



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΖΟΡΜΠΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΠΟΛΦΟΥ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ
ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΒΑΘΟΥΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΖΟΡΜΠΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5409

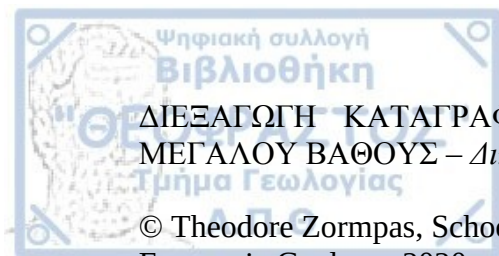
**ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΠΟΛΦΟΥ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ
ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΒΑΘΟΥΣ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-
Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων

Α. ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

© Θεόδωρος Ζορμπάς, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας-
Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.



ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΠΟΛΦΟΥ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΒΑΘΟΥΣ – *Διπλωματική Εργασία*

© Theodore Zormpas, School of Geology A.U.TH, Dept. of Mineralogy-Petrology-
Economic Geology, 2020

All rights reserved.

CONDUCT OF MUD LOGGING DURING RESEARCH DRILLING OF DEEP
WELLS – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην περιγραφή και ανάλυση των εργασιών που διεξάγονται από γεωλόγους στον τομέα των καταγραφών πολφού σε ερευνητικές γεωτρήσεις μεγάλου βάθους.

Αρχικά περιγράφονται τα βασικά τμήματα του γεωτρητικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στις ερευνητικές γεωτρήσεις υδρογονανθράκων και οι λειτουργίες που αυτά διεξάγουν.

Έπειτα αναλύονται οι μέθοδοι δειγματοληψίας αερίων και θρυμμάτων καθώς και οι μέθοδοι υπολογισμού του χρόνου υστέρησης (Lag Time). Επίσης περιγράφεται η σημασία του χρόνου υστέρησης για την ορθή κατανόηση των σχηματισμών και η προέλευση αυτού.

Στην συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι ανάλυσης των αερίων που εξάγονται από την γεώτρηση και η αρχή λειτουργίας αυτών.

Τέλος ακολουθεί η ανάλυση των θρυμμάτων που εξάγονται από την γεώτρηση. Συγκεκριμένα αναλύεται η περιγραφή των θρυμμάτων από τον γεωλόγο, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή, οι μέθοδοι εντοπισμού υδρογονανθράκων στα θρύμματα*, η σημασία του πορώδους και της διαπερατότητας* στον ταμιευτήρα* και τελικώς περιγράφονται τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην ανάλυση των θρυμμάτων.

Η παρούσα εργασία δεν αποσκοπεί στο να αποτελέσει πλήρη οδηγό για την διεξαγωγή των εργασιών που περιγράφει αλλά κύριος στόχος της είναι η κατανόηση από τον αναγνώστη των μεθόδων και των τεχνικών που διεξάγονται, η αρχή λειτουργίας αυτών, καθώς και οι πληροφορίες που αυτές παρέχουν.



Abstract

The field of mud logging is an integral part of the search for hydrocarbons as it provides a plethora of information regarding the conditions and geological structures present at drilling depth. The samples and data gathered during the drilling procedures are recorded and analyzed in specialized mud logging cabins. The retrieval and handling of these samples are of major importance as in many cases they are the only viable method of data gathering.

Due to the major financial expenses needed for conducting an exploratory well, a mud logging company is placed under high standards and has minimal room for errors. Therefore a plethora of methods, equipment, and procedures have been developed to extract the maximum amount of information with the highest possible reliability.

This study intends to be an in-depth guide to mud logging procedures for readers with a basic understanding of geology. However, all subjects found in it are analyzed in such a way that they should be understandable by readers without prior geological knowledge.

For the reader to understand the role of mud logging in the search for hydrocarbons, this study describes the basic equipment used by the drilling rig, the methods of sample collection and analysis as well as the information gathered by these methods and the principles they are based on. Also included are the problems that arise during these procedures such as issues of lag time calculation and sample evaluation as well as the methods by which they are resolved.

In conclusion, this thesis is aimed for readers with limited knowledge in the field of mud logging and intends to present a fully-fledged image of the field while avoiding going to such depths that would characterize it as a manual.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. Εισαγωγή.

II. Διάταξη Γεωτρύπανου.

- 2.1 Κοπτικό Άκρο (Bit).
- 2.2 Αντίβαρα Και Σωληνώσεις Διάτρησης (Drill Collars - Drillpipe).
- 2.3 Σύστημα Περιστροφής (Kelly - Top Drive).
- 2.4 Διατρητική Στήλη (Drill Stem).
- 2.5 Αντλία Διατρητικού Πολφού (Mud Pumps).
- 2.6 Δονούμενο Κόσκινο (Shale Shaker).
- 2.7 Εξοπλισμός Καθαρισμού Διατρητικού Πολφού (Mud Cleaning Equipment).
- 2.8 Σύστημα Προστασίας Από Υπερπίεση (Blow Out Prevention Stack [B.O.P. Stack]).
- 2.9 Διατρητικός Πολφός (Mud).

III. Εργασίες Πεδίου.

- 3.1 Δειγματοληψία Θρυμμάτων.
- 3.2 Δειγματοληψία Αερίων.
- 3.3 Εξακρίβωση Χρόνου Υστέρησης Δείγματος (Lag Time).

IV. Ανάλυση Αερίων.

4.1 Συνολική Ανάλυση Αερίων (TGA / THA).

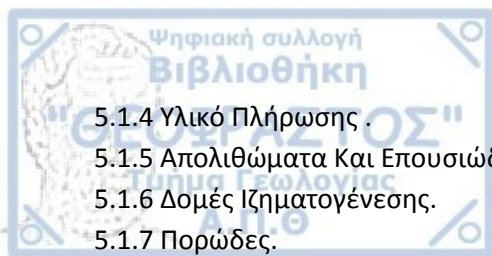
4.2 Μοριακή Ανάλυση Αερίων.

- 4.2.1 Μέθοδος Διαχωρισμού Αέριας Χρωματογραφίας (Gas Chromatography).
- 4.2.2 Μέθοδος Ανίχνευσης Ιονισμού Φλόγας (Flame Ionization Detection [F.I.D.]).
- 4.2.3 Μέθοδος Ανίχνευσης Φασματομετρία Μάζας (Mass Spectrometry).
- 4.2.4 Μέθοδος Ανίχνευσης Θερμικής Αγωγιμότητας (Thermal Conductivity Detection [T.C.D.]).
- 4.2.5 Μέθοδος Ανίχνευσης Καταλυτικής Καύσης (Catalytic Combustion Detector [C.C.D.]).
- 4.2.6 Μέθοδος Ανίχνευσης Φασματοσκοπίας Υπερύθρου (Infrared Spectrometry).

V. Ανάλυση Θρυμμάτων.

5.1 Περιγραφή Θρυμμάτων.

- 5.1.1 Τύπος Πετρώματος.
- 5.1.2 Χρώμα.
- 5.1.3 Ιστός (Μέγεθος κόκκων, Στρογγυλότητα, Ταξινόμηση).



- 5.1.4 Υλικό Πλήρωσης .
- 5.1.5 Απολιθώματα Και Επουσιώδη Ορυκτά.
- 5.1.6 Δομές Ιζηματογένεσης.
- 5.1.7 Πορώδες.

5.2 Δοκιμαστικές Μέθοδοι Προσδιορισμού Πετρώματος.

- 5.2.1 Δοκιμή Υδροχλωρικού Οξέως (HCl).
- 5.2.2 Μελέτη Λεπτής Τομής.
- 5.2.3 Σκληρότητα.
- 5.2.4 Αποχωρισμός Επιπέδων.
- 5.2.5 Διόγκωση Μέσω Απορρόφησης Υδάτων.

5.3 Η Σημασία Του Πορώδους Και Της Διαπερατότητας Στον Ταμιευτήρα.

5.4 Μέθοδοι Ανίχνευσης Υδρογονανθράκων.

- 5.4.1 Οσμή (Odor).
- 5.4.2 Επιφανειακά Ίχνη Πετρελαίου (Oil Stains).
- 5.4.3 Έκχυση Πετρελαίου (Bleeding).
- 5.4.4 Φθορισμός (Fluorescence).
- 5.4.5 Δοκιμή Διαλύτη (Solvent cut test).
- 5.4.6 Δοκιμή Απορρόφησης Υδάτων (Wettability).
- 5.4.7 Δοκιμή Μίγματος Ακετόνης - Νερού (Acetone Water Test).
- 5.4.8 Δοκιμή Θερμού Νερού (Hot Water Test).

5.5 Χαρακτηρισμός Υδρογονανθράκων (Live Oil, Στερεοί Υδρογονάνθρακες και Dead Oil).

5.6 Προβλήματα Στην Μελέτη Των Θρυμμάτων.

- 5.6.1 Καταπτώσεις Υλικού Στο Εσωτερικό Της Γεώτρησης (Cavings).
- 5.6.2 Επανακυκλοφόρηση (Recirculation).
- 5.6.3 Απώλεια Διατρητικού Πολφού.
- 5.6.4 Τσιμέντωση.
- 5.6.5 Μη Ικανοποιητική Πλύση Των Θρυμμάτων.
- 5.6.6 Μόλυνση Από Πετρέλαια Εξωτερικά Της Γεώτρησης.
- 5.6.7 Χρονική Υστέρηση Δειγμάτων (Lag Time).

VI. Ορισμοί.

VII. Βιβλιογραφία.

I. Εισαγωγή.

Η εξόρυξη και παραγωγή υδρογονανθράκων στη σημερινή εποχή αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς και αναπτυγμένους κλάδους της βιομηχανίας. Για την εξέλιξη αυτής της τεχνογνωσίας υπήρξε συνεργασία πολλών επιστημονικών κλάδων.

Ένα σημαντικό μέρος της έρευνας για τον εντοπισμό και τη μελέτη των υδρογονανθράκων είναι οι καταγραφές πολφού (Mud Logging). Όλες οι εργασίες των καταγραφών πολφού διεξάγονται στο πεδίο της γεώτρησης και αποσκοπούν στη συλλογή, την καταγραφή και την επιτόπου ανάλυση των δειγμάτων (δείγματα αερίων και πετρωμάτων) που συλλέγονται από τη γεώτρηση. Παράλληλα, παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τα πετρώματα και τους υδρογονάνθρακες του ταμιευτήρα που διατρυπάται σε πραγματικό χρόνο.

Για τη διεξαγωγή των επιτόπου αναλύσεων, που εκτελούνται στο πλαίσιο των καταγραφών πολφού, παρέχεται στο πεδίο της γεώτρησης ειδικά εξοπλισμένη καμπίνα, με όλα τα μηχανήματα - αναλυτές που χρειάζονται.

Οι καταγραφές πολφού συνήθως διεξάγονται από εξειδικευμένες εταιρίες που προσλαμβάνονται από την εταιρία - οργανισμό που διεξάγει τις ερευνητικές γεωτρήσεις.

Η ορθή διεξαγωγή των καταγραφών πολφού είναι εξαιρετικά σημαντική για τις ερευνητικές γεωτρήσεις μεγάλου βάθους όπου η παραδοσιακή δειγματοληψία με καρότα* είναι αδύνατη και επομένως τα θρύμματα που ανέρχονται μέσω του συστήματος της γεώτρησης είναι συνήθως η μόνη μέθοδος δειγματοληψίας.

Θα πρέπει να αναφερθεί επίσης πως μέσω των καταγραφών πολφού μπορεί να γίνει άμεση συσχέτιση της γεώτρησης με προϋπάρχοντα δεδομένα από άλλες γεωτρήσεις και αντίστοιχα να παρέχει στοιχεία για τη γεωλογία της περιοχής που μπορεί να μην είχαν εντοπιστεί από προηγούμενες γεωτρήσεις. [1]

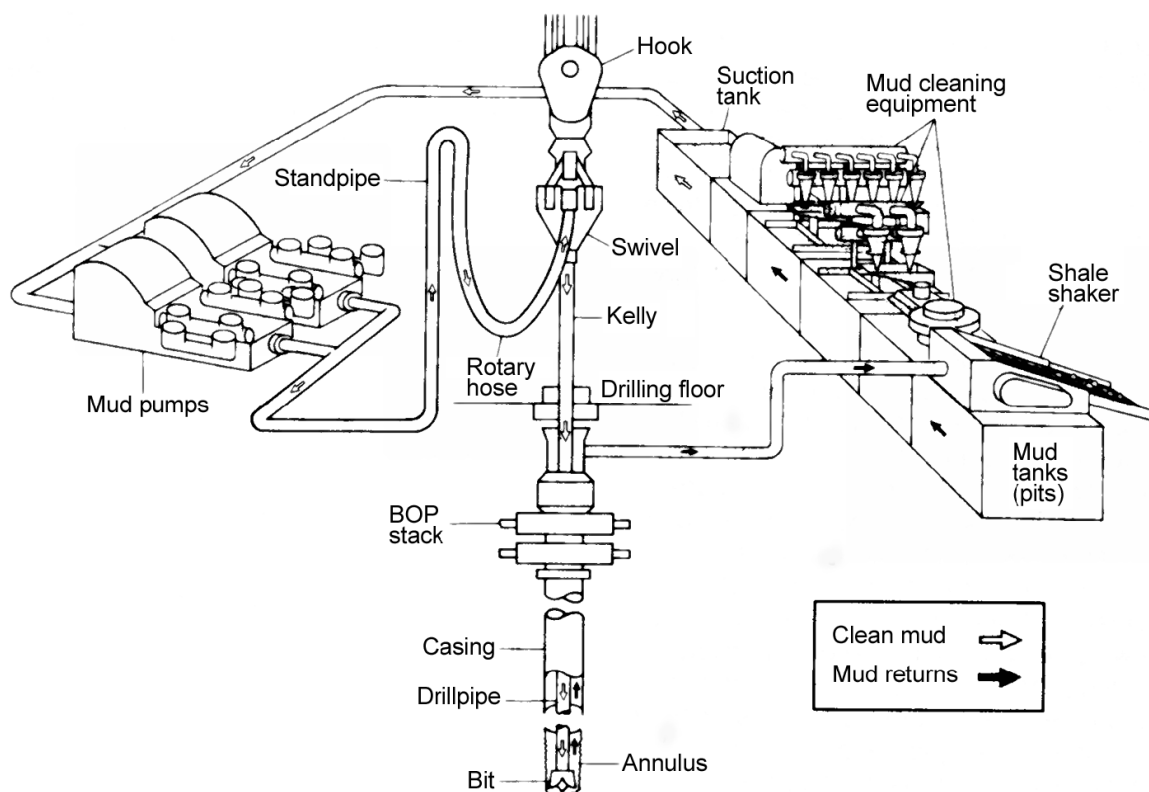
Επομένως, οι καταγραφές πολφού αποτελούν ένα αναπόσπαστο μέρος της βιομηχανίας πετρελαίου το οποίο συνεχώς αναπτύσσεται.

II. Διάταξη Γεωτρύπανου.

Η διάταξη του γεωτρύπανου αποτελείται από πολλά μηχανήματα που λειτουργούν παράλληλα με σκοπό την όρυξη της γεώτρησης. Ο χειρισμός των μηχανημάτων αυτών ανατίθεται σε εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι γεωλόγοι που διεξάγουν τις καταγραφές πολφού, αν και δεν χειρίζονται τα μηχανήματα, διεξάγουν μετρήσεις σε δείγματα που λαμβάνουν από αυτά.

Για τη βαθύτερη κατανόηση των καταγραφών πολφού, αναλύονται στη συνέχεια τα βασικά τμήματα της διάταξης και της λειτουργίας τους.



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα Διάταξης Γεωτρύπανου.

Πηγή: petrowiki.org [16]

Εξαρτήματα Διάταξης Γεωτρύπανου.

