

Π Ο Λ Υ Τ Ε Χ Ν Ε Ι Ο Κ Ρ Η Τ Η Σ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Μέθοδος υπόγειας εκμετάλλευσης υψηλής παραγωγικότητας κοιτάσματος χρυσού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπουζάς Β. Δημήτριος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γεώργιος Εξαδάκτυλος, Καθηγητής (επιβλέπων)

Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Καθηγητής

Εμμανουήλ Μανούτσογλου, Αναπ. Καθηγητής

ΧΑΝΙΑ

Σεπτέμβριος, 2009

Περίληψη

Η εργασία αυτή πραγματεύεται τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης, με την χρήση του Autocad, ενός πραγματικού κοιτάσματος το οποίο βρίσκεται στην Χαλκιδική και συγκεκριμένα στην περιοχή Σκουριές από όπου πήρε και το όνομά του. Πάνω σε αυτό το θέμα λοιπόν η εργασία προσπαθεί να δώσει λύση στην επιλογή της καταλληλότερης υπόγειας μεθόδου εκμετάλλευσης του κοιτάσματος αυτού.

Πρόκειται για κοίτασμα πορφυριτικού χαλκού από το οποίο μπορεί να γίνει εξόρυξη χρυσού. Το κοίτασμα λοιπόν αυτό θα πρέπει να εξορυχτεί με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εκμετάλλευσή του. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα προσπαθήσει να δώσει μια σωστή επιστημονική λύση στο παραπάνω πρόβλημα.

Έτσι με την χρήση του υπολογιστή, του σχεδιαστικού πακέτου Autocad καθώς και πολλών πηγών από την διεθνή βιβλιογραφία έγινε ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 6

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 6

1.1 Γενικά 7

1.2 Ορολογία των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης 8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 12

Ταξινόμηση των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης μεταλλευτικών κοιτασμάτων 12

2.1 Γενικά 13

2.2 Γερμανικό Σύστημα Ταξινόμησης 13

2.2.1 Ταξινόμηση Κατά Demirci 14

2.2.2 Ταξινόμηση Κατά Fettweis 17

2.2.3 Ταξινόμηση Κατά Krüger 19

2.3 Αγγλοσαξονικό Σύστημα Ταξινόμησης 23

2.3.1 Ταξινόμηση Κατά Peele 23

2.3.2 Ταξινόμηση Κατά Thomas 24

2.3.3 Ταξινόμηση Κατά Hartman 24

2.4 Σύγκριση των δύο συστημάτων 32

2.5 Σύνθεση του μελετώμενου συστήματος ταξινόμησης και του αντίστοιχου ευρετικού συστήματος επιλογής μεθόδου εκμετάλλευσης 33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 39

ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ 39

3.1 Γενικά 40

3.2 Σημασία των έργων προσπέλασης 40

3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπόγεια προσπέλαση 40

3.4 Επιλογή του τρόπου προσπέλασης 41

3.5 Επιλογή της θέσης των έργων προσπέλασης....44
3.6 Επιλογή της μορφής και της διατομής των έργων προσπέλασης....44
3.7 Επιλογή του αριθμού των έργων προσπέλασης....46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4....47
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ....47
4.1 Γενικά....48
4.2 Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση....50
4.3 Μέθοδος Κατακρήμνισης Πατώματος....57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5....60
ΑΝΑΤΙΝΑΞΕΙΣ....60
5.1 Γενικά....61
5.2 Υπόγειες ανατινάξεις σε μέτωπα μεγάλου ύψους....61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6....67
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ....67
6.1 Γενικά....68
6.2 Γενικά για το κοίτασμα....68
6.3 Λιθολογική περιγραφή....68
6.3.1 Κοίτασμα....69
6.3.2 Περιβάλλον πέτρωμα....69
6.3.3 Ζώνη επαφής....69
6.4 Διαβάθμιση κοιτάσματος....70
6.5 Γεωμετρία κοιτάσματος....70
6.6 Επιρροή όλων τον παραπάνω παραγόντων για την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης....71
6.7 Ογκομέτρηση και υπολογισμός χρόνου ζωής του κοιτάσματος....73
6.8 Επιλογή έργων προσπέλασης....74
6.8.1 Ράμπα....75

6.8.2 Φρέαρ 78
6.9 Έργα ανάπτυξης 80
6.9.1 Επίπεδο μεταφοράς 81
6.9.2 Επίπεδο παραγωγής 83
6.9.3 Επίπεδο υποσκαφής 87
6.10 Διαδικασία παραγωγής 93
6.11 Συμπεράσματα 94
Βιβλιογραφία 96
Ελληνική Βιβλιογραφία 96
Διεθνής Βιβλιογραφία 97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Σε αυτή την διπλωματική εργασία μελετάται η εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος πορφυριτικού χαλκού – χρυσού στην περιοχή της Χαλκιδικής και συγκεκριμένα στις Σκουριές.

Το κοίτασμα εκτείνεται από την επιφάνεια μέχρι βάθος περίπου 750 m. Στην περιοχή έχει είδη ξεκινήσει και έχει φτάσει στο πέρας η επιφανειακή εκμετάλλευση του κοιτάσματος με την μέθοδο των ορθών βαθμίδων (μέχρι βάθος 200m από την επιφάνεια). Σε αυτή την διπλωματική διερευνάται η μέθοδος εκμετάλλευσης του υπόλοιπου κοιτάσματος μέχρι συγκεκριμένο βάθος.

Ο τρόπος με τον οποίο θα συνεχιστεί η εκμετάλλευση του κοιτάσματος δεν είναι άλλος από μια ή και συνδυασμό περισσοτέρων υπογείων μεθόδων. Από την μελέτη του κοιτάσματος καθώς και από το μέγεθος της παραγωγής που είναι επιθυμητό να επιτευχθεί βρέθηκε ότι η καταλληλότερη μέθοδος εκμετάλλευσης είναι η κατακρήμνιση πατώματος (Block Caving). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το λογισμικό Autocad για την παρουσίαση της εκμετάλλευσης του κοιτάσματος αυτού με την συγκεκριμένη μέθοδο.

Στον σχεδιασμό αυτό σκοπός είναι να προσαρμοστεί η μέθοδος της κατακρήμνισης πατώματος στο πραγματικό κοίτασμα. Επίσης θα πρέπει να σχεδιαστεί ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η προσπέλαση στο κοίτασμα αυτό, δηλαδή τα έργα προσπέλασης. Στον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης θα πρέπει ακόμη να γίνει προσδιορισμός των αποστάσεων μεταξύ τον στοών, τις θέσεις των έργων προσπέλασης τα εμβαδά διατομής τους καθώς και οτιδήποτε έχει σχέση με την σχεδιασμό της εκμετάλλευσης.

Πριν όμως γίνουν όλα αυτά θα πρέπει να γίνει αναφορά της θεωρίας πάνω στην οποία στηρίζονται όλα τα παραπάνω. Έτσι λοιπόν η δομή της εργασίας έχει ως εξής: αρχικά την ορολογία των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης, την ταξινόμηση των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης μεταλλευτικών κοιτασμάτων, την προσπέλαση υπογείων έργων, την περιγραφή μεθόδων εκμετάλλευσης, τις ανατινάξεις, τον αερισμός και τέλος τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης.

1.2 Ορολογία των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης

Σ' αυτήν την ενότητα παρατίθεται ελληνική και αντίστοιχη αγγλική επιστημονική ορολογία που εφαρμόζεται γενικά στην περιγραφή μεθόδων εκμεταλλεύσεως μεταλλευτικών κοιτασμάτων, με σκοπό την ευκολότερη κατανόηση τους. Εξ ορισμού, 'μεταλλευτικό κοίτασμα' είναι ο καταλαμβανόμενος από πέτρωμα γεωμετρικός χώρος. 'Μετάλλευμα' είναι ειδικός τύπος πετρώματος στην σύνθεση του οποίου συμμετέχουν ωφέλιμα ορυκτά σε τέτοιο ποσοστό ώστε το εν λόγω πέτρωμα να αποκτά βιομηχανική σημασία.

Παρακάτω παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες όρων, ήτοι [3]:

1. Η πρώτη κατηγορία αντιστοιχεί στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των κοιτασμάτων και ποιο συγκεκριμένα στην γεωλογική ταξινόμηση τους και τον προσανατολισμό τους:

Ιζηματογενή ή Στρωσιγενή (bedded, tabular): Κοιτάσματα ιζηματογενούς προελεύσεως, παράλληλα με την στρώση των σχηματισμών που έχουν συνήθως μεγάλη οριζόντια ανάπτυξη αλλά μικρό σχετικά πάχος.

Μικρά Φλεβικά (narrow vein): Κοιτάσματα μικρού πλάτους, μεγάλου μήκους κατά την έννοια της παράταξης και μεγάλης κλίσης.

Μεγάλα Φλεβικά (wide vein): Κοιτάσματα μέτριου πάχους, μεγάλου μήκους και μεγάλης κλίσης.

Προσχωσιγενή (placer): Κοιτάσματα επιφανειακής εμφάνισης μεγάλης οριζόντιας ανάπτυξης, που περιέχουν ψήγματα χρήσιμων ορυκτών σε φερτό υλικό.

Συμπαγή (massive): Κοιτάσματα σημαντικής οριζόντιας και κατακόρυφης ανάπτυξης με σχετικά ομοιόμορφη κατανομή του μεταλλεύματος.

Φακοειδή (lenticular, pocket): Κοιτάσματα περιορισμένης κατακόρυφης και οριζόντιας έκτασης σε σχήμα ελλειψοειδούς.

Διεύθυνση (Strike): Καλείται η γωνία ως προς το Βορά το υ ίχνους της επιφανείας στο οριζόντιο επίπεδο αναφοράς.

Κλίση (dip): Καλείται η γωνία που σχηματίζει η μελετούμενη επιφάνεια (ή κοίτασμα) με την οριζόντιο και περιέχει και την έννοια της φοράς βύθισης π.χ., 38^0 N σημαίνει ότι η μελετούμενη επιφάνεια κλίνει 38^0 προς τον Νότο [3].

2. Η δεύτερη κατηγορία αντιστοιχεί στα τεχνικά χαρακτηριστικά των μεθόδων εκμετάλλευσης. Ποιο συγκεκριμένα, τα κυριότερα υπόγεια έργα είναι:

Βαθμίδες (Benches): Το πέτρωμα εξορύσσεται επί κατακόρυφης ή παρακατακόρυφης επιφάνειας, το κατώτερο άκρο της οποίας διαμορφώνεται σε οριζόντιο επίπεδο που ονομάζεται δάπεδο βαθμίδας ενώ η κεκλιμένη πλευρά που αποτελεί την επιφάνεια προσβολής καλείται πρόσοψη.

Διευθυντική Στοά ή Ανάπτυξης (drift): Κύριο ή δευτερεύων οριζόντιο ή παραοριζόντιο άνοιγμα, παράλληλο με την παράταξη του κοιτάσματος.

Εγκάρσιο (crosscut): Τριτεύον οριζόντιο άνοιγμα που συνδέει στοές.

Ελικοειδές κεκλιμένο (ramp): Κύριο κεκλιμένο άνοιγμα που συνδέει την επιφάνεια με τα υπόγεια.

Θάλαμος (room): Οριζόντιο υπόγειο άνοιγμα εκμετάλλευσης (συνήθως σε στρωσιγενή κοιτάσματα).

Καμινέτο (raise)**:** Δευτερεύον κατακόρυφο ή σχεδόν κατακόρυφο άνοιγμα μικρής διαμέτρου που συνδέει πατώματα ή υποπατώματα και εξορύσσεται από κάτω προς τα πάνω.

Κεκλιμένο (inclined shaft): Κύριο κεκλιμένο άνοιγμα που συνδέει την επιφάνεια με τα υπόγεια.

Λούκι μεταλλεύματος (ore pass): Κατακόρυφο ή παρακατακόρυφο άνοιγμα μέσω του οποίου γίνεται η κίνηση του θραυσμένου υλικού λόγω βαρύτητας.

Μεγάλος Θάλαμος ή άνοιγμα (stope) : Άνοιγμα εκμετάλλευσης οποιασδήποτε κλίσης, με διαστάσεις μεγαλύτερες από αυτές των στοών ανάπτυξης.

Μέτωπο εργασίας (face): Το περιορισμένο τμήμα του κοιτάσματος στο οποίο λαμβάνει χώρα εξόρυξη.

Πάτωμα (level): Λειτουργικός ορίζοντας κεκλιμένου κοιτάσματος περιχαρασσόμενος από οριζόντιες στοές.

Ράμπα (incline): Δευτερεύων κεκλιμένο άνοιγμα που συνδέει πατώματα.

Σήραγγα (tunnel): Κύριο (παρά)οριζόντιο υπόγειο άνοιγμα που συνδέεται με την επιφάνεια και με τα δύο άκρα του.

Στύλος (pillar): Τμήμα του κοιτάσματος που παραμένει ανεκμετάλλευτο και παρέχει υποστήριξη της οροφής του κοιτάσματος.

Στοά (adit) : Κύριο υπόγειο άνοιγμα που συνδέει την επιφάνεια με τα υπόγεια.

Στρώση ή Δάπεδο (foot wall): Ο υποκείμενος του κοιτάσματος γεωλογικός σχηματισμός [3].

Οροφή (hanging wall): Ο υπερκείμενος του κοιτάσματος γεωλογικός σχηματισμός.

Τμήμα εκμετάλλευσης (panel): Λειτουργικός ορίζοντας εκμετάλλευσης που είναι είτε μέρος πατώματος είτε αυτόνομο τμήμα.

Υποπάτωμα (sublevel): Δευτερεύον πάτωμα μεταξύ πατωμάτων ή οριζόντων κοντά στην περιοχή εκμετάλλευσης.

Φρέαρ (shaft): Κύριο κατακόρυφο άνοιγμα που συνδέει την επιφάνεια με τα υπόγεια.

Χοάνη (drawhole): Εκσκαφή εντός του πετρώματος σε σχήμα χοάνης για την προώθηση του πετρώματος από τους υποορόφους στη στοά σχάρας ή μεταφοράς.

Σχάρα (grizzly): Χρησιμοποιείται για την κοκκομετρική ταξινόμηση του μεταλλεύματος [3].

3. Η τρίτη κατηγορία όρων αναφέρεται στις κυριότερες εργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την εκμετάλλευση όπως :

Αερισμός (ventilation): Παροχή αέρα μέσω συστήματος αεροδιόδων, συνήθως υποβοηθούμενου από ανεμιστήρες (boosters) στις θέσεις εκμετάλλευσης για την εξασφάλιση άνετης ατμόσφαιρας για εργασία του προσωπικού, για την αραίωση και απαγωγή επικίνδυνων αερίων και κονιορτών και για την ταπείνωση της θερμοκρασίας σε εκμεταλλεύσεις μεγάλου βάθους.

Ανέλκυση (drawing): Διακίνηση εργαζομένων, υλικών, εξοπλισμού και θραυσμένου υλικού από τον χώρο αποθήκευσης του προς την επιφάνεια μέσω φρέατος.

Διάτρηση (drilling): Όρυξη επιμηκών οπών με χρήση μηχανημάτων, για την δημιουργία θέσεων εντός του μετώπου εξόρυξης ικανών για πλήρωση με εκρηκτική ύλη.

Κατακρήμνιση (Caving): Θραύση και πτώση τεμαχών πετρώματος λόγω βαρύτητας.

Κοπή (Cut): Απομάκρυνση όγκου μεταλλεύματος από το μέτωπο εξόρυξης μέσω οποιονδήποτε διαδικασιών κοπής (είτε μηχανικών είτε με διάτρηση – ανατίναξη).

Λιθογόμωση (Fill): Πλήρωση του δημιουργημένου υπόγειου κενού κατά την εξόρυξη με στείρα υλικά.

Μεταφορά (Haulage): Φόρτωση και διακίνηση του θραυσμένου υλικού από το μέτωπο εργασίας προς άλλο χώρο αποθήκευσης [3].

Υποστήριξη (Support): Σύνολο λειτουργιών που πραγματοποιούνται μετά την εξόρυξη για αντιστάθμιση των αναδιανεμημένων τάσεων μετά την δημιουργία κενού προς αποφυγή της αστοχίας του πετρώματος.

Υποσκαφή (Undercut): Όρυξη διατρημάτων από το χαμηλότερο τμήμα του τομέα εκμετάλλευσης προς τα πάνω, για την δημιουργία κενών εξυπηρετούντων την μέθοδο και οικονομικότητα της εκμετάλλευσης [3].

4. Τέλος, η τέταρτη κατηγορία αντιστοιχεί στα οικονομικά χαρακτηριστικά των μεθόδων εκμετάλλευσης. Ποιο συγκεκριμένα, μπορούν να αναφερθούν οι ακόλουθοι όροι :

Ανάκτηση (Recovery): Ποσοστό του επί τόπου μεταλλεύματος που είναι δυνατόν να ανακτηθεί με την εφαρμοζόμενη μέθοδο.

Αραίωση (Dilution): Ποσοστό των αγόνων ή στείρων υλικών που αναμιγνύεται με το μετάλλευμα κατά την εκμετάλλευση.

Επιλεκτικότητα (Selectivity): Η δυνατότητα διαχωρισμού του θραυσμένου χρήσιμου υλικού από το στείρο στο μέτωπο εργασίας.

Ευελιξία (Flexibility): Η δυνατότητα αποφυγής εξόρυξης τμημάτων στείρου ή αγόνου από το μέτωπο εκμετάλλευσης, με την αλλαγή της κατεύθυνσης των εργασιών εξόρυξης.

Επενδυτικό-Μεταλλευτικό κόστος (Mining cost) : Το σύνολο των κεφαλαίων που πρέπει να δαπανηθούν για την πλήρη εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος.

Λειτουργικό κόστος (Capital investment): Μέρος του ολικού κόστους, που αναφέρεται στα κεφάλαια που πρέπει να δαπανηθούν για την διατήρηση των λειτουργιών εκμετάλλευσης.

Παραγωγικότητα (Productivity): Η απόδοση έργου ανά βάρδια και εργαζόμενο (m^3/man-shift).

Ρυθμός ανάπτυξης εργασιών (Development rate): Η ανάπτυξη των υπόγειων εργασιών συναρτήση του χρόνου [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ταξινόμηση των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης μεταλλευτικών κοιτασμάτων

2.1 Γενικά

Τα συστήματα ταξινόμησης καθώς και τα αντίστοιχα ευρετικά συστήματα που παρουσιάζονται στην συνέχεια, διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: α) Συστήματα που παρουσιάστηκαν στις Αγγλόφωνες χώρες, β) Συστήματα που παρουσιάστηκαν στις Γερμανόφωνες χώρες. Η κύρια αυτή διάκριση δεν σχετίζεται με γεωγραφικά κριτήρια, αλλά μέ διαφοροποιήσεις στον τρόπο αντίληψης και προσέγγισης στο πρόβλημα της επιλογής και παρουσίασης μεθόδων εκμετάλλευσης. Οι κυριότεροι εκπρόσωποι αυτών των κατηγοριών δίνονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Συστήματα ταξινόμησης [11]

Γερμανόφωνες Χώρες	Αγγλόφωνες Χώρες
Demirci (1979)	Peele. (1918)
Fettweis (1986)	Thomas (1973)
Krüger (1986)	Hartman (1987)

2.2 Γερμανικό Σύστημα Ταξινόμησης

Τα ευρετικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί, στηρίζονται άμεσα και κύρια στα διάφορα προτεινόμενα συστήματα ταξινόμησης που έχουν προταθεί κατά καιρούς. Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν μερικά συστήματα ταξινόμησης, καθώς και τα αντίστοιχα προτεινόμενα ευρετικά συστήματα. Η ιδιαιτερότητα και η σαφής διαφορά, όπως προβάλλεται από τους κάτωθι συγγραφείς, μεταξύ των Αγγλοσαξονικών και Γερμανικών συστημάτων ταξινόμησης έγκειται στο επίπεδο θεώρησης του προβλήματος της ταξινόμησης. Ποιο συγκεκριμένα, τα προτεινόμενα συστήματα από Γερμανόφωνος συγγραφείς επιδεικνύουν μεγαλύτερη έμφαση στην θεωρητική και πληρέστερη ανάλυση του προβλήματος «Προσδιορισμός και Επιλογή Μεθόδου Εκμετάλλευσης», ενώ η «Αγγλοσαξονική» προσέγγιση δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην πρακτική αντιμετώπιση του ίδιου προβλήματος.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τρείς εκπρόσωποι της ίδιας σχολής, ακολουθώντας την χρονολογική σειρά των παρουσιάσεων τους.

2.2.1 Ταξινόμηση Κατά Demirci

Το σύστημα ταξινόμησης του Demirci (1979) αποτελεί ένα από τα ποιο αναλυτικά συστήματα ταξινόμησης μεθόδων εκμετάλλευσης. Οι κύριες ομάδες παραμέτρων που χρησιμοποιεί είναι [11]:

- Γεωμετρία Μετώπου: Η παράμετρος αυτή συνδυάζει: α) την περιγραφή του μετώπου προχώρησης, διαχωρίζοντάς το σε μικρού μήκους, μεγάλου μήκους, δυσδιάστατο και τρισδιάστατο, β) το πλήθος των ελεύθερων επιφανειών του μετώπου, που επιδρούν άμεσα στον τρόπο και στον ρυθμό προχώρησης του και γ) τον ζητούμενο ρυθμό παραγωγής.
- Έλεγχος τάσεων: Εισάγεται ο διαχωρισμός της διαδικασίας ελέγχου των τάσεων σε δύο φάσεις, επιτρέποντας μεγαλύτερη σαφήνεια στον τρόπο περιγραφής συνδυασμένων μεθόδων εκμετάλλευσης.
- Δυναμικές λειτουργίες: Οι παράμετροι αυτοί εκφράζουν την δυναμικότητα κάθε μεθόδου συναρτήση του χρόνου, δηλαδή εκφράζουν κάθε μέθοδο ως ενεργά μεταβλητό μέγεθος ως προς τον χρόνο. Για παράδειγμα, η αρχικά επιλεγμένη Μέθοδος Θαλάμων και Στύλων μπορεί να αναχθεί, στα τελικά στάδια της εκμετάλλευσης, σε Μέθοδο Ανοιγμάτων και Στύλων (αυξανόμενου του μεγέθους των ανοιγμάτων και μειωμένου των διαστάσεων των στύλων).
- Μηχανολογικός εξοπλισμός: Η παράμετρος αυτή, δεν παρουσιάζεται αναλυτικά, αλλά θεωρείται εξίσου σημαντική με τις τρεις προηγούμενες ομάδες παραμέτρων.

  Περιληπτικά μπορεί να λεχθεί ότι η πρόταση του Demirci συνδυάζει :

  Α. Την διαίρεση της κύριας μεταβλητής «Έλεγχος Τάσεων» σε δύο στάδια.

  Β. Την σημασία περιγραφής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του μετώπου.

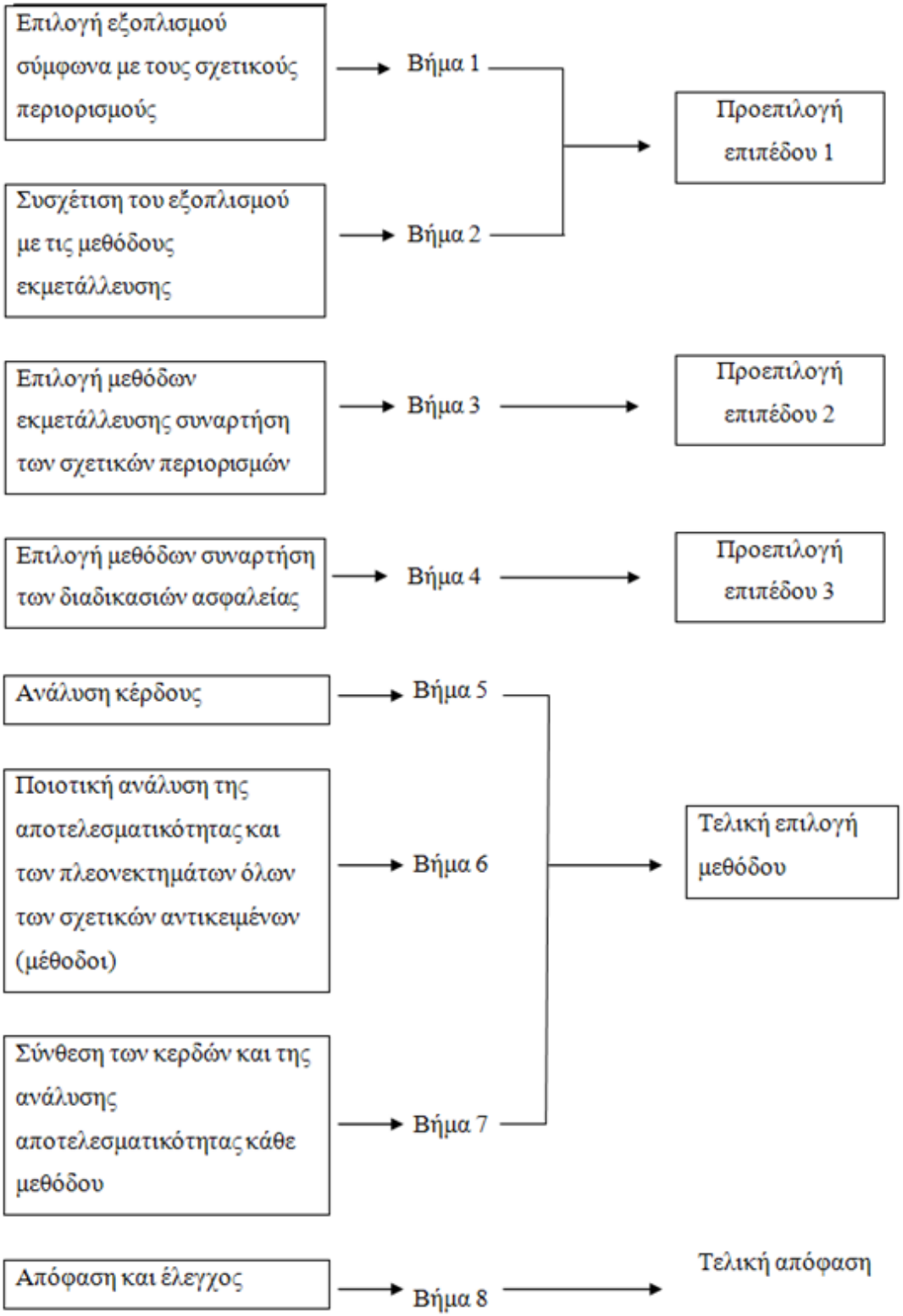
  Γ. Την σημασία της παραμέτρου «Μηχανολογικός Εξοπλισμός».

Τα στοιχεία του συστήματος του Demirci, καθώς και το προτεινόμενο ευρετικό σύστημα φαίνονται στους πίνακες 2.2 και 2.3 αντίστοιχα. Γενικά, το σύστημα ταξινόμησης όπως και το προτεινόμενο ευρετικό σύστημα του Demirci, δεν εξειδικεύει το είδος των στοιχείων που λαμβάνονται υπόψη για την τελική επιλογή της μεθόδου, αλλά προτείνει την βασική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για την βέλτιστη επίλυση του προβλήματος επιλογής και ορθού χαρακτηρισμού της μεθόδου [11].

Πίνακας 2.2: Παρουσίαση των χαρακτηριστικών μεγεθών για τον καθορισμό της μεθόδου εκμετάλλευσης κατά τον Demirci [11].

Γεωμετρία μετώπου	
Μέγεθος μετώπου	μικρού, μεγάλου μήκους, 2D, 3D
Γεωμετρία μετώπου	1,2,3 ελεύθερες επιφάνειες
Προσανατολισμός μετώπου	90^o, $< 90^o$, $> 90^o$
Γεωμετρία των έργων ανάπτυξης	Ανοίγματα πρόσβασης (εξοπλισμού, λιθογόμωσης, αερισμού, μεταφοράς)
Έλεγχος τάσεων	
αρχικός έλεγχος τάσεων	μόνιμοι στύλοι
	μόνιμοι στύλοι + υποστήριξη
	μόνιμοι στύλοι + θραυσμένο πέτρωμα
	προσωρινοί στύλοι
	προσωρινοί στύλοι + θραυσμένο μετάλλευμα
	υποστήριξη
	θραυσμένο μετάλλευμα
Τελικός έλεγχος τάσεων	μόνιμοι στύλοι ή άνοιγμα
	μόνιμοι στύλοι + υποστήριξη
	μόνιμοι στύλοι + θραυσμένο μετάλλευμα
	κατακρημνισθέν υλικό
	λιθογόμωση
	υποστήριξη
	υποστήριξη + λιθογόμωση
Δυναμικές λειτουργίες	
κίνηση του ανοίγματος	
τύπος της κίνησης	μεγέθυνση
	περιστροφή
τύπος του ανοίγματος	προσδιορισμένο
	απροσδιόριστο
σύστημα εκμετάλλευσης	
υποδιαίρεση κοιτάσματος	οριζόντιες τομές
	τομές παράλληλες με την κλίση του κοιτάσματος
υποδιαίρεση σε τομείς εκμετάλλευσης	δυνατότητα διαίρεσης
κατεύθυνση κίνησης σύμφωνα με τους τομείς εκμετάλλευσης	εργασίες προχώρησης
	εργασίες υποχώρησης
διαδοχή των ανοιγμάτων	
κατεύθυνση της εκμετάλλευσης	οριζόντια κατά την διεύθυνση του κοιτάσματος
	οριζόντια, κάθετα στην διεύθυνση του κοιτάσματος
	ανοδική
	καθοδική
	διαγώνια

Πίνακας 2.3: Ευρετικό σύστημα ταξινόμησης κατά Demirci [11].



