

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



«Σχεδιασμός επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης κοιτάσματος μαρμάρου»

Διπλωματική εργασία

Ράγιας Νικόλαος

Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγητής Γ. Εξαδάκτυλος (επιβλέπων)

Καθηγητής Μ. Γαλετάκης

Δρ. Γ. Σαράτσης

Χανιά, 2021

Το παρόν έγγραφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικό ή ερευνητικό σκοπό με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Δεν επιτρέπεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή του.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται στην εργασία εκφράζουν τον αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Το θέμα της παρούσας εργασίας έχει τίτλο « Σχεδιασμός επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης κοιτάσματος μαρμάρου». Ο σχεδιασμός και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Civil 3D 2019 metric TM.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γ. Εξαδάκτυλο, που ήταν και ο επιβλέπων καθηγητής για την επιλογή του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Μ. Γαλετάκη για τις διορθώσεις του και την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιστημονικό συνεργάτη, κύριο Σαράτση Γεώργιο, για την πολύτιμη συνεισφορά του σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, τις συμβουλές και την υποστήριξη του.

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός της επέκτασης μιας υπάρχουσας υπαίθριας εκμετάλλευσης, σε ένα λατομείο μαρμάρου στην Περιφερειακή Ενότητα Δράμας. Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με την χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος της Autodesk AutoCAD Civil 3D 2019.

Αρχικά εισήχθησαν στο πρόγραμμα αυτό τα δεδομένα της τοπογραφίας της περιοχής του λατομείου και δημιουργήθηκε το τοπογραφικό ανάγλυφο της σημερινής κατάστασης της υπό μελέτη περιοχής. Στη συνέχεια ανατολικότερα από την υπάρχουσα εκμετάλλευση σχεδιάστηκε μια καινούρια η οποία ξεκινάει από το απόλυτο υψόμετρο των +1016 μέτρων και καταλήγει στο υψόμετρο των +938 μέτρων. Τέλος υπολογίστηκε ο απαραίτητος μηχανολογικός εξοπλισμός και ο απαραίτητος αριθμός εργαζομένων για την λειτουργία του λατομείου. Επίσης, υπολογίστηκαν τα ετήσια έξοδα που προκύπτουν από τη κατανάλωση καυσίμου και την φθορά ελαστικών των μηχανημάτων καθώς και το κόστος εργασίας του προσωπικού.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Εικόνες.....	7
Πίνακες.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ	10
1.2 ΜΑΖΑ ΡΟΔΟΠΗΣ	11
1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	15
2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ.....	15
2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	15
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ	17
2.4 ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ	18
2.4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ	18
2.5 ΑΔΑΜΑΝΤΟΦΟΡΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΚΟΠΗ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	23
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	23
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΙΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ	35
4.1 ΕΙΔΗ ΔΡΟΜΩΝ	35
4.1.1 Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρηνές εντός λατομείου	36
4.1.2 Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρηνές εκτός του λατομείου	38
4.1.3 Οδός με αναστροφή κατεύθυνσης 180 μοιρών	38
4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	40
4.3 ΑΝΑΧΩΜΑ (Berm)	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	48
5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΩΤΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΩΝ	49
5.1.1 Caterpillar 982M.....	49
5.1.2 Caterpillar 926M.....	52
5.1.4 Caterpillar 320D	53
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΡΜΑΤΟΚΟΠΩΝ	54
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ	56

5.3.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	56
5.3.2 ΦΘΟΡΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΙΚΩΝ	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63

Εικόνες

Εικόνα 1. Τοποθεσία λατομείου στον χάρτη (Google Earth)	10
Εικόνα 2. Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος (orykta.gr)	11
Εικόνα 3. Σχηματική γεωλογική τομή στην περιοχή Σιδηρόνερου, Δράμας, στην οποία δίνεται η λιθοστρωματογραφική διαδοχή και η τεκτονική θέση των Ενοτήτων Σιδηρόνερου και Παγγαίου. (ΚΑΤΑ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟ, 1981). Υπόμνημα: 1: Προσχώσεις, 2: Γρανίτης, 3: Ενστρώσεις μαρμάρων, 4: Μάρμαρα μεγάλου πάχους, 5: Μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 6: Αμφιβολίτες, 7: Γνεύσιοι, 8: Οφθαλμογνεύσιοι, 9: Φαινόμενα διείσδυσης γρανίτη, 10: Πιθανή επώθηση. Α, Β και Γ: Οι τρεις ορίζοντες της Ενότητας Παγγαίου.	13
Εικόνα 4. Χάρτης ελληνικών μαρμάρων (orykta.gr)	14
Εικόνα 5. Γεωμετρικά στοιχεία πρανούς (Εξαδάκτυλος & Σαράτσης)	16
Εικόνα 6. Γεωμετρικά στοιχεία βαθμίδας (Εξαδάκτυλος & Σαράτσης)	17
Εικόνα 7. Μέθοδος κοπής μαρμάρων με αδαμαντοφόρο σύρμα (Εξαδάκτυλος, 2007)	19
Εικόνα 8. Σύρμα διαμαντέ για συρματοκοπή (Εξαδάκτυλος 2007)	20
Εικόνα 9. Τεμνόμενα διατρήματα για να περάσει το σύρμα (Εξαδάκτυλος 2007)	21
Εικόνα 10. Μονάδα συρματοκοπής σε λειτουργία	22
Εικόνα 11. Αρχικά δεδομένα του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής με την υφιστάμενη κατάσταση του λατομικού χώρου	23
Εικόνα 12. Τρισδιάστατη μορφή του χάρτη με ομαδοποίηση των ισοϋψών	25
Εικόνα 13. Όψη του τοπογραφικού χάρτη με τα σωστά υψόμετρα υπό κλίση	26
Εικόνα 14. Άποψη του τοπογραφικού με την εισαγωγή αεροφωτογραφιών	27
Εικόνα 15. Αρχική επιφάνεια τοπογραφικού χάρτη σε τρισδιάστατη μορφή	28
Εικόνα 16. Σκαρίφημα του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης με αριθμημένες τις βαθμίδες	30
Εικόνα 17. Κάτοψη του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης	31
Εικόνα 18. Επιφάνεια του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης	32
Εικόνα 19. Κάτοψη του σχεδιασμού της επέκτασης εκμετάλλευσης με την παρουσία από τα ίχνη των τομών	32
Εικόνα 20. Ολόκληρη η τομή 1-1	33
Εικόνα 21. Η τομή 1-1 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος	33
Εικόνα 22. Ολόκληρη η τομή 2-2	34
Εικόνα 23. Η τομή 2-2 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος	34
Εικόνα 24. Σχεδιασμός οδού σε πρανές εντός λατομείου (Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013)	37
Εικόνα 25. Σχεδιασμός οδού σε πρανές εκτός λατομείου (Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013)	38
Εικόνα 26. Σχεδιασμός οδού με αναστροφή κατεύθυνσης	39
Εικόνα 27. Πλάτος δρόμου για μία ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας (Kaufman & Ault, 1977)	40
Εικόνα 28. Ίχνος δρόμου προσπέλασης	41
Εικόνα 29. Κάτοψη σχεδιασμού δρόμου προσπέλασης και ίχνη των τομών	42
Εικόνα 30. Στερέο που δημιουργείται με την παρουσία δρόμου	43
Εικόνα 31. Ολόκληρη η τομή 1-1	43

Εικόνα 32. Η τομή 1-1 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος.....	44
Εικόνα 33. Ολόκληρη η τομή 2-2	44
Εικόνα 34. Η τομή 2-2 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος.....	44
Εικόνα 35. Στερεό που προκύπτει από την επέκταση της εκμετάλλευσης	45
Εικόνα 36. Τομές αναχώματος (Thoeni, Servin, Sloan & Giacomini, 2018).....	46
Εικόνα 37. Τομή δρόμου πλάτους 9 μέτρων με ανάχωμα.....	47
Εικόνα 38. Τομή δρόμου πλάτους 12 μέτρων με ανάχωμα.....	47
Εικόνα 39. Caterpillar 982M Large Wheel Loader Forklift	49
Εικόνα 40. Caterpillar 926M Small Wheel Loader.....	52
Εικόνα 41. Caterpillar 320D Hydraulic Excavator	53
Εικόνα 42. Ripper - Νύχι.....	54
Εικόνα 43. Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής ελαστικού για φορτηγό όχημα.....	58

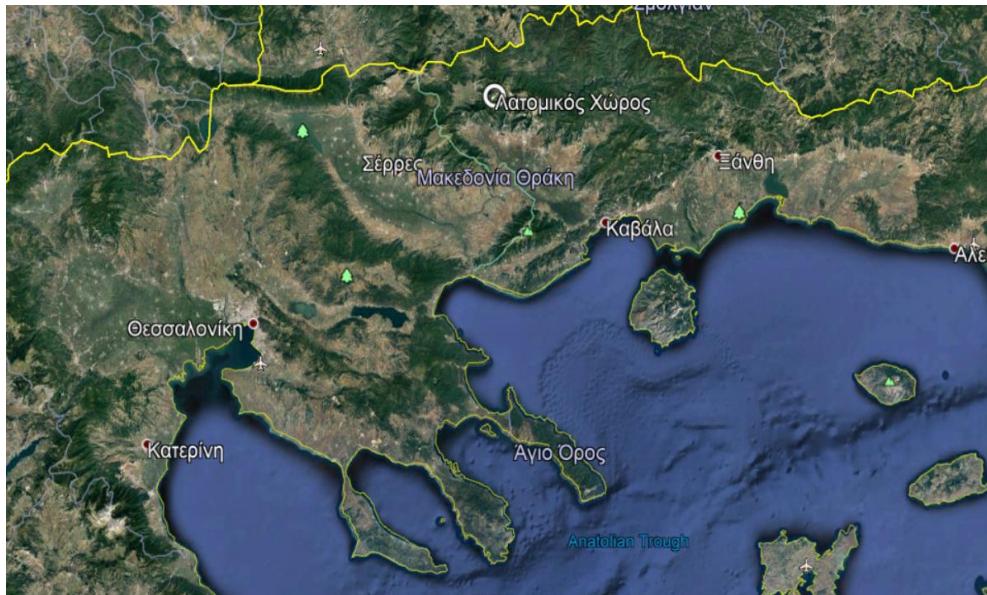
Πίνακες

Πίνακας 1. Θεωρήσεις λατομείου	48
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά Caterpillar 982M.....	49
Πίνακας 3. Θεωρήσεις του δρομολογίου που πραγματοποιούν ο φορτωτής	50
Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Caterpillar 926M.....	52
Πίνακας 5. Κατανάλωση καυσίμου και συντελεστής επιβάρυνσης κινητήρα ανά μηχανήμα .	56
Πίνακας 6. Κόστος καυσίμου ανά μοντέλο	57
Πίνακας 7. Προσωπικό λατομείου με μηνιαίο μισθό	60
Πίνακας 8. Ετήσια έξοδα λατομείου	61
Πίνακας 9. Ποσοστά εξόδων ανά έτος	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

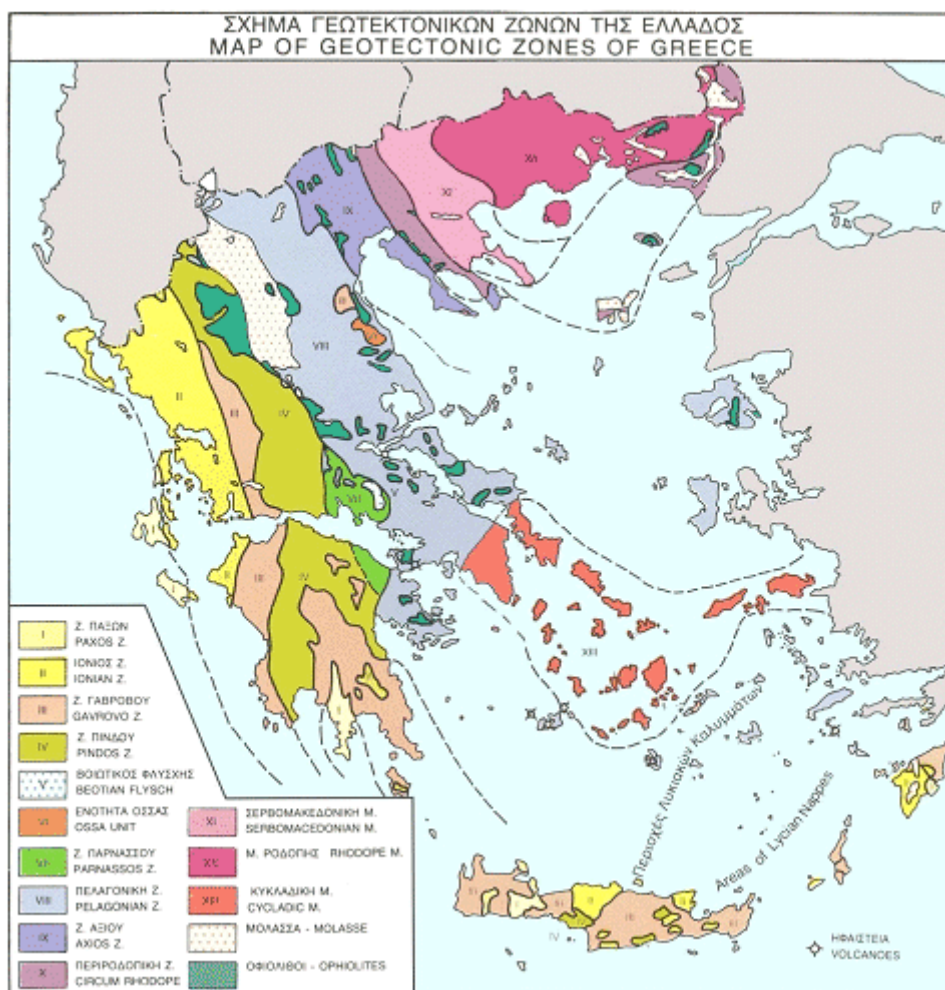
1.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται ένα υπαίθριο λατομείο μαρμάρου το οποίο βρίσκεται σε ορεινή περιοχή του Όρου Φαλακρού (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Τοποθεσία λατομείου στον χάρτη (Google Earth)

Το λατομείο παράγει καθαρούς ορθογωνικούς όγκους μαρμάρου οι οποίοι διατίθενται στην αγορά για διάφορες χρήσεις, με πιο διαδεδομένη αυτή της διακόσμησης προσόψεων κτηρίων και την κατασκευή μαρμαρίνων αντικειμένων και επιφανειών. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη της Ελλάδος (Εικόνα 2), η περιοχή του λατομικού χώρου ανήκει στην γεωτεκτονική Μάζα Ροδόπης.



Εικόνα 2. Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος (orykta.gr)

1.2 ΜΑΖΑ ΡΟΔΟΠΗΣ

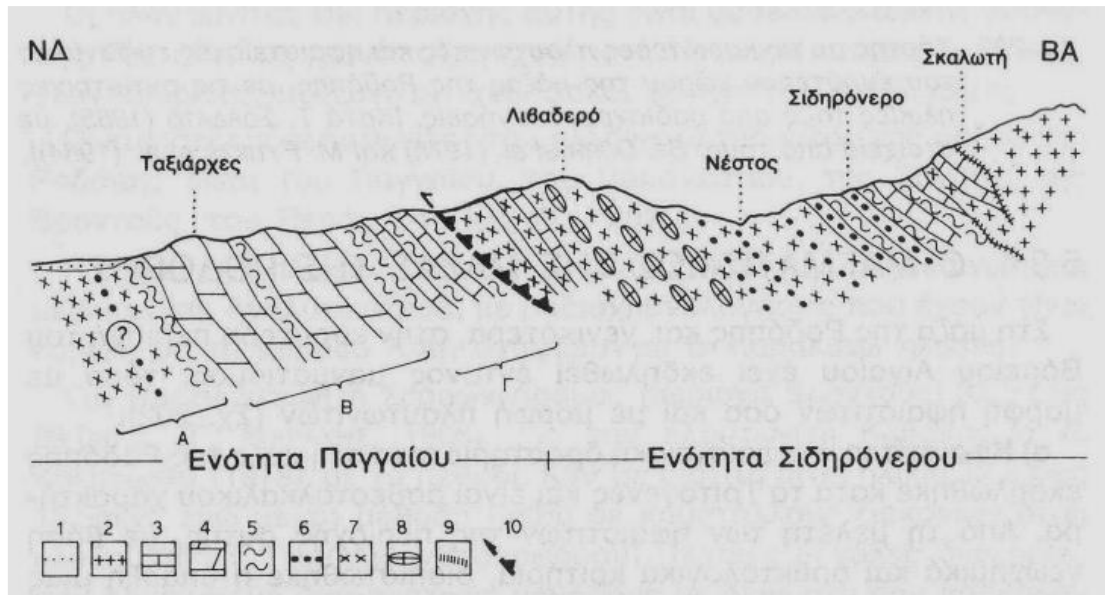
Η μάζα αυτή καταλαμβάνει τη περιοχή μεταξύ των ποταμών Στρυμόνα και Έβρου, τη Θάσο και ένα μεγάλο τμήμα της Νότιας Βουλγαρίας. Μαζί με τη Σερβομακεδονική μάζα, θεωρούνται τμήματα της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, που κατέχουν την πιο εσωτερική περιοχή των Ελληνίδων οροσειρών και αποτελούν την ελληνική Ενδοχώρα. Η μελέτη της μάζας της Ροδόπης παρουσίαζε και παρουσιάζει πολλές δυσκολίες και αυτό οφείλεται κυρίως στην απουσία μη μεταμορφωμένων σχηματισμών και γενικότερα στην ασάφεια που υπάρχει σχετικά με τη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της. Γενικά, η μάζα της Ροδόπης έχει μελετηθεί μόνο από πλευράς λιθομεταμορφικής εξέλιξης, επειδή αποτελείται εξ ολοκλήρου από κρυσταλλοσχιστώδη και εκρηξιγενή πετρώματα, των οποίων το ορατό πάχος φθάνει τα 24 χιλιόμετρα. (Μανούτσογλου, 2013).

Η πρώτη μελέτη της μάζας της Ροδόπης που εμφανίζεται στο ελληνικό τμήμα έγινε από τον OSSWALD (1938). Ο μελετητής αυτός διέκρινε το κρυσταλλοσχιστώδες της μάζας αυτής σε

τέσσερις ορίζοντες ή σειρές, το συνολικό πάχος των οποίων φθάνει τα 21-24 χιλιομ. Οι σειρές αυτές, από τις κατώτερες προς τις ανώτερες, είναι:

- Η Σειρά E, των γνευσίων.
 - Η Σειρά F, των μαρμάρων.
 - Η Σειρά G, των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων.
 - Η Σειρά H, των σχιστόλιθων και μαρμάρων.
- Η σειρά E των γνευσίων της βάσης με πάχος περίπου 7 χιλιόμετρα εμφανίζεται στη Δυτική Ροδόπη και περιλαμβάνει κατά σειρά μοσχοβιτικούς γνεύσιους, βιοτιτικούς και διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών. Η σειρά αυτή είναι μια παλιά ιζηματογενής σειρά με βαθμιαία μετάβαση προς την υπερκείμενη σειρά μαρμάρων.
 - Η σειρά F των μαρμάρων που εκτείνεται στην Ανατολική Μακεδονία μέχρι το Νέστο. Αποτελείται κυρίως από μάρμαρα με ενστρώσεις σιπολινών, μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, ασβεστούχων μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, και αμφιβολιτών.
 - Η σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστολίθων που εμφανίζεται στην περιοχή του Νέστου με πάχος 5 χιλ. και αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους που συχνά μεταπίπτουν σε γνεύσιους, ενώ σπάνια παρεμβάλλονται και αμφιβολίτες καθώς και φακοί μαρμάρων.
 - Η σειρά H των σχιστολίθων και μαρμάρων που αναπτύσσεται στη ΒΑ πλευρά του Νέστου, με πάχος περί τα 3 χιλ. και αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους και μάρμαρα.

Στη Μάζα της Ροδόπης δικρίθηκαν δύο τεκτονικές Ενότητες. Μία ανώτερη η οποία ονομάστηκε Ενότητα του Σιδηρόνερου, και μία κατώτερη η οποία ονομάστηκε Ενότητα του Παγγαίου. Η ανώτερη Ενότητα απαντάται στη βόρεια περιοχή του ελληνικού τμήματος της Ροδόπης, κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων και αποτελείται κυρίως από οφθαλμογνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, με λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μειγματίτες. Η κατώτερη Ενότητα αποτελείται από: ι) έναν κατώτερο ορίζοντα με ορθογνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, ιι) ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων και ιιι) έναν ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστόλιθων και μαρμάρων. (Μανούτσογλου, 2013).



Εικόνα 3. Σχηματική γεωλογική τομή στην περιοχή Σιδηρόνερου, Δράμας, στην οποία δίνεται η λιθοστρωματογραφική διαδοχή και η τεκτονική θέση των Ενότητων Σιδηρόνερου και Παγγαίου. (ΚΑΤΑ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟ, 1981). Υπόμνημα: 1: Προσχώσεις, 2: Γρανίτης, 3: Ενστρώσεις μαρμάρων, 4: Μάρμαρα μεγάλου πάχους, 5: Μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 6: Αμφιβολίτες, 7: Γνεύσιοι, 8: Οφθαλμογενέσιοι, 9: Φαινόμενα διείσδυσης γρανίτη, 10: Πιθανή επώθηση. Α, Β και Γ: Οι τρεις ορίζοντες της Ενότητας Παγγαίου.