Το κοπτικό άκρο αποτελεί βασικό εξάρτημα της διάταξης. Λειτουργεί καταστρεπτικά και διατρύπα το πέτρωμα μέσω της περιστροφής του. Η περιστροφή του άκρου επιτυγχάνεται μέσω του συστήματος Kelly ή του συστήματος Top Drive που περιγράφονται στη συνέχεια. Γενικώς στη βιομηχανία του πετρελαίου χρησιμοποιούνται πολλαπλοί τύποι κοπτικών άκρων αναλόγως του τύπου πετρώματος που διατρύπεται και των γεωλογικών παραμέτρων του. Τα κοπτικά άκρα διαθέτουν ειδικές σχισμές για να διέρχεται ο διατρητικός πολφός και να παρασύρει τα θρύμματα που σχηματίζονται. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.2 Κοπτικό Άκρο Τύπου PDC*

Πηγή: Κατασκευαστής Κοπτικών Άκρων (Deris) [17]



Εικόνα 2.3 Κοπτικό Άκρο Περιστρεφόμενων Κώνων

Πηγή: Κατασκευαστής Κοπτικών Άκρων (Deris) [18]

2.2 Αντίβαρα Και Σωληνώσεις Διάτρησης (Drill Collars - Drillpipe).

Αντίβαρα ονομάζουμε σωληνώσεις μεγάλου βάρους που συνδέονται απευθείας στο κοπτικό άκρο για τη ρύθμιση της κατακόρυφης δύναμης που θα ασκηθεί κατά τη διάτρηση από το κοπτικό άκρο.

Σωληνώσεις διάτρησης ονομάζουμε τις ενδιάμεσες σωληνώσεις που συνδέουν τα αντίβαρα με το κοπτικό άκρο και το σύστημα περιστροφής. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.4 Σωληνώσεις Διάτρησης

Πηγή: Κατασκευαστής Εξοπλισμού (Deris) [19]



Εικόνα 2.5 Αντίβαρα

Πηγή: Κατασκευαστής Εξοπλισμού (Deris) [20]

2.3 Σύστημα Περιστροφής (Kelly - Top Drive).

Η περιστροφή της διατρητικής στήλης γίνεται με δύο τρόπους. Στο σύστημα Kelly η διατρητική στήλη καταλήγει σε τετράγωνη ή πολυγωνική σωλήνωση η οποία διαπερνά αντίστοιχο τετράγωνο ή πολυγωνικό βύσμα το οποίο περιστρέφεται από κινητήρα.

Το σύστημα Top Drive αποτελεί βελτιωμένο σύστημα περιστροφής της διατρητικής στήλης απλοποιώντας τη διάταξη του γεωτρύπανου καθώς και τις διεργασίες διάτρησης. Ενσωματώνει το σύστημα ελεύθερης περιστροφής και τροφοδοσίας πολφού (Swivel) και αντικαθιστά το σύστημα Kelly. Το Top Drive συνδέεται με τη διατρητική στήλη και διεξάγει την περιστροφή της μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων που συνδέεται με ηλεκτροκινητήρα ή υδραυλικό κινητήρα. [2] [3] [4] [10]

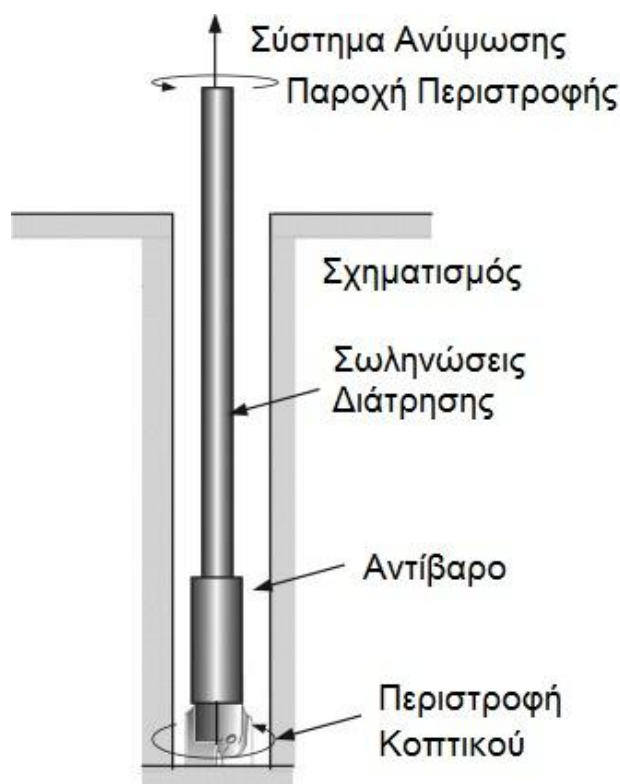


Εικόνα 2.6 Σύστημα Περιστροφής Top Drive TDS-85

Πηγή: Κατασκευαστής Συστημάτων Top Drive (NOV) [21]

2.4 Διατρητική Στήλη (Drill Stem).

Διατρητική στήλη ονομάζουμε το σύνολο των εξαρτημάτων που βρίσκονται μεταξύ του συστήματος ελεύθερης περιστροφής και τροφοδοσίας πολφού (Swivel) έως τον πυθμένα της γεώτρησης. Συγκεκριμένα, μια διατρητική στήλη συνήθως αποτελείται, από τον πυθμένα προς το Swivel, από το κοπτικό άκρο, τα αντίβαρα (Drill collars), τις σωληνώσεις διάτρησης (Drillpipe) και το σύστημα περιστροφής (Kelly - Top Drive). Η διατρητική στήλη είναι το μέσο μεταφοράς της περιστροφής από την επιφάνεια στο κοπτικό άκρο και επίσης εντός αυτής διέρχεται ο διατρητικός πολφός. Τα τμήματα της διατρητικής στήλης βιδώνονται μεταξύ τους για να επιτευχθεί η απαιτούμενη σύνδεση. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.7 Διάγραμμα Διατρητική Στήλης (Drill Stem)

Πηγή: Journal of sound and Vibration [5]

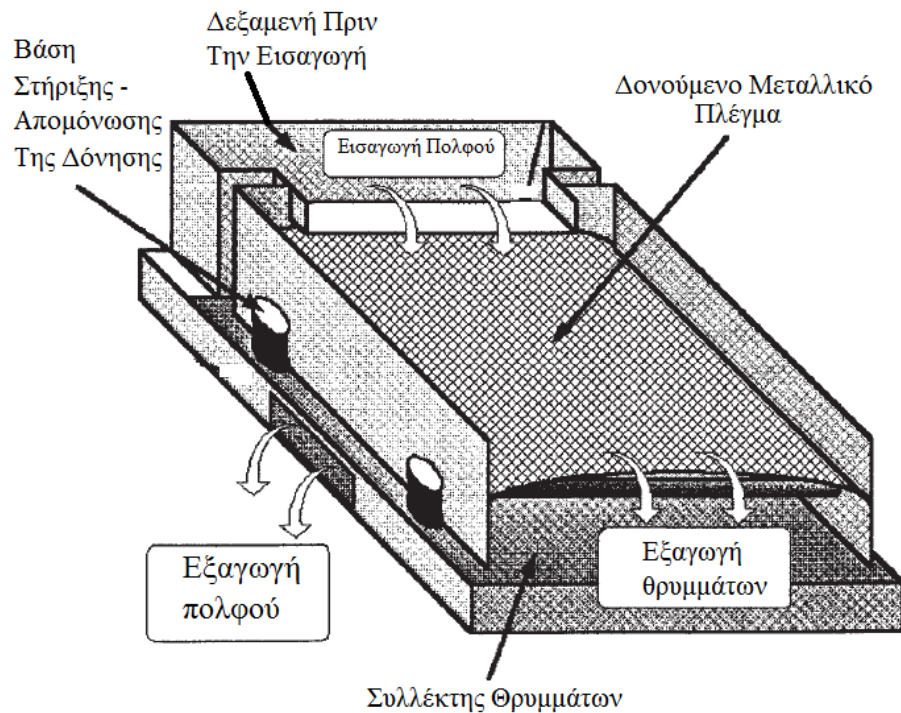
Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

2.5 Αντλία Διατρητικού Πολφού (Mud Pumps).

Οι αντλίες διατρητικού πολφού εξασφαλίζουν την παροχή του διατρητικού πολφού υπό συγκεκριμένη πίεση και όγκο εντός της γεώτρησης και την εξαγωγή των θρυμμάτων από αυτήν. Οι αντλίες τροφοδοτούνται από δεξαμενές με νέο πολφό ενώ παράλληλα επαναχρησιμοποιείται ο διατρητικός πολφός που εξέρχεται της γεώτρησης έπειτα από καθαρισμό. [2] [3] [4] [10]

2.6 Δονούμενο Κόσκινο (Shale Shaker)

Το δονούμενο κόσκινο αποσκοπεί στο διαχωρισμό του διατρητικού πολφού ο οποίος εξέρχεται από την γεώτρηση και περιλαμβάνει τα θρύμματα των πετρωμάτων που διατρυπώνται. Αποτελείται από ένα δονούμενο μεταλλικό πλέγμα το οποίο συγκρατεί τα θρύμματα, ενώ ο πολφός το διαπερνά και συλλέγεται στις υποκείμενες δεξαμενές (Possum Belly). Το Shale Shaker αποτελεί το τμήμα δειγματοληψίας των θρυμμάτων στην διάταξη όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.1. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.8 Διάγραμμα Δονούμενου Κόσκινου (Shale Shaker)

Πηγή: drillingfluid.org [22]

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

2.7 Εξοπλισμός Καθαρισμού Διατρητικού Πολφού (Mud Cleaning Equipment).

Ο εξοπλισμός αυτός απροσκοπεί στον καθαρισμό του διατρητικού πολφού ώστε αυτός να επαναχρησιμοποιηθεί στη διάταξη. Καθώς η διεξαγωγή μίας γεώτρησης αυτού του τύπου απαιτεί σημαντικό όγκο διατρητικού πολφού, συμφέρει οικονομικά και περιβαλλοντικά η επεξεργασία και εκ νέου εισαγωγή του χρησιμοποιημένου πολφού στο σύστημα.

Αφού ο διατρητικός πολφός διέλθει από το Shale Shaker εισάγεται σε μηχανήματα απομάκρυνσης άμμου και αργίλου (Desanders και Desilters αντίστοιχα). Τα μηχανήματα αυτά διαχωρίζουν τα πιο λεπτομερή μέρη των θρυμμάτων που διέρχονται του Shale Shaker. Η λειτουργία τους βασίζεται στο φυγοκεντρικό διαχωρισμό των ελαφρύτερων ρευστών από τα στερεά τους μέρη.

Έπειτα από το διαχωρισμό των στερεών υλικών, ο διατρητικός πολφός εισάγεται σε μηχανήματα απαέρωσης (Degaser) για την εξαγωγή των αερίων που μπορεί να περιέχει. Αυτό αποτελεί σημαντικό βήμα του καθαρισμού καθώς η αυξημένη παρουσία αερίων στον διατρητικό πολφό επηρεάζει την πυκνότητα του και μπορεί να οδηγήσει σε απότομη αύξηση της πίεσης εντός της διάταξης (Βλέπε Blow Out Prevention Stack). Γενικώς, τα μηχανήματα εξαέρωσης βασίζονται σε διάφορες τεχνικές, οι κύριες από τις οποίες είναι η αύξηση της επιφάνειας του υγρού ενώ δονείται και η χρήση υποπίεσης για τον διαχωρισμό των αερίων από τον πολφό. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.9 Μηχάνημα Διαχωρισμού Άμμου
Πηγή: Κατασκευαστής Εξοπλισμού Καθαρισμού
Διατρητικού Πολφού (AiPU) [23]



Εικόνα 2.10 Μηχάνημα Διαχωρισμού Αργίλου
Πηγή: Κατασκευαστής Εξοπλισμού Καθαρισμού
Διατρητικού Πολφού (AiPU) [24]

2.8 Σύστημα Προστασίας Από Υπερπίεση (Blow Out Prevention Stack [B.O.P. Stack]).

Το Σύστημα B.O.P. αποτελεί σημαντικό μέτρο ασφαλείας της διάταξης. Αποσκοπεί τόσο στην προστασία του προσωπικού, του εξοπλισμού και της γεώτρησης όσο και στην σφράγιση του πηγαδιού για λόγους διατήρησης του και περιβαλλοντικής προστασίας. Το σύστημα B.O.P. Stack αποτελείται από επιμέρους τμήματα τα οποία λειτουργούν ως βαλβίδες και είναι σχεδιασμένα για να σφραγίζουν την γεώτρηση με ή χωρίς την παρουσία της διατρητικής στήλης, ασφαλίζοντας την από συνθήκες υψηλής πίεσης. Σε περίπτωση που εντοπιστεί απότομη και απρόσμενη αύξηση της πίεσης (kick) εντός της γεώτρησης το σύστημα B.O.P. ενεργοποιείται αυτόματα. Η απρόσμενη αύξηση της πίεσης μπορεί να συμβεί κατά την διάτρηση ενός ταμιευτήρα και αποτελεί σημαντικό κίνδυνο τόσο για τον εξοπλισμό της γεώτρησης όσο και για το προσωπικό που τον χειρίζεται.



Εικόνα 2.11 Σύστημα B.O.P. Stack
Πηγή: Κατασκευαστής Εξοπλισμού B.O.P. (W.O.M.) [25]

Το φαινόμενο Formation Kick προκύπτει όταν οι υδρογονάνθρακες του ταμιευτήρα εισέρχονται με υψηλό ρυθμό στη γεώτρηση μειώνοντας την πυκνότητα του διατρητικού πολφού και την ικανότητα του να αποτρέπει την εισαγωγή τους στη γεώτρηση. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην εισαγωγή των υδρογονανθράκων στο πηγάδι και την απότομη αύξηση της πίεσης.

Όταν το σύστημα B.O.P. ενεργοποιηθεί και σφραγίσει τη γεώτρηση, η μόνη επικοινωνία της διάταξης με τη γεώτρηση που είναι διαθέσιμη για τον επανέλεγχο της είναι μια σειρά βαλβίδων "Choke Manifold" με περιορισμένη ικανότητα εισαγωγής - εξαγωγής διατρητικού πολφού. Για την επίτευξη του έλεγχου της γεώτρησης, πρέπει να γίνει ανανέωση του διατρητικού πολφού εντός αυτής, μέσω του Choke Manifold πριν απενεργοποιηθεί το σύστημα B.O.P. [2] [3] [4] [10]

2.9 Διατρητικός πολφός (Mud).

Ο διατρητικός πολφός αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό τμήμα της γεώτρησης. Είναι υπεύθυνος για την ψύξη και λίπανση του κοπτικού άκρου, καθώς επίσης και για την εξαγωγή των θρυμμάτων από τη γεώτρηση. Τροφοδοτείται στη διάταξη υπό πίεση μέσω αντλιών όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2.5. Εξίσου σημαντική είναι η λειτουργία του πολφού ως μέτρο αποτροπής της εισαγωγής αέριων και υγρών εντός της γεώτρησης καθώς και της κατάπτωσης των τοιχωμάτων της.

Γενικώς, ο διατρητικός πολφός είναι ένα υγρό μίγμα που έχει ως βάση το νερό ή το πετρέλαιο. Για την επίτευξη των προαναφερόμενων στόχων εισάγονται στο μίγμα πολλαπλά χημικά πρόσθετα που βοηθούν στην προσαρμογή των φυσικών ιδιοτήτων του πολφού (πυκνότητα, μοριακό βάρος, ιξώδες).

Αξιοσημείωτη είναι επίσης η χρήση του διατρητικού πολφού ως μέσου μεταφοράς πληροφοριών από αισθητήρες εντός της γεώτρησης. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση παλμών πίεσης από τους αισθητήρες στη διατρητική στήλη.

Θα πρέπει να αναφερθεί πως ο χειρισμός και η λειτουργία του διατρητικού πολφού αποτελούν ένα ιδιαίτερα εκτεταμένο αντικείμενο το οποίο στην παρούσα εργασία περιγράφεται περιληπτικά, καθώς η εκτεταμένη ανάλυση του δεν ανήκει στα πλαίσια αυτής της εργασίας. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 2.12 Λάκκος
Διατρητικού Πολφού (Mud Pit)
Πηγή: Wikipedia [26]

III. Εργασίες Πεδίου.

Οι εργασίες που διεξάγουν οι γεωλόγοι των καταγραφών πολφού είναι κυρίως εργασίες δειγματοληψίας και εργασίες ανάλυσης. Αρχικά, οι γεωλόγοι διεξάγουν εργασίες δειγματοληψίας στο πεδίο και έπειτα τα δείγματα αυτά αναλύονται (κεφάλαια 4 και 5) σε ειδικές καμπίνες οι οποίες έχουν μεταφερθεί στο πεδίο όπου διεξάγεται η γεώτρηση.

