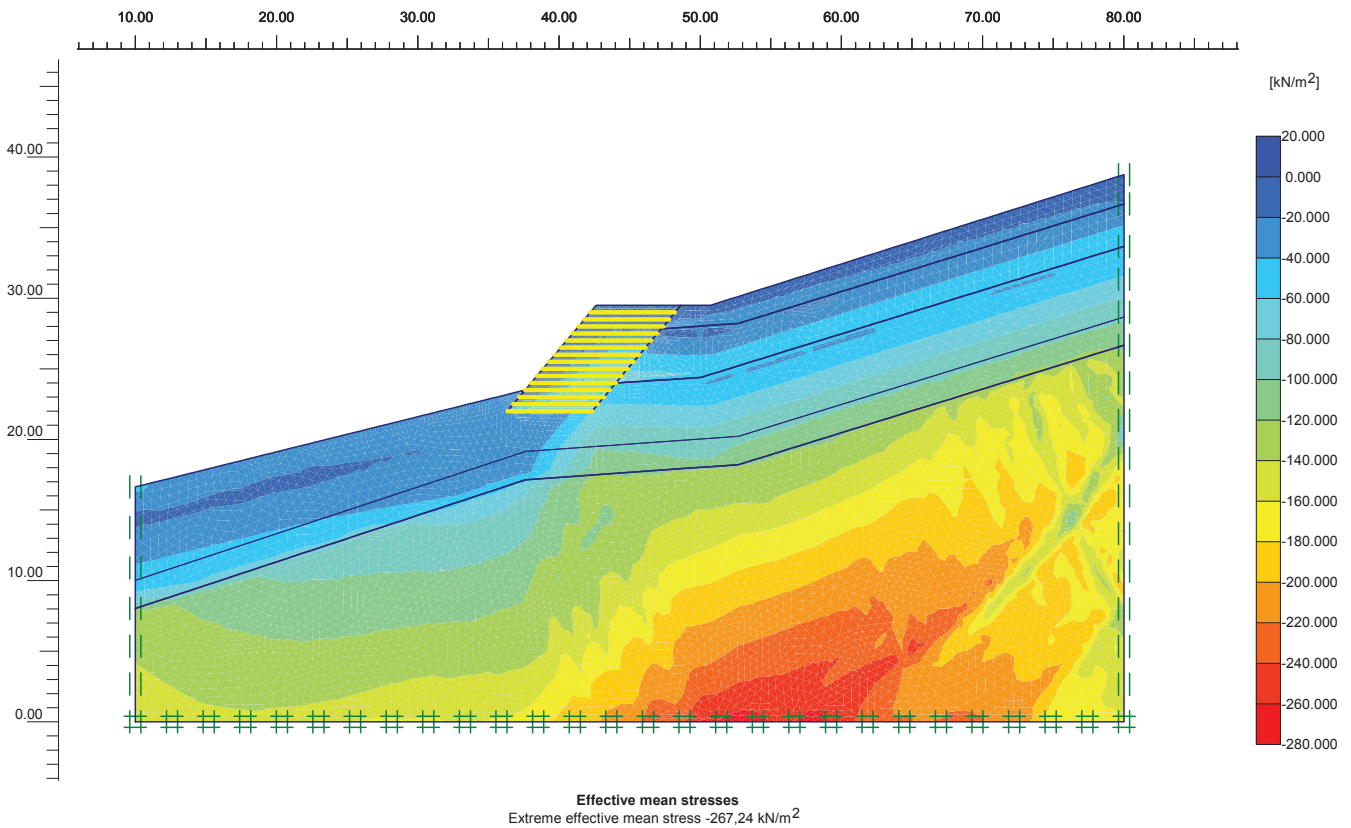
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	21	12/01/16			



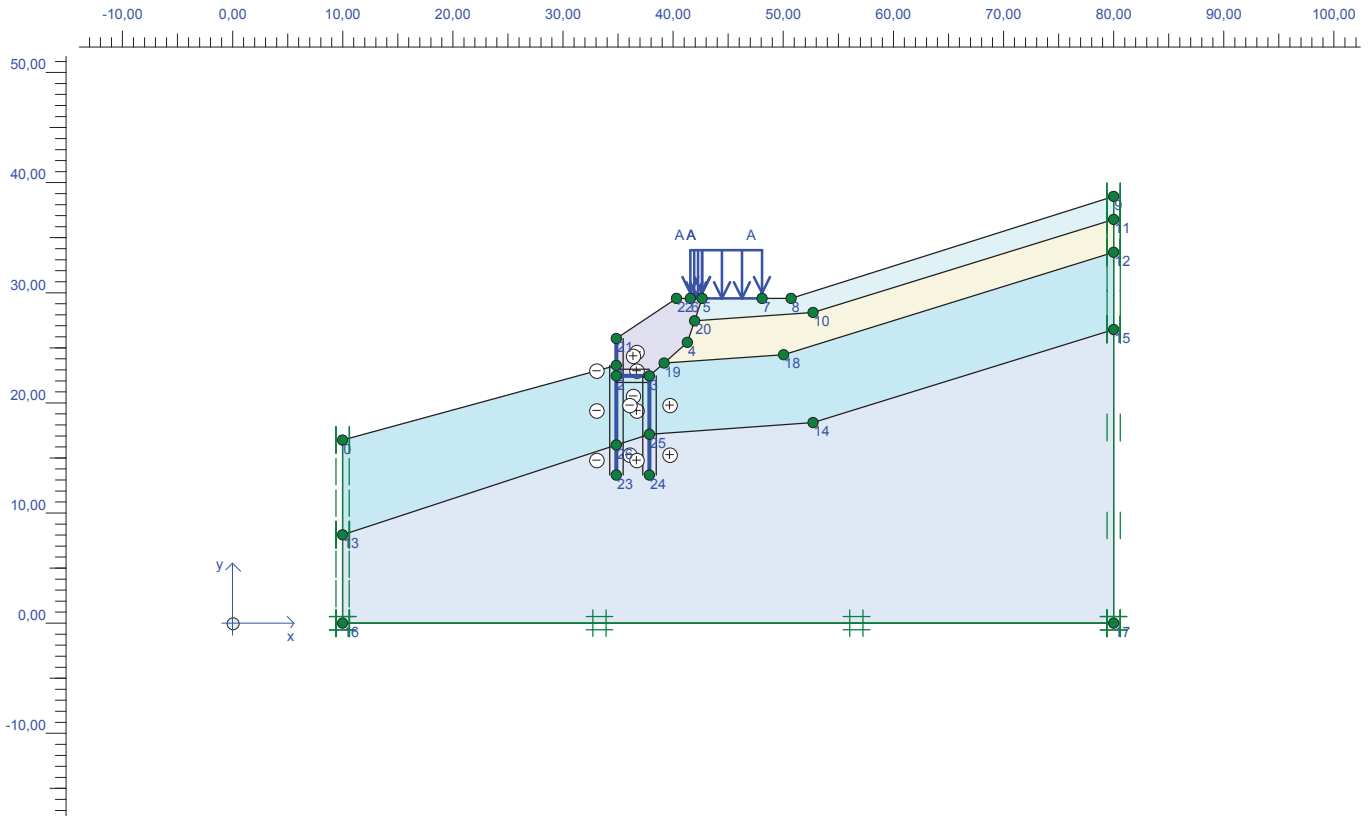
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	21	12/01/16			

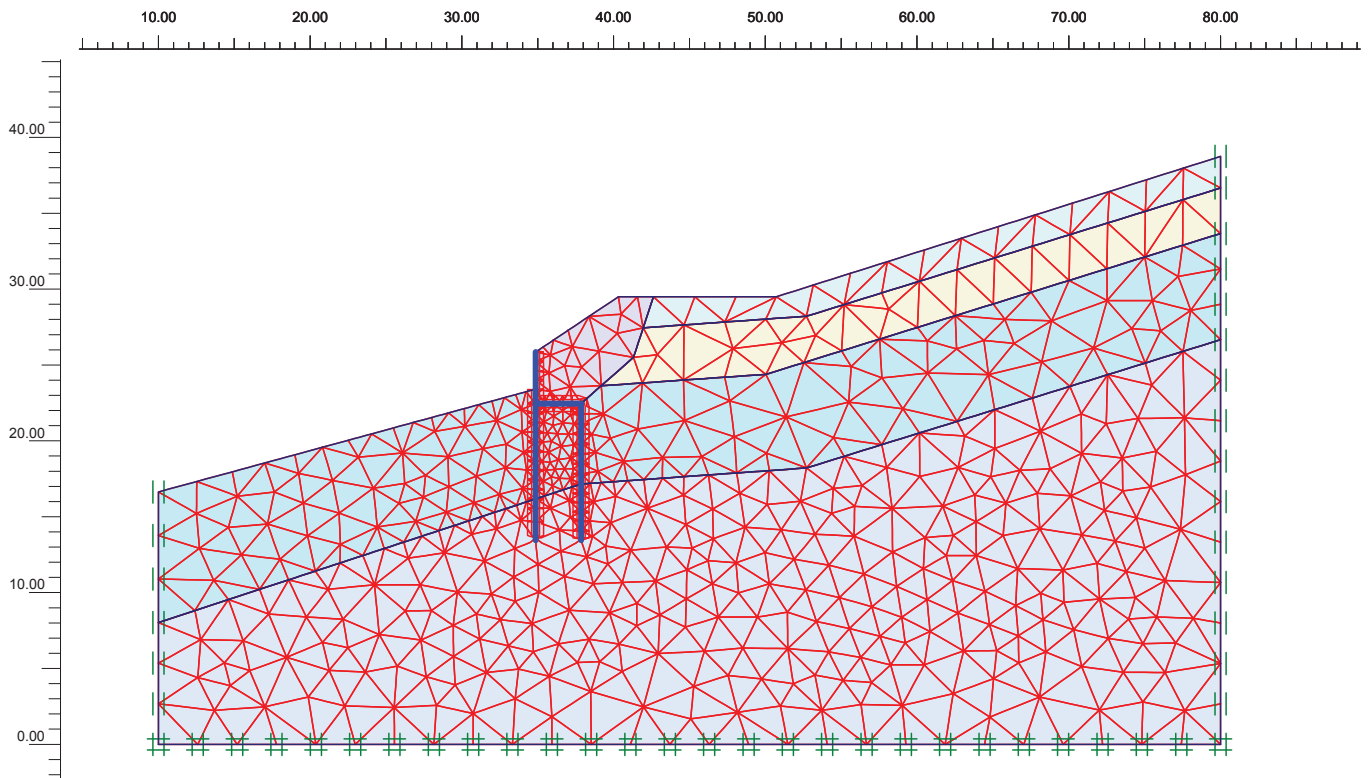


Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



Project description			<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Date	User name		
Stability_Naousa_...	12/1/2016			

