



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΒΩΞΙΤΙΚΟΥ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΚΟΛΑΚΚΑ”**

Δεληβέρης Αλέξανδρος



Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΒΩΞΙΤΙΚΟΥ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΚΟΛΑΚΚΑ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δεληβέρης Αλέξανδρος

Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δεληβέρης Αλέξανδρος

Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή της 2/4/2012

Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας.....

Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής

Μιχαλακόπουλος Θεόδωρος, Επίκουρος καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2012

Copyright©, Δεληβέρης Αλέξανδρος 2012-04-02

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 Ο Βωξίτης.....	14
1.1.1 Η μεταλλουργία του βωξίτη.....	16
1.1.2 Οι χρήσεις του βωξίτη.....	16
1.1.3 Η συμβολή του βωξίτη στη εθνική οικονομία.....	17
1.2 Εταιρείες εκμετάλλευσης βωξιτών στην Ελλάδα.....	18
1.2.1 S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.....	18
1.2.2 Δελφοί Δίστομο Α.Μ.Ε.....	20
1.2.3 ΕΛΜΙΝ Α.Ε.....	21
2. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	22
2.1 Κοιτασματολογία.....	22
2.1.1 Η γένεση του βωξίτη.....	22
2.1.2 Παράγοντες που συμβάλλουν στη βωξιτογένεση.....	23
2.1.3 Βωξιτικά κοιτάσματα στον Ελλαδικό χώρο.....	25
2.2 Γεωλογία.....	28
2.2.1 Η γεωλογική ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας.....	28
2.2.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη.....	29
2.2.3 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία περιοχής Ασφακόλακκα.....	30
3. ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΚΟΛΑΚΚΑ.....	32
3.1 Μεταλλευτική έρευνα.....	32
3.1.1 Εντοπισμός του κοιτάσματος Ασφακόλακκα 84/2.3 μέσω γεωτρήσεων.....	32
3.1.2 Οριοθέτηση και τρισδιάστατη απεικόνιση του κοιτάσματος.....	37
3.1.3 Τρισδιάστατη απεικόνιση των τεσσάρων κοιτασμάτων.....	39
3.2 Αποθέματα.....	41
3.2.1 Υπολογισμός αποθεμάτων των τεσσάρων κοιτασμάτων – Ογκομέτρηση.....	41
3.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά κοιτάσματος.....	44

4. ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ.....	45
4.1 Κύριες στοές προσπέλασης.....	45
4.1.1 Προσέγγιση της περιοχής Ασφακόλακκα.....	45
4.1.2 Προσπέλαση των κοιτασμάτων Ασφακόλακκα.....	45
4.1.3 Ανάπτυξη και σχεδίαση των κύριων προσπελαστικών στοών.....	46
4.2 Επιτελούμενες διαδικασίες κατά την προσπέλαση.....	49
4.2.1 Διάτρηση.....	49
4.2.2 Γόμωση – Πυροδότηση.....	49
4.2.3 Φόρτωση – Μεταφορά.....	49
4.2.4 Αερισμός.....	49
4.2.5 Φωτισμός.....	49
4.2.6 Υποστήριξη.....	50
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ.....	51
5.1 Συνήθεις μέθοδοι υπογείων εκμεταλλεύσεων.....	51
5.1.1 Παράγοντες επιλογής των μεθόδων εκμετάλλευσης.....	51
5.1.2 Μέθοδος των θαλάμων και στύλων (room and pillar).....	52
5.1.3 Μέθοδος κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων (sub level caving).....	57
5.1.4 Μέθοδοι εκμετάλλευσης στα υπό εξέταση κοιτάσματα.....	58
5.1.5 Προπαρασκευή των κοιτασμάτων.....	59
5.2 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης των K_1 , K_2 και K_3	60
5.2.1 Σχεδιασμός στοών προπαρασκευής και περιχάραξης.....	60
5.2.2 Ανάπτυξη της μεθόδου των θαλάμων και στύλων.....	65
5.2.3 Εξόφληση.....	66
5.2.4 Απόληψη.....	68
5.2.5 Υπολογισμοί αντοχής θαλάμων και στύλων.....	70
5.3 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης του K_4	72
5.3.1 Προπαρασκευή στο K_4	72
5.3.2 Παραγωγή στο K_4	74
5.3.3 Εξόφληση στο K_4	76
5.3.4 Απόληψη στο K_4	77
5.4 Τελικός σχεδιασμός του μεταλλείου.....	77
5.4.1 Συνολικά μεγέθη εξόρυξης βωξίτη.....	77
5.4.2 Τελική μορφή μεταλλείου.....	77

6. ΚΥΡΙΕΣ ΕΞΟΥΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	79
6.1 Διάτρηση.....	79
6.2 Γόμωση – Πυροδότηση – Ανατίναξη.....	82
6.2.1 Γόμωση.....	82
6.2.2 Πυροδότηση.....	85
6.2.3 Ανατίναξη.....	87
6.3 Αερισμός – Ξεσκάρωμα.....	91
6.3.1 Αερισμός (Ξεκάπνισμα).....	91
6.3.2 Ξεσκάρωμα.....	91
6.4 Υποστήριξη.....	92
6.4.1 Ο σκοπός και η μέθοδος της υποστήριξης.....	92
6.4.2 Επιλογή τύπου κοχλίας.....	93
6.4.3 Μήκος κοχλίας.....	94
6.4.4 Πυκνότητα κοχλίωσης.....	94
6.4.5 Απόσταση κοχλίων από το μέτωπο.....	96
6.4.6 Συμπληρωματικά στοιχεία υποστήριξης.....	96
6.5 Φόρτωση – Μεταφορά.....	96
6.5.1 Φόρτωση.....	96
6.5.2 Μεταφορά.....	96
7. ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	97
7.1 Προσέγγιση της περιοχής.....	97
7.2 Προσπέλαση των κοιτασμάτων.....	97
7.3 Προπαρασκευή των κοιτασμάτων.....	98
7.4 Ανάπτυξη και εξόφληση των κοιτασμάτων.....	98
7.5 Χρονοδιάγραμμα εξορυκτικών εργασιών στη φάση της παραγωγής.....	99
7.5.1 Διάτρηση.....	99
7.5.2 Γόμωση – Ανατίναξη.....	99
7.5.3 Ξεκάπνισμα.....	99
7.5.4 Ξεσκάρωμα.....	100
7.5.5 Κοχλίωση οροφής.....	100
7.5.6 Φόρτωση – Μεταφορά.....	100
7.6 Προγραμματισμός εργασιών – Διάγραμμα GANTT.....	101

8. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	104
8.1 Γενικά στοιχεία.....	104
8.2 Αερισμός στο υπό μελέτη κοίτασμα.....	105
8.2.1 Απαιτούμενη παροχή αέρα.....	105
8.2.2 Σχεδιασμός κυκλώματος αερισμού.....	106
8.2.3 Υπολογισμός ολικής αντίστασης του κύριου κυκλώματος αερισμού.....	108
8.2.4 Στατική πίεση μεταλλείου.....	110
8.2.5 Επιλογή τύπου ανεμιστήρα.....	111
8.2.6 Συμπληρωματικός αερισμός.....	114
9. ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	115
9.1 Φωτισμός – Υπόγεια νερά.....	115
9.1.1 Φωτισμός.....	115
9.1.2 Υπόγεια νερά.....	116
9.2 Ασφάλεια των εργαζομένων.....	116
9.2.1 Εξοπλισμός ασφάλειας εργαζόμενου προσωπικού.....	116
9.2.2 Σήμανση του μεταλλείου.....	117
10. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	119
10.1 Κόστος επένδυσης.....	119
10.1.1 Κόστος διάνοιξης στείων στοών.....	119
10.2 Κόστος λειτουργίας.....	124
10.2.1 Κόστος εξόρυξης βωξίτη.....	124
10.2.2 Κόστος συντήρησης μηχανημάτων.....	129
10.2.3 Υπόλοιπα κόστη – Συνολικό κόστος λειτουργίας.....	129
10.3 Συνολικό κόστος – Προϋπολογιζόμενα κέρδη.....	131
10.3.1 Συνολικό κόστος.....	131
10.3.2 Προϋπολογιζόμενα κέρδη.....	131
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	135

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό, με τη χρήση H/Y και συγκεκριμένα με τη βοήθεια του μεταλλευτικού λογισμικού **Surpac 6.1.4** της **Gemcom**, της υπόγειας εκμετάλλευσης του βωξιτικού κοιτάσματος **Ασφακόλακκα 84/2.3**. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να ξεπεραστεί εάν είναι δυνατόν μια συμβατική τεχνική μελέτη υπόγειας εκμετάλλευσης στο κομμάτι του σχεδιασμού, και να δοθεί τόσο το κοίτασμα όσο και τα χαρακτηριστικά της μεθόδου εκμετάλλευσης σε ακριβή τρισδιάστατη μορφή μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού. Κάτι τέτοιο προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στους υπολογισμούς των αποθεμάτων και στη δημιουργία των μεταλλευτικών έργων, καθώς και πλήρως τρισδιάστατη απεικόνιση του κοιτάσματος και του σχεδιασθέντος μεταλλείου.

Το υπό μελέτη βωξιτικό κοίτασμα βρίσκεται βορειοδυτικά της Γραβιάς στον ορεινό όγκο της Γκιώνας στο νομό Φωκίδας και αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και **128 m** από την επιφάνεια. Πρόκειται για ένα μέσου μεγέθους κοίτασμα του γ' **ορίζοντα**, του οποίου τα γεωλογικά αποθέματα σύμφωνα με τα δεδομένα των γεωτρήσεων ανέρχονται στους **505.000 tn**.

Η κύρια μέθοδος που επιλέχθηκε για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος είναι αυτή των **θαλάμων και στύλων**, ενώ ένα μικρό κομμάτι του κοιτάσματος θα εξορυχθεί με τη μέθοδο της **κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων**.

Οι στύλοι στη φάση της ανάπτυξης της μεθόδου θα έχουν διαστάσεις **8 m × 8 m**, ενώ στη φάση της εξόφλησης οι διαστάσεις μειώνονται σε **5 m × 5 m**. Ο συντελεστής απόληψης στο κομμάτι του κοιτάσματος που χρησιμοποιείται η μέθοδος των θαλάμων και στύλων υπολογίζεται στο **87%**, ενώ σε αυτό που θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων στο **70%**.

Τα συνολικά απολήψιμα μεγέθη του υπό εξέταση κοιτάσματος ανέρχονται στους **432.606,72 tn**. Το συνολικό κόστος του έργου υπολογίζεται στα **8.788.416 €** και τα συνολικά έσοδα από την πώληση του εξορυσσόμενου βωξίτη στα **11.247.775 €**. Συνεπώς, τα κέρδη που θα αποφέρει η εκμετάλλευση ανέρχονται στα **2.459.359 €**.

Τέλος, ο χρόνος που θα διαρκέσει η εν λόγω εκμετάλλευση ανέρχεται στους **16 μήνες**.

ABSTRACT

This thesis discusses the design, using PC and specifically with the assistance of the mining software **Surpac 6.1.4** of **Gemcom**, of the underground bauxite deposit **Asfakolakka 84/2.3** exploitation. The purpose of this thesis is to overcome, if possible, a conventional technical study of an underground exploitation at the part of the design, to show the deposit and the characteristics of the method of operation, in an accurate three dimensional form, using this specific software. This provides greater accuracy, ability to create multiple outputs and fully three dimensional representation of the deposit and the designed mine.

The bauxite deposit that is being studied has been found at the northwest of Gravia village at the mountain of Giona in the prefecture of Fokida. This deposit is developed up to **128 m** depth from the surface and it is a medium deposit which belongs to the third bauxite horizon. Based on drilling data, it has been calculated that the geological reserves are **505.000 tn** of bauxite.

The primary method chosen to exploit the deposit is the method of **room and pillar**, whilst a small part of the deposit will be exploited with the method of **sub level caving**.

The pillars in the developing phase of the method are estimated to have dimensions **8 m × 8 m**, while in the final phase of the method the dimensions are reduced to **5 m × 5 m**. The extraction rate, in the part of the deposit in which is used the method of room and pillar, is estimated at **87%**. In the part of the deposit that will be used the method of sub level caving, the extraction rate is estimated at **70%**.

The total usable reserves are estimated at **432.606,72 tn**. The total cost of the exploitation will reach the **8.788.416 €** and the income funds from the sale of the mined bauxite are estimated at **11.247.775 €**. The profits of this exploitation will amount to **2.459.359 €**.

Finally, this operation will take approximately 16 months.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα από τα πιο σημαντικά μέταλλα στην εποχή μας είναι το αλουμίνιο. Το αλουμίνιο δεν υπάρχει αυτοφυές στη φύση και προέρχεται μόνο μέσω της επεξεργασίας του βωξίτη. Για αυτό το λόγο τα κοιτάσματα του βωξίτη είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την οικονομία μιας χώρας. Στο ελληνικό υπέδαφος, και ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή της Γκίωνας και του Παρνασσού, η οποία είναι η κύρια βωξιτοφόρος περιοχή της Ελλάδας, τα κοιτάσματα του βωξίτη είναι πολλά ποσοτικά και πλούσια ποιοτικά.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν στόχο το σχεδιασμό της υπόγειας εκμετάλλευσης του βωξιτικού κοιτάσματος Ασφακόλακκα 84/2.3. Το συγκεκριμένο κοιτάσμα ανήκει στην εταιρεία S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. Ξεκινώντας από το στάδιο του εντοπισμού του κοιτάσματος μέσω των γεωτρήσεων, υπολογίζονται τα συνολικά αποθέματα και εν τέλει υλοποιείται ο σχεδιασμός του μεταλλείου με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων. Για το σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκε το μεταλλευτικό λογισμικό Surpac 6.1.4 της Gemcom.

Αναλυτικότερα, η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε 11 κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικά στοιχεία για το βωξίτη, τις διάφορες χρήσεις του και την συμβολή του στην εθνική οικονομία τα τελευταία χρόνια. Επίσης, αναφέρονται στοιχεία για τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην εκμετάλλευση του συγκεκριμένου μεταλλεύματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά του βωξίτη, αναφέρονται οι βωξιτικές περιοχές της Ελλάδας και τα γεωλογικά δεδομένα αυτών των περιοχών, αλλά κυρίως εκείνα της ζώνης Γκίωνας – Παρνασσού, στην οποία και ανήκει το υπό μελέτη κοιτάσμα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία του εντοπισμού του κοιτάσματος μέσω των δεδομένων των γεωτρήσεων στο λογισμικό Surpac 6.1.4 (database) και βάσει αυτών γίνεται και ο σχεδιασμός του κοιτάσματος στο χώρο (solid modeling). Τέλος, υπολογίζονται με ακρίβεια τα γεωλογικά αποθέματα in situ του κοιτάσματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ο σχεδιασμός του προσπελαστικού έργου του κοιτάσματος και παρατίθενται οι κύριες εργασίες που επιτελούνται κατά τη διάνοιξη των προσπελαστικών στοών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις μεθόδους εκμετάλλευσης που θα χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο κοίτασμα. Αυτές είναι η μέθοδος των θαλάμων και στύλων και η μέθοδος της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων. Στη συνέχεια παρατίθεται ο σχεδιασμός μέσω Surpac των έργων προπαρασκευής και περιχάραξης, αλλά κυρίως των δύο μεθόδων εκμετάλλευσης. Τέλος, υπολογίζεται η ευστάθεια των θαλάμων και στύλων, αναφέρονται τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και υπολογίζονται τα συνολικά απολήψιμα μεγέθη της εκμετάλλευσης.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά όλες οι εξορυκτικές εργασίες που επιτελούνται τόσο κατά τη φάση της προσπέλασης όσο και στη φάση της παραγωγής. Δίνονται τα σχέδια διάτρησης και πυροδότησης βωξιτικών και ασβεστολιθικών μετώπων, υπολογίζονται οι απαιτούμενες ποσότητες των εκρηκτικών υλών, υπολογίζεται η πυκνότητα κοχλίωσης της οροφής και το απαιτούμενο μήκος των αγκυρίων. Τέλος, αναφέρονται λεπτομέρειες για τις διαδικασίες του αερισμού (ξεκάπνισμα), του ξεσκαρώματος, της φόρτωσης και της μεταφοράς.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύεται το χρονοδιάγραμμα της εξέλιξης των εργασιών. Υπολογίζεται ο χρόνος ολοκλήρωσης όλων των φάσεων της εκμετάλλευσης και ο συνολικός χρόνος ζωής του μεταλλείου. Στο δεύτερο κομμάτι του κεφαλαίου υπολογίζονται χρονικά επακριβώς όλες οι εξορυκτικές εργασίες και βάσει των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ο προγραμματισμός των εργασιών κατά τη διάρκεια της βάρδιας.

Το όγδοο κεφάλαιο αφιερώνεται στον αερισμό του μεταλλείου. Υπολογίζεται ο απαιτούμενος αέρας βάσει του εργαζόμενου προσωπικού και των μηχανημάτων εντός των υπογείων, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του κύριου κυκλώματος αερισμού και υπολογίζεται η ολική του αντίσταση. Βάσει των παραπάνω υπολογισμών βρίσκεται η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου και επιλέγεται ο κατάλληλος ανεμιστήρας για το σχεδιασμένο κύκλωμα αερισμού. Τέλος, αναφέρονται συνοπτικά στοιχεία για τον συμπληρωματικό αερισμό μέσα στο μεταλλείο.

Το ένατο κεφάλαιο αναφέρεται στην ασφάλεια των εργαζομένων της υπόγειας εκμετάλλευσης. Δίνονται στοιχεία για το φωτισμό, τα υπόγεια νερά και τη σήμανση του μεταλλείου, αλλά και για τον απαιτούμενο εξοπλισμό ασφαλείας των εργαζομένων.

Στο δέκατο κεφάλαιο γίνεται η εκτίμηση του κόστους της εκμετάλλευσης. Υπολογίζεται το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας του μεταλλείου. Με βάση το συνολικό κόστος της εκμετάλλευσης και των εσόδων που προκύπτουν από την πώληση του εξορυσσόμενου βωξίτη υπολογίζονται τα συνολικά κέρδη που θα αποφέρει η εκμετάλλευση του υπό μελέτη κοιτάσματος.

Το εντέκατο κεφάλαιο, είναι ουσιαστικά κεφάλαιο απολογισμού, καθώς αναφέρεται στα συμπεράσματα που εξάγονται από τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε κάτω από την επίβλεψη του Ανδρέα Μπενάρδου, Λέκτορα του Ε.Μ.Π, τον οποίο και ευχαριστώ πολύ για την σημαντική βοήθεια που μου παρείχε στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Ευχαριστίες επίσης οφείλω στον Δημήτρη Τσούμα και στον Γρηγόρη Πουτιό, μηχανικούς μεταλλείων της S&B, τόσο για την παροχή των απαραίτητων στοιχείων για τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, όσο και για την παραμονή μου στα υπόγεια μεταλλεία της εταιρείας.

Σημαντική βοήθεια επίσης μου προσέφερε ο Θανάσης Μαυρίκος, μέλος του Εργαστηρίου Μεταλλευτικής Τεχνολογίας, πάνω στην εκμάθηση του μεταλλευτικού λογισμικού Surpac, αλλά και ο Δημήτρης Δαμίγος Επίκουρος Καθηγητής του Ε.Μ.Π πάνω στο θέμα του αερισμού του μεταλλείου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Κώστα Χριστόπουλο για την επιμέλεια του εξώφυλλου της διπλωματικής εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με το σχεδιασμό της υπόγειας εκμετάλλευσης του βωξιτικού κοιτάσματος **Ασφακόλακκα 84/2.3** το οποίο ανήκει στην εταιρεία S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. Στην εργασία εξετάζονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κοιτάσματος, αναλύονται οι επιλογές του σχεδιασμού της υπόγειας εκμετάλλευσης και εν τέλει παρουσιάζονται τα βέλτιστα χαρακτηριστικά του επιλεχθέντος έργου εκμετάλλευσης.

Το βωξιτικό κοιτάσμα 84/2.3 είναι ένα από τα 6 κοιτάσματα του συγκροτήματος κοιτασμάτων της περιοχής Ασφακόλακκα και μάλιστα αυτό με τα μεγαλύτερα αποθέματα σε βωξίτη. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των μηχανικών της εταιρείας το συγκεκριμένο κοιτάσμα ανέρχεται στους **600.000 tn** βωξίτη.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι να ξεπεραστεί εάν είναι δυνατόν μια συμβατική τεχνική μελέτη υπόγειας εκμετάλλευσης, τουλάχιστον στον τομέα του σχεδιασμού, και να δοθούν τόσο το κοιτάσμα όσο και τα χαρακτηριστικά της μεθόδου εκμετάλλευσης μέσω της χρήσης συγκεκριμένου λογισμικού προγράμματος. Η χρήση του λογισμικού προγράμματος Surpac δίνει τη δυνατότητα του ακριβούς σχεδιασμού των έργων και της μεθόδου εκμετάλλευσης, ενώ επίσης βοηθά στον υπολογισμό των γεωλογικών αποθεμάτων του κοιτάσματος, των απολήψιμων αποθεμάτων και τον όγκο των στύλων υποστήριξης με μεγαλύτερη ακρίβεια του συμβατικού τρόπου υπολογισμού.

Επιπρόσθετα ένας τέτοιου είδους σχεδιασμός, δίνει την δυνατότητα αρχικά της βέλτιστης επιλογής της μεθόδου εκμετάλλευσης του κοιτάσματος, καθώς είναι γνωστή επακριβώς η μορφή του κοιτάσματος στο χώρο, και στη συνέχεια την δυνατότητα απεικόνισης της τελικής μορφής του μεταλλείου ή και των ενδιάμεσων φάσεων.

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ελήφθησαν υπόψη όλα τα στοιχεία που παρεδόθηκαν από τους μηχανικούς της εταιρείας S&B, όπως:

- Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής, προκειμένου να σχεδιαστεί το ανάγλυφο σε τρισδιάστατη μορφή.
- Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που έγιναν στην περιοχή για την ανεύρεση του κοιτάσματος.
- Δεδομένα για την χρήση των εκρηκτικών υλών.

- Στοιχεία για τις διαστάσεις των προσπελαστικών και των στοών εκμετάλλευσης, που ακολουθούνται σε μια τυπική υπόγεια βωξίτική εκμετάλλευση.
- Στοιχεία για τον μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κατά τις υπόγειες εκμεταλλεύσεις.
- Οικονομικά στοιχεία για τα κόστη διαφόρων υλικών που θα χρησιμοποιηθούν.
- Γεωλογικοί χάρτες της περιοχής.

Η διαδικασία του σχεδιασμού ξεκινά με την ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη και στη συνέχεια την τρισδιάστατη απεικόνιση του ανάγλυφου της περιοχής. Εν συνεχεία εισάγονται τα δεδομένα των γεωτρήσεων μας με τη βοήθεια των οποίων βρίσκονται τα όρια του κοιτάσματος και με τον τρόπο αυτό το κοίτασμα αποτυπώνεται στο χώρο. Ακολουθεί η επιλογή των θέσεων για τη διάνοιξη των στοών προσπέλασης και ο σχεδιασμός τους. Η μέθοδος εκμετάλλευσης που επιλέχθηκε είναι αυτή των θαλάμων και στύλων, κοινή στους βωξίτες του Ελληνικού χώρου για λόγους ασφάλειας, απόδοσης άλλα και για λόγους εμπειρίας και τεχνογνωσίας της συγκεκριμένης μεθόδου. Ειδικότερα σε ορισμένα τμήματα του κοιτάσματος - λίγα σχετικά - όπου το πάχος του βωξίτη υπερβαίνει τα 8m και φθάνει τα 16m θα εφαρμοστεί η μέθοδος της λιθογόμωσης σε συνδυασμό με αυτή των θαλάμων και στύλων. Τέλος σε ένα μικρό μέρος του κοιτάσματος θα εφαρμοστεί η μέθοδος της κατακρήμνισης οροφής.

Μετά τον σχεδιασμό της μεθόδου εκμετάλλευσης ακολουθεί ο υπολογισμός της διάρκειας της εκμετάλλευσης, η μελέτη του αερισμού του μεταλλείου και τελικά ο προϋπολογισμός του κόστους της εκμετάλλευσης, καθώς και τα αναμενόμενα έσοδα και κέρδη με βάση τη σημερινή τιμή πώλησης ανά tn βωξίτη.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι ο κατευθυντήριος άξονας για την συγκεκριμένη μελέτη της υπόγειας εκμετάλλευσης ήταν η επίτευξη του βέλτιστου οικονομικού αποτελέσματος σε συνδυασμό με την καλύτερη δυνατή ασφάλεια για το εργαζόμενο προσωπικό εντός του μεταλλείου.

1.1 Ο Βωξίτης

Ο βωξίτης είναι πέτρωμα, δηλαδή ένας συνδυασμός ορυκτών, και αποτελεί το κυριότερο μέταλλευμα αργιλίου. Ανακαλύφθηκε το 1821 από τον Γάλλο γεωλόγο Πιερ Μπερτιέ στην πόλη Μπω της νότιας Γαλλίας, από την οποία πήρε και το όνομα του Ο βωξίτης

σχηματίζεται από την αποσάθρωση των αργιλοπυριτικών πετρωμάτων κυρίως μαγματογενούς προέλευσης, θεωρούμενος έτσι ως ιζηματογενές πέτρωμα, ενώ αποτελεί το κυριότερο μέταλλευμα παραγωγής αλουμινίου.

Ο βωξίτης είναι μίγμα που αποτελείται κυρίως από:

- Υδροξείδια του αργιλίου (γιβσίτης/ $\text{Al}(\text{OH})_3$, διάσπορο/ $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, βαιμίτης/ $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$)
- Υδροξείδια/οξείδια του σιδήρου (γκαιτίτης/ $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$, αιματίτης/ Fe_2O_3)
- Οξείδιο του τιτανίου (TiO_2)

Στον βωξίτη εμπεριέχονται επίσης και πυριτικά ορυκτά όπως ο καολίνης και ο αλουνίτης.

Όσον αφορά τις φυσικοχημικές του ιδιότητες είναι χρήσιμο να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Το χρώμα του είναι κοκκινωπό ή κίτρινο και μερικές φορές γκριζωπό. Τα διάφορα χρώματα του βωξίτη οφείλονται στις διαφορετικές περιεκτικότητες των παραπάνω ορυκτών. Έτσι, βωξίτης περισσότερο κοκκινωπός περιέχει περισσότερο αιματίτη, ενώ κιτρινωπός περισσότερο γκαϊτίτη. Το γκριζωπό χρώμα οφείλεται σε μικρή περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου.
- Το ειδικό του βάρος κυμαίνεται από 2,7 έως 3,5 ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε οξείδια του σιδήρου.
- Η υφή του είναι στιφρή, ωλιθική ή πισσολιθική, είναι αδιάλυτος στο νερό, ενώ μπορεί να διαλυθεί σε οξέα ή καυστικά αλκάλια υψηλών συγκεντρώσεων ανάλογα με την σύστασή του. Τέλος, ο βωξίτης είναι ανθεκτικός στις υψηλές θερμοκρασίες.

Οικονομικά εκμεταλλεύσιμος για παραγωγή αλούμινας, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή του μεταλλικού αλουμινίου θεωρείται ο βωξίτης εκείνος που περιέχει περισσότερο από 45-50% Al_2O_3 , λιγότερο από 20% Fe_2O_3 και μέχρι 5% πυρίτιο στις διάφορες μορφές του.

1.1.1 Η μεταλλουργία του βωξίτη

Η μεταλλουργία του βωξίτη, η διαδικασία δηλαδή που πρέπει να ακολουθηθεί προκειμένου να εξαχθεί το τελικό προϊόν του αλουμινίου αποτελείται από δύο φάσεις. Από την πρώτη φάση όπου εξάγεται το υδροξείδιο του αργιλίου $\text{Al}(\text{OH})_3$ από το βωξίτη (Μέθοδος Bayer), και από την δεύτερη φάση, αυτή της εξαγωγής του καθαρού αργιλίου (Hall-Heroult). Πιο αναλυτικά οι φάσεις αυτές έχουν ως εξής:

- Μέθοδος Bayer: Ο βωξίτης λειοτριβείται και εισάγεται σε δοχεία μαζί με πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου υπό υψηλή πίεση και θερμοκρασία περίπου 150°C . Τα ορυκτά του αργιλίου διαλύονται, ενώ απομακρύνονται και απορρίπτονται τα υπό μορφή ερυθράς λάσπης υδροξείδια του σιδήρου. Το διάλυμα στη συνέχεια ψύχεται και το καθαρό υδροξείδιο του αργιλίου καταβυθίζεται. Το στερεό υπόλειμμα θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία μετατρέπόμενο έτσι σε οξείδιο του αργιλίου (αλουμίνα).
- Μέθοδος Hall-Heroult: Η αλουμίνα εισάγεται σε μεγάλες λεκάνες. Αυτές είναι ορύγματα στο έδαφος επενδυμένα με υψηλής ανθεκτικότητας σε διάβρωση και υψηλές θερμοκρασίες μεταλλικές πλάκες. Εκεί θερμαίνεται μέχρι τήξεως. Επειδή η θερμοκρασία τήξεως είναι πολύ υψηλή (περίπου 1100°C), προστίθεται περίπου 40% κρύολιθος (Na_3AlF_6) για να κατεβάσει το σημείο τήξεως περίπου στους $850-900^\circ\text{C}$. Το τήγμα υφίσταται ηλεκτρόλυση, με τα τοιχώματα της λεκάνης να αποτελούν την άνοδο και το ηλεκτρόδιο από άνθρακα να αποτελεί την κάθοδο. Στο ηλεκτρόδιο αυτό αποτίθενται φθόριο και οξυγόνο, τα οποία καίοντας τον άνθρακα συμβάλλουν στη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας. Το φθόριο συλλέγεται από ειδικές σωληνώσεις στο κάλυμμα της λεκάνης και χρησιμοποιείται εκ νέου. Το παραγόμενο αργίλιο είναι σε ρευστή μορφή (τηγμένο), συλλέγεται από τη λεκάνη και υφίσταται εκ νέου εμπλουτισμό με νέα ηλεκτρόλυση, φθάνοντας σε καθαρότητα το 99%. Στη συνέχεια χύνεται σε ειδικά καλούπια και παίρνει μορφή κυλίνδρου με την οποία διατίθεται στο εμπόριο.

1.1.2 Οι χρήσεις του βωξίτη

Το μέταλλευμα του βωξίτη χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες σαν βάση για την εξαγωγή διάφορων χρήσιμων προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται:

- Στη βιομηχανία του αλουμινίου. Το 85% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής βωξίτη απορροφάται από την βιομηχανία αυτή για την παραγωγή αυτού του συγκεκριμένου μετάλλου.
- Στην παραγωγή ειδικών τσιμέντων. Ένας ειδικός σκληρός βωξίτης, συνήθως διασπορικός, όταν τήκεται σε ειδικές κάμινους μαζί με κοκ και ασβεστόλιθο μετατρέπεται σε αργλική κονία η οποία αποτελεί τσιμέντο ταχείας πήξεως.
- Στην παραγωγή λειαντικών υλικών. Συνήθως χρησιμοποιείται βωξίτης διασπορικού ή μπαμυτικού τύπου με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε CaO (κάτω από 0,5%) και με μέτρια περιεκτικότητα σε SiO₂.
- Στην παραγωγή πυρίμαχων υλικών. Ο βωξίτης που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι υψηλής περιεκτικότητας σε Al₂O₃ και χαμηλής σε Fe₂O₃ και CaO.

1.1.3 Η συμβολή του βωξίτη στην εθνική οικονομία

Η Ελλάδα κατέχει σημαντική θέση στην παραγωγή βωξίτη όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως καθώς είναι μια από τις σημαντικότερες βωξιτοπαραγωγικές χώρες. Η εξόρυξη του βωξίτη στη χώρα μας γίνεται πλέον μόνο με **υπόγειες** εκμεταλλεύσεις. Τα βέβαια αποθέματα βωξίτη της Ελλάδας ανέρχονται περίπου σε **130.000.000 tn**, ενώ η ετήσια παραγωγή ξεπερνά τους **1.900.000 tn** (Benardos A, Katopodis D, 2011).

Οι εξαγωγές ελληνικού βωξίτη ξεπερνούν τα 30 εκατομμύρια € ετησίως. Οι Ελληνικές εταιρείες παραγωγής βωξίτη είναι τρεις και απασχολούν περί τα 700 άτομα. Η παραγωγή βωξίτη τα τελευταία χρόνια είχε σταθερά ανοδική πορεία. Όμως, όπως και κάθε άλλη επιχειρηματική δραστηριότητα επιβραδύνθηκε το 2009 λόγω οικονομικής κρίσης και έτσι η παραγωγή βωξίτη εμφάνισε μικρή πτώση.

Ο συνολικός κύκλος εργασιών του κλάδου εξόρυξης βωξίτη δηλαδή της πρωτογενούς παραγωγής αλουμίνιας και αλουμινίου, είναι ύψους 480 εκατομμυρίων € και απασχολούνται σε αυτόν συνολικά περί τα 2.000 άτομα. Ο μεταποιητικός και εμπορικός κλάδος που τροφοδοτείται με αλουμίνιο από την εταιρεία Αλουμίνιο της Ελλάδας παράγει κύκλο εργασιών 2,8 δις € στον οποίο αντιστοιχούν εξαγωγές ύψους 610 εκατομμυρίων €. Στον κλάδο του αλουμινίου δραστηριοποιούνται συνολικά 8.000 εταιρείες που συμβάλλουν στη διατήρηση πάνω από 40.000 θέσεων εργασίας (Δρ. Ιωάννης Ζαφειράτος, 2010).

Η συνεισφορά συνολικά του κλάδου του αλουμινίου στην Ελληνική οικονομία ανέρχεται σε **2,3% περίπου του ΑΕΠ** και στο **9%** περίπου των εξαγωγών. Η παραγωγή του 2009 διατέθηκε προς παραγωγή αλουμίνιας κατά 72% και το υπόλοιπο σε άλλους τομείς παραγωγής προϊόντων. Συγκεκριμένα προς το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου της εταιρείας Αλουμίνιο της Ελλάδος διατέθηκαν 1.400.000 tn βωξίτη.

Πιο συγκεκριμένα για τα έτη 2009 και 2010 η παραγωγή βωξίτη, καθώς και η αξία των πωλήσεων και των εξαγωγών παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1 (Benardos A, Katopodis D, 2011).

Πίνακας 1.1 Παραγωγή βωξίτη στην Ελλάδα και αξία πωλήσεων και εξαγωγών

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ	ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΣΕ €	ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΣΕ €
2009	1.935.000	59.517.000	23.649.000
2010	1.855.000	69.568.000	42.458.000

1.2 Εταιρείες εκμετάλλευσης βωξιτικών κοιτασμάτων στην Ελλάδα

Οι μεγαλύτερες εταιρείες εκμετάλλευσης βωξιτών που δραστηριοποιούνται στη χώρα είναι η S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε, η Δελφοί Δίστομο Α.Μ.Ε και η ΕΛΜΙΝ Α.Ε. Οι εταιρείες αυτές ελέγχουν με μονοπωλιακό τρόπο την παραγωγή του βωξίτη στη χώρα και δραστηριοποιούνται στους νομούς της Φθιώτιδας, της Φωκίδας και της Βοιωτίας. Παρακάτω θα αναφερθούμε στην κάθε μια ξεχωριστά με συνοπτικό τρόπο.

1.2.1 S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε

Η S&B αποτελεί ένα πολυμετοχικό όμιλο εταιρειών με εκτεταμένη διεθνή δραστηριότητα. Ο όμιλος απαρτίζεται από θυγατρικές και συνδεδεμένες εταιρείες και δραστηριοποιείται σε περισσότερες από 20 χώρες και στις πέντε ηπείρους.

Η εξόρυξη βωξίτη άρχισε το 1934 από την εταιρεία που είχε την επωνυμία Α.Ε.Μ Βωξίτες Παρνασσού. Το 1938 η παραγωγή βωξίτη έφθασε το 5% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Ιδιαίτερα σημαντικά ήταν τα μακροπρόθεσμα συμβόλαια που υπογράφηκαν την περίοδο 1956-1958 με την Σοβιετική Ένωση και το 1963 με την Γαλλική εταιρεία

Pechiney για την προμήθεια του νέου εργοστασίου της θυγατρικής της εταιρείας Αλουμίνιον της Ελλάδος Α.Ε.Β.Ε, στα Άσπρα Σπίτια Βοιωτίας.

Το 1996 η βωξιτική δραστηριότητα απορροφήθηκε μέσω συγχώνευσης από την Α.Ε.Ε Αργυρομεταλλευμάτων και Βαρυτίνης, η οποία το 2003 μετονομάστηκε σε S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. Τέλος, τον Νοέμβριο του 2011 οι εταιρείες S&B και Δελφοί – Δίστομο ήρθαν σε συμφωνία για την εξαφορά της πρώτης από τη δεύτερη. Σύμφωνα με τη συμφωνία (στο νέο σχήμα που θα προκύψει (Νέα Δελφοί – Δίστομο) η Αλουμίνιον Α.Ε θα αγοράσει μέρος της συμμετοχής της S&B, ούτως ώστε το ποσοστό της να φτάσει το 51% αποκτώντας παράλληλα και τον έλεγχο του νέου σχήματος. Το υπόλοιπο 49% της S&B θα αγοραστεί σταδιακά και εντός 30 μηνών από την Αλουμίνιον Α.Ε..

Σήμερα η εταιρεία αυτή, μαζί με την εξαγορασμένη Βωξίτες Ελικώνος, εκμεταλλεύεται βωξίτη στους νομούς Φθιώτιδας, Φωκίδας και Βοιωτίας. Στους νομούς Φωκίδας και Φθιώτιδας είναι μισθώτρια δημόσιων μεταλλείων και έχει μεταλλευτικά δικαιώματα σε ιδιόκτητες παραχωρήσεις. Η εξόρυξη βωξίτη γίνεται από μεταλλεία τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των ορεινών όγκων Παρνασσού και Γκιώνας. Η εταιρεία διαθέτει επίσης εγκαταστάσεις επεξεργασίας και φόρτωσης του μεταλλεύματος στην Ιτέα Φωκίδας.

Η S&B είναι η μεγαλύτερη παραγωγός εταιρεία βωξίτη στην Ελλάδα και κατ' επέκταση και στην Ευρώπη με ετήσια παραγωγή που αγγίζει τους 1.400.000 tn. Από αυτούς, το 30% διατίθεται στην εταιρεία «Αλουμίνιο της Ελλάδος», έπειτα από συμφωνία που υπογράφηκε το 2006, και το 5% στις Ελληνικές τσιμεντοβιομηχανίες. Το υπόλοιπο 65% εξάγεται σε 21 χώρες του εξωτερικού (Ρωσία, Βόρεια Αμερική, Ανατολική και Δυτική Ευρώπη) και ειδικότερα το 24% σε τσιμεντοβιομηχανίες του εξωτερικού. Η εταιρεία στον κλάδο του βωξίτη απασχολεί προσωπικό 360 ατόμων.

Τα γεωλογικά αποθέματά της εταιρείας ανέρχονται σήμερα σε 80.000.000 tn τα οποία είναι τα σημαντικότερα στην Ευρώπη και τα συνολικά υπολογισμένα απολήψιμα αποθέματά της ανέρχονται σε 15.000.000 tn.

Τέλος, η εκμετάλλευση του βωξίτη από τη συγκεκριμένη εταιρεία γίνεται πλέον μόνο με υπόγειες εκμεταλλεύσεις, καθώς τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργήσει στο παρελθόν οι υπαίθριες στα βουνά της Γκιώνας και του Παρνασσού είναι εκτεταμένα και σοβαρά.

Η συμφωνία εξαγοράς της S&B από την Δελφοί – Δίστομο, έχει προεκτάσεις και στην εταιρεία Αλουμίνιον της Ελλάδας. Κατά βάση η συμφωνία αυτή απαντά σε τρία βασικά ζητούμενα για την εταιρεία Αλουμίνιον της Ελλάδας που είναι η μοναδική καθετοποιημένη βιομηχανική μονάδα αλουμινίου και άρα ο βωξίτης είναι η βασική πρώτη ύλη για αυτή.

Η συμφωνία λοιπόν ικανοποιεί κατ' αρχήν τις ανάγκες της ΑτΕ στη βασική για αυτή, πρώτη ύλη του βωξίτη. Σύμφωνα με πληροφορίες με τη συμφωνία διασφαλίζονται οι ανάγκες σε βωξίτη της ΑτΕ για τα επόμενα 20 χρόνια.

Κατ' επέκταση με τη συμφωνία εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα του εργοστασίου για πολλά χρόνια.

Το τρίτο βασικό σημείο της συμφωνίας είναι ότι με τις οικονομίες κλίμακας που θα επιτευχθούν, η ΑτΕ θα καταφέρει να μειώσει το κόστος παραγωγής της, πράγμα που είναι το βασικό ζητούμενο, με δεδομένο ότι οι τιμές πώλησης των προϊόντων της δεν καθορίζονται από την ίδια τη βιομηχανία αλλά από το χρηματιστήριο LME.

1.2.2 Δελφοί Δίστομο Α.Μ.Ε

Η εταιρεία ιδρύθηκε το 1972 ως θυγατρική της εταιρείας Αλουμίνιον της Ελλάδος, με την επωνυμία Ελληνικοί Βωξίτες Διστόμου. Το 1975 δημιουργήθηκε η εταιρεία Δελφοί-Δίστομο Α.Μ.Ε προκειμένου να ελέγχει τις μεταλλευτικές παραχωρήσεις της εταιρείας Βωξίτες Δελφών. Το 1989 οι εταιρείες Ελληνικοί Βωξίτες Διστόμου και Βωξίτες Δελφών συγχωνεύτηκαν στη Δελφοί-Δίστομο Α.Μ.Ε. Το 1995 η εταιρεία μετέφερε το κέντρο των δραστηριοτήτων της από το Δίστομο της Βοιωτίας στην Άμφισσα της Φωκίδας, στην περιοχή Άνω Κουνουκλιά, στο δημοτικό διαμέρισμα του Ελαιώνα. Από το 2007 η εταιρεία αποτελεί ανεξάρτητο μέλος του ομίλου Μυτιληναίος.

Σήμερα η εταιρεία δραστηριοποιείται στους νομούς Φωκίδας και Βοιωτίας, στα βουνά του Παρνασσού, της Γκιώνας και του Ελικώνα σε 63 παραχωρήσεις μεταλλείων και είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός εταιρεία βωξίτη στην Ελλάδα, με ετήσια παραγωγή που ανέρχεται στους 900.000 tn. Το σύνολο της παραγωγής του βωξίτη διατίθεται στο εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στα Άσπρα Σπίτια Βοιωτίας. Το βιομηχανικό αυτό συγκρότημα της εταιρείας Αλουμίνιον Α.Ε έχει δυναμικότητα παραγωγής 750.000 tn

αλουμίνας και 160.000 tn αλουμινίου ανά έτος, ενώ απασχολεί 1250 άτομα. Από το 2005 είναι μέλος των εταιρειών του ομίλου Μυτιλιναίος.

Τέλος, τα υπολογισμένα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα της εν λόγω εταιρείας ανέρχονται σήμερα στους 9.100.000 tn. Η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων βωξίτη γίνεται μόνο με υπόγειες εκμεταλλεύσεις.

1.2.3 ΕΛΜΙΝ Α.Ε

Η εταιρεία ΕΛΜΙΝ Α.Ε έχει μεταλλεία στους νομούς Φωκίδας, Φθιώτιδας, Αττικής, Βοιωτίας και Εύβοιας σε 76 παραχωρήσεις μεταλλείων, που απέκτησε το 2000 κατόπιν εξαγοράς του ενεργητικού της εταιρείας Α.Ε.Μ.Β.Ν Μεταλλεία Βωξίτη Ελευσίνας, η οποία βρισκόταν εκείνο τον καιρό σε εκκαθάριση. Τα συνολικά βέβαια αποθέματα της εταιρείας ανέρχονται στα 10 εκατομμύρια tn περίπου, ενώ τα αντίστοιχα πιθανά στα 15 με 16 εκατομμύρια tn. Για το έτος 2005 η ετήσια παραγωγή βωξίτη της εταιρείας υπερδιπλασιάστηκε, φθάνοντας τους 323.080 tn έναντι 154.660 tn για το έτος 2004. Αξίζει να σημειωθεί ότι για το έτος 2005, η παραγωγή της ΕΛΜΙΝ αποτέλεσε το 13% της ελληνικής παραγωγής βωξίτη, όταν για το 2004 το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 6,3%.

Το 60 με 70% της παραγωγής της διατίθεται στην εταιρεία Αλουμίνιον της Ελλάδος, για την τροφοδοσία του μεταλλουργικού εργοστασίου παραγωγής αλουμίνας και μεταλλικού αλουμινίου. Το υπόλοιπο εξάγεται στις εξής χώρες: Κροατία, Τσεχία, Σλοβενία, Ουκρανία, Ρουμανία, Ολλανδία και Πολωνία. Για το έτος 2008 το ύψος των εξαγωγών της εταιρείας στις παραπάνω χώρες ανήλθε στα 4.567.000 € και οι πωλήσεις στην εταιρεία Αλουμίνιο της Ελλάδος ανήλθαν στα 9.644.000 €. Στα μεταλλεία και στα γραφεία της αυτή τη στιγμή η ΕΛΜΙΝ απασχολεί 117 άτομα όλων των ειδικοτήτων.

Το κύριο μεταλλευτικό κέντρο της ΕΛΜΙΝ βρίσκεται στην Λαμία και αποτελείται από μεταλλεία τα οποία είναι διασκορπισμένα στα βουνά της Γκιώνας και της Οίτης. Η εκμετάλλευση του βωξίτη γίνεται αποκλειστικά με υπόγειες εκμεταλλεύσεις με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων, αλλά και με τη μέθοδο κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων.

2. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1 Κοιτασματολογία

2.1.1 Η γένεση του βωξίτη

Σχετικά με την γένεση των βωξιτικών κοιτασμάτων επικρατούν σήμερα δύο θεωρίες. Η θεωρία της αλλόχθονης γενέσεως, και η θεωρία της αυτόχθονης γενέσεως (Ορφανουδάκη Α, 2005). Πιο συγκεκριμένα, οι θεωρίες αυτές αναλύονται λεπτομερώς παρακάτω.

A) Η θεωρία της αλλόχθονης γενέσεως: Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, το βωξιτικό κοίτασμα σχηματίστηκε σε κάποιο άλλο μέρος από όπου βρίσκεται σήμερα με τη βοήθεια της λατεριτικής αποσάθρωσης και ύστερα υπέστη διάβρωση, μεταφορά και απόθεση στην σημερινή του θέση, σε μορφή αλλουβιακή. Από τον σχηματισμό του αυτό προκύπτει ότι ο βωξίτης αυτός είναι ίζημα λατεριτικό και αλλόχθονο. Τα κοιτάσματα αυτά χαρακτηρίζονται ως λατεριτικά (Ερχάτ, 1950). Μετά από μια περίοδο βιοστασίας, που στη διάρκεια της σχηματίστηκαν τα λατεριτικά profil σε περιοχές αργιλοπυριτικών πετρωμάτων, ακολούθησε μια περίοδος ρηξιστασίας, η οποία προκάλεσε την καταστροφή και την απόθεση τους σε γειτονικές περιοχές, με έντονα και πολλά καρστικά έγκοιλα. Κατά τη φάση αυτή έγινε και ο διαφορισμός και ο εμπλουτισμός σε υδροξείδια του αργιλίου, με αποτέλεσμα να σχηματισθούν βωξιτικά κοιτάσματα πλούσια σε άργιλο. Η λατεριτίωση πιθανώς να συνεχίστηκε και να τερματίστηκε στη νέα θέση των καρστικών εγκοίλων, εκεί όπου συγκεντρώθηκε το βωξιτικό υλικό.

B) Η θεωρία της αυτόχθονης γενέσεως: Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, ο βωξίτης προήλθε από την επί τόπου αποσάθρωση των ανθρακικών πετρωμάτων και ειδικότερα των ασβεστόλιθων. Από την αποσάθρωση αυτή, που είχε ως αποτέλεσμα τη διάλυση και απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών, παρέμειναν σαν υπόλειμμα τα αδιάλυτα αργιλοπυριτικά ορυκτά, τα οποία στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε λατεριτίωση, με αποτέλεσμα την δημιουργία των βωξιτικών κοιτασμάτων. Συνεπώς πρόκειται για έναν αλλουβιακό σχηματισμό σε συνθήκες τροπικού κλίματος. Η θεωρία αυτή υποστηρίχθηκε από τους επιστήμονες Λαπαρέντ και Ντόλφους σε διάφορες εργασίες τους.

Επικρατέστερη θεωρία γενέσεως των βωξιτών της περιοχής Παρνασσού-Γκιώνας είναι η πρώτη για τους εξείς τρεις λόγους (Ντάτσης Π, Χαρχαλάκης Σ, 1989):

- Το αργίλιο συμμετέχει σε ελάχιστο ποσοστό στη σύνθεση των ασβεστολίθων, ενώ είναι το κύριο συστατικό της σύνθεσης των βωξιτών. Για τη γένεση ενός κοιτάσματος βωξίτη πάχους 3 m και μήκους 20 m θα έπρεπε να λατεριτωθούν ολόκληρα βουνά ασβεστόλιθων για να δώσουν το εγκλειόμενο ποσό αργιλίου στο κοίτασμα. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό, γιατί το κενό μεταξύ οροφής και πατώματος των βωξιτών δεν είναι τόσο μεγάλο, ώστε να δικαιολογείται μια τέτοια εξέλιξη.
- Η υπόθεση της προέλευσης των βωξιτών από ασβεστόλιθους δεν θα μπορούσε να ερμηνεύσει την παρουσία ορισμένων στοιχείων στον βωξίτη όπως τιτάνιο, γάλλιο, βανάδιο κ.λ.π.
- Η δεύτερη θεωρία δε θα μπορούσε να εξηγήσει την ύπαρξη διαφοράς στη σύσταση του βωξίτη από δυτικά προς ανατολικά.

Τέλος, χωρίς να μπορεί να αποδειχθεί φαίνεται πιθανό για τον Ελληνικό χώρο ότι οι βωξίτες προήλθαν από λατεριτική αποσάθρωση οφειολίθων, οι οποίοι είναι πολύ εξαπλωμένοι στην Ελλάδα. Υπέρ της άποψης αυτής συνηγορεί το γεγονός ότι βρέθηκαν μικρά κοιτάσματα βωξίτη πάνω σε σερπεντίνες και διαβασικούς τόφφους. Αυτά τα κοιτάσματα θεωρούνται αυτόχθονα.

2.1.2 Παράγοντες που συμβάλλουν στην βωξιτογένεση

Για να επιτευχθεί η λατεριτίωση και κατ' επέκταση η βωξιτογένεση θα πρέπει να συντρέχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

A) Ύπαρξη κατάλληλων πετρωμάτων: Πετρώματα δηλαδή πλούσια σε Al_2O_3 . Πλούσια πετρώματα σε Al_2O_3 είναι τα όξινα, τα ενδιάμεσα και τα βασικά μαγματογενή πετρώματα (π.χ. ανδεσίτες, γάββροι, βασάλτες), όπως και πολλά μεταμορφωμένα και ιζηματογενή (π.χ. αργιλικόι σχιστόλιθοι, αρκόζες). Μητρικά πετρώματα βωξιτικών κοιτασμάτων είναι κατά σειρά σπουδαιότητας οι βασάλτες, οι διαβάσες, οι αρκόζες, οι καολινιτικές άργιλοι, οι αργιλικόι σχιστόλιθοι και οι γρανίτες.

B) Ύπαρξη τροπικού κλίματος: Η ένταση της αποσάθρωσης αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και του ποσού των βροχοπτώσεων. Έτσι, η αποσάθρωση είναι πιο έντονη στις υγρές και τροπικές ζώνες. Προκειμένου να γίνει λατεριτίωση η μέση θερμοκρασία πρέπει να είναι μεγαλύτερη των $22^{\circ}C$, το ύψος των βροχοπτώσεων μεγαλύτερο των 1200mm, ενώ η κατανομή των υδατοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους πρέπει να είναι

άνιση, συνθήκες που μπορούμε να συναντήσουμε μόνο στην τροπική ζώνη, στο κλίμα των μουσώνων. Ο Ελληνικός χώρος κατά την περίοδο γένεσης των μεγάλων λατεριτικών κοιτασμάτων είχε τροπικό κλίμα και μάλιστα κλίμα μουσώνων.

Γ) Ύπαρξη τροπικής βλάστησης: Η φυτοκάλυψη βοηθά τη λατεριτίωση καθώς το κάλυμμα του δάσους συγκρατεί την υγρασία του εδάφους, η οποία είναι απαραίτητη για την αποσάθρωση. Επίσης, οι ρίζες των δέντρων ευνοούν την κατείδυση του ύδατος διαμέσου του λατεριτικού μανδύα βοηθώντας στην αποστράγγιση. Επιπλέον οι μικροοργανισμοί που ζουν στις ρίζες συμβάλλουν στην εξαλλοίωση των αργιλοπυριτικών ορυκτών και δρουν ως καταλύτες σε ορισμένες χημικές αντιδράσεις. Τέλος, το πυκνό δάσος προστατεύει τον λατεριτικό μανδύα από την αποσάθρωση. Όπου το κάλυμμα του δάσους καταστρέφεται προκαλείται ταυτόχρονα μηχανική αποσάθρωση του λατεριτικού μανδύα.

Δ) Ύπαρξη πανεπίπεδου: Οι περισσότεροι βωξίτες βρίσκονται σε πανεπίπεδα (plateaux). Στις περιοχές αυτές δημιουργούνται οι ευνοϊκές συνθήκες για λατεριτίωση. Αυτό συμβαίνει γιατί εξαιτίας του μεγάλου υψομέτρου επιβοηθείται η αποστράγγιση, η οποία είναι βασική προϋπόθεση για την βωξιτογένεση. Επίσης η προσκομιδή και η απόθεση προϊόντων αποσάθρωσης σε αυτά τα ύψη είναι μικρή και ως εκ τούτου ο λατεριτικός μανδύας μένει στην επιφάνεια επί μακρόν. Τέλος, εξαιτίας της μικρής κλίσης των πανεπιπέδων αποτρέπεται η αποκομιδή του λατεριτικού μανδύα.

Ε) Ύπαρξη καλής αποστράγγισης: Ο βωξίτης μπορεί να δημιουργηθεί μόνο πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα και μάλιστα κάτω από καλές συνθήκες αποστράγγισης. Για να επιτευχθεί ικανοποιητική διάλυση και αποκομιδή των διαλυμένων συστατικών απαιτείται καλή αποστράγγιση. Με την καλή αποστράγγιση δημιουργείται ένας πλούσιος σε βωξιτικά ορυκτά ορίζοντας, αντί ενός πλούσιου σε καολινίτη ορίζοντα.

