



**Φοιτητής:**

Βυθούλκας Βασίλειος

A.M. 33704

**Επιβλέπον καθηγητής :**

Φουντουκίδης Ευάγγελος

# Πετρέλαιο- Εξόρυξη & Διύλιση



## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ .....	7
1.1ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	8
1.2ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ .....	12
1.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	17
1.4 ΧΡΗΣΗ.....	19
1.5 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ .....	20
1.5.1 Αντιδράσεις Αντικατάστασης .....	20
1.5.2Αντιδράσεις Προσθήκης.....	20
1.5.3 Καύση .....	21
2.ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ .....	26
2.1 ΧΗΜΕΙΑ - ΣΥΝΘΕΣΗ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	35
2.1.1Χημεία .....	37
2.1.2 Γένεση.....	49
2.1.3 Σχηματισμός.....	41
2.2 ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ .....	48
2.2.1 Γεωλογική Έρευνα .....	48
2.2.2Γεωφυσική Έρευνα.....	49
2.2.3 Γεωχημική Έρευνα και Προσδιορισμός Ανθρακοποίησης Δειγμάτων.....	54
2.3 ΥΠΑΡΞΗ/ΠΑΡΑΓΩΓΗ/ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ .....	55
2.3.1 Παραγωγή και Αποθέματα .....	56
2.3.2 Αξιοποίηση αργού πετρελαίου.....	57
2.4 ΑΝΑΚΤΗΣΗ .....	58
2.4.1 Γεώτρηση.....	58

2.4.2 Περιτροφική Εξέδρα Γεώτρησης .....	59
2.4.3 Γεωτρητική Ιλύς .....	61
2.4.4 Προστατευτική Σωλήνωση και σκυροδέτηση .....	63
2.4.5 Διάτρηση .....	66
2.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ .....	67
2.5.1 Σκοπός .....	67
2.5.2 Παραγωγή Πετρελαίου .....	67
3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	74
3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ .....	74
3.1.1 Διαχωρισμός Αερίου .....	74
3.1.2 Ανάκτηση από Υποθαλάσσια Κοιτάσματα .....	75
3.1.3 Επιφανειακή Επεξεργασία Παραγομένων Υδρογονανθράκων .....	76
3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	77
3.2.1 Επεξεργασία Ελαφρού Πετρελαίου .....	77
3.2.2 Επεξεργασία Βαρέως Τύπου Πετρέλαιο .....	81
3.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	84
3.4 ΔΙΥΛΗΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	87
3.4.1 Ατμοσφαιρική Στήλη Αργού Πετρελαίου .....	90
3.4.2 Στήλη Κενού Αργού Πετρελαίου .....	92
3.4.3 Διάγραμμα Ροής Απόσταξης Αργού Πετρελαίου .....	93
3.5 ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	97
3.5.1 Παραγωγή Φυσικού Αερίου .....	101

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη εργασία επιχειρείται η μελέτη και η ανάλυση της «ζωής του πετρελαίου». Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ενδεδειγμένη παρατήρηση και ανάλυση των διαδικασιών που δίνουν τη ζωή στο «μαύρο χρυσό», όπως η ανεύρεση, η εξόρυξη, η διύλιση και η διάθεση του προς κατανάλωση.

Ξεκινώντας από την πρώτη μορφή του πετρελαίου παρουσιάζονται και αναλύονται μερικώς όλες οι χημικές συστάσεις των υδρογονανθράκων, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται όλη η σύσταση του παραγόμενου εκ των υδρογονανθράκων πετρελαίου. Στο σημείο αυτό η μελέτη εμβαθύνει στη χημεία του πετρελαίου και εντάσσει τον αναγνώστη επιτυχώς στο πλαίσιο που αναπτύσσεται στη συνέχεια.

Ακολούθως αναπτύσσονται ενδεδειγμένα όλες οι διαδικασίες από τον εντοπισμό, την ανεύρεση, την εξόρυξη και την επεξεργασία του πετρελαίου. Εξηγούνται και παρουσιάζονται με επιστημονικές ορολογίες οι διαδικασίες και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην μηχανική και που συντελούν στη όλη «παραγωγική διαδικασία» από τη εξόρυξη έως την διύλιση

Έτσι λοιπόν, από τη παρούσα μελέτη, ο αναγνώστης αποκτά μια συνολική εικόνα του πετρελαίου αντιλαμβάνεται όλα εκείνα τα στοιχεία που συντελούν στη δημιουργία του από την φύση ενώ προσδιορίζει με ακρίβεια τον τρόπο και τη σειρά με την οποία ο άνθρωπος το εξάγει, το επεξεργάζεται και το χρησιμοποιεί.

## **ABSTRACT**

This paper, attempts to analyze the "life of the oil." The aim of this thesis is the observation and the analysis of the processes that give life to the "black gold" as exploration, extraction, refining and distribution for consumption.

Starting from the first form of oil, all chemical compositions of the hydrocarbons are presented and analyzed partly and then the composition of the produced petroleum hydrocarbons is listed.

The study deepens into the oil chemistry and and successfully integrate the reader in the context which follows.

Then, all the processes of identifying, finding, mining and processing oil are presented. The procedures and the tools that are used in engineering and contributing to the entire "production process" from extraction to refining are been shown and explained with scientific terminologies.

Thus, through the present study, the reader acquires an overall image of oil and understands all the elements that contribute to the first shape of oil and in addition, it determines precisely the manner in which the man extract process and use it.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθημερινά χρησιμοποιούμε προϊόντα που κατασκευάζονται από το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Μερικά από αυτά τα προϊόντα είναι προφανή, όπως η βενζίνη που χρησιμοποιούμε στα αυτοκίνητα και τα φορητά και το φυσικό αέριο που καίγεται για θέρμανση. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά άλλα προϊόντα που καταναλώνουμε και οι περισσότεροι άνθρωποι ποτέ δεν σκέφτονται ότι προέρχονται από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Το πετρέλαιο έχει παίξει έναν μοναδικό ρόλο στην οικονομία και στην ιστορία της σύγχρονης εποχής. Ποτέ ξανά άλλη πρώτη ύλη δεν έχει παίξει τόσο καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση του πεπρωμένου των εθνών, στην ανάπτυξη των στρατιωτικών στρατηγικών και των στρατηγικών του παγκόσμιου εμπορίου, και των σχέσεων ανάμεσα στις χώρες. Κανένας άλλος φυσικός πόρος δεν είχε τόσο μεγάλο αντίκτυπο στη γεωγραφία του κόσμου μας και στον τρόπο που οι κοινωνίες μας αλληλεπιδρούν και οργανώνονται. Περισσότερο από οποιανδήποτε άλλη πρώτη ύλη, λοιπόν, το πετρέλαιο έχει διαμορφώσει τις ζωές μας και αυτός ο ρόλος το έχει μετατρέψει σε έναν από τους πιο αμφιλεγόμενους φυσικούς πόρους.

Σε όλη του την ιστορία, ο «**μαύρος χρυσός**» δημιούργησε μύθους και εμμονές, φόβους και λανθασμένες αντιλήψεις για την πραγματικότητα, και ασύνετες πολιτικές που βάρυναν σημαντικά τη συλλογική ψυχή του κόσμου. Ακόμα και σήμερα η μεγάλη πλειοψηφία της κοινής γνώμης πιστεύει ότι τα πετρέλαιο είναι ένα είδος «μαγικού φίλτρου» ταυτισμένο με πολέμους, απληστία, και δύναμη.

Ταυτόχρονα, από τότε που μπήκε στη ζωή του ανθρώπου κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 19<sup>ου</sup> αιώνα, το πετρέλαιο υπόκειντο πάντα σε απρόβλεπτες παγκόσμιες αλλαγές. Εκείνοι που πίστευαν ότι θα μπορούσαν να το ελέγχουν προς όφελός τους διαψεύστηκαν ξανά και ξανά από τους κύκλους απότομης αύξησης και μείωσης της παραγωγής του, τις συχνές κρίσεις στην αγορά του, και τις συχνά ανεξέλεγκτες διακυμάνσεις των τιμών του, όπως επίσης και των πολιτικών εκρήξεων στις οποίες έχει παίξει τόσο σημαντικό ρόλο. Η λέξη πετρέλαιο που μερικές φορές στην καθημερινή γλώσσα αποκαλείται και μαύρος χρυσός ή τσάι του Τέξας προέρχεται από την ελληνική λέξη πέτρα και τη λατινική *oleum* που σημαίνει « λάδι » και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ορυκτολόγο Agricola, το 1556.

Το πετρέλαιο ήταν ήδη γνωστό από την αρχαιότητα, ιστορικά όμως η βιομηχανική του παραγωγή και εκμετάλλευση άρχισε τον 19 ο αι. Μετά την ανακάλυψη των μηχανών εσωτερικής καύσεως αρχίζει μια καινούργια εποχή. Η ανάπτυξη των μέσων συγκοινωνίας και η σύγχρονη βιομηχανία των γιγαντιαίων εγκαταστάσεων της μαζικής παραγωγής και της τυποποιήσεως των προϊόντων, μετέβαλε το πετρέλαιο σε βασικό παράγοντα της παγκόσμιας οικονομίας. Αρκεί να σημειωθεί ότι η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου το 1860 ήταν 1.000 τόνοι, το 1910 70.000.000 τόνοι, το 1965 1.510.000.000 τόνοι ενώ το 1990 η παραγωγή ξεπέρασε τον ιλιγγιώδη αριθμό των 3.000.000.000 τόνων. Τα πετρελαιοχημικά προϊόντα αποτελούν σήμερα το 80% της οργανικής χημικής βιομηχανίας, αφού το πετρέλαιο συμμετέχει στην παραγωγή των διαφόρων πλαστικών, συνθετικών υφασμάτων, απορρυπαντικών και πλήθους άλλων αντικειμένων, υλικών και ουσιών καθημερινής χρήσεως.

Το πετρέλαιο αποτελεί τη κυρίαρχη πηγή ενέργειας και μαζί με το φυσικό αέριο καλύπτει το 70% της ενέργειας παγκόσμια. Η εξάντληση των κοιτασμάτων από την εντατική άντληση πετρελαίου σε πολλές περιοχές και η ενεργειακή κρίση που προέκυψε από το συνασπισμό των πετρελαιοπαραγωγών χωρών μετά την κρατικοποίηση των πηγών και τις συνεχείς ανατιμήσεις, ανάγκασε τις περισσότερες χώρες να αναζητήσουν κοιτάσματα στις δικές τους περιοχές. Αν υπολογίσουμε ότι η κατανάλωση πετρελαίου αυξάνει από χρόνο σε χρόνο αντιλαμβανόμαστε των υψηλών βαθμών εξαρτίσεως των βιομηχανικών κρατών από τις πετρέλαιο παραγωγικές χώρες Έτσι, παντού γίνονται έρευνες για την αναζήτηση νέων πετρελαιοφόρων περιοχών ή γίνονται έρευνες για την ανακάλυψη νέων πηγών ενέργειας. Υπολογίζεται ότι σήμερα λειτουργούν περί τα 4.000 γεωτρήματα από τα οποία τα 800 σε υποθαλάσσιες γεωτρήσεις. Η πετρελαιοπαραγωγή και το εμπόριο του πετρελαίου ελέγχεται από κρατικούς διεθνείς ή ιδιωτικούς ισχυρούς οικονομικούς οργανισμούς.

Η παρούσα εργασία λοιπόν ασχολείται με την ιστορία, τη διαδικασία εξεύρεσης και εξόρυξης του πετρελαίου καθώς και με τις διεργασίες δύλισης του. Μέσω της παρούσας πτυχιακής θα δοθεί μια γενικότερη εικόνα τόσο για το πετρέλαιο όσο και για της μεθόδους ανάκτησης του και επεξεργασίας του, τόσο με τεχνικούς όρους όσο και με γεωλογικούς.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ



## **1.ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ**

Ο άνθρακας είναι ένα στοιχείο που περιέχει μόνο εκπλήξεις. Ένας ολόκληρος κλάδος της Χημείας, η Οργανική Χημεία, μελετά τις ενώσεις του άνθρακα.

Η **Χημεία των οργανικών ενώσεων** έχει τεράστιο ενδιαφέρον, όχι μόνο γιατί οι ζωντανοί οργανισμοί σχηματίζονται από ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, αλλά και γιατί ένα μέρος του κόσμου που μας περιβάλλει είναι κατασκευασμένο από αυτές. Οι άνθρωποι τρέφονται, κινούνται, πολλές φορές ντύνονται και θεραπεύονται χρησιμοποιώντας οργανικές ενώσεις.

Η Μέση Ανατολή (Περσία, Παλαιστίνη, Ισραήλ, Ιράκ, Λίβανος) είναι η περιοχή στην οποία έγιναν οι περισσότερες πολεμικές συρράξεις μετά το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο. Όλες έγιναν για τον έλεγχο των κοιτασμάτων του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

«Τι είναι από χημική άποψη το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο;»

*Είναι μείγματα κυρίως υδρογονανθράκων.*

## **1.1ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ**

Οι υδρογονάνθρακες είναι μια μεγάλη ομάδα ενώσεων που, όπως δηλώνει και το όνομά τους, αποτελούνται από άτομα άνθρακα και υδρογόνου. Ο αριθμός τους είναι μεγαλύτερος από 7 εκατομμύρια. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι η κύρια πηγή παραγωγής υδρογονανθράκων. Ο μεγάλος αριθμός τους και η ανάγκη για ουσιαστική μελέτη των ιδιοτήτων και των μεθόδων παρασκευής τους υποχρέωσε τους χημικούς να τους ταξινομήσουν σε ομάδες είτε με βάση τη μορφή της ανθρακικής αλυσίδας είτε με τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων άνθρακα μεταξύ τους.

### **ΤΟ ΦΥΣΙΟ ΑΕΡΙΟ**

Ξεκινώντας με το φυσικό αέριο διασαφηνίζεται πως παράγεται κάτω από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται από ένα σύστημα αγωγών στους καταναλωτές. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται επίσης ευρέως για καθημερινές χρήσεις. Οι πλειονότητα των βιομηχανιών χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο για την παροχή ενέργειας και για διάφορες διεργασίες παραγωγής. Τα εργοστάσια αυτοκινήτων χρησιμοποιούν φυσικό αέριο για τη θέρμανση του αέρα ώστε να στεγνώνει το χρώμα για τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά. Το φυσικό αέριο και συγκεκριμένα το συμπιεσμένο φυσικό αέριο CNG χρησιμοποιείται επίσης ως καύσιμο για τις

μεταφορές. Οι εταιρίες πετρελαίου και φυσικού αερίου αποκτούν άλλα προϊόντα από το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, τα οποία συμβάλουν στη βελτίωση της ζωής μας. Το φυσικό αέριο περιέχει ενώσεις οι οποίες έχουν αφαιρεθεί πριν το αέριο αποσταλεί στους πελάτες. Οι τρεις σημαντικές χημικές ουσίες που λαμβάνονται από φυσικό αέριο είναι: αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο κ.λ.π.

Το αιθάνιο είναι η πρώτη ύλη για τη βιομηχανία πετροχημικών, υποβάλλεται σε επεξεργασία και ως αιθυλένιο χρησιμοποιείται για την παρασκευή πολυαιθυλενίου. Το πολυαιθυλένιο είναι ένα πλαστικό που χρησιμοποιείται σε μια ποικιλία προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων τα αρτοσκευάσματα, μόνωση, μεμβράνες συσκευασίας, και παιχνίδια.

Το αιθυλένιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή οξειδίου του αιθυλενίου το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη για την αιθυλενογλυκόλη ή αντιψυκτικό για ψυγεία αυτοκινήτων και φορτηγών. Οξείδιο αιθυλενίου χρησιμοποιείται για την παρασκευή ινών πολυεστέρα, φιλμ και βαφές λατέξ. Το αιθυλένιο συνδυάζεται με χλώριο για να κάνει το χλωριούχο βινύλιο. Χλωριούχου βινυλίου χρησιμοποιείται για να γίνει το χλωριούχο πολυβινύλιο ή PVC.