1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

Το μάρμαρο (marble) είναι πέτρωμα μεταμόρφωσης ιζηματογενών πετρωμάτων και αποτελείται αποκλειστικά από ανθρακικά ορυκτά, κυρίως ασβεστίτη και δολομίτη. Σε μικρές αναλογίες μπορεί να περιέχει προσμίξεις πυριτικών ή αργιλικών ορυκτών. Είναι γνωστό σαν διακοσμητικό πέτρωμα αλλά χρησιμοποιείται και για αρχιτεκτονικούς και κατασκευαστικούς σκοπούς εξ αιτίας των ιδιοτήτων του. Η ποιότητα των μαρμάρων εξαρτάται από τη σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία προήλθαν και από τον βαθμό της μεταμόρφωσής τους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που προσδίδουν εμπορική αξία στα μάρμαρα είναι:

- Η χρωματική και αισθητική τους εμφάνιση
- Ο ιστός τους
- Η παρουσία ή απουσία φλεβιδίων
- Η παρουσία εγκλεισμάτων
- Οι φυσικές, χημικές, μηχανικές και τεχνικές τους ιδιότητες

Τα ελληνικά μάρμαρα είναι από τα πλέον γνωστά στον κόσμο από τα αρχαιότερα ακόμα χρόνια. Η ζήτηση για το ελληνικό μάρμαρο ανέκαθεν υπήρξε σημαντική και ο κλάδος έχει έντονο εξαγωγικό προσανατολισμό, κατατάσσοντας την Ελλάδα ανάμεσα στους σημαντικότερους παραγωγείς και εξαγωγείς μαρμάρου σε παγκόσμιο επίπεδο. (Εξαδάκτυλος, 2007).

Τα κύρια σύγχρονα λατομικά κέντρα στην Ελλάδα, εντοπίζονται στις περιοχές, Δράμας, Καβάλας – Θάσου, Ιωαννίνων, Βόλου, Διονύσου Πεντέλης, Λειβαδιάς – Ελικώνα, καθώς και σε άλλες περιοχές όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Χάρτης ελληνικών μαρμάρων (orykta.gr)

Σήμερα η εκμετάλλευση μαρμάρων γίνεται κατά κύριο λόγο με επιφανειακές εκμεταλλεύσεις, στις οποίες η κοπή των μαρμάρων γίνεται με ειδικό εξοπλισμό διάτρησης και την μέθοδο των συρματοκοπών ή αλυσοπριόνων. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας η εκμετάλλευση μπορεί σήμερα να πραγματοποιηθεί και υπόγεια όπως έχει αρχίσει ήδη να γίνεται και στην Ελλάδα σε ορισμένα λατομεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ

2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟ

Λατομείο καλείται ένα σύστημα εκσκαφών ή μία μεμονωμένη εκσκαφή που πραγματοποιείται με σκοπό την λήψη λατομικών ορυκτών. Από νομικής πλευράς, λατομικοί χώροι ή λατομεία είναι οι εννιάιοι χώροι για του οποίους έχουν χορηγηθεί και βρίσκονται σε ισχύ οι προβλεπόμενες από την κείμενη νομοθεσία εγκρίσεις ή γνωστοποιήσης διενέργειας ερευνητικών εργασιών ή εκμετάλλευσης λατομικών ορυκτών, (Άρθρο 43 Νόμου 4512_2018).

Τα λατομεία διακρίνονται σε δημόσια και ιδιωτικά. Δημόσια καλούνται οι λατομικοί χώροι επί δημοσίων εκτάσεων, ενώ ιδιωτικά ή δημοτικά οι λατομικοί χώροι επί ιδιωτικών ή δημοτικών εκτάσεων αντίστοιχα.

Λατομικές περιοχές καλούνται οι εκτάσεις στις οποίες χωροθετούνται ένας ή περισσότεροι λατομικοί χώροι εκμετάλλευσης και οι οποίες κρίνονται κατάλληλες για την ποιότητα των πετρωμάτων αλλά και τις επιπτώσεις της εκμετάλλευσης στο φυσικό περιβάλλον. Στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός λατομείου συμβάλουν ο αποτελεσματικός σχεδιασμός του, η ασφαλής λειτουργία του, η διαχείριση των εξωτερικών αποβλήτων του και η περαιτέρω περιβαλλοντική αποκατάσταση του λατομικού χώρου.

Η λειτουργία των λατομείων στην Ελλάδα οφείλει να συμμορφώνεται σύμφωνα με το Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ, 2019). (Wikipedia, orykta.gr)

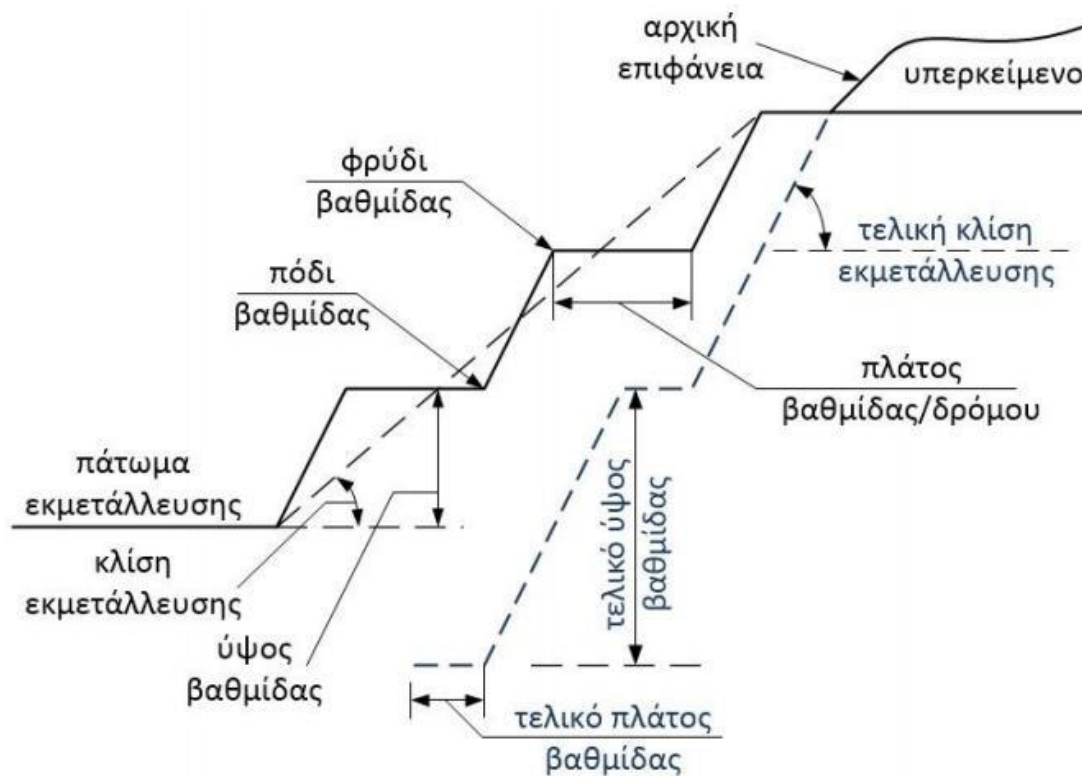
2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Χρήσιμοι ορισμοί που συνδέονται με τις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις για την διευκόλυνση της κατανόησης των γεωμετρικών στοιχείων, ενεργειών και συμπερασμάτων σε ένα λατομείο. Οι βασικές αυτές έννοιες χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιβλία, μελέτες, έρευνες και από μηχανικούς και είναι κοινές για όλους.

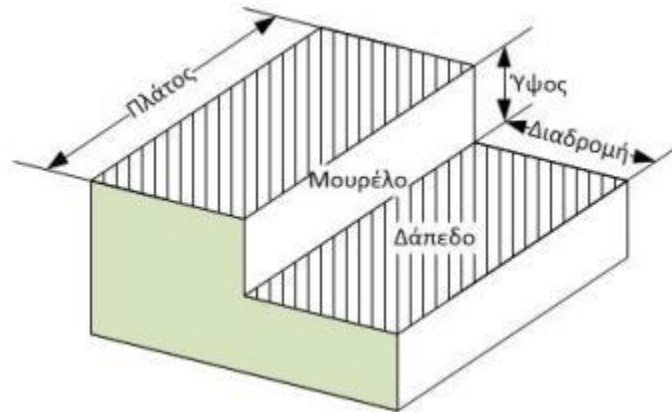
- Αποκάλυψη ονομάζεται η διαδικασία απομάκρυνσης των στείων πετρωμάτων.
- Άγονα και υπερκείμενα αποτελούν τα πετρώματα άνευ ή μικρής οικονομικής αξίας που περιβάλλουν το κοίτασμα και πρέπει πρώτα να απομακρυνθούν για να πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση.
- Σχέση αποκάλυψης ορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων όγκου ή βάρους αγόνων που πρέπει να εξορυχθούν για να αποκαλυφθεί μία μονάδα χρήσιμου προϊόντος και δίνεται από την σχέση:

$$\text{σχέση αποκάλυψης} = \frac{\text{όγκος άγονων (m}^3\text{)}}{\text{όγκος χρήσιμου συστατικού(m}^3\text{)}}$$

- Κλίση πρανούς (Εικόνα 5) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μετώπου της βαθμίδας και του οριζοντίου επιπέδου.
- Κλίση πρανούς εκμετάλλευσης (Εικόνα 5) είναι η κλίση που έχουν τα πρανή κατά την διάρκεια της εξόρυξης. Μέγιστη δυνατή κλίση είναι αυτή που είναι δυνατόν να φτάσει με ασφάλεια κατά την τελική φάση.
- Γωνία κατολίσθησης είναι η γωνία του πρανούς κατά την οποία ξεκινάει η κατολίσθηση.
- Γωνία φυσικού πρανούς είναι η μέγιστη κλίση υπό την οποία χαλαρό υλικό βρίσκεται σε ισορροπία.
- Βαθμίδα (Εικόνα 6) αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή μετώπου παραγωγής. Η κάθε βαθμίδα έχει δικά της γεωμετρικά χαρακτηριστικά (την κλίση, το πλάτος, το ύψος, το φρύδι και το πόδι) και αποτελείται από δύο ελεύθερες επιφάνειες μία κεκλιμένη και μία κατακόρυφη διέυθυνση. Το δάπεδο κάθε βαθμίδας, που αποτελεί μονάδα παραγωγής, ταυτίζεται με το υψόμετρο και είναι χαρακτηριστικό της κάθε βαθμίδας.
- Τελική περίμετρος της εκμετάλλευσης είναι η μεγαλύτερη διάσταση, στην επιφάνεια τους εδάφους της εκμετάλλευσης, κατά την οριζόντια διέυθυνση.



Εικόνα 5. Γεωμετρικά στοιχεία πρανούς (Εξαδάκτυλος & Σαράτσης)



Εικόνα 6. Γεωμετρικά στοιχεία βαθμίδας (Εξαδάκτυλος & Σαράτσης)

2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

Η μέθοδος εκμετάλλευσης που μπορεί να εφαρμοστεί για την επιτυχή εκμετάλλευση μαρμαροφόρου κοιτάσματος μπορεί να είναι:

1. Υπαίθρια εκμετάλλευση με ορθές βαθμίδες κλειστού ή ανοιχτού τύπου
2. Υπόγεια εκμετάλλευση με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων
3. Μικτού τύπου ή μορφής φρέατος (below the wall)

Η εκάστοτε εφαρμοζόμενη μέθοδος εκμετάλλευσης εξαρτάται από πλήθος παραγόντων όπως:

- Σχέση αποκάλυψης
- Τοπογραφία
- Γεωγραφία κοιτάσματος (κλίση, πάχος, ομοιομορφία ιδιοτήτων του μαρμάρου)
- Τεκτονική
- Μηχανικές ιδιότητες κοιτάσματος και περιβαλλόντων πετρωμάτων
- Εμπορική αξία του μαρμάρου, αποθέματα, αποληψιμότητα
- Περιβαλλοντικοί λόγοι

Στην Ελλάδα η συνηθέστερη μέθοδος εκμετάλλευσης μαρμάρου είναι η υπαίθρια εκμετάλλευση με ορθές βαθμίδες ανοιχτού τύπου. Σε αυτή την περίπτωση, το τελικό σχήμα του λατομείου προσαρμόζεται ανάλογα με τις γεωμετρικές ιδιότητες του κοιτάσματος. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εκμετάλλευσης όπως το ύψος των μετώπων, το πλάτος και η κλίση κάθε βαθμίδας και η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση εκμετάλλευσης αλλά και πολλοί άλλοι παράγοντες ορίζονται από τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ) που ρυθμίζει τα θέματα ασφαλείας και λειτουργίας επιφανειακών εκσκαφών.

2.4 ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

Η φάση της εξόρυξης είναι μία από τις σημαντικότερες φάσεις της μεταλλευτικής δραστηριότητας. Απαραίτητες προϋποθέσεις για μια ασφαλή και αποτελεσματική εξόρυξη είναι η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού και το εξειδικευμένο προσωπικό. Στην μέθοδο υπαίθριας εκμετάλλευσης μαρμάρου με ανοιχτές βαθμίδες η απόσπαση των όγκων μαρμάρου πραγματοποιείται στην πρόσοψη της βαθμίδας ή με την λατομική ορολογία «μουρέλο». Πολύ σημαντικό ρόλο σε κάθε βαθμίδα έχει η εύκολη προσπέλαση όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού (εξόρυξης, φόρτωσης, μεταφοράς), καθώς και η δημιουργία του αρχικού μετώπου εξόρυξης αλλά και του δαπέδου εργασίας. Η κοπή των πάγκων μαρμάρου από το μητρικό πέτρωμα γίνεται με την μέθοδο της συρματοκοπής, ή με την χρήση αλυσοπρίονου. Μία συνηθισμένη μονάδα συρματοκοπής αποτελείται από τον κινητήρα που παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για την υλοποίηση της διαδικασίας, ένα ηλεκτρονικό χειριστήριο και το αδαμαντοφόρο σύρμα. Μετά την απόσπαση του μητρικού πετρώματος ακολουθεί η ανατροπή του πάγκου στο δάπεδο της βαθμίδας, αφού πρώτα έχει γίνει επίστρωση με χώμα ικανού πάχους για την αποφυγή της θραύσης του μαρμάρου. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση του εξαρτήματος «νυχιού» ή αλλιώς girper που προσαρμόζεται στην τσάπα. Έπειτα ακολουθεί η περαιτέρω κοπή του πάγκου σε μικρότερους ορθογωνικούς όγκους, ή αλλιώς ογκομάρμαρα, για την διευκόλυνση της μεταφοράς τους. Συνεπώς η επόμενη διαδικασία είναι η δημιουργία μικρότερων και εμπορεύσιμων πάγκων μαρμάρου, διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα σε ειδικά διαμορφωμένες πλατείες κοντά στην βαθμίδα εξόρυξης. Για την πραγματοποίηση της μεταφοράς των όγκων μαρμάρου χρησιμοποιούνται φορτηγά αυτοκίνητα και διανοίγονται δρόμοι κατάλληλου πλάτους οι οποίοι δημιουργούν το οδικό δίκτυο του λατομείου.

Ο ρόλος του οδικού δικτύου σε ένα λατομείο είναι πολύ σημαντικός διότι διευκολύνει την πρόσβαση και επικοινωνία διαφόρων θέσεων που συνδέουν τα διαφορετικά υψόμετρα και συμβάλει στην ομαλή λειτουργία ενός λατομείου.

2.4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

- Μέθοδος κοπής με αδαμαντοφόρο σύρμα ή αλλιώς συρματοκοπή, με διατρήματα τεμνόμενα μεταξύ τους μέσα από τα οποία διέρχεται το σύρμα.
- Μέθοδος κοπής με την χρήση αλυσοπρίονου.
- Μέθοδος παράλληλων διατρημάτων.
- Μέθοδος αλληλοεπικαλυπτόμενων διατρημάτων.
- Μέθοδος καναλιού, γίνεται συνδυασμός γεωτρήσεων και συρματοκοπής.
- Με μηχανικά μέσα όπως την χρήση «νυχιού».
- Μέθοδος εξόρυξης με την χρήση jet φλόγας.
- Μέθοδος εξόρυξης με την χρήση jet νερού.
- Συνδυασμός των παραπάνω.

1. Taglio al monte
Cut from main body
Coupage amont
2. Taglio al monte di ribasso
Cutting down the quarry level
Coupage au dessous le niveau de la carrière
3. Tagli orizzontali in parete
Horizontal cuts on wall
Coupes horizontales sur face



Στο υπό μελέτη λατομείο γίνεται η χρήση της συρματοκοπής με αδαμαντοφόρο σύρμα, σε συνδυασμό με την χρήση μηχανικών μέσων. Με την μέθοδο αυτή δημιουργείται επίπεδη επιφάνεια κοπής με σκοπό την απόσπαση πάγκου μαρμάρου (panel) από το μητρικό

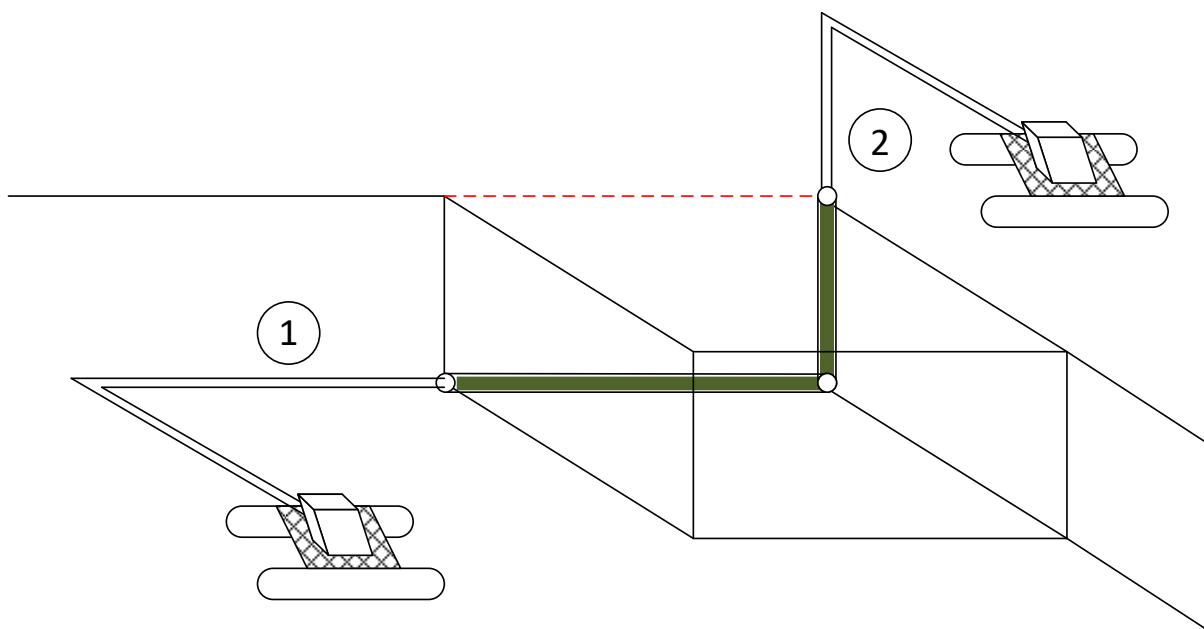
πέτρωμα, η ταχύτητα κοπής εξαρτάται από την σκληρότητα των σχηματισμών και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 10-15 m²/h. Κατά την μέθοδο της συρματοκοπής, η τριβή που ασκείται μεταξύ του πετρώματος και του αδαμαντοφόρου σύρματος, λόγω της συνεχούς κίνησης αυτού, προκαλεί την κοπή του πετρώματος. Στην Εικόνα 7, απεικονίζεται η διαδικασία κοπής των ογκομαρμάρων, πριν από την αποκόλληση τους από το μητρικό πέτρωμα. Το αδαμαντοφόρο σύρμα αποτελείται από σύρμα με σύνηθη διάμετρο τα 5mm στο οποίο είναι περασμένα τα κοπτικά σώματα (πέρλες) διαμέτρου περίπου 10mm, και πλαστικούς ή ορειχάλκινους δακτυλίους οι οποίοι συμβάλλουν στην διατήρηση των αποστάσεων μεταξύ των κοπτικών μέσων. Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω στην Εικόνα 8 απεικονίζεται ένα αδαμαντοφόρο σύρμα με τα αντίστοιχα μέρη.



Εικόνα 8. Σύρμα διαμαντέ για συρματοκοπή (Εξαδάκτυλος 2007)

Για την κοπή και τον αποχωρισμό ενός πάγκου μαρμάρου από το μητρικό πέτρωμα αρχικά πρέπει να διατρηθούν διατρήματα κατάλληλης διαμέτρου με την χρήση ειδικών διατρητικών μηχανημάτων που φέρουν κρουστικο-περιστροφικές αερόσφυρες. Έπειτα ακολουθεί το πέρασμα του αδαμαντοφόρου σύρματος από τα διατρήματα αυτά, τα οποία ορίζουν το επίπεδο της επιφάνειας κοπής. Ένας τυπικός σχεδιασμός για την διάνοιξη διατρημάτων φαίνεται στην Εικόνα 9. Το σύρμα ενώνεται στις άκρες του δημιουργώντας ένα ατέρμων στεφάνι και προσαρμόζεται στην μονάδα συρματοκοπής η οποία κινείται πάνω σε ράγες με κατεύθυνση αντίθετη, δηλαδή προς τα πίσω, απομακρυνόμενη από το εξορυσσόμενο πέτρωμα, τεντώνοντας συνεχώς το αδαμαντοφόρο σύρμα. Την συνεχή περιστροφική κίνηση του

σύρματος αναλαμβάνει ο κινητήριος μηχανισμός που περιστρέφεται με ηλεκτρικό κινητήρα ιπποδύναμης περίπου 40 HP. Η διάρκεια ζωής ενός αδαμαντοφόρου σύρματος εξαρτάται από την σκληρότητα και τις ιδιότητες του πετρώματος επί του οποίου κινείται, αλλά και από λειτουργικές παραμέτρους της συρματοκοπής. Η μέση διάρκεια ζωής του συρματοσχοινού είναι τα 2000 m², ενώ η διάρκεια ζωής των κοπτικών άκρων (πέρλες) είναι περίπου 3000 m².