Ο όρος πρωτογενή κοιτάσματα ή λατεριτικοί μανδύες δηλώνει τον πρωτογενή χαρακτήρα των βωξιτών, δηλαδή των βωξιτών εκείνων που απαντούν πάνω στα πετρώματα από τη λατεριτίωση των οποίων προήλθαν. Όμως οι λατερίτες είναι δυνατόν να αποσθρωθούν και τα προϊόντα της αποσάθρωσης να μεταφερθούν στην θάλασσα, όπου και αποτίθενται και δίνουν αλλόχθονα λατεριτικά κοιτάσματα. Τέτοια είναι τα κοιτάσματα της Ελλάδας, τα οποία έχουν αποτεθεί σε καρστ ασβεστολίθων.

2.1.3 Βωξιτικά κοιτάσματα στον Ελλαδικό χώρο

Τα κοιτάσματα βωξίτη της Ελλάδας είναι δευτερογενή, προήλθαν δηλαδή από την αποσάθρωση πρωτογενών κοιτασμάτων, των λεγόμενων λατεριτικών μανδυνών, τα οποία είχαν δημιουργηθεί πάνω στους οφιολίθους της Υποπελαγονικής Ενότητας. Τα υπό λατεριτίωση πετρώματα ήταν κυρίως τα βασικά μέλη των οφιολιθικών συμπλεγμάτων (βασάλτες, γάββροι, διαβάσεις) με τη συμμετοχή και των υπερμαφικών πετρωμάτων των οφιολιθικών συμπλεγμάτων, όπως υποδηλώνει η σημαντική περιεκτικότητα σε Ni και Cr. Το υλικό που προέκυψε από την καταστροφή των πρωτογενών κοιτασμάτων μεταφέρθηκε σε αβαθές θαλάσσιο περιβάλλον και αποτέθηκε μέσα σε ασβεστολιθικά καρστ, δίνοντας έτσι τους καρστικού τύπου βωξίτες. Ο ιστός του μεταλλεύματος είναι πισσολιθικού ή συμπαγούς τύπου.

Το πισσολιθικού τύπου μετάλλευμα αποτελείται από κλαστικούς κόκκους (πισσόλιθοι) πλούσιους σε αιματίτη, καθώς και από τη θεμελιώδη μάζα η οποία είναι πλούσια σε διάσπορο ή και βαιμίτη.

Το συμπαγούς τύπου μετάλλευμα αποτελείται από μικροκρυσταλλικό διάσπορο ή και βαιμίτη και έχει πηλιτική μορφή (Κατωπόδης Δ, 2011).

Κοιτάσματα βωξίτη υπάρχουν διάσπαρτα στον Ελληνικό χώρο. Οι τρεις γεωλογικές ζώνες στις οποίες ανήκουν είναι:

A) Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας

- 1^{ος} βωξιτικός ορίζοντας (κατώτερος), ηλικίας Μ. Ιουρασικό-Α. Ιουρασικό
- 2^{ος} βωξιτικός ορίζοντας (ενδιάμεσος), ηλικίας Α. Ιουρασικό-Κ. Κρητιδικό
- 3^{ος} βωξιτικός ορίζοντας (ανώτερος), ηλικίας Κενομάνιο-Τουρόνιο

Ο 3^{ος} βωξιτικός ορίζοντας είναι αυτός με την μεγαλύτερη ποσότητα κοιτασμάτων. Μεταξύ του 1^{ου} και του 3^{ου} βωξιτικού ορίζοντα, εντοπίζεται κατά θέσεις η παρουσία του ενδιάμεσου ορίζοντα.

Από τους τρεις ορίζοντες, υπό εκμετάλλευση βρίσκονται ο 2^{ος} και ο 3^{ος}.



Εικόνα 2.1.3.1 Στρωματογραφία γεωλογικής ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας

Β) Ζώνη Ανατολικής Ελλάδας (Πελαγονική και Υποπελαγονική)

- 1^{ος} βωξιτικός ορίζοντας, ηλικίας Α. Ιουρασικό-Κ. Κρητιδικό
- 2^{ος} βωξιτικός ορίζοντας, ηλικίας Τριαδικό-Κενομάνιο

Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται τα κοιτάσματα του Καλλιδρόμου, της Λοκρίδας, του Δομοκού, της νοτιοανατολικής Θεσσαλίας, των περιοχών Μάνδρας και Ελευσίνας, της βόρειας και κεντρικής Έυβοιας, της Σκοπέλου.

Γ) Υπόλοιπος Ελλαδικός χώρος

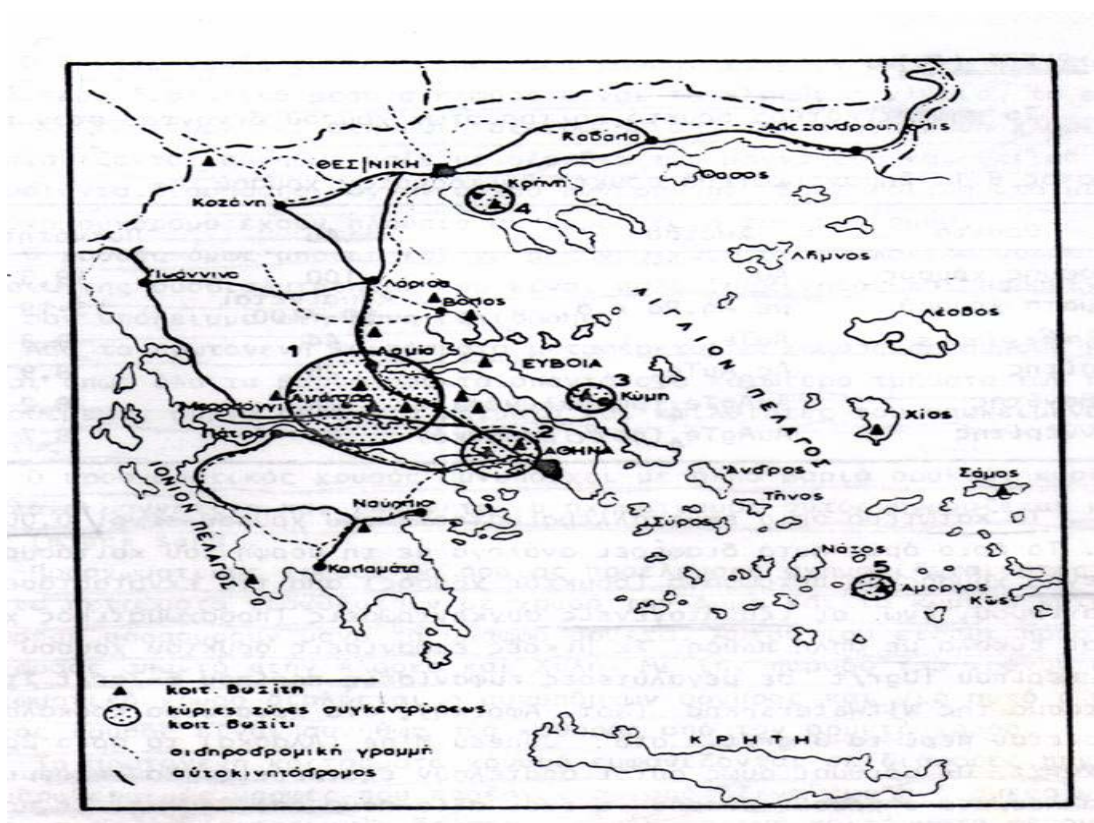
Τα κοιτάσματα που ανήκουν σε αυτό το χώρο βρίσκονται σε άλλες γεωλογικές ζώνες που σχηματίστηκαν κυρίως λόγω τεκτονικών φαινομένων.

- Όρος Κατσίκια Χαλκιδικής
- Νότιο τμήμα της Χίου
- Ναύπακτος-Πύλος και ανατολική Πελοπόννησος (όρη Αρτεμίσιο, Παρθένιο)
- Βροντερό Πρεσπών

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα αποθέματα σε βωξίτη της Ελλάδας εκτιμώνται περίπου στους 120 εκατομμύρια tn. Τα επακριβώς όμως υπολογισμένα αποθέματα ανέρχονται στα 55 εκατομμύρια tn (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών). Πιο συγκεκριμένα τα αποθέματα αυτά εμφανίζονται στον πίνακα 2.1.3.

Πίνακας 2.1.3 Βωξιτικά αποθέματα σε tn στις περιοχές της Ελλάδας

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ
ΠΑΡΝΑΣΣΟΣ-ΓΚΙΩΝΑ-ΕΛΙΚΩΝΑΣ	50.000.000
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	2.500.000
ΕΥΒΟΙΑ	700.000
ΣΚΟΠΕΛΟΣ	1.000.000
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ	500.000
ΑΜΟΡΓΟΣ	300.000



Εικόνα 2.1.3.2 Χάρτης που απεικονίζει τα βωξιτικά αποθέματα του Ελλαδικού χώρου

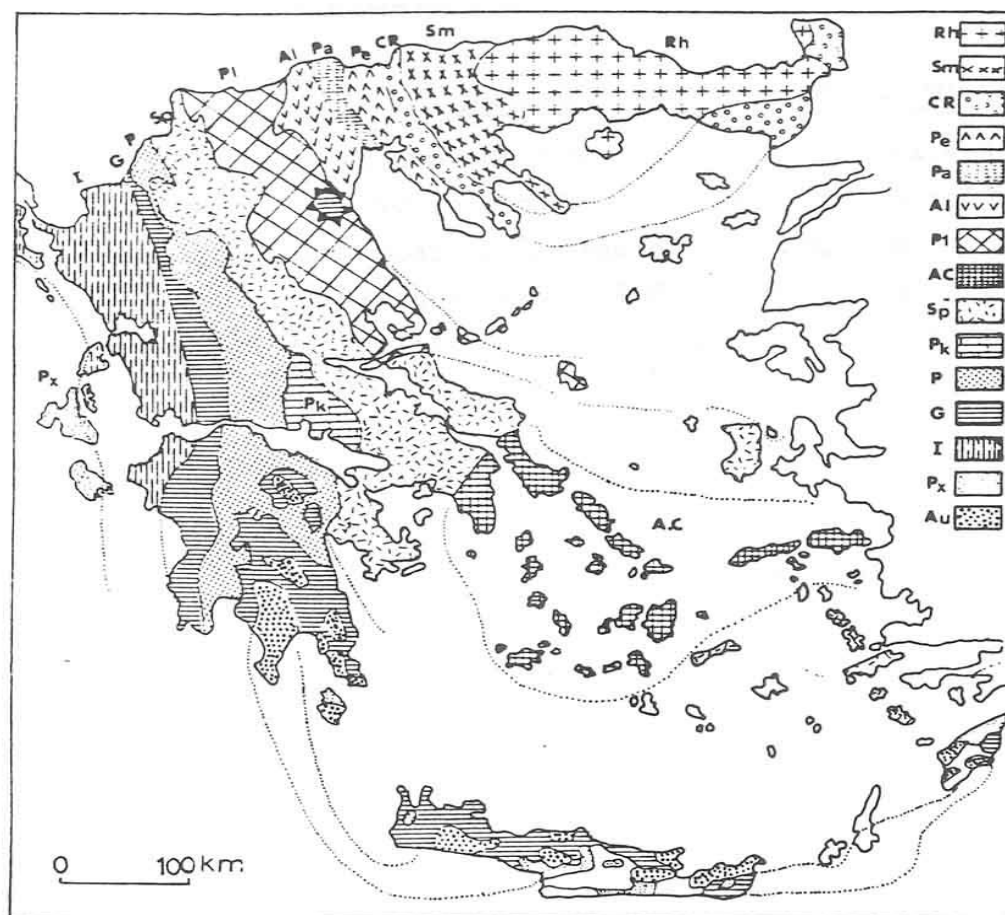
2.2 Γεωλογία

2.2.1 Η γεωτεκτονική ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας

Η περιοχή Ασφακόλακκα, στην οποία βρίσκεται το υπόγειο κοίτασμα προς μελέτη, ανήκει στην γεωλογική ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας. Η ονομασία της ζώνης οφείλεται στα βουνά του Παρνασσού και της Γκιώνας της Στερεάς Ελλάδας, τα οποία συγκροτούν την ζώνη.

Η ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας θεωρήθηκε το δυαδικό σύστημα εναλλασσόμενων αυλακών και ράχων ως ύβωμα τοπικά παρεμβαλλόμενο μεταξύ της κατωφέρειας της Υποελαγονικής ζώνης και της αύλακας της Πίνδου. Η συγκεκριμένη ζώνη περιορίζεται στην κεντρική Ελλάδα.

Η γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας φαίνονται στην εικόνα 2.2.1, στον χάρτη που παρουσιάζει όλες τις γεωτεκτονικές ζώνες του Ελληνικού χώρου. Η γεωτεκτονική ζώνη Γκιώνας-Παρνασσού διακρίνεται με την ένδειξη P_κ.



Εικόνα 2.2.1 Γεωτεκτονικές ζώνες, με P_κ εμφανίζεται η ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας

2.2.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη

Μέσα στα αλπικά ιζήματα της γεωλογικής ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας έχουν βρεθεί οι τρεις στρωματογραφικοί βωξιτικοί ορίζοντες, οι οποίοι συνδέονται με τρεις διαφορετικές πτυχώσεις του αλπικού κύκλου ορογένεσεως. Αυτοί οι τρεις κύκλοι ορογένεσης περιέχουν μέσα τους τα κοιτάσματα του βωξίτη. Οι ορίζοντες αυτοί είναι:

A) Κατώτερος ορίζοντας ή 1^{ος} ορίζοντας: Ο ορίζοντας αυτός παρεμβάλλεται μεταξύ των ασβεστόλιθων του Μαλμίου και του Κιμμεριδίου. Η στεριά πάνω στην οποία βρίσκεται, δημιουργήθηκε μαζί με την Αγκαζιτική πτύχωση.

B) Ενδιάμεσος ορίζοντας ή 2^{ος} ορίζοντας: Ο ορίζοντας αυτός παρεμβάλλεται μεταξύ των ασβεστόλιθων του Κιμμεριδίου και του Τιθωνίου. Η στεριά πάνω στην οποία βρίσκεται, δημιουργήθηκε στη Νεοκιμμερική ζώνη. Έχει κοιτάσματα φτωχότερα σε ποιότητα και μικρότερα από αυτά του ανώτερου ορίζοντα.

Γ) Ανώτερος ορίζοντας ή 3^{ος} ορίζοντας: Ο ορίζοντας αυτός παρεμβάλλεται μεταξύ των ασβεστόλιθων του Κενομάνιου και Τουρωνίου-Σεκυνίου. Η χέρσος πάνω στην οποία βρίσκεται δημιουργήθηκε μαζί με την Υποερκωνική πτύχωση. Ο τρίτος ορίζοντας έχει τα μεγαλύτερα και τα ποιοτικότερα κοιτάσματα.

Εκτός πάντως από τους κύριους βωξιτικούς ορίζοντες υπάρχουν και οι δευτερεύοντες, οι οποίοι όμως δεν παίζουν κάποιο σημαντικό ρόλο.

Πάνω από τους Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους στην περιοχή Παρνασσού-Γκιώνας έχουμε φλύσχη με κυμαινόμενο πάχος. Η απόθεση του φλύσχη άρχισε στο Παλαιόκαινο και τελείωσε στο Παλαιογενές. Στις κοιλάδες της περιοχής πάνω από τον φλύσχη έχουμε νεώτερα ιζήματα του τεταρτογενούς.

Αυτό που ενδιαφέρει πάντως από πρακτική άποψη είναι ότι τα βωξιτικά κοιτάσματα κατανέμονται πάνω σε τρεις προσδιορισμένες επιφάνειες, οι οποίες όπως αναφέρθηκε πριν είναι:

- Η επιφάνεια κάτω από το Κιμμερίδιο
- Η επιφάνεια πάνω από το Κιμμερίδιο
- Η επιφάνεια κάτω από το Σεκύνιο-Τουρώνιο

Η παρατήρηση αυτή, ότι δηλαδή η μεταλλοφορία των βωξιτών ελέγχεται μόνο από το παλαιογεωγραφικό σύστημα, βοηθά στον εντοπισμό νέων βωξιτικών κοιτασμάτων. Επίσης, στην ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας συναντιούνται τα μεγαλύτερα και τα καλύτερα βωξιτικά κοιτάσματα.

Η στρωματογραφία της γεωλογικής ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

2.2.3 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία της περιοχής Ασφακόλακκα

Ο ευρύτερος χώρος της περιοχής Ασφακόλακκα ανήκει στην γεωτεκτονική ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, η οποία χαρακτηρίζεται από έντονο τεκτονισμό. Οι διάφορες τεκτονικές φάσεις που συνδέονται με την εξέλιξη του υποβάθρου της ζώνης αυτής και της αλπικής ορογένεσης, έχουν όπως είναι γνωστό δημιουργήσει ρήγματα και διακλάσεις.

Τα βωξιτικά κοιτάσματα της περιοχής Ασφακόλακκα ανήκουν στον 3^ο βωξιτικό ορίζοντα της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας. Ουσιαστικά, στην συγκεκριμένη περιοχή αναπτύσσεται ένα σύμπλεγμα μικρών φακοειδών κοιτασμάτων. Στα κοιτάσματα αυτά εμφανίζονται δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις ΝΔ-ΒΑ και ΒΔ-ΝΑ. Τα δύο αυτά ρήγματα έχουν προξενήσει άλματα και επιπτεύσεις στο κοίτασμα από 10 έως και 30m. Η ύπαρξη των δύο αυτών ρηγμάτων ενδέχεται να έχει κατακερματίσει το κοίτασμα σε περισσότερα από δύο διαφορετικά κομμάτια.

Τα περιβάλλοντα πετρώματα των βωξιτικών κοιτασμάτων είναι ασβεστολιθικά, και ειδικότερα οι ασβεστόλιθοι της οροφής είναι ηλικίας Τουρωνίου-Σενωνίου, ενώ του δαπέδου είναι Κενομανίου ηλικίας.

Η μηχανική συμπεριφορά των ασβεστόλιθων της οροφής είναι καλή και έχουν σημαντική πλαστικότητα, έτσι με αυτόν τον τρόπο ευνοείται η ανάληψη υψηλών τάσεων. Οι ασβεστόλιθοι του δαπέδου από την άλλη έχουν μεν ικανοποιητική μηχανική συμπεριφορά, είναι όμως λιγότερο πλαστικοί σε σύγκριση με αυτούς της οροφής.

Τα υπό μελέτη κοιτάσματα της περιοχής Ασφακόλακκα έχουν: α) Μέση κλίση που κυμαίνεται από 25° έως 30°, ενώ εμφανίζεται περιορισμένη μεταλλοφορία με μεγαλύτερες κλίσεις. β) Η ποιότητα τους είναι πολύ καλή. γ) Είναι έντονα τεκτονισμένα, γεγονός που

απαιτεί παραλλαγές των επιλεγόμενων μεθόδων καθώς αυτές δεν μπορούν να εφαρμοσθούν κατά ενιαίο τρόπο. δ) Η αντοχή του συγκεκριμένου βωξίτη είναι αρκετά ικανοποιητική.

Τέλος, η μέση χημική σύσταση των κοιτασμάτων βωξίτη της περιοχής Ασφακόλακκα είναι:

- 52-60% σε Al_2O_3
- 20-25% σε Fe_2O_3
- 1-5% σε SiO_2
- 2,6% σε TiO_2
- 0,5-1,3% σε CaO
- 12% σε υγρασία

Το χρώμα του συγκεκριμένου βωξίτη είναι καστανέρυθρο λόγω του περιεχόμενου σε σημαντική αναλογία Fe_2O_3 .



Εικόνα 2.2.3 Κοινό δείγμα βωξίτη της περιοχής Ασφακόλακκα

3. Μεταλλευτική Έρευνα Κοιτάσματος Ασφακόλακκα

3.1 Μεταλλευτική Έρευνα

3.1.1 Εντοπισμός του κοιτάσματος Ασφακόλακκα 84/2.3 μέσω γεωτρήσεων

Είναι γνωστό ότι κατά τη διενέργεια της μεταλλευτικής έρευνας, η πυκνότητα των γεωτρήσεων και επομένως το μέγεθος του καννάβου εξαρτώνται από πλήθος παραγόντων σημαντικότεροι των οποίων είναι οι παρακάτω:

- Η μεταλλευτική αξία του κοιτάσματος
- Ο τρόπος μεταλλογένεσης του κοιτάσματος
- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υπερκείμενων του κοιτάσματος πετρωμάτων
- Το ανάγλυφο της περιοχής

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τους παραπάνω παράγοντες και με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και οικονομικότητα, σχεδιάστηκε κάνναβος γεωτρήσεων 30×30m.

Για τον εντοπισμό του κοιτάσματος 84/2.3 της περιοχής Ασφακόλακκα πραγματοποιήθηκαν συνολικά 63 γεωτρήσεις από τις οποίες οι 40 ήταν θετικές (βρέθηκε βωξίτης) και οι 23 αρνητικές (μόνο στείρα). Στον πίνακα 3.1.1 παρουσιάζονται τα κύρια στοιχεία για τις 40 θετικές γεωτρήσεις.

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΑΧΟΣ ΒΩΞΙΤΗ (m)	ΜΗΚΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)
1	39/4/95	586,07	6	81
2	39/4/91	580,83	11	83
3	39/4/90	579,24	6,5	60,5
4	39/4/86	580,92	7	65
5	39/4/81	591,59	5	72
6	39/4/110	587,18	3	80
7	39/4/152	595,11	8	94

8	39/4/63	592,08	6	89,5
9	39/4/57	597,97	6,5	72,5
10	39/4/148	596,26	5	74
11	39/4/164	582,17	5	66
12	39/4/307	605,5	16	117
13	39/4/161	597,54	8	95
14	39/4/156	586,98	7,5	60,5
15	39/4/310	610,31	8	100
16	39/4/160	610,77	4,5	111
17	39/4/316	598,96	4	108
18	39/4/315	601,42	7	82
19	39/4/165	603,49	9	101
20	39/4/163	614,06	7,5	118
21	39/4/157	605,78	3	58
22	39/4/62	623,88	10,5	131
23	39/4/159	618,49	6,5	78,5
24	39/4/312	622,32	4	84
25	39/4/149	629,18	8,5	117
26	39/4/144	633,38	9,5	126
27	39/4/314	630,12	5	123
28	39/4/162	626,42	6	72

29	39/4/313	630,03	7	87
30	39/4/151	640,02	6	126
31	39/4/153	638,01	1,5	123
32	39/4/196	644,73	2	138
33	39/4/121	655,06	6	96
34	39/4/141	657,28	5,5	118
35	39/4/147	656,73	5	138
36	39/4/202	661,75	5,5	144
37	39/4/171	663,35	2	90
38	39/4/200	667,63	3	91
39	39/4/172	675,34	7	92
40	39/4/198	676,43	3	133

Πίνακας 3.1.1 Κύρια στοιχεία θετικών γεωτρήσεων

Κρίθηκε σκόπιμο για λόγους οικονομίας, αλλά και ουσίας να παρουσιαστούν τα κυριότερα στοιχεία μόνο των θετικών γεωτρήσεων και όχι και των αρνητικών. Το απόλυτο υψόμετρο, το πάχος των στρωμάτων βωξίτη και το μήκος των γεωτρήσεων είναι εκφρασμένα σε m.

Το συνολικό μήκος των γεωτρήσεων που διατρήθηκαν, θετικών και αρνητικών, είναι 6.014m και το μέσο μήκος αυτών είναι 94,7m.

Το ανώτερο σημείο επαφής του υπερκείμενου ασβεστολίθου (ταβανιού) με το κοίτασμα βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο $z=615,34\text{m}$ και σε βάθος 60m από την επιφάνεια, στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/172.

Το κατώτερο σημείο επαφής του υπερκείμενου ασβεστολίθου (ταβανιού) με το κοίτασμα βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο $z=505,88\text{m}$ και σε βάθος 118m από την επιφάνεια στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/62.

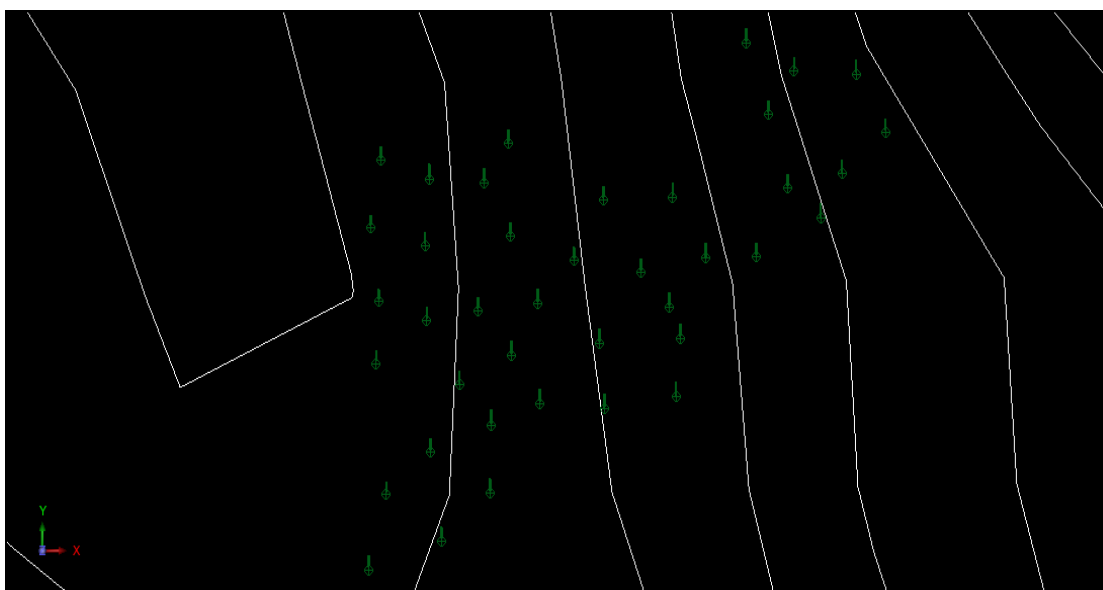
Το ανώτερο σημείο επαφής του ασβεστολίθου του πατώματος με το κοίτασμα βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο $z=608,34\text{m}$ και σε βάθος 67m από την επιφάνεια στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/172.

Το κατώτερο σημείο επαφής του ασβεστολίθου του πατώματος με το κοίτασμα βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο $z=492,5\text{m}$ και σε βάθος 113m από την επιφάνεια στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/307.

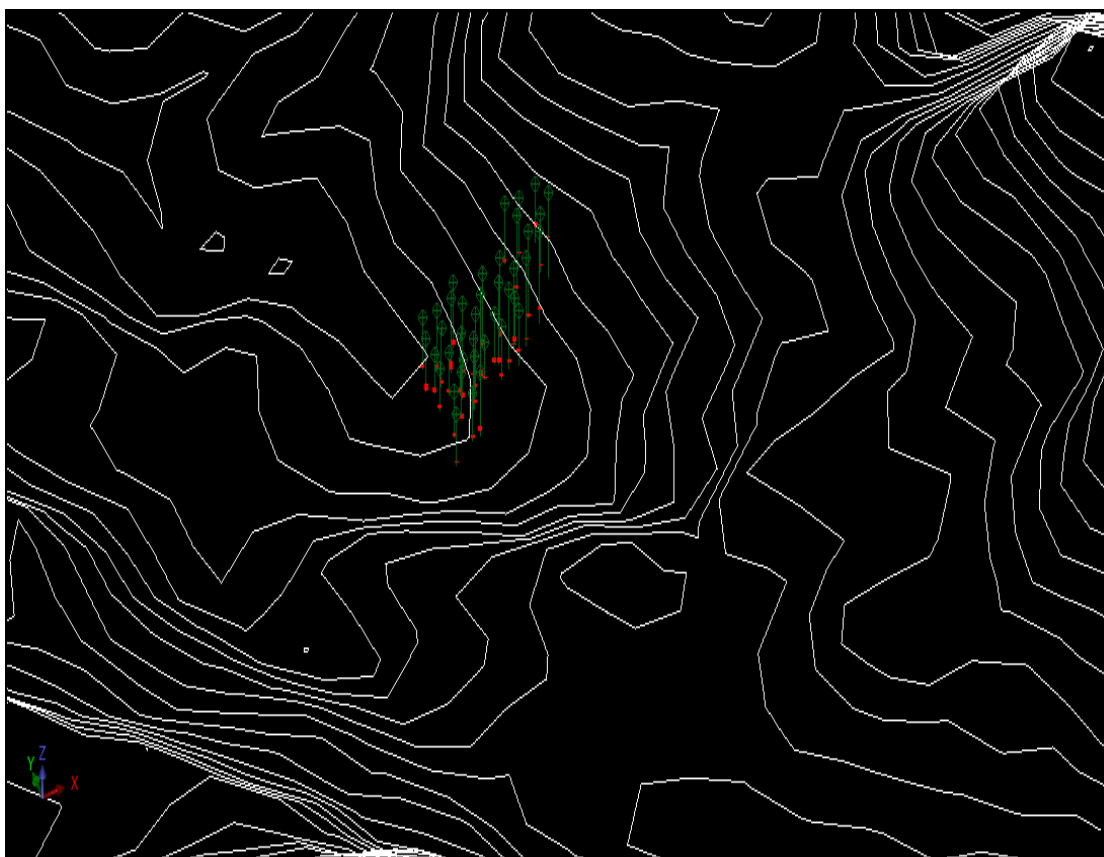
Το μεγαλύτερο πάχος βωξίτη στο κοίτασμα ανέρχεται στα 16m στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/307, ενώ το μικρότερο πάχος που συναντάται είναι μόλις $1,5\text{m}$ στη γεώτρηση με κωδικό 39/4/153. Το πάχος αυτό είναι πολύ μικρό και οριακό ως προς εκμετάλλευση μέσω του μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται (οριακό πάχος εκμετάλλευσης $1,5 - 2\text{m}$). Τέλος, το μέσο πάχος του βωξίτη στο συγκεκριμένο κοίτασμα που μελετάτε είναι $6,1\text{m}$.

Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έγιναν με τη βοήθεια δύο περιστροφικών δειγματοληπτικών γεωτρυπάνων τύπου Atlas Copco Boyles επί ελκύθρου με μήκος στελεχών 3m . Ο κάνναβος των γεωτρήσεων δεν ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικός και συμμετρικός, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.1.1 (β), λόγω του έντονου αναγλύφου και του πυκνού ελατοδάσους της περιοχής. Τέλος, να σημειωθεί ότι οι καροταρίες του συγκεκριμένου γεωτρυπάνου ήταν του μεγέθους των 75mm .

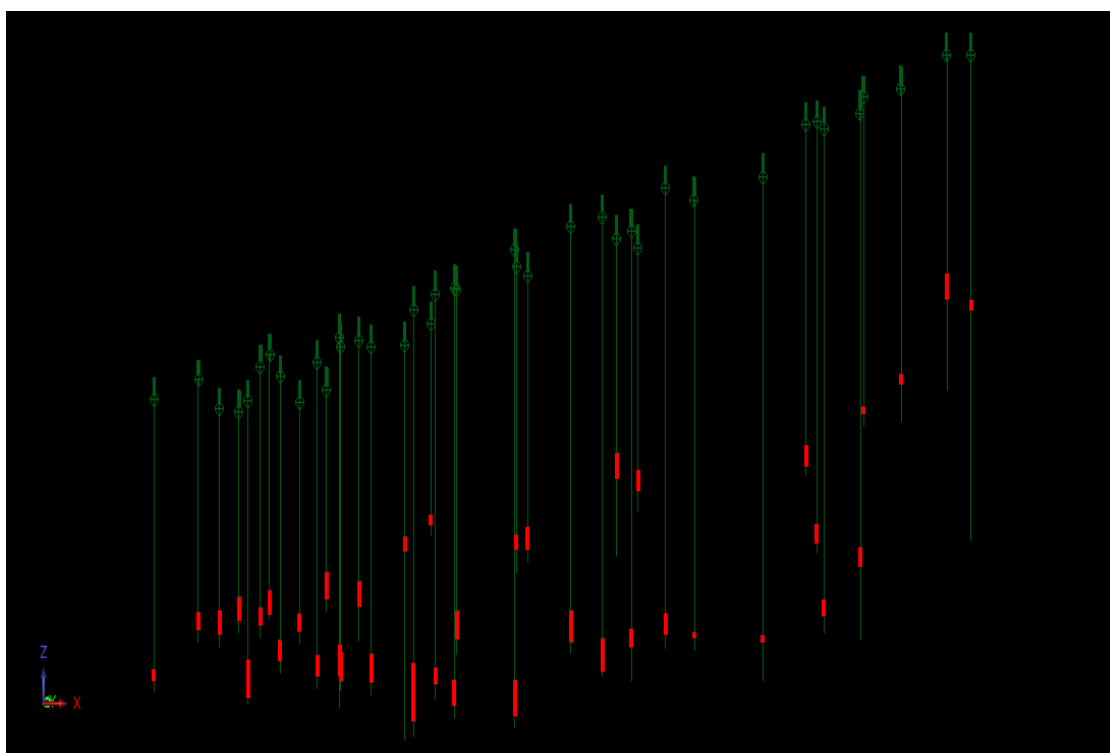
Οι θετικές γεωτρήσεις, καθώς και ο κάνναβος τους παρουσιάζονται με τη βοήθεια του λογισμικού Surpac στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 3.1.1 (α) Κάνναβος των θετικών γεωτρήσεων σε διαστάσεις $30 \times 30\text{m}$



Εικόνα 3.1.1 (β) Οι 40 θετικές γεωτρήσεις και το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής



Εικόνα 3.1.1 (γ) Οι 40 θετικές γεωτρήσεις σε τομή στο κοίτασμα Ασφακόλακκα 84/2.3

Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται τα τμήματα όπου συναντήθηκε βωξίτης. Τα υπόλοιπα τμήματα σε κάθε γεώτρηση όπου το χρώμα είναι πράσινο υποδηλώνουν τον ασβεστόλιθο.

3.1.2 Οριοθέτηση και τρισδιάστατη απεικόνιση του κοιτάσματος

Τα όρια του κοιτάσματος σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια των στοιχείων από τις γεωτρήσεις. Για το σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Surpac 6.1.4 της Gemcom. Για την αποτύπωση του κοιτάσματος στο χώρο χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω τεχνική.

1) Καταρχήν ο κάνναβος των γεωτρήσεων χωρίζεται σε ανεξάρτητες μεταξύ τους σειρές γεωτρήσεων και δημιουργούνται τομές κατά τους άξονες x και y.

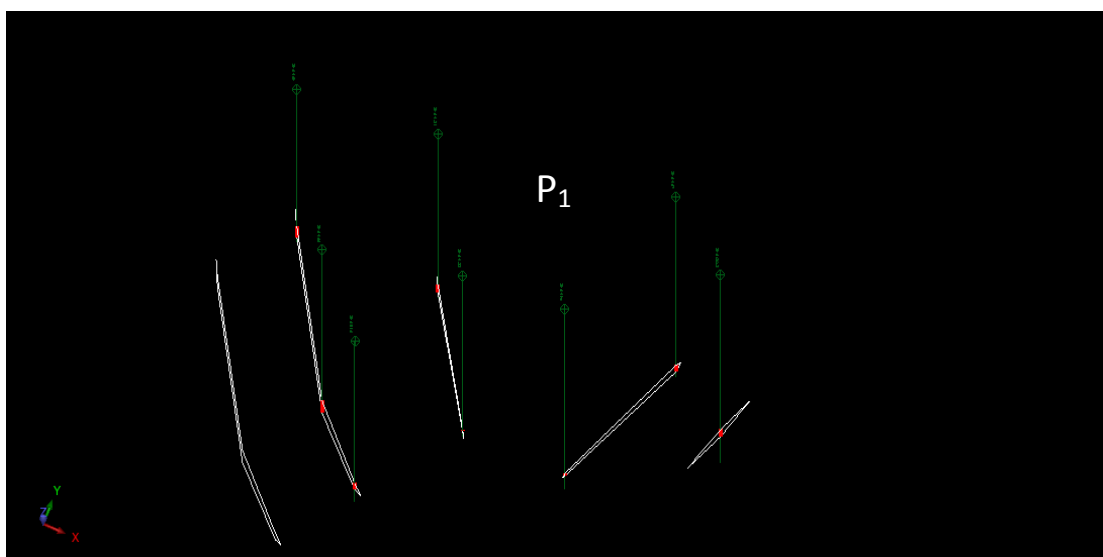
2) Στην περιοχή στην οποία βρίσκεται το κοίτασμα υπάρχουν δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων, τα οποία έχουν κατακερματίσει το κοίτασμα σε τέσσερα ανεξάρτητα μεταξύ τους κομμάτια και έχουν βυθιστεί κατακόρυφα με ανισόμετρο τρόπο το καθένα από την αρχική τους θέση. Το γεγονός αυτό φαίνεται και στις γεωτρήσεις, όπου τα βάθη στα οποία έχει εντοπιστεί βωξίτης έχουν μεγάλες διαφορές (π.χ 30 m), πράγμα που δείχνει το πόσο έχει βυθιστεί το κάθε κομμάτι. Για το λόγο αυτό εκτός από το διαχωρισμό που περιγράφηκε στο βήμα 1, οι σειρές των γεωτρήσεων θα χωριστούν και ανάλογα με το υψομετρικό βάθος που συναντήθηκε βωξίτης. Έτσι, δημιουργούνται τέσσερις ζώνες που θα αποτυπώνουν με τη σειρά τους και τα τέσσερα ανεξάρτητα κομμάτια στα οποία έχει κατακερματιστεί το κοίτασμα.

3) Επειδή δεν γνωρίζουμε επακριβώς τα όρια του κοιτάσματος, προσεγγιστικά θεωρούμε ότι τα όρια του βρίσκονται στο μισό μήκος του πάχους του βωξίτη των δύο τελευταίων γεωτρήσεων κάθε σειράς.

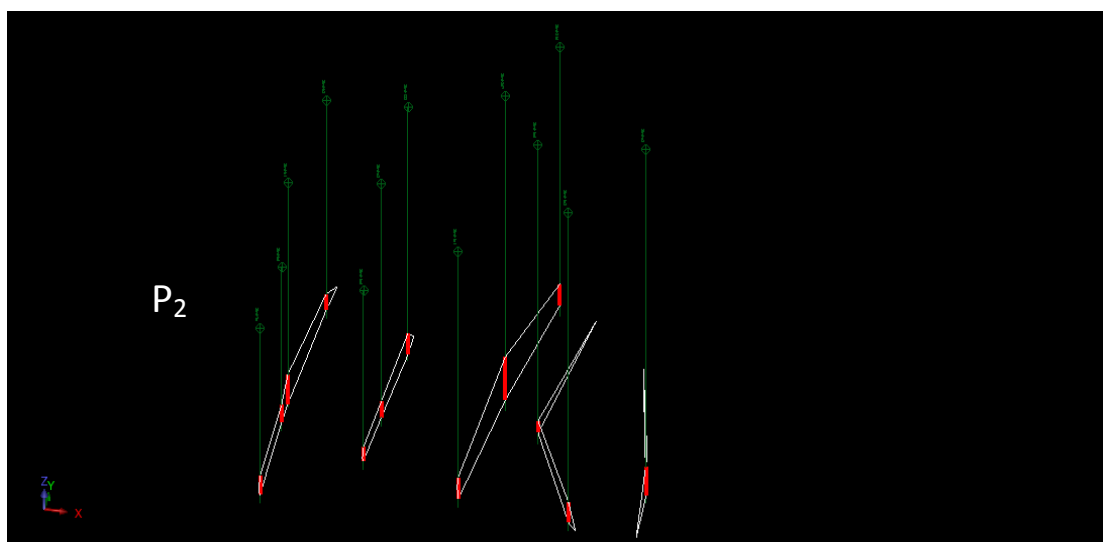
Η σύνθεση των παραπάνω τριών βημάτων θα μας δώσει τα προφίλ ή αλλιώς τις τομές στις σειρές των γεωτρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουμε να οριοθετίσουμε το κοίτασμα αλλά και να το μοντελοποιήσουμε στο χώρο.

Συνοψίζοντας, οι σαράντα θετικές γεωτρήσεις θα χωριστούν σε τέσσερις διαφορετικές ζώνες και θα δημιουργηθούν τέσσερα διαφορετικά προφίλ του κοιτάσματος που στη συνέχεια θα οριοθετηθούν και θα αποτελέσουν τα τέσσερα ανεξάρτητα κοιτάσματα.

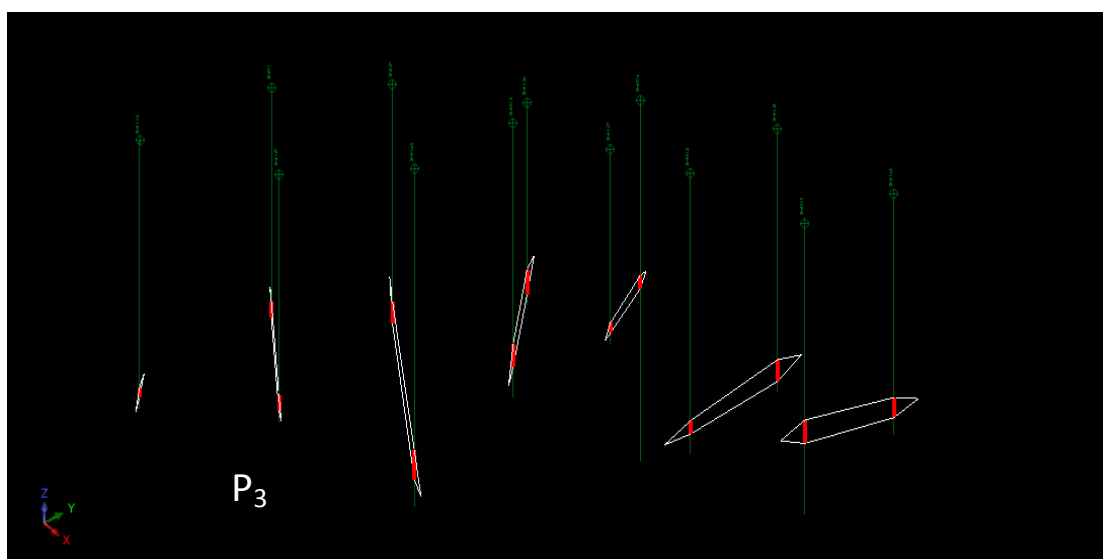
Στη συνέχεια παρουσιάζονται στις εικόνες 3.1.2 (α,β,γ,δ) από το λογισμικό Surpac τα τέσσερα προφίλ των διαφορετικών κομματιών του κοιτάσματος.



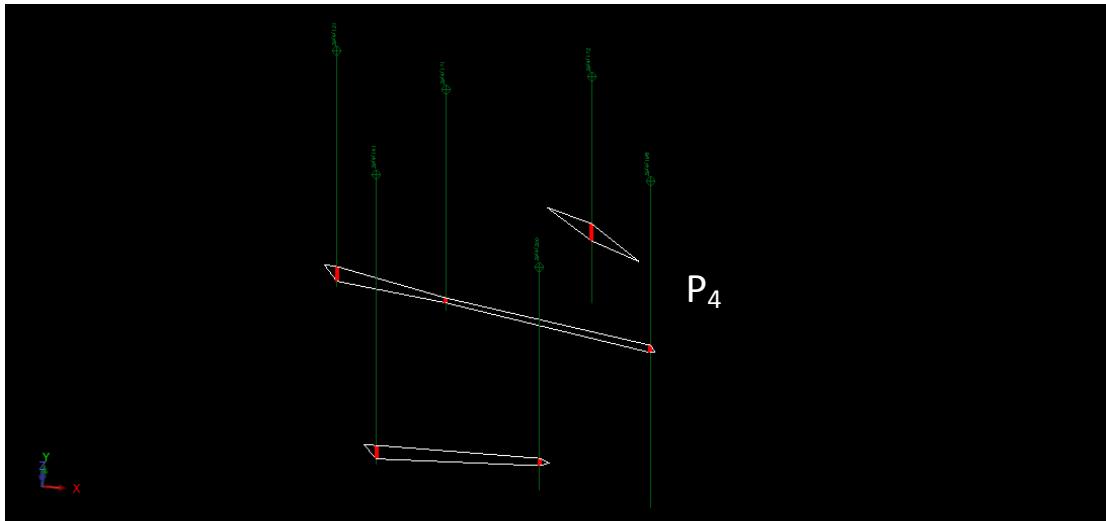
Εικόνα 3.1.2 (α) Προφίλ κοιτάσματος 1



Εικόνα 3.1.2 (β) Προφίλ κοιτάσματος 2



Εικόνα 3.1.2 (γ) Προφίλ κοιτάσματος 3

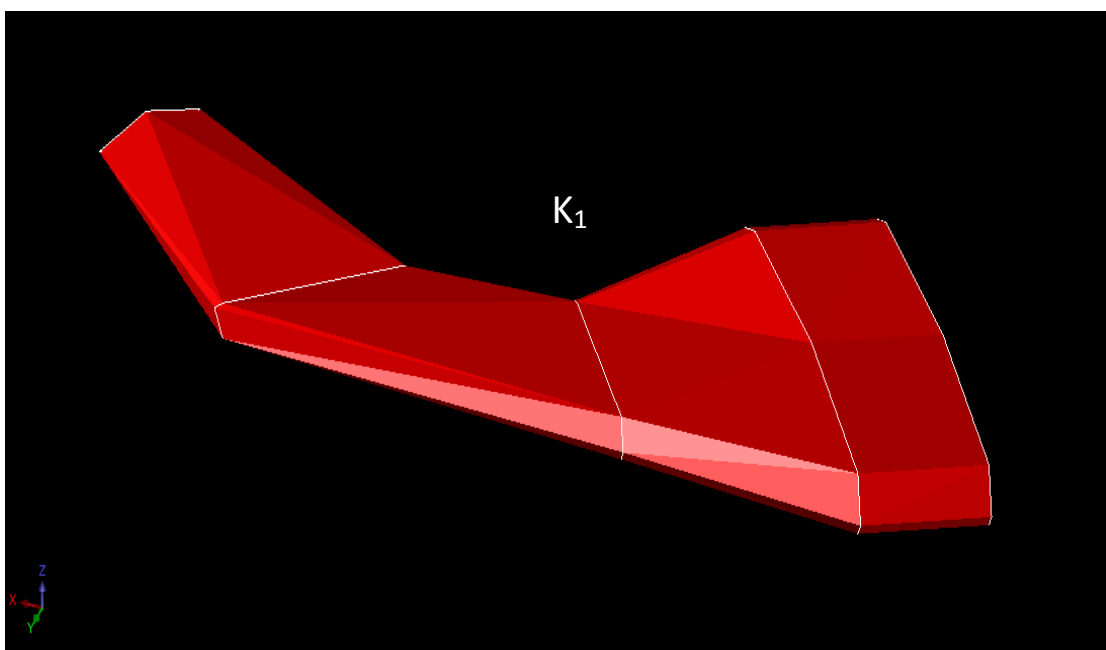


Εικόνα 3.1.2 (δ) Προφίλ κοιτάσματος 4

3.1.3 Τρισδιάστατη απεικόνιση των τεσσάρων κοιτασμάτων

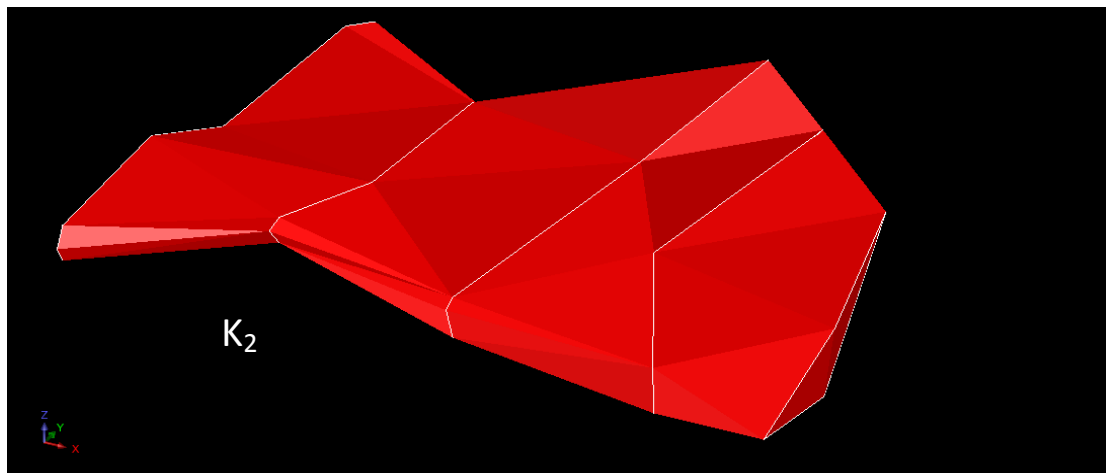
Σε αυτό το σημείο θα σχεδιαστούν τα κοιτάσματα στο χώρο με τη βοήθεια των πολυγώνων κάθε σειράς των γεωτρήσεων. Πρακτικά αυτό που θα γίνει σε αυτή τη φάση είναι να ενωθούν όλα τα πολύγωνα σε κάθε σειρά των γεωτρήσεων μεταξύ τους και να σχηματιστεί το τρισδιάστατο μοντέλο του κάθε κοιτάσματος. Με τον τρόπο αυτό το λογισμικό αναγνωρίζει το κάθε κοιτάσμα σαν ένα ενιαίο στερεό (solid) και έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει και τον όγκο του.

Ενώνοντας τα πολύγωνα της εικόνας 3.1.2 (α) δημιουργείται το κοιτάσμα 1 (solid 1) το οποίο φαίνεται στην εικόνα 3.1.3 (α).

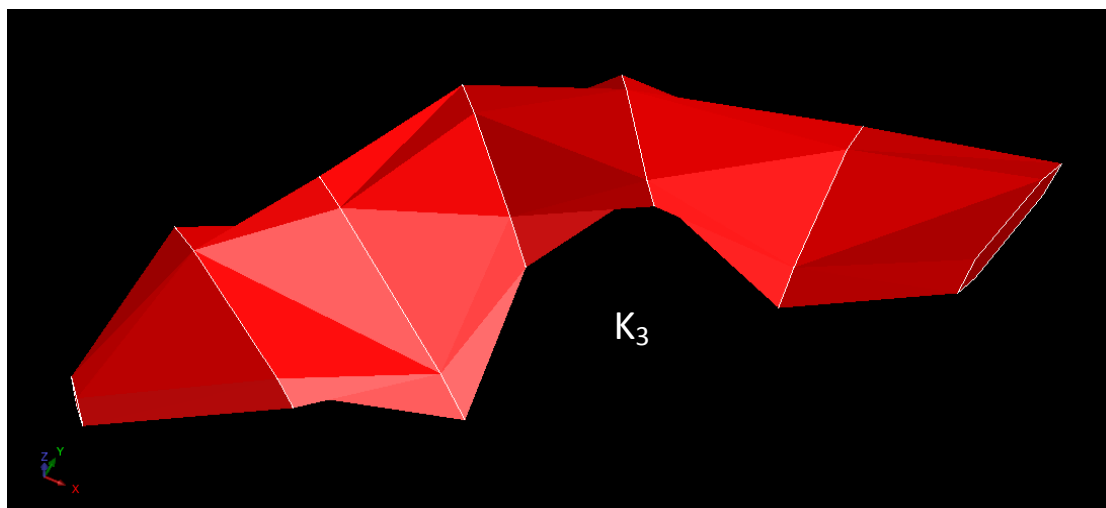


Εικόνα 3.1.3 (α) Τρισδιάστατη άποψη του προφίλ του κοιτάσματος 1 (solid 1)

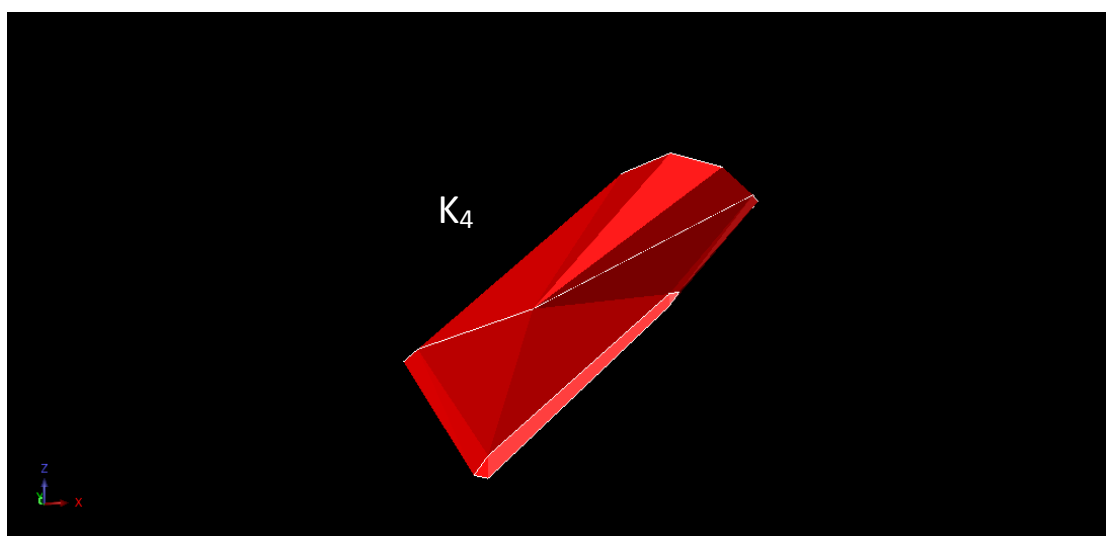
Με παρόμοιο τρόπο δημιουργούμε τα κοιτάσματα 2,3 και 4 (solids 2,3,4) τα οποία φαίνονται στις εικόνες 3.1.3 (β), 3.1.3 (γ) και 3.1.3 (δ) αντίστοιχα.



