



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού

## ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΕΡΕΥΝΑ

# ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΜΕ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ “ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΑΡΒΑΝΙΤΙΑΣ” ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΥΠΛΙΕΩΝ



Εθνικό και Καποδιστριακό  
Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος



ΝΑΥΠΛΙΟ- ΑΘΗΝΑ  
2022





# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                                                   | 5  |
| 1.1. Ανάλυση Εφαρμοσμένου Ερευνητικού Έργου .....                                                                  | 5  |
| 1.2. Αντικείμενο και στόχος έρευνας .....                                                                          | 5  |
| 1.3. Σύνομο ιστορικό.....                                                                                          | 7  |
| 1.4. Ορισμοί.....                                                                                                  | 8  |
| 1.4.1. Γενικά.....                                                                                                 | 8  |
| 1.4.2. Ταξινόμηση κατολισθήσεων .....                                                                              | 8  |
| 1.4.3. Ενεργότητα κατολισθήσεων.....                                                                               | 10 |
| 1.5. Η περίπτωση του Μονοπατιού της Αρβανιτιάς .....                                                               | 12 |
| 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ .....                                                                                           | 13 |
| 2.1. Γεωγραφική τοποθέτηση .....                                                                                   | 13 |
| 2.2. Γεωλογικές - Γεωτεκτονικές συνθήκες.....                                                                      | 14 |
| 2.3. Υδρολογικές - Υδρογεωλογικές συνθήκες.....                                                                    | 17 |
| 2.4. Σεισμοτεκτονικές συνθήκες .....                                                                               | 18 |
| 2.4.1. Ιστορικά σεισμολογικά στοιχεία .....                                                                        | 18 |
| 2.4.2. Ενόργανα σεισμολογικά δεδομένα.....                                                                         | 21 |
| 3. ΕΝΑΕΡΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ..... | 27 |
| 3.1. Γενικά.....                                                                                                   | 27 |
| 3.2. Λήψη Δεδομένων και Φωτογραμμετρική Επεξεργασία .....                                                          | 28 |
| 3.2.1. Αποτύπωση με πτήσεις σε οριζόντιο επίπεδο .....                                                             | 33 |
| 3.2.2. Αποτύπωση με πτήσεις κάθετα στα πρανή .....                                                                 | 38 |
| 3.2.3 Αξιοποίηση αποτελεσμάτων εναέριας αποτύπωσης στην αντιμετώπιση του κατολισθητικού κινδύνου .....             | 47 |
| 3.2.4. Αποτύπωση των τειχών και των ανθρωποκατασκευών στην περιοχή έρευνας .....                                   | 53 |
| 4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ .....                                                          | 55 |
| 4.1. Γεωλογικός χάρτης .....                                                                                       | 55 |
| 4.2. Εντοπισμός αστοχιών στα πρανή .....                                                                           | 57 |
| 4.3. Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχομάζας .....                                                                        | 59 |
| 4.4. Αξιολόγηση γεωτεχνικών συνθηκών.....                                                                          | 60 |
| 4.4.1. Γεωτεχνικές παράμετροι βραχομάζας .....                                                                     | 60 |
| 4.4.2. Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών .....                                                                     | 60 |
| 5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ.....                                                                                        | 63 |
| 5.1. Γεωτεχνικοί υπολογισμοί .....                                                                                 | 63 |
| 5.2. Στατιστική επεξεργασία των ασυνεχειών και διαγράμματα κινηματικής ανάλυσης.....                               | 63 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3. Αναλύσεις ευστάθειας πρανούς έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης .....                   | 66 |
| 5.4. Αναλύσεις ευστάθειας πρανούς έναντι επίπεδης ολίσθησης .....                      | 71 |
| 5.5 . Έλεγχος επικινδυνότητας σε πτώσεις βράχων .....                                  | 76 |
| 6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ .....             | 79 |
| 6.1 Εισαγωγή .....                                                                     | 79 |
| 8.2 Αιτιολόγηση προτεινόμενων μέτρων .....                                             | 79 |
| 8.2.1. Αγκυρώσεις μεμονωμένων τεμαχίων έναντι σφηνοειδούς και επίπεδης ολίσθησης ..... | 81 |
| 8.2.2. Καθαιρέσεις επισφαλών τεμαχίων - Εκβραχισμοί .....                              | 82 |
| 8.2.3. Τοποθέτηση πλήρως αγκυρωμένου μεταλλικού πλέγματος .....                        | 83 |
| 8.2.4. Τοποθέτηση πλήρως αγκυρωμένου πλέγματος από γαλβανισμένα συρματοσχοίνα .....    | 84 |
| 8.2.5. Τοποθέτηση φρακτών ανάσχεσης καταπτώσεων .....                                  | 85 |
| 8.2.6 Κατασκευή σκέπαστρου στο τμήμα N3 .....                                          | 86 |
| 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                                                  | 89 |
| 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                                                  | 91 |





## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ανάλυση Εφαρμοσμένου Ερευνητικού Έργου

Με βάση την υπ. αριθ. 144/05-05-2020 Απόφαση του Περιφερειακού Συμβουλίου της Περιφέρειας Πελοποννήσου και την υπ. αριθ. 34888/20-07-2020 (ΑΔΑ: ΩΣ3Τ46ΨΖ2Ν-4ΞΠ) Απόφαση της Συγκλήτου του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών περί έγκρισης του έργου μεταξύ:

- του **Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού**, νόμιμα εκπροσωπούμενο από την **Υπουργό Πολιτισμού και Αθλητισμού, κα Λίνα Μενδώνη**,
- του **Δήμου Ναυπλίων**, που εδρεύει στην Βασιλέως Κωνσταντίνου 34, Ναύπλιο, όπως εκπροσωπείται νόμιμα από τον **Δήμαρχο Κ. Δημήτριο Ι. Κωστούρο**,
- του **Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Ναυπλίου**, που εδρεύει στην Ηρακλέους 4. ΤΚ 21100, Ναύπλιο, όπως εκπροσωπείται νόμιμα από τον **πρόεδρο Κ. Ζαφείρη Αναστάσιο**,
- του **Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών**/Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων Έρευνας που εδρεύει στην οδό Χρ. Λαδά 6, 10561, Αθήνα (ΑΦΜ 090145420, ΔΟΥ Δ' Αθηνών), όπως νομίμως εκπροσωπείται από τον **Καθηγητή Νικόλαο Βούλγαρη**, Αντιπρύτανη Έρευνας και Δια Βίου Εκπαίδευσης και Πρόεδρο της Επιτροπής Ερευνών και τον **Επιστημονικό Υπεύθυνο** για την υλοποίηση της έρευνας της παρούσας προγραμματικής κ. **Ευθύμιο Λέκκα**, Καθηγητή Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Διαχείρισης Καταστροφών του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος,

ανατέθηκε η εκπόνηση Εφαρμοσμένου Ερευνητικού Έργου με τίτλο **«Έρευνα και Αντιμετώπιση Κατολισθητικού Κινδύνου με Καινοτόμες Μεθόδους στην Περιοχή Μονοπάτι Αρβανιτιάς του Δήμου Ναυπλίων»**.

### 1.2. Αντικείμενο και στόχος έρευνας

Βάσει της σχετικής σύμβασης, τα κύρια θεματικά αντικείμενα της έρευνας είναι τα ακόλουθα:

1. Αξιολόγηση υπαρχόντων γεωλογικών, γεωτεκτονικών, υδρογεωλογικών, σεισμοτεκτονικών και γεωτεχνικών δεδομένων.
2. Αποτύπωση πρηνούς με χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους. Δημιουργία λεπτομερούς ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.
3. Αποτύπωση των τειχών και των ανθρωποκατασκευών όλων των εποχών στην περιοχή μελέτης, και δημιουργία ψηφιακού μοντέλου
4. Γεωλογική – Τεκτονική χαρτογράφηση των γεωλογικών σχηματισμών στην ευρύτερη περιοχή σε κατάλληλη κλίμακα.
5. Γεωτεχνική χαρτογράφηση των γεωλογικών σχηματισμών στην ευρύτερη περιοχή σε κατάλληλη κλίμακα.
6. Διερεύνηση της ασυνεχούς τεκτονικής παραμόρφωσης που έχουν υποστεί, διερεύνηση επιφανειών ολίσθησης με τη χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους, καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων των γεωμετρικών στοιχείων των ασυνεχειών και των βραχωδών μαζών.
7. Εντοπισμός αστοχιών στα πρηνή και κατάταξη βραχομάζας με βάση τις διεθνώς αποδεκτές μεθοδολογίες υπολογισμού ευστάθειας.
8. Μοντέλα προσομοίωσης καταπτώσεων και ολισθήσεων των βραχωδών τεμαχίων με ειδικά λογισμικά και αναλύσεις εξέλιξης πτώσεων. Υπολογισμός ευστάθειας πρηνούς βραχωδών πρηνών.
9. Ενδεικνυόμενα μέτρα και προτάσεις παρεμβάσεων μείωσης επικινδυνότητας από καταπτώσεις.

Το Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και

Κρίσεων» συγκεντρώνει μια σπάνια σε ειδικότητες, πλήθος και εμπειρία κρίσιμη μάζα επιστημόνων, που παγίως καλλιεργεί την έρευνα σε θέματα, όπως οι φυσικές καταστροφές (σεισμοί, κατολισθήσεις, πλημμύρες, πυρκαγιές κλπ.), τα ακραία καιρικά φαινόμενα και η κλιματική αλλαγή. Στην παρούσα έρευνα συνεργάστηκαν επιστήμονες από τα παρακάτω εργαστήρια:

- Εργαστήριο Μελέτης και Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών,
- Εργαστήριο Τηλεανίχνευσης,
- Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων,

τα οποία δραστηριοποιούνται στην έρευνα σχετικά με τις φυσικές καταστροφές και την κλιματική αλλαγή, συμπεριλαμβανομένου των κατολισθήσεων και της επιφανειακής παραμόρφωσης.

Στα πλαίσια αυτά αναπτύσσεται πάγια ερευνητική δραστηριότητα, δοκιμάζονται, τροποποιούνται ή διαμορφώνονται νέες μεθοδολογίες στην έρευνα των φυσικών, τεχνολογικών και περιβαλλοντικών κινδύνων και συνεχώς εκπονούνται ερευνητικές εργασίες και προπτυχιακές, μεταπτυχιακές διπλωματικές και διδακτορικές διατριβές, μεταξύ άλλων στα εξής θέματα:

- Εκτίμηση και Χαρτογράφηση Φυσικών Κινδύνων και Διακινδύνευσης (σεισμοί, πλημμύρες, πυρκαγιές, κατολισθήσεις, διάβρωση, κλπ.).
- Εκτίμηση τρωτότητας, κινδύνου και διακινδύνευσης υδατικών πόρων (συστήματα επιφανειακών και υπογείων υδάτων).

Στο ίδιο πλαίσιο, οποτεδήποτε συμβεί μια φυσική ή τεχνολογική καταστροφή, τα μέλη των παραπάνω εκπαιδευτικών και ερευνητικών δομών κινητοποιούνται κατά το δέον και ανάλογα με το γνωστικό πεδίο για τη συλλογή στοιχείων, την ανάλυση και επεξεργασία τους και την εξαγωγή επιστημονικών συμπερασμάτων που διοχετεύονται προς την ελληνική και διεθνή επιστημονική κοινότητα, αλλά και προς το ελληνικό κράτος και τις δομές της αυτοδιοίκησης, προς όφελος του δημοσίου συμφέροντος, συνθήκες που δεν υπάρχουν στα συνήθη μελετητικά γραφεία αλλά διαμορφώνονται μόνο σε περίπτωση προκήρυξης κάποιου έργου που τις προδιαγράφει και ποτέ αυθορμήτως.

Το ΕΚΠΑ εκ της αποστολής του οφείλει να παράγει νέα επιστημονική γνώση, την οποία στη συνέχεια διαθέτει στην κοινωνία και στην οικονομία για χρήση και ανάπτυξη, και εν προκειμένω δοκιμάζονται και αναπτύσσονται μεθοδολογίες που δεν έχουν παγιωθεί και προδιαγραφεί θεσμικά ή κανονιστικά, ώστε να ανατεθούν σε μελετητές. Στην ερευνητική ομάδα συμμετέχουν ερευνητές με εμπειρία τόσο στα αντικείμενα όσο και στην περιοχή. Η ερευνητική ομάδα απαρτίζεται από τους:

- Καθηγητή **Ε. Λέκκα**, Καθηγητή Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών, του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Καθηγήτρια **Μ. Σταυροπούλου**, Καθηγήτρια Τεχνικής Γεωλογίας, του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Αναπληρωτή Καθηγητή **Εμμ. Βασιλάκη**, Καθηγητή Τηλεανίχνευσης & Μορφοτεκτονικής, του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- **Α. Κονσολάκη**, Γεωλόγο (MSc), που έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στο Περιβάλλον και υποψήφια διδάκτορα στο γνωστικό πεδίο της τρισδιάστατης αποτύπωσης γεωμορφών με καινοτόμες τεχνολογίες και με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με φυσικές καταστροφές.
- **Ε. Κώτση**, Γεωλόγο (MSc), που έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στις Φυσικές Καταστροφές και υποψήφια διδάκτορα στο ίδιο γνωστικό πεδίο και με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με φυσικές καταστροφές.

- **Σ. Πετράκη**, Dr. Γεωλόγο, που έχει Διδακτορικό και μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στην Ωκεανογραφία και με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με παράκτια γεωμορφολογία.
- **Α. Ερκέκη**, Γεωπληροφορικό & Τοπογράφο (MSc), που έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στις Φυσικές Καταστροφές και με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με φυσικές καταστροφές.
- **Ι. Γιαννόπουλο**, Γεωλόγο (BSc), με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με φυσικές καταστροφές.
- **Α. Κοκκορομύτη**, Γεωλόγο (BSc), με συμμετοχή σε σειρά Εφαρμοσμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων σχετικών με φυσικές καταστροφές.

Η ομάδα έρευνας θέλει να εκφράσει ιδιαίτερες ευχαριστίες στους Π. Σαρέλα (εναερίτη), Σ. Πετράκη (Γεωλόγο, χειριστή ΣμηΕΑ) και Θ. Χατζηθεοδώρου (Τοπογράφο) για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη φάση των εργασιών υπαίθρου.

### 1.3. Σύντομο ιστορικό

Την αφορμή για την εκπόνηση της παρούσης έρευνας αποτέλεσαν σειρά από φαινόμενα καταπτώσεων που έχουν συμβεί στην περιπατητική διαδρομή της Αρβανιτιάς, τα τελευταία χρόνια. Στην περιπατητική διαδρομή της Αρβανιτιάς, η οποία αποτελεί μια μοναδική παραθαλάσσια διαδρομή που ενώνει την πλαζ της Αρβανιτιάς με την παραλία της πόλης έχουν σημειωθεί μεγάλες κατολισθήσεις, με πιο πρόσφατες σε διάστημα ενός έτους, με πρώτη αυτή που σημειώθηκε τον Ιούνιο του 2018 και δεύτερη αυτήν του Αυγούστου του 2019 (Εικ. 1.1). Παλαιότερα, κατά καιρούς παρατηρήθηκαν καταπτώσεις βράχων, με μεγαλύτερη εκδήλωση αυτήν του Ιανουαρίου του 2010, προ της εισόδου της τεχνητής μικρο-σήραγγας με την πώση δύο μεγάλων ογκολίθων, χωρίς να προκληθούν τραυματισμοί σε διερχόμενους. Την περίοδο εκείνη εκπονήθηκε μελέτη από την Υπηρεσία Τεχνικής Γεωλογίας του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου κá, 2010), της οποίας τα αποτελέσματα ελήφθησαν σοβαρά υπόψιν.



**Εικόνα 1.1.** Επιτόπια αυτοψία μετά από κατολίσθηση στο Μονοπάτι της Αρβανιτιάς.

## 1.4. Ορισμοί

### 1.4.1. Γενικά

Εδαφικές ή βραχώδεις μάζες που βρίσκονται είτε κάτω από οριζόντια μορφολογική επιφάνεια, είτε πίσω από κεκλιμένη (πρανές), μπορούν να υποστούν διατάραξη της ισορροπίας τους, ύστερα από ορισμένες εσωτερικές ή εξωτερικές μεταβολές. Οι διαταράξεις αυτές μπορούν να προκληθούν από εξωτερικές παρεμβάσεις με την άμεση ή την έμμεση συμβολή του ανθρώπου. Επίσης μπορούν να προκληθούν και χωρίς εξωτερικές παρεμβάσεις από διάφορες φυσικές διεργασίες, που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου.

Εξετάζοντας από κινηματική άποψη το σύνολο των μεταβολών αυτών, διακρίνονται δύο συνιστώσες κίνησης, μία οριζόντια και μία κατακόρυφη. Στην περίπτωση που υπάρχει μόνο κατακόρυφη μετακίνηση προς τα κάτω, το φαινόμενο καλείται **καθίζηση** ή **κατάρρευση**. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου εκτός από την κατακόρυφη προς τα κάτω συνιστώσα, υπάρχει και οριζόντια συνιστώσα κίνησης, το φαινόμενο καλείται **κατολίσθηση** με την ευρύτερη έννοια του όρου.

Επομένως, με το όρο **κατολίσθηση** (landslide) ορίζεται η κίνηση μάζας ενός πρανούς (πέτρωμα ή έδαφος) της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω (Terzaghi, 1950). Ο Varnes (1978) χρησιμοποιεί τον όρο **μετακίνηση μαζών** (mass movements), στον οποίο περιλαμβάνει κάθε μετακίνηση τμήματος πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό. Ωστόσο στον ορισμό αυτό δεν περιλαμβάνονται οι καθιζήσεις και οι καταρρεύσεις.

Η αστοχία πρανών με την μορφή κατολισθήσεων είναι από τις σφοδρότερες φυσικές καταστροφές. Οι κατολισθήσεις μπορούν να προκαλέσουν άμεσες καταστροφές στο ανθρώπινο περιβάλλον ή και ενεργοποίηση δευτερογενών αιτιών καταστροφής (όπως κατολίσθηση σε τεχνητή λίμνη – πρόκληση υπερπήδησης στο φράγμα).

Διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες κατολισθήσεων: οι **ταχείες κατολισθήσεις** και οι **ερπυστικές**. Ο ερπυσμός (creep) αφορά μετακίνηση με αργό ρυθμό του επιφανειακού στρώματος της τάξης των μερικών εκατοστών/έτος.

### 1.4.2. Ταξινόμηση κατολισθήσεων

Η ταξινόμηση κατά VARNES (1978) θεωρείται μια από τις πληρέστερες ταξινομήσεις που έχουν προταθεί. Στην ταξινόμηση αυτή, λαμβάνονται υπόψη αρκετοί παράγοντες, όπως το είδος της κίνησης, το είδος των υλικών που μετασχηματίστηκαν, η μορφή της κίνησης, κλπ. Διακρίνονται τα εξής είδη κατολισθήσεων (**Πίνακας 1.2**):

- **Καταπτώσεις** (Rockfalls). Πρόκειται για αποσπάσεις μαζών διαφόρων μεγεθών από απότομα πρανή και στη συνέχεια μετακίνηση τους, λόγω βαρύτητας με τη μορφή ελεύθερης πτώσης, αναπηδήματος και κύλισης. Η κίνηση είναι γρήγορη έως πολύ γρήγορη και συνήθως αυξάνει προς τα κάτω, λόγω της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Διακρίνονται ανάλογα με το είδος της μάζας που πέφτει, σε πτώσεις βράχων, πτώσεις κορημάτων και σε πτώσεις εδάφους (**Εικόνα 1.2D**).
- **Ανατροπές** (Topples). Πρόκειται για πτώσεις μαζών, στις οποίες η αρχική κίνηση περιλαμβάνει μια ανατροπή, δηλαδή ουσιαστικά μια περιστροφή γύρω από έναν άξονα, ο οποίος ευρίσκεται στο κάτω μέρος της μάζας (**Εικόνα 1.2E**). Προκαλούνται συνήθως από υποσκαφές σε ένα τμήμα της βάσης, οπότε υπάρχει απώλεια στήριξης ή από πλευρικές ωθήσεις, για παράδειγμα από πιέσεις νερού των ασυνεχειών.
- **Ολισθήσεις** (Slides). Πρόκειται για μετακινήσεις, οι οποίες συνοδεύονται οπωσδήποτε με θραύση κατά μήκος μιας ή περισσότερων επιφανειών. Διακρίνονται δύο τύποι ολισθήσεων από τους οποίους, στο



μεν πρώτο υπάρχει μία περιστροφική κίνηση της μάζας γύρω από ένα νοητό άξονα, στο δε δεύτερο υπάρχει μια μετάθεση της μάζας χωρίς να ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο τόξο.

- **Περιστροφικές Ολισθήσεις** (rotational slides). Πρόκειται για ολισθήσεις κατά μήκος κοίλων προς τα πάνω επιφανειών με μικρή παραμόρφωση στο εσωτερικό της μετακινούμενης μάζας (**Εικόνα 1.2Α**). Το ανώτερο τμήμα της μετακινούμενης μάζας κινείται προς τα κάτω, ενώ στη βάση της μετακινούμενης μάζας παρατηρείται ανύψωση. Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή κατολίσθησης και εκδηλώνεται κυρίως σε εδαφικούς σχηματισμούς. Στην περίπτωση όπου έχουμε περισσότερες από μία κοίλες επιφάνειες ολίσθησης, η κατολίσθηση αναφέρεται συνήθως με τον όρο slump.
- **Μεταθετικές Ολισθήσεις** (translational slides). Η μάζα που αποσπάται από το πρηνές μετακινείται προς τα έξω ή προς τα κάτω και έξω, κατά μήκος μιας κατά προσέγγιση επίπεδης ή ομαλής – κυματοειδούς επιφάνειας, με πολύ μικρή ή καθόλου περιστροφή (**Εικόνες 1.2B & 1.2C**). Συνήθως η μετακινούμενη μάζα ολισθαίνει παράλληλα με την επιφάνεια ολίσθησης και πάνω σε αυτή. Στην περίπτωση μεταθετικής ολίσθησης βράχων, οι επιφάνειες ολίσθησης ορίζονται από ασυνέχειες, ρήγματα, επίπεδα σχιστότητας που προϋπάρχουν στη μάζα του πετρώματος και συχνά αναφέρονται ως επίπεδες ολισθήσεις (plane failure), αυτές κατά τις οποίες η ολίσθηση γίνεται κατά μήκος μίας δομικής ασυνέχειας και σφηνοειδείς ολισθήσεις (wedge failure), όταν η ολίσθηση γίνεται κατά μήκος δύο δομικών ασυνεχειών.
- **Πλευρικές εξαπλώσεις** (lateral spreads). Στις πλευρικές εξαπλώσεις η κίνηση που επικρατεί είναι η πλευρική διάσταση του υλικού (**Εικόνα 1.2J**). Οι πλευρικές εξαπλώσεις συνήθως εμφανίζονται σε πρηνή μικρής κλίσης και διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους:
  - **Εξάπλωση τεμαχίων** (block spreads). Βραχύδεις γεωλογικοί σχηματισμοί, που υπέρκεινται άλλων ασθενέστερων, διαχωρίζονται με κατακόρυφες ρωγμές σε τεμάχια. Το υποκείμενο υλικό συνθλίβεται και συχνά καλύπτει τις ρωγμές που δημιουργούνται. Η μετατόπιση κατανέμεται σε όλη την εκτεινόμενη μάζα και τις περισσότερες φορές είναι εξαιρετικά αργή.
  - **Εξάπλωση λόγω ρευστοποίησης** (liquefaction spreads). Δημιουργούνται κυρίως σε ευαίσθητες αργίλους και ιλύες, οι οποίες, όταν διαταραχθούν, παρουσιάζουν απώλεια της αντοχής τους. Η θραύση είναι βαθμιαία και συνήθως αρχίζει σαν εκτεταμένη καθίζηση με αντίστροφη προοδευτική επέκταση. Η κίνηση ξεκινάει χωρίς προειδοποίηση και είναι μεγάλης έως πολύ μεγάλης ταχύτητας.
- **Ροές** (flows). Εκδηλώνονται κυρίως σε χαλαρά υλικά με την μετακινούμενη μάζα να υφίσταται έντονες παραμορφώσεις, ενώ όταν χαρακτηρίζονται από πολύ έως εξαιρετικά αργή ταχύτητα μετακίνησης τότε ταξινομούνται στον ερπυσμό (creep). Στις ταχείες ροές υφίσταται συνεχή σχετική κίνηση των σωματιδίων που αποτελούν την κινούμενη μάζα, η οποία κινείται με τη μορφή ενός ιξώδους ρευστού (**Εικόνες 1.2F, 1.2G & 1.2H**). Τα υλικά της επιφάνειας παρασύρονται από την κινούμενη μάζα και δημιουργούν ένα μείγμα κινούμενων υλικών. Η κίνηση είναι πολύ γρήγορη, ενώ είναι πολύ πιο επικίνδυνη, όταν υπάρχει παρουσία νερού.
- **Ερπυσμός** (Creep). Αφορά μετακίνηση με αργό ρυθμό και πρόκειται για μια αργή κίνηση του επιφανειακού στρώματος της τάξης των μερικών εκατοστών/έτος (**Εικόνα 1.2I**). Η ύπαρξη και η δράση του γίνονται εμφανείς από την κλίση δένδρων, στύλων κλπ. Προσβάλλει γενικώς όλη την έκταση της επιφάνειας του πρηνούς και χαρακτηρίζεται μορφολογικά από κυματοειδείς μορφές στην επιφάνεια. Πρωτογενώς δεν εμφανίζονται ρωγμές και αποκολλήσεις. Οι επιπτώσεις από τον ερπυσμό δεν είναι σοβαρές, δημιουργούνται πάντως προβλήματα σε καλλιέργειες, εγκαταστάσεις, έργα οδοποιίας κλπ.
- Ως **σύνθετες** (complex ή composite) χαρακτηρίζονται οι κατολισθήσεις που εκδηλώνονται με τουλάχιστον δύο διαφορετικούς τύπους μετακίνησης. Μια κατολίσθηση μπορεί να εμφανίζει επαναλαμβανόμενες κινήσεις του ίδιου τύπου με επέκταση της επιφάνειας θραύσης, οπότε καλείται πολλαπλή (multiple). Η νέα μετακινούμενη μάζα είναι σε επαφή με την προηγούμενη και πολλές φορές έχουν κοινό τμήμα επιφανειών θραύσης. Παρόμοιες με τις πολλαπλές εξελίσσονται και οι διαδοχικές κατολισθήσεις (successive), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει επικάλυψη του

υλικού της μιας κατολίσθησης με το αντίστοιχο της άλλης και η καθεμία αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση.

- Ως **απλή** (single) χαρακτηρίζεται η κατολίσθηση εκείνη, που εκδηλώνεται με έναν και μόνο τύπο μετακίνησης, χωρίς η μάζα που ολισθαίνει να διαχωρίζεται.

**Πίνακας 1.2.** Συνοπτική ταξινόμηση κατολισθήσεων (Varnes, 1978).

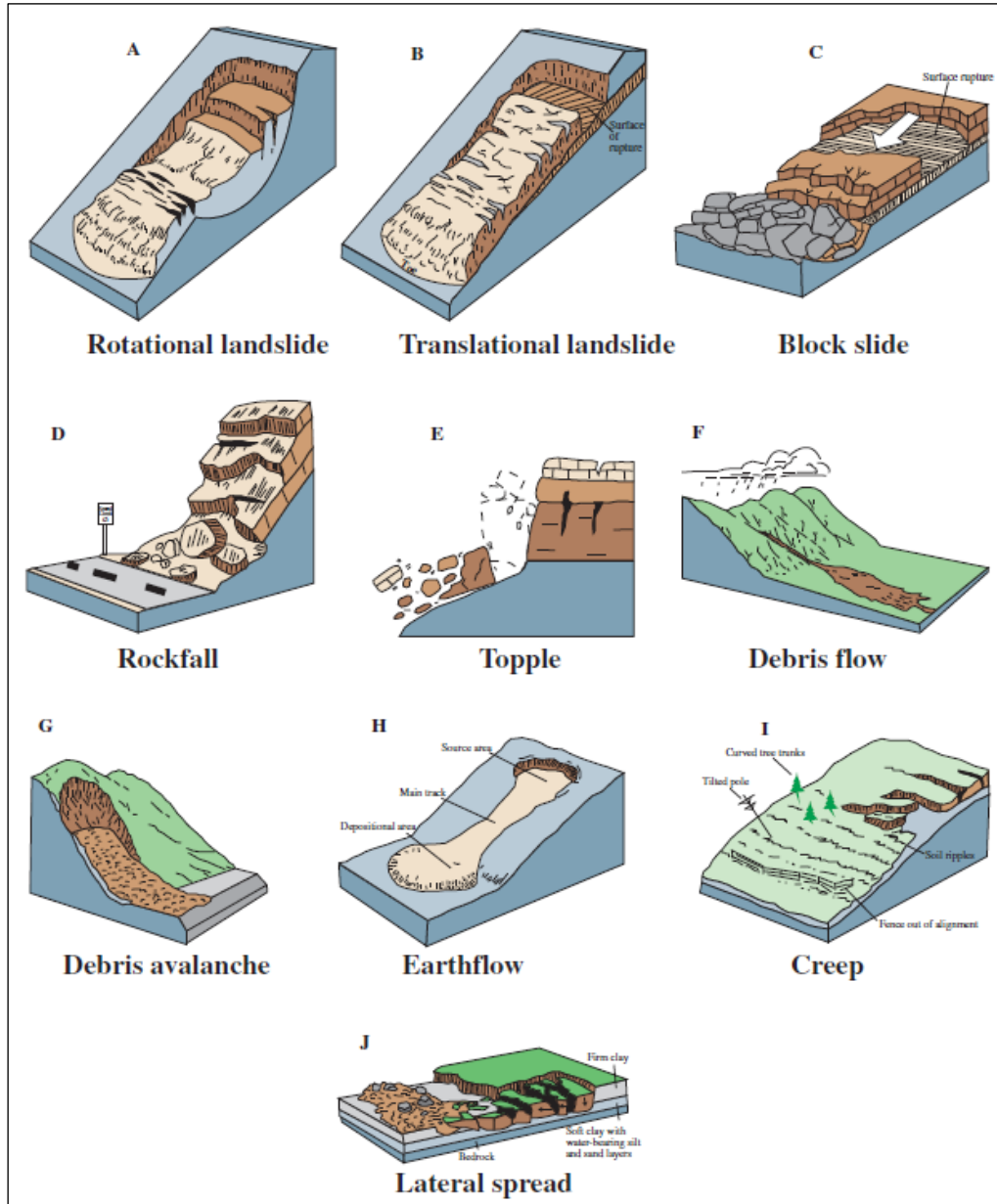
| ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ    |              | ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ (πριν την μετακίνηση)              |                                      |
|----------------------|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                      |              | ΒΡΑΧΟΣ                                          | ΕΔΑΦΟΣ                               |
|                      |              |                                                 | <div>ΚΟΡΗΜΑΤΑ</div> <div>ΓΑΙΕΣ</div> |
| Πτώσεις              |              | Πτώσεις βράχων                                  | Πτώσεις κορημάτων                    |
| Ανατροπές            |              | Ανατροπές βράχων                                | Ανατροπές κορημάτων                  |
| Ολισθήσεις           | Περιστροφική | Περιστροφική ολίσθηση βράχων                    | Περιστροφική ολίσθηση κορημάτων      |
|                      | Μεταθετική   | Μεταθετική ολίσθηση βράχων                      | Μεταθετική ολίσθηση κορημάτων        |
| Πλευρικές εξαπλώσεις |              | Πλευρική εξάπλωση βράχων                        | Πλευρική εξάπλωση κορημάτων          |
| Ροές                 |              | Ροή βράχων<br>Ερπυσμός βράχων                   | Ροή κορημάτων<br>Ερπυσμός γαιών      |
| Σύνθετες             |              | Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων μετακίνησης |                                      |

#### 1.4.3. Ενεργότητα κατολισθήσεων

Από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην έρευνα των κατολισθήσεων είναι ο προσδιορισμός της ενεργότητάς τους (activity). Το 1993 ομάδα εργασίας της UNESCO πρότεινε για τον προσδιορισμό της ενεργότητας τις παρακάτω απαραίτητες παραμέτρους:

- Το **καθεστώς ενεργότητας** (state of activity), που αναφέρεται στο χρονικό των μετακινήσεων. Έτσι, οι κατολισθήσεις διακρίνονται σε:
  - **Ενεργές** (active) που παρουσιάζουν πρόσφατες μετακινήσεις. Οι μορφολογικοί χαρακτήρες αναγνωρίζονται εύκολα και δεν έχουν αλλοιωθεί από τις φυσικές διεργασίες της αποσάθρωσης και της διάβρωσης. Από τις κατολισθήσεις αυτές άλλες εκδηλώνονται για πρώτη φορά και ονομάζονται αρχικά ενεργές και άλλες ενεργοποιούνται μετά από ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο είχαν σταθεροποιηθεί και ονομάζονται επανεργοποιημένες (reactivated). Οι επανεργοποιημένες μετακινούνται συνήθως σε επιφάνειες ολίσθησης που προϋπήρχαν. Οι κατολισθήσεις που μετακινήθηκαν κατά τον τελευταίο εποχικό κύκλο και οι οποίες κατά την παρούσα περίοδο δεν μετακινούνται ονομάζονται παροδικά ανενεργές ή υπό αναστολή (suspended).
  - **Ανενεργές** (inactive) που παραμένουν σταθερές για περισσότερο από ένα έτος. Αν τα αίτια που συντελούν στην εκδήλωση της κατολίσθησης παραμένουν, τότε η κατολίσθηση βρίσκεται σε **λανθάνουσα κατάσταση** (dormant). Αν όμως τα αίτια που τις προκαλούν έχουν εκλείψει, τότε πρόκειται για **μη ενεργοποιήσιμη κατολίσθηση** (abandoned). Τέλος, όταν για μια ανενεργή κατολίσθηση έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας και σταθεροποίησης, η κατολίσθηση θεωρείται **σταθεροποιημένη** (stabilized).

- **Παλαιές – απολιθωμένες (relict)**, οι οποίες δεν έχουν ενεργοποιηθεί για πολλά χρόνια. Τέτοιου είδους κατολισθήσεις αφήνουν τα ίχνη τους πάνω στα πρανή για χρόνια, ενώ έτσι χαρακτηρίζονται και όσες έχουν θαφτεί κάτω από νεότερα ιζήματα ή αποθέσεις.
- Το **είδος της ενεργότητας** (type of activity), με τον οποίο καθορίζεται ο τρόπος εκδήλωσης των επιμέρους μετακινήσεων εντός της κύριας μάζας της κατολίσθησης.



**Εικόνα 1.2.** Περιπτώσεις κατολισθητικών φαινομένων: (Α) Περιστροφική ολίσθηση, (Β) Μεταθετική ολίσθηση εδαφικού σχηματισμού, (C) Μεταθετική ολίσθηση βραχώδους σχηματισμού, (D) Καταπτώσεις, (Ε) Ανατροπές, (F) Ροή κορημάτων, (G) Στιβάδα κορημάτων, (H) Ροή γαιών, (I) Φαινόμενα ερπυσμού, (J) Πλευρική εξάπλωση (USGS, 2004).

### 1.5. Η περίπτωση του Μονοπατιού της Αρβανιτιάς

Στην υπό μελέτη περιοχή, παρατηρούνται καταπτώσεις βράχων, οι οποίες, σε γενικές γραμμές, προκαλούνται από τον συνδυασμό του τεκτονικού κερματισμού του πετρώματος και των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, που δρουν με δύο τρόπους, σχετικά με την αποκόλληση βραχοτεμαχίων: α) στην διάβρωση των πρανών που δομούνται από υλικά χαμηλής μηχανικής αντοχής και β) στην συγκέντρωση του νερού στις ασυνέχειες με αποτέλεσμα την αυξημένη "πίεση των πόρων" και την δημιουργία "φαινομένων Renard", την λίπανση των επιφανειών ασυνέχειας, αλλά και στην αύξηση του βάρους των ασταθών μαζών. Παράλληλα, η εναλλαγή υγρής και ξηρής περιόδου έχει ως συνέπεια την περαιτέρω χαλάρωση και αποσάθρωση των πετρωμάτων και την δημιουργία ασταθών μαζών, λόγω διόγκωσης και συρρίκνωσης των ορυκτολογικών συστατικών αυτών σε επαναλαμβανόμενο ρυθμό. Αναλυτικότερα, οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην περίπτωση των καταπτώσεων που παρατηρούνται στο Μονοπάτι της Αρβανιτιάς, είναι οι παρακάτω:

#### *(i) βροχοπτώσεις και αποσάθρωση*

Η διαδικασία αποσάθρωσης μειώνει την αντοχή των βραχωδών υλικών ειδικά στην ανώτερη εκτεθειμένη στρώση και συνεπώς οδηγεί στη δημιουργία αρμών και διακλάσεων με διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια των πρανών. Αυτή η διαδικασία είναι μακροχρόνια και διαρκής και επομένως η ακριβής πρόβλεψη των καταπτώσεων που προκαλεί δεν είναι εφικτή. Κατά καιρούς η συχνότητα των καταπτώσεων μπορεί να παρακολουθηθεί έτσι ώστε να γίνει κάποια πρόβλεψη βάσει των δεδομένων, για την μελλοντική κατάσταση των πρανών ή των βραχωδών επιφανειών.

Οι βροχοπτώσεις και τα κατακρημνίσματα γενικότερα, επηρεάζουν κυρίως την αντοχή των αρμών μεταξύ του υγιούς και αποσαθρωμένου βράχου ενώ η αύξηση της πίεσης των πόρων και των αρμών προκαλεί μείωση της γωνίας εσωτερικής τριβής και της συνοχής μεταξύ του υγιούς και αποσαθρωμένου βράχου και πολύ συχνά είναι ο μηχανισμός που προκαλεί καταπτώσεις βράχων ή μικρές καταπτώσεις αδρανών υλικών. Η επίδραση αυτών των μηχανισμών εξαρτάται από δύο παράγοντες: την διαπερατότητα του βραχώδους υλικού και την ετήσια διανομή κατακρημνισμάτων ενώ το ενδεχόμενο κατάπτωσης βράχων είναι άμεσα συνδεδεμένο με το ποσοστό κατακρημνισμάτων. Επιπλέον, ο παγετός που προκαλεί αύξηση της πίεσης των πόρων λόγω της διόγκωσης του νερού που βρίσκεται μέσα στις διακλάσεις και στις ρηγματώσεις μπορεί να επιδρά αρνητικά στην αντοχή της βραχομάζας.

#### *(ii) Σεισμική δραστηριότητα*

Λόγω της επιτάχυνσης εδάφους που προκαλείται από την σεισμική δράση οι ογκόλιθοι που βρίσκονται ήδη σε οριακή ισορροπία σε διάφορες θέσεις στα φυσικά πρανή ή στις επιφάνειες των κατακερματισμένων βράχων είναι πιθανό να μετακινηθούν. Επιπλέον, μπορεί να προκληθεί κατάπτωση των ογκολίθων που είναι ενσωματωμένοι σε φυσικά κορήματα σε στρώσεις με κλίση ίση ή μεγαλύτερη από τη γωνία εσωτερικής τριβής εφόσον θα προκληθεί μείωση της συνοχής ή της γωνίας εσωτερικής τριβής λόγω της επιτάχυνσης εδάφους.

#### *(iii) Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις*

Ανθρώπινη παρουσία, κυρίως, και έργα υποδομής, ανεξαρτήτως χρονολογίας κατασκευής, βρίσκονται περιστασιακά στο μεγαλύτερο μέρος των πρανών και στην κορυφή αυτών. Αυτές οι παρεμβάσεις θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ως μηχανισμοί που μπορεί να προκαλέσουν καταπτώσεις μικρότερων ογκολίθων (μέχρι 25cm διάμετρο) που με τη σειρά τους προκαλούν καταπτώσεις μεγαλύτερων ογκολίθων, γεγονός που μπορεί να καταλήξει και σε σοβαρό περιστατικό κατάπτωσης βράχων.

## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 2.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η περιοχή έρευνας εντοπίζεται στα απόκρημνα πρανή της περιοχής “Μονοπάτι της Αρβανιτιάς” δηλαδή κατά μήκος της βραχώδους ακτογραμμής, όπου έχει διαμορφωθεί δρόμος περιπάτου και περιβάλλει τη χερσόνησο της Ακροναυπλίας από την περιοχή του Ναυτικού Ομίλου, στα όρια της πόλης του Ναυπλίου, μέχρι την πλαζ της Αρβανιτιάς. Η χερσόνησος της Ακροναυπλίας βρίσκεται στο νότιο όριο της παλιάς πόλης του Ναυπλίου και χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο με απότομα βραχώδη πρανή κυρίως στο νότιο και δυτικό τμήμα της (Εικ. 2.1).



**Εικόνα 2.1.** Πανοραμική άποψη της χερσονήσου της Ακροναυπλίας, η οποία περιβάλλεται από το “Μονοπάτι της Αρβανιτιάς”.

Αποτελεί αρχαιολογικό χώρο που υπάγεται στην αρμοδιότητα της 25<sup>ης</sup> Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων. Το σύνολο του Κάστρου της Ακροναυπλίας με βάση την διάκριση από δυτικά προς τα ανατολικά διακρίνεται σε επιμέρους περιοχές, όπως είναι η περιοχή του Ρωμαϊκού κάστρου, η περιοχή της Πύλης Sagredo – Πύργου Ωρολογίου, η περιοχή της Δεξαμενής, η περιοχή του Τείχους Gambello, η περιοχή Νοσοκομείου-Αγίων Αναργύρων, η περιοχή του Ανατολικού τείχους, περιοχή του Ξενοδοχείου ΞΕΝΙΑ και η περιοχή των Προμαχώνων Τόρων καί Grimonì. Ειδικότερα τα μνημεία που περιλαμβάνει είναι:

- **Ρωμαϊκό κάστρο** (Ναός των Αγίων Θεοδώρων, κτήριο πυριτιδαποθήκης, ερείπια ναού Αγίου Ανδρέα, λείψανα θεμελίων οικιών μεσαιωνικού οικισμού, τείχη μυκηναϊκά, ελληνοιστικά, μεσαιωνικά και ενετικά)
- **Πύλη Sagredo – Πύργος Ωρολογίου** (Προμαχώνας Dolfin, Ενετική πύλη, τείχη μυκηναϊκά, ελληνοιστικά, μεσαιωνικά και ενετικά)
- **Περιοχή του Τείχους Gambello** (Εγκάρσιο διαχωριστικό τείχος φράγκικου και ρωμαϊκού κάστρου, μεσαιωνικός Πύργος, διατείχισμα Gambello, πύλες και διαβατικά τείχους Gambello, ερείπια μεσαιωνικής οικίας).
- **Περιοχή του Ανατολικού τείχους**, (ανατολικό τείχος και πύργος βυζαντινού κάστρου, φραγμένη πύλη ανατολικού τείχους, νότια Ενετική πύλη, βόρειο βυζαντινό τείχος με φράγκικες και ενετικές επεμβάσεις, ερείπια στρατιωτικού νοσοκομείου Καποδίστρια)
- **Κάστρο Toron** (Πύλη Toron, Προμαχώνας Toron)



- **Προμαχώνας Grimani** (Ενετικός προμαχώνας και τείχη)

Κατά συνέπεια, πρόκειται για εξαιρετικής σημασίας περιοχή, η οποία χρίζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης και αυξημένης συντήρησης, ώστε να διατηρηθεί και να παραχωρηθεί ως κληρονομιά στις επόμενες γενιές.

## 2.2. Γεωλογικές - Γεωτεκτονικές συνθήκες

Η στενή περιοχή έρευνας αποτελεί τμήμα του βόρειου περιθωρίου του τεκτονικού βυθίσματος του «Άργους» και συγκεκριμένα πρόκειται για ένα μικρότερο τεκτονικό κέρας με BBD-NNA διεύθυνση, το οποίο περιλαμβάνει και τα υψώματα Παλαμηδίου και Ακροναυπλίας. Το τεκτονικό βύθισμα του Άργους αναπτύσσεται με γενική διεύθυνση BBD-NNA, αποτελώντας στην ουσία την προς Βορρά προέκταση του βυθίσματος του Αργολικού Κόλπου (**Εικ. 2.2**). Περιλαμβάνει στο μεγαλύτερο μέρος του μια μεγάλη σχετικά επίπεδη έκταση με χαμηλά υψόμετρα και μόνο το βόρειο τμήμα του αντιστοιχεί σε μία μικρής έκτασης λοφώδη περιοχή. Δυτικά οριοθετείται από το τεκτονικό κέρας «Λύρκειου – Αρτεμίσιου», βόρεια από τα τεκτονικά βυθίσματα «Δυτικής» και «Ανατολικής Κορίνθου» και ανατολικά από το τεκτονικό κέρας του «Αραχναίου».

Η λεκάνη του Άργους, που συνιστά την προς την ξηρά προέκταση του Αργολικού κόλπου, στο σύνολό της δεν αποτελεί παρά μια σχετικά επίπεδη περιοχή με μικρές υψομετρικές διαφορές από τη στάθμη της θάλασσας (λιγότερο από 40 μέτρα), σχηματίζοντας μια επιφάνεια επιπέδωσης από απόθεση υλικών. Το βορειότερο μόνο τμήμα της λεκάνης (από το Κουτσοπόδι μέχρι το στενό των Δερβενακίων) χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα υψόμετρα, που φθάνουν τα 500 μέτρα, φανερώνοντας την ανύψωση που έχει υποστεί το παλαιότερο αυτό τμήμα της λεκάνης. Στην ίδια περιοχή εντοπίζονται και ορισμένες οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης, σε κλιμακωτή διάταξη, σε υψόμετρα από 500 μέχρι 200 μέτρα, με τα υψόμετρα να μειώνονται από Β προς Ν. Η διάταξη αυτή πρέπει να βρίσκεται, εν μέρει τουλάχιστον, κάτω από τεκτονικό έλεγχο, μέσα από τη δράση των μικρών ενεργών Α-Δ ρηγμάτων που εντοπίζονται στο περιθώριο αυτό της λεκάνης.

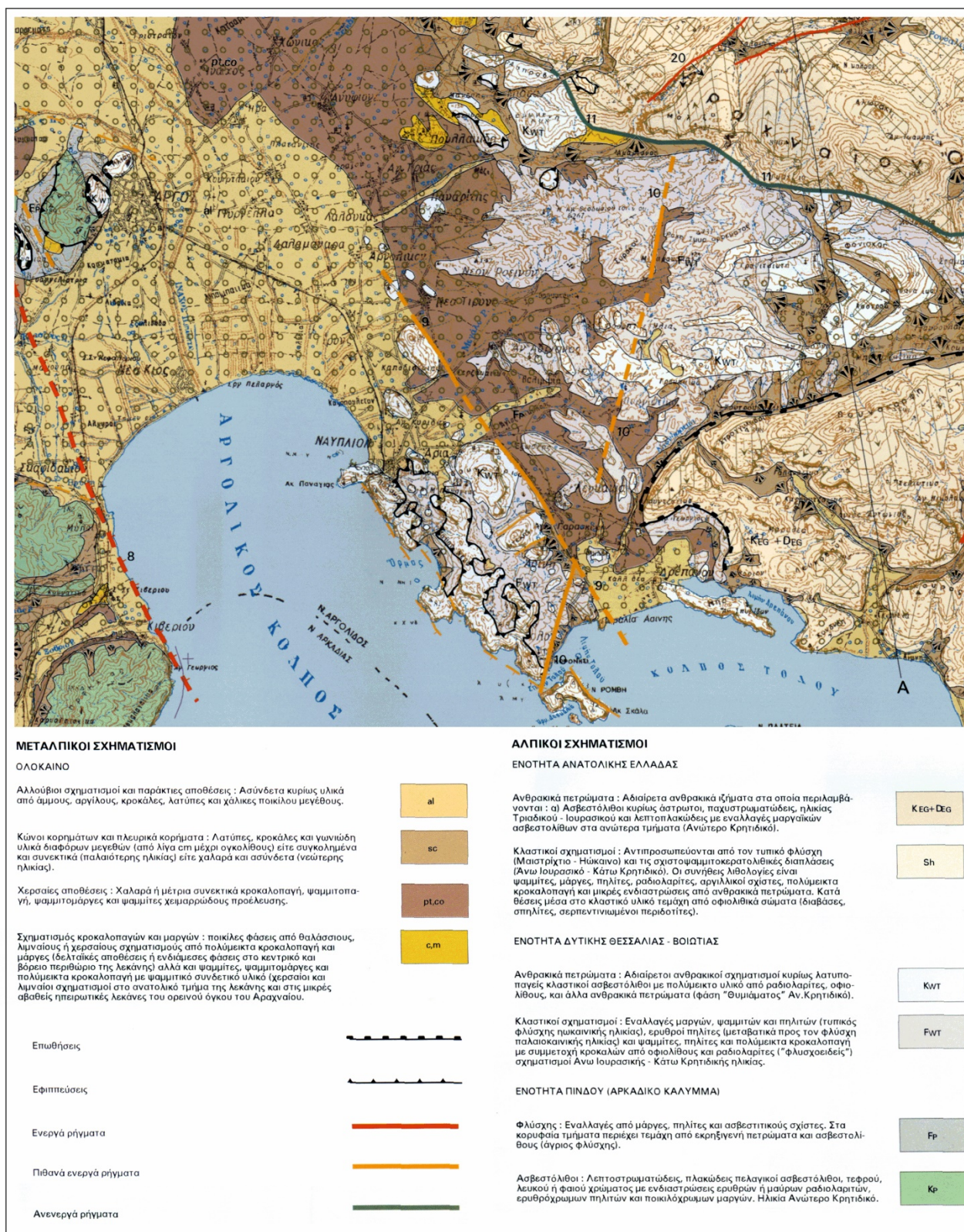
Νεοτεκτονικές δομές, μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες ή μικρότερα ρήγματα απαντώνται μόνο στα περιθώριά του σε αντίθεση με το εσωτερικό του που δεν εντοπίστηκαν τέτοιες δομές. Μεγαλύτερη πιθανότητα για την ύπαρξη τέτοιων δομών παρουσιάζει το νότιο τμήμα του βυθίσματος, από το Άργος μέχρι τη σημερινή παραλία του Αργολικού, που στην ουσία συνιστά και το πιο ενεργό τμήμα της λεκάνης. Ενεργά ρήγματα έχουν άλλωστε περιγραφεί στον υποθαλάσσιο χώρο του Αργολικού (Παπανικολάου κá, 1988, Παπανικολάου et al, 1988), τα οποία πιθανώς να προεκτείνονται προς το χώρο της ξηράς και να διασχίζουν τις αλλούβιες αποθέσεις των ακτών του Αργολικού.

Το εγγύτερο στην περιοχή έρευνας, ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος (και ταυτόχρονα δυτικό περιθώριο του τεκτονικού κέρατος του Αραχναίου) συνιστά ένα σχετικά γραμμικό όριο που με διεύθυνση BBD-NNA διαχωρίζει την πεδινή έκταση της λεκάνης του Άργους στα βόρεια και τη θαλάσσια περιοχή του Αργολικού Κόλπου στα νότια από τον ευρύτερο ορεινό αλπικό όγκο του Αραχναίου.

Δεν αναγνωρίστηκε μικρής ή μεγάλης κλίμακας ρηξιγενής επιφάνεια, αλλά ούτε και εντοπίστηκαν μορφολογικά χαρακτηριστικά (μορφολογικές ασυνέχειες, ασυμμετρίες κλπ.) που να δικαιολογούν την ύπαρξή της. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν υπήρχαν κάποιες περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που λειτουργούσαν κατά την εξέλιξη της λεκάνης (γεγονός που πιστοποιείται από το σχετικά ευθύγραμμο όριο της επαφής αλπικών/μεταλπικών), σήμερα όμως παρουσιάζονται θαμμένες κάτω από τα πιο πρόσφατα τεταρτογενή ιζήματα και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως ανενεργές.

Ως πιθανά ενεργά χαρακτηρίζονται τα ρήγματα BBD-NNA διεύθυνσης που φαίνεται να οριοθετούν το μικρό κέρας της περιοχής Ναυπλίου-Τολού, που συνιστά ένα μικρό ορεινό όγκο που δομείται από αλπικούς σχηματισμούς.





**Εικόνα 2.2.** Απόσπασμα του Νεοτεκτονικού Χάρτη της ευρύτερης περιοχής του Ναυπλίου (Παπανικολάου κá, 1988).

Το ΝΔ περιθώριο με το θαλάσσιο χώρο του Αργολικού αναπτύσσεται υποθαλάσσια και παράλληλα με την ακτή, συνιστά μια σειρά από μικρά ρήγματα (με άλμα μικρότερο από 150 μέτρα) που γίνονται αντιληπτά κυρίως από τη διαμόρφωση και τη γραμμική διάταξη των απόκρημνων ακτογραμμών δυτικά από το Μπούρτζι, την Ακροναυπλία και ακόμα πιο ΝΑ. Το ΒΑ περιθώριο είναι μορφολογικά διαμορφωμένο και σχετικά εμφανές στη χερσαία περιοχή της Ασίνης και συνιστά μια σημαντική ρηξιγενή ζώνη με άλμα μεγαλύτερο από 150 μέτρα, με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ, η οποία διαμορφώνει την παραλιακή ζώνη του Τολού. Από τις αεροφωτογραφίες και τις δορυφορικές εικόνες διαπιστώνεται ότι η ζώνη αυτή προεκτείνεται και βορειότερα προς το Αραχναίο διασχίζοντας το αλπικό υπόβαθρο. Κατοπτρικές επιφάνειες που συνοδεύονται από τεκτονικά λατυποπαγή διακρίνονται στη νοτιότετη απόληξή της στην περιοχή του Τολού (στοιχεία 85/108).

Από Γεωτεκτονικής άποψης, η στενή περιοχή μελέτης δομείται από πετρώματα της ενότητας Ανατολικής Ελλάδας, η οποία καταλαμβάνει σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης και αποτελεί το αλπικό υπόβαθρο του ανατολικού περιθωρίου της λεκάνης του Άργους και του σημερινού Αργολικού Κόλπου. Πρόκειται για μια ενότητα, με τα ανθρακικά πετρώματα να αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της στρωματογραφικής στήλης, συνοδευόμενοι από κλαστικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα στην περιοχή έρευνας εμφανίζονται ασβεστόλιθοι και δολομίτες, τεφρού, υπόλευκου ή κυανού χρώματος, κυρίως άστρωτοι ή παχυστρωματώδεις, συνήθως κρυσταλλικοί, μικροκρυσταλλικοί ή ψευδοωολιθικοί και ενίοτε με ενδιαστρώσεις ή φακούς πυριτιολίθων.

Τα παραπάνω μέλη της ενότητας Ανατολικής Ελλάδας βρίσκονται επωθημένα επάνω σε πετρώματα της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας-Βοιωτίας, η οποία εμφανίζεται με τη μορφή ενός τεκτονικού παραθύρου, κατά μήκος μιας ζώνης πλάτους μερικών χιλιομέτρων που με γενική διεύθυνση Α-Δ ξεκινάει από τα ΒΑ παράλια του Αργολικού στην περιοχή του Ναυπλίου και κατευθύνεται προς το Λυγουριό και την Επίδαυρο στα ανατολικά. Η δυτικότερη εμφάνιση της ενότητας αυτής εντοπίζεται στην περιοχή του Άργους όπου βρίσκεται επωθημένη πάνω στους ασβεστολίθους και το φλύσχη της ενότητας της "Πίνδου". Η αλπική δομή γενικά παρουσιάζεται πολύπλοκη με μεγάλης κλίμακας ισοκλινείς πτυχές και αναστροφές στρωμάτων, ιδίως στους ανώτερους ορίζοντες (Εικ. 2.2).

Οι αλπικές εμφάνσεις του τεκτονικού κέρατος Ναυπλίου-Τολού περιστοιχίζονται από πρόσφατους μεταλπικούς σχηματισμούς, Ολοκαινικής ηλικίας. Συγκεκριμένα, πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες συνίστανται από ασύνδετα κυρίως υλικά, άμμους, αργίλους, κροκάλες, λατύπες και χάλικες ποικίλου μεγέθους με πάχος που κυμαίνεται κατά περίπτωση από 40-50 εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα. Κατά μήκος των ακτών του Αργολικού Κόλπου απαντώνται επίσης τυπικές παράκτιες αποθέσεις και θίνες που αποτελούνται από άμμους, κροκάλες ή άλλα λεπτομερή υλικά.

Κάτω από τους αλλούβιους σχηματισμούς απαντούν χερσαίες αποθέσεις, εμφανίσεις των οποίων συναντώνται στη λεκάνη του Άργους, κυρίως κοντά στα περιθώρια με το αλπικό υπόβαθρο. Μεγάλη έκταση καταλαμβάνουν στο δυτικό περιθώριο του ορεινού όγκου του Αραχναίου, από την περιοχή της Ασίνης και του Ναυπλίου μέχρι την περιοχή των Μυκηνών. Συνίστανται κυρίως από κροκαλοπαγή, ψηφιδοπαγή, ψαμμιτόμαργες και ψαμμίτες χειμαρρώδους προέλευσης. Η τροφοδοσία τους προέρχεται τόσο από τα ανθρακικά πετρώματα, όσο και από τους αλπικούς κλαστικούς σχηματισμούς (φλύσχης – σχιστοκερατόλιθοι) με τους οποίους ορισμένες φορές συγχέονται. Το πάχος τους μεταβάλλεται από μισό έως δέκα ή και περισσότερα μέτρα.

### 2.3. Υδρολογικές - Υδρογεωλογικές συνθήκες

Στην κεντροανατολική Πελοπόννησο ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η υπόγεια κίνηση του νερού είναι μια σύνθετη διαδικασία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι το νερό δεν περνά απλά από έναν λιθολογικό σχηματισμό αλλά από περισσότερους, που ανήκουν μάλιστα σε μία ή περισσότερες ενότητες. Το νερό δηλαδή κατά το υπόγειο ταξίδι του συναντά σχηματισμούς διαφορετικής περατότητας, ρήγματα που φέρνουν σε επαφή διαφορετικούς σχηματισμούς, εσωτερικές λεπιώσεις και τεκτονικές επαφές (επωθήσεις) μεταξύ των ενοτήτων. Η κίνηση του υπόγειου νερού κάθε φορά που συναντά κάτι από τα παραπάνω εξαρτάται αποκλειστικά από τη διαφοροποίηση στην διαπερατότητα. Αν μπορεί να περάσει και θα συνεχίσει την κίνησή του, όσο του το επιτρέπει βέβαια το βάθος της καρστικοποίησης. Αν δε μπορεί, θα κινηθεί κατά μήκος του εμποδίου που συνάντησε, προς χαμηλότερα υψόμετρα και τελικό στόχο την εκφόρτιση στη θάλασσα.

Στα ανθρακικά πετρώματα που δομούν τα απόκρημνα πρανή της περιοχής “Μονοπάτι της Αρβανιτιάς”, δεν παρατηρήθηκε παρουσία νερού κατά την περίοδο χαρτογράφησης. Τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών (άνοιγμα, πυκνότητα, συνέχεια) υποδηλώνουν μεγάλη διαπερατότητα, ενώ παρατηρήθηκαν ασβεστιτικά επιχρίσματα και σπηλαιοθέματα, τα οποία συνάδουν με καρστικά έγκοιλα και δίκτυο από καρστικούς αγωγούς. Κατά συνέπεια τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, αφού διηθηθούν, κατεισδύουν με μεγάλες ταχύτητες και διά μέσου των ασυνεχειών και εκφορτίζονται στο επίπεδο της θάλασσας, κατά μήκος της βραχώδους ακτογραμμής, χωρίς να δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα υποβάθμισης της αντοχής της βραχομάζας.



## 2.4. Σεισμοτεκτονικές συνθήκες

Η σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής και οι ιδιότητες της κατασκευής (τρωτότητα) καθορίζουν το αναμενόμενο τελικό αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης δηλαδή τον σεισμικό κίνδυνο. Η σεισμικότητα μιας περιοχής είναι μία ποσότητα η οποία εξαρτάται από τα μεγέθη των σεισμών και από την συχνότητα (π.χ. ετήσιος αριθμός) των σεισμών κάθε μεγέθους που εκδηλώνονται στην περιοχή. Αντί του μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλες ποσότητες όπως η σεισμική ροπή κλπ. Η σεισμικότητα καθορίζεται ποσοτικά ή και ποιοτικά. Ο ποσοτικός καθορισμός γίνεται μέσω χαρτών απεικόνισης των γνωστών σεισμικών γεγονότων καθώς επίσης και της κατακόρυφης κατανομής των σεισμικών εστιών επικέντρων για μια δεδομένη περιοχή.

Η μελέτη σεισμικότητας μιας περιοχής απαιτεί εξειδικευμένη έρευνα η οποία ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Η εκτίμηση της σεισμικότητας που ακολουθεί έγινε με βάση την αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων σεισμολογικών δεδομένων (ιστορικών δεδομένων και ενόργανων μετρήσεων), σε συνδυασμό με τα σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής.

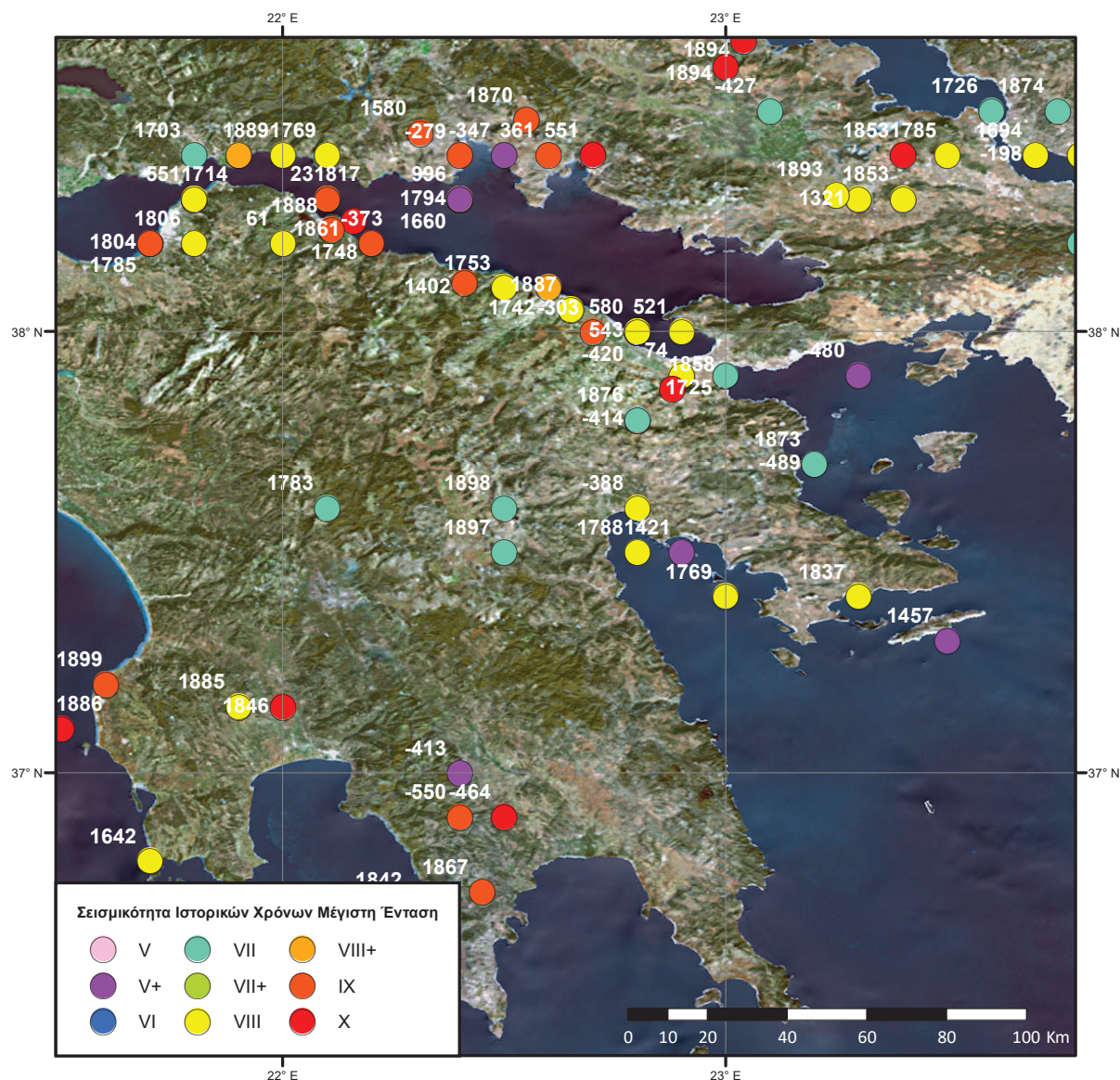
Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι η προσέγγιση της σεισμικότητας δεν είναι δυνατόν να περιοριστεί στα στενά όρια της περιοχής μελέτης αλλά πρέπει να επεκταθεί στην ευρύτερη περιοχή. Η μελέτη των σεισμών που έπληξαν την ευρύτερη περιοχή πριν το 1900 έχει ξεχωριστό ενδιαφέρον για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας, επειδή για να μετρηθεί η σφοδρότητα μιας ισχυρής εδαφικής κίνησης σε μία θέση χρησιμοποιείται η μακροσεισμική ένταση. Επισημαίνεται ότι ο συσχετισμός της με τις μέγιστες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης, που είναι το τελικό ζητούμενο, δεν είναι δυνατό να γίνει με τη βοήθεια άμεσου φυσικού νόμου. Παρ' όλ' αυτά, ακόμα και σήμερα η μακροσεισμική ένταση αντιπροσωπεύει το μόνο διαθέσιμο μέτρο σφοδρότητας των ιστορικών σεισμών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του επιπέδου της σεισμικότητας σε μία περιοχή. Συνεπώς, η κατά το δυνατόν ακριβέστερη συσχέτιση της μακροσεισμικής έντασης με την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, ταχύτητα και μετατόπιση, η οποία βέβαια θα περιλαμβάνει και ένα ποσοστό σφάλματος, είναι πολύ χρήσιμη, ιδιαίτερα για τις περιοχές που δεν υπάρχουν ενόργανες μετρήσεις.

Οι ζητούμενες τιμές των σεισμικών εντάσεων περιλαμβάνονται στους διάφορους καταλόγους των γνωστών σεισμών. Με βάση καταγραφές συγγραφέων παλαιότερων εποχών καθώς επίσης και με βάση τις αναγραφές σειсмоγραφικών οργάνων του παρόντα αιώνα φαίνεται ότι η ευρύτερη περιοχή επλήγη κατ' επανάληψη από πολλούς καταστροφικούς σεισμούς.

### 2.4.1. Ιστορικά σεισμολογικά στοιχεία

Πληθώρα από μακροσεισμικά στοιχεία είναι διαθέσιμη, ιδιαίτερα για την περιοχή της Ανατολικής Πελοποννήσου, τόσο για ιστορικούς σεισμούς όσο και για τους σεισμούς που έχουν σημειωθεί κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Μεταξύ των κυριότερων σεισμών με μέγεθος  $M > 5.0$  και με κριτήριο τις προκληθείσες καταστροφές, όπως έχουν παρουσιαστεί κυρίως στις εργασίες του Γαλανοπούλου (1955, 1980) και Παπαζάχος & Παπαζάχος (1989), τέσσερα γεγονότα είχαν σοβαρές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή (**Εικ. 2.3**). Πρόκειται για τους παρακάτω:

- Ο ισχυρός σεισμός του 388 π.Χ. με  $M = 6.2$  και μέγιστη ένταση VIII βαθμών της κλίμακας Mercalli.
- Ο ισχυρός σεισμός του 1421 με  $M = 6.5$  και μέγιστη ένταση VII βαθμών της κλίμακας Mercalli..
- Ο ισχυρός σεισμός του 1769 με  $M = 6.3$  και μέγιστη ένταση VIII βαθμών της κλίμακας Mercalli.
- Ο ισχυρός σεισμός του 1788 με  $M = 6.1$  και μέγιστη ένταση VIII της κλίμακας Mercalli.



**Εικόνα 2.3.** Χάρτης επικέντρων των κυριότερων ιστορικών σεισμών στην ευρύτερη περιοχή. Σημειώνονται τα έτη γένεσης ενώ η χρωματική κλίμακα αντιστοιχεί στις μέγιστες παρατηρηθείσες εντάσεις (Ραραζαχος & Ραραζαχος, 1989).

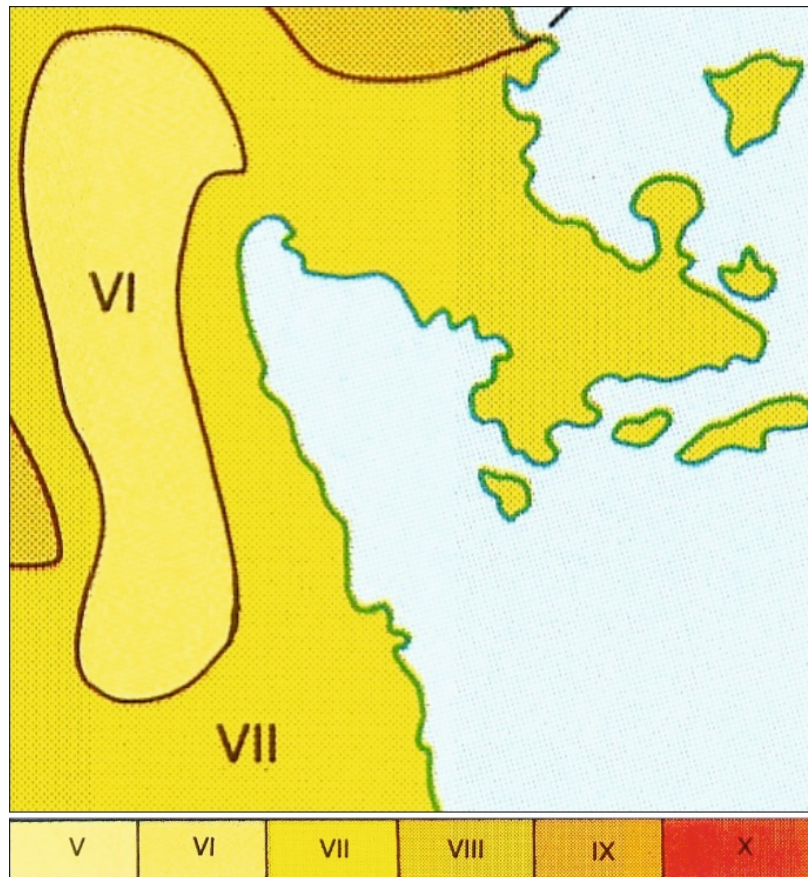
Από τα πιο πρόσφατα σεισμικά γεγονότα δύο είναι εκείνα, τα οποία προκάλεσαν σημαντικές καταστροφές σε γειτονικές πόλεις, Β και ΒΔ του Ναυπλίου. Πρόκειται για τους σεισμούς των Αλκυονίδων (1981) και του Αιγίου (1995), οι οποίοι αν και έγιναν αισθητοί στους κατοίκους του Ναυπλίου, δεν προκάλεσαν ιδιαίτερες ζημιές στο Ναύπλιο.

Η ευρύτερη περιοχή παρουσιάζει σημαντική σεισμικότητα, η οποία εκφράζεται κυρίως από σεισμούς σε μεγάλη σχετικά απόσταση από τη θέση ενδιαφέροντος. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα μακροσεισμικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα, για την ευρύτερη περιοχή, για τους ισχυρότερους σεισμούς τόσο κατά τους ιστορικούς χρόνους όσο και κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Στην **Εικόνα 2.3** φαίνεται η γεωγραφική κατανομή των μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού Κόλπου, με βάση τα ιστορικά στοιχεία, ενώ στην **Εικόνα 2.4** απεικονίζεται ο χάρτης των καμπυλών μακροσεισμικών εντάσεων, όπως αυτές έχουν προκύψει από ιστορικά στοιχεία. Σύμφωνα με τον



σεισμοτεκτονικό χάρτη που έχει δημοσιευτεί από το ΙΓΜΕ, η μέγιστη μακροσεισμική ένταση για το Ναύπλιο είναι **VII** βαθμοί της κλίμακας Mercalli, παρά το γεγονός ότι οι Papazachos & Papazachos (1989) αναφέρουν μεγαλύτερη τιμή έντασης κατά ένα βαθμό.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν ιστορικά στοιχεία για σεισμούς με μεγάλη ένταση, των οποίων τα επίκεντρα έχουν υπολογιστεί σε σχετικά μεγάλη απόσταση. Όμως η περίοδος επανάληψης των σεισμικών γεγονότων δεν είναι γνωστή ώστε να εξαχθεί ουσιαστικό συμπέρασμα.

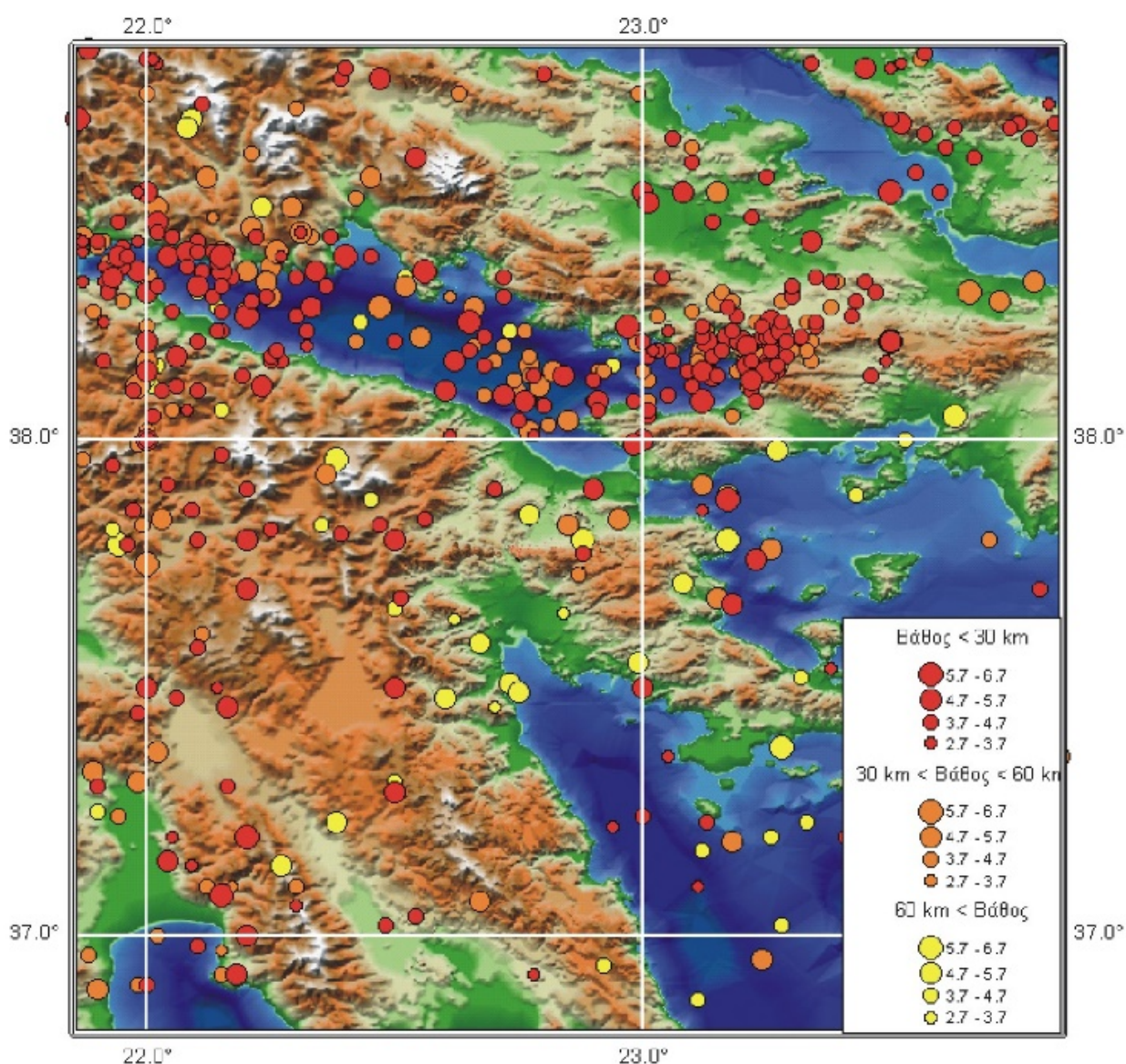


**Εικόνα 2.4.** Χάρτης μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή κατά τη χρονική περίοδο 1500 – 1981 (Πηγή: Σεισμοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας, Ι.Γ.Μ.Ε., κλίμακα 1:500.000).

#### 2.4.2. Ενόργανα σεισμολογικά δεδομένα

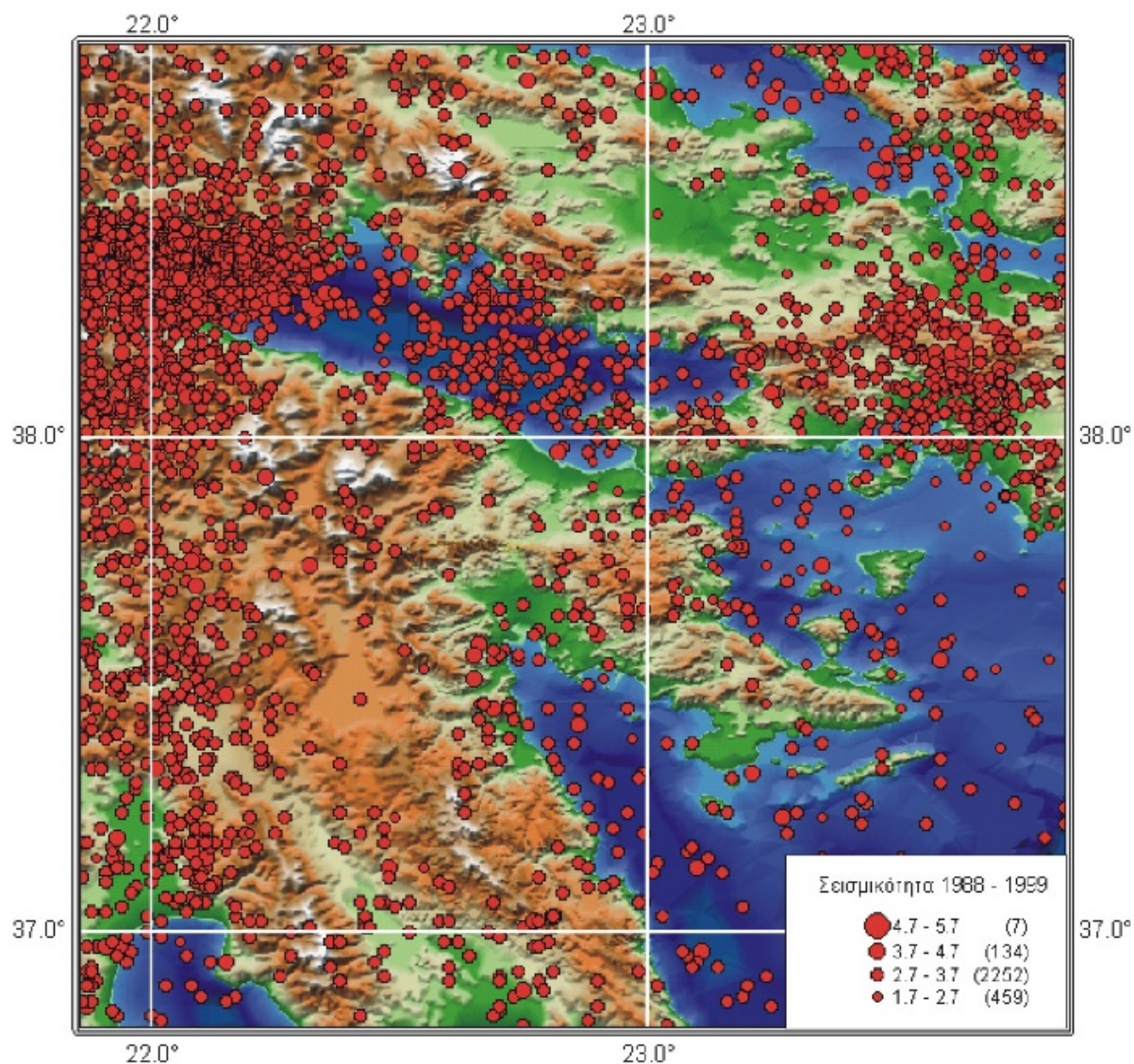
Στην ενότητα αυτή παρατίθενται, με τη μορφή χαρτών (Εικ. 2.5, 2.6, 2.7) τα ενόργανα σεισμολογικά δεδομένα, τα οποία κατεγράφησαν από τους σεισμολογικούς φορείς της χώρας (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, Σεισμολογικά δίκτυα των Πανεπιστημιακών ιδρυμάτων).

Τα ίχνη των κύριων τεκτονικών δομών της ευρύτερης περιοχής έρευνας, σύμφωνα με τον σεισμοτεκτονικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:500.000, απεικονίζονται στην **Εικόνα 2.8**. Όπως είναι φανερό από τον χάρτη αυτό οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες στην περιοχή έχουν κυρίως διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ και Α-Δ. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται και επιλεγμένα σεισμολογικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Είναι εμφανές ότι πρόκειται για μια περιοχή μέτριας σεισμικότητας, κατά την πρόσφατη χρονική περίοδο, για την οποία όμως υπάρχουν αναφορές ιστορικών γεγονότων μέσης έντασης, με επικεντρική απόσταση μικρότερη των 20 χλμ.

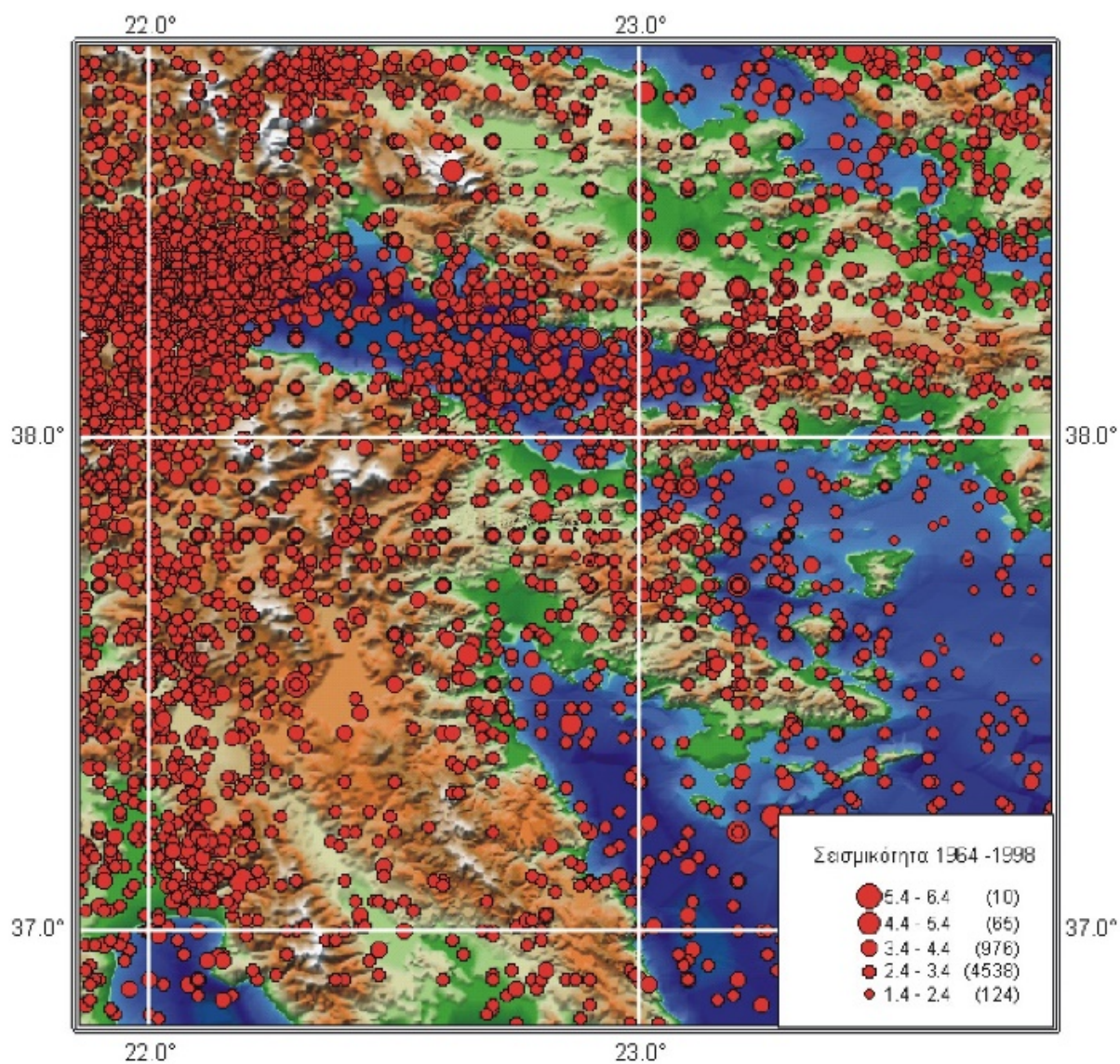


**Εικόνα 2.5.** Χάρτης επικέντρων των σεισμών της περιόδου 1900 - 1987 μεγέθους  $M > 2.7$  στην ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου σύμφωνα με τον κατάλογο των (Makropoulos et al., 1989).



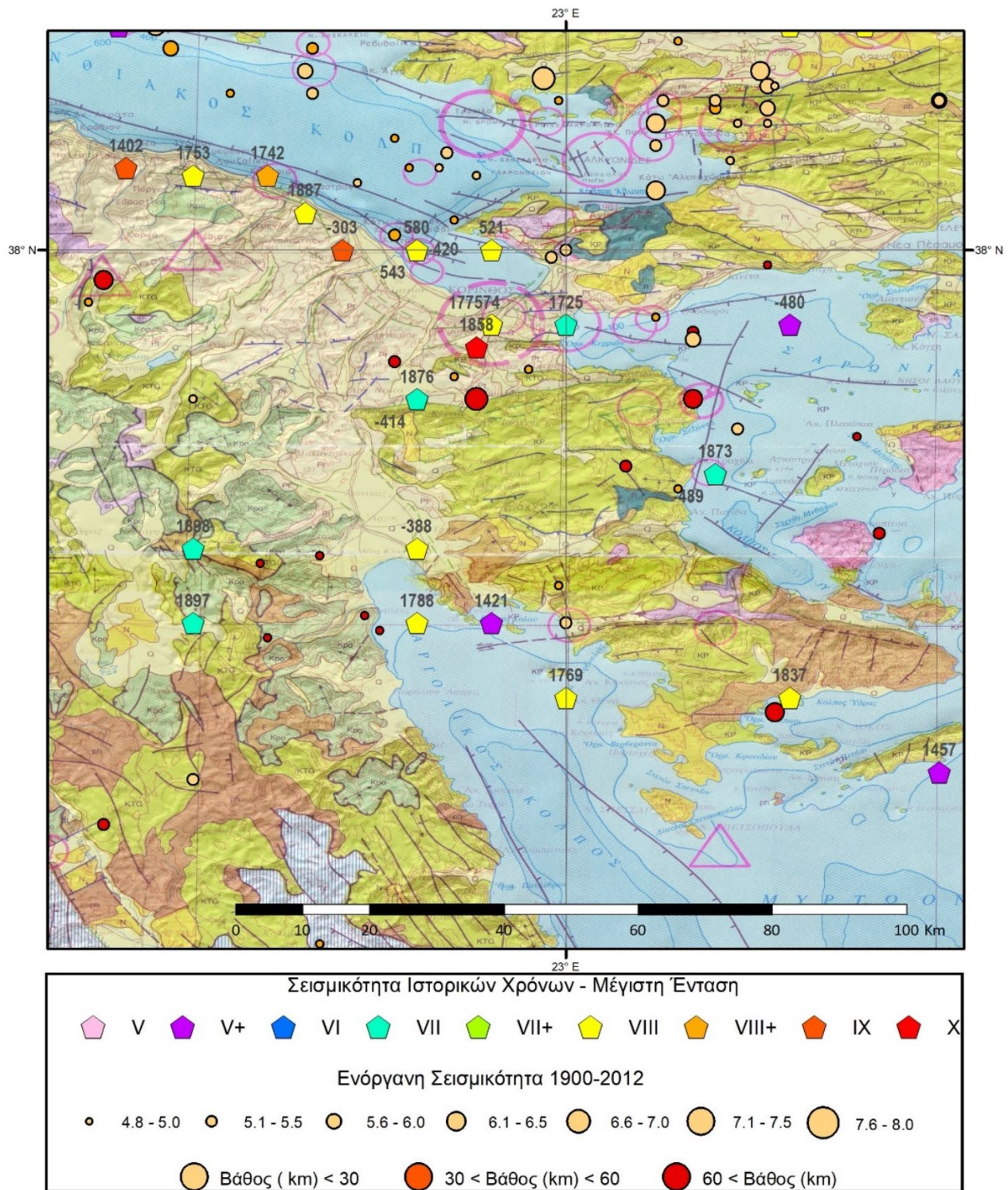


**Εικόνα 2.6.** Χάρτης γεωγραφικής κατανομής των επικέντρων των σεισμών γύρω από την ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου, τη χρονική περίοδο 1988 - 1999, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.



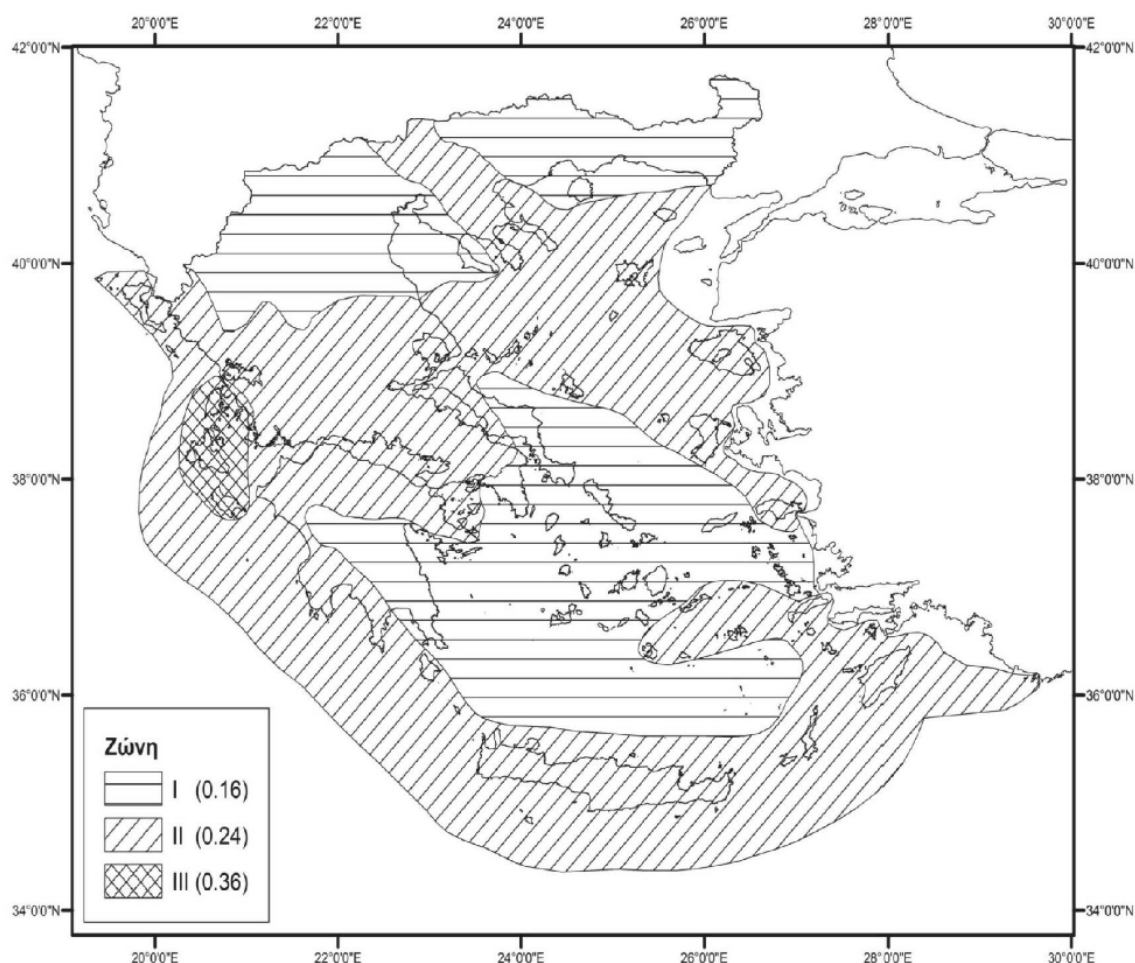
**Εικόνα 2.7.** Χάρτης σεισμικών επικέντρων, τη χρονική περίοδο 1964 - 1998, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.





**Εικόνα 2.8.** Συγκεντρωτικός χάρτης κύριων σεισμολογικών δεδομένων γύρω από την ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου, προβεβλημένων επάνω στο σεισμοτεκτονικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:500.000.

Σύμφωνα με την Αποφ-Δ17α/115/9/ΦΝ275/03 (ΦΕΚ-1154/Β/12-8-03), Τροποποίησης διατάξεων του "Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ - 2000", λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας, η περιοχή μελέτης ανήκει στη **Ζώνη Ι** και η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους  $A(=\alpha \cdot g)$  λαμβάνεται 0.16g (**Εικ. 2.9**).



**Εικόνα 2.9.** Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας με τις τρεις κατηγορίες (I, II, III) στις οποίες χωρίστηκε ο Ελληνικός χώρος, σύμφωνα με τις πλέον πρόσφατες τροποποιήσεις του ΕΑΚ2000 το 2003, λόγω αναθεώρησης του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας.

Κατηγορία εδάφους: κατά EC-8, η περιοχή μελέτης κατατάσσεται σε έδαφος κατηγορίας Α.





### 3. ΕΝΑΕΡΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

#### 3.1. Γενικά

Η χρήση των Συστημάτων μη επανδρωμένων Εναέριων Πλατφορμών – Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ) αποτελεί έναν από τους πιο γρήγορους και οικονομικούς τρόπους συλλογής δεδομένων για την παραγωγή ψηφιακών μοντέλων εδάφους, μωσαϊκών, ορθοφωτογραφιών και διανυσματικών σχεδίων που είναι απαραίτητα σε όλες τις φάσεις εξέλιξης ενός έργου. Η χρήση εναλλακτικών συστημάτων αεροφωτογράφισης έχει βρει εφαρμογή σε πλήθος φωτογραμμετρικών εργασιών, τα τελευταία χρόνια, παρέχοντας ευελιξία, ταχύτητα και οικονομία κατά τη συλλογή των δεδομένων σταθερής αλλά και κινούμενης εικόνας. Ειδικότερα, η εμφάνιση των αυτόματων/ημιαυτόματων Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ) σε συνδυασμό με την έλευση σύγχρονων αισθητήρων χαμηλού βάρους, έχει προσεγγίσει τόσο το ερευνητικό όσο και το πρακτικό ενδιαφέρον διαφορετικών επιστημών, μεταξύ των οποίων και της Φωτογραμμετρίας με ποικίλες εφαρμογές. Τα τελικά προϊόντα είναι αρκετά υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας με ποικίλες χρήσεις.

Μερικές από τις σημαντικότερες εφαρμογές των ΣμηΕΑ αφορούν στην ασφάλεια (αστυνομία, πυροσβεστική, στρατός), την παρακολούθηση και επιτήρηση εγκαταστάσεων (εργοστάσια, αιολικά και ηλιακά πάρκα, ναυπηγεία, ηλεκτρικούς πυλώνες κ.ά.), καθώς και στην χαρτογράφηση και γενικότερα στην τρισδιάστατη αποτύπωση. Μεταξύ των βασικότερων πλεονεκτημάτων, προβάλλει η ευκολία στον χειρισμό μέσω των εξελιγμένων αυτοματισμών που παρέχουν, καθώς και το χαμηλό κόστος απόκτησης και λειτουργίας τους, γεγονός που τα καθιστά τόσο δημοφιλή αλλά και προσιτά σε αρκετές σύγχρονες εργασίες και μελέτες στην ευρύτερη τοπογραφία.

Από το σύνολο των φωτογραφικών δεδομένων που συλλέγονται με τη χρήση ΣμηΕΑ μπορούν να προκύψουν σύγχρονα φωτογραμμετρικά προϊόντα, τόσο διανυσματικά όσο και καννάβου, μέσω εφαρμογής κατάλληλων μεθοδολογιών και αλγορίθμων. Σ' αυτά, συμπεριλαμβάνονται πυκνά νέφη τρισδιάστατων σημείων, τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων, εδάφους, και γενικότερων επιφανειών, “αληθείς” ορθοφωτογραφίες και ορθο-φωτο-μωσαϊκά (RGB και υπερφασματικά), καθώς και τρισδιάστατες αποδόσεις (σχέδια) μέσω αυτοματοποιημένων στερεοσκοπικών μετρήσεων. Οι παραπάνω διαδικασίες επεξεργασίας, κατά κύριο λόγο αυτοματοποιημένες, συνεχίζουν να εξελίσσονται και να βελτιώνονται ως προς την ταχύτητα εφαρμογής τους και την τελική μετρητική ακρίβεια των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να ικανοποιούν διάφορες ανάγκες ανάλογα με τον τελικό χρήστη.

Τα μη επανδρωμένα συστήματα παρέχουν δεδομένα με μεγάλη ανάλυση (π.χ.  $\leq 2\text{cm}$ ) που παλαιότερα δεν ήταν διαθέσιμη, επιτρέποντας έτσι λεπτομερειακές αναλύσεις. Η φορητότητα και η ευελιξία που προσφέρουν μαζί με τον ελαφρύ μηχανισμό λήψης και αποθήκευσης άφθονων εικόνων καλής ποιότητας είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά τους. Μετά την προσγείωση, οι εικόνες διορθώνονται γεωμετρικά, με ορισμένο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς και ενώνονται σε ορθομωσαϊκά.

Τα δεδομένα που προέρχονται από μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτών διαφόρων τύπων όπως ορθο-φωτο-χάρτες, ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM), θερμικούς χάρτες, χάρτες βλάστησης NDVI, κ.λπ. Οι ορθο-φωτο-χάρτες δύο διαστάσεων παραμένουν τα πιο συνηθισμένα προϊόντα που παράγονται από τις εικόνες που συλλέγονται από τα μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη. Δημιουργείται ένα μωσαϊκό από τις αεροφωτογραφίες και ενώνονται σε μία μετά από επεξεργασία και συνδυασμό μίας σειράς επικαλυπτόμενων αεροφωτογραφιών με ειδικά λογισμικά. Οι ορθοδιορθωμένες εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαρτών συμβατών μέσα από λογισμικά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών - GIS. Οι χάρτες αυτοί έχουν πολλαπλές εφαρμογές όπως οι κτηματολογικές αποτυπώσεις ως ενημερωμένα και με μεγαλύτερη ακρίβεια υπόβαθρα

κτηματογράφησης, αποτυπώσεις πάσης φύσεως (αρχαιολογικές, τεχνικά έργα, οδοποιία κ.λπ.), καθώς και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές που βοηθούν γενικότερα στη διαχείριση της Γης.

Η χρήση των μη επανδρωμένων εναέριων πλατφορμών αποτελεί ένα από τους πιο γρήγορους και οικονομικούς τρόπους συλλογής δεδομένων για την παραγωγή ψηφιακών μοντέλων εδάφους, μωσαϊκών, ορθοφωτογραφιών και διανυσματικών σχεδίων που είναι απαραίτητα σε όλα τα τεχνικά έργα. Τα ΣμηΕΑ έχουν επίσης χαμηλό κόστος κτήσης και συντήρησης και σε κάποιες εφαρμογές αποτελούν μια οικονομική εναλλακτική. Αξίζει να σημειωθεί όμως, ότι εκτός από την ταχύτητα και την οικονομία που προσφέρουν τα συστήματα αυτά, προσφέρουν και ικανοποιητική ακρίβεια (της τάξης μέχρι και κοντά στο ένα εκατοστό) στα παράγωγα τους, χάρη στις χαμηλούς κόστους και υψηλής ανάλυσης ψηφιακές μηχανές και στις κάρτες μνήμης υψηλής χωρητικότητας. Αποτελούν δηλαδή, πιο προσβάσιμες, οικονομικά προσιτές και αποτελεσματικές τεχνικές που χαρακτηρίζονται από απλότητα και αξιοπιστία. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των ΣμηΕΑ σε σχέση με τα επανδρωμένα συστήματα αεροσκαφών είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης τους σε περιπτώσεις υψηλής επικινδυνότητας αλλά και σε δυσπρόσιτες περιοχές χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη ζωή. Τέτοιες περιπτώσεις είναι, για παράδειγμα, περιοχές που έχουν υποστεί κάποια φυσική καταστροφή, όπως πλημμύρες, σεισμοί αλλά και σε δυσπρόσιτες περιοχές που είναι απαραίτητη η ορθή αποτύπωση του εδάφους.

Επίσης, όταν απαιτείται η αεροφωτογράφιση να γίνει σε χαμηλό υψόμετρο ή κοντά σε κάποιο αντικείμενο, δεν μπορούν να πετάξουν στελεχωμένα αεροσκάφη και είναι πιο ασφαλές να πραγματοποιηθεί πτήση με ΣμηΕΑ. Ενδείκνυνται, επομένως, για αποτυπώσεις αλλά και μεγάλης κλίμακας με απαιτήσεις μεγάλης ακρίβειας, όπως στις αποτυπώσεις κατασκευών, αρχαιολογικών χώρων και μνημείων. Τα τελευταία συστήματα που κυκλοφορούν διαθέτουν και GPS/INS δέκτες με τους οποίους είναι δυνατός ο προσδιορισμός του σημείου λήψης των εικόνων άρα και τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού των εικόνων αμέσως μετά την πτήση. Μια άλλη χρησιμότητα αυτών των συστημάτων είναι ότι γνωρίζοντας την ακριβή τους θέση, εξασφαλίζεται ότι τα αερομοντέλα διανύουν την τροχιά που καθορίστηκε κατά τον προγραμματισμό της πτήσης και συνεπώς τηρούνται όλοι παράμετροι για την ορθή λήψη των αεροφωτογραφιών σύμφωνα με τους κανόνες της φωτογραμμετρίας. Με τα συστήματα αυτά ενισχύεται η αυτονομία των ΣμηΕΑ, αφού δεν είναι απαραίτητη η παρουσία ναυτίλου-φωτογράφου και με τον προγραμματισμό της πτήσης εξασφαλίζεται και η πλήρης κάλυψη της περιοχής μελέτης, με πολλές λήψεις των ίδιων σημείων/θέσεων πράγμα το οποίο επιβάλλεται για την ποιοτική επεξεργασία των δεδομένων. Ενδείκνυνται, επίσης, σε περιπτώσεις που η περιοχή μελέτης είναι επικίνδυνη και δυσπρόσιτη. Σε περίπτωση απώλειας σήματος, τα σύγχρονα ΣμηΕΑ επιστρέφουν αυτόματα στη θέση απογείωσης. Ενισχύεται επίσης, η σταθερότητα στις λήψεις, αφού πραγματοποιούνται μικρές στροφές του άξονα λήψης, εξασφαλίζονται οι επικαλύψεις των εικόνων και το υψόμετρο πτήσης διατηρείται σταθερό.

### 3.2. Λήψη Δεδομένων και Φωτογραμμετρική Επεξεργασία

Προκειμένου να μελετηθεί η παρούσα κατάσταση, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί ένα σύνολο πτήσεων χαμηλού υψομέτρου πάνω από τα όρια της περιοχής μελέτης, καθώς και διαδοχικές πτήσεις κάθετες στα πρηνή έτσι ώστε να εντοπιστούν και να μελετηθούν πιθανές καταπτώσεις. Απώτερος στόχος ήταν να γίνει μια ολοκληρωμένη αποτύπωση της περιοχής και να παραχθούν ορθο-φωτομωσαϊκά υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας καθώς και ψηφιακά μοντέλα εδάφους.

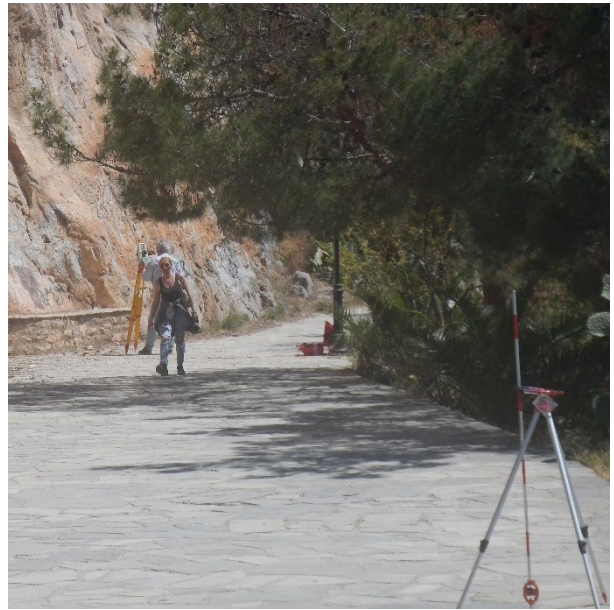
Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η ίδρυση τοπογραφικών βάσεων κατά μήκος όλης της διαδρομής του μονοπατιού της Αρβανιτιάς (S1-S9) με τοπογραφικό εξοπλισμό (Leica total station) και στη συνέχεια αφού τοποθετήθηκαν 11 τοπογραφικοί στόχοι (1-11) πάνω στα πρηνή (**Εικ. 3.1**), μετρήθηκαν με τον ίδιο εξοπλισμό υψηλής πιστότητας για τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας των προϊόντων (**Εικ. 3.4**). Επίσης εντοπίστηκαν και μετρήθηκαν έξι (6) σημεία ελέγχου (όσο γίνεται καλά κατανεμημένα σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης) με σύγχρονο δέκτη GNSS και στα οποία είτε τοποθετήθηκαν τριγωνικές πλακέτες



μεγέθους 90\*63\*63cm είτε χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηριστικά φωτοσταθερά σημεία που υπάρχουν στην περιοχή (**Εικ. 3.2**).

Για την διαδικασία της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών ήταν απαραίτητη η ενσωμάτωση και ο εντοπισμός δεκαεπτά (17) σημείων ελέγχου στα οποία τοποθετήθηκαν είτε τριγωνικές πλακέτες μεγέθους 90\*63\*63cm, είτε τετράγωνοι στόχοι μεγέθους 15\*15cm και διακρίνονταν εμφανώς σε μεγάλο αριθμό αεροφωτογραφιών (**Εικ. 3.3**).

Τα επίγεια σημεία ελέγχου χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη φωτογραμμετρική επεξεργασία και οφείλει η επίλυση των θέσεων να έχει πολύ μικρό σφάλμα, γεγονός που επετεύχθη κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας (**Εικ. 3.4**).



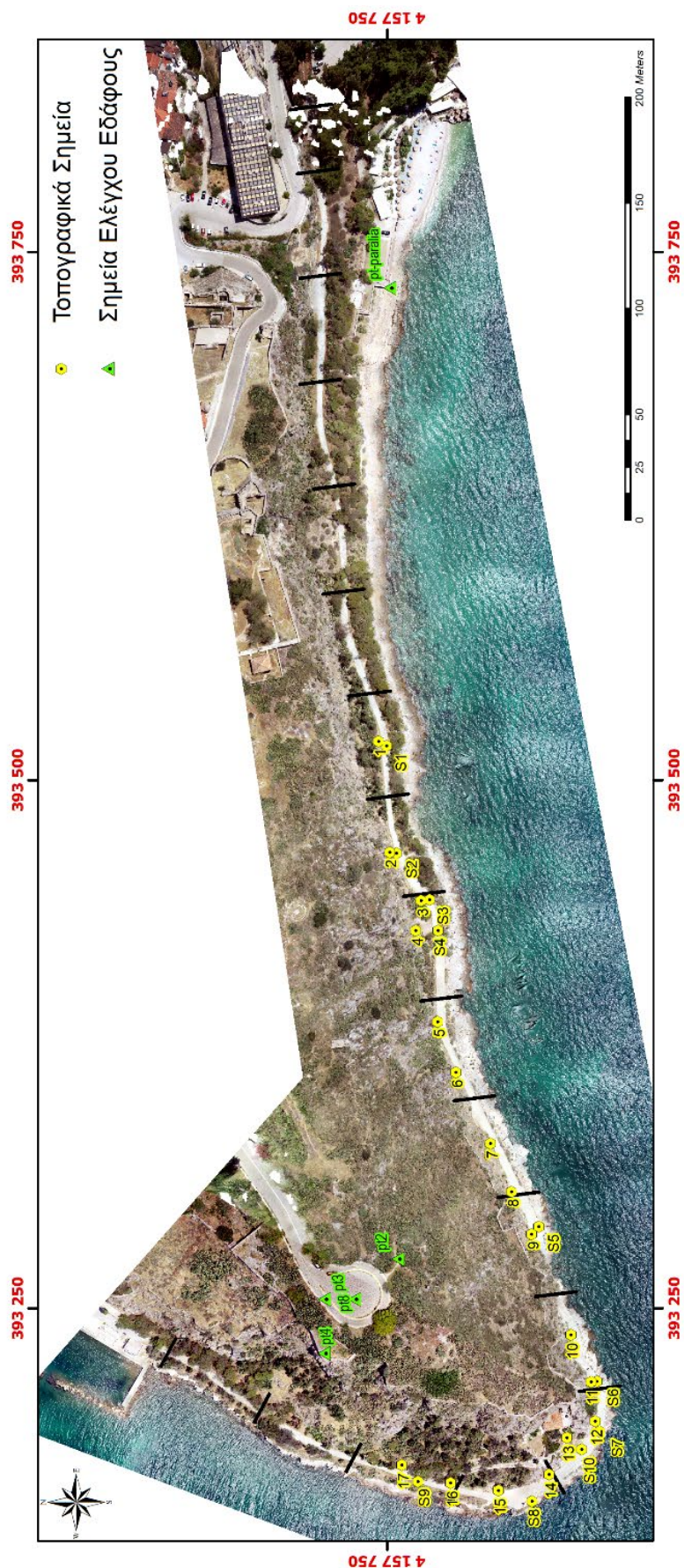
**Εικόνα 3.1.** Ίδρυση τοπογραφικών βάσεων και στόχων με εξοπλισμό Total Station, εξαιρετικά μεγάλης ακρίβειας.





Εικόνα 3.2. Ίδρυση σημείων ελέγχου με εξοπλισμό RTK-GNSS, μεγάλης ακρίβειας.





Εικόνα 3.3. Κατανομή των θέσεων των επίγειων σημείων ελέγχου.

| Markers                                         | Easting (m)   | Northing (m)   | Altitude (m) | Accuracy (m) | Error (m) | Projections | Error (pix) |
|-------------------------------------------------|---------------|----------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1           | 393518.481000 | 4157753.954000 | 11.916000    | 0.005000     | 0.002205  | 4           | 0.239       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2           | 393466.026000 | 4157748.819000 | 12.565000    | 0.005000     | 0.005273  | 31          | 0.339       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3           | 393442.991000 | 4157733.933000 | 11.167000    | 0.005000     | 0.007667  | 45          | 0.207       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4           | 393429.000000 | 4157736.432000 | 13.988000    | 0.005000     | 0.005018  | 34          | 0.258       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5           | 393385.792000 | 4157726.028000 | 10.019000    | 0.005000     | 0.005575  | 65          | 0.225       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 6           | 393361.867000 | 4157717.491000 | 9.715000     | 0.005000     | 0.012639  | 58          | 0.196       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 7           | 393328.205000 | 4157701.060000 | 8.229000     | 0.005000     | 0.009004  | 34          | 0.243       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 8           | 393305.377000 | 4157691.110000 | 7.904000     | 0.005000     | 0.003224  | 25          | 0.194       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 9           | 393285.206000 | 4157681.632000 | 7.494000     | 0.005000     | 0.005375  | 29          | 0.186       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 10          | 393237.499000 | 4157663.090000 | 7.355000     | 0.005000     | 0.004496  | 17          | 0.237       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 11          | 393215.311000 | 4157653.568000 | 7.672000     | 0.005000     | 0.005050  | 10          | 0.248       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt-paralia  | 393733.098000 | 4157748.784100 | 4.715300     | 0.005000     | 0.058095  | 93          | 0.885       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt-theat... | 393695.229500 | 4157855.296700 | 52.787100    | 0.005000     | 0.087697  | 26          | 3.457       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt2         | 393273.632300 | 4157744.840900 | 63.728100    | 0.005000     | 0.015527  | 37          | 0.652       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt3         | 393254.397900 | 4157765.501100 | 63.535400    | 0.005000     | 0.019370  | 33          | 1.168       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt4         | 393228.879800 | 4157779.904600 | 59.074300    | 0.005000     | 0.012055  | 20          | 0.519       |
| <input checked="" type="checkbox"/> pt8         | 393254.417400 | 4157779.625900 | 64.172700    | 0.005000     | 0.014387  | 16          | 0.672       |
| <b>Total Error</b>                              |               |                |              |              |           |             |             |
| Control points                                  |               |                |              |              | 0.027125  |             | 0.908       |
| Check points                                    |               |                |              |              |           |             |             |

Εικόνα 3.4. Μέτρηση σφάλματος επίγειων σημείων ελέγχου.

Για την επεξεργασία των λήψεων μέχρι και την παραγωγή των τελικών προϊόντων αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μια σύνθετη διαδικασία, η οποία συνδυάζει τεχνικές που εφαρμόζονται τόσο από την Φωτογραμμετρία όσο και την Όραση Υπολογιστών. Τα σύγχρονα εμπορικά λογισμικά του χώρου σε συνδυασμό με αυτά ανοικτού κώδικα που έχουν αρχίσει εμφανίζονται στο προσκήνιο τα τελευταία πέντε χρόνια, εφαρμόζουν αλγόριθμους και τεχνικές που συνδυάζονται μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται επιτυχώς από την επιστημονική κοινότητα. Τα ειδικά σχεδιασμένα λογισμικά μπορούν να δεχθούν τα δεδομένα από την πτήση και καλύπτουν τα επιμέρους στάδια της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας, από την εισαγωγή εικόνων μέχρι την τελική παραγωγή νέφους σημείων, ορθο-φωτογραφιών και τρισδιάστατων μοντέλων με υφή.

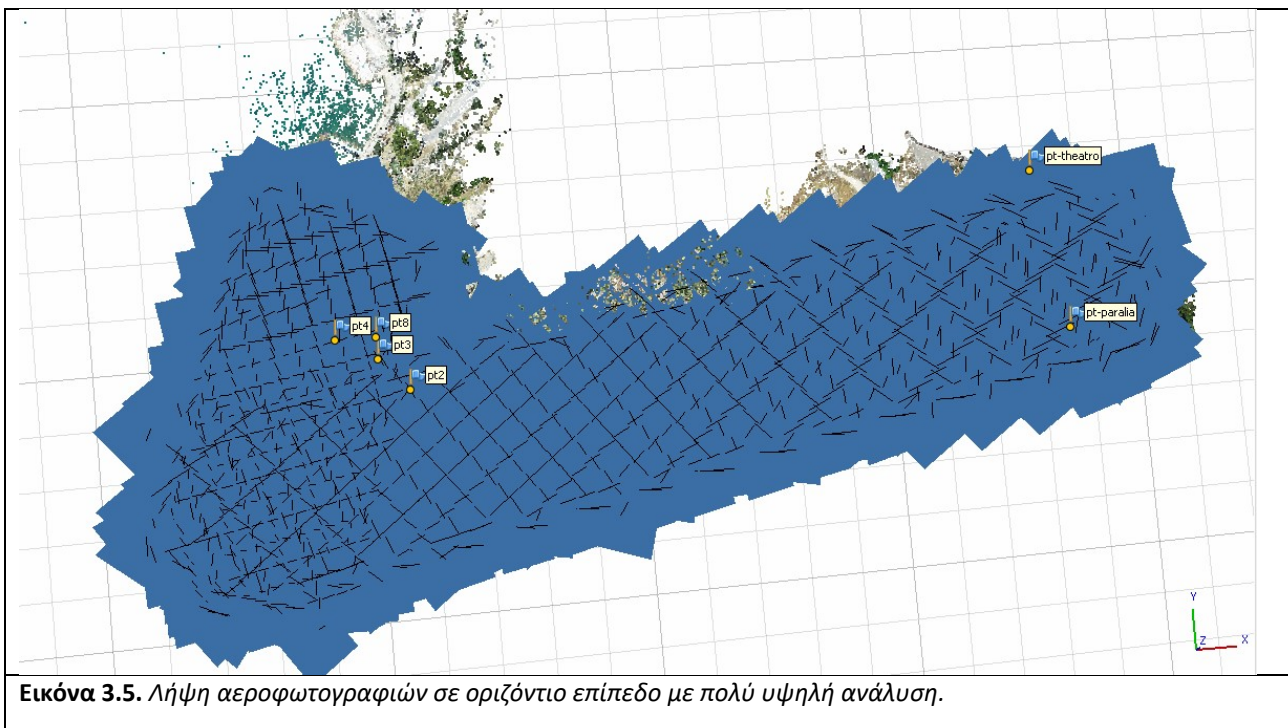
Οι επιμέρους διαδικασίες που υλοποιούνται από το λογισμικό είναι:

- αυτόματος προσανατολισμός των εικόνων μέσω εντοπισμού ομόλογων χαρακτηριστικών σημείων σε όλες τις εικόνες με συνταύτιση των περιγραφέν τους (descriptors)
- επίλυση τριγωνισμού με εξαίρεση χονδροειδών σφαλμάτων στις μετρήσεις και ταυτόχρονη βαθμονόμηση (self-calibration)
- αυτόματη συλλογή νέφους σημείων της περιοχής μέσω αλγορίθμων πολυεικονικής συνταύτισης (local/global matching)
- απαλοιφή θορύβου και δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους
- δημιουργία αληθούς ορθοφωτογραφίας / ορθο-φωτο-μωσαϊκού με αυτόματο έλεγχο αποκρύψεων και συνδυασμό υφής από πολλές εικόνες
- δημιουργία πλήρως τρισδιάστατου μοντέλου αντικειμένου (3D τριγωνισμός) με πραγματική φωτοϋφή.



### 3.2.1. Αποτύπωση με πτήσεις σε οριζόντιο επίπεδο

Η πρώτη αποτύπωση ολοκληρώθηκε μετά από επτά πτήσεις, πέντε για το νότιο τμήμα της περιοχής και δύο για το βόρειο, εκ των οποίων έκαστη διαρκούσε 20 λεπτά, με το ΣμηΕΑ να κινείται οριζόντια πάνω από το λόφο της Ακροναυπλίας και με την κάμερα να είναι σε γωνία  $50^\circ$  σε σχέση με τον ορίζοντα. Το σύνολο των πτήσεων κάλυψε μια επιλεγμένη περιοχή 0,065 τετραγωνικών χιλιομέτρων για το βόρειο τμήμα της περιοχής του μονοπατιού της Αρβανιτιάς καθώς και μια περιοχή 0,115 τετραγωνικών χιλιομέτρων για το νότιο τμήμα της περιοχής. Οι πτήσεις είχαν ως αφετηρία το ελικοδρόμιο της Ακροναυπλίας, προγραμματίστηκαν σε ύψος 81,7 μ. και η επικάλυψη καθορίστηκε στο 70% κατά μήκος της γραμμής πτήσης και 70% στις πλευρές των πτήσεων (Pepe et al., 2018). Κατά τον προγραμματισμό της αεροφωτογράφισης, το ύψος πτήσης και η πυκνότητα των εικόνων έπρεπε να ληφθούν σοβαρά υπόψη, όσον αφορά τους περιορισμούς χρήσης της μπαταρίας. Το ποσοστό επικάλυψης είναι πολύ σημαντικό, καθώς έπρεπε να είναι αρκετά υψηλό για μια διαδοχική φωτογραμμετρική επεξεργασία και κατασκευή ορθο-φωτομωσαϊκών χωρίς οποιαδήποτε σφάλματα. Η πλατφόρμα UAS που χρησιμοποιήθηκε, είναι εξοπλισμένη με μια κεραία GNSS που παρέχει αρκετά καλή ακρίβεια ειδικά για τις οριζόντιες θέσεις της και μπορεί να βοηθήσει στην ευθυγράμμιση των εικόνων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας (Fonstad et al., 2013). Παρόλα αυτά, χρησιμοποιήσαμε σημεία ελέγχου εδάφους (GCP), μετρούμενα με υψηλής ακρίβειας δορυφορικό σύστημα γεωδαιτικής πλοήγησης σε πραγματικό χρόνο (RTK-GNSS) για μεγιστοποίηση της ακρίβειας των προϊόντων (Fugazza et al., 2018, Vassilakis et al., 2019).



**Εικόνα 3.5.** Λήψη αεροφωτογραφιών σε οριζόντιο επίπεδο με πολύ υψηλή ανάλυση.

Από την πρώτη αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 1225 αεροφωτογραφίες από σταθερό απόλυτο υψόμετρο 81,7 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 0.186 τετραγωνικά χιλιόμετρα (**Εικόνα 3.6**). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC330X, με φακό εστιακής απόστασης 3,61mm. Η κάθε μία φωτογραφία συντίθεται από 12.000 (4.000\*3.000) τετράγωνα εικονοστοιχεία με διαστάσεις πλευράς 1,56mm, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαστάσεις 1,81 εκατοστά στο έδαφος.



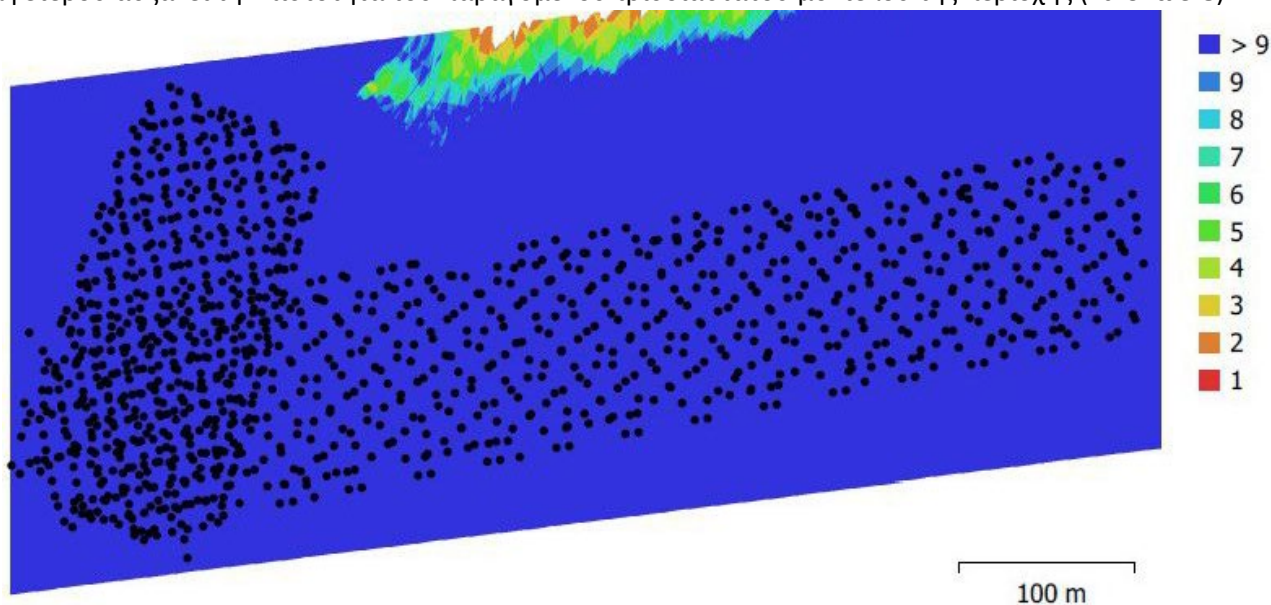
|                    |                       |                     |           |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| Number of images:  | 1,225                 | Camera stations:    | 1,225     |
| Flying altitude:   | 81.7 m                | Tie points:         | 1,673,176 |
| Ground resolution: | 1.71 cm/pix           | Projections:        | 5,249,009 |
| Coverage area:     | 0.186 km <sup>2</sup> | Reprojection error: | 0.73 pix  |

| Camera Model    | Resolution  | Focal Length | Pixel Size     | Precalibrated |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| FC6310R (8.8mm) | 5472 x 3648 | 8.8 mm       | 2.41 x 2.41 μm | Yes           |

**Εικόνα 3.6.** Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (70%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (**Εικόνα 3.7**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικόνα 3.8**).



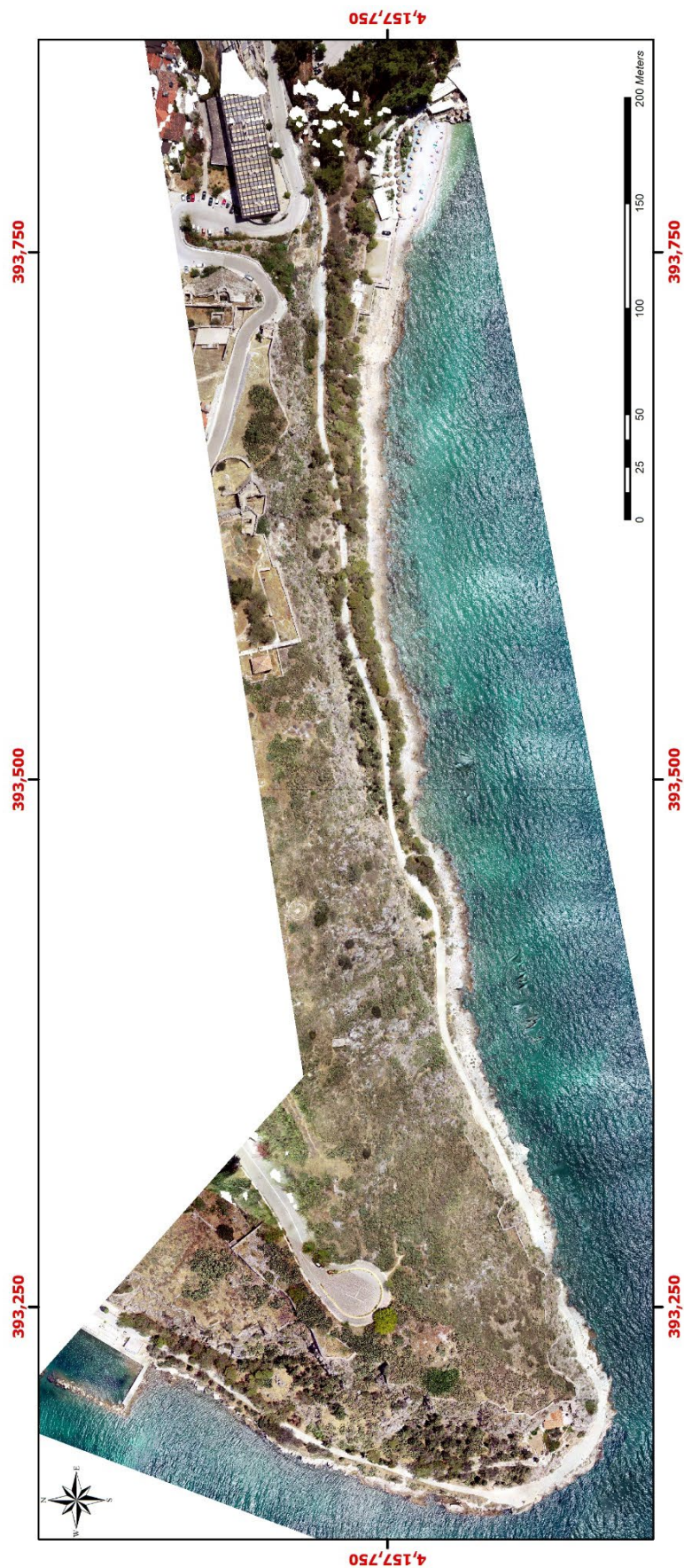
**Εικόνα 3.7.** Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών.

|           | Value               | Error   | F    | Cx   | Cy    | B1    | B2    | K1    | K2    | K3    | K4    | P1    | P2    | P3    | P4    |
|-----------|---------------------|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>F</b>  | <b>2315</b>         | 5.2     | 1.00 | 0.43 | -0.42 | 0.28  | 0.13  | -0.24 | -0.43 | 0.60  | -0.73 | 0.06  | -0.12 | 0.09  | -0.28 |
| <b>Cx</b> | <b>29.8987</b>      | 0.17    |      | 1.00 | -0.15 | 0.05  | 0.01  | -0.10 | -0.18 | 0.25  | -0.31 | 0.23  | -0.12 | -0.01 | -0.06 |
| <b>Cy</b> | <b>-44.1863</b>     | 0.36    |      |      | 1.00  | -0.13 | -0.17 | 0.09  | 0.18  | -0.25 | 0.30  | 0.11  | -0.12 | -0.13 | 0.23  |
| <b>B1</b> | <b>43.1916</b>      | 0.41    |      |      |       | 1.00  | -0.03 | -0.09 | -0.13 | 0.19  | -0.23 | 0.08  | -0.23 | -0.03 | -0.02 |
| <b>B2</b> | <b>0.79459</b>      | 0.21    |      |      |       |       | 1.00  | -0.01 | -0.06 | 0.08  | -0.10 | -0.06 | 0.10  | 0.07  | -0.10 |
| <b>K1</b> | <b>-0.00300979</b>  | 4.7e-05 |      |      |       |       |       | 1.00  | -0.67 | 0.50  | -0.34 | 0.03  | 0.05  | 0.01  | 0.03  |
| <b>K2</b> | <b>-0.00741359</b>  | 0.00015 |      |      |       |       |       |       | 1.00  | -0.97 | 0.90  | -0.04 | 0.03  | -0.09 | 0.18  |
| <b>K3</b> | <b>0.0104857</b>    | 0.00023 |      |      |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.98 | 0.05  | -0.05 | 0.11  | -0.23 |
| <b>K4</b> | <b>-0.00518421</b>  | 0.00013 |      |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.05 | 0.06  | -0.13 | 0.27  |
| <b>P1</b> | <b>0.000156335</b>  | 4.5e-06 |      |      |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.51 | -0.56 | 0.57  |
| <b>P2</b> | <b>-0.000338416</b> | 4.4e-06 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  | 0.78  | -0.73 |
| <b>P3</b> | <b>0.508875</b>     | 0.03    |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.97 |
| <b>P4</b> | <b>-0.782377</b>    | 0.028   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

Εικόνα 3.8. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

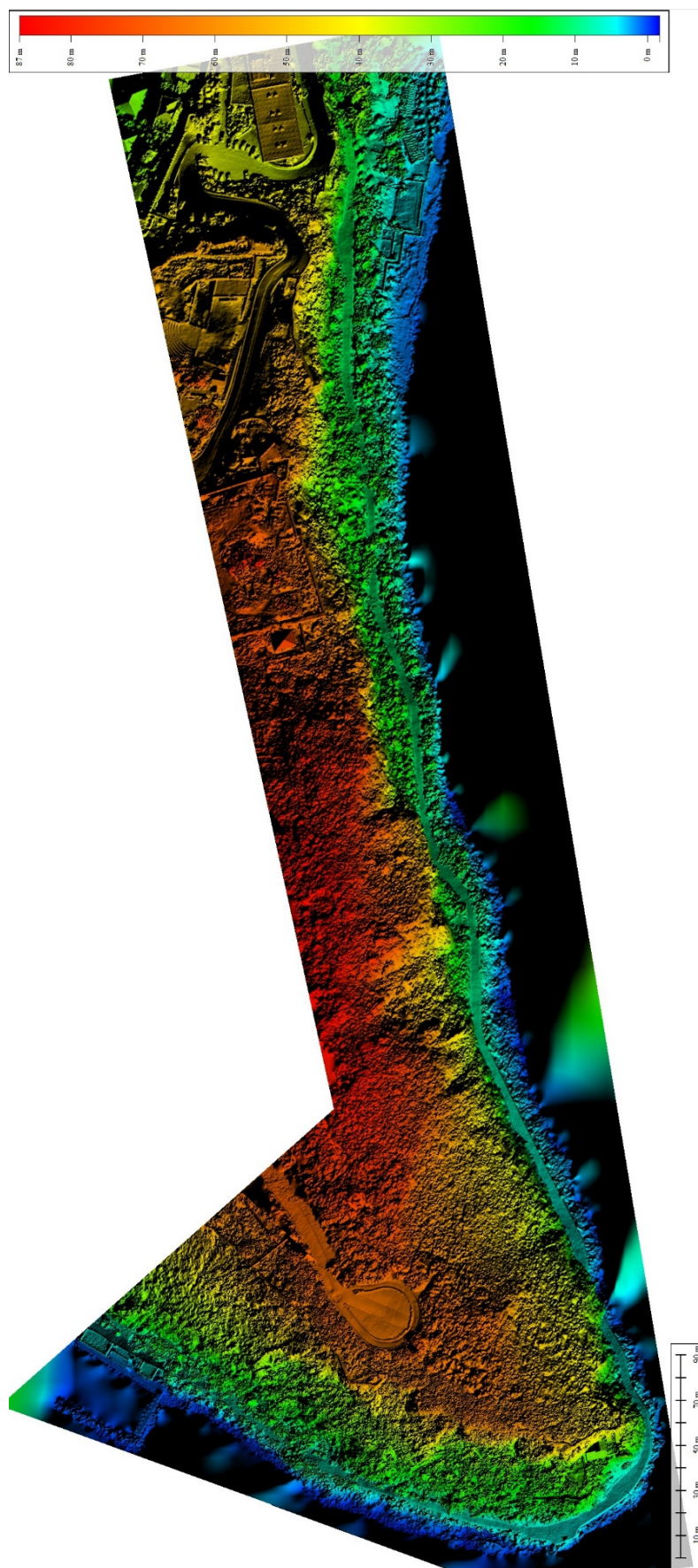
Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.1.7.5, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2016). Το σύνολο των εικόνων (1225) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης με επτά λήψεις (βλ. **Εικ. 3.5**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (1.673.176) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Εντοπισμός των επίγειων σημείων ελέγχου με γνωστές συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ'87) που τοποθετήθηκαν στο χώρο κατά τη φάση της εργασίας υπαίθρου.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 89.191.870 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 17.733.682 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με διακριτική ικανότητα 0.017 μέτρα (47.479\*22.297 εικονοστοιχεία) και χρωματικό βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 3.9**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0.034 μέτρα (23.902\*11.149 εικονοστοιχεία) με πυκνότητα σημείων 859 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 84 μέτρα (**Εικ. 3.10**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



**Εικόνα 3.9.** Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις σε οριζόντιο επίπεδο.

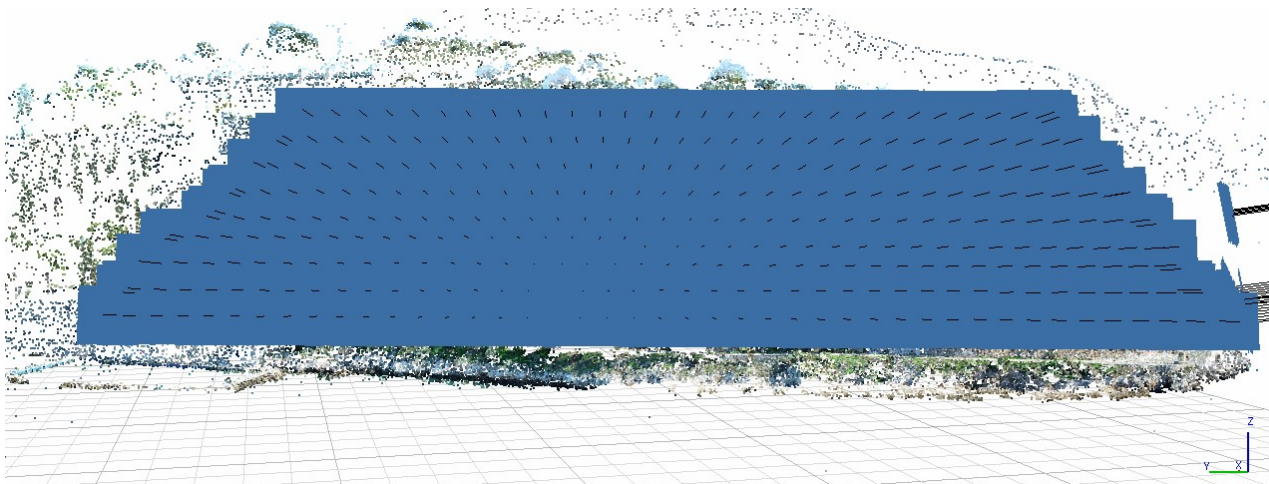




**Εικόνα 3.10.** Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις σε οριζόντιο επίπεδο.

### 3.2.2. Αποτύπωση με πτήσεις κάθετα στα πρανή

Η δεύτερη αποτύπωση πραγματοποιήθηκε με διαδοχικές πτήσεις κάθετα στα πρανή ξεκινώντας από το χαμηλότερο υψόμετρο πολύ κοντά στο επίπεδο της θάλασσας και ανεβαίνοντας ανά 5 μ. μέχρι το μεγαλύτερο υψόμετρο των πρανών δημιουργώντας έτσι μια διαδρομή σε σχήμα τραπέζιο (**Εικ. 3.11**). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν πέντε πτήσεις για το νότιο τμήμα της περιοχής, τρεις για το βόρειο και μια πτήση πραγματοποιήθηκε στο σημείο «φάρος» όπου γίνεται η μετάβαση από το βόρειο στο νότιο πρανές. Η κάθε πτήση διαρκούσε 20 λεπτά και η επικάλυψη μεταξύ των φωτογραφιών καθορίστηκε στο 80%.



**Εικόνα 3.11.** Λήψη αεροφωτογραφιών κάθετα στα πρανή με πολύ υψηλή ανάλυση

Από την δεύτερη αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 957 αεροφωτογραφίες, για τη δημιουργία τριών προφίλ σε όλη την έκταση του μονοπατιού της Αρβανιτιάς, το βόρειο προφίλ, το νότιο και το προφίλ που βρίσκεται στην τοποθεσία «Φάρος». Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4 RTK, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC330X, με φακό εστιακής απόστασης 3,61mm. Η κάθε μία φωτογραφία συντίθεται από 12.000 (4.000\*3.000) τετράγωνα εικονοστοιχεία με διαστάσεις πλευράς 1,56μm, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαστάσεις 1,81 εκατοστά στο έδαφος.

#### (i) Βόρειο Προφίλ

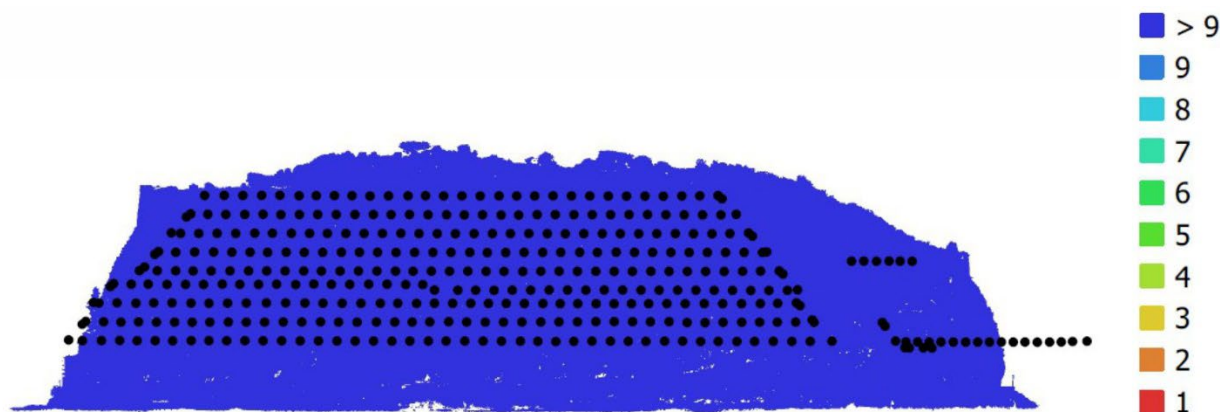
Πιο συγκεκριμένα, για το βόρειο προφίλ ελήφθησαν συνολικά 366 αεροφωτογραφίες, καλύπτοντας μια περιοχή 0.0105 km<sup>2</sup> (**Εικ. 3.12**).

|                    |                        |                     |           |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| Number of images:  | 366                    | Camera stations:    | 366       |
| Flying altitude:   | 85.4 m                 | Tie points:         | 256,805   |
| Ground resolution: | 2.31 cm/pix            | Projections:        | 1,600,554 |
| Coverage area:     | 0.0105 km <sup>2</sup> | Reprojection error: | 0.754 pix |

| Camera Model    | Resolution  | Focal Length | Pixel Size     | Precalibrated |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| FC6310R (8.8mm) | 5472 x 3648 | 8.8 mm       | 2.41 x 2.41 μm | Yes           |

**Εικόνα 3.12.** Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας δεδομένων

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (80%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (**Εικ. 3.13**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικ. 3.14**).



