



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

«ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ ΚΑΙ
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΤΟΥ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΜΜΕΝΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ “ΒΛΑΧΟΥ”
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωργαράς Νίκος , Χρυσοχοΐδης Χρήστος

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωσταντίνος

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

«ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ ΚΑΙ
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΤΟΥ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΜΜΕΝΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ “ΒΛΑΧΟΥ”
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Γεωργαράς Νίκος, Χρυσοχοΐδης Χρήστος

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωσταντίνος
Επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις --/--/2014

Λουπασάκης Κωσταντίνος, Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π,

Ροντογιάννη Θεοδώρα, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π,

Μενεγάκη Μαρία, Επ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π,

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2. ΠΡΑΝΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ	16
2.1 ΠΡΑΝΗ.....	16
2.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ	17
2.1.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ.....	18
2.2 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ.....	18
2.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	19
2.2.2 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	20
2.2.2.1 ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ (FAULTS).....	20
2.2.2.2 ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ (TOPPLINGS)	21
2.2.2.3 ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (SLIDES).....	22
2.2.2.4 ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ (ΥΠΟΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ) ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ (LATERAL SPREADS)	23
2.2.2.5 ΡΟΕΣ (FLOWS)	24
2.2.2.6 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ (COMPLEX).....	24
2.2.2.7 ΕΡΠΥΣΜΟΙ	24
2.3 ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ.....	26
2.3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ.....	27
2.3.2 ΤΡΟΧΙΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΝ	28
2.3.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ	28
2.3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΤΕΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΜΙΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ.....	30
2.3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ.....	30
2.3.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	31
2.4 ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ	32
2.4.1 ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	32
2.4.1.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ.....	32
2.4.1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	32
2.4.2 ΜΟΡΦΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.....	35
2.4.2.1 ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΦΗΝΑΣ.....	36
2.4.2.2 ΑΣΤΟΧΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.....	38

2.4.2.3 ΑΝΑΤΡΟΠΗ.....	39
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	40
3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ	41
3.1.1 ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	43
3.1.2 ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	46
3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ «ΒΛΑΧΟΥ»	46
3.2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	48
3.2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	52
4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	54
4.1 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ.....	55
5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΑΝΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ «ΒΛΑΧΟΥ»	65
5.1 ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	65
5.2 ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ DIPS	67
5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΑΝΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ «ΒΛΑΧΟΥ».....	67
5.3.1 ΔΥΤΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ ΑΒ.....	67
5.3.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΒ.....	68
5.3.1.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	68
5.3.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΒ.....	70
5.3.2 ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ ΒΓ	72
5.3.2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΒΓ	72
5.3.2.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	72
5.3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΒΓ	74
5.3.3 ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ ΓΔ.....	76
5.3.3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΓΔ.....	76
5.3.3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	77
5.3.3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΓΔ.....	79

5.3.4 ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ ΔΕ	81
5.3.4.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΔΕ	81
5.3.4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	82
5.3.4.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΔΕ	83
5.3.5 ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ ΕΖ	85
5.3.5.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΕΖ.....	85
5.3.5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	86
5.3.5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΕΖ.....	87
5.3.6 ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ ΖΗ	89
5.3.6.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΖΗ	89
5.3.6.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	90
5.3.6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΖΗ	92
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ROCFALL.....	95
6.1 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROCFALL.....	95
6.1.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ROCFALL	95
6.1.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΑΝΟΥΣ.....	96
6.1.1.2 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ ΠΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥΣ	96
6.1.1.3 ΘΕΣΕΙΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΩΝ (SEEDERS).....	97
6.1.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ.....	98
6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΑΝΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ «ΒΛΑΧΟΥ».....	99
6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ	105
6.3.1 ΤΜΗΜΑ ΑΒ.....	106
6.3.2 ΤΜΗΜΑ ΒΓ	108
6.3.3 ΤΜΗΜΑ ΓΔ	109
6.3.4 ΤΜΗΜΑ ΔΕ	111
6.3.5 ΤΜΗΜΑ ΕΖ	112

6.3.6 ΤΜΗΜΑ ΖΗ.....	114
7. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ ΒΡΑΧΩΝ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ «ΒΛΑΧΟΥ»	116
7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	116
7.2 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	117
7.2.1 ΤΜΗΜΑ ΑΒ.....	121
7.2.2 ΤΜΗΜΑ ΒΓ	124
7.2.3 ΤΜΗΜΑ ΓΔ	125
7.2.4 ΤΜΗΜΑ ΔΕ	126
7.2.5 ΤΜΗΜΑ ΕΖ	127
7.2.6 ΤΜΗΜΑ ΖΗ.....	130
7.3.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	134
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	136

ΣΧΗΜΑΤΑ

2.1 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου κατάπτωσης	21
2.2 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ανατροπής.....	21
2.3 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου περιστροφικής ολίσθησης.....	22
2.4 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου στρωματοειδούς ολίσθησης	23
2.5 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου πλευρικής εξαπλώσεως.....	23
2.6 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ροής	24
2.7 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ερπυσμού	25
2.8 Κύριοι τύποι κατολισθητικών κινήσεων	25
2.9 Επίδραση της κλίσης του πρανούς στο είδος κίνησης των τεμαχίων.....	27
2.10 Διάφοροι τύποι δυνητικών αστοχιών	36
2.11 Η πλέον αναγκάια συνθήκη για αστοχία σφήνας ($\psi_f > \psi_j > \phi$)	37
2.12 Αστοχία σφήνας με ολίσθηση μόνο κατά μήκος της γραμμής διατομής των δύο επιπέδων, και με ολίσθηση μόνο κατά μήκος του ενός επιπέδου	38
2.13 Σχηματική απεικόνιση των συνθηκών για την εκδήλωση αστοχιών επιπέδου και σφήνας σε βραχώδη πρανή	39
2.14 Τύπος αστοχίας ανατροπής (toppling) από Goodman, 1980.	39
3.3 Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών κατά Παπανικολάου et al. 2004	42
3.4 Ακριβής τοποθεσία λατομείου “Βλάχου”	47

3.5 Επιμέρους τμήματα πρανών λατομείου Βλάχου όπως ορίστηκαν για τις ανάγκες της μελέτης	48
4.1 Κύριες σεισμοτεκτονικές ιδιότητες του χώρου του Αιγαίου και των γύρω περιοχών	54
4.2 Οι τρεις κατηγορίες (III, II, I) ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στις οποίες χωρίσθηκε ο Ελληνικός χώρος σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση	55
4.3 Χάρτης ισοβλαβών καμπυλών για το σεισμό της Αθήνας της 7 ^{ης} Σεπτεμβρίου του 1999.....	58
4.4 Χωρική κατανομή epicέντρων σεισμών μεγέθους $M_s > 5$ στην ευρύτερη περιοχή έρευνας από το 550 π.Χ έως το 1900 μ.Χ.....	63
4.5 Χωρική κατανομή epicέντρων σεισμών μεγέθους $M_s > 5$ στην ευρύτερη περιοχή έρευνας από το 1901 έως το 2004.....	63
5.1 Επιμέρους τμήματα πρανών λατομείου Βλάχου όπως ορίστηκαν για τις ανάγκες της μελέτης	65
5.2 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των τριών κύριων συστημάτων των ασυνεχειών	66
5.3 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές AB).....	68
5.4 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές AB).....	69
5.5 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές AB.....	71
5.6 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές AB.....	72
5.7 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΒΓ)	73
5.8 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΒΓ).....	74
5.9 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΒΓ	75
5.10 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΒΓ	76
5.11 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΓΔ)	77
5.12 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΓΔ)	78
5.13 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΓΔ	80
5.14 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΓΔ	81
5.15 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΔΕ)	82
5.16 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΔΕ).....	83
5.17 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΔΕ	84

5.18 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΔΕ	85
5.19 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΕΖ)	86
5.20 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΕΖ)	87
5.21 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΕΖ	88
5.22 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΕΖ	89
5.23 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΖΗ)	90
5.24 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΖΗ).....	91
5.25 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΖΗ	93
5.26 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΖΗ	94
6.1 Παράδειγμα προσομοίωσης με και χωρίς αρχική γωνιακή ταχύτητα.	97
6.2 Σκαρίφημα πρανούς ΑΒ.....	99
6.3 Σκαρίφημα πρανούς ΒΓ	100
6.4 Σκαρίφημα πρανούς ΓΔ.....	100
6.5 Σκαρίφημα πρανούς ΔΕ	101
6.6 Σκαρίφημα πρανούς ΕΖ.....	101
6.7 Σκαρίφημα πρανούς ΖΗ.....	102
6.8 Παράθυρο εισαγωγής παραμέτρων ασβεστόλιθου στο Rocfall	103
6.9 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΑΒ	106
6.10 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΑΒ.....	107
6.11 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΒΓ	108
6.12 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΒΓ	109
6.13 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΓΔ	109
6.14 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΓΔ	110
6.15 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΔΕ.....	111
6.16 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΔΕ	112

6.17 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές EZ.....	112
6.18 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές EZ	113
6.19 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14k για το πρανές ZH	114
6.20 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ZH.....	115
7.1 Κατηγορίες μέτρων προστασίας και σταθεροποίησης πρανών.....	117
7.2 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος AB.....	121
7.3 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	122
7.4 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	122
7.5 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος AB.....	123
7.6 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	123
7.7 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΒΓ	124
7.8 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων που καταλήγουν στην τάφρο, βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του μεταλλικού φράχτη.....	125
7.9 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΓΔ.....	126
7.10 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων που καταλήγουν στην τάφρο, βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του μεταλλικού φράχτη.....	126
7.11 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΔΕ.....	127
7.12 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος EZ	128
7.13 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	128
7.14 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	129
7.15 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος EZ.....	130
7.16 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	130
7.17 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος ZH	131
7.18 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	132
7.19 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.....	132

7.20 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος ΖΗ	133
7.21 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.	133
8.1 Συγκεντρωτική απεικόνιση προτεινόμενων μέτρων προστασίας ανα τμήμα στο λατομείο Βλαχου	138

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

3.1 Δορυφορική φωτογραφία Αττικής	40
3.2 Παλαιά λατομεία Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων: η εσωτερική χαοτική δομή της Ενότητας Αθηνών με συνύπαρξη πελαγικών σχιστών, ψαμμιτών (Sch A) και νηρητικών ασβεστόλιθων του Άνω Κρητιδικού (CA1 ανοικτόχρωμοι, CA2 σκουρόχρωμοι) από Παπανικολάου et al.2004.....	45
3.3 Πανοραμική φωτογραφία του λατομείου “Βλάχου”	48
3.4 Φωτογραφία τμήματος ΑΒ.....	49
3.5 Φωτογραφία τμήματος ΒΓ	49
3.6 Φωτογραφία τμήματος ΓΔ	50
3.7 Φωτογραφία τμήματος ΔΕ	50
3.8 Φωτογραφία τμήματος ΕΖ	51
3.9 Φωτογραφία τμήματος ΖΗ.....	51
3.10 Καθρέπτης ρήγματος στο λατομείο “Βλάχου”.....	53
5.1 Χάσμα που αναπτύσσεται κατά μήκος του ρήγματος F1 στο πρανές ΑΒ	70
5.2 Τα ρήγματα F2, F3, F4, F5, F6, F7 και F8 που εμφανίζονται στο πρανές ΒΓ	74
5.3 Τα ρήγματα F9, F10 και F11 που εμφανίζονται στο πρανές ΓΔ	79
5.4 Καθρέφτης ρήγματος F12 στο πρανές ΖΗ	92
6.1 Κάποια από τα αποκολλημένα βραχοτεμάχια που μετρήθηκαν για τον καθορισμό της μάζας τους.....	105
7.1 Μεταλλικός φράκτης.....	118
7.2 Φράκτης ανάσχεσης	119
7.3 Μεταλλικό πλέγμα συγκράτησης βραχοτεμαχίων	120

ΠΙΝΑΚΕΣ

2.1 Προτεινόμενη κλίμακα ταχύτητας κατολισθήσεων (Varnes, 1979).	20
4.1 Κατάλογος σεισμών μεγέθους $M_s \geq 5,0$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή (ακτίνας 100km) του Δήμου Αθηναίων κατά την περίοδο 550 π.Χ.- 1900μ.Χ. 60	
4.2 Κατάλογος σεισμών μεγέθους $M_s \geq 5,0$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώ-	

ρα στην ευρύτερη περιοχή (ακτίνας 100km) του Δήμου Αθηναίων κατά την περίοδο 1901 έως 31-05-04.....	61
4.3 Κατηγορίες εδάφους σύμφωνα με Ε.Α.Κ. 2000	64
6.1 Πίνακας υλικών πρσανούς βασισμένους στον πίνακα παραγόντων κρούσης της Rocscience. ..	103
7.1 Συγκεντρωτικός πίνακας μέγιστης Κινητικής ενέργειας, ύψους αναπήδησης	116

ΧΑΡΤΕΣ

3.1 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Αττικής (1: μεταλπικοί σχηματισμοί Ανω Μειοκαινικής-Ολοκαινικής ηλικίας, 2 : μη μεταμορφωμένοι αλπικοί σχηματισμοί, 3 : μεταμορφωμένοι αλπικοί σχηματισμοί, 4 : κύρια ρήγματα, 5 : μεγάλης κλίμακα τεκτονική επαφή – αποκόλληση (Παπανικολάου et al. 2002)	41
3.2 Ενοποιημένος γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης (1. Νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις, 2. Πελαγονική ζώνη, 2.1. Φλύσχης, 2.2. Ασβεστόλιθοι Άνω Κρητιδικού, 2.3. Νεοπαλαιοζωϊκά- τριαδικοϊουρασικά μεταμορφωμένα πετρώματα, ασβεστόλιθοι και δολομίτες, 3. Αυτόχθονη ενότητα, 4. Αλλόχθονη ενότητα 5. Επώθηση (Katsikatsos et al. 1986) .	42
3.3 Μεγέθυνση του χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε κλίμακας 1:50.000, φύλλο “Κορωπί-Πλάκα στο σημείο ενδιαφέροντος. Το λατομείο Βλάχου διακρίνεται σκιαγραφημένο με κόκκινο χρώμα	52
7.1 Π.Δ. 187- ΦΕΚ Δ΄16/6/2011. Καθορισμός μέτρων προστασίας της περιοχής του όρους Υμηττού και των Μητροπολιτικών Πάρκων Γουδή-Ιλισσίων	134

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τους Γεωργαρά Νικόλαο και Χρυσοχοΐδη Χρήστο, φοιτητές της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών στον τομέα της Γεωτεχνολογίας, στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος Σπουδών της Σχολής για την απόκτηση διπλώματος μηχανικού Ε.Μ.Π και την επιτυχή ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών.

Η εργασία αυτή αποτελείται από έναν συνδυασμό υπαίθριων μετρήσεων, επί τόπου παρατηρήσεων και χρήσης των κατάλληλων προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή με σκοπό την πρόταση των κατάλληλων μέτρων αντιστήριξης και προστασίας που θα καταστήσουν το χώρο του Λατομείου «Βλάχου» ασφαλή και αξιοποιήσιμο.

Η προσπάθεια αυτή ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2013. Με την ολοκλήρωσή της, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ Λουπασάκη Κωνσταντίνο, που ήταν πάντα διαθέσιμος και πρόθυμος να μας βοηθήσει σε οποιοδήποτε πρόβλημα προέκυπτε.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για την πολύπλευρη στήριξη, υπομονή και συμπαράσταση που μας παρείχαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της ευστάθειας των πρανών του Λατομείου ‘Βλάχου’ και η πρόταση των κατάλληλων μέτρων προστασίας ώστε να καταστεί δυνατή η μελλοντική αξιοποίηση του χώρου από τους αρμόδιους φορείς. Το λατομείο αυτό, πλέον ανενεργό, βρίσκεται στους ΝΔ πρόποδες του Υμηττού και εντάσσεται σε μια σειρά λατομείων που αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα κατά τα μεταπολεμικά χρόνια.

Αρχικά μελετήθηκαν τα γεωλογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής, με τη βοήθεια γεωλογικών χαρτών και επί τόπου παρατηρήσεων. Για την πληρέστερη μελέτη του χώρου, κρίθηκε απαραίτητος ο διαχωρισμός των πρανών του λατομείου σε έξι επιμέρους τμήματα. Εξαιτίας της λατομικής δραστηριότητας, τα πρανή αυτά παρουσιάζουν μεταβλητό προσανατολισμό, κλίση και ύψος. Όσον αφορά στα γεωλογικά χαρακτηριστικά, το λατομείο απαρτίζεται από Αλπικούς σχηματισμούς, ενώ στρωματογραφικά αποτελείται εξ ολοκλήρου από Δολομίτες Πιρναρής.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν υπαίθριες μετρήσεις με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας. Κατεγράφησαν δεδομένα όπως ο προσανατολισμός των επιμέρους πρανών, η κλίση τους, τα στοιχεία προσανατολισμού των ρηγμάτων που εντοπίστηκαν, καθώς και η μέγιστη κλίση και η διεύθυνση μέγιστης κλίσης μεγάλου αριθμού ασυνεχειών. Με την εισαγωγή των δεδομένων αυτών στο πρόγραμμα DIPS, προσδιορίστηκαν τα κυριότερα συστήματα ασυνεχειών που διατέμνουν τη βραχομάζα και εκτιμήθηκαν οι μορφές δυνητικής αστοχίας.

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις καταπτώσεων βραχοτεμαχίων με τη χρήση του προγράμματος Rocfall με σκοπό τον καθορισμό των απαιτούμενων μέτρων προστασίας των πρηνών που περιβάλλουν το λατομείο. Για κάθε επιμέρους τμήμα πραγματοποιήθηκαν 4 προσομοιώσεις στηριζόμενες στις διαφορετικές μάζες των ήδη αποκολλημένων βραχοτεμαχίων. Οι πληροφορίες που προέκυψαν από το πρόγραμμα Rocfall μέσω γραφικών παραστάσεων και διαγραμμάτων, σχετικά με την αναμενόμενη κινητική ενέργεια, το ύψος αναπήδησης και τη θέση κατάληξης των βραχοτεμαχίων κατέστησαν δυνατό τον καθορισμό της φέρουσας ικανότητας, της ανθεκτικότητας, του μεγέθους και της θέσης τοποθέτησης των απαραίτητων μέτρων προστασίας – αντιστήριξης.

Αξιολογώντας τις ανωτέρω αναλύσεις, προέκυψε το συμπέρασμα πως στο λατομείο «Βλάχου» υπάρχει κίνδυνος εκδηλώσεως κατολισθήσεων κυρίως λόγω της κατακερματισμένης βραχομάζας, του φαινομένου της ανατροπής που δύναται να παρουσιαστεί στα περισσότερα από τα επιμέρους τμήματα και των επικρεμάμενων τεμαχίων που παραμένουν στην επιφάνεια των πρηνών ως προϊόν της παλαιάς λατομικής δραστηριότητας. Συμπερασματικά, το λατομείο «Βλάχου» κρίθηκε ως ένας χώρος εύκολα αξιοποιήσιμος, καθώς τα προαναφερθέντα αίτια μπορούν να αντιμετωπιστούν πολύ αποτελεσματικά μέσω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Με βάση όλα τα παραπάνω, συντάχθηκε μια ολοκληρωμένη πρόταση μέτρων προστασίας από καταπτώσεις βράχων, ώστε ο χώρος μελέτης να καταστεί ασφαλής και έτοιμος προς αξιοποίηση.

ABSTRACT

The objective of this paper is the study of the stability conditions present at the slopes of the ex-quarry “Vlachos” and the proposal of the appropriate protection measures to enable the future development of the area by the official authorities. The quarry is located at the SW foothills of mountain Hymettus and is one of the several quarries developed in the region during the post WW II years.

Initially, the geological and morphological characteristics of the area of interest were investigated, with the help of geological maps and in situ observations. In order to achieve a more in depth study of the area, the slopes of the quarry were separated into six sub-sections. These sub-sections are of variable orientation, tilt and height due to the mining operations that took place in the past. With respect to geological features, the area of quarry is consisted by alpine formations while stratigraphically the presence of Dolomites Pirnaris was confirmed.

Following the geological and morphological investigation, outdoor measurements were taken with the use geological compass in order to record data such as the orientation and deviation of the individual slopes, orientation of detected faults, dip and dip direction of a large number of discontinuities. With the implementation of the above data into the program DIPS, it was made possible to identify the main systems of discontinuities intersecting the rock mass as well as the potential forms of slope stability failure.

Subsequently, rock fall simulations were conducted using the program Rocfall in order to determine the necessary protective measures needed to secure, the slopes surrounding the quarry. For each sub-section four separate simulations were performed, relying on different masses of detached rock discovered at the site. The information derived through graphs and charts on the expected kinetic energy, bounce height and terminal position of falling rocks, made it possible to determine the bearing capacity, durability, size and mounting position of the necessary protection measures.

Evaluating the results of the above analysis, it was concluded that the quarry "Vlachos" presents a high risk of landslides occurring mainly due to the presence of fragmented rock mass, the discovered high probability of toppling failure occurrence in most of quarry's sub-sections as well as the large number of overhanging pieces remaining on the surface of the slopes. In conclusion, the quarry "Vlachos" was considered as an area easily exploitable, as the above causes of rock fall can be treated very effectively throughout human intervention.

Considering all the above, a complete and comprehensive proposal of protective measures against rock falls was edited, in order to assure the area of interest is made safe for any future development.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξορυκτική δραστηριότητα από την αρχαιότητα έως σήμερα αποτέλεσε πυλώνα της ανάπτυξης του πρωτογενούς τομέα. Τα όρη της Αττικής (Υμηττός, Πεντέλη, Αιγάλεω) , πλούσια σε μάρμαρα και ασβεστόλιθους, παρείχαν ιδανικό γεωλογικό περιβάλλον για εξορύξεις με αποτέλεσμα τη λειτουργία πολλών λατομικών χώρων που προσέφεραν δομικά υλικά.

Με το πέρασμα των χρόνων και τη ραγδαία ανάπτυξη του αστικού ιστού, τα λατομεία τερμάτισαν τη λειτουργία τους και επακολούθησε αλλαγή της χρήσης τους.

Πέρα από τις όποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την διαδικασία εξόρυξης κατά τη φάση λειτουργίας ενός λατομείου, μεγαλύτερο ίσως προβληματισμό φέρει η μόνιμη μετεξορυκτική όχληση. Δηλαδή η παραμονή του λατομικού χώρου όταν πλέον παύσουν οι εξορυκτικές δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό, συνηθίζεται μετά το πέρας των εξορυκτικών δραστηριοτήτων η αποκατάσταση του χώρου. Η αποκατάσταση σε περιοχές εντός του αστικού ιστού, συνίσταται στο συνδυασμό αναπτυξιακών έργων με περιβαλλοντικό χαρακτήρα και ποικίλες χρήσεις εξαρτώμενες από τις τοπικές ανάγκες (Milgrom, 2008).

Από τη φύση τους τα ανενεργά λατομεία αποτελώντας «κουφάρια» εντός του αστικού ιστού, προκαλούν έντονη οπτική όχληση στο περιβάλλον τους αλλοιώνοντας το τοπίο και τις γεωμορφές του. Επίσης, επηρεάζουν την τοπική βλάστηση καθώς και συνολικά τις χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή. Οι ευμεγέθεις αυτές κοιλότητες εντάσσονται υποχρεωτικά στον αστικό ιστό όταν η πόλη εκτείνεται πέριξ αυτών. Συνεπώς επιβάλλεται η αλλαγή της χρήσης τους προς όφελος του κοινωνικού συνόλου. Από την άλλη, η εγκατάλειψη των λατομικών χώρων εντός του αστικού ιστού ελλοχεύει κινδύνους από ατυχήματα, ρύπανση και προσφέρει τόπο σε παράνομες δραστηριότητες. Η ένταξη και αξιοποίησή τους μετά από την περιβαλλοντική αποκατάσταση είναι απολύτως απαραίτητη. Τις περισσότερες φορές αποτελούν μοναδική ευκαιρία για την κατασκευή κοινόχρηστων χώρων στις πόλεις όπου παρατηρείται παντελής έλλειψη ελεύθερων χώρων.

Σε κάθε περίπτωση χρειάζεται να διερευνάται η σκοπιμότητα κάθε χωροθέτησης και να εξαντλούνται οι δυνατότητες ενσωμάτωσης των εγκαταστάσεων εντός του αστικού ιστού. Η αξιοποίηση των ανενεργών λατομείων και η ορθή χρήση αυτών επιβάλει ειδική μελέτη αποκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικές, τεχνικές, νομικές και οικονομικές παραμέτρους.

Στην Αττική η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την αποκατάσταση των ανενεργών λατομείων είναι η επαναπλήρωση των κοιλοτήτων είτε με γαιώδη υλικά προερχόμενα από τα στείρα της εκμετάλλευσης του λατομείου, είτε με υλικά εκσκαφής άλλων τεχνικών έργων. Η μέθοδος αυτή, η οποία αφορά ολική πλήρωση και συνοδεύεται από δενδροφύτευση εφαρμόστηκε κυρίως στα λατομεία που βρίσκονται στις πλαγιές των ορέων Πεντέλης, Αιγάλεω και Υμηττού και που είναι ορατά από τον αστικό ιστό. Στα

λατομεία εκείνα που με τις επεκτάσεις του πολεοδομικού σχεδίου εντάχθηκαν εντός του αστικού ιστού εφαρμόστηκε κυρίως μερική επιχωμάτωση, ώστε να διαμορφωθούν επίπεδες επιφάνειες πάνω στις οποίες κατασκευάστηκαν εγκαταστάσεις αθλητισμού, αναψυχής και πολιτισμού.

Σήμερα στο λεκανοπέδιο Αττικής υπάρχουν δεκάδες ανενεργά λατομεία, πολλά εκ των οποίων έχουν αξιοποιηθεί από τους κατά τόπους αρμόδιους φορείς με την κατασκευή χώρων αναψυχής, αθλητικών εγκαταστάσεων, θεάτρων ή ακόμα και με την εγκατάσταση δημοτικών εργοταξίων.

Το ανενεργό λατομείο «Βλάχου», το οποίο αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της εργασίας αυτής, βρίσκεται στους Α.-Ν.Α πρόποδες του Υμηττού (latitude 37° 54' 7.50" 23° N, longitude 45' 56.49" E, elevation 140m) επί της οδού Αγ. Νεκταρίου, του δήμου Γλυφάδας. Λειτουργήσε για την εξόρυξη αδρανών υλικών και εντάσσεται σε μία σειρά λατομείων που αναπτύχθηκαν στον Υμηττό ιδιαίτερα κατά τα μεταπολεμικά χρόνια. Στο χώρο της πλατείας παραμένουν κάποιες από τις εγκαταστάσεις που λειτουργούσαν κατά την εκμετάλλευση, οι οποίες αποτελούν εστίες μόλυνσης. Δεν υπάρχουν μέτρα προστασίας από πιθανές καταπτώσεις βράχων, ούτε και κάποια περίφραξη στο φρύδι των εκσκαφών ή στην είσοδο του χώρου. Επίσης, δεν έχει γίνει ο απαραίτητος καθαρισμός της επιφάνειας των πρανών με αποτέλεσμα να παραμένουν επικρεμάμενα τεμάχια στο φρύδι και στο μέτωπό τους, τα οποία δύναται να ολισθήσουν ανάλογα με τις συνθήκες. Συνεπώς το λατομείο στην παρούσα κατάστασή του είναι ένας επικίνδυνος χώρος με απορρίμματα, μπάζα και εστίες μόλυνσης. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αναγκαιότητα εγκατάστασης μέτρων προστασίας ώστε σε πρώτη φάση ο χώρος του λατομείου να καταστεί ασφαλής. Στη συνέχεια, οι αρμόδιοι φορείς θα αποφασίσουν για την περαιτέρω αξιοποίηση του χώρου, με σκοπό να τον μετατρέψουν σε ένα πόλο έλξης για πολίτες όλων των ηλικιών.

2. ΠΡΑΝΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ

2.1 ΠΡΑΝΗ

Ως πρανή ορίζονται κεκλιμένοι φυσικοί ή τεχνητοί σχηματισμοί εδάφους ή βράχου. Σε κάθε πρανές η διαφορά στάθμης και οι κλίσεις που το χαρακτηρίζουν, δημιουργούν δυνάμεις βαρύτητας, οι οποίες σε συνδυασμό με τις δυνάμεις που αναπτύσσονται από την πιθανή παρουσία νερού στο έδαφος, έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη διατμητικών δυνάμεων στο εσωτερικό τους, οι οποίες τείνουν να μετακινήσουν τη μάζα προκειμένου να εξομαλύνουν το ανάγλυφο. Στις διατμητικές αυτές τάσεις αντιτίθεται η διατμητική αντοχή του εδάφους και στη περίπτωση που αυτή δεν επαρκεί, τότε προκαλείται θραύση του πρανού και μετακίνηση της εδαφικής μάζας, που ονομάζεται κατολίσθηση. (Turner&Schuster 1996)

Αστοχία πρανού είναι η κατάρρευση μάζας της επιφάνειάς του. Αστοχία μπορεί να επέλθει είτε λόγω της ανθρώπινης επέμβασης στη φύση με την κατασκευή τεχνικών έργων (εκσκαφές ορυγμάτων, υποσκαφές, επιφορτίσεις, κ.α.), τα οποία διαταράσσουν την υφιστάμενη ισορροπία στο έδαφος είτε υπό την επίδραση γεωλογικών, γεωτεκτονικών ή φυσικών παραγόντων. Φαινόμενα όπως η διάβρωση, η μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα, οι σεισμοί κ.α. μπορούν να προκαλέσουν την αστοχία ενός πρανού. (Turner&Schuster 1996)

Τα τεχνητά πρανή κατασκευάζονται σε διάφορα τεχνικά έργα και προκύπτουν από την εκσκαφή του φυσικού εδάφους ή από την εναπόθεση εδαφικού υλικού. Έτσι διακρίνονται δύο κατηγορίες τεχνητών πρανών, τα πρανή ορυγμάτων και τα πρανή επιχωμάτων. Η ευστάθεια ενός τέτοιου τεχνητού πρανού εξασφαλίζεται με τη χρησιμοποίηση έργων αντιστήριξης, όπως τοίχοι αντιστήριξης, διαφράγματα από πασσάλους, ακυρώσεις καθώς και οπλισμένη γη και γεωφύσματα.

Οι παράγοντες που επιδρούν κυρίως σε ένα φυσικό πρανές είναι εκείνοι της γεωλογικής δομής, των υδρογεωλογικών συνθηκών, των τεκτονικών συνθηκών και των μηχανικών χαρακτηριστικών.

Γενικά, οι κατολισθήσεις στον ελληνικό χώρο αποτελούν από τα πιο σοβαρά και καταστροφικά γεωλογικά φαινόμενα. Τα αποτελέσματά τους έχουν σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, που διαδραματίζουν αξιόλογο ρόλο στη βιωσιμότητα πολλών οικισμών, στη διατήρηση επισφαλών συνθηκών θεμελίωσης των τεχνικών έργων, στη σωστή λειτουργία του οδικού δικτύου και στη καταλληλότητα ή μη πολλών περιοχών για διάφορες χρήσεις.

Για τους παραπάνω λόγους κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος της ευστάθειας πρανών, που διαμορφώνονται κατά την κατασκευή τεχνικών έργων, αλλά και φυσικών πρανών που παρουσιάζουν ενδείξεις πιθανής κατολίσθησης.

2.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ

Τα προβλήματα ανάλυσης της ευστάθειας του πρανούς γενικώς αναλύονται με την εξέταση της ισορροπίας των δυνάμεων που τείνουν να προκαλέσουν ολίσθηση του πρανούς κατά μήκος μιας συγκεκριμένης (και διαφορετικής σε κάθε έλεγχο) επιφάνειας και εκείνων που ασκούνται κατά μήκος αυτής και αντιτίθενται στην ολίσθηση.

Η ευστάθεια των πρανών εξαρτάται από τους εξής παράγοντες :

- Τη συνοχή (c) και την εσωτερική τριβή (φ), οι οποίες συγκρατούν ενωμένα τα υλικά που αποτελούν το πρανές και αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μετακίνηση, συμβάλλοντας στην ευστάθειά τους.
- Τη βαρύτητα, η οποία τείνει να παρασύρει προς τα κάτω και προς τα έξω ορισμένη μάζα εδάφους και επομένως αποτελεί παράγοντα αστάθειας του πρανούς.
- Τη στρώση και την κατάτμηση του εδάφους.
- Την αποστράγγιση του πρανούς.
- Τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.
- Τις χρονικές μεταβολές των τάσεων και των παραμορφώσεων.

Οι μέθοδοι ανάλυσης της ευστάθειας των πρανών βασίζονται στη παραδοχή κάποιας μορφής αστοχίας. Στη περίπτωση που το υλικό μελέτης είναι βράχος τότε οι μορφές αστοχίας που παρατηρούνται είναι: α) κατολίσθηση με επίπεδη επιφάνεια ολίσθησης, β) κατολίσθηση σφηνοειδούς μορφής (διεδρική), γ) κατάπτωση με ανατροπή και δ) κατολίσθηση με περιστροφή (κυκλική). Η τελευταία παρατηρείται σε εδαφικά πρανή ή έντονα διαταραγμένους βράχους. Πιο αναλυτικά:

α) Επίπεδη ολίσθηση. Επίπεδη αστοχία προκύπτει όταν μια γεωλογική ασυνέχεια είναι παράλληλη στην επιφάνεια του πρανούς και η κλίση της επιφάνειας ολίσθησης είναι μικρότερη από τη κλίση του πρανούς και μεγαλύτερη από τη γωνία τριβής. Περίπτωση επίπεδης ολίσθησης έχουμε όταν η συνοχή είναι ίση με μηδέν ($c=0$).

β) Σφηνοειδής ολίσθηση. Αστοχία σφήνας προκύπτει όταν δημιουργηθεί μια επιφάνεια αστοχίας μεταξύ δύο ασυνεχειών, οι οποίες προκαλούν την μετακίνηση της μάζας που περικλείεται από αυτές προς τα κατόντη, κατά μήκος του ίχνους τομής τους, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια σφήνα.

γ) Κατάπτωση με ανατροπή. Κατάπτωση με ανατροπή προκύπτει όταν η κλίση των ασυνεχειών είναι αρκετά μεγάλη και αντίθετη με την κλίση του πρανούς.

δ) Κυκλική αστοχία. Όταν τα υλικά είναι πολύ ασθενή, όπως σε ένα εδαφικό πρανές, ή όταν η βραχώμαζα είναι έντονα ρηγματωμένη ή θρυμματισμένη, τότε η αστοχία ορίζεται από μια ασυνέχεια και τείνει να ακολουθήσει μια κυκλική επιφάνεια.

2.1.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Αφού γίνει η παραδοχή της μορφής αστοχίας, ακολουθεί ανάλυση με μεθόδους οριακής ισορροπίας από την οποία προκύπτει κάποιος συντελεστής, ο οποίος ονομάζεται Στατικός Συντελεστής Ασφαλείας και συμβολίζεται με F ή $F.S.$ Ο στατικός συντελεστής ασφαλείας ισούται με το λόγο των δυνάμεων ή ροπών που ανθίστανται στη ολίσθηση (διατμητική αντοχή εδάφους) προς τις δυνάμεις ή ροπές που συνεισφέρουν στην αστάθεια του πρανούς και προκαλούν την ολίσθησή του.

Αν ο συντελεστής ασφαλείας είναι ίσος με τη μονάδα τότε έχουμε οριακή ισορροπία – ευστάθεια του πρανούς. Αντίθετα, αν ο συντελεστής είναι μικρότερος από τη μονάδα τότε το πρανές είναι ασταθές και είναι πιθανή η εκδήλωση κάποιας κατολίσθησης. Συνήθως, αποδεκτοί συντελεστές ασφαλείας είναι 1.4 έως 1.5 και 1.0 όταν συνυπολογίζεται η σεισμική δράση. Ο συντελεστής ασφαλείας μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους όπως τη μέθοδο του κύκλου τριβής (Taylor), με τα νομογραφήματα Hoek και Bray κτλ.

2.2. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Οι κατολισθήσεις, όπως αναφέρει ο Βραχλιώτης (2011) μαζί με τις πυρκαγιές, τους σεισμούς τις ηφαιστειακές εκρήξεις και τις πλημμύρες, συνιστούν τις σπουδαιότερες φυσικές καταστροφές αποτελώντας βασική αιτία απώλειας ανθρώπινων ζώων αλλά και περιουσιών με σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Οι κατολισθήσεις είναι γεωλογικοί κίνδυνοι που επιφέρουν στο διεθνή χώρο αρκετές απώλειες ανθρώπινων ζώων και καταστροφές σε κατασκευές κατ' έτος. Η πλέον καταστροφική κατολίσθηση που αναφέρεται διεθνώς έλαβε χώρα στην Κίνα το 1920 μετά από σεισμό και προκάλεσε το θάνατο 100.000 ανθρώπων, καθώς τα σπίτια τους σκεπάστηκαν από μετακινημένες μάζες ασβεστόχων πηλών.

Σύμφωνα με το Ρόζο (2007) ο όρος «κατολισθητικά φαινόμενα» είναι ο πλέον αποδεκτός για να περιλάβει όλο το εύρος των αστοχιών πρανών, δηλαδή, ερπυσμούς, ολισθήσεις, ροές, ανατροπές, καταπτώσεις που μπορούν να συμβούν στη ξηρά και υποθαλάσσια.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για το φαινόμενο της κατολίσθησης.

Ακολουθούν ορισμένοι αντιπροσωπευτικοί ορισμοί.

- Οι οποιεσδήποτε μετακινήσεις εδαφικών μαζών και πετρωμάτων ασχέτως μορφής, εκτάσεως και γενεσιουργών αιτιών, που λαμβάνουν χώρα σε φυσικές επιφάνειες με απότομες κλίσεις και σε πρανή ορυγμάτων, υπό την επίδραση της βαρύτητας, άλλοτε απότομα με καταστροφικές συνέπειες και άλλοτε με μικρή ταχύτητα ορίζουν το φαινόμενο της κατολίσθησης. (Κουμαντάκης, 1984).

- Κατολίσθηση ορίζεται κάθε αλλαγή, μεγάλη ή μικρή, της επιφάνειας μιας κλιτύος, συνοδευόμενη από μετακίνηση υλικού, με ρήξη ή όχι της συνέχειάς της, αργή ή ξαφνική, που προέρχεται από δυνάμεις βαρύτητας και οφείλεται σε φυσικά ή τεχνητά αίτια. Η κατολίσθηση εκφράζει δηλαδή το αποτέλεσμα της αναζήτησης μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους, που εκτός από την περίπτωση τεχνητών αιτίων, αποτελεί μια φυσική γεωμορφολογική εξέλιξη, αλλά με πολύ μεγαλύτερες γενικά ταχύτητες. Συνεπώς, είναι δυνατή η ανθρώπινη επέμβαση για την παύση ή την επιβράδυνση του φαινομένου, με τη διαμόρφωση νέων εντατικών καταστάσεων, που δημιουργούν μια επιθυμητή νέα κατάσταση ισορροπίας. (Π. Μαρίνος)

- Εναλλακτικά η κατολίσθηση ορίζεται ως την προς τα κάτω και έξω κίνηση μιας μάζας βράχου, κορημάτων ή γαιών σε ένα πρηνές (Cruden 1991). Από αυτόν τον ορισμό εξαιρούνται οι καθιζήσεις, οι καταπτώσεις, οι θραύσεις εδάφους, καθώς και οι κατολισθήσεις, που έχουν τη μορφή και την ταχύτητα χιονοστιβάδας. Η χιονοστιβάδα χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο μεγάλης κλίμακας. Υλικά μιας τέτοιας αστοχίας μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις και διαταράσσουν τη μορφολογία του τοπίου, την κατανομή της βλάστησης και το φυσικό δίκτυο στράγγισης της ευρύτερης περιοχής.

2.2.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες ταξινομήσεις των κατολισθήσεων, οι οποίες στηρίζονται σε ποικίλα κριτήρια, με αποτέλεσμα την διαφοροποίηση των συστημάτων ταξινόμησης.

1. Ανάλογα με το στάδιο δράσης, χαρακτηρίζονται σε:
 - Ενεργές
 - Απενεργοποιημένες
 - Αδρανείς
 - Ανενεργές
 - Αρχαίες ή απολιθωμένες
2. Ανάλογα με το υλικό, η μάζα η οποία κατολισθαίνει μπορεί να είναι βράχος ή έδαφος.
3. Ανάλογα με την ταχύτητα κίνησης, υπάρχει ο παρακάτω διαχωρισμός:

Τάξη	Περιγραφή	Ταχύτητα (mm/sec)	Ταχύτητα μετακίνησης
7	Εξαιρετικά γρήγορη	$> 5 \cdot 10^{-2}$	> 5 m/sec
6	Πολύ γρήγορη	$5 \cdot 10^1$	3 m/min
5	Γρήγορη	$5 \cdot 10^{-1}$	1.8 m/hr
4	Μέτρια	$5 \cdot 10^{-3}$	1.8 m/hr
3	Αργή	$5 \cdot 10^{-5}$	1.8 m/hr
2	Πολύ αργή	$5 \cdot 10^{-7}$	1.8 m/hr
1	Εξαιρετικά αργή	$< 5 \cdot 10^{-7}$	< 1.8 m/hr

Πίνακας 2.1. Προτεινόμενη κλίμακα ταχύτητας κατολισθήσεων (Varnes, 1979).

4. Ανάλογα με το είδος της κίνησης, οι κατολισθήσεις διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Varnes, 1978) :

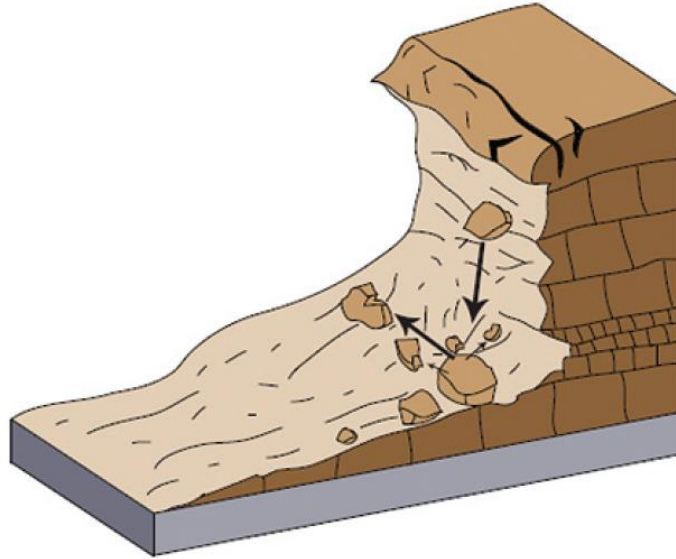
- Καταπτώσεις (falls)
- Ανατροπές (topplings)
- Ολισθήσεις (slides)
- Πλευρικές εξαπλώσεις (lateral spreads)
- Ροές (flows)
- Σύνθετες κινήσεις (complex)

2.2.2 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Οι μορφές των κατολισθήσεων όπως αναφέρεται από το Ρόζο (2007) είναι:

2.2.2.1 ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ (FALLS)

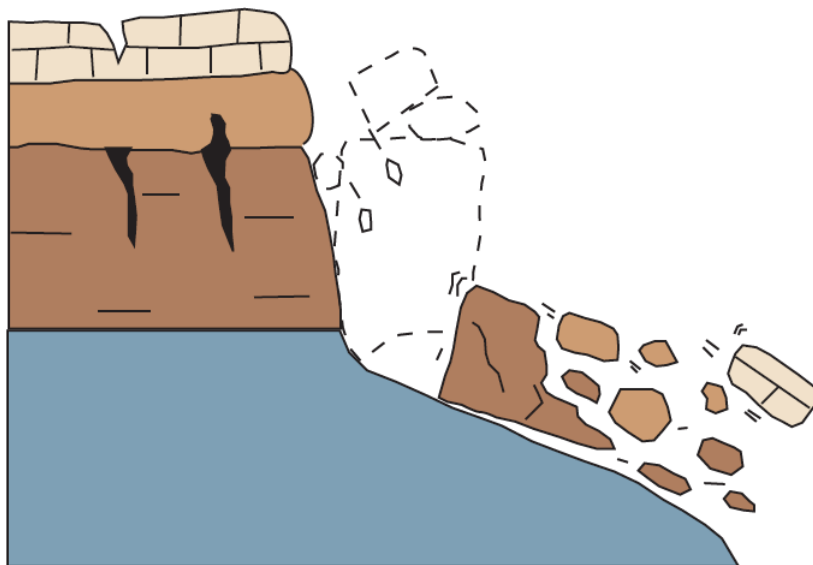
Ο όρος κατάπτωση αφορά βραχώδεις σχηματισμούς και αναφέρεται στην αποκόλληση τμημάτων βραχομάζας ποικίλου μεγέθους. Στην περίπτωση αυτή, η αποκόλληση γίνεται σε απότομο πρανές και κατά μήκος μίας επιφάνειας όπου δεν εκδηλώνεται διατμητική κίνηση. Ακολουθεί η ελεύθερη πτώση του αποσπασθέντος τμήματος της βραχομάζας με κύλιση ή αναπήδηση, δηλαδή με κατάπτωση. Είναι συνήθη φαινόμενα σε απότομα πρανή από ανθρακικά πετρώματα.



Σχήμα 2.1 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου κατάπτωσης

2.2.2.2 ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ (TOPPLINGS)

Σε ένα βραχώδη επίσης σχηματισμό, κάτω από τη δράση της βαρύτητας καθώς και άλλων παραγόντων, όπως η δράση του νερού που κινείται μέσα στις ασυνέχειες της βραχομάζας, είναι δυνατόν να εκδηλωθεί προς τα έξω ανατροπή και κατάπτωση τεμάχους, εφόσον αυτό οριοθετείται από ασυνέχειες που αποκλίνουν $\pm 10^\circ$ από την κλίση του πρανούς (νεότερες απόψεις οριοθετούν την απόκλιση στις $\pm 30^\circ$). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκαλέσει πτώσεις ή ολισθήσεις, ανάλογα με τη γεωμετρία της επιφάνειας αποκόλλησης, τη γεωμετρία της μετακινούμενης μάζας και τον προσανατολισμό των ασυνεχειών. Οι ανατροπές μπορεί να είναι εξαιρετικά αργές μέχρι και εξαιρετικά γρήγορες, ενώ πολλές φορές επιταχύνουν κατά τη κίνηση.



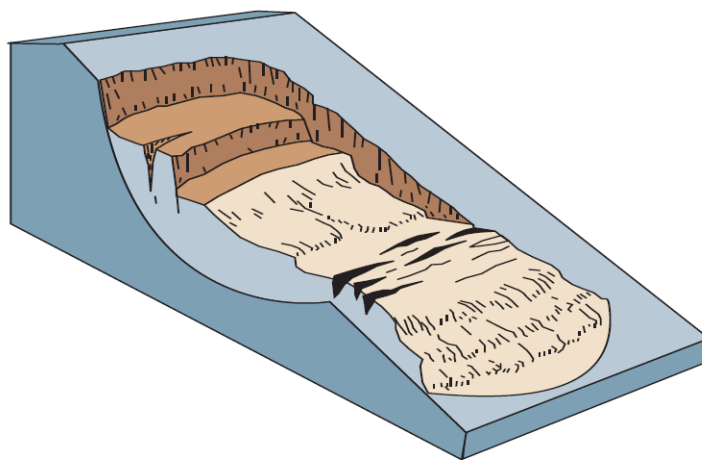
Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ανατροπής

2.2.2.3 ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (SLIDES)

Στις ολισθήσεις, η ολισθαίνουσα μάζα εδαφικών υλικών οριοθετείται από τους υποκείμενους σταθερούς εδαφικούς ορίζοντες, με μια επιφάνεια μορφής συνήθως κουταλιού. Η επιφάνεια αυτή διαμορφώνεται κατά μήκος μιας ή περισσότερων επιφανειών αδυναμίας του υλικού, κάτω από τη δράση διατμητικών δυνάμεων. Η κίνηση μπορεί να συμβεί εφ' άπαξ (και να αναφέρεται σε μια επιφάνεια ολίσθησης) ή να εξελιχθεί προοδευτικά από μια αρχική επιφάνεια προς τα ανάντι, ενσωματώνοντας περισσότερες ζώνες αδυναμίας του εδαφικού υλικού. Οι ολισθήσεις γενικά διακρίνονται στις περιστροφικές ολισθήσεις (rotational) και στις επίπεδες μετακινήσεις (translational).

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

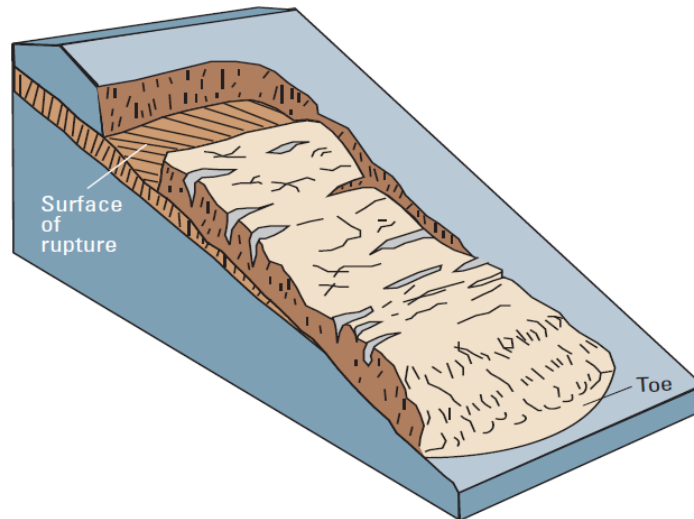
Η επιφάνεια ολίσθησης, στην περίπτωση αυτή, είναι κοίλη ή κυλινδρική, ακολουθώντας πάντως σε γενικές γραμμές προϋπάρχουσες επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας, με μικρή παραμόρφωση του τεμάχου που ολισθαίνει.



Σχήμα 2.3 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου περιστροφικής ολίσθησης

ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ (ΣΤΡΩΜΑΤΟΕΙΔΕΙΣ) ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

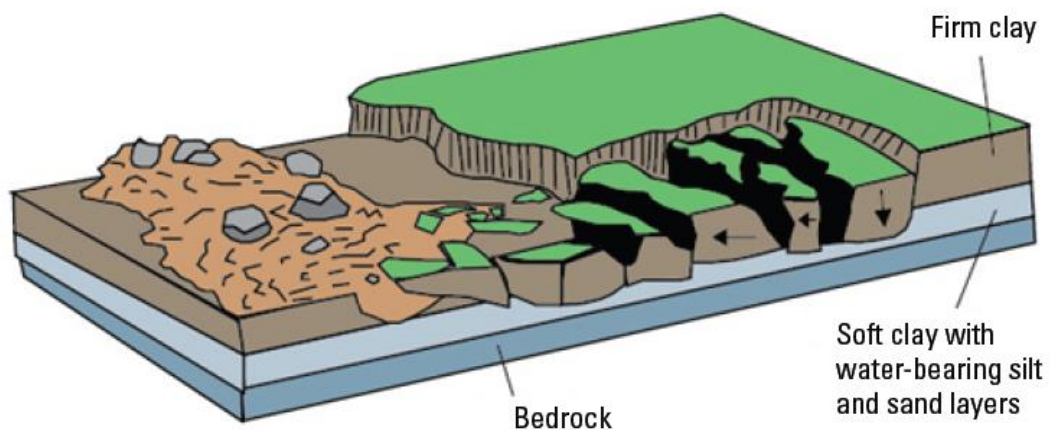
Η επιφάνεια ολίσθησης εδώ, είναι σχεδόν επίπεδη και το εδαφικό ή βραχώδες υλικό (ολίσθηση τεμάχους) κινείται κατά μήκος αυτής προς τα κάτω και προς τα έξω. Η κίνηση δηλαδή δεν περιλαμβάνει σημαντική ολική στροφή ή προς τα πίσω στροφή της κεφαλής και έτσι διακρίνεται εύκολα από την περιστροφική ολίσθηση. Κυρίως ελέγχεται από την ύπαρξη ασυνεχειών όπως στρώση, ρήγματα, διαρρήξεις κλπ.



Σχήμα 2.4 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου στρωματοειδούς ολίσθησης

2.2.2.4 ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ (ΥΠΟΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ) ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ (LATERAL SPREADS)

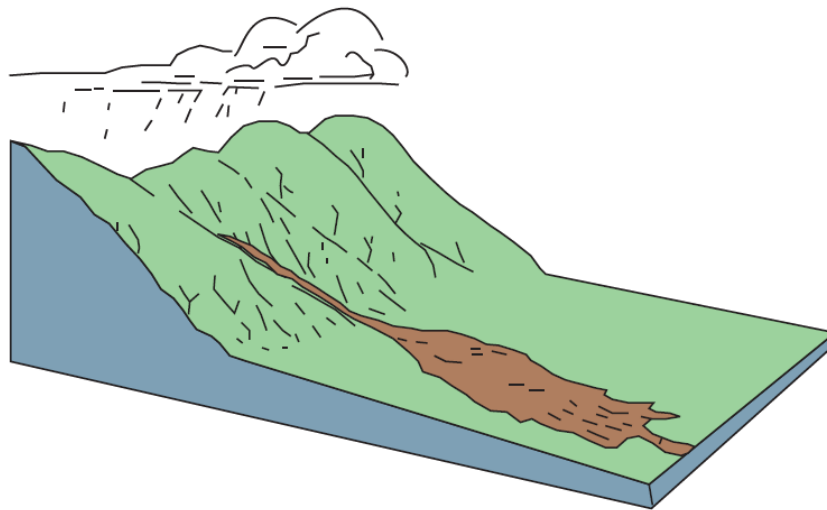
Στις πλευρικές (υποοριζόντιες) εξαπλώσεις η κίνηση συνοδεύεται από διατμητικές και εφελκυστικές ρωγμές. Γενικά, η κίνηση μπορεί να είναι επέκταση μάζας που ολισθαίνει, χωρίς να μπορεί να καθορισθεί με ακρίβεια το επίπεδο ολίσθησης ή η ζώνη πλαστικής ροής. Επίσης, πλευρικές εξαπλώσεις μπορεί να παρατηρηθούν με την ολίσθηση βραχωδών σχηματισμών ή συνεκτικών εδαφών πάνω σε μαλακά εδαφικά υλικά, όπως ρέουσες πλαστικές αργίλους ή λεπτόκοκκες άμμους και ιλύες που ρευστοποιούνται.



Σχήμα 2.5 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου πλευρικής εξαπλώσεως

2.2.2.5 ΡΟΕΣ (FLOWS)

Με τον όρο αυτό αναφέρεται η σχετική κίνηση ρευστοποιημένων εδαφικών υλικών, που αποτελούν την κινούμενη μάζα, πάνω σε μία άλλη σταθερή. Δηλαδή, το εδαφικό υλικό που μετακινείται προσομοιάζει, στις περισσότερες των περιπτώσεων, με ιξώδες ρευστό που ρέει (ροές εδαφών, ρεύματα γαιών, ρεύματα κορημάτων). Η κίνηση αυτή δεν πρέπει να συγγέεται με ερπυσμό καθώς ο τελευταίος είναι πολύ αργή κίνηση. Η ροή στους εδαφικούς σχηματισμούς, όπως η ροή γαιών (άμμου, ιλύος ή αργίλου) ή και στα πλευρικά κορήματα των ορεινών περιοχών, μπορεί να γίνει κάτω από διάφορες συνθήκες περιεχόμενης υγρασίας και με ταχύτητα από μικρή μέχρι εξαιρετικά μεγάλη.