Εικόνα 3.1.3 (β) Τρισδιάστατη άποψη του προφίλ του κοιτάσματος 2 (solid 2)

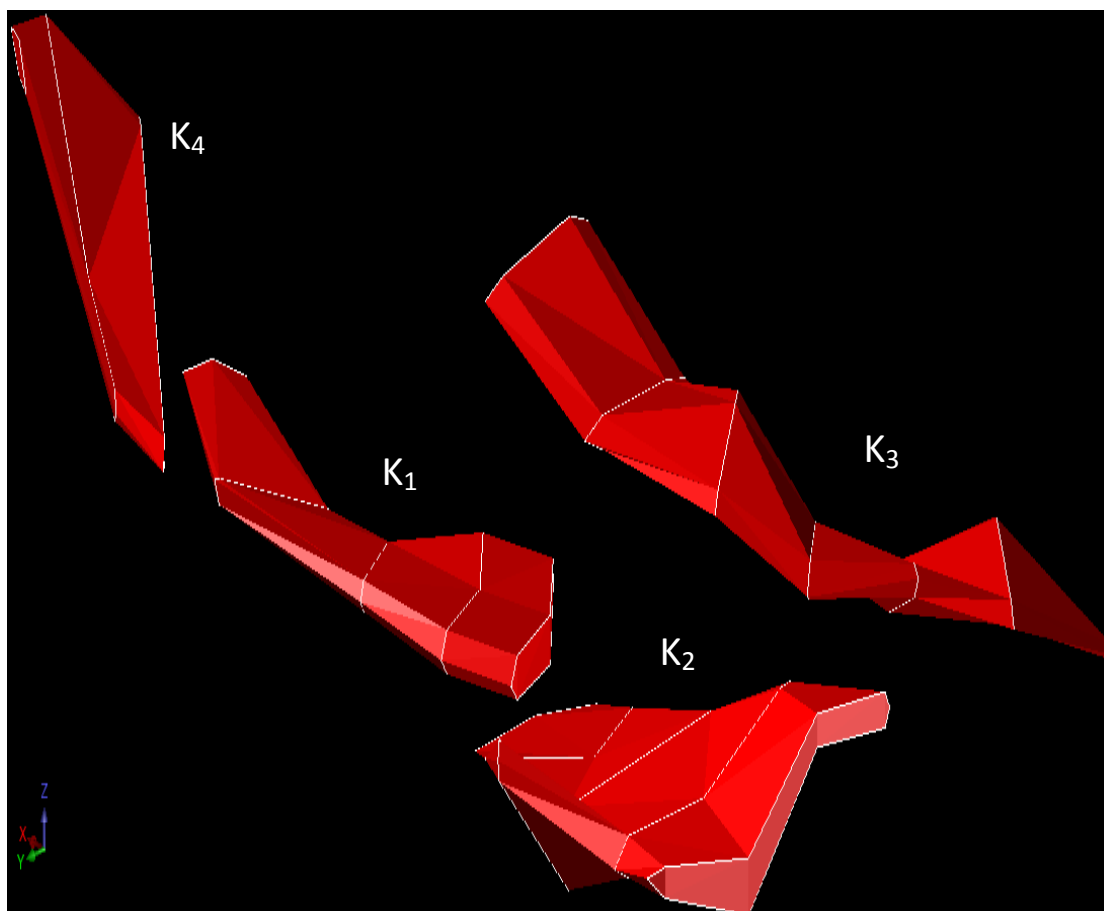


Εικόνα 3.1.3 (γ) Τρισδιάστατη άποψη του προφίλ του κοιτάσματος 3 (solid 3)



Εικόνα 3.1.3 (δ) Τρισδιάστατη άποψη του κοιτάσματος 4 (solid 4)

Στην εικόνα 3.1.3.2 παρουσιάζονται τα κοιτάσματα μεταξύ τους, έτσι ώστε να φαίνεται και η μεταξύ τους σχέση στο χώρο. Η σχέση που έχουν στο χώρο τα διαφορετικά κοιτάσματα είναι πολύ σημαντική καθώς θα καθορίσει τη θέση, το μήκος και την κλίση των στοών προσπέλασης, καθώς και την επικοινωνία των κοιτασμάτων μεταξύ τους μέσω των στοών εκμετάλλευσης.



Εικόνα 3.1.3.2 Τρισδιάστατη άποψη των προφίλ των κοιτασμάτων 1,2,3,4 (solids 1,2,3,4)

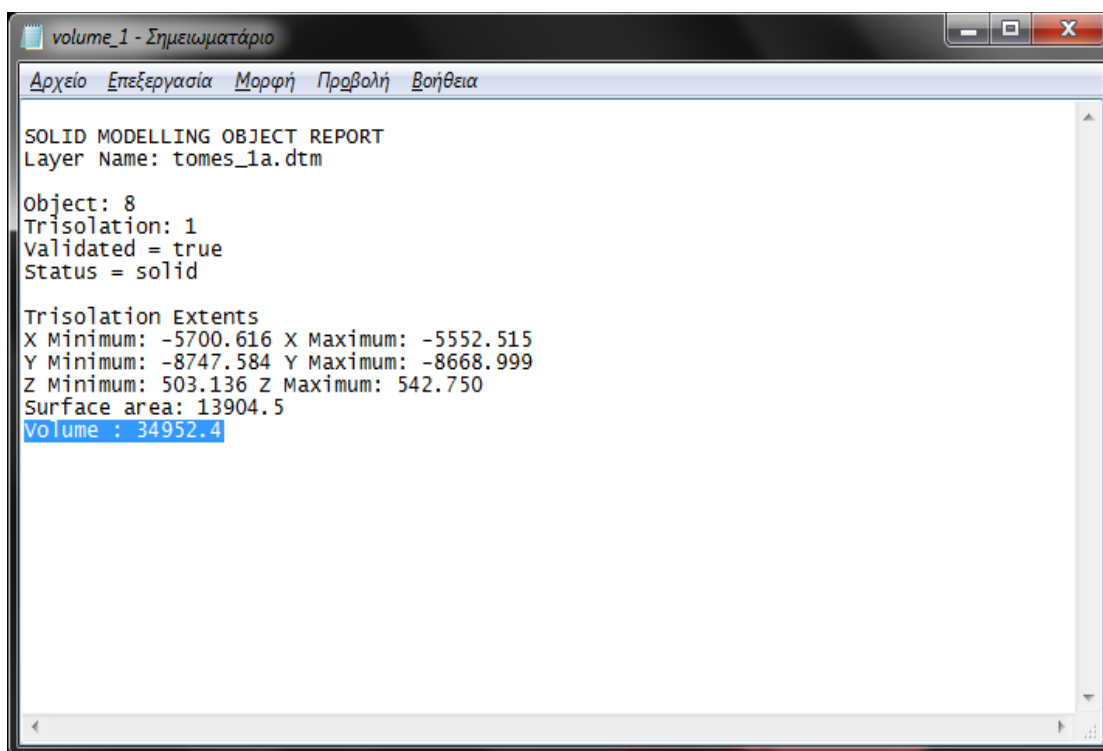
3.2 Αποθέματα

3.2.1 Υπολογισμός αποθεμάτων των τεσσάρων κοιτασμάτων – Ογκομέτρηση

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων των κοιτασμάτων θα υπολογιστεί από το λογισμικό Surpac, ξεχωριστά για κάθε κοιτάσμα, λαμβάνοντας υπ' όψη τα στοιχεία κάθε στερεού που αντιστοιχεί στο κάθε κοιτάσμα.

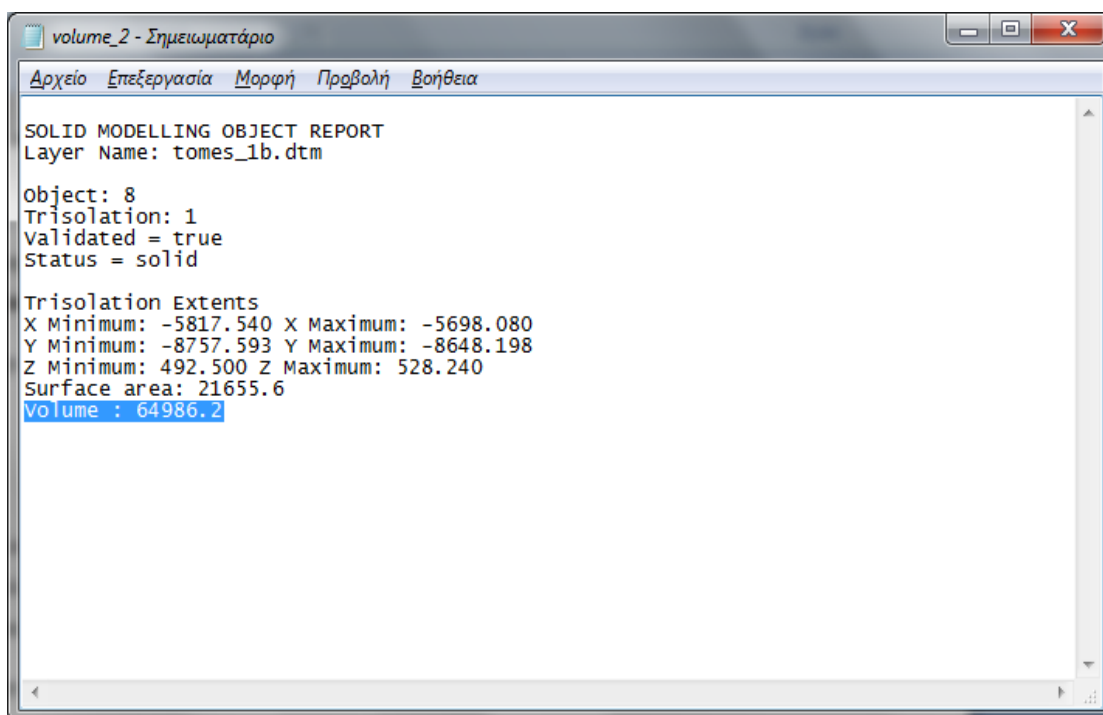
Για το κοιτάσμα 1 τα αποθέματα in situ υπολογίστηκαν σε $V_1=34.952,4 \text{ m}^3$. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο βωξίτης έχει ειδικό βάρος $\rho=3,2 \text{ tn/m}^3$, τα γεωλογικά αποθέματα σε βωξίτη για το κοιτάσμα 1 είναι $M_1=\rho \times V_1=3,2 \text{ tn/m}^3 \times 34.952,4 \text{ m}^3 \rightarrow M_1=111.847,68 \text{ tn}$.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο υπολογισμός του όγκου του κοιτάσματος 1.



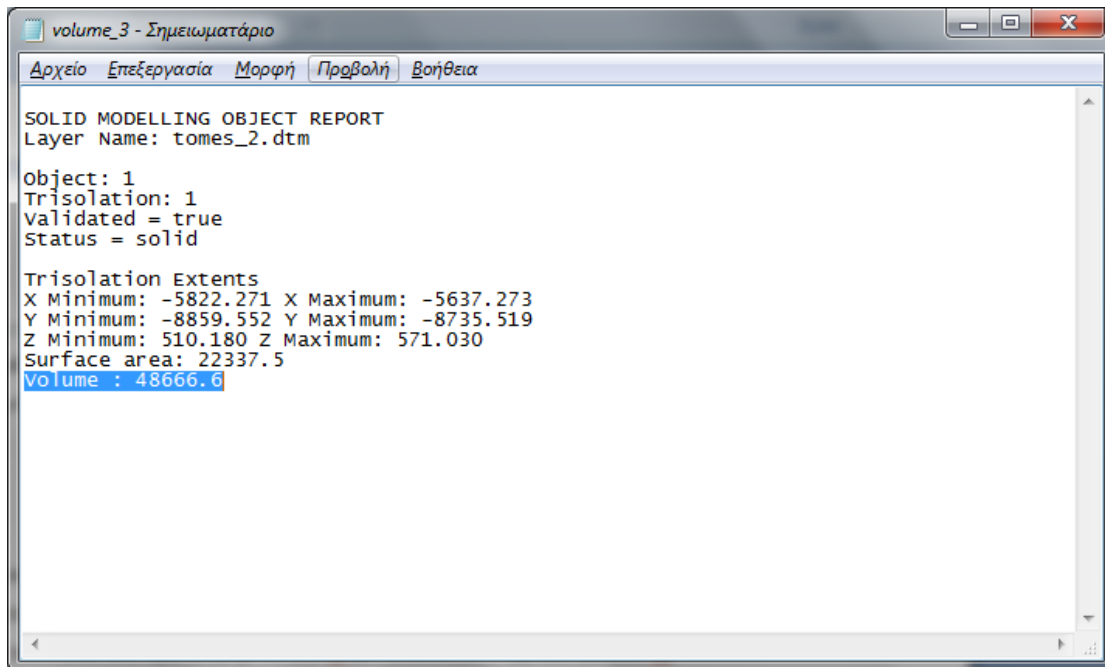
Εικόνα 3.2.1 (α) Αρχείο υπολογισμού όγκου κοιτάσματος 1

Για το κοιτάσμα 2 τα αποθέματα *in situ* υπολογίστηκαν σε $V_2=64.986,2 \text{ m}^3$. Ομοίως με προηγούμενα τα γεωλογικά αποθέματα σε βωξίτη του κοιτάσματος 2 είναι $M_2=\rho \times V_2=3,2 \text{ tn/m}^3 \times 64.986,2 \text{ m}^3 \rightarrow M_2=207.955,84 \text{ tn}$.



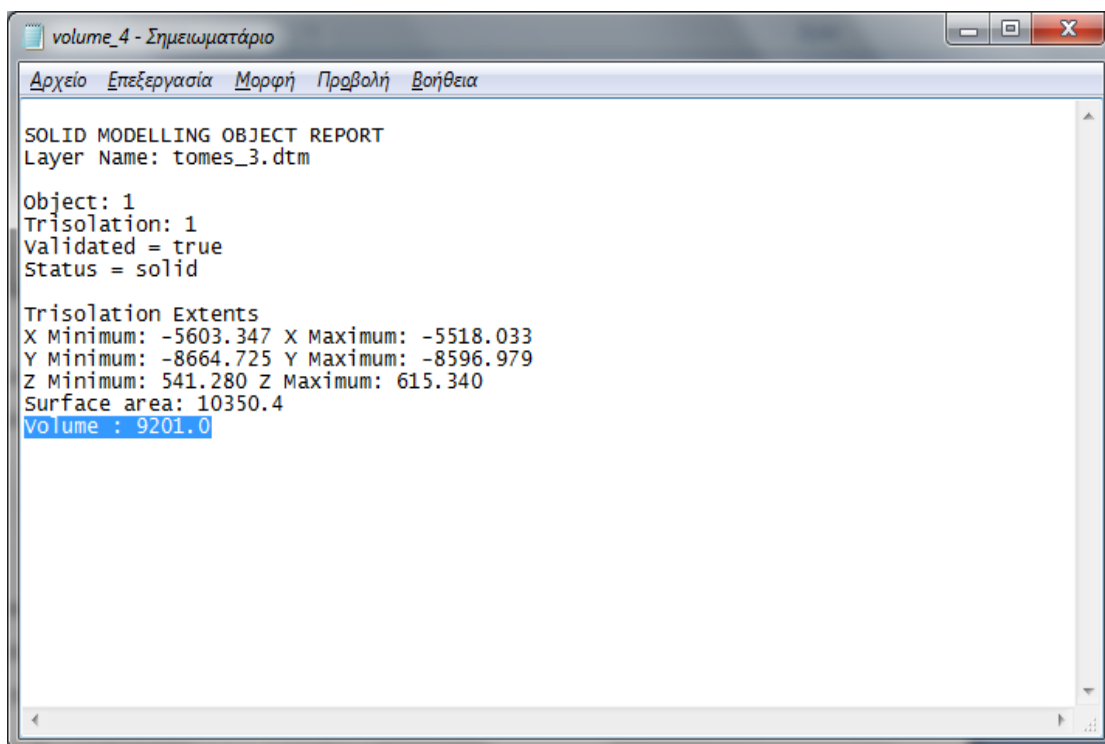
Εικόνα 3.2.1 (β) Αρχείο υπολογισμού όγκου κοιτάσματος 2

Για το κοίτασμα 3 τα αποθέματα in situ υπολογίστηκαν σε $V_3 = 48.666,6 \text{ m}^3$. Τα γεωλογικά αποθέματα σε βωξίτη του κοιτάσματος 3 είναι $M_3 = \rho \times V_3 = 3,2 \text{ tn/m}^3 \times 48.666,6 \text{ m}^3 \rightarrow M_3 = 155.733,12 \text{ tn}$.



Εικόνα 3.2.1 (γ) Αρχείο υπολογισμού όγκου κοιτάσματος 3

Τέλος, για το κοίτασμα 4 τα αποθέματα in situ υπολογίστηκαν σε $V_4 = 9.201 \text{ m}^3$. Τα γεωλογικά αποθέματα σε βωξίτη είναι $M_4 = \rho \times V_4 = 3,2 \text{ tn/m}^3 \times 9.201 \text{ m}^3 \rightarrow M_4 = 29.443,2 \text{ tn}$.



Εικόνα 3.2.1 (δ) Αρχείο υπολογισμού όγκου κοιτάσματος 4

Συνοψίζοντας, τα συνολικά αποθέματα του βωξίτη in situ από τα τέσσερα ανεξάρτητα κοιτάσματα είναι $V=V_1 + V_2 + V_3 + V_4=34.952,4 + 64.986,2 + 48.666,6 + 9.201 \rightarrow V=157.806,2 \text{ m}^3$ και σε γεωλογικά αποθέματα $M=\rho \times V=3,2 \text{ tn/m}^3 \times 157.806,2 \text{ m}^3 \rightarrow M=504.979,84 \text{ tn}$.

3.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά κοιτάσματος

Από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις προέκυψε ότι το συγκεκριμένο κοιτάσμα του βωξίτη είναι ερυθροκάστανου, διασπορικού, πisolιθικού, και αδιάλυτου τύπου του τρίτου ορίζοντα. Κάποιες φορές σπανιότερα εμφανίζεται και ως λευκότεφρος διασπορικός υπό μορφή φακοειδών ή φλεβικών ενδιαστρώσεων κοντά στην επαφή με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους. Κόντα στην περιοχή των ρηγμάτων και στην επαφή με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους παρατηρείται η ύπαρξη κρυσταλλικού ασβεστίτη, καθώς και επικαλύψεις με ασβεστιτικό και αργιλικό υλικό το οποίο έχει προέλθει από την κατείδυση επιφανειακών υδάτων και την διάλυση των υπερκείμενων ασβεστόλιθων. Ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του, ο βωξίτης αυτός είναι άριστης ποιότητας, σχετικά μαλακός, κατάλληλος για μεταλλουργική κατεργασία, αλλά και για άλλες χρήσεις. Από τις χημικές αναλύσεις που έγιναν πάνω στα δείγματα των γεωτρήσεων προκύπτουν τα παρακάτω δεδομένα για τη μέση χημική σύσταση των τεσσάρων κοιτασμάτων προς εκμετάλλευση.

- $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 62,27\%$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 19,52\%$
- $\text{TiO}_2 \rightarrow 2,96\%$
- $\text{SiO}_2 \rightarrow 1,1\%$
- $\text{CaO} \rightarrow 0,56\%$
- $\text{S} \rightarrow 0,006\%$
- $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 13,584\%$

4. ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ

4.1 Κύριες στοές προσπέλασης

4.1.1 Προσέγγιση της περιοχής Ασφακόλακκα

Για να προσεγγισθεί η περιοχή του κοιτάσματος που μελετάτε, αλλά και οι θέσεις εκκίνησης των στομών των στοών προσπέλασης χρειάζεται να διανοιχθεί δρόμος μήκους 500 m περίπου ο οποίος αποτελεί κλάδο του ήδη υπάρχοντος αγροτικού δρόμου που οδηγεί στην περιοχή Ασφακόλακκα. Η περιοχή αυτή βρίσκεται βορειοανατολικά του συγκροτήματος «51» και βορειοδυτικά της Γραβιάς. Το συγκρότημα «51» είναι οι βασικές κτιριακές εγκαταστάσεις της εταιρείας S&B. Η προσπέλαση του κοιτάσματος απαιτεί αρχικά τη δυνατότητα να μεταφερθεί στην περιοχή αυτή ο μηχανολογικός και λοιπός εξοπλισμός για τη διάνοιξη των προσπελαστικών στοών. Η κλίση του δρόμου δεν υπερβαίνει το 10% σε κλίση, το πλάτος του είναι 5 m και έχει επιστρωθεί με κατάλληλο αδρανές υλικό έτσι ώστε να γίνεται πιο εύκολα η διακίνηση των οχημάτων.

4.1.2 Προσπέλαση των κοιτασμάτων Ασφακόλακκα

Η ανάπτυξη των κύριων προσπελαστικών στοών είναι καίριας σημασίας για κάθε μεταλλευτικό έργο. Είναι ουσιαστικά και πρακτικά το μέσο εκείνο που οδηγεί στο κοιτάσμα και δημιουργεί το κύκλωμα αερισμού.

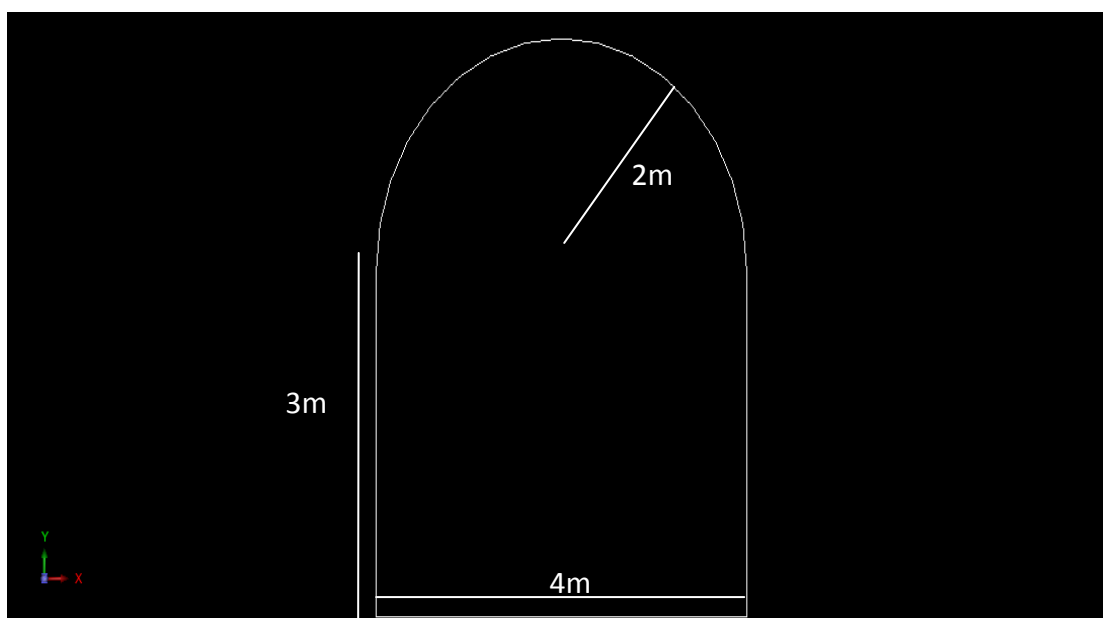
Η τοπογραφική διαμόρφωση του εδάφους στην περιοχή Ασφακόλακκα ευνοεί την όρυξη στοών για την προσπέλαση των κοιτασμάτων, καθώς οι κλίσεις είναι αρκετά μεγάλες στα μέτωπα που θα αρχίσει η διάνοιξη. Οι παράγοντες που επιδρούν στην επιλογή του βέλτιστου σχεδιασμού του κύριου προσπελαστικού έργου με τεχνικοοικονομικά κριτήρια είναι:

- Οι στοές προσπέλασης δεν πρέπει να διανοίγονται μέσα σε φλύσχη
- Η κλίση τους πρέπει να μην ξεπερνά το 10% για την ομαλή διακίνηση των εντός των υπογείων κινούμενων οχημάτων
- Να αποφεύγονται οι πολλές στροφές και οι ελιγμοί στο κύριο προσπελαστικό έργο
- Η εκκίνηση των στομών των στοών του προσπελαστικού έργου καθώς και οι στοές να μην βρίσκονται κάτω από στείρα υλικά προηγούμενων εκμεταλλεύσεων
- Το μήκος τους πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο, καθώς όσο μεγαλύτερες είναι τόσο αυξάνει το κόστος της εκμετάλλευσης

4.1.3 Ανάπτυξη και σχεδίαση των κύριων προσπελαστικών στοών

Οι κύριες προσπελαστικές στοές, οι οποίες θα μας οδηγήσουν στο κοίτασμα K_1 και στο κοίτασμα K_3 θα είναι δύο στον αριθμό και θα τις ονομάσουμε S_1 και S_3 αντίστοιχα. Δηλαδή η S_1 θα οδηγεί στο K_1 και η S_3 στο K_3 . Τα προσπελαστικά έργα θα χρησιμοποιηθούν επίσης για την συνδιασμένη και ταυτόχρονη εκμετάλλευση των διαφορετικών κοιτασμάτων.

Η διατομή των στοών προσπέλασης προτείνεται να είναι αψιδωτή. Το σχήμα αυτό εξασφαλίζει καλύτερη κατανομή των τάσεων γύρω από την εκσκαφή, παρά το γεγονός ότι δίνει μικρότερη ωφέλιμη επιφάνεια σε σύγκριση με μία αντίστοιχων διαστάσεων στοά τραπεζοειδούς διατομής. Οι διαστάσεις των στοών προσπέλασης θα είναι **D=4 m πλάτος** και **H=5 m ύψος**. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται το σχήμα της στοάς προσπέλασης.



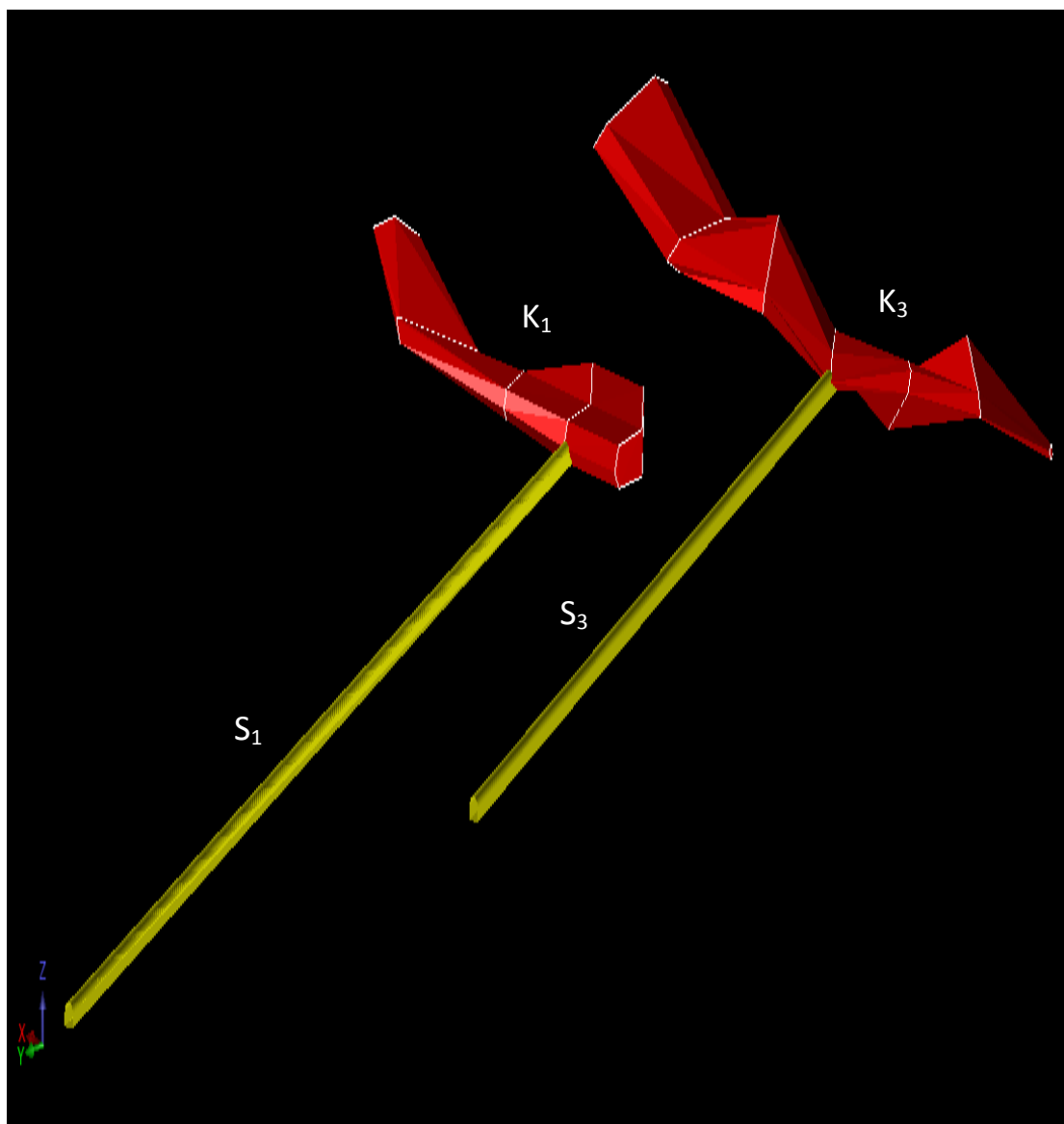
Εικόνα 4.1.3.1 Διατομή στοάς προσπέλασης

Το εμβαδό διατομής της στοάς προσπέλασης θα είναι ίσο με $A=A_1 + A_2$, όπου $A_1= a \times \beta$ και $A_2= \pi \times R^2/2$. Τα επιμέρους εμβαδά προκύπτουν χωρίζοντας το παραπάνω σχήμα στα δύο. Το A_1 είναι το εμβαδό ορθογωνίου με πλευρές $a=4$ m και $\beta=3$ m και το A_2 το εμβαδό ημικυκλίου με ακτίνα $R=2$ m. $A_1=4 \times 3 \rightarrow A_1=12$ m². $A_2= \pi \times 2^2/2=3,14 \times 4/2 \rightarrow A_2=6,28$ m². Δηλαδή $A= A_1 + A_2= 12 + 6,28 \rightarrow A=18,28$ m².

Η όρυξη των στοών S_1 και S_3 θα γίνει στο σύνολο της μέσα στα στείρα περιβάλλοντα ασβεστολιθικά πετρώματα κυρίως εντός της οροφής και δεν αναμένεται να παρουσιαστούν ιδιαίτερα προβλήματα ευστάθειας. Οι δύο στοές θα ορυχθούν με κλίση προς τα μέσα.

Τέλος, για να πραγματοποιηθούν οι συγκεκριμένες στοές προσπέλασης θα πρέπει να διαμορφωθεί το ανάγλυφο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διευκολύνει η πρόσβαση των μηχανημάτων στα σημεία έναρξης των στοών, και να δημιουργηθεί επίσης πλατεία απόθεσης των ασβεστολιθικών στειρών πετρωμάτων.

Οι στοές προσπέλασης S_1 και S_3 παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



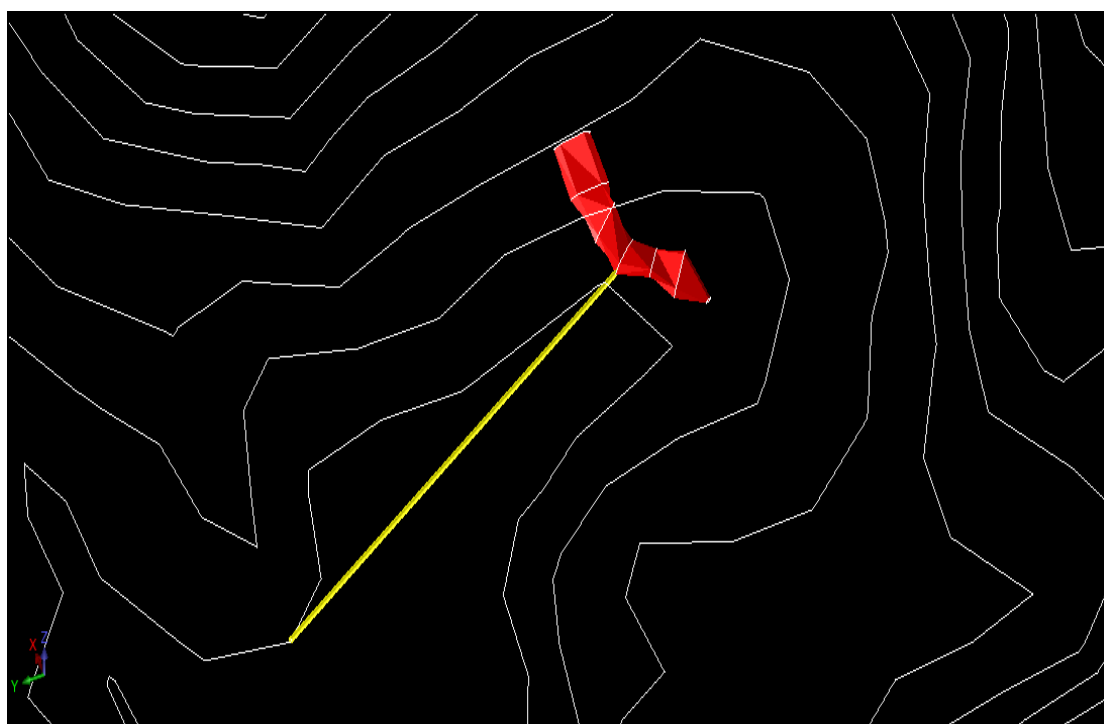
Εικόνα 4.1.3.2 Οι στοές προσπέλασης S_1 και S_3

Η στοά S_1 ξεκινάει από την επιφάνεια του βουνού στο απόλυτο υψόμετρο των 560 m βόρεια του K_1 και το συναντά στο απόλυτο υψόμετρο των 515 m. Το συνολικό μήκος της στοάς S_1 είναι **741,5 m** ενώ η κλίση της είναι **6%**. Η στοά S_1 θα χρησιμοποιηθεί ως στοά αποκομιδής.



Εικόνα 4.1.3.3 Η στοά προσέλασης S_1

Η στοά S_3 ξεκινάει από την επιφάνεια του βουνού στο απόλυτο υψόμετρο των 580 m βόρεια του K_3 και το συναντά στο απόλυτο υψόμετρο των 530 m. Το συνολικό μήκος της στοάς S_3 είναι **634,5 m** ενώ η κλίση της είναι **8%**. Η στοά S_3 θα χρησιμοποιηθεί ως στοά αερισμού



Εικόνα 4.1.3.4 Η στοά προσέλασης S_3

4.2 Επιτελούμενες διαδικασίες κατά την προσπέλαση

Η διάνοιξη των προσπελαστικών στοών θα γίνει με εκρηκτικές ύλες με τη μέθοδο της διάτρησης – ανατίναξης.

4.2.1 Διάτρηση

Για την όρυξη των διατρημάτων κατά την προχώρηση των στοών θα χρησιμοποιηθεί το διατρητικό φορείο τύπου **EIMCO SECOMA MERCURY 14**, το οποίο είναι ντιζελοκίνητο, ελαστικοφόρο και διαθέτει ένα βραχίονα (μπούμα). Το διατρητικό αυτό έχει ύψος **1,5 m** και πλάτος **1,4 m**. Κατά την διάτρηση τα θραύσματα απομακρύνονται με συνδυασμό πεπιεσμένου αέρα και νερού.

4.2.2 Γόμωση – Πυροδότηση

Για την γόμωση των διατρημάτων θα χρησιμοποιηθεί εκρηκτική ύλη ζελατοδυναμίτιδας με **30% κ.β** σε νιτρογλυκερίνη **No 30**. Κατά τη φάση αυτή χρησιμοποιούνται επίσης τα καψύλια, ο πυροδότης και οι ηλεκτρικοί αγωγοί.

4.2.3 Φόρτωση – Μεταφορά

Η φόρτωση του χαλαρωμένου πετρώματος κατά τη διάνοιξη των προσπελαστικών στοών αλλά και του μεταλλεύματος κατά την εκμετάλλευση θα γίνει με τη βοήθεια ελαστικοφόρων φορτωτών τύπου **ST-6C της WAGNER**. Ο φορτωτής αυτός έχει κάδο **4,5 m³** και μπορεί να μπαίνει σε στοές μικρότερες από **5 m**. Κατά το στάδιο της προσπέλασης η μεταφορά και η απόθεση των στείρων θα γίνεται απευθείας στην πλατεία συγκέντρωσης μόνο με το φορτωτή. Για την μεταφορά θα χρησιμοποιηθεί το ελαστικοφόρο και αρθρωτό φορτηγό υπογείων τύπου **MT-426 της WAGNER**. Το φορτηγό αυτό έχει δυναμικότητα **13 m³** σπασμένου βωξίτη.

4.2.4 Αερισμός

Ο αερισμός των στοών προσπέλασης κατά την φάση της διάνοιξης τους θα εξασφαλιστεί με φυσιτικούς ανεμιστήρες συνδεδεμένους με κατάλληλους συνδιασμούς σε εύκαμπτους πλαστικούς αεραγωγούς διαμέτρου **1,25 m** έτσι ώστε να παρέχεται η απαιτούμενη ποσότητα αέρα.

4.2.5 Φωτισμός

Εκτός του ατομικού φωτισμού που φέρει το εργαζόμενο προσωπικό υποχρεωτικά, έχει γίνει πρόβλεψη για την ύπαρξη δικτύου κεντρικού φωτισμού. Αναλυτικά, ο φωτισμός θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 9 το οποίο αναφέρεται στην ασφάλεια.

4.2.6 Υποστήριξη

Η υποστήριξη των στοών προσπέλασης και εκμετάλλευσης θα γίνει με τη διαδικασία της κοχλίωσης οροφής σε συγκεκριμένο κάρναβο. Η πυκνότητα κοχλίωσης θα είναι 1 κοχλίας αν m^2 , ενώ το μήκος των κοχλιών θα είναι **2,1 m**. Σε ορισμένες περιπτώσεις που παρουσιάζεται κίνδυνος πτώσης τεμαχών της οροφής θα γίνεται και χρήση μεταλλικού πλέγματος.

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ

5.1 Συνήθεις μέθοδοι υπογείων εκμεταλλεύσεων

5.1.1 Παράγοντες επιλογής των μεθόδων εκμετάλλευσης

Η επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης ενός δεδομένου κοιτάσματος επηρεάζεται ως γνωστόν από τους ακόλουθους κυρίως παράγοντες (Μπενάρδος Α, 2010):

- Τη θέση του κοιτάσματος στο χώρο και τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά (σχήμα, μέγεθος, κλίση)
- Την ποιότητα και γενικότερα την αξία του κοιτάσματος
- Τους επιθυμητούς ρυθμούς παραγωγής
- Το κόστος του παραγόμενου προϊόντος
- Την προστασία του περιβάλλοντος

Καθοριστικό ρόλο για την επιλογή των μεθόδων έχουν τα χαρακτηριστικά των κοιτασμάτων, αλλά και των περιβάλλοντων πετρωμάτων.

Τα υπό μελέτη κοιτάσματα έχουν:

α) Μέση κλίση που κυμαίνεται από 25 έως 30°, με εξαίρεση το κοίτασμα 4 που η κλίση του είναι μεγαλύτερη από 45°. β) Η ποιότητα τους είναι πολύ καλή. γ) Είναι έντονα τεκτονισμένα, γεγονός που απαιτεί παραλλαγές των επιλεγόμενων μεθόδων καθώς αυτές δεν μπορούν να εφαρμοσθούν κατά ενιαίο τρόπο. δ) Η αντοχή του συγκεκριμένου βωξίτη είναι πολύ ικανοποιητική, αλλά τα συνεχή ρήγματα-επιπεύσεις μας κάνουν να πιστεύουμε ότι κατά τόπους θα παρουσιασθούν μικρά προβλήματα.

Για τα περιβάλλοντα ασβεστολιθικά πετρώματα γνωρίζουμε τα ακόλουθα:

α) Οι ασβεστόλιθοι της οροφής είναι σε συμφωνία με τον βωξίτη και πρώτα έγινε η απόθεση τους και κατόπιν πτυχώθηκε η περιοχή. Επομένως, ο έντονος τεκτονισμός των κοιτασμάτων του βωξίτη παρουσιάζεται και στους ασβεστόλιθους. Επομένως, μπορεί ο ασβεστόλιθος της οροφής να έχει ικανοποιητική αντοχή, αλλά ο έντονος τεκτονισμός και οι επιπεύσεις τον καθιστούν σε κάποια σημεία ελαφρά προβληματικό. β) Οι ασβεστόλιθοι του δαπέδου είναι σε ασυμφωνία με τον βωξίτη, είναι ανθεκτικοί αλλά λιγότερο πλαστικοί από αυτούς της οροφής.

Συνεπώς, οι υπόγειες εκσκαφές που θα διενεργηθούν δεν αναμένεται να παρουσιάσουν σοβαρά προβλήματα υποστήριξης στο σύνολο τους. Μόνο σε περιορισμένα τμήματα των κοιτασμάτων υπάρχει η υπόνοια ότι θα χρειασθεί ενισχυμένη υποστήριξη (π.χ. πλαίσια, ξυλοδεσμία).

Τέλος, οι μέθοδοι υπόγειων εκμεταλλεύσεων χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Μέθοδοι εκμετάλλευσης με κατακρήμνιση (caving method)
- Μέθοδοι εκμετάλλευσης με λιθογόμωση (filling method)
- Μέθοδοι εκμετάλλευσης με κενά (open stopes method)

Στο υπο μελέτη κοιτάσμα θα χρησιμοποιηθεί μια υποκατηγορία της μεθόδου με κενά, **η μέθοδος των θαλάμων και στύλων (room and pillars)** για τα κοιτάσματα K_1, K_2, K_3 και άλλη μια υποκατηγορία της μεθόδου της κατακρήμνισης, **η μέθοδος κατακρήμνισης με διαδοχικούς ορόφους (sub level caving)** για το K_4 .

Στην πρώτη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των θαλάμων και στύλων λόγω των σχετικά ήπιων κλίσεων των κοιτασμάτων, της ανθεκτικότητας του κοιτάσματος, των ανθεκτικών υπερκείμενων πετρωμάτων και της εμπειρίας που υπάρχει στην συγκεκριμένη μέθοδο. Στη δεύτερη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων λόγω των πολύ μεγάλων κλίσεων (πάνω από 45°) που εμφανίζονται στο K_4 και λόγω του μικρού του πάχους.

5.1.2 Μέθοδος των θαλάμων και στύλων (room and pillar)

Η μέθοδος των θαλάμων και στύλων αποτελεί εξέλιξη της **μεθόδου εκμετάλλευσης με κατά μέτωπο προβολή (breast stope)**. Στην μέθοδο αυτή οι στύλοι που εγκαταλείπονται κατανέμονται με συμμετρική διάταξη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλή κατανομή των τάσεων και κατά συνέπεια καλύτερο έλεγχο της οροφής και μεγαλύτερη ασφάλεια.

Στη μέθοδο των θαλάμων και στύλων το μέταλλευμα εξορύσσεται όσο το δυνατόν περισσότερο αφήνοντας συγχρόνως τμήματα του υπό τη μορφή στύλων για την φυσική υποστήριξη της οροφής. Οι διαστάσεις των θαλάμων και των στύλων καθορίζονται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Το πάχος του κοιτάσματος
- Τις μηχανικές ιδιότητες του υπερκείμενου σχηματισμού (οροφή)
- Τις μηχανικές ιδιότητες του μεταλλεύματος

- Το εντατικό πεδίο της περιοχής

Οι στύλοι του μεταλλεύματος τοποθετούνται γενικά όσο το δυνατόν σε κανονικό σχέδιο, με τη διατομή τους να είναι συνήθως τετραγωνικού σχήματος ή να είναι μορφής επίμηκων στύλων, οι οποίοι διαχωρίζουν τα μέτωπα παραγωγής. Το μέταλλευμα που εγκαταλείπεται στους στύλους μπορεί να αποληφθεί κατά ένα ποσοστό κατά το τελευταίο στάδιο της εξόφλησης, γενικά όμως θεωρείται απολεσθέν μέταλλευμα.

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου διακρίνονται τρία διαφορετικά συστήματα ανάπτυξης:

- Ανάπτυξη σε οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια κοιτάσματα
- Ανάπτυξη σε κεκλιμένα κοιτάσματα ($20^\circ - 30^\circ$)
- Ανάπτυξη σε κοιτάσματα μεγάλου πάχους

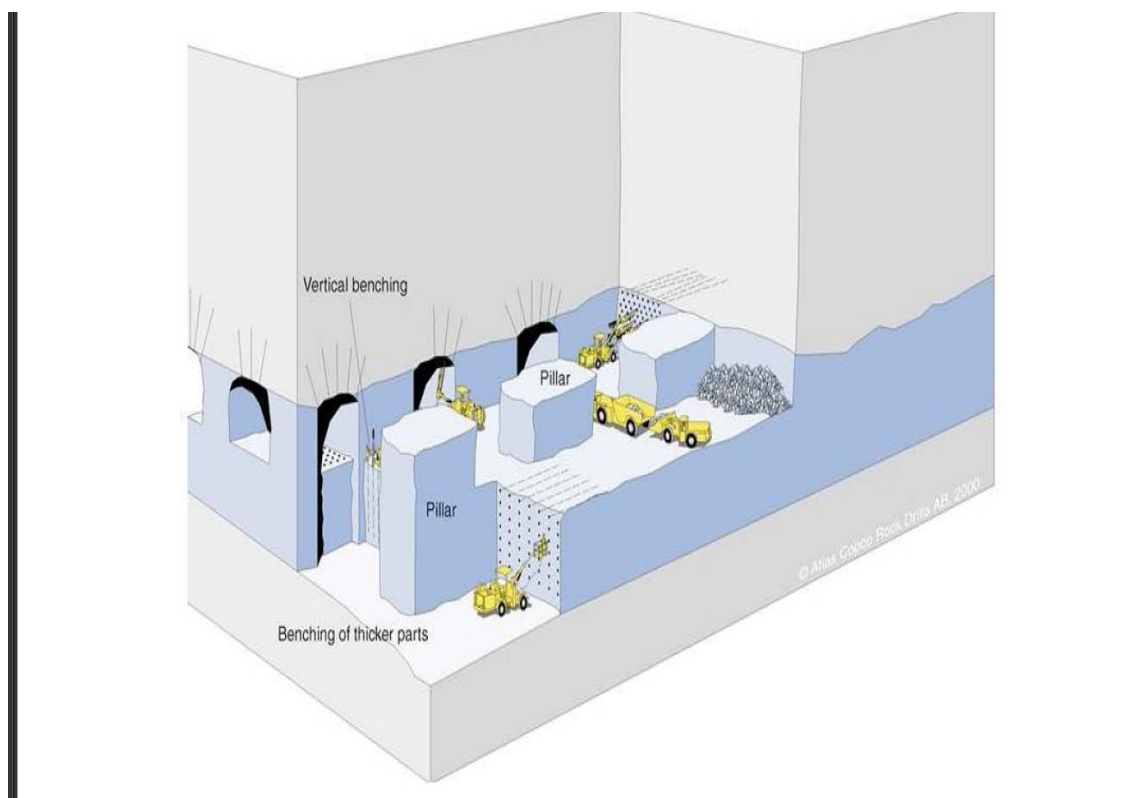
Α) Ανάπτυξη σε οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια κοιτάσματα: Στην εκμετάλλευση των οριζόντιων κοιτασμάτων δεν απαιτούνται πολλά προπαρασκευαστικά έργα. Αρχικά η προσπέλαση γίνεται μέσω δύο τουλάχιστον στοών ή φρεάτων ή οποιουδήποτε συνδυασμού αυτών με σκοπό τόσο την εξυπηρέτηση της μεταφοράς του μεταλλεύματος όσο και την δημιουργία του κατάλληλου κυκλώματος αερισμού.

Για την περιχάραξη και την ανάπτυξη της εκμετάλλευσης αρχικά ορύσσονται ορισμένες στοές για την επικοινωνία του τμήματος της εκμετάλλευσης με τις στοές βάσης με σκοπό τη μεταφορά του μεταλλεύματος. Στη συνέχεια το ρόλο αυτό τον εξυπηρετούν οι θάλαμοι που δημιουργούνται κατά την εκμετάλλευση.

Η εξόρυξη είτε ακολουθεί το συμβατικό κύκλο διάτρησης, ανατίναξης, φόρτωσης, μεταφοράς και τέλος τοπικής υποστήριξης με κοχλίες και πλέγματα, είτε πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα συνεχούς εξόρυξης και αποκομιδής. Κατά την εξέλιξη των εργασιών εγκαταλείπονται αρχικά κουβέρτες προστασίας του μεταλλεύματος και στη συνέχεια μέσω της διάνοιξης εγκάρσιων στοών αφήνονται στύλοι αρχικά μεγάλης διαμέτρου, οι οποίοι κατά το στάδιο της εξόφλησης μειώνονται σε μέγεθος με σκοπό την αύξηση της ανάκτησης σε μέταλλευμα. Το σχήμα των στύλων μπορεί να είναι τετράγωνο, ορθογώνιο ή και κυκλικό. Το μέτωπο της εξόφλησης σχηματίζει συνήθως γωνία 45° με την κύρια στοά μεταφοράς για λόγους πρόληψης και ελέγχου της ευστάθειας της οροφής.

Γενικά για κοιτάσματα μεγάλης έκτασης υπάρχουν δύο επιλογές. Η πρώτη είναι η εκμετάλλευση να αρχίσει από τα όρια του κοιτάσματος, ενώ η δεύτερη είναι η εκμετάλλευση να αρχίσει από το κέντρο του κοιτάσματος. Η επιλογή του ενός από τους δύο τρόπους εξαρτάται από τις ανάγκες για αερισμό και παραγωγή. Για παράδειγμα εάν αρχίσει η εκμετάλλευση από το μέσον του κοιτάσματος θα υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα και αυξημένες απαιτήσεις σε αερισμό. Παράλληλα όμως θα επιτευχθεί μεγαλύτερη και πιο ελεγχόμενη παραγωγή απ' ότι στην πρώτη περίπτωση.

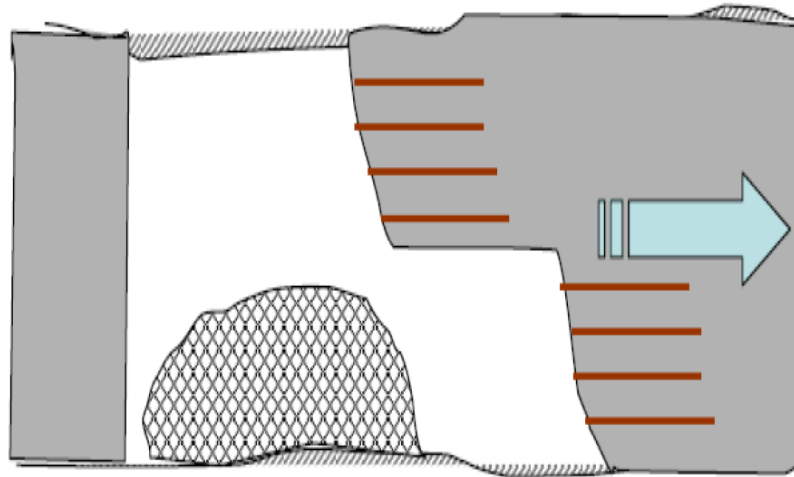
Σε κοιτάσματα μετρίου πάχους (5 – 10 m), εφαρμόζεται πολύ συχνά η **μέθοδος θαλάμων και στύλων με ορθές βαθμίδες**, η οποία μοιάζει με την αντίστοιχη επιφανειακή εκμετάλλευση και χαρακτηρίζεται από την εγκατάλειψη στύλων μεγάλου μήκους μετά την εξόρυξη των βαθμίδων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η οροφή είναι ανθεκτικότερη από το κοίτασμα (Κατωπόδης Δ, 2011).



Εικόνα 5.1.2.1 Μέθοδος θαλάμων και στύλων σε ορθές βαθμίδες

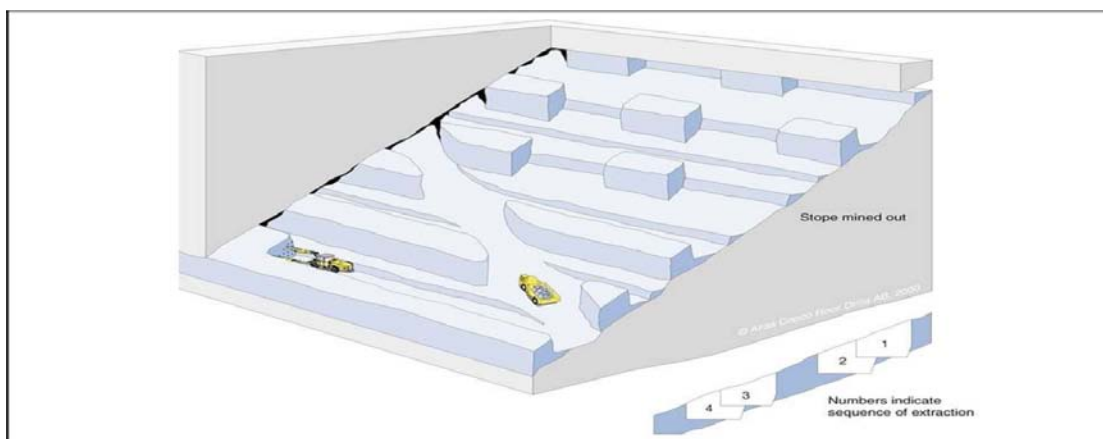
Η μεταφορά του μεταλλεύματος κατά τον συμβατικό κύκλο εξόρυξης γίνεται με ντιζελοκίνητα οχήματα τύπου LHD που λειτουργούν είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με φορτηγά αν αυτό είναι επιτρεπτό από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.

Στην περίπτωση τώρα όπου το μετάλλευμα είναι ανθεκτικότερο από την οροφή τότε εφαρμόζεται η **μέθοδος των ανεστραμμένων βαθμίδων**. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός διάτρησης προσεγγίζει το μέτωπο με την βοήθεια ράμπας που διαμορφώνεται από το σωρό του θραυσμένου μεταλλεύματος.



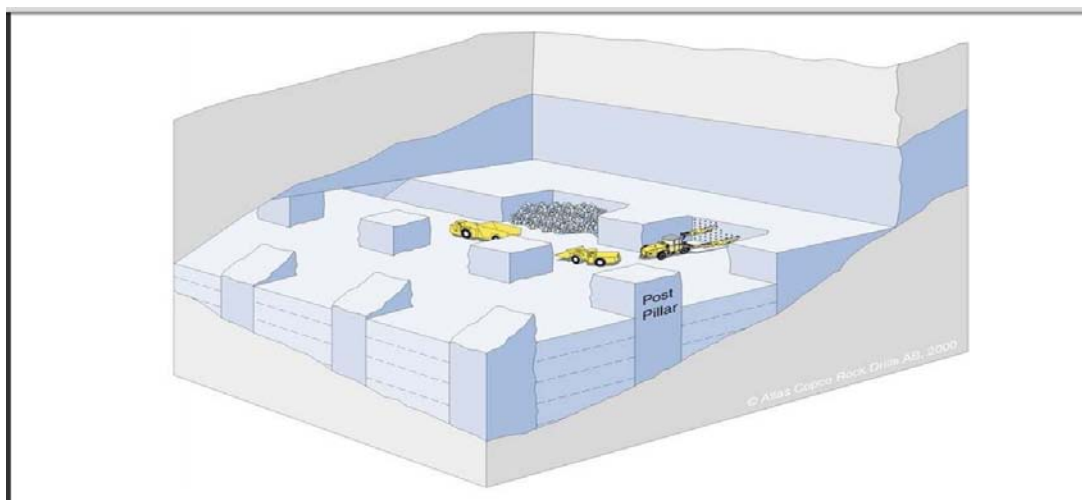
Εικόνα 5.1.2.2 Μέθοδος ανεστραμμένων βαθμίδων

Β) Ανάπτυξη σε κεκλιμένα κοιτάσματα: Στην περίπτωση κεκλιμένων κοιτασμάτων εφαρμόζεται η μέθοδος εκμετάλλευσης με βαθμίδες που περιγράφηκε παραπάνω, πάνω όμως στο κεκλιμένο επίπεδο, το οποίο επιτρέπει την λειτουργία αυτοκινούμενου εξοπλισμού στα μέτωπα εργασίας. Για τον σκοπό αυτό, από τη βάση ορύσσονται ανωφερικές διαγώνιες στοές μέχρι το ανώτατο σημείο του τμήματος της εκμετάλλευσης. Στη συνέχεια η εξόφληση γίνεται μέσω διευθυντικών στοών που ορύσσονται από τις αρχικές διαγώνιες. Η εκμετάλλευση προχωρεί από το ανώτερο στο κατώτερο σημείο του τμήματος όπου βρίσκεται η κύρια στοά μεταφοράς και γίνεται η αποκομιδή του προϊόντος.