2.2.2 Ταξινόμηση Κατά Fettweis

Το σύστημα ταξινόμησης που προτάθηκε από το Fettweis εισαγάγει τον όρο «Τεχνική Εκμετάλλευσης». Αυτός ο όρος συναθροίζει τους επιμέρους «Σύστημα Εκμετάλλευσης» «Μέθοδος Εκμετάλλευσης» και «Διαδικασία Προσβολής Μετώπου».

Τα κύρια χαρακτηριστικά που εισαγάγει είναι [11]:

Α) Εισαγωγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος στο σύστημα ταξινόμησης, λόγω της άμεσης σύνδεσης της δυνατότητας εφαρμογής μίας μεθόδου σε δεδομένο κοίτασμα. Για παράδειγμα η Μέθοδος Διαδοχικών Ορόφων δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο κοίτασμα μικρού πάχους (< 5 m) αλλά η Μέθοδος Θαλάμων και Στύλων είναι άμεσα εφαρμόσιμη σ' αυτό το κοίτασμα. Η προτεινόμενη περιγραφή των κοιτασμάτων στα οποία εφαρμόζονται οι Μεταλλευτικές Μέθοδοι, κατά Fettweis, δίνεται στον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4: Είδη κοιτασμάτων κατά Fettweis [11].

Κοιτάσματα σχήματος πλάκας, μικρού ή μέσου πάχους, οριζόντια ή μέτριας κλίσης
Κοιτάσματα σχήματος πλάκας, μικρού ή μέσου πάχους, μεγάλης κλίσης
Κοιτάσματα σχήματος πλάκας μεγάλου πάχους ή κοιτάσματα πολύ μεγάλων διαστάσεων

Β) Εισάγονται δύο κριτήρια για την τελική ταξινόμηση λαμβάνοντας υπόψη την γεωμετρία και την χρονική επίδραση στο μέτωπο εργασίας, όπως και ο Demirci.

Γ) Προβάλλεται η επίδραση της διαδικασίας προσβολής του πετρώματος στο μέτωπο, καθώς και των βοηθητικών εργασιών που λαμβάνουν χώρα, στην διαμόρφωση και τον γεωμετρικό χαρακτηρισμό του.

Δ) Το σύστημα ταξινόμησης εφαρμόζεται στην «Τεχνική Εκμετάλλευσης» και όχι μόνο στην Μέθοδο Εκμετάλλευσης, την οποία περιλαμβάνει. Το σύστημα ταξινόμησης που προτείνεται από τον Fettweis δίνεται στον πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5: Ταξινόμηση της τεχνικής εκμετάλλευσης κατά Fettweis [11].

Σύστημα Εκμετάλλευσης (συνδιασμένα κριτήρια μεθόδου εκμετάλλευσης)	Υποδιαίρεση κοιτασμάτων σε διαιρεμένα μέτωπα	2D για κοιτάσματα πλακοειδούς μορφής
		3D για κοιτάσματα πολύ μεγάλων διαστάσεων
		Τομείς – βαθμίδες
		3D τεμάχη πολύ μεγάλων διαστάσεων
	Διαδοχή των ανοιγμάτων	Ως προς το κύριο άνοιγμα
	Θέση των ανοιγμάτων	Ως προς την κύρια στοά
	Κατεύθυνση προχώρησης εντός των διαιρεμένων μετώπων	Ως προς το πλήθος των ελεύθερων επιφανειών
		Ως προς το πρωτεύων άνοιγμα
		Ως προς το άνοιγμα πρόσβασης στο μέτωπο
Μέθοδος εκμετάλλευσης Κριτήρια βαθμού 1	Έλεγχος τάσεων	Υποστήριξη με στύλους
		Υποστήριξη με λιθογώμωση
		Κατακρήμνιση
	Σχεδιασμός βασικού ανοίγματος	Ανοίγματα με μόνιμους στύλους
		Breast με μικρά μέτωπα
		Προσωρινοί στύλοι
		Επιμήκους μεγάλων διαστάσεων
Κριτήρια βαθμού 2	Κατεύθυνση του ανοίγματος	Όροφοι μεγάλων διαστάσεων
	Κατεύθυνση προσβολής του μετώπου	Αναφέρεται στο κοίτασμα
	Τύπος προσβολής του μετώπου	

	Τεχνική προσβολής του μετώπου Βοηθητικές εργασίες	

όπου τα κριτήρια Βαθμού 2, αναλυτικότερα, είναι τα εξής [11]:

- Κατεύθυνση το Ανοίγματος: Διεύθυνση προχώρησης του μετώπου (Κατά την διεύθυνση του κοιτάσματος, από κάτω προς τα πάνω και αντίστροφα, διαγώνια)
- Κατεύθυνση Προσβολής του Μετώπου: Κατά την διεύθυνση του κοιτάσματος, από κάτω προς τα πάνω και αντίστροφα, διαγώνια.
- Τύπος Προσβολής Μετώπου: Αναφέρεται στην διαμόρφωση του επιμήκους μετώπου μετά από τα παραπάνω στάδια.
- Τεχνική Προσβολής Μετώπου: Διάτρηση και Ανατίναξη, Κοπή, Υδραυλική κοπή, Φλογοκοπή, Κοπή μέσω βαρύτητας.
- Βοηθητικές Τεχνικές: Υποστήριξη οροφής, Φόρτωση και Μεταφορά Μεταλλεύματος, Αερισμός, παροχή Νερού και Ασφάλειας, παροχή Ενέργειας και Πληροφοριών.

Το σύστημα ταξινόμησης του Fettweis παρουσιάζεται διότι προβάλει το πλήθος των προσεγγίσεων που δύναται να πραγματοποιηθούν για τον σωστό και πλήρη καθορισμό των μεθόδων εκμετάλλευσης. Ο Fettweis δεν κατασκεύασε ευρετικό σύστημα για την επίλυση προβλημάτων επιλογής μεθόδου εκμετάλλευσης, αλλά παρουσίασε πολύ απλά το πλήθος τον δεδομένων που πρέπει να αναλύονται από ένα ευρετικό σύστημα υψηλή διακριτικής ικανότητας.

2.2.3 Ταξινόμηση Κατά Krüger

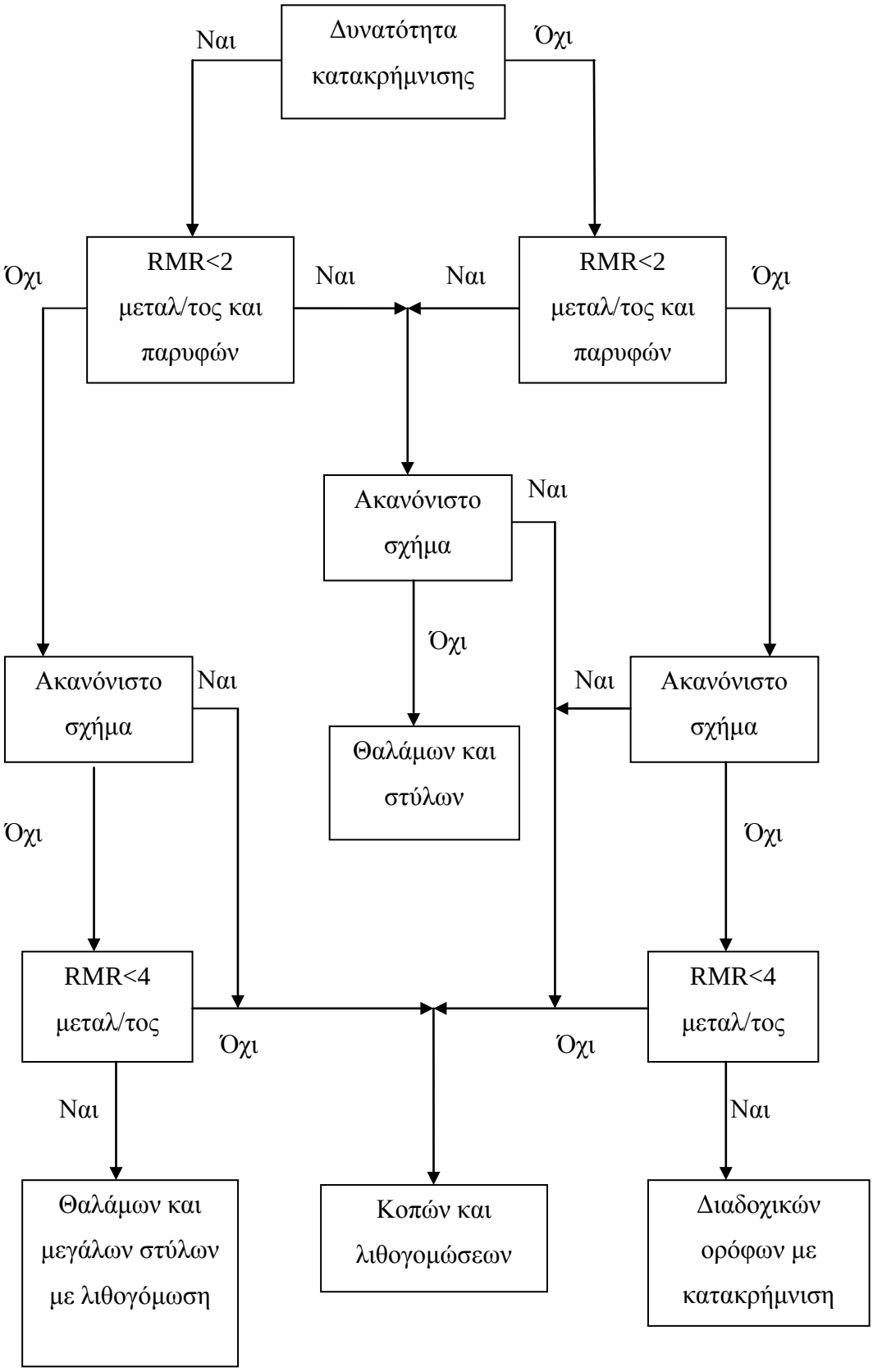
Το σύστημα ταξινόμησης που εισήγαγε ο Krüger αποτελεί τμήμα ενός μεγαλύτερου προγράμματος ανάλυσης, που δημιουργήθηκε με σκοπό την έρευνα και τον έλεγχο μεταλλευτικών μεθόδων που εφαρμόζονται σε φακοειδή κοιτάσματα μικρών διαστάσεων στις Αυστριακές Άλπεις. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κοιτασμάτων
- Οι μέθοδοι εκμετάλλευσης και τα χαρακτηριστικά τους
- Οι μηχανικές ιδιότητες της βραχομάζας (καθορισμός τους κατά Bieniawsky)

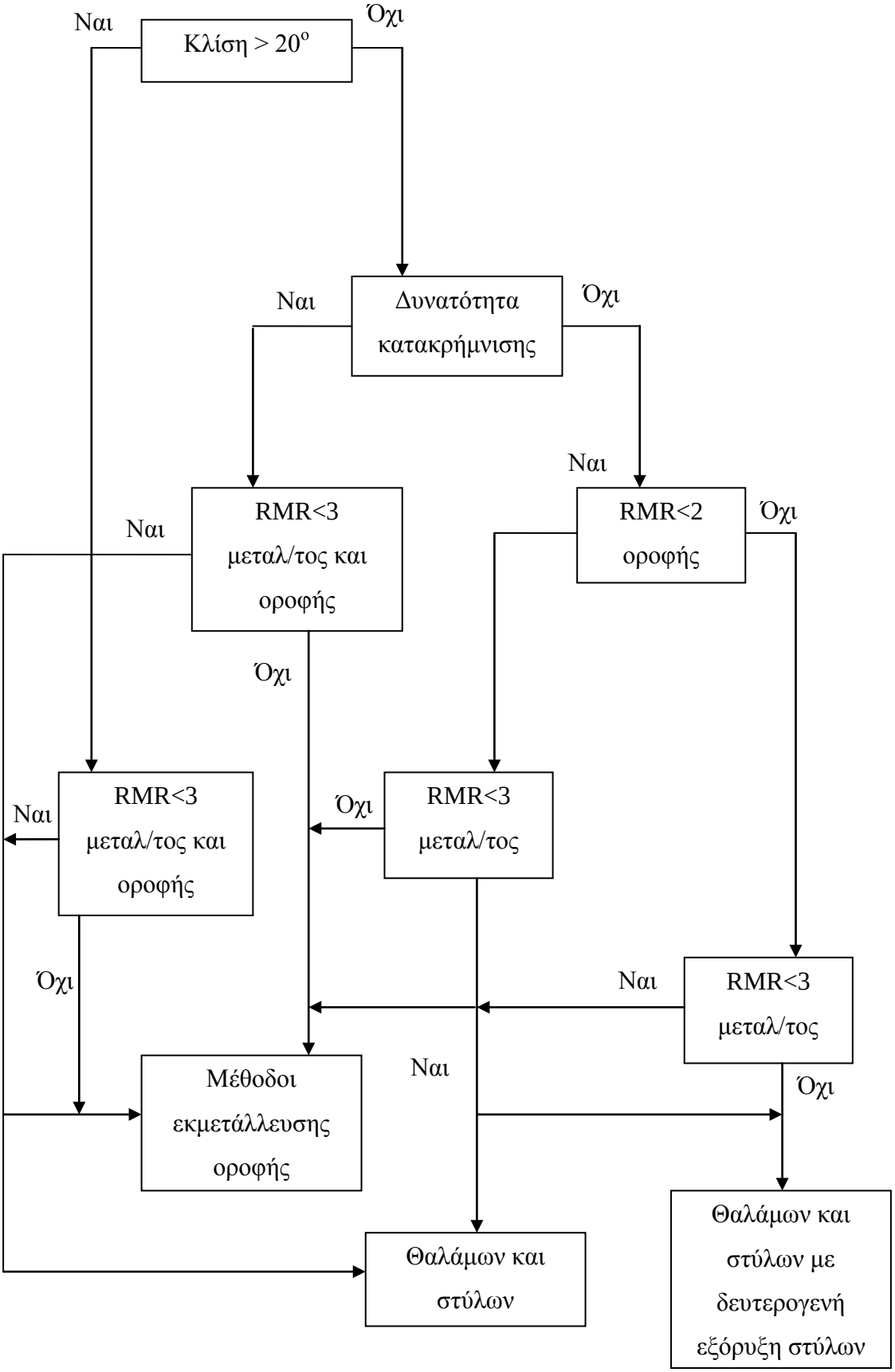
Πρέπει να αναφερθεί ότι τα μελετώμενα κοιτάσματα είναι ιζηματογενή και δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση του πάχους τους στην διαδικασία απόφασης. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο ορίζεται η, επιλεκτικότητα κάθε μεθόδου είναι:

- «Τυπική, συχνά εφαρμόσιμη μέθοδος»
- «Πιθανή, εν μέρει εφαρμόσιμη μέθοδος»
- «Μη τυπική, αδύνατη η εφαρμογή της μεθόδου»

Οι αναφερόμενες μέθοδοι εκμετάλλευσης ορίζονται κατά το Πρότυπο Γερμανικό Σύστημα. Το προτεινόμενο ευρεστικό σύστημα κατά Krüger δίνεται στο εικόνα 2.1 και 2.2. Ο κύριος λόγος που παρουσιάζεται σε αυτήν την εργασία το ευρεστικό σύστημα ταξινόμησης του Krüger είναι η διαδικασία προσέγγισης του προβλήματος και της λύσης του. Ποιο συγκεκριμένα, το σύστημα αυτό είναι ένα «Δέντρο Αποφάσεων», που προβάλει τα σημεία παρέμβασης το υ χρήστη με απλό τρόπο (επιλογή Ναι (Ν) ή Όχι (Ο)) [11].



Εικόνα 2.1: Ευρετικό σύστημα ταξινόμησης κατά Krüger (για κλίση μεγαλύτερη από 55^{o}) [11].



Εικόνα 2.2: Ευρετικό σύστημα ταξινόμησης κατά Krüger (για κλίση μικρότερη από 55°) [11].

2.3 Αγγλοσαξονικό Σύστημα Ταξινόμησης

Σε αντίθεση με τα ευρετικά συστήματα ταξινόμησης που βασίζονται στο Πρότυπο Γερμανικό Σύστημα, τα Αγγλοσαξονικά συστήματα περιέχουν μικρότερο πλήθος αντικειμένων και συντελεστών επίδρασης. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι οι συνθήκες εφαρμογής της μεθόδου και η ίδια η μέθοδος, δηλαδή τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος, οι μηχανικές ιδιότητες της Βραχομάζας και οι μέθοδοι εκμετάλλευσης.

Οι παρουσιάσεις που έχουν γίνει μέχρι τώρα και θεωρούνται ποιο σημαντικές είναι του Peele (1918), Thomas (1973) και Hartman (1987). Αξίζει να αναφερθεί ότι το σύστημα ταξινόμησης του Peele λειτούργησε ως βάση για τους επόμενους συγγραφείς όπως και για το ευρετικό σύστημα επιλογής εκμετάλλευσης [11].

2.3.1 Ταξινόμηση Κατά Peele

Κατά τον Peele, το κυριότερο χαρακτηριστικό, από το οποίο ορίζονται και επιλέγονται οι Μέθοδοι Εκμετάλλευσης είναι ο τρόπος υποστήριξης των ανοιγμάτων. Βάσει αυτής της θεώρησης οι τρόποι στήριξης των ανοιγμάτων είναι οι εξής:

- Τα υπερκείμενα πετρώματα των ανοιγμάτων, δηλαδή η οροφή των ανοιγμάτων, υποστηρίζονται με την άφεση μόνιμων στύλων μεταλλεύματος κατά την όρυξη των ανοιγμάτων ή των θαλάμων.
- Οι θάλαμοι εξορύσσονται εντός του κοιτάσματος, με χρήση ή όχι προσωρινής υποστήριξης (π.χ. μεταλλικά πλαίσια) και τα κενά γομώνονται σε συνεχή κύκλο ή περιοδικά με στείρο υλικό. Η λιθογόμωση υποστηρίζει τα ανοίγματα της εκσκαφής και επιτρέπει παράλληλα την απόληψη των αφημένων στύλων μεταλλεύματος.
- Ορύσσεται μία μικρή τομή εντός του κοιτάσματος και το υπερκείμενο μετάλλευμα κατακρημνίζεται, είτε ελεύθερα λόγω βαρύτητας, είτε με την άσκηση πίεσης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την πλήρη ανάκτηση του μεταλλεύματος σε άλλες ορυγμένες τομές. Οι μέθοδοι της κατακρήμνισης δεν έχουν ως σκοπό την υποστήριξη της επιφάνειας που υπέρκειται της θέσεως εκμετάλλευσης.

Βάση των τριών παραπάνω κατηγοριών ορίζονται οι ομάδες των ανοιγμάτων που χαρακτηρίζουν τις μεθόδους εκμετάλλευσης ως εξής [11]:

- Ανοιχτών Μετώπων
- Μετώπων υποστηριζόμενων με ξυλοδεσία
- Γομωμένων Μετώπων
- Συμπτυσσόμενων μετώπων
- Κατακρημνισμένων Μετώπων
- Συνδυασμένα Μέτωπα

Το ευρετικό σύστημα ταξινόμησης κατά Peele δίνεται στον πίνακα 2.9 και τα κύρια χαρακτηριστικά που μελετά είναι η γεωμετρία του κοιτάσματος, οι μηχανικές αντοχές και οι μέθοδοι εκμετάλλευσης.

2.3.2 Ταξινόμηση Κατά Thomas

Το ευρετικό σύστημα ταξινόμησης που εισαγάγει ο Thomas είναι ανάλογο του Peele, στηρίζεται στις ίδιες αρχές και διαφέρει στο ότι δεν περιλαμβάνει μεθόδους όπως την Underhand glory holes και χαρακτηρίζει σε διαφορετική κατηγορία μερικές μεθόδους απ' ότι ο Peele Π.χ. κατατάσσει την μέθοδο Συμπτυσσόμενου Μετώπου στις μεθόδους με υποστήριξη. Το προτεινόμενο ευρετικό σύστημα του Thomas φαίνεται στον πίνακα 2.10 [11].

2.3.3 Ταξινόμηση Κατά Hartman

Το σύστημα που προτάθηκε από τον Hartman αποτελεί εξέλιξη των συστημάτων του Peele και του Thomas. Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το σύστημα του είναι τα ίδια με των προαναφερόμενων. Η ιδιαιτερότητα του συστήματος του προέρχεται από την εισαγωγή τεχνικοοικονομικών χαρακτηριστικών στον ποιοτικό καθορισμό των μεθόδων. Η εισαγωγή αυτών των επιπλέον δεδομένων λειτουργεί ως δευτερεύουσα επιλογή, όταν η προτεινόμενη λύση είναι περισσότερες από μία μέθοδοι, βάσει των απαιτήσεων του χρήστη-μηχανικού. Το σύστημα ταξινόμησης που προτάθηκε από τον Hartman παρουσιάζεται στους πίνακες 2.12 και 2.13.

Επίσης, ο Hartman προτείνει σαν επιπλέον χαρακτηριστικά των μεθόδων, τους κύκλους εργασιών που λαμβάνουν χώρα στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις. Οι κύκλοι αυτοί λειτουργούν ως η δεύτερη κατηγορία στοιχείων προσδιορισμού των μεθόδων και ορίζονται από τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Ποιο συγκεκριμένα, αναφέρονται δύο κύκλοι παραγωγής, ο σταθερός και ο τροποποιημένος κύκλος όπως φαίνεται στον πίνακα 2.11 [11].

Πίνακας 2.9: Επιλογή μεθόδου εκμετάλλευσης κατά Peele [11].

Τύπος κοιτάσμα-τος	Κλίση κοιτάσμα-τος	Αντοχή του μεταλλε ύματος	Αντοχή του περιβάλ-λοντος πετρώματος	Πιθανές μέθοδοι εκμετάλλευσης
Στρωσιγεν ές μικρού πάχους	Οριζόντιο	Υψηλή	Υψηλή	Breast stope μετ' εγκαταλείψεως στύλων
				Συστηματικοί θάλαμοι και στύλοι
				Ανεστραμμένων βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Μέθοδοι εξόρυξης άνθρακα
		Χαμηλή ή Υψηλή	Χαμηλή	Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
Στρωσιγεν ές μέτριου πάχους	Οριζόντιο	Υψηλή	Υψηλή	Breast stop με βαθμίδες
				Συστηματικοί θάλαμοι και στύλοι
		Χαμηλή ή Υψηλή	Χαμηλή	Κοπές κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήνμιση
			Υψηλή	Χοανοειδούς εκσακαφής
				Μέθοδος Mitchell
Στρωσιγεν ές μεγάλου πάχους				Όμοια με ¨συμπαγή¨
Φλεβικό πολύ μικρού πάχους	Κατακό-ρυφο	Χαμηλή ή Υψηλή	Χαμηλή ή Υψηλή	Μέθοδος με συνεχή κοπή των παρυφών
Φλεβικό μικρού πάχους	Οριζόντιο			Όμοια με στρωσιγενή μικρού πάχους
	Κατακό-	Υψηλή	Υψηλή	Ορθών βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Ανεστραμμένων βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Συμπτυσσόμενου μετώπου

	ρυφο			Κοπών και λιθογομώσεων
			Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
		Χαμηλή	Υψηλή	Ορθών βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίω
Φλεβικό μικρού πάχους	Κατακό-ρυφο	Χαμηλή	Χαμηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Οριζόντιων διαδοχικών πλακών εξορυσσόμενων κατά λωρίδες
Φλεβικό μετρίου πάχους	Οριζόντιο			Όμοια με ¨συμπαγή¨
Φλεβικό μετρίου πάχους	Κατακό-ρυφο	Υψηλή	Υψηλή	Ορθών βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Χοανοειδούς εκσκαφής
				Συμπτυσσόμενου μετώπου
				Διαδοχικών ορόφων
				Κοπών και λιθογομώσεων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Συνδυασμένες μέθοδοι
	Κατακό-ρυφο	Υψηλή	Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Συνδυασμένες μέθοδοι
	Κατακό-ρυφο	Χαμηλή	Υψηλή	Ορθών βαθμίδων άνευ εγκαταλείψεως στύλων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Μέθοδος Mitchell
				Κατακρημνίσεως πατώματος
				Συνδυασμένες μέθοδοι
			Χαμηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Οριζόντιων διαδοχικών πλακών εξορυσσόμενων κατά εγκάρσιες λωρίδες
				Κοπών κατά πλάκες από

				την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Συνδυασμένες μέθοδοι
Συμπαγές			Υψηλή	Χοανοειδούς εκσκαφής
Συμπαγές		Υψηλή		Συμπτυσσόμενου μετώπου
Συμπαγές				Ανοιγμάτων και στύλων
				Διαδοχικών ορόφων
				Κοπών και λιθογομώσεων
				Συνδυασμένες μέθοδοι
		Χαμηλή	Χαμηλή υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Οριζόντιων διαδοχικών πλακών εξορυσσόμενων κατά εγκάρσιες λωρίδες
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Κατακρημνίσεως πατώματος
				Συνδυασμένες μέθοδοι

Πίνακας 2.10: Σύστημα ταξινόμησης κατά Thomas [11].

Τύπος κοιτάσματος	Κλίση	Αντοχή του μεταλ/τος	Αντοχή του περιβάλλοντος	Πιθανές μέθοδοι εκμετάλλευσης
Μικρού πάχους	Οριζόντιο		Υψηλή	Θαλάμων και στύλων
				Εξόρυξη με άφεση
				Ανοιχτά μέτωπα
			Χαμηλή	Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Επιμήκους μετώπου
Μεγάλου πάχους	Οριζόντιο		Υψηλή	Διαδοχικών ορόφων
				Θαλάμων και στύλων
				Κοπών και λιθογομώσεων
			Χαμηλή	Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
			Υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών και λιθογομώσεων
				Διαδοχικών ορόφων
Φλεβικό μικρού πάχους	Κατακόρυφο	Χαμηλή Υψηλή	Χαμηλή Υψηλή	Μέθοδος συνεχούς κοπής των παρυφών

Φλεβικό μέτριου πάχους	Κατακόρυφο	Υψηλή	Υψηλή	Ανοιχτά μέτωπα
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Συμπτυσσόμενου μετώπου
				Κοπών και λιθογομώσεων
			Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
Φλεβικό μέτριου πάχους	Κατακόρυφο	Υψηλή	Χαμηλή	Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
		Χαμηλή	Υψηλή	Ανοιχτά μέτωπα με στύλους
				Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Κατακρημνιζόμενου πατώματος
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
			Χαμηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
Συμπαγές		Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
				Διαδοχικών ορόφων
				Κοπών και λιθογομώσεων
		Χαμηλή	Χαμηλή Υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
				Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
				Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
				Κατακρημνιζόμενου πατώματος

Πίνακας 2.11: Κύκλοι εργασίας που πραγματοποιούνται στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις [11].

Α. Σταθερός κύκλος		
1. Θραύση πετρώματος	α) Διάτρηση	οριζόντια
		κατακόρυφα προς τα πάνω
		κατακόρυφα προς τα κάτω
	β) Ανατίναξη	ξηρή
		υγρή
	γ) Δευτερογενής ανατίναξη	
2. Μεταφορά Μεταλ/ματος	α) Εκσακφή	εξόρυξη
		μεταφορά
	β) Φόρτωση	οριζόντια
	γ) Μεταφορά	κατακόρυφα
		κεκελιμένα
Β. Τροποποιημένος κύκλος		
1. Θραύση πετρώματος	α) Κοπή	
2. Συνέχή εξόρυξη	α) Θαλάμων και στύλων	
	β) Επιμήκους μετώπου	
	γ) Ανοιγμάτων	

Για παράδειγμα, μία συγκεκριμένη εφαρμογή της Μεθόδου Θαλάμων και Στύλων μπορεί να περιγραφεί ως B1 α + A1α + A1 β + A2 α + A2 β + A2 γ μορφοποιώντας την προτεινόμενη λύση με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολα διαχειρίσιμη από ένα ευρετικό σύστημα.

Πίνακας 2.12: Επιλογή μεθόδων εκμετάλλευσης κατά Hartman [11].

Γεωμετρία κοιτάσματος	Κλίση κοιτάσματος	Πάχος κοιτάσματος	Αντοχή μεταλ/τος	Αντοχή του περιβάλλοντος	Εφαρμόσιμες μέθοδοι
	Οριζόντιο	Μικρό	Υψηλή	Υψηλή	Θαλάμων και στύλων
					Ανοιγμάτων και στύλων

Στρωσιγενές			Χαμηλή ή υψηλή	Χαμηλή	Επιμήκους μετώπου
		Μεγάλο	Υψηλή	Υψηλή	Ανοιγμάτων και στύλων
			Χαμηλή ή Υψηλή	Χαμηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
	Κατακόρυφο	Μικρό	Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
				Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Stull stopping
			Χαμηλή	Χαμηλή/ Υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
		Μεγάλο	Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
				Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
					Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
			Χαμηλή	Χαμηλή/ υψηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Κατακρήμνιση πατώματος
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
Συμπαγές	-	-	Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμε-νου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
			Χαμηλή	Χαμηλή/	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση

				υψηλή	Κατακρήμνιση πατώματος
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων

Πίνακας 2.13: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων εκμετάλλευσης κατά Hartman [11].

