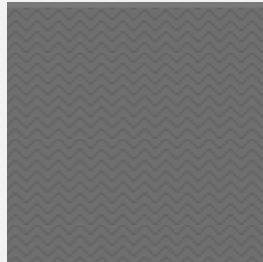
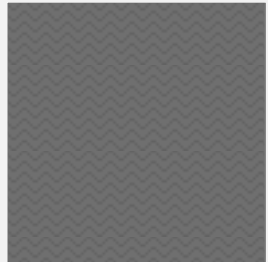


**ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ -
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

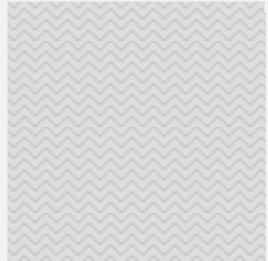
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

**«ΑΝΑΣΧΕΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΒΡΑΧΩΔΗ
ΠΡΑΝΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ»**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΑΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ Κ.

Αθήνα 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Ανάσχεση καταπτώσεων σε βραχώδη πρανή της Ανατολικής Εύβοιας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Λάλος Γεώργιος

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις .../.../2013

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Λέκτορας

Ρόζος Δημήτριος, Αναπλ. Καθηγητής

Νομικός Παύλος, Λέκτορας

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2013

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ.....	13
1.1. ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ.....	14
1.1.1. ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ (FALLS).....	14
1.1.2. ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ (TORPLINGS)	14
1.1.3. ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (SLIDES)	14
1.1.4. ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ (ΥΠΟΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ) ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ (LATERAL SPREADS)	15
1.1.5. ΡΟΕΣ (FLOWS).....	15
1.1.6. ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ (COMPLEX)	16
1.1.7. ΕΡΠΥΣΜΟΙ.....	16
1.2. ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ.....	17
1.2.1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ	17
1.2.2. ΤΡΟΧΙΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΝ	18
1.2.3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ.....	19
2. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROCFALL (Rocscience, 1998-2002).....	21
2.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	22
2.1.1. ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	22
2.1.2. ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΚΡΟΥΣΗΣ R_n (SCALING).....	24
2.1.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΑΝΟΥΣ	26
2.1.4. ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ – ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΟΥ	28
2.1.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΡΟΥΣΗΣ R_n ΚΑΙ R_t	29
2.2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΗΣ.....	31
2.2.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ.....	31
2.2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	32
2.2.3. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	33
2.2.4. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ	34
2.2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	34
2.2.6. ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	35
2.3. ΦΡΑΧΤΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	38
2.3.1. ΦΡΑΧΤΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ	38
2.3.2. ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	39
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΥΜΗΣ	40

3.1.	ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ	40
3.2.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	45
3.3.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ	51
4.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ	54
4.1.	Τομή 1	60
4.2.	Τομή 2	61
4.3.	Τομή 3	63
4.4.	Τομή 4	64
4.5.	Τομή 5	66
4.6.	Τομή 6	67
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	69
5.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
5.2.	ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	75
	Βιβλιογραφία.....	89
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	90

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 0-1: Θέση εκδήλωσης της κατάπτωσης το 2008	9	
Εικόνα 1-1: Κύριοι τύποι κατολισθητικών κινήσεων	16	
Εικόνα 1-2: Επίδραση της κλίσης του πρανούς στο είδος κίνησης των τεμαχίων (Ritchie, 1963)	18	
Εικόνα 2-1: Περιβάλλον του Rocfall.....	21	
Εικόνα 2-2: Επίδραση του ορισμού γωνιακής ταχύτητας στα αποτελέσματα της ανάλυσης.....	23	
Εικόνα 2-3: Διάγραμμα απομείωσης συντελεστή κρούσης.....	25	
Εικόνα 2-4: Διαφορά μεταξύ πραγματικού ανάγλυφου και ανάγλυφου του Rocfall	26	
Εικόνα 2-5: Σφαιρικό τεμάχιο που εκτελεί κύλιση και πλακοειδές που εκτελεί ερπυσμό	28	
Εικόνα 2-6: Παράθυρο διαλόγου εισαγωγής ορίων.....	31	
Εικόνα 2-7: Αποτύπωση γεωμετρίας πρανούς στο Rocfall	32	
Εικόνα 2-8: Παράθυρο διαλόγου καθορισμού υλικών.....	33	
Εικόνα 2-9: Παράθυρο διαλόγου αντιστοίχισης υλικών.....	33	
Εικόνα 2-10: Παράθυρο διαλόγου εισαγωγής αρχικών συνθηκών των βραχοτεμαχίων.....	34	
Εικόνα 2-11: Αποτελέσματα ανάλυσης του Rocfall.....	35	
Εικόνα 2-12: Διάγραμμα τελικής θέσης βραχοτεμαχίων.....	36	
Εικόνα 2-13: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας κατά μήκος του πρανούς	36	
Εικόνα 2-14: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης κατά μήκος του πρανούς.....	37	
Εικόνα 2-15: Τιμές των παραμέτρων στο Info Viewer	37	
Εικόνα 2-16: Εντελώς πλαστικός φράχτης	Εικόνα 2-17: Εντελώς ελαστικός φράχτης.....	38
Εικόνα 2-18: Φράχτης με αντοχή μικρότερη από την κινητική ενέργεια των βράχων	39	
Εικόνα 2-19: Συλλέκτης δεδομένων.....	39	
Εικόνα 3-1: Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων Ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα << Ταλέα όρη - Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι>> πιθανόν της Ιονίου ζώνης.(Μουντράκης ,1985).	41	
Εικόνα 3-2: Συνοπτική λιθοστρωματογραφική - τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. 1-5: Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού. 1: φλύσχης Άνω Μαιστριχτίου - Κάτω Παλαιοκαίνου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο - λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, 7 - 9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού - Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιπολίτες, 10 - 14 : πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 10: μετα-πελίτες , φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα - κροκαλοπαγή, 12: μετα - ψαμμίτες, μετα - αρκόζες, 13: φακοί ασβεστόλιθων, 14: μετα - ρυόλιθοι, μετα - τόφφοι, 15: γνευσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16 - 20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υπόβαθρου Παλαιοζωικής ή και προ - Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγιακοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), 17: διμαρμαρυγιακοί - γρανατούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γνεύσιοι, 20: οφθαλμογνεύσιοι. (Μουντράκης ,1985).....	43	

Εικόνα 3-3: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, φύλλο «Κύμη» κλίμακας 1:50000, όπου α1: Αλλουβιακές αποθέσεις, Ng: Νεογενή ιζήματα αδιαίρετα, Ngi: Κατώτερα νεογενή ιζήματα και δα,α: Ηφαιστειακά πετρώματα.....	46
Εικόνα 3-4: Γεωλογικός χάρτης κατά μήκος του οδικού δικτύου "Παραλία Κύμης-Πατάνα-Στόμιο" κλίμακας 1:5000.....	50
Εικόνα 3-5: Οι κινήσεις των πλακών, οι οποίες επηρεάζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Parazachos et al., 1997c)	51
Εικόνα 3-6: Γεωγραφική κατανομή επικέντρων επιφανειακών σεισμών στον ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές (Parazachos C. 1999).....	52
Εικόνα 4-1: Οι 6 τομές που επιλέχθηκαν για τις αναλύσεις.....	54
Εικόνα 4-2: Παράμετροι που εισήχθηκαν στη μάργα	55
Εικόνα 4-3: Παράμετροι που εισήχθηκαν στο μαργαϊκό ασβεστόλιθο.....	56
Εικόνα 4-4: Παράμετροι του μανδύα αποσάθρωσης με βλάστηση.....	57
Εικόνα 4-5: Παράμετροι του μανδύα αποσάθρωσης.....	57
Εικόνα 4-6: Παράμετροι του υλικού asphalt.....	58
Εικόνα 4-7: Τεμάχια διαφόρων μεγεθών που βρέθηκαν στην περιοχή μελέτης.....	59
Εικόνα 4-8: Το ανάγλυφο της τομής 1 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	60
Εικόνα 4-9: Το ανάγλυφο της τομής 1 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	60
Εικόνα 4-10: Το ανάγλυφο της τομής 2 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	61
Εικόνα 4-11: Το ανάγλυφο της τομής 2 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	62
Εικόνα 4-12: Το ανάγλυφο της τομής 3 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	63
Εικόνα 4-13: Το ανάγλυφο της τομής 3 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	63
Εικόνα 4-14: Το ανάγλυφο της τομής 4 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	64
Εικόνα 4-15: Το ανάγλυφο της τομής 1 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	65
Εικόνα 4-16: Το ανάγλυφο της τομής 6 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	66
Εικόνα 4-17: Το ανάγλυφο της τομής 5 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	66
Εικόνα 4-18: Το ανάγλυφο της τομής 6 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.....	67
Εικόνα 4-19: Το ανάγλυφο της τομής 6 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων.....	68
Εικόνα 5-1: Η λειτουργία του επιχώματος της τομής 5 – Ανάσχεση όλων των μεγάλων βραχοτεμαχίων που κυλούν.....	70
Εικόνα 5-2: Τομή 1 με επίχωμα – μεγάλα τεμάχια - κύλιση	71
Εικόνα 5-3: Τομή 1 χωρίς επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο	71
Εικόνα 5-4: Τομή 1 με επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο.....	72
Εικόνα 5-5: Τομή 2 με επίχωμα – μεγάλα τεμάχια – κύλιση	72
Εικόνα 5-6: Τομή 2 χωρίς επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο	73
Εικόνα 5-7: Τομή 2 με επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο.....	73
Εικόνα 5-8: Τομή 1 - Διάγραμμα κινητικής ενέργειας στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης.....	75
Εικόνα 5-9: Τομή 2 - Διάγραμμα κινητικής ενέργειας στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης.....	76

Εικόνα 5-10: Τομή 1 - Διάγραμμα ύψους αναπήδησης βραχοτεμαχίων στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης	76
Εικόνα 5-11: Τομή 2 - Διάγραμμα ύψους αναπήδησης βραχοτεμαχίων στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης	77
Εικόνα 5-12: Ανάσχεση βραχοτεμαχίων της τομής 1 με την εγκατάσταση φράχτη	77
Εικόνα 5-13: Ανάσχεση βραχοτεμαχίων της τομής 2 με την εγκατάσταση φράχτη	78
Εικόνα 5-14: Ορθοστάτης.....	79
Εικόνα 5-15: Δακτυλιωτά φρένο, αποσβεστήρας ενέργειας	79
Εικόνα 5-16: Αγκύριο της διάταξης στήριξης	79
Εικόνα 5-17: Φράχτες ανάσχεσης.....	80
Εικόνα 5-18: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 1 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	81
Εικόνα 5-19: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 1 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	81
Εικόνα 5-20: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 2 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	82
Εικόνα 5-21: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 2 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	82
Εικόνα 5-22: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 3 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	83
Εικόνα 5-23: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 3 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	83
Εικόνα 5-24: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 4 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	84
Εικόνα 5-25: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 4 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	84
Εικόνα 5-26: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 5 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	85
Εικόνα 5-27: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 5 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	85
Εικόνα 5-28: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 6 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	86
Εικόνα 5-29: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 6 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια.....	86
5-30: Θέση τοποθέτησης μέτρων προστασίας.....	88
Εικόνα 5-31: Πίνακας προϊόντων της Geobrugg.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών του διπλώματος της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών στην κατεύθυνση Γεωτεχνολογία. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η αξιολόγηση των κατολισθητικών φαινομένων και πιο συγκεκριμένα των καταπτώσεων βράχων στην περιοχή της Κύμης στην Εύβοια, καθώς επίσης και η πρόταση κάποιων βελτιωτικών έργων προστασίας.

Η προσπάθεια ξεκίνησε τον Απρίλιο του 2012 και συνάντησε αρκετές δυσκολίες . Με αφορμή την ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας, Λέκτορα ΕΜΠ Λουπασάκη Κ. για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την αποτελεσματικότητα με την οποία χειρίστηκε μια ποικιλία ζητημάτων καθ' όλη τη διάρκεια του εγχειρήματος.

Ευχαριστώ, επίσης, τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτριο Ρόζο για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς επίσης και για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Οφείλω να ευχαριστήσω το Λέκτορα Παύλο Νομικό για τις γνώσεις που μου παρείχε, ιδιαίτερα για τη μηχανική συμπεριφορά των πετρωμάτων και τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Κυρίως ευχαριστώ την οικογένειά μου Δημήτρη, Μαρία και Βαγγέλη για την πολύπλευρη στήριξη, υπομονή και συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Τέλος, ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους φίλους μου για την καθημερινή υποστήριξη που μου διέθεσαν.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των κατολισθητικών φαινομένων και πιο συγκεκριμένα των καταπτώσεων βράχων στην ευρύτερη περιοχή της Κύμης στην Εύβοια, καθώς επίσης και η διαστασιολόγηση των μέτρων προστασίας .

Στην περιοχή υπάρχει μεγάλο ιστορικό καταπτώσεων βράχων με κυριότερο παράδειγμα το 2008 όταν η εκδήλωση μιας κατάπτωσης είχε ως αποτέλεσμα τον τραυματισμό επιβαινόντων σε διερχόμενα αυτοκίνητα. Η συγκεκριμένη κατάπτωση εκδηλώθηκε στην επαρχιακή οδό Κύμης-Λεπουρίου μεταξύ των χωριών Πλατάνας και Στομίου (Εικ. 1). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο δρόμος αυτός αποτελεί μια κεντρική αρτηρία για την περιοχή, αφού από εκεί γίνεται η προσέγγιση του λιμανιού της Κύμης.

Σύμφωνα με την έκθεση αυτοψίας του ΙΓΜΕ (Λουπασάκης & Πογιατζή, 2008) τα τεμάχια βράχου που είχαν αποκολληθεί ήταν τεραστίων διαστάσεων, ενώ και η χρονική στιγμή της πτώσης τους στον παραλιακό δρόμο συνέπεσε με την πάροδο δύο διερχόμενων αυτοκινήτων. Ως συνέπεια ήταν ο τραυματισμός ενός ανθρώπου και την πρόκληση μεγάλων υλικών ζημιών στα οχήματα (Εικ. 2).

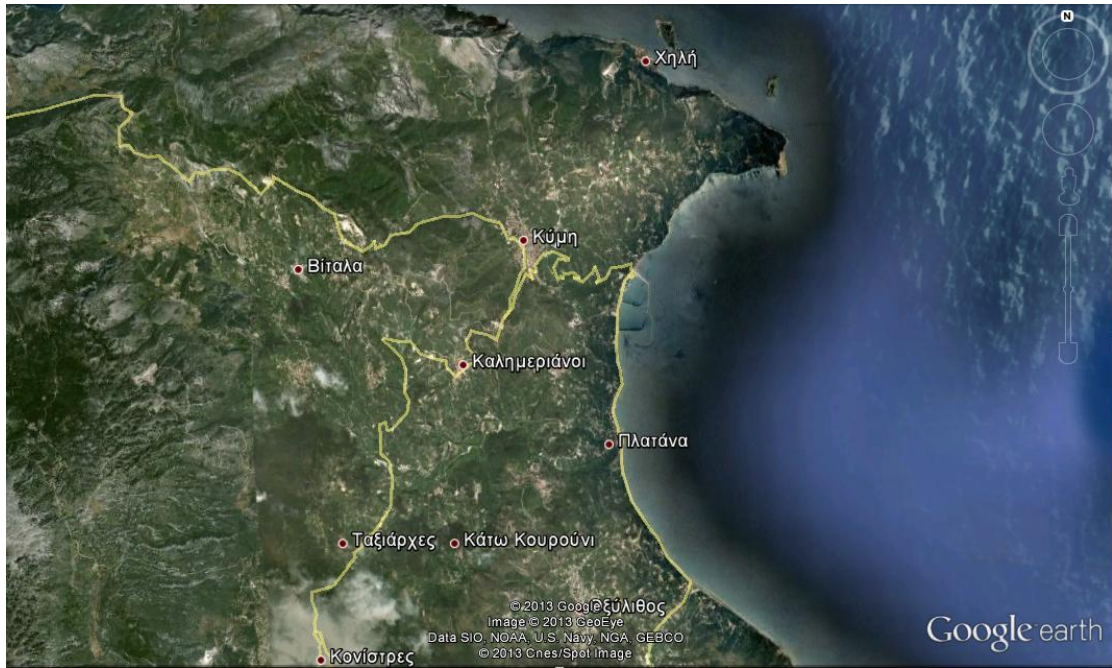
Η συγκεκριμένη κατάπτωση είναι πολύ πιθανό να προκλήθηκε από παρεμβάσεις στο μορφολογικό ανάγλυφο του πρανούς σε μια περιοχή πολύ κοντά στην περιοχή αποκόλλησης του βραχοτεμαχίου (Εικ. 3&4).

Σαν προσωρινό μέτρο προστασίας η επιτροπή του Ι.Γ.Μ.Ε. πρότεινε την κατασκευή ενός τοίχου από σακιά αδρανών στο ένα ρεύμα της παραλιακής οδού (Εικ. 5). Αυτό αποτέλεσε προσωρινό μέσο προστασίας των διερχομένων πεζών και οχημάτων, ωστόσο δεν είναι κάτι που μπορεί να διαρκέσει για πολύ καιρό. Η περιοχή έχει ανάγκη από οριστικά μέτρα προστασίας από τις καταπτώσεις.

Για την ακριβή πρόβλεψη των καταπτώσεων πραγματοποιήθηκε προσομοίωση των καταπτώσεων σε υπολογιστικό περιβάλλον. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Rocfall της Rocscience.

Από το πρόγραμμα αυτό μπορούν να εξαχθούν παράμετροι της κίνησης των τεμαχίων οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την προσομοίωση των καταπτώσεων. Τα μεγέθη που εξάγονται από το Rocfall είναι η κινητική ενέργεια και η ταχύτητα των τεμαχίων, το ύψος αναπήδησής τους και η τροχιά που ακολουθούν.

Επίσης, με βάση τα δεδομένα που εξάγονται από το πρόγραμμα είναι δυνατή η διαστασιολόγηση των έργων προστασίας.



Εικόνα 0-1: Θέση εκδήλωσης της κατάρπτωσης το 2008



Εικόνα 2: Βραχοτεμάχιο που προκάλεσε τον τραυματισμό επιβαινόντων σε διερχόμενο όχημα (φωτογραφία από Λουπασάκη 2008)



Εικόνα 3: Θέση αποκόλλησης (άποψη από το δρόμο) (φωτογραφία από Λουπασάκη 2008)



Εικόνα 4: Θέση αποκόλλησης (κοντινή άποψη) (φωτογραφία από Λουπασάκη 2008)



Εικόνα 5: Προσωρινά μέτρα προστασίας (φωτογραφία από Λουπασάκη 2008)

Η ορθή επιλογή των παραμέτρων είναι μια πολύ κρίσιμη διαδικασία για να εξάγουμε σωστά αποτελέσματα. Γι' αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε αυτοψία στην εξεταζόμενη περιοχή.

Αρχικά, χαρτογραφήθηκαν οι σχηματισμοί που αποτελούν το εξεταζόμενο πρανές καθώς και τα γενικότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά αυτού, με σκοπό την επιλογή των συντελεστών αναπήδησης R_n και R_t . Επίσης, εκτιμήθηκαν επιτόπου η τραχύτητα των επιμέρους πρανών ενώ παράλληλα πραγματοποιήθηκαν επιτόπου δοκιμές προσδιορισμού της γωνίας τριβής σε ολίσθηση μεταξύ πλακωδών τεμαχίων βράχου.

Στην περιοχή εντοπίστηκαν τεμάχια βράχου αποκολλημένα από το πρανές, εγκλωβισμένα πίσω από τον προσωρινό τοίχο ανάσχεσης από σακιά άμμου, που έχει εγκατασταθεί αποκλείοντας τη μία λωρίδα κυκλοφορίας. Από την διαδικασία αυτή εκτιμήθηκαν τα χαρακτηριστικά και η διάστασης των βραχοτεμαχίων τα οποία αποκολλούνται ακόμα και σήμερα από το πρανές.

Οι διαστάσεις των βραχοτεμαχίων που βρέθηκαν στα σακιά μετρήθηκαν για να εισαχθούν ως δεδομένα στο Rocfall.

Κατά την διάρκεια της επίσκεψης διαπιστώθηκε ότι είχαν πραγματοποιηθεί έργα προστασίας του οδικού άξονα. Συγκεκριμένα, είχαν διαμορφωθεί παράλληλα με το φρύδι του πρανούς δυο διαδοχικά επιχώματα ανάσχεσης καταπτώσεων αμέσως

κατάντη από την θέση αποκόλλησης των βραχοτεμαχίων που προκάλεσαν το ατύχημα το 2008. Με τη βοήθεια GPS σημειώθηκαν οι συντεταγμένες των επιχωμάτων έτσι ώστε να ληφθούν υπ' όψη στις αναλύσεις με το Rocfall.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα κατολισθητικά φαινόμενα βραχωδών τεμαχίων. Η σπουδαιότητα αυτών έγκειται στην κατανόηση των αρχών πάνω στις οποίες βασίστηκε η εργασία.

Στη συνέχεια περιγράφεται η γεωλογία της ευρύτερης περιοχής και της περιοχής της έρευνας, καθώς και περιγραφή των γεωμορφολογικών συνθηκών. Επίσης, γίνεται αναφορά στο σεισμικό καθεστώς της περιοχής, ενός από τους βασικότερους παράγοντες που ευθύνονται για τις καταπτώσεις βραχοτεμαχίων.

Ακολουθεί η περιγραφή των αρχών λειτουργίας και τρόπου χρήσης του προγράμματος Rocfall της Rocscience. Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών απαιτείται η εισαγωγή συγκεκριμένων δεδομένων στο πρόγραμμα. Αρχικά, εισάγεται η επιφάνεια του πρανούς, και ορίζονται τα υλικά της πλαγιάς και οι παράμετροι αυτών. Στη συνέχεια καθορίζονται οι θέσεις εκκίνησης των βραχοτεμαχίων και ακολουθεί ο υπολογισμός από το Rocfall. Περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επιλογή των παραμέτρων που εισήχθηκαν στο πρόγραμμα και η ευαισθησία του Rocfall σε κάποιους από αυτούς.

Ακόμα παρουσιάζονται οι τομές για τις οποίες πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις μέσω του προγράμματος Rocfall. Για την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων, σε κάθε μία από τις έξι τομές έγιναν παραμετρικές αναλύσεις μεταβάλλοντας το μέγεθος των αποκολλώμενων βράχων και των παραμέτρων της κίνησής τους (κύλιση ή μεταφορική κίνηση). Επίσης, παρουσιάζονται προσομοιώσεις καταπτώσεων πριν την κατασκευή των δύο επιχωμάτων για την αξιολόγηση των ήδη κατασκευασμένων έργων προστασίας του οδικού άξονα.

Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων του προγράμματος προτείνονται κάποιες συμπληρωματικές ενέργειες απαραίτητες για την βελτίωση των επιπέδων ασφάλειας του πρανούς.

1. 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 ασβεστούχων 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.

Γενικά, όπως αναφέρεται από τον Κούκη, 1993, έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί για το φαινόμενο των κατολισθήσεων. Κάποιοι που από αυτούς είναι των Terzaghi (1950), Zaruba Mencl (1969) και Coates (1977). Το 1980 ο Varnes στην ειδική έκδοση του Οργανισμού Έρευνας Μεταφορών των Η.Π.Α. για τις κατολισθήσεις, χρησιμοποιεί τον όρο «κίνηση πρανών» αντί του όρου «κατολίσθηση» στον οποίο συμφωνεί και ο Nemcok (1982) και με αυτόν περιλαμβάνει κάθε κίνηση πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό.

Το 1978 ο Varnes πρότεινε τις παρακάτω μορφές κατολισθήσεων, ανάλογα με το είδος της κίνησης:

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

1.1. ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

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

1.1.1. 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.

1.1.2. 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 $\pm 30^\circ$).

1.1.3. 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 περισσοτέρων 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 ανάντη, 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 τεμάχους που ολισθαίνει.

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.

1.1.4. 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.

1.1.5. 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 συγχέεται 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.

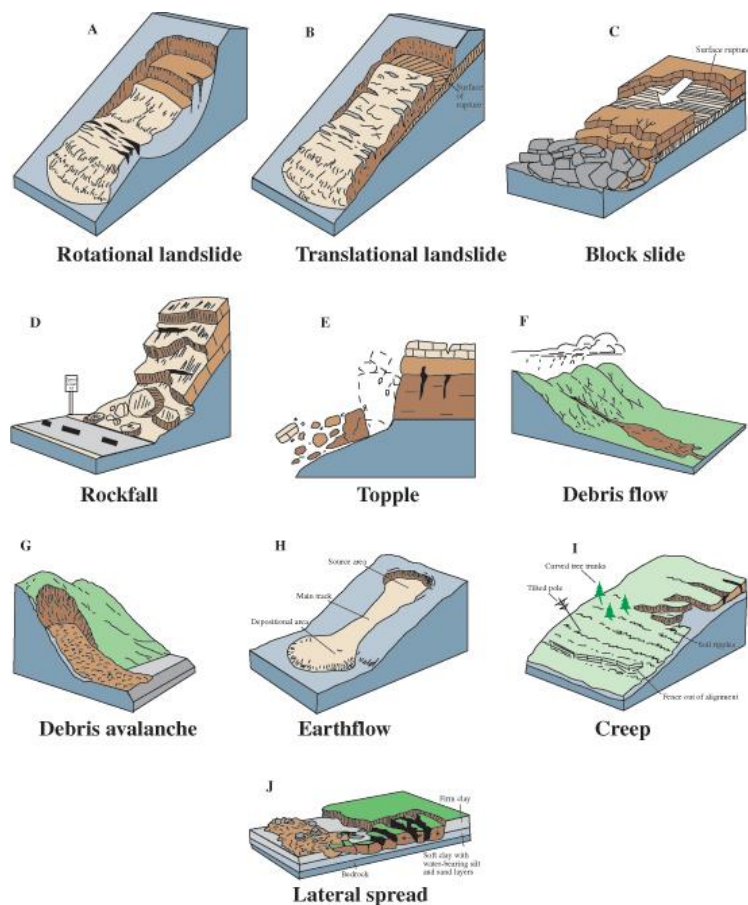
1.1.6. ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ (COMPLEX)

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

1.1.7. ΕΡΙΠΥΣΜΟΙ

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.

Στην εικόνα 1-1 παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι κατολισθήσεων.



Εικόνα 1-1: Κύριοι τύποι κατολισθητικών κινήσεων

1.2. ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

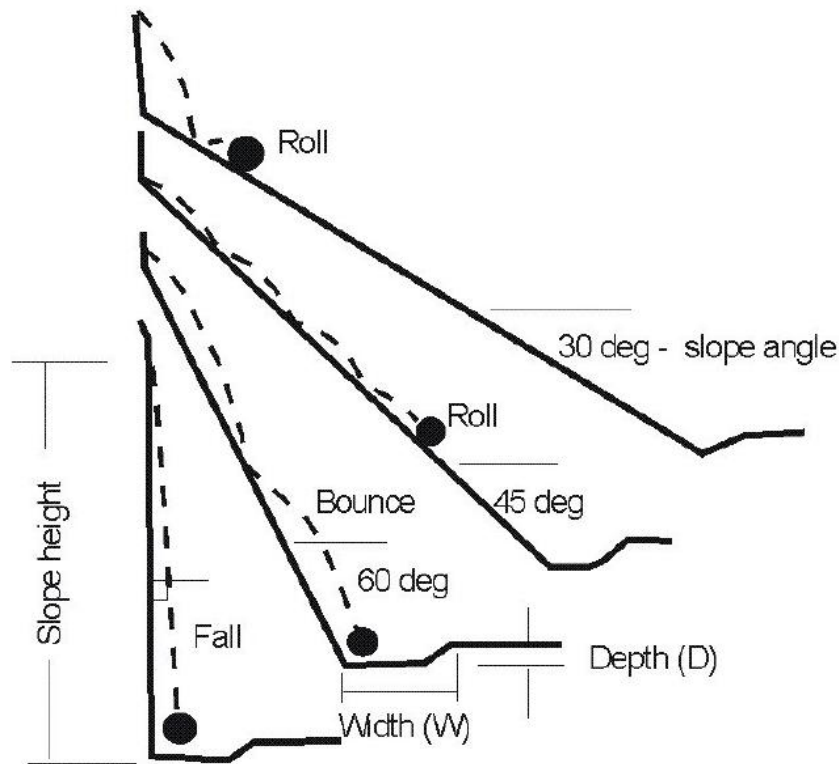
Οι καταπτώσεις βράχων κατά τον Hoek (2000) σχετίζονται με ορισμένα κλιματικά ή βιολογικά γεγονότα τα οποία μπορούν να επιφέρουν αλλαγή στις δυνάμεις που ενεργούν στον βράχο. Αναλυτικότερα, οι καταπτώσεις βράχων σχετίζονται με αύξηση της πίεσης νερού των πόρων λόγω διείσδυσης του βρόχινου νερού, τη διάβρωση, 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.

Είναι αρκετές οι αναφορές, σε παγκόσμιο επίπεδο, ανθρώπων οι οποίοι τραυματίστηκαν ή σκοτώθηκαν από καταπτώσεις βράχων. Οι Badger και Lowell (1983) από το Washington State Department of Highways, αναφέρουν ότι στις Η.Π.Α 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.

1.2.1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

Η γεωμετρία του πρανού 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.



Εικόνα 1-2: 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 (Εικ.1-2). Ακριβώς αυτή η τελευταία περίπτωση είναι σημαντικό να μελετηθεί γιατί τέτοιου είδους τροχίες που ακολουθούν τα βραχοτεμάχια είναι δυνατόν να υπερπηδήσουν τα υπάρχοντα επιχώματα.

1.2.2. 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.

1.2.3. 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)).

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

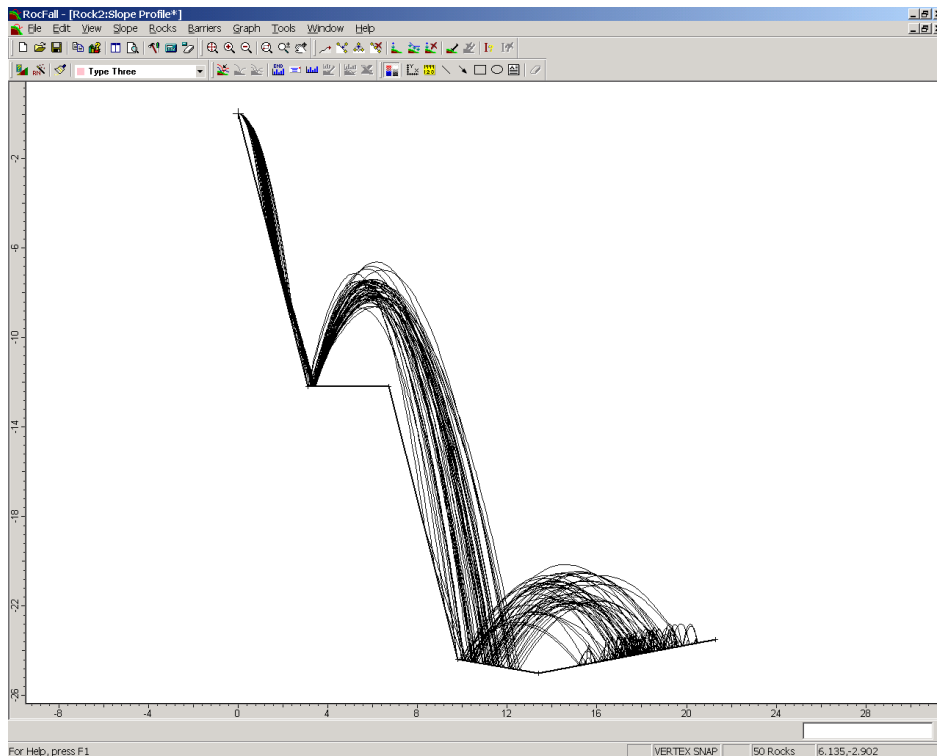
όπου: V_m και V_{in} είναι τα μεγέθη της κάθετης συνιστώσας της ταχύτητας μετά και πριν την κρούση αντίστοιχα και V_{rt} και V_{it} τα μεγέθη της εφαπτομενικής συνιστώσας της ταχύτητας μετά και πριν την κρούση.

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, (Steavens 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. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROCFALL (Rocscience, 1998-2002)

Το Rocfall της Rocscience είναι ένα πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης και αξιολόγησης της επικινδυνότητας των πρανών σε πτώσεις βράχων. Η κινητική ενέργεια, η ταχύτητα και το ύψος αναπήδησης των βράχων μπορούν να υπολογιστούν από το πρόγραμμα, όπως επίσης και η θέση τερματισμού των τροχιών των βράχων.



Εικόνα 2-1: Περιβάλλον του Rocfall

Το Rocfall εξυπηρετεί επίσης στον καθορισμό των απαιτούμενων διορθωτικών μέτρων ή και των μέτρων προστασίας. Οι τιμές των παραμέτρων των ιδιοτήτων κάθε τμήματος του πρανού, μπορούν να αλλάξουν σε κάθε νέα ανάλυση. Παρέχεται έτσι δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων και επιλογή των πιο αντιπροσωπευτικών από αυτές. Οι πληροφορίες που παρέχονται σχετικά με την αναμενόμενη κινητική ενέργεια και τη θέση των μέτρων προστασίας, δίνουν σημαντική βοήθεια για τον καθορισμό της φέρουσας ικανότητας και της ανθεκτικότητας, του μεγέθους και της θέσης των φραχτών συγκράτησης.

Το Rocfall αλληλεπιδρά με άλλα προγράμματα των Windows. Όλα τα δεδομένα εισόδου και εξόδου που δέχεται ή παράγει (μορφοποιημένα σε πίνακες) αλλά και οποιαδήποτε γραφική παράσταση ή γράφημα που παράγει, μπορούν να επικολληθούν σε επεξεργαστή κειμένου (Word pad, txt., Microsoft Office Word, κ.α.) για την ταχεία χρήση και μορφοποίηση τους. Δίνεται επίσης η δυνατότητα σε μη

επεξεργασμένα δεδομένα να επικολληθούν σε λογιστικό φύλλο (Microsoft Office Excel) για περισσότερο λεπτομερή ανάλυση.

Μία τυπική ανάλυση μέσω του λογισμικού Rocfall αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

- Ορισμός πρανούς
- Ορισμός των υλικών της πλαγιάς
- Συσχέτιση των υλικών για κάθε τμήμα του πρανούς
- Καθορισμός των θέσεων εκκίνησης των βραχοτεμαχίων (seeders)
- Υπολογισμοί
- Γραφικές παραστάσεις των αποτελεσμάτων

2.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Ο καθορισμός των παραμέτρων για την προσομοίωση με το Rocfall και η γνώση για το πώς η κάθε παράμετρος επηρεάζει την ανάλυση, απαιτούνται για τη σωστή επιλογή τους και άρα για την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων. Η είσοδος των παραμέτρων που εξετάζονται, γίνεται από τη γραμμή των εργασιών του προγράμματος στα Project Settings και Material Editor.

Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι ακόλουθοι:

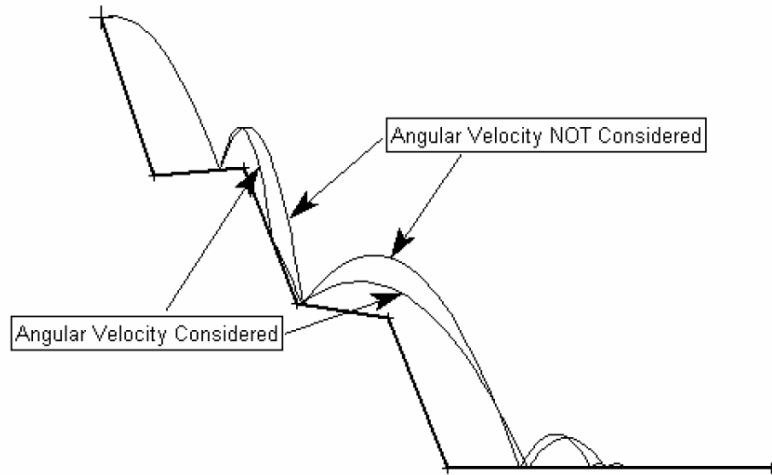
- Γωνιακή ταχύτητα
- Παράγοντας κλίμακας κρούσης
- Τραχύτητα πρανούς
- Γωνία τριβής διεπιφάνειας πρανούς – βραχοτεμαχίου
- Παράγοντες κρούσης

Η συνολική προσέγγιση του προγράμματος επιβάλλει την εξέταση των βράχων ως αδιάστατα σημεία. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι το σχήμα ή το μέγεθός τους και οι επιπτώσεις από τις διαφοροποιήσεις τους, προβλέπονται κατά προσέγγιση με την προσαρμογή των άλλων ιδιοτήτων.

2.1.1. ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Γενικά, συνιστάται να εξετάζεται η γωνιακή ταχύτητα, καθώς παρέχει μια πιο ρεαλιστική προσομοίωση της κίνησης. Η αρχική γωνιακή ταχύτητα καθορίζεται στην καρτέλα ελέγχου των rock seeders. Η αρχική τιμή γενικά ορίζεται μηδενική, εφόσον δεν υπάρχει λόγος να γίνει αλλιώς.

Ένα παράδειγμα σύγκρισης δύο προσομοιώσεων (μία με υπολογισμό της γωνιακής ταχύτητας και μία που δεν εξετάζει το ενδεχόμενο γωνιακής ταχύτητας) μπορεί να αποδώσει τη διαφορά στα μεταξύ τους αποτελέσματα. Στην εικόνα 2-2 απεικονίζονται οι επιπτώσεις που έχει η εξέταση ή μη της γωνιακής ταχύτητας.



Εικόνα 2-2: Επίδραση του ορισμού γωνιακής ταχύτητας στα αποτελέσματα της ανάλυσης

Και στις δύο περιπτώσεις η αρχική γωνιακή ταχύτητα ήταν μηδενική, αλλά στη μία περίπτωση επιτράπη στο βράχο να ξεκινήσει με κύλιση, ενώ στην άλλη περίπτωση, το αποτέλεσμα περιστροφής αγνοήθηκε.

Μια σημαντική παρατήρηση που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν στον έλεγχο της γωνιακής ταχύτητας είναι ότι η αρχική τιμή της δεν είναι ο καθοριστικός παράγοντας για τους υπολογισμούς.

Είναι αναγκαία η κρίση του μηχανικού, για την επιλογή της ακριβούς τιμής που ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στην κάθε περίπτωση αλλά, σε γενικές γραμμές, η αρχική τιμή για την γωνιακή ταχύτητα είναι αρκετά μικρή και συχνά είναι μηδέν. Η μεγάλη πλειοψηφία των μοντέλων που έχουν εξεταστεί, έχουν αρχική γωνιακή ταχύτητα μηδέν.

Κατά την εκτέλεση μιας προσομοίωσης είναι καλό να εξετάζεται εάν αλλάζουν τα αποτελέσματα όταν εισέρχεται μια μη μηδενική αρχική γωνιακή ταχύτητα. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα σύγκρισης βράχου που αρχίζει με περιστροφική κίνηση και ενός που κινείται ολισθαίνοντας.

2.1.2. ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΚΡΟΥΣΗΣ Rn (SCALING)

Η κύρια ιδέα πίσω από την απομείωση του παράγοντα κρούσης σε συνάρτηση με την ταχύτητα του βράχου κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, είναι ότι αυτός δεν μπορεί να είναι ανεξάρτητος από την ταχύτητα.

- Για τις προσομοιώσεις με υψηλότερη ταχύτητα, μια τυπική προσέγγιση είναι η χρήση προκαθορισμένης τιμής με ή χωρίς επιλογή του απομειωμένου παράγοντα κρούσης και προσαρμογή των συντελεστών Coefficients of Restitution και της τραχύτητας του πρανούς προς αναζήτηση των πιο ρεαλιστικών διαδρομών.
- Για τις προσομοιώσεις με χαμηλότερη ταχύτητα βράχων, καλύτερα αποτελέσματα δίνει ο πειραματισμός με τη ρύθμιση του Rn.

Για παράδειγμα σε χαμηλές ταχύτητες ένας βράχος δύναται να αναπηδήσει σε πρανές με φυτοκάλυψη, ενώ σε υψηλότερες ταχύτητες εισέρχεται περαιτέρω στο έδαφος πριν από την αναπήδηση με πιθανό αποτέλεσμα ακόμα και το σπάσιμό του σε μικρότερα κομμάτια. Σε αυτές τις περιπτώσεις η πραγματική τιμή του Rn θα πρέπει να είναι μικρότερη σε υψηλότερες ταχύτητες, και αυτό είναι που πετυχαίνει η παρακάτω εξίσωση. : Pfeiffer, T.J., and Bowen, T.D., (1989)

$$Rn \text{ (scaled)} = Rn * \text{scaling factor}$$

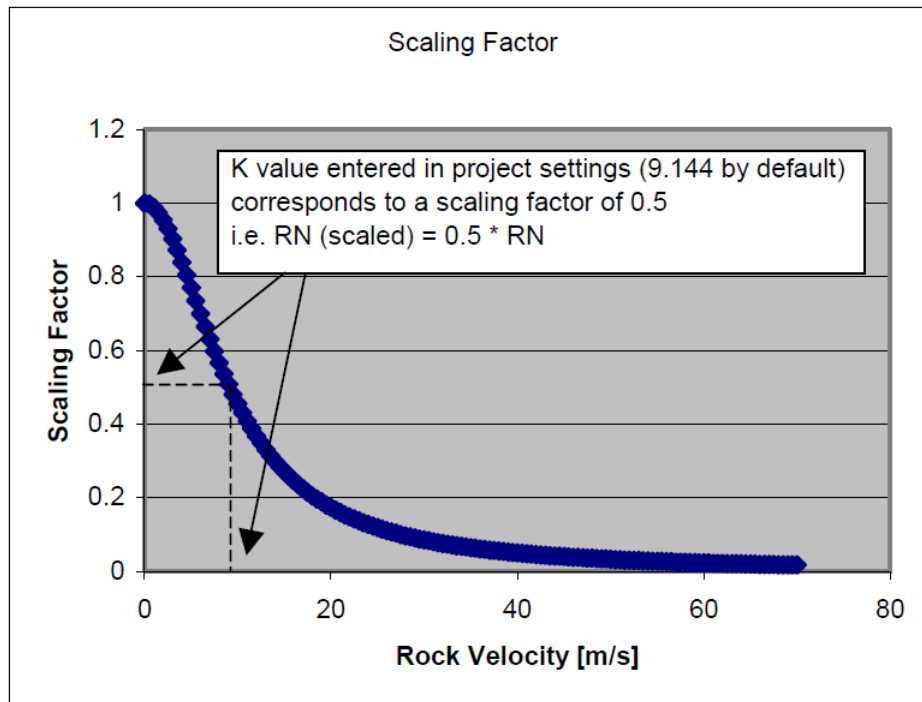
$$\text{scaling factor} = \frac{1}{1 + \left(\frac{V_{rock}}{K}\right)^2}$$

Όπου: K: ταχύτητα για την οποία ο απομειωμένος συντελεστής είναι 0,5

V_{rock} : ταχύτητα του βράχου ακριβώς πριν την κρούση

Η τεκμηρίωση για τον παράγοντα είναι η εξής: Ο παράγοντας αποτελεί μια μετάβαση από την σχεδόν ελαστική κρούση σε συνθήκες χαμηλής ταχύτητας, σε εξαιρετικά ανελαστικές συνθήκες που προκαλούν από θραύση των πετρωμάτων σε μικρότερα τεμάχια, ως δημιουργία κρατήρων στην επιφάνεια του πρανούς σε υψηλότερες ταχύτητες.

Η προκαθορισμένη τιμή της σταθεράς K (9.144 m/s) είναι το μετρικό ισοδύναμο των 30 ft/s, η οποία προέρχεται από εμπειρικές παρατηρήσεις. Αν παρασταθούν γραφικά οι τιμές αυτής της εξίσωσης, για μια σειρά από ταχύτητες, το διάγραμμα που θα δημιουργηθεί θα είναι της μορφής του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα 2-3: Διάγραμμα απομείωσης συντελεστή κρούσης

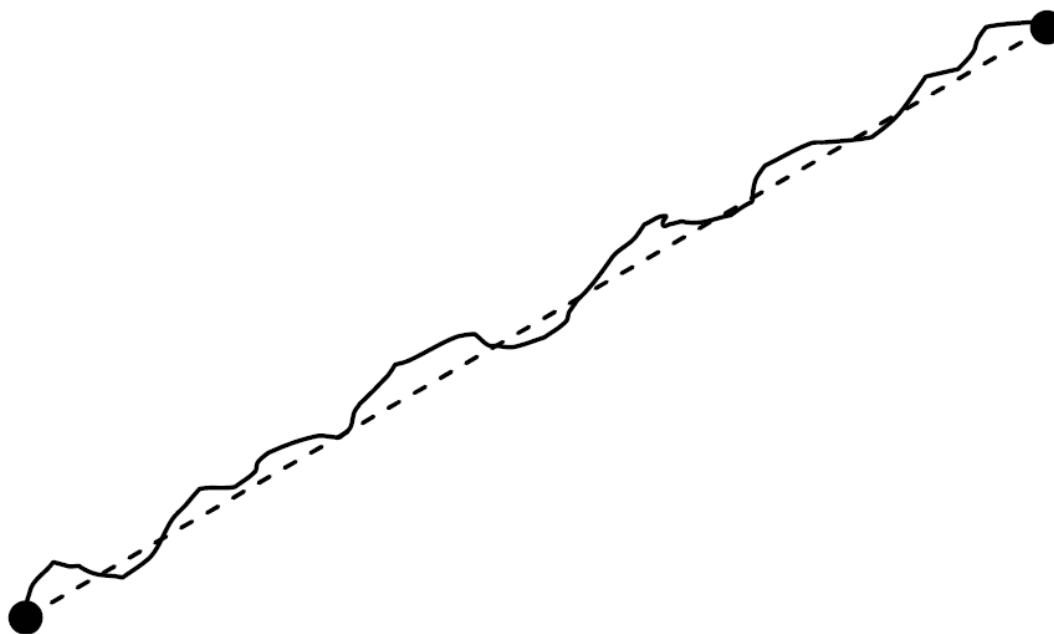
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (Εικ. 2-3), ο βαθμός απομείωσης του συντελεστή κρούσης είναι σημαντικός καθώς, με την αύξηση της ταχύτητας μειώνεται ο συντελεστής και αυξάνεται η σκεδαζόμενη ενέργεια κρούσης. Για το λόγο αυτό, οι ρυθμίσεις που θα χρησιμοποιηθούν είναι λιγότερο σημαντικές για τις προσομοιώσεις όπου οι βράχοι κινούνται σχετικά αργά, εν αντιθέσει με τις περιπτώσεις ταχύτερης μετακίνησης βράχων. Ο ορισμός του «γρήγορα» και του «αργά» είναι βέβαια υποκειμενικός. Ο ορισμός της τιμής πρέπει να ληφθεί λαμβάνοντας υπ' όψιν την απόσταση από την κορυφή της καμπύλης (στο διάγραμμα) της ταχύτητας των βράχων. Για παράδειγμα, για ένα βραχοτεμάχιο με ταχύτητα 20 m/s ο συντελεστής απομείωσης λαμβάνει την τιμή 0,17 σύμφωνα με την εξίσωση : Pfeiffer, T.J., and Bowen, T.D.

Η κλιμάκωση του παράγοντα αναλόγως της μάζας λειτουργεί με ανάλογο τρόπο, αν και είναι πολύ λιγότερο δημοφιλής επιλογή. Η κλιμάκωση ανάλογα με την ταχύτητα και τη μάζα ταυτόχρονα δεν συνιστάται, καθώς οδηγεί σε αποτελέσματα με μεγάλο μέρος της ενέργειας να χάνεται σε κάθε σύγκρουση και γενικά εμφανίζει λιγότερο ρεαλιστικές τροχιές βράχων.

2.1.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΑΝΟΥΣ

Η τραχύτητα του πρανούς (slope roughness) χρησιμοποιείται από το Rocfall ως συντελεστής προσδιορισμού της διακύμανσης της κλίσης λόγω μεταβολών του ανάγλυφου. Οι τυπικές τιμές της τραχύτητας είναι συνήθως πολύ μικρές. Κοινές 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.

Το μέγεθος της τραχύτητας χρησιμοποιείται από το μοντέλο για τις τοπικές διακυμάνσεις στη γεωμετρία. Στο σχήμα της εικόνας 2-4 που ακολουθεί γίνεται αναπαράσταση της τραχύτητας πρανούς στις προσομοιώσεις του Rocfall. Οι δύο μαύρες κουκίδες είναι οι κορυφές που έχουν δοθεί για τον προσδιορισμό της γεωμετρίας του πρανούς. Η διακεκομμένη γραμμή της εικόνας αποτελεί τμήμα της ευθείας μεταξύ των δύο σημείων και αποδίδει την μέση κλίση του πρανούς. Η κυματιστή γραμμή είναι μια αναπαράσταση, με σκοπό την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο θα λειτουργήσει το κάθε τμήμα κατά τον υπολογισμό της ανάκλασης των πετρωμάτων. Η κλίση της κυματιστής γραμμής σε κάθε σημείο, καθορίζεται από δειγματοληψία σύμφωνα με μια κατανομή. Ο μέσος όρος της απόκλισης είναι ίσος με την αρχική ή μέση κλίση του τμήματος. Η τυπική απόκλιση ελέγχεται από το μενού Material Editor. Η πιο πιθανή κλίση της κυματιστής γραμμής είναι ίση με την μέση κλίση της πλαγιάς. Οι κλίσεις όσο και πιο διαφορετικές από αυτή είναι τόσο γίνονται και λιγότερο πιθανές.



Εικόνα 2-4: Διαφορά μεταξύ πραγματικού ανάγλυφου και ανάγλυφου του Rocfall

Η τραχύτητα του πρανούς εμφανίζει κανονική κατανομή. Η μέση τιμή της υπολογίζεται απευθείας από την γεωμετρία και την κλίση της πλαγιάς (αυτός είναι

και ο λόγος που δεν είναι απαραίτητο να εισαχθεί αυτή η τιμή στο παράθυρο διαλόγου). Εάν ορισθεί μια τυπική απόκλιση μηδενικής τιμής, τότε το τμήμα αυτό θα συμπεριληφθεί ως το πρωτότυπο ευθύγραμμο τμήμα. Κατά την αύξηση της τιμής της τυπικής απόκλισης, η τεθλασμένη καμπύλη στο διάγραμμα της εικόνας 2-4, θα πάρει πιο έντονη μορφή. Ως αποτέλεσμα, τα βραχοτεμάχια είναι πιο πιθανό να αναπηδούν με κατευθύνσεις της επιφάνειας πρόσπτωσης διαφορετικές από τη μέση κλίση του τμήματος. Οι διαδρομές εμφανίζονται πιο «απρόβλεπτες» ή «ασυνήθιστες», δίνοντας μια πιο τυχαία διασπορά αποτελεσμάτων.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα για να εξηγηθεί ο τρόπος λειτουργίας του συντελεστή. Ακριβώς πριν από την επαφή ενός βράχου με την επιφάνεια του πρανούς, η κλίση του τμήματος υπολογίζεται από τη γεωμετρία του (π.χ. 15° από το οριζόντιο επίπεδο) και η τραχύτητα από το υλικό που ορίζεται για το συγκεκριμένο τμήμα (π.χ. τυπική απόκλιση των 2°). Από τις παραμέτρους αυτές δημιουργείται μια κανονική κατανομή με μέση τιμή 15° και τυπική απόκλιση 2° . Μια τυχαία κανονική κατανομή του δείγματος (π.χ. $16,2^\circ$) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό. Δηλαδή η κίνηση του βράχου θα είναι σαν να προσέκρουσε σε ένα τμήμα, με κλίση $16,2^\circ$ από το οριζόντιο.

Θα πρέπει να επιλέγεται η τυπική απόκλιση που να καλύπτει την πλειοψηφία των περιπτώσεων (π.χ. αν η κλίση ποικίλει σε τοπικό επίπεδο από τις 13° έως τις 17° πρέπει να καθοριστεί μια τυπική απόκλιση τέτοια που οι περισσότερες επιλογές να εμπίπτουν σε αυτό το εύρος τιμών).

Γενικά, υπενθυμίζεται ότι για ένα πλήθος δειγμάτων από μια κανονική κατανομή:

- Το 68.27% του συνόλου των δειγμάτων εμπίπτουν μέσα σε τυπική απόκλιση 1° της μέσης.
- Το 95.44% του συνόλου των δειγμάτων εμπίπτουν μέσα σε τυπική απόκλιση 2° της μέσης.
- Το 99.74% του συνόλου των δειγμάτων εμπίπτουν μέσα σε τυπική απόκλιση των 3° της μέσης.

Η κατάλληλη τιμή για την τραχύτητα δεν εξαρτάται μόνο από τα υλικά, αλλά και από το μέγεθος των βραχοτεμαχίων που πέφτουν σε σύγκριση με την επιφάνεια στην οποία αναπηδούν. Για παράδειγμα, ένα βραχοτεμάχιο αναπηδά σε ένα ενιαίο επίπεδο από χαλίκια. Για ένα βράχο με ακτίνα 1m, όταν αναπηδήσει σε αυτό, η επιφάνεια θα είναι απίθανο να αλλάξει την κατεύθυνσή του. Έτσι η τραχύτητα θα είναι μικρή. Για ένα βράχο με ακτίνα 20 mm είναι πολύ πιθανό να μεταβληθεί η κατεύθυνσή του από την επιφάνεια, οπότε η τραχύτητα θα είναι υψηλότερη.

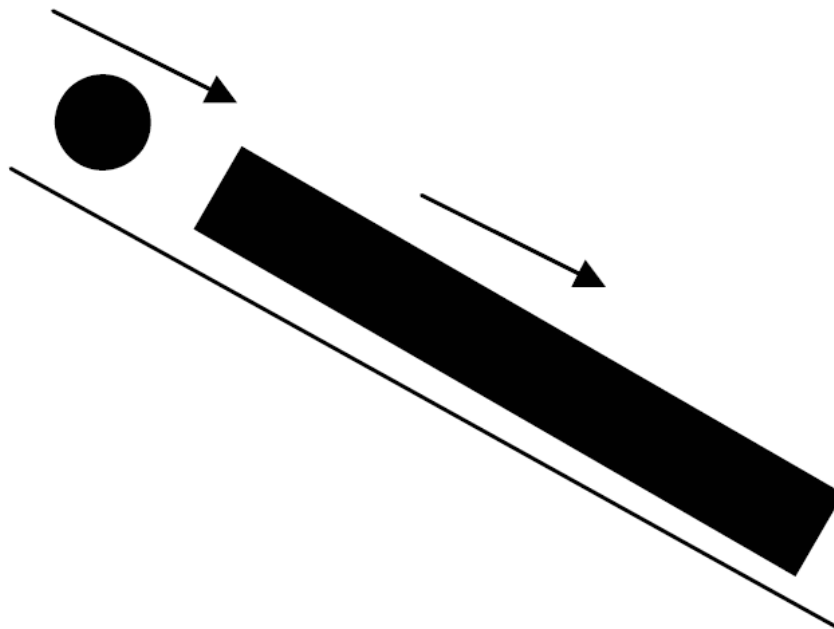
2.1.4. ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ – ΒΡΑΧΟΤΕΜΑΧΙΟΥ

Η γωνία τριβής διεπιφάνειας πρανούς – βραχοτεμαχίου όπως αυτή χρησιμοποιείται στην ανάλυση με το RocFall, είναι η κρίσιμη γωνία κλίσης του πρανούς από την οποία και πάνω, τα βραχώδη τεμάχια αρχίζουν να ολισθαίνουν. Επιλέγεται με βάση το σχήμα των σωματιδίων και τον τρόπο κυκλοφορίας τους. Σε γενικές γραμμές, οι χαμηλότερες τιμές δίνουν πιο συντηρητικές εκτιμήσεις και παρέχουν την «χειρότερη περίπτωση».

Εάν το τμήμα είναι κεκλιμένη πλαγιά με κλίση πάνω από την οριακή τιμή, τα βράχια θα αρχίσουν την ολίσθηση. Εάν είναι μικρότερη από την τιμή αυτή, θα σταματήσουν επί του τμήματος αυτού του πρανούς.