Εικόνα 5.1.2.3 Μέθοδος θαλάμων και στύλων σε κεκλιμένα κοιτάσματα

Γ) Ανάπτυξη σε κοιτάσματα μεγάλου πάχους: Αυτή η παραλλαγή της μεθόδου των θαλάμων και στύλων εφαρμόζεται σε κοιτάσματα με μέτρια κλίση με τη διαφορά ότι τα πάχη τους ξεπερνούν τα 10 m. Η περιχάραξη και η ανάπτυξη γίνεται από τα βαθύτερα σημεία του κοιτάσματος. Οι στύλοι δεν αφήνονται ελεύθεροι να στηρίζουν την οροφή, αλλά γίνεται λιθογόμωση, για την αύξηση της αντοχής τους και για την δημιουργία νέου ανυψωμένου πατώματος για την διεύρυνση των θαλάμων προς τα πάνω. Έτσι δημιουργούνται θάλαμοι με ύψος περίπου 6 m, ενώ ακολουθεί η πλευρική διεύρυνση τους και η τελική μείωση των διαστάσεων των στύλων. Στη συνέχεια γίνεται μερική λιθογόμωση σε τέτοιο ύψος ώστε να μπορούν να κινηθούν άνετα τα μηχανήματα της εξόρυξης. Έπειτα με την όρυξη διατρημάτων σε σχήμα βεντάλιας στην οροφή επιτυγχάνεται η άνοδος της εκμετάλλευσης καθώς χρησιμοποιείται η λιθογόμωση ως πάτωμα. Το μήκος της εκμετάλλευσης και το πάχος του βωξίτη που λαμβάνεται κάθε φορά είναι περίπου 2 με 2,5 m. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συναντηθεί η επαφή του βωξίτη με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο, οπότε είτε εφαρμόζεται η μέθοδος στην τυπική της μορφή αφήνοντας τους στύλους ελεύθερους είτε συνεχίζεται η λιθογόμωση μέχρι την οροφή για την καλύτερη προστασία της. Η προσπέλαση στο κάτω μέρος του κοιτάσματος γίνεται είτε με ράμπα, είτε με κεκλιμένη στοά που έχει πάντα σαν αφετηρία την κεντρική στοά προσπέλασης. Η κλίση των στοών αυτών είναι περίπου 10% για να μπορεί να εξυπηρετείται η μεταφορά. Η λιθογόμωση γίνεται με τους συνήθεις φορτωτές του μεταλλείου. Στα πλαίσια όμως της περαιτέρω μηχανοποίησης των εργασιών έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ειδικό μηχάνημα μεταφοράς και εκτόξευσης του υλικού της λιθογόμωσης. Τέλος, ως υλικό λιθογόμωσης χρησιμοποιείται το στείρο προϊόν της εξόρυξης (π.χ. ασβεστόλιθος).



Εικόνα 5.1.2.4 Μέθοδος θαλάμων και στύλων σε κοίτασμα μεγάλου πάχους

5.1.3 Μέθοδος κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων (sub level caving)

Κατά τη συγκεκριμένη μέθοδο η εξόρυξη πραγματοποιείται μέσα σε διαδοχικούς ορόφους, με το κατώτερο τμήμα να αποσπάται με χρήση εκρηκτικών υλών, ενώ το ανώτερο να κατακρημνίζεται.

Το κοίτασμα χωρίζεται σε ορόφους (sub levels) και η εξόρυξη γίνεται από πάνω προς τα κάτω. Απαραίτητη συνθήκη είναι η οροφή να κατακρημνίζεται και η κλίση του κοιτάσματος να είναι υψηλή. Η διάνοιξη των στοών συνεχίζεται μέχρι να συναντηθούν τα όρια του κοιτάσματος και ακολουθεί η οπισθοχώρηση κατακρημνίζοντας το μετάλλευμα. Τέλος, το ύψος των ορόφων είναι συνάρτηση των διατηρημάτων.

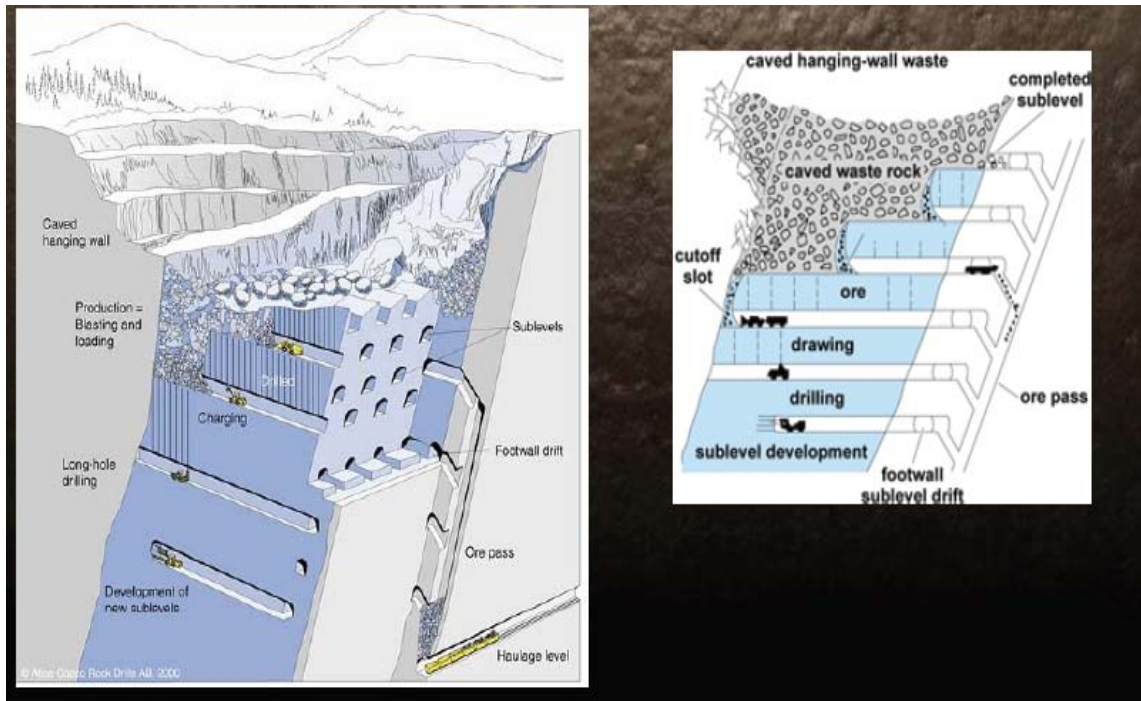
Απαραίτητες προϋποθέσεις εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου είναι:

- Μετάλλευμα μέτριας σκληρότητας που να κατακρημνίζεται εύκολα. Στην περίπτωση μεταλλεύματος με δύσκολη κατακρήμνιση δυσχεραίνεται η ομαλή πορεία και δημιουργούνται σημαντικές απώλειες.
- Ποιότητα μεταλλεύματος που δεν απαιτεί εκλεκτική εκμετάλλευση. Αυτή είναι ανέφικτη καθώς και η διαλογή είναι πολύ δύσκολη.
- Πετρώματα οροφής που να κατακρημνίζονται εύκολα. Είναι πολύ δύσκολη η επέμβαση για την υποβοήθηση της κατακρήμνισης με εκρηκτική ύλη και αντιοικονομική.
- Κατά το δυνατόν ομαλές παρυφές και καλός διαχωρισμός μεταξύ τους αλλά και με το μετάλλευμα.
- Μεγάλη κλίση. Όταν η κλίση είναι μικρή δημιουργούνται δυσχέρειες στην εκμετάλλευση του μεταλλεύματος και παρατηρούνται σημαντικές απώλειες. Οι απώλειες αυτές γίνονται πιο σημαντικές όσο πιο μεγάλο είναι το ύψος του ορόφου.

Η μέθοδος αυτή είναι ακατάλληλη για πλούσια μεταλλεύματα λόγω της μειωμένης απόληψης. Επίσης, όταν τα προϊόντα της κατακρήμνισης είναι χονδρομερή, ο κίνδυνος της πρόσμιξης με τα άγονα υλικά είναι μικρότερος. Σε περίπτωση ανώμαλων παρυφών γίνονται αναπόφευκτες μεγάλες απώλειες και σημαντική πρόσμιξη του μεταλλεύματος και του στείρου. Τέλος, το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου είναι σε κοίτασμα σχετικά μεγάλου πάχους, αλλά όχι ιδιαίτερα πλούσιου που ως επί το πλείστον κατακρημνίζεται δύσκολα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι: α) Η μεγάλη παραγωγικότητα, β) το χαμηλό κόστος παραγωγής, γ) ο καλός αερισμός, δ) τα μικρά έργα προπαρασκευής.

Ενώ τα μειονεκτήματα της συνοψίζονται στα παρακάτω: α) Πιθανή καθίζηση επιφάνειας, β) χαμηλή απόληψη, γ) όχι ιδιαίτερα ασφαλής μέθοδος, δ) υψηλή πρόσμιξη μεταλλεύματος – στείρου.



Εικόνα 5.1.3 Μέθοδος κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων

5.1.4 Μέθοδοι εκμετάλλευσης στα υπό εξέταση κοιτάσματα

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω για τα κοιτάσματα K_1 , K_2 και K_3 θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των θαλάμων και στύλων, ενώ για το K_4 η μέθοδος της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων. Επειδή όμως για τα τρία κοιτάσματα που θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των θαλάμων και στύλων, ισχύει ότι η γεωμετρία τους (κλίση, βάθος κτλ) δεν είναι σταθερή και ίδια σε όλη τους την έκταση, η μέθοδος των θαλάμων και στύλων θα χρησιμοποιηθεί σε διάφορες παραλλαγές ακόμη και στο ίδιο κοιτάσμα. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται.

Για το K_1 : Στο συγκεκριμένο κοιτάσμα θα χρησιμοποιηθεί στην μεγαλύτερη του έκταση η μέθοδος των θαλάμων και στύλων σε οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια μορφή, αφού η κλίση σε αυτή την έκταση δεν ξεπερνά τις 10° . Σε ένα μικρό κομμάτι του κοιτάσματος θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των θαλάμων και στύλων σε κεκλιμένη μορφή, επειδή η κλίση του συγκεκριμένου κομματιού του κοιτάσματος φτάνει τις 30° .

Για το K_2 : Στο συγκεκριμένο κοιτάσμα πάλι θα χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός των μεθόδων θαλάμων και στύλων σε οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο καθώς η κλίση δεν είναι

σταθερή σε όλη την έκταση του κοιτάσματος. Επιπρόσθετα όμως, επειδή σε ορισμένα τμήματα του K_2 το πάχος του βωξίτη υπερβαίνει τα 8 και φθάνει ακόμη και τα 16 m, θα εφαρμοσθεί η μέθοδος των θαλάμων και στύλων σε συνδυασμό με λιθογόμωση. Οι λόγοι που επιλέγουμε την συγκεκριμένη μέθοδο είναι οι εξής: α) Δεν επιτρέπεται η διάνοιξη μεγάλων κενών για θέματα ασφάλειας. β) Το κόστος της λιθογόμωσης είναι χαμηλό διότι η μέθοδος θα εφαρμοσθεί σε περιορισμένη κλίμακα, ενώ το υλικό της λιθογόμωσης λαμβάνεται από τα ήδη υπάρχοντα στείρα της προσπέλασης. γ) Πρόσθετη επίπτωση στο περιβάλλον δεν έχουμε, αντίθετα μειώνουμε τον αρχικό όγκο απόθεσης στείρων στα στόμια των στοών προσπέλασης S_1 και S_3 . Τέλος το μόνο πρόβλημα που θα παρουσιασθεί είναι αυτό της ανάμιξης του βωξίτη με τα στείρα υλικά, που όμως μπορεί να εξομαλυνθεί μόνο με καλή συμπίεση του υλικού της λιθογόμωσης και μεσολάβησης αρκετού χρονικού διαστήματος.

Για το K_3 : Στην περίπτωση αυτή πάλι θα χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός των μεθόδων των θαλάμων και στύλων σε οριζόντια μορφή και σε κεκλιμένη, αφού η κλίση του κοιτάσματος μεταβάλλεται στα διάφορα τμήματα του.

Για το K_4 : Η περίπτωση του κοιτάσματος αυτού είναι πολύ διαφορετική από τα προηγούμενα. Εδώ θα επιλέξουμε την μέθοδο της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων για τους παρακάτω λόγους: α) Ο βωξίτης είναι μέτριας σκληρότητας και εύκολα κατακρημνιζόμενος με χρήση εκρηκτικών υλών. β) Ο ασβεστόλιθος της οροφής είναι επίσης κατακρημνιζόμενος και όπως έχει προαναφερθεί είναι σε συμφωνία με τον βωξίτη ώστε να διαχωρίζεται εύκολα από αυτόν, με αποτέλεσμα την αποφυγή της αραίωσης του μεταλλεύματος. γ) Η κλίση του κοιτάσματος είναι μεγαλύτερη από 45° , πράγμα που κάνει την εφαρμογή της μεθόδου των θαλάμων και στύλων απαγορευτική. Από την άλλη πλευρά όμως, η μεγάλη κλίση μας βοηθά ώστε να έχουμε μικρές απώλειες κοιτάσματος λόγω καλύτερης ροής, αλλά και μικρή ανάμιξη του βωξίτη με τα στείρα.

5.1.5 Προπαρασκευή των κοιτασμάτων

Τα έργα της προπαρασκευής γίνονται για τους παρακάτω λόγους: α) Για να δημιουργείται ένα απλό κύριο κύκλωμα αερισμού σε συνδυασμό με το προσπελαστικό έργο. β) Για την ασφάλεια των εργαζομένων, έτσι ώστε να έχουν σε περίπτωση κινδύνου εναλλακτικές εξόδους διαφυγής σε κάθε κοίτασμα.

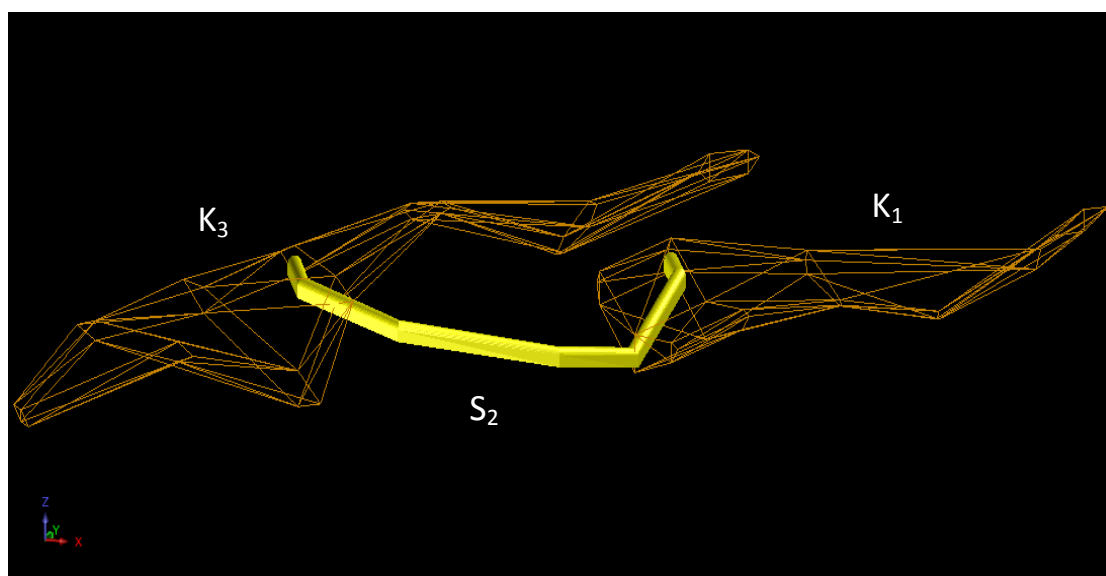
γ) Για την λειτουργική προσέγγιση όλων των κοιτασμάτων από το προσπελαστικό έργο και την διασαφήνιση των ορίων τους μέσω της περιχάραξης, έτσι ώστε η διακίνηση των μηχανημάτων και των εργαζομένων να γίνεται με όσο το δυνατόν πιο ορθό και οικονομικό τρόπο.

5.2 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης των K_1 , K_2 και K_3

5.2.1 Σχεδιασμός στοών προπαρασκευής και περιχάραξης

Μόλις ολοκληρωθούν οι προσπελαστικές στοές S_1 και S_3 και συναντηθούν τα κοιτάσματα K_1 και K_3 αντίστοιχα, αρχίζει πλέον ουσιαστικά η εκμετάλλευση, καθώς η όρυξη οποιασδήποτε στοάς εντός των K_1 και K_3 σημαίνει αυτόματα και παραγωγή βωξίτη. Στο σημείο αυτό όμως κρίνεται σκόπιμο στα πλαίσια της προπαρασκευής να ορυχθεί η στοά S_2 η οποία θα ενώσει τα κοιτάσματα K_1 και K_3 και θα κλείνει και το βασικό κύκλωμα αερισμού.

Η στοά S_2 θα αρχίζει από το τέλος της στοάς S_1 και θα τελειώνει στο τέλος της στοάς S_3 . Το τμήμα της στοάς που έχει διανοιχθεί εντός ασβεστολίθου έχει μήκος **120 m**, ενώ το τμήμα της στοάς εντός βωξίτη έχει μήκος **72 m**. Άρα το συνολικό της μήκος είναι **192 m**. Η συγκεκριμένη στοά κατασκευάστηκε με οριακή κλίση **17%** προκειμένου να μειωθούν τα μέτρα διάνοιξης μέσα σε στείρα υλικά. Η στοά S_2 εμφανίζεται στην εικόνα 5.2.1.1

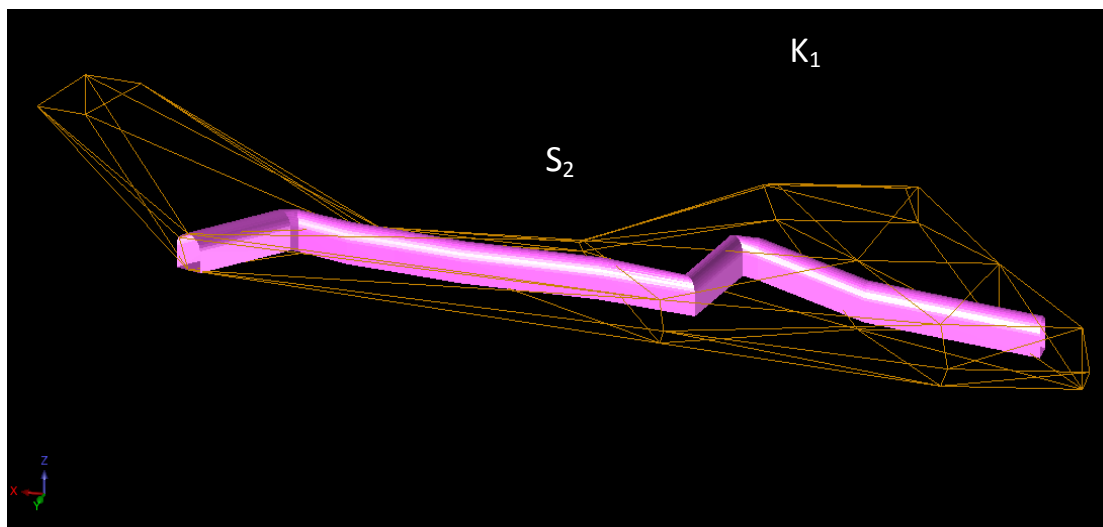


Εικόνα 5.2.1.1 Τρισδιάστατη άποψη της στοάς S_2

Με το πέρας της διάνοιξης της στοάς S_2 έχουν ολοκληρωθεί τα βασικά προπαρασκευαστικά έργα και επιπλέον έχει αναπτυχθεί και το βασικό σύστημα αερισμού.

Στο σημείο αυτό θα αναπτυχθούν οι στοές περιχάραξης, δηλαδή οι στοές εκείνες που θα διατρέξουν τα κοιτάσματα σε όλο τους το μήκος προκειμένου να βρεθούν και τα όρια τους.

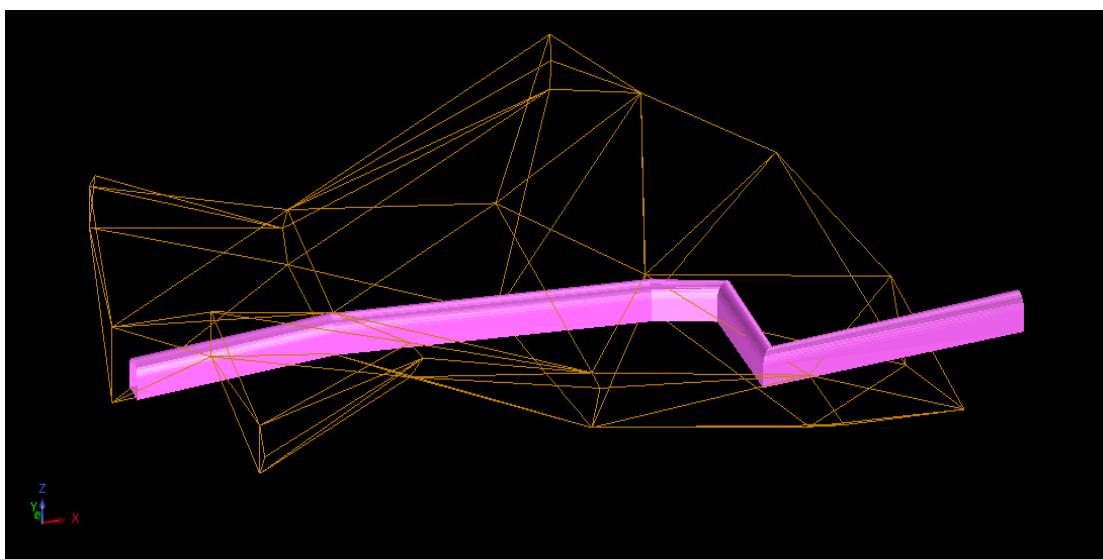
Για το K_1 από σημείο της στοάς S_2 αρχίζει η διάνοιξη εγκάρσιας στοάς περιχάραξης. Η στοά αυτή εμφανίζεται στην εικόνα 5.2.1.2.



Εικόνα 5.2.1.2 Τρισδιάστατη άποψη της στοάς περιχάραξης του K_1

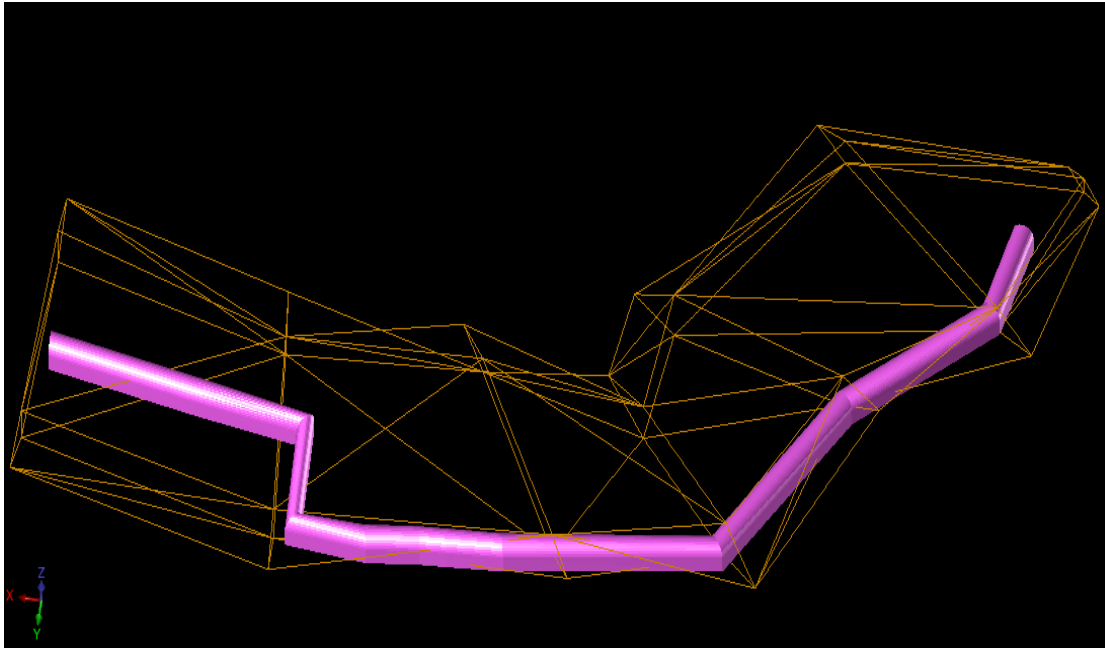
Η συγκεκριμένη στοά έχει αυτό το σχήμα γιατί μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ακολουθήσει τις μεγάλες σχετικά κλίσεις του κοιτάσματος. Οι κλίσεις των στοών δεν πρέπει να ξεπερνούν το όριο του 17%.

Η στοά αυτή όμως θα συνεχιστεί για να προσεγγιστεί και το κοιτάσμα K_2 , το οποίο βρίσκεται υψομετρικά χαμηλότερα από το K_1 . Η συγκεκριμένη στοά θα συνεχιστεί μέχρι να απαντηθούν τα όρια του K_2 .

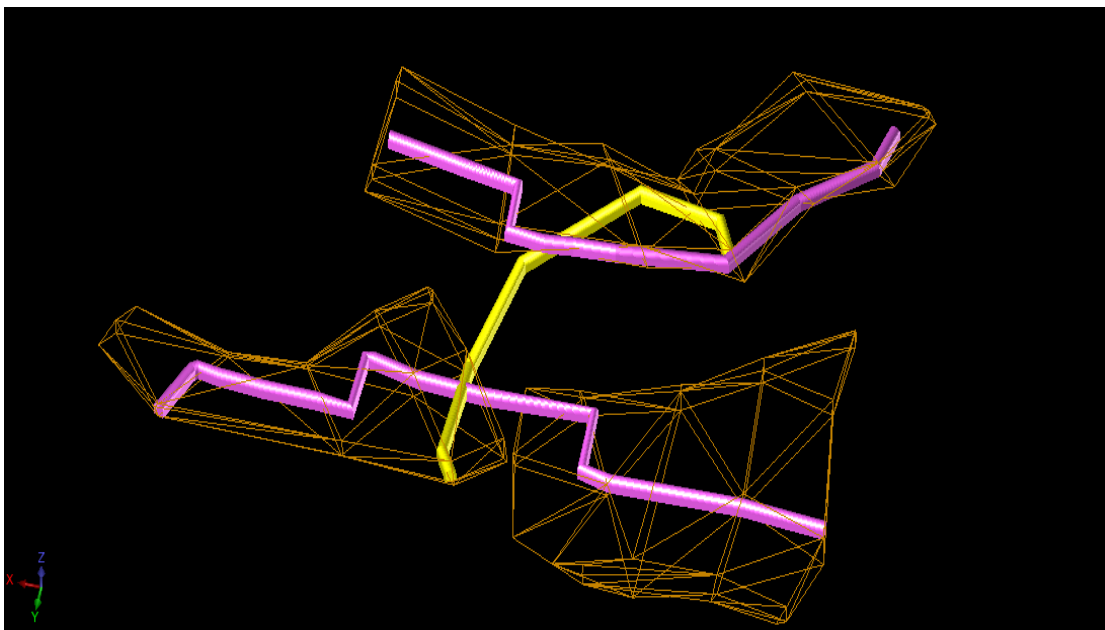


Εικόνα 5.2.1.3 Τρισδιάστατη άποψη της στοάς περιχάραξης του K_2

Με παρόμοιο τρόπο για το κοίτασμα K_3 από σημείο της στοάς προσπέλασης S_3 αρχίζει η διάνοιξη στοάς περιχάραξης. Η στοά αυτή εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.2.1.4 Τρισδιάστατη άποψη της στοάς περιχάραξης του K_3



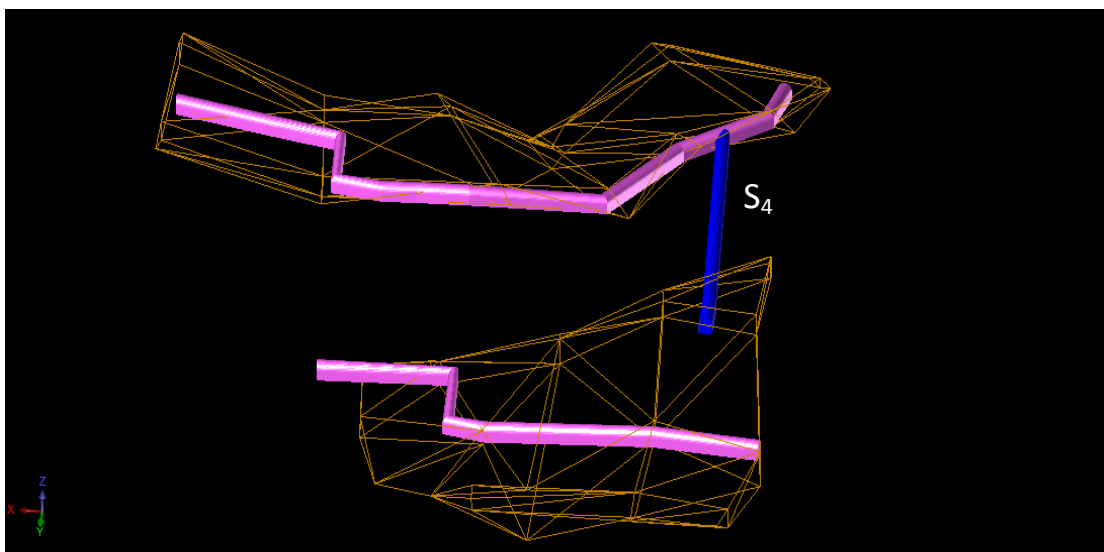
Εικόνα 5.2.1.5 Τρισδιάστατη άποψη του προπαρασκευαστικού και του έργου περιχάραξης

Σε αυτό το σημείο θα χρειαστεί να ορυχθούν ακόμη δύο στοές. Οι στοές αυτές πρέπει να ορυχθούν για να είναι δυνατή η πρόσβαση σε ένα τμήμα του K_2 στο οποίο οι κλίσεις είναι αρκετά μεγάλες και η πρόσβαση δεν μπορεί να γίνει μέσα από το ίδιο το κοίτασμα.

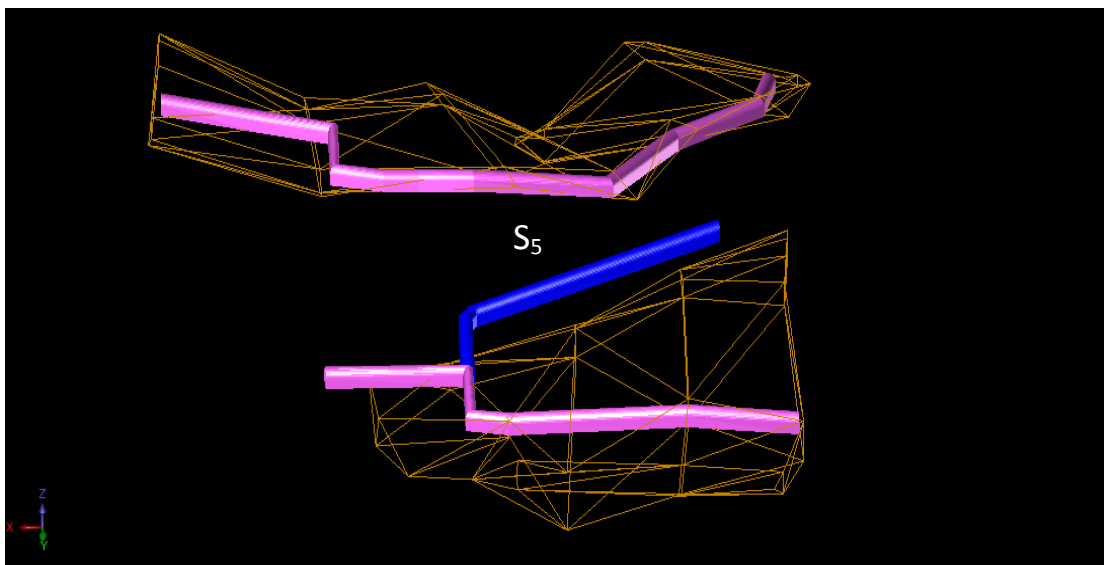
Για αυτό το λόγο από σημείο της στοάς περιχάραξης το K_3 αρχίζει η διάνοιξη της ευθύγραμμης στοάς S_4 , κλίσης **6%** μέχρι να συναντηθεί το K_2 . Η στοά αυτή έχει μήκος εντός του ασβεστολίθου **65,5 m**.

Η δεύτερη στοά S_5 θα αρχίσει από σημείο της στοάς περιχάραξης του K_2 και θα τελειώσει αφού ενωθεί με την S_4 περίπου στο μέσον της τελευταίας. Το μήκος της στοάς αυτή εντός του ασβεστολίθου είναι **75 m** και η κλίση της είναι **17%**.

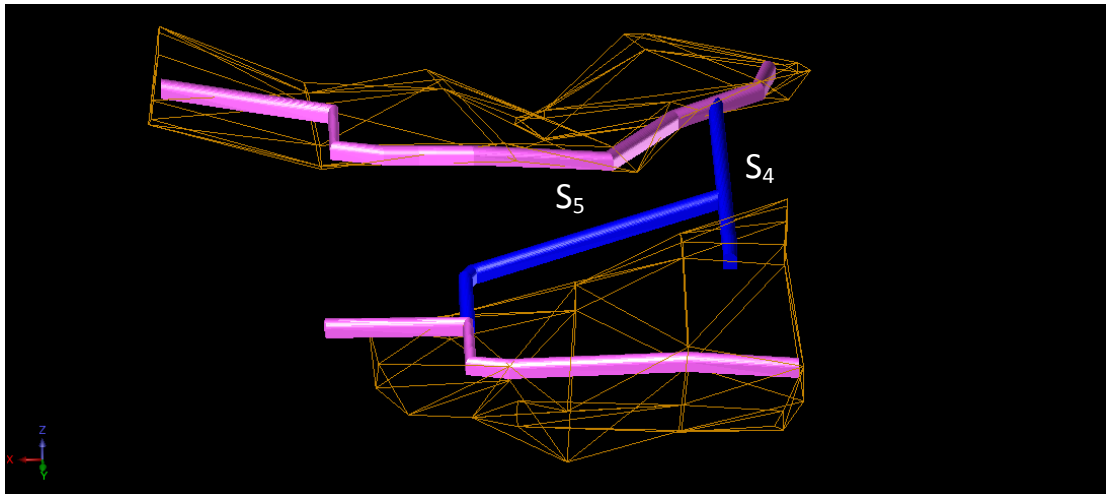
Με την όρυξη των δύο αυτών στοών τελειώνει το προπαρασκευαστικό έργο και των τριών κοιτασμάτων και είμαστε έτοιμοι να περάσουμε στο στάδιο της ανάπτυξης.



Εικόνα 5.2.1.6 Με το μπλε χρώμα εμφανίζεται η στοά S_4

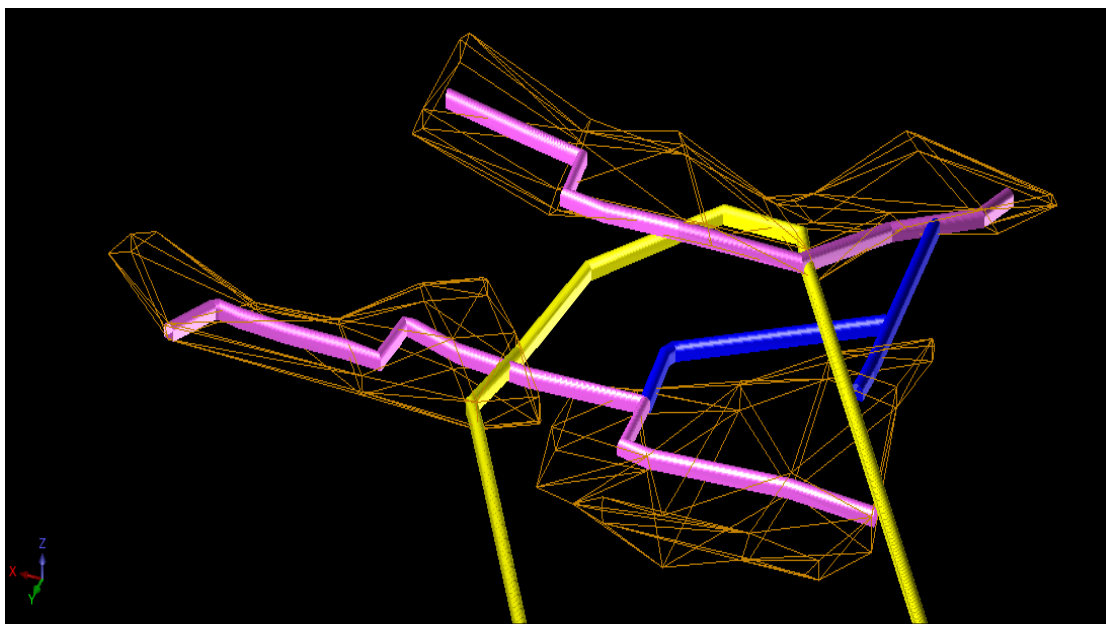


Εικόνα 5.2.1.7 Με το μπλε χρώμα εμφανίζεται η στοά S_5



Εικόνα 5.2.1.8 Οι στοές S_4 και S_5

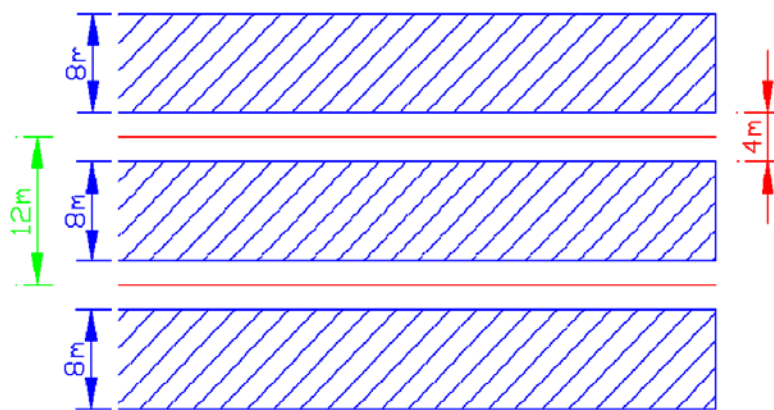
Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν το προπαρασκευαστικό έργο, οι στοές περιχάραξης και οι στοές προσπέλασης μαζί στην εικόνα 5.2.1.9.



Εικόνα 5.2.1.9 Προπαρασκευή – Περιχάραξη – Προπαρασκευή

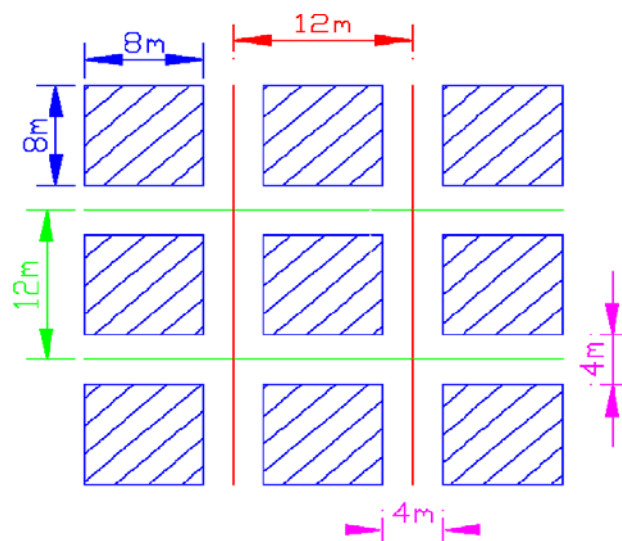
5.2.2 Ανάπτυξη της μεθόδου των θαλάμων και στύλων

Μετά λοιπόν το πέρας των προπαρασκευαστικών έργων ξεκινά και το βασικό τμήμα της εκμετάλλευσης, αυτό της ανάπτυξης των θαλάμων και στύλων στα υπό μελέτη κοιτάσματα. Αυτό που γίνεται αρχικά είναι η όρυξη στοών οι οποίες είναι παράλληλες με την βασική. Η απόσταση μεταξύ των αξόνων αυτών των στοών είναι **12 m**. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται στύλοι μεγάλου μήκους, πλάτους **8 m** και ύψους **5 m**. Η απόσταση μεταξύ των στύλων είναι 4 m, όσο δηλαδή και το άνοιγμα μιας στοάς.



Εικόνα 5.2.2.1 Στύλοι μεγάλου μήκους και πλάτους 8 m (Benardos A, Katopodis D, 2011)

Στη συνέχεια αρχίζει η διάνοιξη εγκάρσιων στοών ως προς τις προηγούμενες. Η απόσταση μεταξύ των αξόνων αυτών των στοών θα είναι και εδώ **12 m**. Με αυτό τον τρόπο θα δημιουργηθούν στύλοι διαστάσεων **8 m × 8 m**, οι οποίοι από κέντρο σε κέντρο θα απέχουν μεταξύ τους **12 m**.



Εικόνα 5.2.2.2 Στύλοι διαστάσεων 8 m × 8 m (Benardos A, Katopodis D, 2011)

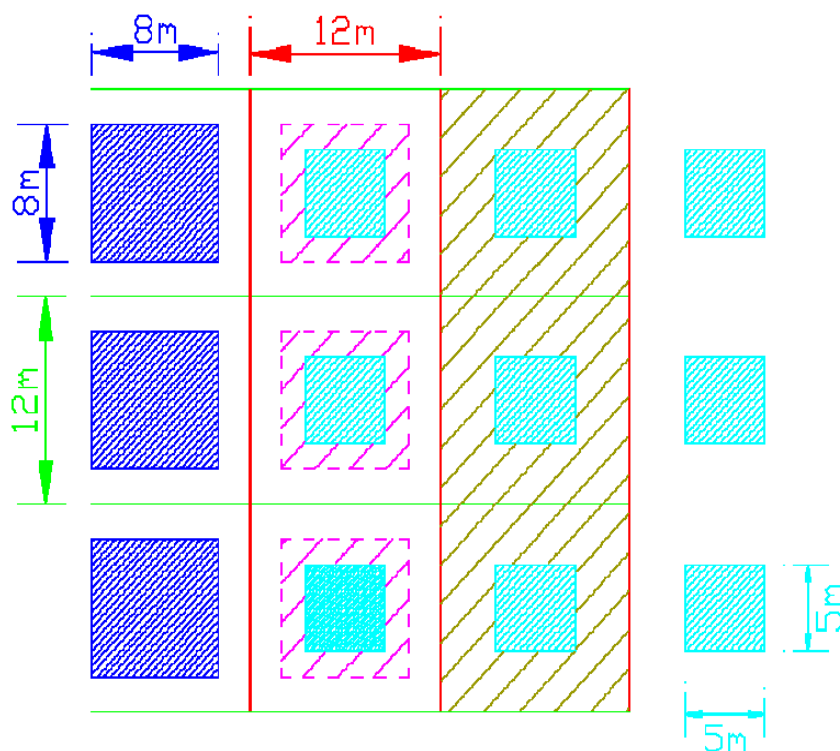
Παράλληλα με την όρυξη των θαλάμων θα διενεργείται και η υποστήριξη της οροφής, η οποία θα παρουσιαστεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

5.2.3 Εξόφληση

Κατά τη φάση της εξόφλησης οι προαναφερθέντες στύλοι μειώνονται από **8 m × 8 m**, σε διαστάσεις **5 m × 5 m** περίπου. Στην περίπτωση που το πάχος του βωξίτη κυμαίνεται από 5 έως 8 m και οι στύλοι έχουν ορυχθεί με οδηγό την επαφή βωξίτη – ταβανιού, τότε ο

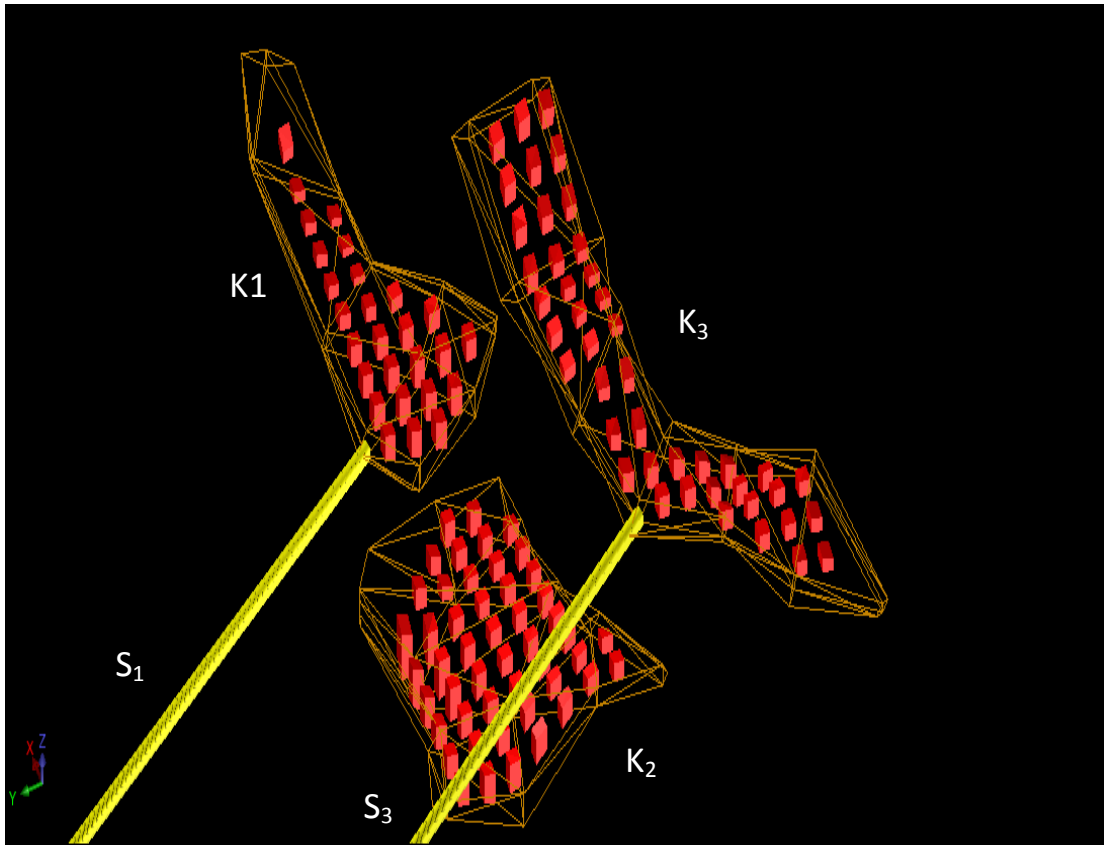
βωξίτης του δαπέδου λαμβάνεται με προέκταση του στύλου προς τα κάτω (φάση στρώσεων). Το πλάτος των δημιουργούμενων θαλάμων που απομένουν είναι 7 m.

Αντίθετα, αν οι στύλοι δεν έχουν ορυχθεί με οροφή την πάνω επαφή, τότε ο βωξίτης λαμβάνεται με προέκταση του στύλου προς τα πάνω (κουβέρτες). Η εξόφληση αρχίζει από τα άκρα κάθε ορόφου και οπισθοχωρεί προς τα κύρια προσπελαστικά έργα.

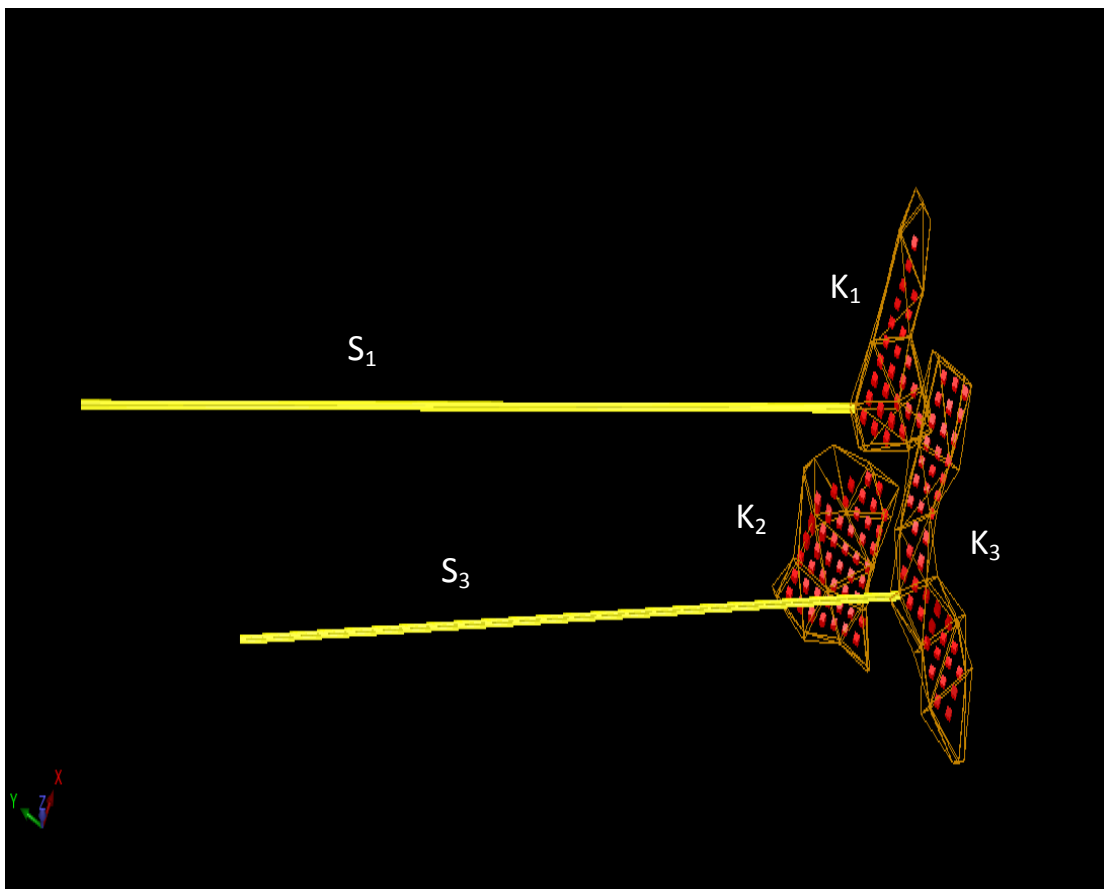


Εικόνα 5.2.3.1 Η φάση της εξόφλησης (Benardos A, Katopodis D, 2011)

Μετά το πέρας των εργασιών της εξόφλησης στα K_1 , K_2 και K_3 η μορφή του μεταλλείου φαίνεται στις παρακάτω εικόνες 5.2.3.2 και 5.2.3.3.



Εικόνα 5.2.3.2 Θαλαμοι και στύλοι στα K_1 , K_2 και K_3



Εικόνα 5.2.3.3 Θαλαμοι και στύλοι στα K_1 , K_2 και K_3

5.2.4 Απόληψη

Μετά το τέλος του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων K_1 , K_2 και K_3 μέσω του λογισμικού Surpac με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων, μπορούμε με τη βοήθεια του λογισμικού να υπολογίσουμε αυτόματα τον όγκο των εναπομεινάντων στύλων σε κάθε κοίτασμα. Κατ' επέκταση αφού γνωρίζουμε τον όγκο του κάθε κοιτάσματος (Κεφ.3), μπορούμε να βρούμε εύκολα τον όγκο του εξορυσσόμενου βωξίτη, καθώς και το συντελεστή απόληψης.

Για το K_1 : Σύμφωνα με το λογισμικό surpac ο όγκος των εναπομεινάντων στύλων είναι $V_{\sigma\tau(1)}=4.301,9 \text{ m}^3$. Άρα ο εξορυσσόμενος βωξίτης θα είναι $V_{\varepsilon\xi(1)}=V_1 - V_{\sigma\tau(1)}=34.952,4 - 4.301,9 \rightarrow V_{\varepsilon\xi(1)}=30.650,5 \text{ m}^3$.

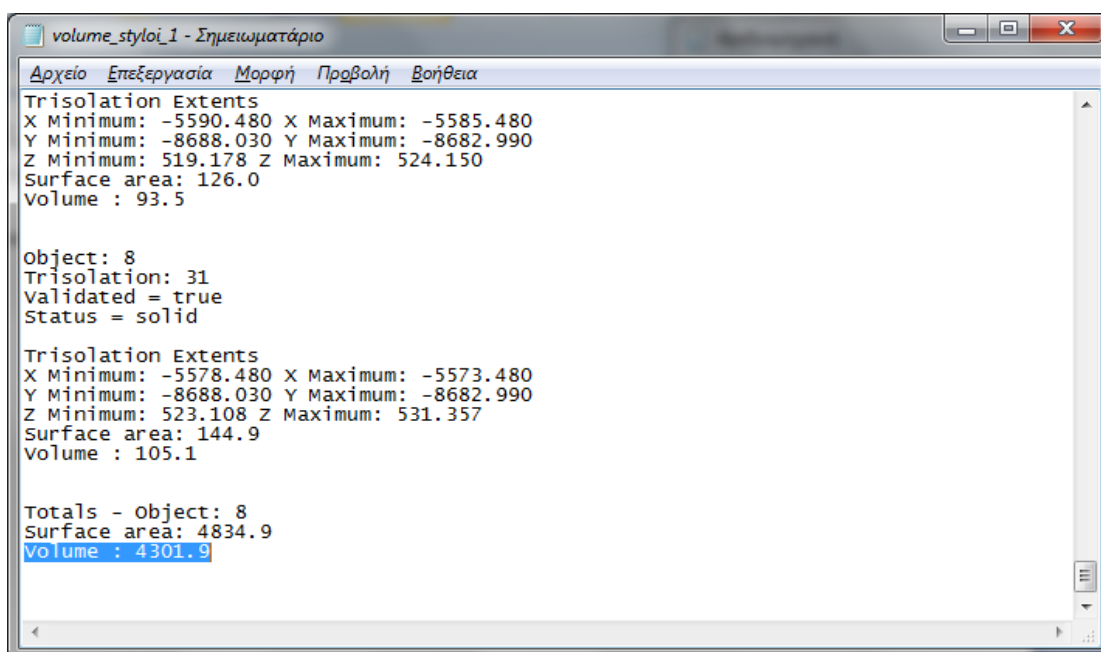
Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω ο συντελεστής απόληψης για το K_1 είναι **87%**.