3.1 Δειγματοληψία Θρυμμάτων.

Εξαιρετικά σημαντική είναι η δειγματοληψία των θρυμμάτων που προέρχονται από τις γεωτρήσεις. Τα δείγματα αυτά έχουν υψηλή αξία για την κατανόηση του σχηματισμού που ερευνάται, καθώς σε πολλές από τις γεωτρήσεις μεγάλου βάθους αποτελούν τη μοναδική ευκαιρία για την μελέτη του.

Είναι σημαντικό λοιπόν η δειγματοληψία να γίνεται με ορθό τρόπο και η καταγραφή των δεδομένων να είναι ακριβής.

Τα θρύμματα προκύπτουν από την θραύση του πετρώματος από το κοπτικό άκρο. Αυτά στην συνέχεια ανέρχονται στην επιφάνεια μέσω της ροής του διατρητικού πολφού. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, ο διατρητικός πολφός εισάγεται στο shale shaker όπου τα θρύμματα διαχωρίζονται από τον διατρητικό πολφό με την χρήση ενός δονούμενου μεταλλικού πλέγματος. Τα θρύμματα μπορούν να συλλεχτούν κατευθείαν από το δονούμενο πλέγμα ή από την επιφάνεια εκκένωσης του shale shaker.

Η δειγματοληψία των θρυμμάτων, πρέπει να γίνεται ανά τακτικά και προγραμματισμένα διαστήματα. Όταν όμως διατρυπάται σχηματισμός σημαντικού ενδιαφέροντος ή εντοπιστεί η παρουσία υδρογονανθράκων, οι mud loggers μπορούν να αυξήσουν τον ρυθμό δειγματοληψίας για να υπάρξει πιο αναλυτική καταγραφή του σχηματισμού.

Κάθε δείγμα θα πρέπει να συνοδεύεται από πληροφορίες για την ώρα της δειγματοληψίας και το βάθος δειγματοληψίας. Κάθε δειγματοληψία πρέπει να συλλέγει δείγματα για την ανάλυση πεδίου, καθώς και για αρχειοθέτηση και μελλοντική μελέτη. [2] [3] [4] [10] [14]

Εικόνα 3.1 Καθαρισμένα θρύμματα σε
μικροσκόπιο με μεγέθυνση 10x
Πηγή: Wikipedia [27]



3.2 Δειγματοληψία Αερίων.

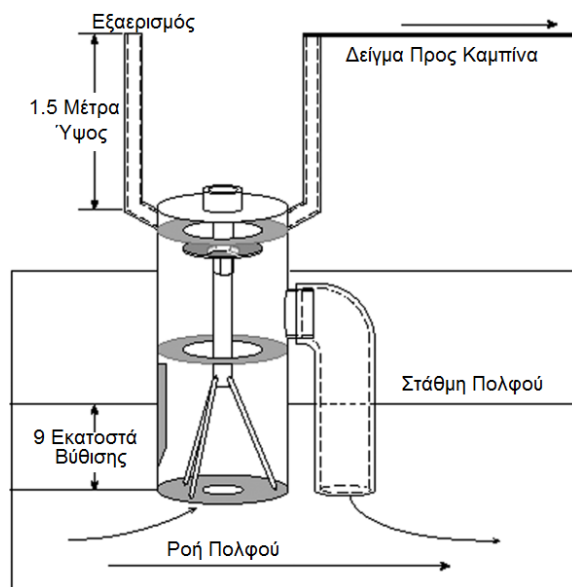
Η δειγματοληψία αερίων αποτελεί βασικό τμήμα του mud logging. Τα αέρια που βρίσκονται στον ταμιευτήρα απελευθερώνονται με τη διάτρηση του πετρώματος και αναμιγνύονται με τον διατρητικό πολφό.

Τα αέρια αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που εισέρχονται στη γεώτρηση. Τα αέρια που απελευθερώνονται λόγω διάτρησης του πορώδους που τα περιέχει ονομάζονται ελευθερωμένα (liberated). Τα αέρια που εισέρχονται στο πηγάδι από τα τοιχώματα της γεώτρησης λόγω της πίεσης των πόρων ονομάζονται παραγόμενα αέρια (produced gas).

Για τη συλλογή τους χρησιμοποιείται ειδική διάταξη συλλογής αερίων. Η πιο συνήθης είναι η παγίδα αερίων (Gas Trap) που εξάγει τα αέρια με περιστροφική κίνηση και την χρήση θαλάμου υποπίεσης.

Εναλλακτικά χρησιμοποιούνται διατάξεις thermomechanical slip stream gas extractor, membrane type extractor, steam still και συλλογής μέσω θέρμανσης με μικροκύματα.

Τα αέρια που συλλέγονται στέλνονται απευθείας στην καμπίνα όπου αναλύονται με τις μεθόδους που αναφέρονται στο κεφάλαιο 4 και ένα τμήμα τους συλλέγεται για αρχειοθέτηση. [2] [3] [4] [10]



Εικόνα 3.2 Παγίδα Αερίων (Gas Trap).

Πηγή: petrowiki.org [28]

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

3.3 Εξακρίβωση Χρόνου Υστέρησης Δείγματος (Lag Time).

Για κάθε δείγμα που συλλέγεται από τον γεωλόγο θα πρέπει να καταγράφεται και το βάθος της δειγματοληψίας. Η πληροφορία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική και θα πρέπει να υπολογίζεται στο πεδίο με θεωρητικές και με πρακτικές μεθόδους.

Το βάθος του δείγματος προσδιορίζει τη λιθολογία για το συγκεκριμένο βάθος και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος. Εξίσου σημαντικός είναι ο προσδιορισμός του βάθους αλλαγής της λιθολογίας αλλά και της αρχικής εμφάνισης υδρογονανθράκων.

Οι δυσκολίες προσδιορισμού του βάθους δείγματος οφείλονται στο γεγονός ότι ο χρόνος δειγματοληψίας του δείγματος στην επιφάνεια γίνεται αρκετά αργότερα από τον χρόνο διάτρησης του πετρώματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πώς από την δημιουργία του θρύμματος στον πυθμένα της γεώτρησης αυτό θα πρέπει να διανύσει το βάθος της γεώτρησης από τον πυθμένα έως την επιφάνεια. Στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να αναδυθεί το θρύμμα στην επιφάνεια η διατρητική στήλη της γεώτρησης διεισδύει βαθύτερα στο πέτρωμα που διατρυπάται. Άρα τα θρύμματα που συλλέγονται δεν αντιστοιχούν στο βάθος που βρίσκεται η γεώτρηση εκείνην την χρονική στιγμή, αλλά αντιστοιχούν σε μικρότερο βάθος. Το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο με την αύξηση του βάθους της γεώτρησης καθώς αντίστοιχα αυξάνεται και ο χρόνος ανάδυσης των θρυμμάτων.

Η χρονική καθυστέρηση στην μετακίνηση του πολφού εντός της γεώτρησης από ένα σημείο σε ένα άλλο ονομάζεται Lag Time και μετράται σε λεπτά ή σε κτύπους αντλίας (Pump Strokes).

Το Lag Time σε ένα τμήμα της γεώτρησης, ισούται με τον χρόνο που χρειάζεται για να αντληθεί όλος ο διατρητικός πολφός που περιέχεται στο τμήμα αυτό. Άρα το Lag Time εξαρτάται από δύο παράγοντες, το όγκο παροχής του διατρητικού πολφού και τον όγκο του πολφού που περιέχεται στο τμήμα που υπολογίζεται.

Καθώς η μέτρηση του Lag Time σε λεπτά μεταβάλλεται αναλόγως του ρυθμού παροχής του πολφού, προτιμάται να χρησιμοποιείται η μέτρηση σε βαρέλια πολφού ανά κτύπο αντλίας, που παραμένει σταθερή ανεξαρτήτως του ρυθμού παροχής, εφόσον η παροχή ανά κτύπο παραμένει σταθερή.

Συγκεκριμένα, ο χρόνος ανάδυσης των θρυμμάτων από τον πυθμένα της γεώτρησης έως την επιφάνεια ονομάζεται Lag Up. Αντίστοιχα ο χρόνος για την εισαγωγή του πολφού από την επιφάνεια έως τον πυθμένα της γεώτρησης ονομάζεται Lag Down. Τέλος ο ολικός χρόνος από την εισαγωγή του πολφού έως την εξαγωγή του από την γεώτρηση ονομάζεται Complete Cycle.

Για τον θεωρητικό υπολογισμό του Lag Time των θρυμμάτων θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί ο όγκος του διατρητικού πολφού που βρίσκεται στον εξωτερικό δακτύλιο της γεώτρησης (annulus). Ο όγκος αυτός είναι ίσος με το εμβαδόν μιας εγκάρσιας τομής της οπής αφού αφαιρεθεί το εμβαδόν που καταλαμβάνει η διατρητική στήλη, πολλαπλασιαζόμενο με το μήκος του διαστήματος που υπολογίζεται. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε διαστήματα όπου μεταβάλλεται η διάμετρος της διατρητικής στήλης ή της οπής της γεώτρησης όπως συνήθως παρατηρείται στα ανώτερα τμήματα της. Για τον υπολογισμό του Lag Time, ο όγκος του εξωτερικού δακτυλίου διαιρείται με τον ρυθμό παροχής της αντλίας πολφού, σε χρονικό διάστημα ή σε βαρέλια πολφού.

$$\text{Όγκος Εξωτερικού Δακτύλιου (bbl)} = \frac{(Εσ.Δ.Ο.^2 - Εξ.Δ.Δ.^2) * H(ft)}{1029}$$

Εσ.Δ.Ο. = Έσωτερική Διάμετρος Οπής (ή Σωληνώσεων)

Εξ.Δ.Δ. = Έξωτερική Διάμετρος Διατρητικής Στήλης

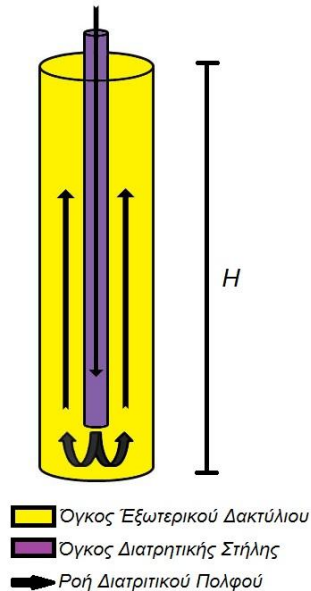
H = Μήκος Του Τμήματος Που Υπολογίζεται

$$\text{Lag Time (Minutes)} = \frac{\text{Όγκος Εξωτερικού Δακτύλιου (bbl)}}{\text{Παροχή Αντλίας (bbl/Minutes)}}$$

$$\text{Lag Time (Stroke)} = \frac{\text{Όγκος Εξωτερικού Δακτύλιου (bbl)}}{\text{Παροχή Αντλίας (bbl/Stroke)}}$$

BBL (oil field berrels) = 42 us gal/159 lt

Η Σταθερά Για Bbl Είναι: $\frac{1}{1029}$



Εικόνα 3.3 Απεικόνιση Όγκων Πηγαδιού

Πηγή: Wikipedia [29]

Τροποποίηση : Ζορμπάς Θεόδωρος.

Αντίστοιχα για τον υπολογισμό του Lag Down ο όγκος του εξωτερικού δακτυλίου αντικαθίσταται με τον όγκο του διατρητικού πολφού που βρίσκεται εντός της διατρητικής στήλης.

Ο χρόνος Complete Cycle προκύπτει από το άθροισμα του Lag Down και του Lag Up.

Για την πρακτική επιβεβαίωση του Lag Time οι mud loggers προσθέτουν ιχνηθέτη (tracer) στον διατρητικό πολφό και μετρούν τον χρόνο που χρειάζεται για να επανέλθει στην επιφάνεια.

Ο μετρούμενος χρόνος για την επιστροφή του ιχνηθέτη (To) ισούται με τον χρόνο παραμονής του στις σωληνώσεις της διάταξης (Ts), στη διατρητική στήλη (Td) και στον εξωτερικό δακτύλιο (Te).

$$T_o = T\sigma + T\delta + T\varepsilon$$

Ο χρόνος παραμονής του ιχνηθέτη εντός των σωληνώσεων και εντός της διατρητικής στήλης ισούται με τον όγκο πολφού που περιέχουν ($V\sigma + V\delta$) προς την παροχή της αντλίας (Π.Α.).

$$T\sigma + T\delta = \frac{V\sigma + V\delta}{\Pi.A.}$$

Από τις δύο αυτές εξισώσεις προκύπτει ο τύπος:

$$T\varepsilon = T_o - \frac{V\sigma + V\delta}{\Pi.A.}$$

Καθώς οι όγκοι $V\sigma$ και $V\delta$ μπορούν να υπολογιστούν μαθηματικά και η παροχή αντλίας είναι γνωστή, ο προσδιορισμός του χρόνου "Τε" με την εφαρμογή της προαναφερόμενης εξίσωσης οδηγεί στον ακριβή υπολογισμό του Lag Time.

Συνήθως ο ιχνηθέτης που προτιμάται για αυτή τη μέθοδο είναι καρβίδιο του ασβεστίου CaC_2 . Το υλικό αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι αντιδρά με το νερό του πολφού και παράγει αέριο υδρογονάνθρακα (C_2H_2) που μπορεί να εντοπιστεί με ευκολία με τη μέθοδο συνολικής ανάλυσης αερίων που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.1.

Γενικώς υπάρχουν πολλοί ιχνηθέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον δεν αντιδρούν με τον πολφό και δεν βλάπτουν τον εξοπλισμό της διάταξης. Οι στερεοί ιχνηθέτες θα πρέπει να εντοπίζονται από τον γεωλόγο στο δονούμενο κόσκινο ώστε να μπορέσει να καταγράψει τον χρόνο εξαγωγής από τη γεώτρηση.

Η χρονική καθυστέρηση που μετράται με τον ανιχνευτή είναι πάντα ελαφρώς μεγαλύτερη από τη θεωρητική. Αυτό οφείλεται στην διαφορά ταχύτητας ανάδυσης του πολφού από τα υλικά που μεταφέρει, την διάβρωση των τοιχωμάτων της γεώτρησης με αποτέλεσμα την αύξηση της διαμέτρου της και λόγω του σχηματισμού ανώμαλων ρευμάτων εντός του πολφού. [2] [3] [4] [10] [14]

IV. Ανάλυση Αερίων.

4.1 Συνολική Ανάλυση Αερίων.

Οι μέθοδοι συνολικής ανάλυσης αερίων (Total Gas Analysis [T.G.A.]), ή συνολικής ανάλυσης υδρογονανθράκων (Total Hydrocarbon Analysis [T.H.A.]), αποτελούν το πρώτο στάδιο μελέτης των αερίων μαζών που εξάγονται από τον διατρητικό πολφό. Αυτές οι μέθοδοι παρέχουν την ικανότητα συνεχών μετρήσεων κατά τη διεξαγωγή της γεώτρησης και συνήθως περιγράφουν την περιεκτικότητα του αερίου μίγματος σε υδρογονάνθρακες. Η χρήση τους είναι ευρέως διαδεδομένη, παρέχοντας κυρίως πληροφορίες για τη θερμογόνο δύναμη των αερίων μιγμάτων, συνήθως σε μονάδες TME (Total Methane Equivalent). Οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η ανίχνευση F.I.D. (Flame Ionization Detection) και η T.C.D. (Thermal Conductivity Detection) που αναλύονται στη συνέχεια. [10] [15]

4.2 Μοριακή Ανάλυση Αερίων.