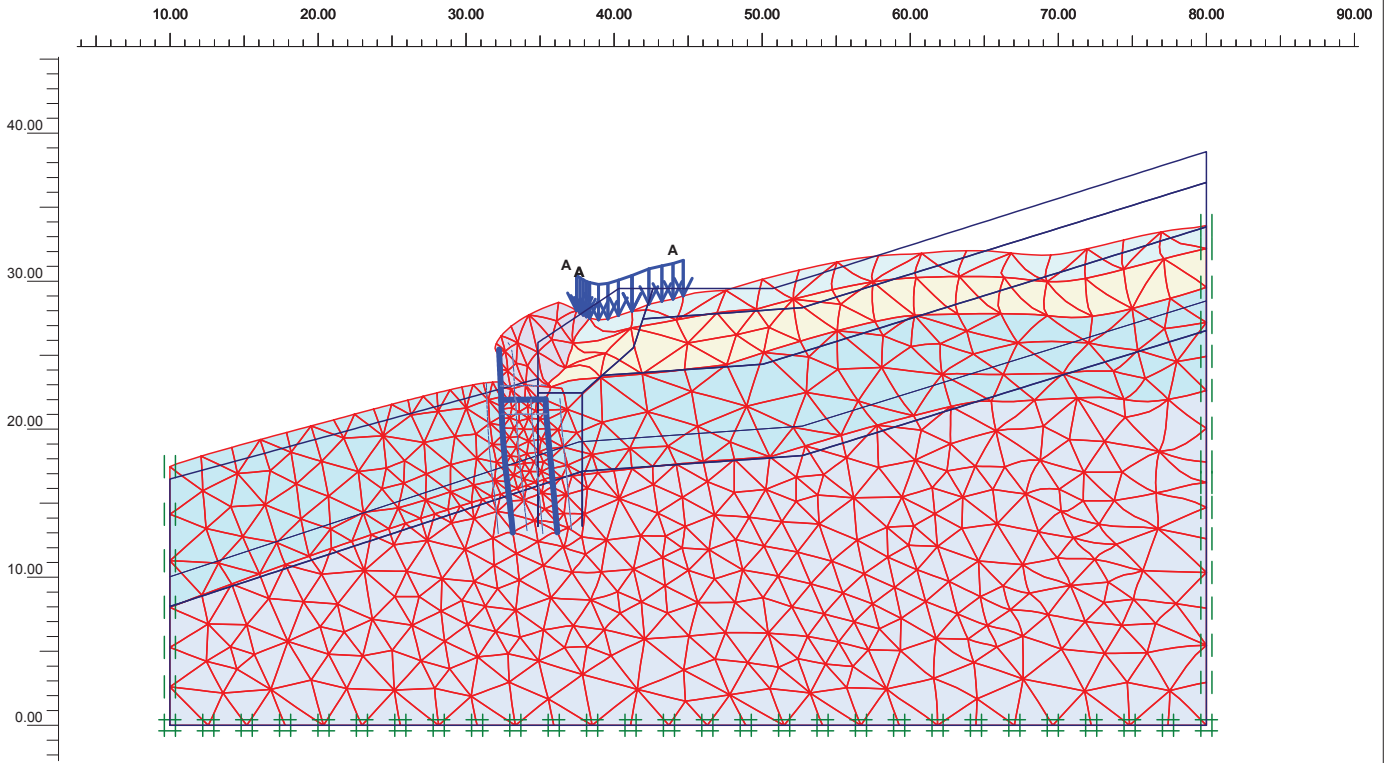
PLAXIS V8



Connectivities



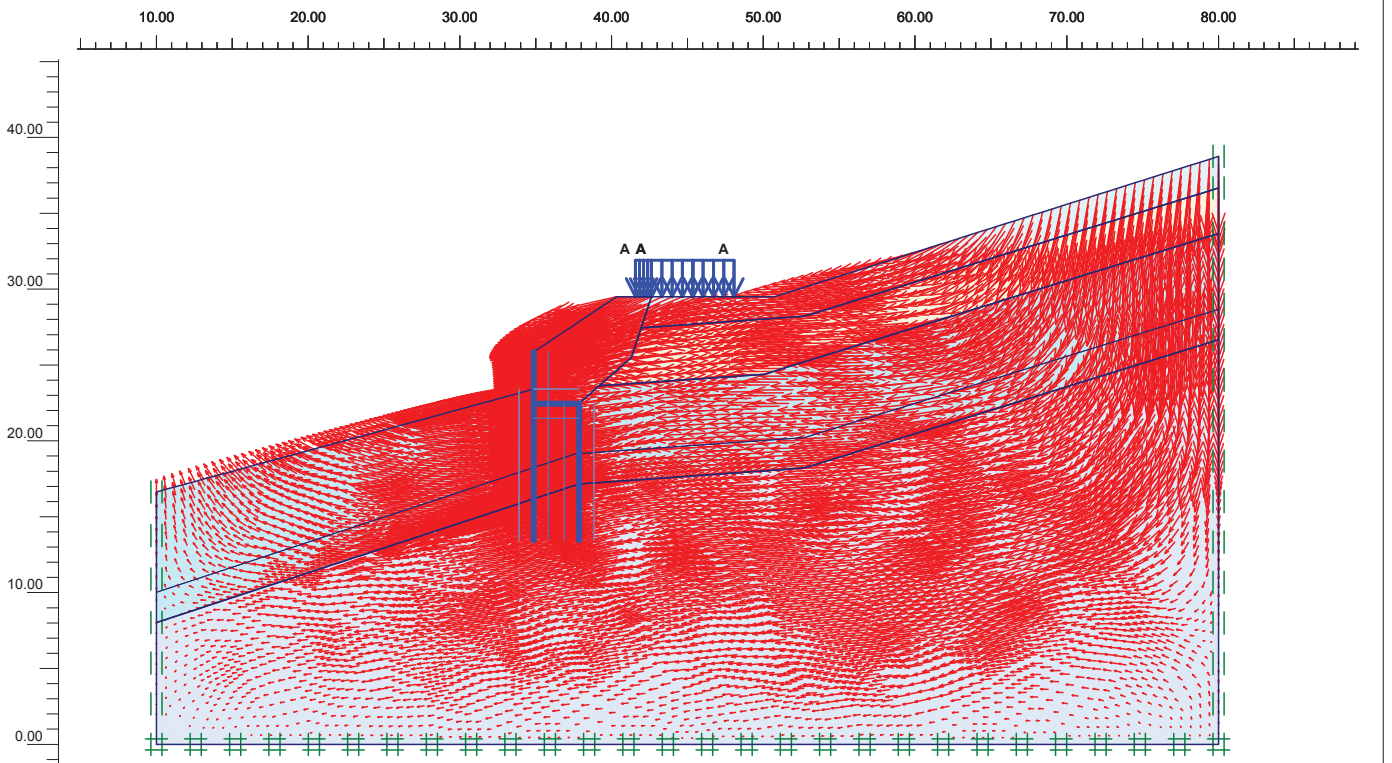
Project description			<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Date	User name		
	12/01/16			



**Deformed Mesh**  
 Extreme total displacement  $25,23 \cdot 10^{-3}$  m  
 (displacements scaled up 200,00 times)



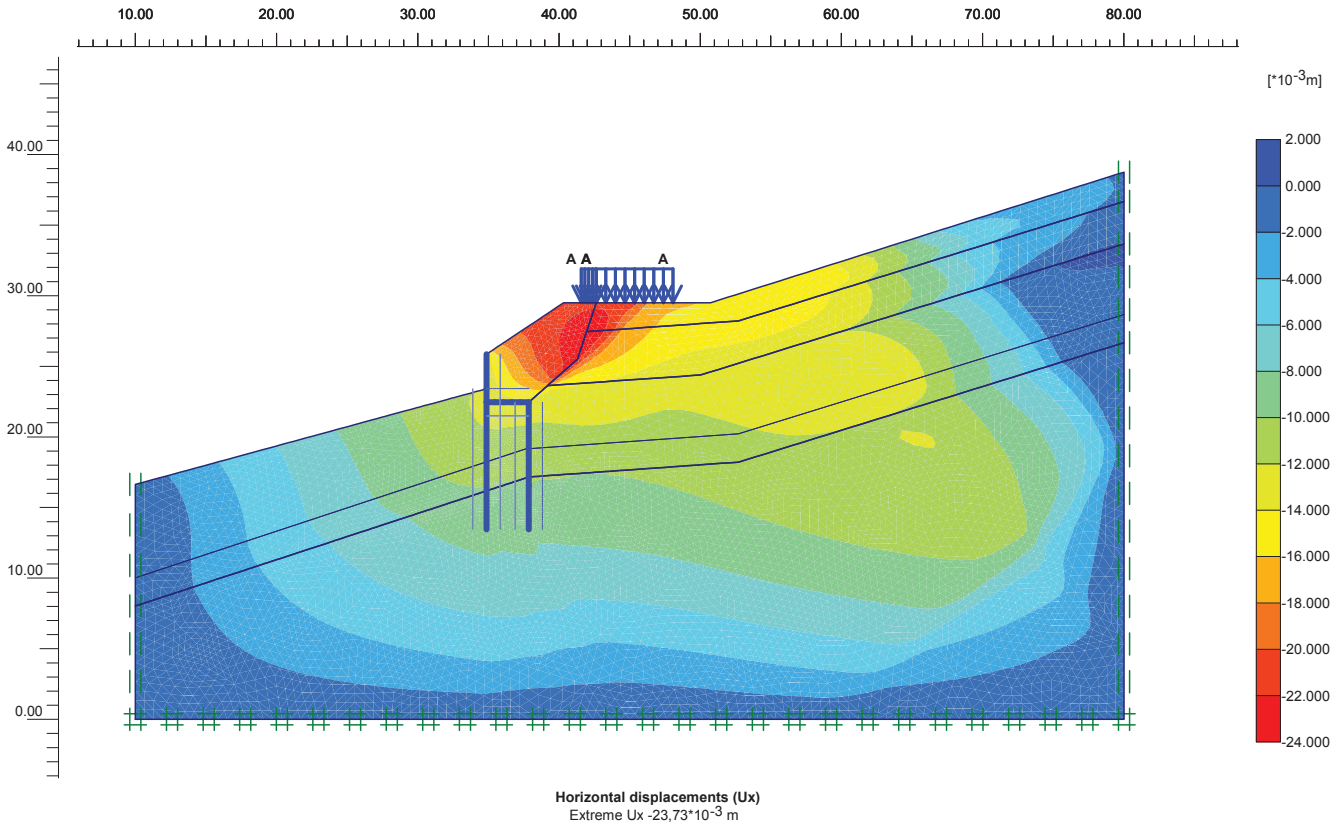
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



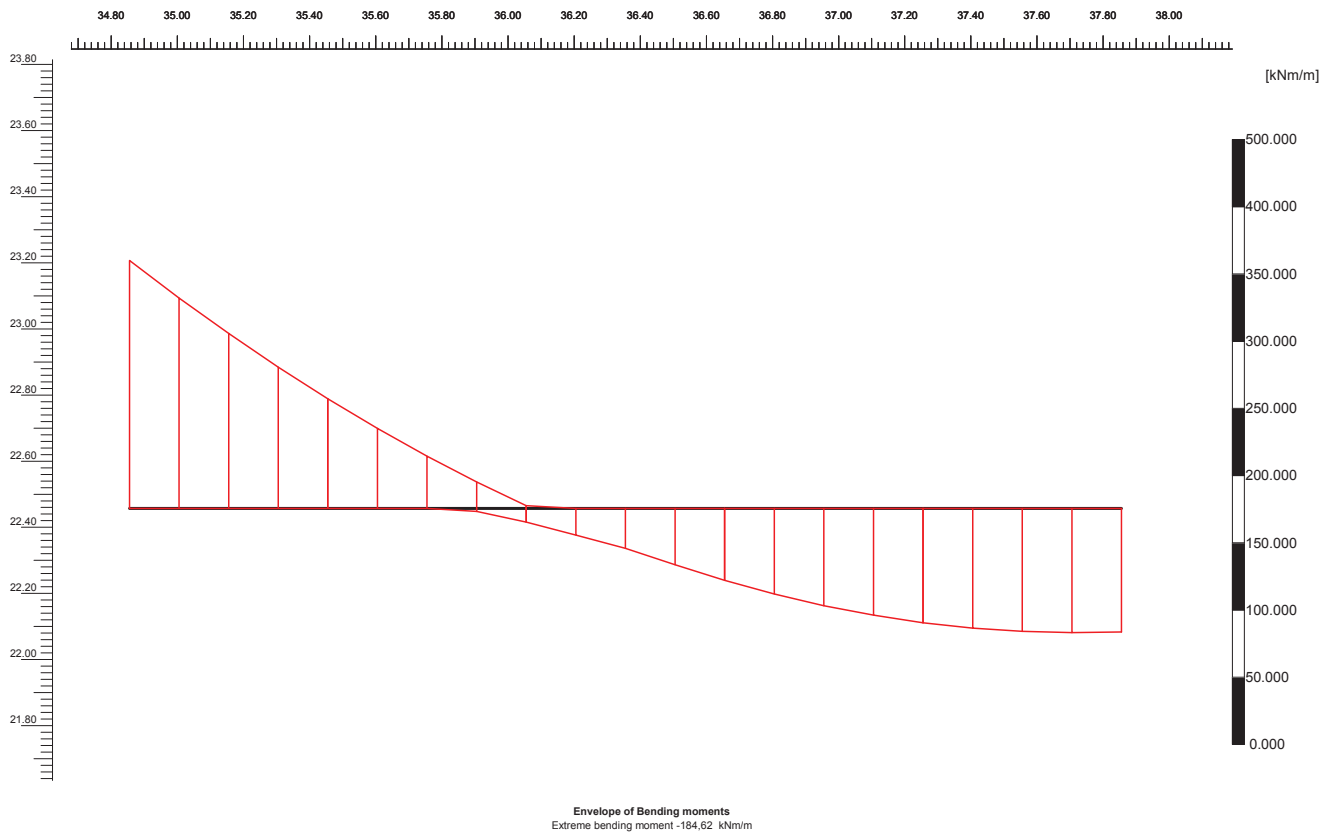
**Total displacements (Utot)**  
 Extreme Utot  $25,23 \cdot 10^{-3}$  m