Για το K_2 : $V_{\sigma\tau(2)}=9.274,4 \text{ m}^3$. Άρα ο εξορυσσόμενος βωξίτης θα είναι $V_{\varepsilon\xi(2)}=V_2 - V_{\sigma\tau(2)} \rightarrow V_{\varepsilon\xi(2)}=64.986,2 - 9.274,4 \rightarrow V_{\varepsilon\xi(2)}=55.711,8 \text{ m}^3$.

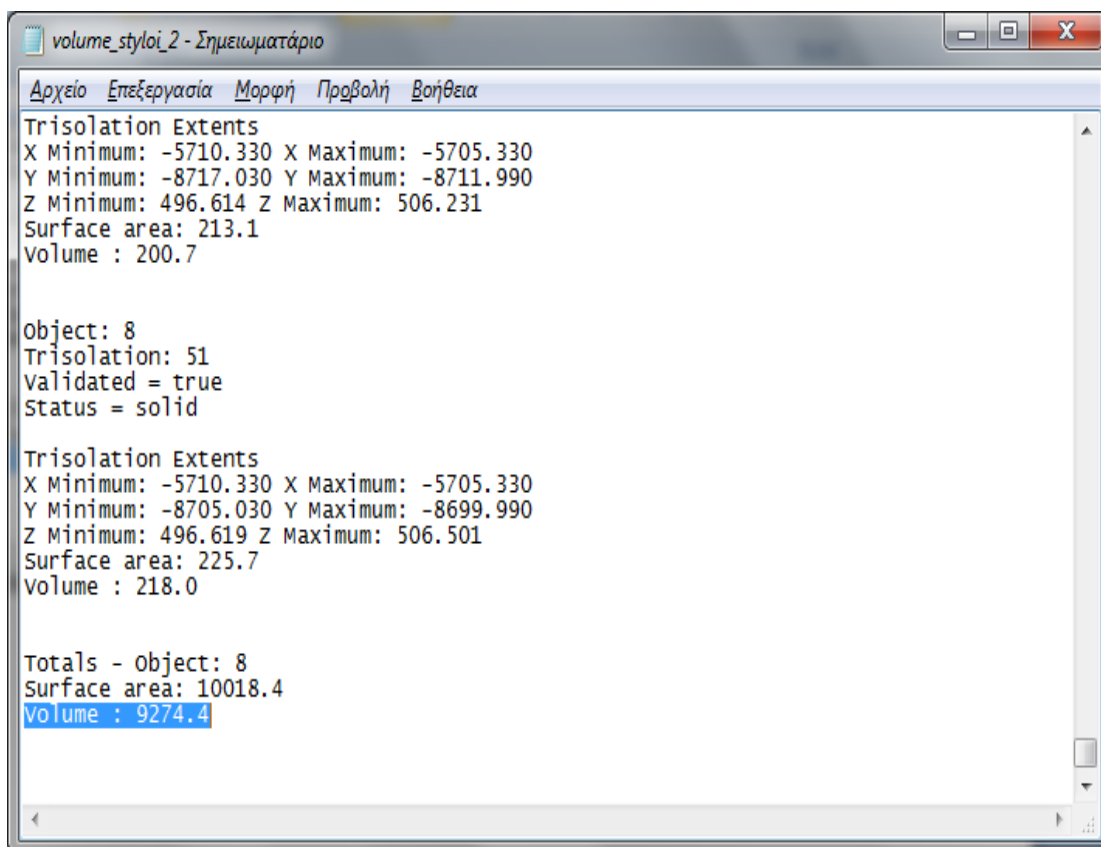
Σύμφωνα με τα παραπάνω ο συντελεστής απόληψης είναι **85%**.

Για το K_3 : $V_{\sigma\tau(3)}=6.280 \text{ m}^3$. Άρα ο εξορυσσόμενος βωξίτης θα είναι $V_{\varepsilon\xi(3)}=V_3 - V_{\sigma\tau(3)} \rightarrow V_{\varepsilon\xi(3)}=48.666,6 - 6.280 \rightarrow V_{\varepsilon\xi(3)}=42.386,6 \text{ m}^3$.

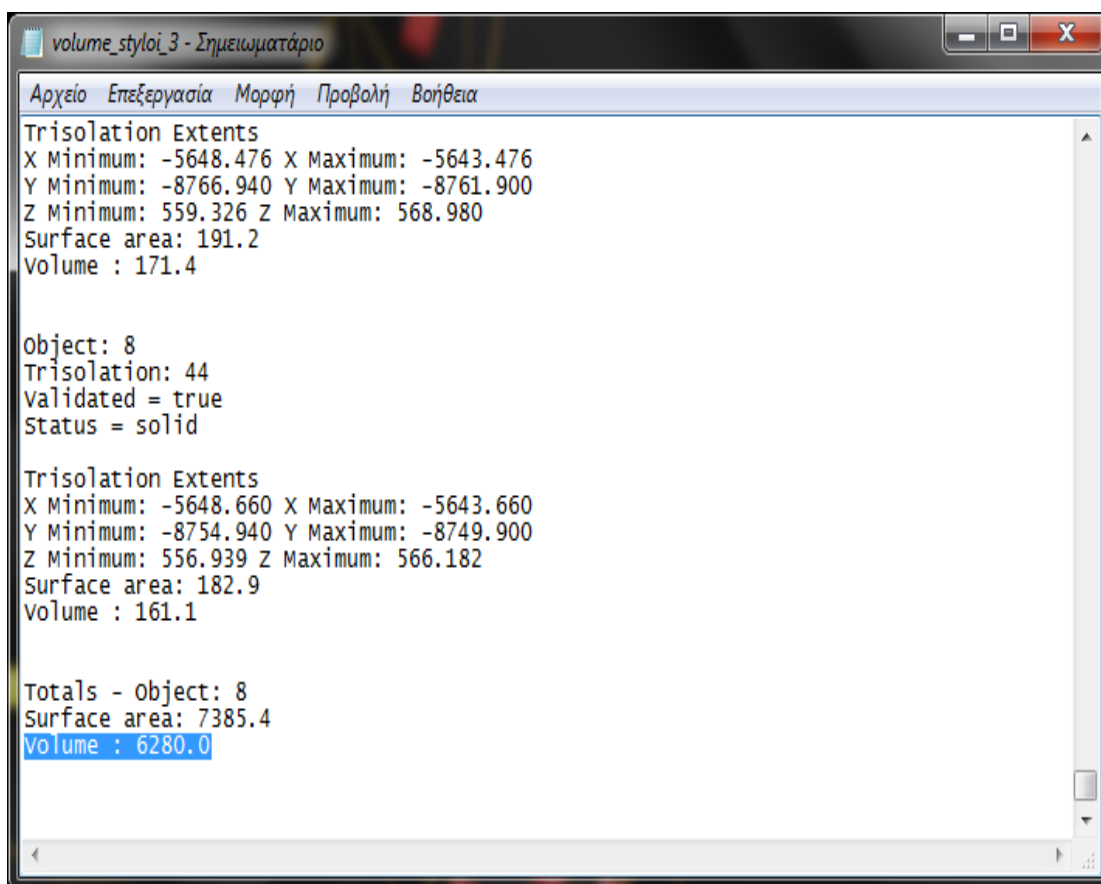
Σύμφωνα με τα παραπάνω ο συντελεστής απόληψης είναι **87%**.



Εικόνα 5.2.4 (α) Αναφορά λογισμικού για τον όγκο στύλων του K_1



Εικόνα 5.2.4 (β) Αναφορά λογισμικού για τον όγκο στύλων του K_2



Εικόνα 5.2.4 (γ) Αναφορά λογισμικού για τον όγκο στύλων του K_3

5.2.5 Υπολογισμοί αντοχής θαλάμων και στύλων

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να υπολογιστεί η αντοχή των στύλων και των θαλάμων από τις φορτίσεις που δέχονται από τα υπερκείμενα ασβεστολιθικά πετρώματα. Χωρίς τη μελέτη αυτή δεν μπορεί να υπάρξει σιγουριά για το αν οι διαστάσεις που προτάθηκαν για τους στύλους είναι σωστές και άρα το έργο ασφαλές για τους εργαζομένους. Η εξέταση θα γίνει ξεχωριστά για τα τρία διαφορετικά κοιτάσματα K_1 , K_2 και K_3 .

Για το K_1 : Αρχικά θα υπολογιστεί η κατακόρυφη τάση $S_V = \gamma_{\text{ασβ.}} \times h$, με h συμβολίζουμε το μέγιστο πάχος των ασβεστολιθικών υπερκειμένων και με $\gamma_{\text{ασβ.}}$ συμβολίζουμε το ειδικό βάρος του ασβεστολίθου. $S_V = 2,7 \text{ tn/m}^3 \times 128 \text{ m} \rightarrow S_V = 345,6 \text{ tn/m}^2$ ή $S_V = 3,456 \text{ MPa}$.

Σε αυτό το σημείο θα υπολογιστεί η μέση ορθή τάση (σ_p) που αναπτύσσεται σε κάθε τετραγωνικό στύλο, η οποία δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$\sigma_p = S_V (1 + W_R/W_P)^2$, όπου W_R το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων και W_P το πλάτος του στύλου. Αντικαθιστώντας, $\sigma_p = 3,456 \text{ MPa} (1 + 7 \text{ m}/5 \text{ m})^2 \rightarrow \sigma_p = 3,456 \text{ MPa} \times 5,76 \rightarrow \sigma_p = 19,9 \text{ MPa}$.

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_P) θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος των Obert και Duvall $C_P = C_1 [0,778 + 0,222 \times (W_P/H_P)]$, όπου H_P το ύψος του στύλου και C_1 η σταθερά αντοχής του βωξίτη σε μονοαξονική θλίψη. Στην περιπτωσή μας για λόγους ασφάλειας θα πάρουμε $C_1 = 60 \text{ MPa}$ που είναι και η κατώτερη τιμή αντοχής του βωξίτη σε μονοαξονική θλίψη.

$C_P = 60 \text{ MPa} [0,778 + 0,222 \times (5 \text{ m}/16 \text{ m})] \rightarrow C_P = 60 \text{ MPa} \times 0,84 \rightarrow C_P = 50,4 \text{ MPa}$. Το ύψος του στύλου που επιλέγεται στον υπολογισμό είναι $H_P = 9 \text{ m}$ για λόγους ασφαλείας, καθώς ο πιο ψηλός στύλος είναι και αυτός που εμφανίζει δυσμενέστερες συνθήκες ασφαλείας.

Άρα ο συντελεστής ασφαλείας είναι $F = C_P/\sigma_p \rightarrow F = 50,4 \text{ MPa}/19,9 \text{ MPa} \rightarrow F = 2,5$

Ο συντελεστής ασφαλείας κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα αφού έχει τιμή ανώτερη του 2 και άρα πληρούνται οι απαιτήσεις του σχεδιασμού.

Στο σημείο αυτό θα μελετηθεί και η αντοχή των θαλάμων σύμφωνα με τη σχέση

$$L = \sqrt{\frac{2 \times \sigma \times t}{\gamma \times F}}, \text{ όπου } \sigma \text{ είναι η μέγιστη εφελκυστική αντοχή του ασβεστόλιθου, } \sigma = 600$$

tn/m^2 , t το πάχος του στρώματος της οροφής ίσο με $0,6 \text{ m}$, γ το ειδικό βάρος του

ασβεστόλιθου ίσο με **2,7 tn/m³**, **F** ο συντελεστής ασφαλείας που παίρνει τιμές από **4** έως **8** και **L** το πλάτος του θαλάμου.

$$\text{Παίρνοντας συντελεστή ασφαλείας ίσο με } F=4, \text{ έχουμε } L = \sqrt{\frac{2 \times 600 \times 0,6}{2,7 \times 4}} \rightarrow L=8,16 \text{ m}$$

Όπως γίνεται αντιληπτό ο σχεδιασμός για πλάτος θαλάμου **7 m** βρίσκεται εντός ορίων ασφαλείας αφού για **L=7 m** ο συντελεστής ασφαλείας **F** θα είναι μεγαλύτερος του **4**.

Για το K₂: Με παρόμοιο τρόπο και με μέγιστο ύψος υπερκειμένων **h=118 m** ισχύει: **S_V=2,7 tn/m³×118 m → S_V=318,6 tn/m² ή S_V=3,186 MPa.**

$$\sigma_p = 3,186 \text{ MPa}(1 + 7 \text{ m}/5 \text{ m})^2 \rightarrow \sigma_p = 3,186 \text{ MPa} \times 5,76 \rightarrow \sigma_p = 18,3 \text{ MPa}$$

Για **C_P=54 MPa** έχουμε συντελεστή ασφαλείας **F=54 MPa/18,3 MPa → F=2,9**

Και στην περίπτωση αυτή δεν φαίνεται να αναμένονται ιδιαίτεροι κίνδυνοι αστοχίας για τους στύλους, αλλά ούτε και για τους θαλάμους (ίδια δεδομένα με το K₁).

Για το K₃: Με παρόμοιο τρόπο και με μέγιστο ύψος υπερκειμένων **h=83 m** ισχύει: **S_V=2,7 tn/m³×83 m → S_V=224,1 tn/m² ή S_V=2,241 MPa.**

$$\sigma_p = 2,241 \text{ MPa}(1 + 7 \text{ m}/5 \text{ m})^2 \rightarrow \sigma_p = 2,241 \text{ MPa} \times 5,76 \rightarrow \sigma_p = 12,9 \text{ MPa}.$$

Με **C_P=54 MPa** ο συντελεστής ασφάλειας είναι **F=54 MPa/12,9 MPa → F=4,1**.

Και στην περίπτωση αυτή δεν φαίνεται να αναμένονται ιδιαίτεροι κίνδυνοι αστοχίας για τους στύλους, αλλά ούτε και για τους θαλάμους (ίδια δεδομένα με το K₁, K₂).

5.3 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης του K₄

5.3.1 Προπαρασκευή στο K₄

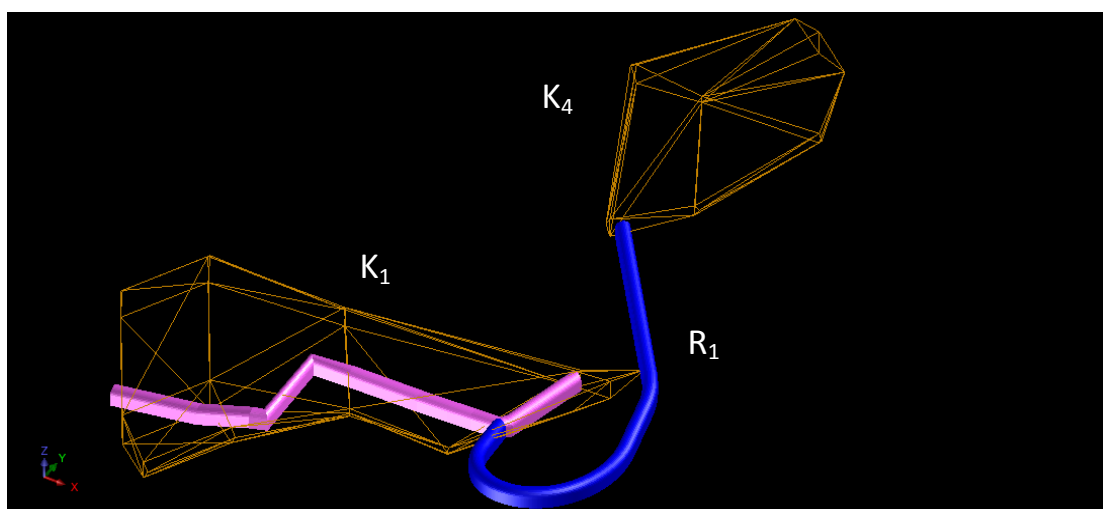
Τα έργα προπαρασκευής και προσπέλασης για το κοίτασμα K₄ γίνονται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί η εκμετάλλευση του, η οποία γίνεται με τη μέθοδο κατακρήμνισης με διαδοχικούς ορόφους.

Η πρόσβαση θα γίνει με ειδικά ελικοειδή κεκλιμένα – ράμπες οι οποίες θα ξεκινούν από το K₁. Η δημιουργία ελικοειδών κεκλιμένων είναι η μόνη λύση για να μπορέσει να υπάρξει οικονομική και ασφαλής πρόσβαση στο K₄, καθώς η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του K₄ και του K₁ είναι αρκετά μεγάλη (φτάνει τα 45 m), ενώ ταυτόχρονα η οριζόντια απόσταση

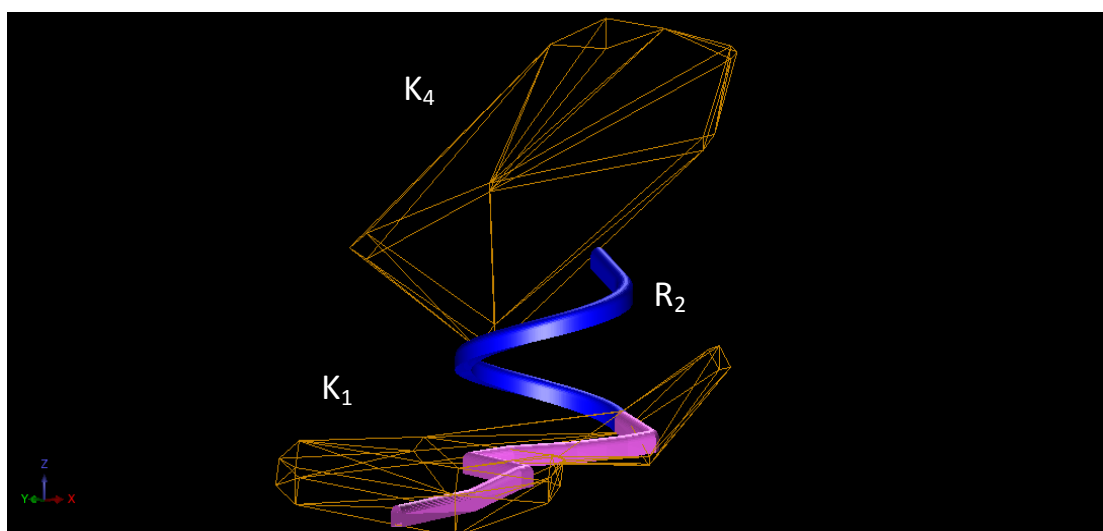
τους είναι κάτω από 20 m. Τα παραπάνω δείχνουν ότι αν επιδιώκονταν να ορυχθούν κεκλιμένες στοές, η κλίση αυτών θα ξεπερνούσε το 30%, γεγονός απαγορευτικό για την μετακίνηση των μηχανημάτων.

Η πρώτη ράμπα R_1 θα ξεκινήσει από σημείο της στοάς περιχάραξης του K_1 εγκάρσια ως προς αυτή και θα ολοκληρωθεί μόλις συναντηθεί το K_4 . Η κλίση της ράμπας είναι 17% και το συνολικό της μήκος μέσα στον ασβεστόλιθο είναι 133 m.

Η δεύτερη ράμπα R_2 θα ξεκινήσει και αυτή από σημείο της στοάς περιχάραξης του K_1 και θα ολοκληρωθεί μόλις και αυτή συναντήσει το K_4 . Η κλίση τη R_2 δεν ξεπερνά το ανώτερο επιτρεπτό όριο του 17% σε κανένα τμήμα της και το συνολικό της μήκος μέσα στον ασβεστόλιθο είναι 145 m.



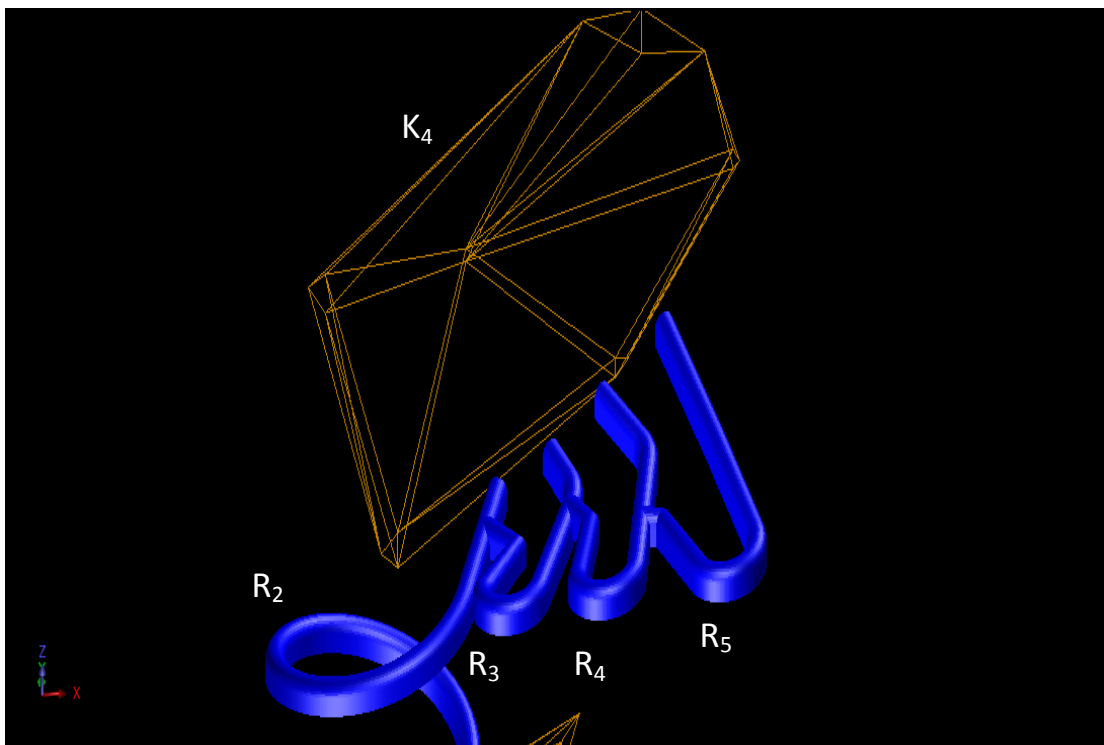
Εικόνα 5.3.1.1 Με το μπλέ χρώμα η ράμπα R_1 και το μωβ η στοά περιχάραξης του K_1



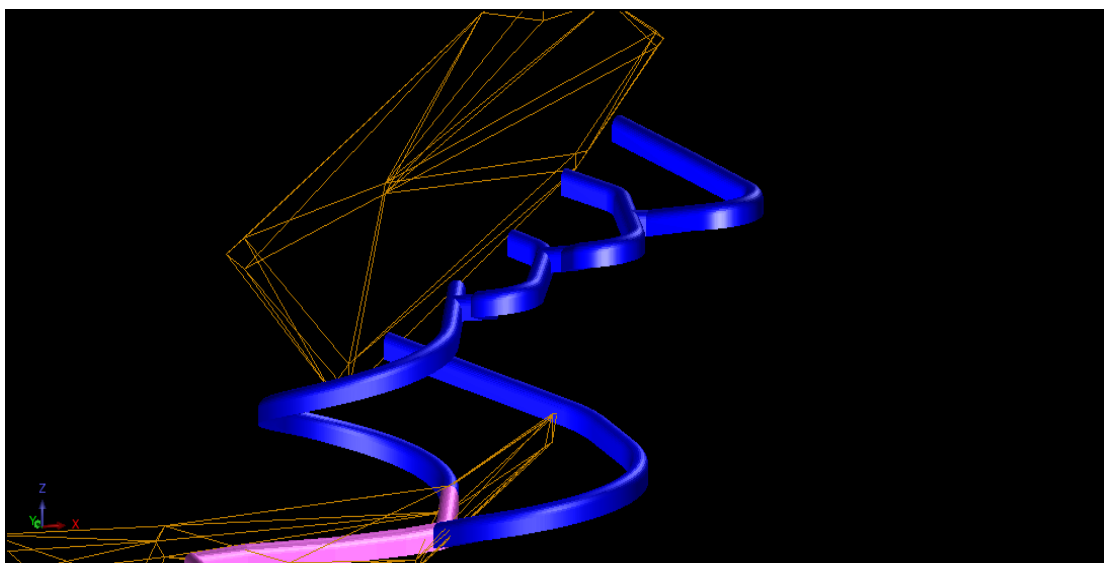
Εικόνα 5.3.1.2 Με μπλε χρώμα η ράμπα R_2 και το μωβ η στοά περιχάραξης του K_1

Εν συνεχεία αυτό που θα γίνει είναι το εξής: Από σημείο της ράμπας R_2 αρχίζει εγκάρσια ως προς αυτή η όρυξη της ράμπας R_3 . Ομοίως, από σημείο της R_3 ορύσσεται με τον ίδιο τρόπο η R_4 , και από την R_4 πάλι με το ίδιο τρόπο η R_5 που θα είναι και η τελευταία ράμπα που θα μας οδηγεί στο κοίτασμα 4. Εννοείται ότι οι ράμπες αυτές ολοκληρώνονται μόλις συναντηθεί βωξίτης.

Η ράμπα R_3 έχει μήκος **75 m**, ενώ η κλίση της είναι **17%**. Η ράμπα R_4 έχει μήκος **85 m** και κλίση **16%**. Τέλος η ράμπα R_5 έχει μήκος **90 m** και κλίση **16%**.



Εικόνα 5.3.1.3 Από αριστερά προς τα δεξιά οι ράμπες R_2 , R_3 , R_4 , R_5



Εικόνα 5.3.1.4 Η προπαρασκευή του K_4

5.3.2 Παραγωγή στο K₄

Μετά την ολοκλήρωση της προπαρασκευής του K₄ με την διάνοιξη των ραμπών R₁, R₂, R₃, R₄, R₅ αρχίζει η φάση της περιχάραξης. Κατά τη φάση αυτή το κοιτάσμα διαιρείται σε πέντε ορόφους, με 11 m κατακόρυφη απόσταση μεταξύ τους, με την όρυξη πέντε διευθυντικών στοών αντίστοιχα. Οι στοές αυτές θα αρχίζουν η κάθε μία από το τέλος της αντίστοιχης ράμπας και θα τελειώνουν όταν συναντηθούν τα όρια του κοιτάσματος. Το μέγεθος της τραπεζοειδούς διατομής τους θα είναι 4 m×4 m. Πιο συγκεκριμένα για τις στοές αυτές έχουμε τα εξής:

Η πρώτη διευθυντική στοά P₁ αρχίζει να ορύσσεται από το τέλος της ράμπας R₁ στο υψόμετρο των **548 m**. Το μήκος της στοάς είναι **20 m** και η κλίση της είναι **3%**.

Η δεύτερη διευθυντική στοά P₂ αρχίζει να ορύσσεται από το τέλος της ράμπας R₂ στο υψόμετρο των **559 m**. Το μήκος της στοάς είναι **51 m** και η κλίση της είναι **3%**.

Η τρίτη διευθυντική στοά P₃ αρχίζει να ορύσσεται από το τέλος της ράμπας R₃ στο υψόμετρο των **570 m**. Το μήκος της στοάς είναι **63 m** και η κλίση της είναι **6%**.

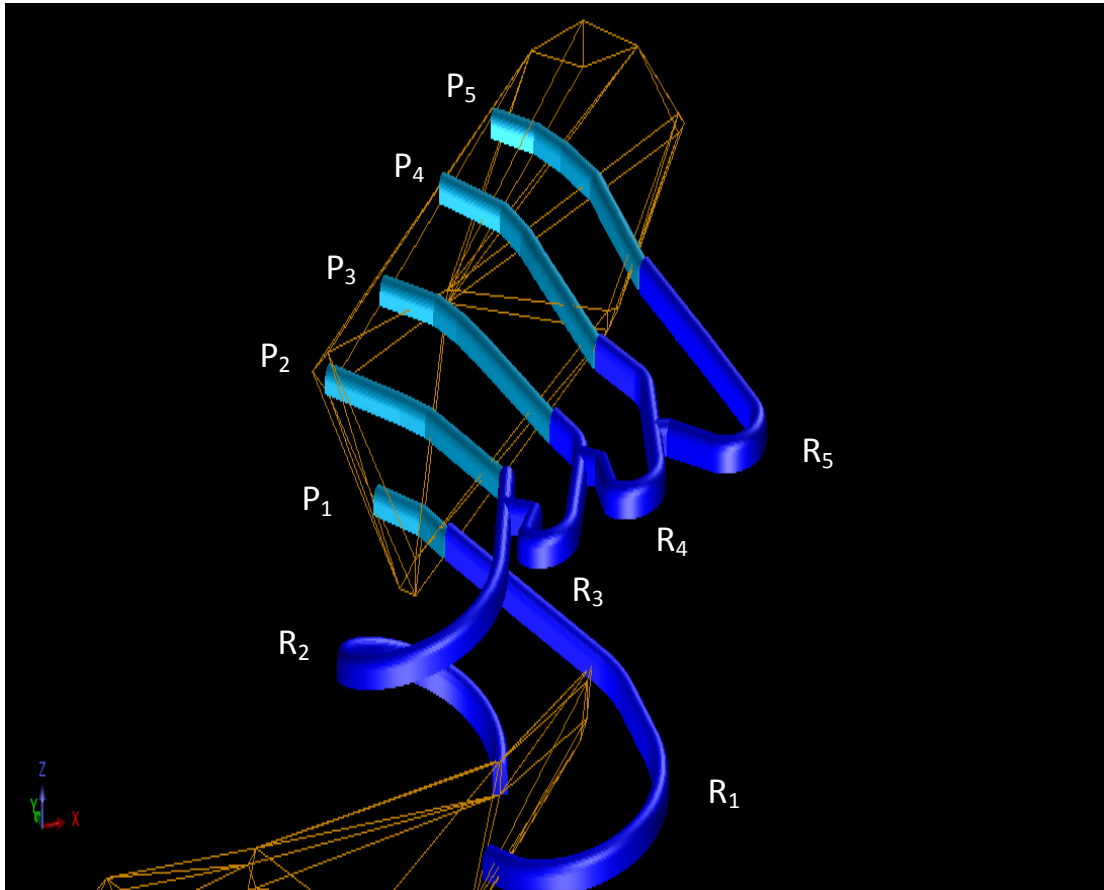
Η τέταρτη διευθυντική στοά P₄ αρχίζει να ορύσσεται από το τέλος της ράμπας R₄ στο υψόμετρο των **581 m**. Το μήκος της στοάς είναι **66 m** και η κλίση της είναι **9%**.

Η πέμπτη και τελευταία στοά P₅ αρχίζει να ορύσσεται από το τέλος της ράμπας R₅ στο υψόμετρο των **592 m**. Το μήκος της στοάς είναι **61 m** και η κλίση της είναι **10%**.

Οι διευθυντικές αυτές στοές θα βρίσκονται εντός του βωξίτη. Η υποστήριξη τους θα γίνεται με ξύλινα πλαίσια στρογγυλής διατομής διαμέτρου **15 cm**, τα οποία θα γαρνίρονται προσεκτικά. Για τον αερισμό τους θα χρησιμοποιηθούν βοηθητικοί ανεμιστήρες, καθώς και εύκαμπτοι πλαστικοί αγωγοί. Τέλος, τα υπόγεια ύδατα, εφόσον συναντηθούν, δεν αναμένεται να παρουσιάσουν ιδιαίτερα προβλήματα, επειδή θα ρέουν λόγω βαρύτητας με ελεύθερη ροή προς τις αντίστοιχες ράμπες προσπέλασης.

Η υψομετρική διαφορά των **11 m** που θα έχουν οι πέντε όροφοι μεταξύ τους είναι αρκετή ώστε: α) Να υπάρχει επαρκής στύλος προστασίας μεταξύ των διαδοχικών ορόφων. β) Το ποσοστό των απωλειών του κοιτάσματος προς την πλευρά του δαπέδου να είναι ελάχιστο. γ) Ο τρόπος και ο ρυθμός κατακρήμνισης της οροφής να είναι ελεγχόμενος.

Στην εικόνα 5.3.2 φαίνονται οι πέντε διευθυντικές στοές και οι αντίστοιχοι πέντε όροφοι που δημιουργούνται ανάμεσα στις στοές.

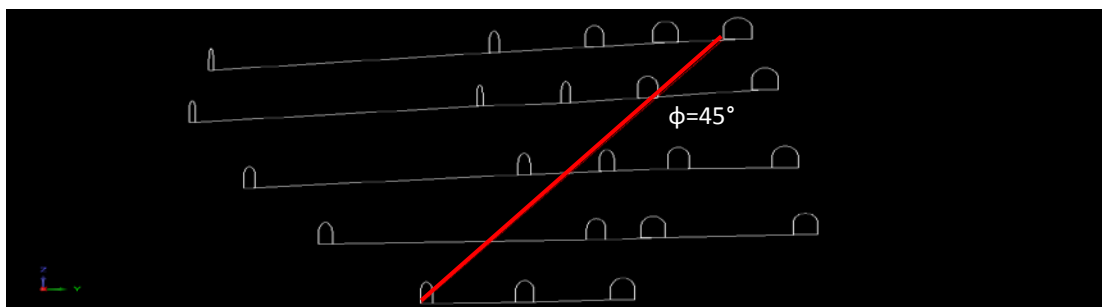


Εικόνα 5.3.2 Οι ράμπες προπαρασκευής (μπλε) και οι στοές περιχάραξης (γαλάζιο)

5.3.3 Εξόφληση στο K₄

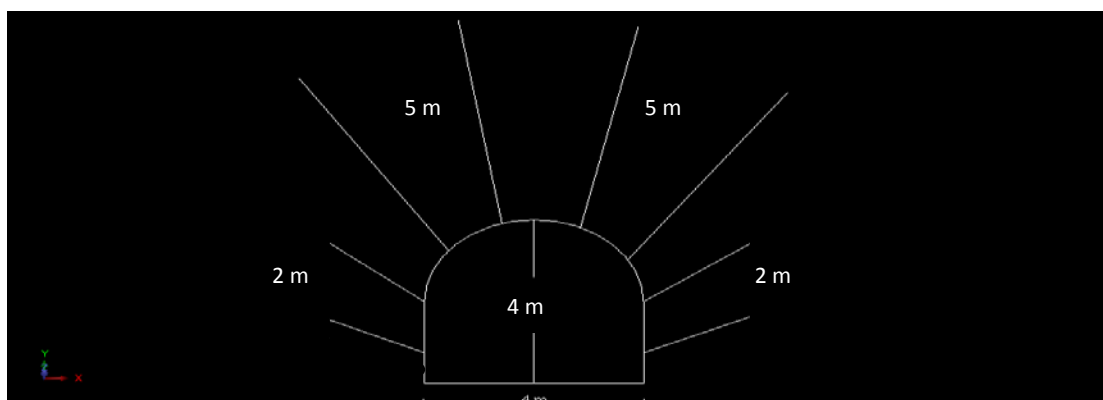
Μετά το τέλος της φάσης της περιχάραξης ακολουθεί η διαδικασία της εξόφλησης, η οποία θα πραγματοποιηθεί με την κατακρήμνιση της οροφής των διευθυντικών στοών.

Μετά το τέλος της περιχάραξης, στον ανώτερο όροφο του κοιτάσματος υψομέτρου 592 m, θα αρχίσει η εξόφληση, οπισθοχωρώντας από τα άκρα του κοιτάσματος προς τις προσπελαστικές στοές. Η οπισθοχώρηση συνεχίζεται μέχρι και τον χαμηλότερο όροφο του κοιτάσματος υψομέτρου 548 m με τέτοιο ρυθμό, ώστε σε κάποιο χρονικό διάστημα η γραμμή εξόφλησης στο κατακόρυφο επίπεδο να έχει κλίση 45°, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3.3.1.



Εικόνα 5.3.3.1 Η εξόφληση στο K₄. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζεται η γραμμή εξόφλησης

Η υψομετρική διαφορά των ορόφων είναι 11 m και το ύψος των διευθυντικών στοών 4 m, άρα μεταξύ των ορόφων υφίσταται οριζόντιος στύλος βωξίτη 7 m. Με τα διατρήματα εξόφλησης ο στύλος αυτός μειώνεται στα 2 m έτσι ώστε να συγκρατεί προσωρινά τον κατακρημνισθέντα ασβεστόλιθο του επάνω ορόφου και να αποφεύγεται όσο το δυνατόν η αραίωση του βωξίτη με τα στείρα. Η διάταξη των διατρημάτων θα έχει σχήμα βεντάλιας και δεν θα είναι συμμετρική ως προς τον άξονα της διευθυντικής στοάς. Τα διατρήματα θα αρχίζουν από τα αριστερά προς τα δεξιά, παράλληλα με την βωξιτική οροφή και θα καταλήγουν σε οριζόντια ή ελαφρώς ανωφερική διεύθυνση μέχρι να συναντήσουν την επαφή βωξίτη – δαπέδου.



Εικόνα 5.3.3.2 Τα διατρήματα εξόφλησης στο K₄ σε σχήμα βεντάλιας σε στοά 4 m×4 m

5.3.4 Απόληψη στο K₄

Στη συγκεκριμένη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την εκμετάλλευση του K₄, η απόληψη θα φτάσει το 70%.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο το K₄ ογκομετρήθηκε σε 9.201 m³. Το 70% αυτού του όγκου ανέρχεται σε 6.440,7 m³. Άρα $V_{ap(4)}=6.440,7 \text{ m}^3$.

5.4 Τελικός σχεδιασμός του μεταλλείου

5.4.1 Συνολικά μεγέθη απόληψης βωξίτη

Όπως υπολογίστηκε και παραπάνω τα απολήψιμα μεγέθη του βωξίτη για τα κοιτάσματα K₁, K₂, K₃, K₄ είναι $V_{ap(1)}=30.650,5 \text{ m}^3$, $V_{ap(2)}=55.711,8 \text{ m}^3$, $V_{ap(3)}=42.386,6 \text{ m}^3$ και $V_{ap(4)}=6.440,7 \text{ m}^3$ αντίστοιχα. Άρα ο συνολικός απολήψιμος βωξίτης του μεταλλείου μας θα είναι $V_{ap}=V_{ap(1)} + V_{ap(2)} + V_{ap(3)} + V_{ap(4)} \rightarrow V_{ap}=30.650,5 + 55.711,8 + 42.386,6 + 6.440,7 \rightarrow V_{ap}=135.189,6 \text{ m}^3$

Λαμβάνοντας υπόψιν το ειδικό βάρος του βωξίτη ίσο με 3,2 tn/m³ τα συνολικά απολήψιμα αποθέματα ανέρχονται σε $M_{ap}=432.606,72 \text{ tn}$.

5.4.2 Τελική μορφή μεταλλείου

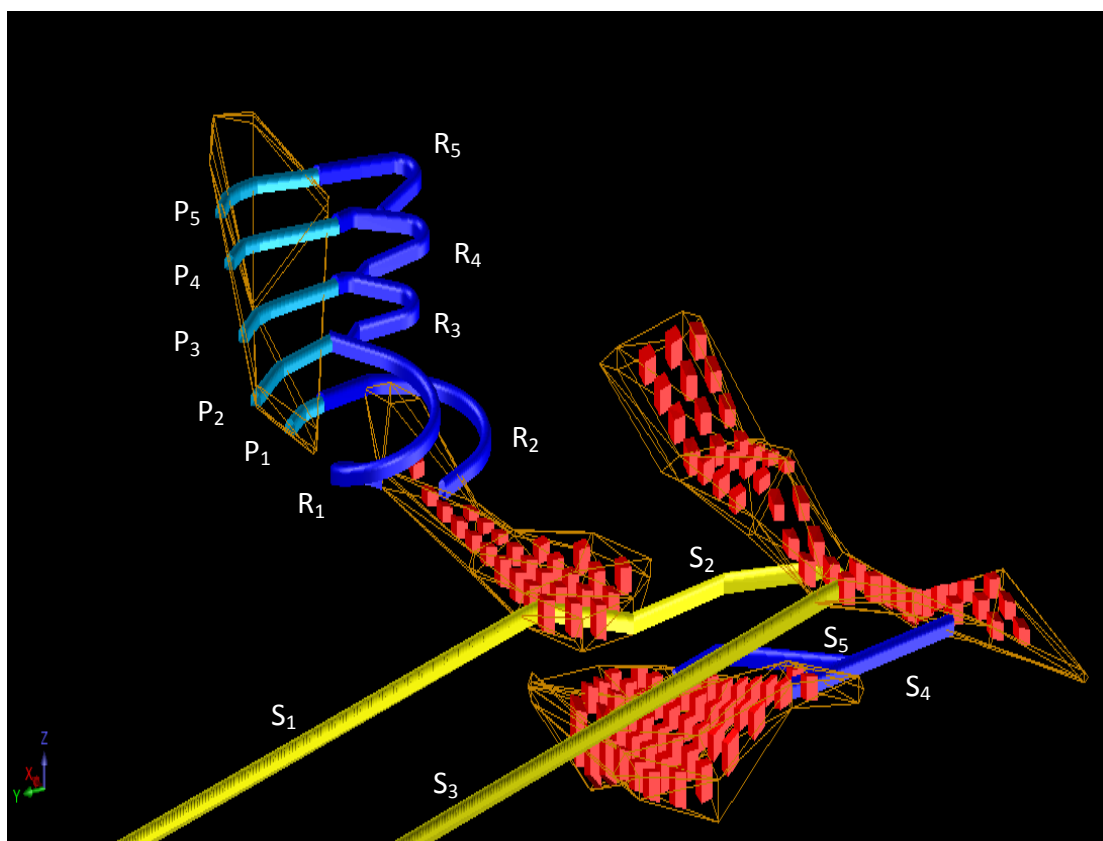
Σε αυτό το σημείο με βάση έναν εμπειρικό κανόνα που χρησιμοποιείται στα μεταλλεία, θα ελεγχθεί αν ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης που προτάθηκε είναι οικονομικός. Η εμπειρική σχέση είναι **(Μέτρα Στοάς Ασβεστολίθου/Τόνοι Παραγόμενου Βωξίτη)×1000<5**.

Τα συνολικά μέτρα στοών σε ασβεστόλιθο είναι $L=2.089,7 \text{ m}$ και ο απολήψιμος βωξίτης ίσος με $M_{ap}=432.606,72 \text{ tn}$.

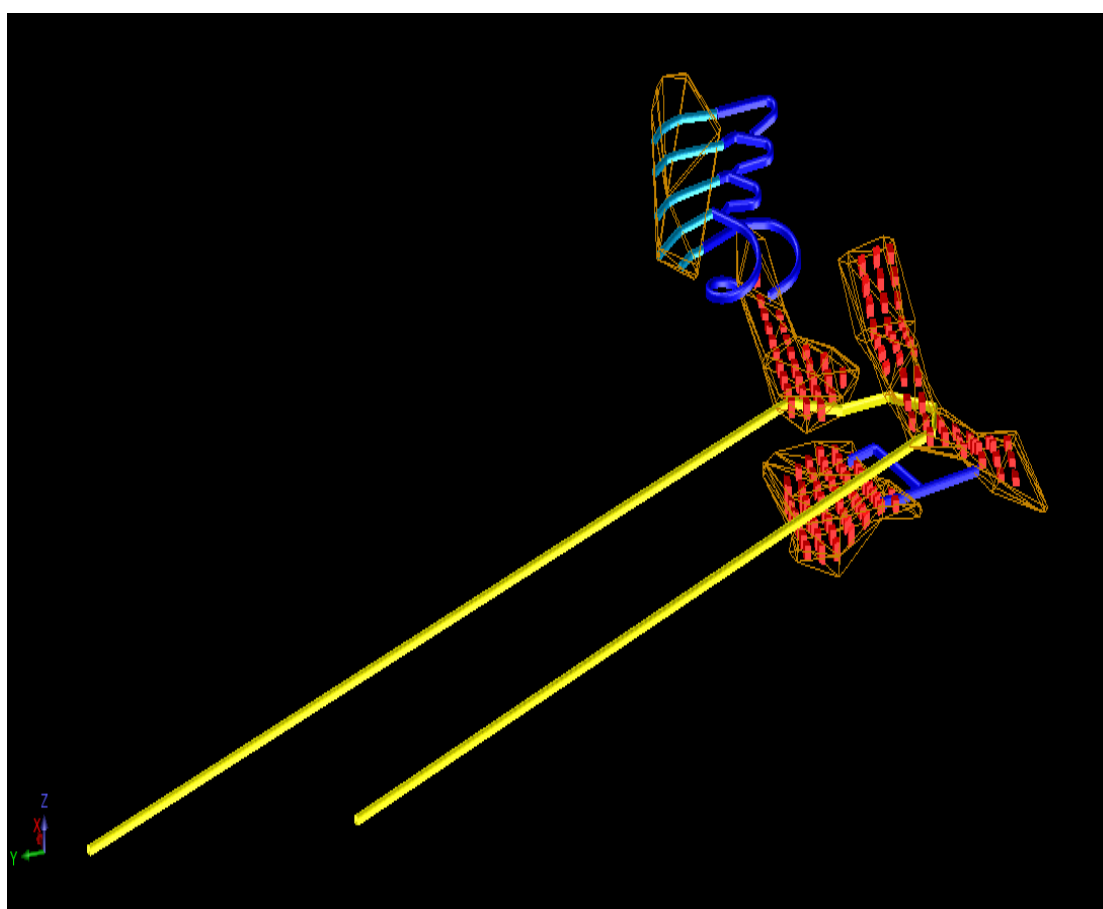
Άρα $(L/M_{ap}) \times 1000 = (2.089,7/432.606,72) \times 1000 = 0,00483 \times 1000 = 4.83 < 5$.

Συνεπώς, αφού ο αριθμός είναι μικρότερος του 5, ο σχεδιασμός μας κρίνεται οικονομικός.

Η τελική μορφή που θα έχει το μεταλλείο μετά την συνολική εκμετάλλευση και των τεσσάρων κοιτασμάτων φαίνεται στις παρακάτω εικόνες 5.4.2 (α) και 5.4.2 (β).



Εικόνα 5.4.2 (α) Η τρισδιάστατη τελική μορφή του μεταλλείου



Εικόνα 5.4.2 (β) Η τρισδιάστατη τελική μορφή του μεταλλείου

6. ΚΥΡΙΕΣ ΕΞΟΥΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Εντός του μεταλλείου για κάθε βήμα προχώρησης, το οποίο συνήθως είναι 3 m, ακολουθείται ένας συγκεκριμένος κύκλος διεργασιών που περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

- Διάτρηση
- Γόμωση – Πυροδότηση – Ανατίναξη
- Ξεκάπνισμα – Ξεσκάρωμα
- Υποστήριξη
- Φόρτωση – Μεταφορά

Οι φάσεις αυτές θα περιγραφούν ξεχωριστά και αναλυτικά στις παρακάτω παραγράφους.

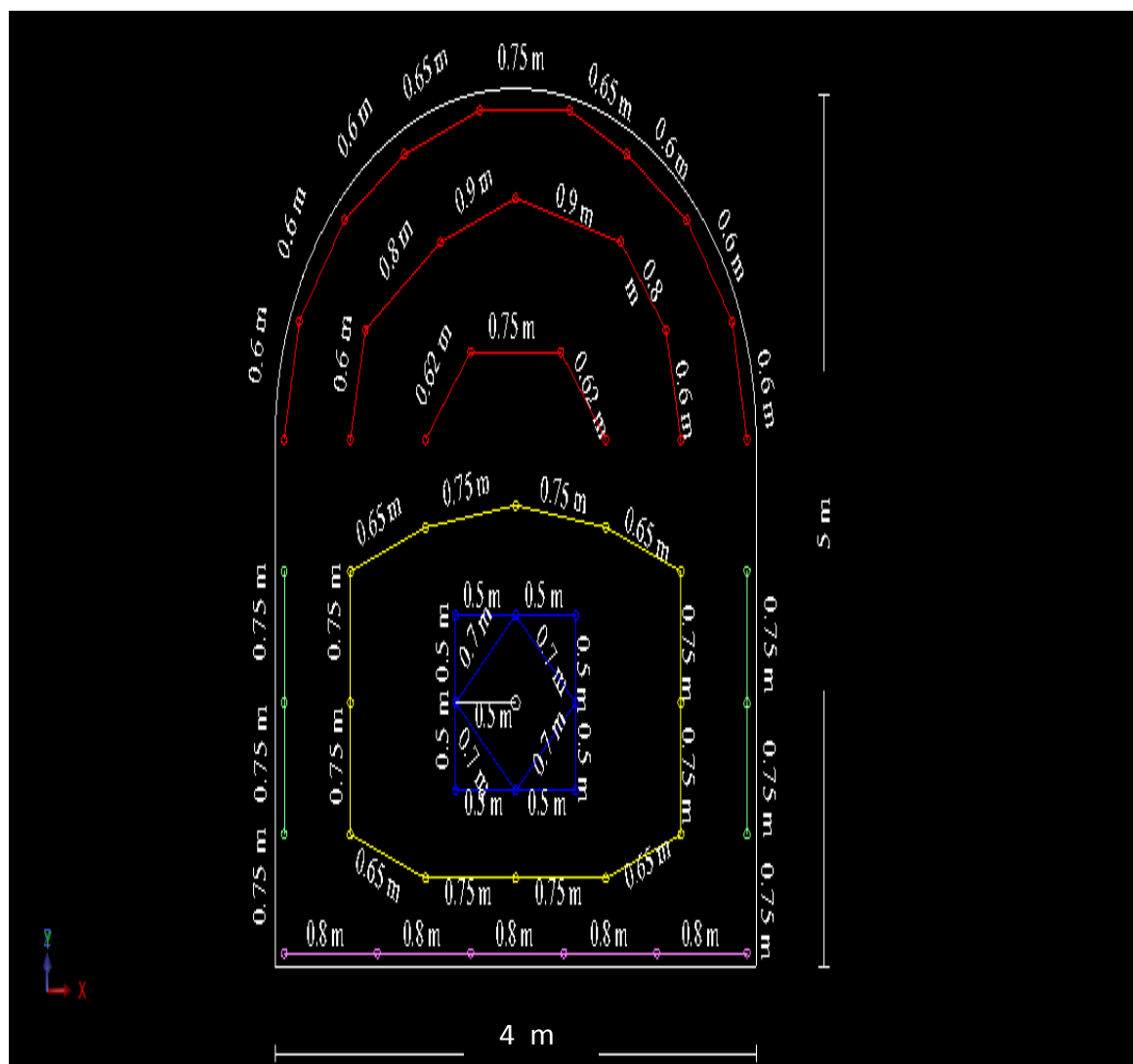
6.1 Διάτρηση

Για την διάτρηση θα χρησιμοποιηθούν δύο ελαστικοφόρα ντιζελοκίνητα διατρητικά φορεία (jumbo) **EIMCO SECOMA MERCURY 14**. Τα συγκεκριμένα μηχανήματα διαθέτουν ένα μόνο βραχίονα (μπούμα), διατρητικό στέλεχος (μακάπι) μήκους **3,3 m** και κοπτικό άκρο (κορώνα) διαμέτρου **45 mm**. Το ύψος του είναι **1,5 m** και το πλάτος του **1,4 m**, ενώ μπορεί να μετακινείται σε κλίσεις μέχρι και **35%**. Το διατρητικό που θα χρησιμοποιηθεί φέρει κινητήρα **DEUTZ F6L912W** που δίνει ισχύ **87 HP**. Κατά τη διάτρηση τα θραύσματα απομακρύνονται με συνδυασμό πεπιεσμένου αέρα και νερού. Στην εικόνα 6.1.1 φαίνεται το εν λόγω διατρητικό μηχανήμα.



Εικόνα 6.1.1 Το διατρητικό φορείο EIMCO SECOMA MERCURY 14 σε λειτουργία

Το σχέδιο διάτρησης για τις στοές προσπέλασης μέσα στον ασβεστόλιθο αποτελείται από 54 συνολικά διατρήματα (εικόνα 6.1.2). Τα 53 διατρήματα τα οποία θα γομωθούν είναι Φ 45 (διάμετρος 45 mm), ενώ το κεντρικό το οποίο θα είναι κενό είναι Φ 51. Το μήκος των διατρημάτων είναι 3,2 m.



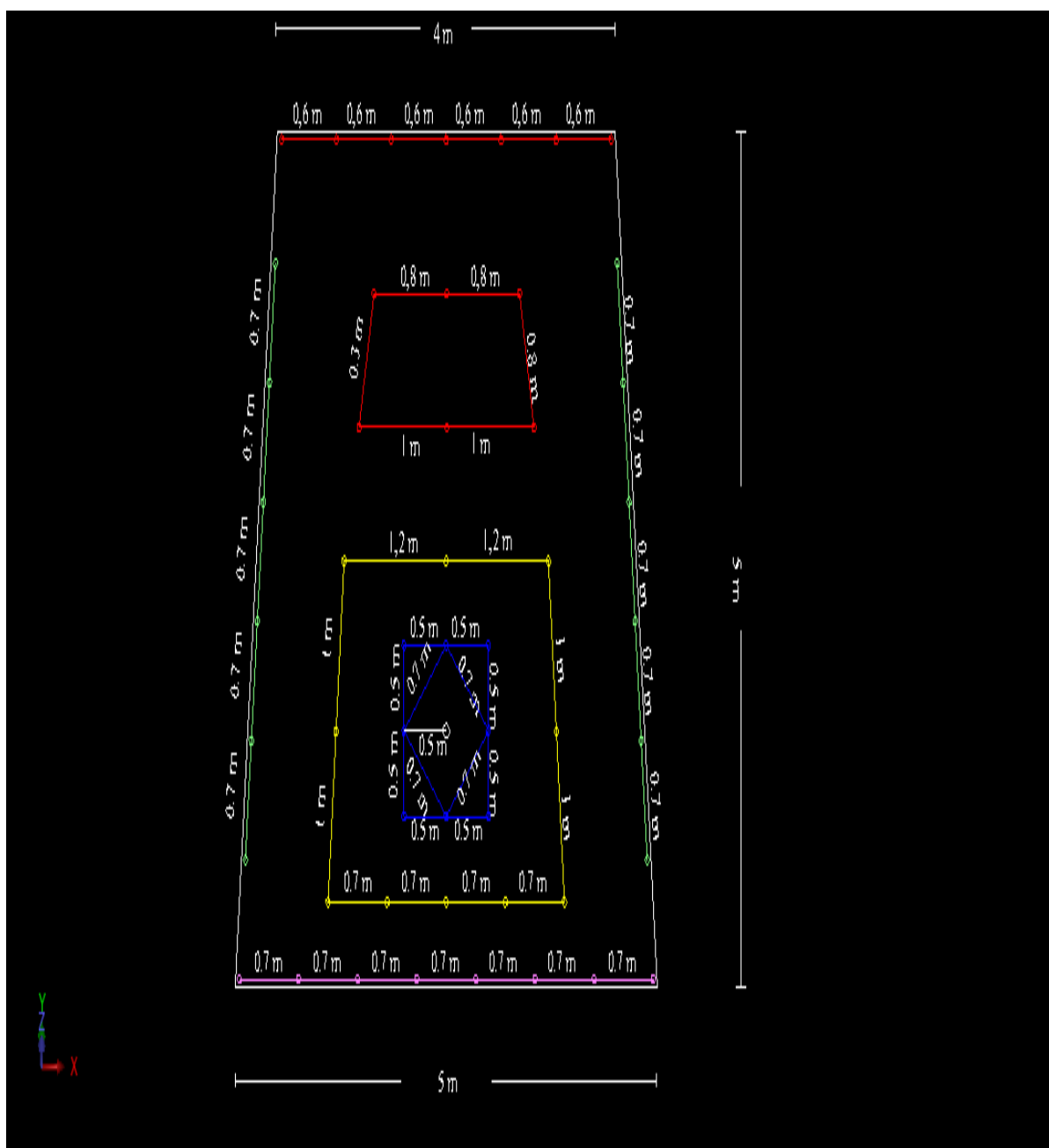
Εικόνα 6.1.2 Το σχέδιο όρυξης διατρημάτων στις προσπελαστικές στοές

Τα διατρήματα σε σχέση με τη θέση τους στο μέτωπο προς ανατίναξη έχουν ως εξής:

- **Μπουσόν (μπλε τετράγωνα):** Τα διατρήματα αυτά ορύσσονται οριζόντια και με κατάλληλη κλίση ώστε να χαράσσεται μια σφήνα πετρώματος (μέθοδος V CUT).
- **Βοηθητικά (κίτρινη γραμμή):** Τα διατρήματα αυτά ορύσσονται σχεδόν οριζόντια και με κλίση λίγο μικρότερη από αυτή των μπουσόν.
- **Πλευρικά (πράσινες γραμμές):** Τα διατρήματα αυτά ορύσσονται οριζόντια και με κατάλληλη κλίση ώστε να εισχωρούν στις παρειές της στοάς (παραμέντα).