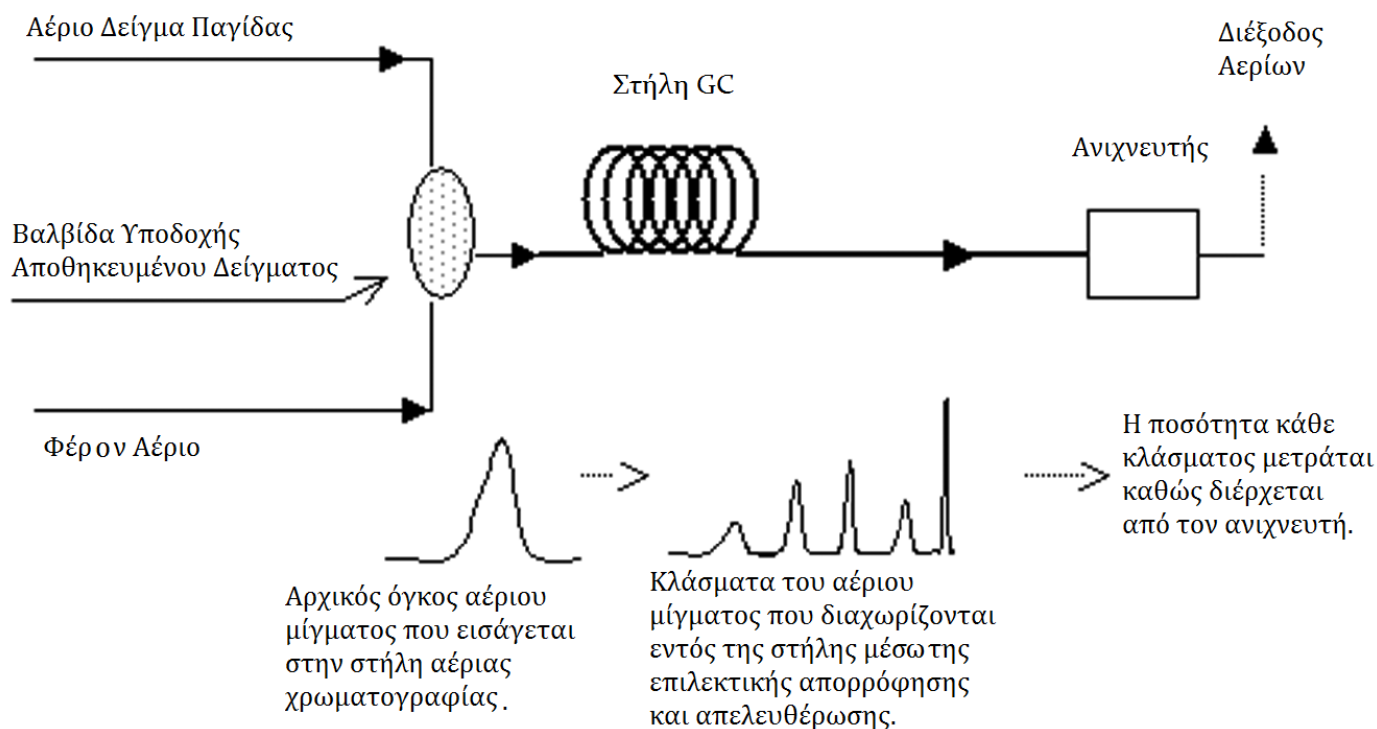
Οι μέθοδοι που αναφέρονται στη συνέχεια παρέχουν πληροφορίες για την μοριακή σύσταση των αερίων που συλλέγονται από τον διατρητικό πολφό. Βασίζονται σε δύο στάδια επεξεργασίας. Στο πρώτο στάδιο το αέριο διαχωρίζεται στα μοριακά του κλάσματα και στο δεύτερο στάδιο κάθε κλάσμα αναλύεται μεμονωμένα σε διάταξη ανίχνευσης.

4.2.1 Μέθοδος Διαχωρισμού Αέριας Χρωματογραφίας (Gas Chromatography).

Η μέθοδος Gas Chromatography αποτελεί το πρώτο βήμα για την μοριακή ανάλυση των αερίων μιγμάτων. Η διεξαγωγή αυτής της μεθόδου αποσκοπεί στο διαχωρισμό των κλασμάτων του αερίου μίγματος στα επιμέρους τμήματα του διοχετεύοντας τα σε έναν ανιχνευτή όπου καταγράφεται η χημική τους σύσταση καθώς και η σύσταση του συνολικού μίγματος.

Ο διαχωρισμός των αερίων μαζών στα επιμέρους τμήματά του βασίζεται στην ιδιότητα της χρωματογραφικής στήλης (στήλη GC) να απορροφά και να απελευθερώνει διαφορετικά μόρια του αερίου μίγματος με διαφορετικούς ρυθμούς. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αέριο να διαχωρίζεται στα επιμέρους κλάσματα του και αυτά να εξέρχονται της στήλης σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα.

Για την διεξαγωγή αυτής της μεθόδου το αέριο μίγμα διοχετεύεται στην στήλη GC μαζί με ένα φέρον αέριο (N_2 , He, Ar) υπό υψηλή πίεση. Το φέρον αέριο είναι χημικά αδρανές και δεν περιέχει προσμίξεις. Έπειτα το αέριο μίγμα διαχωρίζεται στα επιμέρους κλάσματα μέσω της προαναφερόμενης διαδικασίας και οδηγείται σε μία από της διατάξεις ανιχνευτή που αναλύονται στην συνέχεια (F.I.D., Mass Spectrometer, T.C.D., Infrared Spectrometry, C.C.D.).
[10] [15]



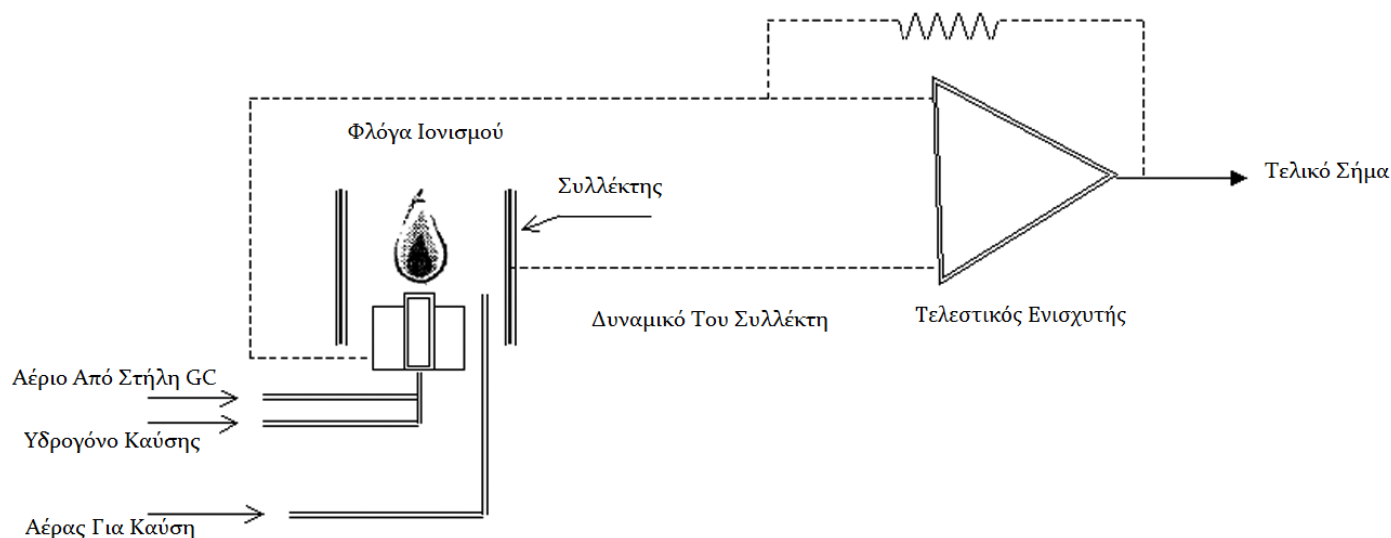
Εικόνα 4.1 Διάγραμμα Στήλης Αέριου Χρωματογράφου.

Πηγή: Petrowiki.org [30]

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

4.2.2 Μέθοδος Ανίχνευσης Ιονισμού Φλόγας (Flame Ionization Detection [F.I.D.]).

Η μέθοδος FID διοχετεύει το αέριο δείγμα σε θάλαμο καύσης με σταθερή θερμοκρασία, υπό την παρουσία φλόγας υδρογόνου. Με την καύση του υδρογονάνθρακα τα μόρια που προκύπτουν ιονίζονται. Η παρουσία αυτών των ιόντων εντοπίζεται από την διάταξη του συλλέκτη με την χρήση ηλεκτρικού δυναμικού (850 Volt) εκατέρωθεν της φλόγας υδρογόνου. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε υδρογονάνθρακες υπολογίζεται μέσω του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος που προκαλεί η κίνηση των ιόντων. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα μετράται με διάταξη αμπερομέτρου όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4.2. [3] [15]



Εικόνα 4.2 Διάγραμμα F.I.D.

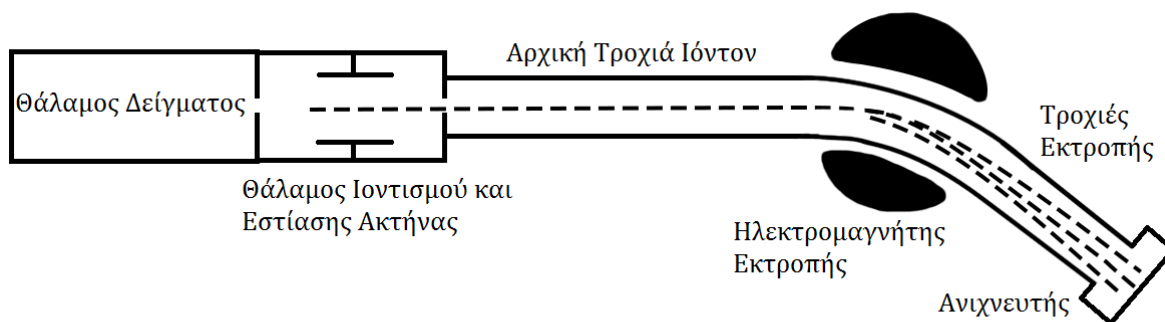
Πηγή: Petrowiki.org [31]

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

4.2.3 Μέθοδος Ανίχνευσης Φασματομετρία Μάζας (Mass Spectrometry).

Για τη διεξαγωγή της μεθόδου Mass Spectrometry το δείγμα εισάγεται σε θάλαμο υψηλού κενού όπου εκτίθεται σε μια δέσμη ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα τον ιοντισμό των μορίων της ουσίας και σε μερικά από αυτά σχάση των μοριακών δεσμών απελευθερώνοντας επιμέρους ιόντα. Τα ιόντα που σχηματίζονται επιταχύνονται εκτελώντας ευθύγραμμη τροχιά. Στη συνέχεια εκτρέπονται από την πορεία τους με την χρήση ενός μαγνητικού πεδίου. Ο βαθμός της εκτροπής των ιόντων βασίζεται στο λόγο της μάζας προς το φορτίο. Καθώς το φορτίο των ιόντων και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου εκτροπής είναι γνωστά, μετρώντας την εκτροπή των ιόντων από την αρχική πορεία τους, μπορεί να υπολογιστεί το μοριακό τους βάρος. [15] [10] [11]

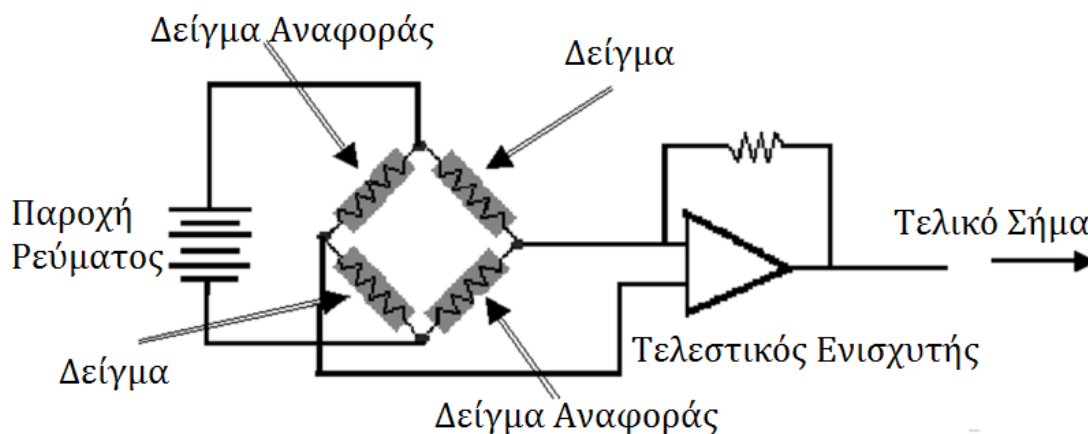
Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί καθώς μπορεί να ξεχωρίσει κλάσματα της αέριας μάζας που εξήλθαν ταυτόχρονα από την χρωματογραφική στήλη, υπό τον όρο πως αυτά διαφέρουν ικανοποιητικά στο μοριακό τους βάρος. [15] [10]



Εικόνα 4.3 Διάταξη Mass Spectrometer

4.2.4 Μέθοδος Ανίχνευσης Θερμικής Αγωγιμότητας (Thermal Conductivity Detection [T.C.D.]).

Η μέθοδος T.C.D. βασίζεται στην ιδιότητα της θερμικής αγωγιμότητας του δείγματος. Το αέριο δείγμα διέρχεται από σωλήνωση εντός της οποίας, βρίσκεται μια ηλεκτρική αντίσταση που μεταβάλλεται αντίστοιχα με τη θερμοκρασία της. Η αντίσταση θερμαίνεται σε σταθερή θερμοκρασία και μετράται η ταχύτητα ψύξης της αντίστασης από το κινούμενο αέριο, προσδιορίζοντας τη θερμική αγωγιμότητα του. Η ψύξη της αντίστασης επηρεάζεται και από τον όγκο της αέριας μάζας που διέρχεται από τη σωλήνωση σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κάθε δοκιμή δείγματος διεξάγεται παράλληλα με ένα δείγμα αναφοράς γνωστών παραμέτρων για την ποιοτική εξασφάλιση των αποτελεσμάτων. Όπως παρατηρείται στην εικόνα 4.4, οι δύο αυτές αντιστάσεις συνδέονται μεταξύ τους και με άλλες δύο αντίστοιχες αντιστάσεις σε γέφυρα Wheatstone. [15]



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα T.C.D.

Πηγή: Petrowiki.org [32]

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

4.2.5 Μέθοδος Ανίχνευσης Καταλυτικής Καύσης (Catalytic Combustion Detector [C.C.D.]).

Η μέθοδος C.C.D. υπολογίζει τη θερμογόνο δύναμη του δείγματος. Βασίζεται στην ιδιότητα ενός καταλύτη να υποβοηθά την αντίδραση καύσης του αέριου δείγματος σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες της συμβατικής καύσης. Καθώς το αέριο δείγμα έρχεται σε επαφή με τον καταλύτη, αυτός καταλύει την χημική αντίδραση της καύσης, απελευθερώνοντας θερμότητα. Για τη μέτρηση της θερμότητας που απελευθερώνεται χρησιμοποιείται μια θερμικά μεταβαλλόμενη ηλεκτρική αντίσταση από πλατίνα, η οποία συγκρίνεται με μια αντίσταση αναφοράς.

Η θερμογόνο δύναμη* του αερίου υπολογίζεται μέσω της θερμικής ενέργειας που εκλύθηκε προς την μάζα του δείγματος που καταλύθηκε. [10] [15]

4.2.6 Μέθοδος Ανίχνευσης Φασματοσκοπίας Υπερύθρου (Infrared Spectroscopy).