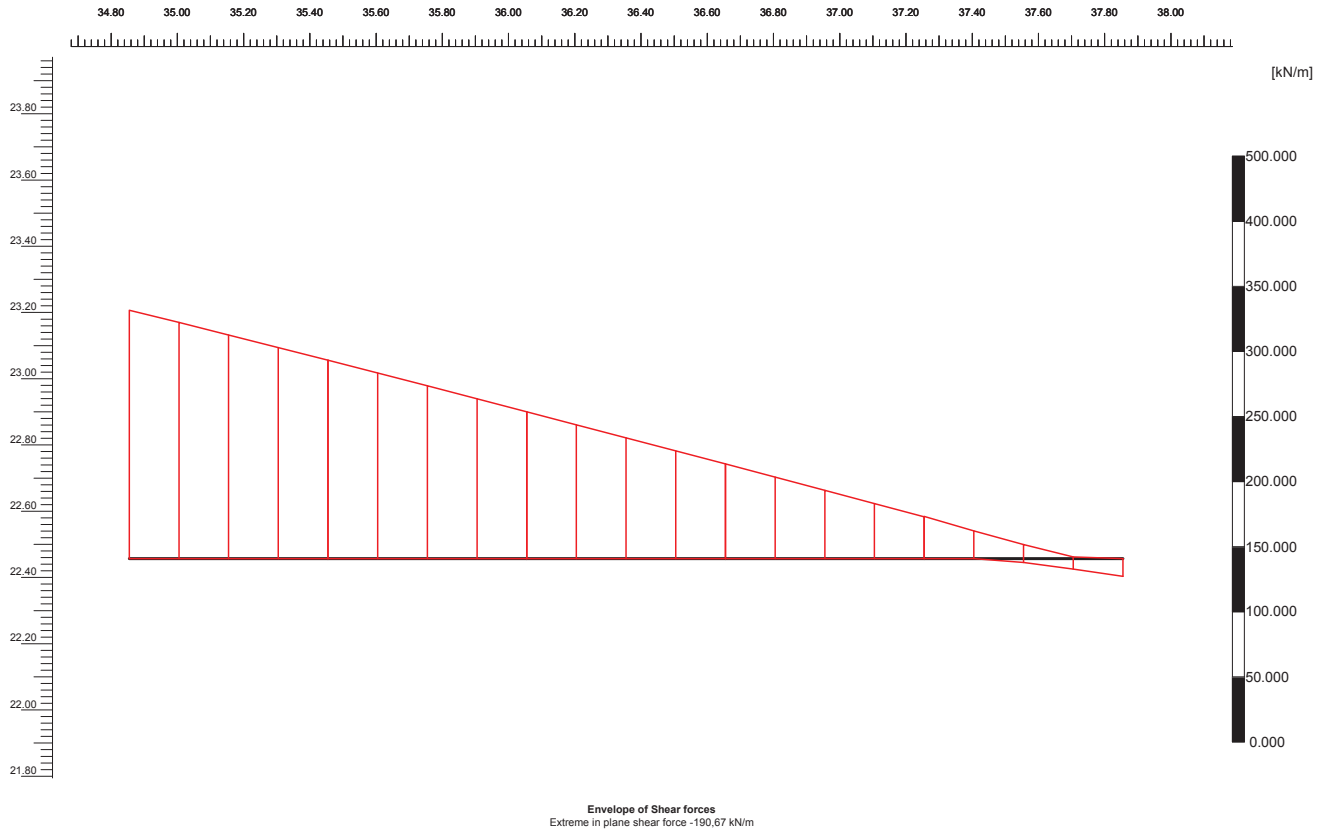
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



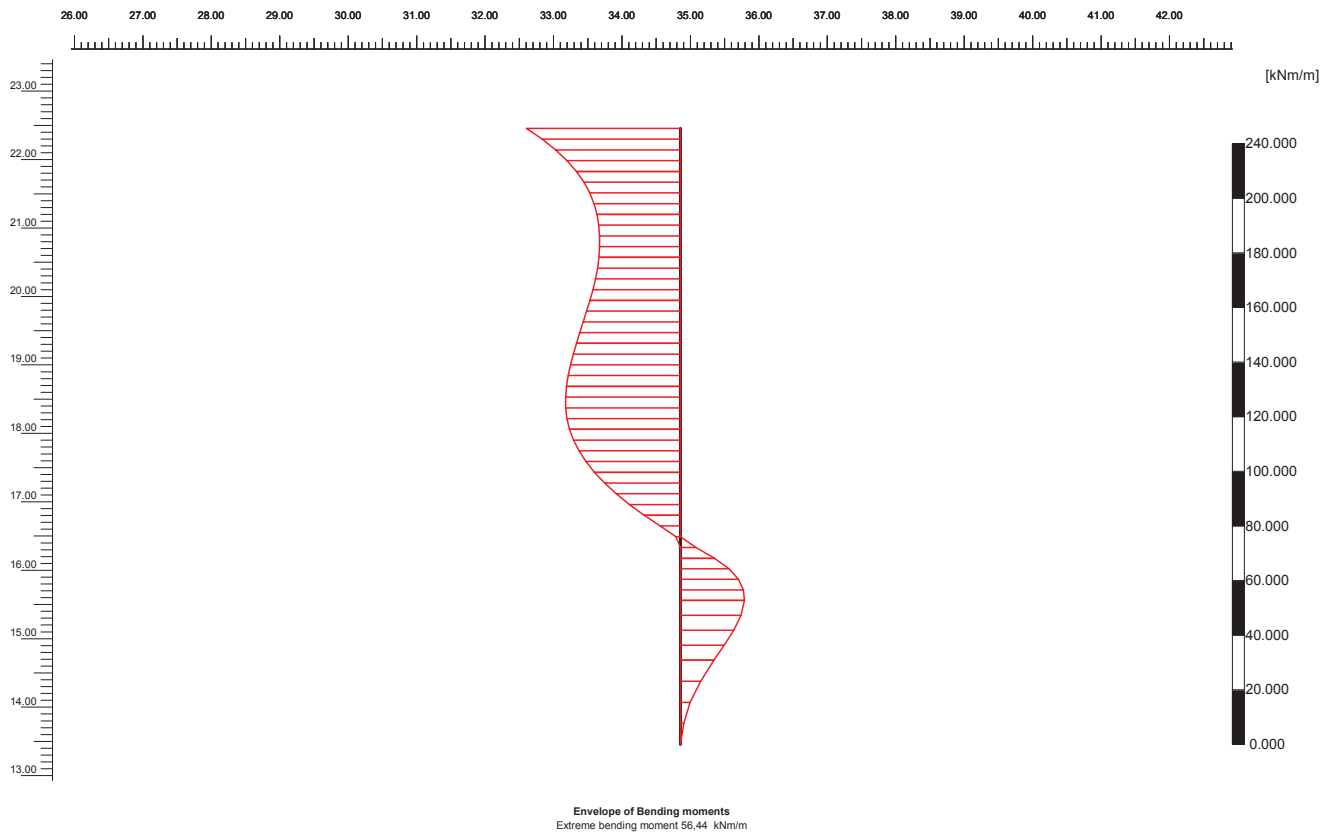
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			