	Θαλάμων και στύλων	Ανοιγμά-των και στύλων	Συμπτυσσόμε-νου μετώπου	Διαδοχικών ορόφων	Κοπών και λιθογομώσε-ων
Επενδυτικό κόστος	30%	30%	50%	40%	60%
Ρυθμός παραγωγής	Μεγάλος	Μεγάλος	Μέτριος	Μεγάλος	Μέτριος
Παραγωγικό-τητα	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια
Λειτουργικό κόστος	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο
Ρυθμός ανάπτυξης	Υψηλός	Υψηλός	Υψηλός	Μέτριος	Μέτριος
Βαθμός εργασιών	Περιορι-σμένο	Περιορι-σμένο	Περιορισμένο	Μέτριο	Μέτριο
Επιλεκτικότητα	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Υψηλή
Ανάκτηση	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Αραίωση	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Ευελιξία	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Ευστάθεια των ανοιγμάτων	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Καθίζηση	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Υγεία / ασφάλεια	Καλή	Καλή	Καλή	Καλή	Μέτρια
	Stull stopping	Επιμήκους μετώπου	Κατακρημνιζό-μενων ορόφων	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
Επενδυτικό κόστος	70%	20%	20%	50%	100%
Ρυθμός παραγωγής	Μικρός	Μεγάλος	Μεγάλος	Μεγάλος	Μικρός
Παραγωγικότη-τα	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Λειτουργικό κόστος	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό
Ρυθμός ανάπτυξης	Ταχύς	Μέτριος	Χαμηλός	Μέτριος	Χαμηλός
Βαθμός εργασιών	Περιορι-σμένο	Μέτριο	Μέτριο	Μέτριο	Απεριόριστο
Επιλεκτικότητα	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Ανάκτηση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέγιστη
Αραίωση	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια	Ελάχιστη
Ευελιξία	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Ευστάθεια των ανοιγμάτων	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή

Καθίζηση	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Υγεία ασφάλεια	Μέτρια	Καλή	Καλή	Καλή	Κακή

2.4 Σύγκριση των δύο συστημάτων

Τα ευρετικά συστήματα ταξινόμησης που παρουσιάζονται παραπάνω, έχουν αρκετές ομοιότητες όπως και διαφορές. Ποιο συγκεκριμένα τα στοιχεία που τα χαρακτηρίζουν είναι: στα δύο συστήματα ταξινόμησης, η κύρια κοινή παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι ο έλεγχος των τάσεων που ασκούνται στα ανοίγματα κατά την εκσκαφή, ενώ οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολλές. Ποιο συγκεκριμένα, στο Αγγλοσαξονικό σύστημα ταξινόμησης η κατηγοριοποίηση των μεθόδων γίνεται βάσει των χαρακτηριστικών λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα κατά την εφαρμογή τους. Για παράδειγμα η μέθοδος κοπών και λιθογομώσεων κατατάσσεται στα ανοίγματα που χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη και η οποία εφαρμόζεται με την λιθογόμωση των δημιουργημένων κενών. Η διαδικασία της λιθογόμωσης χαρακτηρίζει και την μέθοδο [11].

Επίσης, σ' αυτό το σύστημα ταξινόμησης δεν μελετάται σε μεγάλο βαθμό ο τρόπος εφαρμογής της μεθόδου και κατ' επέκταση η μεταβολή κάποιων εργασιών κατά την εξέλιξη της μεθόδου, παρά μόνο η κύρια δομή της διαδικασίας των εργασιών. Για παράδειγμα, οι τρεις κύριες παραλλαγές της μεθόδου κοπών και λιθογομώσεων, δηλαδή "Οριζόντιων Κοπών και Λιθογομώσεων" (horisontal cut-and fill), "Στοών και Λιθογομώσεων" (drift-and-fill) και "Κοπών και Λιθογομώσεων από πάνω προς τα κάτω" (undercut-and-fıII) δεν μελετώνται ανεξάρτητα, αλλά θεωρείται πως περικλείονται στον όρο "Μέθοδος Κοπών Και Λιθογομώσεων".

Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθοδολογίας είναι η συγκρότηση μεθόδων εκμετάλλευσης σε ομάδες με κύριο γνώμονα την ασφαλή εφαρμογή τους σε κοιτάσματα δεδομένων γεωμετρικών και γεωμηχανικών χαρακτηριστικών. Έτσι παρέχεται ένα στοιχειώδες μέτρο για την επιλογή της μεθόδου, ελαχιστοποιώντας έτσι τον όγκο των δεδομένων που θα μελετηθούν και θα συγκριθούν στην μελέτη σκοπιμότητας [11].

Σε αντίθεση, στο "Γερμανικό" σύστημα ταξινόμησης κατηγοριοποιούνται οι μέθοδοι με συνδυασμό πολλών παραγόντων όπως είναι ο τρόπος ελέγχου των τάσεων στα ανοίγματα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μετώπου και του ανοίγματος, η

διαδοχή των εργασιών κ.λ.π. Αυτή η μεθοδολογία ταξινόμησης παρέχει την δυνατότητα ακριβής περιγραφής των μεθόδων και των παραλλαγών τους. Έτσι, δεν γίνεται ομαδοποίηση των μεθόδων αλλά σαφής διαχωρισμός τους. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του είδους ταξινόμησης είναι η ακρίβεια της περιγραφής των μεθόδων χωρίς όμως να πραγματοποιείται ταξινόμησή τους σε ομάδες κατ' αναλογία με του Αγγλοσαξονικού συστήματος.

Τα ευρετικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για την επιλογή της λύσης σε αντίστοιχα μεταλλευτικά προβλήματα γίνονται ποιο απλά στην κατασκευή τους όταν ακολουθείται το "Αγγλοσαξονικό" σύστημα ταξινόμησης, αλλά υστερούν σε ακρίβεια έναντι των αντίστοιχων ευρετικών συστημάτων που στηρίζονται στο "Γερμανικό" σύστημα και είναι μεγαλύτερης ακρίβειας αλλά και ποιο πολύπλοκα στην δόμησή τους και στον έλεγχό τους [11].

Τελικά, μπορεί να λεχθεί ότι τα συστήματα ταξινόμησης που ακολουθούν το "Γερμανικό" σύστημα ταξινόμησης αποδίδουν με μεγάλη ακρίβεια της μεθόδους εκμετάλλευσης, ενώ τα αντίστοιχα "Αγγλοσαξονικά" λειτουργούν περισσότερο πρακτικά προσδιορίζοντας πιθανές μεθόδους-λύσεις που δύναται να εφαρμόσει ο μηχανικός εκμετάλλευσης.

2.5 Σύνθεση του μελετώμενου συστήματος ταξινόμησης και του αντίστοιχου ευρετικού συστήματος επιλογής μεθόδου εκμετάλλευσης

Για την κατασκευή του ευρετικού συστήματος αναπτύχθηκε ένα σύστημα ταξινόμησης των μεθόδων εκμετάλλευσης κατ' αναλογία με την "Αγγλοσαξονική" προσέγγιση. Η κατασκευή του συστήματος ταξινόμησης κρίθηκε αναγκαία λόγω της επιλογής των μεθόδων που απαρτίζουν το υπόψη ευρετικό σύστημα. Τα κύρια κριτήρια που ορίζουν αυτήν την ταξινόμηση είναι [11]:

- Τα γεωμετρικά στοιχεία του κοιτάσματος (σχήμα και κλίση),
- Τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά του (αντοχή του μεταλλεύματος και του περιβάλλοντος πετρώματος),

- Ο έλεγχος των τάσεων που ασκούνται στα ανοίγματα κατά την εκσκαφή (Χαρακτηριστικές εργασίες που πραγματοποιούνται για τον έλεγχο των τάσεων).

Έτσι, οι μέθοδοι ταξινομούνται όπως φαίνεται στον πίνακα 2.14:

Πίνακας 2.14: Μέθοδοι ταξινόμησης [11].

Μέθοδοι με ανοίγματα που δεν χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη
Θαλάμων και Στύλων
Breast stoping μετ' εγκαταλείψεως στύλων
Βαθμίδες άνευ εγκαταλείψεως στύλων
Διαδοχικών Ορόφων
Ανεστραμμένου· κρατήρα
Μέθοδοι με ανοίγματα που χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη
Συμπτυσσόμενο μέτωπο
Κοπών και Λιθογομώσεων
Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
Επιμήκους μετώπου με Λιθογόμωση
Οριζοντίων διαδοχικών πλακών που εξορύσσονται κατά εγκάρσιες λωρίδες
Μέθοδοι με κατακρήμνιση της οροφής
Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
Κατακρημνιζόμενων Ορόφων (Πατωμάτων)
Επιμήκους μετώπου με κατακρήμνιση της οροφής
Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή

Στις προαναφερθέντες μεθόδους συμπεριλαμβάνονται και μερικές παραλλαγές τους όπως χοανοειδούς εκσκαφής, θαλάμων και στύλων με βαθμίδες κ.λπ. οι οποίες δεν αναφέρονται εντός του συστήματος ταξινόμησης διότι θεωρείται πως περικλείονται στην ευρύτερη έννοια "Διαδικασία Ελέγχου Τάσεων" που εκφράζουν οι μέθοδοι που μελετώνται. Ο τρόπος σύνδεσης των κριτηρίων της ταξινόμησης με τις μεθόδους εκμετάλλευσης φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 2.15. Επιπλέον, παρουσιάζεται ο πίνακας 2.16 που αποτελεί ποιοτική περιγραφή των τεχνικό-

οικονομικών χαρακτηριστικών των μεθόδων. Οι παράμετροι της περιγραφής αυτής έχουν οριστεί κατ' αναλογία με του Hartman και είναι [9]:

- Επενδυτικό κόστος: Το συνολικό κόστος που απαιτείται για την εφαρμογή της κάθε μεθόδου. Δίνεται σε σχετική τιμή %
- Ρυθμός παραγωγής: Παραγωγή / χρόνο εργασίας
- Παραγωγικότητα: Παραγωγή / εργαζόμενο
- Λειτουργικό κόστος: Κόστος κάλυψης τρέχοντων εξόδων
- Ρυθμός ανάπτυξης : Προχώρηση των εργασιών συναρτήσει του χρόνου
- Επιλεκτικότητα: Δυνατότητα επιλεκτικής εξόρυξης στο μέτωπο εργασίας
- Ανάκτηση: Η ποσότητα του in situ μεταλλεύματος που εξορύσσεται ως τη λήξη της εκμετάλλευσης
- Αραίωση: Η ανάμιξη στείρου υλικού και μεταλλεύματος κατά την εξόρυξη
- Ευελιξία: Δυνατότητα μεταβολής του ρυθμού και των θέσεων εργασίας
- Ευστάθεια ανοιγμάτων: Μέτρο του ελέγχου της σταθερότητας των ανοιγμάτων συναρτήσει του χρόνου
- Συνθήκες ασφαλείας: Επικινδυνότητα των θέσεων εργασίας, έλεγχος αερισμού κλπ.

Πίνακας 2.15: Προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης [11].

Γεωμετρία κοιτάσματος	Κλίση κοιτάσματος	Πάχος κοιτάσματος	Αντοχή μεταλ/τος	Αντοχή του περιβάλλοντος	Εφαρμόσιμες μέθοδοι
		Μικρό	Υψηλή	Υψηλή	Θαλάμων και στύλων
					Breast stoping με εγκατάλειψη στύλων
					Ανεστραμμένων βαθμίδων άνευ εγκατάλειψης στύλων
					Επιμήκους μετώπου
			Χαμηλη ή Υψηλή	Υψηλή	Επιμήκους μετώπου
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
		Μεγάλο	Υψηλή	Υψηλή	Θαλάμων και στύλων
					Κοπών και λιθογομώσεων
	Οριζόντιο		Χαμηλή ή Υψηλή	Χαμηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
			Χαμηλή	Υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Κοπών και λιθογομώσεων

Στρωσιγενές					Διαδοχικών ορόφων
	Κατακόρυφο	Μικρό	Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
					Ανεστραμμένου κρατήρα
					Ορθών ή ανεστραμμένων βαθμίδων άνευ εγκατάλειψης στύλων
					Κοπών και λιθογομώσεων
				Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
			Χαμηλή	Χαμηλή/ Υψηλή	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
			Χαμηλή	Χαμηλή/ Υψηλή	Οριζόντιων διαδοχικών πλακών εξορυσσόμενων κατά λωρίδες
Στρωσιγενές	Κατακόρυφο	Μεγάλο	Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
					Ανεστραμμένου κρατήρα
					Κοπών και λιθογομώσεων
				Χαμηλή	Κοπών και λιθογομώσεων
					Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
			Χαμηλή	Χαμηλή/ υψηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Κατακρήμνιση πατώματος
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
			Υψηλή	Υψηλή	Συμπτυσσόμενου μετώπου
					Διαδοχικών ορόφων
					Ανεστραμμένου

Συμπαγές	-	-			κρατήρα
			Υψηλή	Χαμηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
			Χαμηλή	Χαμηλή/ Υψηλή	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση
					Κατακρήμνιση πατώματος
					Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
					Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή
					Οριζόντιων διαδοχικών πλακών εξορυσσόμενων κατά λωρίδες

Πίνακας 2.16: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων εκμετάλλευσης [11].

	Θαλάμων και στύλων	Breast stopping	Συμπτυσσό με-νου μετώπου	Διαδοχικών ορόφων	Κοπών και λιθογομώσε-ων
Επενδυτικό κόστος	30%	30%	50%	40%	60%
Ρυθμός παραγωγής	Μεγάλος	Μεγάλος	Μέτριος	Μεγάλος	Μέτριος
Παραγωγικό-τητα	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια
Λειτουργικό κόστος	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο
Ρυθμός ανάπτυξης	Υψηλός	Υψηλός	Υψηλός	Μέτριος	Μέτριος
Επιλεκτικότη-τα	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Υψηλή
Ανάκτηση	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Αραίωση	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Ευελιξία	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Ευστάθεια των ανοιγμάτων	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Υγεία / ασφάλεια	Καλή	Καλή	Καλή	Καλή	Μέτρια
	Επιμήκους μετώπου με λιθογόμωση	Επιμήκους μετώπου με κατακρήμνιση	Κατακρη-μνιζόμενων ορόφων	Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση	Ξύλινων πρισματικών πλαισίων
Επενδυτικό κόστος	40%	20%	20%	50%	100%
Ρυθμός παραγωγής	Μεγάλος	Μεγάλος	Μεγάλος	Μεγάλος	Μικρός
Παραγωγικό-τητα	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Λειτουργικό κόστος	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό

Ρυθμός ανάπτυξης	Μέτριος	Μέτριος	Χαμηλός	Μέτριος	Χαμηλός
Επιλεκτικότη-τα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Ανάκτηση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέγιστη
Αραίωση	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια	Ελάχιστη
Ευελιξία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Ευστάθεια των ανοιγμάτων	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή
Υγεία / ασφάλεια	Καλή	Καλή	Καλή	Καλή	Κακή
	Βαθμίδες άνευ εγκατάλει-ψης στύλων	Κοπών κατά πλάκες από την κορυφή	Κοπών κατά πλάκες σε εγκάρσιες λωρίδες	Ανεστραμμένου κρατήρα	
Επενδυτικό κόστος	40%	100%	90%	40%	
Ρυθμός παραγωγής	Μέτριος	Μικρός	Μικρός	Μεγάλος	
Παραγωγικό-τητα	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή	
Λειτουργικό κόστος	Μέτριο	Χαμηλό	Υψηλό	Μέτριο	
Ρυθμός ανάπτυξης	Μέτριος	Χαμηλός	Χαμηλός	Υψηλός	
Επιλεκτικότη-τα	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	
Ανάκτηση	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	
Αραίωση	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	
Ευελιξία	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	
Ευστάθεια των ανοιγμάτων	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	
Υγεία / ασφάλεια	Καλή	Μέτρια	Καλή	Καλή	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.1 Γενικά

Η ενότητα αυτή αναφέρεται στη σημασία των έργων προσπέλασης, στους παράγοντες που επηρεάζουν την υπόγεια προσπέλαση και στις επιλογές που πρέπει να κάνει ο μηχανικός όσον αφορά στη θέση και στο μέγεθος των βασικών έργων της προσπέλασης.

3.2 Σημασία των έργων προσπέλασης

Τα έργα προσπέλασης μιας υπόγειας εκμετάλλευσης αποτελούν τον τρόπο επικοινωνίας της εκμετάλλευσης με το περιβάλλον. Μερικές από τις βασικές λειτουργίες τις οποίες εξυπηρετούν τα έργα αυτά αναφέρονται στην συνέχεια [1]:

- η μεταφορά του προσωπικού προς και από τα μέτωπα εργασίας,
- η μεταφορά του εξοπλισμού και των υλικών προς τα μέτωπα εργασίας,
- η μεταφορά του εξορυσσομένου προϊόντος στην επιφάνεια,
- ο αερισμός των μετώπων,
- η εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης, ηλεκτρικής ενέργειας, πεπιεσμένου αέρα, κλπ.,
- η άντληση των υπογείων υδάτων, κλπ.

3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπόγεια προσπέλαση

Για τον σχεδιασμό των έργων προσπέλασης είναι απαραίτητο οι μηχανικοί εκμετάλλευσης να προτείνουν οικονομικά και τεχνικά βιώσιμες λύσεις όσον αφορά στα ακόλουθα θέματα [1]:

- στον τρόπο προσπέλασης,
- στη θέση των έργων προσπέλασης,
- στη μορφή και το μέγεθος των έργων προσπέλασης.

Στην περίπτωση των υπογείων εκμεταλλεύσεων μελετάται κατά κύριο λόγο η επίδραση των ακόλουθων παραμέτρων (που αποτελούν ένα υποσύνολο των παραμέτρων σχεδιασμού το υ έργο υ), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι υπόλοιποι παράγοντες θα πρέπει να αγνοηθούν:

- η μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους που υπέρκειται του κοιτάσματος,
- η γεωμετρία του κοιτάσματος (πάχος, κλίση, έκταση και βάθος μεταλλοφορίας),
- η επιδιωκόμενη παραγωγή του μεταλλείου,
- το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των έργων προσπέλασης, ανάπτυξης και των έργων υποδομής,
- η μέθοδος εκμετάλλευσης (κενών ανοιγμάτων, με λιθογόμωση, με κατακρήμνιση),
- η μελλοντική προοπτική ανάπτυξης του μεταλλείου.

3.4 Επιλογή του τρόπου προσπέλασης

Σε όλες τις υπόγειες εκμεταλλεύσεις είναι απαραίτητη, για λόγους ασφάλεια και για την εξυπηρέτηση του δικτύου αερισμού, η όρυξη δύο κυρίων έργων προσπέλασης. Γενικά υπάρχουν οι ακόλουθοι τρόποι προσπέλασης υπογείων κοιτασμάτων [1]:

- με φρέατα (πηγάδια),
- με ευθύγραμμες στοές,
- με ελικοειδείς στοές (ράμπες),
- με συνδυασμό φρεάτων και στοών,
- με κεκλιμένα.

Στη συνέχεια αναφέρεται ενδεικτικά η επίδραση / συνεισφορά ορισμένων γεωμετρικών, γεωλογικών και οικονομικών παραμέτρων στην επιλογή του τρόπου προσπέλασης [1]:

- Η κλίση του κοιτάσματος
  - η προσπέλαση κατακόρυφων ή μεγάλης κλίσης κοιτασμάτων γίνεται με φρέαρ,
  - η προσπέλαση μικρής ή μέσης κλίσης κοιτασμάτων γίνεται με ελικοειδείς στοές (και παλαιότερα κεκλιμένα).

- Το βάθος προσπέλασης
  - η προσπέλαση κοιτασμάτων σε μικρό βάθος γίνεται με κεκλιμένα,

- η προσπέλαση κοιτασμάτων σε μεγάλο βάθος γίνεται με φρέαρ.

- Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής
  - η προσπέλαση κοιτασμάτων μικρής κλίσης από οριζόντια επιφάνεια γίνεται με φρέαρ,
  - η προσπέλαση κοιτασμάτων από ορεινές ή λοφώδεις περιοχές γίνεται με ευθύγραμμες ή ελικοειδείς στοές.

  Το τοπογραφικό ανάγλυφο καθώς και η διαμόρφωση της επιφανείας γύρω από τα σημεία προσπέλασης πρέπει να επιτρέπουν την ενδεχόμενη ανέγερση των βοηθητικών εγκαταστάσεων ή/και του εργοστασίου εμπλουτισμού [1].

- Η γεωλογική δομή της περιοχής
  - η προσπέλαση κοιτασμάτων πρέπει να γίνεται από κατάλληλη θέση, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος και οι δαπάνες διέλευσης των έργων μέσα από τεκτονισμένες ζώνες, υδροφόρους ορίζοντες, εξαιρετικά ασταθή πετρώματα, κλπ.,
  - τα έργα προσπέλασης πρέπει να διαρκούν τουλάχιστον όσο διαρκεί η εκμετάλλευση σε ένα μεταλλείο (αν όχι περισσότερο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται προσπέλαση στους χώρους της εκμετάλλευσης και μετά την εξόφληση του κοιτάσματος), επομένως η όρυξη των έργων αυτών πρέπει να γίνεται σε ευσταθείς σχηματισμούς.

- Η αναμενόμενη παραγωγή του μεταλλείου
  - το μέγεθος των έργων επηρεάζεται άμεσα από την υπολογιζόμενη παραγωγή του μεταλλείου.

- Το κόστος κατασκευής και το κόστος λειτουργίας (εκμετάλλευσης)
  - το κόστος κατασκευής πρέπει πάντα να εξετάζεται σε σχέση με το κόστος λειτουργίας σε βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη βάση,
  - το κόστος ανέλκυσης σε φρέατα είναι αρκετά μικρότερο από την ανέλκυση σε κεκλιμένα ή από τη χρήση φορτηγών για τη μεταφορά,

- το κόστος όρυξης στοάς είναι οικονομικότερο σε σύγκριση με το κόστος όρυξης κεκλιμένου ανοίγματος ή φρέατος (για τις ίδιες συνθήκες όρυξης).

- Η μέθοδος εκμετάλλευσης
  - τα έργα προσπέλασης πρέπει να βρίσκονται έξω από τη ζώνη διαταραχής που οφείλεται στη συγκεκριμένη ζώνη εκμετάλλευσης,
  - σε μεγάλα βάθη εκμετάλλευσης η απομάκρυνση από τη ζώνη διαταραχής μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλου μήκους στοές προσπέλασης και μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς προϊόντων.

- Η μελλοντική προοπτική του μεταλλείου
  - η εξέλιξη όσον αφορά το μέγεθος ή την παραγωγικότητα ενός μεταλλείου επηρεάζει το μέγεθος των έργων προσπέλασης.

Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει συνοπτικά εναλλακτικούς τρόπους προσπέλασης για διάφορες εκμεταλλεύσεις [1].

Πίνακας 3.1: Συνοπτική παρουσίαση των εναλλακτικών τρόπων προσπέλασης για διαφορετικές περιπτώσεις εκμετάλλευσης [1].

Επιφάνεια εδάφους	Βάθος προσπέλασης	Κλίση κοιτάσματος	Συνήθης τρόπος προσπέλασης
Σχεδόν οριζόντια	Μικρό, μέσο, μεγάλο	Μικρή (σχεδόν οριζόντιο)	Φρέαρ
Σχεδόν οριζόντια	Μικρό, μέσο	Μέση	Φρέαρ, κεκλιμένο, ελικοειδές κεκλιμένο
Σχεδόν οριζόντια	Μεγάλο	Μέση	Φρέαρ
Σχεδόν οριζόντια	Μικρό, μέσο	Μεγάλη (σχεδόν κατακόρυφο)	Φρέαρ, κεκλιμένο, ελικοειδές κεκλιμένο
Σχεδόν οριζόντια	Μεγάλο	Μεγάλη	Φρέαρ
Κεκλιμένη με σημαντικό ανάγλυφο	Μικρό, μέσο	Μέση, μικρή, μεγάλη	Στοά, κεκλιμένο
Κεκλιμένη με σημαντικό ανάγλυφο	Μεγάλο	Μέση, μικρή, μεγάλη	φρέαρ

3.5 Επιλογή της θέσης των έργων προσπέλασης

Η επιλογή της θέσης των έργων προσπέλασης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο σημείο του σχεδιασμού μιας εκμετάλλευσης. Καθώς τα έργα αυτά θεωρούνται μόνιμα, επηρεάζουν τις αποφάσεις για την κατασκευή βοηθητικών εγκαταστάσεων (συνεργεία επισκευής, κτίρια διοίκησης) και του τυχόν εργοστασίου θραύσης ή επεξεργασίας του προϊόντος. Οι κύριοι παράγοντες που υπεισέρχονται στη μελέτη του προβλήματος αυτού είναι [1]:

- η μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους που υπέρκειται του κοιτάσματος,
- η ευκολία μεταφοράς του προϊόντος στην αγορά και των υλικών στο μεταλλείο μέσω υπαρχόντων συγκοινωνιακών δικτύων,
- η επίδραση του κλίματος στη λειτουργία της εκμετάλλευσης,
- η μέθοδος εκμετάλλευσης (τα μόνιμα έργα προσπέλασης πρέπει να μην επηρεάζονται από την ανάπτυξη της εκμετάλλευσης),
- η μελλοντική προοπτική ανάπτυξης του έργου,
- το κόστος ανάπτυξης δηλαδή το κόστος μέχρι τη λειτουργική προσπέλαση των μετώπων εξόρυξης του μεταλλεύματος, σε σχέση με το κόστος λειτουργίας του μεταλλείου.

Η βέλτιστη θέση των έργων προσπέλασης καθορίζεται στις περισσότερες περιπτώσεις από τους ακόλουθους παράγοντες [1]:

- την ασφάλεια της εκμετάλλευσης,
- την ταχεία και οικονομική προσπέλαση του κοιτάσματος,
- την ταχεία έναρξη παραγωγής μεταλλεύματος,
- την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς του προϊόντος,
- την ελαχιστοποίηση των δαπανών αερισμού, άντλησης υδάτων, διακίνησης προσωπικού, κλπ.

3.6 Επιλογή της μορφής και της διατομής των έργων προσπέλασης

Το μέγεθος των έργων προσπέλασης ενός κοιτάσματος, καθώς και η μορφή της διατομής τους επηρεάζεται κυρίως από τους ακόλουθους παράγοντες [1]:

- το ύψος της παραγωγής του μεταλλείου,

- το βάθος εκμετάλλευσης,
- τη μέθοδο και τον εξοπλισμό μεταφοράς/ανέλκυσης,
- την ποσότητα του απαιτούμενου αέρα και τη μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα κίνησης του αέρα αυτού,
- τις γεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες,
    - ο καθορισμός των φυσικών, χημικών και μηχανικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων κατά μήκος του άξονα της στοάς,
    - ο καθορισμός των περιοχών που χαρακτηρίζονται από μεταπτώσεις, ρήγματα, πτυχώσεις, αποσαθρωμένες ζώνες, κλπ. (για παράδειγμα μία στοά είναι προτιμότερο να ορυχθεί στο κέντρο ενός αντικλίνου, παρά στο κέντρο ενός σύγκλινου το οποίο είναι δυνατόν να παρουσιάζει υψηλότερες τάσεις στα περιβάλλοντα πετρώματα και μεγαλύτερη υδροφορία),
    - η ποσότητα και η χημική σύσταση των υπογείων υδάτων,
- τις απαιτήσεις των δικτύων ηλεκτρισμού, άντλησης των υπογείων υδάτων, πεπιεσμένου αέρα, λιθογόμωσης, κλπ.,
- τον αριθμό των εργαζομένων,
- το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των έργων.

Συνοπτικά, η μορφή της εκσκαφής είναι συνάρτηση του τύπου και του τρόπου κατασκευής του ανοίγματος και πρέπει να εξασφαλίζει οικονομική και άνετη όρυξη της εκσκαφής, *να* προσαρμόζεται προς τα χαρακτηριστικά και τον τύπο του πετρώματος και να εξυπηρετεί με ευχέρεια τη διακίνηση του προσωπικού, του εξοπλισμού και του αέρα [1].

- Προσπέλαση με Στοά: Οι μορφές των διατομών των υπογείων ανοιγμάτων οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η τραπεζοειδής, η ελλειψοειδής ή η κυκλική, καθώς και μερικές παραλλαγές των δύο τελευταίων κατηγοριών (όπως η ημικυκλική, η ημιελλειψοειδής, κλπ), ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων, τον τύπο της υποστήριξης και τις ανάγκες της εκμετάλλευσης.

- Προσπέλαση με Φρέαρ: Οι μορφές των διατομών οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η κυκλική και η ορθογωνική ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκμετάλλευσης. Η κυκλική διατομή είναι δυνατόν να εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες αερισμού και να έχει καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά στη σταθερότητα των τοιχωμάτων, ενώ η ορθογωνική είναι συχνά καλύτερη όσον αφορά στην αξιοποίηση του ωφέλιμου χώρου.

3.7 Επιλογή του αριθμού των έργων προσπέλασης

Σε κάθε υπόγεια εκμετάλλευση επιβάλλεται η δημιουργία δύο τουλάχιστον οδών επικοινωνίας με την επιφάνεια για λόγους ασφαλείας και για τη δημιουργία του κυκλώματος αερισμού. Παρόλο που συνήθως τα έργα προσπέλασης διακρίνονται σε κύρια και δευτερεύοντα, είναι απαραίτητο να γίνει απαρχής πλήρης μελέτη για την όρυξη όλων των έργων προσπέλασης καθώς αυτά αποτελούν μόνιμα έργα απαραίτητα για την απρόσκοπτη λειτουργία ενός μεταλλείου [1].