Η μέθοδος της Φασματοσκοπίας Υπερύθρου βασίζεται στην ιδιότητα απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα αέρια δείγματα. Αρχικά το δείγμα τοποθετείται σε κάψουλα την οποία διαπερνά υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή, αφού διαπεράσει το αέριο μείγμα, οδηγείται σε ένα ανιχνευτή όπου καταγράφονται τα μήκη κύματος που απορροφήθηκαν από το αέριο δείγμα. Καθώς κάθε δείγμα απορροφά σε συγκεκριμένα μήκη κύματος αυτό αποτελεί προσδιοριστικό χαρακτηριστικό για την αναγνώριση των υδρογονανθράκων.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα στη μελέτη των υδρογονανθράκων. Λόγω της φύσης του ανιχνευτή, παρέχει χαμηλή ανάλυση του φάσματος και πολλά αέρια απορροφούν παρόμοια μήκη κύματος με αποτέλεσμα τη δυσκολία ανίχνευσής τους. Η αιτία αυτού του προβλήματος είναι ότι οι υδρογονάνθρακες παρουσιάζουν παρόμοια μοριακή δομή και εξ αυτού, τα φάσματα απορρόφησης αλληλεπικαλύπτονται. Λόγω αυτών των προβλημάτων, οι προαναφερόμενες μέθοδοι ανάλυσης αερίων προτιμούνται στην ανάλυση αερίων. [15]

V. Ανάλυση Θρυμμάτων.

Έπειτα από τη συλλογή των θρυμμάτων, η οποία περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.1, οι γεωλόγοι διεξάγουν την ανάλυση των δειγμάτων στο πεδίο. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στην άμεση παρατήρηση και παροχή αποτελεσμάτων σχετικά με την παρουσία υδρογονανθράκων στο υπέδαφος όπου διεξάγεται η γεώτρηση. Όλα τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών - παρατηρήσεων καταγράφονται αναλυτικά για μελλοντική χρήση και αρχειοθέτηση. Η ποιότητα της καταγραφής των θρυμμάτων βασίζεται τόσο στην ποιότητα των θρυμμάτων όσο και στην ικανότητα του γεωλόγου - mudlogger να ξεχωρίζει τα ποιοτικά δείγματα από προσμίξεις και άλλα μη αντιπροσωπευτικά δείγματα.

" Clean, good quality samples are exceptions rather than the rule."

- [PETRO-Services] Basic Mud Logging Guide

5.1 Περιγραφή Θρυμμάτων

Για την περιγραφή των θρυμμάτων χρησιμοποιείται κυρίως το στερεομικροσκόπιο μέσω του οποίου ερευνώνται τα χαρακτηριστικά των θρυμμάτων που αναλύονται στη συνέχεια (5.1.1 έως 5.1.7). Τα χαρακτηριστικά αυτά καταγράφονται με τη σειρά που παρουσιάζονται παρακάτω. Η υπάρχουσα φόρμα περιγραφής αποσκοπεί στην ομοιογένεια των αναφορών απλοποιώντας την σύγκρισή τους ανεξαρτήτως του γεωλόγου που διεξήγαγε την καταγραφή. Στις αναφορές αυτές συνήθως χρησιμοποιούνται συντομογραφίες, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν αναλόγως της εταιρίας που διεξάγει την καταγραφή ή της εταιρίας που της ανέθεσε την καταγραφή. [2][3]

5.1.1 Τύπος πετρώματος .

Το πρώτο χαρακτηριστικό που καταγράφεται είναι η γεωλογική ονομασία του πετρώματος. Θα πρέπει να αναφέρεται η ονομασία (Ψαμμίτες, Ασβεστόλιθοι, Άργιλοι, κτλ.) του πετρώματος καθώς και η περιγραφή της λιθολογίας και της υφής.

Γενικώς, στην έρευνα για υδρογονάνθρακες, ο κύριος τύπος πετρωμάτων που φέρει υδρογονάνθρακες είναι τα ιζηματογενή πετρώματα. Πολλά από αυτά αποτελούν εξαιρετικούς ταμειυτήρες για τους υδρογονάνθρακες λόγω των σχετικά υψηλών τιμών πορώδους και διαπερατότητας που παρουσιάζουν (κεφάλαιο 5.3) .

Τα ιζηματογενή πετρώματα κατατάσσονται αναλόγως του μεγέθους των κόκκων και του είδους των ορυκτών από τα οποία αποτελούνται.

Για τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος αναλύονται θρύμματα. Οι δοκιμές προσδιορισμού αναλύονται στο κεφάλαιο 5.2. [1] [2] [3] [4] [6] [8] [10] [12]

5.1.2 Χρώμα.

Το χρώμα του πετρώματος προκύπτει από τα συστατικά που το αποτελούν. Συγκεκριμένα, οι κόκκοι, το υλικό πλήρωσης, τα ορυκτά και οι υδρογονάνθρακες που συναντώνται στο πέτρωμα συμμετέχουν στη διαμόρφωση του τελικού χρώματος. Ο χαρακτηρισμός του χρώματος γίνεται σε υγρό δείγμα με την χρήση του μικροσκοπίου. Η υγρασία μειώνει την ανακλαστικότητα της επιφάνειας αλλά δεν επηρεάζει το χρώμα που παρατηρείται. Ο γεωλόγος στην περιγραφή θα πρέπει να διαχωρίζει το χρώμα των δομών που μπορούν να παρατηρηθούν καθώς και τα πιθανά μοτίβα που σχηματίζονται από αυτές. [2] [3] [4] [6]

Γενικώς, στην χρωματική περιγραφή έχει κυριαρχήσει η χρήση γενικών όρων περιγραφής (Π.χ. Σκούρο καφέ). Σε περιπτώσεις που η πιο λεπτομερής περιγραφή του χρώματος είναι επιθυμητή, χρησιμοποιείται αναλυτικός χρωματικός πίνακας (Munsell Colour System). [2] [6] [10]

Το χρώμα μπορεί να αποτελέσει την πρώτη εκτίμηση του αποθετικού περιβάλλοντος. [3] [6]

Χρώμα	Περιβάλλον Απόθεσης
Κόκκινο - Καφέ	Οξειδωτικό
Πράσινο - Γκρι	Διαβρωτικό
Σκούρο Καφέ	Πιθανός Τμήμα Μητρικού Πετρώματος
Μαύρο	Αναερόβιο

Πίνακας 5.1.2 Συσχέτιση χρώματος και περιβάλλοντος απόθεσης.

Πηγή: [INTERNATIONAL LOGGING, INC] Basic Mud Logging Manual, Version 1.0.0. (Σελ. 190)

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

5.1.3 Ιστός (Μέγεθος κόκκων, Στρογγυλότητα - Σφαιρικότητα, Ταξινόμηση).

Ως Ιστό ορίζουμε της μηχανικές ιδιότητες που εμφανίζει το πέτρωμα λόγω τριών παραγόντων: Α) του μέγεθος των κόκκων, Β) την στρογγυλότητα - σφαιρικότητα και Γ) την ταξινόμηση. [2] [3] [4] [6]

Α) Μέγεθος κόκκων.

Το μέγεθος των κόκκων μελετάται με την χρήση του μικροσκοπίου. Για μεγαλύτερη διευκόλυνση προσδιορισμού του μεγέθους πολλές φορές τοποθετείται μιλιμετρέ χαρτί κάτω από το δείγμα. Επίσης υποχρεωτική είναι για τον γεωλόγο η χρήση δειγμάτων σύγκρισης γνωστής κοκκομετρίας, για την εξασφάλιση ορθών αποτελεσμάτων. [2] [4] [6] [10]

Τα δείγματα σύγκρισης περιέχονται συνήθως σε περίβλημα ρητίνης. Διαδεδομένη είναι επίσης η χρήση δειγμάτων που περιέχονται σε πλαστικοποιημένες καρτέλες. [10]

Το μέγεθος των κόκκων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για της ιδιότητες του δείγματος καθώς επηρεάζει το πορώδες* και την διαπερατότητα. Παράλληλα, εξίσου σημαντική είναι η παροχή πληροφοριών για το περιβάλλον απόθεσης του ιζήματος και τις διεργασίες που κυριαρχούσαν σε αυτό. [2] [3] [4] [6]

Για την ονομασία του πετρώματος χρησιμοποιείται η κλίμακα Wentworth όπως μπορεί να παρατηρηθεί στον πίνακα 5.1.3.A. [2] [3] [6] [10]

PHI - mm CONVERSION $\phi = \log_2 (d \text{ in mm})$ $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$		SIZE TERMS (after Wentworth, 1922)	SIEVE SIZES		Intermediate diameters of natural grains equivalent to sieve size	Number of grains per mg		Settling Velocity (Quartz, 20°C)		Threshold Velocity for traction cm/sec	
ϕ	mm		ASTM No. (U.S. Standard)	Tyler Mesh No.		Quartz spheres	Natural sand	Spheres (Gibbs, 1971)	Crushed	(Nevin, 1946)	(modified from Hjulstrom, 1939)
-8	256	BOULDERS ($> -8\phi$)								200	1 m above bottom
-7	128	COBBLES									
-6	64.0	PEBBLES	2 1/2"	2"							
-5	53.9		2.12"								
-4	45.3		1 1/2"	1 1/2"							
-3	33.1		1 1/4"	1.06"							
-2	32.0		3/4"	.742"							
-1	26.9		5/8"	.525"							
0	22.6		1/2"	.371"							
1	17.0		3/8"	.255"							
2	16.0		5/16"								
3	13.4		.265"	3							
4	11.3	SAND	4	4							
5	9.52		5	5							
6	8.00		6	6							
7	6.73		7	7							
8	5.66		8	8							
9	4.76		10	10							
10	4.00		12	12							
11	3.36		14	14							
12	2.83		16	16							
13	2.38		18	18							
14	2.00	SILT	20	20							
15	1.63		25	25							
16	1.41		30	30							
17	1.19		35	35							
18	1.00		40	40							
19	.840		45	45							
20	.707		50	50							
21	.545		60	60							
22	.500		70	70							
23	.420		80	80							
24	.354	CLAY	100	100							
25	.297		120	120							
26	.250		140	140							
27	.210		150	150							
28	.177		170	170							
29	.149		200	200							
30	.125		230	230							
31	.105		250	250							
32	.088		270	270							
33	.074		325	325							
34	.062		400	400							
35	.053										
36	.044										
37	.037										
38	.031										
39	.025										
40	.020										
41	.016										
42	.012										
43	.009										
44	.007										
45	.005										
46	.004										
47	.003										
48	.002										
49	.001										

Πίνακας 5.1.3.A Κοκκομετρική Κλίμακα Wentworth

Πηγή : Wikipedia [33]

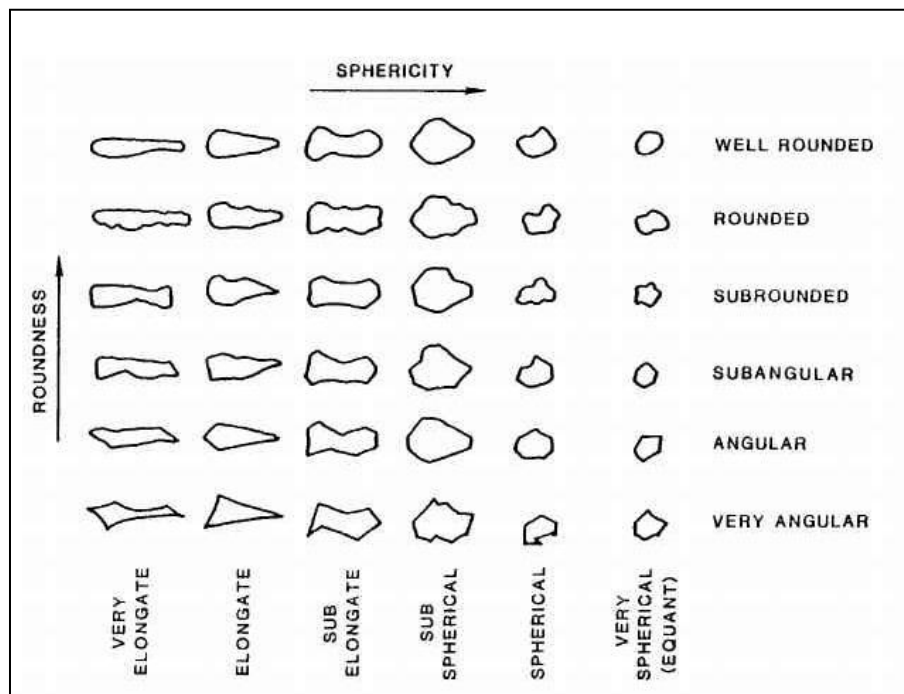
Β) Στρογγυλότητα - Σφαιρικότητα.

Ο όρος σφαιρικότητα αναφέρεται στο σχήμα των κόκκων. Συγκεκριμένα, ταξινομείται από υψηλή σφαιρικότητα έως χαμηλή σφαιρικότητα, όπως μπορεί να παρατηρηθεί στην Εικόνα 5.1.3.B. Υψηλή σφαιρικότητα σημαίνει πως το σχήμα του κόκκου πλησιάζει το σχήμα σφαίρας. Χαμηλή αντίστοιχα σημαίνει πως το σχήμα του κόκκου απέχει σημαντικά από το σχήμα σφαίρας. Για τον ακριβή χαρακτηρισμό του δείγματος χρησιμοποιείται συγκριτικός πίνακας. [2] [3] [4] [6] [10] [12] [13]

Ο όρος στρογγυλότητα αναφέρεται στην εξομάλυνση της εξωτερικής επιφάνειας των κόκκων και την παρουσία ή απουσία γωνιωδών επιφανειών. Η στρογγυλότητα ταξινομείται σε έξι τάξεις από υψηλή έως χαμηλή στρογγυλότητα, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 5.1.3.B. Υψηλή στρογγυλότητα υποδεικνύει λεία επιφάνεια με ελάχιστες γωνιώδεις επιφάνειες (ακμές). Αντίστοιχα, χαμηλή σφαιρικότητα υποδεικνύει τραχεία επιφάνεια με γωνιώδεις σχηματισμούς. [2] [3] [4] [6] [10] [12] [13]

Η σφαιρικότητα εξαρτάται κυρίως από τις μηχανικές ιδιότητες του κόκκου και την σκληρότητα που παρουσιάζει. Τα πιο μαλακά υλικά τείνουν να εμφανίσουν υψηλότερη σφαιρικότητα με λιγότερη επεξεργασία κατά την μεταφορά και απόθεση τους. [10] [12]

Οι δύο αυτοί παράγοντες χαρακτηρίζουν το περιβάλλον απόθεσης του ιζήματος καθώς και την απόσταση μεταφοράς που υπέστη το ιζήμα κατά την απόθεση. [10] [12]



Πίνακας 5.1.3.B Ταξινόμηση Στρογγυλότητα - Σφαιρικότητα.

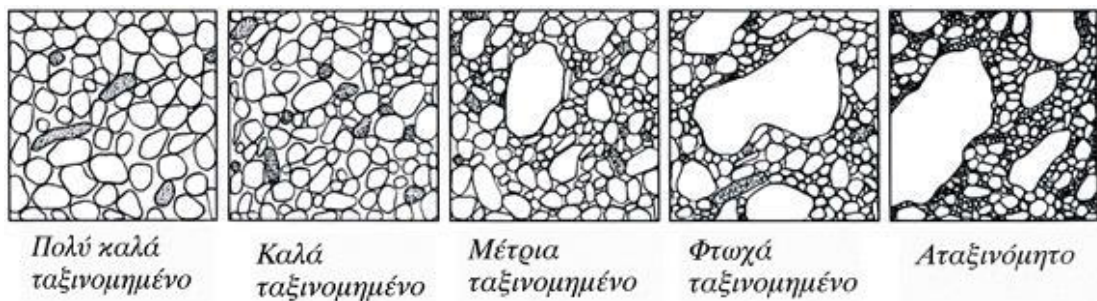
Πυγή : Baker Hughes [8](Σελ. 3-12) .

Γ) Ταξινόμηση.