Κατά την επιλογή της τιμής για την γωνία τριβής (όπως και με την τραχύτητα), είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι τα πετρώματα έχουν θεωρηθεί ως αδιάστατα σώματα για τους σκοπούς της ανάλυσης, και οποιαδήποτε επίπτωση από το σχήμα ή το μέγεθος τους θα πρέπει να υπολογιστεί προσεγγιστικά, μέσω των άλλων ιδιοτήτων.

Για παράδειγμα, στην εικόνα 2-5, αναπαρίστανται δύο βράχοι διαφορετικού σχήματος. Με δεδομένο το κοινό υλικό στην πλαγιά, και το ίδιο υλικό που συγκροτεί τις πέτρες, οι τιμές γωνίας τριβής θα είναι διαφορετικές ανάλογα με το αν οι πέτρες είναι όλες σφαιρικού σχήματος, ή αν είναι επίπεδες πλάκες.



Εικόνα 2-5: Σφαιρικό τεμάχιο που εκτελεί κύλιση και πλακοειδές που εκτελεί ερπυσμό

Αν τα πετρώματα είναι μεγάλες επίπεδες πλάκες, ο τρόπος κίνησής τους θα είναι με ερπυσμό. Έτσι η τιμή γωνίας τριβής θα είναι υψηλή. Αν αντίθετα όλα τα τεμάχια είναι σφαιρικά, η κίνησή τους θα τείνουν να είναι κύλιση και όχι ερπυσμός επί του πρανούς και η τιμή που εισάγεται θα είναι πολύ χαμηλότερη (σχεδόν μηδενική). Για

την ενδιάμεση περίπτωση κατά την οποία το σχήμα των βράχων είναι κάπου ανάμεσα στα δύο άκρα (η πιο συνηθισμένη κατάσταση), η τιμή θα είναι κάπου μεταξύ των δύο τιμών, ανάλογα με σχήμα των τεμαχίων.

Επειδή αυτή η προσέγγιση που έχει γίνει ήδη περιέχει πολλές απλουστεύσεις, αποφασίστηκε ότι η ίδια τιμή θα πρέπει να χρησιμοποιείται τόσο για την περίπτωση της στατικής και όσο και δυναμικής τριβής.

Υπάρχουν δύο επιπλέον επιλογές που είναι διαθέσιμες στο παράθυρο διαλόγου Project Settings που επηρεάζουν την γωνία τριβής:

- Η επιλογή “Set friction angle to zero (rolling)” (ορισμός μηδενικής γωνίας τριβής) παρέχει ένα γρήγορο τρόπο για να δοκιμαστεί η «χειρότερη περίπτωση», καθώς η ρύθμιση παρέχει μηδενική αντίσταση στην κίνηση, και συνήθως καταλήγει στις μεγαλύτερες αποστάσεις κίνησης των βράχων.
- Η επιλογή “Calculate friction angle from Rt” (υπολογισμός γωνίας τριβής από Rt) παρέχει μια μέθοδο καθορισμού της γωνίας τριβής συναρτήσει της εφαπτομενικής σταθεράς της αναπήδησης.

$$\text{Γωνία τριβής} = \frac{(1-Rt)}{(Rt)}$$

Σημείωση: Η εξίσωση δίνει τη γωνία τριβής σε ακτίνια, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε μοίρες.

Η επιλογή αυτή έχει το πλεονέκτημα της συσχέτισης της γωνίας τριβής και του εφαπτομενικού παράγοντα κρούσης και έτσι μειώνεται ο αριθμός των απαιτούμενων παραμέτρων, σε περίπτωση που η γωνία τριβής είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Το μειονέκτημα της επιλογής αυτής είναι ότι ο εφαπτομενικός παράγοντας κρούσης μπορεί να είναι πιο δύσκολο να εκτιμηθεί από τη γωνία τριβής.

2.1.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΡΟΥΣΗΣ Rn ΚΑΙ Rt

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 τροχιές

των βράχων, οι ενέργειες, οι ταχύτητες και τα τελικά σημεία των τροχιών να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις παρατηρήσεις καταπτώσεων του παρελθόντος.

Πίνακας παραγόντων κρούσης της Rocscience

Ο “Πίνακας Παραγόντων Κρούσης” της Rocscience έχει την έκταση των αποτελεσμάτων που είναι διαθέσιμα από τη Rocscience. Επιλέγοντας Help στο material editor (RocFall→ Slope→ Materials→ Coefficient of Restitution). Τα δεδομένα αποτελούν συγκεντρωτικά εμπειρικά αποτελέσματα από προηγούμενες καταπτώσεις και προσομοιώσεις.

Το πρόγραμμα έχει κάποιες προεπιλεγμένες τιμές για μερικά υλικά. Οι προεπιλεγμένες αυτές τιμές ελήφθησαν από τις μη δημοσιευμένες σημειώσεις: Hoek Evert "Unpublished notes" NSERC Industrial Research Professor of Rock Engineering, Department of Civil Engineering, University of Toronto.

Υπολογισμός παραγόντων κρούσης με ανάστροφη ανάλυση

Οι παράγοντες κρούσης συχνά προσδιορίζονται με τη μέθοδο της ανάστροφης ανάλυσης. Οι παράγοντες του προγράμματος προκύπτουν από προσομοιώσεις στο πεδίο σε σημεία παλαιότερης πτώσης. Εκεί δηλαδή όπου είναι γνωστά το σημείο εκκίνησης των βραχοτεμαχίων, η τροχιά που ακολουθούν και το σημείο που σταματά η κίνησή τους. Αρχικά επιλέγονται τιμές από τον πίνακα και στη συνέχεια οι τιμές αυτές προσαρμόζονται ώστε να δώσουν αποτελέσματα που να ταυτίζονται με αυτά των παρατηρήσεων του παρελθόντος.

Τυπικές αποκλίσεις τιμών παραγόντων κρούσης

Οι τυπικές αποκλίσεις για κάθε παράγοντα αντιπροσωπεύουν το εύρος της τιμής που αυτός θα πάρει κατά την προσομοίωση. Δεδομένου ότι οι μέσες τιμές των συντελεστών σπάνια είναι γνωστές, η επιλογή των τυπικών αποκλίσεων είναι ακόμα πιο δύσκολη.

Οι τυπικές αποκλίσεις αντικατοπτρίζουν το βαθμό αβεβαιότητας στον καθορισμό των μεγεθών. Βέβαια, αν για την περίπτωση που εξετάζεται έχει προηγηθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη και έχουν επιλεγεί οι ορθοί συντελεστές οι τυπικές αποκλίσεις πρέπει να είναι μηδενικές.

2.2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΗΣ

Μία τυπική ανάλυση με το Rocfall μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε λίγα λεπτά και αποτελείται γενικά από τα παρακάτω βήματα:

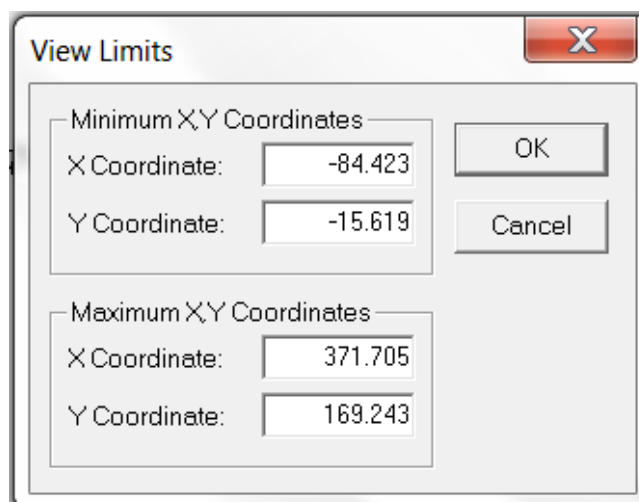
- Καθορισμός του πρανούς
- Καθορισμός των υλικών του πρανούς
- Αντιστοίχιση των υλικών στα αντίστοιχα τμήματα του πρανούς
- Καθορισμός των σημείων εκκίνησης των βράχων (seeders)
- Υπολογισμός της ανάλυσης
- Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων

Επιπλέον, μπορούν να τοποθετηθούν φράγτες (barriers) και συλλέκτες δεδομένων (data collectors). Η χρησιμότητα αυτών των λειτουργιών θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

2.2.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ

Με την εκκίνηση του προγράμματος, ανοίγει μία κενή σελίδα. Αυτό επιτρέπει την άμεση δημιουργία ενός μοντέλου. Η αρχική εικόνα που εμφανίζεται στη οθόνη είναι η τομή του πρανούς. Πριν καθοριστεί η γεωμετρία κρίνεται σκόπιμος ο καθορισμός των ορίων της περιοχής σχεδίασης (Εικ.2-6).

Select: View → Limits

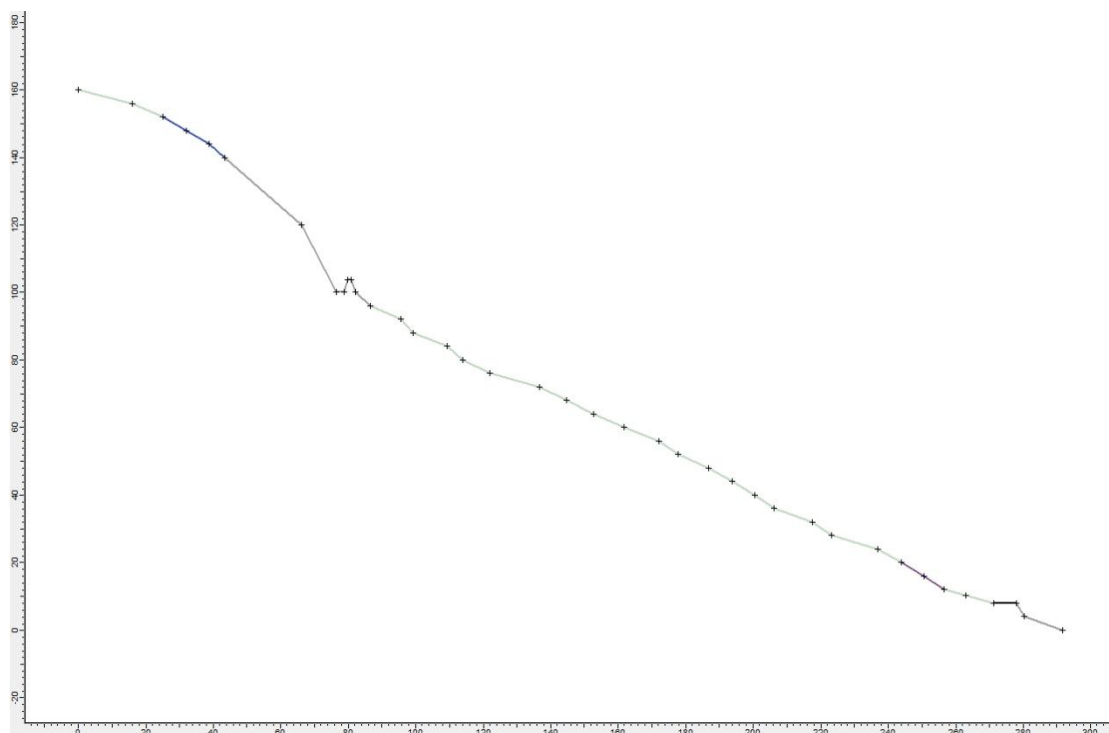


Εικόνα 2-6: Παράθυρο διαλόγου εισαγωγής ορίων

Ο σχεδιασμός του πρανούς γίνεται με την επιλογή Define Slope:

Select: Slope → Define Slope

Αυτό μπορεί να γίνει με πληκτρολόγηση των συντεταγμένων των σημείων στο κάτω δεξιά κομμάτι της οθόνης, ή γραφικά. Επίσης, μπορεί να γίνει και με εισαγωγή δεδομένων από σχεδιαστικό πρόγραμμα.



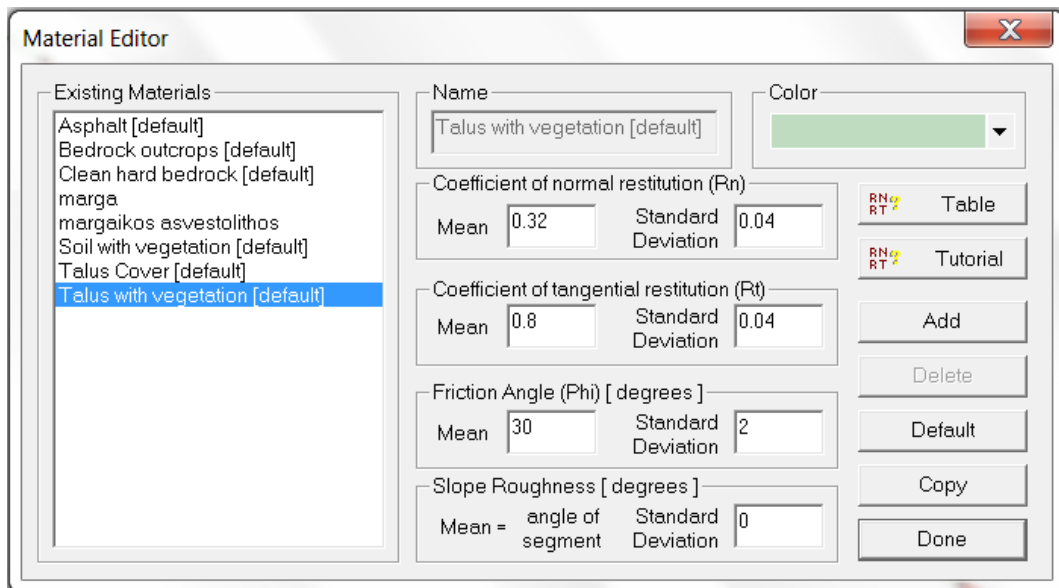
Εικόνα 2-7: Αποτύπωση γεωμετρίας πρανούς στο Rocfall

2.2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ο καθορισμός των ιδιοτήτων των υλικών που αποτελούν το πρανές γίνεται από το παράθυρο διαλόγου:

Select: Slope → Material Editor

Εκεί βρίσκονται κάποια προκαθορισμένα υλικά και οι παράμετροι που τα χαρακτηρίζουν. Ωστόσο είναι εφικτή η δημιουργία και νέων υλικών, κατά τη βούληση του χρήστη, στα οποία μπορούν να δοθούν τιμές για κάθε μία παράμετρο. Επίσης, μπορεί να δοθεί και ένα διαφορετικό χρώμα σε κάθε υλικό για τη διάκρισή τους στην προβολή. Όλα τα παραπάνω εμφανίζονται στην εικόνα 2-8.

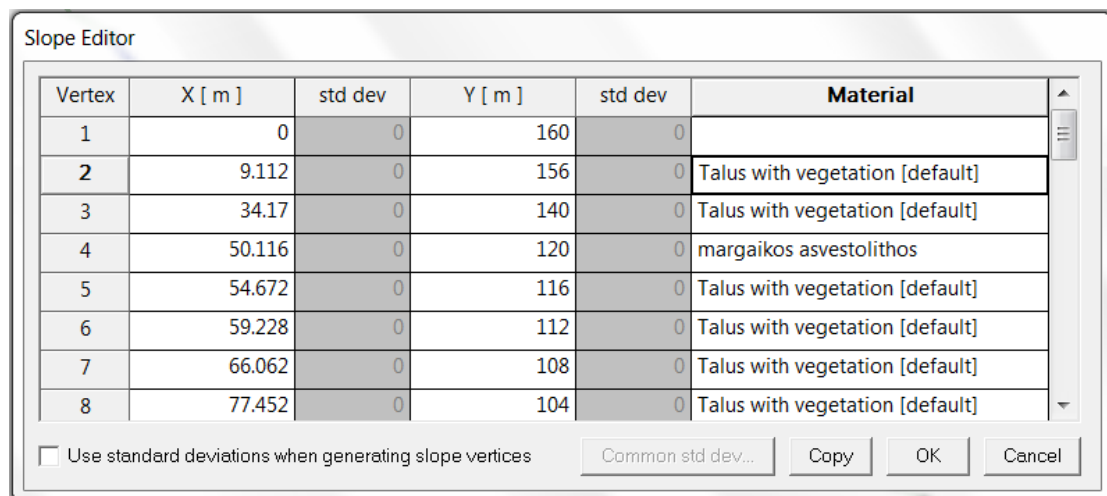


Εικόνα 2-8: Παράθυρο διαλόγου καθορισμού υλικών

2.2.3. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Το επόμενο βήμα της προσομοίωσης με το Rocfall είναι η αντιστοίχιση των υλικών (προκαθορισμένων ή δημιουργημένων) με τα τμήματα του πρανούς στα οποία απαντώνται. Η αντιστοίχιση μπορεί να γίνει γραφικά ή από παράθυρο διαλόγου (μπορεί να εμφανιστεί και με διπλό κλικ σε ένα σημείο του πρανούς):

Select: Slope → Slope Editor



Εικόνα 2-9: Παράθυρο διαλόγου αντιστοίχισης υλικών

2.2.4. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Το τελικό υποχρεωτικό βήμα για την ολοκλήρωση μιας προσομοίωσης είναι ο καθορισμός των αρχικών συνθηκών για τα βραχοτεμάχια (την τοποθεσία, τη μάζα και την ταχύτητα τους). Οι θέσεις εκκίνησης μπορούν να οριστούν ως σημειακές ή ως γραμμικές. Η εισαγωγή τους πραγματοποιείται:

Select: Rocks → Add Point Seeder (ή Add Line Seeder)

	Mean	Std Dev.
Horizontal velocity [m/s]	0	0
Vertical velocity [m/s]	0	0
Mass [Kg]	2620	0
Angular Velocity [rad/s]	0	0

OK Cancel

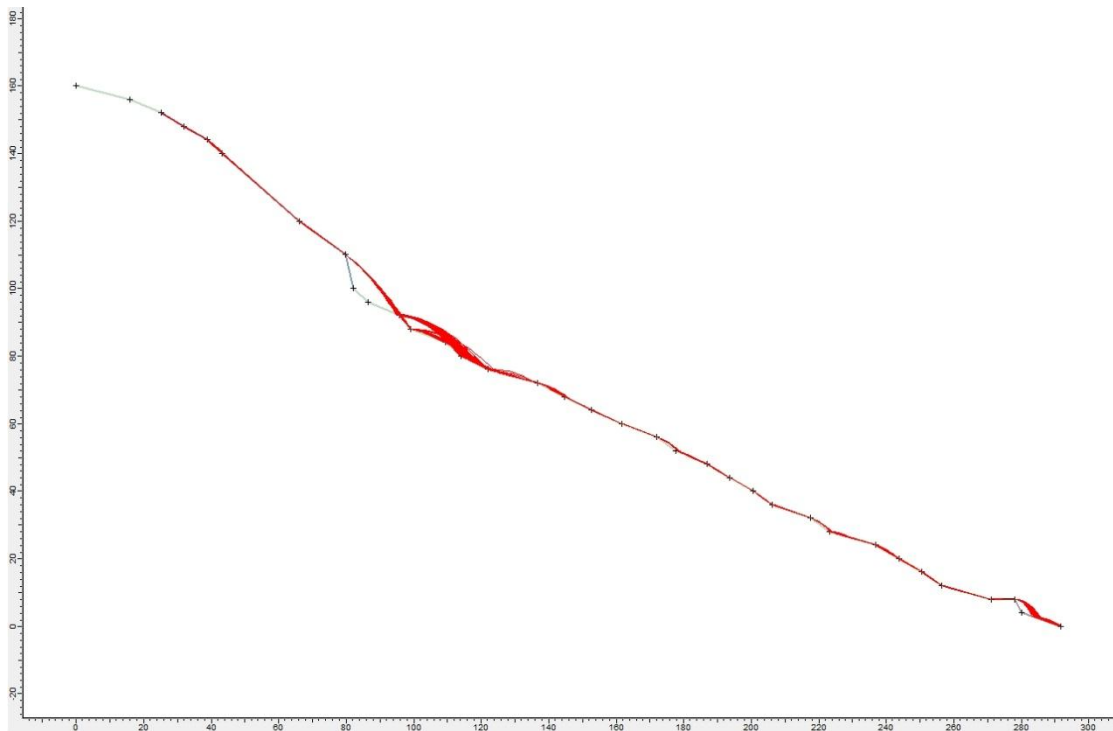
Εικόνα 2-10: Παράθυρο διαλόγου εισαγωγής αρχικών συνθηκών των βραχοτεμαχίων

2.2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Έχοντας ολοκληρώσει όλα τα παραπάνω βήματα το πρόγραμμα είναι έτοιμο ξεκινήσει την ανάλυση. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή Compute από το menu Rocks.

Select: Rocks → Compute

Ο υπολογισμός διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα. Στην εικόνα 2-11 παρουσιάζεται ενδεικτικά μία προσομοίωση πτώσεων βραχοτεμαχίων.



Εικόνα 2-11: Αποτελέσματα ανάλυσης του Rocfall

2.2.6. ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

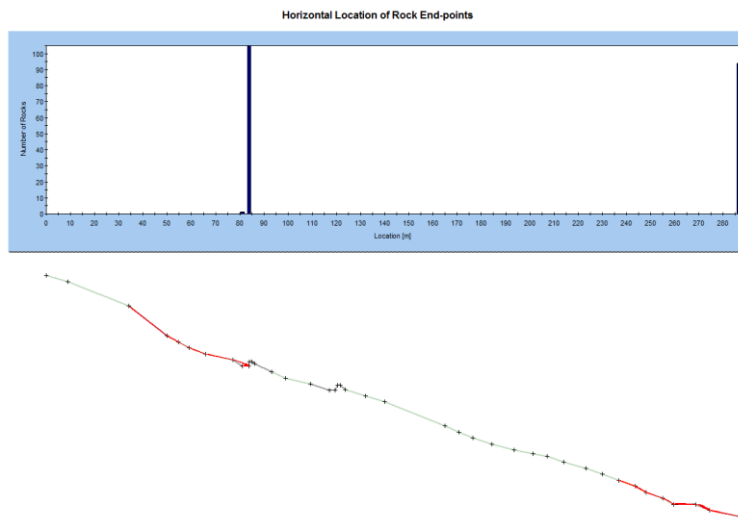
Μετά την ολοκλήρωση μιας προσομοίωσης παρέχεται η δυνατότητα ανάλυσης και γραφικής παράστασης των αποτελεσμάτων της.

Συγκεκριμένα το πρόγραμμα αποδίδει δύο τύπους γραφημάτων: Γράφημα μίας παραμέτρου ως προς την απόσταση από το σημείο εκκίνησης της πτώσης και γράφημα κατανομής αριθμού τεμαχίων ως προς κάποια παράμετρο, σε συγκεκριμένη θέση τομής.

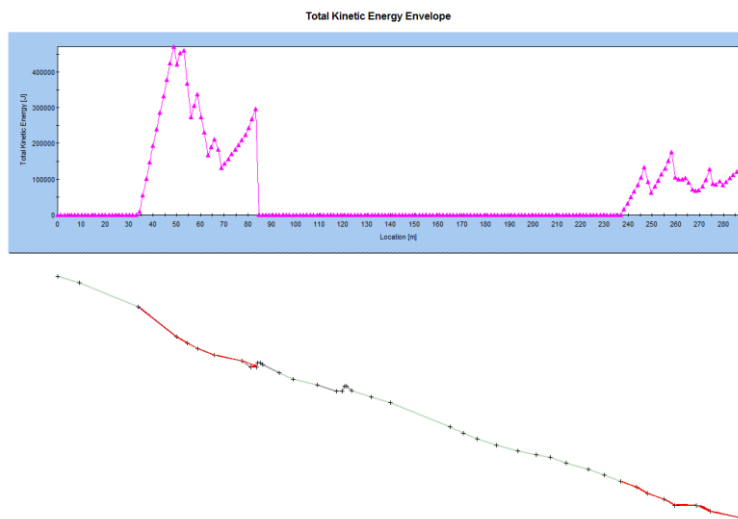
Οι παράμετροι που μπορούν να εξεταστούν είναι:

- Η μέγιστη απόσταση των βραχοτεμαχίων από την αρχική τους θέση (Εικ.2-12)
- Το ύψος αναπήδησης (Εικ.2-14)
- Η συνολική κινητική ενέργεια(Εικ.2-13)
- Η κινητική ενέργεια κατά τη μεταφορική κίνηση
- Η κινητική ενέργεια κατά την κύλιση

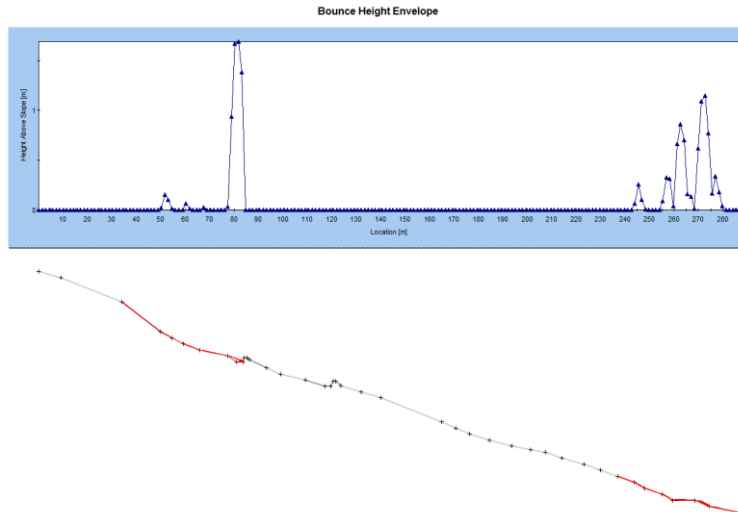
- Η ταχύτητα
- Η γωνιακή ταχύτητα



Εικόνα 2-12: Διάγραμμα τελικής θέσης βραχοτεμαχίων



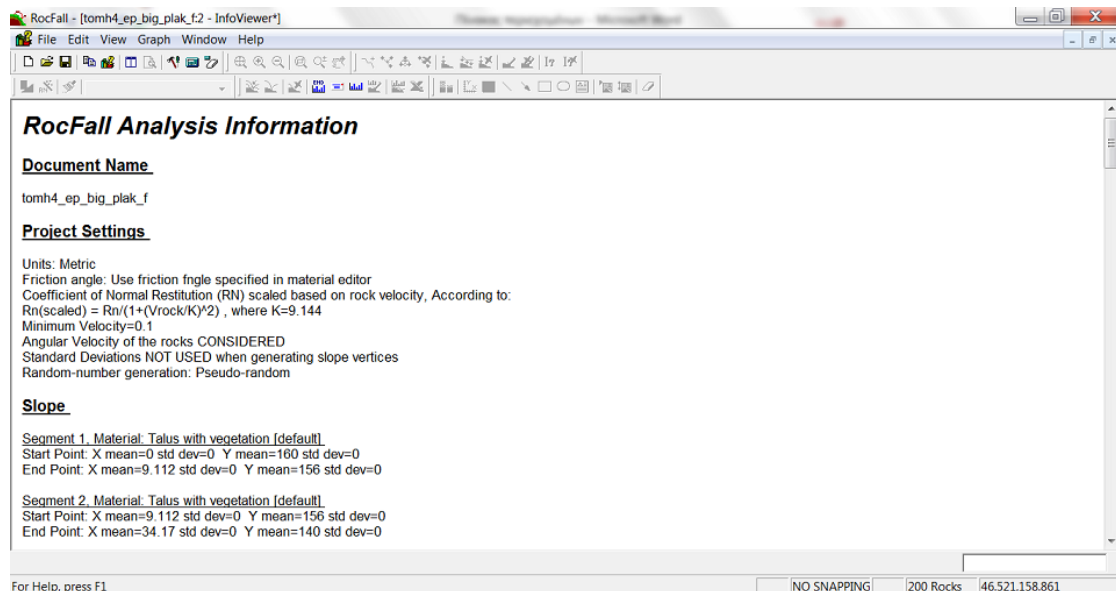
Εικόνα 2-13: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας κατά μήκος του πρανούς



Εικόνα 2-14: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης κατά μήκος του πρανούς

Επίσης, από τη επιλογή Info Viewer (Εικ.2-15) εξάγονται σε μορφή πίνακα οι τιμές όλων των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση, όπως:

- Γεωμετρία του πρανούς
- Υλικά του πρανούς
- Συνθήκες των αρχικών θέσεων των βραχοτεμαχίων
- Παράμετροι της προσομοίωσης
- Ιδιότητες των φραχτών και των συλλεκτών δεδομένων



Εικόνα 2-15: Τιμές των παραμέτρων στο Info Viewer

2.3. ΦΡΑΧΤΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.3.1. ΦΡΑΧΤΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ

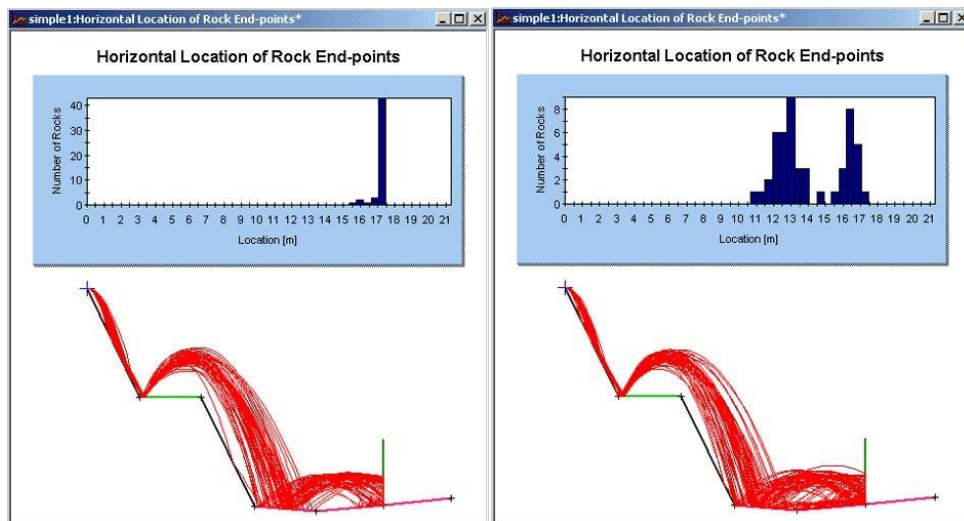
Οι φράχτες ανάσχεσης αποτελούν γραμμικά ίχνη, με το ένα άκρο στη επιφάνεια του πρανούς, τα οποία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν οπουδήποτε με στόχο να αποτελέσουν εμπόδιο στα βραχοτεμάχια που πέφτουν, ή να αποσβέσουν ποσοστό της κινητικής τους ενέργειας.

Οι ιδιότητες των φραχτών μπορούν να καθοριστούν ως εξής:

- Εντελώς πλαστικοί ($R_n=R_t=0$)(Εικ.2-16)
- Εντελώς ελαστικοί ($R_n=R_t=1$) (Εικ. 2-17)
- Ενδιάμεσες τιμές για τους συντελεστές R_n και R_t μεταξύ 0.0 και 1.0
- Επίσης, στους φράχτες μπορεί να δοθεί μία τιμή αντοχής όσον αφορά τη μέγιστη ενέργεια που δέχονται πριν σπάσουν και περάσει το βραχοτεμάχιο. (Εικ. 2-18).

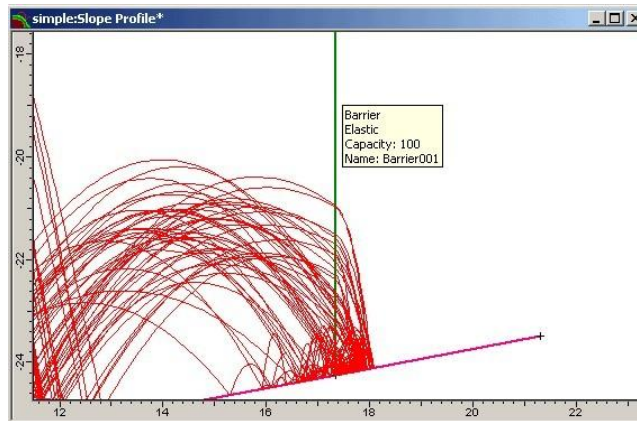
Για την προσθήκη ενός φράχτη επιλέγουμε:

Select: Barriers → Add Barrier



Εικόνα 2-16: Εντελώς πλαστικός φράχτης

Εικόνα 2-17: Εντελώς ελαστικός φράχτης

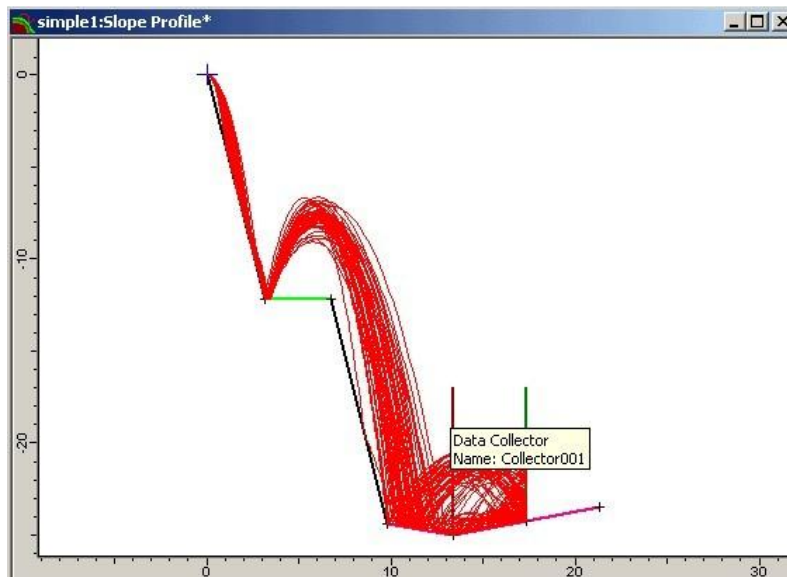


Εικόνα 2-18: Φράχτης με αντοχή μικρότερη από την κινητική ενέργεια των βράχων

2.3.2. ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι συλλέκτες δεδομένων δεν αποτελούν κάποια φυσική οντότητα, απλώς είναι κάποια γραμμικά ίχνη επί του πρσανούς 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 περνά από το συγκεκριμένο σημείο. (Εικ. 2-19)

Σε αντίθεση με τους φράχτες δεν επηρεάζουν την κίνηση των βραχοτεμαχίων και δεν υπάρχει καμία ιδιότητα που να μπορεί να τους δοθεί.



Εικόνα 2-19: Συλλέκτης δεδομένων

Για την προσθήκη ενός συλλέκτη δεδομένων επιλέγουμε:

Select: Collectors → Add Data Collector

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΥΜΗΣ

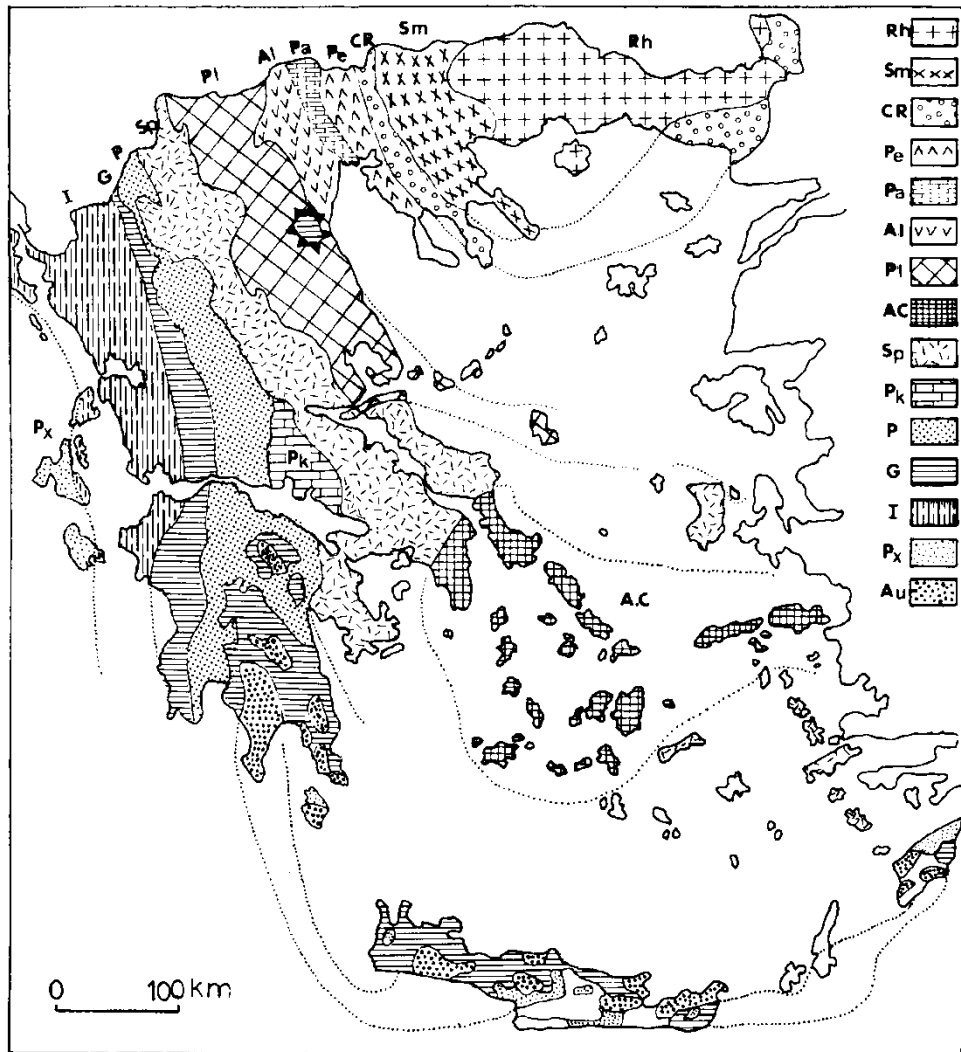
3.1. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

Η περιοχή Παραλία Κύμης-Πλατάνας-Στομίου βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της κεντρικής Εύβοιας που βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος. Η ευρύτερη περιοχή εντάσσεται στην Υποπελαγονική γεωτεκτονική ζώνη, η οποία θεωρείται ως δυτική παρυφή της Πελαγονικής, δηλαδή η περιοχή μετάβασης του Πελαγονικού υβώματος προς τη βαθιά αύλακα τις Πίνδου. Σήμερα, σύμφωνα με τις νέες αντιλήψεις (Κατσιακότσης, 1992), οι παλαιότερες ενότητες της Πελαγονικής και Υποπελαγονικής θεωρούνται ότι αποτελούν ενιαία ζώνη, την Πελαγονική, η οποία διακρίνεται σε δύο υποζώνες, την «Πελαγονική ζώνη μεταμορφωμένων σχηματισμών», που συμπίπτει γεωγραφικά με την άλλοτε Πελαγονική ζώνη και την «Πελαγονική ζώνη μη μεταμορφωμένων σχηματισμών», που συμπίπτει γεωγραφικά με την άλλοτε Υποπελαγονική ζώνη.

Η Πελαγονική ζώνη καθιερώθηκε από τους Brunn (1956) και Aubouin (1957) στα πλαίσια διαίρεσης της Ελλάδας σε αλπικές ισοπικές ζώνες. Σύμφωνα με τις απόψεις νεότερων ερευνητών (Μουντράκης 1983) η Πελαγονική ζώνη αποτελούσε ένα μεγάλο ηπειρωτικό τεμάχιο της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάστηκε από την Gondwana. Εκατέρωθεν του τεμαχίου αυτού αναπτύχθηκαν οι ωκεάνιες περιοχές της Παλαιο-Τηθύος (ζώνη Αξιού) και της Νέο-Τηθύος (Υποπελαγονική ζώνη και Ζώνη Πίνδου).

Η Πελαγονική ζώνη εξαπλώνεται με διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ και γειτονεύει προς τα ανατολικά με τη Ζώνη του Αξιού και προς τα δυτικά με την Υποπελαγονική ζώνη (Εικόνα 3-1). Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται οι ορεινοί όγκοι του Βόρα, του Βέρνου, του Βέρμιου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας, ενώ στη συνέχεια κάμπτεται προς τις Σποράδες και περιλαμβάνει τα νησιά Σκιάθος, Σκόπελος, και Σκύρος. Πιθανή προέκταση της Πελαγονικής στο Αιγαίο είναι τα νησιά Οινούσες από όπου η ζώνη περνάει στη βόρεια Μικρά Ασία. Επίσης, προς βορρά η ζώνη εκτείνεται στη Γιουγκοσλαβία.

Όπως φαίνεται και στη στρωματογραφική στήλη της εικόνας 3-2, η Πελαγονική ζώνη αποτελείται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υπόβαθρου, με τους γνευσιωμένους γρανίτες, πάνω στους οποίους έχουν αποθεθεί Μεσοζωικά ιζήματα. Τα Μεσοζωικά ιζήματα αποτελούνται από το Τριαδικό - Ιουρασικό ανθρακικό κάλυμμα και από τα Άνω Κρητιδικά πελαγικά ιζήματα μέσα στα οποία εντοπίζονται και οφιολιθικές μάζες.



Εικόνα 3-1: Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων Ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, PI: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα <<Ταλέα όρη - Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι>> πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (Μουντράκης, 1985).

Ειδικότερα η Πελαγονική ζώνη αποτελείται από τις εξής λιθοστρωματογραφικές ενότητες (Μουντράκης 1985):

α. Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου έχουν μεγάλη εξάπλωση στο χώρο της Πελαγονικής ζώνης, όπου και εμφανίζονται με τη μορφή αλληπαλλήλων τεκτονικών λεπιών. Παρά το γεγονός ότι διακρίνονται διάφορες λιθολογικές ενότητες, τα πετρώματα του υποβάθρου, αντιμετωπίζονται ως παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες που έχουν παρόμοια λιθολογική εξέλιξη και που

κρυσταλλώθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού ή και παλαιότερα του Προκάμβριου.

Η μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιτώδους υποβάθρου έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό πριν από το Λιθανθρακοφόρο και έγινε σε συνθήκες βαθύτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης έως της ανώτερης αμφιβολιτικής.

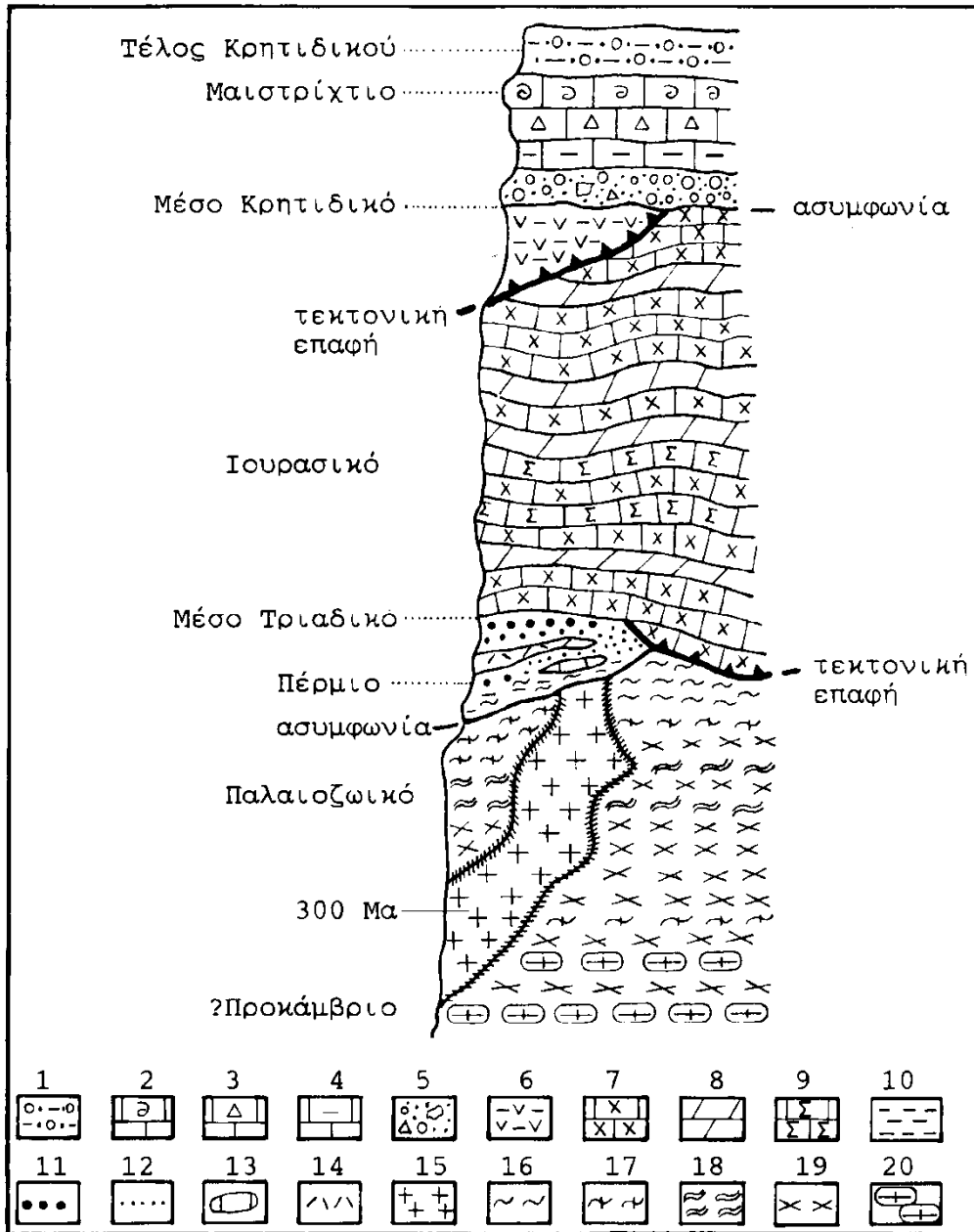
β. Γνευσιογρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου.

Οι γρανίτες αποτελούν μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής. Οι διεισδύσεις αυτές είναι παλαιές και σύμφωνα με ραδιοχρονολογήσεις η γένεσή τους καθορίστηκε στο Άνω Λιθανθρακοφόρο. Στο μεγαλύτερο μέρος τους οι γρανίτες εμφανίζονται γνευσιομένοι, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης, εξαιτίας της αλπικής μεταμόρφωσης του Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού. Υπάρχουν όμως και τμήματα τα οποία εμφανίζονται χωρίς μεταμόρφωση ή και τμήματα στα οποία εμφανίζονται μαγματικές διεισδύσεις να διαπερνούν η μία την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε και νεότερες διεισδύσεις που ορισμένες από αυτές ίσως να πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της αλπικής ορογένεσης.

γ. Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες.

Οι μετακλαστικές ακολουθίες αποτελούνται από κλαστικά ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Περμίου και Κάτω Τριαδικού και στη συνέχεια μεταμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης

Η μετακλαστική σειρά του Περμοτριάδικού αναπτύσσεται κυρίως κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Πελαγονικής και αντιπροσωπεύει τα ιζήματα της ηπειρωτικής κατώφειας. Η ηπειρωτική κατώφεια αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της ηπειρωτικής διάρρηξης που οδήγησε στη δημιουργία της ωκεάνιας περιοχής Δυτικά της Πελαγονικής. Στενά συνδεδεμένα με την ηπειρωτική διάρρηξη είναι και τα ηφαιστειακά υλικά που παρεμβάλλονται στις μετακλαστικές ακολουθίες, αφού η ηφαιστειότητα του Περμοτριάδικού εκδηλώθηκε στο χείλος της.



Εικόνα 3-2: Συνοπτική λιθοστρωματογραφική - τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. 1-5: Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού. 1: φλύσχης Άνω Μαιστρηχτίου - Κάτω Παλαιοκαίνου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστρηχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο - λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, 7 - 9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού - Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιτολίτες, 10 - 14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 10: μετα-πελίτες, φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα - κροκαλοπαγή, 12: μετα - ψαμμίτες, μετα - αρκόζες, 13: φακοί ασβεστόλιθων, 14: μετα - ρυόλιθοι, μετα - τόφφοι, 15: γνευσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16 - 20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιτώδους υπόβαθρου Παλαιοζωικής ή και προ - Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγαϊκοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), 17: διμαρμαρυγαϊκοί - γκρανούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γνεύσιοι, 20: οφθαλμογνεύσιοι. (Μουντράκης, 1985)

δ. Ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού - Ιουρασικού.

Η ιζηματογένεση στην Πελαγονική ζώνη κατά τη διάρκεια του Τριαδικού - Ιουρασικού χαρακτηρίζεται ως νηριτική ανθρακική και αποτελεί το λεγόμενο << Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής >>.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα νεότερων ερευνών (Μουντράκης 1983, 1984) το ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής στην ουσία αποτελείται από δύο τμήματα, το ανατολικό και το δυτικό, τα οποία και αποτέθηκαν στα αντίστοιχα περιθώρια της ζώνης.

Ειδικότερα, για το δυτικό περιθώριο διαπιστώθηκε ότι είναι αυτόχθονο, δηλαδή αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου Τριαδικού - Κάτω Κρητιδικού πάνω στα Περμοτριάδικά μετακλαστικά ιζήματα όπου το συναντάμε μέχρι και σήμερα. Το πάχος του καλύμματος αυτού υπολογίζεται στα 600 - 800 m. Ενώ αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και ελάχιστες λεπτές παρεμβολές πηλιτικών ενστρώσεων.

Το ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι παρα-αυτόχθονο, δηλαδή αποτέθηκε πάνω στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής και στη συνέχεια επωθήθηκε προς τα δυτικά πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Και στα δύο προαναφερόμενα καλύμματα γίνεται αισθητή η μεταμόρφωση που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού και σε συνθήκες Πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Η μεταμόρφωση αυτή είναι η ίδια που επηρέασε και τα πετρώματα της Περμοτριάδικής ακολουθίας.

ε. Οφιόλιθοι και συνοδά ιζήματα.

Οι οφιολιθικές μάζες και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας που εμφανίζονται στο χώρο της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι σχηματισμοί που προέρχονται από τους ωκεάνιους χώρους της Παλαιο - Τηθύος και της Νέο - Τηθύος από όπου και επωθήθηκαν πάνω στο Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα.

Τα σημαντικότερα υπολείμματα των επωθημένων αυτών μαζών τα συναντάμε στον Βούρινο της Κοζάνης (Διάυλος Κοζάνης) και στην Εύβοια (Διάυλος Εύβοιας).

Κατά την επώθηση των οφιολίθων πάνω στο ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής σχηματίστηκε ένας τεκτονικός σχηματισμός που χαρακτηρίζεται ως τεκτονικό οφιολιθικό μίγμα ή τεκτονικό οφιολιθικό melange. Ο σχηματισμός αυτός προήλθε από τη συσσωμάτωση μικρών και μεγάλων τεμαχίων του ασβεστόλιθου, τμημάτων του πέλματος των λεπιών του οφιολίθου και μέρους των ιζημάτων βαθιάς θάλασσας και προκλήθηκε υπό την επίδραση των τεκτονικών δυνάμεων.

ζ. Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού.

Τα θαλάσσια ιζήματα της Μέσο - Άνω Κρητιδικής επίκλησης τοποθετούνται ασύμφωνα πάνω στα ήδη πτυχωμένα Τριαδιοκοϊουρασικά πετρώματα του ανθρακικού καλύμματος και πάνω στους οφίολιθους και τα συνοδά πελαγικά ιζήματα, όπου αυτά υπάρχουν. Η επίκληση με την αντίστοιχη απόθεση ιζημάτων άρχισε το Κενομάνιο - Τουρώνιο του Μέσου - Άνω Κρητιδικού ή κατά περίπτωση το Σαντώνιο - Μαιστρίχτιο του Άνω Κρητιδικού.

Η στρωματογραφική διάρθρωση των Μέσο - Άνω Κρητιδικών ιζημάτων είναι η ακόλουθη:

- Κροκαλοπαγή, μικρολατυποπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (Κενομάνιο - Τουρώνιο)
- Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Σαντώνιο - Μαιστρίχτιο).
- Συμπαγείς ασβεστόλιθοι με απολιθώματα *Orbitoides media* (Μαιστρίχτιο).
- Φλύσχης που στην αρχή είναι σχιστώδης ασβεστιτικός, εξελίσσεται σε ασβεστοπηλιτικό - ψαμμιτικό και καταλήγει σε πηλιτικό - κροκαλοπαγή (Άνω Μαιστρίχτιο - αρχές Παλαιοκαίνου ;).

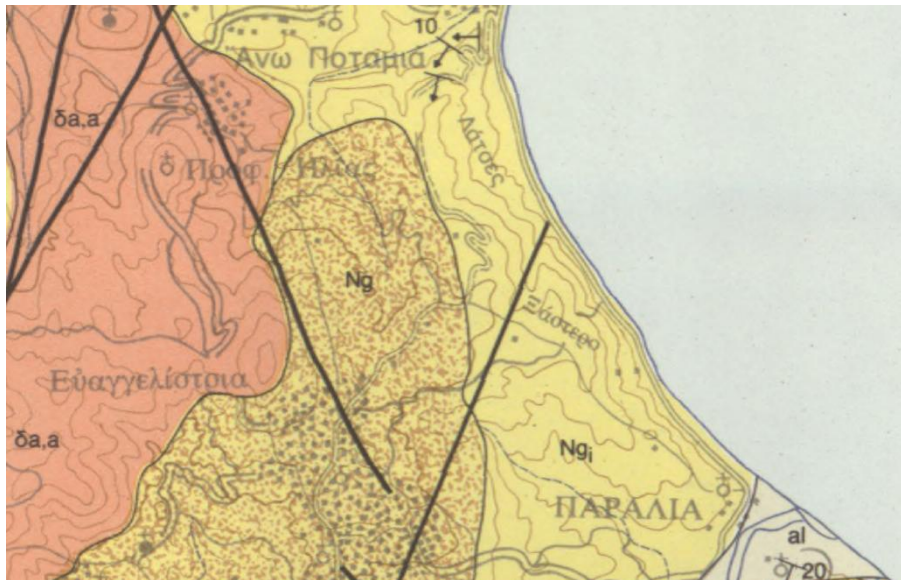
Επί των προαναφερόμενων σχηματισμών και σε μεγάλη έκταση εντοπίζονται Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, εκτεταμένη παρουσίαση των οποίων γίνεται στην ακόλουθη παράγραφο της γεωλογίας της στενής περιοχής έρευνας.

3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην περιοχή έρευνας, όπως φαίνεται και στο απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ (Εικόνα 3-3), οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή είναι:

1. Αλλουβιακές αποθέσεις: ασύνδετα υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των χειμάρρων, προσχώσεις από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ερυθρογενή με κροκαλολατύπες και υλικά χειμαρρωδών αναβαθμίδων μικρού ύψους.
2. Νεογενή ιζήματα αδιαίρετα: Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργιλούχες μάργες που εναλλάσσονται με ηφαιστιακούς τόφφους.
3. Κατώτερα νεογενή ιζήματα, τα οποία από πάνω προς τα κάτω είναι:
 - i. Τεφρές μάργες ελαφρά πτυχωμένες με λεπτές διαστρώσεις αργίλου, ψαμμίτη και ψηφιδοκροκαλοπαγών.
 - ii. Τεφρές, συμπαγείς μάργες με διαστρώσεις αργίλου και ψαμμίτη, έντονα πτυχωμένες και διαρρηγμένες.

- iii. Ανοιχτότεφρες συμπαγείς ασβεστολιθικές μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι.
 - iv. Απολιθωματοφόρες καστανές, συμπαγείς μάργες.
 - v. Λιγνίτες με παρεμβολές κυανό – μελανότεφρης αργίλου.
 - vi. Πλαστικές άργιλοι, με ψηφίδες ή κροκάλες ή διαστρώσεις ψαμμίτη.
4. Ηφαιστειακά πετρώματα: Λάβες δακτιτικές, δακτιοειδείς και ανδεσιτικές, γενικά κοκκινωπές, που συνιστούν ηφαιστειακούς δόμους και ρεύματα καθώς και λατυποπαγή δόμων και αναβλήματά τους. Οι δόμοι διατέμνουν τα κατώτερα τουλάχιστον μέλη των νεογενών σχηματισμών.