Καθώς αυξάνει η οριζόντια εξάπλωση των έργων ανάπτυξης και εκμετάλλευσης του κοιτάσματος είναι πιθανόν να απαιτηθεί η όρυξη νέων έργων επικοινωνίας με την επιφάνεια για να εξυπηρετηθεί καλύτερα το κύκλωμα αερισμού και η διακίνηση προσωπικού και υλικών προς τα νέα μέτωπα εκμετάλλευσης. Σε σπάνιες περιπτώσεις όμως μεταβάλλεται η κύρια θέση μεταφοράς του εξορυσσομένου προϊόντος στην επιφάνεια, καθώς [1]:

- η θέση αυτή συνήθως συνδέεται με υπόγειες εγκαταστάσεις θραύσης ή και αποθήκευσης και με επιφανειακές εγκαταστάσεις επεξεργασίας
- το αρχικό κόστος εγκατάστασης ενός μόνιμου συστήματος μεταφοράς είναι αρκετά υψηλό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

4.1 Γενικά

Για την εξόρυξη μεταλλεύματος από το υπέδαφος (ή βιομηχανικού ορυκτού ή διακοσμητικού πετρώματος) πρέπει να κατασκευασθούν υπόγεια έργα προσπέλασης προς την ζώνη μεταλλοφορίας, έργα ανάπτυξης και εξόφλησης για την απόσπαση του μεταλλεύματος και έργα μεταφοράς αυτού στην επιφάνεια. Χρειάζονται εκσκαφές διαφόρων γεωμετριών, μεγεθών, προσανατολισμών και λειτουργιών για την υποστήριξη της σειράς των εργασιών που αποτελούν όλη τη μεταλλευτική διαδικασία [3].

Ανεξαρτήτως της εφαρμοζόμενης μεθόδου εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος, υπάρχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ των λειτουργιών και των απαιτούμενων γεωμηχανικών συμπεριφορών των διαφόρων μη – παραγωγικών εκσκαφών.

Το μέτωπο είναι το τμήμα εκείνο της εκμετάλλευσης που λαμβάνει χώρα η εξόρυξη και παραγωγή μεταλλεύματος από ένα κοίτασμα. Το σύστημα των μετώπων που διαμορφώνεται κατά την εξόρυξη του μεταλλεύματος συνήθως αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο όγκο (μέγεθος) των εκσκαφών που θα δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια μιας εκμετάλλευσης. Ο πυρήνας της μεταλλευτικής διαδικασίας βρίσκεται στη διάνοιξη των μετώπων, την απόσπαση του μεταλλεύματος από τη φυσική του θέση και την απομάκρυνσή του από αυτά. Είναι προφανές ότι ο έλεγχος της γεωμηχανικής συμπεριφοράς του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων στείρων πετρωμάτων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στην αποδοτική γεωμηχανική και οικονομική συμπεριφορά ενός εκάστου των μετώπων, αλλά και του συστήματος εκμετάλλευσης συνολικά.

Το ότι το μέγεθος των μετώπων είναι σημαντικό σημαίνει ότι η ζώνη επιρροής των είναι μεγάλη σε σχέση με όλους τους άλλους τύπους εκσκαφών. Επομένως ο ρόλος σχεδιασμού των μετώπων είναι σημαντικός επί του σχεδιασμού και της λειτουργικότητας των άλλων εκσκαφών που υποστηρίζουν μια μεταλλευτική δραστηριότητα [3].

Ο δεύτερος τύπος μεταλλευτικών εκσκαφών είναι τα έργα ανάπτυξης. Αυτά μπορεί να είναι ράμπες, λούκια μεταλλεύματος, εγκάρσιες στοές, κεκλιμένα αερισμού, μεταφοράς υλικών και προσωπικού, χοάνες, στοές υποσκαφής κ.ά. Αυτές οι εκσκαφές ορύσσονται είτε εντός του μεταλλεύματος είτε στο περιβάλλον στείρο πέτρωμα. Η λειτουργική ζωή αυτών των υπογείων έργων είναι περίπου ίση μ’ αυτή

των παραγωγικών μετώπων. Λόγου χάριν οι διευθυντικές στοές που διαιρούν τμήμα κοιτάσματος σε υποορόφους "καταναλώνονται" κατά την εξόφληση του κοιτάσματος. Η τοποθεσία των έργων ανάπτυξης στη ζώνη γεωμηχανικής επιρροής των παραγωγικών μετώπων ή διαφορετικά η περιοχή πέριξ των μετώπων και των σχετιζομένων μ' αυτά έργων ανάπτυξης μπορεί να προκαλέσει αντίξοες εντατικοπαραμορφωσιακές τοπικές συνθήκες στη μάζα του πετρώματος με προφανή αρνητικά αποτελέσματα στην ασφάλεια των εργαζομένων και του μηχανολογικού εξοπλισμού του μεταλλείου [3].

Με σκοπό την αποφυγή τέτοιων φαινομένων είναι αναγκαία :

α) η κατανόηση των αιτιών της αστάθειας της βραχομάζας και

β) η λήψη κατάλληλων σχεδιαστικών μέτρων για την εξάλειψη ή ελαχιστοποίηση τέτοιων προβλημάτων με προφανή αρνητικά αποτελέσματα στην ασφάλεια των εργαζομένων και του μηχανολογικού εξοπλισμού του μεταλλείου. Επιπροσθέτως, λόγω της αραίωσης του μεταλλεύματος εξαιτίας κατάπτωσης τμημάτων της μάζας του περιβάλλοντος πετρώματος (λ.χ ογκοτεμαχίων, οροφής κ.λ.π) μπορεί να μειωθεί η οικονομικότητα της εκμετάλλευσης.

Γι' αυτό το σκοπό ο σχεδιασμός αυτών των έργων προϋποθέτει λεπτομερή γεωτεχνική μελέτη της διαταραχής του εντατικού πεδίου στο περιβάλλον πέτρωμα λόγω της εξόρυξης των μετώπων σε αυτό. Για τον σκοπό της απρόσκοπτης και ασφαλούς λειτουργίας των έργων αυτών χρειάζεται να ληφθεί υπόψη α) η γεωμετρία των μετώπων, β) η θέση των μετώπων, γ) η ενδεχόμενη υποστήριξη των έργων ανάπτυξης πέριξ των μετώπων, δ) οι γεωμηχανικές ιδιότητες των περιβαλλόντων πετρωμάτων, δ) η παρουσία νερού, κ.λπ.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ταξινόμησης των υπογείων μεθόδων εκμετάλλευσης όπως είδαμε αναλυτικά και στο κεφάλαιο 2. Ο συνηθέστερος τρόπος ταξινόμησης ακολουθεί το Αγγλοσαξονικό Σύστημα Ταξινόμησης που βασίζεται στις μηχανικές ιδιότητες του περιβάλλοντος πετρώματος και του μεταλλεύματος [3].

Έτσι, οι μέθοδοι εκμετάλλευσης υπογείων ταξινομούνται στις ακόλουθες τέσσερεις κατηγορίες :

- οι μέθοδοι με ανοίγματα τα οποία δεν χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη (naturally supported stopes), που περιλαμβάνουν την μέθοδο των Θαλάμων και Στύλων, την μέτωπο κατά μέτωπο προσβολής με εγκαταλείψη Στύλων (Breast Stoping), την μέθοδο των Βαθμίδων Άνευ Εγκαταλείψεως Στύλων,

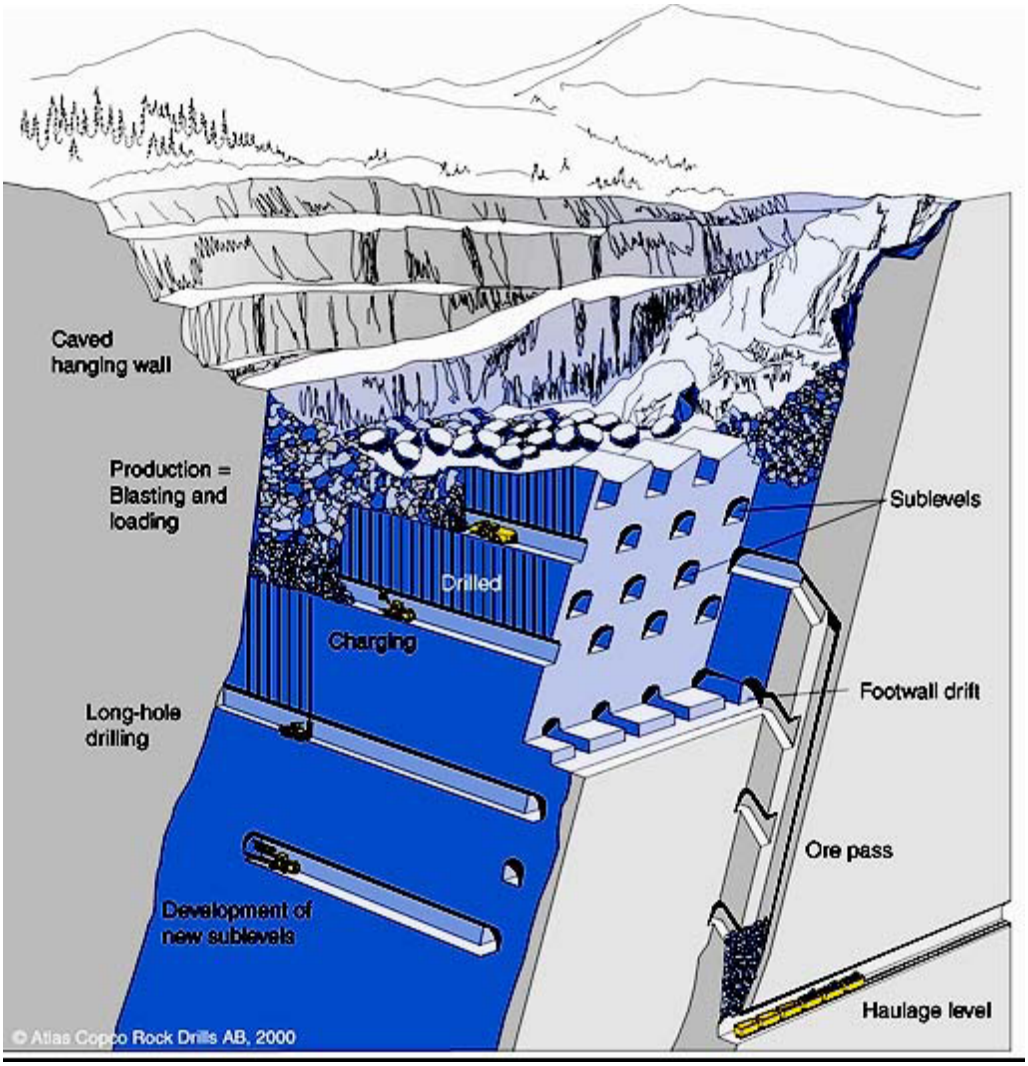
την μέθοδο των Διαδοχικών Ορόφων, την μέθοδο του Ανεστραμμένου Κρατήρα, κ.λπ.

- οι μέθοδοι με ανοίγματα που χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη (artificially supported stopes), που περιλαμβάνουν την μέθοδο του Συμπτυσσομένου Μετώπου, την μέθοδο των Διαδοχικών Κοπών και Λιθογομώσεων, την μέθοδο του Επιμήκους Μετώπου με Λιθογόμωση, την μέθοδο των Ξύλινων Πρισματικών Πλαισίων, κ.λπ.
- οι μέθοδοι με κατακρήμνιση της οροφής (caving methods) που λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα με την εξόφληση περιλαμβάνουν την μέθοδο των Διαδοχικών Ορόφων με Κατακρήμνιση, την μέθοδο της Κατακρήμνισης Οροφής, την μέθοδο του Επιμήκους Μετώπου με Κατακρήμνιση της Οροφής, την μέθοδο Κοπών Κατά Πλάκες, κ.α.
- οι μέθοδοι με την κατακρήμνιση οροφής να γίνεται σε δεύτερη φάση, που περιλαμβάνουν τη μέθοδο Θαλάμων και Στύλων με κατακρήμνιση της οροφής, Διαδοχικών Ορόφων με κατακρήμνιση σε δεύτερη φάση κ.λπ.

Οι επιλεκτικές ΜΕ συνήθως σχεδιάζονται για υψηλή ανάκτηση του μεταλλεύματος με ελάχιστη αραίωση, ενώ οι μέθοδοι κατακρήμνισης της οροφής ή πατώματος αποδέχονται απώλειες και αραίωση μεταλλεύματος. Σε αυτήν την διπλωματική θα ασχοληθούμε με τις μεθόδους τις κατακρήμνισης οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω [3].

4.2 Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση

Αρχή της μεθόδου: Η μέθοδος αυτή (Sublevel Caving Method) πραγματοποιείται εντός διαδοχικών ορόφων, όπου ορύσσονται διατρήματα από το κάτω μέρος του ορόφου και κατακρημνίζεται το πάνω μέρος του. Παράλληλα με την κατακρήμνιση του ορόφου ακολουθεί η κατακρήμνιση των αγόνων που υπέρκεινται των ορόφων για την κάλυψη των δημιουργηθέντων κενών (εικόνα 4.1) [3].



Εικόνα 4.1: Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση [3].

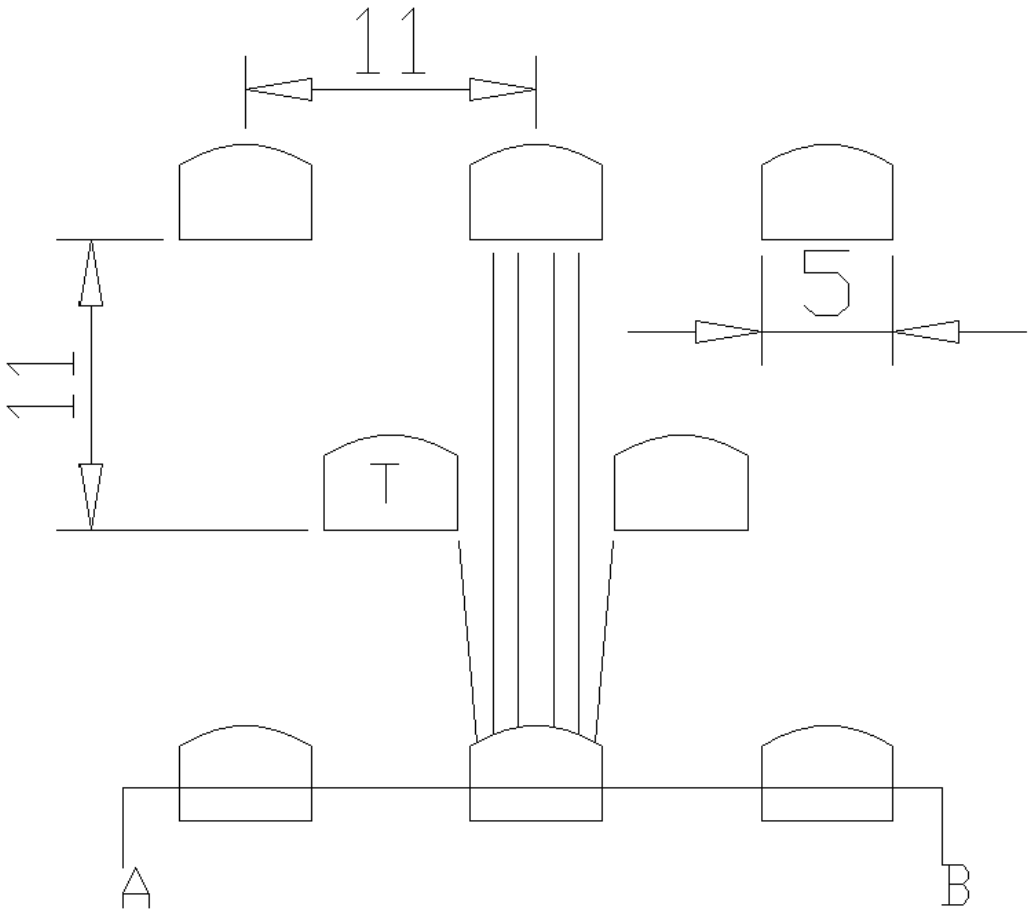
Προϋποθέσεις και πεδίο εφαρμογής: Οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου είναι [3]:

- Κατακόρυφο ή σχεδόν κατακόρυφο κοίτασμα, με την μεγαλύτερη διάσταση του κατά την κατακόρυφο.
- Μετάλλευμα εύκολα κατακρημνιζόμενο. Σημειώνεται ότι το ποσοστό ανάκτησης είναι άμεσα συνδεδεμένο με την δυνατότητα κατακρήμνισης του μεταλλεύματος.
- Ευκόλως κατακρημνιζόμενα περιβάλλοντα πετρώματα.
- Ομαλή γεωμετρία των παρυφών.
- Απουσία ανάγκης εκλεκτικής εξόρυξης.

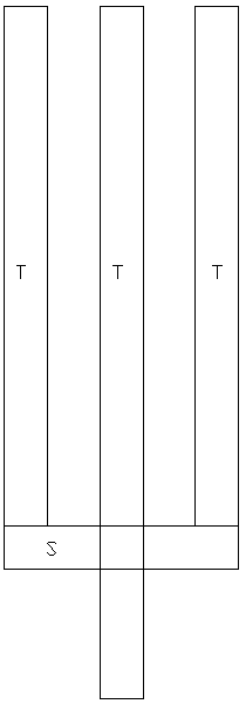
- Η φυσική επιφάνεια του εδάφους δεν επηρεάζεται δυσμενώς από την παρουσία φαινομένων καθίζησης.

Το είδος κοιτασμάτων στα οποία πλέον εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή, είναι κοιτάσματα κατακόρυφα μεγάλου πάχους, με αρκετά ανθεκτικό μετάλλευμα και οροφή εύκολα κατακρημνιζόμενη.

Εργασίες προπαρασκευής: Το κοίτασμα χωρίζεται σε πατώματα ύψους 30 έως 50m, με την όρυξη δύο διευθυντικών στοών. Το κάθε πάτωμα χωρίζεται σε υποπατώματα με την όρυξη διευθυντικών στοών S που απέχουν συνήθως από 8 έως 15 m και συνδέονται με κεκλιμένα (εικόνα 4.2, 4.3) [3].



Εικόνα 4.2: Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση. Χωρισμός του κοιτάσματος σε τμήματα και ορόφους.



Εικόνα 4.3: Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση, κάτοψη.

Η όρυξη των διατρημάτων γίνεται όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2 σε διάταξη βεντάλιας με ηλεκτρονικό υπολογιστή σε διατρητικό μηχάνημα SimBA, τα διατρήματα έχουν διάμετρο 57 mm. Με την διάταξη αυτή το υλικό ρέει ταχύτερα στο κέντρο απ' ότι στις παρειές. Ο ρυθμός ορύξεως διατρημάτων είναι το πολύ δυο σειρές διατρημάτων την μέρα διότι αυξάνεται πολύ η κινητικότητα του μεταλλεύματος και των στείρων, ακόμη έχουμε και αύξηση της αραίωσης του μεταλλεύματος.

Η υποστήριξη γίνεται τοπικά με κοχλίωση ενώ ο αερισμός με εύκαμπτους σωλήνες που ξεκινούν από βοηθητικούς ανεμιστήρες που βρίσκονται στις στοές S και γίνεται ο αερισμός των στοών Τ. Επίσης κατά την προπαρασκευή του κοιτάσματος γίνεται απόληψη περίπου 20% του μεταλλεύματος.

Έργα ανάπτυξης: Από τα κεκλιμένα ορύσσονται διευθυντικές στοές στα υποπατώματα καθώς και την όρυξη λουκιών μεταλλεύματος και ελικοειδών κεκλιμένων για την σύνδεση των υποπατωμάτων με την διευθυντική στοά του κάθε πατώματος. Σε κοιτάσματα με μικρό πάχος οι διευθυντικές στοές καλύπτουν και τις ανάγκες εξόρυξης του συνολικού πάχους του κοιτάσματος.

Σε κοιτάσματα μέσου ή μεγάλου πάχους ορύσσονται είτε περισσότερες διευθυντικές στοές σε κατάλληλες αποστάσεις είτε ορύσσεται μία διευθυντική στοά που λειτουργεί ως βάση ανάπτυξης ενός συστήματος εγκαρσίων που καλύπτουν όλο

το πάχος του κοιτάσματος. Από αυτές τις στοές ορύσσονται περιμετρικά ή παράλληλα ανιόντα διατρήματα. Η ειδική κατανάλωση εκρηκτικού υλικού είναι πολύ μικρή γιατί τα διατρήματα τα ορύσσουμε απλώς για να διευκολύνουμε την διάρρηξη των πετρωμάτων. Η ανατίναξη αρχίζει από το πλέον απομακρυσμένο σημείο του κοιτάσματος και υποχωρεί προς την στρώση [3].

Φόρτωση - Αποκομιδή του Μεταλλεύματος: Η μεταφορά από τα μέτωπα μέχρι τα λούκια μεταλλεύματος γίνεται με αυτοκινούμενους φορτωτές (LHD) και κατά αυτόν τον τρόπο μπορεί να οριστεί το μέγεθος των ανοιγμάτων βάση του ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού (εικόνα 4.4).

Ορισμοί

- Απόληψη: $E = \frac{Απολη\varphi θείς\ στερεός\ όγκος}{Ανατιναχθείς\ όγκος} \cdot 100\%$, όπου ο απολη\varphiθείς στερεός όγκος ισούται με το άθροισμα του όγκου του μεταλλεύματος συν τον όγκο του στείρου.
- Αραίωση: $D = \frac{Όγκος\ αγόνων\ υλικών}{Απολη\varphi θείς\ στερεός\ όγκος} \cdot 100\%$, (συνήθως 10 - 20%).
- Ανάκτηση: $R = \frac{Απολη\varphi θείς\ όγκος\ μεταλλεύματος}{Ανατιναχθείς\ όγκος} \cdot 100\%$, (κυμαίνεται μεταξύ 95 – 99%).

Παράδειγμα

Έστω ότι το μετάλλευμα in situ είναι 22000 ton, να υπολογιστεί η ποσότητα του μεταλλεύματος προς φόρτωση και η περιεκτικότητα του μεταλλεύματος που φορτώνεται. Δίνονται:

Περιεκτικότητα: 0.5 % Cu

Απώλειες μεταλλεύματος: 8 %

Αραίωση: 22 %

$$Ποσότητα\ μεταλλεύματος\ προς\ φόρτωση = 22000\left(\frac{100-8}{100-22}\right) = 25948\ ton$$

$$Περιεκτικότητα\ μεταλλεύματος\ που\ φορτώνεται = \left(\frac{100-22}{100}\right)0.5\% = 0.39\%\ Cu$$

Εάν οι απώλειες μειωθούν στο 6% και η αραίωση αυξηθεί στο 33% τότε προκύπτει:

$$Ποσότητα\ μεταλλεύματος\ προς\ φόρτωση = 22000\left(\frac{100-6}{100-33}\right) = 30865\ ton$$

$$Περιεκτικότητα\ μεταλλεύματος\ που\ φορτώνεται = \left(\frac{100-33}{100}\right)0.5\%$$

$$= 0.335\%\ Cu$$

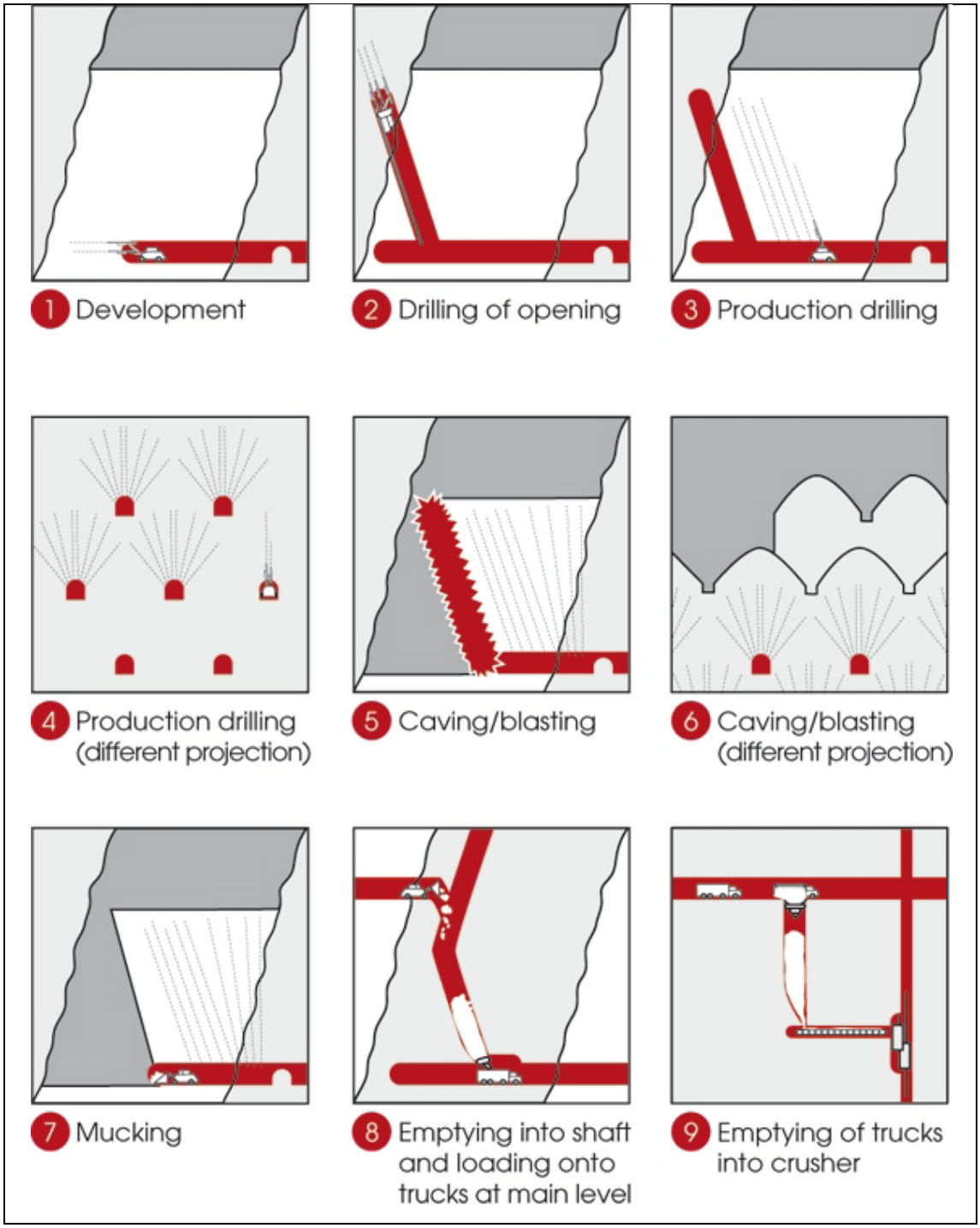
Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα της μεθόδου: Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι [3]:

- Υψηλός ρυθμός παραγωγής.
- Υψηλό ποσοστό ανάκτησης.
- Μέτρια αραίωση.
- Υψηλή παραγωγικότητα.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι :

- Αραίωση του κοιτάσματος με το κατακρημνιζόμενο περιβάλλων πέτρωμα.
- Αρκετά έργα προπαρασκευής.

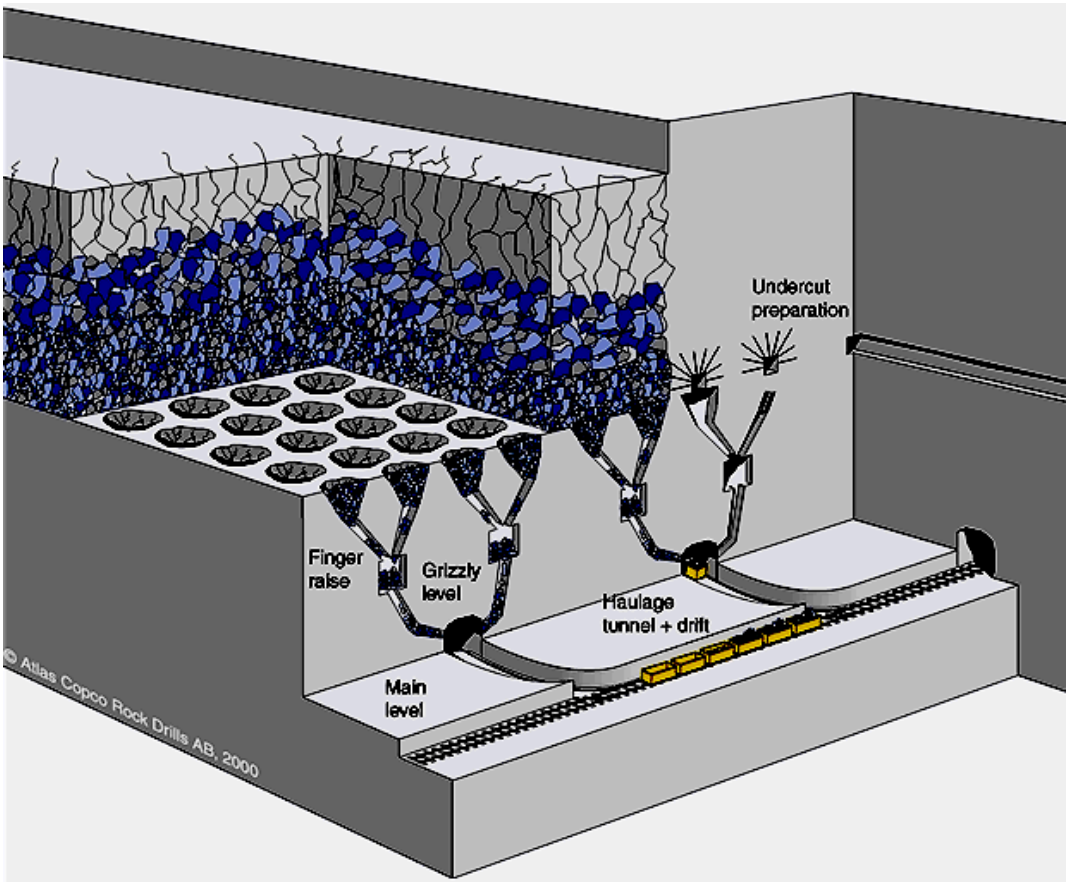
Η μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση είναι για πολλά χρόνια η κύρια μέθοδος εκμετάλλευσης για τα σιδηρομεταλλεύματα στη Σουηδία.