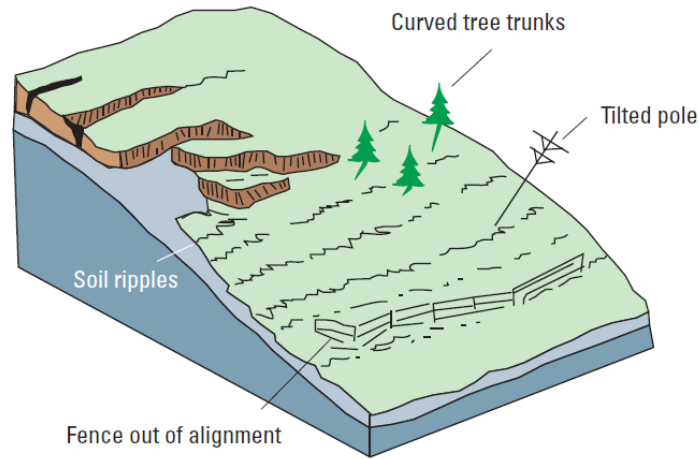
Σχήμα 2.6 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ροής

2.2.2.6 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ (COMPLEX)

Περιλαμβάνουν περισσότερους του ενός τύπους κίνησης. Δηλαδή, ένας τύπος κίνησης μετατρέπεται τυπικά σε κάποιον άλλο τύπο, ή συμβάλλει στη δημιουργία κίνησης διαφορετικού τύπου.

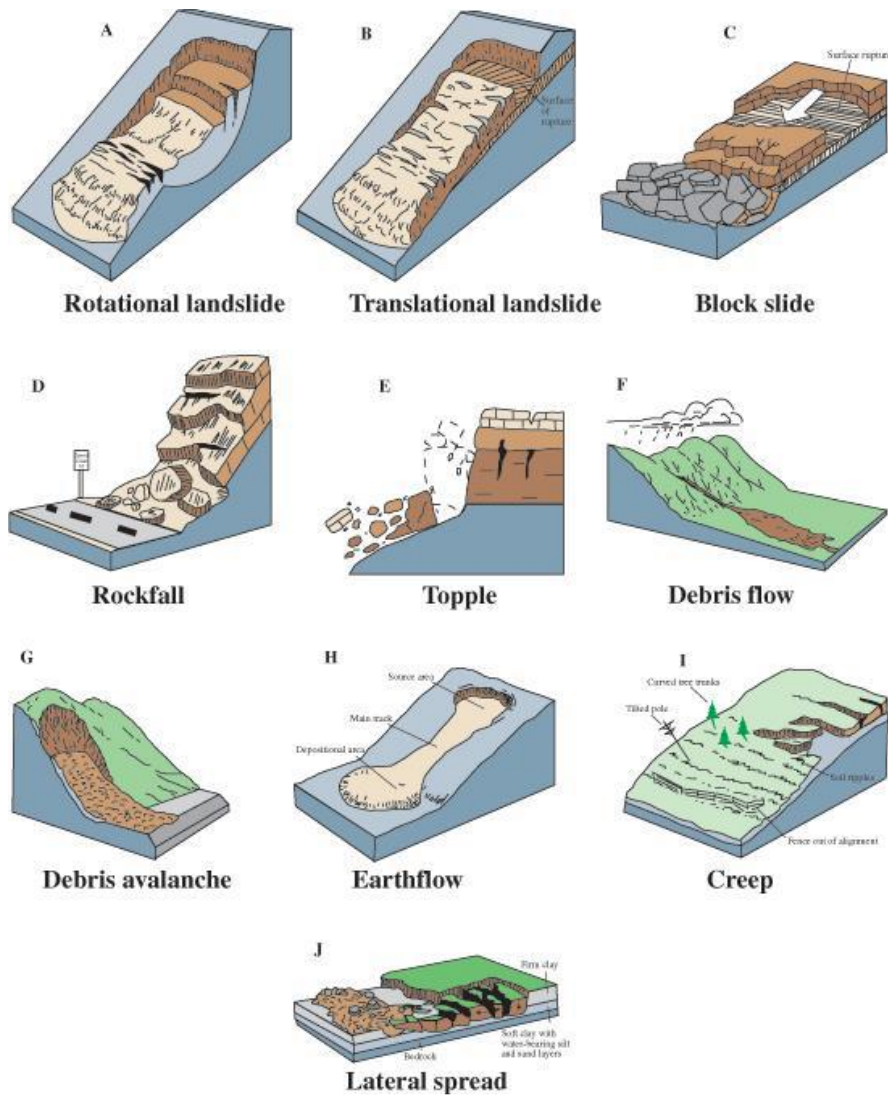
2.2.2.7 ΕΡΠΥΣΜΟΙ

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



Σχήμα 2.7 Σχηματική απεικόνιση φαινομένου ερπυσμού

Στο Σχήμα 2.8 παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι κατολισθήσεων:



Σχήμα 2.8: Κύριοι τύποι κατολισθητικών κινήσεων

2.3 ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

Με τον όρο κατάπτωση βραχώμαζας ή βραχόπτωση, χαρακτηρίζεται η αποκόλληση τμήματος εδάφους ή βράχου από απότομο πρανές (με κλίση μεγαλύτερη των 50° και συνήθως της τάξεως των 70°÷90°) κατά μήκος μιας επιφάνειας με μικρή ή σχεδόν μηδενική διατμητική αντοχή. Το μέγεθος των βραχοτεμαχίων ποικίλει, από μικρές κροκάλες μέχρι και μεγάλους ογκόλιθους με όγκο εκατοντάδων κυβικών μέτρων, και ταχύτητα κίνησης κυμαινόμενη από λίγα έως και δεκάδες μέτρα το δευτερόλεπτο. Ο Varnes (1978) όρισε την κατάπτωση ως την κίνηση ενός βραχώδη όγκου οποιουδήποτε μεγέθους, λόγω βαρύτητας με τη μορφή ελεύθερης πτώσης, κύλισης ή αναπήδησης του τεμάχους, η οποία προκαλείται από την απότομη αποκόλλησή του από πρανή με μεγάλη κλίση, κατά μήκος μιας επιφάνειας στην οποία δεν εκδηλώνεται σημαντική κίνηση. Η κίνηση είναι γρήγορη και συνήθως αυξάνει προς τα κάτω λόγω της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Πρόκειται για συνήθη φαινόμενα σε απότομα βραχώδη πρανή και ακτές, λόγω της δράσεως των κυμάτων ή λόγω σεισμικών κινήσεων. Οι καταπτώσεις βράχων κατά τον Hoek (2000) σχετίζονται με ορισμένα κλιματικά ή βιολογικά γεγονότα τα οποία μπορούν να επιφέρουν αλλαγή στις δυνάμεις που ενεργούν στον βράχο. Αναλυτικότερα, οι καταπτώσεις βράχων σχετίζονται με την αύξηση της πίεσης νερού των πόρων, λόγω διείσδυσης του βρόχινου νερού, τη διάβρωση, την αποσάθρωση, τον παγετό, την υποσκαφή λόγω εναλλαγής συνεκτικών και χαλαρών σχηματισμών, τη διαταραχή από υπερκείμενους βράχους, τη δράση του ριζικού συστήματος, τη θερμική διαστολή-συστολή και τους σεισμούς.

Οι καταπτώσεις βραχοτεμαχίων αποτελούν μια πολύ συνηθισμένη γεωμορφολογική διαδικασία με μεγάλο, όμως, βαθμό επικινδυνότητας κυρίως στις ορεινές περιοχές και κατά μήκος τεχνητών πρανών, όπου μπορεί ενδεχομένως να απειλήσει ανθρώπινες ζωές, συγκοινωνιακά δίκτυα, οικισμούς, εξοπλισμούς και εγκαταστάσεις.

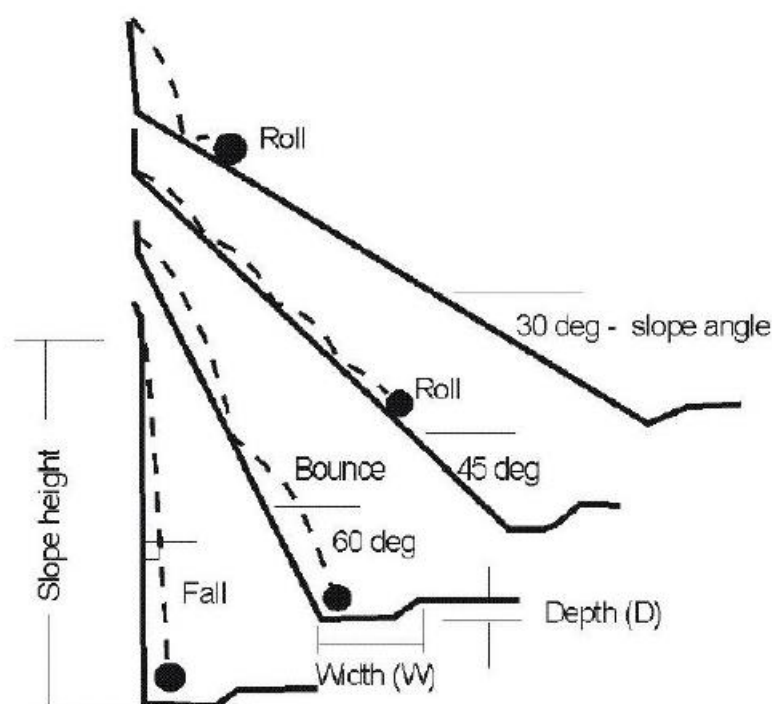
Η μεγάλη καταστροφική ιδιότητα των καταπτώσεων οφείλεται στο ότι, παρόλο που αφορούν συνήθως μικρούς όγκους βραχοτεμαχίων, χαρακτηρίζονται από υψηλή ενέργεια και κινητικότητα. Επομένως, η εκτίμηση του κινδύνου και της διακινδύνευσης για την κατάπτωση βραχοτεμαχίων είναι απαραίτητα τόσο για την εξασφάλιση της ασφάλειας, όσο και για θέματα χωροθέτησης σε υπό ανάπτυξη περιοχές. Στις θέσεις όπου το φαινόμενο των κατακρημνίσεων είναι συχνό, δημιουργούνται απότομα μέτωπα πάνω στο βραχώδες πρανές, ενώ στον πόδα του συγκεντρώνονται τεμάχια αποσαθρωμένων υλικών. Οι διαδρομές κατά μήκος των οποίων πραγματοποιούνται καταπτώσεις είναι ορατές από ψηλά, λόγω της γραμμικής μορφής που παρουσιάζουν, η οποία χαρακτηρίζει και τη βλάστηση.

Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως σε ορεινές περιοχές, και είναι αρκετά διαδεδομένο στον ελλαδικό χώρο. Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί προκύπτει ότι στον ελλαδικό χώρο η αστοχία υπό την μορφή των καταπτώσεων βράχων αποτελεί τον συχνότερο τύπο κατολισθήσεων σε βραχώδεις σχηματισμούς με συχνότητα 56% . Οι Badger και Lowell (1983) από το Washington State Department of Highways, αναφέρουν ότι στις Η.Π.Α. έξι (6) θάνατοι οφείλονται σε καταπτώσεις βράχων τα τελευταία 30 χρόνια και ότι το 45% των ασταθών πρανών σχετίζονται με φαινόμενα καταπτώσεων βράχων.

Το ζητούμενο για ένα μηχανικό είναι να προλάβει και να εμποδίσει με τεχνικά μέσα τις πτώσεις αυτές, ώστε να ελαχιστοποιηθούν η επικινδυνότητα και οι επιπτώσεις τους. Ο σκοπός αυτός καθιστά απαραίτητα την πρόβλεψη της τροχιάς και της κινητικής ενέργειας της ασταθούς βραχομάζας όταν και αν αυτή αστοχήσει. Οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν πριν την κατασκευή οποιουδήποτε μέτρου προστασίας είναι η μέγιστη αναμενόμενη απόσταση του βράχου από το σημείο εκκίνησής του, το ύψος της τροχιάς που δυνητικά θα ακολουθήσει, η ταχύτητα και η ενέργειά του.

2.3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

Η γεωμετρία του πρανούς είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τις τροχιές των βραχοτεμαχίων (Hoek, 2000). Η διαδικασία της λεπτομερούς καταγραφής της γεωμετρίας μιας πλαγιάς για ένα μεγάλο μήκος όπως για παράδειγμα κατά μήκος ενός αυτοκινητοδρόμου, είναι απαγορευτική από άποψη χρόνου και χρήματος, (Stevens Warren D., 1998). Η συνήθης τακτική που ακολουθείται είναι η μελέτη ορισμένων τομών που εμφανίζουν δυνητικά τον υψηλότερο κίνδυνο για κατάπτωση βραχοτεμαχίων.



Σχήμα 2.9: Επίδραση της κλίσης του πρανούς στο είδος κίνησης των τεμαχίων (Ritchie, 1963)

Για ένα βραχοτεμάχιο που κινείται επί ενός πρανούς (και αυξάνει την ταχύτητά του κατά την πτώση του), το τελευταίο τμήμα της διαδρομής παίζει το σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση της τροχιάς του. Αν η πλαγιά διακόπτεται απότομα, το βραχοτεμάχιο απλά θα πέσει από το χείλος, πιθανότατα σταματώντας πολύ κοντά μετά την άκρη. Αντίθετα αν

αυτή καταλήγει σε μιας μορφής ράμπα, τότε το βραχοτεμάχιο θα εκτελέσει μια εκτίναξη για να προσγειωθεί μακρύτερα από την άκρη της πλαγιάς. Αυτές οι περιπτώσεις διακρίνονται στην ανωτέρω εικόνα (Σχήμα 2.9). Ακριβώς αυτή η τελευταία περίπτωση είναι σημαντικό να μελετηθεί γιατί τέτοιου είδους τροχιές που ακολουθούν τα βραχοτεμάχια είναι δυνατόν να υπερπηδήσουν τα υπάρχοντα επιχώματα.

2.3.2 ΤΡΟΧΙΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΝ

Από την στιγμή που το βραχώδες τεμάχιο αποκολληθεί από το μητρικό πέτρωμα, η τροχιά που θα ακολουθήσει αποτελείται από τέσσερις ξεχωριστές κινήσεις:

- ολίσθηση
- ελεύθερη πτώση
- αναπήδηση (κρούση)
- και κύλιση.

Από τις τέσσερις αυτές κινήσεις, η φάση της κρούσης είναι η πιο πολύπλοκη για να προσδιοριστεί η εξέλιξή της. Η κρούση μπορεί να είναι από σχεδόν πλήρως πλαστική, όταν η κίνηση του βράχου σταματά στο σημείο κρούσης, έως σε μεγάλο βαθμό ελαστική. Δεν είναι δυνατόν να μην υπάρχει απώλεια ενέργειας.

Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται κυρίως από τις μηχανικές ιδιότητες του βράχου και του υλικού στο οποίο προσκρούει, την γωνία κρούσης, τη μάζα του βράχου και φυσικά την ταχύτητα κρούσης.

2.3.3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ

Σύμφωνα με τον Stevens (1998) το υλικό από το οποίο αποτελείται ένα πρανές μπορεί να διαφέρει σημαντικά είτε από την κορυφή μέχρι τη βάση της πλαγιάς, είτε από τομή σε τομή (κατά την οριζόντια έννοια). Καθαρές εμφανίσεις υγιούς πετρώματος αποτελούν τις δυσμενέστερες περιπτώσεις, αφού δεν επιβραδύνουν την κίνηση των βραχοτεμαχίων. Αντίθετα, επιφάνειες που καλύπτονται από υλικά αποσάθρωσης ή χαλίκια απορροφούν σημαντικό ποσοστό ενέργειας των κινούμενων βραχοτεμαχίων.

Για την προσομοίωση της απώλειας ενέργειας σε κάθε κρούση του βραχοτεμαχίου χρησιμοποιείται ένας συντελεστής (Coefficient of Restitution). Η μέγιστη τιμή που λαμβάνει ο συντελεστής είναι 1,0 (= καμία απώλεια ενέργειας) και οι τιμές που παίρνει μειώνονται σε αναλογία με την ενέργεια που μεταφέρεται από το βραχοτεμάχιο στο βράχο, με την τιμή 0 να σημαίνει ότι δε συμβαίνει αναπήδηση και το τέμαχος σταματά.

Στο μελετητή παρουσιάζεται σημαντική δυσκολία στο να προκαθοριστούν οι τιμές της παραμέτρου. Υπάρχουν δύο τρόποι να αξιολογηθεί αυτή η παράμετρος: είτε από απ'

ευθείας καθορισμό μέσω πειραματικών δοκιμών, ή κατόπιν ανάστροφης ανάλυσης (Back analysis), δηλαδή μελέτη μετά την κατάπτωση (φυσική ή τεχνητή) των βράχων.

Ένας υπολογισμός του συντελεστή αυτού (e) προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση (A. Azzoni and M. H. de Freitas (1995)):

$$e = \frac{K_1}{K_0}$$

Όπου:

K_1 : η ολική ενέργεια μετά την κρούση

K_0 : η ολική ενέργεια πριν την κρούση

Για το συντελεστή αυτόν έχουν προταθεί διάφοροι ορισμοί, χωρίς να υπάρχει ομοφωνία στο ποιος είναι ο καταλληλότερος για την προσομοίωση των καταπτώσεων. Οι πιο συνήθεις ορισμοί είναι αυτοί των δύο συνιστωσών R_n και R_t (normal και tangential). Ο R_n αντιπροσωπεύει τον παράγοντα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, ενώ ο R_t αντιπροσωπεύει τον παράγοντα κατά την εφαπτομενική (K.T. Chau, R.H.C. Wong, J.J. Wu (2002)).

$$R_n = \frac{V_{rn}}{V_{in}}, R_t = \frac{V_{rt}}{V_{it}}$$

όπου: V_{rn} και V_{in} είναι τα μεγέθη της κάθετης συνιστώσας της ταχύτητας μετά και πριν την κρούση αντίστοιχα και V_{rt} και V_{it} τα μεγέθη της εφαπτομενικής συνιστώσας της ταχύτητας μετά και πριν την κρούση.

Τυπικές τιμές του R_n που χρησιμοποιούνται στις μελέτες κυμαίνεται ανάμεσα από 0.2 έως 0.5, ενώ τυπικές τιμές για τον συντελεστή R_t , κυμαίνεται από 0.8 έως 0.95, (Stevens W., 1998). Έτσι οι φυτοκαλυμμένες περιοχές και μαλακά εδάφη ανταποκρίνονται στις κατώτερες τιμές, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για καθαρό σκληρό βράχο και οδόστρωμα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δυστυχώς η πορεία της κίνησης ενός βράχου, μεταβάλλεται σημαντικά με την παραμικρή αλλαγή των παραπάνω παραμέτρων. Έτσι μια πλαγία που παρουσιάζει περιοχές με χαλαρά υλικά ($R = 0.35$) αλλά και εμφανίσεις του μητρικού πετρώματος ($R = 0.5$) θα έχει πολύπλοκη συμπεριφορά και τα βραχοτεμάχια θα ακολουθήσουν διαφορετικές τροχιές ανάλογα με το αν θα χτυπήσουν το χαλαρό υλικό ή το μητρικό πέτρωμα.

2.3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΤΕΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΜΙΑΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

- i. Καθαρά γεωλογικοί (φύση εδάφους ή πετρώματος, δομή, εσωτερική γεωμετρία και σχέση με το σταθερό περιβάλλον),
- ii. Γεωμορφολογικοί (στατική - δυναμική) και τοπογραφικοί (εξωτερική γεωμετρία και σχέση με σταθερό περιβάλλον)
- iii. Υδρολογικοί, κλιματολογικοί, υδρογεωλογικοί (επιφανειακά και υπόγεια νερά, υγρασία εδάφους κλπ.)
- iv. Μηχανικοί (εντατικές καταστάσεις, μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους κλπ.)

2.3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Το φαινόμενο των κατολισθήσεων προκαλείται από τη συνδυασμένη δράση πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους παραγόντων. Μερικοί από τους παράγοντες επιδρούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ άλλοι επιδρούν περιοδικά και αποτελούν το έναυσμα για την εκδήλωση του φαινομένου. Οι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν κατολισθήσεις, διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς είναι εκείνοι οι παράγοντες που δημιουργούν την προδιάθεση ολίσθησης, ενώ οι δευτερογενείς προκαλούν άμεσα την κατολίσθηση.

Ειδικότερα, οι βασικότεροι πρωτογενείς παράγοντες είναι:

- Η δομή του γεωλογικού υποβάθρου και η τεκτονική της περιοχής. Ένα έδαφος που αποτελείται από εναλλαγές πολλών ετερογενών στρωμάτων, είναι πιθανότερο να παρουσιάσει κατολισθητικά φαινόμενα, λόγω των πολλών πιθανών επιφανειών ολίσθησης, από ένα άλλο έδαφος το οποίο αποτελείται από ένα ενιαίο στρώμα.
- Το είδος των πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής. Υπάρχουν πετρώματα τα οποία είναι περισσότερο επιρρεπή σε κατολισθήσεις, όπως ο φλύσχης και τα αργιλικά εδάφη.
- Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Το ύψος του νερού με τη μορφή βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης που πέφτει στην περιοχή, μπορεί να οδηγήσει σε κατολίσθηση.
- Η σεισμικότητα και η ηφαιστειακή δραστηριότητα, καθώς και η κινητικότητα του υποβάθρου. Οι σεισμικές δονήσεις μπορούν πολλές φορές να αποτελέσουν την αφορμή για την εκδήλωση μιας κατολίσθησης, προσθέτοντας στις ήδη ασταθείς μάζες την επιπλέον δυναμική φόρτιση, που τις ωθεί στην ολίσθηση. Ιδιαίτερα επικίνδυνες χαρακτηρίζονται οι περιοχές που επιδεικνύουν νεοτεκτονική δραστηριότητα.

2.3.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Η πραγματοποίηση μιας κατολίσθησης επιτυγχάνεται είτε με τη δράση εξωγενών παραγόντων που συντελούν στην αύξηση της διατμητικής τάσης του εδάφους, είτε των ενδογενών παραγόντων που συντελούν στην μείωση της διατμητικής αντοχής του.

Τέτοιοι μηχανισμοί όσο αφορά τη πρώτη κατηγορία μπορεί να είναι οι ακόλουθοι:

- Αύξηση της κλίσεως των πρανών είτε από φυσικούς παράγοντες, είτε από ανθρώπινη επέμβαση. Παρουσιάζεται, δηλαδή, αστοχία στις περιπτώσεις εκσκαφών στη βάση των πρανών για την διάνοιξη οδών ή λόγω διάβρωσης των επιφανειακών υλικών του πρανούς.
- Ανθρώπινη επέμβαση μέσω της επιβολής φόρτισης στην κορυφή του πρανούς (π.χ. επιχώματα, κτίρια, κατασκευές κτλ.)
- Αύξηση του φαινομένου ειδικού βάρους, ή του βάρους του όγκου των υλικών, λόγω της βροχόπτωσης.

Αντίθετα, ενδογενείς παράγοντες που δρουν ως μηχανισμοί ενεργοποίησης του φαινομένου, μειώνοντας την συνοχή του εδάφους, αποτελούν:

- Η αύξηση της άνωσης που ασκείται σε μια μάζα από τα υπόγεια νερά.
- Η παρουσία υψηλής στάθμης υπογείου υδροφόρου ορίζοντα. Η μόνιμη στάθμη του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται μέσα στο πρανές ασκεί υδροστατικές πιέσεις που μειώνουν την ευστάθεια του πρανούς, ενώ στα βραχώδη πρανή η εναλλαγή των φάσεων του νερού (νερό, πάγος κτλ.) αυξάνει το εύρος των ασυνεχειών και ασκεί πιέσεις, ενώ παράλληλα διευκολύνει και την κυκλοφορία νερού σε βαθύτερα σημεία. Επιπλέον, όταν το νερό κινείται μεταξύ περατού και λιγότερο περατού στρώματος λειτουργεί ως μέσο που συντελεί στην αστοχία.
- Η αύξηση της πίεσεως του νερού των πόρων, γνωστή και ως ουδέτερη τάση.
- Η σεισμική φόρτιση. Ιδιαίτερα σε πρανή που αποτελούνται από χαλαρά ή χαμηλής συνεκτικότητας υλικά, κατά τη διάρκεια του σεισμικού κραδασμού επέρχεται μείωση του αλληλοκλειδώματος μεταξύ των κόκκων, ή μείωση της συνοχής και το πρανές οδηγείται σε αστοχία.

Οι δευτερογενείς παράγοντες με τη σειρά τους διακρίνονται σε:

- Εξωγενή αίτια, όπως είναι η αύξηση του φαινομένου ειδικού βάρους, η αύξηση της κλίσεως των πρανών και η αύξηση του βάρους από επιβολή φορτίου.
- Ενδογενή αίτια, όπως είναι η αύξηση της άνωσης, η αύξηση της πίεσεως του νερού των πόρων, η μείωση της συνοχής, η μείωση της τριβής και η αύξηση του ύψους και του πλάτους της τομής του εδάφους.

2.4 ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

2.4.1 ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Η γεωμηχανική συμπεριφορά της βραχομάζας κατά την εμπλοκή της στη θεμελίωση ενός τεχνικού έργου, καθορίζεται κύρια από τις ασυνέχειες που τη διασχίζουν. Συνήθως ομαδοποιούνται σε συστήματα, τα μέλη των οποίων έχουν λίγο πολύ κοινό προσανατολισμό, ενώ η συμπεριφορά τους σχετίζεται και με μια σειρά άλλων παραμέτρων, όπως η συνέχεια, το άνοιγμα και η απόστασή τους (Ρόζος, 2007).

2.4.1.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

- Στρώση (bedding plane)
- Σχιστότητα (schistosity)
- Διαρρήξεις – διακλάσεις (joints)
- Ρήγματα (faults)
- Σχισμός (cleavage)
- Φύλλωση (foliation)

2.4.1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (ORIENTATION)

Σημαντική παράμετρος στην εκτίμηση της συμπεριφοράς της βραχομάζας από πλευράς ευστάθειας. Οι ασυνέχειες πρακτικά θεωρούνται επίπεδες για την καταγραφή του προσανατολισμού τους στο χώρο. Καταγράφονται :

Η διεύθυνση της ασυνέχειας (strike) , δηλαδή η τομή του επιπέδου της ασυνέχειας με το οριζόντιο επίπεδο, με μέτρο τη γωνία που σχηματίζει με το βορρά

Η μέγιστη κλίση (dip), δηλαδή η μέγιστη γωνία του επιπέδου της ασυνέχειας με το οριζόντιο επίπεδο

Η διεύθυνση (φορά) μέγιστης κλίσης (dip direction) , δηλαδή η γωνία που σχηματίζει η τομή του επιπέδου της μέγιστης κλίσης με το οριζόντιο επίπεδο και ο βορράς.

Η μέτρηση γίνεται με την πυξίδα και καταγράφονται η διεύθυνση μέγιστης κλίσης και η μέγιστη κλίση, συνήθως με τη μορφή $160^\circ / 55^\circ$. Η στατιστική επεξεργασία των ασυνεχειών σε κάθε θέση απαιτεί 100 ή και περισσότερες μετρήσεις και γίνεται με τη

χρήση των σφαιρικών προβολών. Γενικά στη γεωτεχνική χρησιμοποιείται η ισοεμβαδική προβολή Lambert ή και δίκτυο Schmidt.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ (SPACING)

Η απόσταση των ασυνεχειών αποτελεί σημαντική παράμετρο είτε από την πλευρά της περατότητας μιας βραχομάζας είτε από πλευράς τύπου αστοχίας, καθώς πολύ μικρή απόσταση ασυνεχειών μπορεί να προκαλέσει περιστροφική ολίσθηση.

ΣΥΝΕΧΕΙΑ (CONTINUITY)

Σε μια βραχομάζα άλλες ασυνέχειες διατέμνουν τη μάζα της σε μεγάλο μήκος, ενώ άλλες περιορίζονται σε μήκος από άλλα συστήματα. Έτσι, σαν συνέχεια ενός συστήματος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η «επιμονή» των ασυνεχειών στην επιφάνεια του πρσανούς μελέτης. Οι μεγάλης συνέχειας διαρρήξεις καθορίζουν συνήθως και τη συμπεριφορά της βραχομάζας από πλευράς αστοχίας, αφού και εφ'όσον συνηγορούν και άλλοι παράγοντες μπορεί να εκδηλωθεί αστοχία επιπέδου σε μια από αυτές.

Από πλευράς συνέχειας η ταξινόμηση των ασυνεχειών έχει ως ακολούθως :

- Πολύ μικρή (< 1m)
- Μικρή (1-2m)
- Μέτρια (3-10m)
- Μεγάλη (10-20m)
- Πολύ μεγάλη (>20m)

ΑΝΟΙΓΜΑ (APERTURE)

Άνοιγμα μιας ασυνέχειας θεωρείται η κάθετη απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων της. Μπορεί να προκύπτει είτε από φυσικά αίτια είτε από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως η χρήση εκρηκτικών.

Ανάλογα με το άνοιγμά τους, οι ασυνέχειες διακρίνονται σε :

- Πολύ κλειστές (< 0.1 mm)
- Κλειστές (0.1 – 0.25 mm)
- Μερικά ανοικτές (0.25 – 0.50 mm)
- Ανοικτές (0.50 – 2.5 mm)
- Μέτρια ευρείες (2.5 – 10 mm)
- Ευρείες (> 10 mm)
- Πολύ ευρείες (1 – 10 cm)
- Εξαιρετικά ευρείες (10 – 100 cm)
- Σπηλαιώδεις (> 100 cm)

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ (ROUGHNESS)

Μια επιφάνεια ασυνέχειας πετρώματος συνήθως χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη μήκους κυμάτωση, αλλά και μια μικρότερης έκτασης ανωμαλία, την τραχύτητα.

Η τραχύτητα σαν γενικός όρος που περιλαμβάνει και τους δύο τύπους ανωμαλίας της επιφάνειας της ασυνέχειας είναι σημαντική για την αντοχή σε διάτμηση. Η γωνία τριβής της ασυνέχειας είναι ίση με το άθροισμα $\phi_b + i$, όπου ϕ_b είναι η βασική γωνία τριβής του υλικού και i η γωνία της κύριας ανωμαλίας της ασυνέχειας.

Η διάκριση των ασυνεχειών από πλευράς τραχύτητας είναι ποιοτική, με όρους όπως :

- Πολύ τραχεία
- Τραχεία
- Ελαφρά τραχεία
- Ομαλή
- Λεία ή ολισθηρή

ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Η παρουσία του υλικού πλήρωσης (πάχος, σύσταση κλπ) είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς σε συνδυασμό με την τραχύτητα της ασυνέχειας καθορίζουν την αντοχή της.

Όσο αυξάνει το πάχος του υλικού πλήρωσης, τόσο η διατμητική αντοχή της ασυνέχειας «μετατίθεται» σε αυτό και επομένως μειώνεται.

Αν τελικά το πάχος του υλικού πλήρωσης ξεπεράσει το πλάτος της κυμάτωσης της ασυνέχειας τότε η αντοχή της ασυνέχειας είναι στην ουσία η αντοχή του υλικού πλήρωσης. Η σύστασή του είναι επίσης σημαντική, καθώς μπορεί να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά την αντοχή της ασυνέχειας.

ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Οι κατηγορίες διάκρισης του υλικού των τοιχωμάτων από πλευράς αντοχής είναι οι ακόλουθες :

- Πολύ μαλακό (< 10 MPa)
- Μαλακό ($10 - 20$ MPa)
- Μέτριο ($20 - 50$ MPa)
- Σκληρό ($50 - 60$ MPa)
- Πολύ σκληρό (> 60 MPa)

ΝΕΡΟ

Η κυκλοφορία νερού μέσα στις ασυνέχειες επιφέρει τη δράση χημικών – φυσικών διεργασιών , άρα μεταβολές στην αντοχή, την παραμορφωσιμότητα, την ανθεκτικότητα κ.ά. Ακόμα, προκαλεί διαβρωτικές δράσεις δηλαδή αλλοίωση των τοιχωμάτων, όπως αποσάθρωση , καρστικοποίηση κλπ.

Οι ασυνέχειες ανάλογα με το νερό που κυκλοφορεί μέσα σε αυτές και σύμφωνα με απλές περιγραφές που μπορεί να χρησιμοποιηθούν, μπορεί να είναι :

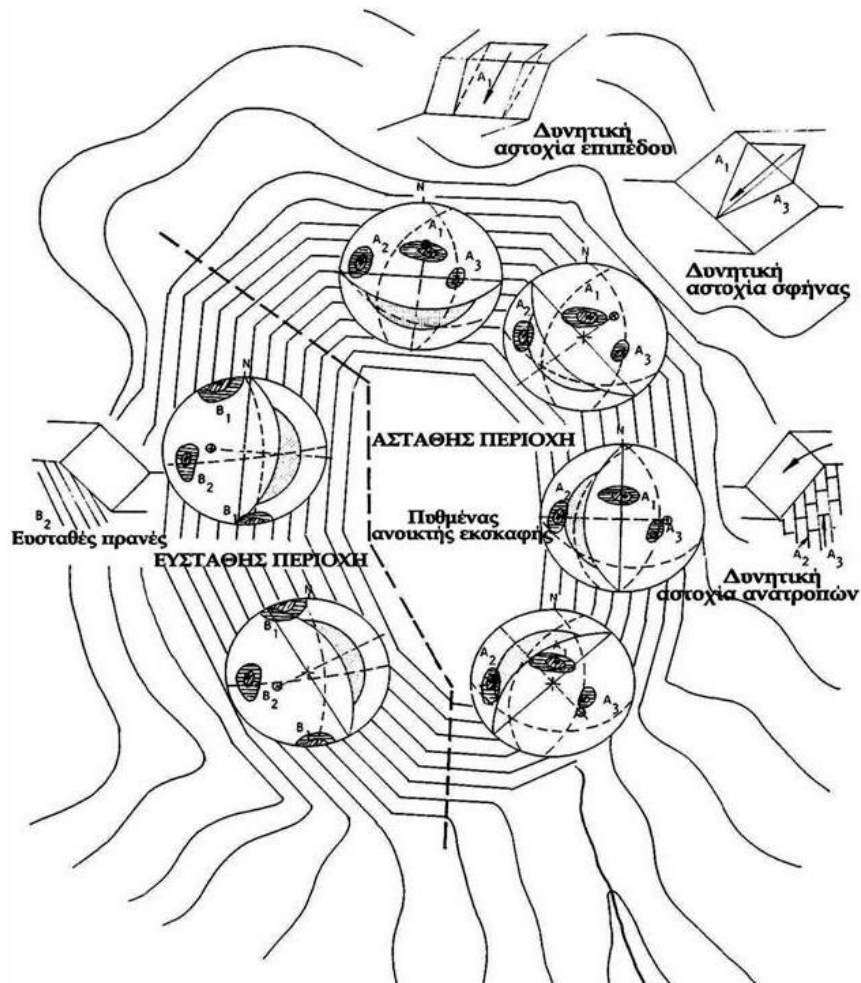
- Στεγνές (dry)
- Σε υγρή κατάσταση (damp)
- Σε πολύ υγρή κατάσταση (wet)
- Ροή στάγδην (dripping)
- Συνεχής ροή (flowing)

2.4.2 ΜΟΡΦΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Διάφοροι τύποι αστοχιών πρανών συνδέονται με τις διάφορες γεωλογικές δομές και επομένως είναι πολύ σημαντικό για αυτόν που πρόκειται να σχεδιάσει ένα πρανές να γνωρίζει σε προκαταρκτική φάση τα προβλήματα δυνητικής αστάθειας που μπορεί να αντιμετωπίσει, έτσι ώστε να προχωρήσει σε κατάλληλες τροποποιήσεις που θα ευνοούν την ευστάθεια του χώρου έρευνας, πριν οδηγηθεί με πληρέστερες μελέτες ανάλυσης στον προσδιορισμό του σωστού συντελεστή ασφαλείας.

Συνεπώς σε πρώτη ανάλυση και έχοντας τα γεωμετρικά στοιχεία των ασυνεχειών αλλά και με την προσθήκη των γεωμετρικών στοιχείων του πρανούς (ή των πρανών), καθώς και της γωνίας τριβής της ασυνέχειας, διαμορφώνεται η στερεογραφική παρουσίαση των τεκτονικών συνθηκών και η εκτίμηση των πιθανών τύπων δυνητικής αστοχίας που μπορεί να εκδηλωθούν με τη μορφή **επιπέδου** ή και **σφήνας**. Έτσι είναι δυνατόν να γίνουν οι σχετικοί σχολιασμοί για τις ασφαλείς κλίσεις που μπορεί να διαμορφωθούν στα πρανή των υπόψη θέσεων ή και η αλλαγή προσανατολισμού της χάραξης.

Ένας επιπλέον τύπος αστοχίας είναι οι ανατροπές τεμαχίων βραχομάζας (toppling) που μπορεί να συμβούν σε επίπεδα ασυνεχειών με μεγάλη κλίση, δηλαδή με συγκέντρωση κοντά στην περιφέρεια του κύκλου και προς την πλευρά του επιπέδου του πρανούς. Στο Σχήμα 2.10 δίνονται σχηματικά χαρακτηριστικοί τύποι αστοχιών στα πρανή ανοικτής εκσκαφής.



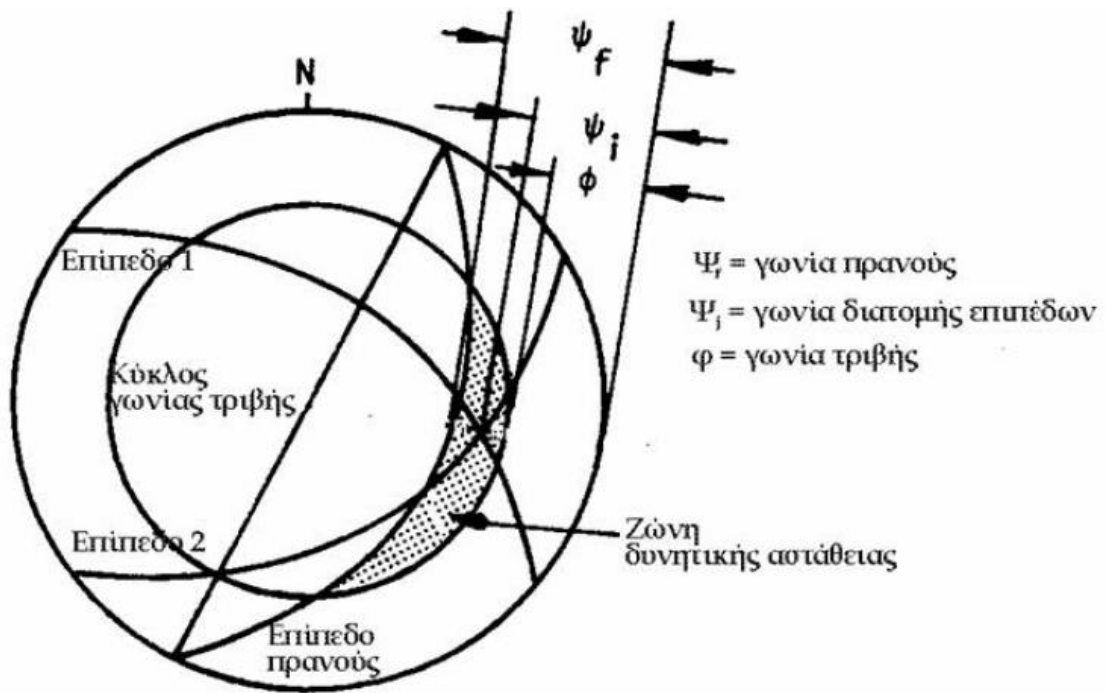
Σχήμα 2.10. Διάφοροι τύποι δυνητικών αστοχιών (Hoek & Bray, 1981)

2.4.2.1 ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΦΗΝΑΣ

Σύμφωνα με τον Ρόζο (2007), αστοχία σφήνας (wedge failure) διαμορφώνεται από δύο επίπεδα που τέμνουν την επιφάνεια του πρηνούς αλλά και αλληλοτέμνονται σε κάποια θέση δίνοντας μια γραμμή διατομής εσωτερικά της επιφάνειας του πρηνούς.

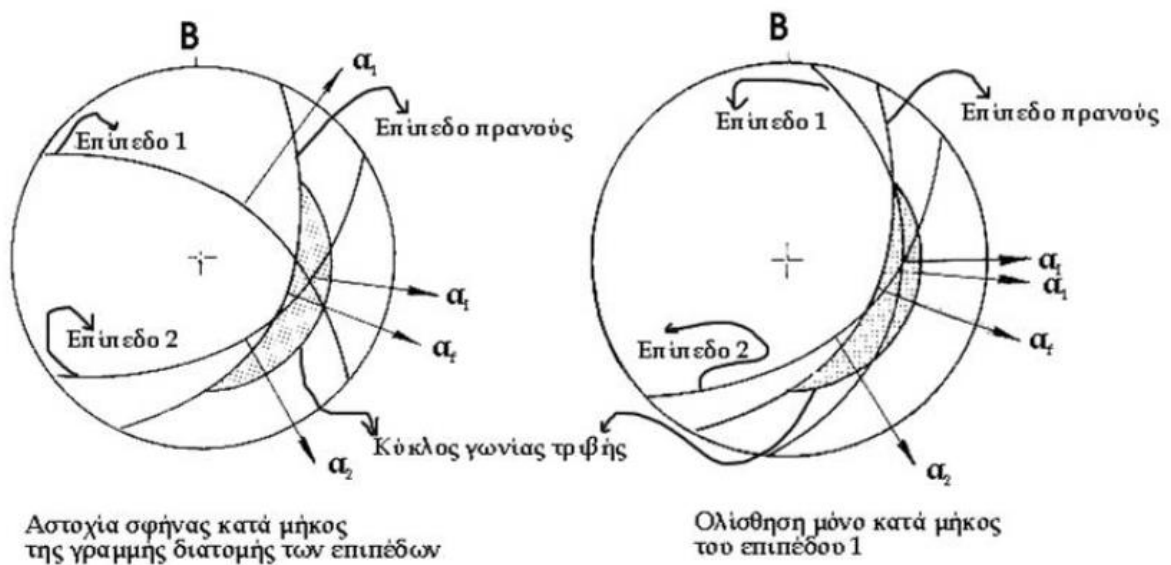
Για να εκδηλωθεί αστοχία σφήνας, δηλαδή για να αποσπασθεί το τμήμα της βραχομάζας που οριοθετείται από τα δύο αλληλοτεμνόμενα επίπεδα ασυνεχειών, πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες :

- η διεύθυνση του πρηνούς και της σφήνας να συμφωνούν
- τα δύο επίπεδα να τέμνουν την επιφάνεια του πρηνούς και να αλληλοτέμνονται
- η γραμμή διατομής των επιπέδων να σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο που να είναι μεγαλύτερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, αλλά μικρότερη της γωνίας του επιπέδου του πρηνούς (Σχήμα 2.11)



Σχήμα 2.11. Η πλέον αναγκαία συνθήκη για αστοχία σφήνας ($\psi_f > \psi_i > \phi$) από Hoek & Bray, 1981.

Γενικά η ολίσθηση θα σημειωθεί κατά μήκος της γραμμής διατομής των δύο επιπέδων, εφ' όσον η διεύθυνση της μέγιστης κλίσης αυτών βρίσκεται εκτός ζώνης δυνητικής αστάθειας. Αν η διεύθυνση μέγιστης κλίσης του ενός επιπέδου βρίσκεται εντός της ζώνης αυτής, τότε η ολίσθηση της σφήνας θα γίνει κατά μήκος του υπόψη επιπέδου. Στο Σχήμα 2.12 δίνονται σχηματικά και οι δύο περιπτώσεις.



Σχήμα 2.12. Αστοχία σφήνας με ολίσθηση μόνο κατά μήκος της γραμμής διατομής των δύο επιπέδων, και με ολίσθηση μόνο κατά μήκος του ενός επιπέδου (Hoek & Bray, 1981)

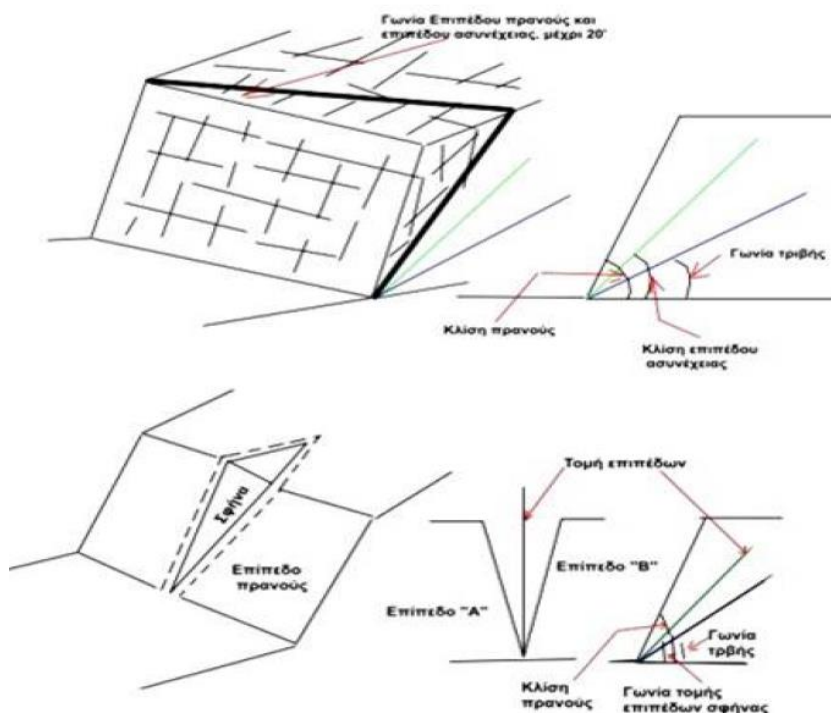
Γενικά διαπιστώνεται ότι σε περίπτωση αστοχίας σφήνας ο συντελεστής ασφάλειας του πρανούς εξαρτάται από τη βύθιση της διατομής των δύο επιπέδων, τη διατμητική αντοχή της επιφάνειας των ασυνεχειών και τη γεωμετρία της σφήνας.

2.4.2.2 ΑΣΤΟΧΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Η αστοχία επιπέδου (plane failure), που αποτελεί ειδική περίπτωση αστοχίας σφήνας κατά την οποία έχουμε παραλληλισμό των δύο επιπέδων, για να συμβεί θα πρέπει :

- η περιοχή αστοχίας να οριοθετείται από εγκάρσιες στο πρανές ασυνέχειες
- το επίπεδο της ασυνέχειας να μη σχηματίζει με το επίπεδο του πρανούς γωνία μεγαλύτερη των 20°
- να ισχύει η σχέση $\phi_f > \phi_p > \phi$, δηλαδή η γωνία του πρανούς να είναι μεγαλύτερη αυτής του επιπέδου και εκείνη με τη σειρά της μεγαλύτερη αυτής της γωνίας τριβής.

Στο Σχήμα 2.13 δίνονται σχηματικά οι συνθήκες που πρέπει να πληρούνται για αστοχία επιπέδου και σφήνας αντίστοιχα.

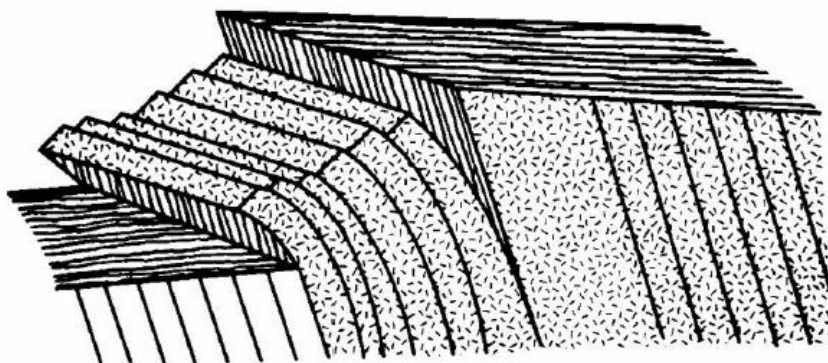


Σχήμα 2.13. Σχηματική απεικόνιση των συνθηκών για την εκδήλωση αστοχιών επιπέδου και σφήνας σε βραχώδη πρανή

2.4.2.3 ΑΝΑΤΡΟΠΗ

Αναφέρθηκε ήδη ότι ένας πρόσθετος τύπος αστοχίας στα βραχώδη πρανή είναι οι ανατροπές (toppling), που μπορεί να συμβούν σε επίπεδα ασυνεχειών με μεγάλη κλίση, δηλαδή με συγκέντρωση πόλων κοντά στην περιφέρεια του δικτύου Schmidt και προς την πλευρά του επιπέδου του πρανούς.

Στο Σχήμα 2.14 δίνεται τύπος αστοχίας ανατροπής, όπου διακρίνεται η μεγάλη έως και ανάστροφη κλίση των επιπέδων ασυνέχειας.



Σχήμα 2.14. Τύπος αστοχίας ανατροπής (toppling) από Goodman, 1980.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το λεκανοπέδιο Αττικής βρίσκεται στο κέντρο του νομού Αττικής και καλύπτεται ως επί το πλείστο από την πόλη της Αθήνας και τους γειτονικούς δήμους. Έχει διεύθυνση άξονα ΒΑ – ΝΔ και η κορυφή του βρίσκεται στον αυχένα μεταξύ Πάρνηθας και Πεντέλης. Έχει μήκος περίπου 22 χιλιόμετρα και πλάτος περίπου 11 χιλιόμετρα.

Το δυτικό και μεγαλύτερο τμήμα του λεκανοπεδίου Αθηνών διαρρέεται από τον Κηφισό ποταμό που πηγάζει από την Πεντέλη, περιοχή απ' όπου γινόταν η υδροδότηση της παλιάς πόλης των Αθηνών. Το τμήμα αυτό ήταν εύφορο και καλλιεργήσιμο. Αντίθετα το ανατολικό τμήμα, άγονο και πετρώδες, διαρρέεται από τον Ιλισό ποταμό, οι πηγές του οποίου βρίσκονται στον Υμηττό, που είχε όμως λίγο νερό και ήταν ακατάλληλος για ύδρευση.

Η ανάγλυφη μορφή του λεκανοπεδίου μεταβάλλεται από ορεινή σε λοφώδη, πεδινή και παράλια. Υδρογραφικά η Αττική διατρέχεται από ορισμένες γραμμές διάβρωσης, όπως εκείνη του Κηφισού πρωτίστως, του Ιλισού, του Ηριδανού και της Πικροδάφνης δευτερευόντως. Σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτού του δικτύου έχει επιχωματωθεί πια στα πλαίσια της οικιστικής ανάπτυξης.

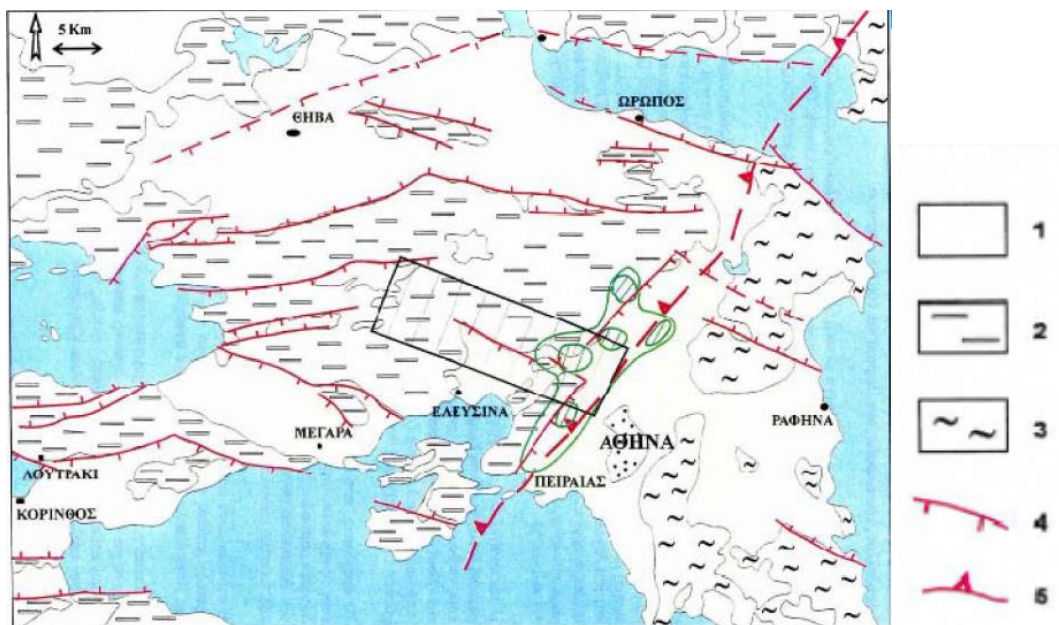


Φωτογραφία 3.1 Δορυφορική φωτογραφία Αττικής (πηγή: ArcGIS)

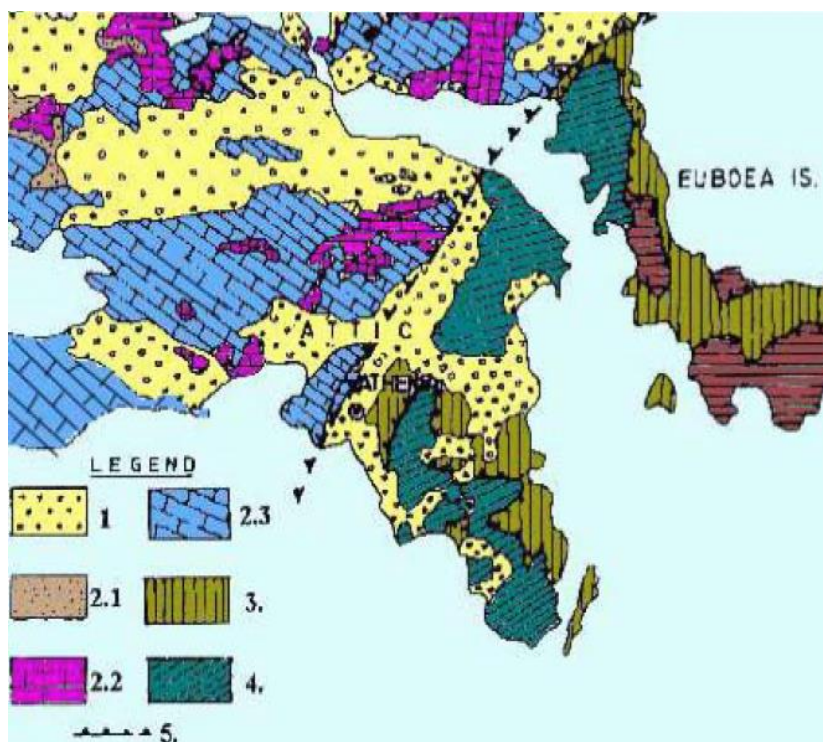
3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ

Οι σχηματισμοί που λαμβάνουν μέρος στη γεωλογική δομή του λεκανοπεδίου, διακρίνονται σε **Αλπικούς** και **Μεταλπικούς** (Χάρτης 3.1). Οι αλπικοί εντοπίζονται στους ορεινούς όγκους που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο αλλά και στους μικρούς λόφους που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό, ενώ οι μεταλπικοί πληρούν το εσωτερικό του λεκανοπεδίου, όπου καλύπτουν ασύμφωνα τους υποκείμενους αλπικούς σχηματισμούς.