Το αιθυλένιο είναι μια πρώτη ύλη για την παραγωγή οξικού βινυλίου για χρώματα και κόλλες.

Το πολυστυρόλιο που κατασκευάζεται από το αιθυλένιο χρησιμοποιείται για να κάνει ρητίνες για καουτσούκ. Η αιθανόλη παράγεται επίσης από το αιθυλένιο. Το προπάνιο και βουτάνιο με φυσική ανάμιξη παράγουν το υγραέριο για μαγείρεμα και θέρμανση. Το προπάνιο και το βουτάνιο χρησιμοποιούνται επίσης για την παρασκευή των χημικών δομικών μπλοκ: προπυλένιο και βουτυλένιο. Οξείδιο προπυλενίου παράγεται από το προπυλένιο έχει χρησιμοποιηθεί για την αποστείρωση ιατρικών προϊόντων και τροφίμων και για την παρασκευή τασιενεργών. Προπυλενογλυκόλη, κατασκευασμένη από προπυλένιο, χρησιμοποιείται ως μια ενυδατική κρέμα σε λοσιόν φροντίδας του δέρματος και κρέμα. Η προπυλενογλυκόλη χρησιμοποιείται ως βιομηχανική αντιψυκτικό και ως υγρό υδραυλικών φρένων. Το βουτυλένιο είναι μια σημαντική χημική ουσία που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των προϊόντων που βελτιώνουν την ποιότητα της βενζίνης.

## ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το αργό πετρέλαιο είναι ένα υγρό που προέρχεται από δεξαμενές κάτω από την επιφάνεια της γης. Ονομάζεται αργό πετρέλαιο, επειδή πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία ή "δύλιση" για να μετατραπεί σε εύχρηστα προϊόντα όπως η βενζίνη. Το ακατέργαστο πετρέλαιο περιέχει πολλές διαφορετικές ενώσεις με διαφορετικές ιδιότητες. Όταν αυτές οι ενώσεις διαχωρίζονται, παράγουν δυλισμένα προϊόντα. Το πιο σημαντικό εκλεπτυσμένο προϊόν είναι βενζίνη. Η βενζίνη καίγεται σε μηχανές αυτοκινήτων και φορτηγών και είναι επίσης το πιο ορατό προϊόν που παράγεται από τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, λόγω της παρουσίας των πρατηρίων υγρών καυσίμων.



Εικόνα 1 Πετρέλαιο ([www.4news.gr](http://www.4news.gr))

Η βενζίνη επηρεάζει στα μέγιστα την σύγχρονη καθημερινότητα. Η έλλειψη της δημιουργεί προβλήματα. Η εταιρική σχέση μεταξύ της αυτοκινητοβιομηχανίας και της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει μεταμορφώσει τον σύγχρονο τρόπο ζωής και έχει δώσει μεγαλύτερη ελευθερία.

Το επόμενο πιο σημαντικό από τα προϊόντα που προέρχονται από το αργό πετρέλαιο είναι το πετρέλαιο θέρμανσης και το πετρέλαιο κίνησης. Αυτά τα προϊόντα είναι τα ίδια προϊόντα εκτός από μερικές μικρές διαφορές. Το πετρέλαιο ντίζελ χρησιμοποιείται για καύσιμο σε κινητήρες φορτηγών, λεωφορείων, τρένων και πλοίων. Το πετρέλαιο ντίζελ είναι ένα από τα πιο σημαντικά καύσιμα στην οικονομία του κόσμου, παρέχει την ενέργεια για να τη μεταφορά των προϊόντων από τους κατασκευαστές στους καταναλωτές. Το αργό πετρέλαιο είναι επίσης η πηγή των καυσίμων για τις αεροπορικές εταιρείες. Τα καύσιμα τύπου Jet μας επιτρέπουν να προχωρήσουμε σε μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων σε όλο τον κόσμο με ένα γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο και έχει βοηθήσει να συρρικνωθεί ο χρόνος. Το μαζούτ χρησιμοποιείται για τα καύσιμα του λέβητα και για να τροφοδοτήσει τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Το αργό πετρέλαιο δεν παρέχει μόνο τα καύσιμα, παράγει επίσης τα λιπαντικά που μειώνουν την τριβή και την φθορά των μερών των κινητήρων. Τα λιπαντικά χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα και φορτηγά κινητήρες, κινητήρες αεροπλάνων,

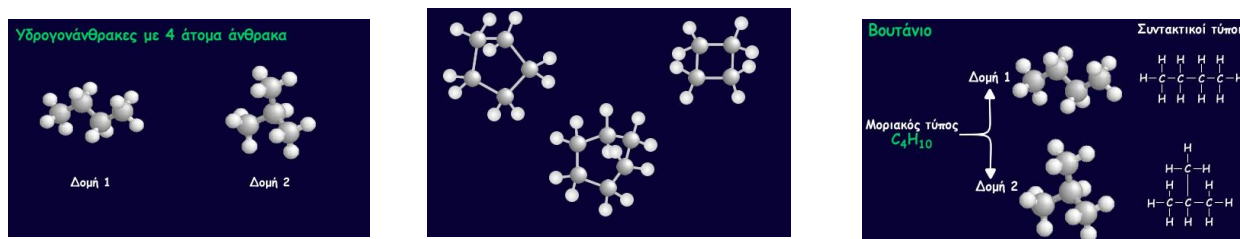
κινητήρων σιδηροδρόμου, και τουρμπίνες για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα λιπαντικά χρησιμοποιούνται επίσης για να γίνουν φάρμακα, αλοιφές και καλλυντικά.

Το αργό πετρέλαιο, είναι προφανές πως διυλίζοντας το έχει μεγάλη χρησιμότητα. Εκτός από τα παραπάνω, το αργό πετρέλαιο ευθύνεται για τα προϊόντα ασφάλτου, το χάλυβα. Προϊόντα πετρελαίου ως προϊόν αργού πετρελαίου χρησιμοποιούνται για να κάνουν τα ηλεκτρόδια για την παραγωγή αλουμινίου και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χάλυβα, το βενζόλιο, το ξυλόλιο (χημικές δομικές μονάδες και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πλαστικών, γεωργικών χημικών και φαρμακευτικών). Τα προϊόντα που κατασκευάζονται από το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο μπορούν πραγματικά να κρατήσουν τον κόσμο και να βελτιώσουν τον τρόπο ζωής και το βιοτικό επίπεδο.

Το πιο σημαντικό από όλα όμως είναι η ύπαρξη των υδρογονανθράκων. Οι υδρογονάνθρακες είναι συστατικά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, που είναι τα κυριότερα καύσιμα. Η καύση των υδρογονανθράκων αποδίδει θερμότητα και καυσαέρια. Κατά την πλήρη καύση τους, προκύπτει διοξείδιο του άνθρακα και νερό, ενώ κατά την ατελή καύση τους μονοξείδιο του άνθρακα και νερό ή άνθρακας και νερό. Τα προϊόντα της ατελούς καύσης των καυσίμων είναι οι κυριότεροι ρύποι της ατμόσφαιρας μαζί με τα οξείδια του αζώτου και του θείου.

Οι υδρογονάνθρακες είναι οι οργανικές ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο. Στην ανθρακική αλυσίδα των πιο απλών υδρογονανθράκων, οι άνθρακες ενώνονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μια μονάδα συγγένειας ο καθένας και χρησιμοποιούν τις υπόλοιπες για να ενωθούν με άτομα υδρογόνου. Οι υδρογονάνθρακες είναι μόρια "ευθείας" ανθρακικής αλυσίδας. Αν κάποιος άνθρακας χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερες μονάδες συγγένειας για να ενωθούν με άλλους άνθρακες, τότε προκύπτουν οι υδρογονάνθρακες "διακλαδισμένης" αλυσίδας.

Όπως φαίνεται παρακάτω, από τέσσερα άτομα άνθρακα προκύπτουν δύο υδρογονάνθρακες. Ένας με ευθεία και ένας με διακλαδισμένη αλυσίδα.



Εικόνα 2 Υδρογονάνθρακες

## «Υδρογονάνθρακες»

Ονομάζονται οι οργανικές ενώσεις, που περιέχουν μόνο υδρογόνο (H) και άνθρακα (C)<sup>(1)</sup>. και διακρίνονται σε κορεσμένους ή ακόρεστους και κυκλικούς ή άκυκλους. Για το συμβολισμό των οργανικών ενώσεων χρησιμοποιούμε το μοριακό, το συντακτικό και τον εμπειρικό τύπο. και έχουν γενικό χημικό τύπο C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>. Ο κλάδος της χημείας που τις εξετάζει είναι η Οργανική Χημεία.

Οι μονοσθενείς ρίζες<sup>(2),(3)</sup>, που προκύπτουν από ένα μόριο υδρογονάνθρακα αν του αφαιρέσουμε ένα άτομο υδρογόνου, έχουν γενικό τύπο C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>-1 και ονομάζονται «υδροκαρβύλια»<sup>(4)</sup>.

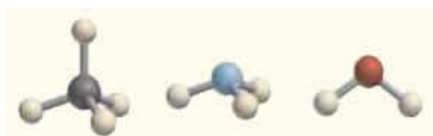
Τα αλκάνια, τα αλκένια, τα αλκίνια, τα αλκαδιένια, τα κυκλοαλκάνια και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι μερικοί διαφορετικοί τύποι υδρογονανθράκων.

Η πλειονότητα των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους, βρίσκεται στα φυσικά αποθέματα αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου, όπου περιέχεται ένα μίγμα διαφόρων υδρογονανθράκων (και όχι μόνο), που προέρχονται από την αποσύνθεση και ανασχηματισμό οργανικής ύλης που θάβεται στο υπέδαφος για χιλιετίες<sup>(5)</sup>. Μόνο τα άτομα άνθρακα και υδρογόνου, με τις φαινομενικά απεριόριστες δυνατότητες σύνδεσής τους, αρκούν για να σχηματίσουν φαινομενικά επίσης απεριόριστες ενώσεις<sup>(6),(7)</sup>.

## 1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Σαν μια πρώτη σύνοψη της ταξινόμησης των Υδρογονανθράκων σαν γενική παραδοχή λέγεται πως, σκελετός των υδρογονανθράκων είναι η ανθρακική αλυσίδα και με βάση τη μορφή της οι υδρογονάνθρακες διακρίνονται σε:

**Άκυκλους**, στους οποίους τα άτομα άνθρακα σχηματίζουν ανοικτές αλυσίδες. Σε αυτές τα άτομα του άνθρακα ή είναι διατεταγμένα στη σειρά (ευθεία αλυσίδα) ή διακλαδίζονται (διακλαδισμένη αλυσίδα) και κυκλικούς, στους οποίους τα άτομα άνθρακα σχηματίζουν κλειστές αλυσίδες, δηλαδή δακτυλίους.



Εικόνα 3 Άκυκλοι

<sup>11</sup> Silberberg, Martin. Chemistry: The Molecular Nature Of Matter and Change. New York: McGraw-Hill Companies, 2004. ISBN 0-07-310169-9

<sup>2</sup> Ρίζες ονομάζονται ομάδες ατόμων με ελεύθερα, μη δεσμικά, ηλεκτρόνια

<sup>3</sup> Μονοσθενείς ρίζες ονομάζονται ρίζες με ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο

<sup>4</sup> IUPAC Goldbook hydrocarbyl groups

<sup>5</sup> Clayden, Greeves, et al., 21/ McMurry, 75-81

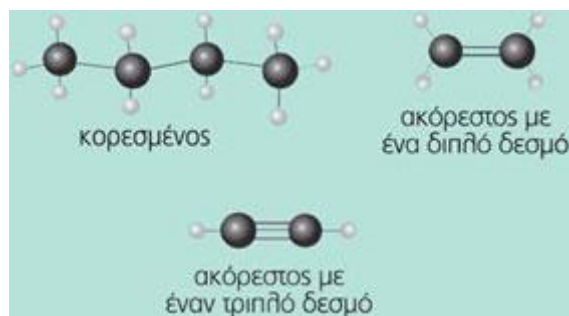
<sup>6</sup> Clayden, J., Greeves, N., et al. (2001) Organic Chemistry Oxford ISBN 0-19-850346-6 p. 21

<sup>7</sup> McMurry, J. (2000). Organic Chemistry 5th ed. Brooks/Cole: Thomson Learning. ISBN 0-495-11837-0 pp. 75–81

Με βάση τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες διακρίνονται σε: κορεσμένους και ακόρεστους.

**Κορεσμένοι** ονομάζονται οι υδρογονάνθρακες στους οποίους όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με έναν απλό δεσμό.

**Ακόρεστοι** ονομάζονται οι υδρογονάνθρακες στους οποίους δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με διπλό ή με τριπλό δεσμό.



Εικόνα 4

Οι **άκυκλοι κορεσμένοι** υδρογονάνθρακες ονομάζονται αλκάνια.

Οι **άκυκλοι ακόρεστοι** υδρογονάνθρακες με ένα διπλό δεσμό ονομάζονται αλκένια και οι άκυκλοι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες με έναν τριπλό δεσμό ονομάζονται αλκίνια.

Σε πιο ενδελεχή ματιά οι υδρογονάνθρακες ταξινομούνται σε:

**Αλκάνια ή κορεσμένους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες με γενικό τύπο  $C_nH_{2n+2}$  με  $n \geq 1$  και χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό, ούτε δακτύλιο.**

Παλαιότερα, πριν την επιβολή της ονοματολογίας της Γενεύης, τα αλκάνια και οι άλλοι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες ονομάστηκαν παραφίνες εκ των λατινικών λέξεων "parum" (= ολίγον) και "affinas" (= συγγένεια) και αυτό λόγω της χαρακτηριστικής τους χημικής σταθερότητας και αδράνειας που παρουσιάζουν έναντι των περισσοτέρων αντιδραστηρίων. Συνεχίζεται όμως να υφίσταται σύγχυση σε πολλά χημικά εγχειρίδια, αλλά οι παραφίνες αποτελούν γνήσιο υπερσύνολο των αλκανίων. Οι παραφίνες, αποτελούν παλαιότερη κατηγορία, που χρησιμοποιεί κυρίως η Χημική Βιομηχανία, που είναι όμως ευρύτερη, αφού περιλαμβάνει όλους τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Δηλαδή περιλαμβάνει όχι μόνο τα αλκάνια, αλλά και τα κυκλοαλκάνια, τα δικυκλοαλκάνια και κάθε άλλη ομόλογη σειρά υδρογονανθράκων που δεν περιέχει κανέναν πολλαπλό (διπλό ή τριπλό) δεσμό. Ο γενικός τύπος των αλκανίων δεν ισχύει για όσες παραφίνες έχουν βαθμό

ακορεστότητας  $> 0$ , δηλαδή για όσες παραφίνες περιέχουν δακτυλίους, καθέναν από τους οποίους προσθέτει +1 στο βαθμό ακορεστότητας κάθε ένωσης.

### Ακόρεστους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες.

Περιέχουν τουλάχιστον ένα διπλό ή ένα τριπλό δεσμό και κανένα δακτύλιο. Αυτοί περιλαμβάνουν τις υποκατηγορίες:

**1. Αλκένια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n}$  με  $n \geq 2$  με 1 διπλό δεσμό και κανένα δακτύλιο. Σύγχρονα και μη εγχειρίδια Χημείας τα ταυτίζουν λανθασμένα με τις ολεφίνες, όμως οι τελευταίες αποτελούν παλαιότερη κατηγορία, που χρησιμοποιεί κυρίως η Χημική Βιομηχανία. Η κατηγορία αυτή είναι όμως ευρύτερη, αφού περιλαμβάνει όλους τους ακόρεστους υδρογονάνθρακες, δηλαδή περιλαμβάνει όχι μόνο τα αλκένια, αλλά και τα αλκίνια, τα αλκαδιένια και κάθε άλλη ομόλογη σειρά υδρογονανθράκων που περιέχουν έναν τουλάχιστον πολλαπλό (διπλό ή τριπλό) δεσμό. Ο γενικός τύπος των αλκενίων δεν ισχύει για όσες ολεφίνες έχουν βαθμό

ακορεστότητας. Κάποια άλλα συγγράμματα, συγχέοντας και πάλι τους σχετικούς όρους, θεωρούν ότι τα αλκένια και οι ολεφίνες (που ταυτίζουν) έχουν οσοσδήποτε διπλούς δεσμούς ή και ένα μόνο διπλό δεσμό, αλλά και πάλι δεν ορίζουν σωστή ομόλογη σειρά.