Εικόνα 4.4: Μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση [3].

4.3 Μέθοδος Κατακρήμνισης Πατώματος

Αρχή της μεθόδου: Η μέθοδος της κατακρήμνισης πατώματος (Block Caving Method, εικόνα 4.4) μπορεί να θεωρηθεί εξέλιξη της μεθόδου των διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση της οροφής, όπου μάλιστα εφαρμόζεται δίνει μικρότερο κόστος εκμετάλλευσης ανά τόνο μεταλλεύματος από κάθε άλλη μέθοδο εκμετάλλευσης. Χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι ότι απαιτεί υψηλό κεφαλαιουχικό κόστος για τα έργα ανάπτυξης και ότι εφαρμόζεται για υπόγεια μεταλλευτικά έργα μεγάλης κλίμακας. Στην μέθοδο αυτή, το ύψος του ορόφου καλύπτει το ύψος του πατώματος και μπορεί να φτάσει περισσότερο από 100 m. Η κατεύθυνση της εκμετάλλευσης είναι από κάτω προς τα πάνω, καθώς υποσκάπτονται μεγάλα τμήματα από τη βάση. Η οροφή του μεταλλεύματος κατακρημνίζεται προς τις χοάνες απόληψης που ορύσσονται με περιμετρικά διατρήματα από τις στοές υποσκαφής, εξαιτίας των μεγάλων βαρυτικών δυνάμεων που επενεργούν [3].



Εικόνα 4.5: Μέθοδος κατακρήμνισης πατώματος [3].

Προϋποθέσεις και πεδίο εφαρμογής: Οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου είναι [3]:

- Μεγάλη οριζόντια ανάπτυξη του κοιτάσματος.
- Μεγάλο πάχος κοιτάσματος, τουλάχιστον 20 m.
- Μεγάλη κλίση κοιτάσματος.
- Περιβάλλοντα πετρώματα υψηλών μηχανικών ιδιοτήτων.
- Περιβάλλοντα πετρώματα καλής γεωμετρικής ανάπτυξης.
- Πέτρωμα ικανό να κατακρημνισθεί μετά την αρχική υποσκαφή.
- Απουσία προβλημάτων στην επιφάνεια συνδεόμενα με τα φαινόμενα καθίζησης.

Εργασίες προπαρασκευής: Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους καθορίζονται τόσο τα έργα προσπέλασης όσο και τα έργα ανάπτυξης, ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας επαφής υπερκείμενων στείρων και μεταλλεύματος. Στον ένα τρόπο διατηρείται οριζόντια επαφή μεταξύ μεταλλεύματος και υπερκείμενου σχηματισμού, ενώ στον άλλο τρόπο διατηρείται υπό σταθερή γωνία αυτή η διεπιφάνεια. Η βασική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι στον πρώτο τρόπο η εξόρυξη του κάθε τμήματος γίνεται ταυτόχρονα σε όλο το επίπεδο της υποσκαφής ενώ στο δεύτερο τρόπο η εξόρυξη μετατοπίζεται σταδιακά παράλληλα της κύριας στοάς μεταφοράς.

Τα έργα προπαρασκευής περιλαμβάνουν την όρυξη των χοάνων, συγκέντρωσης και απόληψης του μεταλλεύματος με περιμετρική διάτρηση (ring drilling), την όρυξη οχετών μεταλλεύματος από τις χοάνες απόληψης μέχρι το επίπεδο εσχάρας, την δημιουργία του επίπεδου εσχάρας (grizzly level), την όρυξη κεκλιμένων, που συνδέουν το επίπεδο εσχάρας με την στοά υποσκαφής. Οι χοάνες ορύσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουν όλη την βάση του πατώματος. Οι εσχάρες χρησιμοποιούνται για την δευτερογενή θραύση μεγάλων τεμαχών που εμποδίζουν την ροή του μεταλλεύματος προς τις χοάνες απόληψης. Είναι πιθανό, όταν το επιτρέπουν οι ιδιότητες του μεταλλεύματος να αποφευχθεί η χρήση τους [3].

Έργα ανάπτυξης: Τα έργα ανάπτυξης είναι άμεσα συνδεδεμένα με τα προπαρασκευαστικά, όπου ορύσσεται και η στοά υποσκαφής εντός του μεταλλεύματος, κάθετα στην κύρια στοά μεταφοράς που έχει ορυχτεί χαμηλότερα

της. Με την διάνοιξη της στοάς υποσκαφής, με περιμετρικά διατρήματα, αρχίζει η κύρια διαδικασία εξόρυξης του μεταλλεύματος.

Φόρτωση - Αποκομιδή του Μεταλλεύματος: Τα κύρια μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται είναι αυτοκινούμενοι φορτωτές καθώς και βαγόνια. Το θραυσμένο μετάλλευμα καταρρίπτεται μέσω της βαρύτητας στις στοές υποσκαφής αποκομιδής, στη συνέχεια μέσω των κεκλιμένων μεταλλεύματος στο επίπεδο εσχάρας, όπου πραγματοποιείται δευτερογενής θραύση του υλικού αν είναι αναγκαίο και τέλος καταλήγει στις χοάνες αποκομιδής, όπου φορτώνεται και οδηγείται στην κύρια στοά μεταφοράς [3].

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα της μεθόδου: Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι [3]:

- Εξαιρετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος, που επικεντρώνεται κυρίως στα έργα προπαρασκευής.
- Υψηλός ρυθμός παραγωγής.
- Η παραγωγική διαδικασία είναι συγκεντρωτική άρα επιτρέπει την σχετικά εύκολη επίβλεψη των εργασιών.
- Υψηλό ποσοστό ανάκτησης του μεταλλεύματος
- Καλές συνθήκες ασφαλείας.
- Ο φυσικός αερισμός των υπογείων χώρων είναι καλύτερος συγκρινόμενος με τις άλλες μεθόδους κατακρήμνισης.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Η προετοιμασία των πατωμάτων για κατακρήμνιση απαιτεί μεγάλο χρόνο προπαρασκευής και υψηλό κόστος.
- Η μεταβολή του ρυθμού παραγωγής για την αντιμετώπιση αλλαγών στη ζήτηση είναι αρκετά δύσκολη. Το σταμάτημα της παραγωγής για αρκετό χρόνο μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια όλων των έργων ανάπτυξης του υπόψη τμήματος.
- Υψηλές ανάγκες συντήρησης των κεκλιμένων αποκομιδής.
- Η μέθοδος δεν είναι ευέλικτη, που σημαίνει ότι όταν αρχίσει η αλλαγή της σε άλλη μέθοδο είναι πολύ δύσκολη.
- Υψηλό ποσοστό ανάμιξης μεταλλεύματος με στείρο εκ της οροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΤΙΝΑΞΕΙΣ

5.1 Γενικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι υπόγειες ανατινάξεις. Σε αυτές χρησιμοποιούνται διατρήματα μεγάλου μήκους όπως αναπτύσσεται στη συνέχεια.

5.2 Υπόγειες ανατινάξεις σε μέτωπα μεγάλου ύψους

Οι ανατινάξεις για την εξόρυξη του πετρώματος στα μέτωπα αυτά γίνεται με μεγάλου μήκους διατρήματα αντίστοιχα του ύψους του μετώπου. Οι ανατινάξεις αυτές διακρίνονται σε τρείς κατηγορίες κάθε μια από τις οποίες ευρίσκει εφαρμογή σε συγκεκριμένο μέθοδο εκμεταλλεύσεως.
Οι κατηγορίες αυτές είναι [12]:

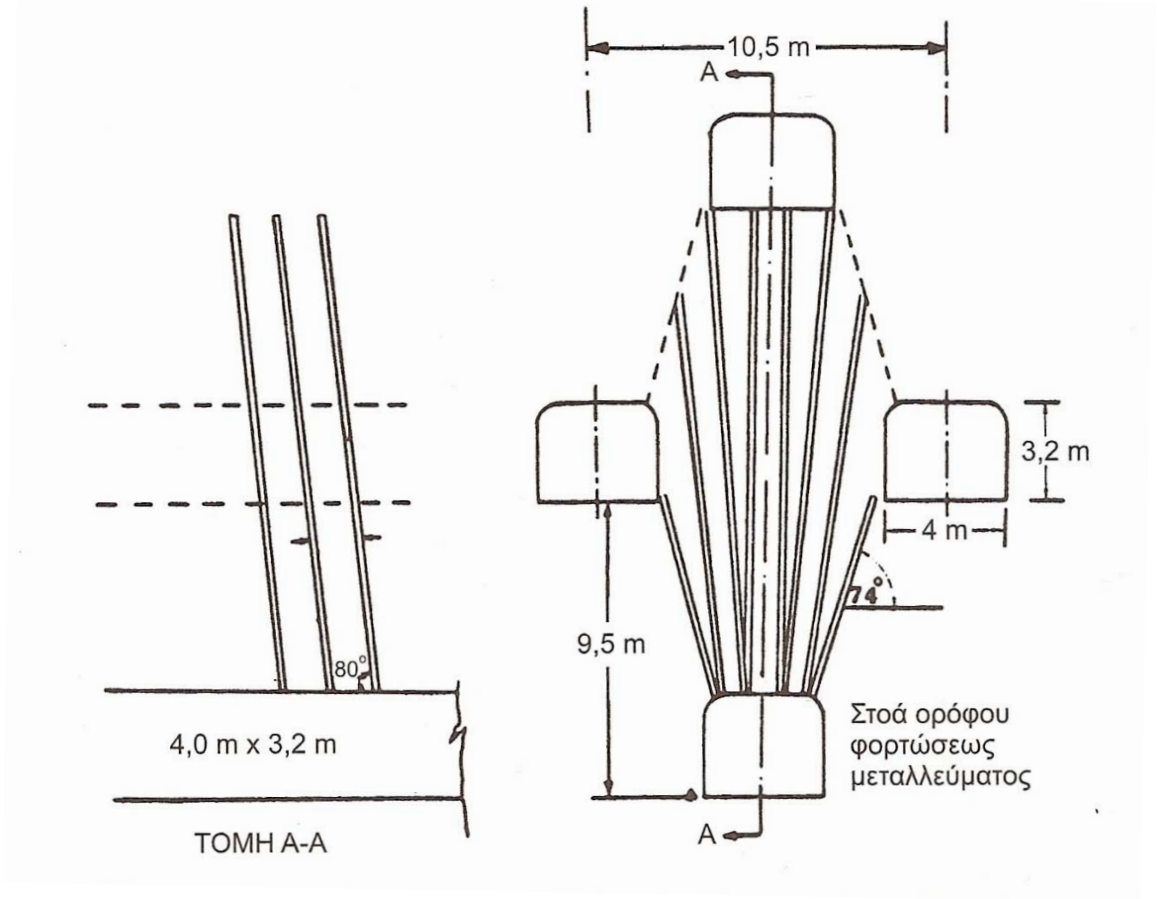
1. Ανατινάξεις με μεγάλης διαμέτρου διατρήματα (100 – 165 mm) για την εξόρυξη του πετρώματος σε μορφή κρατήρα(crater blasting), η οποία έχει εφαρμογή στην μέθοδο εκμετάλλευσης VCR.
2. Ανατινάξεις με παράλληλο διάταξη των κατακόρυφων διατρημάτων, που έχει κυρίως εφαρμογή στην μέθοδο εκμεταλλεύσεως των διαδοχικών ορόφων με κενά μέτωπα (sub-level open stopping).
3. Ανατινάξεις με μικρής διαμέτρου διατρήματα (45 – 65 mm) σε διάταξη μορφής βεντάγιας (fan drilling), η οποία χρησιμοποιείται στην μέθοδο εκμεταλλεύσεως των διαδοχικών ορόφων με κενά κατακρημνιζόμενα μέτωπα (sub-level caving), καθώς και στην μέθοδο κατακρημνίσεως του πατώματος (block caving) και ενίοτε αλλού.

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία διερευνάται η τρίτη κατηγορία δηλαδή ανατινάξεις με μικρής διαμέτρου διατρήματα σε διάταξη μορφής βεντάλιας.

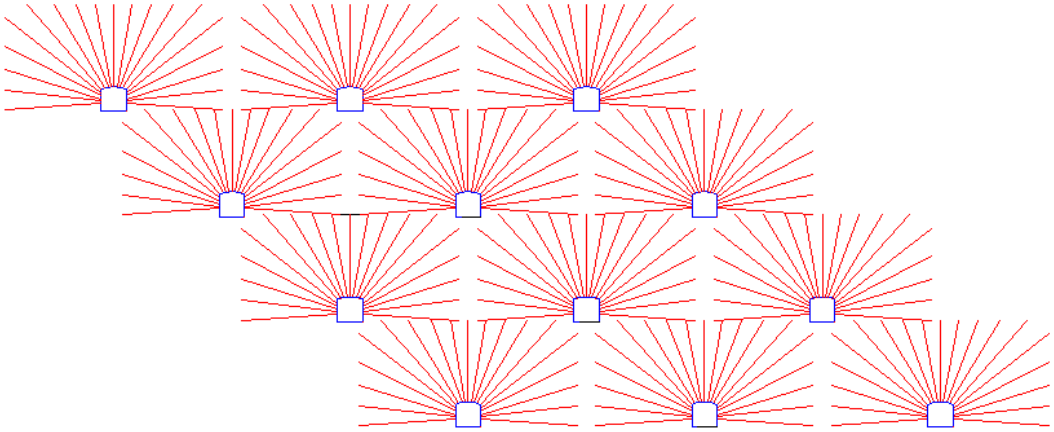
Ανατινάξεις με διατρήματα σε διάταξη βεντάγιας

Πρόκειται για μικρής σχετικά διαμέτρου (54 – 64 mm) και μέχρις 20m μήκους διατρήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε υπόγειες μεθόδους εκμεταλλεύσεως. Στην εικόνα 5.1 δίνεται η συνήθης διάταξη των υπόψη διατρημάτων, όταν

χρησιμοποιούνται στην μέθοδο εκμετάλλευσης των διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση της οροφής και στην εικόνα 5.2 στην περίπτωση πάλι διαδοχικών ορόφων αλλά με κενά μέτωπα. Διατρήματα σε διάταξη βεντάλιας αλλά μικρού μήκους χρησιμοποιούνται και σε άλλες μεθόδους εκμετάλλευσης για την διάνοιξη των χοανών αποκομιδής του μεταλλεύματος. Μεγαλύτερου μήκους διατρήματα χωρίς πολύ συγκεκριμένο σχέδιο διατάξεως χρησιμοποιούνται επίσης στην μέθοδο εκμεταλλεύσεως με κατακρήμνιση του πατώματος για την χαλάρωση του προς εξόρυξη πρίσματος του μεταλλεύματος [12].



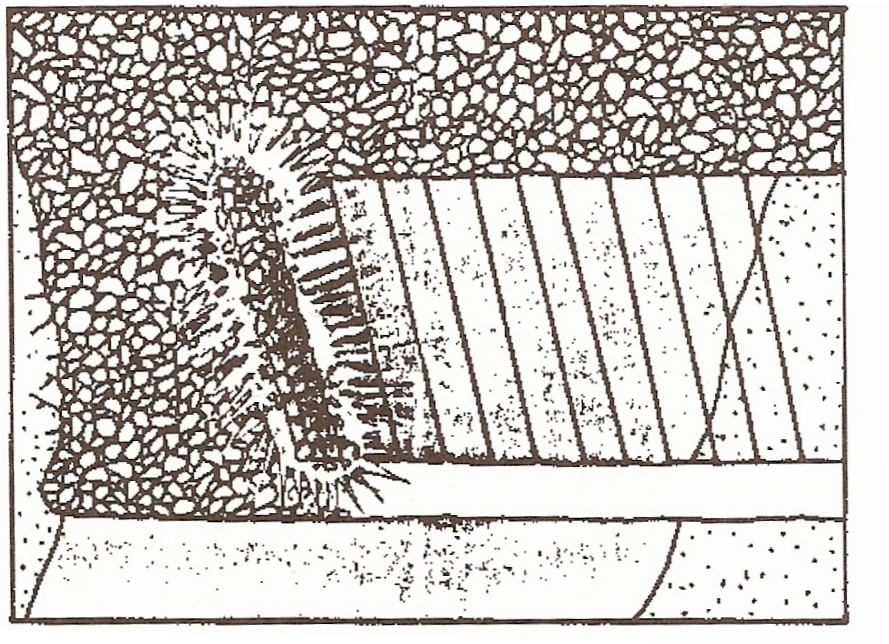
Εικόνα 5.1: Διάταξη διατρημάτων σε μορφή βεντάγιας στην περίπτωση της μεθόδου εκμεταλλεύσεως των διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση [12].



Εικόνα 5.2: Διάταξη διατρημάτων σε μορφή βεντάγιας στην περίπτωση της μεθόδου εκμεταλλεύσεως των διαδοχικών ορόφων με κενά μέτωπα.

Τα διατρήματα κάθε μιας διατάξεως μορφής βεντάλιας ευρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, που βλέπει προς την ελεύθερη επιφάνεια. Η απόσταση μεταξύ των σειρών, που αντιστοιχεί προς το φορτίο, κυμαίνεται μεταξύ 1,3 και 2,0 m ανάλογα με τον επιθυμητό θρυμματισμό και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος. Στην περίπτωση της μεθόδου των διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση, η ανατίναξη λαμβάνει χώρα όπως δείχνει στην εικόνα 5.3, με μέτωπο σε επαφή με το υλικό της κατακρημνίσεως. Προς αποφυγήν της αραίωσης του μεταλλεύματος με το άγονο υλικό μετά την ανατίναξη, λόγω διεισδύσεως του τελευταίου στα κενά μεταξύ των τεμαχίων του εξορυχθέντος μεταλλεύματος αλλά και για να επιτευχθεί υψηλή ανάκτηση μεταλλεύματος, πρέπει ο θρυμματισμός του να είναι κατάλληλος το δε φορτίο τέτοιο, ώστε το μετάλλευμα να κινηθεί πρώτο προς την θέση φορτώσεως με ην δύναμη του υπερκείμενου βάρους του ίδιου και την ώθηση εκ των άνω και πλευρικά, που θα δεχθεί από το κατακρημνισθέν άγονο υλικό [12].

Όταν το φορτίο είναι μεγάλο και εκρήγνυται περισσότερες από δύο σειρές διατρημάτων, τότε παρατηρούνται απώλειες μεταλλεύματος, ενώ όταν το φορτίο είναι μικρό σημειώνεται αραίωση, λόγω διεισδύσεως του αγόνου υλικού.



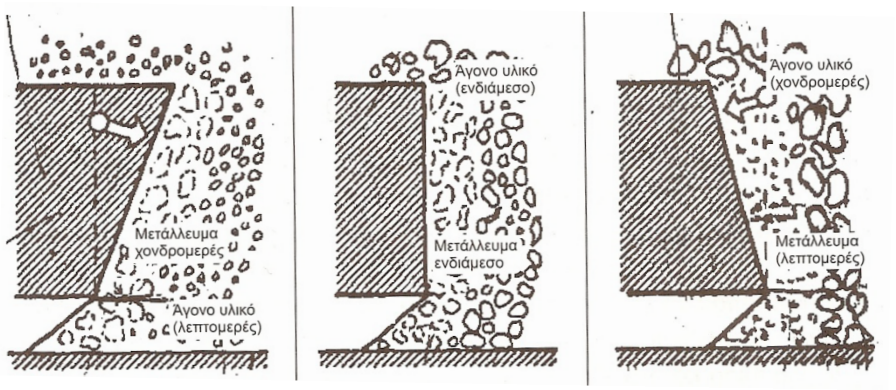
Εικόνα 5.3: Ανατίναξη μεταλλεύματος σε κατακρημνιζόμενο μέτωπο διαδοχικών ορόφων [12].

Το μέτωπο της εξορύξεως όπως δείχνει στην εικόνα 5.4, ανάλογα με τον θρυμματισμό του μεταλλεύματος και εκείνων του υπερκείμενου άγονου υλικού διατάσσεται υπό γωνία από 65^{o} προς τον κενό χώρο της κατακρημνίσεως μέχρις 80^{o} προς την αντίθετη κατεύθυνση με σκοπό πάντοτε να μειωθεί η αραίωση και να αυξηθεί η απόληψη. Συνήθης κλίση είναι 70^{o} προς τον κενό χώρο [12].

Η απόσταση S μεταξύ των διατρημάτων, η οποία ορίζεται στην προκειμένη περίπτωση ως η μεταξύ τους απόσταση στον πυθμένα του διατρήματος, δίνεται από τη σχέση:

S/B = 1,3 έως 2,0

Στην περίπτωση, εξάλλου, κατά την οποίαν τα διατρήματα σε διάταξη βεντάγιας καλύπτουν 360^{o}, όπως εκείνη του Σχ. 4.2, τότε η σχέση S/B μπορεί να φθάσει το 3,5 τοποθετώντας έκκεντρα τη μία σειρά διατρημάτων σε σχέση προς την επόμενη, όπως δείχνει το εικόνα 5.5 [12].

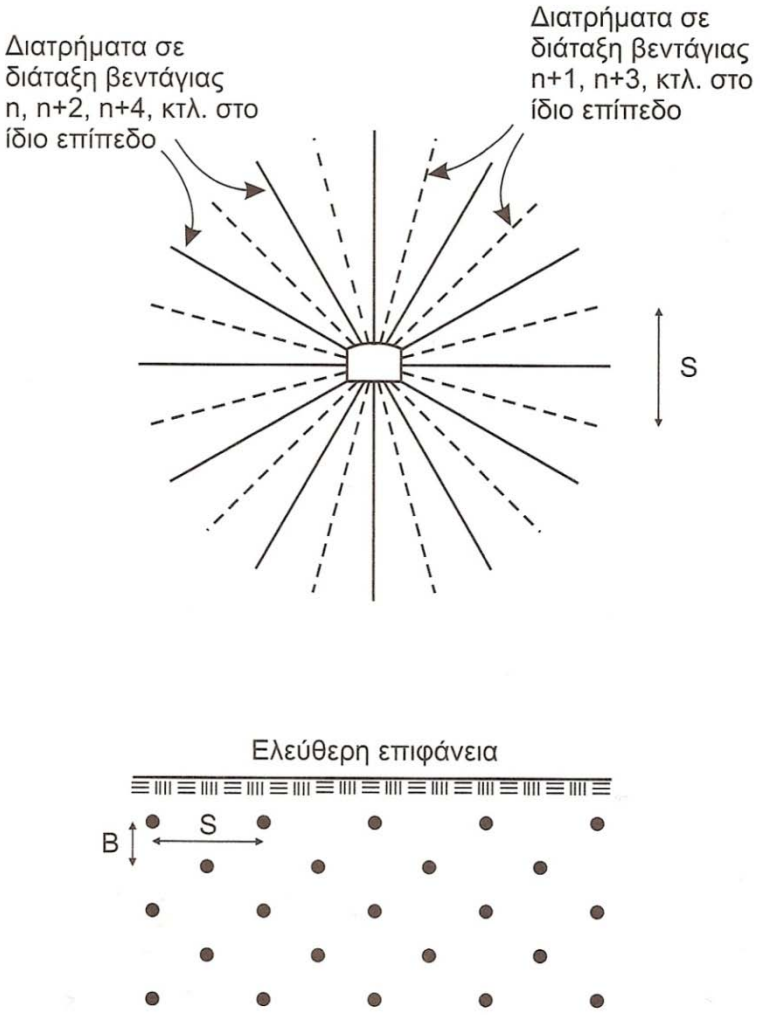


εικόνα 5.4: Διάταξη του μετώπου εξορύξεως υπό διαφορετική γωνία προς τον χώρο της κατακρημνίσεως ανάλογα με τον θρυμματισμό του μεταλλεύματος και των υπερκείμενων αγόνων [12].

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.1 η ειδική κατανάλωση εκρηκτικής ύλης κυμαίνεται από 0,35-0,60 kg/m^3. Η γόμωση κάθε διατρήματος κατανέμεται σε όλο το μήκος του διατρήματος κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το 50-75% της γομώσεως πυθμένα να αποτελεί μέρος της γομώσεως της στήλης. Για την γόμωση των διατρημάτων χρησιμοποιούνται διάφορες εκρηκτικές ύλες σε μορφή φυσιγγίων ή χύμα κάνοντας χρήση κατάλληλων συσκευών γομώσεως [12].

Πίνακας 4.1: ειδική κατανάλωση εκρηκτικής ύλης σε υπόγεια μέτωπα εκμεταλλεύσεως [12].

Χαρακτηριστικά πετρώματος	Ειδική κατανάλωση (kg/m^3)
Σκληρό πέτρωμα με ρωγμές	0,65
Πέτρωμα με διακλάσεις	0,65
Ρωγματωμένο πέτρωμα	0,50
Ομοιογενές πέτρωμα	0,45
Ενδιάμεσο και ομοιογενές πέτρωμα	0,35



Εικόνα 5.5: Εναλλασσόμενη τοποθέτηση της μιας σειράς διατρημάτων σε σχέση προς την επόμενη [12].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

6.1 Γενικά

Η ενότητα αυτή θα ασχοληθεί με τον σχεδιασμό της εκμετάλλευση του κοιτάσματος Σκουριές. Παρακάτω θα γίνει ανάλυση του είδος του πετρώματος, της μεθόδου της εκμετάλλευσης, των έργων προσπέλασης καθώς και τα έργων ανάπτυξης.

6.2 Γενικά για το κοίτασμα

Το κοίτασμα Σκουριές ανήκει στην Σερβομακεδονική μάζα, βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της μάζας και οριοθετείται από δυο ενεργά ρήγματα. Τα ρήγματα αυτά ονομάζομαι Γομάτι και Μεγάλη Παναγιά. Η μάζα αυτή υπέστη μια μαγματική φάση στο Τριτογενές (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο) καθώς και διάφορα στάδια τεκτονισμού. Με την φάση αυτή συνδέονται και ορισμένες εμφανίσεις πορφύρων, πηγματιτικών και απλιτικών φλεβών με πλούσια μεταλλοφορία. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το κοίτασμα στις Σκουριές.

Το κοίτασμα αυτό είναι πορφυριτικού χρυσού – χαλκού, το σχήμα του είναι επιμήκεις και αναπτύσσεται κατά την κατακόρυφο. Μετά από ογκομέτρηση και γνωρίζοντας ότι ο μέσος όρος την πυκνότητας του κοιτάσματος είναι 2,63 ton/ m^3 υπολογίστηκε ότι τα αποθέματά του κυμαίνονται γύρω στα 277 εκατομμύρια τόνους με 0,67 gr/ton χρυσό και 0,49% χαλκό. Το κοίτασμα φαίνεται να εκτείνεται από την επιφάνεια σε υψόμετρο + 640 m μέχρι βάθος μεγαλύτερο από 750 m δηλαδή περίπου μέχρι υψόμετρο – 110 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην περιοχή έχει ήδη ξεκινήσει και έχει φτάσει στο πέρας η επιφανειακή εκμετάλλευση του κοιτάσματος με την μέθοδο των ορθών βαθμίδων (μέχρι βάθος 200m από την επιφάνεια). Σε αυτή την ενότητα θα πρέπει να σχεδιαστεί και να συνεχιστεί η εκμετάλλευση του κοιτάσματος με κάποια από τις υπόγειες μέθοδους.

6.3 Λιθολογική περιγραφή

Κατά την λιθολογική περιγραφή θα γίνει αναφορά αρχικά στην λιθολογία του κοιτάσματος αυτού κάθε αυτού, στην λιθολογία του περιβάλλοντος πετρώματος και τέλος στην ζώνη επαφής.

6.3.1 Κοίτασμα

Ο συγκεκριμένος πορφυρίτης είναι ένα ολοκρυσταλλικό μέτρια ρωγματωμένο πέτρωμα με χαλαζία, αστρίους και βιοτίτη τα κύρια μεταλλικά ορυκτά. Ο πορφυρίτης περιέχει αμφιβολιτικό και βιοτιτικό σχιστόλιθο από την ενότητα του Βερτίσκου. Η μεταμόρφωση του καλιούχου αστρίου σε μοντμοριλονίτη είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα διότι η αντοχή του πετρώματος μειώνεται σημαντικά όταν εκτίθεται στο νερό. Επίσης έχει διάσπαρτα φλεβίδια χαλαζία, αυτά συχνά περιέχουν πολύ λεπτούς πυρήνες αστρίου οι οποίοι όταν αποσαθρώνονται δημιουργούν κάποιες ασυνέχειες. Άλλες ασυνέχειες με χαλαζία και χαλκοπυρίτη έχουν χαρακτηριστεί ως φλέβες. Ο σχηματισμός αυτών των φλεβών μέσα στο πέτρωμα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατακρήμνιση του πετρώματος.

6.3.2 Περιβάλλον πέτρωμα

Το περιβάλλον πέτρωμα είναι ένας μέτρια ρωγματωμένος σχιστόλιθος με πολυάριθμες φλέβες χαλαζία και άνθρακα. Η αντοχή σε θλίψη ενός μη ρωγματωμένου πετρώματος είναι μεγάλη με τιμές που κυμαίνονται από 90 – 170MPa και αντοχή σε εφελκυσμό στα 7 MPa.

Ένας σχιστόλιθος χαρακτηρίζεται από τα ορυκτά τα οποία περιέχει σαν βιοτιτικός ή χλωριτικός σχιστόλιθος. Η αντοχή του όμως και στα δυο είδη είναι περίπου η ίδια και έχουν και οι δυο πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες. Ακόμη μέσα στον σχιστόλιθο παρατηρούνται και ζώνες μεταμόρφωσης σε αργιλικά ορυκτά τα οποία μπορεί να διογκώνονται με την παρουσία νερού.