Εικόνα 3-3: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, φύλλο «Κύμη» κλίμακας 1:50000, όπου αλ: Αλλουβιακές αποθέσεις, Ng: Νεογενή ιζήματα αδιαίρετα, Ng_i: Κατώτερα νεογενή ιζήματα και δα,α: Ηφαιστειακά πετρώματα

Η μορφολογία της περιοχής είναι χαρακτηριστική και ελέγχεται από την πρόσφατη ρηξιγενή τεκτονική που επικρατεί, καθώς επίσης και από τη φύση των σχηματισμών που απαντούνται στην περιοχή. Οι σχηματισμοί αυτοί ανήκουν στη μεγάλη ιζηματογενή νεογενή λεκάνη Κύμης- Αλιβερίου.

Η λεκάνη αυτή είναι τεκτονικής προέλευσης, έχει έκταση περίπου 200 τετραγωνικά μέτρα και περιορίζεται από τα όρη Μαυροβούνι στα ΒΔ/κά και Οκόνια στα ΝΑ/κά, ενώ προς ΒΑ/κά φτάνει μέχρι τη θάλασσα του Αιγαίου. Η έκταση της νεογενούς αυτής λεκάνης ΒΑ/κά προς το Αιγαίο είναι άγνωστη.

Τα νεογενή ιζήματα της λεκάνης αυτής είναι λιμναϊάς προέλευσης και έχουν χωριστεί σε δύο μεγάλες ενότητες (την κατώτερη και την ανώτερη), οι οποίες χωρίζονται με μια εμφανή ασυμφωνία, ενώ προς τα βόρεια στην περιοχή της Κύμης, το πάχος των ιζημάτων αφ' ενός είναι πολύ μεγαλύτερο και αφ' ετέρου οι δύο ενότητες περνούν η μία την άλλη.

Στη στενή περιοχή μελέτης και κατά μήκος του παραλιακού μετώπου Παραλία Κύμης -Πατάνα-Στόμιο εμφανίζονται σχηματισμοί της κατώτερης κυρίως ενότητας, όπου έχουν μεγάλο πάχος και αποτελούνται από κλαστικές αργίλους, μάργες, άμμους και κροκαλοπαγή. (Γεωλογική μελέτη και χαρτογράφηση κατά μήκος του οδικού εθνικού δικτύου Παραλίας Κύμης-Πλατάνας-Στομίου, Κουτσοβέλης Αν., Μυλωνάκη Ι., 1996)

Τα ιζήματα των σχηματισμών αυτών έχουν διαπυρηθεί από λάβες που έχουν διαμορφώσει μικρά ηφαίστεια (Οξύλιθος) νότια της Κύμης. Η ηλικία των ηφαιστειακών πετρωμάτων έχει προσδιοριστεί στα 13 εκατομμύρια χρόνια περίπου.

Από τον παλαιότερο προς το νεότερο, οι σχηματισμοί που εμφανίζονται σύμφωνα με χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ (Γεωλογική μελέτη και χαρτογράφηση κατά μήκος του οδικού εθνικού δικτύου Παραλίας Κύμης-Πλατάνας-Στομίου, Κουτσοβέλης Αν., Μυλωνάκη Ι., 1996) (Εικ. 3-4) είναι οι ακόλουθοι:

- Γκρίζες αργιλικές μάργες

Έχουν μικρή εξάπλωση και απαντώνται σε μικρές εμφανίσεις. Αποτελούνται από εναλλαγές συμπαγών αργιλικών ή αμμο-αργιλικών ενστρώσεων και από ψαμμιτο-αργιλικούς πάγκους πάχους 10-15 εκατ. Στα βαθύτερα μέλη. Το πάχος τους δεν ξεπερνάει τα 25-30 μέτρα.

- Ανοικτόφαιες αργιλικές-αμμούχες μάργες

Ανοικτόφαιες ενστρώσεις αποτελούμενες από ψαμμίτες, άμμους και αργίλους. Στα βαρύτερα κυρίως μέλη τους, παρατηρούνται και γκριζόφαιοι αργιλικοί πάγκοι, πάχους 30-40 εκατ.

Κατά θέσεις παρατηρούνται σκληροί ασβεστοψαμμιτικοί πάγκοι μικρού πάχους.

Το ορατό πάχος ξεπερνά τα 100 μέτρα.

- Λευκές φυλλώδεις μάργες

Υπόλευκες αργιλικές, αργιλοαμμούχες ενστρώσεις που εναλλάσσονται με σκληρές συμπαγείς ψαμμιτικές ή αργιλικές ενστρώσεις με κυμαινόμενο πάχος 5-10 εκατ. Εμφανίζονται σε επαφή με τις υποκείμενες γκρίζες αργίλους.

Στα βαθύτερα μέλη παρατηρούνται γκριζόφαιοι αργιλλικοί πάγκοι που το πάχος τους φθάνει τα 40 εκατ. Στα ανώτερα μέλη αυτοί αραιώνουν, (το πάχος τους ελαττώνεται στα 10 εκατ.) και επικρατούν οι φυλλώδεις μαργαϊκές λευκές ενστρώσεις που σχηματίζουν πάγκους, πάχους 40-50 εκατ. με οξειδώσεις κατά θέσεις. Συνήθως οι

λευκές αυτές φυλλώδεις ενστρώσεις έχουν μεγάλη κλίση και είναι έντονα ρηγματωμένες.

Το πάχος τους είναι 200-250 μέτρα περίπου.

- Χακί φυλλώδεις μάργες και ψαμμίτες

Εμφανίζονται μεταξύ Πλατάνας και Στομίου και επίκεινται των γκριζών ή των ανοικτόφαιων αργιλικών μαργών.

Αποτελούνται στα ανώτερα μέλη από γκριζοπράσινες αργιλικές ή ασβεστο-αργιλικές ενστρώσεις (περίπου 5 εκατ.) έως αργιλοαμμούχες ή αμμούχες μάργες με μικρούς φακούς από λατυποπαγή. Τα λατυποπαγή αυτά αποτελούνται από λατύπες πράσινου ή μαύρου χρώματος ασβεστολιθικής ή πρασινο-σχιστολιθικής προέλευσης με διάμετρο 2-3 εκατ και συγκολλητική ύλη αργιλοψαμμιτική.

Στα ανώτερα μέλη επικρατούν οι φυλλώδεις αργιλικές μάργες σε ενστρώσεις πάχους 3-10 εκατ.

- Κροκαλοπαγή

Αποτελούν τα κορυφαία μέλη της σειράς στην συγκεκριμένη περιοχή. Είναι μετρίως συνεκτικά και απαντώνται συνήθως σε πάγκους ή απολελυμένα λόγω διάβρωσης. Συνίστανται από κροκαλο-λατύπες μικρού σχετικά μεγέθους ($d=2-4$ εκατ.) προέλευσης κυρίως ασβεστολιθικής ή μαργαϊκής. Ενίοτε προέρχονται και από πρασινίτες.

Κατά θέσεις απαντώνται εντός αυτών, φακοειδείς ενστρώσεις όπου η διάμετρος των κροκαλών είναι μικρότερη των 2 εκατ. Η συγκολλητική ύλη είναι αργιλοψαμμιτική γκριζού χρώματος. Το πάχος της κυμαίνεται από 20-30 μέτρα.

- Ποτάμιες αναβαθμίδες

Στο ρέμα Πλατάνας απαντώνται ποτάμιες αναβαθμίδες οι οποίες συνίστανται από πολύμικτο αδρομερές κροκαλοπαγές με κροκάλες οφιολιθικές, ασβεστολιθικές, ψαμμιτικές, ανδесиτικές κ.α.

Η διάμετρος των κροκαλών ποικίλει ($d=5-30$ εκατ.) αλλά επικρατεί το μέγεθος $d=10-15$ εκατ. και είναι συνήθως πεπλατυσμένες. Ενίοτε απαντούν και ογκόλιθοι με $d>50$ εκατ. Η συγκολλητική ύλη είναι αργιλο-μαργαϊκή γκριζού-γκριζόφαιου χρώματος.

Ακόμη κατά θέσεις παρατηρούνται φακοειδείς λεπτόκοκκες ενστρώσεις με μικρής διαμέτρου κροκάλες $d < 5$ εκατ. και συγκολλητική ύλη ψαμμιτική. Μέσα σ' αυτές τις ενστρώσεις απαντώνται μικρά κομμάτια μεταφερμένου λιγνίτη.

Κύρια τεκτονικά στοιχεία στην περιοχή αυτή, καθοριστικά της όλης γεωλογικής και γεωμορφολογικής δομής, είναι τα δυο συστήματα κανονικών ρηγμάτων με γενικές διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ/κή και Α-Δ έως Α.ΒΑ/κή-Δ.ΝΔ/κή.

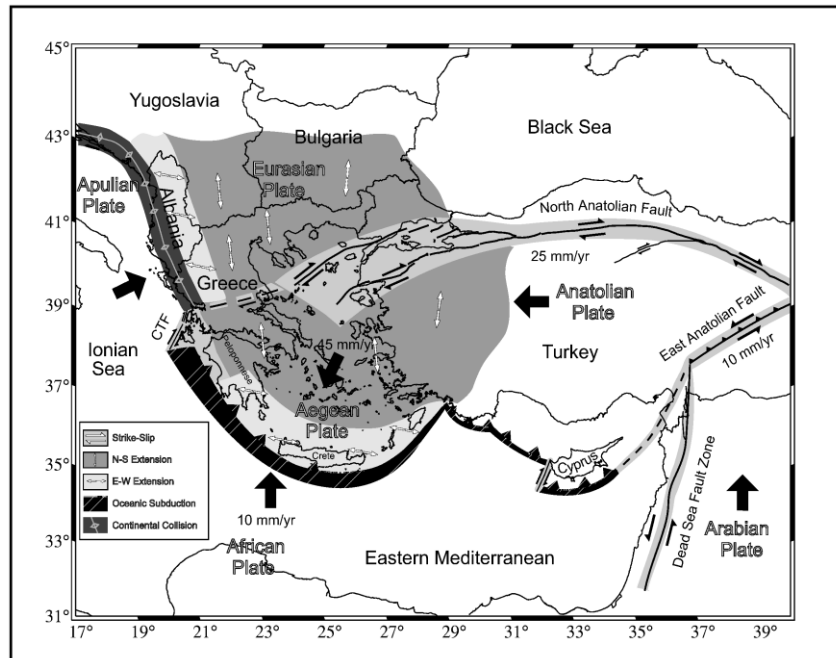


Εικόνα 3-4: Γεωλογικός χάρτης κατά μήκος του οδικού δικτύου "Παραλία Κύμης-Πατάνα-Στόμιου" κλίμακας 1:5000

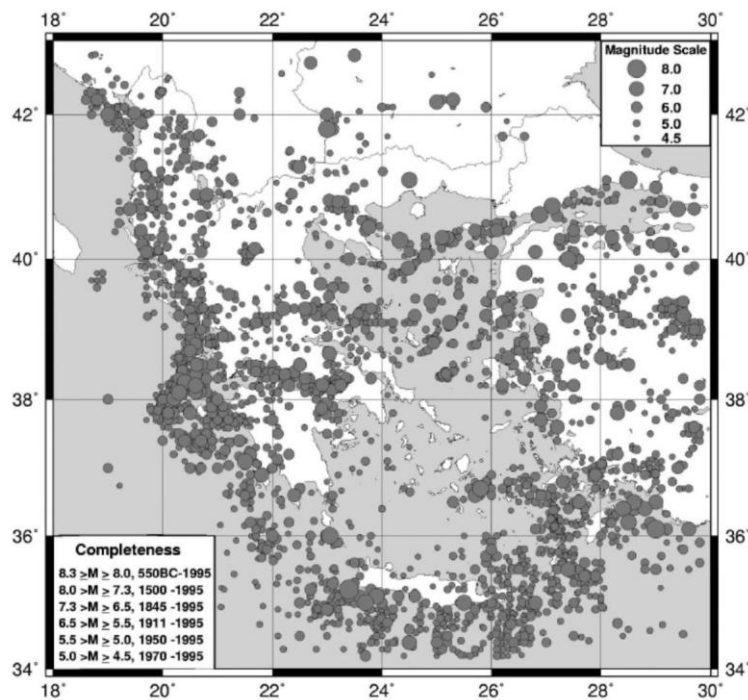
3.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

Με τον όρο «σεισμική δράση» περιγράφεται η κατά μέγεθος κατανομή σεισμών στο χώρο και στο χρόνο. Η ανάγκη για ποσοτικό προσδιορισμό της σεισμικής δράσης οδήγησε στον ορισμό της «σεισμικότητας», μιας αύξουσας δηλαδή συνάρτησης που εξαρτάται τόσο από το μέγεθος όσο και από τη συχνότητα (ετήσιο αριθμό) των σεισμών κάθε μεγέθους.

Η γεωγραφική κατανομή της σεισμικότητας εξαρτάται άμεσα από τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών στον ευρύτερο χώρο της Βαλκανικής χερσονήσου. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται άμεσα από τη σύγκριση των χαρτών των σχημάτων 3-5 και 3-6.



Εικόνα 3-5: Οι κινήσεις των πλακών, οι οποίες επηρεάζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Parazachos et al., 1997c)



Εικόνα 3-6: Γεωγραφική κατανομή επικέντρων επιφανειακών σεισμών στον ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές (Papazachos C. 1999)

Η νήσος Εύβοια βρίσκεται ΒΑ/κά και Α/κά της Στερεάς Ελλάδος και περιβάλλεται από μεγάλου μήκους ρηξιγενείς ζώνες. Χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η πολύπλοκη τεκτονική δομή και η ανάπτυξη τεσσάρων τεκτονικών μονάδων που αλληλοπροστίθενται. (Κατακόρυφες κινήσεις της νήσου Εύβοιας με βάση γεωμορφολογικές και σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις Λεοντάρης Σ.-Δελήμπασης Ν.)

Αν και η νήσος γειτονεύει με δυο σεισμικές ζώνες με υψηλή σεισμική δραστηριότητα, τη ζώνη Λοκρίδος-Χαλκίδος και των Βορείων Σποράδων, παρόλα αυτά δεν παρουσιάζει υψηλή σεισμικότητα.

Μορφολογικές και αρχαιολογικές παρατηρήσεις που έγιναν στην περιοχή, έδειξαν ότι υπάρχουν έντονες μεταπλειοκαινικές κινήσεις, κυρίως κατακόρυφες, που συνδέονται άμεσα με τη δημιουργία του βορείου και νοτίου Ευβοϊκού κόλπου και την γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής γενικότερα.

Επίσης, ένα άλλο φαινόμενο που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και επηρεάζει τις ακτές, είναι οι ευστατικές κινήσεις. Από έρευνες που έγιναν στην ανατολική Μεσόγειο έχει υπολογιστεί, ότι στα 2.000 τελευταία χρόνια η διακύμανση της στάθμης της θάλασσας δεν υπερέβη τα 0,5-1m. (Flemming, N.G. 1968)

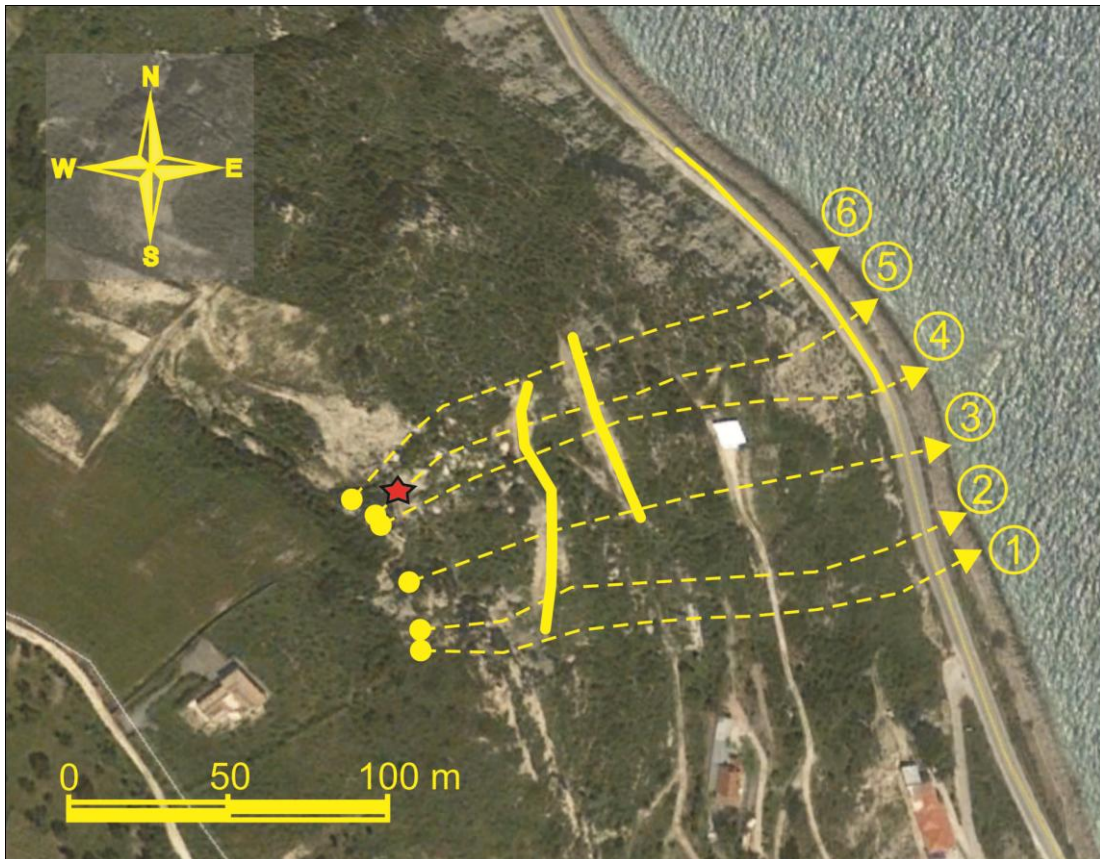
Η σεισμική ιστορία της νήσου Εύβοιας είναι σχετικά περιορισμένη. Εξεταζόμενη σαν αυτόσειστη, η περιοχή αυτή δεν παρουσιάζει αξιόλογη σεισμικότητα. Σε δυο μόνο περιοχές στα ΒΑ/κά της νήσου, περιοχή Αγίας Άννας και στην Κεντρική Εύβοια,

περιοχή Χαλκίδος, έχουμε εστίες επιφανειακών σεισμών με μεγέθη $M \leq 6.1$. Η υπόλοιπη νήσος και κυρίως η κεντρική και Βόρεια Εύβοια φιλοξενεί σεισμικές εστίες με μεγέθη $M \leq 3.7$.

Αν και η σεισμική δραστηριότητα της νήσου είναι σχετικά μικρή, ο σεισμικός κίνδυνος μπορεί να θεωρηθεί υψηλός για το κεντρικό και βόρειο κυρίως μέρος της νήσου. Οι μέγιστες σεισμικές εντάσεις των VII-VIII βαθμών της κλίμακας Mercalli που έχουν παρατηρηθεί κατά την χρονική περίοδο 1800-1984, οφείλονται όχι μόνο στις σεισμικές εστίες του ΒΑ/κού τμήματος της νήσου, αλλά κυρίως στη σεισμική ζώνη Λοκρίδος-Χαλκίδος και Ωροπού. Κατά την ίδια χρονική περίοδο, στην κεντρική Εύβοια και μέχρι την γραμμή Αλιβερίου-Κύμης, η μέγιστη ένταση ανέρχεται στους VI βαθμούς. Επίσης, στη νότια Εύβοια η ένταση δεν έχει υπερβεί τους VI βαθμούς.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Για την εξαγωγή όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένων αποτελεσμάτων και για τη βεβαιότητα ότι στις αναλύσεις λήφθηκε υπ' όψιν και η χειρότερη των περιπτώσεων επιλέχτηκαν 6 κύριες τομές στις οποίες έγιναν προσομοιώσεις με το λογισμικό Rocfall. Σκοπός της επιλογής των συγκεκριμένων θέσεων είναι να καλυφτεί όλη η περιοχή με αυξημένη επικινδυνότητα. Οι τομές αυτές επισημαίνονται στο δορυφορική της εικόνας 4-1.



Εικόνα 4-1: Οι 6 τομές που επιλέχτηκαν για τις αναλύσεις

Σε κάθε μία από τις έξι τομές έγιναν προσομοιώσεις τόσο για το αρχικό μορφολογικό ανάγλυφο τόσο και για το ανάγλυφο όπως αυτό διαμορφώθηκαν μετά από την κατασκευή των αναχωμάτων ανάσχεσης. Επίσης, για κάθε ανάγλυφο πραγματοποιήθηκαν παραμετρικές αναλύσεις, μεταβάλλοντας το μέγεθος των αποκολλώμενων βράχων και των παραμέτρων της κίνησής τους (κύλιση για σφαιρικά τεμάχια ή μεταφορική κίνηση για πλακοειδή). Συνεπώς οι αναλύσεις περιλαμβάνουν και ακραίες περιπτώσεις, όπως η κύλιση των αποκολλώμενων βραχοτεμαχίων μεγάλων διαστάσεων.

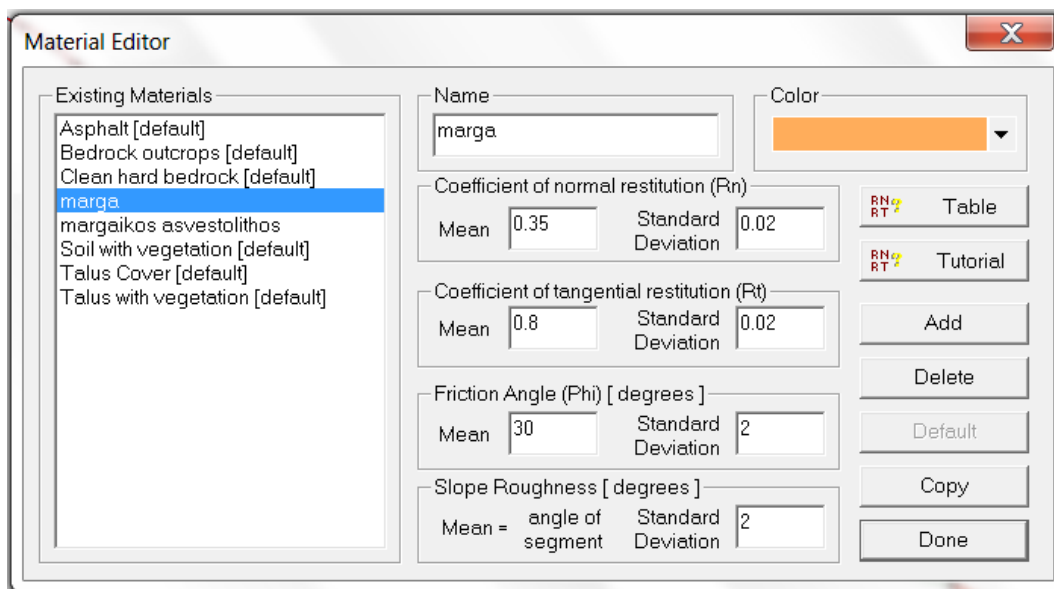
Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι επειδή τα αυτοσχέδια αναχώματα δεν είναι χαρτογραφημένα κατά την διάρκεια της επίσκεψης που πραγματοποιήθηκε για τις απαιτήσεις της διατριβής λήφθηκαν αλληπάλλληλες μετρήσεις με την χρήση GPS

προκειμένου να προσδιοριστεί η θέση τους. Από την χαρτογράφησή τους (Εικ. 4-1) προκύπτει ότι οι τομές 1 και 2 τέμνουν μόνο το άνω επίχωμα και η τομή 6 μόνο το κάτω. Οι υπόλοιπες τομές τέμνουν και τα δύο επιχώματα.

Έχοντας καθορίσει την νέα γεωμετρία των πρανών, σειρά παίρνει ο καθορισμός των υλικών. Το Rocfall, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, πέρα από τα προκαθορισμένα υλικά που έχει, δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας καινούργιων. Έτσι, για τις αναλύσεις δημιουργήθηκαν δυο νέα υλικά, η μάργα και ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος.

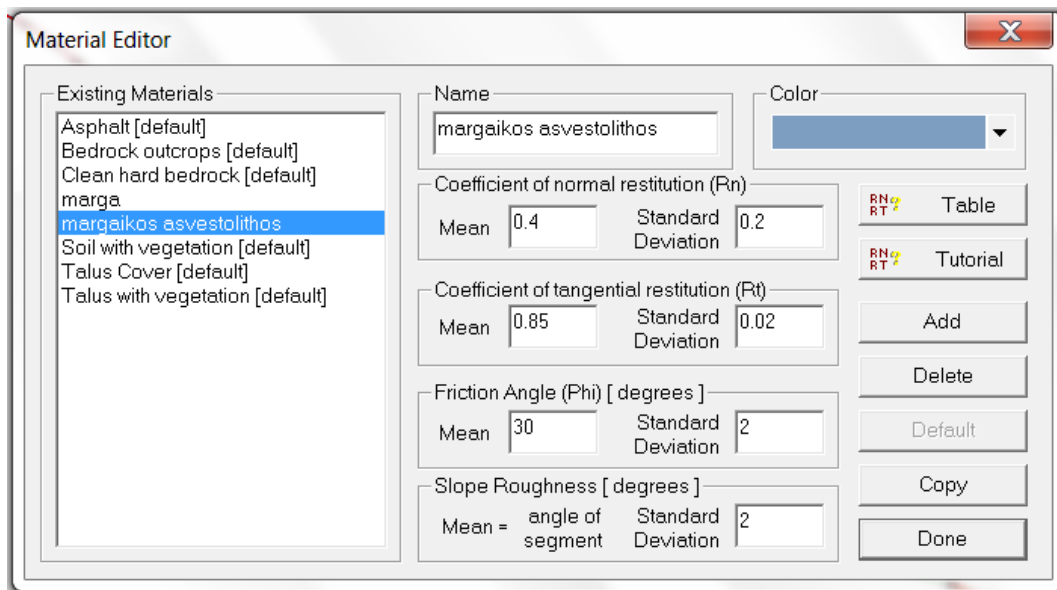
Για κάθε ένα από τα νέα υλικά καθορίστηκαν οι παράμετροι που τα χαρακτηρίζουν.

Για τη μάργα επιλέχτηκαν οι τιμές για το R_n 0,35, με τυπική απόκλιση 0,02 και για το R_t 0,8, με τυπική απόκλιση 0,02. Η γωνία τριβής υπολογίστηκε 30° , με τυπική απόκλιση 2° για τους πλακοειδούς βράχους που κινούνται με ερπυσμό και την τιμή 0° για τους βράχους που κυλούν. Στην τραχύτητα του πρανού δόθηκε η τυπική απόκλιση 2° .



Εικόνα 4-2: Παράμετροι που εισήχθηκαν στη μάργα

Για το μαργαϊκό ασβεστόλιθο επιλέχτηκαν οι τιμές για το R_n 0,4, με τυπική απόκλιση 0,02 και για το R_t 0,85, με τυπική απόκλιση 0,02. Η γωνία τριβής υπολογίστηκε 30° , με τυπική απόκλιση 2° για τους πλακοειδούς βράχους που κινούνται με ερπυσμό και την τιμή 0° για τους βράχους που κυλούν. Στην τραχύτητα του πρανού δόθηκε η τυπική απόκλιση 2° .

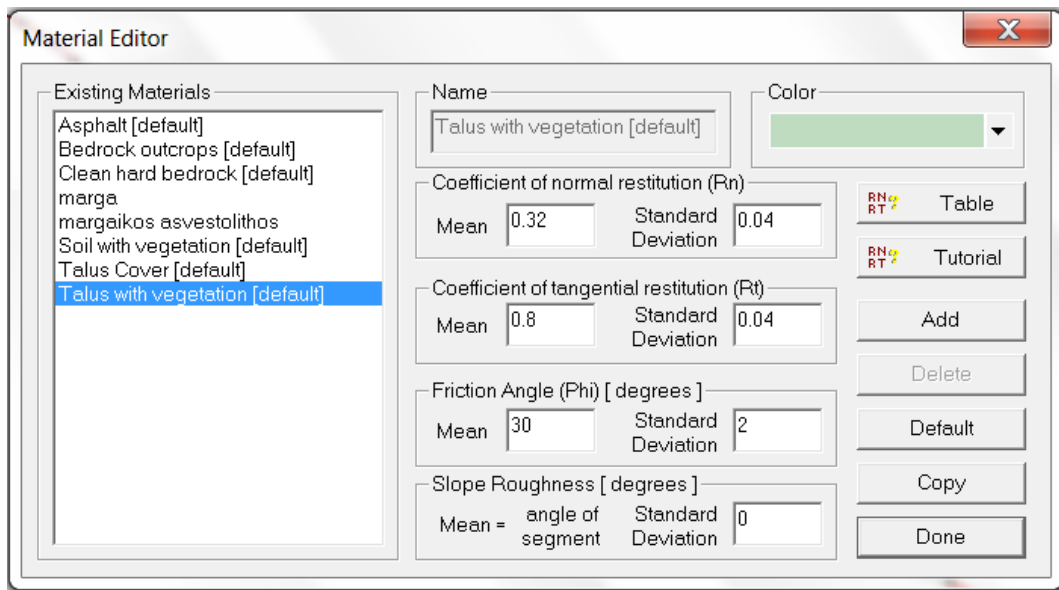


Εικόνα 4-3: Παράμετροι που εισήχθηκαν στο μαργαϊκό ασβεστόλιθο

Στη συνέχεια, ακολούθησε η αντιστοίχιση των υλικών, στα επιμέρους τμήματα του πρανούς. Στο πλάτωμα που εκτείνεται στην στέψη του πρανούς ορίστηκε ότι υπάρχουν υλικά αποσάθρωσης με βλάστηση (Talus with vegetation), στα κατάντι απότομα τμήματα του πρανούς, από όπου και πραγματοποιήθηκε η αποκόλληση, εμφανίζεται ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος και ακόμα χαμηλότερα τα υλικά του μανδύα αποσάθρωσης από τα οποία κατασκευάστηκαν τα επιχώματα (Talus Cover). Στη υπόλοιπη κατωφέρεια του πρανούς, κατάντη των επιχωμάτων εντοπίστηκαν υλικά αποσάθρωσης με βλάστηση (Talus with vegetation), στα πρανή ανάντι του δρόμου μάργα, και στη συνέχεια η άσφαλτος (asphalt) του δρόμου.

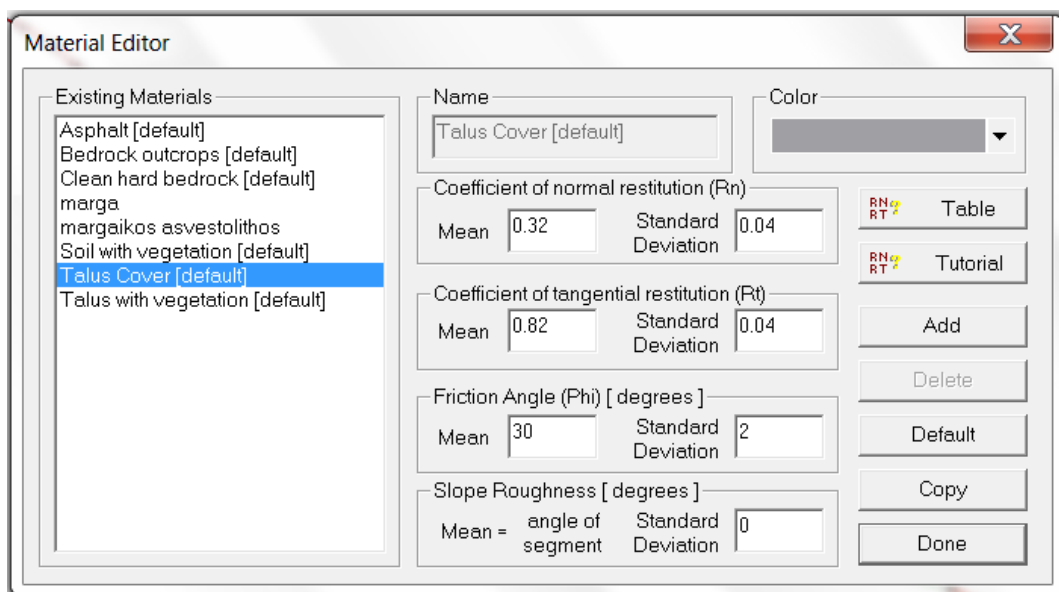
Τα υλικά talus with vegetation, talus cover και asphalt έχουν προκαθορισμένες τιμές από το Rocfall.

Συγκεκριμένα, για το talus with vegetation στο συντελεστή Rn δίνεται η τιμή 0,32, με τυπική απόκλιση 0,04 και στο συντελεστή Rt η τιμή 0,8, με τυπική απόκλιση 0,04. Η γωνία τριβής έχει την τιμή 30°, με τυπική απόκλιση 2° για τους πλακοειδούς βράχους που κινούνται με ερπυσμό και την τιμή 0° για τους βράχους που κυλούν. Στην τραχύτητα του πρανούς δίνεται η τυπική απόκλιση 0°.



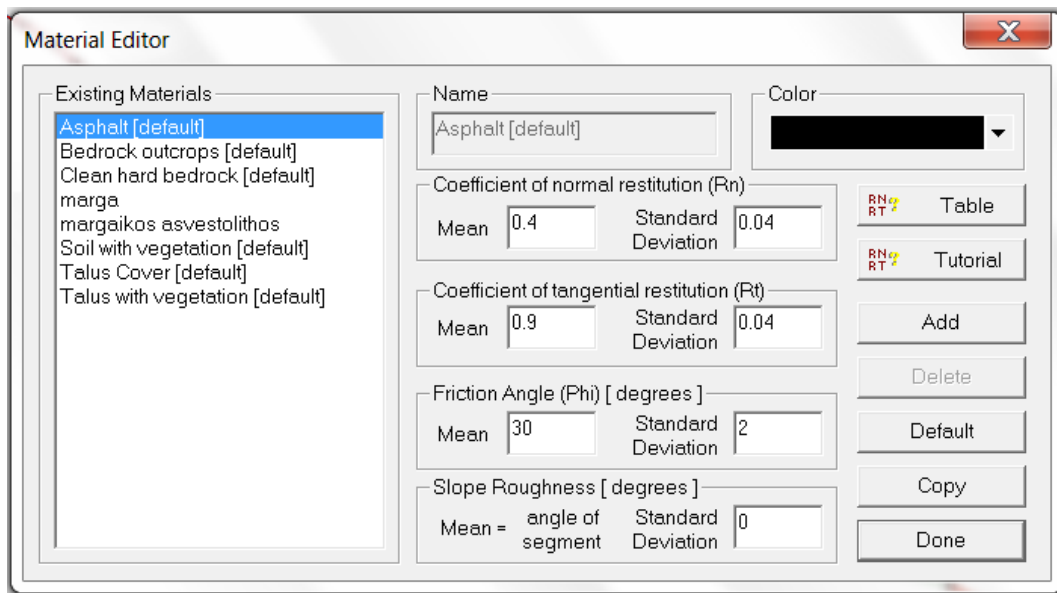
Εικόνα 4-4: Παράμετροι του μανδύα αποσάθρωσης με βλάστηση

Για το μανδύα αποσάθρωσης (talus cover) στο συντελεστή Rn δίνεται η τιμή 0,32, με τυπική απόκλιση 0,04 και στο συντελεστή Rt η τιμή 0,82, με τυπική απόκλιση 0,04. Η γωνία τριβής έχει τη τιμή 30°, με τυπική απόκλιση 2° για τους πλακοειδούς βράχους που κινούνται με ερπυσμό και την τιμή 0° για τους βράχους που κυλούν. Στην τραχύτητα του πρανούς δόθηκε η τυπική απόκλιση 0°.



Εικόνα 4-5: Παράμετροι του μανδύα αποσάθρωσης

Για το Asphalt στο συντελεστή Rn δίνεται η τιμή 0,4, με τυπική απόκλιση 0,04 και στο συντελεστή Rt η τιμή 0,92, με τυπική απόκλιση 0,04. Η γωνία τριβής έχει την τιμή 30°, με τυπική απόκλιση 2° για τους πλακοειδούς βράχους που κινούνται με ερπυσμό και την τιμή 0° για τους βράχους που κυλούν. Στην τραχύτητα του πρανούς δόθηκε η τυπική απόκλιση 0°.



Εικόνα 4-6: Παράμετροι του υλικού asphalt

Το επόμενο βήμα που πραγματοποιήθηκε ήταν ο καθορισμός των θέσεων εκκίνησης (seeders) και των αρχικών συνθηκών των καταπτώσεων. Σε κάθε τομή τοποθετήθηκαν δύο γραμμικές θέσεις εκκίνησης των βραχοτεμαχίων (seeders), μια στο τμήμα που εμφανίζεται ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος και μια στο τμήμα όπου εμφανίζεται η μάργα.

Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν δυο μεγέθη βραχοτεμαχίων.

Κατόπιν επίσκεψης στο πεδίο εκδηλώσεως των καταπτώσεων παρατηρήθηκε ότι το μέγεθος των βραχοτεμαχίων ποικίλει από περίπου $0,008 \text{ m}^3$ έως 1 m^3 . Επίσης, από μετρήσεις στο εργαστήριο, σε δείγματα που λήφθηκαν από την περιοχή, υπολογίστηκαν τα ειδικά βάρη των μαργών ($2,04 \text{ t/m}^3$) και των μαργαϊκών ασβεστόλιθων ($2,62 \text{ t/m}^3$).

Έτσι στις αναλύσεις, για τα μικρά τεμάχια η τιμή μάζας ήταν 20 kg , ενώ για τα μεγάλα 2000 έως 2500 kg



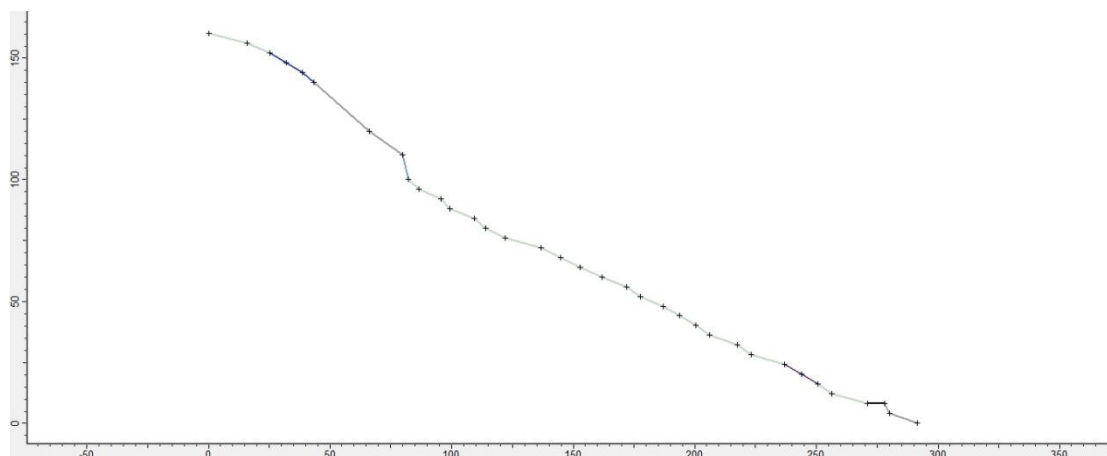
Εικόνα 4-7: Τεμάχια διαφόρων μεγεθών που βρέθηκαν στην περιοχή μελέτης

Για τις προσομοιώσεις έγιναν οι παρακάτω ρυθμίσεις στο λογισμικό Rocfall.

- Οι αρχικές τιμές της γωνιακής και της γραμμικής ταχύτητας ήταν μηδενικές.
- Πραγματοποιήθηκαν στις διατομές προσομοιώσεις 200 ρίψεων.
- Για κάθε διατομή πραγματοποιήθηκε ανάλυση σε 200 σημεία.
- Η γωνιακή ταχύτητα κατά την κίνηση υπολογίστηκε από το λογισμικό.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων για κάθε μία από τις τομές.

4.1. Τομή 1

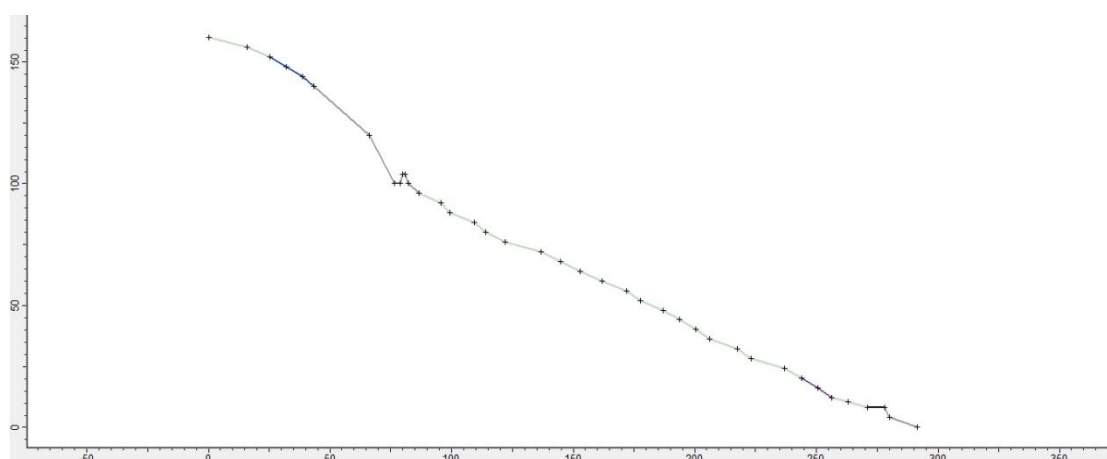


Εικόνα 4-8: Το ανάγλυφο της τομής 1 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Αρχικά στην τομή 1 έγιναν προσομοιώσεις λαμβάνοντας υπ' όψιν το ανάγλυφο πριν την κατασκευή των επιχωμάτων.

Παρατηρήθηκε ότι τα βραχοτεμάχια που κυλούν, καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η μέγιστη κινητική ενέργεια που υπολογίστηκε από το πρόγραμμα στο σημείο που φτάνουν στο δρόμο είναι για τα μεγάλα τεμάχια 175 kJ και για τα μικρά 2 kJ.

Όσον αφορά τα πλακοειδή τεμάχια, που κινούνται με ερπυσμό, κανένα δεν φτάνει ως την παραλιακή οδό. Η μέγιστη απόσταση που σημειώθηκε είναι τα 100 m.



Εικόνα 4-9: Το ανάγλυφο της τομής 1 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων

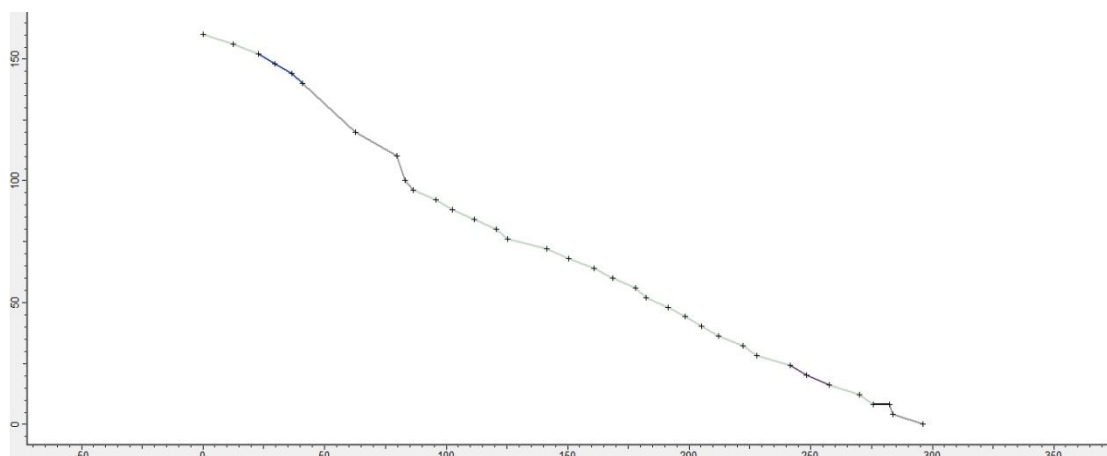
Όπως προαναφέρθηκε η τομή 1 τέμνει μόνο το άνω επίχωμα. Από τις αναλύσεις στη νέα τομή προέκυψε ότι για τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση, συμπεριλαμβανομένου του επιχώματος, δεν παρατηρήθηκε βελτίωση διότι αυτά αναπηδούν στη στέψη του και συνεχίζουν την τροχιά προς την παραλιακή οδό. Εκεί καταλήγουν και οι 200 ρίψεις που εκτελέστηκαν. Για τα μεγάλα τεμάχια, η ενέργεια

αμέσως μετά την αναπήδηση στο επίχωμα είναι 150 kJ, ενώ φτάνουν στο δρόμο με ενέργεια 1070 kJ. Για τα μικρά τεμάχια η ενέργεια μετά την αναπήδηση είναι 8,5 kJ, ενώ καταλήγουν στο δρόμο με ενέργεια 1 kJ. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης είναι 25 m.

Όσον αφορά τα πλακοειδή τεμάχια, αυτά που εκκινούν από το άνω σημείο στους μαργαϊκούς ασβεστολίθους εγκλωβίζονται όλα στο επίχωμα, ενώ αυτά που εκκινούν από το κάτω στις μάργες σταματούν πριν φτάσουν στο δρόμο, διανύοντας μέγιστη απόσταση 24 m. Για τα μεγάλα τεμάχια η αναμενόμενη κινητική ενέργεια στο επίχωμα είναι 750 kJ, ενώ για τα μικρά 0,9 kJ.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 1 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

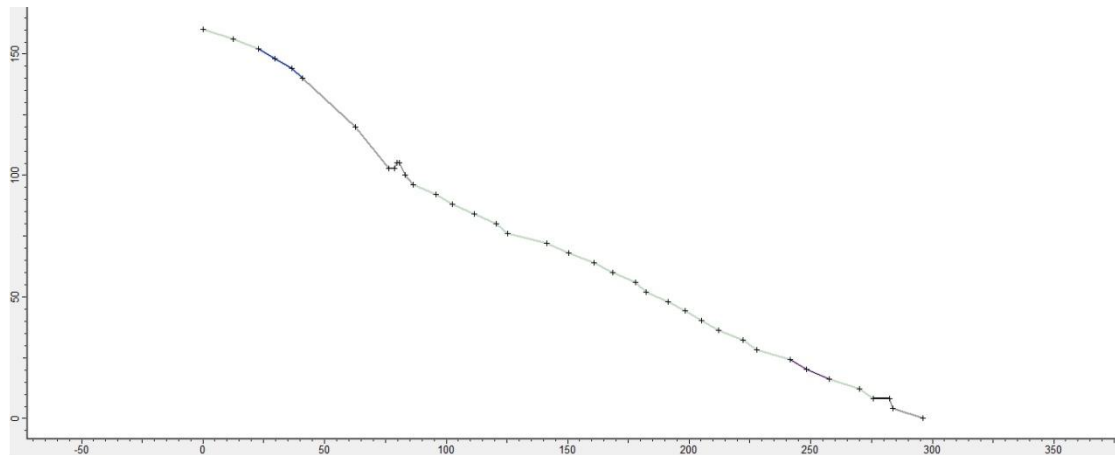
4.2. Τομή 2



Εικόνα 4-10: Το ανάγλυφο της τομής 2 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην αρχική γεωμετρία του πρανούς τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η τιμή της κινητικής ενέργειας στο σημείο του δρόμου για τα μεγάλα τεμάχια φτάνει τα 300 kJ και για τα μικρά τα 2,8 kJ.

Όσον αφορά τα πλακοειδή τεμάχια, οι τροχιές τους σβήνουν πριν καταλήξουν στο δρόμο διανύοντας απόσταση έως και 88 m.



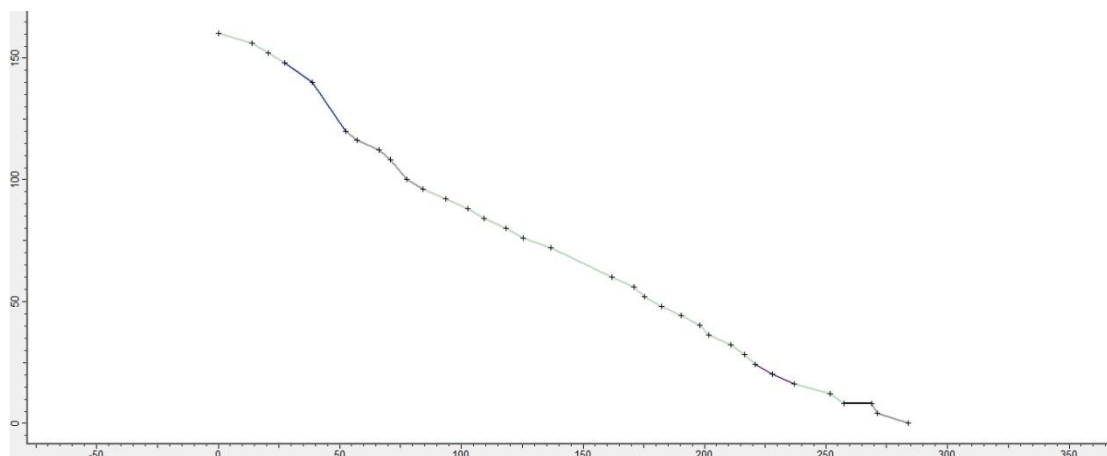
Εικόνα 4-11: Το ανάγλυφο της τομής 2 μετά την κατασκευή των επιχώματων

Όταν στις προσομοιώσεις λήφθηκε υπ' όψιν η παρουσία του άνω επίχωματος παρατηρήθηκε ότι από τα μεγάλα τεμάχια που κυλούν περίπου το 15% συγκρατείται στο επίχωμα με ενέργειες που φτάνουν τα 250 kJ. Τα υπόλοιπα τεμάχια καταλήγουν στον παραλιακό δρόμο με ενέργειες που φτάνουν τα 330 kJ. Από τα μικρά τεμάχια, το 13% συγκρατείται στο επίχωμα με αναμενόμενη κινητική ενέργεια 2,1 kJ. Τα υπόλοιπα τεμάχια καταλήγουν στον παραλιακό δρόμο με κινητική ενέργεια της τάξης των 2,5 kJ. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης υπολογίστηκε 12,5 m σε θέση μετά την υπερπήδηση του επιχώματος.

Για τα πλακοειδή τεμάχια που εκκινούν από το άνω σημείο (seeder) παρατηρήθηκε ότι εγκλωβίζονται όλα στο άνω επίχωμα. Η αναμενόμενη κινητική ενέργεια στο σημείο του επιχώματος είναι για τα μεγάλα τεμάχια 750 kJ και για τα μικρά 0,6 kJ. Όσα πλακοειδή τεμάχια εκκινούν από το κάτω seeder σταματούν έχοντας διανύσει μέγιστη απόσταση περίπου 17 m.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 2 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

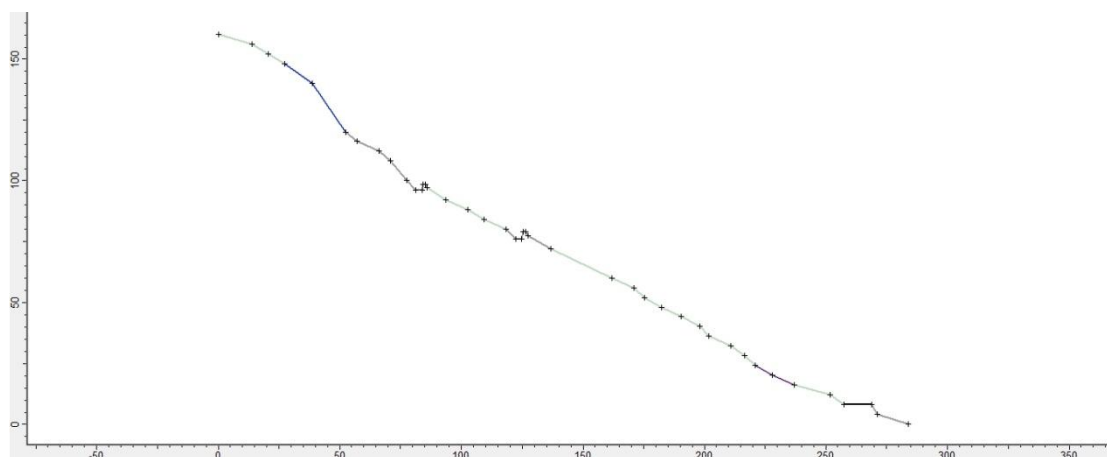
4.3. Τομή 3



Εικόνα 4-12: Το ανάγλυφο της τομής 3 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην αρχική γεωμετρία του πρανούς παρατηρήθηκε ότι τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η κινητική ενέργεια για τα μεγάλα είναι 300 kJ ενώ για τα μικρά 2,4 kJ.

Στην προσομοίωση που επιλέχτηκε τα βραχοτεμάχια να κινούνται με ερπυσμό, παρατηρείται ότι κανένα δεν καταλήγει στην επαρχιακή οδό, ούτε από το άνω seeder, ούτε από το κάτω. Η μέγιστη απόσταση που διανύθηκε από το άνω είναι 75 m και από το κάτω 18 m.



Εικόνα 4-13: Το ανάγλυφο της τομής 3 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων

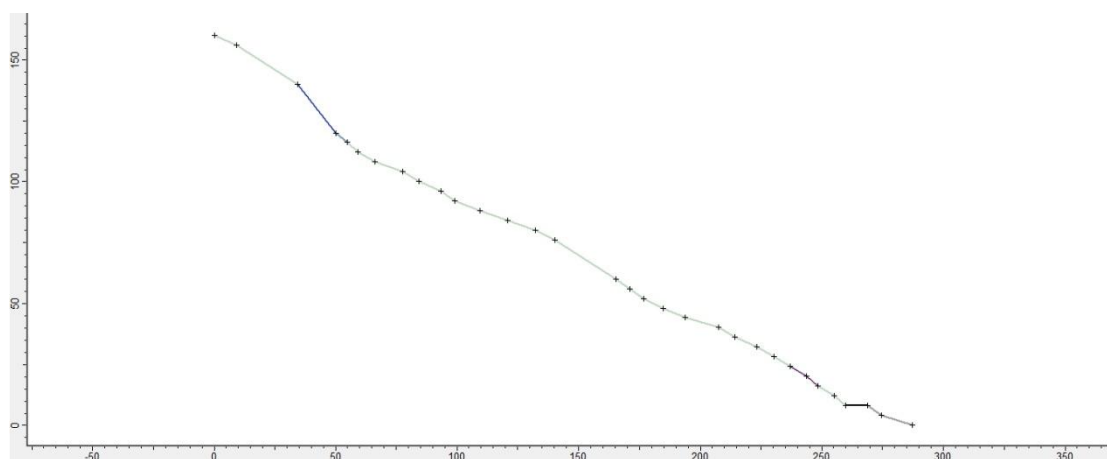
Όταν στις προσομοιώσεις λήφθηκε υπ' όψιν η παρουσία των επιχωμάτων παρατηρήθηκε ότι για τα βραχοτεμάχια που κυλούν, όσα εκκινούν από το άνω seeder εγκλωβίζονται στο άνω επίχωμα και όσα εκκινούν από το κάτω seeder καταλήγουν στο δρόμο. Η αναμενόμενη κινητική ενέργεια αυτών που σταματούν στο επίχωμα είναι 220 kJ για τα μεγάλα και 1,8 kJ για τα μικρά, ενώ αυτών που καταλήγουν στο

δρόμο 220 kJ για τα μεγάλα και 1,8 kJ για τα μικρά. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης που παρατηρήθηκε είναι 3 m στη θέση $x=46$ m.