Πίνακας 1: Αλκάνια				
όνομα	μοριακός τύπος	συντακτικός τύπος	προσομοίωμα	σημείο βρασμού (°C)
μεθάνιο	$CH_4$			-162
αιθάνιο	$C_2H_6$			-88,5
προπάνιο	$C_3H_8$			-42

Πίνακας 2: Αλκένια				
όνομα	μοριακός τύπος	συντακτικός τύπος	προσομοίωμα	σημείο βρασμού (°C)
αιθένιο	$C_2H_4$			-102
προπένιο	$C_3H_6$			-48

Πίνακας 3: Αλκίνια				
όνομα	μοριακός τύπος	συντακτικός τύπος	προσομοίωμα	σημείο βρασμού (°C)
αιθίνιο	$C_2H_2$			-75
προπίνιο	$C_3H_4$			-23

Πίνακας 1

**2. Αλκίνια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-2}$  με  $n \geq 2$  με 1 τριπλό δεσμό και κανένα δακτύλιο. Διακρίνονται σε «εξωτερικά» και «εσωτερικά» αλκίνια, ανάλογα με το αν ο τριπλός δεσμός βρίσκεται ή όχι, αντίστοιχα, στο άκρο της ανθρακικής αλυσίδας των μορίων τους.

**3.Αλκαδιένια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-2}$  με  $n \geq 3$  με 2 διπλούς δεσμούς και κανένα δακτύλιο. Υπάρχουν δυο ενδιαφέρουσες υποκατηγορίες αλκαδιενίων: Α) Τα αλλένια, που έχουν διαδοχικούς τους δυο διπλούς δεσμούς τους. Αυτό προσθέτει το δομικό αξιοσημείωτο του ενδιάμεσου άνθρακα που μετέχει και στους δυο δεσμούς με  $sp$  υβριδισμό, ενώ όλα τα υπόλοιπα άτομα άνθρακα μετέχουν στους διπλούς δεσμούς με  $sp^2$  υβριδισμό. Β) Τα συζυγή αλκαδιένια, που έχουν τους δυο διπλούς δεσμούς τους τοποθετημένους εναλλάξ. Αυτά δίνουν την αξιοσημείωτη 1,4-προσθήκη.

**4. Αλειφατικούς πολυακόρεστους υδρογονανθράκες με πολυπλοκότερους από τους παρά πάνω συνδυασμούς διπλών ή και τριπλών δεσμών και κανένα δακτύλιο.**

### **Κυκλικούς υδρογονάνθρακες.**

Περιέχουν τουλάχιστον ένα δακτύλιο. Αυτοί περιλαμβάνουν τις υποκατηγορίες:

**1.Κυκλοαλκάνια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n}$  με  $n \geq 3$ , χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό και ένα δακτύλιο. Αξιοσημείωτα είναι τα κυκλοαλκάνια με τριμελείς και τετραμελείς δακτυλίους, γιατί δίνουν αντιδράσεις κυκλοπροσθήκης.

**2.Κυκλοαλκένια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-2}$  με  $n \geq 3$ , με 1 διπλό δεσμό και ένα δακτύλιο.

**3.Κυκλοαλκίνια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-4}$  με  $n \geq 3$ , με 1 τριπλό δεσμό και ένα δακτύλιο. Σπάνια είναι σταθερά.

**4.Κυκλοαλκαδιένια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-4}$  με  $n \geq 4$ , με 2 διπλούς δεσμούς και ένα δακτύλιο. Εμπεριέχουν το κυκλοβουταδιένιο, που είναι ο απλούστερος αντιαρωματικός υδρογονάνθρακας.

**5.Μονοκυκλικούς πολυακόρεστους υδρογονανθράκες με πολυπλοκότερους από τους παρά πάνω συνδυασμούς διπλών ή και τριπλών δεσμών και ένα δακτύλιο.**

**6.Δικυκλοαλκάνια:** με γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n-2}$  με  $n \geq 4$ , χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό και δυο δακτυλίους.

Περιέχουν δυο αξιοσημείωτες υποκατηγορίες:

Α) Τα διαλκύλια, στα οποία οι δυο δακτύλιοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα δεσμό.

Β) Τα μονοσπειράνια, στα οποία οι δυο δακτύλιοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα κοινό άτομο άνθρακα. Στα υπόλοιπα δικυκλοαλκάνια, που δεν ανήκουν στις δυο παραπάνω υποκατηγορίες, οι δυο δακτύλιοι συνδέονται μεταξύ τους με δύο συνδεόμενα μεταξύ τους κοινά άτομα άνθρακα.

**7.Πολυκυκλοαλκάνια** χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό και περισσότερους από 2 δακτυλίους.



## **8. Πολυκυκλικούς ακόρεστους υδρογονάνθρακες με διπλούς ή και τριπλούς δεσμούς και τουλάχιστον δυο δακτύλιους**

**Αρωματικοί υδρογονάνθρακες** που περιέχουν ένα αρωματικό σύστημα. Τυπικά συμπεριλαμβάνονται και σε κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες απλών κυκλικών και ακόρεστων υδρογονανθράκων, αλλά οι επιπλέον ιδιότητες που αποκαλούνται «αρωματικός χαρακτήρας» επιβάλλουν την ξεχωριστή κατάταξη και εξέτασή τους.

**Αντιαρωματικοί υδρογονάνθρακες** που περιέχουν ένα αντιαρωματικό σύστημα. Τυπικά συμπεριλαμβάνονται και σε κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες απλών κυκλικών και ακόρεστων υδρογονανθράκων, αλλά οι επιπλέον ιδιότητες που αποκαλούνται «αντιαρωματικός χαρακτήρας» επιβάλλουν την ξεχωριστή κατάταξη και εξέτασή τους.

Κάποιοι τους τοποθετούν στην κατάσταση (λανθασμένα) μαζί με τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, αλλά έχουν μια ουσιαστική διαφορά: Οι αρωματικοί δακτύλιοι σταθεροποιούν ένα σύστημα, ενώ οι αντιαρωματικοί δακτύλιοι αποσταθεροποιούν το σύστημα στο οποίο μετέχουν, δίνοντας συχνά λίγο ή πολύ ασταθείς ενώσεις.

Υπάρχουν ενώσεις, όπως το βενζοκυκλοβουταδιένιο, που είναι αμφιλεγόμενο το αν ανήκουν στους αρωματικούς ή στους μη αρωματικούς υδρογονάνθρακες, γιατί περιέχουν και αρωματικό και αντιαρωματικό σύστημα στο μόριό τους, με αποτέλεσμα να συνδυάζουν τις ιδιότητες και των δυο κατηγοριών.

### 1.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Εξαιτίας των διαφορών στη μοριακή τους δομή, ο εμπειρικός τύπος των υδρογονανθράκων παραμένει διαφορετικός ανάμεσά τους.

*(Στους υδρογονάνθρακες «ευθείας αλυσίδας» ή «γραμμικούς», από τα αλκάνια, στα αλκένια και στα αλκίνια, ο σχετικός αριθμός των δεσμών με άτομα υδρογόνου μειώνεται, εξαιτίας των επιπλέον (διπλών ή τριπλών) δεσμών μεταξύ ατόμων άνθρακα).*

Γενικά, αυτή η ικανότητα των ατόμων άνθρακα να συνδέονται μεταξύ τους σε διάφορων ειδών ανθρακαλυσίδων, ικανότητα που αναφέρεται με τον όρο αλυσοποίηση, επιτρέπει το σχηματισμό και πολύπλοκων συστημάτων, όπως π.χ. του κυκλοεξανίου και του βενζολίου. Οι δεσμοί C-C είναι τελείως μη πολικοί και η δημιουργία τους δεν έχει ως συνέπεια το σχηματισμό ηλεκτρονιόφιλου ή πυρηνόφιλου κέντρου.

Γενικά, με την αύξηση της αλυσοποίησης<sup>(8)</sup>, επέρχεται μια σχετική απώλεια της συνολικής ποσότητας των συνδεδεμένων υδρογονανθράκων και μια σχετική αύξηση της ποσότητας της ενέργειας που χρειάζεται για τη διάσπαση των δεσμών, γιατί μειώνεται η τάση που ασκείται επάνω στο μόριο. Σε μόρια όπως του κυκλοπροπανίου, η τάση αυτή μετριέται ως «ενέργεια τάσης δεσμών», και συμβαίνει εξαιτίας της αποσταθεροποίησης της ιδανικής ηλεκτρονιακής διαμόρφωσης των ατόμων από το σχηματισμό δεσμών διαφορετικού μήκους ή γωνίας από τις κανονικές.

Στην απλή χημεία, σύμφωνα με τη θεωρία σθένους - δεσμού, τα άτομα άνθρακα πρέπει να ακολουθούν τον «**κανόνα των τεσσάρων δεσμών**», που αντιπροσωπεύει το μέγιστο αριθμό ατόμων που είναι διαθέσιμα για δεσμούς με κάθε άτομο άνθρακα και είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων της εξώτατης ηλεκτρονιακής στιβάδας του κάθε ατόμου άνθρακα, αφού του «λείπουν» άλλα 4 ηλεκτρόνια για να «αποκτήσει» την ηλεκτρονιακή δομή ευγενούς αέριου (του νέου συγκεκριμένα). Έτσι, ο άνθρακας συνήθως σχηματίζει 4 ομοιοπολικούς δεσμούς.

Οι υδρογονάνθρακες είναι γενικά υδρόφοβοι σαν τα λιπίδια.

Κάποιοι υδρογονάνθρακες είναι άφθονοι στο ηλιακό μας σύστημα. Λίμνες από υγρό μεθάνιο και αιθάνιο βρέθηκαν στον Τιτάνα, το μεγαλύτερο δορυφόρο του πλανήτη

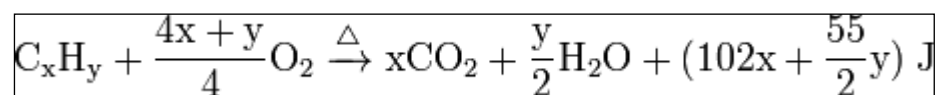
---

<sup>8</sup> Αύξηση του μεγέθους της αλυσίδας των ανθρακοατόμων

Κρόνου, όπως επιβεβαιώθηκε με την αποστολή Κασσίνι - Χόιχενς<sup>(9)</sup>. Οι υδρογονάνθρακες είναι ακόμη άφθονοι σε νεφελώματα, όπου σχηματίζουν πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH).

Υπάρχουν αέριοι, υγροί και χαμηλού σημείου τήξης στερεοί υδρογονάνθρακες.

Οι μέθοδοι παρασκευής συγκεκριμένων υδρογονανθράκων, όπως και οι ιδιότητές τους ποικίλλουν, κυρίως ανάλογα με την παραπάνω ταξινόμησή τους. Η μόνη κοινή ιδιότητα όλων τους είναι η καύση:



---

<sup>9</sup> 'Proof' of methane lakes on Titan, BBC News, 4 January 2007

## 1.4 ΧΡΗΣΗ

Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν πρωταρχική πηγή ενέργειας για τις τρέχουσες πολιτισμούς. Η κυρίαρχη χρήση των υδρογονανθράκων είναι ως καύσιμη πηγή καυσίμου. Σε στερεά μορφή τους, υδρογονάνθρακες λαμβάνουν τη μορφή ασφάλτου (πίσσα). Μίγματα πτητικών υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται τώρα κατά προτίμηση στα χλωροφθοράνθρακες ως προωθητικό για σπρέι αερολύματος, λόγω των επιπτώσεων χλωροφθοράνθρακα για το στρώμα του όζοντος.

Μεθάνιο [1C] και αιθάνιο [2C] είναι αέρια σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και δεν μπορεί να υγροποιηθεί εύκολα με πίεση μόνο.

Προπάνιο [3C]. Υγροποιείται εύκολα, και υπάρχει σε «φιάλες προπανίου» ως επί το πλείστον σε υγρή μορφή.

Βουτάνιο [4C]. Υγροποιείται εύκολα και αποτελεί ένα ασφαλές, πτητικό καύσιμο για τους αναπτήρες τσέπης.

Πεντάνιο [5C] είναι ένα διαυγές υγρό σε θερμοκρασία δωματίου, που χρησιμοποιούνται συνήθως στη χημεία και τη βιομηχανία ως ένα ισχυρό σχεδόν άοσμο διαλύτη.

Εξανίου [6C] είναι επίσης ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος μη-πολικός, μη αρωματικός διαλύτης, καθώς και ένα σημαντικό κλάσμα της κοινής βενζίνης.

Το [6C] μέσω [10C] αλκάνια, αλκένια και ισομερείς κυκλοαλκανίων είναι τα κορυφαία συστατικά της βενζίνης, νάφθα, καύσιμο αεριωθούμενων και εξειδικευμένες μείγματα βιομηχανικών διαλυτών. Με την σταδιακή προσθήκη μονάδων άνθρακα, οι απλοί υδρογονάνθρακες έχουν υψηλότερη θερμοκρασία στερεοποίησης, σημεία βρασμού (ιξώδη, λιπαντικά) και πιο σκούρο χρώμα.

Στο αντίθετο άκρο από το [1C] μεθάνιο βρίσκονται οι βαριές πίσσες που παραμένουν ως το χαμηλότερο κλάσμα σε ένα ακατέργαστο έλαιο διύλισης αποστακτήρα. Συλλέγονται και χρησιμοποιούνται ευρέως ως ενώσεις σε στέγες, πεζοδρόμια, συντηρητικά ξύλου. Έχουν εξαιρετικά υψηλό ιξώδες και αντιστέκονται στα υγρά. Οι χρήσεις τους επίσης ποικίλλουν ανάλογα. Η πιο συνηθισμένη χρήση τους είναι ως καύσιμα για παραγωγή ενέργειας, αλλά υπάρχουν και άλλες: διαλυτικά, βερνίκια, λιπαντικά, κεριά, εντομοαπωθητικά, καθώς και η παραγωγή πολυμερών και άλλων πετροχημικών.

## 1.5 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι των αντιδράσεων:

- Αντίδραση αντικατάστασης
- Αντιδράσεις προσθήκης
  - Καύση

### 1.5.1 Αντιδράσεις Αντικατάστασης

Αντίδραση αντικατάστασης (*επίσης γνωστή ως ενιαία αντίδραση μετατόπισης ή ενιαία αντίδραση αντικαταστάσεως*) είναι μια χημική αντίδραση, κατά την οποία μία λειτουργική ομάδα σε μία χημική ένωση αντικαθίσταται από μία άλλη λειτουργική ομάδα. Οι αντιδράσεις αντικατάστασης είναι πρωταρχικής σημασίας στην οργανική χημεία.

Οι αντιδράσεις αντικατάστασης στην οργανική χημεία ταξινομούνται είτε ως ηλεκτρόφιλο ή νουκλεόφιλο ανάλογα με το αντιδραστήριο που εμπλέκονται. Οι αντιδράσεις αντικατάστασης εμφανίζονται μόνο σε κορεσμένους υδρογονάνθρακες (άνθρακα-άνθρακα). Σε αυτή την αντίδραση, ένα αλκάνιο αντιδρά με ένα μόριο χλωρίου. Ένα από τα άτομα χλωρίου μετατοπίζουν ένα άτομο υδρογόνου. Αυτό σχηματίζει υδροχλωρικό οξύ, καθώς και τον υδρογονάνθρακα με ένα χλώριο.