6.3.3 Ζώνη επαφής

Στην επαφή αυτή φαίνεται να υπάρχει μια διαβαθμισμένη ζώνη η οποία είναι και πολύ καλά συνδεδεμένη. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν και κάποιοι καολινίτες οι οποίοι φαίνεται να ενισχύουν την αντοχή της ζώνης αυτής, δεν αποτελεί όμως αυτό κάποιο χαρακτηριστικό γνώρισμά της. Ο πορφυρίτης είναι συνήθως πιο αδύναμος σε αντοχή στην επαφή λόγω της μεταμόρφωσης και αυτό βοηθάει την κατακρήμνιση.

6.4 Διαβάθμιση κοιτάσματος

Το κοίτασμα αποτελείται κυρίως από φλέβες χαλκοπυρίτη. Πάνω από τα σουλφίδια, τα οποία βρίσκονται σε βάθος 30 – 40 μέτρα πάνω από την επιφάνεια, βρίσκεται μια θειούχος ζώνη από οξείδια και μεικτά οξείδια. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα οξείδια βρίσκονται κάτω από τα 550 μέτρα υψόμετρο μέσα στην μάζα του πετρώματος και για περισσότερο από 10 μέτρα μέχρι το υψόμετρο 540 μέσα στον πορφυρίτη. Τα οξείδια έχουν απομακρυνθεί από την επιφανειακή εκμετάλλευση.

6.5 Γεωμετρία κοιτάσματος

Το συγκεκριμένο κοίτασμα έχει τη δομή ενός επιμήκους πυρήνα με σύνθετους δακτυλίους και δομές στο νότιο και στο νοτιοανατολικό σύνορο. Ο πυρήνας λοιπόν του πορφυρίτη, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.1, αναπτύσσεται από την επιφάνεια προς το βάθος του κοιτάσματος. Το ανώτερο τμήμα του κοιτάσματος έχει μεγαλύτερο εμβαδό διατομής και όσο μειώνεται το υψόμετρο φαίνεται ότι η διατομή αυτή μειώνεται.

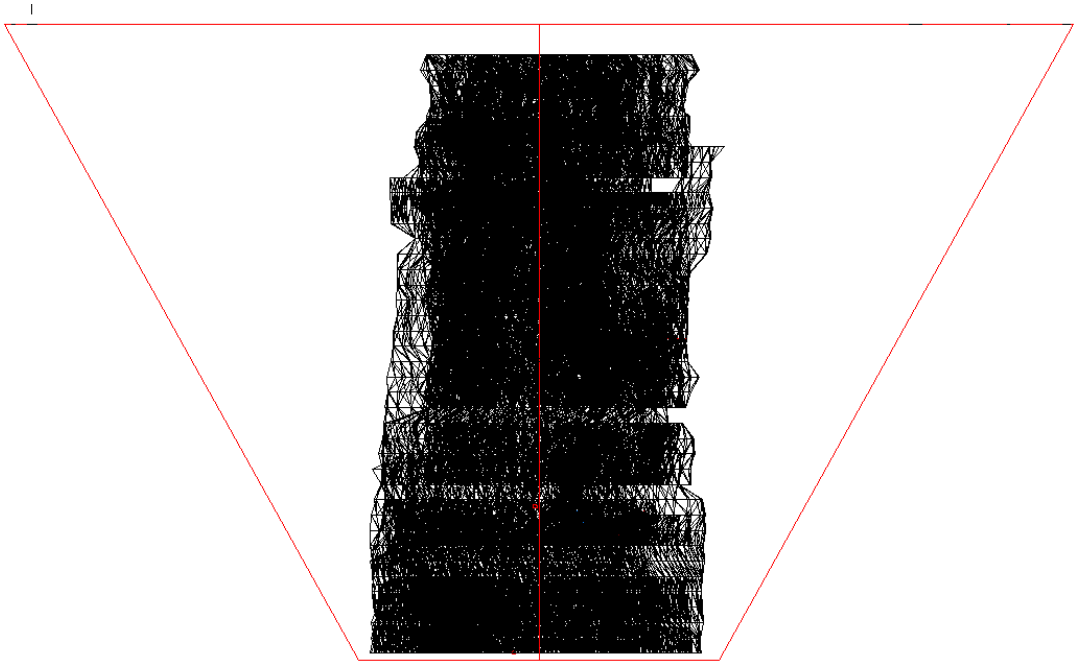


Εικόνα 6.1: Μορφή του κοιτάσματος

6.6 Επιρροή όλων τον παραπάνω παραγόντων για την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Η λιθολογία η διαβάθμιση του κοιτάσματος και η γεωμετρία επηρεάζουν τις γεωμηχανικές παραμέτρους. Ο πορφυρίτης και ο σχιστόλιθος παρουσιάζουν διαφορά στις μηχανικές ιδιότητες. Τα δυο αυτά είδη πετρώματος διαφέρουν όσον αφορά τις τιμές των μηχανικών τους αντοχών, στην δομή τους και στην συμπεριφορά τους κατά την εξόρυξη.

Αρχικά, θα πρέπει να καθοριστεί η μέθοδος εκμετάλλευσης που θα χρησιμοποιηθεί για την απόληψη του μεταλλεύματος. Η επιλογή της μεθόδου είναι σημαντική, καθώς είναι δυνατό να διαφοροποιήσει τα προσπελαστικά έργα. Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω και πιο συγκεκριμένα τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά του μεταλλεύματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων, φαίνεται ότι οι πιθανές μέθοδοι που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι εκείνες τις κατακρήμνισης οροφής. Έχοντας ως δεδομένο πως η παραγωγή που θα πρέπει να επιτευχθεί κατά την εξόρυξη είναι μεγάλη (18000 ton/day), η καταλληλότερη από τις μεθόδους αυτές και η οποία είναι δυνατόν να δώσει μια τόσο μεγάλη ημερήσια παραγωγή είναι αυτή της κατακρήμνισης πατώματος (block caving). Η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι στη μέθοδο της κατακρήμνισης θα είναι υποχρεωτικό να τοποθετηθούν τα έργα προσπέλασης, εκτός της ζώνης διαταραχής που θα προκύψει (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Ζώνη διαταραχής που θα δημιουργηθεί μετά την εξόφληση του κοιτάσματος.

Στην περίπτωση αυτή υπάρχει ακόμη ένας περιορισμός, το ζήτημα της έναρξης της εκμετάλλευσης. Όπως φαίνεται και από την εικόνα δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η εκμετάλλευση από κάτω προς τα πάνω αλλά μόνο το αντίθετο.

6.7 Ογκομέτρηση και υπολογισμός χρόνου ζωής του κοιτάσματος

Από τους υπολογισμούς που έγιναν με την βοήθεια του υπολογιστικού πακέτου Autocad βρέθηκε ότι ο όγκος του κοιτάσματος είναι 92163736 m^3. Από την μέθοδο της κατακρήμνισης θα γίνει απόληψη 100% του κοιτάσματος. Άρα ο όγκος του κοιτάσματος το οποίου θα γίνει εκμετάλλευση παραμένει ο ίδιος και είναι:

$$Όγκος = 92163736\ m^3$$

Έχοντας λοιπόν ως γνωστό τον όγκο του κοιτάσματος καθώς και το μοναδιαίο βάρος του που είναι 2,63 t/m^3 μπορεί εύκολα να υπολογιστεί ότι το βάρος του κοιτάσματος σε τόνους ανέρχεται σε:

$$\gamma = \frac{B}{V} \rightarrow B = \gamma \cdot V \ \rightarrow B = 2.63 \frac{ton}{m^3} \cdot 92.163.736\ m^3 \ \rightarrow B = 242.390.625\ ton$$

Έχοντας ως γνωστό την ημερήσια παραγωγή της εξόρυξης (18000 ton/day) καθώς και τον όγκο του μεταλλεύματος μπορεί να γίνει υπολογισμός του αριθμού τον ημερών και κατ επέκταση τα χρόνια λειτουργίας της εκμετάλλευσης από την στιγμή που θα αρχίσει η εξόρυξη.

$$Ημέρες\ λειτουργίας = \frac{Βάρος\ κοιτάσματος}{Ημερήσια\ παραγωγή} = \frac{242390625\ ton}{18000\ {ton}/{day}} = 13466\ days$$

Κατά την εξόρυξη του κοιτάσματος η εκμετάλλευση θα λειτουργεί 5 ημέρες την εβδομάδα καθ όλη την διάρκεια του χρόνου, δηλαδή 260 ημέρες/έτος. Άρα ο χρόνος ζωής του κοιτάσματος θα είναι:

$$Χρόνος\ ζωής = \frac{13466\ days}{260\ {days}/{year}} = 51.1\ years$$

6.8 Επιλογή έργων προσπέλασης

Προσπέλαση είναι η κατασκευή έργων ώστε να γίνει δυνατή η προσέγγιση στο κοίτασμα. Η προσπέλαση μπορεί να είναι επιφανειακή ή και υπόγεια. Η επιλογή, σχεδίαση και κατασκευή των προσπελαστικών έργων ενός κοιτάσματος αποτελεί συχνά ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα για τον μηχανικό. Δεδομένου ότι τα έργα προσπέλασης ενός μεταλλείου έχουν τον χαρακτήρα «μόνιμου» έργου, αφού πρέπει να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες του μεταλλείου σε όλη την διάρκεια της ζωής του, αυτό συνεπάγεται ότι πιθανό λάθος στην σχεδίαση και την κατασκευή τους θα επηρεάζει αρνητικά την λειτουργία του μεταλλείου σε όλο τον χρόνο ζωής του με αντίστοιχες επιπτώσεις στο κόστος.

Στο συγκεκριμένο κοίτασμα για την επιλογή των έργων προσπέλασης εξετάστηκαν οι παρακάτω παράγοντες:

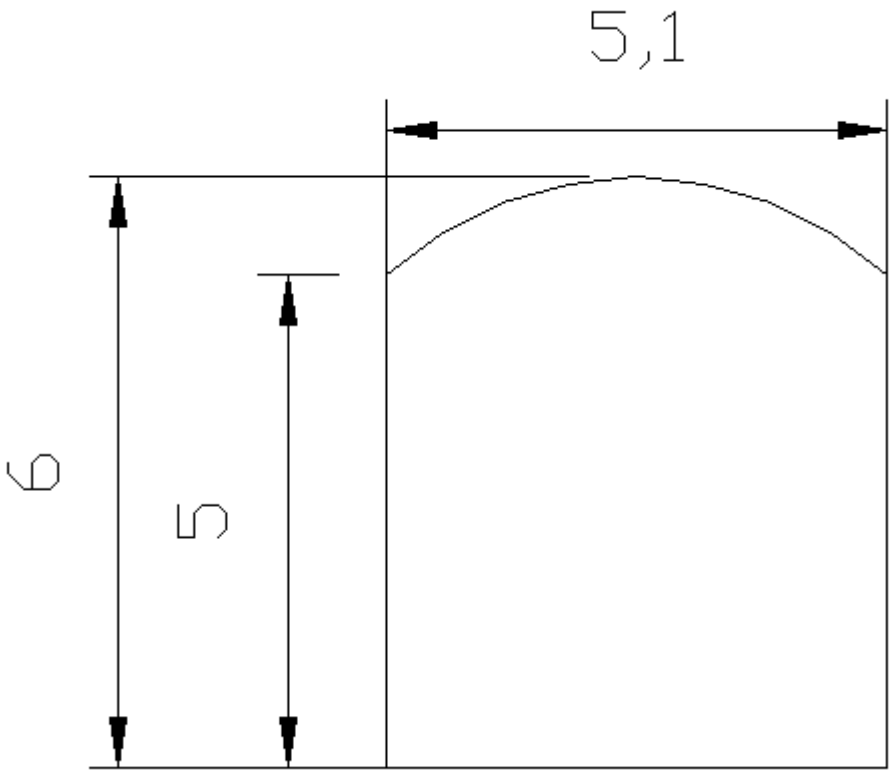
- Γεωμετρία και κλίση του κοιτάσματος: το κοίτασμα έχει σχήμα κυλινδρικό με ανάπτυξη κατακόρυφη και η κλίση του είναι μεγάλη (90^o). Σε κοιτάσματα μεγάλης κλίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί φρέαρ αλλά και ράμπα.
- Το βάθος που θα πραγματοποιηθεί η προσπέλαση: το κοίτασμα ξεκινάει από την επιφάνεια και εκτίνεται μέχρι και 700 μέτρα βάθος. Σε τέτοια βάθη μπορεί να γίνει χρήση φρέαρτος.
- Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής: το ανάγλυφο της περιοχής είναι έντονο όμως υπάρχει ένας δρόμος από τον οποίο μπορεί να περάσει τουλάχιστον το ένα έργο προσπέλασης για να αποφευχθεί το κόστος κατασκευής δρόμου που θα οδηγεί σε αυτό.
- Η σχεδιαζόμενη παραγωγή του μεταλλείου: η παραγωγή του μεταλλείου θα είναι μεγάλη (18000 ton/day) και αυτό θα είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή των έργων προσπέλασης καθώς και για τα εμβαδά διατομής τους.
- Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των έργων προσπέλασης: και αυτός είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των έργων.
- Καλός αερισμός της εκμετάλλευσης: για να υπάρξει ένα ικανοποιητικό κλίμα μέσα στο οποίο θα μπορέσει ο εργαζόμενος να εργαστεί και να νιώσει άνετα θα πρέπει να σχεδιαστούν τουλάχιστον δυο έργα προσπέλασης τα οποία θα επικοινωνούν με την επιφάνεια και θα κλίνουν το κύκλωμα αερισμού.

Έτσι λοιπόν έχοντας γίνει εξέταση όλων των παραγόντων μπορεί να γίνει επιλογή δυο έργων προσπέλασης τα οποία είναι:

- 1 ράμπα
- 1 φρέαρ

6.8.1 Ράμπα

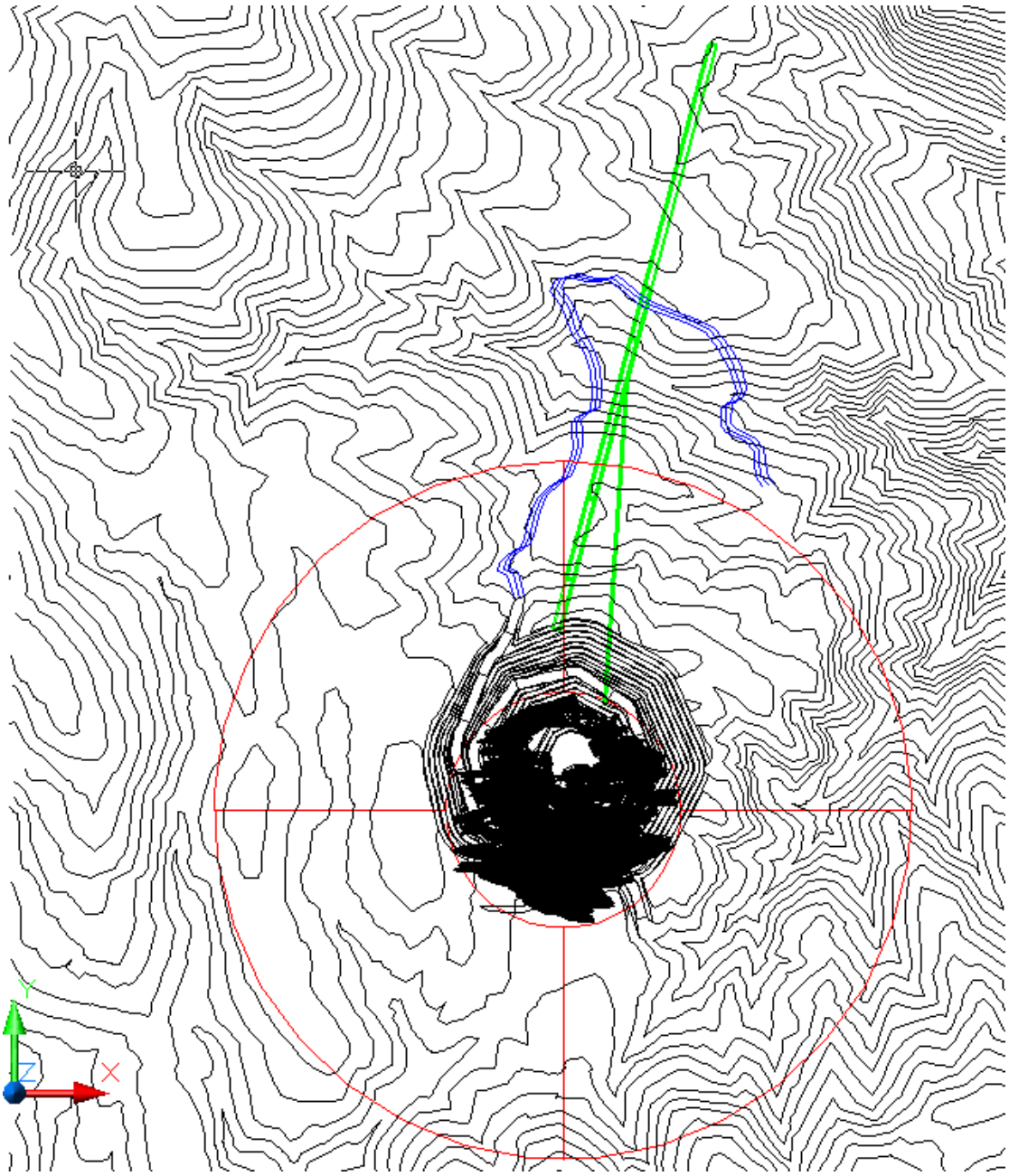
Από τη συγκεκριμένη ράμπα θα γίνεται διέλευση φορτηγών υπογείων χωρητικότητας 50 τόνων το κάθε ένα. Το εμβαδό της στοάς θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να γίνει άνετα η κυκλοφορία φορτηγών τέτοιον διαστάσεων καθώς και των αγωγών αερισμού. Η διατομή λοιπόν της στοάς φαίνεται παρακάτω (εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3: διατομή ράμπας (μονάδες μέτρα).

Η ράμπα αυτή η οποία είναι ένα «μόνιμο» έργο το οποίο θα χρησιμοποιείται καθ' όλη την διάρκεια της εκμετάλλευσης θα πρέπει να τοποθετηθεί έξω από την ζώνη διαταραχής. Έτσι λοιπόν η ράμπα θα ξεκινάει από το σημείο (474853.0000,

4480878.0000, 580.0000) από το οποίο περνάει ένας είδη υπάρχον δρόμος όπως φαίνεται και παρακάτω (εικόνα 6.4).



Εικόνα 6.4: κάτοψη κοιτάσματος

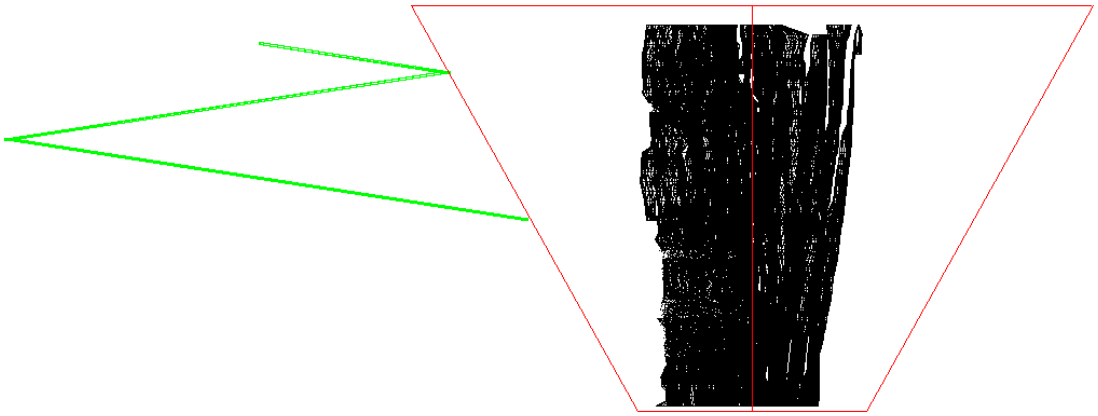
Στην εικόνα 6.4 φαίνεται με πράσινο χρώμα την ράμπα η οποία ξεκινάει από καθορισμένο σημείο που αναφέρθηκε παραπάνω, τον δρόμο ο οποίος προϋπήρχε και από όπου ξεκίνησε και η ράμπα με μπλε χρώμα, το κοίτασμα με μαύρο χρώμα και τέλος την ζώνη διαταραχής με κόκκινο χρώμα.

Η ράμπα ξεκινάει από το σημείο (474853.0000, 4480878.0000, 580.0000), με κατεύθυνση 210^{o} δεξιόστροφα από τον άξονα Y προς το κοίτασμα και με κλίση 15%.

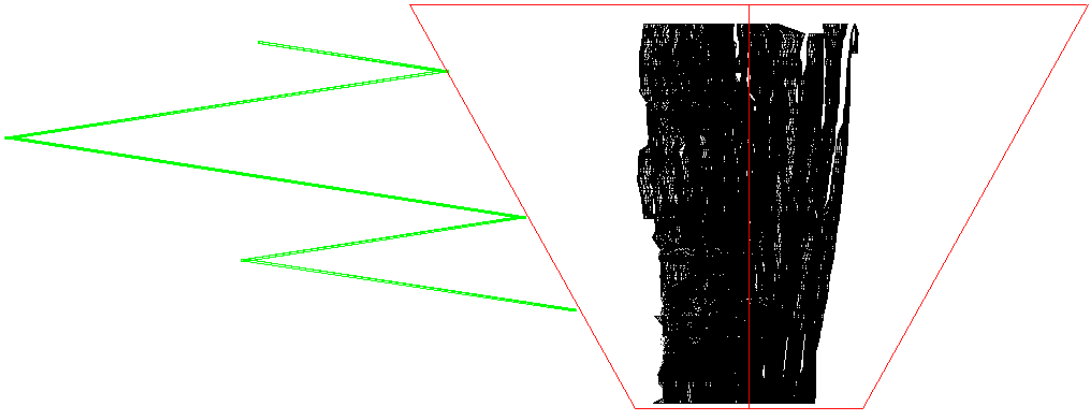
Έτσι λοιπόν από το υψόμετρο 580 ξεκινάει η ράμπα με κλίση 15% η οποία διανύει μια απόσταση 405.9 m και ευρισκόμενη στο υψόμετρο 520 κάνει μια στροφή 180^{o} με ακτίνα καμπυλότητας 10 m και συνεχίζει να κατεβαίνει. Στην συνέχεια από το 520 διανύει μια απόσταση 933 m και κατεβαίνει στο υψόμετρο 382. Από το υψόμετρο 382 με τον ίδιο τρόπο καθώς και με την ίδια κλίση διανύει μια απόσταση 1103 m και φτάνει στο υψόμετρο 220 (εικόνα 6.5) όπου και σταματάει για την πρώτη φάση της εκμετάλλευσης.

Μετά το πέρας της πρώτης φάσης της εκμετάλλευσης αρχίζει πάλι η διάνοιξη της ράμπας, έτσι από το υψόμετρο 220 με τον ίδιο τρόπο καθώς και με την ίδια κλίση διανύει μια απόσταση 588 m και φτάνει στο υψόμετρο 132. Από το υψόμετρο αυτό κάνει μια στροφή 180^{o} με ακτίνα καμπυλότητας 10 m και με τον ίδιο τρόπο διανύοντας μια απόσταση 703 m φτάνει στο υψόμετρο 29 (εικόνα 6.6). Στο επίπεδο αυτό πραγματοποιείται η δεύτερη φάση της εκμετάλλευσης.

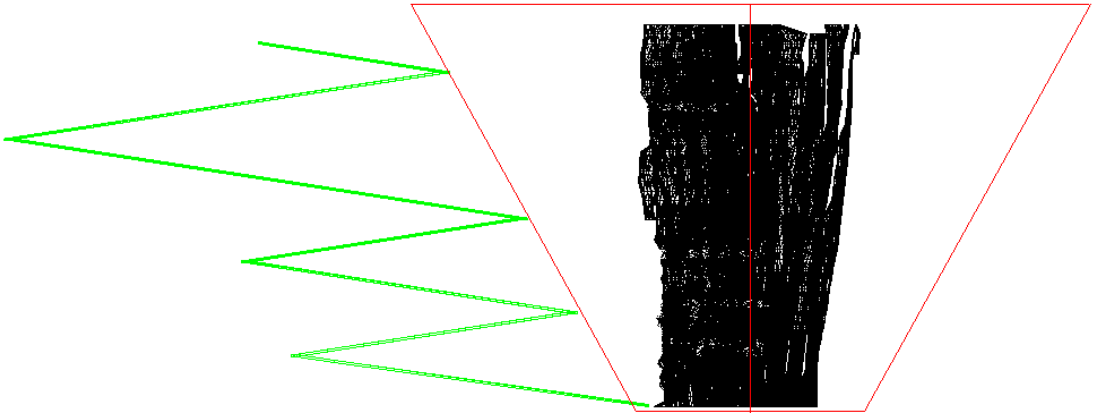
Τέλος μετά την δεύτερη φάση της εκμετάλλευσης από το υψόμετρο 29 με τον ίδιο τρόπο όπως και πριν φτάνει στο υψόμετρο -58 διανύοντας μια απόσταση 588 m. Από το -58 η ράμπα κάνει μια απόσταση 80 m με κλίση 15% και στην συνέχεια αφού στρίψει 11^{o} προς το κοίτασμα συνεχίζει να κατεβαίνει με την ίδια κλίση ακόμη 652 m φτάνοντας στο υψόμετρο -162 (εικόνα 6.7).



Εικόνα 6.5: Ράμπα μέχρι την πρώτη φάση εκμετάλλευσης



Εικόνα 6.6: Ράμπα μέχρι την δεύτερη φάση εκμετάλλευσης



Εικόνα 6.7: Ράμπα μέχρι την τρίτη φάση εκμετάλλευσης

6.8.2 Φρέαρ

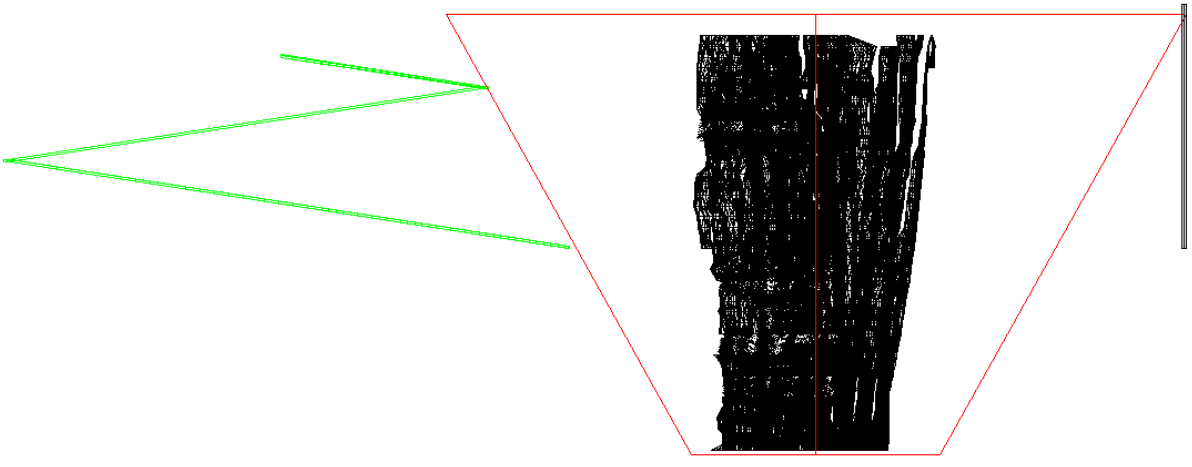
Το έργο αυτό επιλέχθηκε λόγο της μεγάλης παραγωγής της εκμετάλλευσης, της μεγάλης κλίσης του κοιτάσματος καθώς και το μεγάλο βάθος του κοιτάσματος. Από το φρέαρ θα γίνει όλη η εξαγωγή του μεταλλεύματος στην επιφάνεια, για το λόγο αυτό η διατομή του θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί τις απαιτήσεις της εξόρυξης. Το σχήμα του φρέατος θα είναι κυκλικό και θα έχει κέντρο το σημείο (474592.4056, 4479177.2705, 680.0000), η διάμετρος του φρέατος θα είναι 8 m και το εμβαδόν διατομής του 50 m^2.

