



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΩΝ
ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΥΤΗΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΛΛΙΡΡΟΗ ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΩΝ
ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΥΤΗΣ»

ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΛΛΙΡΡΟΗ ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ν. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

Γεώργιος Ν. Παναγιώτου, Καθηγητής
Σοφία Σταματάκη, Καθηγήτρια
Θεόδωρος Μιχαλακόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής

ΕΞΕΤΑΣΗ 14/7/2011

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες είναι μια ασυνεχής κυκλική διαδικασία η οποία ολοκληρώνεται στα εξής βασικά στάδια :

- 1) **Διάτρηση**, δηλαδή όρυξη διατρημάτων για την τοποθέτηση των εκρηκτικών με τη βοήθεια διατρητικού μηχανήματος.
- 2) **Γόμωση** των διατρημάτων με εκρηκτικές ύλες και μέσα έναυσης (εναυσματική γόμωση/γόμωση πυθμένα και κυρίως γόμωση) από εξειδικευμένο προσωπικό
- 3) **Επιγόμωση** των διατρημάτων
- 4) **Πυροδότηση** των μέσων έναυσης μετά τη συνδεσμολογία τους από εξειδικευμένο προσωπικό με ιδιαίτερα μέτρα ασφαλείας.
- 5) **Φόρτωση και Μεταφορά** του θραυσμένου - εξορυγμένου πετρώματος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία όμως επικεντρωνόμαστε στο στάδιο της διάτρησης, δηλαδή της όρυξης των διατρημάτων. Τονίζεται η σημασία της ορθής διάτρησης για την ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη ανατίναξη των πετρωμάτων. Η όρυξη των διατρημάτων είναι ίσως η πιο σημαντική διεργασία στη διαδικασία της ανατίναξης για την εξόρυξη του πετρώματος. Είναι λοιπόν καίριας σημασίας αυτά τα διατρήματα να ορύσσονται ορθά, χωρίς αποκλίσεις και παρεκκλίσεις από το προγραμματισμένο διάτρημα.

Ευχαριστίες

Για την πολύτιμη συμβολή του στη σύνταξη της παρούσας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Παναγιώτου Γεώργιο. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την υποστήριξη που μου παρείχε, τις πολύτιμες οδηγίες, συμβουλές και γνώσεις και ιδιαίτερα την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης την μεταλλειολόγο Πετροχείλου Παναγιώτα που μου έδωσε την δυνατότητα να πραγματοποιήσω το πειραματικό κομμάτι της εργασίας στο Λατομείο Χάλυψ, καθώς και τους μεταλλειολόγους του εργαστηρίου στο τομέα Μεταλλευτικής της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του ΕΜΠ.

Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους συμφοιτητές και συναδέλφους μου Παρασκευοπούλου Χρυσόθεμις και Γεναρέλλη Γιώργο για την ιδιαίτερη βοήθεια που μου προσέφεραν στην εκπόνηση της διπλωματικής μου.

Ευχαριστώ από καρδιάς τον Καρανικόλα Φίλιππο για τη ψυχική συμπαράσταση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες απευθύνω στην οικογένειά μου και για τη συμπαράσταση της καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των αιτιών που προκαλούν αποκλίσεις στα διατρήματα που ορύσσονται για την εξόρυξη πετρωμάτων με τη χρήση εκρηκτικών. Αρχικά επισημαίνεται η σημασία της διάτρησης αλλά και της ποιότητας αυτής και αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται η διαδικασία της. Στη συνέχεια αναλύεται το πρόβλημα της απόκλισης διατρημάτων και τα αίτια που οδηγούν σε αυτήν, καθώς και ο τρόπος αντιμετώπισής της. Επιπλέον γίνεται επί τόπου χρήση του συστήματος Cabled Boretrak της εταιρείας MDL σε τέσσερα διατρήματα που ορύχθηκαν στο Λατομείο Χάλυψ στη Μάνδρα Αττικής για τον έλεγχο και την μέτρηση της απόκλισης των διατρημάτων αυτών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών στο λατομείο καταγράφονται, αξιολογούνται και επεξεργάζονται για να γίνουν κατανοητά τα αίτια των αποκλίσεων και να παρατεθούν τρόποι αντιμετώπισής τους. Τέλος γίνεται συγκέντρωση όλων των θεμάτων και τονίζεται ιδιαίτερα η σημασία της ποιοτικής διάτρησης και της μέτρησης των αποκλίσεων. Επίσης, παραθέτονται οι δυνατότητες του συστήματος Cabled Boretrak και τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τις παραπάνω μετρήσεις καταλήγοντας στο γενικό συμπέρασμα της εργασίας.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to investigate the cause of borehole deviations in drill and blast operations in quarries and surface mines. Initially highlighted is the importance of drilling as is its quality and the drilling process is analyzed. Furthermore, the problem of borehole deviations and the reasons that lead to them are analyzed. Moreover the MDL Cabled Boretrak deviation measurement system is used on site, on four boreholes, at the Halyps quarry at Mandra Attiki to monitor and calculate the borehole deviations. The results of these measurements are recorded and processed to understand the cause of these hole deflections and to set out ways to overcome them. Finally, all the issues are gathered and emphasized particularly is the importance of quality drilling as is the measurement of borehole deviations. Also, listed are the Cabled Boretrak system features as are the results from the measurements, to arrive at an overall conclusion.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

| | |
|---|---|
| 1.1 Ιστορική Αναδρομή..... | 1 |
| 1.2 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας..... | 3 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΔΙΑΤΡΗΣΗ (ΓΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ)

| | |
|--|---|
| 2.1. Επιφανειακή Διάτρηση (Surface Drilling)..... | 5 |
| 2.1.1. Τι Θεωρείται Διάτρηση (στον τομέα της ανατίναξης)..... | 6 |
| 2.1.1.1. Διάτρηση σε μέτωπα ορθών βαθμίδων..... | 6 |
| 2.1.1.2. Διάτρηση και η σημασία της στην εξόρυξη των πετρωμάτων..... | 7 |
| 2.1.2. Εξαρτήματα ενός Συστήματος Διάτρησης..... | 8 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

| | |
|--|----|
| 3.1. Τεχνικές Διάτρησης..... | 9 |
| 3.1.1. Κρουστική Διάτρηση..... | 9 |
| 3.1.2. Περιστροφική Διάτρηση..... | 13 |
| 3.1.3. Θεμελιώδεις Αρχές για την Περιστροφική Διάτρηση..... | 14 |
| 3.2. Αποδοτική Διάτρηση..... | 16 |
| 3.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Ενδοδιατρηματικής Σφύρας (DTH)..... | 19 |
| 3.4. Είδη κοπτικών άκρων..... | 21 |
| 3.4.1. Κοπτικά με Ένθετους (εμφυτευμένους) Οδόντες..... | 21 |
| 3.4.2. Είδη Κοπτικών Κεφαλών (Με κομβία)..... | 23 |
| 3.4.2.1 Είδη Κομβίων της Κοπτικής Κεφαλής..... | 25 |
| 3.4.3. Κριτήριο Επιλογής της Κοπτικής Κεφαλής (Κοπτικού Άκρου)..... | 26 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

| | |
|---|----|
| 4.1. Ποιοτικά Διατρήματα..... | 30 |
| 4.1.1. Πλεονεκτήματα Ποιοτικής Διάτρησης..... | 33 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΩΝ

| | |
|---|----|
| 5.1. Τι είναι Απόκλιση Διατρημάτων..... | 34 |
| 5.1.1. Τα Προβλήματα που οδηγούν στην Απόκλιση και τρόπος Αντιμετώπισης τους..... | 34 |
| 5.2. Μέθοδοι Ελέγχου της Απόκλισης των Διατρημάτων..... | 39 |
| 5.2.1. Υπολογισμός της απόκλισης διατρήματος με την μέθοδο του φακού..... | 41 |
| 5.3. Θετικά Αποτελέσματα Βελτίωσης της Ακρίβειας των Διατρήσεων..... | 42 |
| 5.3.1. Σωστή έναρξη της Διάτρησης (Collaring)..... | 42 |
| 5.4. Ευθύγραμμα Διατρήματα για Οικονομικότερο Κόστος Διατρητικών Εργαλείων..... | 44 |
| 5.4.1. Διόρθωση Αποκλίσεως των Διατρημάτων..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 5.5. Ελαχιστοποίηση της Απόκλισης των Διατρημάτων σε κάτω του 2%..... | 45 |
| 5.5.1. Διατρητικές Στήλες MFRODS..... | 47 |
| 5.6. Ταίριασμα της Διαμέτρου της Διατρητικής Κεφαλής με την Διάσταση της Διατρητικής Στήλης (drill string) του Διατρητικού Μηχανήματος..... | 47 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΣΤΗΜΑ MDLCABLEDBORETRAK | |
| 6.1. Το Μηχάνημα Μέτρησης Της Απόκλισης –BORETRAK®/ MDL..... | 50 |
| 6.2. Πλεονεκτήματα και Κύρια Χαρακτηριστικά του CB..... | 52 |
| 6.3. Εφαρμογές του Cabled Boretrak..... | 53 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ CABLEDBORETRAK | |
| 7.1. Λατομείο Χάλυψ..... | 58 |
| 7.1.1. Γεωλογικά Στοιχεία..... | 60 |
| 7.2. Το σχέδιο της ανατίναξης..... | 61 |
| 7.3. Η διαδικασία μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων με το σύστημα MDL Cabled Boretrak | 65 |
| 7.4. Ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της μέτρησης της απόκλισης..... | 69 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | |
| 8.1. Συμπεράσματα..... | 82 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | |
| | 84 |

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1 Τεχνολογική εξέλιξη της κρουστικής διάτρησης κατά τον 20 ^ο αιώνα..... | 2 |
| Εικόνα 2.1 Σύγκριση του ύψους βαθμίδων σε υπαίθρια μέτωπα..... | 5 |
| Εικόνα 3.1 Ενδοδιατρηματική Σφύρα DI550 down the hole drill rig Sandvik και η τομή της σφύρας..... | 10 |
| Εικόνα 3.2 Σύστημα Coprod (Atlas Copco Rock Drills - Surface Drilling Equipment for Mines) και η τομή της σφύρας..... | 11 |
| Εικόνα 3.3 Sandvik DX800 (Tamrock Ranger 800) Top Hammer Drill – Κρουστική Υδραυλική Σφύρα και τομή της σφύρας..... | 12 |
| Εικόνα 3.4. Κρουστική Αερόσφουρα ROC 203 PC-DTH..... | 13 |
| Εικόνα 3.5 Χαρακτηριστικό Μηχάνημα Περιστροφικής Διάτρησης και οι κοπτικές κεφαλές των μηχανημάτων περιστροφικής διάτρησης..... | 14 |
| Εικόνα 3.6 Έκπλυση κατά την διάτρηση για καθαρισμό του διατρήματος..... | 17 |
| Εικόνα 3.7 Πεδίο εφαρμογής της κρουστικής διάτρησης ανάλογα με τη διάμετρο του διατρήματος και την αντοχή του πετρώματος..... | 18 |
| Εικόνα 3.8 Το πεδίο εφαρμογής των κρουστικών και περιστροφικών μηχανών ορύξεως διατρημάτων..... | 19 |
| Εικόνα 3.9 Ρυθμός προχώρησης της διάτρησης σε σχέση με το είδος του μετάλλου..... | 20 |
| Εικόνα 3.10 α. Κοπτικές κεφαλές με παρεμβύσματα (insert bits), β. Διάταξη των κοπτικών άκρων στις κεφαλές των insert bits..... | 21 |
| Εικόνα 3.11 α. Κοπτικές κεφαλές με κομβία (button bit), β. Διάταξη των κοπτικών άκρων στις κεφαλές των button bits..... | 22 |
| Εικόνα 3.12 α, β..... | 23 |
| Εικόνα 3.12 γ, δ..... | 24 |
| Εικόνα 3.13 Τα είδη των κοπτικών κεφαλών / χαρακτηριστικά πετρώματος..... | 26 |
| Εικόνα 3.14 Full-ballistic buttons (βαλλιστικά κομβία) α. Μικρά κομβία (buttons) β. Μεγάλα κομβία (buttons) για μεγαλύτερο ποσοστό διείδυσης..... | 27 |
| Εικόνα 3.15 α, β..... | 28 |
| Εικόνα 3.15 γ..... | 29 |
| Εικόνα 4.1 Ακρίβεια Διάτρησης..... | 30 |
| Εικόνα 4.2 Τοποθέτηση / Ευθυγράμμιση του διατρητικού μηχανήματος..... | 31 |
| Εικόνα 4.3 Έναρξη Διάτρησης – «κατάπιασμα» (Collaring)..... | 31 |
| Εικόνα 4.4 Βάθος Διατρήματος και διόρθωση λάθους με laserplan..... | 32 |
| Εικόνα 5.1 Πως επηρεάζεται η απόκλιση των διατρημάτων από τη σχιστότητα των πετρωμάτων σε διάφορες γωνίες..... | 35 |
| Εικόνα 5.2 Λόγοι απόκλισης των διατρημάτων..... | 37 |
| Εικόνα 5.3 Διάταξη ενός διατρητικού μηχανήματος τη στιγμή της διάτρησης..... | 37 |
| Εικόνα 5.4 Απόκλιση % ανά μέτρο μήκους διατρήματος..... | 38 |
| Πίνακας 1 Μερικές κατηγορίες τεχνικών μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων για όλους τους σχηματισμούς..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 5.6 Η χρήση φακού για υπολογισμό αποκλίσεως..... | 41 |
| Εικόνα 5.7α, β | 43 |
| Εικόνα 5.8 Διατρητική Στήλη με συνδυασμούς MF και Διατρητική Κεφαλή Retracs/Drop Centre..... | 46 |
| Εικόνα 5.9 Διατρητικές Στήλες MFRODS..... | 47 |
| Εικόνα 5.10 Η ιδανική σχέση μεταξύ διαμέτρων διατρητικού στελέχους και διαμέτρου του κοπτικού άκρου..... | 49 |
| Εικόνα 6.1. Cabled Boretrak/Σύστημα μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων της MDL..... | 50 |
| Εικόνα 6.2 Τρόπος εισαγωγής του αισθητήρα στο διάτρημα για μέτρηση της απόκλισης..... | 51 |
| Εικόνα 6.3. Τυπική περίπτωση παρακολούθησης λατομείου..... | 54 |
| Εικόνα 6.4. Διερευνητικό διάτρημα σε υπαίθριο μεταλλείο..... | 55 |
| Εικόνα 6.5 Στήριξη ενός φράγματος..... | 55 |
| Εικόνα 6.6. Εξόρυξη σε κάθετη υποχώρηση..... | 56 |
| Εικόνα 6.7. Συνήθη συστήματα σε υπόγειο αστικό περιβάλλον..... | 57 |
| Εικόνα 7.1. Το λατομείο ΧΑΛΥΨ..... | 58 |
| Εικόνα 7.2 Η θέση του Λατομείου Χάλυψ στο Google maps..... | 59 |
| Εικόνα 7.3 Τομή του διατρήματος..... | 62 |
| Εικόνα 7.4 Κάτοψη των διατρημάτων..... | 63 |
| Εικόνα 7.5 Κάτοψη του Λατομείου / Το σκούρο γκρι χρώμα αντιπροσωπεύει την αποκατάσταση στο λατομείο και τις φυτεύσεις..... | 64 |
| Εικόνα 7.6 Atlas Copco, Roc L8 Down the Hole drill rig – Ενδοδιατρηματική Σφύρα στο Λατομείο Χάλυψ..... | 65 |
| Εικόνα 7.7 Κάθοδος του αισθητήρα μέσα στο διάτρημα..... | 66 |
| Εικόνα 7.8 Βαθμίδα προς εξόρυξη ύψους 25 m (μέτρων) και σύγκριση της με κώνο..... | 67 |
| Εικόνα 7.9 Ένα από τα διατρήματα που ορύχθηκαν..... | 67 |
| Εικόνα 7.10 Τα τέσσερα (4) διατρήματα που διανοίχθηκαν..... | 68 |
| Εικόνα 7.11 Καταμέτρηση της θέσης του αισθητήρα ανά 1 μέτρο κατά την ανέλκυση του..... | 68 |
| Εικόνα 7.12 Υπολογισμός της απόκλισης του διατρήματος με τη χρήση του μηχανήματος Cabled Boretrak..... | 69 |
| Εικόνα 7.13 Πρόσθια όψη των τεσσάρων (4) διατρημάτων..... | 70 |
| Εικόνα 7.14 Πλάγια όψη των τεσσάρων (4) διατρημάτων..... | 70 |
| Εικόνα 7.15 Υπερεκσκαφή στη βαθμίδα μετά την ανατίναξη..... | 71 |
| Εικόνα 7.16 Εκθεση στομίου (page 1 of 2)..... | 72 |
| Εικόνα 7.17 Εκθεση στομίου (page 2 of 2)..... | 73 |
| Εικόνα 7.18 Εκθεση διάτρησης (page 1 of 2)..... | 74 |
| Εικόνα 7.19 Εκθεση διάτρησης (page 2 of 2)..... | 75 |
| Εικόνα 7.20 ΕκθεσηBoretrak (page 1 of 6)..... | 76 |
| Εικόνα 7.21 ΕκθεσηBoretrak (page 2 of 6)..... | 77 |
| Εικόνα 7.22 ΕκθεσηBoretrak (page 3 of 6)..... | 78 |
| Εικόνα 7.23 ΕκθεσηBoretrak (page 4 of 6)..... | 79 |
| Εικόνα 7.24 ΕκθεσηBoretrak (page 5 of 6)..... | 80 |
| Εικόνα 7.25 ΕκθεσηBoretrak (page 6 of 6)..... | 81 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αναγκαιότητα δημιουργίας οπών σε πετρώματα είχε εμφανιστεί από τα αρχαιότερα χρόνια. Βέβαια η χρονολογία που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η κρουστική και περιστροφική διάτρηση δεν είναι σαφής. Έτσι υποθέτουμε πως ο πρωτόγονος άνθρωπος, σε περίπτωση ανάγκης διατρημάτων, χρησιμοποιούσε πετρώματα με φυσικές οπές που δημιουργήθηκαν από έντομα ή φυσικούς παράγοντες.

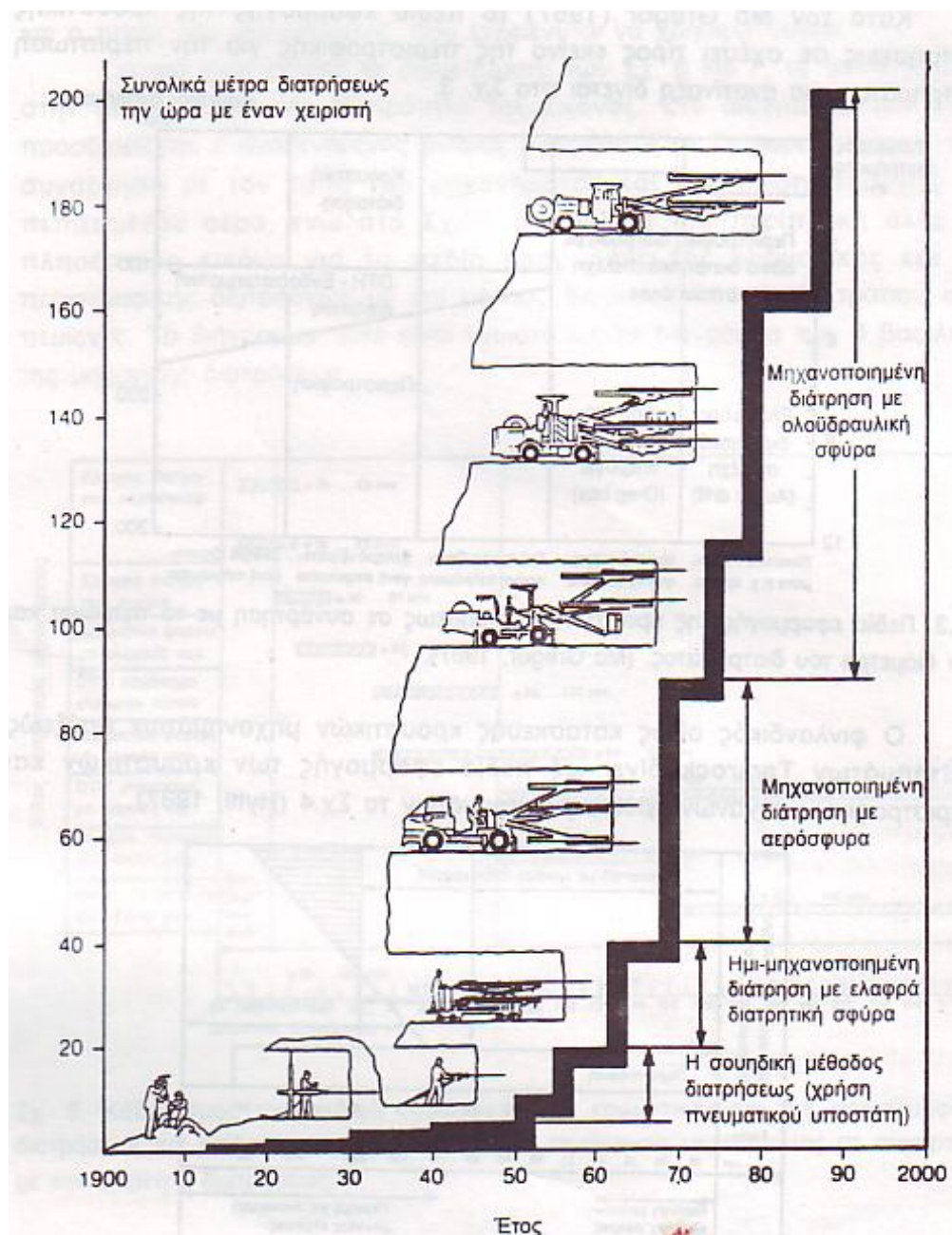
Οι διάφοροι πολιτισμοί της αρχαιότητας χρησιμοποιούσαν ποικιλία μεθόδων για την διάνοιξη οπών, για παράδειγμα οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν ράβδους από ξύλο μπαμπού οπλισμένες στο ένα άκρο με σκληρές πέτρες (συνήθως κορούνδιο). Έτσι δημιούργησαν περιστροφικά διατρητικά εργαλεία. Παρόμοια τεχνική ακολούθησαν και οι Έλληνες για τη διάνοιξη οπών σε μάρμαρα. Επίσης, οι Κινέζοι για τη διάνοιξη πηγαδιών νερού μεγάλης διαμέτρου και βάθους χρησιμοποιούσαν κρουστική τεχνική διάτρησης, που έχει πολλές ομοιότητες με την μέθοδο της κρουστικής διάνοιξης διατρημάτων με τη χρήση γεωτρυπάνων μετά συρματόσχοινου (Χ.Τσουτρέλης, 1997)

Το πρώτο ατμοκίνητο και περιστροφικό διατρητικό μηχάνημα σχεδιάστηκε από τον Άγγλο Trevithick (1810-1820), ενώ η πρώτη κρουστική μηχανή, η οποία ήταν επίσης ατμοκίνητη, κατασκευάστηκε από τον I. Singer (Η.Π.Α.). Μέχρι το τέλος του 19^{ου} αιώνα η τεχνολογική ανάπτυξη ήταν τόσο ραγδαία που πνευματικές κρουστικές σφύρες διατίθεντο από διάφορους οίκους όπως Holman Bros, Ingersoll Rand, Chicago Pneumatic κτλ.

Η ολοϋδραυλική κρουστική σφύρα είναι η τελευταία εξέλιξη στον τομέα της κρουστικής διάτρησης, στην οποία ο πεπιεσμένος αέρας έχει αντικατασταθεί με λάδι. Η ολοϋδραυλική κρουστική σφύρα βρίσκεται σε πίεση λειτουργίας πολλές φορές μεγαλύτερη από εκείνη της πνευματικής σφύρας (Χ. Τσουτρέλης, 1985)

Η μηχανοποιημένη αρχικά πνευματική διάτρηση, και αργότερα η αυτοματοποιημένη ολοϋδραυλική διάτρηση, η οποία χρησιμοποιεί εντολές προγράμματος υπολογιστή για την ορθή και ταχεία διάτρηση των διατρημάτων βάσει ενός επιλεγμένου σχεδίου ανατίναξης, επέτρεψαν ώστε οι σημερινοί ρυθμοί διάτρησης να φθάσουν τα 180m ανά διατρητικό φορείο που φέρει δύο διατρητικές μηχανές και ένα χειριστή.

Στην εικόνα 1.1 εμφανίζεται η τεχνολογική εξέλιξη της κρουστικής διάτρησης σε υπόγεια μέτωπα κατά τον 20^ο αιώνα. Παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας διάτρησης από λίγα μέτρα την ώρα ανά διατρητικό φορτίο στις αρχές του αιώνα σε 180 μππό ιδανικές συνθήκες με δύο ολοϋδραυλικές σφύρες επ' αυτού.



Εικόνα 1.1 – Τεχνολογική εξέλιξη της κρουστικής διάτρησης κατά τον 20^ο αιώνα (Δεν περιλαμβάνεται η ενδοδιατρηματική κρουστική σφύρα)

Από τις πρώτες μηχανές διάτρησης που λειτουργούσαν με ατμό, φτάσαμε σήμερα σε αποδεκτά ανεπτυγμένα συστήματα μηχανικής διάτρησης τα οποία ανάλογα με τον τρόπο όρυξης των διατρημάτων χωρίζονται στα εξής συστήματα:

- Κρουστικής Διάτρησης (Percussive Drilling)
- Περιστροφικής Διάτρησης (Rotary Drilling)
- Κρουστικοπεριστροφικής Διάτρησης (Rotary-Percussive Drilling)

1.2 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της διπλωματικής εργασίας διαρθρώνεται ως εξής:

- Στο πρώτο κεφάλαιο δίδονται ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία επί της διάτρησης και η δομή της εργασίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η εργασία της διάτρησης και η σημασία της στην εξόρυξη των πετρωμάτων. Επίσης, παρουσιάζονται ο εξοπλισμός και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε συστήματα διάτρησης.
- Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνικές διάτρησης και οι θεμελιώδεις αρχές για την κρουστική διάτρηση. Επιπλέον, αναλύονται τα είδη των κοπτικών άκρων που χρησιμοποιούνται στην όρυξη διατρημάτων.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της ποιοτικής διάτρησης και ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτή, καθώς και τα πλεονεκτήματα της.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται το πρόβλημα της απόκλισης διατρημάτων και τα αίτια που οδηγούν σε αυτήν, καθώς και ο τρόπος αντιμετώπισής της. Επιπλέον παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα της βελτίωσης της ακρίβειας των διατρήσεων και τα οικονομικά οφέλη αυτής.
- Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του μηχανήματος Cabled Boretrak της εταιρίας MDLγια τον έλεγχο και τη μέτρηση της απόκλισης διατρημάτων.

- Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύονται οι μετρήσεις που λήφθηκαν από την χρήση του μηχανήματος, που αναφέρεται παραπάνω, σε διατρήματα που ορύχτηκαν στο λατομείο Χάλυψ στη Κεραμιδέζα Μάνδρας Αττικής και τα αποτελέσματα τους.
- Τέλος στο όγδοο κεφάλαιο αναφέρονται τα όποια συμπεράσματα υπάρχουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 –ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΓΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ

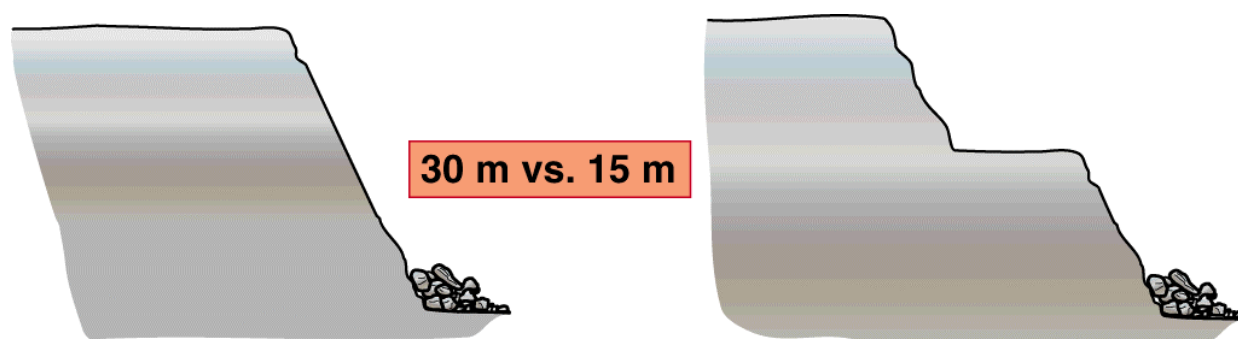
2.1. Επιφανειακή Διάτρηση (Surface Drilling)

Οι επιφανειακές διατρήσεις που πραγματοποιούνται με σκοπό την ανατίναξη σε μέτωπα μορφής βαθμίδας έχουν εφαρμογή στα μεταλλεία, λατομεία και στα τεχνικά έργα.

Οι **παράγοντες** που επηρεάζουν την διάτρηση σε βαθμίδες είναι οι ιδιότητες των πετρωμάτων, το ύψος της βαθμίδας, η διάμετρος του διατρήματος, οι απαιτήσεις σχετικά με τον κατακερματισμό του εξορυγμένου πετρώματος και τέλος οι περιορισμοί που υπάρχουν λόγω των περιβαλλοντικών όρων.

- 1) Το **ύψος των βαθμίδων** σχετίζεται με τον εξοπλισμό της διάτρησης, ενώ είναι ανάλογο με την διάμετρο των διατρημάτων, δηλαδή όσο μικρότερη είναι η διάμετρος τόσο χαμηλότερες είναι οι βαθμίδες. Οι συνηθισμένες βαθμίδες έχουν ύψος 10-15 m.

Όσο πιο μεγάλο είναι το ύψος μιας βαθμίδας, δηλαδή με την κατασκευή λιγότερων βαθμίδων, τόσο πιο λίγοι ογκόλιθοι προκύπτουν από την ανατίναξη, τόσο πιο λίγες δευτερεύουσες διατρήσεις θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και τόσο πιο λίγες είναι οι βαθμίδες που θα πρέπει να κατασκευαστούν και να συντηρηθούν σε ένα έργο. Στην περίπτωση που τα ύψη των βαθμίδων είναι μικρότερα, δηλαδή αντί για την δημιουργία μίας βαθμίδας π.χ. 30m δημιουργηθούν δύο βαθμίδες με ύψη 15m (εικόνα 2.1), τότε η εργασία της διάτρησης γίνεται πιο ακριβή.



Εικόνα 2.1 – Σύγκριση του ύψους βαθμίδων σε υπαίθρια μέτωπα

- 2) Η **διάμετρος του διατρήματος** σχετίζεται με τον κατακερματισμό του πετρώματος, με τις δονήσεις του εδάφους και τέλος με την ανάγκη για επιλεκτική εξόρυξη.
- 3) Ο **κατακερματισμός** του πετρώματος συνήθως είναι πιο έντονος όταν η διάτρηση πραγματοποιείται προς τα κάτω (downstream operation). Ο βαθμός θρυμματισμού του πετρώματος επηρεάζει τον χρόνο φόρτωσης αλλά και το ποσοστό πλήρωσης των φορτηγών. Τέλος, ο βαθμός κερματισμού επηρεάζεται και από το μέγεθος της διαμέτρου των διατρημάτων, όσο πιο μεγάλη είναι η διάμετρος τόσο πιο χονδροειδή είναι τα τεμάχια του εξορυγμένου πετρώματος.
- 4) Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί σχετίζονται συνήθως με τις δονήσεις του εδάφους, τους εκτοξευμένους λίθους αλλά και το ωστικό κύμα που προκαλούνται κατά την ανατίναξη.

2.1. 1 Τι θεωρείται Διάτρηση για ανατίναξη

Τα διατρήματα που ορύσσονται με σκοπό την ανατίναξη κατά την διαδικασία της εξόρυξης είναι οπές που διανοίγονται με κρουστικό ή περιστροφικό διατρητικό μηχάνημα. Στη συνέχεια τα διατρήματα αυτά γομώνονται με εκρηκτική ύλη, στην οποία ενσωματώνονται τα μέσα έναυσης, και τα υπόλοιπα απαραίτητα υλικά για την ανατίναξη. Ένα διάτρημα ή ένα σύνολο διατρημάτων μπορεί να αποτελέσει την πηγή έκρηξης στις πυροδοτήσεις. Αυτή η διαδικασία κατασκευής διατρημάτων ονομάζεται διάτρηση στον τομέα της ανατίναξης.

2.1.1.1 Διάτρηση σε μέτωπα ορθών βαθμίδων

Ο στόχος σε μια διάτρηση που πραγματοποιείται σε μέτωπα ανατίναξης ορθών βαθμίδων είναι η διάτρηση ευθύγραμμων, καθαρών και σωστά κατευθυνόμενων διατρημάτων. Σημαντικός παράγοντας της διάτρησης είναι ο οικονομικός κύκλος ζωής των κοπτικών άκρων, της διατρητικής στήλης καθώς και η εφαρμογή ορθών πρακτικών λειτουργίας του μηχανήματος διάτρησης.

Πρέπει να σημειωθεί πως η διάτρηση σε βαθμίδες ευνοεί την δημιουργία ευθύγραμμων και υψηλής ποιότητας διατρημάτων.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας η διάτρηση με την οποία ασχολούμαστε είναι αυτή για τον τομέα της εξόρυξης με ανατίναξη, όπως αυτή χρησιμοποιείται στα λατομεία, μεταλλεία και σε κατασκευαστικά έργα. Η διάτρηση η οποία πραγματοποιείται για την εύρεση και εκμετάλλευση υδροφόρων σχηματισμών ή υδρογονανθράκων και για μεταλλευτική έρευνα αλλά και για την δημιουργία πασσάλων με τσιμεντένεμα έχει διαφορετικές αρχές και δεν εξετάζεται.

Τα διατρήματα ανατίναξης έχουν συγκεκριμένα, μοναδικά και σημαντικά χαρακτηριστικά στα οποία πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στην συνέχεια.

2.1.1.2 Διάτρηση και η σημασία της στην εξόρυξη των πετρωμάτων

Η διάτρηση είναι η πρώτη εργασία που πραγματοποιείται για την ανατίναξη του πετρώματος και ο σκοπός της είναι η διάνοιξη διατρημάτων με την κατάλληλη γεωμετρία και διανομή μέσα στη βραχώδη μάζα, στα οποία θα τοποθετηθούν τα εκρηκτικά μαζί με τα μέσα έναυσης.

Πρέπει να σημειωθεί πως η διάτρηση είναι η σημαντικότερη εργασία στην εξόρυξη των πετρωμάτων με εκρηκτικές ύλες. Για να πραγματοποιηθεί σωστά μια ανατίναξη και να είναι επιτυχής απαιτείται αρχικά μια σωστή διάτρηση. Της διάτρησης προηγούνται οι υπολογισμοί του σχεδίου ανατίναξης, από τους οποίους προσδιορίζεται το φορτίο (burden), η απόσταση των διατρημάτων (spacing) και με βάση τα δεδομένα αυτά θα κατασκευαστεί ο κάρναβος διάτρησης (drill pattern), με την ακριβή σημείωση επί του δαπέδου της βαθμίδας των θέσεων των στομιών των διατρημάτων.

Κατά την διάτρηση είναι σημαντική η γνώση των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του πετρώματος, ενώ τα σύγχρονα διατρητικά μηχανήματα διαθέτουν συστήματα καταγραφής των παραμέτρων της διάτρησης. Η μείωση ή αύξηση, δηλαδή οποιαδήποτε αλλαγή, της ταχύτητας διάτρησης κατά μήκος του διατρήματος καθώς και η πτώση της πίεσης του αέρα που απάγει τα τρίμματα της διάτρησης είναι πολύτιμες πληροφορίες για τον γομωτή.

2.1.2 Εξαρτήματα ενός συστήματος Διάτρησης

Τα βασικά εξαρτήματα ενός συστήματος διάτρησης είναι:

- 1) Το διατρητικό μηχάνημα (drilling rig), το οποίο είναι η πηγή της μηχανικής ενέργειας
- 2) Η διατρητική στήλη (drilling steel), η οποία αποτελεί το μέσον μετάδοσης αυτής της ενέργειας στον πυθμένα της διάτρησης.
- 3) Η κοπτική κεφαλή (bit), η οποία αποτελεί το εργαλείο το οποίο ασκεί αυτή την ενέργεια πάνω στο πέτρωμα.
- 4) Αέρας έκπλυσης (Flushing air), ο οποίος καθαρίζει και εκκενώνει την οπή από τα τεμάχια/τρίμματα του πετρώματος που παράγονται από την διάτρηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

3.1. Τεχνικές Διάτρησης

Για την όρυξη διατρημάτων εφαρμόζονται κατ'εξοχήν δύο τεχνικές: 1) η κρουστική διάτρηση (percussion drilling) και 2) η περιστροφική διάτρηση (rotary drilling).

3.1.1. Κρουστική Διάτρηση

Στην τεχνική αυτή η προχώρηση στο πέτρωμα πραγματοποιείται με κρούσεις και παράλληλη περιστροφή του κοπτικού άκρου ώστε να προσβάλλει νέες επιφάνειες με τα κοπτικά εργαλεία στον πυθμένα του διατρήματος.

Στην κρουστική διάτρηση χρησιμοποιούνται τα εξής συστήματα:

- Κρουστική Υδραυλική Σφύρα – Top Hammer : Η κρουστική υδραυλική σφύρα, με την κρούση και την περιστροφή να γίνεται στην κεφαλή της διατρητικής στήλης (Top Hammer-εικόνα 3.3), αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο διάτρησης για διατρήματα διαμέτρου 45-127 mm. Χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η μεγάλη ταχύτητα διάτρησης και τα υψηλά ποσοστά διείσδυσης όταν στο πέτρωμα επικρατούν καλές συνθήκες διάτρησης. Η κρουστική ενέργεια διαβιβάζεται στο κοπτικό άκρο με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο και με τη λιγότερη δυνατή πίεση στην διατρητική στήλη.
- Ενδοδιατρηματική Σφύρα – Down-the-Hole(εικόνα 3.1): Στην σφύρα αυτή η κρούση παράγεται στον πυθμένα του διατρήματος και η περιστροφή στην κεφαλή της διατρητικής στήλης. Η διάταξη αυτή επιτρέπει την όρυξη ευθύγραμμων διατρημάτων, μεγάλου μήκους και διαμέτρου 85-165mm, και μειώνει την πιθανότητα καταπτώσεων των τοιχωμάτων του διατρήματος σε δύσκολους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Σύστημα COPROD (εικόνα 3.2): Το σύστημα αυτό συνδυάζει την ταχύτητα διάτρησης της κρουστικής σφύρας με την ακρίβεια διάτρησης της ενδοδιατρηματικής σφύρας και διατίθεται για διαμέτρους 105-165 mm. Η περιστροφή της διατρητικής κεφαλής επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός εξωτερικού σωλήνα και η κρούση μέσω ενός συμπαγούς στελέχους που βρίσκεται στο εσωτερικό του σωλήνα περιστροφής. Τόσο η περιστροφή όσο και η κρούση δίνονται στην κεφαλή της διατρητικής στήλης. Το σύστημα αυτό έχει εξαιρετικές επιδόσεις σε δύσκολους μη σταθερούς σχηματισμούς.

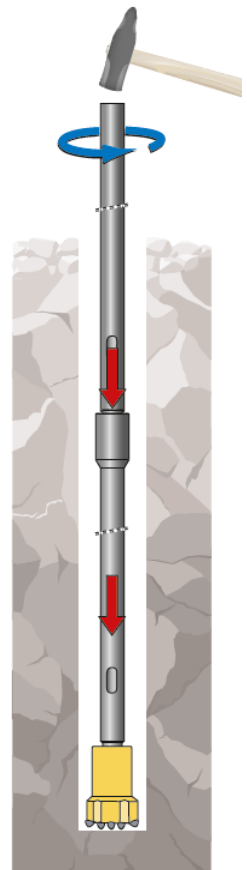
- Κρουστική Αερόσφυρα (Crawler) (εικόνα 3.4): Είναι όμοια με την υδραυλική κρουστική σφύρα με την διαφορά ότι ως μέσον για την παραγωγή της κρούσης- περιστροφής χρησιμοποιείται ο πεπιεσμένος αέρας.



Εικόνα 3.1 - Ενδοδιατρηματική Σφύρα DI550 down the hole drill rig Sandvik (αριστερά) και η τομή της σφύρας (πηγή : Atlas Copco)



Εικόνα 3.2 - Σύστημα Corprod που συνδυάζει την ταχύτητα της κρουστικής υδραυλικής σφύρας με την ακρίβεια και μεγάλη διάρκεια ζωής της ενδοδιατρηματικής μεθόδου (Atlas Copco Rock Drills - Surface Drilling Equipment for Mines) (αριστερά) και η τομή της σφύρας (πηγή : Atlas Copco)



Εικόνα 3.3 -Sandvik DX800 (Tamrock Ranger 800) Top Hammer Drill – Κρουστική Υδραυλική Σφύρα (αριστερά)και η τομή της σφύρας (πηγή : Atlas Copco)

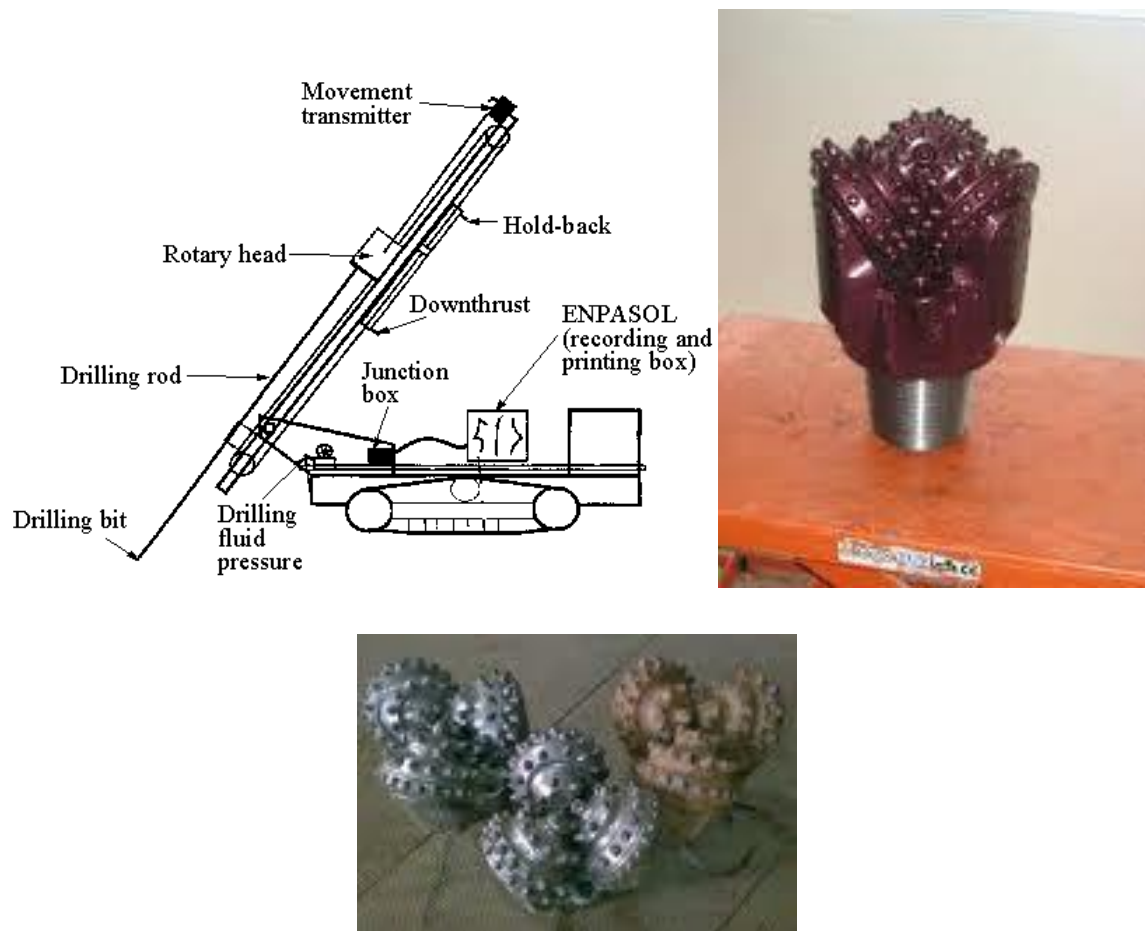


Εικόνα 3.4. – Κρουστική Αερόσφουρα ROC 203 PC-DTH, με δύο κύρια οφέλη: υψηλή ποσοστό διείδυσης και χαμηλή κατανάλωση καυσίμου

3.1.2. Περιστροφική Διάτρηση

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την όρυξη διατρημάτων μεγάλης διαμέτρου, 200-440 mm. Το κοπτικό άκρο (εικόνα 3.5), το οποίο είναι τρίκωνο, προωθείται μέσα στο διάτρημα με ταυτόχρονη περιστροφή και ώση. Η περιστροφική διάτρηση εμφανίζει δυσκολίες στην περίπτωση κεκλιμένων διατρημάτων.

Η αποσύνθεση του πετρώματος κατά την περιστροφική διάτρηση επιτυγχάνεται με την ταυτόχρονη πίεση και περιστροφή επί του πετρώματος κατάλληλου κοπτικού άκρου, το οποίο φέρει στην επιφάνεια προσβολής με το πέτρωμα κοπτικές ακμές από σκληρό χάλυβα ή από καρβίδια του βολφραμίου και κοβαλτίου.



Εικόνα 3.5 – Ένα χαρακτηριστικό Μηχάνημα Περιστροφικής Διάτρησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διάτρηση σε διάφορες διατρητικές γωνίες (Gui, Hamelin 2004) και οι κοπτικές κεφαλές των μηχανημάτων περιστροφικής διάτρησης

3.1.3. Θεμελιώδεις Αρχές για την Περιστροφική Διάτρηση

Οι θεμελιώδεις αρχές για την περιστροφική διάτρηση είναι ένας συνδυασμός από:

- Κρούση**, η οποία προκαλείται από τα επαναλαμβανόμενα χτυπήματα ενός εμβόλου.
- Περιστροφή**, δηλαδή στροφή του κοπτικού άκρου που προσβάλλει τον βράχο σε διαφορετικές θέσεις.
- Ωθηση**, η οποία είναι η δύναμη που εφαρμόζεται στην διατρητική στήλη προκειμένου να διατηρήσει την επαφή της κοπτική κεφαλής του διατρητικού με το βράχο.

-**Έκπλυση** (flushing), με την οποία πραγματοποιείται η απομάκρυνση των παραγόμενων από τη διάτρηση θρυμμάτων.

Η **κρούση** προκαλείται από την κινητική ενέργεια E_c του εμβόλου, η οποία μεταδίδεται από την σφύρα στην κεφαλή του κοπτικού άκρου, μέσω της διατρητικής στήλης υπό μορφή κρουστικού κύματος. Το κρουστικό κύμα ταξιδεύει με μεγάλη ταχύτητα και η μορφή του κυματοπαλμού εξαρτάται από το σχεδιασμό του εμβόλου. Όταν το κύμα αυτό φτάνει στο άκρο του κοπτικού τότε μέρος της κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε έργο και έτσι θραύει το πέτρωμα.

Η αποδοτικότητα αυτής της μεταφοράς ενέργειας δύσκολα αξιολογείται αφού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος του πετρώματος, το σχήμα και μέγεθος του εμβόλου, τα χαρακτηριστικά της διατρητικής στήλης, τον σχεδιασμό του κοπτικού άκρου κτλ. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως η ενέργεια που χάνεται από την τριβή της διατρητικής στήλης με τα τοιχώματα του διατρήματος και στις συνδέσεις των στελεχών της και της κεφαλής, στο σημείο που συνδέονται, μετατρέπεται σε θερμότητα και φθορά της διατρητικής στήλης.

Στην ενδοδιατρηματική διάτρηση (down-the-hole drilling) η ενέργεια του εμβόλου μεταφέρεται κατευθείαν στο κοπτικό άκρο, με αποτέλεσμα να έχει καλύτερες επιδόσεις. Σε αυτά τα συστήματα διάτρησης η κρουστική δύναμη είναι αυτή που επηρεάζει σε μεγαλύτερο ποσοστό την ταχύτητα διάτρησης. Η ενέργεια που ελευθερώνεται με κάθε κρούση μπορεί να υπολογιστεί με τους εξής τύπους:

$$\rightarrow E_c = \frac{1}{2} m_p \times v_p^2$$

$$\rightarrow E_c = p_m \times A_p \times l_p$$

Όπου: m_p = μάζα του εμβόλου (kg)
 v_p = max ταχύτητα του εμβόλου (m/s)
 p_m = πίεση του υγρού/αέρα μέσα στον κύλινδρο (Pa)
 A_p = εμβαδόν του εμβόλου (m²)
 l_p = κρούση του εμβόλου

Η **περιστροφή** της κοπτικής κεφαλής μεταξύ διαδοχικών κρούσεων κάνει την κεφαλή να χτυπάει σε διάφορα σημεία του πετρώματος στο πυθμένα του διατρήματος. Η βέλτιστη ταχύτητα περιστροφής του κοπτικού άκρου διαφέρει ανάλογα με το πέτρωμα, και προκαλεί μεγαλύτερες τομές στο πέτρωμα ανάλογα με την ελεύθερη επιφάνεια που δημιουργείται σε κάθε κρούση μέσα στο διάτρημα.

3.2. Αποδοτική Διάτρηση

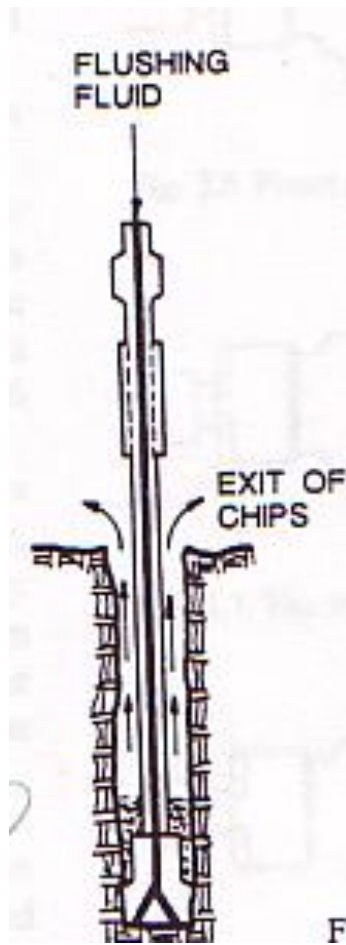
Η ενέργεια που δημιουργείται από τις κρούσεις του διατρητικού μηχανήματος θα πρέπει να μεταφέρεται στο πέτρωμα, γι' αυτό απαιτείται το κοπτικό άκρο να βρίσκεται σε διαρκή επαφή με τον πυθμένα του διατρήματος. Αυτή η επαφή επιτυγχάνεται με την **ώθηση** οποία προσαρμόζεται ανάλογα με το είδος του πετρώματος και της κοπτικής κεφαλής.

Ανεπαρκής ώθηση του διατρητικού μηχανήματος οδηγεί στα εξής φαινόμενα: μικρότερο ποσοστό διείσδυσης, μεγαλύτερη φθορά των διατρητικών εργαλείων, χαλάρωση και υπερθέρμανση της διατρητικής στήλης. Αλλά και σε αντίθετη περίπτωση όπου η προώθηση του διατρητικού μηχανήματος είναι υπερβολική, τότε το ποσοστό διείσδυσης μειώνεται, η περιστροφική αντίσταση αυξάνεται, η διατρητική στήλη μπλοκάρει, η φθορά των κοπτικών άκρων, ο ρυθμός περιστροφής και οι δονήσεις του εξοπλισμού αυξάνονται, και τέλος τα διατρήματα συνήθως παρεκκλίνουν.

Για να έχουμε αποδοτική διάτρηση θα πρέπει ο πυθμένας του διατρήματος να διατηρείται καθαρός με την εκκένωση όλων των τεμαχίων του πετρώματος που προέρχονται από την διάτρηση μόλις αυτά δημιουργούνται. Αν δεν πραγματοποιηθεί αυτός ο καθαρισμός, εκτός από την πιθανότητα να μπλοκάρει το διατρητικό μηχανήμα, μεγάλη ποσότητα της ενέργειας θα καταναλωθεί για να λειάνει την επιφάνεια του διατρήματος με αποτέλεσμα να φθείρονται τα κοπτικά άκρα και να μειωθεί η ποσότητα διείσδυσης.