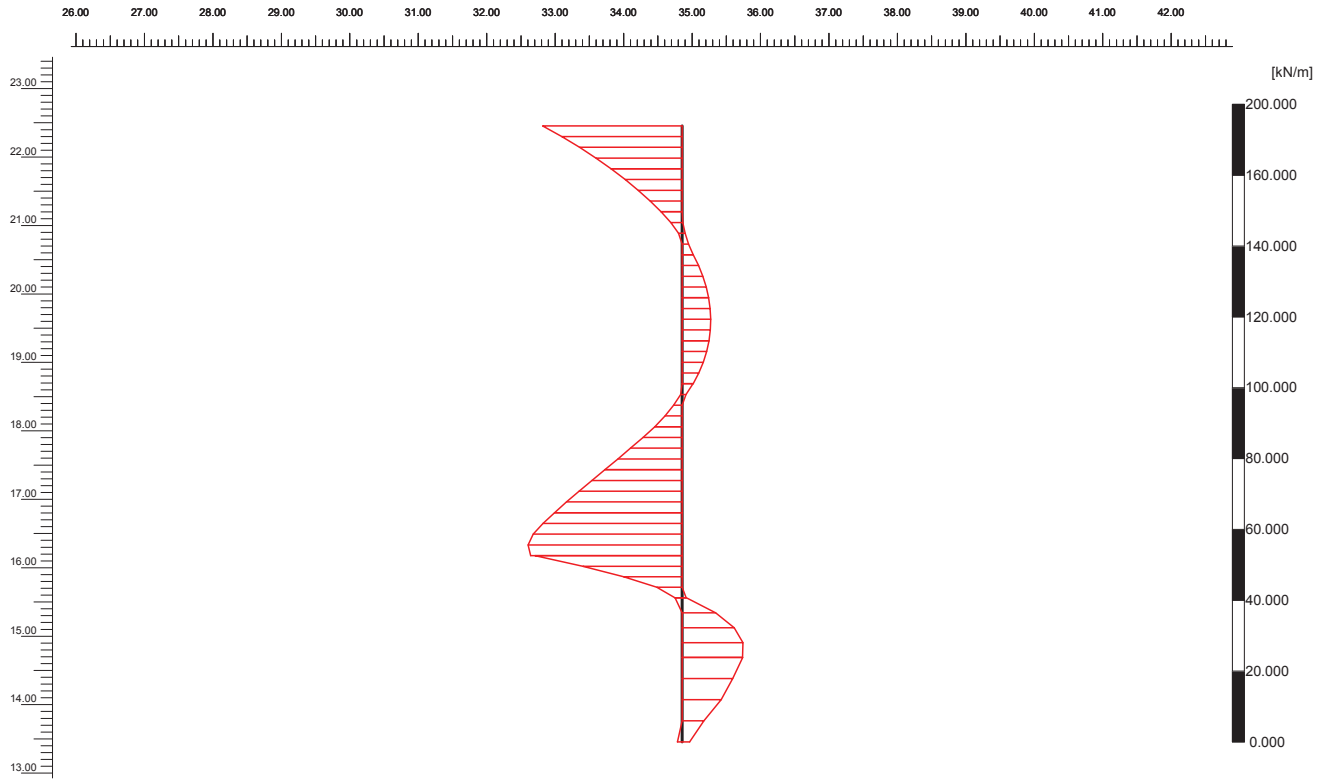


Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			

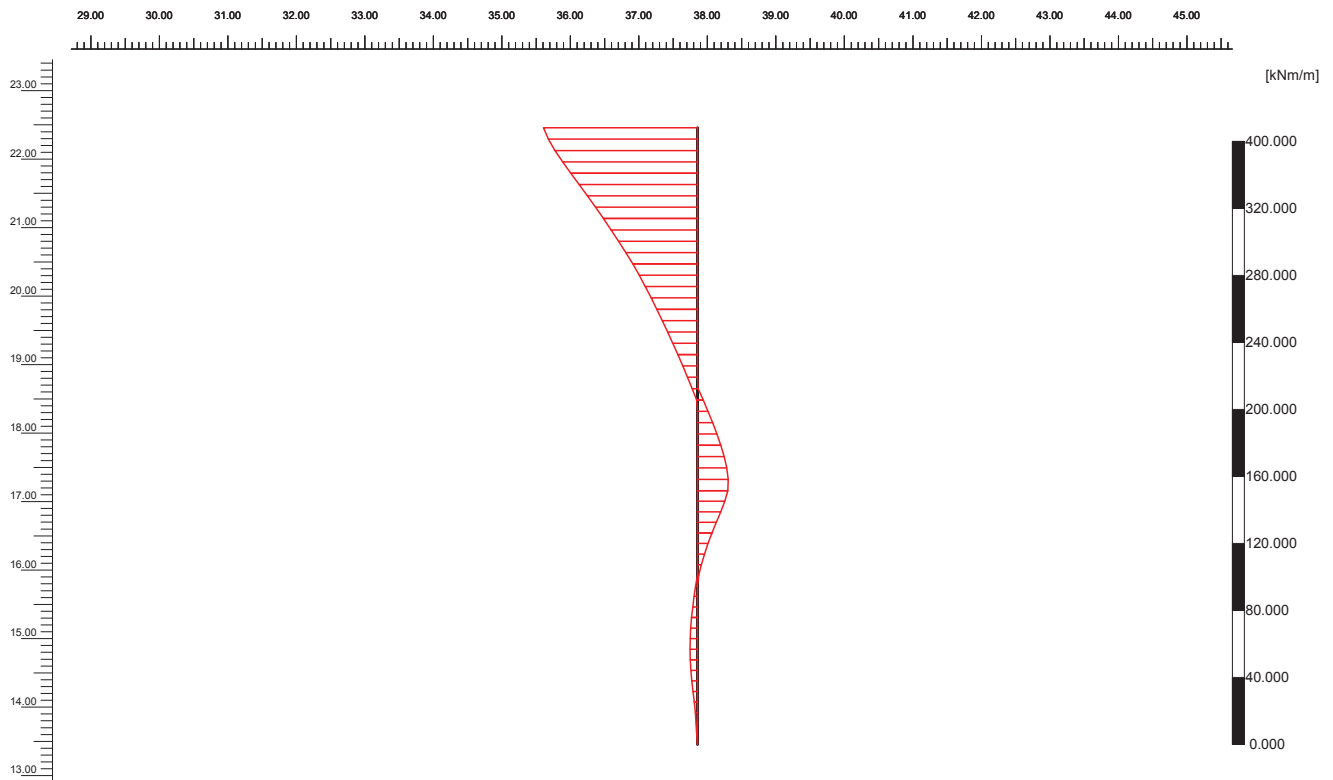




Envelope of Shear forces  
Extreme in plane shear force 43.43 kN/m



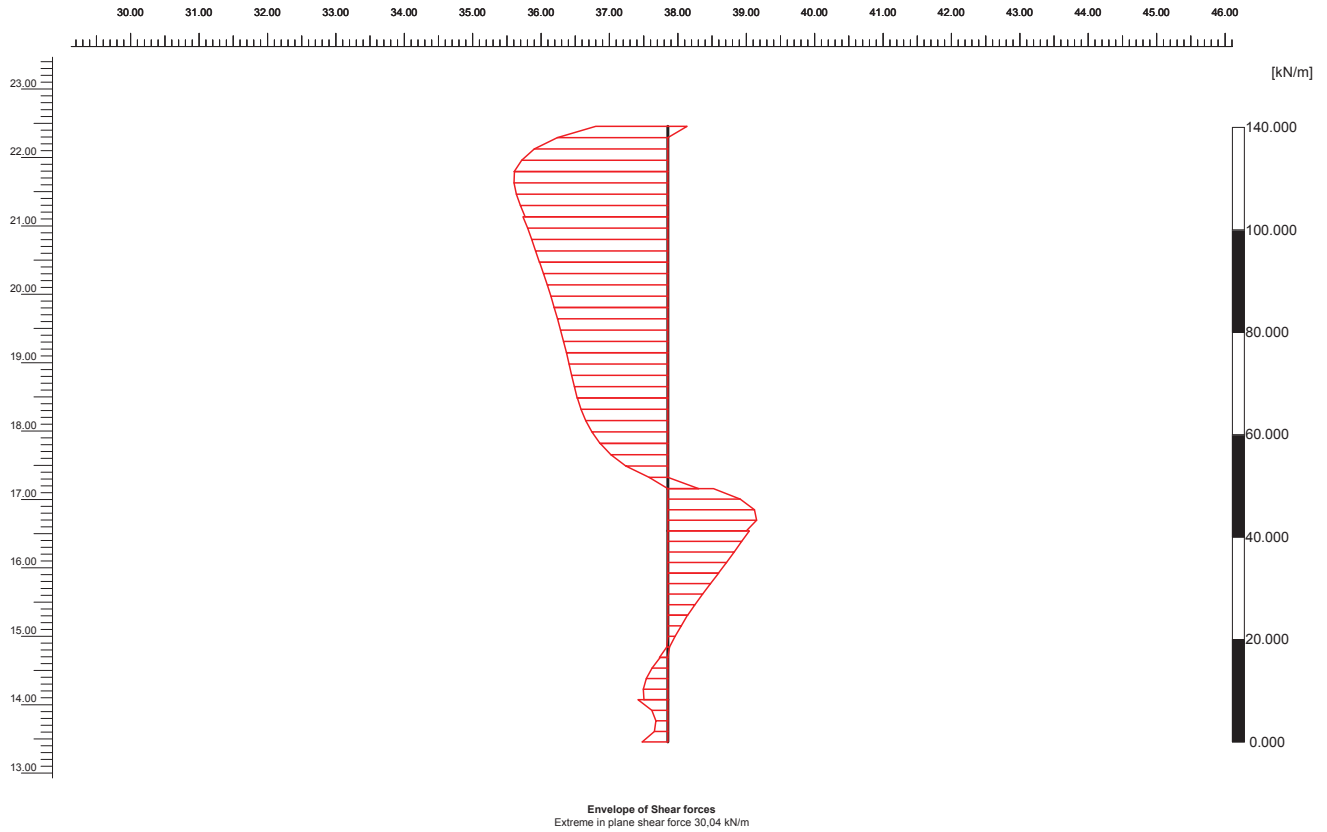
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



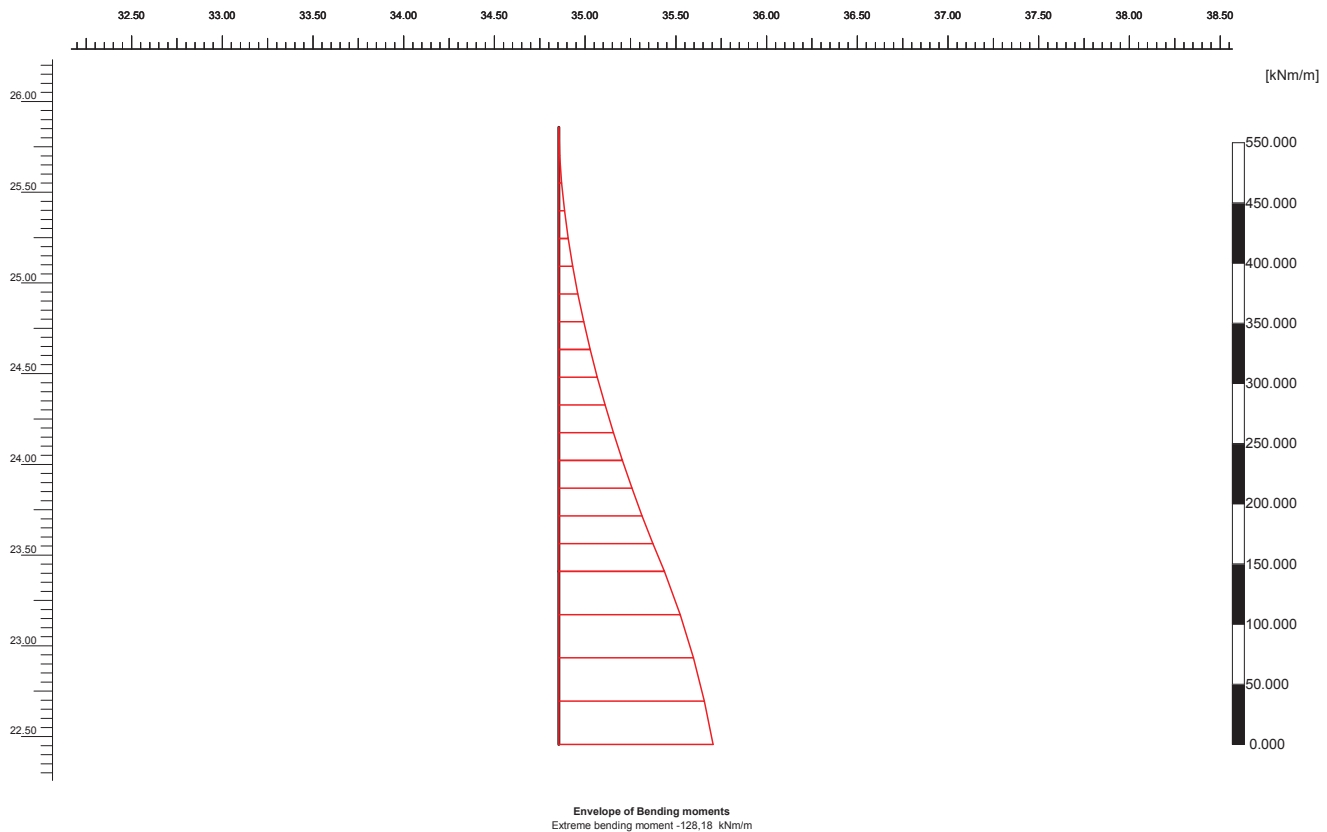
Envelope of Bending moments  
Extreme bending moment 91.94 kNm/m