Η πραγματοποίηση της ανέλκυσης των εξορυσσόμενων προϊόντων προϋποθέτει εγκαταστάσεις και εξοπλισμό άμεσα συνδεδεμένο με το φρέαρ. Στην

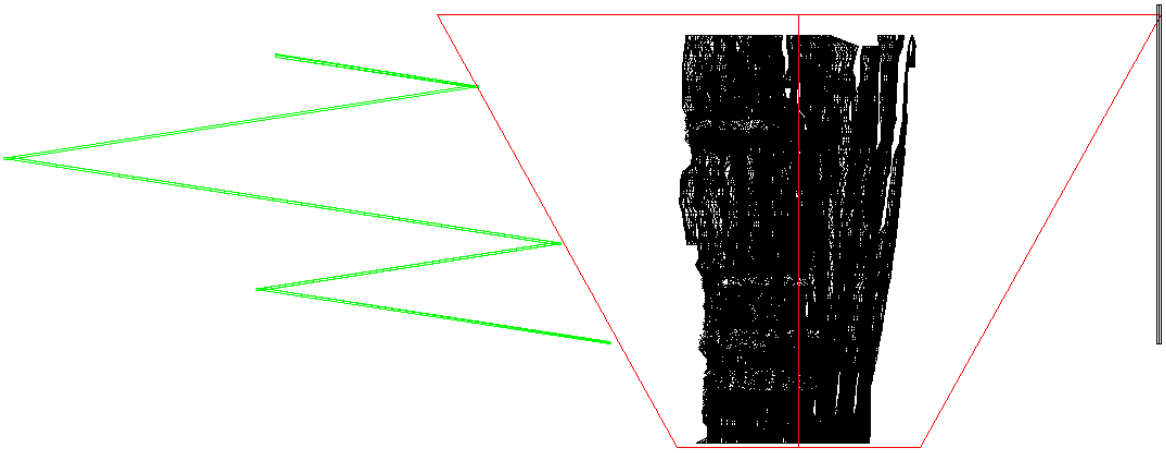
συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί ειδικό φορείο ανελκύσεως (skip). Τα ειδικά φορεία ανελκύσεως κυκλοφορούν μέσα στο φρέαρ και φορτώνονται σε καθορισμένες θέσεις μέσα σε αυτό. Το ειδικό φορείο αποτελείται από διπλό κελί το οποίο χωράει 100 τόνους μεταλλεύματος. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να ελεγχθεί αν το ειδικό φορείο μπορεί να μεταφέρει το μετάλλευμα των 18000 τόνων στην επιφάνεια. Έτσι λοιπόν θα υπολογιστεί αν για την μεγαλύτερη απόσταση στην οποία το Skip διανύει (840 m) είναι ικανό να μεταφέρει την ποσότητα αυτή. Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται για να κάνει ένα πλήρη κύκλο φόρτωσης είναι 300 sec και μέσα στο χρόνο αυτό μεταφέρει 100 ton, σύμφωνα με αυτό στην μια ώρα μεταφέρει 1200 ton. Άρα θα πρέπει το skip να λειτουργεί δυο βάρδιες (16 ώρες) για να μπορεί να απομακρύνει όλο το υλικό.

Το φρέαρ ως μόνιμο έργο μέχρι την εκμετάλλευση όλου του κοιτάσματος θα βρίσκεται έξω από την ζώνη διαταραχής και μαζί με την ράμπα θα κλείνουν το κύκλωμα αερισμού. Η διάνοιξη της ράμπας και του φρέατος γίνεται παράλληλα.

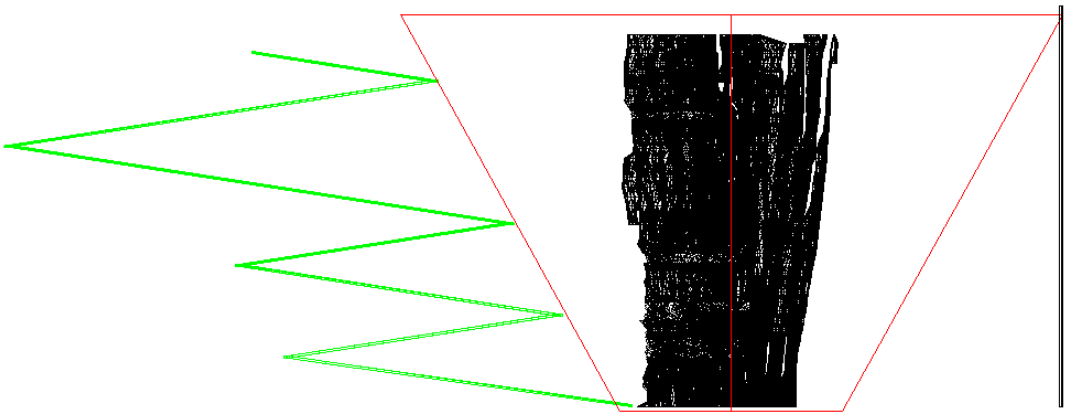
Έτσι λοιπόν ξεκινώντας ως κέντρο του κύκλου το σημείο που αναφέρθηκε παραπάνω, γίνεται η διάνοιξη του φρέατος μέχρι και το βάθος +220 m από την επιφάνεια της θάλασσας όπου πραγματοποιείται και την πρώτη φάση της εκμετάλλευσης (εικόνα 6.8). Στην συνέχεια μετά το πέρας της πρώτης φάσης της εκμετάλλευσης συνεχίζει μέχρι και το υψόμετρο +29 m και περνάει στην δεύτερη φάση της εκμετάλλευσης (εικόνα 6.9). Τέλος από το υψόμετρο +29 συνεχίζει μέχρι και το -162 (εικόνα 6.10) όπου περνάει στην Τρίτη και τελευταία φάση της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 6.8: έργα προσπέλασης, πρώτη φάση εκμετάλλευσης.



Εικόνα 6.9: έργα προσπέλασης, δεύτερη φάση εκμετάλλευσης.



Εικόνα 6.10: έργα προσπέλασης, τρίτη φάση εκμετάλλευσης.

6.9 Έργα ανάπτυξης

Τα έργα ανάπτυξης πραγματοποιούνται για την περιχάραξη και προσέγγιση του κοιτάσματος από τους εργαζόμενους, ώστε να διευκολυνθεί σε δεύτερη φάση, η εξόρυξη και μεταφορά του. Καταρχάς παρατηρείται ότι χρειάζεται να γίνει χωρισμός του κοιτάσματος σε τρείς φάσεις εκμετάλλευσης λόγω το ότι το κοίτασμα είναι μεγάλο. Έτσι λοιπόν σχεδιάστηκε η πρώτη φάση της εκμετάλλευσης στην οποία γίνεται η εκμετάλλευση από το υψόμετρο +220 m μέχρι το τέλος της επιφανειακής εκμετάλλευσης στα +420 m. Στην συνέχεια μετά το τέλος της πρώτης φάσης ακολουθεί η δεύτερη φάση η οποία ξεκινάει από υψόμετρο +29 m μέχρι +220 m.

Τέλος στην τρίτη φάση και τελευταία πραγματοποιείται η εκμετάλλευση του κοιτάσματος από υψόμετρο -162 m έως +29 m.

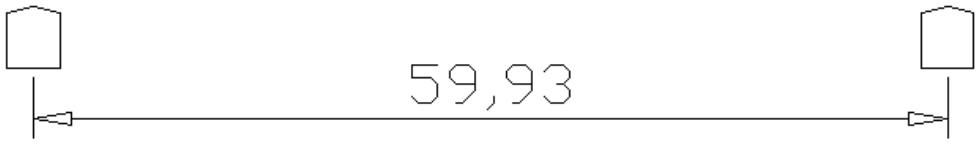
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η μέθοδος εκμετάλλευσης η οποία θα εφαρμοστεί για την εξόφληση του κοιτάσματος είναι η κατακρήμνιση πατώματος (block caving). Η μέθοδος αυτή είναι πολύ καλή για υψηλές παραγωγές μεταλλεύματος, όμως έχει πολλά έργα προπαρασκευής τα οποία γίνονται σε τρία επίπεδα όπως θα γίνει η παρουσίασή τους παρακάτω. Τα επίπεδα αυτά είναι: επίπεδο μεταφοράς, παραγωγής και υποσκαφής.

Η απόληψη μεταλλεύματος που θα πραγματοποιηθεί θα είναι η ίδια σε κάθε φάση της εκμετάλλευση. Έτσι λοιπόν υπολογίστηκε ότι η απόληψη μετά την ανάπτυξη στην πρώτη φάση της εκμετάλλευσης θα είναι 434562 m^3 ➔ 1142898 ton. Από το κοίτασμα στην πρώτη φάση το οποίο είναι 242390625/3= 80796875 ton αποτελεί το 1.41 %. Για τις τρείς φάσεις της εκμετάλλευσης η απόληψη θα είναι 3428694 ton δηλαδή 1.41 % του συνολικού βάρους του κοιτάσματος.

6.9.1 Επίπεδο μεταφοράς

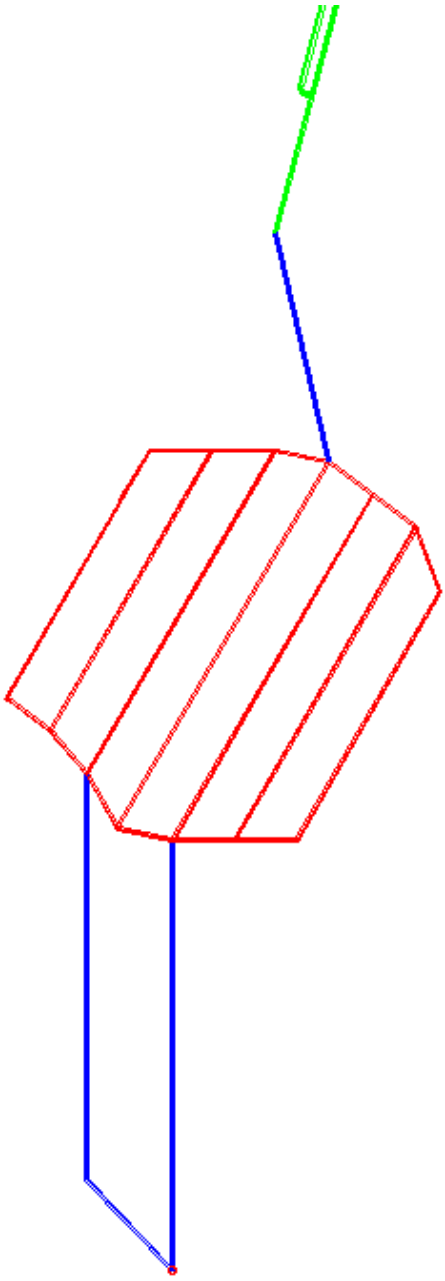
Το επίπεδο μεταφοράς για την πρώτη φάση εκμετάλλευσης βρίσκεται στο υψόμετρο +220 m πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Το επίπεδο μεταφοράς αποτελείται από στοές μέσα στις οποίες κινούνται τα φορτηγά. Τα φορτηγά φορτώνουν το μετάλλευμα στα λούκια και στην συνέχεια το μεταφέρουν και το ξεφορτώνουν στο φρέαρ. Το φρέαρ με την σειρά του ανεβάζει το υλικό στην επιφάνεια και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται.

Οι διαστάσεις των στοών μέσα στο επίπεδο μεταφοράς είναι τέτοιες έτσι ώστε να μπορεί ο μηχανολογικός εξοπλισμός να κυκλοφορεί, όπως και στην ράμπα (εικόνα 6.3). Οι αποστάσεις μεταξύ των στοών στο επίπεδο αυτό είναι 59,93 m (εικόνα 6.11).

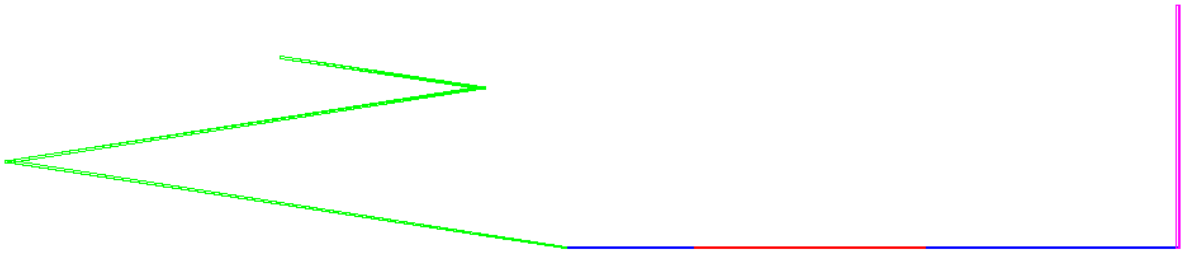


εικόνα 6.11: Απόσταση στοών στο επίπεδο μεταφοράς.

Το επίπεδο αυτό συνδέεται με την ράμπα με μια διευθυντική στοά και με το φρέαρ με δυο διευθυντικές στοές οι οποίες διευκολύνουν την φόρτωση του φρέατος (εικόνα 6.12, 6.1 3.) Με μπλε χρώμα στην εικόνα 6.12 φαίνονται οι διευθυντικές στοές που συνδέουν το φρέαρ και την ράμπα αντίστοιχα.



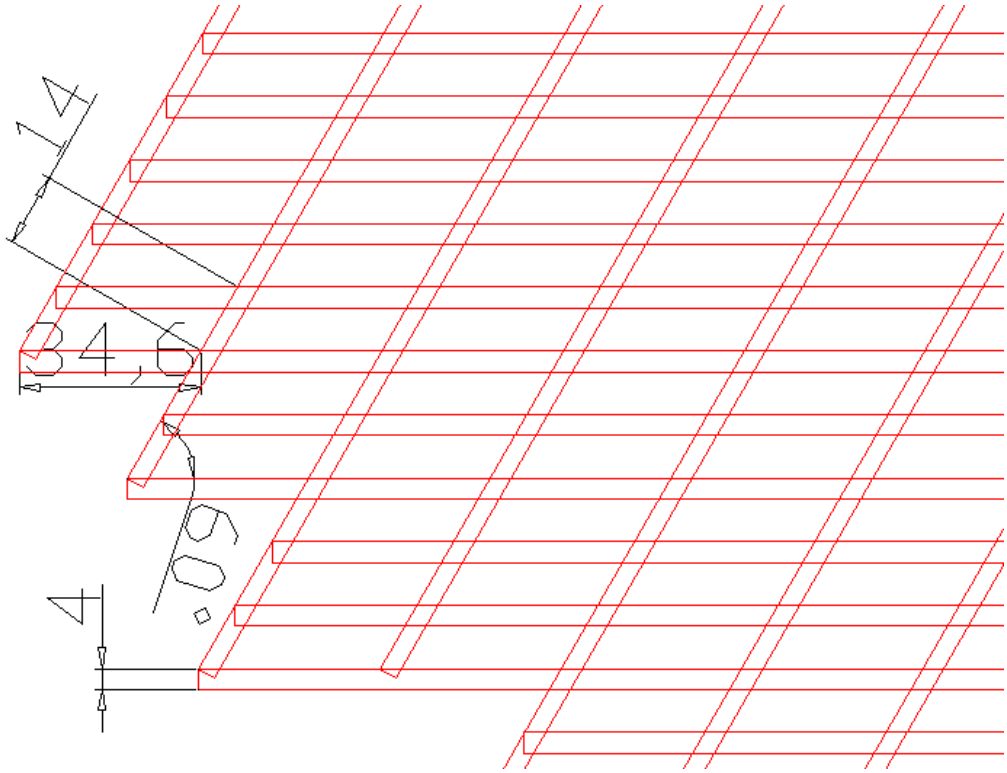
Εικόνα 6.12: κάτοψη επιπέδου μεταφοράς.



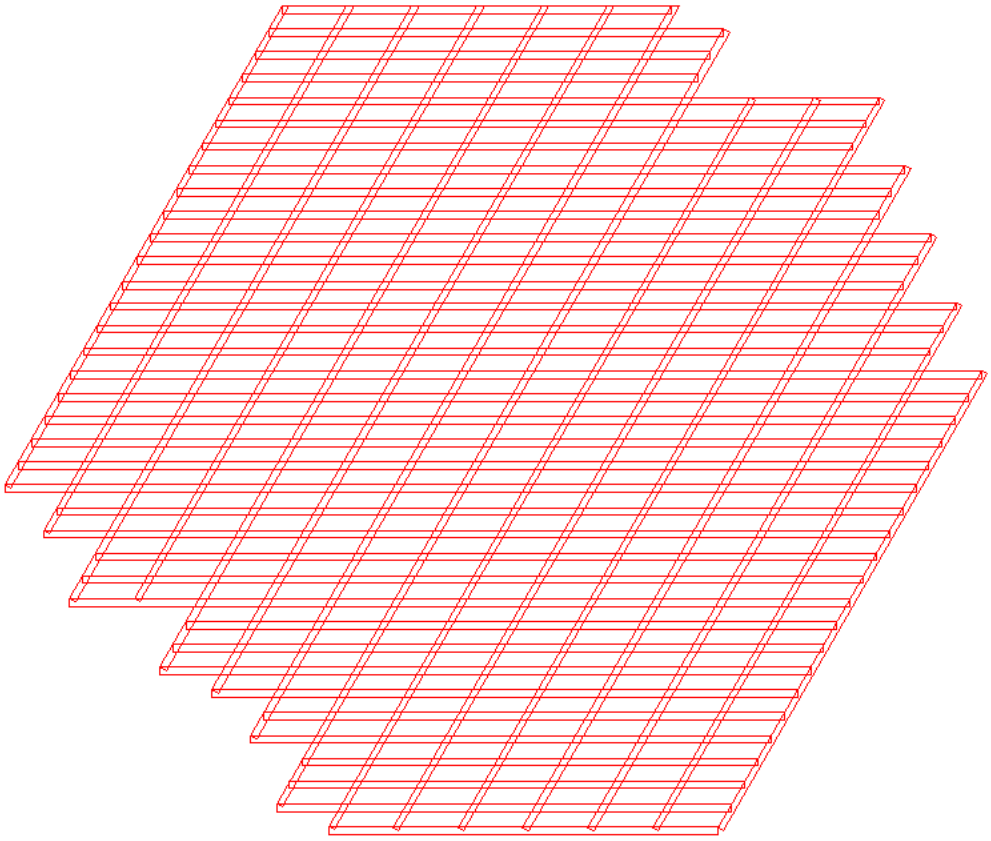
Εικόνα 6.13: τομή επιπέδου μεταφοράς.

6.9.2 Επίπεδο παραγωγής

Το επίπεδο παραγωγής βρίσκεται 30 m πάνω από το επίπεδο μεταφοράς. Αποτελείται από παράλληλες στοές οι οποίες έχουν διαστάσεις 4.0 m x 3.6 m και απέχουν μεταξύ τους 34.6 m. Οι στοές αυτές τέμνονται από ένα άλλο πακέτο στοών με γωνία 60^{o} και διαστάσεις 4.0 m x 3.6 m (εικόνα 6.14, 6.15).



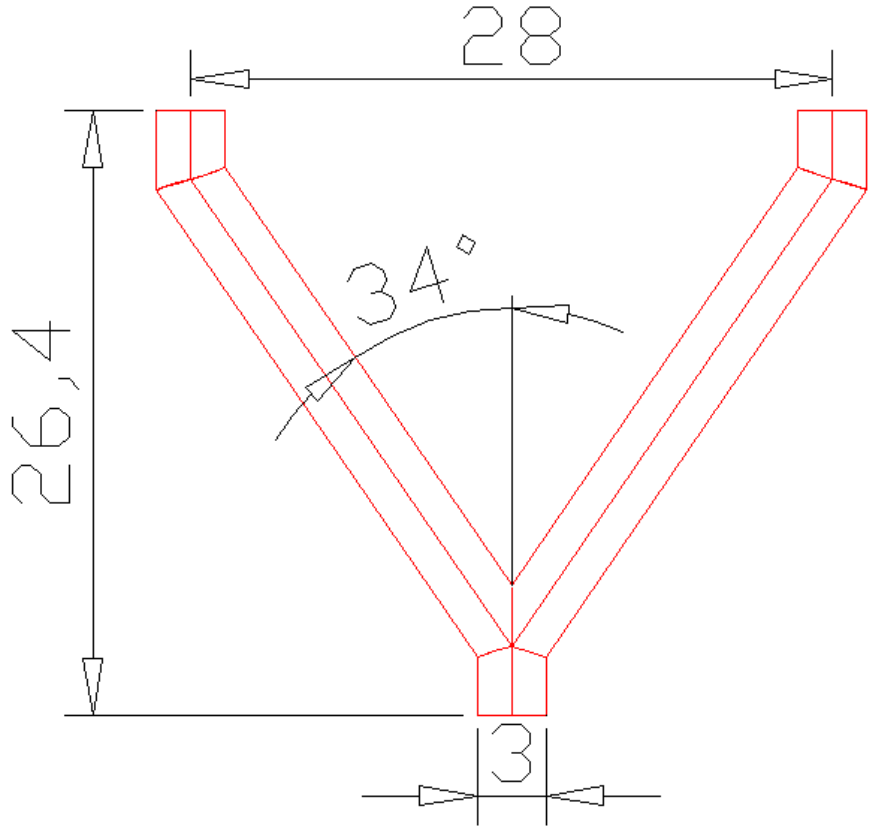
Εικόνα 6.14: Διαστάσεις επιπέδου παραγωγής.



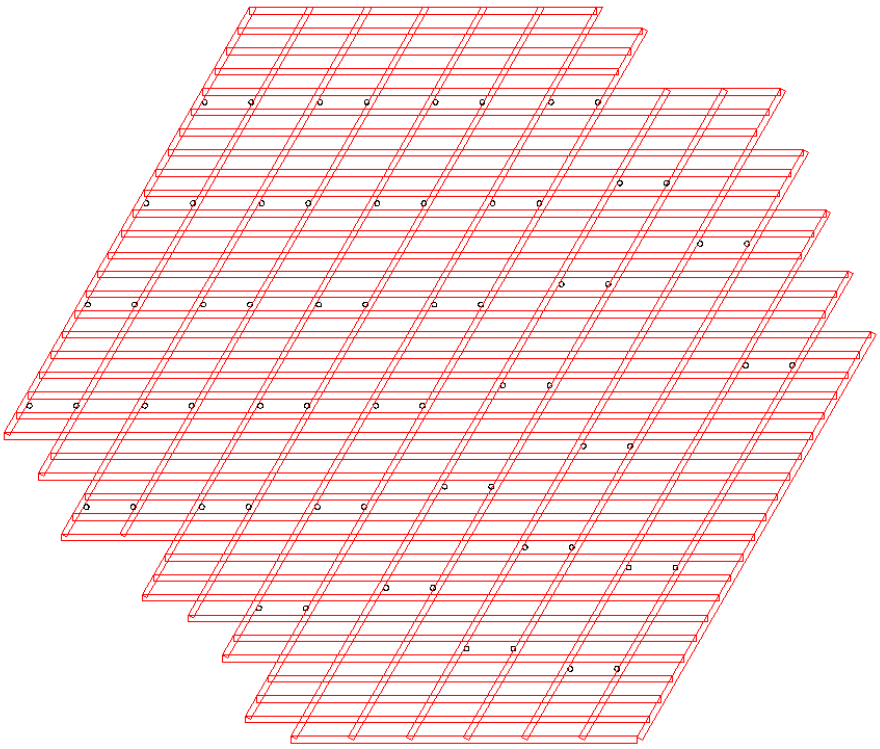
Εικόνα 6.15: Κάτοψη επιπέδου παραγωγής.

Η γωνία αυτή των 60^{o} δόθηκε για να μπορεί ο μηχανολογικός εξοπλισμός να κινείται καλύτερα. Από το επίπεδο αυτό οι φορτωτές τροφοδοτούν τα λούκια με υλικό το οποίο με την σειρά του φορτώνεται από τα φορτηγά στο επίπεδο μεταφοράς. Έτσι λοιπόν λόγω της γωνίας αυτής οι φορτωτές κάνουν λιγότερους ελιγμούς για να μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα λούκια.

Τα λούκια (εικόνα 6.16) είναι εκείνα τα οποία μεταφέρουν το υλικό στο επίπεδο μεταφοράς με την βοήθεια της βαρύτητας. Τα λούκια αυτά είναι τοποθετημένα έτσι ώστε κάθε ένα από αυτά να εξυπηρετεί ένα εμβαδό περίπου 5.000 m^2 της υποσκαφής (εικόνα 6.17).

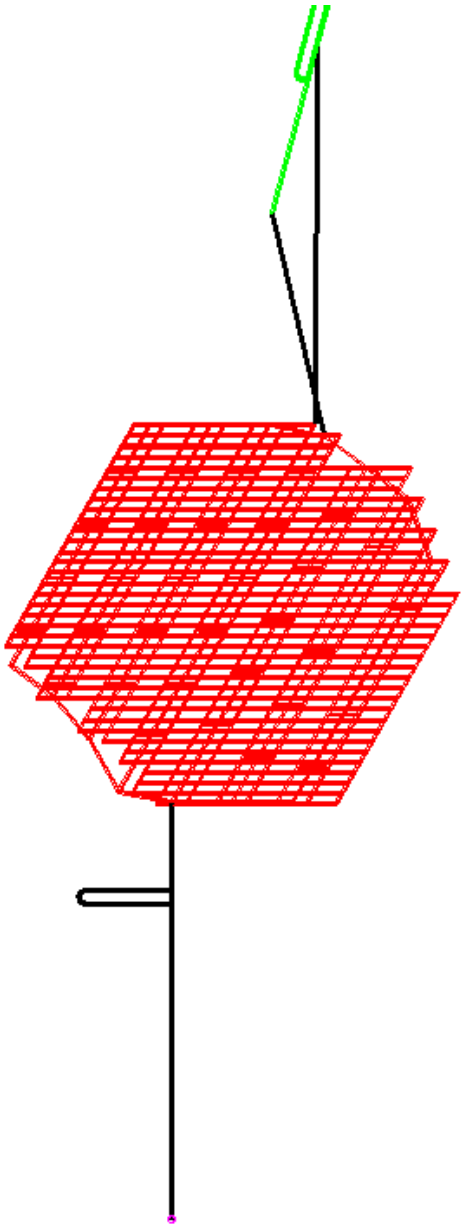


Εικόνα 6.16: Λούκι μεταφοράς μεταλλεύματος.

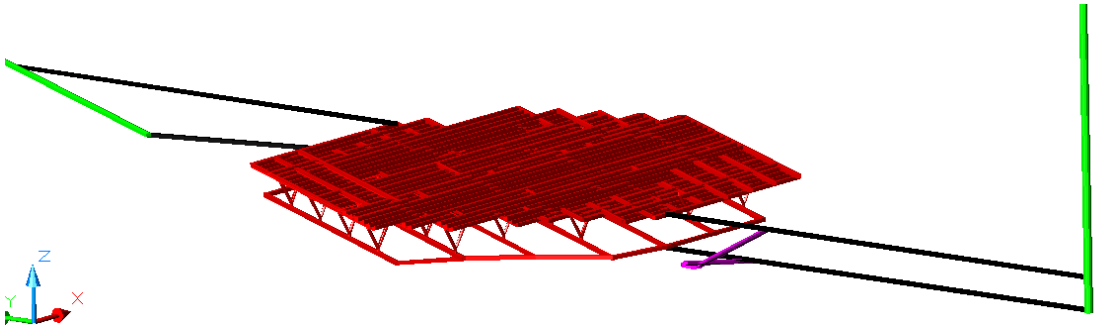


Εικόνα 6.17: Λούκια μέσα στο επίπεδο παραγωγής με μαύρο χρώμα.

Η σύνδεση του επιπέδου παραγωγής με τα έργα προσπέλασης γίνεται όπως και στο επίπεδο μεταφοράς με διευθυντικές στοές. Έτσι λοιπόν σχεδιάστηκε μια διευθυντική στοά η οποία ενώνει το επίπεδο παραγωγής με την ράμπα και άλλη μια η οποία συνδέει το ίδιο επίπεδο με το φρέαρ (εικόνα 6.18). Η διευθυντική στοά η οποία ενώνει το επίπεδο παραγωγής με το φρέαρ καθώς και αυτή που ενώνει το επίπεδο μεταφοράς με το φρέαρ επικοινωνούν μεταξύ τους με μια ράμπα η οποία έχει κλίση 15% (εικόνα 6.19, 6.20).



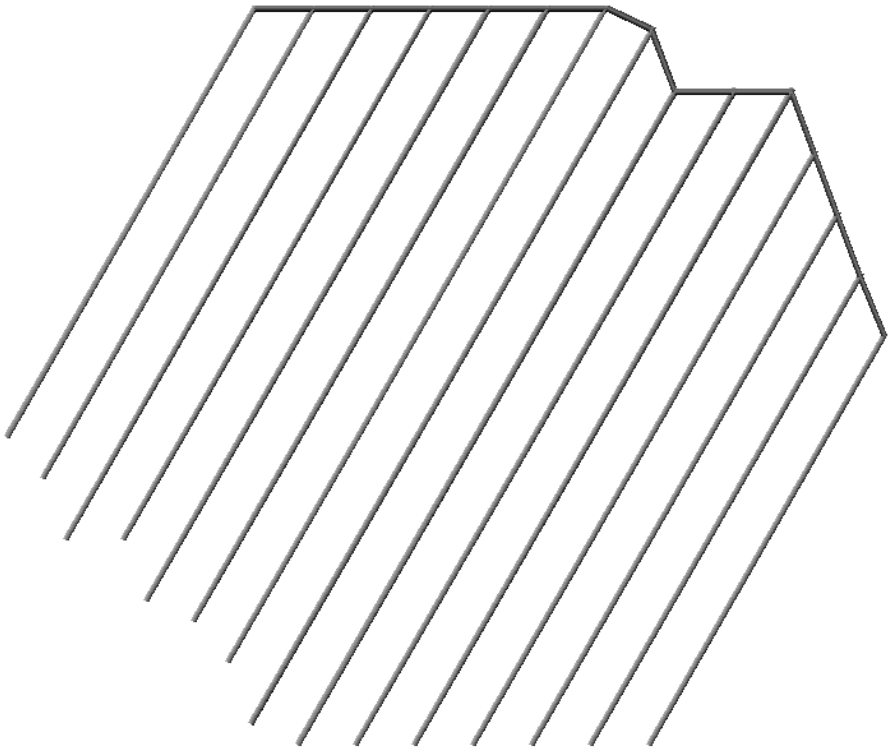
Εικόνα 6.18: Κάτοψη επιπέδου παραγωγής και μεταφοράς, με μαύρο χρώμα η σύνδεση φρέαρ με τα επίπεδα και ράμπας με τα επίπεδα.



Εικόνα 6.19: Πλάγια όψη, με μοβ χρώμα η ράμπα σύνδεσης των διευθυντικών στοών των επιπέδων.