Όσον αφορά τα βραχοτεμάχια που κινούνται με ερπυσμό, όλα όσα εκκινούν από το άνω seeder συγκρατούνται στο άνω επίχωμα με ενέργειες που φτάνουν τα 175 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,5 kJ για τα μικρά. Τα βραχοτεμάχια του κάτω seeder σταματούν πριν φτάσουν στο δρόμο έχοντας διανύσει αποστάσεις μέχρι και 18 μέτρα.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 3 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

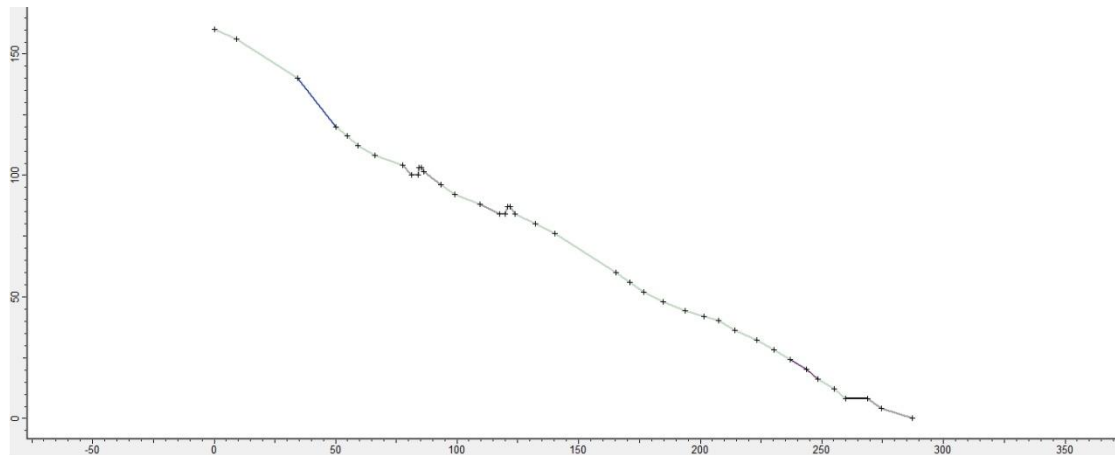
4.4. Τομή 4



Εικόνα 4-14: Το ανάγλυφο της τομής 4 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην αρχική γεωμετρία του πρανούς παρατηρήθηκε ότι τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η κινητική ενέργεια για τα μεγάλα είναι 350 kJ ενώ για τα μικρά 2,8 kJ.

Στην προσομοίωση που επιλέχτηκε τα βραχοτεμάχια να κινούνται με ερπυσμό, παρατηρείται ότι από όσα εκκινούν από το άνω seeder κανένα δεν καταλήγει στην επαρχιακή οδό και η μέγιστη απόσταση που διανύθηκε είναι 40 m. Στην παραλιακή οδό καταλήγουν σχεδόν το 90% των τεμαχίων που εκκίνησαν από το κάτω seeder με ενέργειες της τάξης των 40 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,3 kJ για τα μικρά.



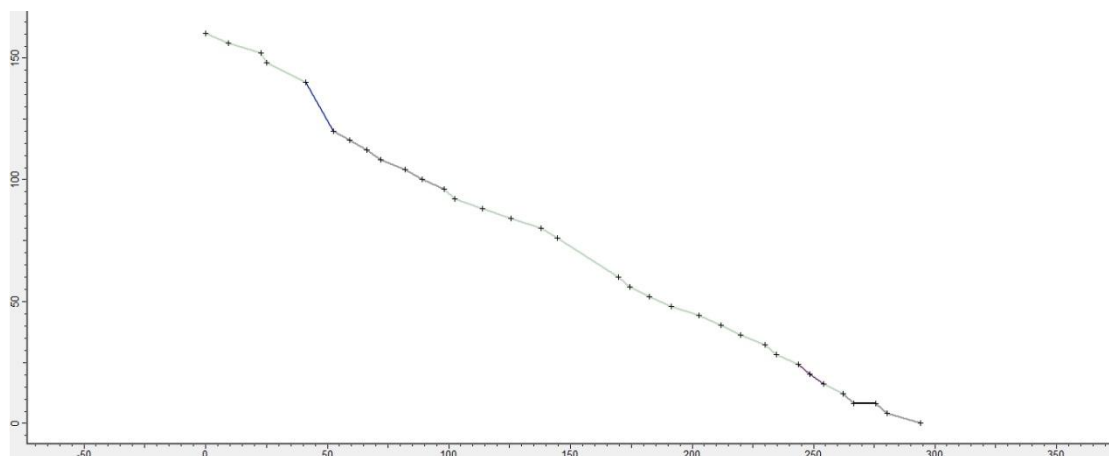
Εικόνα 4-15: Το ανάγλυφο της τομής 1 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία των επιχωμάτων στην ανάλυση προκύπτει ότι για τα βραχοτεμάχια που κυλούν, όσα εκκινούν από το άνω seeder εγκλωβίζονται στο άνω επίχωμα και όσα εκκινούν από το κάτω seeder καταλήγουν στο δρόμο. Η αναμενόμενη κινητική ενέργεια αυτών που σταματούν στο επίχωμα είναι 310 kJ για τα μεγάλα και 2,4 kJ για τα μικρά, ενώ αυτών που καταλήγουν στο δρόμο 178 kJ για τα μεγάλα και 1,5 kJ για τα μικρά. Το μέγιστο ύψος αναπήδησης που παρατηρήθηκε είναι 1,5 m στη θέση $x=82$ m.

Όσον αφορά τα βραχοτεμάχια που κινούνται με ερπυσμό, όλα όσα εκκινούν από το άνω seeder σταματούν πριν φτάσουν στο άνω επίχωμα έχοντας διανύσει μέγιστη απόσταση 43 m. Τα βραχοτεμάχια του κάτω seeder καταλήγουν στον παραλιακό δρόμο με ενέργειες που φτάνουν τα 40 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,3 kJ για τα μικρά.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 4 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

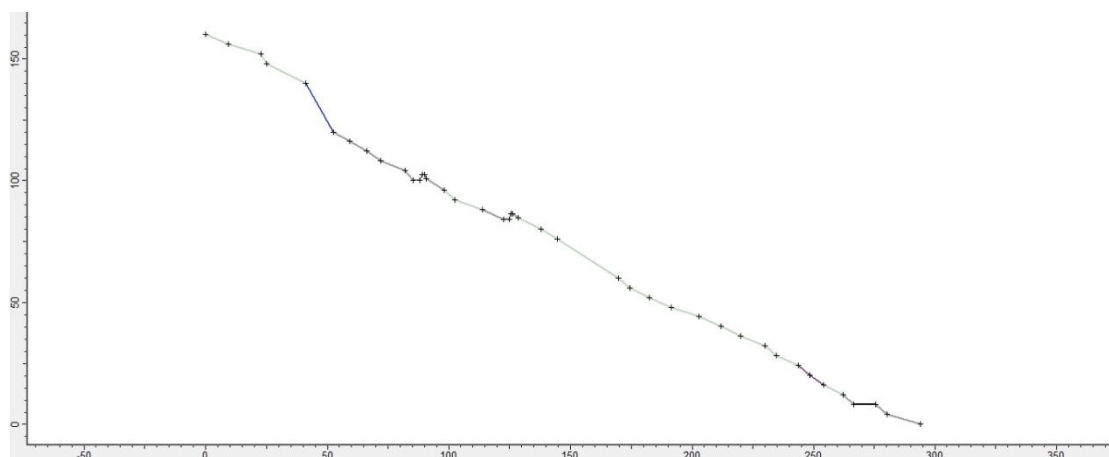
4.5. Τομή 5



Εικόνα 4-16: Το ανάγλυφο της τομής 6 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Οι προσομοιώσεις που έγιναν στην αρχική γεωμετρία της τομής 5 δείχνουν ότι τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η κινητική ενέργεια για τα μεγάλα είναι 310 kJ ενώ για τα μικρά 2,5 kJ.

Στην προσομοίωση που επιλέχτηκε τα βραχοτεμάχια να κινούνται με ερπυσμό, παρατηρείται ότι από όσα εκκινούν από το άνω seeder κανένα δεν καταλήγει στην επαρχιακή οδό και η μέγιστη απόσταση που διανύθηκε είναι 53 m. Στην παραλιακή οδό καταλήγουν περίπου το 28% των τεμαχίων που εκκίνησαν από το κάτω seeder με ενέργειες της τάξης των 50 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,4 kJ για τα μικρά.



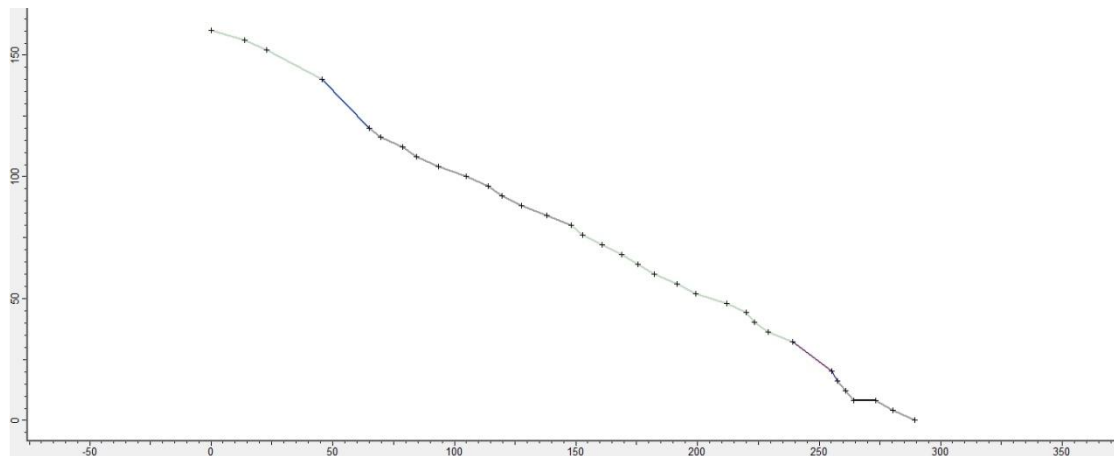
Εικόνα 4-17: Το ανάγλυφο της τομής 5 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία των επιχωμάτων στην ανάλυση για τα βραχοτεμάχια που κυλούν, παρατηρήθηκε ότι όσα εκκινούν από το άνω seeder εγκλωβίζονται στο άνω επίχωμα και όσα εκκινούν από το κάτω seeder καταλήγουν στο δρόμο. Η αναμενόμενη κινητική ενέργεια αυτών που σταματούν στο επίχωμα είναι 280 kJ για τα μεγάλα και 2,2 kJ για τα μικρά, ενώ αυτών που καταλήγουν στο δρόμο 210 kJ για τα μεγάλα και 1,6 kJ για τα μικρά.

Όσον αφορά τα βραχοτεμάχια που κινούνται με ερπυσμό, όλα όσα εκκινούν από το άνω seeder συγκρατούνται στο άνω επίχωμα με ενέργειες που φτάνουν τα 60 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,51 kJ για τα μικρά. Από τα βραχοτεμάχια του κάτω seeder το 25% φτάνουν στο δρόμο με ενέργειες της τάξης των 45 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 0,38 kJ για τα μικρά.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 5 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

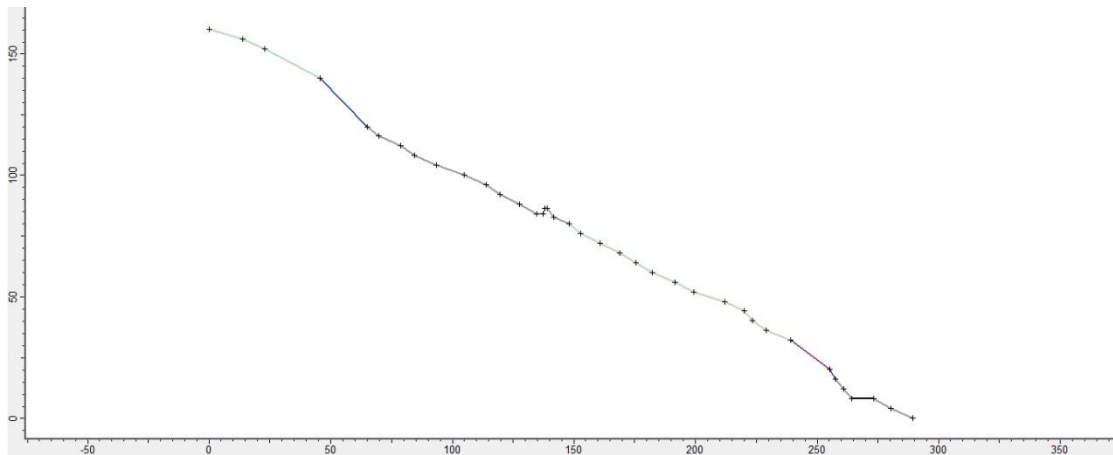
4.6. Τομή 6



Εικόνα 4-18: Το ανάγλυφο της τομής 6 πριν την κατασκευή των επιχωμάτων

Οι προσομοιώσεις που έγιναν στην αρχική γεωμετρία της τομής 6 δείχνουν ότι τα βραχοτεμάχια που εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στην παραλιακή οδό. Η κινητική ενέργεια για τα μεγάλα είναι 600 kJ ενώ για τα μικρά 4,7 kJ.

Στην προσομοίωση που επιλέχτηκε τα βραχοτεμάχια να κινούνται με ερπυσμό, παρατηρείται ότι από όσα εκκινούν από το άνω seeder κανένα δεν καταλήγει στην επαρχιακή οδό και η μέγιστη απόσταση που διανύθηκε είναι 50 m. Στην παραλιακή οδό καταλήγουν όλα τα τεμάχια που εκκίνησαν από το κάτω seeder με ενέργειες της τάξης των 223 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 1,8 kJ για τα μικρά.



Εικόνα 4-19: Το ανάγλυφο της τομής 6 μετά την κατασκευή των επιχωμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία των επιχωμάτων στην ανάλυση παρατηρήθηκε ότι για τα βραχοτεμάχια που κυλούν, όσα εκκινούν από το άνω seeder εγκλωβίζονται στο άνω επίχωμα και όσα εκκινούν από το κάτω seeder καταλήγουν στο δρόμο. Η αναμενόμενη κινητική ενέργεια αυτών που σταματούν στο επίχωμα είναι 156 kJ για τα μεγάλα και 1,5 kJ για τα μικρά, ενώ αυτών που καταλήγουν στο δρόμο 443 kJ για τα μεγάλα και 3,5 kJ για τα μικρά.

Όσον αφορά τα βραχοτεμάχια που κινούνται με ερπυσμό, όλα όσα εκκινούν από το άνω seeder σταματούν πριν φτάσουν στο άνω επίχωμα έχοντας διανύσει μέγιστη απόσταση 50 m. Τα βραχοτεμάχια του κάτω seeder καταλήγουν στον παραλιακό δρόμο με ενέργειες που φτάνουν τα 70 kJ για τα μεγάλα τεμάχια και 1,4 kJ για τα μικρά.

Το σύνολο των διαγραμμάτων που αφορούν τις αναλύσεις στην τομή 6 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

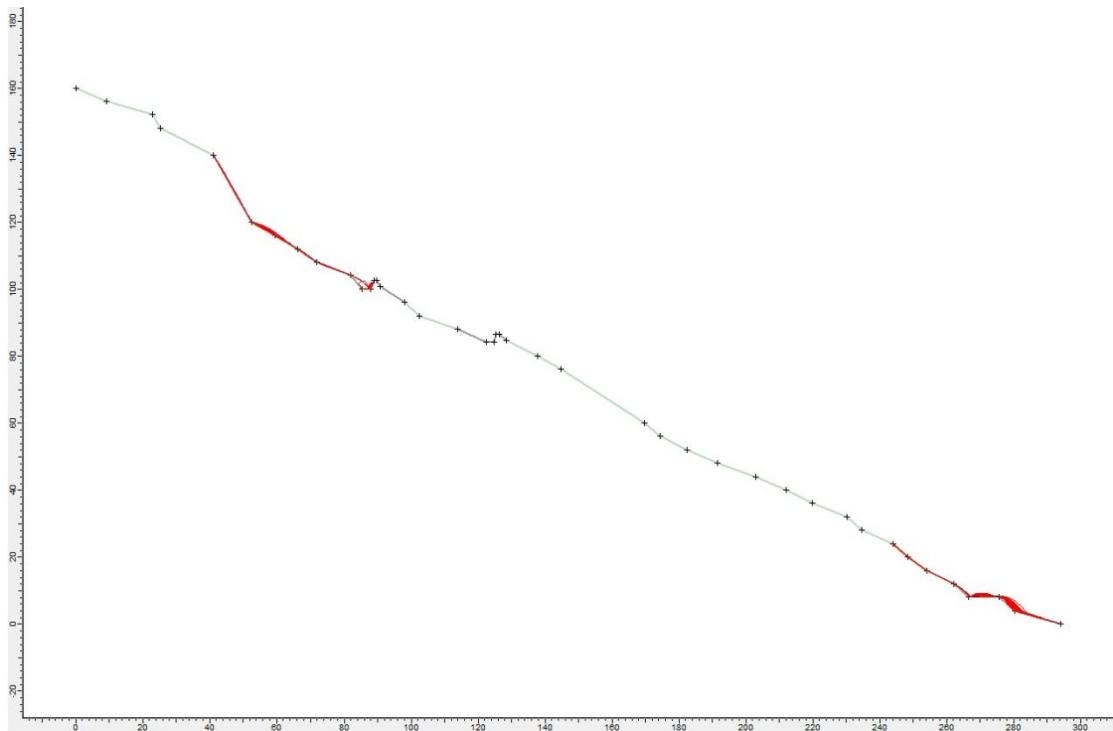
5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, για τη μελέτη των καταπτώσεων της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν 6 τομές. Σε κάθε μία από αυτές πραγματοποιήθηκαν 8 διαφορετικές προσομοιώσεις, μεταβάλλοντας κάποιες από τις παραμέτρους των αναλύσεων.

Σε όλες τις τομές, αυτό που εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί είναι η δυσμενέστερη των περιπτώσεων, η οποία παρατηρείται όταν τα μεγάλα τεμάχια εκτελούν κύλιση. Η μηδενική γωνία τριβής που εισάγεται στην περίπτωση αυτή, αντικατοπτρίζεται στην προσομοίωση με τα τεμάχια να διανύουν τις μεγαλύτερες των αποστάσεων. Είναι γνωστό ότι στο Rocfall τα βραχοτεμάχια αποτελούν αδιάστατα σημεία. Συνεπώς, το μέγεθος των τεμαχίων που εισάγεται δεν παίζει ρόλο στην τροχιά του βράχου (μεγάλα και μικρά τεμάχια ακολουθούν την ίδια πορεία). Ωστόσο, εκεί που παίζει ρόλο το μέγεθος είναι στον υπολογισμό της κινητικής ενέργειας (η μεγάλη μάζα τους δίνει μεγάλες τιμές κινητικής ενέργειας). Γι' αυτούς τους λόγους η κύλιση των μεγάλων τεμαχίων αποτελεί την πιο ακραία περίπτωση που προκύπτει από τις αναλύσεις.

Τα επιχώματα που κατασκευάστηκαν βελτίωσαν τα επίπεδα ασφαλείας στην περιοχή. Σε όλες τις προσομοιώσεις χωρίς τα επιχώματα, όλα τα τεμάχια που εκτελούσαν κύλιση (από άνω και κάτω seeder) κατέληξαν στην παραλιακή οδό.

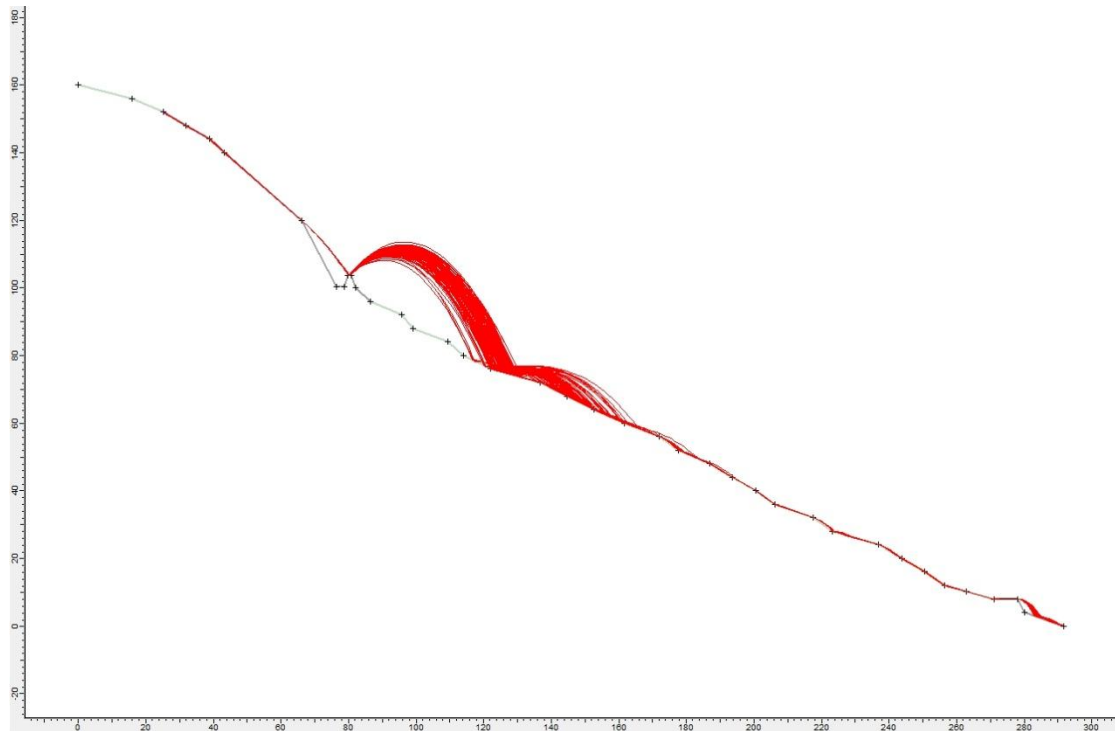
Στις αναλύσεις που συμπεριλήφθηκαν τα επιχώματα, η κατάσταση είναι αισθητά βελτιωμένη στις περιπτώσεις των τομών 3,4,5 (Εικ. 5-1) και 6. Εκεί τα επιχώματα λειτουργούν και συγκρατούν όλα τα τεμάχια από το άνω seeder.



Εικόνα 5-1: Η λειτουργία του επιχώματος της τομής 5 – Ανάσχεση όλων των μεγάλων βραχοτεμαχίων που κυλούν

Πρόβλημα δημιουργείται στις τομές 1 και 2, στις οποίες από τις αναλύσεις προκύπτει ότι κατά την κατασκευή των επιχωμάτων δεν μελετήθηκε σωστά η διάταξή τους. Σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένες τομές τέμνουν μόνο το άνω επίχωμα.

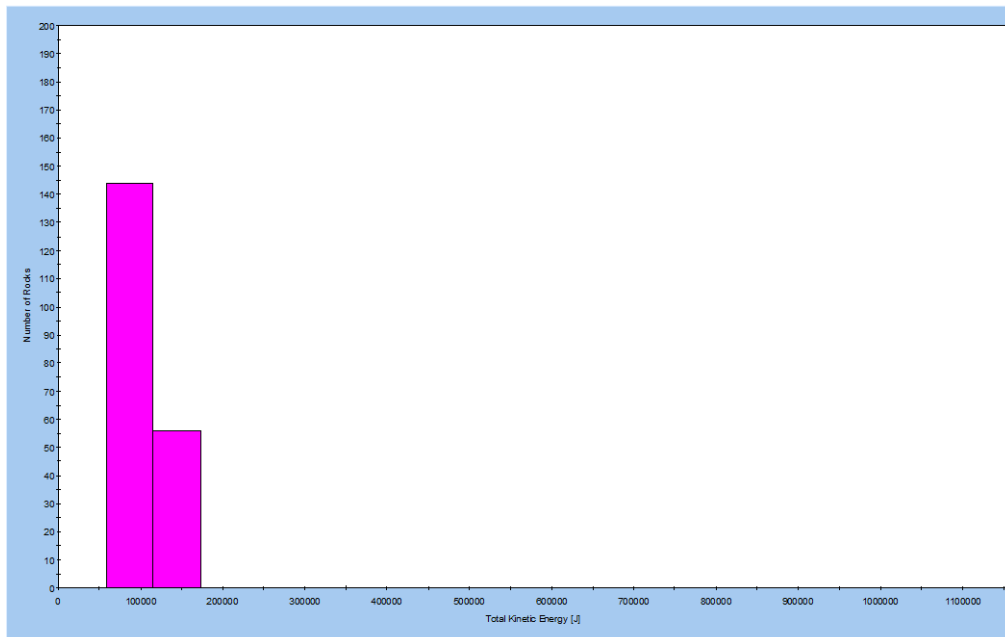
Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.5-2) παρατηρείται ότι στην τομή 1 τα βραχοτεμάχια προσκρούουν στη στέγη του επιχώματος, με αποτέλεσμα την αναπήδησή τους και τελικά την εμφάνισή τους στο δρόμο. Το επίχωμα θα έπρεπε να είχε τοποθετηθεί λίγα μέτρα προς τα κατάντη.



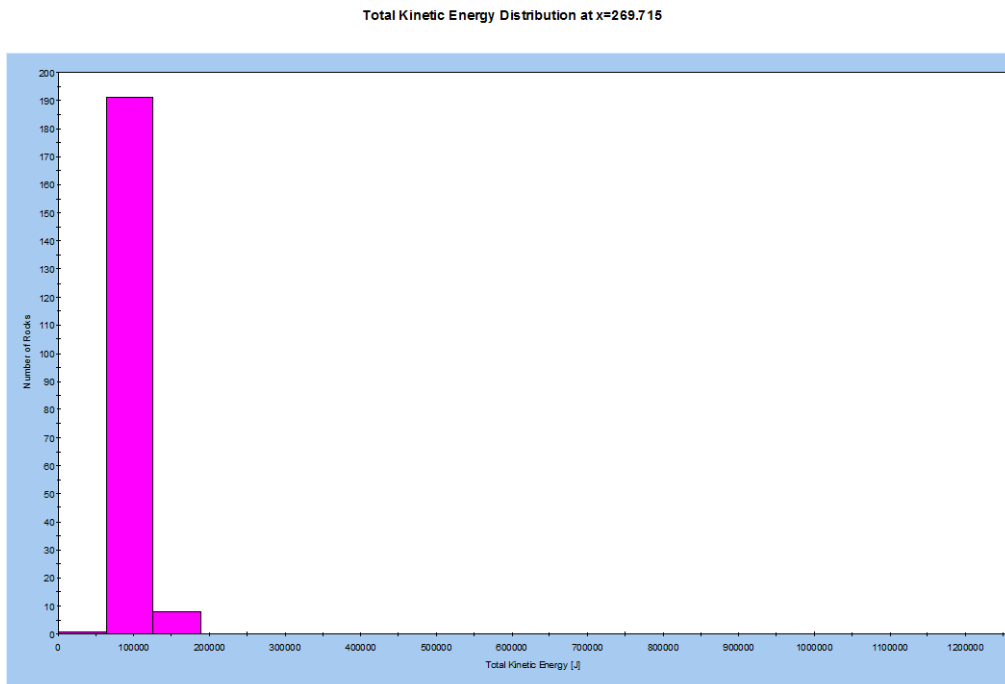
Εικόνα 5-2: Τομή 1 με επίχωμα – μεγάλα τεμάχια - κύλιση

Μάλιστα, οι τιμές της κινητικής ενέργειας των τεμαχίων που καταλήγουν στο δρόμο δεν έχουν μειωθεί με την κατασκευή του επιχώματος, όπως φαίνεται και στις εικόνες 5-3 και 5-4.

Total Kinetic Energy Distribution at x=271.173

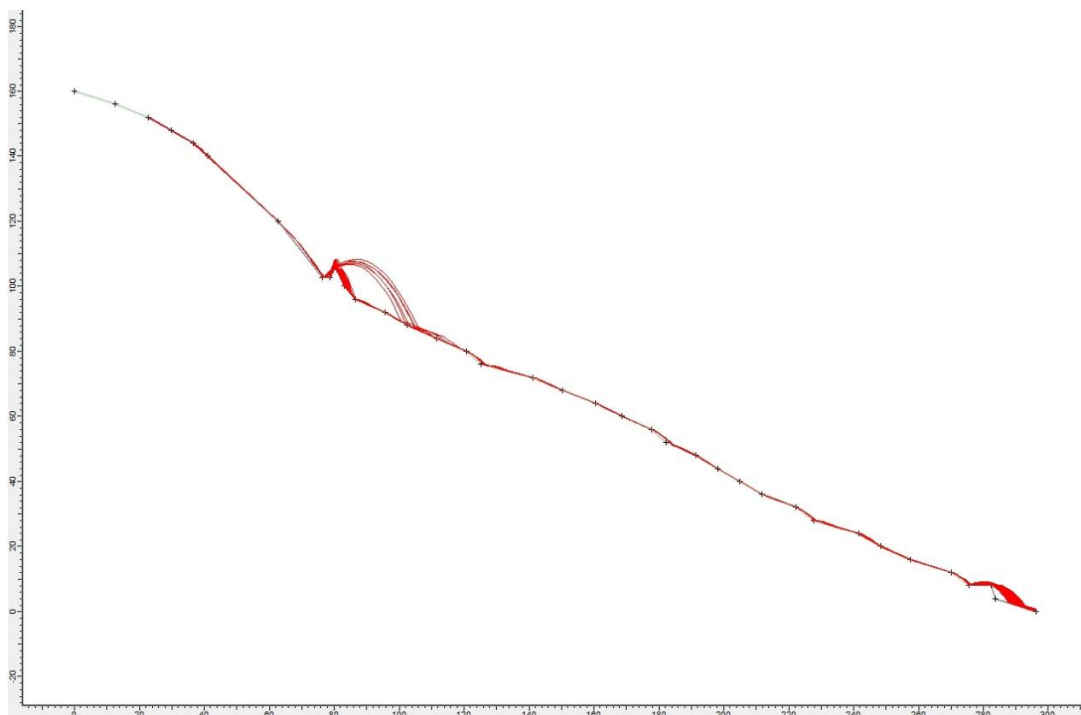


Εικόνα 5-3: Τομή 1 χωρίς επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο



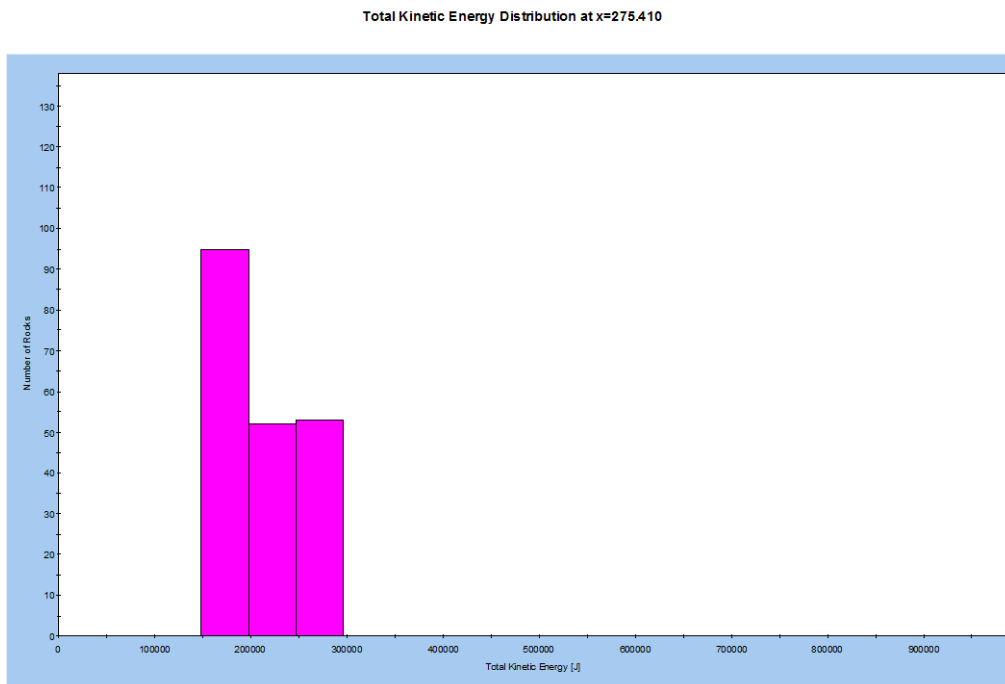
Εικόνα 5-4: Τομή 1 με επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάρρευση στο δρόμο

Παραπλήσια είναι και η κατάσταση στην τομή 2. Στο άνω επίχωμα συγκρατείται περίπου το 15% των βραχοτεμαχίων. Σε αυτήν την περίπτωση αν το κάτω επίχωμα είχε επεκταθεί ως την τομή 2 παρατηρείται ότι πιθανότατα θα συγκρατούσε έναν αριθμό τεμαχίων.

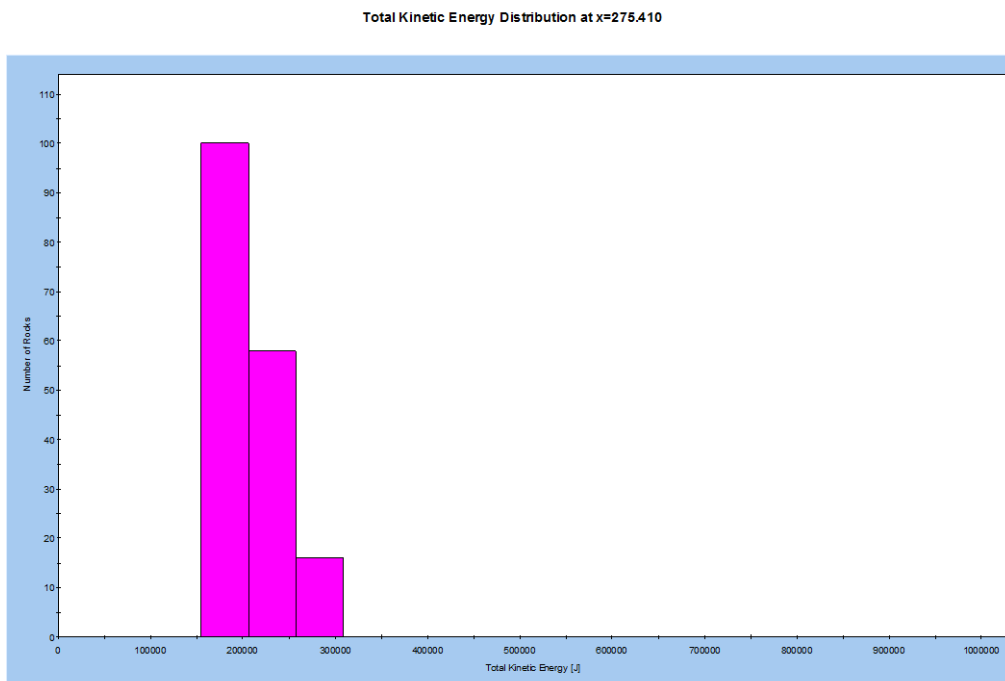


Εικόνα 5-5: Τομή 2 με επίχωμα – μεγάλα τεμάχια – κύλιση

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή της κινητικής ενέργειας στο δρόμο στην τομή 2 είναι μεγαλύτερη για τις προσομοιώσεις που συμπεριλαμβάνουν το επίχωμα, παρά για την αρχική κατάσταση άνευ επίχωματος.(Εικ. 5-6 και 5-7)



Εικόνα 5-6: Τομή 2 χωρίς επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο



Εικόνα 5-7: Τομή 2 με επίχωμα - Κινητική ενέργεια των βραχοτεμαχίων κατά τη κατάληξη στο δρόμο

Άλλο ένα πρόβλημα που φανερώνει το Rocfall είναι τα βραχοτεμάχια που εκκινούν από το κάτω seeder, δηλαδή από τις μάργες. Αυτά σχεδόν σε όλες τις προσομοιώσεις καταλήγουν στην παραλιακή οδό, με μικρές ωστόσο τιμές κινητικής ενέργειας. Αναλυτικότερα, τα αποτελέσματα των αναλύσεων για κάθε τομή έχουν ως εξής:

- Στις τομές 1 και 2 όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, στον παραλιακό δρόμο καταλήγουν το 100% και το 85% των βραχοτεμαχίων, αντίστοιχα. Δηλαδή, όσα περνούν από το άνω seeder και όλα που εκκινούν από το κάτω.
- Στην τομή 3 από το κάτω seeder, στο δρόμο καταλήγουν όλα τα τεμάχια που κυλούν και κανένα που εκτελεί ερπυσμό.
- Στην τομή 4 στην παραλιακή οδό καταλήγουν όλα τα τεμάχια των προσομοιώσεων είτε εκτελούν κύλιση, είτε ερπυσμό.
- Στην τομή 5 τα τεμάχια που εκκινούν από το κάτω seeder και εκτελούν κύλιση καταλήγουν όλα στο δρόμο, μαζί με το 25% περίπου αυτών που εκτελούν ερπυσμό.
- Στην τομή 6 στον παραλιακό δρόμο καταλήγουν όλα τα βραχοτεμάχια που εκκινούν από το κάτω seeder.

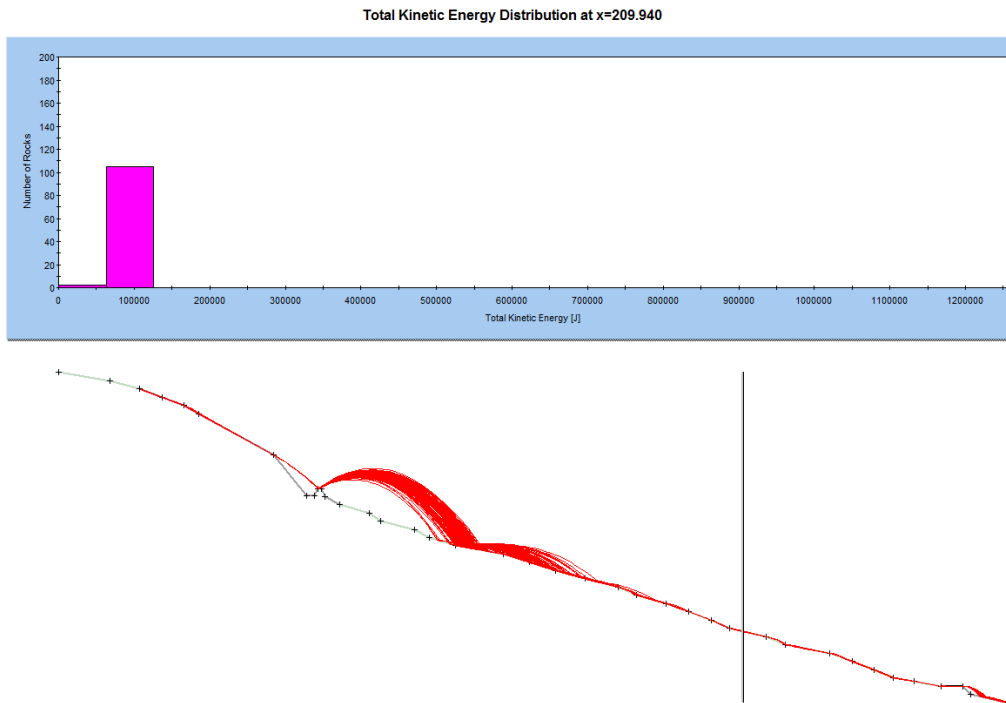
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες τιμές κινητικής ενέργειας που εμφανίζονται κατά την κατάληξη βραχοτεμαχίων στην παραλιακή οδό μετά από κύλιση:

Τομές	Κινητική ενέργεια kJ
1	170
2	330
3	22
4	178
5	210
6	443

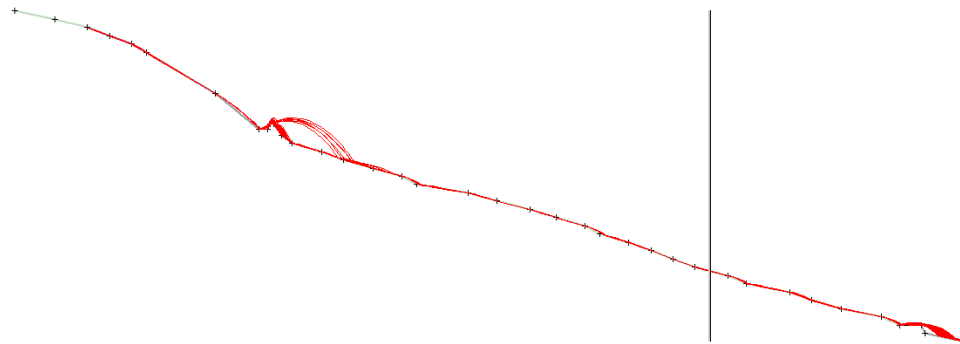
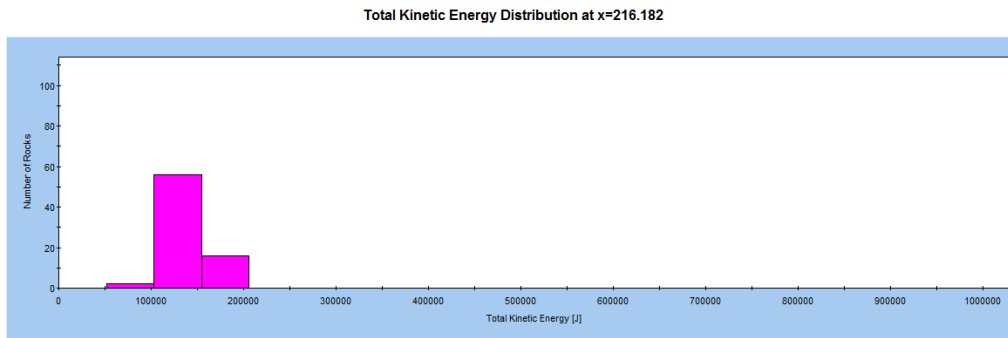
5.2. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Όπως παρατηρήθηκε από τα αποτελέσματα των αναλύσεων με το Rocfall, εντοπίστηκαν δύο ζώνες υψηλής επικινδυνότητας. Η μία αφορά τις τομές 1 και 2, όπου το άνω επίχωμα δεν είναι ικανό να σταματήσει τα βραχοτεμάχια που εκκινούν από την άνω θέση απόσπασης (seeder) κινούμενα προς την παραλιακή οδό. Η δεύτερη ζώνη αφορά τα βραχοτεμάχια που εκκινούν από την κάτω θέση απόσπασης (seeder), δηλαδή το πρανές που εκτείνεται αμέσως ανάντη το δρόμου.

Για την αντιμετώπιση του πρώτου προβλήματος προτείνεται η εγκατάσταση μέτρων ανάσχεσης στην ζώνη χαμηλής κινητικής ενέργειας που αναπτύσσεται κατάντη των υφιστάμενων επιχωμάτων και η οποία επισημαίνεται στις τομές των εικόνων 5-8 και 5-9.

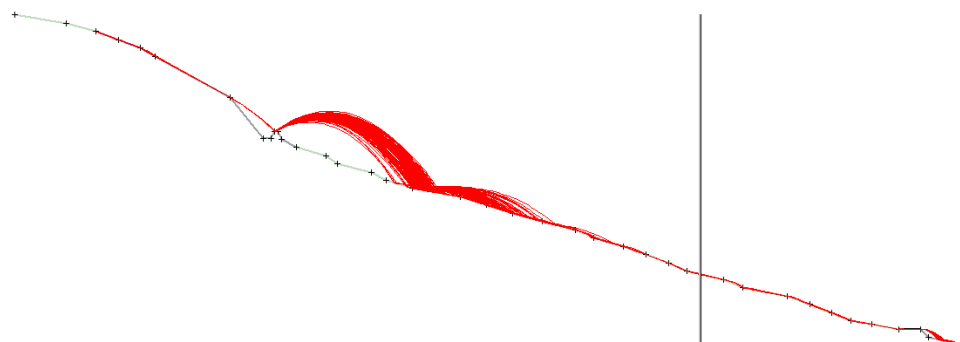
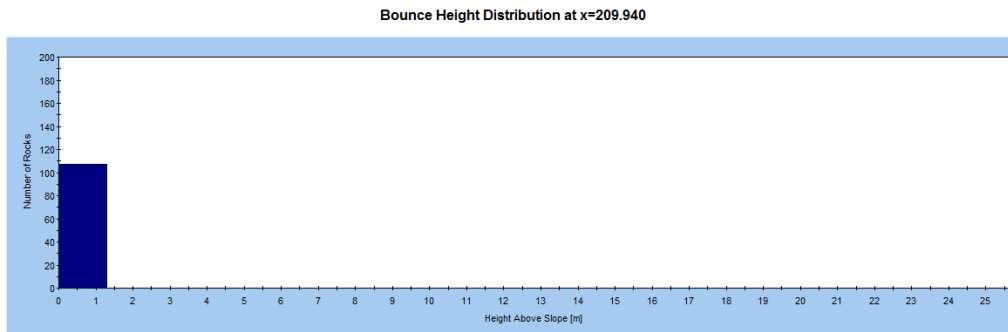


Εικόνα 5-8: Τομή 1 - Διάγραμμα κινητικής ενέργειας στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης

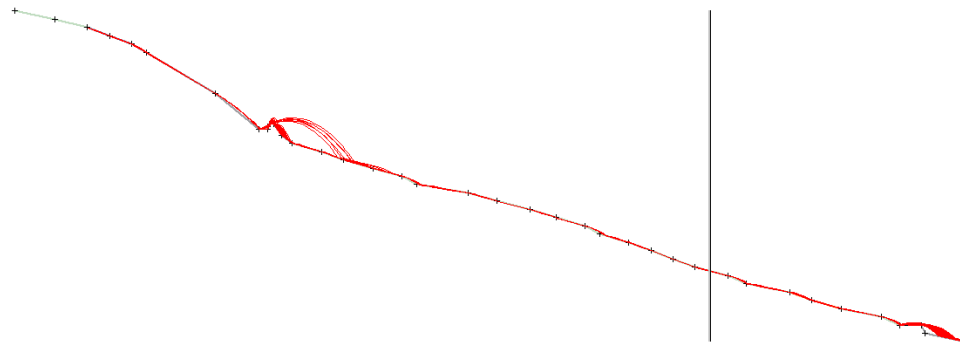
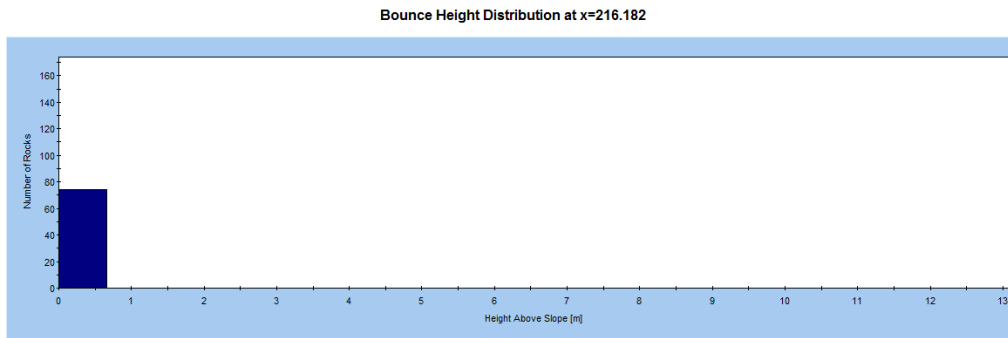


Εικόνα 5-9: Τομή 2 - Διάγραμμα κινητικής ενέργειας στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης

Στις εικόνες 5-10 και 5-11 φαίνεται το ύψος αναπήδησης των βραχοτεμαχίων στη συγκεκριμένη θέση χαμηλής ενέργειας των τομών 1 και 2.

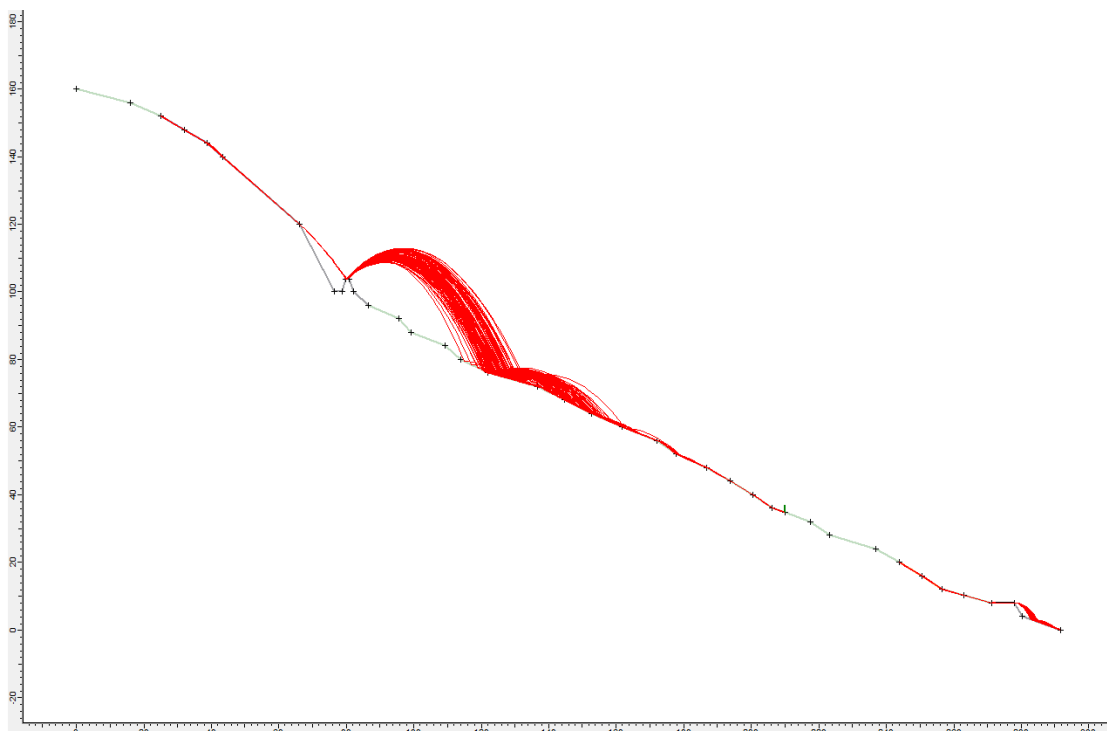


Εικόνα 5-10: Τομή 1 - Διάγραμμα ύψους αναπήδησης βραχοτεμαχίων στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης

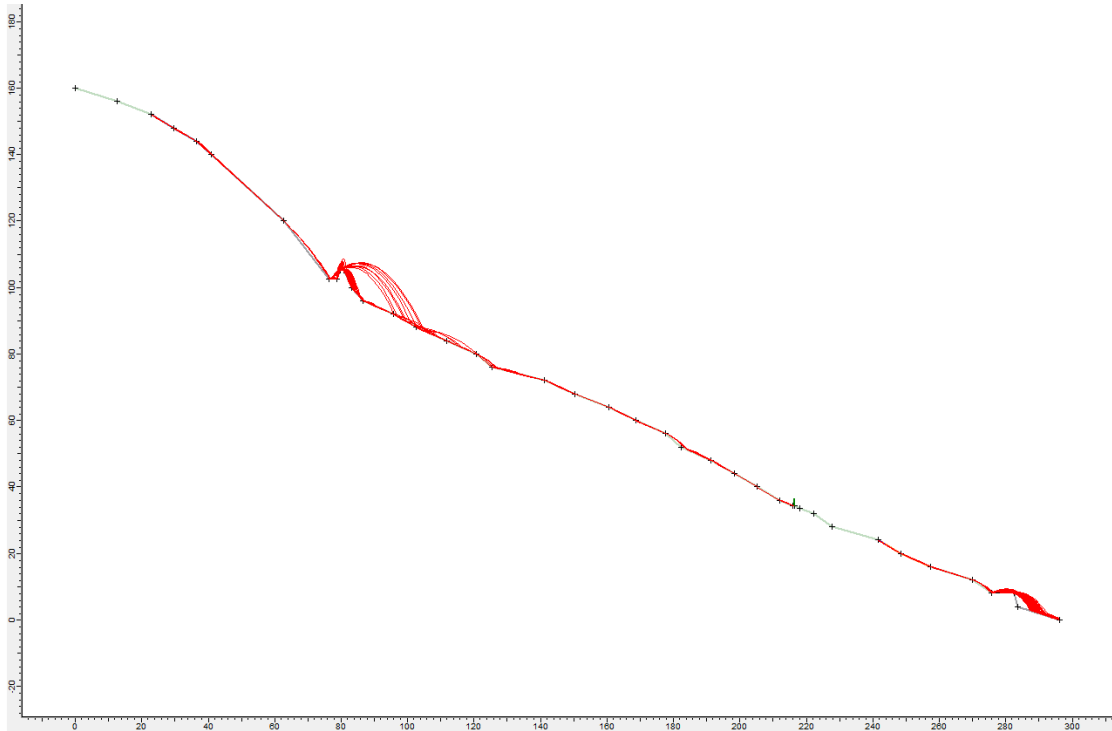


Εικόνα 5-11: Τομή 2 - Διάγραμμα ύψους αναπήδησης βραχοτεμαχίων στο σημείο που προτείνεται η κατασκευή μέτρων ανάσχεσης

Σε αυτό το σημείο εμφανίζονται οι μικρότερες τιμές κινητικής ενέργειας και ύψους αναπήδησης. Στις εικόνες που ακολουθούν (Εικ. 5-12 και 5-13) στις αναλύσεις έχει προστεθεί φράχτης. Η αντοχή του φράχτη που εισήχθη είναι 500 kJ και το ύψος του 2m, αφού αυτές οι τιμές καλύπτουν τα δεδομένα του προβλήματος.



Εικόνα 5-12: Ανάσχεση βραχοτεμαχίων της τομής 1 με την εγκατάσταση φράχτη



Εικόνα 5-13: Ανάσχεση βραχοτεμαχίων της τομής 2 με την εγκατάσταση φράχτη

Οι φράχτες ανάσχεσης κατασκευάζονται κυρίως κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων (οδικών ή σιδηροδρομικών) και κτηρίων 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 να γνωρίζουμε αν τα κατολισθαίνοντα υλικά 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.

Αποτελούνται από:

- στύλους (ορθοστάτες) από γαλβανισμένο μορφοσίδηρο τύπου HEB/HEA με μεταλλική βάση.
- γαλβανισμένο πλέγμα από συρματόσχοινα, ενισχυμένο με οριζόντια γαλβανισμένα συρματόσχοινα, που συγκρατούνται στους στύλους.
- γαλβανισμένα συρματόσχοινα στήριξης της κορυφής των ορθοστατών.
- δακτυλιωτά φρένα, αποσβεστήρες ενέργειας
- αγκύρια της διάταξης στήριξης



Εικόνα 5-14: Ορθοστάτης



Εικόνα 5-15: Δακτυλιωτά φρένο, αποσβεστήρας ενέργειας



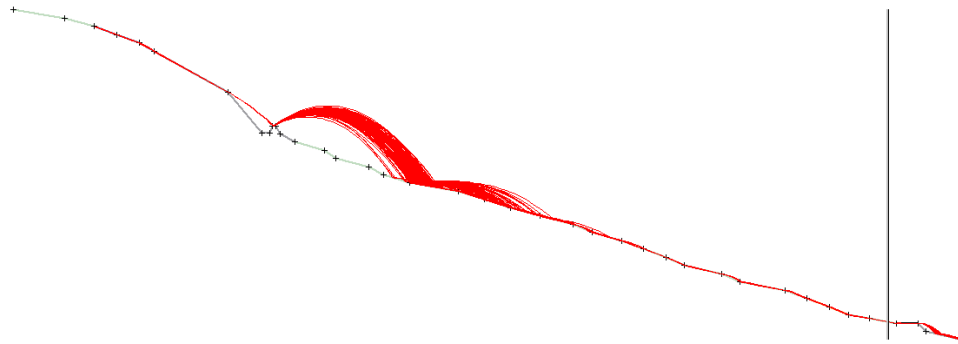
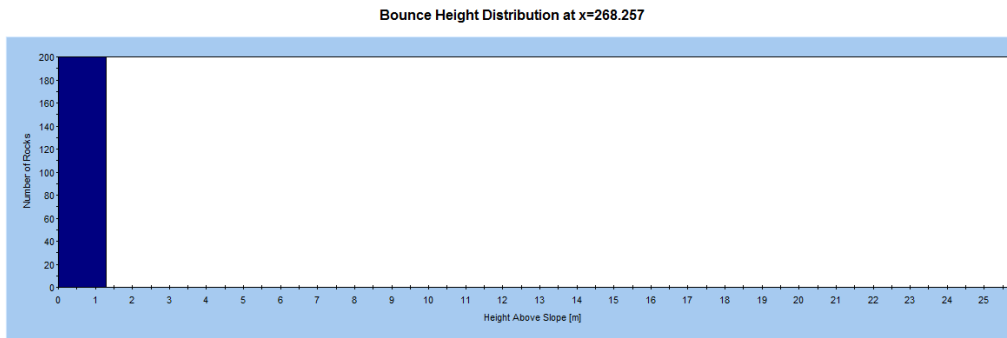
Εικόνα 5-16: Αγκύριο της διάταξης στήριξης



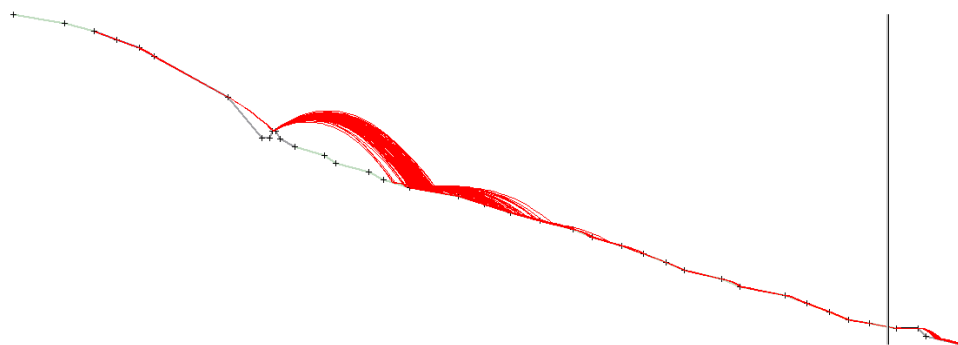
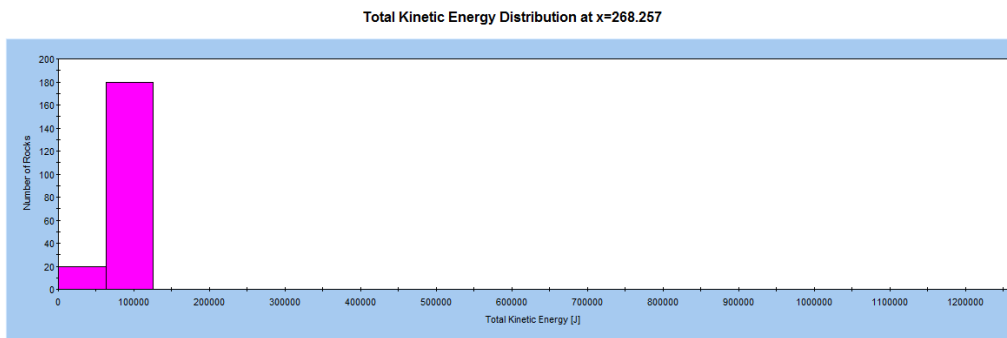
Εικόνα 5-17: Φράκτες ανάσχεσης

Οι διαστάσεις, η ποιότητα των υλικών καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές τους είναι τυποποιημένες, και συνοδεύονται από σχετικά πιστοποιητικά. Οι φράκτες ανάσχεσης βραχοπτώσεων αποτελούν παθητικό σύστημα προστασίας και διατίθενται σε διάφορους τύπους ανάλογα με το ποσόν ενέργειας που θα πρέπει να απορροφήσουν.