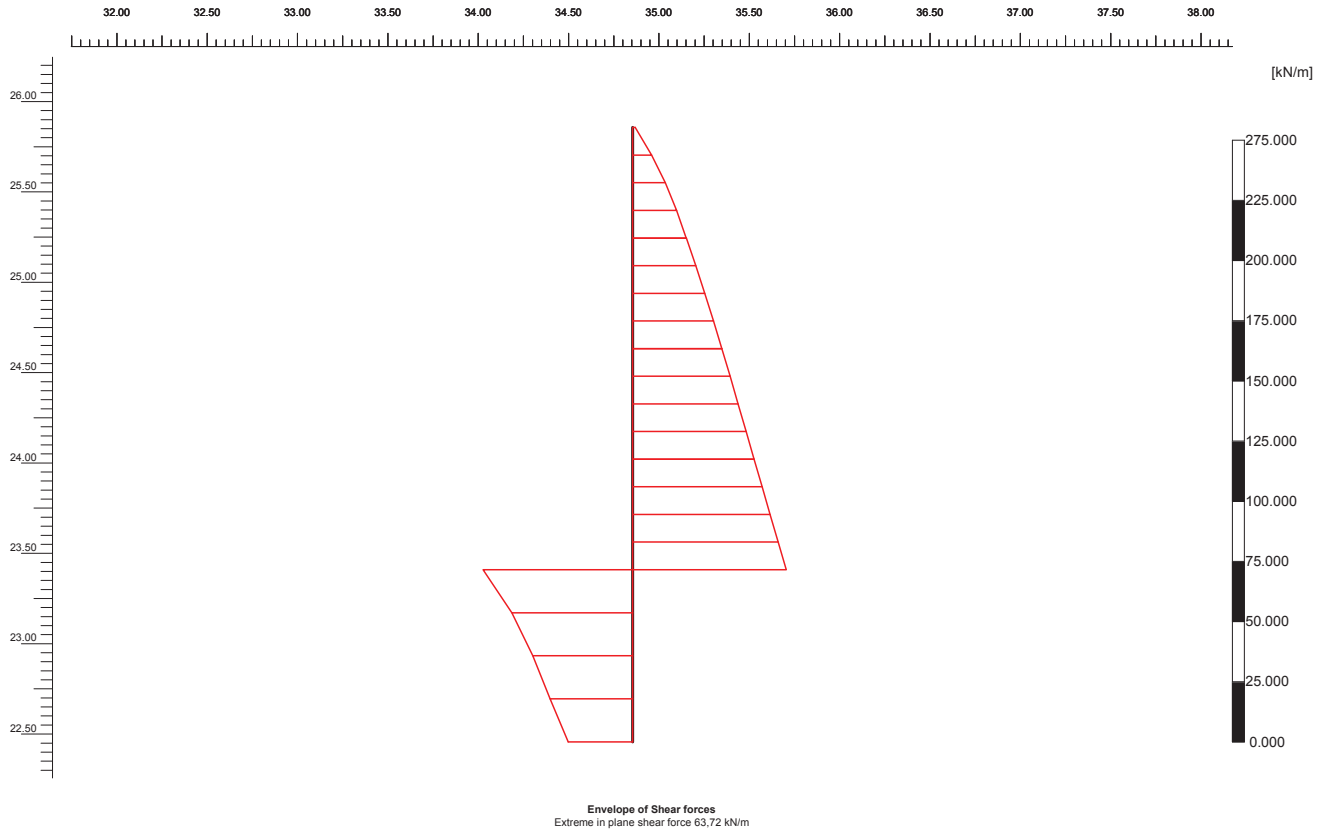
Project description				Stability_Naousa	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



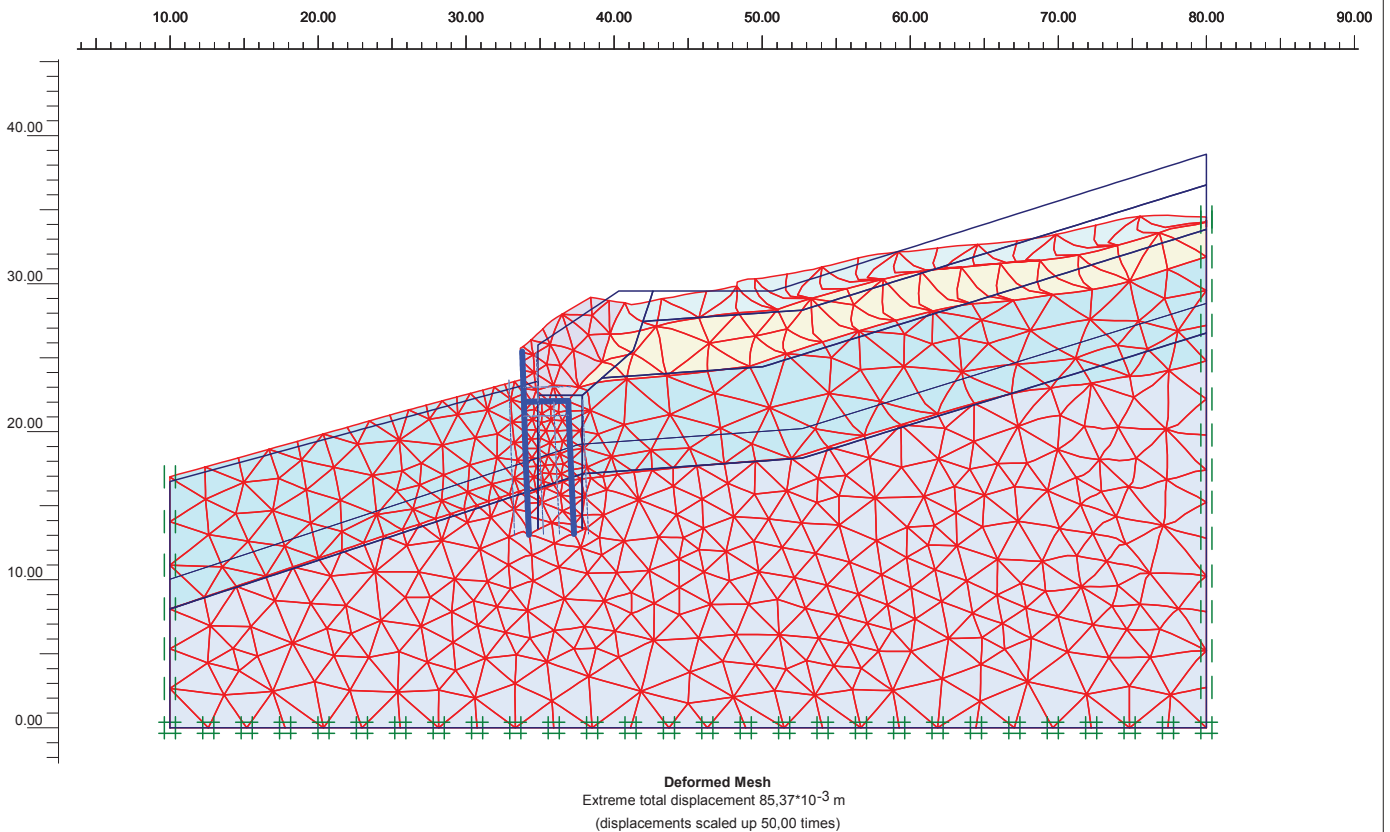
<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



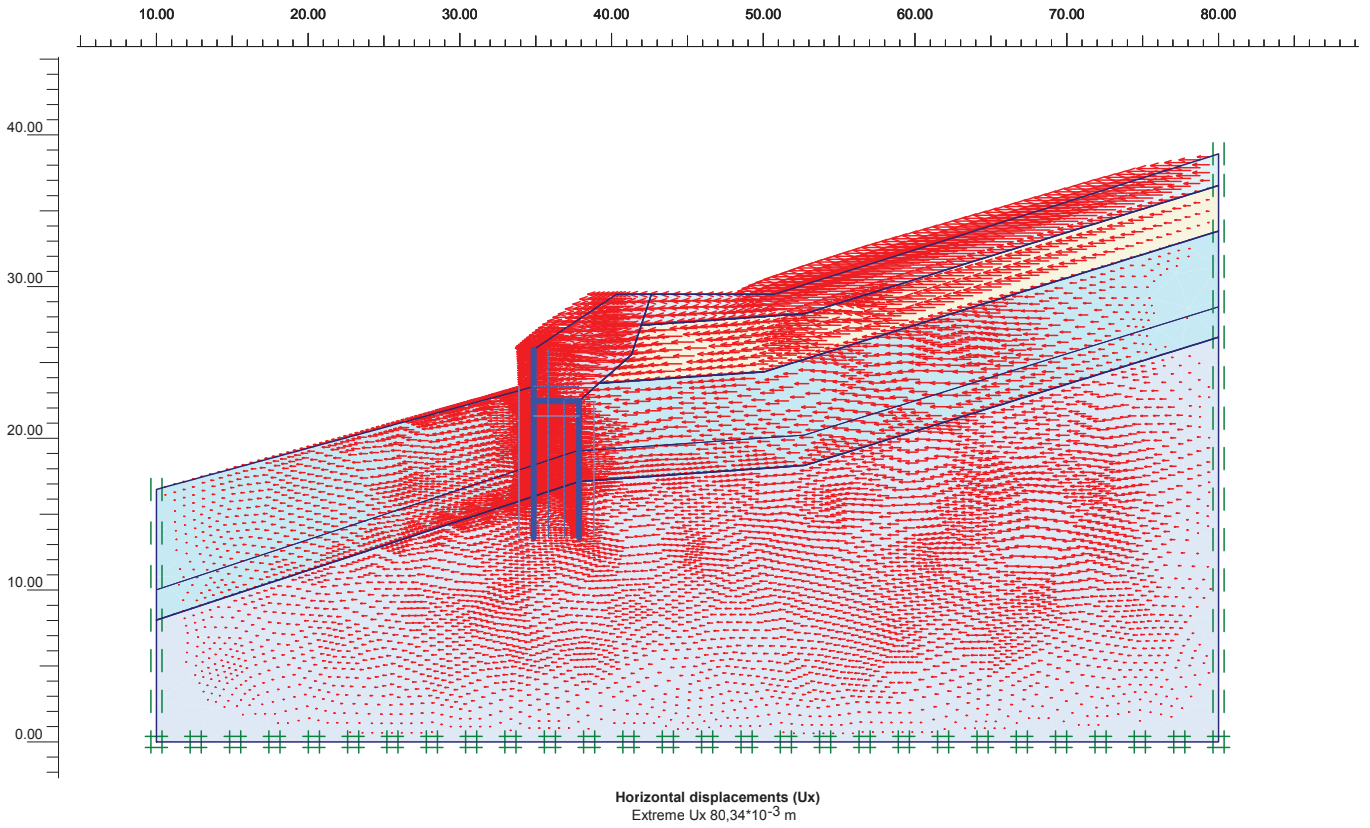
<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



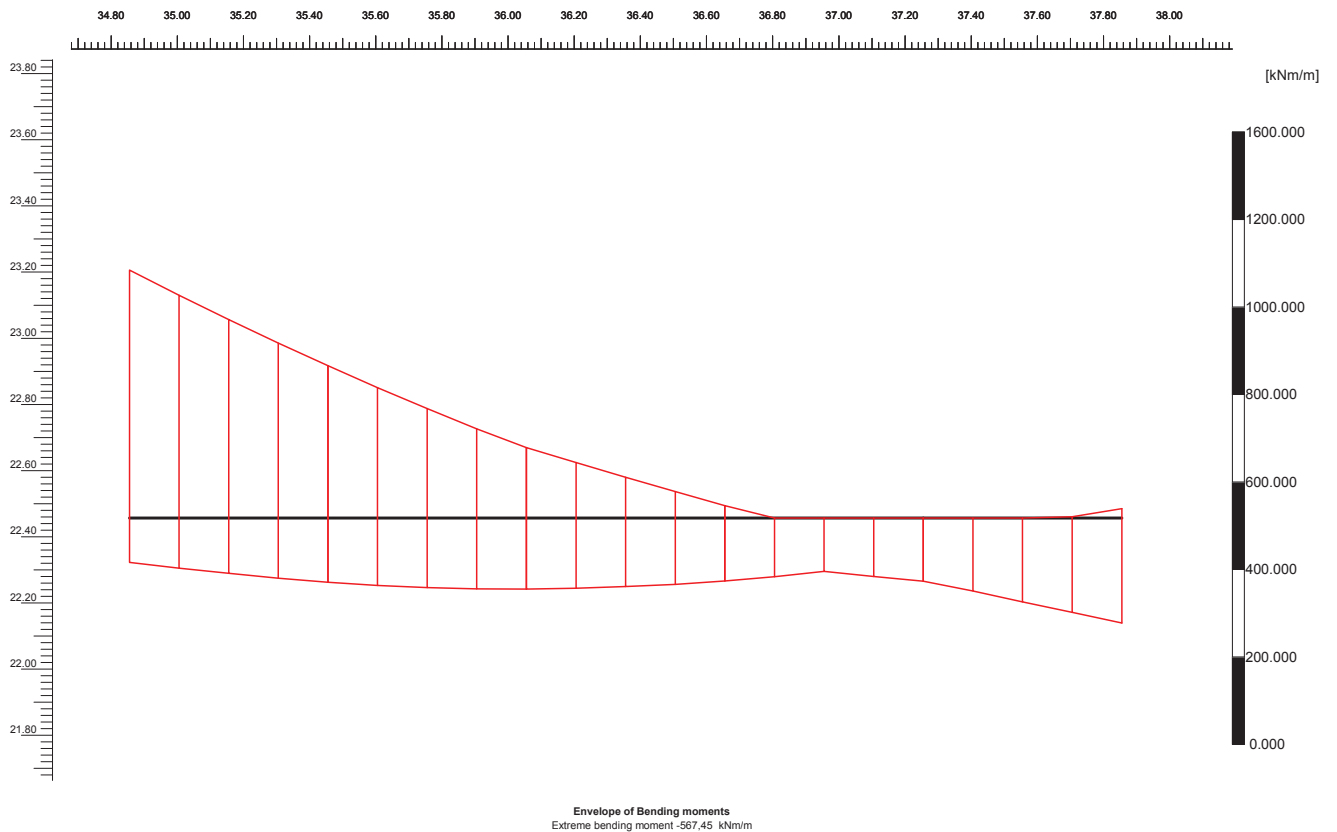
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	13	12/01/16			