Η γεωλογική δομή που κυριαρχεί στο λεκανοπέδιο είναι μια μεγάλη τεκτονική ζώνη (αποκόλληση – detachment) που οριοθετεί δύο διαφορετικές ενότητες πετρωμάτων. Τα πετρώματα ανατολικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην ενότητα του **Μεταμορφωμένου Αυτόχθονου συστήματος της Αττικής**, ενώ αυτά στα δυτικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην **Αλλόχθονη ενότητα της Υποελαγονικής** (Παπανικολάου 2002).

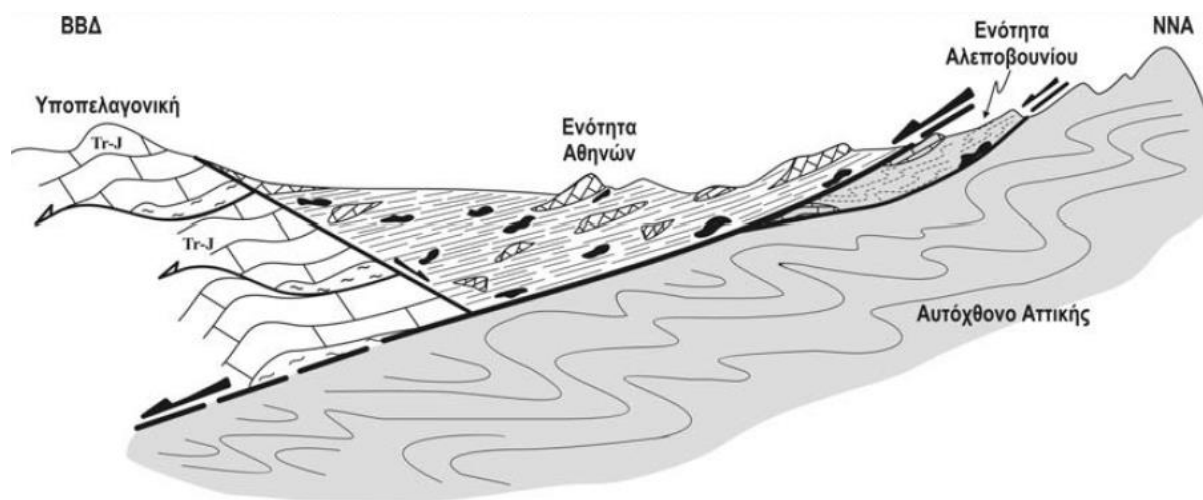


Χάρτης 3.1 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Αττικής (1: μεταλπικοί σχηματισμοί Ανω Μειοκαινικής-Ολοκαινικής ηλικίας, 2 : μη μεταμορφωμένοι αλπικοί σχηματισμοί, 3 : μεταμορφωμένοι αλπικοί σχηματισμοί, 4 : κύρια ρήγματα, 5 : μεγάλης κλίμακα τεκτονική επαφή – αποκόλληση (Παπανικολάου et al. 2002)



Χάρτης 3.2 Ενοποιημένος γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης (1. Νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις, 2. Πελαγονική ζώνη, 2.1. Φλύσχης, 2.2. Ασβεστόλιθοι Άνω Κρητιδικού, 2.3. Νεοπαλαιοζωϊκά- τριαδικοϊουρασικά μεταμορφωμένα πετρώματα, ασβεστόλιθοι και δολομίτες, 3. Αυτόχθονη ενότητα, 4. Αλλόχθονη ενότητα 5. Επώθηση (Katsikatsos et al. 1986).)

Η ζώνη τεκτονικής αποκόλλησης εφελκυστικού χαρακτήρα, έχει βυθίσει προς ΒΒΔ τα αμεταμόρφωτα πετρώματα της **Υποπελαγονικής** και της **Ενότητας Αθηνών**, και έχει ανυψώσει προς τα ΝΝΑ τα πετρώματα της **Ενότητας Αλεποβουνίου** και του σχετικά **Αυτόχθονου Μεταμορφωμένου της Αττικής** (Παπανικολάου κ.α. 2004)



Σχήμα 3.3 Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών κατά Παπανικολάου et al. 2004

3.1.1 ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Όπως προαναφέρθηκε, τα αλπικά πετρώματα ανατολικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην ενότητα του μεταμορφωμένου Αυτόχθονου συστήματος της Αττικής, ενώ αυτά στα δυτικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην ενότητα της Υποπελαγονικής (Παπανικολάου 2002).

- **Η Αυτόχθονη Ενότητα Αλμυροποτάμου - Αττικής**, αναπτύσσεται στην Α-ΒΑ Αττική και δομεί τους ορεινούς όγκους Πεντέλης – Υμηττού και τα άλλα όρη που βρίσκονται ανατολικότερα. Σύμφωνα με τον Παπανικολάου (2002) η αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιμέρους ενότητες:
 1. Τη μεταμορφωμένη **ενότητα της Βάρης** με εν μέρει Τριαδική ηλικία και άγνωστη μέχρι στιγμής γεωτεκτονική ένταξη. Αντιστοιχεί μερικώς στους "Σχιστόλιθους Βάρης" και «Δολομίτες και Ασβεστολιθικούς Σχιστόλιθους Πιρναρής" του Lepsius (1893) και περιλαμβάνει σχιστόλιθους και μεταβασικά πετρώματα στη βάση που με τυπική μετάβαση περνούν σε μια παχιά ακολουθία από δολομιτικά μάρμαρα. Η αλπική δομή είναι πολύπλοκη με ισοκλινείς πτυχές και πολλές εσωτερικές ολισθήσεις.
 2. Την υπερκείμενη μεταμορφωμένη **ενότητα Υμηττού**, με εν μέρει τριαδικο-ιουρασική ηλικία και άγνωστη επίσης ένταξη. Αντιστοιχεί στο «Κατώτερο Μάρμαρο", «Ανώτερο Μάρμαρο" και «Σχιστόλιθους Καισαριανής" του Lepsius (1893) και περιλαμβάνει μια ακολουθία από μάρμαρα και δολομίτες που με μετάβαση περνάει σε σχιστόλιθους (που περικλείουν μεταβασικά και υπερβασικά πετρώματα), πτυχωμένα ισοκλινώς με πτυχές χιλιομετρικής κλίμακας που δημιουργούν επαναλήψεις των ίδιων οριζόντων
 3. Την επίσης μεταμορφωμένη **ενότητα Πεντέλης** που ανήκει στις εξωτερικές ελληνίδες με χαρακτήρες που θυμίζουν την ενότητα της Τρίπολης ή αυτή των Νοτίων Κυκλάδων. Περιλαμβάνει μια μετα-ηφαιστειοϊζηματογενή ακολουθία στη βάση που με μετάβαση περνάει σε μια παχιά ακολουθία από μάρμαρα.
- **Τα μη-μεταμορφωμένα ιζηματογενή πετρώματα, της Υποπελαγονικής** (Τεκτονικές ενότητες Σφενδάλης & Μαυρηγόρας – Κατσιμιδίου), αναπτύσσονται στη ΒΔ Αττική και δομούν τους ορεινούς όγκους της Πάρνηθας, του Ποικίλου Όρους και του Αιγάλεω (Marinos & Petracheck 1956, Παπανικολάου 1986).
 1. Ο σχηματισμός βάσης, αποτελεί ένα ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα που αποτελείται από εναλλαγές τεφροπράσινων κυρίως και φαιών αργιλλικών σχιστών, πηλιτών, ψαμιτών, χαλαζιακών κροκαλοπαγών, τόφφων και τοφφιδίων μέσα στις οποίες απαντούν επίσης ασβεστόλιθοι, αρκόζες και γραουβάκες, καθώς και τεμάχια λαβών, που ανήκουν κυρίως στον τύπο του χαλαζιακού κερατοφύρη.
 2. Ο κύριος λιθολογικός τύπος της Υποπελαγονικής ενότητας αποτελείται από λευκούς, τεφρόλευκους και κατά θέσεις ροδόχρους ασβεστόλιθους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, άστρωτους έως παχυστρωματώδεις, νηρητικής

φάσεως. Τα ανθρακικά πετρώματα της Υποπελαγονικής εμφανίζονται συνήθως κατακερματισμένα, αναπτύσσοντας πυκνές διακλάσεις και δευτερογενές πορώδες, λόγω καρστικοποίησης, ενώ το πάχος τους φθάνει τις μερικές εκατοντάδες μέτρα.

- Στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου, υπερκείμενη τεκτονικά της Υποπελαγονικής Ενότητας, καθώς και το ανατολικό τμήμα, υπερκείμενη τεκτονικά του Αυτόχθονου της Αττικής, εμφανίζεται το **Αλλόχθονο Σύστημα του Λεκανοπεδίου Αττικής** οι «Σχιστόλιθοι των Αθηνών» (Marinos et al. 1971, 1974), οι οποίοι, με βάση τη λιθολογική σύσταση, την παραμόρφωση και το βαθμό μεταμόρφωσης, διακρίνονται σε δύο ενότητες:

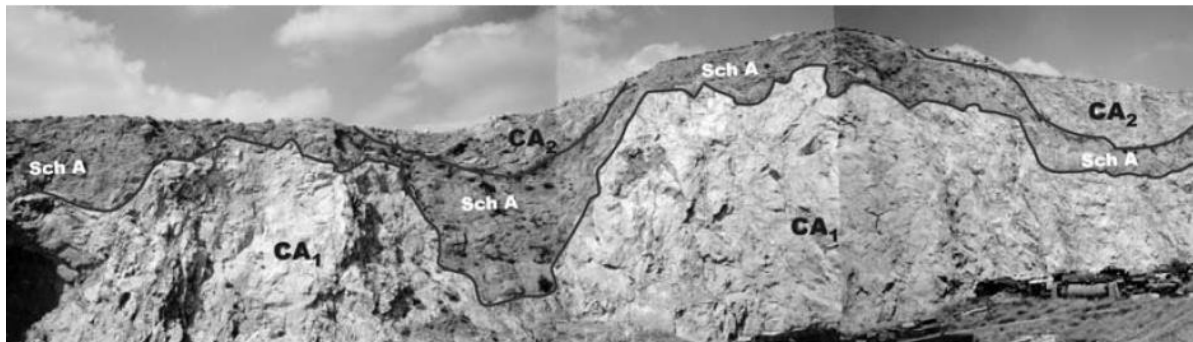
1. Την υπερκείμενη, ουσιαστικά αμεταμόρφωτη, **Ενότητα Αθηνών** και
2. Την υποκείμενη ελαφρά μεταμορφωμένη **Ενότητα Αλεποβουνίου**.

Ο Κατσικάτσος (1986) ονομάζει το σύνολο των σχηματισμών αυτών Νεοελληνικό Τεκτονικό Κάλυμμα.

Η **Ενότητα Αθηνών** εμφανίζεται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου, υπερκείμενη τεκτονικά της Υποπελαγονικής Ενότητας (δυτικά) και της Ενότητας Αλεποβουνίου (ανατολικά) και περιλαμβάνει δύο βασικά λιθολογικά συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν βασικές λιθοφασικές διαφορές και διαφορετικούς χαρακτήρες τεκτονικής παραμόρφωσης (Παπανικολάου et al., 2004). Εξ άλλου τα δύο αυτά λιθολογικά σύνολα αποτελούν δύο επιμέρους «τεκτονικές ενότητες».

- Το πρώτο, συνίσταται από λευκούς συμπαγείς ανακρυσταλλωμένους ως επί το πλείστο ασβεστόλιθους του Άνω Κρητιδικού, οι οποίοι εμφανίζονται άστρωτοι σε υφαλώδη και γενικά νηρητική φάση.
- Από την άλλη, το δεύτερο σύστημα της ενότητας, αντιστοιχεί σε ένα σύνθετο πετρολογικό σύνολο – μείγμα πετρωμάτων (melange) Άνω Κρητιδικής ηλικίας στο οποίο περιλαμβάνονται κλαστικά ιζήματα, όπως ψαμμίτες, άργιλοι, ψαμμούχες μάργες και γραουβάκες, πηλίτες, καθώς επίσης και πλακώδεις πελαγικοί ασβεστόλιθοι ενίοτε με πυριτικές ενδιαστρώσεις και άλλοτε με κονδύλους πυριτιολίθων.

Η εσωτερική γεωμετρία της Ενότητας Αθηνών με τις διαδοχικές εναλλαγές των δύο υποενοτήτων αποκαλύπτεται με εντυπωσιακό ή μη τρόπο στα παλαιά λατομεία του δυτικού και του κεντρικού τμήματος του Λεκανοπεδίου. Στο δυτικό τμήμα και συγκεκριμένα στα λατομεία Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων, διακρίνονται τουλάχιστον δύο επαναλήψεις, από τις τρεις που αναγνωρίστηκαν συνολικά στο δυτικό τμήμα. Στη θέση αυτή παρατηρούνται εντυπωσιακές τεκτονικές επιφάνειες με οριζόντιες γραμμές ολίσθησης, που φέρνουν σε επαφή τους διάφορους λιθολογικούς τύπους της δεύτερης υποενοτήτας μεταξύ τους αλλά και με τους νηρητικούς ασβεστόλιθους της πρώτης υποενοτήτας (Φωτογραφία 3.2).



Φωτογραφία 3.2 Παλαιά λατομεία Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων: η εσωτερική χαοτική δομή της Ενότητας Αθηνών με συνύπαρξη πελαγικών σχιστών, ψαμμιτών (Sch A) και νηρητικών ασβεστόλιθων του Άνω Κρητιδικού (CA1 ανοικτόχρωμοι, CA2 σκουρόχρωμοι) από Παπανικολάου *et al.* 2004.

Η **Ενότητα Αλεποβουνίου** εντοπίζεται μόνο στο ανατολικό περιθώριο του Λεκανοπεδίου, και είναι τεκτονικά σφηνωμένη μεταξύ της υπερκείμενης Ενότητας Αθηνών και των υποκείμενων μεταμορφωμένων πετρωμάτων του Υμηττού. Διακρίνονται 2 κύρια λιθολογικά σύνολα εκ των οποίων το ένα υπέρκειται τεκτονικά του άλλου σχηματίζοντας 2 ξεχωριστά τεκτονικά καλύμματα: α) το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα Αλεποβουνίου και β) το κατώτερο κάλυμμα.

- Το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα περιλαμβάνει συμπαγείς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, λευκούς έως ερυθρίζοντες ή φαιοκάστανους, με ασαφή στρώση κατά θέσεις έως παχυστρωματώδεις.
- Το κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα συνίσταται από αμυδρώς μεταμορφωμένα έως ημιμεταμορφωμένα σχιστομαργαϊκά στρώματα και φυλλίτες, έντονα σχιστοποιημένους, ιδιαίτερος αμέσως κάτω από την τεκτονική επαφή προς τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους Αλεποβουνίου. Πρόκειται για ένα σύνθετο πετρολογικά σύστημα που αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, εντός των οποίων παρεμβάλλονται τεφροί ή καστανοί, πλακώδεις ασβεστόλιθοι, καθώς και πλακώδεις ερυθροί ή κιτρινωποί μικροκοκκώδεις χαλαζίτες. Οι παλαιότεροι ερευνητές αναφέρουν τα κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα ως "Στρώματα Καρά" ηλικίας Μ.- Αν. Κρητιδικό (Lepsius 1893, Kober 1929).

3.1.2 ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι μεταλλικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε σχηματισμούς του Τεταρτογενούς. Βάσει της φάσης τους αλλά και της γεωγραφικής τους κατανομής, οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν διαιρεθεί (Παπανικολάου κ.α. 2004) σε:

- **Θαλάσσιους**, οι οποίοι περιλαμβάνουν αμιγώς θαλάσσιες, αλλά και παράκτιες και παράλιες φάσεις και εντοπίζονται στην περιοχή του Νότιου Λεκανοπεδίου Αθηνών.
- **Ηπειρωτικούς**, οι οποίοι περιλαμβάνουν λιμναίες έως λιμνοχερσαίες αποθέσεις οι οποίες κατά θέσεις περιέχουν απολιθώματα της Πικερμικής πανίδας (Πύργος Βασιλίσσης) και εντοπίζονται στην περιοχή του Βόρειου Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Θαλάσσιοι Νεογενείς σχηματισμοί:

- Πλειοκαινικοί θαλάσσιοι σχηματισμοί: μάργες, ψαμμίτες, μαργαϊκοί ψαμμίτες, λατυποπαγή, ασβεστόλιθοι.
- Άνω Μειοκαινικοί σχηματισμοί: κλαστική σειρά, στην οποία απαντώνται άργιλοι και ιλύες με κυμαινόμενο ποσοστό κυρίως σχιστολιθικών λατύπων, αμμούχες μάργες, λατυποπαγή. Η σειρά αυτή συνήθως υπόκειται των ανθρακικών ανωμειοκαινικών σχηματισμών, οι οποίοι αποτελούνται από λατυποπαγείς ασβεστόλιθους, ασβεστοψαμμίτες, κοραλλιογενείς και ωλιθικούς ασβεστόλιθους

Ηπειρωτικοί Νεογενείς σχηματισμοί:

- Πλειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί: άμμοι και άργιλοι, οι οποίοι υπέρκεινται των Άνω Μειοκαινικών ηπειρωτικών σχηματισμών.
- Άνω Μειοκαινικοί ηπειρωτικοί-λιμναίοι σχηματισμοί: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, αμμούχες μάργες και μάργες (λιμναίες φάσεις) και ερυθρές άργιλοι και λατυποπαγή (χερσαίες φάσεις).

Τέλος, επί όλων των παραπάνω σχηματισμών επικάθονται Τεταρτογενείς αποθέσεις, στις οποίες συμμετέχουν τα φερτά υλικά των ποταμών του Λεκανοπεδίου, οι παράκτιες αποθέσεις, οι ποτάμιες αναβαθμίδες, οι πλευρικές αποθέσεις κορημάτων, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων των περιφερειακών ορεινών όγκων.

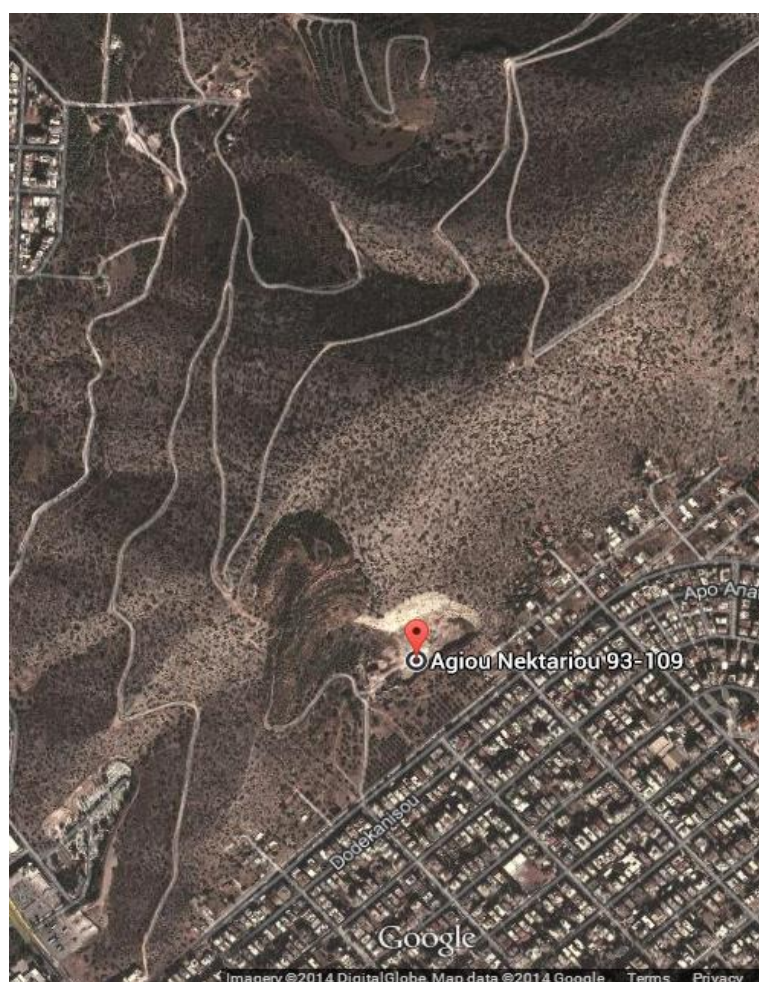
3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ “ΒΛΑΧΟΥ”

Το Λατομείο Βλάχου, πλέον ανενεργό, βρίσκεται στους Α.-Ν.Α πρόποδες του Υμηττού (latitude 37° 54' 7.50" 23° N, longitude 45' 56.49" E, elevation 140m) επί της οδού Αγ. Νεκταρίου, του δήμου Γλυφάδας. (Εικόνα 2.5). Λειτουργήσε για την εξόρυξη αδρανών

υλικών και εντάσσεται σε μία σειρά λατομείων που αναπτύχθηκαν στον Υμηττό ιδιαίτερα κατά τα μεταπολεμικά χρόνια.

Τα λατομεία αυτά, ανενεργά σχεδόν στο σύνολο τους, έτσι όπως κατανέμονται από νότο προς βορά, είναι τα εξής: 1. Περιοχής Κρεβατάκια Βάρης 2. Αιζωνή 3. Πρώην «Παπαμιχαήλ και ΣΙΑ» 4. Τερψιθέας Γλυφάδας 5. Πρώην «Βλάχου» 6. Νεκροταφείο Αργυρούπολης 7. Πρώην «Κιούση» 8. Τα λατομεία στο Κακόρεμα Καρέα 9. Τα λατομεία της Νέας Ελβετίας 10. Το

λατομείο πρώην «Μαμάη» 11. Το λατομείο πρώην «Καζακόπουλου» 12. Τα λατομεία των Γλυκών Νερών 13. Το λατομείο «Λαμπρικά» 14- 15. Τα ενεργά λατομεία «Κυριακού» και «Τριάς- Εμπορολατομική».



Σχήμα 3.4 Ακριβής τοποθεσία λατομείου “Βλάχου” πηγή : Google Maps

3.2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



Φωτογραφία 3.3 Πανοραμική φωτογραφία του λατομείου “Βλάχου”

Στην περιοχή του λατομείου εξαιτίας της λατομικής δραστηριότητας, έχουν σχηματιστεί πρηνή μεταβλητού προσανατολισμού, κλίσης και ύψους. Το ανάγλυφό τους παρουσιάζει έντονη τραχύτητα, λόγω της κατακερματισμένης βραχομάζας που τα απαρτίζει, με αποτέλεσμα τη μεταβλητότητα των κλίσεων της επιφάνειάς τους. Στους πρόποδες αυτών υπάρχει μια επίπεδη έκταση εμβαδού 11.225 m^2 , η οποία απαρτίζεται κυρίως από σωρούς βράχων και μάζων καθώς επίσης και από παλαιά κτίρια εκμετάλλευσης των προϊόντων λατόμευσης.

Με σκοπό την πληρέστερη μελέτη τους κρίθηκε αναγκαίος ο διαχωρισμός τους σε τμήματα (ΑΒ, ΒΓ, ΓΔ, ΕΖ, ΖΗ) τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω (Σχήμα 3.5) :



Σχήμα 3.5 Επιμέρους τμήματα πρηνών λατομείου Βλάχου όπως ορίστηκαν για τις ανάγκες της μελέτης

Τμήμα ΑΒ

Το πρανές ΑΒ εκτείνεται στα δυτικά του λατομείου . Το ύψος του είναι 60m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές ενώ το μήκος μετρήθηκε στα 51m . Οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 70° και των 86° (Φωτογραφία 3.4).



Φωτογραφία 3.4 Φωτογραφία τμήματος ΑΒ

Τμήμα ΒΓ

Το πρανές ΒΓ εκτείνεται στα βορειοδυτικά του λατομείου Βλάχου. Το ύψος του κυμαίνεται από 60m έως 55m και έχει μήκος 81m . Οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 53° (Φωτογραφία 3.5).



Φωτογραφία 3.5 Φωτογραφία τμήματος ΒΓ

Τμήμα ΓΔ

Το πρανές ΓΔ εκτείνεται στα βόρεια του λατομείου Βλάχου. Το ύψος του κυμαίνεται από 45m έως 40m και έχει μήκος 35m. Οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 52° (Φωτογραφία 3.6).



Φωτογραφία 3.6 Φωτογραφία τμήματος ΓΔ

Τμήμα ΔΕ

Το πρανές ΔΕ εκτείνεται στα βορειοανατολικά του λατομείου Βλάχου. Το ύψος του κυμαίνεται από 30m έως 12m ενώ το μήκος του μετρήθηκε στα 39m. Οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 55° (Φωτογραφία 3.7).



Φωτογραφία 3.7 Φωτογραφία τμήματος ΔΕ

Τμήμα EZ

Το πρανές EZ εκτείνεται στα νοτιοανατολικά του λατομείου Βλάχου . Έχει ύψος 12m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Το μήκος του μετρήθηκε στα 71m. Οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 76° και των 82° (Φωτογραφία 3.8)



Φωτογραφία 3.8 Φωτογραφία τμήματος EZ

Τμήμα ZH

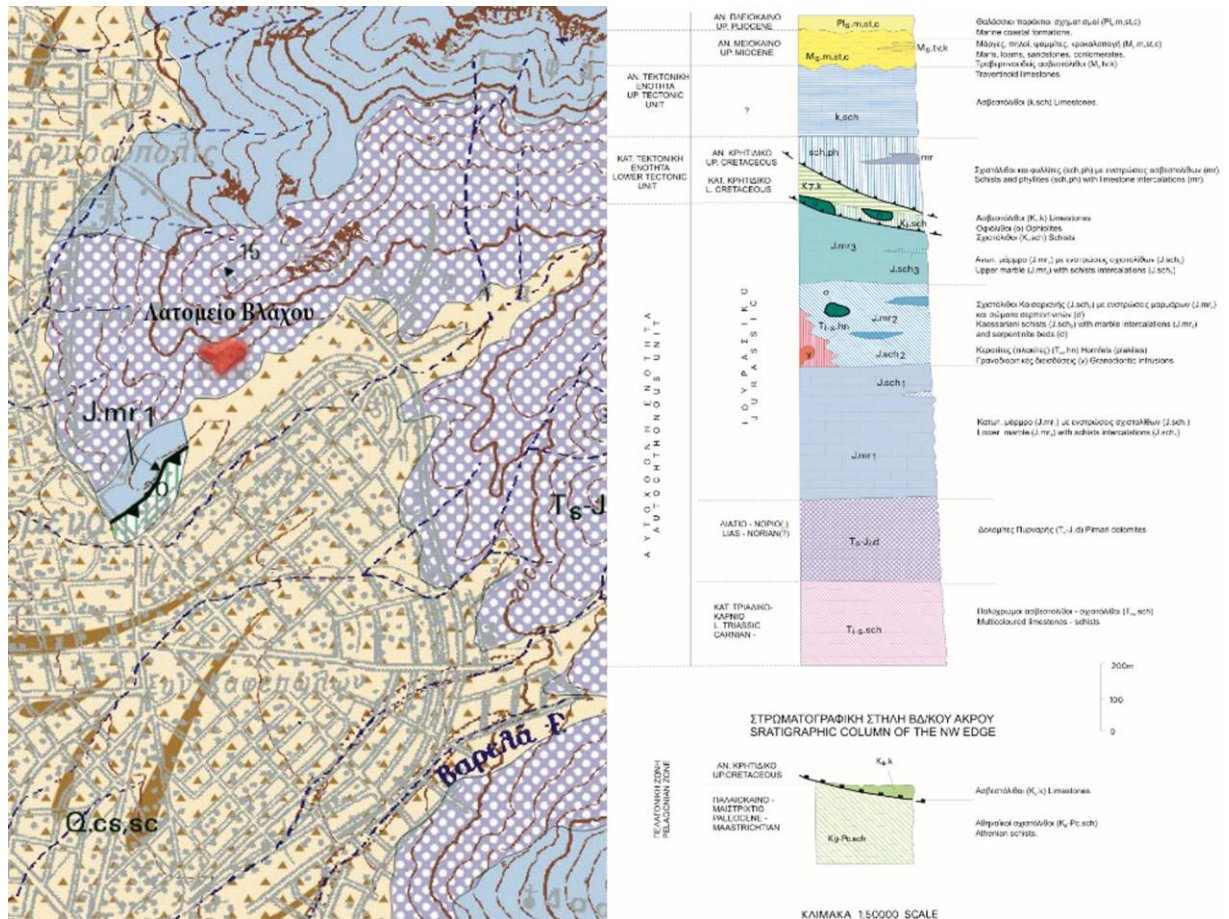
Το πρανές ZH εκτείνεται και αυτό στα νότια του λατομείου Βλάχου . Το ύψος του κυμαίνεται από 12m έως 10.5m ενώ το μήκος του μετρήθηκε 68m. Η γωνία κλίσης του είναι σταθερή καθ'όλο το μήκος του και μετρήθηκε στις 83° (Φωτογραφία 3.9).



Φωτογραφία 3.9 Φωτογραφία τμήματος ZH

3.2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η μελέτη της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής του Υμηττού και συγκεκριμένα της τοποθεσίας που βρίσκεται το λατομείο “Βλάχου” πραγματοποιήθηκε με βάση, τον χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε κλίμακας 1:50.000, φύλλο “Κορωπί-Πλάκα” (Χάρτης 3.3) καθώς επίσης και με τις επιτόπου παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα τμήματα των πρानών που χωρίστηκαν.

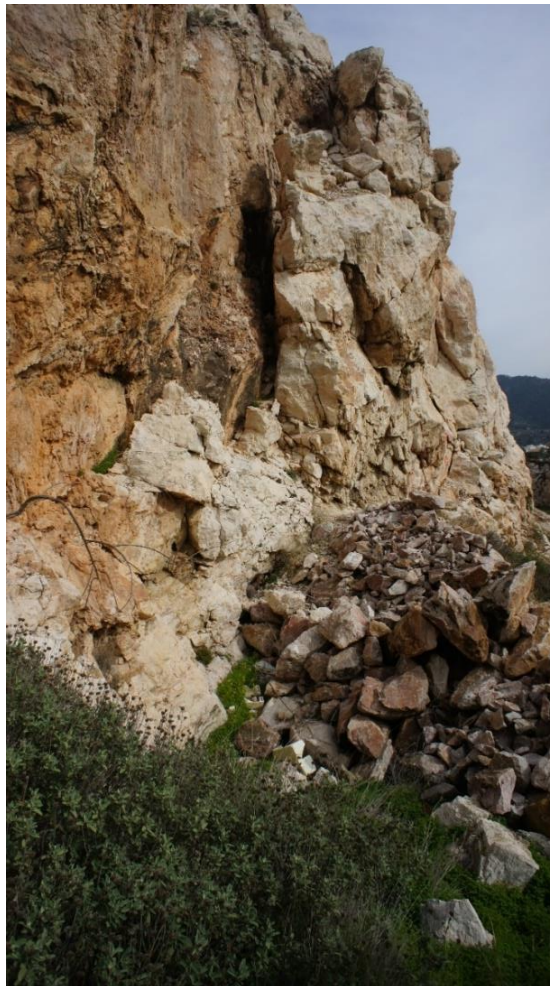


Χάρτης 3.3 Μεγέθυνση του χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε κλίμακας 1:50.000, φύλλο “Κορωπί-Πλάκα” στο σημείο ενδιαφέροντος. Το λατομείο Βλάχου διακρίνεται σκιαγραφημένο με κόκκινο χρώμα

Η γεωλογική δομή παρουσιάστηκε ίδια στο σύνολο των πρानών που περιβάλλουν τον χώρο μελέτης γι’ αυτό και δεν κρίθηκε αναγκαία η παράθεση της τμηματικά. Εξάιρεση αποτέλεσε το πρानές ΓΔ στο οποίο παρατηρήθηκε μεγάλη ποσότητα αργιλικών (Φωτογραφία 3.6). Έπειτα από λεπτομερέστερη μελέτη εκτιμήθηκε ότι η παρουσία τους στο συγκεκριμένο τμήμα, οφείλεται σε εξωγενείς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα στη ρήξη μάζων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τα όσα ειπώθηκαν περί γεωλογίας του Λεκανοπεδίου Αττικής, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης είναι τα ακόλουθα:

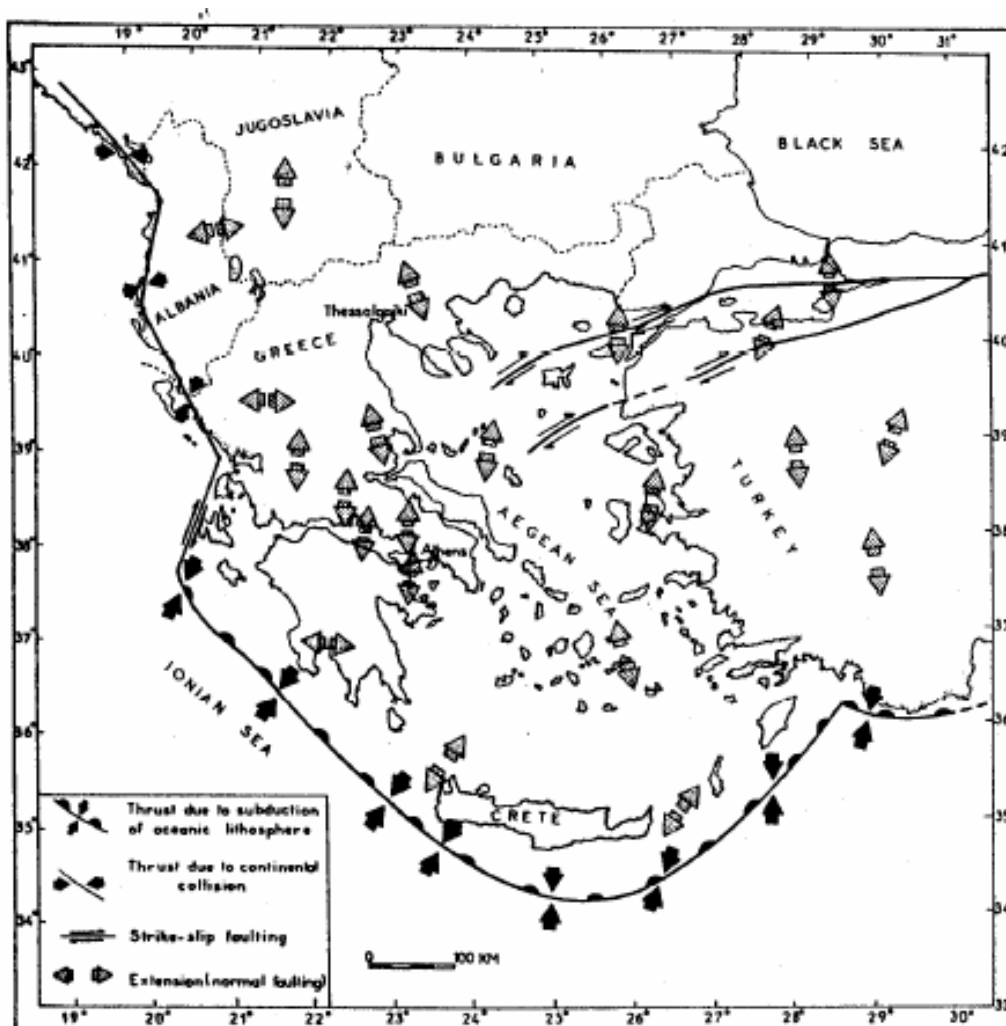
1. Το λατομείο απαρτίζεται από Αλπικούς σχηματισμούς οι οποίοι εντάσσονται στην Αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα Υμηττού.
2. Στρωματογραφικά αποτελείται εξ' ολοκλήρου από **Δολομίτες Πιρναρής**. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν υπόλευκοι δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι. οι οποίοι εντάσσονται στην κατηγορία των μαγνησιούχων ασβεστόλιθων καθώς η περιεκτικότητά τους σε δολομίτη εκτιμήθηκε στο 15-20%.. Στο σύνολο τους παρουσιάζονται έντονα κερματισμένοι κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης εκρηκτικών υλών κατά την λατόμευσή τους. Τέλος, η στρωμάτωσή τους είναι εύκολα διακριτή και παρουσιάζεται ανά 5-6m.
3. Εντοπίστηκαν συνολικά 12 ρήγματα, κλειστά, πληρωμένα με ασβεστιτικό υλικό, κατά μήκος των οποίων παρατηρήθηκαν εύθρυπτοί ασβεστόλιθοι έντονα εξ αλλοιωμένοι λόγω μυλωνιτίωσης (Φωτογραφία 3.10). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ρήγματα αυτά με βάση το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε φύλλο “Κορωπί-Πλάκα” δεν εντάσσονται σε κάποιο κύριο ρήγμα της περιοχής.



Φωτογραφία 3.10 Καθρέπτης ρήγματος στο λατομείο “Βλάχου”

4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

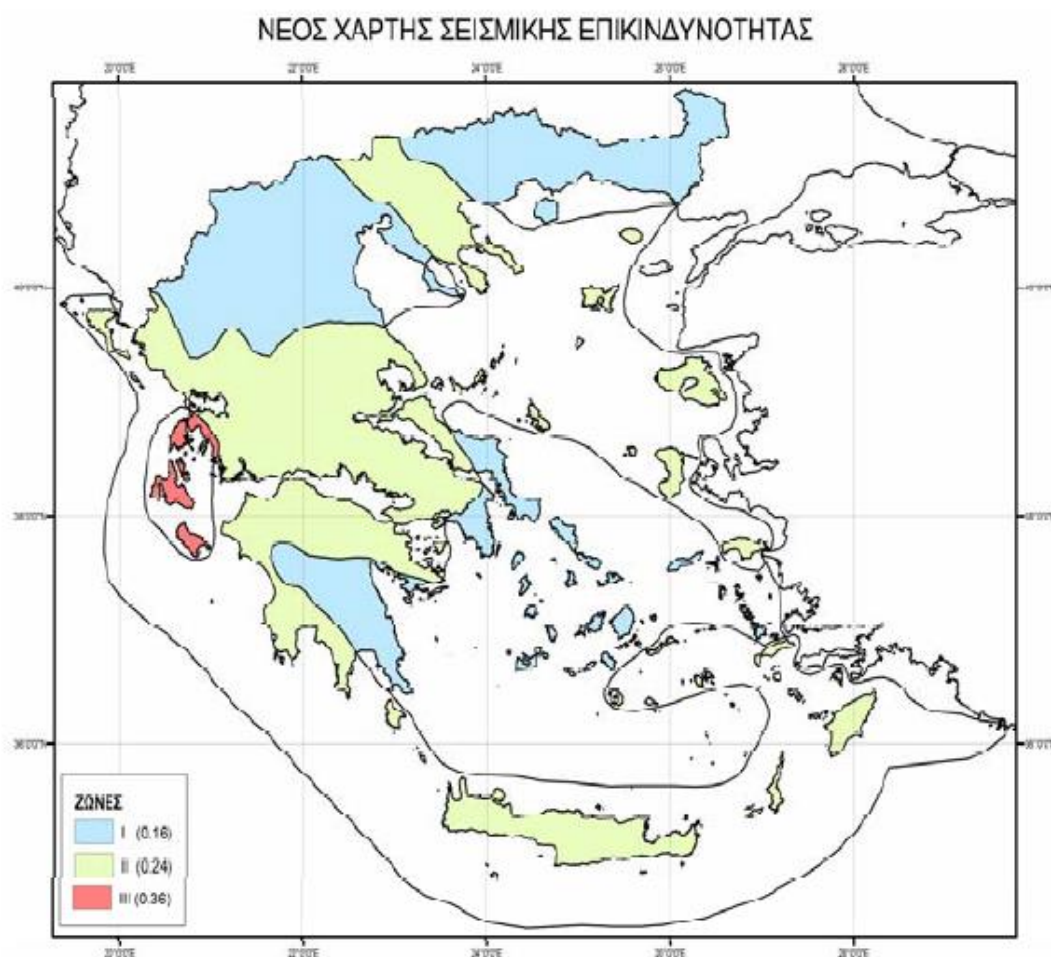
Ο ευρύτερος χώρος της Αττικής βρίσκεται κάτω από ένα σύγχρονο εφελκυστικό σεισμοτεκτονικό καθεστώς διεύθυνσης Β-Ν, (Σχήμα 4.1) και δεν θεωρείται από τους ιδιαίτερα σεισμογενείς στην Ελλάδα.



Σχήμα 4.1. Κύριες σεισμοτεκτονικές ιδιότητες του χώρου του Αιγαίου και των γύρω περιοχών (Parazachos et al., 1986).

Σύμφωνα με το Νέο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας του ΕΑΚ 2000 (απόφαση Δ17α/115/9/ΦΝ275/7-8-2003) του Υφυπουργού Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων "Τροποποίηση διατάξεων του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού - ΕΑΚ 2000" (ΦΕΚ Β' 1154/12-8-2003), (Σχήμα 4.2), η περιοχή μελέτης εντάσσεται στη

ζώνη I με σεισμική επιτάχυνση εδάφους $A = \alpha \times g$, όπου $\alpha = 0,16$ και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.



Σχήμα 4.2. Οι τρεις κατηγορίες (III, II, I) ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στις οποίες χωρίστηκε ο Ελληνικός χώρος, σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση.

4.1 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Η Αττική είχε πληγεί σχετικά λίγες φορές στο παρελθόν, από κοντινούς αλλά και μακρινούς σεισμούς (Αταλάντη, Αλκυονίδες). Ακολουθεί κατάλογος ιστορικών και σύγχρονων σεισμών, οι οποίοι επηρέασαν την Αττική. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στον τελευταίο τοπικό καταστροφικό σεισμό στην Αττική αυτόν της 7ης Σεπτεμβρίου 1999 (Καρφάκης & Λουπασάκης, 2005)

480 π.Χ: Ένας ισχυρός σεισμός με επίκεντρο 37.90N, 23.30E, μέγεθος $M_s=6$ και ένταση σχεδόν VIII επηρέασε την Αθήνα και κυρίως το νησί Σαλαμίνα (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989).

427-426 π.Χ: Ακολουθία ισχυρών σεισμών με επίκεντρα στη Βοιωτία επηρέασαν την πόλη των Αθηνών (Θουκυδίδης).

424 π.Χ: Σύμφωνα με τον Θουκυδίδη το καλοκαίρι του ίδιου χρόνου σεισμός επηρέασε την πόλη των Αθηνών. Οι Bousquet & Pechoux (1978), υπολόγισαν την ένταση του τοπικού αυτού σεισμού περίπου στο III της κλίμακας Mercalli.

420 π.Χ: Ο Θουκυδίδης επίσης αναφέρει σεισμό με ένταση III τον Ιούνιο του ίδιου χρόνου λίγο καιρό πριν τους Ολυμπιακούς αγώνες (Bousquet & Pechoux 1978).

1η Ιουνίου 1641: Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο στην περιοχή της Αττικής προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε κτίρια στο κέντρο της πόλης όπως αυτές στην εκκλησία του Αγ. Διονυσίου, ενώ παρατηρήθηκαν πτώσεις βράχων στις πλαγιές του λόφου της Ακρόπολης.

3 Σεπτεμβρίου 1705: Ισχυρός σεισμός ($M_s=6R$) προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε κτίρια της Αθήνας και στην εκκλησία του Αγ. Διονυσίου.

16/17 Νοεμβρίου 1805: Ισχυρός σεισμός ($M_s=6R$) προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε κτίρια στην Αθήνα. Υπήρξαν πτώσεις μαρμάρινων πλακών στον Παρθενώνα.

30 Μαρτίου 1837: Σεισμός με επίκεντρο 37.40N, 23.60E (Υδρα) και μέγεθος 6.2R προκάλεσε ζημιές σε κτίρια της αρχαίας Αγοράς κοντά στην Ακρόπολη (Schmidt, 1879).

17 Ιανουαρίου 1874: Ισχυρός σεισμός ($M_s=5,5R$) προκάλεσε ζημιές σε κτίρια και κατέστρεψε τοίχο κτισμένο από τον Ελληνικό Στρατό το 1822 στον λόφο της Ακρόπολης (Γαλανόπουλος, 1955).

22 Ιανουαρίου 1889: Σεισμός προκάλεσε την κατάρρευση παλαιού οικήματος στην Αθήνα και κάποιες ζημιές στην ιστορική Μονή Δαφνιού (Γαλανόπουλος, 1956).

27 Απριλίου 1894: Ένας καταστρεπτικός σεισμός μεγέθους $M_s=7R$ με επίκεντρο στην περιοχή της Αταλάντης (Λοκρίδα, 38.70N, 23.00E) προκάλεσε ζημιές στην Αθήνα. Στην επικεντρική περιοχή έχασαν τη ζωή τους 255 άνθρωποι και 3783 σπίτια καταστράφηκαν ολοσχερώς (Σκούφος, 1894). Στην Αθήνα η δόνηση ήταν επίσης πολύ ισχυρή και προκάλεσε ρηγματώσεις στους τοίχους των οικοδομών και ζημιές στο κτίριο του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στον Πειραιά η δόνηση ήταν περισσότερο ισχυρή, οι κάτοικοι τρομοκρατήθηκαν από το κτύπημα των καμπάνων των εκκλησιών κατά τη διάρκεια του σεισμού και επίσης παρατηρήθηκαν πτώσεις τοίχων και καμινάδων.

17 Οκτωβρίου 1914: Σεισμός μεγέθους $M_s=6R$ με επίκεντρο στη Βοιωτία (38.30N 23.4'E) προκάλεσε μικρές ζημιές σε κάποια κτίρια της Αθήνας (ρωγμές σε τοίχους) και του Πειραιά. Η δόνηση ήταν επίσης ισχυρή κατά μήκος των ακτών και στο λόφο της Καστέλας όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις βράχων.

22 Απριλίου 1928: Σεισμός μεγέθους $M_s=6,3R$ στην περιοχή της Κορίνθου προκάλεσε μικρές ζημιές σε κτίρια στην Αθήνα και τον Πειραιά (κυρίως ρωγμές στην τοιχοποιία).

17 Ιουλίου 1964: Ισχυρός σεισμός καταγράφηκε στην περιοχή των Αθηνών (38.00N, 23.60E), μεγέθους $M_s=6,2R$, έντασης IV και εστιακού βάθους 155 χλμ.

24 Φεβρουαρίου 1981: Ακολουθία ισχυρών σεισμών στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου τον Φεβρουάριο και Μάρτιο του 1981. Τα σεισμικά γεγονότα άρχισαν στις 24 Φεβρουαρίου με τον κύριο σεισμό μεγέθους $M_s=6,7R$, τον οποίο ακολούθησε ισχυρός

μετασεισμός μεγέθους $M_s=6,4R$ 6 ώρες αργότερα. Τα επίκεντρα των δύο αυτών δονήσεων εντοπίζονται περίπου 60χλμ. από την Αθήνα κοντά στα νησάκια Αλκωνίδες. Οι ζημιές επικεντρώνονται περισσότερο στην Κορινθία και την Αττική όπου 20 άνθρωποι σκοτώθηκαν και περίπου 500 τραυματίστηκαν (Παπαζάχος *et. al.*, 1981). Ο τρίτος ισχυρός σεισμός που ακολούθησε με μέγεθος $M_s=6,2R$ έλαβε χώρα στις 4 Μαρτίου και προκάλεσε σοβαρές ζημιές στην περιοχή της Βοιωτίας, όπου 4 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους και 150 τραυματίστηκαν. Το επίκεντρο ήταν κατά στις νοτιοανατολικές ακτές της Βοιωτίας.

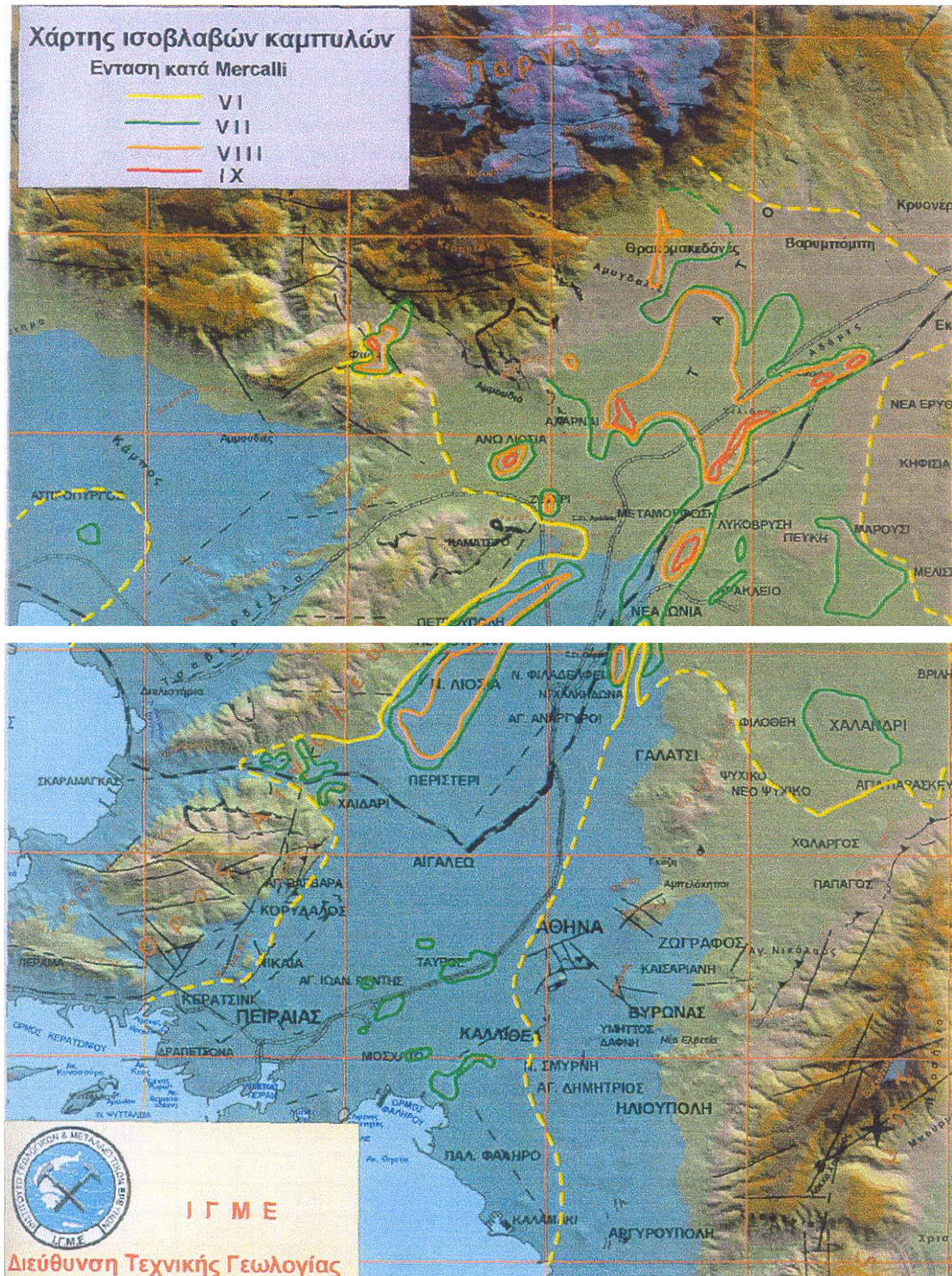
7 Σεπτεμβρίου 1999 στις 11:56 GMT (14:56 τοπική ώρα) καταστροφικός σεισμός μεγέθους $M_5=5.9K$ έπληξε την πόλη της Αθήνας. Το επίκεντρο ήταν (σύμφωνα με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών) στο νοτιοδυτικό τμήμα της οροσειράς της Πάρνηθας (38.150N, 23.600E) και το εστιακό του βάθος περίπου 29χλμ. Η επίλυση του μηχανισμού γένεσης του κυρίου σεισμού έδειξε και τα δύο επίπεδα σε διεύθυνση Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ/κή και κλίσεις ΝΔ και ΒΑ καθώς και Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ/κή διεύθυνση εφελκυσμού. Ο απολογισμός του σεισμού αυτού, σύμφωνα με στοιχεία του ΟΑΣΠ, ήταν 143 νεκροί, 400 περίπου τραυματίες, 37 καταρρεύσεις κτιρίων ενώ καταγράφηκαν εκτεταμένες βλάβες σε κτίρια των δυτικών, βορειοδυτικών και νοτιοδυτικών περιοχών της Αττικής. 85 άνθρωποι απεγκλωβίστηκαν ζωντανοί μέσα από τα ερείπια.

Το Ι.Γ.Μ.Ε. μετά το σεισμό της 7ης Σεπτεμβρίου 1999 στην ΑΤΤΙΚΗ εκπόνησε λεπτομερή σεισμοτεκτονική μελέτη με σκοπό τον προσδιορισμό του καινούργιου νεοτεκτονικού καθεστώτος που διαμορφώθηκε στην περιοχή.

Τα κυριότερα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν από την ανωτέρω μελέτη παρατίθενται στα επόμενα:

- Από την αξιολόγηση των υπαίθριων παρατηρήσεων, την κατανομή των ισοβλαβών καμπυλών (Σχήμα 4.3) και τις καταγραφές των σεισμικών επικέντρων επιβεβαιώνεται η Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ/κή διεύθυνση του σεισμικού ρήγματος στην περιοχή της Πάρνηθας.
- Η κατανομή και το είδος των βλαβών επηρεάζονται από τη φυσική κατάσταση, το πάχος του σχηματισμού καθώς και από τις γενικότερες γεωλογικές- γεωτεχνικές συνθήκες στο χώρο στον οποίο θεμελιώνονται οι κατασκευές.
- Το ρήγμα στο Βόρειο περιθώριο του Θριάσιου πεδίου δεν θεωρείται ότι είναι το σεισμογόνο δεδομένου ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ζημιές στις αστικές περιοχές του Θριάσιου πεδίου όπως είναι ο Ασπρόπυργος, η Ελευσίνα, η Μάνδρα, η Μαγούλα κλπ, όπου σε πολλές περιπτώσεις οι χαλαροί αλλουβιακοί σχηματισμοί αποτελούν το έδαφος θεμελίωσης. Οι περιοχές αυτές θα έπρεπε να επηρεαστούν από το συγκεκριμένο σεισμό, τόσο λόγω του δυσμενούς εδάφους θεμελίωσης, όσο και επειδή θεωρητικά βρίσκονται στο κατερχόμενο τέμαχος του υπόψη ρήγματος.
- Το πιθανό ίχνος του σεισμικού ρήγματος στην επιφάνεια, θα μπορούσε να τοποθετηθεί βορειότερα (στο όρος Πάρνηθα), δεδομένου ότι οι σοβαρές ζημιές παρατηρήθηκαν βόρεια της περιοχής Βαρυμπόμπης - Εκάλης. Η παρουσία σημαντικών ζημιών ανατολικά του όρους Αιγάλεω δεν επιβεβαιώνει την άποψη ότι το βουνό αυτό μπορεί να έπαιξε ρόλο στην ανάσχεση της σεισμικής δράσης ενώ αντίθετα προς τα δυτικά οι ζημιές είναι περιορισμένες.
- Ο εντοπισμός των σοβαρών ζημιών προς τα ανατολικά της Πάρνηθας και του Αιγάλεω, αποκαλύπτει κατευθυντικότητα της σεισμικής δράσης από δυτικά προς τα ανατολικά, υποδηλώνοντας διάρρηξη στο σεισμογόνο ρήγμα από δυτικά προς τα ανατολικά (αριστερόστροφο ρήγμα).