Ο όρος ταξινόμηση περιγράφει την ομοιομορφία του μεγέθους των κόκκων του ιζήματος. Ένα ιζηματογενές πέτρωμα του οποίου οι κόκκοι κυμαίνονται κυρίως (90% των κόκκων) σε ένα μέγεθος θεωρείται πολύ καλά ταξινομημένο. Αντίστοιχα, όταν το 90% των κόκκων ανήκει σε περισσότερες από μια κατηγορίες μεγέθους, ο βαθμός ταξινόμησης μειώνεται. [2] [3] [4] [6] [10]

Η ταξινόμηση ερευνάται με την χρήση του μικροσκοπίου. Το δείγμα συγκρίνεται με πίνακες οπτικής εκτίμησης του βαθμού ταξινόμησης (Πίνακας 5.1.3.1Γ) και χαρακτηρίζεται αντίστοιχα. Για την περιγραφή της ταξινόμησης χρησιμοποιείται ένας από τους δύο πίνακες χαρακτηρισμού που αναγράφονται στην συνέχεια (Εικόνα 5.1.3.1Γ και Πίνακας 5.1.3.2Γ). [2] [3] [4] [6]

Η ταξινόμηση παρέχει πληροφορίες για το περιβάλλον και το μέσο απόθεσης. Επίσης, σχετίζεται άμεσα με το πορώδες του πετρώματος και την διαπερατότητα. Καθώς τα φτωχά ταξινομημένα ιζήματα περιέχουν μικρούς κόκκους που πληρώνουν τα διάκενα των μεγαλύτερων κόκκων, η τιμή του πορώδους μειώνεται σημαντικά. Αντίστοιχα, τα πετρώματα με υψηλή ταξινόμηση εμφανίζουν υψηλό πορώδες, καθώς τα διάκενα των κόκκων δεν πληρώνονται. [2] [3] [4] [6] [10]



Εικόνα 5.1.3.1Γ Πίνακας οπτικής εκτίμησης του βαθμού ταξινόμησης.

Πηγή : Árpád Dávid 2011 [34].

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

Χαρακτηρισμός Ταξινόμησης	Κύρια Κατανομή Του 90% Των Κόκκων
Καλή	1 με 2 Μεγέθη
Μέτρια	3 με 4 Μεγέθη
Φτωχή	5 ή περισσότερα Μεγέθη

Πίνακας 5.1.3.2Γ Απλοποιημένος πίνακας χαρακτηρισμού του βαθμού ταξινόμησης κατά Payne 1942.

Πηγή : [Swanson R. G.] Sample Examination Manual-Shell (Σελ 13).

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

5.1.4 Υλικό Πλήρωσης Και Συγκολλητικό Υλικό.

Συγκολλητικό υλικό (Cement) ονομάζεται το υλικό που αποτίθεται χημικά ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος, σχηματίζοντας ένα συγκροτημένο πέτρωμα. Η διεργασία αυτή γίνεται μέσω του νερού που υπάρχει στους πόρους του ιζήματος και συμβαίνει μετά την απόθεση του ιζήματος. [2] [3] [4] [6] [10]

Υλικό πλήρωσης (Matrix) ονομάζεται το υλικό που αποτίθεται μηχανικά ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος κατά την απόθεση του. Πρόκειται για μικρότερους κόκκους που συμπληρώνουν τα διάκενα του ιζήματος. [2] [3] [4] [6] [10]

Σημαντική είναι η καταγραφή του τύπου και της ποσότητας του υλικού πλήρωσης καθώς και του συγκολλητικού υλικού. Οι παράμετροι αυτές μελετούνται κάτω από το μικροσκόπιο και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το περιβάλλον απόθεσης του πετρώματος. [10]

Γενικώς, στα πετρώματα που εμφανίζουν ενδιαφέρον για την παρουσία υδρογονανθράκων, το συγκολλητικό υλικό αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), δολομίτη ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) και ασβεστίτη (CaCO_3). [2] [3] [4] [6] [10]

Το διοξείδιο του πυριτίου μπορεί να αποτεθεί στο ίζημα με διάφορες κρυσταλλικές δομές σχηματίζοντας διαφορετικά ορυκτά όπως είναι ο οπάλιος, ο χαλκηδόνιος και ο πυριτόλιθος. [2] [4] [6] [10]

Καθώς όμως η εξέταση του συγκολλητικού υλικού των θρυμμάτων μπορεί να παρουσιάσει δυσκολίες στην οπτική παρατήρηση, η αναγνώριση του τείνει να γίνεται με την χρήση χημικών μεθόδων. Συγκεκριμένα, η δοκιμή του ασβεστίτη και δολομίτη γίνεται με υδροχλωρικό οξύ (HCL). Για την δοκιμή αυτή τα θρύμματα κονιοποιούνται και προστίθεται υδροχλωρικό οξύ. Αν παρουσιαστεί έντονος αναβρασμός, πρόκειται για ανθρακικό υλικό καθώς αυτό είναι έντονα αντιδραστικό με το υδροχλωρικό οξύ. Αν παρουσιαστεί ελαφρύς ή μηδενικός αναβρασμός, πρόκειται για δολομιτικό υλικό. Το πυριτικό υλικό δεν εμφανίζει αντίδραση και αν η παρατήρηση αυτή συνοδεύεται με σημαντική δυσκολία διάτρησης του σχηματισμού κατά την γεώτρηση, μπορεί να συμπεραθεί η παρουσία του στο πέτρωμα. Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να επιβεβαιωθεί με προσεκτική οπτική μελέτη των θρυμμάτων για τη παρουσία χαλαζιακών επαυξήσεων. [10]

Λιγότερο σημαντική είναι η παρατήρηση δευτερευόντων υλικών συγκόλλησης όπως είναι ο αιματίτης, ο λειμονίτης, οι ζεόλιθοι, ο σιδηροπυρίτης και τα φωσφορικά άλατα. [2] [4] [6] [10]

5.1.5 Απολιθώματα και Επουσιώδη Ορυκτά.

Η εξέταση και αναγνώριση των απολιθωμάτων που εντοπίζονται στα θρύμματα αποτελεί μια από της πιο αποδοτικές και ακριβείς μεθόδους αναγνώρισης του περιβάλλοντος απόθεσης του ιζήματος καθώς και συσχέτισης των στρωμάτων που ανακαλύπτονται από τις ερευνητικές γεωτρήσεις. Η αναγνώριση τους γίνεται με την χρήση μικροσκοπίου και συνοδεύεται με σύγκριση γνωστών απολιθωμάτων που απεικονίζονται στη βιβλιογραφία. [2] [3] [4] [6] [10]

Ο εντοπισμός και η αναγνώριση των απολιθωμάτων εμφανίζει σημαντικές δυσκολίες καθώς μόνο ένα μικρό ποσοστό τους διατηρείται κατά την διεξαγωγή της γεώτρησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην καταστρεπτική δράση του κοπτικού άκρου καθώς και στις χημικές ιδιότητες των διατρητικών πολφών με βάση το πετρέλαιο. Γενικώς, με την χρήση συγκεκριμένων κοπτικών άκρων και διατρητικού πολφού, η διάταξη του γεωτρήπανου μπορεί να εξειδικευτεί για την μέγιστη δυνατή απόληψη απολιθωμάτων. [10]

Ανεξαρτήτως όμως της διάταξης του γεωτρήπανου, τα μακροαπολιθώματα* συνήθως καταστρέφονται σε βαθμό που τα καθιστά μη αναγνωρίσιμα. Είναι πιθανό όμως τα σπασμένα τμήματα των απολιθωμάτων αυτών να είναι αναγνωρίσιμα με την χρήση του μικροσκοπίου. Επίσης, σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις, μερικά πολύ μικρά μακροαπολιθώματα μπορεί να διατηρηθούν στα θρύμματα της γεώτρησης. [10]

Αντιθέτως, τα μικροαπολιθώματα* λόγω του μικρού τους μεγέθους είναι πολύ πιθανό να διατηρηθούν αναλλοίωτα στα θρύμματα και με την χρήση του μικροσκοπίου μπορούν να εντοπιστούν με σχετική ευκολία. [10]

Τα επουσιώδη ορυκτά αποτελούν σημαντικό τμήμα της περιγραφής των θρυμμάτων μιας γεώτρησης καθώς παρέχουν πληροφορίες για το περιβάλλον απόθεσης και τις διεργασίες που υπέστη το πέτρωμα στο οποίο περιέχονται. Επίσης, μπορούν να αποτελέσουν μέθοδο συσχέτισης των στρωμάτων, αν και η χρήση των απολιθωμάτων για αυτόν τον σκοπό προτιμάται. Τα πιο συνήθη επουσιώδη ορυκτά είναι ο Ασβεστίτης, ο Δολομίτης, ο Σιδηρίτης, ο Σιδηροπυρίτης, ο Χλωρίτης, το Ορθόκλαστο και τα Πλαγιόκλαστα. [2][4][3][6][10]

5.1.6 Δομές ιζηματογένεσης.

Οι περισσότερες ιζηματογενείς δομές του πετρώματος δεν μπορούν να παρατηρηθούν στα θρύμματα του γεωτρήπανου. Αφορούν κυρίως τα καρότα δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, που μπορούν να παρατηρηθούν με σχετική ευκολία. Αν εντοπιστούν δομές στο δείγμα που αναλύεται, θα πρέπει αυτές να καταγράφονται κατά την περιγραφή του δείγματος. [2] [3] [4] [6]

5.1.7 Πορώδες.

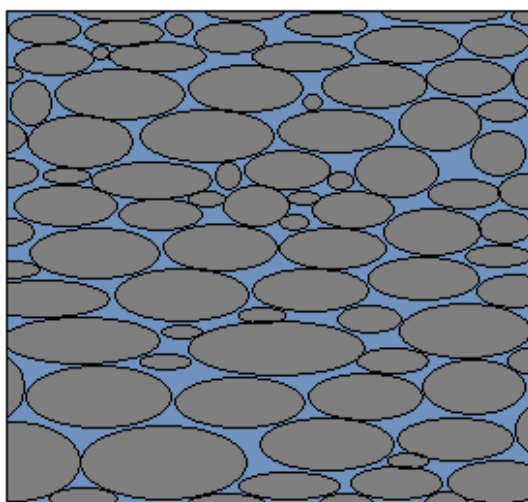
Ο υπολογισμός του πορώδους γίνεται οπτικά σε ξηρό δείγμα με την χρήση μικροσκοπίου. Η περιγραφή του πορώδους γίνεται με τους όρους που αναφέρονται παρακάτω. Η χρήση ποσοστών για την περιγραφή του πορώδους (Κενός χώρος / Συνολικός όγκος πετρώματος) αποφεύγεται. [3] [4]

Εάν στο δείγμα εντοπίζεται πορώδες τότε θα πρέπει να ελεγχθεί για παρουσία υδρογονανθράκων ακόμη και αν δεν παρουσιάζει επιφανειακά ίχνη υδρογονανθράκων (Κεφάλαιο 5.4.2 , Μέθοδοι ανίχνευσης υδρογονανθράκων). [3]

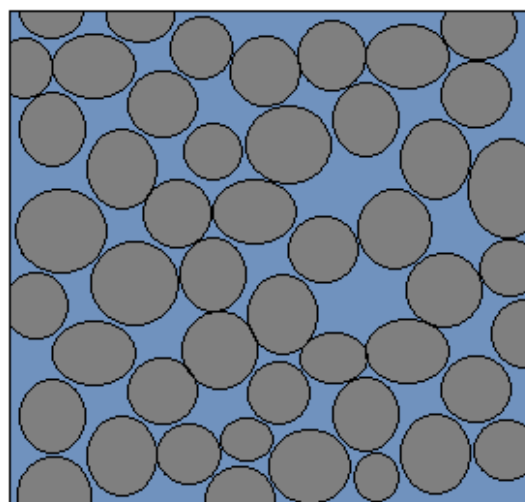
Πορώδες	Περιγραφή
>25%	Εξαιρετικό
10% - 15%	Καλό
5% - 10%	Ικανοποιητική
<5%	Χαμηλή

Πίνακας 5.1.7Α Περιγραφή του πορώδους σε σχέση με το ποσοστό πορώδους που παρουσιάζεται στο δείγμα.

Πηγή: [Ανδρέας Γεωργακόπουλος] Σημειώσεις Κοιτασματολογίας Πετρελαίου (Σελ. 80)



Χαμηλό Πορώδες



Υψηλό Πορώδες

Εικόνα 5.1.7Β Απεικόνιση Υψηλού Και Χαμηλού Πορώδους.

5.2 Δοκιμαστικές Μέθοδοι Προσδιορισμού Πετρώματος.

5.2.1 Δοκιμή Υδροχλωρικού Οξέως (HCl).

Το υδροχλωρικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό ασβεστίτη από τον δολομίτη όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5.1.4. Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στην αντίδραση του οξέως με το πέτρωμα, καθώς οι ασβεστόλιθοι εμφανίζουν έντονο αναβρασμό ενώ οι δολομίτες εμφανίζουν ελαφρύ αναβρασμό.

Η δοκιμή αυτή, αν και παρέχει σχετικά περιορισμένες πληροφορίες για το πέτρωμα που μελετάται, λόγω της απλότητας και της ταχύτητας διεξαγωγής της, αποτελεί δοκιμή ρουτίνας.

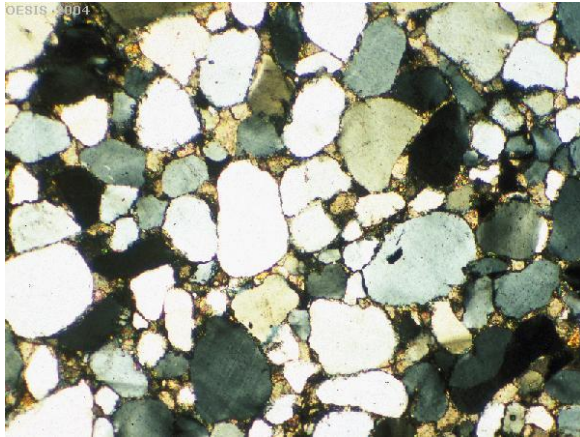
Το υδροχλωρικό οξύ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για μελέτη των υλικών που μπορεί να περιέχονται στα ανθρακικά πετρώματα. Στη δοκιμή αυτή το δείγμα εκτίθεται στο υδροχλωρικό οξύ και μελετάται το υπολειμματικό υλικό της αντίδρασης. Η δοκιμή αυτή μπορεί να υποδείξει την παρουσία υλικού διαφορετικής σύστασης, κοκκομετρίας και την παρουσία συνοδών ορυκτών.

Επίσης, με σκοπό την εμφάνιση δομών ιζηματογένεσης και απολιθωμάτων, γίνεται ελαφρά έκθεση μιας νέας, λειασμένης επιφάνειας σε υδροχλωρικό οξύ και έπειτα ξεπλένεται ελαφρώς. Η διαδικασία αυτή (Etching) βασίζεται στη διαφορετική αντίδραση του οξέως με τα υλικά των δομών και του πετρώματος, σχηματίζοντας μορφολογία στην επιφάνεια του πετρώματος που βασίζεται στις προϋπάρχουσες δομές. Η μορφολογία αυτή είναι οπτικά παρατηρήσιμη και εμφανίζει τις προαναφερόμενες δομές.[6] [10]

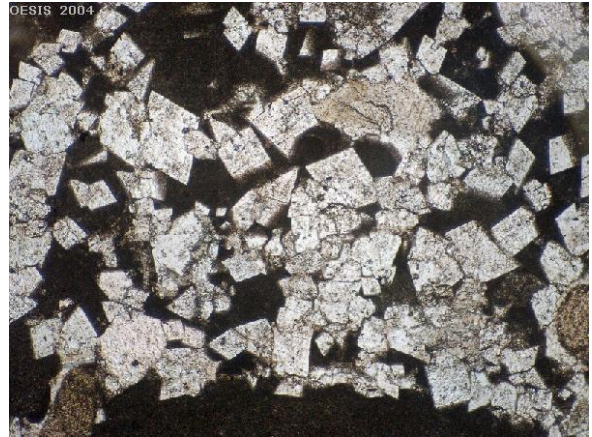
5.2.2 Μελέτη Λεπτής Τομής.

Η κατασκευή και μελέτη λεπτών τομών αποτελεί μια από της πιο σημαντικές μεθόδους μελέτης των δειγμάτων. Η κατασκευή λεπτών τομών δεν απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένο εξοπλισμό και η μελέτη τους γίνεται με την χρήση μικροσκοπίου που διαθέτει πολωτή.

Η μέθοδος αυτή παρέχει πληροφορίες για τα ορυκτά που περιέχει το δείγμα, τις αναλογίες τους, το μητρικό πέτρωμα, το συγκολλητικό υλικό, το μέγεθος κόκκων, την σφαιρικότητα, το πορώδες και την διαπερατότητα. [6] [10]



Εικόνα 5.2.2Α Λεπτή τομή ψαμμίτη υπό το μικροσκόπιο
Πηγή: OESIS [35]



Εικόνα 5.2.2Β Λεπτή τομή Ασβεστόλιθου με κρυστάλλους
δολομίτη υπό το μικροσκόπιο
Πηγή: OESIS [35]

5.2.3 Σκληρότητα.