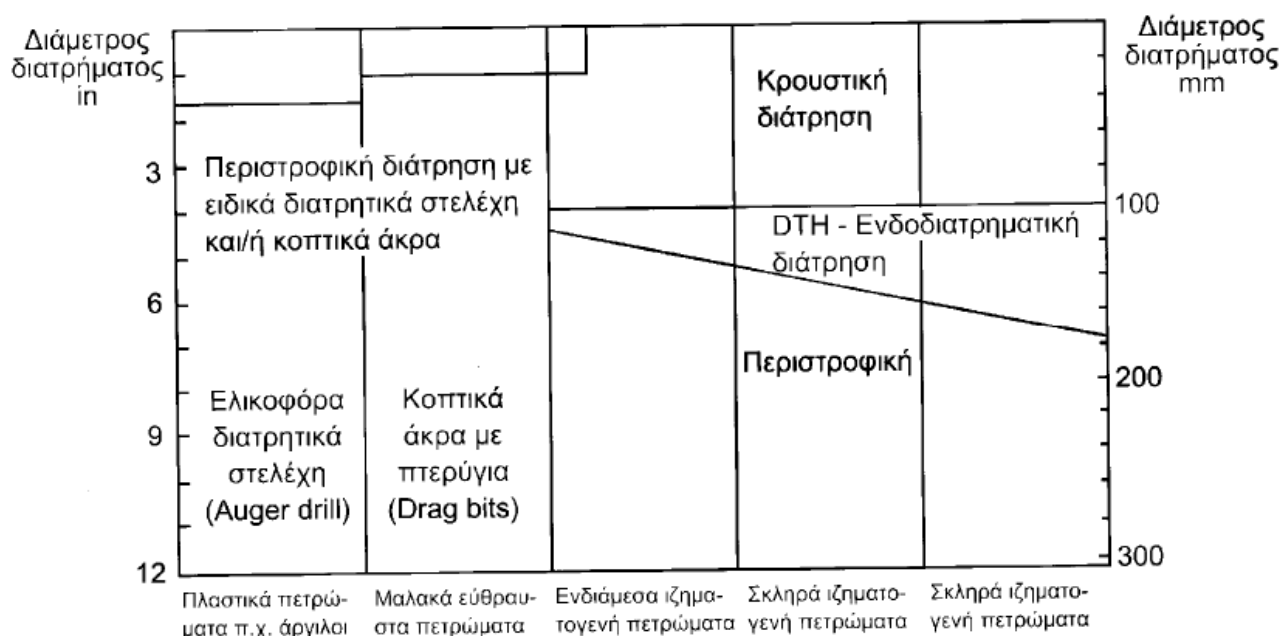
Η έκπλυση των διατρημάτων πραγματοποιείται με την ροή αέρα, νερού ή αφρού που εγχέεται με πίεση στο πυθμένα μέσω ενός ανοίγματος στο κέντρο της διατρητικής στήλης και οπές έκπλυσης στις κοπτικές κεφαλές. Τα θρύμματα απομακρύνονται μέσω του δακτυλίου που υπάρχει μεταξύ της διατρητικής στήλης και τα τοιχώματα του διατρήματος (εικόνα 3.6).

Η έκπλυση με την χρήση πεπιεσμένου αέρα γίνεται συνήθως στις επιφανειακές διατρήσεις, όπου το πρόβλημα της παραγωγής σκόνης μπορεί να αντιμετωπιστεί με την χρήση συλλεκτών σκόνης. Η έκπλυση με την χρήση νερού χρησιμοποιείται σε υπόγειες διατρήσεις, και βοηθάει στην συγκράτηση της σκόνης, αλλά μειώνει την παραγωγικότητα κατά 10% με 20%. Τέλος, ο αφρός χρησιμοποιείται σαν συμπλήρωμα του νερού καθώς βοηθάει στην επίπλυση μεγάλων τεμαχιδίων του κερματισμένου πετρώματος, ενώ λειτουργεί και ως στεγανωτικό των τοιχωμάτων του διατρήματος όταν η διάτρηση πραγματοποιείται σε πολύ χαλαρό πέτρωμα.



Εικόνα 3.6 – Έκπλυση κατά την διάτρηση για καθαρισμό του διατρήματος.

Το πεδίο εφαρμογής της κρουστικής διατρήσεως σε σχέση με εκείνο της περιστροφικής για την περίπτωση διατρημάτων για εξόρυξη με ανατίναξη κατά τον McGregor (1967) δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 3.7)



Εικόνα 3.7 –Πεδίο εφαρμογής της κρουστικής διάτρησης ανάλογα με τη διάμετρο του διατρήματος και την αντοχή του πετρώματος (McGregor - 1967)

Το πεδίο εφαρμογής των κρουστικών και περιστροφικών μηχανών ορύξεως διατρημάτων σύμφωνα με τον οίκο κατασκευής κρουστικών μηχανημάτων ορύξεως διατρημάτων Tamrock δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 3.8).



Εικόνα 3.8 - Το πεδίο εφαρμογής των κρουστικών και περιστροφικών μηχανών ορύξεως διατρημάτων (Tamrock)

3.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΙΑΤΡΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΦΥΡΑΣ (DOWNTHEHOLEDRILLING)

Τα πλεονεκτήματα της διάτρησης με ενδοδιατρηματική σφύρα (down the hole drilling) έναντι των άλλων συστημάτων διάτρησης είναι τα εξής:

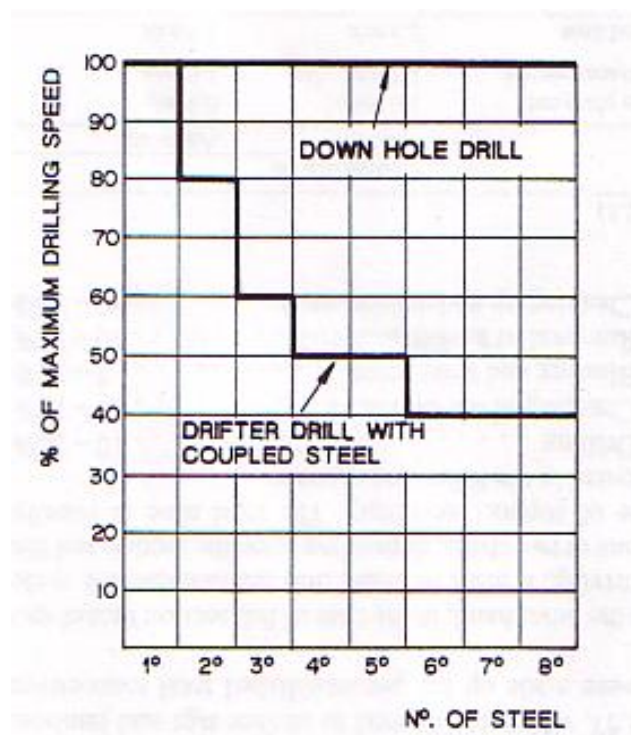
- Ο ρυθμός διεύσδυσης (προχώρησης) παραμένει πρακτικά σταθερός καθώς το διάτρημα προχωράει σε βάθος (εικόνα 3.9).
- Η φθορά στο κοπτικό είναι λιγότερη απ'ότι στη διάτρηση με κρουστική υδραυλική σφύρα, λόγω της έκπλυσης με αέρα, ο οποίος αέρας περνάει μέσα από το κοπτικό άκρο και καθαρίζει αποτελεσματικά τον πυθμένα του διατρήματος και η ανάβαση του μίγματος με τα τεμάχια του πετρώματος γίνεται μέσω του κενού μεταξύ της διατρητικής στήλης και των τοιχωμάτων του διατρήματος.
- Η διάρκεια ζωής της διατρητικής στήλης είναι μεγαλύτερη.
- Η απόκλιση του διατρήματος είναι πολύ μικρή με αποτέλεσμα η ενδοδιατρηματική σφύρα να είναι ιδανική για την διάτρηση μακριών διατρημάτων.

- Τέλος, το κόστος ανά μέτρο σε μεγάλης διαμέτρου διατρήσεις και σκληρό πέτρωμα είναι μικρότερο απ'ότι στις περιστροφικές μεθόδους διάτρησης.

Βέβαια υπάρχουν και μειονεκτήματα στη μέθοδο της διάτρησης με ενδοδιατρηματική σφύρα, τα οποία είναι τα εξής:

- Οι ρυθμοί διείσδυσης (προχώρησης) είναι γενικά μικροί.
- Κάθε διατρητικό μηχάνημα αυτής της μεθόδου είναι κατασκευασμένο για ένα περιορισμένο αριθμό διαμέτρων
- Η μικρότερη διάμετρος που μπορεί να διανοιχτεί από το μηχάνημα περιορίζεται από το μέγεθος της υδραυλικής σφύρας με αποδεκτή απόδοση που κυμαίνεται γύρω στα 85mm.
- Υπάρχει η πιθανότητα να χαθεί η κοπτική κεφαλή μέσα στο διάτρημα εξαιτίας κάποιων εμποδίων που μπορεί να εμφανιστούν ή εξαιτίας αποκοπής της κεφαλής από την διατρητική στήλη.
- Τέλος, απαιτείται η χρήση υψηλής πίεσης συμπιεστών, οι οποίοι καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας.

Σήμερα, υπάρχει η τάση για το εύρος 85-125 mm, οι ενδοδιατρηματικές σφύρες αντικαθίστανται από κρουστικές υδραυλικές σφύρες.



Εικόνα 3.9 – Ρυθμός προχώρησης της διάτρησης σε σχέση με το είδος του μετάλλου

3.4. Είδη κοπτικών άκρων

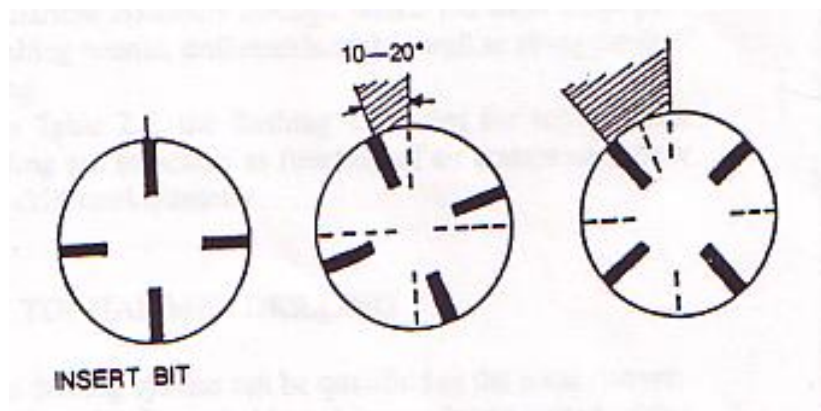
3.4.1. Κοπτικά με ένθετους (εμφυτευμένους) οδόντες

Με παρεμβύσματα (Insert bit)

Όταν πραγματοποιείται διάτρηση με κοπτικές κεφαλές που έχουν παρεμβύσματα (insert) (εικόνα 3.10α) τότε οι συνήθεις ταχύτητες περιστροφής κυμαίνονται μεταξύ 80 και 150 r.p.m. με γωνίες μεταξύ οδοντωμάτων από 10° μέχρι 20° (εικόνα 3.10β).



α.



β.

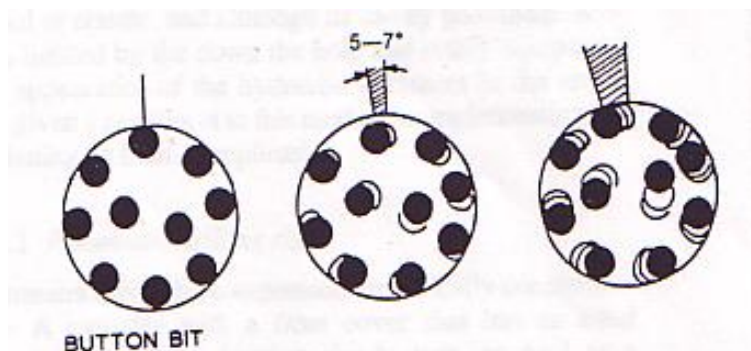
Εικόνα 3.10 –**α.** Κοπτικές κεφαλές με παρεμβύσματα (insert bits), **β.** Διάταξη των κοπτικών άκρων στις κεφαλές των insert bits

Με κομβία (Button bit)

Όταν πραγματοποιείται διάτρηση με κοπτικές κεφαλές που έχουν κομβία (buttons) (εικόνα 3.11α) με διάμετρο από 51mm μέχρι 89 mm, τότε οι συνήθεις ταχύτητες περιστροφής κυμαίνονται μεταξύ 40 και 60 r.p.m. με γωνίες μεταξύ οδοντωμάτων από 5° μέχρι 7° (εικόνα 3.11β). Οι κοπτικές κεφαλές με κομβία μεγαλύτερης διαμέτρου απαιτούν χαμηλότερες ταχύτητες.



α.



β.

Εικόνα 3.11 -α. Κοπτικές κεφαλές με κομβία (button bit), **β.** Διάταξη των κοπτικών άκρων στις κεφαλές των button bits

3.4.2. Είδη Κοπτικών Κεφαλών (Με κομβία)

- Flat Front, Standard – Επίπεδο Μέτωπο, σύνηθες (πρότυπο)



Εικόνα 3.12α

- Για ημίσκληρο έως σκληρό πέτρωμα
- Εύκολη λείανση των δοντιών
- Κομβία μετώπου και περιφέρειας είναι ίδιου μήκους

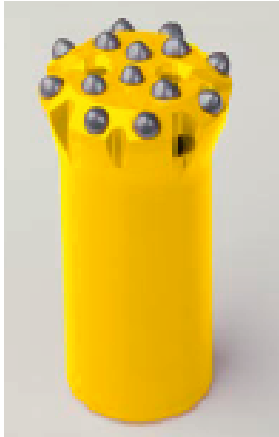
- Flat Front, Heavy Duty - Επίπεδο Μέτωπο Κοπής, Βαρέως τύπου



Εικόνα 3.12β

- Για πολύ σκληρό πέτρωμα
- Τα κομβία της περιφέρειας είναι πιο μεγάλα από αυτά του κέντρου (μετώπου)

- Flat Front, Extra Heavy Duty – Επίπεδο Μέτωπο, Εξαιρετικά Βαρέως τύπου



Εικόνα 3.12γ

- Για πολύ σκληρό και τραχύ πέτρωμα
- Καλύτερα χαρακτηριστικά έκπλυσης
- Διαφορετικές γωνίες καθαρισμού (clearance angles) και πιο κοντή

- Drop Centre – Κοίλο Μέτωπο Κοπής



Εικόνα 3.12δ

- Για μαλακά και ημίσκληρα πετρώματα
- Πολύ καλά χαρακτηριστικά έκπλυσης διατρήματος
- Το κοίλο μέτωπο δημιουργεί κατά την διάτρηση ένα μικρό υπερύψωμα στο πέτρωμα που δίνει καλή καθοδήγηση στο διατρητικό μηχάνημα

3.4.2.1. Είδη κομβίων της κοπτικής κεφαλής

Τα είδη κομβίων που παραθέτονται παρακάτω χρησιμοποιούνται στην κρουστική διάτρηση (rotary percussive drilling)

1) Σφαιρικά (spherical)

Χαρακτηριστικά :

- «Μη-επιθετικό» σχήμα
- Μικρό ποσοστό διάτρησης
 - Μειωμένη φθορά της κοπτικής κεφαλής
- Η εξόρυξη πραγματοποιείται κυρίως μέσω της κρούσης



2) Ημι-βαλλιστικά (Semi-ballistic)

Χαρακτηριστικά

- «Επιθετικό» σχήμα
- Μεσαίο ποσοστό διάτρησης
- Μεσαία φθορά κοπτικών άκρων
- Η εξόρυξη κυρίως πραγματοποιείται μέσω της διάτμησης και κοπής (shearing/cutting)



3) Κωνικά - Βαλλιστικά (Conical-ballistic)

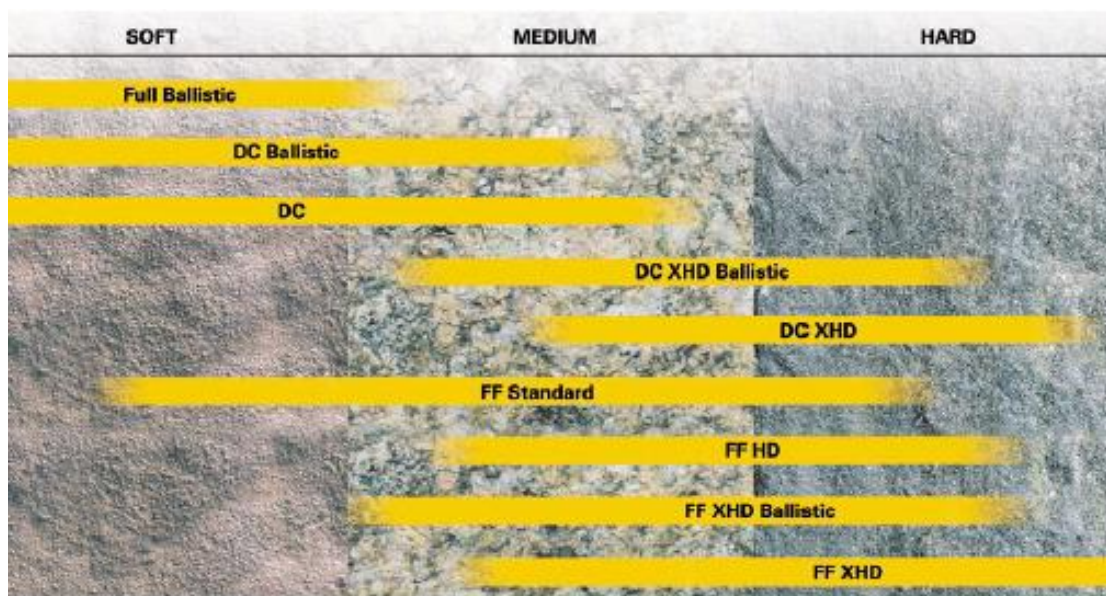
Χαρακτηριστικά

- «Πολύ επιθετικό» σχήμα
- Μέγιστο ποσοστό διάτρησης
- Υψηλή φθορά κοπτικών άκρων
- Η εξόρυξη κυρίως πραγματοποιείται μέσω της διάτμησης και της κοπής



Το σχήμα, ο σχεδιασμός των κοπτικών κεφαλών (δηλαδή η γεωμετρία και η διάταξη των κομβίων, οι οπές έκπλυσης και οι αγωγοί αποστράγγισης) έχουν μεγάλη επιρροή πάνω στη φθορά των κεφαλών και την επίδοση της διάτρησης.

Στην παρακάτω εικόνα (3.13) εμφανίζονται τα είδη των κοπτικών κεφαλών που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση πετρώματος (μαλακό, ημίσκληρο και σκληρό), όπως τα προτείνει ένας κατασκευαστής (Atlas Copco).



Εικόνα 3.13 – Τα είδη των κοπτικών κεφαλών / χαρακτηριστικά πετρώματος (πηγή: Atlas Copco)

Όπου DC = Drop Centre (κοίλο μέτωπο), FF = Flat Front (επίπεδο μέτωπο), HD = Heavy Duty (βαρέως τύπου), XHD = Extra Heavy Duty (εξαιρετικά βαρέως τύπου)

3.4.3. Κριτήριο Επιλογής της Κοπτικής Κεφαλής (Κοπτικού Άκρου)

Επειδή το 95% των κοπτικών κεφαλών που χρησιμοποιούνται στην κρουστική διάτρηση είναι αυτά με κομβία (button bits), επιλέγονται κεφαλές με καθοδηγητικά πτερύγια (Retrac-type bits) για να αποδώσουν ευθύτερα διατρήματα. Αποφεύγονται κεφαλές που εμφανίζουν μια κυρτότητα (convex form) στην επιφάνειά τους, καθώς τέτοιου είδους κεφαλές είναι πιο επιρρεπείς στη δημιουργία αποκλίσεων σε σχέση με τα επίπεδα (flat bit) ή τα κοίλα (drop center) κοπτικά.

Όταν ένα κοπτικό άκρο είναι φθαρμένο τότε τα κομβία πουβρίσκονται στην περιφέρεια της κεφαλής (gauge buttons) είναι αυτά που εμφανίζουν την περισσότερη φθορά. Αυτό σημαίνει πως αυτά τα κομβία χάνουν περισσότερο ύψος από τα υπόλοιπα κατά την λείανση τους (regrinding), με αποτέλεσμα να αλλάζει μορφή το μέτωπο του κοπτικού και να γίνεται πιο κυρτό (convex front). Το κοίλο μέτωπο κοπής (drop center) λόγω του κατεβασμένου κέντρου δεν έχει την τάση να γίνεται κυρτό κατά την διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του. Γι' αυτό το λόγο τα κοπτικά αυτά προτιμούνται στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν απαιτήσεις για ευθύγραμμη διάτρηση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια η σειρά επιλογής των κοπτικών κεφαλών για την επίτευξη ευθύγραμμης διάτρησης θα πρέπει να είναι ως εξής:

- 1) Retrac Button Bit με βαλλιστικά κομβία (ballistic buttons) και κοίλο μέτωπο κοπής (drop centre front)
- 2) Retrac Button Bit με σφαιρικά κομβία (spherical buttons) και κοίλο μέτωπο κοπής (drop centre front)
- 3) Retrac Button Bit με σφαιρικά κομβία (spherical buttons) και επίπεδο μέτωπο κοπής (flat front)
- 4) Insert Bit (με παρεμβύσματα) χρησιμοποιείται μόνο όταν δεν απαιτούνται πολύ ευθεία διατρήματα και τίποτα άλλο δεν δουλεύει



α.

β.

Εικόνα 3.14 – Full-ballistic buttons (βαλλιστικά κομβία) **α.** Μικρά κομβία (buttons) **β.** Μεγάλα κομβία (buttons) για μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης

- Drop Centre Extra Heavy Duty – Κοίλο Μέτωπο Κοπής , Εξαιρετικά Βαρέως τύπου



Εικόνα 3.15α

- Για πολύ σκληρό και τραχύ πέτρωμα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ημίσκληρα πετρώματα
- Τα κομβία της περιφέρειας είναι μεγαλύτερα από του κέντρου, δεν υπάρχουν οπές στα πλευρά του και η κεφαλή είναι πιο κοντή

- Retrac Skirt



Εικόνα 3.15β

- Για χαλαρά, κερματισμένα ή με σχιστότητα πετρώματα όπου μπορεί να είναι δύσκολο να αποσυρθεί η διατρητική στήλη εξαιτίας κατάρρευσης των τοιχωμάτων του διατρήματος
- Έχει κοπτικά άκρα και στο πίσω μέρος της κεφαλής με αποτέλεσμα να μπορεί να πραγματοποιήσει και διάτρηση και ανάποδα
- Έχει εγκοπές στα πλάγια της κεφαλής για καλύτερη απομάκρυνση των θρυμμάτων
- Η καλή καθοδήγηση της κεφαλής οδηγεί σε ευθύτερα διατρήματα

- Insert Bits – Κεφαλή με παρεμβύσματα



- Χρησιμοποιούνται σπανίως, μόνο όταν δεν απαιτούνται πολύ ευθεία διατρήματα
- Τα σταυρωτά κοπτικά (cross bits) έχουν συνήθως στερεωμένα παρεμβύσματα από καρβίδιο που να έχουν υψηλή αντοχή
- Τα κοπτικά σε σχήμα Χ (X-bits) είναι φτιαγμένα από καρβίδιο για βελτιωμένη ανθεκτικότητα

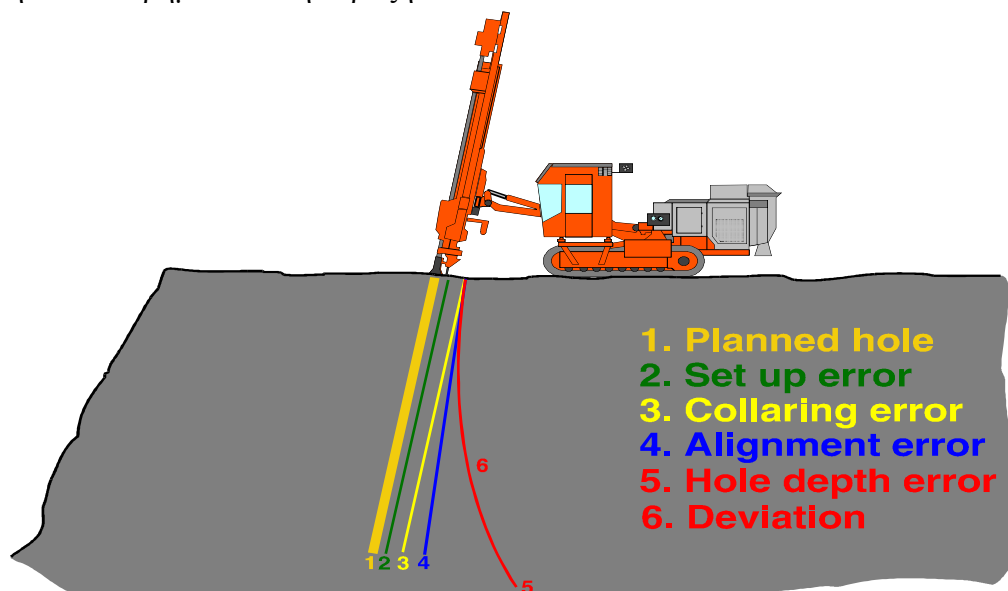
Εικόνα 3.11γ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

4.1. Ποιοτικά Διατρήματα

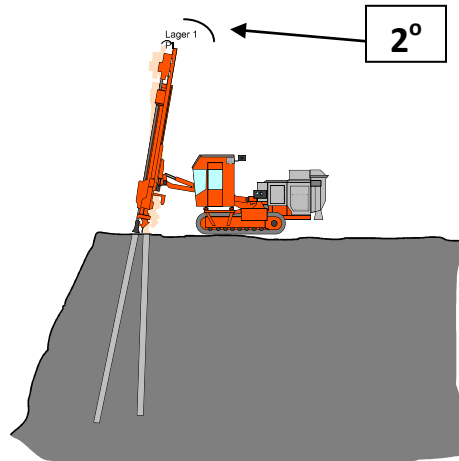
Για να αποκτήσουμε διατρήματα της καλύτερης δυνατής ποιότητας απαιτείται κατ'αρχάς προσοχή κατά την διάρκεια της έναρξης της διάτρησης («κατάπιασμα») ώστε η κεφαλή να μην βγαίνει εκτός τροχιάς και το στόμιο του διατρήματος να βρίσκεται στην προκαθορισμένη από το σχέδιο της ανατίναξης θέση. Σε περίπτωση που δεν δοθεί η απαραίτητη προσοχή, μπορεί το γεγονός αυτό να επηρεάσει την διεύθυνση του διατρήματος αλλά και την κατεύθυνση προς την οποία θα απομακρυνθεί η διατρητική στήλη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως όταν έχει ολοκληρωθεί η εργασία δημιουργίας του στομίου (collar) του διατρήματος δεν θα μπορεί να μεταβληθεί πλέον η διεύθυνση του διατρήματος.