- **Διαμόρφωσης (κόκκινα τόξα):** Γενικά έχουν ανοδική κλίση ώστε η ανατίναξη να χαλαρώσει τη στέψη της στοάς και αυτή να πάρει το επιθυμητό σχήμα.
- **Ντούκια (μωβ γραμμή):** Ορύσσονται με καθοδική κλίση ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα σχηματισμού ποδός (πάγκου) στο δάπεδο της στοάς.

Αντίστοιχα το σχέδιο διάτρησης για τις **στοές παραγωγής τραπεζοειδούς διατομής μέσα στο βωξίτη** εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα 6.1.3. Το σχέδιο διάτρησης αποτελείται από 52 διατρήματα, από τα οποία τα 51 θα γομωθούν και το ένα το κεντρικό θα είναι κενό.



Εικόνα 6.1.3 Το σχέδιο όρυξης διατρημάτων στις παραγωγικές στοές

6.2 Γόμωση –Πυροδότηση – Ανατίναξη

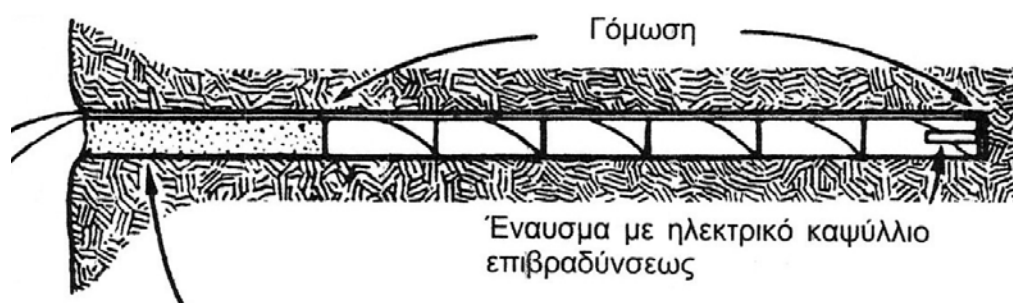
6.2.1 Γόμωση

Για την γόμωση των διατρημάτων θα χρησιμοποιηθούν φυσίγγια ζελατοδυναμίτιδας με 30% κ.β σε νιτρογλυκερίνη (NGL). Τα φυσίγγια που θα χρησιμοποιηθούν είναι γνωστά στο εμπόριο ως **No 30** και έχουν διαστάσεις **38×400 mm**. Δηλαδή έχουν μήκος **40 cm** και διάμετρο **3,8 cm**.

Με τη χρήση ειδικού εργαλείου (κουταλάκι) καθαρίζεται το εσωτερικό του διατρήματος και στη συνέχεια αρχίζει η γόμωση. Στο βάθος της οπής τοποθετείται το πρώτο φυσίγγιο ζελατοδυναμίτιδας το οποίο στο άκρο του έχει τοποθετημένο το ηλεκτρικό καψύλιο. Στη συνέχεια με την βοήθεια ξύλινης ράβδου (τακαδόρος) τοποθετούνται ένα ένα τα επόμενα φυσίγγια. Ανάλογα με το διάτρημα η γόμωση φτάνει μέχρι και τα 0,8 m από την επιφάνεια του μετώπου.

Στη συνέχεια ακολουθεί η επιγόμωση ώστε τα διατρήματα να ταπωθούν ως την επιφάνεια του μετώπου. Αυτό βοηθά ώστε να έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα, καθώς το πρώτο κύμα που παράγεται από την έκρηξη δεν εκτονώνεται στην επιφάνεια του αέρα αλλά μέσα στη βραχώμαζα.

Για την επιγόμωση χρησιμοποιείται στείρο υλικό ή οι νάυλον σακούλες των τεμαχίων της ζελατοδυναμίτιδας. Κατά τη φάση της γόμωσης δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση των καψυλίων έτσι ώστε ο αγωγός τους να ακολουθεί τη διαδρομή της οπής του διατρήματος. Η γόμωση φαίνεται στην εικόνα 6.2.1.1.



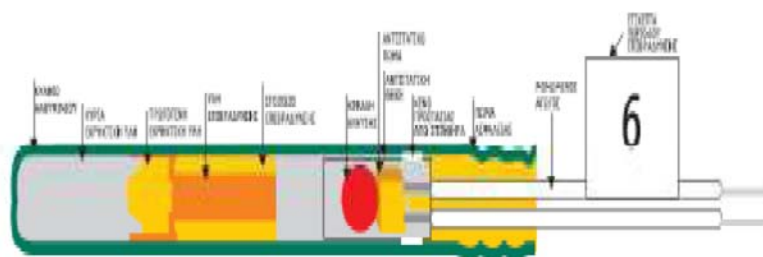
Εικόνα 6.2.1.1 Γόμωση διατρήματος. Στο βάθος διακρίνεται το ηλεκτρικό καψύλιο

Τα καψύλια τα οποία χρησιμοποιούνται είναι ηλεκτρικά με επιβράδυνση χρόνου. Το ηλεκτρικό καψύλιο αποτελείται από ένα μικρό κάλυκα από αλουμίνιο διαμέτρου **6,5 mm**

και έχει μήκος **7-8 cm** εντός του οποίου βρίσκονται σε σειρά τέσσερις διαφορετικές χημικές ουσίες ή μίγματα χημικών ουσιών.

Η διέγερση του καψυλίου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ζεύγους μεμονωμένων ηλεκτρικών αγωγών οι οποίοι καταλήγουν εντός του μίγματος αναφλέξεως. Μέσα στο μίγμα αυτό οι αγωγοί ενώνονται μεταξύ τους με λεπτό γυμνό νήμα, το οποίο είναι παρασκευασμένο συνήθως από χρωμονικελίνη, σχηματίζοντας γέφυρα.

Με τη διοχέτευση ρεύματος μέσω των αγωγών η γέφυρα ερυθροπυρώνεται και αναφλέγει το μίγμα που την περιβάλλει, δηλαδή το στοιχείο της ελεγχόμενης επιβράδυνσης. Με την σειρά του αυτό πυροδοτεί το μίγμα έναυσης (πρωτογενής εκρηκτική ύλη), η οποία με το παραγόμενο κρουστικό κύμα προκαλεί την έκρηξη του τεμαχίου της ζελατοδυναμίτιδας (κύρια εκρηκτική ύλη). Η εσωτερική σύσταση του καυσιλίου στην εικόνα 6.2.1.2.



Εικόνα 6.2.1.2 Η εσωτερική σύσταση του ηλεκτρικού καψυλίου

Τα ηλεκτρικά καψύλια επιβράδυνσης κατασκευάζονται σε δύο τύπους ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια και τον επιθυμητό χρόνο επιβράδυνσης. Οι δύο αυτοί τύποι των καψυλίων είναι ο MS (Millisecond) και ο LP ή HS (Long Period or Half Second). Οι δύο τύποι καψυλίων παρουσιάζονται στην εικόνα 6.2.1.3.



Εικόνα 6.2.1.3 Με κόκκινο χρώμα τα καψύλια HS και με μπλε τα καψύλια MS

Ο τύπος του καψυλίου που θα χρησιμοποιηθεί στην υπό εξέταση εκμετάλλευση θα είναι ο HS. Ο συγκεκριμένος τύπος διατίθεται σε καψύλια με **12 χρόνους**, άρα αφού ο κάθε χρόνος διαρκεί **0,5 sec** (half second) για να σκάσουν όλα τα καψύλια σε μια έκρηξη απαιτούνται **6 sec**.

Κατά την χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου τύπου η χρονική διαφορά μεταξύ των εκρήξεων είναι αισθητή με την κοινή ανθρώπινη ακοή, σε αντίθεση με τον τύπο MS όπου οι διαφορετικές χρονικά εκρήξεις δεν γίνονται αισθητές.

Οι αγωγοί των καψυλίων συνδέονται σε σειρά έτσι ώστε οι συνδέσεις να μην έρχονται σε επαφή με το πέτρωμα, του οποίου η υγρασία μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα και αφλογιστία.

Δεδομένου ότι η ωμική αντίσταση του καψυλίου είναι λίγο μεγαλύτερη του **1 Ω**, η συνολική αντίσταση ενός σωστά συνδεδεμένου κυκλώματος πρέπει να κυμαίνεται στο διπλάσιο του αριθμού των διατηρημάτων, εάν συνυπολογίσουμε και τους αγωγούς του κεντρικού δικτύου.

Ο έλεγχος αυτός γίνεται με ειδικό ωμόμετρο του οποίου η τάση δεν προκαλεί ακούσια πυροδότηση.



Εικόνα 6.2.1.4 Ειδικό ωμόμετρο

Η μέτρηση της αντίστασης του κυκλώματος των καψυλίων με το ειδικό ωμόμετρο είναι από τις πιο σημαντικές διαδικασίες κατά τη φάση της γόμωσης, γιατί στην περίπτωση που υπάρχει λάθος στη συνδεσμολογία τα καψύλια που δεν έχουν συνδεθεί σωστά δεν θα σκάσουν. Το γεγονός αυτό εκτός από οικονομικές έχει και σοβαρές επιπτώσεις στην ασφάλεια, καθώς η διαδικασία αποβολής των άσκαστων καψυλίων μετά την αποτυχημένη έκρηξη είναι από τις πιο επικίνδυνες εργασίες μέσα σε ένα μεταλλείο.

6.2.2 Πυροδότηση

Ο τρόπος πυροδότησης που επιλέγεται είναι η ηλεκτρική πυροδότηση. Με αυτού του τύπου την πυροδότηση επιτυγχάνεται η πυροδότηση πολλών υπονόμων από ασφαλή απόσταση με ένα μόνο χειρισμό της πηγής ενέργειας.

Για την πυροδότηση χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές – γεννήτριες στρεφόμενου τύπου. Στον τύπο αυτό με την κατάλληλη περιστροφή της χειρολαβής παράγεται ρεύμα από μικρή γεννήτρια συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, που διοχετεύεται προς τη γραμμή πυροδότησης μόνο στο τέλος της περιστροφής.

Όσο ταχύτερη είναι η περιστροφή τόσο περισσότερο είναι το ρεύμα που παράγεται. Η παρεχόμενη ενέργεια από αυτές τις μηχανές κυμαίνεται μεταξύ **1 – 6 J**.

Η μηχανή πυροδότησης φαίνεται στην εικόνα 6.2.2.1.

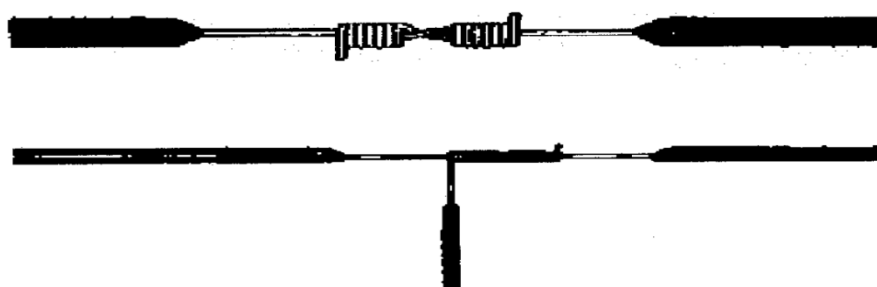


Εικόνα 6.2.2.1 Η μηχανή πυροδότησης

Για την κατασκευή του κυκλώματος πυροδότησης χρησιμοποιούνται χάλκινοι μονόκλωνοι αγωγοί με μόνωση από πλαστικό υλικό. Όλες οι ενώσεις του κυκλώματος θα πρέπει να

γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή. Όταν γίνεται η σύνδεση των αγωγών των καψυλίων με τον αγωγό κατασκευής του κυκλώματος, τότε οι πρώτοι απογυμνώνονται από την γόμωση τους σε μήκος **8 με 10 cm** και στη συνέχεια περιτυλίγονται σφιχτά σε μήκος **2 με 3 cm** επί του αγωγού κατασκευής του κυκλώματος, από τον οποίο έχει απομακρυνθεί η μόνωση.

Οι ενώσεις δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με το έδαφος και με το νερό ή με άλλους καλούς αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος και γι' αυτό θα πρέπει να μονώνονται κατάλληλα με μονωτική ταινία. Ο τρόπος ένωσης των ηλεκτρικών αγωγών φαίνεται στην εικόνα 6.2.2.2.



Εικόνα 6.2.2.2 Η συνδεσμολογία των ηλεκτρικών αγωγών

Η γραμμή πυροδότησης δεν πρέπει να εκτείνεται ως το μέτωπο εργασίας διότι υπάρχει περίπτωση να καταστραφεί λόγω των εκρήξεων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των δύο αγωγών των καψυλίων με τους αγωγούς της πυροδότησης ο αγωγός συνδέσεως. Ο αγωγός συνδέσεως είναι σύρμα διαμέτρου **0,6 mm** από χαλκό της ίδιας μόνωσης όπως και ο αγωγός των καψυλίων. Οι αγωγοί αυτοί αντικαθίστανται σε κάθε νέο κύκλο εργασιών καθώς καταστρέφονται λόγω των ανατινάξεων. Το κόστος τους είναι πολύ μικρό οπότε δεν τίθεται κανένα θέμα από οικονομικής άποψης.

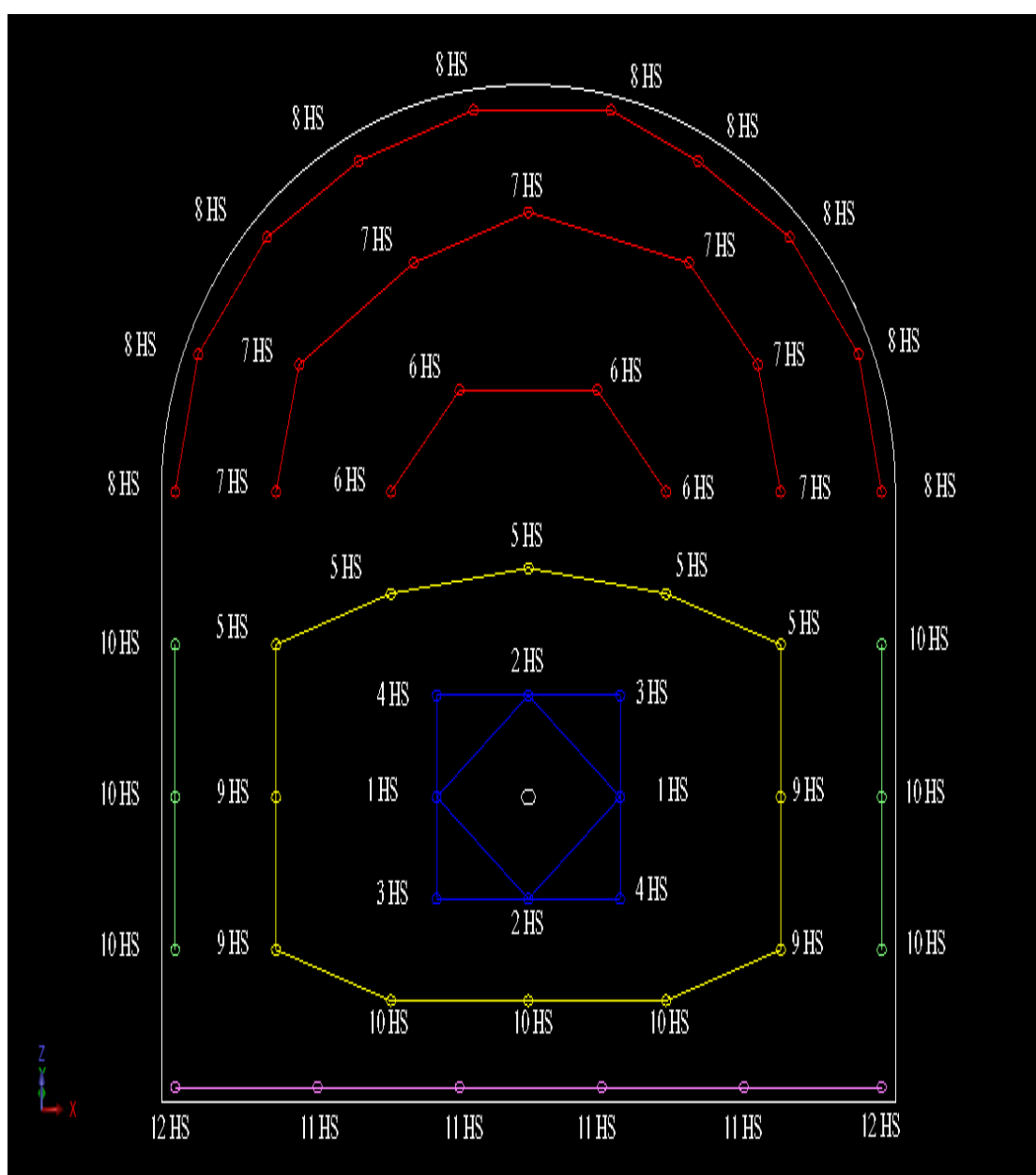
Οι κύριες γραμμές της πυροδότησης πρέπει να έχουν την μικρότερη δυνατή αντίσταση και επαρκή μηχανική αντοχή ώστε να μην κόβονται από τους λίθους των ανατινάξεων. Η μόνωση τους πρέπει να παρουσιάζει αντοχή έναντι της υγρασίας και να είναι αντιστατική. Οι προβληματικές γραμμές πυροδότησης δημιουργούν προβλήματα στην ανατίναξη. Έτσι, πρέπει να αποφεύγεται η επαφή τους με το υγρό πέτρωμα ή με άλλα μεταλλικά αντικείμενα. Σε υγρούς χώρους δεν πρέπει να εφάπτονται μεταξύ τους και τα γυμνά άκρα των αγωγών θα πρέπει να καλύπτονται με μονωτική ταινία.

Με το πέρας των συνδέσεων πραγματοποιείται ο έλεγχος του κυκλώματος, ο οποίος αποσκοπεί στην διαπίστωση τυχόν διακοπών στο κύκλωμα ή στην ηλεκτρική επαφή του

κυκλώματος και του εδάφους ή στην ύπαρξη βραχυκυκλώματος. Ο έλεγχος διενεργείται με κατάλληλο ωμόμετρο.

6.2.3 Ανατίναξη

Εκτός από την κατανομή των ποσοτήτων της εκρηκτικής ύλης στα διατρήματα πολύ σημαντικός παράγοντας για μια πετυχημένη ανατίναξη είναι η γεωμετρική κατανομή των εναυσματικών μέσων βάσει της χρονοκαθυστέρησης. Όπως αναφέραμε και παραπάνω οι χρόνοι με τα καψύλια επιβράδυνσης HS είναι 12 στον αριθμό. Το ακριβές σχέδιο των ανατινάξεων στις **στοές προσπέλασης** με τους 12 διαφορετικούς χρόνους παρουσιάζεται στην εικόνα 6.2.3.1.



Εικόνα 6.2.3.1 Η ακολουθία της ανατίναξης στις προσπελαστικές στοές

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο σχέδιο ανατίναξης στον **1^ο χρόνο** σκάνε τα δύο από τα τέσσερα διατρήματα του πρώτου τετραγώνου των μπουσόν. Στον **2^ο χρόνο** σκάνε τα εναπομείναντα δύο διατρήματα του πρώτου τετραγώνου. Ομοίως, στον **3^ο** και **4^ο χρόνο** σκάνε ξεχωριστά και ανά δύο τα διατρήματα του δεύτερου τετραγώνου των μπουσόν. Τα μπουσόν μαζί με το κενό διάτρημα προκαλούν το ξεκάρδισμα του μετώπου, δηλαδή την απαραίτητη ελεύθερη επιφάνεια και το αντίστοιχο φορτίο για την έναρξη της ανατίναξης.

Στον **5^ο χρόνο** σκάει η επάνω σειρά των βοηθητικών διατρημάτων τα οποία είναι πέντε στον αριθμό. Στον **6^ο**, τον **7^ο** και τον **8^ο χρόνο** σκάνε τα διατρήματα διαμόρφωσης τα οποία είναι 4, 7, 10 στον αριθμό αντίστοιχα.

Στον **9^ο χρόνο** σκάνε οι πλάγιες σειρές των βοηθητικών διατρημάτων τα οποία είναι τέσσερα στον αριθμό.

Στον **10^ο χρόνο** σκάει η κάτω σειρά των βοηθητικών διατρημάτων (παραντούκια) τα οποία είναι τρία στον αριθμό, αλλά και τα πλευρικά διατρήματα που είναι έξι στον αριθμό.

Στον **11^ο χρόνο** σκάνε τα ντούκια εκτός των δύο ακριανών τα οποία θα σκάσουν στον **12^ο χρόνο** και θα είναι και τα τελευταία. Τα ντούκια είναι έξι στον αριθμό.

Οι ποσότητες της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί για μήκος προχώρησης 3 m περίπου ανά ανατίναξη **μέσα στον ασβετόλιθο**. Στους υπολογισμούς όπου **δ** θα εννοούμε το διάτρημα και όπου **τ** το τεμάχιο της ζελατοδυναμίτιδας. Το βάρος του συγκεκριμένου τεμαχίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι **620 g ή 0,62 kg**.

1^ο τετράγωνο των μπουσόν: $4 \delta \times 6 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 14,88 \text{ kg}$

2^ο τετράγωνο των μπουσόν: $4 \delta \times 5 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 12,4 \text{ kg}$

Πάνω σειρά των βοηθητικών: $5 \delta \times 4 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 12,4 \text{ kg}$

1^ο τόξο των διαμορφωτικών: $4 \delta \times 4 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 9,92 \text{ kg}$

2^ο τόξο των διαμορφωτικών: $7 \delta \times 3 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 13,02 \text{ kg}$

3^ο τόξο των διαμορφωτικών: $10 \delta \times 2 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 12,4 \text{ kg}$

Πλάγιες σειρές των βοηθητικών: $4 \delta \times 4 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 9,92 \text{ kg}$

Πλευρικά και παραντούκια: $9 \delta \times 5 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 27,9 \text{ kg}$

Ντούκια: $6 \delta \times 6 \tau / \delta \times 0,62 \text{ kg} / \tau = 22,32 \text{ kg}$

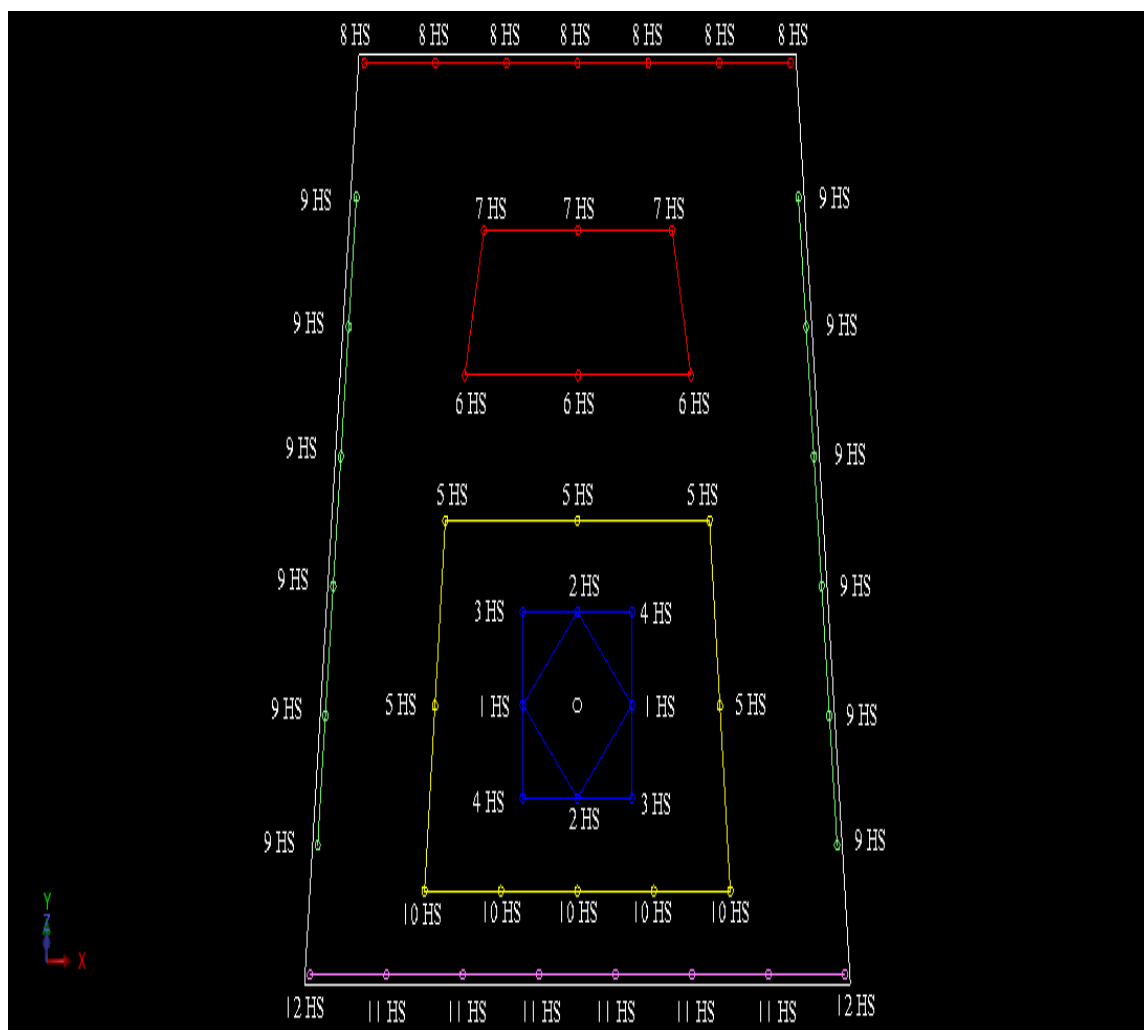
Η συνολική ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί ανα μέτωπο είναι **E.Y=135,16 kg**.

Ο όγκος της βραχόμαζας που εξορύσσεται ανά βήμα προχώρησης 3 m είναι $V=A \times L \rightarrow V=18,28 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \rightarrow V=54,84 \text{ m}^3$.

Η ειδική γόμωση άρα θα είναι $\Gamma=E.Y/V \rightarrow \Gamma=135,16 \text{ kg} / 54,84 \text{ m}^3 \rightarrow \Gamma=2,4 \text{ kg} / \text{m}^3$

Συνεπώς για να εξορυχθεί ένα κυβικό μέτρο βραχόμαζας απαιτούνται 2,4 kg εκρηκτικής ύλης αριθμός λογικός για στοές 4 m×5 m.

Για τις **στοές τραπεζοειδούς διατομής μέσα στο βωξίτη** η ακολουθία της ανατίναξης παρουσιάζεται στην εικόνα 6.2.3.2.



Εικόνα 6.2.3.2 Η ακολουθία της ανατίναξης στις παραγωγικές βωξιτικές στοές

Όμοια με τις προσπελαστικές στοές, και στις στοές εντός του βωξίτη, στον **1^ο χρόνο** σκάνε τα δύο από τα τέσσερα διατρήματα του πρώτου τετραγώνου των μπουσόν. Στον **2^ο χρόνο** σκάνε τα εναπομείναντα δύο διατρήματα του πρώτου τετραγώνου. Ομοίως, στον **3^ο** και **4^ο χρόνο** σκάνε ξεχωριστά και ανά δύο τα διατρήματα του δεύτερου τετραγώνου των μπουσόν.

Στον **5^ο χρόνο** σκάει η επάνω σειρά και τα ενδιάμεσα διατρήματα των βοηθητικών, ενώ στον **6^ο**, τον **7^ο** και τον **8^ο χρόνο** σκάνε τα διατρήματα διαμόρφωσης, τα οποία είναι 3,3 και 7 στον αριθμό αντίστοιχα.

Στον **9^ο χρόνο** ανατινάζονται τα πλευρικά διατρήματα δεξιά και αριστερά της διατομής (παραμέντα), τα οποία είναι 12 στον αριθμό.

Στον **10^ο χρόνο** ανατινάζονται τα παραντούκια που είναι 5 στον αριθμό.

Στον **11^ο χρόνο** σκάνε τα εσωτερικά ντούκια που είναι 6 στον αριθμό γιατί τα δύο ακριανά θα ανατιναχθούν στον **12^ο χρόνο**.

Στο σημείο αυτό θα υπολογιστούν οι ποσότητες της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί για μήκος προχώρησης 3 m περίπου ανά ανατίναξη **μέσα στο βωξίτη**.

Μπουσόν: $8 \delta \times 7 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 34,72 \text{ kg}$

Βοηθητικά: $5 \delta \times 6 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 18,6 \text{ kg}$

Διαμόρφωσης: $6 \delta \times 5 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 18,6 \text{ kg}$

Διαμόρφωσης οροφής: $7 \delta \times 4 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 17,36 \text{ kg}$

Πλευρικά: $12 \delta \times 5 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 37,2 \text{ kg}$

Παραντούκια: $5 \delta \times 6 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 18,6 \text{ kg}$

Ντούκια: $8 \delta \times 7 \tau/\delta \times 0,62 \text{ kg}/\tau = 34,72 \text{ kg}$

Η συνολική ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί ανα μέτωπο είναι **E.Y=179,8 kg**.

Ο όγκος της βραχώμαζας που εξορύσσεται ανά βήμα προχώρησης 3 m είναι $V=A \times L \rightarrow V=22,5 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \rightarrow V=67,5 \text{ m}^3$, ενώ η ειδική γόμωση είναι $\Gamma=E.Y/V \rightarrow \Gamma=2,6 \text{ kg}/\text{m}^3$. Συνεπώς για την εξόρυξη 1 m³ βωξίτη απαιτούνται 2,6 kg εκρηκτικής ύλης.

Στον αντίστοιχο υπολογισμό που είχε γίνει για τις στοές προσπέλασης εντός του ασβεστολίθου, είχε βρεθεί ότι για την εξόρυξη 1 m³ ασβεστολίθου απαιτούνταν 2,4 kg εκρηκτικής ύλης. Η διαφορά αυτή είναι λογική καθώς ο βωξίτης είναι ελαφρά πιο ανθεκτικός από τον ασβεστόλιθο και έτσι απαιτείται περισσότερη εκρηκτική ύλη για τον κατακερματισμό του.

6.3 Αερισμός – Ξεσκάρωμα

6.3.1 Αερισμός (Ξεκάπνισμα)

Αμέσως μετά το τέλος της ανατίναξης είναι αδύνατη για τους εργαζομένους η είσοδος μέσα στο μεταλλείο λόγω των καπναερίων που παράχθηκαν με την έκρηξη. Για το λόγο αυτό αφήνεται ένα χρονικό διάστημα μισής έως και μιας ώρας προκειμένου να απομακρυνθούν τα καπναέρια στις εξόδους του μεταλλείου, έτσι ώστε οι συνθήκες εργασίας να είναι υποφερτές για την συνέχιση των υπολοίπων εργασιών.

6.3.2 Ξεσκάρωμα

Μόλις τελειώσει το ξεκάπνισμα η πρώτη και αναγκαία δουλειά πριν την έναρξη της αποκομιδής και μεταφοράς του εξορυχθέντος πετρώματος είναι το ξεσκάρωμα της οροφής.

Ο χειριστής του ξεσκαρωτή μαζί με τον εργοδηγό παρατηρούν προσεκτικά την οροφή και τα παραμέντα. Όσα κομμάτια πετρώματος φαίνονται να είναι ανοικτά από την ανατίναξη τα ξεσκαρώνουν.

Το ξεσκάρωμα γίνεται με τη χρήση του ειδικού ξεσκαρωτή **M40** της **TELEDYNE** και πλατφόρμας **M40** της **TELEDYNE**, οι οποίοι φέρουν κινητήρα **DEUTZ F6L912W** με ισχύ **84 HP** ή από ειδικευμένους μεταλλωρύχους που διαθέτουν την άδεια ξεσκαρωτή.

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιούνται μεταλλικές ράβδοι με ειδικά διαμορφωμένα άκρα και με ικανό μήκος και αντοχή, έτσι ώστε να γίνεται με ασφάλεια η αποκόλληση των επισφαλών τεμαχίων και όγκων.

Στη συνέχεια μόλις εμφανισθεί γερό “ταβάνι” το ξεσκάρωμα τελειώνει και ακολουθεί η διαδικασία της υποστήριξης. Το ξεσκάρωμα σαν διαδικασία είναι αρκετά σύντομο και δεν διαρκεί πάνω από μισή ώρα κατά τη διάρκεια μίας βάρδιας.

Ο ξεσκαρωτής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 6.3.2.



Εικόνα 6.3.2 Ο ξεσκαρωτής

6.4 Υποστήριξη

6.4.1 Ο σκοπός και η μέθοδος της υποστήριξης

Ο κύριος σκοπός της υποστήριξης είναι η επιβράδυνση και η ανάσχεση της αναπόφευκτης σύγκλισης και ο περιορισμός της έκτασης της ζώνης χαλάρωσης που δημιουργείται ως συνέπεια της διάνοιξης της εκσκαφής.

Η μέθοδος εκμετάλλευσης των θαλάμων και στύλων, η οποία θα εφαρμοστεί στο μεγαλύτερο μέρος των κοιτασμάτων υπό μελέτη, μας οδηγεί στο να επιλέξουμε σαν γενική μέθοδο υποστήριξης την **κοχλίωση οροφής (roof bolting)**.

Τα πλεονεκτήματα που μας οδηγούν στην επιλογή αυτή είναι τα παρακάτω:

- Οι κοχλίες έχουν μικρό βάρος οπότε είναι εύκολοι στη χρήση σε σχέση με τα πλαίσια τα οποία έχουν πολύ μεγάλο βάρος.
- Δεν παρουσιάζουν αντίσταση κατά την πυροδότηση των διατρημάτων, ούτε κινδυνεύουν να ανατραπούν από τη θέση τους.
- Εφαρμόζονται σε οποιαδήποτε διατομή.
- Εφαρμόζονται για προσωρινή, αλλά και για μόνιμη υποστήριξη.
- Αν τοποθετηθούν με ορθολογικό τρόπο το κόστος τους είναι μικρό.
- Η μέθοδος τοποθέτησης τους είναι μηχανοποιημένη και ταχεία.
- Υπάρχει μεγάλη εμπειρία στην χρησιμοποίησή τους σε εκμεταλλεύσεις βωξιτικών κοιτασμάτων με ασβεστολιθική οροφή.

6.4.2 Επιλογή τύπου κοχλία

Η ταξινόμηση των διαφόρων τύπων κοχλία μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, αλλά κυρίως οι τύποι των κοχλιών κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

- Στους κοχλίες σημειακής αγκύρωσης.
- Στους κοχλίες κατανεμημένης αγκύρωσης με ή χωρίς συγκολλητικές ύλες (ρητίνη, τσιμέντο).

Η επιλογή μεταξύ των δύο κατηγοριών δεν ακολουθεί κάποιο θεωρητικό νόμο, αλλά εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες και το πέτρωμα στο οποίο θα τοποθετηθούν.

Στην περίπτωση μας, οι κοχλίες κατανεμημένης αγκύρωσης θεωρούνται πιο αποτελεσματικοί γιατί το πέτρωμα της οροφής είναι σχετικά κατακερματισμένο, οπότε και η αναμενόμενη σύγκλιση θα είναι συγκριτικά μεγαλύτερη.

Οι συγκεκριμένοι κοχλίες λειτουργούν καλύτερα στις παραπάνω συνθήκες γιατί όταν το πέτρωμα χαλαρώνει, ο σημειακός κοχλίας θα αντιδράσει σε όλο του το μήκος, ενώ ο κατανεμημένος μόνο στο σημείο εκείνο που τείνει να επέλθει η χαλάρωση του πετρώματος.

Οι κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν είναι κατανεμημένης αγκύρωσης και ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **VFB 46 της Videx** (εικόνα 6.4.2).

Οι κοχλίες αυτοί είναι συστολής. Δηλαδή, συστέλλονται μετά την είσοδο τους στο διάτρημα χτυπώντας τους στην βάση τους έτσι ώστε να προσλαμβάνουν φορτίο.



Εικόνα 6.4.2 Ο κοχλίας VFB 46 της Videx

Οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου κοχλία παρουσιάζονται στον πίνακα 6.4.2.

Πίνακας 6.4.2 Οι προδιαγραφές του κοχλία VFB 46 της Videx

Τύπος Κοχλία	Φορτίο Θραύσης	Αντοχή Εφελκυσμού	Όριο Διαρροής	Επιμήκυνση Αρχικού Μήκους	Αρχική Ικανότητα Φορτίου
VFB 46	180-200	520	490	20	10
	MPa	MPa	MPa	%	tn

Οι συγκεκριμένοι κοχλίες έχουν διάμετρο **46 mm** και η διάμετρος της οπής που θα τοποθετηθούν είναι **41 mm**. Στη βάση των κοχλίων τοποθετείται μεταλλικό πλακίδιο διαστάσεων **150×150 mm**.

Τέλος, η τοποθέτηση των κοχλίων θα γίνεται με το ελαστικοφόρο και ντιζελοκίνητο διατρητικό φορείο κοχλίωσης **EIMCO SECOMA PLUTON 17**, το οποίο φέρει κινητήρα **DEUTZ F4L912W 55 HP**. Το διατρητικό αυτό είναι μονόμπρατσο (μία μπούμα) με διατρητικό στέλεχος (μακάπι) μήκους **4 m** και κοπτικό άκρο (κορώνα) διαμέτρου **45 mm**.

6.4.3 Μήκος κοχλία

Το μήκος του κοχλία σε ασβεστολιθικές οροφές καθορίζεται από τον τύπο του Νορβηγικού Ινστιτούτου και είναι ίσος με $\mu=1,4+0,18 \times d$, όπου **d** το πλάτος της στοάς. $\mu=1,4 + 0,18 \times 4$
 $\mu=1,4+0,72 \rightarrow \mu=2,1 \text{ m}$.

Σε στρωσιγενείς ορόφους όπου έχουμε παρατάβανα οι κοχλίες πρέπει να τοποθετούνται κάθετα στη στρώση.

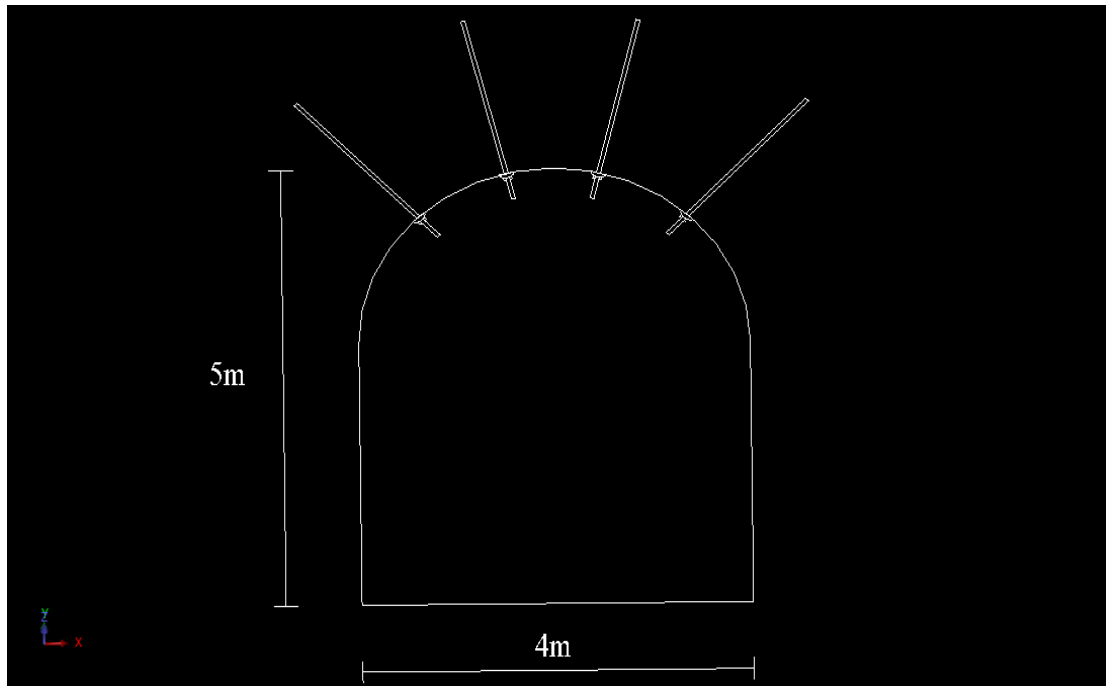
6.4.4 Πυκνότητα κοχλίωσης

Με τον τύπο $E=(S \times \sigma)/(n \times \gamma \times \mu)$ είναι δυνατό να υπολογίσουμε την επιφάνεια που υποστηρίζει ο κοχλίας. Όπου **S** η διατομή της ράβδου, **σ** η τάση θραύσης του κοχλία, **n** ο συντελεστής ασφάλειας, **γ** το ειδικό βάρος του ασβεστολίθου και **μ** το μήκος του κοχλία.

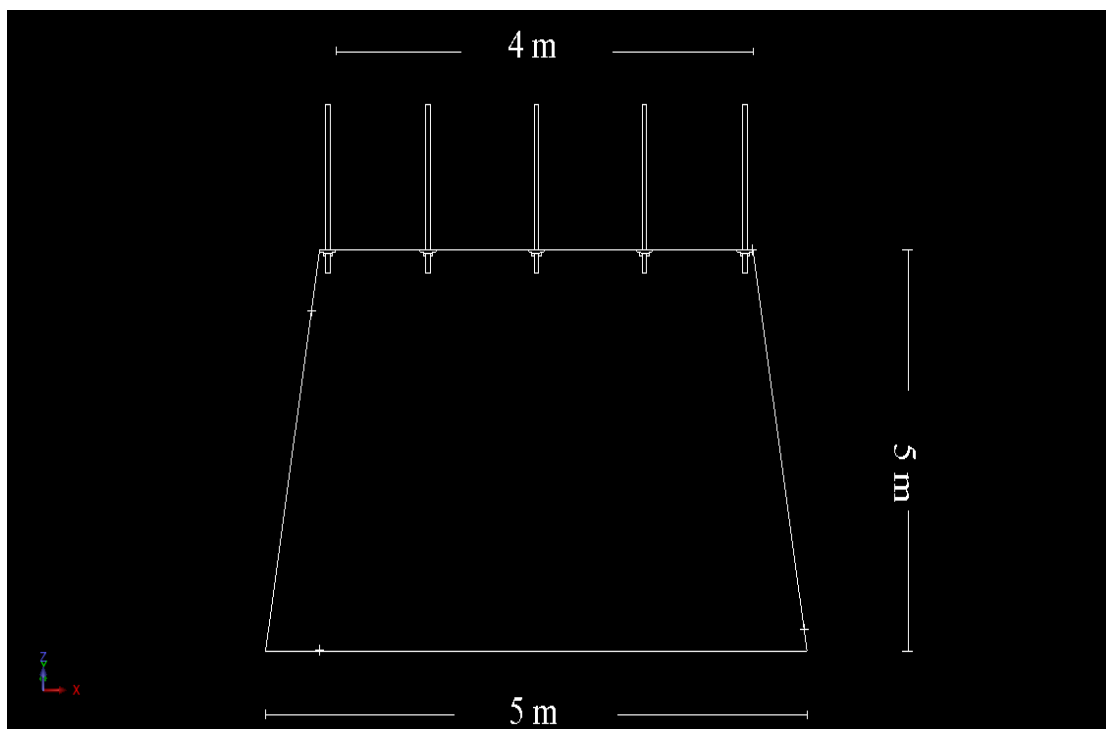
Το εμβαδό διατομής της ράβδου είναι $S=\pi \times R^2 \rightarrow S=3,14 \times 0,023^2$ ή $S=3,14 \times 0,000529$ ή $S=0,001 \text{ m}^2$. Η τάση θραύσης του κοχλία είναι ίση με $\sigma=20.000 \text{ tn/m}^2$, ο συντελεστής ασφάλειας είναι ίσος με **n=3**, το ειδικό βάρος του ασβεστόλιθου είναι $\gamma=2,7 \text{ tn/m}^3$ και το

μήκος του κοιλία είναι $\mu=2,1 \text{ m}$. Αντικαθιστώντας, $E=(0,001 \times 20.000)/(3 \times 2,7 \times 2,1) \rightarrow E=20/17,01 \rightarrow E=1,17 \text{ m}^2$.

Η κοιλίωση που ακολουθείται στις **προσπελαστικές στοές** εντός του **ασβεστόλιθου** και στις **παραγωγικές στοές** εντός του **βωξίτη** εμφανίζονται στα σχέδια των εικόνων 6.4.4 (α) και 6.4.4 (β).



Εικόνα 6.4.4 (α) Το σχέδιο κοιλίωσης της οροφής στις ασβεστολιθικές στοές



Εικόνα 6.4.4 (β) Το σχέδιο κοιλίωσης της οροφής στις βωξιτικές στοές

6.4.5 Απόσταση κοχλίων από το μέτωπο

Η απόσταση α που πρέπει να βρίσκεται ο τελευταίος κοχλίας από το μέτωπο δίνεται από τον τύπο $\alpha \leq 0,75 \times D$, όπου D το πλάτος της στοάς ίσο με **4 m**.

$$\alpha \leq 0,75 \times D = 0,75 \times 4 \text{ m} \rightarrow \alpha \leq 3 \text{ m}.$$

6.4.6 Συμπληρωματικά στοιχεία υποστήριξης

Στις διασταυρώσεις των στοών και όπου υπάρχει ανάγκη προβλέπεται η χρησιμοποίηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο συνήθως αποτελείται από χαλύβδινο σύρμα διαμέτρου **3 mm**.

Ιδιαίτερη μέριμνα θα καταβληθεί για την υποστήριξη των εισόδων των στοών προσπέλασης όπου τα πετρώματα είναι διαταραγμένα. Στα σημεία αυτά λαμβάνει χώρα η τοποθέτηση μεταλλικών πλαισίων τύπου **120** σχήματος **Π** και διατομής **H**. Η μεταξύ τους απόσταση θα είναι **3 m** περίπου.

Τέλος, στις στοές εντός του βωξίτη με μεγάλο πάχος (πάνω από 12 m) όπου θα γίνει λιθογόμωση σε συνδυασμό με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων με φορά από κάτω προς τα πάνω θα γίνει κοχλίωση και εντός του βωξίτη. Η πυκνότητα της κοχλίωσης και το μήκος των κοχλίων θα εξαρτηθεί από τις επί τόπου συνθήκες.

6.5 Φόρτωση – Μεταφορά

6.5.1 Φόρτωση

Για την φόρτωση του εξορυσσόμενου πετρώματος στα φορηγά υπογείων θα χρησιμοποιηθούν δύο φορτωτές της **WAGNER** τύπου **ST-6C (N)** ελαστικοφόροι και ντιζελοκίνητοι με κινητήρα **DEUTZ** μοντέλου **F10L413FW** και ισχύος **231 HP**. Ο φορτωτής αυτός έχει κάδο **4,5 m³** και μπορεί να μπαίνει σε στοές μικρότερες από **5 m**. Κατά τη διάρκεια της παραγωγής βωξίτη οι δύο φορτωτές θα χωρισθούν μεταξύ τους σε δύο ανεξάρτητες ομάδες οι οποίες θα εργάζονται σε δύο μέτωπα ανα βάρδια το καθένα.

6.5.2 Μεταφορά

Για την μεταφορά θα χρησιμοποιηθούν δύο φορηγά υπογείων της **WAGNER** τύπου **MT-426** με κινητήρα **DEUTZ** μοντέλου **F12L413FW** ισχύος **277 HP** και κουβά **13 m³**. Και σε αυτή την περίπτωση τα φορηγά θα χωριστούν ανά ομάδες όπως και οι φορτωτές.

7. ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα εξεταστούν και θα υπολογιστούν οι χρόνοι που απαιτούνται για να ολοκληρωθούν οι εργασίες της προσέγγισης της περιοχής, της ανάπτυξης των προσπελαστικών στοών, των προπαρασκευαστικών έργων και τέλος της ανάπτυξης και εξόφλησης του κοιτάσματος.

7.1 Προσέγγιση της περιοχής

Η προσέγγιση της περιοχής με την διάνοιξη δρόμων καθώς και η διαμόρφωση των στομιών των στοών προσπέλασης και των πλατειών εξυπηρέτησης της εκμετάλλευσης, είναι τα έργα που περιέχονται σε αυτή τη φάση. Η διάρκεια όλων αυτών των εργασιών θα είναι περίπου ένας μήνας γιατί οι δρόμοι προϋπάρχουν και απλώς θα χρειαστεί να διαπλατυνθούν και να επιστρωθούν με κατάλληλο υλικό, ώστε η διακίνηση των μηχανημάτων να γίνεται με ομαλό τρόπο. Συνεπώς για την προσέγγιση της περιοχής **$T_1=1$ μήνας.**

7.2 Προσπέλαση των κοιτασμάτων

Το συνολικό μήκος των προσπελαστικών έργων είναι **1.376 m**. Η διάρκεια διάνοιξης των προσπελαστικών στοών S_1 και S_3 είναι συνάρτηση των μέτρων προχώρησης που πετυχαίνουμε ανά πυροδότηση. Δηλαδή, εξαρτάται από τη διατρητική ικανότητα του φορείου που χρησιμοποιείται.

Προτείνεται να χρησιμοποιηθούν δύο διατρητικά φορεία τύπου **MERCURY 14**. Το ένα θα τρυπάει από τη στοά S_1 και το άλλο ταυτόχρονα από τη στοά S_3 . Η ικανότητα **I** του συγκεκριμένου φορείου για **3 m** προχώρηση κατά μέσο όρο και για τρεις βάρδιες την ημέρα υπολογίζεται ως εξής:

$$I=(3 \text{ m/ανά βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ανά μέρα}) \times (250 \text{ ημέρες/ανά έτος}) \rightarrow I=2.250 \text{ m/έτος.}$$

Ο χρόνος που θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση των προσπελαστικών έργων είναι ίσος με το πηλίκο των συνολικών μέτρων των στοών προσπέλασης προς την ικανότητα του διατρητικού φορείου. Άρα έχουμε $T_2=L / I \rightarrow T_2= 1.376 \text{ m/ } 2.250 \text{ m/έτος} \rightarrow T_2=0,6 \text{ έτη ή } T_2=7 \text{ μήνες.}$

Στην περίπτωση που εξετάζεται λειτουργούν ταυτόχρονα δύο διατρητικά άρα **$T_2=3,5$ μήνες.**

7.3 Προπαρασκευή των κοιτασμάτων

Η προπαρασκευή των κοιτασμάτων περιλαμβάνει την διάνοιξη των στοών S_2 , S_4 και S_5 , καθώς και την διάνοιξη των ραμπών R_1 , R_2 , R_3 , R_4 και R_5 (Κεφ. 5). Τα δύο διατρητικά φορεία θα χωριστούν εκ νέου. Τα ένα διατρητικό θα απασχολείται στις στοές S_2 , S_4 και S_5 , ενώ το άλλο στις ράμπες R_1 , R_2 , R_3 , R_4 και R_5 .

Το μήκος των στοών S_2 , S_4 και S_5 είναι $L=374 \text{ m}$, άρα ο χρόνος που απαιτείται για την διάνοιξη τους θα είναι $T_3=L / I \rightarrow T_3=374 \text{ m} / 2.250 \text{ m/έτος} \rightarrow T_3=0,15 \text{ έτη}$.

Το συνολικό μήκος των στοών R_1 , R_2 , R_3 , R_4 και R_5 είναι $L=553,5 \text{ m}$, άρα ο χρόνος που απαιτείται για την διάνοιξη τους θα είναι $T_3=554,5 \text{ m} / 2.250 \text{ m/έτος} \rightarrow T_3=0,25 \text{ έτη}$.

Ξεκινώντας δηλαδή ταυτόχρονα, το ένα διατρητικό τελειώνει πρώτο σε δύο μήνες, ενώ το άλλο θα ολοκληρώσει τις εργασίες του σε τρεις μήνες.

Άρα $T_3=3 \text{ μήνες}$.

7.4 Ανάπτυξη και εξόφληση των κοιτασμάτων

Στη φάση της ανάπτυξης και της εξόφλησης θα έχουμε την ταυτόχρονη εκμετάλλευση 4 παραγωγικών μετώπων σε στοές $4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ τραπεζοειδούς διατομής κατά τη διάρκεια μιας βάρδιας. Δηλαδή, τα δύο διατρητικά θα απασχοληθούν σε δύο μέτωπα αντίστοιχα το καθένα. Μετά το τέλος των εργασιών του ενός διατρητικού στο πρώτο μέτωπο ακολουθεί η γόμωση των διατρημάτων στο μέτωπο αυτό. Την ίδια στιγμή το διατρητικό αυτό θα απασχολείται στο επόμενο μέτωπο και όταν τελειώσει τη διάτρηση, οι γομωτές θα εργαστούν στο δεύτερο διατρημένο μέτωπο. Με όμοιο τρόπο θα δουλέψει και το δεύτερο διατρητικό στα άλλα δύο μέτωπα σε άλλο κομμάτι του κοιτάσματος προς μελέτη. Έτσι, στο τέλος της βάρδιας θα πραγματοποιηθούν οι ανατινάξεις των τεσσάρων παραγωγικών μετώπων.