Υπάρχουν και άλλες ταξινομήσεις, καθώς και τα οποία αναφέρονται παρακάτω. Ένα καλό παράδειγμα μιας αντίδρασης υποκατάστασης αλογόνωσης. Όταν το αέριο χλώριο (Cl-Cl) ακτινοβολείται, μερικά από τα μόρια χωρίζονται σε δύο ρίζες χλωρίου (Cl.), του οποίου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι ισχυρώς πυρηνόφιλη. Ένας από αυτούς σπάει ένα αδύναμο ομοιοπολικό δεσμό CH και αρπάζει το απελευθερωμένο πρωτόνιο για να σχηματίσουν το ηλεκτρικά ουδέτερο H-Cl. Οι άλλες ριζικές μεταρρυθμίσεις ένα ομοιοπολικό δεσμό με το CH<sub>3</sub>. προς σχηματισμό.

### 1.5.2 Αντιδράσεις Προσθήκης

Μια αντίδραση προσθήκης, στην οργανική χημεία, είναι σε απλούστερους όρους του μια οργανική αντίδραση όπου δύο ή περισσότερα μόρια συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα μεγαλύτερο.

Οι αντιδράσεις προσθήκης περιορίζονται σε χημικές ενώσεις που έχουν πολλαπλούς δεσμούς, όπως μόρια με διπλούς δεσμούς άνθρακα-άνθρακα (αλκένια), ή με τριπλούς δεσμούς (αλκύνια). Μόρια που περιέχουν άνθρακα έτερο-διπλούς δεσμούς, όπως

καρβονύλιο ( $C = O$ ) ομάδες, ή ιμίνης ( $C = N$ ) ομάδες, μπορούν να υποστούν προσθήκη καθώς έχουν πολύ διπλό χαρακτήρα δεσμό.

Μια αντίδραση προσθήκης είναι το αντίθετο της μιας αντίδρασης απαλοιφής. Για παράδειγμα, η αντίδραση ενυδάτωσης ενός αλκενίου και η αφυδάτωση μιας αλκοόλης είναι ζεύγη προσθήκης-απομάκρυνσης.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι των πολικών αντιδράσεις προσθήκης: ηλεκτρονιόφιλη προσθήκη και πυρηνόφιλη προσθήκη.

### 1.5.3 Καύση

Οι υδρογονάνθρακες είναι σήμερα η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (όπως η οικιακή θέρμανση), λόγω της ενέργειας που παράγεται κατά την καύση τους. Συχνά αυτή η ενέργεια χρησιμοποιείται απευθείας ως θερμότητα. Ο υδρογονάνθρακας καίγεται και η θερμότητα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού, το οποίο στη συνέχεια διανέμεται. Μια παρόμοια αρχή χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ηλεκτρική ενέργεια σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Κοινές ιδιότητες των υδρογονανθράκων είναι το γεγονός ότι παράγουν ατμό, διοξείδιο του άνθρακα και θερμότητα κατά την καύση τους και ότι απαιτείται οξυγόνο για την καύση τους.

Οι υδρογονάνθρακες, όπως και πολλές άλλες ενώσεις, οξειδώνονται από το οξυγόνο. Η οξείδωσή τους συνοδεύεται από έκλυση θερμότητας και φως (φλόγα). Μάλιστα, η θερμότητα που παράγεται είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με άλλες ενώσεις.

Τα προϊόντα της καύσης τους καλούνται καυσαέρια.

Όταν η οξείδωση των υδρογονανθράκων γίνεται παρουσία αρκετού οξυγόνου, η καύση είναι πλήρης και τα προϊόντα, δηλαδή τα καυσαέρια, είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό.

Παρακάτω δίνονται οι χημικές εξισώσεις της πλήρους καύσης μερικών υδρογονανθράκων.

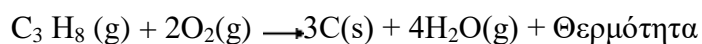
<b>Μεθάνιο:</b>	$\text{CH}_4 (\text{g}) + 2\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Αιθάνιο:</b>	$2\text{C}_2 \text{H}_6 (\text{g}) + 7\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2 (\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Προπάνιο:</b>	$\text{C}_3 \text{H}_8 (\text{g}) + 5\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2 (\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Βουτάνιο:</b>	$2\text{C}_4 \text{H}_{10} (\text{g}) + 13\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 8\text{CO}_2 (\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Αιθένιο:</b>	$\text{C}_2 \text{H}_4 (\text{g}) + 3\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Προπένιο:</b>	$2\text{C}_3 \text{H}_6 (\text{g}) + 9\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2 (\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Αιθίνιο:</b>	$2\text{C}_2 \text{H}_2 (\text{g}) + 5\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$
<b>Προπίνιο:</b>	$\text{C}_3 \text{H}_4 (\text{g}) + 4\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Θερμότητα}$

Πίνακας 2

Όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για την πλήρη καύση των υδρογονανθράκων προς  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ , η καύση είναι "ατελής" και μπορεί να έχει ως προϊόν το μονοξείδιο του άνθρακα,  $\text{CO}$ , που είναι τοξικό αέριο, με βάση τη χημική εξίσωση (για το προπάνιο):



Με ακόμα λιγότερο οξυγόνο από την ατελή καύση προκύπτει άνθρακας που δίνει και την καπνιά.



Οι υδρογονάνθρακες απελευθερώνουν μεγάλα ποσά θερμότητας όταν καίγονται.

Έτσι, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, που αποτελούνται κυρίως από κορεσμένους υδρογονάνθρακες, μαζί με τον άνθρακα, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας. Τα υλικά αυτά καλούνται καύσιμα και πιο συγκεκριμένα, ορυκτά καύσιμα, γιατί εξορύσσονται από το υπέδαφος.

Οι υδρογονάνθρακες που εξάγονται σε υγρή μορφή που αναφέρεται ως πετρέλαιο (κυριολεκτικά "πετρέλαιο ροκ») ή ορυκτέλαιο, ενώ όπου οι υδρογονάνθρακες εξάγονται σε αέρια μορφή που αναφέρονται ως φυσικό αέριο. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο βρίσκονται στο υπέδαφος της Γης και εντοπίζονται με τα εργαλεία της γεωλογίας πετρελαίου και αποτελούν σημαντική πηγή καυσίμων και πρώτων υλών για την παραγωγή οργανικών χημικών ουσιών.

Η εξαγωγή του υγρού καυσίμου υδρογονανθράκων από ιζηματογενείς λεκάνες αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της σύγχρονης ενεργειακής ανάπτυξης. Οι υδρογονάνθρακες εξορύσσονται από άμμους και σχιστόλιθους, και ενδεχομένως να

εξάγονται από ιζηματογενείς «συλλέκτες» μεθανίου. Τα αποθεματικά αυτά απαιτούν την απόσταξη και την αναβάθμιση για την παραγωγή συνθετικών προϊόντων πετρελαίου.

Αποθέματα πετρελαίου στα ιζηματογενή πετρώματα είναι η πηγή των υδρογονανθράκων για την ενέργεια, τις μεταφορές και τη βιομηχανία πετροχημικών. Στους οικονομικώς σημαντικούς υδρογονάνθρακες περιλαμβάνονται τα ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, και τα παράγωγα τους, όπως πλαστικά, παραφίνη, κεριά, διαλύτες και έλαια.

Υδρογονάνθρακες - μαζί με τα NO<sub>x</sub> και το φως του ήλιου - συμβάλλουν στον σχηματισμό του όζοντος της τροπόσφαιρας και αερίων του θερμοκηπίου.

Εμπειρικές ονομασίες υδρογονανθράκων που διατηρούνται		
Τύπος	Εμπειρική ονομασία	Ονομασία IUPAC
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CH</b>	ισοβουτάνιο	μεθυλοπροπάνιο
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b>	ισοπεντάνιο	μεθυλοβουτάνιο
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>C</b>	νεοπεντάνιο	διμεθυλοπροπάνιο
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b>	ισοεξάνιο	2-μεθυλοπεντάνιο
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CCCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b>	νεοεξάνιο	2,2-διμεθυλοβουτάνιο
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CCCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	ισοκτάνιο	2,2,4-τριμεθυλοβουτάνιο
<b>CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub></b>	αιθυλένιο	αιθένιο
<b>CH<sub>2</sub>=CHCH<sub>3</sub></b>	προπυλένιο	προπένιο
<b>CH<sub>2</sub>=CHCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b>	α-βουτυλένιο	1-βουτένιο
<b>CH<sub>3</sub>CHCH=CHCH<sub>3</sub></b>	β-βουτυλένιο	2-βουτένιο
<b>CH<sub>3</sub>C(CH<sub>3</sub>)=CH<sub>2</sub></b>	γ-βουτυλένιο	μεθυλοπροπένιο
<b>CH<sub>2</sub>=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b>	α-αμυλένιο	1-πεντένιο

Πίνακας 3



## Υδρογονάνθρακες

Αριθμός ατόμων C	Αλκάνια	Αλκένια	Κυκλοαλκάνια	Αλκίνια	Αλκαδιένια	Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	Αντιαρωματικοί υδρογονάνθρακες
1	μεθάνιο	—	—	—	—	—	—
2	αιθάνιο	αιθένιο	—	αιθίνιο	—	—	—
3	προπάνιο	προπένιο	κυκλοπροπάνιο	προπίνιο	προπαδιένιο	—	—
4	βουτάνιο ισοβουτάνιο	1-βουτένιο 2-βουτένιο μεθυλοπροπένιο	κυκλοβουτάνιο μεθυλοκυκλοπροπάνιο	1-βουτίνιο 2-βουτίνιο-2	1,2-βουταδιένιο 1,3-βουταδιένιο	—	κυκλοβουταδιένιο
5	πεντάνιο ισοπεντάνιο νεοπεντάνιο	1-πεντένιο 2-πεντένιο 2-μεθυλο-1-βουτένιο 3-μεθυλο-1-βουτένιο μεθυλο-2-βουτένιο	κυκλοπεντάνιο μεθυλοκυκλοβουτάνιο αιθυλοκυκλοπροπάνιο 1,1-διμεθυλοκυκλοπροπάνιο 1,2-διμεθυλοκυκλοπροπάνιο	1-πεντίνιο 2-πεντίνιο μεθυλοβουτίνιο	1,2-πενταδιένιο 1,3-πενταδιένιο 1,4-πενταδιένιο 2,3-πενταδιένιο ισοπρένιο	—	—
6	εξάνιο ισοεξάνιο 3-μεθυλοπεντάνιο νεοεξάνιο 2,3-διμεθυλοβουτάνιο	1-εξένιο 2-εξένιο 3-εξένιο 2-μεθυλο-1-πεντένιο 3-μεθυλο-1-πεντένιο 4-μεθυλο-1-πεντένιο 2-μεθυλο-2-πεντένιο 3-μεθυλο-2-πεντένιο 4-μεθυλο-2-πεντένιο 2,3-διμεθυλο-1-βουτένιο 3,3-διμεθυλο-1-βουτένιο διμεθυλο-2-βουτένιο αιθυλοβουτένιο	κυκλοεξάνιο μεθυλοκυκλοπεντάνιο αιθυλοκυκλοβουτάνιο 1,1-διμεθυλοκυκλοβουτάνιο 1,2-διμεθυλοκυκλοβουτάνιο προπυλοκυκλοπροπάνιο ισοπροπυλοκυκλοπροπάνιο αιθυλο-1-μεθυλοκυκλοπροπάνιο αιθυλο-2-μεθυλοκυκλοπροπάνιο 1,1,2-τριμεθυλοκυκλοπροπάνιο 1,2,3-τριμεθυλοκυκλοπροπάνιο	1-εξίνιο 2-εξίνιο 3-εξίνιο 3-μεθυλο-1-πεντίνιο 4-μεθυλο-1-πεντίνιο μεθυλο-2-πεντίνιο διμεθυλοβουτίνιο	1,2-εξαδιένιο	βενζόλιο	βενζίνιο
7	επτάνιο	1-επτένιο	κυκλοεπτάνιο	1-επτίνιο	1,2-επταδιένιο	τολουόλιο	—
8	οκτάνιο	1-οκτένιο	κυκλοοκτάνιο	1-οκτίνιο	οκταδιένιο	στυρένιο	πενταλένιο

Πίνακας 4

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

## 2.ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το πετρέλαιο αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας στο σύγχρονο κόσμο, αλλά και την πρώτη ύλη για την παραγωγή πληθώρας χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Το πετρέλαιο (αργό πετρέλαιο/crude oil) είναι ουσιαστικά ένα πολύπλοκο μίγμα αερίων, υγρών και στερεών υδρογονανθράκων (που περιέχουν όμως και μικρές ποσότητες οξυγόνου, θείου και αζώτου), το οποίο ανευρίσκεται σε πετρελαιοφόρα κοιτάσματα σε διάφορα μέρη του πλανήτη και κυρίως στην περιοχή της Μέσης Ανατολής. Τα κοιτάσματα αυτά έγιναν διαθέσιμα στον κόσμο σε χαμηλό κόστος μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και διαφοροποίησαν τον τρόπο που ζούμε σήμερα. Συχνά αναφέρεται και ως «μαύρος χρυσός». Ο σουλτάνος του Μπρουνέι, οι βασιλικοί οίκοι της Μέσης Ανατολής, οι Ροκφέλλερ και οι Γκέττυ σίγουρα δεν θα διαφωνούσαν με τον όρο αυτό.

Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο είναι υγρό πέτρωμα, μείγμα υδρογονανθράκων, δηλαδή ουσιών που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, κατά ένα μεγάλο μέρος της σειράς των αλκανίων, που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις και το οποίο βρίσκεται μέσα σε πορώδη πετρώματα στα ανώτερα στρώματα μερικών περιοχών του φλοιού της Γης.

Συμπληρωματικά αξίζει να αναφέρουμε πως οι υδρογονάνθρακες στη σύνθεση του πετρελαίου μπορεί να είναι παρόντες σε τρεις τύπους μοριακών δομών: ευθείας αλυσίδας, διακλαδωμένης αλυσίδας και δακτυλίου. Τα μεγαλύτερα και συνθετότερα μόρια υδρογονανθράκων αποτελούνται από συνδυασμούς αυτών των δομών. Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες, γνωστοί και ως παραφίνες ή αλκάνια και κυκλοαλκάνια (που ονομάζονται και ναφθένια). Ολεφίνες και αλκένια, δηλαδή ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, δεν περιλαμβάνονται κανονικά στο ακατέργαστο πετρέλαιο όμως διαμορφώνονται στις διεργασίες επεξεργασίας, όπως στην πυρόλυση και στην αφυδρογόνωση.

Παρούσες στο ακατέργαστο πετρέλαιο είναι επίσης αρωματικές ενώσεις σε μια ποικιλία συγκεντρώσεων, είτε απλές (πχ βενζόλιο), ή συμπυκνωμένες πολυπυρηνικές και συστήματα αρωματικών δακτυλίων με πλευρικές παραφινικές ή ολεφινικές υποκαταστάσεις.

Σε μικρές συγκεντρώσεις περιλαμβάνονται μη υδρογονανθρακικές θειούχες ενώσεις (υδρόθειο, μερκαπτάνες, σουλφίδια, δισουλφίδια, πολυσουλφίδια και θειοφαίνια) και

αζωτούχες ενώσεις, που είναι γενικά ανεπιθύμητες κατά την επεξεργασία, ως διαβρωτικές για τον εξοπλισμό, δηλητηριώδεις για τους καταλύτες και συμβάλλουσες στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τον σχηματισμό διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου αντίστοιχα, όταν καίγονται. Μη υδρογονανθρακικές οξυγονούχες ενώσεις μπορεί να είναι παρούσες ως ναφθενικά οξέα, που είναι διαβρωτικά, και φαινόλες που προκαλούν προβλήματα οσμής. Τέλος, σε συγκεντρώσεις ιχνών εμφανίζονται ενώσεις μετάλλων πχ βαναδίου, σιδήρου, νικελίου που επίσης είναι ανεπιθύμητες, εφόσον λειτουργούν ως δηλητήρια καταλυτών.