Ο καθορισμός της σκληρότητας του πετρώματος μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώρισή του. Η δοκιμή αυτή είναι εξαιρετικά γρήγορη και εύκολη. Κατά τη διεξαγωγή της δοκιμάζεται να χαραχτεί το δείγμα με υλικό γνωστής σκληρότητας. Αν το δείγμα είναι υψηλότερης σκληρότητας του υλικού, το δείγμα δεν χαράσσεται. Αντιθέτως, αν το δείγμα είναι χαμηλότερης σκληρότητας, τότε αυτό χαράσσεται. Ο γεωλόγος υπολογίζει την σκληρότητα του δείγματος αναλόγως της δύναμης που ασκεί για την χάραξη του. [6] [10]

5.2.4 Αποχωρισμός Επιπέδων.

Ο αποχωρισμός παράλληλων επιπέδων κατά την θραύση του δείγματος, είναι χαρακτηριστικό πετρωμάτων με σχιστότητα, και θα πρέπει να καταγράφεται όταν παρατηρείται στα δείγματα. [6]

5.2.5 Διόγκωση Μέσο Απορρόφησης Υδάτων.

Η διόγκωση του δείγματος λόγω απορρόφησης υδάτων αποτελεί χαρακτηριστικό των αργίλων καθώς και του μοντμοριλλονίτη που περιέχεται στον μπεντονίτη. Η δοκιμή αυτή διαχωρίζει τον μοντμοριλλονίτη από τον ιλλίτη και τον καολινίτη οι οποίοι δεν εμφανίζουν διόγκωση.

Για τη διεξαγωγή αυτής της δοκιμής το δείγμα παρατηρείται σε στερεομικροσκόπιο καθώς εκτίθεται σε ύδατα. Αν η γεώτρηση διεξάγεται με πολφό που έχει ως βάση το πετρέλαιο, τότε θα πρέπει η επιφάνειά του να καθαριστεί με την χρήση οξέος για την απομάκρυνση της επιφανειακής ελαιώδους στρώσης που σχηματίζεται. [6] [10]

5.3 Η Σημασία Του Πορώδους Και Της Διαπερατότητας Στον Ταμιευτήρα.

Το πορώδες αποτελεί μια από της πιο σημαντικές παραμέτρους ενός πετρώματος. Είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την ικανότητα αποθήκευσης υδρογονανθράκων στο εσωτερικό του ταμιευτήρα. Ένα πέτρωμα με υψηλό πορώδες μπορεί να φιλοξενήσει μεγαλύτερο όγκο υδρογονανθράκων σε σχέση με ένα πέτρωμα χαμηλού πορώδους. [3] [13]

Όταν ο βαθμός ταξινόμησης ενός ιζήματος μειώνεται, τότε το πορώδες του αυξάνει και αντίστροφος, αν η ταξινόμηση αυξάνεται το πορώδες μειώνεται. Το ίδιο παρατηρείται και για την διαπερατότητα (Εικόνα 5.3). [10] [12]

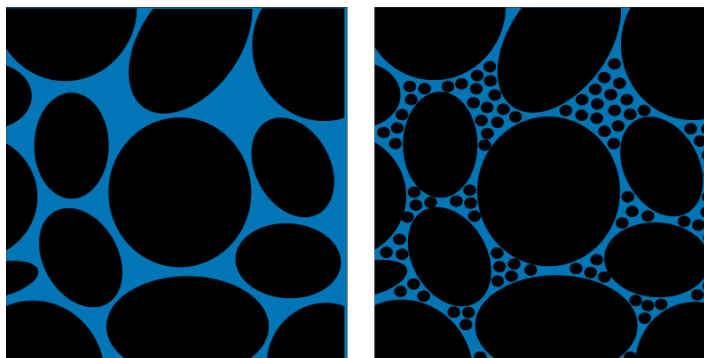
Το πορώδες διαχωρίζεται σε ολικό και ενεργό πορώδες. Το ολικό πορώδες είναι το σύνολο των διάκενων χώρων του πετρώματος, ενώ το ενεργό πορώδες αποτελείται από τους πόρους του πετρώματος που επικοινωνούν και επιτρέπουν την μετακίνηση υγρών η αέριων μέσω αυτών. [10] [13]

Ο σχηματισμός του πορώδους μπορεί να προκύψει κατά τον σχηματισμό του πετρώματος, αποτελώντας το πρωτογενές πορώδες ή από διεργασίες έπειτα από τον σχηματισμό του πετρώματος σχηματίζοντας το δευτερογενές πορώδες. [3] [10] [13]

Η διαπερατότητα σχετίζεται άμεσα με την παραγωγικότητα των γεωτρήσεων παραγωγής που θα κατασκευαστούν στον ταμιευτήρα. Η υψηλή διαπερατότητα επιτρέπει την εξόρυξη μεγαλύτερων όγκων υδρογονανθράκων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. [3] [13]

Η διαπερατότητα εξαρτάται από την ταξινόμηση καθώς και από το μέγεθος των κόκκων του πετρώματος παρουσιάζοντας ανάλογη σχέση με αυτά. Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος των κόκκων τόσο μεγαλύτερη η διαπερατότητα. Επίσης σχετίζεται άμεσα με το ενεργό πορώδες καθώς αυτό επιτρέπει την κίνηση των υγρών και των αερίων στο πέτρωμα. [10] [12] [13]

Η διαπερατότητα παρουσιάζει διαφορετικές τιμές στον κάθετο και στον κατακόρυφο άξονα. [10]



Εικόνα 5.3 Σχέση Ταξινόμησης και πορώδους.
Αριστερά Υψηλή ταξινόμηση / Υψηλό πορώδες
Δεξιά Χαμηλή ταξινόμηση / Χαμηλό πορώδες
Πηγή: Wikipedia [36]

5.4 Μέθοδοι Ανίχνευσης Υδρογονανθράκων

5.4.1 Οσμή (Odor).

Η οσμή των υδρογονανθράκων μπορεί να εντοπιστεί με μεγαλύτερη ευκολία σε φρέσκα δείγματα. Χαρακτηρίζεται ως βαριά, ελαφριά και διακριτική. Η ισχύ της οσμής περιγράφεται ως ισχυρή, αδύναμη ή μέτρια. Σε περιπτώσεις όπου ο εντοπισμός και η περιγραφή της οσμής παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς είναι πολύ αδύναμη, το δείγμα μπορεί να θραυτεί και να τοποθετηθεί σε ένα κλειστό δοχείο για 10 - 15 λεπτά ώστε να υπάρχει πιο ισχυρή συγκέντρωση της οσμής.

Συγκεκριμένοι τύποι υδρογονανθράκων παρουσιάζουν συγκεκριμένη οσμή. Η βαριά οσμή προέρχεται από βαρύ πετρέλαιο, ενώ η ελαφριά και διακριτική οσμή προέρχεται από υδρογονάνθρακες που βρίσκονται σε αέρια μορφή στο πέτρωμα ξενιστή αλλά ανακτώνται σε υγρή μορφή στην επιφάνεια (Συμπυκνώματα, Condensate). Το ξηρό φυσικό αέριο δεν παρουσιάζει οσμές. [2] [6] [3]

5.4.2 Επιφανειακά ίχνη πετρελαίου (Oil Stains).

Η παρουσία πετρελαίου σε θρύμματα συχνά μπορεί να εντοπιστεί οπτικά. Σε μερικές περιπτώσεις για διευκόλυνση του εντοπισμού και της περιγραφής χρησιμοποιείται το μικροσκόπιο. Η παρουσία του πετρελαίου στην επιφάνεια του δείγματος εξαρτάται από την περιεκτικότητα του δείγματος σε πετρέλαιο και τη διαπερατότητα του δείγματος. Η υψηλή διαπερατότητα επιτρέπει στον διατρητικό πολφό να ξεπλύνει το πετρέλαιο από τα θρύμματα.

Το χρώμα του πετρελαίου είναι άμεσα συνδεδεμένο με το μοριακό του βάρος. Το βαρύ πετρέλαιο παρουσιάζει σκούρο καφέ χρώμα ενώ τα ελαφριά πετρέλαια είναι άχρωμα. [2] [3] [4] [6] [9]

5.4.3 Έκχυση πετρελαίου (Bleeding).

Η έκχυση πετρελαίου από το δείγμα παρουσιάζεται κυρίως σε καρότα γεωτρήσεων αλλά είναι δυνατόν να παρατηρηθεί και σε θρύμματα από πετρώματα με χαμηλή διαπερατότητα, καθώς αυτά προστατεύουν το πετρέλαιο από το "ξέπλυμα" του διατρητικού πολφού. Προκύπτει λόγω της πτώσης της πίεσης, που προκαλεί η μεταφορά του δείγματος από το βάθος εκσκαφής στην επιφάνεια. [2] [3] [4] [6] [10]

5.4.4 Φθορισμός (Fluorescence).

Η παρατήρηση του δείγματος για φθορισμό* μέσω υπεριώδους ακτινοβολίας αποτελεί βασική μέθοδο για τον εντοπισμό άχρωμων πετρελαίων καθώς και μικρών ποσοτήτων υδρογονανθράκων που δεν είναι οπτικά ορατοί. Καθώς όμως ο φθορισμός που παρατηρείται μπορεί να προέρχεται από φθορίζοντα ορυκτά που βρίσκονται στο δείγμα, θα πρέπει να διεξαχθεί δοκιμή με την χρήση διαλύτη. [2] [3] [4] [6] [9] [10]

5.4.5 Δοκιμή διαλύτη (Cut test).

Για την δοκιμή διαλύτη το δείγμα βυθίζεται σε διαλύτη ο οποίος απομακρύνει τον υδρογονάνθρακα από αυτό, με αποτέλεσμα να εμφανίζει το φαινόμενο του φθορισμού. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εντοπίσει υδρογονάνθρακες σε παλιά δείγματα που δεν εμφανίζουν φθορισμό λόγω απουσίας επιφανειακών ιχνών πετρελαίου. Συνήθως ως διαλύτης χρησιμοποιείται ακετόνη, αιθέρας, τριχλωροαιθέριο (trichloroethene) ή χλωροαιθέριο (cloroethene). Εάν ο διαλύτης δεν παρουσιάσει φθορισμό ή ο φθορισμός του δείγματος δεν μεταφερθεί στον διαλύτη, τότε συμπεραίνεται πως ο προϋπάρχων φθορισμός προέκυψε από την παρουσία φθορίζοντων ορυκτών και όχι πετρελαίου. Επίσης, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί πως ο φθορισμός δεν προκύπτει από την χρήση διατηρητικού πολφού που έχει ως βάση το πετρέλαιο. Τέλος να σημειωθεί πως η απουσία φθορισμού δεν επιβεβαιώνει την απουσία υδρογονανθράκων στο δείγμα. [2] [3] [4] [6] [9] [10]

Το χρώμα φθορισμού που παρουσιάζει ο διαλύτης εξαρτάται από την βαρύτητα του υδρογονάνθρακα (σε μονάδες API). Γενικώς, ο χρωματισμός σε καφέ - πορτοκαλί χρώμα υποδεικνύει βαρύ πετρέλαιο, ενώ το κίτρινο προς μπλε χρώμα παρουσιάζεται από ελαφρύ πετρέλαιο. [4] [10]

API Βαρύτητα πετρελαίου*	Χρώμα φθορισμού
<15	Καφέ
15-25	Πορτοκαλί-Χρυσό
25-35	Κίτρινο
35-45	Λευκό
>45	Μπλε/Λευκό/Βιολετί

Πίνακας 5.4.5 Συσχέτιση βαρύτητας πετρελαίου και χρώματος φθορισμού

Πηγή: [Sperry-Sun Drilling Services] Basic Mud Logging

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

5.4.6 Δοκιμή Απορρόφησης Υδάτων (Wettability).

Η δοκιμή απορρόφησης διεξάγεται σε δείγματα στα οποία είναι δύσκολο να παρατηρηθούν επιφανειακά ίχνη πετρελαίου. Ο ερευνητής τοποθετεί μερικές σταγόνες νερού στην επιφάνεια που πιθανώς να βρίσκονται ίχνη πετρελαίου. Αν η επιφάνεια παρουσιάσει υδροφοβικές ιδιότητες και οι σταγόνες αυτές κυλήσουν δίχως να απορροφηθούν, τότε υποδεικνύεται η ύπαρξη πετρελαίου στο δείγμα. Επίσης, αν το δείγμα έπειτα από βύθιση σε νερό επιπλέει, αυτό υποδεικνύει ισχυρά την ύπαρξη πετρελαίου στο δείγμα. [2] [6]

5.4.7 Δοκιμή Μίγματος Ακετόνης - νερού (Acetone Water Test).

Για τη διεξαγωγή της δοκιμής ακετόνης, το δείγμα κονιοποιείται και τοποθετείται σε δοκιμαστικό σωλήνα. Έπειτα προστίθεται ακετόνη και ανακινείται ώστε να αναμιχτεί με τους υδρογονάνθρακες που περιέχονται στο κονιοποιημένο δείγμα. Το μίγμα που προκύπτει δεν είναι αναμίξιμο με το νερό. Όταν προστεθεί νερό στο δείγμα και ανακινηθεί, σχηματίζεται ένα εύκολα αναγνωρίσιμο λευκό γαλάκτωμα υποδεικνύοντας την πιθανή παρουσία υδρογονανθράκων. Αν δεν υπάρχουν υδρογονάνθρακες στο δείγμα, δεν σχηματίζεται το γαλάκτωμα και η ακετόνη είναι αναμίξιμη με το νερό. Η απουσία του γαλακτώματος επιβεβαιώνει την απουσία των υδρογονανθράκων στο δείγμα. Η δοκιμή αυτή δεν διεξάγεται όταν υπάρχουν ανθρακικά και λιγνιτικά συστατικά στο δείγμα. [2] [4] [6]

5.4.8 Δοκιμή Θερμού νερού (Hot Water Test).

Για τη διεξαγωγή της δοκιμής, συγκεκριμένος όγκος νέων θρυμμάτων τοποθετείται σε ογκομετρικό δοχείο. Στη συνέχεια προστίθεται προθερμασμένο νερό θερμοκρασίας ίσης ή ανώτερης των 77°C έως ότου το δείγμα να καλυφθεί πλήρως. Το θερμό νερό απελευθερώνει το πετρέλαιο από το πέτρωμα και το πετρέλαιο αναδύεται στην επιφάνεια. Έπειτα, με την χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, παρατηρείται η συσσώρευση του πετρελαίου στην επιφάνεια του υγρού. [2] [4]

Χαρακτηρισμός Εμφάνισης	Ποσοστό Κάλυψης Της Επιφάνειας Από το πετρέλαιο
Εξαιρετικά Αδύναμη	<25%
Πολύ Αδύναμη	25% - 33%
Αδύναμη	33% - 50%
Μέτρια	50% - 90%
Ισχυρή	100%

Πίνακας 5.4.8 Χαρακτηρισμός εμφάνισης πετρελαίου αναλόγως με το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας του υγρού. Οι χαρακτηρισμοί αναφέρονται σε δοκιμές με την χρήση 500cc δείγματος σε ποτήρι ζέσεως των 1000 cc στο οποίο το δείγμα καλύπτεται από 1 εκατοστό νερού.

Πηγή: [INTERNATIONAL LOGGING, INC] Basic Mud Logging Manual, Version 1.0.0

Τροποποίηση : Μετάφραση στα Ελληνικά (Ζορμπάς Θεόδωρος).