**Εικόνα 3.13.** Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών

|           | Value               | Error   | F    | Cx    | Cy    | K1    | K2    | K3    | P1    | P2    |
|-----------|---------------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>F</b>  | <b>3691.24</b>      | 0.048   | 1.00 | -0.17 | -0.18 | -0.73 | 0.42  | -0.31 | 0.05  | 0.19  |
| <b>Cx</b> | <b>-44.3422</b>     | 0.04    |      | 1.00  | -0.02 | 0.08  | -0.03 | 0.02  | -0.61 | -0.01 |
| <b>Cy</b> | <b>13.7726</b>      | 0.038   |      |       | 1.00  | 0.12  | -0.05 | 0.05  | 0.02  | -0.82 |
| <b>K1</b> | <b>-0.262578</b>    | 8.9e-06 |      |       |       | 1.00  | -0.89 | 0.79  | -0.01 | -0.18 |
| <b>K2</b> | <b>0.102187</b>     | 1.3e-05 |      |       |       |       | 1.00  | -0.98 | -0.01 | 0.10  |
| <b>K3</b> | <b>-0.0265521</b>   | 7.7e-06 |      |       |       |       |       | 1.00  | -0.01 | -0.09 |
| <b>P1</b> | <b>5.23169e-05</b>  | 9e-07   |      |       |       |       |       |       | 1.00  | 0.02  |
| <b>P2</b> | <b>-0.000254854</b> | 1.4e-06 |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

**Εικόνα 3.14.** Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.1.7.5, είναι:

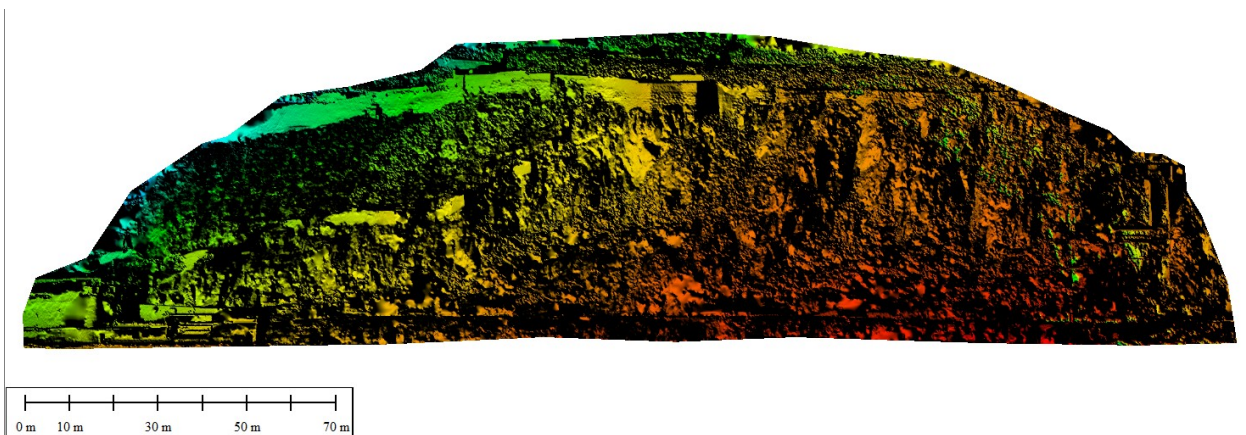
- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών. Το σύνολο των εικόνων (366) καλύπτουν το Βόρειο προφίλ με τρεις λήψεις (βλ. **Εικ. 3.11**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (256.805) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.



- Εντοπισμός των επίγειων σημείων ελέγχου με γνωστές συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ'87) που τοποθετήθηκαν στο χώρο κατά τη φάση της εργασίας υπαίθρου.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 73.340.155 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 9.205.280 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται τελικός ορθο-φωτο-χάρτης, για το Βόρειο προφίλ (**Εικ. 3.15**), με διακριτική ικανότητα 0.017 μέτρα (23.050\*30.544 εικονοστοιχεία) και χρωματικό βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit, σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους, για το Βόρειο προφίλ (**Εικ. 3.16**), με διακριτική ικανότητα 0.034 μέτρα (15.273\*3.992 εικονοστοιχεία) με πυκνότητα σημείων 919 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 61,9 μέτρα σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



**Εικόνα 3.15.** Ορθο-φωτο-μωσαϊκό του Βόρειου Προφίλ που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές.



**Εικόνα 3.16.** Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου του Βόρειου Προφίλ που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές.

**(ii) Προφίλ στη θέση Φάρος**

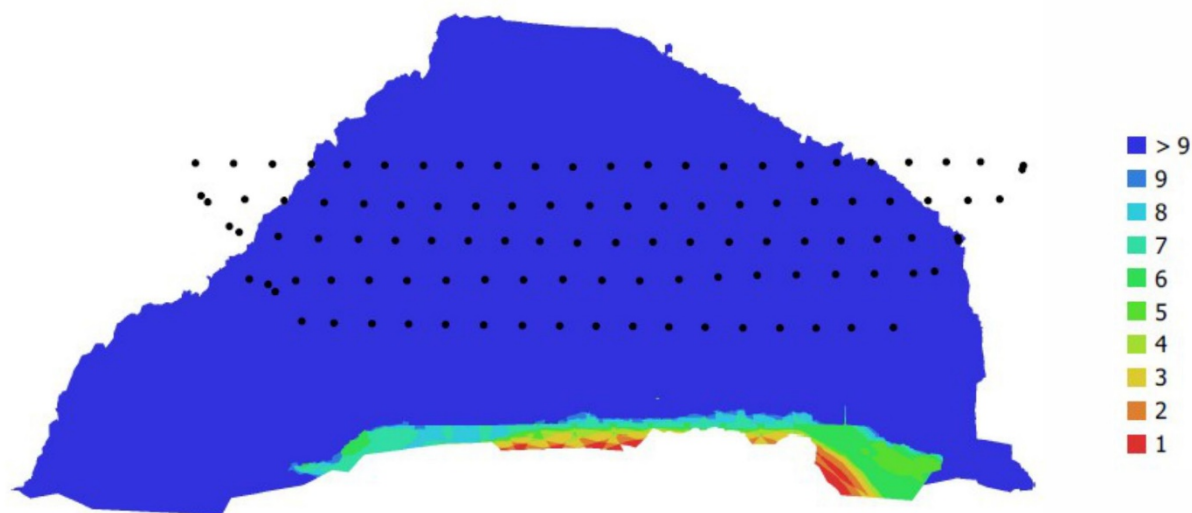
Για το προφίλ στη θέση Φάρος ελήφθησαν συνολικά 107 αεροφωτογραφίες, καλύπτοντας μια περιοχή 0.005 km<sup>2</sup> (Εικ. 3.17).

|                    |                         |                     |           |
|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------|
| Number of images:  | 107                     | Camera stations:    | 107       |
| Flying altitude:   | 45.7 m                  | Tie points:         | 105,297   |
| Ground resolution: | 1.04 cm/pix             | Projections:        | 640,588   |
| Coverage area:     | 5.26e+03 m <sup>2</sup> | Reprojection error: | 0.602 pix |

| Camera Model    | Resolution  | Focal Length | Pixel Size     | Precalibrated |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| FC6310R (8.8mm) | 5472 x 3648 | 8.8 mm       | 2.41 x 2.41 μm | Yes           |

**Εικόνα 3.17.** Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας δεδομένων

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (80%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (Εικ. 3.18). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (Εικ. 3.19).



**Εικόνα 3.18.** Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών

|           | Value               | Error   | F    | Cx    | Cy    | K1    | K2    | K3    | P1    | P2    |
|-----------|---------------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>F</b>  | <b>3683.98</b>      | 0.16    | 1.00 | -0.03 | -0.36 | -0.59 | 0.40  | -0.34 | 0.05  | 0.35  |
| <b>Cx</b> | <b>-38.3014</b>     | 0.15    |      | 1.00  | 0.04  | -0.02 | 0.03  | -0.04 | -0.59 | -0.06 |
| <b>Cy</b> | <b>14.8928</b>      | 0.17    |      |       | 1.00  | 0.13  | -0.06 | 0.05  | -0.09 | -0.75 |
| <b>K1</b> | <b>-0.254707</b>    | 5.5e-05 |      |       |       | 1.00  | -0.96 | 0.93  | 0.02  | -0.16 |
| <b>K2</b> | <b>0.0892084</b>    | 8.2e-05 |      |       |       |       | 1.00  | -0.99 | -0.03 | 0.09  |
| <b>K3</b> | <b>-0.0202381</b>   | 3.9e-05 |      |       |       |       |       | 1.00  | 0.01  | -0.09 |
| <b>P1</b> | <b>4.00727e-05</b>  | 3.4e-06 |      |       |       |       |       |       | 1.00  | 0.11  |
| <b>P2</b> | <b>-0.000342861</b> | 5.5e-06 |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

Εικόνα 3.19. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού

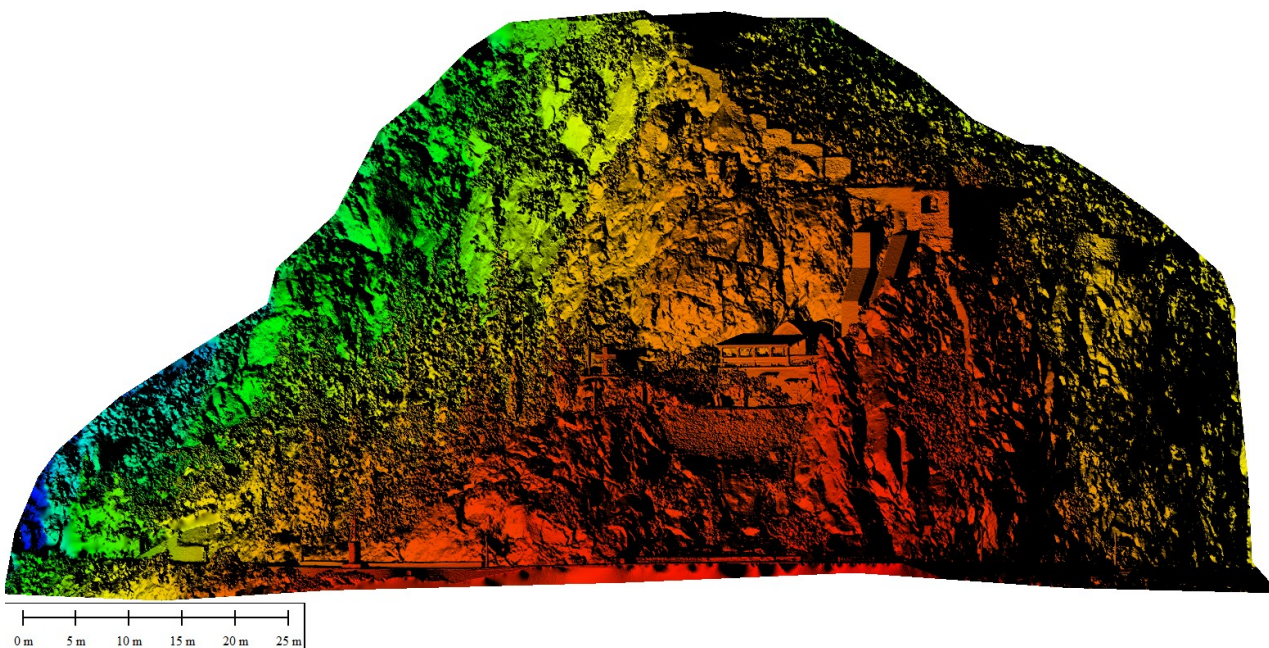
Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.1.7.5, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών. Το σύνολο των εικόνων (107) καλύπτουν το προφίλ στη θέση Φάρος με μια λήψη. Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (105.297) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Εντοπισμός των επίγειων σημείων ελέγχου με γνωστές συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ'87) που τοποθετήθηκαν στο χώρο κατά τη φάση της εργασίας υπαίθρου.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 27.686.659 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 445.008 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται τελικός ορθο-φωτο-χάρτης, για το προφίλ στη θέση Φάρος (**Εικ. 3.20**), με διακριτική ικανότητα 0.01 μέτρα (12.638\*6.522 εικονοστοιχεία) και χρωματικό βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit, σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους, για το προφίλ στη θέση Φάρος (**Εικ. 3.21**), με διακριτική ικανότητα 0.02 μέτρα (8.877\*4.375 εικονοστοιχεία) με πυκνότητα σημείων 0.23 ανά τετραγωνικό εκατοστό και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 61,97 μέτρα σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.





**Εικόνα 3.20.** Ορθο-φωτο-μωσαϊκό του προφίλ στη θέση Φάρος που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές.



**Εικόνα 3.21.** Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου του προφίλ στη θέση Φάρος που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές.

**(iii) Νότιο Προφίλ**

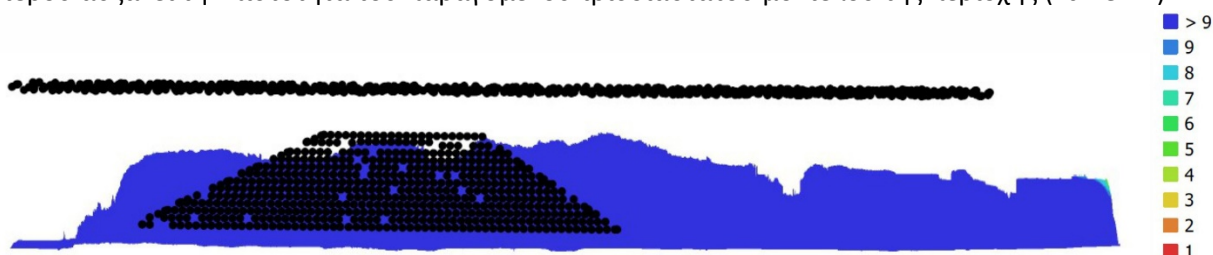
Πιο συγκεκριμένα, για το Νότιο προφίλ ελήφθησαν συνολικά 591 αεροφωτογραφίες, καλύπτοντας μια περιοχή 0.0268 km<sup>2</sup>. Για την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων και την κάλυψη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης περιοχής έγινε συνδυαστική φωτογραμμετρική επεξεργασία των δεδομένων από τις πτήσεις που έγιναν κάθετα στα πρανή με τις πτήσεις που έγιναν σε οριζόντιο επίπεδο. Έτσι, συνολικά, η φωτογραμμετρική επεξεργασία για το Νότιο πρανές πραγματοποιήθηκε με τη χρήση 1.271 αεροφωτογραφιών, καλύπτοντας περιοχή 0.0381 τετραγωνικά χιλιόμετρα (**Εικ. 3.22**).

|                    |                        |                     |           |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| Number of images:  | 1,271                  | Camera stations:    | 1,271     |
| Flying altitude:   | 69.4 m                 | Tie points:         | 1,178,756 |
| Ground resolution: | 1.5 cm/pix             | Projections:        | 4,166,621 |
| Coverage area:     | 0.0381 km <sup>2</sup> | Reprojection error: | 1.18 pix  |

| Camera Model    | Resolution  | Focal Length | Pixel Size     | Precalibrated |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| FC6310R (8.8mm) | 5472 x 3648 | 8.8 mm       | 2.41 x 2.41 μm | Yes           |
| FC6310R (8.8mm) | 5472 x 3648 | 8.8 mm       | 2.41 x 2.41 μm | Yes           |

**Εικόνα 3.22.** Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας δεδομένων

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (80%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (**Εικ. 3.23**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικ. 3.24**).



**Εικόνα 3.23.** Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών

|           | Value              | Error   | F    | Cx   | Cy    | B1    | B2    | K1    | K2    | K3    | K4    | P1    | P2    |
|-----------|--------------------|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>F</b>  | <b>3688.68</b>     | 0.23    | 1.00 | 0.11 | -0.22 | -0.65 | 0.00  | -0.56 | 0.27  | -0.19 | 0.14  | -0.02 | 0.21  |
| <b>Cx</b> | <b>-45.5424</b>    | 0.14    |      | 1.00 | -0.01 | -0.22 | 0.21  | 0.04  | -0.01 | -0.01 | 0.02  | -0.68 | -0.03 |
| <b>Cy</b> | <b>-1.10548</b>    | 0.18    |      |      | 1.00  | -0.28 | -0.22 | 0.20  | -0.01 | 0.01  | -0.00 | -0.00 | -0.96 |
| <b>B1</b> | <b>7.79691</b>     | 0.15    |      |      |       | 1.00  | -0.01 | 0.17  | -0.15 | 0.11  | -0.09 | 0.12  | 0.30  |
| <b>B2</b> | <b>4.20006</b>     | 0.12    |      |      |       |       | 1.00  | 0.01  | -0.01 | 0.01  | -0.01 | -0.26 | 0.22  |
| <b>K1</b> | <b>-0.267028</b>   | 4.3e-05 |      |      |       |       |       | 1.00  | -0.89 | 0.80  | -0.73 | -0.07 | -0.22 |
| <b>K2</b> | <b>0.117894</b>    | 0.00012 |      |      |       |       |       |       | 1.00  | -0.98 | 0.93  | 0.02  | 0.03  |
| <b>K3</b> | <b>-0.0489141</b>  | 0.00016 |      |      |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.99 | 0.03  | -0.02 |
| <b>K4</b> | <b>0.0101352</b>   | 6.8e-05 |      |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.06 | 0.01  |
| <b>P1</b> | <b>7.49541e-05</b> | 4.2e-06 |      |      |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  | 0.02  |
| <b>P2</b> | <b>0.000484852</b> | 9.4e-06 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

Εικόνα 3.24. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού

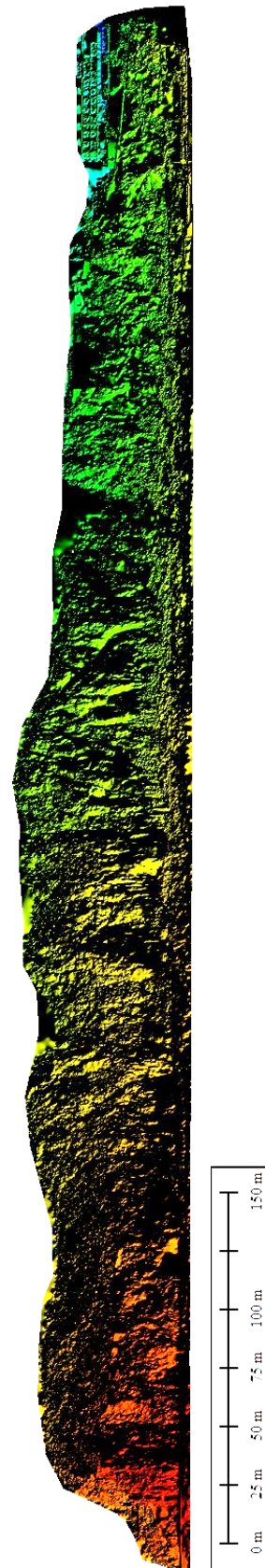
Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.1.7.5, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών. Το σύνολο των εικόνων (1.271) καλύπτουν το Νότιο προφίλ με επτά λήψεις. Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (1.178.756) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Εντοπισμός των επίγειων σημείων ελέγχου με γνωστές συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ'87) που τοποθετήθηκαν στο χώρο κατά τη φάση της εργασίας υπαίθρου.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 190.314.261 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 25.763.290 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται τελικός ορθο-φωτο-χάρτης, για το Νότιο προφίλ (Εικ. 3.25), με διακριτική ικανότητα 0.015 μέτρα (48.384\*5.283 εικονοστοιχεία) και χρωματικό βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit, σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους, για το Νότιο προφίλ (Εικ. 3.26), με διακριτική ικανότητα 0.030 μέτρα (24.197\*3.591 εικονοστοιχεία) με πυκνότητα σημείων 0,111 ανά τετραγωνικό εκατοστό και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 110 μέτρα (Εικ. 3.18) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.





**Εικόνα 3.25.** Ορθο-φωτο-μωσαϊκό του Νότιου προφίλ που προκύπτει από συνδυαστική επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές και οριζόντια.



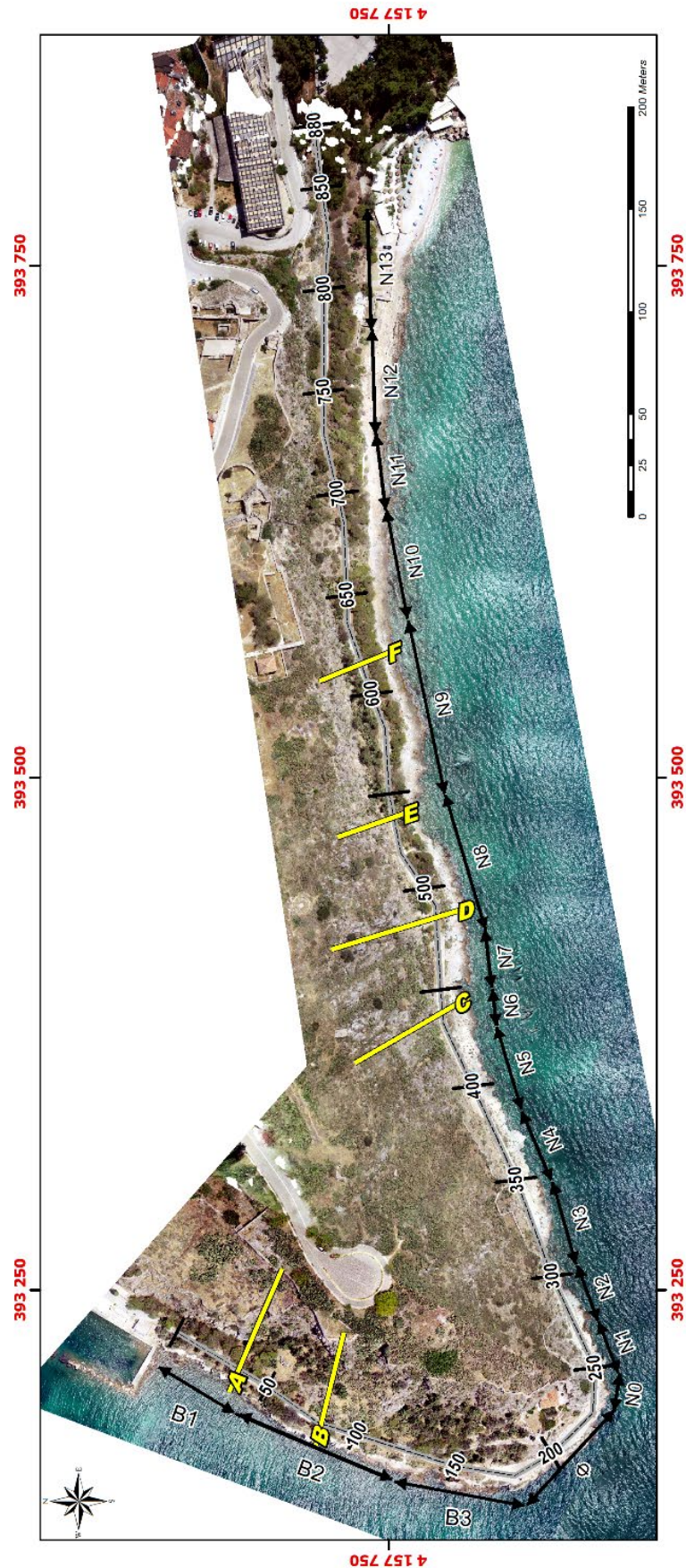
**Εικόνα 3.26.** Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου του Νότιου προφίλ που προκύπτει από συνδυαστική επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από πτήσεις κάθετα στο πρανές και οριζόντια.

## 3.2.3 Αξιοποίηση αποτελεσμάτων εναέριας αποτύπωσης στην αντιμετώπιση του κατολισθητικού κινδύνου

Η αποτύπωση του πρανούς με τη χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους και η λήψη των δεδομένων με τη μορφή νεφών σημείων είναι απαραίτητη για τη μετέπειτα ανάλυση των επιπέδων των ασυνεχειών που υφίστανται στα πρανή του μονοπατιού. Για την καλύτερη διαχείριση των δεδομένων και την βέλτιστη ανάλυσή τους, τα πρανή τμηματοποιήθηκαν σε δεκαεπτά τμήματα (**Εικ. 3.27**). Η διάκριση αυτή έγινε βάσει της μεταβολής της μικροτοπογραφίας του πρανούς καθώς αναδεικνύονται διαφορετικές ομάδες ασυνεχειών σε κάθε ένα από αυτά, με διαφορετική βαρύτητα κάθε φορά. Ο διαχωρισμός του Βόρειου προφίλ έγινε σε τέσσερα τμήματα μαζί με το προφίλ στη θέση Φάρος (Φ) (**Εικ. 3.28**) και ο διαχωρισμός του Νότιου προφίλ έγινε σε δεκατρία τμήματα (**Εικ. 3.29**), ενώ υπολογίστηκε η χιλιομετρική θέση του κάθε τμήματος, με την αρχή του μονοπατιού (πύλη εισόδου από Ναυτικό Όμιλο) να ορίζεται ως ΧΘ 0 (**Πίν. 3.2**).

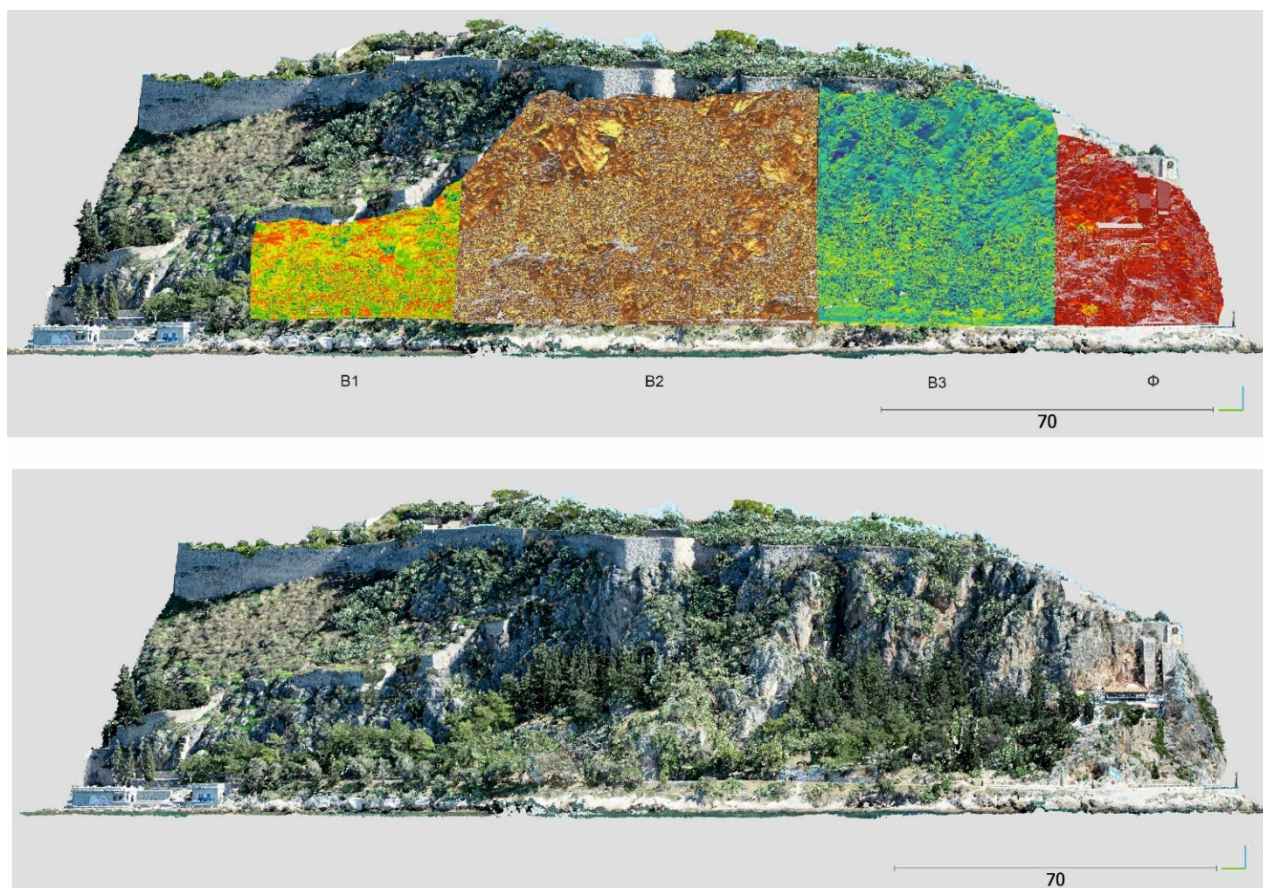
**Πίνακας 3.2.** Χιλιομετρικές θέσεις τμημάτων του πρανούς κατά μήκος του Μονοπατιού της Αρβανιτιάς, με σημείο έναρξης την Βόρεια πόρτα.

| Τμήμα Πρανούς | Από ΧΘ... | Έως ΧΘ... |
|---------------|-----------|-----------|
| <b>B1</b>     | 0         | 50        |
| <b>B2</b>     | 50        | 130       |
| <b>B3</b>     | 130       | 180       |
| <b>Φ</b>      | 180       | 240       |
| <b>N0</b>     | 240       | 245       |
| <b>N1</b>     | 245       | 270       |
| <b>N2</b>     | 270       | 290       |
| <b>N3</b>     | 290       | 340       |
| <b>N4</b>     | 340       | 380       |
| <b>N5</b>     | 380       | 430       |
| <b>N6</b>     | 430       | 440       |
| <b>N7</b>     | 440       | 470       |
| <b>N8</b>     | 470       | 540       |
| <b>N9</b>     | 540       | 640       |
| <b>N10</b>    | 640       | 700       |
| <b>N11</b>    | 700       | 735       |
| <b>N12</b>    | 735       | 785       |
| <b>N13</b>    | 785       | 875       |

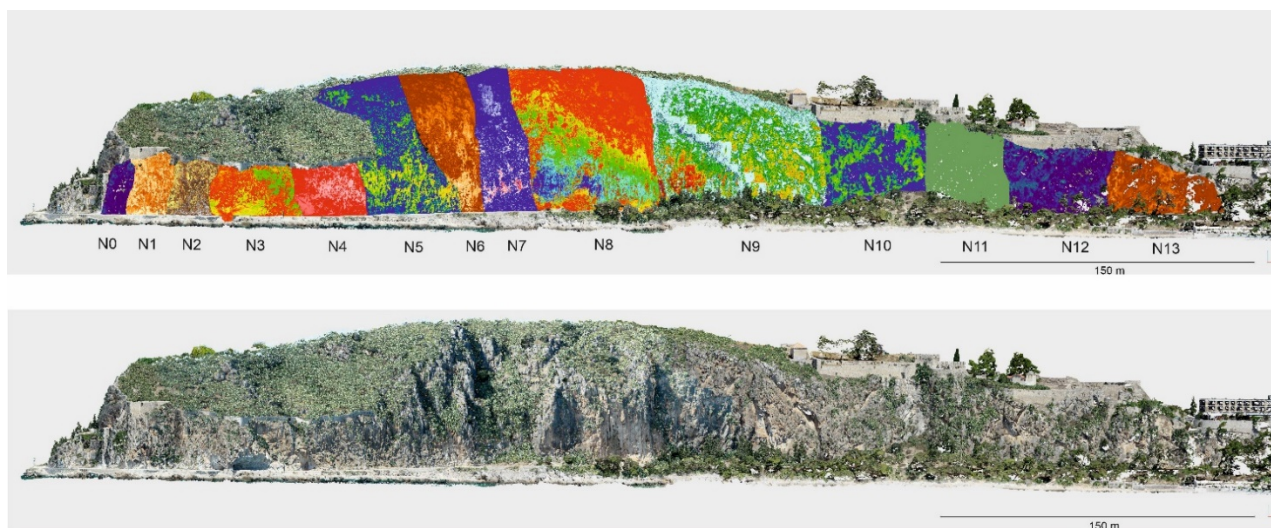


**Εικόνα 3.27.** Χιλιομέτρηση κατά μήκος του Μονοπατιού της Αρβανιτιάς, με σημείο έναρξης την Βόρεια πύλη εισόδου. Σημειώνονται τα επιμέρους τμήματα στα οποία διακρίθηκαν τα πρανή και οι θέσεις διατομών (βλ. επόμενο κεφάλαιο 5.5).





Εικόνα 3.28. Η διάκριση των τμημάτων του Βόρειου Προφίλ



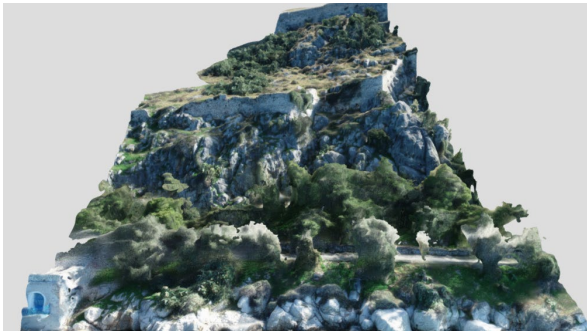
Εικόνα 3.29. Η διάκριση των τμημάτων του Νότιου Προφίλ



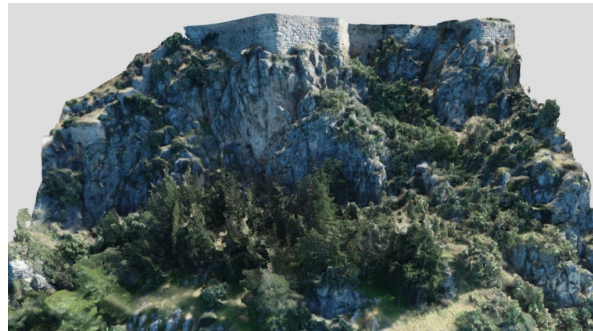
Η φωτογραμμετρική επεξεργασία οδήγησε στη δημιουργία λεπτομερέστατου ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου, το οποίο με της σειρά του χρησιμοποιήθηκε για την ορθο-αναγωγή και παραγωγή του ορθο-φωτομωσαϊκού της περιοχής μελέτης. Στο συνδυασμό των παραπάνω βασίστηκε η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ψηφιακή περιήγηση του τελικού χρήστη μέσω διαδικτυακής σύνδεσης (Πίν. 3.3 και 3.4).

Λόγω υψηλότερης λεπτομέρειας των πρωτογενών δεδομένων και για τη χρησιμότητά τους, η περιοχή διακρίθηκε σε επί μέρους Τμήματα, δύο για το Βόρειο πρανές, ένα για τη θέση ανάντη του Φάρου και εννέα για το Νότιο πρανές.

**Πίνακας 3.3.** Διαδραστικά 3D μοντέλα που προέκυψαν από την επεξεργασία των νεφών σημείων (στην ψηφιακή έκδοση του κειμένου, τα μοντέλα ανοίγουν με κλικ επάνω τους).



Βόρειο πρανές, [Τμήμα 3D-1](#)



Βόρειο πρανές, [Τμήμα 3D-2](#)



Βόρειο πρανές, [Τμήμα 3D-3](#)



[Φάρος 3D](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-1](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-2](#)



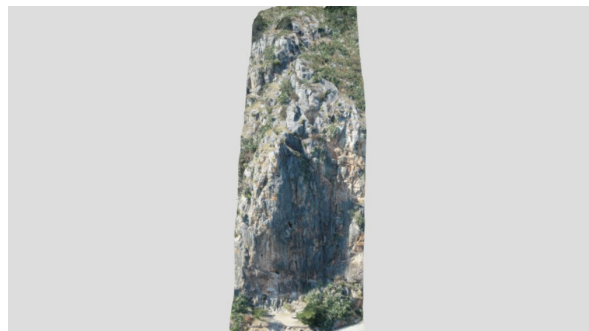
Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-3](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-4](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-5](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-6](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-7](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-8](#)



Νότιο πρανές, [Τμήμα 3D-9](#)

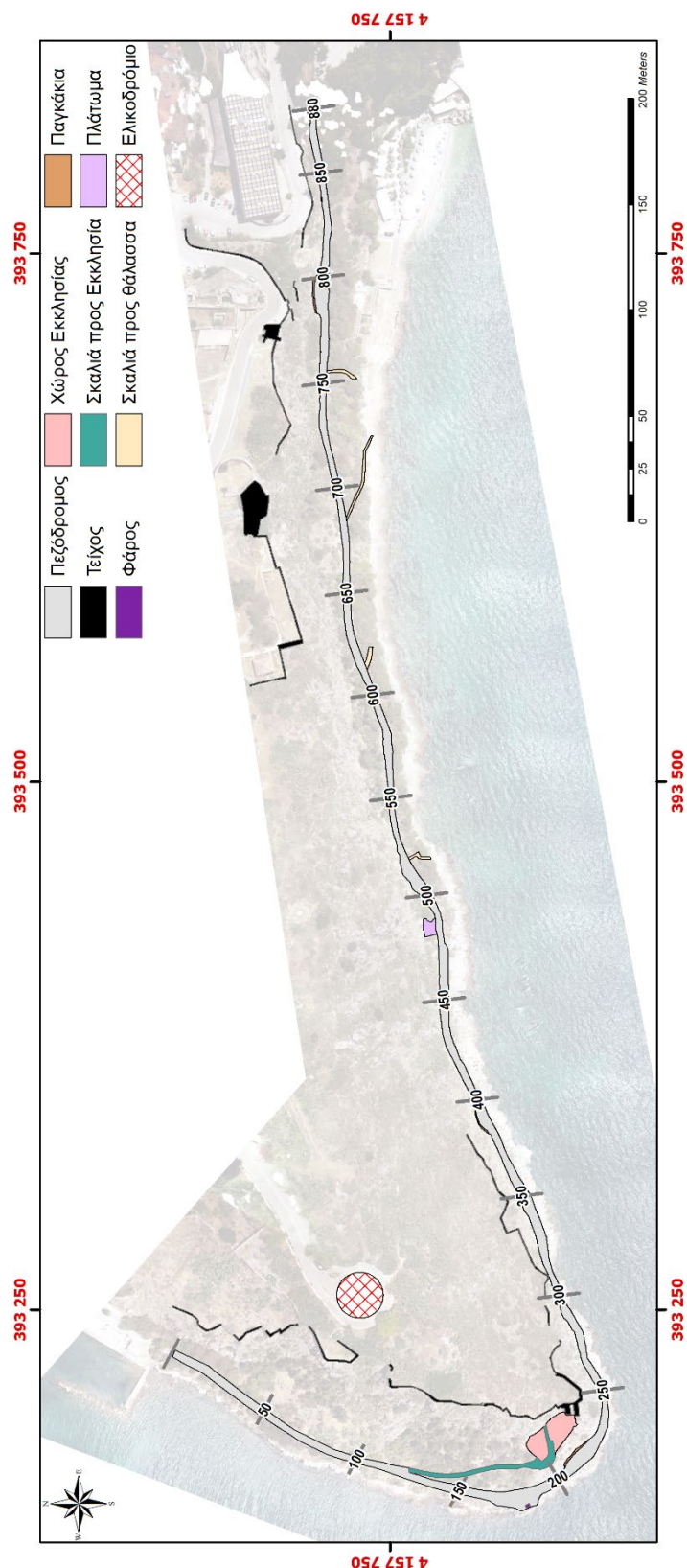


**Πίνακας 3.4.** Διαδικτυακές διευθύνσεις διαδραστικών 3D μοντέλων που προέκυψαν από την επεξεργασία των νεφών σημείων (στην ψηφιακή έκδοση του κειμένου, τα μοντέλα ανοίγουν με κλικ επάνω τους).

|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Βόρειο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-1</a>                             | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-1-1114b6c1e6104f9286483cd5942bb347">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-1-1114b6c1e6104f9286483cd5942bb347</a>                                                                                                                                                                              |
| Βόρειο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-2</a>                             | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-2-91a9b2d675cc4f5eb01d8da70d7d8699">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-2-91a9b2d675cc4f5eb01d8da70d7d8699</a>                                                                                                                                                                              |
| Βόρειο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-3</a><br><a href="#">Φάρος 3D</a> | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-3-beee5e9867be41af8e2b0cacb020d47">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-north-3-beee5e9867be41af8e2b0cacb020d47</a><br><a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-faros-2ba681ce74fc43b6bd618e5d1b892202">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-faros-2ba681ce74fc43b6bd618e5d1b892202</a> |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-1</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-1-0a3fddca23284edcab3a7da74499ca4c">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-1-0a3fddca23284edcab3a7da74499ca4c</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-2</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-2-839d4c1f40ab4d1fa08348abb39f2b00">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-2-839d4c1f40ab4d1fa08348abb39f2b00</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-3</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-3-05f32e7ddbfe495b8e977e41bed0e676">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-3-05f32e7ddbfe495b8e977e41bed0e676</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-4</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-4-41209be52f654033a14cbe8884a956d2">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-4-41209be52f654033a14cbe8884a956d2</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-5</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-5-625120c141874af28cf8446fee82481e">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-5-625120c141874af28cf8446fee82481e</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-6</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-6-a356f6d326c64c20a5ba4bb2728a7189">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-6-a356f6d326c64c20a5ba4bb2728a7189</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-7</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-7-4e1fd96a89034c52927aaf5e8c547ba7">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-7-4e1fd96a89034c52927aaf5e8c547ba7</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-8</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-8-bad25366963b44468da40a3f308a7ce9">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-8-bad25366963b44468da40a3f308a7ce9</a>                                                                                                                                                                              |
| Νότιο πρανές,<br><a href="#">Τμήμα 3D-9</a>                              | <a href="https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-9-1d31f9222e584aa8a9573e19877fba6f">https://sketchfab.com/3d-models/nafplio-south-9-1d31f9222e584aa8a9573e19877fba6f</a>                                                                                                                                                                              |

### 3.2.4. Αποτύπωση των τειχών και των ανθρωποκατασκευών στην περιοχή έρευνας

Με υπόβαθρο το ορθο-φωτο-μωσαϊκό πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (1,7 εκατοστών ανά εικονοστοιχείο) ψηφιοποιήθηκαν οι ανθρωπογενείς υποδομές (πεζόδρομος, τείχη, φάρος κλπ.) με μεγάλη λεπτομέρεια και ακρίβεια σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87 (**Εικ. 3.30**).



**Εικόνα 3.30.** Αποτύπωση ανθρωποκατασκευών στην περιοχή μελέτης.





## 4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

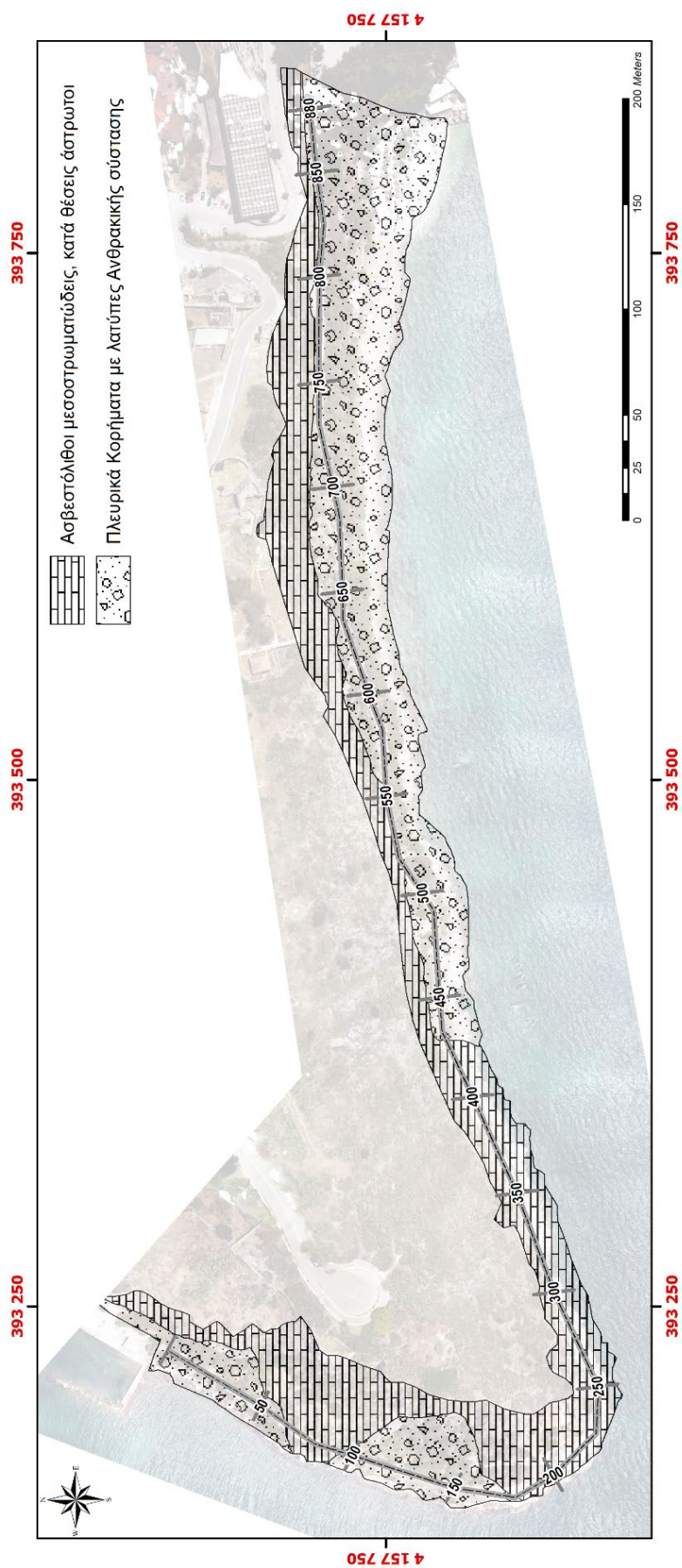
### 4.1. Γεωλογικός χάρτης

Λαμβάνοντας υπόψιν τις Γεωλογικές και Γεωτεκτονικές συνθήκες που περιγράφονται σε προηγούμενη ενότητα, έγινε λεπτομερής εργασία υπαίθρου με στόχο την κατασκευή γεωλογικού χάρτη κατάλληλης κλίμακας. Στη σύνταξη του χάρτη χρησιμοποιήθηκε εκτενώς το ορθο-φωτο-μωσαϊκό που κατασκευάστηκε στο πλαίσιο της παρούσης έρευνας (**Εικ. 3.9**).

Ο κύριος όγκος της χερσονήσου της Ακροναυπλίας δομείται από ανθρακικά πετρώματα της ενότητας της Ανατολικής Ελλάδας. Πρόκειται για **Ασβεστόλιθους** ηλικίας Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, οι οποίοι παρουσιάζονται τεφροί – λευκότεφροι, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι (**Εικ. 4.1**). Εμφανίζουν υποτυπώδεις επιφάνειες στρώσης, οι οποίες είναι εμφανείς μόνο στο νότιο πρानές. Αν και δεν εντοπίστηκε κάποια ρηξιγενής επιφάνεια, αλλά η βραχομάζα είναι κερματισμένη μέσα από διάφορα συστήματα ασυνεχειών, η πυκνότητα των οποίων μεταβάλλεται από θέση σε θέση. Πολλές από αυτές έχουν πληρωθεί, δευτερογενώς, με προϊόντα διάβρωσης (καστανά αμμοχάλικα με γωνιώδεις λίθους) ενώ σε άλλες θέσεις είναι ανοιχτές με έντονη την παρουσία ασβεστιτικού υλικού προερχόμενου από διαδικασίες διάλυσης και επαναπόθεσης, λόγω καρστικοποίησης.

Ο ανθρακικός σχηματισμός εμφανίζεται κατά θέσεις πολύ αποσαθρωμένος λόγω της επίδρασης της καταπόνησης που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην προγενέστερη τεκτονική δράση που έχουν υποστεί τα αλπικά πετρώματα, διά μέσου των ορογενετικών διαδικασιών. Στις τελευταίες συμπεριλαμβάνονται οι πτυχές και οι μεγάλης κλίμακας επωθήσεις που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή, σε συνδυασμό με τα κανονικά ρήγματα και έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση τόσο της σημερινής μορφολογίας και των ακτών.

Το σύνολο της παράκτιας ζώνης των απότομων πρानών της Ακροναυπλίας καλύπτεται από **πλευρικά κορήματα**, συνεκτικοποιημένα σε αρκετά μεγάλο βαθμό (**Εικ. 4.1**). Πρόκειται για ασβεστολιθικές κροκαλο-λατύπες ποικίλου μεγέθους και αργιλικό ή ασβεστιτικό συνδετικό υλικό ερυθρωπού χρώματος. Το μέγεθος των λατυπών ποικίλει και συμπεριλαμβάνει και μεγαλύτερα μεγέθη ογκολίθων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κατάπτωση από τα παρακείμενα πρανή. Το γεγονός αυτό είναι εμφανές αφού ακόμα και σήμερα υφίστανται ογκόλιθοι σε θέσεις του πρανούς, οι οποίοι βρίσκονται σε οριακές συνθήκες ευστάθειας, ενώ με βάση την παρατήρηση των τρισδιάστατων μοντέλων, συνάγεται ότι πολλοί από αυτούς μπορεί να ξεπεράσουν όγκους της τάξης των 2 m<sup>3</sup>. Ο σχηματισμός συμπεριφέρεται ως ημίβραχος, με καλή γεωμηχανική συμπεριφορά. Δεν παρουσιάζει επικινδυνότητα σε καταπτώσεις γιατί αναπτύσσεται σε χαμηλό υψόμετρο και σχηματίζει γενικά ομαλό ανάγλυφο.

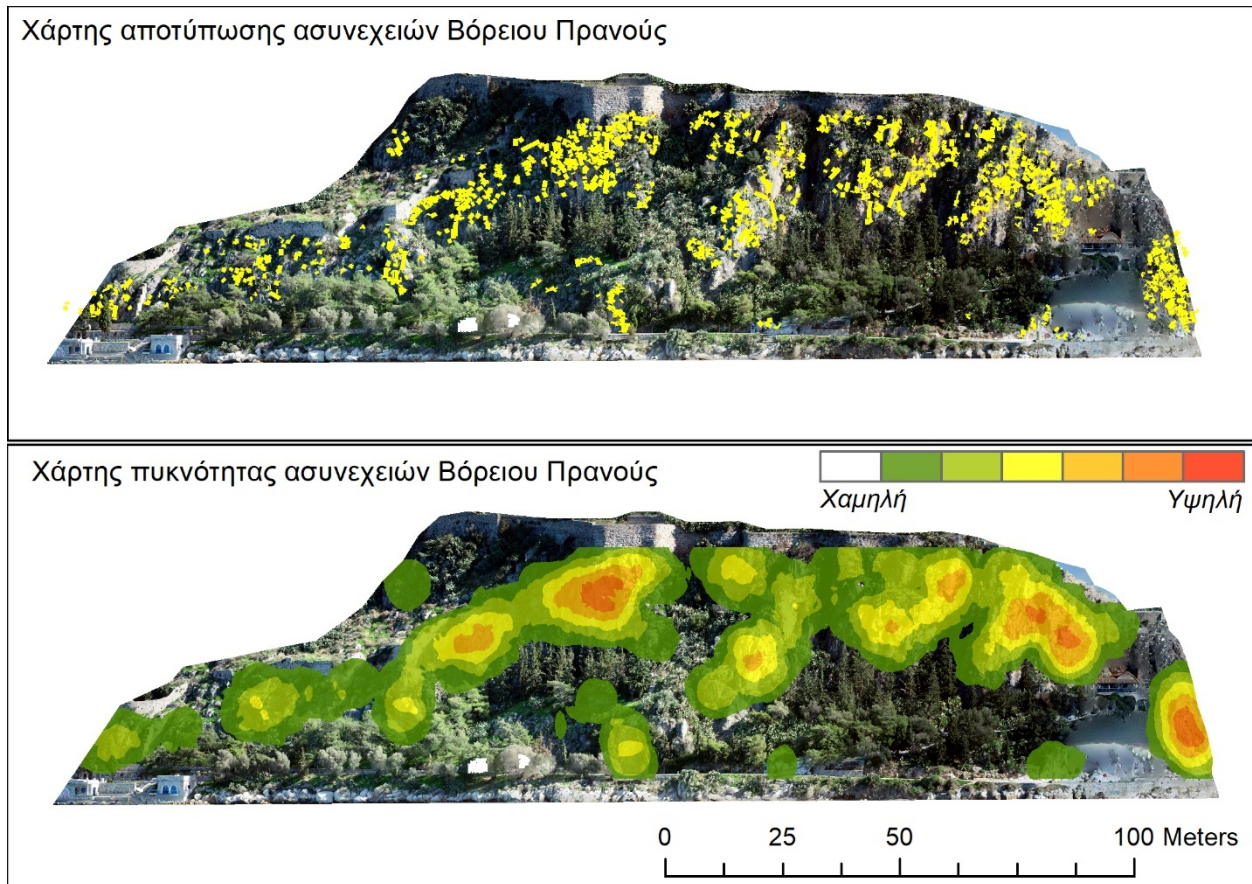


Εικόνα 4.1. Γεωλογικός χάρτης κατά μήκος της περιοχής έρευνας.

#### 4.2. Εντοπισμός αστοχιών στα πρανή

Μια ακόμη εφαρμογή των παραγώνων της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας είναι ο εντοπισμός ασυνεχειών στα πρανή της βραχομάζας στο πλαίσιο της ασυνεχούς τεκτονικής παραμόρφωσης που έχει υποστεί η βραχομάζα και κατ' επέκταση στη διερεύνηση δυνητικών επιφανειών ολίσθησης. Η δημιουργία του ορθο-φωτο-μωσαϊκού των πρανών πολύ υψηλής ευκρίνειας και ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο όπου αποτυπώθηκαν, σε κλίμακα 1:200, όλες οι ασυνέχειες και οι επιφάνειες ολίσθησης που παρατηρούνται. Στη συνέχεια έγινε χωρική στατιστική ανάλυσή τους και δημιουργήθηκαν χάρτες πυκνότητας των ασυνεχειών, για το Βόρειο (Εικ. 4.2) και το Νότιο πρανές (Εικ. 4.3).

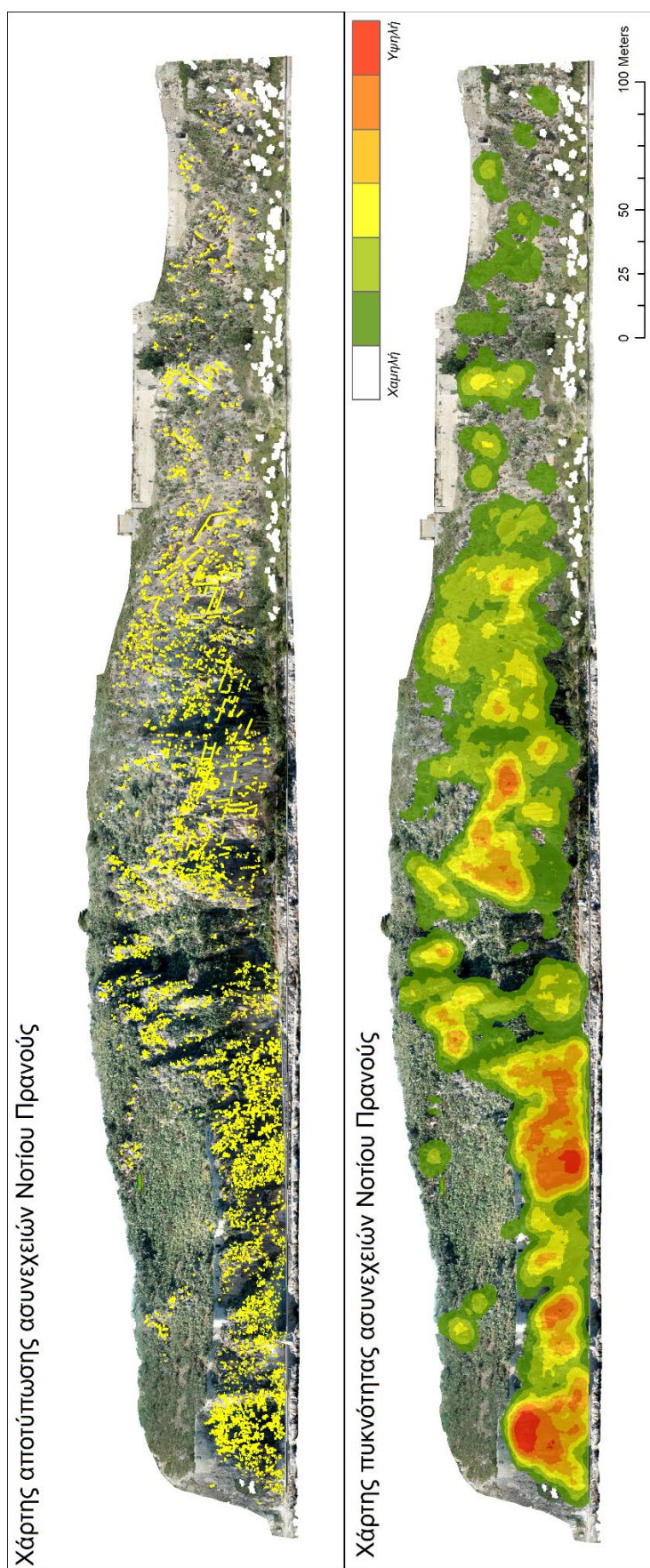
Σύμφωνα λοιπόν με το χάρτη πυκνότητας των ασυνεχειών, παρατηρούνται πέντε εστίες μεγάλης πυκνότητας στο βόρειο προφίλ καθώς και μια εστία μεγάλης πυκνότητας στη θέση «Φάρος». Συγκεκριμένα, οι προβολές των θέσεων αυτών βρίσκονται στις ΧΘ 50, 90, 123, 140, 180 και 230 μέτρων από το σημείο ΧΘ=0. Συνολικά, εντοπίστηκαν 2.484 ασυνέχειες με μέσο μήκος 40 cm, ενώ το μέγιστο μήκος δεν ξεπερνάει τα 6 μέτρα.



**Εικόνα 4.2.** Χαρτογράφηση των ασυνεχειών του Βόρειου Προφίλ (πάνω) και δημιουργία Χάρτη πυκνότητάς των (κάτω).

Όσον αφορά το Νότιο πρανές και σύμφωνα με τον αντίστοιχο χάρτη πυκνότητας ασυνεχειών (Εικ. 4.3) παρατηρούνται τέσσερις εστίες μεγάλης πυκνότητας καθώς και μικρότερες εστίες καταναμεμημένες σε όλο το μήκος του Νότιου πρανούς. Πιο συγκεκριμένα, οι προβολές των θέσεων αυτών βρίσκονται στις ΧΘ 270, 315, 420 και 500 μέτρων από το σημείο ΧΘ=0. Συνολικά, εντοπίστηκαν 8.729 ασυνέχειες με μέσο μήκος 60 cm, ενώ το μέγιστο μήκος φτάνει ακόμα και τα 12 μέτρα.





**Εικόνα 4.3.** Χαρτογράφηση των ασυνεχειών του Νότιου Προφίλ (πάνω) και δημιουργία Χάρτη πυκνότητάς των (κάτω).

#### 4.3. Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχομάζας

Κατά την έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσης μελέτης, έγιναν μετρήσεις των στοιχείων προσανατολισμού των συστημάτων ασυνεχειών, φωτογραφική αποτύπωση της κατάστασης της βραχομάζας, μετρήσεις της τραχύτητας και εκτίμηση της αντοχής των τοιχωμάτων των ασυνεχειών. Πραγματοποιήθηκε επίσης εκτίμηση του Γεωλογικού Δείκτη Αντοχής (GSI) της βραχομάζας βασιζόμενο στις παρατηρήσεις πεδίου, από όπου προέκυψε δείκτης  $GSI=60-70$ . Τοπικά εμφανίζονται περιοχές του πρανούς με μεγαλύτερο επιφανειακό κερματισμό. Στις περιοχές αυτές η βραχομάζα αντιστοιχεί σε τιμή  $GSI=50-55$  (Εικ. 4.4). Στις περιοχές των πρανών με χαμηλό δείκτη αντοχής θα προταθεί η τοποθέτηση αγκυρούμενου πλέγματος και φράχτη ανάσχεσης.

| <b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ</b><br>(Hoek and Marinos, 2000)<br>Βασιζόμενοι στην εμφάνιση της βραχομάζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφανείας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι $GSI=35$ . Σημειώνεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες. Στην περίπτωση που οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρανές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχομάζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένιση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν, οι βραχομάζες ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων.<br><b>ΔΟΜΗ</b> |                                                                                                                                                                                                                  | <b>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ</b><br><br><b>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ</b><br>Πολύ τραχείες, μη αποσθαιρωμένες επιφάνειες<br><br><b>ΚΑΛΗ</b><br>Τραχείες, ελαφρά αποσθαιρωμένες και οξείδωμένες επιφάνειες<br><br><b>ΜΕΤΡΙΑ</b><br>Λείες, μετρίως αποσθαιρωμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες<br><br><b>ΠΤΩΧΗ</b><br>Επιφάνειες ολίσθησης, πολύ αποσθαιρωμένες με συμπανή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη βράσματα<br><br><b>ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ</b><br>Επιφάνειες ολίσθησης πολύ αποσθαιρωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης |     |    |    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | <b>ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</b> →                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |    |    |  |
| <b>ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΩΝ</b><br><br><b>ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΩΝ</b> ↓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | INTACT OR MASSIVE - Άρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση                                                                                                              | 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |    |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BLOCKY - Αδιατάρακτη βραχομάζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών                                                    | 80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 70  |    |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | VERY BLOCKY- Μερικώς διαταραγμένη βραχομάζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 60  |    |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BLOCKY/DISTURBED/SEAMY Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     | 40 |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχομάζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρογγυλωμένων τεμαχίων                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |    | 30 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχομάζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιωδών τεμαχίων |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |    | 20 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |    | 10 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | N/A |    |    |  |

Εικόνα 4.4. Εκτίμηση του Γεωλογικού Δείκτη Αντοχής GSI (Hoek and Marinos 2000)

## 4.4. Αξιολόγηση γεωτεχνικών συνθηκών

### 4.4.1. Γεωτεχνικές παράμετροι βραχομάζας

Από την αξιολόγηση των συνθηκών της βραχομάζας του πρανούς προκύπτει τιμή  $GSI=60-70$ . Θεωρώντας συντηρητικά αντοχή μονοαξονικής θλίψης για το άρρηκτο πέτρωμα  $\sigma_{ci}=50$  MPa και χρησιμοποιώντας τη σχέση (1)<sup>1</sup> προκύπτει μέτρο παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας ίσο με 18 GPa.

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{\frac{GSI-10}{40}} \quad (1)$$

### 4.4.2. Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών

Οι ασυνέχειες εμφανίζονται είτε ανοικτές είτε πληρωμένες με ασβεστίτικο υλικό, οι δε επιφάνειές τους εμφανίζονται ελαφρά τραχείες. Συνήθως συναντώνται με μεγάλο μήκος και ελαφρά αποσαθρωμένες. Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των επί τόπου παρατηρήσεων προσδιορισμού της τραχύτητας των ασυνεχειών, προέκυψαν μέσες τιμές συντελεστή τραχύτητας ασυνεχειών  $JRC=8-11$ . Τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους εκτιμήθηκαν αρχικά με το μετασχηματισμό των παραμέτρων διατμητικής αντοχής κατά Barton-Bandis (2)<sup>2</sup> σε αντίστοιχες παραμέτρους κατά Mohr-Coulomb με θεώρηση τάσης επί της ασυνέχειας  $\sigma_n=0.8$  έως 0.05 MPa και συντελεστή τραχύτητας  $JRC=11$  και 8. Η θλιπτική αντοχή των τοιχωμάτων της ασυνέχειας  $JRC$  ελήφθη ίση με 45 MPa (απομειώνοντας την θλιπτική αντοχή του άρρηκτου βράχου κατά 10% ) και παρεμένουσα γωνία τριβής  $\phi_r$  ίση με  $25^\circ$ .

$$\tau_p = \sigma_n \tan \left( \phi_r + JRC \log_{10} \left( \frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right) \quad (2)$$

$$c = \tau_p - \sigma_n \tan \phi \quad (3)$$

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών με βάση την σχέση (3)<sup>3</sup>, υιοθετώντας συντηρητικά γωνία τριβής ίση με  $30^\circ$ , έδωσαν περιοχή τιμών για την συνοχή επί των ασυνεχειών:  $c = 28 - 320$  kPa (**Εικ. 4.5**).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν ανάδρομες αναλύσεις ευστάθειας, επιλέγοντας ως διατομή ελέγχου το τμήμα N3 (όπου στο παρελθόν έχουν εκδηλωθεί καταπτώσεις βράχων), προκειμένου να εκτιμηθούν οι τιμές διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών, οι οποίες θα προκαλούσαν οριακή ισορροπία του πρανού υπό κανονικές στατικές συνθήκες. Στα διαγράμματα των **Εικόνων 4.6** και **4.7** παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας για την μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος ασυνεχειών για γωνία τριβής ίση με  $30^\circ$  και μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 και 10 m, αντίστοιχα (τμήμα N3 σε στατικές συνθήκες). Από την ανάλυση προκύπτει κρίσιμη τιμή για την συνοχή για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 10 m ίση με  $c_{cr}=16$  kPa και για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m ίση με  $c_{cr}=33$  kPa.

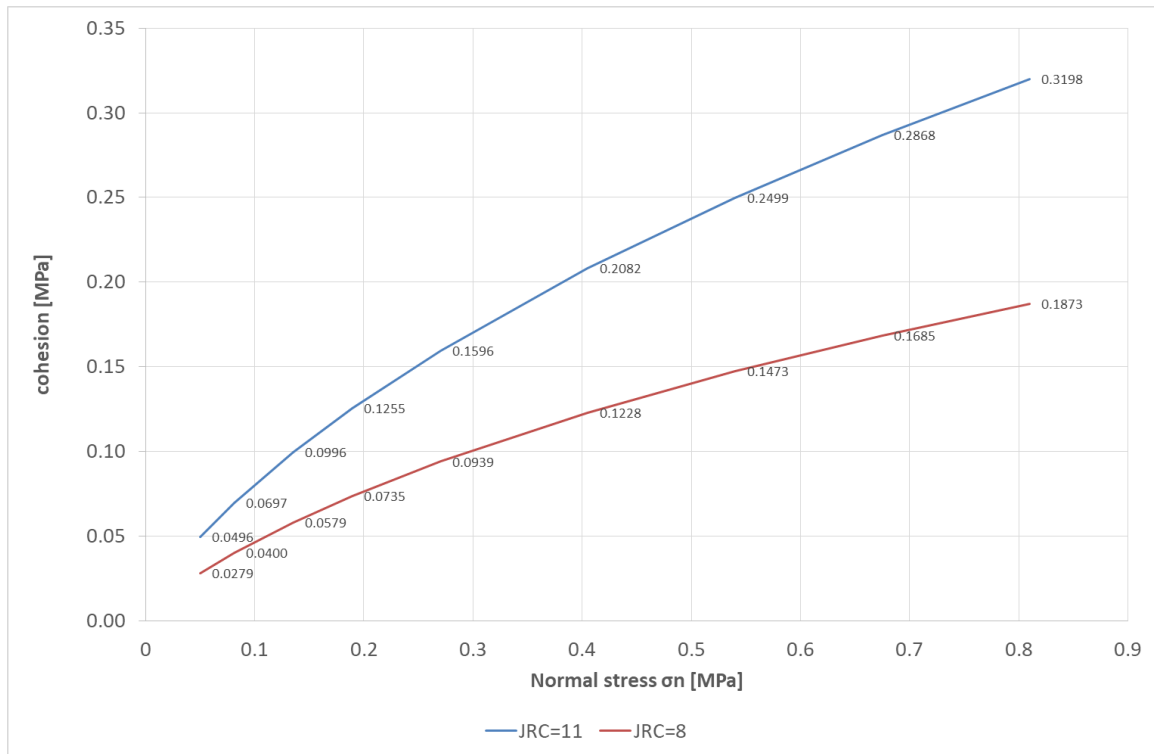
Με βάση τα παραπάνω, επελέγησαν ως γεωτεχνικές παράμετροι υπολογισμού για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ασυνεχειών συντηρητικά οι τιμές:  $c = 10-20$  kPa και  $\phi = 30^\circ$

<sup>1</sup> Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B. (2002). Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition. 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference: NARMS-TAC, 2002, pp. 267-271.

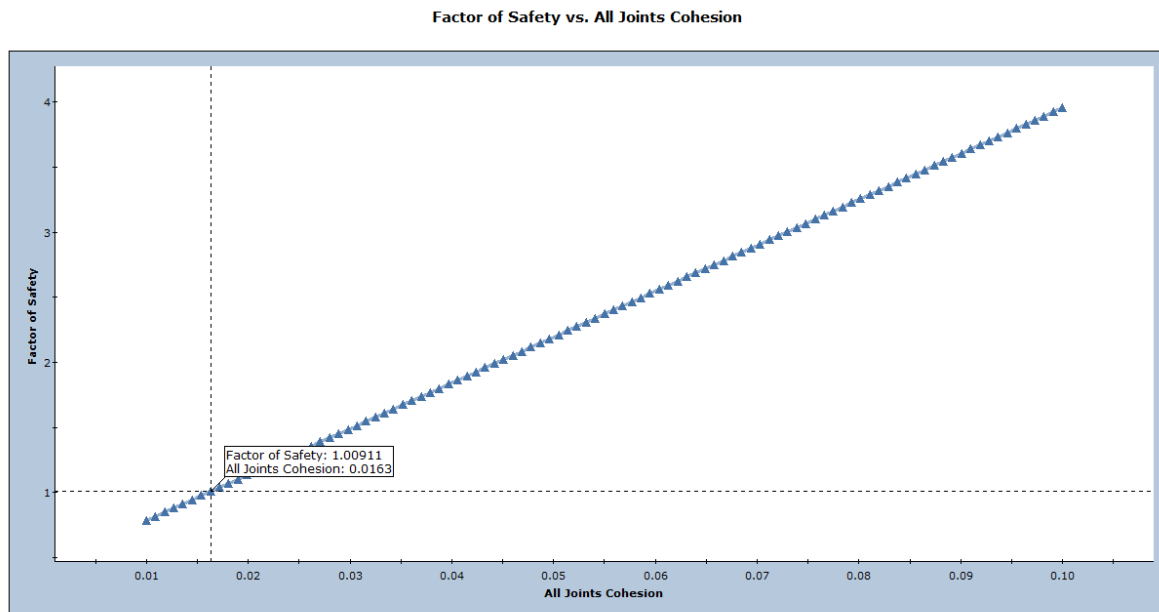
<sup>2</sup> Barton, N.R. (1976). The shear strength of rock and rock joints. Int. J. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 13(10), 1-24.

<sup>3</sup> Hoek, E., Kaiser, P. K. & Bawden, W. F., 1995. Support of underground excavations in hard rocks. Rotterdam: A. A. Balkema.

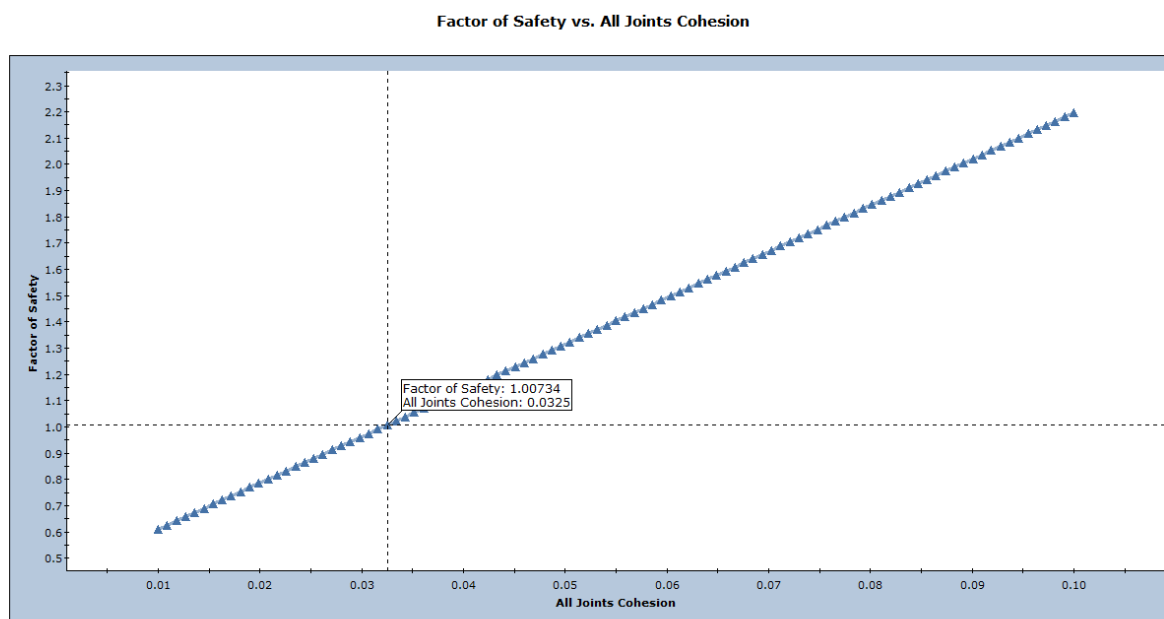




**Εικόνα 4.6.** Εκτίμηση της συνοχής κατά μήκος των ασυνεχειών με μετασχηματισμό των παραμέτρων διατμητικής αντοχής κατά Barton-Bandis σε αντίστοιχες παραμέτρους κατά Mohr-Coulomb (θεώρηση τάσης επί της ασυνέχειας  $\sigma_n=0.8$  έως  $0.05$  MPa, συντελεστής τραχύτητας JRC=11 και 8 και γωνία τριβής  $\varphi=30^\circ$ )



**Εικόνα 4.7.** Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών σε στατικές συνθήκες για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 10 m– Τμήμα N3



**Εικόνα 4.7.** Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών σε στατικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m– Τμήμα N3

## 5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

### 5.1. Γεωτεχνικοί υπολογισμοί

Οι γεωτεχνικοί υπολογισμοί αφορούν στον έλεγχο της ευστάθειας του πρανούς και την εκτίμηση του διατιθέμενου επιπέδου ασφαλείας στην υφιστάμενη κατάσταση καθώς και στον σχεδιασμό τυχόν απαιτούμενων στερεωτικών μέτρων. Οι διατομές για τους υπολογισμούς επιλέχθηκαν βάσει δυσμενών χαρακτηριστικών αναφορικά με τη γεωμετρία του πρανούς, το ιστορικό αστοχιών, την ποιότητα της βραχώμαζας και τον αναμενόμενο μηχανισμό εκδήλωσης της αστοχίας. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκαν γεωτεχνικές αναλύσεις για τον καθορισμό των δυνητικά επισφαλών βραχωδών τεμαχών οι οποίες δημιουργούνται, από τα συστήματα ασυνεχειών του βράχου και τον έλεγχο της ευστάθειάς τους και περιλαμβάνουν:

- Στατιστική επεξεργασία των ασυνεχειών και τεκτονικά διαγράμματα κινηματικής ανάλυσης με το πρόγραμμα **Dips** της εταιρίας Rocscience.
- Έλεγχο ευστάθειας έναντι σφηνοειδών ολισθήσεων (wedge sliding) σε κανονικές συνθήκες και σε σεισμό με το λογισμικό **SWEDGE** της εταιρίας Rocscience.
- Έλεγχο ευστάθειας έναντι επίπεδων ολισθήσεων (plane sliding) ) σε κανονικές συνθήκες και σε σεισμό με το λογισμικό **RocPlane** της εταιρίας Rocscience.
- Έλεγχος επικινδυνότητας των πρανών σε πτώσεις βράχων (rock falls) με το λογισμικό **RocFall** της εταιρίας Rocscience.
- Έλεγχος-σχεδιασμός των απαιτούμενων διορθωτικών μέτρων και των μέτρων προστασίας του πρανούς

Για τις εξεταζόμενες καταστάσεις φόρτισης ο ελάχιστος απαιτούμενος συντελεστής ασφαλείας (Σ.Α.), κατά EC-7, καθορίζεται ως ακολούθως:

- Κανονικές (στατικές) συνθήκες: Σ.Α.=1.4
- Συνθήκες σεισμού: Σ.Α.=1.0
- Σε όλες τις επιλύσεις δεν προσομοιώθηκαν συνθήκες υδατικής πίεσης εντός των ασυνεχειών καθώς στο πρανές εμφανίζονται μόνο κατεισδύοντα όμβρια ύδατα.

### 5.2. Στατιστική επεξεργασία των ασυνεχειών και διαγράμματα κινηματικής ανάλυσης

Η στατιστική ανάλυση των ασυνεχειών και τα στατιστικά διαγράμματα κινηματικής ανάλυσης ευστάθειας έγιναν με το πρόγραμμα Dips της εταιρίας Rocscience. Με το λογισμικό Dips γίνεται στερεογραφική προβολή των επιπέδων των ασυνεχειών σε δίκτυο SCHMIDT και προβάλλονται τα επίπεδα των πρανών και η μέση γωνία εσωτερικής τριβής των ασυνεχειών (30°). Κατά την ανάλυση μελετήθηκαν ο κίνδυνος ανατροπής (toppling), ο κίνδυνος σφηνοειδούς (wedge sliding) και επίπεδης ολίσθησης (plane sliding).

Για την κατασκευή των τεκτονικών διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις επιπέδων ασυνεχειών που προσδιορίστηκαν από τα προϊόντα της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας, η οποία περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Με τον τρόπο αυτό οι μετρήσεις που συμπεριλαμβάνονται στη στατιστική επεξεργασία, για τον προσδιορισμό των διάφορων οικογενειών ασυνεχειών, οι οποίες συμμετέχουν στην κατάτμηση του μητρικού πετρώματος, δεν είναι τυχαίες και επιλεκτικές (με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας κατά την υπαίθρια εργασία). Αντίθετα, συμπεριλαμβάνεται η συντριπτική πλειοψηφία των εμφανιζόμενων ασυνεχειών (κάποιες χιλιάδες σε κάθε επί μέρους τμήμα), οι οποίες αφού φιλτραριστούν με συγκεκριμένα γεωμετρικά κριτήρια χρησιμοποιούνται για περαιτέρω στατιστική επεξεργασία και κατασκευή των

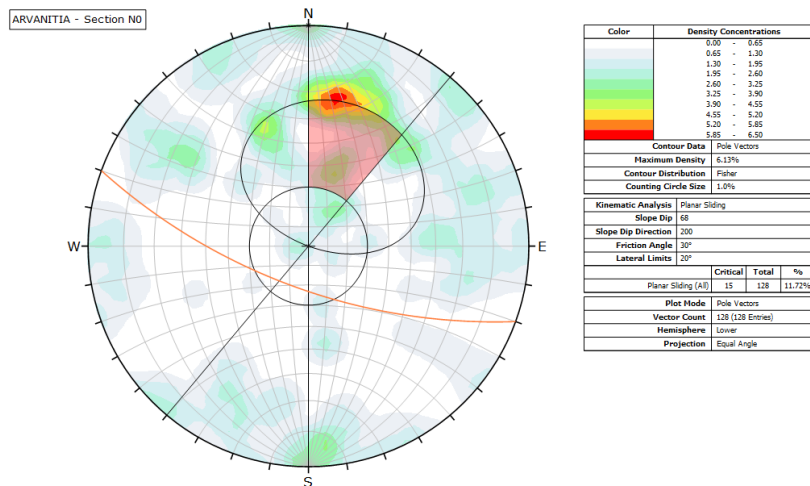


ζητούμενων τεκτονικών διαγραμμάτων. Τα τεκτονικά διαγράμματα κινηματικής ανάλυσης ευστάθειας σε καθένα από τα τμήματα του πρανού (N0 έως N13, B1 έως B3 και Φ) δίνονται στο **Παράρτημα Ι** και συνοπτικά τα αποτελέσματα στον **Πίνακα 5.1**, ενώ στις **Εικόνες 5.1, 5.2 και 5.3**, δίνονται ενδεικτικά τα διαγράμματα επίλυσης για το τμήμα N0.

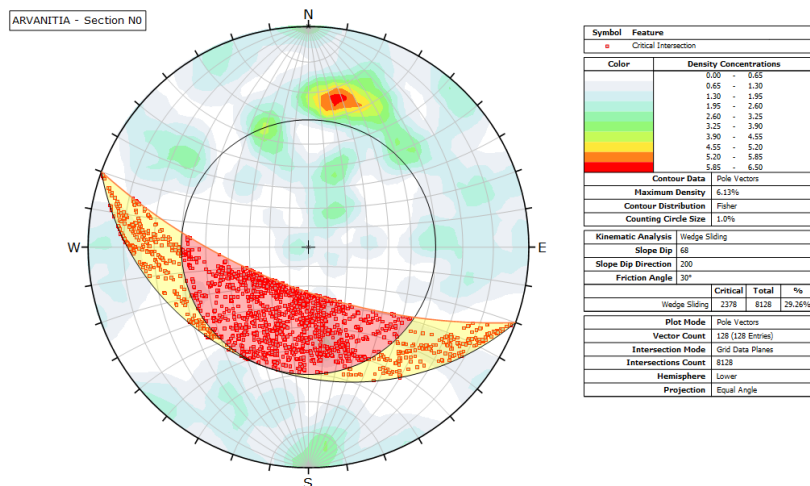
Από τον **Πίνακα 5.1** προκύπτει ότι για το σύνολο του πρανού υπάρχει κίνδυνος αστοχίας όλων των τύπων μετακίνησης βραχωδών τεμαχίων με σημαντικότερο κίνδυνο αυτόν της σφηνοειδούς ολίσθησης και με επισφαλέστερα τμήματα τα N1, N2, N3, N4, N5, N8, N9, N13 και B3. Αθροιστικά, τον μεγαλύτερο κίνδυνο για όλους τους τύπους μετακίνησης εμφανίζει το τμήμα N3, το οποίο περιλαμβάνει τη μικρο-σήραγγα που έχει κατασκευαστεί σε παρελθόντα χρόνο.

**Πίνακας 5.1.** Στατιστική κινηματική ανάλυση ευστάθειας με το λογισμικό Dips

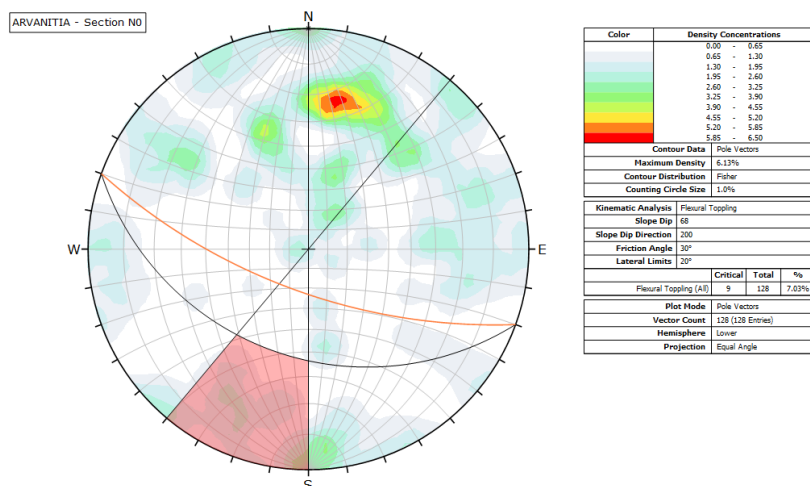
| Τμήμα | Επίπεδη Ολίσθηση (%) | Σφηνοειδής Ολίσθηση (%) | Ανατροπή (%) |
|-------|----------------------|-------------------------|--------------|
| N0    | 11,72                | 29,26                   | 7,03         |
| N1    | 14,11                | 32,08                   | 6,27         |
| N2    | 13,74                | 35,20                   | 6,71         |
| N3    | 16,05                | 34,39                   | 12,13        |
| N4    | 14,43                | 33,58                   | 6,70         |
| N5    | 13,10                | 36,05                   | 4,41         |
| N5b   | 4,32                 | 9,41                    | 2,45         |
| N6    | 7,29                 | 20,51                   | 3,81         |
| N6b   | 0,37                 | 0,81                    | 0,55         |
| N7    | 9,82                 | 24,75                   | 5,67         |
| N7b   | 4,15                 | 9,66                    | 3,67         |
| N8    | 14,76                | 39,99                   | 6,40         |
| N8b   | 3,19                 | 7,84                    | 3,16         |
| N9    | 12,28                | 32,27                   | 6,69         |
| N10   | 8,49                 | 22,30                   | 4,87         |
| N11   | 7,93                 | 20,96                   | 4,49         |
| N12   | 10,29                | 25,91                   | 5,57         |
| N13   | 13,83                | 31,60                   | 5,68         |
| B1    | 7,11                 | 16,59                   | 3,77         |
| B2    | 4,48                 | 13,19                   | 3,36         |
| B3    | 11,72                | 30,51                   | 9,54         |
| Φ     | 9,14                 | 24,33                   | 9,05         |



**Εικόνα 5.1.** Κινηματική ανάλυση επίπεδης ολίσθησης: ο κίνδυνος προσδιορίζεται από το σχετικό πλήθος των πόλων που βρίσκονται στην ροζ περιοχή (11.72%) – Τμήμα N0



**Εικόνα 5.2.** Κινηματική ανάλυση σφηνοειδούς ολίσθησης: ο κίνδυνος προσδιορίζεται από το σχετικό πλήθος των πόλων που βρίσκονται στην ροζ περιοχή (29.26%) – Τμήμα N0



**Εικόνα 5.3.** Κινηματική ανάλυση ανατροπής: ο κίνδυνος ανατροπής προσδιορίζεται από το σχετικό πλήθος των πόλων που βρίσκονται στην ροζ περιοχή (7.03%) – Τμήμα N0

### 5.3. Αναλύσεις ευστάθειας πρανούς έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης

Για τον έλεγχο της ευστάθειας του πρανούς, του διατιθέμενου επιπέδου ασφαλείας στην υφιστάμενη κατάσταση, καθώς και τα τυχόν απαιτούμενα μέτρα στερέωσης ώστε να προκύψει το κανονιστικά απαιτούμενο επίπεδο ασφαλείας, πραγματοποιήθηκαν γεωτεχνικές αναλύσεις για τα τμήματα N0 έως N13, B1 έως B3 και Φ (βλ. **Εικ. 3.28, 3.29**). Οι γεωτεχνικοί υπολογισμοί αφορούν στον έλεγχο ευστάθειας των δυνητικά επισφαλών σφήνων οι οποίες δημιουργούνται από τα συστήματα ασυνεχειών του βράχου. Οι εν λόγω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό SWEDGE της εταιρίας Rocscience.

Στο λογισμικό εισάγονται: το ύψος και τα στοιχεία του προσανατολισμού του πρανούς και των κύριων συστημάτων ασυνεχειών, καθώς επίσης και οι παράμετροι της διατμητικής αντοχής αυτών. Το πρόγραμμα βασίζεται στη θεώρηση ότι οι σφήνες ορίζονται από 2 επίπεδα ασυνεχειών και της επιφάνειας του πρανούς και φέρουν μόνο το ίδιο βάρος τους. Η επίλυση παρέχει το βάρος και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της σφήνας καθώς και τον συντελεστή ασφαλείας έναντι ολίσθησης. Επίσης, γίνεται η παραδοχή ότι οι μετακινήσεις λαμβάνουν χώρα επί των ασυνεχειών και ότι οι σφήνες κινούνται σαν άκαμπτα σώματα χωρίς εσωτερική παραμόρφωση ή ρηγμάτωση. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης των μέτρων αντιστήριξης δίνοντας την αντίστοιχη βελτίωση του συντελεστή ασφαλείας.

Αναλυτικά στο πρόγραμμα εισήχθησαν για κάθε διατομή οι κύριες ασυνέχειες με τους προσανατολισμούς και τις παραμέτρους αντοχής τους, θεωρώντας το κριτήριο διατμητικής αντοχής Mohr-Coulomb με παραμέτρους διατμητικής αντοχής  $c=10-20$  kPa και  $\phi=30^\circ$ . Εξετάσθηκαν 2 περιπτώσεις φόρτισης για κάθε κατάσταση ελέγχου:

- Κανονικές (στατικές) συνθήκες
- Συνθήκες σεισμού ( $a=0.16$ ).

Οι διατομές υπολογισμού επιλέχθηκαν βάσει δυσμενών χαρακτηριστικών αναφορικά με τη κλίση τους, τον προσανατολισμό τους, το ύψος τους και τον αναμενόμενο μηχανισμό εκδήλωσης της αστοχίας. Οι επιφάνειες ασυνεχειών θεωρήθηκαν επίπεδες και συνεχείς με μέγιστη εμμονή από 6 έως 20 m. Τα αποτελέσματα των επιλύσεων δίνονται στο **Παράρτημα II** και συνοπτικά στον **Πίνακα 5.2**. Στην **Εικόνα 5.4** παρουσιάζεται ενδεικτικά δυνητική ολίσθηση σφήνας στην επιφάνεια του πρανούς N0, ενώ στις **Εικόνες 5.5** και **5.6** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ευστάθειας με το λογισμικό SWEDGE για το τμήμα N0 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες, αντίστοιχα.



**Εικόνα 5.4.** Χαρακτηριστική περίπτωση επισφαλούς τεμάχους, στη θέση του τμήματος N0

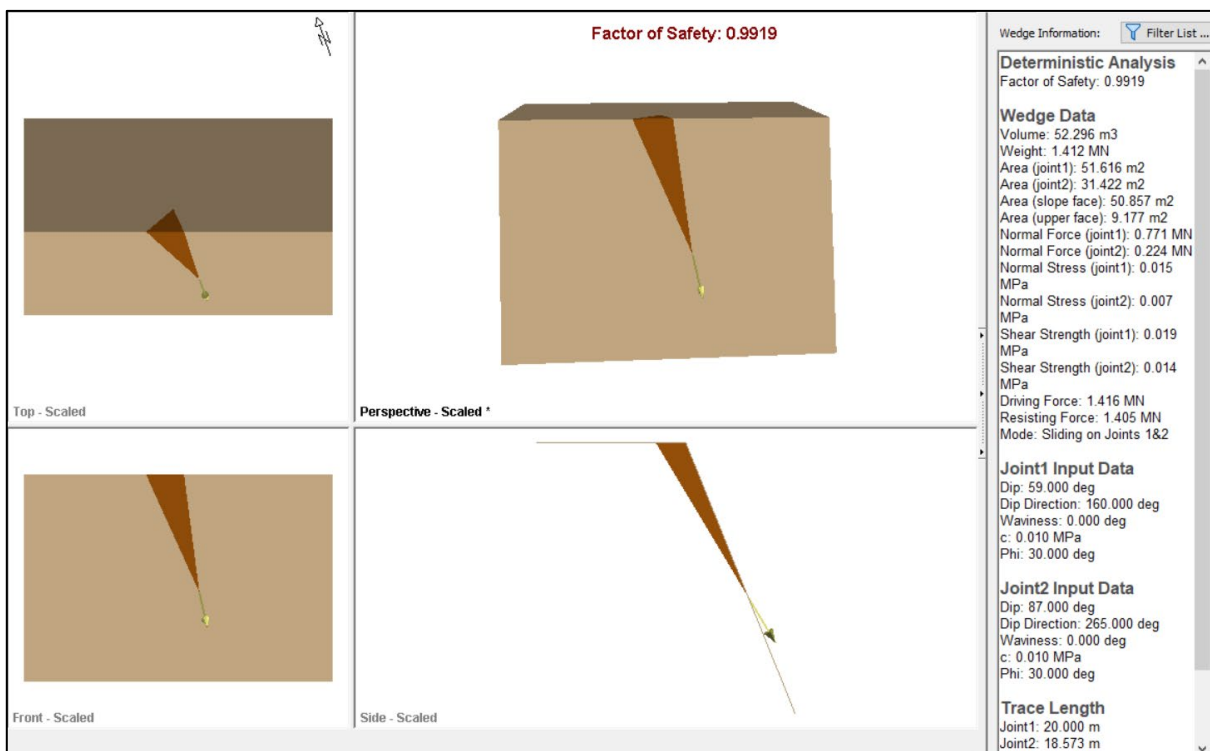


**Πίνακας 5.2. Ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.) έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε στατικές και σεισμικές συνθήκες**

| Τμήμα      | Εμμόνη (m) | Σ.Α.(στατικές)                  | Σ.Α.(σεισμικές)                 | Όγκος (m <sup>3</sup> ) | Σ.Α. με αγκύρωση στατικές / σεισμικές |
|------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| <b>N0</b>  | 20         | 1.2                             | 1.0                             | 52                      | 1.8/1.5                               |
|            | 10         | 1.9                             | 1.6                             | 6.2                     | -                                     |
| <b>N1</b>  | 20         | 1.2                             | 1.0                             | 31                      | 2.0/1.7                               |
|            | 10         | 2.1                             | 1.9                             | 4                       | -                                     |
| <b>N2</b>  | 20         | 1.0                             | 0.8                             | 14.8                    | 1.9/1.6                               |
|            | 10         | 1.7                             | 1.5                             | 2                       | -                                     |
|            | 6          | 1.1                             | 0.9                             | 9.7                     | 2.0/1.6                               |
| <b>N3</b>  | 10         | <1.0 (c=10kPa)<br>1.0 (c=17kPa) | <1.0 (c=10kPa)<br>0.9 (c=17kPa) | 27.5                    | 1.6/1.3                               |
|            | 10         | 1.0                             | 0.9                             | 18.6                    | 2.0/1.9                               |
| <b>N4</b>  | 20         | 1.2                             | 1.1                             | 2                       | 2.7/2.3                               |
|            | 10         | >2                              | >2                              | 0.3                     | -                                     |
| <b>N5</b>  | 15         | 1.5                             | 1.3                             | 6.5                     | -                                     |
|            | 10         | 2.0                             | 1.8                             | 1.9                     | -                                     |
| <b>N6</b>  | 12         | 1.9                             | 1.6                             | 10                      | -                                     |
| <b>N7</b>  | 20         | 1.6                             | 1.3                             | 103                     | -                                     |
| <b>N8</b>  | 15         | 1.4                             | 1.2                             | 38.6                    | -                                     |
| <b>N9</b>  | 15         | 1.4                             | 1.2                             | 7.8                     | -                                     |
| <b>N10</b> | 15         | 1.4                             | 1.2                             | 16.6                    | -                                     |
| <b>N11</b> | 20         | >2                              | >2                              |                         | -                                     |
| <b>N12</b> | 9          | 1.3                             | 1.1                             | 5.5                     | 3.2/2.8                               |
| <b>N13</b> | 11         | 1.1                             | 1                               | 7                       | 2.4/2.1                               |
| <b>B1</b>  | 12         | 1.04                            | 0.9                             | 23                      | 2.2/1.8                               |
| <b>B2</b>  | 12         | 1.8                             | 1.6                             | 28                      | -                                     |
| <b>B3</b>  | 15         | 1.4                             | 1.2                             | 9.8                     | -                                     |
| <b>Φ</b>   | 10         | 1.0                             | 0.9                             | 21                      | 1.9/1.7                               |



Εικόνα 5.5. Σκαρίφημα τμήματος NO με πιθανή αποκόλληση σφήνας σε στατικές συνθήκες



Εικόνα 5.6. Σκαρίφημα τμήματος NO με πιθανή αποκόλληση σφήνας σε σεισμικές συνθήκες

Λαμβάνοντας υπόψη τους ελάχιστοι απαιτούμενους συντελεστές ασφαλείας, προκύπτει ανάγκη λήψης μέτρων αντιστήριξης για τις διατομές ελέγχου N0, N1, N2, N3, N4, N12, N13, B1 και Φ.

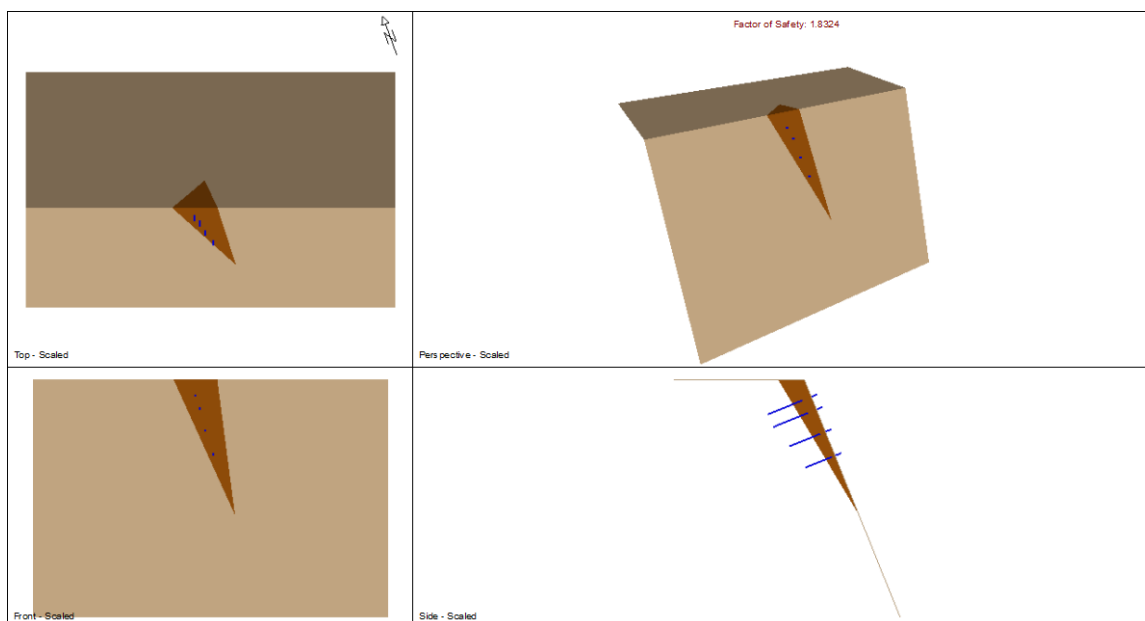
Για την ευστάθεια του πρανούς στις συγκεκριμένες διατομές (με βάση τους απαιτούμενους συντελεστές ασφαλείας), προτείνεται η αντιστήριξη του με αγκύρια, διαστελλόμενου άκρου με ολόσωμη πάκτωση από τσιμεντένεμα. Οι ράβδοι των αγκυρίων προτείνονται Φ27mm, τυπικού φορτίου διαρροής 320 kN εντός οπής διατρήματος d=46mm. Η διαστασιολόγηση των αγκυρίων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα μέγιστα εντατικά μεγέθη των απαιτούμενων δυνάμεων αγκύρωσης. Στη συνέχεια μέσω του προγράμματος πραγματοποιούνται οι απαραίτητες αναλύσεις λαμβάνοντας υπόψη τη δυσμενέστερη πιθανή περίπτωση σφηνοειδούς ολίσθησης για κάθε διατομή ελέγχου.

Οι αναλυτικοί υπολογισμοί με το λογισμικό SWEDGE και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται στο **Παράρτημα II** της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης. Στους υπολογισμούς, ως λειτουργική φέρουσα ικανότητα των αγκυρίων δόθηκε η τιμή 187 kN. Οι ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας έναντι ευστάθειας για κάθε εξεταζόμενη θέση με τα μέτρα σταθεροποίησης που ελήφθησαν υπόψη, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον **Πίνακα 5.2** που ακολουθεί, ενώ στις **Εικόνες 5.7** και **5.8**, παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου ευστάθειας με αγκύρωση για το τμήμα N0 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες, αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι οι αναλύσεις καλύπτουν όλους τους μεμονωμένους όγκους, δεδομένου ότι έχουν ληφθεί υπόψη οι δυσμενέστερες περιπτώσεις για κάθε τμήμα.

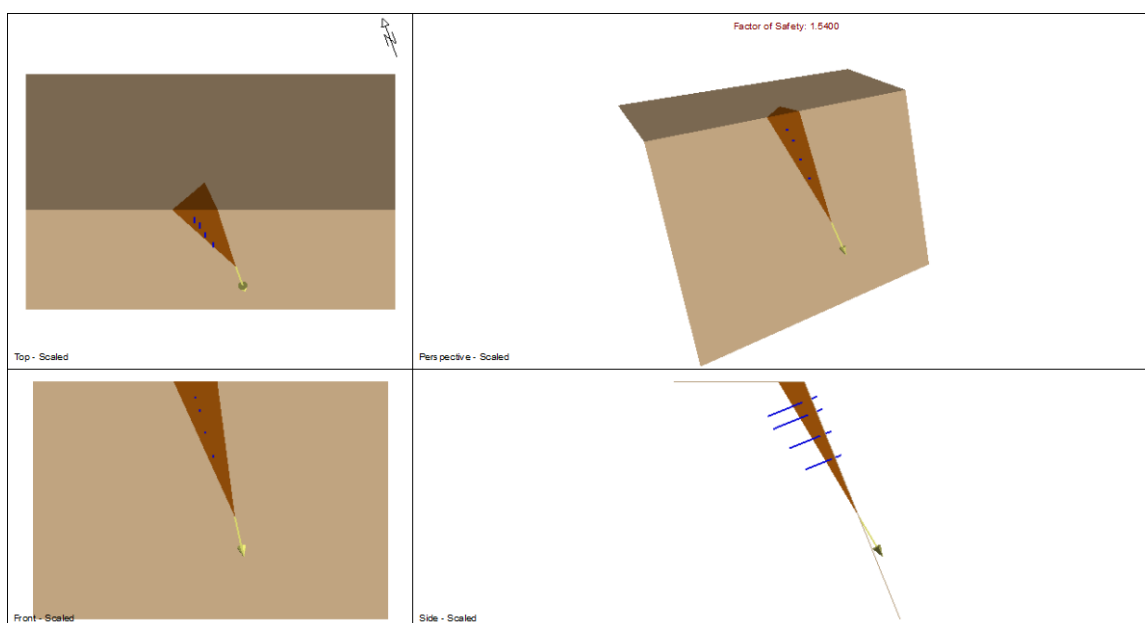
**Πίνακας 5.2.** Ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.) έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με αγκύρωση

| Τμήμα                                  | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|----------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|
| <b>N0 (4 αγκύρια L=4-6 m)</b>          | 1.8            | 1.5             | 52                      |
| <b>N1 (3 αγκύρια L=4-6 m)</b>          | 2.0            | 1.7             | 31                      |
| <b>N2</b>                              |                |                 |                         |
| (3 αγκύρια L=4-6 m)                    | 1.9            | 1.6             | 14.8                    |
| (1 αγκύριο L=4-6 m)                    | 2.0            | 1.6             | 9.7                     |
| <b>N3</b>                              |                |                 |                         |
| (2 αγκύρια L=4-6 m)                    | 1.6            | 1.3             | 27.5                    |
| (3 αγκύρια L=4-6 m)                    | 2.0            | 1.9             | 18.6                    |
| <b>N4 (1 αγκύριο L=4-6 m)</b>          | 2.7            | 2.3             | 2                       |
| <b>N12 (2 αγκύρια αγκύρια L=4-6 m)</b> | 3.2            | 2.8             | 5.5                     |
| <b>N13 (2 αγκύρια αγκύρια L=4-6 m)</b> | 2.4            | 2.1             | 7                       |
| <b>B1 (3 αγκύρια L=4-6 m)</b>          | 2.2            | 1.8             | 23                      |
| <b>Φ (3 αγκύρια L=4-6 m)</b>           | 1.9            | 1.7             | 21                      |





**Εικόνα 5.7.** Σκαρίφημα διατομής ελέγχου ΝΟ με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό με αγκύρωση σε στατικές συνθήκες



**Εικόνα 5.8.** Σκαρίφημα διατομής ελέγχου ΝΟ με πιθανή αποκόλληση σφήνας με αγκύρωση σε σεισμικές συνθήκες

#### 5.4. Αναλύσεις ευστάθειας πρανούς έναντι επίπεδης ολίσθησης

Από τις επί τόπου επισκέψεις στην περιοχή μελέτης αλλά και από την επεξεργασία των δεδομένων από την φωτογραμμετρική ανάλυση εντοπίζονται όγκοι δυνητικά επισφαλείς σε επίπεδη ολίσθηση στο πρανές. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις ευστάθειας έναντι επίπεδης ολίσθησης με το λογισμικό RocPlane στα τμήματα του πρανούς και σε θέσεις επισφαλών όγκων. Σε αυτή τη μορφή αστοχίας (plane failure) έχουμε σαφή επικράτηση ασυνέχειας παράλληλης περίπου διεύθυνσης με το πρανές και παρουσία πλευρικών επιφανειών απελευθέρωσης που επιτρέπουν την ολίσθηση.

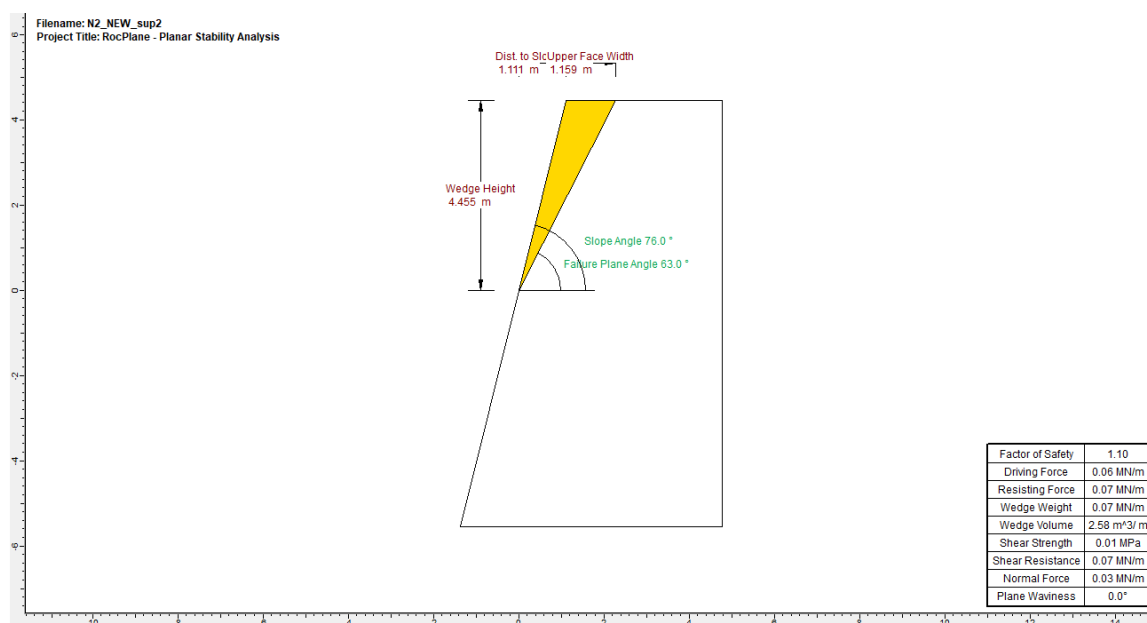
Στο λογισμικό εισάγονται το ύψος και η κλίση του πρανούς, η κλίση της ασυνέχειας καθώς επίσης και η διατμητική αντοχή αυτής. Η επίλυση παρέχει το βάρος και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τεμάχους καθώς και τον συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης. Επίσης γίνεται η παραδοχή ότι η μετακίνηση λαμβάνει χώρα επί της ασυνέχειας και ότι το τμήμα κινείται σαν άκαμπτο σώμα χωρίς εσωτερική παραμόρφωση ή ρηγμάτωση. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης των μέτρων αντιστήριξης δίνοντας την αντίστοιχη βελτίωση του συντελεστή ασφαλείας.

Οι διατομές υπολογισμού επιλέχθηκαν βάσει δυσμενών χαρακτηριστικών αναφορικά με τη κλίση τους, τον προσανατολισμό τους, το ύψος τους και τον αναμενόμενο μηχανισμό εκδήλωσης της αστοχίας.

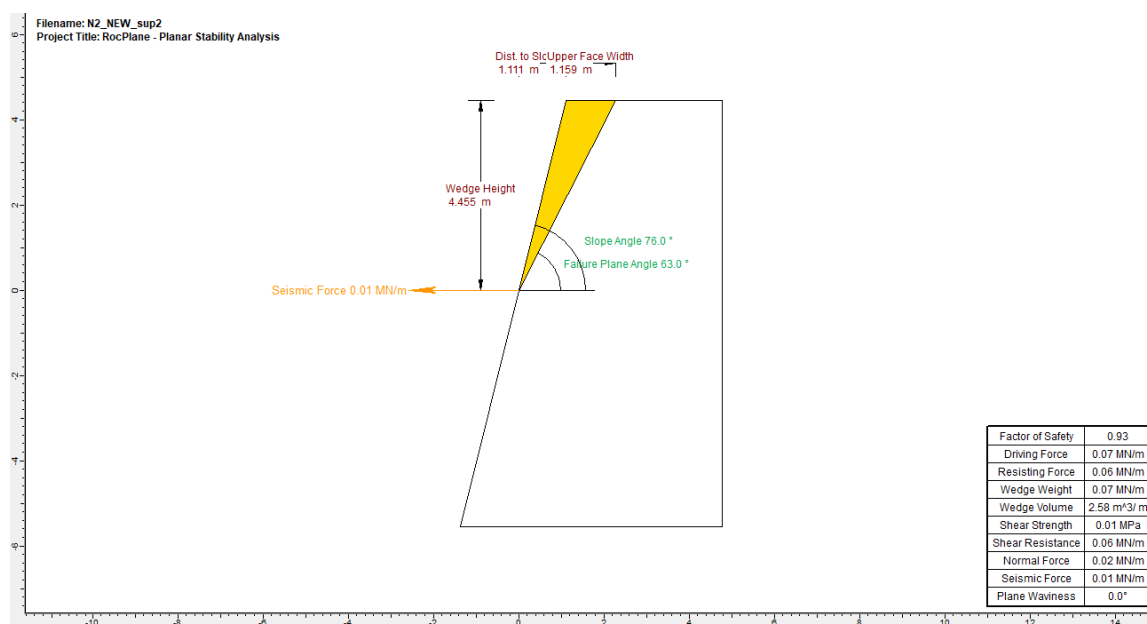
Τα αποτελέσματα των επιλύσεων δίνονται στο **Παράρτημα II** και συνοπτικά στον **Πίνακα 5.3**. Στην **Εικόνα 5.9** παρουσιάζεται ενδεικτική περίπτωση δυνητικής επίπεδης ολίσθησης στην επιφάνεια του τμήματος του πρανούς N2 ενώ στις **Εικόνες 5.10** και **5.11** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ευστάθειας με το λογισμικό RocPlane για το τμήμα N2 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες, αντίστοιχα.



**Εικόνα 5.9.** Χαρακτηριστική περίπτωση επισφαλούς θέσης σε επίπεδη ολίσθηση, στη θέση τμήματος N2



**Εικόνα 5.10.** Σκαρίφημα του τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος ασυνέχειας με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m σε στατικές συνθήκες



**Εικόνα 5.11.** Σκαρίφημα του τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος ασυνέχειας με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m σε σεισμικές συνθήκες



**Πίνακας 5.3.** Ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.) έναντι επίπεδης ολίσθησης σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| ΤΜΗΜΑ      | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Ύψος τεμάχους (m) | Σ.Α. με αγκύρωση<br>στατικές/ σεισμικές |
|------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------|
| <b>N0</b>  | 1.3            | 1.1             | 5                 | 1.7/1.5                                 |
| <b>N1</b>  | 4.5            | 2.1             | 10                | -                                       |
| <b>N2</b>  | 1.1            | 0.9             | 4.5               | 1.7/1.5                                 |
|            | 1.1            | 0.9             | 3.7               | 1.6/1.3                                 |
| <b>N3</b>  | 1.0            | 0.9             | 4.2               | 1.7/1.5                                 |
|            | 1.1            | 0.9             | 3.2               | 1.8/1.5                                 |
| <b>N4</b>  | 1.4            | 1.2             | 4.8               | -                                       |
| <b>N5</b>  | 1.4            | 1.1             | 11                | 1.9/1.6                                 |
|            | 0.9            | 0.8             | 3.0               | 1.4/1.3                                 |
| <b>N6</b>  | 1.9            | 1.6             | 5                 | -                                       |
| <b>N8</b>  | 1.5            | 1.1             | 3.7               | -                                       |
| <b>N12</b> | 1.1            | 1.0             | 5.7               | 1.5/1.3                                 |
| <b>N13</b> | 1.3            | 1.1             | 3                 | 2.1/1.7                                 |
| <b>B1</b>  | 1.6            | 1.3             | 4                 | -                                       |
| <b>B2</b>  | 1.3            | 1.1             | 5                 | 1.5/1.3                                 |
| <b>Φ</b>   | 1.1            | 1.0             | 4.8               | 1.6/1.4                                 |

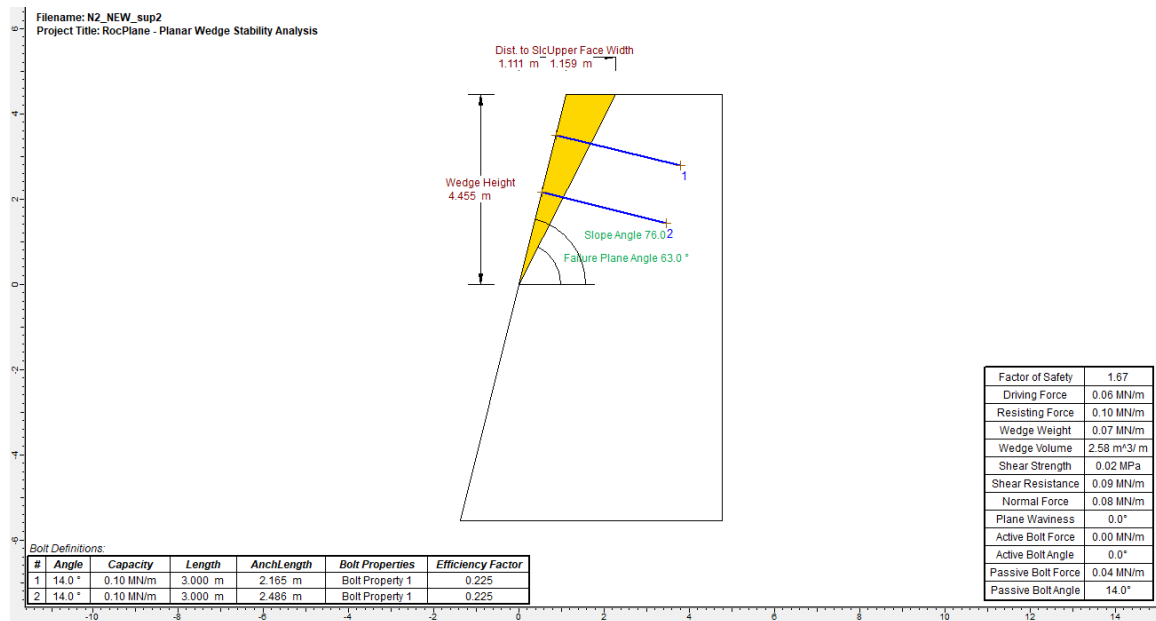
Λαμβάνοντας υπόψη τους ελάχιστα απαιτούμενους συντελεστές ασφαλείας, προκύπτει ανάγκη λήψης μέτρων αντιστήριξης, έναντι επίπεδης ολίσθησης, για τα Τμήματα N0, N2, N3, N5, N12, N13, B2 και Φ.

Για την ευστάθεια του πρανούς στις συγκεκριμένες διατομές (με βάση τους απαιτούμενους συντελεστές ασφαλείας), προτείνεται η αντιστήριξη του με αγκύρια, διαστελλόμενου άκρου με ολόσωμη πάκτωση από τσιμεντένεμα. Οι ράβδοι των αγκυρίων προτείνονται  $\Phi 27\text{mm}$ , τυπικού φορτίου διαρροής 320 kN εντός οπής διατρήματος  $d=46\text{mm}$ . Η διαστασιολόγηση των αγκυρίων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα μέγιστα εντατικά μεγέθη των απαιτούμενων δυνάμεων αγκύρωσης. Στη συνέχεια μέσω του λογισμικού, πραγματοποιούνται οι απαραίτητες αναλύσεις λαμβάνοντας υπόψη τη δυσμενέστερη πιθανή περίπτωση σφηνοειδούς ολίσθησης για κάθε διατομή ελέγχου.

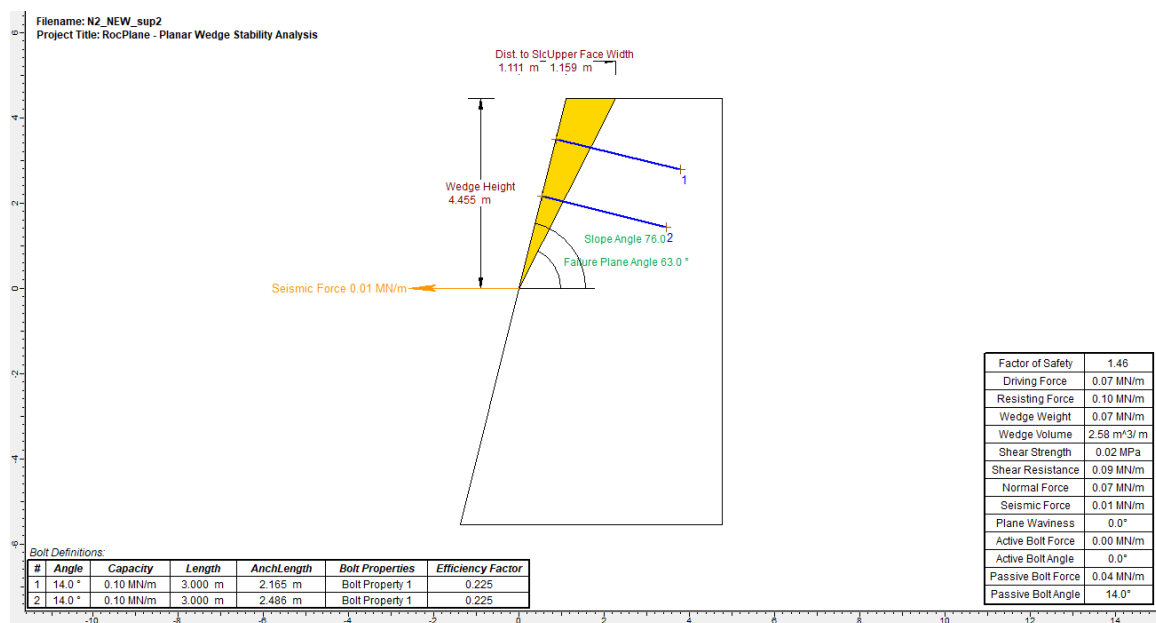
Οι αναλυτικοί υπολογισμοί με το λογισμικό Rocplane και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται στο **Παράρτημα II** της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης. Οι ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας έναντι ευστάθειας για κάθε εξεταζόμενη θέση με τα μέτρα σταθεροποίησης που ελήφθησαν υπόψη, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο **Πίνακα 5.4**, ενώ στις **Εικόνες 5.12** και **5.13** παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα ελέγχου ευστάθειας έναντι επίπεδης ολίσθησης με το λογισμικό RocPlane για το τμήμα N2 με τα μέτρα αντιστήριξης σε στατικές και σεισμικές συνθήκες, αντίστοιχα.

**Πίνακας 5.4.** Ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.) με αγκύρωση έναντι επίπεδης ολίσθησης σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με αγκύρωση

| ΤΜΗΜΑ                                               | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Υψος τεμάχους (m) |
|-----------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| <b>N0</b><br>(2 αγκύρια L=3 m)                      | 1.7            | 1.5             | 5                 |
| <b>N2</b><br>(2 αγκύρια L=3 m)<br>(1 αγκύριο L=3 m) | 1.7<br>1.6     | 1.5<br>1.3      | 4.5<br>3.7        |
| <b>N3</b><br>(2 αγκύρια L=3 m)<br>(1 αγκύριο L=3 m) | 1.7<br>1.8     | 1.5<br>1.5      | 4.2<br>3.2        |
| <b>N5</b><br>(2 αγκύρια L=5 m)<br>(1 αγκύριο L=3 m) | 1.9<br>1.4     | 1.6<br>1.3      | 11<br>3.0         |
| <b>N12</b><br>(2 αγκύρια L=4 m)                     | 1.5            | 1.3             | 5.7               |
| <b>N13</b><br>(1 αγκύριο L=3 m)                     | 2.1            | 1.7             | 3                 |
| <b>B2</b><br>(1 αγκύριο L=3 m)                      | 1.5            | 1.3             | 5                 |
| <b>Φ</b><br>(2 αγκύρια L=4 m)                       | 1.6            | 1.4             | 4.8               |



**Εικόνα 5.12.** Σκαρίφημα διατομής ελέγχου N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος ασυνέχειας με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m, με αγκύρωση σε στατικές συνθήκες



**Εικόνα 5.13.** Σκαρίφημα διατομής ελέγχου N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος ασυνέχειας με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m, με αγκύρωση σε σεισμικές συνθήκες



### 5.5 .Έλεγχος επικινδυνότητας σε πτώσεις βράχων

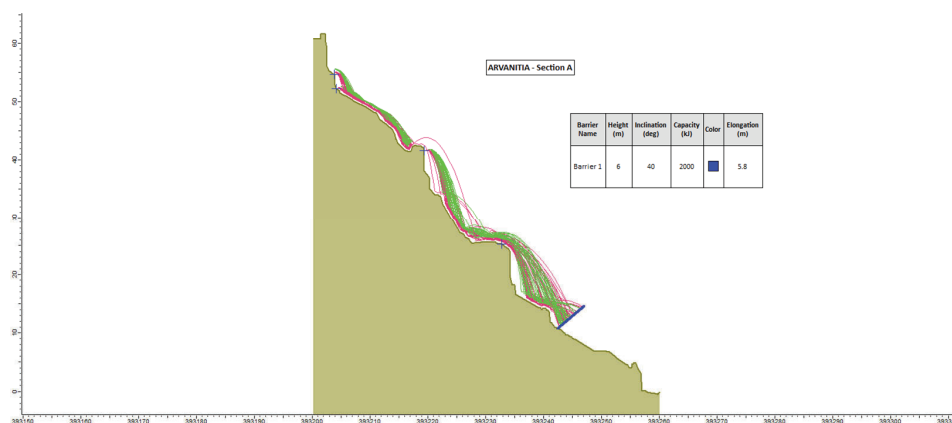
Για τον έλεγχο της επικινδυνότητας του πρανούς σε πτώσεις βράχων (rock falls) πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις βραχοπτώσεων με το λογισμικό Rocfall της εταιρίας Rocscience. Το συγκεκριμένο λογισμικό πραγματοποιεί στατιστική επεξεργασία των δυνητικών τροχιών βραχωδών τεμαχίων που αποκολλώνται από σημεία του πρανούς υπολογίζοντας ταυτόχρονα την κινητική ενέργεια, την ταχύτητα, το ύψος αναπήδησης βράχων δυνητικής πτώσης καθώς και την τελική θέση τους. Εξυπηρετεί επίσης στον καθορισμό των απαιτούμενων διορθωτικών μέτρων και των μέτρων προστασίας έναντι των βραχοπτώσεων.

Η ανάλυση διενεργήθηκε σε έξι διατομές του πρανούς (Α, Β, C, D, E και F, **Εικ. 3.27**), οι οποίες επιλέχθηκαν με βάση την φωτογραμμετρική ανάλυση και την επι-τόπου έρευνα ως οι δυσμενέστερες αναφορικά με τη κλίση τους, το ύψος τους και τον αναμενόμενο μηχανισμό εκδήλωσης της αστοχίας. Ελήφθησαν υπόψη τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του βράχου και η τοπογραφία του πρανούς, ενώ δόθηκαν αρχικές συνθήκες που πλησιάζουν την πραγματικότητα με εύρος τιμών ώστε να εμπεριέχονται οι ακραίες συνθήκες. Συγκεκριμένα, διενεργήθηκαν επιλύσεις θεωρώντας βραχοτεμάχια μάζας 1.000 kg ( $\pm 300$ ) και 10.000 kg ( $\pm 1500$ ) διαφόρων σχημάτων και αρχική οριζόντια ταχύτητα των βράχων: 3 m/s ( $\pm 1.2$ ). Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για αποκολλήσεις βραχωδών τεμαχίων από διάφορα σημεία για κάθε διατομή και κατέδειξαν την ανάγκη τοποθέτησης φρακτών ανάσχεσης (barriers).

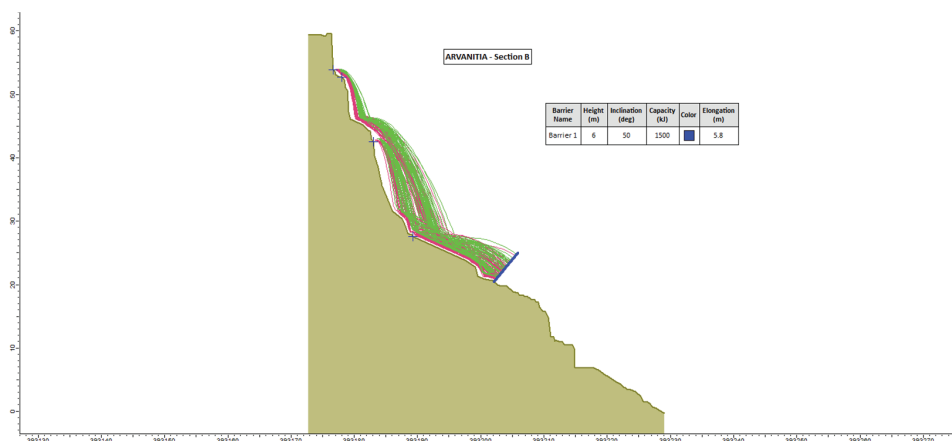
Για την αποτελεσματικότητα και την διαστασιολόγηση των φρακτών πραγματοποιήθηκαν παραμετρικές επιλύσεις για διάφορες θέσεις, κλίσεις, ύψη και απαιτούμενη ικανότητα τους σε απορρόφηση κινητικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα των επιλύσεων δίνονται στο **Παράρτημα III** και συνοπτικά στον **Πίνακα 5.5** και στις **Εικόνες 5.14** έως **5.19**.

**Πίνακας 5.5.** Χαρακτηριστικά φρακτών ανάσχεσης στις διατομές ελέγχου

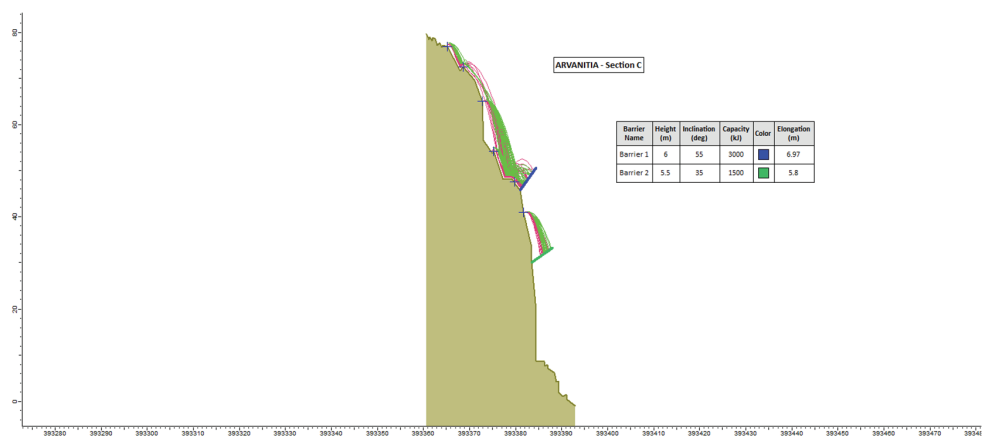
| Διατομή<br>ελέγχου | Υψόμετρο τοποθέτησης<br>φράχτη ανάσχεσης | Χ.Θ.<br>Διατομής | Ελάχιστη<br>Απαιτούμενη<br>ενέργεια (kJ) | Ελάχιστο ύψος<br>φράχτη (m) |
|--------------------|------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>A</b>           | +10.8                                    | 0+35             | 2000                                     | 6                           |
| <b>B</b>           | +20.5                                    | 0+82             | 1500                                     | 6                           |
| <b>C</b>           | +30.0                                    | 0+438            | 1500                                     | 6                           |
|                    | +45.8                                    |                  | 3000                                     | 6                           |
| <b>D</b>           | +48.7                                    | 0+485            | 3000                                     | 5                           |
| <b>E</b>           | +36.7                                    | 0+539            | 3000                                     | 6                           |
| <b>F</b>           | +42.2                                    | 0+615            | 2000                                     | 6                           |



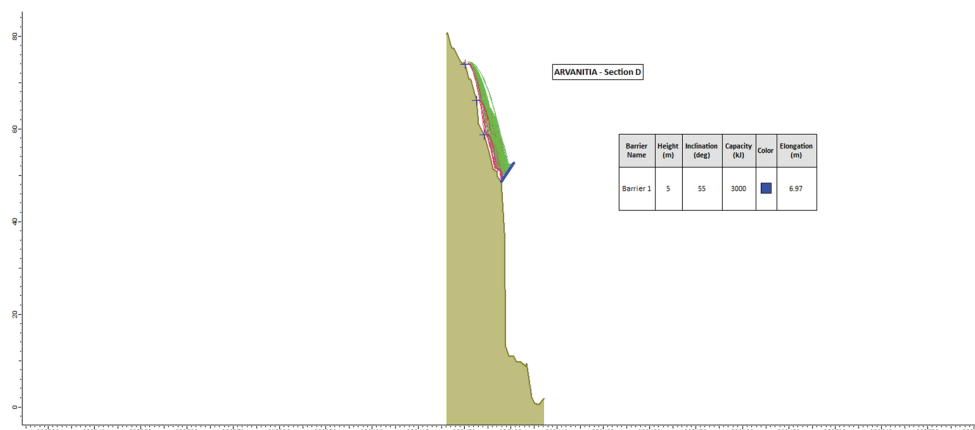
**Εικόνα 5.14.** Διατομή ελέγχου Α με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



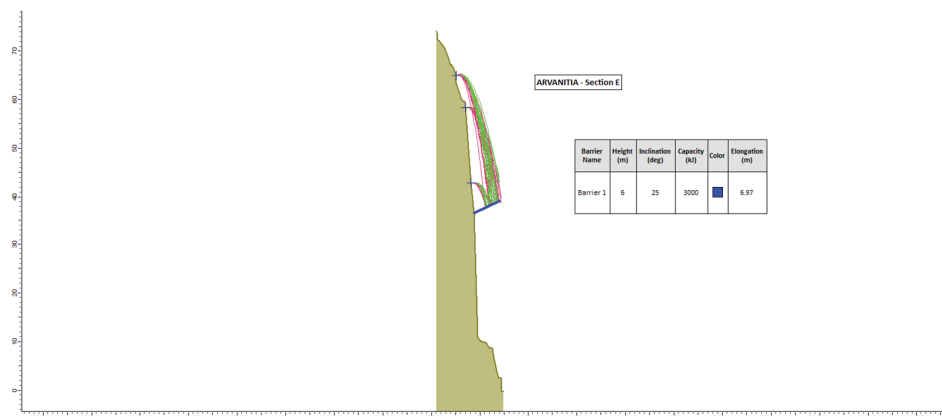
**Εικόνα 5.15.** Διατομή ελέγχου Β με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



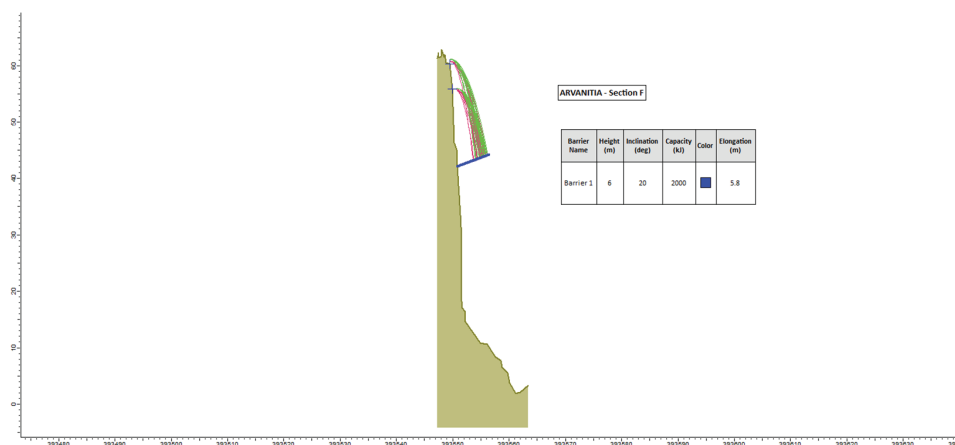
**Εικόνα 5.16.** Διατομή ελέγχου C με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



**Εικόνα 5.17.** Διατομή ελέγχου D με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



**Εικόνα 5.18.** Διατομή ελέγχου E με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



**Εικόνα 5.19.** Διατομή ελέγχου F με τις δυνητικές τροχιές βραχυδών τεμαχών που αποκολλώνται από σημεία του πρηνούς και φράχτη ανάσχεσης



## 6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

### 6.1 Εισαγωγή

Όπως έχει διαφανεί από την ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων (γεωλογικά – γεωτεχνικά – υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά κλπ.), η περιοχή του «Μονοπατιού της Αρβανιτιάς» αποτελεί μία ζώνη έντονων γεωλογικών διεργασιών, σχετιζόμενων κυρίως με τη μείωση της συνοχής των καρστικοποιημένων και έντονα διεργημένων ασβεστολιθικών σχηματισμών της περιοχής.

Η έντονη διάβρωση έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ασβεστολιθικών φυσικών πρηνών μεγάλου ύψους, ενώ τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά τους (καρστικοποίηση και έντονη κατάκλαση) δημιουργούν ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες ως προς την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων και ειδικότερα φαινομένων βραχοπτώσεων.

Είναι χαρακτηριστικό ότι επί των μετώπων των κατακόρυφων ασβεστολιθικών πρηνών εντοπίζονται πολυάριθμες θέσεις πιθανών αποκολλήσεων βραχοτεμαχών, με τους μηχανισμούς των δυνητικών ολισθήσεων τους να περιλαμβάνουν σφηνοειδείς αποκολλήσεις, επίπεδες ολισθήσεις και ανατροπές, κατά περίπτωση και ανάλογα με τον προσανατολισμό των επιπέδων στρώσης/διακλάσεων σε σχέση με τις επιφάνειες των μετώπων των πρηνών.

Η ιδιαιτερότητα της περιοχής έγκειται στο ότι, ναι μεν οι βραχοπτώσεις αποτελούν αναμενόμενες φυσικές διεργασίες, όταν όμως συνδυάζονται με μόνιμη ή πολύ συχνή ανθρώπινη παρουσία στη ζώνη επιρροής τους, εγκυμονούν σημαντικούς κινδύνους.

Ως εκ τούτου και δεδομένης της βούλησης για περαιτέρω χρήση/αξιοποίηση της περιοχής ως τουριστικού προορισμού απαιτούνται άμεσα ενέργειες και δράσεις, οι οποίες θα πρέπει να επικεντρώνονται προς τις λήψη μέτρων για μείωση της κατολισθητικής επικινδυνότητας στην άμεση ζώνη πρόσβασης των επισκεπτών.

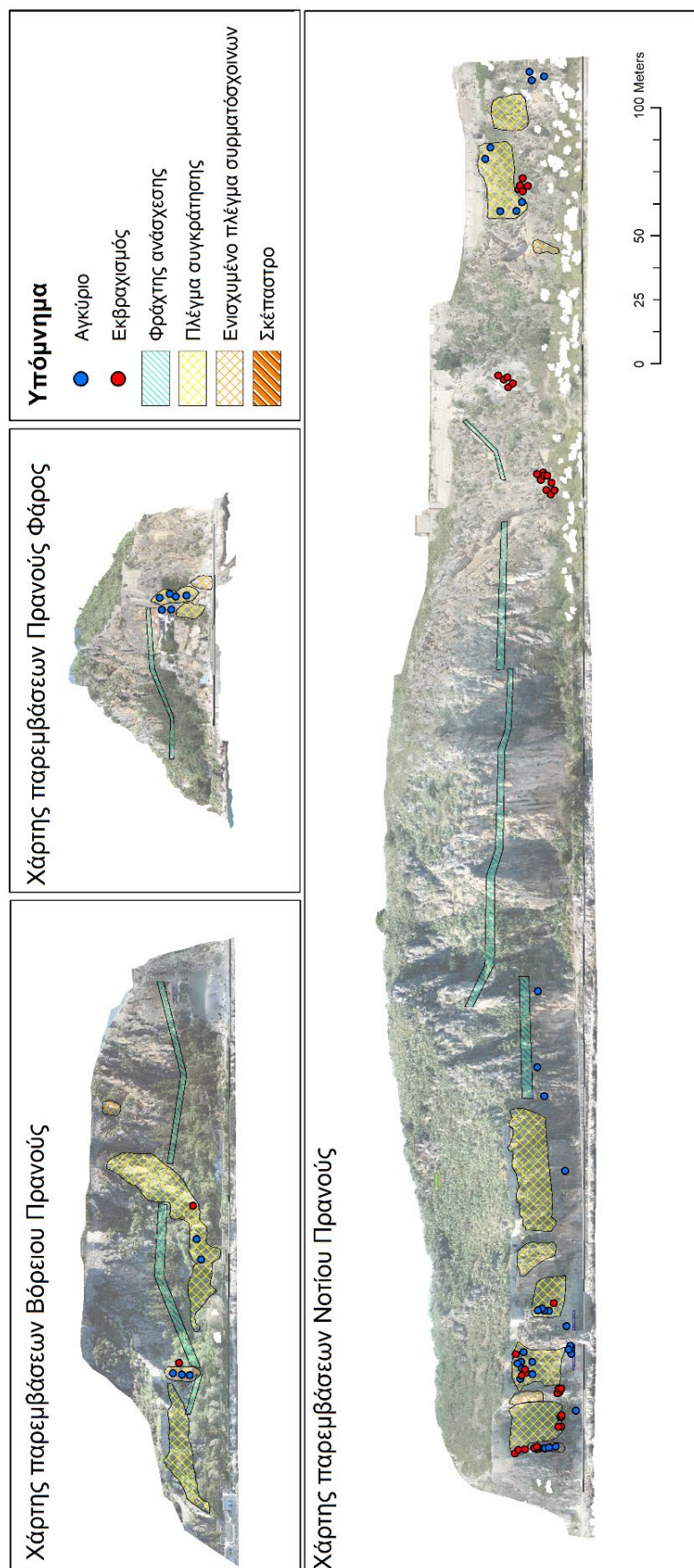
### 8.2 Αιτιολόγηση προτεινόμενων μέτρων

Σε γενικές γραμμές, τα μέτρα προστασίας έναντι βραχοπτώσεων διαχωρίζονται σε:

- **Ενεργητικά.** Περιλαμβάνουν μέτρα ενίσχυσης των γεωμηχανικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας με σκοπό την αποτροπή του φαινομένου εν τη γενέσει του. Συνήθως περιλαμβάνουν ενεργητικές/παθητικές αγκυρώσεις, εκβραχισμούς και τοποθέτηση πλεγμάτων σε επαφή με τα πρηνή.
- **Παθητικά.** Περιλαμβάνουν μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων, μετά την εκδήλωση του φαινομένου μίας βραχοπτώσης. Τα μέτρα αυτά συνήθως περιλαμβάνουν διατάξεις «παραλαβής» των βραχοτεμαχών και απόσβεσης της ενέργειάς τους, πριν την κατάληξή τους σε περιοχές, όπου θα μπορούσαν να πληγούν ανθρώπινες περιουσίες ή ζωές. Τα συνηθέστερα μέτρα αφορούν σε τοποθέτηση εύκαμπτων συστημάτων ανάσχεσης (μεταλλικών φρακτών), τάφρων, επιχωμάτων κλπ.

Κατά μήκος του «Μονοπατιού της Αρβανιτιάς» εντοπίζονται απότομα ασβεστολιθικά πρηνή μεγάλου ύψους με πολυάριθμες ζώνες/περιοχές χαλαρωμένης βραχομάζας. Η επιλογή των καταλληλότερων μέτρων είναι διαφορετική ανά εξεταζόμενη περιοχή και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως πχ η μορφολογία του αναγλύφου, η δυνατότητα πρόσβασης, το κόστος συναρτήσει του αποκομιζόμενου οφέλους κλπ.