- Η ΒΑ - ΝΔ/κή ανάπτυξη των ισοβλαβών καμπυλών μεγάλης έντασης συμπίπτει σχεδόν με την κύρια επώθηση ή κύρια τεκτονική γραμμή (σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές) της Πάρνηθας πάνω στους σχηματισμούς που δομούν την περιοχή ανατολικότερα (όρος Πεντέλη). Συνεπώς η κύρια τεκτονική αυτή γραμμή φαίνεται ότι έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αύξηση της σεισμικής έντασης στους οικιστικούς χώρους της Αθήνας που επλήγησαν καίρια από τους σεισμούς.



Σχήμα 4.3. Χάρτης ισοβλαβών καμπυλών για το σεισμό της Αθήνας της 7ης Σεπτεμβρίου του 1999.

Η ευρύτερη περιοχή του Δήμου Αθηναίων, όπως προκύπτει από την ανάλυση των μηχανισμών γένεσης ισχυρών επιφανειακών σεισμών οι οποίοι έγιναν κατά την χρονική περίοδο 1956 - 1986 στον Ελληνικό χώρο, χαρακτηρίζεται όπως έχει ήδη αναφερθεί από ένα σύγχρονο εφελκυστικό σεισμοτεκτονικό καθεστώς (Parazachos et al., 1986) και ανήκει σε ένα χώρο γενικά μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας.

Για την καλύτερη κατανόηση του σεισμικού δυναμικού κρίθηκε σκόπιμο να συγκεντρωθούν τα στοιχεία των σεισμών που έχουν καταγραφεί στην ευρύτερη περιοχή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο κατάλογος που τηρείται για το σύνολο του Ελληνικού χώρου στη Δ/ση Τεχνικής Γεωλογίας του Ι.Γ.Μ.Ε., του οποίου πρωταρχικές πηγές αποτέλεσαν το δελτίο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αστεροσκοπείου Αθηνών (Δ.Γ.Ι.Α.Α.), ο κατάλογος του Εργαστηρίου του Αριστοτέλειου Παν/μιού Θεσσαλονίκης και πλήθος βιβλιογραφικών αναφορών. Τα στοιχεία των σεισμικών συμβάντων μεγέθους $M_s \geq 5,0$ βαθμών της κλίμακας Richter που εκδηλώθηκαν σε μια περιοχή ακτίνας 100km από το Δήμο Αθηναίων, κατά την περίοδο 550π.Χ.- 1900μ.Χ. καθώς και αυτών με μέγεθος $M_s \geq 5,0$ από το 1901 έως 31-05-04, απεικονίζονται στα Σχήματα 4.4 και 4.5 ενώ τα σχετικά στοιχεία συνοψίζονται στους Πίνακες 4.1 και 4.2 αντίστοιχα. Η παρατήρηση των χαρτών αυτών μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η περιοχή έχει πληγεί κατά το παρελθόν από μεγάλους σεισμούς.

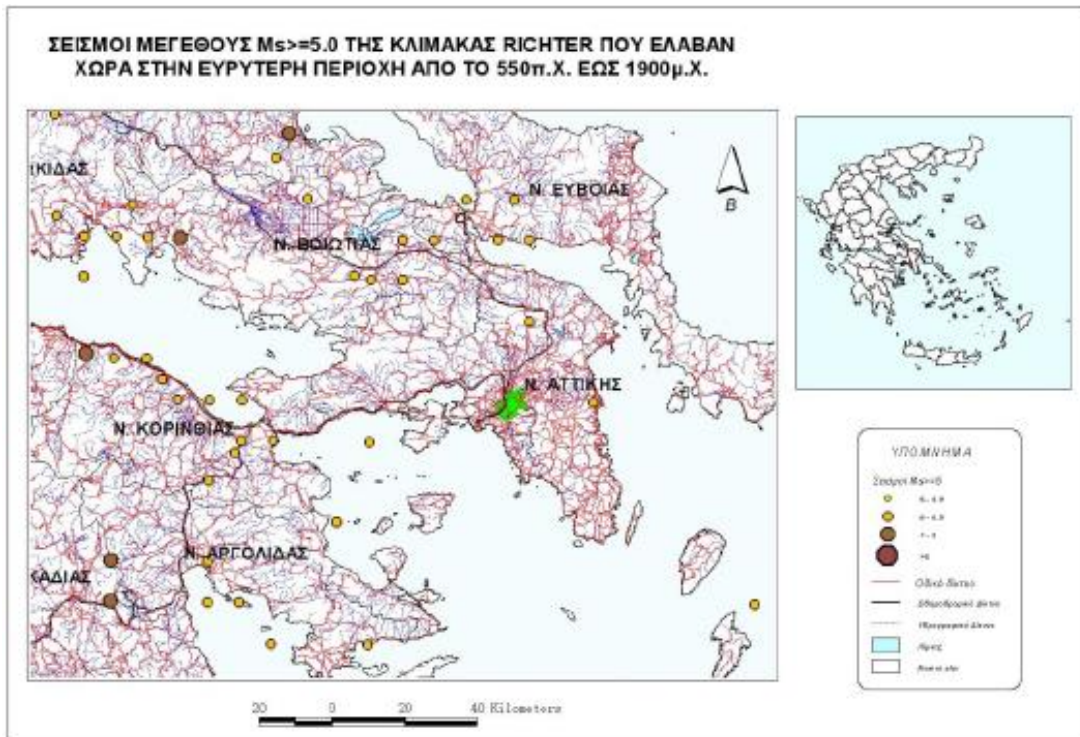
Πίνακας 4.1. Κατάλογος σεισμών μεγέθους $M_s \geq 5,0$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή (ακτίνας 100km) του Δήμου Αθηναίων κατά την περίοδο 550 π.Χ.- 1900μ.Χ.

ΧΡΟΝΙΑ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ	ΛΕΠΤΑ	ΔΕΥΤ./ΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ
-489						37,70	23,20		6,00
-480						37,90	23,30		6,30
-427						38,50	23,10		6,00
-420						38,00	22,80		6,00
-414						37,80	22,80		6,00
-388						37,80	22,80		6,20
-347						38,40	22,50		6,00
-303						38,00	22,70		6,60
-279						38,40	22,40		6,80
-198						38,40	23,70		6,60
74	JUN	20				37,90	22,90		6,30
361						38,40	22,60		6,90
521						38,00	22,90		6,30
543						38,00	22,80		6,20
580						38,00	22,80		6,30
996						38,30	22,40		6,80
1321						38,30	23,30		6,30
1402	JUN					38,11	22,41		7,00
1417	AUG					38,40	23,80		6,40
1421	JAN	21				37,50	22,90		6,50
1660	MAR					38,30	22,40		6,40
1694	JUN					38,40	23,70		6,20
1705	SEP	3				38,20	23,80		6,20
1725						37,90	23,00		6,00
1726						38,50	23,60		6,00
1753	MAR	6				38,10	22,50		6,20
1775	APR	16				37,90	22,90		6,40
1785	JUN	24				38,40	23,50		6,00
1788	ΟΚΤ	15				37,50	22,80		6,10
1794	JUN	11				38,30	22,40		6,70
1853	AUG	18	8	30	0,00	38,40	23,40		6,60
1853	SEP	29	11	45	0,00	38,30	23,40		6,30
1858	FEB	21	9	0	0,00	37,87	22,88		6,50
1870	AUG	1	0	41	0,00	38,48	22,55		6,80
1873	JUL	25				37,70	23,20		6,00
1874	MAR	18	5	0	0,00	38,50	23,75		6,00
1876	JUN	26				37,80	22,80		6,10
1887	ΟΚΤ	3	22	53	0,00	38,05	22,65		6,50
1891	MAY	11				37,50	24,50		6,40
1893	MAY	23	22	2	0,00	38,31	23,25		6,30
1894	APR	20	16	52	0,00	38,60	23,00		6,70
1894	APR	27	19	21	0,00	38,66	23,04		7,20
1897	MAY	28	22	35	0,00	37,50	22,50		7,00
1898	JUN	2	21	40	0,00	37,60	22,50		7,20

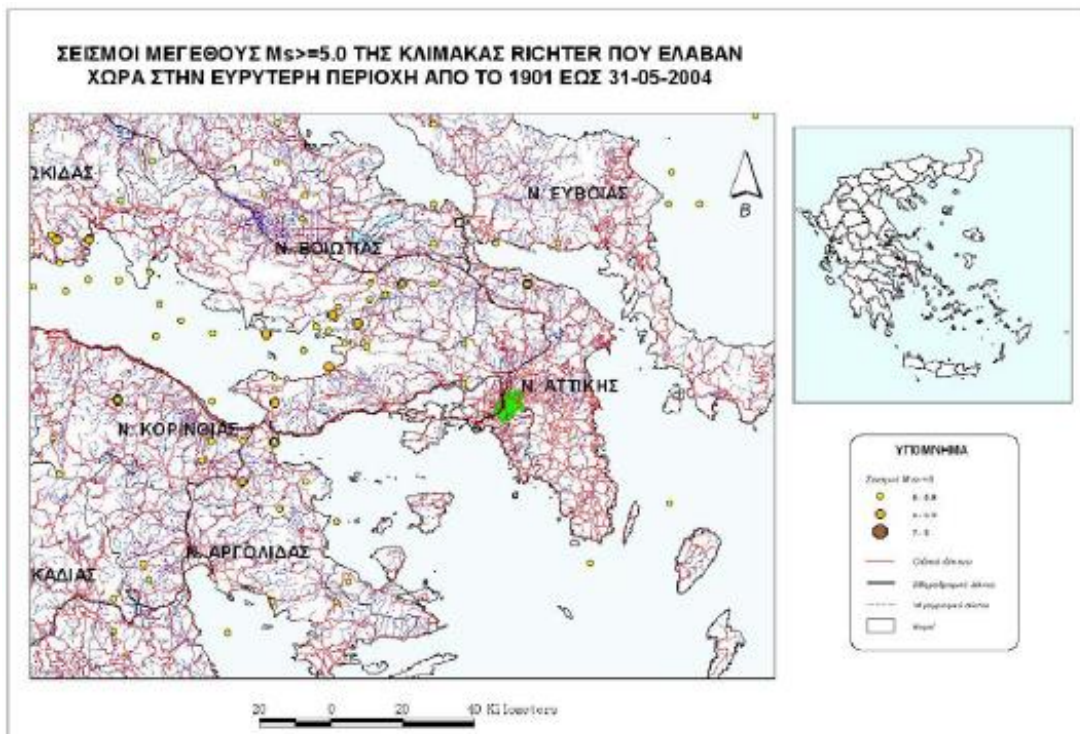
Πίνακας 4.2. Κατάλογος σεισμών μεγέθους $M_s \geq 5,0$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή (ακτίνας 100km) του Δήμου Αθηναίων κατά την περίοδο 1901 έως 31-05-04.

ΧΡΟΝΙΑ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ	ΛΕΠΤΑ	ΔΕΥΤ/ΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ
1901	APR	11	18	35	30	38,50	23,50		5,5
1911	SEP	20	23	24	28	37,50	22,50		5,3
1912	MAR	22	18	40	24	38,30	23,30		5,1
1913	DEC	1	22	44	29	37,70	23,20		5,1
1914	OCT	17	6	22	32	38,30	23,40		6,0
1914	OCT	17	10	42	11	38,30	23,40		5,6
1915	JUN	26	4	45	34	38,40	23,70		5,0
1915	SEP	19	11	0	32	38,30	23,50		5,1
1915	OCT	8	0	30	37	38,30	23,50		5,0
1915	DEC	31	19	47	51	37,50	22,50		5,4
1916	MAY	11	16	17	42	38,00	22,80		5,0
1916	MAY	20	22	14	11	38,40	23,50		5,3
1917	SEP	23	19	45	21	38,30	23,30		5,0
1918	JAN	20	2	36	40	38,70	23,00		5,5
1919	OCT	13	13	4	49	38,40	23,90		5,1
1922	AUG	8	3	40	6	37,50	23,20		5,6
1922	AUG	15	14	53	12	37,50	23,00		5,3
1922	NOV	11	22	13	0	37,50	23,00		5,6
1924	FEB	16	9	1	6	37,50	23,00		5,3
1926	JUL	2	5	25	23	38,20	22,70		5,0
1927	DEC	12	23	57	15	38,50	22,50		5,1
1928	JAN	22	0	18	15	38,60	22,60		5,4
1928	APR	22	19	59	15	37,90	23,00		5,2
1928	APR	22	20	13	46	37,90	23,00		6,3
1928	APR	25	0	31	18	38,00	23,00		5,2
1928	APR	29	9	49	12	38,00	23,00		5,2
1929	MAR	3	10	49	30	37,90	22,80		5,0
1929	DEC	20	2	27	49	37,90	23,00		5,0
1930	APR	17	20	6	39	37,80	23,10		5,9
1930	SEP	12	8	18	33	37,70	23,20		5,0
1930	SEP	12	9	22	17	37,70	23,20		5,0
1930	SEP	12	13	33	54	37,70	23,20		5,3
1930	SEP	13	20	5	46	37,70	23,20		5,2
1931	JAN	4	0	0	35	37,90	22,90		5,6
1931	SEP	11	8	34	0	38,70	23,50		5,0
1931	SEP	11	14	34	2	38,70	23,50		5,2
1931	SEP	11	16	23	8	38,70	23,50		5,3
1931	SEP	13	6	22	2	38,70	23,50		5,0
1931	SEP	13	6	26	26	38,70	23,50		5,0
1938	JUL	20	0	23	35	38,30	23,80		6,0
1938	JUL	27	1	29	10	38,30	23,80		5,0
1938	SEP	18	3	50	38	38,00	22,50	100	6,4
1942	JUN	4	15	15	12	38,60	23,00		5,0
1949	MAR	10	21	27	8	38,00	22,50		5,0
1953	JUN	13	18	38	58	38,20	22,70	10	5,0

1953	SEP	5	14	18	41	38,00	23,00	10	6,0
1954	APR	17	20	52	46	37,90	22,90	10	5,3
1956	JAN	13	20	0	34	37,60	24,00	10	5,0
1956	JAN	18	3	11	42	37,75	24,25	10	5,1
1957	NOV	9	23	55	51	38,30	22,40	10	5,1
1958	MAR	29	3	0	42	38,30	22,50	10	5,0
1958	JUN	10	15	53	32	38,50	24,25	10	5,0
1962	AUG	28	10	59	56	37,80	22,90	100	6,5
1964	JUL	17	2	34	27	38,05	23,60	150	5,7
1965	JUL	6	3	18	41	38,40	22,40	10	6,2
1966	JAN	2	23	12	19	37,73	23,02	10	5,2
1968	JUL	4	21	47	53	37,55	23,24	5	5,5
1970	FEB	11	19	1	20	37,59	22,59	75	5,0
1970	APR	8	13	50	30	38,32	22,60	19	5,8
1970	APR	20	15	39	29	38,24	22,63	5	5,3
1970	APR	23	4	29	50	37,55	22,61	34	5,1
1974	NOV	14	13	22	33	38,46	23,08	5	5,2
1974	NOV	14	14	26	49	38,46	23,08	5	5,2
1974	NOV	14	15	29	44	38,52	23,09	5	5,3
1974	DEC	1	6	21	16	38,52	22,96	5	5,0
1975	JAN	8	19	32	35	38,17	22,80	25	5,2
1975	APR	24	22	58	19	37,42	22,50	30	5,0
1977	JAN	16	9	16	48	37,85	22,77	21	5,0
1979	MAR	13	13	48	60	38,50	24,35	17	5,0
1981	FEB	24	20	53	38	38,17	22,97	14	6,8
1981	FEB	25	1	57	55	38,13	23,09	5	5,7
1981	FEB	25	2	35	53	38,09	23,17	13	6,4
1981	FEB	25	5	8	15	38,21	23,19	6	5,6
1981	FEB	25	5	9	59	38,06	23,00	5	5,4
1981	FEB	28	17	6	24	38,15	23,28	9	5,0
1981	MAR	4	21	58	6	38,20	23,26	14	6,3
1981	MAR	4	23	4	48	38,19	23,13	5	5,0
1981	MAR	5	1	10	15	38,18	23,17	5	5,2
1981	MAR	5	6	59	7	38,22	23,18	6	6,1
1981	MAR	7	11	34	45	38,14	23,29	5	5,2
1981	MAR	7	11	51	36	38,26	23,30	5	5,0
1981	MAR	12	1	49	40	38,27	23,35	10	5,1
1981	MAR	18	16	55	31	38,24	23,20	5	5,2
1982	DEC	20	22	56	59	38,55	24,61	11	5,0
1988	JUL	12	2	26	53	38,78	23,44	5	5,0
1988	JUL	16	1	54	33	37,42	22,86	95	5,0
1988	SEP	11	21	45	24	38,15	23,22	13	5,0
1990	JAN	2	20	35	43	38,58	24,26	14	5,0
1993	FEB	4	2	22	56	38,16	22,62	5	5,1
1999	SEP	7	11	56	51	38,15	23,60	29	5,9
2004	MAY	31	22	19	51,50	38,72	24,53	30	5,2



Σχήμα 4.4 Χωρική κατανομή επικέντρων σεισμών μεγέθους $M_s > 5$ στην ευρύτερη περιοχή έρευνας από το 550 π.Χ. έως το 1900 μ.Χ



Σχήμα 4.5 Χωρική κατανομή επικέντρων σεισμών μεγέθους $M_s > 5$ στην ευρύτερη περιοχή έρευνας από το 1901 έως το 2004

Οι σεισμοί που ορίζουν τη σεισμικότητα και κυρίως τη σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής, έχουν μέγεθος 5,5 και άνω. Η ενέργεια που εκλύεται από σεισμούς μικρότερου μεγέθους είναι σχετικά ασήμαντη ιδιαίτερα όταν η εστία τους είναι σε βάθος μικρότερο των 10 Km (Galanopoulos, 1972). Στον Πίνακα 4.2 δίνονται όλα τα σεισμικά συμβάντα που εκδηλώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή (ακτίνα μεγέθους 100χλμ.) με μέγεθος 5,0 και άνω, ενώ στο Σχήμα 3-5 απεικονίζεται η κατανομή τους στο χώρο. Από τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνεται η παρουσία αρκετών σεισμών πάνω από το μέγεθος αυτό στην ευρύτερη περιοχή.

Τέλος, επισυνάπτεται η κατάταξη των τεχνικογεωλογικών σχηματισμών στις κατηγορίες εδάφους που ορίζει ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός Ε.Α.Κ. 2000 (βλ. Πίνακα 3.3).

Πίνακας 4.3 Κατηγορίες εδάφους σύμφωνα με Ε.Α.Κ. 2000

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσασθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
Χ	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Ελπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΑΝΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ «ΒΛΑΧΟΥ»

5.1 ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

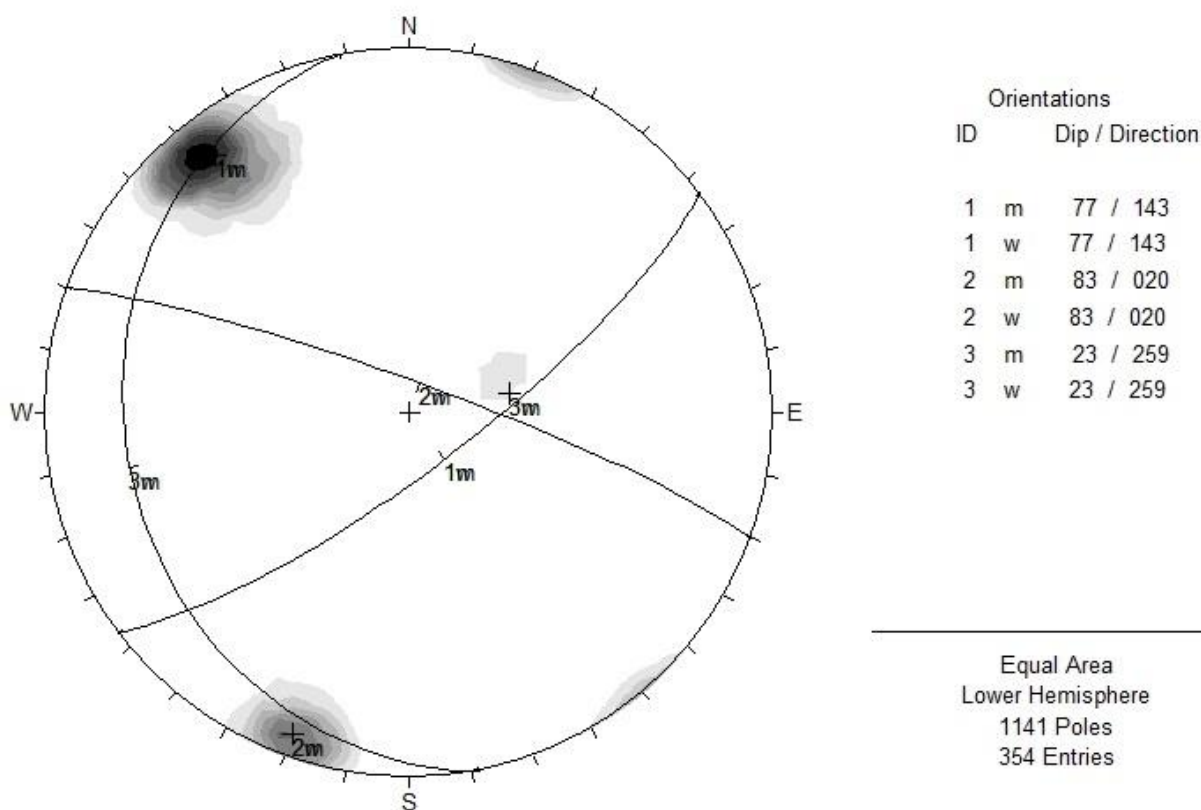
Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο της Γεωλογίας (3ο Κεφάλαιο) το Λατομείο Βλάχου περιβάλλεται από πρανή στα οποία κυριαρχεί ο δολομιτικός ασβεστόλιθος, ο οποίος είναι κατακερματισμένος λόγω της χρήσης εκρηκτικών υλών κατά τις διαδικασίες εξόρυξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων τεμαχίων βραχομάζας, τα οποία σε συνδυασμό με τις σχετικά απότομες κλίσεις των πρανών αυξάνουν τον κίνδυνο καταπτώσεων βράχων σε όλη την έκταση των πρανών.

Όσον αφορά στα γεωμετρικά στοιχεία των πρανών, παρουσιάζονται ιδιαίτερα έντονες μεταβολές. Το ύψος τους κυμαίνεται μεταξύ 12m και 60m, οι κλίσεις τους μεταξύ 45° και 86° , ενώ και ο προσανατολισμός τους είναι ιδιαίτερα μεταβλητός με μετρήσεις από 146° έως 319° . Αυτός είναι και ο λόγος που το πρανές χωρίστηκε σε έξι επιμέρους τμήματα, με σκοπό την λεπτομερέστερη μελέτη και την ορθότερη εξαγωγή συμπερασμάτων, τα οποία απεικονίζονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Επιμέρους τμήματα πρανών λατομείου Βλάχου όπως ορίστηκαν για τις ανάγκες της μελέτης

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων στο Λατομείο Βλάχου εντοπίστηκαν τρία κύρια συστήματα ασυνεχειών με στοιχεία: J1 (143° / 77°), J2 (20° / 83°), J3 (259° / 23°) (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.2 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των τριών κύριων συστημάτων των ασυνεχειών

Ως γενικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών μπορεί να θεωρηθεί η περιορισμένη ανάπτυξή τους. Παρουσιάζουν μικρή απόσταση, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη και οι επιφάνειές τους είναι κλειστές και ελαφρά τραχείες.

Το γεγονός ότι οι ασυνέχειες εμφανίζονται κλειστές με περιορισμένη ανάπτυξη και ελαφριά τραχύτητα συνεπάγεται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων της βραχομάζας τα οποία λειτουργούν ως γέφυρες υγιούς υλικού. Τα τμήματα αυτά αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή του συνόλου της βραχομάζας και συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ολισθήσεων κατά μήκος επιφανειών ασυνεχειών.

5.2 Η ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ DIPS

Το Dips είναι λογισμικό σχεδιασμένο για την ανάλυση γεωλογικών δεδομένων με βάση τον προσανατολισμό τους. Το πρόγραμμα είναι ικανό για πολλές εφαρμογές και χρησιμοποιεί την στερεογραφική προβολή για την ανάλυση των γεωλογικών στοιχείων.

Σημαντικό ρόλο στη γεωμηχανική συμπεριφορά της βραχομάζας παίζουν ο αριθμός των συστημάτων των ασυνεχειών, ο προσανατολισμός τους, η συνέχεια, η απόσταση, το άνοιγμα, η τραχύτητα, το υλικό πλήρωσης, η αντοχή επιφάνειας και το καθεστώς του νερού.

Επιπλέον, για τη διαπίστωση της παρουσίας δυνητικών αστοχιών αναγκαία είναι η γνώση της διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών (γωνία τριβής). Στην περίπτωση μας, μετρήθηκε με επί τόπου δοκιμές στις 32° .

Με τη χρήση της γεωλογικής πυξίδας με τη μορφή μέγιστη κλίση και διεύθυνση μέγιστης κλίσης (Dip/Dip direction) προσδιορίστηκαν τα κυριότερα συστήματα ασυνεχειών που διατέμνουν τη βραχομάζα. Ακόμη, κατεγράφησαν ο προσανατολισμός του πρηνούς και η κλίση του, στοιχεία που βοηθούν στον καθορισμό των δυνητικών αστοχιών.

Συνήθως οι μετρήσεις πρέπει να ξεπερνούν τις 100 για να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας γραμμική μέθοδο λήψης των μετρήσεων. Οι μετρήσεις αυτές συμβάλλουν σημαντικά στην κατανόηση της συμπεριφοράς της βραχομάζας, δεδομένου ότι πιθανή παρουσία επιπέδων ασυνέχειας με δυσμενή προσανατολισμό αποτελεί σοβαρό παράγοντα χαλάρωσης και αστάθειας των πρηνών γενικά.

Για την κατανόηση της συμπεριφοράς της βραχομάζας κάτω από το συγκεκριμένο καθεστώς τεκτονικής διάρρηξης, είναι αναγκαία σε πρώτη φάση η καταγραφή των πόλων και στη συνέχεια η ισοβαρής κατανομή αυτών. Το πρόγραμμα **DIPS**, δεχόμενο τις μετρήσεις υπαίθρου με τη μορφή μέγιστη κλίση και διεύθυνση μέγιστης κλίσης, υπολογίζει τη θέση των πόλων και την ισοβαρή κατανομή αυτών, από την οποία προκύπτουν τα κύρια συστήματα ασυνεχειών.

5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΑΝΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ «ΒΛΑΧΟΥ»

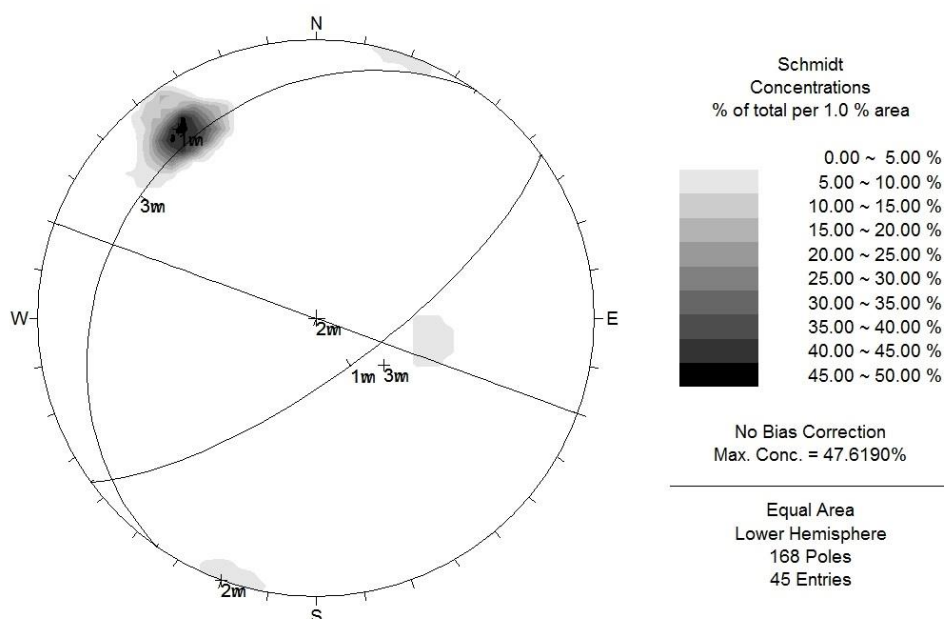
5.3.1 ΔΥΤΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΑΒ

5.3.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

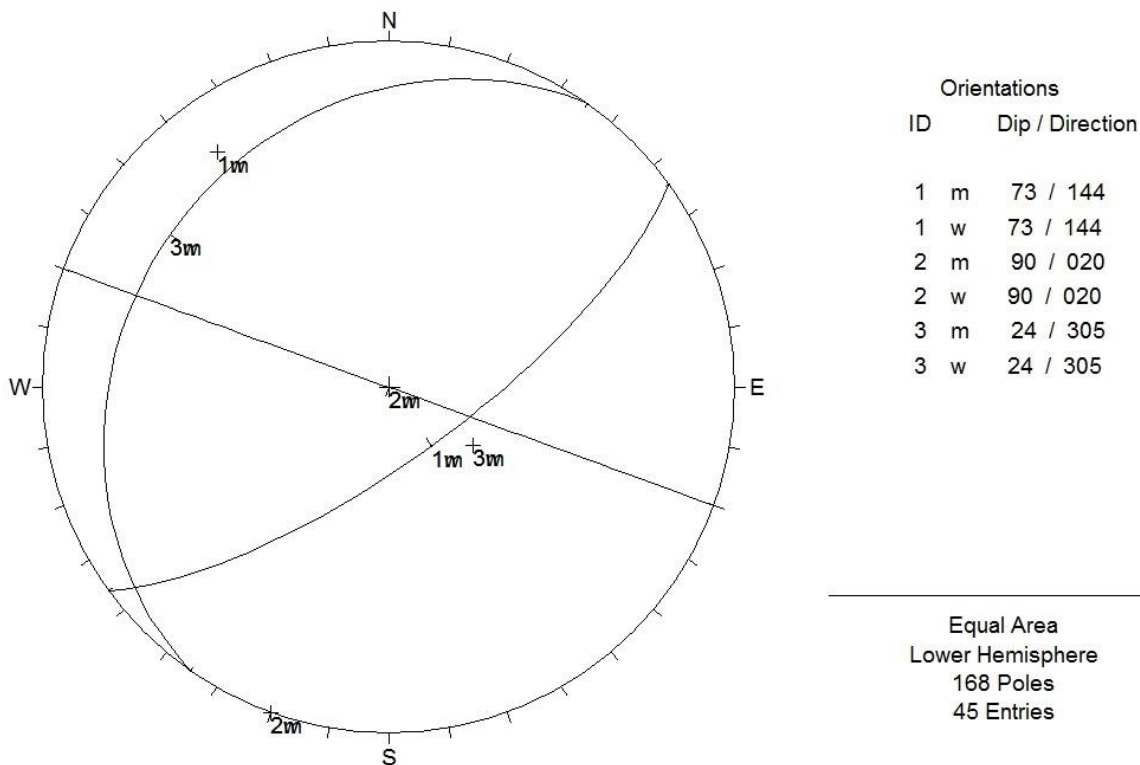
Το πρανές ΑΒ εκτείνεται στα δυτικά του λατομείου Βλάχου, από το σημείο Α έως το σημείο Β όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 60m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 200°, ενώ οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 70° και των 86°.

5.3.1.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχιών με στοιχεία: J1 (144°/ 73°), J2 (20°/ 90°) και J3 (305°/ 24°). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχιών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.3 και 5.4 αντίστοιχα.



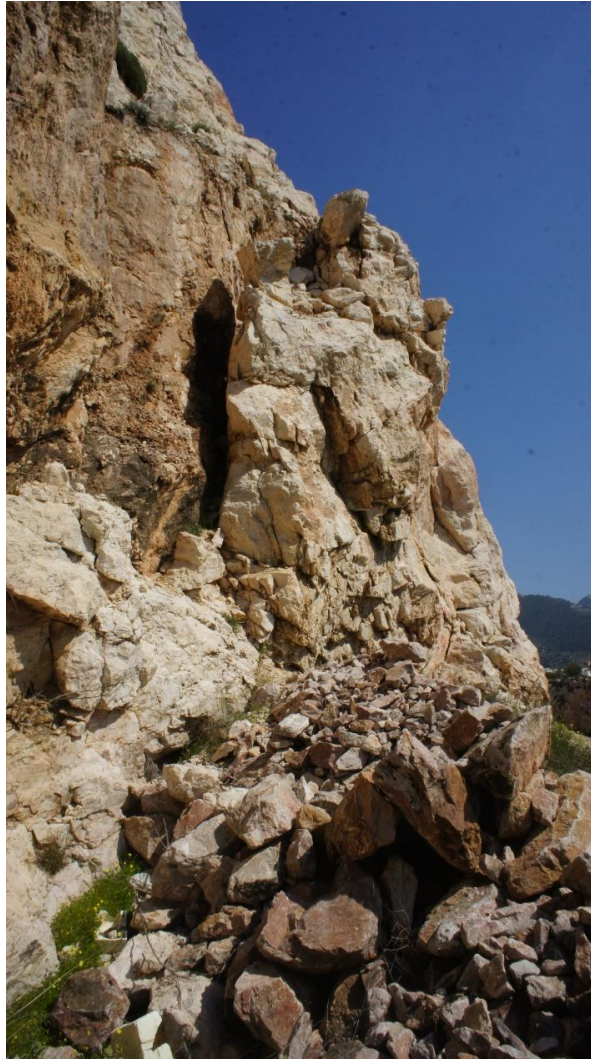
Σχήμα 5.3 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχιών (πρανές ΑΒ).



Σχήμα 5.4 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές AB).

Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες. Το γεγονός ότι οι ασυνέχειες εμφανίζονται κλειστές με περιορισμένη ανάπτυξη και ελαφριά τραχύτητα συνεπάγεται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων υγιούς βραχομάζας στο σώμα του πρανούς (γέφυρες υγιούς βραχομάζας). Τα τμήματα αυτά αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή των υλικών και μειώνουν την πιθανότητα εκδήλωσης ολισθήσεων.

Στο δεξί τμήμα του πρανούς εντοπίστηκε χάσμα πληρωμένο με ασβεστιτικό υλικό F1 (Φωτογραφία 5.1). Από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις επιφάνειες του ανοίγματος προέκυψε ότι τα στοιχεία προσανατολισμού του είναι: (25° / 81°). Από τη σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του με αυτά των συστημάτων που εντοπίστηκαν στο πρανές προκύπτει ότι το χάσμα εντάσσεται στο σύστημα διαρρήξεων J2.

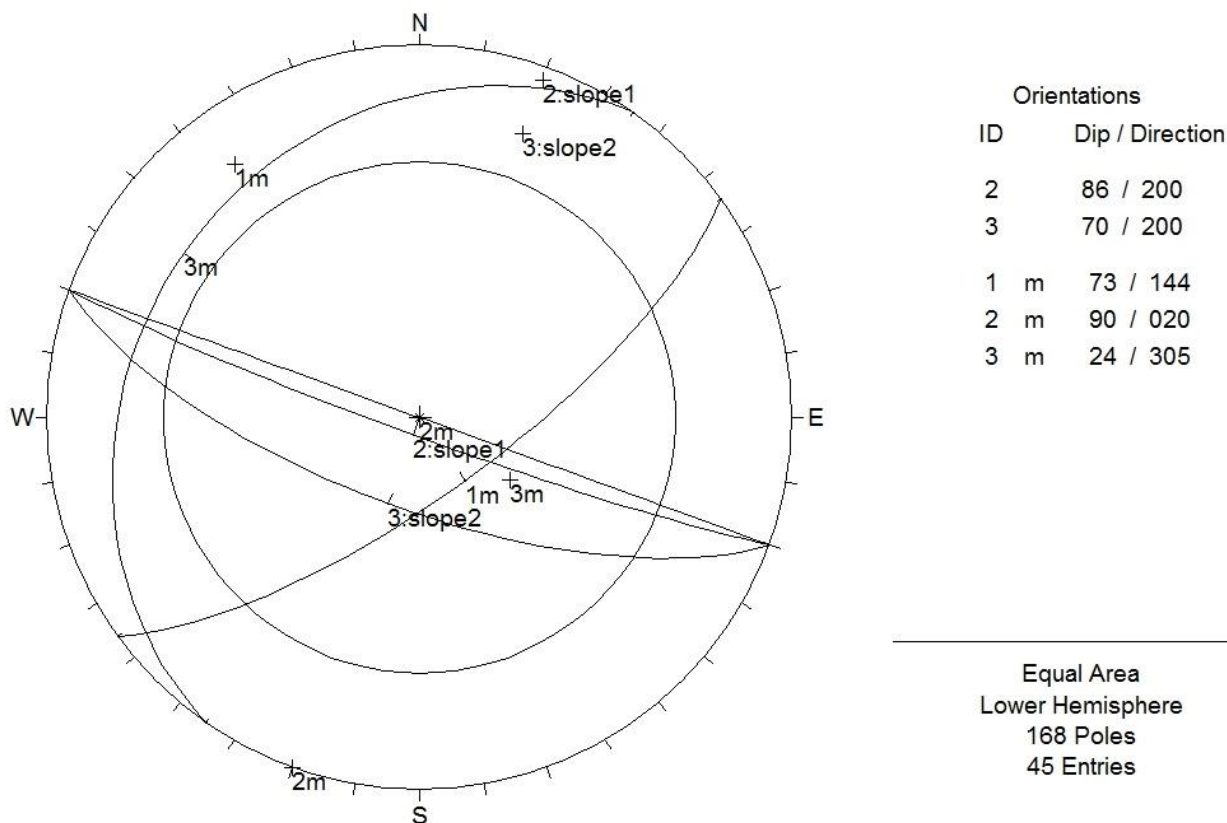


Φωτογραφία 5.1 Χάσμα που αναπτύσσεται κατά μήκος του ρήγματος *F1* στο πρανές *AB*

5.3.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ *AB*

Στο πρανές *AB* εξετάστηκε η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων *J1-J3*. Όπως φαίνεται στο δίκτυο Schmidt (Σχήμα 5.5), η γραμμή διατομής των δύο επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας. Συνεπώς, το τμήμα της βραχομάζας που οριοθετείται από τα δύο αλληλοτεμνόμενα επίπεδα ασυνεχειών δε δύναται να αποσπασθεί.

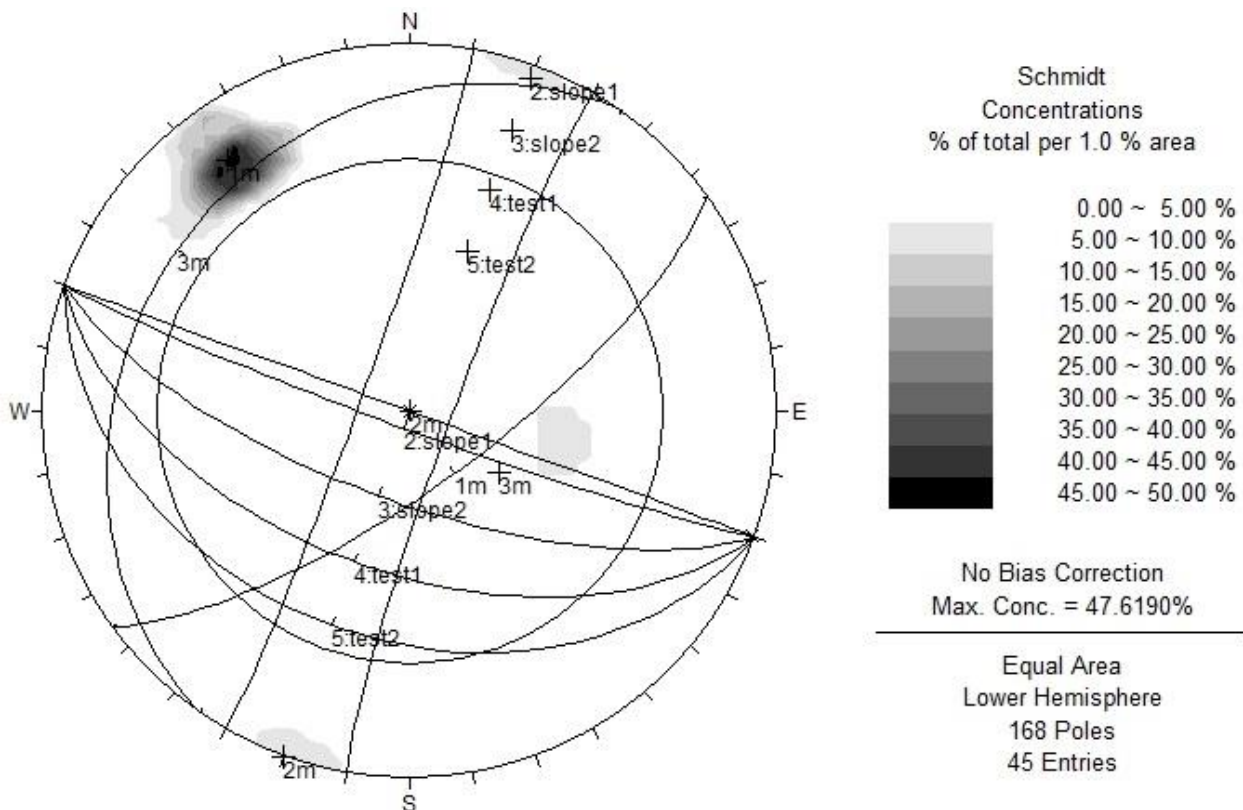
Όσον αφορά στις τομές των επιπέδων *J1-J2* και *J2-J3*, παρατηρούμε πως δε δύνανται να προκαλέσουν κάποια αστοχία σφήνας, καθώς το επίπεδο *J2* δεν τέμνει την επιφάνεια του πρανούς. Να σημειωθεί εδώ πως έχει ληφθεί υπ'όψη η διακύμανση της κλίσης του πρανούς, η οποία κυμαίνεται από 86° έως 70° , με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση και την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 5.5 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές AB

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές AB μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς AB τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 200° και κλίση $86^\circ - 32^\circ = 54^\circ$ (**test1**) στην πρώτη περίπτωση, και $70^\circ - 32^\circ = 38^\circ$ (**test2**) στη δεύτερη. Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από τα τμήματα test1 και test2, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.6, μεγάλο ποσοστό των πόλων του συστήματος J2 εμφανίζεται στο τμήμα αυτό. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές AB υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής σε όλο το εύρος κλίσης του, λόγω του συστήματος ασυνεχειών J2.



Σχήμα 5.6 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές AB

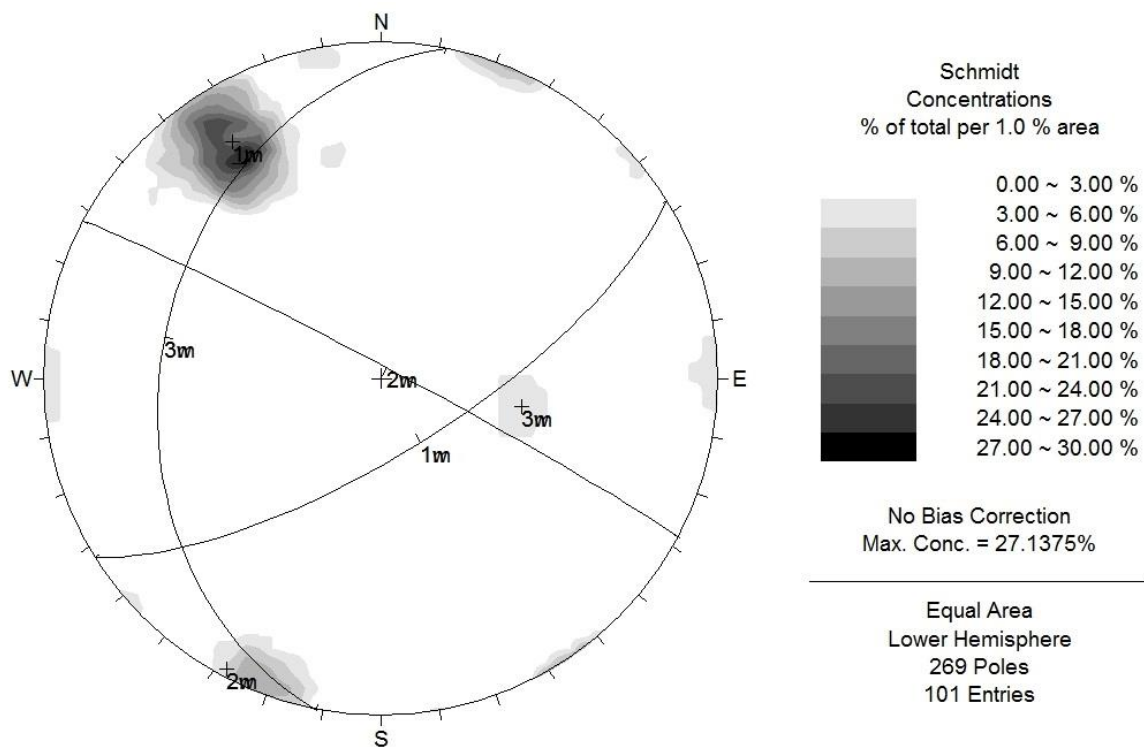
5.3.2 ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΒΓ

5.3.2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

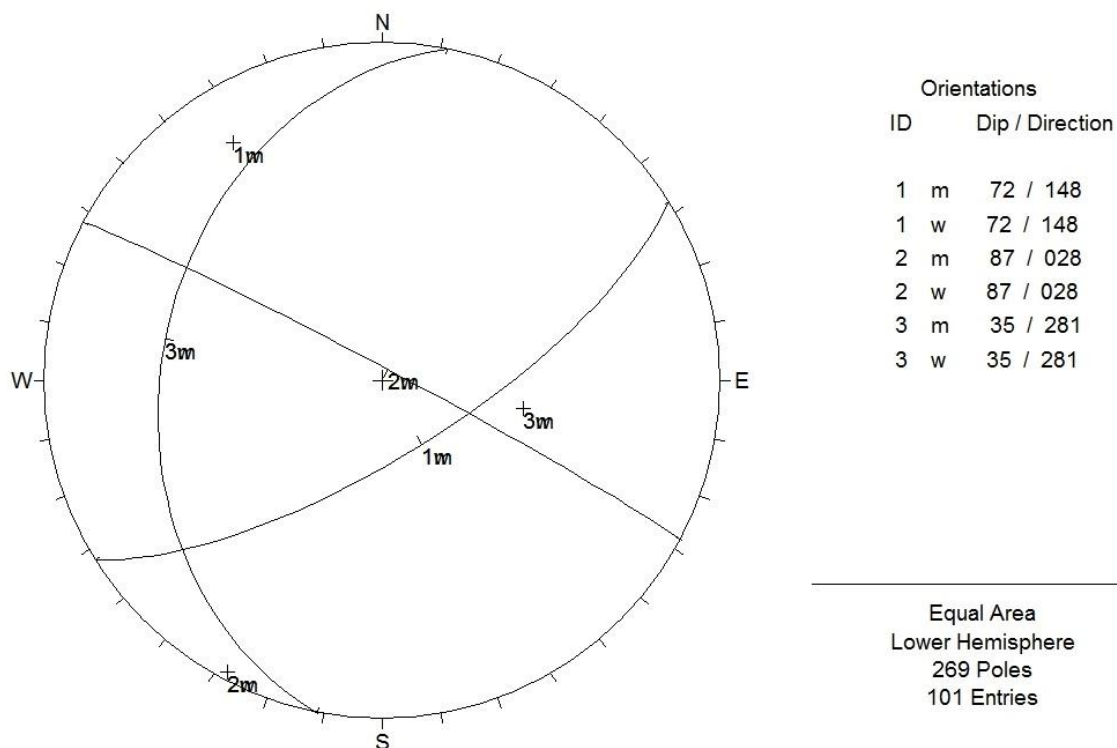
Το πρανές ΒΓ εκτείνεται στα βορειοδυτικά του λατομείου Βλάχου, από το σημείο Β έως το σημείο Γ όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 60m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 146°, ενώ οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 53°.

5.3.2.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχιών με στοιχεία: J1 (148°/ 72°), J2 (28°/ 87°) και J3 (281°/ 35°). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχιών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.7 και 5.8 αντίστοιχα.



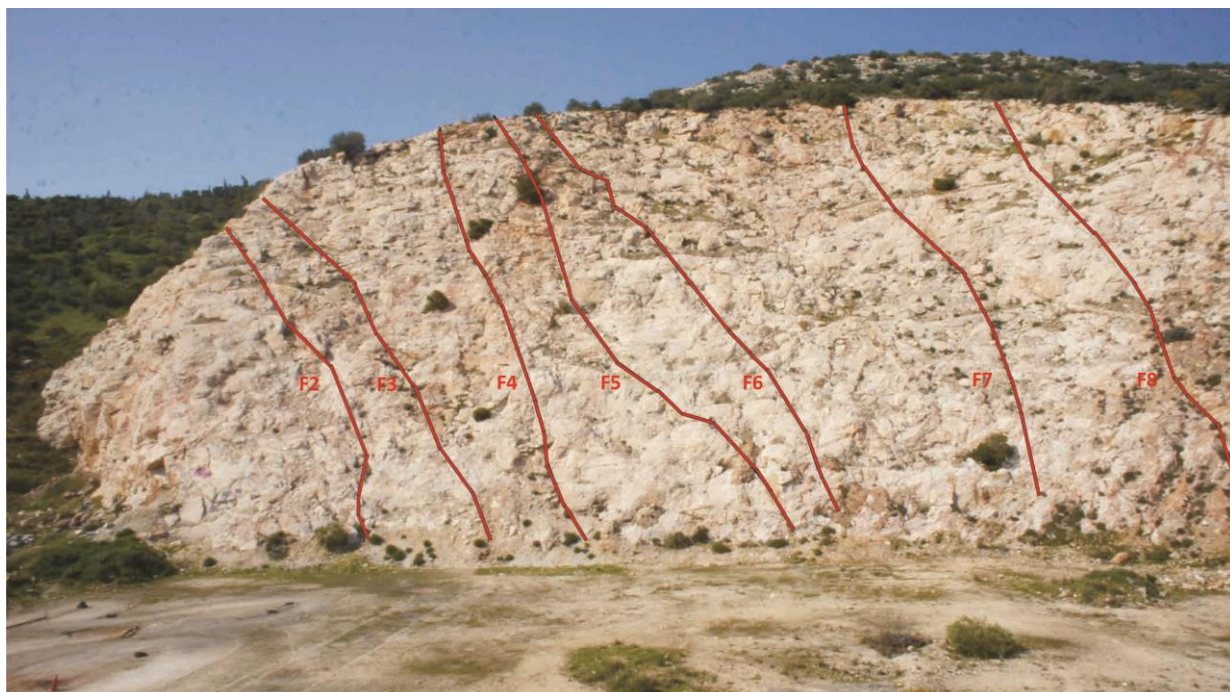
Σχήμα 5.7 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΒΓ)



Σχήμα 5.8 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΒΓ).

Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους , μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες.

Στο πρανές ΒΓ εντοπίστηκαν επτά ρήγματα F2, F3, F4, F5, F6, F7 και F8 επουλωμένα με ασβεστιτικό υλικό (Φωτογραφία 5.2). Από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις επιφάνειες των προσβάσιμων ρηγμάτων προέκυψε ότι τα στοιχεία προσανατολισμού τους είναι: : F4 ($37^\circ / 88^\circ$), F5 ($183^\circ / 70^\circ$) και F6 ($180^\circ / 82^\circ$). Από τη σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους με αυτά των συστημάτων που εντοπίστηκαν στο πρανές προκύπτει ότι τα ρήγματα εντάσσονται στα συστήματα διαρρήξεων J2, J1 και J1 αντίστοιχα.



Φωτογραφία 5.2 Τα ρήγματα F2, F3, F4, F5, F6, F7 και F8 που εμφανίζονται στο πρανές ΒΓ

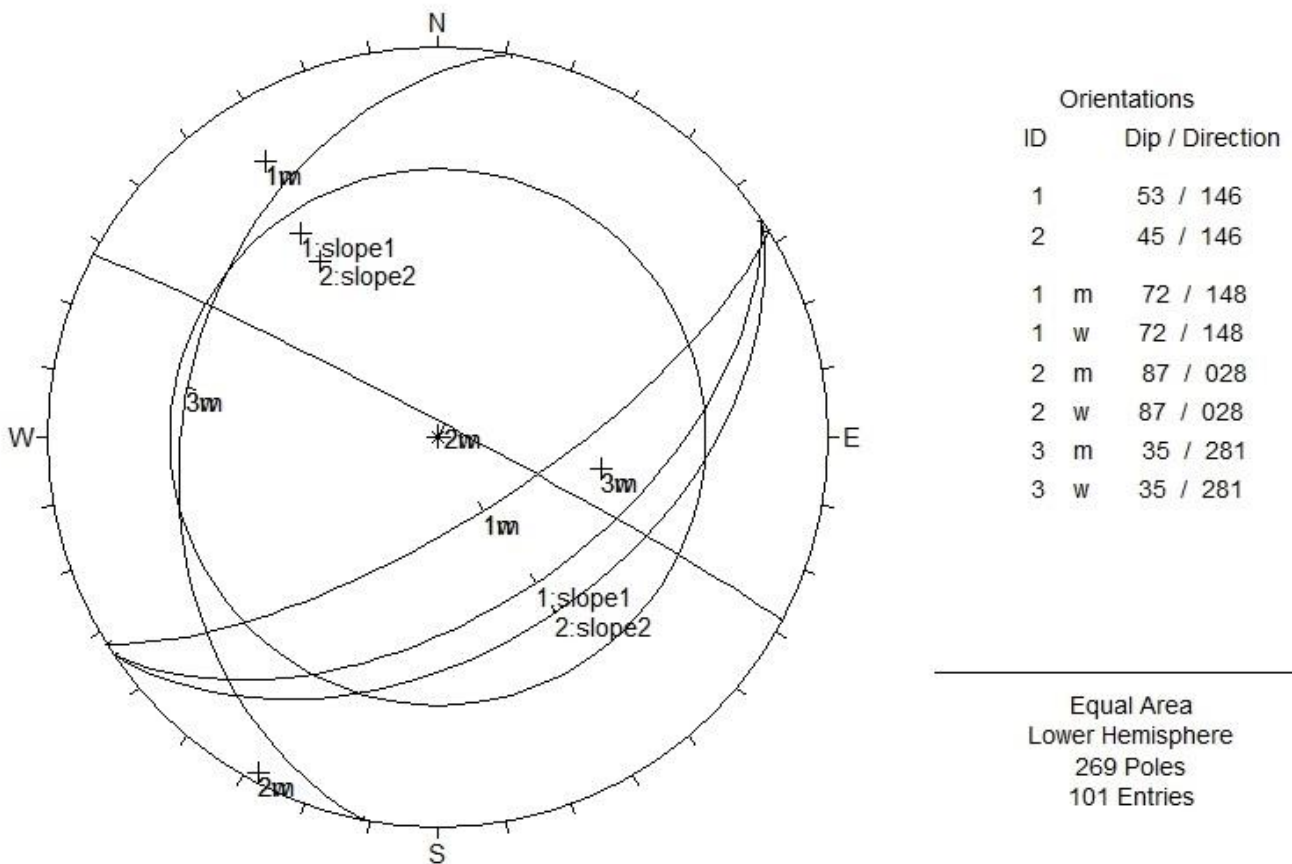
5.3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΒΓ

Στο πρανές ΒΓ εξετάστηκε αρχικά η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων J1-J2. Όπως φαίνεται στο δίκτυο Schmidt (Σχήμα 5.9), η γραμμή διατομής των δύο επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μεγαλύτερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, αλλά και μεγαλύτερη της γωνίας του επιπέδου του πρανούς. Επομένως, το τμήμα της βραχομάζας που οριοθετείται από τα επίπεδα ασυνεχειών J1 και J2 δε δύναται να αποσπασθεί.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τα επίπεδα J1 και J3 ως προς την περίπτωση εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους. Στην περίπτωση αυτή, η γραμμή διατομής των δύο επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας (Σχήμα 5.9).