Το πετρέλαιο ανακτάται κυρίως μέσω γεωτρήσεων πετρελαίου (φυσικές πηγές πετρελαίου είναι σπάνιες) και ύστερα από τις μελέτες των γεωλόγων (στην κλίμακα των αποθεμάτων), ανάλυση ιζηματογενής λεκάνης, χαρακτηρισμός δεξαμενή (κυρίως από την άποψη του πορώδους και της διαπερατότητας του γεωλογικές δομές της δεξαμενής).<sup>[10]</sup> <sup>[11]</sup> Είναι ραφιναρισμένο και διαχωρίζεται, πιο εύκολα με την απόσταξη, σε ένα μεγάλο αριθμό καταναλωτικών προϊόντων, από βενζίνη (βενζίνη), κηροζίνη, άσφαλτο μέχρι και χημικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν τα πλαστικά και τα φαρμακευτικά προϊόντα.<sup>[12]</sup> Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή μιας ευρείας ποικιλίας υλικών, (εκτιμάται ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός καταναλώνει περίπου 90 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα).

Η ανησυχία για την εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου, καθώς και την επίδραση που θα έχει η εξάντληση των αποθεμάτων σε μια κοινωνία που εξαρτάται από αυτό, είναι μια έννοια που είναι γνωστή ως κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου. Η χρήση των ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο, έχει αρνητικό αντίκτυπο στην βίωση της Γης καταστρέφοντας το οικοσύστημα μέσω διαφόρων γεγονότων, όπως οι πετρελαιοκηλίδες, η απελευθέρωση αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα καθώς όπως του όζοντος και το διοξείδιο του θείου από τις ακαθαρσίες του θείου στα ορυκτά καύσιμα. Η καύση ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που είναι η κύρια αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

---

<sup>10</sup> Guerriero V. et al. (2012). "A permeability model for naturally fractured carbonate reservoirs" . *Marine and Petroleum Geology* (Elsevier) 40: 115–134. doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.11.002

<sup>11</sup> Guerriero V. et al. (2011). "Improved statistical multi-scale analysis of fractures in carbonate reservoir analogues". *Tectonophysics* (Elsevier) 504: 14–24. Bibcode:2011Tectp.504...14G. doi:10.1016/j.tecto.2011.01.003

<sup>12</sup> "Organic Hydrocarbons: Compounds made from carbon and hydrogen" Archived from the original on July 19, 2011

## **Ετυμολογία**

Η λέξη πετρελαίου προέρχεται από την ελληνική: πέτρα για τους βράχους και Έλληνες: έλαιον (Ελαιών) για το πετρέλαιο. Ο όρος βρέθηκε (στην ορθογραφία "petraoleum") στο 10ο αιώνα από παλαιές αγγλικές πηγές. Χρησιμοποιήθηκε στην πραγματεία De Natura Fossilium, που δημοσιεύθηκε το 1546 από το γερμανικό μεταλλειολόγο Georg Bauer, επίσης γνωστός ως Georgius Agricola. Το 19ο αιώνα, ο όρος πετρέλαιο συχνά χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα πετρελαιοειδή που παράγονται με απόσταξη από οργανικά στερεά, όπως άλακα του άνθρακα (και αργότερα σχιστόλιθου πετρελαίου) και εξευγενισμένα έλαια που παράγονται από αυτά. Το όνομα πετρέλαιο καλύπτει τόσο το φυσικό μη επεξεργασμένο αργό πετρέλαιο, καθώς και τα προϊόντα πετρελαίου που δημιουργούνται από το διυλισμένο αργό πετρέλαιο.

## **Ιστορία**

Η χρήση προϊόντων πετρελαίου πηγαίνει αρκετές χιλιετίες πίσω. Περισσότερο από τέσσερις χιλιάδες χρόνια πριν, σύμφωνα με τον Ηρόδοτο καθώς όπως επιβεβαιώνει και ο Διόδωρος ο Σικελιώτης, η άσφαλτος χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των τειχών και των πύργων της Βαβυλώνας. Υπήρχαν λάκκοι πετρελαίου κοντά στη Βαβυλώνα, και στη Ζάκυνθο (Επτάνησα, Ελλάδα). Μεγάλες ποσότητες που βρέθηκαν στις όχθες του ποταμού Ισσού, ένας από τους παραπόταμους του οι Ευφράτη και αρχαία περσικά δισκία δείχνουν φάρμακα και άλλες χρήσεις του πετρελαίου στα ανώτερα επίπεδα της κοινωνίας τους.

Οι πρώτες γνωστές πετρελαιοπηγές δημιουργήθηκαν στην Κίνα περί το 347 μ.Χ. είχαν βάθος μέχρι 800 πόδια (240 μ) περίπου και εξορίζονταν χρησιμοποιώντας κομμάτια μπαμπού (σωλήνες) που συνδέονταν. Το έλαιο καιγόταν ώστε να εξατμιστεί η άλμη για παραγωγή αλατιού. Τα αρχαία αρχεία της Κίνας και της Ιαπωνίας περιέχουν πολλές αναφορές για τη χρήση του φυσικού αερίου για το φωτισμό και τη θέρμανση. Το πετρέλαιο ήταν γνωστό ως «καιόμενο νερό» στην Ιαπωνία τον 7ο αιώνα. Στο βιβλίο του Dream Pool «Δοκίμια» γραμμένο το 1088, ο επιστήμονας και πολιτικός Shen Kuo της δυναστείας Σονγκ εφηύρε τη λέξη 石油 (Shíyóu, κυριολεκτικά «πετρέλαιο ροκ») για το πετρέλαιο, το οποίο παραμένει ο όρος που χρησιμοποιείται στη σύγχρονη κινεζική.

Οι πρώτοι δρόμοι της Βαγδάτης ήταν στρωμένοι με πίσσα, που προέρχονται από το πετρέλαιο που γινόταν προσιτό από τις φυσικές πηγές της περιοχής. Στην Μεσοποταμία υπήρχαν τουλάχιστον τριάντα περιοχές με επιφανειακές ενδείξεις και ροές πετρελαίου.

Τον 9ο αιώνα, περιοχές πετρελαίου είχαν αξιοποιηθεί στην περιοχή γύρω από τώρα Μπακού, Αζερμπαϊτζάν. Για τους Ασσύριους του 9ου αιώνα π.Χ. η εκροή των απελευθερωμένων αερίων από τα κοιτάσματα πετρελαίου ήταν «η φωνή των θεών που έβγαινε από τους βράχους». Στο εύφλεκτο πετρέλαιο δόθηκε από τους Βαβυλώνιους το όνομα «νάφθα», δηλ. το υλικό που καίγεται με έντονη φλόγα. Η χρησιμοποίηση της πίσσας για τη στεγανοποίηση πλοιαρίων και την αδιαβροχοποίηση στεγών, στην τοιχοποιία και για φαρμακευτικούς σκοπούς ανάγεται στο 3000 π.Χ. Η ασφαλτος αποτέλεσε σημαντικό εμπορικό προϊόν της Μεσοποταμίας και αναφέρεται από τον Στράβωνα και τον Τάκιτο. Η νάφθα, σε συνδυασμό με ασβέστη και άλλες προσμίξεις, ήταν το κύριο υλικό που χρησιμοποιούσαν οι Βυζαντινοί του 7ου μ.Χ. αιώνα στο περίφημο «υγρό πυρ» (Greek fire).

Τα πεδία αυτά περιγράφονται από τον Άραβα γεωγράφο Αμπού αλ-Χασάν Αλί αλ-Masudí τον 10ο αιώνα, και του Marco Polo στον 13ο αιώνα, ο οποίος περιέγραψε την έξοδο αυτών των φρεατίων. Υπήρχε παραγωγή των χημικών ουσιών, όπως η κηροζίνη στην άμβυκα (al-ambiq), η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για λάμπες κηροζίνης. Άραβες και πέρσες χημικοί περιγράφουν της απόσταξη αργού πετρελαίου, προκειμένου να παράγουν εύφλεκτα προϊόντα για στρατιωτικούς σκοπούς. Μέσω της Ισπανίας, η απόσταξη έγινε διαθέσιμη στη Δυτική Ευρώπη από τον 12ο αιώνα. Έχει επίσης παρουσία καταγράφεται στη Ρουμανία από τον 13ο αιώνα. Το πετρέλαιο αξιοποιήθηκε στη ρωμαϊκή επαρχία της Δακίας, σημερινή ως Ρουμανία, όπου ονομαζόταν «picula» ή «păcură».

Η παλαιότερη αναφορά του πετρελαίου στην Αμερική εμφανίζεται για λογαριασμό του «Sir Walter Raleigh», το 1595. Ο σουηδός επιστήμονας και μαθητής του Carl Linnaeus, Peter Kalm, στο έργο του «Ταξιδεύοντας στη Βόρεια Αμερική» που δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το 1753 έδειχνε στο χάρτη τα κοιτάσματα πετρελαίου της Πενσυλβάνια. <sup>[13]</sup> Το 1710 ή το 1711, η γεννημένη στη Ρωσία Ελβετός γιατρός και Έλληνας εκπαιδευτικός Eirini d'Eyrinys ανακάλυψε ασφαλτο στο Val-de-Travers, (Neuchâtel). Εκεί ίδρυσε ένα ορυχείο ασφάλτου το 1719 το οποίο λειτούργησε μέχρι

---

<sup>13</sup> Petroleum". *Concise Oxford English Dictionary*

το 1986. <sup>[14]</sup> Η πρώτη περιγραφή απόσταξης πετρελαίου καταγράφεται σε ένα φυλλάδιο που εκδόθηκε το 1625 στο Στρασβούργο. Κατά την προσεχτική απόσταξη αργού πετρελαίου, εκτός από τα βαριά κλάσματα που είναι κατάλληλα για φαρμακευτικές χρήσεις, λαμβάνονταν και κλάσματα που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για λίπανση αξόνων, στη βαφική και ως φωτιστικό πετρέλαιο στις λάμπες. Από το τέλος του 17ου αιώνα χρονολογείται ευρεσιτεχνία στην Αγγλία που περιγράφει την επεξεργασία πισσούχων σχιστόλιθων (κονιοποίηση και απόσταξη) στο Pitchford-on-Severn με προϊόντα το διαλύτη «νέφτι» και την πίσσα (pitch). Το 1712 ένας Έλληνας γιατρός στο Neuchâtel της Ελβετίας εφηύρε τα επικαλυπτικά υλικά που περιείχαν άσφαλο και τριμμένα πετρώματα. Το 1745 υπό την αυτοκράτειρα Ελισάβετ της Ρωσίας χτίστηκε το πρώτο διυλιστήριο στο Ukhta από τον Φιοντόρ Priadunov. Μέσα από τη διαδικασία της προγραμματισμένης απόσταξης του πετρελαίου ελάμβανε κηροζίνη, μια ουσία η οποία χρησιμοποιείται σε λάμπες πετρελαίου από τις ρωσικές εκκλησίες και μοναστήρια. Μορφές πετρελαίου, είχαν εξορυχτεί από 1745 σε Merkwiler-Pechelbronn, στην Αλσατία, υπό τη διεύθυνση του Pierre Louis Ancillon de la Sablonnière, με ειδικό διορισμό του Louis XV. Το πεδίο πετρελαίου Pechelbronn ήταν ενεργό μέχρι το 1970, και ήταν η γενέτειρα των εταιρειών όπως η Antar και η Schlumberger. Έπρεπε όμως να περάσουν εβδομήντα και πλέον χρόνια για να αρχίσει κάπως να γενικεύεται η χρήση βελτιωμένων υλικών του πετρελαίου.

Η σύγχρονη βιομηχανία πετρελαίου δεν προήλθε πάντως από τις παραπάνω χρήσεις, αλλά από την ανάγκη για καλύτερο και αποδοτικότερο φωτισμό στη δεκαετία του 1850. Άλλωστε, η ίδια ανάγκη οδήγησε και στην τεχνολογία παραγωγής του φωταερίου από άνθρακα. Στην παραπάνω δεκαετία άρχισε να διατίθεται για φωτισμό το φωτιστικό πετρέλαιο ή παραφινέλαιο (paraffin-oil) στην Αγγλία (προερχόμενο από τους βιτουμειούχους σχίστες της Σκοτίας), ενώ στην Αμερική το ίδιο υλικό, με το όνομα κηροζίνη, παραγόταν από την άσφαλο του Τρινιντάντ. Το υλικό αυτό αντικατέστησε το όλο και ακριβότερο λίπος των φαλαινών που χρησιμοποιούνταν ως τότε για φωτιστικό έλαιο. Οι πρώτες σχετικά προηγμένες τεχνολογικά γεωτρήσεις (που είχαν δανειστεί αρκετές ιδέες από τους Κινέζους) έγιναν μετά το 1830 για την

---

<sup>14</sup> "Libyan tremors threaten to rattle the oil world" *The Hindu* (Chennai, India). March 1, 2011// Oxford English Dictionary online edition, entry "petroleum" // Bauer (1546) /One or more of the preceding sentences incorporates text from a publication now in the **public domain**: Chisholm, Hugh, ed. (1911). "Petroleum"//*Encyclopædia Britannica* (11th ed.). Cambridge University Press.

εύρεση νερού ή ορυκτών αλάτων. Δεν ήταν λίγες οι φορές όμως που έπεφταν επάνω σε φλέβες πετρελαίου.

Το 1847, η διαδικασία για την απόσταξη κηροζίνης από το πετρέλαιο εφευρέθηκε από τον James Young. Παρατήρησε μια φυσική διαρροή από το πετρέλαιο στο ανθρακωρυχείο Riddings σε Alfreton, Derbyshire από το οποίο αποστάζεται ένα ελαφρύ λεπτό πετρέλαιο κατάλληλο για χρήση ως φωτιστικό πετρέλαιο, ταυτόχρονα παράγεται ένα παχύρευστο έλαιο κατάλληλο για τη λίπανση μηχανημάτων. Το 1848 λοιπόν δημιούργησε μια μικρή επιχείρηση διύλισης αργού πετρελαίου.

Ο Young τελικά πέτυχε, με απόσταξη, τη δημιουργία ενός ρευστού που μοιάζει με πετρέλαιο, το οποίο όταν κατεργάζεται με τον ίδιο τρόπο όπως το λάδι δίνει παρόμοια προϊόντα. Ο Young διαπίστωσε ότι με βραδεία απόσταξη θα μπορούσε να λάβει έναν αριθμό χρήσιμων υγρών από αυτό, ένα από τα οποία ονόμασε « έλαιο παραφίνης». Η παραγωγή αυτών των ελαίων και της παραφίνης από τον άνθρακα αποτέλεσε το αντικείμενο του διπλώματος ευρεσιτεχνίας του James Young με ημερομηνία 17 Οκτωβρίου 1850. Το 1850 ο Young & Meldrum και ο Edward William Binney συνάπτουν συνεργασία με τον τίτλο EW Binney & Co. στο Bathgate σε West Lothian και με τίτλο E. Meldrum & Co. στη Γλασκώβη. Τα έργα τους στο Bathgate ολοκληρώθηκαν το 1851 και γίνεται ο πρώτος που εμπορεύεται πετρέλαιο στον κόσμο, με το πρώτο σύγχρονο διυλιστήριο πετρελαίου, χρησιμοποιώντας έλαιο που εξάγεται από τοπικά κοιτάσματα. Παράγει ασφαλτο νάφθα και λιπαντικά έλαια. Να σημειωθεί πώς η παραφίνη για τη χρήση καυσίμων και η στερεά παραφίνη δεν πωλούνταν μέχρι το 1856.