Για το λόγο αυτό, τα μέτρα που προτείνονται και περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους τοποθετούνται σε κάθε ένα από τα τμήματα στα οποία έγιναν αναλύσεις και μοντελοποίηση με καινοτόμες μεθόδους που περιγράφονται σε προηγούμενο κεφάλαιο (**Εικ. 6.1**).



**Εικόνα 6.1.** Χωροθέτηση προτεινόμενων παρεμβάσεων μείωσης καταπτώσεων (για μεγαλύτερη λεπτομέρεια βλ. Παράρτημα IV)

### 8.2.1. Αγκυρώσεις μεμονωμένων τεμαχίων έναντι σφηνοειδούς και επίπεδης ολίσθησης

Με βάση την φωτογραμμετρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με δεδομένα από ΣμηΕΑ, την έρευνα που διεξήχθη επί τόπου του έργου και των αποτελεσμάτων των αναλύσεων ευστάθειας του πρανούς έναντι σφηνοειδών και επίπεδων ολισθήσεων προτείνεται η αγκύρωση των επισφαλών τεμαχίων. Η συγκράτηση των βραχωδών τεμαχίων μέσω αγκυρώσεων αποτελεί φιλική λύση για το περιβάλλον καθώς διατηρείται αναλλοίωτο το φυσικό τοπίο της περιοχής. Μειονέκτημα της λύσης είναι η απαίτηση ιδιαίτερα πυκνού καννάβου προκειμένου να αποκατασταθούν πλήρως όλες οι αλληλοτεμνόμενες ασυνέχειες και οι ασταθείς όγκοι εντός της προς συγκράτηση βραχομάζας. Αυτό έχει ως συνέπεια πέραν της σημαντικής αύξησης του κόστους λόγω πυκνωσης του καννάβου των αγκυρίων, την αμφίβολης ποιότητας αποκατάσταση, αφού δεν είναι με σαφήνεια γνωστή η διάταξη εις βάθος των ασυνεχειών της βραχομάζας και συνεπώς οι δυνητικές ολισθήσεις δεν μπορούν να αποτυπωθούν με ακρίβεια.

Στην **Εικόνα 6.1** παρουσιάζονται οι θέσεις των επίφοβων τεμαχίων που εντοπίστηκαν και προτείνεται η τοποθέτηση αγκυρίων, ενώ στον **Πίνακα 6.1**, δίνεται συνοπτικά ο αριθμός προτεινόμενων αγκυρίων, ανά τμήμα πρανούς. Για την σταθεροποίηση και για την εξασφάλιση της ευστάθειάς των εντοπισμένων τεμαχίων, θα γίνει χρήση παθητικών αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης με μηχανική σημειακή πάκτωση άκρου, μήκους 4 έως 6m.

Ειδικότερα, για την σταθεροποίηση και για την εξασφάλιση της ευστάθειας των εντοπισμένων τεμαχίων προτείνεται η χρήση παθητικών αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης με μηχανικό διαστελλόμενο άκρο (σημειακή μηχανική πάκτωση) Φ27mm από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316, με τυπικό φορτίο διαρροής 320 kN (λειτουργικό φορτίο 187 kN), κατεργασμένο εν ψυχρώ, μήκους 4 έως 6 m, με κλίση περίπου 10° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Οι ράβδοι θα τοποθετηθούν εντός οπής διατρήματος 0,46m και στην κεφαλή τους φέρουν μεταλλική πλάκα αγκύρωσης (125x125x10mm), περικόχλιο τάνυσης και ασφαλιστικό περικόχλιο.

Για την κατασκευή των παθητικών αγκυρώσεων ολόσωμης πάκτωσης θα εφαρμοσθούν οι ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές περί απλών αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης (ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-03-03-04:2009).

Τονίζεται ότι κατά τη διάρκεια των εργασιών στερέωσης στα πρανή ενδέχεται να προσδιορισθεί και κάποια πρόσθετη περιοχή επί του πρανούς, στην οποία να εντοπισθεί επισφαλής επιφανειακός όγκος βράχου, ο οποίος χρήζει στερέωσης με αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης. Η περίπτωση αυτή θα πρέπει να έχει προβλεφθεί κατά την προμέτρηση και τον προϋπολογισμό των εργασιών.

**Πίνακας 6.1.** Προτεινόμενος ελάχιστος αριθμός αγκυρίων μεμονωμένων αγκυρώσεων ανά τμήμα

| ΤΜΗΜΑ ΠΡΑΝΟΥΣ | Ελάχιστος αριθμός προτεινόμενων αγκυρίων (τμχ) |
|---------------|------------------------------------------------|
| B1            | 3                                              |
| B2            | 2                                              |
| Φ             | 6                                              |
| N0            | - (4 κοινά αγκύρια με το τμήμα Φ)              |
| N1            | 3                                              |
| N2            | 6                                              |
| N3            | 11                                             |
| N4            | 1                                              |
| N5            | 2                                              |
| N6            | 1                                              |
| N12           | 5                                              |
| N13           | 3                                              |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>43</b>                                      |

### 8.2.2. Καθαίρεσεις επισφαλών τεμαχών - Εκβραχισμοί

Κατά τη διάρκεια της υπαίθριας αναγνώρισης εντοπίστηκαν οι θέσεις (Εικ. 6.1) όπου κρίνεται απαραίτητη η απόσπαση και απομάκρυνση των επικρεμάμενων βραχωδών τεμαχών με διαστάσεις έως 5 m<sup>3</sup> (Πίν. 6.2). Η δυνατότητα και η αναγκαιότητα καθαίρεσης των μεμονωμένων χαλαρών βραχωδών τεμαχών έως 5 m<sup>3</sup> είναι αναγκαίο να επαναπροσδιοριστεί επιτόπου κατά τη φάση κατασκευής των έργων προστασίας. Τεμάχη μεγαλύτερα των 5 m<sup>3</sup>, δεν είναι δυνατό να καθαρευθούν, κυρίως για λόγους ασφαλείας και θα χρειαστεί να σταθεροποιηθούν με την συστηματική αγκύρωση. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί κατά την καθαίρεση των βραχοτεμαχών για την πιθανή ενεργοποίηση αστοχίας σε υπερκείμενα ή παράπλευρα τεμάχια τα οποία ισορροπούν οριακά.

Επίσης, προτείνεται καθαρισμός και αφαίρεση φυτοκάλυψης, όπου αυτό επιτρέπεται, (συμπεριλαμβανομένου πιθανές ρίζες θάμνων) από τις ρωγμές και τις ασυνέχειες, τα οποία μπορεί να αποβούν παράγοντες περαιτέρω αστάθειας και ενδεχομένως αστοχίας. Πριν την έναρξη των εργασιών καθαίρεσης πρέπει να δοθεί μέριμνα για την αναχαίτηση, όπου κρίνεται απαραίτητο, των τεμαχών της καθαίρεσης.

**Πίνακας 6.2.** Προτεινόμενος ελάχιστος αριθμός εκβραχισμών ανά τμήμα

| ΤΜΗΜΑ ΠΡΑΝΟΥΣ | Ελάχιστος αριθμός προτεινόμενων θέσεων εκβραχισμού |
|---------------|----------------------------------------------------|
| B1            | 1                                                  |
| B2            | 1                                                  |
| N1            | 9                                                  |
| N2            | 10                                                 |
| N3            | 2                                                  |
| N9            | 3                                                  |
| N10           | 11                                                 |
| N12           | 5                                                  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>42</b>                                          |

Οι εκβραχισμοί οφείλουν να πραγματοποιηθούν από εξειδικευμένους τεχνικούς που πληρούν Ευρωπαϊκές και διεθνείς προδιαγραφές για τέτοιου είδους εργασίες, ήτοι πρόκειται για κατάλληλα εκπαιδευμένους αλпинιστές-εναερίτες σύμφωνα τα πρότυπα IRATA, FISAT, SPRAT (Level 3). Θα πρέπει να είναι πιστοποιημένοι από αναγνωρισμένο φορέα ικανότητα βασικών γνώσεων αναρρίχησης βράχου (εθνικές ομοσπονδίες ορειβασίας-αναρρίχηση) και φυσικά να τεκμηριώνουν (προηγούμενη εμπειρία σε ανάλογα έργα με τις παραπάνω προδιαγραφές (βλ. ΦΕΚ 121/4-7-2004, ΠΔ 155).



### 8.2.3. Τοποθέτηση πλήρως αγκυρωμένου μεταλλικού πλέγματος

Η κατασκευή πλέγματος με αγκυρώσεις επί της βραχώμαζας αποτελεί καταλληλότερη λύση αντιστήριξης, τόσο από τεχνικής όσο και από περιβαλλοντικής άποψης. Η χρήση πλεγμάτων υψηλής εφελκυστικής αντοχής ως εύκαμπτου συστήματος σταθεροποίησης και αποκατάστασης πρανών έχει υιοθετηθεί και εφαρμόζεται σε πλείστες περιπτώσεις και στον Ελλαδικό χώρο και προσφέρει έναν αποτελεσματικό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον σχεδιασμό. Αφενός το σύστημα πλέγματος - αγκυρίων αποτελεί εύκαμπτη κατασκευή μέσω της οποίας αποκαθίστανται συνθήκες ασφαλείας για την συνολική επιφάνεια του βραχώδους πρανούς αφού και οι μη αγκυρωνόμενες βραχώδεις μάζες και οι αποσαθρωμένοι ορίζοντες του σχηματισμού που δομεί την περιοχή, περιβάλλονται και συγκρατούνται με ασφάλεια από το πλέγμα. Παράλληλα συνιστά επέμβαση πιο φιλική προς το περιβάλλον, επιτρέποντας την μελλοντική ανάπτυξη βλάστησης στην επιφάνεια του πρανούς αποφεύγοντας τα βαριά τεχνικά από σκυρόδεμα. Χάριν της ανοικτής του δομής, η επιφάνεια του εδάφους εξακολουθεί να είναι ορατή και μετά την κατασκευή με αποτέλεσμα να είναι δυνατή τοπικά η φύτευσή του (όπου οι μορφολογικές και εδαφολογικές συνθήκες το επιτρέπουν).

Η κύρια λειτουργία των αγκυρώσεων και των ελασμάτων αγκύρωσης, (κεφαλές αγκύρωσης), είναι η συγκράτηση του πλέγματος. Ειδικά ελάσματα συγκράτησης σχήματος ρόμβου προσαρμοζόμενα προς το μεταλλικό πλέγμα, χρησιμεύουν για τη στερέωση του πλέγματος μέσω των αγκυρίων στο έδαφος. Από έμπηξη των ελασμάτων συγκράτησης μέσα στο έδαφος, το πλέγμα εντείνεται και αποκτά την βέλτιστη δυνατή γεωμετρία. Τα αγκύρια με την σειρά τους μεταφέρουν τις δυνάμεις μέσα στο υπέδαφος.

Η τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος πάνω στο πρανές προτείνεται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε θέσεις όπου η βραχώμαζα είναι έντονα κερματισμένη και χαλαρωμένη
- Σε θέσεις που δεν είναι δυνατό να γίνουν συστηματικές καθαιρέσεις τεμαχών

Οι προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης των πλήρως αγκυρωμένων μεταλλικών πλεγμάτων δίνονται στην **Εικόνα 6.1**, που συνοδεύει την παρούσα Έκθεση και συνοπτικά στον **Πίνακα 6.3**.

**Πίνακας 6.3.** Θέσεις τοποθέτησης και εμβαδόν επιφάνειας μεταλλικών πλεγμάτων (βλ. Παρ. IV).

| Μεταλλικό Πλέγμα | Τμήμα   | Επιφάνεια (m <sup>2</sup> ) |
|------------------|---------|-----------------------------|
| P1               | B1      | 338                         |
| P2               | B2      | 764                         |
| P3               | Φ       | 52                          |
| P4               | Φ       | 87                          |
| P5               | N1      | 328                         |
| P6               | N2-N3   | 272                         |
| P7               | N3      | 182                         |
| P8               | N3      | 128                         |
| P9               | N4-N5   | 629                         |
| P10              | N12     | 387                         |
| P11              | N12-N13 | 176                         |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>    |         | <b>3.344</b>                |

Το συνολικό εμβαδό του μεταλλικού πλέγματος ανέρχεται σε **3.344 m<sup>2</sup>**. Κατά τη διάρκεια των εργασιών καθαίρεσης των επισφαλών βραχωδών τεμαχών ενδέχεται να προσδιορισθούν και πρόσθετες περιοχές επί του πρανούς, όπου η βραχώμαζα παρουσιάζεται έντονα κερματισμένη και θα απαιτηθεί η τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος να εξασφαλίζει την ευστάθεια της. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την προμέτρηση και τον προϋπολογισμό των εργασιών.

Το αγκυρούμενο πλέγμα επένδυσης του πρανούς θα αποτελείται από:

- συρματόπλεγμα από χάλυβα εφελκυστικής αντοχής 380-550kN/m (EN 10223-3), πάχους  $d=3$  mm, διπλής πλέξης, διαστάσεων βρόχου 8x10 cm, με τους συνδετήρες σύνδεσης των φύλλων μεταξύ τους, αγκυρωμένο σε κάνναβο κατ' ελάχιστο 3X3 με αγκύρια μήκους 3m (αγκύρια ίδια με αυτά που περιγράφονται στην παράγραφο 8.2.1). Προτείνεται ο κάνναβος αγκύρωσης να επανεξεταστεί επί τόπου κατά την φάση των εργασιών τοποθέτησης του πλέγματος λαμβάνοντας υπόψη τον κερματισμό της βραχομάζας και την επιφάνεια του πλέγματος.
- συρματόσχοινα τάνυσης οριζόντια και κάθετα για την ενίσχυση του συρματοπλέγματος, γαλβανισμένα με κράμα ψευδαργύρου-αλουμινίου (Galfan: 95%Zn-5%Al) κατά ΕΛΟΤ EN 10264-2, διαμέτρου 8 έως 10 mm και αντοχής σε εφελκυσμό τουλάχιστον 1700 kN/mm<sup>2</sup>, πλεγμένα στους βρόχους του πλέγματος για συμπληρωματική στερέωση του πλέγματος λόγω μορφολογικών απαιτήσεων.
- τα πλέγματα διανέμονται σε ρολά συγκεκριμένων διαστάσεων (πλάτος x μήκος). Η ένωση των γειτονικών πλεγμάτων γίνεται με ειδικούς συνδετήρες, τοποθετώντας από ένα συνδετήρα σε κάθε κυψέλη

Πριν την τοποθέτηση του πλέγματος κρίνεται απαραίτητο να γίνουν τα παρακάτω βήματα:

- Προετοιμασία του πρανούς (καθαρισμός της παρακείμενης βλάστησης, καθαίρεση επισφαλών τεμαχίων κλπ)
- Καθορισμός των θέσεων των ηλώσεων στερέωσης, σύμφωνα με τα σχέδια εφαρμογής του κατασκευαστή.
- Διάτρηση των οπών και τοποθέτηση των ηλώσεων και των πλακών έδρασης.

Τέλος, η τοποθέτηση του πλέγματος, προτείνεται να πραγματοποιηθεί με την εξής ακολουθία:

- Τοποθέτηση καλωδίων έντασης στον κάνναβο των ηλώσεων στερέωσης
- Στερέωση του πλέγματος στους ήλους
- Ένωση των γειτονικών πλεγμάτων με συνδετήρες και στερέωσή τους στα καλώδια έντασης
- Τοποθέτηση και σύσφιξη πλακών στερέωσης πλέγματος στους ήλους.

#### 8.2.4. Τοποθέτηση πλήρως αγκυρωμένου πλέγματος από γαλβανισμένα συρματόσχοινα

Σε συνέχεια της προηγούμενης παραγράφου, προτείνεται η τοποθέτηση **223 m<sup>2</sup>** πλέγματος βαρέως τύπου (υψηλής αντοχής), σε θέσεις που κρίνεται αναγκαίο, λόγω του αυξημένου κινδύνου για κατάπτωση βράχων (**Εικ. 6.1**). Στις θέσεις αυτές ενδείκνυται η τοποθέτηση πλέγματος βρόχου 300X300 mm, με τους συνδετήρες σύνδεσης των φύλλων μεταξύ τους, στις θέσεις του βραχώδους πρανούς που δίνονται συνοπτικά στον **Πίνακα 6.4**. Το πλέγμα θα πρέπει να αποτελείται από γαλβανισμένα συρματόσχοινα (κατά ΕΛΟΤ EN 10264-2), διαμέτρου 10 mm και εφελκυστικής αντοχής τουλάχιστον 1700 kN/mm<sup>2</sup>, αγκυρωμένου σε κάνναβο 3X3 με αγκύρια μήκους 3m (αγκύρια ίδια με αυτά που περιγράφονται στην παράγραφο 8.2.1).

**Πίνακας 6.4.** Θέσεις τοποθέτησης και εμβαδόν επιφάνειας ενισχυμένου πλέγματος (βλ. Παρ. IV).

| Μεταλλικά Πλέγματα | Τμήμα | Επιφάνεια (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-------|-----------------------------|
| Px1                | B1    | 69                          |
| Px2                | B3    | 34                          |
| Px3                | Φ     | 35                          |
| Px4                | N1    | 33                          |
| Px5                | N2    | 52                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>      |       | <b>223</b>                  |

#### 8.2.5. Τοποθέτηση φρακτών ανάσχεσης καταπτώσεων

Οι φράκτες ανάσχεσης βραχοπτώσεων (rockfall barriers) αποτελούν εύκαμπτα συστήματα ανάσχεσης που μπορούν να προστατεύσουν από φαινόμενα βραχοπτώσεων με ενέργεια πρόσκρουσης από 100 έως 10.000 KJ (ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής και τον τύπο του φράκτη).

Η τοποθέτηση φρακτών ανάσχεσης ως μέτρο προστασίας έναντι βραχοπτώσεων που προτείνονται είναι ευρέως διαδεδομένη και εφαρμόζεται σε τεχνικά έργα με έντονη μορφολογία και περιορισμένο χώρο για εφαρμογή κάποιων άλλων αναχαιτιστικών μέσων όπως αυτό της τάφρου παγίδευσης. Επίσης, η συστηματική απομάκρυνση επισφαλών για κατάπτωση όγκων που περιλαμβάνει την απομάκρυνση ασταθών, χαλαρών και επικρεμάμενων βραχωδών τεμαχίων είτε με μηχανικά μέσα είτε με τη χρήση εκρηκτικών κρίνεται δυσχερής και επικίνδυνη λόγω μειωμένης δυνατότητας προσπέλασης και λόγω πιθανής πρόκλησης αστοχίας σε βράχους που ισορροπούν οριακά. Συγκεκριμένα, τα συστήματα αυτά είναι πολύ αποτελεσματικά για την ανάσχεση των βραχοπτώσεων και «φιλικά» από περιβαλλοντική άποψη, καθώς διαθέτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Προσαρμοστικότητα στις εκάστοτε μορφολογικές ιδιαιτερότητες, χάρη στην αρθρωτή δομή του συστήματος, τον συνδυασμό ειδικών εξαρτημάτων και την πολυμορφία των βάσεων στήριξης, οι οποίες μπορούν να προσαρμοστούν σχετικά εύκολα.
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερος «χώρος» για την εγκατάστασή τους, γεγονός που επιφέρει πολύ περιορισμένες αποψιλώσεις σε δασικές περιοχές.
- Σχετική ευκολία στην τοποθέτηση, χάρη στην αρθρωτή δομή του συστήματος, την τοποθέτηση μεμονωμένων εξαρτημάτων, τον περιορισμένο αριθμό διατηρημάτων για τη θεμελίωση των ορθοστατών και για την αγκύρωση των συρματόσχοινων.
- Ευκολία στην συντήρηση, χάρη στην αρθρωτή δομή του συστήματος, την εύκολη συναρμολόγηση-αποσυναρμολόγηση των μεμονωμένων εξαρτημάτων.
- Περιορισμένες παραμορφώσεις και διατήρηση επαρκούς ύψους της προστατευτικής ασπίδας μετά την πρόσκρουση βράχου στο εύκαμπτο πέτασμα ανάσχεσης.
- Αποτελεσματικότητα σε ταυτόχρονες προσκρούσεις σε διάφορα τμήματα του φράκτη ή σε δευτερεύουσες προσκρούσεις στο ίδιο τμήμα χάρη στη σύνδεση όλων των τμημάτων του και την συνεργασία ολόκληρης της εμπρόσθιας πλευράς κατά τη διάρκεια της πρόσκρουσης.
- Μικρή περιβαλλοντική επιβάρυνση χάρη στη οπτική διαπερατότητα και τα στοιχεία της κατασκευής τα οποία δύναται να έχουν διαφορετική απόχρωση ανάλογα με τον περιβάλλοντα χώρο.

Οι φράκτες θα συμμορφώνονται με την ισχύουσα τεχνική προδιαγραφή ΕΛΟΤ 1501 ΤΠ: ΕΤΕΠ 05-02-07-00 ενώ θα συνοδεύονται από πιστοποιητικό εργαστηρίου, με το οποίο θα τεκμηριώνεται η προβλεπόμενη από την μελέτη ικανότητα απορρόφησης ενεργείας, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία ETAG 027 (2008). Το σύστημα του φράκτη θα αποτελείται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά από τα ακόλουθα επιμέρους στοιχεία:

- i. Στύλους (ορθοστάτες) από βαρέως τύπου μορφοσίδηρο κατηγορίας τουλάχιστον S235JL κατά ΕΛΟΤ EN 10025, γαλβανισμένο εν θερμώ κατά ΕΛΟΤ EN ISO 1461, εφοδιασμένους με μεταλλική βάση, σταθερής ή αρθρωτής διάταξης, η οποία θα επιτρέπει τη στροφή των ορθοστατών προς τα κατάντη,
- ii. Γαλβανισμένο κατά ΕΛΟΤ EN10244-2 συρματόπλεγμα, διπλής πλέξης, δακτυλιωτό ή ορθογωνικής διατομής και δακτυλιωτό ή ορθογωνικής διατομής πέτασμα από γαλβανισμένα εν θερμώ (κατά ΕΛΟΤ EN 10264-2) συρματόσχοινα, που συγκρατούνται στους στύλους,
- iii. Γαλβανισμένα συρματόσχοινα στήριξης της κορυφής των ορθοστατών,
- iv. Ειδικές διατάξεις απόσβεσης ενέργειας (αποσβεστήρες).

Οι προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των φραχτών ανάσχεσης παρουσιάζονται στην **Εικόνα 6.1** και συνοπτικά στον **Πίνακα 6.5**.

**Πίνακας 6.5.** Προτεινόμενοι φράχτες ανάσχεσης ανά τμήμα του πρानού (βλ. Παρ. IV).

| Φράχτες<br>ανάσχεσης | Τμήμα       | Ελάχιστη<br>απαιτούμενη<br>ενέργεια (kJ) | Ελάχιστο ύψος<br>φράχτη (m) |
|----------------------|-------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| R1                   | B1          | 2000                                     | 6                           |
| R2                   | B2-B3-Φ     | 2000                                     | 6                           |
| R3                   | N5-N6       | 3000                                     | 6                           |
| R4                   | N6-N7-N8-N9 | 3000                                     | 6                           |
| R5                   | N9          | 2000                                     | 7                           |
| R6                   | N10         | 2000                                     | 5                           |

#### 8.2.6 Κατασκευή σκέπαστρου στο τμήμα N3

Ειδικότερα, για το τμήμα του πρानού N3, το οποίο αποτελεί μία από τις πιο επικίνδυνες περιπτώσεις βραχοπτώσεων, προτείνεται η κατασκευή σκεπάστρου, εκατέρωθεν της μικρής σήραγγας, συνολικού μήκους 18 m, για την προστασία του «Μονοπατιού» από τις βραχοπτώσεις. Για την κατασκευή του σκεπάστρου διερευνήθηκαν πιθανές λύσεις λαμβάνοντας υπόψη την διεθνή εμπειρία από παρόμοιες κατασκευές, την απαιτούμενη ασφάλεια αλλά και τον αρχαιολογικό χαρακτήρα της περιοχής.

Συγκεκριμένα, προτείνονται ως:

**Λύση Α:** η τοποθέτηση θολωτού εύκαμπτου σκέπαστρου αποτελούμενου από στύλους (ορθοστάτες), συρματόπλεγμα και συρματόσχοινα (**Εικ. 6.2**).

**Λύση Β:** κατασκευή σκέπαστρου από οπλισμένο σκυρόδεμα επενδυμένου με λιθοδομή, ικανού να αντισταθεί στα φορτία κρούσης των συχνότερα αναμενόμενων βραχοπτώσεων (**Εικ. 6.3**).

Κάθε μία από τις προτεινόμενες λύσεις απαιτεί από μόνη της στοχευμένη μελέτη και περαιτέρω ανάλυση, ώστε να είναι απόλυτα συμβατή με τη χρήση για την οποία προορίζεται, αλλά και τον αρχαιολογικό της χαρακτήρα.



**Εικόνα 6.2.** Παραδείγματα τοποθέτησης εύκαμπτων σκεπάστρων (Flexible gallery structures)





**Εικόνα 6.3.** Κατασκευή σκέπαστρου από οπλισμένο σκυρόδεμα (rock shed) επενδυμένου με λιθοδομή (Rain Rocks Rock Shed, California)



## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το «Μονοπάτι της Αρβανιτιάς», στο Ναύπλιο, έχει αναπτυχθεί παράλληλα σε μία ζώνη έντονων γεωλογικών διεργασιών και παρουσιάζει ιδιαίτερο γεωπεριβαλλοντικό ενδιαφέρον. Εμφανίζει υψηλό κατολισθητικό κίνδυνο και είναι χαρακτηριστικό, ότι επί των μετώπων των κατακόρυφων ασβεστολιθικών πρανών εντοπίζονται πολυάριθμες θέσεις πιθανών αποκολλήσεων βραχοτεμαχών, με τους μηχανισμούς των δυνητικών ολισθήσεων τους να περιλαμβάνουν σφηνοειδείς αποκολλήσεις, επίπεδες ολισθήσεις και ανατροπές, κατά περίπτωση και ανάλογα με τον προσανατολισμό των επιπέδων στρώσης/διακλάσεων σε σχέση με τις επιφάνειες των μετώπων των πρανών. Αδιάψευστος άλλωστε μάρτυρας αυτής της διαπίστωσης είναι και η παρουσία μεγάλου πλήθους και ποικίλου μεγέθους πεσμένων βραχοτεμαχών, σε μεγάλο μήκος του μονοπατιού, αλλά και εντός της παρακείμενης παράκτιας ζώνης.

Η ιδιαιτερότητα της περιοχής έγκειται στο ότι, ναι μεν οι βραχοπτώσεις αποτελούν αναμενόμενες φυσικές διεργασίες, όταν όμως συνδυάζονται με μόνιμη ή πολύ συχνή ανθρώπινη παρουσία στη ζώνη επιρροής τους, εγκυμονούν σημαντικούς κινδύνους. Στην περιοχή του μονοπατιού υφίσταται ιδιαίτερα έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Μολονότι δεν υπάρχουν στοιχεία καταγραφής της επισκεψιμότητας, είναι γεγονός ότι αρκετές εκατοντάδες επισκεπτών βρίσκονται μόνιμως εντός των επικίνδυνων περιοχών που ανά πάσα στιγμή δύναται να προσβληθούν από βραχοπτώσεις.

Ως εκ τούτου και δεδομένης της βούλησης για ασφαλή χρήση της περιοχής ως τουριστικού αξιοθέατου απαιτούνται άμεσα ενέργειες και δράσεις, οι οποίες θα πρέπει να επικεντρώνονται προς τη λήψη μέτρων για μείωση της κατολισθητικής επικινδυνότητας στην άμεση ζώνη πρόσβασης των επισκεπτών.

Το παρόν Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Έργο με τίτλο «**Έρευνα και Αντιμετώπιση Κατολισθητικού Κινδύνου με Καινοτόμες Μεθόδους στην Περιοχή Μονοπάτι Αρβανιτιάς του Δήμου Ναυπλιέων**» επικεντρώνεται σε αυτήν τη δράση, προτείνοντας συγκεκριμένα μέτρα προστασίας μέσω της μείωσης του κατολισθητικού κινδύνου, ενώ η μέθοδος αποτύπωσης με ΣμηΕΑ και επεξεργασίας των δεδομένων κρίνεται καινοτόμα και ως η πλέον ιδανική για την συγκεκριμένη περίπτωση.

Συνεκτιμώντας τις ιδιαίτερες γεω-περιβαλλοντικές συνθήκες του μονοπατιού (πρανή μεγάλου ύψους και σχεδόν κατακόρυφα, αδυναμία πρόσβασης, πυκνή χαμηλή βλάστηση κλπ.) δόθηκε η ευθύς εξαρχής βαρύτητα στην εφαρμογή μέτρων ενεργητικής αλλά και παθητικής προστασίας, συμπεριλαμβανομένων αγκυρώσεων, εκβραχισμών, τοποθέτησης μεταλλικών πλεγμάτων, μεταλλικών φρακτών ανάσχεσης, αλλά και τεχνητού σκέπαστρου για την περιοχή εκατέρωθεν της σήραγγας. Τα μέτρα προτείνονται βάσει της αυξημένης επικινδυνότητας που παρουσιάζει το «Μονοπάτι της Αρβανιτιάς», της ελάχιστης δυνατής οικονομικής επιβάρυνσης των Αρχών που το διαχειρίζονται αλλά και της συμβατότητας (όσο το δυνατόν) με τον χαρακτήρα της περιοχής.

Συνολικά προτείνονται:

- η τοποθέτηση 43 **αγκυρίων**
- ο **εκβραχισμός** σε 42 θέσεις
- η τοποθέτηση 3.344 m<sup>2</sup> **μεταλλικών πλεγμάτων**
- η τοποθέτηση 223 m<sup>2</sup> **ενισχυμένων μεταλλικών πλεγμάτων**
- η τοποθέτηση 6 **φρακτών ανάσχεσης** με ικανότητα που κυμαίνεται από 2.000kJ έως 3.000kJ και ύψος που κυμαίνεται από 5,0 έως 7,0m (**Εικ. 6.1**, βλ. και **Παράρτημα IV**).
- η κατασκευή **σκέπαστρου** μήκους 18 m

Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος

Δρ. Ευθύμης Λέκκας

Καθηγητής

Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας &  
Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών

Διευθυντής ΠΜΣ "Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος,  
Καταστροφών & Κρίσεων"

Πρόεδρος Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Πρόεδρος Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας



## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agisoft, (2016). Agisoft Photoscan user manual: professional edition (v.1.7), Retrieved 23/7/2021, [http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro\\_1\\_7\\_en.pdf](http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_7_en.pdf).
- Azzoni, A. & de Freitas, M.H. (1995). Experimentally gained parameters, decisive for rock fall analysis. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 28, 111-124.
- Barton, N.R. (1976). The shear strength of rock and rock joints. *Int. J. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 13(10), 1-24.
- Chau, K.T., Wong, R.H.C. & Wu, J.J. (2002). Coefficient of restitution and rotational motions of rockfall impacts, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 39(1), 69-77.
- Chorowicz, J., J.Y. Breard, R. Guillande, C.R. Morasse, D. Prudon & J.P. Rudant, (1991). Dip and strike measured systematically on digitized three-dimensional geological maps, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57, 431-436.
- De Wever, P. (1975). Etude geologique de series apparaissant en fenetre sous l'allocthone pindique (serie de Tripolitza, serie epimetamorphique de Zarouchla), Peloponnese septentrional, Grece. These 3eme cycle.
- Dercourt, J. (1964). Contribution a l'etude geologique d'un secteur du Peloponnese septentrional. *Ann. Geol. Pays Hell.* 15, 418.
- Dips, (2021), Graphical and Statistical Analysis of Orientation Data (<https://www.rocscience.com/software/dips>)
- Domazetović, F., Šiljeg, A., Marić, I., Faričić, J., Vassilakis, E., Panda, L., (2021). Automated Coastline Extraction Using the Very High Resolution WorldView (WV) Satellite Imagery and Developed Coastline Extraction Tool (CET). *Applied Sciences*, 11(20), 9482.
- Fiorucci, F., Giordan, D., Santangelo, M., Dutto, F., Rossi, M., and Guzzetti, F. (2018). Criteria for the optimal selection of remote sensing optical images to map event landslides, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, pp. 405–417.
- Fleury, J. (1980). Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grece continentale et Peloponnese du Nord). Evolution d'une plateforme et d'un bassin dans leur cadre alpin. In: *Memoire de la Soc. Geol. Nord*, 651.
- Fonstad, M., Dietrich, J., Courville, B., Jensen, J., Carbonneau, P. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, pp. 421-430.
- Fugazza, D., Scaioni, M., Corti, M., D'Agata, C., Azzoni, R.S., Cernuschi, M., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2018). Combination of UAV and terrestrial photogrammetry to assess rapid glacier evolution and map glacier hazards. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, pp. 1055-1071.
- Giani, G.P., (1992). *Rock Slope Stability Analysis*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Giordan, D., Hayakawa, Y., Nex, F., Remondino, F., and Tarolli, P. (2018). Review article: the use of remotely piloted aircraft systems (RPASs) for natural hazards monitoring and management, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, pp. 1079-1096.
- Granshaw, S.I., (2018). Structure from motion: origins and originality. *The Photogrammetric Record*, 33, pp. 6-10.
- Hoek, E., Kaiser, P. K. & Bawden, W. F., 1995. *Support of underground excavations in hard rocks*. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B. (2002). Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition. 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference: NARMS-TAC, 2002, pp. 267-271.
- Karantanellis, E., Marinos, V., Vassilakis, E., (2019). 3D Hazard Analysis and Object-Based Characterization of Landslide Motion Mechanism Using UAV Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLII-2/W13, 425-430.
- Karantanellis, E., Marinos, V., Vassilakis, E., (2020). Landslide and Rockfall failures Characterization with Object-Based 3D Analysis., EGU2020, Vienna, Austria.
- Karantanellis, E., Marinos, V., Vassilakis, E., Christaras, B., (2020). Object-Based Analysis Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Site-Specific Landslide Assessment. *Remote Sensing*, 12(11), 1711.
- Kromer, R., Roew, E., Hutchinson, J., Latto, M. & Abellán, A. (2017). Rockfall risk management using a pre-failure deformation database. *Landslides*, 15, 847-858.
- Lim, M., Rosser, N., Allison, r & Petley, D. (2010). Erosional processes in the hard rock coastal cliffs at Staithes, North Yorkshire. *Geomorphology*, 114, 1-2, 12-21.
- Liu, C.C., Chen, P.L., Tomoya, M., and Chen, C.Y. (2015). Rapidly responding to landslides and debris flow events using a lowcost unmanned aerial vehicle, *J. Remote Sens.* 9, pp. 1–11

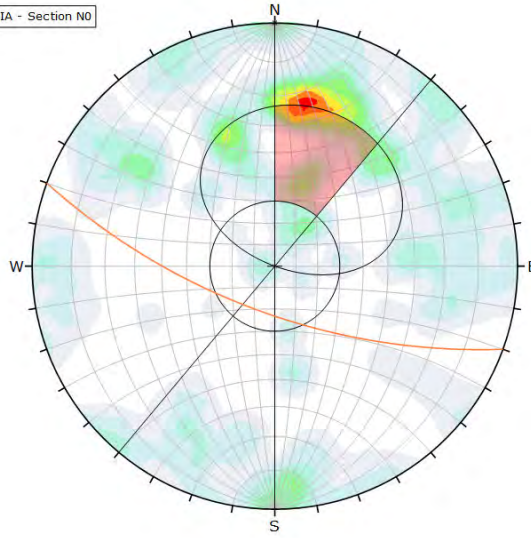
- Makropoulos, K., Drakopoulos, J., Latoussakis, J., (1989). A revised earthquake catalogue since 1987. *Geophys. J. Int.* 98, 391-394.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G. (2013). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments. *Remote Sensing*, 5, 6880.
- Marinos, P. and E. Hoek, "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation," in *Proceedings of the 2000 International Conference on Geotechnical and Geological Engineering*, Melbourne, Australia, 2000.
- Meentemeyer, R. & A. Moody, (2000). Automated mapping of conformity between topographic and geological surfaces, *Computers & Geosciences*, 26, 815-829,.
- Mugnier, C., (2002). Grids and datums: The hellenic republic. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 68, 1237–1238.
- Niethammer, U., James, M. R., Rothmund, S., Travelletti, J., and Joswig, M. (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: evaluation and results, *Eng. Geol.*, 128, pp. 2–11.
- Nikas, K., Antonakos, A., Kallergis, G. & Kounis, G. (2010). International Hydrogeological Map of Europe: Sheet D6 "Athina". *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 2010, *Proceedings of the 12th International Congress Patras*. XLIII, No 4: p. 1821-1830.
- Papanikolaou, D., Lykousis, V., Chronis, G., Pavlakis, P., (1988). A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic arc: the Messiniakos, Argolikos, Saronicos and Southern Evoikos Gulfs. *Basin Research* (1988), 1, 167-176.
- Papazachos, B.C. & C.B. Papazachou, (1997). *The Earthquakes of Greece*, 304 pp., Ziti, Thessaloniki.
- Pepe, M., Fregonese, L., Scaioni, M. (2018). Planning airborne photogrammetry and remote-sensing missions with modern platforms and sensors. *European Journal of Remote Sensing*, 51, pp. 412-436.
- Perrier, R. & Κατσικάτσος, Γ. (1989). Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας κλίμακας 1:50.000, φύλλο «ΜΕΛΙΓΑΛΑΣ», εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- Pfeiffer, T.J. & Bowen, T.D. (1989). Computer simulation of rockfalls. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* XXVI(1), 135-146.
- Prokop, A. & Panholzer, H. (2009). Assessing the capability of terrestrial laser scanning for monitoring slow moving landslides. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 9, 1921-1928.
- Rabatel, A., Deline, P., Jaillet, S. & Ravel, L. (2008). Rock falls in high-alpine rock walls quantified by terrestrial lidar measurements: A case study in the Mont Blanc area. *Geophysical Research Letters*, 35, L10502.
- Robotham, M.E., Wang, H. & Walton, G. (1995). Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes. *Inst. Of Mining and Metallurgy Section A*. 10: A25-A33.
- RocFall (2021), Assess Slopes at Risk of Rockfalls (<https://www.rocscience.com/software/rockfall> )
- RocPlane (2021), Planar Wedge Analysis for Slopes (<https://www.rocscience.com/software/roplane> )
- Saroglou, H., Mpekri, E. & Tsiambaos, G. (2010). Determination of critical geotechnical parameters of geological formations for the modeling of rockfalls in slopes, 6<sup>th</sup> Hellenic Conf. of Geotech. & Geoenv. Eng., Volos. Vol. 2, 43-50.
- SWEDGE (2021), Surface Wedge Analysis for Slopes, Rocscience Inc. (<https://www.rocscience.com/software/swedge>).
- Terzaghi, K. (1950). Mechanism of landslides. *Geological Society of America, Berkley Volume*, 83-123.
- Terzaghi, K., 1950. Mechanisms of Landslides, *Geotechnical Society of America, Berkeley*, 83-125.
- Thiebault, F. (1982). L' evolution geodynamique des Hellenides externes en Péloponnèse meridional. *Pubi. Soc. Geol. Nord.*, 6, 574 pp.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (1993). A suggested method for describing the activity of a landslide. *UNESCO working party on world landslide inventory. Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47, 53-57.K
- United States Geological Survey (USGS) (2004). Landslide types and processes. *Fact Sheet* 2004-3072.
- Varnes, D.J., (1954). Landslide types and processes. In: E.B. Eckel (ed.), *Landslides and Engineering Practice* (Special Report 28, pp.20-47). Highway Research Board, National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Varnes, D.J. (1978). Slope Movement Types and Processes. *Landslides: Analysis and Control*, Special Report. Published by National Academy of Sciences, Washington, 11-33.
- Vassilakis, E., Fomelis, M., Erkeki, A., Kotsi, E., Parcharidis, I., Lekkas, E., (2019). Multitemporal Surface Deformation Analysis of Amyntaio Slide (Greece) using Remotely Piloted Airborne System and Structure-from-Motion photogrammetry, 4<sup>th</sup> Joint International Symposium on Deformation Monitoring, Athens.

- Vassilakis, E., Foumelis, M., Erkeki, A., Kotsi, E., Lekkas, E., (2021). Post-event surface deformation of Amyntaio slide (Greece) by complementary analysis of Remotely Piloted Airborne System imagery and SAR interferometry. *Applied Geomatics*, 13(1), 65-75.
- Vassilakis, E., Konsolaki, A., Petrakis, S., Kotsi, E., Fillis, C., Lozios, S., Lekkas, E., (2021). Quantification of Mass Movements with Structure-from-Motion Techniques. The Case of Myrtos Beach in Cephalonia, After Ianos Medicane (September 2020). *Bull. of Geol. Soc. of Greece*, Sp. Pub. 8, 16-20.
- Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, pp. 300-314.
- Γαλανόπουλος, Α., 1955. Σεισμική γεωγραφία της Ελλάδος. *Ann. Geol. Pays Hell.* XI, 83-121.
- Γαλανόπουλος, Α., 1981. Οι βλαβεροί σεισμοί και το σεισμικό δυναμικό της Ελλάδος. *Ann. Geol. Pays Hell.* XXX, 647-720.
- Ε.Α.Κ. (2000). ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ. ΥΠΕΘΟ - ΟΑΣΠ, ΑΘΗΝΑ και Τροποποίηση διατάξεων του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000» λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (Φ.Ε.Κ. Β' 1154/12-8-2003, Απόφαση Αριθ. Δ17α/115/9/ΦΝ275).
- Κωνσταντοπούλου, Γ., Σπανού, Ν & Κοντογιάννη, Β. (2010). Τεχνικογεωλογική έρευνα ευστάθειας βραχωδών πρανών κατά μήκος της «Βόλτας» στην Αρβανιτιά του Δήμου Ναυπλίου. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).
- Κωνσταντοπούλου, Γ. (2016). Τεχνικογεωλογική εξέταση καταπτώσεων βράχων στο φαράγγι του Πολυλίμιου Ν. Μεσσηνίας. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).
- Παγώνης, Κ. (1998). Συμβολή στη μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της Πελοποννήσου. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο.
- Παπανικολάου, Δ., Λόγος, Ε., Λόζιος, Σ., Σιδέρης, Χ., 1988. Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000. Φύλλο "ΚΟΡΙΝΘΟΣ".
- Σταυροπούλου Μ., 2015. Σημειώσεις μαθήματος «Μετακινήσεις Βαρύτητας – Κατολισθήσεις». ΕΚΠΑ.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΜΕ  
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ (ΕΠΙΠΕΔΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ, ΣΦΗΝΟΕΙΔΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗ, ΑΝΑΤΡΟΠΗ)**



ARVANITIA - Section N0



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.65                 |
| 0.65  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.95                 |
| 1.95  | - 2.60                 |
| 2.60  | - 3.25                 |
| 3.25  | - 3.90                 |
| 3.90  | - 4.55                 |
| 4.55  | - 5.20                 |
| 5.20  | - 5.85                 |
| 5.85  | - 6.50                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 6.13%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| Kinematic Analysis  |     | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 68  |                |
| Slope Dip Direction | 200 |                |
| Friction Angle      | 30° |                |
| Lateral Limits      | 20° |                |

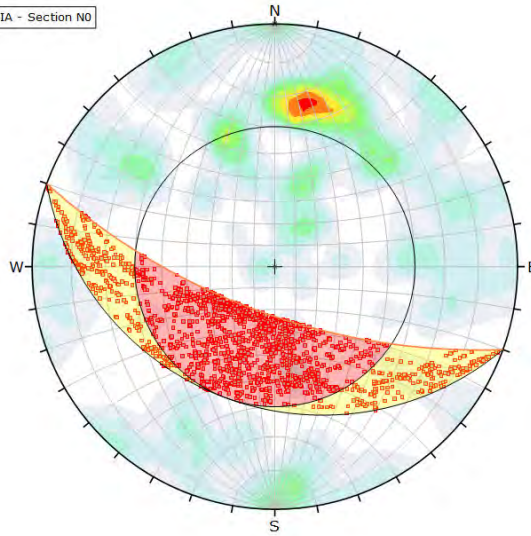
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 15       | 128   | 11.72% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 128 (128 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N0



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.65                 |
| 0.65  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.95                 |
| 1.95  | - 2.60                 |
| 2.60  | - 3.25                 |
| 3.25  | - 3.90                 |
| 3.90  | - 4.55                 |
| 4.55  | - 5.20                 |
| 5.20  | - 5.85                 |
| 5.85  | - 6.50                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 6.13%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |               |
|---------------------|-----|---------------|
| Kinematic Analysis  |     | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 68  |               |
| Slope Dip Direction | 200 |               |
| Friction Angle      | 30° |               |
| Lateral Limits      | 20° |               |

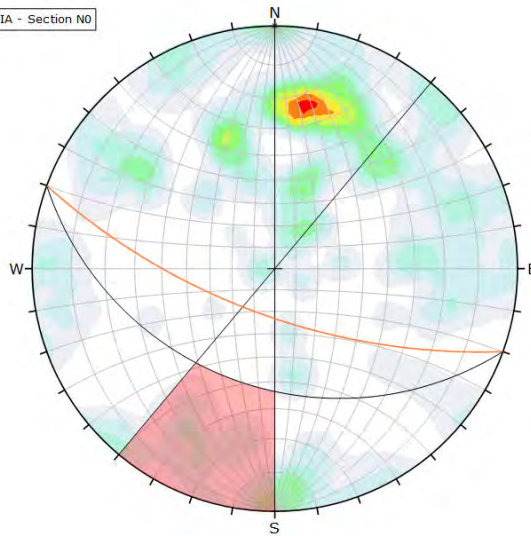
  

|               |          |       |        |
|---------------|----------|-------|--------|
|               | Critical | Total | %      |
| Wedge Sliding | 2378     | 8128  | 29.26% |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors      |
| Vector Count        | 128 (128 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes  |
| Intersections Count | 8128              |
| Hemisphere          | Lower             |
| Projection          | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N0



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.65                 |
| 0.65  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.95                 |
| 1.95  | - 2.60                 |
| 2.60  | - 3.25                 |
| 3.25  | - 3.90                 |
| 3.90  | - 4.55                 |
| 4.55  | - 5.20                 |
| 5.20  | - 5.85                 |
| 5.85  | - 6.50                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 6.13%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                   |
|---------------------|-----|-------------------|
| Kinematic Analysis  |     | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 68  |                   |
| Slope Dip Direction | 200 |                   |
| Friction Angle      | 30° |                   |
| Lateral Limits      | 20° |                   |

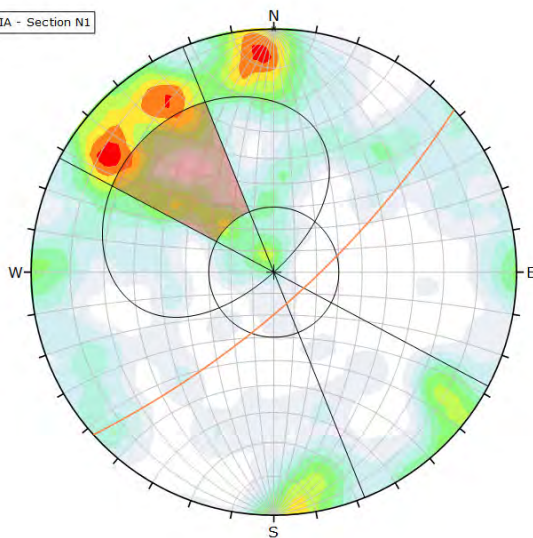
  

|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 9        | 128   | 7.03% |

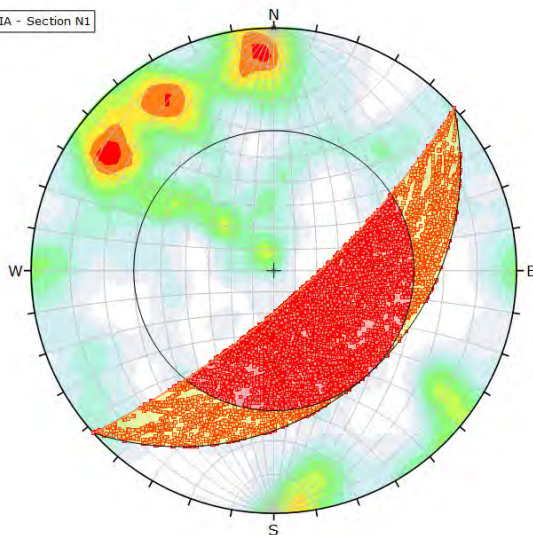
|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 128 (128 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N1



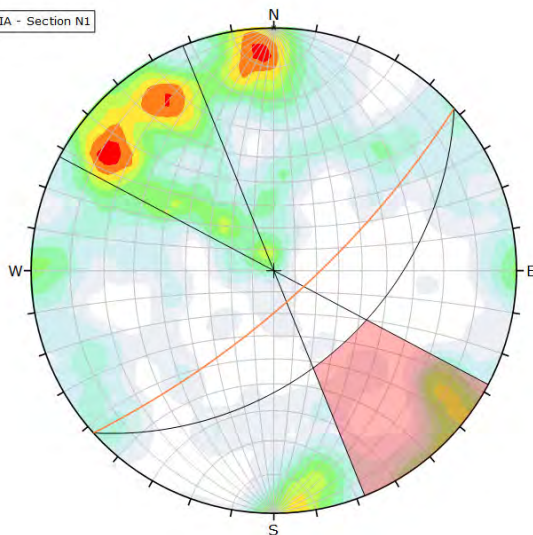
| Color                | Density Concentrations |
|----------------------|------------------------|
|                      | 0.00 - 0.45            |
|                      | 0.45 - 0.90            |
|                      | 0.90 - 1.35            |
|                      | 1.35 - 1.80            |
|                      | 1.80 - 2.25            |
|                      | 2.25 - 2.70            |
|                      | 2.70 - 3.15            |
|                      | 3.15 - 3.60            |
|                      | 3.60 - 4.05            |
|                      | 4.05 - 4.50            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 4.29%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Planar Sliding       |                        |
| Slope Dip            | 75                     |
| Slope Dip Direction  | 138                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
| Lateral Limits       | 20°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Planar Sliding (All) | 45 319 14.11%          |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 319 (319 Entries)      |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

ARVANITIA - Section N1



| Symbol               | Feature                |
|----------------------|------------------------|
| ■                    | Critical Intersection  |
| Color                | Density Concentrations |
|                      | 0.00 - 0.45            |
|                      | 0.45 - 0.90            |
|                      | 0.90 - 1.35            |
|                      | 1.35 - 1.80            |
|                      | 1.80 - 2.25            |
|                      | 2.25 - 2.70            |
|                      | 2.70 - 3.15            |
|                      | 3.15 - 3.60            |
|                      | 3.60 - 4.05            |
|                      | 4.05 - 4.50            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 4.29%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Wedge Sliding        |                        |
| Slope Dip            | 75                     |
| Slope Dip Direction  | 138                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Wedge Sliding        | 16272 50719 32.08%     |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 319 (319 Entries)      |
| Intersection Mode    | Grid Data Planes       |
| Intersections Count  | 50719                  |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

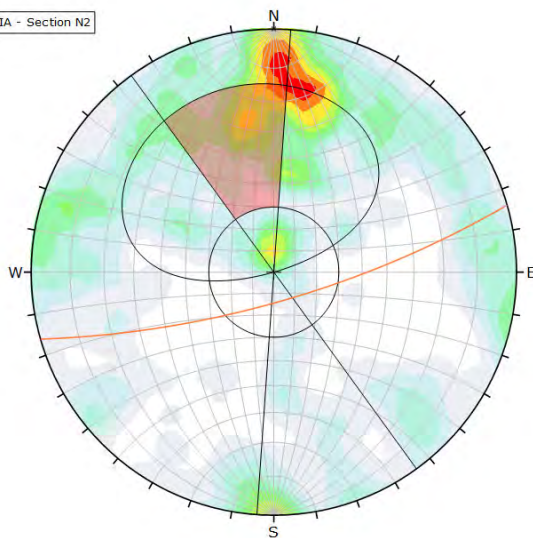
ARVANITIA - Section N1



| Color                   | Density Concentrations |
|-------------------------|------------------------|
|                         | 0.00 - 0.45            |
|                         | 0.45 - 0.90            |
|                         | 0.90 - 1.35            |
|                         | 1.35 - 1.80            |
|                         | 1.80 - 2.25            |
|                         | 2.25 - 2.70            |
|                         | 2.70 - 3.15            |
|                         | 3.15 - 3.60            |
|                         | 3.60 - 4.05            |
|                         | 4.05 - 4.50            |
| Contour Data            |                        |
| Maximum Density         | 4.29%                  |
| Contour Distribution    | Fisher                 |
| Counting Circle Size    | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis      |                        |
| Flexural Toppling       |                        |
| Slope Dip               | 75                     |
| Slope Dip Direction     | 138                    |
| Friction Angle          | 30°                    |
| Lateral Limits          | 20°                    |
|                         | Critical Total %       |
| Flexural Toppling (All) | 20 319 6.27%           |
| Plot Mode               |                        |
| Pole Vectors            |                        |
| Vector Count            | 319 (319 Entries)      |
| Hemisphere              | Lower                  |
| Projection              | Equal Angle            |



ARVANITIA - Section N2



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.45 |                        |
| 0.45 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.35 |                        |
| 1.35 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.25 |                        |
| 2.25 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.05 |                        |
| 4.05 - 4.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 4.31%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 76             |
| Slope Dip Direction | 164            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

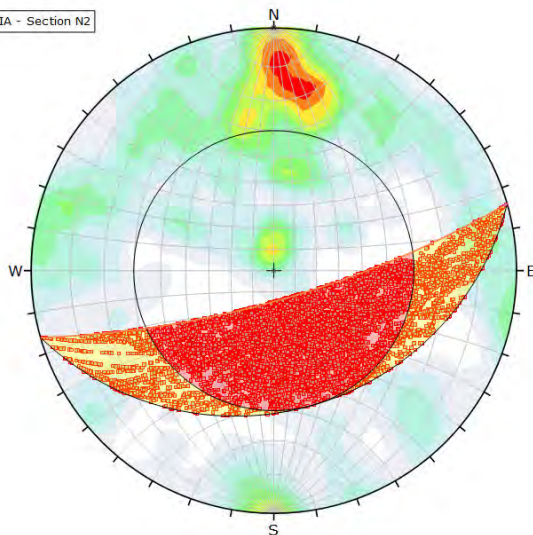
  

|                      | Critical | Total | %      |
|----------------------|----------|-------|--------|
| Planar Sliding (All) | 43       | 313   | 13.74% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 313 (313 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N2



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.45 |                        |
| 0.45 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.35 |                        |
| 1.35 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.25 |                        |
| 2.25 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.05 |                        |
| 4.05 - 4.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 4.31%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 76            |
| Slope Dip Direction | 164           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

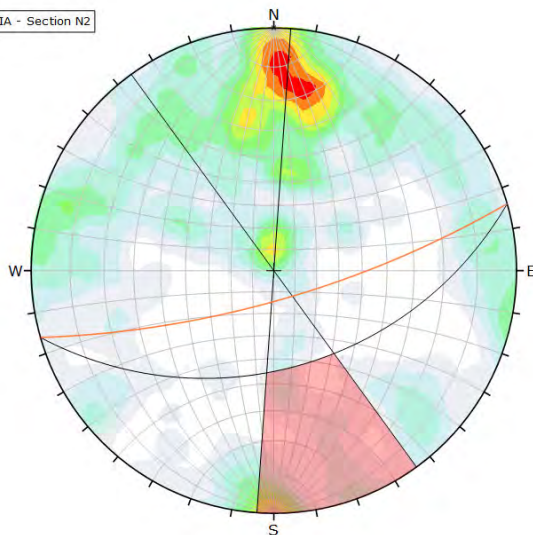
  

|               | Critical | Total | %      |
|---------------|----------|-------|--------|
| Wedge Sliding | 17185    | 48826 | 35.20% |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors      |
| Vector Count        | 313 (313 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes  |
| Intersections Count | 48826             |
| Hemisphere          | Lower             |
| Projection          | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N2



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.45 |                        |
| 0.45 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.35 |                        |
| 1.35 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.25 |                        |
| 2.25 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.05 |                        |
| 4.05 - 4.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 4.31%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 76                |
| Slope Dip Direction | 164               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

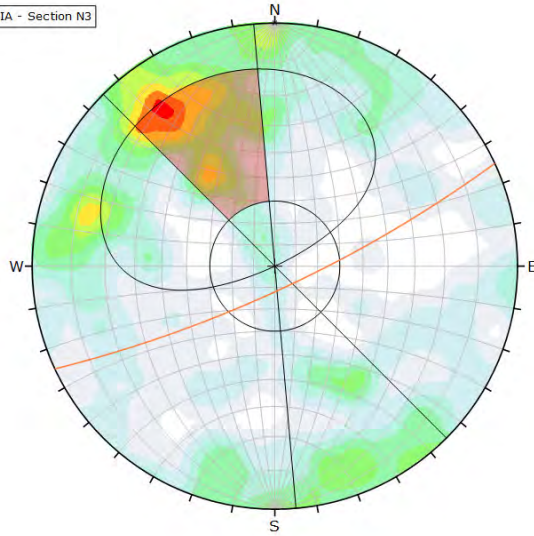
  

|                         | Critical | Total | %     |
|-------------------------|----------|-------|-------|
| Flexural Toppling (All) | 21       | 313   | 6.71% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 313 (313 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N3



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 79             |
| Slope Dip Direction | 155            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

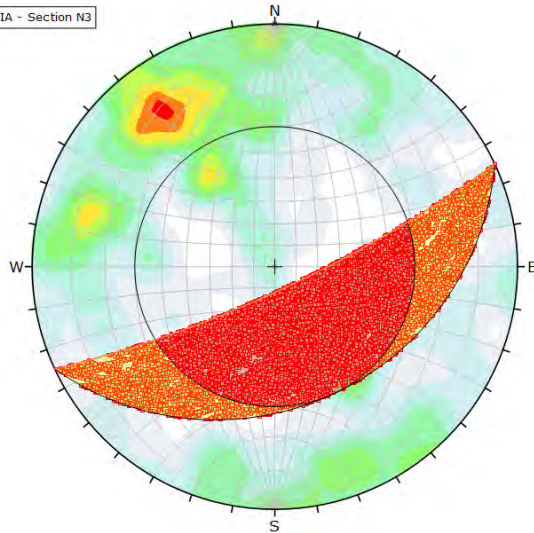
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 82       | 511   | 16.05% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 511 (511 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N3



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 79            |
| Slope Dip Direction | 155           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

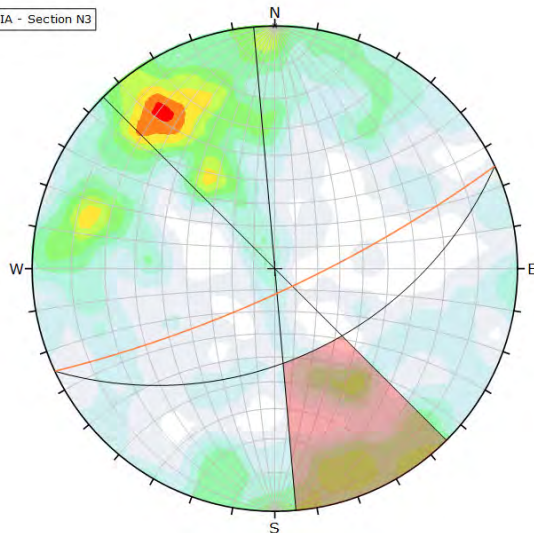
  

|               |          |        |        |
|---------------|----------|--------|--------|
|               | Critical | Total  | %      |
| Wedge Sliding | 44807    | 130296 | 34.39% |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors      |
| Vector Count        | 511 (511 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes  |
| Intersections Count | 130296            |
| Hemisphere          | Lower             |
| Projection          | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N3



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 79                |
| Slope Dip Direction | 155               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

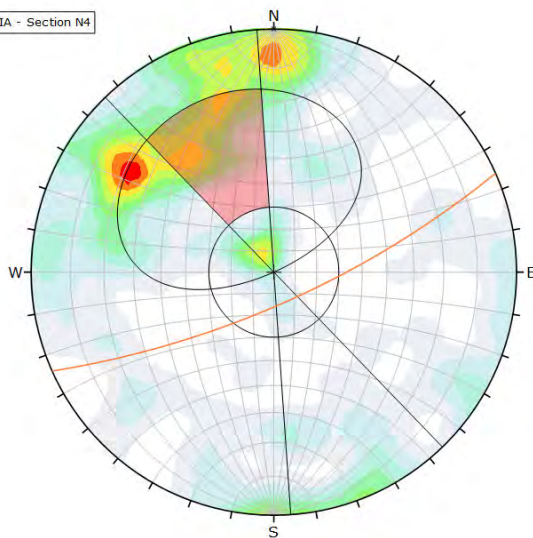
|                         |          |       |        |
|-------------------------|----------|-------|--------|
|                         | Critical | Total | %      |
| Flexural Toppling (All) | 62       | 511   | 12.13% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 511 (511 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

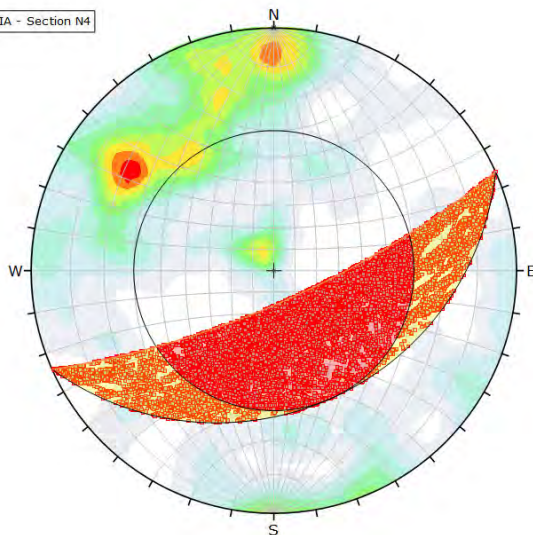


ARVANITIA - Section N4



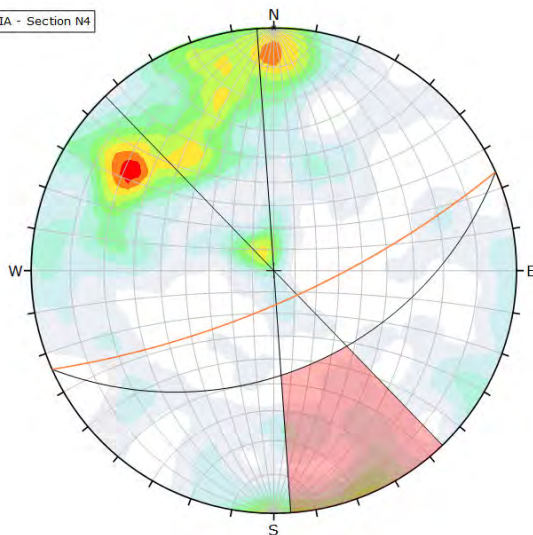
| Color                                                                               | Density Concentrations |                   |       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|-------|--------|
|  | 0.00 - 0.50            |                   |       |        |
|                                                                                     | 0.50 - 1.00            |                   |       |        |
|                                                                                     | 1.00 - 1.50            |                   |       |        |
|                                                                                     | 1.50 - 2.00            |                   |       |        |
|                                                                                     | 2.00 - 2.50            |                   |       |        |
|                                                                                     | 2.50 - 3.00            |                   |       |        |
|                                                                                     | 3.00 - 3.50            |                   |       |        |
|                                                                                     | 3.50 - 4.00            |                   |       |        |
|                                                                                     | 4.00 - 4.50            |                   |       |        |
|                                                                                     | 4.50 - 5.00            |                   |       |        |
| Contour Data                                                                        |                        |                   |       |        |
| Maximum Density                                                                     | 4.80%                  |                   |       |        |
| Contour Distribution                                                                | Fisher                 |                   |       |        |
| Counting Circle Size                                                                | 1.0%                   |                   |       |        |
| Kinematic Analysis                                                                  |                        |                   |       |        |
| Planar Sliding                                                                      |                        |                   |       |        |
| Slope Dip                                                                           |                        | 75                |       |        |
| Slope Dip Direction                                                                 |                        | 156               |       |        |
| Friction Angle                                                                      |                        | 30°               |       |        |
| Lateral Limits                                                                      |                        | 20°               |       |        |
|                                                                                     |                        | Critical          | Total | %      |
| Planar Sliding (All)                                                                |                        | 56                | 388   | 14.43% |
| Plot Mode                                                                           |                        |                   |       |        |
| Pole Vectors                                                                        |                        | Pole Vectors      |       |        |
| Vector Count                                                                        |                        | 388 (388 Entries) |       |        |
| Hemisphere                                                                          |                        | Lower             |       |        |
| Projection                                                                          |                        | Equal Angle       |       |        |

ARVANITIA - Section N4



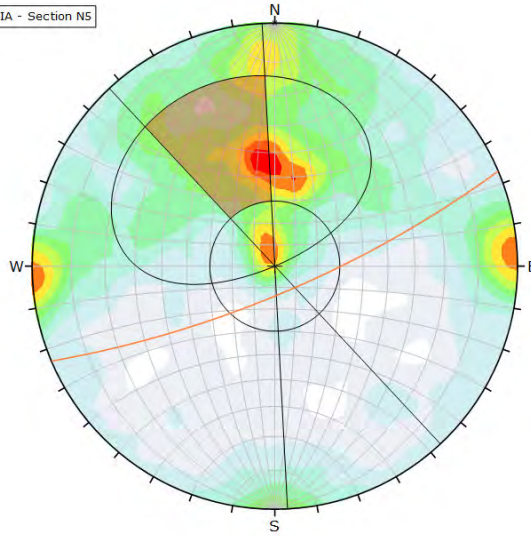
| Symbol                                                                              | Feature                |       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|--------|
| ●                                                                                   | Critical Intersection  |       |        |
| Color                                                                               |                        |       |        |
|  | Density Concentrations |       |        |
|                                                                                     | 0.00 - 0.50            |       |        |
|                                                                                     | 0.50 - 1.00            |       |        |
|                                                                                     | 1.00 - 1.50            |       |        |
|                                                                                     | 1.50 - 2.00            |       |        |
|                                                                                     | 2.00 - 2.50            |       |        |
|                                                                                     | 2.50 - 3.00            |       |        |
|                                                                                     | 3.00 - 3.50            |       |        |
|                                                                                     | 3.50 - 4.00            |       |        |
|                                                                                     | 4.00 - 4.50            |       |        |
|                                                                                     | 4.50 - 5.00            |       |        |
| Contour Data                                                                        |                        |       |        |
| Maximum Density                                                                     | 4.80%                  |       |        |
| Contour Distribution                                                                | Fisher                 |       |        |
| Counting Circle Size                                                                | 1.0%                   |       |        |
| Kinematic Analysis                                                                  |                        |       |        |
| Wedge Sliding                                                                       |                        |       |        |
| Slope Dip                                                                           | 75                     |       |        |
| Slope Dip Direction                                                                 | 156                    |       |        |
| Friction Angle                                                                      | 30°                    |       |        |
|                                                                                     | Critical               | Total | %      |
| Wedge Sliding                                                                       | 25211                  | 75074 | 33.58% |
| Plot Mode                                                                           |                        |       |        |
| Pole Vectors                                                                        |                        |       |        |
| Vector Count                                                                        | 388 (388 Events)       |       |        |
| Intersection Mode                                                                   | Grid Data Planes       |       |        |
| Intersections Count                                                                 | 75074                  |       |        |
| Hemisphere                                                                          | Lower                  |       |        |
| Projection                                                                          | Equal Angle            |       |        |

ARVANITIA - Section N4



| Color                   | Density Concentrations |       |
|-------------------------|------------------------|-------|
|                         | 0.00 - 0.50            |       |
|                         | 0.50 - 1.00            |       |
|                         | 1.00 - 1.50            |       |
|                         | 1.50 - 2.00            |       |
|                         | 2.00 - 2.50            |       |
|                         | 2.50 - 3.00            |       |
|                         | 3.00 - 3.50            |       |
|                         | 3.50 - 4.00            |       |
|                         | 4.00 - 4.50            |       |
|                         | 4.50 - 5.00            |       |
| Contour Data            |                        |       |
| Maximum Density         | 4.80%                  |       |
| Contour Distribution    | Fisher                 |       |
| Counting Circle Size    | 1.0%                   |       |
| Kinematic Analysis      |                        |       |
| Flexural Toppling       |                        |       |
| Slope Dip               | 75                     |       |
| Slope Dip Direction     | 156                    |       |
| Friction Angle          | 30°                    |       |
| Lateral Limits          | 20°                    |       |
| Flexural Toppling (All) |                        |       |
| Critical                | Total                  | %     |
| 26                      | 388                    | 6.70% |
| Plot Mode               |                        |       |
| Pole Vectors            |                        |       |
| Vector Count            | 388 (388 Entries)      |       |
| Hemisphere              | Lower                  |       |
| Projection              | Equal Angle            |       |

ARVANITIA - Section N5



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 77             |
| Slope Dip Direction | 157            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

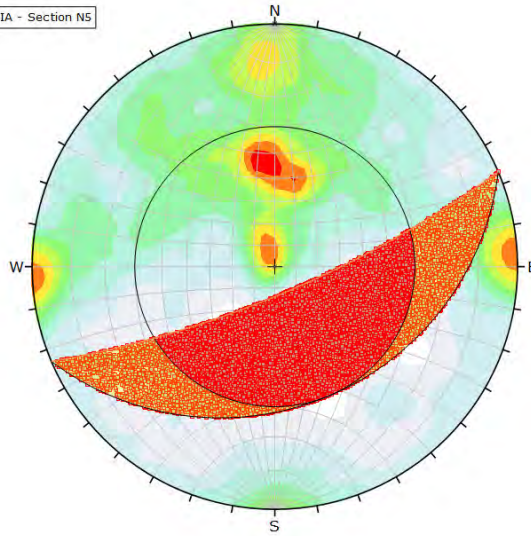
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 294      | 2245  | 13.10% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2245 (2245 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N5



|        |                       |
|--------|-----------------------|
| Symbol | Feature               |
| ■      | Critical Intersection |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| Color | Density Concentrations |
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 77            |
| Slope Dip Direction | 157           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

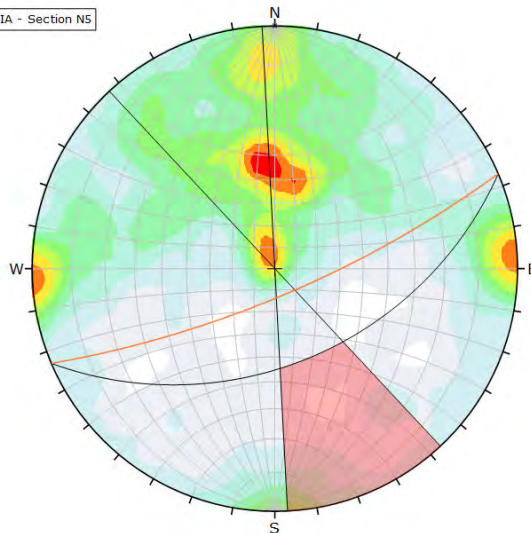
  

|               |          |         |        |
|---------------|----------|---------|--------|
|               | Critical | Total   | %      |
| Wedge Sliding | 908062   | 2518753 | 36.05% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2245 (2245 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2518753             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N5



|       |                        |
|-------|------------------------|
| Color | Density Concentrations |
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 77                |
| Slope Dip Direction | 157               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

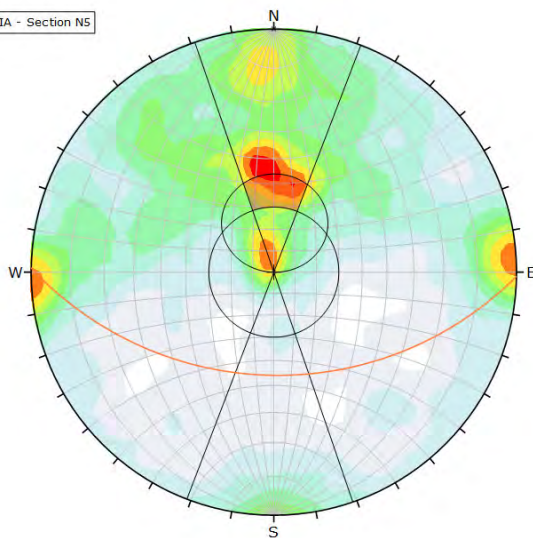
|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 99       | 2245  | 4.42% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2245 (2245 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |



ARVANITIA - Section N5



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 44°            |
| Slope Dip Direction | 181°           |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

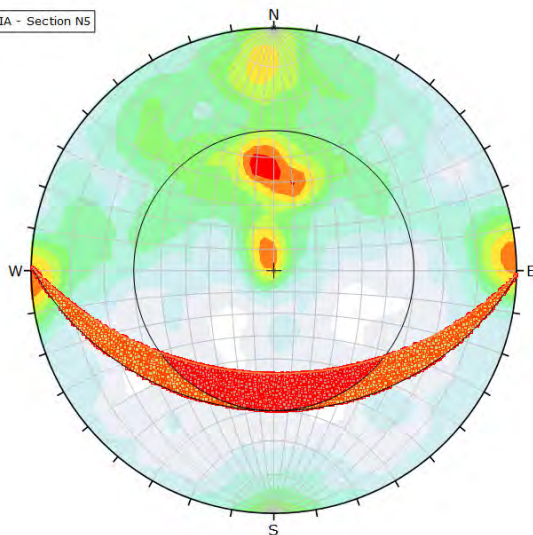
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 97       | 2245  | 4.32% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2245 (2245 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N5



|        |                       |
|--------|-----------------------|
| Symbol | Feature               |
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 44°           |
| Slope Dip Direction | 181°          |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

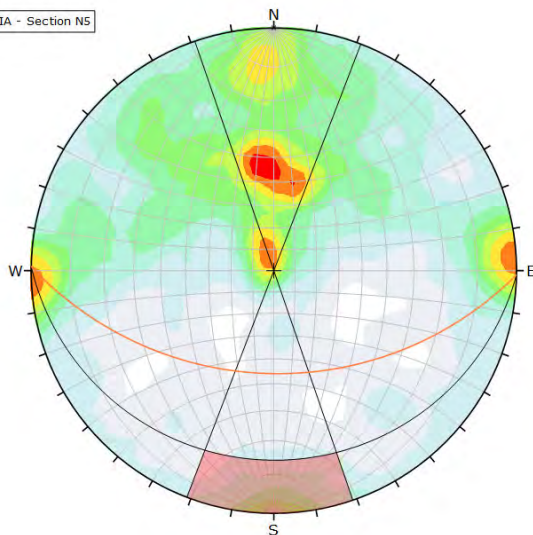
  

|               |          |         |       |
|---------------|----------|---------|-------|
|               | Critical | Total   | %     |
| Wedge Sliding | 237081   | 2518753 | 9.41% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2245 (2245 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2518753             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N5



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.05%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 44°               |
| Slope Dip Direction | 181°              |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

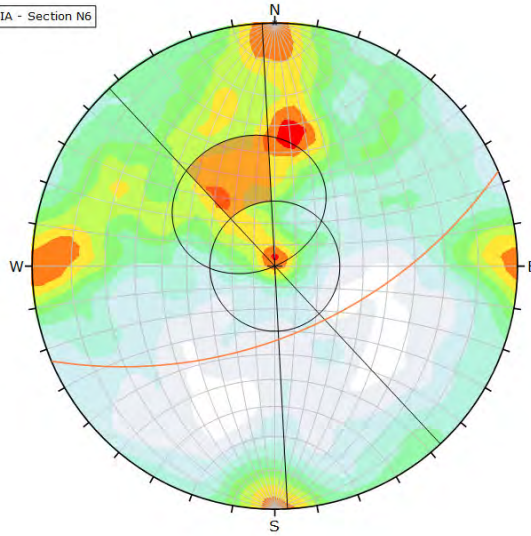
  

|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 55       | 2245  | 2.45% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2245 (2245 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N6



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 58             |
| Slope Dip Direction | 157            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

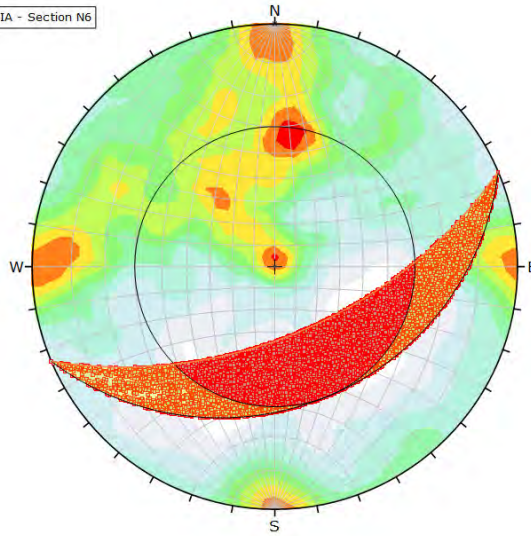
  

|                      | Critical | Total | %     |
|----------------------|----------|-------|-------|
| Planar Sliding (All) | 159      | 2181  | 7.29% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2181 (2181 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N6



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 58            |
| Slope Dip Direction | 157           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

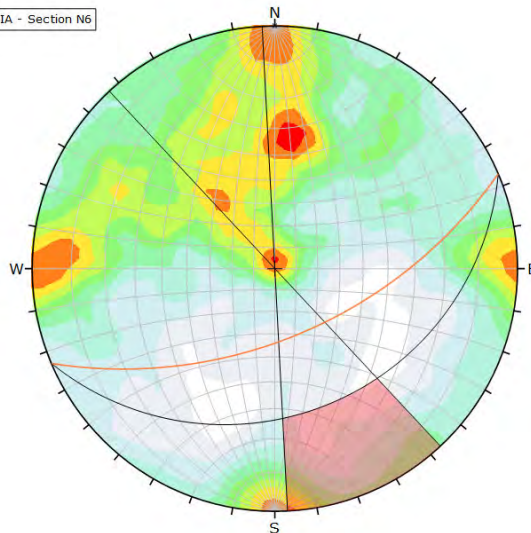
  

|               | Critical | Total   | %      |
|---------------|----------|---------|--------|
| Wedge Sliding | 487494   | 2377166 | 20.51% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2181 (2181 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2377166             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N6



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 58                |
| Slope Dip Direction | 157               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

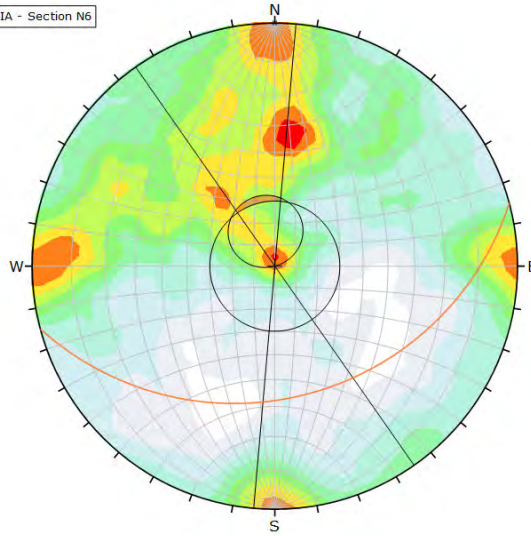
|                         | Critical | Total | %     |
|-------------------------|----------|-------|-------|
| Flexural Toppling (All) | 83       | 2181  | 3.81% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2181 (2181 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |



ARVANITIA - Section N6



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

| Contour Data         | Pole Vectors |
|----------------------|--------------|
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
|---------------------|----------------|
| Slope Dip           | 33             |
| Slope Dip Direction | 165            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

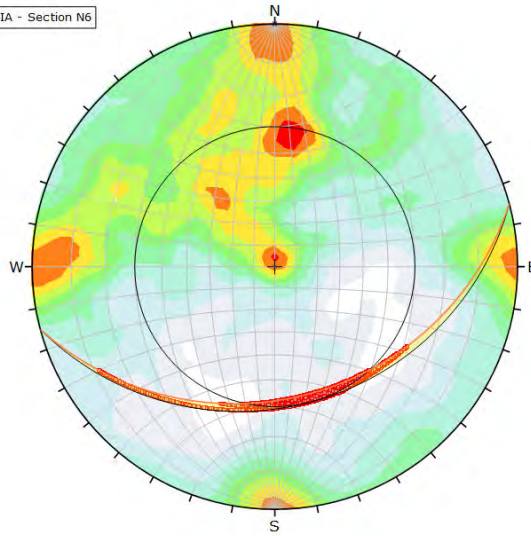
  

|                      | Critical | Total | %     |
|----------------------|----------|-------|-------|
| Planar Sliding (All) | 8        | 2181  | 0.37% |

| Plot Mode    | Pole Vectors        |
|--------------|---------------------|
| Vector Count | 2181 (2181 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N6



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

| Contour Data         | Pole Vectors |
|----------------------|--------------|
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
|---------------------|---------------|
| Slope Dip           | 33            |
| Slope Dip Direction | 165           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

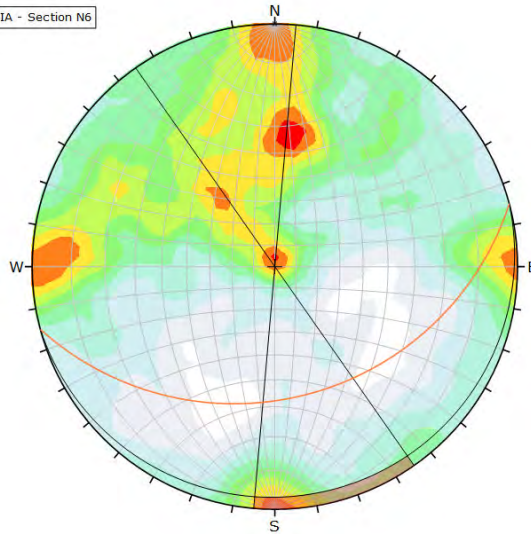
  

|               | Critical | Total   | %     |
|---------------|----------|---------|-------|
| Wedge Sliding | 19311    | 2377166 | 0.81% |

| Plot Mode           | Pole Vectors        |
|---------------------|---------------------|
| Vector Count        | 2181 (2181 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2377166             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N6



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.26                 |
| 0.26  | - 0.52                 |
| 0.52  | - 0.78                 |
| 0.78  | - 1.04                 |
| 1.04  | - 1.30                 |
| 1.30  | - 1.56                 |
| 1.56  | - 1.82                 |
| 1.82  | - 2.08                 |
| 2.08  | - 2.34                 |
| 2.34  | - 2.60                 |

| Contour Data         | Pole Vectors |
|----------------------|--------------|
| Maximum Density      | 2.56%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
|---------------------|-------------------|
| Slope Dip           | 33                |
| Slope Dip Direction | 165               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

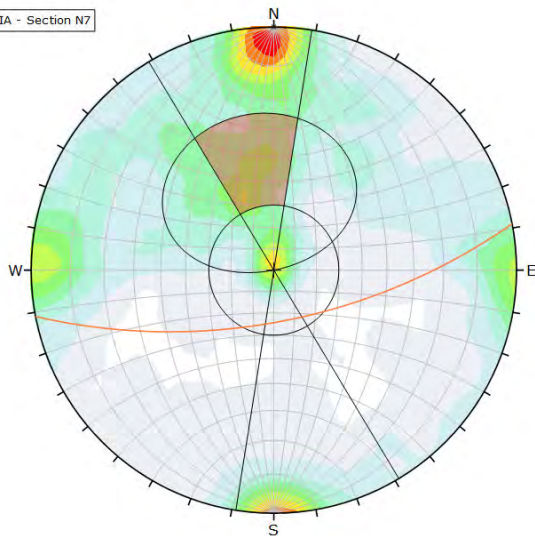
  

|                         | Critical | Total | %     |
|-------------------------|----------|-------|-------|
| Flexural Toppling (All) | 12       | 2181  | 0.55% |

| Plot Mode    | Pole Vectors        |
|--------------|---------------------|
| Vector Count | 2181 (2181 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N7



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 66             |
| Slope Dip Direction | 169            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

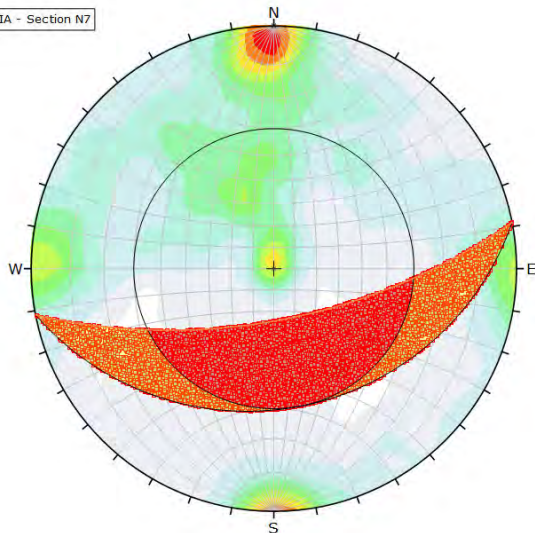
  

|                      | Critical | Total | %     |
|----------------------|----------|-------|-------|
| Planar Sliding (All) | 201      | 2046  | 9.82% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2046 (2046 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N7



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| •      | Critical Intersection |

| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 66            |
| Slope Dip Direction | 169           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

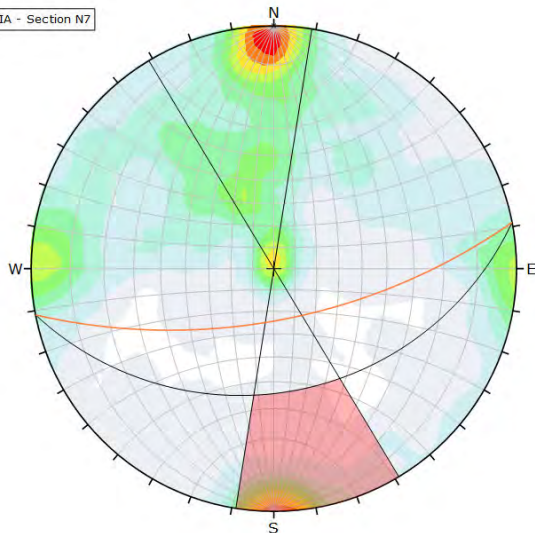
  

|               | Critical | Total   | %      |
|---------------|----------|---------|--------|
| Wedge Sliding | 517669   | 2091896 | 24.75% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2046 (2046 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2091896             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N7



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.82%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Topping |
| Slope Dip           | 66               |
| Slope Dip Direction | 169              |
| Friction Angle      | 30°              |
| Lateral Limits      | 20°              |

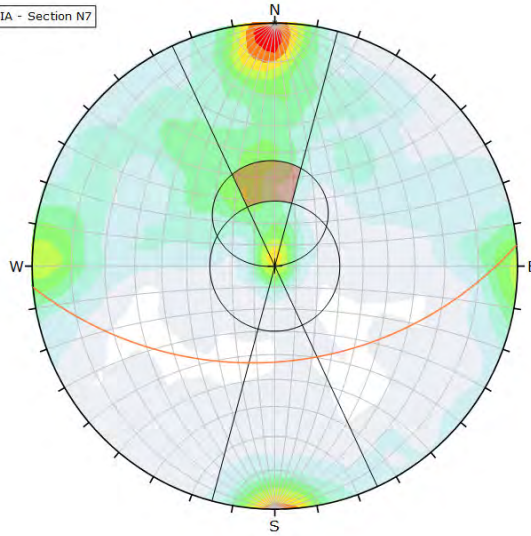
|                        | Critical | Total | %     |
|------------------------|----------|-------|-------|
| Flexural Topping (All) | 116      | 2046  | 5.67% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2046 (2046 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |



ARVANITIA - Section N7



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.82%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                |
|---------------------|--|----------------|
| Kinematic Analysis  |  | Planar Sliding |
| Slope Dip           |  | 47°            |
| Slope Dip Direction |  | 175°           |
| Friction Angle      |  | 30°            |
| Lateral Limits      |  | 20°            |

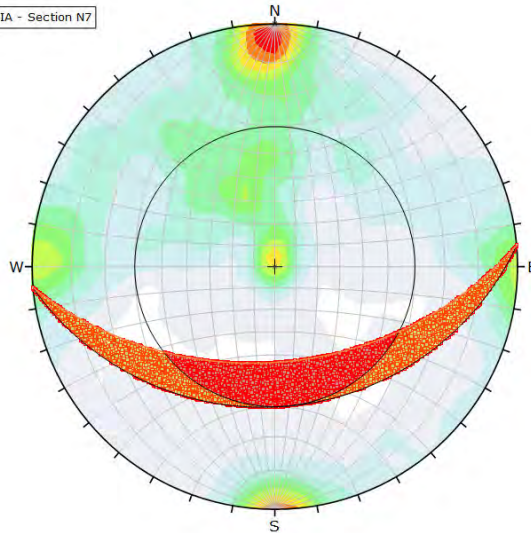
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 85       | 2046  | 4.15% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2046 (2046 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N7



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| +      | Critical Intersection |

| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.82%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |               |
|---------------------|--|---------------|
| Kinematic Analysis  |  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           |  | 47°           |
| Slope Dip Direction |  | 175°          |
| Friction Angle      |  | 30°           |
| Lateral Limits      |  | 20°           |

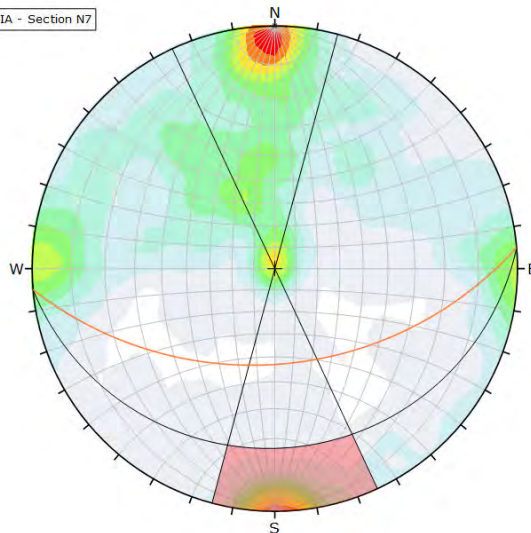
  

|               |          |         |       |
|---------------|----------|---------|-------|
|               | Critical | Total   | %     |
| Wedge Sliding | 202040   | 2091896 | 9.66% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2046 (2046 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 2091896             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N7



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.40 |                        |
| 0.40 - 0.80 |                        |
| 0.80 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.60 |                        |
| 1.60 - 2.00 |                        |
| 2.00 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.20 |                        |
| 3.20 - 3.60 |                        |
| 3.60 - 4.00 |                        |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.82%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                   |
|---------------------|--|-------------------|
| Kinematic Analysis  |  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           |  | 47°               |
| Slope Dip Direction |  | 175°              |
| Friction Angle      |  | 30°               |
| Lateral Limits      |  | 20°               |

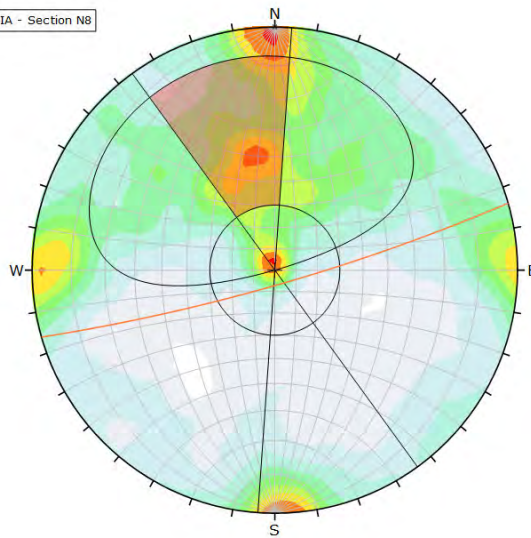
  

|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 75       | 2046  | 3.67% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2046 (2046 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N8



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.30 |                        |
| 0.30 - 0.60 |                        |
| 0.60 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.50 |                        |
| 1.50 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 83             |
| Slope Dip Direction | 164            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

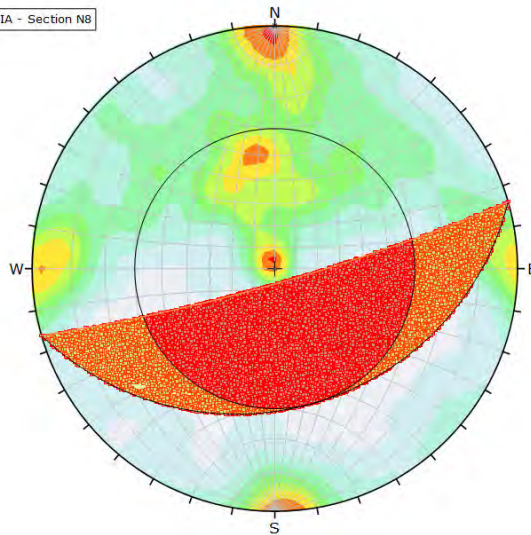
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 611      | 4140  | 14.76% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 4140 (4140 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N8



|        |                       |
|--------|-----------------------|
| Symbol | Feature               |
| ■      | Critical Intersection |

| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.30 |                        |
| 0.30 - 0.60 |                        |
| 0.60 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.50 |                        |
| 1.50 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 83            |
| Slope Dip Direction | 164           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

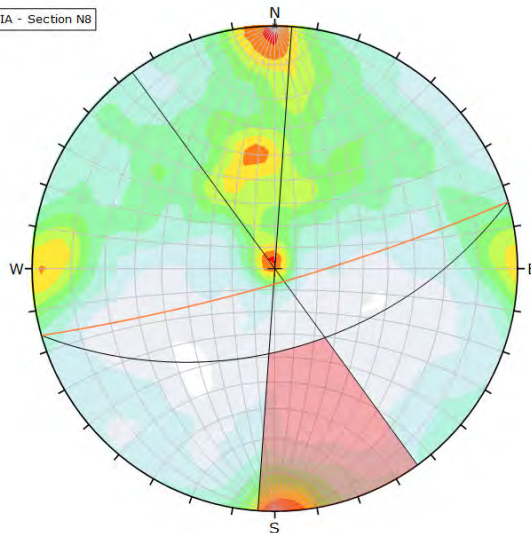
  

|               |          |         |        |
|---------------|----------|---------|--------|
|               | Critical | Total   | %      |
| Wedge Sliding | 3426251  | 8567335 | 39.99% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 4140 (4140 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 8567335             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N8



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.30 |                        |
| 0.30 - 0.60 |                        |
| 0.60 - 0.90 |                        |
| 0.90 - 1.20 |                        |
| 1.20 - 1.50 |                        |
| 1.50 - 1.80 |                        |
| 1.80 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.40 |                        |
| 2.40 - 2.70 |                        |
| 2.70 - 3.00 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 83                |
| Slope Dip Direction | 164               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

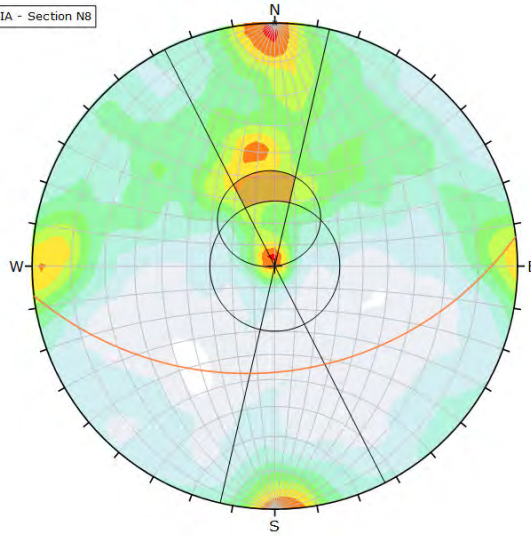
|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 265      | 4140  | 6.40% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 4140 (4140 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |



ARVANITIA - Section N8



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 43             |
| Slope Dip Direction | 173            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

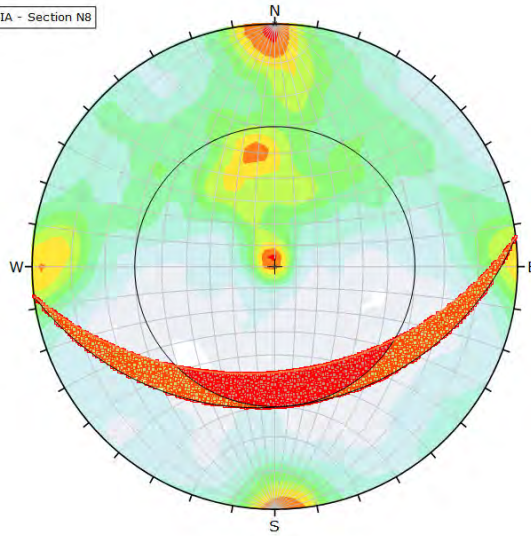
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 132      | 4140  | 3.19% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 4140 (4140 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N8



|        |                       |
|--------|-----------------------|
| Symbol | Feature               |
| ■      | Critical Intersection |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| Color | Density Concentrations |
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 43            |
| Slope Dip Direction | 173           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

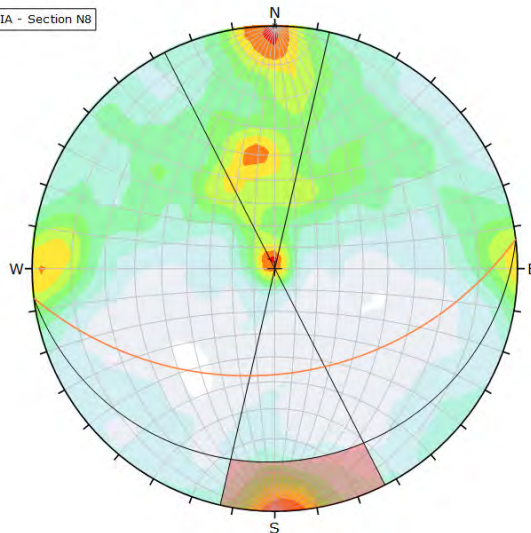
  

|               |          |         |       |
|---------------|----------|---------|-------|
|               | Critical | Total   | %     |
| Wedge Sliding | 671478   | 8567335 | 7.84% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 4140 (4140 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 8567335             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N8



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.79%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Topping |
| Slope Dip           | 43               |
| Slope Dip Direction | 173              |
| Friction Angle      | 30°              |
| Lateral Limits      | 20°              |

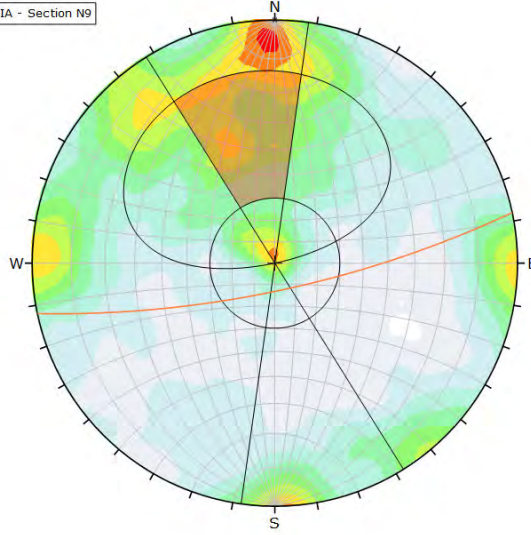
  

|                        |          |       |       |
|------------------------|----------|-------|-------|
|                        | Critical | Total | %     |
| Flexural Topping (All) | 131      | 4140  | 3.16% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 4140 (4140 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N9



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.30            |
|       | 0.30 - 0.60            |
|       | 0.60 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.20            |
|       | 1.20 - 1.50            |
|       | 1.50 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.10            |
|       | 2.10 - 2.40            |
|       | 2.40 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.00            |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.85%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| Kinematic Analysis  |     | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 77  |                |
| Slope Dip Direction | 168 |                |
| Friction Angle      | 30° |                |
| Lateral Limits      | 20° |                |

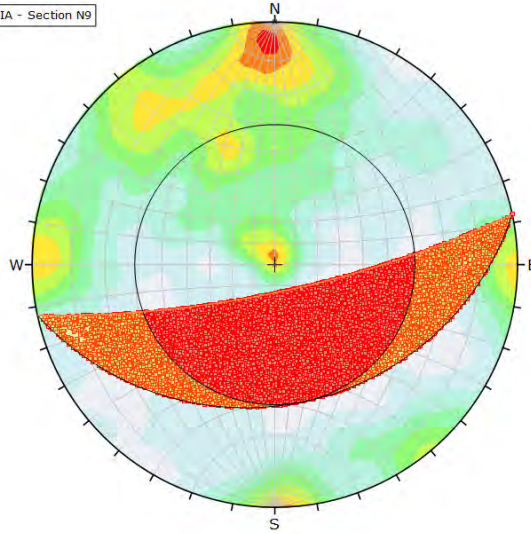
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 367      | 2988  | 12.28% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2988 (2988 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N9



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.30            |
|       | 0.30 - 0.60            |
|       | 0.60 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.20            |
|       | 1.20 - 1.50            |
|       | 1.50 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.10            |
|       | 2.10 - 2.40            |
|       | 2.40 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.00            |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.85%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |               |
|---------------------|-----|---------------|
| Kinematic Analysis  |     | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 77  |               |
| Slope Dip Direction | 168 |               |
| Friction Angle      | 30° |               |
| Lateral Limits      | 20° |               |

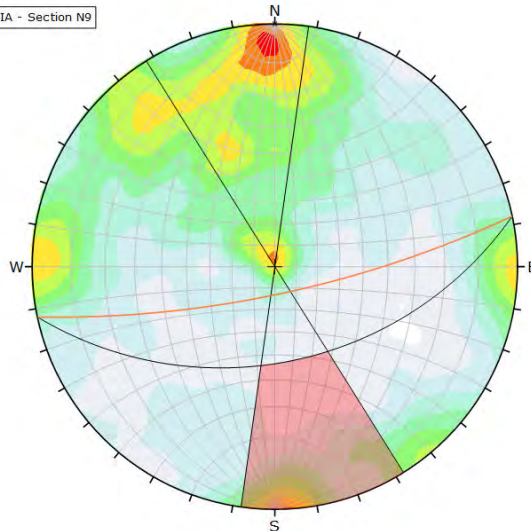
  

|               |          |         |        |
|---------------|----------|---------|--------|
|               | Critical | Total   | %      |
| Wedge Sliding | 143946   | 4462367 | 32.27% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 2988 (2988 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 4462367             |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section N9



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.30            |
|       | 0.30 - 0.60            |
|       | 0.60 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.20            |
|       | 1.20 - 1.50            |
|       | 1.50 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.10            |
|       | 2.10 - 2.40            |
|       | 2.40 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.00            |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.85%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                   |
|---------------------|-----|-------------------|
| Kinematic Analysis  |     | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 77  |                   |
| Slope Dip Direction | 168 |                   |
| Friction Angle      | 30° |                   |
| Lateral Limits      | 20° |                   |

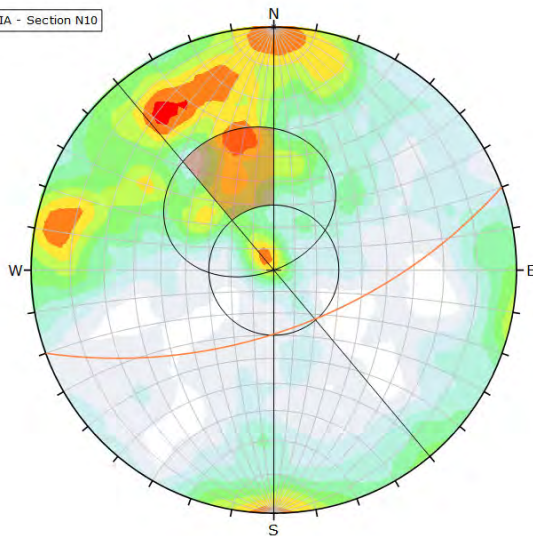
|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 200      | 2988  | 6.69% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 2988 (2988 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |



ARVANITIA - Section N10



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.84%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| Kinematic Analysis  |     | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 62  |                |
| Slope Dip Direction | 160 |                |
| Friction Angle      | 30° |                |
| Lateral Limits      | 20° |                |

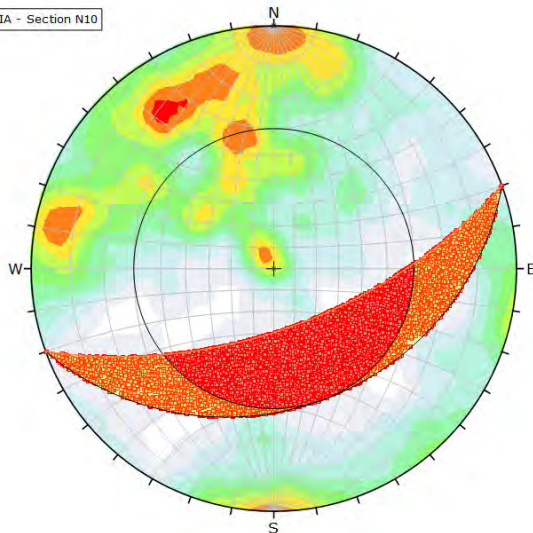
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 82       | 966   | 8.49% |

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 966 (966 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N10



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.84%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |               |
|---------------------|-----|---------------|
| Kinematic Analysis  |     | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 62  |               |
| Slope Dip Direction | 160 |               |
| Friction Angle      | 30° |               |
| Lateral Limits      | 20° |               |

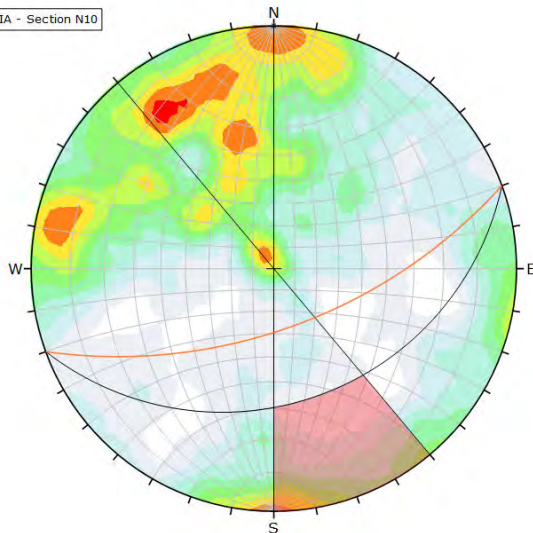
  

|               |          |        |        |
|---------------|----------|--------|--------|
|               | Critical | Total  | %      |
| Wedge Sliding | 103938   | 466073 | 22.30% |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors      |
| Vector Count        | 966 (966 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes  |
| Intersections Count | 466073            |
| Hemisphere          | Lower             |
| Projection          | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N10



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.30                 |
| 0.30  | - 0.60                 |
| 0.60  | - 0.90                 |
| 0.90  | - 1.20                 |
| 1.20  | - 1.50                 |
| 1.50  | - 1.80                 |
| 1.80  | - 2.10                 |
| 2.10  | - 2.40                 |
| 2.40  | - 2.70                 |
| 2.70  | - 3.00                 |

|                      |        |              |
|----------------------|--------|--------------|
| Contour Data         |        | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 2.84%  |              |
| Contour Distribution | Fisher |              |
| Counting Circle Size | 1.0%   |              |

|                     |     |                   |
|---------------------|-----|-------------------|
| Kinematic Analysis  |     | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 62  |                   |
| Slope Dip Direction | 160 |                   |
| Friction Angle      | 30° |                   |
| Lateral Limits      | 20° |                   |

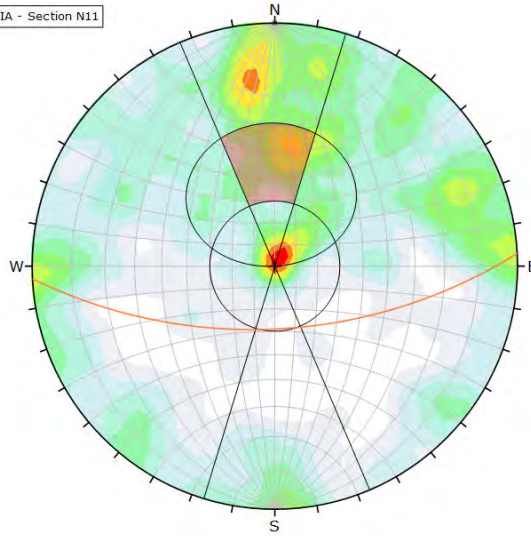
  

|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 47       | 966   | 4.87% |

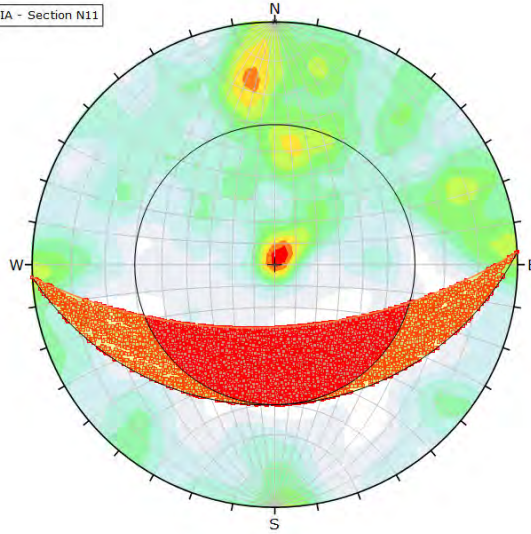
|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors      |
| Vector Count | 966 (966 Entries) |
| Hemisphere   | Lower             |
| Projection   | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N11



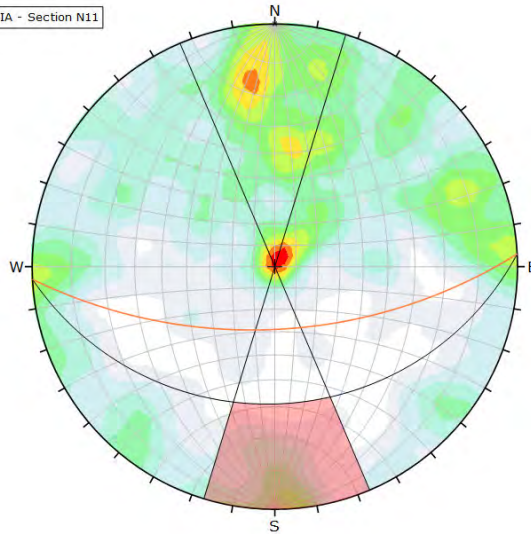
| Color                | Density Concentrations |
|----------------------|------------------------|
|                      | 0.00 - 0.35            |
|                      | 0.35 - 0.70            |
|                      | 0.70 - 1.05            |
|                      | 1.05 - 1.40            |
|                      | 1.40 - 1.75            |
|                      | 1.75 - 2.10            |
|                      | 2.10 - 2.45            |
|                      | 2.45 - 2.80            |
|                      | 2.80 - 3.15            |
|                      | 3.15 - 3.50            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 3.42%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Planar Sliding       |                        |
| Slope Dip            | 61                     |
| Slope Dip Direction  | 177                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
| Lateral Limits       | 20°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Planar Sliding (All) | 76 958 7.93%           |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 958 (958 Entries)      |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

ARVANITIA - Section N11



| Symbol               | Feature                |
|----------------------|------------------------|
| ■                    | Critical Intersection  |
| Color                | Density Concentrations |
|                      | 0.00 - 0.35            |
|                      | 0.35 - 0.70            |
|                      | 0.70 - 1.05            |
|                      | 1.05 - 1.40            |
|                      | 1.40 - 1.75            |
|                      | 1.75 - 2.10            |
|                      | 2.10 - 2.45            |
|                      | 2.45 - 2.80            |
|                      | 2.80 - 3.15            |
|                      | 3.15 - 3.50            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 3.42%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Wedge Sliding        |                        |
| Slope Dip            | 61                     |
| Slope Dip Direction  | 177                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Wedge Sliding        | 96069 458379 20.96%    |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 958 (958 Entries)      |
| Intersection Mode    | Grid Data Planes       |
| Intersections Count  | 458379                 |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

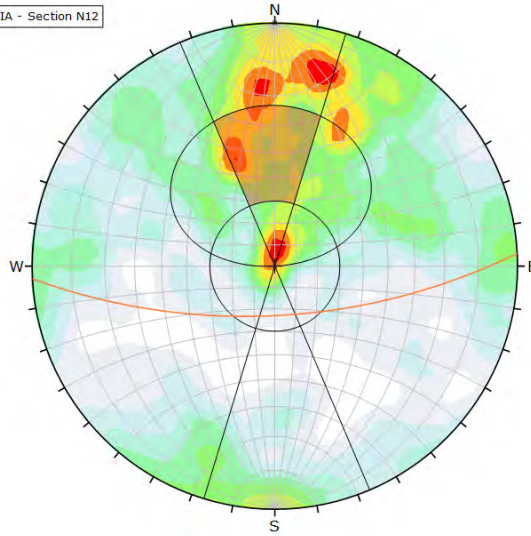
ARVANITIA - Section N11



| Color                   | Density Concentrations |
|-------------------------|------------------------|
|                         | 0.00 - 0.35            |
|                         | 0.35 - 0.70            |
|                         | 0.70 - 1.05            |
|                         | 1.05 - 1.40            |
|                         | 1.40 - 1.75            |
|                         | 1.75 - 2.10            |
|                         | 2.10 - 2.45            |
|                         | 2.45 - 2.80            |
|                         | 2.80 - 3.15            |
|                         | 3.15 - 3.50            |
| Contour Data            |                        |
| Maximum Density         | 3.42%                  |
| Contour Distribution    | Fisher                 |
| Counting Circle Size    | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis      |                        |
| Flexural Toppling       |                        |
| Slope Dip               | 61                     |
| Slope Dip Direction     | 177                    |
| Friction Angle          | 30°                    |
| Lateral Limits          | 20°                    |
|                         | Critical Total %       |
| Flexural Toppling (All) | 43 958 4.49%           |
| Plot Mode               |                        |
| Pole Vectors            |                        |
| Vector Count            | 958 (958 Entries)      |
| Hemisphere              | Lower                  |
| Projection              | Equal Angle            |

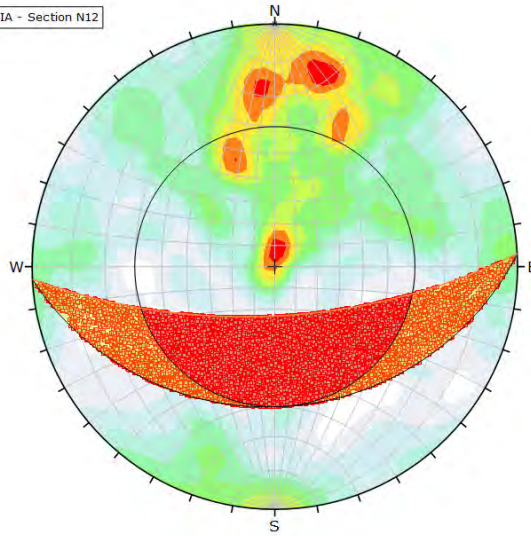


ARVANITIA - Section N12



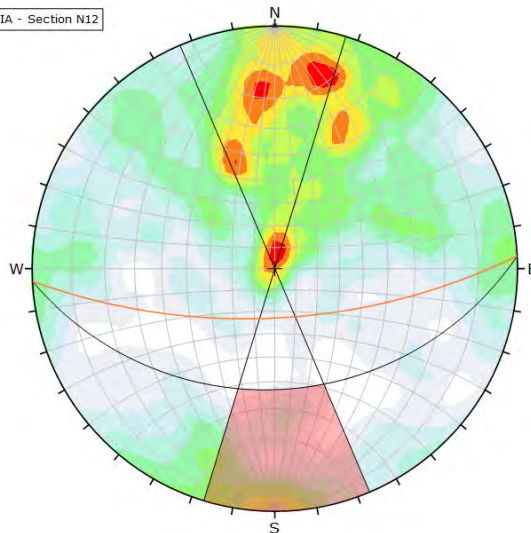
| Color                | Density Concentrations |
|----------------------|------------------------|
|                      | 0.00 - 0.30            |
|                      | 0.30 - 0.60            |
|                      | 0.60 - 0.90            |
|                      | 0.90 - 1.20            |
|                      | 1.20 - 1.50            |
|                      | 1.50 - 1.80            |
|                      | 1.80 - 2.10            |
|                      | 2.10 - 2.40            |
|                      | 2.40 - 2.70            |
|                      | 2.70 - 3.00            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 2.97%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Planar Sliding       |                        |
| Slope Dip            | 67                     |
| Slope Dip Direction  | 177                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
| Lateral Limits       | 20°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Planar Sliding (All) | 85 626 10.29%          |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 626 (826 Entries)      |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

ARVANITIA - Section N12



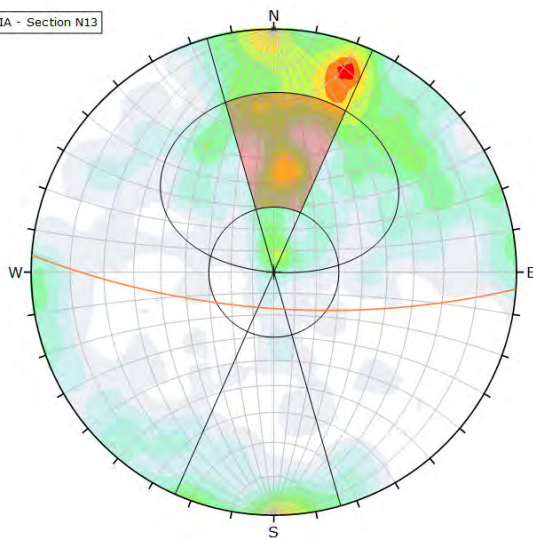
| Symbol               | Feature                |
|----------------------|------------------------|
| ■                    | Critical Intersection  |
| Color                |                        |
|                      | Density Concentrations |
|                      | 0.00 - 0.30            |
|                      | 0.30 - 0.60            |
|                      | 0.60 - 0.90            |
|                      | 0.90 - 1.20            |
|                      | 1.20 - 1.50            |
|                      | 1.50 - 1.80            |
|                      | 1.80 - 2.10            |
|                      | 2.10 - 2.40            |
|                      | 2.40 - 2.70            |
|                      | 2.70 - 3.00            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 2.97%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Wedge Sliding        |                        |
| Slope Dip            | 67                     |
| Slope Dip Direction  | 177                    |
| Friction Angle       | 30°                    |
|                      | Critical Total %       |
| Wedge Sliding        | 88269 340711 25.91%    |
| Plot Mode            |                        |
| Pole Vectors         |                        |
| Vector Count         | 826 (826 Entries)      |
| Intersection Mode    | Grid Data Planes       |
| Intersections Count  | 340711                 |
| Hemisphere           | Lower                  |
| Projection           | Equal Angle            |

ARVANITIA - Section N12



| Color                   | Density Concentrations |
|-------------------------|------------------------|
|                         | 0.00 - 0.30            |
|                         | 0.30 - 0.60            |
|                         | 0.60 - 0.90            |
|                         | 0.90 - 1.20            |
|                         | 1.20 - 1.50            |
|                         | 1.50 - 1.80            |
|                         | 1.80 - 2.10            |
|                         | 2.10 - 2.40            |
|                         | 2.40 - 2.70            |
|                         | 2.70 - 3.00            |
| Contour Data            |                        |
| Maximum Density         | 2.97%                  |
| Contour Distribution    | Fisher                 |
| Counting Circle Size    | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis      |                        |
| Flexural Toppling       |                        |
| Slope Dip               | 67                     |
| Slope Dip Direction     | 177                    |
| Friction Angle          | 30°                    |
| Lateral Limits          | 20°                    |
|                         | Critical Total %       |
| Flexural Toppling (All) | 46 626 5.57%           |
| Plot Mode               |                        |
| Pole Vectors            |                        |
| Vector Count            | 626 (826 Entries)      |
| Hemisphere              | Lower                  |
| Projection              | Equal Angle            |

ARVANITIA - Section N13



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.45            |
|       | 0.45 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.35            |
|       | 1.35 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.25            |
|       | 2.25 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.15            |
|       | 3.15 - 3.60            |
|       | 3.60 - 4.05            |
|       | 4.05 - 4.50            |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 4.24%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                |
|---------------------|--|----------------|
| Kinematic Analysis  |  | Planar Sliding |
| Slope Dip           |  | 73             |
| Slope Dip Direction |  | 184            |
| Friction Angle      |  | 30°            |
| Lateral Limits      |  | 20°            |

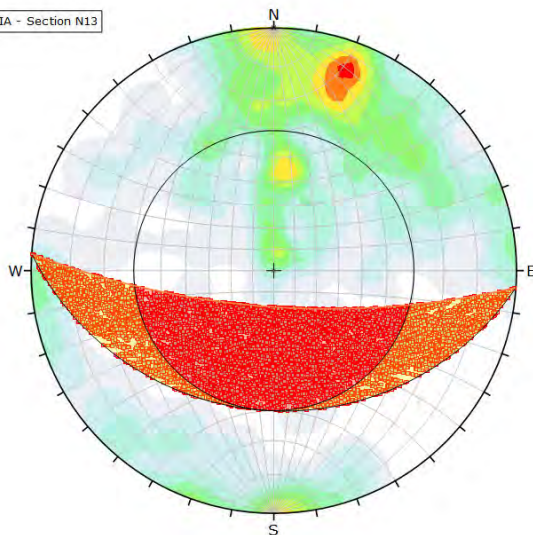
  

|                      |          |       |        |
|----------------------|----------|-------|--------|
|                      | Critical | Total | %      |
| Planar Sliding (All) | 56       | 405   | 13.83% |

|              |  |                   |
|--------------|--|-------------------|
| Plot Mode    |  | Pole Vectors      |
| Vector Count |  | 405 (405 Entries) |
| Hemisphere   |  | Lower             |
| Projection   |  | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N13



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.45            |
|       | 0.45 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.35            |
|       | 1.35 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.25            |
|       | 2.25 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.15            |
|       | 3.15 - 3.60            |
|       | 3.60 - 4.05            |
|       | 4.05 - 4.50            |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 4.24%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |               |
|---------------------|--|---------------|
| Kinematic Analysis  |  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           |  | 73            |
| Slope Dip Direction |  | 184           |
| Friction Angle      |  | 30°           |
| Lateral Limits      |  | 20°           |

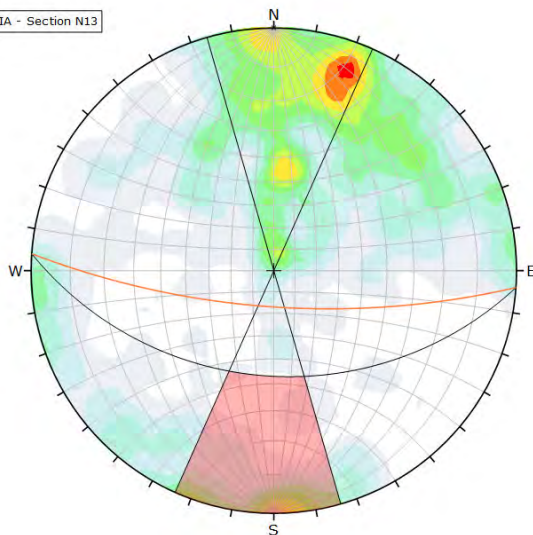
  

|               |          |       |        |
|---------------|----------|-------|--------|
|               | Critical | Total | %      |
| Wedge Sliding | 25852    | 81804 | 31.60% |

|                     |  |                   |
|---------------------|--|-------------------|
| Plot Mode           |  | Pole Vectors      |
| Vector Count        |  | 405 (405 Entries) |
| Intersection Mode   |  | Grid Data Planes  |
| Intersections Count |  | 81804             |
| Hemisphere          |  | Lower             |
| Projection          |  | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section N13



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
|       | 0.00 - 0.45            |
|       | 0.45 - 0.90            |
|       | 0.90 - 1.35            |
|       | 1.35 - 1.80            |
|       | 1.80 - 2.25            |
|       | 2.25 - 2.70            |
|       | 2.70 - 3.15            |
|       | 3.15 - 3.60            |
|       | 3.60 - 4.05            |
|       | 4.05 - 4.50            |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 4.24%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                   |
|---------------------|--|-------------------|
| Kinematic Analysis  |  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           |  | 73                |
| Slope Dip Direction |  | 184               |
| Friction Angle      |  | 30°               |
| Lateral Limits      |  | 20°               |

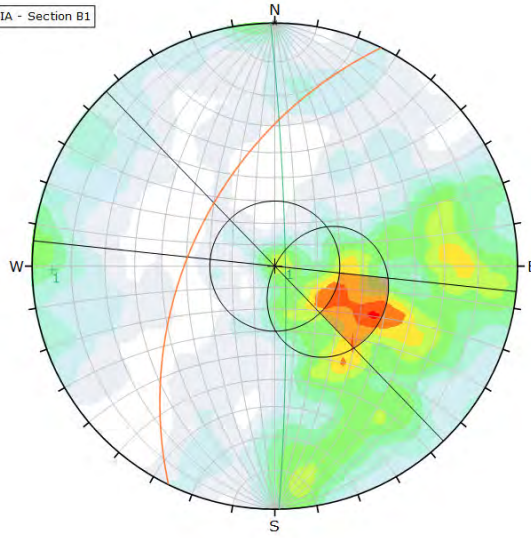
|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 23       | 405   | 5.68% |

|              |  |                   |
|--------------|--|-------------------|
| Plot Mode    |  | Pole Vectors      |
| Vector Count |  | 405 (405 Entries) |
| Hemisphere   |  | Lower             |
| Projection   |  | Equal Angle       |

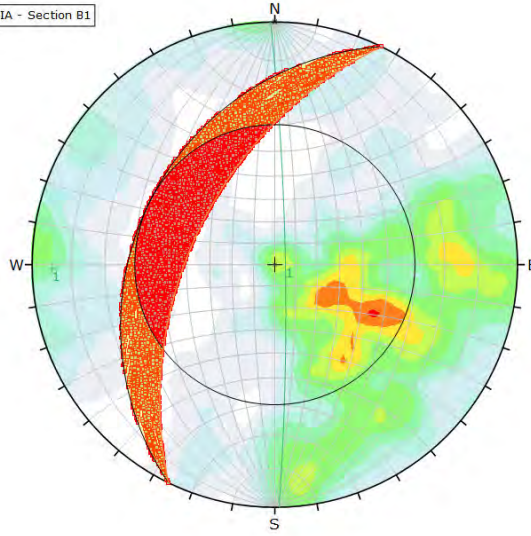


ARVANITIA - Section B1



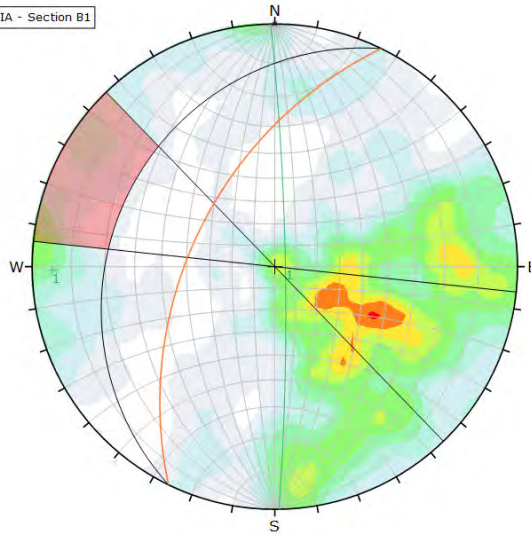
| Color                | Density Concentrations |
|----------------------|------------------------|
|                      | 0.00 - 0.35            |
|                      | 0.35 - 0.70            |
|                      | 0.70 - 1.05            |
|                      | 1.05 - 1.40            |
|                      | 1.40 - 1.75            |
|                      | 1.75 - 2.10            |
|                      | 2.10 - 2.45            |
|                      | 2.45 - 2.80            |
|                      | 2.80 - 3.15            |
|                      | 3.15 - 3.50            |
| Contour Data         |                        |
| Maximum Density      | 3.25%                  |
| Contour Distribution | Fisher                 |
| Counting Circle Size | 1.0%                   |
| Kinematic Analysis   |                        |
| Planar Sliding       |                        |
| Slope Dip            | 52°                    |
| Slope Dip Direction  | 296°                   |
| Friction Angle       | 30°                    |
| Lateral Limits       | 20°                    |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |
|                      |                        |

ARVANITIA - Section B1



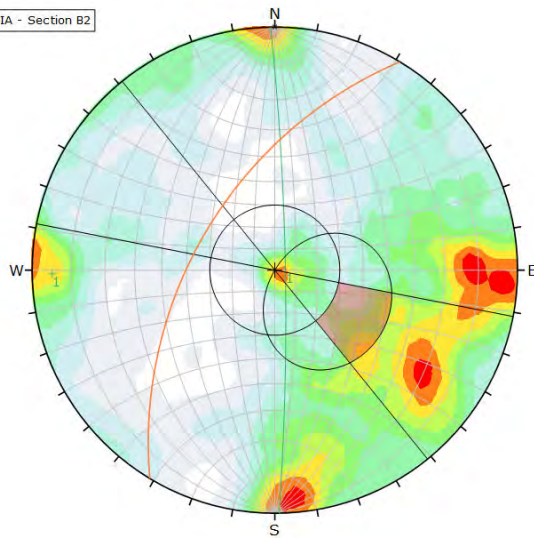
| Symbol                                                                              |                       | Feature                |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------|--------|
| ■                                                                                   | Critical Intersection |                        |        |        |
| Color                                                                               |                       | Density Concentrations |        |        |
|  |                       | 0.00 - 0.35            |        |        |
|                                                                                     |                       | 0.35 - 0.70            |        |        |
|                                                                                     |                       | 0.70 - 1.05            |        |        |
|                                                                                     |                       | 1.05 - 1.40            |        |        |
|                                                                                     |                       | 1.40 - 1.75            |        |        |
|                                                                                     |                       | 1.75 - 2.10            |        |        |
|                                                                                     |                       | 2.10 - 2.45            |        |        |
|                                                                                     |                       | 2.45 - 2.80            |        |        |
|                                                                                     |                       | 2.80 - 3.15            |        |        |
|                                                                                     |                       | 3.15 - 3.50            |        |        |
| Contour Data                                                                        |                       | Pole Vectors           |        |        |
| Maximum Density                                                                     |                       | 3.25%                  |        |        |
| Contour Distribution                                                                |                       | Fisher                 |        |        |
| Counting Circle Size                                                                |                       | 1.0%                   |        |        |
| Kinematic Analysis                                                                  |                       |                        |        |        |
| Wedge Sliding                                                                       |                       |                        |        |        |
| Slope Dip                                                                           |                       | 52                     |        |        |
| Slope Dip Direction                                                                 |                       | 296                    |        |        |
| Friction Angle                                                                      |                       | 30°                    |        |        |
|                                                                                     |                       | Critical               | Total  | %      |
| Wedge Sliding                                                                       |                       | 39311                  | 237005 | 16.59% |
| Plot Mode                                                                           |                       | Pole Vectors           |        |        |
| Vector Count                                                                        |                       | 689 (689 Entries)      |        |        |
| Intersection Mode                                                                   |                       | Grid Data Planes       |        |        |
| Intersections Count                                                                 |                       | 237005                 |        |        |
| Hemisphere                                                                          |                       | Lower                  |        |        |
| Projection                                                                          |                       | Equal Angle            |        |        |

ARVANITIA - Section B1



| Color                   | Density Concentrations |                   |       |       |
|-------------------------|------------------------|-------------------|-------|-------|
|                         | 0.00 - 0.35            |                   |       |       |
|                         | 0.35 - 0.70            |                   |       |       |
|                         | 0.70 - 1.05            |                   |       |       |
|                         | 1.05 - 1.40            |                   |       |       |
|                         | 1.40 - 1.75            |                   |       |       |
|                         | 1.75 - 2.10            |                   |       |       |
|                         | 2.10 - 2.45            |                   |       |       |
|                         | 2.45 - 2.80            |                   |       |       |
|                         | 2.80 - 3.15            |                   |       |       |
|                         | 3.15 - 3.50            |                   |       |       |
| Contour Data            |                        | Pole Vectors      |       |       |
| Maximum Density         |                        | 3.25%             |       |       |
| Contour Distribution    |                        | Fisher            |       |       |
| Counting Circle Size    |                        | 1.0%              |       |       |
| Kinematic Analysis      |                        | Flexural Toppling |       |       |
| Slope Dip               |                        | 52                |       |       |
| Slope Dip Direction     |                        | 296               |       |       |
| Friction Angle          |                        | 30°               |       |       |
| Lateral Limits          |                        | 20°               |       |       |
|                         |                        | Critical          | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) |                        | 26                | 689   | 3.77% |
| Plot Mode               |                        | Pole Vectors      |       |       |
| Vector Count            |                        | 689 (689 Entries) |       |       |
| Hemisphere              |                        | Lower             |       |       |
| Projection              |                        | Equal Angle       |       |       |

ARVANITIA - Section B2



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.03%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                |
|---------------------|--|----------------|
| Kinematic Analysis  |  | Planar Sliding |
| Slope Dip           |  | 54             |
| Slope Dip Direction |  | 301            |
| Friction Angle      |  | 30°            |
| Lateral Limits      |  | 20°            |

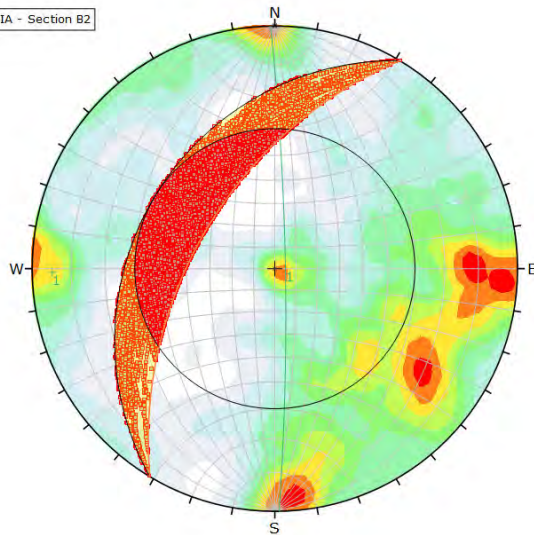
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 44       | 983   | 4.48% |

|              |  |                   |
|--------------|--|-------------------|
| Plot Mode    |  | Pole Vectors      |
| Vector Count |  | 983 (983 Entries) |
| Hemisphere   |  | Lower             |
| Projection   |  | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section B2



| Symbol | Feature               |
|--------|-----------------------|
| ■      | Critical Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.03%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |               |
|---------------------|--|---------------|
| Kinematic Analysis  |  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           |  | 54            |
| Slope Dip Direction |  | 301           |
| Friction Angle      |  | 30°           |
| Lateral Limits      |  | 20°           |

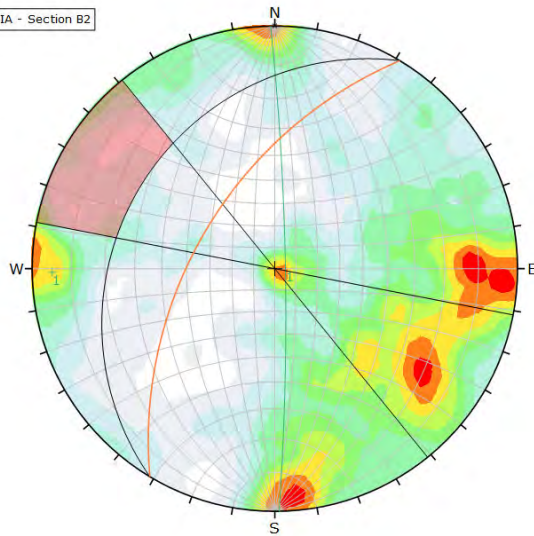
  

|               |          |        |        |
|---------------|----------|--------|--------|
|               | Critical | Total  | %      |
| Wedge Sliding | 63670    | 482631 | 13.19% |

|                     |  |                   |
|---------------------|--|-------------------|
| Plot Mode           |  | Pole Vectors      |
| Vector Count        |  | 983 (983 Entries) |
| Intersection Mode   |  | Grid Data Planes  |
| Intersections Count |  | 482631            |
| Hemisphere          |  | Lower             |
| Projection          |  | Equal Angle       |

ARVANITIA - Section B2



| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| 0.00  | - 0.31                 |
| 0.31  | - 0.62                 |
| 0.62  | - 0.93                 |
| 0.93  | - 1.24                 |
| 1.24  | - 1.55                 |
| 1.55  | - 1.86                 |
| 1.86  | - 2.17                 |
| 2.17  | - 2.48                 |
| 2.48  | - 2.79                 |
| 2.79  | - 3.10                 |

|                      |  |              |
|----------------------|--|--------------|
| Contour Data         |  | Pole Vectors |
| Maximum Density      |  | 3.03%        |
| Contour Distribution |  | Fisher       |
| Counting Circle Size |  | 1.0%         |

|                     |  |                  |
|---------------------|--|------------------|
| Kinematic Analysis  |  | Flexural Topping |
| Slope Dip           |  | 54               |
| Slope Dip Direction |  | 301              |
| Friction Angle      |  | 30°              |
| Lateral Limits      |  | 20°              |

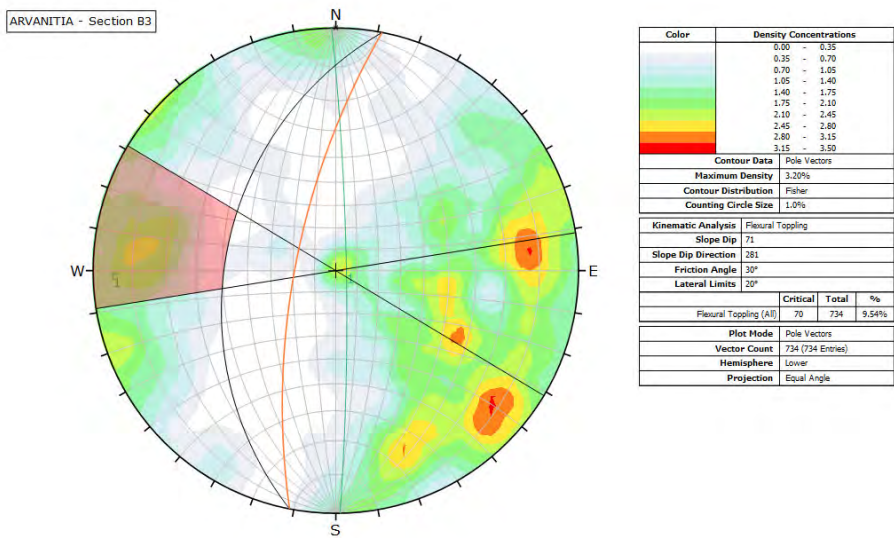
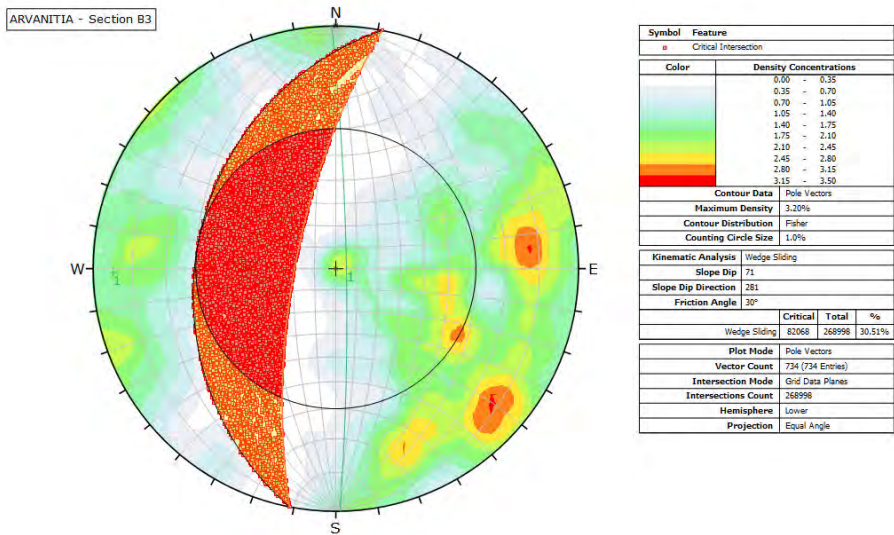
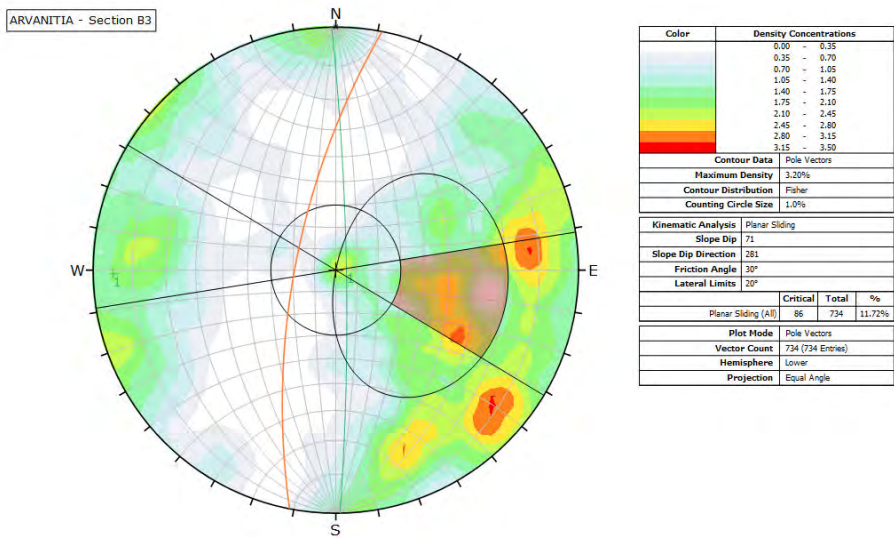
  

|                        |          |       |       |
|------------------------|----------|-------|-------|
|                        | Critical | Total | %     |
| Flexural Topping (All) | 33       | 983   | 3.36% |

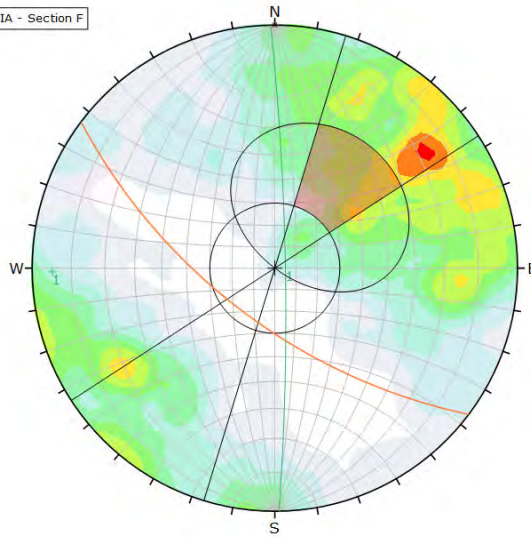
  

|              |  |                   |
|--------------|--|-------------------|
| Plot Mode    |  | Pole Vectors      |
| Vector Count |  | 983 (983 Entries) |
| Hemisphere   |  | Lower             |
| Projection   |  | Equal Angle       |





ARVANITIA - Section F



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.35 |                        |
| 0.35 - 0.70 |                        |
| 0.70 - 1.05 |                        |
| 1.05 - 1.40 |                        |
| 1.40 - 1.75 |                        |
| 1.75 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.45 |                        |
| 2.45 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.23%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Kinematic Analysis  | Planar Sliding |
| Slope Dip           | 65             |
| Slope Dip Direction | 217            |
| Friction Angle      | 30°            |
| Lateral Limits      | 20°            |

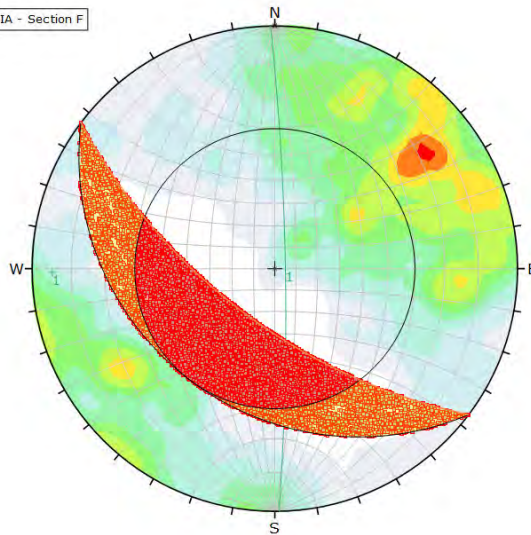
  

|                      |          |       |       |
|----------------------|----------|-------|-------|
|                      | Critical | Total | %     |
| Planar Sliding (All) | 101      | 1105  | 9.14% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 1105 (1105 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section F



|        |                       |
|--------|-----------------------|
| Symbol | Feature               |
| ■      | Critical Intersection |

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| Color       | Density Concentrations |
| 0.00 - 0.35 |                        |
| 0.35 - 0.70 |                        |
| 0.70 - 1.05 |                        |
| 1.05 - 1.40 |                        |
| 1.40 - 1.75 |                        |
| 1.75 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.45 |                        |
| 2.45 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.23%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Kinematic Analysis  | Wedge Sliding |
| Slope Dip           | 65            |
| Slope Dip Direction | 217           |
| Friction Angle      | 30°           |
| Lateral Limits      | 20°           |

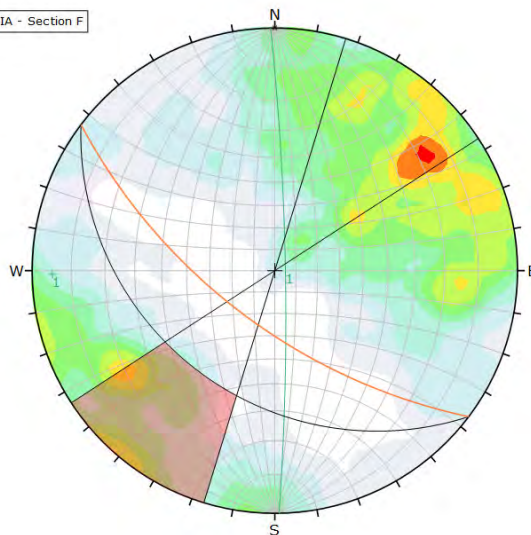
  

|               |          |        |        |
|---------------|----------|--------|--------|
|               | Critical | Total  | %      |
| Wedge Sliding | 148414   | 609911 | 24.33% |

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Plot Mode           | Pole Vectors        |
| Vector Count        | 1105 (1105 Entries) |
| Intersection Mode   | Grid Data Planes    |
| Intersections Count | 609911              |
| Hemisphere          | Lower               |
| Projection          | Equal Angle         |

ARVANITIA - Section F



| Color       | Density Concentrations |
|-------------|------------------------|
| 0.00 - 0.35 |                        |
| 0.35 - 0.70 |                        |
| 0.70 - 1.05 |                        |
| 1.05 - 1.40 |                        |
| 1.40 - 1.75 |                        |
| 1.75 - 2.10 |                        |
| 2.10 - 2.45 |                        |
| 2.45 - 2.80 |                        |
| 2.80 - 3.15 |                        |
| 3.15 - 3.50 |                        |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Contour Data         | Pole Vectors |
| Maximum Density      | 3.23%        |
| Contour Distribution | Fisher       |
| Counting Circle Size | 1.0%         |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Kinematic Analysis  | Flexural Toppling |
| Slope Dip           | 65                |
| Slope Dip Direction | 217               |
| Friction Angle      | 30°               |
| Lateral Limits      | 20°               |

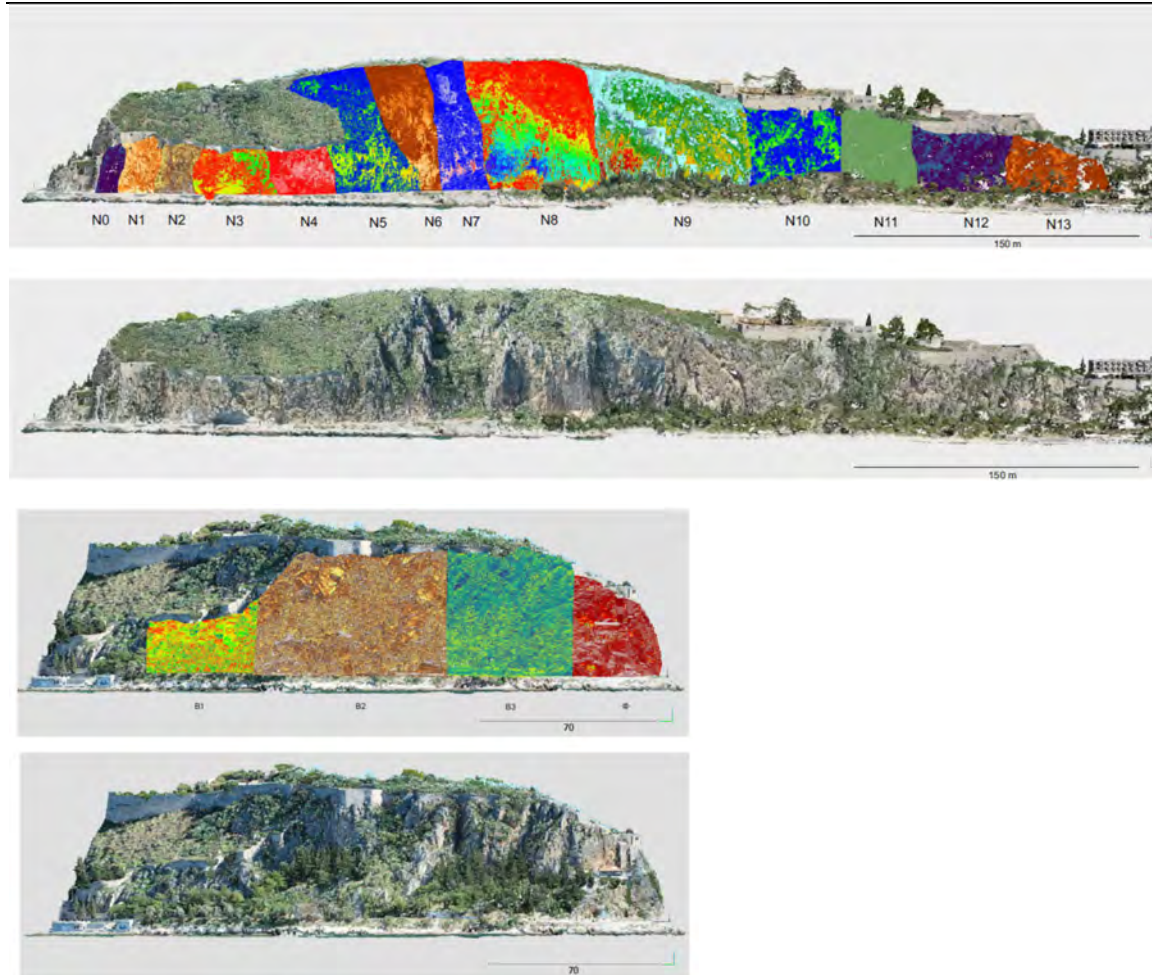
|                         |          |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|
|                         | Critical | Total | %     |
| Flexural Toppling (All) | 100      | 1105  | 9.05% |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Plot Mode    | Pole Vectors        |
| Vector Count | 1105 (1105 Entries) |
| Hemisphere   | Lower               |
| Projection   | Equal Angle         |

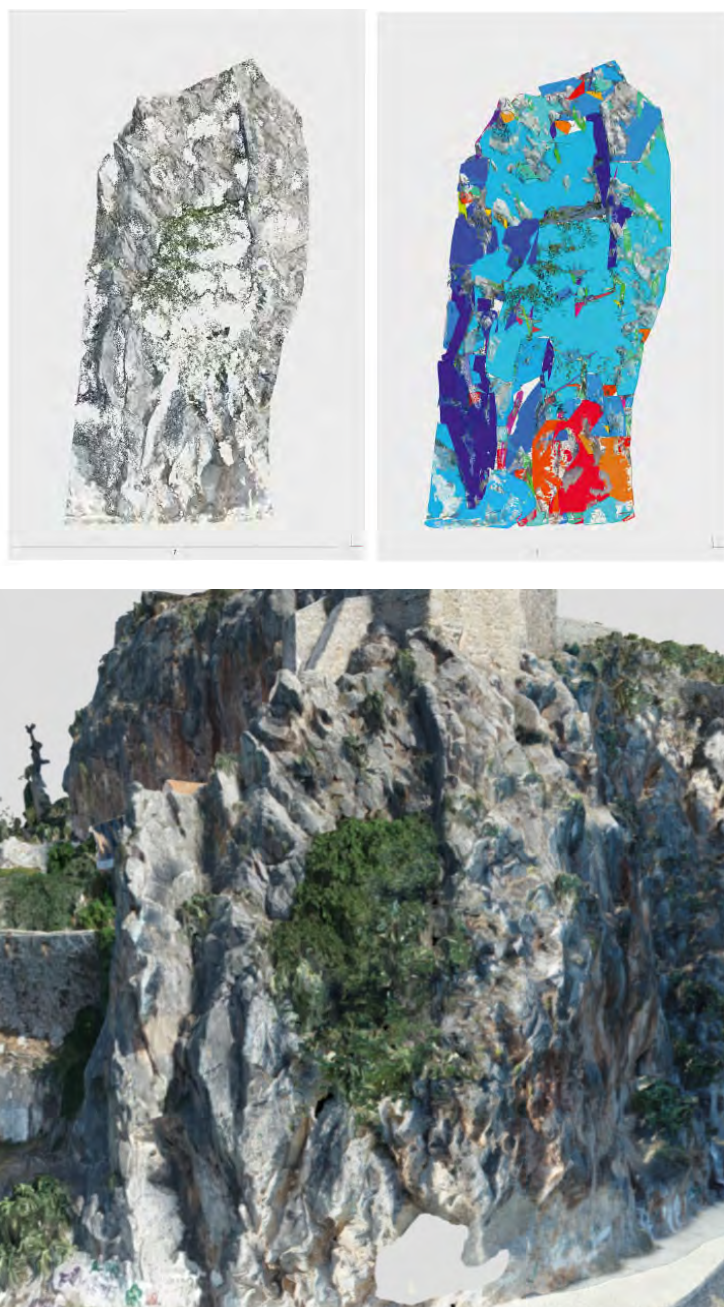
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΣΦΗΝΟΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΩΝ  
ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ**





| Τμήμα         | Ύψος Πρανούς (m) | Μέση Κλίση<br>Πρανούς/Dip (°) | Μέση Φορά<br>μέγιστης κλίσης/<br>Dip Direction (°) |
|---------------|------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| N0            | 29.91            | 68                            | 200                                                |
| N1            | 35.32            | 75                            | 138                                                |
| N2            | 29.45            | 76                            | 164                                                |
| N3            | 26.17            | 79                            | 155                                                |
| N4            | 28.17            | 75                            | 156                                                |
| N5 ( UP/DOWN) | 62.2/31.24       | 44/77                         | 181/157                                            |
| N6 ( UP/DOWN) | 31.54/61.19      | 33/58                         | 165/157                                            |
| N7 ( UP/DOWN) | 53.75/40.86      | 47/66                         | 175/169                                            |
| N8 ( UP/DOWN) | 47.42/40.75      | 43/83                         | 173/164                                            |
| N9            | 65.44            | 77                            | 168                                                |
| N10           | 53.26            | 62                            | 160                                                |
| N11           | 54.5             | 61                            | 177                                                |
| N12           | 41.54            | 67                            | 177                                                |
| N13           | 29.46            | 73                            | 184                                                |
| B1            | 19.2             | 51                            | 296                                                |
| B2            | 30               | 59                            | 301                                                |
| B3            | 35               | 68                            | 281                                                |
| Φ             | 54               | 52                            | 228                                                |

- **ΤΜΗΜΑ Ν0**



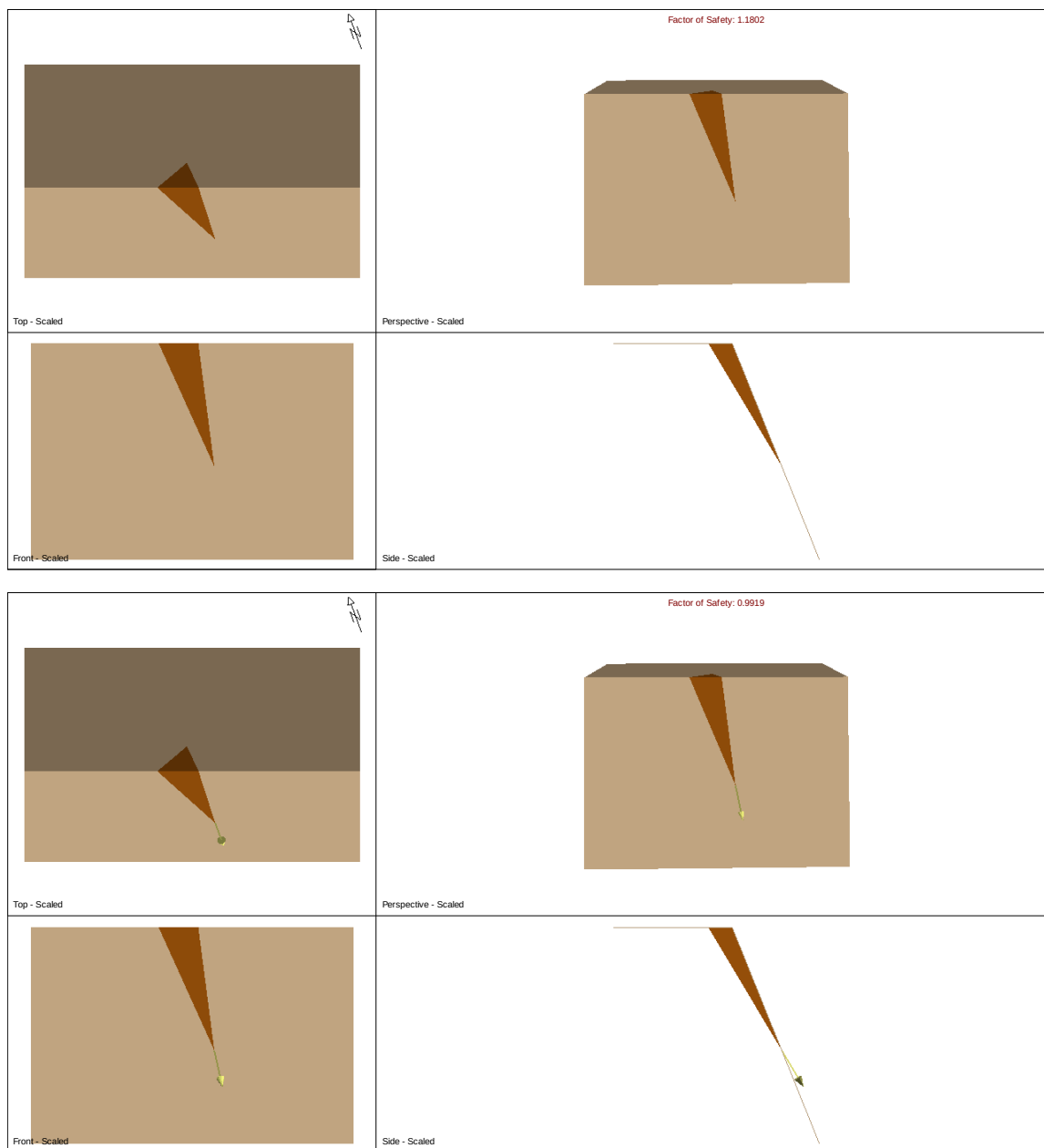
Σχήμα Ν0.1 Τμήμα Ν0

Πίνακας Ν0.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα Ν0

| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 59               | 160                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 68               | 127                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 87               | 357                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 87               | 265                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας Ν0.2 Συνδυασμός συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 και 10 m.