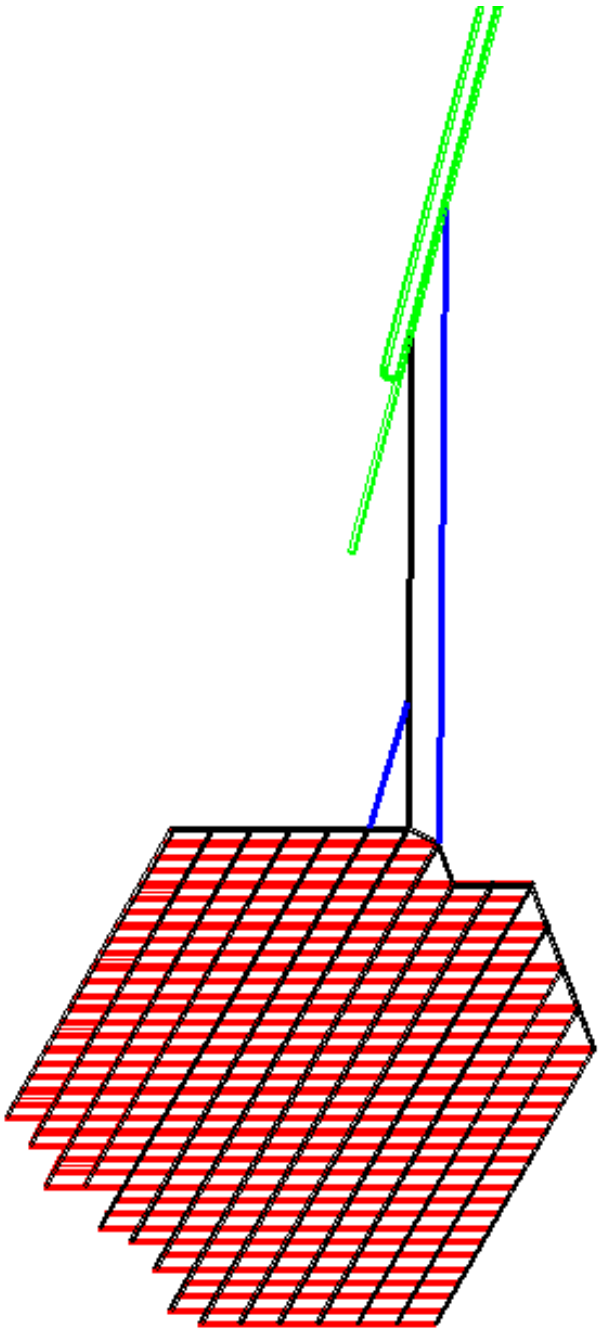
6.9.3 Επίπεδο υποσκαφής

Το επίπεδο υποσκαφής βρίσκεται 18 m πάνω από το επίπεδο παραγωγής. Το επίπεδο αυτό αποτελείται από στοές οι οποίες είναι παράλληλες μεταξύ τους και απέχουν 34.6 m. Οι στοές έχουν διαστάσεις 4 m x 3.6 m και συνδέονται στην άκρη (εικόνα 6.20).

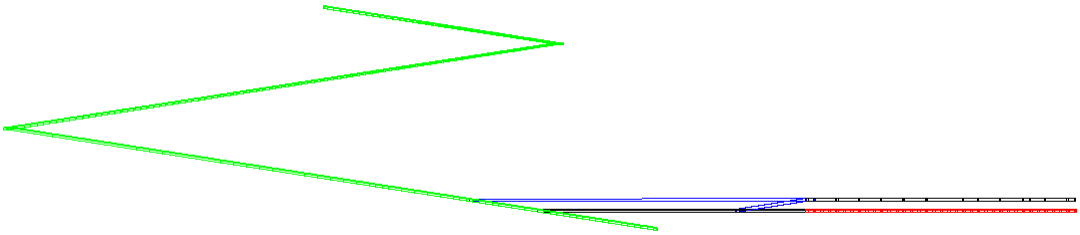


Εικόνα 6.20: Κάτοψη επιπέδου υποσκαφής.

Το επίπεδο υποσκαφής συνδέεται με την ράμπα προσπέλασης με μια στοά. Επίσης συνδέεται με μια ακόμη κεκλιμένη στοά με κλίση 15% με την στοά που συνδέει το επίπεδο παραγωγής με την ράμπα (εικόνα 6.21, 6.22).



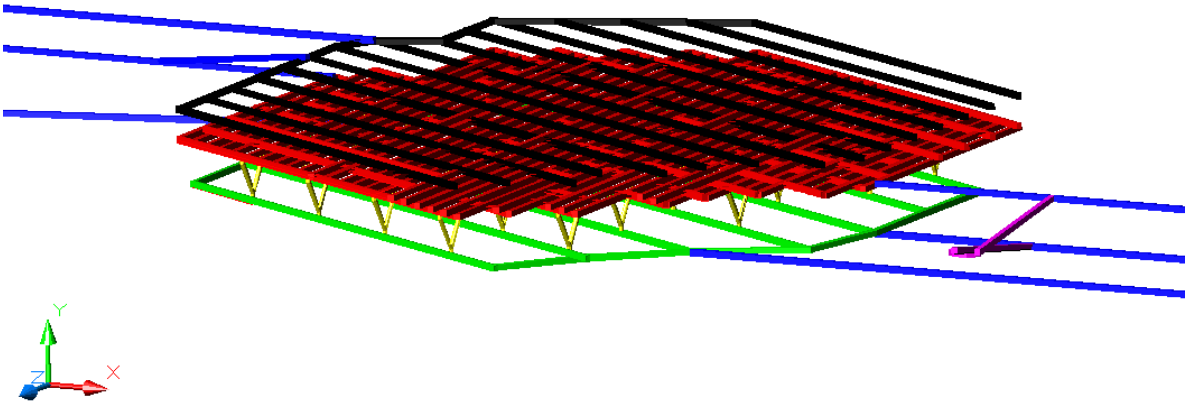
Εικόνα 6.21: Κάτοψη, σύνδεση επιπέδου υποσκαφής με ράμπα και με την στοά του επιπέδου παραγωγής με μπλε χρώμα.



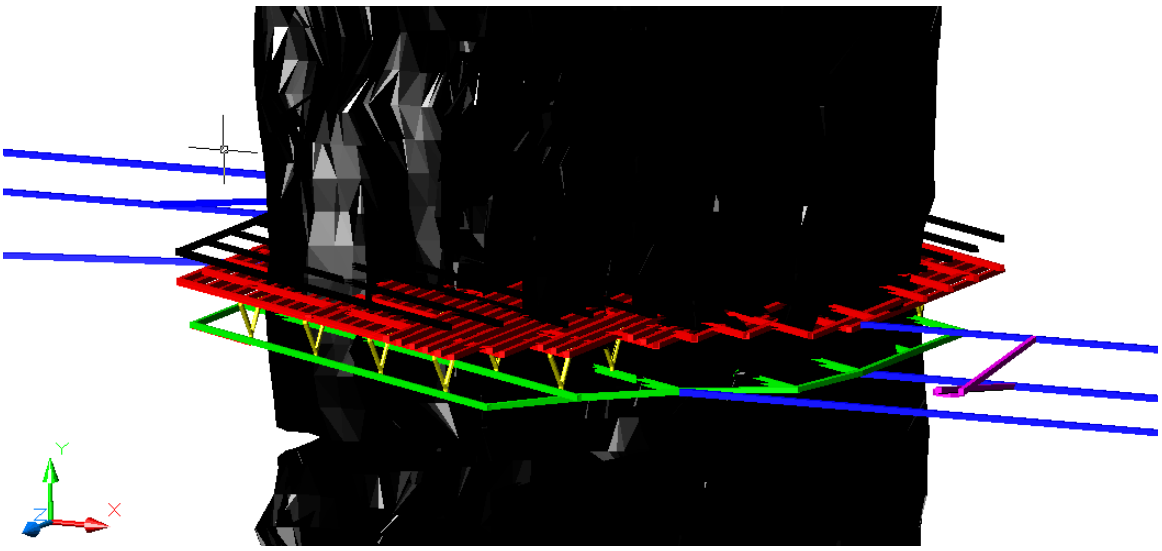
Εικόνα 6.22: Πλάγια όψη, σύνδεση επιπέδου υποσκαφής με ράμπα και με την στοά του επιπέδου παραγωγής με μπλε χρώμα.

Το επίπεδο υποσκαφής δεν συνδέεται με το φρέαρ λόγο του ότι μετά το πέρας όλων τον παραπάνω έργων η εκμετάλλευση γίνεται με διάτρηση ανατίναξη οπισθοχωρώντας από την μεριά του φρέατος προς την ράμπα. Γι' αυτό δεν θα υπήρχε λόγος να γίνει σύνδεση του επιπέδου υποσκαφής με το φρέαρ.

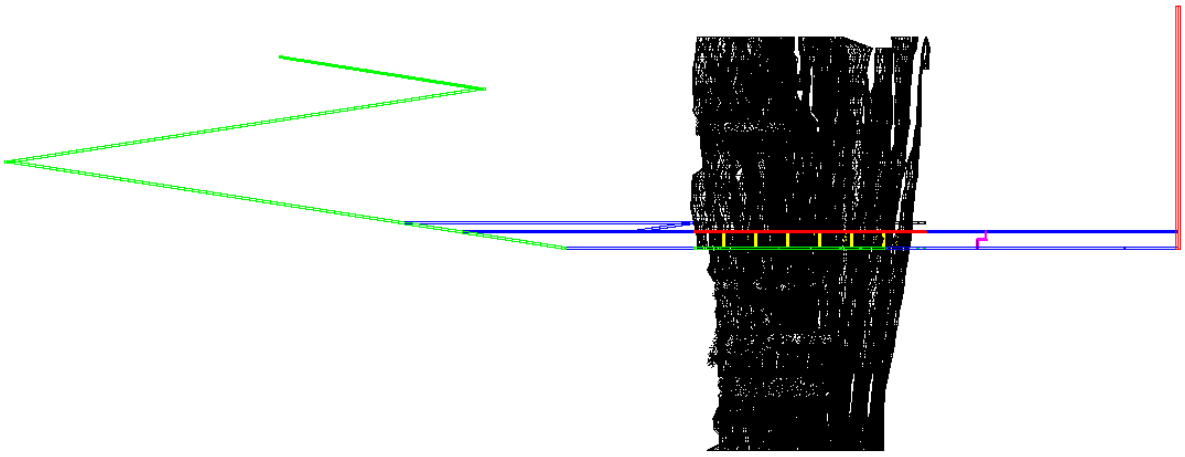
Έτσι λοιπόν τελικά για την πρώτη φάση της εκμετάλλευσης προκύπτουν οι παρακάτω εικόνες 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28.



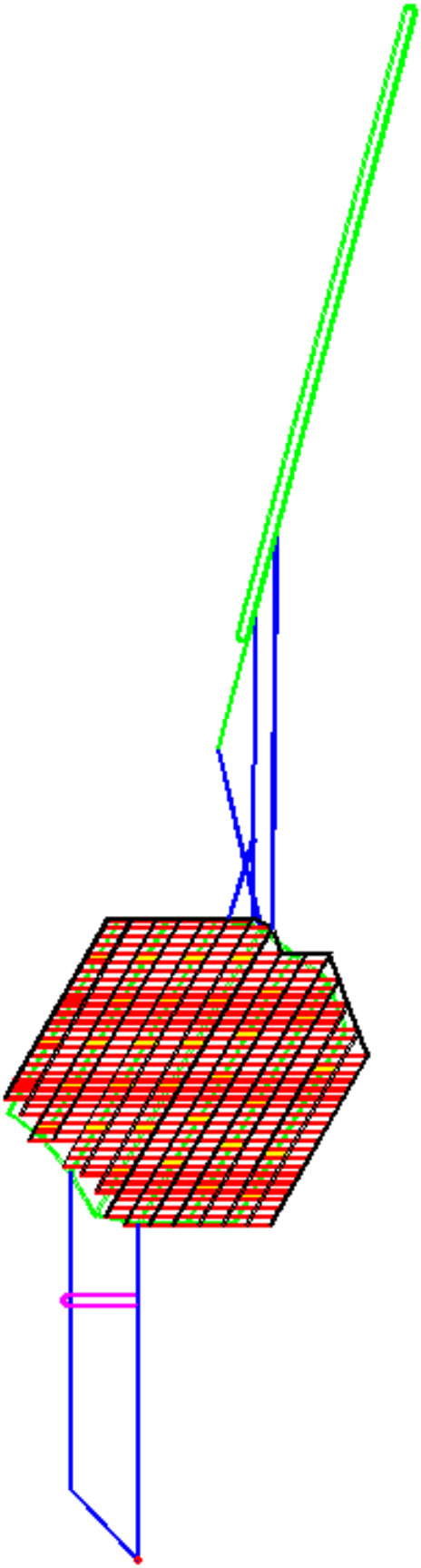
Εικόνα 6.23: Μαύρο-επίπεδο υποσκαφής, κόκκινο-επίπεδο παραγωγής, κίτρινο-λούκια, πράσινο-επίπεδο μεταφοράς, μπλε-σύνδεση επιπέδων με φρέαρ και ράμπα.



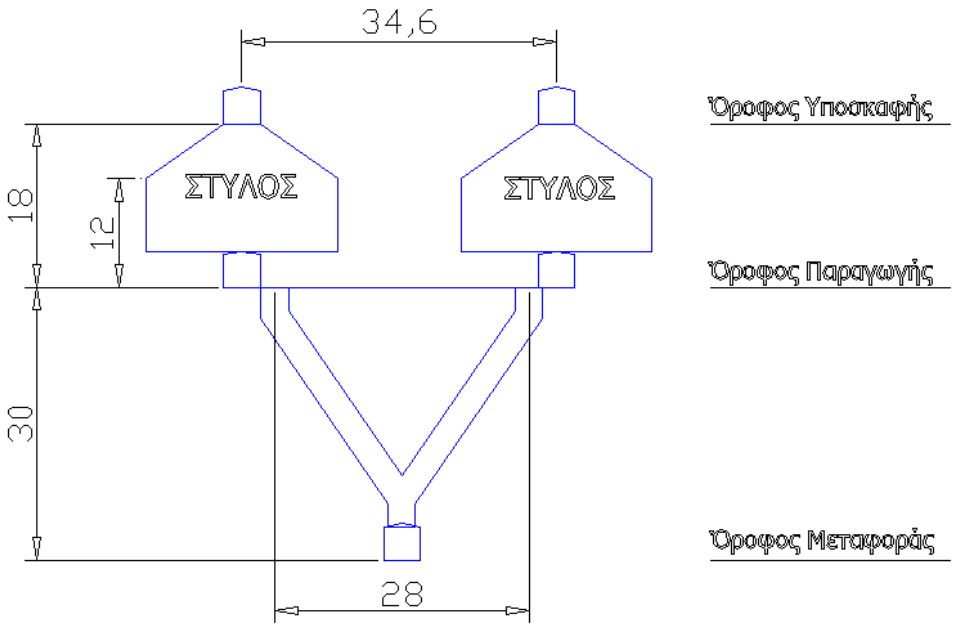
Εικόνα 6.24: Έργα ανάπτυξης μέσα στο κοίτασμα.



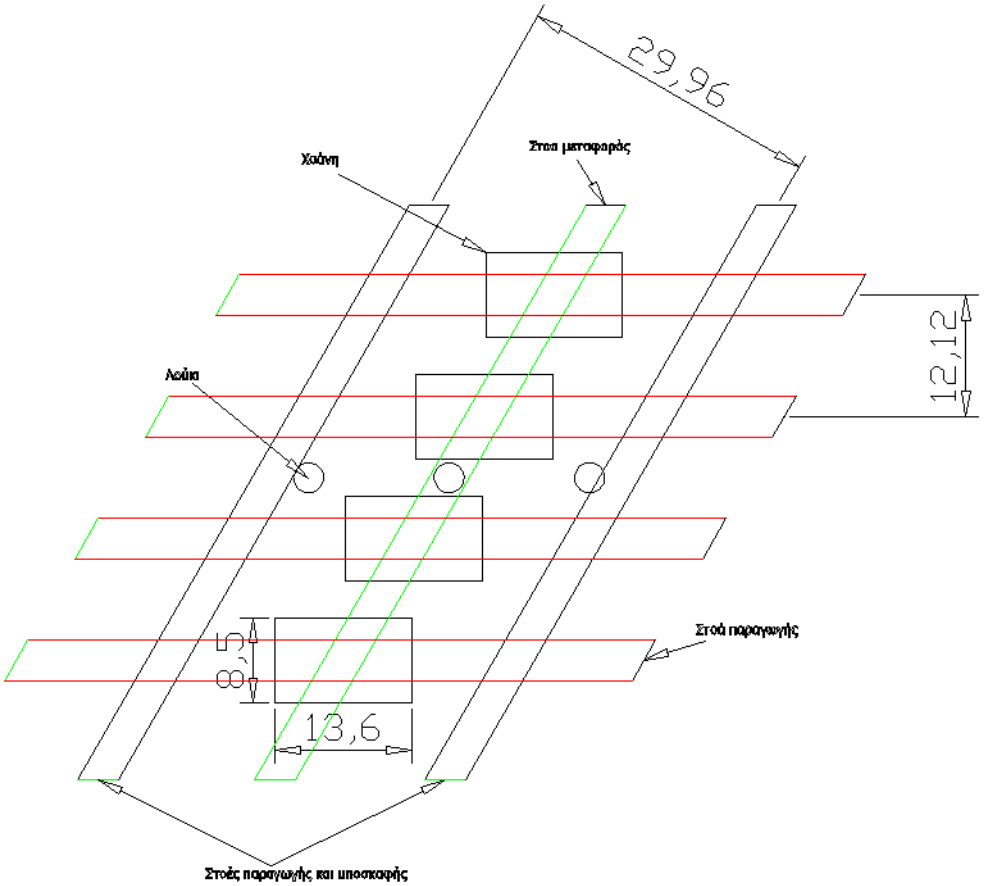
Εικόνα 6.25: Πλάγια όψη πρώτης φάσης εκμετάλλευσης.



Εικόνα 6.26: Κάτοψη πρώτης φάσης εκμετάλλευσης.



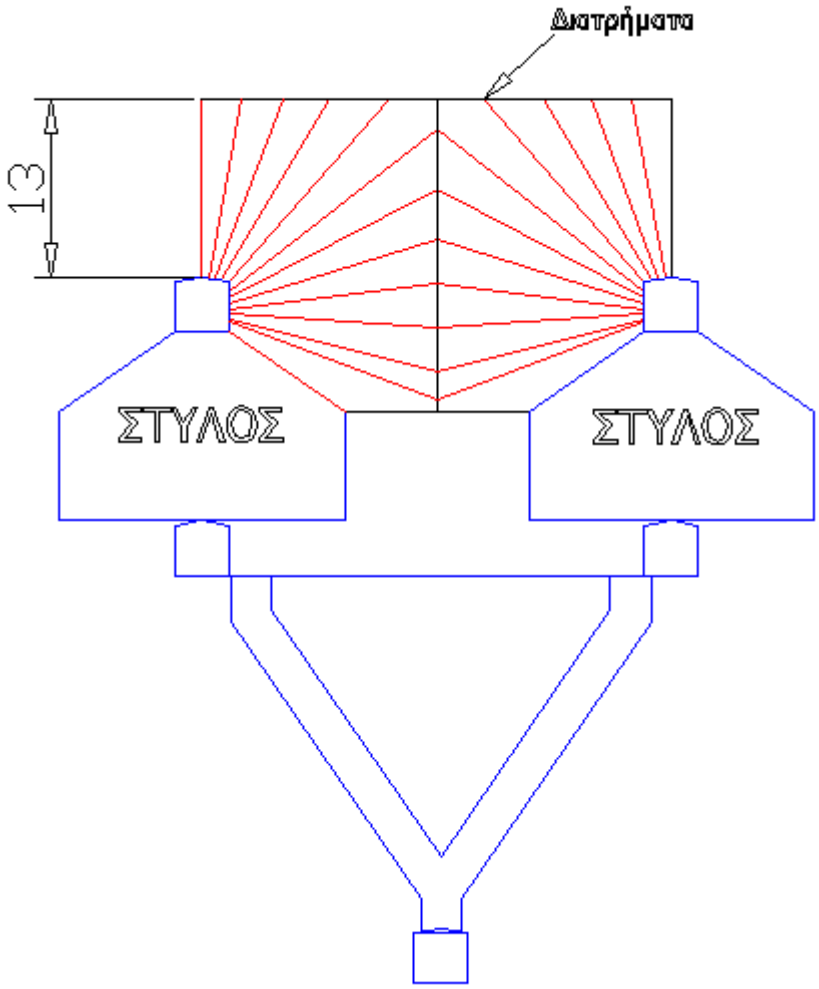
Εικόνα 6.27: Τομή επιπέδων.



Εικόνα 6.28: Κάτοψη επιπέδων

6.10 Διαδικασία παραγωγής

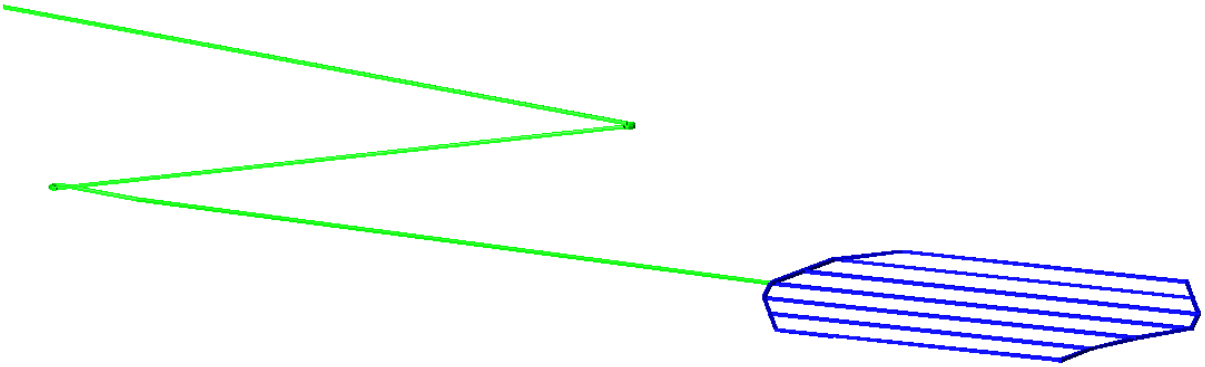
Με το πέρας όλων τον παραπάνω έργων αρχίζει η εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Η εκμετάλλευση γίνεται από το επίπεδο υποσκαφής όπου με ακτινικά διατρήματα (εικόνα 6.29) προκαλείται κατακρήμνιση του πετρώματος του βρίσκεται από πάνω. Επίσης με τα διατρήματα αυτά από το επίπεδο υποσκαφής δημιουργούνται και οι χοάνες. Από τις χοάνες το κατακρημνισμένο κοίτασμα πέφτει στο επίπεδο παραγωγής όπου από εκεί με φορτωτές τροφοδοτείται στα λούκια. Από τα λούκια το μετάλλευμα φτάνει στο επίπεδο μεταφοράς όπου εκεί με φορτηγά φορτώνεται και μεταφέρεται στο φρέαρ. Με την σειρά του από το φρέαρ μεταφέρεται στην επιφάνεια και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται.



Εικόνα 6.29: Διάταξη διατρημάτων.

Μετά το πέρας της πρώτης φάσης εκμετάλλευσης γίνεται η μετάβαση στην δεύτερη φάση η οποία είναι ακριβώς η ίδια διαδικασία με την πρώτη. Αφού τελειώσει

και η δεύτερη φάση της εκμετάλλευσης σειρά έχει η τρίτη και τελευταία. Η τρίτη φάση λοιπόν είναι η ίδια σε όλα τα έργα με τις προηγούμενες δυο μόνο που σε αυτή την περίπτωση αλλάζει ο τρόπος σύνδεσης της ράμπας με το επίπεδο μεταφοράς. Η ράμπα εδώ έρχεται και συνδέεται κατευθείαν με το επίπεδο μεταφοράς όπως παρατηρείται και παρακάτω (εικόνα 6.30).



Εικόνα 6.30: Η ράμπα συνδέεται κατευθείαν με το επίπεδο μεταφοράς.

6.11 Συμπεράσματα

Οι λόγοι για του οποίους χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος εκμετάλλευσης είναι:

- Υψηλή ημερήσια παραγωγή. Λόγο της υψηλής ημερήσιας παραγωγής (18000 ton/day) που είναι επιθυμητό να επιτευχθεί, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος εκμετάλλευσης η οποία θα μπορεί να δώσει τέτοιες τιμές. Η μέθοδος την κατακρήμνισης πατώματος (Block caving) είναι μια από αυτές.

- Γεωμηχανικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το κοίτασμα είναι πορφυριτικός χρυσός – χαλκός με περιβάλλον πέτρωμα σχιστόλιθο. Όπως παρατηρήθηκε και από την διεθνή βιβλιογραφία τέτοια πετρώματα λόγω των γεωμηχανικών τους χαρακτηριστικών μπορούν να εξορυχτούν με την μέθοδο της κατακρήμνισης πατώματος (block caving).

Ακόμη λόγω του σχήματος καθώς και του όγκου του είναι εύκολο να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή.

- Μηχανοποιημένη μέθοδος. Η κατακρήμνιση πατώματος είναι μια πλήρως μηχανοποιημένη μέθοδος για το λόγο αυτό μπορεί να επιτύχει μεγάλες ημερήσιες παραγωγές.

- Μεγάλη ανάκτηση κοιτάσματος. Με την μέθοδο αυτή μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη ανάκτηση του μεταλλεύματος έως και 100%. Έτσι λοιπόν σε κοιτάσματα τα οποία είναι σημαντικό να γίνει η εκμετάλλευσή τους στο 100% η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη.

- Συμβατή με το βαθμό πρωτογενούς θρυμματισμού του μεταλλεύματος.

- Χαμηλό μοναδιαίο κόστος λόγο μεγάλης παραγωγής. Λόγο της μεγάλης ημερήσιας παραγωγής μειώνεται το κόστος εκμετάλλευσης του κοιτάσματος σημαντικά σε σχέση με άλλες μεθόδους εκμετάλλευσης.

- Λιγότερα έργα προπαρασκευής σε σχέση με την μέθοδο των διαδοχικών ορόφων. Τα έργα προπαρασκευής στην κατακρήμνιση πατώματος είναι πολύ λιγότερα από την μέθοδο διαδοχικών ορόφων. Στην μέθοδο των διαδοχικών ορόφων μπορεί να φτάσουν και το 20% ενώ στην κατακρήμνιση πατώματος δεν ξεπερνούν το 5%.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

[1] Αγιουτάντης, Ζ. (2005). *Στοιχεία προσπέλασης και ανάπτυξης υπογείων εκμεταλλεύσεων,* Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[2] Αγιουτάντης, Ζ. (2005). *Στοιχεία διάτρησης και ανατίναξης*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[3] Εξαδάκτυλος, Γ. (2005). *Σχεδιασμός συστημάτων υπογείων έργων για την εκμετάλλευση μεταλλευτικών κοιτασμάτων*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[4] Καραχάλιος, Γ. (2001). Ανάλυση εξορυκτικής δραστηριότητας ορυκτών πρώτων υλών στην νοτιοανατολική Ευρώπη, Μεταπτυχιακή εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[5] Μανουτσογλου, Ε. (2003). *Εισαγωγή στην γεωλογία,* Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[6] Μουνταράκης, Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδας*, University studio press, Θεσσαλονίκη.

[7] Μουσουλος, Λ. (1962), *Μέθοδοι εκμεταλλεύσεως των μεταλλευτικών κοιτασμάτων,* Αθήνα.

[8] Οικονομόπουλος, Ι. (1985), *Εκμετάλλευση μεταλλείων – Μεταφορά, Ανέλκυσις,* Αθήνα.

[9] Οικονομόπουλος, Ι. (1979), *Εκμετάλλευση μεταλλείων – Προσπέλασις, Κατασκευή κυρίων μεταλλευτικών έργων, Ανάπτυξις,* Αθήνα.

[10] Παπανικολάου, Δ. (1986), *Γεωλογία της Ελλάδας*, Εκδόσεις Επτάλοφος, Αθήνα.

[11] Τσουβαλάς, Π. (1997), Σχεδιασμός υπογείων εκμεταλλεύσεων μεταλλευτικών κοιτασμάτων με την βοήθεια της θεωρίας αποφάσεων και συστήματος CAD, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[12] Τσουτρέλης, Χ. (2001), *Εκρηκτικές ύλες και τεχνική των ανατινάξεων,* Αθήνα.

Διεθνής Βιβλιογραφία

[13] Julin D. (1992), Block caving, *SME mining engineering handbook,* editor Hartman, H. 2nd Edition volume 2, Institude of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.

[14] Kvapil R. (1992), Sublevel caving, *SME mining engineering handbook,* editor Hartman, H. 2nd Edition volume 2, Institude of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.

[15] Luxbacher G. and Kline R. (1992), Mine planning and design, *SME mining engineering handbook,* editor Hartman, H. 2nd Edition volume 2, Institude of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.

[16] Ovalle A. and Albornoz H. (1981), Block caving with LHD equipment at El Teniente, *Design and operation of caving and sublevel stoping mining,* editor Stewart, D. Institute of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.

[17] Tobie R. and Julin D. (1998), Block caving, *Techniques in underground mining,* editor Gertsch, R. and Bullock, R., Institude of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.

[18] Unrug k. (1992), Construction of development opening, *SME mining engineering handbook,* editor Hartman, H. 2nd Edition volume 2, Institude of Mining, Metallurgi and Exploration, Inc.