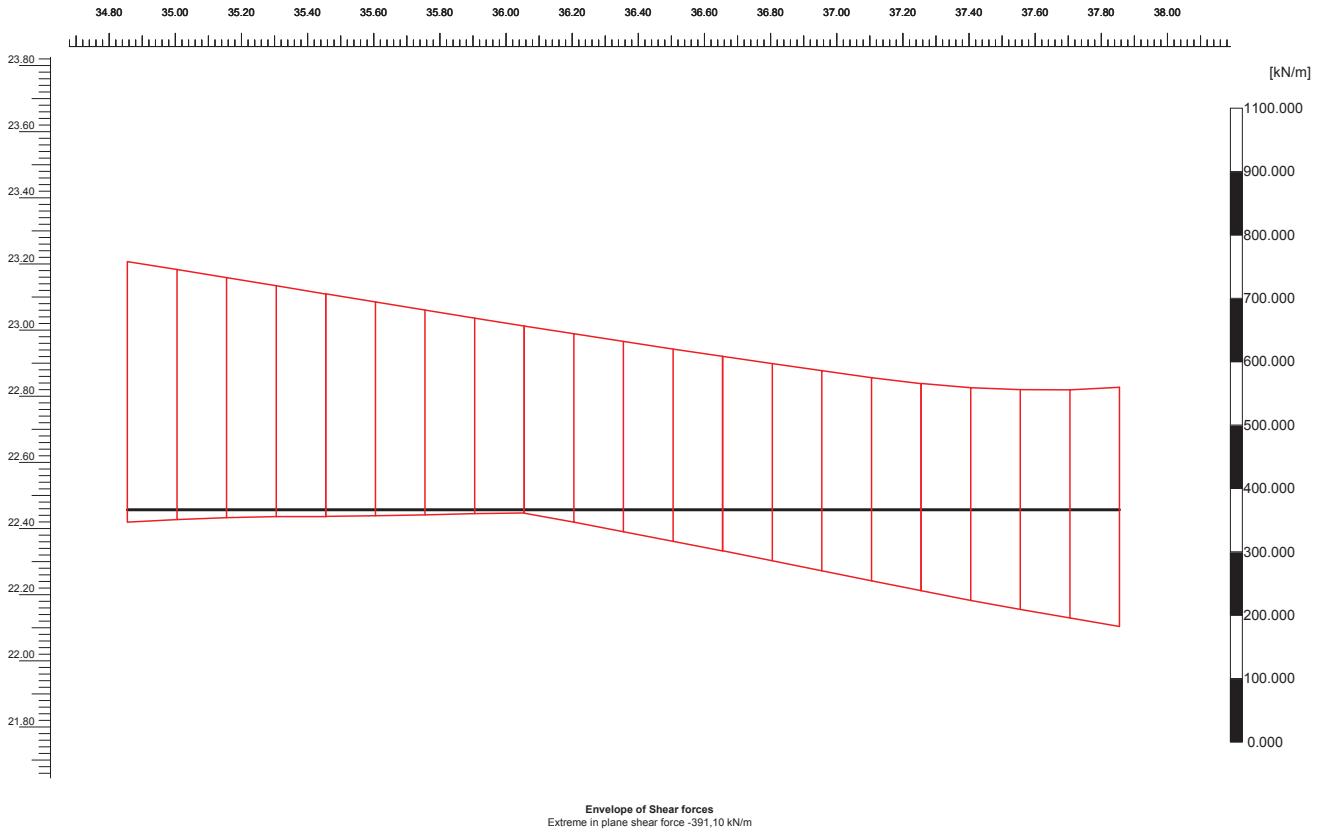
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



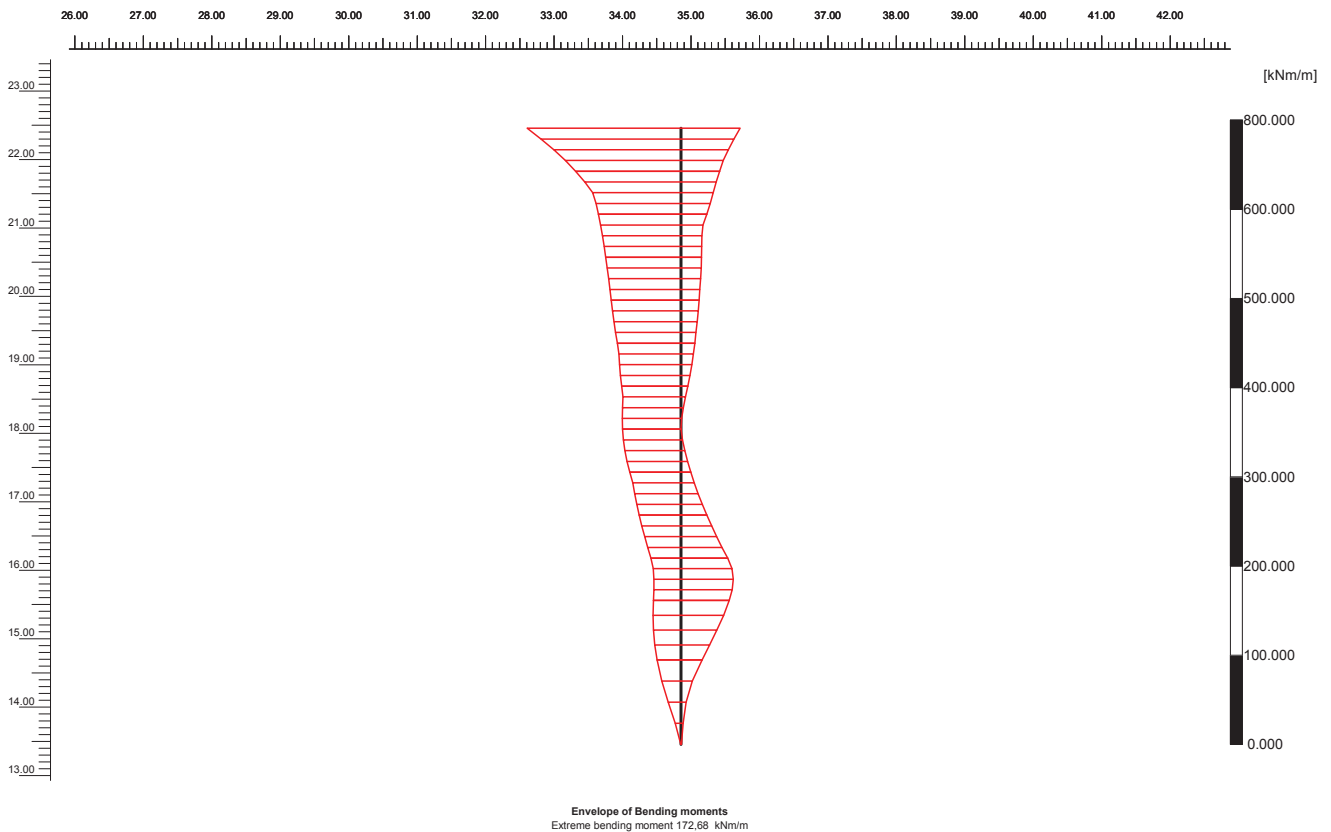
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



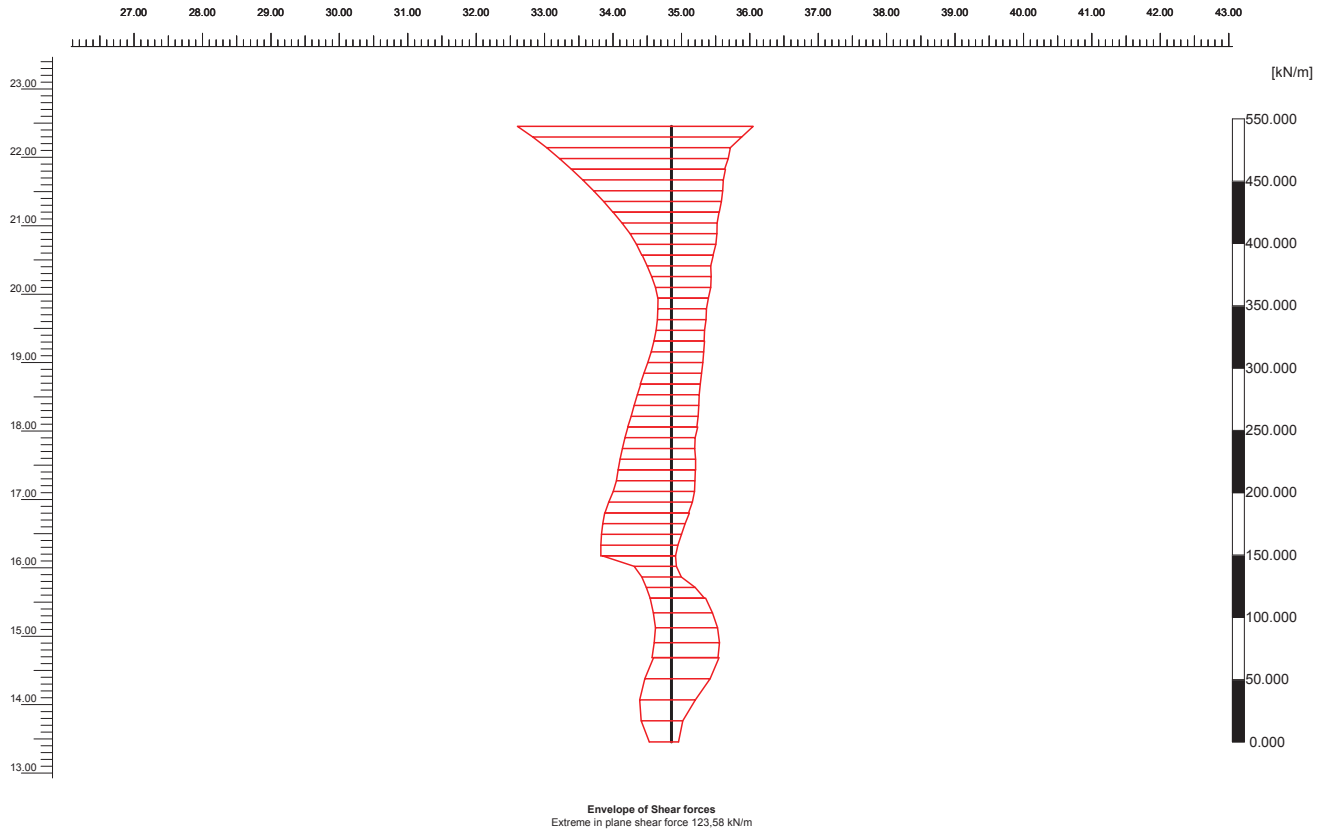
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