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|----------------|-----------------|-------------------------|
| 1   | F02 | F04 | 1.2/1.9        | 1.0/1.6         | 52/6.2                  |

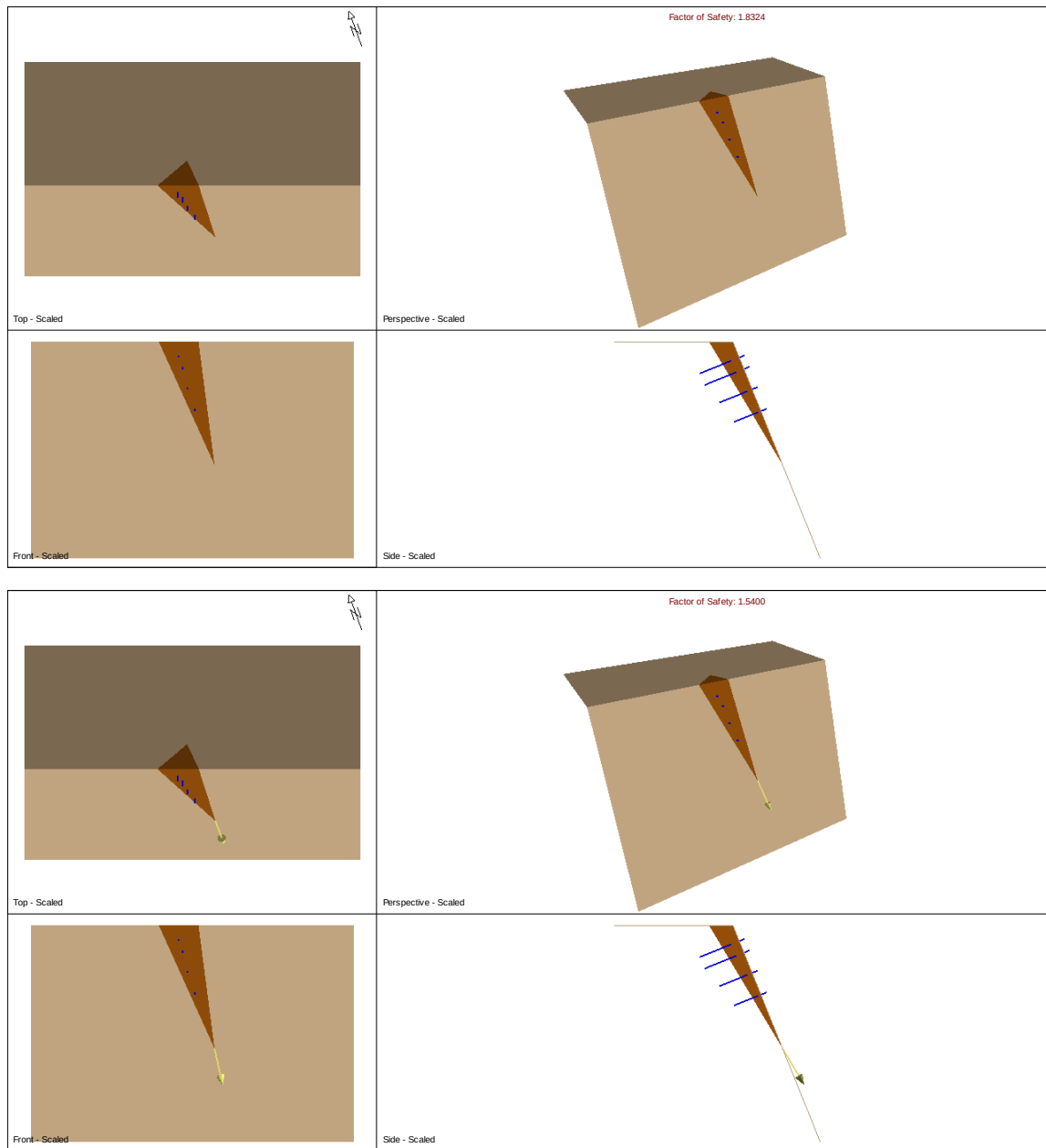


Σχήμα Ν0.2 Σκαρίφημα τμήματος Ν0 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Πίνακας Ν0.3 Συνδυασμός συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m και αγκύρωση.

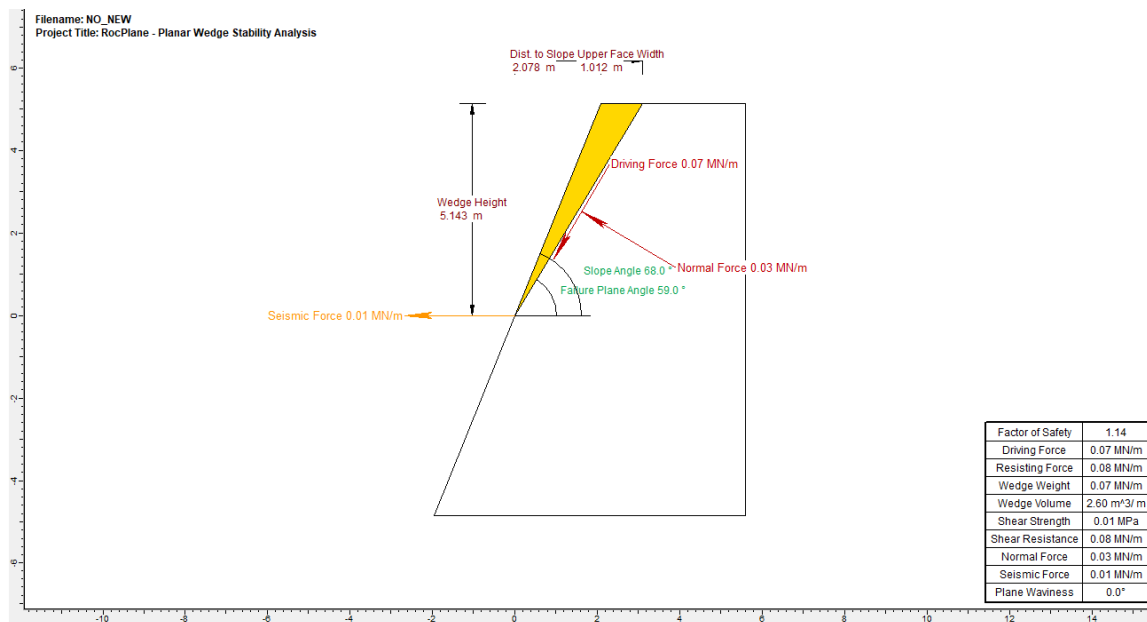
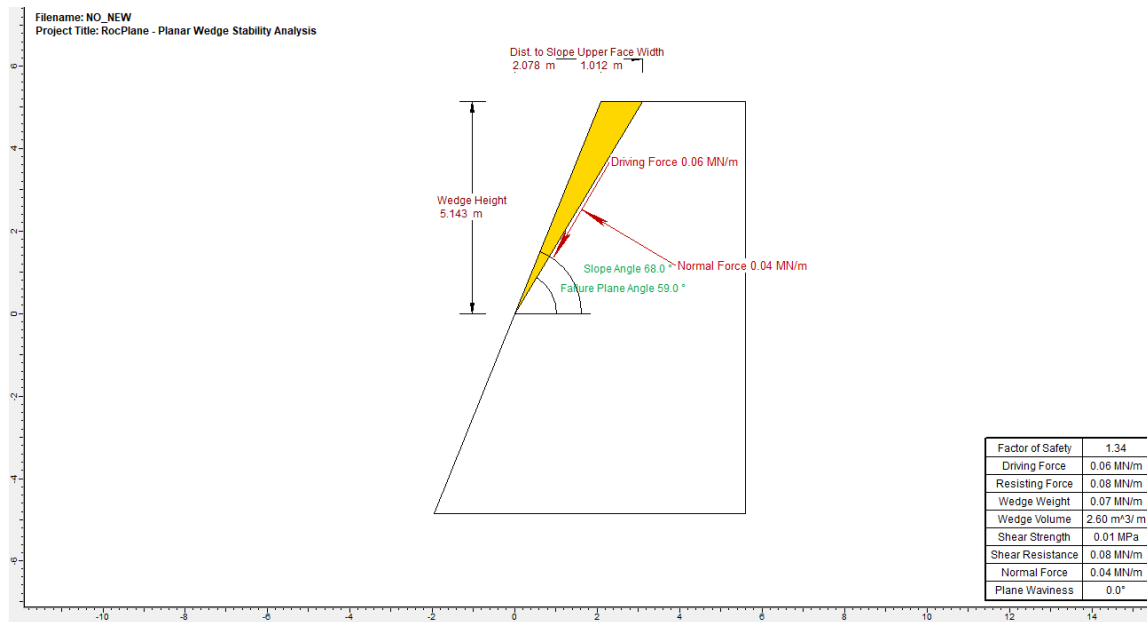
| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|----------------|-----------------|-------------------------|
| 1   | F02 | F04 | 1.8            | 1.5             | 52                      |



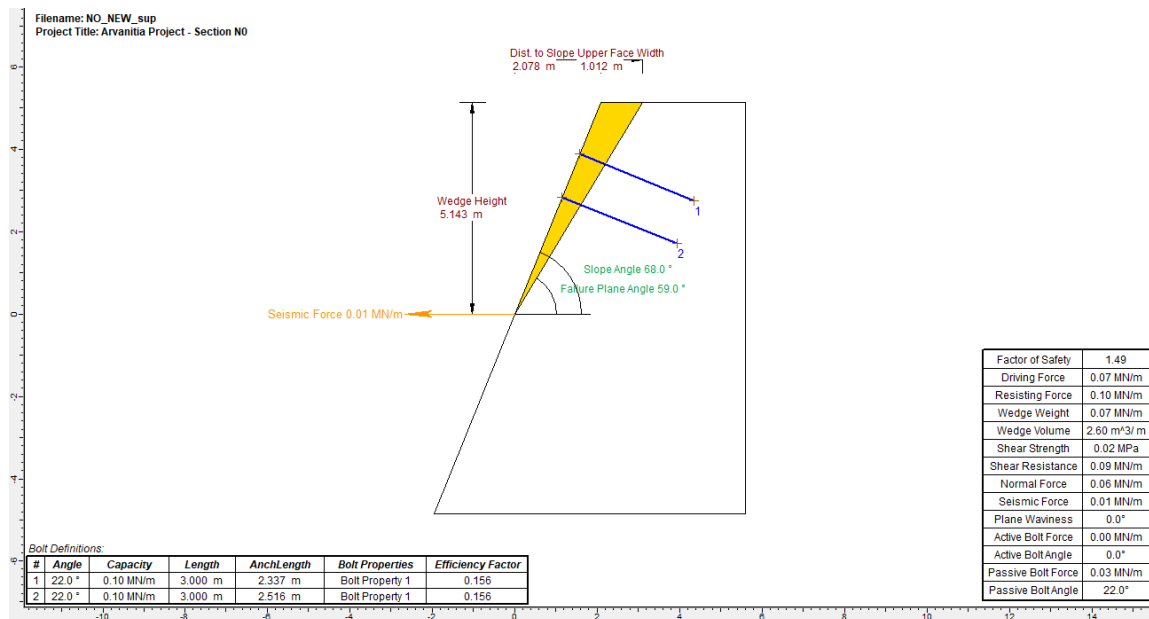
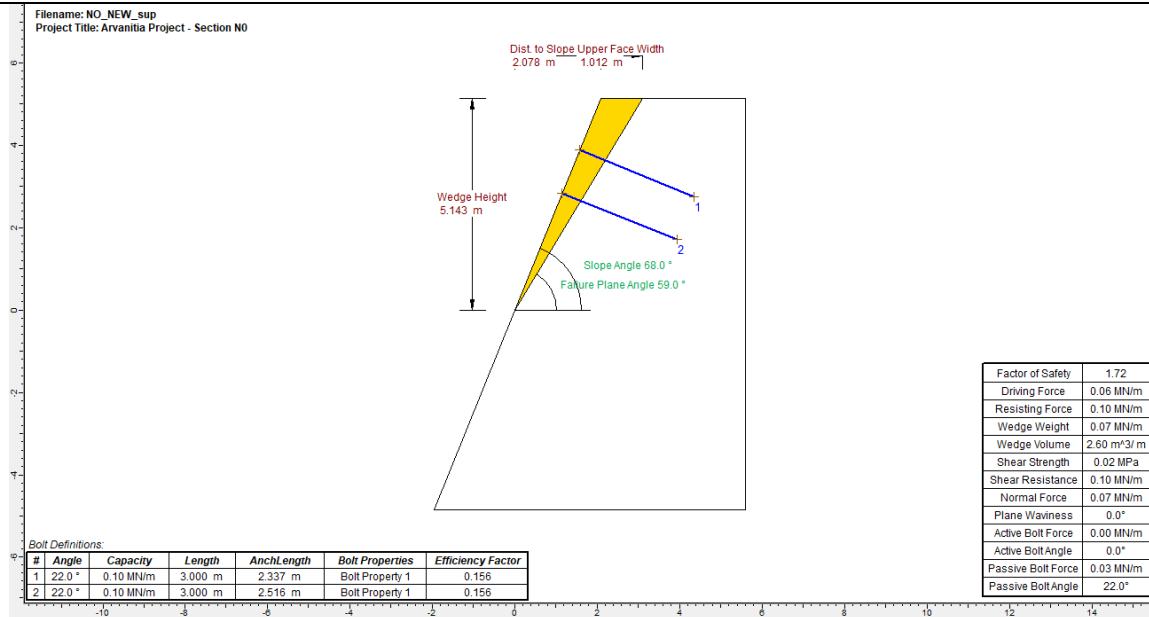
Σχήμα Ν0.3 Σκαρίφημα τμήματος Ν0 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας Ν0.4 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 6 m.

| α/α |     | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Σ.Α.με αγκύρωση<br>στατικές/ σεισμικές |
|-----|-----|----------------|-----------------|----------------------------------------|
| 1   | F01 | 1.34           | 1.14            | 1.7/1.5                                |

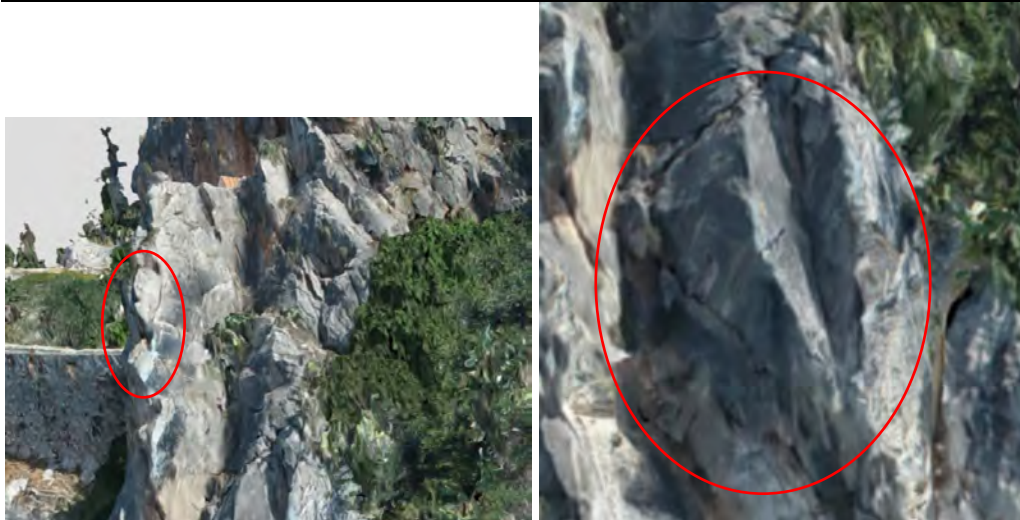


Σχήμα Ν0.4 Σκαρίφημα τμήματος Ν0 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.1 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N0.5 Σκαρίφημα τμήματος N0 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.1 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Άποψη του πρανούς ΝΟ όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητική ολίσθηση σφήνας

• **ΤΜΗΜΑ N1**



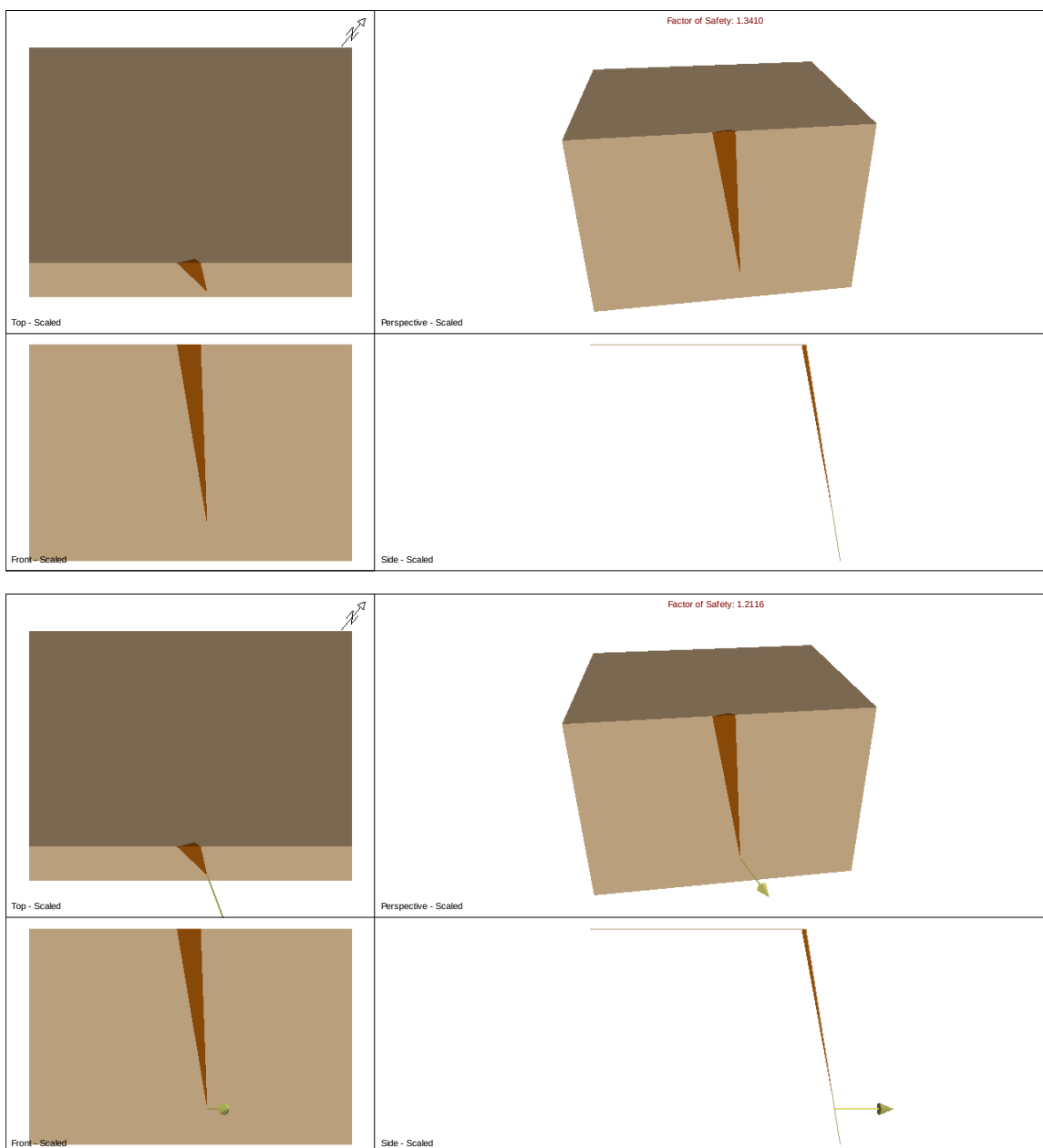
Σχήμα N1.1 Τμήμα N1

Πίνακας N1-1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N1

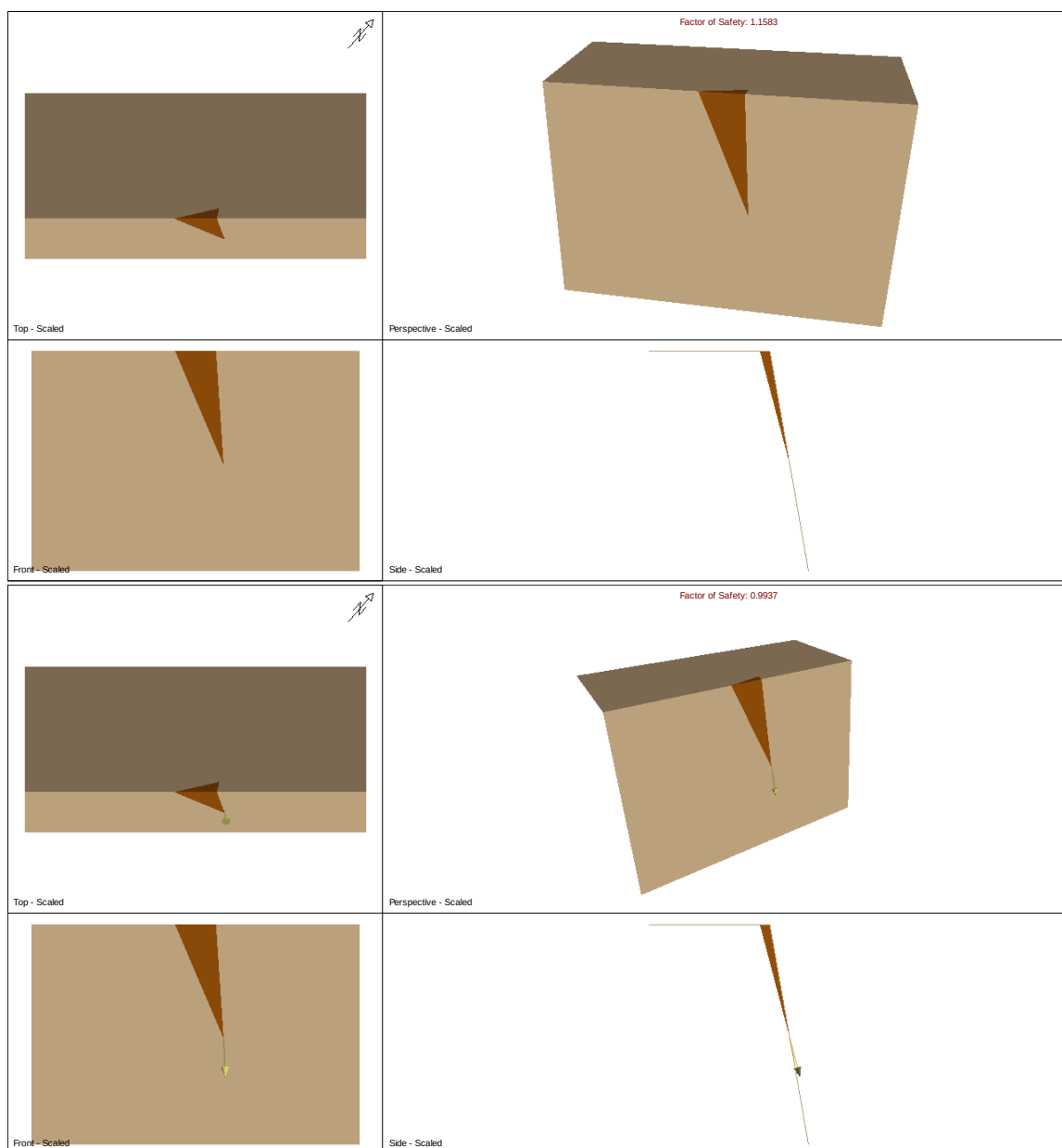
| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 79               | 126                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 84               | 177                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 8                | 163                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 84               | 62                                    | 10                | 30                    |

Πίνακας Ν1.2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 και 10 m.

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                   | Σ.Α.(σεισμικές)                  | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F02 | 1.3/-                            | 1.2/-                            | 13.7/-                  |
| 2   | F01 | F04 | 1.2/2.1<br>2.0/- (με<br>αγκύρωση | 1.0/1.9<br>1.7/- (με<br>αγκύρωση | 31/ 4                   |

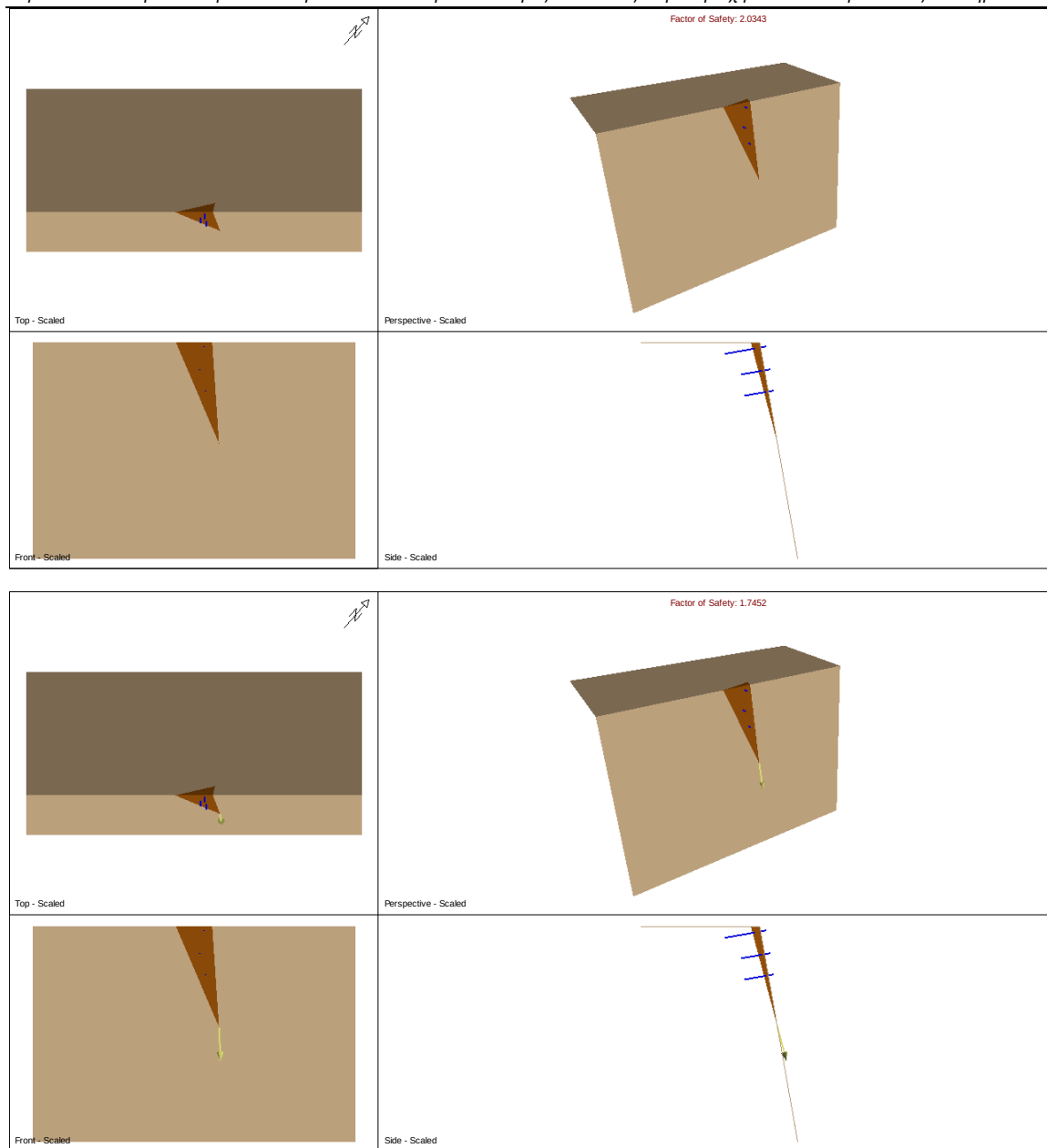


Σχήμα Ν1.2 Σκαρίφημα τμήματος Ν1 για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F02 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

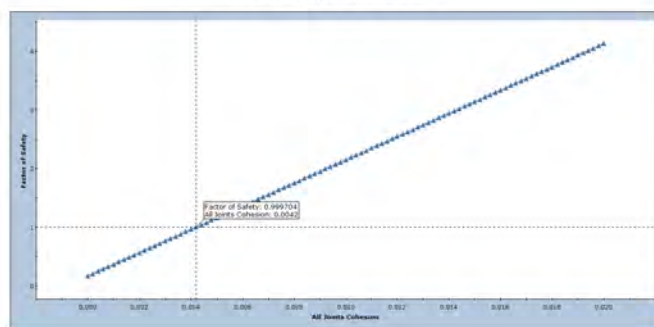


Σχήμα N1.3 Σκαρίφημα τμήματος N1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

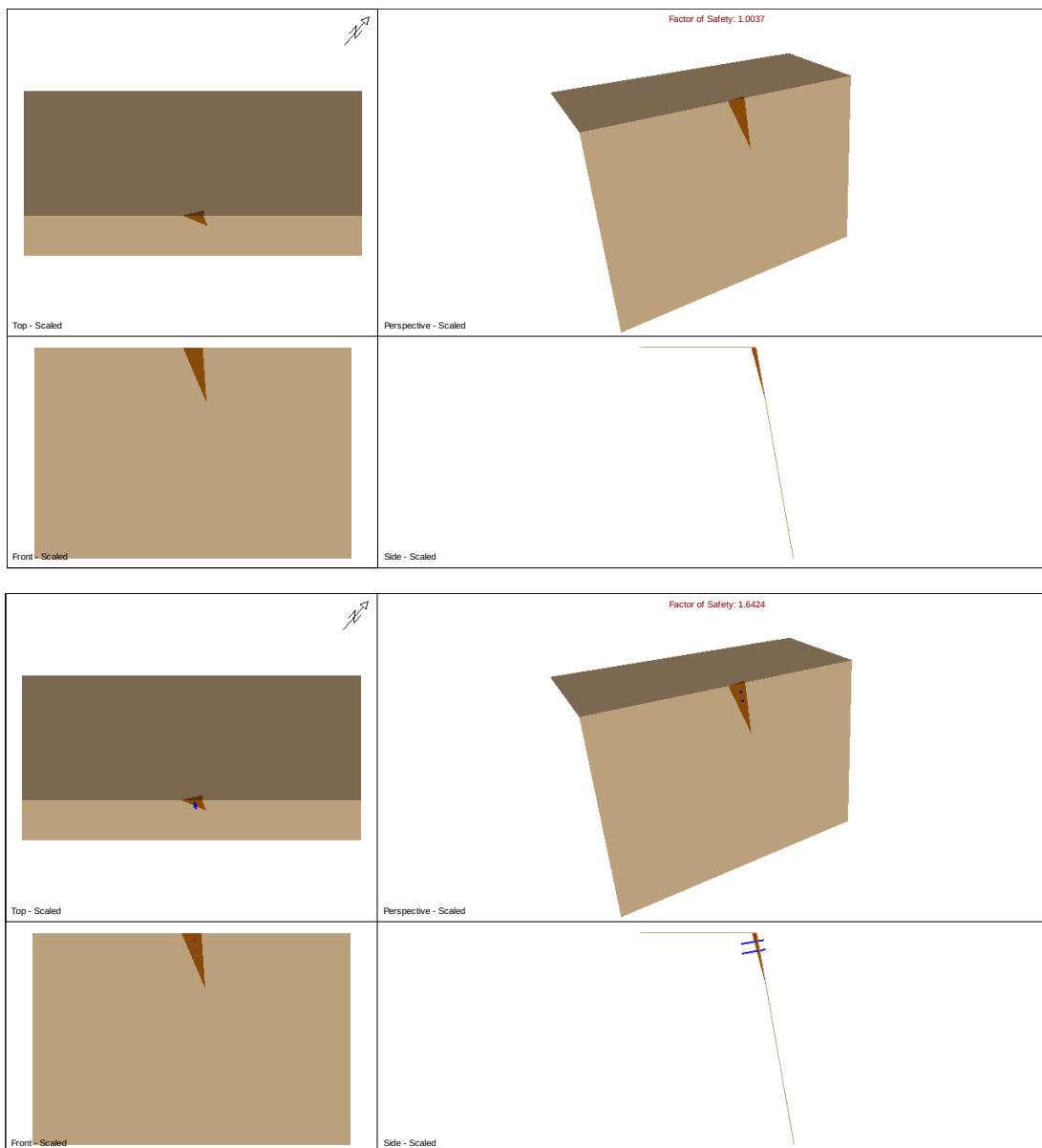




Σχήμα N1.4 Σκαρίφημα τμήματος N1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



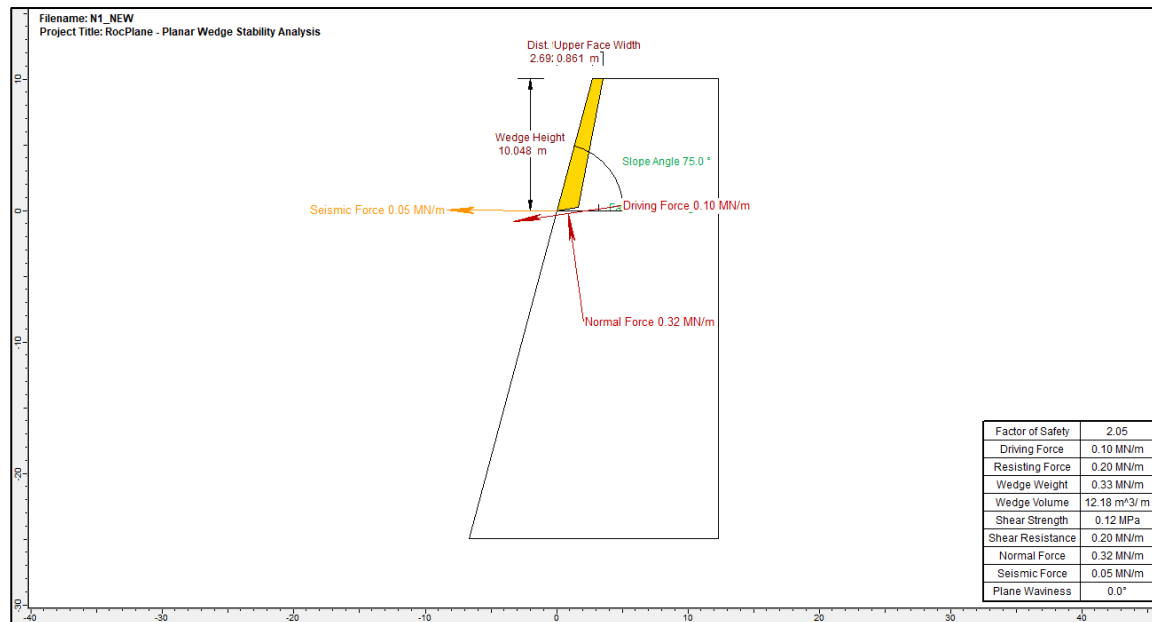
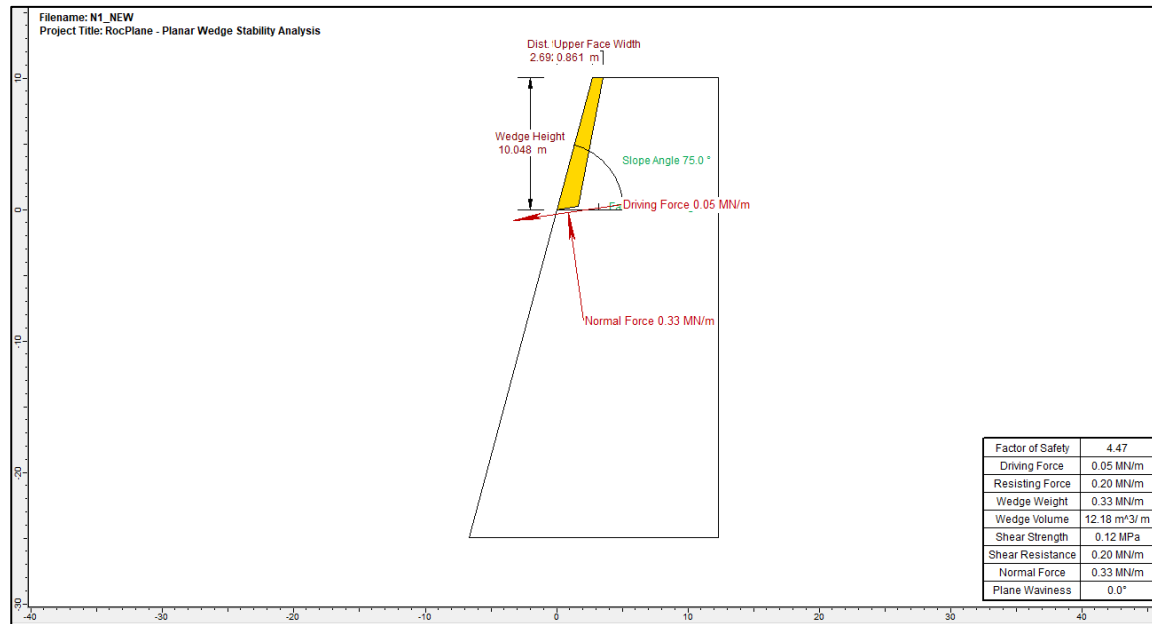
Σχήμα N1.5 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών  $F01/F04$  για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 10 m σε στατικές συνθήκες ( $c_c=4.2$  kPa)



Σχήμα N1.6 Σκαρίφημα τμήματος N1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό  $F01/F04$  για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 10 m χωρίς και με αγκύρωση σε στατικές συνθήκες για συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών  $c=4.2$  kPa

Πίνακας N1.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) |
|-----|-----|----------------|-----------------|
| 1   | F03 | 4.5            | 2.1             |



Σχήμα N1.7 Σκαρίφημα τμήματος N1 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F03 με θεώρηση εφελκυστικής ρωγμής την ασυνέχεια F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 10 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N1 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητική ολίσθηση τεμάχους



• **ΤΜΗΜΑ N2**

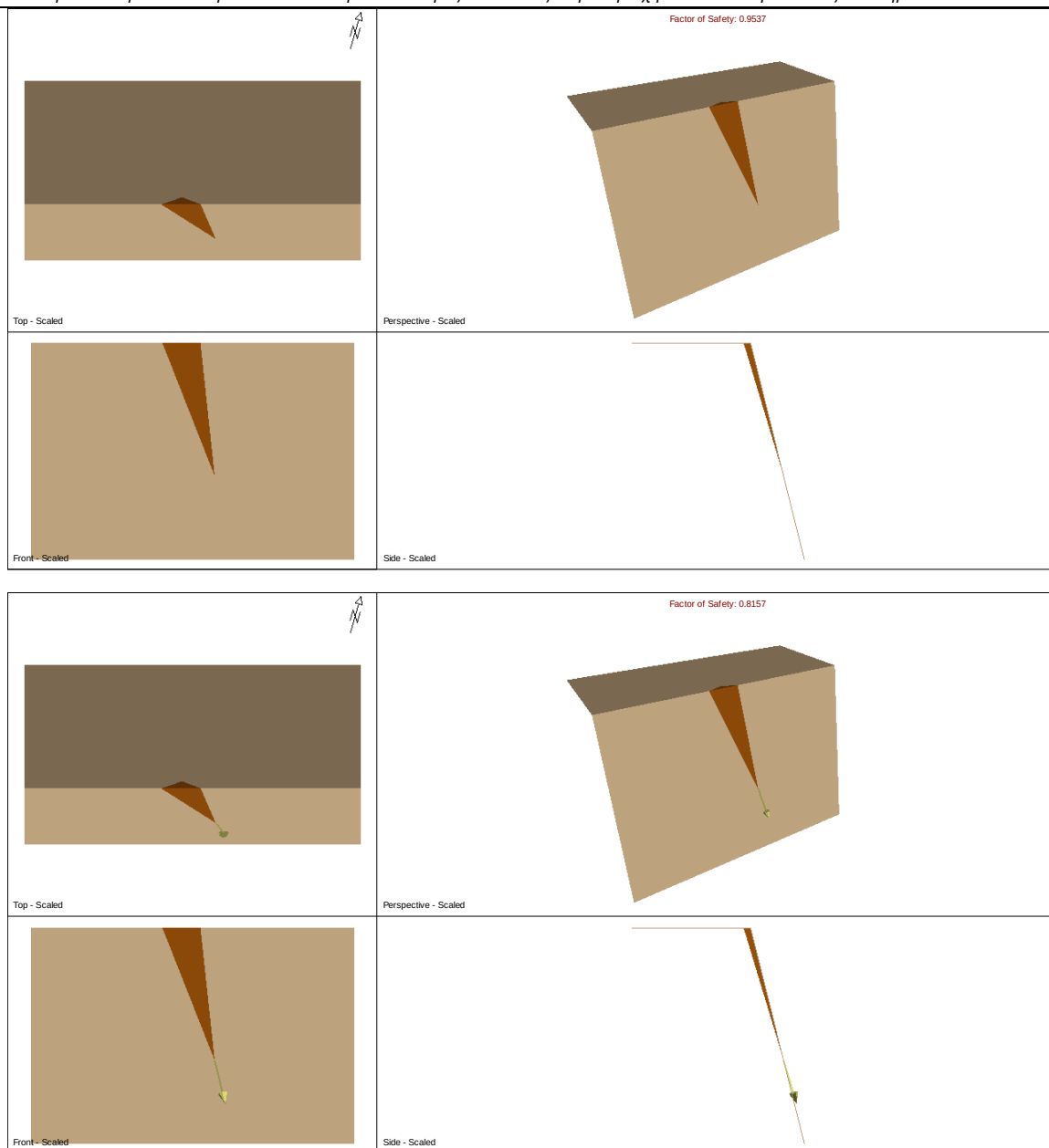


Σχήμα N2.1 Τμήμα N2

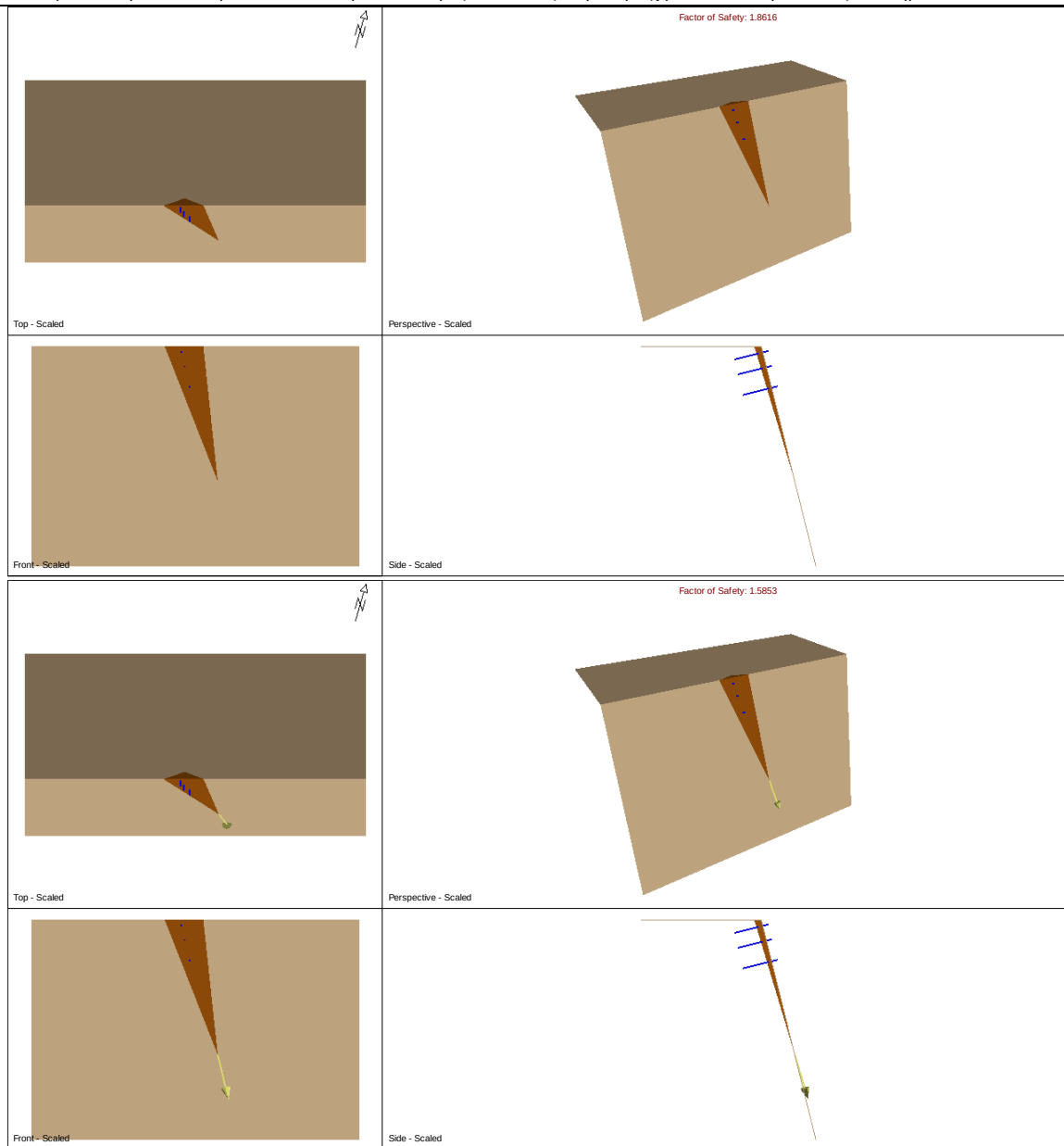
Πίνακας N2.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N2

| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 63               | 169                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 47               | 192                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 13               | 176                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 70               | 145                                   | 10                | 30                    |
| F05 | 79               | 185                                   | 10                | 30                    |
| F06 | 70               | 170                                   | 10                | 30                    |

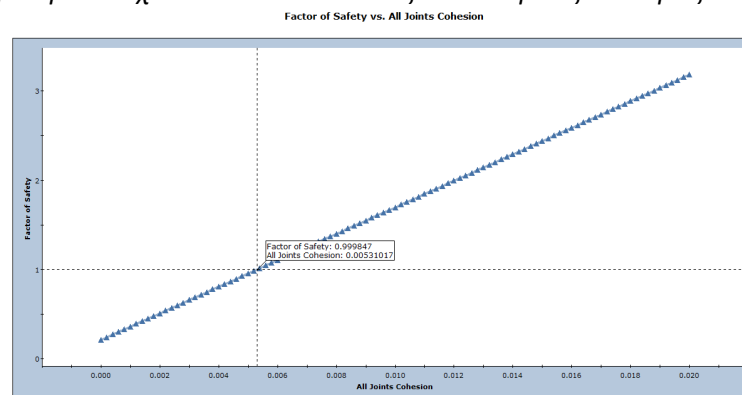




Σχήμα N2.3 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F04/F05 για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

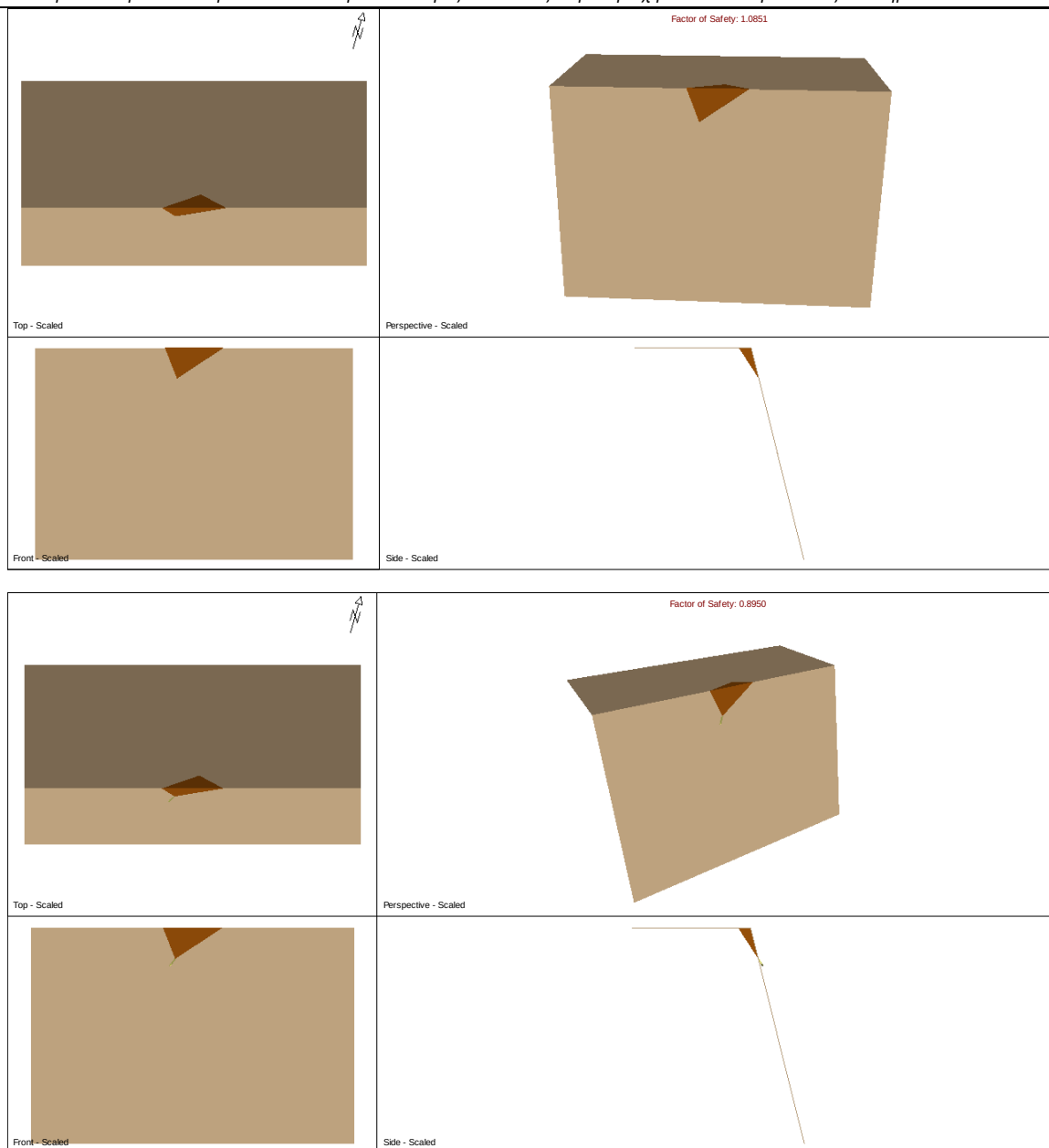


Σχήμα N2.4 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F04/F05 για μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

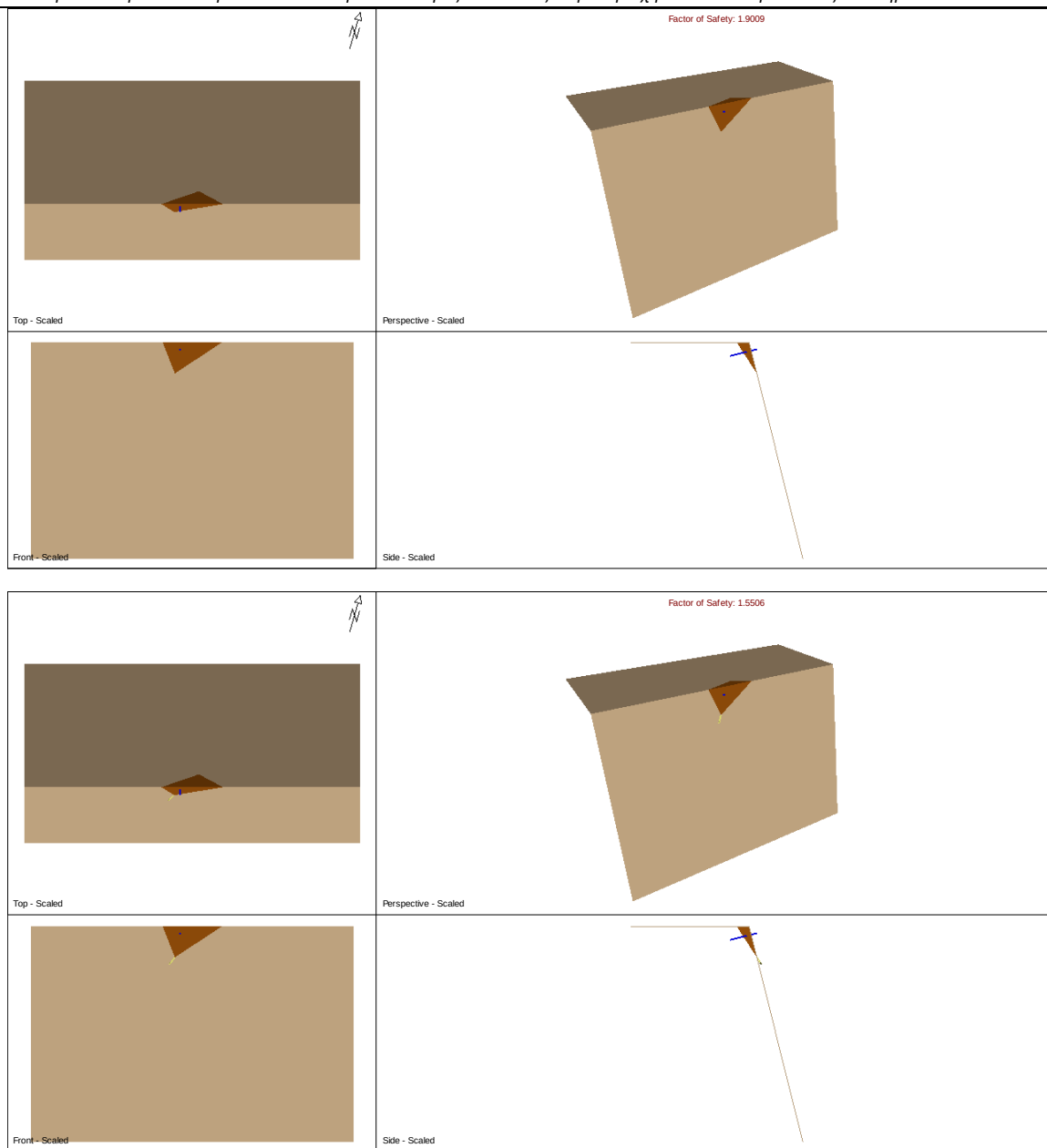


Σχήμα N2.5 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών F04/F05 σε στατικές συνθήκες





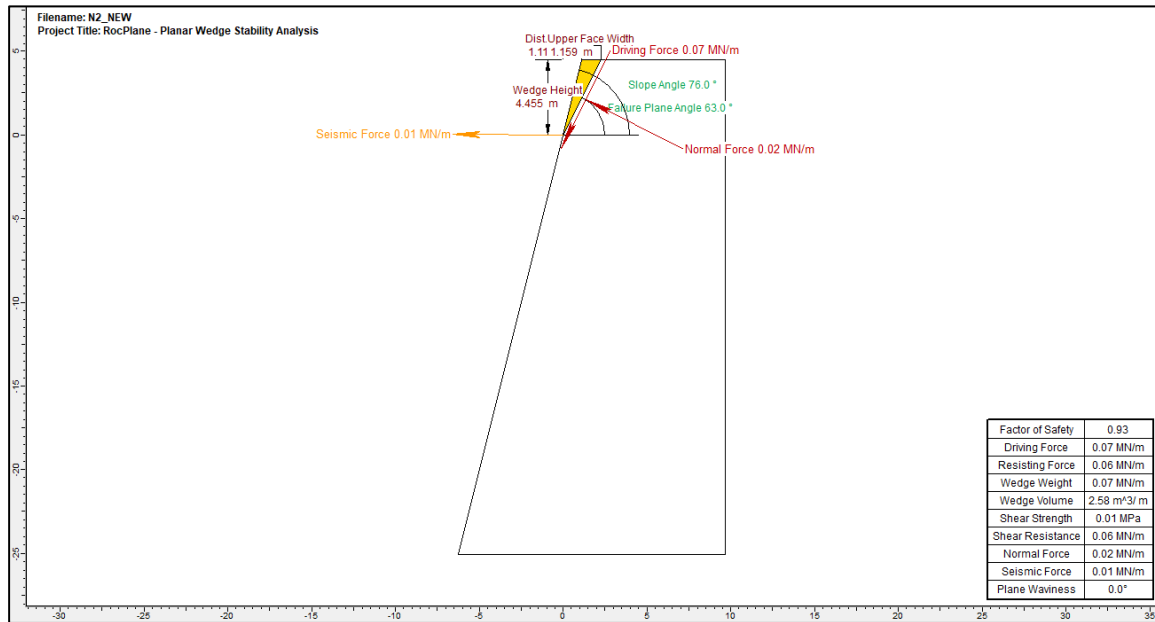
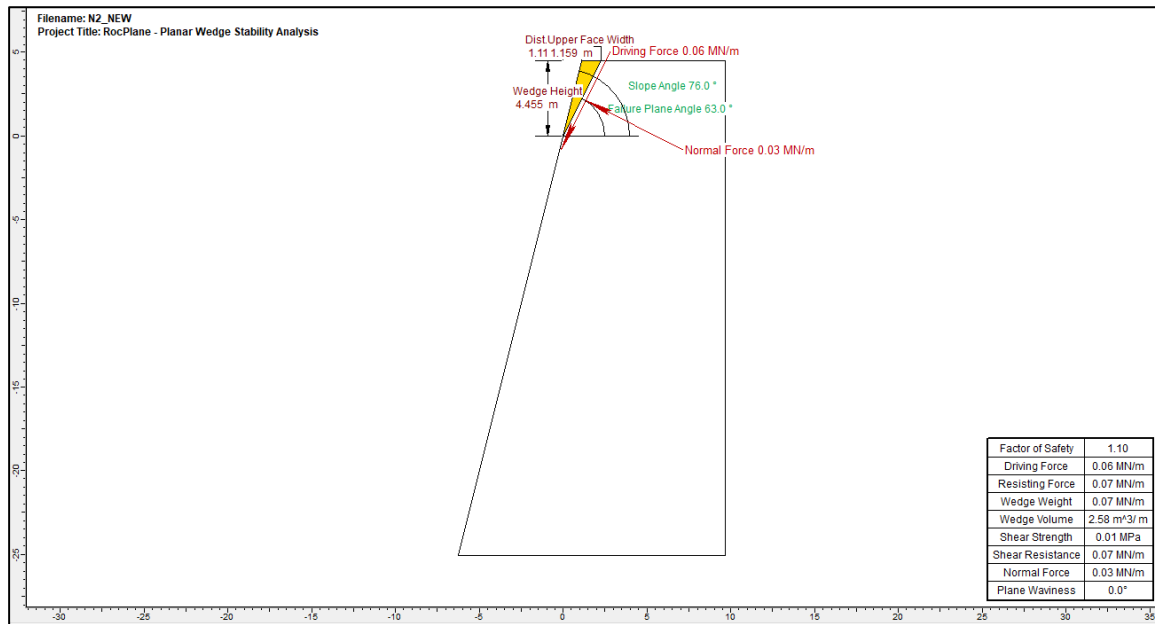
Σχήμα N2.6 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F04/F02 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



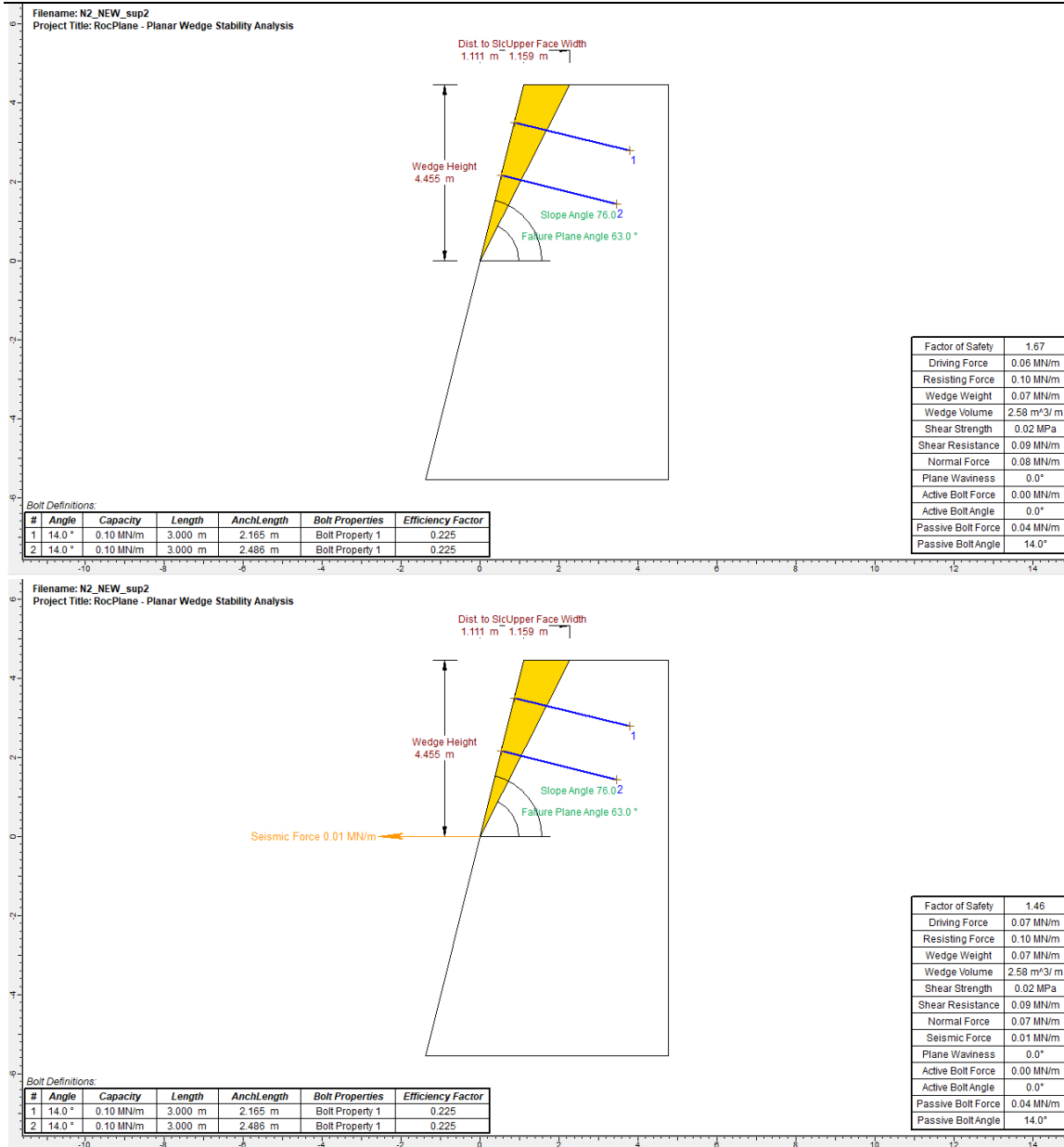
Σχήμα N2.7 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F04/F02 με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας Ν2.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)                                | Σ.Α.(σεισμικές)                               |
|-----|-----|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1   | F01 | 1.1 (Υψος τεμάχους 4.5m)<br>1.7 (με αγκύρωση) | 0.9 (Υψος τεμάχους 4.5m)<br>1.5 (με αγκύρωση) |
| 2   | F02 | 1.1 (Υψος τεμάχους 3.7m)<br>1.6 (με αγκύρωση) | 0.9 (Υψος τεμάχους 3.4m)<br>1.3 (με αγκύρωση) |
| 3   | F03 | 2.6 (Υψος τεμάχους 5.5 m)                     | 1.5 (Υψος τεμάχους 5.5 m)                     |

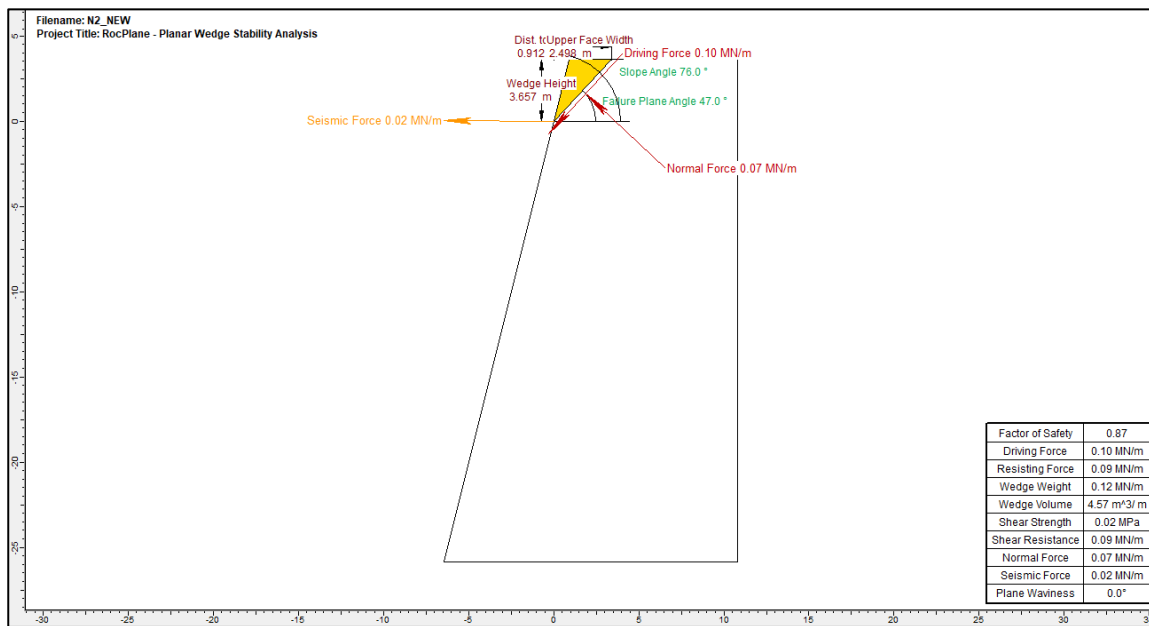
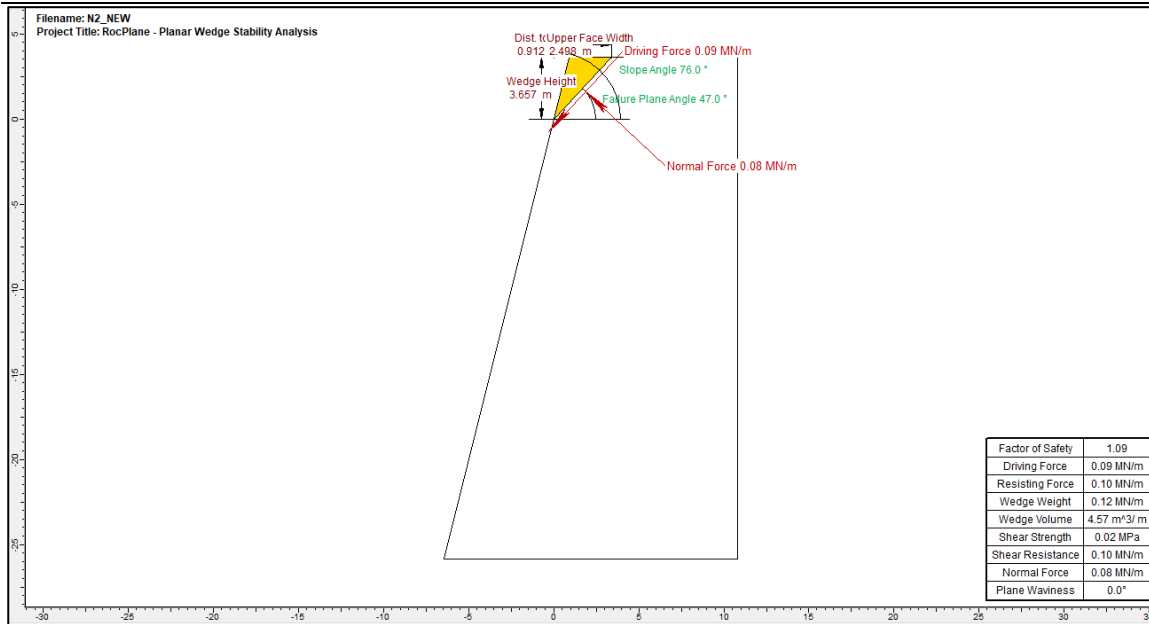


Σχήμα Ν2.8 Σκαρίφημα τμήματος Ν2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

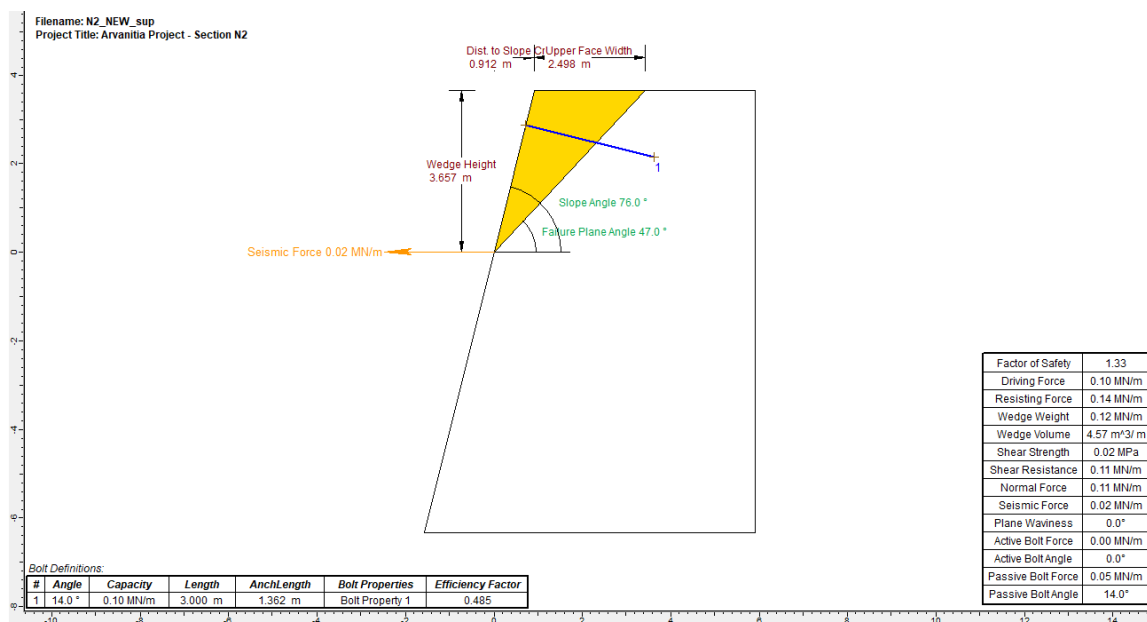
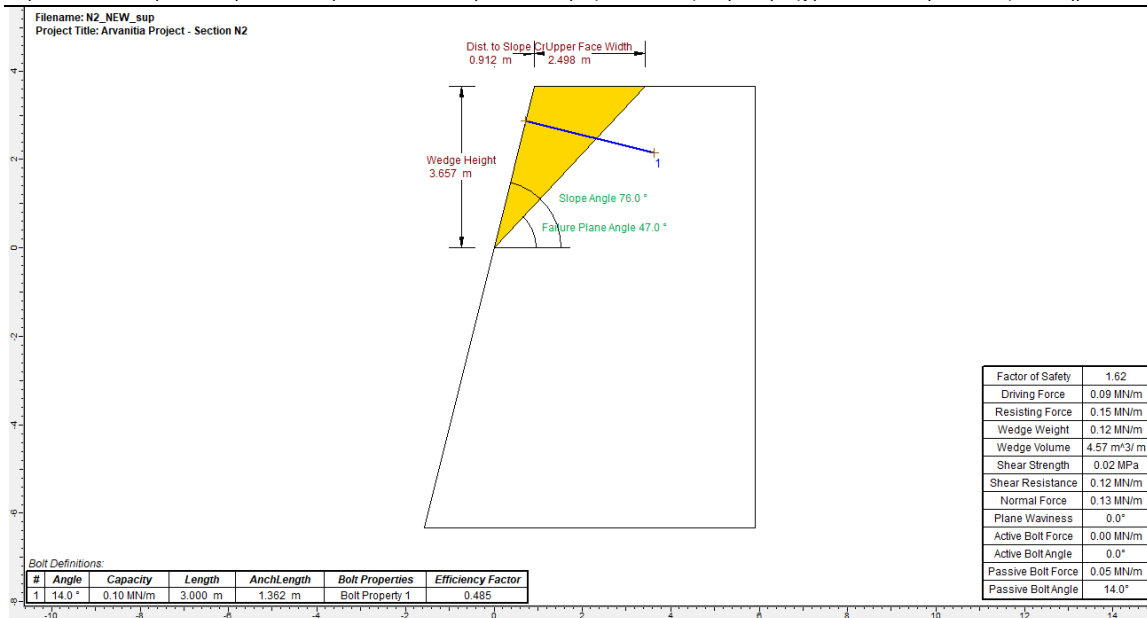


Σχήμα N2.9 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.5 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

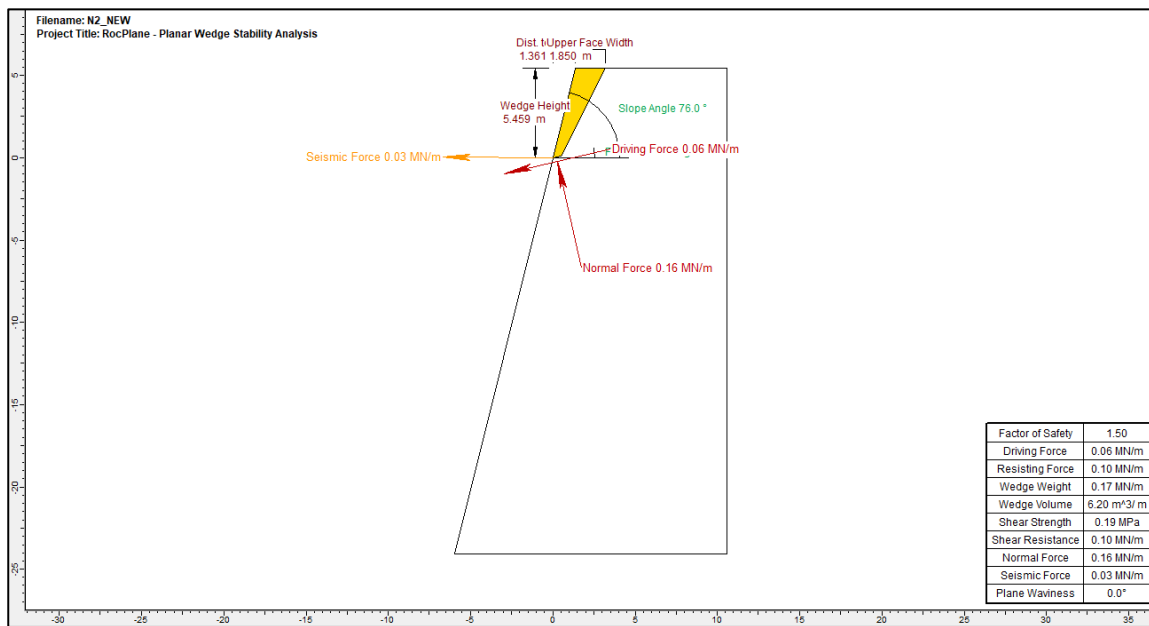
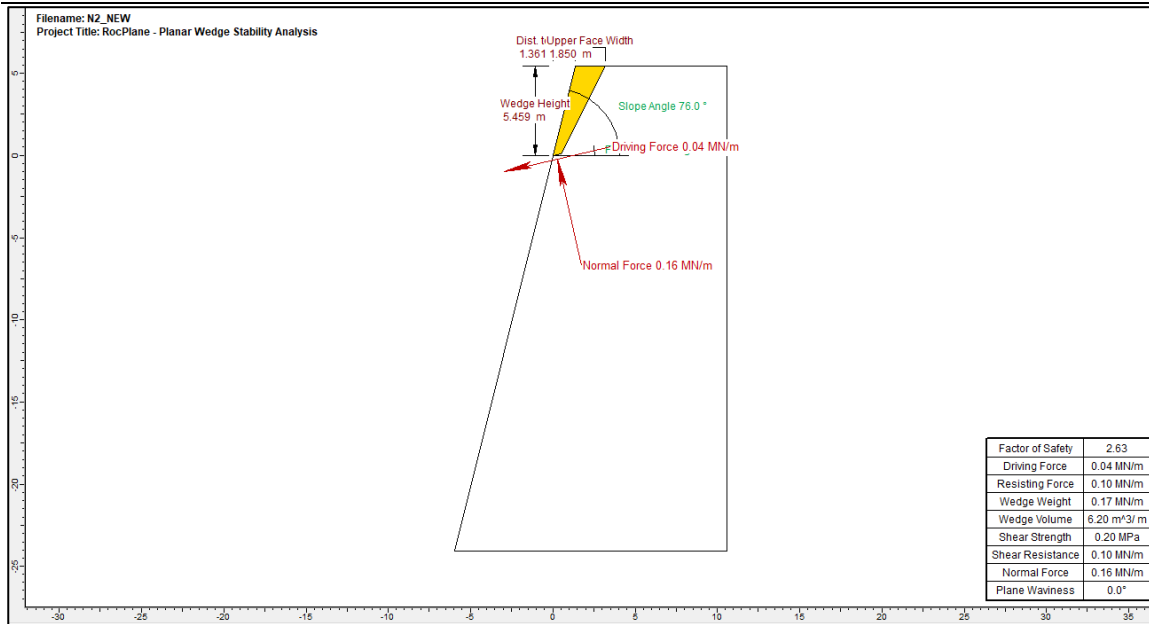




Σχήμα N2.10 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F02 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.7 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N2.11 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F02 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.7 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



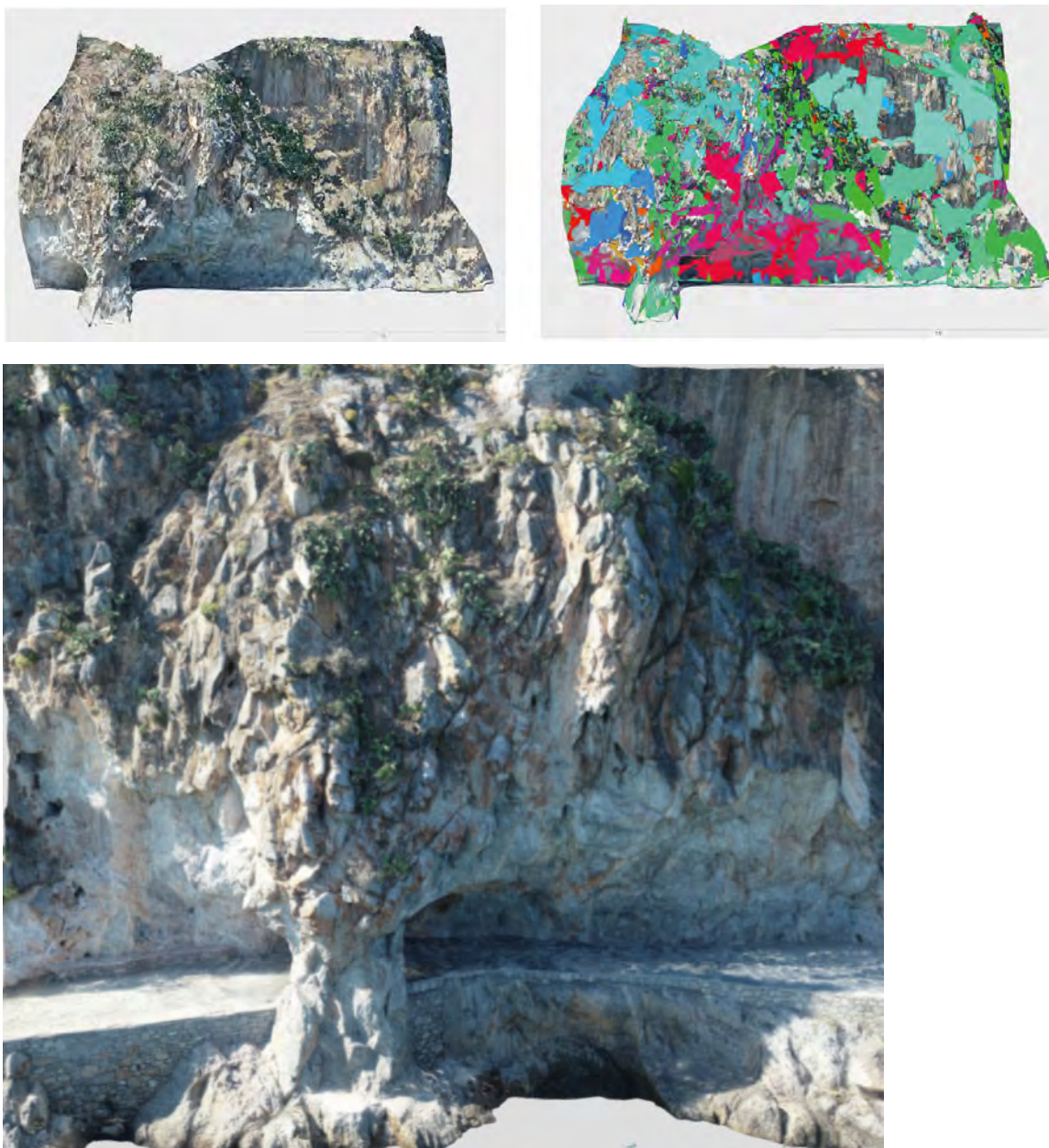
Σχήμα N2.12 Σκαρίφημα τμήματος N2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F03 με θεώρηση εφελκυστικής ρωγμής την ασυνέχεια F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.5 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N2 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών



- **ΤΜΗΜΑ N3**



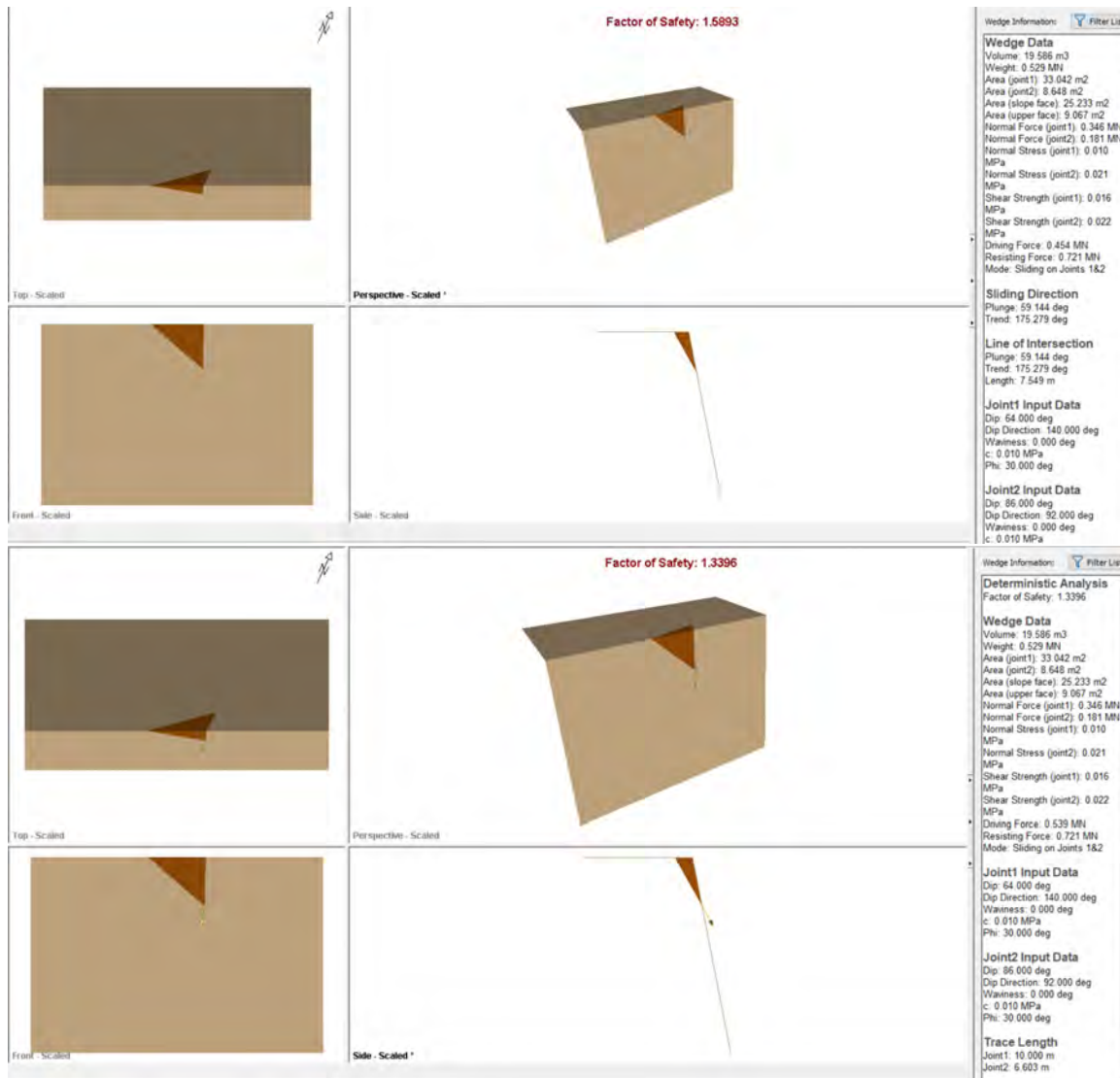
Σχήμα N3.1 Τμήμα N3

Πίνακας N3.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N3

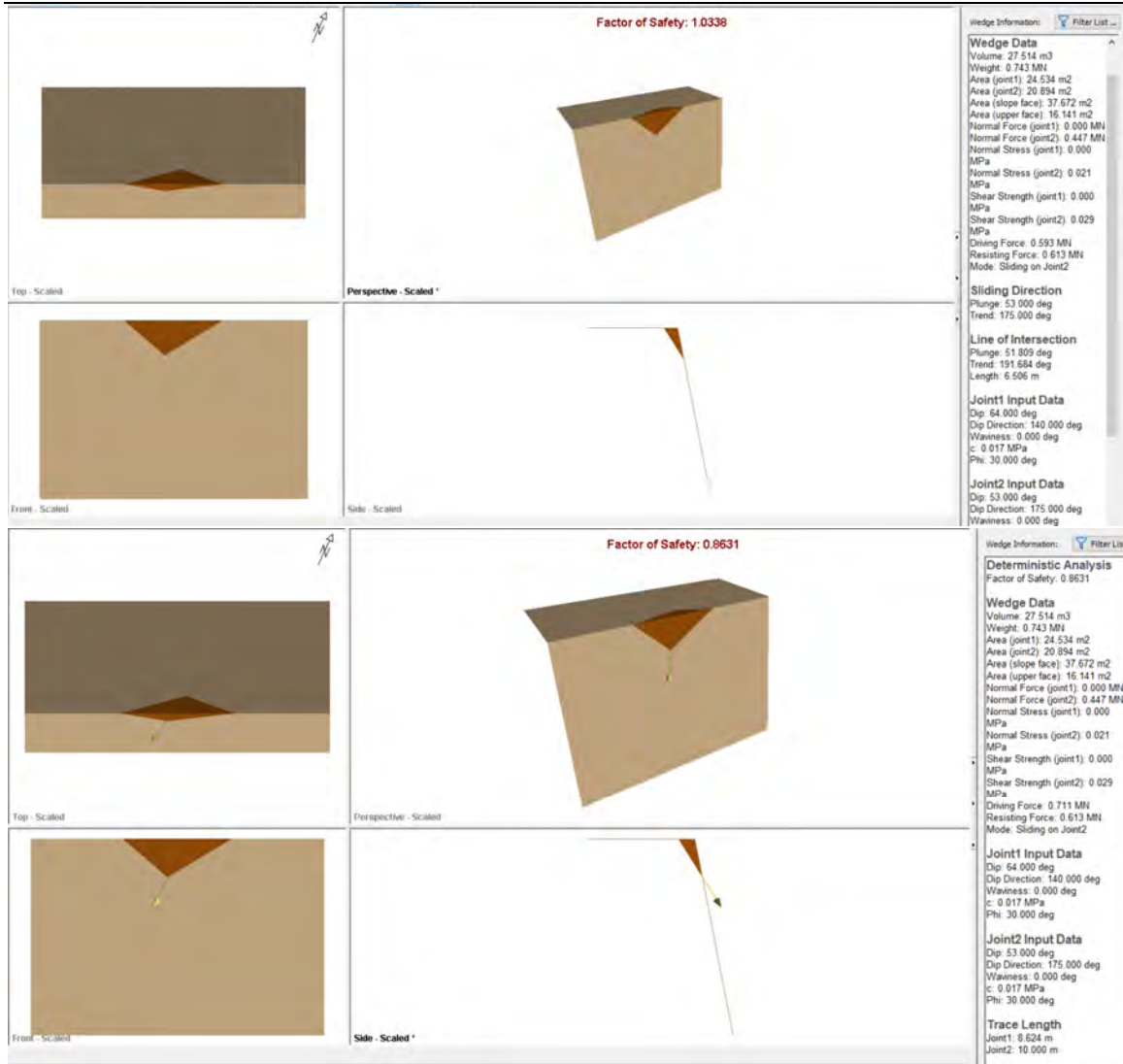
| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 64               | 140                                   | 10-20             | 30                    |
| F02 | 86               | 092                                   | 10-20             | 30                    |
| F03 | 38               | 139                                   | 10-20             | 30                    |
| F04 | 53               | 175                                   | 10-20             | 30                    |

Πίνακας N3.2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 10 m

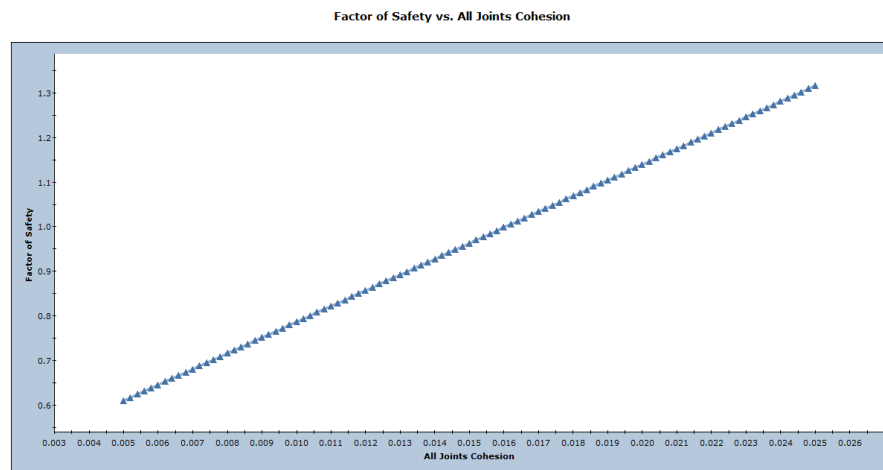
| $\alpha/\alpha$ | A   | B   | $\Sigma.A.$ (στατικές)                                                    | $\Sigma.A.$ (σεισμικές)                                                   | $\Sigma.A.$ (στατ./σεισμ.)<br>Με αγκύρωση | Όγκος<br>( $m^3$ ) |
|-----------------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
| 1               | F01 | F02 | 1.6 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                       | 1.3 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                       | -                                         | 19.6               |
| 2               | F01 | F04 | <1 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )<br>1.0 ( $c=17kPa$ , $\phi=30^\circ$ ) | <1 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )<br>0.9 ( $c=17kPa$ , $\phi=30^\circ$ ) | -<br>1.6/1.3                              | 27.5               |
| 4               | F02 | F04 | 1 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                         | 0.9 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                       | 2.0/1.9                                   | 18.6               |
| 5               | F03 | F04 | 1.6 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                       | 1.3 ( $c=10kPa$ , $\phi=30^\circ$ )                                       | -                                         | 12.4               |



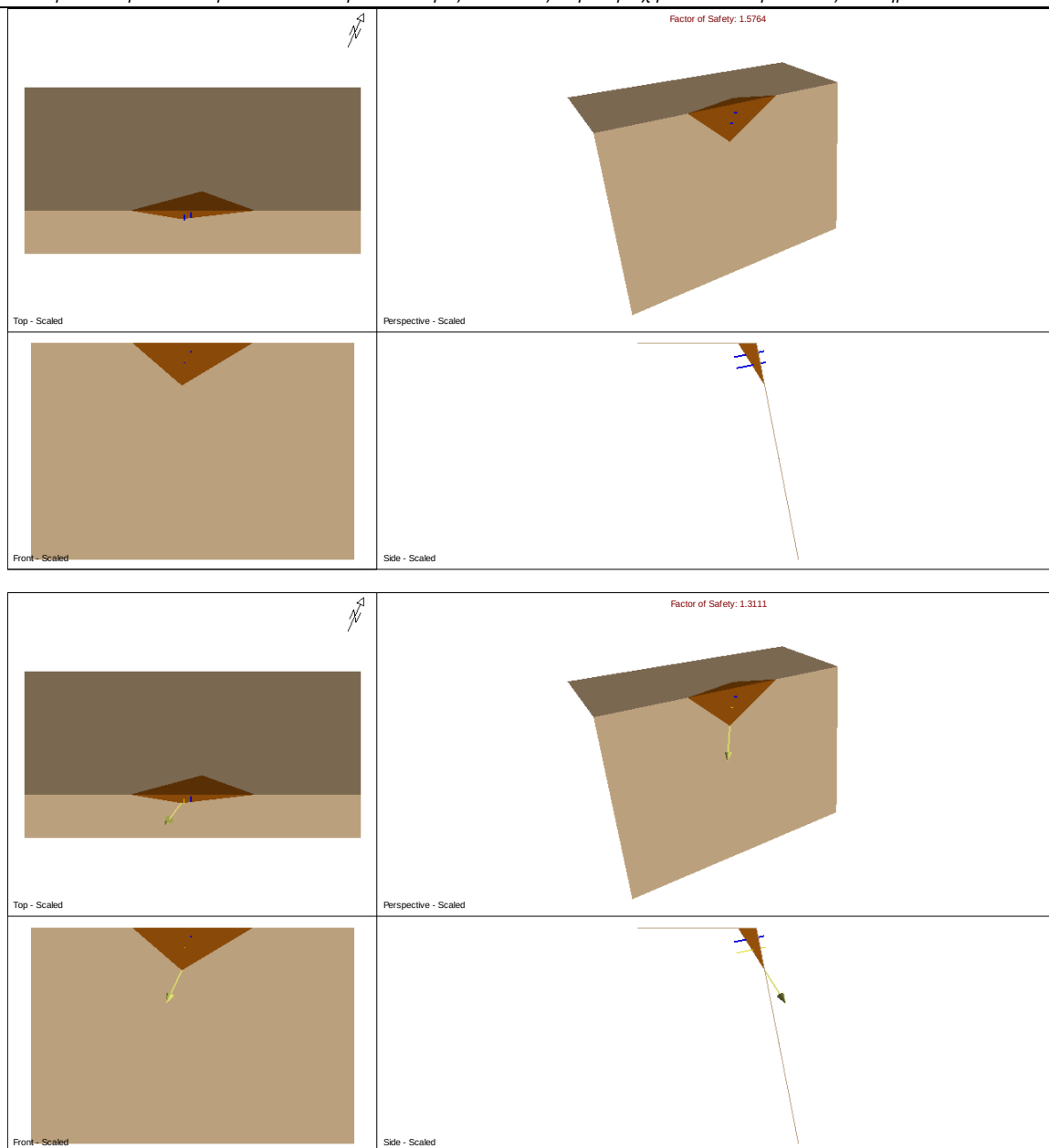
Σχήμα N3.2 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F02 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N3.3 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

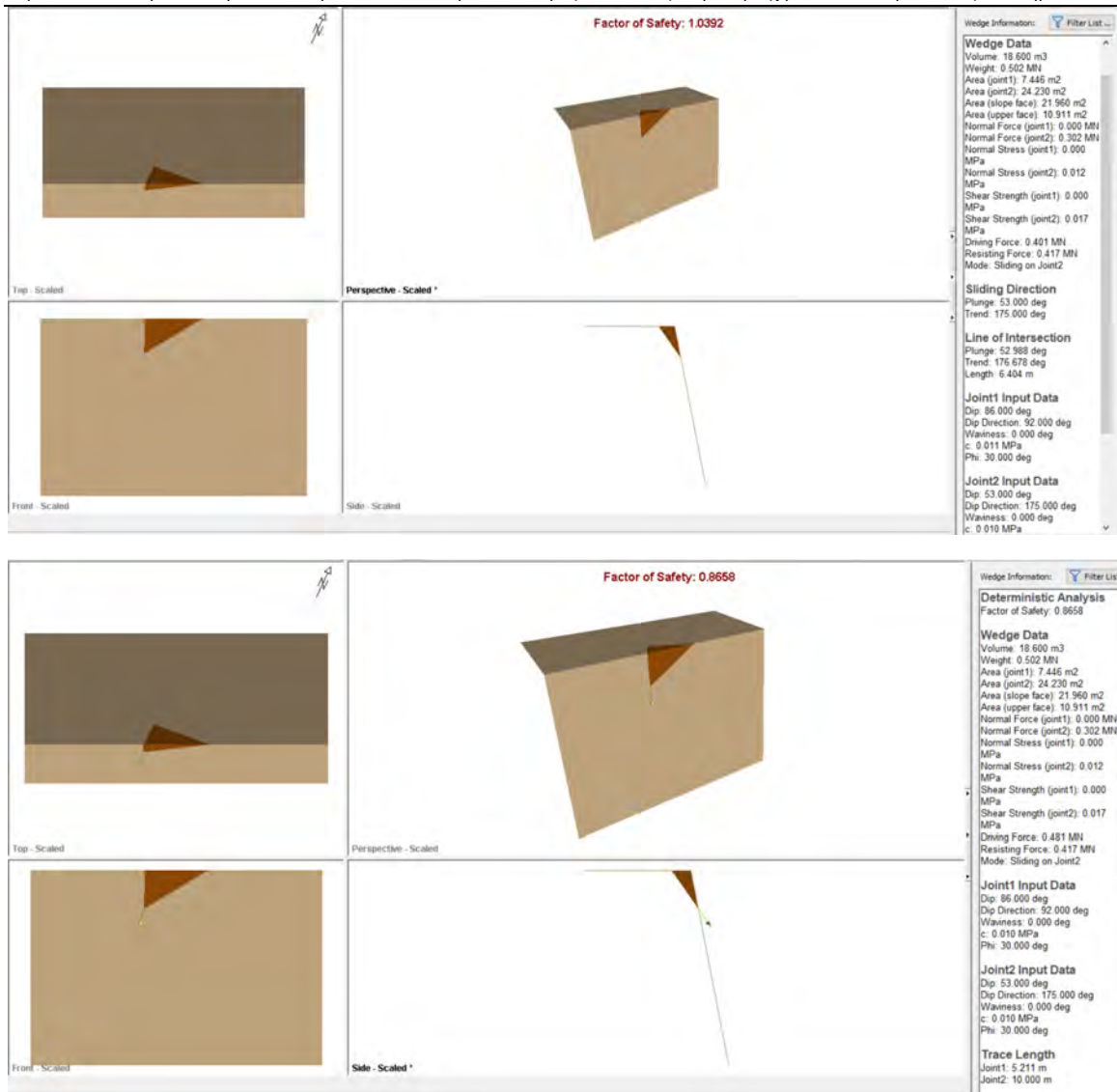


Σχήμα N3.4 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος των ασυνεχειών F01/F04 σε στατικές συνθήκες

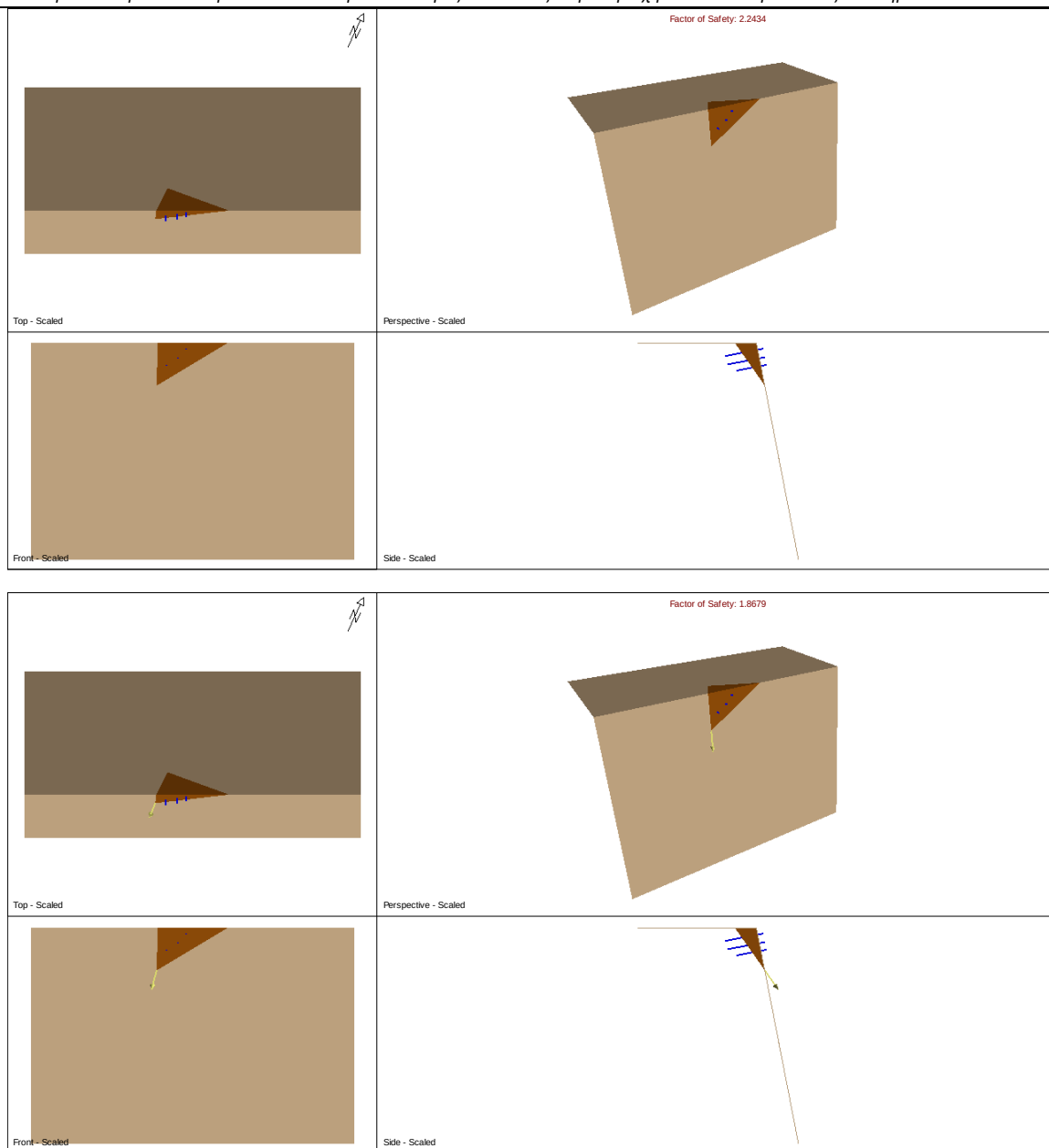


Σχήμα N3.5 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

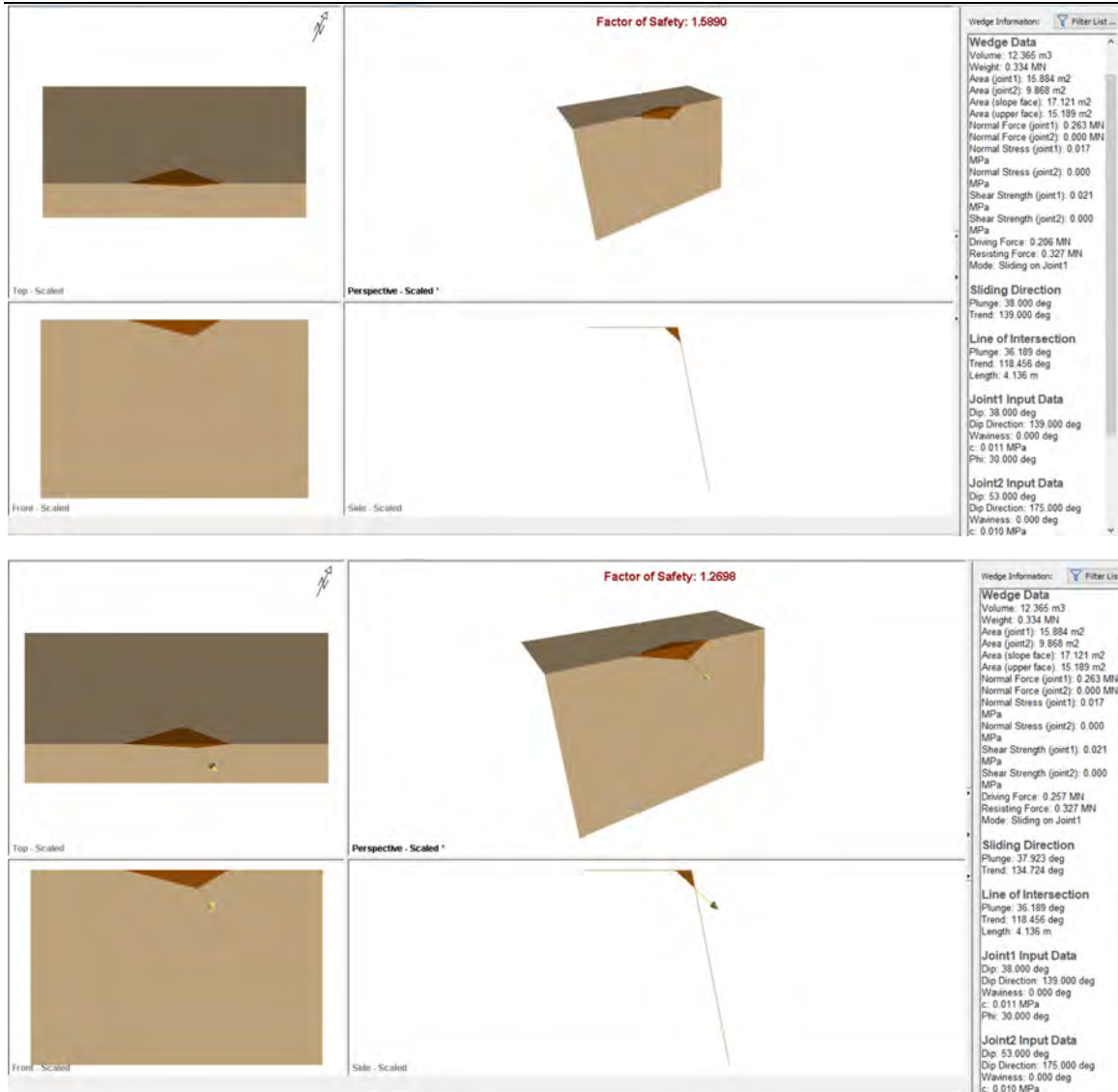




Σχήμα N3.6 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



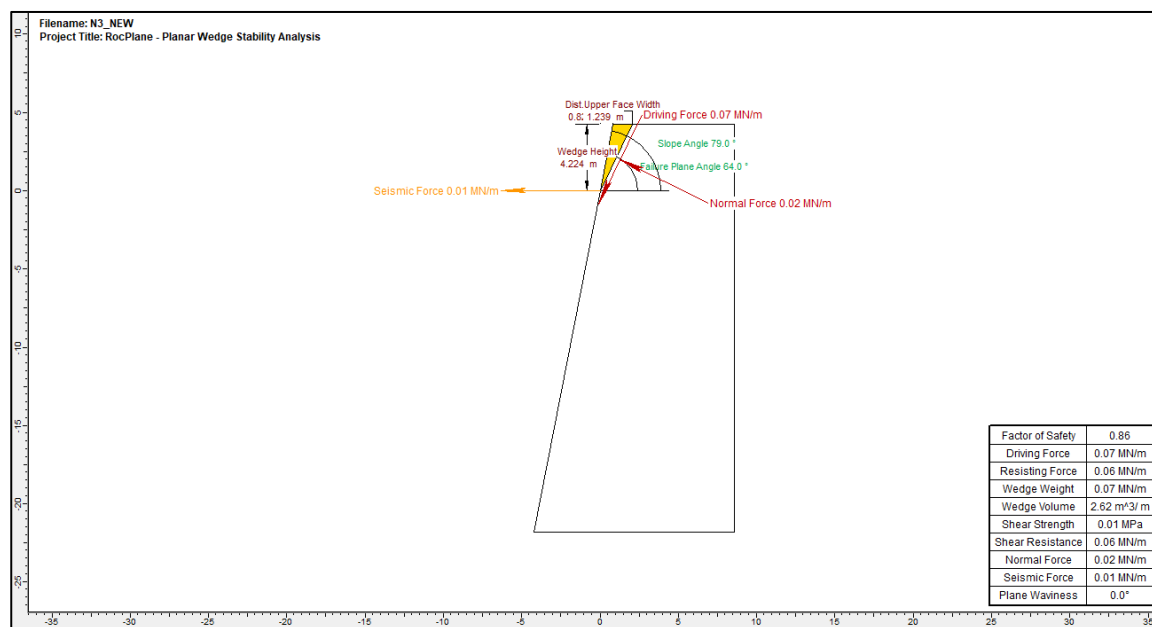
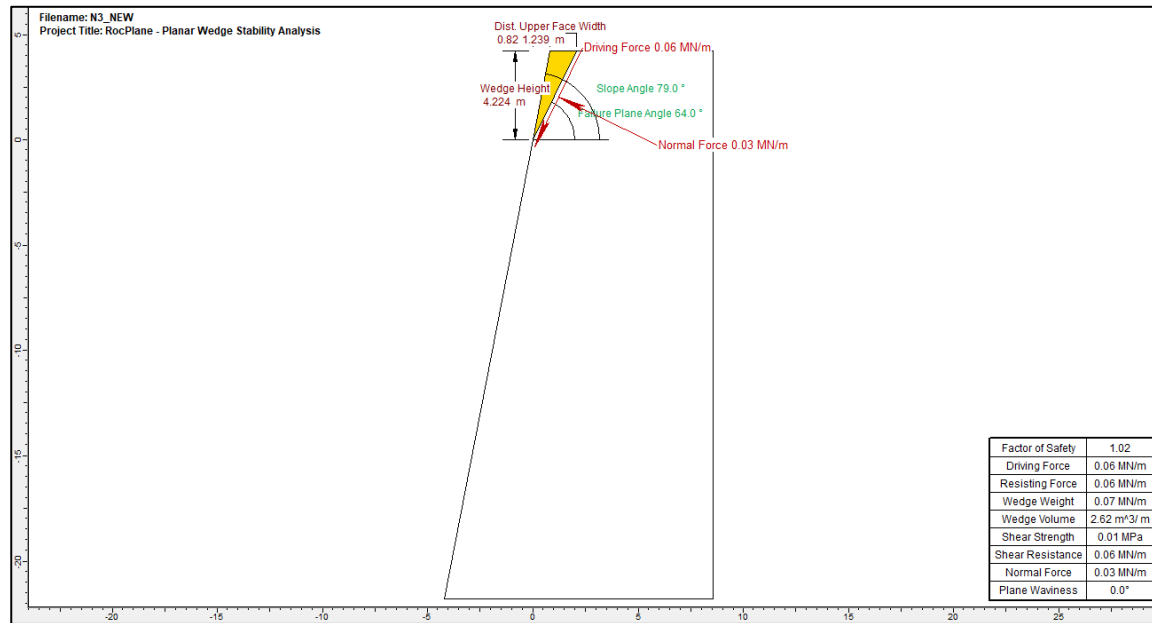
Σχήμα N3.7 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N3.8 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F03/F04 σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

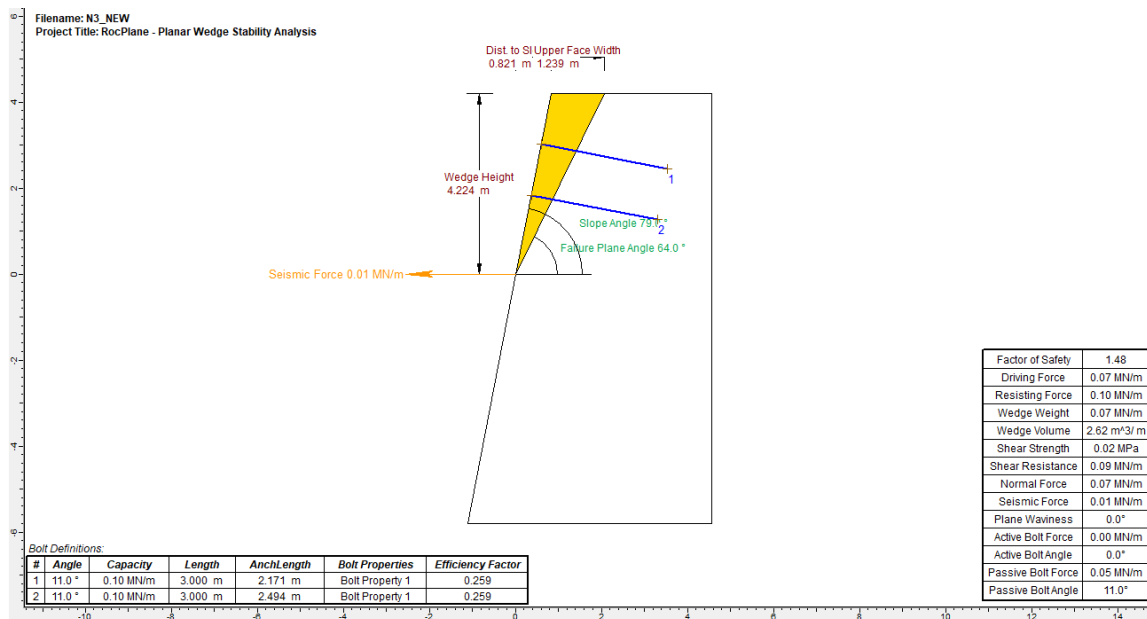
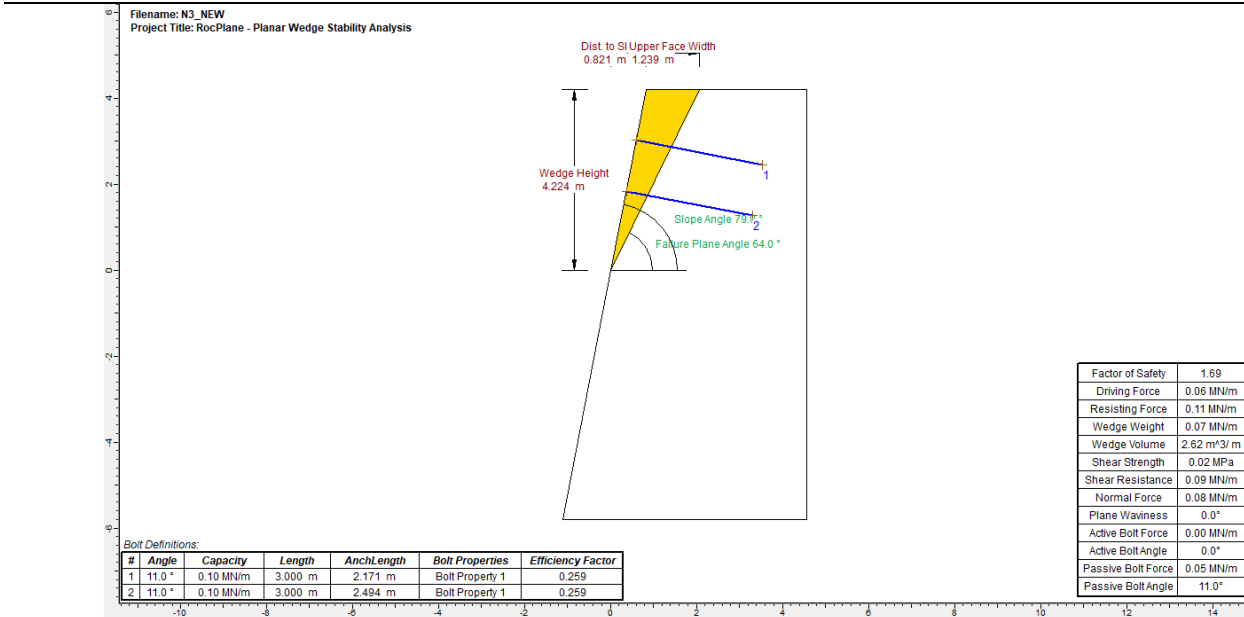
Πίνακας Ν3.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)                                 | Σ.Α.(σεισμικές)                                |
|-----|-----|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1   | F01 | 1.0 (Ύψος τεμάχους 4.2 m)<br>1.7 (με αγκύρωση) | 0.9 (Ύψος τεμάχους 4.2 m)<br>1.5 (με αγκύρωση) |
| 2   | F03 | 1.5 (Ύψος τεμάχους 2.5 m)                      | 1.1 (Ύψος τεμάχους 2.5 m)                      |
| 3   | F04 | 1.1 (Ύψος τεμάχους 3.2 m)<br>1.8 (με αγκύρωση) | 1.0 (Ύψος τεμάχους 3.2 m)<br>1.5 (με αγκύρωση) |

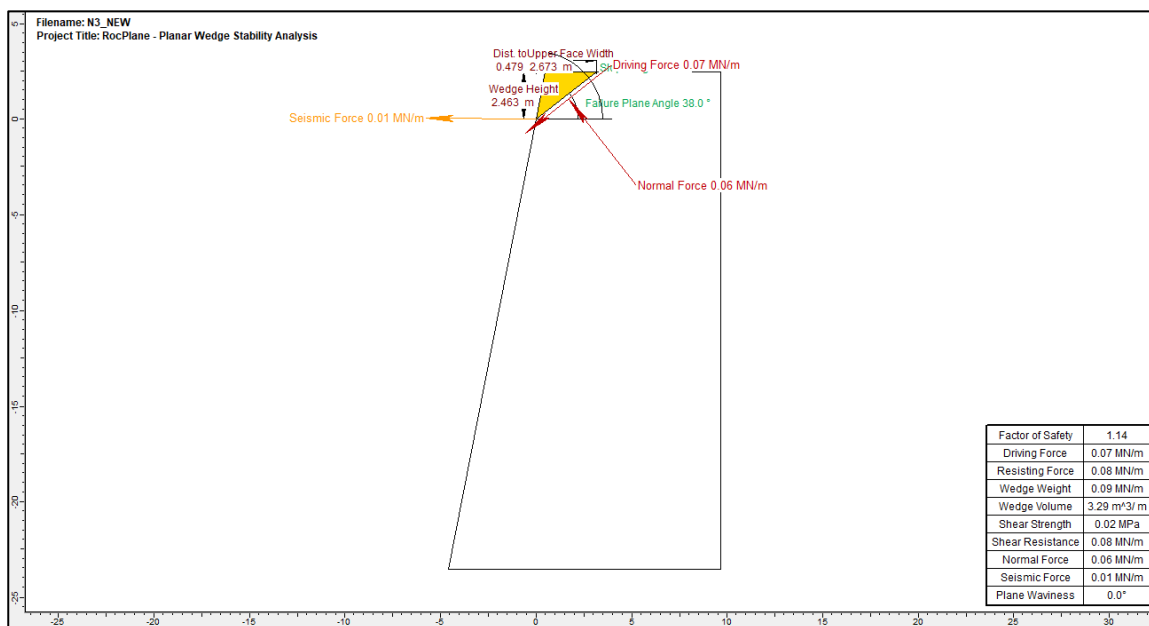
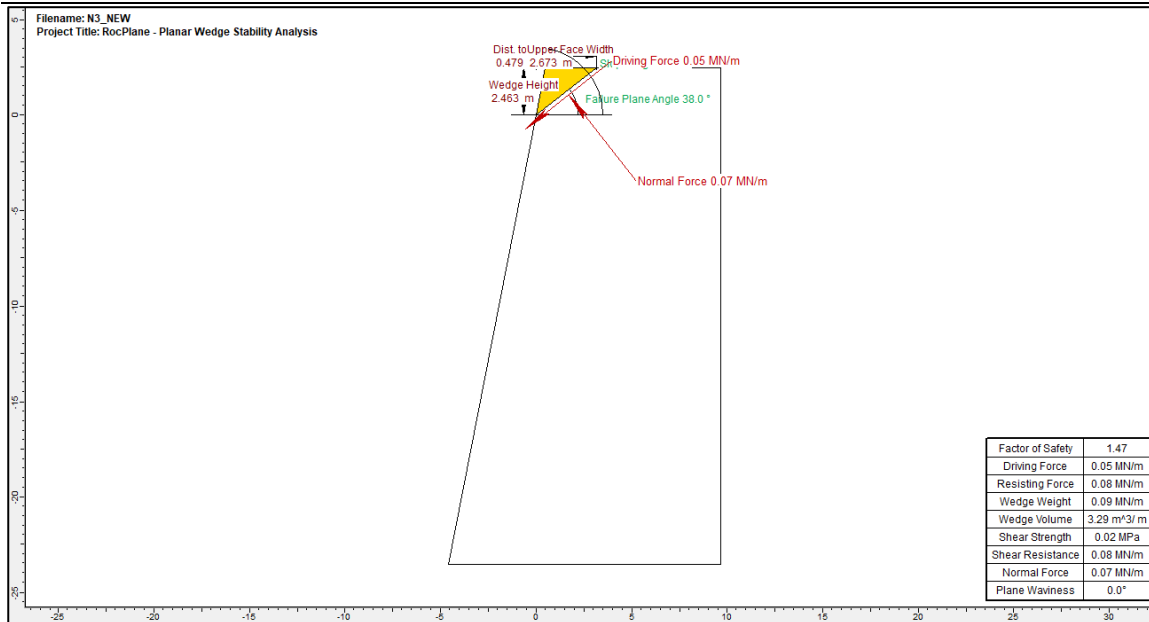


Σχήμα Ν3.9 Σκαρίφημα τμήματος Ν3 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.2 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

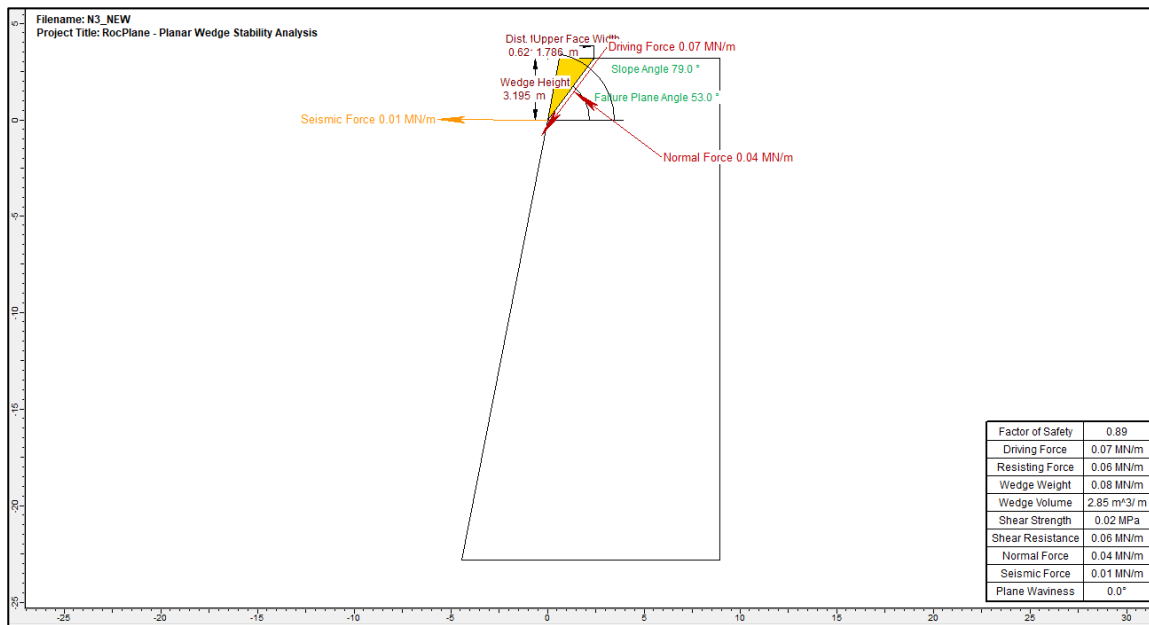
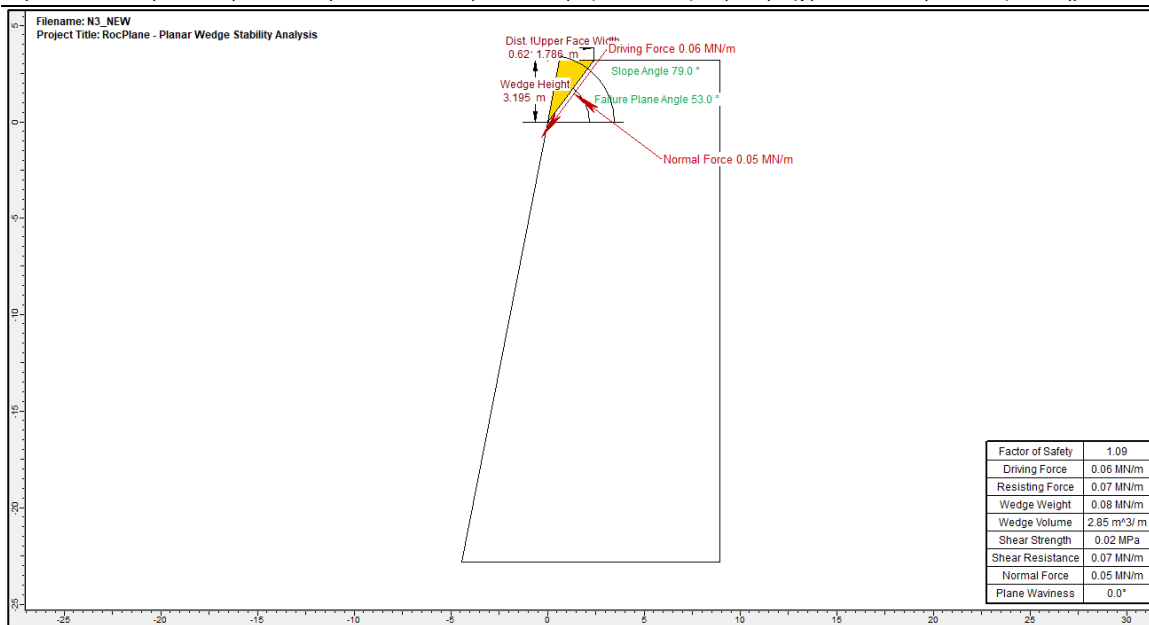




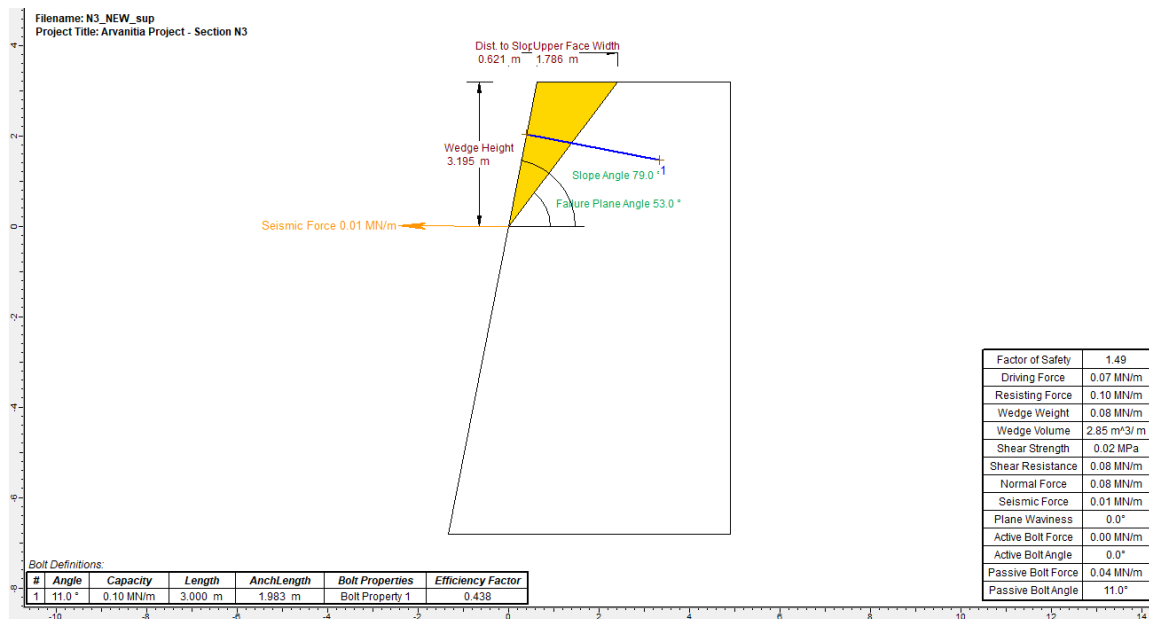
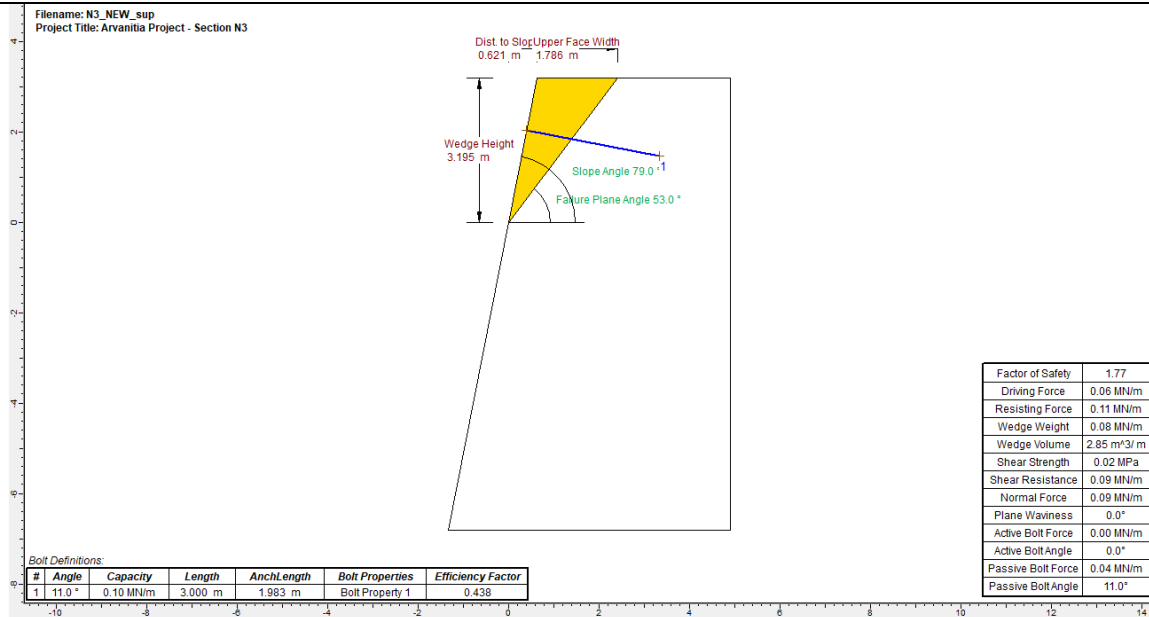
Σχήμα N3.10 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.2 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N3.11 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F02 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 2.5 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N3.12 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F03 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.2 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N3.13 Σκαρίφημα τμήματος N3 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F03 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.2 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





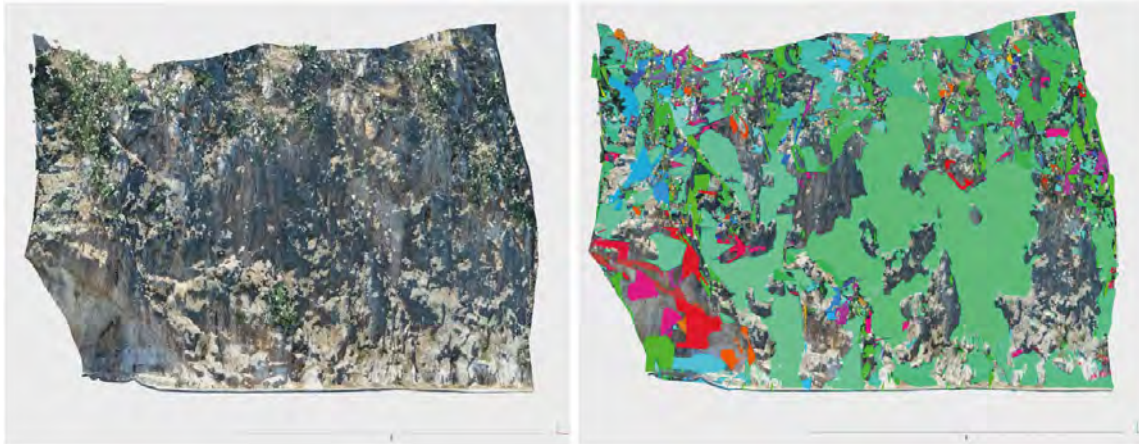
Άποψη του πρανούς N3 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών



Άποψη του πρανούς N3 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών



- ΤΜΗΜΑ N4



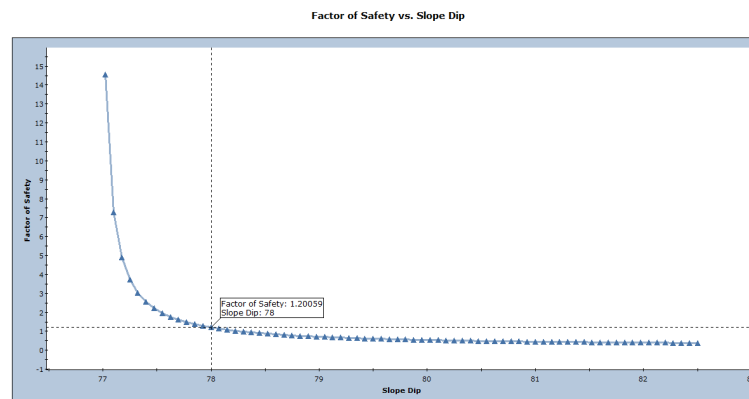
Σχήμα N4.1 Τμήμα N4

Πίνακας N4.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N4

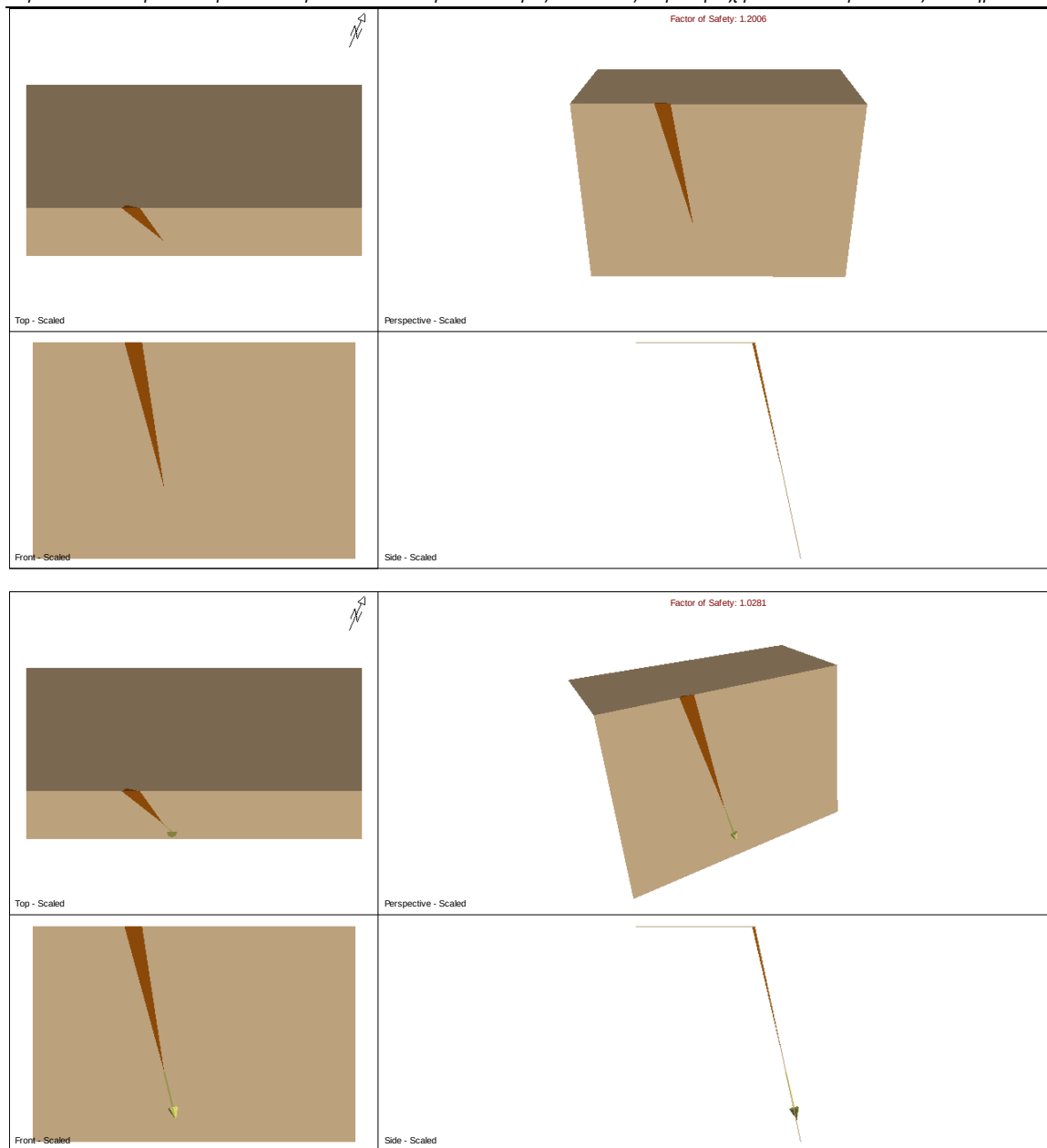
| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 72               | 124                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 10               | 151                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 80               | 168                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας N4.2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες για μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 και 10 m και κλίση πρανούς 78°.