Στην εικόνα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται σχηματικά τα διαδοχικά λάθη που οδηγούν στην απόκλιση των διατρημάτων στην πράξη.

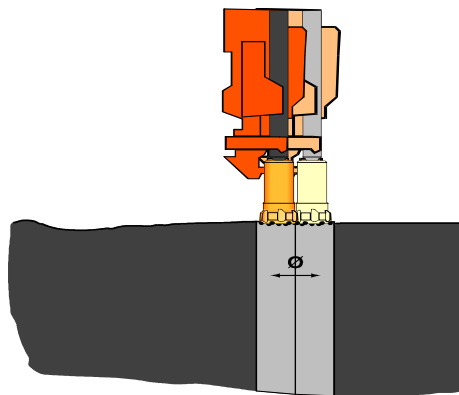


Εικόνα 4.1 – Ακρίβεια Διάτρησης

1. Προκαθορισμένο διάτρημα
2. Λάθος στην εγκατάσταση
3. Λάθος έναρξη του διατρήματος («κατάπιασμα»)
4. Λάθος στην ευθυγράμμιση
5. Λάθος στο βάθος του διατρήματος
6. Απόκλιση

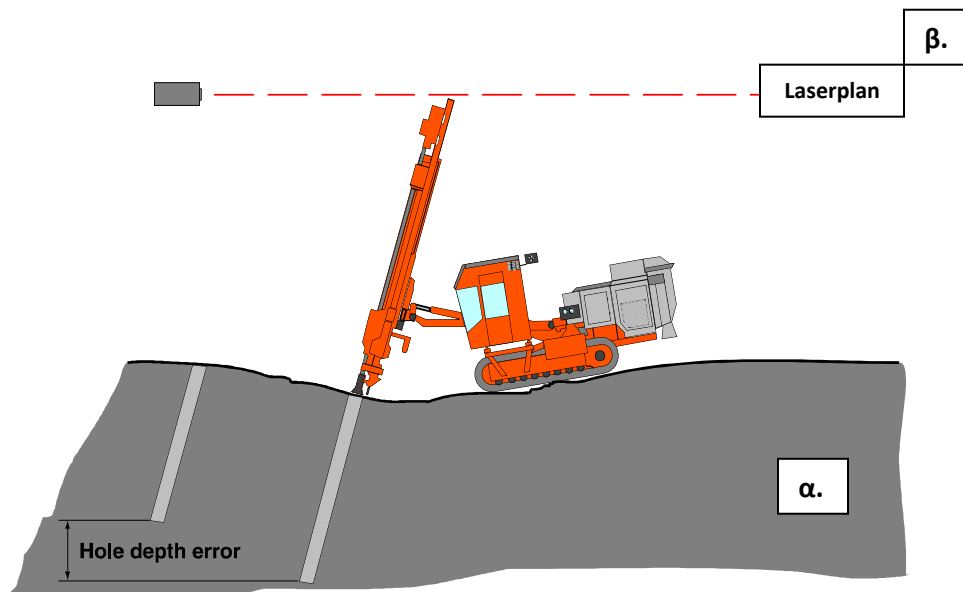


Εικόνα 4.2 - Τοποθέτηση / Ευθυγράμμιση του διατρητικού μηχανήματος



Εικόνα 4.3 - Έναρξη Διάτρησης – «κατάπιασμα» (Collaring)

Σοβαρό πρόβλημα στο τελικό αποτέλεσμα μιας ανατίναξης μπορεί να προκαλέσει μια μικρή απόκλιση στη γωνία διάτρησης δηλαδή η λανθασμένη αρχική ευθυγράμμιση της διατρητικής στήλης (όπως π.χ. 2° – εικόνα 4.2) αλλά και η λάθος έναρξη της διάτρησης – κατάπιασμα (εικόνα4.3) . Επίσης, πρόβλημα εμφανίζεται και όταν η επιφάνεια του βράχου προς διάτρηση είναι ανώμαλη και υπάρχει η πιθανότητα να επηρεαστεί το βάθος των διαδοχικών διατρημάτων της καννάβου και να μην έχουν όλα το ίδιο βάθος. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με την χρήση laserγια το «αλφάδιασμα» ώστε όλα τα διατρήματα να τελειώνουν στο ίδιο επίπεδο (εικόνα 4.4). Όλα αυτά τα λάθη μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία σοβαρής ανισοκατανομής της ποσότητας της εκρηκτικής ύλης μέσα στην μάζα του πετρώματος που πρόκειται να ανατιναχθεί.



Εικόνα 4.4 - Βάθος Διατρήματος και διόρθωση λάθους με laserplan

Στην εικόνα 4.4-α. βλέπουμε πως η ανομοιόμορφη επιφάνεια της βαθμίδας προς διάτρηση οδηγεί σε διάνοιξη διατρημάτων με διαφορά στο βάθος διάτρησης (hole depth error), με αποτέλεσμα να υπάρχει και διαφορά στην ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που θα δεχτεί το κάθε διάτρημα. Αυτό θα αποτελέσει πρόβλημα στο προβλεπόμενο σχέδιο της ανατίναξης και το αποτέλεσμα δεν θα είναι το επιθυμητό και θα υπάρξουν υπερεκσκαφές (από εντονότερη ανατίναξη) (backbreak) και αυξημένη εκτίναξη τεμαχιδίων (flyrock) στα «κοντά» διατρήματα. Γι'αυτό το λόγο τοποθετείται laser για την μέτρηση των διατρημάτων και των θέσεων τους ώστε να έχουν όλα το ίδιο βάθος (εικόνα 4.4- β).

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της διάτρησης είναι η ευθύτητα, η γωνία και το βάθος του διατρήματος, η σωστή επιλογή της διατρητικής στήλης αλλά και του κοπτικού άκρου. Η ευθύτητα των διατρημάτων παίζει έναν από τους σημαντικότερους ρόλους στην ποιότητα της διάτρησης, γι'αυτό σε ορισμένες χώρες ο έλεγχος για την ευθύτητα των διατρημάτων ορίζεται από τη νομοθεσία, ενώ πολλές επιχειρήσεις θέτουν τέτοιους όρους στα συμβόλαια τους που αφορούν τη σωστή εκτέλεση των εργασιών διάτρησης για την ευθύτητα του διατρήματος.

Για να θεωρηθεί η όρυξη μιας διάτρησης επιτυχής θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- Το στόμιο του διατρήματος να έχει τοποθετηθεί στην θέση που προβλέπεται από τον κάρναβο διάτρησης
- Ο άξονας του διατρήματος να είναι ευθύς και να έχει την επιθυμητή κλίση, η οποία είναι συνήθως ίδια με την κλίση του πρανούς του μετώπου
- Να έχει φτάσει στο προβλεπόμενο από το σχέδιο ανατίναξης βάθος

Αν αυτές οι προϋποθέσεις δεν τηρηθούν τότε θα επηρεαστεί το σχέδιο της ανατίναξης με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται ο προβλεπόμενος θρυμματισμός του πετρώματος, το πόδι της βαθμίδας να μην θραύεται ικανοποιητικά και να παρατηρούνται έντονες δονήσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

Τέτοια προβλήματα προκαλούνται από την λανθασμένη τοποθέτηση της κοπτικής κεφαλής κατά την έναρξη της διάτρησης (collaring offset), από την λανθασμένη κλίση που μπορεί να έχει ο βραχίονας διάτρησης (collaring misalignment) και από την εκτροπή του άξονα του διατρήματος κατά την διάρκεια της διάτρησης (in-hole deviation). Γενικά οι τιμές που θεωρούνται αποδεκτές είναι τα 5cm στην απόκλιση της θέσης του στομίου και τα 3cm/m διατρήματος στην εκτροπή του άξονα. Βέβαια, τώρα πια τα διατρητικά μηχανήματα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες απόκλισης και βάθους οι οποίοι πληροφορούν έγκαιρα τον χειριστή προκειμένου να κάνει οποιουσδήποτε διορθωτικούς χειρισμούς απαιτούνται.

4.1.1. Πλεονεκτήματα Ποιοτικής Διάτρησης

Η ποιοτική διάτρηση ενός διατρήματος παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Ομαλότερα πρανή και δάπεδο βαθμίδας
- Αύξηση του φορτίου αλλά και της απόστασης μεταξύ των διατρημάτων
- Αύξηση της παραγωγικότητας και εμφάνιση λιγότερων προβλημάτων στη διατρητική στήλη
- Οι δονήσεις του εδάφους μειώνονται και η ασφάλεια της ανατίναξης αυξάνεται
- Ο θρυμματισμός του πετρώματος είναι καλύτερος ενώ ο αριθμός των μεγάλων όγκων πετρώματος προς δευτερογενή θραύση μειώνεται, με αποτέλεσμα η διαδικασία του θρυμματισμού να είναι πιο παραγωγική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΩΝ

5.1. Τι είναι η απόκλιση στα διατρήματα

Η ικανότητα να ελέγχεται η διεύθυνση των διατρημάτων είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μια διάτρηση. Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την διάτρηση και γενικά το αποτέλεσμα της ανατίναξης, είναι η ευθύτητα του διατρήματος που πρέπει να ακολουθεί τον αρχικό σχεδιασμό καθ' όλο το μήκος του.

Η απόκλιση των διατρημάτων είναι ένα φαινόμενο το οποίο αλλοιώνει σημαντικά τα αποτελέσματα μιας εξόρυξης. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται για πολλούς λόγους, όπως μπλοκάρισμα της διατρητικής στήλης, κενά στους σχηματισμούς που γίνεται η διάτρηση, κακή επιλογή εξοπλισμού διάτρησης, και βέβαια κακός χειρισμός.

5.1.1. Τα προβλήματα που οδηγούν στην απόκλιση και ο τρόπος αντιμετώπισης τους

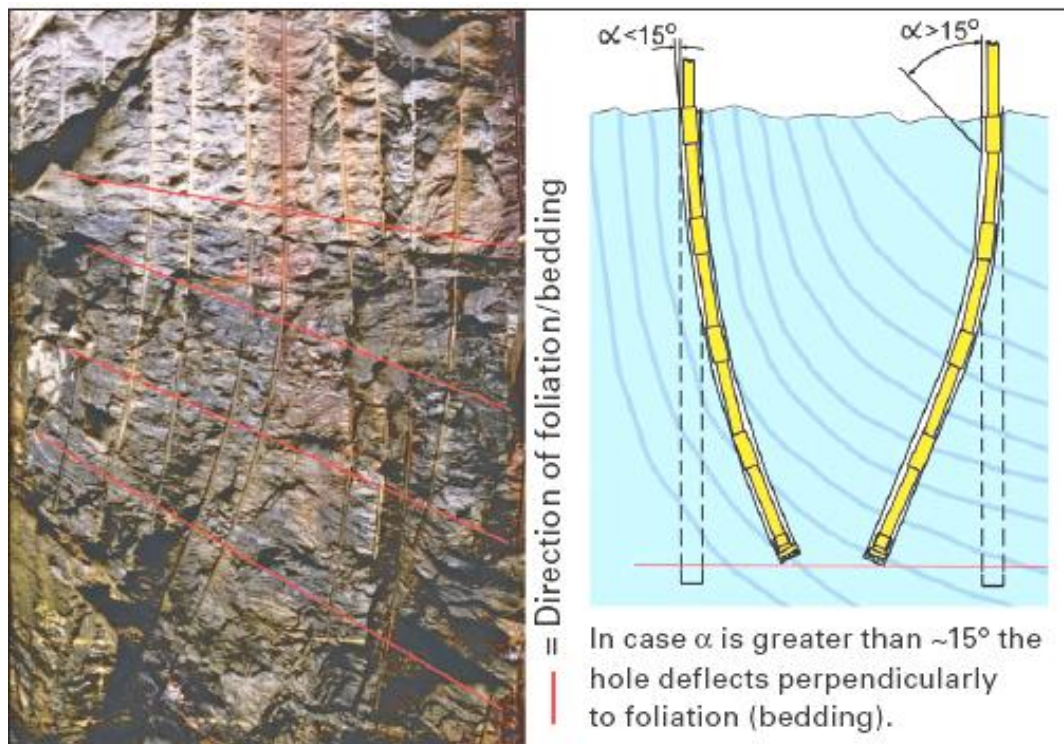
Αρχικά, για να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα στη διάτρηση, θα πρέπει να ακολουθηθεί ο σχεδιασμός της διάτρησιςτων διατρημάτων όπως έχει προσδιοριστεί θεωρητικά. Αυτό σημαίνει πως τα διατρήματα πρέπει να έχουν σημείο έναρξης (κατάπιασμα) στο ακριβές σημείο και να γίνει η διάτρηση στη σωστή διεύθυνση και στο κατάλληλο βάθος.

Στην εικόνα 5.1 εμφανίζονται διάφοροι λόγοι απόκλισης των διατρημάτων. Ακρίβεια στο κατάπιασμα και την ευθυγράμμιση του διατρήματος μπορεί να επιτευχθεί με ορθή έναρξη της διάτρησις στο προκαθορισμένο σημείο, μαζί με την χρήση ενός δείκτη της γωνίας του διατρητικού (κλισιόμετρο) και ένα όργανο μέτρησης του βάθους του διατρήματος. Επίσης σημαντικό είναι να υπάρχει μια πολύ καλή ορατότητα της διαδικασίας καταπιάσματος από την θέση του χειριστή.

Το πιο σοβαρό πρόβλημα που μπορεί να υπάρξει κατά την διάτρηση είναι η απόκλιση κατά την όρυξη του διατρήματος (in-hole deviation) που συνήθως προκύπτει από τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν. Στην περίπτωση μεγάλης σχιστότητας – φύλλωσης (foliation) και ύπαρξης στρώσεων (bedding) στο πέτρωμα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά η διάτρηση και να προκύψει απόκλιση των διατρημάτων (εικόνα 5.1). Το διάτρημα έχει την τάση να αποκλίνει προς μια κατεύθυνση που είναι κάθετη προς τις ασυνέχειες. Όσο πιο μακριά είναι τα διατρήματα

τόσο πιο έντονη είναι η μετατόπισή τους. Συχνά υποστηρίζεται πως η απόκλιση αυξάνεται εκθετικά, συναρτήσει του τετραγώνου του μήκους του διατρήματος.

Εμπειρικά διαπιστώνεται πως η γωνία που σχηματίζει η διατρητική κεφαλή με την στρώση του πετρώματος είναι εξαιρετικής σημασίας για την απόκλιση, ενώ η κεφαλή έχει την τάση συνήθως να πηγαίνει παράλληλα με την στρώση όταν η γωνία προσέγγισης είναι μικρότερη από 15° (μοίρες). Στην περίπτωση διάτρησης σε ομοιογενή πετρώματα, όπως γρανίτη με αραιές ασυνέχειες, εμφανίζεται πολύ μικρή ή μηδενική απόκλιση του διατρήματος.



— = Διεύθυνση της φύλλωσης/σχιστότητας

Εικόνα 5.1 – Πως επηρεάζεται η απόκλιση των διατρημάτων από τη σχιστότητα των πετρωμάτων σε διάφορες γωνίες

Ο σημαντικότερος λόγος που δημιουργείται η απόκλιση στα διατρήματα είναι οι συνθήκες που επικρατούν στο πέτρωμα (συνήθως από την ανομοιογένεια του πετρώματος και από τα χαλαρά κομμάτια). Ο δεύτερος σημαντικός λόγος είναι ο υψηλός ρυθμός προχώρησης της διατρητικής στήλης και η μεγάλη ώση και βέβαια η λάθος επιλογή διατρητικής στήλης και κοπτικών άκρων για τα χαρακτηριστικά του πετρώματος που διατρήεται. Τέλος, άλλοι λόγοι που οδηγούν στην

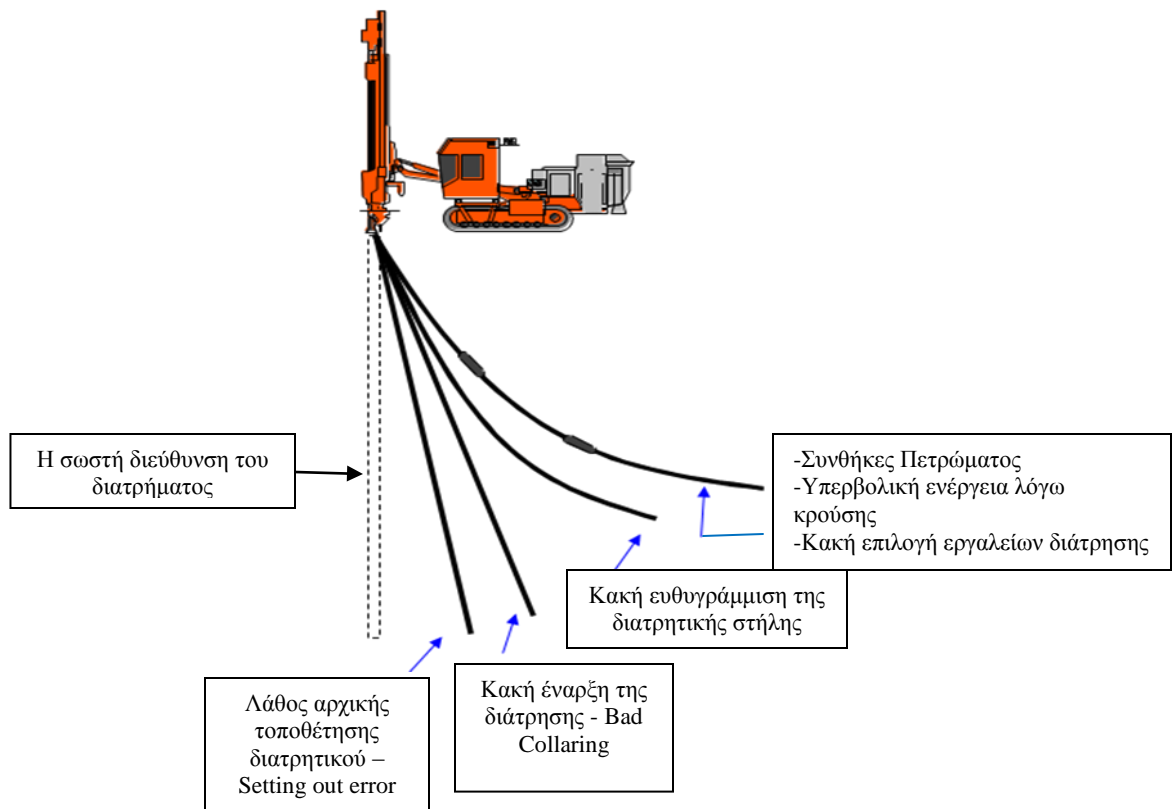
απόκλιση είναι η λάθος ευθυγράμμιση της διατρητικής στήλης, η κακή έναρξη της διάτρησης (λάθος θέση «καταπιάσματος») και λανθασμένη γωνία διάτρησης, που οδηγεί σε δημιουργία διαφοράς στο βάθος των διατρημάτων. Οι παραπάνω αιτίες φαίνονται στην εικόνα 5.2 που ακολουθεί.

Τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος της απόκλισης των διατρημάτων, όπως προτείνονται από την Atlas Corco είναι:

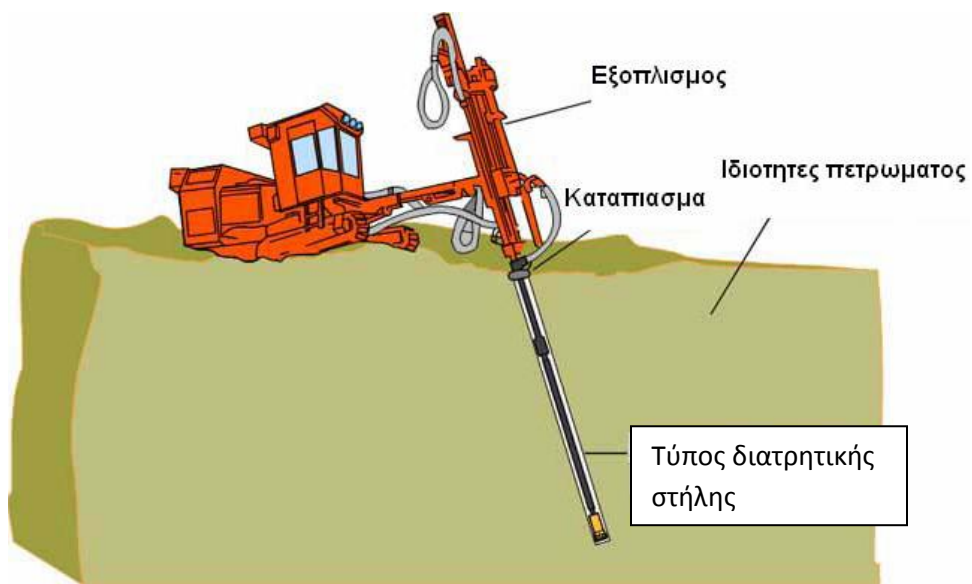
Η χρήση σταθερού φορέα της διατρητικής στήλης και η μικρή απόσταση μεταξύ του στομίου του διατρήματος και του φορέα βοηθάει την ευθύτητα των διατρημάτων. Στην περίπτωση της κρουστικής διάτρησης η Atlas Corco διαθέτει καθοδηγητικούς σωλήνες (guide tubes) που τοποθετούνται πίσω από την κοπτική κεφαλή. Ο σωλήνας αυτός βελτιώνει την έκπλυση και μειώνει την πιθανότητα να μπλοκάρει (σφηνώσει) το διατρητικό μηχάνημα.

Με τον συνδυασμό μειωμένης απαιτούμενης δύναμης προώθησης (forcefeed) και αυξημένης περιστροφικής ταχύτητας (rotation speed) μειώνεται η απόκλιση των διατρημάτων. Τα συστήματα διάτρησης DTH (ενδοδιατρηματικών συστημάτων), COPROD drilling (συνδυασμός ενδοδιατρητικού και κρουστικού συστήματος) και η περιστροφική διάτρηση, δίνουν καλύτερα αποτελέσματα απ' ό,τι η κρουστική διάτρηση (Top Hammer drilling) για το φαινόμενο της απόκλισης διατρημάτων.

Τέλος, το μικρό βάθος διατρήματος και οι κατά συνέπεια χαμηλές βαθμίδες δίνουν καλύτερο έλεγχο της απόκλισης.

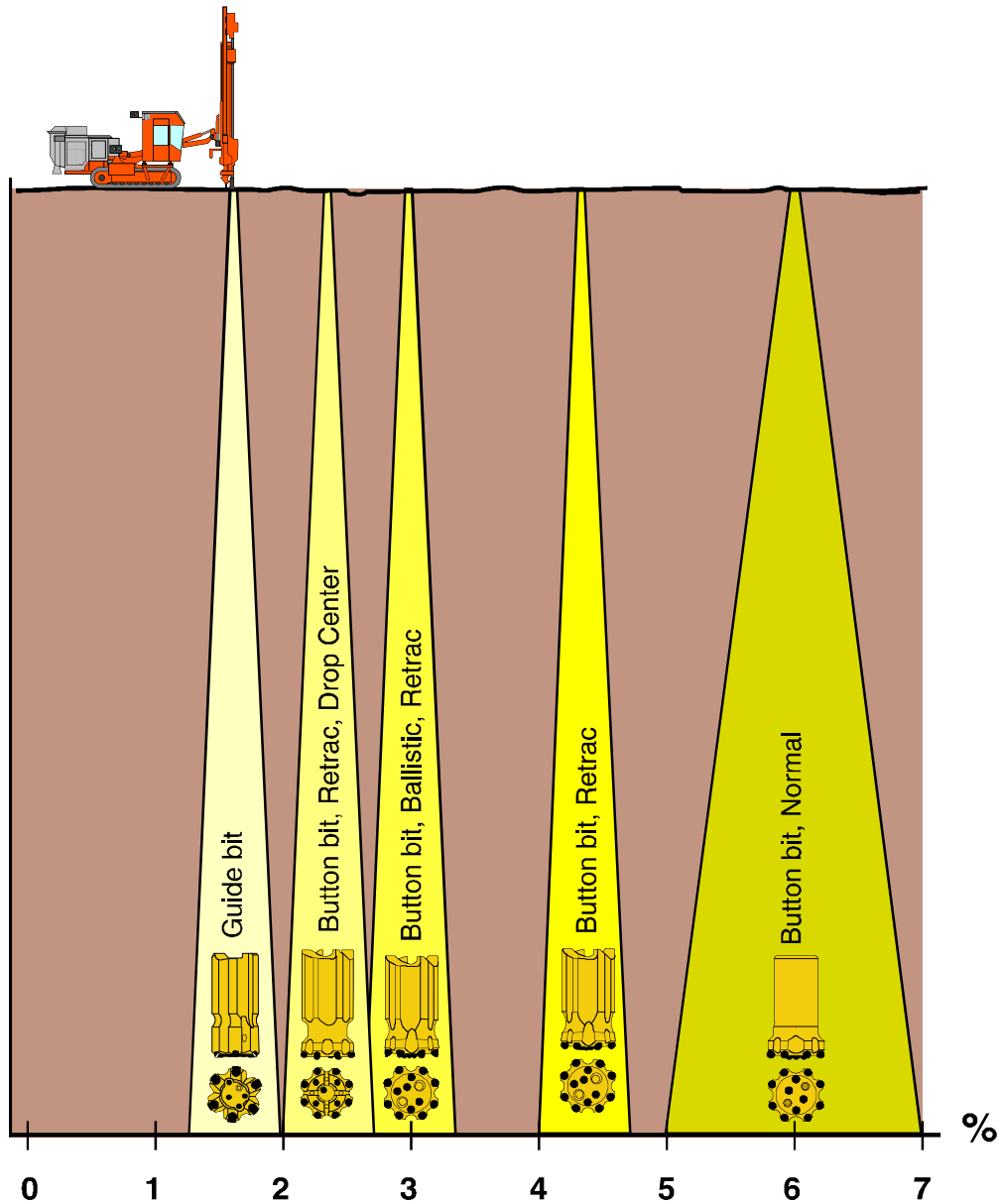


Εικόνα 5.2 - Λόγοι απόκλισης των διατρημάτων



Εικόνα 5.3 – Διάταξη ενός διατρητικού μηχανήματος τη στιγμή της διάτρησης

Στην εικόνα 5.4 παρουσιάζεται η εκατοστιαία απόκλιση του διατρήματος ανά μέτρο διάτρησης, κατά την κρουστική διάτρηση (Top Hammer) με στελέχη T38 και διάμετρο κοπτικού άκρου 64mm, ανάλογα με τον τύπο του επιλεγόμενου κοπτικού.