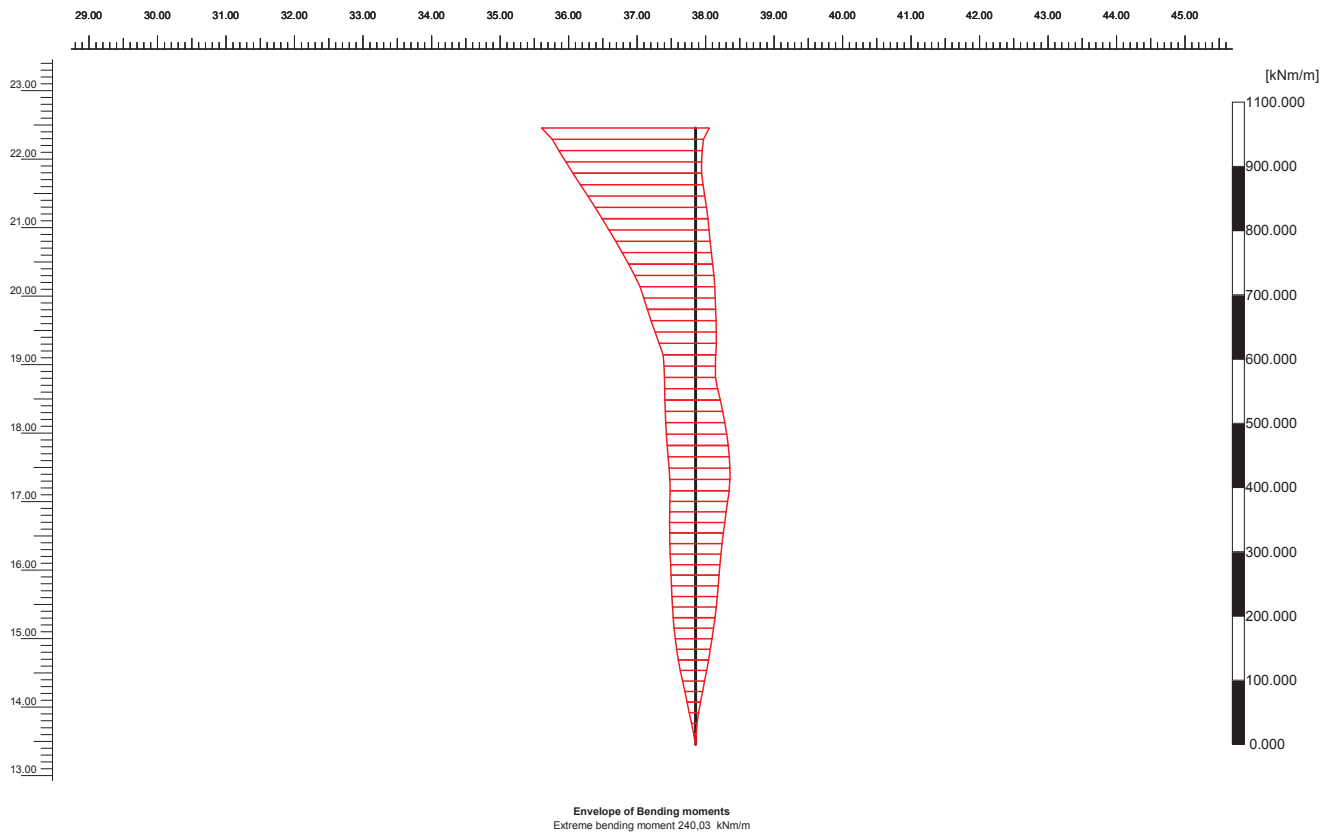
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



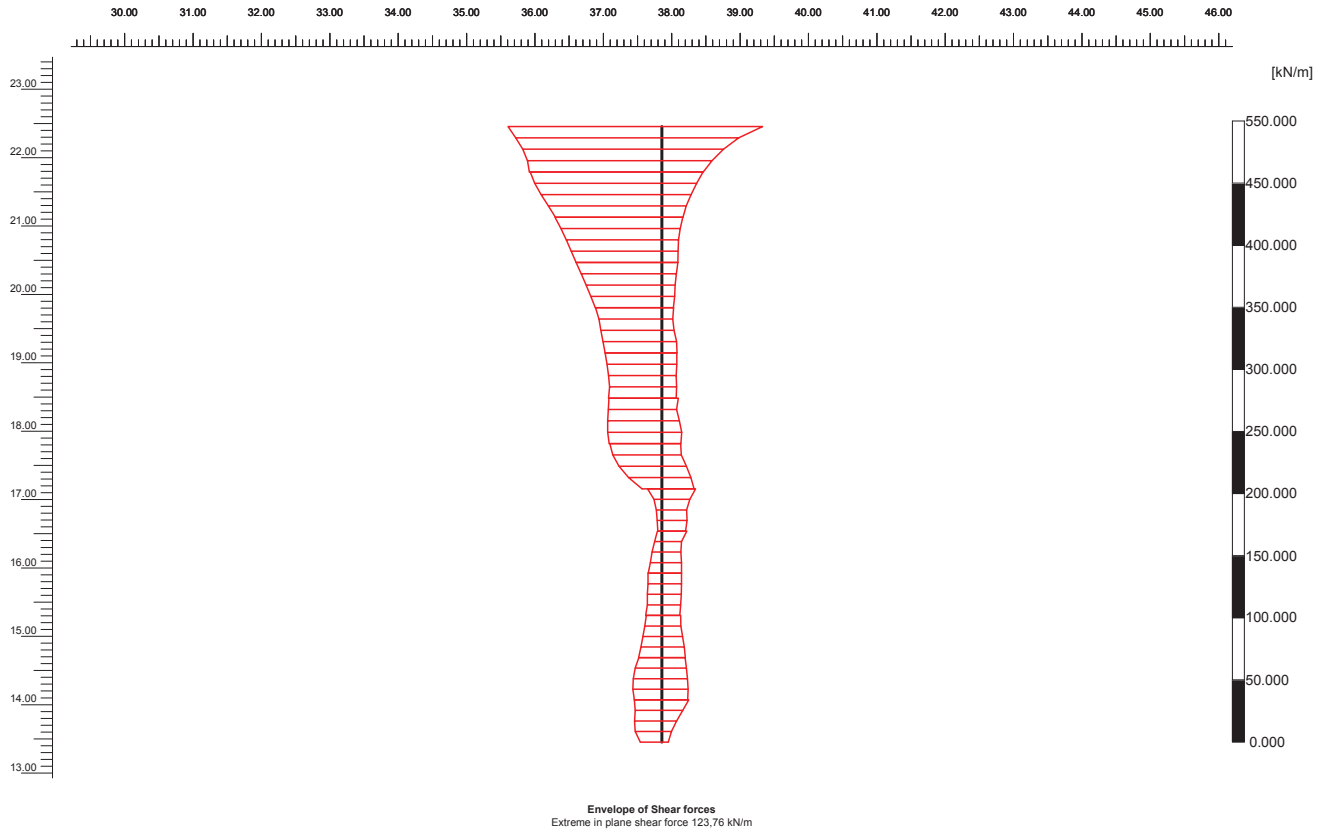
Project description				<b>Stability_Naousa</b>	
Project name	Step	Date	User name		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



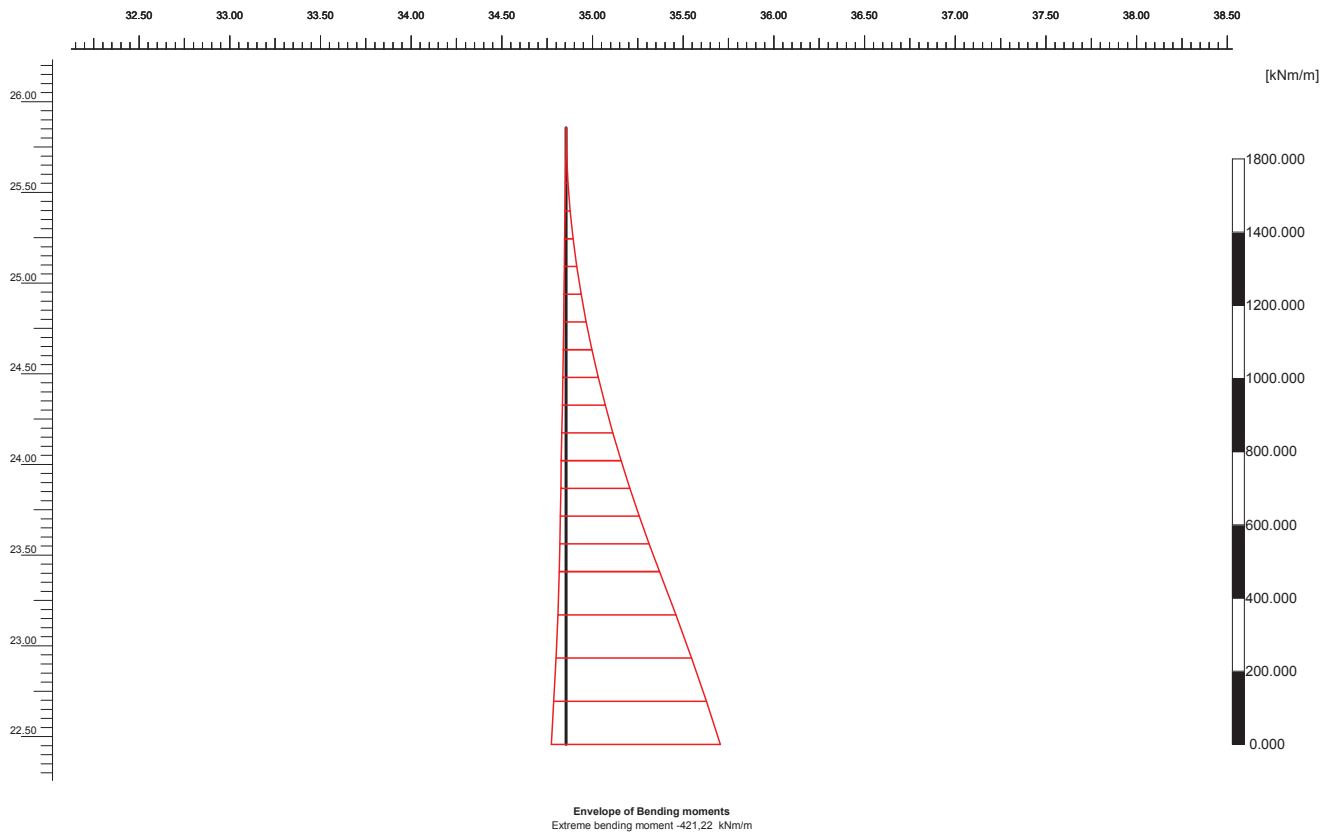
<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