Όσον αφορά στα συστήματα ασυνεχιών J2 και J3, η διεύθυνση της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους δε συμφωνεί με αυτή του πρανούς (Σχήμα 4.9). Συνεπώς ούτε στην περίπτωση αυτή υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας.

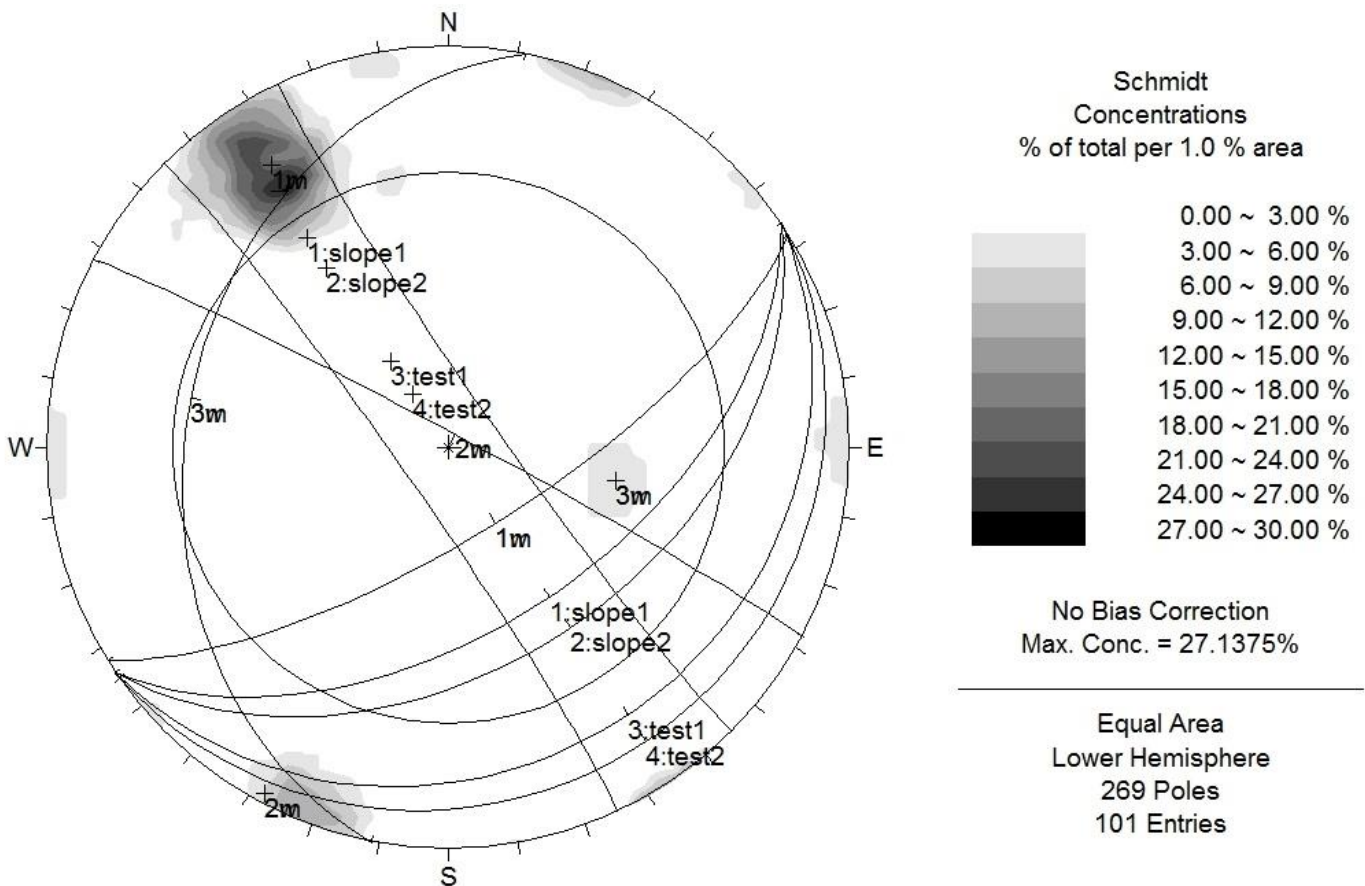
Να σημειωθεί εδώ πως έχει ληφθεί υπ' όψη η διακύμανση της κλίσης του πρανούς, η οποία κυμαίνεται από 53° έως 45°, με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση και την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 5.9 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΒΓ

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές ΒΓ μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς ΒΓ τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 146° και κλίση 53° - 32° = 21° (**test1**) στην πρώτη περίπτωση, και 45° - 32° = 13° (**test2**) στη δεύτερη. Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από τα τμήματα test1 και test2, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.10, μεγάλο ποσοστό των πόλων του συστήματος J1 εμφανίζεται στο τμήμα αυτό. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές ΒΓ υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής λόγω του συστήματος ασυνεχειών J1.



Σχήμα 5.10 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΒΓ

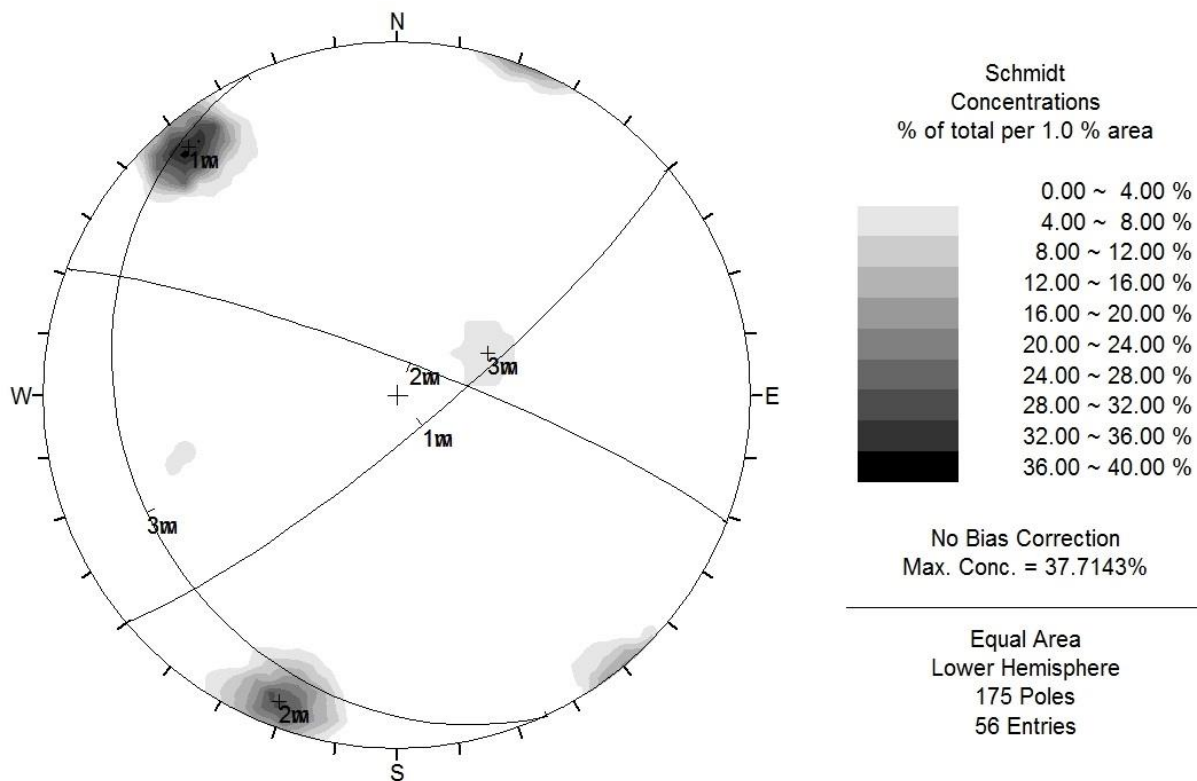
5.3.3 ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΓΔ

5.3.3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

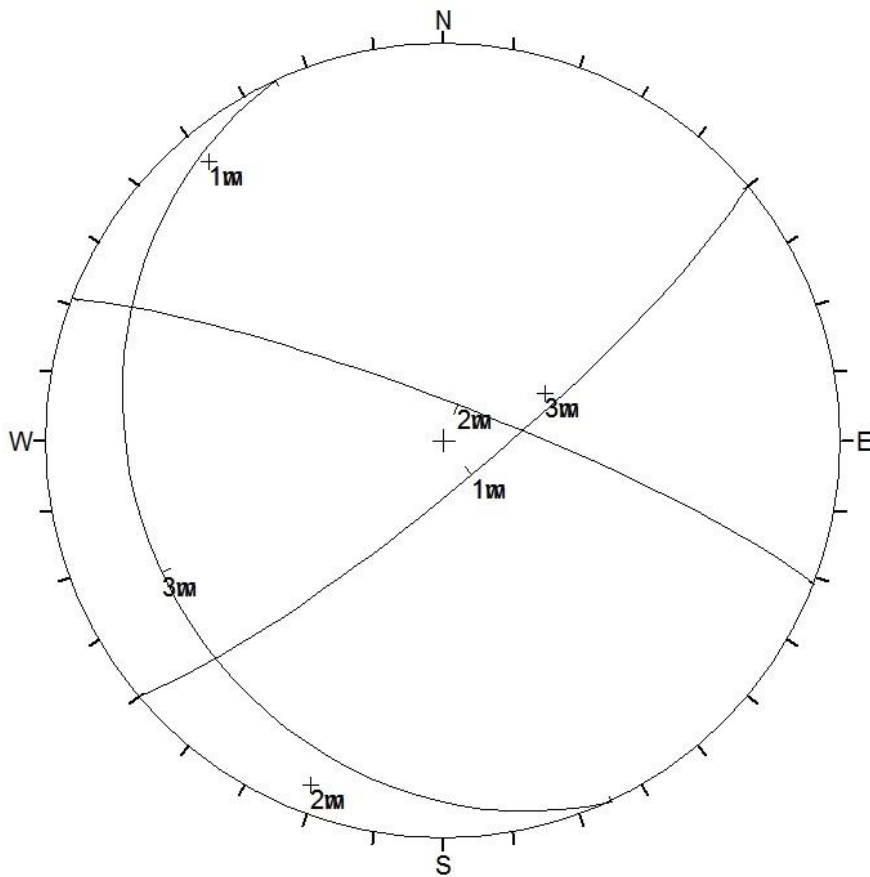
Το πρανές ΓΔ εκτείνεται στα βόρεια του λατομείου Βλάχου, από το σημείο Γ έως το σημείο Δ όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 45m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 260°, ενώ οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 52°.

5.3.3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχειών με στοιχεία: J1 (140°/ 81°), J2 (21°/ 82°) και J3 (245°/ 23°). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχειών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.11 και 5.12 αντίστοιχα.



Σχήμα 5.11 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΓΔ)



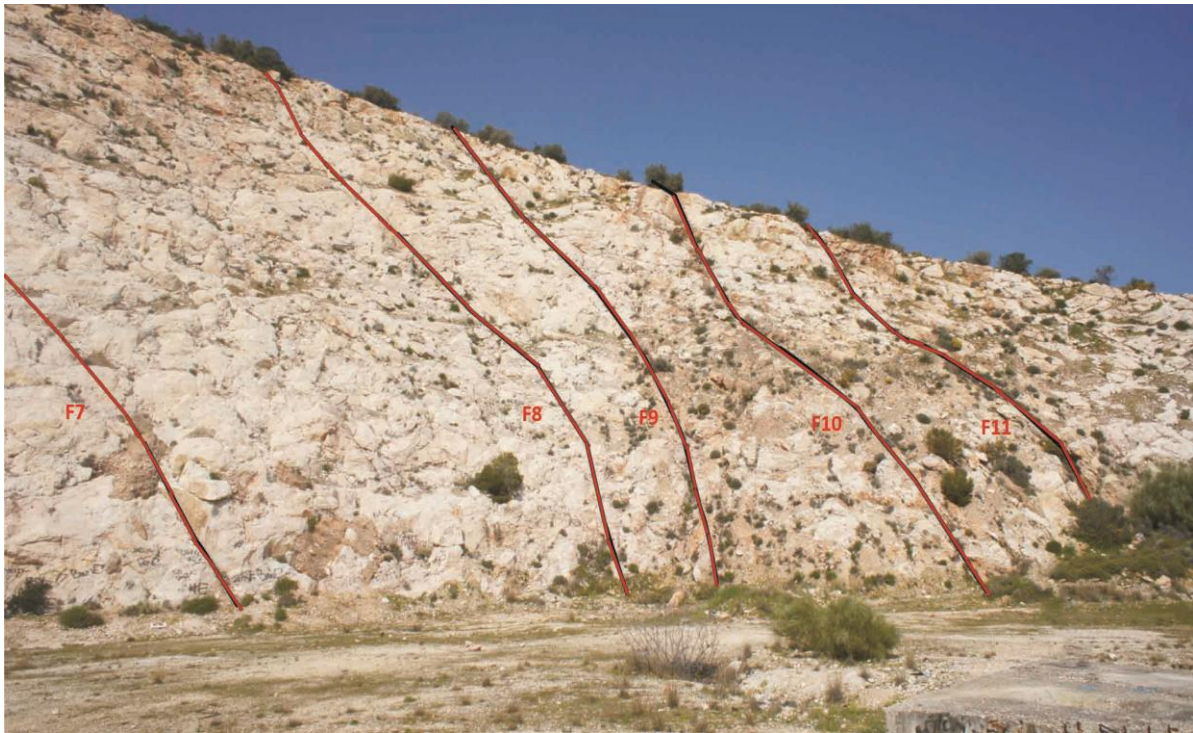
Orientations		
ID		Dip / Direction
1	m	81 / 140
1	w	81 / 140
2	m	82 / 021
2	w	82 / 021
3	m	23 / 245
3	w	23 / 245

Equal Area
Lower Hemisphere
175 Poles
56 Entries

Σχήμα 5.12 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΓΔ)

Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες.

Στο πρανές ΓΔ εντοπίστηκαν τρία ρήγματα F9, F10 και F11 επουλωμένα με ασβεστιτικό υλικό (Φωτογραφία 5.3). Από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην επιφάνεια του ρήγματος F10 προέκυψε ότι τα στοιχεία προσανατολισμού του είναι (142° / 66°). Από τη σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του με αυτά των συστημάτων που εντοπίστηκαν στο πρανές προκύπτει ότι το ρήγμα εντάσσεται στο σύστημα διαρρήξεων J1.



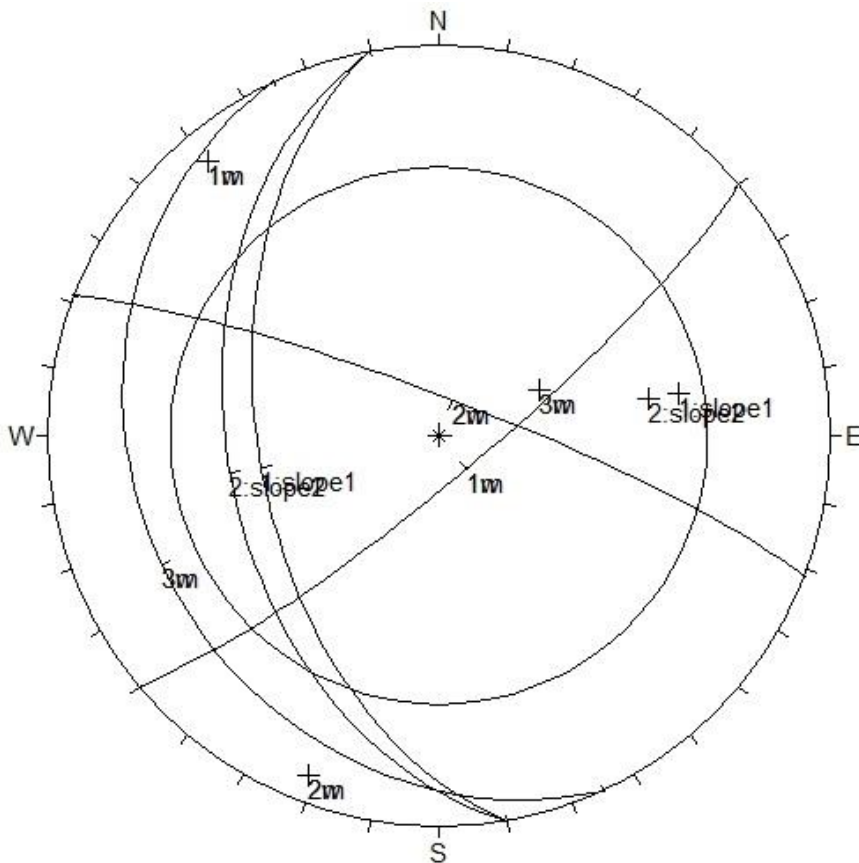
Φωτογραφία 5.3 Τα ρήγματα F9, F10 και F11 που εμφανίζονται στο πρανές ΓΔ

5.3.3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΓΔ

Στο πρανές ΓΔ εξετάστηκε αρχικά η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων J1-J2. Στην περίπτωση αυτή, η διεύθυνση της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους δε συμφωνεί με αυτή του πρανούς (Σχήμα 5.13) συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τα επίπεδα J2-J3 και J1-J3 ως προς την περίπτωση εκδήλωσης ολίσθησης των βραχοσφηνών που ορίζονται από τις τομές τους. Και στις δύο περιπτώσεις, η γραμμή διατομής των επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας (Σχήμα 5.13).

Να σημειωθεί εδώ πως έχει ληφθεί υπ'όψη η διακύμανση της κλίσης του πρανού, η οποία κυμαίνεται από 52° έως 45°, με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση και την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.



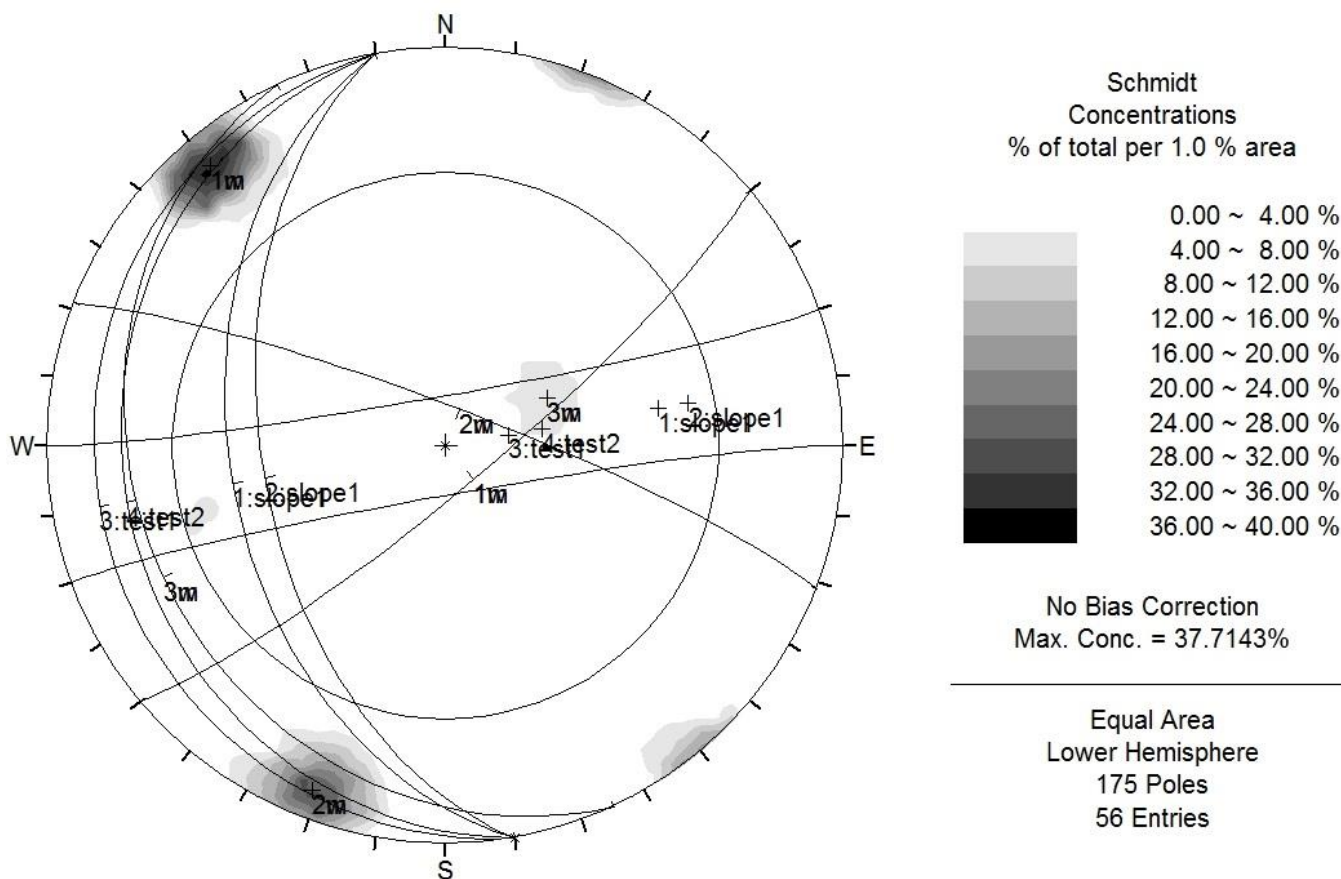
Orientations	
ID	Trend / Plunge
1	080 / 38
2	080 / 45
1 m	320 / 09
1 w	320 / 09
2 m	201 / 08
2 w	201 / 08
3 m	065 / 67
3 w	065 / 67

Equal Area
Lower Hemisphere
175 Poles
56 Entries

Σχήμα 5.13 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΓΔ

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές ΓΔ μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς ΓΔ τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 260° και κλίση $53^\circ - 32^\circ = 20^\circ$ (**test1**) στην πρώτη περίπτωση, και $45^\circ - 32^\circ = 13^\circ$ (**test2**) στη δεύτερη. Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από τα τμήματα test1 και test2, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.14, στο τμήμα αυτό δεν υπάρχει συγκέντρωση πόλων κάποιου εκ των τριών κύριων συστημάτων ασυνεχειών. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές ΓΔ δεν υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής.



Σχήμα 5.14 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΓΔ

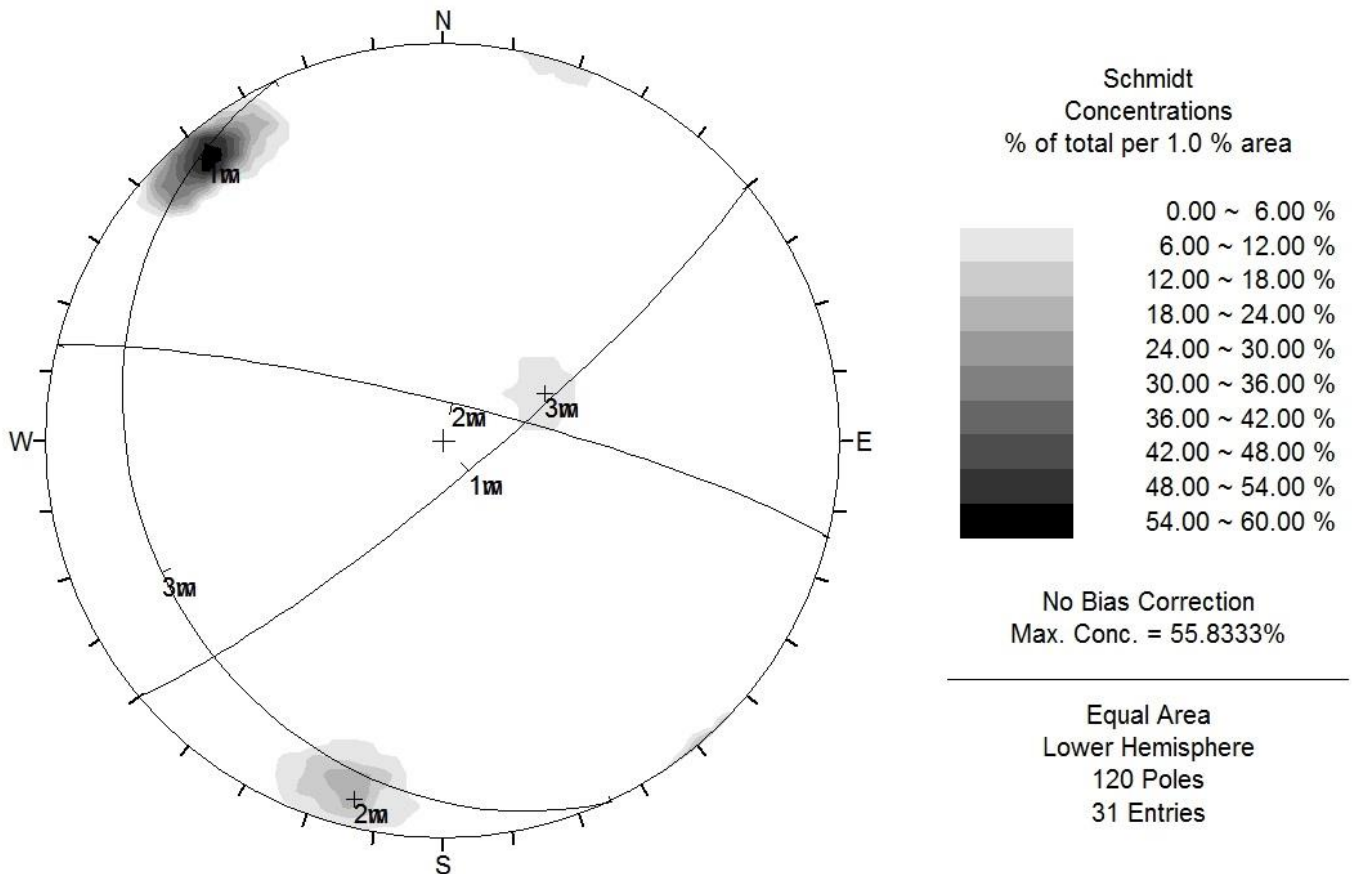
5.3.4 ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΔΕ

5.3.4.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

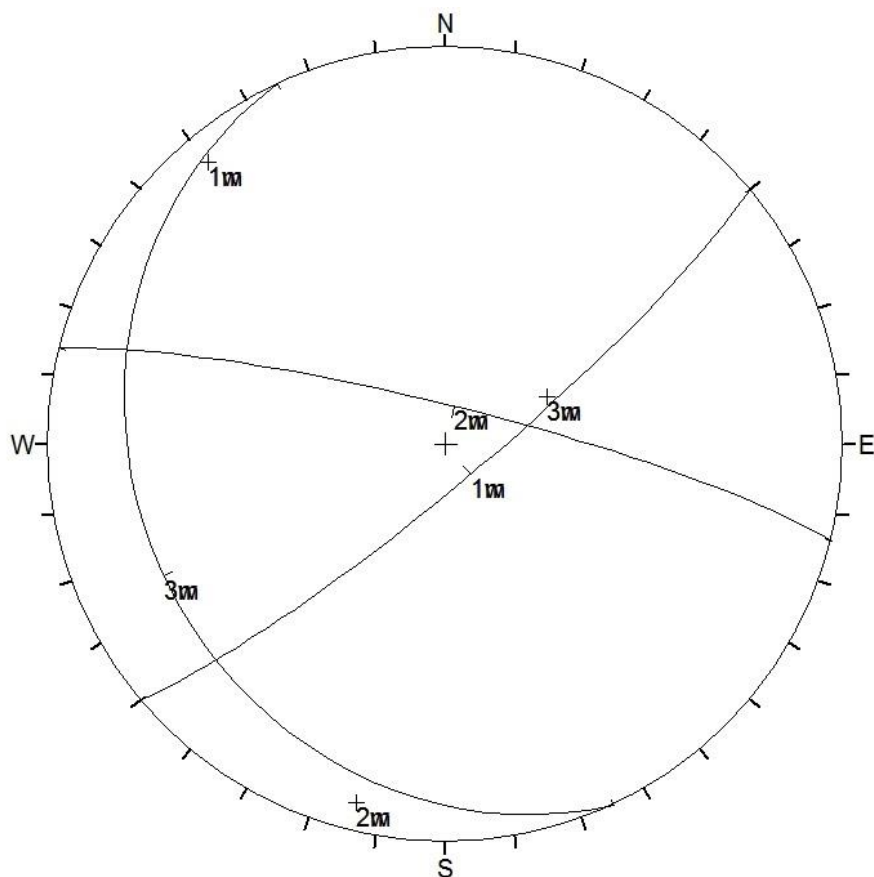
Το πρανές ΔΕ εκτείνεται στα βορειοανατολικά του λατομείου Βλάχου , από το σημείο Δ έως το σημείο Ε όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 30m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 248°, ενώ οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 45° και των 55°.

5.3.4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχιών με στοιχεία: J1 ($140^\circ / 82^\circ$), J2 ($14^\circ / 82^\circ$) και J3 ($245^\circ / 23^\circ$). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχιών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.15 και 5.16 αντίστοιχα.



Σχήμα 5.15 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχιών (πρανές ΔΕ)



Orientations		
ID		Dip / Direction
1	m	82 / 140
1	w	82 / 140
2	m	82 / 014
2	w	82 / 014
3	m	23 / 245
3	w	23 / 245

Equal Area
Lower Hemisphere
120 Poles
31 Entries

Σχήμα 5.16 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ΔΕ)

Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες.

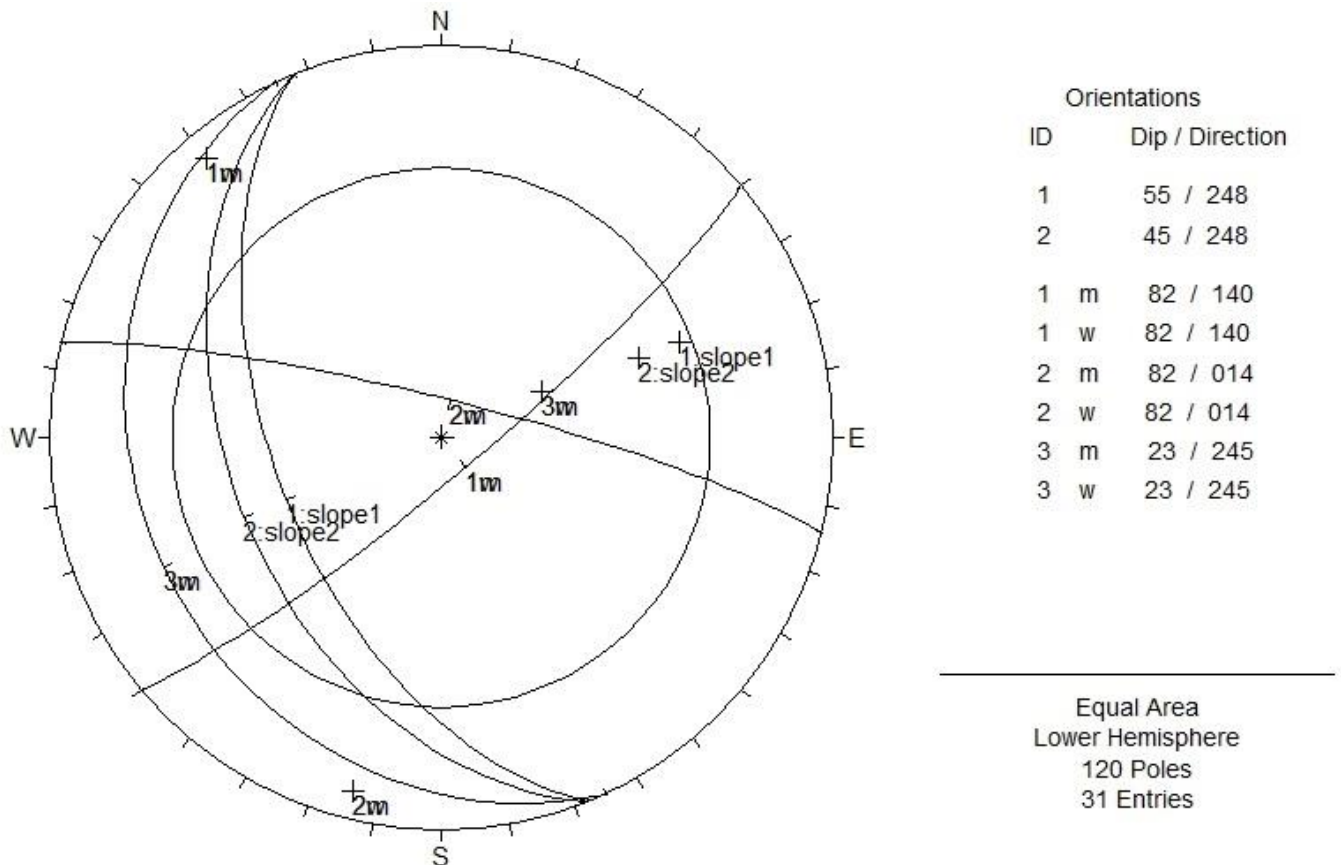
5.3.4.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΔΕ

Στο πρανές ΔΕ εξετάστηκε αρχικά η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων J1-J2. Στην περίπτωση αυτή, η διεύθυνση της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους δε συμφωνεί με αυτή του πρανούς (Σχήμα 5.17) συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τα επίπεδα J2-J3 και J1-J3 ως προς την περίπτωση εκδήλωσης ολίσθησης των βραχοσφηνών που ορίζονται από τις τομές τους. Και στις δύο περιπτώσεις, η γραμμή διατομής των επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο

μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας (Σχήμα 5.17).

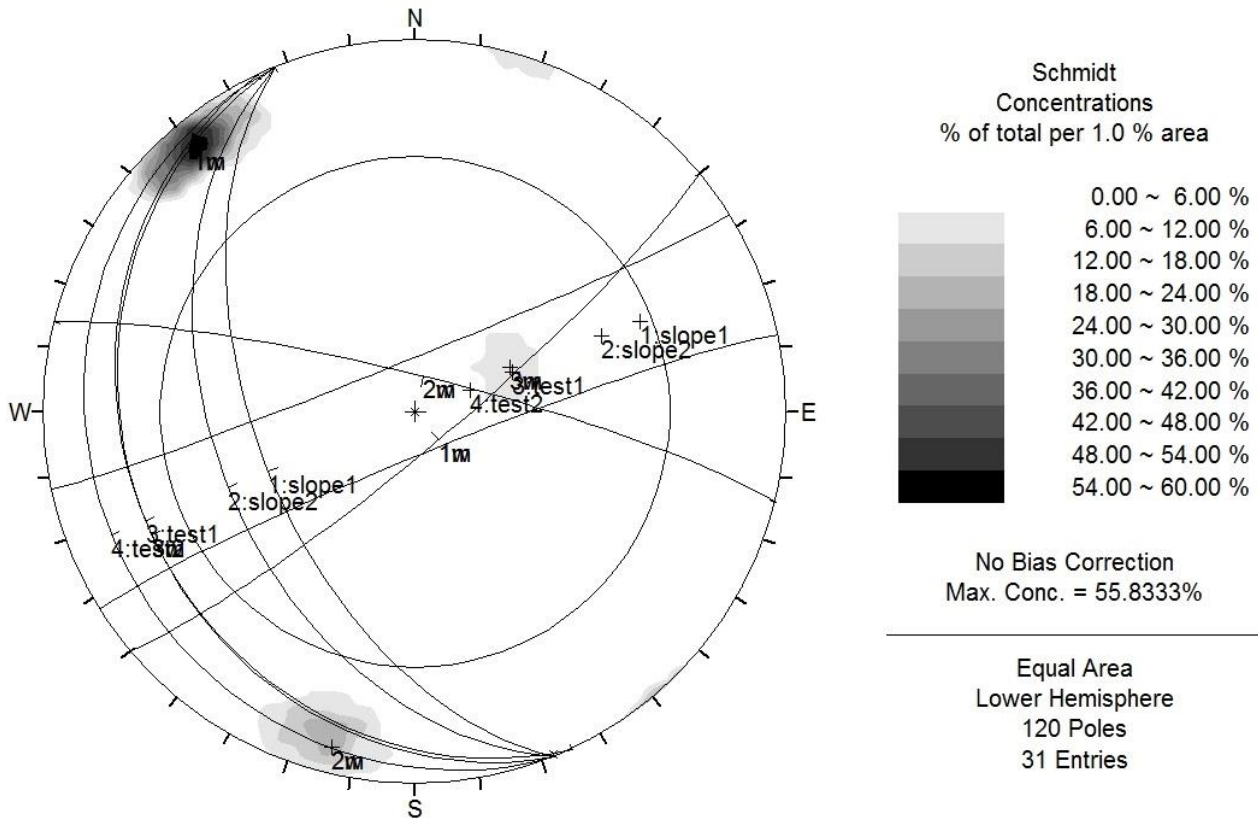
Να σημειωθεί εδώ πως έχει ληφθεί υπ' όψη η διακύμανση της κλίσης του πρανούς, η οποία κυμαίνεται από 55° έως 45°, με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση και την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 5.17 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ΔΕ

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές ΔΕ μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς ΔΕ τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 248° και κλίση 55° - 32° = 23° (**test1**) στην πρώτη περίπτωση, και 45° - 32° = 13° (**test2**) στη δεύτερη. Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από τα τμήματα test1 και test2, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.18, στο τμήμα αυτό δεν υπάρχει συγκέντρωση πόλων κάποιου εκ των τριών κύριων συστημάτων ασυνεχειών. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές ΔΕ δεν υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής.



Σχήμα 5.18 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΔΕ

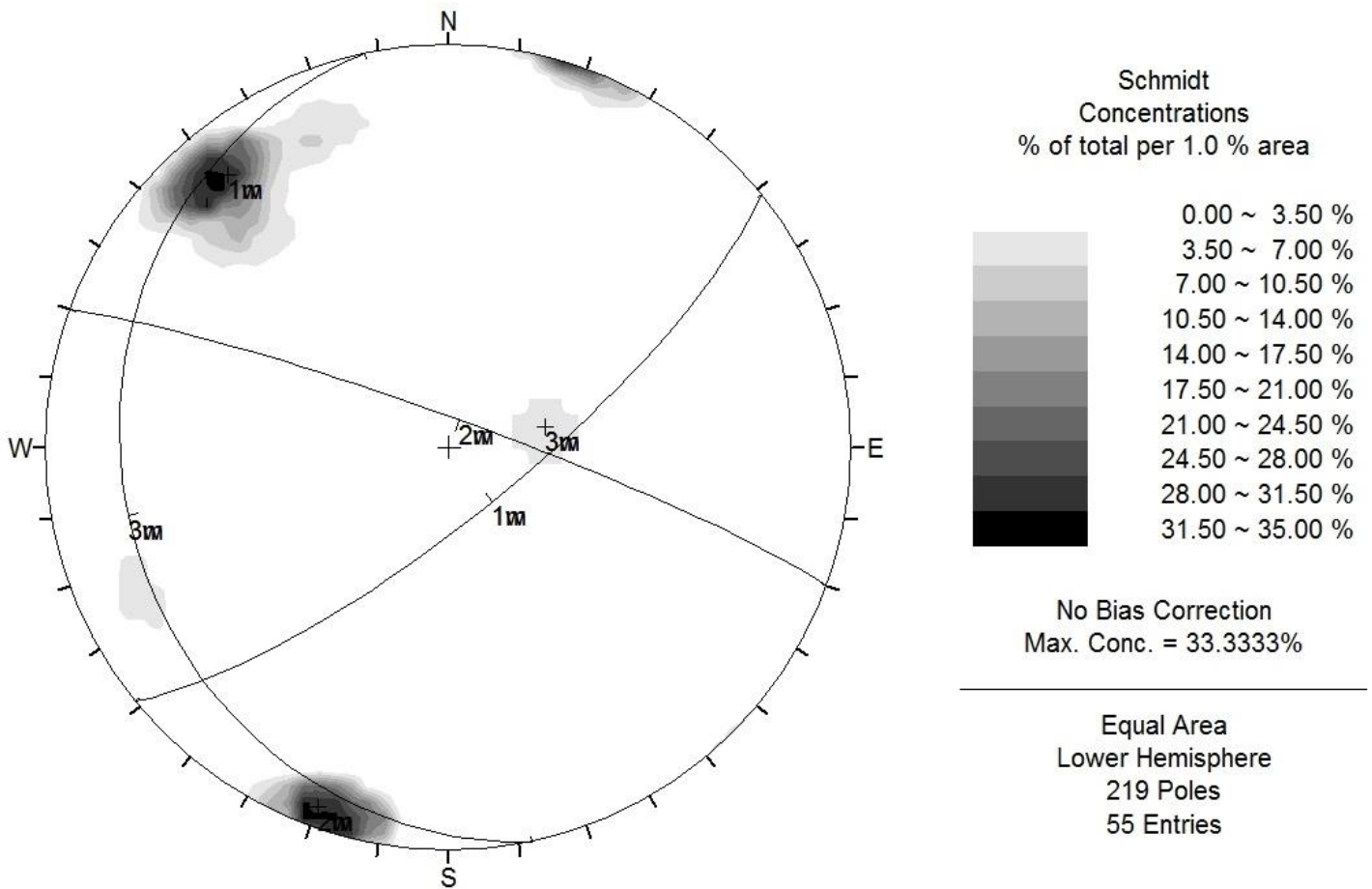
5.3.5 ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΕΖ

5.3.5.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

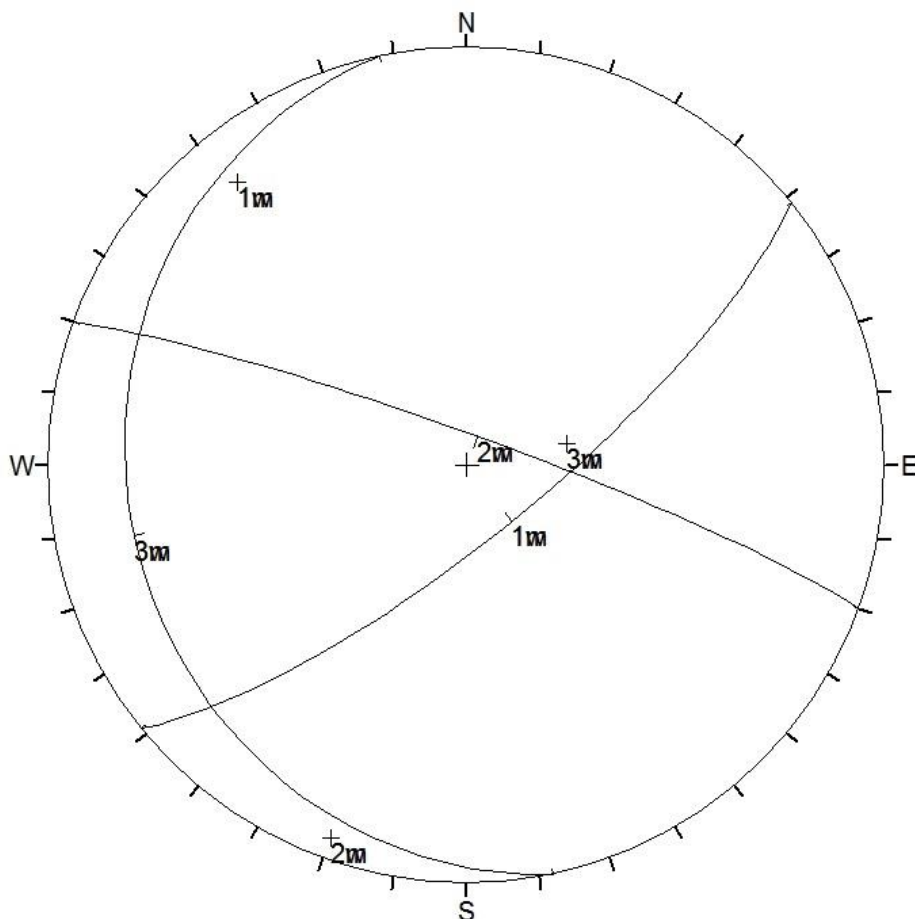
Το πρανές ΕΖ εκτείνεται στα νοτιοανατολικά του λατομείου Βλάχου, από το σημείο Ε έως το σημείο Ζ όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 12m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 319°, ενώ οι γωνίες κλίσης του κυμαίνονται μεταξύ των 76° και των 82°.

5.3.5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχιών με στοιχεία: J1 ($141^\circ / 76^\circ$), J2 ($20^\circ / 84^\circ$) και J3 ($258^\circ / 20^\circ$). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχιών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.19 και 5.20 αντίστοιχα.



Σχήμα 5.19 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχιών (πρανές EZ)



Orientations		
ID		Dip / Direction
1	m	76 / 141
1	w	76 / 141
2	m	84 / 020
2	w	84 / 020
3	m	20 / 258
3	w	20 / 258

Equal Area
Lower Hemisphere
219 Poles
55 Entries

Σχήμα 5.20 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές EZ)

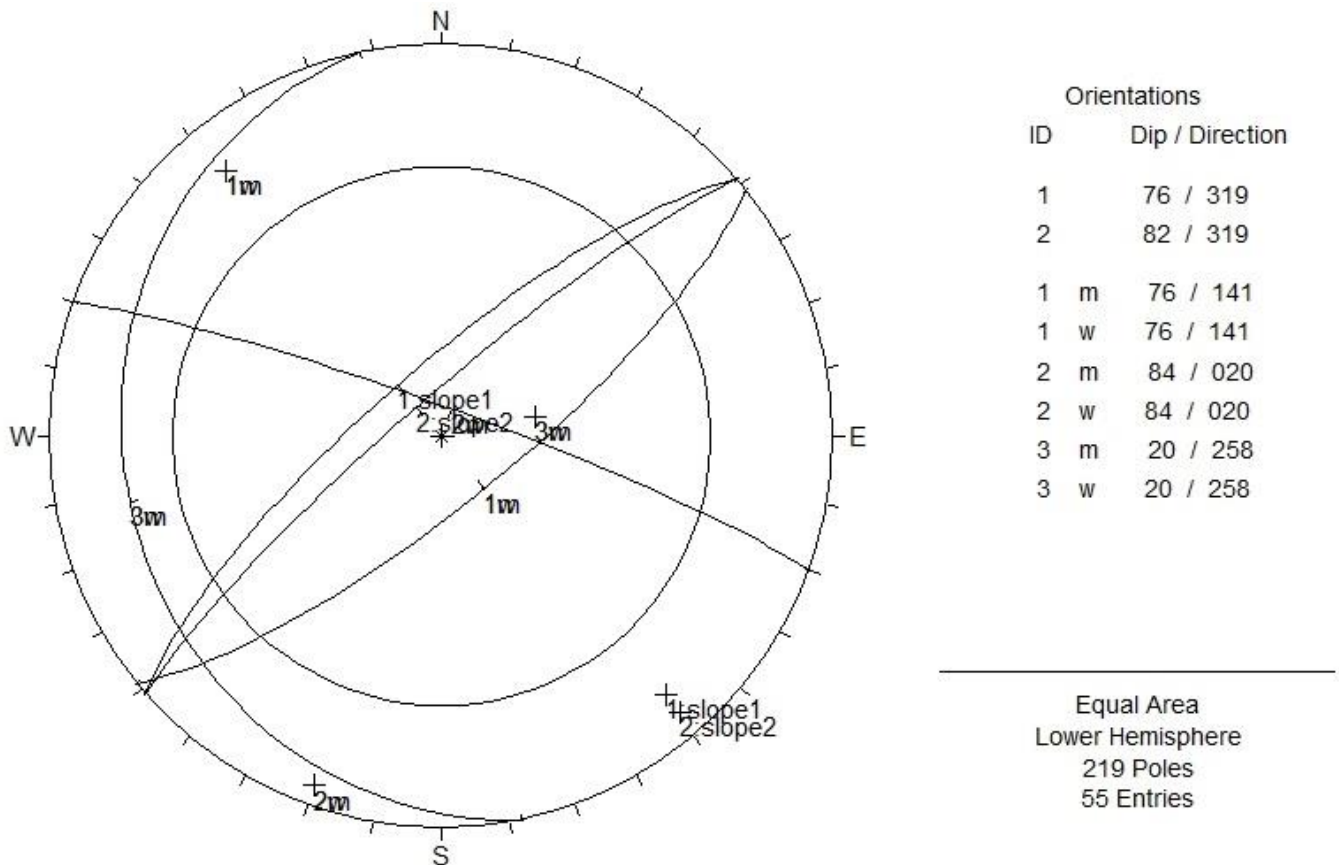
Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες.

5.3.5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ EZ

Στο πρανές EZ εξετάστηκε αρχικά η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων J1-J2. Στην περίπτωση αυτή, η διεύθυνση της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους δε συμφωνεί με αυτή του πρανούς (Σχήμα 5.21) συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τα επίπεδα J2-J3 και J1-J3 ως προς την περίπτωση εκδήλωσης ολίσθησης των βραχοσφηνών που ορίζονται από τις τομές τους. Και στις δύο περιπτώσεις, η γραμμή διατομής των επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας (Σχήμα 5.21).

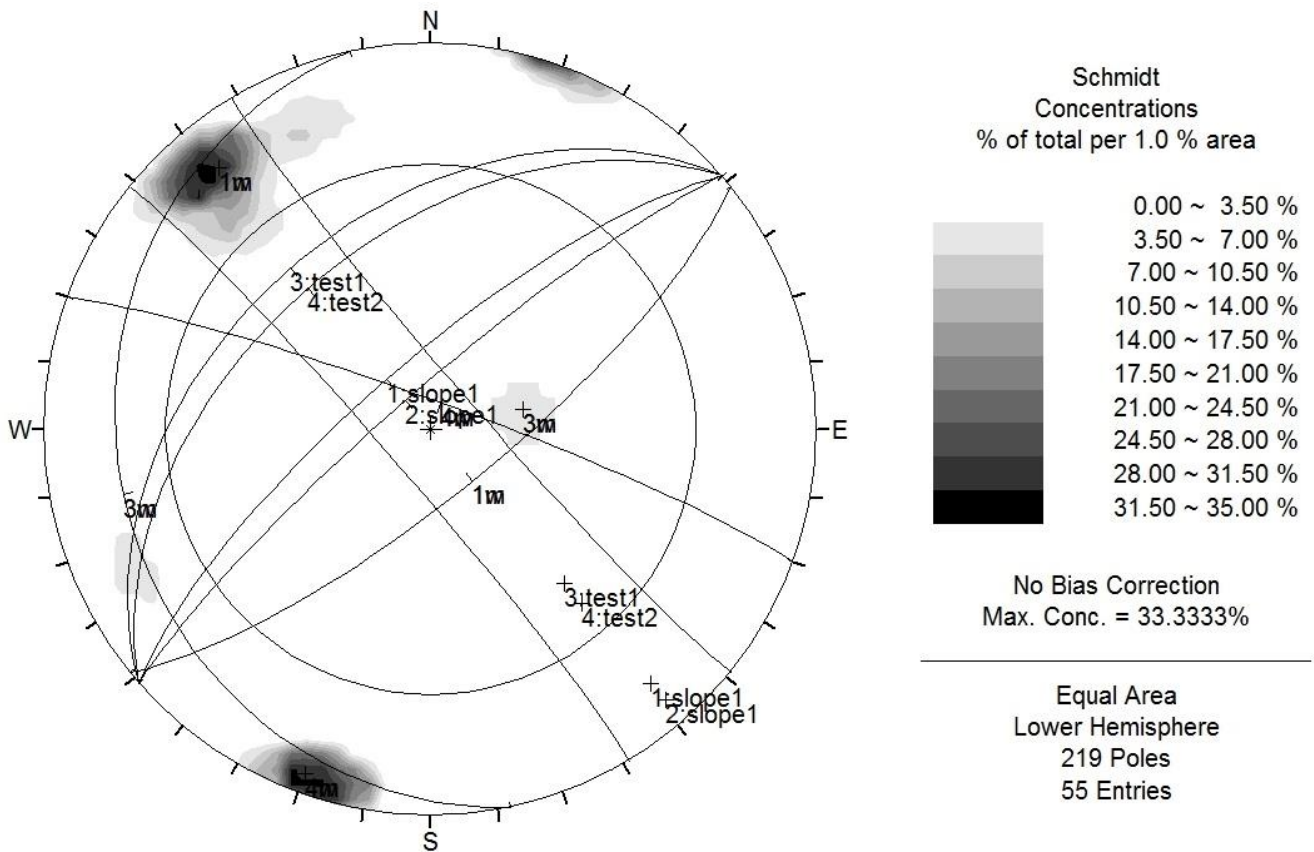
Να σημειωθεί εδώ πως έχει ληφθεί υπ'όψη η διακύμανση της κλίσης του πρανούς, η οποία κυμαίνεται από 76° έως 82°, με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση και την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 5.21 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές EZ

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές EZ μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς EZ τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 319° και κλίση $76^\circ - 32^\circ = 44^\circ$ (**test1**) στην πρώτη περίπτωση, και $82^\circ - 32^\circ = 50^\circ$ (**test2**) στη δεύτερη. Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από τα τμήματα test1 και test2, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.22, πολύ μεγάλο ποσοστό των πόλων του συστήματος J1 εμφανίζεται στο τμήμα αυτό. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές EZ υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής σε όλο το εύρος κλίσης του, λόγω του συστήματος ασυνεχειών J1.