Εικόνα 5.4 – Απόκλιση % ανά μέτρο μήκους διατρήματος

5.2. Μέθοδοι Ελέγχου της Απόκλισης Διατρημάτων

Εργαλεία ελέγχου των αποκλίσεων των διατρημάτων, που δημιουργούνται κατά την διάτρηση τους, χρησιμοποιούνται από το 1854, και μια ιστορική λίστα έχει τεκμηριωθεί από τον Skinner (1979). Στις βιομηχανίες εξόρυξης, οι επί τόπου (in situ) μέθοδοι κυμαίνονται από την χρήση φακού (η οποία είναι η απλούστερη μέθοδος) μέχρι την χρήση γυροσκοπικής συσκευής (η οποία είναι η πολυπλοκότερη μέθοδος) (**Πίνακας 1**). Οι γυροσκοπικές συσκευές όμως χρησιμοποιούνται σπάνια καθώς είναι οικονομικά ασύμφοροι.

ΜΕΘΟΔΟΙ

Πίνακας 1 – Μερικές κατηγορίες τεχνικών μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων για όλους τους σχηματισμούς.

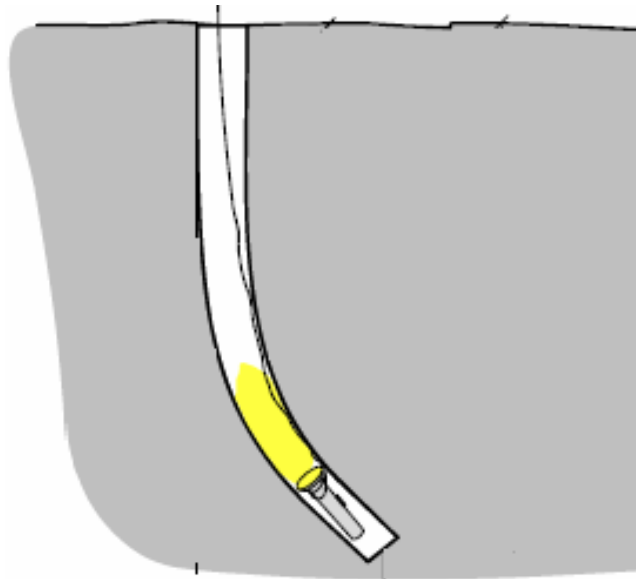
| BDT | BAMT | GFWA |
|---|--|--|
| Φακός | Ποιοτικό | Όλοι οι σχηματισμοί – διατρήματα χωρίς νερό (water-free) |
| Κλισιόμετρο | Στήλες- Οδηγοί (Guide rods against reference) | Όλοι οι σχηματισμοί |
| Φωτογραφία / Καταγραφή με βίντεο (video film) | Δακτύλιοι και φυσαλίδα οριζοντίωσης (αεροστάθμη) (Ring centers against bubble) | Όλοι οι σχηματισμοί |

Όπου:BDT = Basis of Device Technique (Βάσει της Τεχνικής Συσκευής)

BAMT = Basic Azimuth Measurement Technique (Βασική Τεχνική Μέτρησης Αζιμουθίου)

GFWA = Ground Formation Where Applicable (Σχηματισμός στον οποίο μπορεί να εφαρμόζεται η τεχνική)

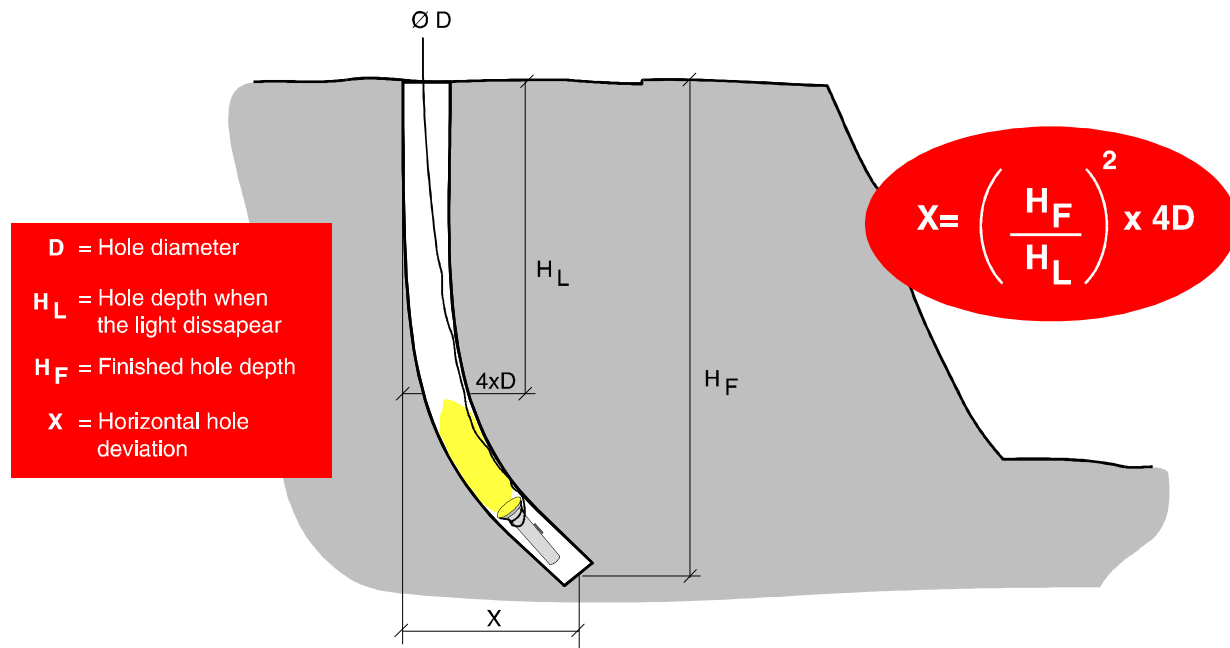
Ένας πρακτικός τρόπος για να γίνει έλεγχος της ευθύτητας των διατρημάτων είναι με τη χρήση ενός φακού (εικόνα 15). Με τον φακό είναι δυνατόν να καταλάβουμε προς ποιά κατεύθυνση αποκλίνει το διάτρημα αλλά και να υπολογίσουμε σε ποιο βάθος του διατρήματος ξεκινάει η απόκλιση μετρώντας την απόσταση στην οποία χάνεται το φως του φακού. Αν για παράδειγμα το διάτρημα το οποίο επιθυμούμε να διανοίξουμε έχει βάθος 14 m και το φως του φακού χάνεται στα 5 m τότε η απόκλιση του διατρήματος στο κατώτερο σημείο του θα είναι μεγάλη. Αν όμως το φως του φακού χάνεται σε βάθος 13 m τότε η απόκλιση που παρουσιάζει το διάτρημα, αν και υπαρκτή, είναι μικρή (όπως φαίνεται και στο παρακάτω παράδειγμα). Έτσι με την μέθοδο αυτή γίνεται άμεσος και επιτόπιος έλεγχος των διατρημάτων, με αποτέλεσμα να μπορούν να παρθούν άμεσα μέτρα για να διορθωθούν οι τυχόν αποκλίσεις.



Εικόνα 5.5 – Η χρήση φακού για εντοπισμό αποκλίσεως

5.2.1. Υπολογισμός της απόκλισης διατρήματος με την μέθοδο του φακού

Στην παρακάτω εικόνα (5.6) εμφανίζεται ο τρόπος υπολογισμού της απόκλισης διατρημάτων με την χρήση φακού και του εμπειρικού τύπου : $x = (H_F/H_L)^2 * 4D$



Εικόνα 5.6 – Η χρήση φακού για υπολογισμό αποκλίσεως

Όπου D= Διάμετρος του διατρήματος, H_L= Βάθος του διατρήματος όπου χάνεται το φως του φακού, H_F= Συνολικό βάθος του διατρήματος , x= Οριζόντια απόκλιση διατρήματος

Παράδειγμα υπολογισμού απόκλισης διατρήματος

Για διάτρημα με συνολικό βάθος 14m και απώλεια του φωτός του φακού σε βάθος 5m η απόκλιση, σύμφωνα με τον εμπειρικό τύπο, είναι:

$$X_1 = (H_F/H_L)^2 * 4D = (14/5)^2 * 4D = (196/25) * 4D$$

Για διάτρημα με συνολικό βάθος 14m και απώλεια του φωτός του φακού σε βάθος 13m η απόκλιση, σύμφωνα με τον εμπειρικό τύπο, είναι:

$$X_2 = (H_F/H_L)^2 * 4D = (14/13)^2 * 4D = (196/169) * 4D$$

$$\text{Άρα } X_1 / X_2 = [(196/25) * 4D] / [(196/169) * 4D] = 169/25 = 6,76 \Leftrightarrow X_1 = 6,76 X_2$$

Αποδεικνύεται λοιπόν πως όσο πιο κοντά στο τελικό βάθος ξεκινάει η απόκλιση του διατρήματος (δηλαδή χάνεται το φως του φακού) τόσο πιο μικρή είναι αυτή η απόκλιση.

5.3. Τα θετικά αποτελέσματα της βελτίωσης της ακρίβειας των διατρήσεων

Με την βελτίωση στην ακρίβεια όρυξης της διάτρησης, το φορτίο (burden) αυξάνεται όπως και η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων. Επίσης, τα προβλήματα που σχετίζονται με το μπλοκάρισμα της διατρητικής στήλης (drill steel) ελαχιστοποιούνται με αποτέλεσμα να έχουμε υψηλότερη παραγωγικότητα.

Άλλα θετικά αποτελέσματα της ακρίβειας των διατρήσεων αποτελούν η μείωση της ανάγκης για ειδική γόμωση, λιγότερα άνισα τοιχώματα και μείωση της υπερεκσκαφής, ομαλότερη επιφάνεια του δαπέδου της βαθμίδας, μεγαλύτερη ασφάλεια και μειωμένη δόνηση του εδάφους. Επίσης, ο θρυμματισμός του πετρώματος είναι καλύτερος και ο βαθμός πλήρωσης των φορητών είναι αυξημένος.

Τελικά, αποτέλεσμα όλων αυτών των θετικών ενεργειών είναι ότι βελτιώνεται σημαντικά το κόστος της εξόρυξης.

5.3.1 Σωστή έναρξη της διάτρησης (Collaring)

Η σωστή έναρξη της διάτρησης («κατάπιασμα») είναι πολύ σημαντική στην διαδικασία της διάτρησης και της ανατίναξης. Η λανθασμένη έναρξη κοστίζει, ενώ η ορθή έναρξη αυξάνει την παραγωγικότητα της διάτρησης.

Η λανθασμένη έναρξη οδηγεί σε :**Εικόνα 5.7α**

- Ανεπαρκής έκπλυση
- Μπλοκαρισμένη διατρητική στήλη (drill string)
- Κατάρρευση των τοιχωμάτων του διατρήματος
- Δυσκολία στην γόμωση
- Χαμηλή παραγωγικότητα



Εικόνα 5.7β

Η ορθή έναρξη οδηγεί σε :

- Πολύ καλή σταθερότητα του διατρήματος
- Προστασία
- Ευκολία στη γόμωση



Στις δύο παραπάνω εικόνες παρατηρούμε τη διάνοιξη διατρήματος στο ίδιο λατομείο και σε ίδιες συνθήκες αλλά με δύο διαφορετικές μεθόδους.

Στην πρώτη εικόνα 5.7α η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι αυτή χωρίς την χρήση αιωρήματος (water mist) κατά την διάτρηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα λανθασμένη διάνοιξη και την κατάρρευση των τοιχωμάτων του διατρήματος. Αντιθέτως στην δεύτερη εικόνα 5.6β η διαδικασία που πραγματοποιείται με την χρήση αιωρήματος (water mist) δημιουργεί ένα υδραυλικό μίγμα νερού/εδάφους, το οποίο με την φυγόκεντρο δύναμη, από την αυξημένη ταχύτητα περιστροφής του διατρητικού εργαλείου, κολλάει και προστατεύει τα τοιχώματα από τυχόν κατάρρευση τους και έτσι η διάνοιξη γίνεται σωστά.

Συμπερασματικά για να γίνει σωστά η διαδικασία της έναρξης της διάτρησης και να έχουμε καλά αποτελέσματα, γίνεται έκχυση νερού ώστε να δημιουργηθεί ένα είδος λάσπης που βοηθάει στην ομαλή διάνοιξη. Αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι χρειάζεται λιγότερος χρόνος για να δημιουργηθεί ένα καλό στόμιο (collar) από ότι χρειάζεται για να κατασκευαστεί ένα χαλαρό και θρυμματισμένο στόμιο.

5.4. Ευθύγραμμα Διατρήματα για οικονομικότερο κόστος διατρητικών εργαλείων

Βελτιωμένη ευθύτητα οδηγεί σε λιγότερες ανατινάξεις

Αν μπορεί να βελτιωθεί η ευθύτητα του διατρήματος κατά 3% μόνο, και ως επακόλουθο να αυξηθεί το φορτίο και η απόσταση των διατρημάτων, τότε μπορεί να μειωθεί το κόστος των ανατινάξεων τουλάχιστον κατά 5% χάρη στο μικρότερο μήκος διάτρησης ανά μονάδα όγκου εξορυγμένου πετρώματος.

Το κόστος του Διατρητικού Εργαλείου αποτελεί το 5-10% του συνολικού κόστους

Σε ένα συνηθισμένο έργο διάτρησης σε βαθμίδες (bench drilling) το κόστος για τα διατρητικά εργαλεία αποτελούν συνήθως το 5-10% του συνολικού κόστους της διάτρησης. Αυτό σημαίνει πως είναι δυνατόν να εξοικονομηθεί το συνολικό κόστος των εργαλείων διάτρησης ανοίγοντας πιο ευθύγραμμες οπές.

Αν υποθετικά έχουμε ένα έργο διάτρησης σε βαθμίδες σε μια παρειά (βαθμίδα) με ύψος 20m, βάθος διάτρησης 22m, και διάμετρο κοπτικού 76mm, μπορούν να επιτευχθούν τα ακόλουθα αποτελέσματα (κατά την εταιρεία Sandvik):

Αν αντικατασταθεί μια συνηθισμένο διατρητικό στέλεχος Sandvik MF(extension rod) από ένα Sandvik Guide tube ως πρώτο στέλεχος και ταυτόχρονα να χρησιμοποιηθεί μια κεφαλή Sandvik Retrac, με κούλο μέτωπο (Drop-Center bit) θα επιτρέψει μια αύξηση στο φορτίο και στην απόσταση των διατρημάτων. Κατά συνέπεια, μια αύξηση της απόστασης των διατρημάτων από 3.0 σε 3.1 m αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση σε διάτρηση και ανατίναξη που ισούται στο συνολικό κόστος όλων των διατρητικών εργαλείων.

Συνοψίζοντας τα οφέλη

Πιο ευθεία διατρήματα επιτρέπουν την πραγματοποίηση ευκολότερης και γρηγορότερης διάτρησης. Η λιγότερη κάμψη και κόπωση στη διατρητική στήλη επίσης οδηγεί σε παράταση της ζωής των εργαλείων. Προσθέτοντας και τα πλεονεκτήματα των αποτελεσμάτων της πιο σωστής διάτρησης - όπως ελεγχόμενος κατακερματισμός των πετρωμάτων, μείωση του κινδύνου εκτοξευμένων βραχωδών τεμαχιδίων, τον μειωμένο κερματισμό της πίσω επιφάνειας (υπέρ-εκσκαφή), τις μειωμένες εδαφικές δονήσεις και τέλος πιο λείες παρειές,-οδηγούμεθα σε σημαντικά οικονομικά αλλά και λειτουργικά οφέλη.

5.4.1. Διόρθωση της Αποκλίσεως των Διατρημάτων

Μεταξύ της θεωρίας και της πράξης στην εξόρυξη των πετρωμάτων υπάρχει μια σημαντική διαφορά, η οποία οφείλεται στο γεγονός πως τα διατρήματα στις περισσότερες περιπτώσεις δεν διατρήθηκαν στην ακριβή θέση που έχει προκαθοριστεί και δεν ακολούθησαν την ακριβή διεύθυνση του δεδομένου προτύπου.

Έτσι αντί το φορτίο του σχεδίου ανατίναξης να έχει ένα θεωρητικό εύρος v_{max} , έχει στην πράξη ένα φορτίο που είναι είτε μικρότερο, είτε ίσο, είτε μεγαλύτερο από το θεωρητικό. Το φορτίο αυτό ονομάζεται πραγματικό και μπορεί να διορθωθεί αν λάβουμε υπόψη την απόκλιση του κατά τον υπολογισμό των παραμέτρων του σχεδίου ανατίναξης. Η απαιτούμενη διόρθωση της απόκλισης εξαρτάται από το μέγεθος των σφαλμάτων τοποθέτησης και ευθυγράμμισης των διατρημάτων.

5.5. Ελαχιστοποίηση της απόκλισης των διατρημάτων σε κάτω από 2%

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ευθύτητα ενός διατρήματος είναι οι ιδιότητες των πετρωμάτων, η μέθοδος διάτρησης, οι συνθήκες που επικρατούν, η ισχύς και η τοποθέτηση της πλατφόρμας του διατρητικού μηχανήματος και τέλος ο σχεδιασμός των διατρητικών εργαλείων.

Χρησιμοποιώντας ορθά τα εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης που υπάρχουν στα διατρητικά μηχανήματα, εκτός από την ευθύτητα των διατρημάτων, υπάρχουν και επιπλέον πλεονέκτημα όπως αυξημένη διάρκεια ζωής των εργαλείων. Με την λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος αλλά και την προσεκτική επιλογή του ορθού εργαλείου διάτρησης, η απόκλιση των διατρημάτων μπορεί να μειωθεί και έως κάτω από 2%.

Αν η πλατφόρμα είναι σωστά και σταθερά τοποθετημένη, η μπούμα τροφοδοσίας κατάλληλα ευθυγραμμισμένη και οι ρυθμίσεις των παραμέτρων διάτρησης προσαρμοσμένες στις συνθήκες ιδιότητες των πετρωμάτων, είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα αποδεκτό επίπεδο ευθύτητας της διάτρησης.

Διάφορα όμως πετρώματα απαιτούν προσαρμοσμένες, στις ιδιότητες τους, λύσεις για να επιτευχθεί ευθύγραμμη διάτρηση. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχουν ορισμένα είδη ειδικά σχεδιασμένα διατρητικά εργαλεία, από τα οποία μπορούμε να διαλέξουμε. Τα εργαλεία αυτά δίνουν λύσεις στα προβλήματα για να επιτευχθεί ευθύτητα των διατρημάτων αλλά και βελτιστοποιούν το σχέδιο της διάτρησης.

Έτσι ξεκινώντας στελέχη επέκτασης τύπου MF (Male-Female) και, σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν, την τοποθέτηση του κοπτικού άκρουRetrac κεφαλές, Guide bits και Guide tubes, η διάτρηση σε βαθμίδες βήμα μπορεί αν βελτιωθεί ώστε να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση των διατρημάτων μέχρι και κάτω από 2%.

Μια διατρητική στήλη με στελέχη Sandvik MF προσφέρει πιο δύσκαμπτες συνδέσεις από ότι μια στήλη με ξεχωριστή μούφα (coupling sleeves) εξαιτίας της 50% μείωσης στο «παίξιμο» των στελεχών του εργαλείου. Διανοίγοντας διάτρημα με μια τέτοια δύσκαμπτη στήλη οδηγεί σε μια βελτιωμένη ευθύτητα των διατρημάτων, σε καλύτερη μεταφορά ενέργειας, όπως επίσης σε υψηλότερη αποδοτικότητα της διάτρησης.



Εικόνα 5.8- Διατρητική Στήλη με συνδυασμούς MF και Διατρητική Κεφαλή Retrac/ Drop Centre

5.5.1. Διατρητικές Στήλες MFRODS

Τα διατρητικά στελέχη MF (εικόνα 5.9) είναι πιο κατάλληλα για συστήματα διάτρησης τα οποία διαθέτουν κινούμενο σύστημα βιδώματος (carousel). Επίσης, ένα από τα σημαντικά τους πλεονεκτήματα είναι πως καταφέρνουν αυξημένη διείσδυση στο έδαφος εξαιτίας της υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης στην διασύνδεση της κεφαλής με την στήλη. Το αποτέλεσμα της χρήσης τέτοιων εργαλείων είναι πιο ευθύγραμμα διατρήματα εξαιτίας της 50% μείωσης σε «παίξιμο» των ενώσεων των στελεχών (thread play), οπότε τα στελέχη γίνονται πιο σταθερά (stiff).

Τέλος, η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί την συνεχή έλεγχο της Κατάστασης της μούφας (coupling sleeve), οπότε ο χειρισμός του μηχανήματος γίνεται πιο εύκολος. **Εικόνα 5.9**



5.6. Ταίριασμα της διαμέτρου της διατρητικής κεφαλής με την διάσταση της διατρητικής στήλης (drill string) του διατρητικού μηχανήματος

Στην επιλογή της διατρητικής στήλης που θα χρησιμοποιηθεί παίζει σημαντικό ρόλο το σχήμα του καρβιδίου του κοπτικού άκρου. Όσο πιο αιχμηρό είναι το καρβίδιο τόσο πιο εύκολα πραγματοποιείται η διάτρηση και τόσο πιο ευθύ είναι το διάτρημα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο επιλέγονται πιο συχνά τα βαλλιστικά-κωνικά (ballistic) καρβίδια για την διάτρηση αντί για τα σφαιρικά. Βέβαια τα σφαιρικά καρβίδια προτιμούνται όταν το πέτρωμα είναι σκληρό καθώς είναι κοπτικά με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Για ευθύτερα διατρήματα χρησιμοποιείται συνήθως κοπτικά με κοίλο μέτωπο (Drop Center) αντί αυτών με επίπεδο μέτωπο (Flat Face) διότι τα τελευταία έχουν την τάση να φθείρονται πιο εύκολα και να γίνονται κάπως κυρτά. Όταν το πέτρωμα στο οποίο πρόκειται να πραγματοποιηθεί διάτρηση είναι κατακερματισμένο τότε χρησιμοποιείται Retrac κοπτικό. Το σχήμα του κοπτικού Retrac βοηθάει ώστε να συντριφθούν μερικά κομμάτια του πετρώματος που εμποδίζουν το κοπτικό άκρο κατά την διάτρηση και έτσι μειώνεται ο κίνδυνος μπλοκαρίσματος της διατρητικής στήλης. Οπότε τα κοπτικά αυτά βοηθούν και στην ευθυγράμμιση του κοπτικού κατά την διάτρηση με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ευθύτητα των διατρημάτων. Χρησιμοποιούνται

λοιπόν σε όλα τα διατρήματα που είναι βαθύτερα από 10 m και σε διατρήσεις που γίνονται σε ανομοιογενή πετρώματα. Ένα άλλο κοπτικό άκρο που χρησιμοποιείται και ειδικά ως πρώτη επιλογή για ομογενή πετρώματα και κοντά διατρήματα είναι το Regular Skirt, το οποίο είναι και φθηνότερο από τα υπόλοιπα κοπτικά.

Κάθε κοπτικό άκρο θα πρέπει να έχει την ίδια ή σχεδόν ίδια διάμετρο στο μπροστινό και στο πίσω τμήμα του ώστε το κοπτικό να εισάγεται ευθύγραμμα στο διάτρημα και έτσι να δημιουργούνται ευθύγραμμα διατρήματα. Τα πλεονεκτήματα τέτοιων ευθύγραμμων διατρημάτων είναι η μείωση του κινδύνου θραύσης της διατρητικής στήλης, ταχύτερη διεύδυση και αύξηση της αποδοτικότητας του εξαρτήματος κατά την διάρκεια της ζωής του, με συνέπεια και την αύξηση της παραγωγικότητας όλου του συστήματος διάτρησης.

Τέλος αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι πως κάθε διατρητική στήλη με διαφορετική διάμετρο αντιστοιχεί σε μια κεφαλή με συγκεκριμένη διάμετρο (εικόνα 5.10). Έτσι επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα κατά την διάτρηση. Η σωστή ισορροπία μεταξύ της κεφαλής και της στήλης οδηγεί στην καλύτερη μεταφορά ενέργειας, στην αποτελεσματικότερη διάτρηση αλλά και σε ευθύτερα διατρήματα.



Εικόνα 5.10 – Η ιδανική σχέση μεταξύ διαμέτρων διατρητικού στελέχους και διαμέτρου του κοπτικού άκρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΣΤΗΜΑ MDLCABLEDBORETRAK

6.1 Το Μηχάνημα Μέτρησης Της Απόκλισης –BORETRAK®/ MDL



Εικόνα 6.1. - Cabled Boretrak (CB) – Σύστημα μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων της MDL

Πρόκειται για ένα εύχρηστο σύστημα μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων που ορύσσονται σε επιφανειακά έργα. Το σύστημα μέτρησης και παρακολούθησης των αποκλίσεων των διατρημάτων, MDL's Cabled Boretrak®, είναι ένα πλήρες, συμπαγές, ελαφρύ και πάνω απ'όλα απόλυτα φορητόσύστημα (εικόνα 6.1) που έχει σχεδιαστεί προκειμένου να συμβάλει στην βελτίωση της ποιότητας της διάτρησης.



Εικόνα 6.2 – Τρόπος εισαγωγής του αισθητήρα στο διάτρημα για μέτρηση της απόκλισης

Το σύστημα ελέγχου της απόκλισης των διατρημάτων έχει τη δυνατότητα μέτρησης της απόκλισης σε διατρήματα μέχρι το βάθος των 50 μέτρων. Το πρότυπο σύστημα (standard) Cabled Borettrak που διαθέτει το εργαστήριο εξόρυξης πετρωμάτων έχει τη δυνατότητα βάθους μέχρι 35 μέτρων, αλλά υπάρχουν και συστήματα ειδικής παραγγελίας με δυνατότητα από 10 έως και 50 μέτρα.

Το σύστημα υπολογίζει την απόκλιση του διατρήματος ανά σταθερά διαστήματα χρησιμοποιώντας αισθητήρες κλισιομέτρου οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε ένα καλωδιωμένο αισθητήρα-καθετήρα (cabled sensor probe). Μια μαγνητική πυξίδα, η οποία βρίσκεται στο εσωτερικό του αισθητήρα-καθετήρα (probe), διασφαλίζει την διατήρηση του προσανατολισμού του σε κάθε διάστημα του βάθους. Το αποτέλεσμα αυτών των αισθητήρων καταγράφεται από το CDU (Control Data Unit) του οργάνου μέσω του οποίου μπορεί να μεταφερθεί σε ένα υπολογιστή για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.