Το πρώτο σύγχρονο διυλιστήριο χτίστηκε εκεί το 1857. Αν και η πρώτη ηθελημένη προσπάθεια για ανόρυξη γεώτρησης πετρελαίου ξεκίνησε τον Απρίλιο του 1857 στο Αμβούργο (και την ίδια χρονιά ολοκληρώθηκαν δύο χειροποίητες γεωτρήσεις στο Πλοέστι της Ρουμανίας), συχνά αναφέρεται ως απαρχή της εποχής του πετρελαίου η ανόρυξη γεώτρησης στις 27 Αυγούστου του 1859 στο Titusville της Πενσυλβάνιας από τον Edwin L. Drake, κατόπιν παραγγελίας του βιομηχάνου G.H. Bissell. Το βάθος της επιτυχούς αυτής γεώτρησης ήταν μόλις 69½ ft (21 m). Μέσα σε 15 χρόνια η παραγωγή πετρελαίου στην Πενσυλβάνια έφτασε τα 10 εκατομμύρια βαρέλια ετησίως.

Αρχικά, για την απόσταξη του αργού πετρελαίου χρησιμοποιούνταν οριζόντιοι κυλινδρικοί αποστακτήρες που θερμαίνονταν με ατμό και παρήγαγαν τρία κύρια προϊόντα: (1) τη βενζίνη (το ελαφρύτερο κλάσμα, που αρχικά θεωρήθηκε επικίνδυνο



και άχρηστο),(2) την κηροζίνη και (3) το βαρύ υπόλειμμα που πωλούνταν ως καύσιμο. Μέχρι το 1880 στην Αμερική η όλη διεργασία απόσταξης γινόταν σε παρτίδες (διαλείπουσα διεργασία), ενώ στην Ευρώπη είχε εισαχθεί η συνεχής διεργασία. Η έλευση του ηλεκτρισμού στη δεκαετία του 1880 και η συνεχής γενίκευση του ηλεκτρικού φωτισμού άρχισε να κάνει δύσκολη τη χρήση της κηροζίνης και να πιέζει τις τιμές του πετρελαίου προς τα κάτω. Έπρεπε να βρεθούν νέες χρήσεις των προϊόντων πετρελαίου. Αρχικά, το 1878, παρουσιάστηκε η σόμπα πετρελαίου στην Διεθνή Έκθεση του Παρισιού. Μέσα σε ένα χρόνο πουλήθηκαν μισό εκατομμύριο σόμπες. Έπρεπε όμως να περάσουν άλλα 25 χρόνια για να αρχίσει να παίρνει επάνω της η βιομηχανία πετρελαίου με τη μαζική παραγωγή βενζινοκίνητων αυτοκινήτων. Η εφεύρεση του βενζινοκινητήρα από τους Daimler και Benz το 1885 έφερε τη μεγάλη επανάσταση στη χρησιμοποίηση των προϊόντων του πετρελαίου ως καύσιμα αυτοκινήτων. Η σημαντική αύξηση της κυκλοφορίας των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων είχε ως συνέπεια να παρατηρηθεί έλλειψη σε βενζίνη με ταυτόχρονο πλεόνασμα σε κηροζίνη, λόγω της αυξανόμενης χρήσης των ηλεκτρικών λαμπτήρων. Η αλλαγή των δεδομένων της αγοράς ήταν η κύρια αιτία για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που θα παρήγαγαν επιπλέον βενζίνη χρησιμοποιώντας τα βαρέα κλάσματα.

Ένα ακόμα διωλιστήριο χτίστηκε από τον Ιγκνάσι Λουκασιέβιτς, παρέχοντας μια φθηνότερη εναλλακτική λύση από το λάδι της φάλαινας. Η ζήτηση για το πετρέλαιο ως καύσιμο για το φωτισμό στη Βόρεια Αμερική και σε όλο τον κόσμο αυξήθηκε γρήγορα. Η πετρελαιοπηγή του Edwin Drake το 1859 κοντά στο Titusville στην Πενσυλβάνια, θεωρείται ευρέως η πρώτη σύγχρονη πετρελαιοπηγή. Η πετρελαιοπηγή Drake πιθανώς ξεχώρισε επειδή ήταν διάτρητη, δεν χρειαζόταν να σκάβεται. Χρησιμοποιήθηκε ατμομηχανή και υπήρχε μια εταιρεία που συνδέεται με αυτό. Τέλος έγινε γνωστή επειδή πυροδότησε μεγάλη έκρηξη στην περιοχή.<sup>[15]</sup>

Ωστόσο, υπήρχε σημαντική δραστηριότητα πριν από την πετρελαιοπηγή Drake σε διάφορα μέρη του κόσμου στα μέσα του 19ου αιώνα. Μια ομάδα που κατευθύνεται από τον Alexeyev του Bakinskii του Σώματος Μεταλλειολόγων, έσκαψαν σε πηγή στην περιοχή Μπακού το 1848.<sup>[16]</sup> Μια από τις πρώτες εμπορικές πηγές διανοίχτηκε στην Πολωνία το 1853, και μια ακόμη πηγή στη γειτονική Ρουμανία το 1857. Την

<sup>15</sup> Vassiliou, M. S. (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Lanham, MD: Scarecrow Press (Rowman & Littlefield), 700pp

<sup>16</sup> McKain, David L., and Bernard L. Allen. *Where It All Began: The Story of the People and Places Where the Oil Industry Began—West Virginia and South-eastern Ohio*. Parkersburg, W.Va.: David L. McKain, 1994.

ίδια περίπου ώρα το πρώτο στον κόσμο, μικρό, διωλιστήριο πετρελαίου δημιουργήθηκε στο Jaslo στην Πολωνία και ένα μεγαλύτερο ανοίχτηκε λίγο αργότερα στο Πλοέστι της Ρουμανίας. Η Ρουμανία είναι η πρώτη χώρα στον κόσμο που είχε η ετήσια παραγωγή αργού πετρελαίου και καταγράφεται επίσημα σε διεθνείς στατιστικές: 275 τόνοι για το 1857. <sup>[17]</sup>

Η πρώτη εμπορική πετρελαιοπηγή στον Καναδά άρχισε να λειτουργεί το 1858 στη Oil Springs, στο Οντάριο (Καναδάς τότε Δυτική). <sup>[18]</sup> Ο επιχειρηματίας James Miller Williams έσκαψε αρκετά φρεάτια μεταξύ 1855 και 1858, πριν την ανακάλυψη του ενός πλούσιου σε απόθεμα πετρελαίου τέσσερα μέτρα κάτω από το έδαφος. Ο William εξήγαγε 1,5 εκατομμύρια λίτρα αργού πετρελαίου κατά το 1860, από τη συνολική διύλιση μεγάλο μέρος της αποτελούσε το φωτιστικό πετρέλαιο για λάμπες πετρελαίου.

Η ανακάλυψη των κοιτασμάτων πετρελαίου πυροδότησε μια έκρηξη του πετρελαίου που έφερε ως συνέπεια εκατοντάδες κερδοσκόπους και εργαζόμενους στην περιοχή. Προκαταβολές σε γεωτρήσεις συνεχίστηκαν και το 1862, όταν οι τοπικές γεωτρήσεις Shaw είχαν φθάσει σε βάθος 62 μέτρων. Στις 16 Ιανουαρίου, 1862, μετά από έκρηξη φυσικού αερίου η πρώτη πετρελαιοπηγή στον Καναδά τέθηκε σε παραγωγή, παράγοντας σε ένα καταγεγραμμένο ποσοστό 3.000 βαρέλια την ημέρα. Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα η Ρωσική Αυτοκρατορία, ειδικότερα η εταιρεία Branobel στο Αζερμπαϊτζάν, είχε πάρει το προβάδισμα στην παραγωγή. <sup>[19]</sup>

Η πρόσβαση στο πετρέλαιο ήταν και εξακολουθεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε πολλές στρατιωτικές συγκρούσεις του εικοστού αιώνα, συμπεριλαμβανομένης του Β 'Παγκοσμίου Πολέμου, κατά τη διάρκεια του οποίου οι εγκαταστάσεις πετρελαίου ήταν ένα σημαντικό στρατηγικό πλεονέκτημα για όλους καθώς και στόχος για βομβαρδισμό από τους αντίπαλους. <sup>[20]</sup> Η γερμανική εισβολή στη Σοβιετική Ένωση περιελάμβανε το στόχο να συλλάβει τις πετρελαιοπηγές του Μπακού, καθώς θα παρέχει τις αναγκαίες σε πετρέλαιο προμήθειες για το γερμανικό στρατό, ο οποίος πλήττονταν. Η εξερεύνηση πετρελαίου στη Βόρεια Αμερική στις αρχές του 20ου αιώνα, οδήγησε τις ΗΠΑ να γίνει ο μεγαλύτερος παραγωγός από τα μέσα αιώνα και μετά. Παρόλο που η παραγωγή πετρελαίου στις ΗΠΑ κορυφώθηκε

---

<sup>17</sup>The History Of Romanian Oil Industry// "Thomas Eakins - Scenes from Modern Life: World Events: 1844 - 1856 - PBS

<sup>18</sup> Oil Museum of Canada, Black Gold: Canada's Oil Heritage, Oil Springs: Boom & Bust

<sup>19</sup> May, Gary. Hard Oiler! The Story of Early Canadians' Quest for Oil at Home and Abroad. Dundurn Press, 1998, p 43//Ford, R. W. A History of the Chemical Industry in Lambton County, 1988, p 5//Akiner(2004), p. 5

<sup>20</sup> Hanson Baldwin, 1959, "Oil Strategy in World War II", American Petroleum Institute Quarterly Centennial Issue, pages 10-<sup>11</sup>. American Petroleum Institute

κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, η Σαουδική Αραβία και η Σοβιετική Ένωση ξεπέρασαν σε παραγωγή τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Σήμερα, περίπου το 90 % των αναγκών σε καύσιμα των οχημάτων που καλύπτονται από το πετρέλαιο. Πετρέλαιο καλύπτει επίσης το 40 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες, που είναι υπεύθυνες μόνο για το 1 % της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πετρέλαιο αξιόνεται ως μια φορητή, πυκνή πηγή ενέργειας που τροφοδοτεί τη συντριπτική πλειονότητα των οχημάτων και ως βάση πολλών βιομηχανικών χημικών προϊόντων και το καθιστούν ως ένα από τα σημαντικότερα αγαθά του κόσμου. Η βιωσιμότητα του εμπορεύματος πετρελαίου ελέγχεται από πολλές σημαντικές παραμέτρους, ο αριθμός των οχημάτων στον κόσμο, που ανταγωνίζονται για τα καύσιμα, την ποσότητα του πετρελαίου που εξαγονται στην παγκόσμια αγορά (εξαγωγή Land Model), το Καθαρό Κέρδος Ενέργειας (οικονομικά ωφέλιμη ενέργεια που παρέχεται μείον την ενέργεια που καταναλώνεται), η πολιτική σταθερότητα των εθνών εξαγωγής πετρελαίου και την ικανότητα για να υπερασπιστεί τις γραμμές εφοδιασμού με πετρέλαιο.

Οι τρεις πρώτες χώρες που παράγουν πετρέλαιο είναι η Ρωσία, η Σαουδική Αραβία και οι Ηνωμένες Πολιτείες Περίπου το 80 % των εύκολα προσβάσιμων αποθεμάτων στον κόσμο, βρίσκονται στη Μέση Ανατολή, με 62,5 % να προέρχεται από την αραβική χερσόνησο : Σαουδική Αραβία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Ιράκ , το Κατάρ και το Κουβέιτ. Ένα μεγάλο μέρος του συνολικού πετρελαίου στον κόσμο υπάρχει ως μη συμβατικές πηγές, όπως η άσφαλτος στον Καναδά και το έξτρα βαρύ πετρέλαιο στη Βενεζουέλα.

Η βιομηχανία πετρελαίου επομένως δεν είναι πρόσφατη. Η σημερινή κατάσταση του πετρελαίου ως το βασικό συστατικό της πολιτικής, της κοινωνίας και της τεχνολογίας έχει τις ρίζες της στις αρχές του 20ου αιώνα. Η εφεύρεση της μηχανής εσωτερικής καύσης είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση της σημασίας του πετρελαίου.

## 2.1 ΧΗΜΕΙΑ - ΣΥΝΘΕΣΗ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Το πετρέλαιο περιλαμβάνει μόνο το αργό πετρέλαιο, αλλά στην κοινή χρήση της έννοιας περιλαμβάνει όλα τα υγρά, αέρια και τους στερεούς υδρογονάνθρακες. Κάτω από την επιφανειακή πίεση και σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο εμφανίζονται ως αέρια, ενώ το πεντάνιο και βαρύτερα από αυτά είναι υπό την μορφή υγρών ή στερεών. Ωστόσο, σε μια υπόγεια δεξαμενή οι αναλογίες των αερίων των υγρών και των στερεών εξαρτώνται από τις συνθήκες κάτω από την επιφάνεια και στο διάγραμμα φάσης του μίγματος πετρελαίου.

Μια πετρελαιοπηγή παράγει κυρίως αργό πετρέλαιο, με κάποιο ποσοστό φυσικού αερίου να διαλύεται σε αυτό. Υπογείως λοιπόν μέρος του αερίου θα βγει από το διάλυμα και θα ανακτηθεί (ή θα καεί) ως αέριο διάλυμα. Ωστόσο, επειδή η υπόγεια θερμοκρασία και η πίεση είναι υψηλότερη από ό,τι στην επιφάνεια, το αέριο μπορεί να περιέχει βαρύτερους υδρογονάνθρακες όπως πεντάνιο, εξάνιο και επτάνιο σε αέρια κατάσταση. Σε συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια, τα αέρια θα συμπυκνωθούν για να σχηματιστεί συμπύκνωμα φυσικού αερίου. Η μορφή συμπυκνώματος αυτή έχει την όψη βενζίνης και έχει παρόμοια χημική σύνθεση με κάποια παράγωγα πετρελαίου. Το ποσοστό των ελαφρών υδρογονανθράκων στο μίγμα πετρελαϊκού ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων πεδίων πετρελαίου,

Composition by weight	
Element	Percent range
Carbon	83 to 85%
Hydrogen	10 to 14%
Nitrogen	0.1 to 2%
Oxygen	0.05 to 1.5%
Sulfur	0.05 to 6.0%
Metals	< 0.1%

που κυμαίνονται από 97 % κατά βάρος στα ελαφρύτερα έλαια και ως 50 % στα βαρύτερα έλαια και στις πίσσες.

Οι υδρογονάνθρακες του αργού πετρελαίου είναι ως επί το πλείστον αλκάνια, κυκλοαλκάνια και διάφοροι αρωματικοί υδρογονάνθρακες ενώ οι άλλες οργανικές ενώσεις περιέχουν άζωτο, οξυγόνο και θείο, και ίχνη μετάλλων όπως ο σίδηρος, το νικέλιο, το χαλκό και το βανάδιο. Η ακριβής μοριακή σύνθεση ποικίλλει σημαντικά από το σχηματισμό σε σχηματισμό, αλλά η αναλογία των χημικών στοιχείων ποικίλλουν κάτω από αρκετά στενά όρια.

Το αργό πετρέλαιο ποικίλει δραματικά στην εμφάνιση ανάλογα με τη σύνθεση. Είναι συνήθως μαύρο ή σκούρο

**Πίνακας 5** καφέ, μπορεί όμως να είναι και κίτρινο, κόκκινο ή ακόμα και πρασινωπό. Στα κοιτάσματα πετρελαίου βρίσκεται συνήθως σε συνδυασμό με το

φυσικό αέριο, το οποίο είναι ελαφρύτερο και σχηματίζει ένα κάλυμμα αερίου πάνω από το πετρέλαιο. Το αλμυρό νερό το οποίο, είναι βαρύτερο από τις περισσότερες μορφές του αργού πετρελαίου, βυθίζεται κάτω από αυτό. Αργό πετρέλαιο μπορεί επίσης να βρεθεί σε ημι-στερεά μορφή αναμεμιγμένο με άμμο και νερό, όπως στον Καναδά, όπου συνήθως αναφέρεται ως ακατέργαστο μπετό.

Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον, σε όγκο, για την παραγωγή πετρελαίου και της βενζίνης, δύο σημαντικές πηγές «πρωτογενής ενέργειας». Το 84 τοις εκατό κατ'όγκο των υδρογονανθράκων που υπάρχουν στο πετρέλαιο μετατρέπεται σε πλούσια σε ενέργεια καύσιμα (καύσιμα με βάση το πετρέλαιο), συμπεριλαμβανομένων και των καυσίμων, ντίζελ, τζετ, θέρμανση άλλα πετρέλαια και υγραέριο. Τα ελαφρά κλάσματα του αργού πετρελαίου παράγουν τις καλύτερες αποδόσεις αυτών των προϊόντων, αλλά καθώς τα αποθέματα παγκοσμίως σε ελαφρύ πετρέλαιο εξαντλούνται, τα διωλιστήρια πετρελαίου που επεξεργάζονται το βαρύ πετρέλαιο και την πίσσα ολοένα αυξάνονται, χρησιμοποιώντας πιο πολύπλοκες και δαπανηρές μεθόδους για την παραγωγή των προϊόντων που απαιτούνται. Επειδή το βαρύτερο αργό πετρέλαιο περιέχει πάρα πολύ άνθρακα και δεν είναι αρκετό σε υδρογόνο, αυτές οι μέθοδοι γενικά εμπλέκουν την αφαίρεση του άνθρακα από ή με την προσθήκη του υδρογόνου στα μόρια. Έτσι χρησιμοποιώντας ρευστή καταλυτική πυρόλυση για τη μετατροπή των πιο πολύπλοκων μορίων σε απλούστερα όπως αυτών στα καύσιμα.

Λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, της εύκολης μεταφοράς και της σχετικής αφθονίας, το πετρέλαιο έχει γίνει η πιο σημαντική πηγή ενέργειας στον κόσμο από τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Το πετρέλαιο είναι η πρώτη ύλη για πολλά χημικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των φαρμακευτικών προϊόντων, τους διαλύτες, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα και τα πλαστικά. Το 16 % που δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μετατρέπεται σε άλλα υλικά. Το πετρελαίου βρίσκεται σε πορώδη πετρώματα σε ανώτερα στρώματα ορισμένων περιοχών του φλοιού της Γης. Υπάρχει επίσης πετρέλαιο σε άμμους πετρελαίου (άμμοι πίσσα).

Τα κοιτάσματα πετρελαίου συνήθως υπολογίζονται σε 3,74 τρισεκατομμύρια βαρέλια. Η κατανάλωση είναι σήμερα περίπου 84 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα, ή 4,9 km<sup>3</sup> ανά έτος. Το οποίο με τη σειρά του δίνει ένα υπόλοιπο προσφοράς πετρελαίου περίπου 120 χρόνια, εάν η τρέχουσα ζήτηση παραμείνει σταθερή.

### 2.1.1 Χημεία

Το αργό πετρέλαιο είναι το όνομα που έχει δοθεί σε όλα τα οργανικά συστατικά που είναι σε υγρή μορφή στις συνθήκες του κοιτάσματος. Μπορούν να στερεοποιηθούν εν μέρει στην επιφάνεια λόγω εκτόνωσης και της ψύξης. Το πετρέλαιο είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων σε κυμαινόμενες αναλογίες που συνοδεύονται από συστατικά που περιέχουν ετεροάτομα όπως θείο, οξυγόνο, άζωτο και φωσφόρος.

Το πετρέλαιο είναι ένα μίγμα από έναν πολύ μεγάλο αριθμό διαφορετικών υδρογονανθράκων. Τα συνηθέστερα μόρια είναι τα αλκάνια (παραφίνες), τα κυκλοαλκάνια (ναφθένια), οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και πιο περίπλοκες χημικές ουσίες όπως τα ασφαλτένια. Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο είναι υγρό πέτρωμα, μείγμα υδρογονανθράκων, δηλαδή ουσιών που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, κατά ένα μεγάλο μέρος της σειράς των αλκανίων, που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις και το οποίο βρίσκεται μέσα σε πορώδη πετρώματα στα ανώτερα στρώματα μερικών περιοχών τού φλοιού της Γης.

Οι υδρογονάνθρακες μπορεί να είναι παρόντες σε τρεις τύπους μοριακών δομών: ευθείας αλυσίδας, διακλαδωμένης αλυσίδας και δακτυλίου. Τα μεγαλύτερα και συνθετότερα μόρια υδρογονανθράκων αποτελούνται από συνδυασμούς αυτών των δομών. Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες, γνωστοί και ως παραφίνες ή αλκάνια και κυκλοαλκάνια (που ονομάζονται και ναφθένια). Ολεφίνες και αλκένια, δηλαδή ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, δεν περιλαμβάνονται κανονικά στο ακατέργαστο πετρέλαιο όμως διαμορφώνονται στις διεργασίες επεξεργασίας, όπως στην πυρόλυση και στην αφυδρογόνωση. Παρούσες στο ακατέργαστο πετρέλαιο είναι επίσης αρωματικές ενώσεις σε μια ποικιλία συγκεντρώσεων, είτε απλές (πχ βενζόλιο), ή συμπυκνωμένες πολυπυρηνικές και συστήματα αρωματικών δακτυλίων με πλευρικές παραφινικές ή ολεφινικές υποκαταστάσεις.

Σε μικρές συγκεντρώσεις περιλαμβάνονται μη υδρογονανθρακικές θειούχες ενώσεις (υδρόθειο, μερκαπτάνες, σουλφίδια, δισουλφίδια, πολυσουλφίδια και θειοφαίνια) και αζωτούχες ενώσεις, που είναι γενικά ανεπιθύμητες κατά την επεξεργασία, ως διαβρωτικές για τον εξοπλισμό, δηλητηριώδεις για τους καταλύτες και συμβάλλουσες στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τον σχηματισμό διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου αντίστοιχα, όταν καίγονται. Μη υδρογονανθρακικές

οξυγονούχες ενώσεις μπορεί να είναι παρούσες ως ναφθενικά οξέα, που είναι διαβρωτικά, και φαινόλες που προκαλούν προβλήματα οσμής.

Τέλος, σε συγκεντρώσεις ιχνών εμφανίζονται ενώσεις μετάλλων πχ βαναδίου, σιδήρου, νικελίου που επίσης είναι ανεπιθύμητες, εφόσον λειτουργούν ως δηλητήρια καταλυτών.

Κάθε ποικιλία πετρελαίου έχει ένα μοναδικό συνδυασμό μορίων, τα οποία καθορίζουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες, όπως το χρώμα και το ιξώδες. Συστατικά σε μικρότερες αναλογίες είναι πορφυρίνες, μεταλλικά συστατικά που δημιουργούν τέφρα (συνήθως σουλφίδια βαναδίου, νικελίου, χαλκού, κοβαλτίου μολυβδαινίου, μολύβδου, χρωμίου και αρσενικού) καθώς και ανόργανα άλατα υδρόθειο και – ως τυπικό συστατικό του αργού πετρελαίου – νερό σε διάφορα ποσοστά. Οι διαφέρουσες αναλογίες ανάμιξης των συστατικών έχουν ως αποτέλεσμα διαφοροποιήσεις στις φυσικές και χημικές ιδιότητες.

Τα περισσότερα αργά πετρέλαια είναι οπτικά ενεργά. Τα βασικά συστατικά του πετρελαίου είναι παραφίνες, ναφθένια και αρωματικά. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν και προϊόντα οξειδωσης όπως τερπένια, ναφθενικά οξέα και φαινόλες. Ανάλογα με το πιο είναι το κύριο συστατικό γίνεται διάκριση μεταξύ αργών πετρελαίων παραφινικής βάσης και αργών πετρελαίων ναφθενικής ή ασφαλτούχου βάσης. Εάν σε ένα αργό πετρέλαιο περιέχονται και οι δύο τύποι υδρογονανθράκων σε υπολογίσιμες αναλογίες, τότε ονομάζεται αργό πετρέλαιο μικτής βάσης. Η αναλογία των αργών πετρελαίων σε παγκόσμια βάση περιλαμβάνει πάνω από 30% παραφίνες, τουλάχιστον 40% ναφθένια, και περίπου 25% αρωματικά. Τα ναφθενικής βάσης πετρέλαια – που περιέχουν ρητινούχα και ασφαλτικά συστατικά – βρίσκονται συχνά στα ανώτερα στρώματα του φλοιού της Γης, τα μικτής βάσης στα μεσαία στρώματα, ενώ τα παραφινικής βάσης πετρέλαια στα βαθύτερα στρώματα. Για δεκαετίες, το αργό πετρέλαιο χρησιμοποιείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καυσίμων κινητήρων, λιπαντικών, και καυσίμων θερμικών εγκαταστάσεων. Η χημική βιομηχανία χρησιμοποιεί επίσης το πετρέλαιο ως πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων.

### 2.1.2 Γένεση

Αν και η προέλευση του πετρελαίου δεν έχει πλήρως διαλευκανθεί, κατά την επικρατέστερη θεωρία, πιστεύεται ότι το πετρέλαιο δημιουργήθηκε κατά την περίοδο πριν από 100-300 εκατομμύρια χρόνια, όταν θαλάσσιοι φυτικοί μικροοργανισμοί (μονοκύτταρα φυτά – φυτοπλαγκτόν) και μονοκύτταροι ζωικοί μικροοργανισμοί (ζωοπλαγκτόν) συσσωρεύτηκαν, εξαιτίας διαφόρων τοπικών συνθηκών, και εγκλωβίστηκαν με τα χρόνια σε υδάτινους ταμιευτήρες (λίμνες, ωκεανούς), σχηματίζοντας μια αναερόβια μαύρη λάσπη. Με το χρόνο το πάχος των θαλάσσιων οργανικών αποθέσεων μεγάλωσε, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης που επενεργούσε επάνω τους

Για την ερμηνεία της δημιουργίας του πετρελαίου υπάρχουν πολλές και μάλιστα αλληλοσυγκρουόμενες θεωρίες. Παλαιότερα παραδέχονταν οι χημικοί και γεωλόγοι ερευνητές του αντικειμένου ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ανθρακομεταλλικές ενώσεις, τα λεγόμενα καρβίδια, όπως ακριβώς από το ανθρακαργίλιο που σχηματίζεται το μεθάνιο, από το ανθρακασβέστιο το ακετυλένιο, και από άλλα καρβίδια άλλοι κατώτεροι υδρογονάνθρακες όπως αυτοί που απαντώνται στο πετρέλαιο. Αν και η θεωρία αυτή ανάγει στη δημιουργία του πετρελαίου από ανόργανες πρώτες ύλες, είναι πράγματι ευφυής, παρά ταύτα σήμερα έχει τελείως εγκαταλειφθεί. Δύο από τους ισχυρότερους λόγους που αποτελούν τα επίμαχα και ισχυρά επιχειρήματα υπέρ της ακολουθούμενης σύγχρονης θεωρίας είναι η παρουσία αζωτούχων ενώσεων αφενός, και η εμφάνιση οπτικής στρωφικής ικανότητας ορισμένων πετρελαίων αφετέρου. Η δεύτερη αυτή θεωρία, που είναι και γενικότερα παραδεκτή ανάγει την δημιουργία του πετρελαίου σε φυτικές και ζωικές πρώτες ύλες.

#### **Οργανική Θεωρία**

Η οργανική θεωρία λέει ότι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο σχηματίστηκαν από τα υπολείμματα των φυτών και των ζώων. Οι επιστήμονες, που υποστηρίζουν αυτή τη θεωρία, πιστεύουν ότι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο σχηματίστηκαν από τα ερείπια μικροσκοπικά φυτά και ζώα που έζησαν στην προϊστορική ποτάμια και τις θάλασσες. Όταν αυτά τα φυτά και τα ζώα έχασαν τη ζωή τους σε συνδυασμό με την λάσπη σχημάτισαν στρώματα μίγματος που ονομάζονται ιζήματα. Μετά από χιλιάδες χρόνια, ένα παχύ στρώμα ιζήματος σχηματίζεται στον πυθμένα της θάλασσας και προστέθηκαν περισσότερα στρώματα το βάρος των νέων στρωμάτων με



διαβαθμισμένη πίεση προς τα κατώτερα στρώματα και μετατράπηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η υψηλή θερμότητα και πίεση, βακτήρια, χημικές αντιδράσεις αλλά και άλλες δυνάμεις μετασχημάτισαν αυτά τα ιζήματα σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Ο γεωλόγος Ποτονιέ ξεκίνησε να δέχεται πως το πετρέλαιο είναι προϊόν αποσύνθεσης ζωικών και φυτικών οργανισμών που εγκλείστηκαν μέσα στα πετρώματα σε μεγάλο βάθος στη Γη. Οπαδοί αυτού δέχονται επίσης πως οι εν λόγω οργανισμοί ήταν κυρίως θαλάσσιοι, ανάλογοι με εκείνους που αποτελούν το πλαγκτόν.

Τα λείψανα αυτών των οργανισμών παρασύρθηκαν από θαλάσσια ρεύματα και ανέμους και συγκεντρώθηκαν κατά μεγάλες ποσότητες στους τυθμένες θαλασσίων λεκανών (κόλπων, λιμνοθαλασσών κ.τ.λ.). Οι λεκάνες αυτές στη συνέχεια από διάφορες αναστατώσεις της επιφάνειας της Γης αποκλείστηκαν και καταχώθηκαν. Έτσι, εκ του αποκλεισμένου αυτού οργανικού υλικού προέκυψε με αποσύνθεση, υπό την επίδραση αναερόβιων βακτηρίων, το πετρέλαιο. Η θεωρία αυτή βασίστηκε επίσης στο γεγονός ότι στα διάφορα πετρέλαια βρέθηκαν επίσης ίχνη χλωροφύλλης και αιμίνης.

Η ύπαρξη των ενώσεων αυτών αποδεικνύει αφενός τη φυτική και ζωική προέλευση, αφετέρου ότι η δημιουργία αυτή έγινε κάτω από ήπια βιολογική δράση, δεδομένου ότι οι ενώσεις αυτές αποσυντίθενται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 250 βαθμών. Η θεωρία αυτή ενισχύεται ακόμη περισσότερο και από το γεγονός ότι τα πετρέλαια σήμερα εντοπίζονται πάντα σε τυπικά ιζηματογενή πετρώματα, ενώ στη βάση των πετρελαϊκών κοιτασμάτων ανευρίσκεται, σχεδόν πάντα, αλμυρό νερό.

### **Ανόργανη Θεωρία**

Άλλοι επιστήμονες πιστεύουν στην ανόργανη θεωρία που λέει ότι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο παρήχθησαν κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του ηλιακού συστήματος και της γης. Η ανόργανη θεωρία χρησιμοποιείται συχνά για να εξηγήσουν γιατί το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο βρίσκονται σε απροσδόκητες θέσεις και τις διαφορές στη χημική σύνθεση.