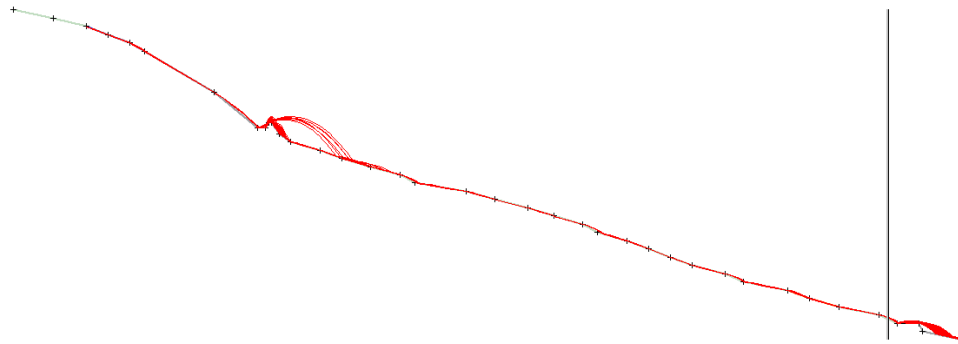
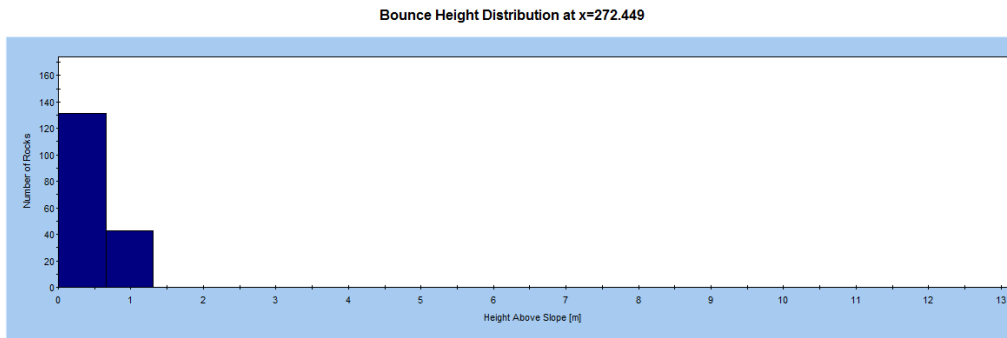
Όσον αφορά τα βραχοτεμάχια που εκκινούν από το κάτω seeder, για την αντιμετώπιση του προβλήματος, υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα οι μέγιστες τιμές ύψους αναπήδησης και κινητικής ενέργειας στις θέσεις που φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. (Εικ. 5-18 έως 5-29)



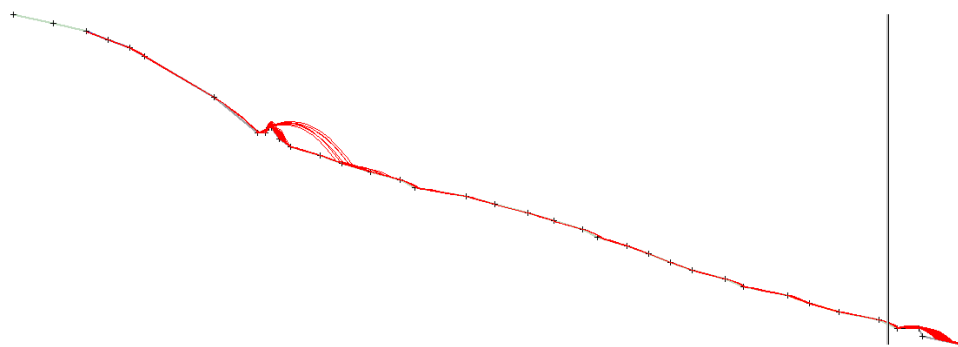
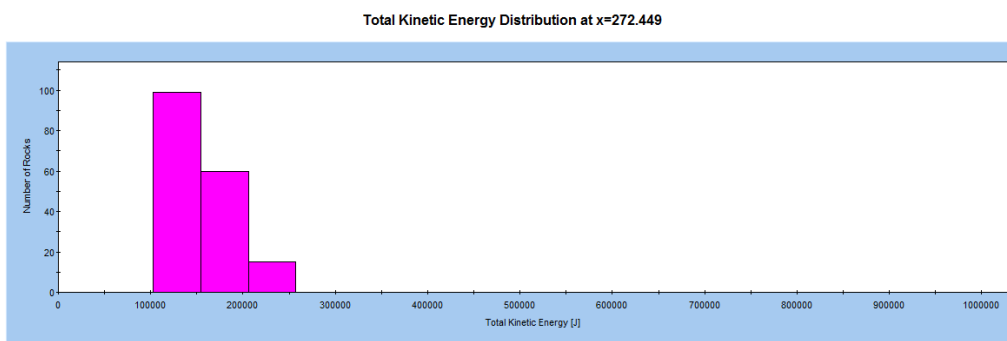
Εικόνα 5-18: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 1 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



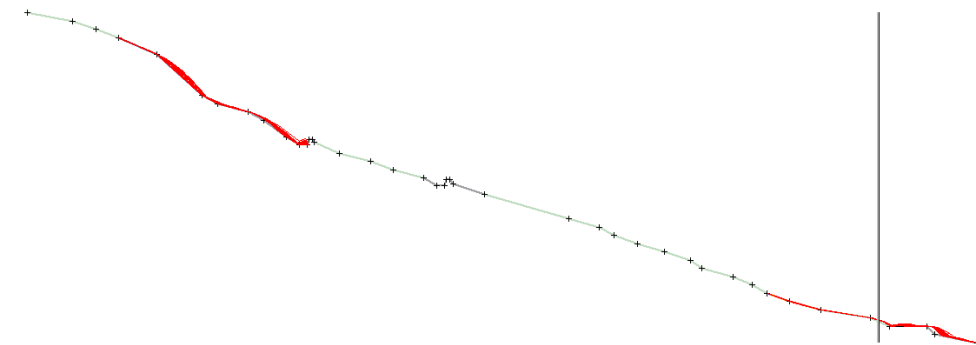
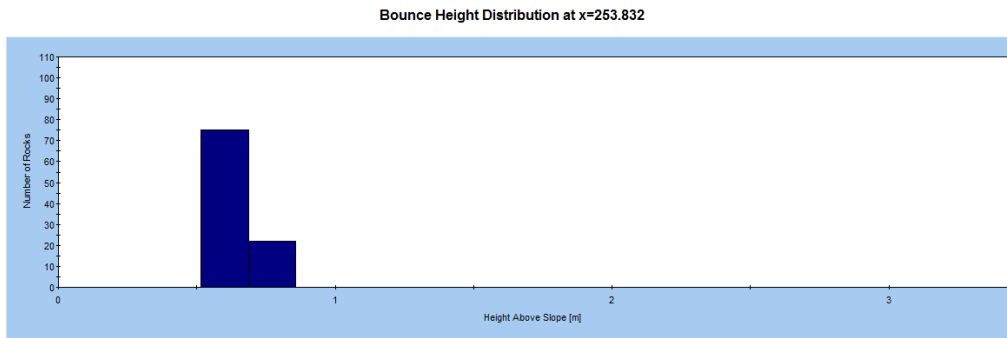
Εικόνα 5-19: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 1 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



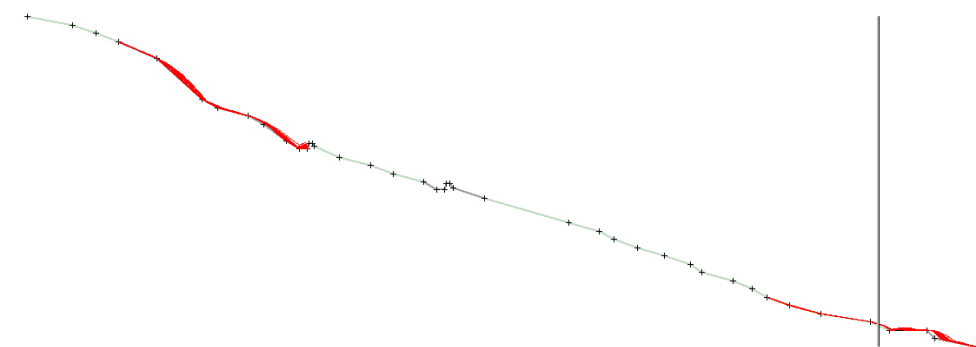
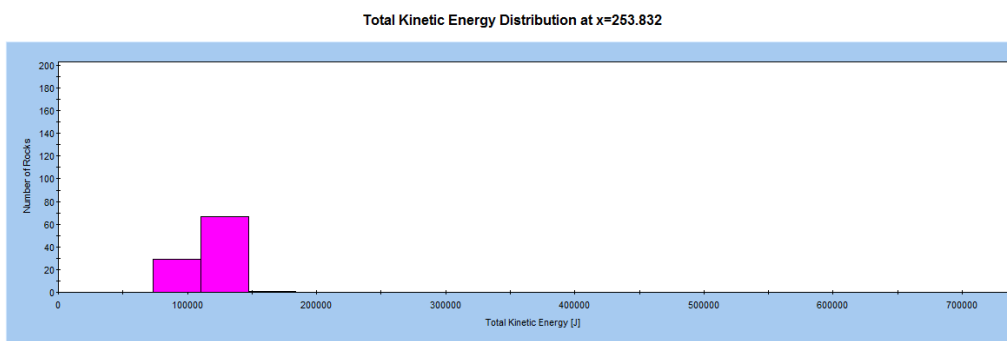
Εικόνα 5-20: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 2 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



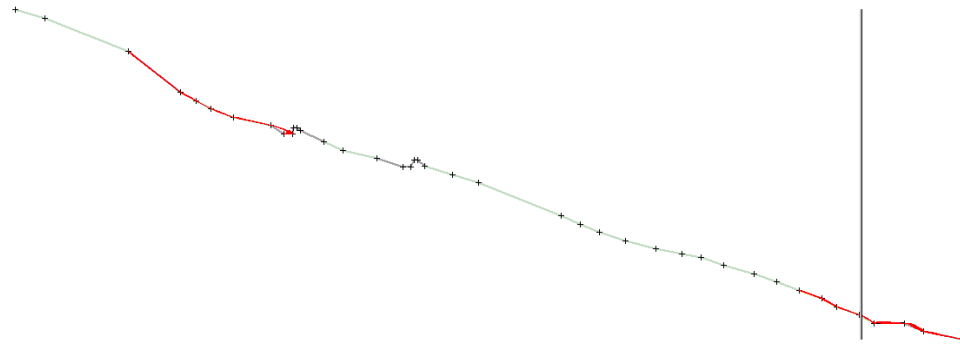
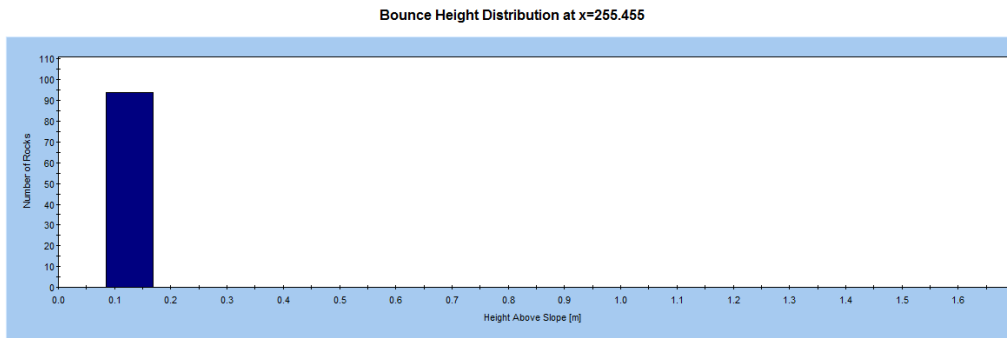
Εικόνα 5-21: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 2 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



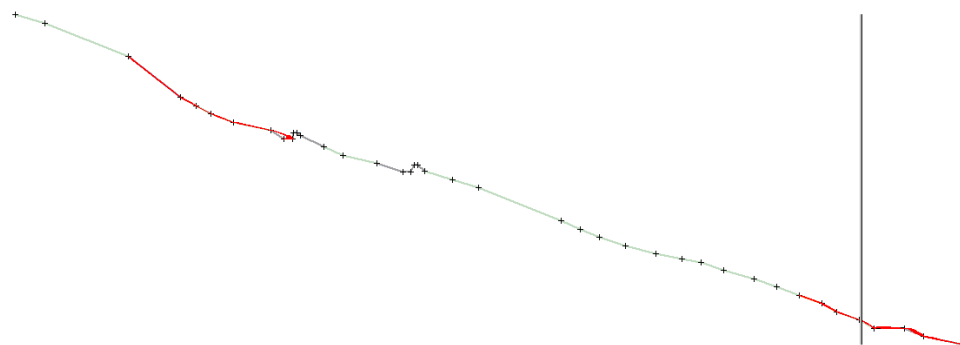
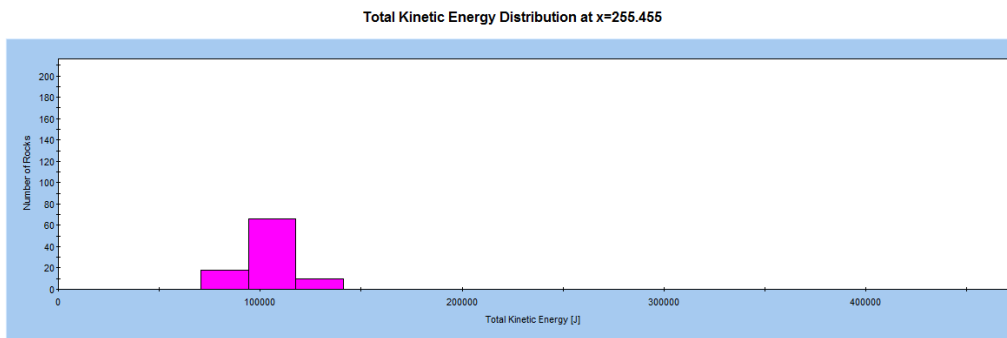
Εικόνα 5-22: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 3 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



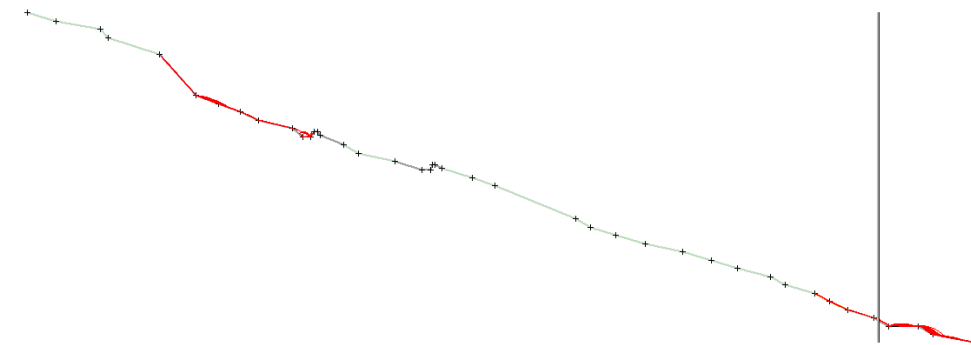
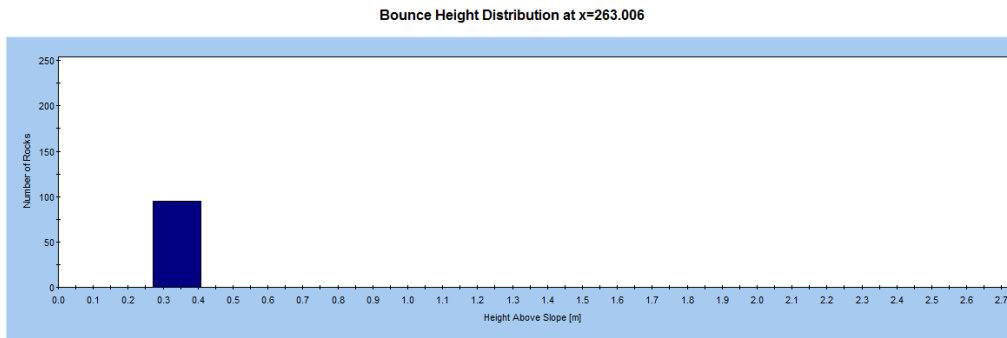
Εικόνα 5-23: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 3 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



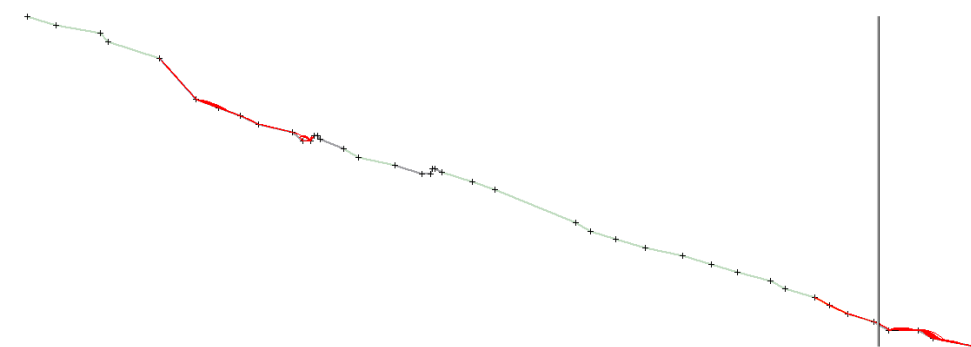
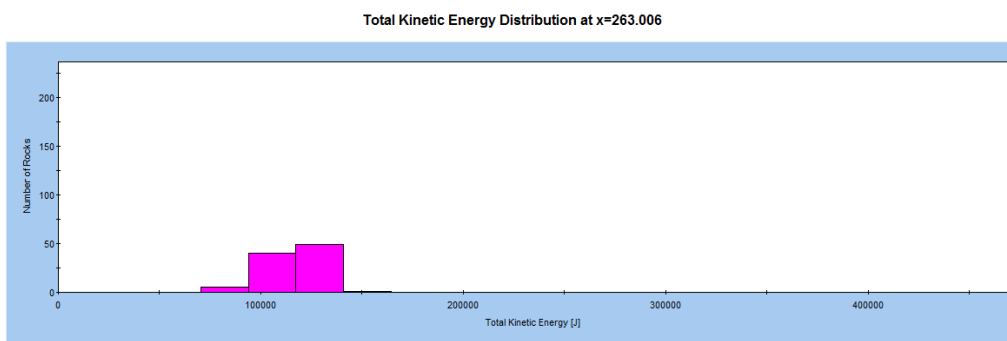
Εικόνα 5-24: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 4 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



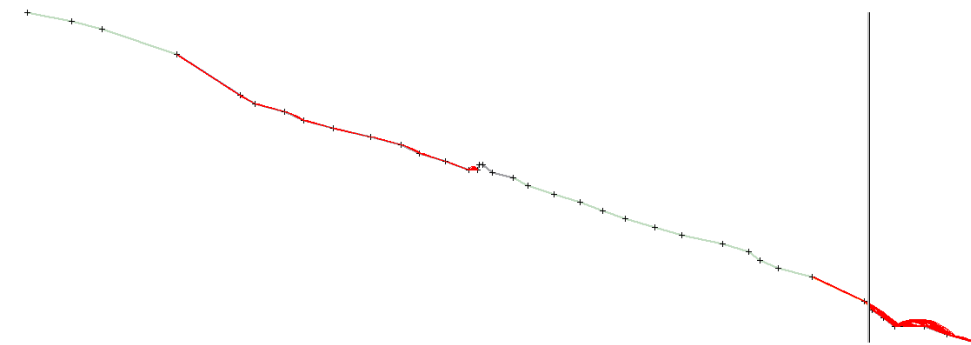
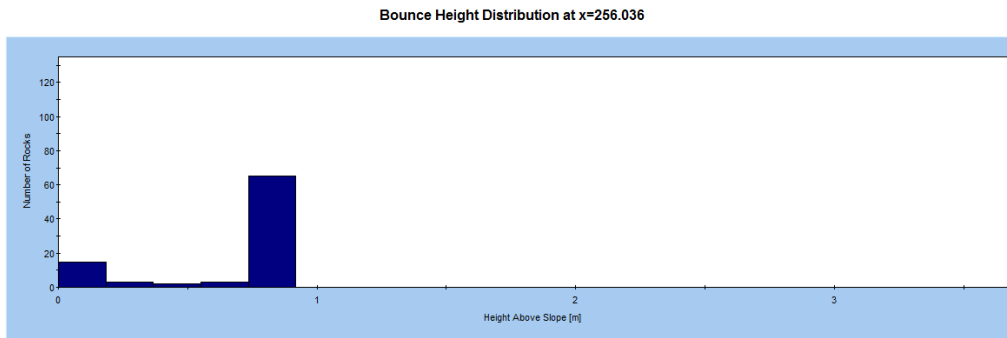
Εικόνα 5-25: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 4 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



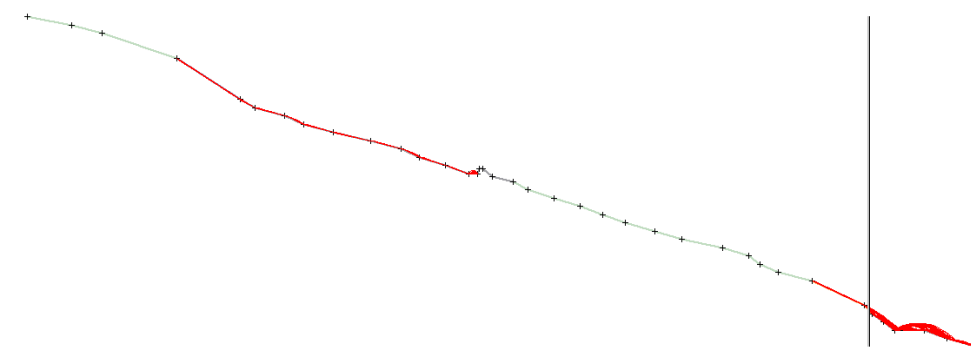
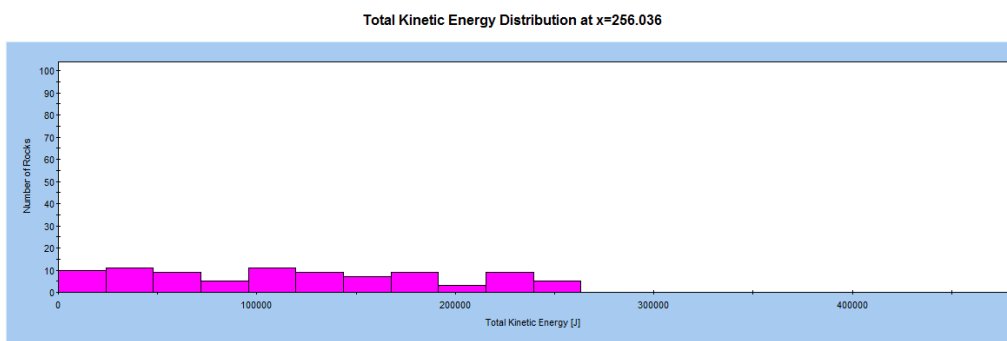
Εικόνα 5-26: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 5 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



Εικόνα 5-27: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 5 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



Εικόνα 5-28: Διάγραμμα ύψους αναπήδησης για την τομή 6 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια



Εικόνα 5-29: Διάγραμμα κινητικής ενέργειας για την τομή 6 με μεγάλων διαστάσεων τεμάχια

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά οι τιμές ύψους αναπήδησης και κινητικής ενέργειας που προέκυψαν από το Rocfall:

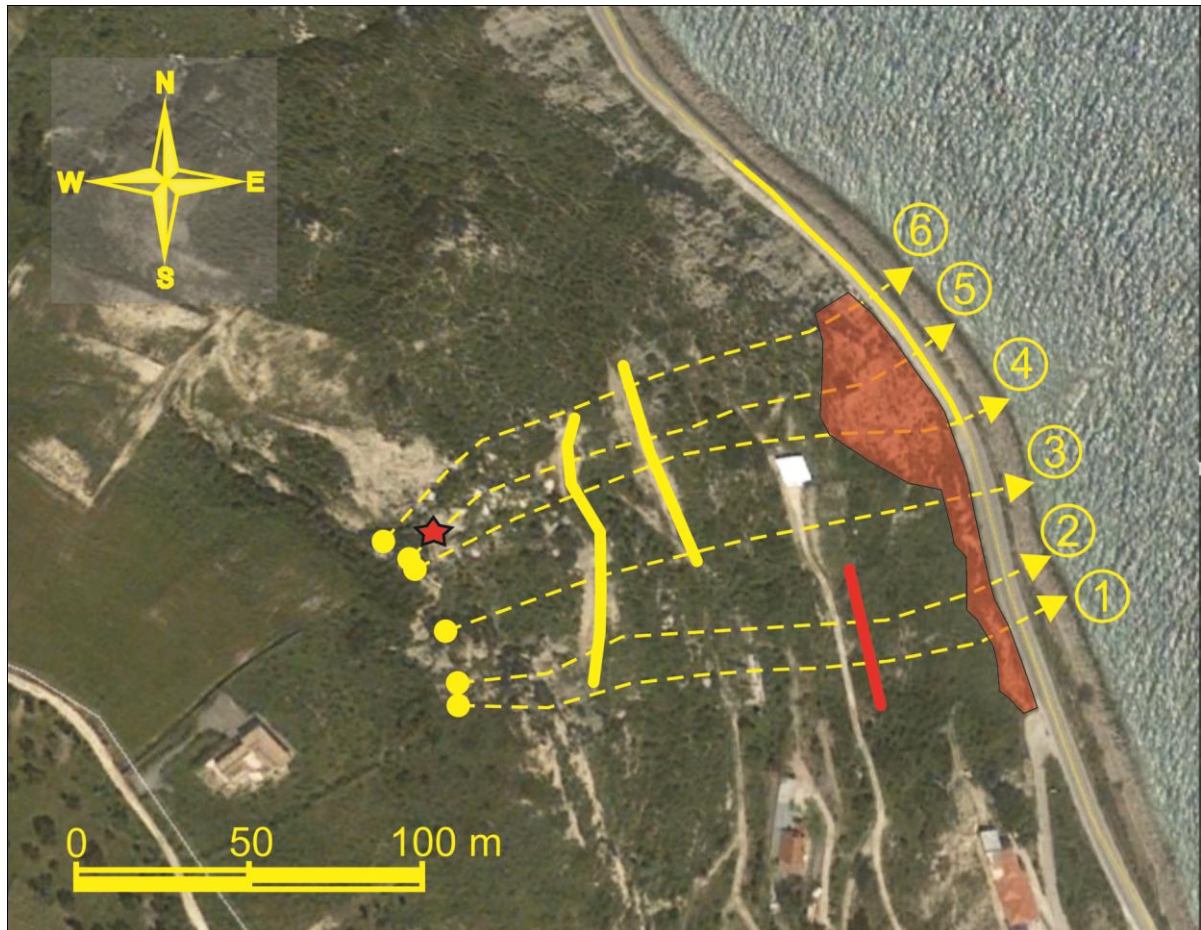
Τομές	Θέση	Κινητική ενέργεια kJ	Ύψος αναπήδησης m
1	268.257	94.2	0,64
2	272.449	231,5	0,98
3	253.832	165.5	0.78
4	255.495	129.4	0.13
5	263.006	152.5	0.34
6	256.036	251,2	0,83

Συγκεντρωτικά τα μέτρα που προτείνεται να εφαρμοστούν για την προστασία της οδού από καταπτώσεις βράχων κατά μήκος του συγκεκριμένου πρानού παρατίθενται παρακάτω.

- Σαν πρώτο βήμα προτείνεται το ξεσκάρωμα των επικρεμάμενων βράχων του πρानού. Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στην περιοχή παρατηρήθηκαν πολλοί επισφαλείς όγκοι βραχοτεμαχίων που δυνητικά μπορούν να αστοχήσουν. Επίσης προτείνεται ο καθαρισμός της στέψης του πρानού από τα τυχόν τεμάχια βράχου που είναι εγκλωβισμένα μέσα στην βλάστηση.
- Επίσης όπως έχει αναφερθεί στην περιοχή υπάρχει αρκετή βλάστηση, το ριζικό σύστημα της οποίας διευρύνει τις ασυνέχειες και επιταχύνει τις καταπτώσεις των βραχοτεμαχίων. Θα λειτουργούσε ευνοϊκά για την ασφάλεια της περιοχής η αποψίλωση της βλάστησης στο μέτωπο και στη στέψη του πρानού.
- Στην προαναφερόμενη ζώνη χαμηλής κινητικής ενέργειας η μέγιστη αναμενόμενη κινητική ενέργεια που εμφανίστηκε στα βραχοτεμάχια είναι της τάξης των 200 kJ. Αυτή η κατάσταση θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με φράχτη αντοχής 500kJ ή σαν πιο οικονομική επέμβαση με ένα επίχωμα από συρματοκιβώτια.
- Για την προστασία του δρόμου από την κάτω ζώνη κατάπτωσης βραχοτεμαχίων προτείνεται εγκατάσταση πλέγματος προστασίας σε όλο το μέτωπο του πρानού. Το πλέγμα προτείνεται να είναι ατσάλινο, μονοαξονικό, διπλής πλέξης. Το πλέγμα θα πρέπει να αγκυρωθεί 2.5 έως 3 m πίσω από την στέψη του πρανού. Ως πρόσθετη προστασία της οδού προτείνεται στη βάση του πρανού να κατασκευαστεί χαμηλό τοίχιο ανάσχεσης από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους 95 έως 120 cm, επάνω στο οποίο θα αγκυρωθεί η απόληξη του πλέγματος. Ο χώρος παγίδευσης των κατακρημνισμένων τεμαχίων στη βάση του πλέγματος θα πρέπει να καθαρίζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση βραχοτεμαχίων που μπορεί να προκαλέσει τη διάρρηξη του πλέγματος.
- Τέλος, προτείνεται η αποστράγγιση της βραχομάζας από εισροές νερού. Τα κατεισδύοντα ύδατα εφόσον απορροφηθούν από την επιφάνεια του πρανού αναμένεται να μειώσουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχομάζας

υποβαθμίζοντας την διατμητική αντοχή των ασυνεχειών. Γι' αυτό προτείνεται η κατασκευή αγωγών απαγωγής των όμβριων υδάτων στην περιοχή της στέψης του πρανούς.

Στην εικόνα 5-26 παρουσιάζονται οι θέσεις στις οποίες προτείνεται η κατασκευή του φράχτη ανάσχεσης ή του επιχώματος με τα συρματοκιβωτία καθώς και του πλέγματος .



5-30: Θέση τοποθέτησης μέτρων προστασίας. Η θέση εγκατάστασης του φράχτη επισημαίνεται με την χονδρή κόκκινη γραμμή ενώ η θέση του πλέγματος με πολύγωνο πληρωμένο με κόκκινο χρώμα. Οι δύο χονδρές κίτρινες γραμμές επισημαίνουν τις θέσεις των επιχωμάτων που έχουν ήδη κατασκευαστεί επί του πρανούς. Η λεπτή κίτρινη γραμμή κατά μήκος της οδού επισημαίνει τον προσωρινό φράχτη από σακιά πληρωμένα με αδρανή υλικά.

Βιβλιογραφία

Azzoni A., M. de Freitas. EXPERIMENTALLY GAINED PARAMETERS, DECISIVE FOR ROCK FALL ANALYSIS. 1995.

Chau K. T., Wonga R.H.C. Wu J.J., COEFFICIENT OF RESTITUTION NAD ROTATIONAL MOTIONS OF ROCK FALL IMPACTS., 2002.

Luuk K.A. Dorrent et al., COMBINING FIELD AND MODELLING TECHNIQUES TO ASSES ROCKFALL DYNAMICS IN A PROTECTION FOREST HILLSLOPE IN THE EUROPEAN ALPS. 2003.

RocFall, User's Guide., Rocscience, 1998-2002.

Stevens W.D. 1998. *ROCFALL: A TOOL FOR PROBABILISTIC ANALYSIS, DESIGN OF REMEDIAL MEASURES AND PREDICTION OF ROCKFALLS.*, 1998.

Wyllie D.C., Mah C.W., *ROCK SLOPE ENGINEERING: CIVIL NAD MINDING 4TH EDITION.*, 2004.

Αποστολίδης Εμ., Πογιατζή Ελ. *ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ "ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΥΜΗΣ - ΠΛΑΤΑΝΑ - ΣΤΟΜΙΟ" Ν. ΕΥΒΟΙΑΣ.* Αθήνα, 1996.

Βραχλιώτης Σ., ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΩΝ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ. Πάτρα, 2011.

ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ ΒΡΑΧΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 14/08/03 ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΑ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΑΝΑΝΤΗ ΠΡΑΝΕΣ ΤΟΥ ΧΩΡΙΟΥ ΔΡΙΜΩΝΑΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΣΦΑΚΙΩΤΩΝ, Ν. ΛΕΥΚΑΔΑΣ.

Βογιατζής Δ., Δημητρίου Α., Παπαθανασίου Γ., Χρηστάρας Β., Καντηράνης Ν, Φιλιππίδης Α., Μωραΐτη Ε. 2004. Θεσσαλονίκη, 2004.

Κουτσουβέλης Αν., Μυλωνάκης Ι. 1996. *ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΚΥΜΗΣ-ΠΛΑΤΑΝΑΣ-ΣΤΟΜΙΟΥ.* Αθήνα, 1996.

Λεοντάρης Σ., Δελήμπασης Ν. *ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.*, 1987

Λουπασάκης Κ., Πογιατζή Ελ. *ΑΥΤΟΨΙΑ-ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΩΝ ΣΤΗΝ 8η Χ/Θ ΤΗΣ ΕΠ. Ο. ΚΥΜΗΣ- ΛΕΠΟΥΡΩΝ.*, 2008

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

www.rocscience.com.

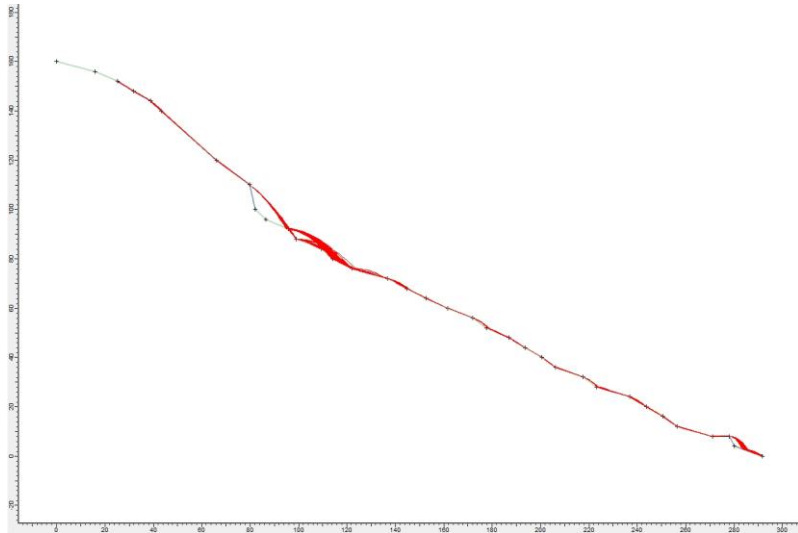
www.maccaferri.com.

www.geobrugg.com

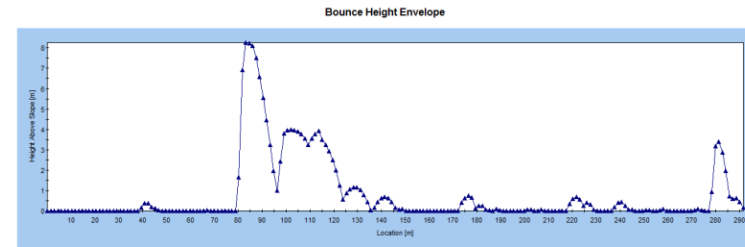
www.civ.uth.gr.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

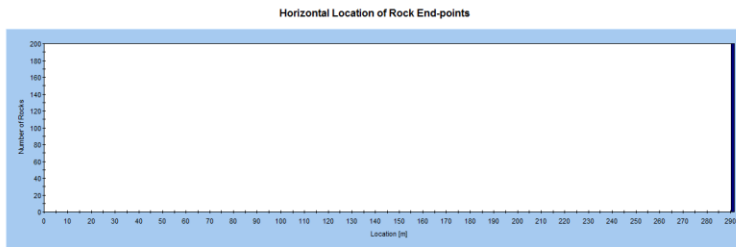
ΤΟΜΗ 1



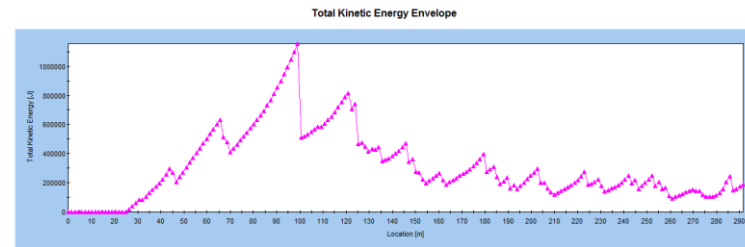
Εικόνα 0-1: Τομή 1 -μεγάλα τεμάχια-κύλιση



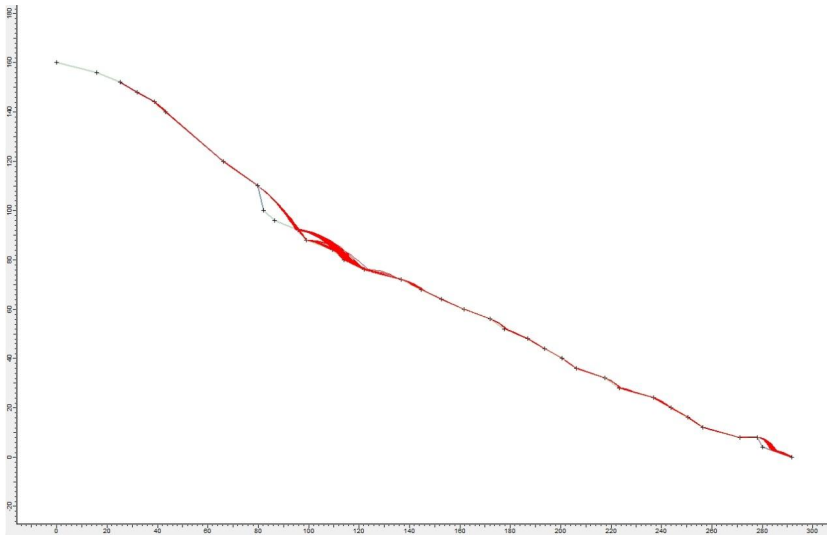
Εικόνα 0-3: T1-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



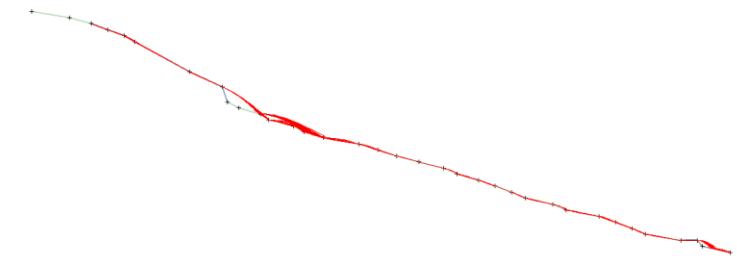
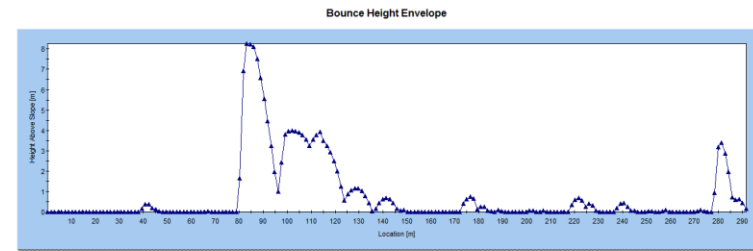
Εικόνα 0-2: T1-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



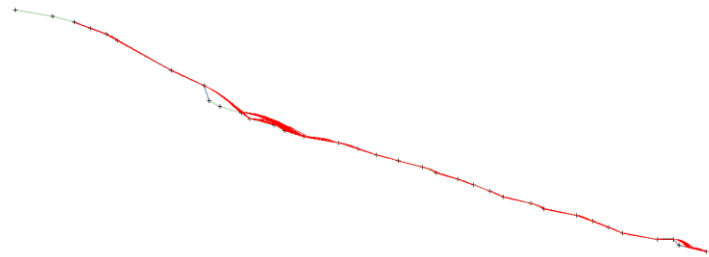
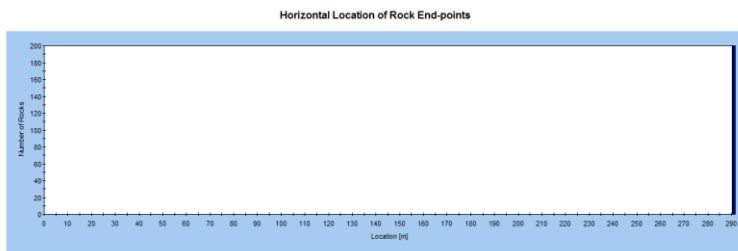
Εικόνα 0-4: T1-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



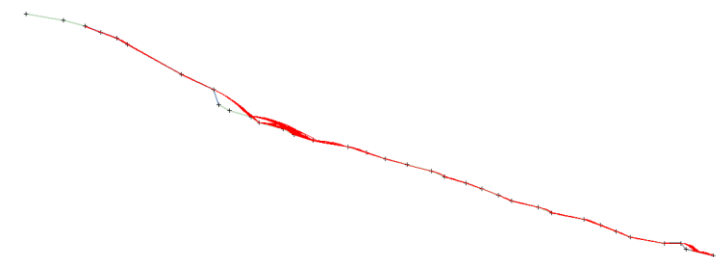
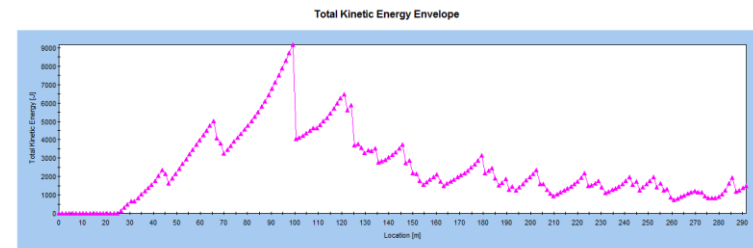
Εικόνα 0-1: Τομή 1-μικρά τεμάχια-κύλιση



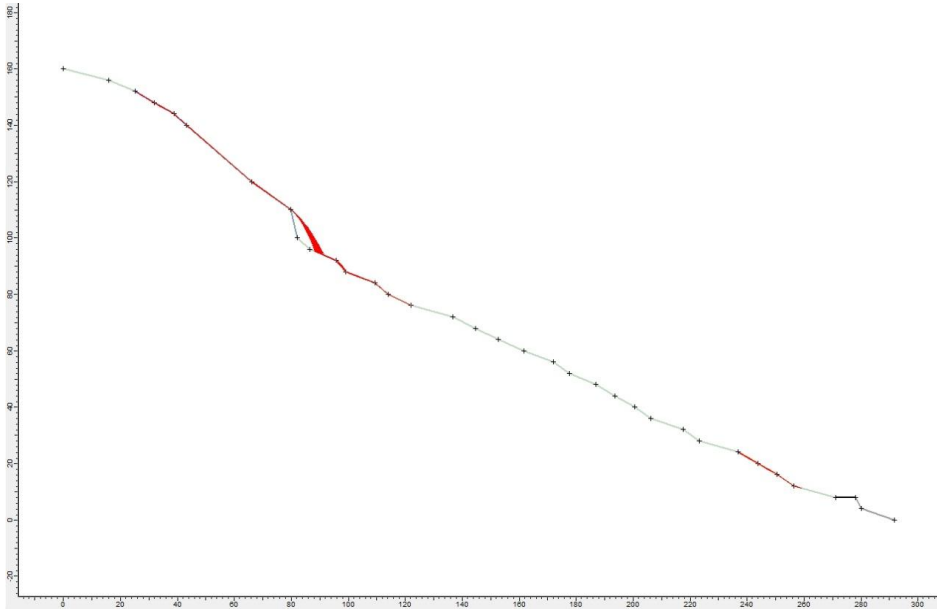
Εικόνα 0-3: T1-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



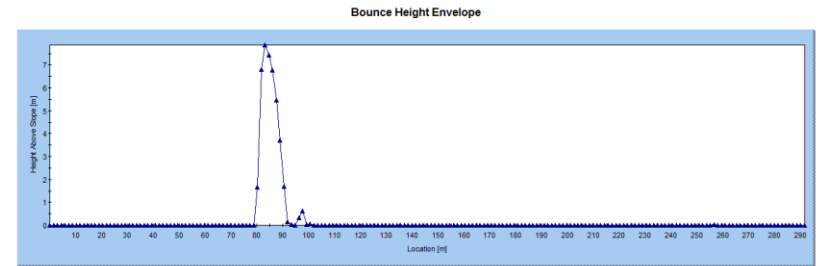
Εικόνα 0-2: T1-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



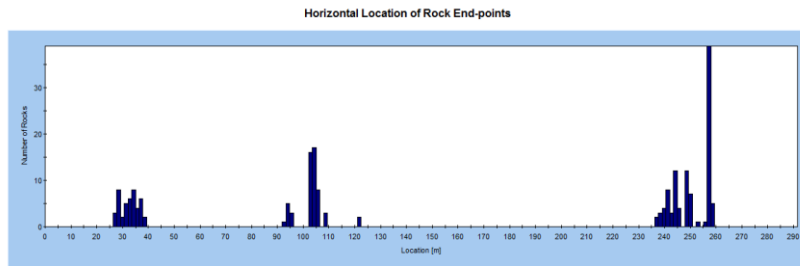
Εικόνα 0-4: T1-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



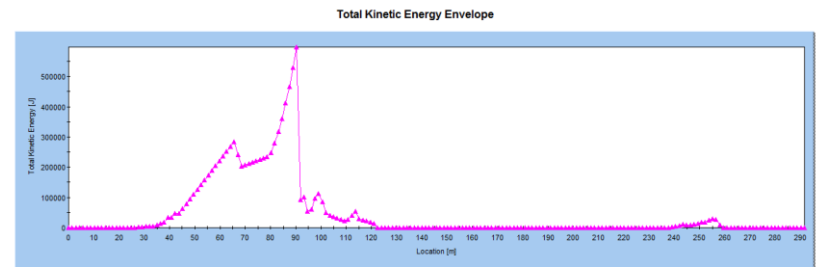
Εικόνα 0-5: Τομή 1-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



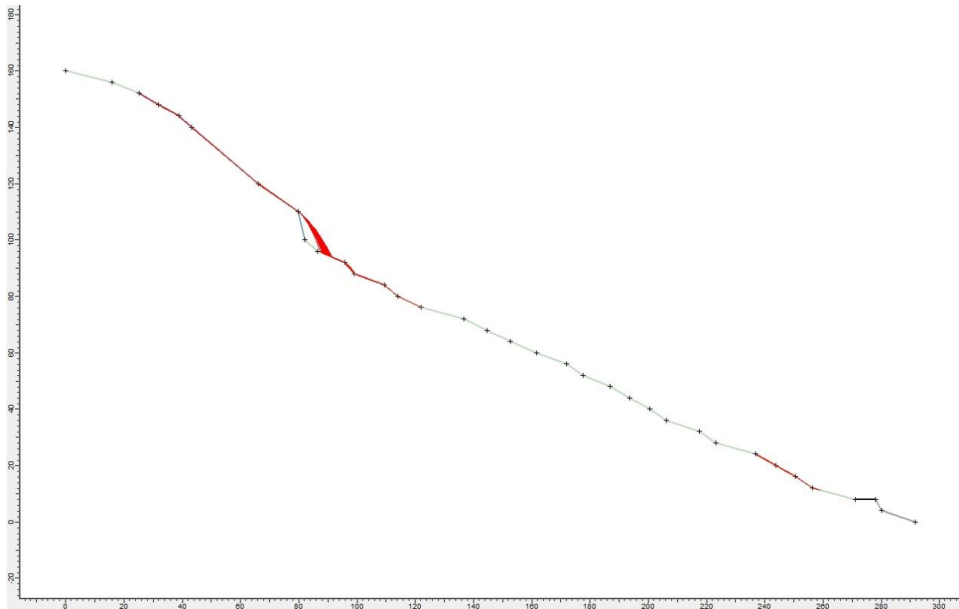
Εικόνα 0-7: T1-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



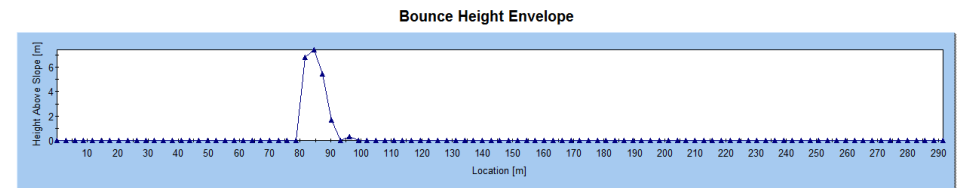
Εικόνα 0-6: T1-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



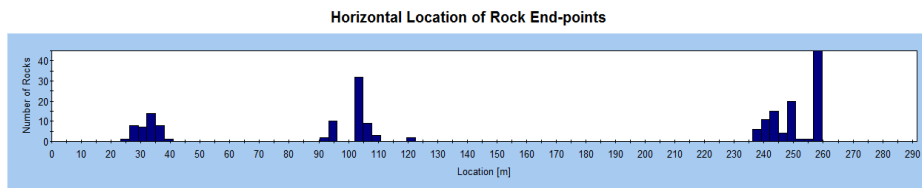
Εικόνα 0-8: T1-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



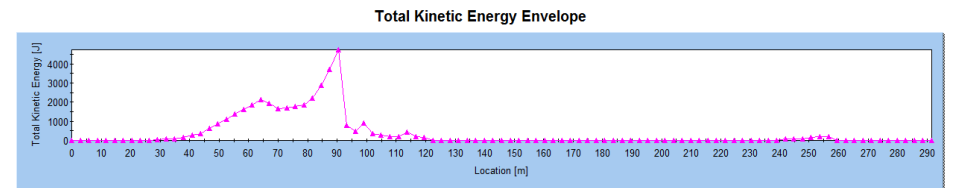
Εικόνα 0-9: Τομή 1-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



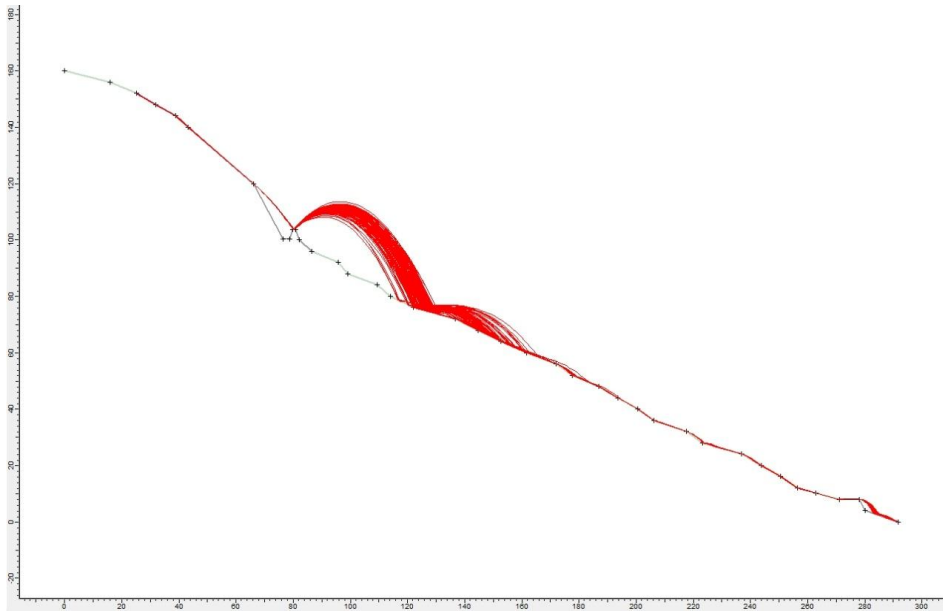
Εικόνα 0-11: T1-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



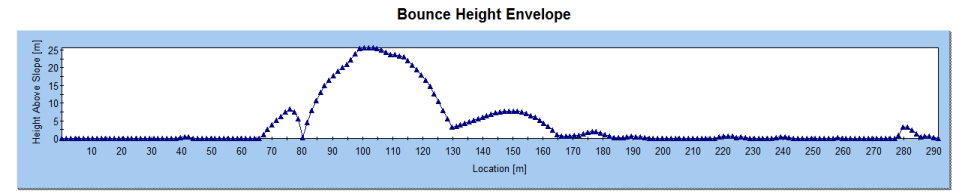
Εικόνα 0-10: T1-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



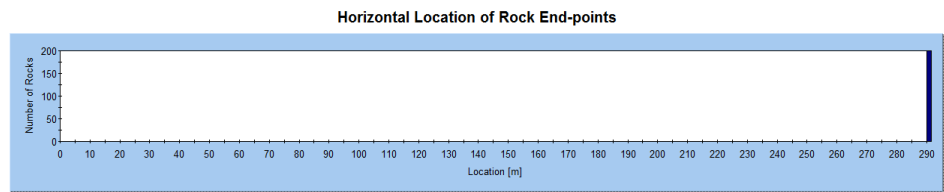
Εικόνα 0-12: T1-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