Το εμβαδό κάθε παραγωγικής στοάς βωξίτη είναι $A=22,5 \text{ m}^2$. Ο όγκος του εξορυσσόμενου βωξίτη ανά ανατίναξη είναι $V=A \times (\text{μέτρα ανατίναξης}) \rightarrow V=22,5 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \rightarrow V=67,5 \text{ m}^3$ ή εκφρασμένα σε τόνους $Q=216 \text{ tn/ανατίναξη}$.

Άρα αφού σε κάθε βάρδια οι εργασίες γίνονται σε 4 μέτωπα και οι βάρδιες ημερησίως είναι τρεις, συμπεραίνουμε ότι κάθε μέρα γίνονται δώδεκα ανατινάξεις. Ο βωξίτης δηλαδή

που παράγεται ημερησίως ανέρχεται στους $Q_{\eta\mu}=Q \times 12 =216 \text{ tn/ανατίναξη} \times 12$
ανατινάξεις/ημέρα $\rightarrow Q_{\eta\mu}=2.592 \text{ tn/ημέρα}$.

Άρα, ο χρόνος ανάπτυξης και εξόφλησης του μεταλλείου θα είναι $T_4= M_{\alpha\pi} / Q_{\eta\mu} \rightarrow$
 $T_4=432.606,72 \text{ tn} /2.592 \text{ tn/ημέρα} \rightarrow T_4=167 \text{ ημέρες}$ ή $T_4=6,5 \text{ μήνες}$.

Υπολογίζοντας και ένα χρονικό διάστημα 2 μηνών για διάφορα απρόβλεπτα που μπορούν να συμβούν, είναι **$T_5=2 \text{ μήνες}$.**

Τελικά όλες οι εργασίες μέχρι και την εξόφληση του μεταλλείου θα διαρκέσουν:

$T_{\text{ολ}}=T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \rightarrow T_{\text{ολ}}=1 \text{ μήνας} + 3,5 \text{ μήνες} + 3 \text{ μήνες} + 6,5 \text{ μήνες} + 2 \text{ μήνες}$

$T_{\text{ολ}}=16 \text{ μήνες}$.

7.5 Χρονοδιάγραμμα εξορυκτικών εργασιών στην φάση της παραγωγής

7.5.1 Διάτρηση

Το διατρητικό φορείο που θα χρησιμοποιηθεί έχει δυνατότητα διάτρησης **$3,2 \text{ m/min}$** . Σε κάθε μέτωπο βωξιτικής στοάς θα ορυχθούν 52 διατρήματα των 3,2 m.

Δηλαδή για την όρυξη τους απαιτείται χρονικό διάστημα **$t_1=52 \text{ διατρήματα} \times 1 \text{ min/διάτρημα} \rightarrow t_1=52 \text{ min}$** .

Για να υπολογιστεί ένας ρεαλιστικότερος χρόνος σε κανονικές συνθήκες παραγωγής, συνυπολογίζοντας το χρόνο καθαρισμού των διατρημάτων και τον χρόνο επανατοποθέτησης κατά τη διάρκεια των εργασιών, ισχύει ότι **$t_1=60 \text{ min}$** .

7.5.2 Γόμωση - Ανατίναξη

Η γόμωση των διατρημάτων διαρκεί 30 min και η διαδικασία της αντίναξης άλλα 30 min. Άρα οι δύο εργασίες μαζί διαρκούν χρόνο **$t_2=60 \text{ min}$** .

7.5.3 Ξεκάπνισμα

Ο χρόνος που απαιτείται για να καθαρίσει η ατμόσφαιρα εντός του μεταλλείου από τα αέρια της ανατίναξης, έτσι ώστε το εργαζόμενο προσωπικό να μπορέσει να εισέλθει στο μεταλλείο για την συνέχιση των εργασιών ανέρχεται περίπου σε **$t_3=30 \text{ min}$** .

7.5.4 Ξεσκάρωμα

Ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση των επισφαλών όγκων και τεμαχίων πετρώματος τα οποία δεν έχουν απομακρυνθεί με την ανατίναξη υπολογίζεται στα **$t_4=30$ min.**

7.5.5 Κοχλίωση οροφής

Για την υποστήριξη της οροφής θα χρησιμοποιηθούν κοχλίες μήκους 2,1 m. Ανα βήμα προχώρησης 3 m θα χρησιμοποιηθούν **15 κοχλίες**, καθώς σε προηγούμενο κεφάλαιο είχαμε υπολογίσει πυκνότητα κοχλίωσης 1 m και έχουμε στοά τραπεζοειδούς διατομής με πλάτος ταβανιού 4 m.

Δηλαδή, ανα προχώρηση θα τοποθετούνται τρεις σειρές κοχλίων με **πέντε κοχλίες** σε κάθε σειρά. Για την όρυξη των 15 διατρημάτων στα οποία θα τοποθετηθούν οι κοχλίες θα χρειαστούν **30 min**, ενώ για την τοποθέτηση των κοχλίων εντός τους θα χρειαστούν άλλα **30 min**. Για όλη τη διαδικασία της κοχλίωσης της οροφής απαιτούνται **$t_5=60$ min.**

7.5.6 Φόρτωση –Μεταφορά

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω ο όγκος του εξορυσσόμενου βωξίτη ανά ανατίναξη είναι **$V=67,5 \text{ m}^3$** . Αυτός όμως ο υπολογισμός είναι in situ, ο παραγόμενος σπασμένος βωξίτης με συντελεστή επιπλίσματος ίσο με **$\epsilon=1,5$** είναι ίσος με **$V'=V \times \epsilon \rightarrow V'=67,5 \text{ m}^3 \times 1,5 \rightarrow V'=101,25 \text{ m}^3$** .

Τα φορτηγά υπογείων που θα χρησιμοποιηθούν έχουν κουβά **13 m^3** , άρα τα δρομολόγια που θα χρειαστούν για να μεταφερθεί ο εξορυσσόμενος βωξίτης ανά ανατίναξη θα είναι **$\Delta = V' / V_{\text{κουβά}} \rightarrow \Delta = 101,25 \text{ m}^3 / 13 \text{ m}^3 \rightarrow \Delta = 7,8$ ή 8 δρομολόγια.**

Στο σημείο αυτό θα υπολογίσουμε το χρόνο μεταφοράς παίρνοντας υπόψιν τις διαφορετικές ταχύτητες μετακίνησης του φορτηγού υπογείων, ανάλογα με το αν είναι φορτωμένο ή όχι.

Επίσης, ένας μέσος όρος της απόστασης που θα διανύει το φορτηγό από το σημείο της φόρτωσης έως την πλατεία απόθεσης του βωξίτη θα είναι **700 m**.

Τέλος, το συγκεκριμένο φορτηγό της **WAGNER** φορτωμένο μετακινείται με **8 km/h** ή με **8.000 m/60 min**, ενώ κενό με **16 km/h** ή με **16.000 m/60 min**.

Χρόνος μεταφοράς φορτωμένου φορτηγού/δρομολόγιο: $700 \text{ m}/8.000 \text{ m}/60 \text{ min}= 5,25 \text{ min}$

Χρόνος επιστροφής άδειου φορτηγού/δρομολόγιο: $700 \text{ m}/16.000 \text{ m}/60 \text{ min}= 2,625 \text{ min}$

Άρα συνολικά ο χρόνος μεταφοράς ανά δρομολόγιο είναι 7,8 ή **8 min/δρομολόγιο**. Για να μεταφερθεί όμως όλος ο παραγόμενος βωξίτης σε κάθε ανατίναξη υπολογίστηκε ότι χρειάζονται 8 δρομολόγια.

Ο συνολικός χρόνος μεταφοράς είναι $t_{\mu}=8 \text{ min/δρομολόγιο} \times 8 \text{ δρομολόγια} \rightarrow t_{\mu}=64 \text{ min}$.

Σε αυτό το σημείο θα υπολογιστεί και ο χρόνος που απαιτείται για την φόρτωση του βωξίτη στα φορτηγά μεταφοράς υπογείων. Το άθροισμα των δύο αυτών χρόνων θα δώσει τον απαιτούμενο χρόνο του ξεμπαζώματος των ανατιναγμένων στοών μέσα στη βάρδια.

Ο κουβάς του φορτωτή έχει χωρητικότητα $4,5 \text{ m}^3$. Άρα για να γεμίσει ο φορτωτής το φορτηγό υπογείων απαιτούνται **τρεις στον αριθμό κουβαδιές** του φορτωτή, αφού το φορτηγό έχει χωρητικότητα 13 m^3 . Σύμφωνα με υπολογισμούς των μηχανικών ο μέσος όρος του χρόνου που κάνει ο φορτωτής να γεμίσει τον κουβά του και εν συνεχεία να τον αδειάσει στο φορτηγό είναι **2 min**.

Άρα ο χρόνος φόρτωσης ανά δρομολόγιο είναι $3 \text{ κουβαδιές/δρομολόγιο} \times 2 \text{ min/κουβαδιά}=$ **6 min/δρομολόγιο**. Για να μεταφερθεί όμως όλος ο παραγόμενος βωξίτης σε κάθε ανατίναξη υπολογίστηκε ότι χρειάζονται 8 δρομολόγια.

Ο συνολικός χρόνος φόρτωσης είναι $t_{\phi}=6 \text{ min/δρομολόγιο} \times 8 \text{ δρομολόγια} \rightarrow t_{\phi}=48 \text{ min}$.

Συνεπώς ο χρόνος που απαιτείται για τη φόρτωση και τη μεταφορά είναι $t_6=t_{\phi} + t_{\mu} \rightarrow t_6=64 \text{ min} + 48 \text{ min} \rightarrow t_6=115 \text{ min}$.

Άρα σύμφωνα με όλα τα παραπάνω ένας παραγωγικός κύκλος πραγματοποιείται σε $t_{0\lambda}=t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \rightarrow t_{0\lambda}=60 \text{ min} + 60 \text{ min} + 30 \text{ min} + 30 \text{ min} + 60 \text{ min} + 115 \text{ min} \rightarrow t_{0\lambda}=355 \text{ min}$ ή $t_{0\lambda}= 5,9 \text{ h}$.

Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι η μία βάρδια των οκτώ ορών είναι υπερ αρκετή για την ολοκλήρωση ενός πλήρους παραγωγικού – εξορυκτικού κύκλου.

7.6 Προγραμματισμός εργασιών – Διάγραμμα GANTT

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα περιγραφεί ο συντονισμός των εργασιών κατά τη διάρκεια των βαρδιών στη φάση της ανάπτυξης του μεταλλείου.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στη φάση της ανάπτυξης θα εργάζονται 2 ομάδες, όπου η κάθε μία θα έχει το δικό της εργαζόμενο προσωπικό και τον δικό της μηχανολογικό εξοπλισμό. Η κάθε ομάδα θα αποτελείται από 10 εργαζομένους και τα αντίστοιχα μηχανήματα. Το εργαζόμενο προσωπικό ανά ομάδα θα αποτελείται από:

- 1 χειριστή του διατηρητικού μηχανήματος
- 1 χειριστή του φορτωτή
- 1 χειριστή του φορτηγού υπογείων
- 1 χειριστή του ξεσκαρωτικού μηχανήματος
- 1 γομωτή
- 3 εργάτες
- 1 επιστάτη
- 1 μηχανικό βάρδιας

Κατά τη διάρκεια της κάθε βάρδιας κάθε ομάδα θα απασχολείται σε δύο μέτωπα. Ο συντονισμός των εργασιών πρέπει να είναι τέτοιος ώστε στο τέλος της βάρδιας να έχουν ολοκληρωθεί όλες οι ενδιαμέσες εργασίες και τα δύο μέτωπα να είναι έτοιμα προς ανατίναξη. Η σειρά των εργασιών ανά βάρδια αποτυπώνεται στο διάγραμμα GANTT της εικόνας 7.6.

Μέτωπο 1			ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΜΕΤΩΠΑ 1 ΚΑΙ 2							
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ξεμπάζωμα (Φ+Μ)	2/h									
Ξεσκάρωμα			1/2 h							
Κοχλίωση				1h						
Διάτρηση					1h					
Γόμωση						1/2 h				
Ανατίναξη								1/2 h		
Ξεκάπνισμα									1/2 h	
Μέτωπο 2										
Ξεμπάζωμα (Φ+Μ)			2/h							
Ξεσκάρωμα					1/2h					
Κοχλίωση						1h				
Διάτρηση							1h			
Γόμωση								1/2h		
Ανατίναξη									1/2 h	
Ξεκάπνισμα										1/2 h

Εικόνα 7.6 Διάγραμμα GANTT – Εργασίες στα μέτωπα 1 και 2

Το διάγραμμα GANTT της εικόνας 7.6 παρουσιάζει τις εργασίες της πρωινής βάρδιας της μιας ομάδας στα δύο παραγωγικά μέτωπα, η οποία βάρδια ξεκινά στις 7.00 π.μ και ολοκληρώνεται στις 15.00 μ.μ. Εννοείται ότι οι ίδιες εργασίες με τον ίδιο ακριβώς χρονικό συντονισμό πραγματοποιούνται και στις υπόλοιπες δύο βάρδιες της ίδιας ημέρας, αλλά και στα άλλα δύο ενεργά παραγωγικά μέτωπα όπου θα εργάζεται η δεύτερη ομάδα σε κάποιο άλλο σημείο του κοιτάσματος.

8. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

8.1 Γενικά στοιχεία

Ένα από τα βασικότερα στάδια στον σχεδιασμό των μεταλλείων είναι ο σχεδιασμός του κυκλώματος του αερισμού. Ενδεικτικό στοιχείο της σημαντικότητας της συγκεκριμένου σχεδιασμού είναι το γεγονός ότι το βάρος του αέρα που διοχετεύεται και κυκλοφορεί στις υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες είναι κατά την διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, κατά κανόνα μεγαλύτερο από το βάρος του εξορυσσόμενου μεταλλεύματος στην ίδια περίοδο.

Η ενέργεια που καταναλώνεται για την εξασφάλιση του αερισμού των μεταλλείων είναι σημαντική και μπορεί να φθάσει μέχρι και τις **8Kwh/tn** στην περίπτωση των ανθρακορυχείων.

Από αναλύσεις σε μεταλλεύτικές εκμεταλεύσεις προκύπτει ότι το κόστος που αφορά τον αερισμό είναι περίπου σε ποσοστό **0,5 – 2%** του συνολικού κόστους του παραγόμενου προϊόντος. Το συγκεκριμένο ποσοστό δείχνει σε πρώτη ανάγνωση μικρό και δεν αντανακλά πλήρως την σοβαρότητα και την αναγκαιότητα για επαρκή αερισμό στο μεταλλείο προκειμένου να εξυπηρετηθεί η εξαγωγή του μεταλλεύματος.

Οι κύριοι λόγοι που καθιστούν αναγκαίο τον αποτελεσματικό αερισμό ενός μεταλλείου είναι οι ακόλουθοι:

- Η εξασφάλιση ατμόσφαιρας τέτοιας ώστε το εργαζόμενο προσωπικό να μπορεί να εργάζεται με ασφάλεια, άνεση και καλή απόδοση.
- Η άνετη και ασφαλής αραίωση και απομάκρυνση των επικίνδυνων αερίων και της παραγόμενης σκόνης.
- Η ταπείνωση της θερμοκρασίας στις εκμεταλλεύσεις μεγάλου βάθους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αερισμός των μεταλλείων απαιτεί συνεχή έλεγχο, καθώς οι ανάγκες μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά. Επίσης, η σωστή επένδυση στον αερισμό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ασφάλειας, αλλά και της παραγωγικότητας της εργασίας των εργαζομένων και κατ' επέκταση και των μηχανημάτων. Το γεγονός αυτό οδηγεί προοδευτικά στην μείωση του κόστους του παραγόμενου προϊόντος.

8.2 Αερισμός στο υπό εξέταση κοίτασμα

Το συγκεκριμένο κοίτασμα είναι βωξιτικό, οπότε τόσο από το ίδιο, όσο και από τα περιβάλλοντα ασβεστολιθικά πετρώματα δεν εκλύονται τοξικά αέρια. Επίσης, ο βωξίτης είναι αδρανής και δεν υπόκειται σε διεργασίες οξείδωσης ή αυτοανάφλεξης. Επομένως, ο ρόλος του αερισμού θα περιοριστεί:

- Στην εξασφάλιση της απαραίτητης ποσότητας αέρα για την αναπνοή και το μεταβολισμό των εργαζομένων.
- Στην ομαλή λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης που λειτουργούν εντός του μεταλλείου.
- Στην αραίωση και απομάκρυνση των καυσαερίων που παράγονται από την λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης.
- Στην αραίωση και απομάκρυνση των αερίων που παράγονται κατά την ανατίναξη των εκρηκτικών υλών λόγω της αποσύνθεσης τους.

Στο υπό εξέταση κοίτασμα θα εργάζονται ανά βάρδια όπως προαναφέρθηκε **20** εργαζόμενοι χωρισμένοι ισομερώς σε δύο ομάδες. Έτσι, ο αερισμός θα εξεταστεί βάσει των **20** εργαζομένων και των **10** μηχανημάτων, τα οποία θα χωριστούν και αυτά ισομερώς ανα ομάδες. Τα μηχανήματα αυτά είναι τα **2** διατρητικά, τα **2** κοχλιωτικά, τα **2** ξεσκαρωτικά, τα **2** φορτηγά υπογείων και οι **2** φορτωτές.

8.2.1 Απαιτούμενη παροχή αέρα

Η απαιτούμενη παροχή αέρα που θα υπολογιστεί αναφέρεται στη χρονική περίοδο όπου το μεταλλείο θα είναι στη φάση της εκμετάλλευσης. Η παροχή του αέρα υπολογίζεται με βάση τον συνολικό αριθμό των εργαζομένων στα παραγωγικά μέτωπα καθώς και από τη συνολική ιπποδύναμη των μηχανημάτων που βρίσκονται σε λειτουργία.

Σύμφωνα με τον **Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε)**, η απαιτούμενη παροχή ανά εργαζόμενο είναι τα $Q_E=2 \text{ m}^3/\text{min}$. Για τα μηχανήματα η αντίστοιχη παροχή είναι τα $Q_M=2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ για κάθε **Hp** του μηχανήματος.

Στη φάση της εκμετάλλευσης θα εργάζονται συνολικά 20 εργαζόμενοι, άρα η απαιτούμενη για αυτούς παροχή αέρα θα είναι $Q_1=N \times Q_E=20 \text{ εργαζόμενοι} \times 2 \text{ m}^3/\text{min} \times \text{εργαζόμενοι} \rightarrow Q_1=40 \text{ m}^3/\text{min}$.

Σε αυτό το σημείο θα υπολογιστεί η συνολική ιπποδύναμη αυτών των μηχανημάτων.

$$\begin{aligned}
W_{ολ} &= 2 \times W_{διατρ.} + 2 \times W_{ξεσκαρ.} + 2 \times W_{κοχλιωτ.} + 2 \times W_{φορτωτ.} + 2 \times W_{φορτηγ.} \rightarrow \\
W_{ολ} &= 2 \times 87 \text{ Hp} + 2 \times 84 \text{ Hp} + 2 \times 55 \text{ Hp} + 2 \times 231 \text{ Hp} + 2 \times 277 \text{ Hp} \rightarrow \\
W_{ολ} &= 174 \text{ Hp} + 168 \text{ Hp} + 110 \text{ Hp} + 462 \text{ Hp} + 554 \text{ Hp} \rightarrow W_{ολ} = 1.468 \text{ Hp}.
\end{aligned}$$

Η απαιτούμενη παροχή αέρα για τα μηχανήματα θα είναι $Q_2 = Q_M \times W_{ολ} \rightarrow Q_2 = 2,5 \text{ m}^3/\text{min} \times \text{Hp} \times 1.468 \text{ Hp} \rightarrow Q_2 = 3.670 \text{ m}^3/\text{min}$.

Δηλαδή, η συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα στη φάση της εκμετάλλευσης θα είναι $Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 \rightarrow Q_{ολ} = 40 \text{ m}^3/\text{min} + 3.670 \text{ m}^3/\text{min} \rightarrow Q_{ολ} = 3.710 \text{ m}^3/\text{min}$ ή $Q_{ολ} = 61,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

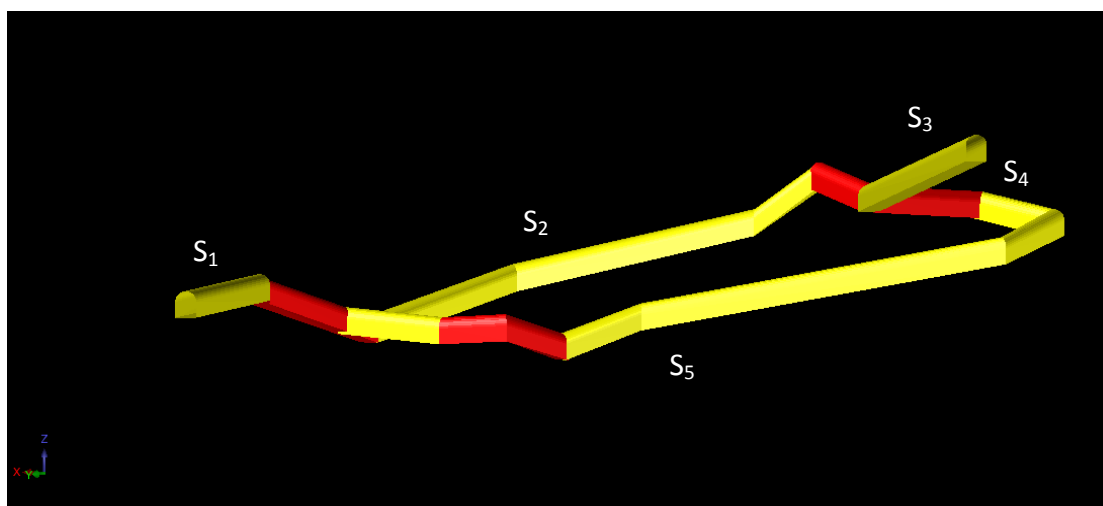
Για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας και ακρίβειας, σε αυτό το σημείο θα υπολογίσουμε την πραγματική επαυξημένη παροχή Q πολλαπλασιάζοντας το $Q_{ολ}$ που υπολογίσαμε παραπάνω με ένα συντελεστή διόρθωσης $f=1,3$.

Αυτό γίνεται γιατί κατά τη ροή του αέρα μέσα από τις στοές του μεταλλείου παρατηρούνται φαινόμενα όπως η ύπαρξη διαρροών, η αντιστροφή του ρεύματος φυσικού ελκυσμού, η αύξηση της ολικής αντίστασης του μεταλλείου λόγω της περεταίρω ανάπτυξης του, τα οποία αυξάνουν την απαίτηση του αέρα μέσα στις στοές του μεταλλείου.

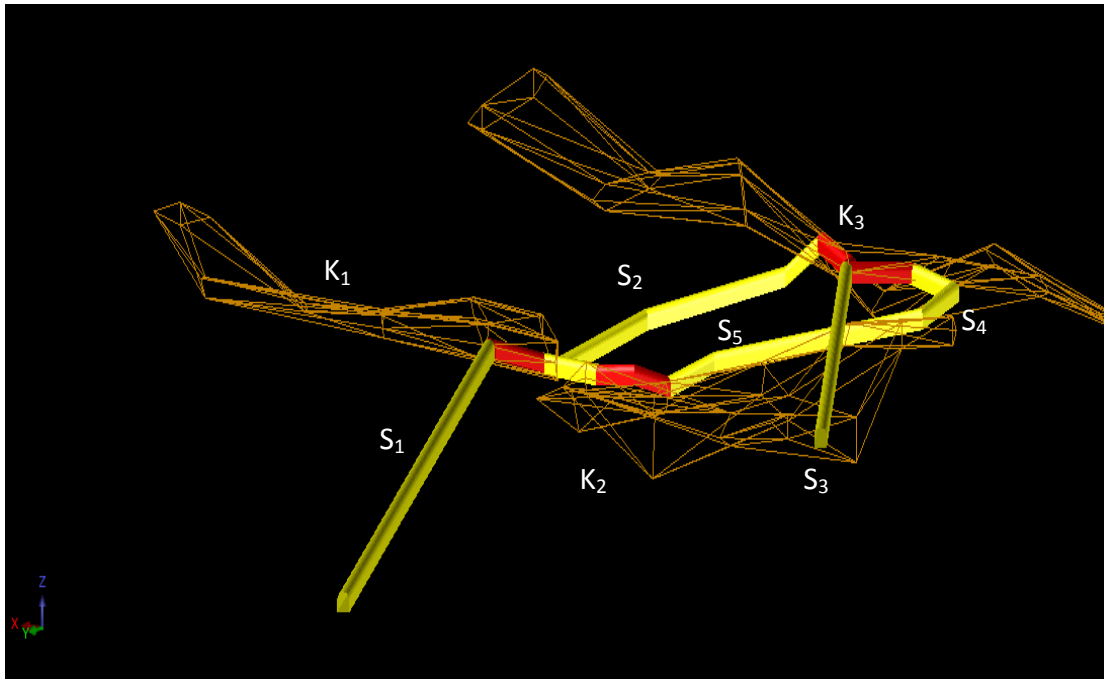
Με αυτή τη διορθωτική κίνηση η απαιτούμενη παροχή αέρα Q είναι:
 $Q = Q_{ολ} \times f \rightarrow Q = 61,8 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,3 \rightarrow Q = 80,34 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.2.2 Σχεδιασμός κύριου κυκλώματος αερισμού

Το κύριο κύκλωμα αερισμού αποτελείται από τις στοές S_1 , S_2 , S_3 , S_4 και S_5 όπως φαίνεται και στις εικόνες 8.2.2.1 και 8.2.2.2. Οι στοές που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα είναι εντός του βωξίτη, ενώ αυτές που εμφανίζονται με κίτρινο είναι εντός του ασβεστολίθου.



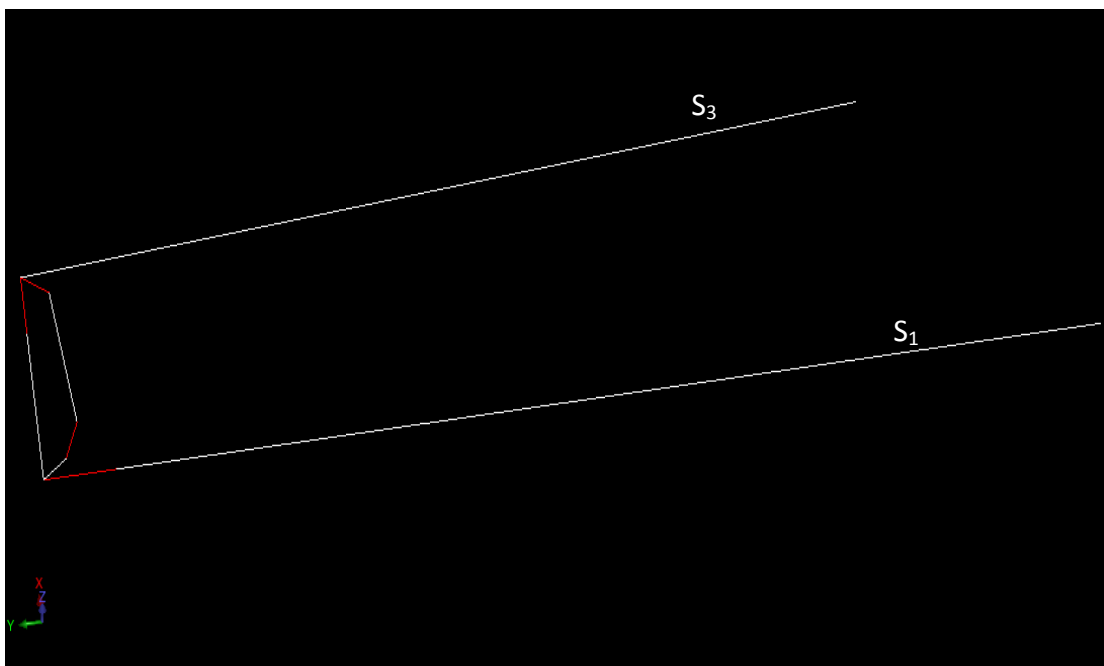
Εικόνα 8.2.2.1 Το κύριο κύκλωμα αερισμού



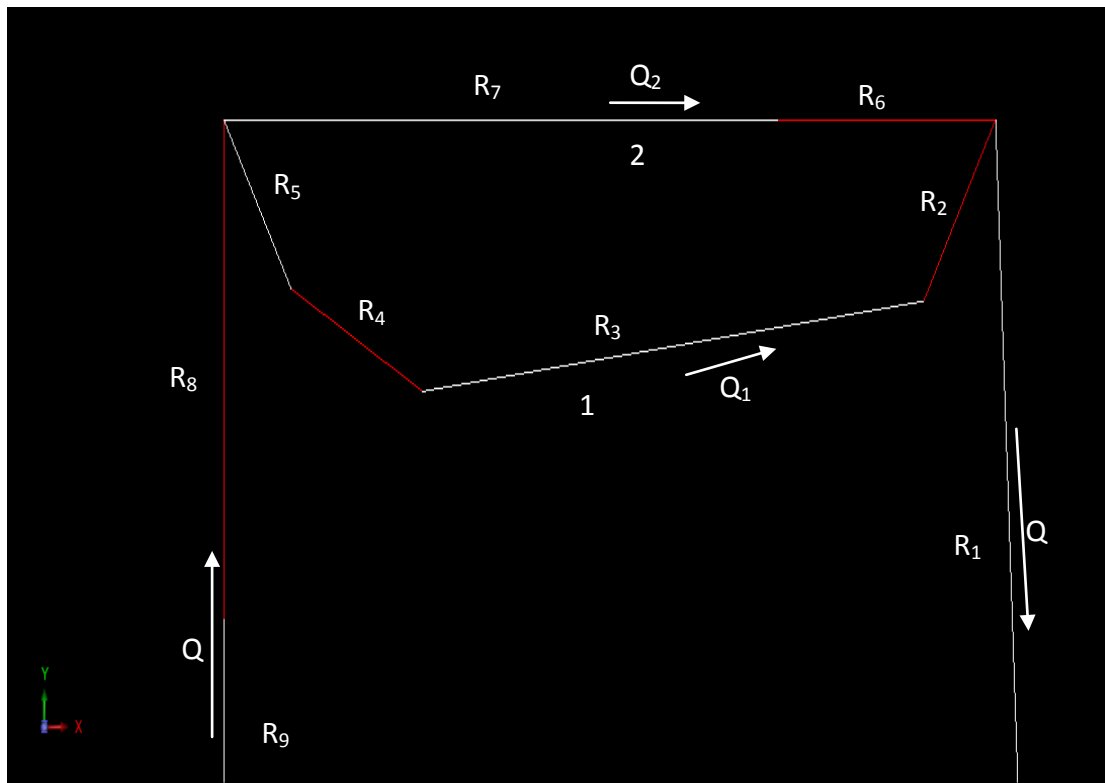
Εικόνα 8.2.2.2 Το κύριο κύκλωμα αερισμού και τα κοιτάσματα K_1 , K_2 και K_3

Για να υπολογιστεί η ολική αντίσταση του κύριου κυκλώματος αερισμού θα πρέπει πρώτα να υπολογιστούν οι αντιστάσεις των επιμέρους κλάδων.

Το απλοποιημένο κύκλωμα αερισμού που θα χρησιμοποιηθεί για να βρεθεί η ολική αντίσταση του μεταλλείου εμφανίζεται στις εικόνες 8.2.2.3 και 8.2.2.4. Οι αντιστάσεις εκείνες που βρίσκονται σε ασβεστολιθικές στοές εμφανίζονται με άσπρο χρώμα, ενώ εκείνες των βωξιτικών στοών εμφανίζονται με κόκκινο.



Εικόνα 8.2.2.3 Το απλοποιημένο κύριο κύκλωμα αερισμού



Εικόνα 8.2.2.4 Το απλοποιημένο κύκλωμα αερισμού, οι αντιστάσεις και τα ρεύματα αέρα

Στο σχέδιο της εικόνας 8.2.2.4 φαίνεται το απλοποιημένο κύκλωμα αερισμού και η ροή των ρευμάτων αέρα διαμέσου των αντιστάσεων των στοών του μεταλλείου.

Σημειώνεται ότι η απαιτούμενη παροχή Q σπάει στα ρεύματα Q_1 και Q_2 στους παράλληλους κλάδους **1** και **2** αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια αθροιζόμενα δίνουν πάλι ρεύμα αέρα Q το οποίο εξέρχεται από το μεταλλείο. Ο ανεμιστήρας παραγωγής του ρεύματος αέρα θα είναι μυζητικός και θα τοποθετηθεί στην έναρξη της στοάς S_3 .

8.2.3 Υπολογισμός ολικής αντίστασης του κύριου κυκλώματος αερισμού

Η αντίσταση της κάθε στοάς θα υπολογιστεί σύμφωνα με τον τύπο $R = \frac{0,0156 \lambda L \Pi}{S^3}$

(Ι. Ν. Οικονομόπουλος, 2002), όπου λ αριθμητικός συντελεστής χωρίς μονάδες μέτρησης, ο οποίος αφορά το γεωμετρικό σχήμα, το μέγεθος της εκσκαφής και το είδος των χρησιμοποιούμενων μέσων υποστήριξης. Όπου L το μήκος της στοάς σε m , όπου Π η περίμετρος της στοάς σε m και τέλος όπου S το εμβαδό διατομής της στοάς σε m^2 .

Στη συνέχεια, θα αθροιστούν μεταξύ τους οι αντιστάσεις που βρίσκονται σε σειρά, αλλά και αυτές που βρίσκονται σε παραλληλία για να υπολογιστεί εν τέλει η ολική αντίσταση του μεταλλείου (Νόμος Kirchhoff).

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο σημείο οι στοές που συνθέτουν το κύριο κύκλωμα αερισμού είναι δύο ειδών βωξιτικές και ασβεστολιθικές. Η περίμετρος των ασβεστολιθικών στοών του μεταλλείου είναι $\Pi_{ασβ.}=16,28 \text{ m}$, ενώ η περίμετρος των βωξιτικών στοών είναι $\Pi_{βωξ.}=19,05 \text{ m}$. Σε ότι αφορά τη διατομή των ίδιων στοών, οι ασβεστολιθικές έχουν εμβαδό διατομής $S_{ασβ.}=18,28 \text{ m}^2$ και οι βωξιτικές $S_{βωξ.}=22,5 \text{ m}^2$.

Τέλος, ο συντελεστής λ υπολογίζεται από τον τύπο $\lambda=0,7 \times \lambda_{\pi} + 0,3 \times \lambda_{\delta}$. Οι συντελεστές λ_{π} και λ_{δ} αφορούν στα χαρακτηριστικά των παρειών – οροφής και δαπέδου αντίστοιχα. Για παρειές ελαφρά ανώμαλες που συναντούνται στο συγκεκριμένο μεταλλείο και για οροφή με κοχλίες είναι $\lambda_{\pi}=0,108$, ενώ για δάπεδο με μικρό βάθος ανωμαλιών (περίπου 5 cm) είναι $\lambda_{\delta}=0,058$ (Ι. Ν. Οικονομόπουλος, 2002).

$$\text{Άρα } \lambda=0,7 \times 0,108 + 0,3 \times 0,058 \rightarrow \lambda=0,0756 + 0,0174 \rightarrow \lambda=0,093$$

Λόγω του ότι ο συγκεκριμένος συντελεστής λ υπολογίστηκε βάσει στοάς μεγέθους 10 m^2 , θα πρέπει να γίνει διόρθωση ώστε ο συντελεστής αυτός να προσαρμοστεί στις διαστάσεις των ασβεστολιθικών και βωξιτικών στοών του κυκλώματος προς μελέτη.

$$\text{Για τις ασβεστολιθικές στοές ο συντελεστής είναι } \lambda_{ασβ.} = \frac{\lambda}{[0,75+0,25 \times \log(S_{ασβ.})]^2},$$

αντικαθιστώντας και κάνοντας πράξεις είναι $\lambda_{ασβ.}=0,08$. Αντίστοιχα για τις βωξιτικές στοές

$$\text{ο συντελεστής είναι } \lambda_{βωξ.} = \frac{\lambda}{[0,75+0,25 \times \log(S_{βωξ.})]^2} \rightarrow \lambda_{βωξ.}=0,07.$$

$$\text{Γνωρίζοντας πλέον όλα τα δεδομένα και χρησιμοποιώντας τον τύπο } R = \frac{0,0156 \lambda \cdot L \cdot \Pi}{S^3},$$

αντικαθιστώντας με προσοχή κάθε φορά τις τιμές, ανάλογα με το αν υπολογίζουμε αντίσταση ασβεστολιθικής ή βωξιτικής στοάς (διαφορετική περίμετρος, εμβαδό διατομής και συντελεστής λ) υπολογίζουμε τις αντιστάσεις του κύριου κυκλώματος αερισμού.

Τα αποτελέσματα για τις αντιστάσεις της εικόνας 8.2.2.4 με μήκοι $L_1=634,5 \text{ m}$, $L_2=25,5 \text{ m}$, $L_3=87,2 \text{ m}$, $L_4=24,5 \text{ m}$, $L_5=21,4 \text{ m}$, $L_6=37,7 \text{ m}$, $L_7=96 \text{ m}$, $L_8=54,5 \text{ m}$, $L_9=741,5 \text{ m}$ είναι:

$$R_1=0,0021 \text{ Kmu}, R_2=0,000046 \text{ Kmu}, R_3=0,00028 \text{ Kmu}, R_4=0,000043 \text{ Kmu}, R_5=0,00007 \text{ Kmu}, R_6=0,000068 \text{ Kmu}, R_7=0,00031 \text{ Kmu}, R_8=0,00009 \text{ Kmu}, R_9=0,0024 \text{ Kmu}.$$

Στο σημείο αυτό θα υπολογιστεί με βάση το νόμο του Kirchhoff η ολική αντίσταση.

Σύμφωνα με το σχέδιο της εικόνας 8.2.2.4, οι αντιστάσεις R_2 , R_3 , R_4 και R_5 του κλάδου 1 είναι συνδεδεμένες σε σειρά άρα $R_{2345}=R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \rightarrow R_{2345}=0,000439 \text{ Kmu}$.

Αντίστοιχα για τις αντιστάσεις R_6 και R_7 του κλάδου 2 που είναι και αυτές συνδεδεμένες σε σειρά ισχύει ότι $R_{67}=R_6 + R_7 \rightarrow R_{67}=0,000378 \text{ Kmu}$.

Σε σειρά επίσης βρίσκονται και οι αντιστάσεις R_8 και R_9 . Άρα $R_{89}=R_8 + R_9$
 $R_{89}=0,00249 \text{ Kmu}$.

Όμως οι αντιστάσεις R_{2345} και R_{67} είναι παράλληλες, συνεπώς η σύνθεση τους θα βρεθεί μέσα από τη σχέση $\frac{1}{\sqrt{R_{234567}}} = \frac{1}{\sqrt{R_{2345}}} + \frac{1}{\sqrt{R_{67}}}$, αντικαθιστώντας τα δεδομένα βρίσκεται ότι $R_{234567}=0,000101 \text{ Kmu}$.

Στο σημείο αυτό είναι εύκολο να υπολογιστεί η ολική αντίσταση του κυκλώματος, αφού πλέον στο ισοδύναμο κύκλωμα που έχει υπολογιστεί όλες οι αντιστάσεις βρίσκονται σε σειρά.

Είναι $R_{0\lambda}=R_1 + R_{234567} + R_{89}=0,0021 \text{ Kmu} + 0,000101 \text{ Kmu} + 0,00249 \text{ Kmu} \rightarrow$
 $R_{0\lambda}=0,004691 \text{ Kmu}$.

Τέλος, για μεγαλύτερη ασφάλεια θα πρέπει να γίνει επαύξηση **10%** στην ολική αντίσταση που μόλις υπολογίστηκε λόγω των αλλαγών κατεύθυνσης των στοών (σπασίματα) που παρατηρούνται μέσα στο μεταλλείο, αλλά και λόγω των αλλαγών στο μέγεθος των στοών, όταν έχουμε μετάβαση από ασβεστολιθική σε βωξιτική στοά, αλλά και το αντίστροφο. Αυτοί οι δύο παράγοντες όπως είναι γνωστό αυξάνουν την αντίσταση μέσα σε ένα μεταλλείο.

Εν τέλει η ολική αντίσταση του κυρίως κυκλώματος αερισμού είναι $R=R_{0\lambda} + 0,1 \times R_{0\lambda} \rightarrow$
 $R=0,004691 + 0,1 \times 0,004691 \rightarrow R=0,00516 \text{ Kmu}$.

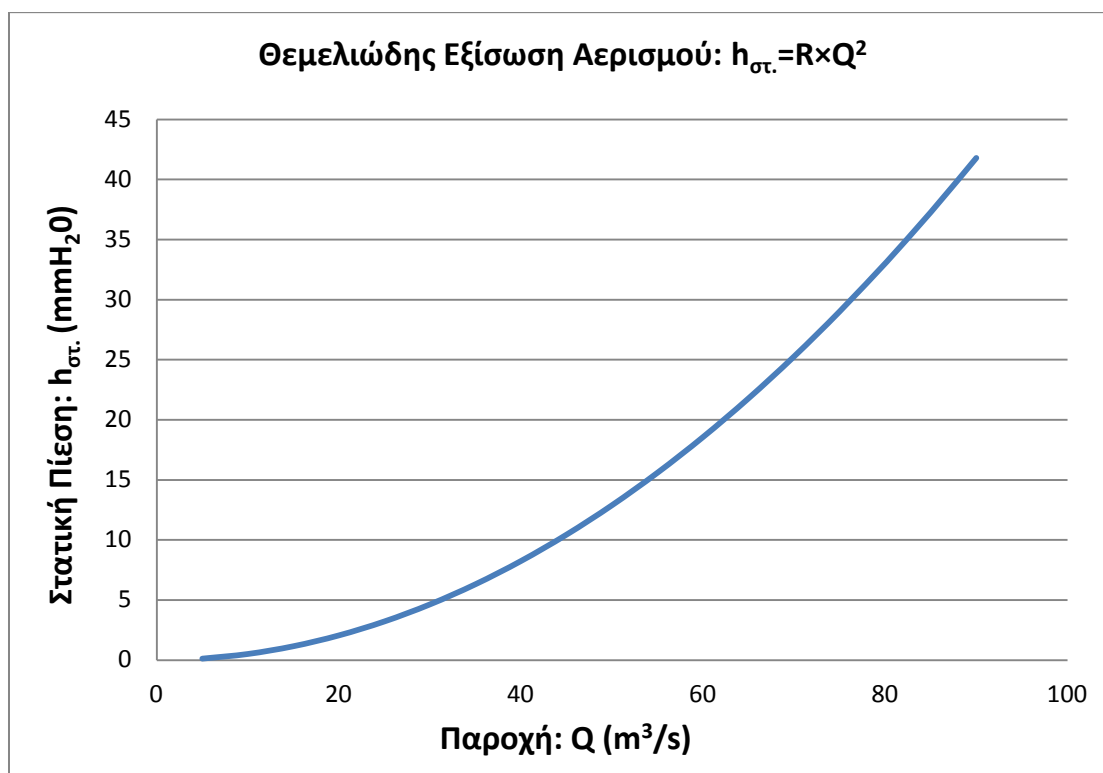
8.2.4 Στατική πίεση μεταλλείου

Η στατική πίεση του μεταλλείου $h_{\sigma\tau}$ υπολογίζεται μέσω της θεμελιώδους εξίσωσης του αερισμού με τύπο $h_{\sigma\tau} = R \times Q^2$.

Στην περίπτωση του υπό εξέταση μεταλλείου η στατική πίεση θα έχει τιμή $h_{\sigma\tau}=0,00516$
 $\text{Kmu} \times (80,34 \text{ m}^3/\text{s})^2 \rightarrow h_{\sigma\tau}=0,00516 \text{ Kmu} \times 6.454,5156 \text{ m}^6/\text{s}^2 \rightarrow h_{\sigma\tau}=33,3 \text{ mmH}_2\text{O}$.

Από τη θεμελιώδη εξίσωση του αερισμού $h_{στ.} = R \times Q^2$ προκύπτει και η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου, σύμφωνα με την οποία οι απώλειες πίεσης μεταβάλλονται ανάλογα με το τετράγωνο της παροχής. Συνεπώς για ένα δεδομένο σύστημα υφίσταται μια σταθερή αναλογία μεταξύ πιέσεων και παροχών. Με τον τρόπο αυτό αν το μέγεθος $h_{στ.}$ καθοριστεί για συγκεκριμένη παροχή Q , είναι εύκολο να προκύψουν οι τιμές οποιουδήποτε ζεύγους (Q , $h_{στ.}$), αφού ουσιαστικά η αντίσταση είναι ένας σταθερός συντελεστής αναλογίας.

Η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου φαίνεται στην εικόνα 8.2.4.



Εικόνα 8.2.4 Η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου

8.2.5 Επιλογή τύπου ανεμιστήρα

Για την επιλογή του κατάλληλου ανεμιστήρα ρόλο παίζουν διάφοροι παράγοντες, όπως η απαιτούμενη παροχή αέρα Q , η ισχύς N του ανεμιστήρα, οι διαστάσεις των στοών.

Η απαιτούμενη παροχή Q προηγουμένως υπολογίστηκε ίση με **80,34 m^3/s** ή ανηγμένη στην ώρα ίση με **290.000 m^3/h** . Ταυτόχρονα, οι διαστάσεις του ανεμιστήρα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα **1,25 m** διάμετρο, καθώς μεγαλύτερου μεγέθους ανεμιστήρες θα δημιουργούσαν προβλήματα σε στοές μεγέθους 4 m × 5 m.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο ανεμιστήρας που θα επιλεγεί είναι ο **VMEX 315** της **DLK**.

Ο συγκεκριμένος ανεμιστήρας έχει διάμετρο **D=1.250 mm (1,25 m)**, η παροχή του αγγίζει το όριο των **160.000 m³/h** και η ισχύς του φτάνει έως και τα **75 Kw**.

Για να καλυφθεί η απαιτούμενη παροχή **Q** των **290.000 m³/h** θα χρησιμοποιηθούν δύο ανεμιστήρες τοποθετημένοι μεταξύ τους παράλληλα στο στόμιο της στοάς προσπέλασης **S₃**.

Ο κάθε ανεμιστήρας θα καλύπτει τη μισή απαιτούμενη παροχή αέρα του μεταλλείου, δηλαδή **Q_{ανεμ}=Q/2 → Q_{ανεμ}=145.000 m³/h** ή **Q_{ανεμ}=40,17 m³/s**. Ο ανεμιστήρας που επιλέχθηκε εμφανίζεται στην εικόνα 8.2.5.



Εικόνα 8.2.5 Ο ανεμιστήρας VMEX 315 της DLK

Η απαιτούμενη ισχύς του ανεμιστήρα για τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος αερισμού δίνεται από τον τύπο $N = \frac{h_{ολ} \times Q_{ανεμ.}}{75 \times \eta}$, όπου **h_{ολ}** η ολική πίεση του ανεμιστήρα, η οποία είναι ίση με **h_{ολ}=h_{στ} + h_{δυν}**.

Η στατική πίεση στον ανεμιστήρα είναι ίση με **h_{στ}= R × (Q_{ανεμ})² → h_{στ}= 0,00516 Kmu × (40,17 m³/s)² → h_{στ}= 0,00516 Kmu × 1.613,62 m⁶/s² → h_{στ}=8,32 mmH₂O.**

Η δυναμική πίεση στον ανεμιστήρα δίνεται από τον τύπο **h_{δυν1}=0,06×v₁²**, όπου **v₁** η ταχύτητα του ρεύματος του αέρα με **v₁= Q_{ανεμ}/S_{ανεμ}**. Το εμβαδό διατομής του ανεμιστήρα είναι **S_{ανεμ}=1,22 m²**. Άρα **v₁=40,17/1,22 → v₁=32,9 m/s**.

Η δυναμική πίεση στον ανεμιστήρα με αντικατάσταση των δεδομένων είναι **h_{δυν1}=0,06×32,9² → h_{δυν1}=0,06×1.081,42 → h_{δυν1}=64,94 mmH₂O.**

Η δυναμική πίεση στον ανεμιστήρα έχει αρκετά μεγάλη τιμή και αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης ταχύτητας v_1 με την οποία ο μυζητικός ανεμιστήρας ρουφάει το ρεύμα αέρα. Για την αποφυγή τέτοιων μεγάλων πιέσεων στον ανεμιστήρα, συνήθως τοποθετούνται ειδικές κωνικές συσκευές μεγαλύτερων διαστάσεων πίσω από τον ανεμιστήρα. Οι συσκευές αυτές λέγονται διασκορπιστές ή εβαζέ και μειώνουν την ολική πίεση του συστήματος.

Η τελική δυναμική πίεση μετά την προσθήκη του διασκορπιστή δίνεται από τον τύπο $h_{\delta v} = K_a(h_{\delta v1} - h_{\delta v2})$, όπου $h_{\delta v1}$ η δυναμική πίεση στον ανεμιστήρα και $h_{\delta v2}$ η δυναμική πίεση στον διασκορπιστή. Το K_a είναι ειδικός συντελεστής που εξαρτάται από την αναλογία των εμβαδών διατομής ανεμιστήρα και διασκορπιστή, αλλά και της μεταξύ τους απόστασης και βρίσκεται από ειδικά νομογραφήματα.

Για διάμετρο του διασκορπιστή διπλάσια από αυτή του ανεμιστήρα, δηλαδή για $D_2/D_1=2$ από ειδικό νομογράφημα ισχύει ότι $K_a=0,08$ (Ι. Ν. Οικονομόπουλος, 2002).

Η ταχύτητα του αέρα στο διασκορπιστή θα ελαττωθεί αφού ο διασκορπιστής έχει μεγαλύτερο εμβαδό από τον ανεμιστήρα. Άρα $v_2 = Q_{\text{ανεμ}}/S_{\text{διασκ}}$. Το εμβαδό διατομής του διασκορπιστή είναι $S_{\text{διασκ}}=4,9 \text{ m}^2$. Άρα $v_2=40,17/4,9 \rightarrow v_2=8,1 \text{ m/s}$

Η δυναμική πίεση στον διασκορπιστή είναι $h_{\delta v2}=0,06 \times v_2^2$, δηλαδή $h_{\delta v2}=0,06 \times 8,1^2 \rightarrow h_{\delta v2}=0,06 \times 65,61 \rightarrow h_{\delta v2}=3,93 \text{ mmH}_2\text{O}$.

Η τελική δυναμική πίεση του συστήματος είναι $h_{\delta v} = K_a(h_{\delta v1} - h_{\delta v2})$ αντικαθιστώντας, $h_{\delta v}=0,08 \times (64,94 - 3,93) \rightarrow h_{\delta v}=0,08 \times 61,01 \rightarrow h_{\delta v}=4,88 \text{ mmH}_2\text{O}$

Η ολική πίεση του συστήματος είναι $h_{o\lambda}=h_{\sigma\tau} + h_{\delta v} \rightarrow h_{o\lambda}=8,32 \text{ mmH}_2\text{O} + 4,88 \text{ mmH}_2\text{O} \rightarrow h_{o\lambda}=13,2 \text{ mmH}_2\text{O}$.

Όσο για την απαιτούμενη ισχύ του ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας τον τύπο $N = \frac{h_{o\lambda} \times Q_{\text{ανεμ.}}}{75 \times \eta}$

και αντικαθιστώντας, η απαιτούμενη ισχύς είναι $N = \frac{13,2 \times 40,17}{75 \times 0,7} \rightarrow N = \frac{530,24}{52,5} \rightarrow$

$N=10 \text{ Hp}$ ή $N=7,3 \text{ Kw}$.

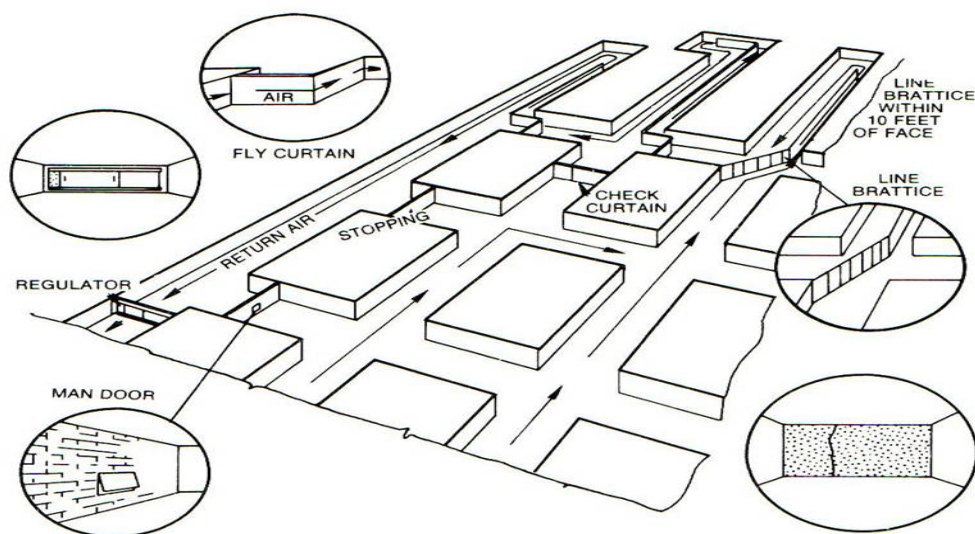
Οι ίδιοι ακριβώς υπολογισμοί ισχύουν και για τον δεύτερο ανεμιστήρα ο οποίος θα κλιθεί να παρέχει την ίδια ποσότητα ρεύματος αέρα. Με αυτούς τους δύο παράλληλα συνδεδεμένους μυζητικούς ανεμιστήρες οι ανάγκες του μεταλλείου σε αερισμό καλύπτονται με ικανοποιητικό τρόπο.

8.2.6 Συμπληρωματικός αερισμός

Εκτός του κύριου κυκλώματος αερισμού που αναλύθηκε παραπάνω, μεγάλη σημασία έχει και ο αερισμός σε υπόλοιπα μέρη εντός του μεταλλείου, τα οποία είτε λόγω πολλών ανωμαλιών και απότομων αλλαγών κατεύθυνσης των στοών, είτε λόγω μηδαμινής εισροής αέρα σε αυτά, απαιτούν τη δημιουργία συμπληρωματικών και βοηθητικών κυκλωμάτων αερισμού.