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                  | Σ.Α.(σεισμικές)                 | Όγκος<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1   | F01 | F03 | 1.2 / >2<br>2.7/- (με αγκύρωση) | 1.1 / >2<br>2.3/- (με αγκύρωση) | 2/0.3                      |

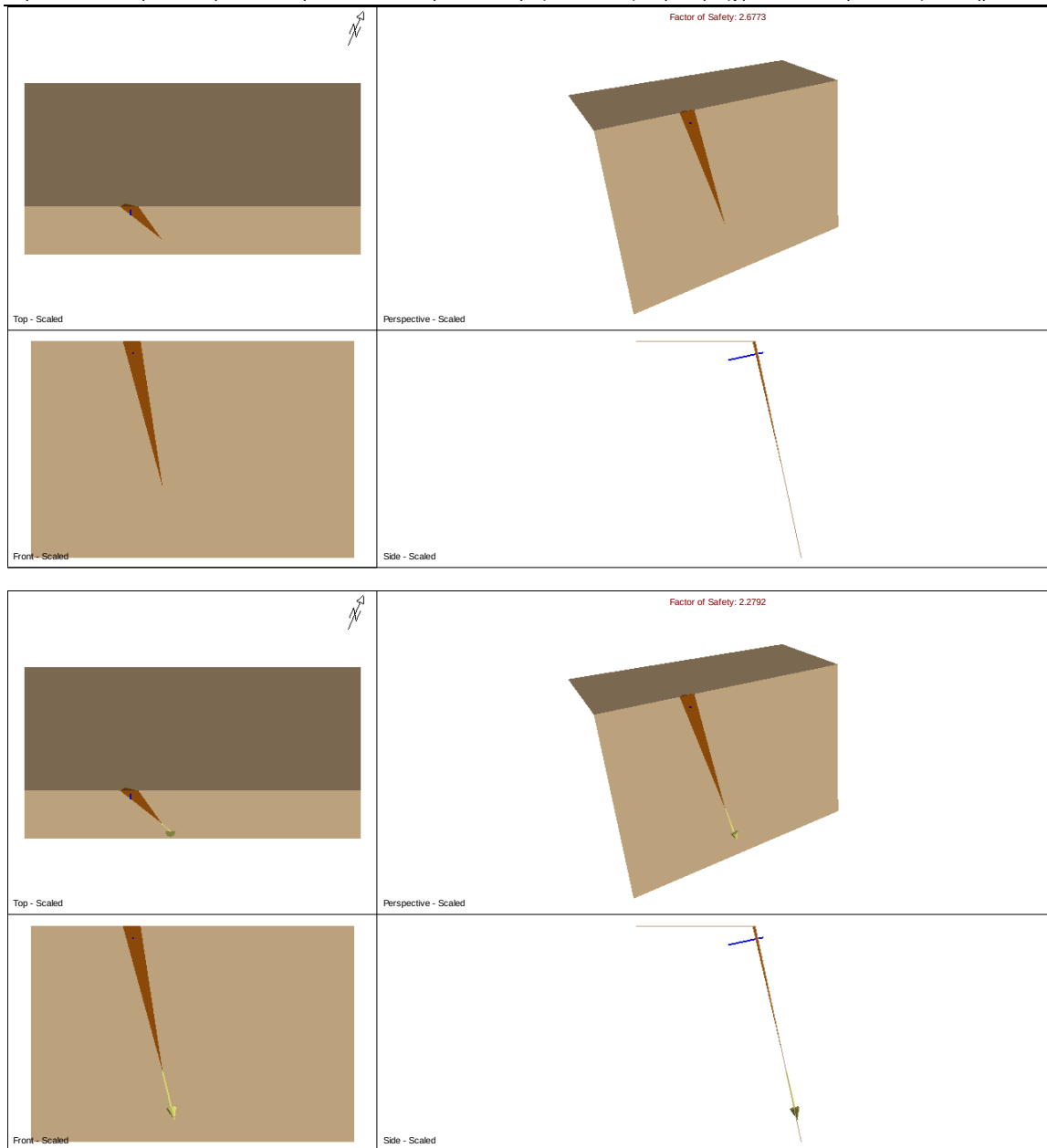


Σχήμα N4.2 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας σε σχέση με τη κλίση του πρανούς για τον συνδυασμό F01/F03 και μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m σε στατικές συνθήκες



Σχήμα N4.3 Σκαρίφημα τμήματος N4 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m και κλίση πρανούς 78° σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

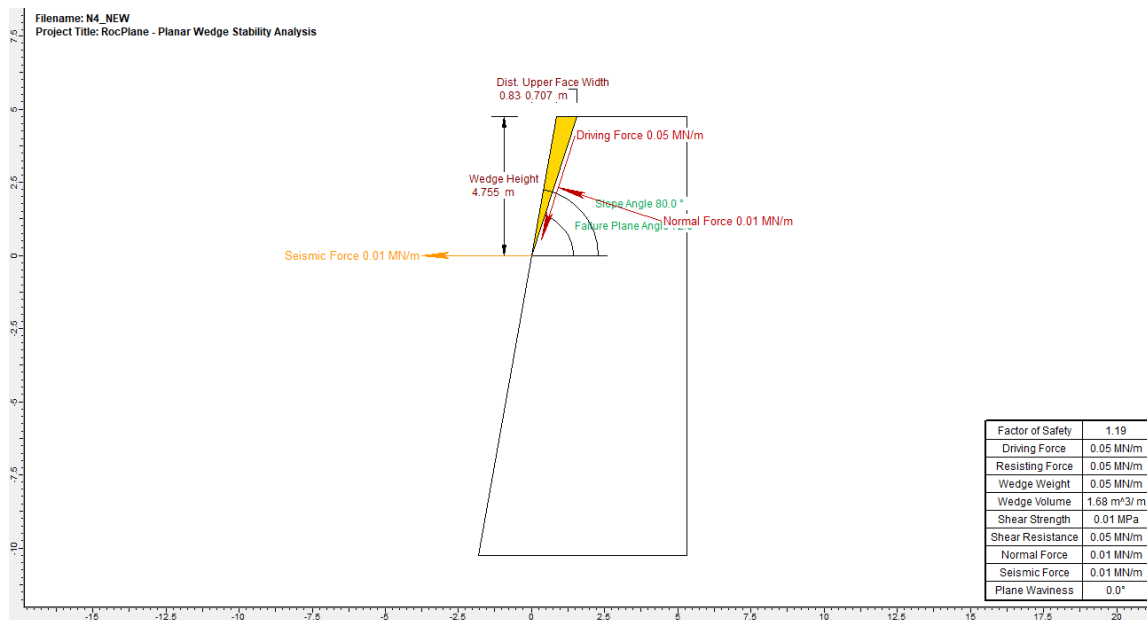
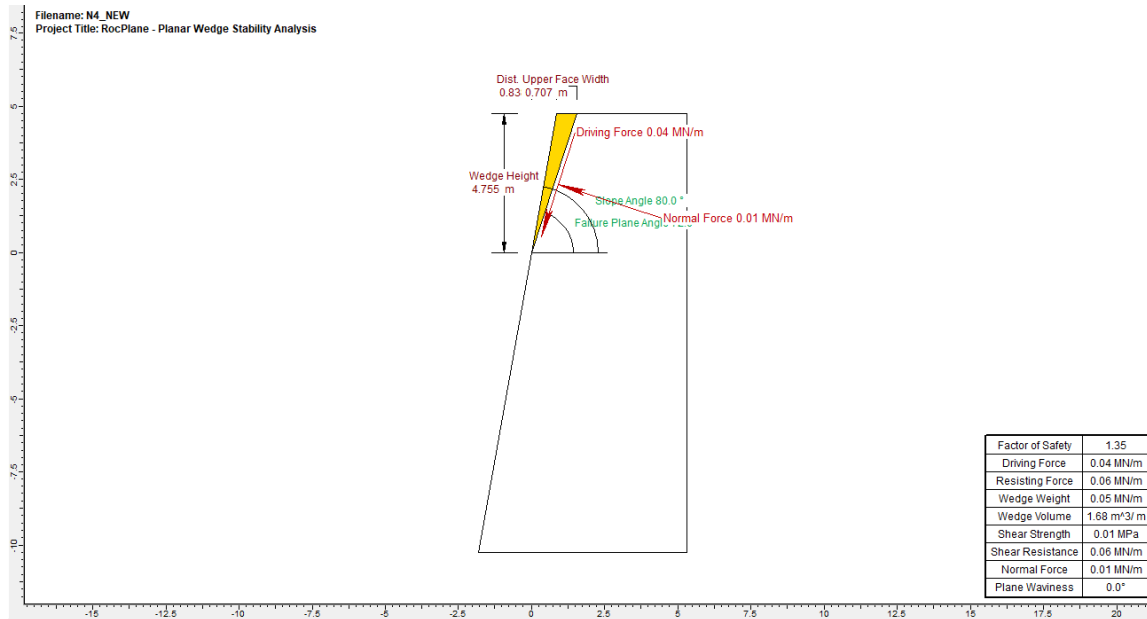




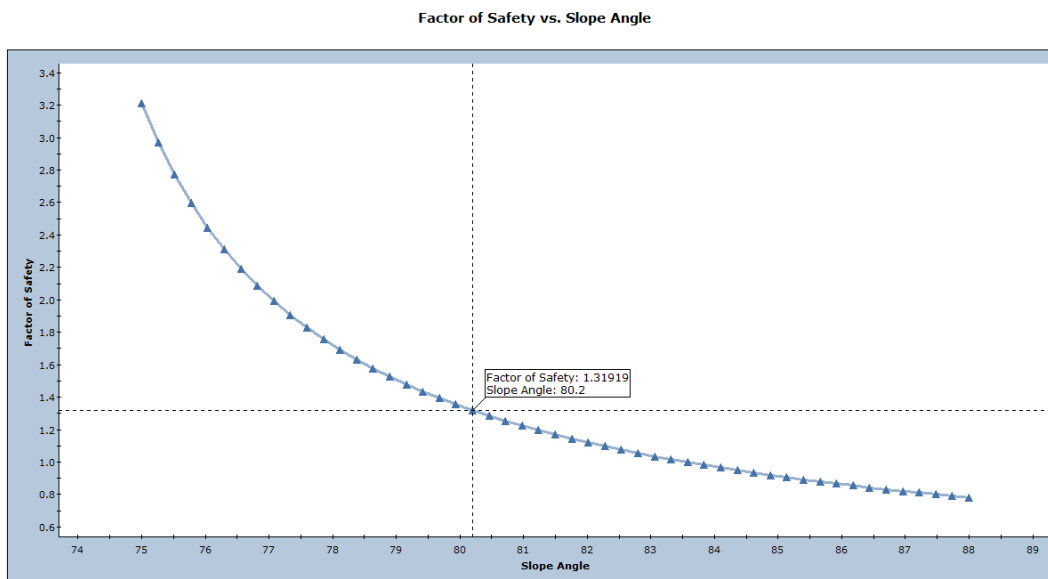
Σχήμα N4.4 Σκαρίφημα τμήματος N4 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m και κλίση πρανούς 78° και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας N4.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.<2) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10 \text{ kPa}$  και  $\phi=30^\circ$

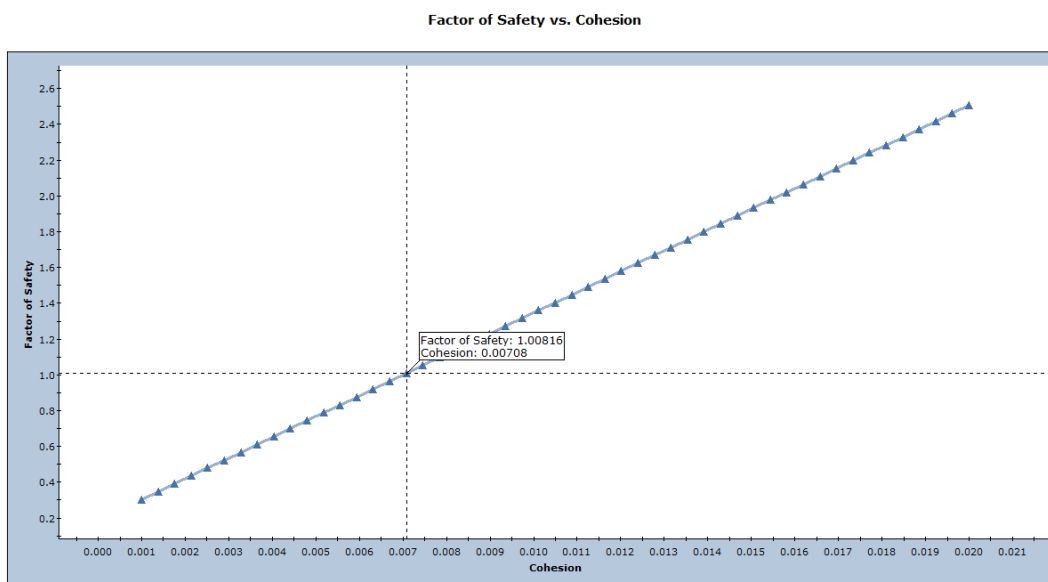
| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)            | Σ.Α.(σεισμικές)           |
|-----|-----|---------------------------|---------------------------|
| 1   | F01 | 1.4 (Υψος τεμάχους 4.8 m) | 1.2 (Υψος τεμάχους 4.8 m) |



Σχήμα N4.5 Σκαρίφημα τμήματος N4 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.8 m και κλίση πρηνούς  $80^\circ$  σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N4.6 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης κατά μήκος της ασυνέχειας F01 σε σχέση με τη κλίση του πρανούς σε στατικές συνθήκες



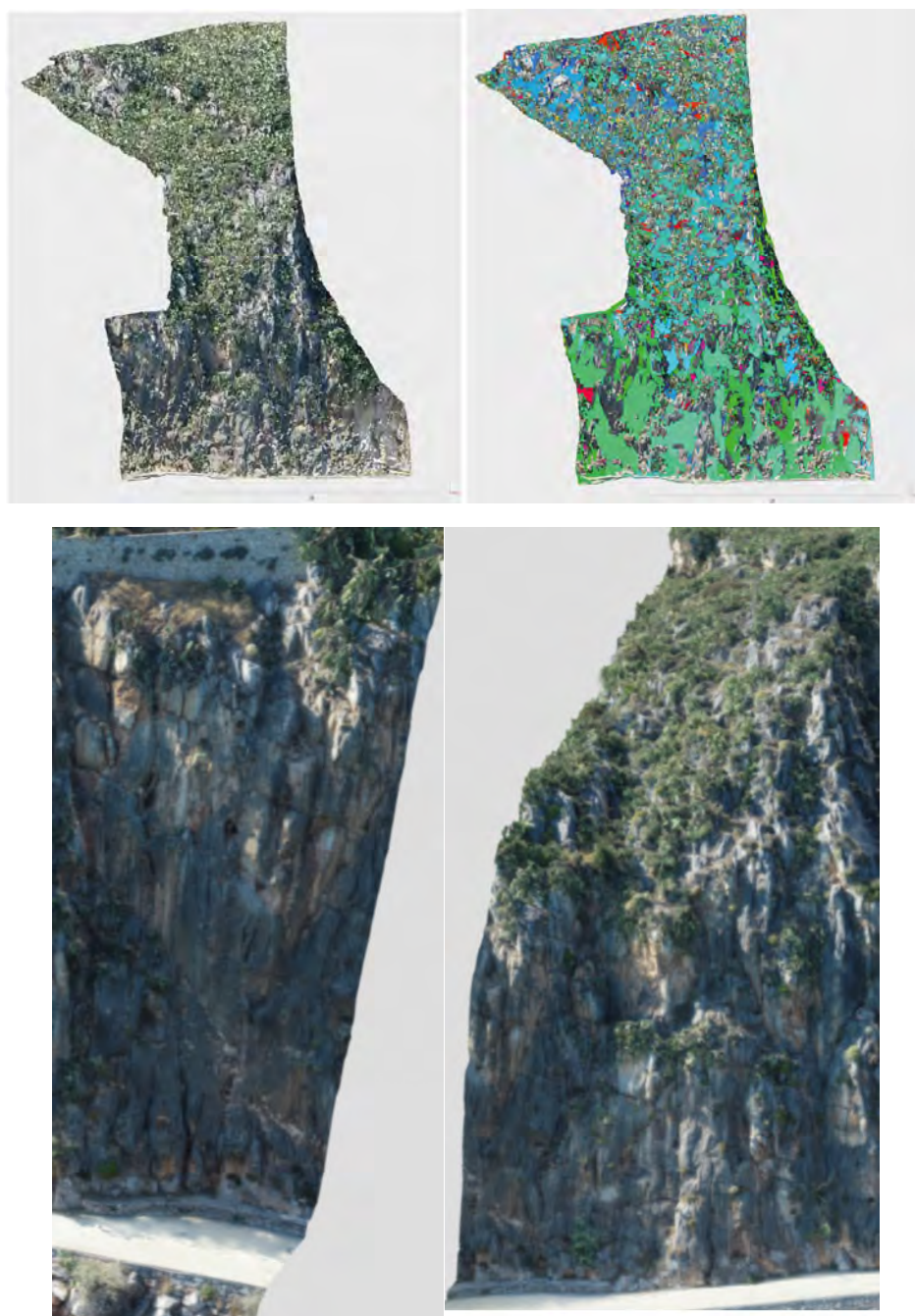
Σχήμα N4.7 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης σε σχέση με τη συνοχή κατά μήκος της ασυνέχειας F01 και κλίση πρανούς 80° σε στατικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N4 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών



- **ΤΜΗΜΑ N5**



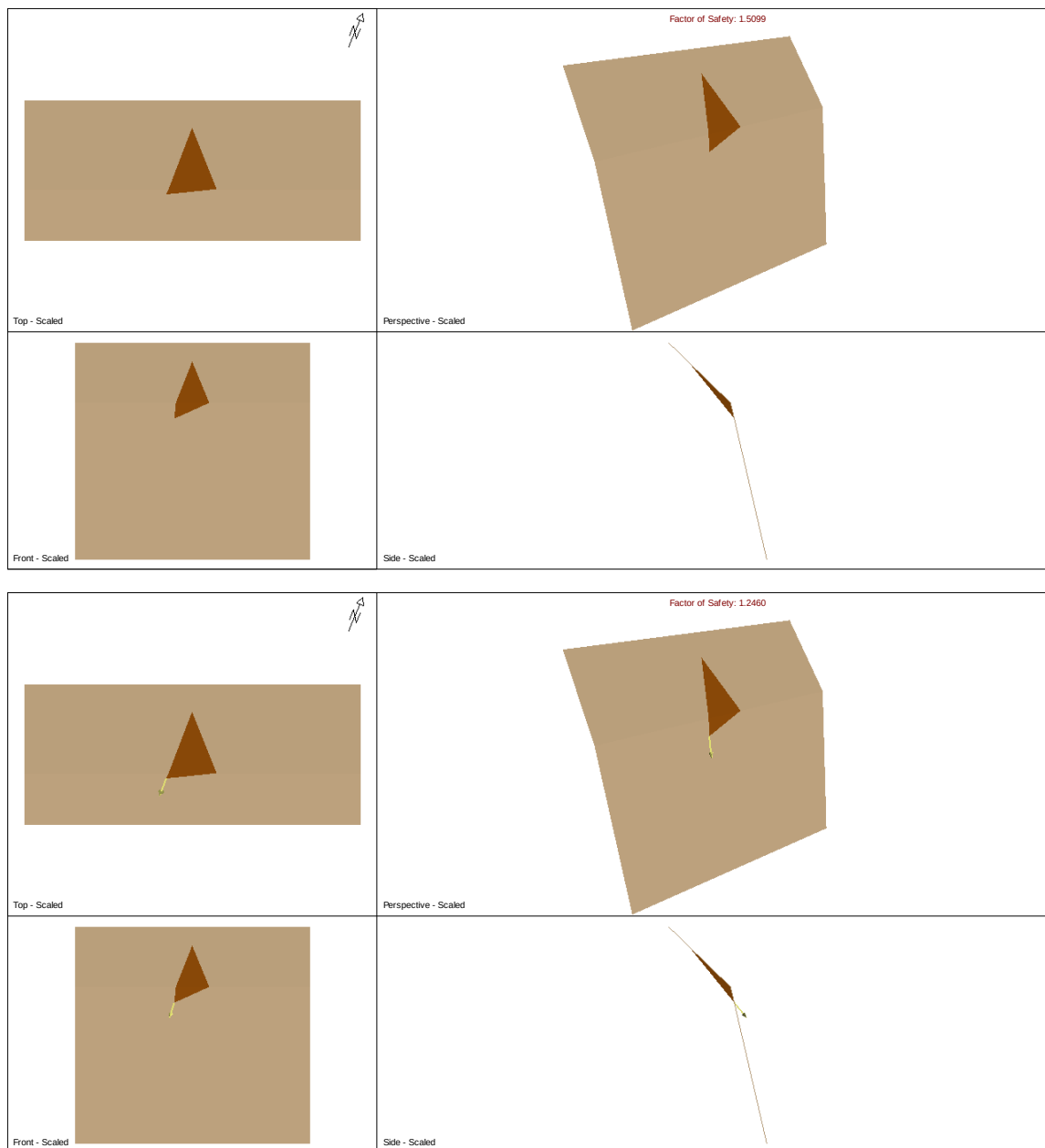
Σχήμα N5.1 Τμήμα N5

Πίνακας N5.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N5

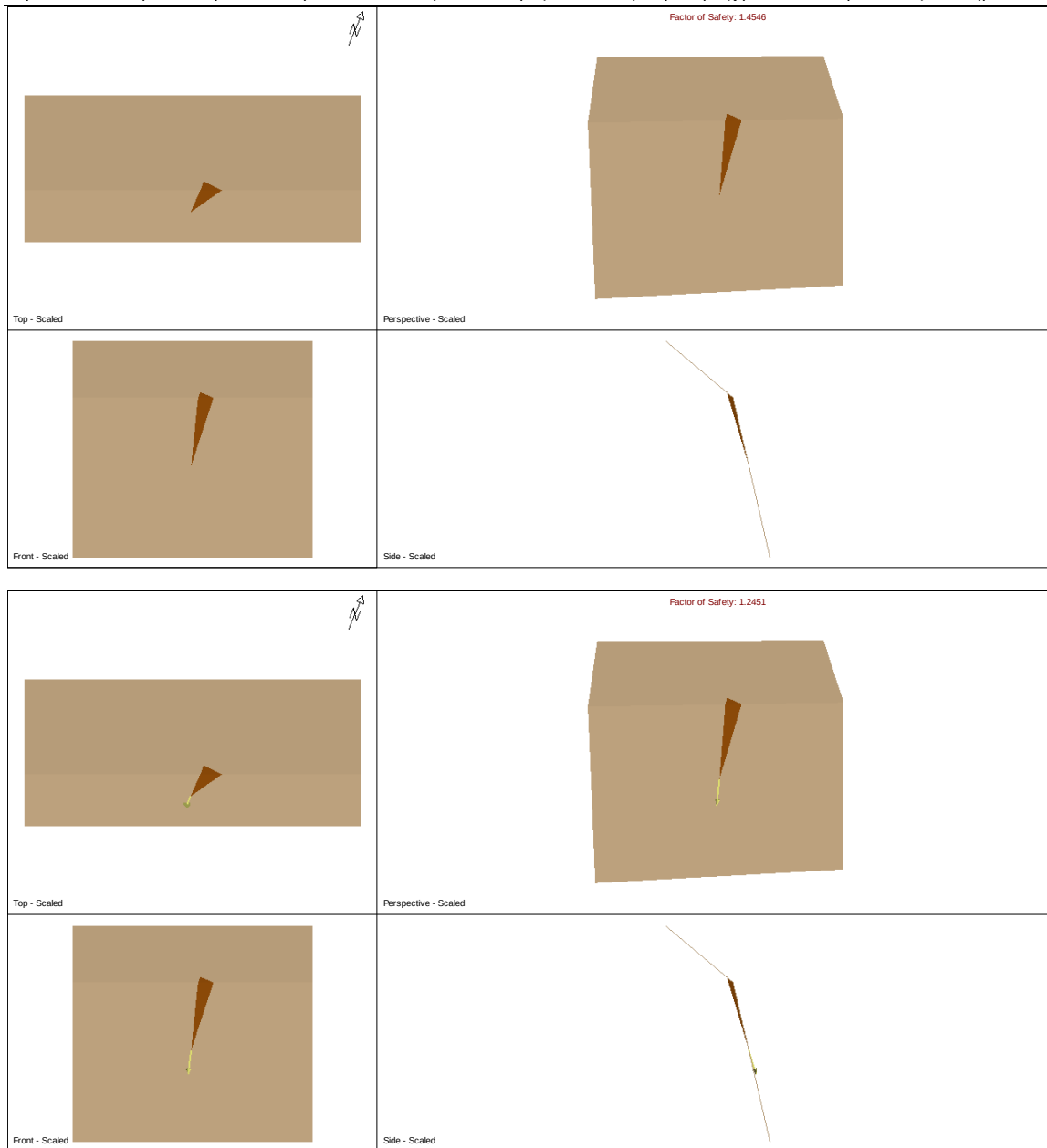
| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 49               | 174                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 8                | 161                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 89               | 267                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 72               | 176                                   | 10                | 30                    |

**Πίνακας N5.2** Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 15 και 10 m

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)    | Σ.Α.(σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|-------------------|-----------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F03 | 1.5 (εμμόνη 10 m) | 1.3             | 14.6                    |
| 2   | F03 | F04 | 1.5/2.0           | 1.3/1.8         | 6.5/1.9                 |



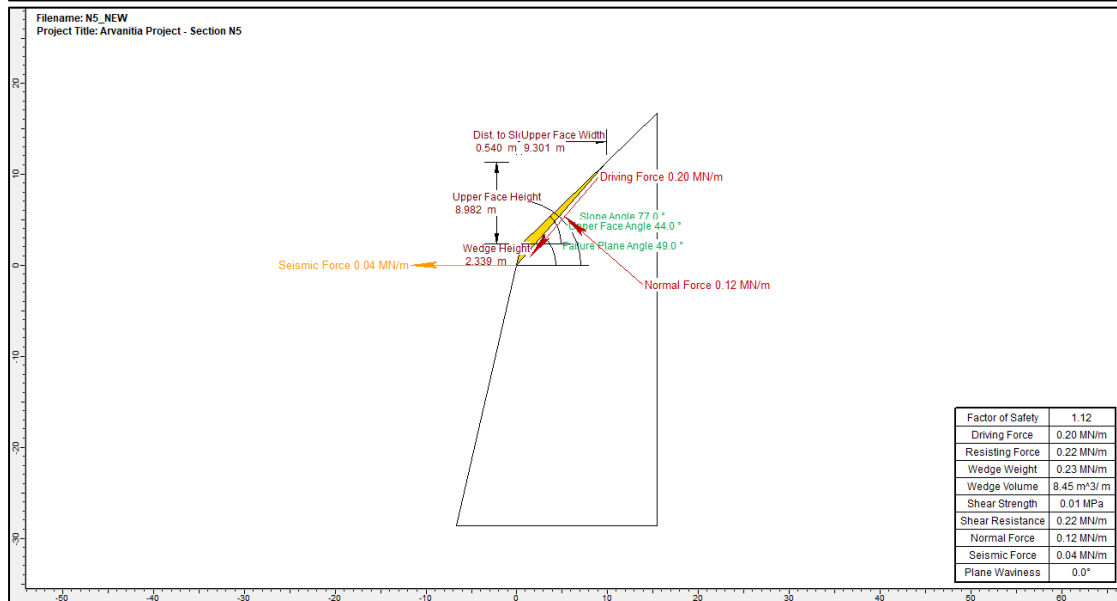
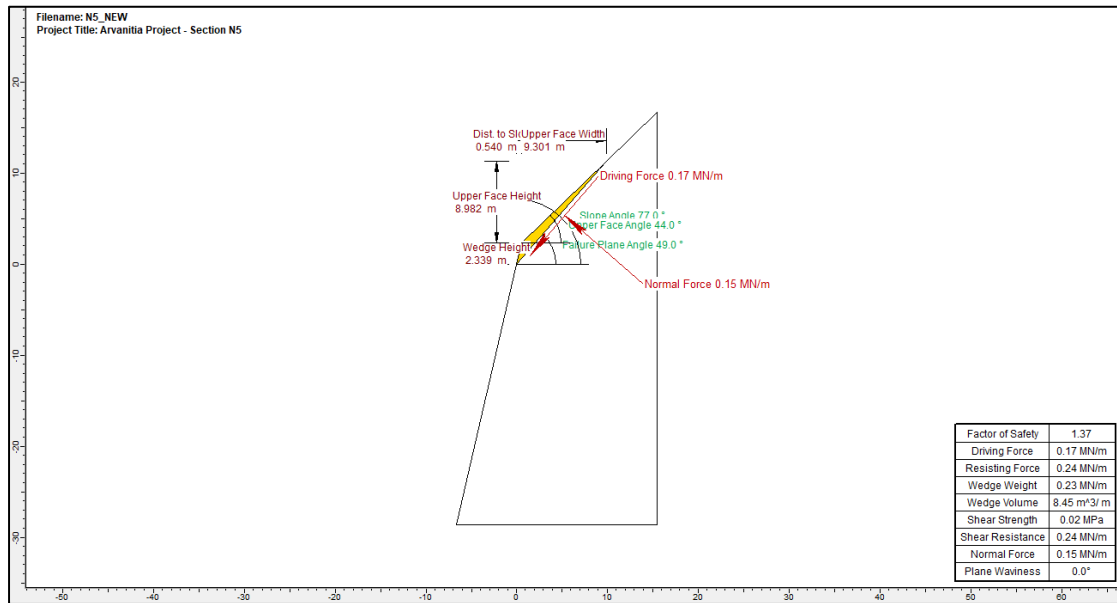
**Σχήμα N5.2** Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F03 με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 10m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N5.3 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F03/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15m και κλίση πρανούς 80° σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

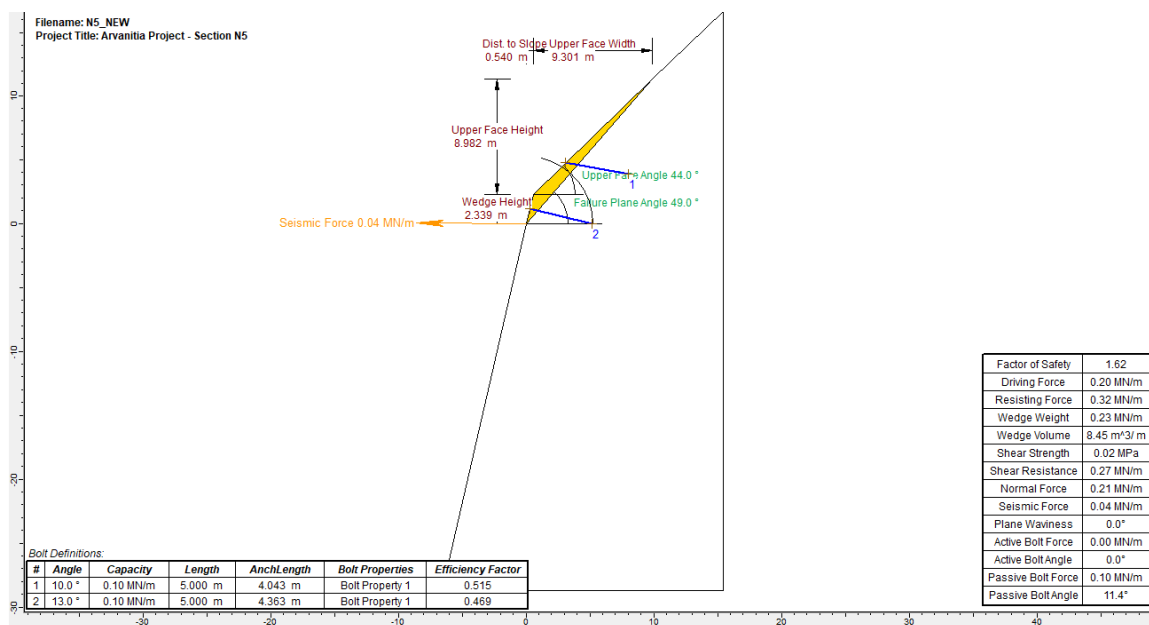
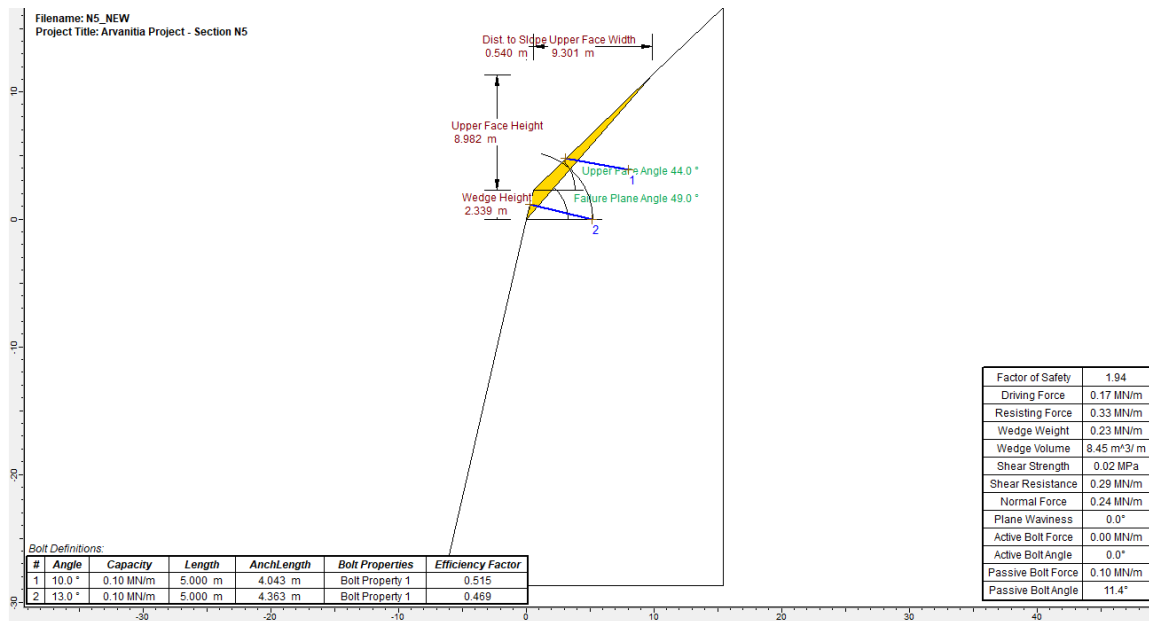
Πίνακας N5.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)                                                        | Σ.Α.(σεισμικές) | Σ.Α.(στατ./σεισμ.)<br>Με αγκύρωση |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1   | F01 | 1.4 (κλίση κάτω πρανούς και $77^\circ$ κλίση άνω πρανούς $44^\circ$ ) | 1.1             | 1.9/1.6                           |
| 2   | F04 | 1.4 (κλίση κάτω πρανούς $80^\circ$ κλίση άνω πρανούς $44^\circ$ )     | 1.2             | -                                 |
| 3   | F04 | 0.9 (κλίση κάτω πρανούς $80^\circ$ κλίση άνω πρανούς $30^\circ$ )     | 0.8             | 1.4/1.3                           |

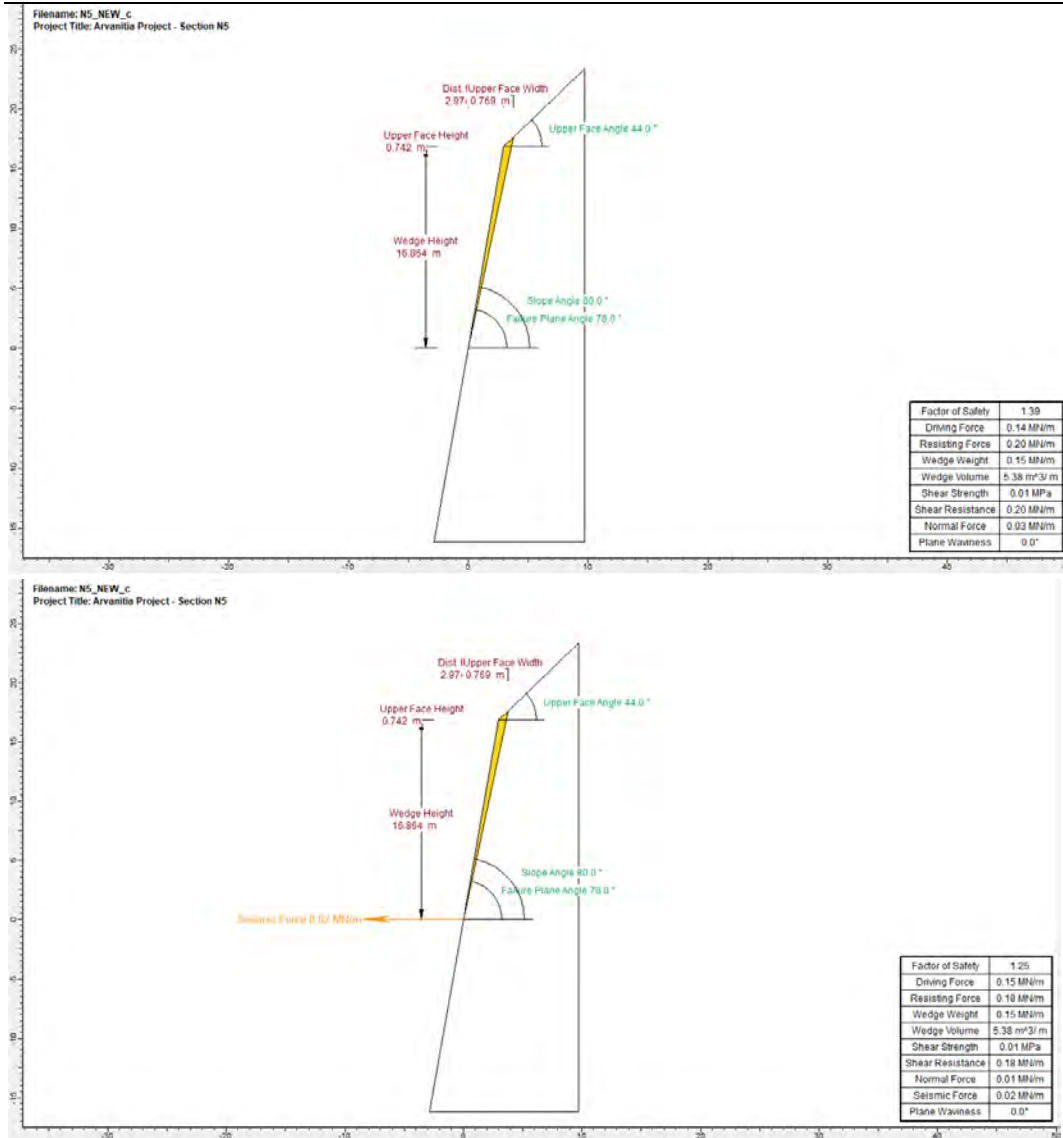


Σχήμα N5.4 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με κλίση πρανούς  $77^\circ$  σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

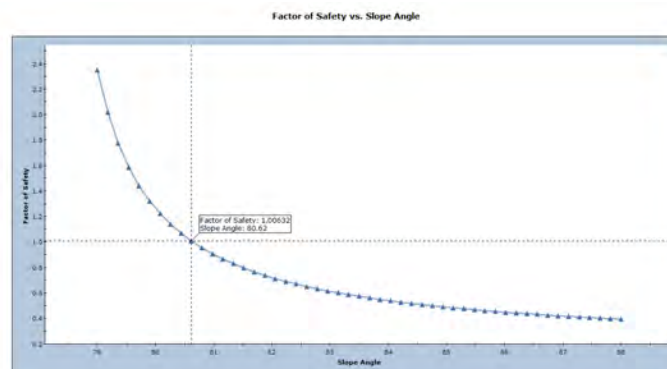




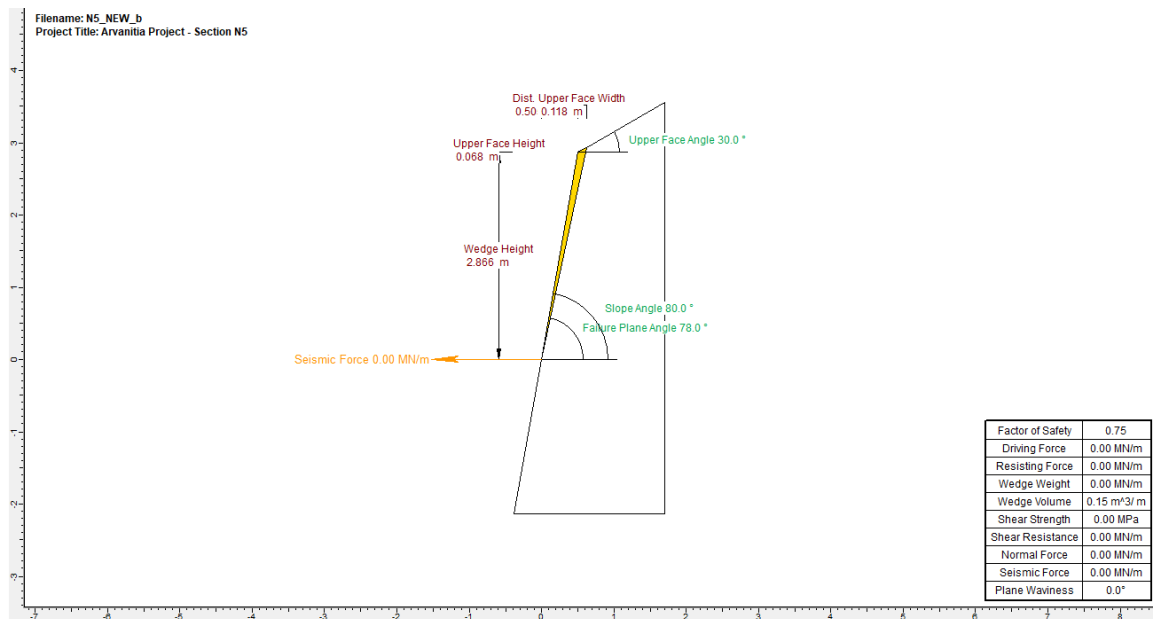
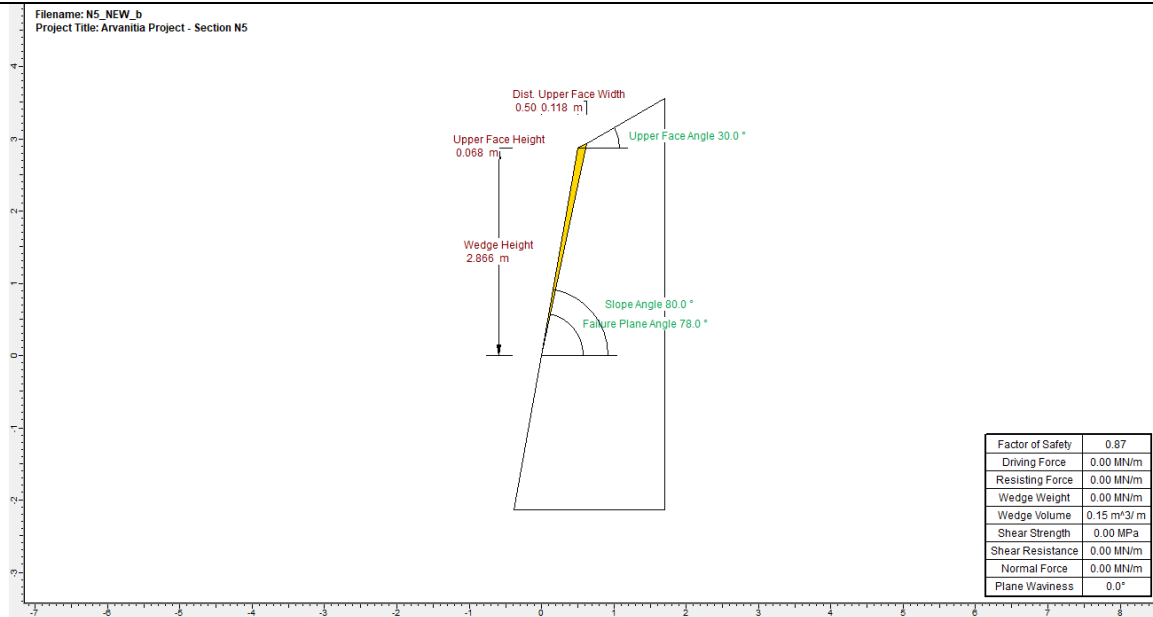
Σχήμα N5.5 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F01 με κλίση πρανούς 77° και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



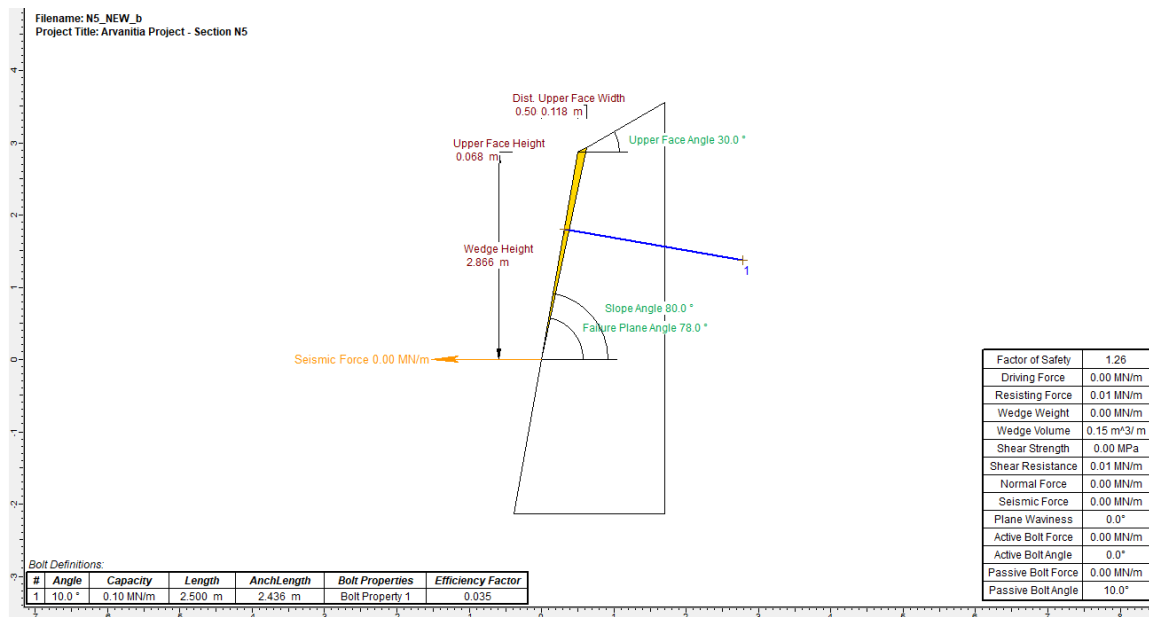
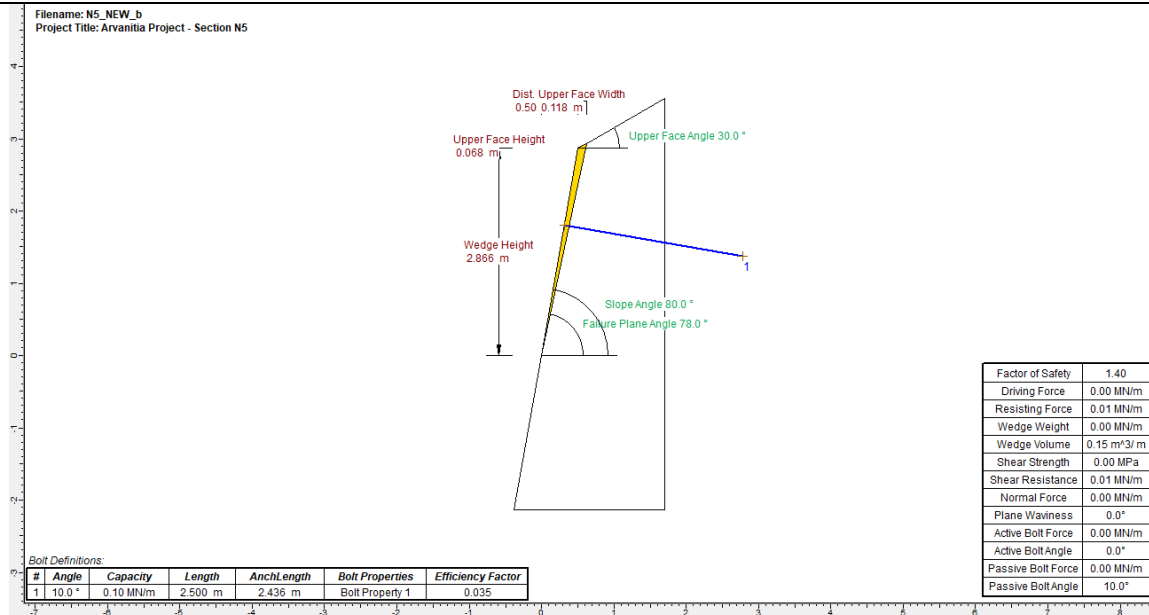
Σχήμα N5.6 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F04 με κλίσεις κάτω/άνω πρανούς 80°/44, ύψος τεμάχους 16 m σε στατικές συνθήκες



Σχήμα N5.7 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης κατά μήκος της ασυνέχειας F04 σε σχέση με τη κλίση του πρανούς σε στατικές συνθήκες



Σχήμα N5.8 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F04 με κλίσεις κάτω/άνω πρανούς 80°/30, ύψος τεμάχους 2.9 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



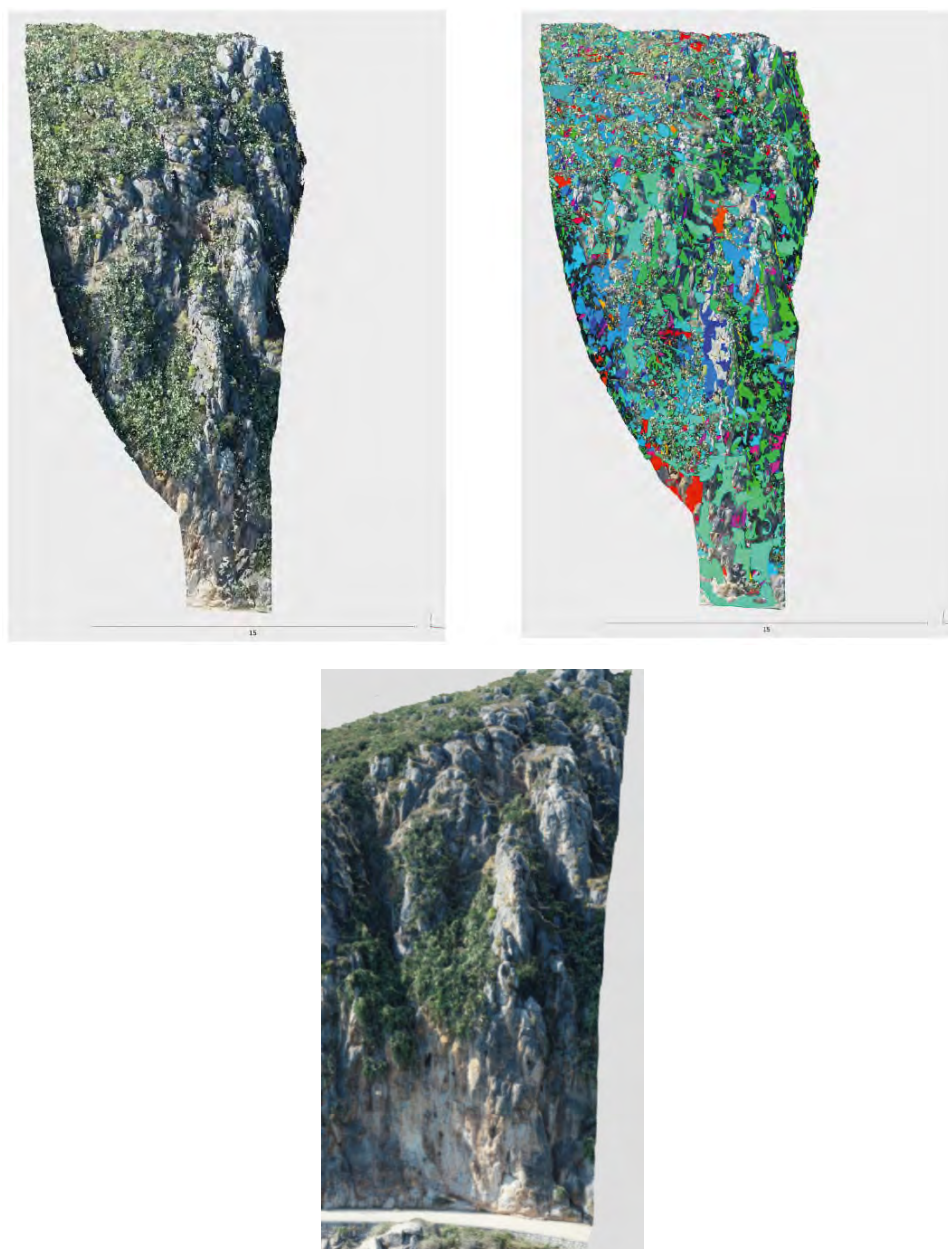
Σχήμα N5.9 Σκαρίφημα τμήματος N5 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F04 με κλίσεις κάτω/άνω πρανούς 80°/30, ύψος τεμάχους 2.9 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Άποψη του πρανούς N5 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

- **ΤΜΗΜΑ N6**



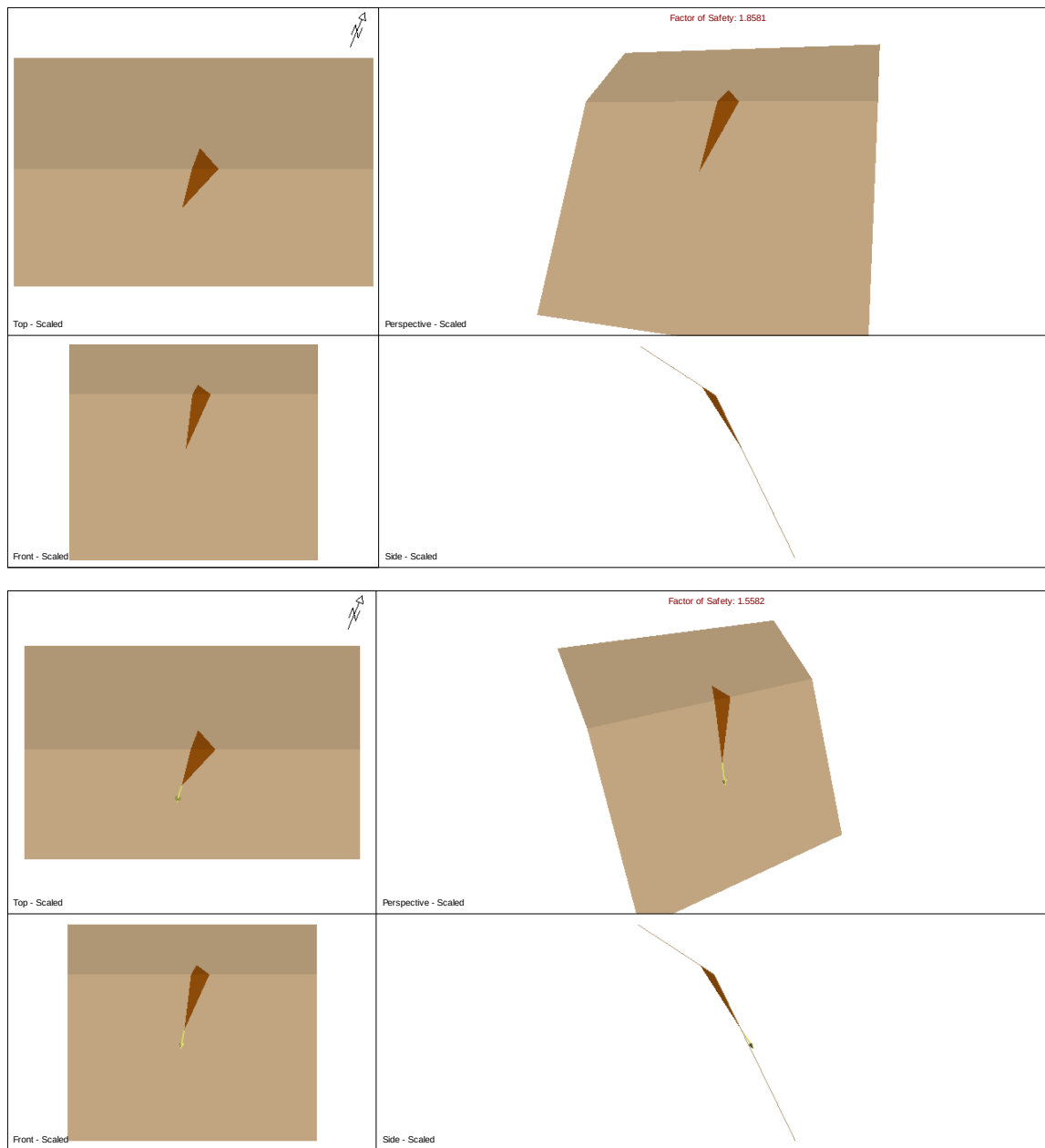
Σχήμα N6.1 Τμήμα N6

Πίνακας N6.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N6

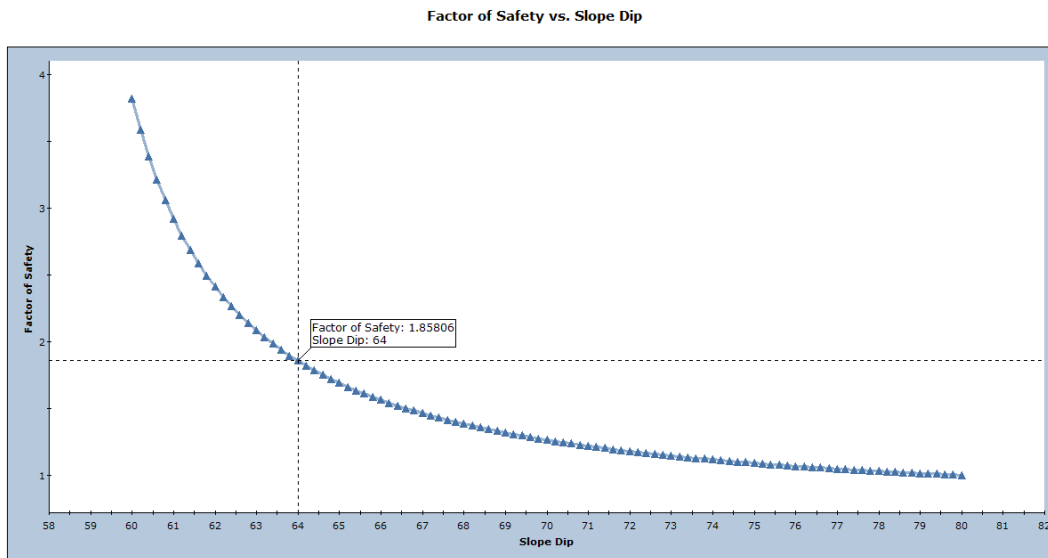
| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 87               | 179                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 57               | 187                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 3                | 175                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 85               | 91                                    | 10                | 30                    |

**Πίνακας N6.2** Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 12 m

| $\alpha/\alpha$ | A   | B   | $\Sigma.A.$ (στατικές)  | $\Sigma.A.$ (σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1               | F02 | F04 | 1.9 (κλίση πρανούς 64°) | 1.6                     | 10                      |



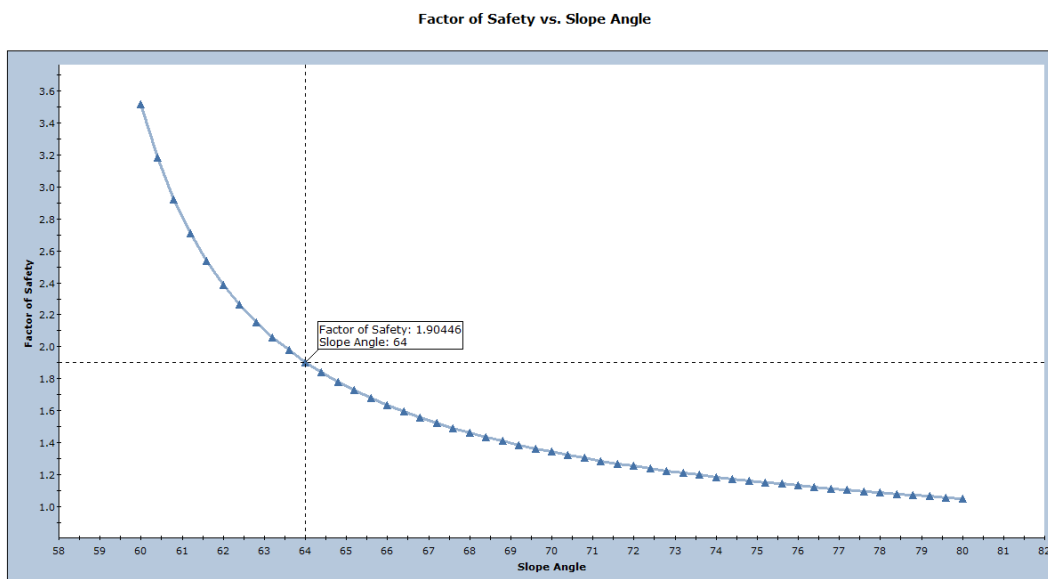
**Σχήμα N6.2** Σκαρίφημα τμήματος N6 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 12 m και κλίση πρανούς 64° σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N6.3 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε σχέση με τη κλίση του πρανούς για τον συνδυασμό F02/F04 και μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 12 m σε στατικές συνθήκες

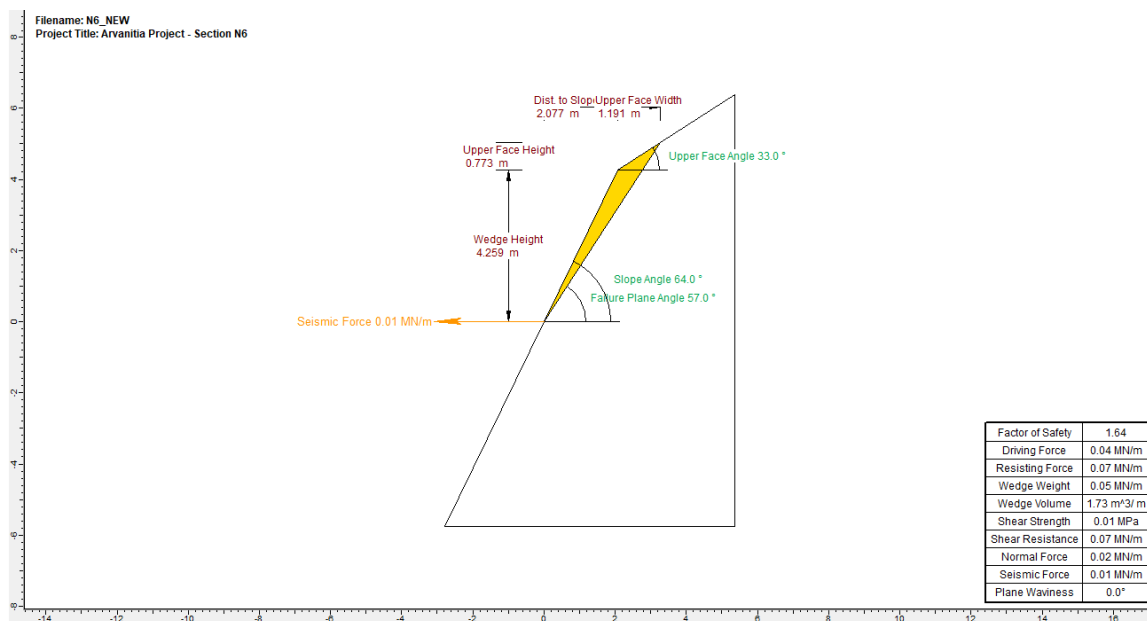
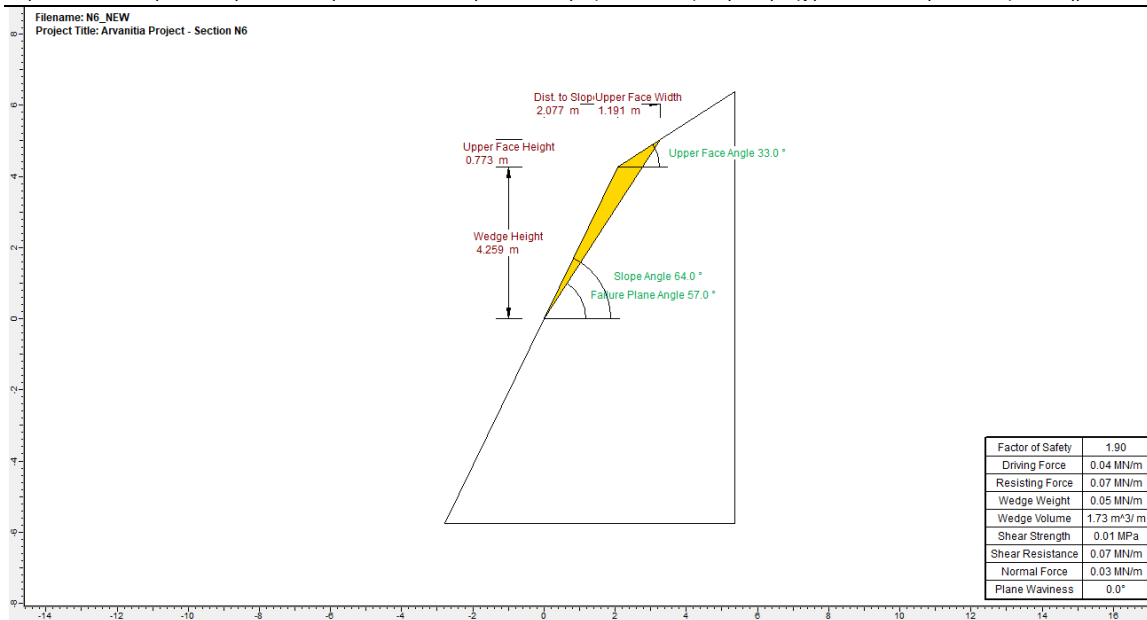
Πίνακας N6.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)                  | Σ.Α.(σεισμικές)                 |
|-----|-----|---------------------------------|---------------------------------|
| 1   | F02 | 1.9 (κλίση πρανούς $64^\circ$ ) | 1.6 (κλίση πρανούς $64^\circ$ ) |



Σχήμα N6.4 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης κατά μήκος της ασυνέχειας F02 σε σχέση με τη κλίση του πρανούς για τέμαχος ύψους 4.3 m σε στατικές συνθήκες





Σχήμα N6.5 Σκαρίφημα τμήματος N6 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας F02 με ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.3 m και κλίση πρανούς 64° σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N6 όπου σημειώνεται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

- **ΤΜΗΜΑ N7**



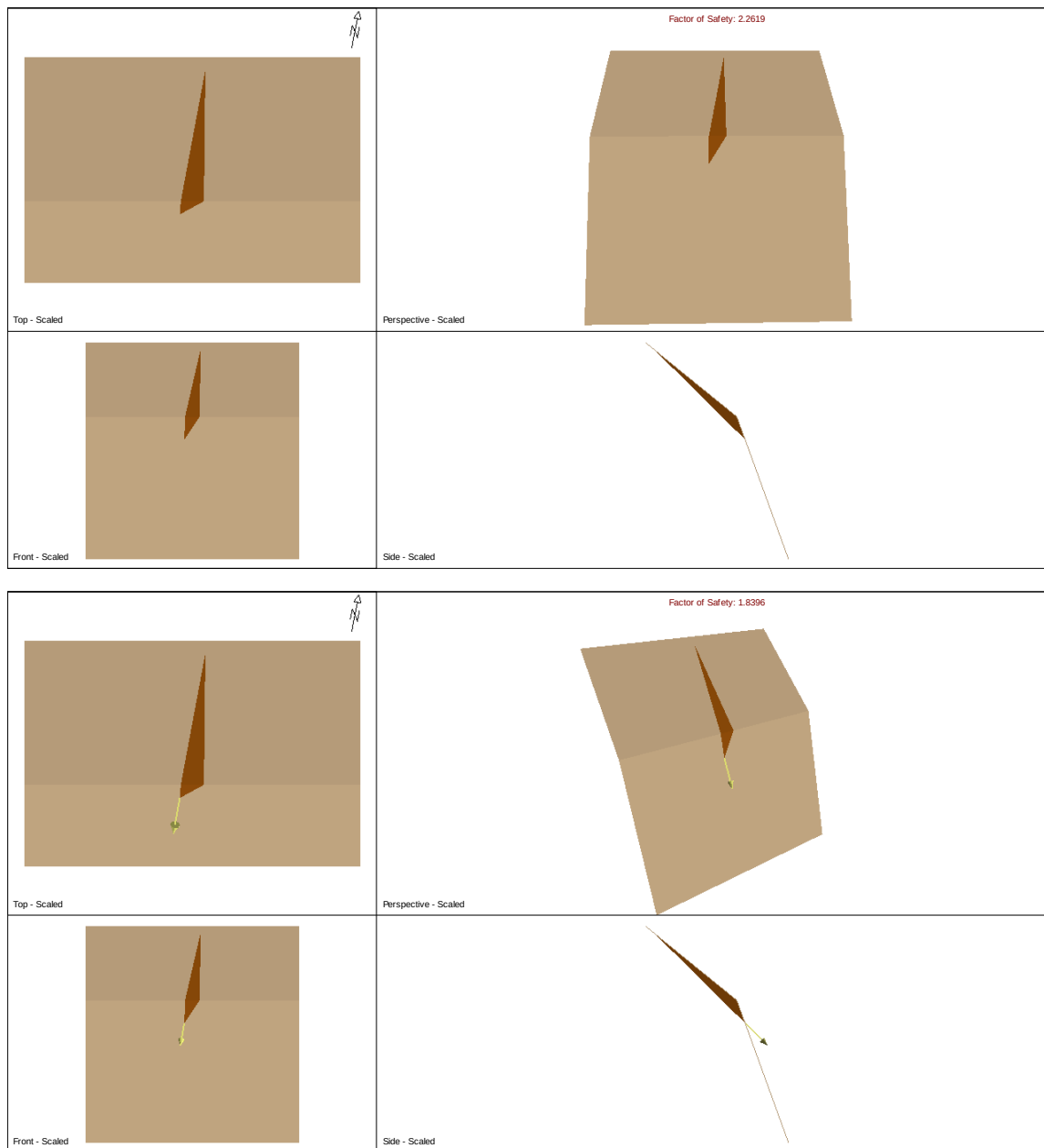
Σχήμα N7.1 Τμήμα N7

Πίνακας N7.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N7

| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 86               | 178                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 4                | 167                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 87               | 92                                    | 10                | 30                    |
| F04 | 40               | 194                                   | 10                | 30                    |
| F05 | 53               | 222                                   | 10                | 30                    |

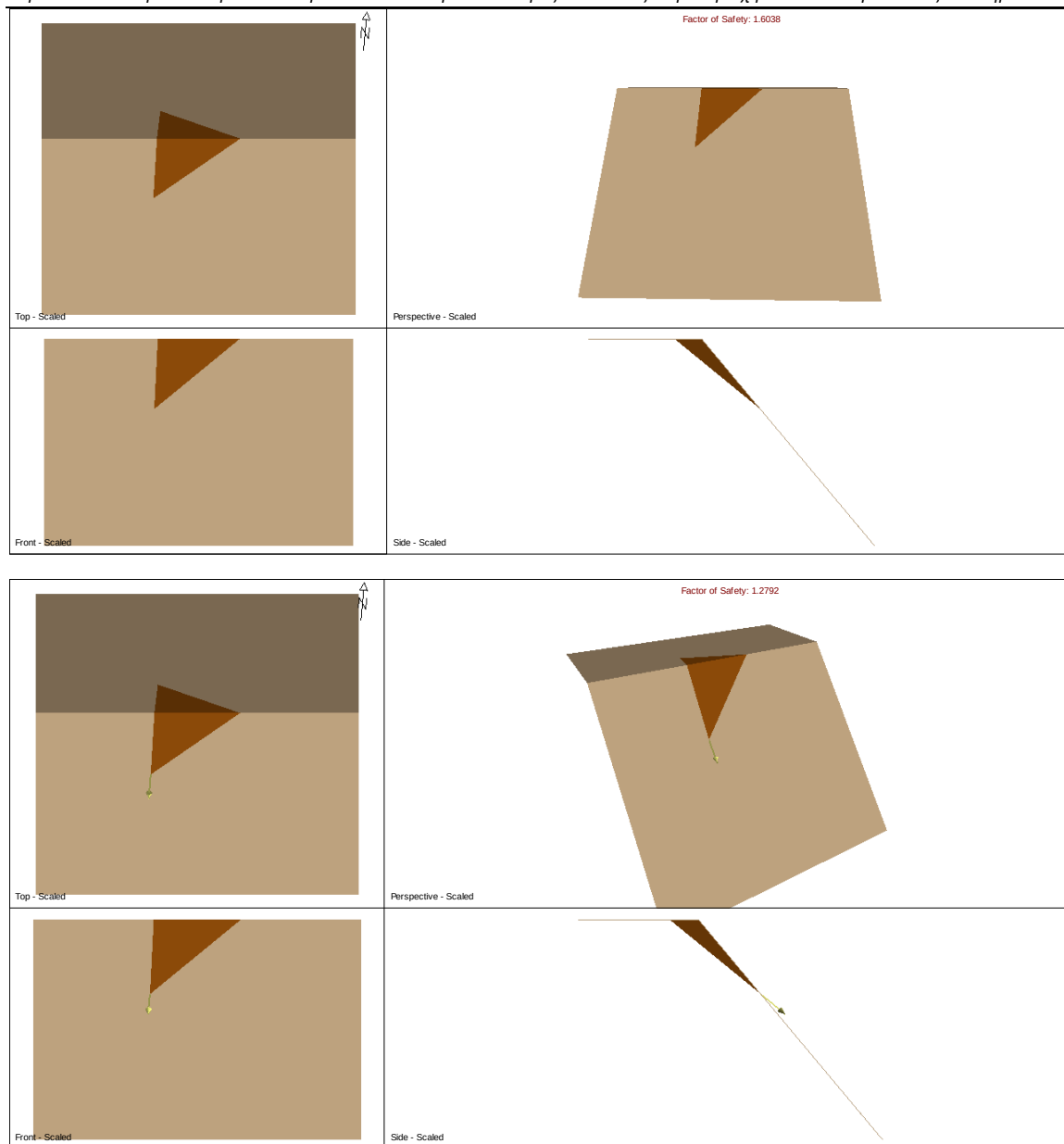
**Πίνακας N7.2** Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A.<2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m

| $\alpha/\alpha$ | A   | B   | $\Sigma.A.$ (στατικές) | $\Sigma.A.$ (σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|-----|-----|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1               | F03 | F05 | 2.2                    | 1.8                     | 40                      |
| 2               | F03 | F04 | 1.6                    | 1.3                     | 103                     |



**Σχήμα N7.2** Σκαρίφημα τμήματος N7 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F03/F05 με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Σχήμα N7.3 Σκαρίφημα τμήματος N7 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F03/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 20 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

- **ΤΜΗΜΑ N8**



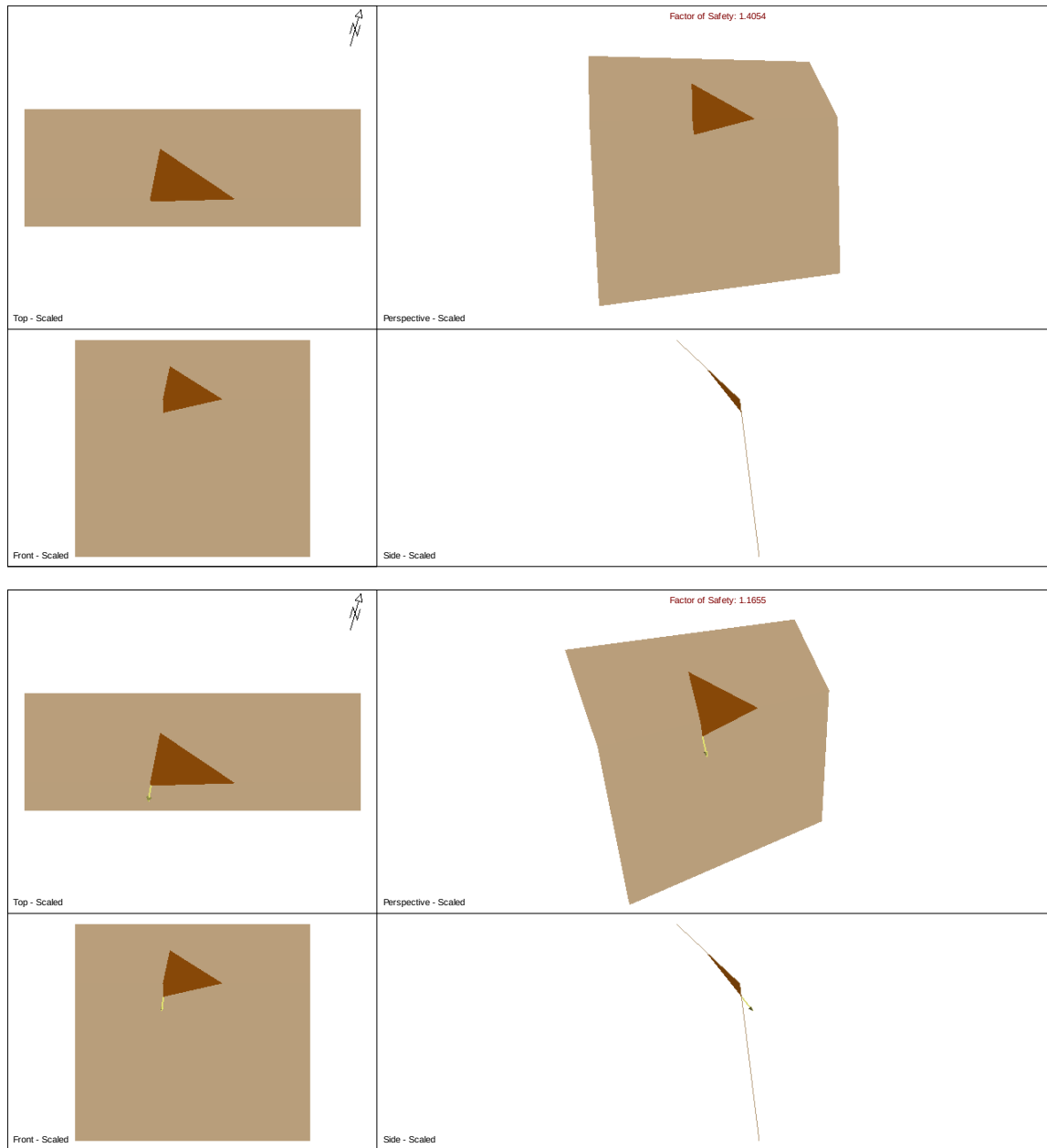
Σχήμα N8.1 Τμήμα N8

Πίνακας N8.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N8

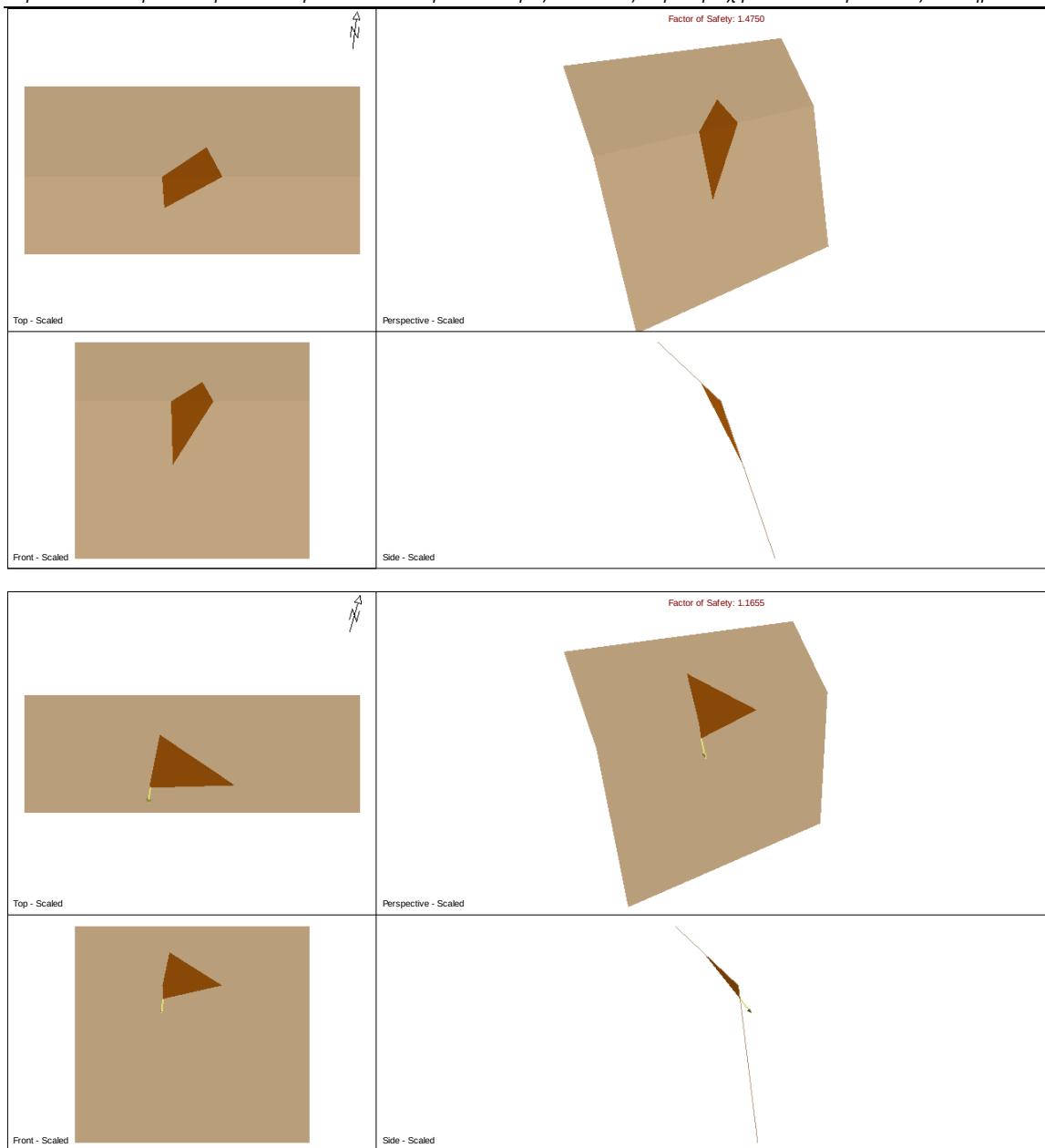
| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 88               | 179                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 51               | 173                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 4                | 151                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 85               | 90                                    | 10                | 30                    |
| F05 | 86               | 215                                   | 10                | 30                    |
| F06 | 58               | 204                                   | 10                | 30                    |
| F07 | 72               | 149                                   | 10                | 30                    |
| F08 | 51               | 197                                   | 10                | 30                    |
| F09 | 30               | 210                                   | 10                | 30                    |

**Πίνακας N8.2** Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| $\alpha/\alpha$ | A   | B   | $\Sigma.A.$ (στατικές) | $\Sigma.A.$ (σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|-----|-----|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1               | F02 | F04 | 1.4 (εμμονή 15 m)      | 1.2(εμμονή 15 m)        | 38.6                    |
| 2               | F06 | F07 | 1.5 (εμμονή 6 m)       | 1.3 (εμμονή 6 m)        | 1.6                     |



**Σχήμα N8.2** Σκαρίφημα τμήματος N8 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

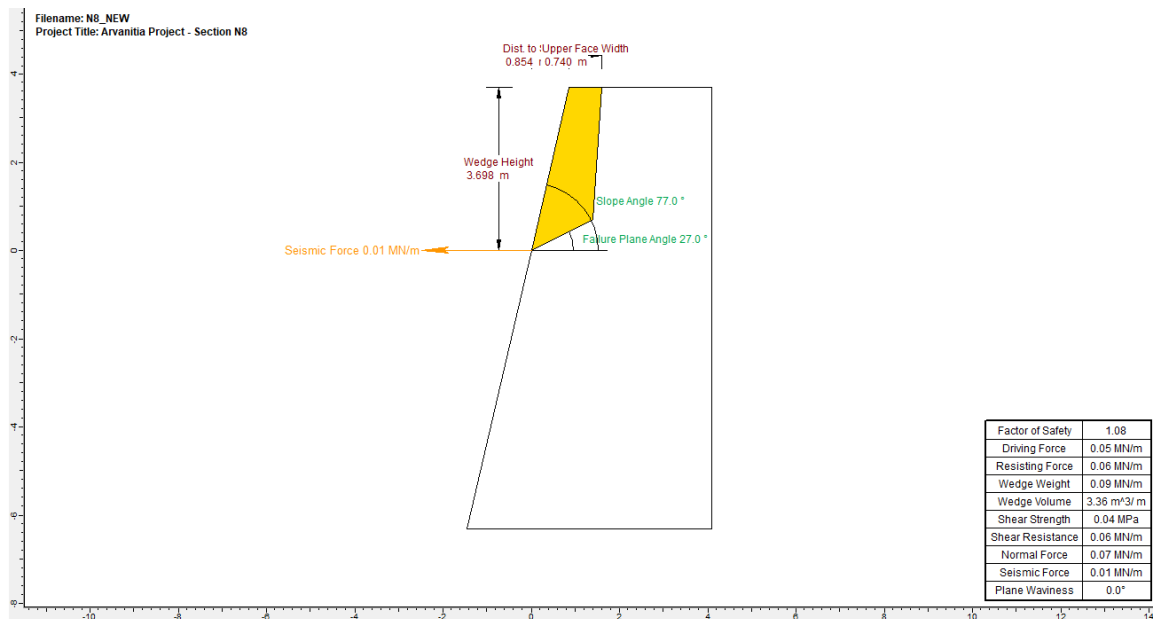
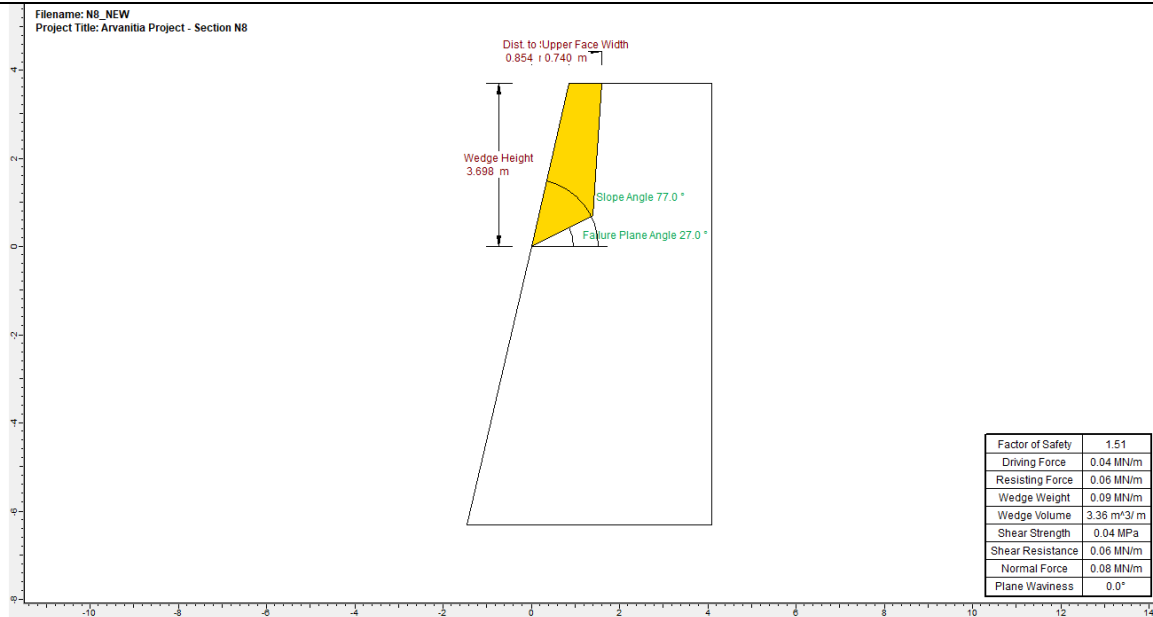


Σχήμα N8.3 Σκαρίφημα τμήματος N8 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F06/F07 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 6 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας N8.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| $\alpha/\alpha$ | A        | $\Sigma.A.$ (στατικές)   | $\Sigma.A.$ (σεισμικές)  |
|-----------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 1               | 27° /F05 | 1.5 (κλίση πρηνούς 77° ) | 1.1 (κλίση πρηνούς 77° ) |



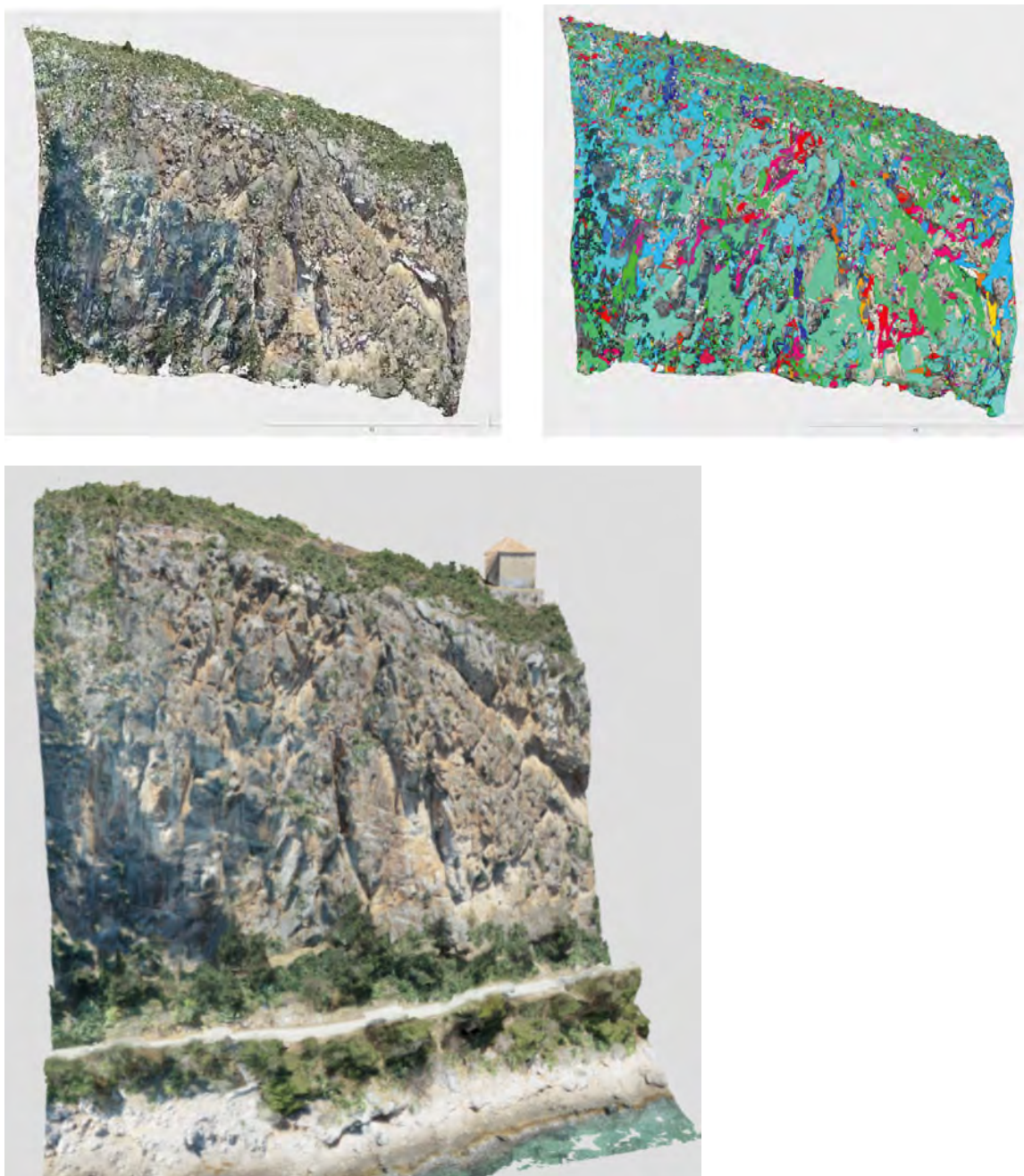


Σχήμα N8.4 Σκαρίφημα τμήματος N8 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση 27° με θεώρηση εφελκυστικής ρωγμής 86° και ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.7 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N8 όπου σημειώνονται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

- **ΤΜΗΜΑ N9**



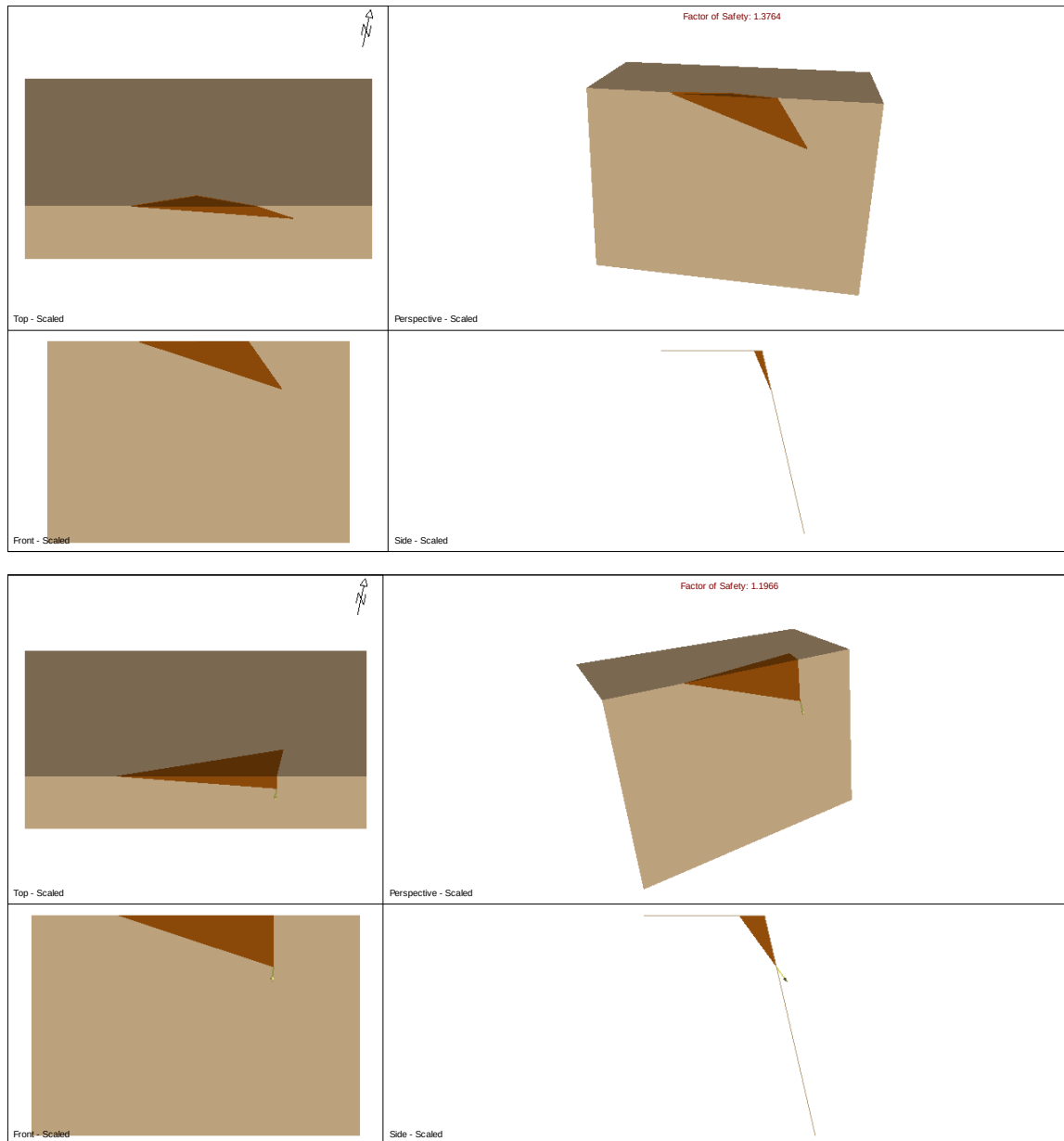
Σχήμα N9.1 Τμήμα N9

Πίνακας N9.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N9

| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 84               | 178                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 4                | 177                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 87               | 92                                    | 10                | 30                    |
| F04 | 80               | 142                                   | 10                | 30                    |
| F05 | 55               | 159                                   | 10                | 30                    |

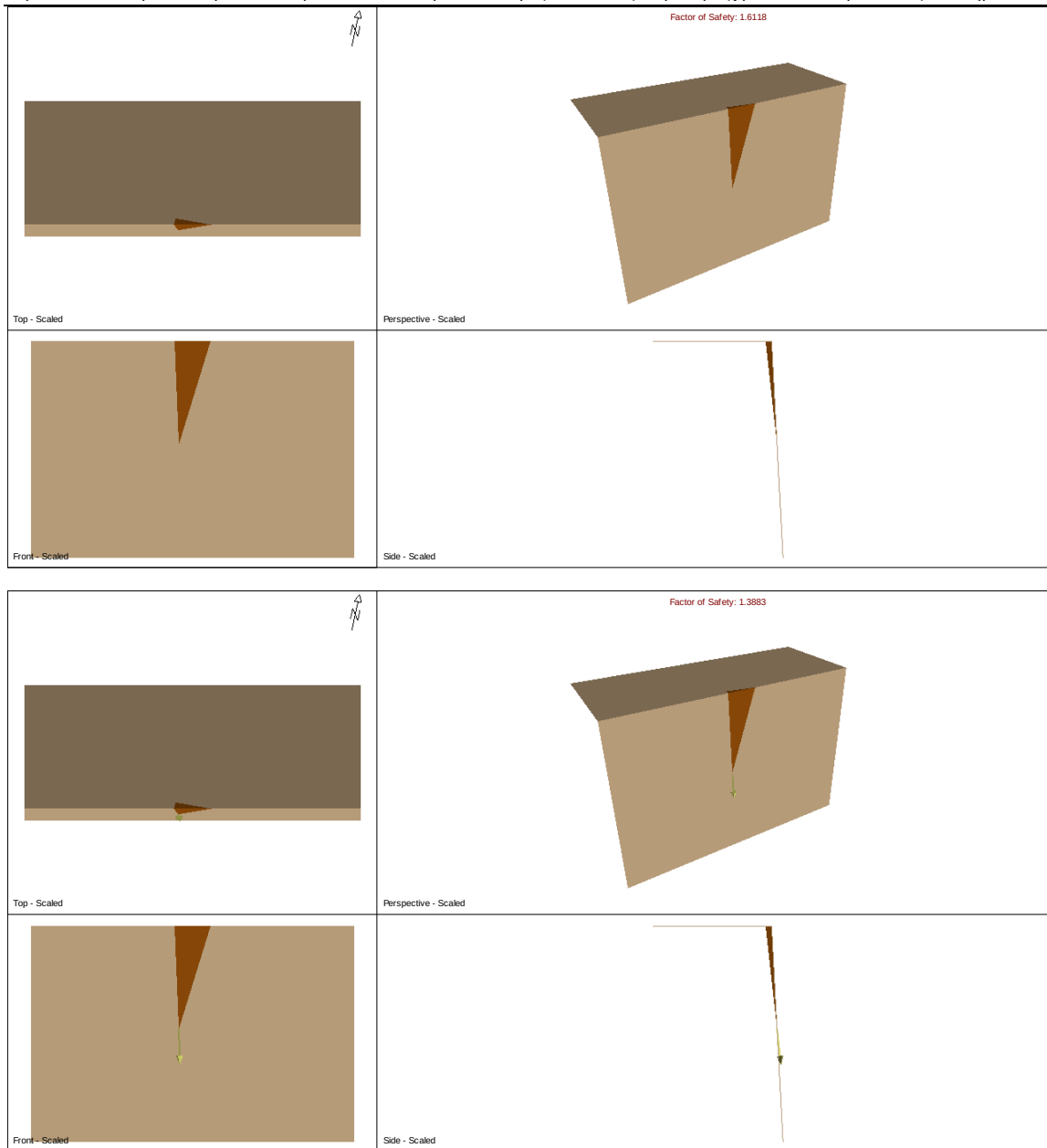
**Πίνακας N9.2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες**

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)    | Σ.Α.(σεισμικές)   | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F05 | 1.4 (εμμονή 15 m) | 1.2 (εμμονή 15 m) | 7.8                     |
| 2   | F01 | F03 | 1.6 (εμμονή 15 m) | 1.4 (εμμονή 15 m) | 10                      |

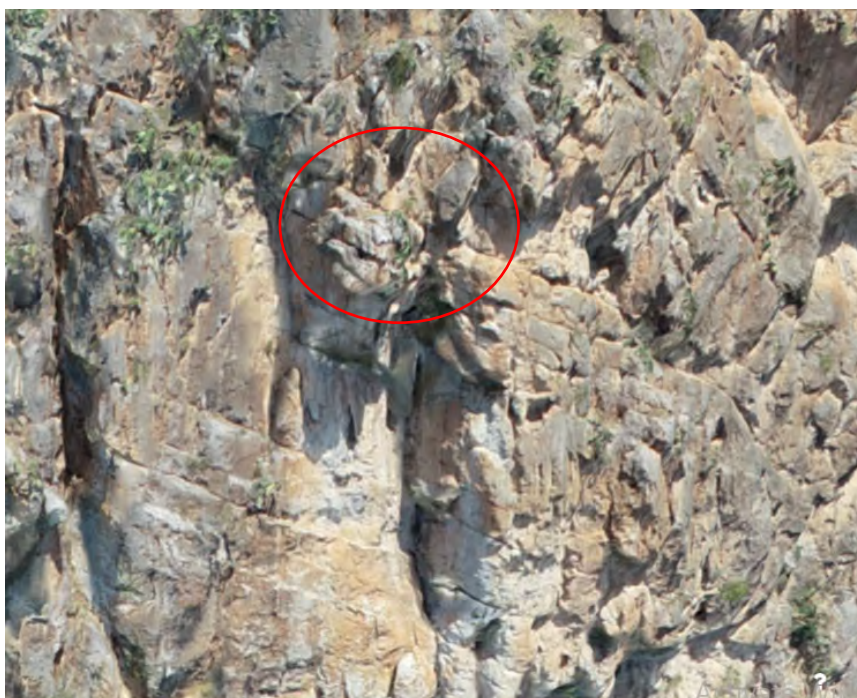


**Σχήμα N9.2 Σκαρίφημα τμήματος N9 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F05 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες**



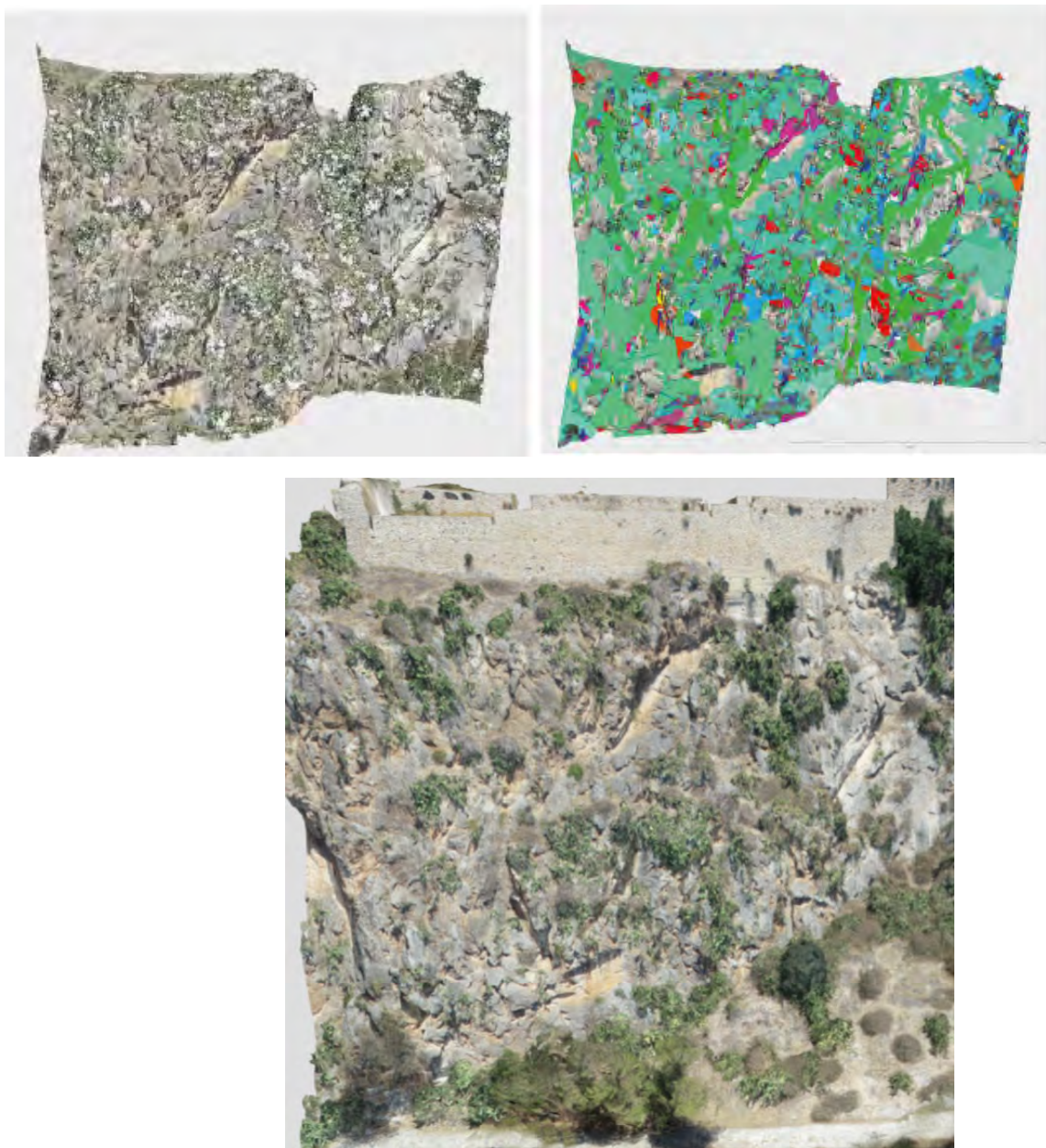


Σχήμα N9.3 Σκαρίφημα τμήματος N9 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F03 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N9 όπου σημειώνονται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

- **ΤΜΗΜΑ N10**



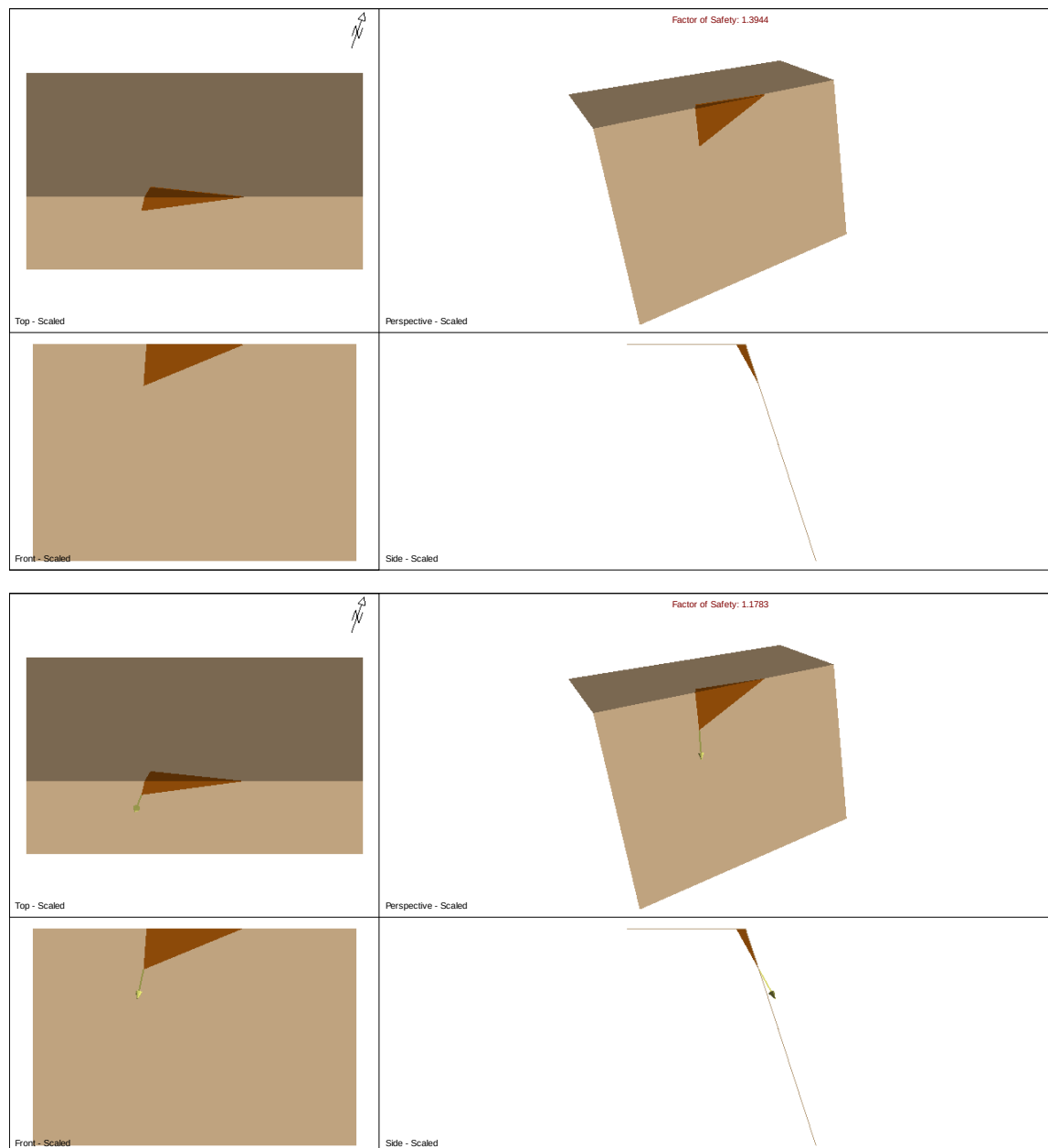
Σχήμα N10.1 Τμήμα N10

Πίνακας N10.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N10

| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 76               | 144                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 60               | 166                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 7                | 146                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 84               | 101                                   | 10                | 30                    |
| F05 | 87               | 181                                   | 10                | 30                    |
| F06 | 55               | 156                                   | 10                | 30                    |

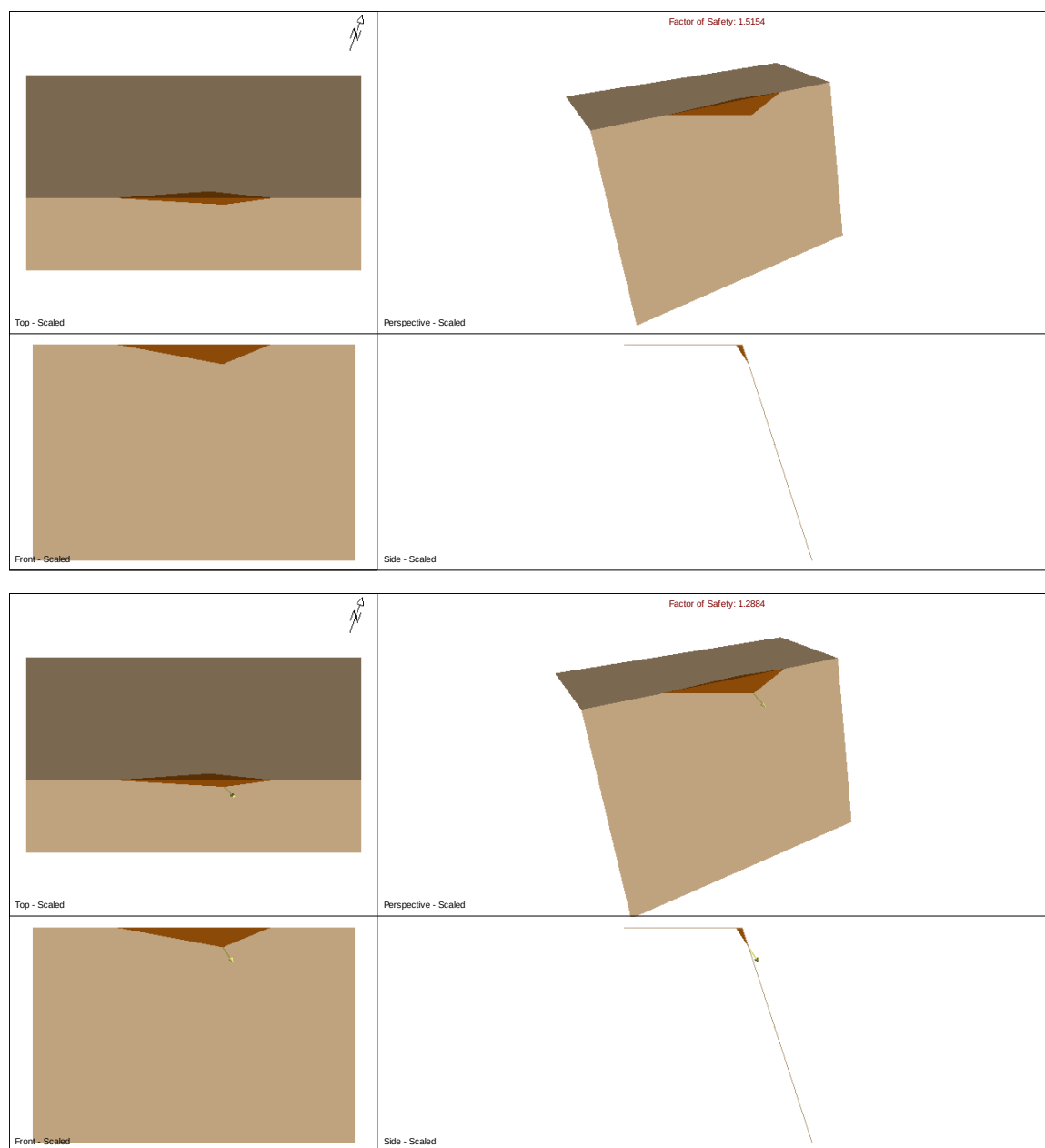
Πίνακας N10-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)    | Σ.Α.(σεισμικές)   | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1   | F02 | F04 | 1.4 (εμμονή 15 m) | 1.2 (εμμονή 15 m) | 16.6                    |
| 2   | F02 | F06 | 1.5 (εμμονή 15 m) | 1.3 (εμμονή 15 m) | 8.7                     |
| 3   | F02 | F01 | 1.5 (εμμονή 15 m) | 1.3 (εμμονή 15 m) | 11.3                    |

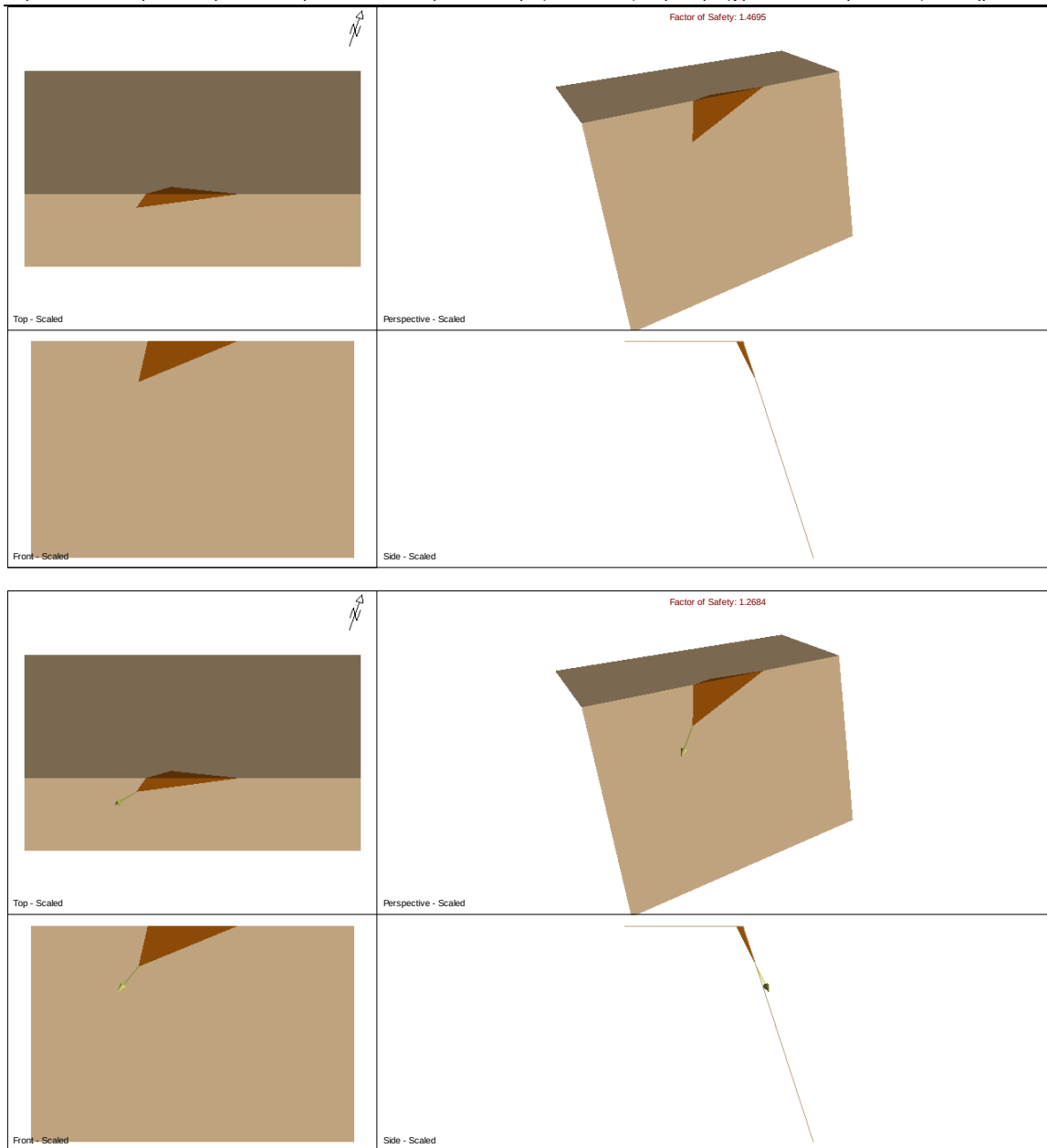


Σχήμα N10.2 Σκαρίφημα τμήματος N10 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Σχήμα N10.3 Σκαρίφημα τμήματος N10 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F06 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

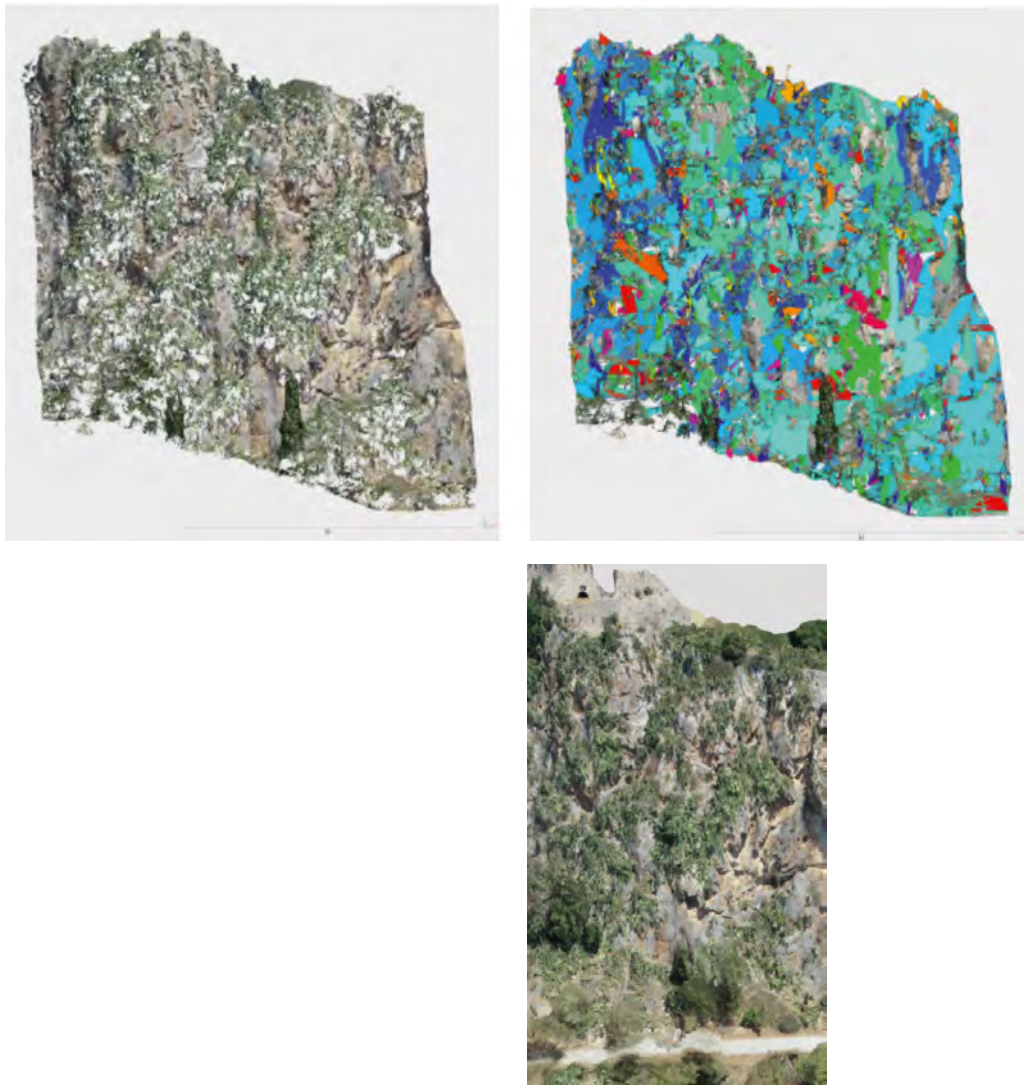


Σχήμα N10.4 Σκαρίφημα τμήματος N10 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F01 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς N10 όπου σημειώνονται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

• **ΤΜΗΜΑ N11**



Σχήμα N11.1 Τμήμα N11

Πίνακας N11.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N11

| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 75               | 172                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 54               | 180                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 3                | 208                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 89               | 266                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας N11-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A | B | Σ.Α.(στατικές) | Σ.Α.(σεισμικές) | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|---|---|----------------|-----------------|-------------------------|
| 1   | - | - |                |                 |                         |