Εικόνα 9. Τεμνόμενα διατρήματα για να περάσει το σύρμα (Εξαδάκτυλος 2007)



Εικόνα 10. Μονάδα συρματοκοπής σε λειτουργία

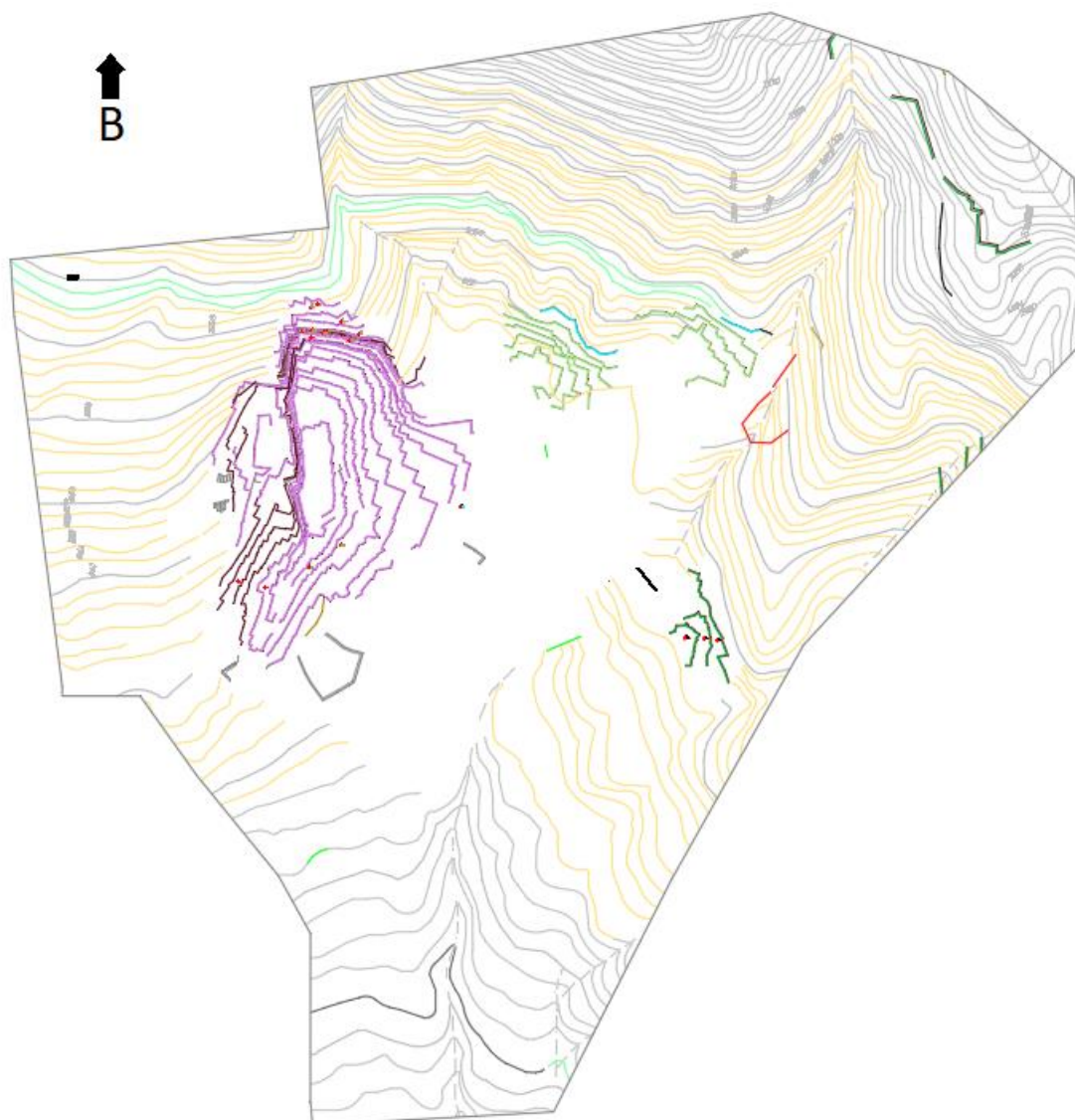
Στην παραπάνω Εικόνα 10, απεικονίζεται μία μονάδα συρματοκοπής σε λειτουργία. Στην προκειμένη περίπτωση πραγματοποιείται η κατακόρυφος κοπή. Η φωτογραφία είναι από το λατομείο του Διόνυσου Αττικής και τραβήχτηκε κατά την διάρκεια εκπόνησης της πρακτικής άσκησης του συγγραφέα φοιτητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Για τον σχεδιασμό της επέκτασης της εκμετάλλευσης χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D 2019 της εταιρείας Autodesk.

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

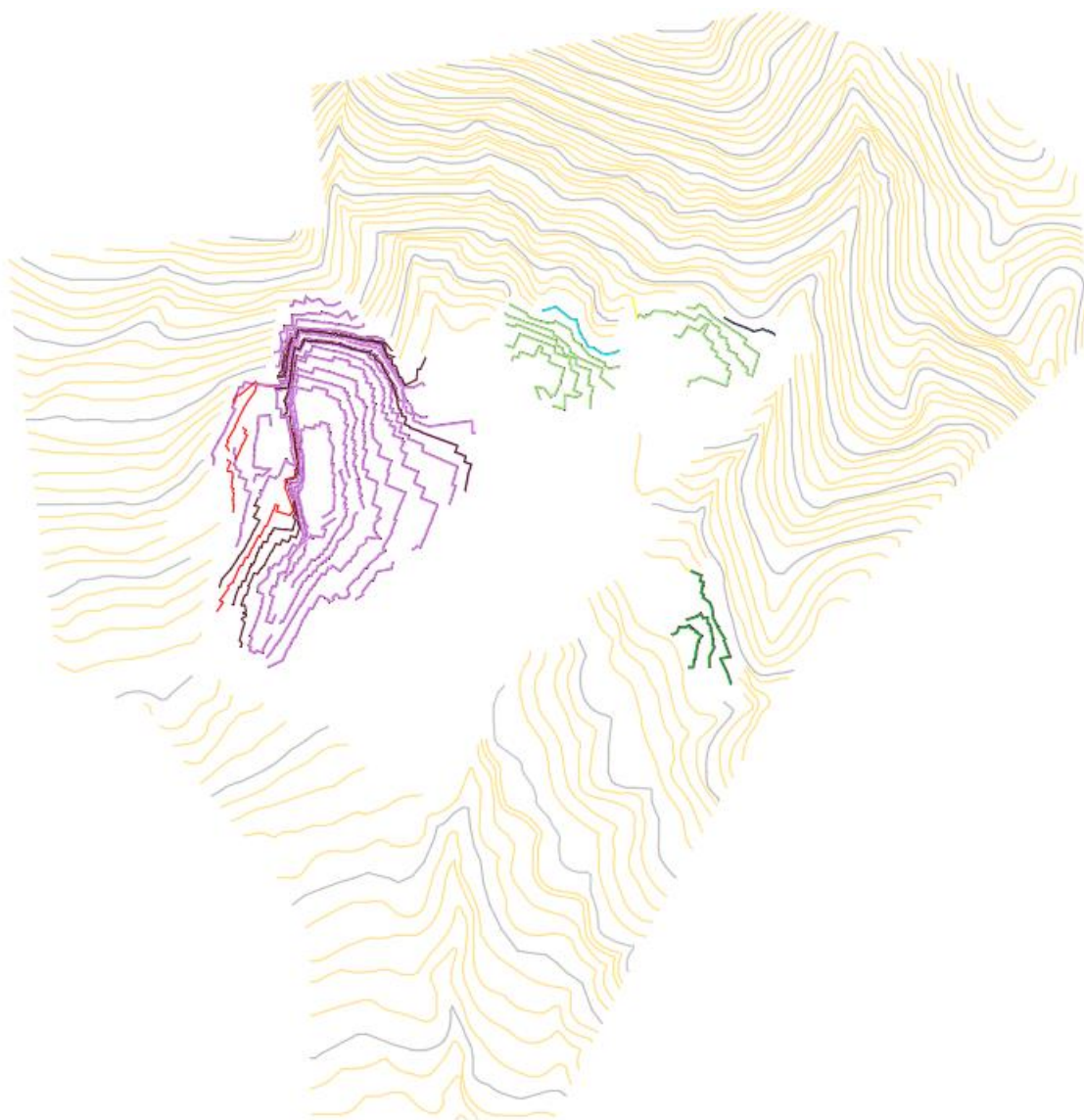
Τα δεδομένα του λατομείου που δόθηκαν περιελάμβαναν ένα αρχείο (.dwg) του AutoCAD, στο οποίο απεικονίζεται η παρούσα κατάσταση του λατομικού χώρου στον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής. (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Αρχικά δεδομένα του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής με την υφιστάμενη κατάσταση του λατομικού χώρου

Στην παραπάνω Εικόνα 11, απεικονίζεται η παρούσα μορφή του λατομικού χώρου πριν τον σχεδιασμό για την επέκταση της εκμετάλλευσης. Στην ουσία πρόκειται για τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής γύρω από τον λατομικό χώρο. Σε αυτόν μπορούμε να διακρίνουμε τις ισοϋψείς, καθώς και τα πόδια και τα φρύδια τις κάθε βαθμίδας. Όπως διαπιστώθηκε στη συνέχεια ο παραπάνω χάρτης είναι σχεδιασμένος στις δύο διαστάσεις.

Σε πρώτο στάδιο τροποποιήθηκαν και ομαδοποιήθηκαν όλες οι ισοϋψείς του παραπάνω χάρτη. Αρχικά αυτές αποτελούνταν από πολλές γραμμές (lines) στις οποίες δεν μπορούσαν να δοθούν τα κατάλληλα υψόμετρα. Αυτό άλλαξε καθώς η κάθε ισοϋψής γραμμή μετατράπηκε σε μία (polyline) και ορίστηκε το υψόμετρό της. Επίσης, οι ισοϋψείς διαχωρίστηκαν σε κύριες και δευτερεύουσες. Όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 13, οι κύριες ισοϋψείς γκρι χρώματος έχουν βήμα 20 μέτρα, ενώ οι δευτερεύουσες πορτοκαλί χρώματος έχουν βήμα 4 μέτρα. Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε και για την ψηφιοποίηση των βαθμίδων που αποτελούνται από τις γραμμές των φρυδιών απεικονιζόμενες σε μπορντό χρώμα και των ποδιών πράσινου ή μωβ χρώματος αντίστοιχα. Με το πέρας της παραπάνω διαδικασίας είχαμε τον τοπογραφικό χάρτη σε τρισδιάστατη πλέον μορφή, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 12) και (Εικόνα 13).



Εικόνα 12. Τρισδιάστατη μορφή του χάρτη με ομαδοποίηση των ισοϋψών



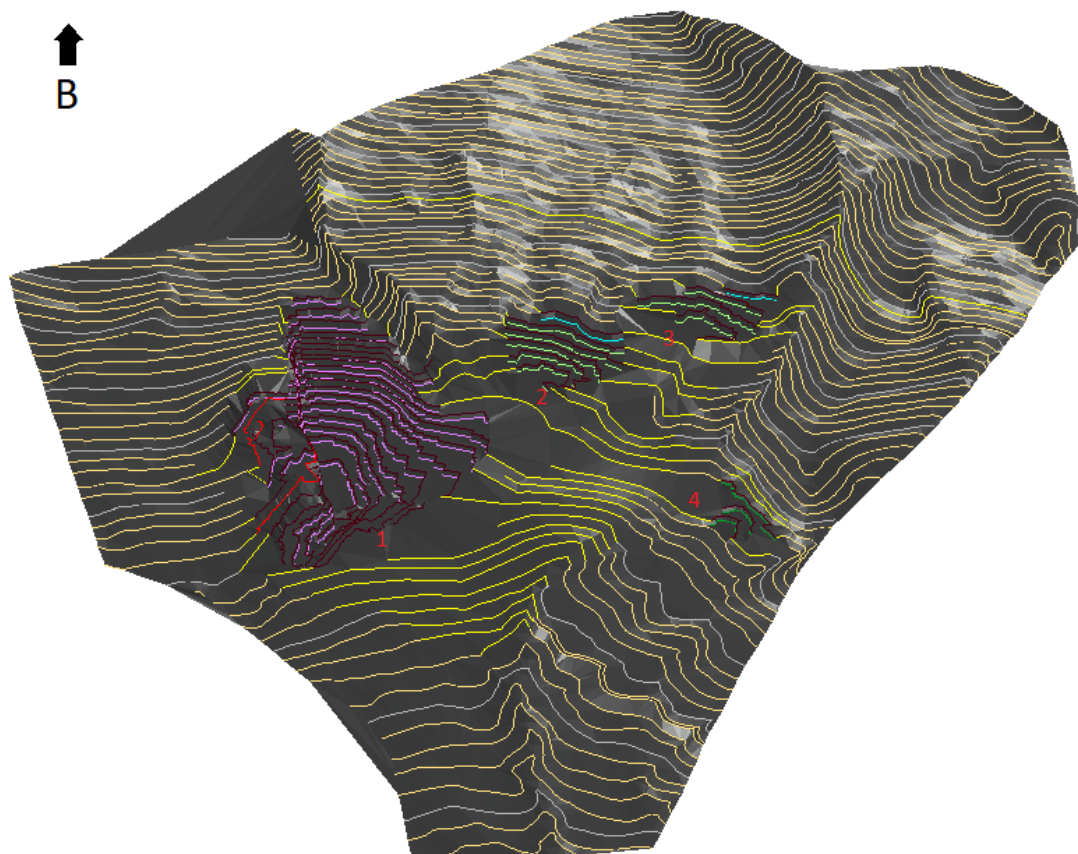
Εικόνα 13. Όψη του τοπογραφικού χάρτη με τα σωστά υψόμετρα υπό κλίση

Όπως φαίνεται στις παραπάνω Εικόνες (12 & 13) υπάρχει ένα μεγάλο κενό σημείο στο κέντρο περίπου του τοπογραφικού χάρτη, στο σημείο αυτό δεν υπάρχουν σχεδιασμένες οι ισοϋψείς με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα καθώς είναι άγνωστη η κατεύθυνση των ισοϋψών και του εδάφους σε ένα μεγάλο μέρος της περιοχής στην οποία θα σχεδιαστεί η επέκταση του λατομείου και θα δημιουργηθεί η πλατεία απόθεσης των προϊόντων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με την εισαγωγή αεροφωτογραφιών της περιοχής. Από τις συγκεκριμένες αεροφωτογραφίες επιλέχθηκαν αυτές στις οποίες το ανάγλυφο του εδάφους είναι όσο το δυνατόν πιο κάθετη στον φωτογραφικό φακό. Ο λόγος που απαιτείται οι φωτογραφίες να είναι κάθετες με την επιφάνεια είναι για να έχουμε μεγάλη ακρίβεια στην μέτρηση αποστάσεων ώστε να μπορέσουμε να ορίσουμε την σωστή κλίμακα στην φωτογραφία κατά την εισαγωγή της στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



Εικόνα 14. Άποψη του τοπογραφικού με την εισαγωγή αεροφωτογραφιών

Όπως φαίνεται από την παραπάνω Εικόνα 14, με την εισαγωγή των αεροφωτογραφιών στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, είναι πιο εύκολο να κατανοηθεί η μορφολογία και η κλίση του εδάφους, άρα είναι δυνατόν να σχεδιαστούν οι ισοϋψείς που διακόπτονται απότομα και να καλυφθεί το υπάρχον κενό στον τοπογραφικό χάρτη. Ολοκληρώνοντας την διαδικασία αυτή δημιουργήθηκε η επιφάνεια του τοπογραφικού χάρτη σε τρισδιάστατη μορφή, όπως παρουσιάζεται παρακάτω στην Εικόνα 15.



Εικόνα 15. Αρχική επιφάνεια τοπογραφικού χάρτη σε τρισδιάστατη μορφή

Η παραπάνω εικόνα (Εικόνα 15) προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας εργασίας. Από εδώ και πέρα θα αναλυθεί το κύριο αντικείμενο της εργασίας αυτής που είναι ο σχεδιασμός της επέκτασης της υπάρχουσας εκμετάλλευσης. Στην Εικόνα 15, με κόκκινους αριθμούς έχουν αριθμηθεί οι τέσσερις εκμεταλλεύσεις που υπάρχουν στο λατομείο.

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Όπως παρατηρείται από τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής (Εικόνα 15), το λατομείο περιλαμβάνει 4 εκμεταλλεύσεις. Η κύρια και βασική εκμετάλλευση (1) εντοπίζεται στο δυτικό τμήμα του χάρτη, ξεκινάει από τα 887 μέτρα και καταλήγει στα 1007 μέτρα ενώ αποτελείται από 20 βαθμίδες ύψους 6 μέτρων η καθεμία. Κάποιες από τις βαθμίδες της εκμετάλλευσης αυτής βρίσκονται στο στάδιο της εξόφλησης. Σε πιο ανατολική θέση αυτής, βρίσκεται μια μικρότερη εκμετάλλευση (2) με υψόμετρο από 949 έως 984 μέτρα η οποία απαρτίζεται από 5 βαθμίδες 7 μέτρων ύψους έκαστη. Η τρίτη σε σειρά εκμετάλλευση (3)

βρίσκεται λίγο πιο ανατολικά από την προηγούμενη και αποτελείται από τρεις βαθμίδες ύψους 9 μέτρων η καθεμία, ενώ το υψόμετρο της είναι από 989 μέτρα έως 1016 μέτρα. Τέλος στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής υπάρχει μία ακόμη εκμετάλλευση που απαρτίζεται από 3 βαθμίδες και υψόμετρο που κυμαίνεται στα 935 έως 948 μέτρα. Οι πρώτες δύο βαθμίδες της 4^{ης} εκμετάλλευσης έχουν ύψος 5 μέτρα, ενώ η 3^η βαθμίδα έχει ύψος 3 μέτρα.

Η επέκταση της εκμετάλλευσης σχεδιάστηκε μεταξύ των εκμεταλλεύσεων (2) και (3) με σκοπό την ένωση αυτών των μικρών εκμεταλλεύσεων και την δημιουργία μιας μεγαλύτερης εκμετάλλευσης ικανής να ανταποκριθεί στην απαιτούμενη ετήσια παραγωγή. Η εκμετάλλευση αυτή σχεδιάστηκε να ξεκινάει από το υψόμετρο των 1016 μέτρων και να καταλήγει στα 938 μέτρα όπου βρίσκεται το πάτωμα της, δημιουργώντας μια μικρή πλατεία. Στην πραγματικότητα η επέκταση ξεκίνησε από τις ήδη υπάρχουσες εκμεταλλεύσεις, (2) και (3) της Εικόνας 16, δημιουργώντας σε αυτές βαθμίδες κατάλληλου ύψους και πλάτους όπως ορίζεται από τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ).

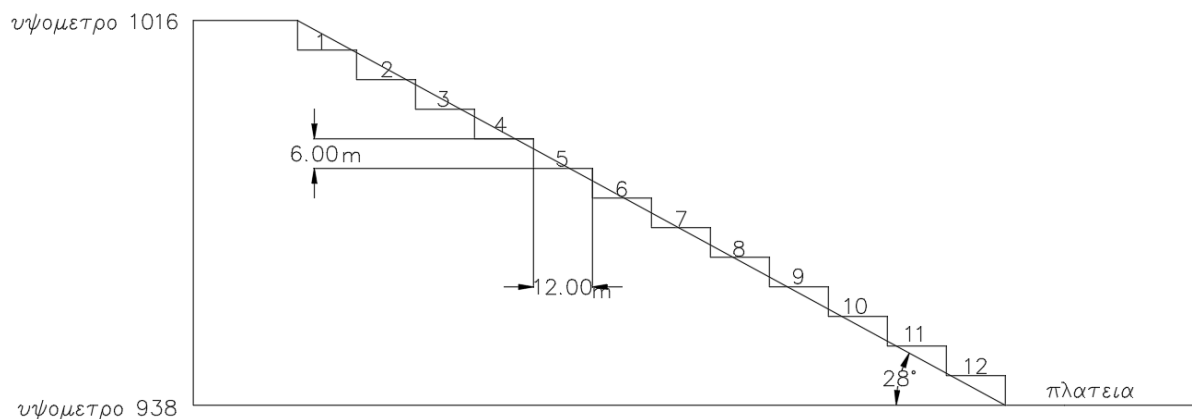
Στο σημείο αυτό να τονιστεί πως η επέκταση σχεδιάστηκε για το μέσο στάδιο της παραγωγικής φάσης. Η αρχική και τελική φάση της επέκτασης της εκμετάλλευσης δεν θα αναλυθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Σύμφωνα με το Άρθρο 83 του ΚΜΛΕ, για επιφανειακές εκσκαφές, η γωνία πρανούς της εκσκαφής για συνεκτικά και υγιή πετρώματα, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60°. Κατ' εξαίρεση, η γωνία αυτή μπορεί να αυξάνεται μέχρι τις 70°, εφόσον εφαρμόζονται ειδικά μέτρα

Σύμφωνα με το Άρθρο 84 του ΚΜΛΕ, για επιφανειακά μέτωπα, κάθε εκσκαφή για την ασφαλή και ορθολογική εκτέλεση της εργασίας πρέπει να υποδιαιρείται σε βαθμίδες ύψους το πολύ 15 μέτρων. Ο καθορισμός του πλάτους της βαθμίδα γίνεται με βάση το κριτήριο της ασφαλούς και ορθολογικής λειτουργίας του μηχανικού εξοπλισμού που απασχολείται. Στις ενδιάμεσες φάσεις εργασίας, το παραπάνω πλάτος δεν μπορεί να είναι μικρότερο των 12 μέτρων για την περίπτωση απασχόλησης τροχοφόρων μηχανημάτων. Ειδικά στα λατομεία μαρμάρου στα οποία η εξόρυξη γίνεται αποκλειστικά με συρματοκοπή, το πλάτος της εγκαταλειπόμενης βαθμίδας μπορεί να περιοριστεί στα 4 μέτρα.