5.5 Χαρακτηρισμός Υδρογονανθράκων (Live Oil, Στερεοί Υδρογονάνθρακες και Dead Oil)

Ο όρος Live Oil χρησιμοποιείται όταν παρατηρείται η παρουσία φυσικού αερίου στο πετρέλαιο ή γενικότερα η παρουσία πτητικών υδρογονανθράκων. [4]

Ο όρος στερεοί υδρογονάνθρακες χρησιμοποιείται για υδρογονάνθρακες που βρίσκονται σε στερεή μορφή υπό επιφανειακές συνθήκες. [2]

Ο όρος Dead Oil αναφερόταν σε πετρέλαια με χαμηλή ή μηδενική περιεκτικότητα σε φυσικό αέριο (κυρίως μεθάνιο) ή και για να περιγράψει την έλλειψη πτητικών υδρογονανθράκων από το πετρέλαιο. Κατά κύριο λόγο ο χαρακτηρισμός υποδείκνυε πως το πετρέλαιο δεν ήταν οικονομικά εκμεταλλεύσιμο ή δεν παρουσίαζε κινητικότητα εντός του ταμιευτήρα. Γενικώς στην βιομηχανία ο όρος Dead Oil χρησιμοποιούνταν και για τους στερεούς υδρογονάνθρακες. [2] [4]

Η περιγραφή όμως ενός υδρογονάνθρακα ως Dead Oil είναι πλέον παραπλανητική καθώς η πρόοδος στην τεχνολογία εξόρυξης και επεξεργασίας των πετρελαίων επιτρέπουν την οικονομική εκμετάλλευση κοιτασμάτων που δεν ήταν προηγουμένως δυνατό. [2]

Πλέον, για αυτόν τον λόγο, προωθείται η χρήση του όρου Dead Oil μόνο για θερμικά 'νεκρούς' στερεούς υδρογονάνθρακες, που δεν φωσφορίζουν σε υπεριώδη ακτινοβολία και δεν παρέχουν θετική δοκιμή διαλύτη. [2] [7]

5.6 Προβλήματα στη μελέτη των θρυμμάτων

5.6.1 Καταπτώσεις υλικού στο εσωτερικό της γεώτρησης (Cavings).

Ένα από τα κύρια προβλήματα στη μελέτη των θρυμμάτων είναι η κατάπτωση υλικού στο εσωτερικό της γεώτρησης και η κυκλοφορία αυτού στον διατρητικό πολφό μαζί με τα θρύμματα. Η κατάπτωση αυτού του υλικού οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων και είναι δύσκολο να προβλεφθεί και να αποτραπεί. Γενικώς όμως οφείλεται στη χαμηλή σκληρότητα και μηχανική αντοχή του καταπίπτοντος πετρώματος, στην παύση της γεώτρησης για αλλαγή του κοπτικού άκρου και στην μεταβαλλόμενη πίεση του διατρητικού πολφού. [6]

Τα υλικά αυτά αναγνωρίζονται από τον γεωλόγο που διεξάγει την αναγνώριση των θρυμμάτων από το μεγαλύτερο συγκριτικά σχήμα τους, τη λείανση που έχουν υποστεί από την τριβή του κοπτικού άκρου και κυρίως από την συσχέτιση τους με ήδη προηγουμένως διατρηθέντα πετρώματα. [2] [6]

5.6.2 Επανακυκλοφόριση (Recirculation).

Εξίσου προβληματική είναι η επανακυκλοφόριση παλιού υλικού στη γεώτρηση. Πρόκειται κυρίως για μικροαπολιθώματα και κόκκους που δεν διαχωρίζονται στη διάταξη καθαρισμού του πολφού και εισάγονται εκ νέου στη γεώτρηση, επιστρέφοντας στην επιφάνεια με νέα θρύμματα. [2] [6]

5.6.3 Απώλειες διατρητικού πολφού.

Κατά την διεξαγωγή της γεώτρησης, μπορεί να υπάρξουν απώλειες του διατρητικού πολφού μέσω των πετρωμάτων που διατρήθηκαν. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος μπορεί να διεξαχθεί με προσθήκη διαφόρων υλικών στον διατρητικό πολφό. Ένα μέρος των υλικών αυτών δεσμεύεται από τα πετρώματα για την αποτροπή της απώλειας του διατρητικού πολφού και ένα άλλο μέρος επιστρέφει στην επιφάνεια με τον διατρητικό πολφό. Η αναγνώριση του υλικού αυτού συνήθως δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες καθώς η χρήση του υλικού είναι γνωστή στο γεωλόγο και έχει καταγραφεί στο αρχείο της γεώτρησης. Μερικά από τα υλικά αυτά διαχωρίζονται από τα θρύμματα μετά από πλύση και βύθιση σε νερό, ενώ άλλα χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία. [2] [6]

5.6.4 Τσιμέντο.

Η παρουσία τσιμέντου στην γεώτρηση μπορεί να προκύψει από προηγούμενες διεργασίες που διεξήχθησαν σε αυτήν. Αν ο γεωλόγος υποψιάζεται την παρουσία τσιμέντου στον διατρητικό πολφό, θα πρέπει να ανατρέξει το αρχείο των διεργασιών της γεώτρησης για τον εντοπισμό της χρήσης η μη τσιμέντου. Γενικώς όμως, λόγω του χρώματος και της υφής που παρουσιάζει το τσιμέντο, η αναγνώρισή του μπορεί να γίνει με σχετική ευκολία. [2] [6]

5.6.5 Μη ικανοποιητική πλήυση των θρυμμάτων.

Όταν τα δείγματα δεν έχουν πλυθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, είναι πιθανή η παρουσία διατρητικού πολφού και κονιοποιημένου υλικού του πετρώματος στην επιφάνεια των θρυμμάτων. Η παρουσία αυτών των υλικών θα πρέπει να αναγνωρίζεται από τον γεωλόγο και τα δείγματα να πλένονται κατάλληλα. Αν ο γεωλόγος δεν είναι σίγουρος για την παρουσία αυτών των υλικών, τα θρύμματα μπορούν να θραυτούν και να εξεταστεί η νέα καθαρή επιφάνεια. [2] [6]

5.6.6 Μόλυνση από πετρέλαια εξωτερικά της γεώτρησης .

Η μόλυνση των θρυμμάτων με πετρέλαια που δεν προέρχονται από την γεώτρηση μπορεί να προκύψει από τα λιπαντικά της διάταξης του γεωτρύπανου ή από διατρητικό πολφό που έχει μολυνθεί κατά την μεταφορά σε δεξαμενή που δεν έχει καθαριστεί. Γενικώς, αν υπάρχουν υποψίες για την μόλυνση των θρυμμάτων από εξωτερικά πετρελαϊκά προϊόντα, τα δείγματα μπορούν να θραυτούν και η νέα επιφάνεια να εξεταστεί για παρουσία πετρελαίου. Η μόλυνση αναγνωρίζεται καθώς δεν διεισδύει στο εσωτερικό των θρυμμάτων παραμένοντας στην επιφάνειά τους και τείνει να μολύνει όλα τα θρύμματα ανεξαρτήτως του τύπου πετρώματος. [2] [6]

5.6.7 Χρονική Υστέρηση Δειγμάτων (Lag Time).

Κατά την διεξαγωγή της γεώτρησης είναι πιθανό να προκύψουν σφάλματα λόγω λανθασμένης καταγραφής ή υπολογισμού του lag time (Κεφάλαιο 3.3). Τα σφάλματα αυτά είναι εξαιρετικά προβληματικά καθώς οδηγούν σε λανθασμένα συμπεράσματα για την γεωλογία του εδάφους και τα βάθη των πετρωμάτων. Αν υπάρχει υποψία για λανθασμένη καταγραφή του lag time, ο γεωλόγος θα πρέπει να διορθώσει το σφάλμα με την χρήση του χρονοδιαγράμματος της διάτρησης και της μηχανικής αντίστασης που παρουσιαζόταν σε αντιστοίχιση με το βάθος. [2] [6]



VI. Ορισμοί.

Βαρύτητα πετρελαίου: Η πυκνότητα του πετρελαίου. Διαχωρίζεται σε ελαφρύ ή βαρύ πετρέλαιο και μετράται σε μονάδες API που είναι η αναλογία της πυκνότητας του νερού προς την πυκνότητα του πετρελαίου. Η σχέση της τιμής API με την πυκνότητα του πετρελαίου είναι αντιστρόφως ανάλογη, όσο μεγαλύτερη η τιμή της πυκνότητας τόσο μικρότερη η τιμή API.

Διαπερατότητα: Η ιδιότητα του πετρώματος να επιτρέπει την κίνηση των υγρών που περιέχονται σε αυτό. Εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων και την ταξινόμηση του πετρώματος. Ένα πέτρωμα μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικές τιμές διαπερατότητας στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα.

Θερμογόνος δύναμη: Η ικανότητα παραγωγής θερμικής ενέργειας ενός καυσίμου (Στερεό, Υγρό, Αέριο) κατά την καύση.

Θρύμματα: Τα δείγματα που συλλέγονται από το δονούμενο κόσκινο και προκύπτουν από την διάτρηση του πετρώματος με το γεωτρύπανο.

Καρότο: Δείγμα που λαμβάνεται από περιστρεφόμενη δειγματοληπτική γεώτρηση και έχει κυλινδρική μορφή, με συνήθεις διαστάσεις ύψους ενός μέτρου και διαμέτρου μερικών εκατοστών.

Μακροαπολιθώματα: Απολιθώματα που μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά με γυμνό μάτι.

Μικροαπολιθώματα: Απολιθώματα που δεν μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά με γυμνό μάτι και η χρήση του μικροσκοπίου είναι αναγκαία.

Πορώδες: Οι κενοί χώροι που εντοπίζονται εντός του πετρώματος. Εκφράζεται σε αναλογία επί τοις εκατό του όγκου του κενού χώρου προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος.

Ταμιευτήρας: Γεωλογική δομή που φιλοξενεί στο εσωτερικό της υδρογονάνθρακες.

Φθορισμός: Η ιδιότητα ενός υλικού να απορροφά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και στην συνέχεια να εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο οπτικό φάσμα.

PDC : Πολυκρυσταλλικά Συμπαγή Αδαμαντοτρύπανα (Polycrystalline Diamond Compact Bits).



VII. Βιβλιογραφία.

- [1] Peter Alblard, Chris Bell et al. Schlumberger Oil Field Review, The Expanding Role of Mud Logging (2012). (Σελ. 24-41).
- [2] PETRO-Services. Basic Mud Logging Guide, V2.0.
- [3] INTERNATIONAL LOGGING, INC. Basic Mud Logging Manual, Version 1.0.0. (2001).
- [4] Sperry-Sun Drilling Services. Basic Mud Logging (2002).
- [5] Hongyuan Qiu, Jianming Yang, Stephen Butt, Jinghan Zhong
Journal of sound and Vibration, Investigation on random vibration of a drill string (2017).
- [6] Swanson R. G. Sample Examination Manual, Shell Oil Company, The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA (2014)
- [7] Bhagwan Sahay. Petroleum Exploration and Exploitation Practices. Allied Publishers Ltd., New Delhi (2001).
- [8] Baker Hughes INTEQ. Surface Logging Systems Training Guide, Houston, Texas, USA (1996).
- [9] John Dolson. Understanding Oil and Gas Shows and Seals in the Search for Hydrocarbons. Κεφάλαιο 3. Springer International Publishing Switzerland (2016). (Σελ. 91-141).

Ελληνική Βιβλιογραφία.

- [10] Ανδρέας Γεωργακόπουλος. Κοιτασματολογία Πετρελαίου (Σελ. 265-386)
- [11] Περικλής Δ. Ακρίβος. Αντώνης Γ. Χατζηδημητρίου. Στοιχεία Γενικής Χημείας Θεωρία και Πειράματα, Εκδόσεις Ζήτη (2012) ISBN 978-960-456-333-3. (Σελ. 185-187)
- [12] Ανανίας Τσιραμπίδης. Ιζηματογενή Πετρώματα, Εκδόσεις Γιαχούδη (2008)
ISBN 978-960-6700-22-4. (Σελ. 47,49-52)
- [13] Αντώνιος Ψιλοβίκος. Ιζηματολογία, Εκδόσεις Τζιόλα (2010) ISBN 978-960-418-253-4.
(Σελ. 44-46, 59-63)

Διαδικτυακές Πηγές.

[14] petrowiki.org

https://petrowiki.org/index.php?title=Cuttings_analysis_during_mud_logging&oldid=48193

(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[15] petrowiki.org

https://petrowiki.org/index.php?title=Hydrocarbon_analysis_during_mud_logging&oldid=48195

195

(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[16] petrowiki.org

https://www.petrowiki.org/index.php?title=PEH:Mud_Logging&oldid=53427

(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[17] Κατασκευαστής Γεωλογικού Εξοπλισμού: Hejian Deris Petroleum Drilling Equipment Co., Ltd

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1KJP1InmWBKNjSZFBq6xxUFXaC/12-1-4-inch-1308-cutters-5.jpg> (Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[18] Κατασκευαστής Γεωλογικού Εξοπλισμού: Hejian Deris Petroleum Drilling Equipment Co., Ltd

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1c5hAXrys3KVjSZFnq6xFzpXa7/sealed-bearing-IADC-637-tricone-bit-supplier.jpg> (Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[19] Κατασκευαστής Γεωλογικού Εξοπλισμού: Hejian Deris Petroleum Drilling Equipment Co., Ltd

<https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1.yR3mLuSBuNkHFqDq6xfhVXaL/2-7-8-flush-joint-water-well.jpg> (Τελευταία πρόσβαση 23/10/2019)

[20] Κατασκευαστής Γεωλογικού Εξοπλισμού: Hejian Deris Petroleum Drilling Equipment Co., Ltd

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1ewCmllnTBKNjSZPfQ6zf1XXaW/non-magnetic-drill-collar.jpg> (Τελευταία πρόσβαση 23/10/2019)

[21] Κατασκευαστής Συστημάτων Top Drive: National Oilwell Varco

Top Drive Technologies Brochure.pdf (2018)

<https://www.nov.com/-/media/nov/files/products/rig/rig-equipment/top-drive-systems/top-drive-technologies-brochure.pdf> (Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)



[22] drillingfluid.org
<https://drillingfluid.org/wp-content/uploads/2015/11/figure7.3.shale-shaker-with-back-tank.png> (Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[23] Shaanxi Aipu Solids Control Co., Ltd
<https://www.aipusolidcontrol.com/uploadfile/2017/0123/20170123054855772.jpg>
(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[24] Shaanxi Aipu Solids Control Co., Ltd
<https://www.aipusolidcontrol.com/uploadfile/2017/0123/20170123055036998.jpg>
(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[25] Worldwide Oilfield Machine, Inc.
BOP-August-2018-1.pdf (2018)
<https://www.womusa.com/wp-womusa/wp-content/uploads/BOP-August-2018-1.pdf>
(Τελευταία πρόσβαση 14/10/2019)

[26] Wikipedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a0/Wentworth_scale.png/800px-Wentworth_scale.png
(Τελευταία πρόσβαση 23/10/2019)

[27] Wikipedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/11/Drill_cuttings_-_Annotated_-_2004.jpg/1024px-Drill_cuttings_-_Annotated_-_2004.jpg
(Τελευταία πρόσβαση 23/10/2019)

[28] petrowiki.org
https://www.petrowiki.org/index.php?title=Mud_logging&oldid=47983
(Τελευταία πρόσβαση 19/10/2019)

[29] Wikipedia
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Annulus_\(well\)&oldid=866973267](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Annulus_(well)&oldid=866973267)
(Τελευταία πρόσβαση 15/10/2019)

[30] Petrowiki.org
https://petrowiki.org/images/2/24/Vol5_Page_0364_Image_0001.png
(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)

[31] Petrowiki.org
https://petrowiki.org/images/8/85/Vol5_Page_0364_Image_0002.png
(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)

[32] Petrowiki.org
https://petrowiki.org/images/5/5f/Vol5_Page_0365_Image_0001.png
(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)



[33] Wikipedia

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a0/Wentworth_scale.png

(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)

[34]Árpád Dávid 2011

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_mineralogy_Da/ch01s12.html

(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)

[35] OESIS, Oxford Earth Sciences Image Store

<https://www.earth.ox.ac.uk/~oesis/micro/#sedimentary>

(Τελευταία πρόσβαση 23/10/2019)

[36] Wikipedia

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/f/f5/Well_sorted_vs_poorly_sorted_porosity.svg/800px-Well_sorted_vs_poorly_sorted_porosity.svg.png

(Τελευταία πρόσβαση 27/10/2019)