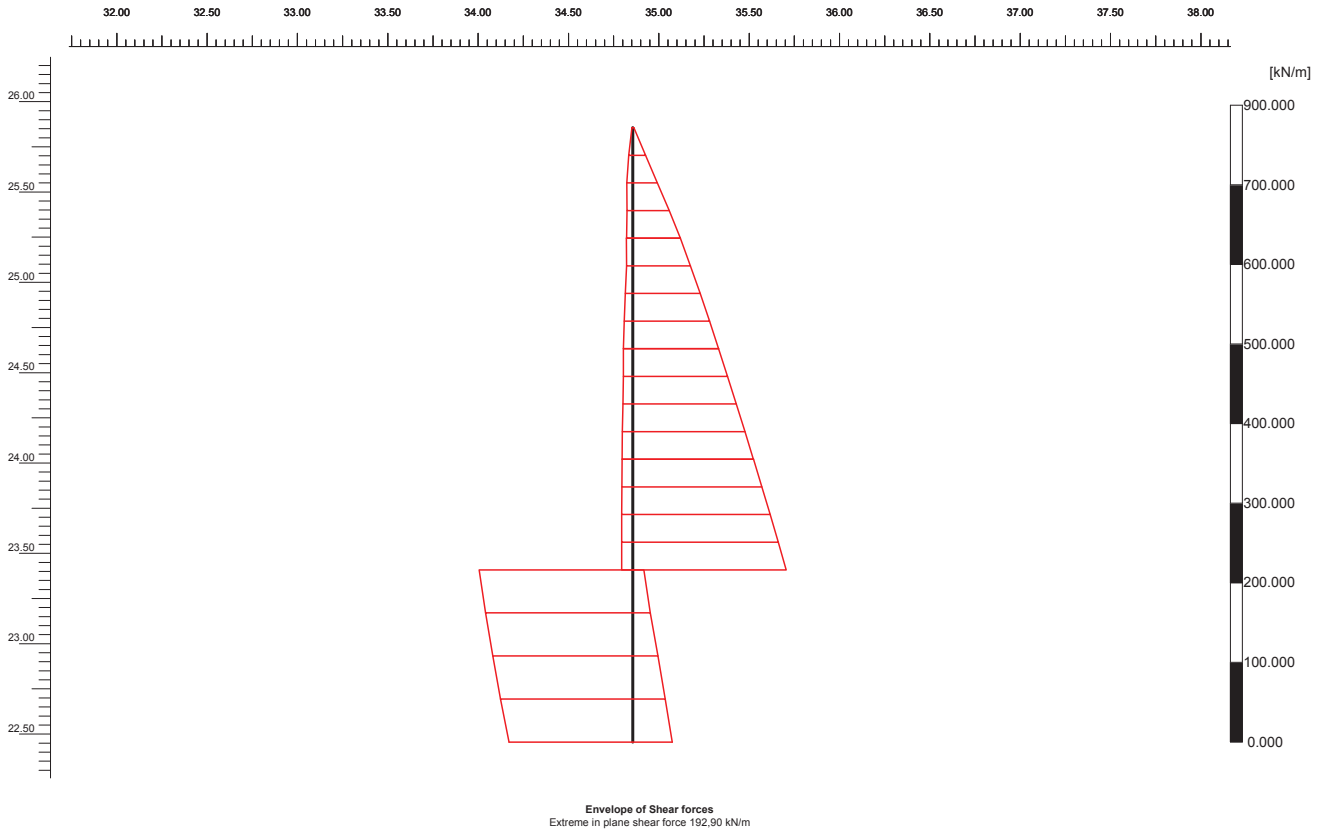
<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
Stability_Naous...	250	12/01/16			



<i>Project description</i>				<b>Stability_Naousa</b>	
<i>Project name</i>	<i>Step</i>	<i>Date</i>	<i>User name</i>		
<b>Stability_Naous...</b>	<b>250</b>	<b>12/01/16</b>			



## Tenax TNXSlope v4

TENAX SpA, TEL:++39/039/9219307  
TENAX GmbH, TEL:++49/8382/93040  
TENAX CORP., TEL: ++1/410/5227000  
TENAX SA de CV, TEL:++52/3/6169119

REFERENCE: For the theory and the equations used in this program, reference must be made to the manual:

" The design of steep reinforced slope ", Technical Report N° 1, Tenax SpA, November 1991.  
It is obtainable from the Geotechnical Division of Tenax SpA

WARNING : TENAX can not be considered liable or responsible for the accuracy or reliability of the computations performed by this program and its associated documentation, even if, to the best of our knowledge, the calculations performed are accurate.

The program performs an internal stability analysis, and indicates the type of geogrid to use, the spacing between geogrids, the required geogrid length. The base of the reinforced slope is considered stable; if necessary, the base of the slope must be stabilized before construction

The design output shall be verified by a professional registered engineer, who shall review in particular the design prior to the construction to ensure that every detail has been evaluated.

The engineer, when needed according to his technical judgement, shall perform a deep seated failure analysis.

The design of the slope shall take into account the hydraulic conditions and particularly the pore water pressure distributions.

A proper drainage shall be designed to reduce hydraulic effects.

Suitability of any material or patents infringement is a complete responsibility of the user, who shall investigate if all materials can be used safely.

### Project name: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΝΑΟΥΣΑΕ - ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ

Date: 11.01.2016

Section n.: 2-2

Customer: ΔΗΜΟΣ ΝΑΟΥΣΑΕ

Designer: Α.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ

Notes:

#### slope

slope Height: 7.50 m  
beta: 50.00 deg  
Surcharge: 20.00 kPa

#### Soil

Friction angle: 36.00 deg  
Pore water pressure coeff.: 0.25  
Unit weight: 21.50 kN/m<sup>3</sup>

#### Calculation

FS direct sliding: 0.85  
FS reduction phi: 1.00  
Fs construction damage: 1.00  
FS global: 1.30  
FS wrapping length: 1.30  
Wastage %: 10.00  
Wrapping length: 0.50 m  
K coeff.: 0.12  
L/H top coeff.: 0.65  
L/H base coeff.: 0.72

#### Geogrids

n.	Name	length m	face m	Wrapping m	Max. res. kN/m	Tensile kN/m	F.S.	
1	TENAXTT090SAMP	6.07	0.65	0.53	36.90	4.76	7.76	ok

2	TENAXTT090SAMP	6.03	0.65	0.53	36.90	8.65	4.27	ok
3	TENAXTT090SAMP	6.00	0.65	0.53	36.90	7.82	4.72	ok
4	TENAXTT090SAMP	5.96	0.65	0.53	36.90	7.03	5.25	ok
5	TENAXTT090SAMP	5.93	0.65	0.53	36.90	6.27	5.88	ok
6	TENAXTT090SAMP	5.89	0.65	0.53	36.90	5.56	6.64	ok
7	TENAXTT090SAMP	5.86	0.65	0.53	36.90	4.88	7.56	ok
8	TENAXTT090SAMP	5.82	0.65	0.53	36.90	4.24	8.69	ok
9	TENAXTT090SAMP	5.79	0.65	0.53	36.90	3.64	10.12	ok
10	TENAXTT090SAMP	5.75	0.65	0.53	36.90	3.08	11.97	ok
11	TENAXTT090SAMP	5.72	0.65	0.53	36.90	2.56	14.42	ok
12	TENAXTT090SAMP	5.68	0.65	0.53	36.90	2.07	17.79	ok
13	TENAXTT090SAMP	5.65	0.65	0.53	36.90	1.63	22.67	ok
14	TENAXTT090SAMP	5.61	0.65	0.53	36.90	1.22	30.28	ok
15	TENAXTT090SAMP	5.58	0.65	0.53	36.90	2.85	12.94	ok

**Quantity**

geogrid type	Quantity	Medium force (utilization %)
* TENAXTT090SAMP	105.06 m <sup>2</sup> /m	6.21 kN/m (16.8%)
Geogrid number	15	
Total quantity	105.06 m <sup>2</sup> /m	
included wastage 10%	115.56 m <sup>2</sup> /m	

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



**ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙ ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
(ΛΥΣΗ 3)**

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ (ΛΥΣΗ 3)

### 1.1 Χωματοουργικές εργασίες

#### 1. Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες -ημιβραχώδες

$$V = 20 \cdot 40 = 800 \text{ m}^3$$

Σύνολο 800,00 m<sup>3</sup>

#### 2. Συνήθη δάνεια υλικών Κατηγορίας E1 έως E4

$$V = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ m}^3$$

Σύνολο 1.200,00 m<sup>3</sup>

#### 3. Κατασκευή επιχωμάτων

$$V = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ m}^3$$

Σύνολο 1.200,00 m<sup>3</sup>

### 1.2 Κατασκευές από σκυρόδεμα-οπλισμοί

#### 1. Κοιτοστρώσεις και εξομαλντικές στρώσεις από άοπλο σκυρόδεμα C8/10

Σύνολο 15 m<sup>3</sup>

#### 2. Διάτρηση και σκυροδέτηση έγχυτων πασσάλων:

##### Φρεατοπάσσαλος Φ0,80 m

Μήκος φρεατοπασσάλου Φ80 9 m

Αριθμός φρεατοπασσάλων 25

Συνολικό μήκος 225 m

Σύνολο 225,00 m<sup>3</sup>

#### 3. Κατασκευή βάρων, πλακών πρόσβασης, τοίχων, θωρακίων κλπ με σκυρόδεμα C20/25

Συνολικό μήκος κεφαλόδεσμου 90x400 36 m

Όγκος σκυρόδεματος C20/25 =  $36 \cdot 0,9 \cdot 4 = 130 \text{ m}^3$

Συνολικό μήκος τοιχίου 35 m

Όγκος σκυρόδεματος C20/25 =  $(0,8+0,5)/2 \cdot 35 \cdot 3 = 68 \text{ m}^3$

Συνολικός όγκος σκυροδέματος 198 m<sup>3</sup>

Σύνολο 198 m<sup>3</sup>

Προς στρογγυλοποίηση 200,00 m<sup>3</sup>

#### 4. Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος B500C εκτός υπογείων έργων

Συνολικό μήκος φρεατοπασσάλων Φ80 225 m

Όγκος σκυρόδεματος C20/25 =  $225 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 113 \text{ m}^3$

Συνολικό μήκος κεφαλόδεσμου 90x400 36 m

Όγκος σκυρόδεματος C20/25 =  $36 \cdot 0,9 \cdot 4 = 130 \text{ m}^3$

Συνολικό μήκος τοιχίου 35 m

Όγκος σκυρόδεματος C20/25 =  $(0,8+0,5)/2 \cdot 35 \cdot 3 = 68 \text{ m}^3$

Συνολικός όγκος σκυροδέματος 311 m<sup>3</sup>

Βάρος οπλισμού ανά m<sup>3</sup> 135 kg

Συνολικό βάρος οπλισμού 41970,15 kg

Σύνολο 41.970,15 kg

Προς στρογγυλοποίηση 42.000,00 kg

### 1.3 Ασφαλτικά

1. Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα). Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα) σε βάθος έως 6 cm.

Μήκος επέμβασης 100 m

Πλάτος επέμβασης 6,5 m

Σύνολο 650 m<sup>2</sup>

2. Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη.

Μήκος επέμβασης 100 m

Πλάτος επέμβασης 6,5 m

Σύνολο 650 m<sup>2</sup>

3. Ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας. Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m με χρήση κοινής ασφάλτου.

Μήκος επέμβασης 100 m

Πλάτος επέμβασης 6,5 m

Σύνολο 650 m<sup>2</sup>

### 1.4. Σήμανση-Ασφάλεια

1. Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων (ΣΑΟ). Μονόπλευρα χαλύβδινα στηθαία ασφαλείας, ικανότητας συγκράτησης H1 που τοποθετούνται με έμπηξη, κατηγορίας σφοδρότητας πρόσκρουσης A, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1317-2. Στηθαίο ασφαλείας ικανότητας συγκράτησης H1, λειτουργικού πλάτους W5.

Σύνολο 60 m

2. Στηθαίο ασφαλείας ικανότητας συγκράτησης P2a, ζώνης απομάκρυνσης Z1

Σύνολο 2 τεμ.

3. Διαγράμμιση οδοστρώματος. Διαγράμμιση οδοστρώματος με ανακλαστική βαφή.

Σύνολο 100 m<sup>2</sup>

4. Στύλοι πινακίδων. Στύλος πινακίδων από γαλβαν.σιδηροσωλήνα DN 40 mm (1 ½").

Σύνολο 5 τεμ.

5. Πινακίδες ρυθμιστικές και ένδειξης επικίνδυνων θέσεων.

Πινακίδες επικίνδυνων θέσεων, τριγωνικές, πλευράς 0,90 m.

Σύνολο 5 τεμ.