Σε κομβικά σημεία εντός του μεταλλείου τοποθετούνται μικροί ανεμιστήρες (boosters), οι οποίοι τραβούν ένα συγκεκριμένο ποσό της παροχής αέρα του κύριου κυκλώματος αερισμού και το στέλνουν σε όποιο σημείο κρίνεται κάθε φορά ότι υπάρχει ανάγκη. Συμπληρωματικά κυκλώματα αερισμού προβλέπεται να δημιουργηθούν τόσο στα κοιτάσματα K_1 , K_2 και K_3 , στα οποία η μέθοδος εκμετάλλευσης θα είναι αυτή των θαλάμων και στύλων, όσο και στο κοίτασμα K_4 , στο οποίο θα εφαρμοστεί η μέθοδος της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων.

Ειδικά για τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων πρέπει να σημειωθεί, ότι προκειμένου ο διοχετευόμενος αέρας από το κύριο κύκλωμα να μην διασκορπίζεται και χάνεται μέσα από τους πολυάριθμους θαλάμους, προβλέπεται η τοποθέτηση κουρτίνων ανάμεσα στους κατάλληλους κάθε φορά στύλους, οι οποίοι θα εμποδίζουν τον αέρα να διασκορπιστεί και θα τον στέλνουν στα σημεία εκείνα εντός της εκμετάλλευσης που παρουσιάζεται κάθε φορά ανάγκη. Οι κουρτίνες συνήθως είναι μεγάλα νάυλον κομμάτια που κρεμιούνται από την οροφή προς το πάτωμα. Η τεχνική αυτή εμφανίζεται στην εικόνα 8.2.6.



Εικόνα 8.2.6 Συμπληρωματικό κύκλωμα αερισμού σε θαλάμους και στύλους

9. ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα περιγραφούν τα μέτρα εκείνα που πρέπει να ληφθούν, ώστε η εργασία του προσωπικού να γίνεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια. Τα θέματα της ασφάλειας αφορούν κύρια το φωτισμό εντός του μεταλλείου, τα υπόγεια νερά και την ατομική ασφάλεια των εργαζομένων.

9.1 Φωτισμός – Υπόγεια νερά

9.1.1 Φωτισμός

Για το φωτισμό εντός του μεταλλείου προβλέπεται η εγκατάσταση σταθερών λαμπτήρων, τόσο στις στοές προσπέλασης και στις στοές σύνδεσης μεταξύ των κοιτασμάτων, όσο και κοντά στα μέτωπα παραγωγής. Το ρεύμα που θα χρησιμοποιηθεί για το φωτισμό είναι χαμηλής τάσης (**42 V**) και για αυτό το σκοπό θα τοποθετηθούν και οι κατάλληλοι μετασχηματιστές.

Στις στοές προσπέλασης η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σταθερών λαμπτήρων δεν θα υπερβαίνει τα **20 m**, ενώ κοντά στα μέτωπα εργασίας θα υπάρχει εγκατεστημένος σταθερός φωτισμός. Επί των μετώπων και κατά τη διάρκεια της εργασίας του προσωπικού θα χρησιμοποιούνται επίσης οι ατομικές λυχνίες κεφαλής και οι προβολείς των μηχανημάτων.

Στα σημεία εκείνα που θα λαμβάνει χώρα η διαδικασία της εξόφλησης, σε μεγάλα ύψη και γενικά όπου κρίνεται απαραίτητο θα τοποθετούνται ειδικοί φορητοί προβολείς. Επιπρόσθετα, στις εισόδους των λουκιών προβλέπεται η τοποθέτηση ερυθρών προειδοποιητικών λαμπτήρων για την ασφάλεια όσων εργαζομένων κυκλοφορούν πεζοί κοντά στις συγκεκριμένες περιοχές.

Για την ασφαλή διακίνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού έχει προβλεφθεί να φωταγωγούνται οι διασταυρώσεις των στοών, καθώς και να τοποθετούνται κυρτοειδείς καθρέπτες στα σημεία των στοών που παρουσιάζονται προβλήματα ορατότητας λόγω κλειστών στροφών.

Τέλος, οι εργαζόμενοι εκτός του σταθερού φωτισμού, θα είναι εφοδιασμένοι με ειδικές ατομικές λυχνίες με συσσωρευτή τέτοιας ικανότητας σε διάρκεια, ώστε οι λυχνίες αυτές να επαρκούν για την πλήρη κάλυψη μίας οκτάωρης βάρδιας.

9.1.2 Υπόγεια νερά

Έντονο πρόβλημα υπογείων υδάτων δεν αναμένεται να υπάρξει. Η μόνη πιθανή παρουσία υπογείων υδάτων είναι κατά την περίοδο του χειμώνα. Τα νερά αυτά θα ρέουν ελεύθερα στο χώρο της εκμετάλλευσης και μέσα από τις απορροές του δικτύου των στοών θα κατευθύνονται υπό την επίδραση της βαρύτητας στις στοές εκείνες με το χαμηλότερο υψομετρικό ορίζοντα της εκμετάλλευσης. Οι στοές αυτές θα λειτουργούν σαν δεξαμενές υπογείων υδάτων. Τα υπόγεια νερά που πιθανά θα προκύψουν, θα αντλούνται από τις στοές αυτές προς την επιφάνεια με αντλίες πεπιεσμένου αέρα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 9.1.2.



Εικόνα 9.1.2 Αντλία πεπιεσμένου αέρα

9.2 Ασφάλεια των εργαζομένων

9.2.1 Εξοπλισμός ασφάλειας εργαζόμενου προσωπικού

Για την ασφάλεια των εργαζομένων λαμβάνονται όλα τα προβλεπόμενα από τον **Κ.Μ.Α.Ε** μέτρα. Για την ατομική προστασία των εργαζομένων του μεταλλείου γίνεται χορήγηση όλων των προβλεπόμενων υλικών μέσων. Ειδικότερα, τα υλικά αυτά μέσα είναι τα παρακάτω:

- Κράνη ασφαλείας με εσωτερικό δικτυωτό πλαστικό
- Άρβυλα και μπότες ασφαλείας
- Φόρμες εργασίας
- Αδιάβροχες επενδύσεις
- Ατομικές λάμπες κεφαλής
- Γάντια εργασίας

- Διηθητικό κάνιστρο
- Γυαλιά εργασίας
- Ωτοασπίδες

Η χορήγηση των υλικών αυτών γίνεται στα χρονικά διαστήματα που ορίζονται από τον **Κ.Μ.Α.Ε** ή συχνότερα όταν αυτό επιβάλλεται από τις επί τόπου συνθήκες. Για την επιπλέον ασφάλεια των εργαζομένων, αλλά και για τη σωστή κατάρτιση τους, γίνονται ειδικά σεμινάρια από τους μηχανικούς της εταιρείας που αφορούν στον ορθό και ασφαλή τρόπο εκτέλεσης των εργασιών μέσα στο μεταλλείο.

Όπως έχει προαναφερθεί στο υποκεφάλαιο 6.4.6 (Συμπληρωματικά στοιχεία υποστήριξης), στις εισόδους των προσπελαστικών στοών, η υποστήριξη εκτός από την τοποθέτηση κοχλίων, θα εξασφαλιστεί και με την τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος για την συγκράτηση των χαλαρών τεμαχίων, ενώ ακόμη προβλέπεται και η τοποθέτηση μεταλλικών πλαισίων τύπου Π, καθώς και η τοποθέτηση ανθεκτικών κορμών καστανιάς επί αυτών. Εάν κριθεί απαραίτητο, λόγω προβλημάτων ευστάθειας των εισόδων των στοών, τότε η υποστήριξη τους θα ενισχυθεί με προσθήκη οπλισμένου σκυροδέματος.

9.2.2 Σήμανση του μεταλλείου

Στις εισόδους των προσπελαστικών στοών για την αποφυγή εισόδου ατόμων κατά τις περιπτώσεις μη λειτουργίας του εργοταξίου, αλλά και για την υποβοήθηση του κυκλώματος αερισμού, τοποθετούνται πόρτες ή πετάσματα, με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ανοίγματος και κλεισίματος αυτών.

Επιπλέον, στις εισόδους των στοών θα τοποθετηθούν προειδοποιητικές απαγορευτικές πινακίδες. Για την επιπλέον ασφάλεια των εργαζομένων στα υπόγεια προβλέπεται και εκεί η τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων με κατάλληλη φωτεινή σήμανση κυρίως στα σημεία μεγάλης επικινδυνότητας. Ερυθρή φωτεινή σήμανση θα υπάρχει και στις εισόδους των λουκιών.

Για την επικοινωνία των εργαζομένων των υπογείων με την επιφάνεια προβλέπεται η τοποθέτηση τηλεφωνικού δικτύου. Η τοποθέτηση των τηλεφωνικών συσκευών θα γίνεται σε κομβικά σημεία. Στην εικόνα 9.2.2 εμφανίζεται μια τηλεφωνική συσκευή εντός του μεταλλείου. Για λόγους ασφαλείας επιβάλλεται η απενεργοποίηση των κινητών τηλεφώνων σε όσους εργάζονται ή εισέρχονται εντός των υπόγειων στοών.

Να σημειωθεί εδώ ότι στα σημεία πρόσβασης προς εξοφλημένα τμήματα της εκμετάλλευσης, αλλά και σε άλλα επικίνδυνα σημεία θα τοποθετηθούν ξύλινα φράγματα και προειδοποιητικές σημάνσεις. Σε καίρια σημεία και σε διασταυρώσεις εντός του μεταλλείου θα τοποθετούνται πινακίδες επισήμανσης της εξόδου.

Για την ασφάλεια του εργαζόμενου προσωπικού επιβάλλεται τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα να συντηρούνται συχνά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστριών εταιρειών. Κυρίως θα ελέγχονται και θα συντηρούνται τα συστήματα ασφαλείας των μηχανημάτων, δηλαδή τα φρένα, τα φώτα, τα ελαστικά, τα υδραυλικά και ηχητικά συστήματα καθώς και τα συστήματα του καθαρισμού των καυσαερίων.

Τέλος, για λόγους ασφαλείας απαγορεύεται η απασχόληση μεμονωμένων ατόμων εντός των υπογείων. Όλες οι εργασίες πρέπει να εκτελούνται από νηφάλια άτομα, τα οποία να διαθέτουν τα απαραίτητα ουσιαστικά και τυπικά προσόντα.



Εικόνα 9.2.2 Τηλεφωνική συσκευή εντός του μεταλλείου

10. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος της εκμετάλλευσης. Το κόστος αυτό διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους κόστη. Στο κόστος επένδυσης και στο κόστος λειτουργίας.

10.1 Κόστος Επένδυσης

Ως κόστος επένδυσης υπολογίζονται οι δαπάνες για τη διάνοιξη των στείρων στοών, αλλά και το κόστος εγκατάστασης των υποδομών του εργοταξίου. Δεν θα υπολογιστεί στο κόστος επένδυσης η αγορά των μηχανημάτων που απαιτούνται, καθώς θα χρησιμοποιηθούν τα ήδη υπάρχοντα από το στόλο της εταιρείας.

10.1.1 Κόστος διάνοιξης στείρων στοών

Τα συνολικά μέτρα στείρων στοών είναι **2.164,5 m** με διαστάσεις στοών **4 m × 5 m**. Σύμφωνα με τις διαστάσεις των στοών προκύπτει ότι ο συνολικός όγκος των ασβεστολιθικών στείρων ανέρχεται στα **39.567 m³** ή στους **106.830,9 tn**. Ανά ημέρα με την εργασία του ενός διατρητικού παράγονται **444,204 tn** στείρων.

Το κόστος διάνοιξης των στείρων στοών υπολογίζεται ως εξής:

1. Διάτρηση

➤ Κορώνες

$N=a/L_K$, όπου N ο αριθμός των κορώνων που απαιτούνται ανά ημέρα, όπου a τα μέτρα διάτρησης ανά ημέρα και L_K η διάρκεια ζωής της κορώνας. Στις προσπελαστικές στοές τα διατρήματα είναι **54** και έχουν μήκος **3,2 m**.

Άρα $a=(54 \text{ διατρήματα/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (3,2 \text{ m/διάτρημα}) \rightarrow a=518,4 \text{ m/ημέρα}$.

Η κάθε κορώνα έχει διάρκεια ζωής $L_K=8.000 \text{ m}$ μήκος διάτρησης. Άρα $N=518,4/8.000 \rightarrow N=0,06 \text{ κορώνες/ημέρα}$.

$K_K=N \times C_K/\Pi$, όπου K_K το κόστος της κορώνας ανά tn ασβεστόλιθου, όπου C_K το κόστος αγοράς της μίας κορώνας και όπου Π η ημερίσια παραγωγή ασβεστόλιθου από το ένα διατρητικό.

Η τιμή της κορώνας είναι $C_K=40 \text{ €}$ και η ημερίσια παραγωγή ασβεστολίθου ανέρχεται στους $\Pi=444,204 \text{ tn/ημέρα}$.

Άρα $K_K=0,06 \text{ κορώνες/ημέρα} \times (40 \text{ €/κορώνα}) / (444,204 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_K=0,0054 \text{ €/tn}$

➤ Στελέχη

$N=a/L_\Sigma$, όπου N ο αριθμός των στελεχών που απαιτούνται ανά ημέρα, όπου a τα μέτρα διατήρησης ανά ημέρα και L_Σ η διάρκεια ζωής του στελέχους.

Το a υπολογίστηκε προηγουμένως $518,4 \text{ m/ημέρα}$ και η διάρκεια ζωής του στελέχους είναι $L_\Sigma=6.000 \text{ m}$. Άρα $N=518,4/6.000 \rightarrow N=0,08 \text{ στελέχη/ημέρα}$.

$K_\Sigma=N \times C_\Sigma/\Pi$, όπου K_Σ το κόστος του στελέχους ανά tn ασβεστόλιθου, όπου C_Σ το κόστος αγοράς του ενός στελέχους και όπου Π η ημερίσια παραγωγή ασβεστολίθου από το ένα διατηρητικό.

Η τιμή του στελέχους είναι $C_\Sigma=250 \text{ €}$ και η ημερίσια παραγωγή ασβεστολίθου ανέρχεται στους $\Pi=444,204 \text{ tn/ημέρα}$.

Άρα $K_\Sigma=0,08 \text{ στελέχη/ημέρα} \times (250 \text{ €/στέλεχος}) / 444,204 \text{ tn/ημέρα} \rightarrow K_\Sigma=0,044 \text{ €/tn}$

➤ Πετρέλαιο

$K_\Pi=W \times 0,2 \text{ lt} \times n \times T \times (C_\Pi/\Pi)$, όπου W η ιπποδύναμη του μηχανήματος, T οι ώρες λειτουργίας ανά ημέρα, C_Π το κόστος του πετρελαίου, n ο συντελεστής φορτίου και Π η ημερίσια παραγωγή. Η ιπποδύναμη του διατηρητικού είναι $W=87 \text{ Hp}$, οι ώρες λειτουργίας του είναι $T=3 \text{ hr/ημέρα}$, το κόστος του πετρελαίου είναι $C_\Pi=1,2 \text{ €/lt}$ και ο συντελεστής φορτίου λαμβάνεται ίσος με $n=0,8$.

Αντικαθιστώντας, το κόστος του διατηρητικού σε πετρέλαιο είναι $K_\Pi=87 \text{ Hp} \times 0,2 \text{ lt} \times 0,8 \times 3 \text{ hr/ημέρα} \times (1,2 \text{ €/lt}) / (444,204) \rightarrow K_\Pi=0,11 \text{ €/tn}$

Το συνολικό κόστος διατήρησης είναι $K_\Delta=K_K + K_\Sigma + K_\Pi \rightarrow K_\Delta=0,0054 \text{ €/tn} + 0,044 \text{ €/tn} + 0,11 \text{ €/tn} \rightarrow K_\Delta=0,16 \text{ €/tn}$.

Οι υπολογισμοί έγιναν για ένα διατηρητικό, ενώ προβλέπονται δύο. Άρα $K_\Delta=0,32 \text{ €/tn}$. Τα συνολικά στείρα που θα εξορυχθούν ανέρχονται στους $106.830,9 \text{ tn}$. Άρα το συνολικό κόστος διατήρησης θα είναι $K_\Delta=0,32 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_\Delta=34.186 \text{ €}$.

2. Υποστήριξη

➤ Κοχλίες

$K_K = N_K \times C_R / \Pi$, όπου K_K το κόστος των κοχλιών ανά **tn**, N_K ο αριθμός των κοχλιών που τοποθετούνται ανά μέρα και C_R το κόστος του ενός κοχλίου.

Στις ασβεστολιθικές στοές τοποθετούνται ανά μέτωπο 12 κοχλίες, δηλαδή μέσα σε μία ημέρα ισχύει ότι $N_K = 36$ κοχλίες/ημέρα. Επίσης, το κόστος του κάθε κοχλίου είναι $C_R = 14$ €.

Άρα $K_K = 36 \text{ κοχλίες/ημέρα} \times (14 \text{ €/κοχλίο}) / (444,204 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_K = 1,08 \text{ €/tn}$.

➤ Πετρέλαιο κοχλιωτικού

$K_{\Pi} = W \times 0,2 \text{ lt} \times n \times T \times (C_{\Pi} / \Pi)$. Το κοχλιωτικό έχει ιπποδύναμη $W = 55 \text{ Hp}$ και εργάζεται $T = 3 \text{ hr/ημέρα}$. Άρα $K_{\Pi} = 55 \text{ Hp} \times 0,2 \text{ lt} \times 0,8 \times 3 \text{ hr/ημέρα} \times (1,2 \text{ €/lt}) / (444,204) \rightarrow K_{\Pi} = 0,07 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος της υποστήριξης είναι ίσο με $K_Y = K_K + K_{\Pi} \rightarrow K_Y = 1,08 \text{ €/tn} + 0,07 \text{ €/tn} \rightarrow K_Y = 1,15 \text{ €/tn}$. Στην πράξη θα χρησιμοποιηθούν δύο κοχλιωτικά. Άρα είναι $K_Y = 2,3 \text{ €/tn}$.

Τα συνολικά στείρα που θα εξορυχθούν ανέρχονται στους **106.830,9 tn**. Το συνολικό κόστος υποστήριξης θα είναι $K_Y = 2,3 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_Y = 245.711 \text{ €}$.

3. Γόμωση

➤ Ζελατοδυναμίτιδα

Το κόστος της ζελατοδυναμίτιδας είναι $K_Z = (2 \text{ γομώσεις/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (135 \text{ Kg/γόμωση}) \times (1,5 \text{ €/kg}) \rightarrow K_Z = 1.215 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_Z = 1,36 \text{ €/tn}$.

➤ Καψύλια

Το κόστος των καψυλίων είναι $K_K = (2 \text{ μέτωπα/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (53 \text{ καψύλια/μέτωπο}) \times (1 \text{ €/καψύλιο}) \rightarrow K_K = 318 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_K = 0,35 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος της γόμωσης είναι $K_{\Gamma} = K_Z + K_K \rightarrow K_{\Gamma} = 1,36 \text{ €/tn} + 0,35 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Gamma} = 1,71 \text{ €/tn}$. Η εξόρυξη όλων των στείρων θα κοστίσει $K_{\Gamma} = 1,71 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{\Gamma} = 182.681 \text{ €}$.

4. Φόρτωση – Μεταφορά

- Κόστος φόρτωσης – Φορτωτής

$K_{\Phi} = (1 \text{ ξεμπάζ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ ημέρα}) \times (1 \text{ hr/βάρδια}) \times (20 \text{ lt/h}) \times (1,2 \text{ €/lt})$
→ $K_{\Phi} = 72 \text{ €/ημέρα}$. Στην πραγματικότητα θα χρησιμοποιηθούν δύο φορτωτές. Άρα $K_{\Phi} = 144 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{\Phi} = 0,16 \text{ €/tn}$.

- Κόστος μεταφοράς – Φορτηγό

$K_M = (1 \text{ ξεμπάζ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ ημέρα}) \times (1 \text{ hr/βάρδια}) \times (25 \text{ lt/h}) \times (1,2 \text{ €/lt})$
→ $K_M = 90 \text{ €/ημέρα}$. Στην πραγματικότητα θα χρησιμοποιηθούν δύο. Άρα $K_M = 180 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_M = 0,2 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος της φόρτωσης και της μεταφοράς είναι $K_{(\Phi+M)} = K_{\Phi} + K_M \rightarrow K_{(\Phi+M)} = 0,16 \text{ €/tn} + 0,2 \text{ €/tn} \rightarrow K_{(\Phi+M)} = 0,36 \text{ €/tn}$. Η εξόρυξη όλων των στείρων θα κοστίσει $K_{(\Phi+M)} = 0,36 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{(\Phi+M)} = 38.459 \text{ €}$.

5. Ξεσκάρωμα

- Κόστος ξεσκαρωτικού μηχανήματος

$K_{\Xi} = (1 \text{ ξεσκάρ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (0,5 \text{ hr/βάρδια}) \times (15 \text{ lt/hr}) \times (1,2 \text{ €/lt}) \rightarrow K_{\Xi} = 27 \text{ €/ημέρα}$.

Για τα δύο ξεσκαρωτικά που θα χρησιμοποιηθούν ισχύει ότι $K_{\Xi} = 54 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{\Xi} = 0,06 \text{ €/tn}$.

Η εξόρυξη όλων των στείρων θα κοστίσει $K_{\Xi} = 0,06 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{\Xi} = 6.410 \text{ €}$.

6. Εργατικά

- Χειριστές

$(8 \text{ χειριστές/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 24 \text{ χειριστές/ημέρα}$. Το κόστος των χειριστών είναι $K_X = (2.500 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 24 \text{ χειριστές} \rightarrow K_X = 2.726 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_X = 3 \text{ €/tn}$.

Για τους συνολικούς τόνους $K_X = 3 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_X = 320.493 \text{ €}$.

- Γομωτές

(2 γομωτές/βάρδια) × (3 βάρδιες/ημέρα)=6 γομωτές/ημέρα. Το κόστος των γομωτών είναι $K_{\Gamma}=(2.000 \text{ €/μήνα})/(22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ γομωτές} \rightarrow K_{\Gamma}=545 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{\Gamma}=0,61 \text{ €/tn}$.

Για τους συνολικούς τόνους $K_{\Gamma}=0,61 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{\Gamma}=65.167 \text{ €}$.

➤ **Εργάτες**

(6 εργάτες/βάρδια) × (3 βάρδιες/ημέρα)=18 εργάτες /ημέρα. Το κόστος των εργατών είναι $K_{EP}=(1.800 \text{ €/μήνα})/(22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 18 \text{ εργάτες} \rightarrow K_{EP}=1.472 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{EP}=1,65 \text{ €/tn}$.

Για τους συνολικούς τόνους $K_{EP}=1,65 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{EP}=176.271 \text{ €}$.

➤ **Επιστάτες**

(2 επιστάτες/βάρδια) × (3βάρδιες/ημέρα)=6 επιστάτες/ημέρα . Το κόστος των επιστατών είναι $K_{E\Pi}=(2.500 \text{ €/μήνα})/(22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ επιστάτες} \rightarrow K_{E\Pi}=682 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{E\Pi}=0,76 \text{ €/tn}$.

Για τους συνολικούς τόνους $K_{E\Pi}=0,76 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_{E\Pi}=81.191 \text{ €}$.

➤ **Μηχανικοί**

(2 μηχανικοί/βάρδια) × (3βάρδιες/ημέρα)=6 μηχανικοί/ημέρα . Το κόστος των μηχανικών είναι $K_M=(1.500 \text{ €/μήνα})/(22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ μηχανικοί} \rightarrow K_M=409 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_M=0,46 \text{ €/tn}$.

Για τους συνολικούς τόνους $K_M=0,46 \text{ €/tn} \times 106.830,9 \text{ tn} \rightarrow K_M=49.142 \text{ €}$.

Το συνολικό κόστος των εργατικών είναι $K_E=K_X + K_{\Gamma} + K_{EP} + K_{E\Pi} + K_M \rightarrow K_E=320.493 \text{ €} + 65.167 \text{ €} + 176.271 \text{ €} + 81.191 \text{ €} + 49.142 \text{ €} \rightarrow K_E=692.264 \text{ €}$.

Το συνολικό κόστος της διάνοιξης των στείρων στοών είναι $K_I=K_{\Delta} + K_Y + K_{\Gamma} + K_{(\Phi+M)} + K_{\Xi} + K_E \rightarrow K_I=34.186 \text{ €} + 245.711 \text{ €} + 182.681 \text{ €} + 38.459 \text{ €} + 6.410 \text{ €} + 692.264 \text{ €} \rightarrow K_I=1.179.711 \text{ €}$.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς το κόστος της διάνοιξης των στείρων, το οποίο είναι και το μεγαλύτερο μέρος του κόστους επένδυσης φτάνει τα **1.179.711 €**. Το συνολικό κόστος επένδυσης αγγίζει τα **K_E=1.269.711 €** και δίνεται αναλυτικά στον πίνακα 10.1.1.

Πίνακας 10.1.1 Κόστος επένδυσης

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Διάνοιξη στείρων ασβεστολιθικών στοών	1.179.711
Ηλεκτρολογική εγκατάσταση	15.000
Δίκτυο παροχής νερού	2.000
Αγωγοί αερισμού	15.000
Τηλεφωνικό δίκτυο - Συσκευές	1.500
Προκατασκευασμένος οικίσκος iso box – Εργασίες εγκατάστασης	15.000
Βελτίωση – Συντήρηση δρόμου προσπέλασης	7.500
Περιβαλλοντική αποκατάσταση	30.000
Διάφορα απρόβλεπτα	4.000
Σύνολο	1.269.711

10.2 Κόστος λειτουργίας

Ως κόστος λειτουργίας υπολογίζονται οι δαπάνες για την εξόρυξη του βωξίτη, καθώς και υπόλοιπες δαπάνες που έχουν σχέση με τη συντήρηση των μηχανημάτων, τη μεταφορά του εξορυσσόμενου βωξίτη, το κόστος επεξεργασίας, το κόστος της φόρτωσης των πλοίων και τέλος τα μισθώματα προς το κράτος. Εν τέλει, αθροιζόμενα τα κόστη αυτά θα δώσουν το κόστος της παραγωγής του βωξίτη ανά tn.

10.2.1 Κόστος εξόρυξης βωξίτη

Ο συνολικός παραγόμενος βωξίτης ανέρχεται στα **135.189,6 m³** ή **432.606,72 tn**. Άνα ημέρα με την ταυτόχρονη εργασία και των δύο ομάδων παράγονται **2.592 tn** βωξίτη.

Το κόστος της εξόρυξης του βωξίτη υπολογίζεται ως εξής:

1. Διάρθρωση

➤ Κορώνες

$N=a/L_K$, όπου **N** ο αριθμός των κορώνων που απαιτούνται ανά ημέρα, όπου **a** τα μέτρα διάρθρωσης ανά ημέρα και **L_K** η διάρκεια ζωής της κορώνας. Στις βωξιτικές στοές τα διατρήματα είναι **52** και έχουν μήκος **3,2 m**.

Άρα $a = (104 \text{ διατρήματα/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (3,2 \text{ m/διάτρημα}) \rightarrow a = 998,4 \text{ m/ημέρα.}$

Η κάθε κορώνα έχει διάρκεια ζωής $L_K = 8.000 \text{ m}$ μήκος διάτρησης. Άρα $N = 998,4/8.000 \rightarrow N = 0,12 \text{ κορώνες/ημέρα.}$

$K_K = N \times C_K/\Pi$, όπου K_K το κόστος της κορώνας ανά tn βωξίτη, όπου C_K το κόστος αγοράς της μίας κορώνας και όπου Π η ημερίσια παραγωγή βωξίτη από το ένα διατρητικό.

Η τιμή της κορώνας είναι $C_K = 40 \text{ €}$ και η ημερίσια παραγωγή βωξίτη ανέρχεται στους $\Pi = 1.296 \text{ tn/ημέρα.}$

Άρα $K_K = 0,12 \text{ κορώνες/ημέρα} \times (40 \text{ €/κορώνα}) / (1.296 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_K = 0,0037 \text{ €/tn}$

➤ Στελέχη

$N = a/L_\Sigma$, όπου N ο αριθμός των στελεχών που απαιτούνται ανά ημέρα, όπου a τα μέτρα διάτρησης ανά ημέρα και L_Σ η διάρκεια ζωής του στελέχους.

Το a υπολογίστηκε προηγουμένως $998,4 \text{ m/ημέρα}$ και η διάρκεια ζωής του στελέχους είναι $L_\Sigma = 6.000 \text{ m}$. Άρα $N = 998,4/6.000 \rightarrow N = 0,16 \text{ στελέχη/ημέρα.}$

$K_\Sigma = N \times C_\Sigma/\Pi$, όπου K_Σ το κόστος του στελέχους ανά tn βωξίτη, όπου C_Σ το κόστος αγοράς του ενός στελέχους και όπου Π η ημερίσια παραγωγή βωξίτη από το ένα διατρητικό.

Η τιμή του στελέχους είναι $C_\Sigma = 250 \text{ €}$ και η ημερίσια παραγωγή βωξίτη ανέρχεται στους $\Pi = 1.296 \text{ tn/ημέρα.}$

Άρα $K_\Sigma = 0,16 \text{ στελέχη/ημέρα} \times (250 \text{ €/στέλεχος}) / 1.296 \text{ tn/ημέρα} \rightarrow K_\Sigma = 0,038 \text{ €/tn}$

➤ Πετρέλαιο

$K_\Pi = W \times 0,2 \text{ lt} \times n \times T \times (C_\Pi/\Pi)$, όπου W η ιπποδύναμη του μηχανήματος, T οι ώρες λειτουργίας ανά ημέρα, C_Π το κόστος του πετρελαίου, n ο συντελεστής φορτίου και Π η ημερίσια παραγωγή. Η ιπποδύναμη του διατρητικού είναι $W = 87 \text{ Hp}$, οι ώρες λειτουργίας του είναι $T = 6 \text{ hr/ημέρα}$, το κόστος του πετρελαίου είναι $C_\Pi = 1,2 \text{ €/lt}$ και ο συντελεστής φορτίου λαμβάνεται ίσος με $n = 0,8$.

Αντικαθιστώντας, το κόστος του διατηρητικού σε πετρέλαιο είναι $K_{\Pi}=87 \text{ Hp} \times 0,2 \text{ lt} \times 0,8 \times 6 \text{ hr/ημέρα} \times (1,2 \text{ €/lt})/(1.296 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_{\Pi}=0,07 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος διάτρησης είναι $K_{\Delta}=K_K + K_{\Sigma} + K_{\Pi} \rightarrow K_{\Delta}=0,0037 \text{ €/tn} + 0,038 \text{ €/tn} + 0,07 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Delta}=0,11 \text{ €/tn}$.

Οι υπολογισμοί έγιναν για ένα διατηρητικό, ενώ προβλέπονται δύο. Άρα $K_{\Delta}=0,22 \text{ €/tn}$.

2. Υποστήριξη

➤ Κοχλίες

$K_K=N_K \times C_R/\Pi$, όπου K_K το κόστος των κοχλιών ανά **tn**, N_K ο αριθμός των κοχλιών που τοποθετούνται ανά μέρα και C_R το κόστος του ενός κοχλία.

Στις βωξιτικές στοές τοποθετούνται ανά μέτωπο 15 κοχλίες, δηλαδή μέσα σε μία ημέρα ισχύει ότι $N_K=90 \text{ κοχλίες/ημέρα}$. Επίσης, το κόστος του κάθε κοχλία είναι $C_R=14 \text{ €}$.

Άρα $K_K=90 \text{ κοχλίες/ημέρα} \times (14 \text{ €/κοχλία})/(1.296 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_K=0,97 \text{ €/tn}$.

➤ Πετρέλαιο κοχλιωτικού

$K_{\Pi}=W \times 0,2 \text{ lt} \times n \times T \times (C_{\Pi}/\Pi)$. Το κοχλιωτικό έχει ιπποδύναμη $W=55 \text{ Hp}$ και εργάζεται $T=6 \text{ hr/ημέρα}$. Άρα $K_{\Pi}=55 \text{ Hp} \times 0,2 \text{ lt} \times 0,8 \times 6 \text{ hr/ημέρα} \times (1,2 \text{ €/lt})/(1.296 \text{ tn/ημέρα}) \rightarrow K_{\Pi}=0,05 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος της υποστήριξης είναι ίσο με $K_Y=K_K + K_{\Pi} \rightarrow K_Y=0,97 \text{ €/tn} + 0,05 \text{ €/tn} \rightarrow K_Y=1,2 \text{ €/tn}$. Στην πράξη θα χρησιμοποιηθούν δύο κοχλιωτικά. Άρα είναι $K_Y=2,4 \text{ €/tn}$.

3. Γόμωση

➤ Ζελατοδυναμίτιδα

Το κόστος της ζελατοδυναμίτιδας είναι $K_Z=(4 \text{ γομώσεις/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (180 \text{ Kg/γόμωση}) \times (1,5 \text{ €/kg}) \rightarrow K_Z=3.240 \text{ €/ημέρα} \text{ ή } K_Z=1,25 \text{ €/tn}$.

➤ Καψύλια

Το κόστος των καψυλίων είναι $K_K = (4 \text{ μέτωπα/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (51 \text{ καψύλια/μέτωπο}) \times (1 \text{ €/καψύλιο}) \rightarrow K_K = 612 \text{ €/ημέρα ή } K_K = 0,23 \text{ €/tn.}$

Το συνολικό κόστος της γόμωσης είναι $K_I = K_Z + K_K \rightarrow K_I = 1,25 \text{ €/tn} + 0,23 \text{ €/tn} \rightarrow K_I = 1,48 \text{ €/tn.}$

4. Φόρτωση – Μεταφορά

➤ Κόστος φόρτωσης – Φορτωτής

$K_\Phi = (2 \text{ ξεμπάζ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ ημέρα}) \times (2 \text{ hr/βάρδια}) \times (20 \text{ lt/h}) \times (1,2 \text{ €/lt}) \rightarrow K_\Phi = 288 \text{ €/ημέρα.}$ Στην πραγματικότητα θα χρησιμοποιηθούν δύο φορτωτές. Άρα $K_\Phi = 576 \text{ €/ημέρα ή } K_\Phi = 0,22 \text{ €/tn.}$

➤ Κόστος μεταφοράς – Φορτηγό

$K_M = (2 \text{ ξεμπάζ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ ημέρα}) \times (2 \text{ hr/βάρδια}) \times (25 \text{ lt/h}) \times (1,2 \text{ €/lt}) \rightarrow K_M = 360 \text{ €/ημέρα.}$ Στην πραγματικότητα θα χρησιμοποιηθούν δύο φορτηγά. Άρα $K_M = 720 \text{ €/ημέρα ή } K_M = 0,28 \text{ €/tn.}$

Το συνολικό κόστος της φόρτωσης και της μεταφοράς είναι $K_{(\Phi+M)} = K_\Phi + K_M \rightarrow K_{(\Phi+M)} = 0,22 \text{ €/tn} + 0,28 \text{ €/tn} \rightarrow K_{(\Phi+M)} = 0,5 \text{ €/tn.}$

5. Ξεσκάρωμα

➤ Κόστος ξεσκαρωτικού μηχανήματος

$K_\Xi = (2 \text{ ξεσκάρ/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) \times (1 \text{ hr/βάρδια}) \times (15 \text{ lt/hr}) \times (1,2 \text{ €/lt}) \rightarrow K_\Xi = 108 \text{ €/ημέρα.}$ Στην πράξη χρησιμοποιούνται δύο ξεσκαρωτικά, άρα $K_\Xi = 216 \text{ €/ημέρα ή } K_\Xi = 0,08 \text{ €/tn.}$

6. Εργατικά

➤ Χειριστές

$(8 \text{ χειριστές/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 24 \text{ χειριστές/ημέρα.}$ Το κόστος των χειριστών είναι $K_X = (2.500 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 24 \text{ χειριστές} \rightarrow K_X = 2.726 \text{ €/ημέρα ή } K_X = 1,05 \text{ €/tn.}$

➤ Γομωτές

$(2 \text{ γομωτές/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 6 \text{ γομωτές/ημέρα}$. Το κόστος των γομωτών είναι $K_{\Gamma} = (2.000 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ γομωτές} \rightarrow K_{\Gamma} = 545 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{\Gamma} = 0,21 \text{ €/tn}$.

➤ Εργάτες

$(6 \text{ εργάτες/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 18 \text{ εργάτες/ημέρα}$. Το κόστος των εργατών είναι $K_{EP} = (1.800 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 18 \text{ εργάτες} \rightarrow K_{EP} = 1.472 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{EP} = 0,56 \text{ €/tn}$.

➤ Επιστάτες

$(2 \text{ επιστάτες/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 6 \text{ επιστάτες/ημέρα}$. Το κόστος των επιστατών είναι $K_{EP} = (2.500 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ επιστάτες} \rightarrow K_{EP} = 682 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_{EP} = 0,26 \text{ €/tn}$.

➤ Μηχανικοί

$(2 \text{ μηχανικοί/βάρδια}) \times (3 \text{ βάρδιες/ημέρα}) = 6 \text{ μηχανικοί/ημέρα}$. Το κόστος των μηχανικών είναι $K_M = (1.500 \text{ €/μήνα}) / (22 \text{ ημέρες/μήνα}) \times 6 \text{ μηχανικοί} \rightarrow K_M = 409 \text{ €/ημέρα}$ ή $K_M = 0,15 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος των εργατικών ανά tn είναι $K_E = K_X + K_{\Gamma} + K_{EP} + K_{EP} + K_M \rightarrow K_E = 1,05 \text{ €/tn} + 0,21 \text{ €/tn} + 0,56 \text{ €/tn} + 0,26 \text{ €/tn} + 0,15 \text{ €/tn} \rightarrow K_E = 2,23 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος της εξόρυξης βωξίτη είναι $K_2 = K_{\Delta} + K_Y + K_{\Gamma} + K_{(\Phi+M)} + K_{\Xi} + K_E \rightarrow K_2 = 0,22 \text{ €/tn} + 2,4 \text{ €/tn} + 1,48 \text{ €/tn} + 0,5 \text{ €/tn} + 0,08 \text{ €/tn} + 2,23 \text{ €/tn} \rightarrow K_2 = 6,9 \text{ €/tn}$.

10.2.2 Κόστος συντήρησης μηχανημάτων

Το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων θα υπολογιστεί βάσει του τύπου $K_{\Sigma} = 0,4 \times \text{Κόστος καυσίμου}$. Ο εμπειρικός αυτός τύπος χρησιμοποιείται ευρέως στα μεταλλεία και έχει επαληθευτεί από την μακροχρόνια πρακτική στις μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις.

Για το διατρητικό μηχάνημα είναι $K_{\Sigma\Delta} = 0,4 \times 0,07 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma\Delta} = 0,028 \text{ €/tn}$. Για τα δύο διατρητικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι $K_{\Sigma\Delta} = 0,056 \text{ €/tn}$.

Για το κοχλιωτικό μηχάνημα είναι $K_{\Sigma K}=0,4 \times 0,05 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma K}=0,02 \text{ €/tn}$. Για τα δύο κοχλιωτικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι $K_{\Sigma K}=0,04 \text{ €/tn}$.

Για το ξεσκαρωτικό μηχάνημα είναι $K_{\Sigma \Xi}=0,4 \times 0,08 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma \Xi}=0,032 \text{ €/tn}$. Για τα δύο ξεσκαρωτικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι $K_{\Sigma \Xi}=0,064 \text{ €/tn}$.

Για το φορτηγό υπογείων είναι $K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΗΓ}}=0,4 \times 0,22 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΗΓ}}=0,088 \text{ €/tn}$. Για τα δύο φορτηγά που θα χρησιμοποιηθούν είναι $K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΗΓ}}=0,176 \text{ €/tn}$.

Για το φορτωτή είναι $K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΩΤ}}=0,4 \times 0,18 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΩΤ}}=0,072 \text{ €/tn}$. Για το υς δύο φορτωτές που θα χρησιμοποιηθούν είναι $K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΩΤ}}=0,144 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος συντήρησης των μηχανημάτων είναι $K_{\Sigma}=K_{\Sigma \Delta} + K_{\Sigma K} + K_{\Sigma \Xi} + K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΗΓ}} + K_{\Sigma \text{ΦΟΡΤΩΤ}} \rightarrow K_{\Sigma}=0,056 \text{ €/tn} + 0,04 \text{ €/tn} + 0,064 \text{ €/tn} + 0,176 \text{ €/tn} + 0,144 \text{ €/tn} \rightarrow K_{\Sigma}=0,48 \text{ €/tn}$.

10.2.3 Υπόλοιπα κόστη – Συνολικό κόστος λειτουργίας

Τα κόστη τα οποία σχετίζονται με τη μεταφορά του εξορυσσόμενου βωξίτη στην μονάδα εμπλουτισμού που διαθέτει η εταιρεία στη Ιτέα, την επεξεργασία του βωξίτη στη μονάδα εμπλουτισμού, τη μεταφορά του επεξεργασμένου μεταλλεύματος με πλοία από τη σκάλα φόρτωσης στην Ιτέα προς τα εργοστάσια μεταλλουργίας, οι αποσβέσεις και τα μισθώματα προς το κράτος παρουσιάζονται στον πίνακα 10.2.3. Τα στοιχεία αυτά ελήφθησαν από την εταιρεία S&B και αθροιζόμενα με τα υπόλοιπα κόστη θα δώσουν το συνολικό κόστος παραγωγής βωξίτη ανά tn.

Πίνακας 10.2.3 Συμπληρωματικά κόστη – Κόστη μεταφοράς και επεξεργασίας

A/A	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΤΙΜΗ (€/tn)
1.	Κόστος μεταφοράς	Αμοιβές – Ημερομίσθια Φόρτωση μεταλλεύματος Δαπάνες οχημάτων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα απρόβλεπτα	3,00
2.	Κόστος επεξεργασίας	Αμοιβές – Ημεροσμίσθια Ενέργεια Δαπάνες εγκαταστάσεων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα απρόβλεπτα	3,00
3.	Κόστος φόρτωσης πλοίων	Αμοιβές – Ημεροσμίσθια Ενέργεια Δαπάνες εγκαταστάσεων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα απρόβλεπτα	0,5
4.	Μη κατανεμηθέντα έξοδα	Αποσβέσεις Έρευνα Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα απρόβλεπτα	2,5
5.	Μισθώματα		1
	Συνολικό κόστος		10

Συνεπώς τα υπόλοιπα κόστη που συμπεριλαμβάνονται στο συνολικό κόστος λειτουργίας είναι $K_3=10 \text{ €/tn}$.

Το συνολικό κόστος λειτουργίας του παραγόμενου βωξίτη είναι ίσο με το άθροισμα του κόστους εξόρυξης βωξίτη, του κόστους συντήρησης των μηχανημάτων και του κόστους των υπόλοιπων διεργασιών.

$$\text{Άρα } K_A = K_2 + K_\Sigma + K_3 \rightarrow K_A = 6,9 \text{ €/tn} + 0,48 \text{ €/tn} + 10 \text{ €/tn} \rightarrow K_A = 17,38 \text{ €/tn}.$$

Το κόστος λειτουργίας εν τέλει είναι ίσο με **17,38 €/tn**.

10.3 Συνολικό κόστος – Προϋπολογιζόμενα κέρδη

Το συνολικό κόστος θα βρεθεί από το άθροισμα του κόστους επένδυσης και του κόστους λειτουργίας που έχουν ήδη υπολογιστεί. Σε συνάρτηση με το συνολικό κόστος και τα έσοδα που θα προκύψουν από την πώληση του εξορυσσόμενου στην τρέχουσα τιμή βωξίτη θα βρεθούν τα κέρδη που θα αποφέρει η υπό μελέτη εκμετάλλευση.

10.3.1 Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος **K** είναι ίσο με το άθροισμα του κόστους επένδυσης και του κόστους λειτουργίας, δηλαδή **$K=K_A + K_E$** .

Το κόστος λειτουργίας εκφρασμένο ανά tn παραγωγής βωξίτη είναι **$K_A=17,38 \text{ €/tn}$** . Ο βωξίτης που θα εξορυχθεί συνολικά ανέρχεται στους **432.606,72 tn**. Άρα το συνολικό λειτουργικό κόστος είναι **$K_A=17,38 \text{ €/tn} \times 432.606,72 \text{ tn} \rightarrow K_A=7.518.705 \text{ €}$** .

Το συνολικό κόστος της εκμετάλλευσης είναι **$K=K_A + K_E \rightarrow K=7.518.705 \text{ €} + 1.269.711 \text{ €} \rightarrow K=8.788.416 \text{ €}$** .

10.3.2 Προϋπολογιζόμενα κέρδη

Η μέση τιμή πώλησης του εξορυσσόμενου βωξίτη ανέρχεται στα **35 \$/tn** ή στα **26 €/tn**. Άρα τα αναμενόμενα έσοδα ανέρχονται στα **$E=26 \text{ €/tn} \times 432.606,72 \text{ tn} \rightarrow E=11.247.775 \text{ €}$** .

Τα προϋπολογιζόμενα κέρδη που θα προκύψουν από την εκμετάλλευση είναι:

$$\mathbf{P=E - K \rightarrow P=11.247.775 \text{ €} - 8.788.416 \text{ €} \rightarrow P=2.459.359 \text{ €}}$$

Εκτιμάται δηλαδή ότι η εκμετάλλευση του υπό μελέτη κοιτάσματος θα αποφέρει κέρδη που ανέρχονται στα **2.459.359 €**.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκμετάλλευση του βωξίτη στην Ελλάδα είναι πολύ σημαντικός κλάδος τόσο της μεταλλευτικής όσο και της εθνικής οικονομίας. Η παραγωγή βωξίτη για το 2010 ανήλθε στους **1.855.000 tn**, ενώ η συνεισφορά του συγκεκριμένου κλάδου στο Α.Ε.Π για το 2009 ανέρχεται στο **2,3%** και στο **9%** των εξαγωγών της χώρας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης του υπόγειου βωξιτικού κοιτάσματος **Ασφακόλακκα 84/2.3**. Το υπόγειο βωξιτικό κοίτασμα **Ασφακόλακκα 84/2.3** είναι το μεγαλύτερο κοίτασμα του συγκροτήματος κοιτασμάτων του Ασφακόλακκα. Τα γεωλογικά αποθέματα του φακοειδούς αυτού κοιτάσματος του **γ' ορίζοντα** ανέρχονται στα **135.189,6 m³** ή στους **432.606,72 tn**. Το πάχος του κοιτάσματος είναι κατά μέσο όρο **6,1 m**, ενώ το μέγιστο ύψος των ασβεστολιθικών υπερκειμένων είναι **128 m**.

Ο σχεδιασμός τόσο του κοιτάσματος όσο και της εκμετάλλευσης του, έγινε με τη βοήθεια Η/Υ μέσω του μεταλλευτικού λογισμικού **Surpac 6.1.4** της **Gemcom**. Η χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού προσφέρει αρκετές λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το προς μελέτη κοίτασμα, όπως για παράδειγμα ο συνολικός του ακριβής όγκος με αρκετά μεγάλη ακρίβεια, η δυνατότητα ελέγχου του πάχους του κοιτάσματος σε όλη του την έκταση, στοιχεία τα οποία βοηθούν στην πιο εύκολη εκλογή της σωστής μεθόδου εκμετάλλευσης του υπό εξέταση κοιτάσματος. Επιπλέον, η τρισδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού μέσω του λογισμικού προσφέρει καλύτερη δυνατότητα ελέγχου των σχεδιασθέντων, πράγμα που βοηθά στον εντοπισμό πιθανών λαθών και δίνει τη δυνατότητα πολλαπλών υλοποιήσεων. Τέλος, η δυνατότητα σχεδιασμού κάθε φάσης της εκμετάλλευσης ξεχωριστά, προσφέρει το πλεονέκτημα του καλύτερου προγραμματισμού των εργασιών εντός του μεταλλείου.

Τα έργα προσπέλασης του μεταλλείου σχεδιάστηκαν με γνώμονα την όσο το δυνατόν μικρότερη διάνοιξη στείρων πετρωμάτων, σε συνάρτηση πάντα με την απαιτούμενη κλίση των στοών για την ομαλή διακίνηση των μηχανημάτων που θα εργάζονται εντός της υπόγειας εκμετάλλευσης. Επιπλέον, οι δύο στοές προσπέλασης καταλήγουν στα κεντροβαρικά σημεία των δύο αντίστοιχων τεμαχίων του κοιτάσματος. Το συνολικό μήκος των δύο προσπελαστικών στοών είναι **1.376 m**, ενώ σχεδιάσθηκαν με κλίση **7%**.

Στα τρία κομμάτια του κοιτάσματος **K₁**, **K₂** και **K₃** η εκμετάλλευση θα γίνει με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε λόγω της μικρής κλίσης του κοιτάσματος, του μικρού του πάχους και της μεγάλης τεχνικής εμπειρίας που υπάρχει στην εκμετάλλευση των βωξιτών με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Οι στύλοι θα είναι τετραγωνικοί και στη φάση της ανάπτυξης του μεταλλείου θα έχουν διαστάσεις **8 m × 8 m** και μέσο ύψος **6 m** με πλάτος θαλάμου **4 m**. Κατά τη φάση της εξόφλησης οι διαστάσεις των στύλων θα μειωθούν στα **5 m × 5 m**, ενώ το μέγιστο ύψος του στύλου που θα συναντηθεί είναι **16 m**. Ο συντελεστής απόληψης των **K₁**, **K₂** και **K₃** ανέρχεται στο **87%**. Στις πραγματικές συνθήκες βέβαια της παραγωγής τα πράγματα είναι πιο πολύπλοκα και πιθανώς ο συντελεστής αυτός θα μειωθεί.

Στο κομμάτι **K₄** του κοιτάσματος η εκμετάλλευση θα γίνει με τη μέθοδο της κατακρήμνισης διαδοχικών ορόφων. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε λόγω της πολύ μεγάλης κλίσης του κοιτάσματος η οποία ξεπερνά τις **45°**. Στην περίπτωση αυτή θα διανοιχθούν πέντε διευθυντικές σχεδόν οριζόντιες στοές και παράλληλες μεταξύ τους εντός του **K₄**. Η κατακόρυφη υψομετρική απόσταση μεταξύ τους θα είναι περίπου **11 m**. Στη φάση της εξόφλησης θα κατακρημνίζεται η οροφή των πέντε αυτών στοών κατά την οπισθοχώρηση προς την έναρξη τους. Οι εργασίες σε κάθε στοά θα γίνονται με τέτοιο χρονικό συντονισμό ώστε η γραμμή εξόφλησης να σχηματίζει γωνία **45°** με το οριζόντιο επίπεδο. Τέλος, ο συντελεστής απόληψης του **K₄** θα είναι **70%**.

Η προχώρηση που επιτυγχάνεται κατά τη διάνοιξη των προσπελαστικών, αλλά και των βωξιτικών στοών είναι **3 m** ανά πυροδότηση.

Για τις προσπελαστικές στοές, με ταυτόχρονη εργασία και στις δύο στοές προσπέλασης από δύο διαφορετικές ομάδες εργασίας (εργοτάξια), με μία ανατίναξη ανά βάρδια και για τρεις βάρδιες ανά μέρα, η προχώρηση θα είναι **18 m** ημερησίως.

Κατά τη φάση της πλήρους ανάπτυξης του μεταλλείου, θα υπάρχουν ταυτόχρονα σε ανάπτυξη **4 μέτωπα**. Κάθε ομάδα εργασίας αναλαμβάνει την ολοκλήρωση ενός πλήρους εξορυκτικού κύκλου μέσα σε μία βάρδια στα δύο μέτωπα που της αντιστοιχούν. Με την ταυτόχρονη ανάπτυξη και των τεσσάρων μετώπων με τρεις βάρδιες ανά ημέρα ο παραγόμενος βωξίτης ανέρχεται σε **2.592 tn/ημέρα**.

Όσο για τη χρονική διάρκεια των εξορυκτικών εργασιών, η διάτρηση ανά βωξιτικό μέτωπο διαρκεί **60 min**, η κοχλίωση του ταβανιού **60 min**, η φόρτωση μαζί με τη μεταφορά **120**

min, το ξεσκάρωμα **30 min**, η γόμωση **30 min**, η ανατίναξη **30 min** και το ξεκάπνισμα **30 min**.

Το κόστος του παραγόμενου βωξίτη συνυπολογίζοντας τα κόστη μεταφοράς, επεξεργασίας και φόρτωσης πλοίων ανέρχεται στα **17,38 €/tn**, ενώ το καθαρό συνολικό κόστος της εκμετάλλευσης υπολογίζεται στα **8.788.416 €**. Τα έσοδα από την πώληση του συνολικού εξορυσσόμενου βωξίτη, με μέση τιμή πώλησης **26 €/tn** ανέρχονται στα **11.247.775 €**. Συνεπώς, τα κέρδη που θα αποφέρει το υπό μελέτη κοίτασμα ανέρχονται στα **2.459.359 €**.

Ο χρόνος ζωής του μεταλλείου υπολογίζεται περίπου στους **16 μήνες**.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Γενική Γεωλογία», Αλίκη Αλεξούλη – Λειβαδίτη, Αθήνα 2005
- «Κοιτασματολογία», Αναστασία Μανουσάκη – Ορφανουδάκη, Αθήνα 2005
- «Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις – Εφαρμογή στη μεταλλευτική έρευνα», Σοφία Σταματάκη, Αθήνα 2006
- «Εκμετάλλευση Μεταλλείων Ι – Προσπέλαση και φωτισμός των μεταλλείων», Ιωάννης Ν. Οικονομόπουλος, Αθήνα 2002
- «Εκμετάλλευση Μεταλλείων ΙΙ – Ο αερισμός των μεταλλείων», Ιωάννης Ν. Οικονομόπουλος, Αθήνα 2002
- «Υπόγεια Έργα», Δημήτρης Καλιαμπάκος, Αθήνα 2003
- «Μέθοδοι Υπόγειων Εκμεταλλεύσεων», Νικόλαος Γ. Τερεζόπουλος, Αθήνα 2003
- «Συστήματα Φόρτωσης – Μεταφοράς και Μηχανολογικός Εξοπλισμός Μεταλλείων», Γεώργιος Παναγιώτου – Θεόδωρος Μιχαλακόπουλος, Αθήνα 2004
- «Διπλωματική Εργασία Εκμετάλλευσης Μεταλλείων – Εφαρμογή στα κοιτάσματα Ασφακόλακκα», Πέτρος Ντάτσης, Σταύρος Χαρχαλάκης, Αθήνα 1989
- «Διπλωματική Εργασία – Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης βωξιτικού κοιτάσματος Κοκκινόλιθου Φωκίδας», Διονύσης Κατωπόδης, Αθήνα 2011
- «Μεγάλες Ασκήσεις Εκμετάλλευσης Μεταλλείων», Νικόλαος Ι. Σκονδρέας, Αθήνα 1990
- «Benardos Andreas, Katopodis Dionisis, Design of an under ground bauxite exploitation in Greece, Proc. Mine Planning and Equipment Selection Symposium MPES 2001, Almaty, Kazakhstan, October 12-14, pp. 115-126.»