Το μηχάνημα αυτό είναι εύχρηστο και η συναρμολόγηση γίνεται γρήγορα στο εργοτάξιο χωρίς ειδικά εργαλεία, εξοπλισμό ή προσωπικό. Όταν πραγματοποιείται η εξέταση της απόκλισης του διατρήματος η εργασία είναι συνεχής και σταματάει μόνο κατά την διάρκεια της καταγραφής των δεδομένων ανά τακτά διαστήματα 1 ή 2m. Μια τυπική μέτρηση σε διάτρημα βάθους 30 m διαρκεί 3 λεπτά. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο CDU και μπορούν να διαβαστούν επί τόπου ή μετά το πέρας της μέτρησης να υποστούν επεξεργασία με τη βοήθεια του λογισμικού που συνοδεύει το Cabled Borettrak.



6.2. Πλεονεκτήματα και Κύρια Χαρακτηριστικά του Cabled Boretrak

Τα πλεονεκτήματα και τα κύρια χαρακτηριστικά της συσκευής Cabled Boretrak είναι τα εξής:

1. Μετράει την απόκλιση του διατρήματος και την κατεύθυνση του
2. Έχει ακρίβεια αζιμουθίου $\pm 1^\circ$ με τον καθετήρα-αισθητήρα σε κάθετη διεύθυνση και είναι βαθμονομημένο
3. Κλισιόμετρο με ακρίβεια $\pm 0,2^\circ$ στην κλίση ύψους – βάθους (pitch) ή δεξιά – αριστερά (roll) του άξονα του διατρήματος
4. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της συσκευής είναι απλοποιημένοι
5. Μικρή απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας
6. Η συσκευή είναι φορητή
7. Η πίεση λειτουργίας φτάνει μέχρι τις 10 ατμόσφαιρες (όταν τα διατρήματα είναι γεμάτα με νερό)
8. Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη
9. Η μεταφορά των δεδομένων σε PC γίνεται ψηφιακά για την καλύτερη επεξεργασία τους
10. Εύκολο στη λειτουργία
11. Έχει μειωμένο κόστος λειτουργίας
12. Τα δεδομένα που καταγράφονται από το μηχάνημα μπορούν να ενσωματωθούν σε άλλες συσκευές όπως το Quarryman Face Profiling Survey Data ή να εισαχθούν σε άλλο λογισμικό που υπάρχει στο εμπόριο
13. Η συσκευή αποθηκεύει έως 64 ΚΒ από 2D/3D δεδομένα. Περίπου 6000 σημεία μέτρησης
14. Εμφανίζει την κλίση και την κατεύθυνση του Boretrak
15. Εξάγει δεδομένα σε υπολογιστή μέσω του CDU (Control Data Unit)

16. Το Ballast Rod που προστίθεται στον αισθητήρα τον επιτρέπει να χρησιμοποιείται σε πλημμυρισμένα με νερό διατρήματα
17. Η συσκευή διαθέτει τρίποδο και προσαρμογέα του τριπόδου για να τοποθετείται το CDU

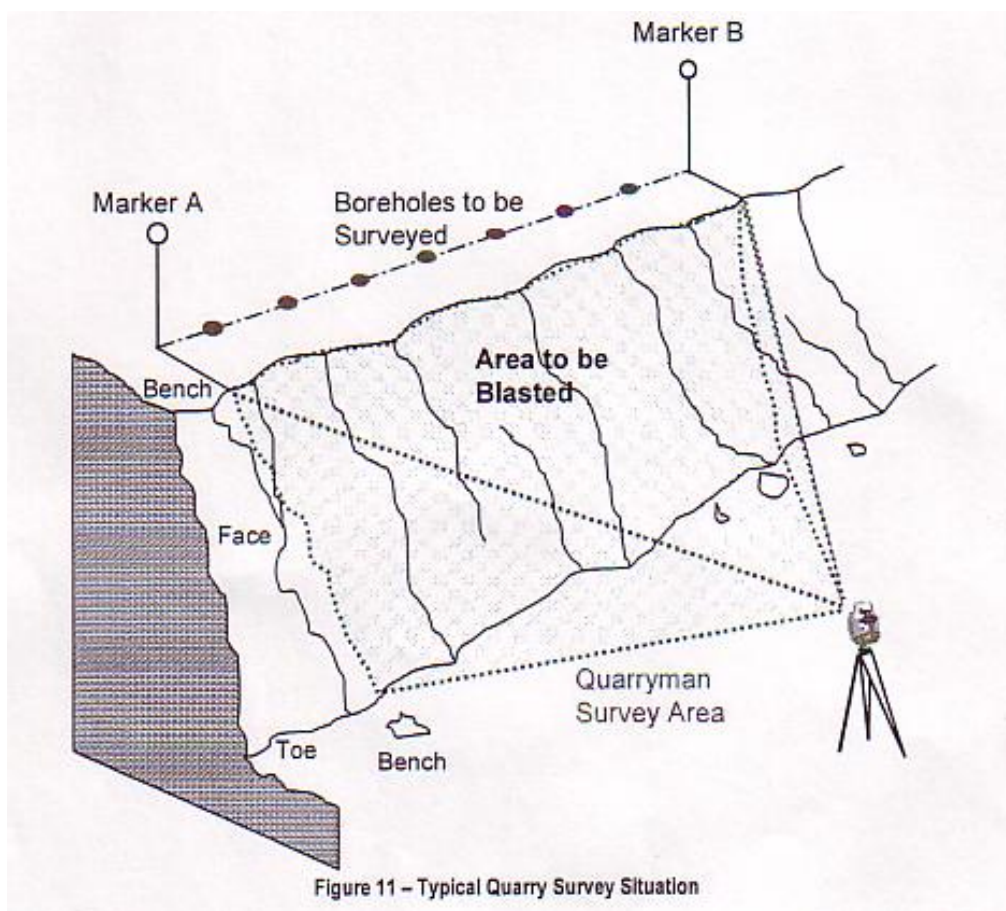
6.3. Εφαρμογές του Cabled Boretrak

Για να υπολογιστεί το φορτίο ανατίναξης σε λατομεία (εικόνα 6.3.), η ακριβής θέση του κάθε διατρήματος θα πρέπει να έχει μετρηθεί σε σχέση με κάθε άλλο διάτρημα αλλά και σε σχέση με το μέτωπο της βαθμίδας.

Η λάθος γόμωση μπορεί να οδηγήσει σε:

- 1) Αποτυχία στην απομάκρυνση του επιθυμητού όγκου του πετρώματος κατά την ανατίναξη, με αποτέλεσμα να απαιτείται ο μηχανικός καθαρισμός του μετώπου.
- 2) Λάθος κερματισμό που μπορεί να καταλήξει σε ανεπαρκή θρυμματισμό του βράχου.
- 3) Εκτόξευση τεμαχιδίων πετρώματος εκτός της ζώνης του χώρου της ανατίναξης.

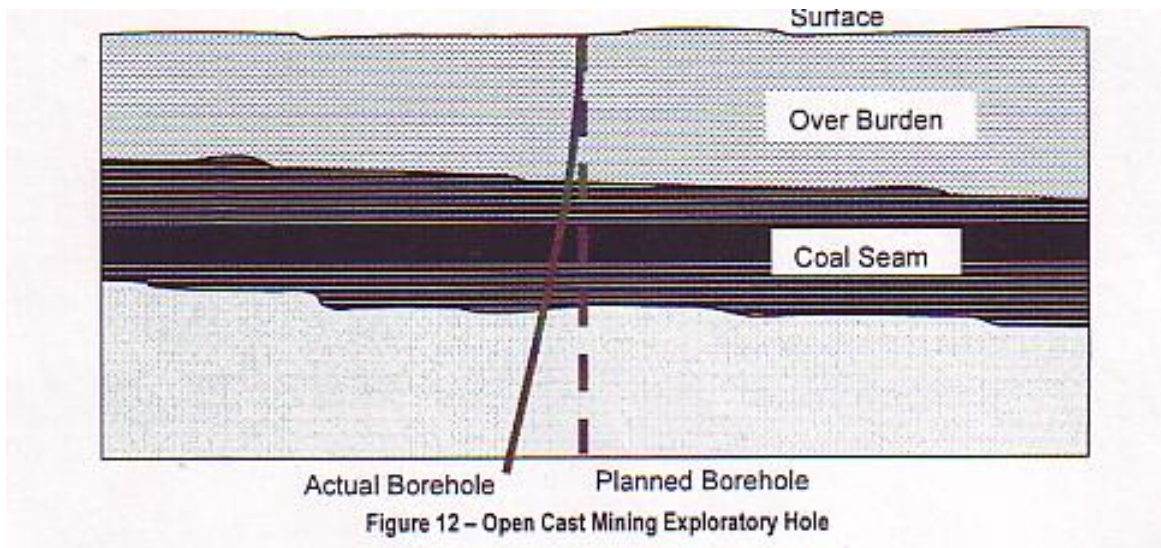
Χρησιμοποιώντας το MDL Boretrak , ενδεχομένως μαζί και με ένα σύστημα ελέγχου της γεωμετρίας του μετώπου, μπορεί να δημιουργηθεί μια ακριβής τρισδιάστατη εικόνα της γεωμετρίας του. Αυτό δίνει την δυνατότητα υπολογισμού της ποσότητας της εκρηκτικής ύλης που θα απαιτηθεί για την ανατίναξη.



Εικόνα 6.3. – Τυπική περίπτωση παρακολούθησης λατομείου

➤ Διερευνητικό Διάτρημα

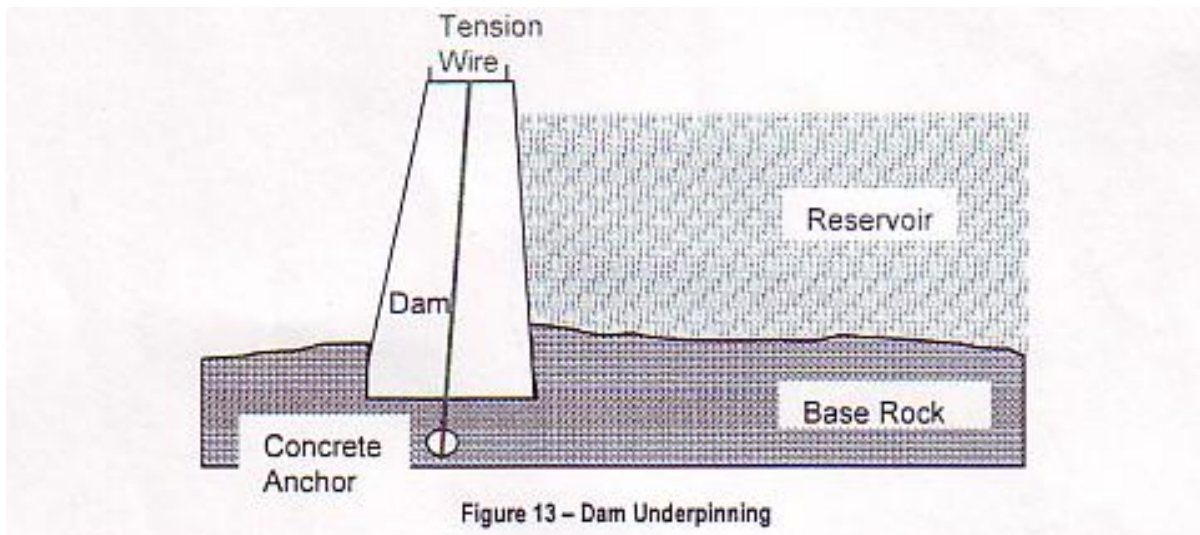
Στην εικόνα 6.4 εμφανίζεται η διάτρηση ενός διατρήματος για να αξιολογηθεί το πάχος και η ποιότητα ενός στρώματος άνθρακα (coal seam) σε υπαίθριο ορυχείο. Ο υπολογισμός του ανθρακικού στρώματος (coal seam yield) αλλά και του πάχους των υπερκειμένων, με βάση το προγραμματισμένο διάτρημα, θα ήταν ανακριβής εξαιτίας του μήκους του πραγματικού διατρήματος που υπερβαίνει αυτό του προγραμματισμένου διατρήματος. Χρησιμοποιώντας το Boretrakγια να υπολογίσουμε την πραγματική πορεία του διερευνητικού διατρήματος, μας επιτρέπει να κάνουμε διορθωτικούς υπολογισμούς.



Εικόνα 6.4. – Διερευνητικό διάτρημα σε υπαίθριο μεταλλείο

➤ Τεχνικά Έργα

Όταν ένα διάτρημα διανοίγεται για την τοποθέτηση συστήματος αγκύρωσης ενός φράγματος (εικόνα 6.5.), είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ότι το διάτρημα διατρήεται με ακρίβεια μέχρι την προβλεπόμενη θέση αγκύρωσης. Η ακριβής πορεία του διατρήματος και τοποθεσία του σημείου αγκύρωσης μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας το σύστημα Boretrak.

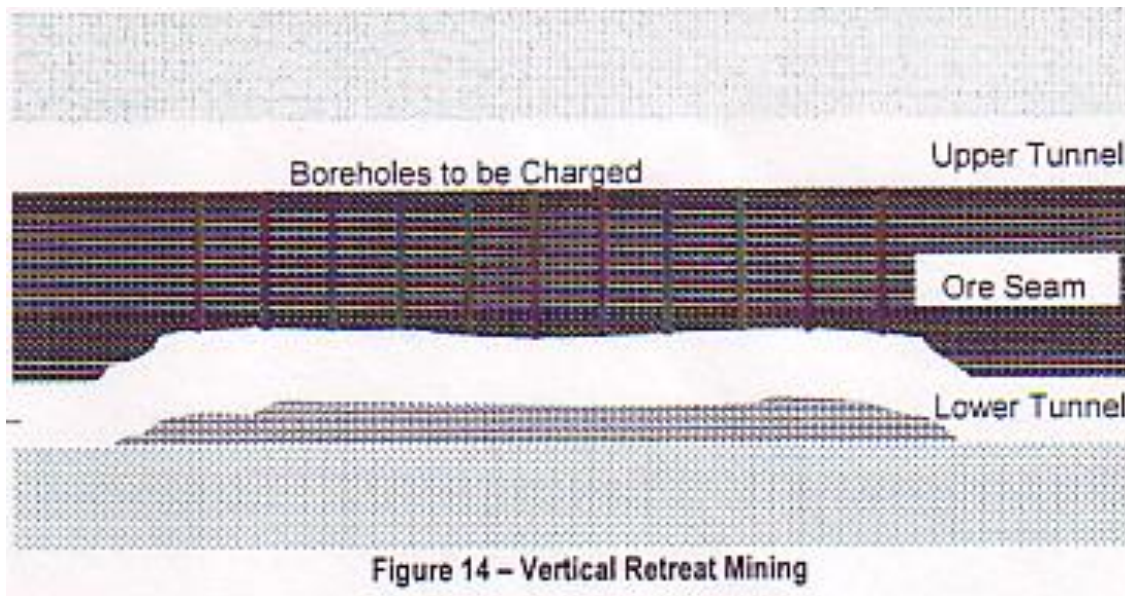


Εικόνα 6.5 – Στήριξη ενός φράγματος

➤ **Υπόγεια Εξόρυξη**

Κατά την εξόρυξη με την μέθοδο (Vertical Crater Retreat- VCR) (εικόνα 6.6.), διανοίγονται δύο στοές πάνω και κάτω από το στρώμα που πρόκειται να εξορυχθεί. Τα διατρήματα διανοίγονται με φορά από την πάνω στην κάτωστοά και οι γομώσεις τοποθετούνται στον πυθμένα του διατρήματος. Οι γομώσεις στη συνέχεια εκρήγνονται και το μέταλλευμα απομακρύνεται μέσω της κατώτερης στοάς, η δραστηριότητα σταδιακά υποχωρεί προς την ανώτερη στοά.

Όπως και στις υπαίθριες ανατινάξεις, είναι κεραία η ποσότητα της γόμωσης να είναι σωστή και τα διατρήματα να μην συγκλίνουν πολύ μεταξύ τους. Μια λανθασμένη ανατίναξη μπορεί να θέσει σε κίνδυνο μελλοντικές δραστηριότητες. Έτσι, χρησιμοποιώντας το σύστημα Boretrak η απόκλιση κάθε διατρήματος μπορεί να υπολογιστεί και χρησιμοποιώντας αυτή την πληροφορία μπορεί να προσαρμοστεί η γόμωση κατάλληλα.

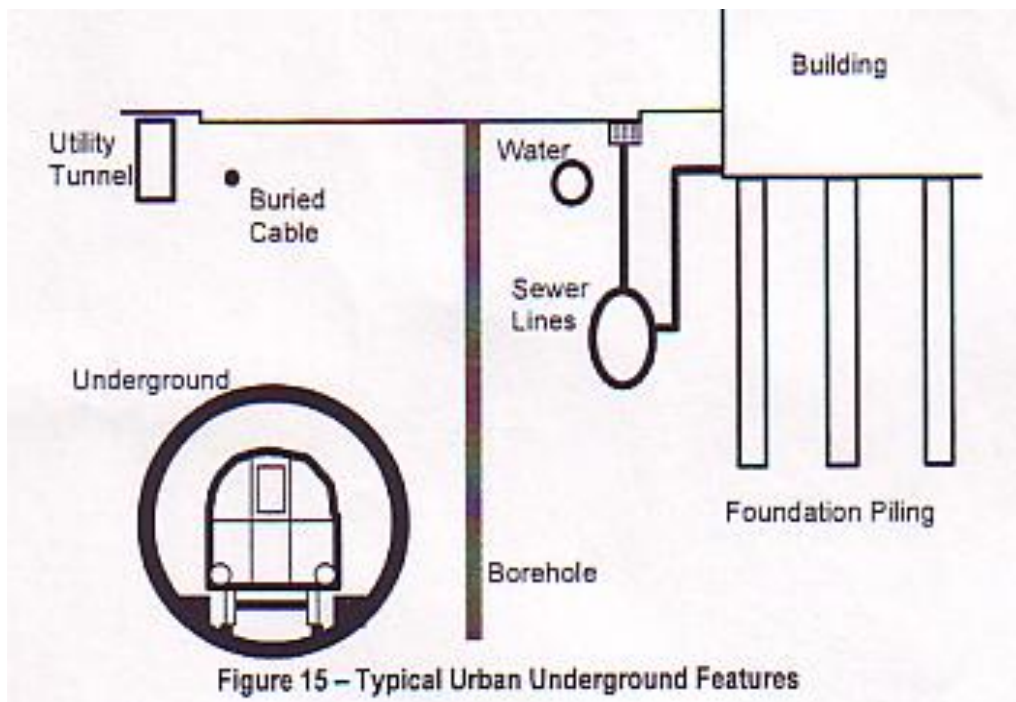


Εικόνα 6.6. – Εξόρυξη σε κάθετη υποχώρηση

➤ **Διατρήματα σε οικιστικό περιβάλλον**

Τα διατρήματα που διανοίγονται σε οικιστικά περιβάλλοντα μπορούν να συνυπάρχουν με διάφορα υπόγεια δίκτυα ή κατασκευές όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.7. και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να διασταυρώνονται. Το σύστημα Boretrak χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της προόδου της θέσης του διατρήματος και να επιβεβαιώσει την τελική θέση. Η τοποθεσία των διατρημάτων, σε σχέση με αυτή των άλλων υπογείων συστημάτων, εξαρτάται από την ποιότητα των στοιχείων της υπόγειας έρευνας που είναι διαθέσιμα.

Ωστόσο, πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στον χειρισμό του συστήματος Boretrakόταν βρισκόμαστε σε αστικό περιβάλλον εξαιτίας της παρουσίας μαγνητικών και σιδηρούχων σχηματισμών και αντικειμένων.



Εικόνα 6.7. – Συνήθη συστήματα σε υπόγειο αστικό περιβάλλον

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 –Μέτρηση της απόκλισης διατρημάτων με το σύστημα MDL Cabled Boretrak

Προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση των παραμέτρων που συμβάλλουν στην απόκλιση των διατρημάτων, από το σχεδιασμένο άξονα διάτρησης, σε πραγματικές συνθήκες διάτρησης μιας βαθμίδας σε ασβεστόλιθο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις απόκλισης με τέσσερα (4) διατρήματα διαμέτρου 165 mm (6.5 in) στο Λατομείο της ΧΑΛΥΨ Α.Ε. στη Μάνδρα Αττικής.

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή του χώρου και της διαδικασίας των μετρήσεων και ακολουθεί ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων που ελήφθησαν.

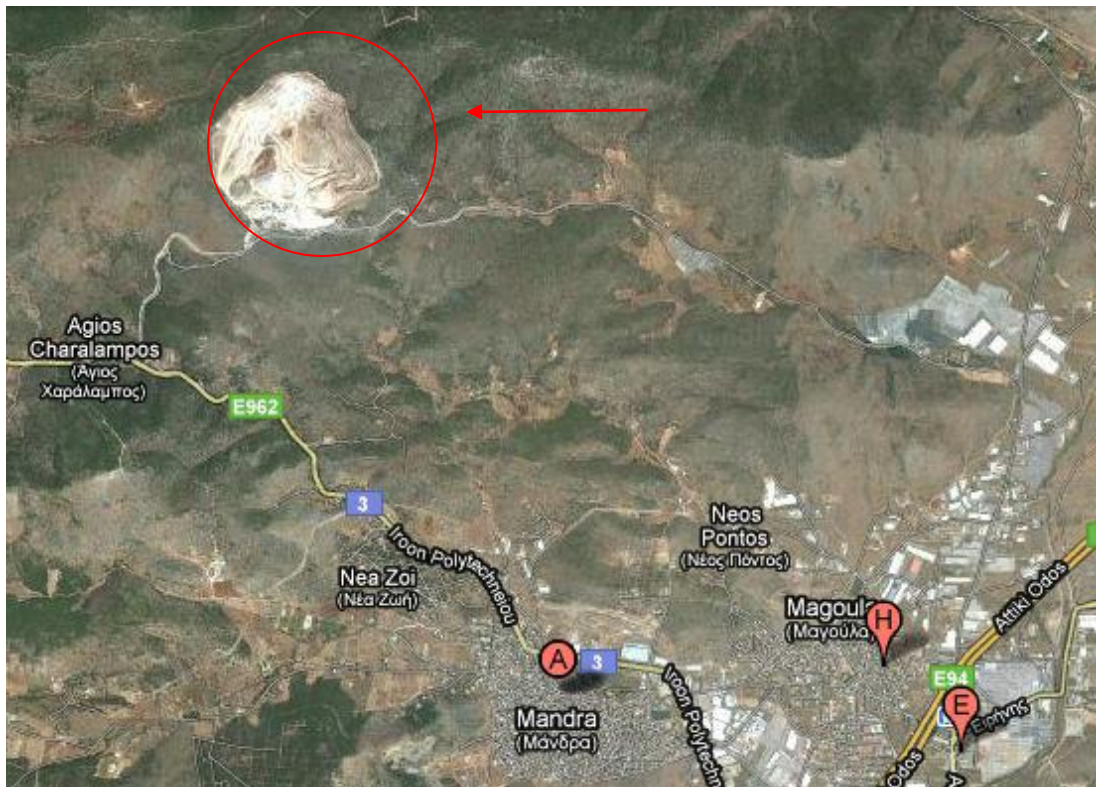
7.1. Λατομείο ΧΑΛΥΨ Α.Ε.



Εικόνα 7.1. – Το λατομείο ΧΑΛΥΨ

Τα Λατομεία Χάλυψ βρίσκονται στην θέση Κεραμίδεζα, στην Μάνδρα Αττικής, και απέχουν 5 χλμ από την πόλη της Μάνδρας και 33 χλμ από το κέντρο της Αθήνας (εικόνα 7.2). Πρόκειται για τα μεγαλύτερα λατομεία αδρανών υλικών στην Ελλάδα με ετήσια ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερη των 10,000,000 τόνων. Τα προϊόντα που διαθέτουν σε μεγάλη ποικιλία έχουν άμεση εφαρμογή στην παραγωγή του σκυροδέματος, του ασφαλτικού σκυροδέματος, του τσιμέντου και του ασβεστόλιθου, αλλά και προϊόντα έτοιμα προς χρήση για την κατασκευή λιμενικών και δομικών έργων.

Οι εργασίες εξόρυξης πραγματοποιούνται εργολαβικά από τη εταιρία ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΤΣΟΚΑΝΗ Α.Ε. Ο Όμιλος Τσοκανή είναι από τους μεγαλύτερους ομίλους στην Ελλάδα με ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων σε τομείς όπως η παραγωγή και η εμπορία αδρανών υλικών, οι εργολαβίες σε λατομεία και ορυχεία, οι χωματουργικές και οι ασφαλτικές διαδικασίες καθώς και η ναυτιλία. Από την ίδρυση του στράφηκε αποκλειστικά στο χονδρικό εμπόριο προμηθεύοντας με αδρανή υλικά τσιμεντοβιομηχανίες, βιομηχανίες σκυροδέματος, τεχνικές εταιρείες καθώς και οργανισμούς του Δημοσίου. Σήμερα ο Όμιλος Τσοκανή έχει επεκταθεί σε 3 χώρες του εξωτερικού και συνολικά απαριθμεί 9 εταιρείες.



Εικόνα 7.2 – Η θέση του Λατομείου Χάλυψ στο Google maps

Το λατομείο λειτουργεί σε μια έκταση 1,300,000 m², και διαθέτει δύο μονάδες παραγωγής αδρανών υλικών, πλήρως αυτοματοποιημένων με ικανότητα παραγωγής 3,000 τόνων ανά ώρα, και 20 σιλό για την φόρτωση των τελικών προϊόντων. Τα αδρανή υλικά είναι υλικά ορυκτής ή βιομηχανικής προελεύσεως, που χρησιμοποιούνται είτε με δεσμευτικό τρόπο (για την κατασκευή στόκου, τσιμέντου, ασφαλτικών μιγμάτων, κ.λ.π.) είτε ανεξάρτητα (για την κατασκευή του έρματος των σιδηροδρομικών γραμμών, των αποχετευτικών αγωγών, των φίλτρων καθαρισμού, των προστατευτικών rock-shield, κ.λ.π.), αλλά και σε κάθε είδους εργασία μηχανικής φύσεως.

Τα αδρανή υλικά δεν έχουν κάποια χαρακτηριστική ιδιότητα, παρά μόνο μια φυσική συνεκτικότητα λόγω της κατάταξης των μορίων τους και του βάρους τους. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία χημική αντίδραση μεταξύ των αδρανών υλικών και των δεσμευτικών τους συστατικών γιατί συντελείται κατακράτηση.