Ακολουθώντας τα παραπάνω Άρθρα του ΚΜΛΕ σχεδιάστηκε η επέκταση της εκμετάλλευσης. Η υψομετρική διαφορά της κορυφής και του πατώματος της εκμετάλλευσης είναι 78 μέτρα (1016-938)m. Συνεπώς, επιλέχθηκε η επέκταση της εκμετάλλευσης να αποτελείται από βαθμίδες ύψους 6 μέτρων και πλάτους 12 μέτρων. Ο αριθμός των βαθμίδων προκύπτει από την διαίρεση της υψομετρικής διαφοράς κορυφής και πατώματος με το ύψος βαθμίδας και είναι ίσος με 12. Από τα παραπάνω μεγέθη προκύπτει η κλίση της εκμετάλλευσης που είναι ίση με 28 μοίρες. Όλα τα παραπάνω μεγέθη είναι σύμφωνα με τα

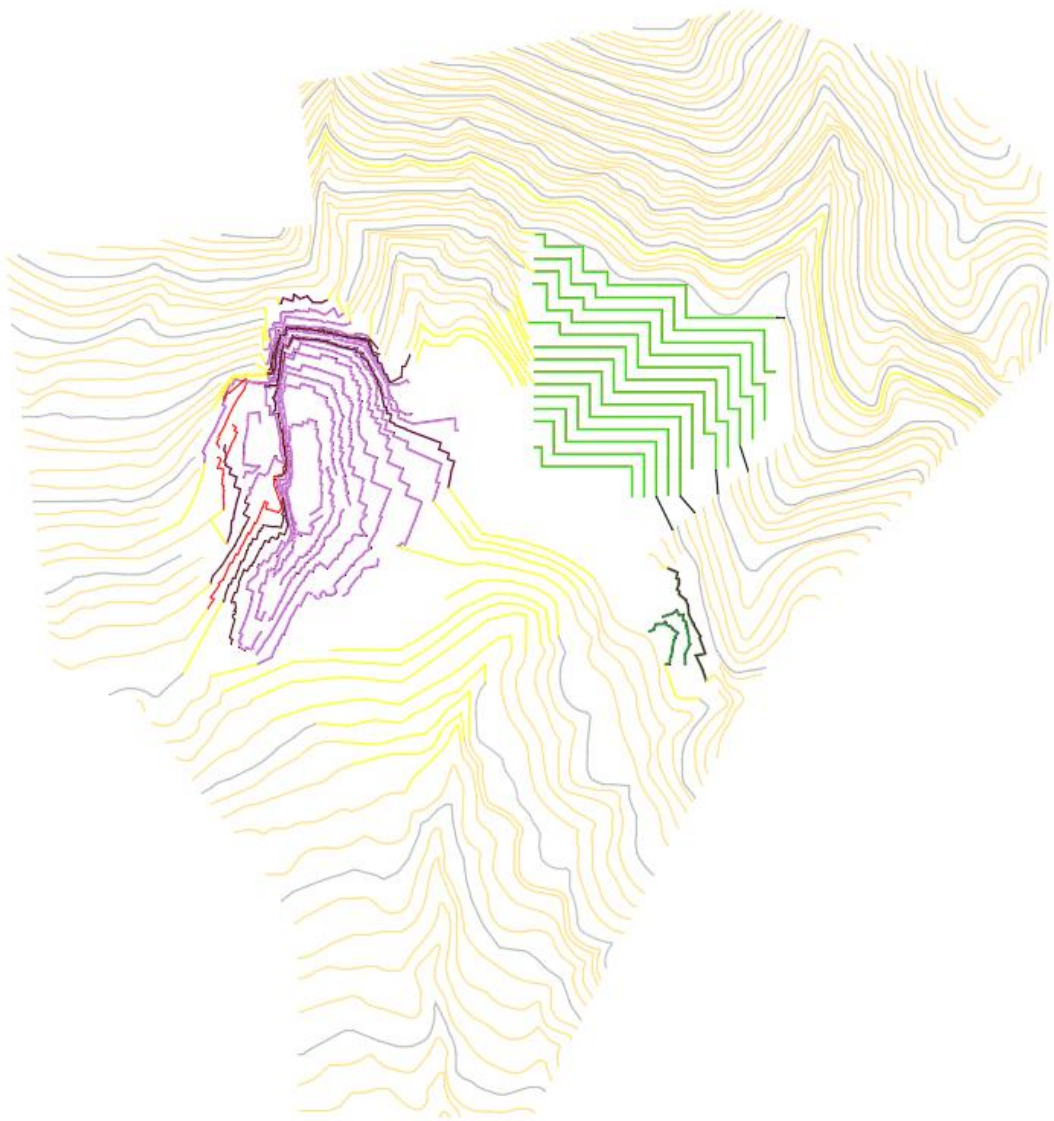
επιτρεπτά όρια του ΚΜΛΕ. Τα βασικά μεγέθη της επέκτασης της εκμετάλλευσης εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Σκαρίφημα του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης με αριθμημένες τις βαθμίδες

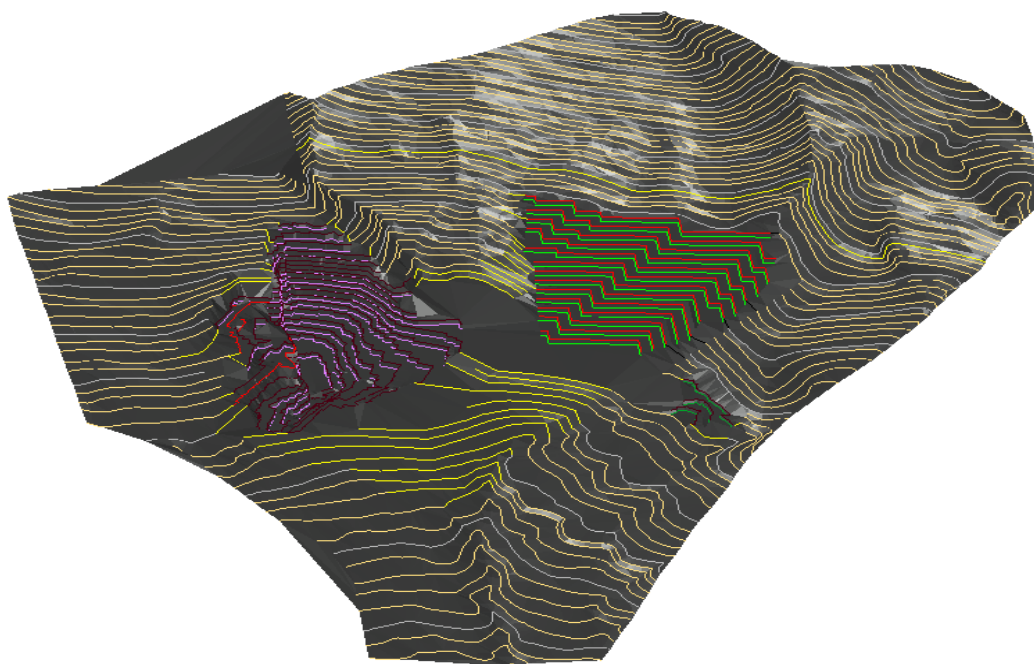
Στην Εικόνα 16 παρατηρείται πως οι βαθμίδες είναι κάθετες προς το οριζόντιο επίπεδο, δηλαδή το πρηνές έχει γωνία κλίσης ίση με 90 μοίρες, επίσης απεικονίζονται τα βασικά μεγέθη της εκμετάλλευσης, όπως αυτά επιλέχθηκαν.

Στην παρακάτω Εικόνα 17, φαίνεται ο σχεδιασμός της επέκτασης της εκμετάλλευσης. Πρόκειται για μία ουσιαστικά διαφορετική εκμετάλλευση η οποία δεν επηρεάζει την λειτουργικότητα και την παραγωγικότητα της κύριας εκμετάλλευσης. Με κόκκινο χρώμα έχουν σχεδιαστεί τα φρύδια των βαθμίδων ενώ με πράσινο τα πόδια της κάθε βαθμίδας αντίστοιχα.

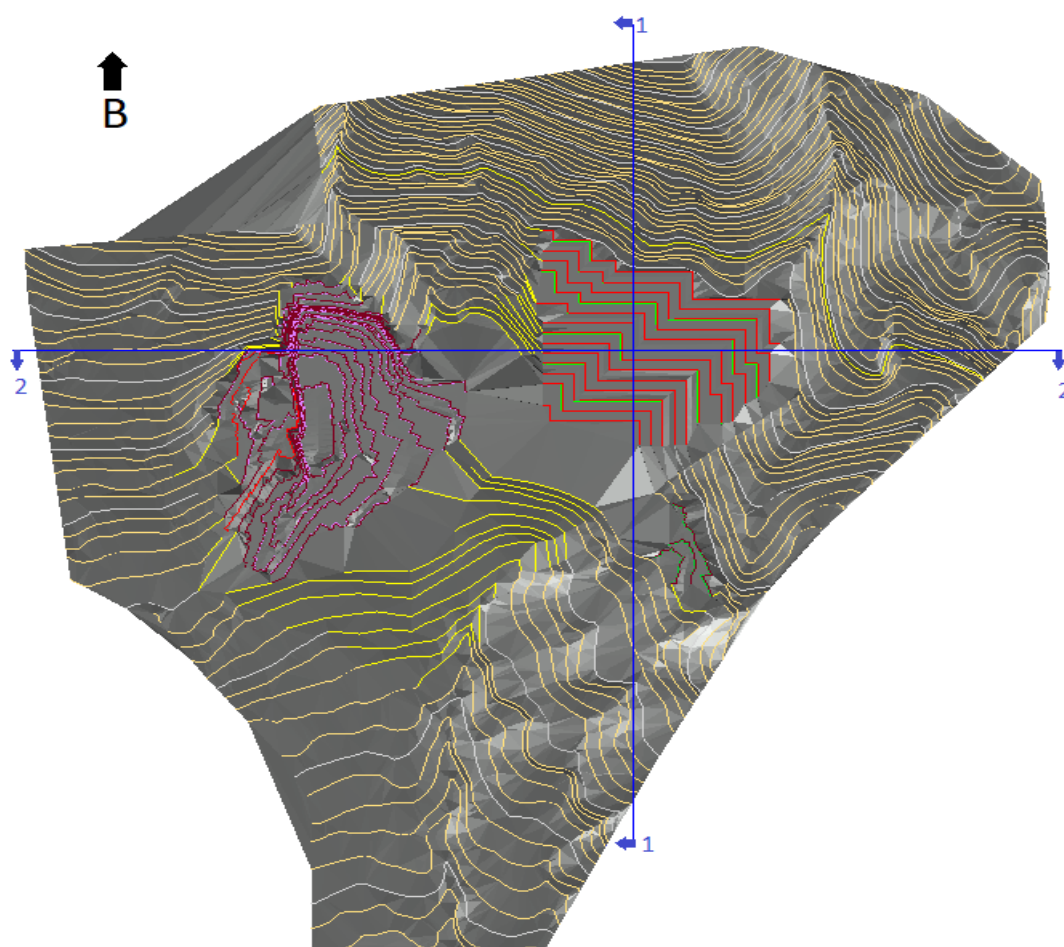


Εικόνα 17. Κάτοψη του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης

Στην Εικόνα 18, απεικονίζεται η επιφάνεια που προκύπτει από το σχεδιαστικό πρόγραμμα. Η επιφάνεια αυτή προκύπτει έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία της παραπάνω Εικόνας 17. Η διαφορά μεταξύ των δύο είναι πως η Εικόνα 18 βρίσκεται υπό κλίση και δεν αποτελεί την κάτοψη του σχεδίου, χρησιμοποιήθηκε απλά για την ευκολότερη κατανόηση της κλίσης του εδάφους καθώς και την ακολουθία των βαθμίδων.

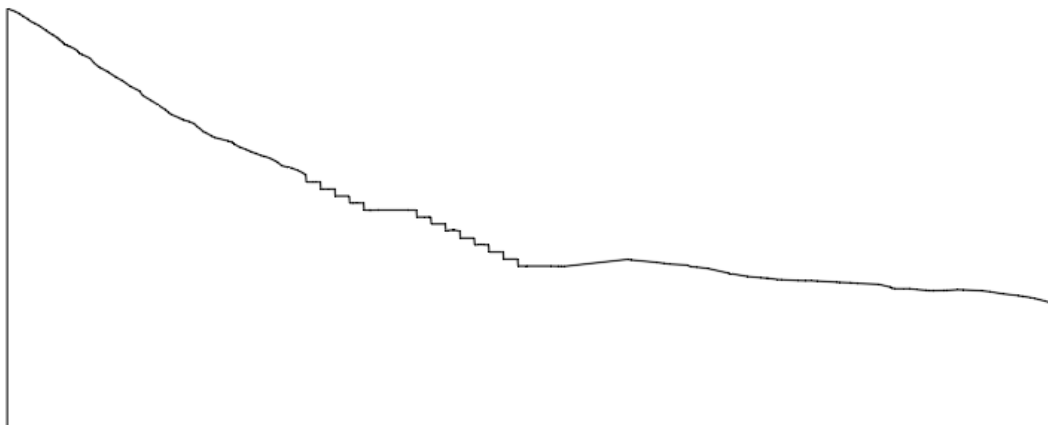


Εικόνα 18. Επιφάνεια του σχεδιασμού επέκτασης της εκμετάλλευσης

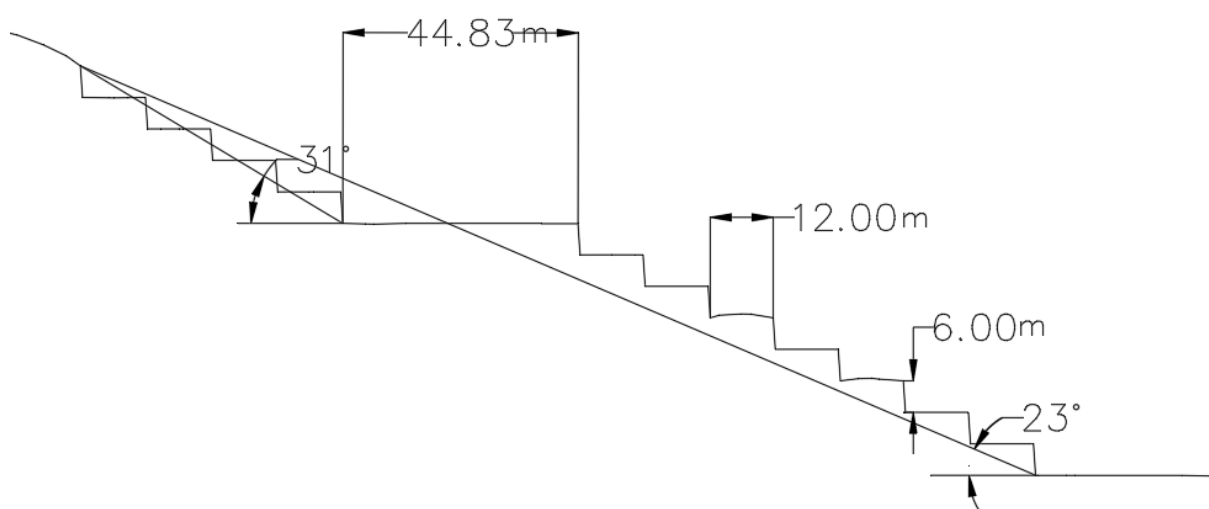


Εικόνα 19. Κάτοψη του σχεδιασμού της επέκτασης εκμετάλλευσης με την παρουσία από τα ίχνη των τομών

Η Εικόνα 19 αποτελεί ταυτόχρονα την κάτοψη του τοπογραφικού χάρτη στις δύο διαστάσεις, ενώ παράλληλα απεικονίζονται τα ίχνη των τομών που ακολουθούν στις Εικόνες 20 & 21.

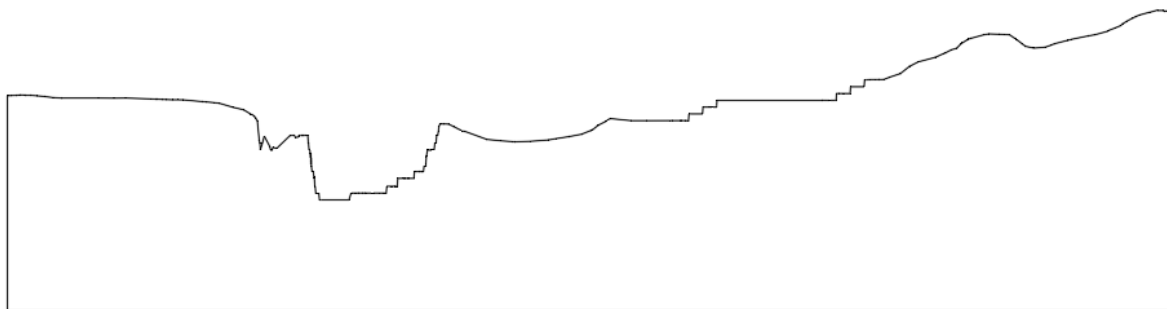


Εικόνα 20. Ολόκληρη η τομή 1-1

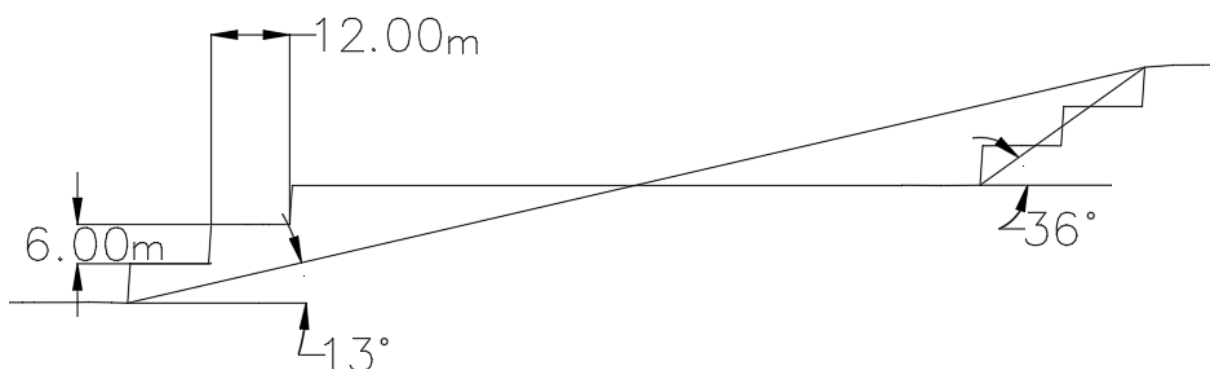


Εικόνα 21. Η τομή 1-1 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος

Η Εικόνα 20 παρουσιάζει την τομή 1-1 σε ολόκληρο το μήκος της, ενώ η Εικόνα 21 είναι η Εικόνα 20 σε μεγέθυνση στο σημείο του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης απεικονίζοντας τα μεγέθη της.



Εικόνα 22. Ολόκληρη η τομή 2-2



Εικόνα 23. Η τομή 2-2 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος

Όμοια με προηγουμένως, η Εικόνα 22 παρουσιάζει την τομή 2-2 σε ολόκληρο το μήκος της, ενώ η Εικόνα 23 είναι η Εικόνα 22 σε μεγέθυνση στο σημείο του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης απεικονίζοντας τα μεγέθη της.

Οι δρόμοι προσπέλασης της εκμετάλλευσης, έχουν συμπεριληφθεί για τον παραπάνω σχεδιασμό αλλά δεν απεικονίζονται καθώς θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΙΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ

Το οδικό δίκτυο είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για τον σχεδιασμό μιας εκμετάλλευσης. Οι κύριοι δρόμοι που οδηγούν στον υπό εκμετάλλευση χώρο αλλά και οι βοηθητικοί δρόμοι εντός του λατομικού χώρου για την πρόσβαση στα μέτωπα των βαθμίδων, αποτελούν το οδικό δίκτυο της περιοχής της εκμετάλλευσης. Η ύπαρξη τους στον σχεδιασμό μιας εκμετάλλευσης θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται από νωρίς, καθώς μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τις γωνίες και κλίσης των βαθμίδων.

Οι δρόμοι διακίνησης των μηχανημάτων πρέπει να κατασκευάζονται όπως ορίζει το Άρθρο 40 του ΚΜΛΕ σύμφωνα με το οποίο πρέπει να ισχύουν τα εξής:

α. Στους διανοιγόμενους από δημόσιες οδούς προς τα έργα δρόμους, η μέγιστη κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 8%.

β. Στους δευτερεύοντες δρόμους, μέσα στο χώρο του έργου, η μέγιστη κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12%.

γ. Στις βαθμίδες εξόρυξης στις οποίες κινούνται τροχοφόρα μηχανήματα ή οχήματα, η μέγιστη κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12%.

δ. Το πλάτος καταστρώματος των δρόμων καθώς και η ακτίνα καμπυλότητάς τους πρέπει να είναι ανάλογα με τις διαστάσεις των μηχανημάτων, των οχημάτων που διακινούνται και τη σταθερότητα του εδάφους. Το πλάτος καταστρώματος των δρόμων σε καμία περίπτωση δεν πρέπει είναι μικρότερο των 5 μέτρων.

ε. Όταν ο δρόμος περνάει πάνω από απόκρημνες περιοχές ή πρανή με επικίνδυνες κλίσεις ή βάθη, τα πλησιέστερα όρια του δρόμου πρέπει να απέχουν από το φρύδι του πρανούς, το λιγότερο, 2 m για την περίπτωση συμπαγούς σταθερού πετρώματος. Επίσης, στις περιπτώσεις που εκτιμάται ότι υφίσταται κίνδυνος ανατροπής και κατάπτωσης των οχημάτων από την άκρη του δρόμου, να κατασκευάζονται πλευρικά αναχώματα ασφάλειας.

4.1 ΕΙΔΗ ΔΡΟΜΩΝ

Οι οδοί προσπέλασης για να έχουν θετικό αντίκτυπο στην λειτουργία του λατομείου πρέπει να σχεδιάζονται και να δημιουργούνται σύμφωνα με το παραπάνω άρθρο του ΚΜΛΕ. Η τελική τους μορφή επηρεάζεται από το είδος της εκμετάλλευσης, τις γεωλογικές και μορφολογικές ιδιότητες της κάθε περιοχής και συνήθως έχουν 3 τεχνικές σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό. Οι τεχνικές αυτές είναι:

- Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρανές εντός λατομείου

- Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρανές εκτός λατομείου
- Οδός με αναστροφή κατεύθυνσης 180 μοιρών

Οι παραπάνω τεχνικές αφορούν δρόμους οι οποίοι σχεδιάζονται εντός της εκμετάλλευσης και είναι συνήθως με την μορφή ραμπών.