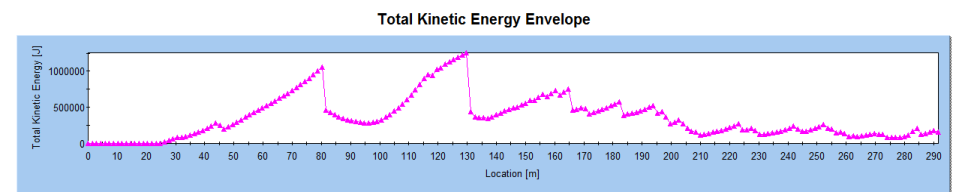
Εικόνα 0-13: Τομή 1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



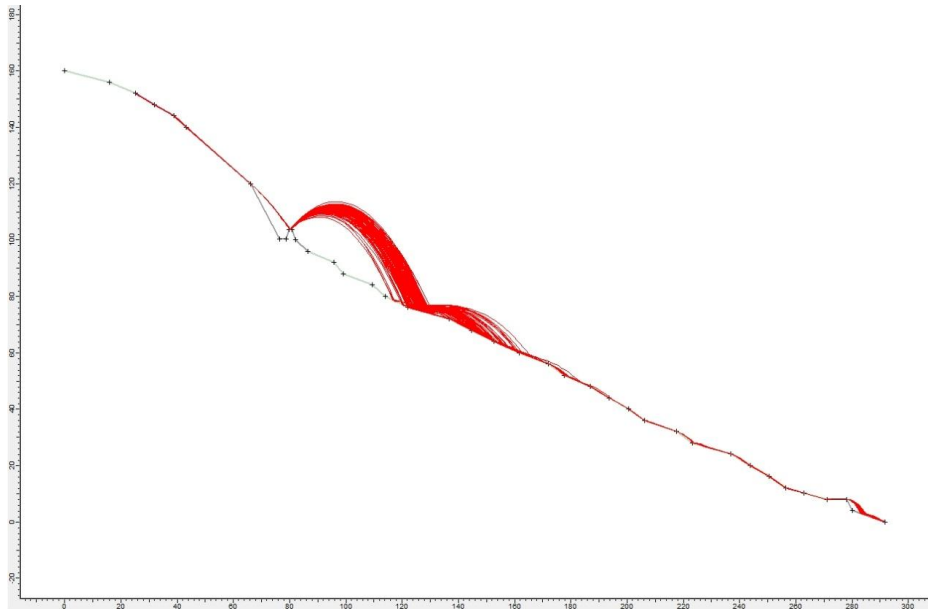
Εικόνα 0-15: T1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



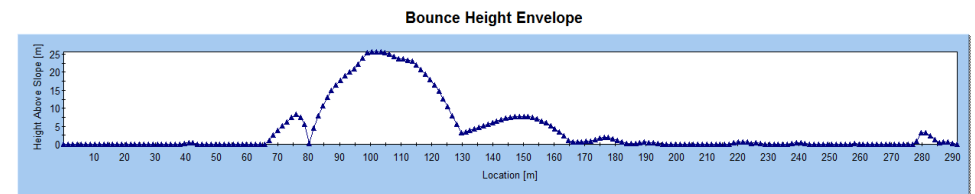
Εικόνα 0-14: T1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



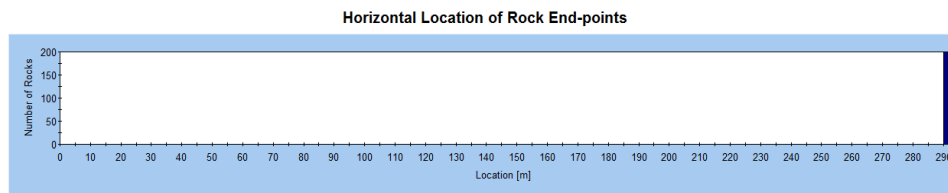
Εικόνα 0-16: T1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



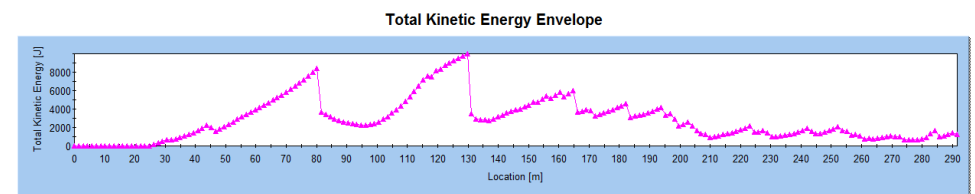
Εικόνα 0-17: Τομή 1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



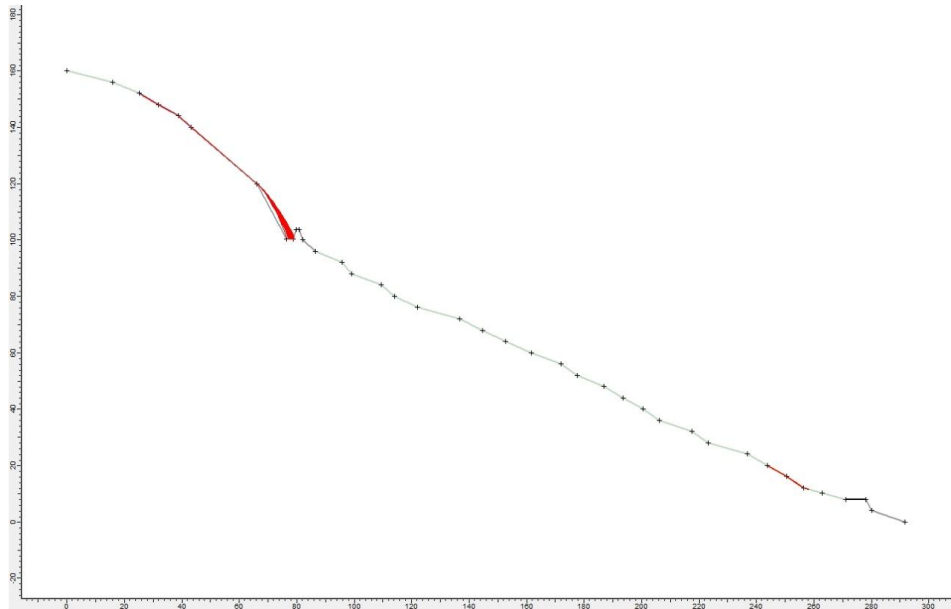
Εικόνα 0-19: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



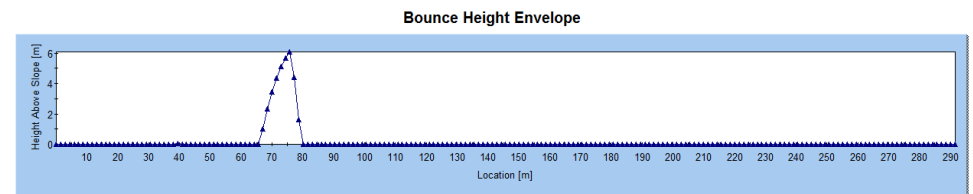
Εικόνα 0-18: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



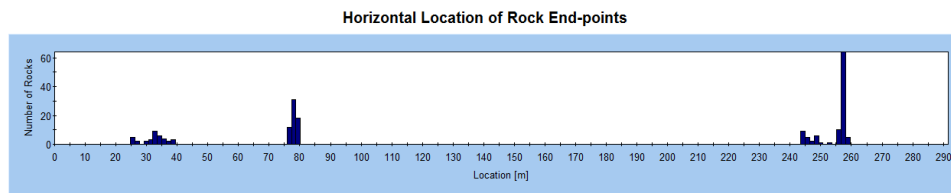
Εικόνα 0-20: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



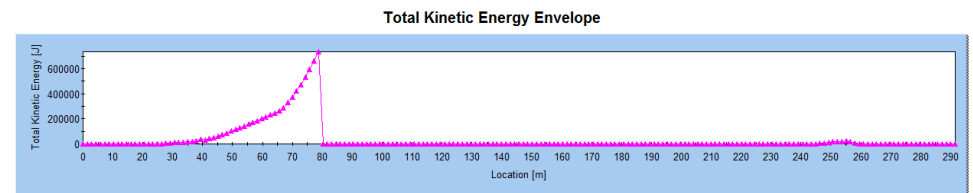
Εικόνα 0-21: Τομή 1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



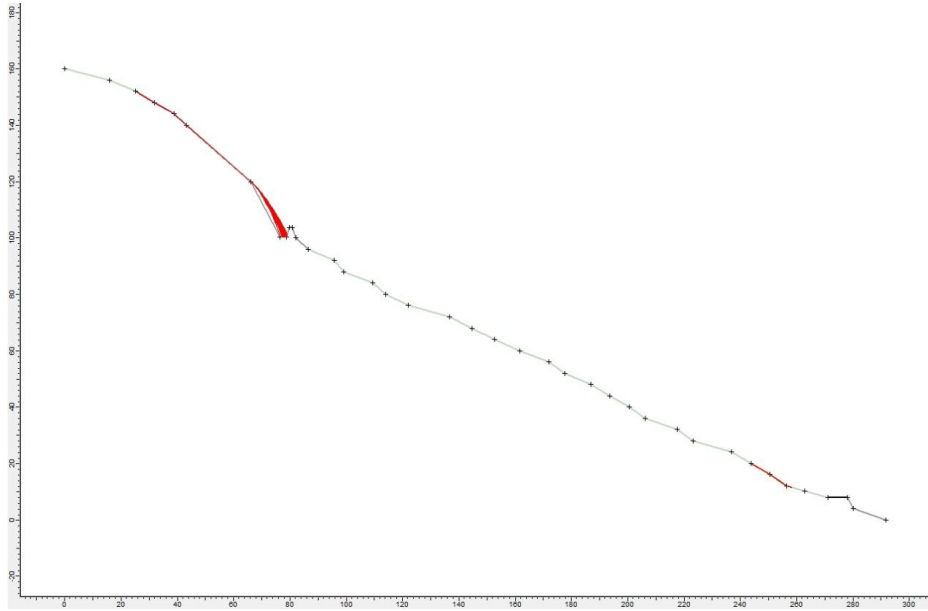
Εικόνα 0-23: Τ1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



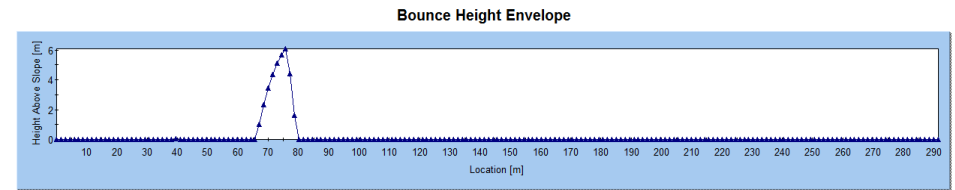
Εικόνα 0-22: Τ1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



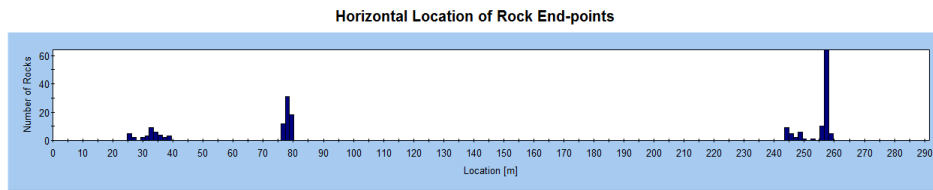
Εικόνα 0-24: Τ1-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



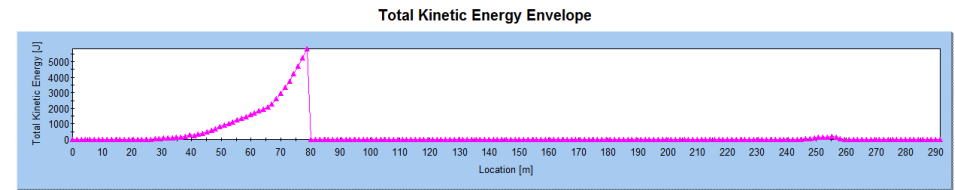
Εικόνα 0-25: Τομή 1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-27: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης

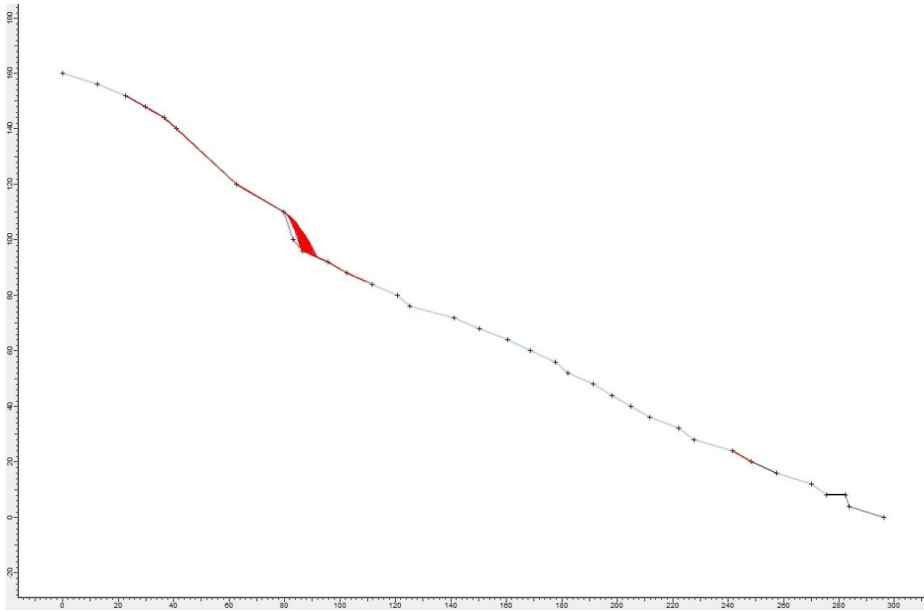


Εικόνα 0-26: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

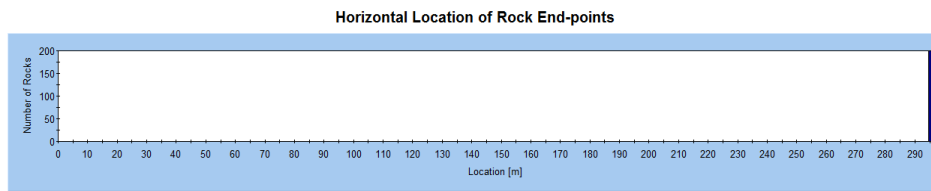


Εικόνα 0-28: T1-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

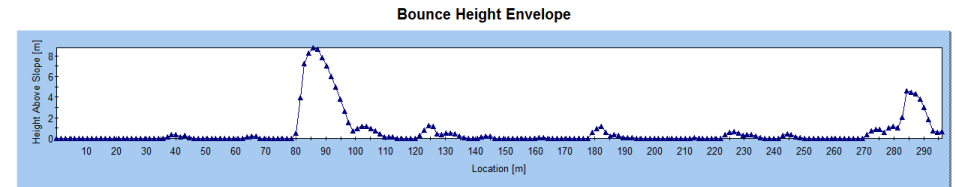
ΤΟΜΗ 2



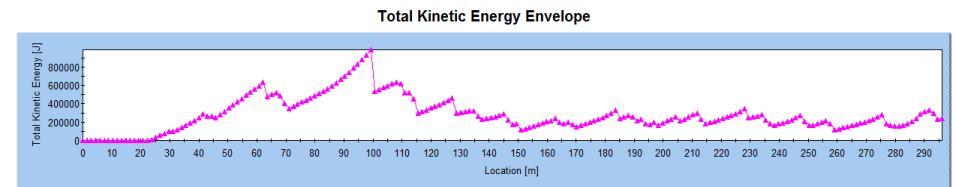
Εικόνα 0-29: Τομή 2-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



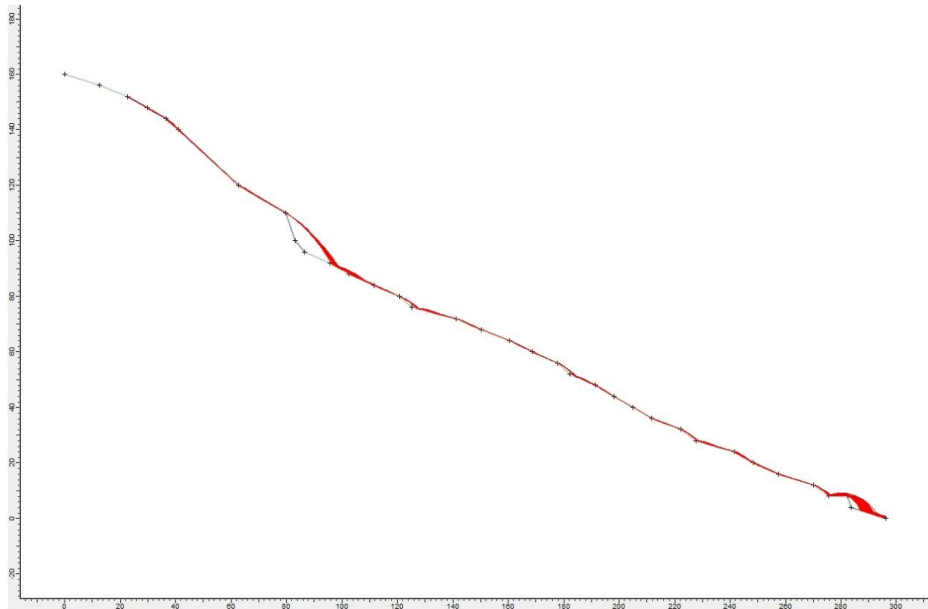
Εικόνα 0-30: T2-μεγάλα τεμάχια- κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



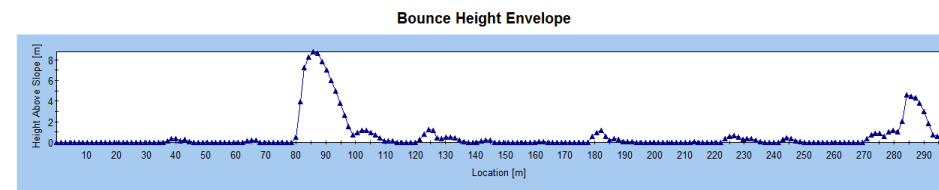
Εικόνα 0-31: T2-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



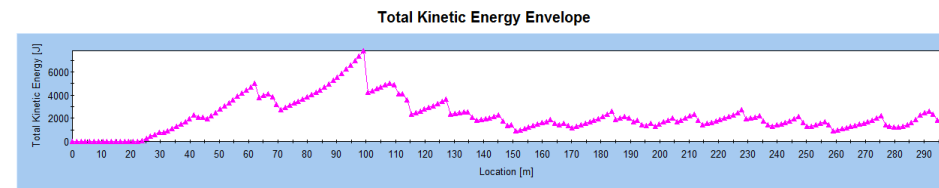
Εικόνα 0-32: T2-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



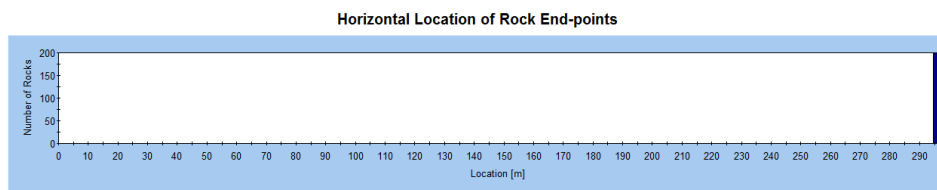
Εικόνα 0-33: Τομή 2-μικρά τεμάχια-κύλιση



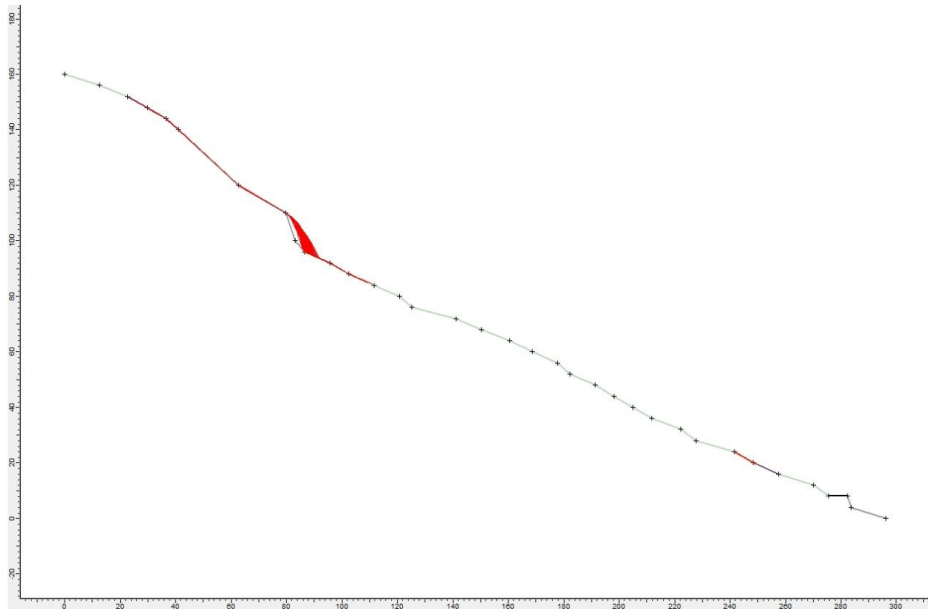
Εικόνα 0-35: T2-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



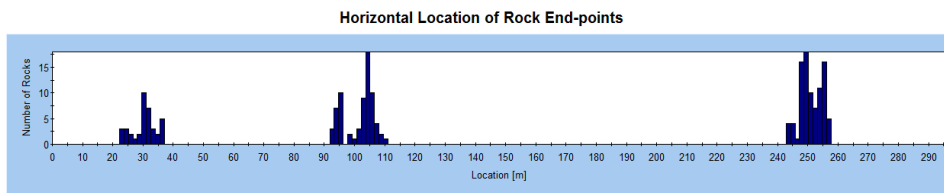
Εικόνα 0-36: T2-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



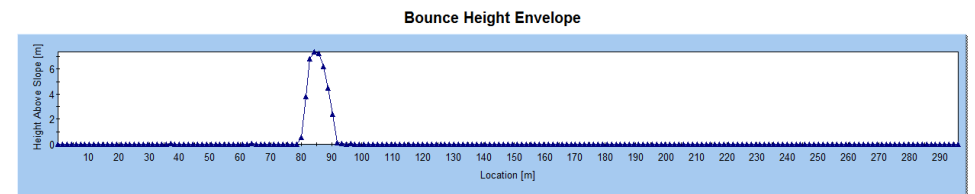
Εικόνα 0-34: T2-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



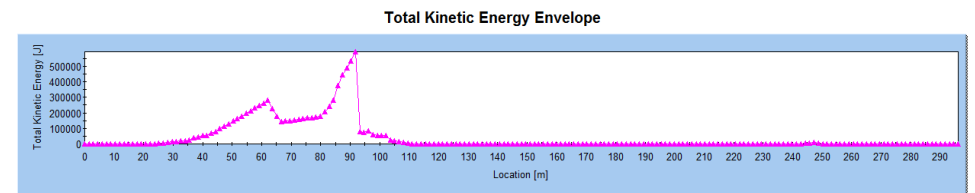
Εικόνα 0-37: Τομή 2-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



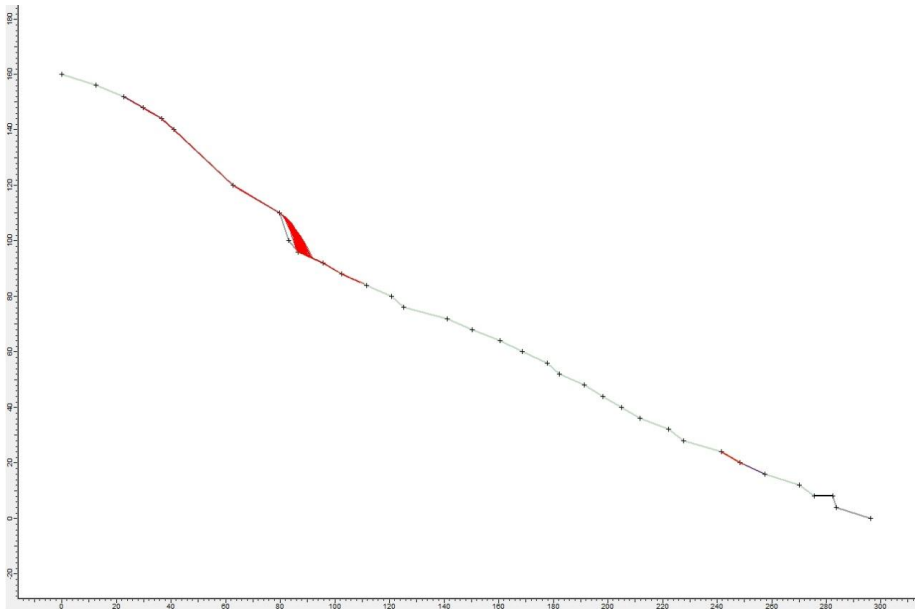
Εικόνα 0-38: T2-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



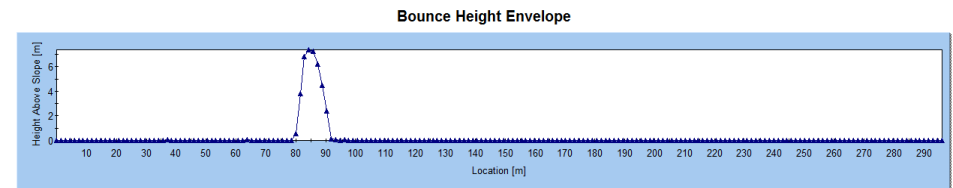
Εικόνα 0-39: T2-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



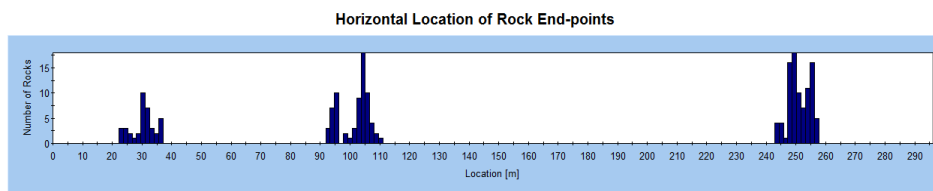
Εικόνα 0-40: T2-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



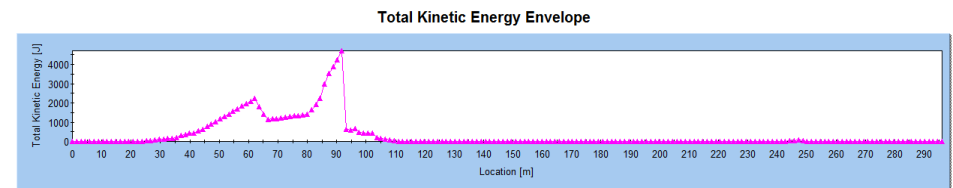
Εικόνα 0-41: Τομή 2-μικρά τεμάχια-ερπισμός



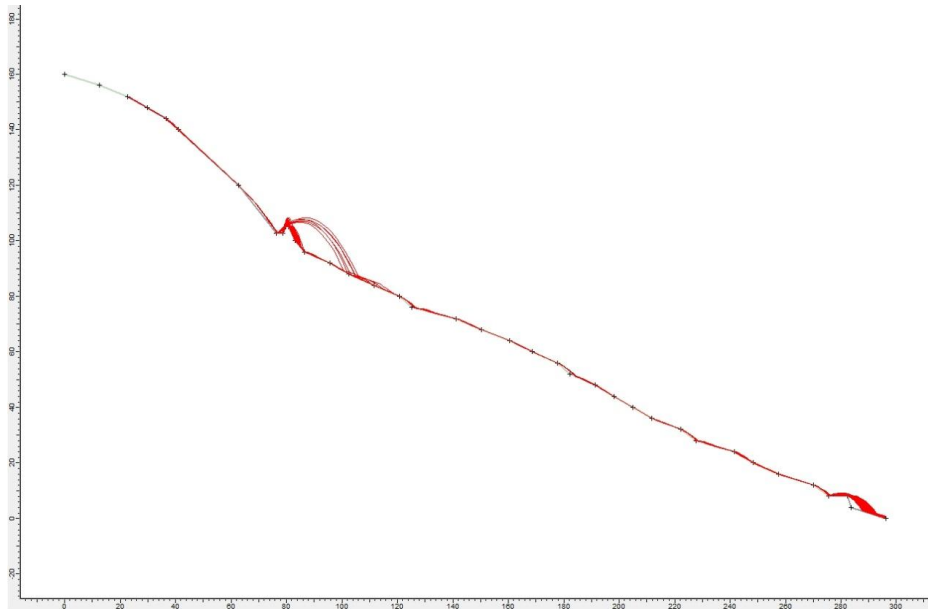
Εικόνα 0-43: T2-μικρά τεμάχια-ερπισμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



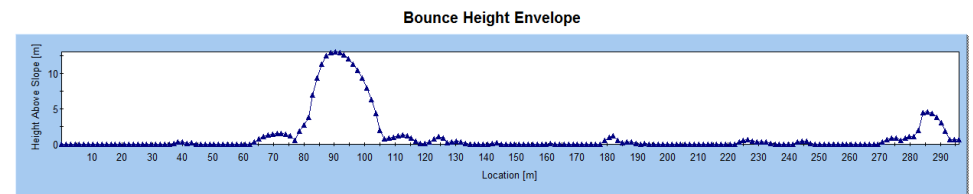
Εικόνα 0-42: T2-μικρά τεμάχια-ερπισμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



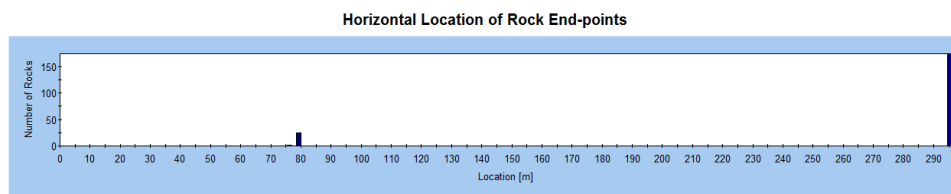
Εικόνα 0-44: T2-μικρά τεμάχια-ερπισμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



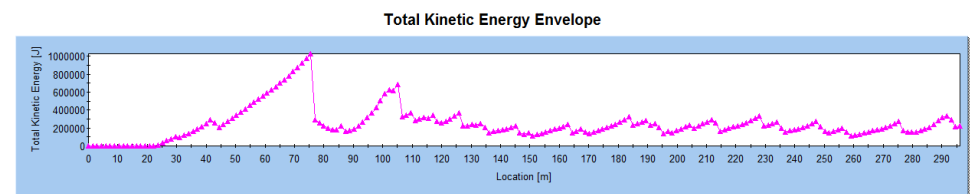
Εικόνα 0-45: Τομή 2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



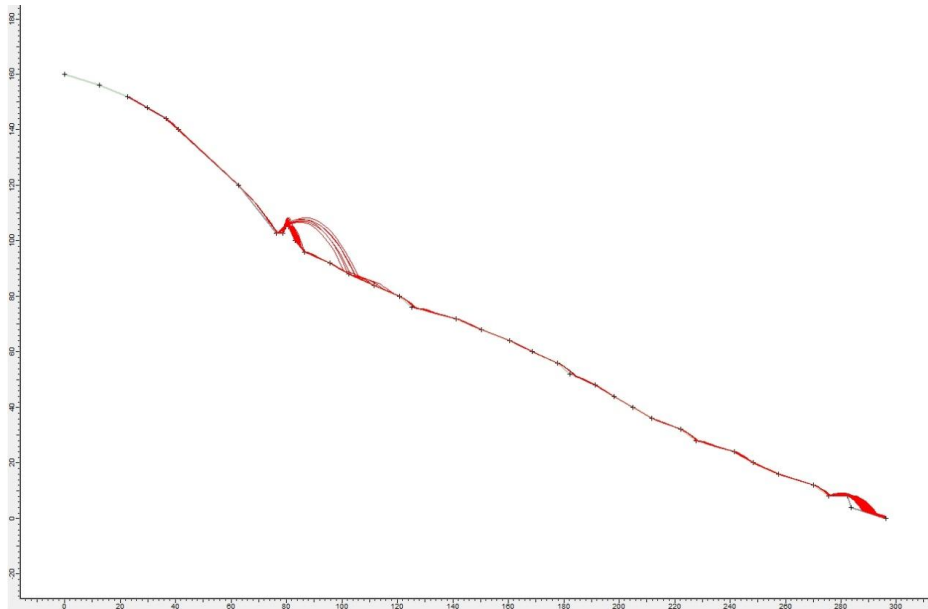
Εικόνα 0-47: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



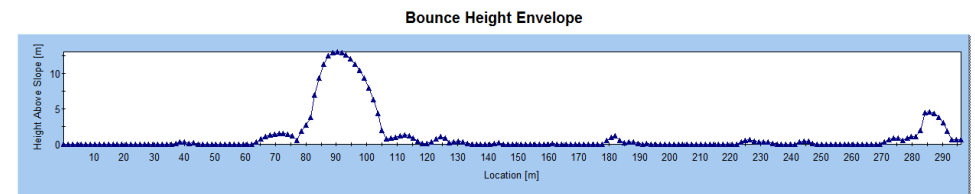
Εικόνα 0-46: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



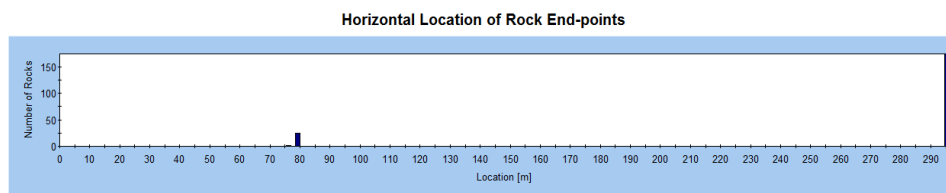
Εικόνα 0-48: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



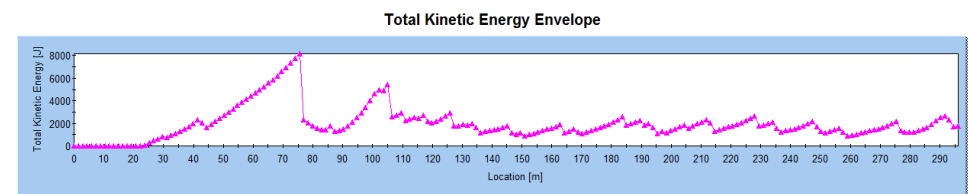
Εικόνα 0-49: Τομή 2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



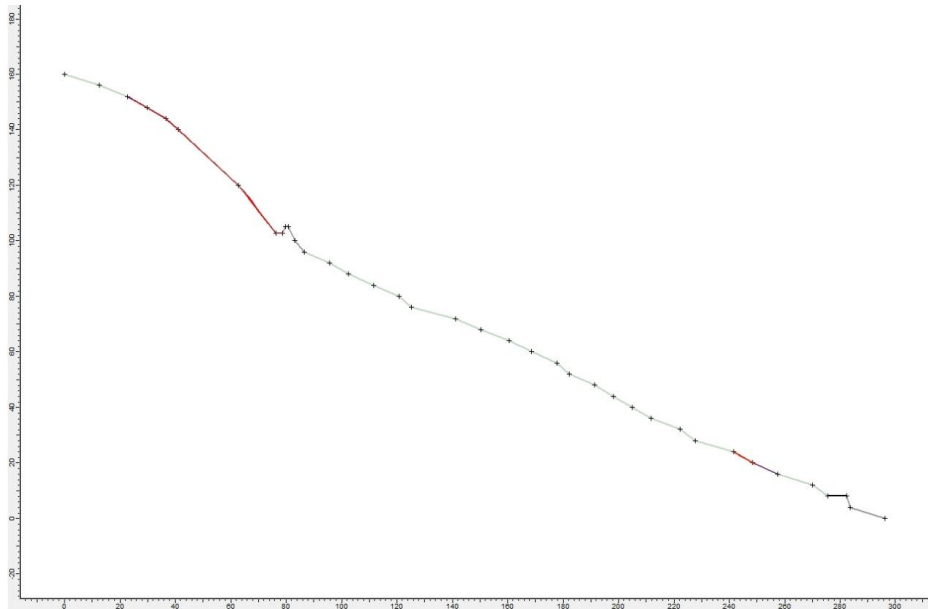
Εικόνα 0-51: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



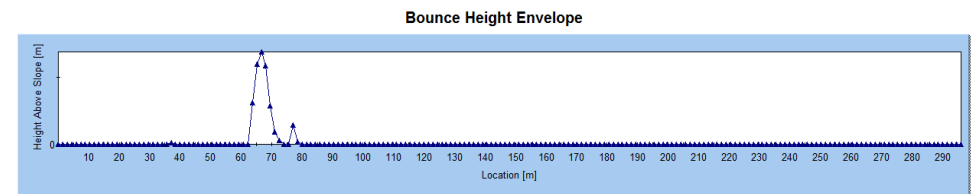
Εικόνα 0-50: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



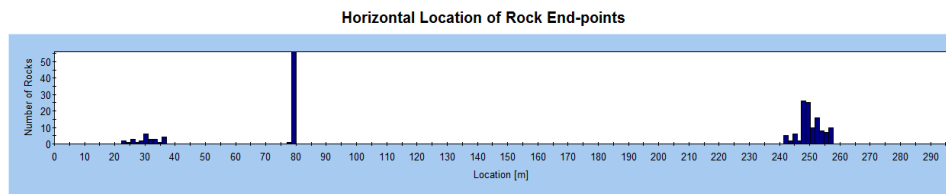
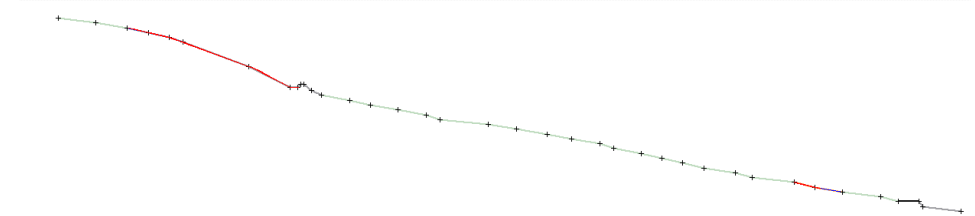
Εικόνα 0-52: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



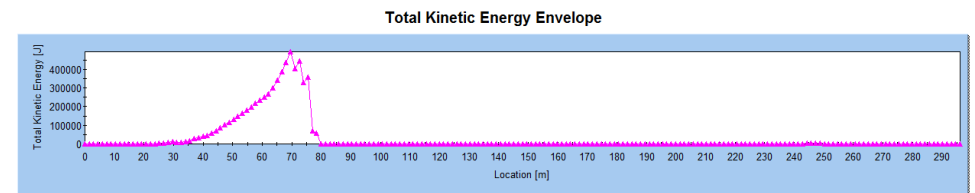
Εικόνα 0-53: Τομή 2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



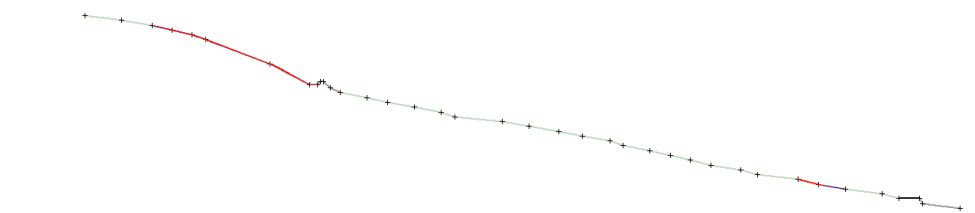
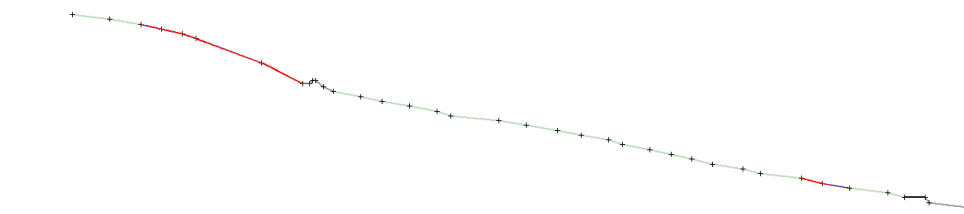
Εικόνα 0-55: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης

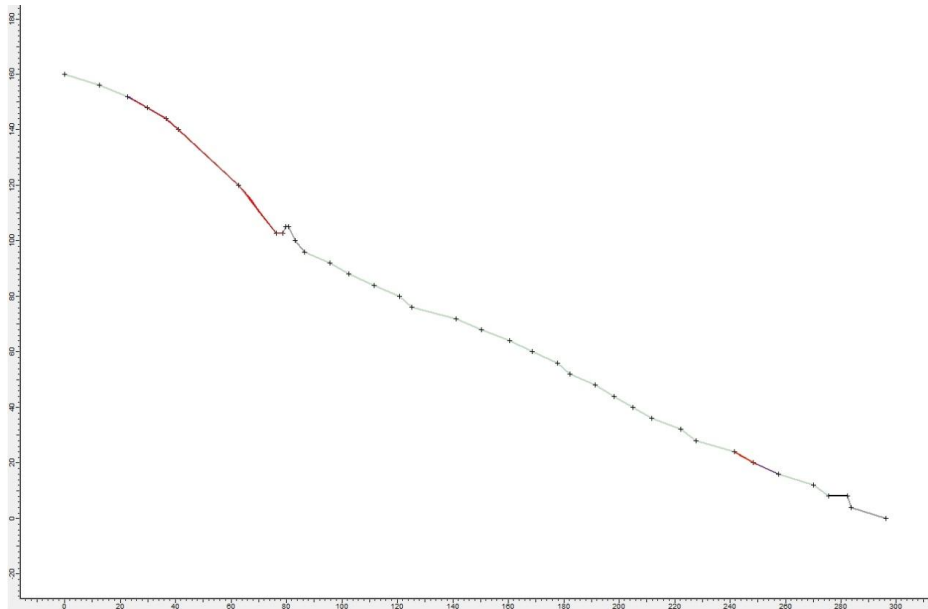


Εικόνα 0-54: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

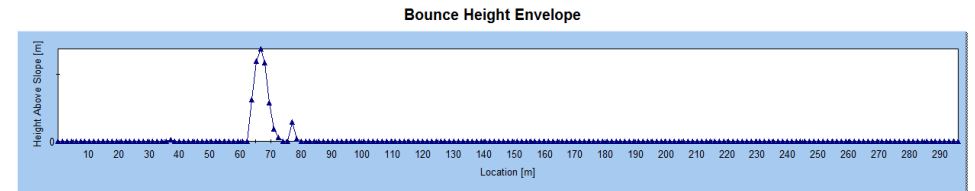


Εικόνα 0-56: T2-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

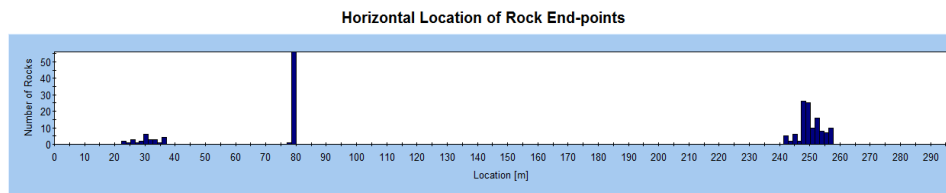




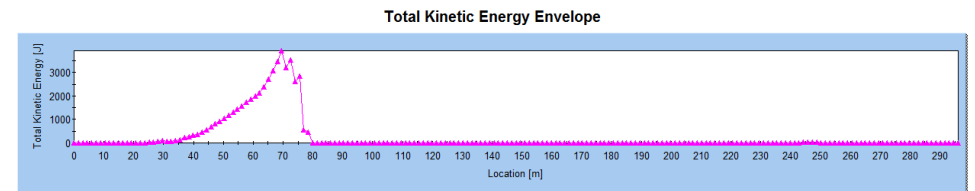
Εικόνα 0-57: Τομή 2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-59: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης

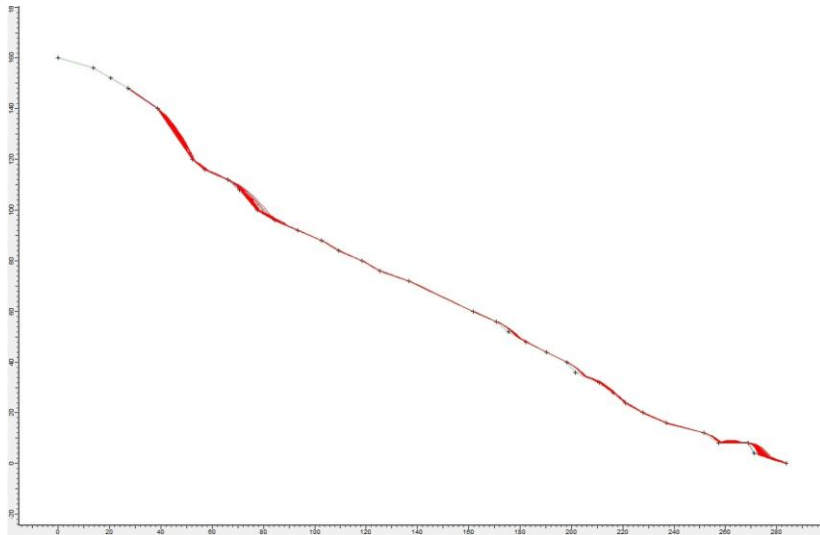


Εικόνα 0-58: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

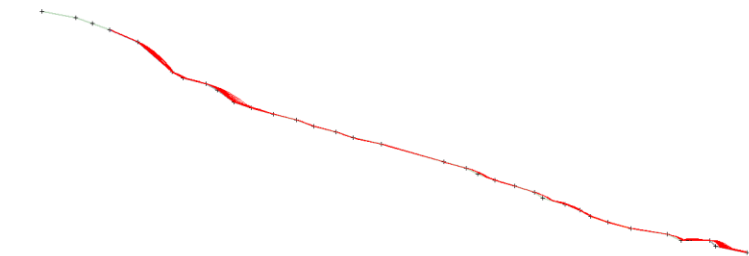
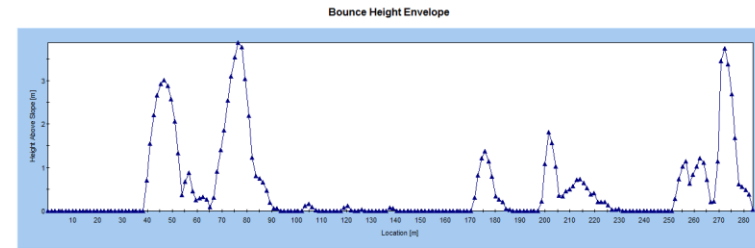


Εικόνα 0-60: T2-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

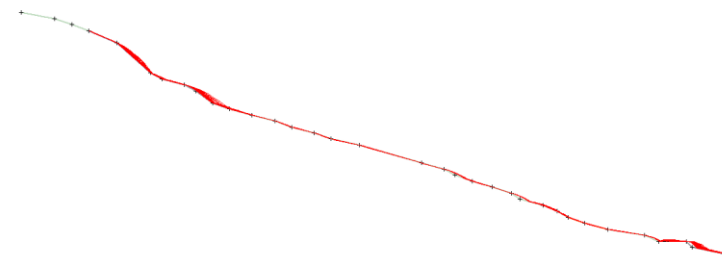
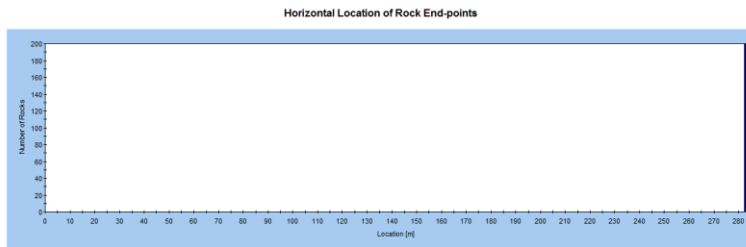
ΤΟΜΗ 3



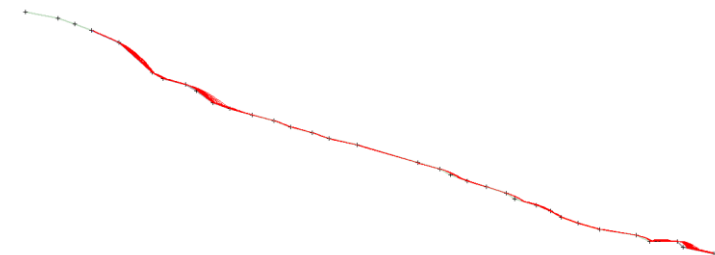
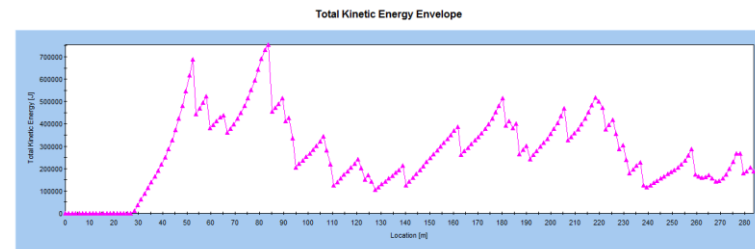
Εικόνα 0-61: Τομή 3 -μεγάλα τεμάχια-κύλιση



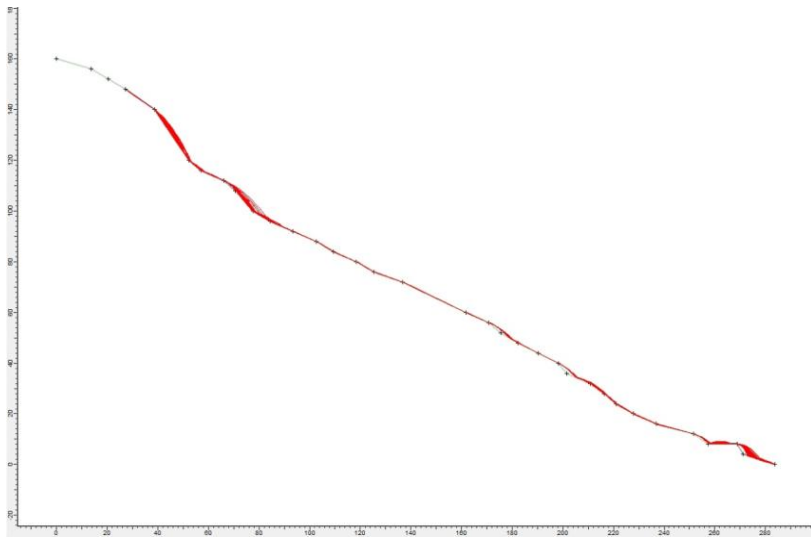
Εικόνα 0-63: T3-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



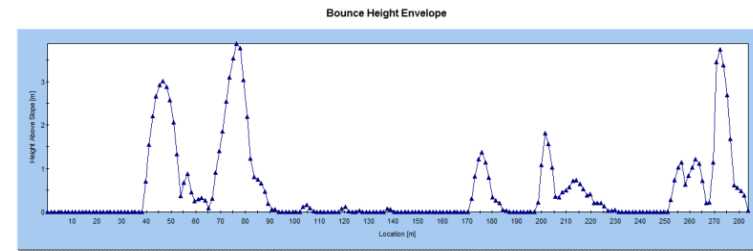
Εικόνα 0-62: T3-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



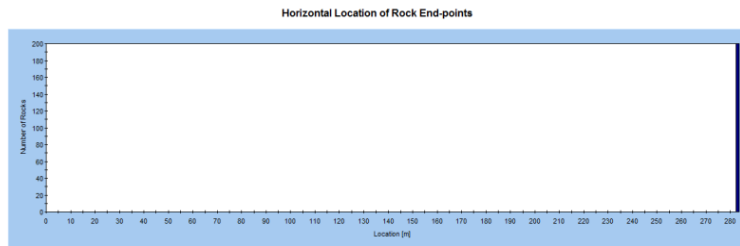
Εικόνα 0-64: T3-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



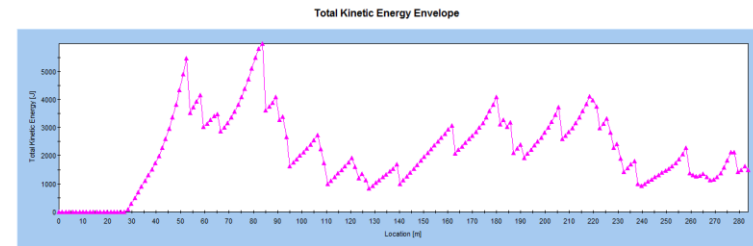
Εικόνα 0-65: Τομή 3-μικρά τεμάχια-κύλιση



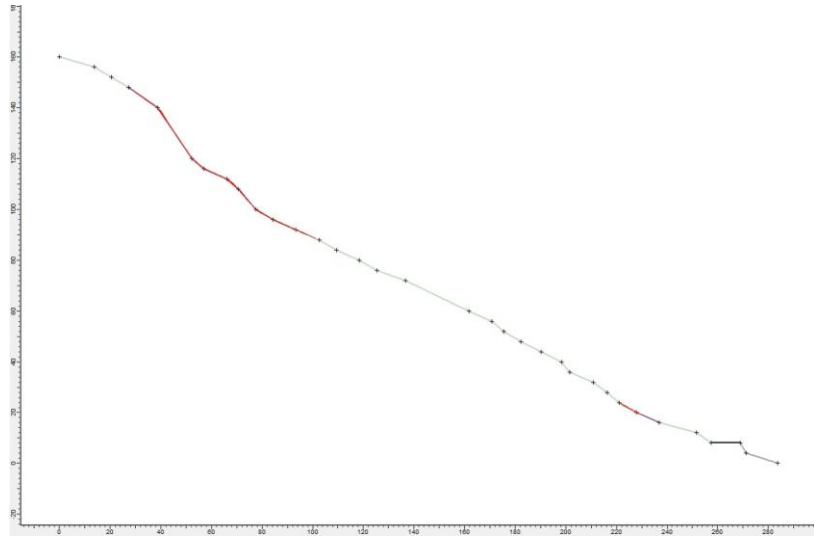
Εικόνα 0-67: T3-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



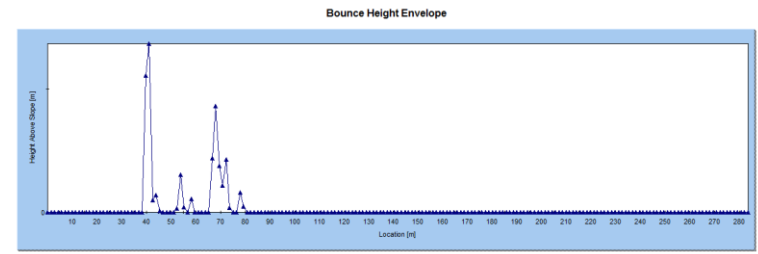
Εικόνα 0-66: T3-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



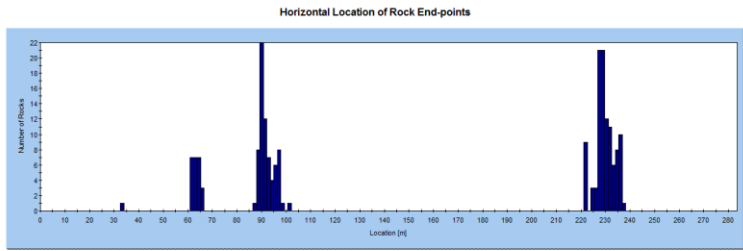
Εικόνα 0-68: T3-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



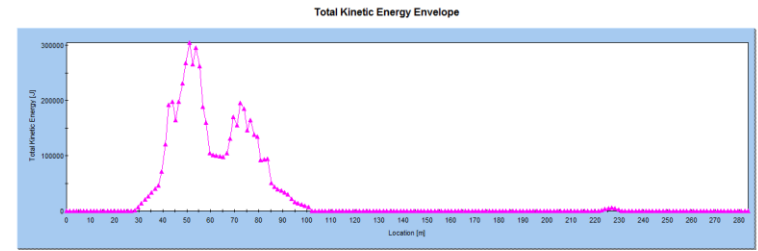
Εικόνα 0-69: Τομή 3-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