Σχήμα 5.22 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές EZ

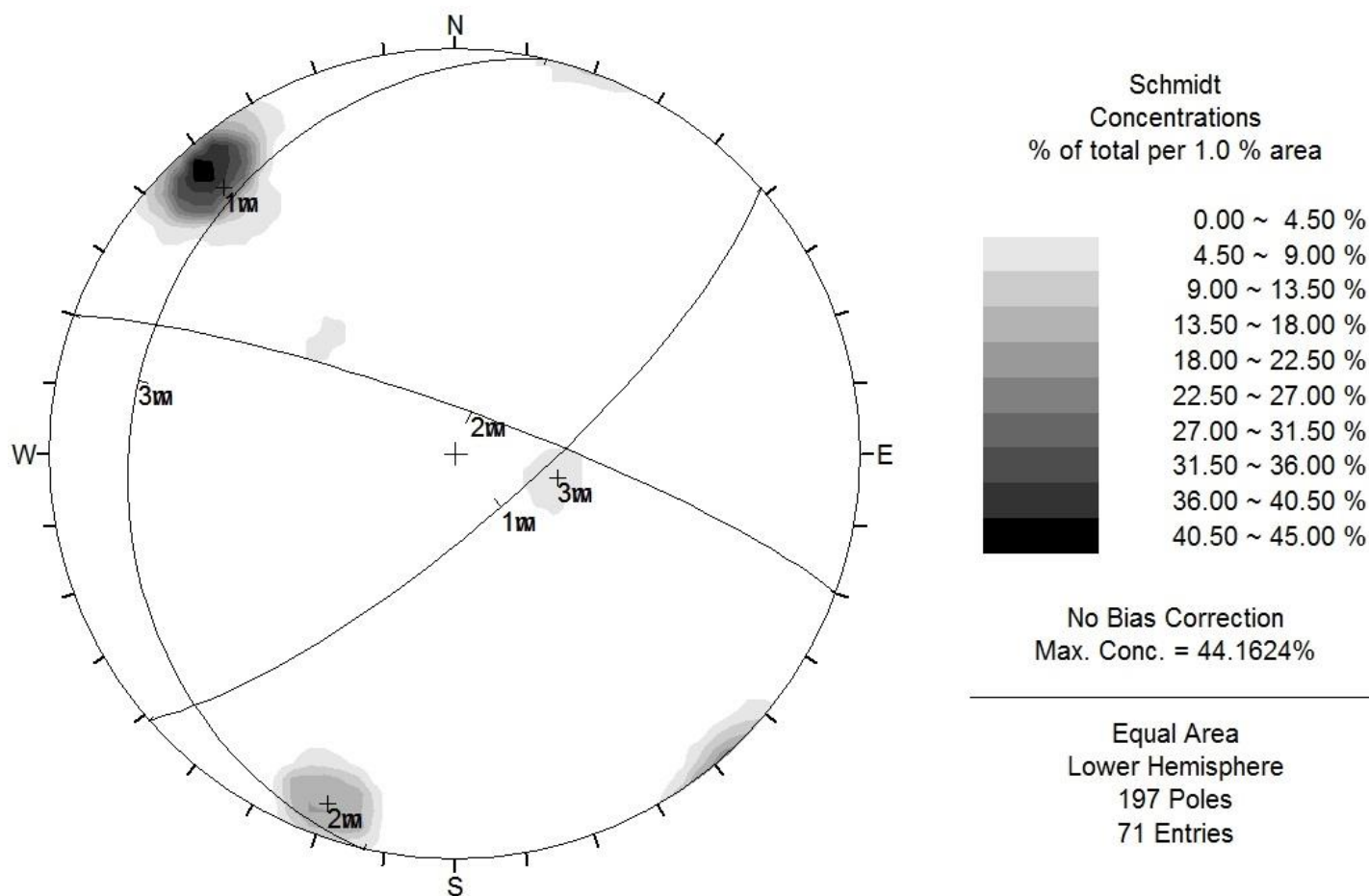
5.3.6 ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΡΑΝΕΣ ΖΗ

5.3.6.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

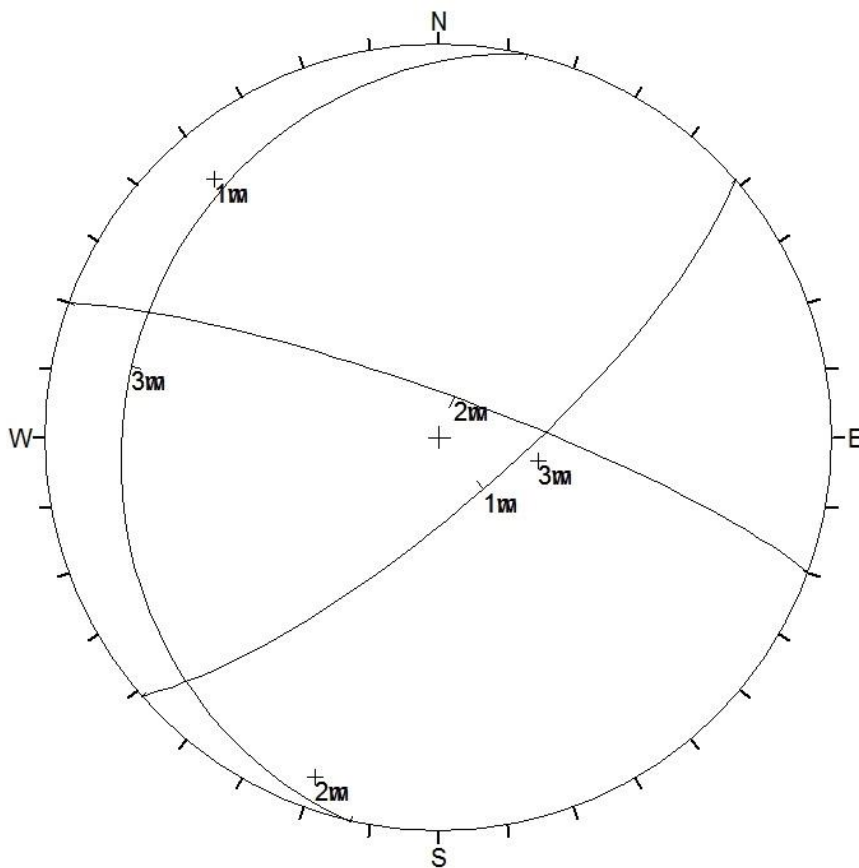
Το πρανές ΖΗ εκτείνεται στα νότια του λατομείου Βλάχου, από το σημείο Ζ έως το σημείο Η όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Το ύψος του δεν υπερβαίνει τα 10.5m και δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η διεύθυνση κλίσης του πρανούς μετρήθηκε στις 314°, ενώ η γωνία κλίσης του στις 83°. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου πρανούς είναι τα επικρεμάμενα τεμάχια μεγάλου μεγέθους

5.3.6.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων εντοπίστηκαν τρία (3) κύρια συστήματα ασυνεχιών με στοιχεία: J1 (139° / 76°), J2 (20° / 81°) και J3 (283° / 21°). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχιών παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.23 και 5.24 αντίστοιχα.



Σχήμα 5.23 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχιών (πρανές ΖΗ)



Orientations		
ID		Dip / Direction
1	m	76 / 139
1	w	76 / 139
2	m	81 / 020
2	w	81 / 020
3	m	21 / 283
3	w	21 / 283

Equal Area
Lower Hemisphere
197 Poles
71 Entries

Σχήμα 5.24 Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις μέσες επιφάνειες των συστημάτων των ασυνεχειών (πρανές ZH)

Οι ασυνέχειες του τμήματος αυτού γενικά παρουσιάζουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, μικρή έως πολύ μικρή ανάπτυξη, είναι κλειστές έως πολύ κλειστές και ελαφρά τραχείες.

Στο πρανές ZH εντοπίστηκε καθρέφτης ρήγματος F6, με ορατό το φαινόμενο της μωλωνιτίωσης (Φωτογραφία 5.4). Από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην επιφάνεια του καθρέφτη του ρήγματος προέκυψε ότι τα στοιχεία προσανατολισμού του είναι (325° / 82°). Από τη σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του με αυτά των συστημάτων που εντοπίστηκαν στο πρανές προκύπτει ότι το χάσμα εντάσσεται στο σύστημα διαρρήξεων J1.

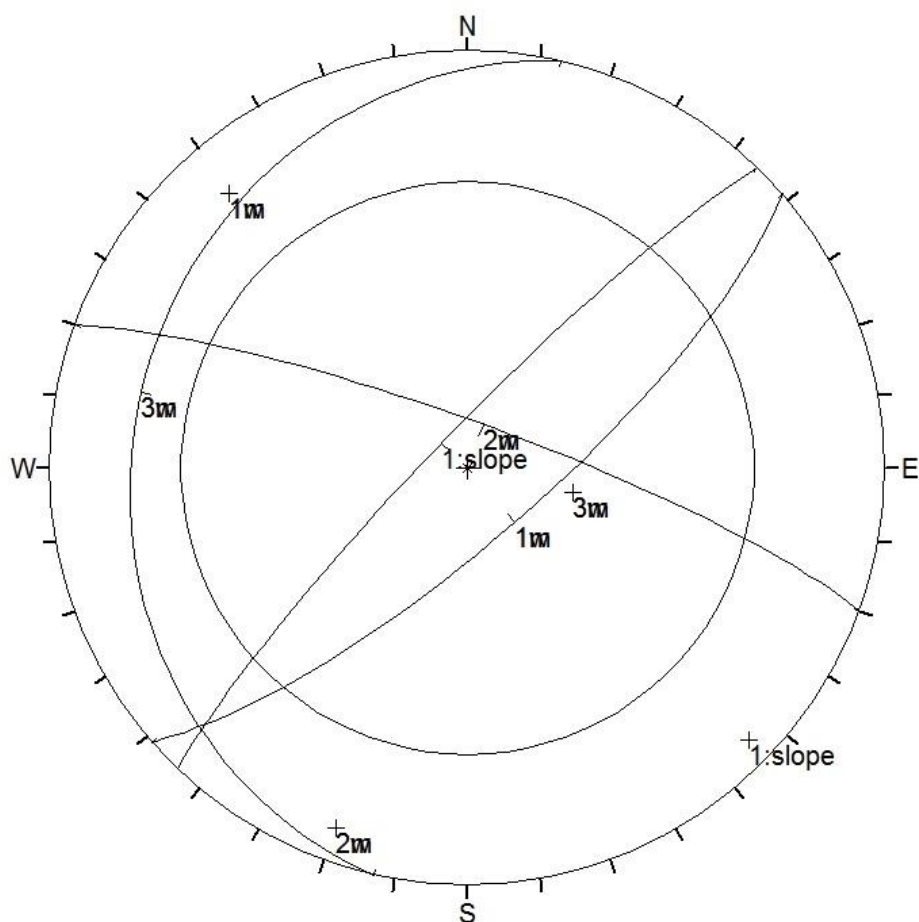


Φωτογραφία 5.4 Καθρέφτης ρήγματος F12 στο πρανές ZH

5.3.6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ZH

Στο πρανές ZH εξετάστηκε αρχικά η πιθανότητα εκδήλωσης ολίσθησης της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή των συστημάτων J1-J2. Στην περίπτωση αυτή, η διεύθυνση της βραχοσφήνας που ορίζεται από την τομή τους δε συμφωνεί με αυτή του πρανούς (Σχήμα 5.25) συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τα επίπεδα J2-J3 και J1-J3 ως προς την περίπτωση εκδήλωσης ολίσθησης των βραχοσφηνών που ορίζονται από τις τομές τους. Και στις δύο περιπτώσεις, η γραμμή διατομής των επιπέδων σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο μικρότερη της γωνίας τριβής της βραχομάζας, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης της βραχοσφήνας (Σχήμα 5.25).



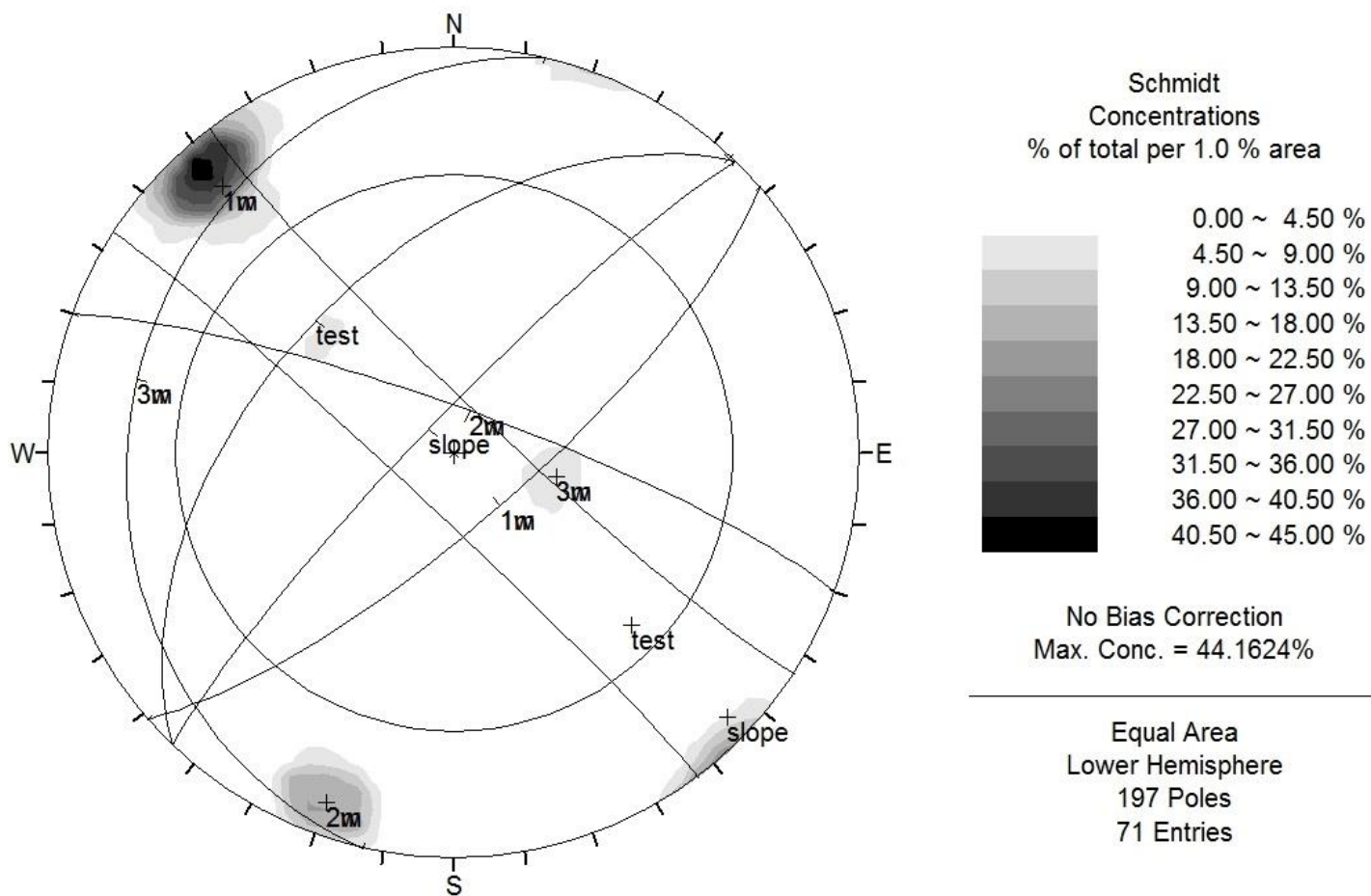
Orientations	
ID	Dip / Direction
1	83 / 314
1 m	76 / 139
1 w	76 / 139
2 m	81 / 020
2 w	81 / 020
3 m	21 / 283
3 w	21 / 283

Equal Area
Lower Hemisphere
197 Poles
71 Entries

Σχήμα 5.25 Ανάλυση ευστάθειας στο πρανές ZH

Στη συνέχεια εξετάσαμε το ενδεχόμενο εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής στο πρανές ZH μέσω εκτέλεσης δοκιμών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάσαμε έναν κώνο τριβής 80° από το σημείο τομής του επιπέδου του πρανούς με την περίμετρο του δικτύου Schmidt, όπως επίσης και ένα τμήμα με διεύθυνση κλίσης ίδια με αυτή του πρανούς μας και κλίση που προέκυψε αφαιρώντας από την κλίση του πρανούς ZH τη γωνία τριβής. Επομένως το τμήμα που σχεδιάστηκε είχε διεύθυνση κλίσης 314° και κλίση $83^\circ - 32^\circ = 51^\circ$ (**test**). Όσοι πόλοι εμφανίζονται εντός του τμήματος που οριοθετείται από τον κώνο τριβής και από το τμήμα test, δύνανται να οδηγήσουν σε φαινόμενο ανατροπής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.26, πολύ μεγάλο ποσοστό των πόλων του συστήματος J1 εμφανίζεται στο τμήμα αυτό. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο πρανές ZH υπάρχει κίνδυνος εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής, λόγω του συστήματος ασυνεχειών J1.



Σχήμα 5.26 Ανάλυση πιθανότητας εκδήλωσης φαινομένου ανατροπής στο πρανές ΖΗ

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ROCFALL

6.1 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROCFALL

Το Rocfall της Rocscience είναι ένα πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης και αξιολόγησης της επικινδυνότητας πτώσεως βραχοτεμαχίων. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να υπολογίσει την κινητική ενέργεια, την ταχύτητα και το ύψος αναπήδησης καθώς επίσης και τη θέση τερματισμού των βραχοτεμαχίων στο πρηνές ενδιαφέροντος.

Το Rocfall εξυπηρετεί επίσης στον καθορισμό των απαιτούμενων μέτρων αντιστήριξης ή και των μέτρων προστασίας που χρειάζονται προκειμένου το πρηνές που εξετάζεται να καταστεί ασφαλές. Με το πρόγραμμα αυτό είναι δυνατή η εισαγωγή και η προσομοίωση μέτρων προστασίας όπως η τοποθέτηση φραχτών συγκράτησης. Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω γραφικών παραστάσεων και διαγραμμάτων, σχετικά με την αναμενόμενη κινητική ενέργεια, το ύψος αναπήδησης και τη θέση κατάληξης των βραχοτεμαχίων καθιστούν δυνατό τον καθορισμό της φέρουσας ικανότητας, της ανθεκτικότητας, του μεγέθους και της θέσης τοποθέτησης των απαραίτητων μέτρων προστασίας – αντιστήριξης.

6.1.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ROCFALL

Αρχικά για την πραγματοποίηση των υπολογισμών μέσω του Rocfall απαιτείται η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων και των παραμέτρων τους. Η ακρίβεια των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην υπαίθρια παρατήρηση - έρευνα και η σωστή επιλογή των παραμέτρων τους διαδραματίζουν καθοριστικό παράγοντα εξαγωγής ορθών αποτελεσμάτων.

Τα δεδομένα και οι παράμετροι που εισάγονται στο πρόγραμμα κατηγοριοποιούνται και αναλύονται παρακάτω :

- **Γεωμετρία (σκαρίφημα) και τραχύτητα πρηνούς.**
- **Υλικά που απαρτίζουν το πρηνές και οι παράμετροι αυτών.**
 1. Παράγοντας κρούσης R_n και εφαπτομενικής σταθεράς της αναπήδησης R_t
 2. Γωνία τριβής διεπιφάνειας πρηνούς – βραχοτεμαχίου.
- **Θέσεις εκκίνησης βραχοτεμαχίων προς πτώση και οι παράμετροι αυτών.**
 1. Γωνιακή ταχύτητα.
 2. Αριθμός Βραχοτεμαχίων προς πτώση και οριζόντιων σημείων ανάλυσης.
 3. Μάζα.
 4. Οριζόντια και κατακόρυφη αρχική ταχύτητα.

6.1.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

Η Γεωμετρία του πρανούς αναφέρεται στην αποτύπωση του ανάγλυφου της κάθετης τομής του πρανούς στο πρόγραμμα. Η κατά το δυνατό ακριβέστερη αποτύπωση του ανάγλυφου αυτού παίζει καθοριστικό ρόλο στη σωστή προσομοίωση των καταπτώσεων καθώς και η παραμικρή διακύμανση της κλίσης μπορεί να αλλάξει εντελώς τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Η τραχύτητα του πρανούς (slope roughness) χρησιμοποιείται από το Rocfall ως συντελεστής προσδιορισμού της διακύμανσης της κλίσης λόγω μεταβολών του ανάγλυφου και εξαρτάται όχι μόνο από τα υλικά, αλλά και από το μέγεθος των βραχοτεμαχίων που πέφτουν σε σύγκριση με την επιφάνεια στην οποία αναπηδούν. Οι τυπικές τιμές της τραχύτητας είναι συνήθως πολύ μικρές. Συνήθεις χρησιμοποιούμενες τιμές για την τυπική απόκλιση της είναι 0, 2, 3, 5 μοίρες. Από τα έως τώρα δεδομένα δεν υπάρχουν τιμές μεγαλύτερες των 5 μοιρών.

6.1.1.2 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ ΠΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥΣ

Τα υλικά που απαρτίζουν το πρανές και οι παράμετροί τους πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα και στην συνέχεια να καθοριστούν τα τμήματα που εμφανίζονται, επάνω στο σκαρίφημα του πρανούς.

Ο καθορισμός των υλικών και η αντιστοίχισή τους επάνω στο σκαρίφημα γίνεται με βάση τη μελέτη της γεωλογίας του πρανούς που έχει πραγματοποιηθεί και στη συνέχεια για τον ακριβή καθορισμό των παραμέτρων τους, γίνεται αντιστοίχιση αυτών με την χρήση του πίνακα υλικών, παραγόντων κρούσης της Rocscience .

Οι παράγοντες προς καθορισμό:

- **Παράγοντες κρούσης R_n και εφαπτομενικής σταθεράς της αναπήδησης R_t .**
Η επιλογή της κατάλληλης τιμής των συντελεστών της κρούσης, οριζόντιου και εφαπτομενικού, είναι σημαντική, διότι το αποτέλεσμα είναι συχνά πολύ ευαίσθητο στις τιμές που χρησιμοποιούνται. Αν υπάρχει αβεβαιότητα για τις τιμές αυτές, προτείνεται η χρήση του πίνακα παραγόντων κρούσης της Rocscience που συνοδεύει το πρόγραμμα και στη συνέχεια η προσαρμογή των συντελεστών ώσπου οι τροχίες των βράχων, οι ενέργειες, οι ταχύτητες και τα τελικά σημεία των τροχιών να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις παρατηρήσεις καταπτώσεων του παρελθόντος.
- **Γωνία τριβής διεπιφάνειας πρανούς – βραχοτεμαχίου**
Η γωνία τριβής διεπιφάνειας πρανούς – βραχοτεμαχίου όπως αυτή χρησιμοποιείται στην ανάλυση με το RocFall, είναι η κρίσιμη γωνία κλίσης του πρανούς η οποία όταν ξεπεραστεί, τα βραχώδη τεμάχια αρχίζουν να ολισθαίνουν. Επιλέγεται με βάση τη μέτρηση που έχει παρθεί με επιτόπου δοκιμή και

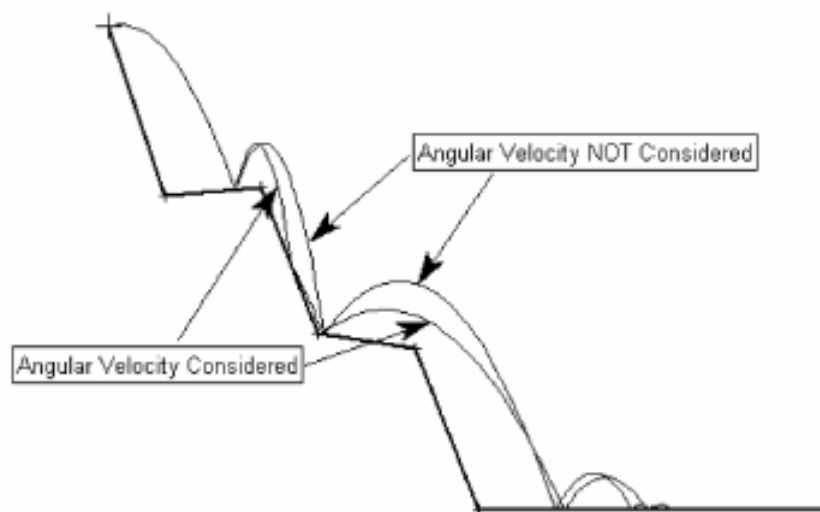
συγκρίνεται πάντα, για την ορθότητά της, με τη βιβλιογραφική τιμή που αντιστοιχεί στο υλικό που απαρτίζει το πρανές. Σε γενικές γραμμές, η επιλογή χαμηλότερων τιμών από τις μετρηθείσες δίνουν πιο συντηρητικές εκτιμήσεις και παρέχουν εικόνα για το «χειρότερο σενάριο» ανεβάζοντας έτσι το δείκτη ασφάλειας της μελέτης.

6.1.1.3 ΘΕΣΕΙΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΩΝ (SEEDERS) ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥΣ

Οι θέσεις εκκίνησης των βραχοτεμαχίων πρέπει να καθοριστούν ώστε να γίνει η προσομοίωση των καταπτώσεων. Η επιλογή των θέσεων αυτών εναποτίθεται στην κρίση του μηχανικού και βασίζεται στην αξιολόγηση κινδύνου καταπτώσεων από τις επιτόπου παρατηρήσεις καθώς επίσης και στα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από τη στερεογραφική μελέτη. Στη συνέχεια καθορίζονται οι παράμετροι των τεμαχίων προς πτώση :

- **Γωνιακή ταχύτητα (angular velocity)**

Η γωνιακή ταχύτητα αναφέρεται στην αρχική γωνιακή ταχύτητα των τεμαχίων προς πτώση. Η αρχική τιμή γενικά ορίζεται μηδενική, εφόσον δεν υπάρχει λόγος να γίνει αλλιώς και εξαρτάται κυρίως από το σχήμα των τεμαχίων προς πτώση. Κατά την εκτέλεση μιας προσομοίωσης είναι καλό να εξετάζεται εάν αλλάζουν τα αποτελέσματα όταν εισάγεται μια μη μηδενική αρχική γωνιακή ταχύτητα. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα σύγκρισης βράχου που αρχίζει με περιστροφική κίνηση και ενός που κινείται ολισθαίνοντας. (Σχήμα 6.1)



Σχήμα 6.1 Παράδειγμα προσομοίωσης με και χωρίς αρχική γωνιακή ταχύτητα.

- **Αριθμός Βραχοτεμαχίων προς πτώση και οριζόντιων σημείων ανάλυσης**

Ο καθορισμός του αριθμού των βραχοτεμαχίων προς πτώση και των οριζόντιων σημείων ανάλυσης αποσκοπεί στην ακρίβεια της ανάλυσης του Rocfall. Μεγαλύτερος αριθμός σημαίνει περισσότερα σενάρια προς προσομοίωση άρα και

μεγαλύτερη ακρίβεια στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την επικινδυνότητα των καταπτώσεων. Γενικά ο αριθμός 200 θεωρείται υπέρ αρκετός.

- **Μάζα**

Ο καθορισμός της μάζας των βραχοτεμαχίων που πρόκειται να αποκολληθούν κατά την προσομοίωση γίνεται πάντα με βάση τις μετρήσεις-εκτιμήσεις όγκου που γίνονται στο πρηνές ενδιαφέροντος.

- **Αρχική οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα**

Η αρχική οριζόντια και κάθετη ταχύτητα ορίζεται πάντα μηδενική εκτός και αν για λόγους δοκιμής κάποιου αστάθμητου παράγοντα-αιτίου ο χρήστης επιθυμεί την προσομοίωση με κάποια αρχική τιμή. Συνήθως οι δοκιμές που εμπεριέχουν αρχική οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα βραχοτεμαχίων πραγματοποιούνται για λόγους επιπρόσθετης ασφάλειας.

6.1.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Στην συνέχεια γίνεται η προσομοίωση των καταπτώσεων και ακολουθεί καταγραφή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια του σχήματος αποτύπωσης των τροχιών πτώσης των βραχοτεμαχίων καθώς και με τα γραφήματα αποτύπωσης :

- Συνολικής κινητικής ενέργειας
- Κινητικής ενέργειας κατά τη μεταφορική κίνηση
- Κινητικής ενέργειας κατά την κύλιση
- Ταχύτητας
- Γωνιακής ταχύτητας
- Ύψους αναπήδησης
- Μέγιστης απόστασης βραχοτεμαχίων από την αρχική τους θέση

Τα παραπάνω γραφήματα παρέχουν μετρήσεις οι οποίες συλλέγονται από τα τελικά σημεία κατάληξης των βραχοτεμαχίων. Παρόλα αυτά μέσω της χρήσης των συλλεκτών δεδομένων (Data Collectors) του προγράμματος Rocfall είναι δυνατή η συλλογή μετρήσεων σε οποιαδήποτε σημείο ενδιαφέροντος πάνω στο σχήμα αποτύπωσης των τροχιών πτώσης των βραχοτεμαχίων. Οι συλλέκτες δεδομένων δεν αποτελούν κάποια φυσική οντότητα, είναι απλώς γραμμικά ίχνη επί του πρηνούς που καθορίζονται από το χρήστη και κατά μήκος των οποίων το πρόγραμμα υπολογίζει την ταχύτητα, την κινητική ενέργεια και τις θέσεις κάθε βραχοτεμαχίου κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη διεύθυνση, όπως αυτό διέρχεται από το συγκεκριμένο σημείο.

Τέλος όλα τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του πρηνούς και την μελέτη καθορισμού των απαραίτητων μέτρων προστασίας που πρέπει να ληφθούν.

6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΑΝΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ «ΒΛΑΧΟΥ»

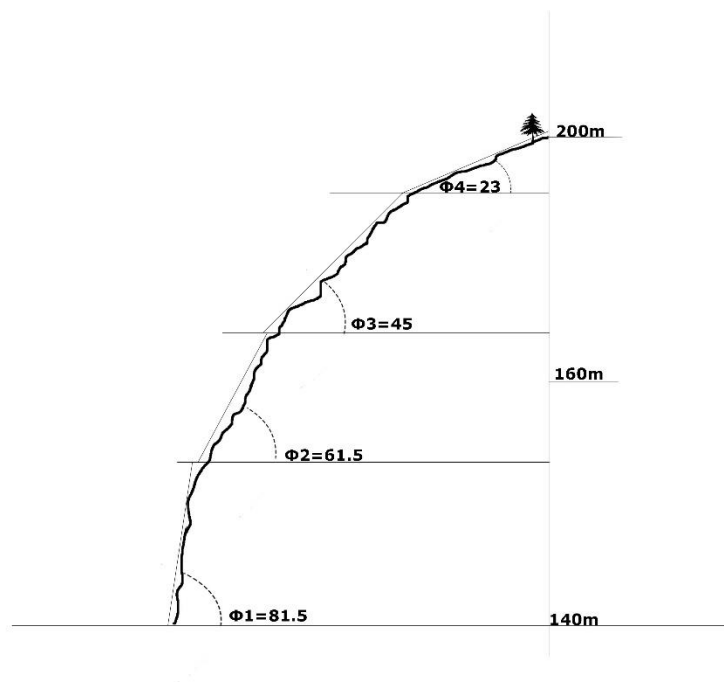
Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, για τη λεπτομερέστερη μελέτη των πρανών του λατομείου κρίθηκε αναγκαίος ο διαχωρισμός του σε 6 τμήματα (ΑΒ – ΒΓ – ΓΔ – ΔΕ – ΕΖ – ΖΗ), τα οποία και αναλύθηκαν ξεχωριστά.

Με τη βοήθεια φωτογραφιών που ελήφθησαν επιτόπου και τη βοήθεια του προγράμματος Photoshop CS6 της Adobe, σχεδιάστηκαν τα απαραίτητα σκαριφήματα τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση του αναγλύφου των τμημάτων του πρανού στο Rocfall.

Γεωμετρία (σκαρίφημα) και Τραχύτητα πρανού

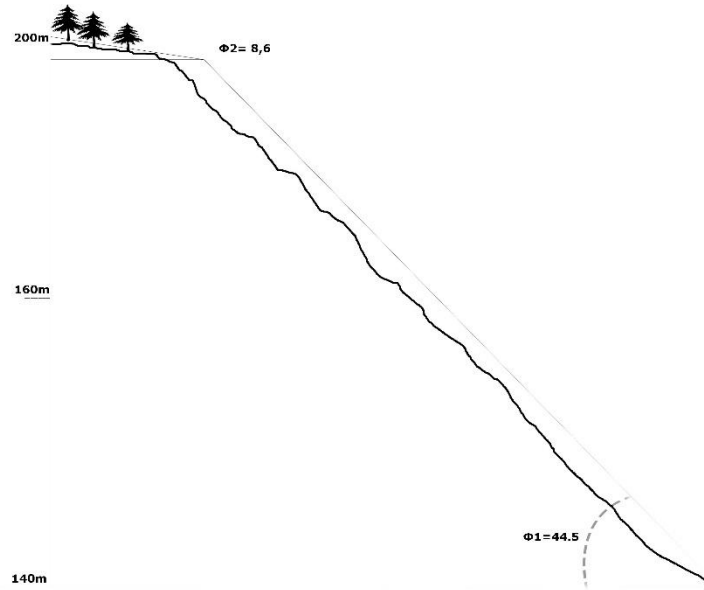
Με την βοήθεια των σκαριφημάτων που σχεδιάστηκαν, αποτυπώθηκε το ανάγλυφο των επί μέρους τμημάτων στο πρόγραμμα με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Η τραχύτητα όλων των τμημάτων ορίστηκε 2 .

ΤΜΗΜΑ ΑΒ



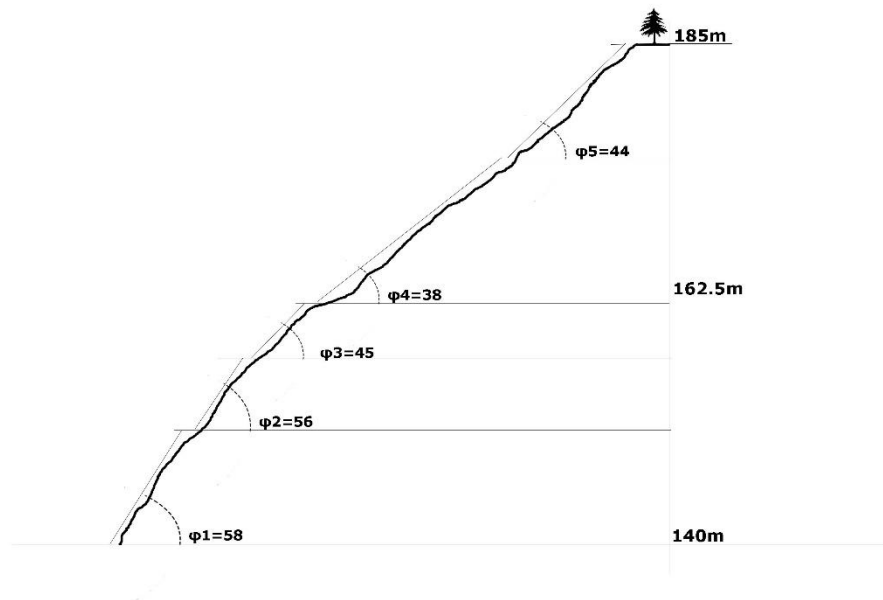
Σχήμα 6.2 Σκαρίφημα πρανούς ΑΒ

ΤΜΗΜΑ ΒΓ



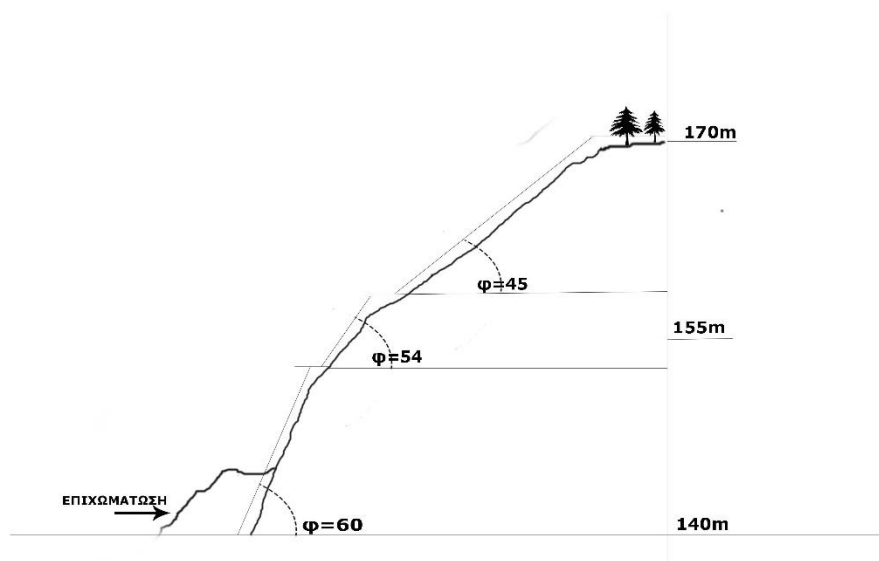
Σχήμα 6.3 Σκαρίφημα πρανούς ΒΓ

ΤΜΗΜΑ ΓΔ



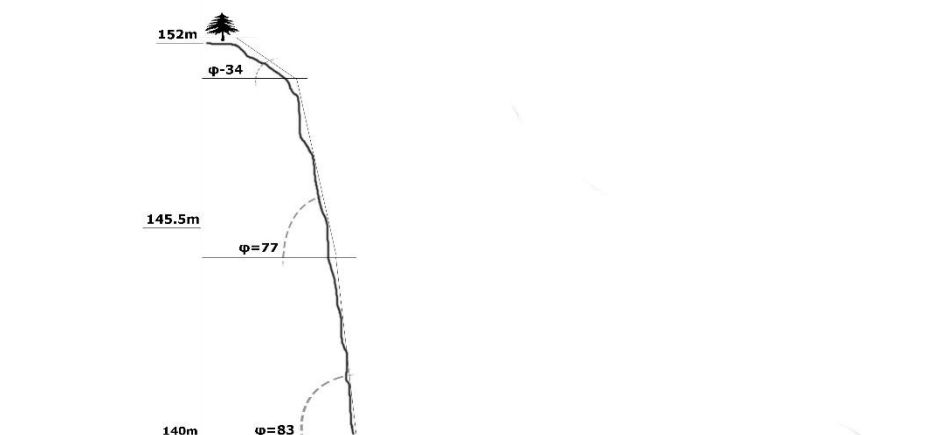
Σχήμα 6.4 Σκαρίφημα πρανούς ΓΔ.

ΤΜΗΜΑ ΔΕ

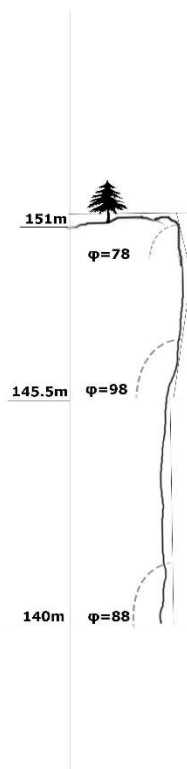


Σχήμα 6.5 Σκαρίφημα πρανούς ΓΔ

ΤΜΗΜΑ ΕΖ



Σχήμα 6.6: Σκαρίφημα πρανούς ΕΖ

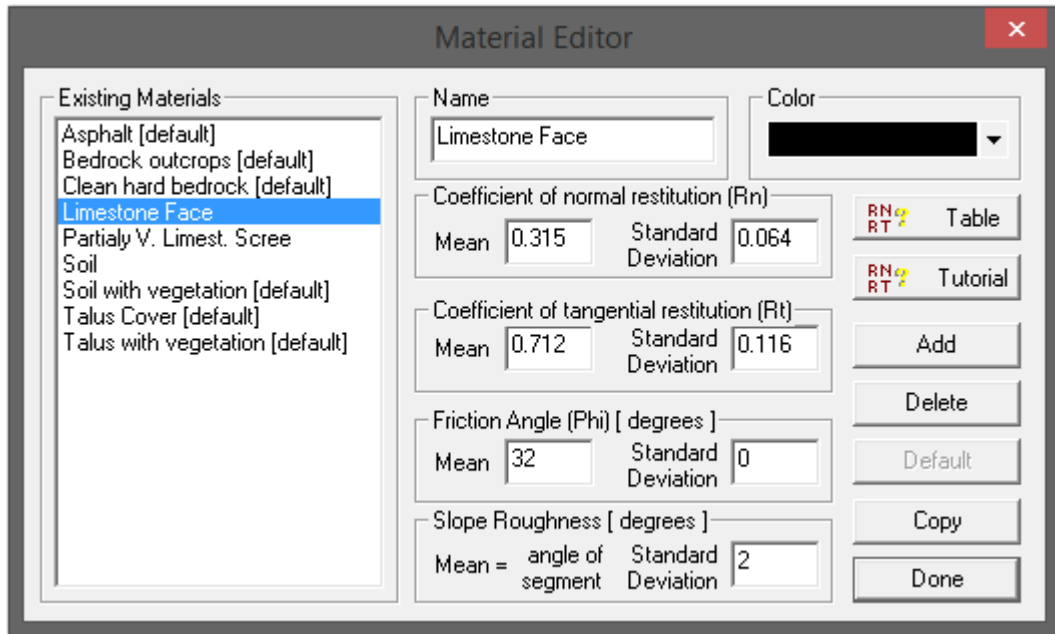


Σχήμα 6.7 Σκαρίφημα πρανούς ΖΗ

Υλικά που απαρτίζουν το πρανές και οι παράμετροι αυτών.

Τα υλικά (Σχήμα 6.8) που απαρτίζουν το σύνολο του πρανούς καθορίστηκαν με βάση την μελέτη της γεωλογίας του λατομείου (Κεφ.2) και τοποθετήθηκαν πάνω στα σκαρίφηματα των επί μέρους τμημάτων:

- **Ασβεστόλιθος (Limestone Face)**
- **Λοιθώνες Ασβεστόλιθου με μερική φυτοκάλυψη (Partially Vegetated Limestone Scree)**
- **Σορός Ασβεστόλιθου με φυτοκάλυψη (Vegetated covered Limestone Piile)**
- **Χώμα (Soil).**



Σχήμα 6.8 Παράθυρο εισαγωγής παραμέτρων ασβεστόλιθου στο Rocfall

Στη συνέχεια έγινε ο καθορισμός των παραμέτρων τους:

- Για τον παράγοντα κρούσης R_n και της εφαπτομενικής σταθεράς της αναπήδησης R_t έγινε αντιστοίχιση των υλικών που καθορίστηκαν παραπάνω με τον πίνακα παραγόντων κρούσης της Rocscience .
Οι τιμές τους καθορίστηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

<i>RN (Normal)</i>		<i>RT (Normal)</i>		<i>Type</i>
<i>Mean</i>	<i>Standard Deviation</i>	<i>Mean</i>	<i>Standard Deviation</i>	
0.315	0.064	0.712	0.116	Limestone face
0.303	0.080	0.615	0.170	Partially vegetated limestone scree
0.251	0.029	0.489	0.141	Vegetated covered limestone pile
0.393		0.567		Soil

Πίνακας 6.1 Πίνακας υλικών πρηνούς βασισμένοις στον πίνακα παραγόντων κρούσης της Rocscience.

- Η γωνία τριβής διεπιφάνειας πρηνούς – βραχοτεμαχίου ορίσθηκε με βάση τις μετρήσεις που γίνανε επιτόπου, ως εξής :
 - Ασβεστόλιθος : 32°
 - Λιθώνες Ασβεστόλιθου με μερική φυτοκάλυψη : 32°
 - Χώμα : 30°

Θέσεις εκκίνησης βραχοτεμαχίων (seeders) προς πτώση και οι παραμέτροι αυτών

Οι θέσεις εκκίνησης των βραχοτεμαχίων καθορίστηκαν βάση των παρατηρήσεων που έγιναν στο χώρο του λατομείου. Καθώς πρόκειται για ένα λατομείο στο οποίο η μέθοδος εξόρυξης στηρίχθηκε εξολοκλήρου στη χρήση εκρηκτικών υλών, το σύνολο της επιφάνειας του πρανούς απαρτίζεται από κατακερματισμένα τεμάχια ασβεστόλιθου ποικίλου μεγέθους.

Σαν αποτέλεσμα εκτιμήθηκε ότι πιθανή αποκόλληση των τεμαχίων είναι δυνατό να συμβεί σε όλο το εύρος του πρανούς, συνεπώς επιλέχθηκε η προσθήκη τεσσάρων line seeders που καλύπτουν ολόκληρο το σκαρίφημα του κάθε τμήματος.

Οι παράμετροι των βραχοτεμαχίων προς πτώση καθορίστηκαν ως εξής :

- **Γωνιακή Ταχύτητα**

Η γωνιακή ταχύτητα ορίστηκε μηδενική καθώς η γεωμετρία-σχήμα του συνόλου των ήδη αποκολλημένων τεμαχίων που παρατηρήθηκαν ήταν πλακοειδή με αποτέλεσμα να μην ευνοούν την πτώση με περιστροφική κίνηση (κύλιση).

- **Αριθμός Βραχοτεμαχίων προς πτώση και οριζόντιων σημείων ανάλυσης**

Επιλέχθηκε ο αριθμός 200 όπως επεξηγήθηκε στην εισαγωγή.

- **Μάζα**

Ο καθορισμός της μάζας βασίστηκε στις καταμετρήσεις των διαστάσεων των ήδη αποκολλημένων βραχοτεμαχίων (**Φωτογρ. 6.1**) καθώς και στην εκτίμηση αυτών που κρίθηκαν ικανά προς μελλοντική αποκόλληση. Για τον υπολογισμό της μάζας χρησιμοποιήθηκε το ειδικό βάρος του ασβεστόλιθου που ισούται με 2,7tons / m³.

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω χωρίστηκαν 4 κατηγορίες μάζας βραχοτεμαχίων οι οποίες και προσομοιώθηκαν ξεχωριστά και είναι οι εξής :

1. 2.7 tons (\pm 200kg)
2. 500 kg (\pm 100kg)
3. 70 kg (\pm 10kg)
4. 14 kg (\pm 2kg)

- **Οριζόντια και κατακόρυφη αρχική ταχύτητα.**

Ορίστηκε 0.



Φωτογραφία 6.1 Κάποια από τα αποκολλημένα βραχοτεμάχια που μετρήθηκαν για τον καθορισμό της μάζας τους

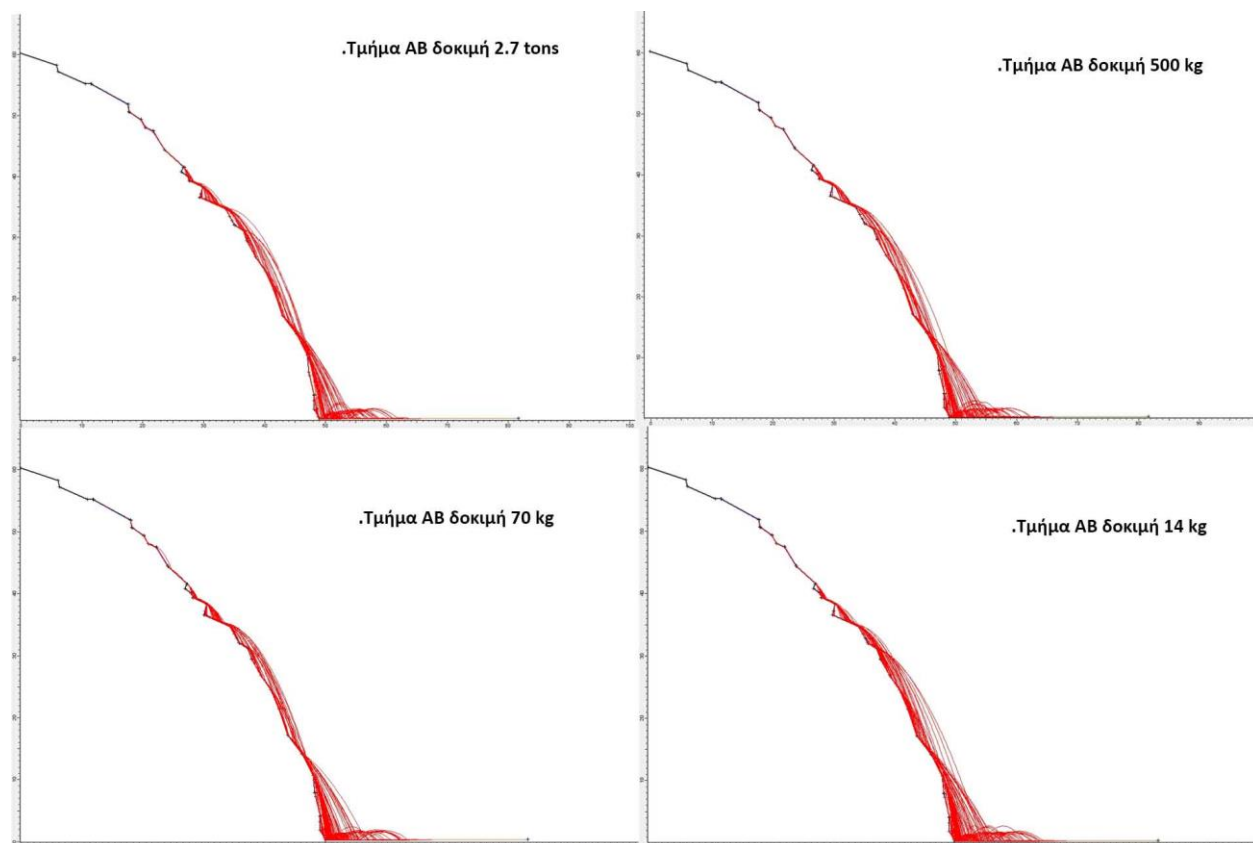
6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω έγιναν 4 διαφορετικές προσομοιώσεις για κάθε τμήμα ξεχωριστά στηριζόμενες στις διαφορετικές μάζες των βραχοτεμαχίων.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η καταγραφή των αποτελεσμάτων έγινε με βάση το χειρότερο σενάριο που προσημειώθηκε με το πρόγραμμα Rocfall. Για να γίνει αυτό κάθε τμήμα προσομοιώθηκε τουλάχιστον 20 φορές με τα ίδια δεδομένα και έπειτα από λεπτομερή παρατήρηση των γραφημάτων και διαγραμμάτων επιλέχθηκαν οι μέγιστες τιμές κινητικής ενέργειας, απόστασης κρούσης, και αναπήδησης των βραχοτεμαχίων.

Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίστηκε η εγκυρότητα και ορθότητα των μέτρων προστασίας που προτείνονται στο κεφάλαιο 7 , επιτυγχάνοντας έτσι τον μέγιστο δυνατό δείκτη ασφαλείας για την αξιοποίηση του πρανούς.

6.3.1 Τμήμα AB

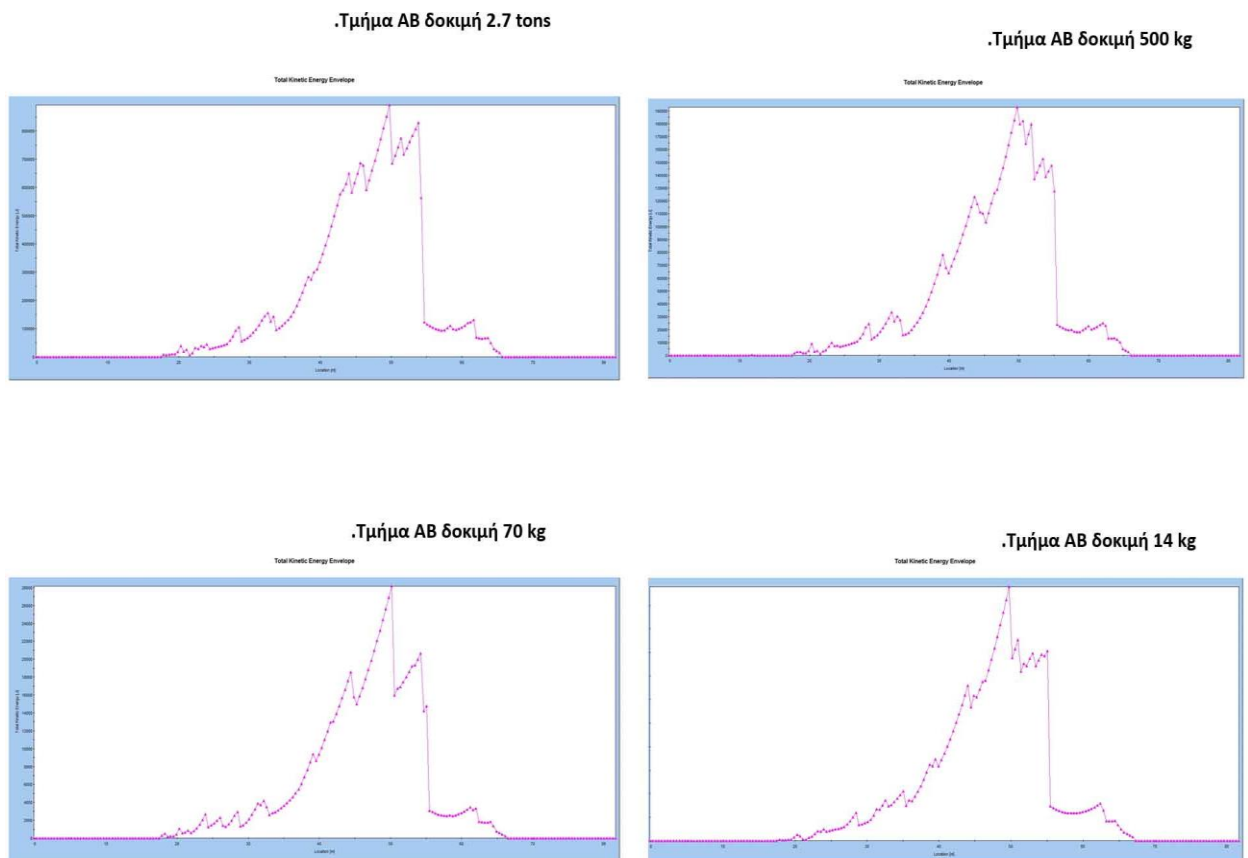


Σχήμα 6.9 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές AB

Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα AB με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

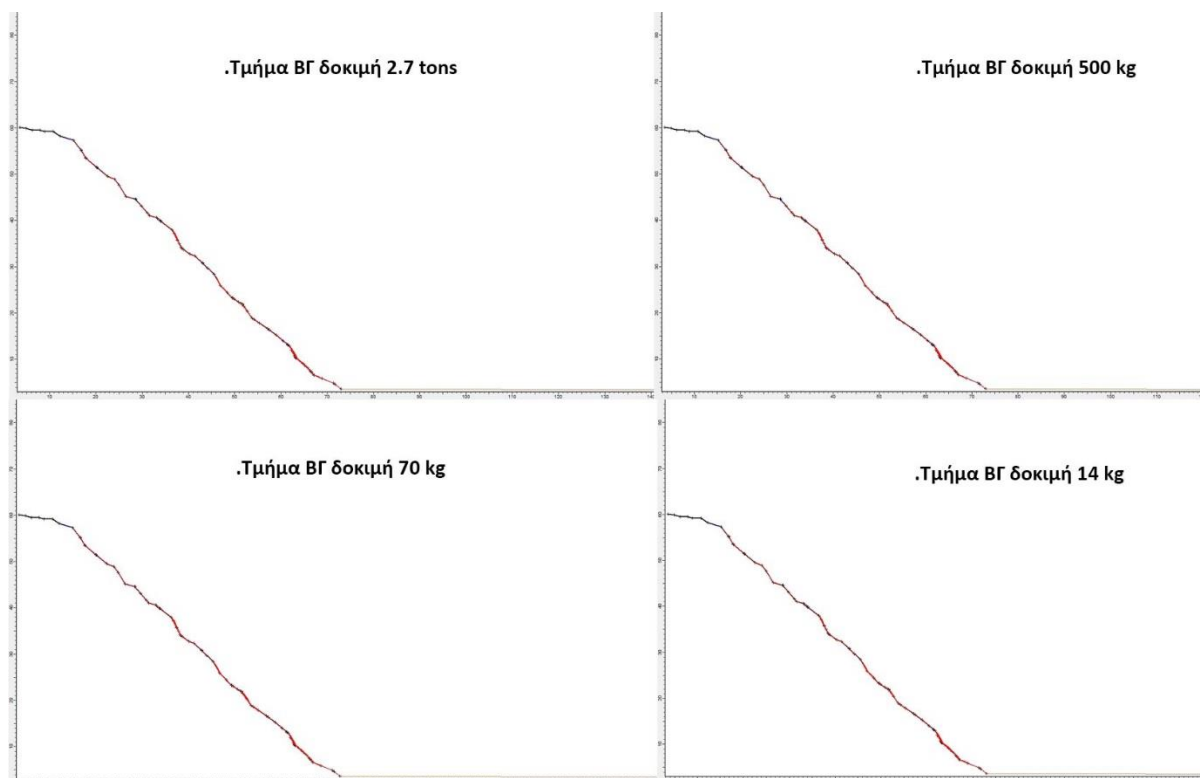
1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια, αναπτύσσεται όπως είναι λογικό στη βάση του πρανούς και καταγράφεται κυρίως στα τεμάχια που καταπίπτουν από μεγάλο ύψος χωρίς να έχουν προσκρούσει πάνω στο πρανές. Ενδεικτικά αναφέρεται η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε στα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tons η οποία ανέρχεται στα 1100 KJ (**Σχήμα 5.10**) . Τα σημεία στα οποία καταγράφηκε η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζονται σε απόσταση έως και 7m από τη βάση του πρανούς.
2. Η μέγιστη απόσταση αρχικής πρόσκρουσης από τη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 7m. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που προσκρούουν εντός αυτής της απόστασης ανέρχεται στο 5%.

3. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης μετά την πρόσκρουση στη βάση του πρανούς, ανέρχεται στα 3m και εντοπίζεται για πρώτη φορά σε απόσταση 2.5m από τον πόδα του. Συναντάται εξίσου σε όλα τα μεγέθη που προσομοιώθηκαν. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που παρουσιάζουν το προαναφερόμενο ύψος αναπήδησης ανέρχεται στο 4%. Στο σημείο αυτό η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε ανέρχεται στα 60 KJ.



Σχήμα 6.10 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές AB

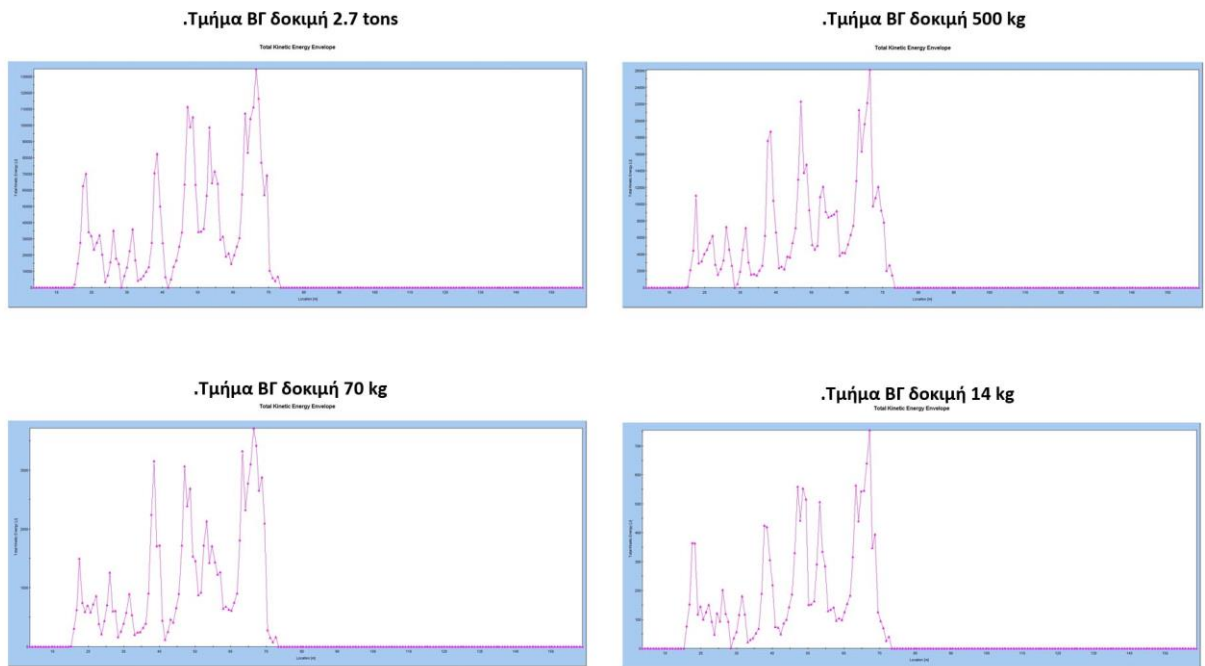
6.3.2 Τμήμα ΒΓ



Σχήμα 6.11 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΒΓ

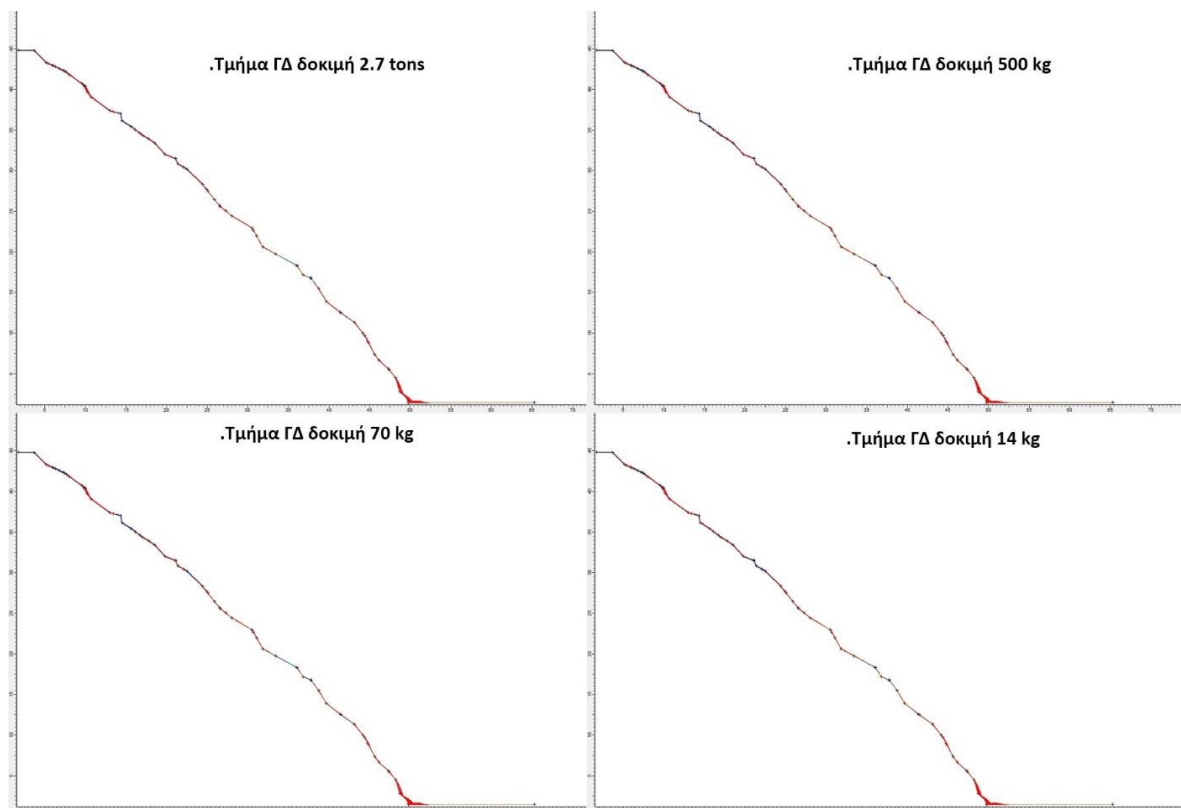
Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα ΒΓ με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζεται στη βάση του πρανούς. Αναπτύσσεται από τα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tons και ανέρχεται στα 153 KJ (**Σχήμα 6.12**) .
2. Η μέγιστη απόσταση πρόσκρουσης από τη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 0.1 m. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που προσκρούουν εντός αυτής της απόστασης ανέρχεται στο 4%.
3. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης μετά την πρόσκρουση στην βάση του πρανούς, ανέρχεται στα 0.1m και εντοπίζεται για πρώτη φορά σε απόσταση 0.5m από τον πόδα του. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που παρουσιάζουν το προαναφερόμενο ύψος αναπήδησης ανέρχεται στο 2% . Στο σημείο αυτό η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε ανέρχεται στα 35 KJ.



Σχήμα 6.12: Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΒΓ

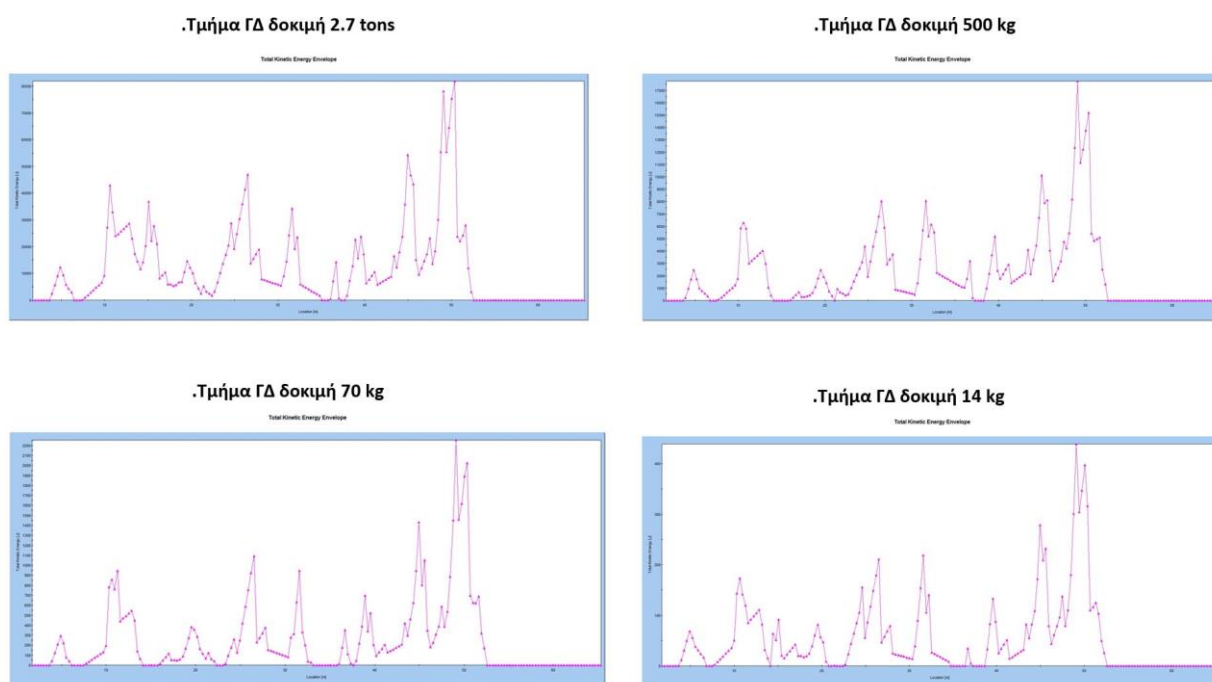
6.3.3 Τμήμα ΓΔ



Σχήμα 6.13 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΓΔ

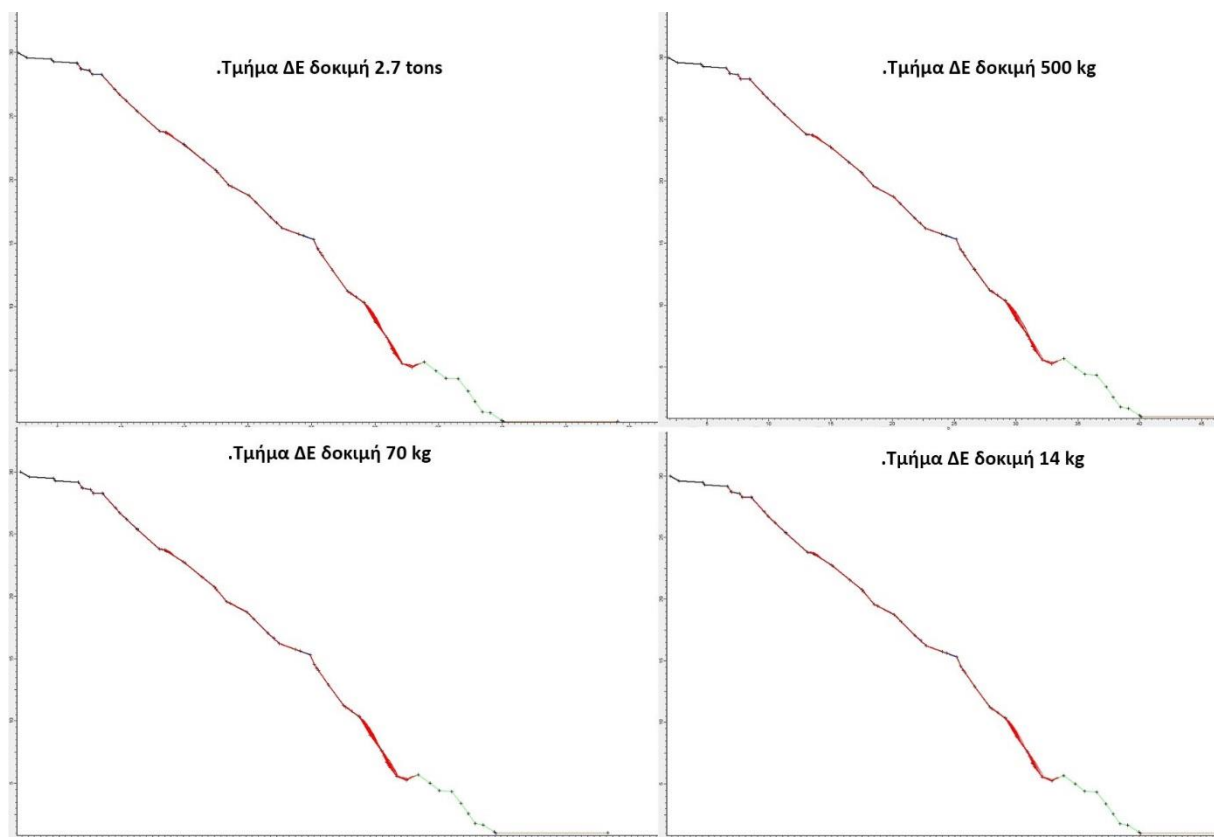
Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα ΓΔ με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια, αναπτύσσεται από τα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tons και ανέρχεται στα 84 KJ (**Σχήμα 6.14**) . Το διάστημα στο οποίο αναπτύσσεται η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζεται και πάλι στη βάση του πρανούς.
2. Η μέγιστη απόσταση πρόσκρουσης από τη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 1m. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που προσκρούουν εντός αυτής της απόστασης ανέρχεται στο 4%.
3. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης μετά την πρόσκρουση στη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 0.3m. και εντοπίζεται για πρώτη φορά σε απόσταση 1m από τον πόδα του. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που παρουσιάζουν το προαναφερόμενο ύψος αναπήδησης ανέρχεται στο 12% . Στο σημείο αυτό η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε ανέρχεται στα 25.9 kJ



Σχήμα 6.14 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΓΔ

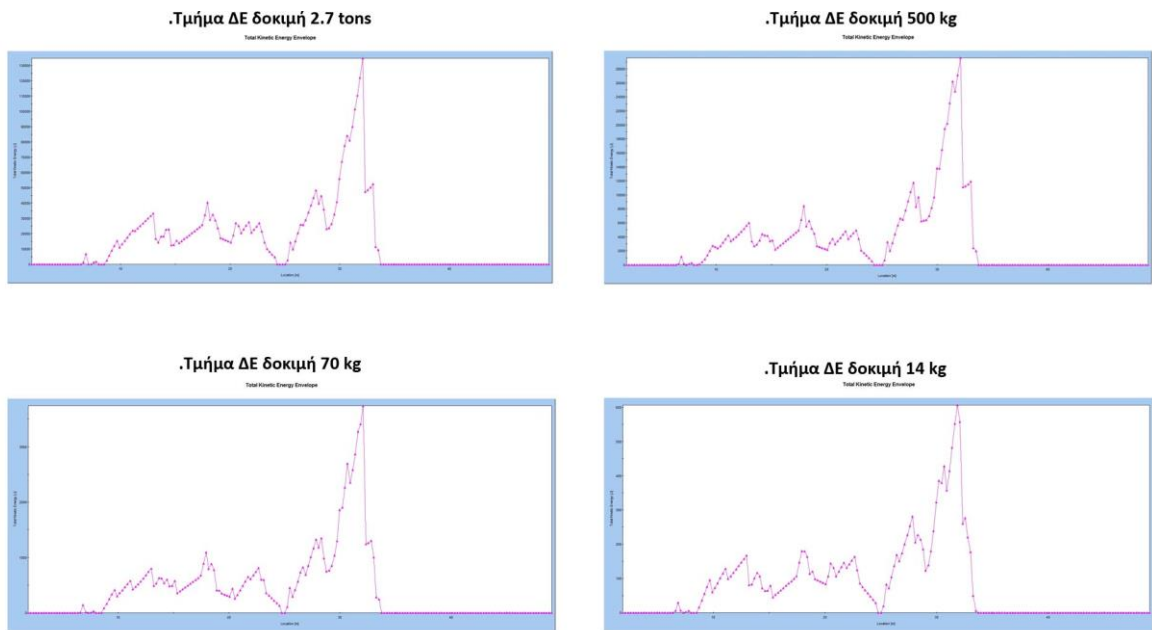
6.3.4 Τμήμα ΔΕ



Σχήμα 6.15 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΔΕ

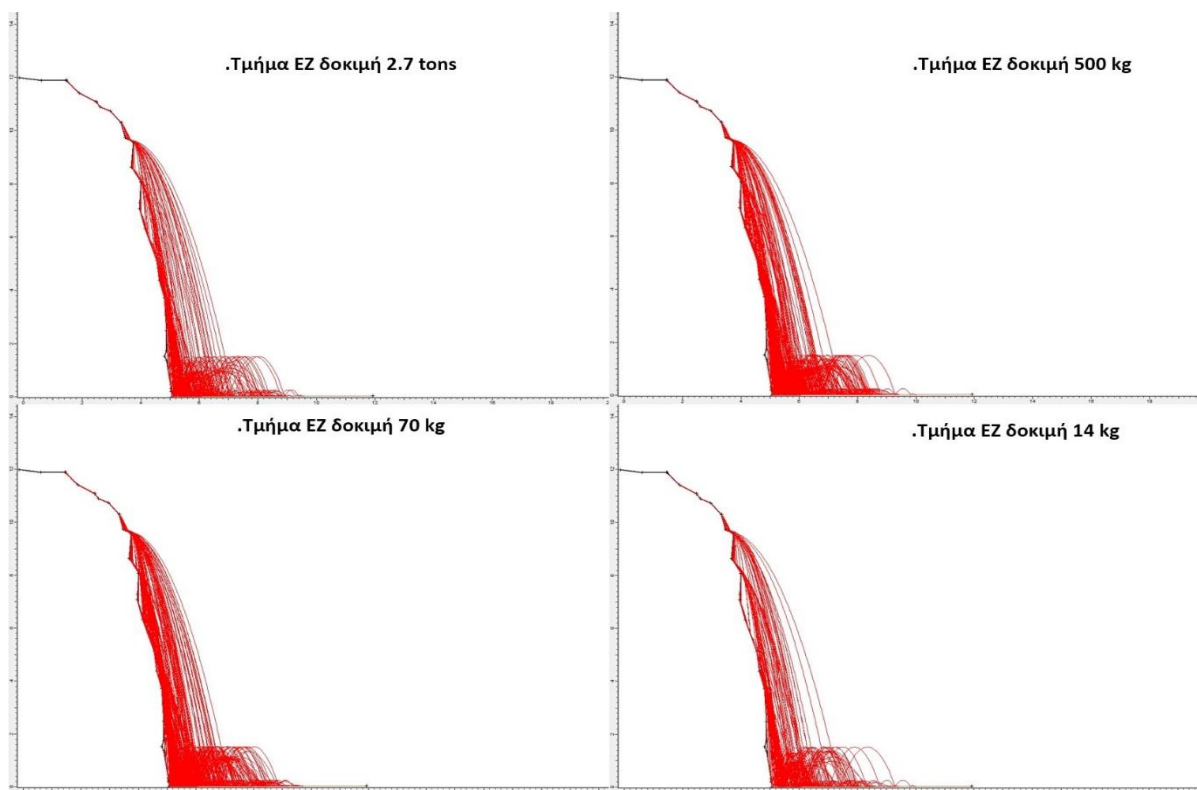
Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα ΔΕ με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια, αναπτύσσεται από τα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tons και ανέρχεται στα 141 KJ (**Σχήμα 6.16**) . Το διάστημα στο οποίο αναπτύσσεται η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζεται στα 8.5m πριν φτάσει στον πόδα του πρανούς.
2. Το σύνολο των βραχοτεμαχίων εγκλωβίζεται στο τεχνητό χωμάτινο ύψωμα που έχει δημιουργηθεί από ανθρώπινη παρέμβαση.



Σχήμα 6.16 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΔΕ

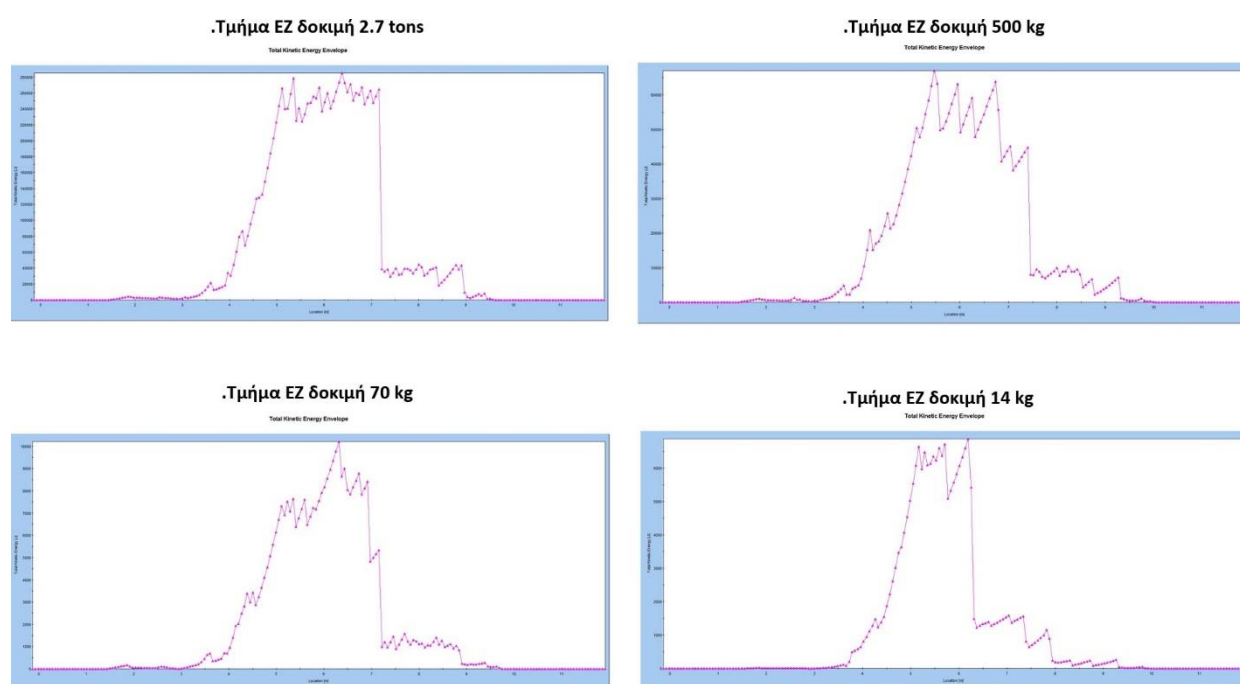
6.3.5 Τμήμα ΕΖ



Σχήμα 6.17 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΕΖ

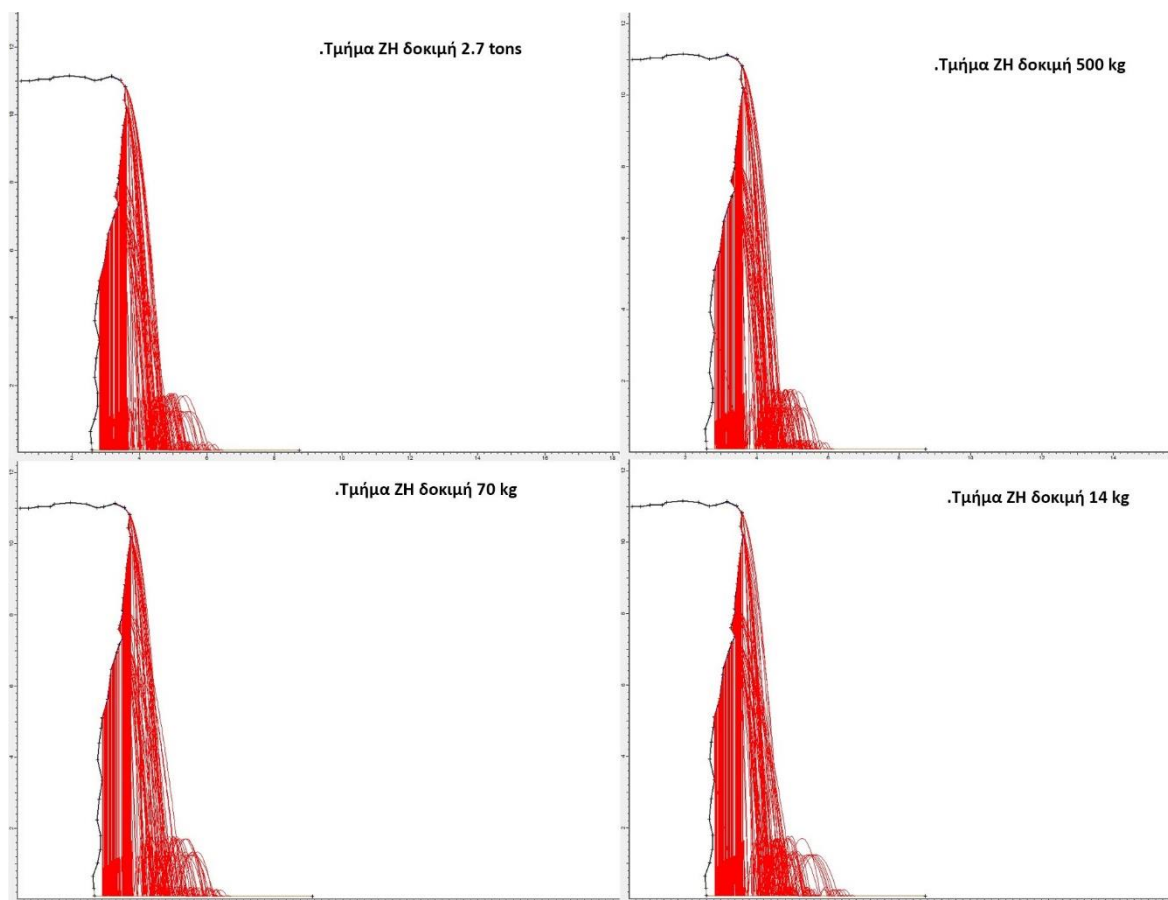
Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα EZ με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια, αναπτύσσεται όπως είναι λογικό στη βάση του πρανούς και καταγράφεται κυρίως στα τεμάχια που καταπίπτουν από μεγάλο ύψος χωρίς να έχουν προσκρούσει πάνω στο πρανές. Η μέγιστη τιμή που καταγράφηκε, ανέρχεται στα 300 KJ (**Σχήμα 5.18**) και αντιστοιχεί στα τεμάχια μάζας 2.7t.. Τα σημεία στα οποία καταγράφηκε η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζονται σε απόσταση έως και 2m από τη βάση του πρανούς.
2. Η μέγιστη απόσταση αρχικής πρόσκρουσης από τη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 2m. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που προσκρούουν εντός αυτής της απόστασης ανέρχεται στο 5%.
3. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης μετά την πρόσκρουση στη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 1.6m και εντοπίζεται για πρώτη φορά σε απόσταση 0.5m από τον πόδα του. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που αναπτύσσουν το προαναφερόμενο ύψος αναπήδησης ανέρχεται στο 20%. Στο σημείο αυτό η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε ανέρχεται στα 15 KJ.



Σχήμα 6.18 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές EZ

6.3.6 Τμήμα ΖΗ

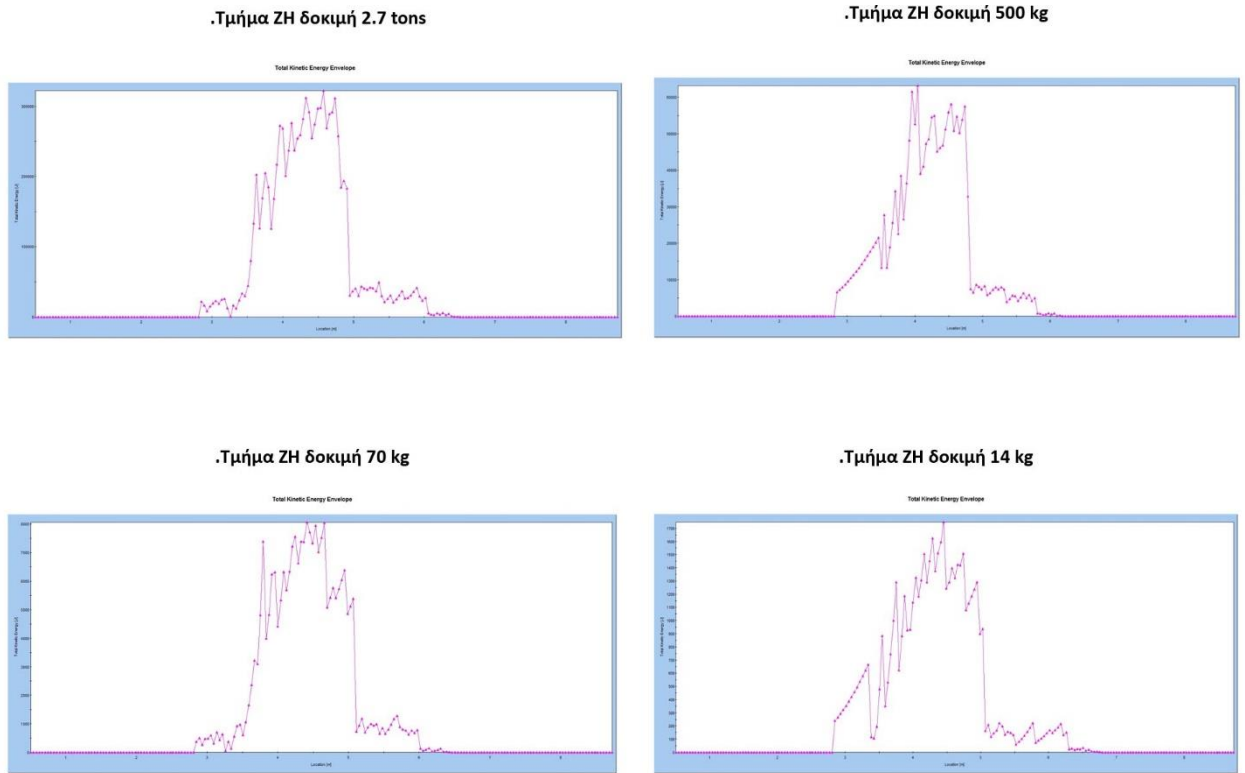


Σχήμα 6.19 Σχήμα αποτύπωσης τροχιών πτώσης βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14k για το πρανές ΖΗ

Οι προσομοιώσεις που έγιναν στο τμήμα ΖΗ με την βοήθεια των γραφημάτων έδειξαν ότι :

1. Η μέγιστη κινητική ενέργεια, αναπτύσσεται από τα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tons κ ανέρχεται στα 315 KJ (**Σχήμα 6.20**). Εντοπίζεται και πάλι στη βάση του πρανούς και καταγράφεται κυρίως στα τεμάχια που καταπίπτουν από μεγάλο ύψος χωρίς να έχουν προσκρούσει στην επιφάνεια του πρανούς. Τα σημεία στα οποία αναπτύσσεται η μέγιστη κινητική ενέργεια εντοπίζονται έως και 2,7m μακριά από τον πόδα του πρανούς.
2. Η μέγιστη απόσταση αρχικής πρόσκρουσης από τη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 2.7m . Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που προσκρούουν εντός αυτής της απόστασης ανέρχεται στο 5%.
3. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης μετά την πρόσκρουση στη βάση του πρανούς ανέρχεται στα 1.8m και εντοπίζεται για πρώτη φορά σε απόσταση 1.6m από τον

πόδα του πρανούς. Το ποσοστό των βραχοτεμαχίων που παρουσιάζουν το προαναφερόμενο ύψος αναπήδησης ανέρχεται στο 10%. Στο σημείο αυτό η μέγιστη κινητική ενέργεια που καταγράφηκε ανέρχεται στα 10 KJ.



Σχήμα 6.20 Σχήμα αποτύπωσης συνολικής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μεγέθους 2.7t, 500kg, 70kg, 14kg για το πρανές ΖΗ

7. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ ΒΡΑΧΩΝ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ “ΒΛΑΧΟΥ”

7.1 ΣΥΜΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Βάσει των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων στο κεφάλαιο 5 παρατηρήθηκε ότι, σε όλα τα πρανή του λατομείου παρουσιάζεται αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεων βράχων. Τα αίτια αυτών εντοπίζονται στην εκδήλωση του φαινομένου της “Ανατροπής” που παρατηρήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Dips και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων βραχοτεμαχίων σε όλα πρανή που μελετήθηκαν. Στη συνέχεια με τις προσομοιώσεις που έγιναν στο πρόγραμμα Rocfall, στα τμήματα ΑΒ, ΒΓ, ΓΔ, ΕΖ, ΖΗ καταγράφηκε σημαντικό ποσοστό βραχοτεμαχίων να καταλήγουν εκτός της βάσης των πρανών.

Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αναγκαιότητα εγκατάστασης μέτρων προστασίας ώστε ο χώρος του λατομείου να καταστεί ασφαλής, για την περαιτέρω αξιοποίησή του. Η επιλογή των κατάλληλων μέτρων προστασίας καθώς και της θέσης εγκατάστασής τους, βασίστηκε σε 3 κύρια χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν κατά τις προσομοιώσεις με το πρόγραμμα Rocfall.

1. Μέγιστη κινητική ενέργεια
2. Ύψη αναπήδησης.
3. Τροχιές Βραχοτεμαχίων.

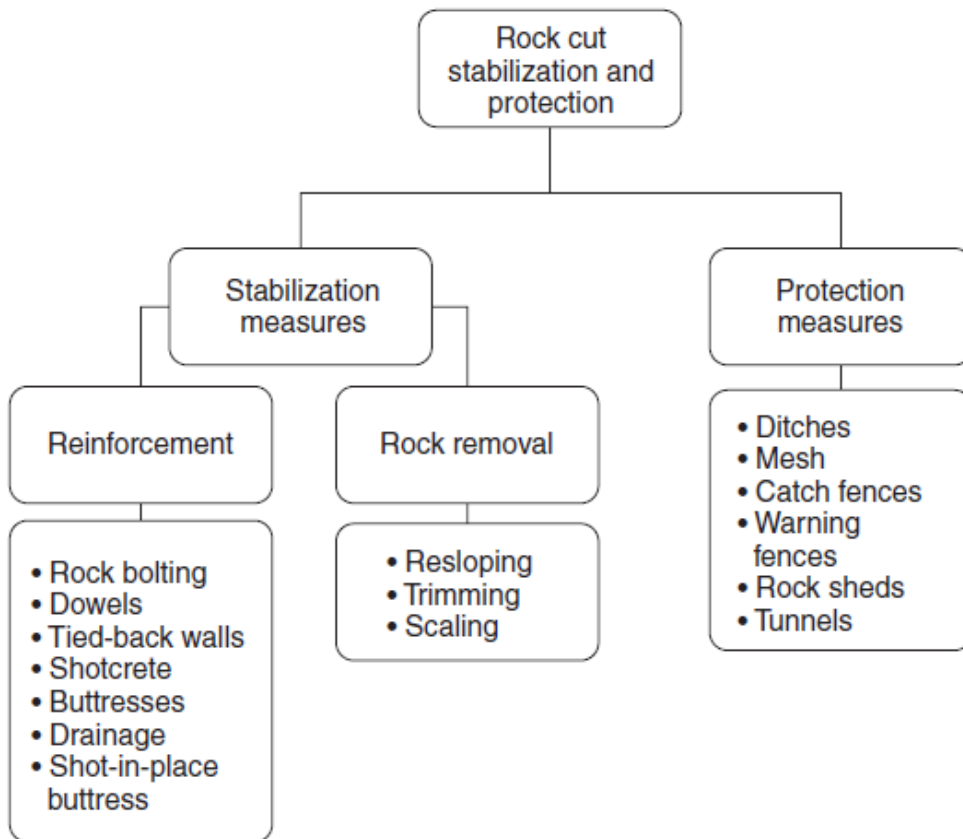
Πίνακας 7.1 Συγκεντρωτικός πίνακας μέγιστης Κινητικής ενέργειας, ύψους αναπήδησης

	Μέγιστη Κ. Ενέργεια (KJ)	Μεγ. Ύψος Αναπήδησης (m)
Πρανές		
ΑΒ	1100	3
ΒΓ	153	0.1
ΓΔ	84	0.3
ΔΕ	141	-
ΕΖ	300	1.6
ΖΗ	315	1.8

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθορίζουν την απαιτούμενη αντοχή, τις διαστάσεις και τέλος τη θέση εγκατάστασης των μέτρων προστασίας.

7.2 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζονται οι κατηγορίες μέτρων προστασίας και σταθεροποίησης βραχωδών πρανών.



Σχήμα 7.1 Κατηγορίες μέτρων προστασίας και σταθεροποίησης πρανών

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, στο λατομείο Βλάχου υπάρχει παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων τεμαχίων βραχομάζας, τα οποία σε συνδυασμό με τις σχετικά απότομες κλίσεις των πρανών αυξάνουν τον κίνδυνο βραχοπτώσεων σε όλη την έκταση των πρανών. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητος ο καθαρισμός των πρανών από τα τεμάχια αυτά με τη χρήση λοστών και γρύλλων.

Σε όλο το μήκος των πρανών ο κίνδυνος τραυματισμών από καταπτώσεις βράχων είναι μεγαλύτερος κατά μήκος της βάσης τους. Επομένως, το βασικότερο μέτρο προστασίας είναι ο αποκλεισμός των πρανών και η απαγόρευση της πρόσβασης σε αυτά. Ο αποκλεισμός των πρανών είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την τοποθέτηση δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη.

Οι φράκτες αυτοί κατασκευάζονται για τη δημιουργία ζωνών εγκλωβισμού βραχοτεμαχίων στη βάση των πρανών (Andrew, 1992a). Ο απαιτούμενος τύπος μεταλλικού φράκτη και οι διαστάσεις του εξαρτώνται από την κινητική ενέργεια που αναπτύσσουν τα αποκολλημένα βραχοτεμάχια, τις διαστάσεις του πρανούς και τη διαθεσιμότητα των υλικών κατασκευής.

Τα κύρια στοιχεία τους είναι (Ρόζος, 2007):

- Οι μεταλλικοί στύλοι, πάνω στους οποίους στερεώνεται το μεταλλικό δίκτυο. Οι στύλοι αυτοί πακτώνονται στο έδαφος στη θέση που έχει επιλεγεί για την προστασία του πρανούς με σχετική κλίση προς τα έξω.
- Τα μεταλλικά καλώδια που συνδέουν τους στύλους αλλά και αντιστηρίζουν αυτούς και τα οποία βοηθούν τη συγκράτηση του πλέγματος.
- Το μεταλλικό πλέγμα συγκράτησης που απλώνεται σε όλο το μήκος ανάπτυξης των στύλων και το οποίο στερεώνεται σε αυτούς και αναρτάται στα μεταλλικά καλώδια.
- Πρόσθετα συστήματα ανάσχεσης της κίνησης.



Φωτογραφία 7.1 *Μεταλλικός φράκτης*

Ένα ακόμη μέτρο προστασίας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των καταπτώσεων βράχων στο λατομείο Βλάχου είναι οι φράκτες ανάσχεσης. Κατασκευάζονται κυρίως κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων και κτιρίων με σκοπό την ανάσχεση και παγίδευση μικρών βραχωδών τεμαχίων που αποσπώνται και πέφτουν από το πρανές.

Για την επιλογή των φραχτών ανάσχεσης βασική προϋπόθεση είναι αποτελεί η γνώση της φύσης των υλικών που δύναται να κατολισθήσουν δηλαδή, αν είναι βραχώδη ή εδαφικά.

Επίσης βασική προϋπόθεση είναι τα καταπίπτοντα υλικά να έχουν μέγεθος και κινητική ενέργεια ικανή να συγκρατήσουν οι φράχτες που διατίθενται στην αγορά.

Οι φράκτες ανάσχεσης βραχοπτώσεων αποτελούν παθητικό σύστημα προστασίας και διατίθενται σε διάφορους τύπους ανάλογα με το ποσόν ενέργειας που θα πρέπει να απορροφήσουν.



Φωτογραφία 7.2 Φράκτης ανάσχεσης

Σε κάποια τμήματα των πρανών θα μπορούσε να γίνει και χρήση μεταλλικού πλέγματος, με σκοπό να αποτραπεί η αναπήδηση των αποκολλημένων τεμαχίων και η εκτίναξή τους έξω από τον μεταλλικό φράκτη ή τον τοίχο ανάσχεσης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πλέγματος (Ρόζος, 2007) για χρήση στην προστασία πρανούς είναι:

- ο χάλυβας κατασκευής αλλά και το δίκτυ που θα προκύψει από αυτόν να είναι υψηλής εφελκυστικής αντοχής,
- το δίκτυ να έχει μικρό βάρος,
- να είναι εύκολο στη χρήση και την τοποθέτηση και
- να έχει ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης.



Φωτογραφία 7.3 *Μεταλλικό πλέγμα συγκράτησης βραχοτεμαχίων*

Τέλος, δεδομένης της ύπαρξης επαρκούς χώρου στη βάση των πρανών, δύναται η κατασκευή τάφρων ανάσχεσης. Οι διαστάσεις τους, όπως και η απόσταση στην οποία θα κατασκευαστούν από τη βάση του πρανούς, εξαρτώνται από το ύψος και την κλίση του πρανούς. Αποτελούν σχετικά οικονομική λύση και συνδυάζονται άρτια με άλλα μέτρα προστασίας.

Βάση των προαναφερθέντων μέτρων προστασίας, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις ανά τμήμα με το πρόγραμμα Rocfall, ώστε να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητά τους και στη συνέχεια να γίνουν προτάσεις για την καθολική προστασία του χώρου από καταπτώσεις βράχων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι προσομοιώσεις αυτές, έγιναν για τα βραχοτεμάχια μάζας 2.7 tn καθώς αυτά, όπως ήταν αναμενόμενο, παρουσίαζαν τις μέγιστες τιμές κινητικής ενέργειας. Οι τιμές αυτές, σε συνδυασμό με το συντελεστή ασφαλείας που ορίστηκε ίσος με δύο, καθόρισαν την ελάχιστη αντοχή μέτρων προστασίας που πρέπει να εγκατασταθούν. Τέλος οι λύσεις που προτάθηκαν, βασίστηκαν σε προϊόντα των εταιριών Geobrugg και Maccaferri, καθώς αποτελούν τις δύο μεγαλύτερες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα προστασίας και αντιστήριξης πρανών.

7.2.1 ΤΜΗΜΑ ΑΒ

Το πρανές ΑΒ, λόγω των έντονων κλίσεων και του μεγάλου ύψους του, αποτελεί ίσως το πιο επικίνδυνο πρανές στο λατομείο. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, στα καταπίπτοντα βραχοτεμάχια που προσομοιώθηκαν, να παρατηρηθούν μεγάλες τιμές κινητικής ενέργειας και ύψους αναπήδησης. Επίσης τα σημεία κατάληξης μεγάλου ποσοστού αυτών, καταγράφηκαν έως και 15 m μακριά από τη βάση του πρανούς. Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις, για την αποτελεσματική προστασία από καταπτώσεις βράχων, στο εν λόγω πρανές προτείνονται οι δύο ακόλουθες προσεγγίσεις :

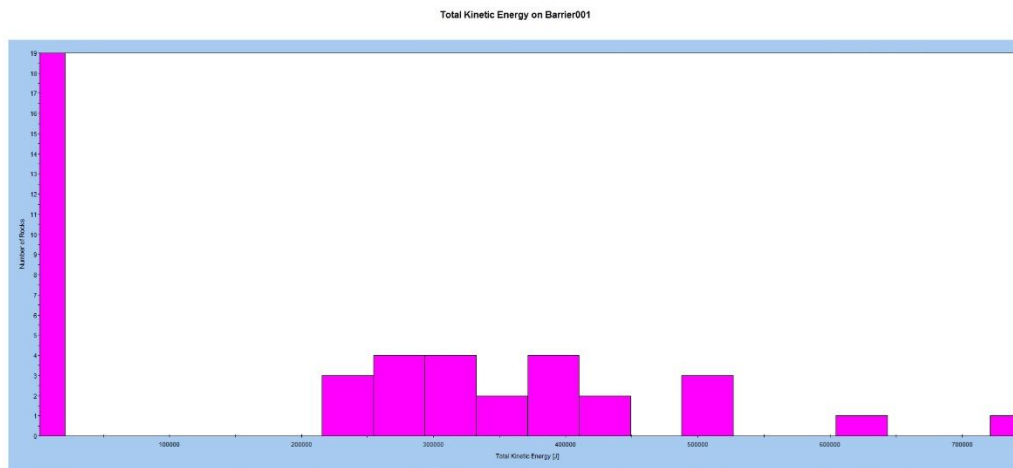
Προσέγγιση 1

- Αρχικά θα πρέπει να πραγματοποιηθεί καθαρισμός της επιφάνειας και της στέφης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στη συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος προστασίας, αντοχής τουλάχιστον 1600 KJ σε όλο το μέτωπο του πρανούς το οποίο θα αγκυρωθεί 2-3m πίσω από την στέψη του. Τέλος η απόληξη του πλέγματος θα πρέπει να αγκυρωθεί πάνω σε τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος αντοχής 1000 KJ και ύψους 1.5 m το οποίο θα κατασκευαστεί σε απόσταση 2m από την βάση του πρανούς. Ενδεικτικά προτείνονται τα πλέγματα Steelgrid® HR της Maccaferri και TECCO® G65/4 της Geobrugg, αντοχής ≥ 1770 KJ.
- Μεταξύ τοιχίου και πρανούς προτείνεται επίσης η κατασκευή τάφρου ανάσχεσης, βάθους και πλάτους 1 m, για την παγίδευση των βραχοτεμαχίων που εγκλωβίζονται από το πλέγμα. Αξίζει να ειπωθεί στο σημείο αυτό η ανάγκη τακτικού καθαρισμού της τάφρου, καθώς η συσσώρευση βραχοτεμαχίων μπορεί να οδηγήσει στη διάρρηξη του πλέγματος.

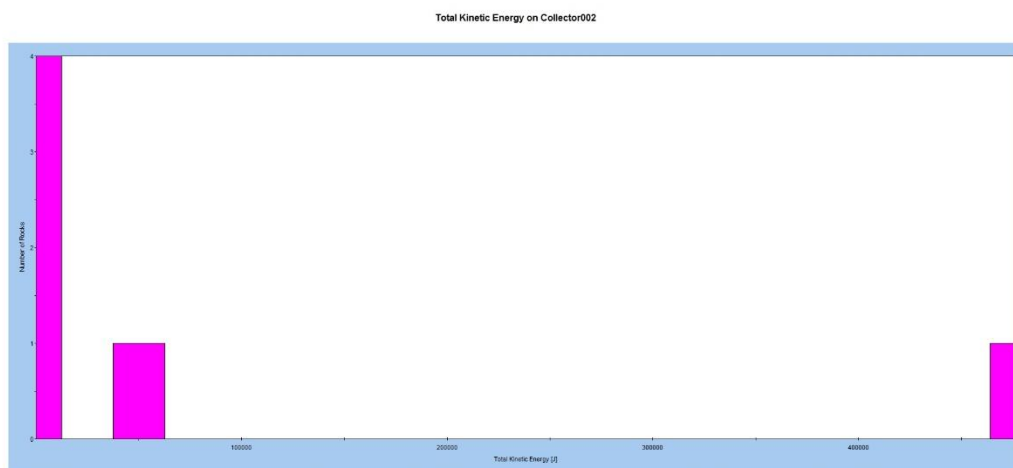
Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω πλέγματος και τοιχίου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων μέσα στην τάφρο ανάσχεσης.



Σχήμα 7.2 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος ΑΒ.



Σχήμα 7.3 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

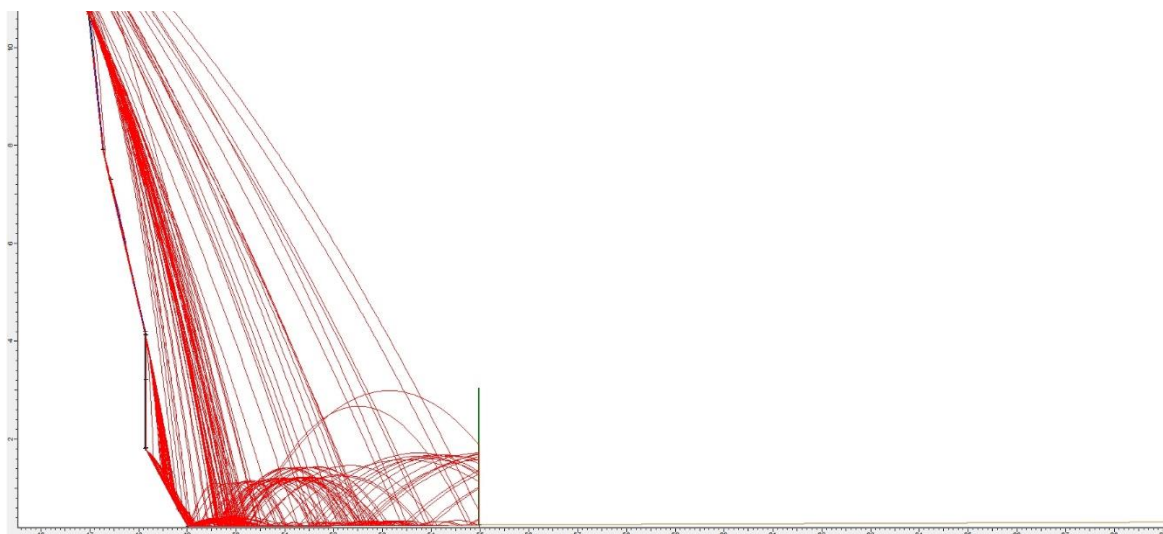


Σχήμα 7.4 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

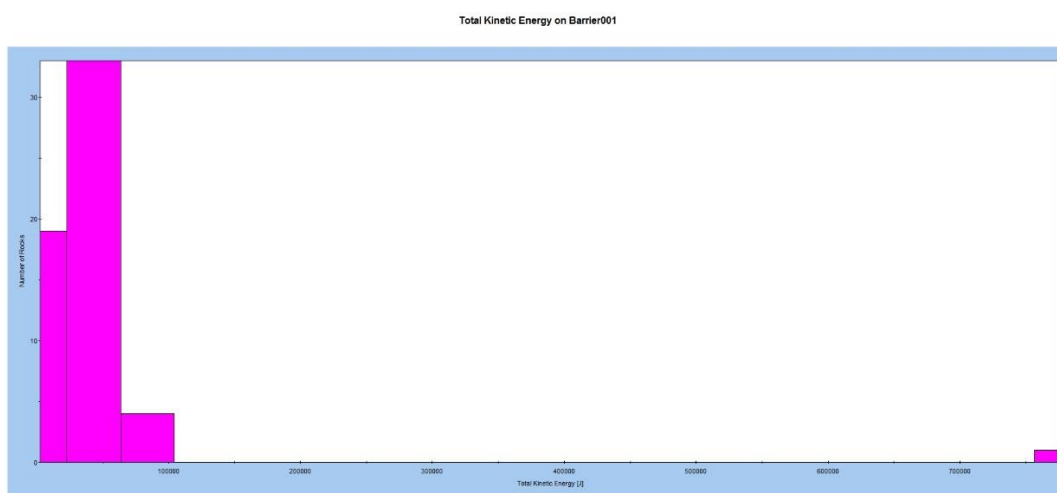
Προσέγγιση 2

- Αρχικά και σε αυτή την περίπτωση πρέπει να πραγματοποιηθεί καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου
- Στην συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση τσιμεντένιου τοίχου ή δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη, ανάσχεσης σε απόσταση 6m από τη βάση του πρανούς. Το ύψος του πρέπει να ανέρχεται στα 3m και η αντοχή του τουλάχιστον στα 1740 KJ. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες ανάσχεσης GBE-2000A της Geobrugg και RMC 200/A της Maccaferri, αντοχής 2000 KJ.

Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω τοίχου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων πίσω από τον τοίχο.



Σχήμα 7.5 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος AB.



Σχήμα 7.6 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

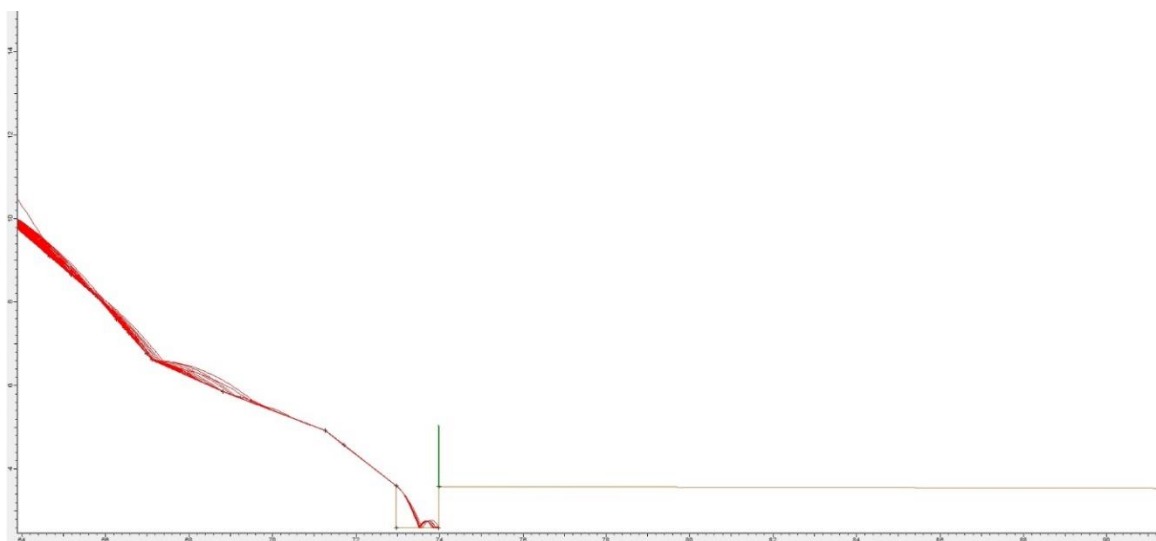
Η κύρια διαφορά των παραπάνω προσεγγίσεων, εντοπίζεται στο κόστος αλλά και στον διαθέσιμο χώρο προς αξιοποίηση, που προσφέρει η καθεμία. Η προσέγγιση 1 παρότι πιο δαπανηρή, λόγω υλικών κατασκευής του τοίχου και του πλέγματος, προσφέρει περισσότερο αξιοποιήσιμο χώρο εν συγκρίση με την 2. Παρόλα ταύτα και οι δύο κρίνονται απολύτως ασφαλείς και αποτελεσματικές.