4.1.1 Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρανές εντός λατομείου

Η διαδικασία του σχεδιασμού για την κατασκευή μίας οδού προσπέλασης σε οποιοδήποτε πρανές εντός του λατομείου, παρουσιάζεται στην Εικόνα 23. Αρχικά επιλέγεται το σημείο Α από το οποίο θα ξεκινάει ο δρόμος. Το σημείο αυτό, βρίσκεται στο κατώτερο φρύδι και ενώνεται με το ακριβώς επόμενο του. Η απόστασή τους υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D = \frac{100 \cdot H}{G\%} \quad [4.1.1.1]$$

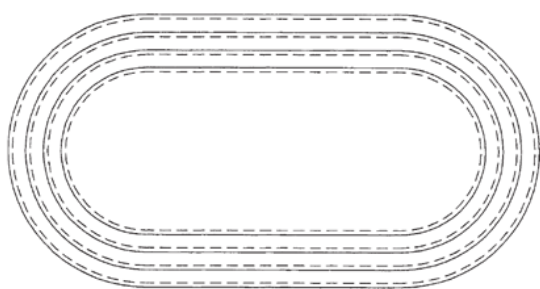
Όπου:

H = ύψος βαθμίδας

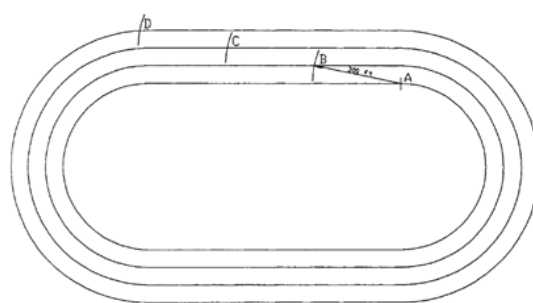
G (%) = κλίση δρόμου

Αντίστοιχα βρίσκονται όλα τα σημεία μέχρι το ανώτερο φρύδι. Η απόσταση που προκύπτει δεν αντιστοιχεί πλήρως στην πραγματική απόσταση διότι δεν περιλαμβάνει την ύπαρξη κλίσης στο πεδίο, αλλά ύστερα από μετρήσεις καταλήξαμε ότι το πραγματικό πάχος της ράμπας που θα δημιουργηθεί, και το πάχος της ράμπας που θέλουμε να δημιουργηθεί, είναι ίσα.

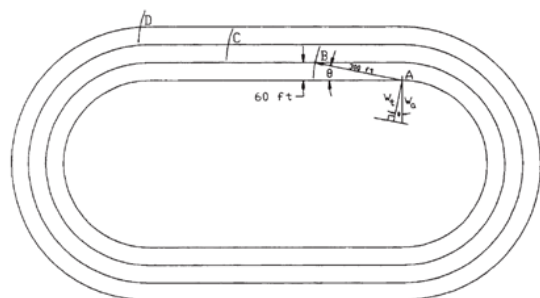
Στη συνέχεια στην Εικόνα 24 (γ-η) φαίνεται η διαδικασία που ακολουθείται για τον σχεδιασμό των φρυδιών με την ύπαρξη ράμπας. Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθείται για τα αντίστοιχα πόδια και τελικά προκύπτει η ζητούμενη ράμπα της Εικόνας 24(θ).



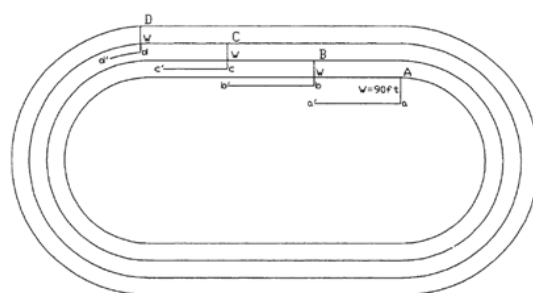
(α)



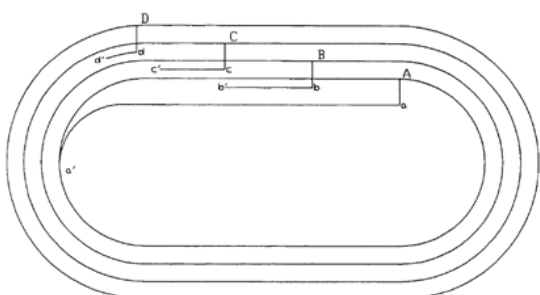
(β)



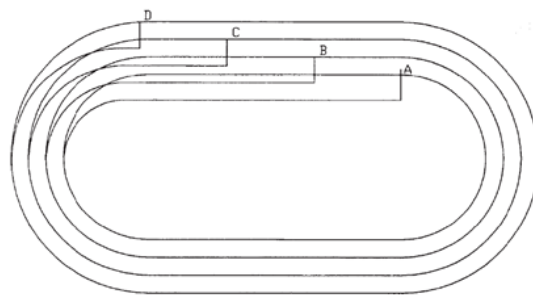
(γ)



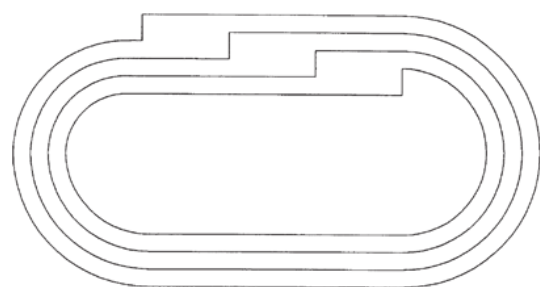
(δ)



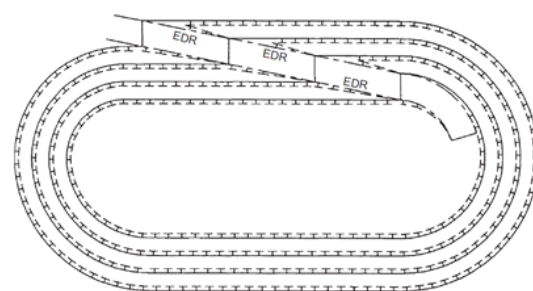
(ε)



(ζ)



(η)

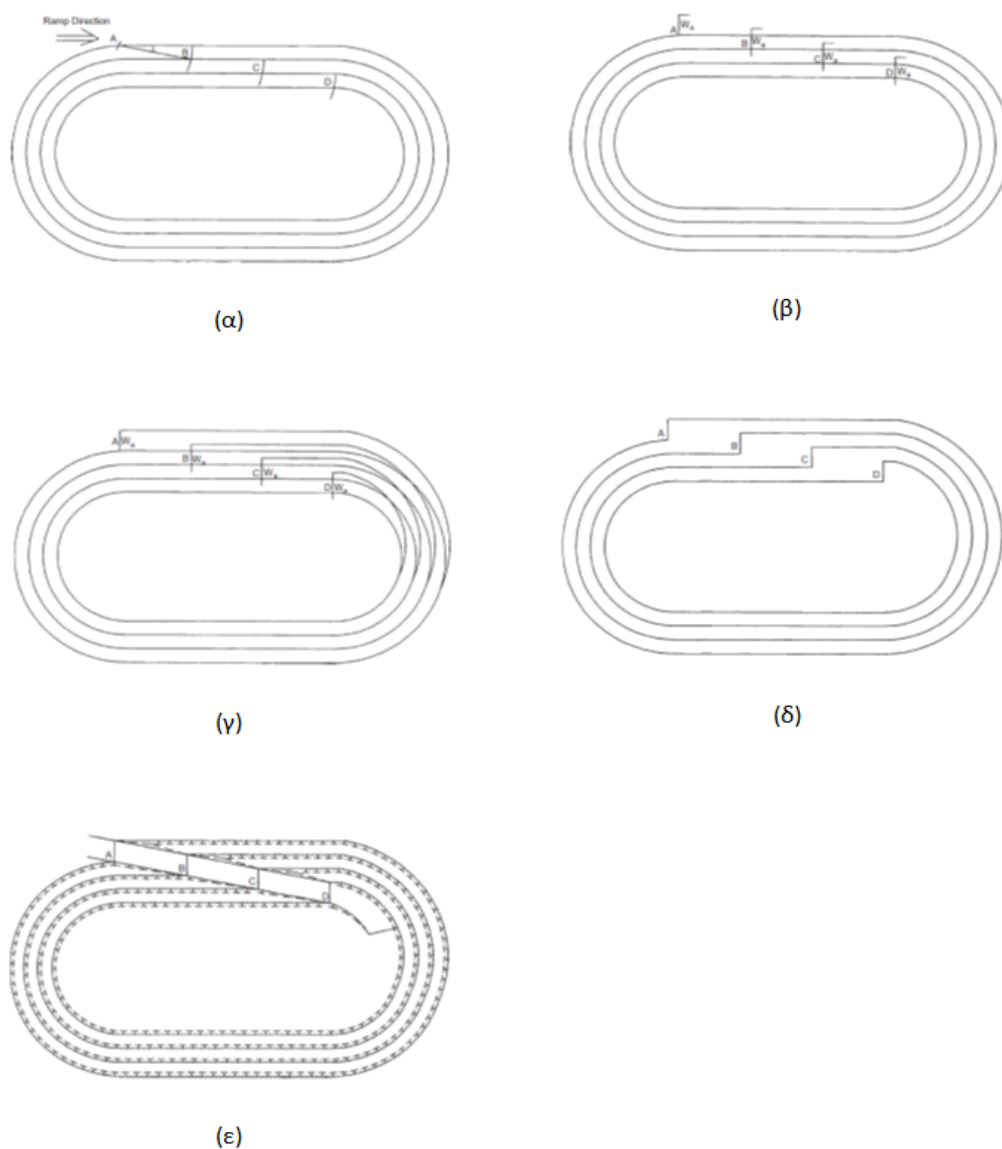


(θ)

Εικόνα 24. Σχεδιασμός οδού σε πρανές εντός λατομείου (Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013)

4.1.2 Οδός σταθερής κατεύθυνσης σε πρανές εκτός του λατομείου

Για τον σχεδιασμό οδού αυτής της μορφής ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία με τον σχεδιασμό οδού σταθερής κατεύθυνσης σε πρανές εντός λατομείου με μοναδική διαφορά ότι το πάχος της ράμπας σχεδιάζεται προς τα έξω και ενώνεται από την εξωτερική πλευρά με τα αντίστοιχα φρύδια, όπως φαίνεται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25. Σχεδιασμός οδού σε πρανές εκτός λατομείου (Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013)

4.1.3 Οδός με αναστροφή κατεύθυνσης 180 μοιρών

Για αυτή την τεχνική πρέπει πρώτα να οριστεί ένα κεντρικό σημείο C γύρω από το οποίο θα γίνει η αναστροφή. Στην διαδικασία αυτή εμπλέκονται τρεις αποστάσεις L_1 , L_2 , L_3 . Η απόσταση L_2 ισούται με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών φρυδιών, και για τις άλλες δύο αποστάσεις πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

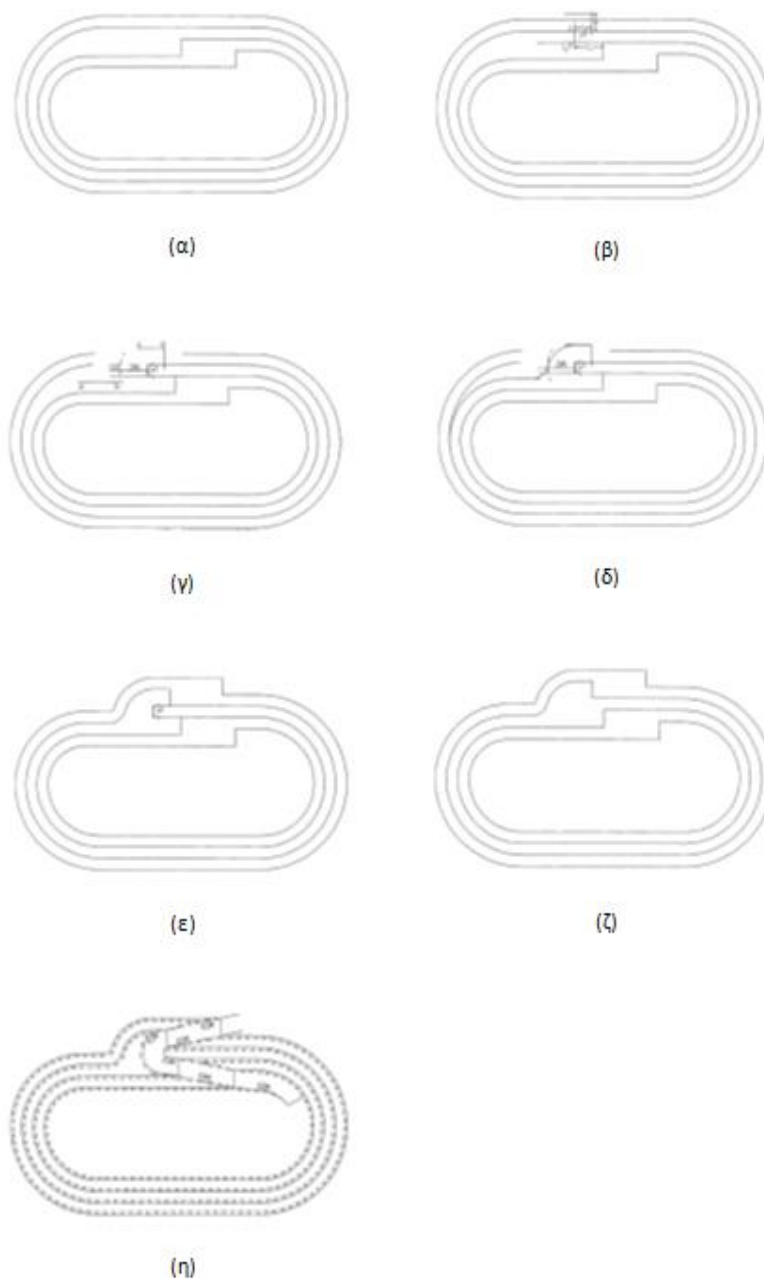
$$L_1 + L_3 = R - L_2$$

[4.1.3.1]

Όπου: $R = D$ (από εξίσωση 4.1.1.1)

$$C = L_2/2$$

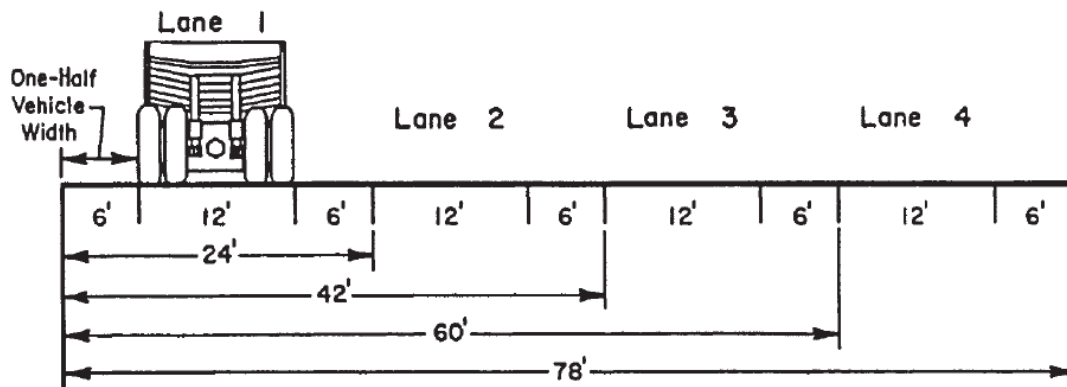
Στη συνέχεια από το σημείο C και με ακτίνα διπλάσια του πάχους του δρόμου σχεδιάζεται το τόξο του ίχνους του δρόμου Εικόνα 26(γ). Ενώνοντας το όριο με τα φρύδια Εικόνα 26(δ-ζ), δημιουργείται η στροφή 180 μοιρών όπως φαίνεται στην Εικόνα 26(η).



Εικόνα 26. Σχεδιασμός οδού με αναστροφή κατεύθυνσης

4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Οι μέθοδοι που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 4.1 αφορούν τον σχεδιασμό οδικού δικτύου εντός της περιοχής στην οποία πραγματοποιείται η εκμετάλλευση, δηλαδή εντός του κοιτάσματος ή μεταλλεύματος. Για το συγκεκριμένο λατομείο επιλέχθηκε ο δρόμος να σχεδιαστεί εντός του λατομικού χώρου αλλά εκτός της εκμετάλλευσης. Η διαφορά με την διαδικασία που έχει αναλυθεί είναι πως ο δρόμος θα ξεκινάει από την πλατεία της εκμετάλλευσης και θα καταλήγει περιφερειακά στις βαθμίδες με τις οποίες θα συνδέεται με δρόμο σε μορφή ράμπας, μικρότερου πλάτους.



Εικόνα 27. Πλάτος δρόμου για μία ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας (Kaufman & Ault, 1977)

Το απαιτούμενο πλάτος του δρόμου σχεδιάστηκε σύμφωνα με τους Kaufman & Ault όπως φαίνεται στην Εικόνα 27. Από την εικόνα αυτή συμπεραίνεται πως για πλάτος οχήματος 12 ποδίων (ft), το πλάτος του δρόμου θα πρέπει να είναι 24 πόδια, υπενθυμίζεται πως (1ft είναι ίσο με 0,3048 m). Για το παρόν λατομείο σχεδιάστηκε δρόμος μονής κυκλοφορίας και όχι μεγαλύτερου πλάτους διότι όσο προχωράει η εκμετάλλευση είναι αβέβαιο αν θα υπάρχει κατάλληλος χώρος για την κατασκευή δρόμου μεγαλύτερης κυκλοφορίας και επιπλέον σύμφωνα με την απαιτούμενη παραγωγή δεν χρειάζονται να λειτουργούν πολλά μηχανήματα για την μεταφορά των οκομαρμών.

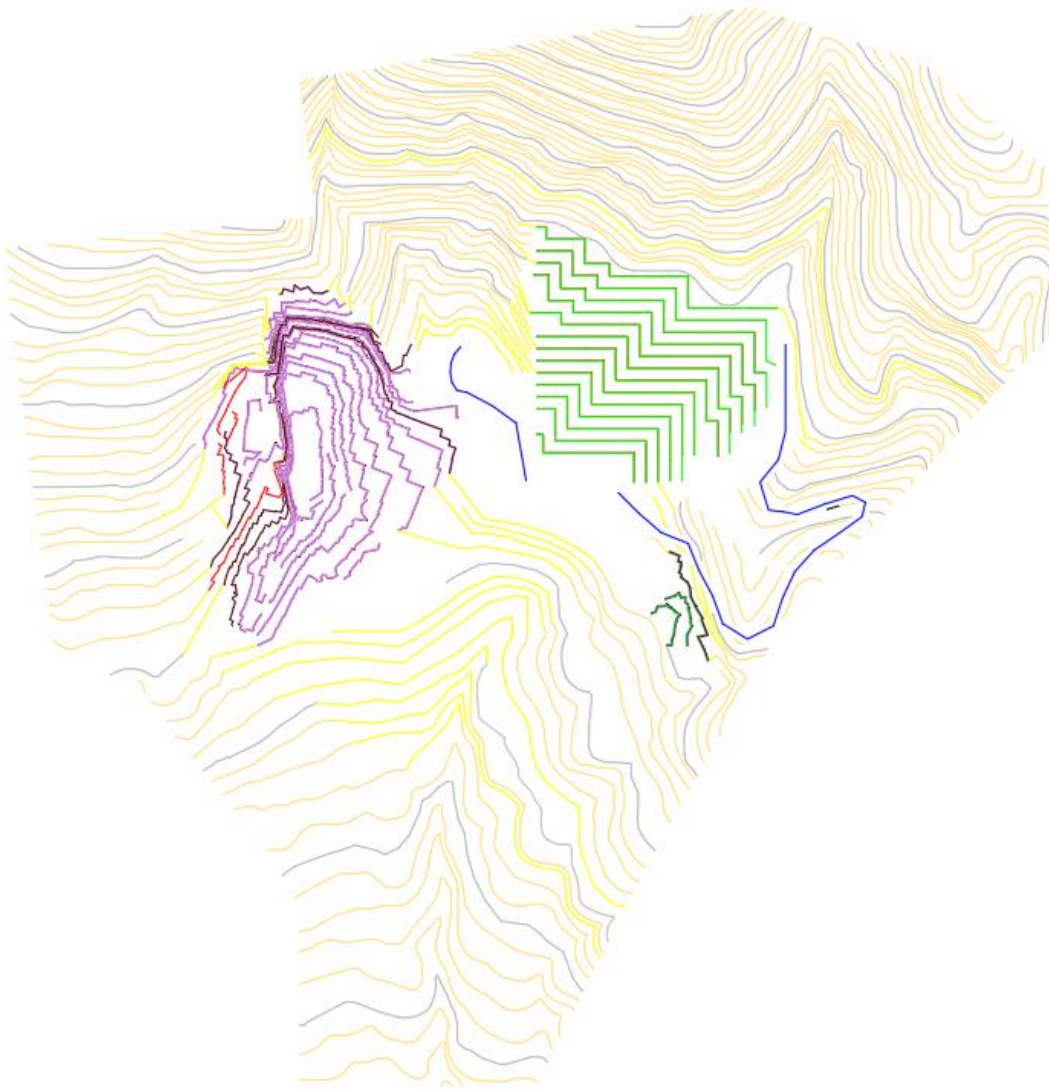
Από την παραπάνω Εικόνα 27, συμπεραίνεται πως για οποιοδήποτε πλάτος μηχανήματος επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί, το πλάτος του δρόμου θα πρέπει να είναι διπλάσιο αυτού. Όπως αναφέρεται σε επόμενο κεφάλαιο από τον μηχανολογικό εξοπλισμό που έχει επιλεγεί, το μεγαλύτερο σε πλάτος όχημα είναι ο φορτωτής CAT 982M πλάτους 3,45 μέτρων. Επομένως το ελάχιστο πλάτος του δρόμου που μπορεί να σχεδιαστεί είναι ίσο με 6,9 μέτρα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο δρόμος προσπέλασης θα ξεκινάει από την πλατεία της εκμετάλλευσης και θα οδηγεί περιφερειακά αυτής στις βαθμίδες παραγωγής. Το πλάτος αυτού του δρόμου θα είναι ίσο με 12 μέτρα. Η σύνδεση του δρόμου προσπέλασης με τις βαθμίδες πραγματοποιείται επίσης με δρόμο, αλλά λόγω του περιορισμένου χώρου, ο δρόμος

αυτός θα έχει πλάτος ίσο με 9 μέτρα. Οι δρόμοι αυτοί θα είναι πολύ μικρού μήκους και δεν εμποδίζουν την διέλευση των μηχανημάτων καθώς το πλάτος τους είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια. Επίσης ο δρόμος επιλέχθηκε να έχει κλίση 10% σε όλο του το μήκος, η κλίση αυτή είναι σταθερή και δεν μεταβάλλεται καθόλο το μήκος του δρόμου.