• **ΤΜΗΜΑ N12**



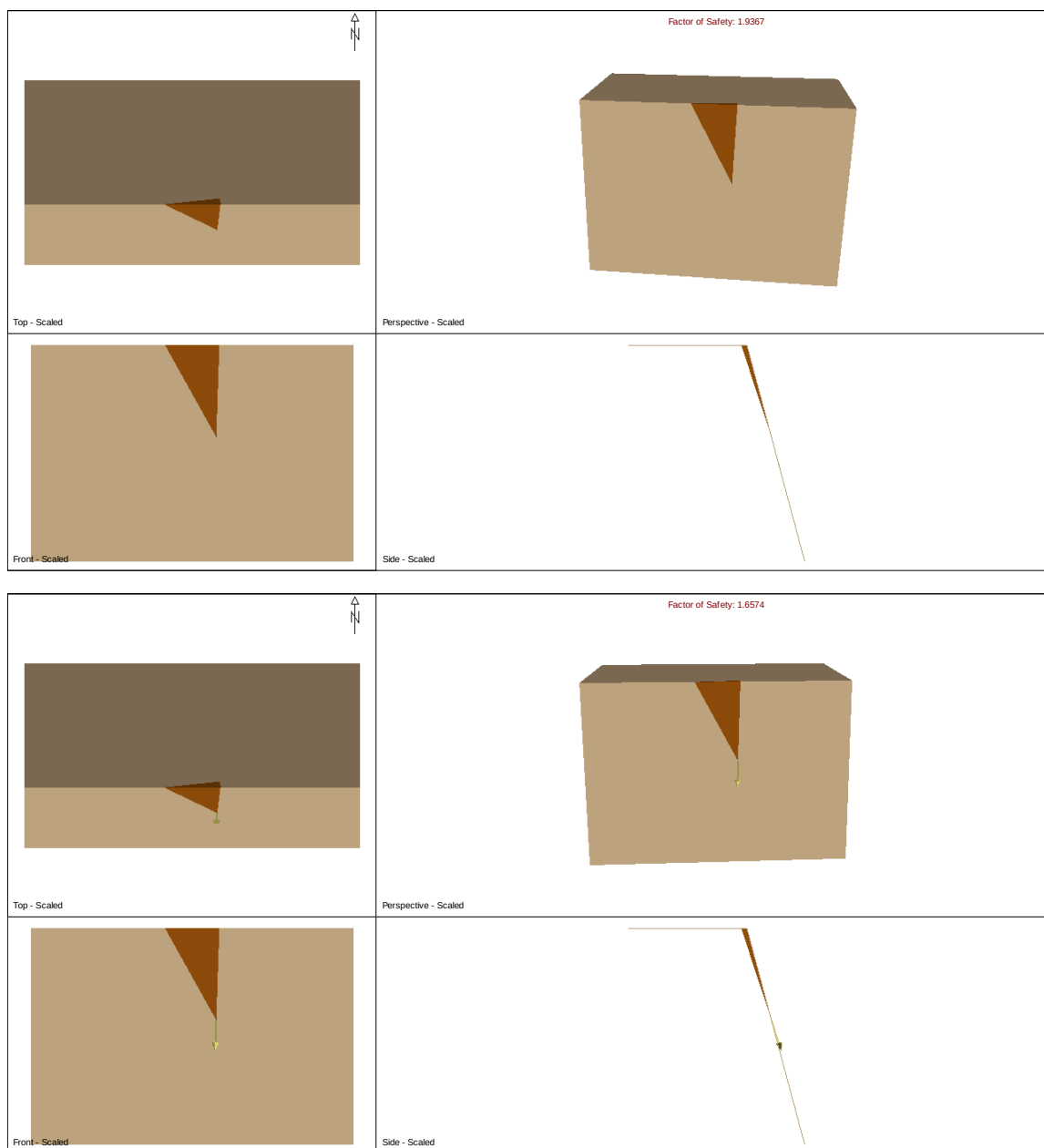
Σχήμα N12.1 Τμήμα N12

Πίνακας N12.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N12

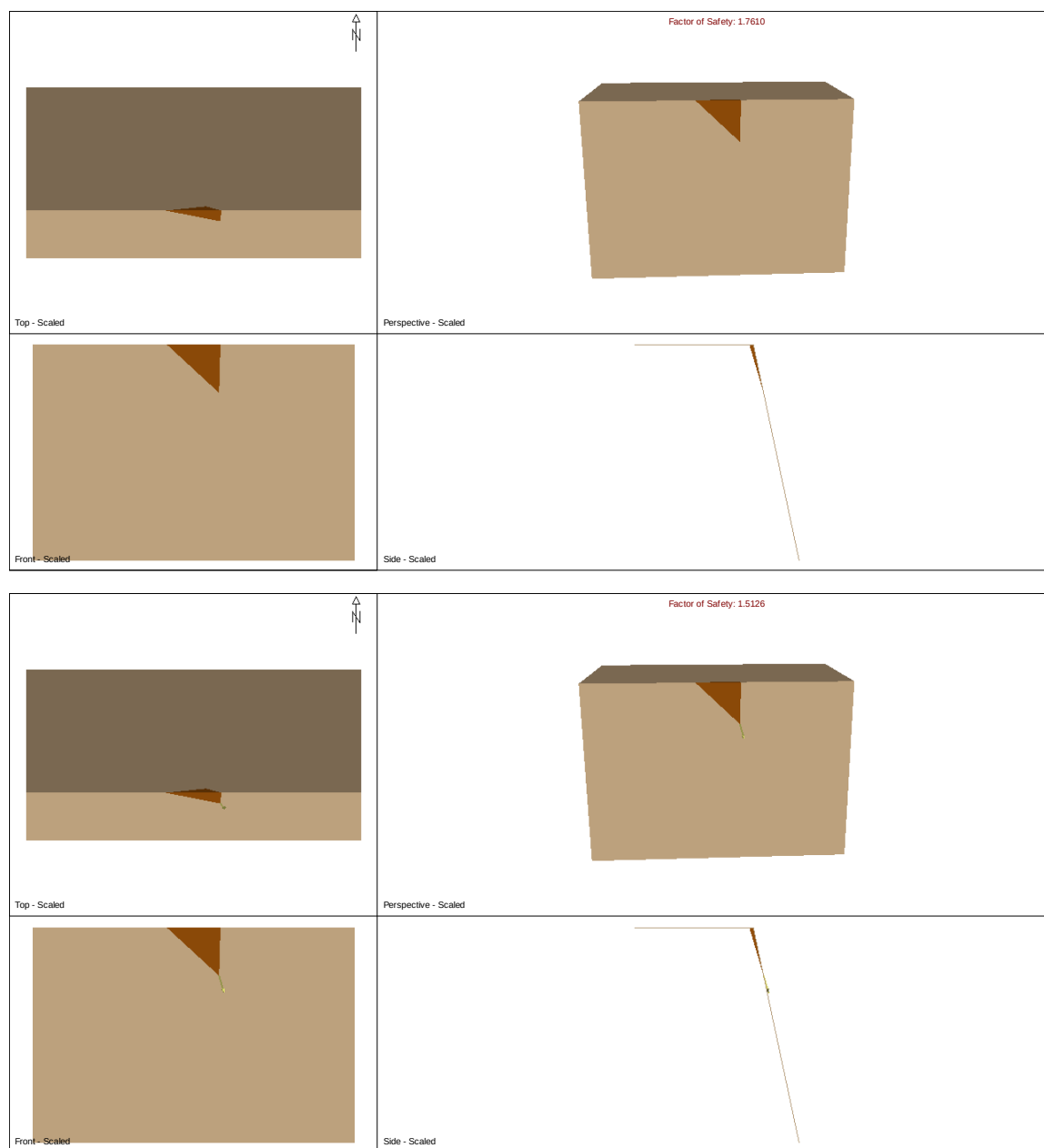
| ID  | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| F01 | 72               | 174                                   | 10                | 30                    |
| F02 | 78               | 195                                   | 10                | 30                    |
| F03 | 8                | 184                                   | 10                | 30                    |
| F04 | 87               | 266                                   | 10                | 30                    |
| F05 | 65               | 191                                   | 10                | 30                    |
| F06 | 72               | 201                                   | 10                | 30                    |
| F07 | 68               | 169                                   | 10                | 30                    |
| F08 | 82               | 292                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας N12-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

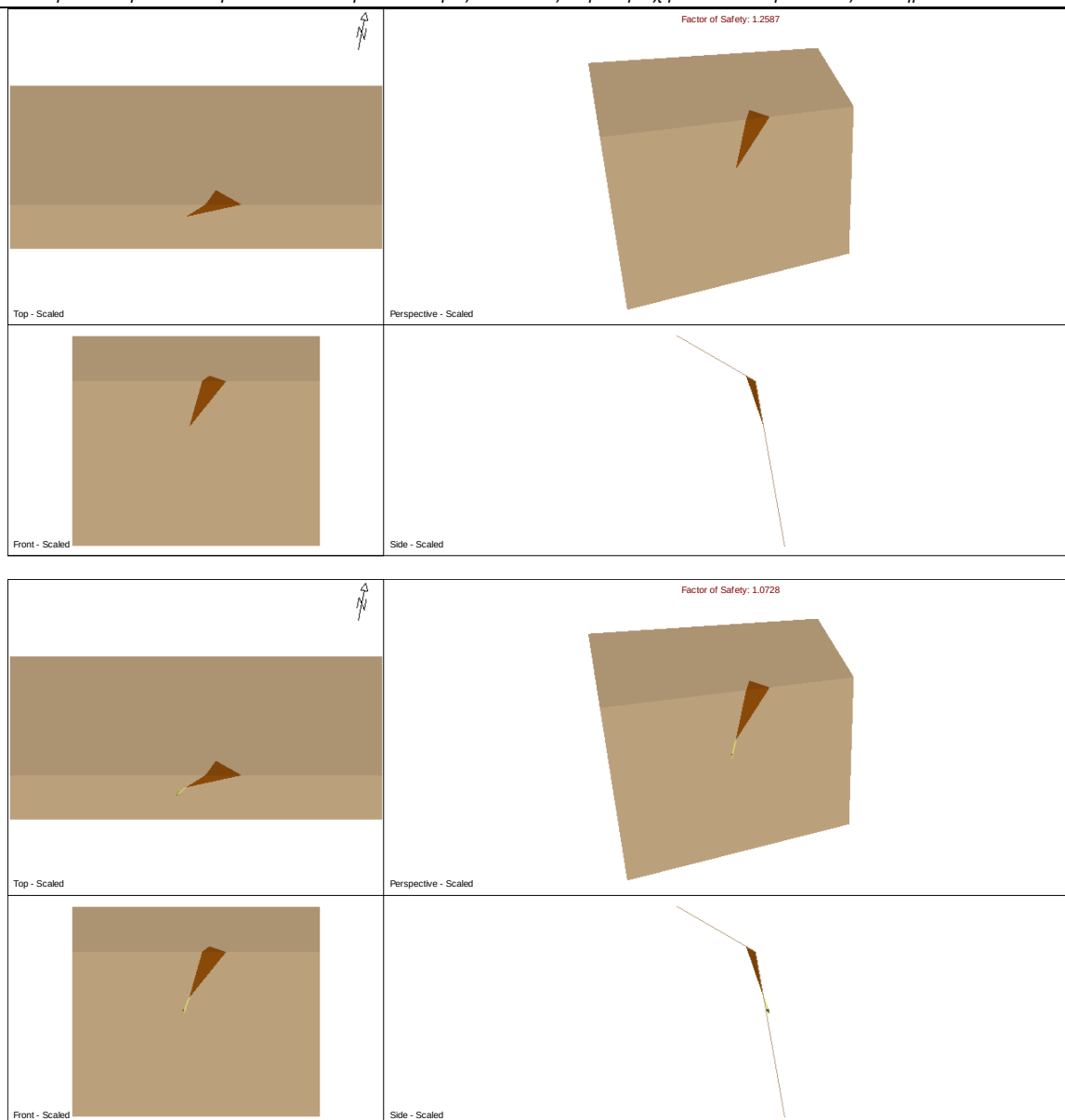
| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                        | Σ.Α.(σεισμικές)                       | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F04 | 1.9 (εμμονή 15 m)                     | 1.7 (εμμονή 15 m)                     | 12.7                    |
| 2   | F01 | F02 | 1.8 (εμμονή 15 m)                     | 1.5 (εμμονή 15 m)                     | 4.7                     |
| 3   | F05 | F08 | 1.3 (εμμονή 9 m)<br>3.2 (με αγκύρωση) | 1.1 (εμμονή 9 m)<br>2.8 (με αγκύρωση) | 5.5                     |



Σχήμα N12.2 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

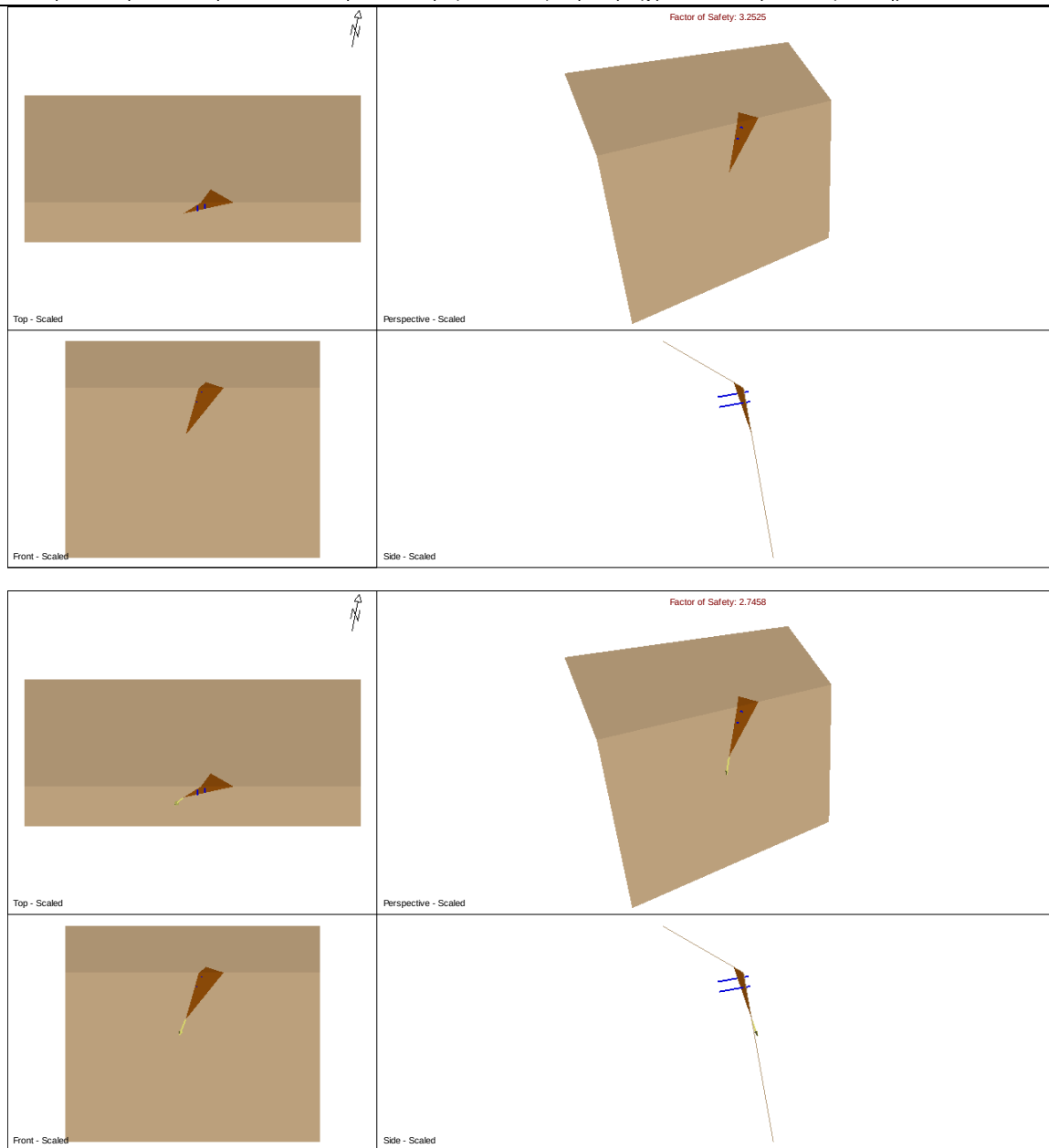


Σχήμα N12.3 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F02 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N12.4 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F05/F08 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 9 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

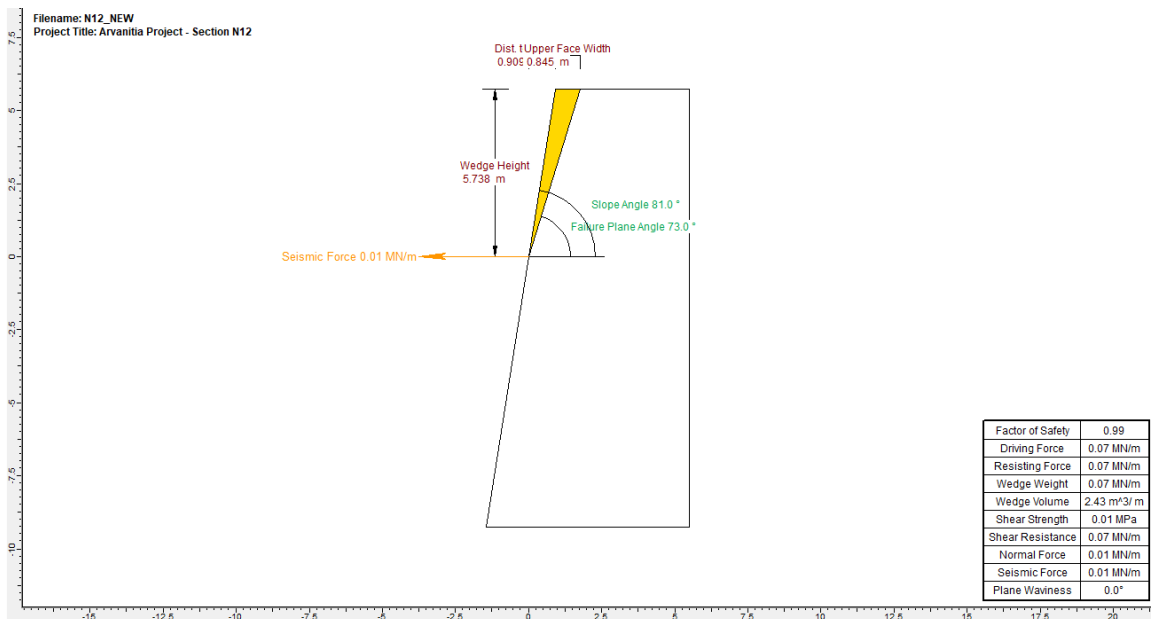
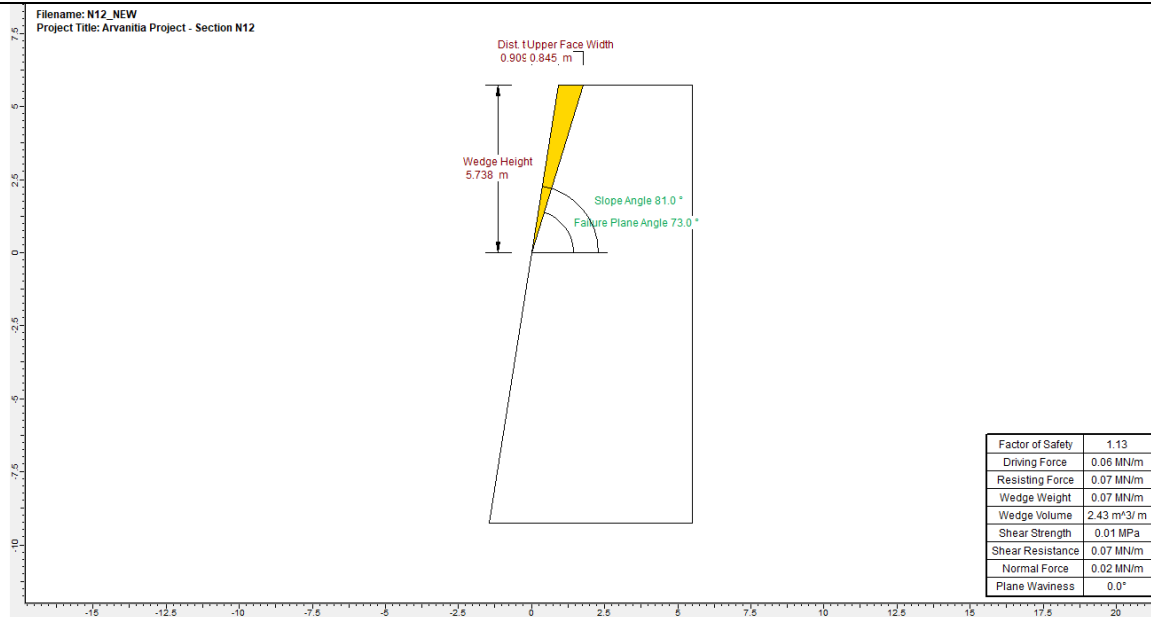




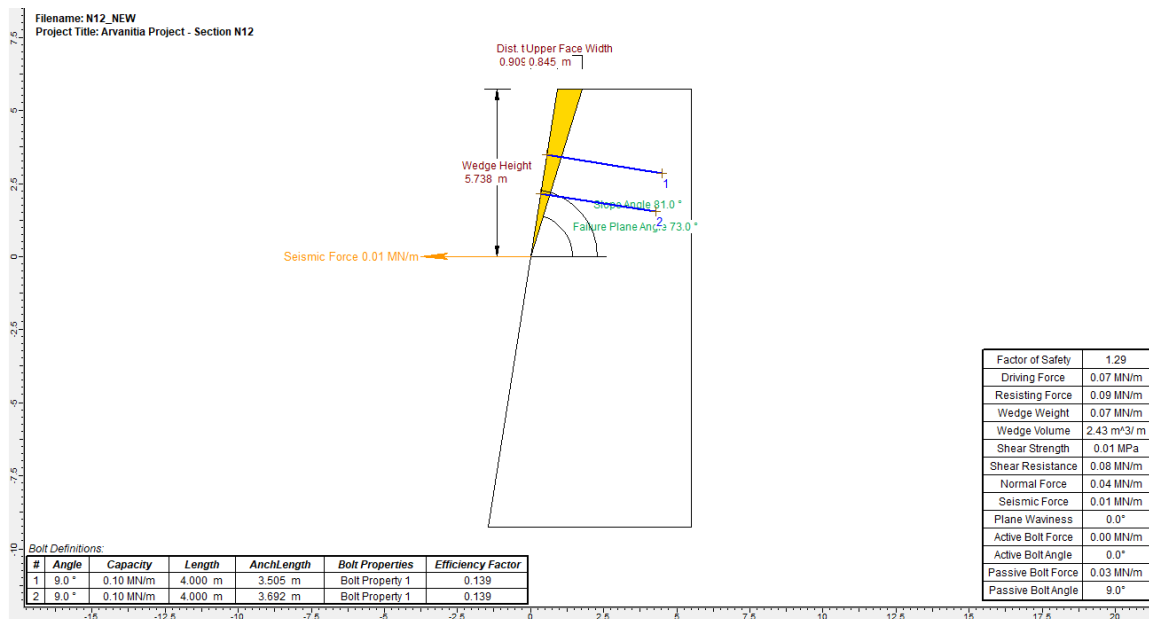
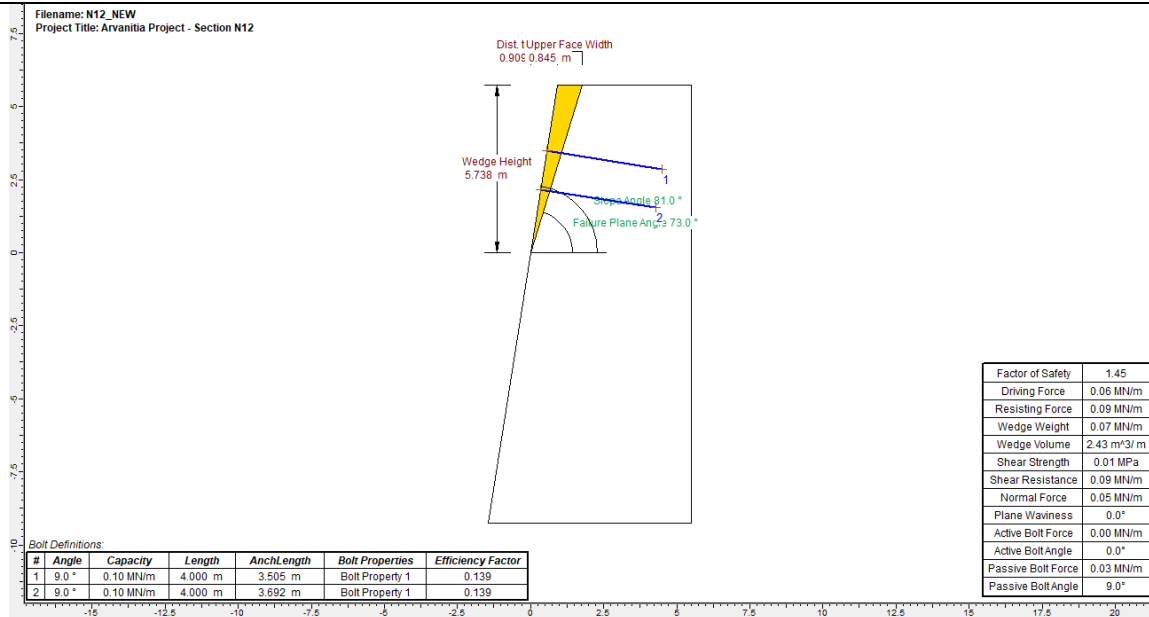
Σχήμα N12.5 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F05/F08 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 9 m με αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας N12.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| $\alpha/\alpha$ | A   | $\Sigma.A.$ (στατικές)                               | $\Sigma.A.$ (σεισμικές)                              |
|-----------------|-----|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1               | F01 | 1.1 (κλίση πρηνούς $81^\circ$ )<br>1.5 (με αγκύρωση) | 1.0 (κλίση πρηνούς $81^\circ$ )<br>1.3 (με αγκύρωση) |

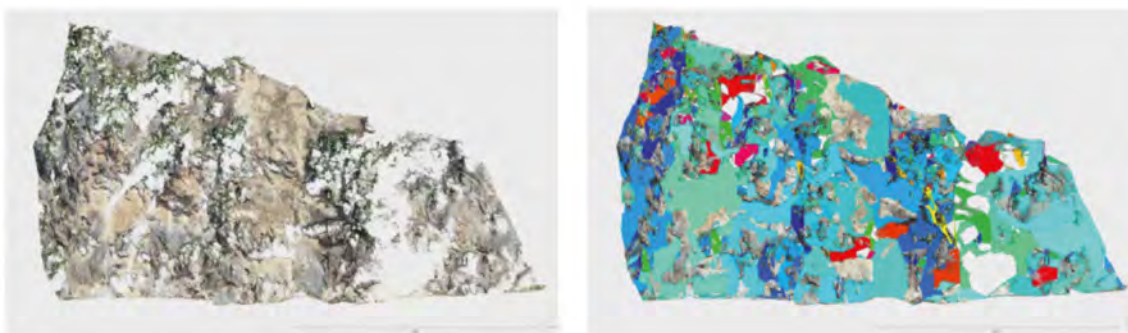


Σχήμα N12.6 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση 73° και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.7 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N12.7 Σκαρίφημα τμήματος N12 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση 73° και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.7 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

• **ΤΜΗΜΑ N13**



Σχήμα N13.1 Τμήμα N13

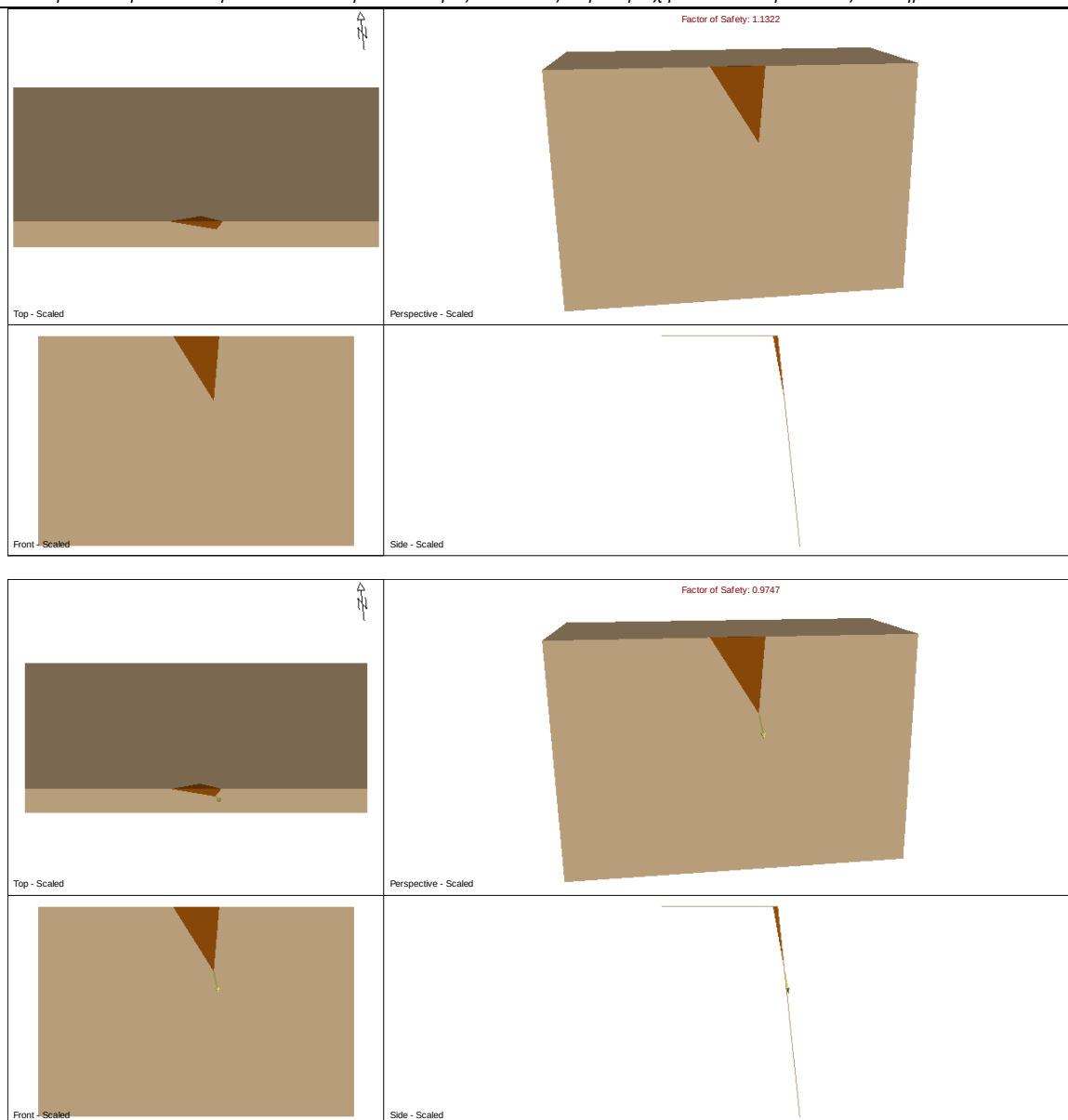
Πίνακας N13.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα N13

| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 83               | 200                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 88               | 179                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 47               | 187                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 6                | 196                                   | 10                | 30                    |
| <b>F05</b> | 78               | 176                                   | 10                | 30                    |

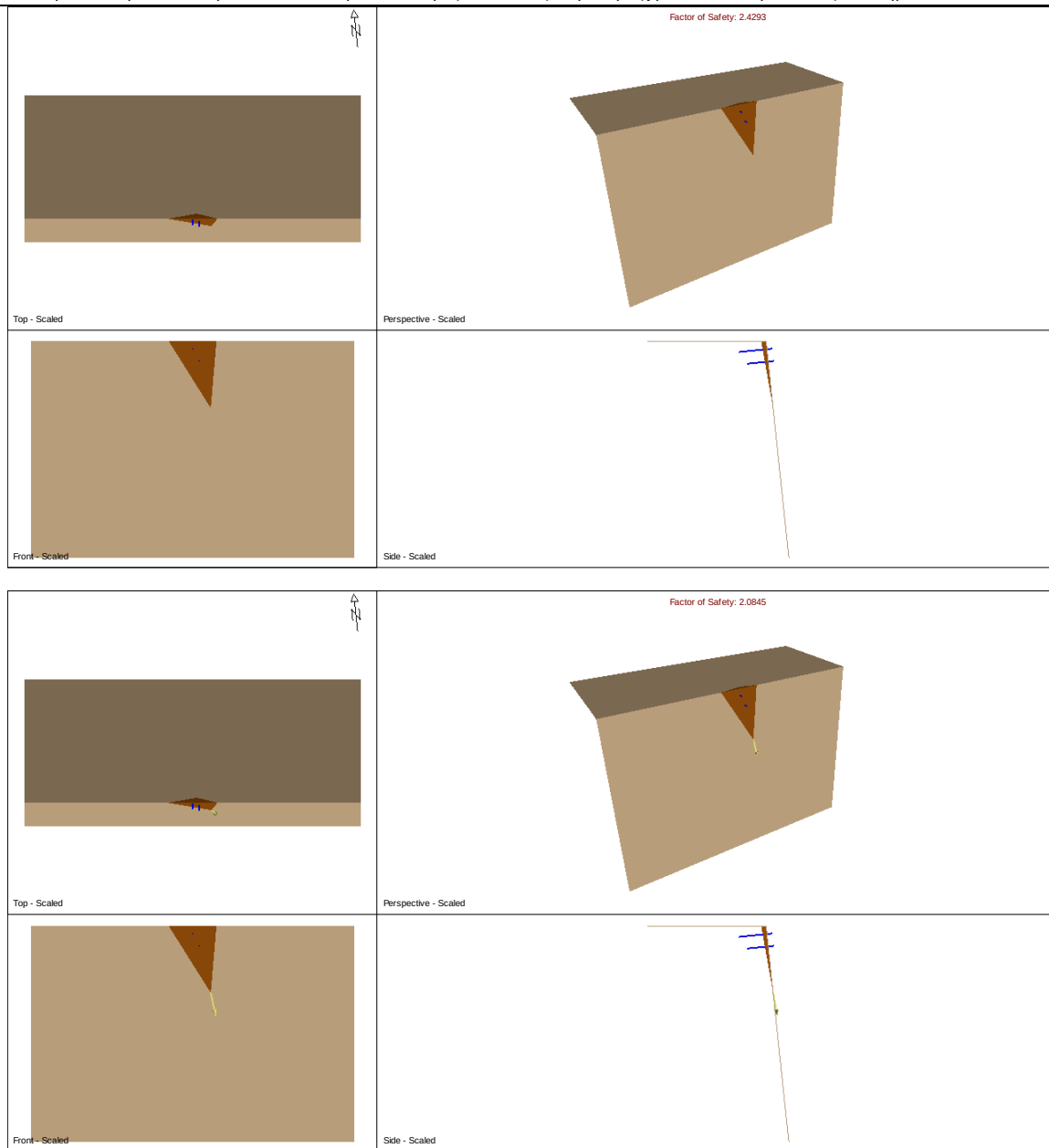
Πίνακας N13-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                         | Σ.Α.(σεισμικές)                        | Όγκος<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| 1   | F01 | F05 | 1.1 (εμμονή 11 m)<br>2.4 (με αγκύρωση) | 0.9 (εμμονή 11 m)<br>2.1 (με αγκύρωση) | 7                          |





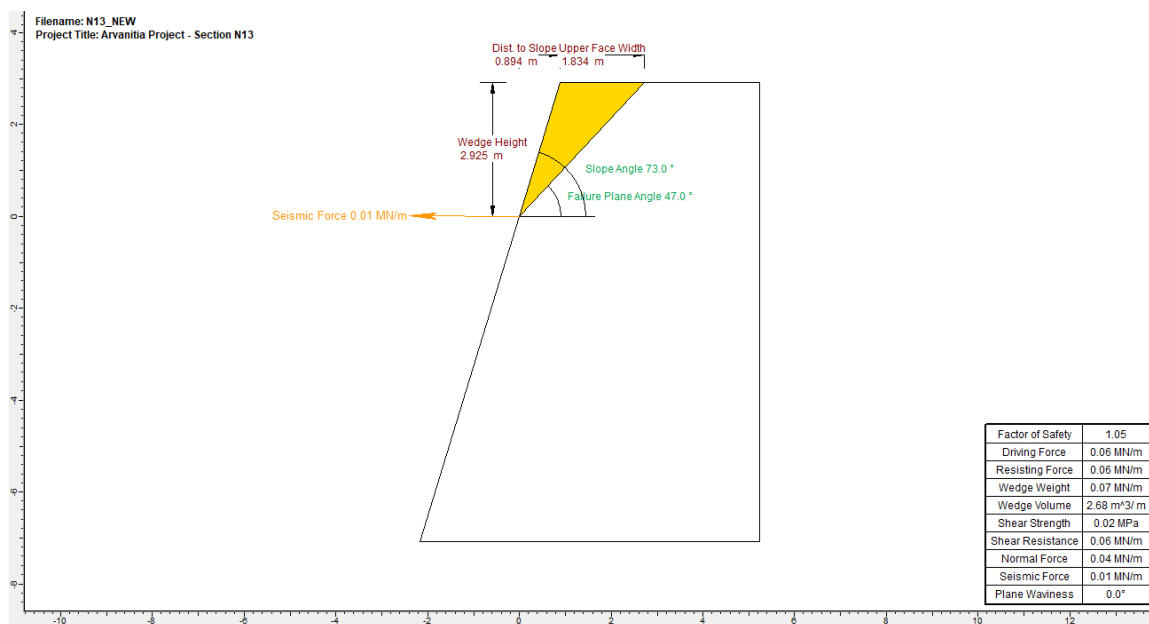
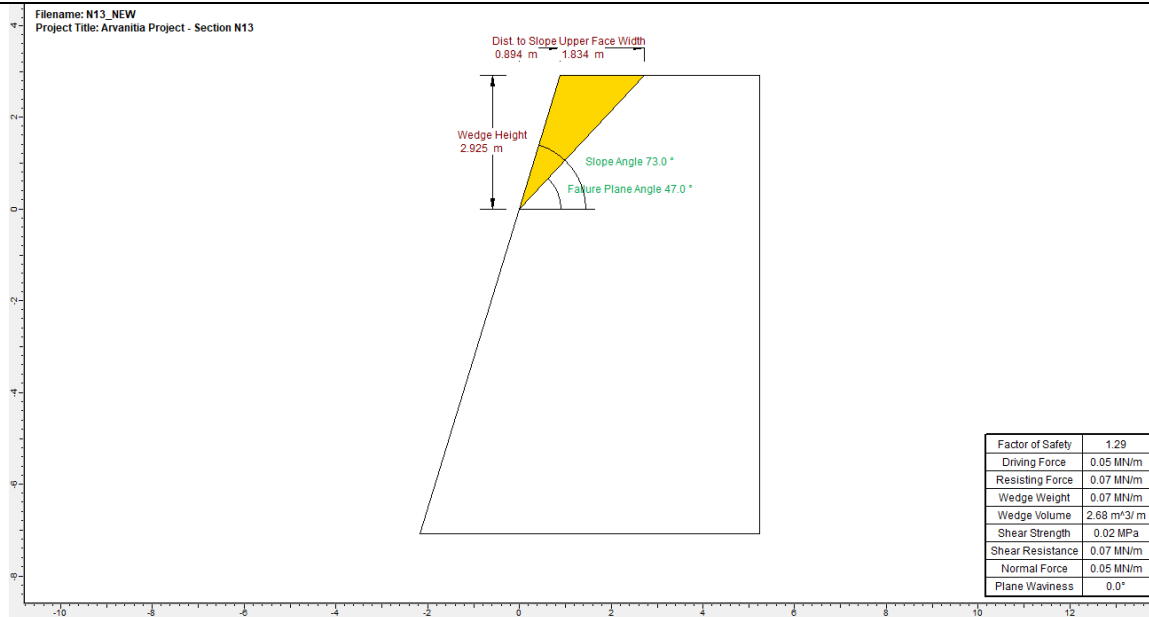
Σχήμα N13.2 Σκαρίφημα τμήματος N13 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F05 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 11 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



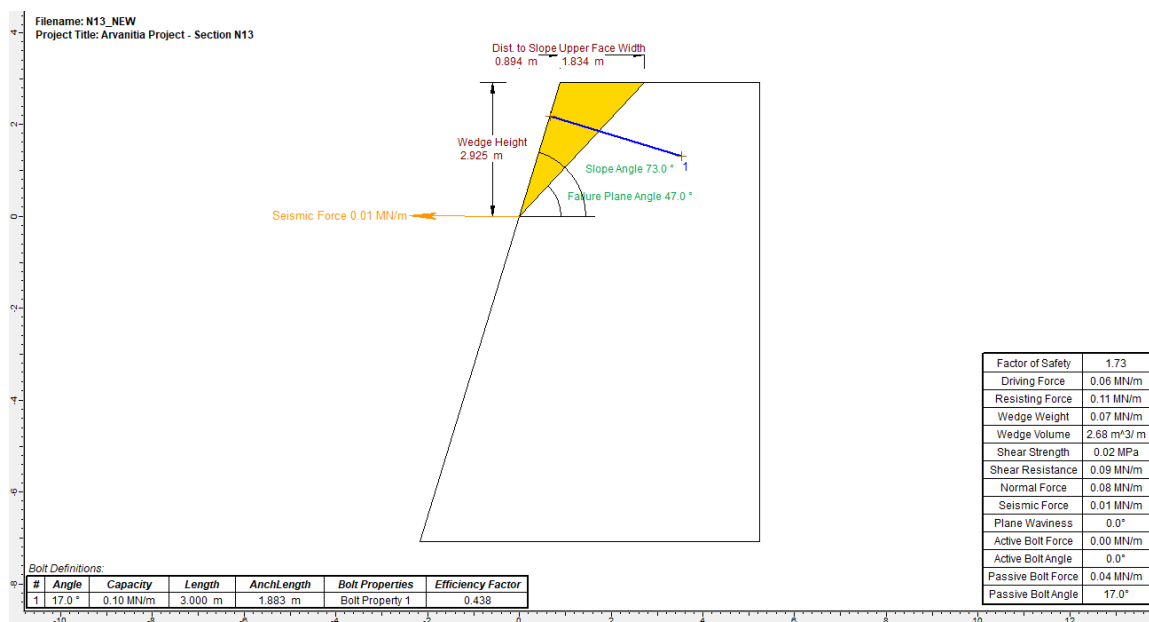
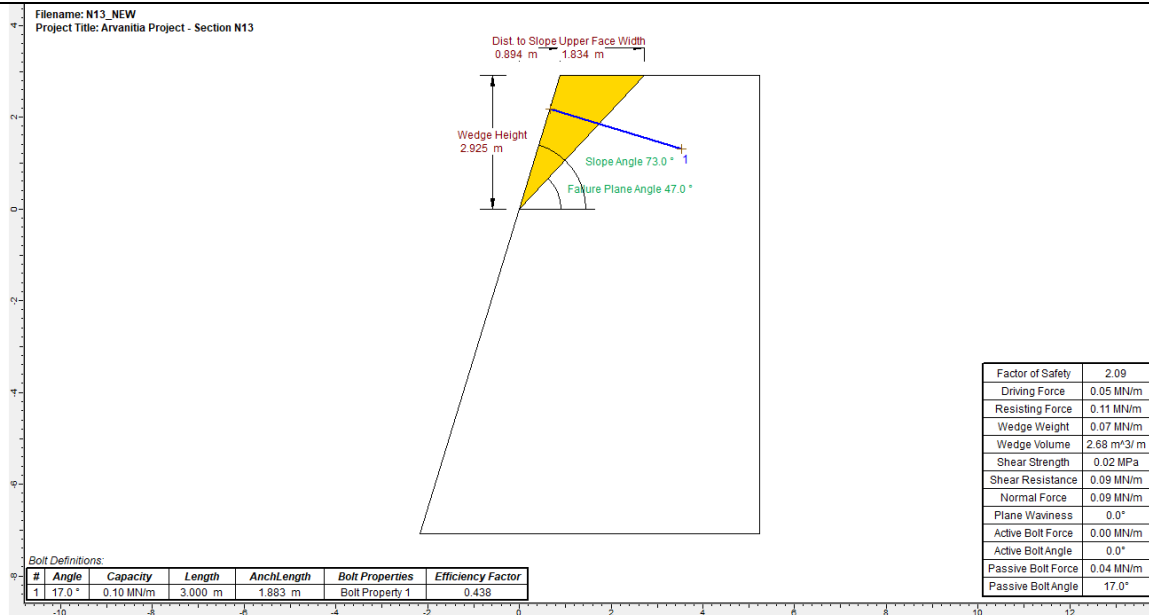
Σχήμα N13.2 Σκαρίφημα τμήματος N13 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F05 με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 11 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας N13.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας (Σ.Α.<2) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| α/α | A   | Σ.Α.(στατικές)                                       | Σ.Α.(σεισμικές)                                      |
|-----|-----|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1   | F03 | 1.3 (κλίση πρανούς $73^\circ$ )<br>2.1 (με αγκύρωση) | 1.1 (κλίση πρανούς $73^\circ$ )<br>1.7 (με αγκύρωση) |



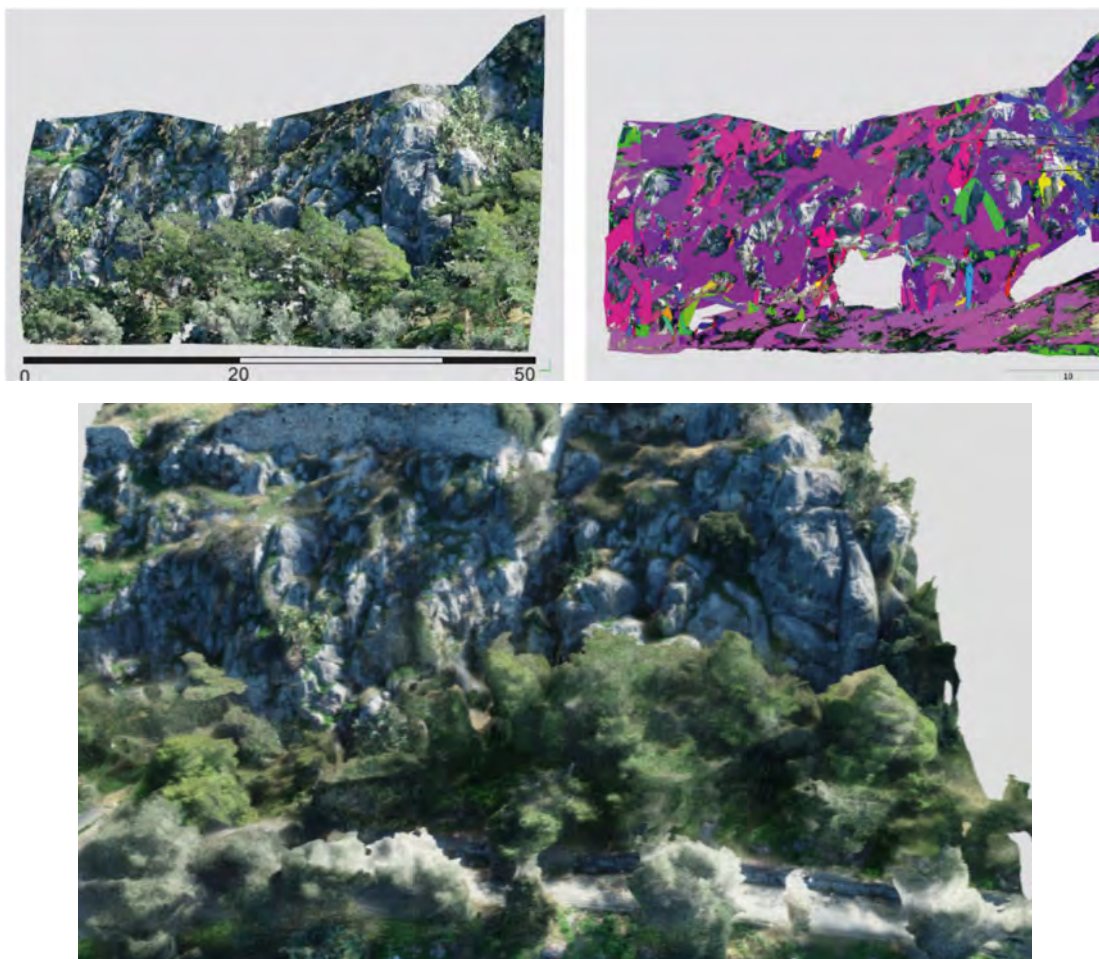
Σχήμα N13.3 Σκαρίφημα τμήματος N13 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F03 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.0 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα N13.4 Σκαρίφημα τμήματος N13 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F03 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 3.0 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



- **ΤΜΗΜΑ Β1**



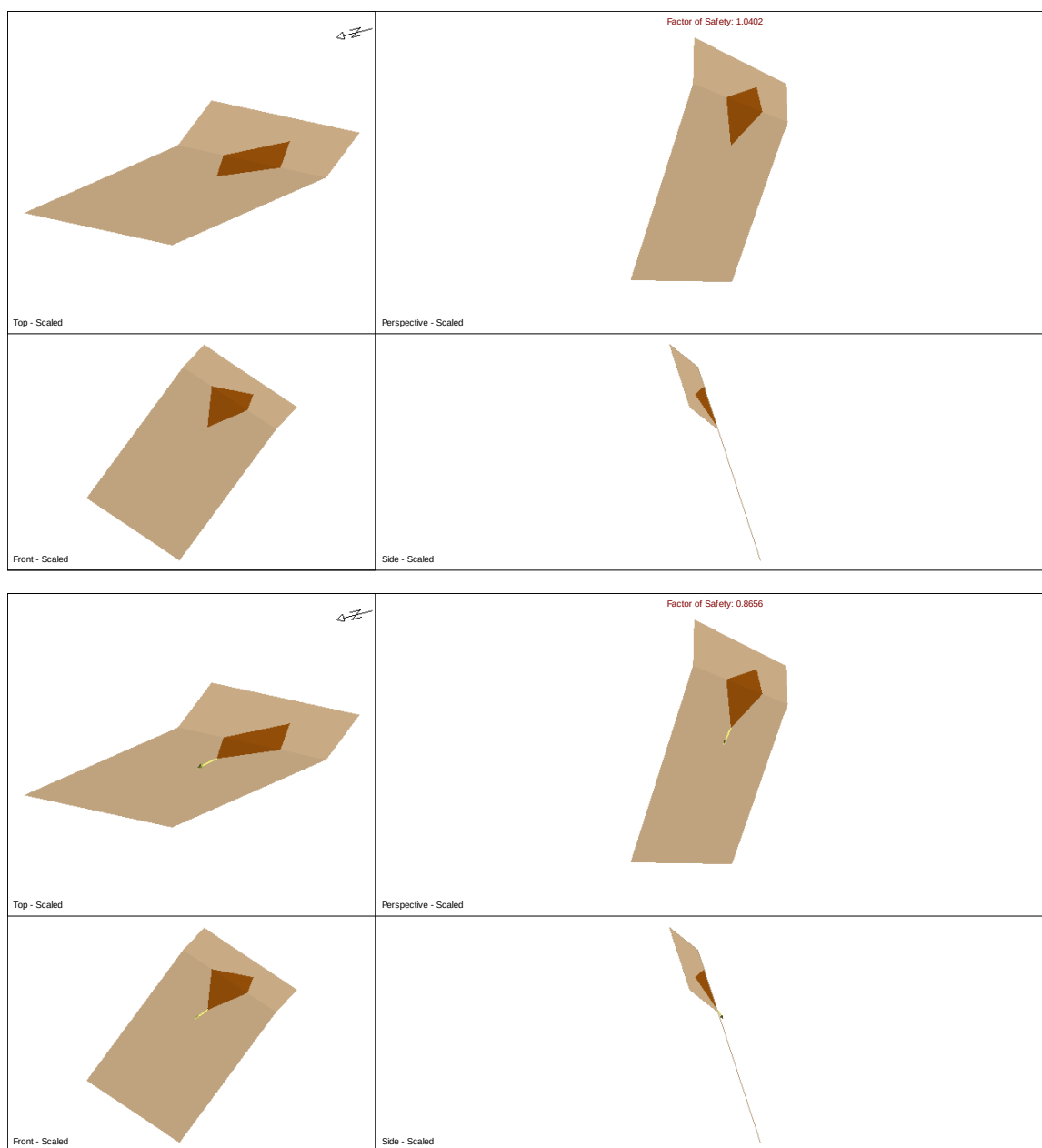
Σχήμα Β1.1 Τμήμα Β1

Πίνακας Β1.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα Β1

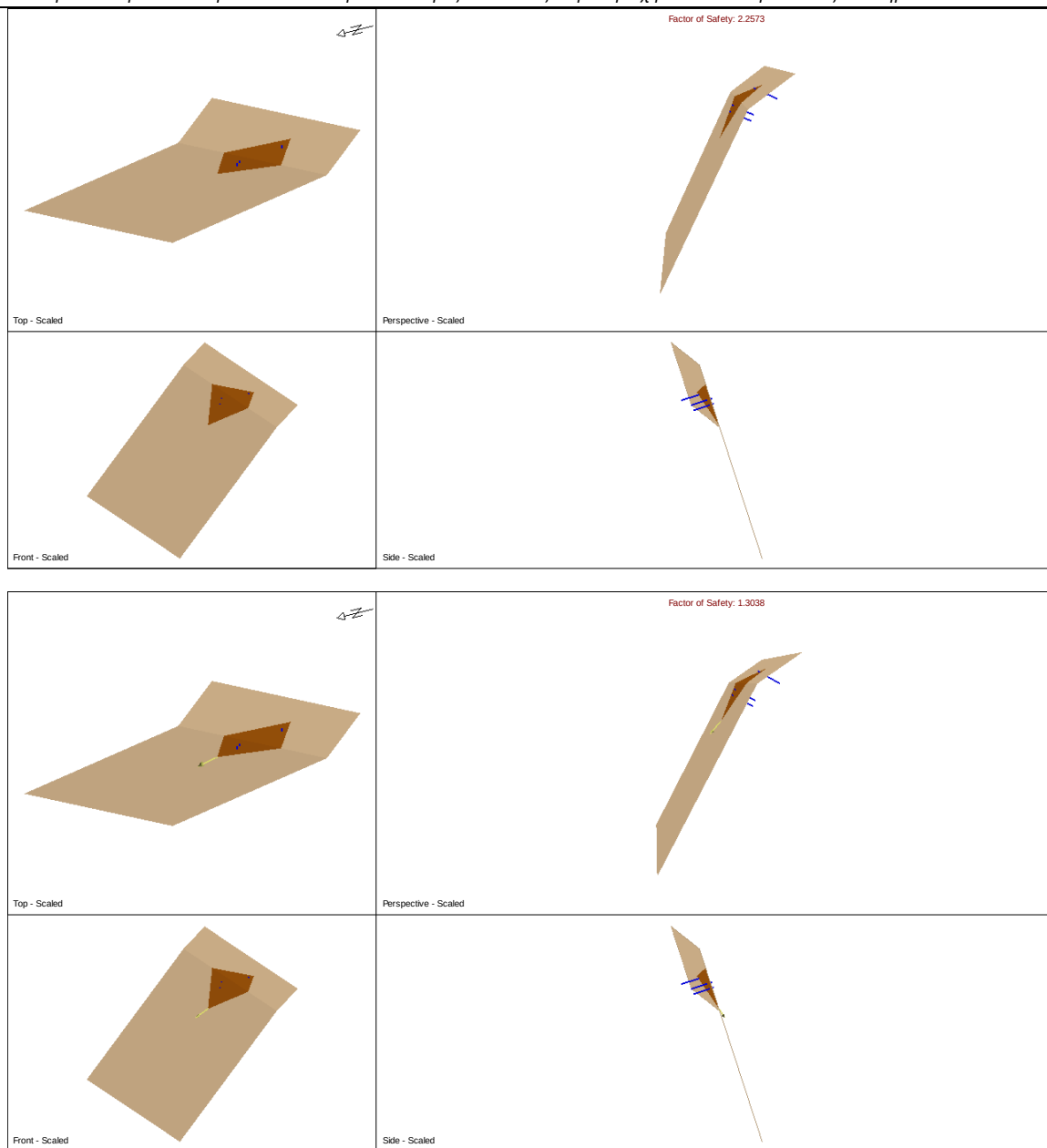
| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 42               | 304                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 74               | 269                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 73               | 327                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 84               | 353                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας Β1-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

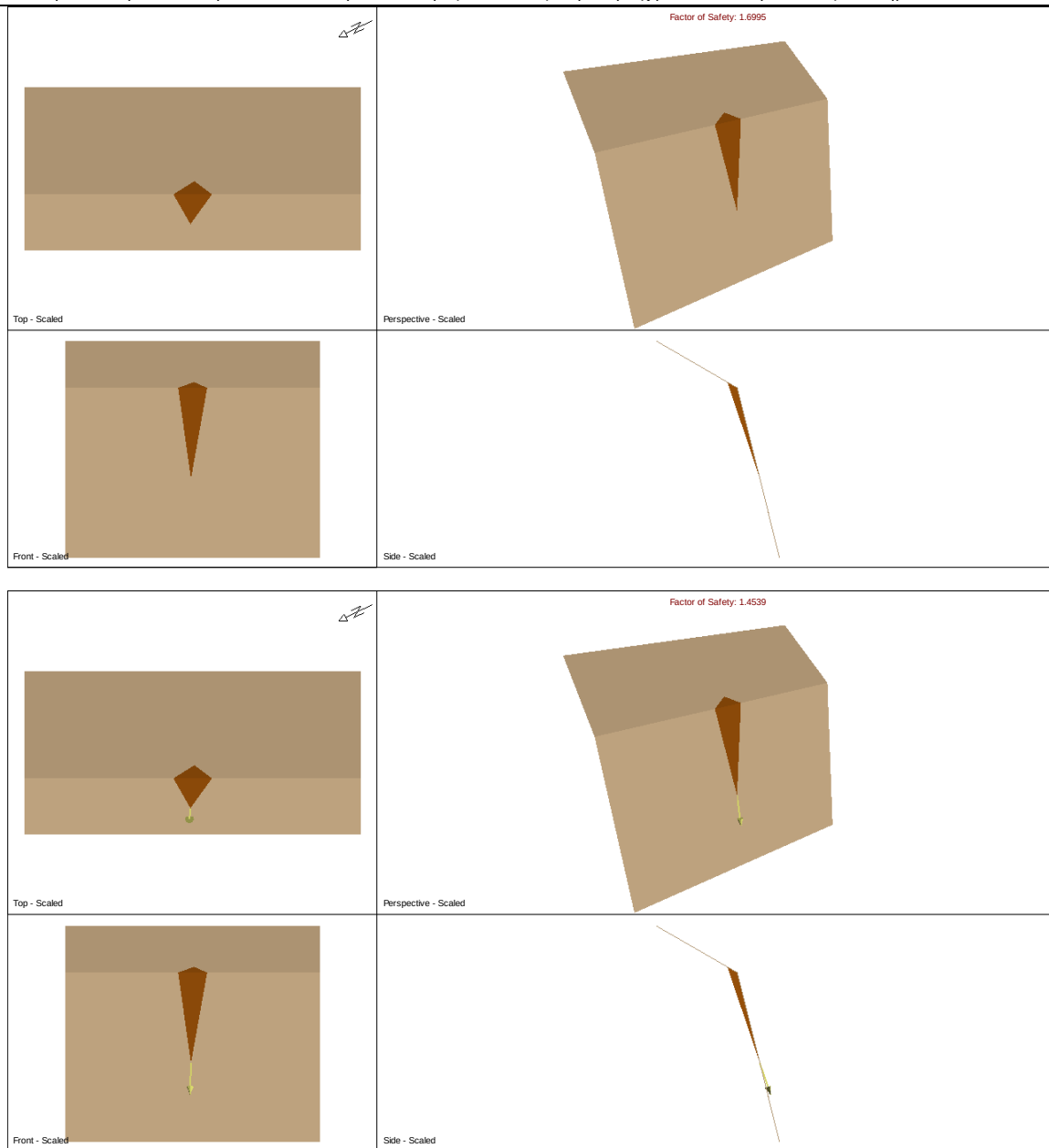
| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                   | Σ.Α.(σεισμικές)   | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|----------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F02 | 1.04 (εμμονή 12 m)               | 0.9 (εμμονή 12 m) | 23                      |
|     | F01 | F02 | 2.2 (εμμονή 12 m)<br>Με αγκύρωση | 1.8 (εμμονή 12 m) |                         |
| 2   | F02 | F03 | 1.7 (εμμονή 12 m)                | 1.5 (εμμονή 12 m) | 6.1                     |



Σχήμα Β1.2 Σκαρίφημα τμήματος Β1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F02 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 12 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα Β1.3 Σκαρίφημα τμήματος Β1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F02 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 12 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

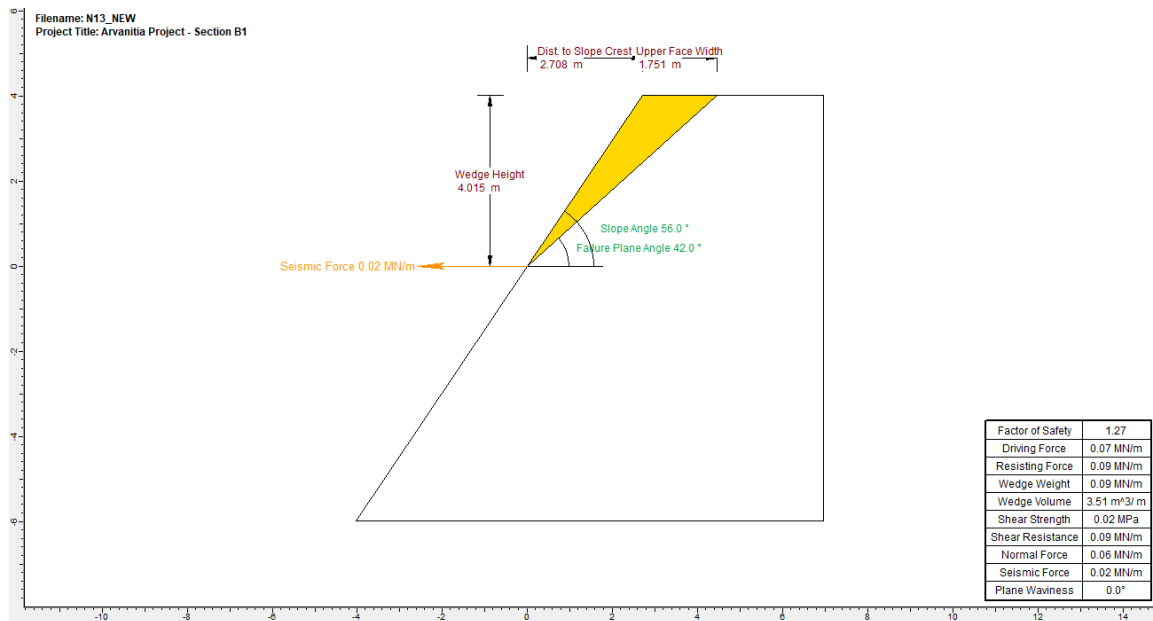
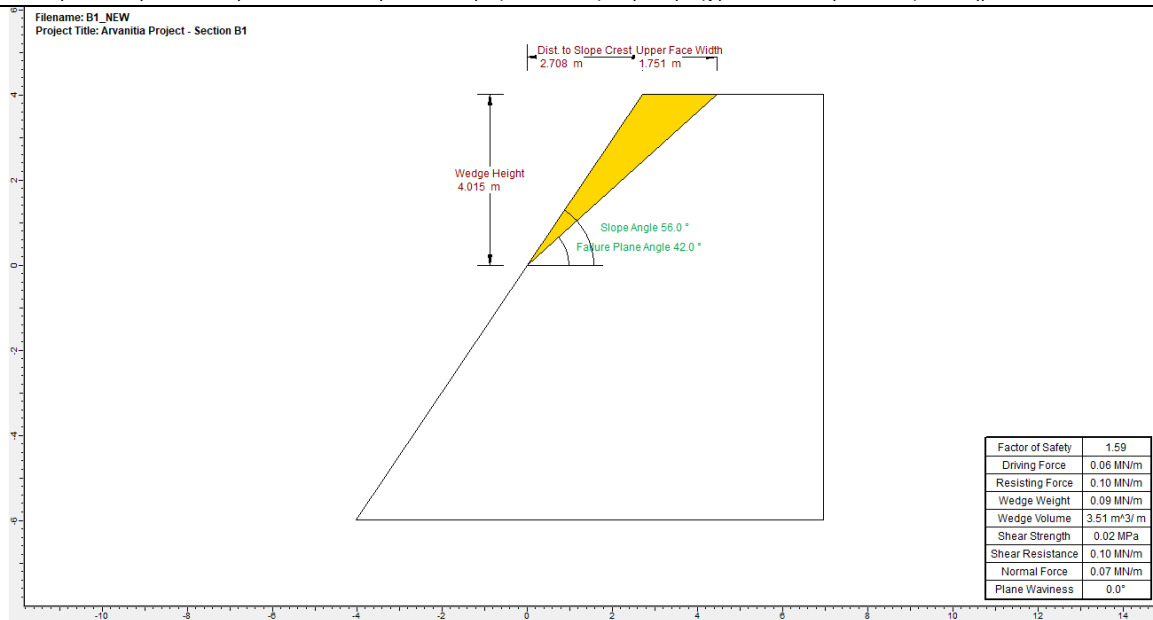


Σχήμα B1.3 Σκαρίφημα τμήματος B1 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F03 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 12 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

Πίνακας B1.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\phi=30^\circ$

| $\alpha/\alpha$ | A   | $\Sigma.A.$ (στατικές)          | $\Sigma.A.$ (σεισμικές)         |
|-----------------|-----|---------------------------------|---------------------------------|
| 1               | F01 | 1.6 (κλίση πρηνούς $42^\circ$ ) | 1.3 (κλίση πρηνούς $42^\circ$ ) |





Σχήμα B1.4 Σκαρίφημα τμήματος B1 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.0 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς B1 όπου σημειώνονται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

• **ΤΜΗΜΑ Β2**



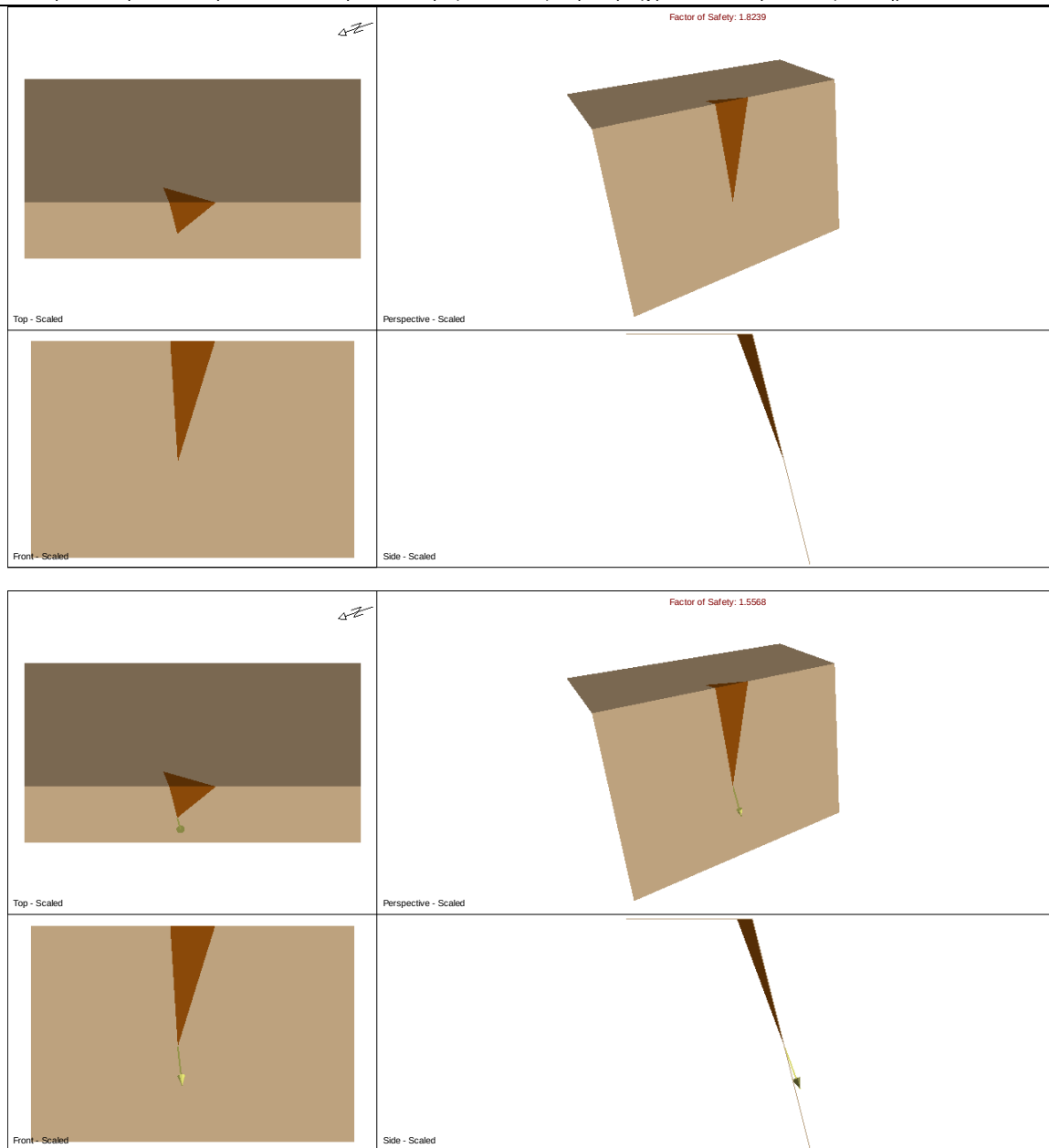
Σχήμα Β2.1 Τμήμα Β2

Πίνακας Β2.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα Β1

| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 84               | 273                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 72               | 305                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 88               | 357                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 3                | 290                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας Β2-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)    | Σ.Α.(σεισμικές)   | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1   | F02 | F03 | 1.8 (εμμονή 12 m) | 1.6 (εμμονή 12 m) | 28                      |

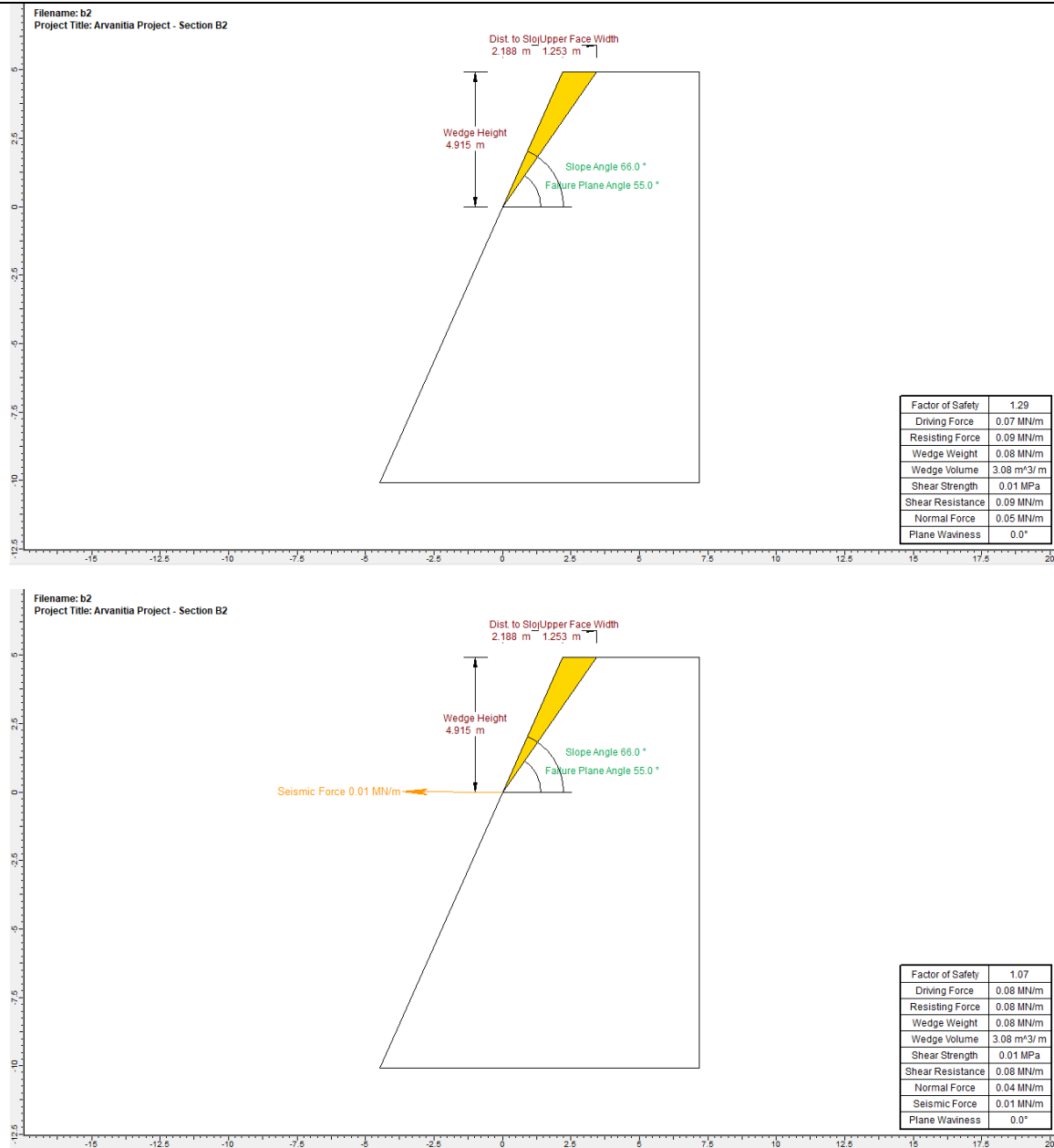


Σχήμα B2.3 Σκαρίφημα τμήματος B2 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F02/F03 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 12 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

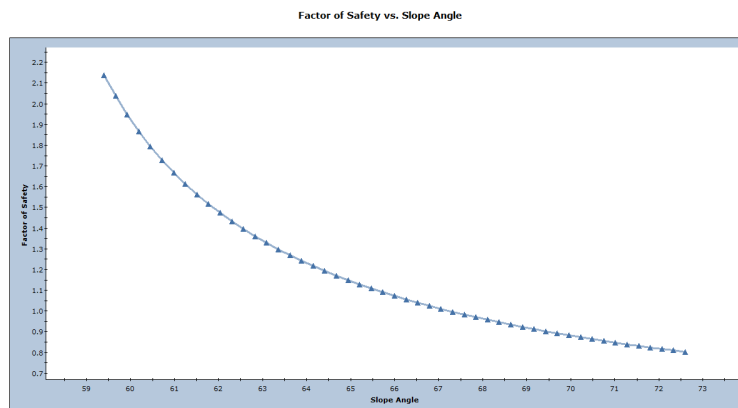
Πίνακας B2.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10$  kPa και  $\varphi=30^\circ$

| $\alpha/\alpha$ | A   | $\Sigma.A.$ (στατικές) | $\Sigma.A.$ (σεισμικές) |
|-----------------|-----|------------------------|-------------------------|
| 1               | 55° | 1.3                    | 1.1                     |
|                 |     | 1.5 (με αγκύρωση)      | 1.3 (με αγκύρωση)       |

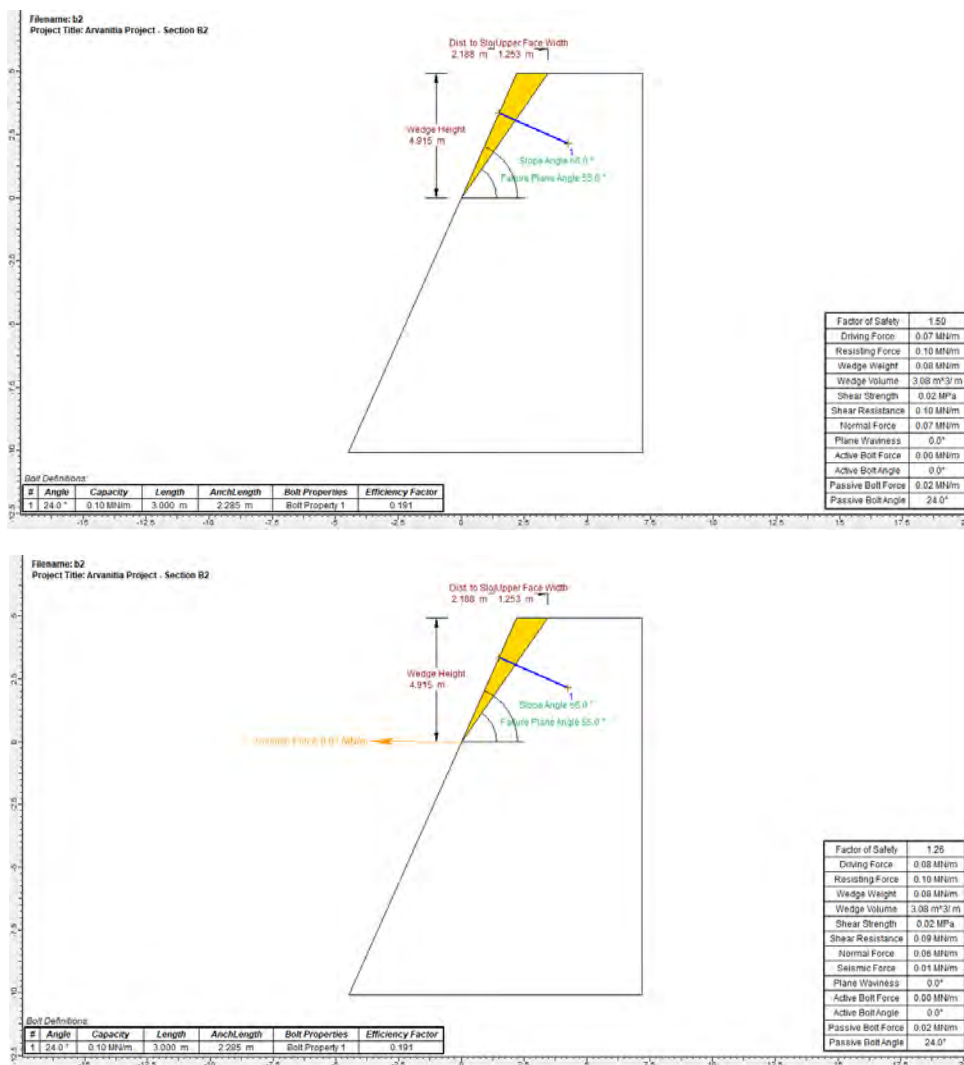




Σχήμα B2.4 Σκαρίφημα τμήματος B2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση 55° και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.0 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα B2.5 Ανάλυση ευαισθησίας: Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας έναντι επίπεδης ολίσθησης κατά μήκος της ασυνέχειας 55<sup>ο</sup> σε σχέση με τη κλίση του πρανούς για τέμαχος ύψους 5.0 m σε στατικές συνθήκες

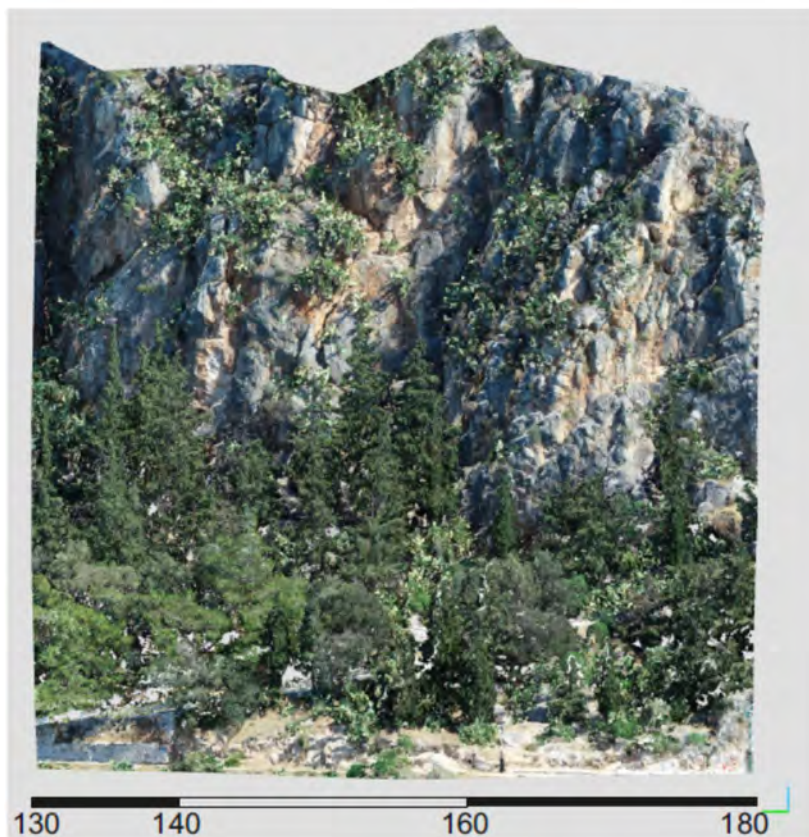


Σχήμα Β2.6 Σκαρίφημα τμήματος Β2 με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F01 και ύψος τεμάχους ολίσθησης 5.0 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Άποψη του πρανούς B2 όπου σημειώνονται με κόκκινο δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

• **ΤΜΗΜΑ Β3**



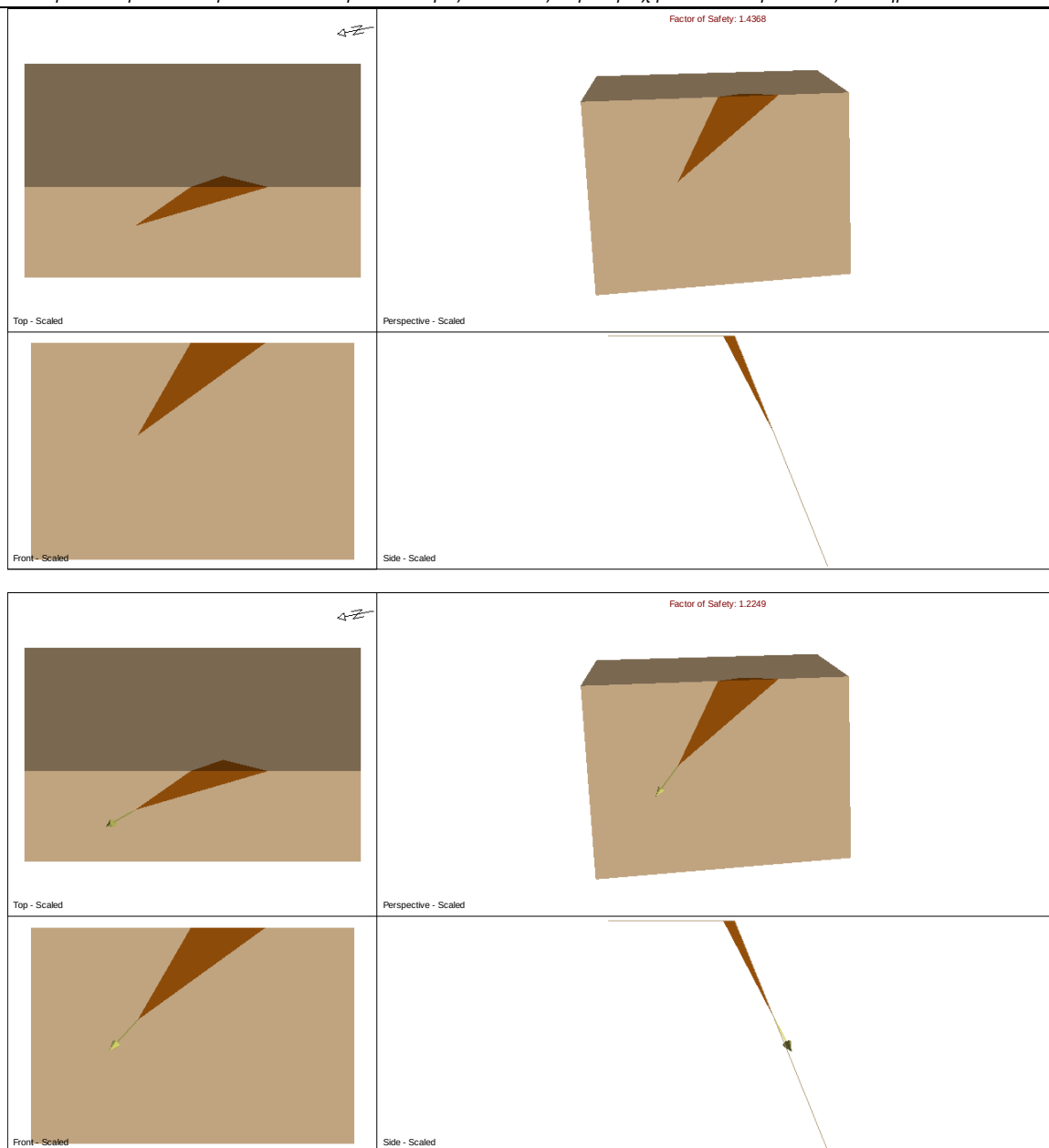
Σχήμα Β3.1 Τμήμα Β3

Πίνακας Β.3 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα Β3

| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 79               | 262                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 83               | 311                                   | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 75               | 305                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 54               | 295                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας Β3-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)    | Σ.Α.(σεισμικές)   | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1   | F01 | F04 | 1.4 (εμμονή 15 m) | 1.2 (εμμονή 15 m) | 9.8                     |



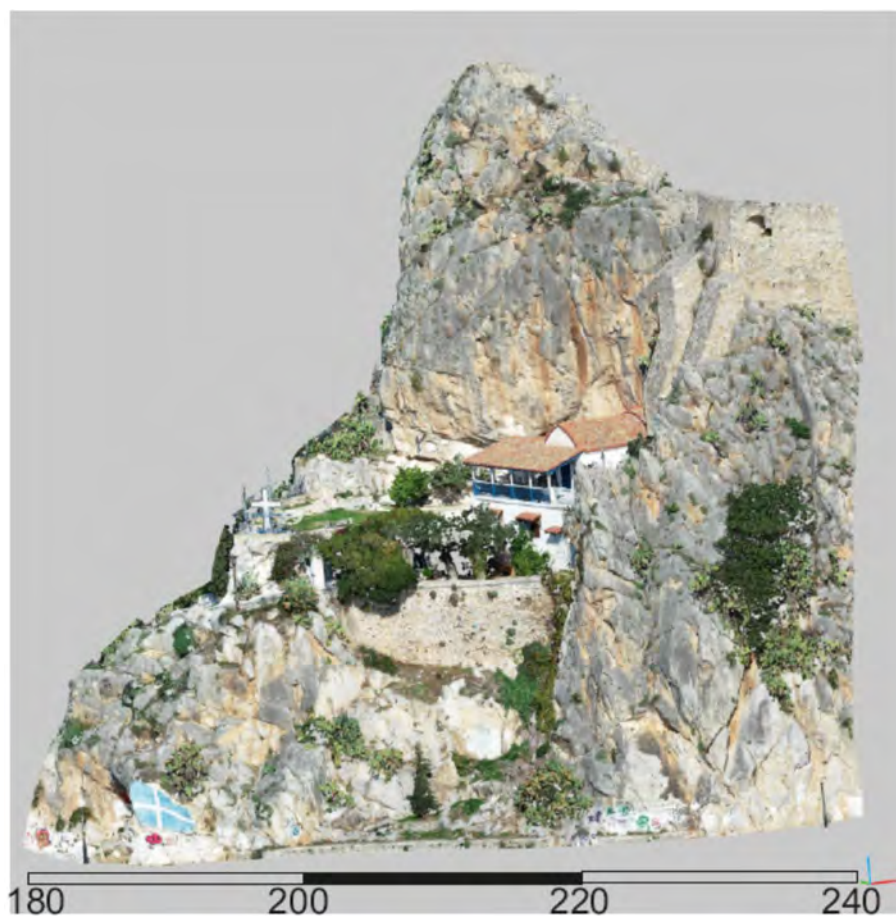
Σχήμα Β3.2 Σκαρίφημα τμήματος Β3 με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F01/F04 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 15 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Άποψη του πρανούς Β3 όπου παρατηρούνται δυνητικές ολισθήσεις τεμαχών

• **ΤΜΗΜΑ Φ**



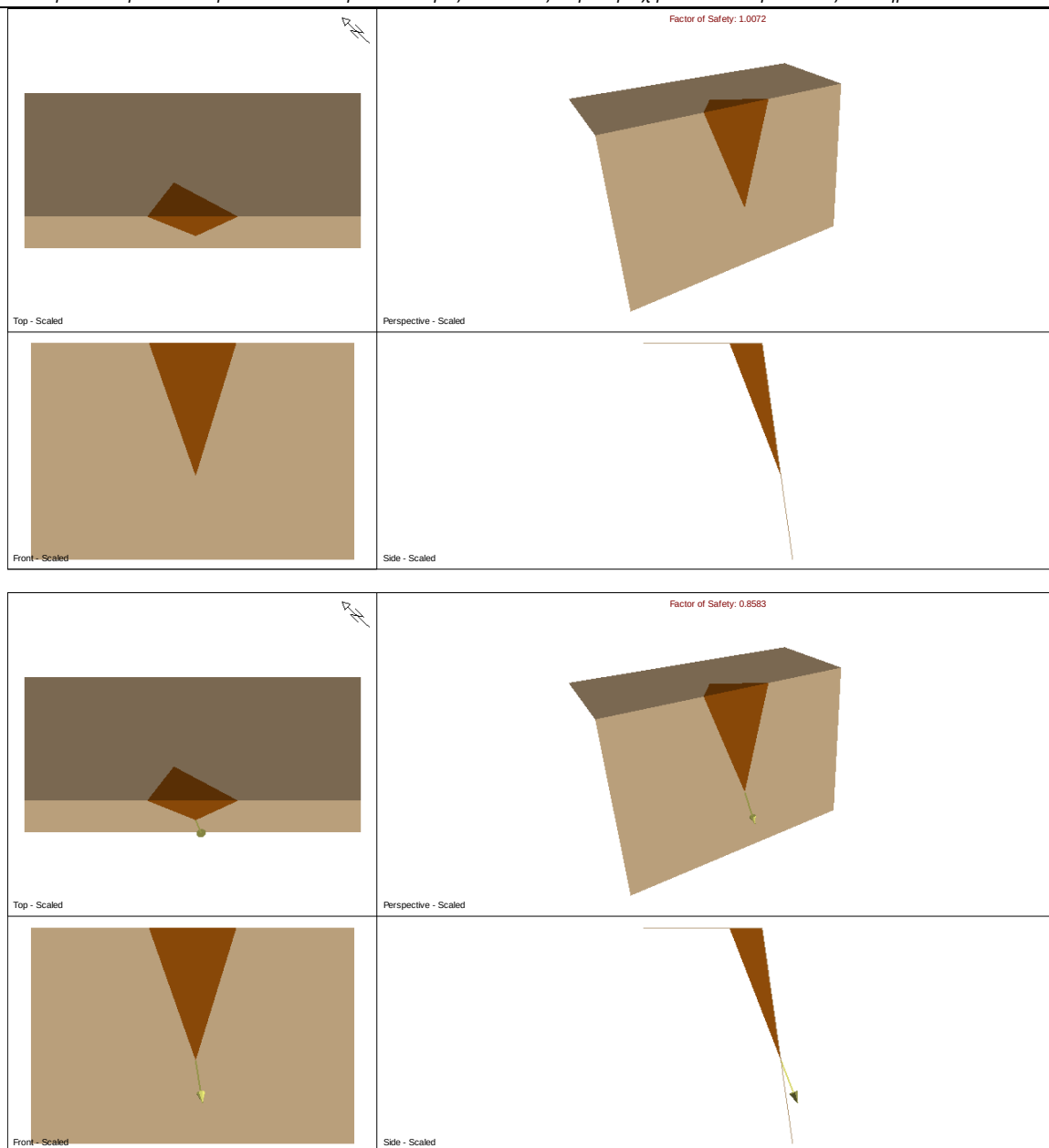
Σχήμα F.1 Τμήμα Φ

Πίνακας Φ.1 Κύριες ασυνέχειες με τον προσανατολισμό τους και τις γεωτεχνικές παραμέτρους αντοχής – Τμήμα Φ

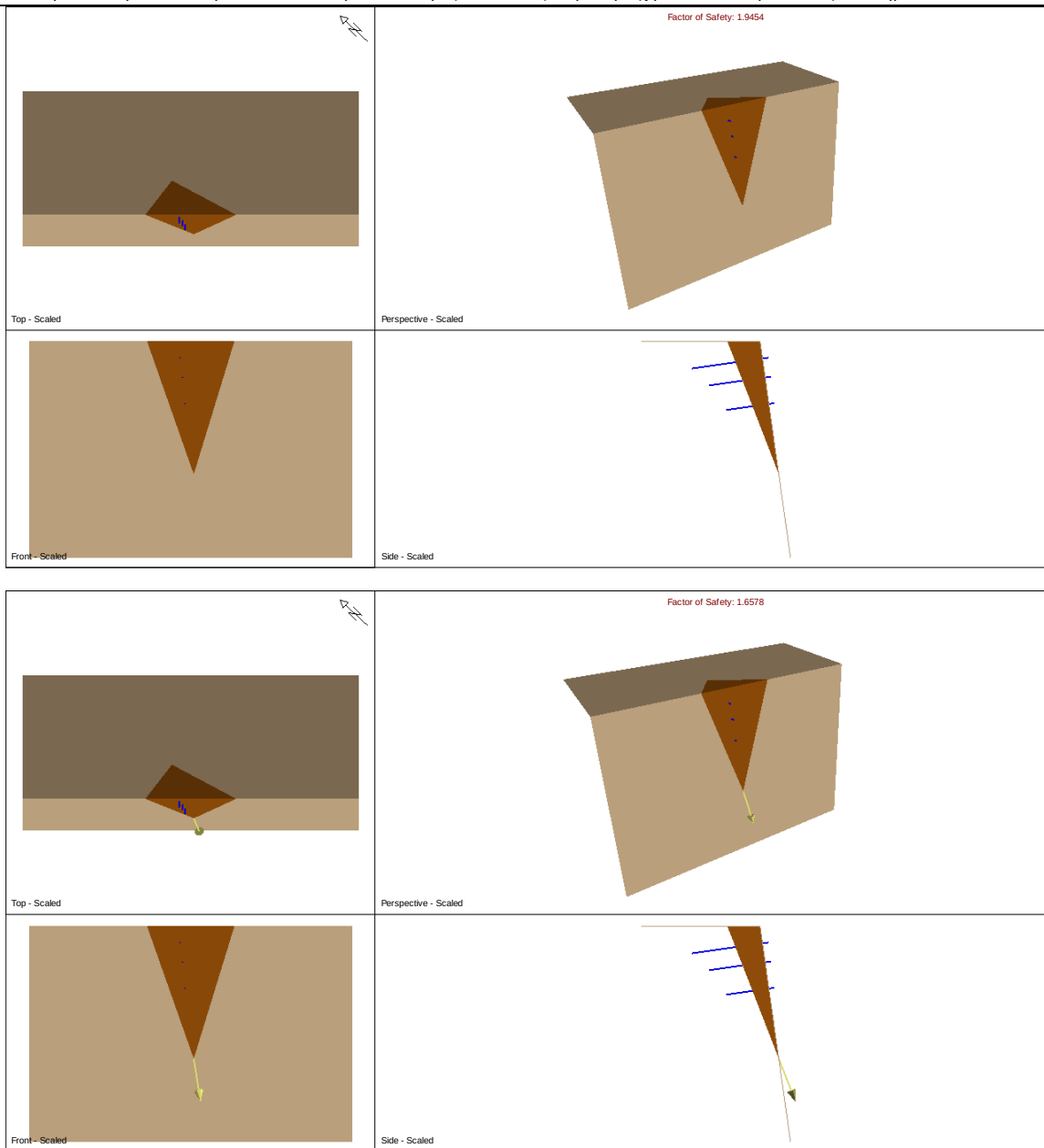
| ID         | κλίση<br>dip (°) | διεύθυνση κλίσης<br>dip direction (°) | συνοχή<br>c (kPa) | γωνία τριβής<br>φ (°) |
|------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>F01</b> | 77               | 232                                   | 10                | 30                    |
| <b>F02</b> | 74               | 57                                    | 10                | 30                    |
| <b>F03</b> | 74               | 275                                   | 10                | 30                    |
| <b>F04</b> | 44               | 237                                   | 10                | 30                    |
| <b>F05</b> | 70               | 175                                   | 10                | 30                    |
| <b>F06</b> | 75               | 255                                   | 10                | 30                    |

Πίνακας Φ-2 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν σφηνοειδείς ολισθήσεις στο πρανές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

| α/α | A   | B   | Σ.Α.(στατικές)                                                            | Σ.Α.(σεισμικές)                                                            | Όγκος (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1   | F05 | F06 | 1.0 (εμμονή 10 m)<br>1.9 (εμμονή 10 m, με<br>αγκύρωση)<br>1.5 (εμμονή 6m) | 0.9 (εμμονή 10 m)<br>1.7 (εμμονή 10 m, με<br>αγκύρωση)<br>1.5 (εμμονή 6 m) | 21<br><br>4.6           |



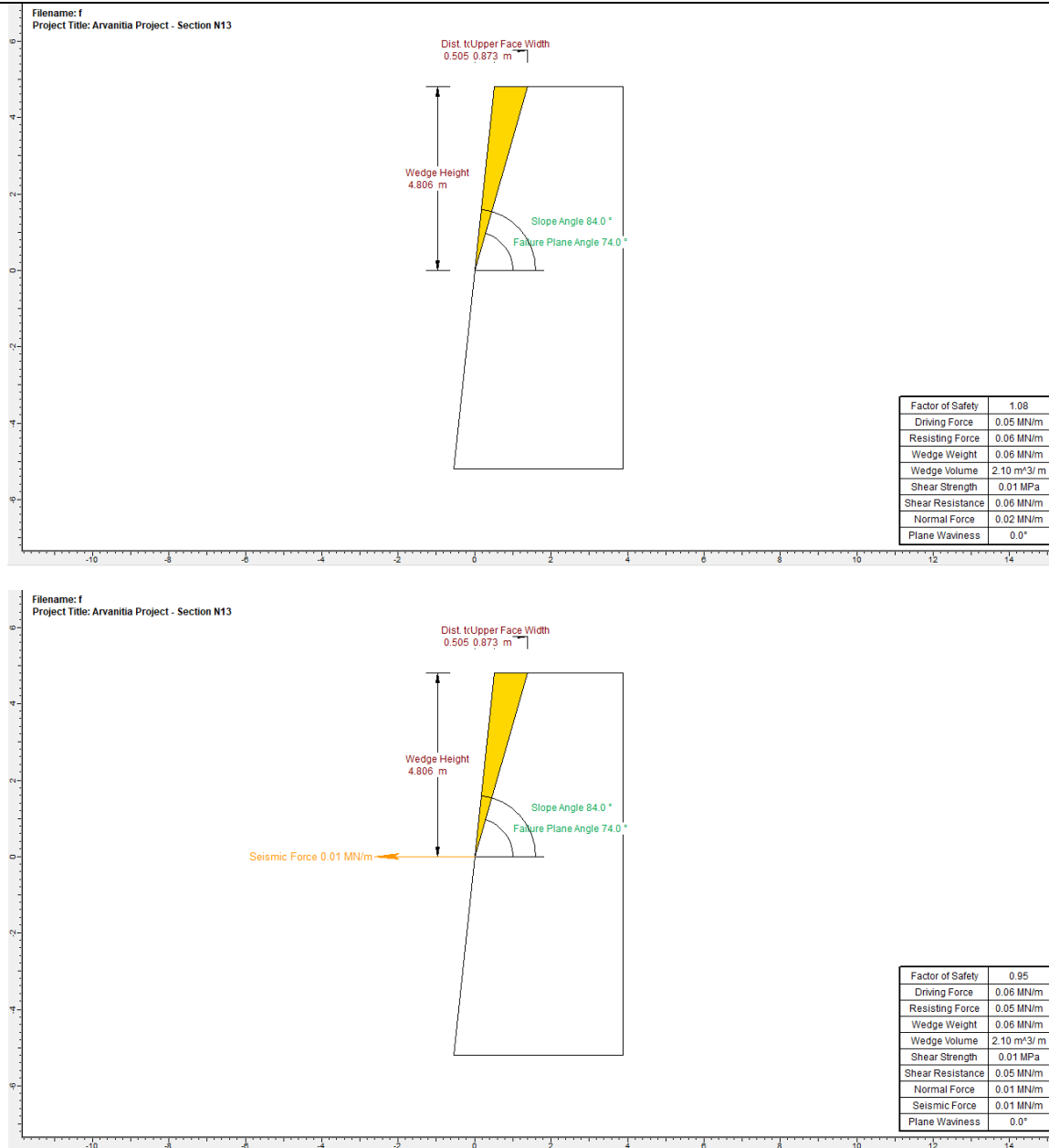
Σχήμα Φ.2 Σκαρίφημα τμήματος Φ με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F05/F06 με μέγιστη εμμονή ασυνεχειών 10 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες



Σχήμα Φ.2 Σκαρίφημα τμήματος Φ με πιθανή αποκόλληση σφήνας για τον συνδυασμό F05/F06 με μέγιστη εμμόνη ασυνεχειών 10 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

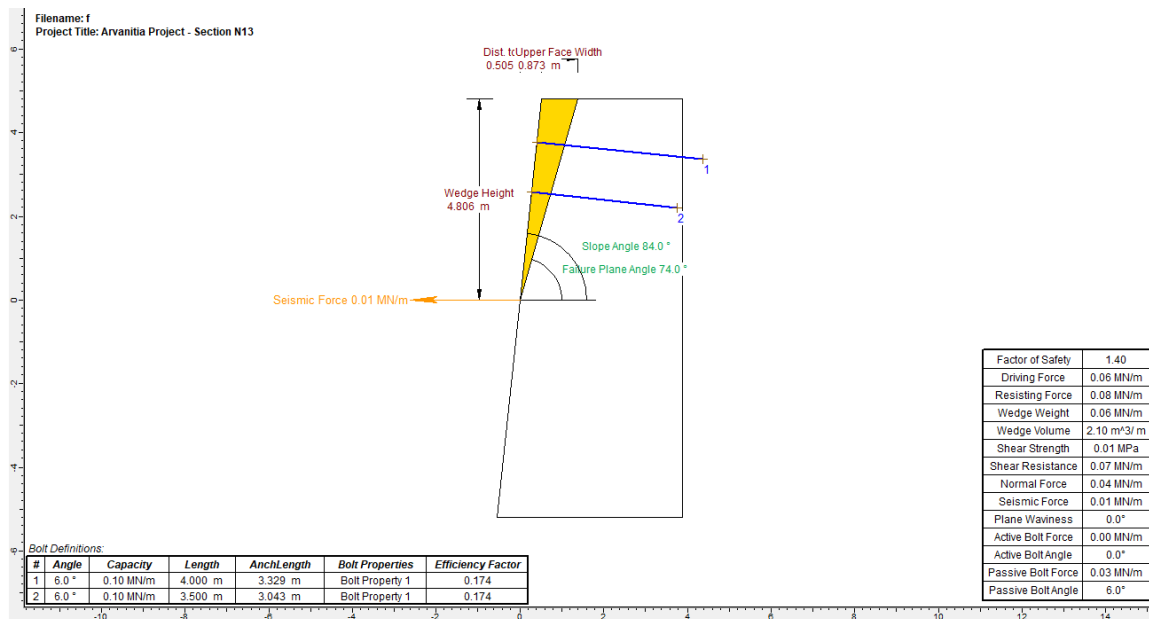
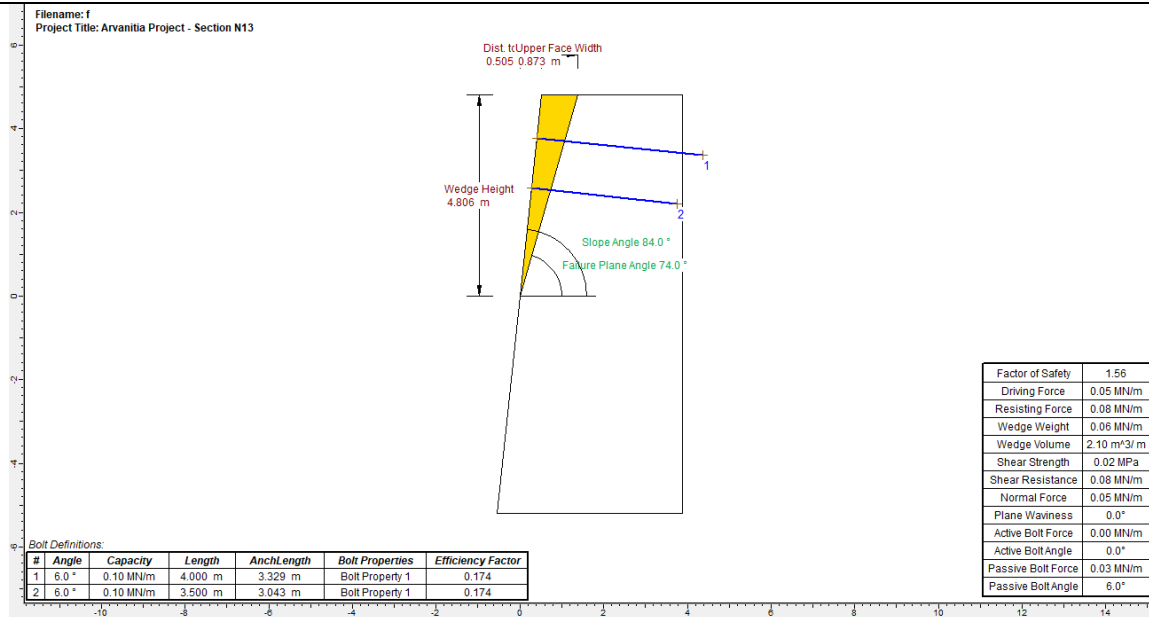
Πίνακας Φ.3 Συνδυασμοί συστημάτων ασυνεχειών που μπορούν να δώσουν επίπεδες ολισθήσεις στο πρηνές και συντελεστές ασφαλείας ( $\Sigma.A. < 2$ ) σε στατικές και σεισμικές συνθήκες με παραμέτρους αντοχής  $c=10 \text{ kPa}$  και  $\varphi=30^\circ$

| α/α | A         | Σ.Α.(στατικές)           | Σ.Α.(σεισμικές)          |
|-----|-----------|--------------------------|--------------------------|
| 1   | F03 (74°) | 1.1<br>1.6 (με αγκύρωση) | 1.0<br>1.4 (με αγκύρωση) |



Σχήμα Φ.3 Σκαρίφημα τμήματος Φ με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F03 (74°) και ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.8 m σε στατικές και σεισμικές συνθήκες





Σχήμα Φ.4 Σκαρίφημα τμήματος Φ με πιθανή επίπεδη ολίσθηση κατά μήκος της ασυνέχειας με κλίση F03 (74°) και ύψος τεμάχους ολίσθησης 4.8 m και αγκύρωση σε στατικές και σεισμικές συνθήκες

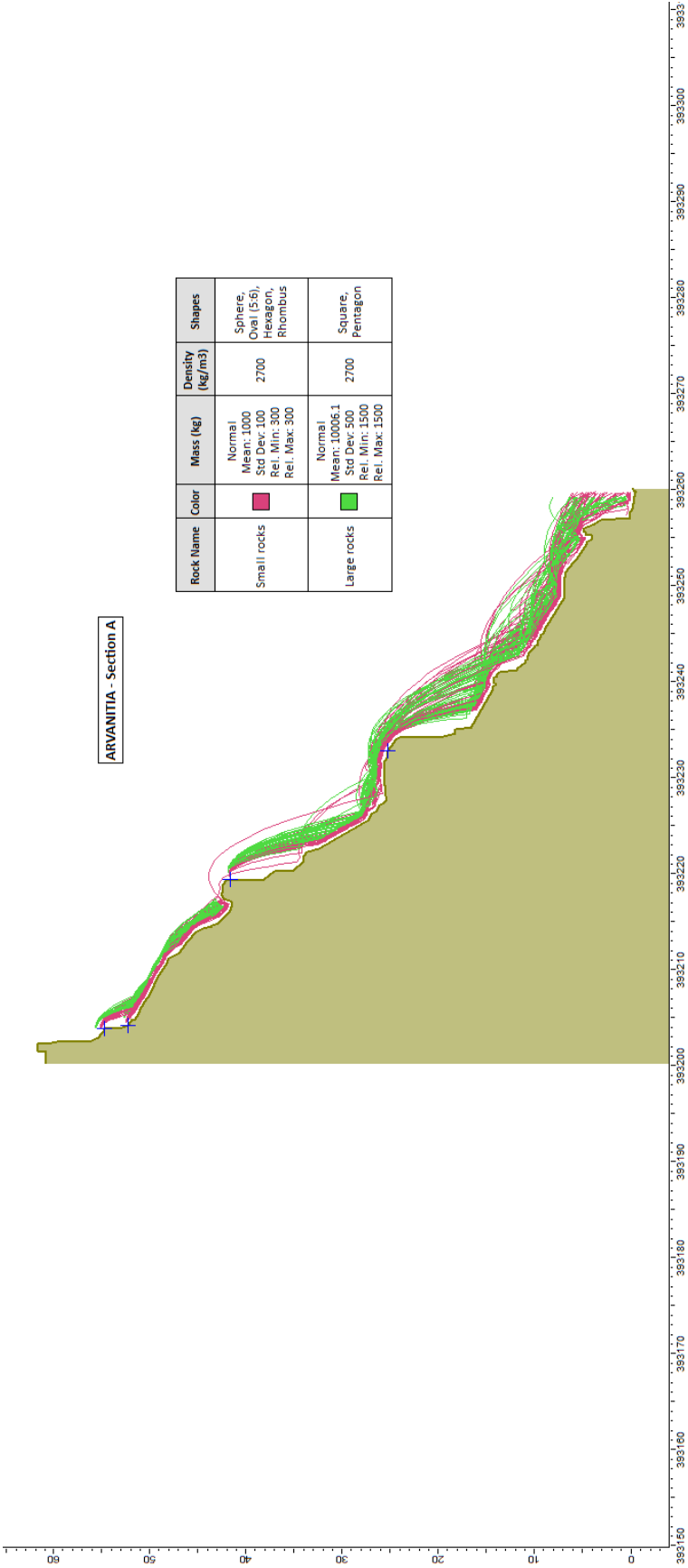
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ**  
**ΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΩΝ ΜΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ**



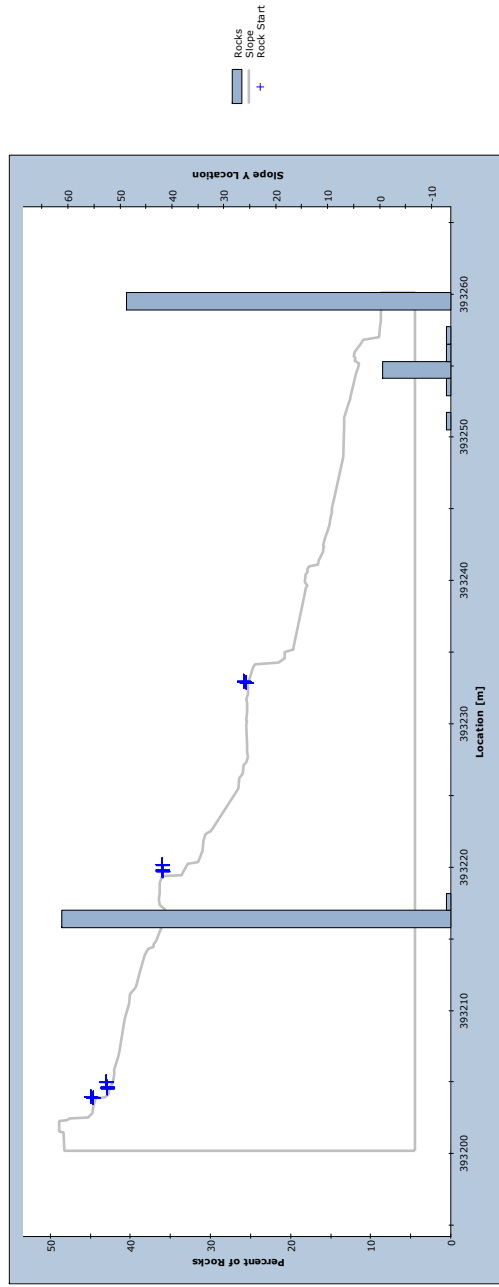


SECTION A – X.G. 0+35



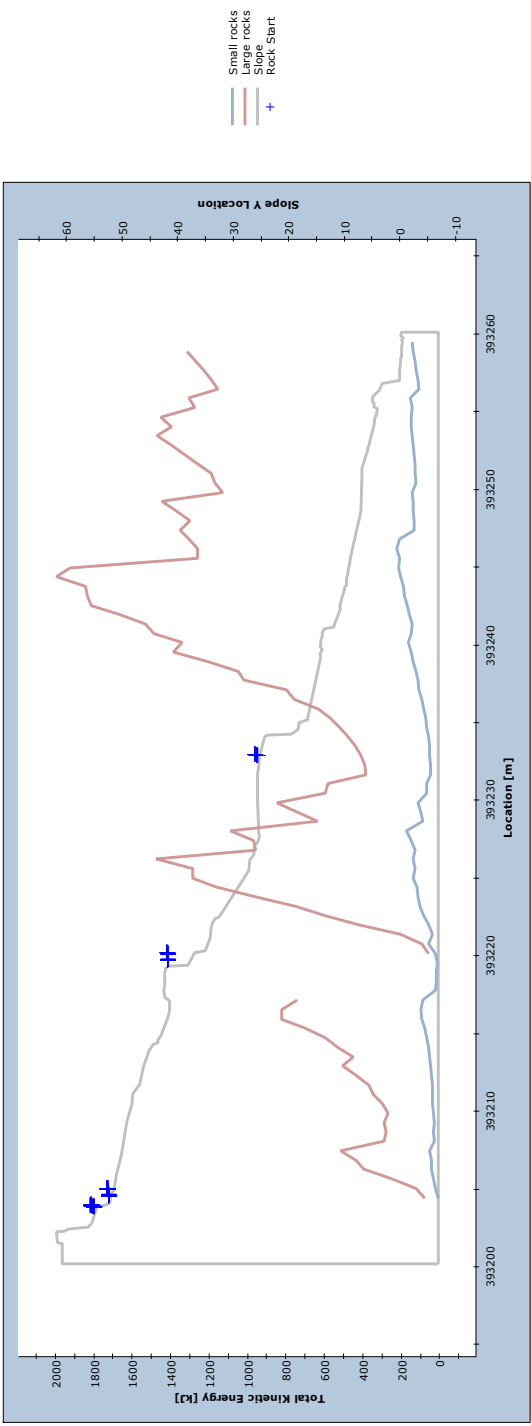


Distribution of Rock Path End Locations



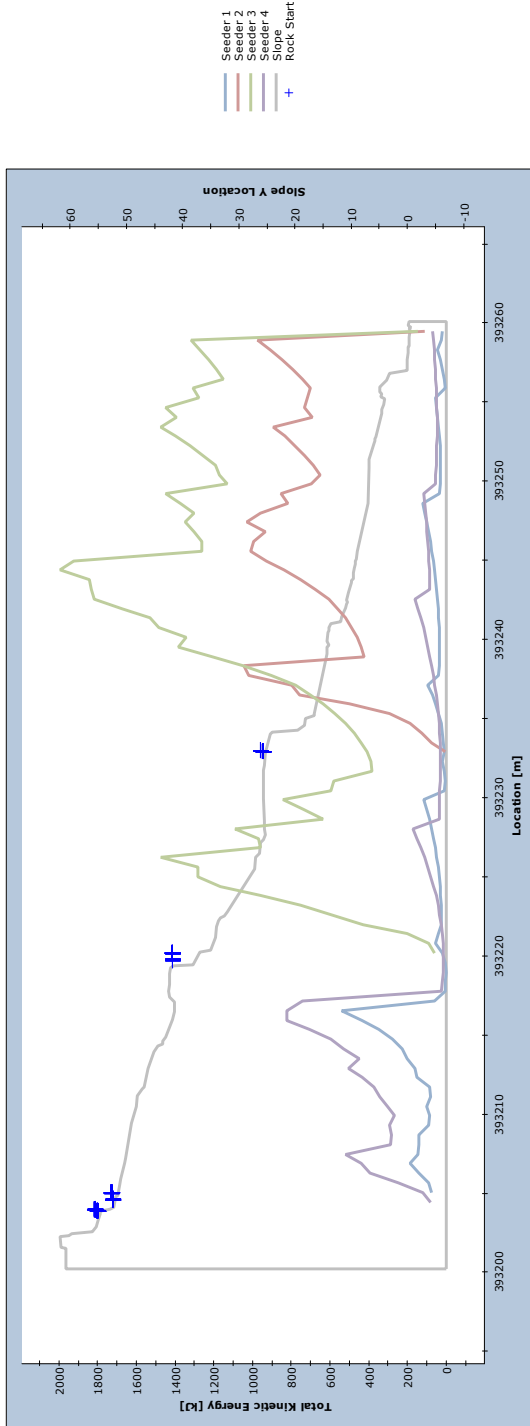
Total number of rock paths: 200

Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value



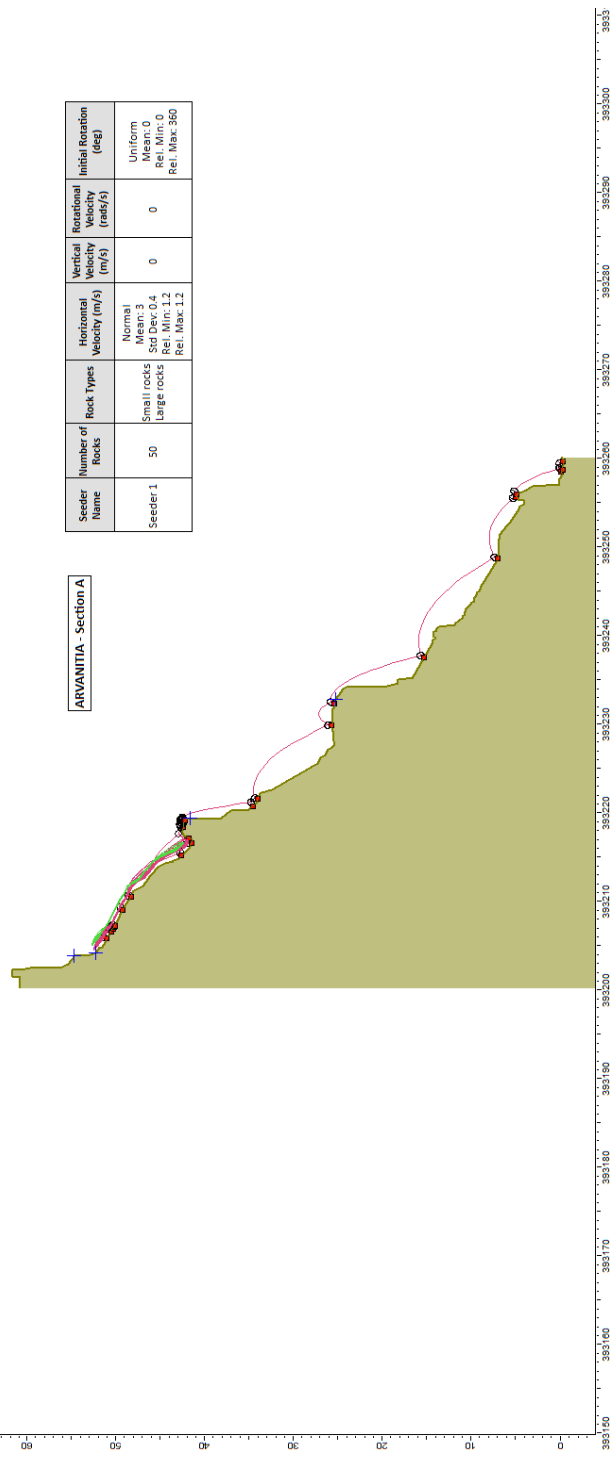
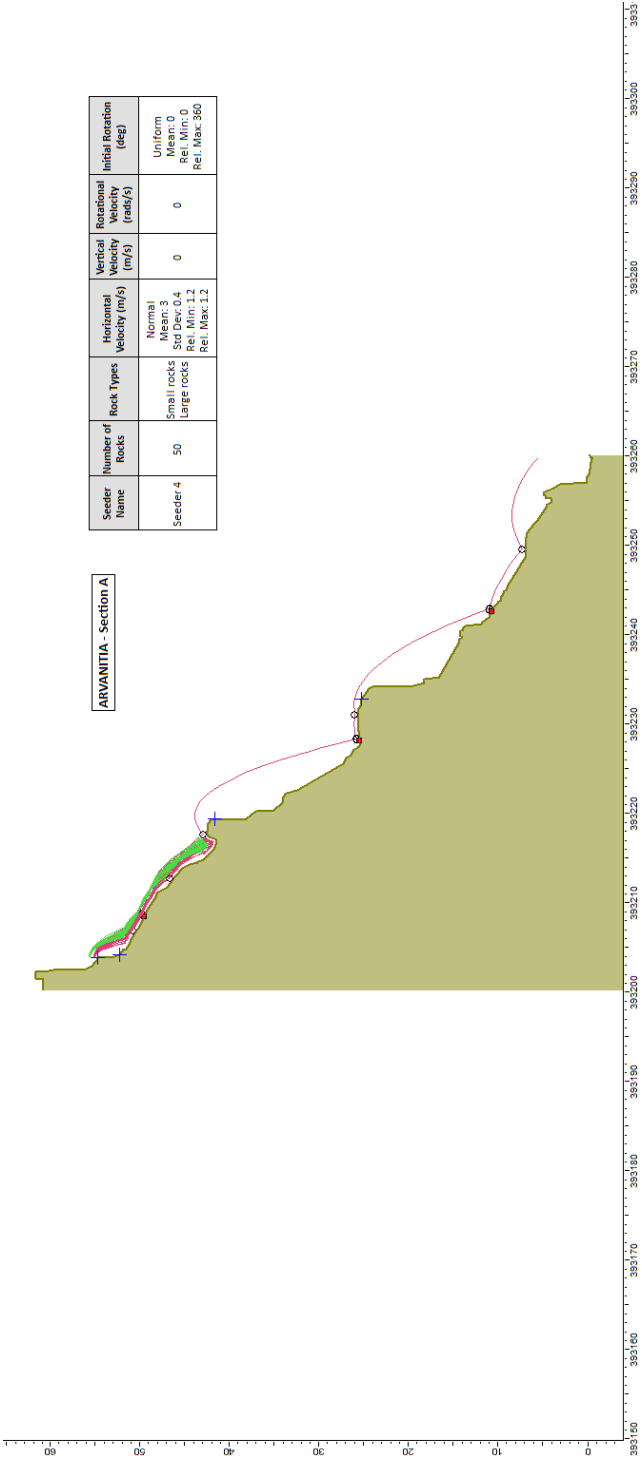
Total number of rock paths: 200

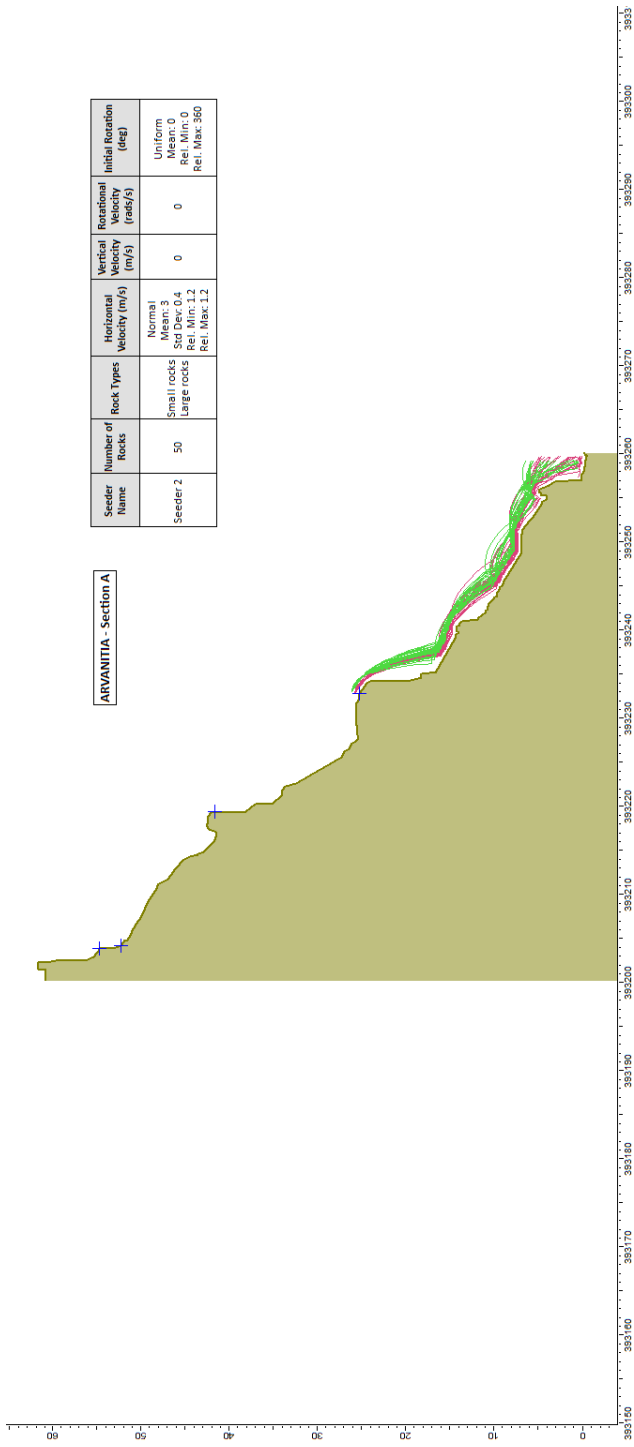
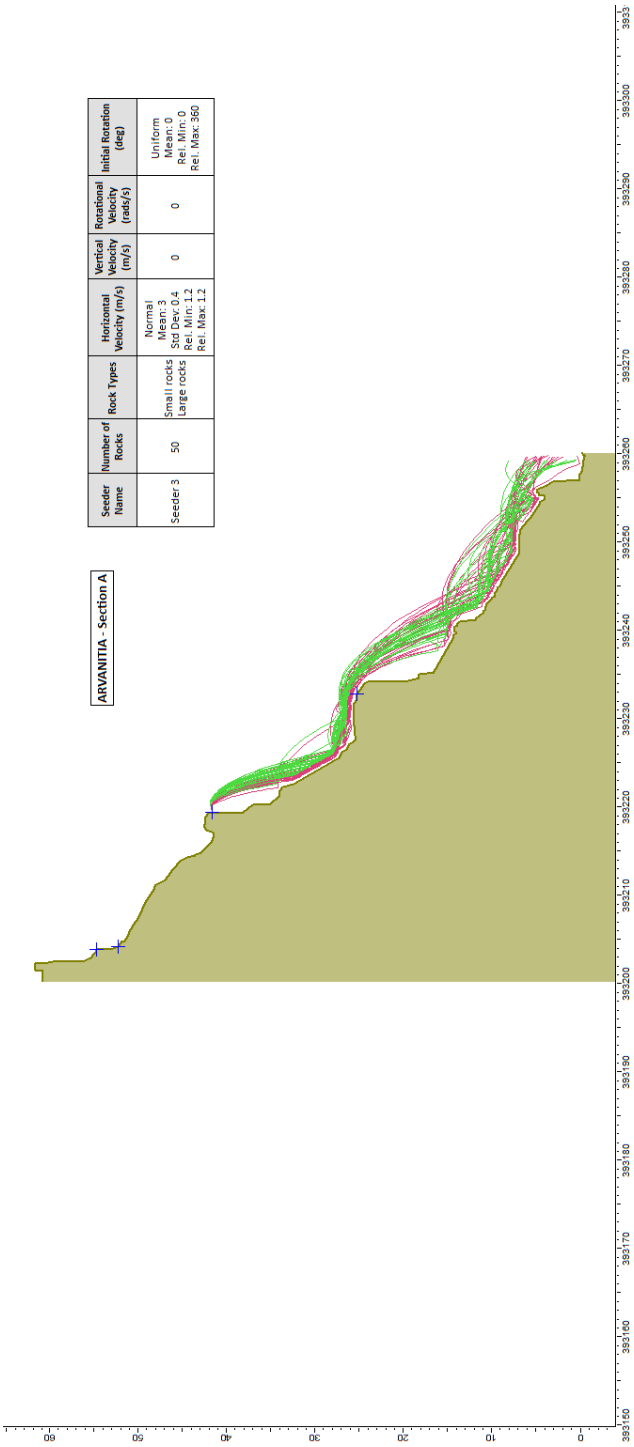
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

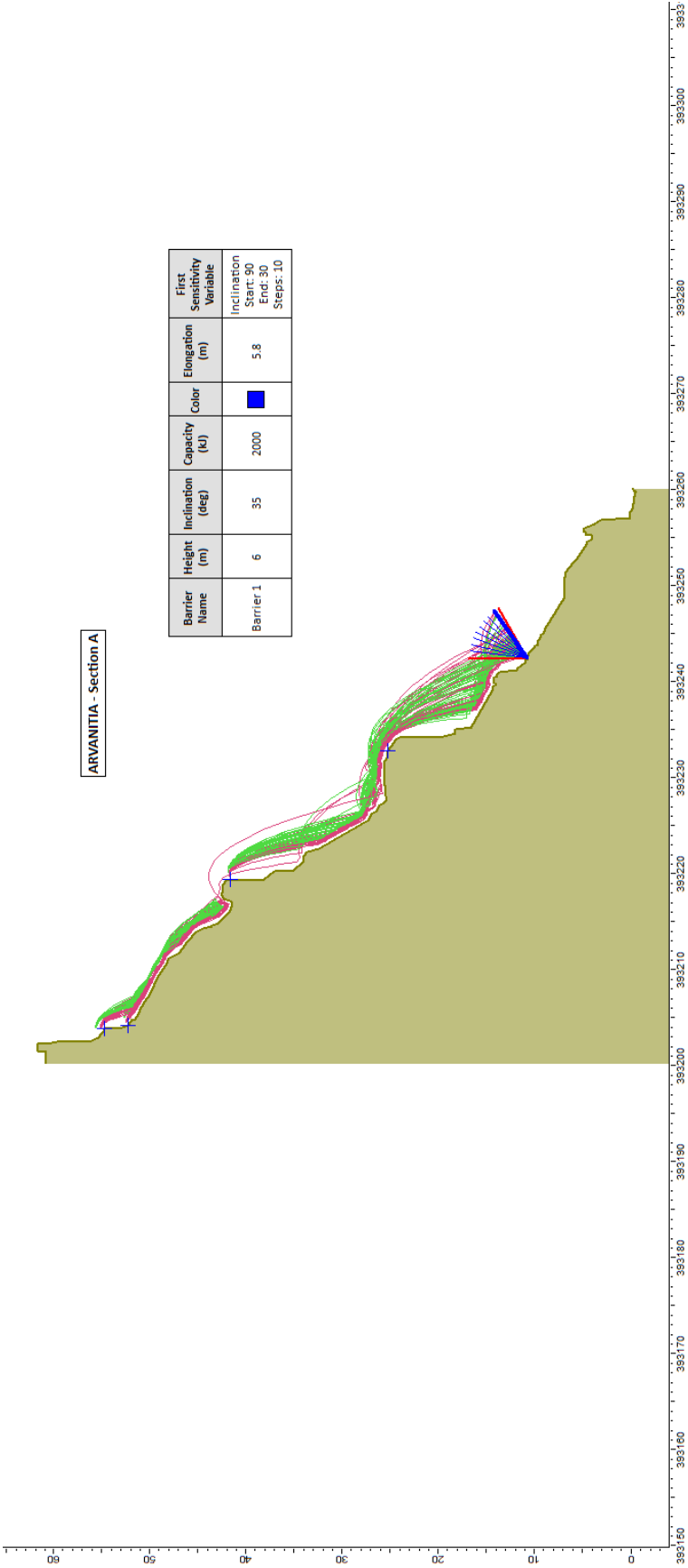


Total number of rock paths: 200

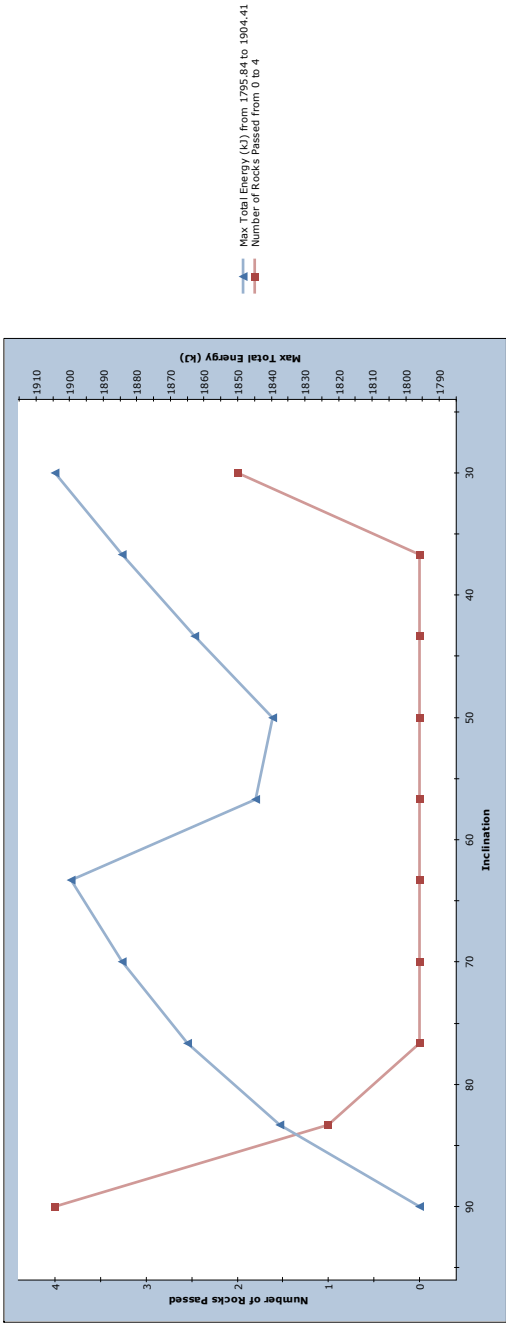


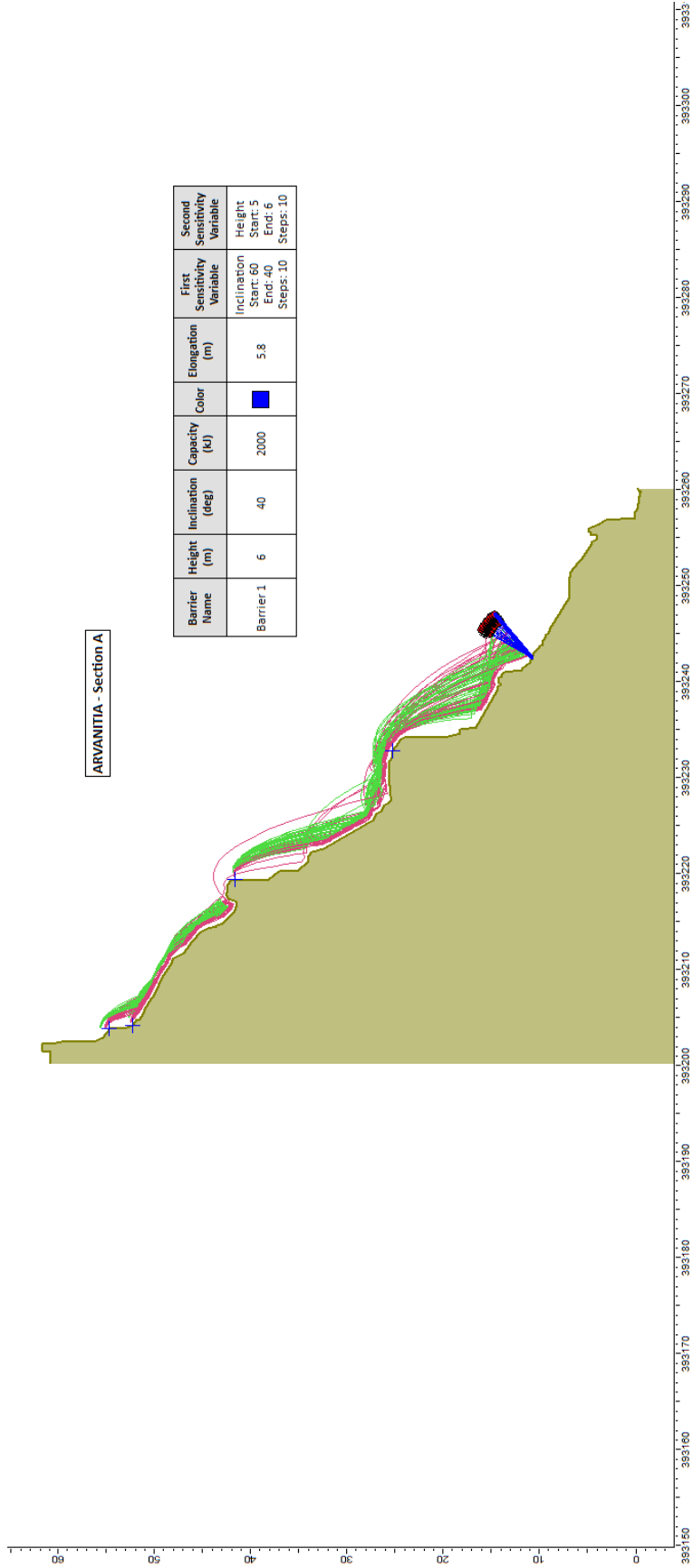




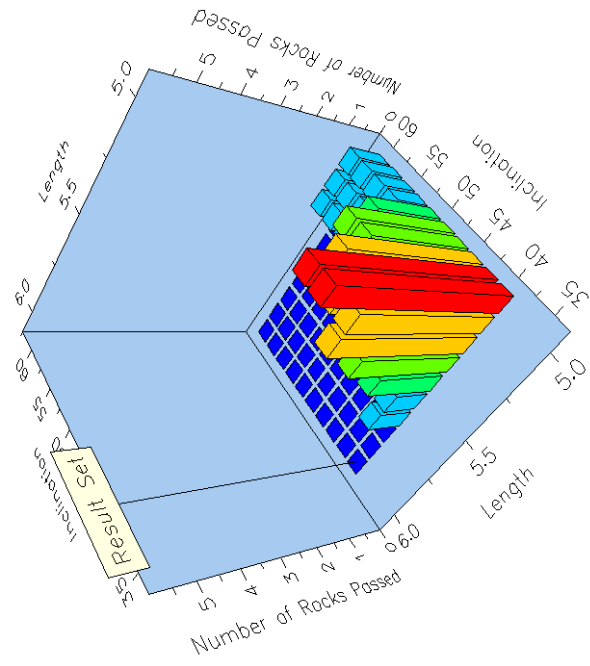


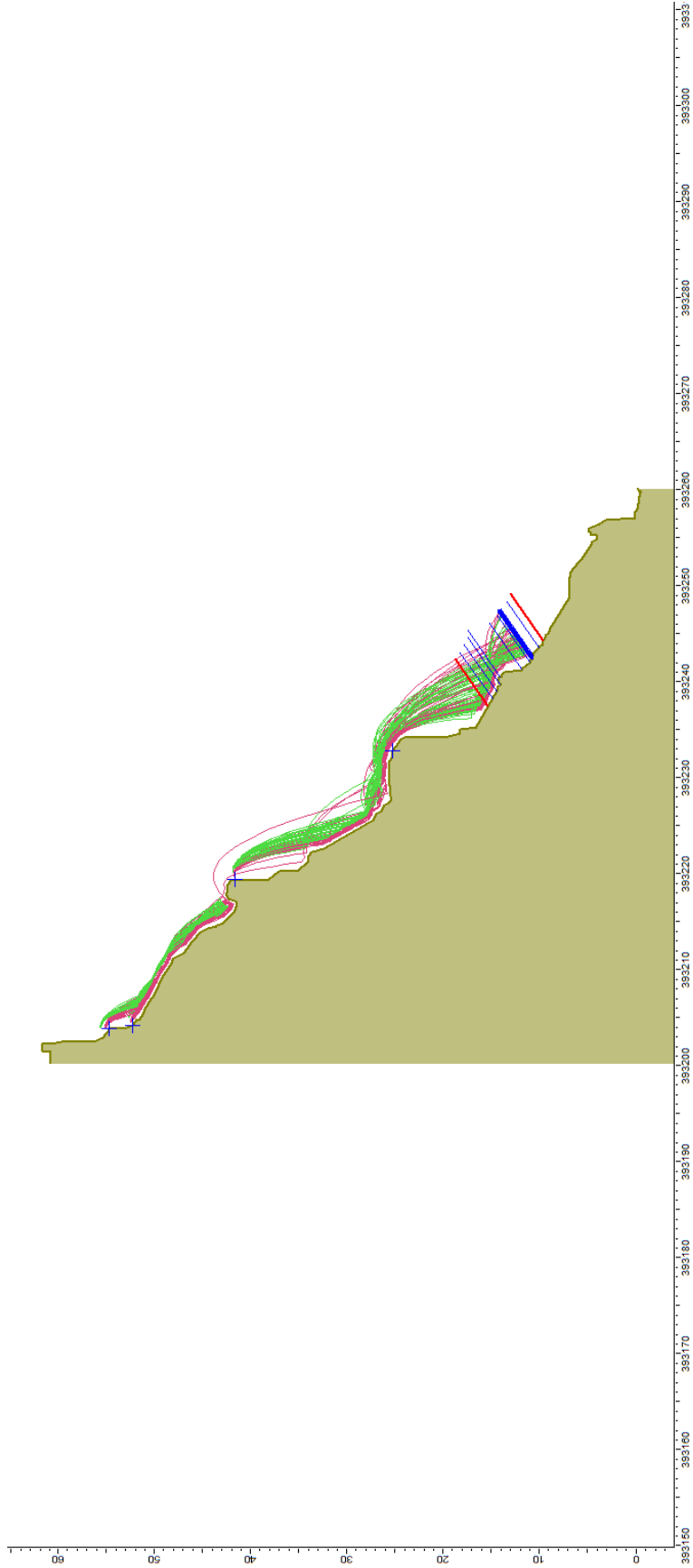
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination



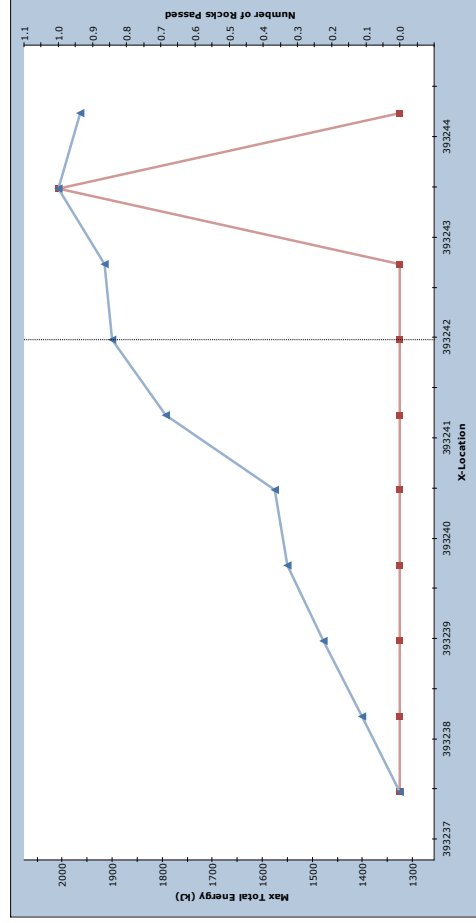


ARVANITIA - Section A



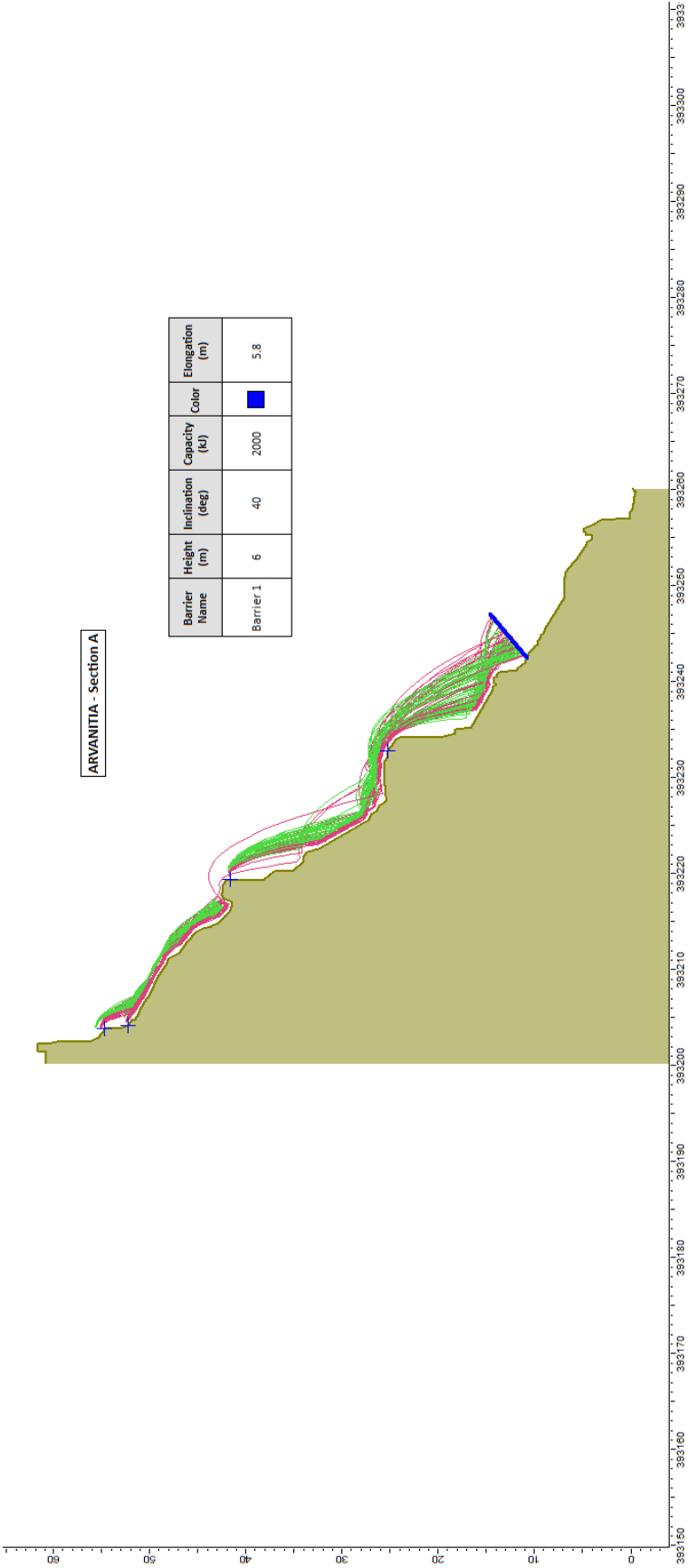


Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. X-Location

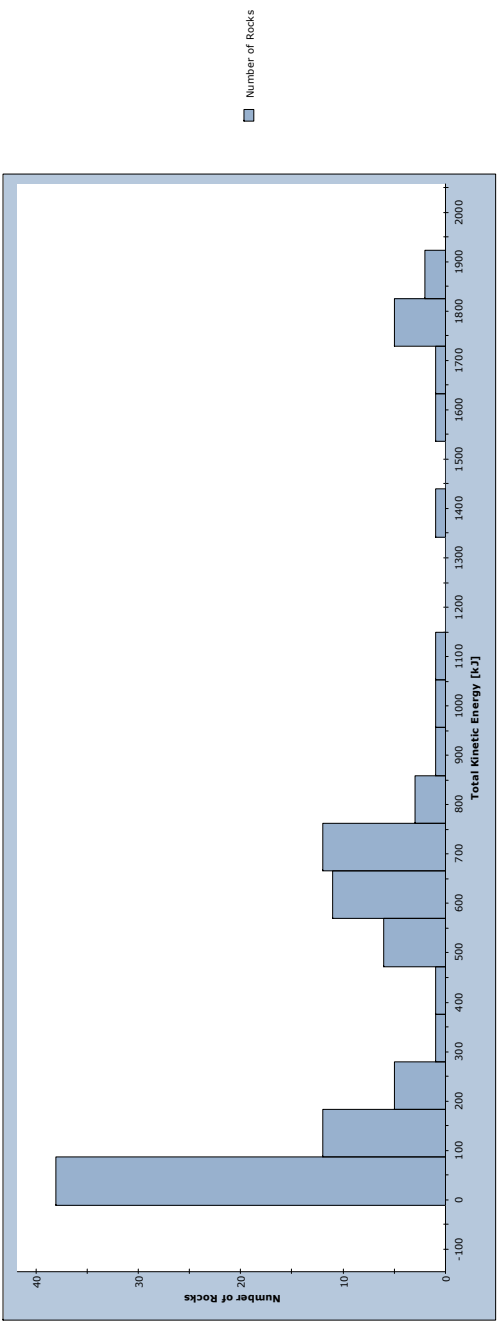


Barrier 1





Total Kinetic Energy on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 102  
 Total Kinetic Energy: min = 37.8192, max = 1873.76

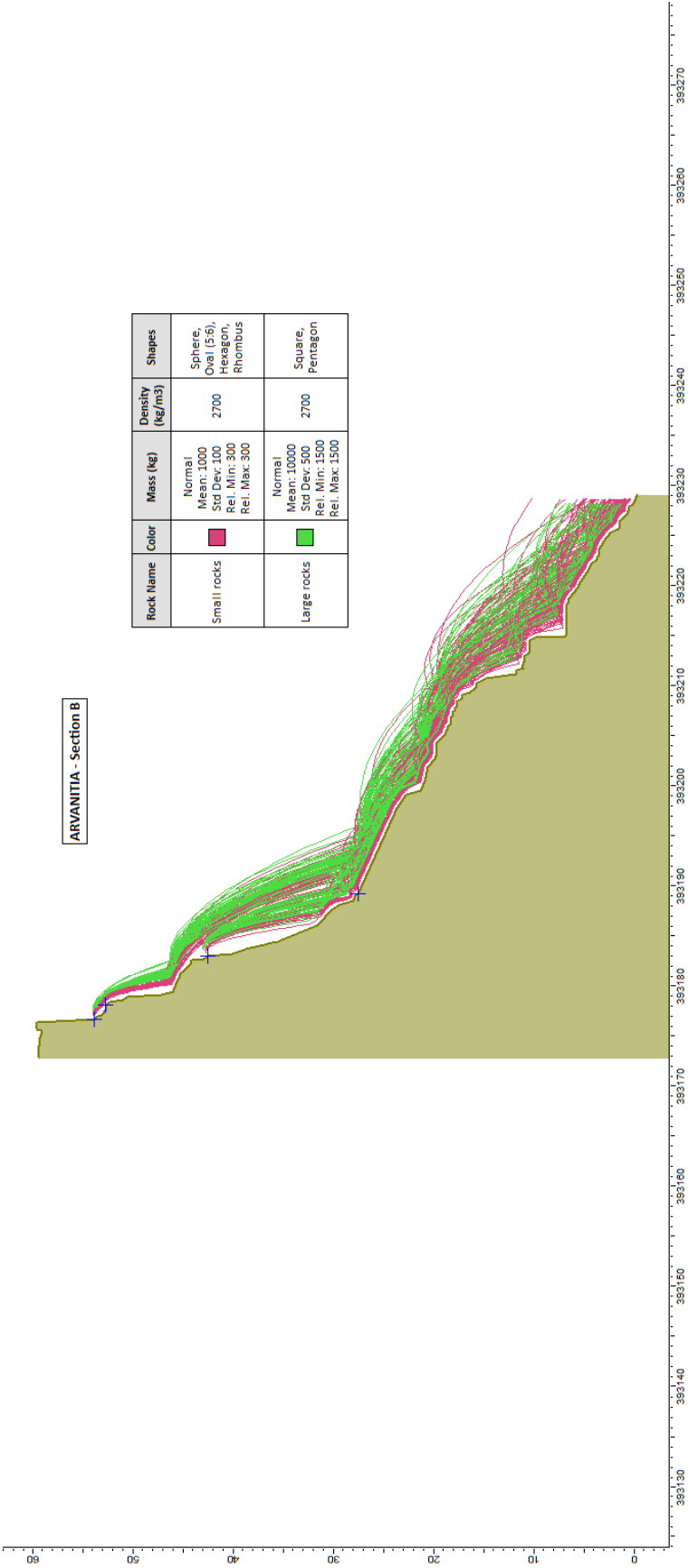




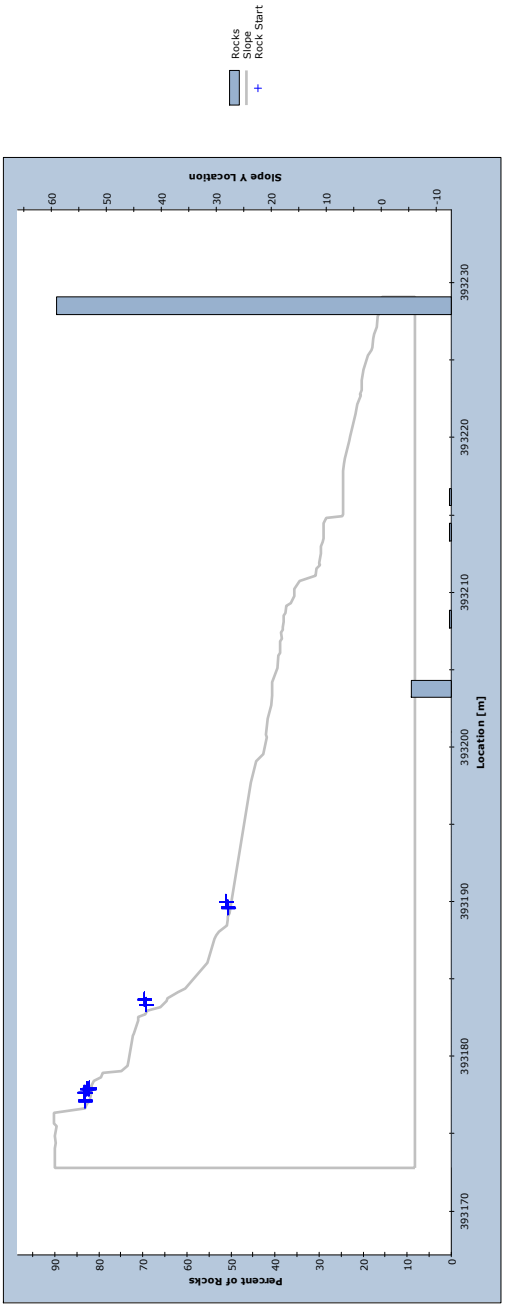
SECTION B (X.Θ. 0+82)



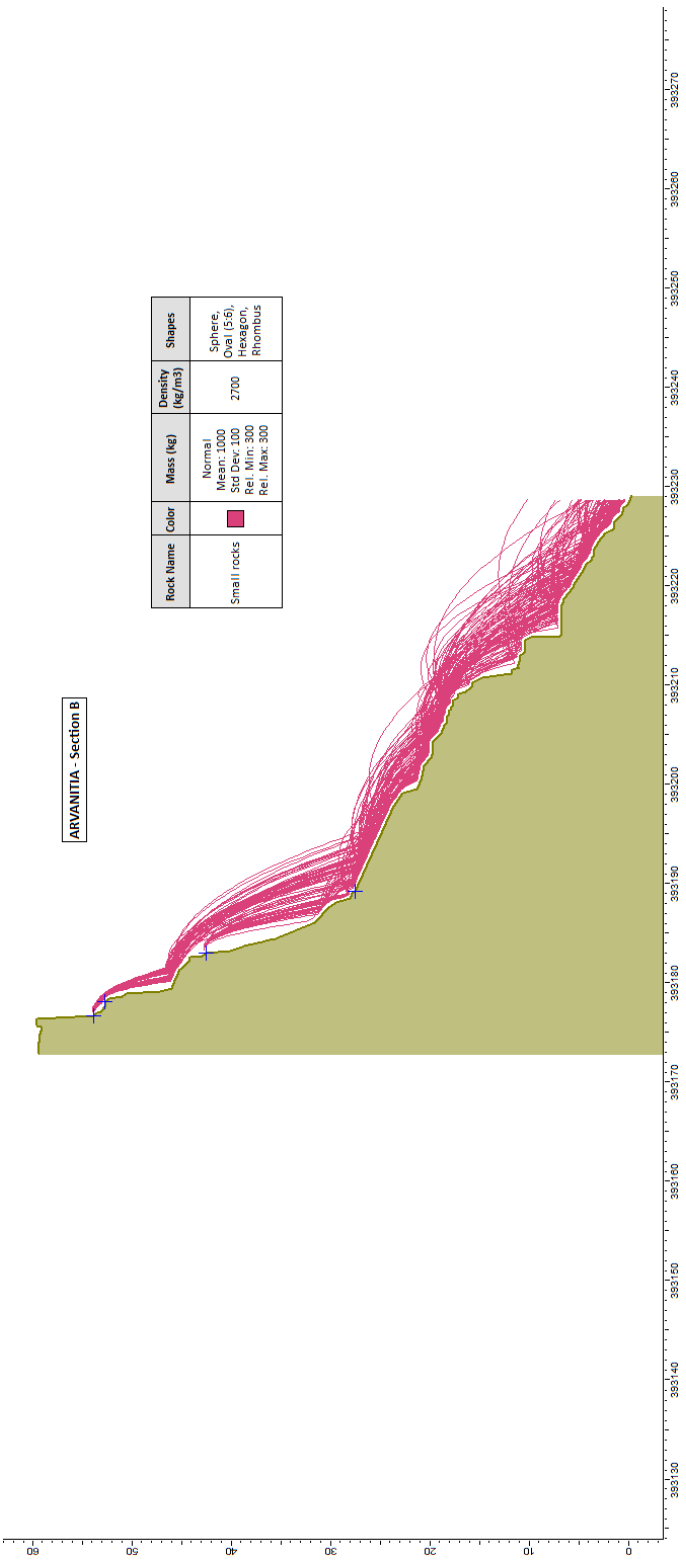
ARVANITIA - Section B



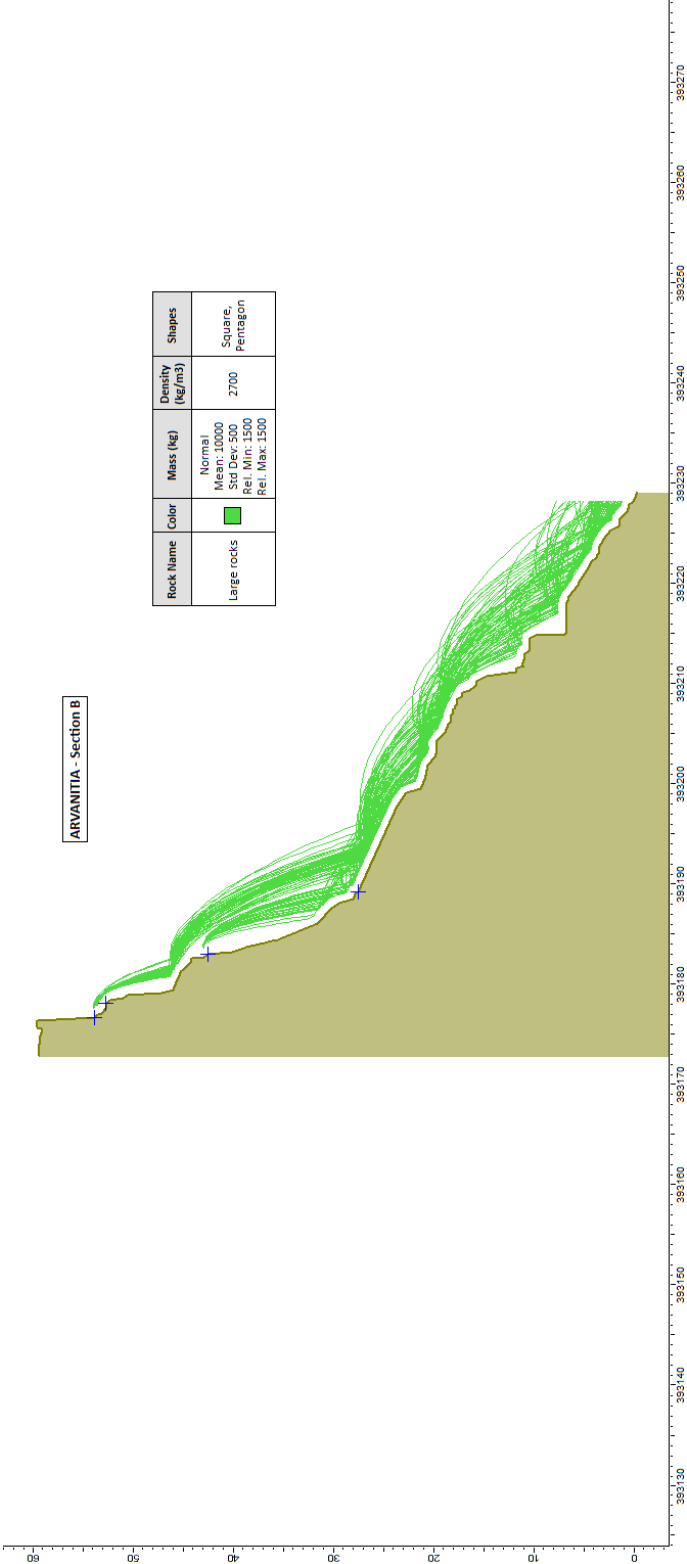
Distribution of Rock Path End Locations



Total number of rock paths: 200

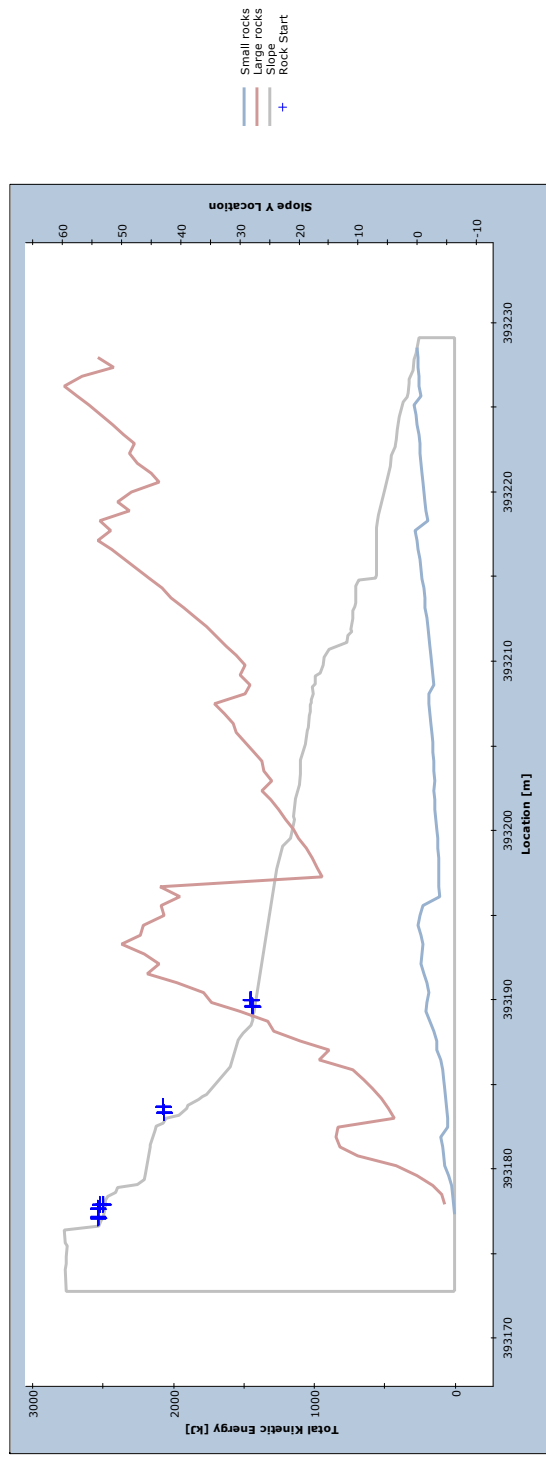


| Rock Name   | Color                               | Mass (kg)                                                              | Density (kg/m3) | Shapes                                        |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|
| Small rocks | <span style="color: pink;">■</span> | Normal<br>Mean: 1000<br>Std Dev: 100<br>Rel. Min: 300<br>Rel. Max: 300 | 2700            | Sphere,<br>Oval (55%),<br>Hexagon,<br>Rhombus |

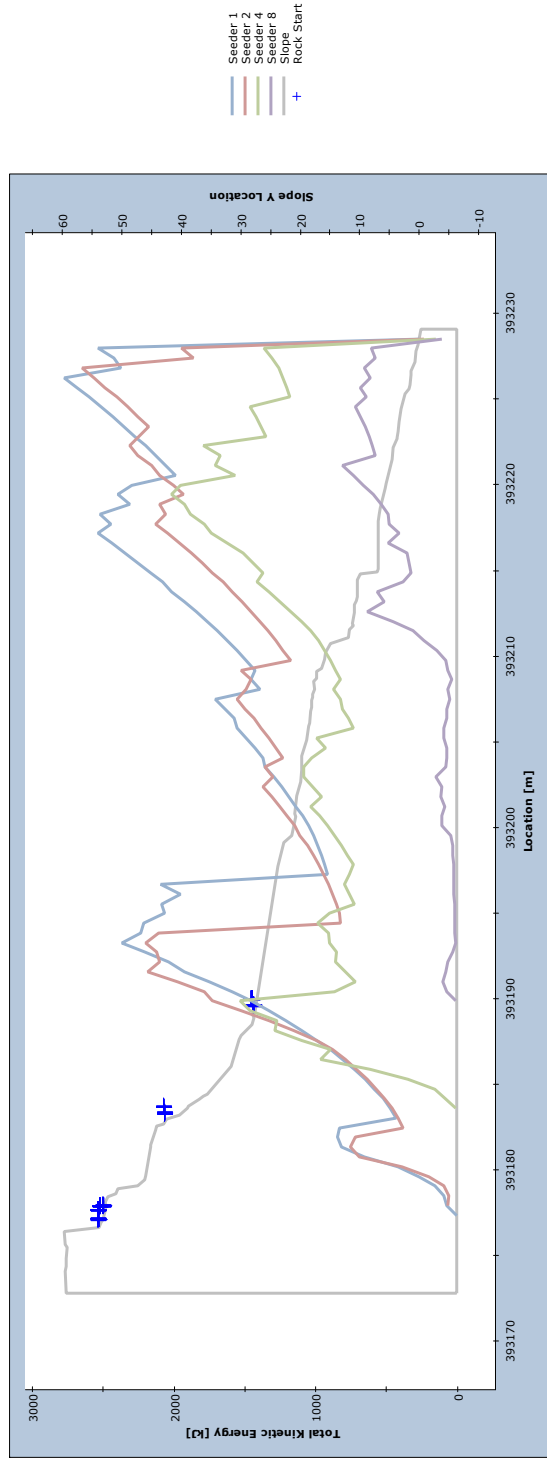


| Rock Name   | Color                                | Mass (kg)                                                                | Density (kg/m3) | Shapes              |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Large rocks | <span style="color: green;">■</span> | Normal<br>Mean: 1500<br>Std Dev: 500<br>Rel. Min: 1500<br>Rel. Max: 1500 | 2700            | Square,<br>Pentagon |

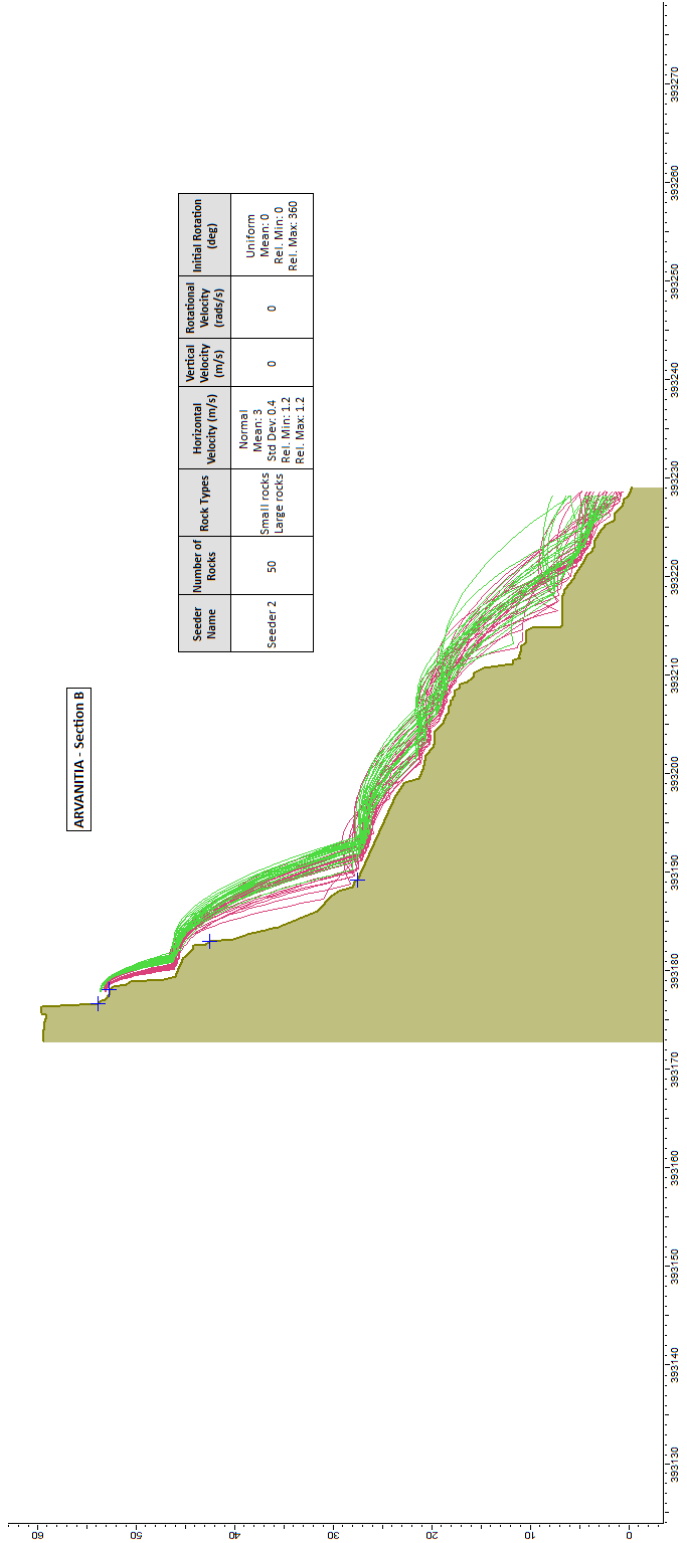
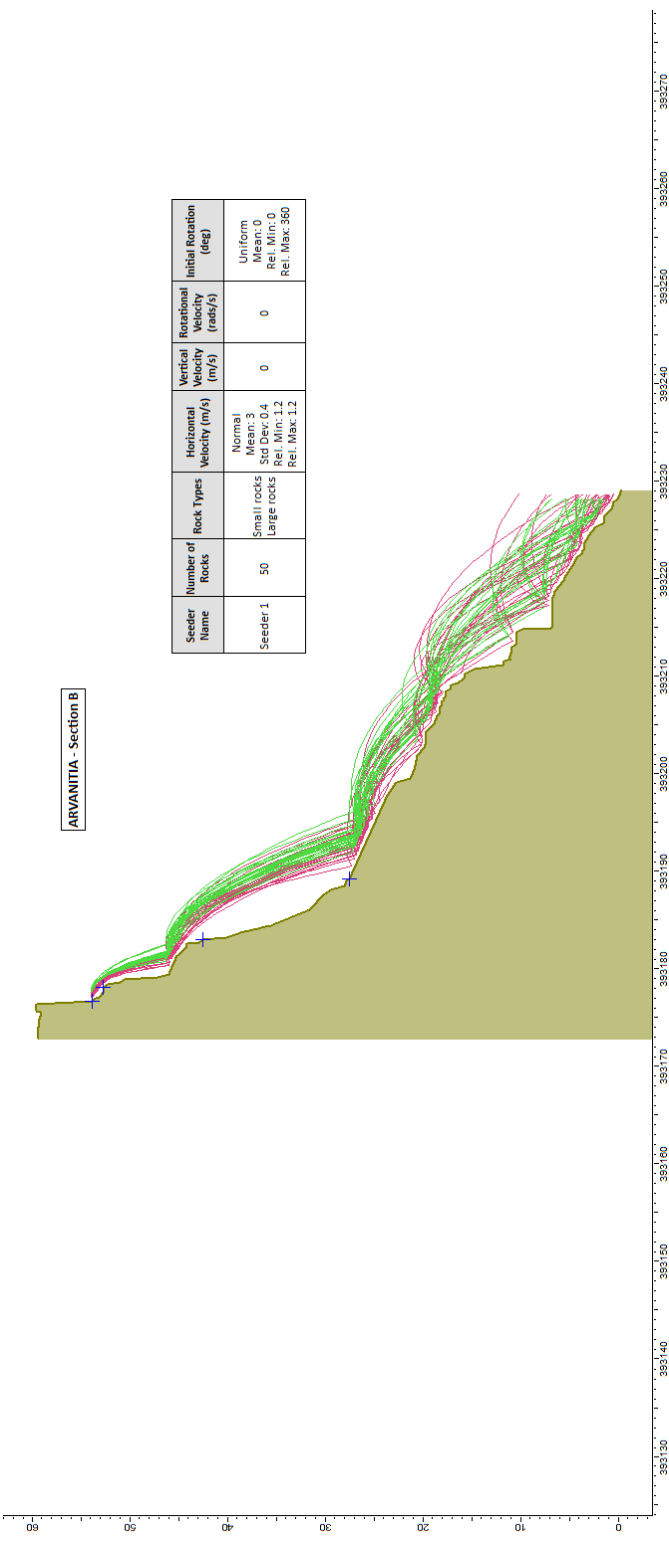
**Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value**

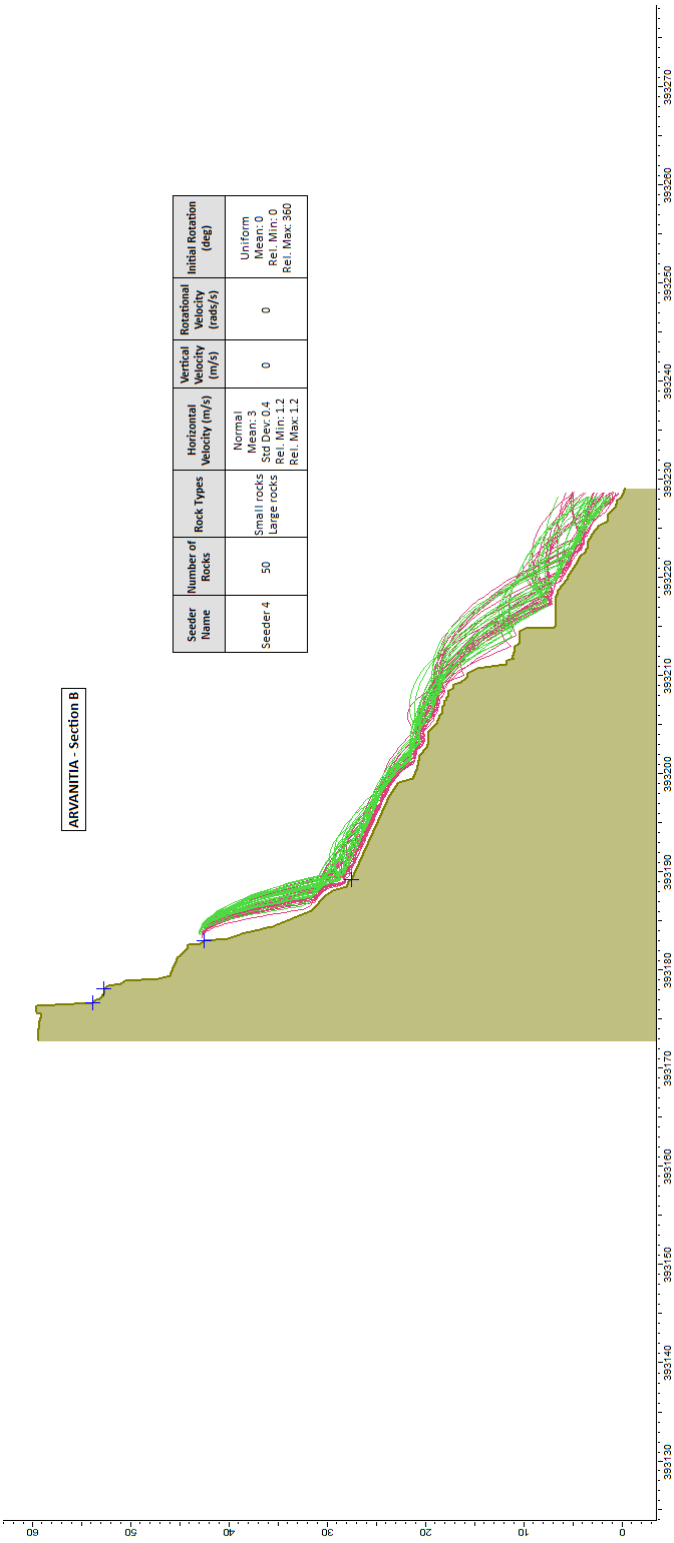


**Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value**

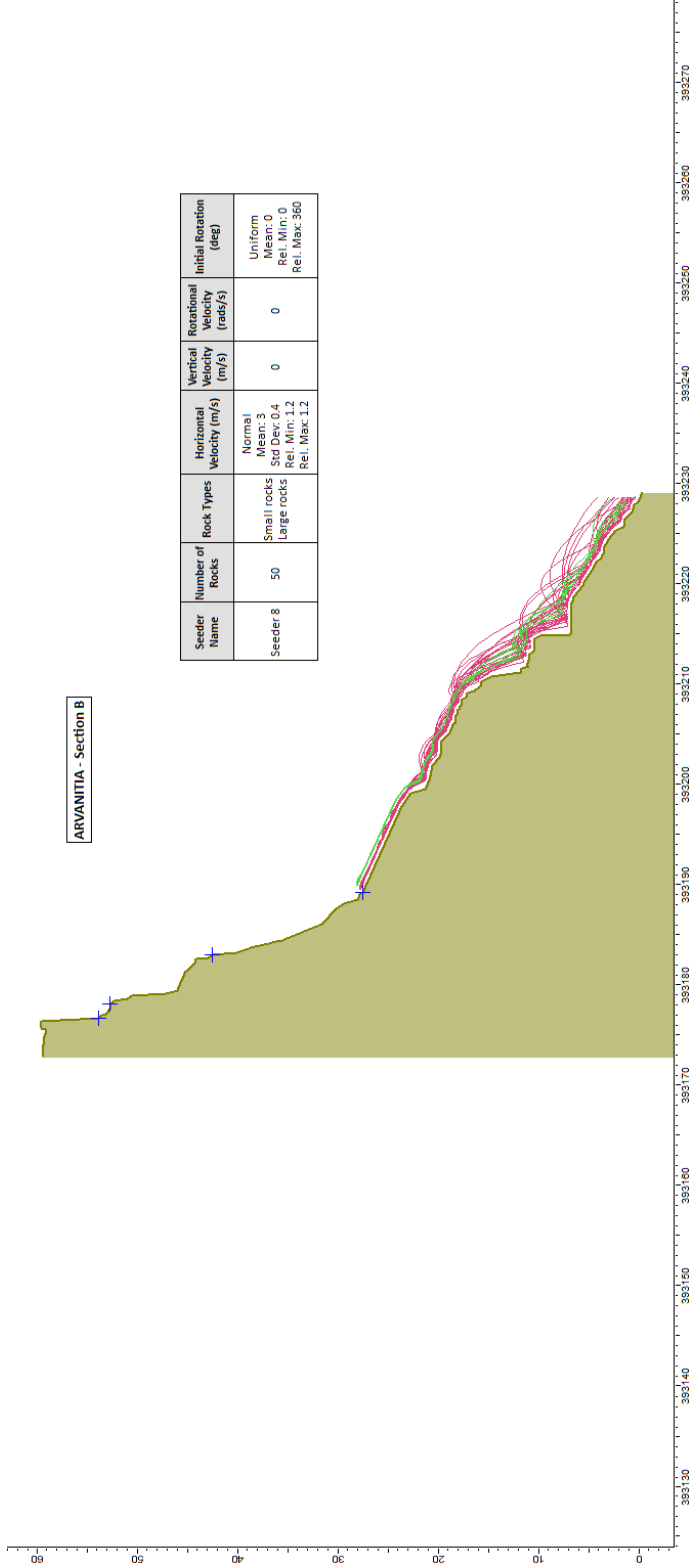




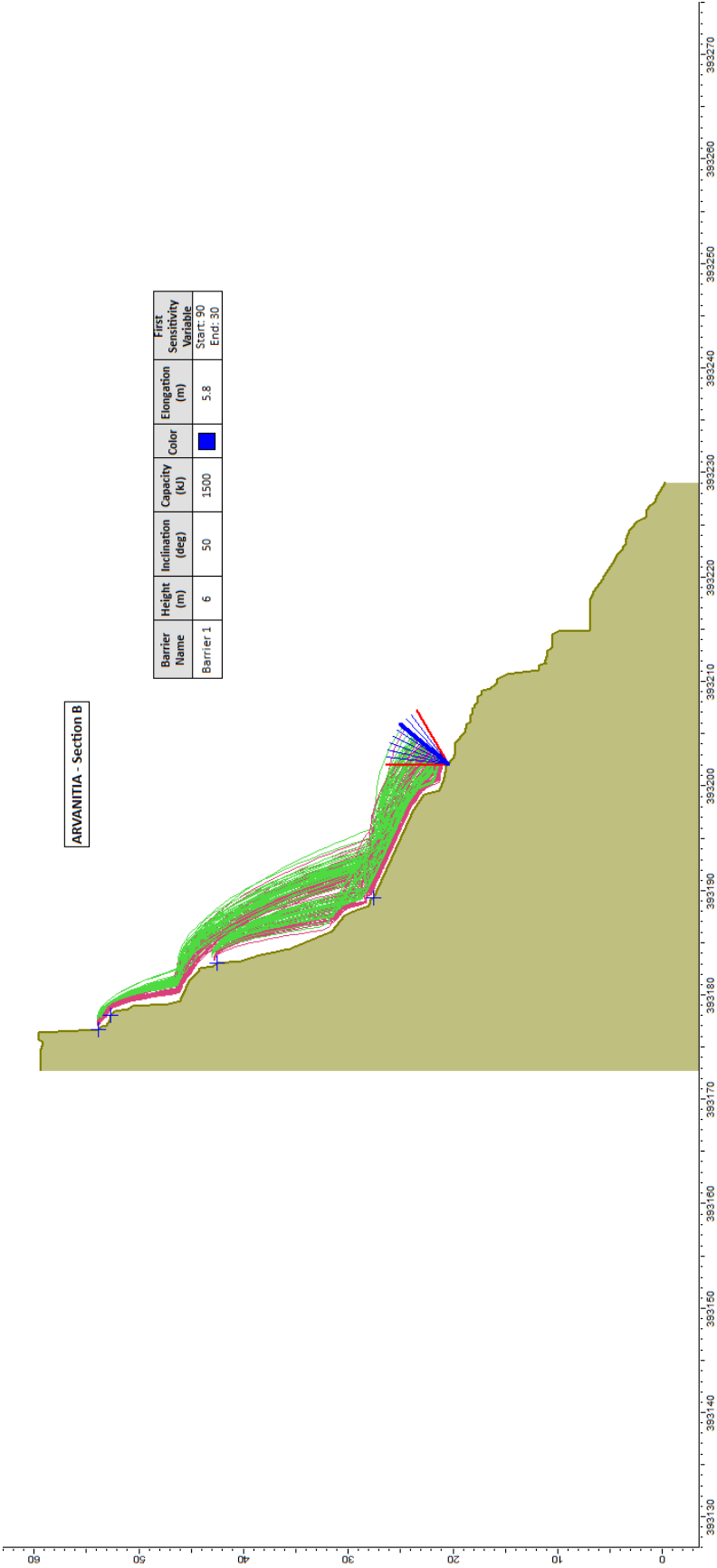




ARVANITIA - Section B

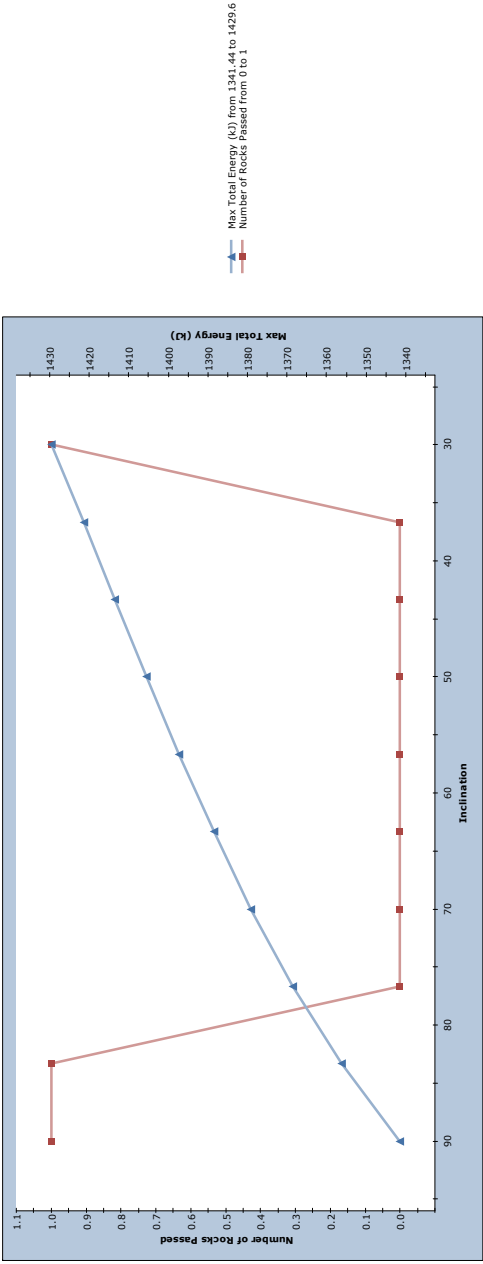


ARVANITIA - Section B

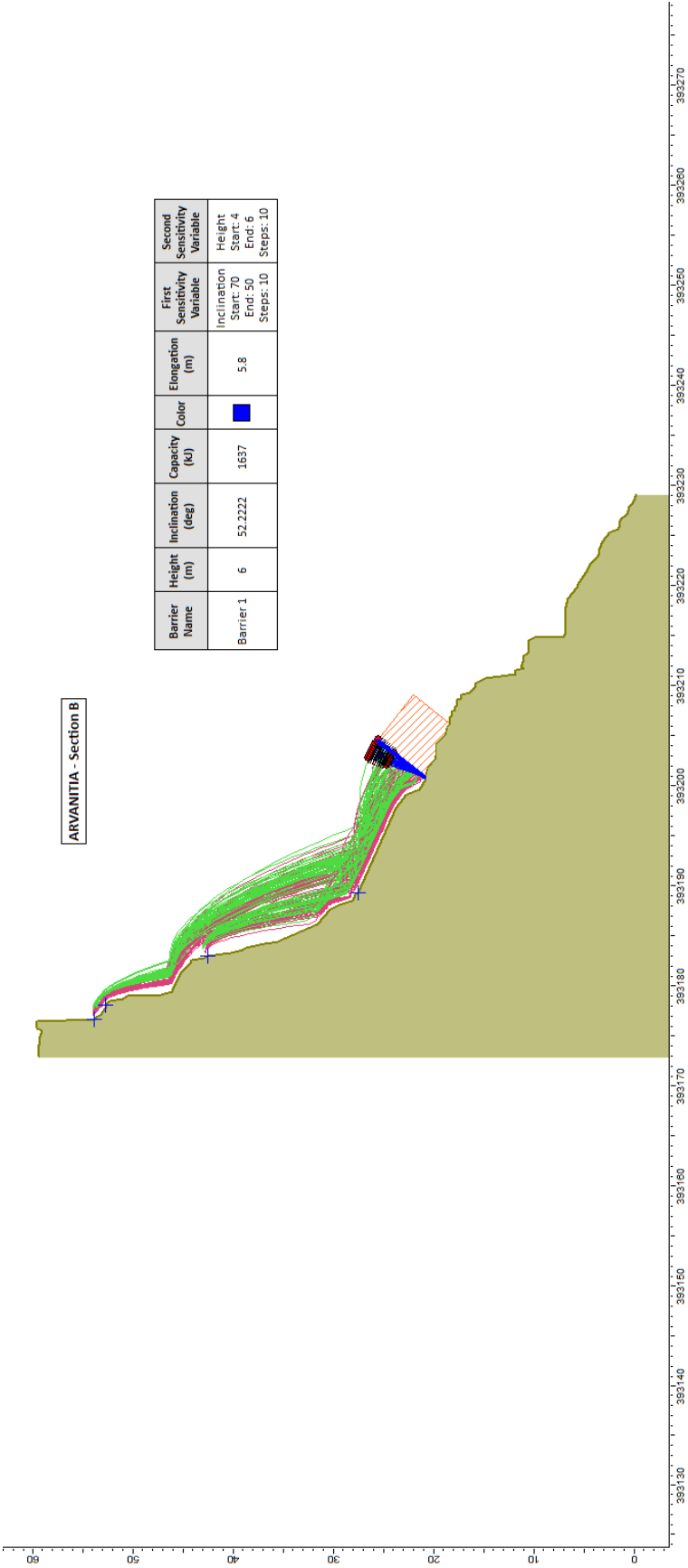


ARVANITIA - Section B

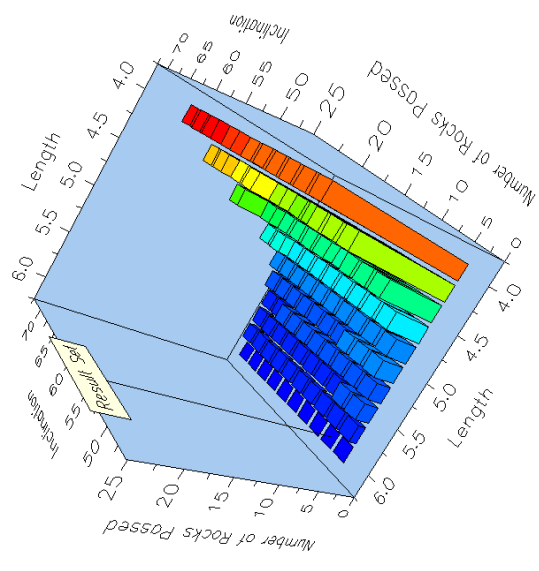
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination

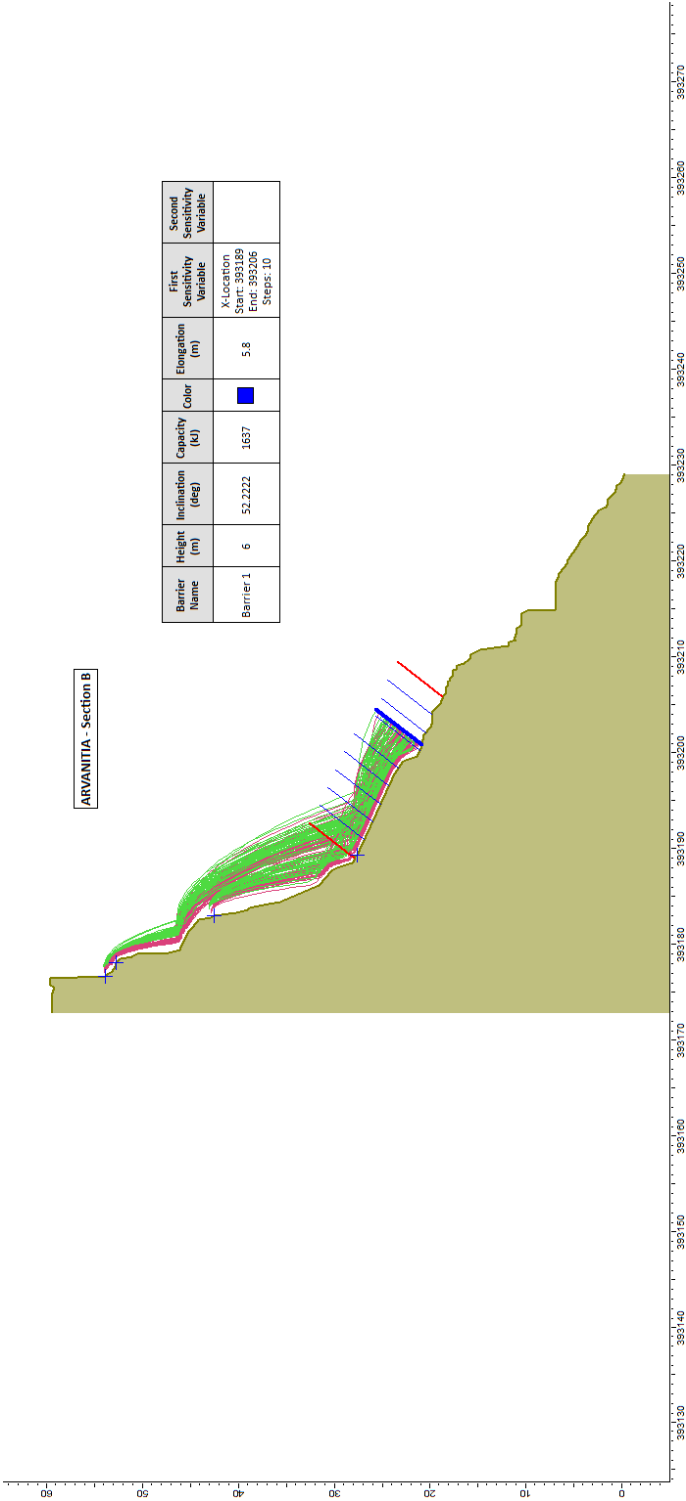


Barrier 1

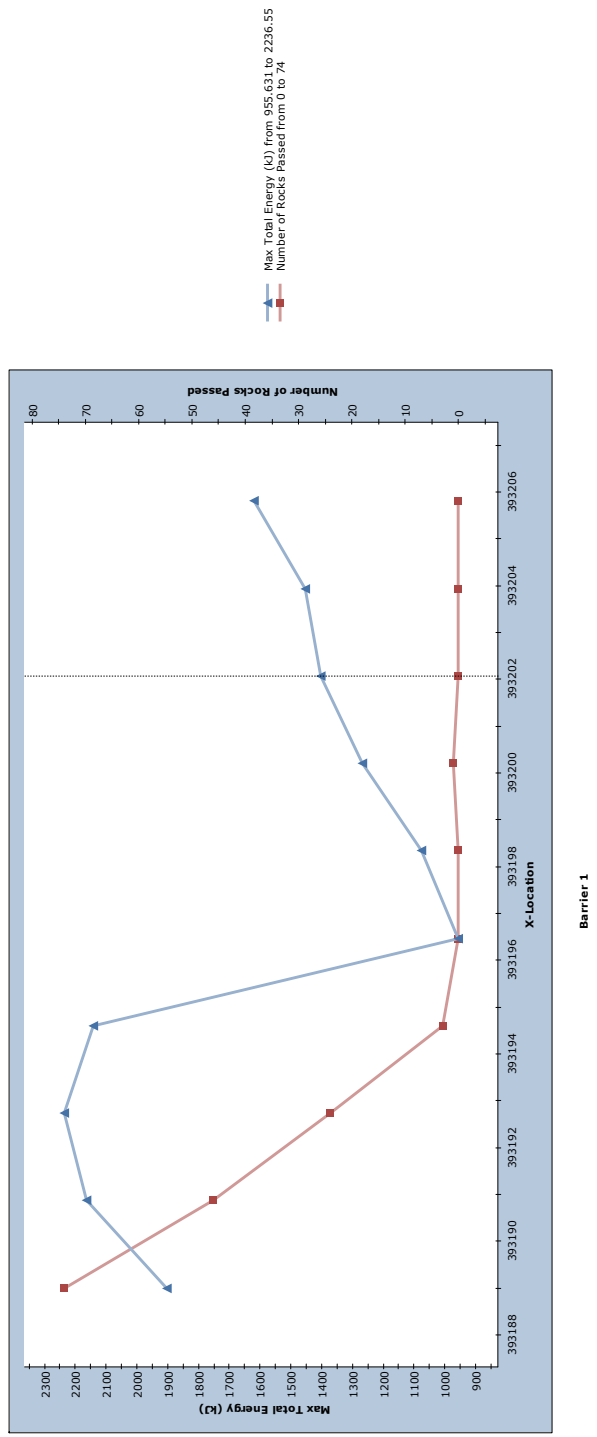


ARVANITIA - Section B

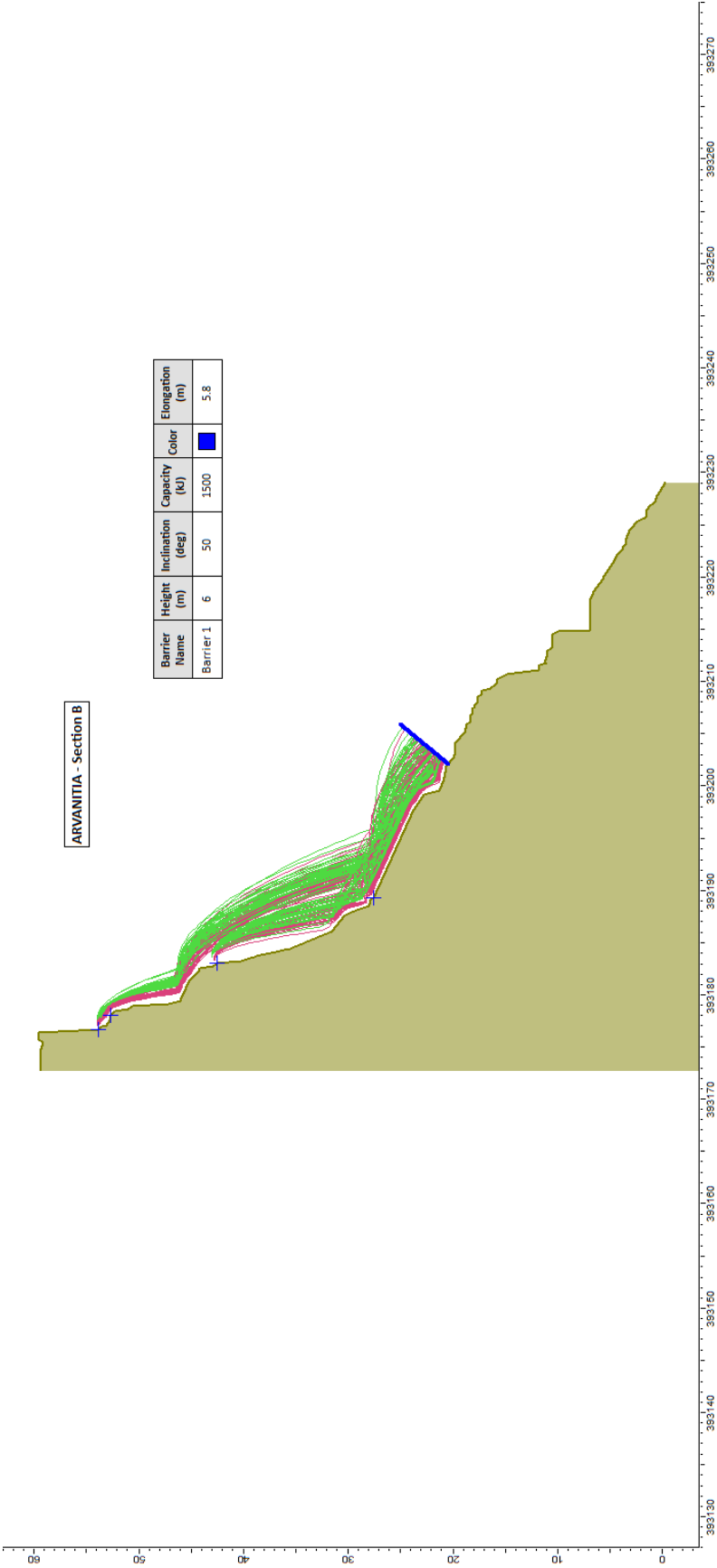




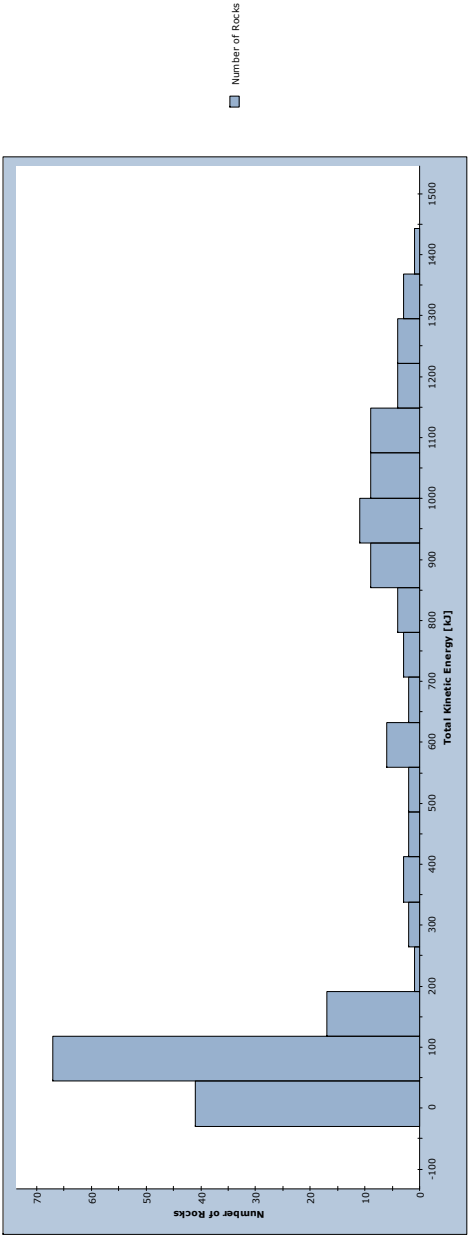
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. X-Location







Total Kinetic Energy on Barrier 1



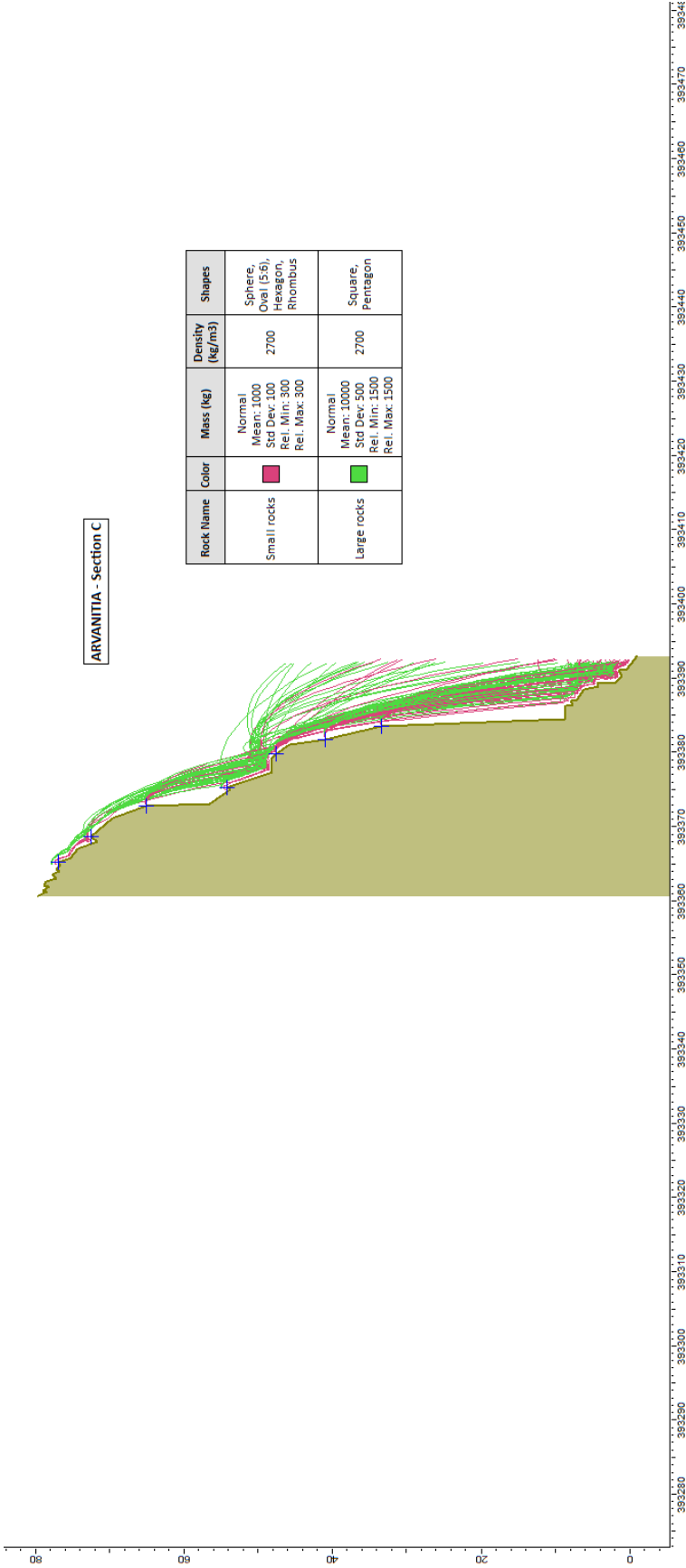
Total number of rocks on Barrier 1: 200  
Total Kinetic Energy: min = 7.23586, max = 1405.46



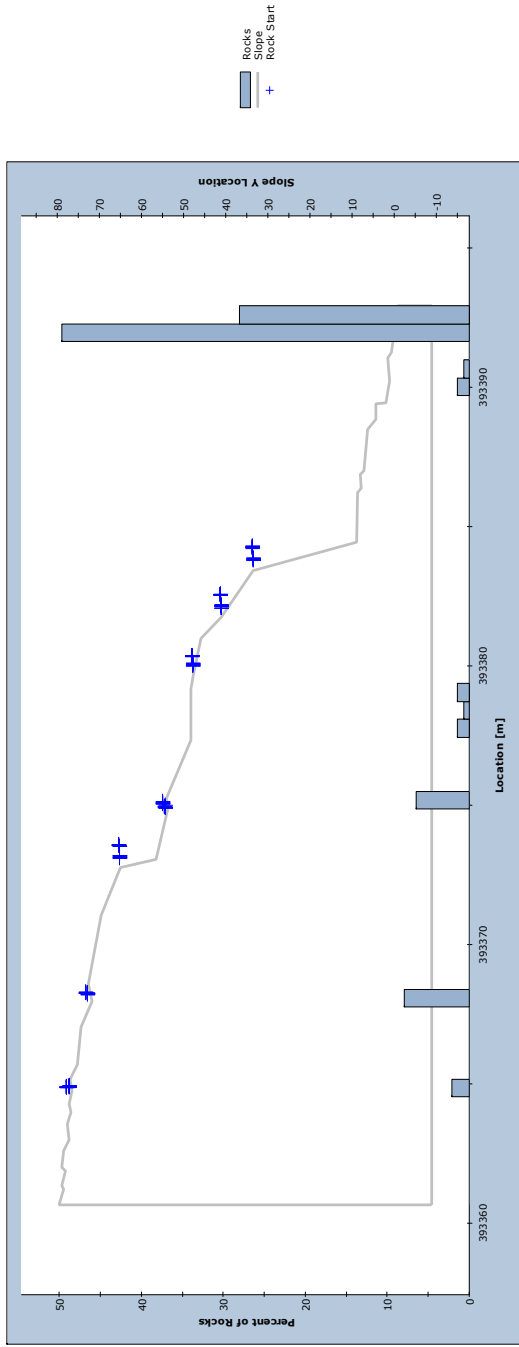


SECTION C (X.G. 0+438)

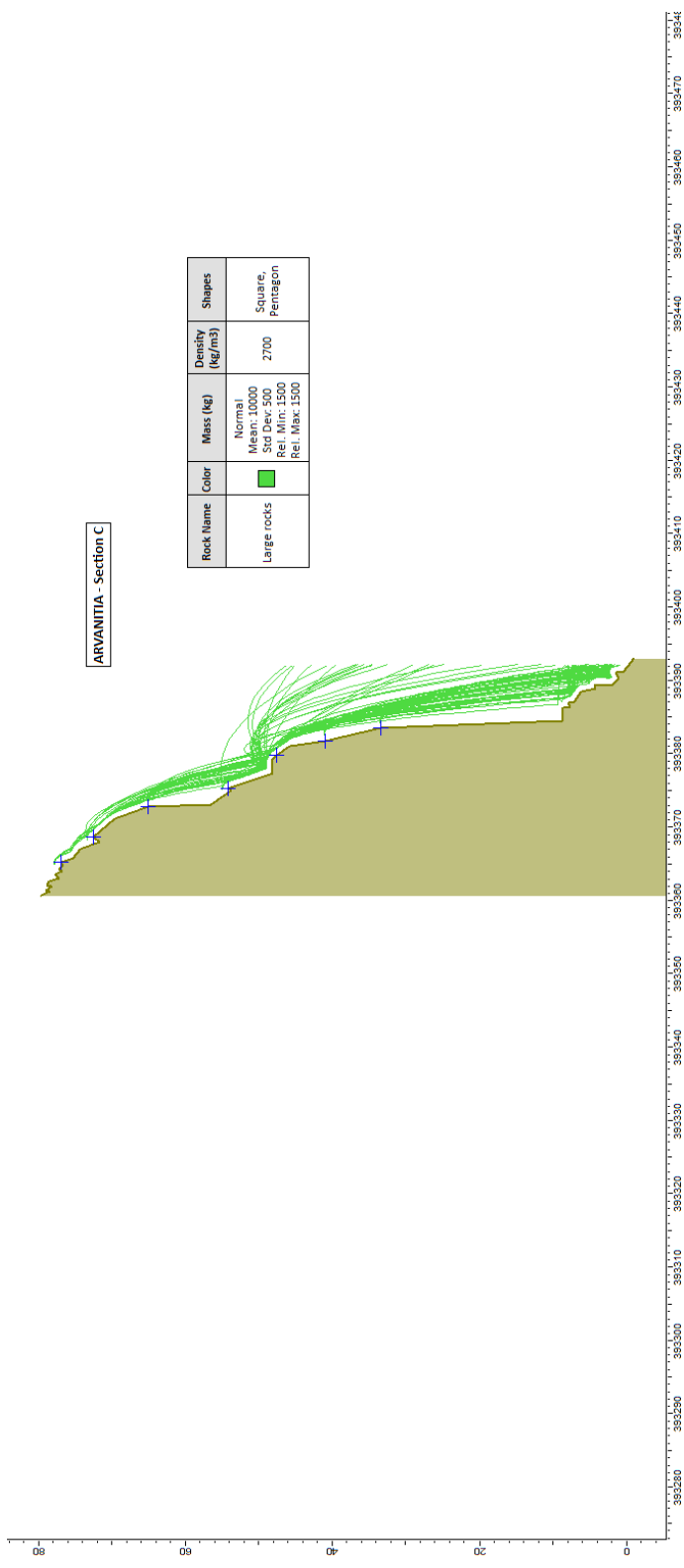
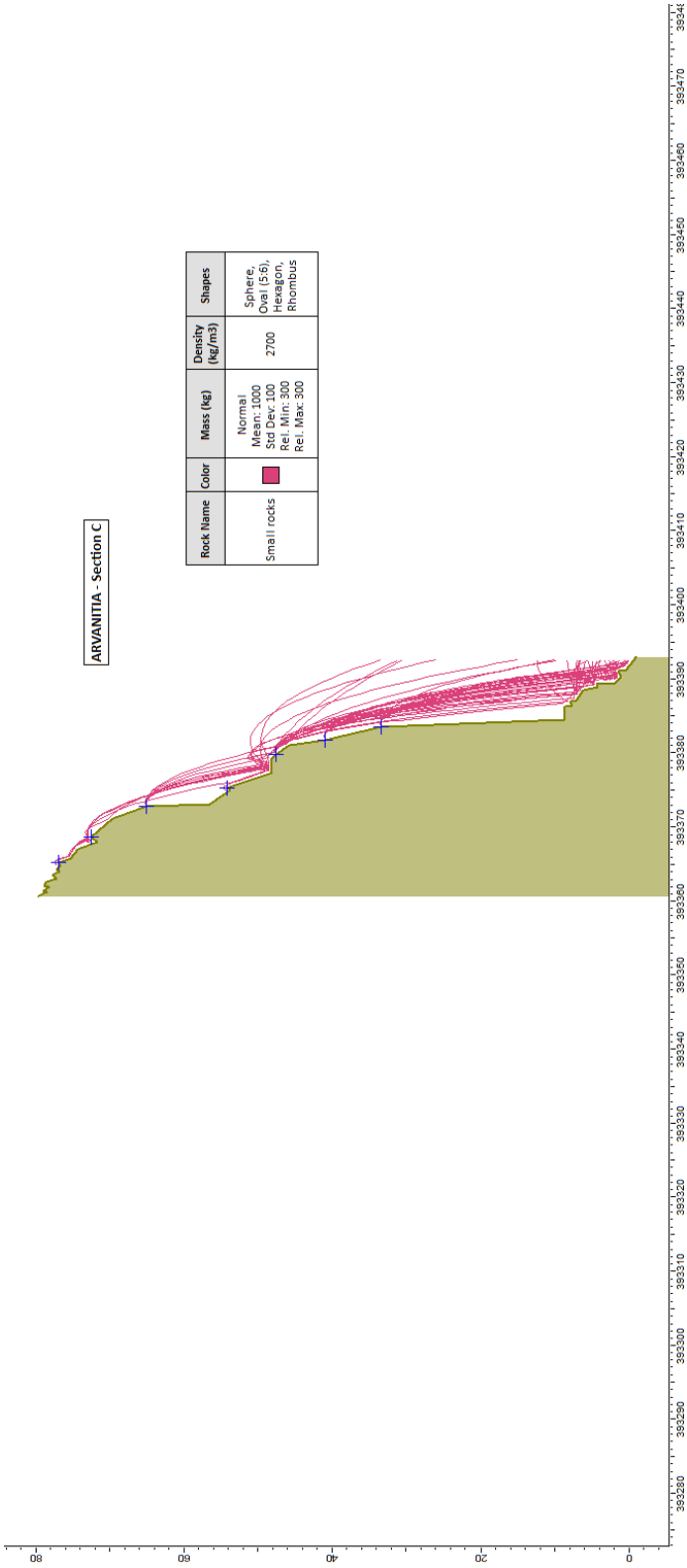




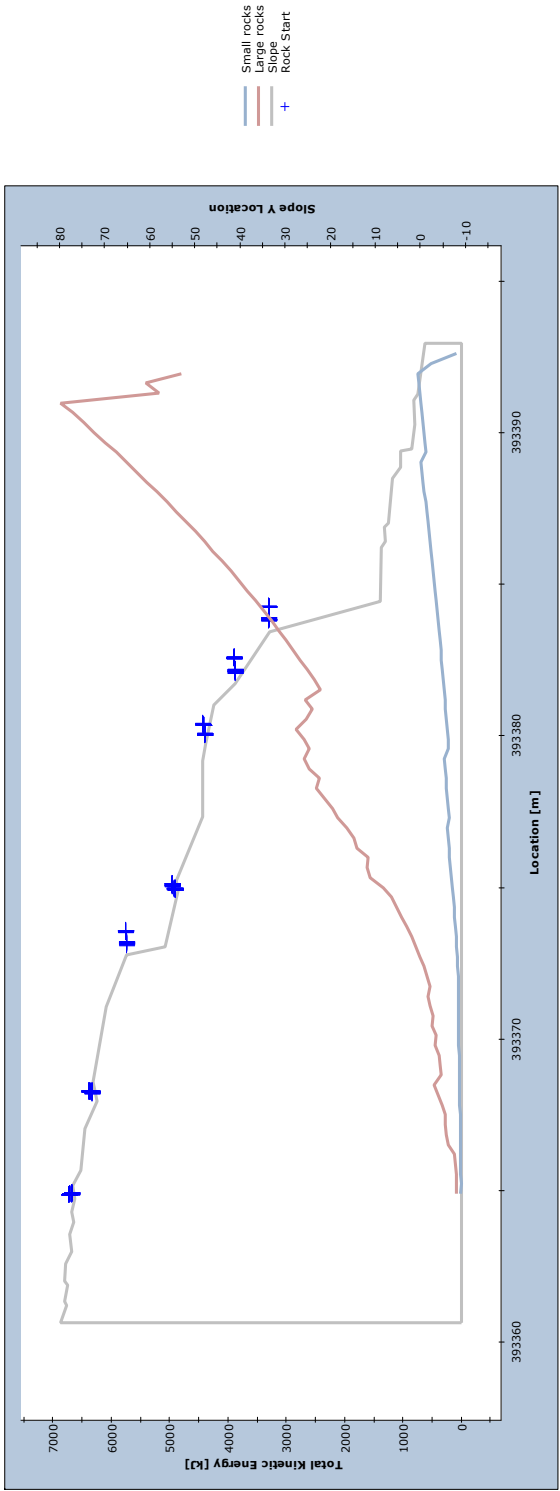
Distribution of Rock Path End Locations



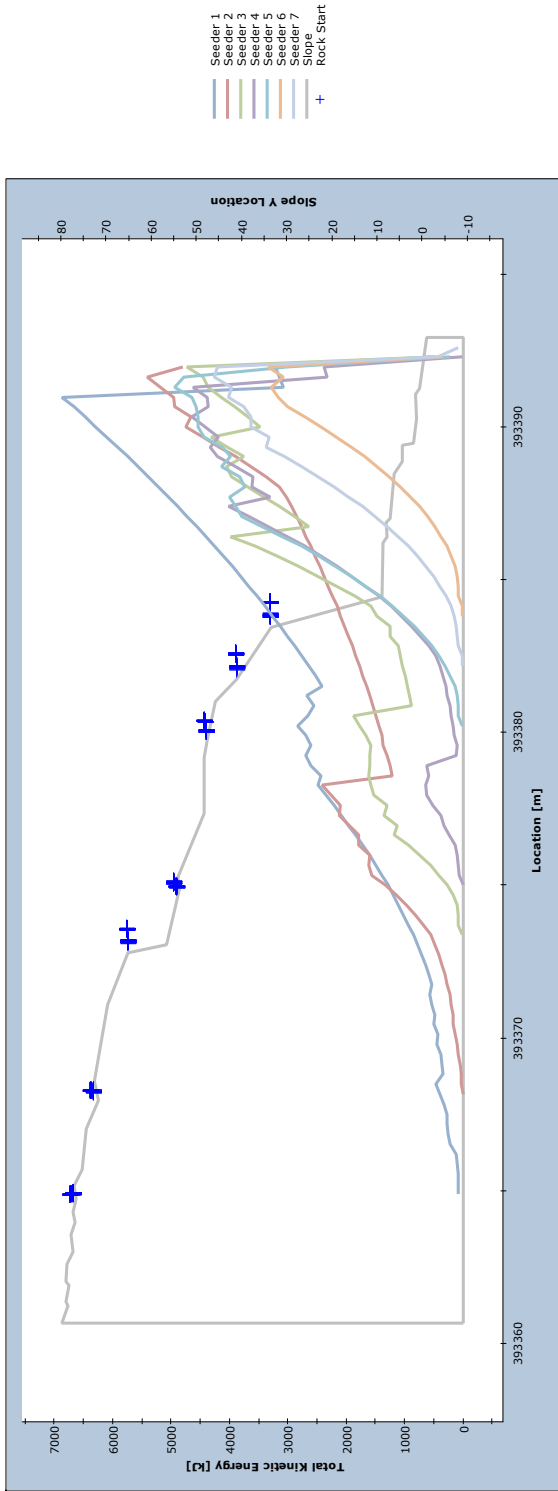
Total number of rock paths: 139



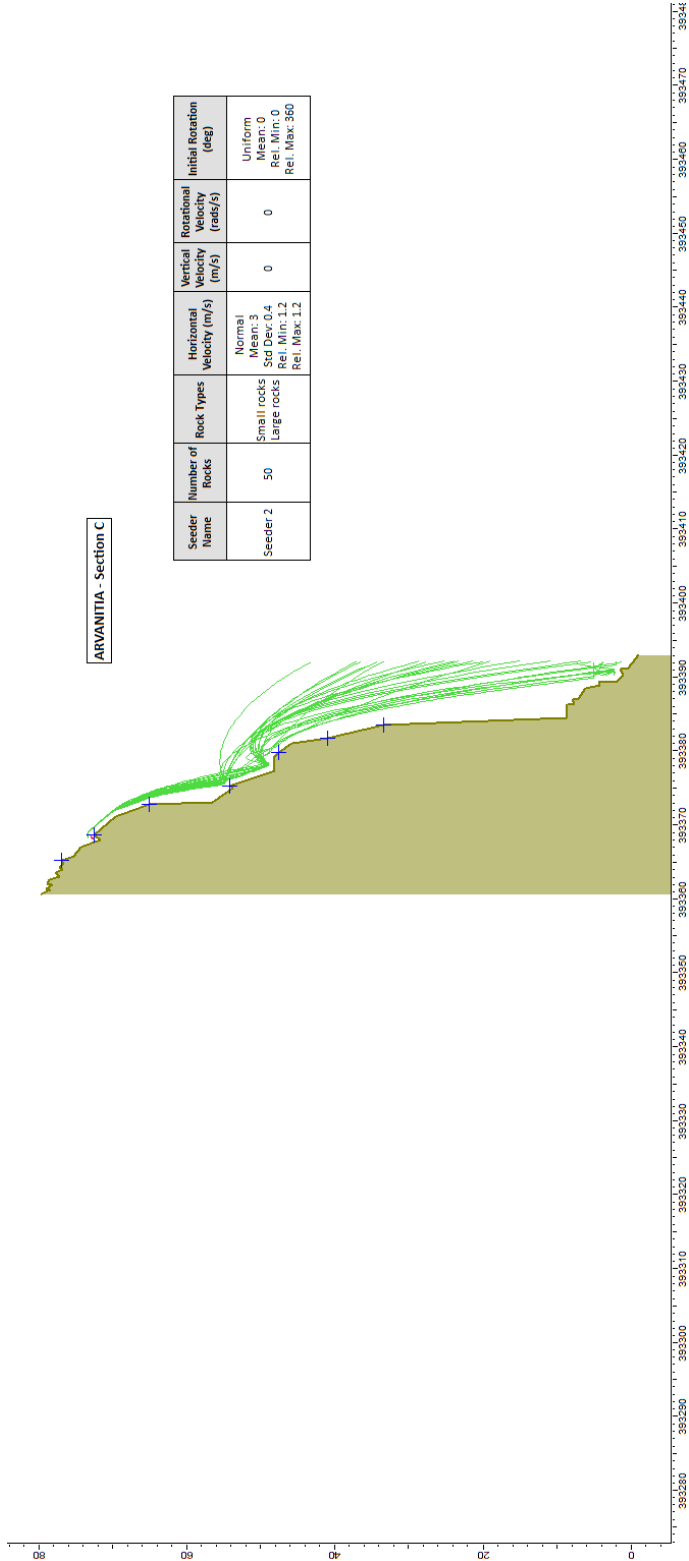
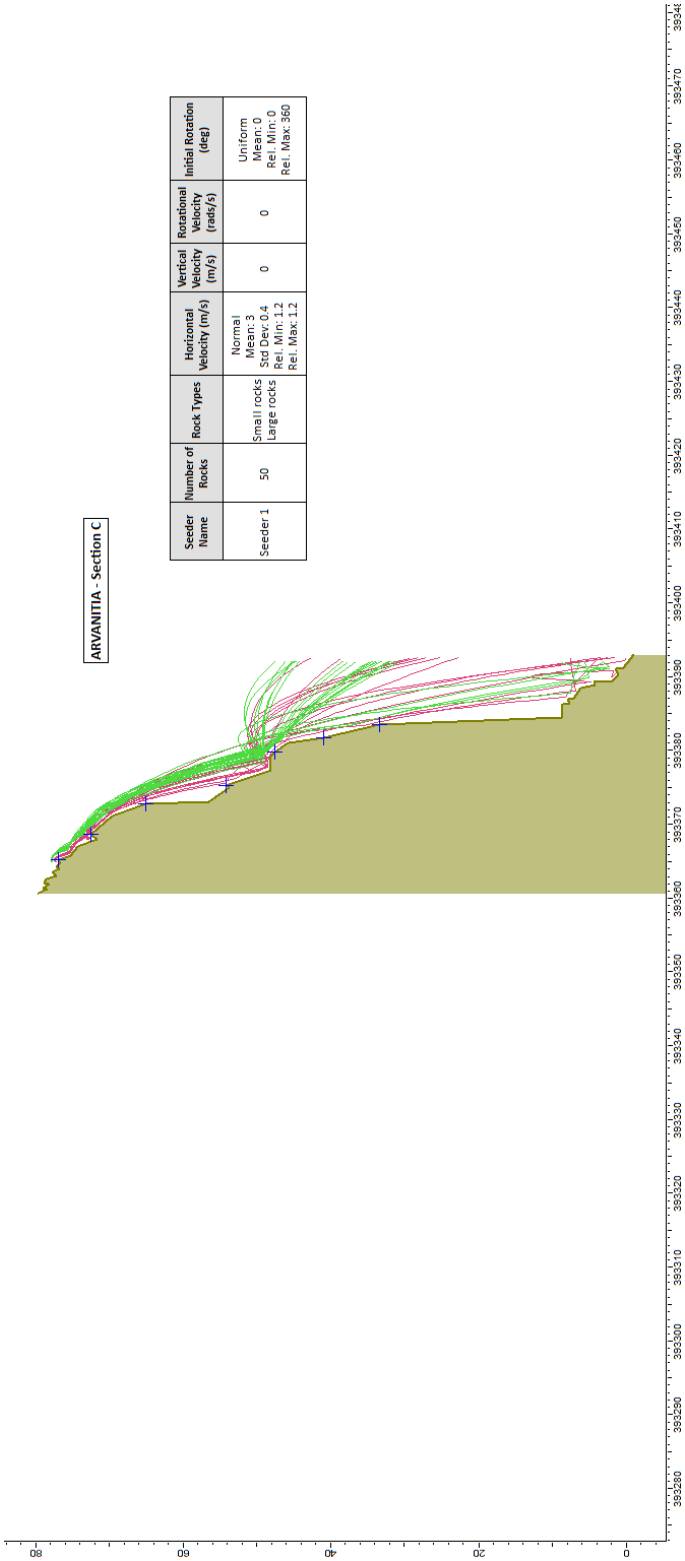
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

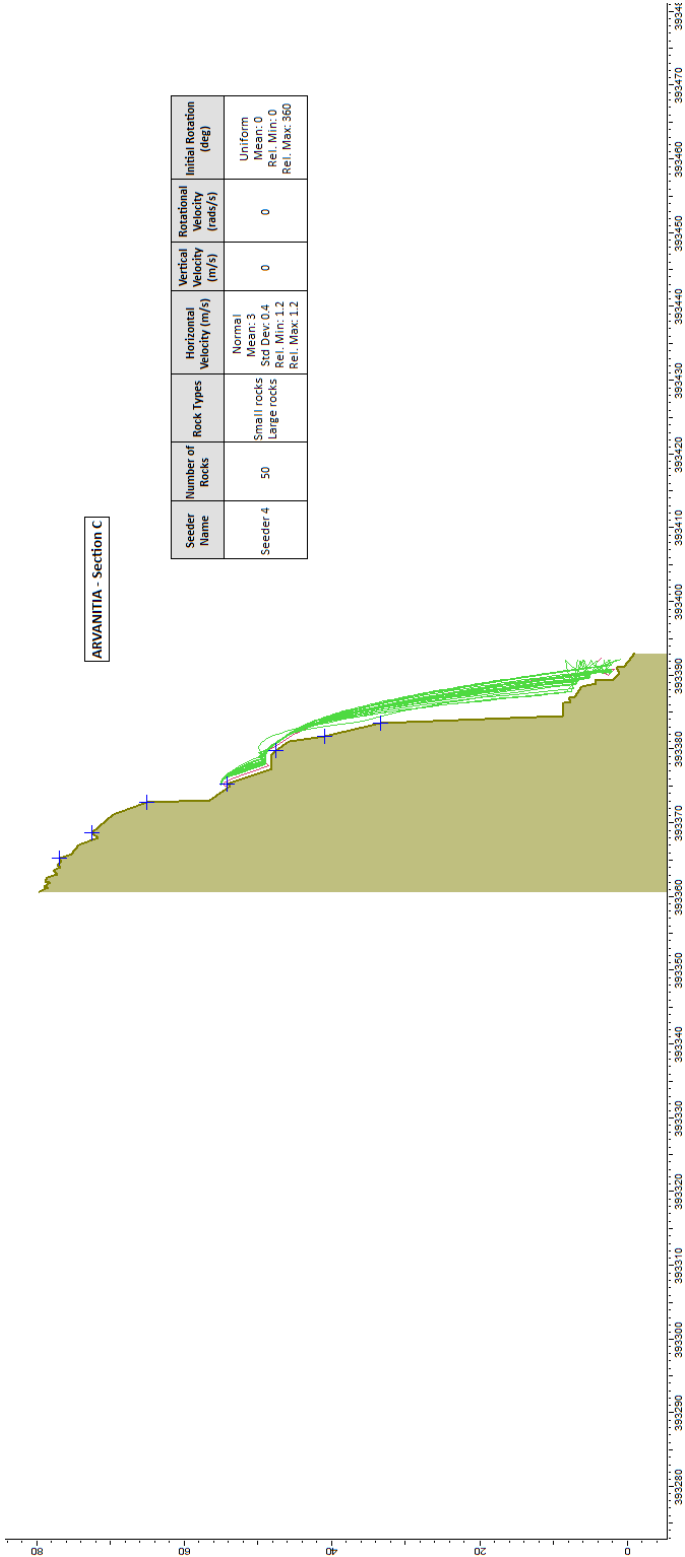
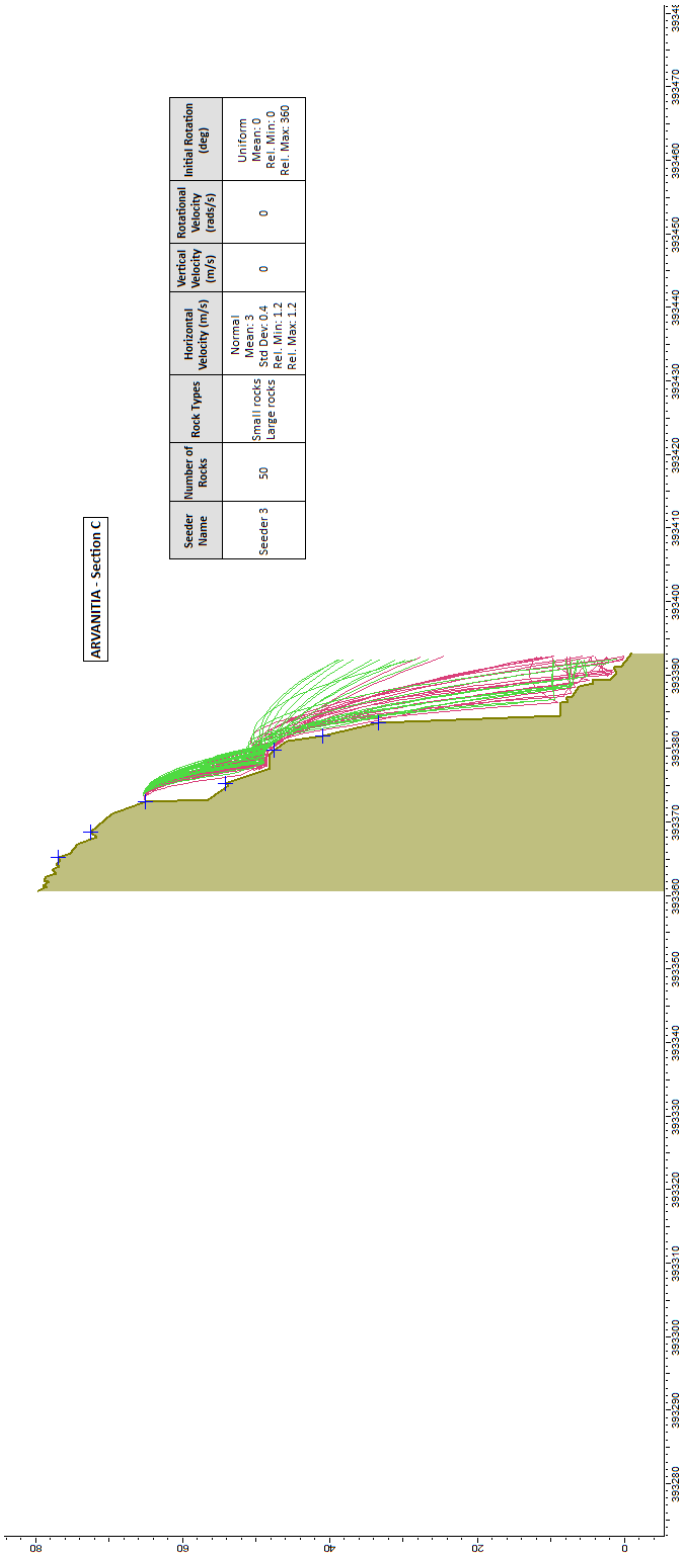


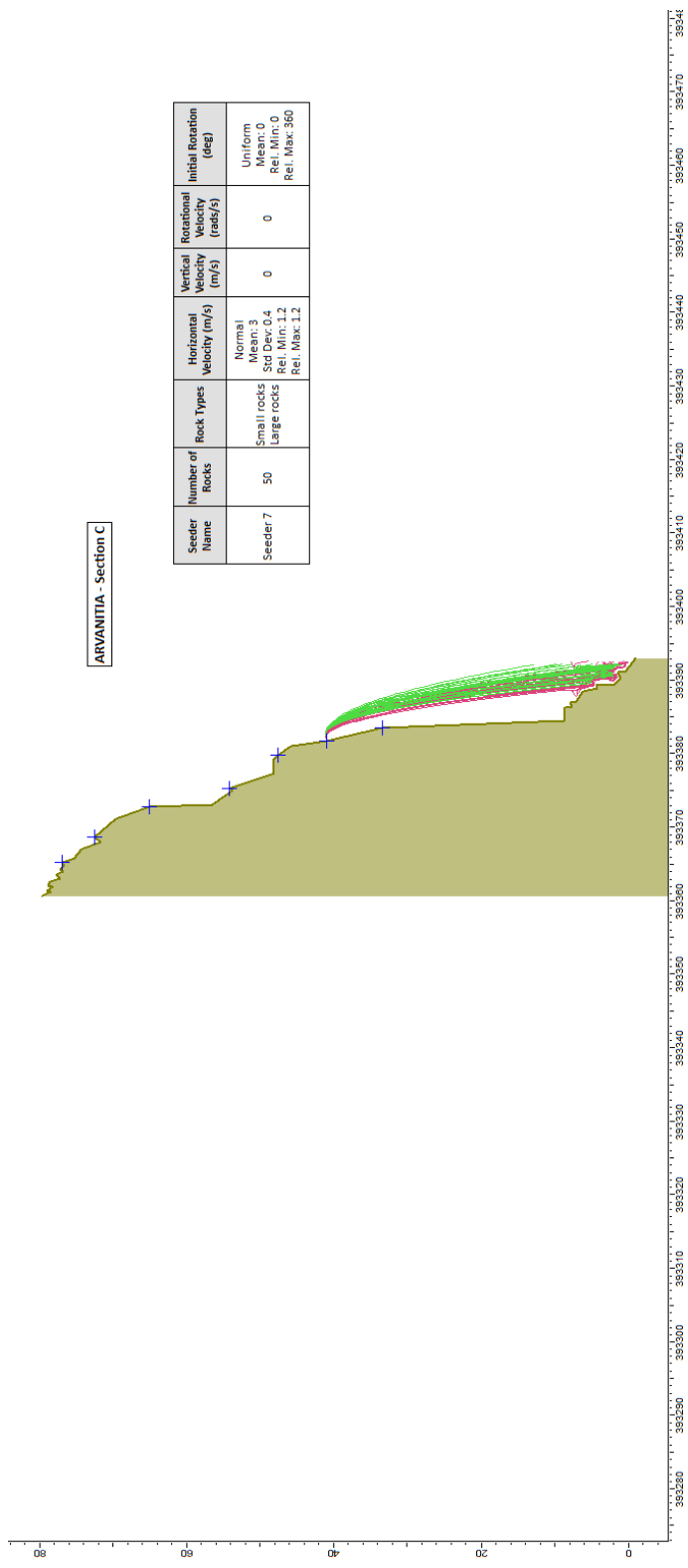
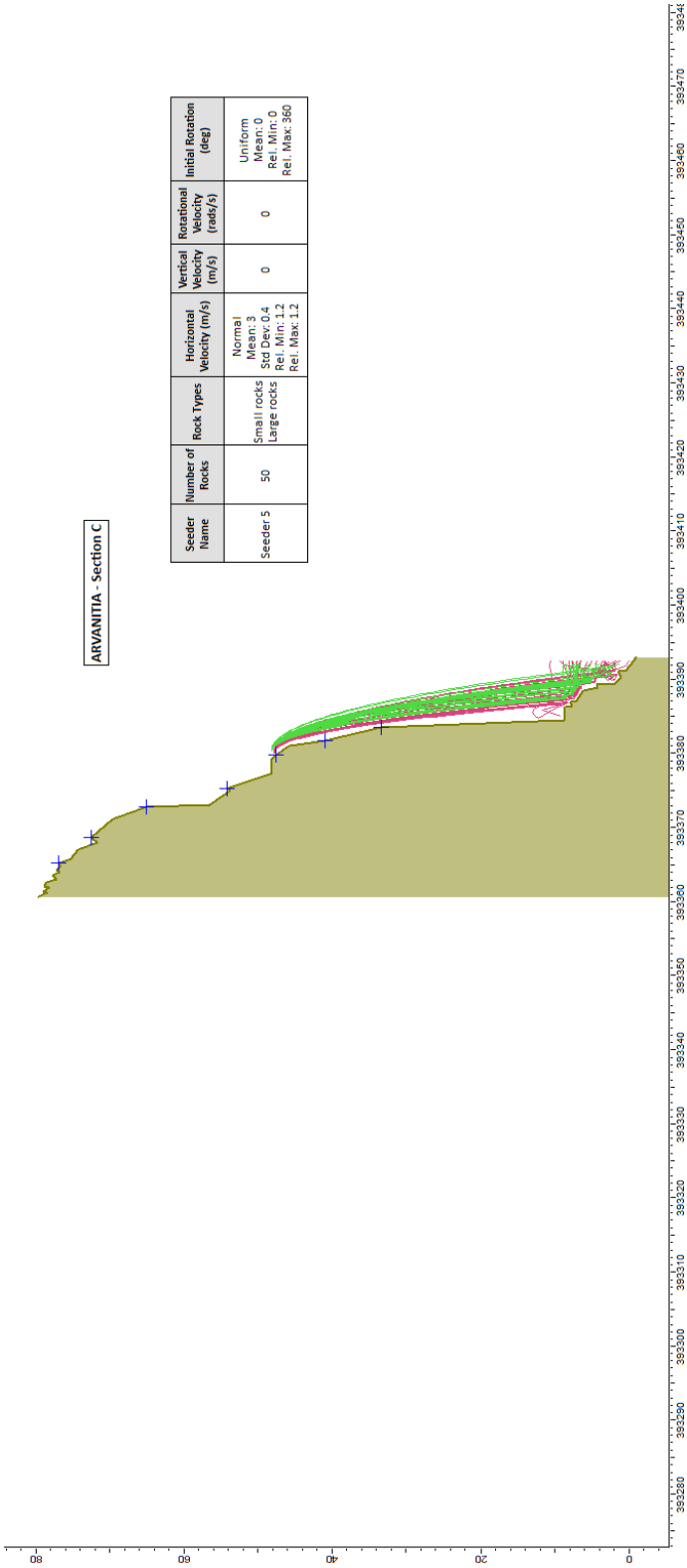
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

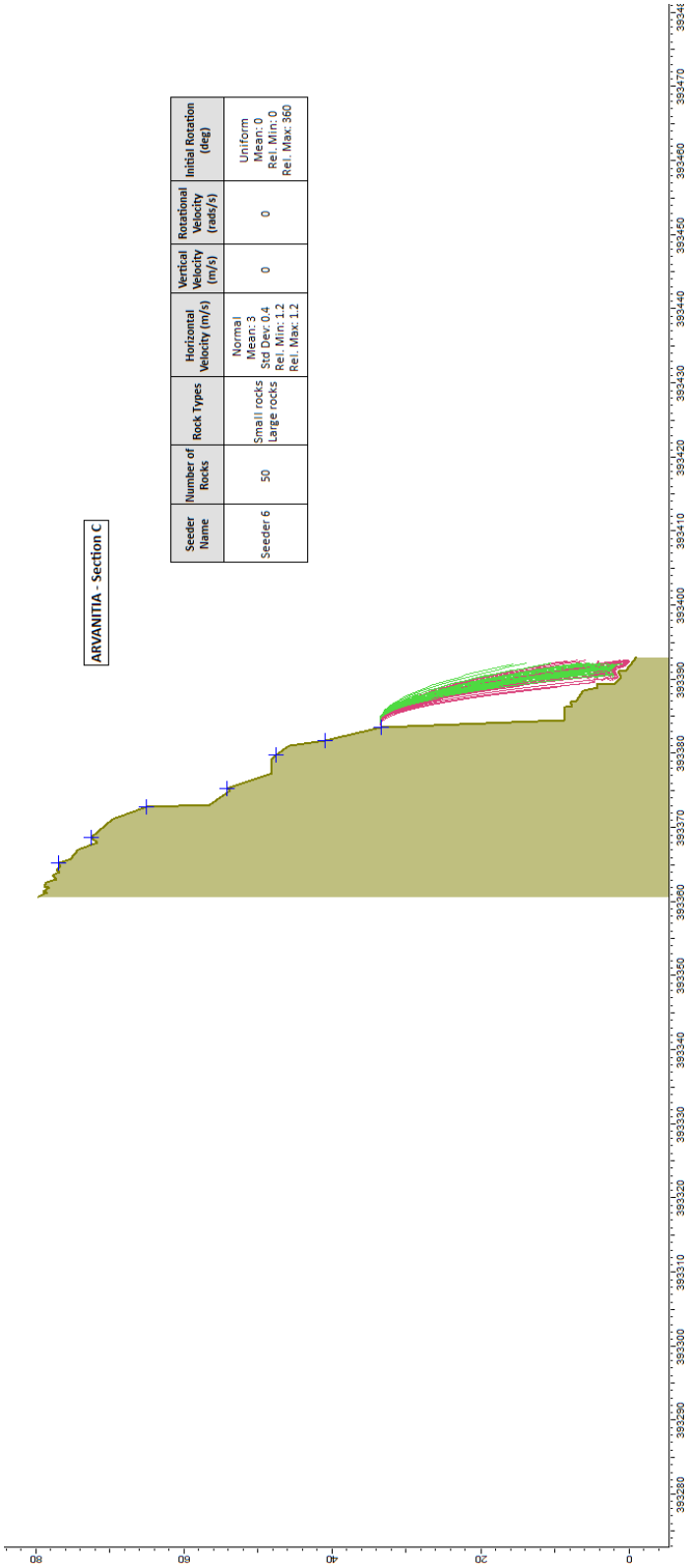


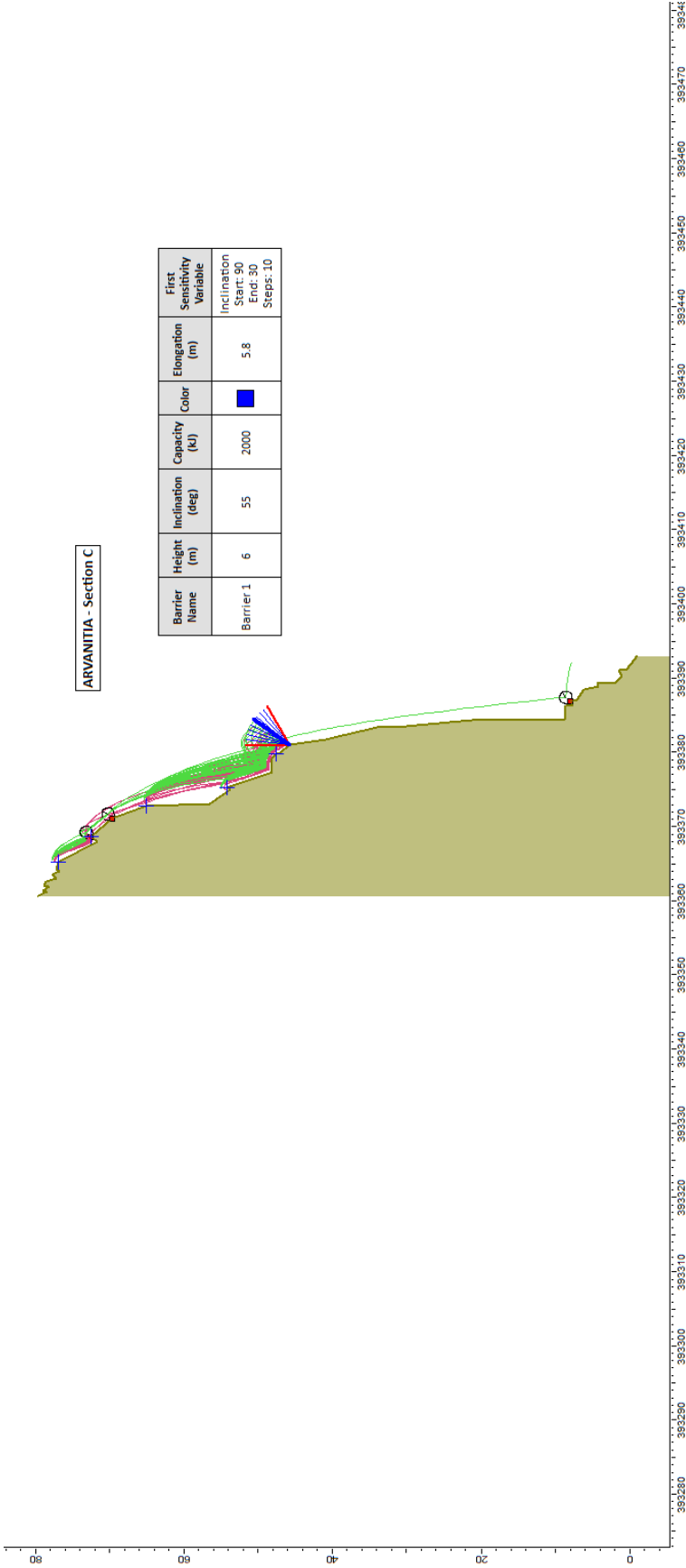




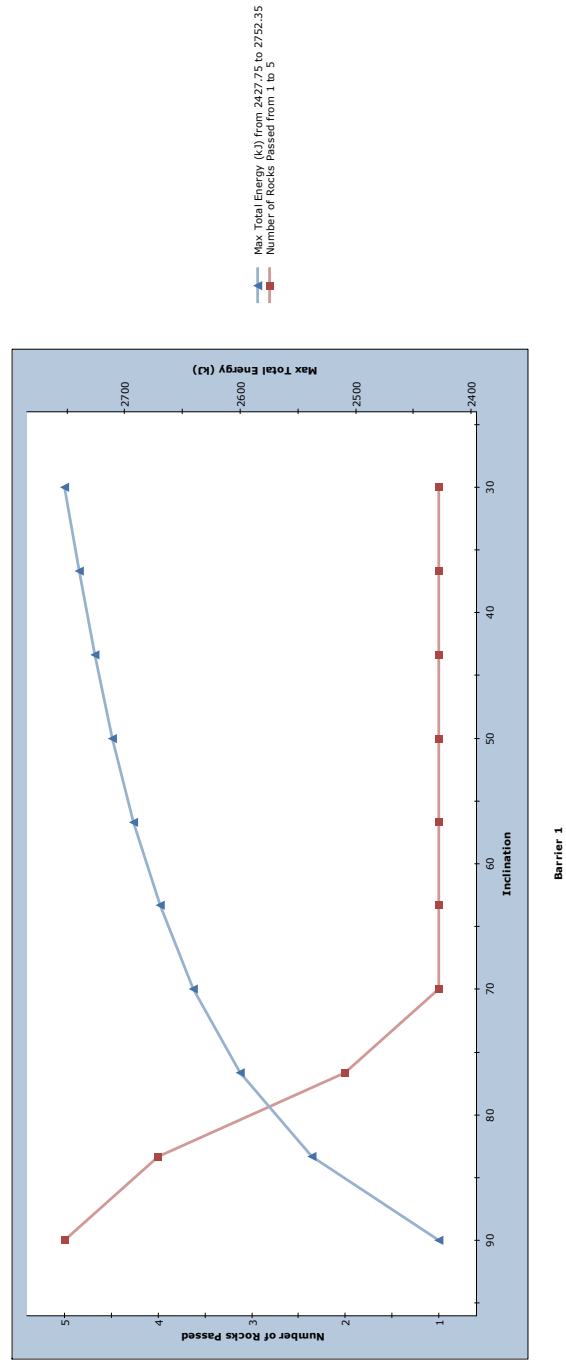




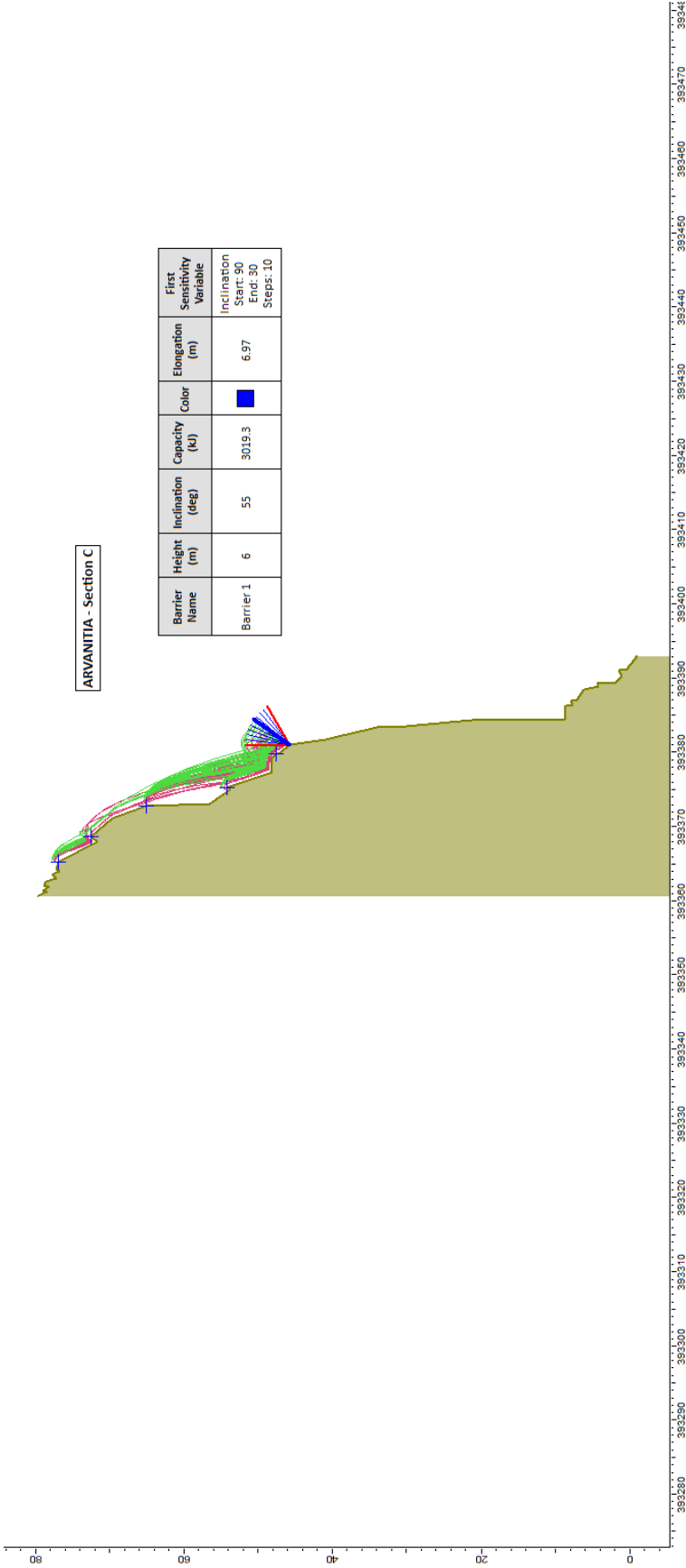




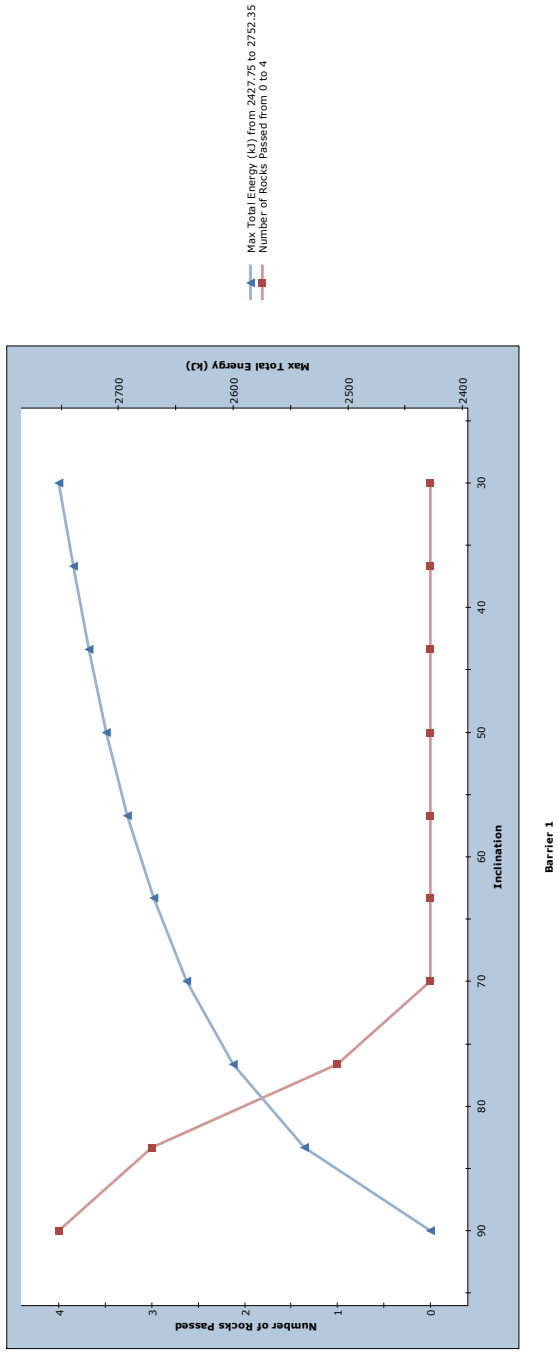
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination

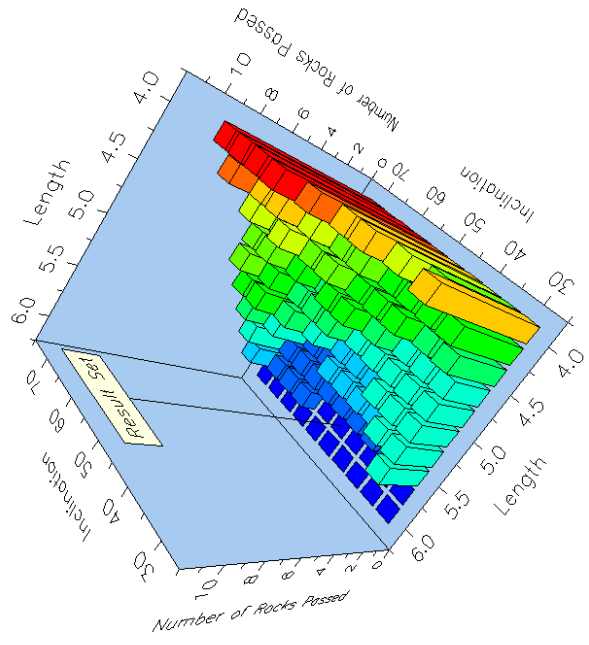
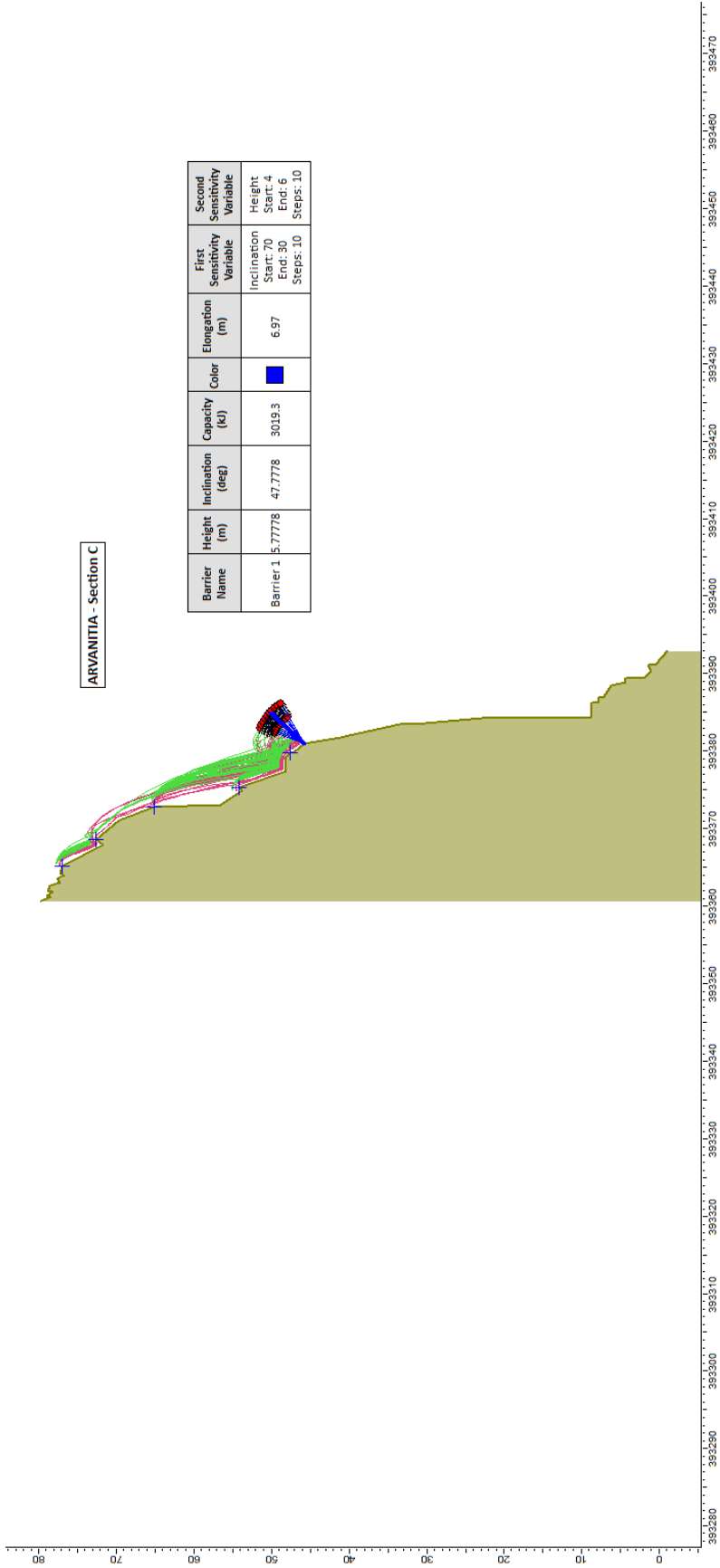


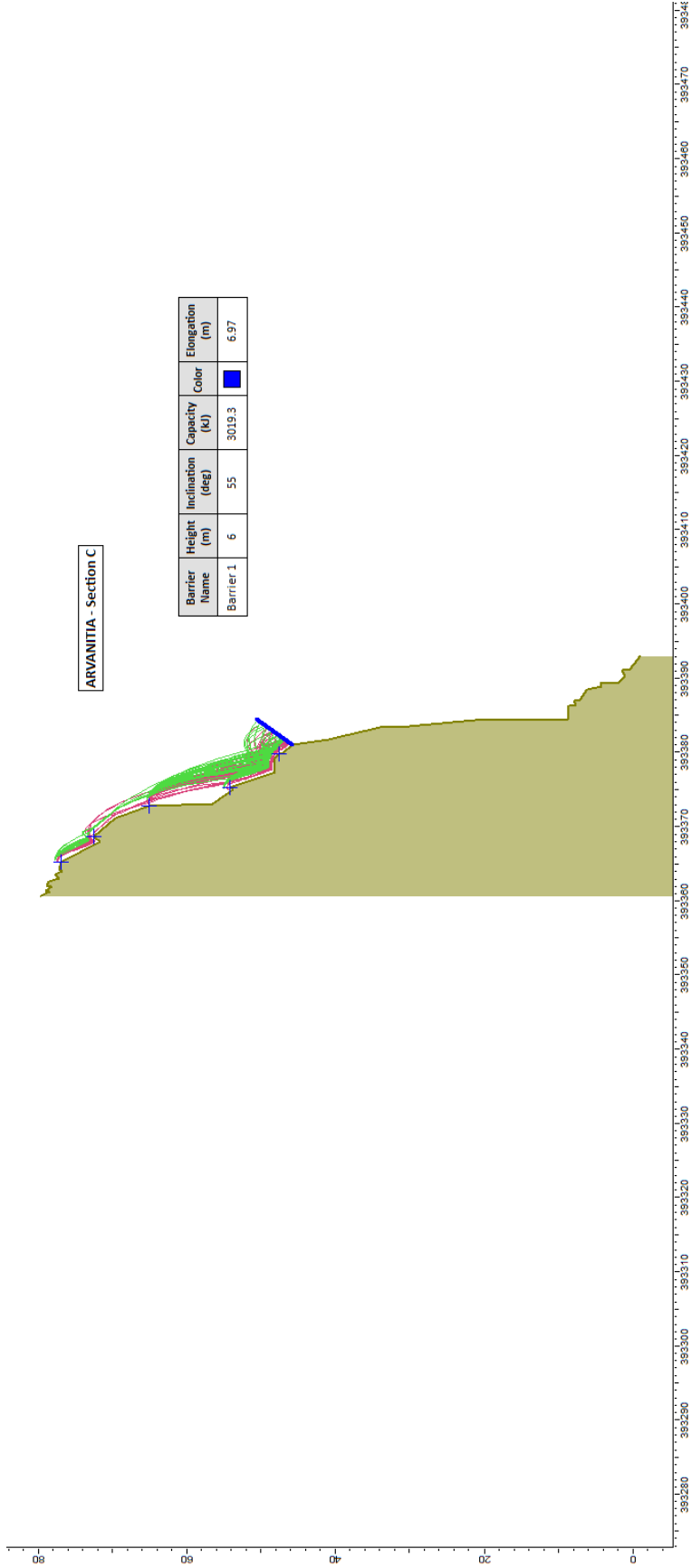




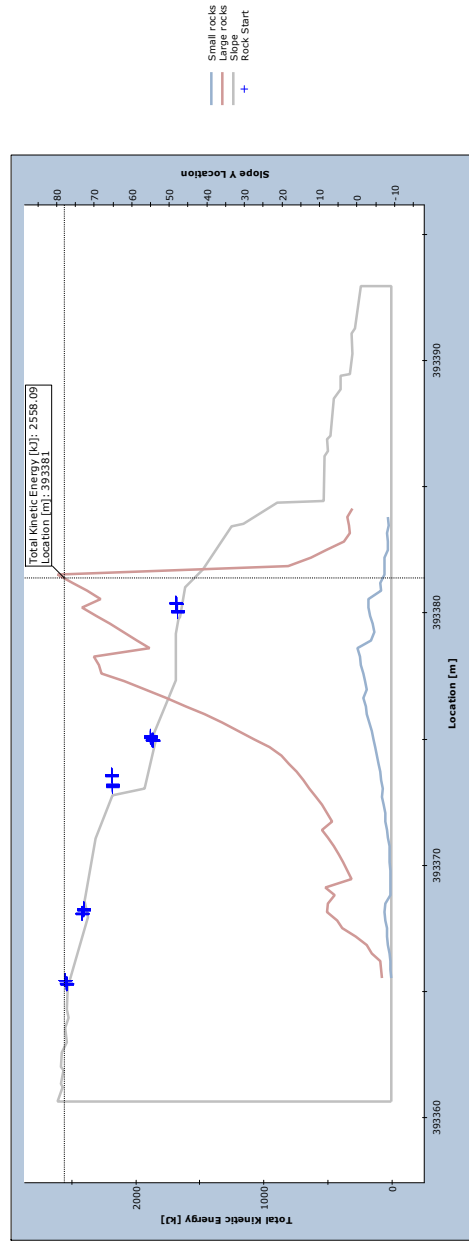
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination



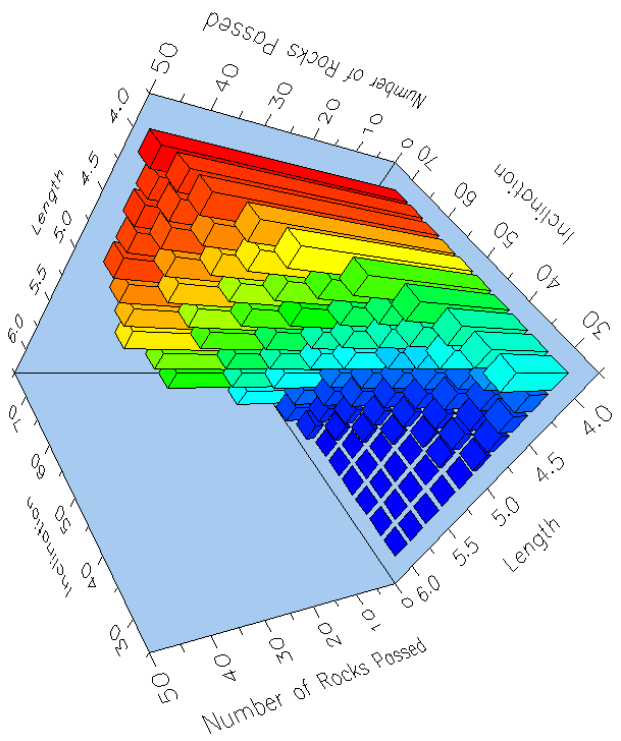
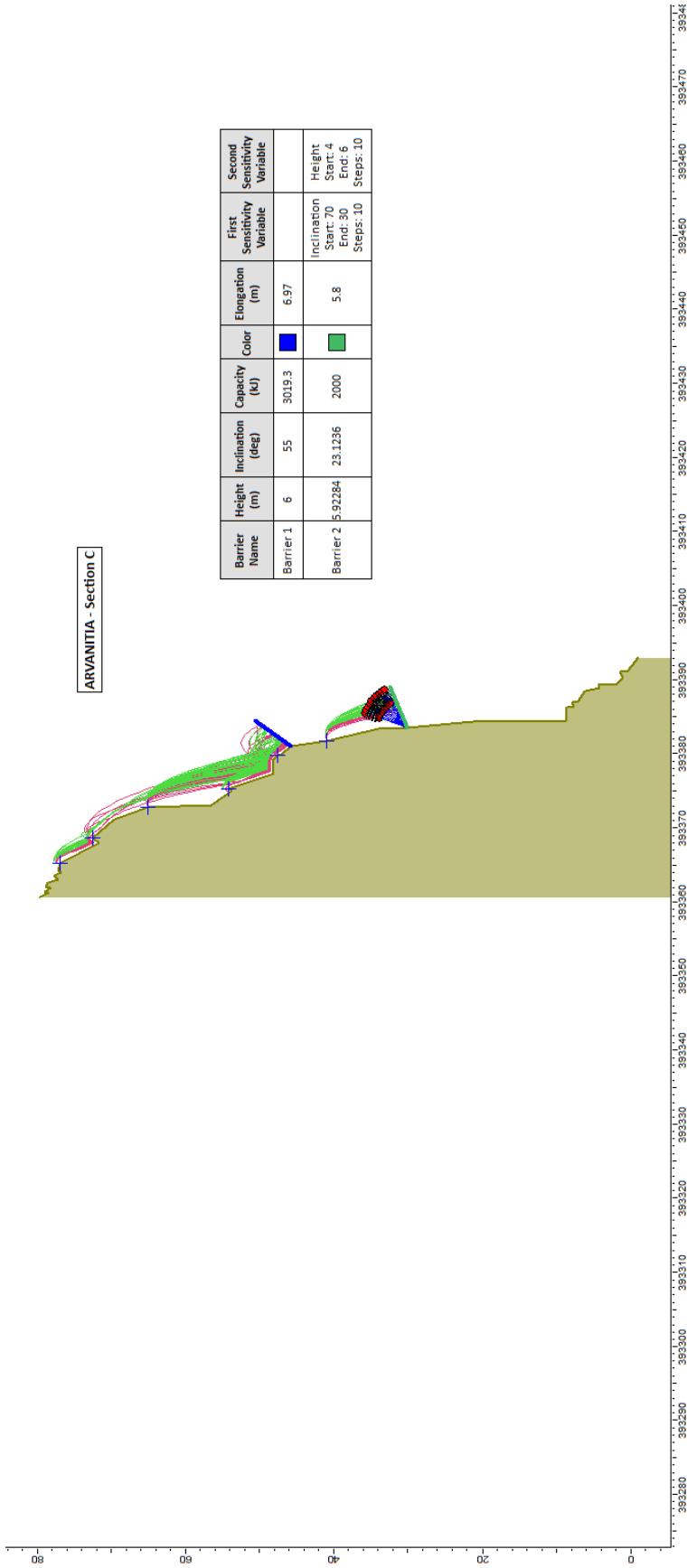


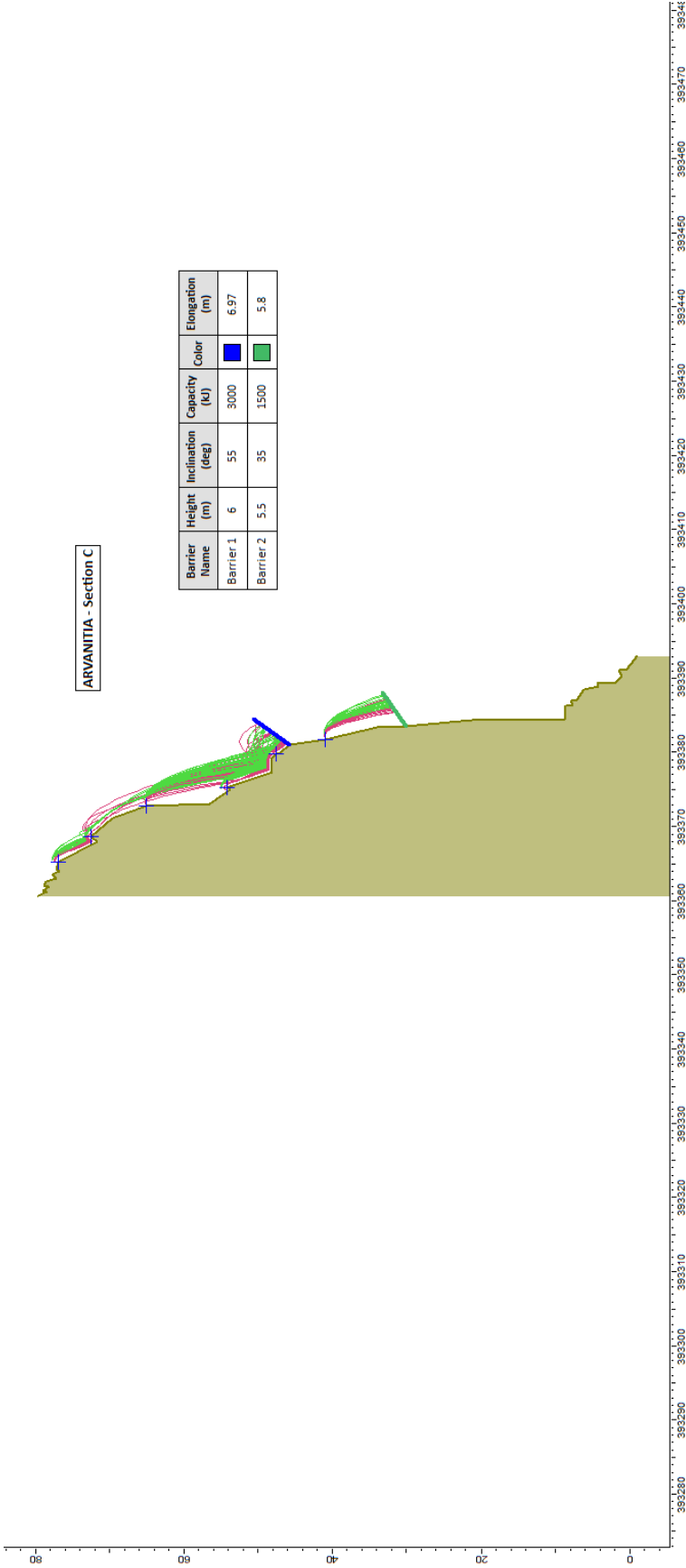


Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value



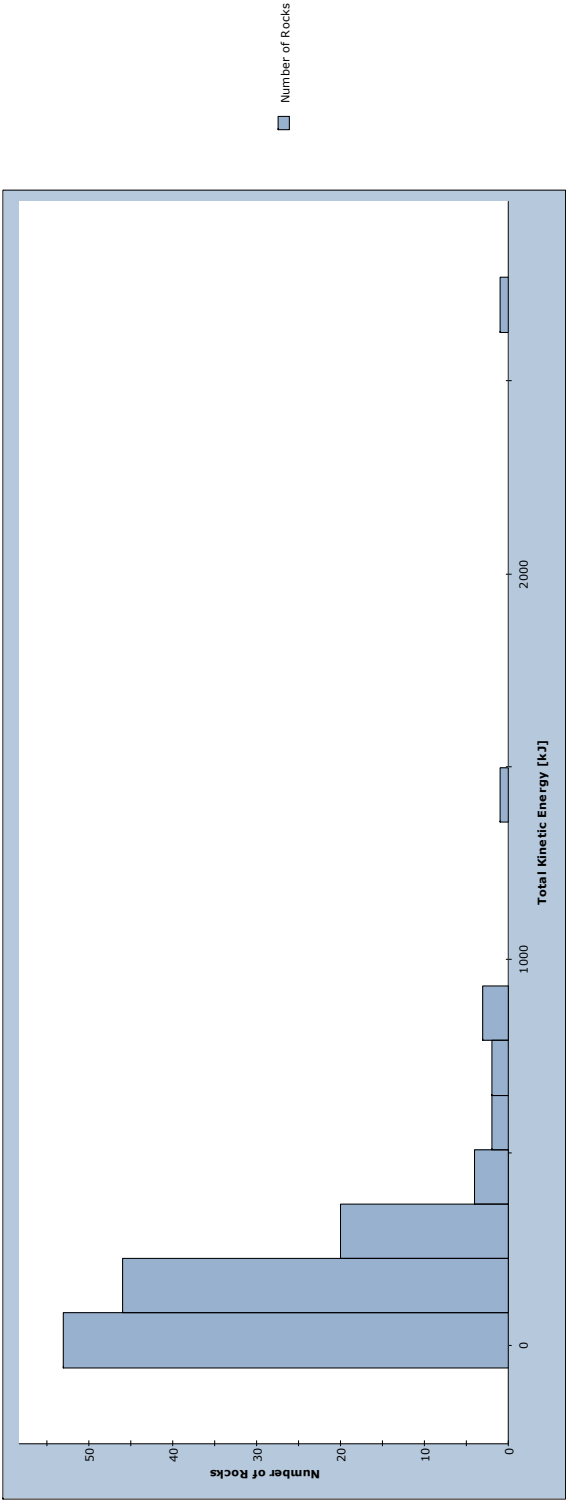
Total number of rock paths: 248





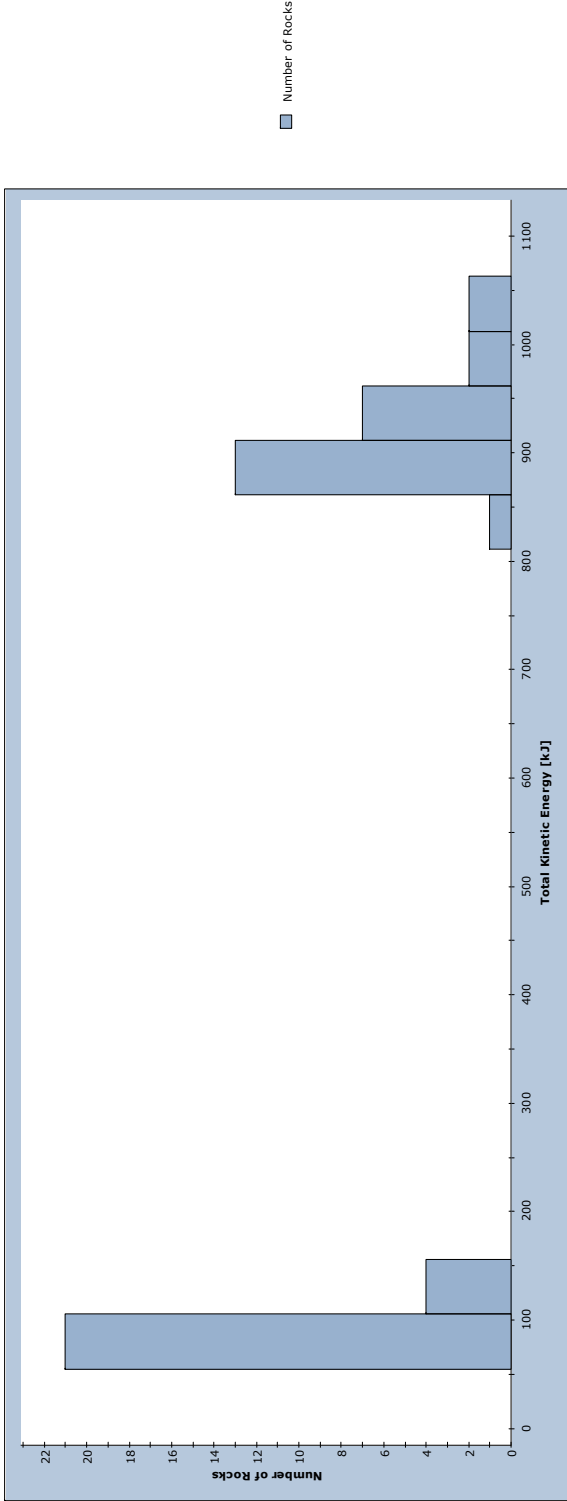


Total Kinetic Energy on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 132  
Total Kinetic Energy: min = 14.0825, max = 2697.01

Total Kinetic Energy on Barrier 2



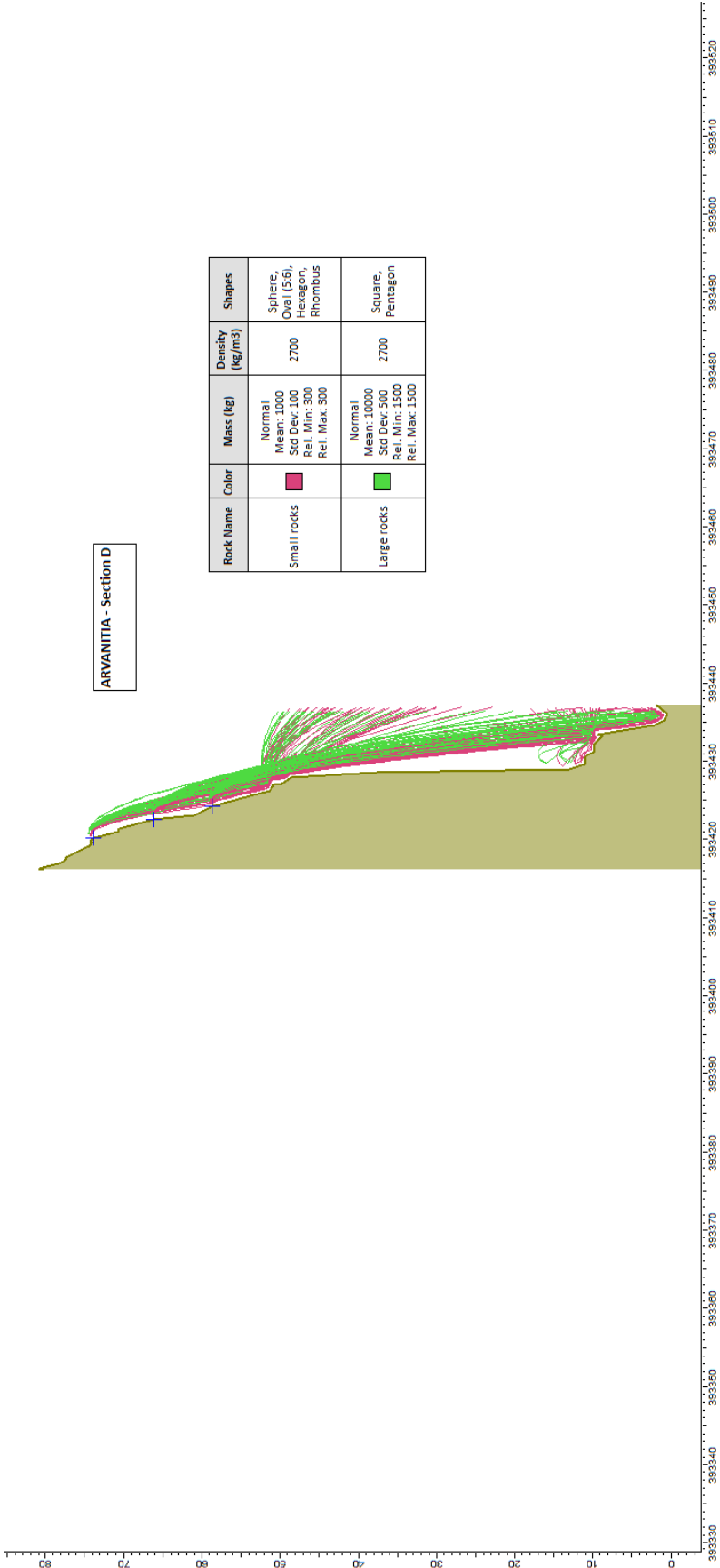
Total number of rocks on Barrier 2: 50  
Total Kinetic Energy: min = 80.1703, max = 1037.42