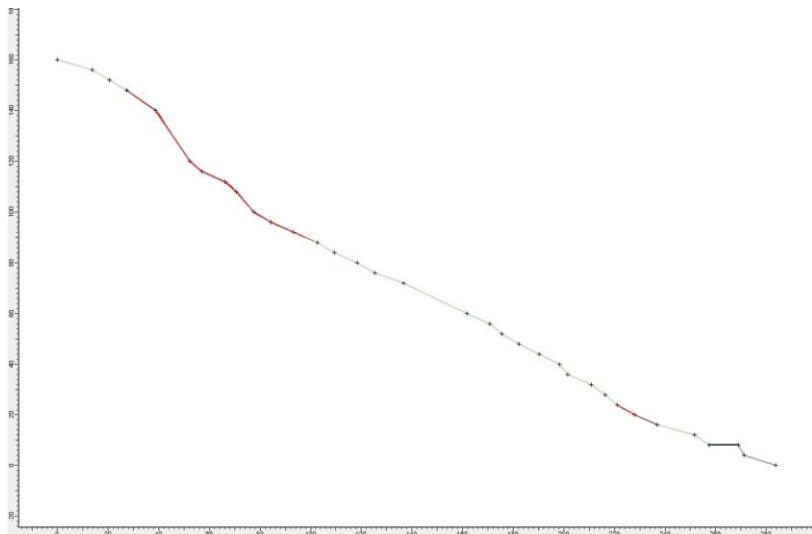
Εικόνα 0-71: T3-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



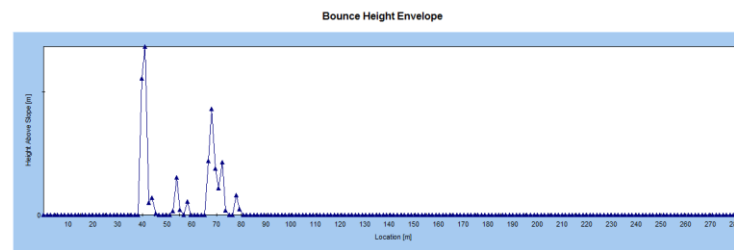
Εικόνα 0-70: T3-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



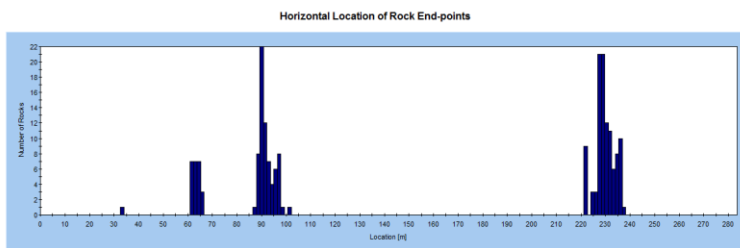
Εικόνα 0-72: T3-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



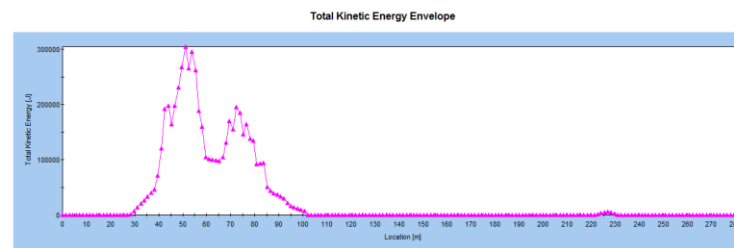
Εικόνα 0-73: Τομή 3-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



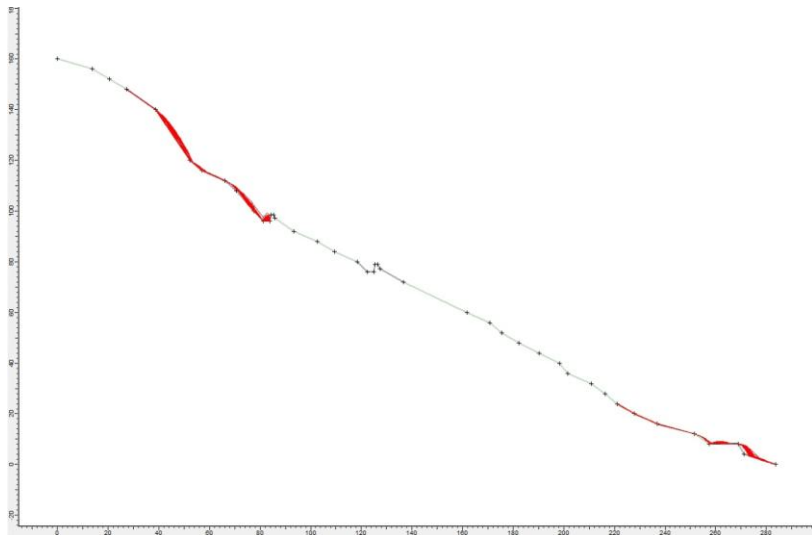
Εικόνα 0-75: T3-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



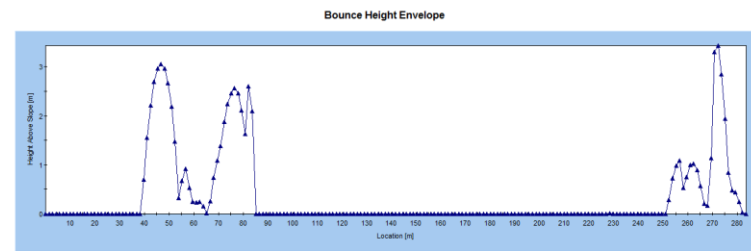
Εικόνα 0-74: T3-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



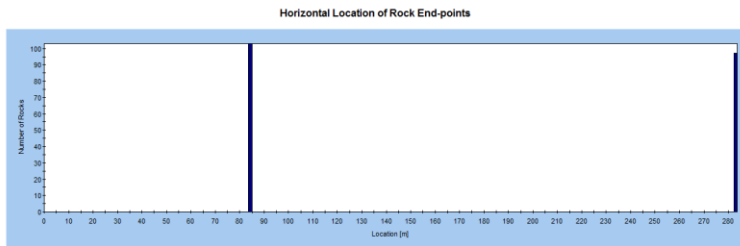
Εικόνα 0-76: T3-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



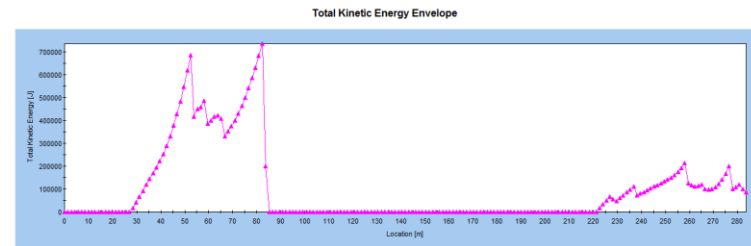
Εικόνα 0-77: Τομή 3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



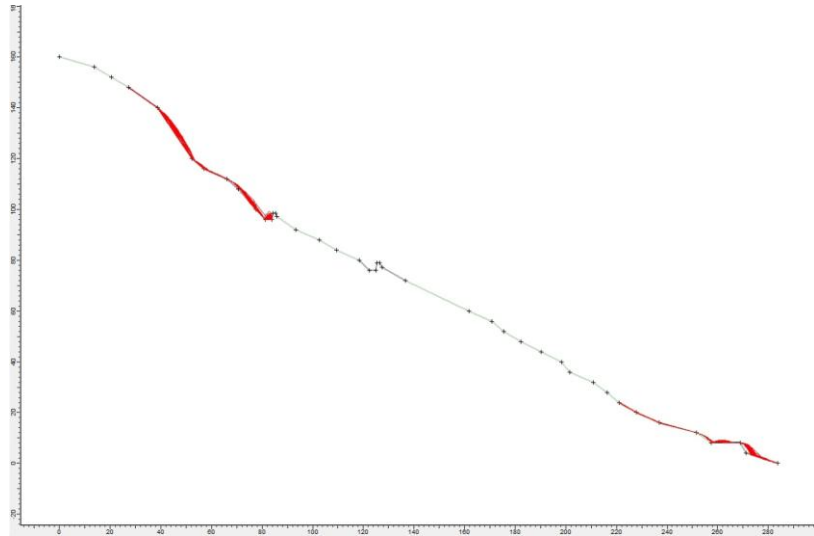
Εικόνα 0-79: Τ3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



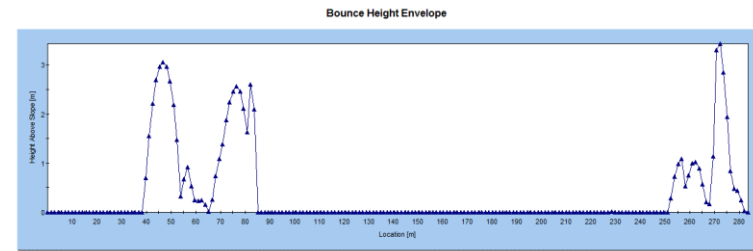
Εικόνα 0-78: Τ3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



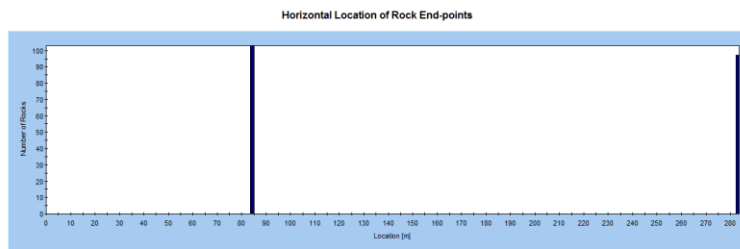
Εικόνα 0-80: Τ3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



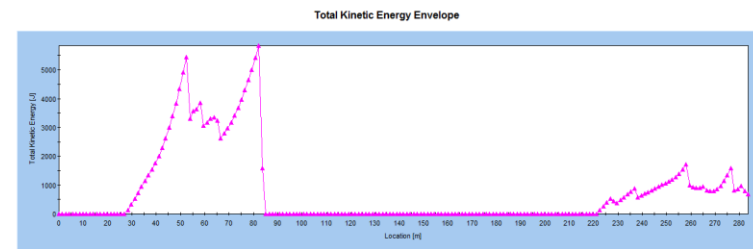
Εικόνα 0-81: Τομή 3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



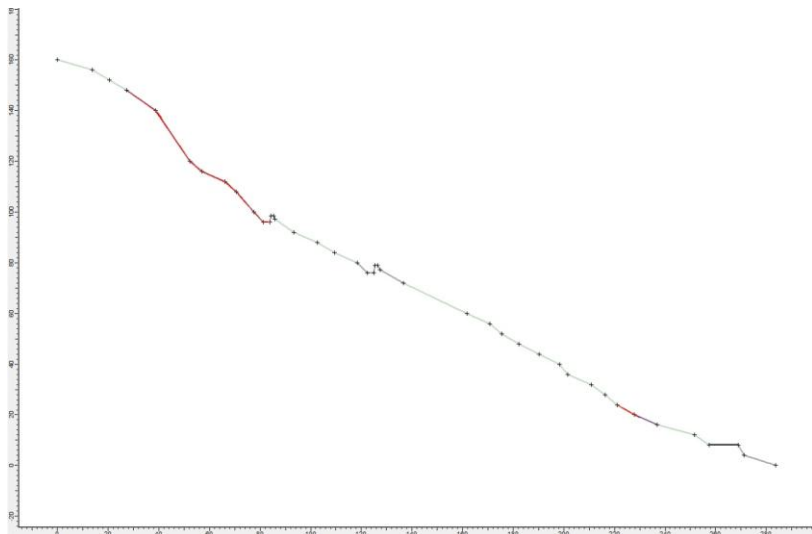
Εικόνα 0-83: T3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



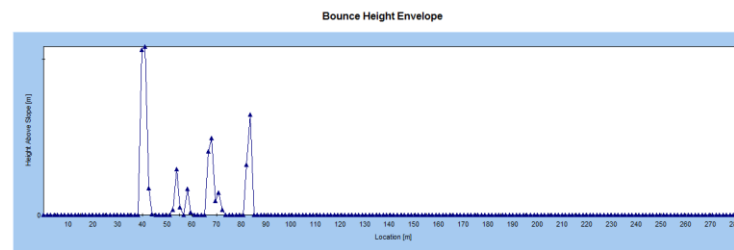
Εικόνα 0-82: T3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



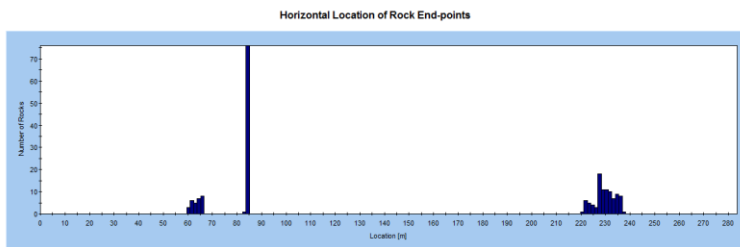
Εικόνα 0-84: T3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



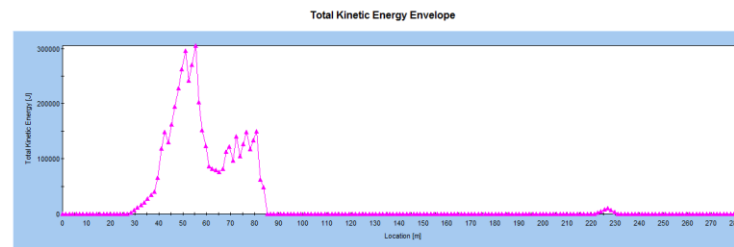
Εικόνα 0-85: Τομή 3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



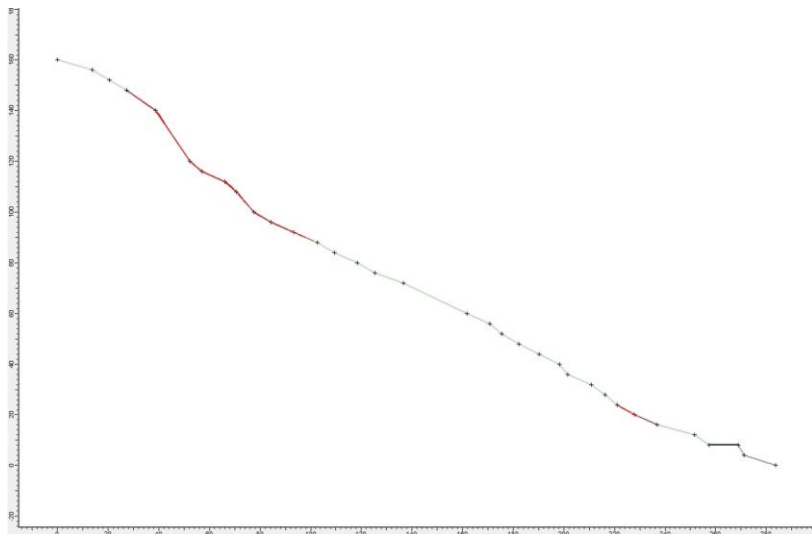
Εικόνα 0-87: T3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



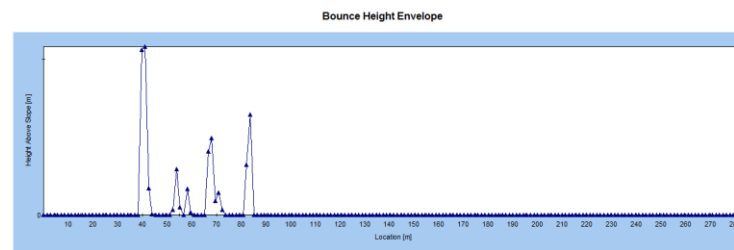
Εικόνα 0-86: T3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



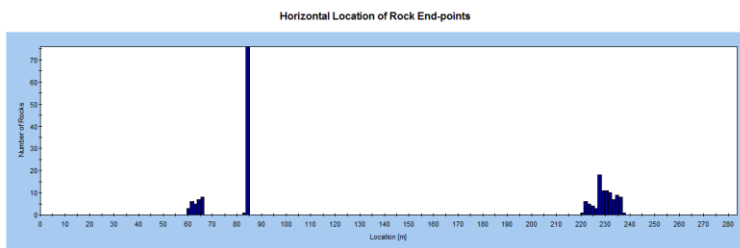
Εικόνα 0-88: T3-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



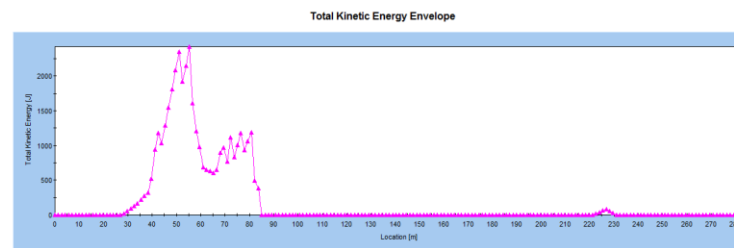
Εικόνα 0-89: Τομή 3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-91: Τ3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης

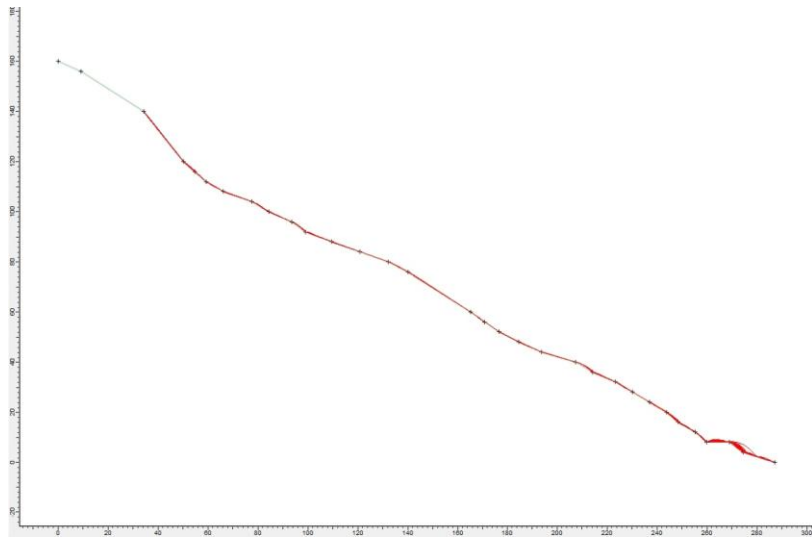


Εικόνα 0-90: Τ3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

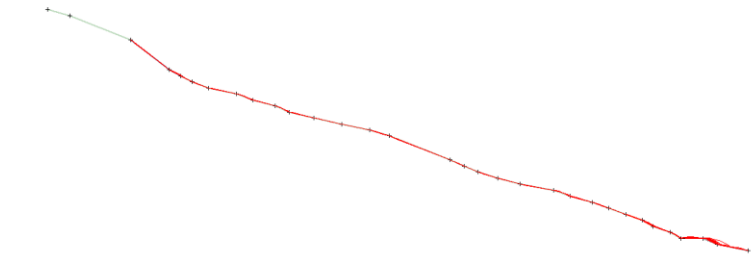
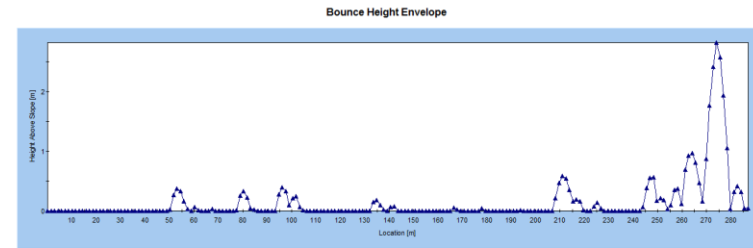


Εικόνα 0-92: Τ3-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

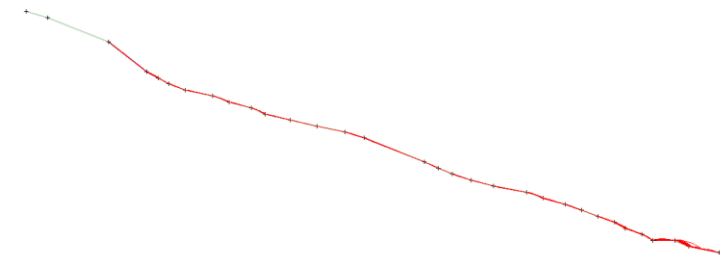
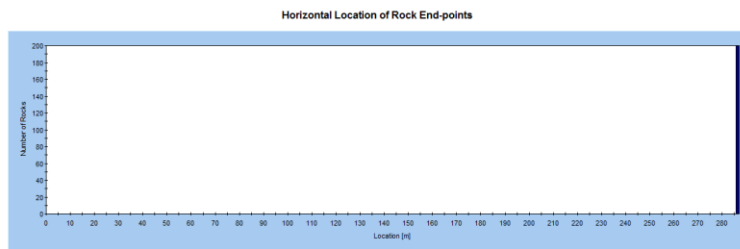
ΤΟΜΗ 4



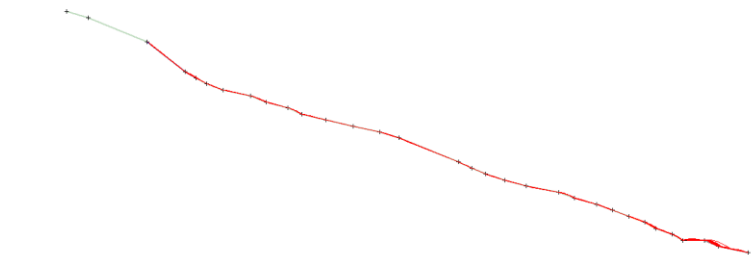
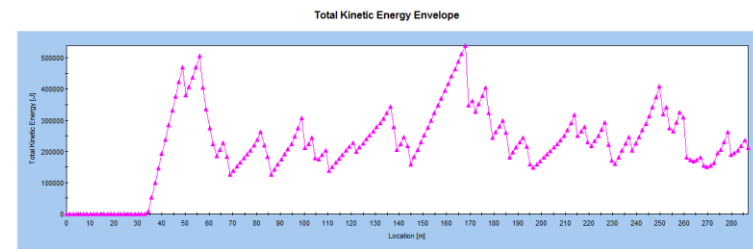
Εικόνα 0-93: Τομή 4 -μεγάλα τεμάχια-κύλιση



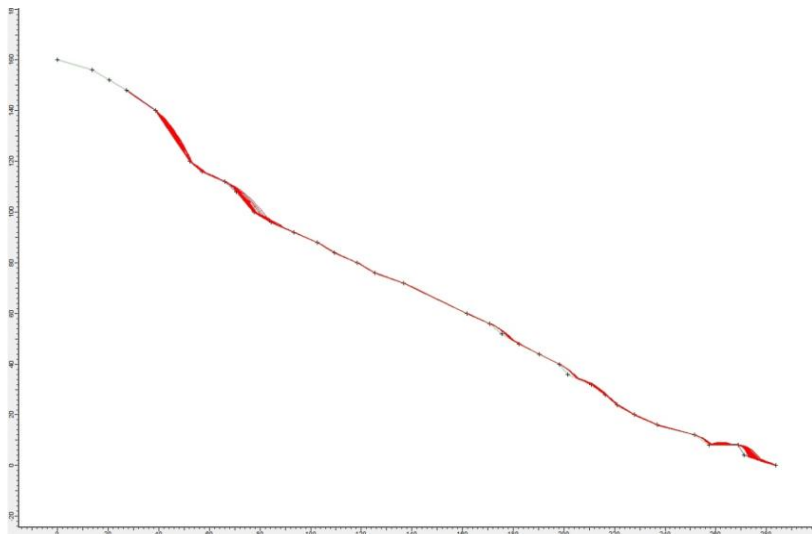
Εικόνα 0-95: T4-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



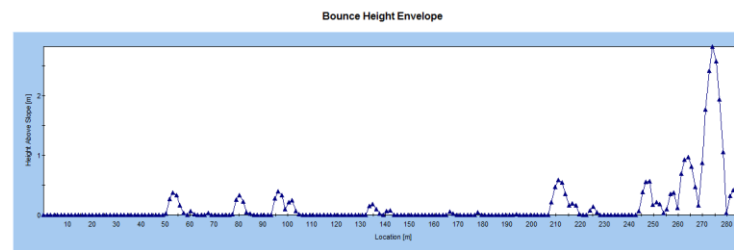
Εικόνα 0-94: T4-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



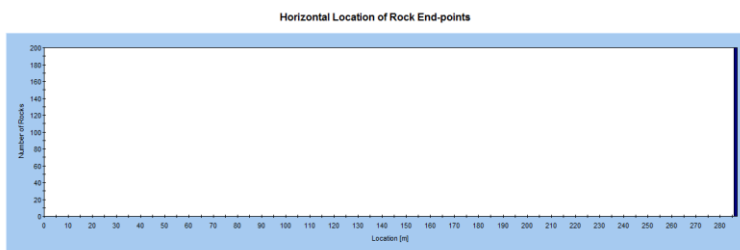
Εικόνα 0-96: T4-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



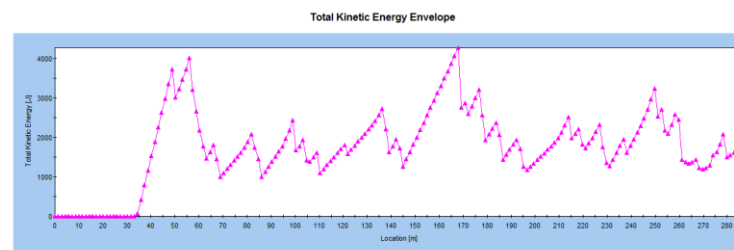
Εικόνα 0-97: Τομή 4-μικρά τεμάχια-κύλιση



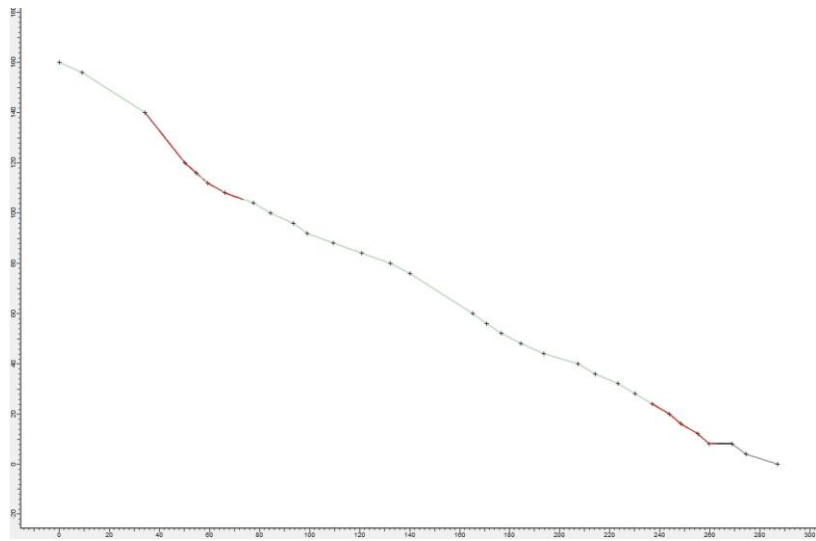
Εικόνα 0-99: T4-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



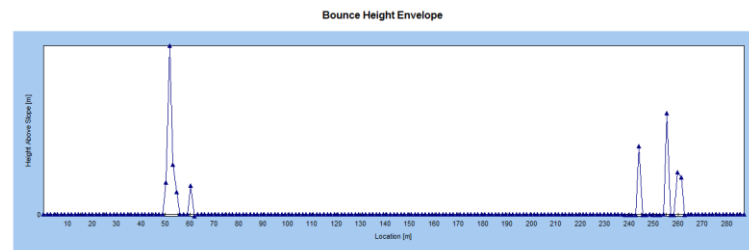
Εικόνα 0-98: T4-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



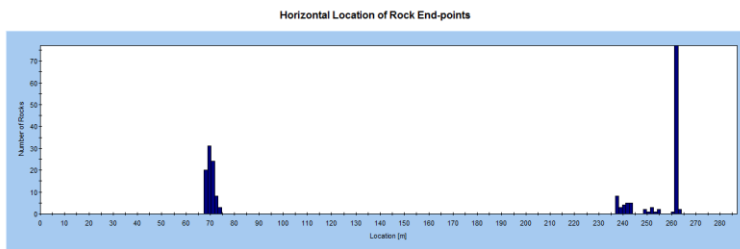
Εικόνα 0-100: T4-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



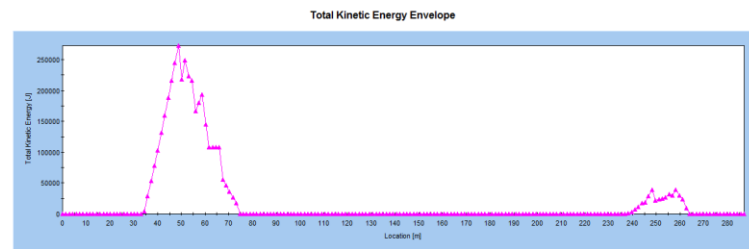
Εικόνα 0-101: Τομή 4-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



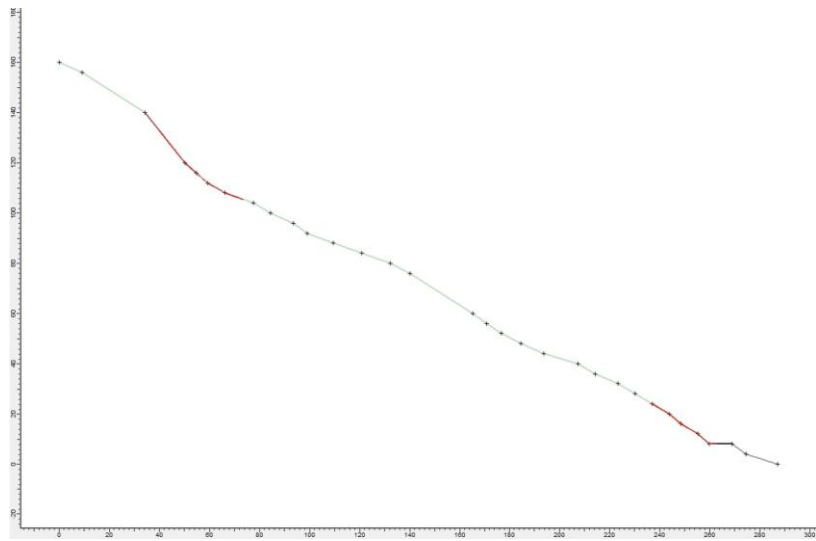
Εικόνα 0-103: T4-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



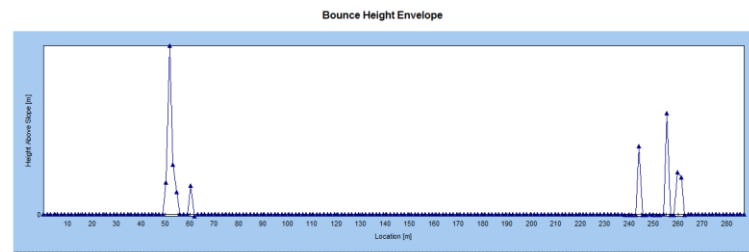
Εικόνα 0-102: T4-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



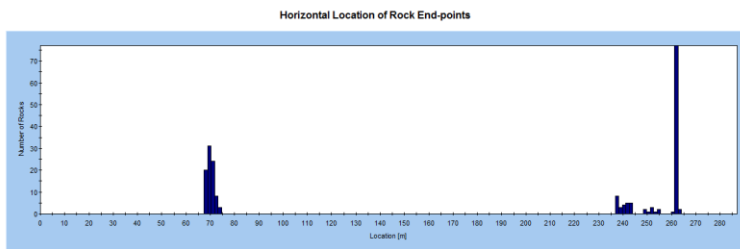
Εικόνα 0-104: T4-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



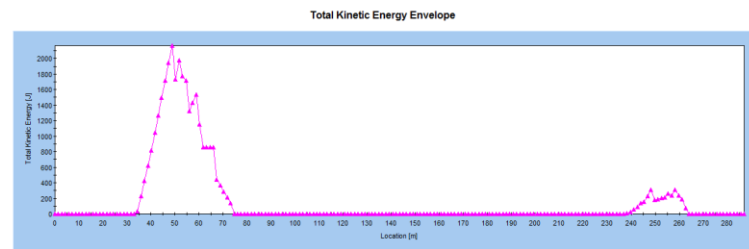
Εικόνα 0-105: Τομή 4-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



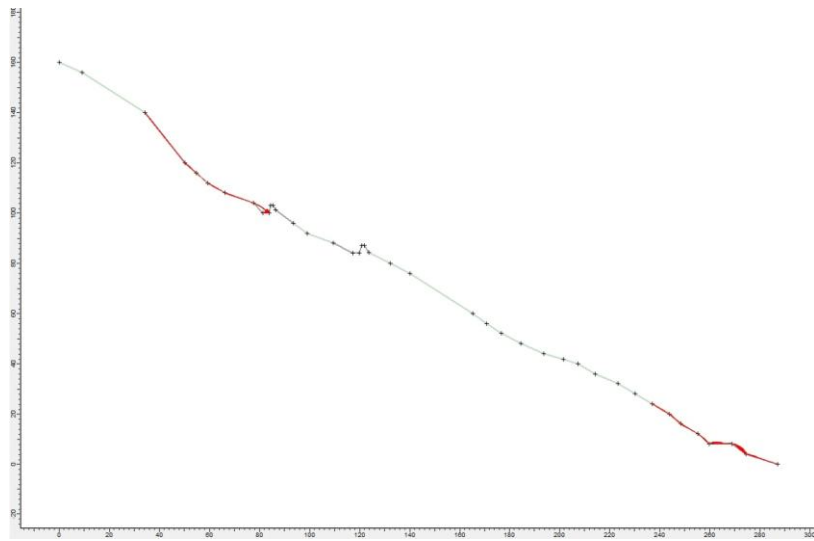
Εικόνα 0-107: T4-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



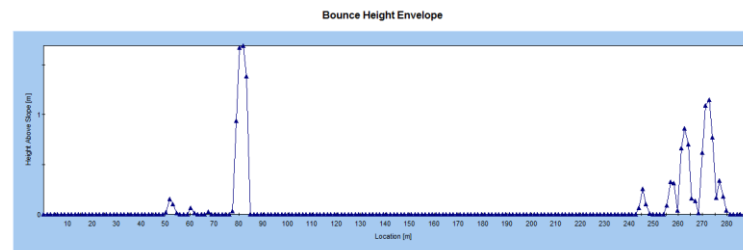
Εικόνα 0-106: T4-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



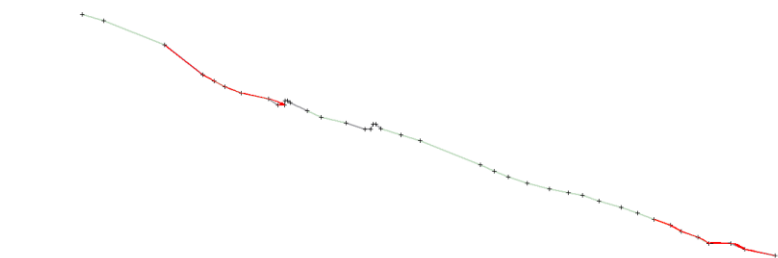
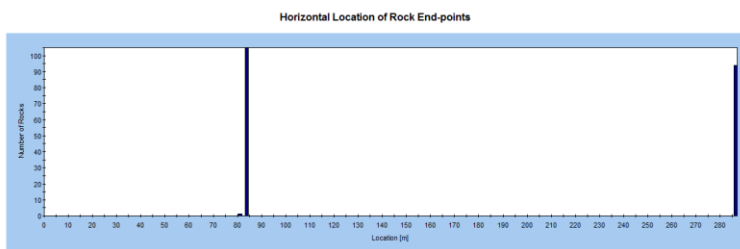
Εικόνα 0-108: T4-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



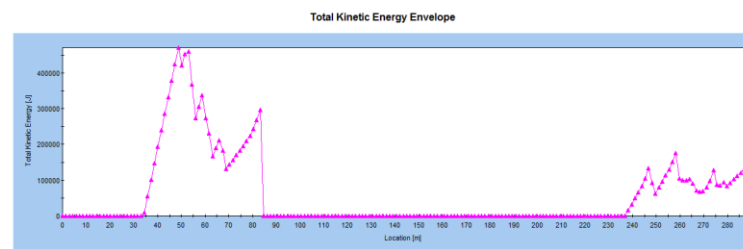
Εικόνα 0-109: Τομή 4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



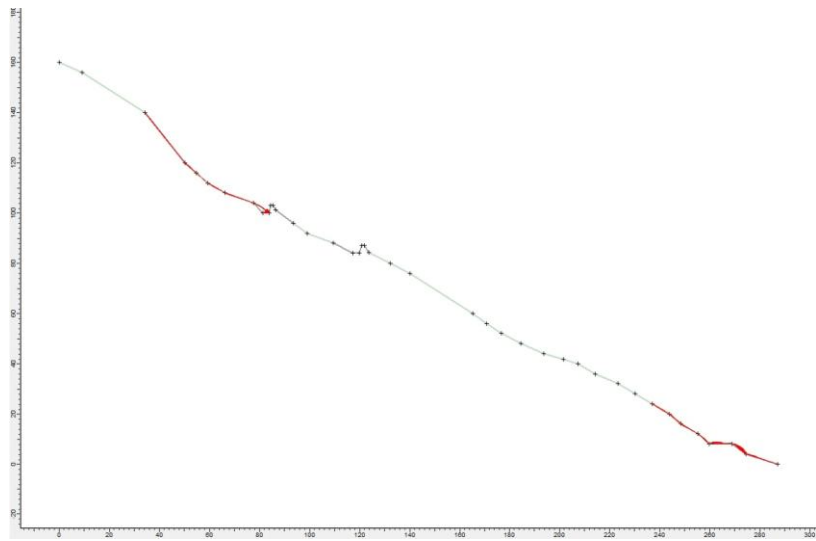
Εικόνα 0-111: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



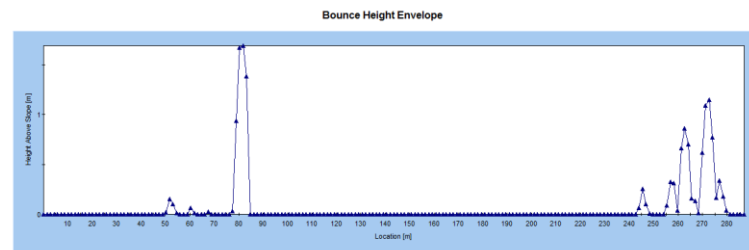
Εικόνα 0-110: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



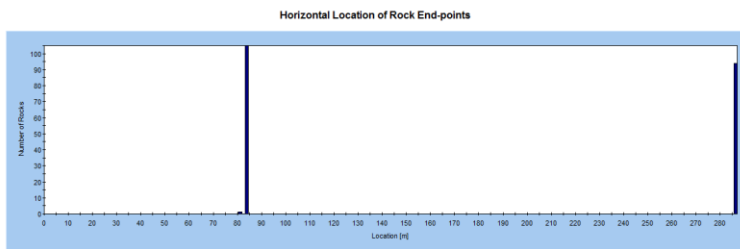
Εικόνα 0-112: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



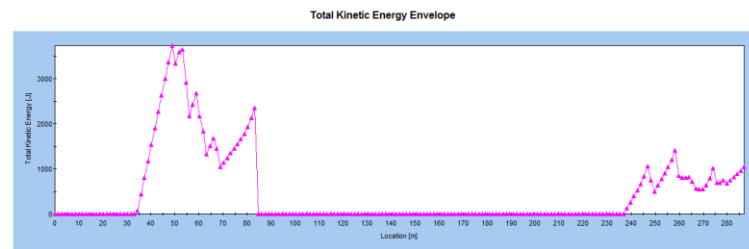
Εικόνα 0-113: Τομή 4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



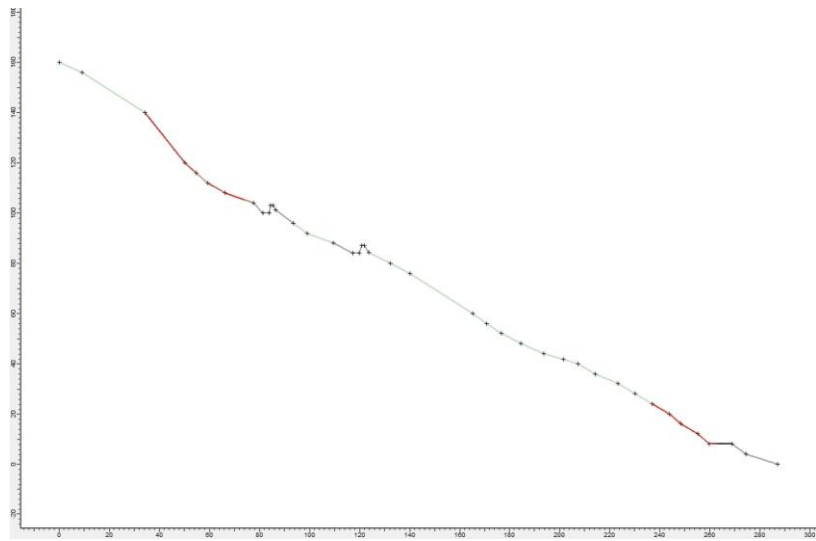
Εικόνα 0-115: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



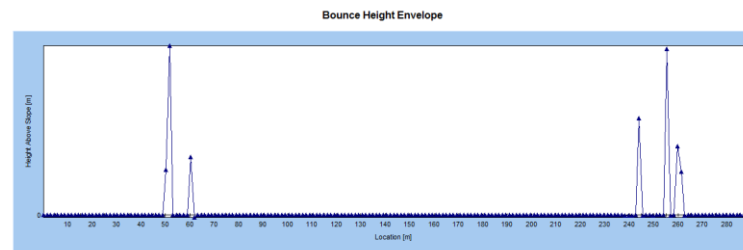
Εικόνα 0-114: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



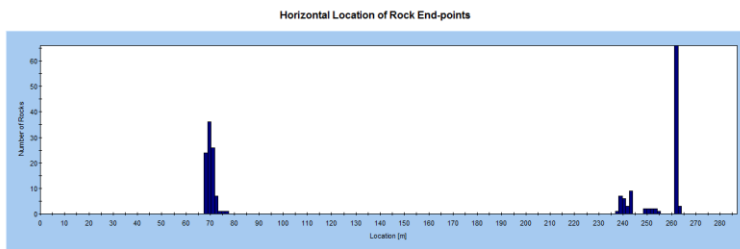
Εικόνα 0-116: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



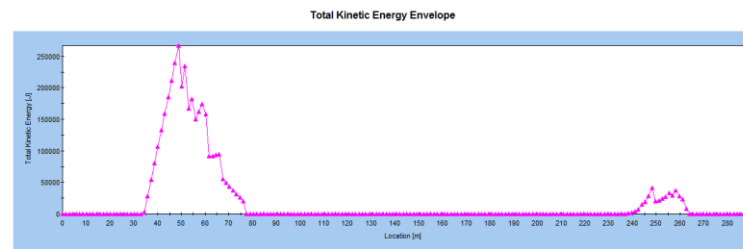
Εικόνα 0-117: Τομή 4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



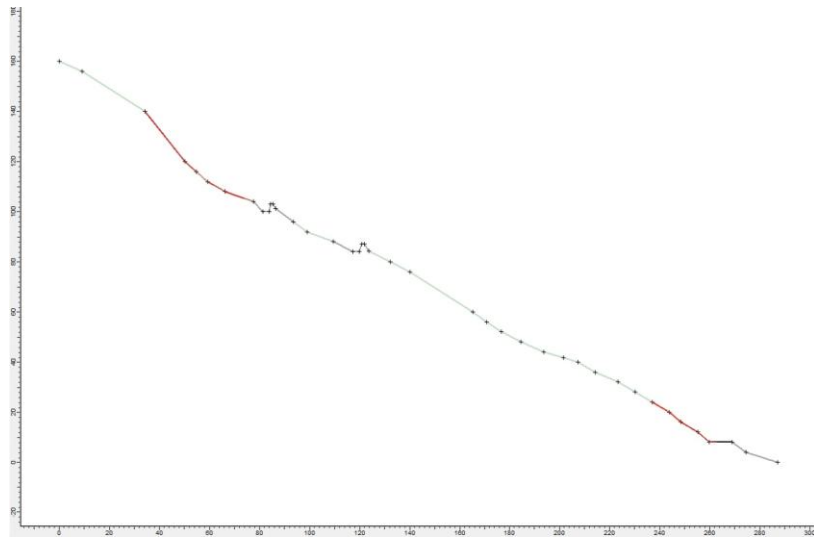
Εικόνα 0-119: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



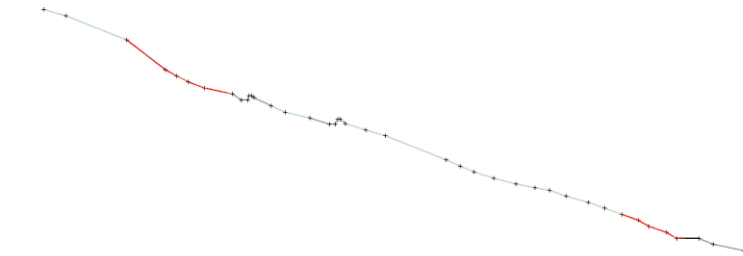
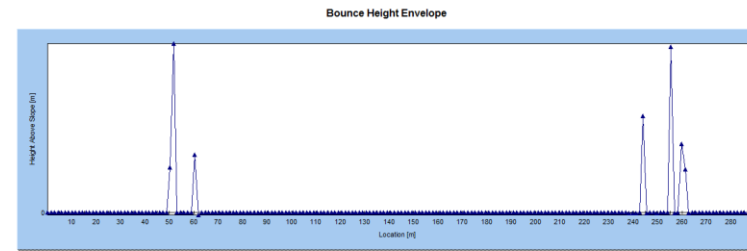
Εικόνα 0-118: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



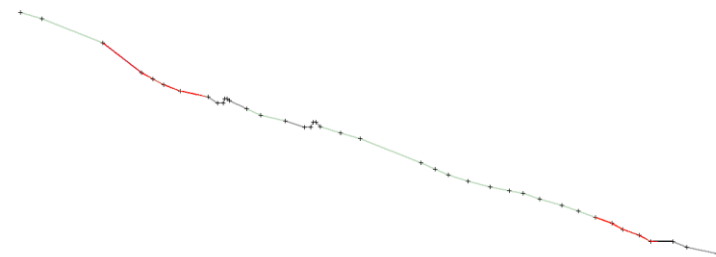
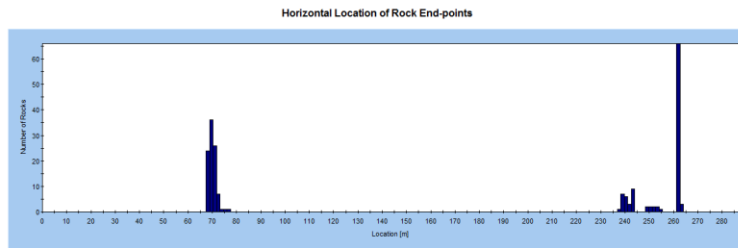
Εικόνα 0-120: T4-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



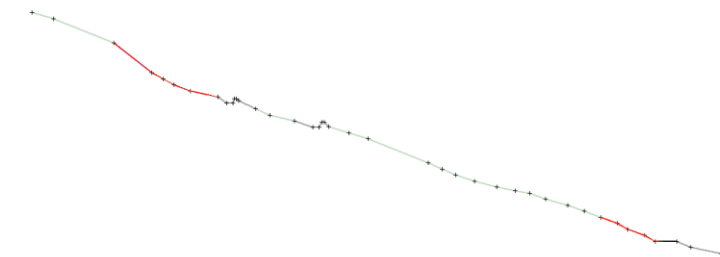
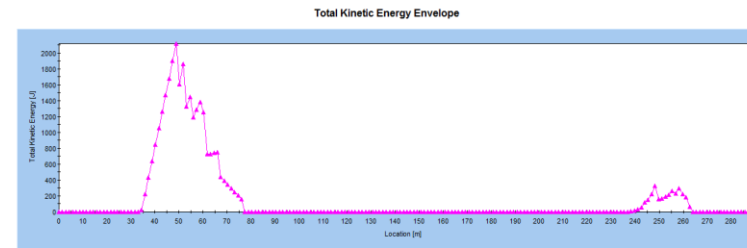
Εικόνα 0-121: Τομή 4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-123: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



Εικόνα 0-122: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

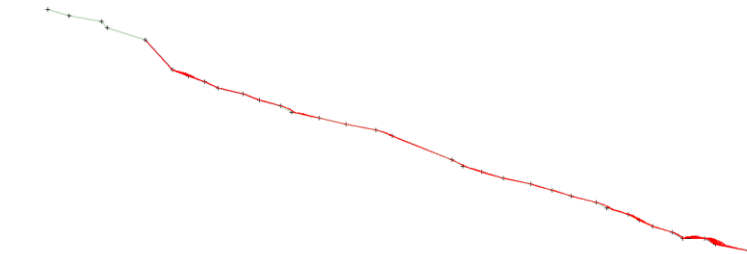
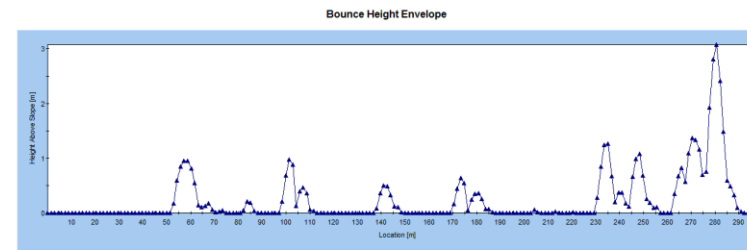


Εικόνα 0-124: T4-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

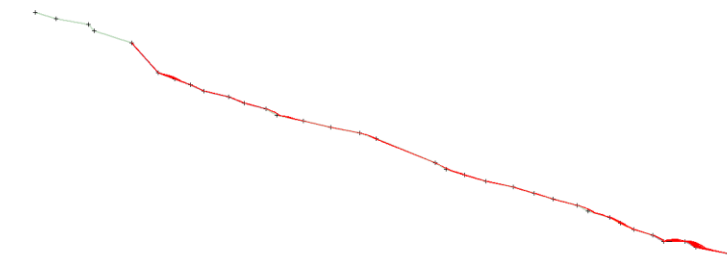
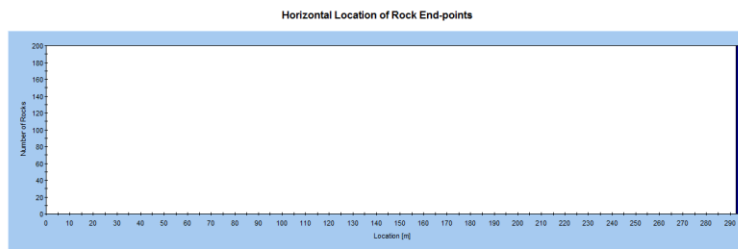
ΤΟΜΗ 5



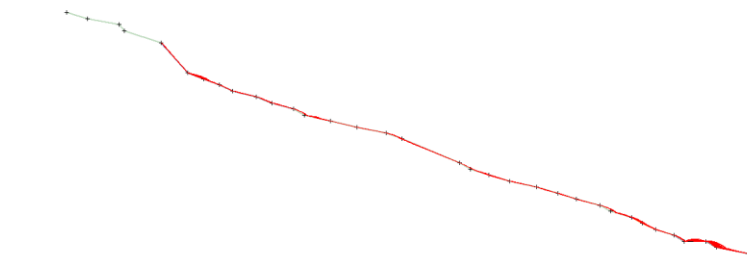
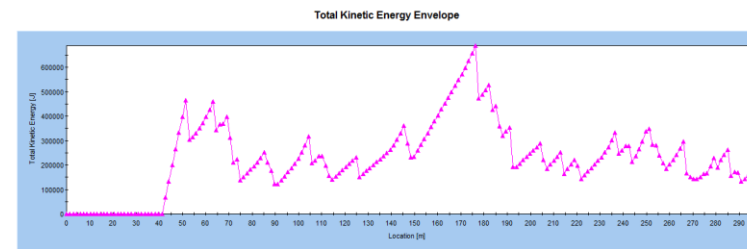
Εικόνα 0-125: Τομή 5 -μεγάλα τεμάχια-κύλιση



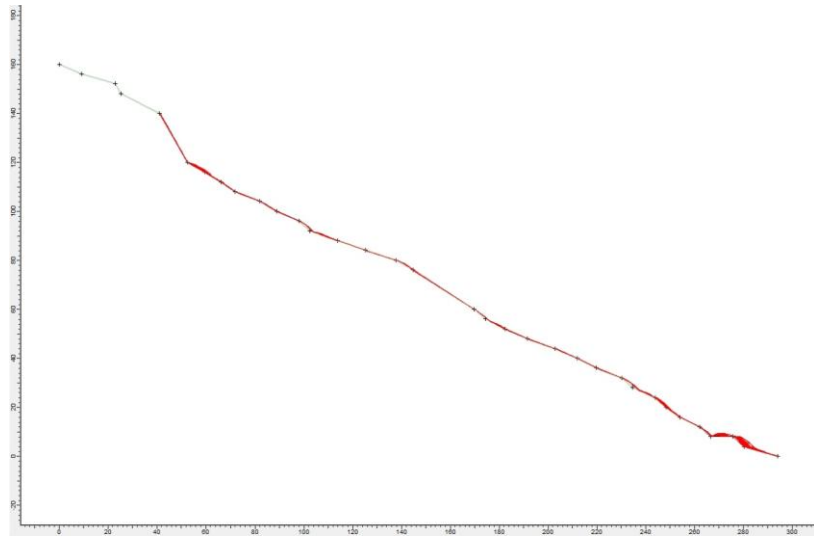
Εικόνα 0-127: T5-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



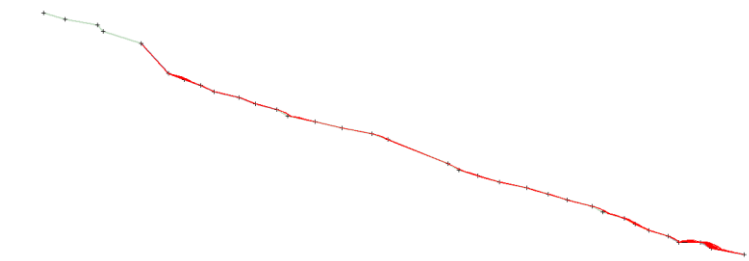
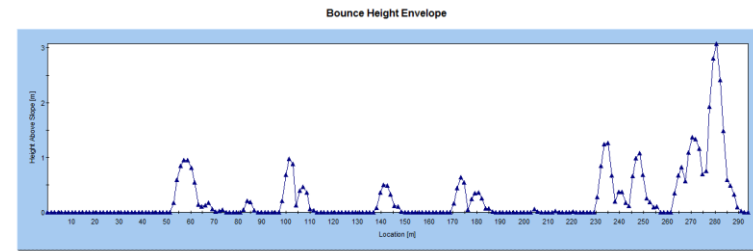
Εικόνα 0-126: T5-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



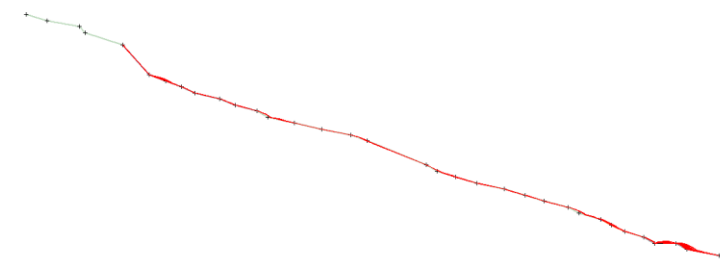
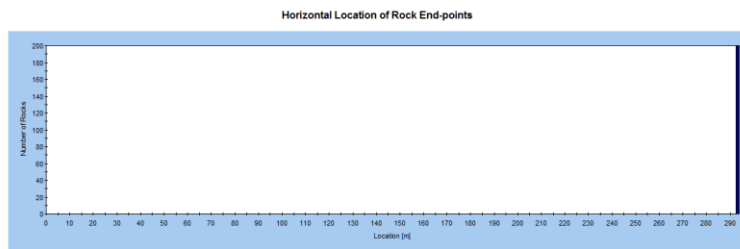
Εικόνα 0-128: T5-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