Γνωρίζοντας το ύψος της κάθε βαθμίδας που είναι ίσο με 6 μέτρα και σε συνδυασμό με τον τύπο της σχέσης [4.1.1.1], υπολογίσθηκε ότι η οριζόντια απόσταση που θα πρέπει να διανύσει ένα χωματουργικό αυτοκίνητο για να ανέβει κατά 6 μέτρα υψόμετρο είναι ίση με 60 μέτρα.

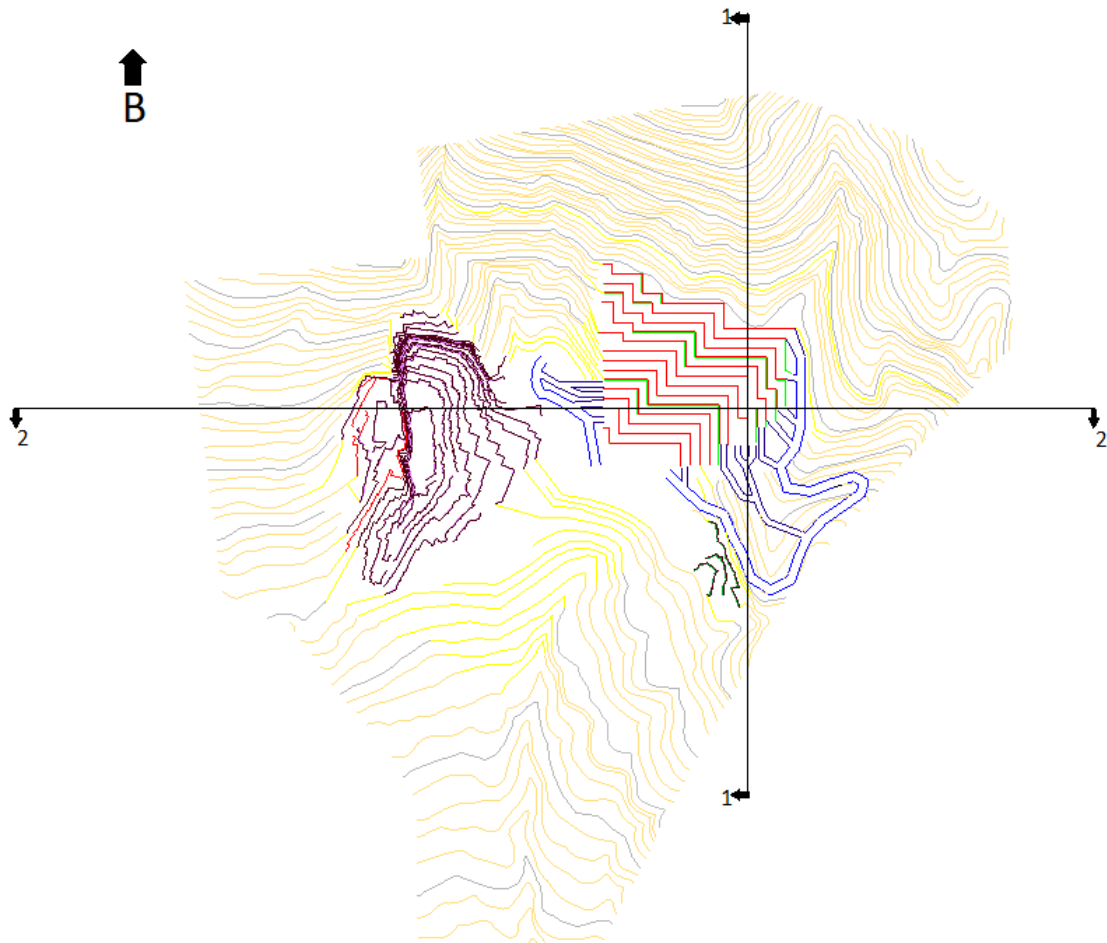
$$D = \frac{100 * H}{G(\%)} = \frac{100 * 6m}{10} = 60m$$



Εικόνα 28. Ίχνος δρόμου προσπέλασης

Στην Εικόνα 28 με μπλέ χρώμα εμφανίζεται το ίχνος του δρόμου που θα σχεδιαστεί για την κίνηση των χωματουργικών αυτοκινήτων στον χώρο της εκμετάλλευσης. Όπως φαίνεται ο δρόμος ξεκινάει από την πλατεία που έχει δημιουργηθεί στο κάτω μέρος της εκμετάλλευσης

και βρίσκεται σε υψόμετρο 938 μέτρων. Παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο ίχνη δρόμων, αυτό οφείλεται στον περιορισμένο χώρο που υπάρχει για τον σχεδιασμό του δρόμου, καθώς αν αυτός σχεδιαζόταν από την μία μόνο πλευρά της εκμετάλλευσης η οριζόντια απόσταση δεν θα ήταν επαρκής για να διατηρηθεί η κλίση του δρόμου σταθερή μέχρι την ανώτερη υψομετρικά βαθμίδα.

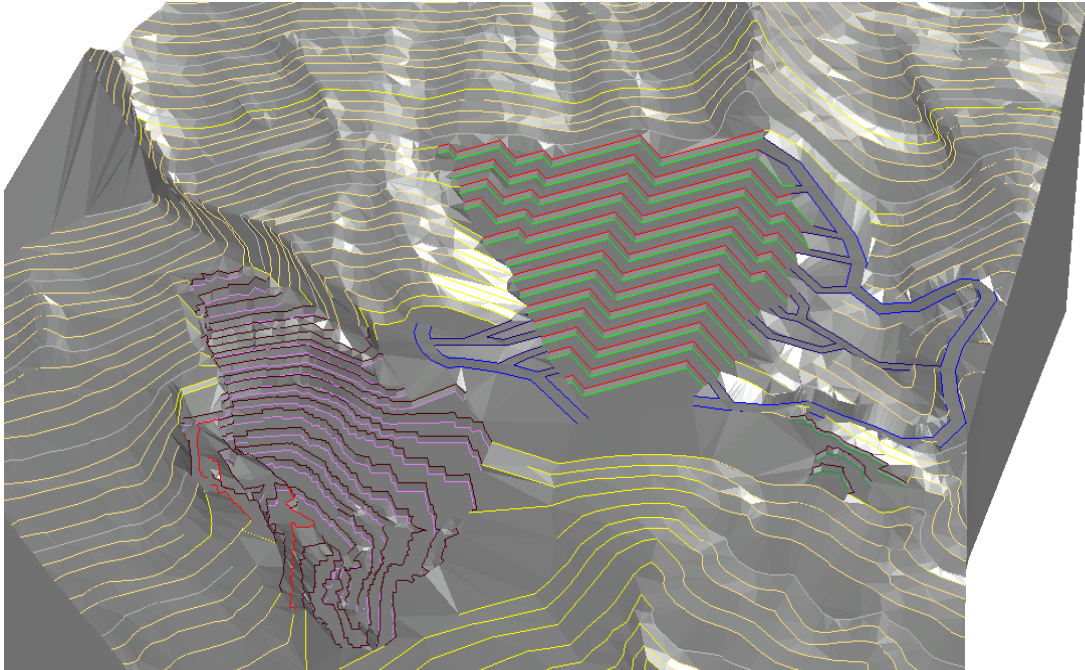


Εικόνα 29. Κάτοψη σχεδιασμού δρόμου προσπέλασης και ίχνη των τομών

Στην Εικόνα 29 φαίνεται ο σχεδιασμός του δρόμου, με ανοιχτό μπλε χρώμα απεικονίζεται ο κύριος δρόμος προσπέλασης με πλάτος 12 μέτρα, ενώ με σκούρο μπλε ο δρόμος που συνδέει τις βαθμίδες με τον κύριο δρόμο προσπέλασης πλάτους 9 μέτρων. Συγχρόνως φαίνονται και τα ίχνη των τομών που ακολουθούν παρακάτω στις Εικόνα 31 και 33.

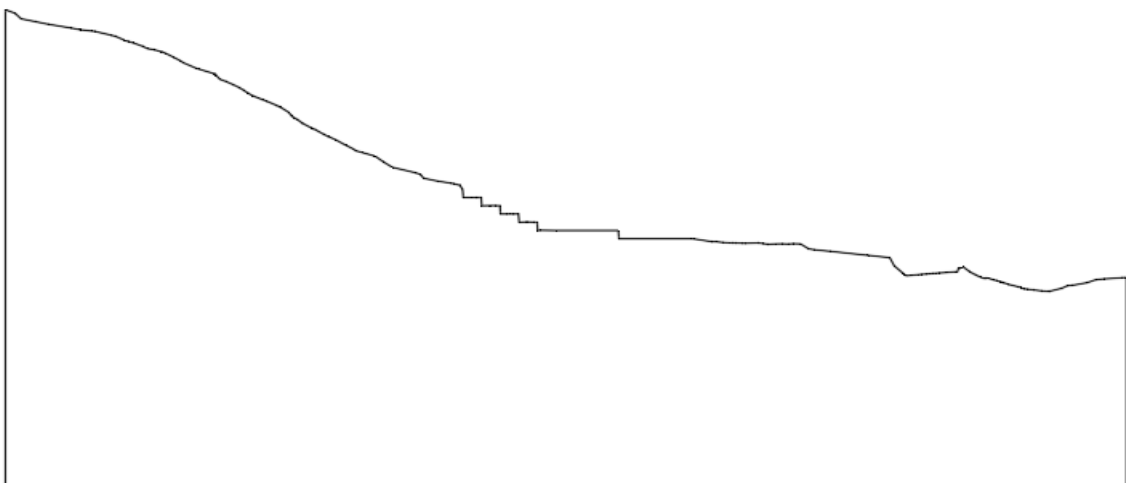
Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται το στερεό που δημιουργείται από την επεξεργασία της παραπάνω Εικόνα 29. Από τους δύο αυτούς τοπογραφικούς χάρτες παρατηρείται πως οι δύο δρόμοι δεν οδηγούν σε όλες τις βαθμίδες, αλλά για την επικοινωνία των τεσσάρων πρώτων βαθμίδων με την πλατεία πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο δρόμος που βρίσκεται δυτικά της επέκτασης εκμετάλλευσης, ενώ για τις υπόλοιπες βαθμίδες πρέπει να γίνει χρήση του δρόμου που βρίσκεται ανατολικά της σχεδιασμένης εκμετάλλευσης. Η ύπαρξη δύο δρόμων μπορεί να

διευκολύνει την διαδικασία της μεταφοράς των υλικών αλλά και να αυξήσει την παραγωγή, εάν αυτό απαιτηθεί μελλοντικά. Επίσης με την ύπαρξη δύο δρόμων οι μεταφορές των όγκων μαρμάρου από διαφορετικές βαθμίδες μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα, γλυτώνοντας έτσι πολύτιμο χρόνο.

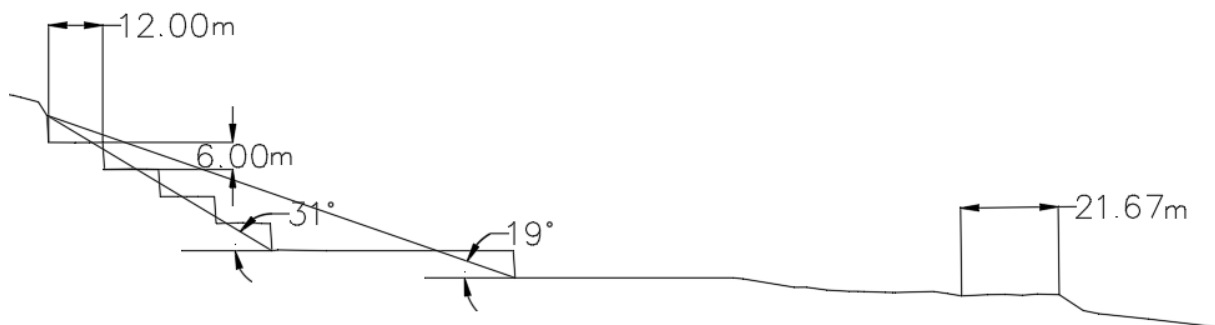


Εικόνα 30. Στερεό που δημιουργείται με την παρουσία δρόμου

Στην παραπάνω Εικόνα 30, ο δρόμος προσπέλασης πλάτους 12 μέτρων έχει σχεδιαστεί με ανοιχτό μπλε χρώμα, ενώ ο δρόμος 9 μέτρων για την επικοινωνία των βαθμίδων με τον δρόμο προσπέλασης, εμφανίζεται με σκούρο μπλε χρώμα.

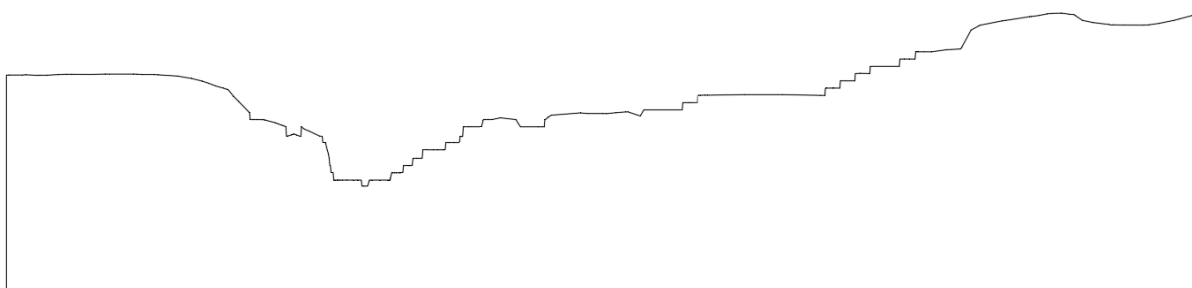


Εικόνα 31. Ολόκληρη η τομή 1-1

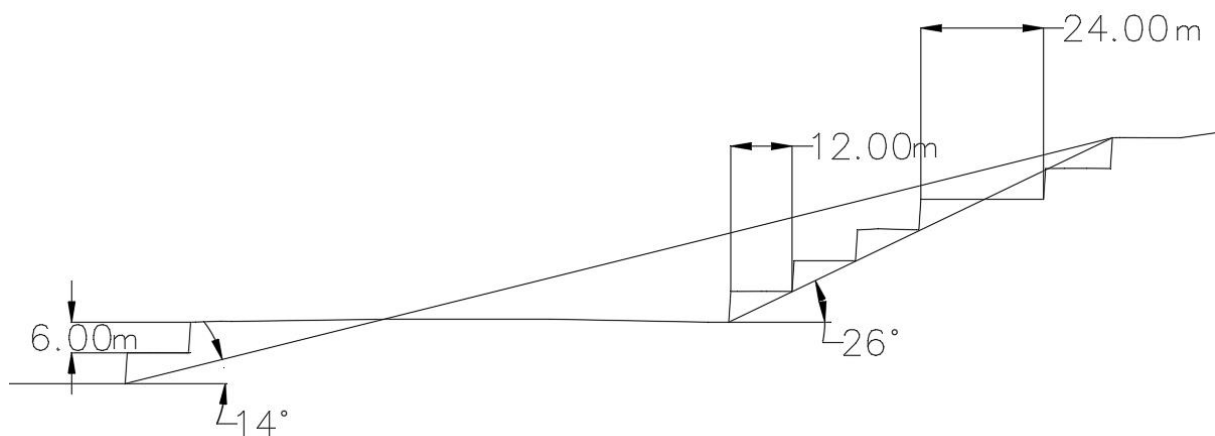


Εικόνα 32. Η τομή 1-1 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος

Στην Εικόνα 32, η τιμή 21,67 m αντιπροσωπεύει το φαινόμενο πλάτους του δρόμου στο σημείο που έγινε η τομή.

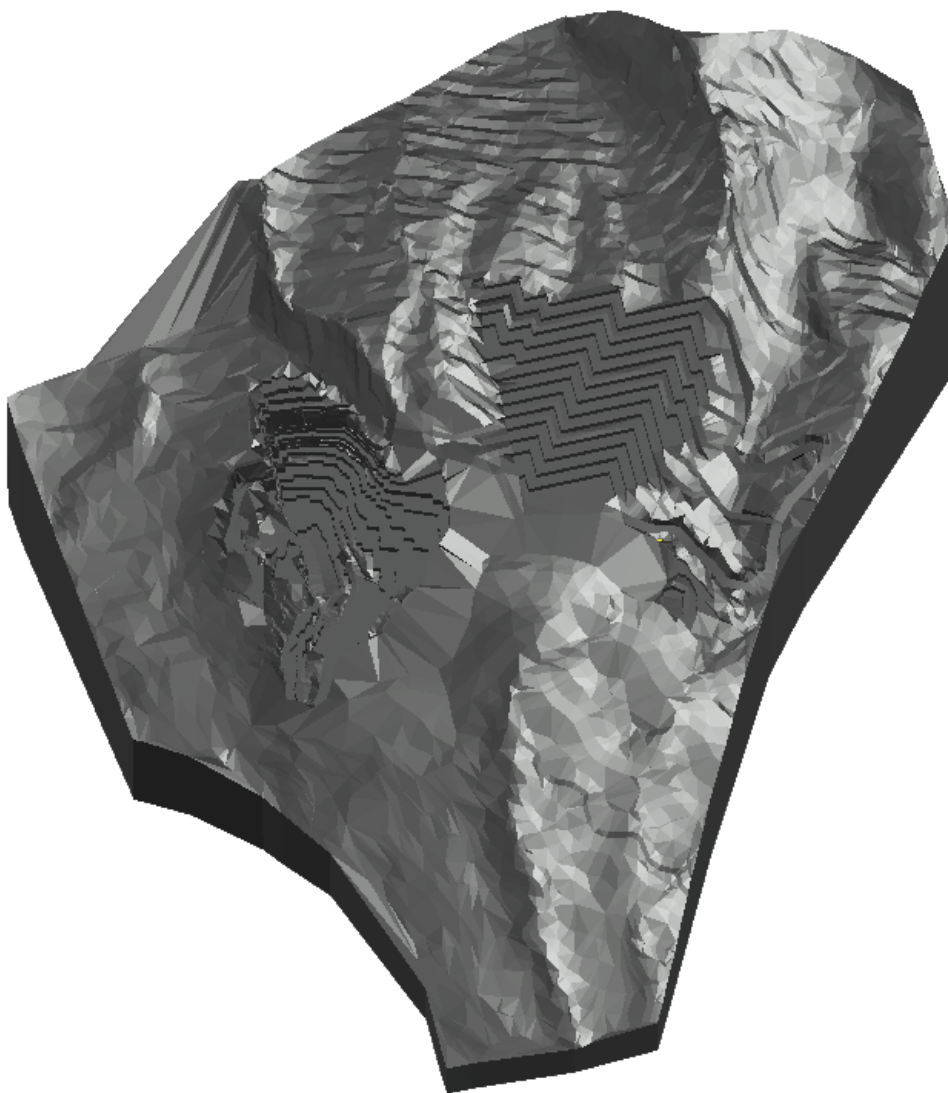


Εικόνα 33. Ολόκληρη η τομή 2-2



Εικόνα 34. Η τομή 2-2 σε μεγέθυνση στο σημείο ενδιαφέροντος

Στην Εικόνα 34, η τιμή 24 m αντιπροσωπεύει το πλάτος του δρόμου (12 μέτρα) και της βαθμίδας (12 μέτρα) διότι στο σημείο που πραγματοποιήθηκε η τομή ο δρόμος συμπίπτει με την βαθμίδα παραγωγής.



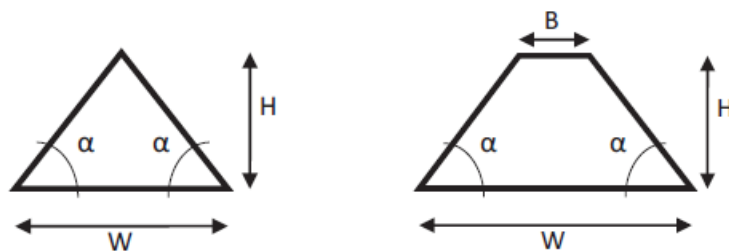
Εικόνα 35. Στερεό που προκύπτει από την επέκταση της εκμετάλλευσης

Η παραπάνω Εικόνα 35 προκύπτει από την επεξεργασία της επιφάνειας που έχει δημιουργηθεί. Πρόκειται ουσιαστικά για το στερεό που δημιουργείται από την συγκεκριμένη επιφάνεια και σε αυτό απεικονίζεται ολόκληρη η λατομική περιοχή κατά την παραγωγική φάση της επέκτασης της εκμετάλλευσης. Διακρίνεται ο σχεδιασμός των βαθμίδων καθώς και ο δρόμος προσπέλασης όπως αυτά σχεδιάστηκαν.