7.1.1. Γεωλογικά Στοιχεία

α) Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από λευκούς έως λευκότεφρους και κατά τόπους ροδίζοντες ασβεστόλιθους. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις και ισχυρώς διερρηγμένοι και κερματισμένοι. Αναπτύσσονται ομοιόμορφα επί των ιζημάτων του κατώτερου Μέσου Τριαδικού. Γενικά είναι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, μεταπίπτοντας στους κατώτερους ορίζοντες σε τυπικούς δολομίτες. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν συχνά σακχαρώδη υφή, που οδηγεί σε ασθενή μεταμόρφωση, η οποία σε περιοχές είναι αρκετά προχωρημένη και έχει μετατρέψει τον ασβεστόλιθο σε μάρμαρο. Το μέγιστο πάχος αυτών των ασβεστόλιθων ανέρχεται σε 350m περίπου. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν αυξημένη περατότητα οπότε αποτελούν καλό υδροφορέα.

β) Ανώτερο Τριαδικό

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί αποτελούνται από βαθύτεφρους έως μελανότεφρους ασβεστόλιθους. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι λεπτοπλακώδεις και μεσοπλακώδεις, ενώ στο μεγαλύτερο μέρος αντιπροσωπεύονται από δολομιτικούς, περικλείοντες κονδύλους και ενστρώσεις κερατολίθου. Τα στρώματα αυτά είναι συνήθως στολιδωμένα ακανόνιστα και οι ασβεστόλιθοι κείνται σύμφωνα επί των παχυστρωματωδών έως άστρωτων μέσο ανωτριάδικών ασβεστόλιθων, χωρίς στρωματογραφική διακοπή. Το πάχος αυτών υπερβαίνει τα 250m, αλλά

συνήθως δεν αποτελούν παρά μόνο μικρά υπολείμματα διασωθέντα από την πολύ ισχυρή διάβρωση. Από πλευράς υδροπερατότητας οι σχηματισμοί αυτοί κατατάσσονται στους ημιπερατούς και αποτελούν μέτριο υδροφορέα.

Η τεκτονική της περιοχής χαρακτηρίζεται από την πολλαπλή πτύχωση των στρωμάτων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία αλληλεπάλληλων συγκλίνων και αντικλίνων αλλά και κατάτμησης τους από τις διαρρήξεις, που επακολούθησαν των πτυχώσεων.

Ο κατακόρυφος διαμελισμός της ευρύτερης περιοχής παρουσιάζεται εξαιρετικά έντονος, καθώς αποτελείται από υψηλά όρη τα οποία διαδέχονται γρήγορα βαθιές κοιλάδες. Το μέγιστο τμήμα της περιοχής αποτελείται από ασβεστόλιθους και δολομίτες με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη η καρστική διάβρωση.

Το έδαφος του λατομικού χώρου προέρχεται από την αποσάθρωση του ασβεστόλιθου με μεγάλο ποσοστό επιφανειακής εμφάνισης του ασβεστόλιθου, ο οποίος αποτελεί και το μητρικό πέτρωμα της περιοχής. Το μέσο βάθος του είναι σχετικά μικρό με μεγαλύτερο σε ορισμένες θέσεις και σε θύλακες που σχηματίζει το πέτρωμα και δεν είναι δυνατό να παρασυρθεί στα κατάντη. Το έδαφος έχει ερυθρό χρώμα, το οποίο οφείλεται στην παρουσία τρισθενούς σιδήρου. Τα εδάφη αυτά εντάσσονται στην κατηγορία terra rosa¹.

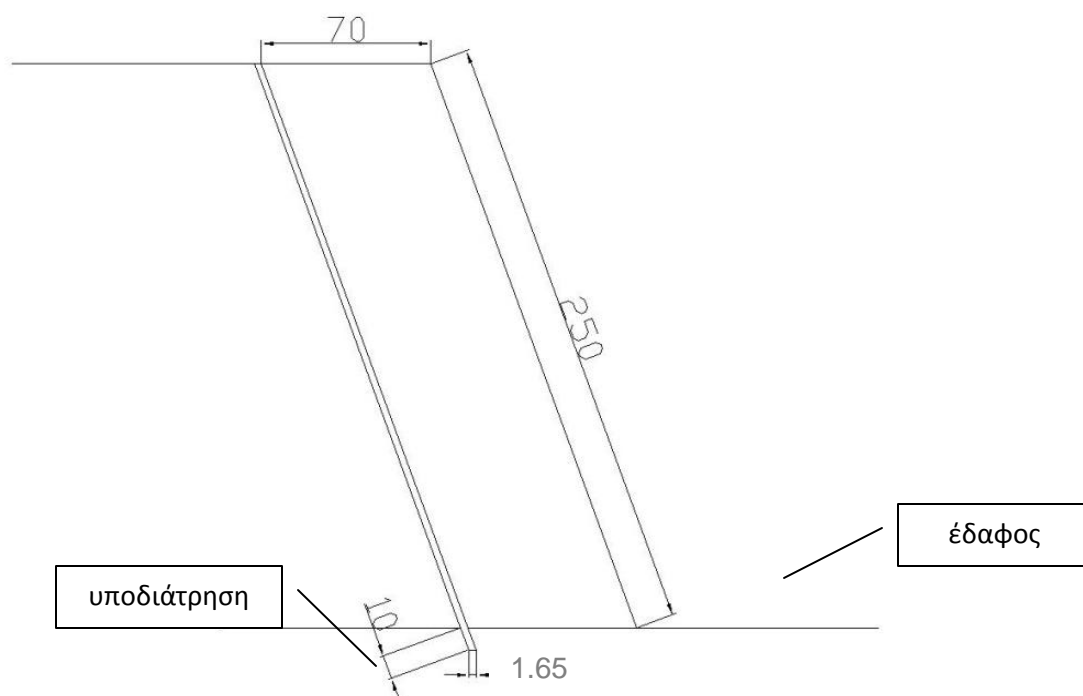
7.2. Το σχέδιο της ανατίναξης

Τα τέσσερα (4) διατρήματα, τα οποία θα ελέγχονταν με το σύστημα Cabled Boretrak, βρίσκονταν στη προτελευταία βαθμίδα του λατομείου ύψους 25 m (μέτρων), όπως φαίνεται και σημειώνεται με βέλος και κύκλο στην κάτοψη του λατομείου (εικόνα 7.5), στην υψομετρική καμπύλη των 380m(μέτρων).

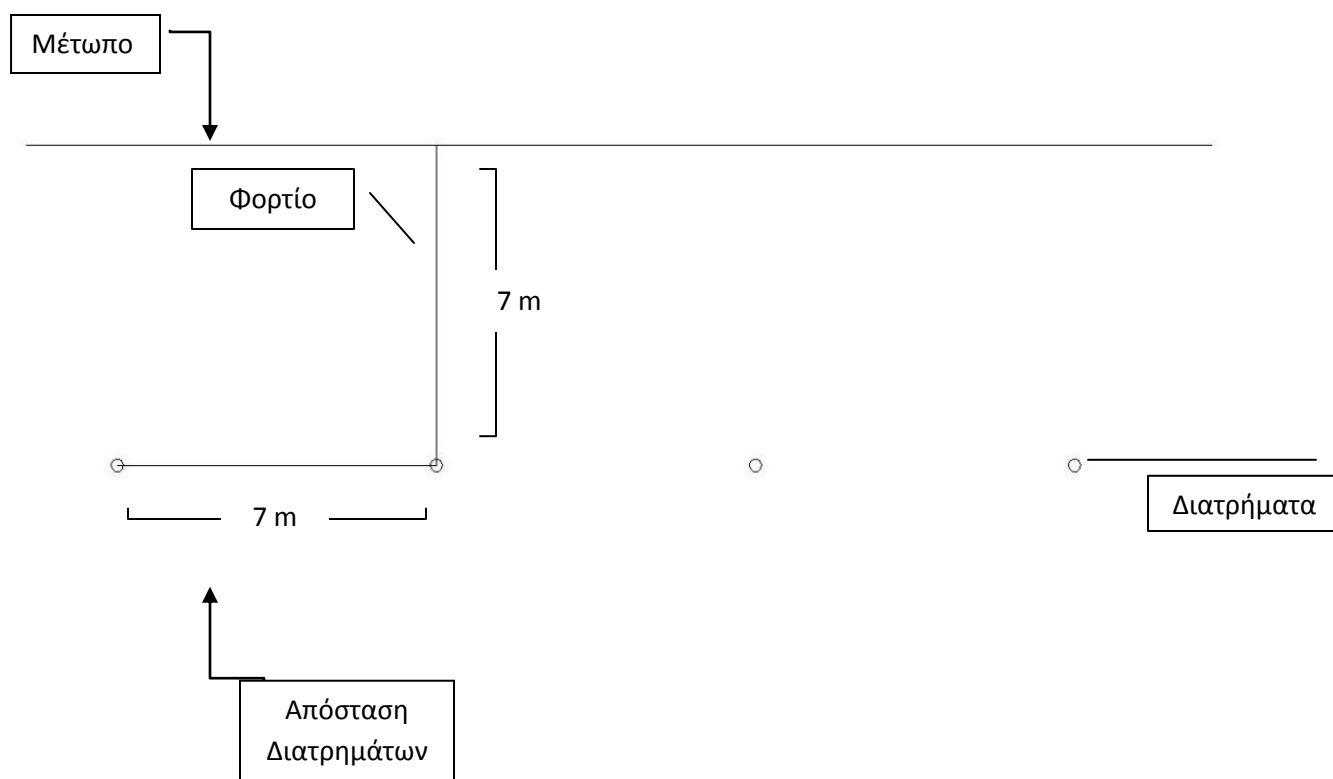
Τα διατρήματα αυτά ορύχτηκαν με τοενδοδιατρηματικό μηχάνημα (down the hole) μοντέλο της Atlas Copco, Roc L8 (εικόνα 7.6) δημιουργώντας έναν κάνναβο ανατίναξης τεσσάρων (4) διατρημάτων σε σειρά (εικόνα 7.4), με τα εξής χαρακτηριστικά (εικόνα 7.3):

- διάμετρος διατρήματος 165 mm (χιλιοστών),
- φορτίο 7 m (μέτρα),
- απόσταση μεταξύ των διατρημάτων 7 m (μέτρα)
- συνολικό ύψος 26 m(μέτρα) / 25 mδιάτρημα και 1mυποδιάτρηση
- κλίση του διατρήματος 20° (μοίρες)

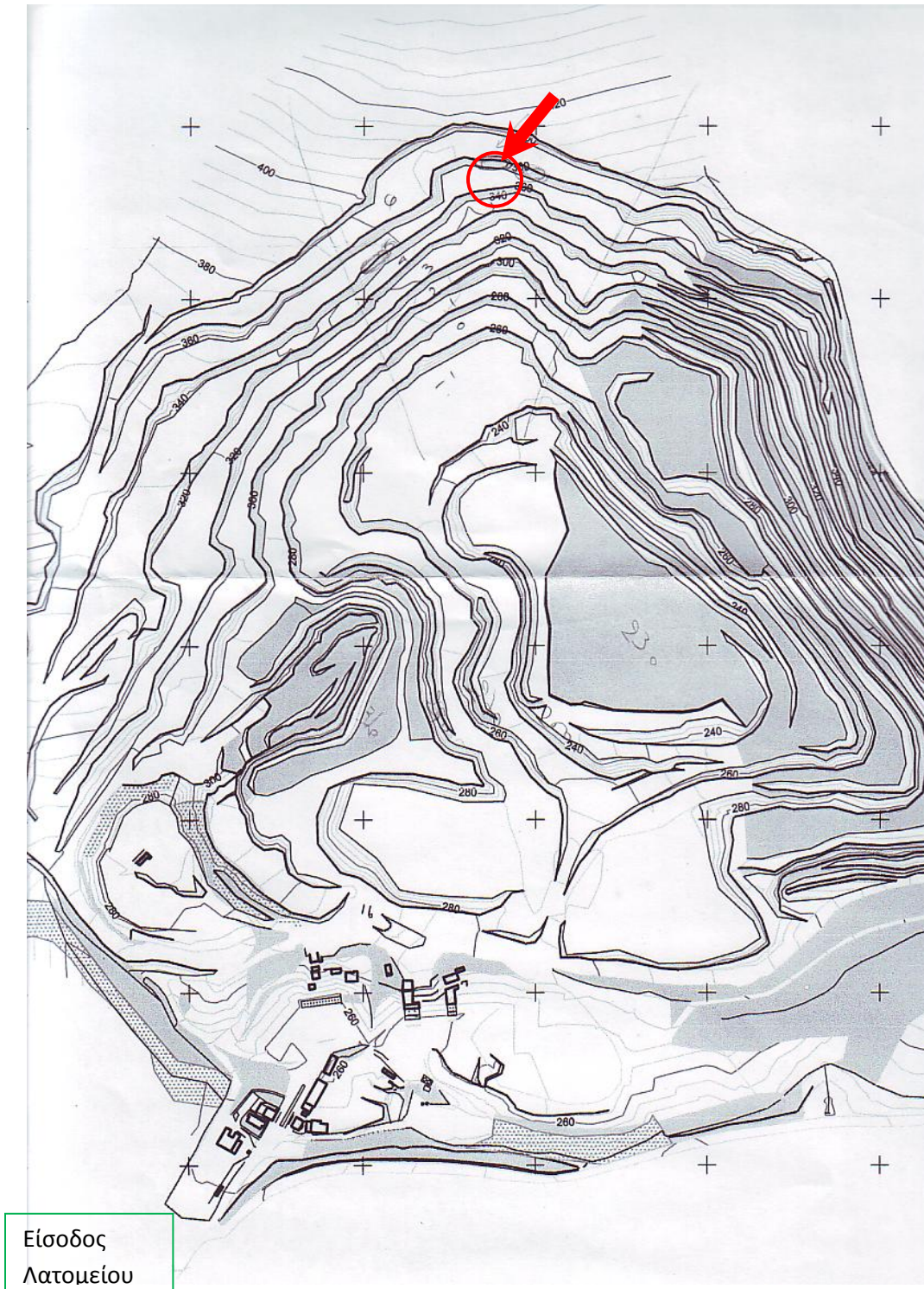
¹terra rosa : είναι ένας τύπος κόκκινο χώματος αργίλου που παράγεται από τη διάβρωση του ασβεστόλιθου



Εικόνα 7.3 – Τομή του διατρήματος



Εικόνα 7.4 – Κάτοψη των διατρημάτων



Εικόνα 7.5 – Κάτοψη του Λατομείου / Το σκούρο γκρι χρώμα αντιπροσωπεύει την αποκατάσταση στο λατομείο και τις φυτεύσεις



Εικόνα 7.6 - Atlas Copco, Roc L8 Down the Hole drill Irig – Ενδοδιατρηματική Σφύρα στο Λατομείο Χάλυψ

7.3. Η διαδικασία μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων με το σύστημα MDL Cabled Boretrak

Των μετρήσεων προηγήθηκε η βαθμονόμηση της πυξίδας του οργάνου Cabled Boretrak, η οποία πραγματοποιήθηκε στη θέση των τεσσάρων (4) διατρημάτων (στίγμα : Βορράς $38^{\circ} 07,041'$, Ανατολή $23^{\circ} 28,45'$). Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ειδικής διάταξης (Boretrak Calibration Jig) που περιέχεται από τον κατασκευαστή μαζί με το όργανο (εικόνα 7.9) και επιβάλλεται να γίνεται πριν από κάθε μέτρηση σε ένα νέο χώρο (π.χ. λατομείο) προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επίδραση του «τοπικού» μαγνητικού πεδίου (π.χ. λόγω παρουσίας μηχανημάτων κλπ). Από τη βαθμονόμηση της πυξίδας προέκυψε απόκλιση (deviation) $12,21^{\circ}$.

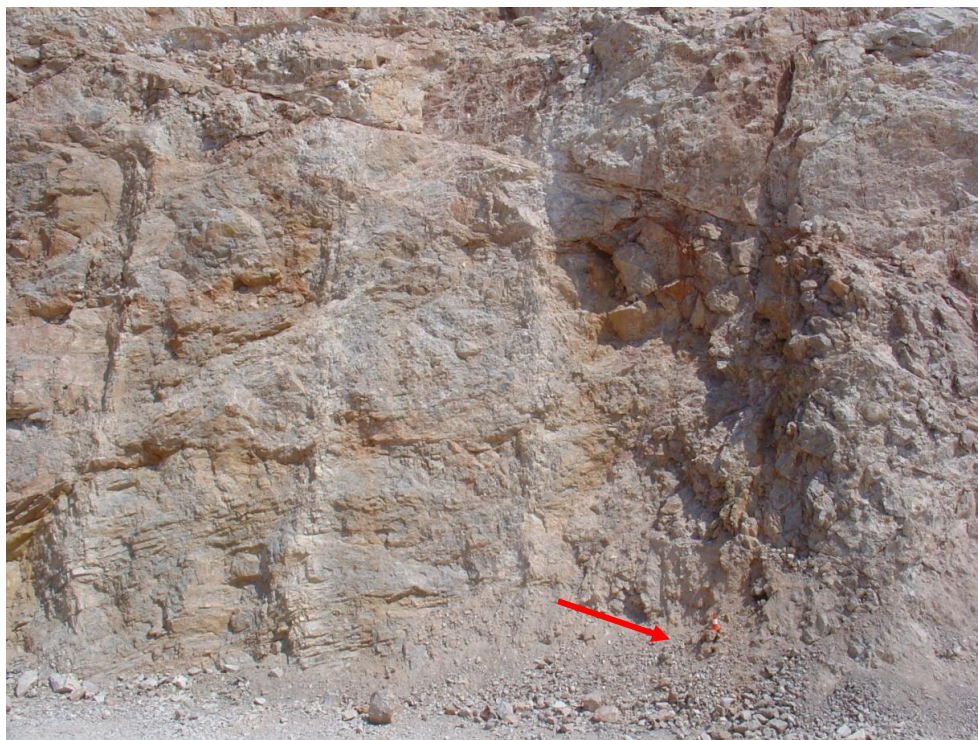
Στη συνέχεια μετρήθηκε με τη βοήθεια του οργάνου το αζιμούθιο της σειράς των διατρημάτων και βρέθηκε να είναι $77,79^\circ$, δηλαδή η σειρά των διατρημάτων είχε προσανατολισμό Ανατολή-Δύση.

Επιπλέον, μετρήθηκε το μήκος κάθε διατρήματος ξεχωριστά (εικόνα 7.8), ώστε να εισαχθεί η σωστή πληροφορία στο όργανο μέτρησης. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε κάθοδος του αισθητήρα-καθετήρα μέχρι το πυθμένα του διατρήματος και ύστερα η σταδιακή ανέλκυση του (εικόνα 7.10) καταγράφοντας ανά (1) μέτρο την θέση του (εικόνα 7.11).

Έτσι στο τέλος θα μπορεί να υπολογιστεί η συνολική απόκλιση του διατρήματος. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για κάθε διάτρημα ξεχωριστά.



Εικόνα 7.7 – Κάθοδος του αισθητήρα μέσα στο διάτρημα



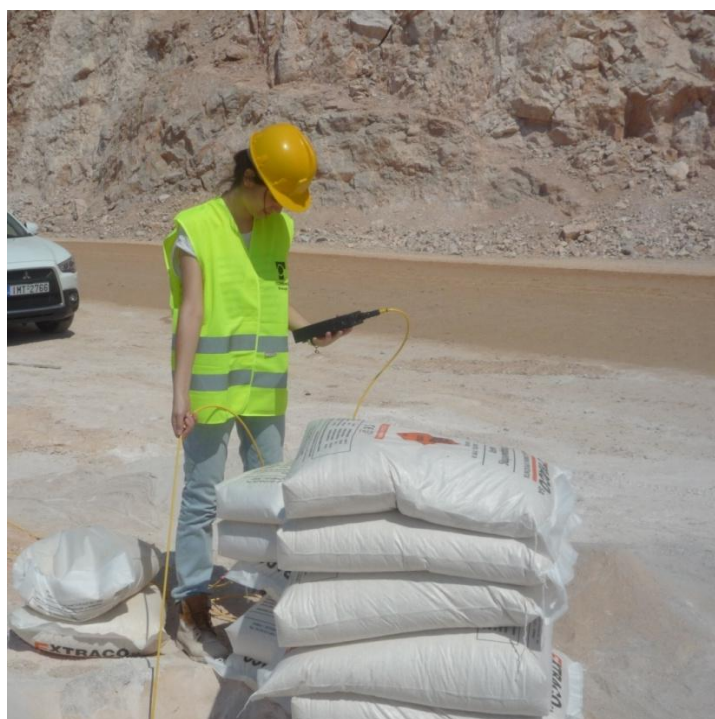
Εικόνα 7.8 – Βαθμίδα προς εξόρυξη ύψους 25 m (μέτρων) και σύγκριση της με κώνο



Εικόνα 7.9 – Ένα από τα διατρήματα που ορύχθηκαν



Εικόνα 7.10 – Τα τέσσερα (4) διατρήματα που διανοίχτηκαν



Εικόνα 7.11 – Καταμέτρηση της θέσης του αισθητήρα ανά 1 μέτρο κατά την ανέλκυση του



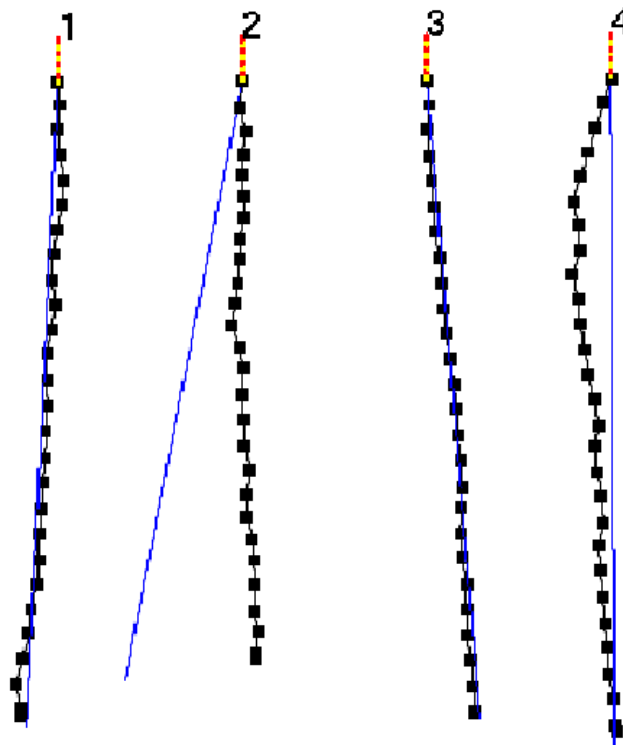
Εικόνα 7.12 – Υπολογισμός της απόκλισης του διατρήματος με τη χρήση του μηχανήματος Cabled Boretrak

7.4. Ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της μέτρησης της απόκλισης

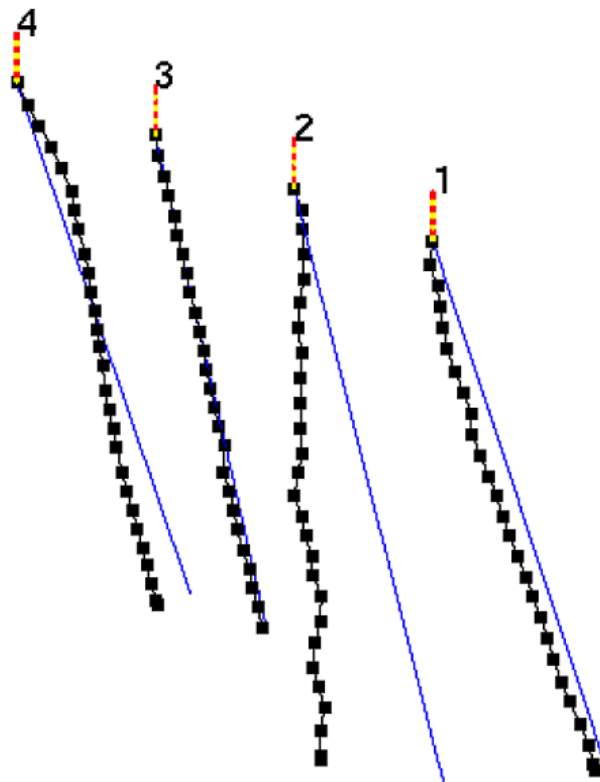
Τα αποτελέσματα της μέτρησης των αποκλίσεων των τεσσάρων (4) διατρημάτων που αποθηκεύθηκαν στη μνήμη της συσκευής Control Unit Data (CDU) του οργάνου Cabled Boretrak, μεταφέρθηκαν (download) σε προσωπικό υπολογιστή με τη βοήθεια του προγράμματος Boretrak3D version 1.04, το οποίο συνοδεύει το όργανο. Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία και ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών με τη βοήθεια του ίδιου προγράμματος.

Στην εικόνα 7.13 παρουσιάζεται η πρόσθια όψη των τεσσάρων (4) διατρημάτων, όπου διαπιστώνεται η σαφής απόκλιση από το σχεδιασθέντα άξονα του διατρήματος #2, καθώς και του διατρήματος #4 στο ανώτερο τμήμα του μήκους του.

Στην εικόνα 7.14 παρουσιάζεται μια πλάγια όψη των τεσσάρων (4) διατρημάτων, όπου διαπιστώνεται ότι η απόκλιση του διατρήματος #2 έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας εκτεταμένης ρωγμής (υπερεκσκαφή – backbreak) στο δάπεδο της βαθμίδας μετά την ανατίναξη (εικόνα 7.15). Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι το φορτίο της ανατίναξης, λόγω της απόκλισης του διατρήματος αυξήθηκε υπερβολικά.



Εικόνα 7.13 – Πρόσθια όψη των τεσσάρων (4) διατηρημάτων



Εικόνα 7.14 – Πλάγια όψη των τεσσάρων (4) διατηρημάτων



Εικόνα 7.15 – Υπερεκσκαφή στη βαθμίδα μετά την ανατίναξη

Το πρόγραμμα Boretrak3D παράγει μια σειρά τυποποιημένων αναφορών (reports), τα οποία για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρατίθενται στη συνέχεια.

Το Collar Report(εικόνες 7.16, 7.17) παρουσιάζει τη θέση των στομιών των διατρήματων (σχετική θέση), ενώ δύναται να συνδυαστεί με το σύστημα τοπογραφικής αποτύπωσης του λατομικού χώρου, προκειμένου να έχουμε τις απόλυτες συντεταγμένες.