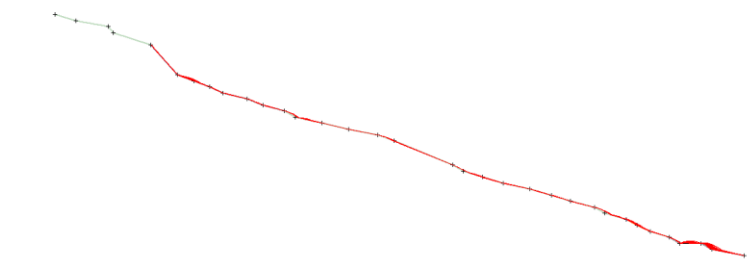
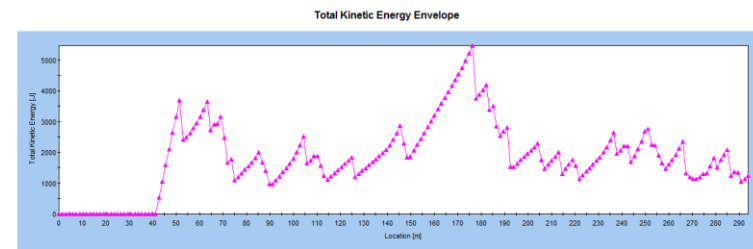
Εικόνα 0-129: Τομή 5-μικρά τεμάχια-κύλιση



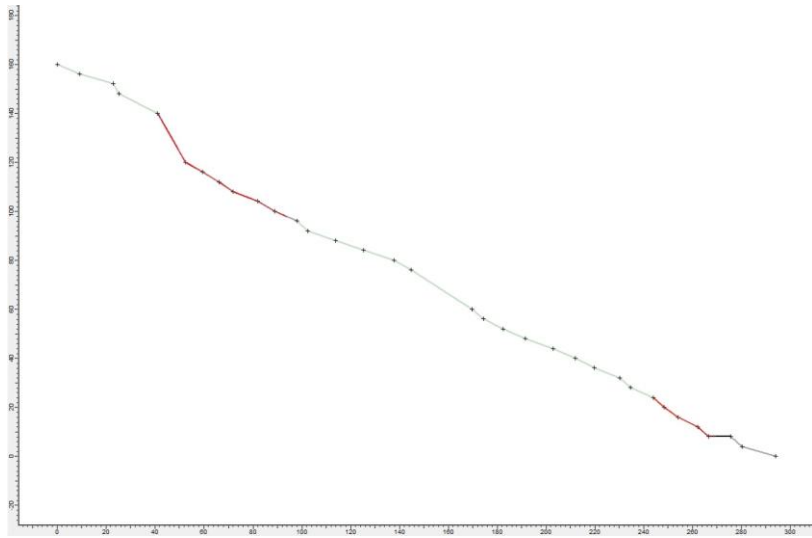
Εικόνα 0-131: T5-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



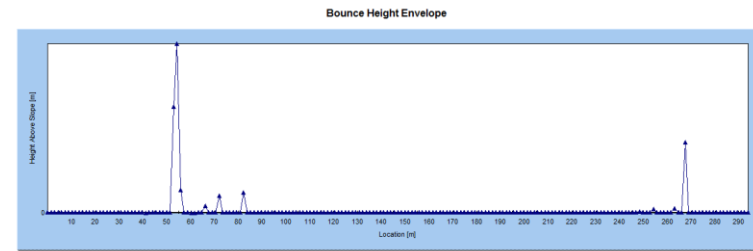
Εικόνα 0-130: T5-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



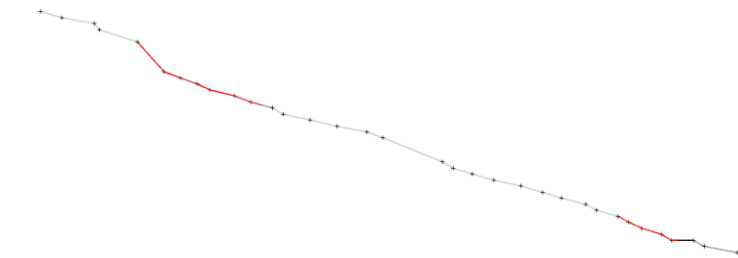
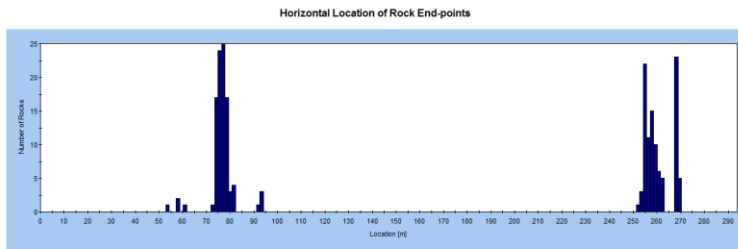
Εικόνα 0-132: T5-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



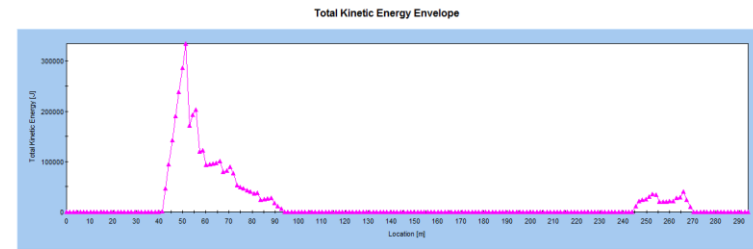
Εικόνα 0-133: Τομή 5-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



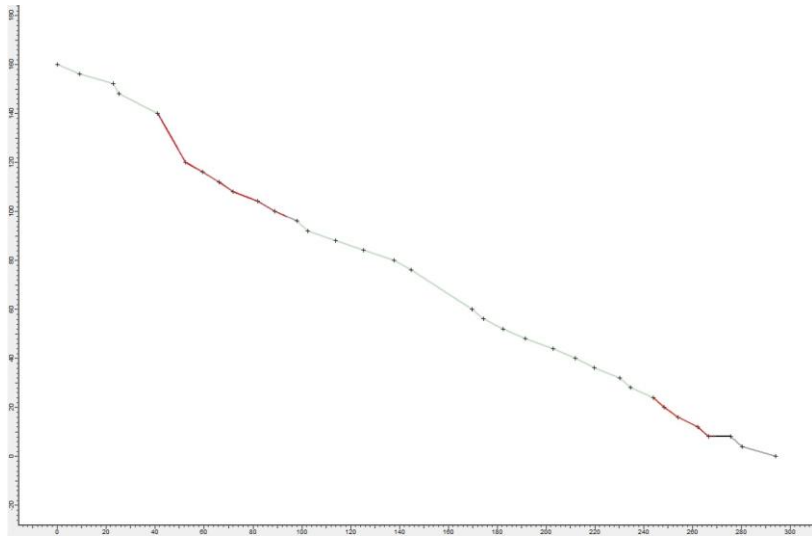
Εικόνα 0-135: T5-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



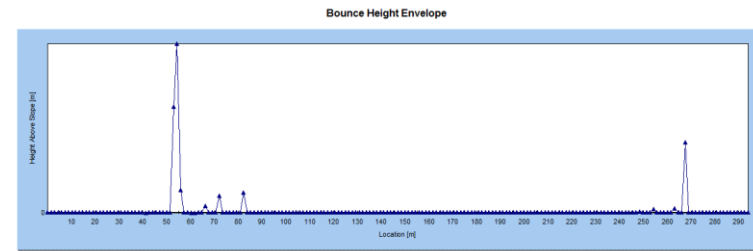
Εικόνα 0-134: T5-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



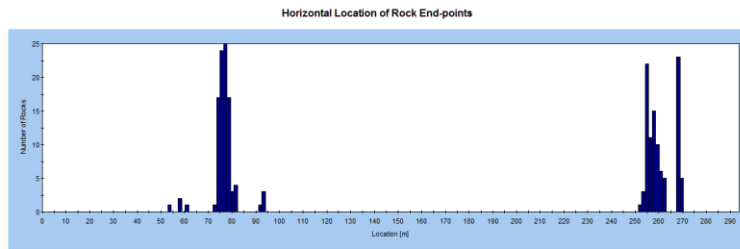
Εικόνα 0-136: T5-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



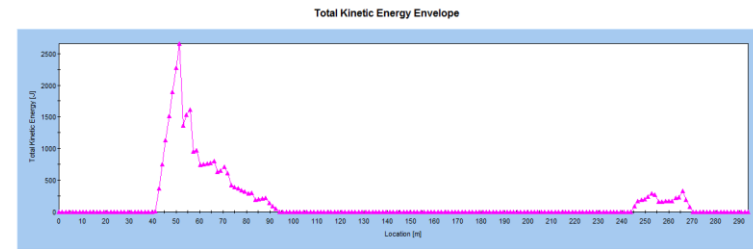
Εικόνα 0-137: Τομή 5-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



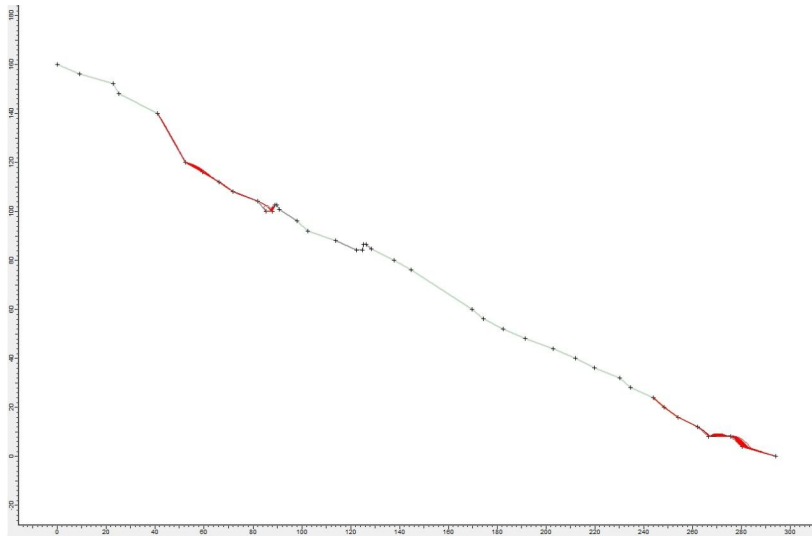
Εικόνα 0-139: T5-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



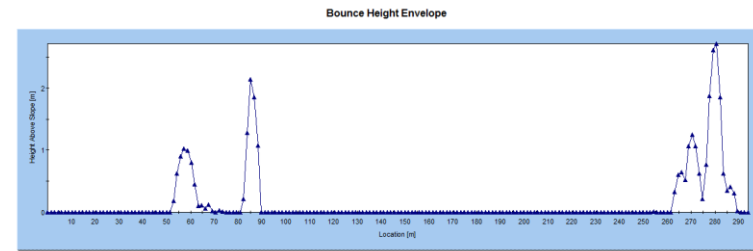
Εικόνα 0-138: T5-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



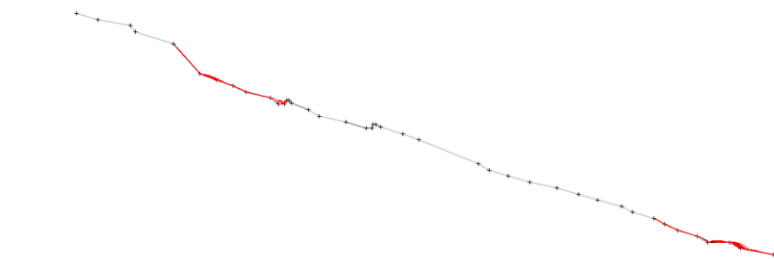
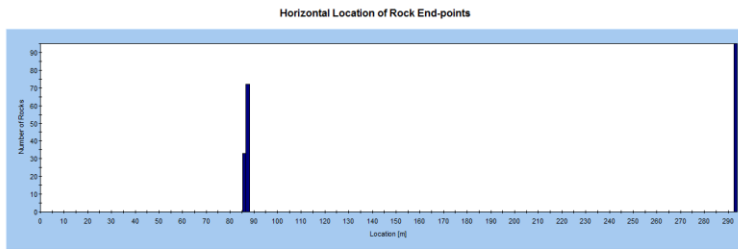
Εικόνα 0-140: T5-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



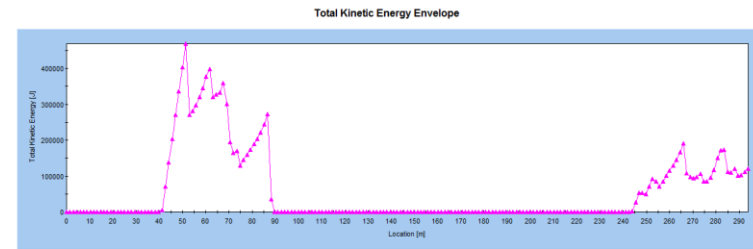
Εικόνα 0-141: Τομή 5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



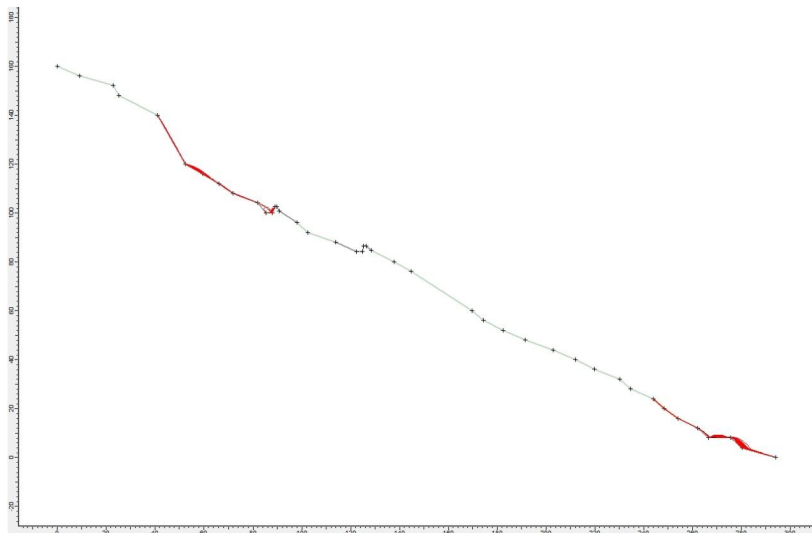
Εικόνα 0-143: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



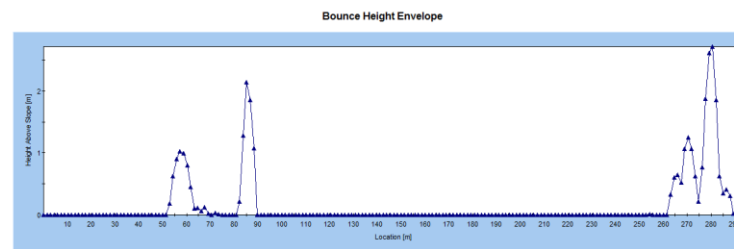
Εικόνα 0-142: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



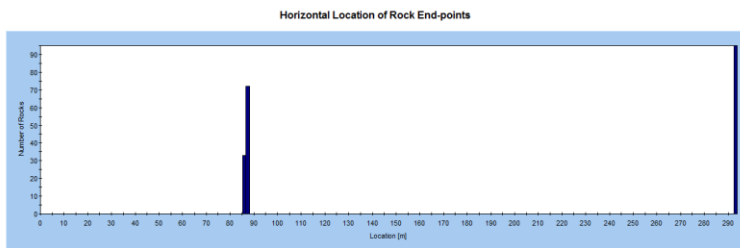
Εικόνα 0-144: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



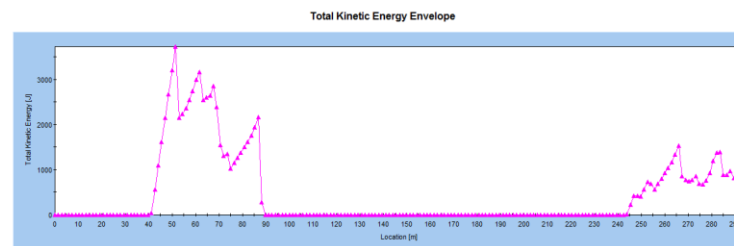
Εικόνα 0-145: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



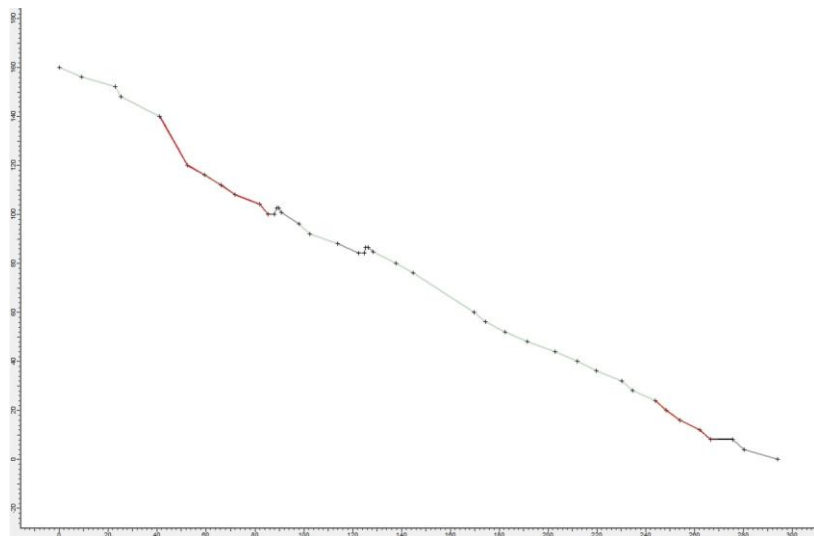
Εικόνα 0-147: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



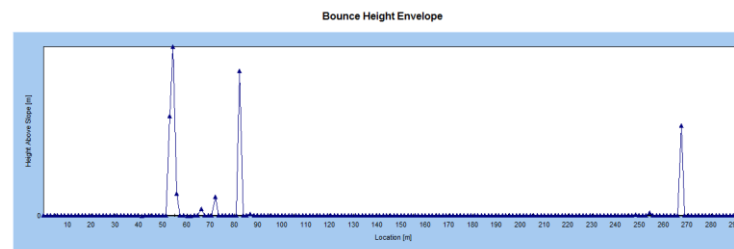
Εικόνα 0-146: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



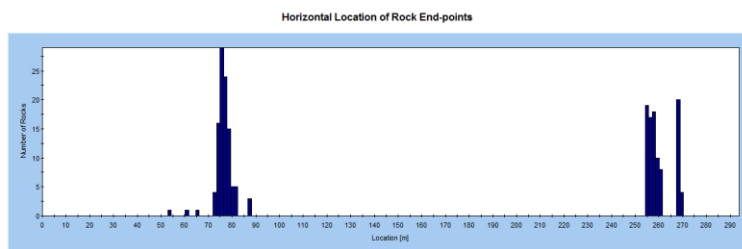
Εικόνα 0-148: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



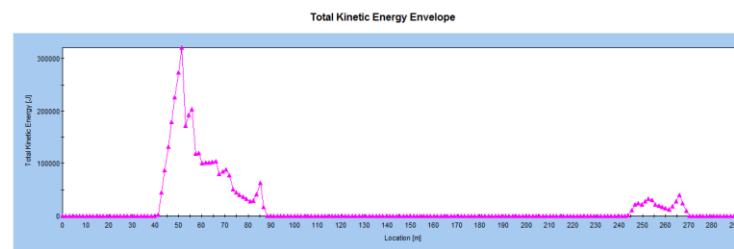
Εικόνα 0-149: Τομή 5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



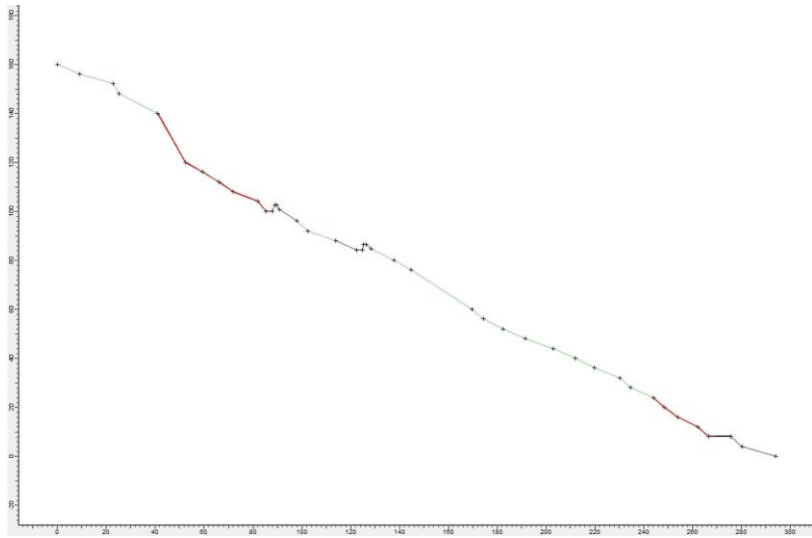
Εικόνα 0-151: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



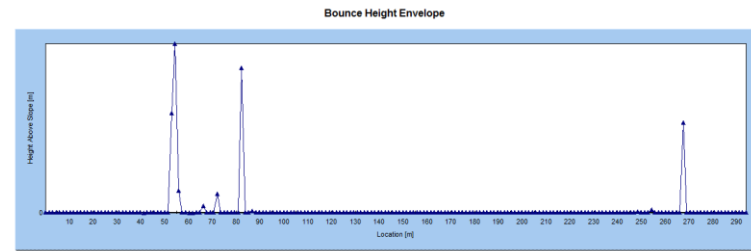
Εικόνα 0-150: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



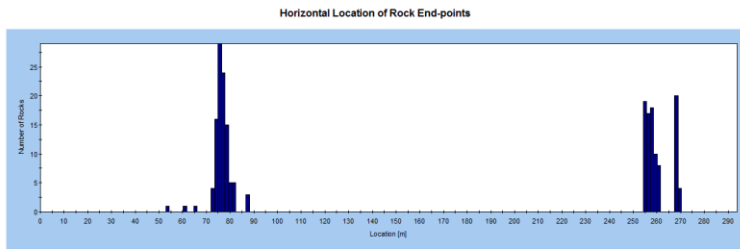
Εικόνα 0-152: T5-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



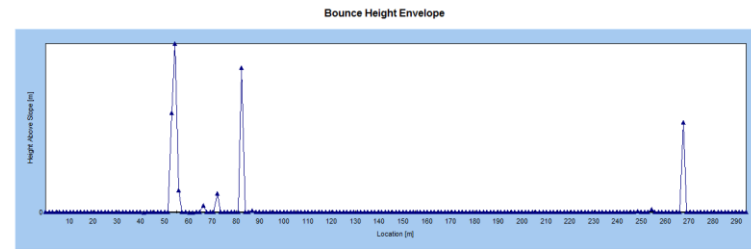
Εικόνα 0-153: Τομή 5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-155: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης

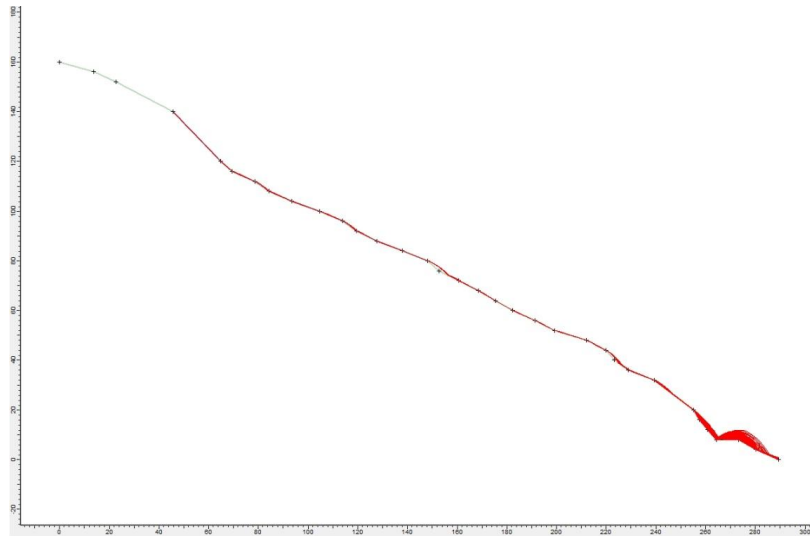


Εικόνα 0-154: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων

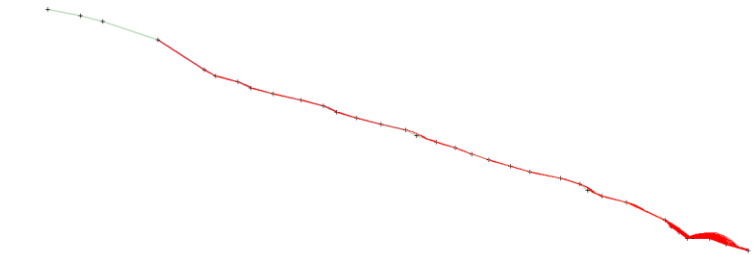
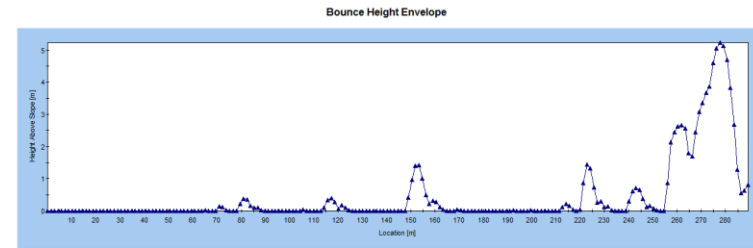


Εικόνα 0-156: T5-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας

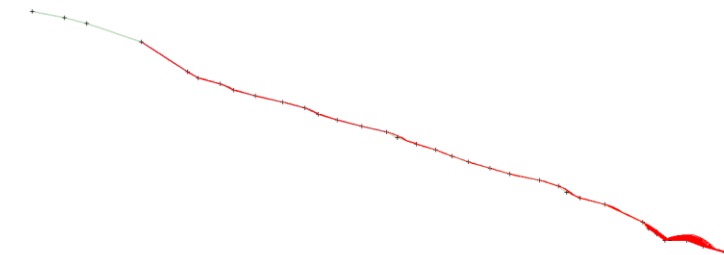
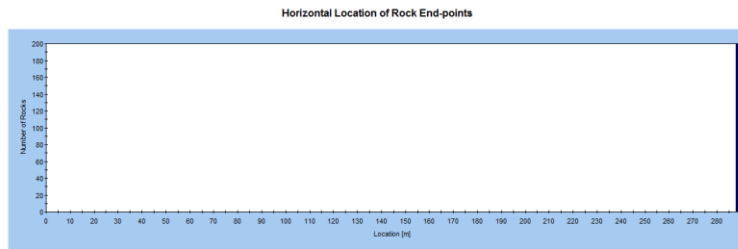
ΤΟΜΗ 6



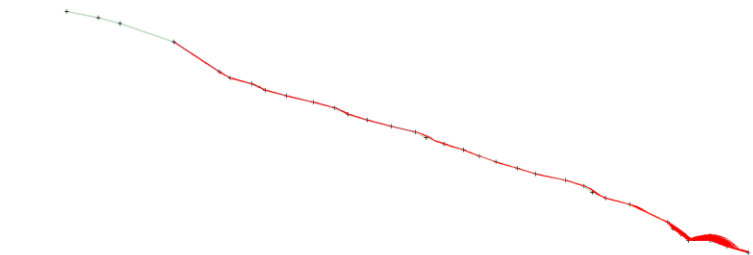
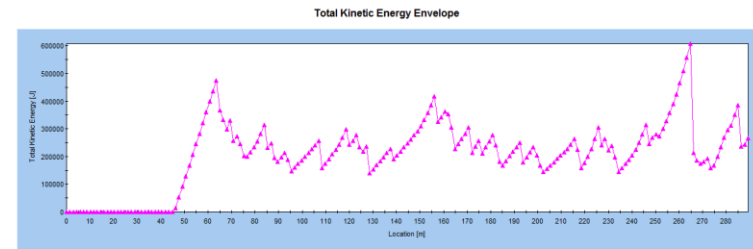
Εικόνα 0-157: Τομή 6 -μεγάλα τεμάχια-κύλιση



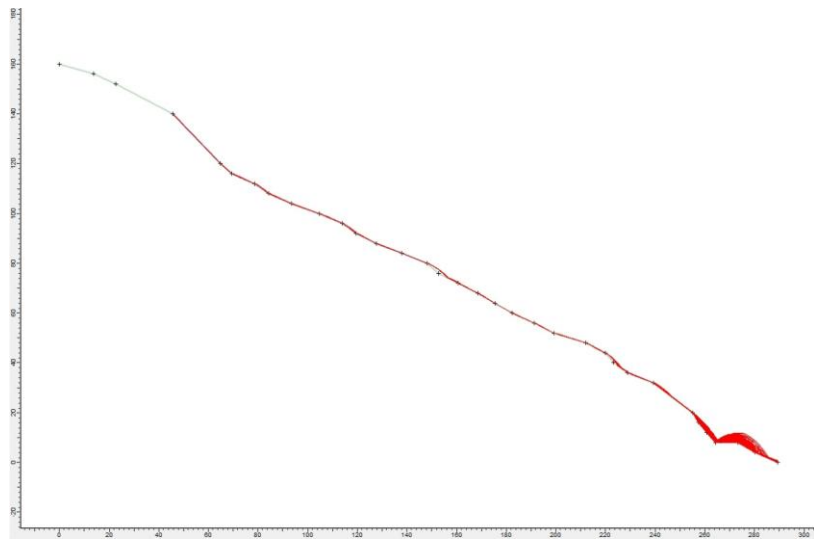
Εικόνα 0-159: Τ6-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



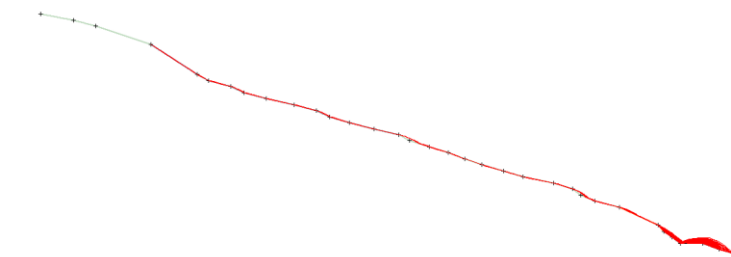
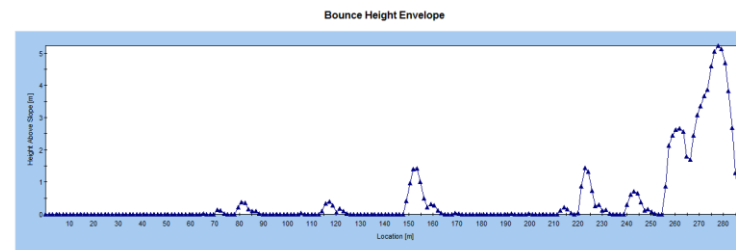
Εικόνα 0-158: Τ6-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



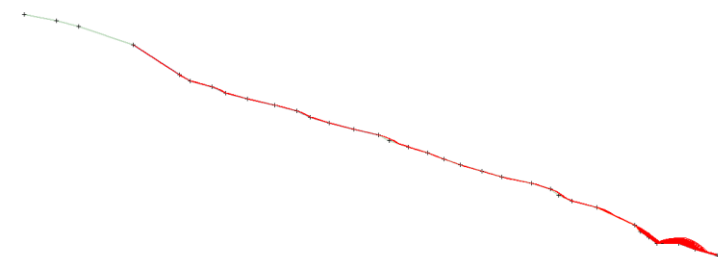
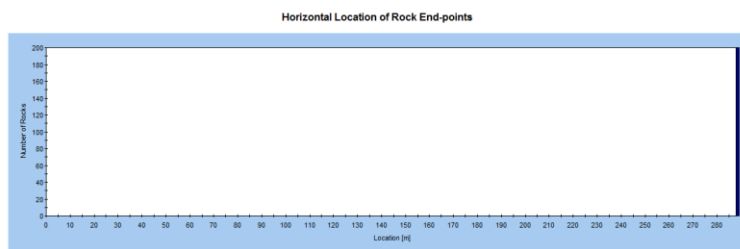
Εικόνα 0-160: Τ6-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



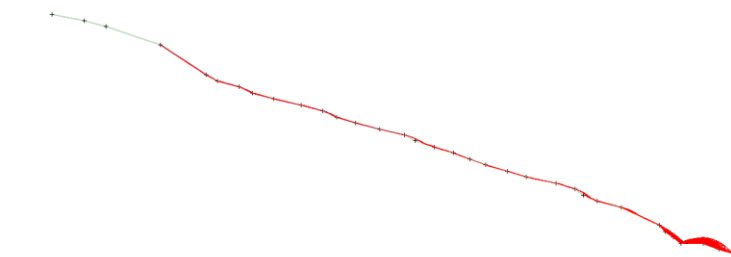
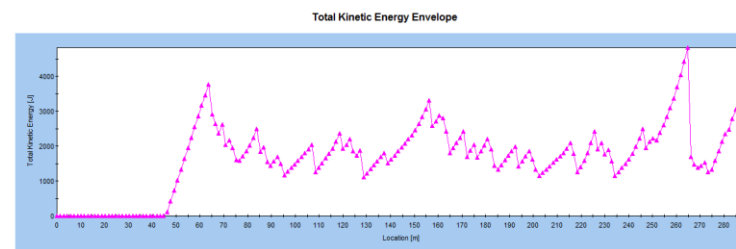
Εικόνα 0-161: Τομή 6-μικρά τεμάχια-κύλιση



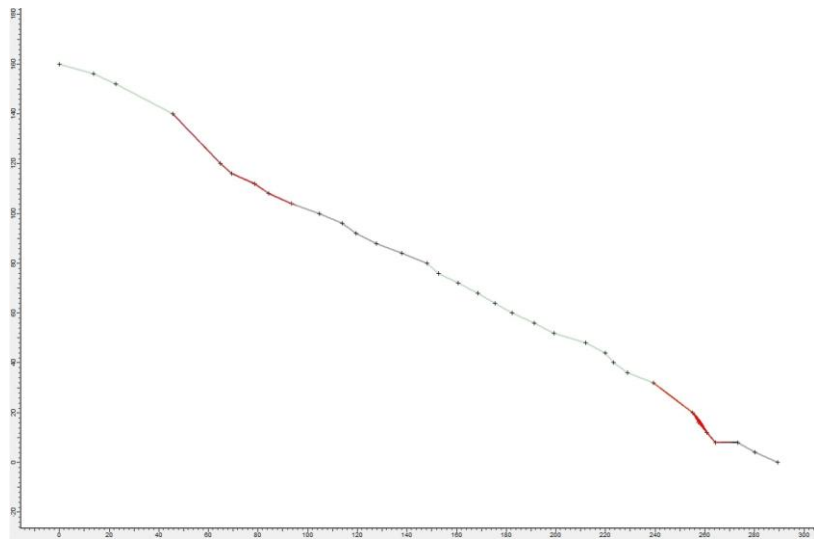
Εικόνα 0-163: Τ6-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



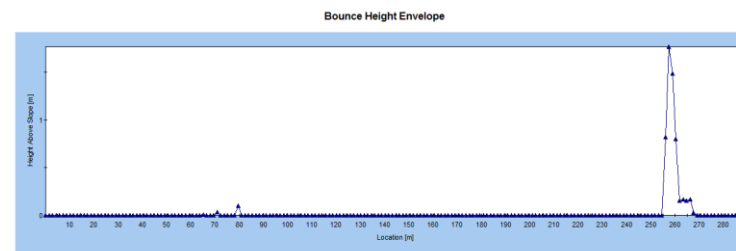
Εικόνα 0-162: Τ6-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



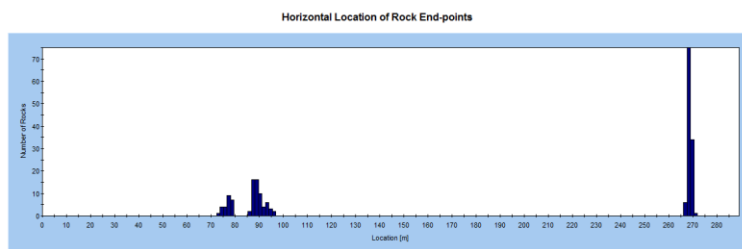
Εικόνα 0-164: Τ6-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



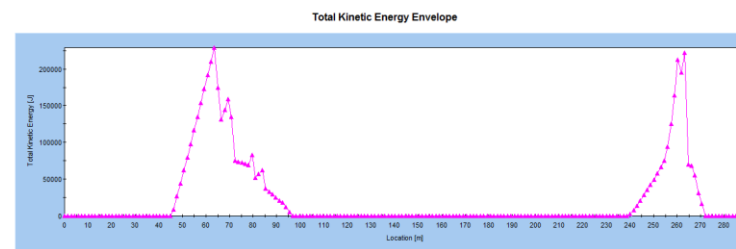
Εικόνα 0-165: Τομή 6-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



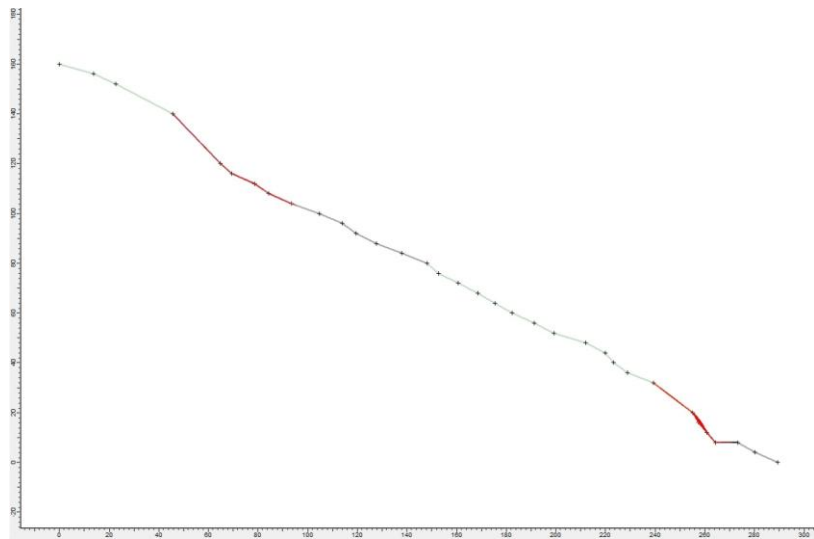
Εικόνα 0-167: Τ6-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



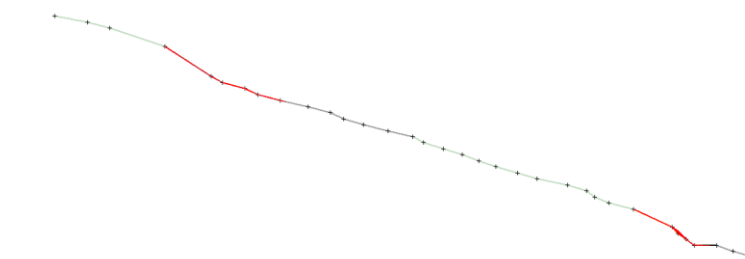
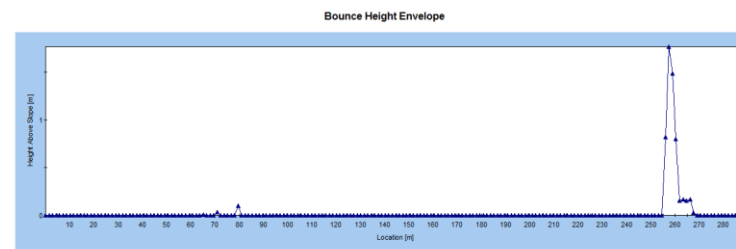
Εικόνα 0-166: Τ6-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



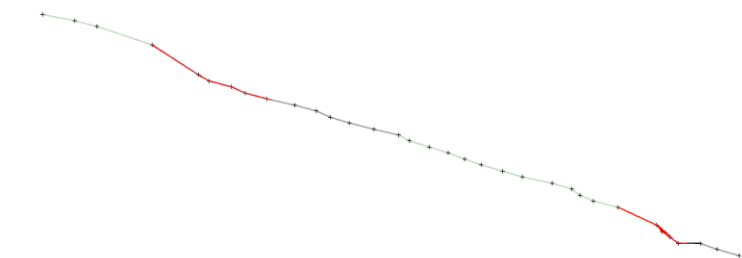
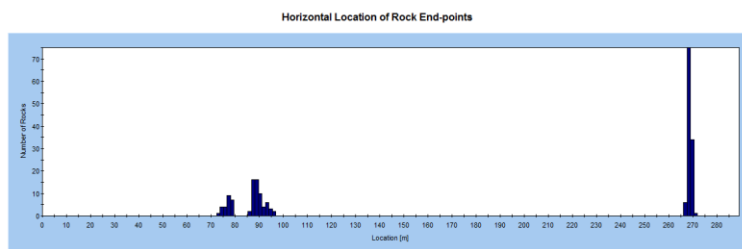
Εικόνα 0-168: Τ6-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



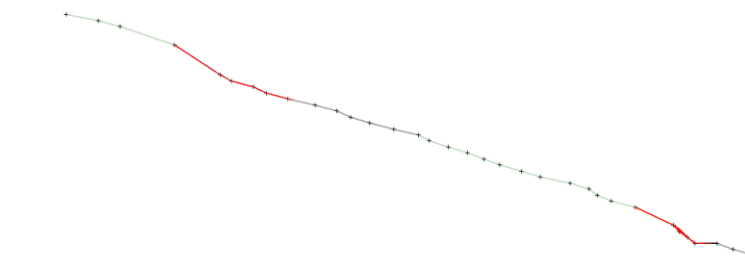
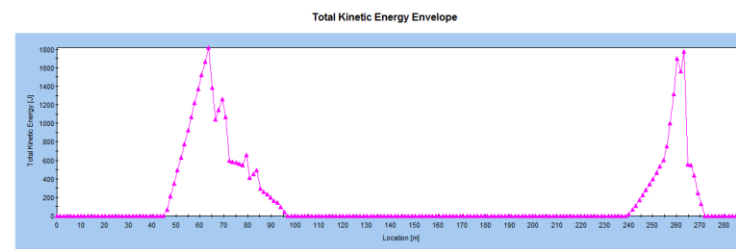
Εικόνα 0-169: Τομή 6-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



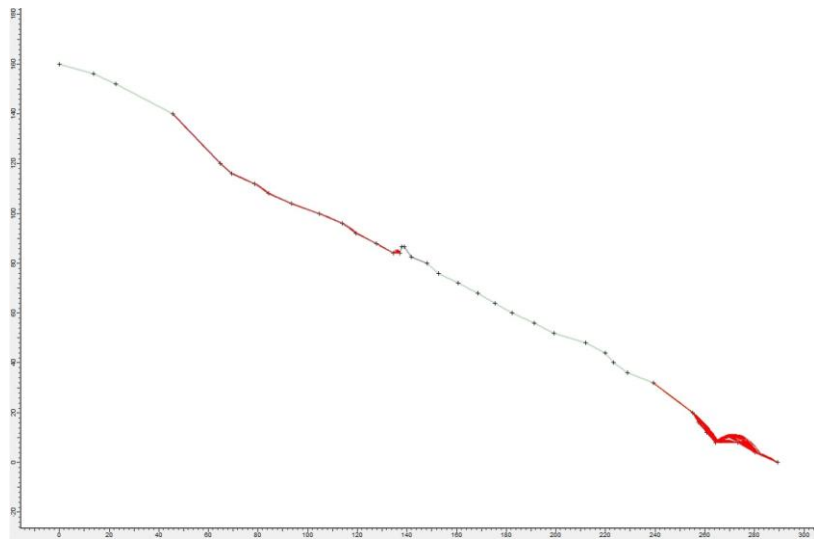
Εικόνα 0-171: Τ6-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



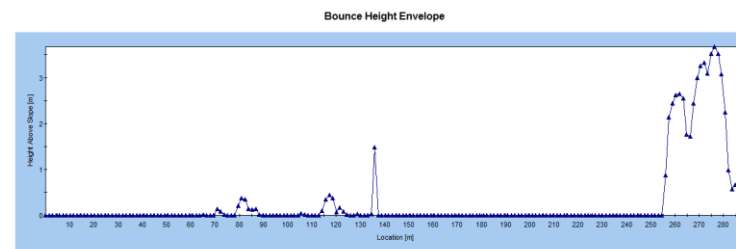
Εικόνα 0-170: Τ6-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



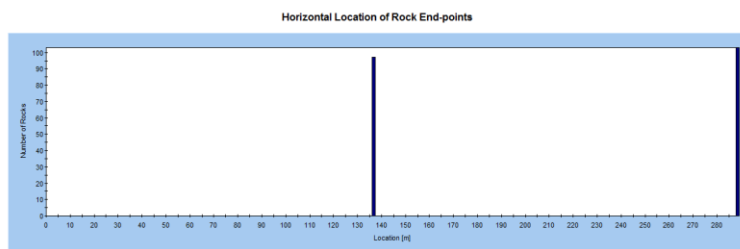
Εικόνα 0-172: Τ6-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



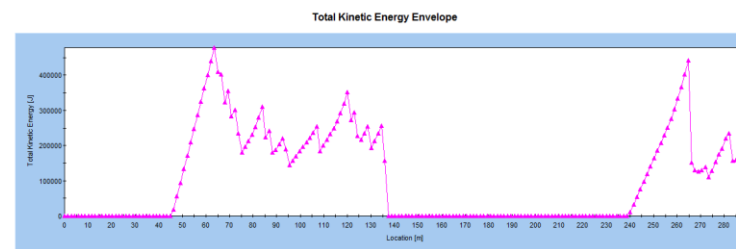
Εικόνα 0-173: Τομή 6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση



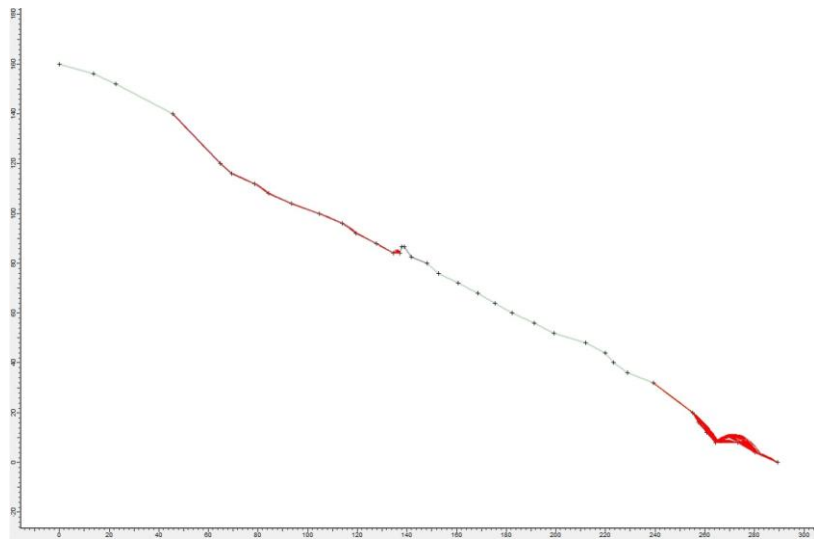
Εικόνα 0-175: Τ6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



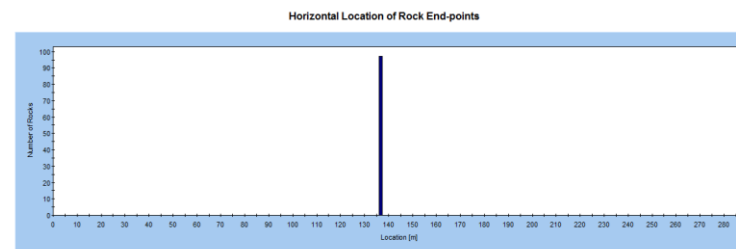
Εικόνα 0-174: Τ6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



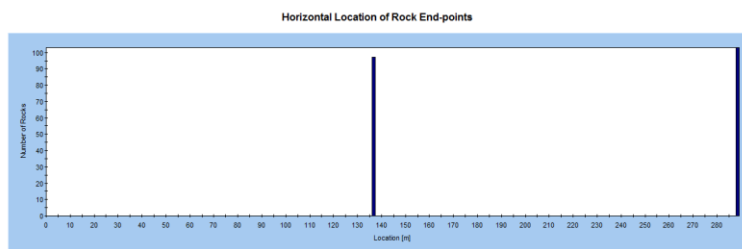
Εικόνα 0-176: Τ6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



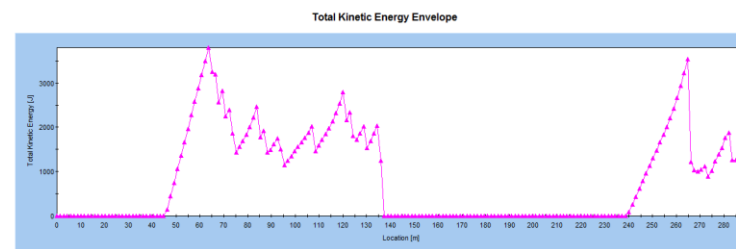
Εικόνα 0-177: Τομή 6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση



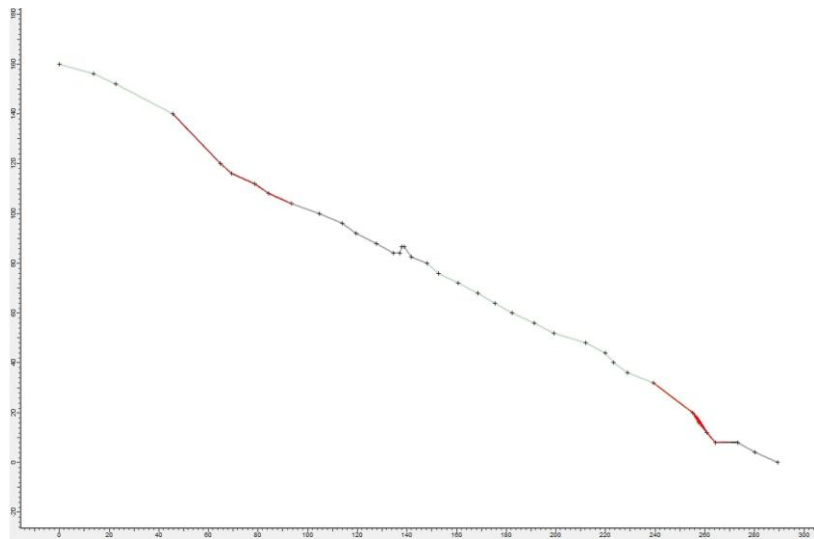
Εικόνα 0-179: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



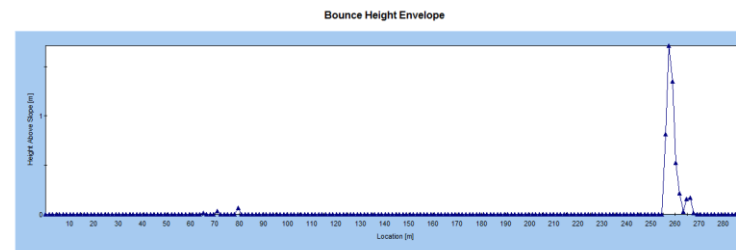
Εικόνα 0-178: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα τελικών θέσεων



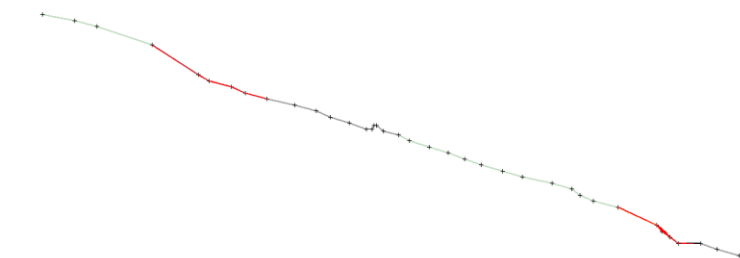
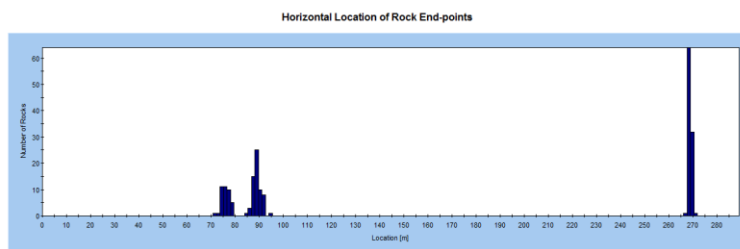
Εικόνα 0-180: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-κύλιση-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



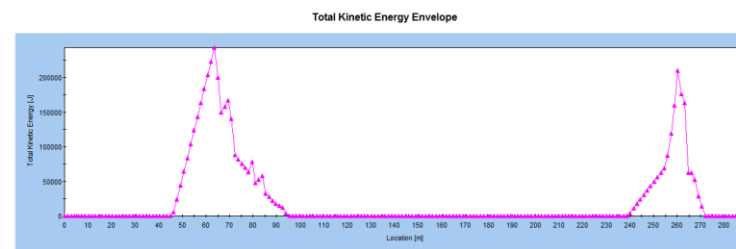
Εικόνα 0-181: Τομή 6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός



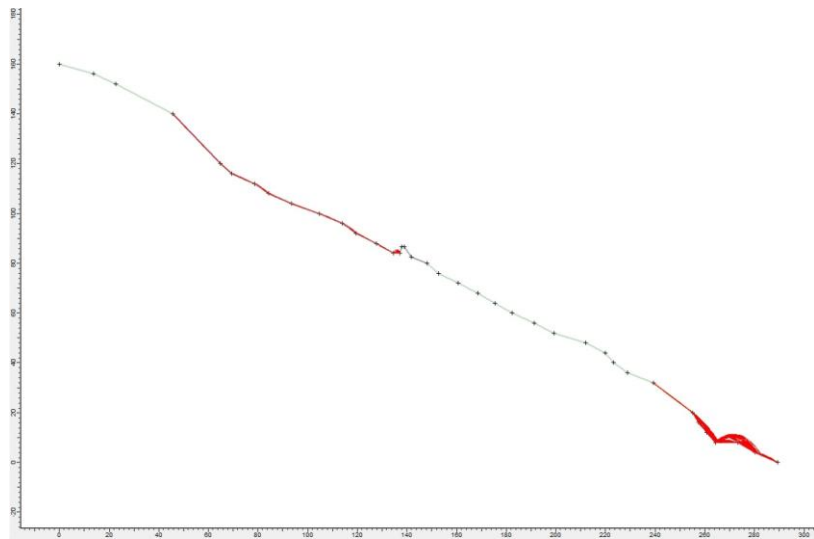
Εικόνα 0-183: T6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



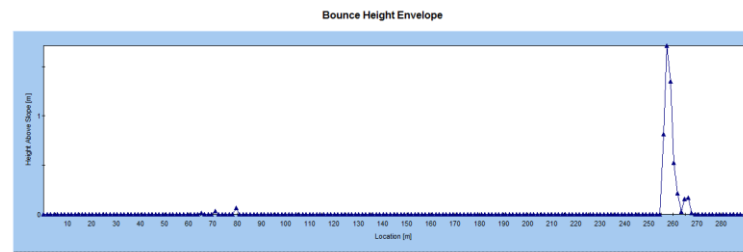
Εικόνα 0-182: T6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



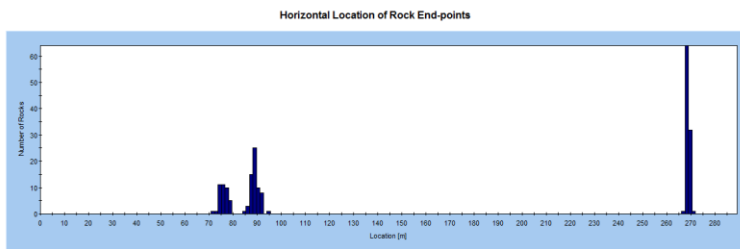
Εικόνα 0-184: T6-επίχωμα-μεγάλα τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας



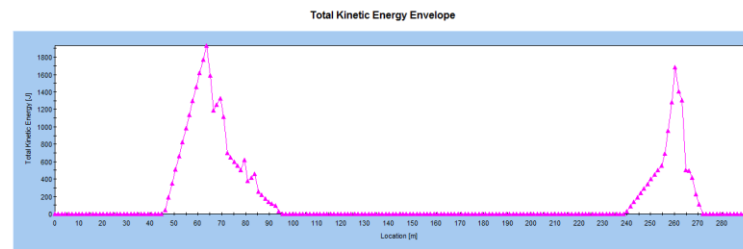
Εικόνα 0-185: Τομή 6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός



Εικόνα 0-187: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα ύψους αναπήδησης



Εικόνα 0-186: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα τελικών θέσεων



Εικόνα 0-188: Τ6-επίχωμα-μικρά τεμάχια-ερπυσμός-διάγραμμα κινητικής ενέργειας