4.3 ANAXΩΜΑ (Berm)

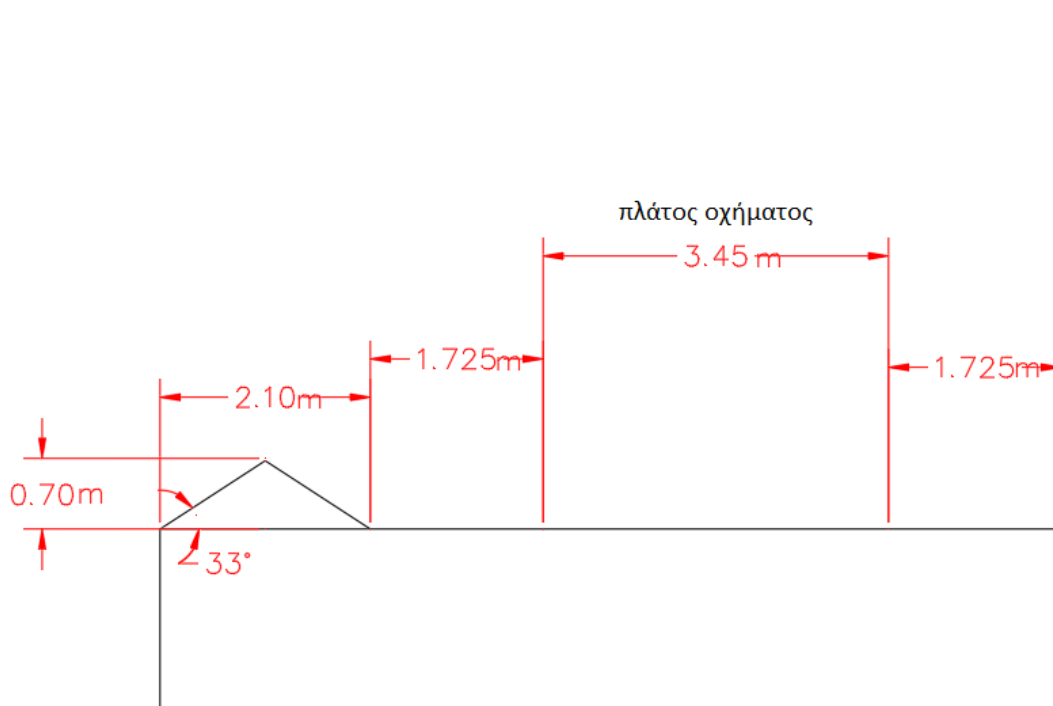
Κατά την παραγωγή χρήσιμου υλικού σε ένα λατομείο σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του, παράγεται μεγάλη ποσότητα στείρου υλικού η οποία πολλές φορές δεν είναι εύκολη στην διαχείρισή της. Ένας από τους σκοπούς κάθε λατομείου είναι η εύρεση της βέλτιστης διαχείρισης των στείρων υλικών ώστε αυτά να μην δυσκολεύουν την εξέλιξη της εκμετάλλευσης. Μία από τις βασικές χρήσεις των στείρων υλικών είναι η χρησιμοποίηση

τους στην διαδικασία περιβαλλοντικής αποκατάστασης μετά το πέρας της εκμετάλλευσης. Όμως κατά την διάρκεια της φάσης παραγωγής τα στείρα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία αναχώματος στις άκρες των δρόμων. Η τοποθέτηση κατά μήκος στο εξωτερικό όριο του δρόμου είναι ικανό να αποτελέσει προειδοποίηση για τους οδηγούς των μηχανημάτων για το τέλος των ορίων του δρόμου, ή ακόμα με τις σωστές αναλογίες το ανάχωμα είναι ικανό να αποτρέψει την έξοδο και πιθανή ανατροπή των οχημάτων από τα όρια του δρόμου. Για να είναι λειτουργικό και ικανό ένα ανάχωμα να αποτρέψει την έξοδο οχήματος εκτός των ορίων του δρόμου θα πρέπει να έχει κατάλληλες διαστάσεις. Το πάχος και το ύψος του εξαρτώνται από την γωνία απόθεσης του υλικού. Συνήθως το ανάχωμα είναι τριγωνικής ή τραπεζοειδούς μορφής και το ύψος του θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με την ακτίνα του τροχού του μεγαλύτερου τροχοφόρου οχήματος που κινείται επί του δρόμου. Αποδεκτή τιμή για το πάχος του αναχώματος θεωρείται το διπλάσιο του ύψους του. Στην Εικόνα 36 απεικονίζονται δύο ειδών τομές αναχώματος, το τριγωνικό και τραπεζοειδές ανάχωμα αποτελούν την πιο σύνηθη επιλογή δημιουργίας αναχώματος.

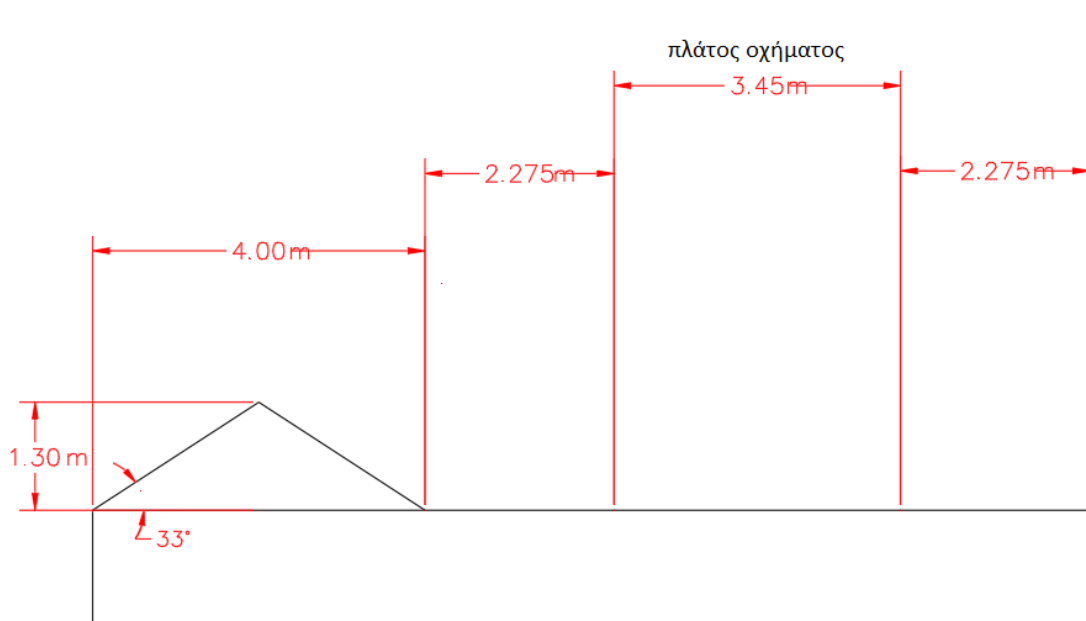


Εικόνα 36. Τομές αναχώματος (Thoeni, Servin, Sloan & Giacomini, 2018)

Για το λατομείο στο οποίο αναφέρεται η παρούσα διπλωματική εργασία, το μεγαλύτερο όχημα επιλέχθηκε να είναι ένας φορτωτής τύπου CAT 982M του οποίου η διάμετρος τροχού είναι ίση με 73,6 inches δηλαδή 1, 87 μέτρα άρα η ακτίνα είναι ίση με 0,94 μέτρα. Για το υπό μελέτη λατομείο, θα κατασκευαστούν αναχώματα των οποίων η γωνία θα είναι περίπου ίση με 33°. Η γωνία αυτή διαμορφώνεται από την κοκκομετρία, το είδος των στείρων υλικών από τα οποία κατασκευάζεται το ανάχωμα και από την γωνία απόθεσης τους. Έτσι για το συγκεκριμένο λατομείο επιλέχθηκε η προαναφερθείσα τιμή. Συνεπώς, το ανάχωμα για τους βοηθητικούς δρόμους πλάτους 9 μέτρων, θα έχει ύψος ίσο με 0,70 μέτρα και πλάτος ίσο με 2,10 μέτρα. Αντίστοιχα για τον κύριο δρόμο πλάτους 12 μέτρων, θα τοποθετηθεί ανάχωμα ύψους 1,30 μέτρων και πλάτους 4 μέτρων. Επιλέχθηκε το ανάχωμα να είναι τριγωνικής τομής και στις δύο περιπτώσεις.



Εικόνα 37. Τομή δρόμου πλάτους 9 μέτρων με ανάχωμα



Εικόνα 38. Τομή δρόμου πλάτους 12 μέτρων με ανάχωμα

Στις παραπάνω Εικόνες (37 & 38) πλευρικά του πλάτους οχήματος όπως αυτό συμβολίζεται, οι αντίστοιχες διαστάσεις είναι «κενός» χώρος για την άνετη διέλευση του τροχοφόρου μηχανήματος. Επίσης, απεικονίζονται η τομή σχεδίασης του κάθε δρόμου, παρουσία του οχήματος μεταφοράς και του πλευρικού αναχώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Έπειτα από τον σχεδιασμό της επέκτασης της εκμετάλλευσης και τους δρόμους τους οποίους αυτή περιέχει, ακολουθεί ο υπολογισμός του απαιτούμενου εξοπλισμού για την λειτουργία του λατομείου. Ο παρακάτω εξοπλισμός επιλέχθηκε από τον συγγραφέα και δεν συμβαδίζει απαραίτητα με τον υπάρχοντα εξοπλισμό του λατομείου.

Οι θεωρήσεις του λατομείου για τον υπολογισμό του εξοπλισμού φαίνονται στον Πίνακα 1. Εργάσιμες ημέρες ανά έτος θεωρούνται 240 ημέρες που είναι και οι προβλεπόμενες συμπεριλαμβανομένων των αργιών του έτους και την υποχρεωτική άδεια των εργαζομένων.

Πίνακας 1. Θεωρήσεις λατομείου

Θεωρήσεις λατομείου		Μονάδες
Απόδοση εργοταξίου	0,9	
Απόδοση μηχανήματος	0,85	
Απόδοση κινητήρα	0,8	
Συντελεστής επιπλήσματος ε	1,3	
Ετήσια παραγωγή	100000	m ³
Βάρδιες/ημέρα	1	
Ώρες/ημέρα	8	ώρες
Μέρες/μήνα	24	μέρες
Μήνες/χρόνο	10	μήνες
Ώρες λειτουργίας/μήνα	192	ώρες
Ώρες λειτουργίας/χρόνο	1920	ώρες
Ειδικό βάρος μαρμάρου	2,84	t/m ³
Επιθυμητή ωριαία παραγωγή	52,1	m ³ /h
Απαιτούμενη ωριαία παραγωγή συμπαγή Q	58	m ³ /h
Μέγιστο μήκος διαδρομής	1240	m
Ελάχιστο μήκος διαδρομής	760	m

Επιθυμητή ωριαία παραγωγή:

$$Q = \frac{\text{Ετήσια παραγωγή}}{\text{Ώρες} \frac{\text{λειτουργίας}}{\text{χρόνο}}} = \frac{100000 \text{ m}^3}{1920 \text{ hr}} = 52,1 \text{ m}^3/\text{h} \quad [5.1]$$

Απαιτούμενη ωριαία παραγωγή συμπαγών:

$$Q_b = \frac{\text{Απαιτούμενη ωριαία παραγωγή}}{\text{Απόδοση εργοταξίου}} = \frac{Q}{n_{\text{εργ}}} = \frac{52,1}{0,9} = 57,87 \text{ m}^3/\text{h} \text{ περίπου ίσο με } 58 \text{ m}^3/\text{h} \quad [5.2]$$

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΩΤΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

5.1.1 Caterpillar 982M



Εικόνα 39. Caterpillar 982M Large Wheel Loader Forklift

Απαραίτητο μηχάνημα για την φόρτωση και μεταφορά των όγκων μαρμάρου είναι ο φορτωτής. Το συγκεκριμένο μοντέλο (Εικόνα 39) είναι λαστιχοφόρος φορτωτής μεσαίου μεγέθους, όπως αυτό φανερώνεται από την ονομασία του, με τοποθετημένο (φορκλιφτ) αντί του κουβά πλήρωσης, για την ευκολότερη μεταφορά των ογκομαρμάρων. Τα απαραίτητα στοιχεία του παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά Caterpillar 982M

Caterpillar 982M		Μονάδες
Βάρος άδειο (B)	35,56	t
Πλάτος οχήματος	3,45	m
Ωφέλιμο φορτίο (Μφ)	30	t
Όγκος φορτίου (Vφ)	12	m ³
Ισχύς (Na)	398	HP
Χρόνος κύκλου φόρτωσης tφ	sec	min
Φόρτωση	7	0,12
Περιστροφή-Μανούβρα	9	0,15
Εκφόρτωση	6	0,10
Επιστροφή-Μανούβρα	6	0,10
Συνολικός χρόνος	28	0,47

Πριν τον υπολογισμό του αριθμού των φορτωτών αυτού του τύπου πρέπει πρώτα να γίνει έλεγχος φορτίου, δηλαδή εάν ο συγκεκριμένος φορτωτής μπορεί να σηκώσει τον όγκο υλικού με τον κουβά του.

- Όγκος πραγματικού φορτίου:

$$V_{\pi\varphi} = V_{\varphi} * n_{\mu} = 10,20 \text{ m}^3 \quad [5.1.1.1]$$

- Πραγματικό φορτίο σε φόρτωση:

$$M_{\pi\varphi} = V_{\pi\varphi} * \gamma = 10,20 * 2,84 = 28,97 \text{ t} \quad [5.1.2.2]$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις συμπαίρνεται ότι ο φορτωτής μπορεί να σηκώσει έναν πάγκο μαρμάρου αυτού του μεγέθους.

Καθώς ο φορτωτής αυτού του τύπου θα πραγματοποιεί την μεταφορά των όγκων μαρμάρου μέχρι την πλατεία απόθεσης, πρέπει να υπολογιστεί ο χρόνος μετακίνησης του μηχανήματος και κατόπιν ο απαραίτητος αριθμός αυτών των μηχανημάτων για την ορθή λειτουργία του λατομείου.

Πίνακας 3. Θεωρήσεις του δρομολογίου που πραγματοποιούν ο φορτωτής

Θεωρήσεις δρομολογίου		Μονάδες
Αντίσταση κύλισης W_r	50	kp/Mp
Μέση κλίση δρομολογίου S	10	%
Αντίσταση κλίσης W_s	100	kp/Mp
Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο $n(al)$	0,75	
Συντελεστής ταχύτητας άδειο $n(as)$	1	
Όριο ταχύτητας V_r	25	km/h
Ταχύτητα κίνησης άδειου αυτοκ/του V_{aa}	16,1	km/h
Ταχύτητα κίνησης φορτωμένου αυτοκ/του $V_{\varphi a}$	6,7	km/h
Χρόνος μετακιν. φορτωμένο	0,19	h
Χρόνος μετακιν. άδειο	0,08	h
Χρόνος σταθερών ελιγμών	0,08	h

- Μέγιστη ταχύτητα κίνησης φορτωτή (άδειο)

$$V_{aa} = \frac{270 * n_{κιν} * N_a}{B * (W_r + W_s)} = \frac{270 * 0,8 * 398}{35,56 * (50 + 100)} = 16,1 \text{ km/h} \quad [5.1.1.3]$$

- Ταχύτητα κίνησης φορτωμένου φορτωτή

$$V_{\varphi a} = n_{al} * \frac{270 * n_{κιν} * N_a}{(B + B_{\chi a}) * (W_r + W_s)} = \frac{0,75 * 270 * 0,8 * 398}{(35,56 + 28,97) * (50 + 100)} = 6,7 \text{ km/h} \quad [5.1.1.4]$$

- Χρόνος μετακίνησης άδειου φορτωτή

$$t_{aa} = \frac{L}{v_{aa}} = \frac{1240}{16,1} = 0,08 \text{ h} \quad [5.1.1.5]$$

- Χρόνος μετακίνησης φορτωμένου φορτωτή

$$t_{\varphi\alpha} = \frac{L}{v_{\varphi\alpha}} = \frac{\frac{1240}{1000}}{6,7} = 0,19 \text{ h} \quad [5.1.1.6]$$

Σημειώνεται πως οι παραπάνω υπολογισμοί στις ταχύτητες και τους χρόνους μετακίνησης του φορτωτή, έχει χρησιμοποιηθεί το μέγιστο μήκος δρομολογίου όπως αυτό εμφανίζεται στον Πίνακα 1.

Από τον Πίνακα 2, φαίνεται ο συνολικός χρόνος του κύκλου φόρτωσης για τον συγκεκριμένο τύπο φορτωτή που ισούται με 0,47 λεπτά ή αλλιώς 0,008 h (ώρες). Προσθέτοντας τους παραπάνω χρόνους (Χρόνος μετακίνησης φορτωμένου φορτωτή + Χρόνος μετακίνησης άδειου φορτωτή + Χρόνος σταθερών ελιγμών + Χρόνος κύκλου φόρτωσης) προκύπτει ο Συνολικός χρόνος που ισούται με 0,35 h.

- Πραγματική ωριαία παραγωγή

$$Q_{\varphi} = n_{\mu\eta\chi} * \left(\frac{V_{\pi\varphi}}{t_{\varphi}} \right) = 0,85 * \left(\frac{10,20}{0,35} \right) = 24,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad [5.1.1.7]$$

- Αριθμός φορτωτών

$$Z = \frac{\text{Πραγματική ωριαία παραγωγή}}{\text{Απαιτούμενη ωριαία παραγωγή}} = \frac{58}{24,5} = 2,4 . \quad [5.1.1.8]$$

Άρα χρειάζονται 3 φορτωτές

5.1.2 Caterpillar 926M



Εικόνα 40. Caterpillar 926M Small Wheel Loader

Ένας φορτωτής μικρότερων διαστάσεων και ικανοτήτων, όπως αυτός που παρουσιάζεται στην Εικόνα 40, είναι απαραίτητος για την λειτουργία του λατομείου καθώς θα βοηθάει στην φόρτωση και μεταφορά χαλαρών υλικών που πιθανόν να προκύπτουν, καθώς και την δημιουργία των δρόμων.

Caterpillar 926M Small Wheel Loader		Μονάδες
Πλάτος οχήματος	2,55	m
Ωφέλιμο φορτίο κουβά (ΜΦ)	7,5	t
Όγκος κουβά (ΝΦ)	2,5	m ³
Συντελεστής πλήρωσης (ΦΦ)	1,05	
Ισχύς	155	HP
Χρόνος κύκλου φόρτωσης tφ	sec	min
Φόρτωση	6	0,1
Περιστροφή-Μανούβρα	9	0,15
Εκφόρτωση	4	0,07
Επιστροφή-Μανούβρα	6	0,1
Συνολικός χρόνος	25	0,42

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Caterpillar 926M

5.1.4 Caterpillar 320D



Εικόνα 41. Caterpillar 320D Hydraulic Excavator

Απαραίτητο μηχάνημα για την ομαλή λειτουργία του λατομείου είναι αυτό της Εικόνα 41. Πρόκειται για έναν υδραυλικό εκσκαφέα ο οποίος αλλάζοντας το άκρο του με ένα «νύχι» ή αλλιώς ripper, πραγματοποιεί την ανατροπή των πάνελ μαρμάρου μετά την αποκοπή τους από το μητρικό πέτρωμα. Στην Εικόνα 42 φαίνεται το λεγόμενο άκρο ripper.



Εικόνα 42. Ripper - Νύχι

5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΡΜΑΤΟΚΟΠΩΝ

Για δεδομένη ετήσια παραγωγή ογκομαρμάρων μπορεί να υπολογισθεί ο απαιτούμενος αριθμός μηχανημάτων συρματοκοπής.

Από διαστασιολογική ανάλυση, ο απαιτούμενος αριθμός μονάδων συρματοκοπών N δίνεται από τον τύπο:

$$N_{DWC} = \frac{SC_{panel} * Q_h}{CR_{eff}} \quad [5.2.1]$$

Όπου:

Q_h : η ωριαία παραγωγή ογκομαρμάρων (m^3/h)

SC_{panel} : ειδική επιφάνεια κοπής με συρματοσχοινο (m^2 κοπής/ m^3 πάνελ)

CR_{eff} : $\eta_{μηχ} * CR$, $\eta_{μηχ}$: συντελεστής απόδοσης μηχανήματος και

CR : ταχύτητα κοπής (m^2/h)

Από τον Πίνακα 1. (Θεωρήσεις λατομείου), έχει οριστεί η ετήσια παραγωγή που είναι 100000 bm^3 (όπου $b = bulk$ δηλαδή συμπαγή και αφορά τον όγκο που καταλαμβάνει ο σχηματισμός πριν την ανατροπή του και την εκδήλωση κενών). Έτσι προκύπτει η απαιτούμενη ωριαία

παραγωγή συμπαγών $Q_b=57,87 \text{ m}^3/\text{h}$ δηλαδή $58 \text{ m}^3/\text{h}$, όπως έχει υπολογιστεί από την σχέση [5.2].

Για τον υπολογισμό της ειδικής επιφάνειας κοπής θεωρήθηκε πως οι διαστάσεις τον όγκων που θα κόβονται από το μητρικό πέτρωμα είναι 5 μέτρα μήκος, 6 μέτρα ύψος και 2 μέτρα πλάτος. Επίσης όλες οι επιφάνειες κόβονται με την τεχνική της συρματοκοπής, έτσι προκύπτει

$$SC_{\text{panel}} = \frac{(2*6)+(2*5)+(6*5)}{2*6*5} = 0,87 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad [5.2.2]$$

Για τις συρματοκοπές επιλέχθηκε το μηχάνημα Pellegrini td45 diamond wire saw με ταχύτητα κοπής $CR=10 \text{ m}^2/\text{h}$. Ο συντελεστής απόδοσης μηχανήματος όπως έχει οριστεί είναι 0,85 άρα η πραγματική ταχύτητα κοπής είναι:

$$CR_{\text{eff}} = n_{\text{μηχ}} * CR = 8,5 \text{ m}^2/\text{h} \quad [5.2.3]$$

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση [5.2.1] προκύπτει ο απαιτούμενος αριθμός μονάδων συρματοκοπών:

$$N_{\text{DWC}} = \frac{SC_{\text{panel}} * Q_h}{n_{\text{μηχ}} * CR_{\text{eff}}} = \frac{0,87 * 58}{0,85 * 8,5} = 6,96$$

Άρα χρειάζονται 7 μονάδες συρματοκοπών αυτού του τύπου για τον αποχωρισμό των πάγκων, κατά τις 3 επιφάνειες, από το μητρικό πέτρωμα.