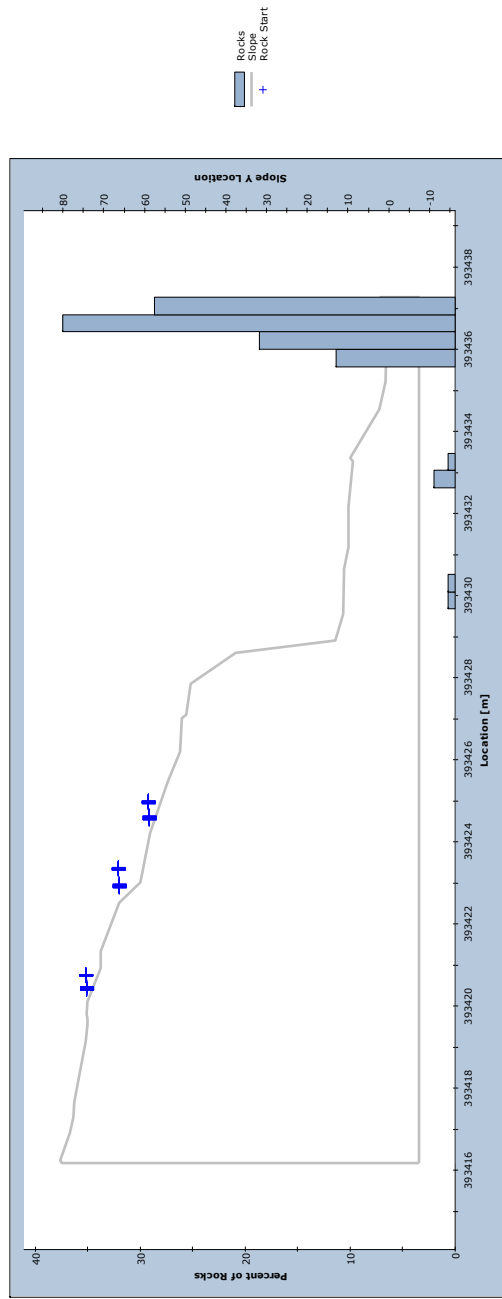


SECTION D (X.O. 0+485)

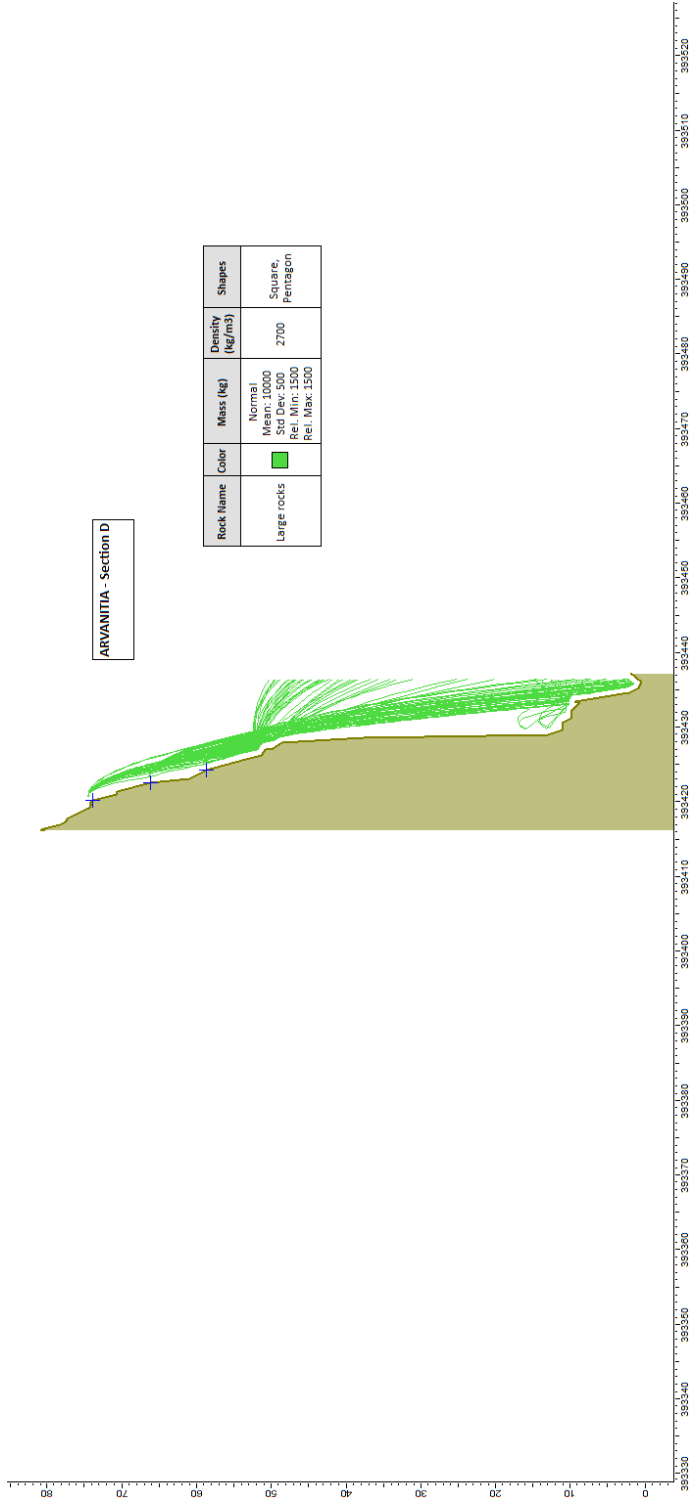
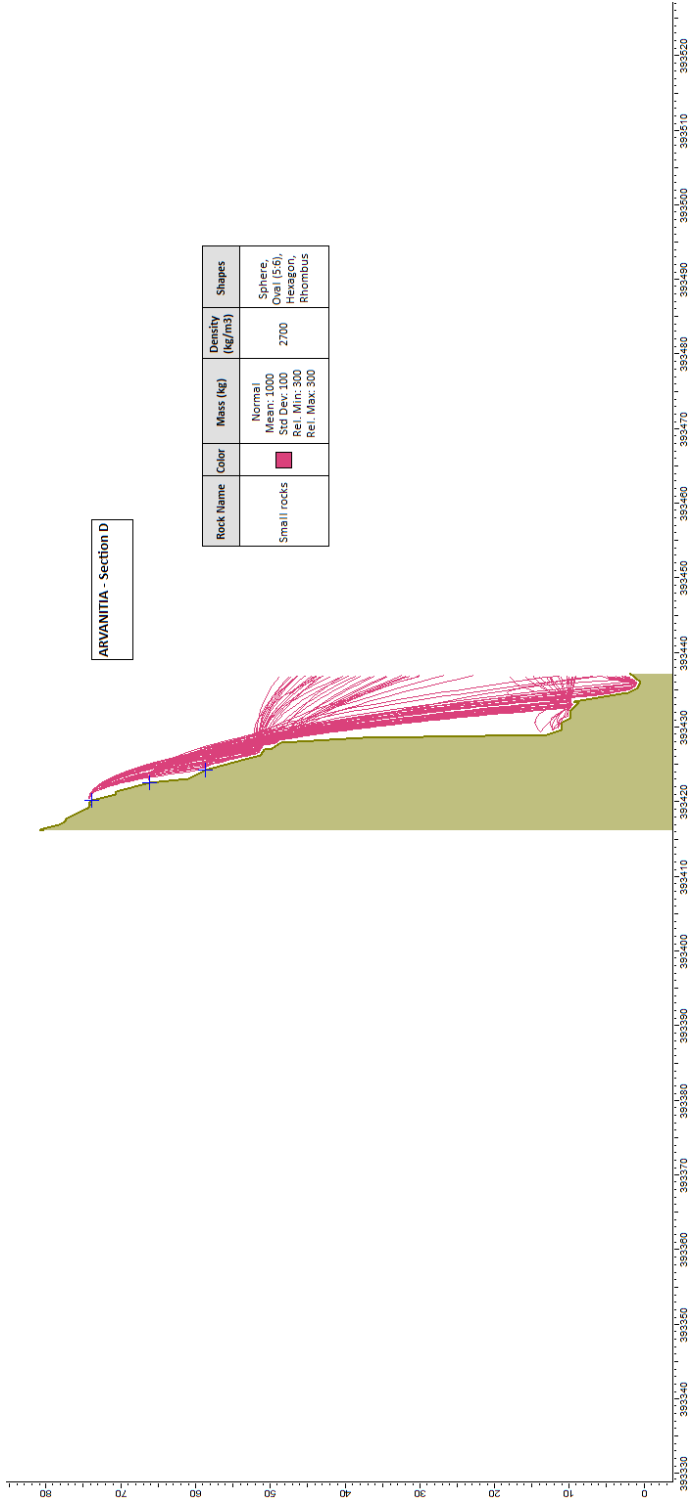




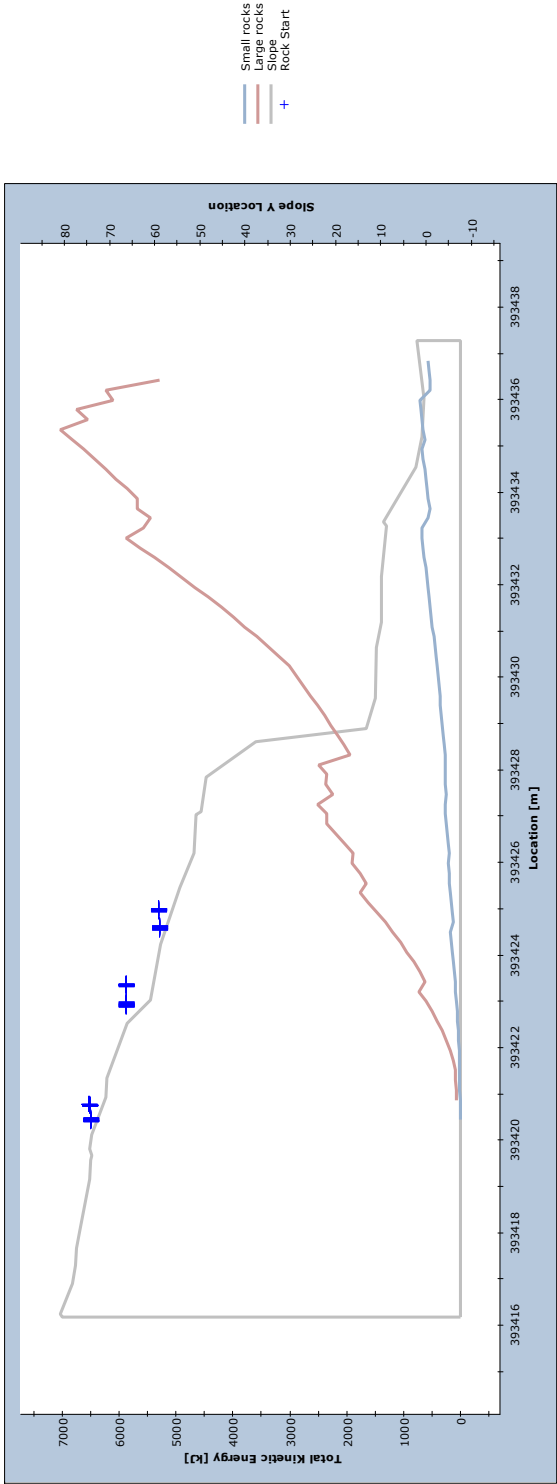
Distribution of Rock Path End Locations



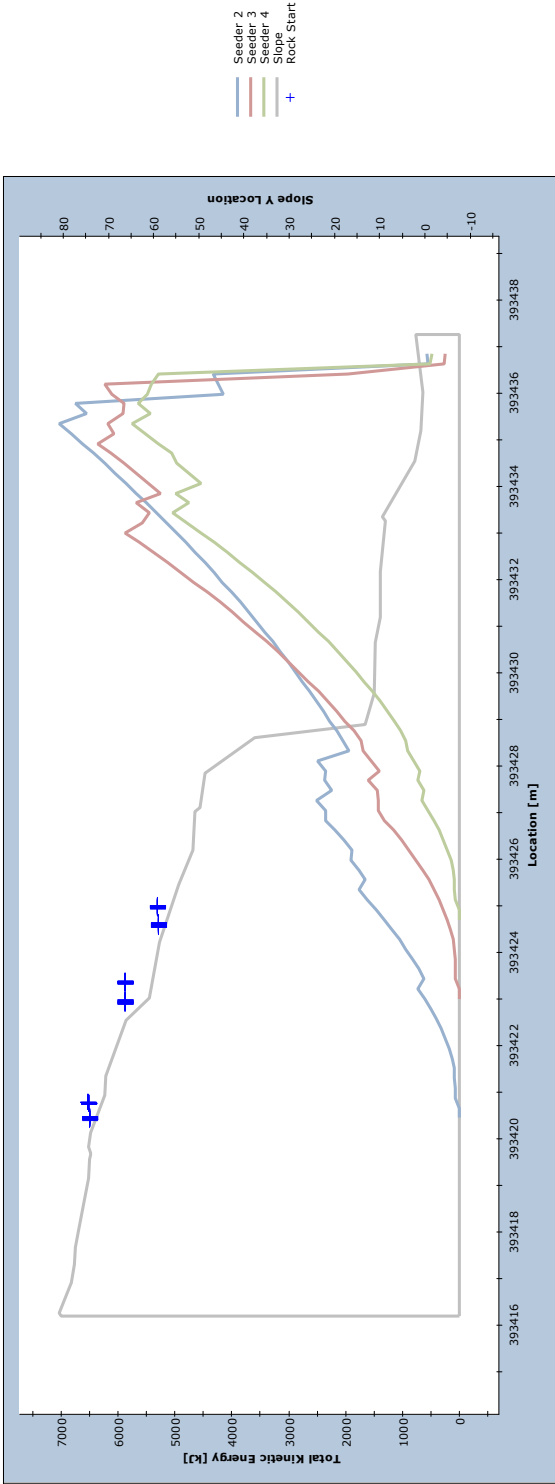
Total number of rock paths: 150



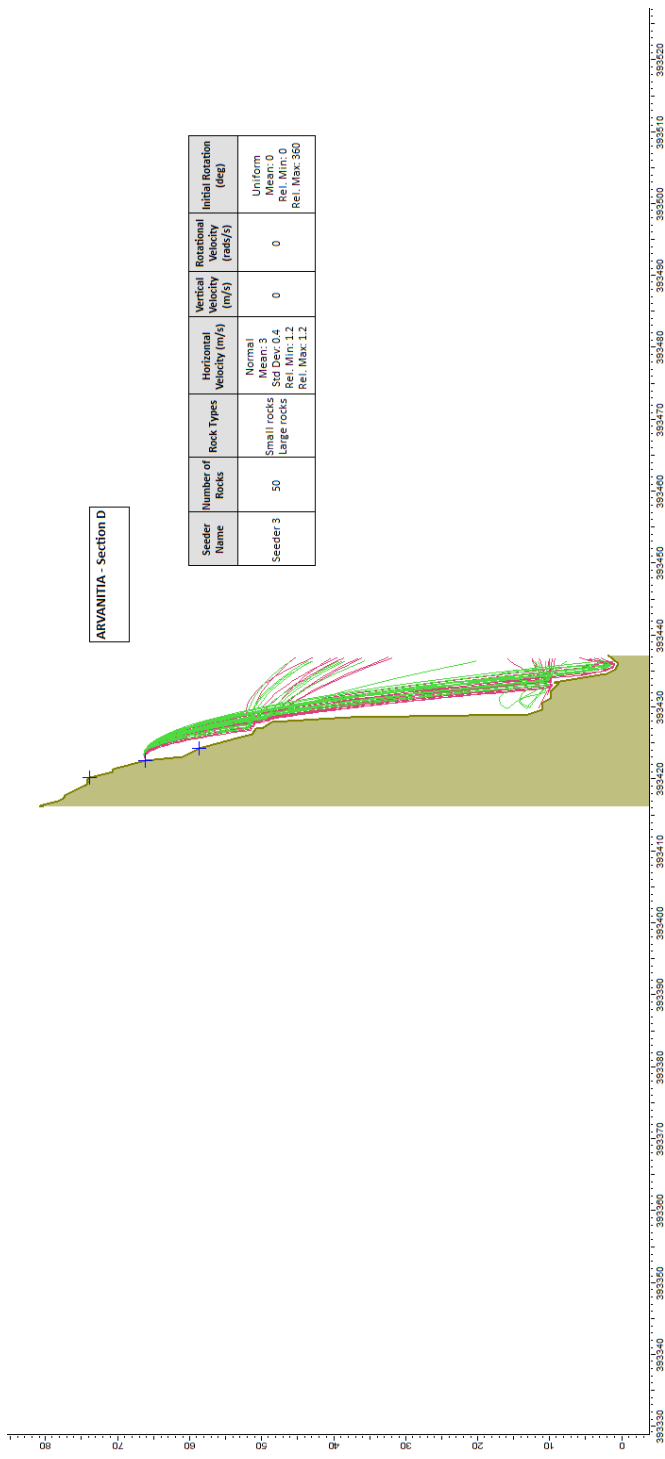
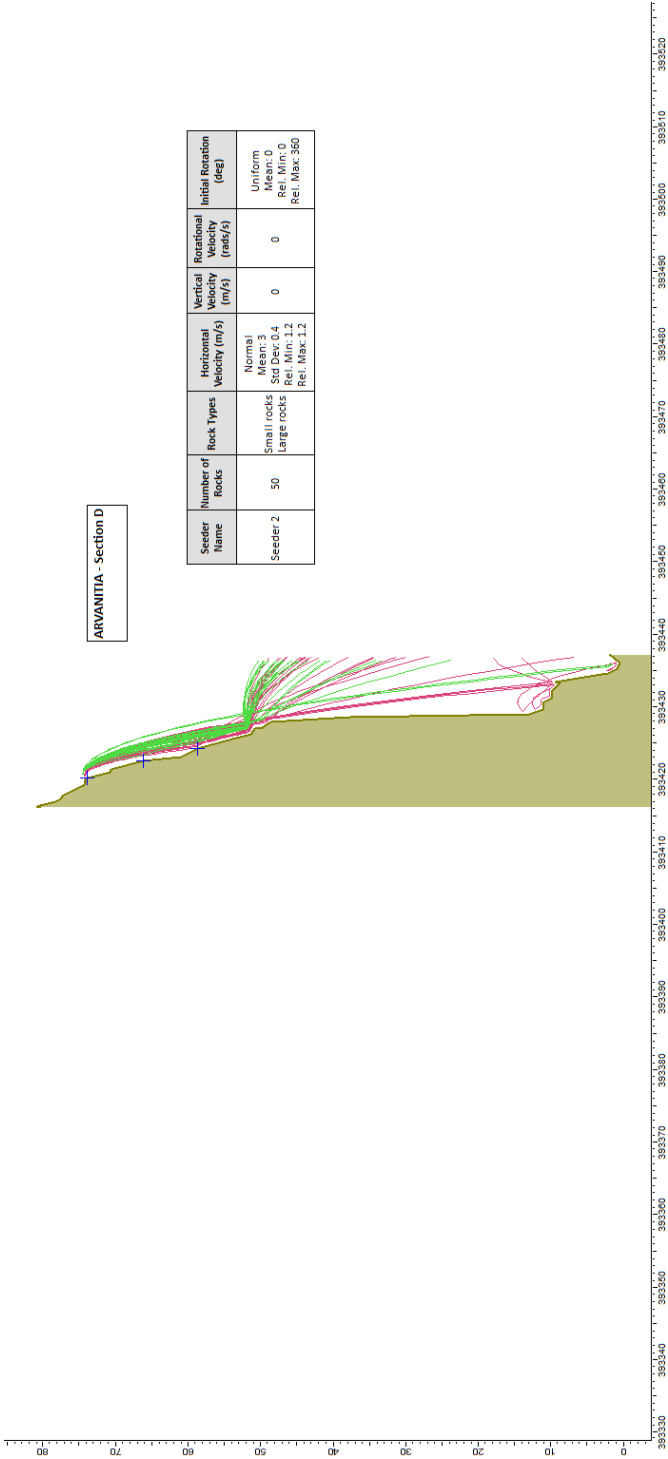
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

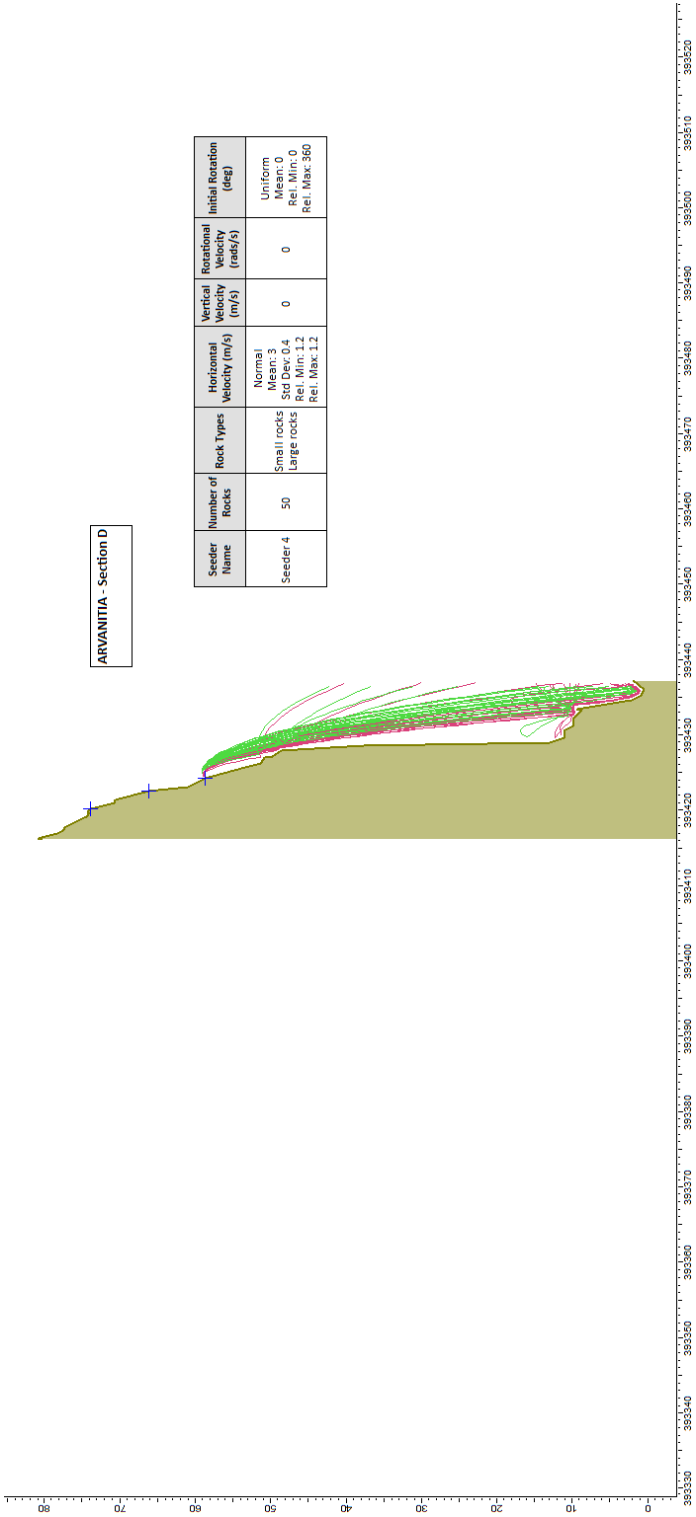


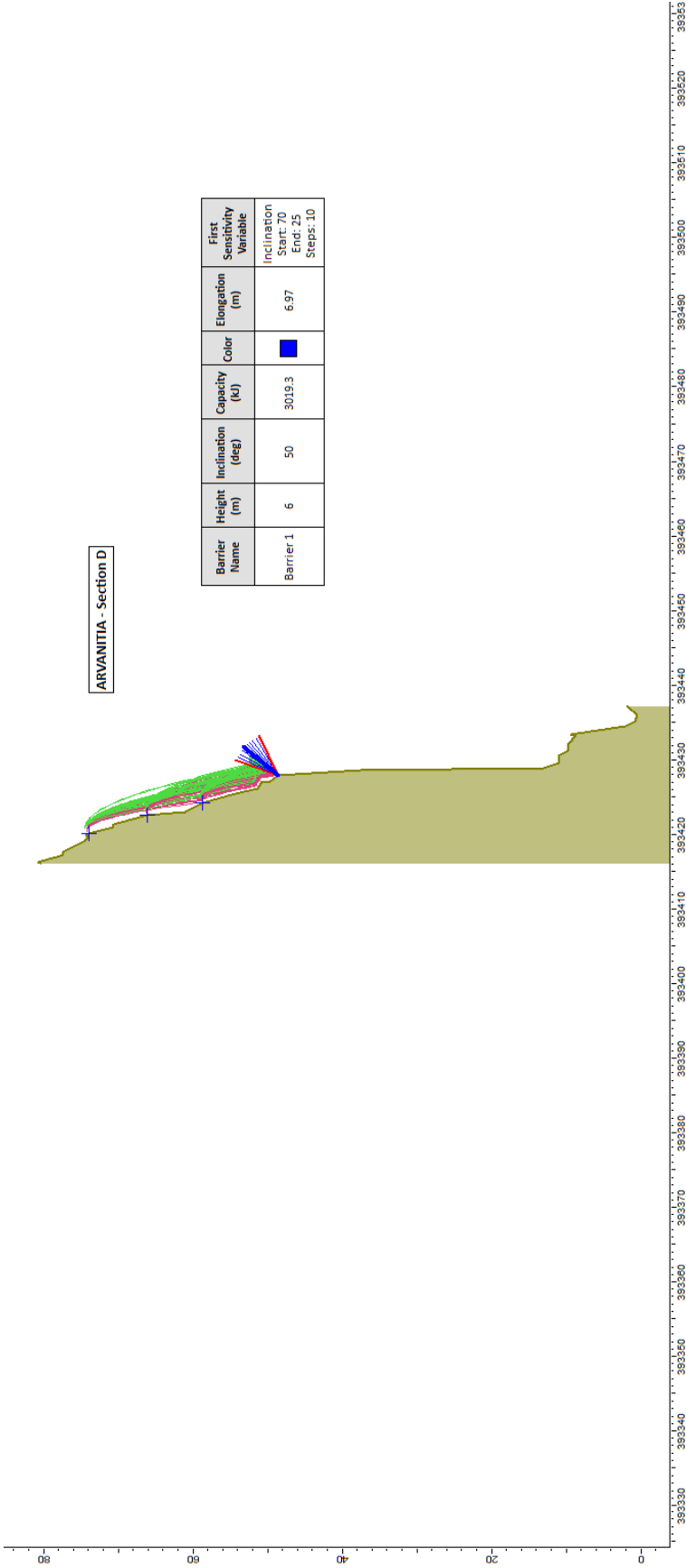
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value



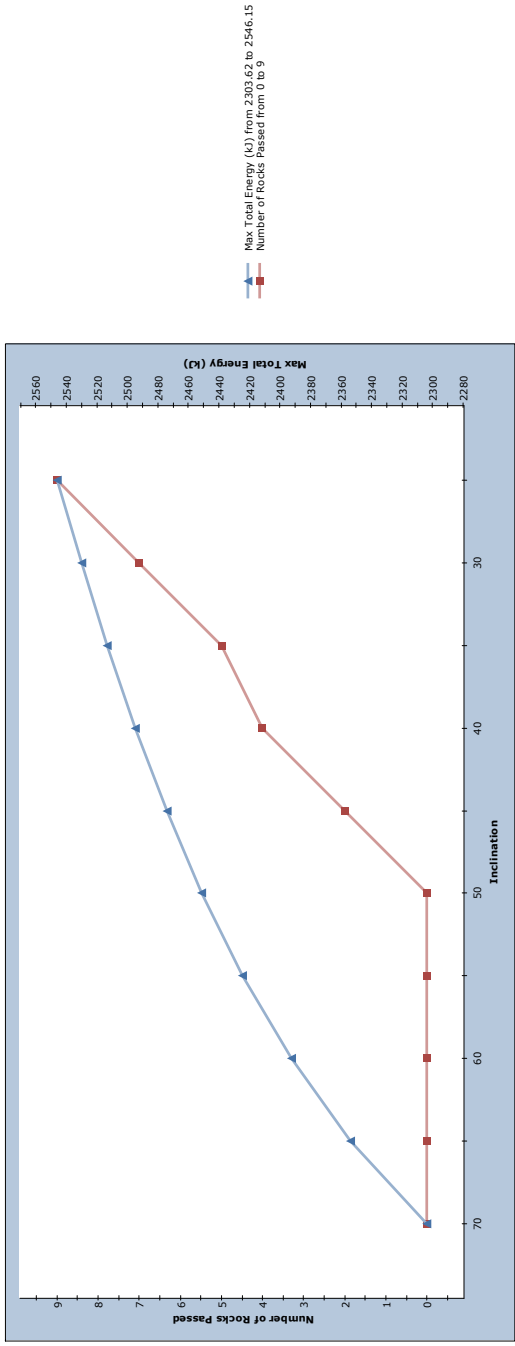




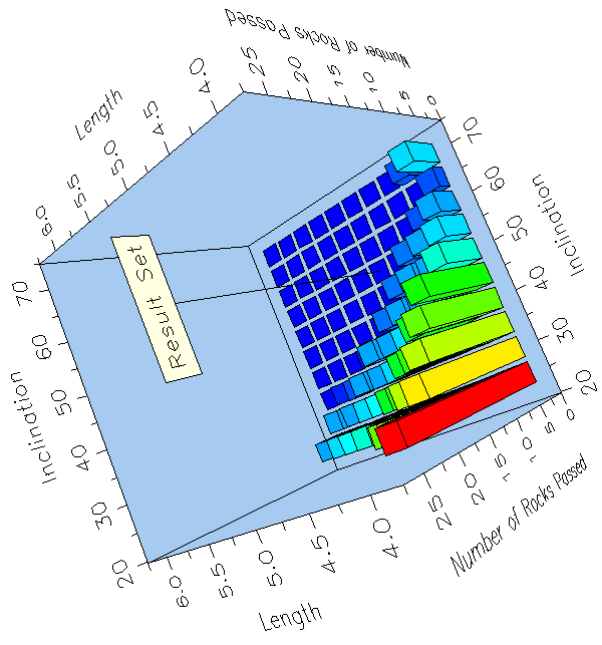
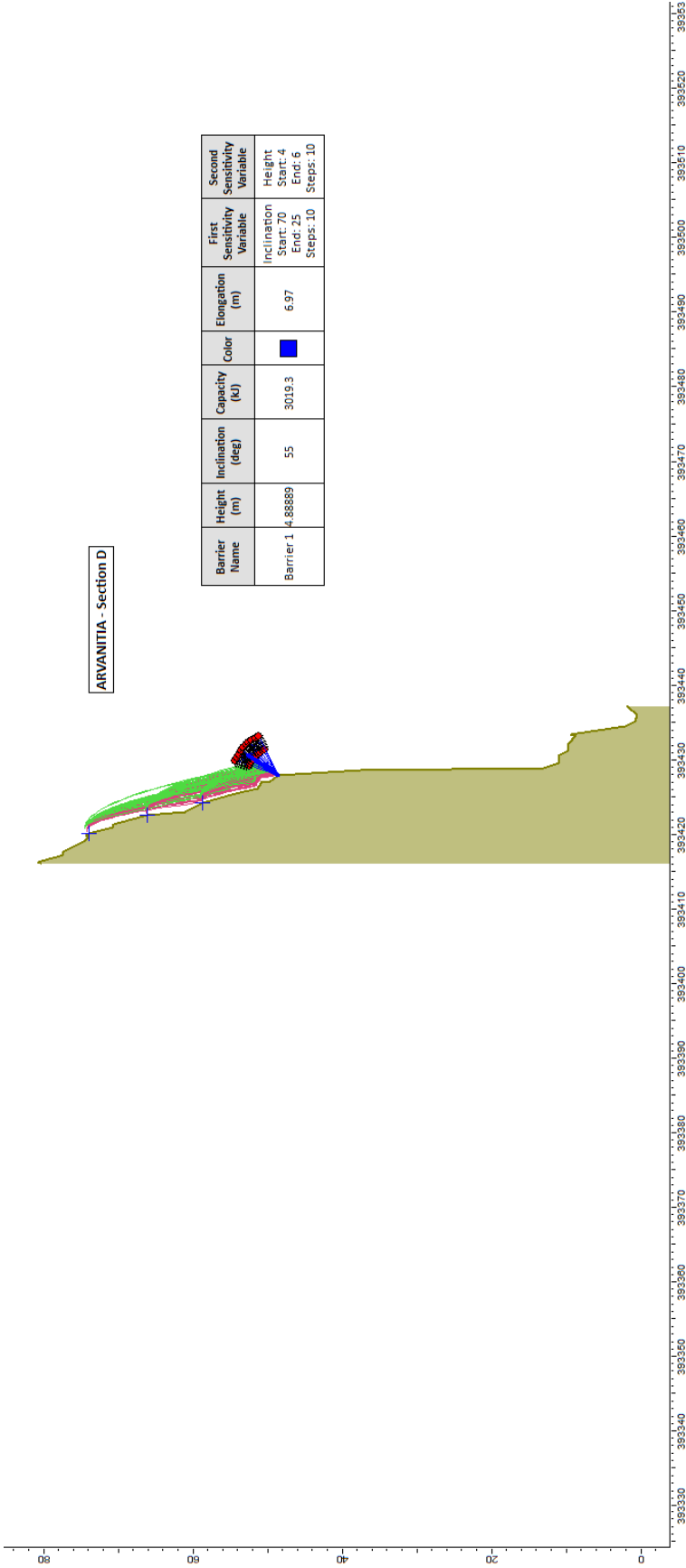


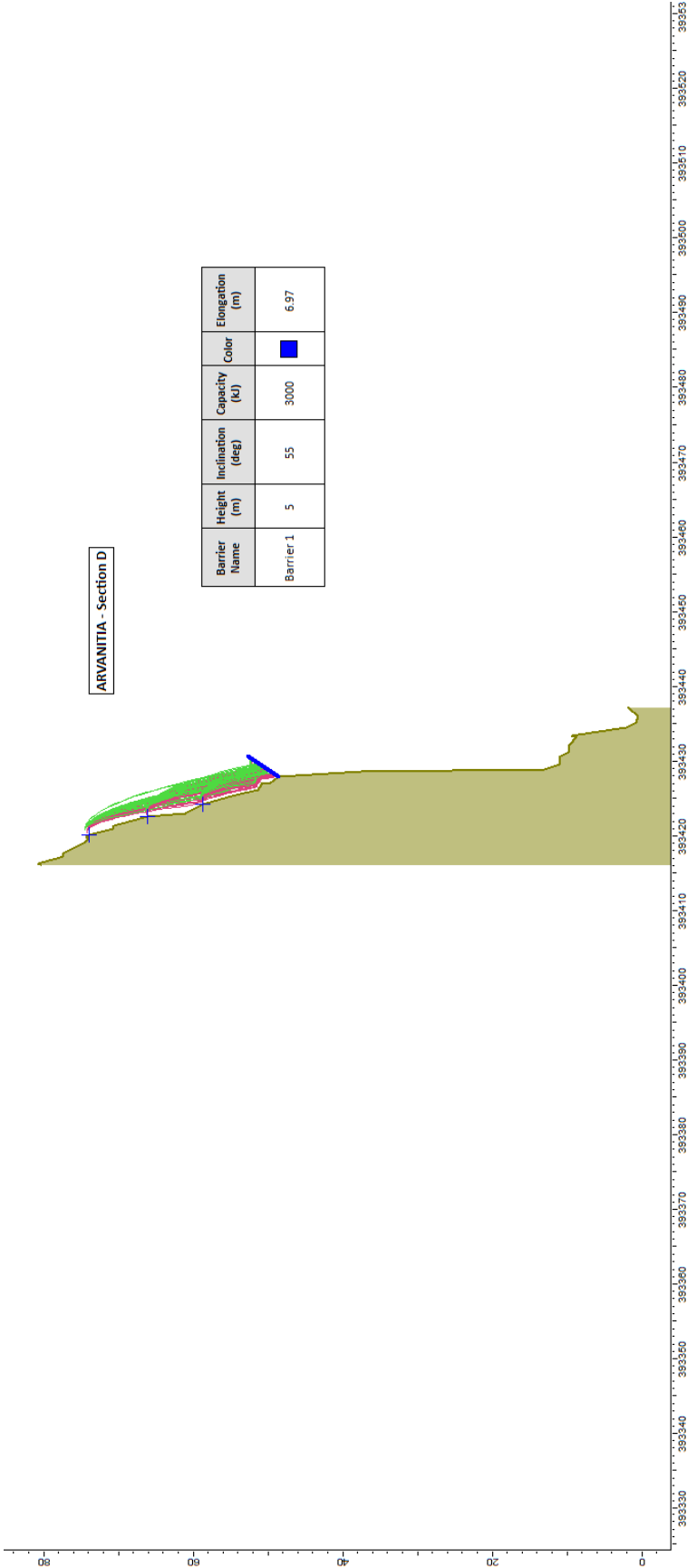


Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination

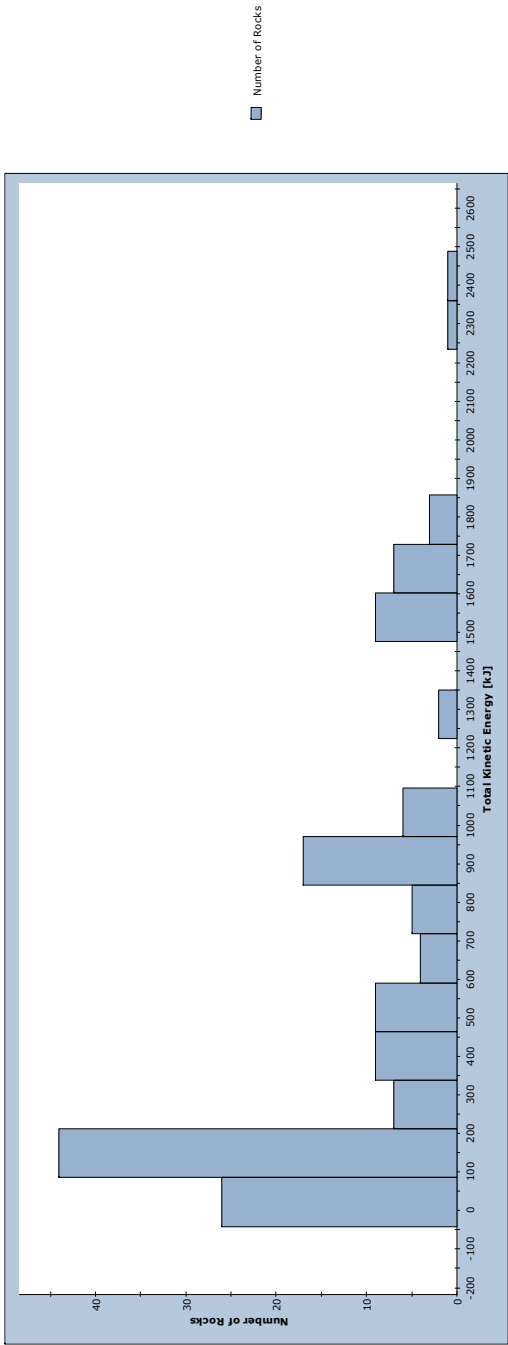


Barrier 1





Total Kinetic Energy on Barrier 1



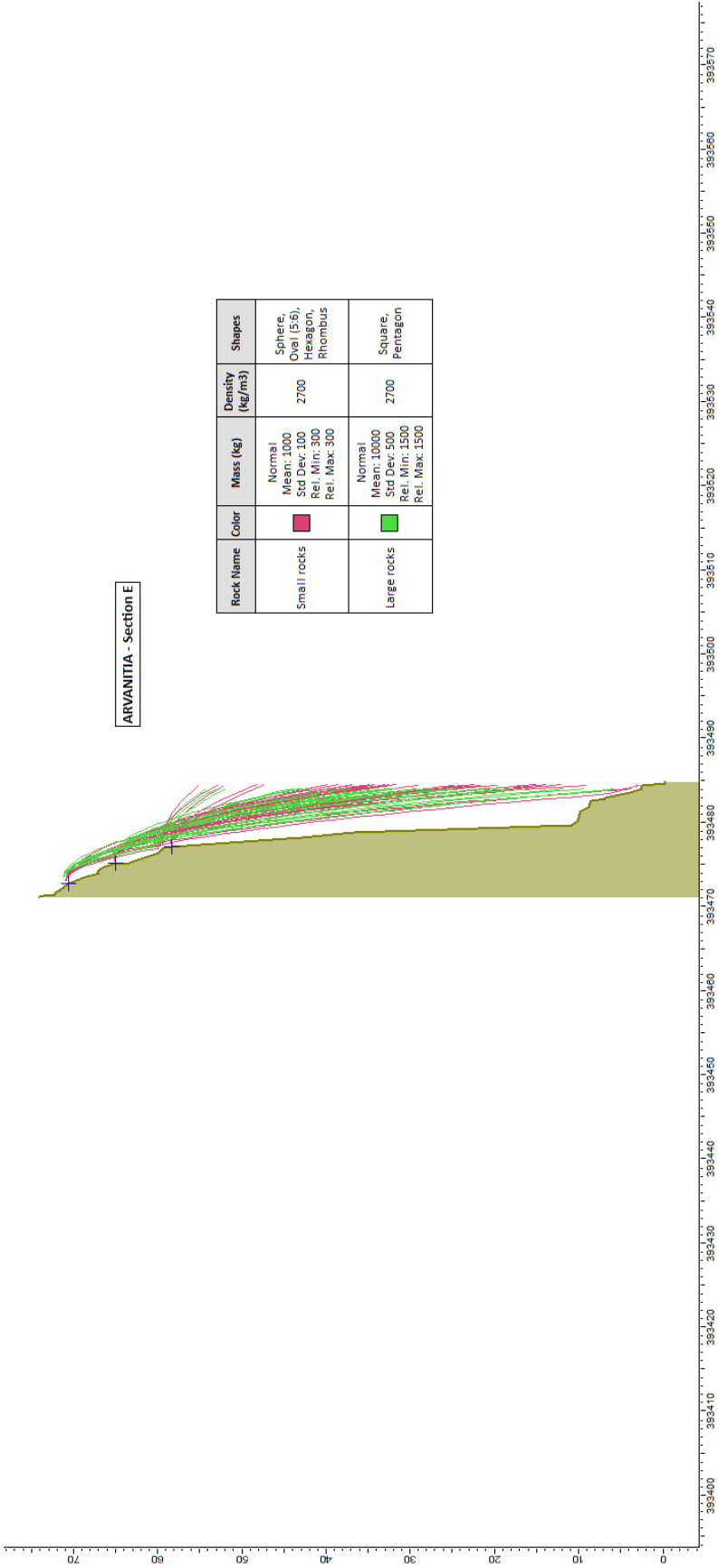
Total number of rocks on Barrier 1: 150  
Total Kinetic Energy: min = 22.39256, max = 2424.41





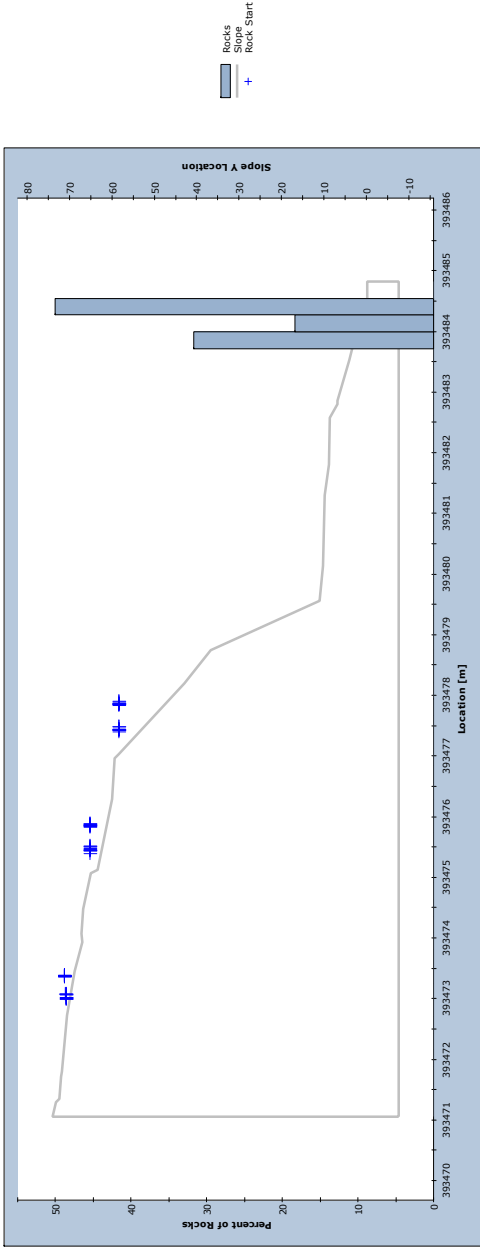
SECTION E (X.O. 0+539)





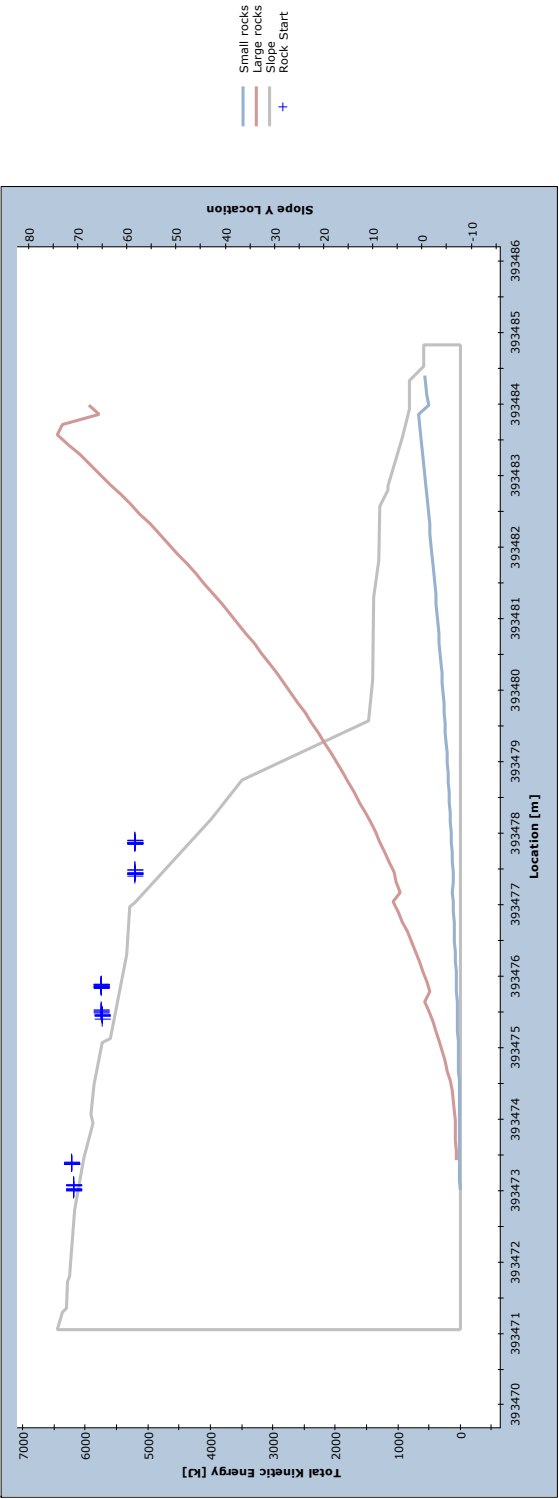
| Rock Name   | Color                                | Mass (kg)                                                                 | Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Shapes                                        |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| Small rocks | <span style="color: red;">■</span>   | Normal<br>Mean: 1000<br>Std Dev: 100<br>Rel. Min: 300<br>Rel. Max: 300    | 2700                         | Sphere,<br>Oval (5:6),<br>Hexagon,<br>Rhombus |
| Large rocks | <span style="color: green;">■</span> | Normal<br>Mean: 10000<br>Std Dev: 500<br>Rel. Min: 1500<br>Rel. Max: 1500 | 2700                         | Square,<br>Pentagon                           |

Distribution of Rock Path End Locations

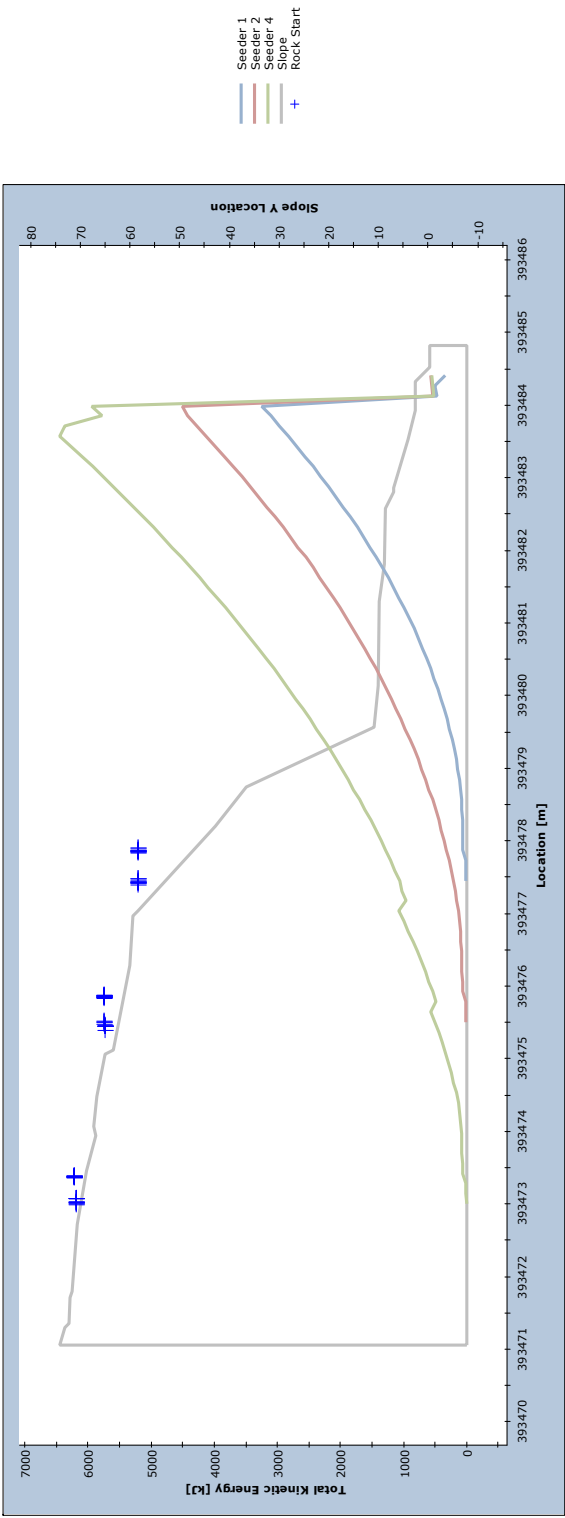


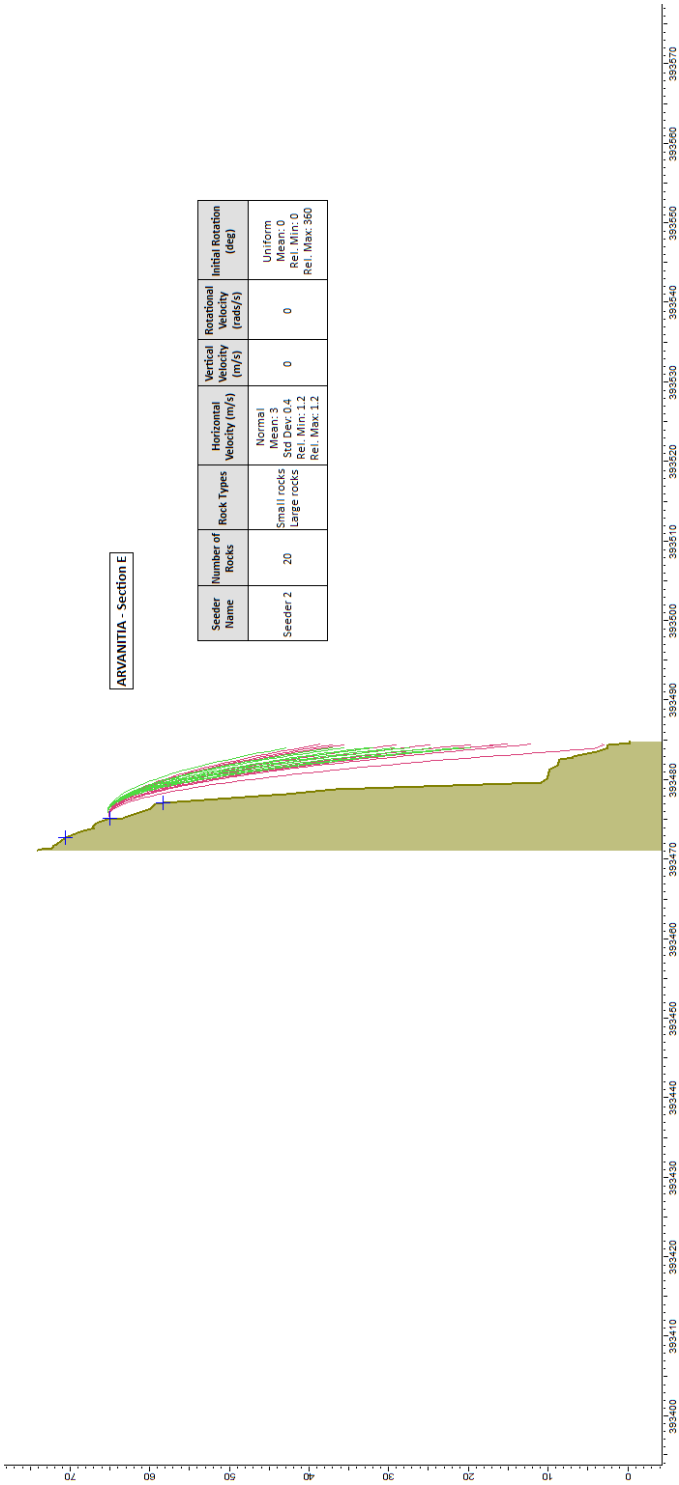
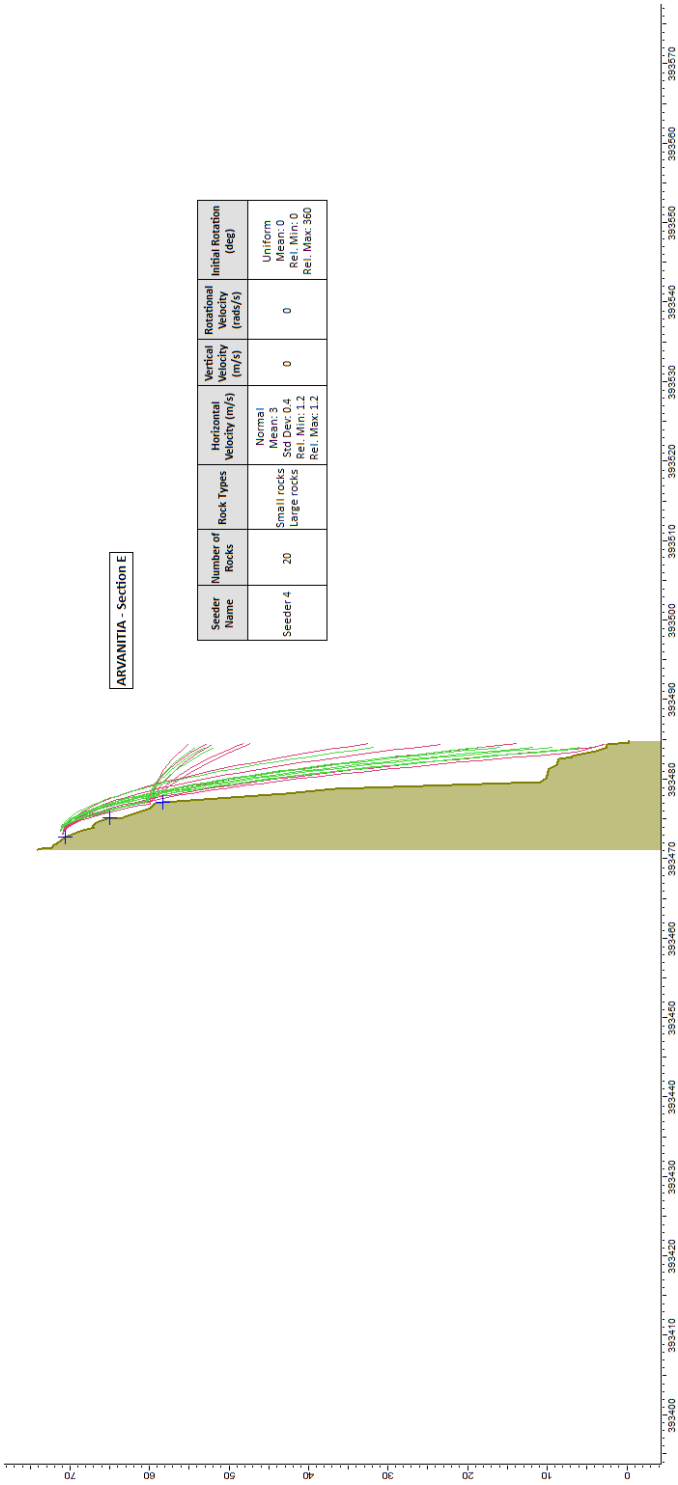
Total number of rock paths: 60

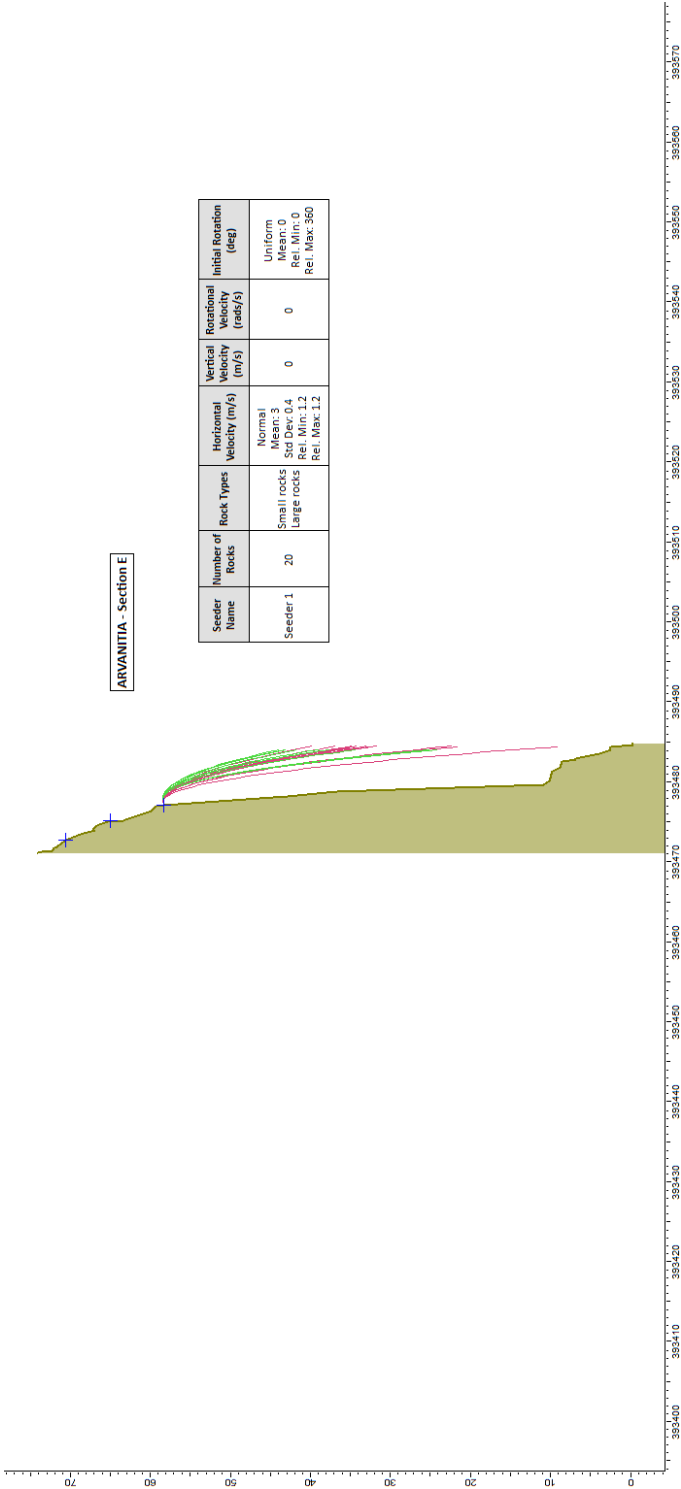
Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value



Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value



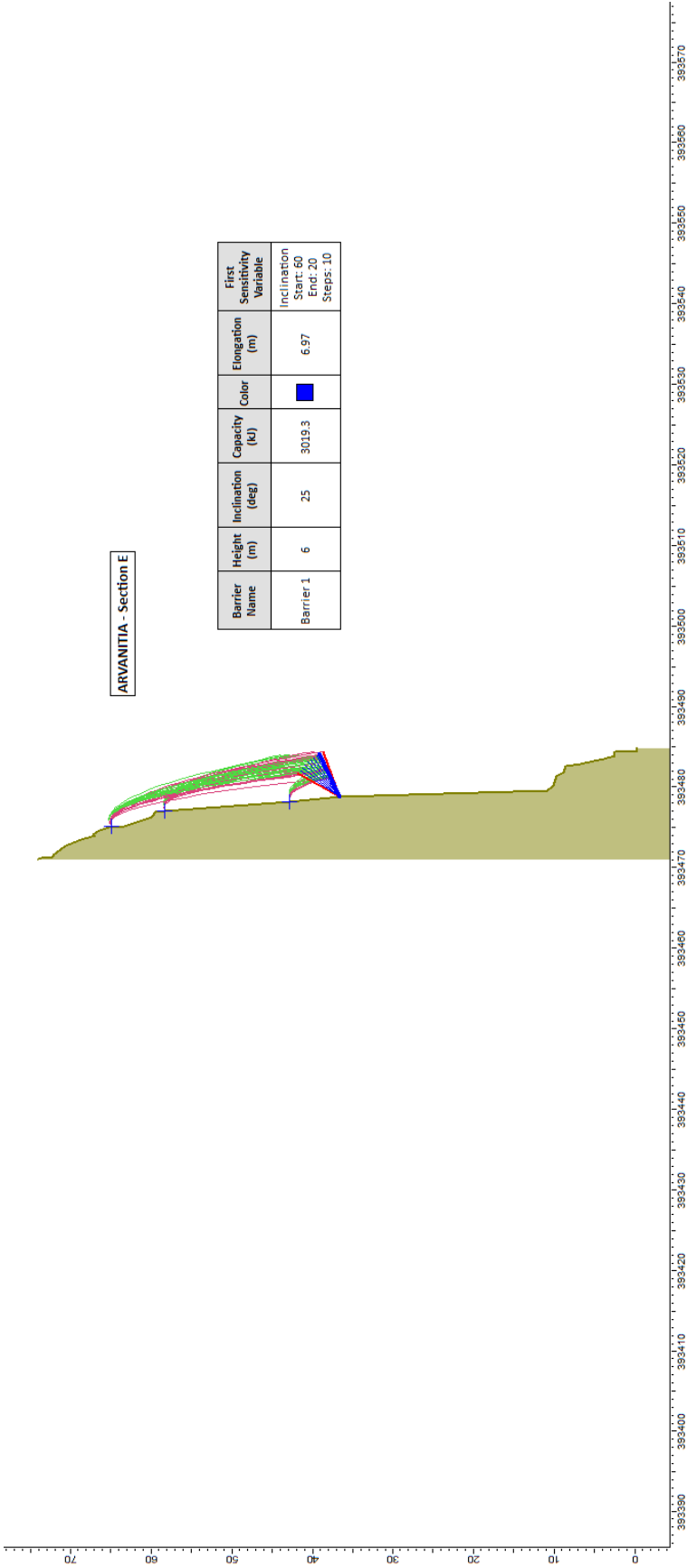




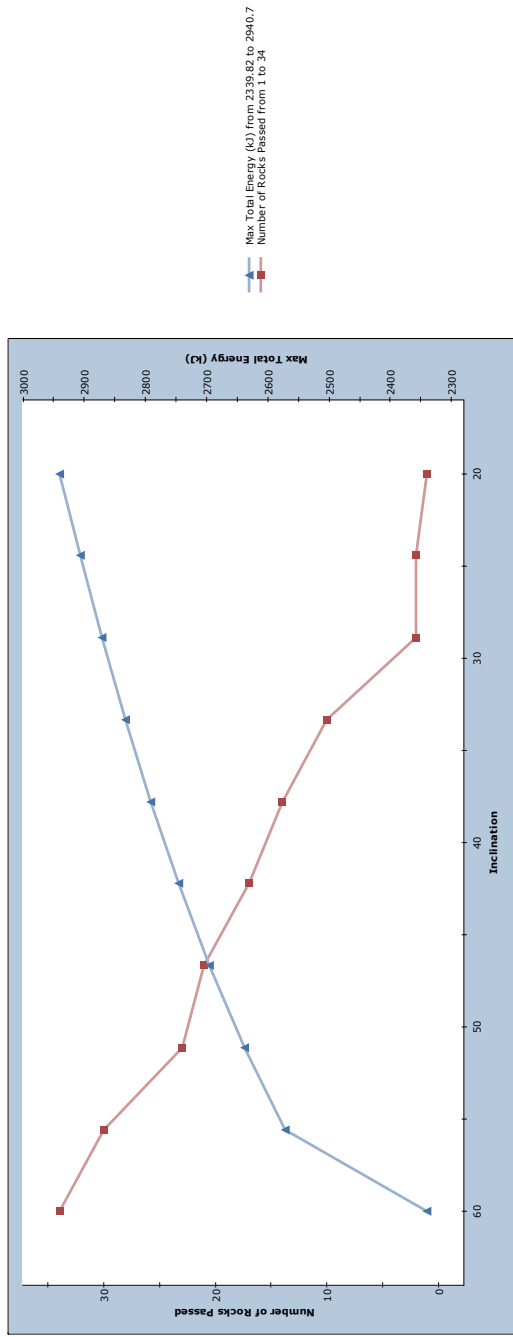
ARVANITIA - Section E

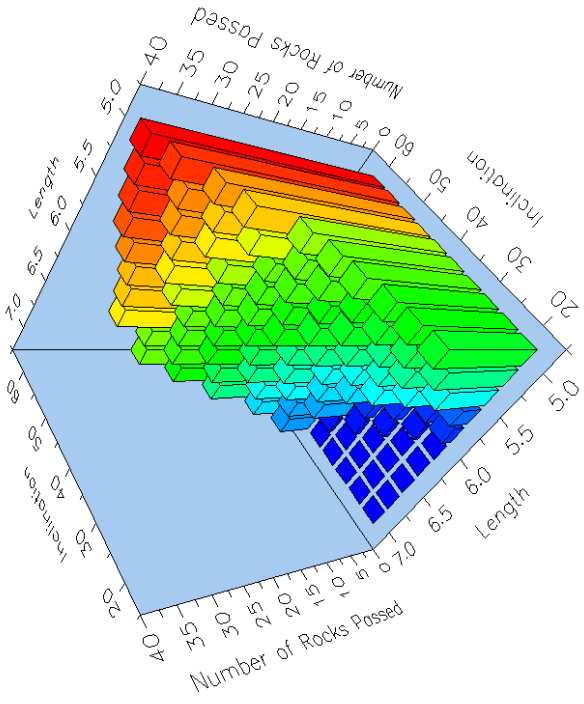
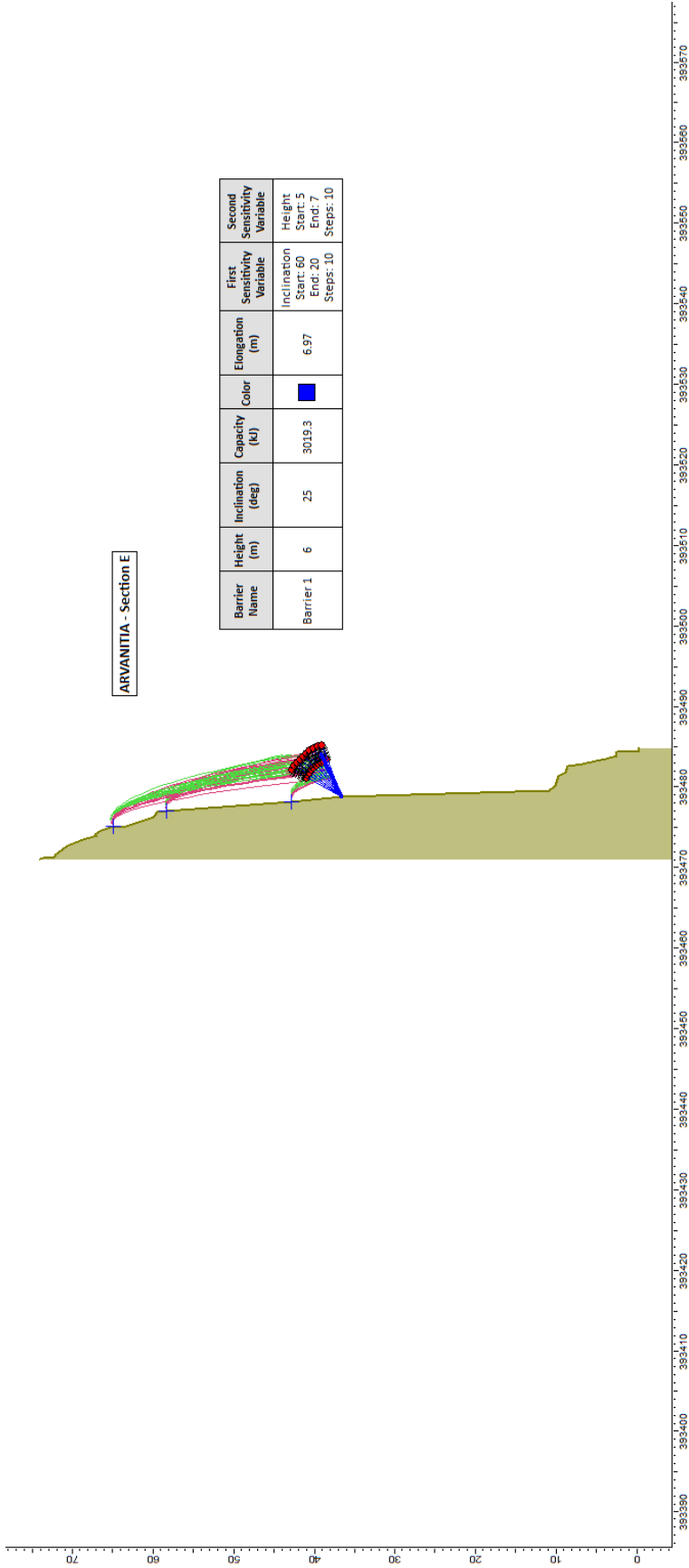
| Seeder Name | Number of Rocks | Rock Types                 | Horizontal Velocity (m/s)                                           | Vertical Velocity (m/s) | Rotational Velocity (rad/s) | Initial Rotation (deg)                            |
|-------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| Seeder 1    | 20              | Small rocks<br>Large rocks | Normal<br>Mean: 3<br>Std Dev: 0.4<br>Rel. Min: 1.2<br>Rel. Max: 1.2 | 0                       | 0                           | Uniform<br>Min: 0<br>Rel. Min: 0<br>Rel. Max: 360 |

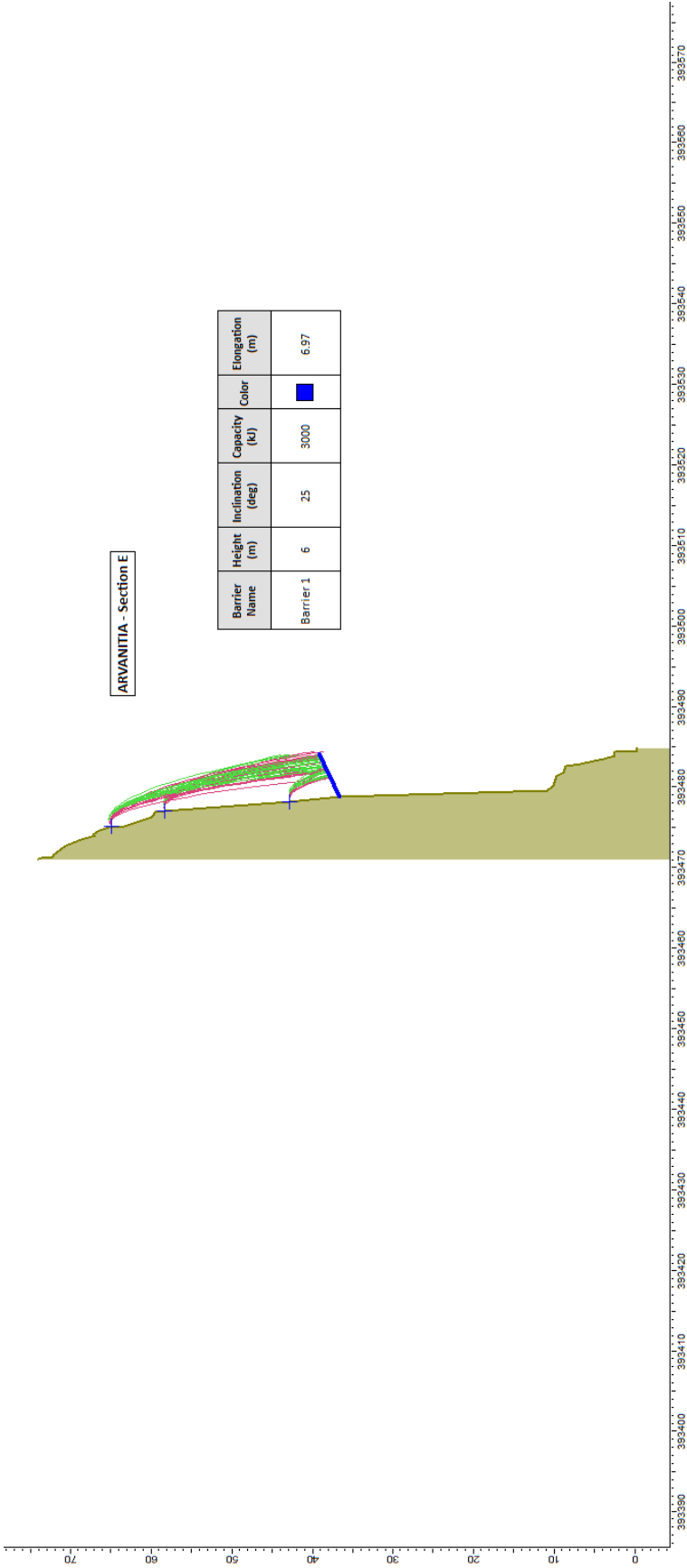




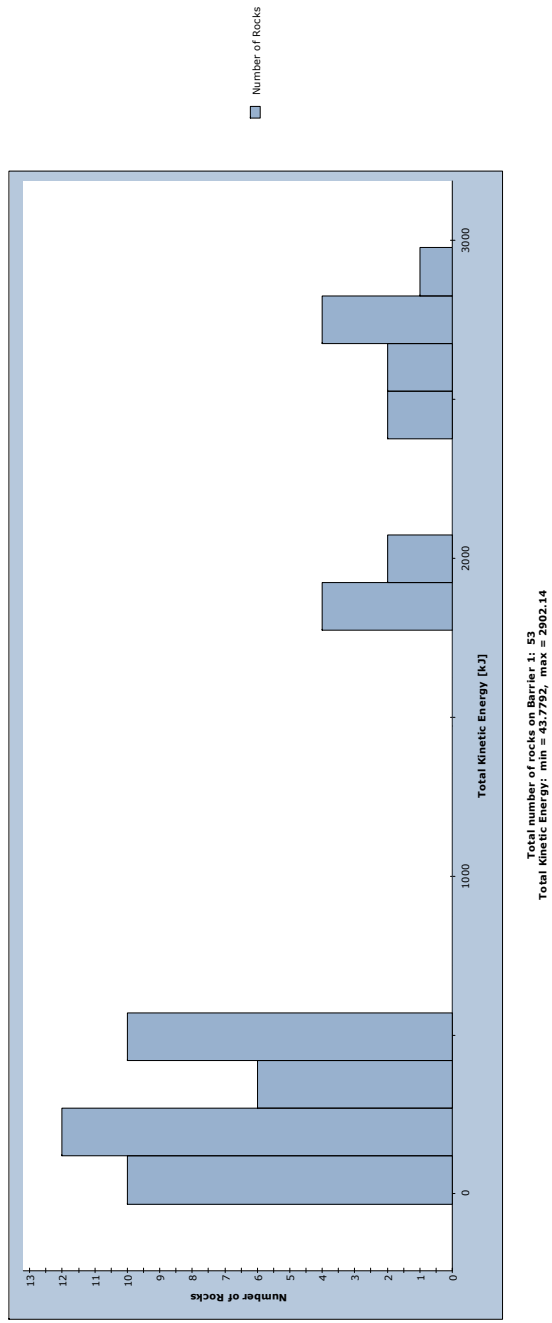
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination







Total Kinetic Energy on Barrier 1

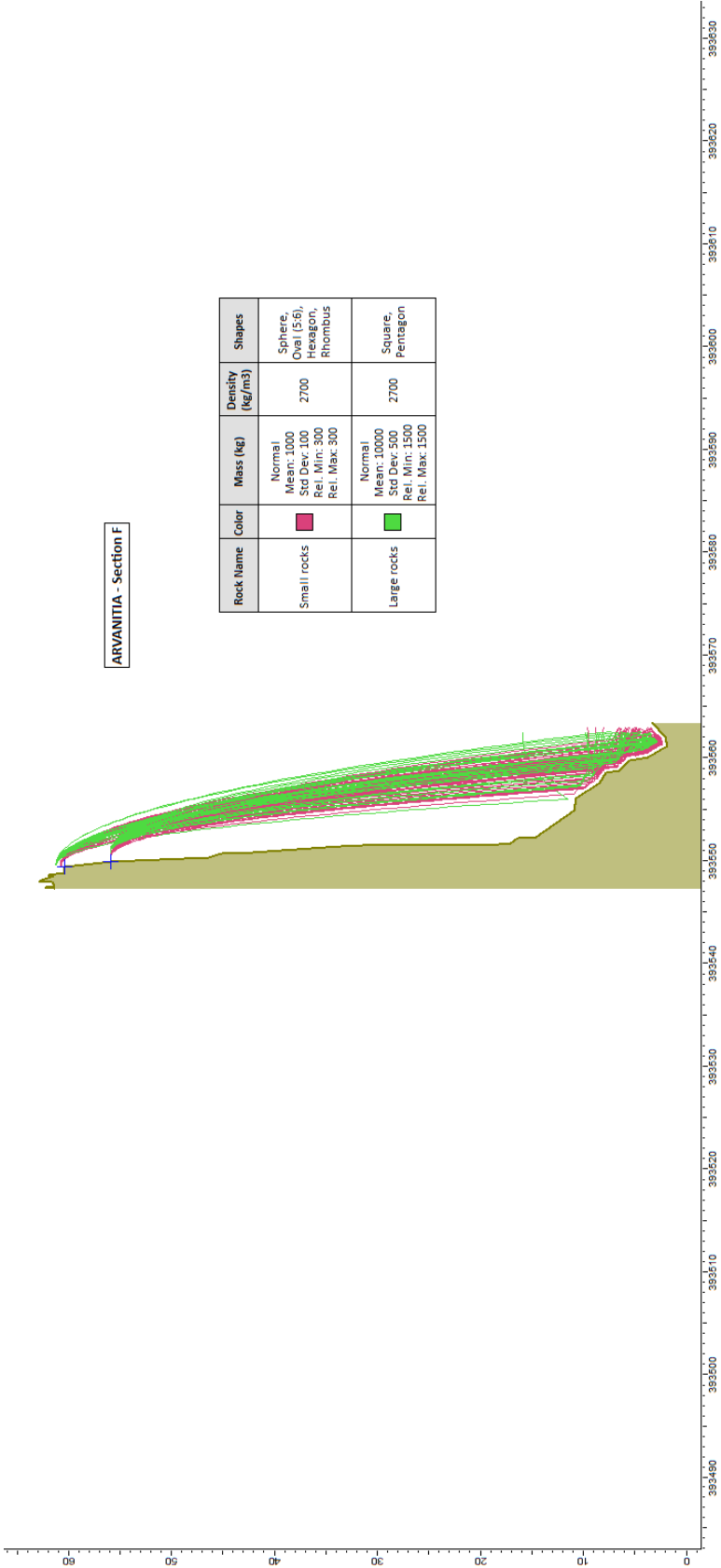




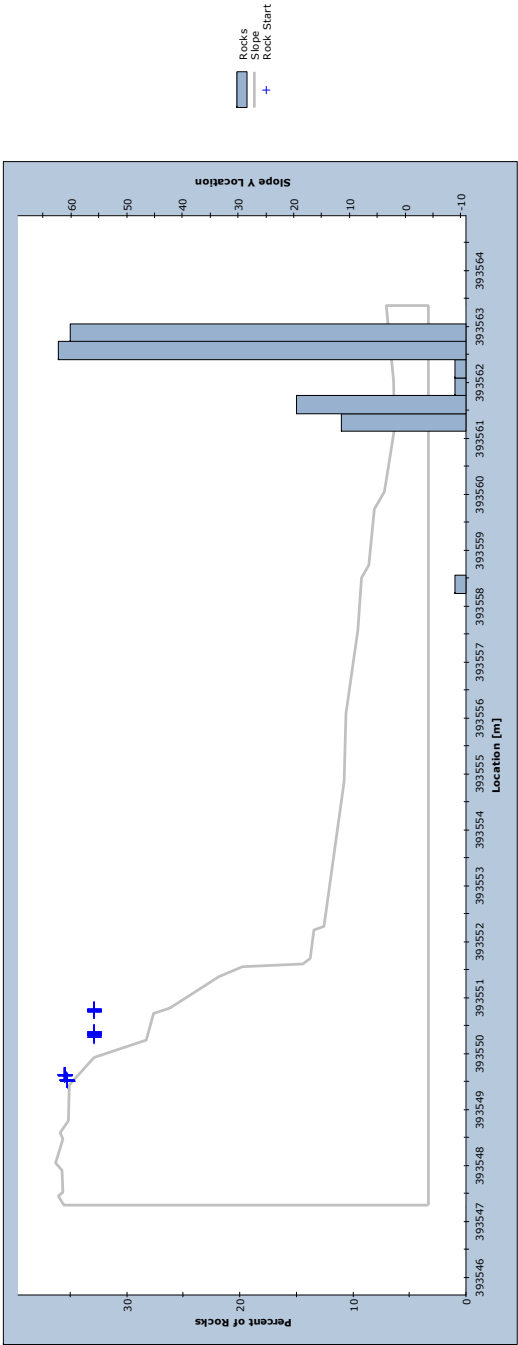


SECTION F (X.O. 0+615)



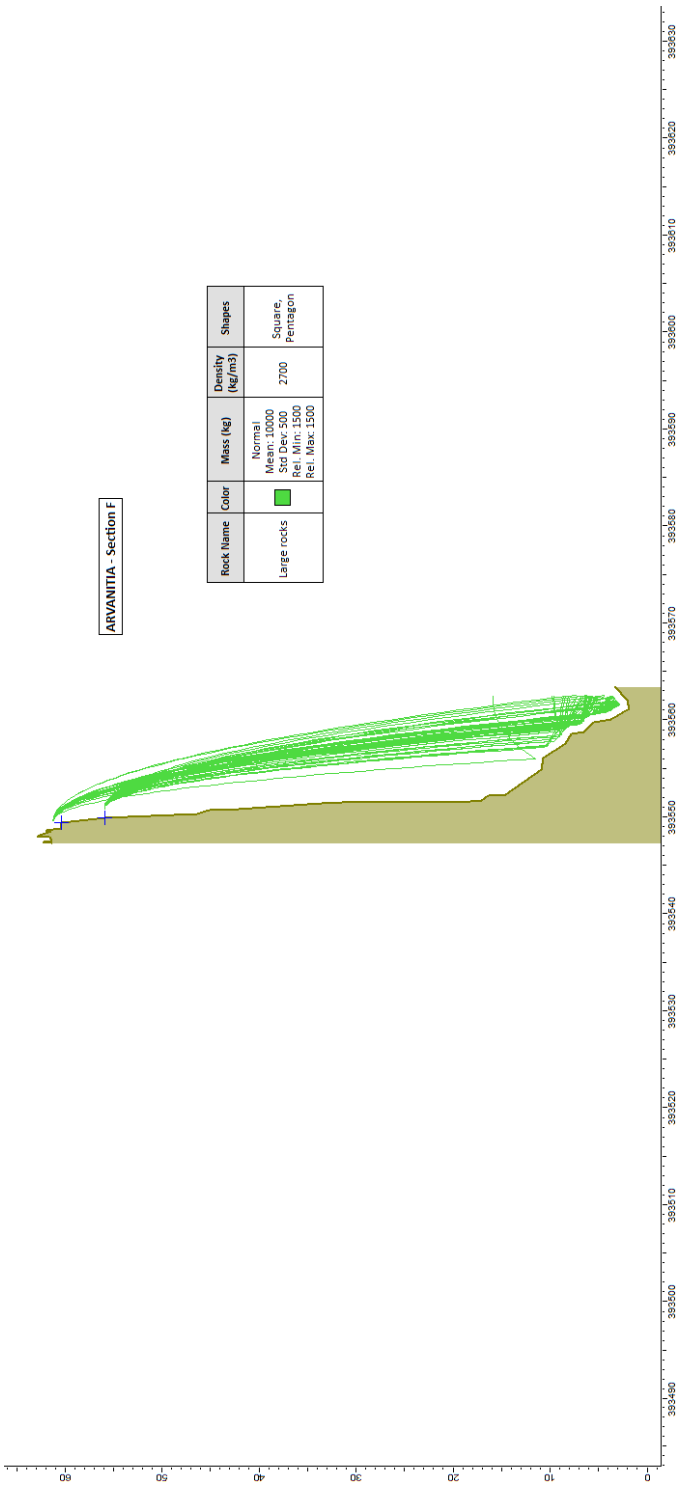
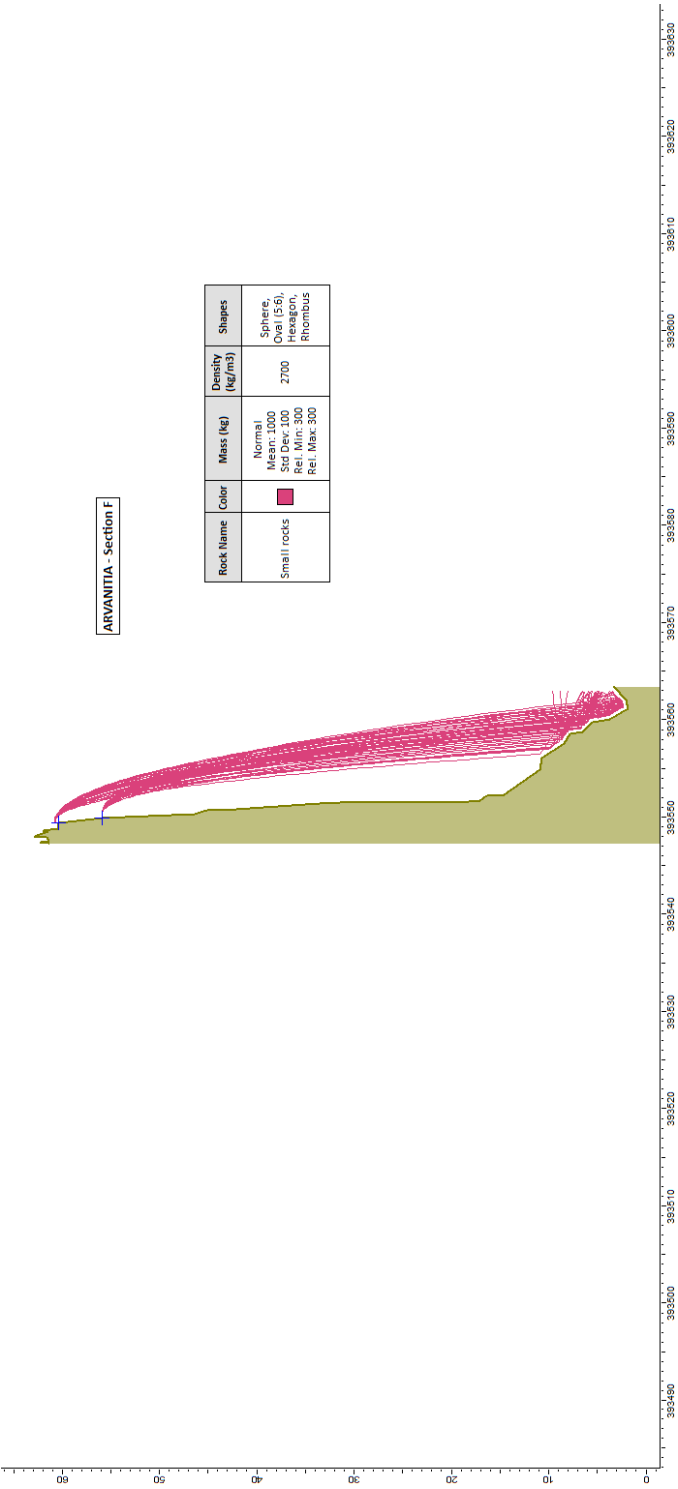


Distribution of Rock Path End Locations

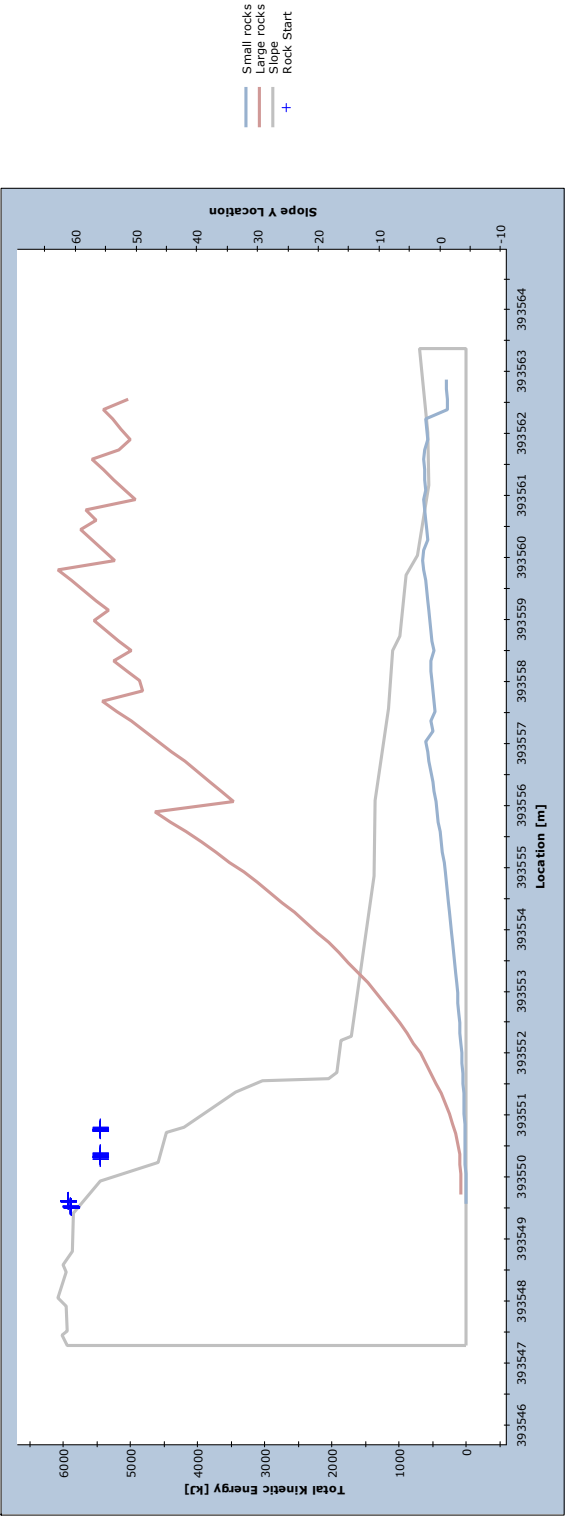


Total number of rock paths: 100



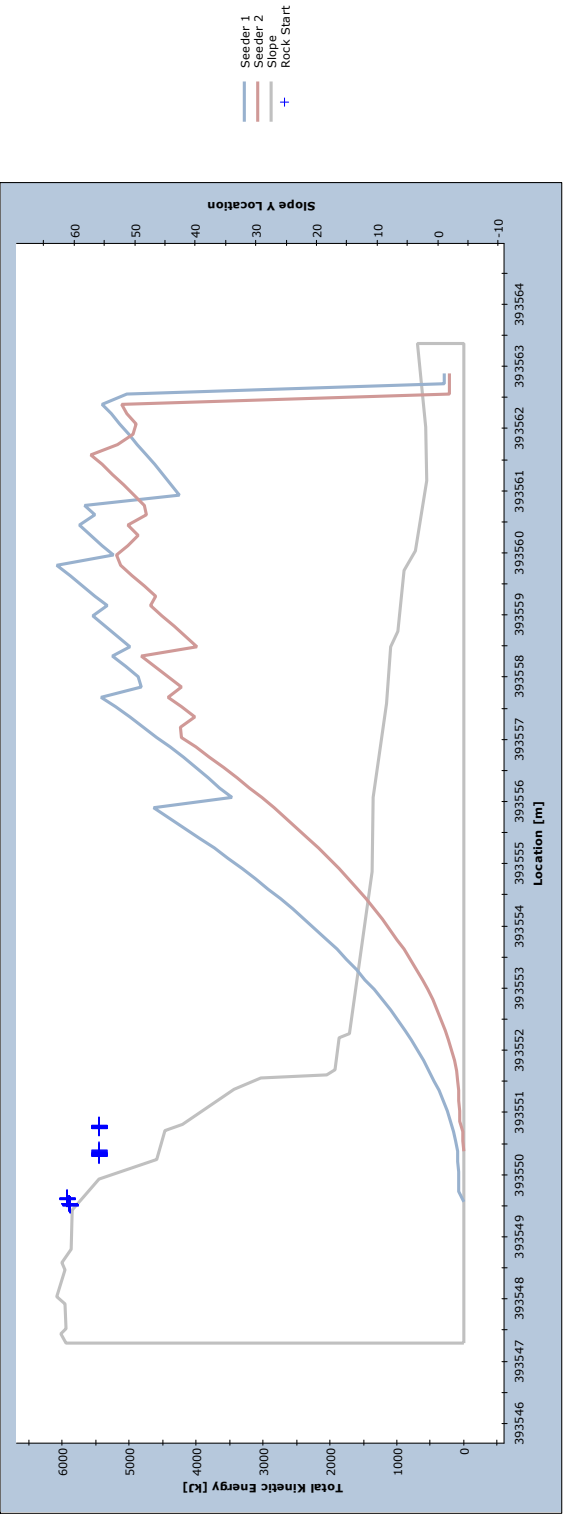


Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

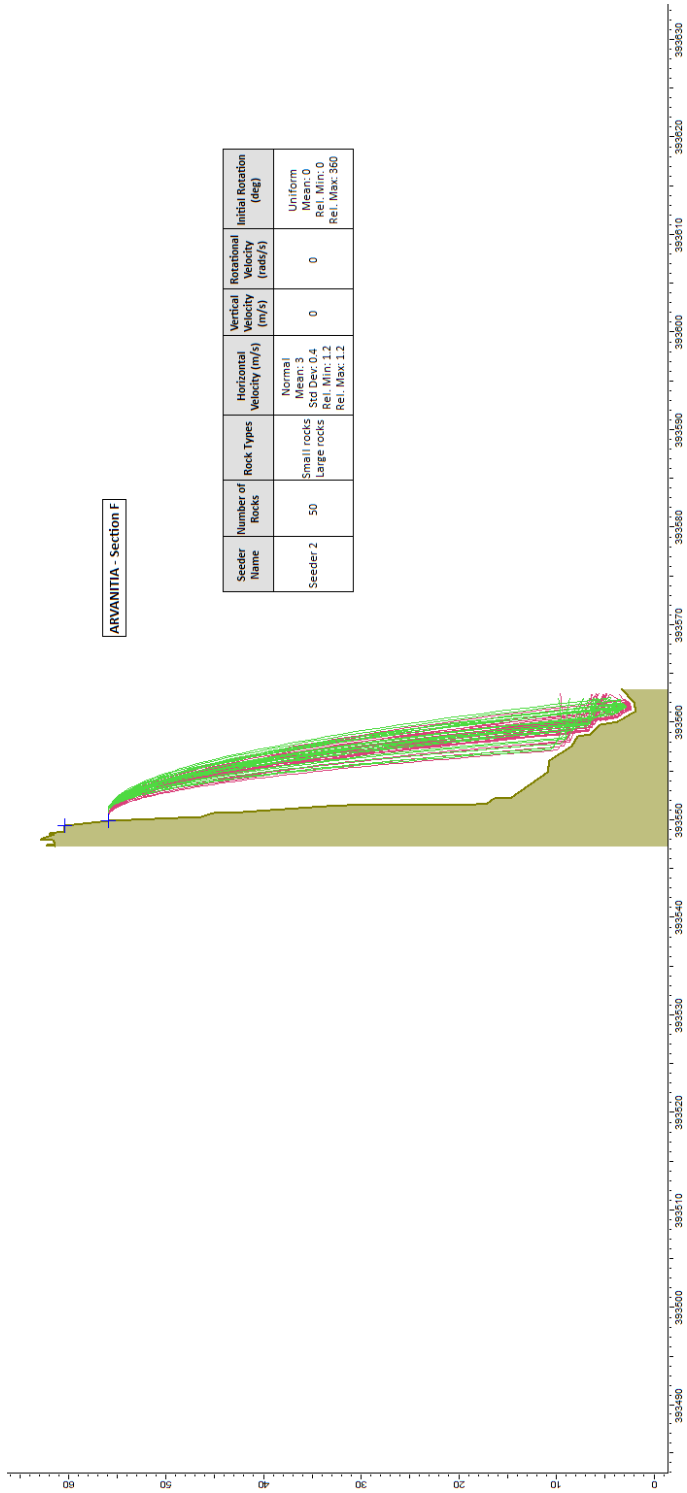
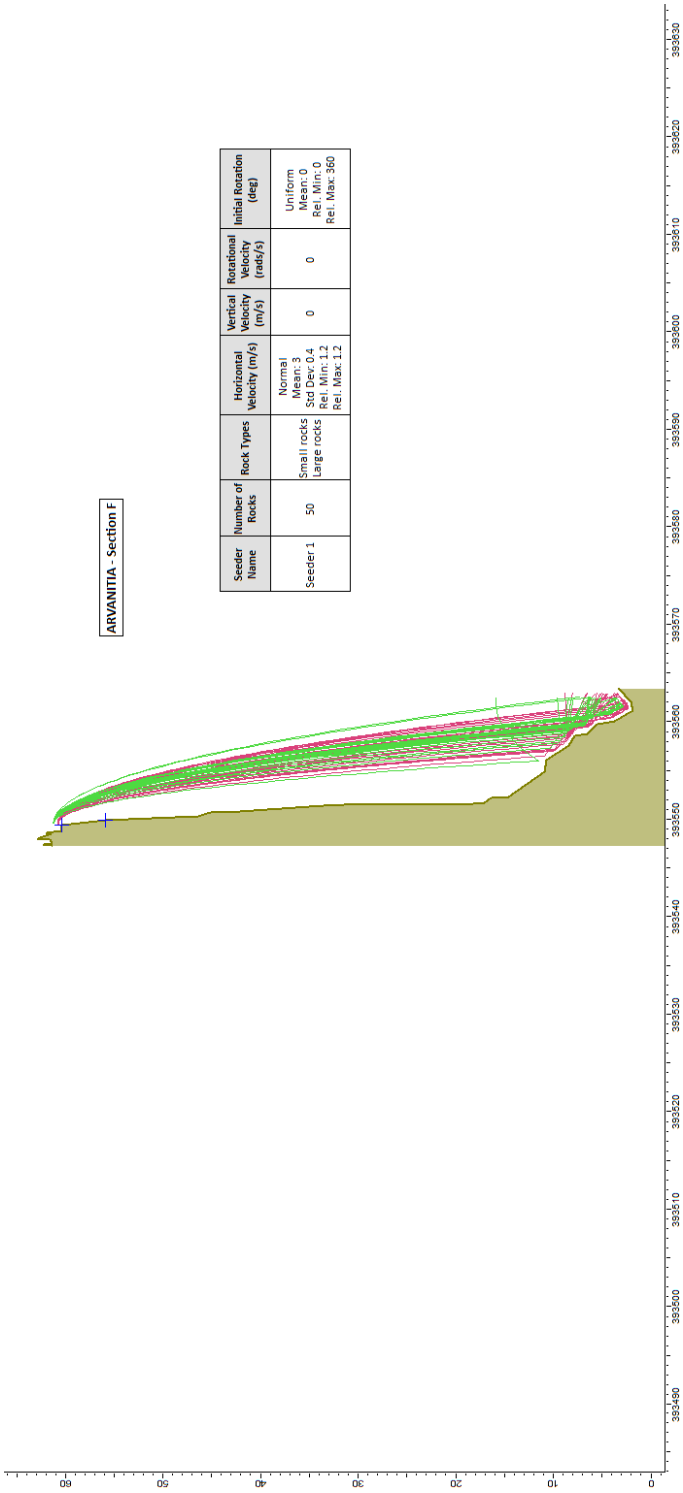


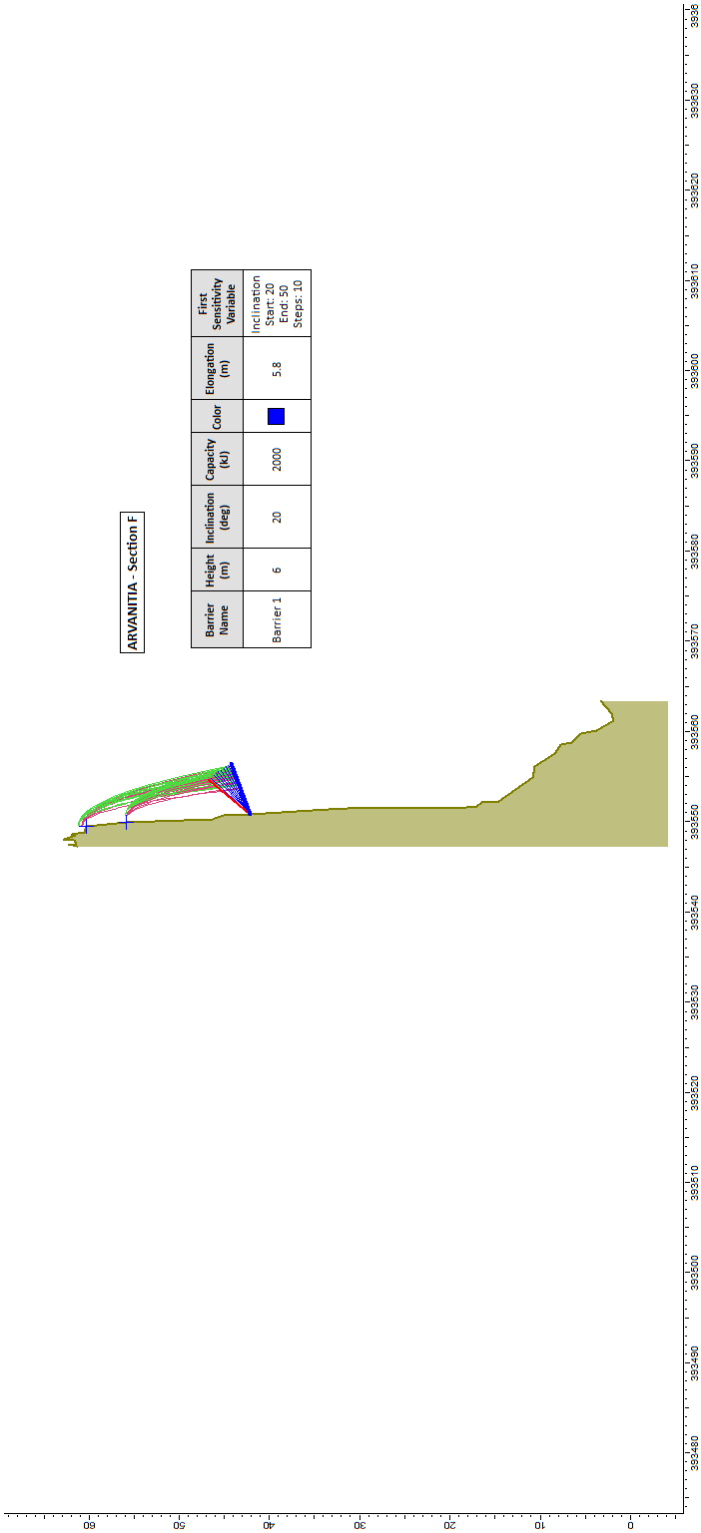
Total number of rock paths: 100

Total Kinetic Energy on Slope  
Maximum Value

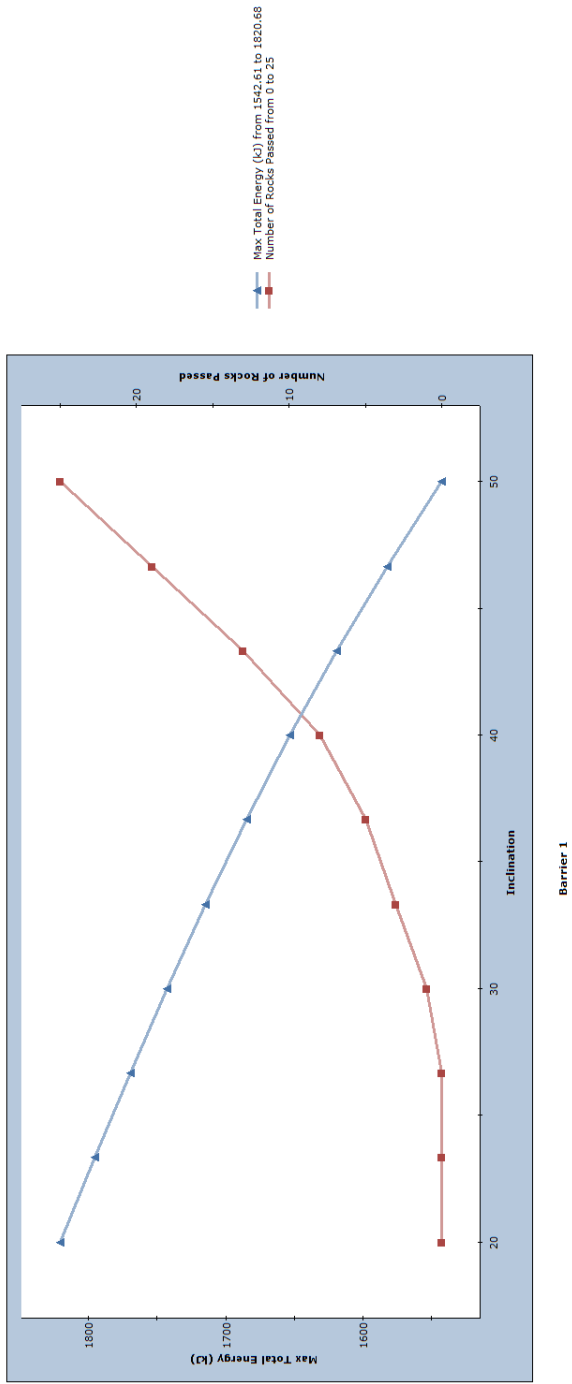


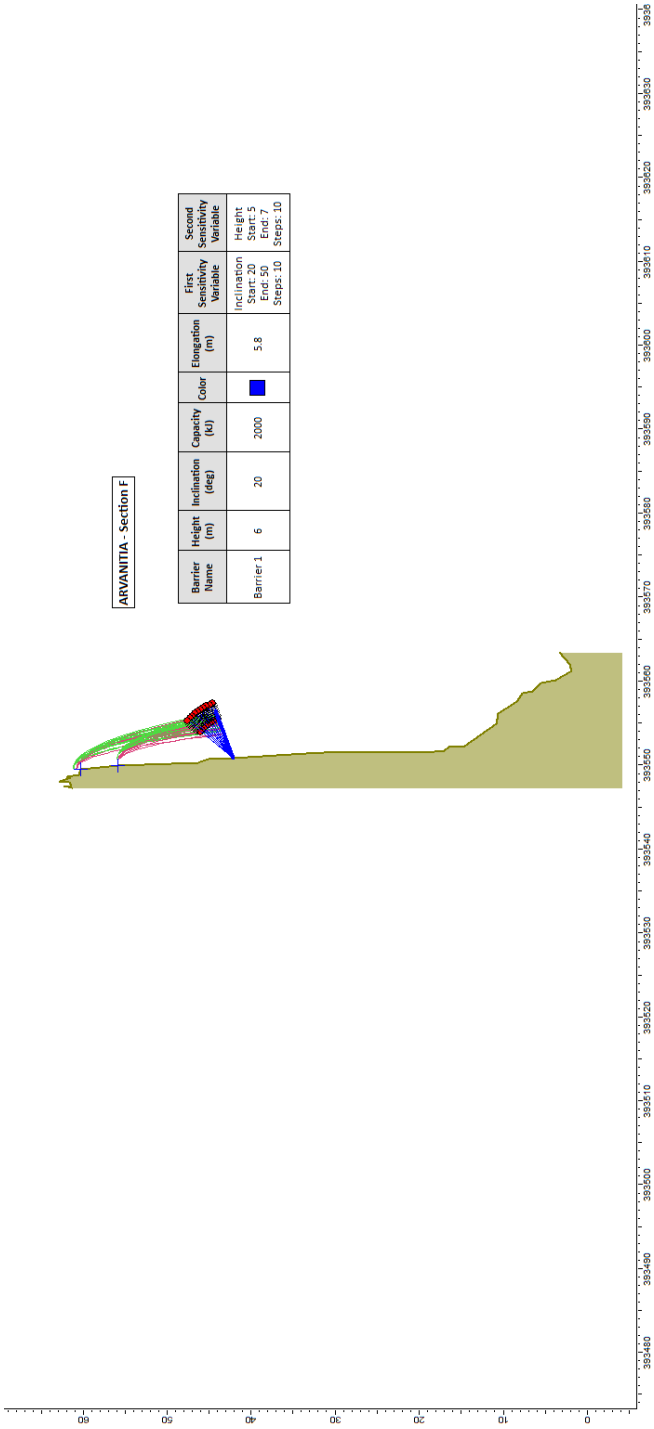
Total number of rock paths: 100





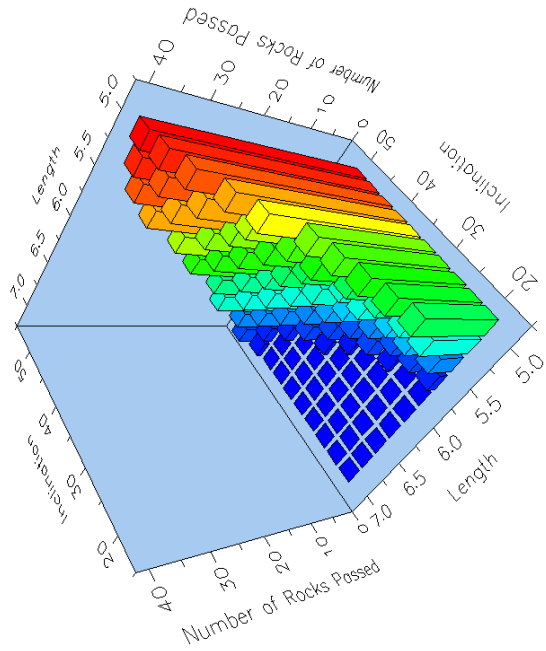
Max Total Energy (kJ) and Number of Rocks Passed vs. Inclination



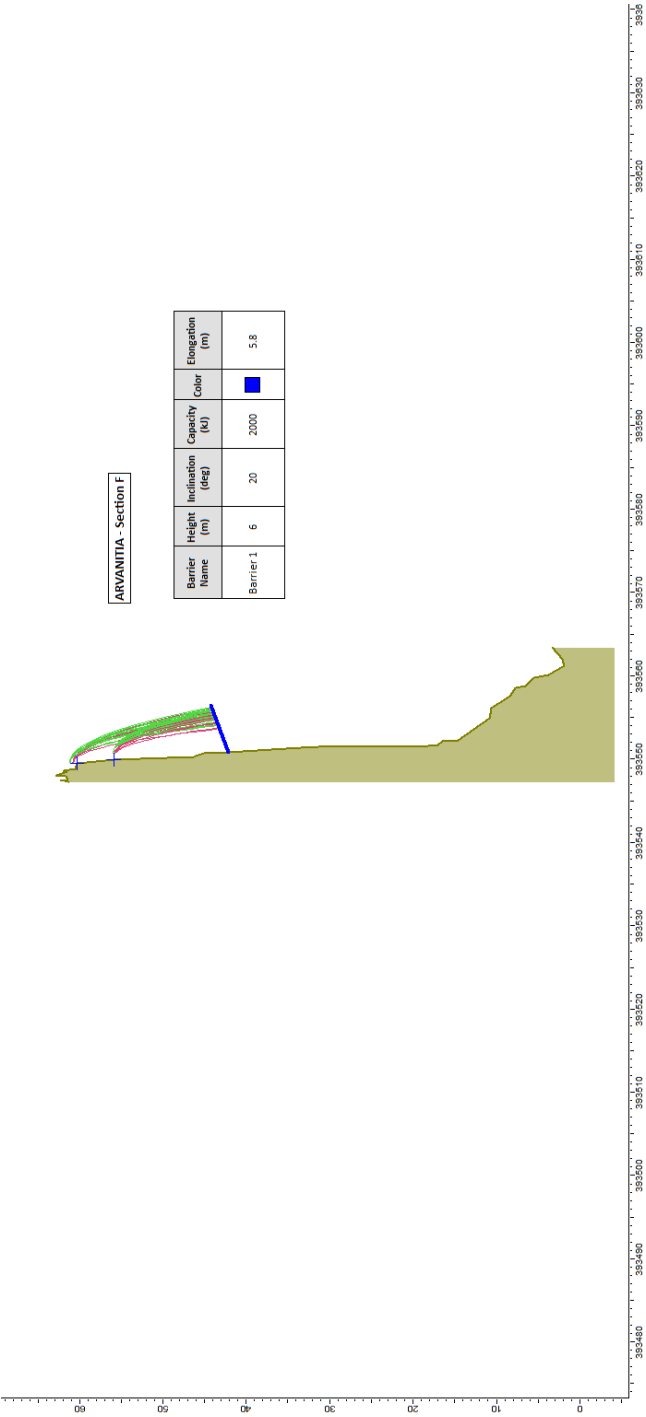


ARVANITIA - Section F

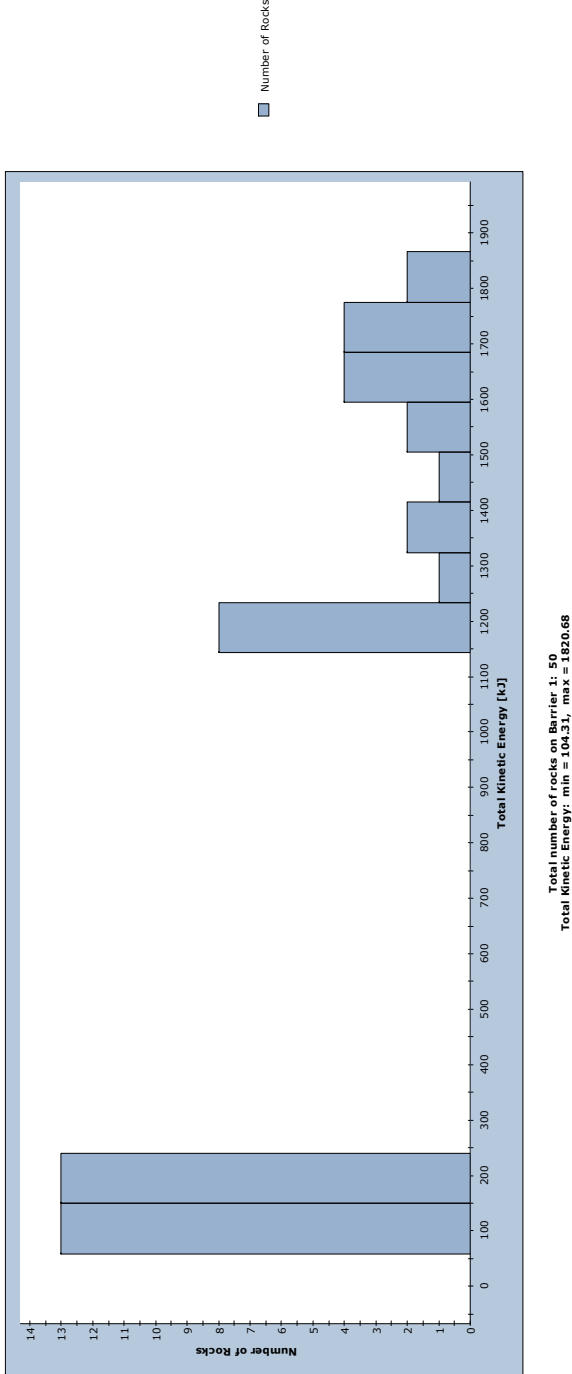
| Barrier Name | Height (m) | Inclination (deg) | Capacity (kN) | Color | Elongation (m) | First Separation Variable                       | Second Separation Variable                |
|--------------|------------|-------------------|---------------|-------|----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Barrier 1    | 6          | 20                | 2000          | ■     | 5.8            | Inclination<br>Start: 0<br>End: 50<br>Steps: 10 | Height<br>Start: 5<br>End: 7<br>Steps: 10 |





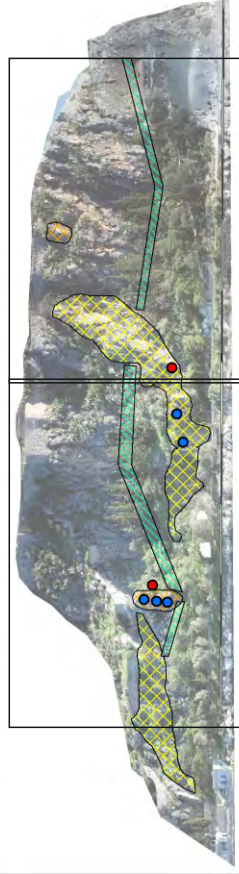


Total Kinetic Energy on Barrier 1



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΜΕ ΘΕΣΕΙΣ**  
**ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

# Χάρτης παρεμβάσεων Βόρειου Πρανούς



2/2

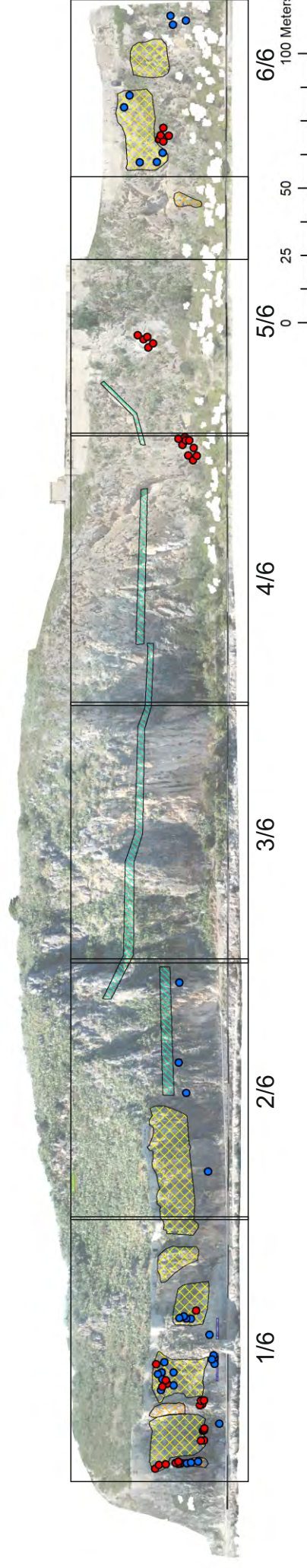
## Χάρτης παρεμβάσεων Πρανούς Φάρος



## Υπόμνημα

- |             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Αγκύριο     | Φράχτης ανάσχεσης                |
| Εκβραχισμός | Πλέγμα συγκράτησης               |
|             | Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινών |
|             | Σκέπατρο                         |

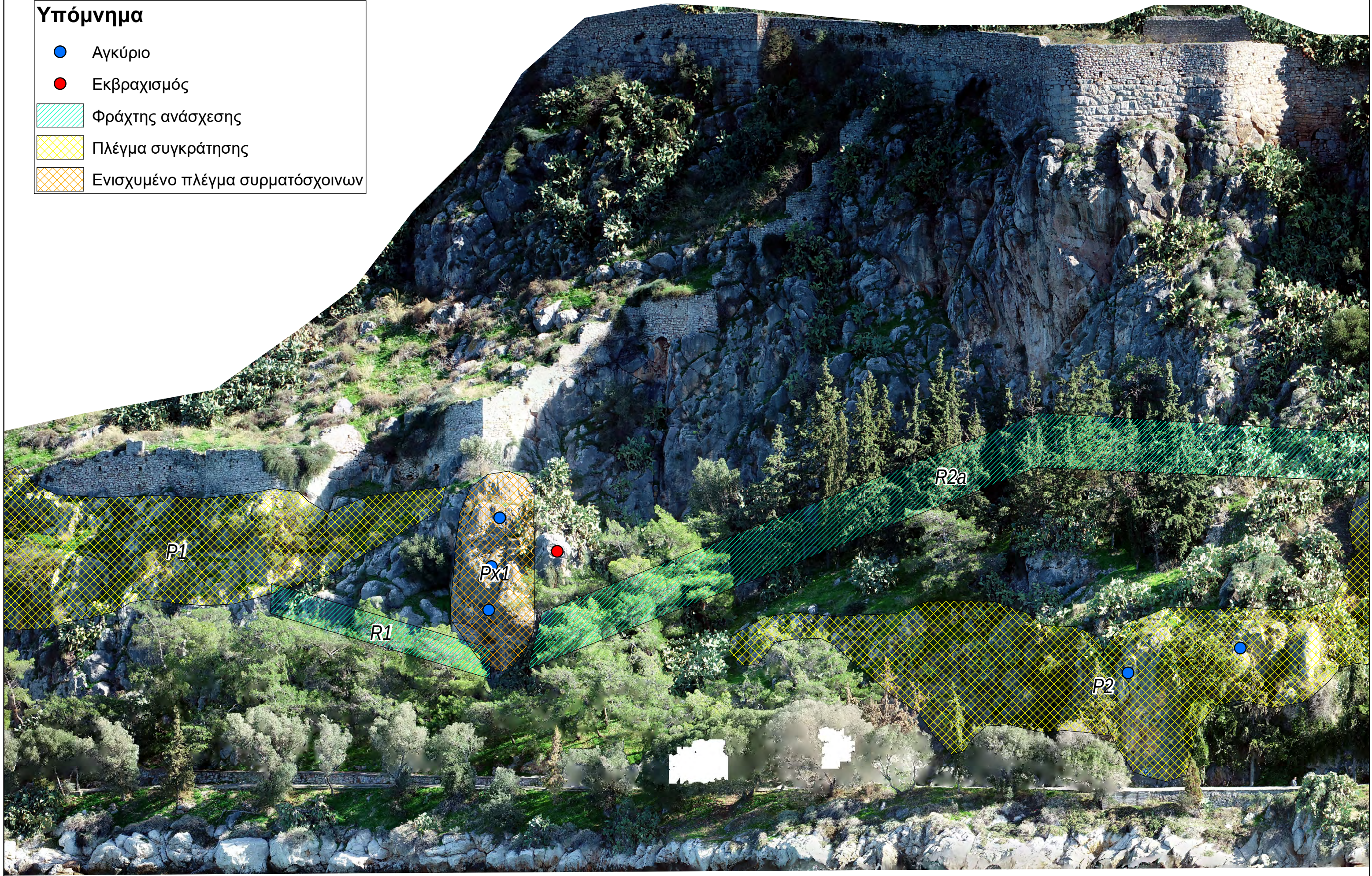
Χάρτης παρεμβάσεων Νοτίου Πρανούς





Υπόμνημα

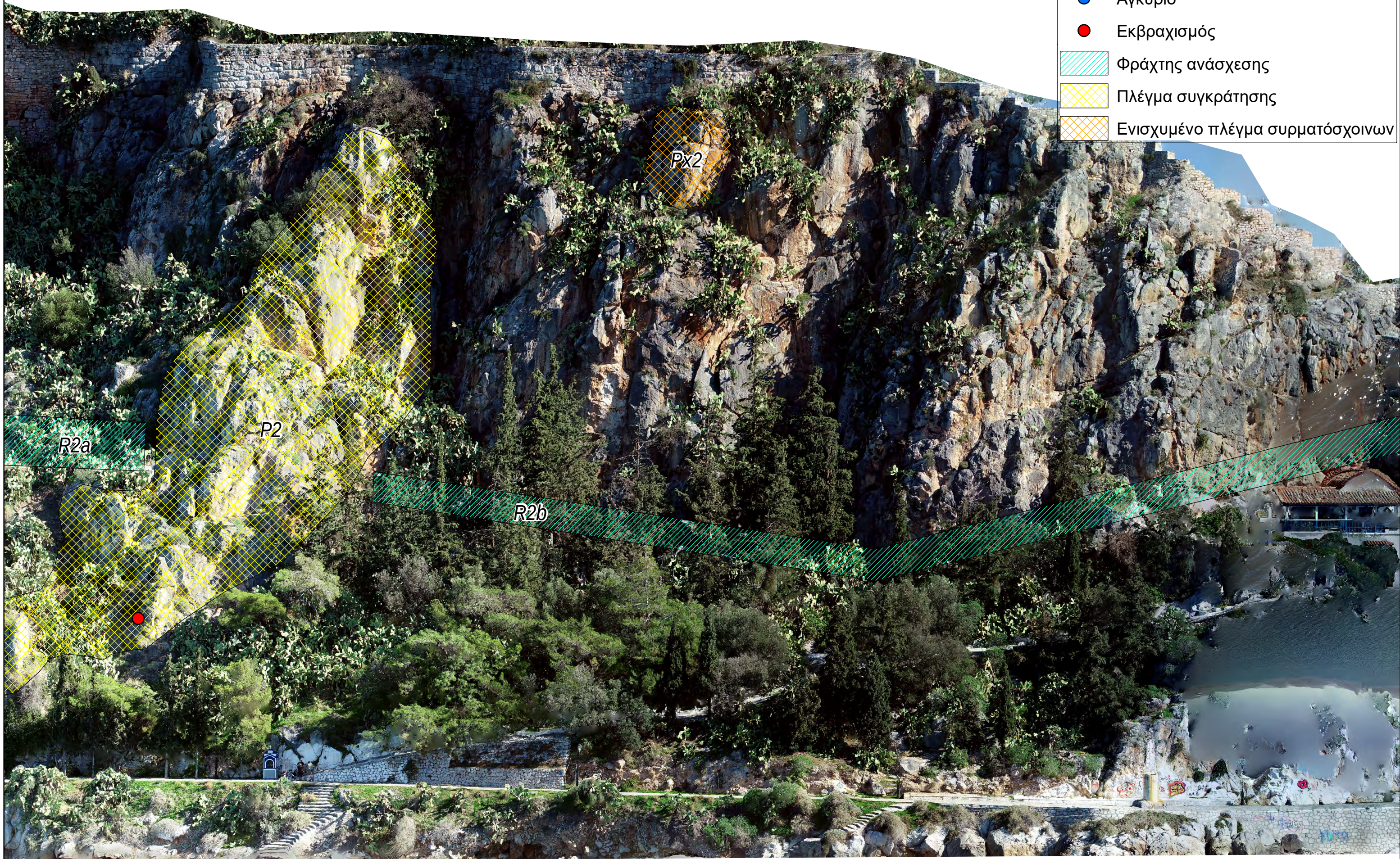
- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινών





## Υπόμνημα

- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινών





## Υπόμνημα

- Αγκύριο
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινίων



0 10 20 Meters



### Υπόμνημα

● Αγκύριο

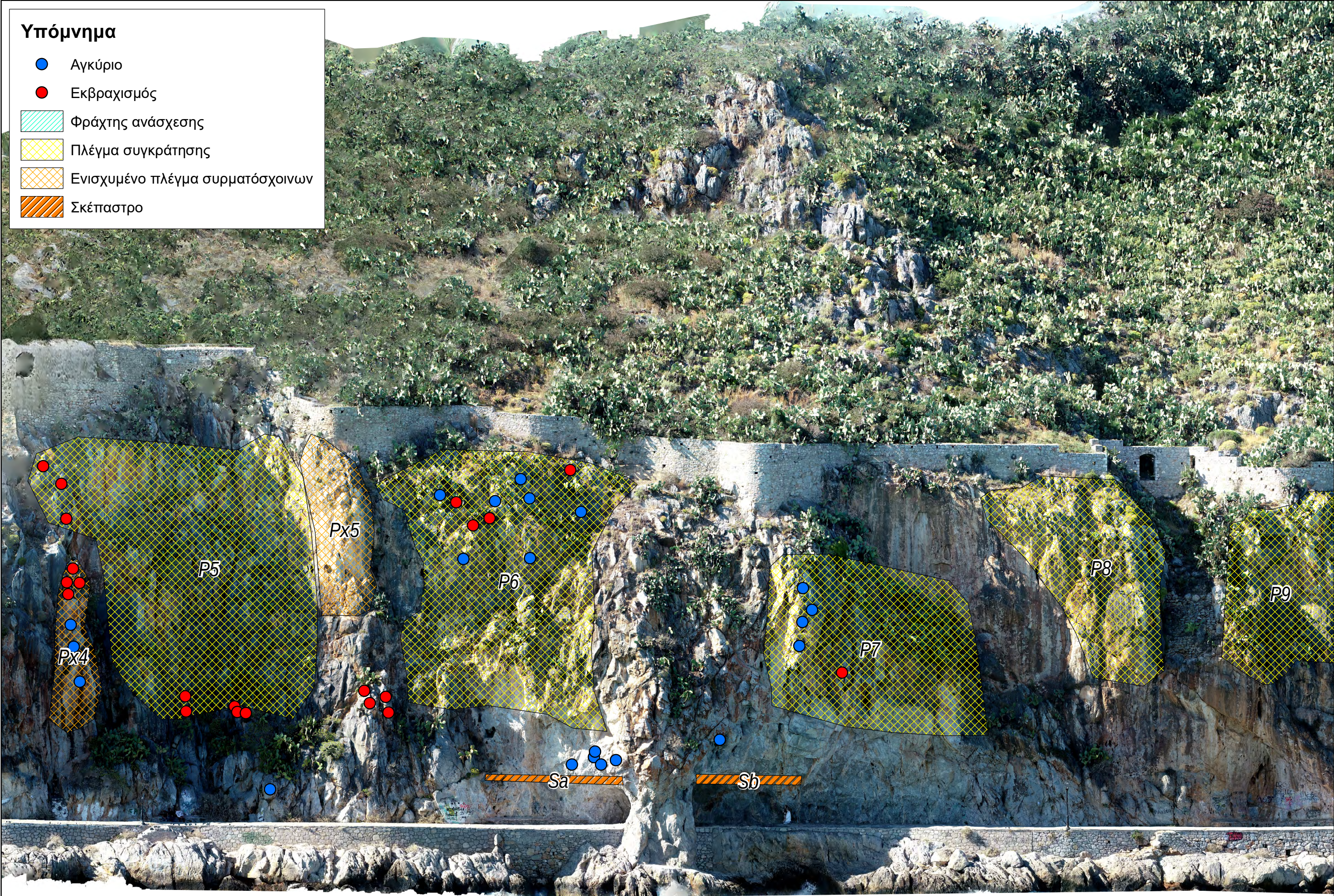
● Εκβραχισμός

Φράχτης ανάσχεσης

Πλέγμα συγκράτησης

Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων

Σκέπαστρο





### Υπόμνημα

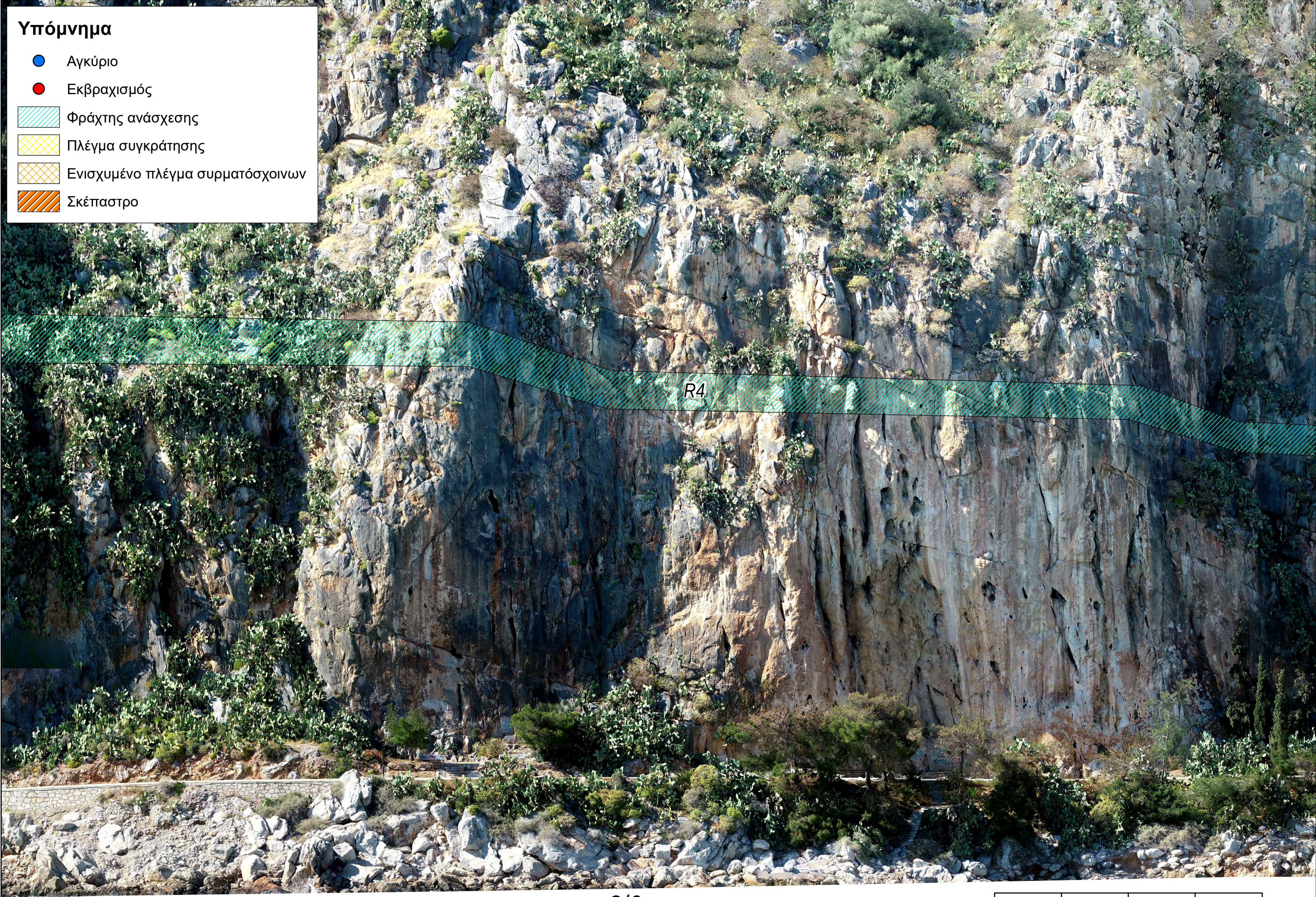
- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων
- ▨ Σκέπαστρο





Υπόμνημα

- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων
- ▨ Σκέπαστρο



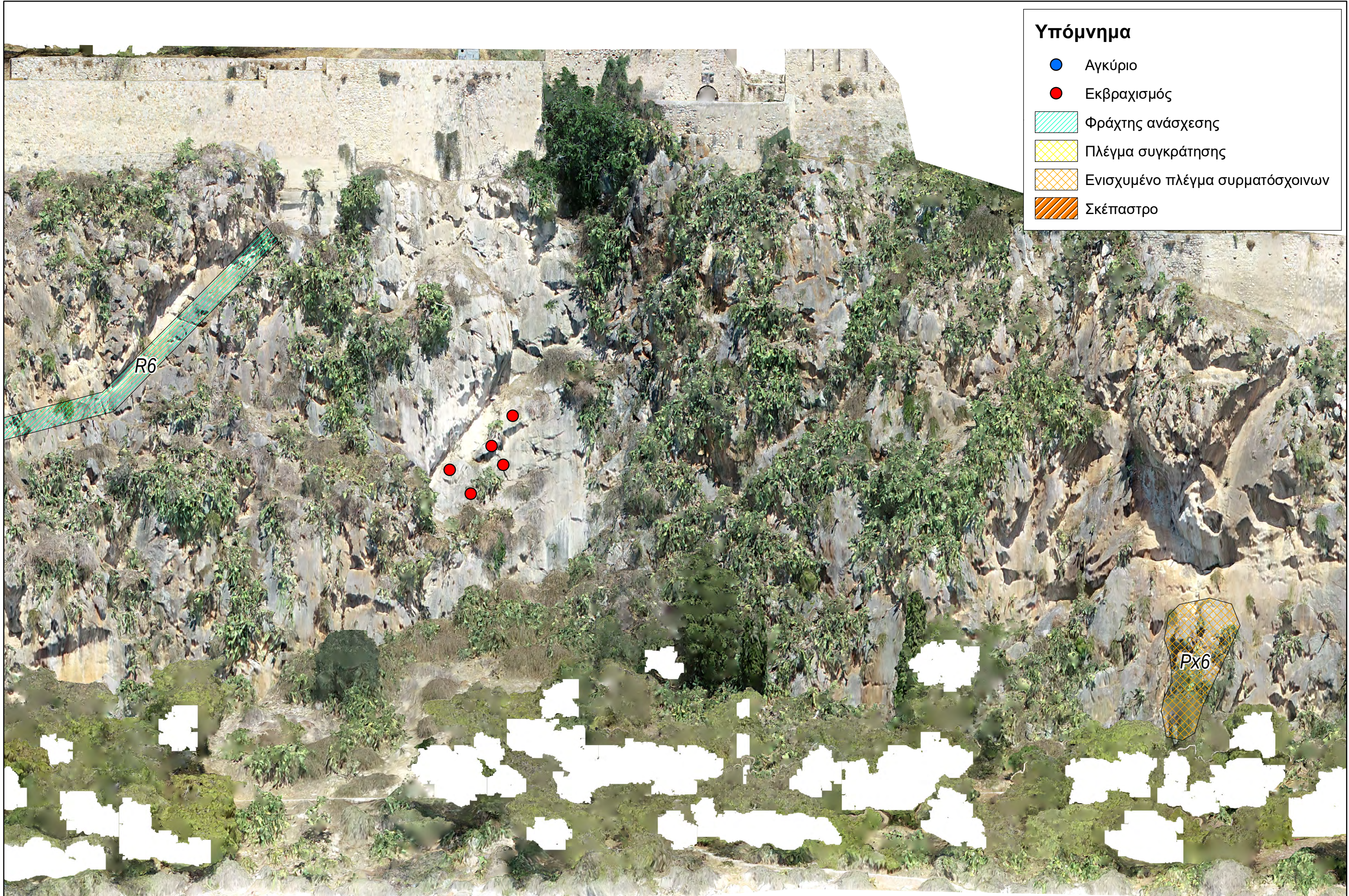


Υπόμνημα

- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων
- ▨ Σκέπαστρο







### Υπόμνημα

- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- Φράχτης ανάσχεσης
- Πλέγμα συγκράτησης
- Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων
- Σκέπαστρο



# Υπόμνημα

- Αγκύριο
- Εκβραχισμός
- ▨ Φράχτης ανάσχεσης
- ▨ Πλέγμα συγκράτησης
- ▨ Ενισχυμένο πλέγμα συρματοσχοινων
- ▨ Σκέπαστρο