7.2.2 ΤΜΗΜΑ ΒΓ

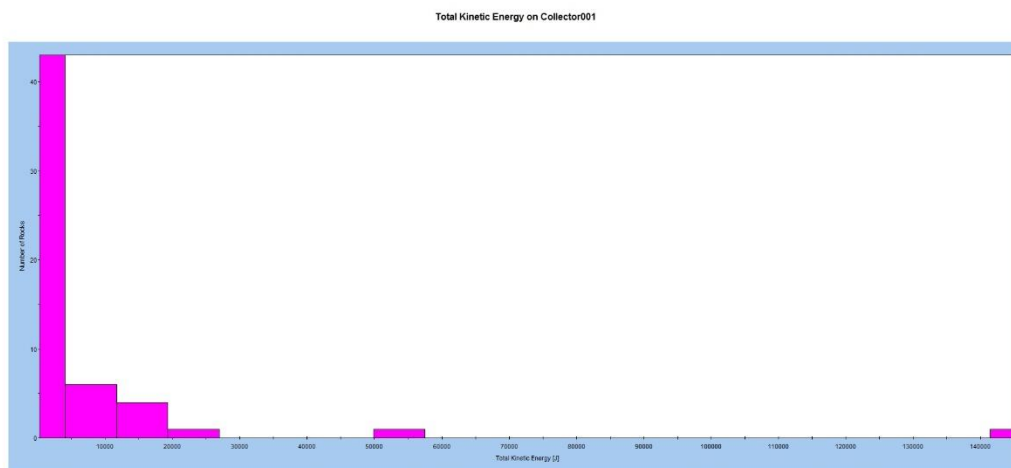
Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πρανές ΒΓ ως προς τις θέσεις κατάληξης και το ύψος αναπήδησης των βραχοτεμαχίων δεν προκάλεσαν ιδιαίτερη ανησυχία.. Επίσης οι μέγιστες τιμές κινητικής ενέργειας που καταγράφηκαν ήταν αισθητά μειωμένες σε σχέση με το τμήμα ΑΒ. Πιο συγκεκριμένα για το πρανές ΒΓ προτείνεται :

- Αρχικά ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στη συνέχεια στη βάση του πρανούς προτείνεται η κατασκευή μίας τάφρου ανάσχεσης βάρους και πλάτους 1m η οποία θα εξυπηρετεί ως μέτρο παγίδευσης των βραχοτεμαχίων που καταπίπτουν.
- Τέλος σε απόσταση 1m από τη βάση πρανούς προτείνεται η εγκατάσταση ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη αντοχής τουλάχιστον 306 KJ και ύψους 1.5 m ο οποίος θα λειτουργεί ως δευτερεύον μέτρο ανάσχεσης καθώς επίσης και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες ανάσχεσης GBE-500A της Geobrugg και RMC 050/A της Maccaferri, αντοχής 500 KJ. Για περιορισμό του κόστους, αντί του φράχτη δύναται η κατασκευή χωμάτινου υβώματος ύψους 1.5 m, η αντοχή του οποίου υπερβαίνει τα 306 KJ και να επιβεβαιωθεί με δοκιμές. Στην βάση του υβώματος κρίνεται απαραίτητη εγκατάσταση συρματοπλέγματος για αποκλεισμό της πρόσβασης στο πρανές.

Η προσομοίωση που έγινε, με βάση τα παραπάνω προτεινόμενα μέτρα προστασίας καταπτώσεων, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων εντός της τάφρου ανάσχεσης.



Σχήμα 7.7 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΒΓ.



Σχήμα 7.8 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων που καταλήγουν στην τάφρο, βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του μεταλλικού φράχτη.

7.2.3 ΤΜΗΜΑ ΓΔ

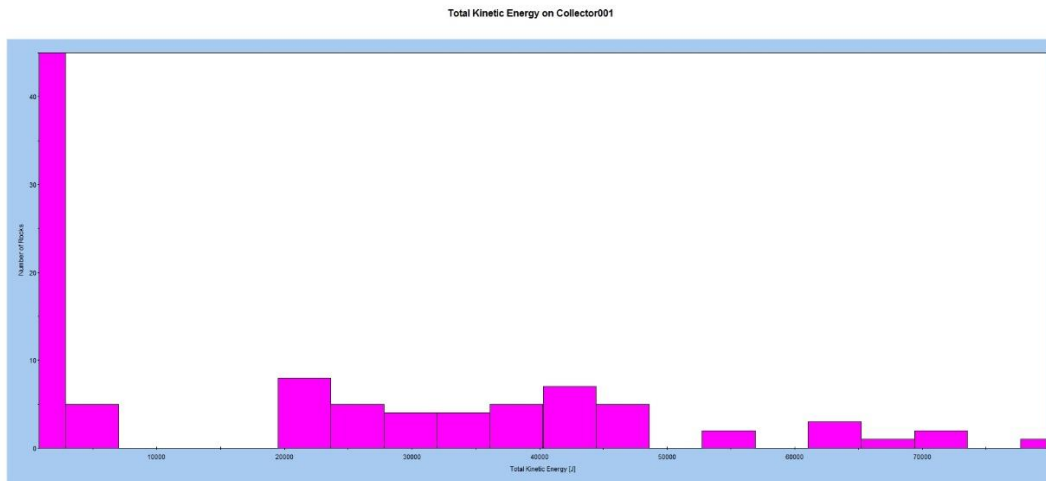
Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πρανές ΓΔ ως προς τις θέσεις κατάληξης και το ύψος αναπήδησης των βραχοτεμαχίων και πάλι δεν προκάλεσαν ιδιαίτερη ανησυχία. Όπως και στο τμήμα ΒΓ οι μέγιστες τιμές κινητικής ενέργειας που καταγράφηκαν ήταν αρκετά μικρές. Πιο συγκεκριμένα για το πρανές ΓΔ προτείνεται :

- Αρχικά ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στη συνέχεια, όπως και στο ΒΓ, στη βάση του πρανούς προτείνεται η κατασκευή μίας τάφρου ανάσχεσης βάθους και πλάτους 1m. 1m η οποία θα εξυπηρετεί ως μέτρο παγίδευσης των βραχοτεμαχίων που καταπίπτουν.
- Τέλος σε απόσταση 1m από τη βάση πρανούς προτείνεται η εγκατάσταση ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη αντοχής τουλάχιστον 168 KJ και ύψους 1.5m, ο οποίος θα λειτουργεί ως δευτερεύον μέτρο ανάσχεσης καθώς επίσης και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες ανάσχεσης GBE-500A της Geobrugg και RMC 050/A της Maccaferri, αντοχής 500 KJ. Για περιορισμό του κόστους, αντί του φράχτη δύναται η κατασκευή χωμάτινου αναχώματος ύψους 1.5 m, η αντοχή του οποίου υπερβαίνει τα 168 KJ και να επιβεβαιωθεί με δοκιμές. Στην βάση του αναχώματος κρίνεται απαραίτητη εγκατάσταση συρματοπλέγματος για αποκλεισμό της πρόσβασης στο πρανές.

Η προσομοίωση που έγινε, με βάση τα παραπάνω προτεινόμενα μέτρα προστασίας καταπτώσεων, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων εντός της τάφρου ανάσχεσης.



Σχήμα 7.9 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΓΔ.



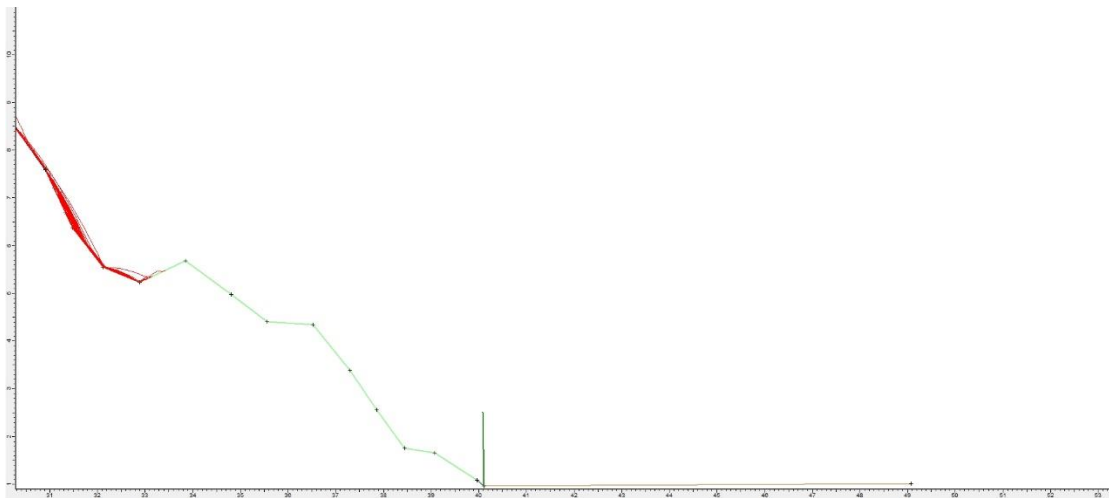
Σχήμα 7.10 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων που καταλήγουν στην τάφρο, βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του μεταλλικού φράχτη.

7.2.4 ΤΜΗΜΑ ΔΕ

Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πρανές ΔΕ ως προς τις θέσεις κατάληξης και το ύψος αναπήδησης των βραχοτεμαχίων δεν προκαλούν καμία ανησυχία. Αυτό διότι, το σύνολο των βραχοτεμαχίων εγκλωβίζεται στο τεχνητό χωμάτινο ύψωμα που έχει δημιουργηθεί από ανθρώπινη παρέμβαση. Όμως και σε αυτή την προτείνεται η εφαρμογή των παρακάτω :

- Ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Η εγκατάσταση στη βάση του πρανούς, ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη αντοχής τουλάχιστον 282 KJ και ύψους 1.5 m, ο οποίος θα λειτουργεί ως δευτερεύον μέτρο ανάσχεσης καθώς επίσης και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες

ανάσχεσης GBE-500A της Geobruugg και RMC 050/A της Maccaferri, αντοχής 500 KJ. Ο παραπάνω φράχτης θα λειτουργεί και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές.



Σχήμα 7.11 Προσομοίωση μέτρων προστασίας πρανούς ΔΕ.

7.2.5 ΤΜΗΜΑ ΕΖ

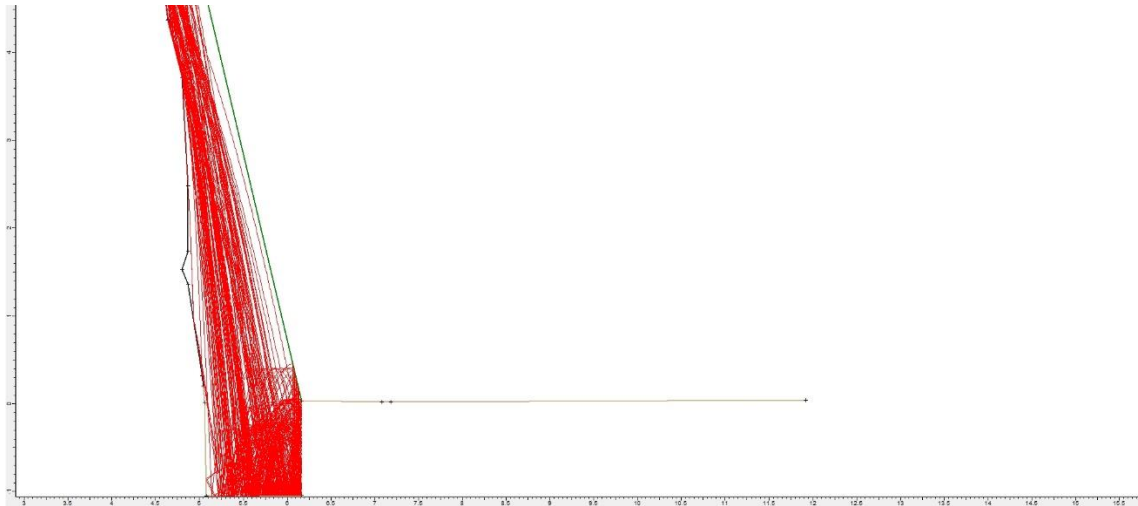
Το πρανές ΕΖ παρά το μικρό του ύψος που δεν ξεπερνά τα 12 m, παρουσιάζει έντονες κλίσεις που φτάνουν έως και 90°. Σαν αποτέλεσμα παρατηρήθηκε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των κατολισθούντων βραχοτεμαχίων που προσομοιώθηκαν, πραγματοποιούσαν ελεύθερη πτώση, προσκρούοντας στη βάση του πρανούς με μεγάλες τιμές κινητικής ενέργειας. Στη συνέχεια αρκετά από αυτά συνέχιζαν την πορεία τους καταγράφοντας αναπηδήσεις της τάξεως των 1,6 m καταλήγοντας έως και 5m μακριά από τη βάση του πρανούς. Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις για την αποτελεσματική προστασία από καταπτώσεις βράχων στο πρανές ΕΖ προτείνονται οι παρακάτω προσεγγίσεις :

Προσέγγιση 1

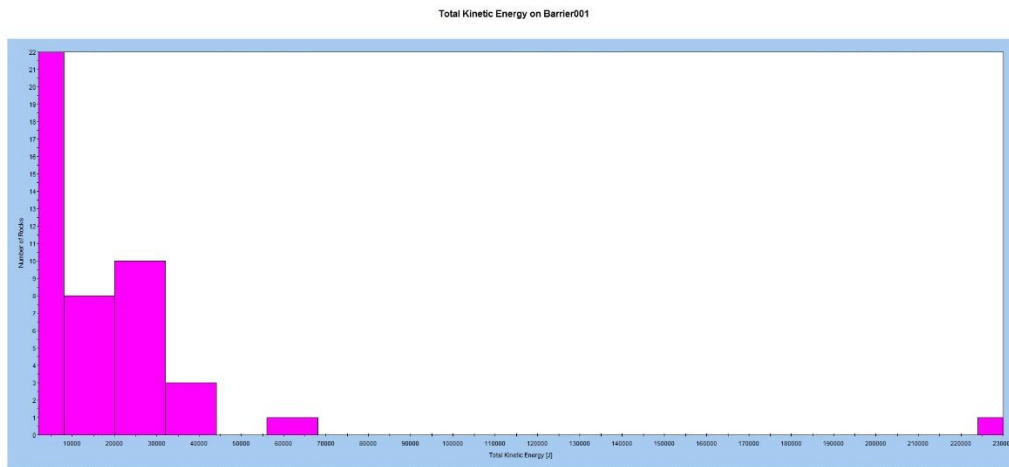
- Αρχικά ο προτείνεται ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στη συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος προστασίας, αντοχής τουλάχιστον 520 KJ σε όλο το μέτωπο του πρανούς το οποίο θα αγκυρωθεί 2-3 m πίσω από την στέψη του. Τέλος η απόληξη του πλέγματος θα πρέπει να αγκυρωθεί πάνω σε τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος ύψους 1.5m και αντοχής και 400 KJ ο οποίος θα κατασκευαστεί σε απόσταση 1 m από την βάση του πρανούς. Ο παραπάνω τοίχος θα λειτουργεί και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται τα πλέγματα Steelgrid® HR της Maccaferri και TECCO® G65/3 της Geobruugg, αντοχής ≥ 1770 KJ.
- Μεταξύ τοιχίου και πρανούς προτείνεται επίσης η κατασκευή τάφρου ανάσχεσης, βάθους 1m, για την παγίδευση των βραχοτεμαχίων που εγκλωβίζονται από το

πλέγμα. Αξίζει να ειπωθεί στο σημείο αυτό η ανάγκη τακτικού καθαρισμού της τάφρου, καθώς η συσσώρευση βραχοτεμαχίων μπορεί να οδηγήσει στη διάρρηξη του πλέγματος.

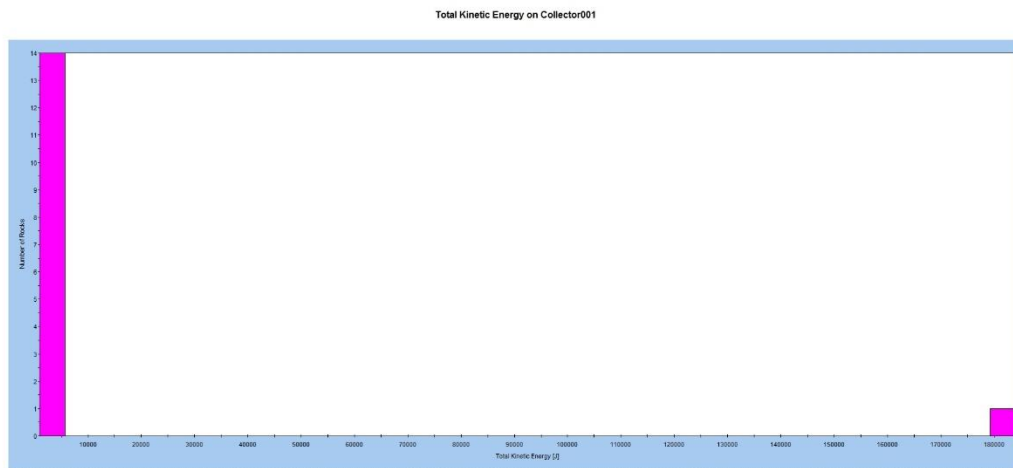
Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω πλέγματος και τοιχίου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων μέσα στην τάφρο ανάσχεσης.



Σχήμα 7.12 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος ΕΖ.



Σχήμα 7.13 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

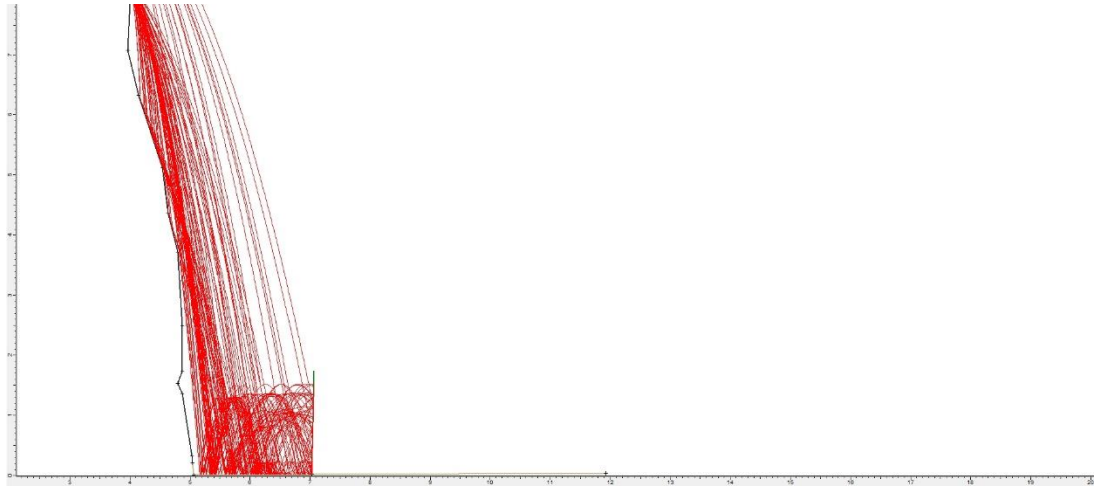


Σχήμα 7.14 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυροδέμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

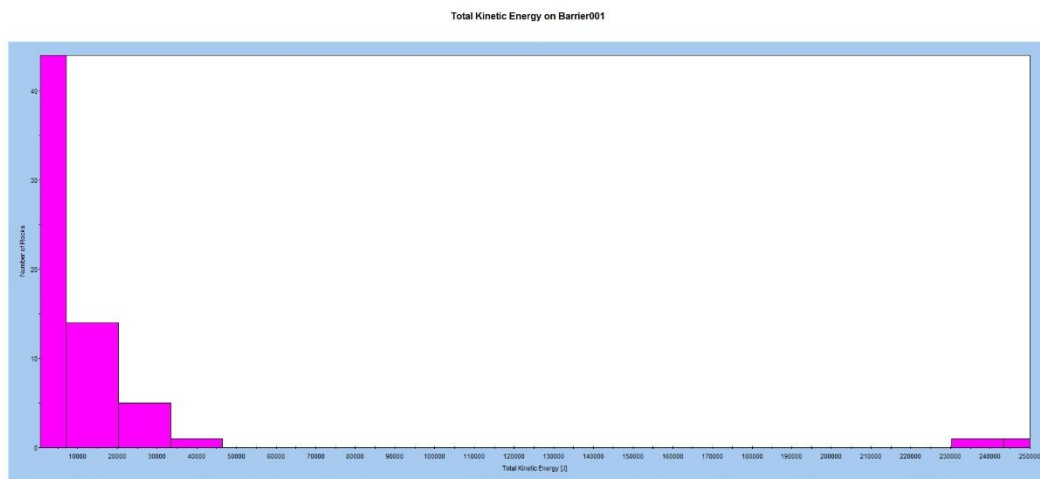
Προσέγγιση 2

- Αρχικά και πάλι προτείνεται ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στην συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση τοίχου οπλισμένου σκυροδέματος ή δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη, ανάσχεσης σε απόσταση 2 m από τη βάση του πρανούς. Το ύψος του πρέπει να ανέρχεται στα 1.7 m και η αντοχή του τουλάχιστον στα 520 KJ. Ο παραπάνω τοίχος θα λειτουργεί και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες ανάσχεσης GBE-1000A της Geobrugg και RMC 100/A της Maccaferri, αντοχής 1000 KJ. Για περιορισμό του κόστους, αντί του τοίχου δύναται η κατασκευή χωμάτινου υβώματος ίδιων διαστάσεων και αντοχής, η οποία θα επιβεβαιωθεί με δοκιμές, με την εγκατάσταση συρματοπλέγματος στην βάση του για αποκλεισμό της πρόσβασης στο πρανές.

Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω τοίχου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων πίσω από τον τοίχο.



Σχήμα 7.15 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος ΕΖ.



Σχήμα 7.16 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

Η κύρια διαφορά των παραπάνω προσεγγίσεων, εντοπίζεται στο κόστος αλλά και στον διαθέσιμο χώρο προς αξιοποίηση, που προσφέρει η καθεμία. Η προσέγγιση 1 παρότι πιο δαπανηρή, λόγω υλικών κατασκευής του τοίχου και του πλέγματος, προσφέρει περισσότερο αξιοποιήσιμο χώρο εν συγκρίση με την 2. Παρόλα αυτά και οι δύο κρίνονται απολύτως ασφαλείς και αποτελεσματικές.

7.2.6 ΤΜΗΜΑ ΖΗ

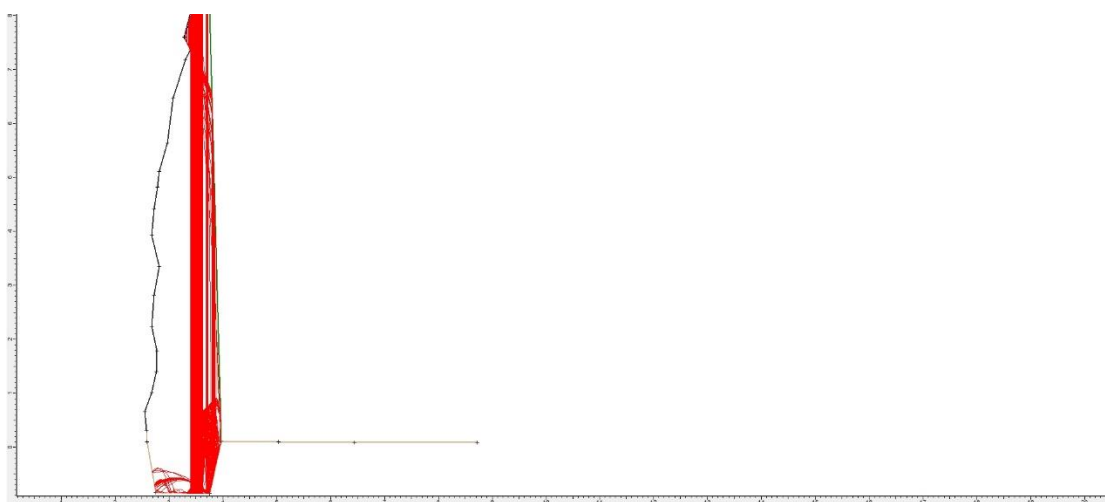
Το πρανές ΖΗ παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με το ΕΖ. Έτσι και πάλι, παρόλο το μικρό του ύψος που δεν ξεπερνά τα 11m, παρουσιάζει έντονες κλίσεις που φτάνουν έως και 98°. Σαν αποτέλεσμα παρατηρήθηκε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των κατολισθώντων βραχοτεμαχίων που προσομοιώθηκαν, πραγματοποιούσαν ελεύθερη πτώση, προσκρούοντας στη βάση του πρανούς με μεγάλες τιμές κινητικής ενέργειας. Στη

συνέχεια αρκετά από αυτά συνέχιζαν την πορεία τους καταγράφοντας αναπηδήσεις της τάξεως των 1,6 m καταλήγοντας έως και 5m μακριά από τη βάση του πρανούς. Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις για την αποτελεσματική προστασία από καταπτώσεις βράχων στο πρανές ΖΗ προτείνονται οι παρακάτω προσεγγίσεις :

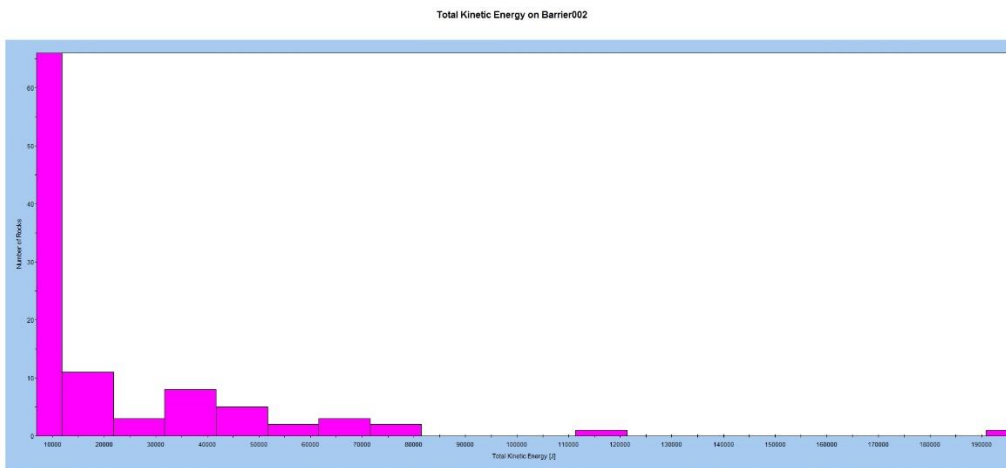
Προσέγγιση 1

- Αρχικά προτείνεται ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθέντα τεμάχια βράχου.
- Στη συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος προστασίας, αντοχής τουλάχιστον 400 KJ σε όλο το μέτωπο του πρανούς το οποίο θα αγκυρωθεί 2-3m πίσω από την στέψη του. Τέλος η απόληξη του πλέγματος θα πρέπει να αγκυρωθεί πάνω σε τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος ύψους 1.5 m και αντοχής και 320 KJ ο οποίος θα κατασκευαστεί σε απόσταση 1m από την βάση του πρανούς. Ο παραπάνω τοίχος θα λειτουργεί και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. . Ενδεικτικά προτείνονται τα πλέγματα Steelgrid® HR της Maccaferri και TECCO® G65/3 της Geobrugg, αντοχής ≥ 1770 KJ.
- Μεταξύ τοιχίου και πρανούς προτείνεται επίσης η κατασκευή τάφρου ανάσχεσης, βάθους 1 m, για την παγίδευση των βραχοτεμαχίων που εγκλωβίζονται από το πλέγμα. Αξίζει να ειπωθεί στο σημείο αυτό η ανάγκη τακτικού καθαρισμού της τάφρου, καθώς η συσσώρευση βραχοτεμαχίων μπορεί να οδηγήσει στη διάρρηξη του πλέγματος.

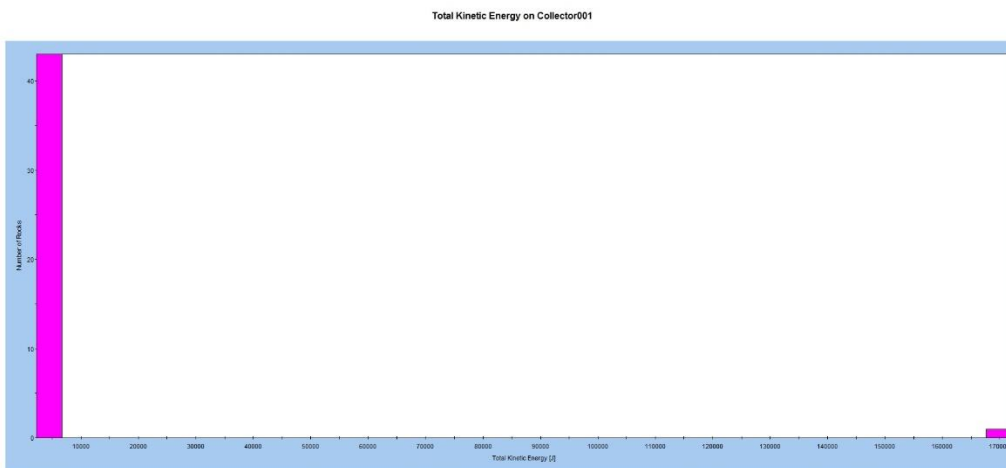
Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω πλέγματος και τοιχίου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων μέσα στην τάφρο ανάσχεσης



Σχήμα 7.17 Προσομοίωση προσέγγισης 1 τμήματος ΖΗ.



Σχήμα 7.18 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στο πλέγμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.



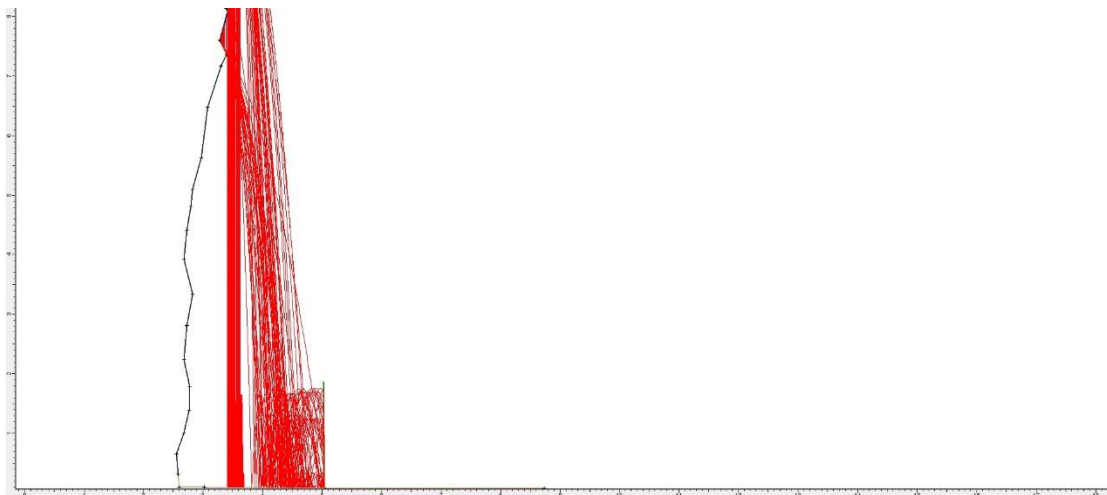
Σχήμα 7.19 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυροδέμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

Προσέγγιση 2

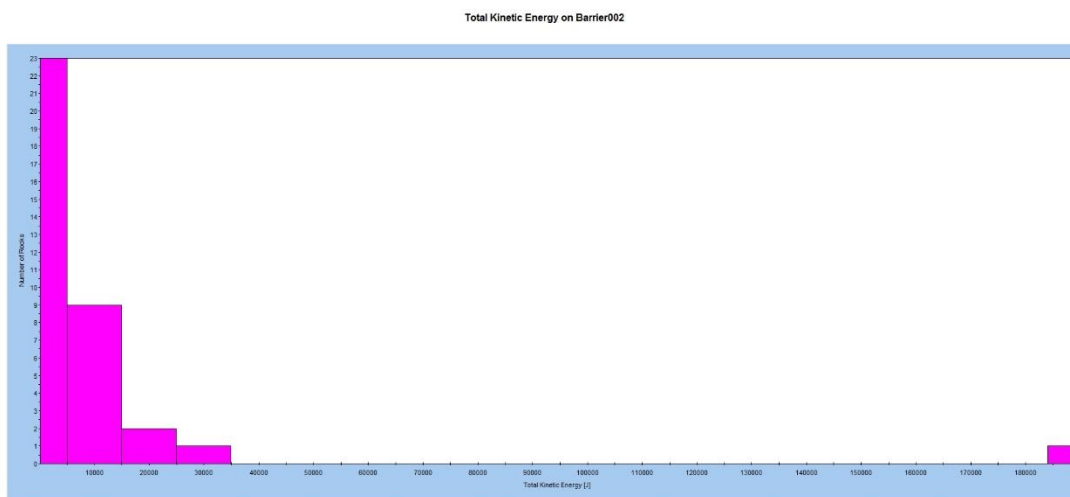
- Αρχικά και πάλι προτείνεται ο καθαρισμός, της επιφάνειας και της στέψης του πρανούς από επικρεμάμενα και κατολισθθέντα τεμάχια βράχου.
- Στην συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση τοίχου οπλισμένου σκυροδέματος ή δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη ανάσχεσης σε απόσταση 2.5m από τη βάση του πρανούς. Το ύψος του πρέπει να ανέρχεται στα 1.7m και η αντοχή του στα 400 KJ. Ο παραπάνω τοίχος θα λειτουργεί και ως μέτρο αποκλεισμού πρόσβασης στο πρανές. Ενδεικτικά προτείνονται οι μεταλλικοί φράχτες ανάσχεσης GBE-500A της Geobrugg και RMC 050/A της Maccaferri, αντοχής 500 KJ. Για περιορισμό του κόστους, αντί του τοίχου δύναται η κατασκευή χωμάτινου υβώματος ίδιων διαστάσεων και αντοχής, η οποία θα επιβεβαιωθεί με δοκιμές, με την

εγκατάσταση συρματοπλέγματος στην βάση του για αποκλεισμό της πρόσβασης στο πρανές.

Η προσομοίωση που έγινε, με την εγκατάσταση του παραπάνω τοίχου ανάσχεσης, είχε σαν αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του συνόλου των καταπιπτόντων βραχοτεμαχίων πίσω από τον τοίχο.



Σχήμα 7.20 Προσομοίωση προσέγγισης 2 τμήματος ΖΗ.



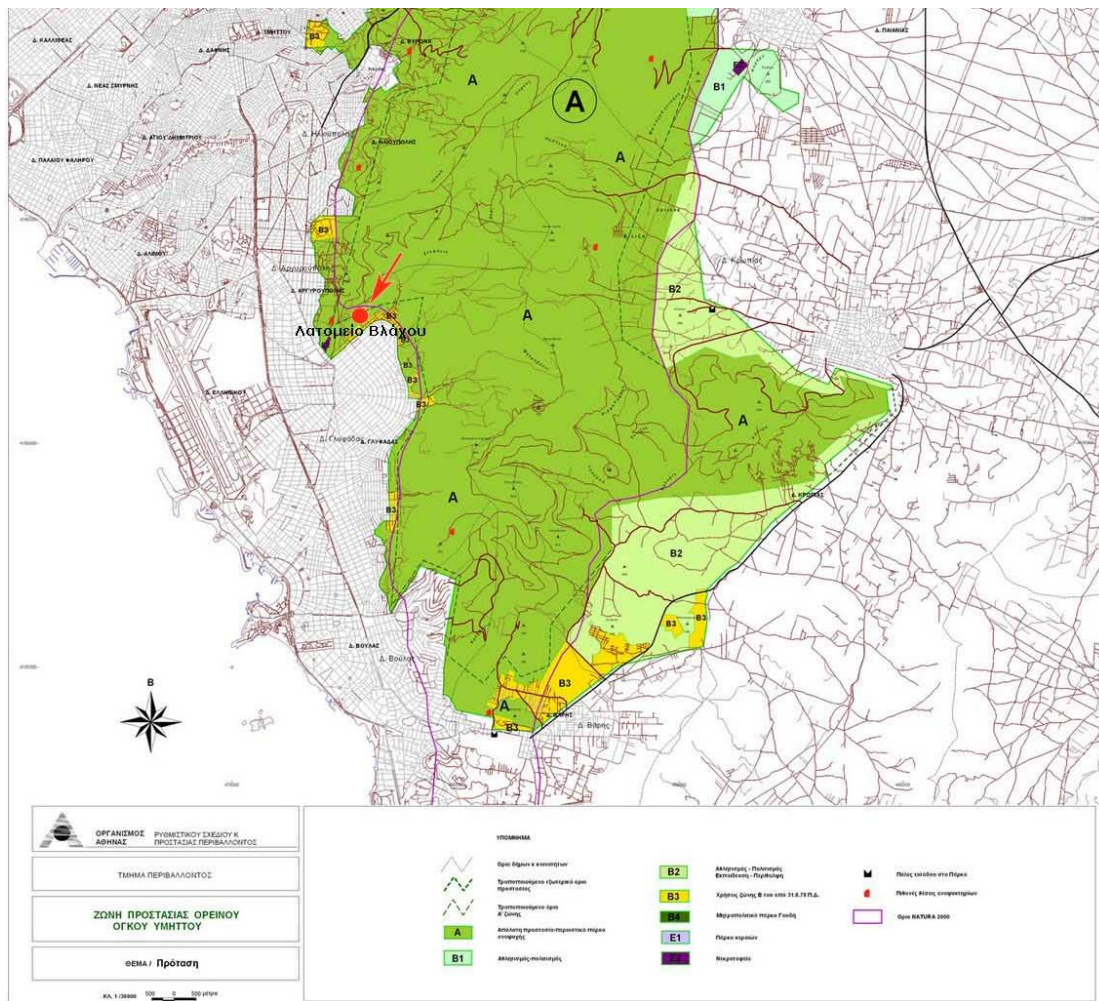
Σχήμα 7.21 Διάγραμμα κατανομής κινητικής ενέργειας βραχοτεμαχίων μετά από πρόσκρουση πάνω στον τοίχο από σκυρόδεμα βάση του οποίου καθορίστηκε η αντοχή του.

Όπως και στο πρανές ΕΖ, η κύρια διαφορά των παραπάνω προσεγγίσεων, εντοπίζεται στο κόστος αλλά και στον διαθέσιμο χώρο προς αξιοποίηση, που προσφέρει η καθεμία. Η προσέγγιση 1 παρότι πιο δαπανηρή, λόγω υλικών κατασκευής του τοίχου και του πλέγματος, προσφέρει περισσότερο αξιοποιήσιμο χώρο εν συγκρίση με την 2. Παρόλα αυτά και οι δύο κρίνονται απολύτως ασφαλείς και αποτελεσματικές.

7.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το λατομείο «Βλάχου» βρίσκεται στις παρυφές του αστικού ιστού του Δήμου Γλυφάδας και είναι εύκολα προσβάσιμο, αποτελώντας έτσι έναν χώρο που προσφέρει μεγάλη δυνατότητα αξιοποίησης προς όφελος των κατοίκων της περιοχής.

Βάσει του παρόντος νομοθετικού πλαισίου και σύμφωνα με το Π.Δ. 187- ΦΕΚ Δ'16/6/2011 (Χάρτης 7.1) “Καθορισμός μέτρων προστασίας της περιοχής του όρους Υμηττού και των Μητροπολιτικών Πάρκων Γουδή-Ιλισσίων”, ο ορεινός όγκος του Υμηττού χωρίζεται σε 5 συνολικά ζώνες. Ειδικότερα, το Λατομείο «Βλάχου» εντάσσεται στη ζώνη απόλυτης προστασίας Α.



Χάρτης 7.1 Π.Δ. 187- ΦΕΚ Δ'16/6/2011. Καθορισμός μέτρων προστασίας της περιοχής του όρους Υμηττού και των Μητροπολιτικών Πάρκων Γουδή-Ιλισσίων

Η ζώνη αυτή καθορίζεται ως περιοχή απόλυτης προστασίας της φύσης, με στόχο την απόλυτη προστασία των οικοτόπων, των ειδών χλωρίδας και πανίδας και την οικολογικά συμβατή ανάδειξη των ιδιαίτερων φυσικών, γεωλογικών και ιστορικών χαρακτηριστικών του Υμηττού. Εντός της ζώνης αυτής επιτρέπονται μόνο χρήσεις που είναι συμβατές ή κρίνονται απαραίτητες για τις ανάγκες προστασίας της περιοχής. Τέτοιες χρήσεις είναι τα έργα αντιπυρικής προστασίας, η κατασκευή πυροσβεστικών κρουνών, οι εργασίες δασικής διαχείρισης, καθώς και η χάραξη μονοπατιών και ποδηλατικών διαδρομών.

Σύμφωνα με το Άρθρο 7 του εν λόγω νόμου, το σύνολο των λατομείων που βρίσκονται εντός των ζωνών προστασίας χαρακτηρίζονται ως ανενεργά. Επιβάλεται μόνο η αποκατάσταση δίχως εξόρυξη, βάσει της κείμενης νομοθεσίας και η απομάκρυνση όλων των εγκαταστάσεων παραγωγής προϊόντων. Τέλος, τα λατομεία αυτά οφείλουν να ολοκληρώσουν την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος εντός τριών ετών από την ημερομηνία δημοσίευσης του νόμου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η προστασία και η αποκατάσταση του χώρου θα έπρεπε να έχουν ήδη πραγματοποιηθεί. Δυστυχώς στην περιοχή του λατομείου υπάρχουν ακόμα οι παλιές εγκαταστάσεις λατόμευσης και τα πρηνή παραμένουν εκτεθειμένα χωρίς το παραμικρό μέτρο προστασίας ή αντιστήριξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να τίθεται καθημερινά σε κίνδυνο η υγεία και η σωματική ακεραιότητα των κατοίκων της περιοχής που επισκέπτονται το χώρο για λόγους αναψυχής.

Λόγω της ευνοϊκής θέσης του χώρου, προτάσεις όπως η δημιουργία αθλητικών εγκαταστάσεων, υπαίθριου θεάτρου και άλλων θα ήταν ιδανικές. Παρόλα αυτά ο ισχύοντα νόμος περιορίζει σημαντικά τις προοπτικές αξιοποίησης καθώς απαγορεύει την οποιουδήποτε είδους δόμηση. Σαν αποτέλεσμα, οι προτάσεις αξιοποίησης του χώρου περιορίζονται στη δημιουργία θέσεων υπαίθριας αναψυχής, καθώς και χάραξης διαδρόμων πεζοπορίας και ποδηλασίας. Επιπροσθέτως, λόγω του έντονου γεωλογικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει το λατομείο στην παρούσα του κατάσταση, μπορεί να αξιοποιηθεί για εκπαιδευτικούς λόγους με διοργάνωση επισκέψεων φοιτητών και μαθητών.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Λατομείο “Βλάχου” βρίσκεται στους Α.-Ν.Α πρόποδες του Υμηττού (latitude 37° 54' 7.50" 23° N, longitude 45' 56.49" E, elevation 140m) επί της οδού Αγ. Νεκταρίου, του δήμου Γλυφάδας. Το λατομείο απαρτίζεται από Αλπικούς σχηματισμούς οι οποίοι εντάσσονται στην Αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα Υμηττού. Στρωματογραφικά αποτελείται εξ' ολοκλήρου από Δολομίτες Πιρναρής.

Το λατομείο, βάσει του τμηματικού διαχωρισμού που επιλέχθηκε, απαρτίζεται συνολικά από έξι επιμέρους πρανή, τα οποία έχουν σχετικά ήπιες κλίσεις και στους πρόποδες αυτών σχηματίζεται μια επίπεδη πλατεία εμβαδού 11.225 m²

Όπως αναφέρθηκε και στο 5^ο Κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, η βραχομάζα των πρανών χαρακτηρίζεται γενικά υγής. Το γεγονός ότι οι ασυνέχειες που καταγράφηκαν εμφανίζονται κλειστές με περιορισμένη ανάπτυξη και ελαφριά τραχύτητα, συνεπάγεται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων βραχομάζας τα οποία λειτουργούν ως γέφυρες υγιούς υλικού. Τα τμήματα αυτά αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή του συνόλου της βραχομάζας και συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ολισθήσεων κατά μήκος της επιφάνειας των ασυνεχειών.

Παρόλα ταύτα βάσει των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων του 5^{ου} Κεφαλαίου και των επί τόπου παρατηρήσεων, εκτιμήθηκε ότι στο σύνολο των πρανών του λατομείου παρουσιάζεται αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεων βράχων. Τα αίτια εντοπίζονται στην πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της “Ανατροπής” που διαπιστώθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Dips, καθώς επίσης και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων βραχοτεμαχίων εξ' αιτίας της λατομικής δραστηριότητας που είχε προηγηθεί.

Οι προσομοιώσεις καταπτώσεων βραχοτεμαχίων σύμφωνα με το 6^ο Κεφάλαιο ανέδειξαν την ανάγκη εγκατάστασης μέτρων προστασίας στο σύνολο των πρανών, ώστε να καταστεί ο χώρος της πλατείας του λατομείου ασφαλής προς αξιοποίηση. Τέλος, βάσει των μέτρων προστασίας που προσομοιώθηκαν και προτάθηκαν αναλυτικά στο 7^ο Κεφάλαιο, συνοπτικά για κάθε τμήμα προέκυψαν τα εξής :

- **Τμήμα ΑΒ**

Στο πρανές ΑΒ με κλίση 70° - 86°, διεύθυνση κλίσης 200° και ύψος 60m, παρουσιάζεται αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεως βραχοτεμαχίων που οφείλεται στην πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής καθώς και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων βραχοτεμαχίων. Για την αποτελεσματική προστασία του εν λόγω πρανούς και τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος σε συνδυασμό με τη δημιουργία μιας τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς. Εναλλακτικά αντί του μεταλλικού πλέγματος δύναται η εγκατάσταση δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη ή τσιμεντένιου τοίχου ανάσχεσης.

- **Τμήμα ΒΓ**

Στο πρανές ΒΓ με κλίση 45° - 53° , διεύθυνση κλίσης 146° και ύψος 55m, παρουσιάζεται εξίσου αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεως βραχοτεμαχίων που οφείλεται στην πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής καθώς και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων βραχοτεμαχίων. Για την αποτελεσματική προστασία του εν λόγω πρανούς και τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη σε συνδυασμό με τη δημιουργία μιας τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς.

- **Τμήμα ΓΔ**

Στο πρανές ΓΔ με κλίση 45° - 52° , διεύθυνση κλίσης 260° και ύψος 45m, παρουσιάζεται αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεων βραχοτεμαχίων που οφείλεται εξ ολοκλήρου στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων τεμαχίων βράχου. Για την αποτελεσματική προστασία του εν λόγω πρανούς και τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη σε συνδυασμό με τη δημιουργία μιας τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς.

- **Τμήμα ΔΕ**

Στο πρανές ΔΕ με κλίση 45° - 55° , διεύθυνση κλίσης 248° και ύψος 39m, παρουσιάζεται και πάλι αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεως βραχοτεμαχίων που οφείλεται εξ ολοκλήρου στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων βραχοτεμαχίων.. Στο εν λόγω πρανές η παρουσία ενός τεχνητού χωμάτινου υβώματος επαρκεί για την αποτελεσματική προστασία του από καταπτώσεις βραχοτεμαχίων. Παρόλα ταύτα για τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση ενός δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη που θα λειτουργεί και σαν δευτερεύον μέτρο ανάσχεσης.

- **Τμήμα ΕΖ**

Στο πρανές ΕΖ με κλίση 76° - 83° , διεύθυνση κλίσης 319° και ύψος 12m, παρουσιάζεται εξίσου αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεων βραχοτεμαχίων που οφείλεται στην πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής καθώς και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων τεμαχίων βράχου. Για την αποτελεσματική προστασία του εν λόγω πρανούς και τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος σε συνδυασμό με τη δημιουργία μιας τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς. Εναλλακτικά αντί του μεταλλικού πλέγματος δύναται η εγκατάσταση δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη ή τσιμεντένιου τοίχου ανάσχεσης.

- **Τμήμα ΖΗ**

Στο πρανές ΖΗ με κλίση 83° , διεύθυνση κλίσης 314° και ύψος 12m, παρουσιάζεται και πάλι αυξημένος κίνδυνος καταπτώσεων βραχοτεμαχίων που οφείλεται στην πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της ανατροπής καθώς και στην παρουσία μεγάλου αριθμού επικρεμάμενων τεμαχίων βράχου. Για την αποτελεσματική προστασία του εν λόγω πρανούς και τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος σε συνδυασμό με τη δημιουργία μιας τάφρου ανάσχεσης στον πόδα του πρανού. Εναλλακτικά αντί του μεταλλικού πλέγματος δύναται η εγκατάσταση δύσκαμπτου μεταλλικού φράχτη ή τσιμεντένιου ανάσχεσης.



Σχήμα 8.1 Συγκεντρωτική απεικόνιση προτεινόμενων μέτρων προστασίας ανα τμήμα στο λατομείο Βλάχου

Βάσει των παραπάνω προκύπτει εύκολα το συμπέρασμα ότι το λατομείο Βλάχου είναι εύκολα αξιοποιήσιμο καθώς δεν απαιτούνται μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις για να καταστεί ο χώρος της πλατείας που έχει σχηματιστεί ασφαλής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Lynn M. Highland & Peter Bobrowsky, (2008). *The Landslide Handbook – A guide to understanding landslides*.

Βασιλική Καραγιαννάκη, (2014). «Αειφόρος αξιοποίηση των ανενεργών λατομείων του λεκανοπεδίου Αθηνών και ορθολογική ένταξή τους στο αστικό περιβάλλον», Διπλωματική Εργασία για το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Loupasakis C. & Karfakis J. . (2007). Abandoned quarries in the Athens urban area: safety assessment and rational land-planning design. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Geological Society of London, Volume 41* , σσ. 109-117.

Ρόζος Δ., (2007), *ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ*. Αθήνα

Δούνας Α., Καλλέργης Γ., Μόρφης Α., (1976). Υδρογεωλογική έρευνα στα πλαίσια της μελέτης του ΜΕΤΡΟ Αθηνών. ΙΓΜΕ

Katsikatsos, G. (1977): La structure tectonique de l'Attique et de l'île d'Eubee. Bull. Soc. Geol. France, 19, p. 75 - 80, Paris.

Katsikatsos, G. , Migiros, G., Triantaphyllis, M. & Mettos A., (1986). Geological structure of internal Hellenides. I.G.M.E., Geol. Geoph. Res., Special Issue, p. 191-212, Athens

Kober, L. (1929). Beitrage zur Geologie von Attika. Sitzungsab. AcaD. Wiss. In Wien. Abt. I 138B, 8 Heft.

Ktenas, C. (1907). Sur l'age des terrains calcaires des environs d' Athenes. Com.Rend. Ac. Sc. Paris, 144, 697- 699.

Lepsius, R., (1893). Geologie von Attika. Ein Beitrag zur Lehre von Metamorphismus der Gesteine, Berlin *Zeitschr. f. partkt. Geol.*, 4, 196 S.592 p

Marinos, G. & Petracheck, W. (1956). Laurium. I.G.M.E. Geol. Geoph. Res., V/1, 247pp.

Μαρίνος, Γ., Κατσικάτσος, Γ., Γεωργιάδου-Δικαιούλια, Ε. & Μίρκου Ρ., (1971). Το σύστημα των Σχιστολίθων Αθηνών. Ι. Στρωματογραφία και τεκτονική, Ann. Geol. Pays Hell, XXIII, 183-26.

Μαρίνος, Γ., Κατσικάτσος, Γ., Μίρκου-Περιποπούλου, Ρ., (1974). Το σύστημα των σχιστολίθων των Αθηνών ΙΙ. Στρωματογραφία και τεκτονική. Ann. Geol. Pays Hell., XXV,

Μαρίνος, Π., Παπούλη, Δ., Παντελιάδου, Μ., (2008). « Ολοκληρωμένη προσέγγιση στα προβλήματα του Κηφισού». 1η Επιστημονική Δημερίδα για τον Κηφισό ποταμό, Αθήνα 2008.

Niedermayer, S., (1973). Γεωλογικός χάρτης Αθηνών 1:10.000. Έκδοση Ε.Γ.Ε.- Τ.Ε.Ε. Αθήνα.

Papanikolaou, D., (1986). Late Cretaceous Paleogeography of the Metamorphic Hellenides. Geol. Geoph. Res., IGME. Hors serie volume in honor of Prof Papastamatiou, 315-328.

Papanikolaou, D., Lekkas, E., Sideris, C., Fountoulis, I., Danamos, G., Kranis, C., Lozios, S., Antoniou, I., Vassilakis, E., Vasilopoulou S., Nomikou, P., Papanikolaou, I., Skourtsos, E., and K. Soukis, (1999), Geology and tectonics of Western Attica in relation to the 7-9-99 earthquake. Newsletter of E.C.P.F.E., Council of Europe, Issue No 3, 30-34.

Παπανικολάου Δ. και συνεργάτες (πάνω από 10 ονόματα) (2002), Γεωλογική – Γεωτεχνική μελέτη Λεκανοπεδίου Αθηνών. Εφαρμοσμένο Ερευνητικό πρόγραμμα. Αθήνα.

Παπανικολάου Δ., Λόζιος Σ., Σούκης Κ. και Σκούρτσος Εμ., (2004). «Η Γεωλογική Δομή του Αλλόχθονου Συστήματος των Σχιστολίθων Αθηνών». 10^ο Διεθνές Συνέδριο Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη 2004, Δ.Ε.Γ.Ε. том. XXXVI

Ρόζος (2013) Παρουσιάσεις Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας II, ΕΜΠ.

Renz, C., (1955). Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentaren formationen Griechenlands, I.G.S.R. p. 637, Athens.

Sindowski, K.H., (1949). Der geologische Bau von Attika. Ann. Geol. des P. Hell., 2, p. 163 -218.

Sindowski, K.H., (1951). Zur Geologie des Lykabettos - Turkovouni - Gebietes bei Athen, miteinem Beitrag uber fruhdiluviale Wirbeltierfunde aus Spalten. Ann. Geol. des P. Hell., 3, p.11 – 21

Καρφάκης Ι., Λουπασάκης Κ. (2005). *Γεωτεχνική μελέτη ευστάθειας πρανών στο Αττικό Αλσος*. Αθήνα: ΙΓΜΕ

Comninakis, P.E., and Papazachos, B.C. (1986), A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 1901-1985. «Publ. Geophys. Lab., Univ. Thessaloniki», 1, 167pp.

ΟΑΣΠ, (2001), Ε.Α.Κ, 2000 - Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Αθήνα.

Παπαζάχος, Β. & Παπαζάχου, Κ., (1989), Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 356σελ.

Rocscience, (2014). Dips Tutorials, https://www.rocscience.com/help/dips/webhelp/tutorials/Dips_Tutorials.htm

Rocscience, (2014). Rocfall Advance Tutorial, http://www.rocscience.com/support/rocfall/RF_adv_tutor_1_tutorial.pdf

ΥΠΕΚΑ, 2010. Προστασία Ορεινού Όγκου Υμηττού
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=%2BKwN4Zt167k%3D&tabid=367&language=el-GR>

Maccaferri, (2014). Brochures,
http://www.maccaferri.co.uk/media/om_www/uk/Brochures/MACro_Brochure.pdf

Geobrugg, (2014). Brochures,
http://www.geobrugg.com/contento/Portals/35/media/Download-Brochures/Geobrugg-AG_Tabelle_GBE_en.pdf