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας συρματοκοπής και αποχωρισμού των πάγκων μαρμάρου από το μητρικό πέτρωμα, προηγείται η διάνοιξη κατάλληλων τρυπών-οδών για την είσοδο του συρματοσχοινου. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την χρήση ειδικών μηχανημάτων που ονομάζονται driller. Ο απαιτούμενος αριθμός των μηχανημάτων αυτών υπολογίζεται με παρόμοια διαδικασία με αυτή των συρματοκοπών. Έτσι έχουμε:

$$SD_{\text{panel}} = \frac{2+6+5}{60} = 0,22 \text{ m}/\text{m}^3$$

Η ταχύτητα κοπής θεωρείται ίδια με πριν δηλαδή είναι ίση με $10 \text{ m}/\text{h}$. Πολλαπλασιάζοντας την με τον συντελεστή μηχανήματος (0,85) προκύπτει η πραγματική ταχύτητα κοπής που είναι ίση με $8,5 \text{ m}/\text{h}$. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός των μηχανημάτων driller με την εξίσωση [5.2.1]

$$N_D = \frac{SD_{\text{panel}} * Q_h}{n_{\text{μηχ}} * CR_{\text{eff}}} = \frac{0,22 * 58}{0,85 * 8,5} = 1,74$$

Άρα χρειάζονται 2 μηχανήματα driller για την απαιτούμενη ωριαία παραγωγή. (Γκούμας, 2020)

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Ο ακριβέστερος τρόπος για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης καυσίμων ενός μηχανήματος είναι η συλλογή δεδομένων από το σημείο δράσης του. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο να πραγματοποιηθεί και για τον λόγο αυτό παρέχονται από την κατασκευάστρια εταιρία κάθε μηχανήματος οι κατάλληλες πληροφορίες με τις οποίες προσδιορίζονται κατά προσέγγιση οι τιμές της ζητούμενης κατανάλωσης και φθοράς των ελαστικών.

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί πως παρακάτω εμφανίζονται τα αποτελέσματα κατανάλωσης καυσίμου για όλα τα τροχοφόρα μηχανήματα θεωρώντας πως αυτά λειτουργούν καθ'όλη την διάρκεια εργασίας την ημέρα, δηλαδή και τις 8 ώρες που έχουν επιλεχθεί ως εργάσιμες ώρες ανά ημέρα. Έτσι υπολογίζεται το μέγιστο κόστος κατανάλωσης για κάθε μηχανήμα, παρότι γνωρίζουμε πως μηχανήματα όπως το Caterpillar 320D που χρησιμοποιείται για την ανατροπή των πάγκων μαρμάρου δεν λειτουργεί και τις 8 ώρες την ημέρα. Αντίστοιχα συμβαίνει και για τα υπόλοιπα μηχανήματα καθώς δεν βρίσκονται καθ'όλη την διάρκεια του οχταώρου σε πλήρη λειτουργία αλλά για αρκετή ώρα μπορεί να λειτουργούν σε ρελαντί κατάσταση όπου η κατανάλωση καυσίμου είναι αρκετά περιορισμένη.

5.3.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρήθηκε πως χρησιμοποιούνται μοντέλα της εταιρίας Caterpillar. Η εταιρία αυτή παρέχει στους πελάτες της πληροφορίες για την κατανάλωση καυσίμου (L/h) των μοντέλων της σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας και σύμφωνα με τον συντελεστή επιβάρυνσης του κινητήρα. Ο συντελεστής επιβάρυνσης του κινητήρα αυξάνεται ανάλογα με την αντίσταση κύλισης, το βάρος του οχήματος και την κλίση του δρόμου, ενώ μειώνεται όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε κατάσταση ρελαντί και σε κατηφορικούς δρόμους. Ο κατασκευαστής δίνει ένα όριο στο οποίο εκτιμάται η ωριαία κατανάλωση καυσίμου συναρτήσει του συντελεστή επιβάρυνσης. Για το παρόν λατομείο επιλέχθηκαν οι μέσες τιμές, για την κατανάλωση αλλά και για τον συντελεστή επιβάρυνσης του κινητήρα, από αυτές που αναγράφονται στους πίνακες της κατασκευάστριας εταιρίας του μηχανολογικού εξοπλισμού. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Κατανάλωση καυσίμου και συντελεστής επιβάρυνσης κινητήρα ανά μηχανήμα

Μοντέλο	Κατανάλωση (L/h)	Συντελεστής επιβάρυνσης κινητήρα
926M	6,85	27,50%
982M	22,85	57,50%
320D	15,95	50%

Με βάση τα παραπάνω, η τιμή του ωριαίου κόστους καυσίμου δίνεται από την σχέση:

$$\text{Ωριαίο κόστος καυσίμου} = \text{Ωριαία κατανάλωση} * \text{Τιμή πετρελαίου} \quad [5.3.1.1]$$

Τιμή πετρελαίου στην περιοχή = 1,159 €/L (ropek.gr)

Τα δρομολόγια που εκτελούν τα οχήματα θα είναι από τις βαθμίδες εκμετάλλευσης έως την πλατεία απόθεσης και πίσω. Να σημειωθεί πως μόνο για τους φορτωτές υπολογίστηκε η κατανάλωση με βάση το μέγιστο μήκος δρομολογίου, ενώ για τα υπόλοιπα μηχανήματα η κατανάλωση υπολογίστηκε με βάση τις ημερήσιες ώρες λειτουργίας του λατομείου. Υπενθυμίζεται πως για τον συντελεστή επιβάρυνσης του κινητήρα επιλέχθηκαν οι μέσες τιμές για όλα τα μηχανήματα όπως αυτές προκύπτουν από την κατασκευάστρια εταιρία, δηλαδή δεν υπολογίζεται ξεχωριστά ο συντελεστής επιβάρυνσης για γεμάτη και άδεια καρότσα, αλλά η τιμή που εμφανίζεται στον Πίνακα 5, είναι ο μέσος όρος των δύο παραπάνω.

Παράδειγμα υπολογισμού ωριαίου κόστους καυσίμου για ένα μηχανήμα Caterpillar 982M.

Σύμφωνα με τον παραπάνω Πίνακα 5, το μηχανήμα του παραδείγματος καταναλώνει 22,85 (L/h) πετρελαίου. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό αυτό με την τιμή του πετρελαίου υπολογίζεται το ωριαίο κόστος καυσίμου για ένα μηχανήμα Caterpillar 982M που ισούται με $22,85 * 1,159 = 26,48$ €/h. Όμως για την σωστή λειτουργία του λατομείου υπάρχουν τρεις φορτωτές τέτοιου τύπου, άρα το ωριαίο κόστος καυσίμου για τους τρεις αυτούς φορτωτές είναι 79,45 €/h. Με παρόμοιο τρόπο έγινε ο υπολογισμός του ωριαίου καυσίμου για τα υπόλοιπα μηχανήματα, έπειτα το αποτέλεσμα αυτό πολλαπλασιάστηκε με τις ημερήσιες ώρες εργασίας (8) και προέκυψε το ημερήσιο κόστος καυσίμου και τέλος πολλαπλασιάζοντας αυτό με τις ώρες λειτουργίας του λατομείου ανά έτος υπολογίστηκε το ετήσιο κόστος καυσίμου για κάθε μηχανήμα. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον παρακάτω Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Κόστος καυσίμου ανά μοντέλο

Μοντέλο	Ωριαίο κόστος €/h	Ημερήσιο κόστος €	Ετήσιο κόστος €
926M	7,94	63,51	15243
982M	79,45	635,60	152543
320D	18,49	147,89	35493

Αθροίζοντας το ετήσιο κόστος καυσίμου για κάθε μηχανήμα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6, προκύπτει το συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμων που ισούται με 203279 €.

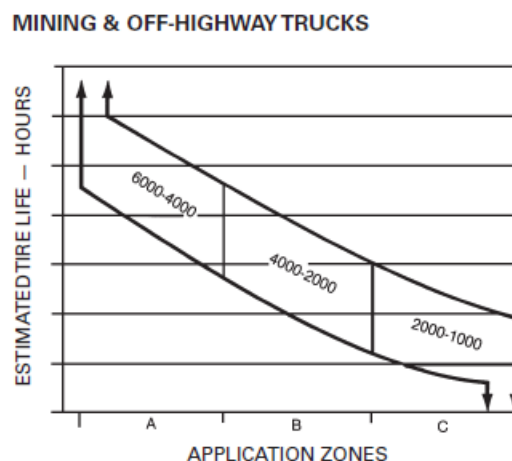
5.3.2 ΦΘΟΡΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Τα έξοδα για την αντικατάσταση των ελαστικών σε ένα τροχοφόρο μηχανήμα είναι ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι από τα συνολικά έξοδα ενός μηχανήματος. Η διάρκεια ζωής ενός ελαστικού μπορεί να διαφέρει από ένα άλλο παρόμοιο ελαστικό διαφορετικής εταιρίας και οι παράγοντες που επηρεάζουν την ζωή ενός ελαστικού είναι πολλοί και απρόβλεπτοι. Παρ' όλα αυτά η εταιρία κατασκευής των μηχανημάτων δίνει μία μέση λύση για τον υπολογισμό της διάρκειας ζωής των ελαστικών μέσα από αποτέλεσμα δικών της ερευνών, τα οποία είναι ανάλογα με την κατάσταση περιοχής χρήσης του και την μεταχείρισή τους.

Αρχικά διακρίνονται τρεις ζώνες (A, B, C):

- Ζώνη A: Τα ελαστικά φθείρονται στο πέλμα λόγω τριβής.
- Ζώνη B: Ορισμένα ελαστικά φθείρονται κανονικά, ενώ κάποια άλλα αποτυγχάνουν πρόωρα, λόγω κακής χρήσης
- Ζώνη C: Τα ελαστικά φθείρονται λόγω κακής συντήρησής τους, ή συνεχή υπερφόρτωση.

Καθώς η υφιστάμενη περιοχή μελέτης πρόκειται για λατομείο στο οποίο τα φορτηγά μηχανήματα είναι συνήθως φορτωμένα, η εμφάνιση πετρωμάτων στον δρόμο είναι συχνή και μπορεί να οδηγήσει σε σχίσσιμο του ελαστικού. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται η ζώνη C, θεωρώντας αναμενόμενες ώρες ζωής ελαστικού τις 1000 (Εικόνα 43).



Εικόνα 43. Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής ελαστικού για φορτηγό όχημα

Παρακάτω θα γίνει ο υπολογισμός της ζωής ελαστικών για τους φορτωτές Caterpillar 982M. Πρώτα όμως πρέπει να υπολογισθεί ο αριθμός ημερήσιων δρομολογίων για τον κάθε φορτωτή. Οι παρακάτω υπολογισμοί έγιναν για το μέγιστο μήκος δρομολογίου.

- Αριθμός δρομολογίων $= \frac{Q_b}{V_{\chi\alpha}} * 8 = \frac{57,87 * 8}{10,20} = 45$ συνολικά, άρα από 15 το κάθε μηχανήμα την ημέρα.

- $\text{Ημερήσιες ώρες μετακινήσεων} = \frac{\text{Αριθμός δρομολογίων}}{\text{Συνολικός χρόνος δρομολογίου}} = \frac{15}{\frac{15,79}{60}} = 3,98 \text{ ώρες}$
- $\text{Ημέρες ζωής ελαστικού} = \frac{\text{Αναμενόμενες ώρες ζωής ελαστικού}}{\text{Ημερήσιες ώρες μετακινήσεων}} = \frac{1000}{3,98} = 251 \text{ ημέρες}$

Η τιμή του ελαστικού διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή του, αλλά μία ενδιάμεση τιμή ελαστικού κατάλληλου μεγέθους για τα παραπάνω μηχανήματα είναι 4500€ (otrusa.com). Το κάθε μηχανήμα χρειάζεται 4 ελαστικά και γνωρίζουμε πως στο υπό μελέτη λατομείο λειτουργούν τρεις φορτωτές που πραγματοποιούν τα δρομολόγια αυτά. Έτσι η τιμή των ελαστικών για 3 φορτωτές είναι:

Τιμή ελαστικών για 3 φορτωτές = 4500€ * 4 (ελαστικά) * 3 (φορτωτές) = 54000€ τον χρόνο.

Η παραπάνω τιμή είναι ενδεικτική και αφορά μόνο το κόστος για την αλλαγή ελαστικών στα μηχανήματα τύπου CAT 982M και όχι για όλο τον μηχανολογικό εξοπλισμό διότι τα συγκεκριμένα μηχανήματα είναι αυτά που ταλαιπωρούν περισσότερο τα ελαστικά τους καθώς πραγματοποιούν πολλά δρομολόγια καθημερινά στους χωμάτινους δρόμους του λατομείου. (Βαρδάκης, 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΙΚΩΝ

Απαραίτητο για την λειτουργία του λατομείου είναι η ύπαρξη ανθρώπινου δυναμικού για την ομαλή διεξαγωγή όλων των απαραίτητων διεργασιών και την λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού με σκοπό την εκμετάλλευση του παρόντος λατομείου. Το προσωπικό οφείλει να είναι εκπαιδευμένο και η λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού οφείλει να γίνεται μόνο από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό το οποίο φέρει ειδική άδεια για την λειτουργία του εξοπλισμού αυτού. Το απαραίτητο προσωπικό μαζί με έναν ενδεικτικό μηνιαίο μισθό εμφανίζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Προσωπικό λατομείου με μηνιαίο μισθό

Προσωπικό	Μηνιαίος μισθός	Μονάδες
1 μηχανικός	2000	€
1 εργοδηγός	1800	€
4 οδηγοί φορτωτών	1600	€
1 χειριστής ripper	1600	€
2 χειριστές driller	1500	€
7 χειριστές συρματοκοπών	1500	€
3 γενικών καθηκόντων	1200	€
Σύνολο/μήνα	28900	€

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω Πίνακα 7 , το σύνολο των εργαζομένων για την ομαλή λειτουργία του λατομείου είναι 19 άτομα διαφόρων ειδικοτήτων. Ο μηχανικός έχει την πλήρη ευθύνη του λατομείου και είναι υπεύθυνος για την τήρηση των μέτρων ασφαλείας και λειτουργίας του όπως ορίζονται από τον ΚΜΑΕ.

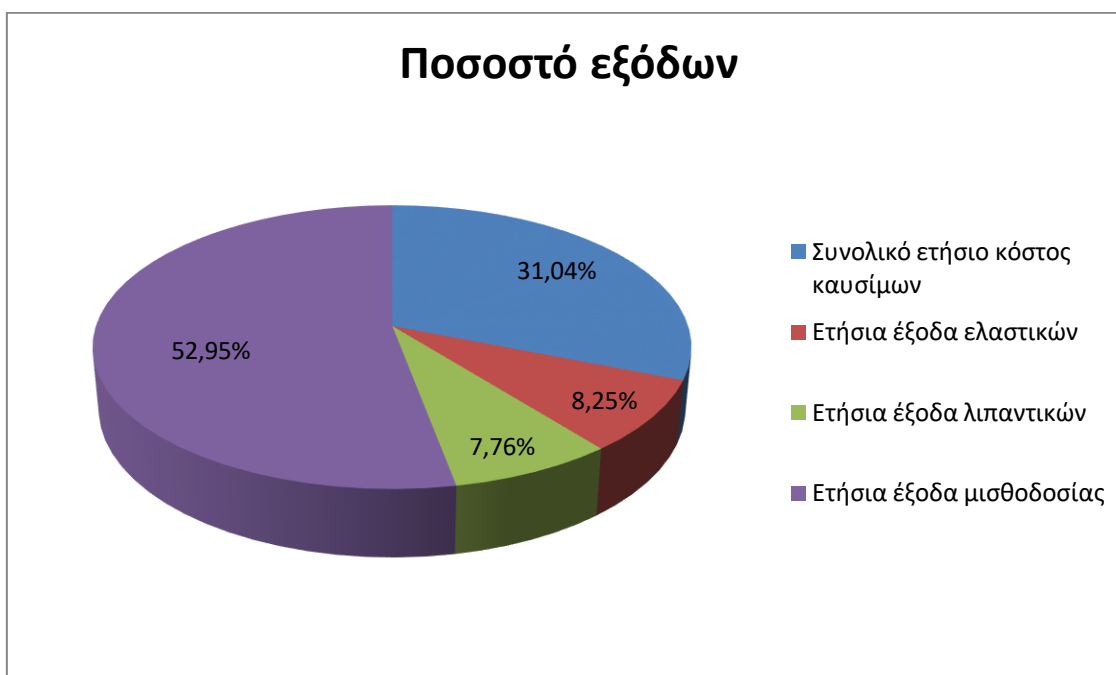
Τα μηνιαία έξοδα για την μίσθωση του προσωπικού είναι 28900 €, άρα τα ετήσια έξοδα μίσθωσης είναι 346800 €. Να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό των εξόδων μισθοδοσίας δεν συμπεριλήφθηκαν η προσαύξηση που οφείλεται στον φόρο μισθωτών υπηρεσιών και το κόστος ασφάλειας του κάθε εργαζόμενου. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 20%.

Από το Κεφάλαιο 5 έχουν υπολογισθεί τα έξοδα καυσίμων και ελαστικών για την λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού. Σύμφωνα με πίνακες από τα έξοδα καυσίμων μπορούν να υπολογισθούν και τα έξοδα των λιπαντικών για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού. Αυτά προκύπτουν να είναι το $\frac{1}{4}$ του κόστους καυσίμων. Αθροίζοντας όλα τα παραπάνω μπορούν να υπολογιστούν τα συνολικά ετήσια έξοδα για την λειτουργία του λατομείου, όπως φαίνονται στον Πίνακα 8. Να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό των λειτουργικών κόστεων του λατομείου, δεν έχει υπολογισθεί το κόστος αντικατάστασης του αδαμαντοφόρου σύρματος και το κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία των εγκαταστάσεων του λατομικού χώρου.

Πίνακας 8. Ετήσια έξοδα λατομείου

Συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμων	203279	€
Ετήσια έξοδα ελαστικών	54000	€
Ετήσια έξοδα λιπαντικών	50820	€
Ετήσια έξοδα μισθοδοσίας	346800	€
Συνολικά ετήσια έξοδα	654899	€

Πίνακας 9. Ποσοστά εξόδων ανά έτος



Στον παραπάνω Πίνακα 9, παρουσιάζονται τα ετήσια έξοδα του λατομείου ανά κατηγορία σε ποσοστιαία μονάδα. Παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο έξοδο κάθε χρόνο είναι η μισθοδοσία του απαιτούμενου προσωπικού για την λειτουργία του λατομείου, ενώ ακολουθεί το κόστος καυσίμων του μηχανολογικού εξοπλισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε ο σχεδιασμός επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης μαρμάρου, προκειμένου να συνεχιστεί η εκμετάλλευση, σε περιοχή όπου οι διαδικασίες είχαν ήδη ξεκινήσει. Ο σχεδιασμός έγινε με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D 2019. Μετά τον σχεδιασμό της καινούριας εκμετάλλευσης έγινε ο υπολογισμός του μηχανολογικού εξοπλισμού για την ορθή λειτουργία του λατομείου, καθώς και τα βασικά ετήσια έξοδα που προκύπτουν από αυτόν. Επιλέχθηκε η εκμετάλλευση να πραγματοποιηθεί με την μέθοδο ανοιχτών βαθμίδων και η αποκόλληση των μαρμάρων να πραγματοποιείται με την μέθοδο της συρματοκοπής και στις τρεις επιφάνειες του πετρώματος, καθώς είναι πιο οικονομική από την μέθοδο με την χρήση αλυσοπρίονου. Συμπερασματικά για τη δεδομένη ετήσια παραγωγή σύμφωνα με την οποία έγιναν οι υπολογισμοί, η επέκταση της εκμετάλλευσης κρίνεται λειτουργική και οικονομικά συμφέρουσα.

Προτάσεις

Για τον ακριβέστερο υπολογισμό των λειτουργικών κόστεων του λατομείου, προτείνεται η παρακολούθηση της απόδοσης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό είναι δυνατόν να επιτευχθεί χάρη στην τεχνολογική εξέλιξη διαφόρων τύπων αισθητήρων. Επίσης, ο υπολογισμός της αποληψιμότητας του κάθε πάγκου μαρμάρου, καθώς και η δημιουργία βάσης δεδομένων για την καταγραφή και την μεταβολή του ποσοστού απόληψης στις διάφορες θέσεις της εκμετάλλευσης, θα βοηθήσει στον προγραμματισμό της παραγωγής. Τέλος, χρησιμοποιώντας ως βάση την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήταν χρήσιμη η μελέτη περιβαλλοντικής αποκατάστασης του λατομικού χώρου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγιουτάντης, Ζ. Γ., & Μερτίκας, Σ. Π. (2003). Ένας πρακτικός οδηγός για τη συγγραφή τεχνικών κειμένων. Χανιά.
- Εξαδάκτυλος, Γ., & Σαράτσης, Γ. " Σχεδιασμός υπαιθρίων εκμεταλλεύσεων". Εκτίμηση αποθεμάτων & σχεδιασμός (αρχιτεκτονική) (1) . Χανιά.
- Εξαδάκτυλος, Γ.Ε., Σχεδιασμός Γεωτεχνικών & Λατομικών Έργων. Χανιά 2007
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών.
- Μανούτσογλου, Ε. (2013, Νοέμβριος). Σημειώσεις μαθήματος. Εισαγωγή στην γεωλογία. Χανιά.
- Γκούμας Γεώργιος (Χανιά 2020) Διπλωματική Εργασία " Μελέτη της γραμμής παραγωγής ογκομαρμάρων "
- Βαρδάκης Μαρίνος Σπυρίδων (Χανιά 2020) Διπλωματική Εργασία " Σχεδιασμός υπαίθριας εκμετάλλευσης και οδών προσπέλασης κοιτάσματος ασβεστολίθου "
- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). Open pit mine planning & design (Έκδοση 3)
- Thoeni, K., Servin, M., Sloan, S. W., & Giacomini, A. (2018). Designing waste rock barriers by advanced numerical modelling.
- Caterpillar. Estimating owning & operating costs

Ιστοσελίδες

- <https://www.ritchiespecs.com>
- <https://www.cat.com>
- <https://www.lectura-specs.com>
- <https://www.orykta.gr>
- <https://www.nordiamarbles.com>
- <http://speceps.com>
- <https://www.otrusa.com>
- <https://www.popek.gr>
- <https://el.wikipedia.org>