Το Drill Report παρουσιάζει πληροφορίες σχετικά με τη διάτρηση, και πλέον συγκεκριμένα το αζιμούθιο και την κλίση του άξονα του διατρήματος κατά την έναρξη της διάτρησης, καθώς και το τελικό βάθος του διατρήματος από το στόμιο του. Από τον πίνακα της αναφοράς διαπιστώνουμε ότι στο διάτρημα #2 η διάτρηση άρχισε με κλίση τελείως διαφορετική από εκείνη των άλλων διατρημάτων, δηλαδή η κλίση του άρχισε με 13° αντί της προγραμματισμένης των 20° .

Τέλος, το Boretrak Report παρουσιάζει αναλυτικά για κάθε διάτρημα την απόκλιση ανά μέτρο βάθους του διατρήματος μαζί με τη γραφική του παράσταση.

Collar report

Page 1 of 2

| | | | | |
|---------------|---------|--|------------|-----------------------------|
| Collar report | Author: | | Generated: | Mon Jul 11 10:01:44 2011 |
|---------------|---------|--|------------|-----------------------------|

Collar report
Measurement Devices Ltd
www.mdl.co.uk



| | |
|----------|--------------------------------|
| Project: | Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi_2011 |
| Job: | |
| Note: | |
| Site: | XALYPS_MANDRA_JULY2011 |
| Client: | |
| Address: | |

file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.16 – Έκθεση στομίου (page 1 of 2)

Collar report

Page 2 of 2

Shotlines

Collars

| Hole | Row | East | North | Level | Chain | Offset |
|------|-----|----------|----------|--------|-------|--------|
| 1 | 1 | 1000.000 | 1000.000 | 25.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 1 | 1007.000 | 1000.000 | 25.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 1 | 1014.000 | 1000.000 | 25.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 1 | 1021.000 | 1000.000 | 25.000 | 0.000 | 0.000 |

file:///C:/Users/George%20Panagioutou/Documents/MDL/Dipl Ergasia M Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.17 – Έκθεση στομίου (page2of 2)

Drill report

Page 1 of 2

| | | | | |
|--------------|---------|--|------------|-----------------------------|
| Drill report | Author: | | Generated: | Mon Jul 11 10:04:54 2011 |
|--------------|---------|--|------------|-----------------------------|

Drill report
Measurement Devices Ltd
www.mdl.co.uk



| | |
|----------|--------------------------------|
| Project: | Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi_2011 |
| Job: | |
| Note: | |
| Site: | XALYPS_MANDRA_JULY2011 |
| Client: | |
| Address: | |

file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.18 – Έκθεση διάτρησης (page 1 of 2)

Drill report

Page 2 of 2

Drilling


| Row | Hole | Azimuth | Angle | Depth |
|-----|------|---------|-------|-------|
| 1 | 1 | 189.38 | 19.02 | 25.3 |
| 2 | 1 | 232.62 | 13.03 | 25.2 |
| 3 | 1 | 167.25 | 19.75 | 25.1 |
| 4 | 1 | 180.24 | 21.64 | 26.3 |

file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.19 – Έκθεση διάτρησης (page2of 2)

Boretrak report Page 1 of 6

| | | | |
|-----------------|---------|--|-------------------------------------|
| Boretrak report | Author: | | Generated: Mon Jul 11 10:08:23 2011 |
|-----------------|---------|--|-------------------------------------|

Boretrak report
Measurement Devices Ltd www.mdl.co.uk 

| | |
|----------|--------------------------------|
| Project: | Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi_2011 |
| Job: | |
| Note: | |
| Site: | XALYPS_MANDRA_JULY2011 |
| Client: | |
| Address: | |

file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.20 – Έκθεση Boretrak (page 1 of 6)

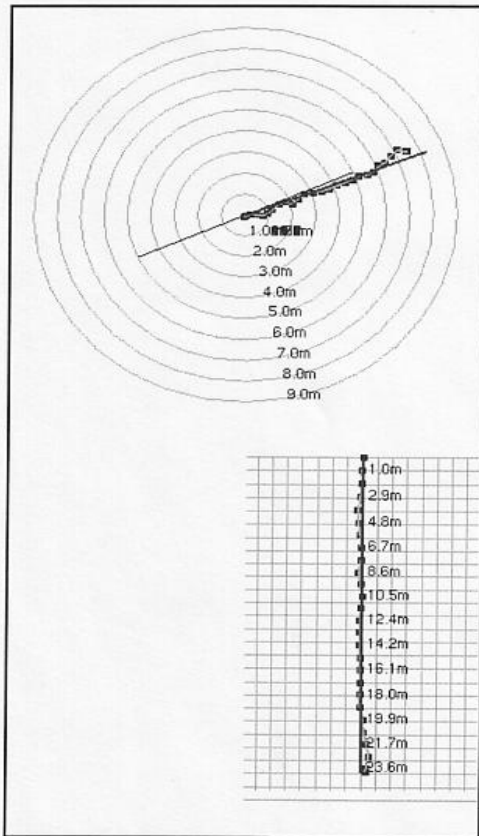
Borettrak report

Page 2 of 6

Hole 1 Row 1

| | Design | Drilled |
|---------------|--------|---------|
| Azimuth (deg) | 189.38 | 184.87 |
| Angle (deg) | 19.02 | 19.01 |
| Depth(m) | 25.3 | 25.3 |
| Burden (m) | 0.00 | 0.00 |

| Depth (m) | Azimuth (deg) | Angle (deg) | Deviation (m) | Burden (m) | Over (m) |
|-----------|---------------|-------------|---------------|------------|----------|
| 0.0 | 43.4 | 6.22 | 0.00 | 0.00 | 0.0 |
| 1.0 | 194.1 | 19.88 | 0.44 | 0.00 | 0.0 |
| 2.0 | 155.1 | 13.04 | 0.42 | 0.00 | 0.0 |
| 3.0 | 162.2 | 19.91 | 0.59 | 0.00 | 0.0 |
| 4.0 | 200.7 | 10.13 | 0.67 | 0.00 | 0.0 |
| 5.0 | 213.5 | 18.46 | 0.81 | 0.00 | 0.0 |
| 6.0 | 209.0 | 19.65 | 0.81 | 0.00 | 0.0 |
| 7.0 | 188.0 | 20.68 | 0.80 | 0.00 | 0.0 |
| 8.0 | 143.6 | 14.73 | 0.77 | 0.00 | 0.0 |
| 9.0 | 213.3 | 20.16 | 0.95 | 0.00 | 0.0 |
| 10.0 | 205.3 | 20.64 | 0.94 | 0.00 | 0.0 |
| 11.0 | 184.7 | 22.24 | 0.92 | 0.00 | 0.0 |
| 12.0 | 175.8 | 21.33 | 0.86 | 0.00 | 0.0 |
| 13.0 | 189.4 | 21.08 | 0.84 | 0.00 | 0.0 |
| 14.0 | 190.1 | 21.03 | 0.80 | 0.00 | 0.0 |
| 15.0 | 194.9 | 20.96 | 0.76 | 0.00 | 0.0 |
| 16.0 | 190.3 | 21.14 | 0.72 | 0.00 | 0.0 |
| 17.0 | 198.2 | 18.33 | 0.68 | 0.00 | 0.0 |
| 18.0 | 179.2 | 21.94 | 0.70 | 0.00 | 0.0 |
| 19.0 | 196.3 | 16.46 | 0.65 | 0.00 | 0.0 |
| 20.0 | 223.3 | 18.21 | 0.70 | 0.00 | 0.0 |
| 21.0 | 195.5 | 20.16 | 0.78 | 0.00 | 0.0 |
| 22.0 | 222.6 | 22.36 | 0.76 | 0.00 | 0.0 |
| 23.0 | 215.6 | 21.96 | 0.83 | 0.00 | 0.0 |
| 24.0 | 159.0 | 22.07 | 0.91 | 0.00 | 0.0 |
| 25.0 | 164.0 | 21.59 | 0.80 | 0.00 | 0.0 |



Εικόνα 7.21 – Έκθεση Borettrak (page2of6)

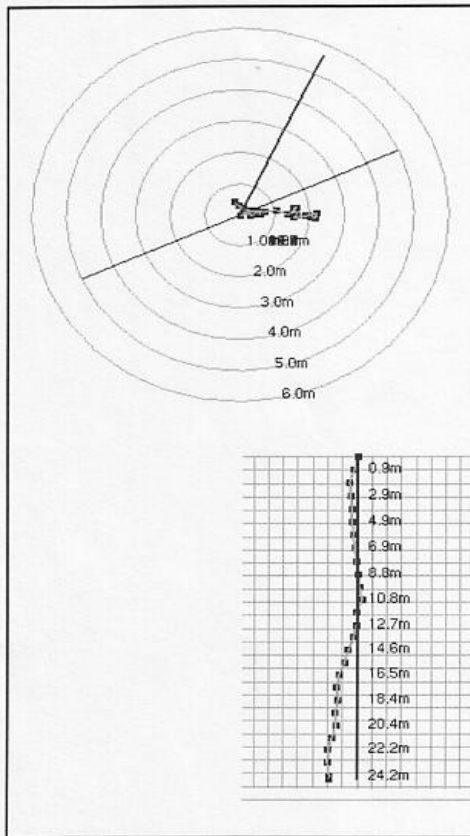
Borettrak report

Page 3 of 6

Hole 2 Row 1

| | Design | Drilled |
|---------------|--------|---------|
| Azimuth (deg) | 232.62 | 207.02 |
| Angle (deg) | 13.03 | 13.03 |
| Depth(m) | 25.2 | 25.2 |
| Burden (m) | 0.00 | 0.00 |

| Depth (m) | Azimuth (deg) | Angle (deg) | Deviation (m) | Burden (m) | Over (m) |
|-----------|---------------|-------------|---------------|------------|----------|
| 0.0 | 193.5 | 18.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0 |
| 1.0 | 149.7 | 19.76 | 0.21 | 0.00 | 0.0 |
| 2.0 | 297.6 | 5.36 | 0.56 | 0.00 | 0.0 |
| 3.0 | 328.0 | 4.29 | 0.57 | 0.00 | 0.0 |
| 4.0 | 46.8 | 7.43 | 0.69 | 0.00 | 0.0 |
| 5.0 | 2.3 | 6.53 | 1.00 | 0.00 | 0.0 |
| 6.0 | 270.5 | 9.52 | 1.26 | 0.00 | 0.0 |
| 7.0 | 343.8 | 5.55 | 1.34 | 0.00 | 0.0 |
| 8.0 | 305.4 | 5.80 | 1.60 | 0.00 | 0.0 |
| 9.0 | 320.7 | 8.00 | 1.80 | 0.00 | 0.0 |
| 10.0 | 300.7 | 9.56 | 2.02 | 0.00 | 0.0 |
| 11.0 | 118.7 | 22.64 | 2.21 | 0.00 | 0.0 |
| 12.0 | 49.2 | 9.00 | 2.56 | 0.00 | 0.0 |
| 13.0 | 188.7 | 20.16 | 2.94 | 0.00 | 0.0 |
| 14.0 | 166.6 | 20.41 | 2.92 | 0.00 | 0.0 |
| 15.0 | 178.0 | 19.36 | 3.04 | 0.00 | 0.0 |
| 16.0 | 145.3 | 21.86 | 3.13 | 0.00 | 0.0 |
| 17.0 | 208.2 | 20.11 | 3.44 | 0.00 | 0.0 |
| 18.0 | 351.3 | 5.68 | 3.41 | 0.00 | 0.0 |
| 19.0 | 99.9 | 15.60 | 3.63 | 0.00 | 0.0 |
| 20.0 | 19.0 | 7.53 | 4.08 | 0.00 | 0.0 |
| 21.0 | 175.3 | 20.65 | 4.37 | 0.00 | 0.0 |
| 22.0 | 184.2 | 19.22 | 4.50 | 0.00 | 0.0 |
| 23.0 | 68.3 | 9.36 | 4.60 | 0.00 | 0.0 |
| 24.0 | 324.5 | 6.91 | 4.97 | 0.00 | 0.0 |
| 25.0 | 186.4 | 19.53 | 5.14 | 0.00 | 0.0 |



file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl Ergasia M Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.22 – Έκθεση Borettrak (page3of6)

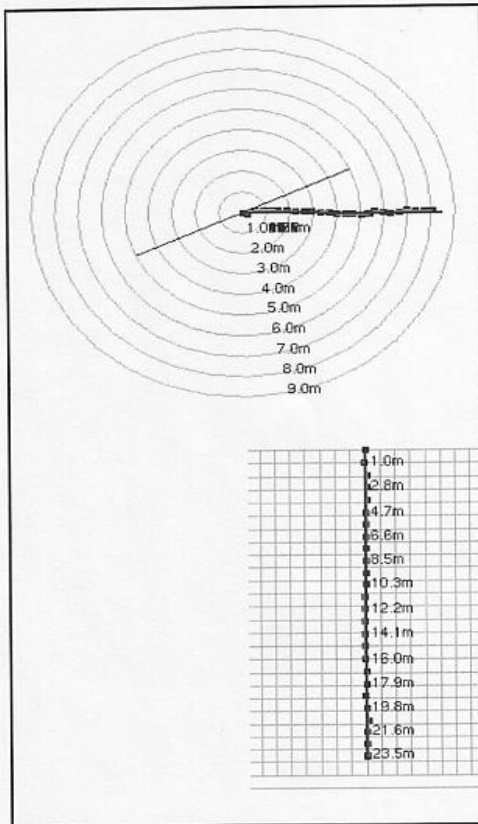
Boretrak report

Page 4 of 6

Hole 3 Row 1

| | Design | Drilled |
|---------------|--------|---------|
| Azimuth (deg) | 167.25 | 173.67 |
| Angle (deg) | 19.75 | 19.74 |
| Depth(m) | 25.1 | 25.1 |
| Burden (m) | 0.00 | 0.00 |

| Depth (m) | Azimuth (deg) | Angle (deg) | Deviation (m) | Burden (m) | Over (m) |
|-----------|---------------|-------------|---------------|------------|----------|
| 0.0 | 151.7 | 13.24 | 0.00 | 0.00 | 0.0 |
| 1.0 | 198.9 | 19.74 | 0.14 | 0.00 | 0.0 |
| 2.0 | 166.2 | 21.22 | 0.21 | 0.00 | 0.0 |
| 3.0 | 170.6 | 20.75 | 0.19 | 0.00 | 0.0 |
| 4.0 | 160.1 | 18.91 | 0.19 | 0.00 | 0.0 |
| 5.0 | 168.2 | 19.41 | 0.18 | 0.00 | 0.0 |
| 6.0 | 162.5 | 21.84 | 0.18 | 0.00 | 0.0 |
| 7.0 | 161.0 | 20.93 | 0.14 | 0.00 | 0.0 |
| 8.0 | 173.3 | 20.67 | 0.10 | 0.00 | 0.0 |
| 9.0 | 161.5 | 19.79 | 0.11 | 0.00 | 0.0 |
| 10.0 | 163.3 | 22.19 | 0.09 | 0.00 | 0.0 |
| 11.0 | 155.0 | 20.18 | 0.04 | 0.00 | 0.0 |
| 12.0 | 165.4 | 19.77 | 0.08 | 0.00 | 0.0 |
| 13.0 | 169.3 | 18.67 | 0.09 | 0.00 | 0.0 |
| 14.0 | 165.9 | 21.90 | 0.09 | 0.00 | 0.0 |
| 15.0 | 170.0 | 21.03 | 0.08 | 0.00 | 0.0 |
| 16.0 | 340.0 | 6.71 | 0.06 | 0.00 | 0.0 |
| 17.0 | 184.5 | 19.71 | 0.47 | 0.00 | 0.0 |
| 18.0 | 163.6 | 20.77 | 0.49 | 0.00 | 0.0 |
| 19.0 | 161.2 | 20.38 | 0.47 | 0.00 | 0.0 |
| 20.0 | 177.2 | 19.89 | 0.46 | 0.00 | 0.0 |
| 21.0 | 181.2 | 19.32 | 0.47 | 0.00 | 0.0 |
| 22.0 | 159.0 | 21.39 | 0.50 | 0.00 | 0.0 |
| 23.0 | 168.3 | 20.99 | 0.46 | 0.00 | 0.0 |
| 24.0 | 167.8 | 20.74 | 0.44 | 0.00 | 0.0 |
| 25.0 | 149.6 | 23.24 | 0.42 | 0.00 | 0.0 |



file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi_... 11/7/2011

Εικόνα 7.23 – Έκθεση Boretrak (page4of6)

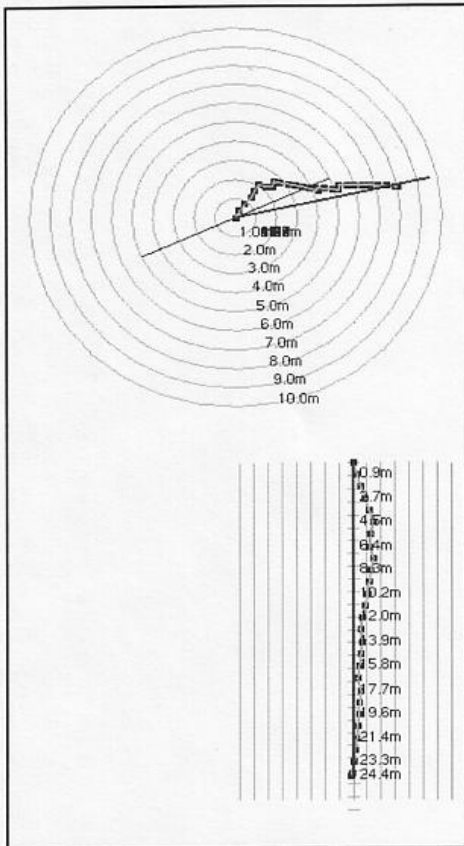
Boretrak report

Page 5 of 6

Hole 4 Row 1

| | Design | Drilled |
|---------------|--------|---------|
| Azimuth (deg) | 180.24 | 183.80 |
| Angle (deg) | 21.64 | 21.64 |
| Depth(m) | 26.3 | 26.3 |
| Burden (m) | 0.00 | 0.00 |

| Depth (m) | Azimuth (deg) | Angle (deg) | Deviation (m) | Burden (m) | Over (m) |
|-----------|---------------|-------------|---------------|------------|----------|
| 0.0 | 227.7 | 23.50 | 0.00 | 0.00 | 0.0 |
| 1.0 | 220.8 | 26.72 | 0.31 | 0.00 | 0.0 |
| 2.0 | 217.0 | 27.28 | 0.60 | 0.00 | 0.0 |
| 3.0 | 230.4 | 22.23 | 0.87 | 0.00 | 0.0 |
| 4.0 | 229.1 | 23.79 | 1.17 | 0.00 | 0.0 |
| 5.0 | 150.6 | 20.49 | 1.49 | 0.00 | 0.0 |
| 6.0 | 163.5 | 18.85 | 1.34 | 0.00 | 0.0 |
| 7.0 | 246.1 | 18.07 | 1.27 | 0.00 | 0.0 |
| 8.0 | 152.2 | 20.27 | 1.63 | 0.00 | 0.0 |
| 9.0 | 157.8 | 22.01 | 1.52 | 0.00 | 0.0 |
| 10.0 | 157.0 | 19.88 | 1.41 | 0.00 | 0.0 |
| 11.0 | 158.6 | 20.83 | 1.34 | 0.00 | 0.0 |
| 12.0 | 150.4 | 23.06 | 1.27 | 0.00 | 0.0 |
| 13.0 | 153.7 | 22.37 | 1.15 | 0.00 | 0.0 |
| 14.0 | 282.6 | 9.49 | 1.08 | 0.00 | 0.0 |
| 15.0 | 160.0 | 22.47 | 1.53 | 0.00 | 0.0 |
| 16.0 | 162.2 | 22.87 | 1.49 | 0.00 | 0.0 |
| 17.0 | 161.8 | 19.40 | 1.44 | 0.00 | 0.0 |
| 18.0 | 259.0 | 13.48 | 1.47 | 0.00 | 0.0 |
| 19.0 | 167.8 | 22.77 | 1.86 | 0.00 | 0.0 |
| 20.0 | 168.4 | 22.20 | 1.82 | 0.00 | 0.0 |
| 21.0 | 168.4 | 21.76 | 1.80 | 0.00 | 0.0 |
| 22.0 | 171.2 | 21.77 | 1.79 | 0.00 | 0.0 |
| 23.0 | 158.7 | 23.28 | 1.78 | 0.00 | 0.0 |
| 24.0 | 167.9 | 22.57 | 1.77 | 0.00 | 0.0 |
| 25.0 | 162.1 | 26.22 | 1.75 | 0.00 | 0.0 |
| 26.0 | 157.5 | 26.67 | 1.69 | 0.00 | 0.0 |



file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl Ergasia M Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.24 – Έκθεση Boretrak (page5of6)

Boretrak report

Page 6 of 6

Intentionally Blank

file:///C:/Users/George%20Panagiotou/Documents/MDL/Dipl_Ergasia_M_Dimitriadi ... 11/7/2011

Εικόνα 7.25 – Έκθεση Boretrak (page 6 of 6)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1. Συμπεράσματα

Η όρυξη διατρημάτων της καλύτερης δυνατής ποιότητας είναι μεγάλης σημασίας ώστε να είναι αποτελεσματική και ποιοτική η ανατίναξη κατά την εξόρυξη πετρωμάτων. Στην περίπτωση που δε δοθεί η απαιτούμενη προσοχή κατά τη διάτρηση, μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά η διεύθυνση του διατρήματος και να υπάρξει διαφορά στο βάθος της διάτρησης σε σχέση με αυτό του προβλεπόμενου σχεδίου της ανατίναξης. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη διαφοράς στη ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που θα δεχτεί το κάθε διάτρημα.

Τέλος το πιο σύνηθες πρόβλημα που εμφανίζεται κατά την ανατίναξη, όταν η διάτρηση δεν είναι ποιοτική, είναι οι υπερεκσκαφές (backbreak) και η αυξημένη εκτίναξη τεμαχιδίων (flyrock). Χρησιμοποιώντας λοιπόν τα κατάλληλα κοπτικά άκρα αλλά και συστήματα laser για τη μέτρηση του βάθους των διατρημάτων και των θέσεων τους, υπάρχει αύξηση της ποιότητας της διάτρησης με φανερά οφέλη, όπως ομαλότερο μέτωπο και δάπεδο της βαθμίδας, αύξηση της παραγωγικότητας λόγω μείωσης των προβλημάτων στη διατρητική στήλη, μείωση των δονήσεων και τέλος αύξηση της ασφάλειας της ανατίναξης. Συμπερασματικά λοιπόν είναι προφανές πως η ποιοτική διάτρηση οδηγεί και σε ποιοτική ανατίναξη.

Η ικανότητα μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μια διάτρηση. Καθώς η ευθύτητα ενός διατρήματος είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν μια διάτρηση και γενικά την αποτελεσματικότητα μιας ανατίναξης, είναι σημαντικό να ακολουθηθεί ο αρχικός σχεδιασμός καθ'όλο το μήκος του διατρήματος. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως η μέτρηση της απόκλισης των διατρημάτων βελτιώνει την ακρίβεια αυτών, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένα οικονομικά οφέλη.

Το σύστημα Cabled Boretrak είναι ένα εύχρηστο σύστημα μέτρησης της απόκλισης των διατρημάτων που ορύσσονται σε επιφανειακά έργα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτού του συστήματος καταγράφονται από το Control Data Unit και μεταφέρονται σε υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Το όργανο αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει μια σχηματική παράσταση του πραγματικού διατρήματος. Σε αυτήν αναγράφονται οι όποιες αποκλίσεις υπάρχουν, το πραγματικό βάθος, το αζιμούθιο αλλά και η κλίση του διατρήματος. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να συγκριθούν με το προγραμματιζόμενο διάτρημα έχετε να κατανοηθούν οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτήν την απόκλιση.

Στις εκθέσεις (reports) του προγράμματος Cabled Boretrak εμφανίζονται η πρόσθια και πλάγια όψη των τεσσάρων (4) διατρημάτων που ορύχθηκαν στο Λατομείο Χάλυψ. Με αυτά τα

δεδομένα είναι δυνατή η κατανόηση των παραγόντων που οδήγησαν στο φαινόμενο της υπερεκσκαφής μετά την ανατίναξη του πετρώματος αλλά και της εκτίναξης τεμαχιδίων πετρώματος. Τα διατρήματα, τα οποία είχαν υπερβολική απόκλιση από τα αντίστοιχα προγραμματισμένα, εμφάνισαν μεγαλύτερα φορτία κατά την ανατίναξη. Αυτό είναι και το γεγονός που οδήγησε στα μη επιθυμητά αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν.

Είναι λοιπόν σημαντικό να κατανοηθεί η σημασία της απόκλισης των διατρημάτων όταν υπάρχει επιφανειακό έργο εξόρυξης πετρωμάτων. Το συμπέρασμα στο οποίο οδηγούμαστε, μέσω αυτής της διπλωματικής εργασίας και των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν, είναι πως η ακρίβεια στην όρυξη των διατρημάτων, χωρίς αποκλίσεις από το αρχικό σχέδιο, είναι κέραιας σημασίας διότι χωρίς αυτή αλλοιώνεται η όλη διαδικασία της ανατίναξης και το αποτέλεσμα δεν θα είναι το επιθυμητό, οδηγώντας στη μείωση της παραγωγικότητας το έργου εξόρυξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] C. L. Jimeno/E. L. Jimeno/F. J.A.Carcedo, 1987 – Drilling and blasting of rocks
- [2] Χαρ.Ε.Τσουτρέλ,1997– Μηχανική της Κρουστικής Διατρήσεως των Πετρωμάτων
- [3] Surface Drilling – Atlas Copco Technical Reference –Second Edition
- [4]Surface Drilling – Atlas Copco Technical Reference –Fourth Edition
- [5] Κατάλογος Προϊόντων ELEBOR – Rock drilling tools –Drill bits
- [6] T. Sinkala – Hole Deviation Survey Methods for Magnetic and Non-Magnetic Rock Formations-A Review from W.T. Hennies, Mine planning and equipment selection, 1996
- [7] J.Ran, H.B. Johnson & G.Ogilvie, 1998 – Hole deviation analysis and application of borehole surveying
- [8] Cabled Boretrak – Borehole Deviation Measurement System- User Manuel – issue 8
- [9] Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Της Εργασίας, 2007 - Ορυχεία Μεταλλεία

Παγκόσμιος Ιστός

- [1] EXTRACO - http://www.extraco.gr/extraco/newsletters/EXTRACO_NEWS-ISSUE_6.pdf
(επίσκεψη Μαΐος 2011)
- [2] Τσιμέντα Χάλυψ - <http://www.halyps.gr/GR/Δραστηριότητες/Λατομείο+Χάλυψ/>
(επίσκεψη Ιούνιος 2011)