### 2.1.3 Σχηματισμός

Παρά τις έντονες συζητήσεις για πάνω από έναν αιώνα, με πολλές αντικρουόμενες απόψεις και εντατική έρευνα, ο σχηματισμός του πετρελαίου δε μπορεί να εξηγηθεί ικανοποιητικά. Οι συζητήσεις και η έρευνα συνεχίζονται ακόμη. Ρώσοι ειδικοί δεν εξαιρούν την πιθανότητα ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ανόργανα συστατικά (καρβίδια μμετάλλων και υπέρθερμο ατμό) αν και θεωρείται εν γένει δεδομένο ότι το πετρέλαιο είναι κυρίως οργανικής προέλευσης. Οι έρευνες για πιθανά πετρελαιοφόρα πετρώματα τις περασμένες δεκαετίες έχουν συμβάλλει σημαντικά στην υιοθέτηση αυτής της γνώμης. Όλες οι αποθέσεις στις ιζηματογενείς λεκάνες περιέχουν οργανικά υπολείμματα χερσαίων, λιμναίων, ποτάμιων και θαλάσσιων ειδών, η μετατροπή των οποίων υπό αναερόβιες συνθήκες – όπως μπορεί να επιδειχθεί εργαστηριακά – οδηγεί σε άσφαλτο (διαλυτή σε οργανικούς διαλύτες) ή κηρογόνο (kerogen) (αδιάλυτο σε οργανικούς διαλύτες). Τέτοια πετρώματα κατατάσσονται σε μητρικά πετρώματα ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε οργανικό υλικό. Σε κλαστικά ιζήματα, ένα μητρικό πετρελαιοφόρο πέτρωμα θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 0.5% κ.β. και σε ανθρακικά τουλάχιστον 0.3% κ.β. ολικού οργανικού άνθρακα (TOC). Ένα μητρικό πέτρωμα με περιεκτικότητα σε TOC πάνω από 4.0% κ.β. κατατάσσεται ως έξοχο.

Το αργό πετρέλαιο σχηματίζεται κυρίως από φυτοπλαγκτόν και βακτήρια.

Μια προϋπόθεση για το σχηματισμό πετρελαίου είναι η καταβύθιση και συσσώρευση του οργανικού υλικού στον πυθμένα θάλασσας ή λίμνης απουσία οξυγόνου, ώστε να μη μπορεί να αποσυντεθεί προς δημιουργία κηρογόνου. Αυτές οι συνθήκες επικρατούν π.χ. σε ευτροφικά θερμά νερά σε μεγάλα βάθη, όπου το νερό στο ιζήμα δεν περιέχει πια διαλυμένο οξυγόνο. Ιδανικές συνθήκες για αυτές τις προϋποθέσεις απαντώνται σε σαπροπηλούς στους οποίους αποσυντίθεται η οργανική ύλη από αναερόβια βακτήρια. Παρ' όλα αυτά, η πλειονότητα της οργανικής ύλης οξειδώνεται και ανακυκλώνεται ως CO<sub>2</sub>.

### 2.1.3.1 Στάδια Δημιουργίας

#### 1. Ανώριμο στάδιο (διαγένεση).

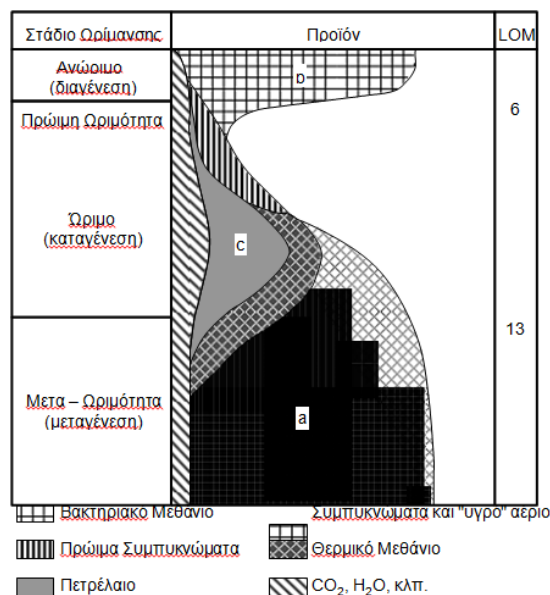
Στο στάδιο αυτό σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και πίεση και με τη βοήθεια βακτηριακής δράσης δημιουργείται το κηρογόνο (kerogen) και το βιογενές μεθάνιο (biogenic methane), το οποίο συμμετέχει περίπου κατά 20% στα παγκόσμια αποθέματα μεθανίου. Το κηρογόνο συνίσταται από άνθρακα (69-80%), υδρογόνο (7-11%), άζωτο (1,25-2,5%), θείο (1-8%) και οξυγόνο (9-17%).

#### 2. Ωριμο στάδιο.

Σε μεγαλύτερα βάθη και υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις το κηρογόνο μετατρέπεται σε αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο, όταν από το κηρογόνο απομακρύνθηκαν το οξυγόνο και το άζωτο με κάποιο μηχανισμό. Το αρχικό υγρό είναι μίγμα πετρελαίου και νερού, το οποίο με το χρόνο διαχωρίστηκε για να σχηματιστούν τα κοιτάσματα πετρελαίου.

#### 3. Μέτα-ώριμο στάδιο.

Σε ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία το αργό πετρέλαιο μετατρέπεται σε φυσικό αέριο πλούσιο σε μεθάνιο. Επειδή το πετρέλαιο είναι ρευστό, μπορεί να «μεταναστεύσει» μέσα στο υπέδαφος καθώς σχηματίζεται. Απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό μεγάλων και οικονομικά ανακτήσιμων αποθεμάτων πετρελαίου είναι η παρουσία συγκεκριμένων γεωλογικών σχηματισμών: (α) ενός ταμιευτήρα (ή «λίμνης»- oil pool, reservoir) πετρελαίου και (β) ένα πέτρωμα-κάλυμμα («παγίδα»-oil trap, cap rock) του πετρελαίου. Ένας ταμιευτήρας πετρελαίου χαρακτηρίζεται από υψηλό πορώδες (3-30%) και ικανή διαπερατότητα. Με άλλα λόγια ένας ταμιευτήρας πετρελαίου είναι μια συλλογή σταγόνων πετρελαίου σε ένα αμμώδες ή πορώδες πέτρωμα. Οι υδρογονάνθρακες συσσωρεύονται κυρίως σε πορώδη ψαμμιτικά ή ασβεστολιθικά πετρώματα. Από την άλλη μεριά, μια «παγίδα» πετρελαίου είναι ένα σχηματισμός μη πορώδους πετρώματος που συγκρατεί στη θέση του το πετρέλαιο του ταμιευτήρα. Είναι φανερό ότι για να παραμείνουν στη θέση τους το πετρέλαιο και τα συνδεδεμένα αέρια, θα πρέπει να είναι παγιδευμένα έτσι ώστε να μη μεταναστεύσουν ούτε, κυρίως, προς στην επιφάνεια της γης, αλλά ούτε και πλευρικά. Τα πετρώματα-καλύμματα



Εικόνα 5 Γενικό σχήμα σχηματισμού υδρογονανθράκων

αποτελούνται συνήθως από σχιστόλιθους, αργίλους, ορυκτό αλάτι, γύψο κ.ά. Τα πετρώματα αυτά θα πρέπει να διαθέτουν πλαστικότητα, έτσι ώστε όταν δέχονται πιέσεις να ρηγματώνονται.

Ταμειυτήρες πετρελαίου μπορούν να σχηματιστούν με διαφορετικούς τρόπους. Το απλούστερο παράδειγμα είναι όταν διαστρωματωμένα ιζηματογενή πετρώματα (layered sedimentary rocks), που περικλείουν και ένα πέτρωμα-κάλυμμα, αναδιπλώνονται σε ένα αντίκλινο (Εικόνα 7).

-----  
Η ηλικία του πετρελαίου:

10%: από την Παλαιozoική εποχή (>240 εκατ. χρόνια)

70%: από την Μεσοζωική εποχή (<240 και >65 εκατ. χρόνια)

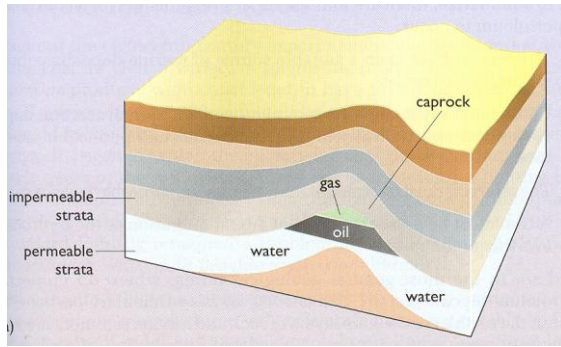
20%: από την Καινοζωική εποχή (<65 εκατ. χρόνια)

Κατά τη Μεσοζωική εποχή:

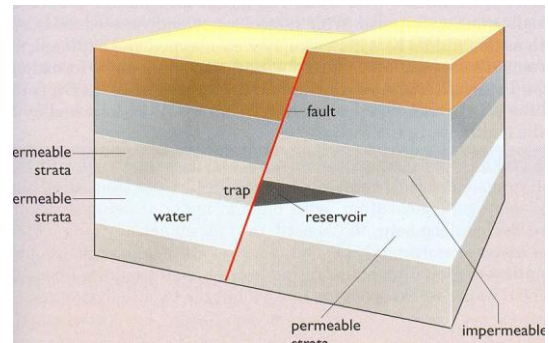
- Το κλίμα ήταν τροπικό.
- Το πλαγκτόν ήταν άφθονο στους ωκεανούς.
- Οι πυθμένες των ωκεανών ήταν στάσιμοι και χωρίς οξυγόνο, σε αντίθεση με τη σημερινή κατάσταση.

Εκεί είχε συσσωρευτεί μία μαύρη, πλούσια σε οργανικά, λάσπη. Ν. Ανδρίτσος, «Ενέργεια και Περιβάλλον» 98 περιοχές για αναζήτηση πετρελαίου για περισσότερα από 150 χρόνια, μια που σε τέτοιους γεωλογικούς σχηματισμούς βρίσκεται περίπου το 88% των πόρων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η κάλυψη ενός πετρώματος που περιέχει πετρέλαιο από πέτρωμα-κάλυμμα μπορεί να γίνει και λόγω συνδυασμού ρηγματών (faults), όπως φαίνεται στο (Εικόνα 6).

Άλλες περιπτώσεις που μπορούν να σχηματιστούν κυρτά ιζηματογενή στρώματα είναι η πτύχωση των ιζημάτων ως προς ένα υψηλό σημείο και ο σχηματισμός τοξωτής κλίνης από την κίνηση προς τα πάνω ενός θόλου άλατος. Στον ταμειυτήρα με τα χρόνια τα διάφορα ρευστά κατανέμονται σε σχεδόν οριζόντιες ζώνες ανάλογα με την πυκνότητά τους. Έτσι, το φυσικό αέριο βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα του ταμειυτήρα και το αλατούχο νερό (αλμόλοιπο-brine) στο κατώτερο.

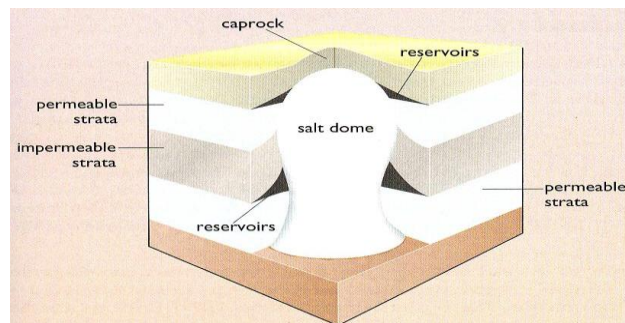


Εικόνα 7



Εικόνα 6

Έχουν προταθεί και θεωρίες για τη μη βιολογική προέλευση των υδρογονανθράκων, που βασίζονται κυρίως στην παρουσία υδρογονανθράκων και σε άλλα σώματα στο κοσμικό μας σύστημα. Μία ένδειξη για τη θεωρία αυτή αποτελεί η ύπαρξη του ισοτόπου  $^3\text{He}$  στο φυσικό αέριο και όχι του  $^4\text{He}$ , το οποίο επικρατεί στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 8 Γεωλογική παράσταση εγκλείσματος πετρελαίου με θόλο άλατος

Ακόμη και σε ρηχά βάθη έως τα 1000 m και σε θερμοκρασίες ως τους 50 °C το οργανικό υλικό που έχει εμπεδωθεί στο ίζημα μετατρέπεται σε κηρογόνο. Αυτή η διαγενετική διαδικασία εντείνεται με περαιτέρω κάλυψη και καταβύθιση και με αύξηση της θερμοκρασίας από τη θερμότητα του εσωτερικού της Γης. Αυτή η διαδικασία, γνωστή ως καταγένεση (catagenesis), προχωρά σε βάθη 1000 – 5000 m και θερμοκρασία μέχρι 175 °C περίπου (Σχήμα 1.1). Κατά την καταγένεση, το οργανικό υλικό αφυδρογονώνεται προς σχηματισμό μεθανίου και υδρογόνου και υγρών υδρογονανθράκων  $\text{C}_{13} - \text{C}_{30}$  με αυξανόμενη θερμοκρασία. Το οξυγόνο και το υδρογόνο διαφεύγουν από το μητρικό πέτρωμα σε σχέση με τον άνθρακα και το άζωτο, κι έτσι αυξάνει η σχετική αναλογία σε άνθρακα. Η αναλογία H/C μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας.

### **2.1.3.2 Σχηματισμός Κοιτασμάτων**

Ο σχηματισμός κοιτασμάτων είναι η συγκέντρωση άπειρου αριθμού σταγονιδίων πετρελαίου που σχηματίζονται στα μητρικά πετρώματα και στη συνέχεια απομακρύνονται από αυτά σε οικονομικά αξιοποιήσιμες συσσωρεύσεις.

Ο σχηματισμός κοιτασμάτων είναι το αποτέλεσμα της μετανάστευσης του πετρελαίου. Τα σωματίδια του πετρελαίου μεταναστεύουν από τα αργιλικά μητρικά πετρώματα σε πορώδη ταμιευτήρια πετρώματα που βρίσκονται συνήθως σε υψηλότερο επίπεδο (χαμηλότερο βάθος). Κατά τη διάρκεια αυτής της μετανάστευσης πραγματοποιείται σημαντική κλασμάτωση του αργού πετρελαίου ως αποτέλεσμα εκλεκτικής διήθησης, προσρόφησης και συμπύκνωσης.

### **2.1.3.3 Μετανάστευση**

Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η πραγματική συγκέντρωση του σχηματισμού του αποθέματος συμβαίνει μόνο μέσω μετανάστευσης στα στρώματα ή οριζόντιας δευτερογενούς μετανάστευσης, π.χ. μέσω διακίνησης και συσσώρευσης εντός του διαπερατού ορίζοντα του ταμιευτήρα. Κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης, το πετρέλαιο ανεβαίνει ψηλότερα σε σχέση με το νερό του ταμιευτήρα, λόγω της χαμηλότερης πυκνότητάς τους. Το πετρέλαιο επομένως συγκεντρώνεται στις υψηλότερες ζώνες του ταμιευτήρα, οι οποίες στεγανοποιούνται από υπερκείμενα στρώματα άμμου και άλατος. Με δεδομένο ότι ο βαρυτικός διαχωρισμός δεν παρεμποδίζεται, το μέτωπο του νερού περιορίζει τη στήλη του πετρελαίου προς το κάτω μέρος του ταμιευτήρα (επαφή νερού – πετρελαίου).

Πιθανά ταμιευτήρια πετρώματα είναι διαπερατοί και πορώδεις αμμόλιθοι και ασβεστόλιθοι. Έχουν μέσα πορώδη από περίπου 10% έως 40%.. Η ποιότητα των ταμιευτήριων πετρωμάτων προσδιορίζεται εκτός από το πορώδες τους και από τη διαπερατότητα, η οποία είναι αποφασιστικής σημασίας για την παραγωγική δυναμικότητα των πετρωμάτων. Τα κοιτάσματα πετρελαίου μπορούν να υπάρχουν σε όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς, υπό την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμα ταμιευτήρια πετρώματα. Τα ταμιευτήρια πετρώματα πρέπει να έχουν δομικές παγίδες από τα υπερκείμενα στεγανοποιητικά στρώματα όπως πηλός και στρώμα άλατος. Είναι επίσης σημαντικό οι δομικές παγίδες να υπήρχαν στο χώρο κατά τη διάρκεια του σχηματισμού και να έχουν παραμείνει κατά τη διάρκεια εξέλιξης των γεωλογικών περιόδων.

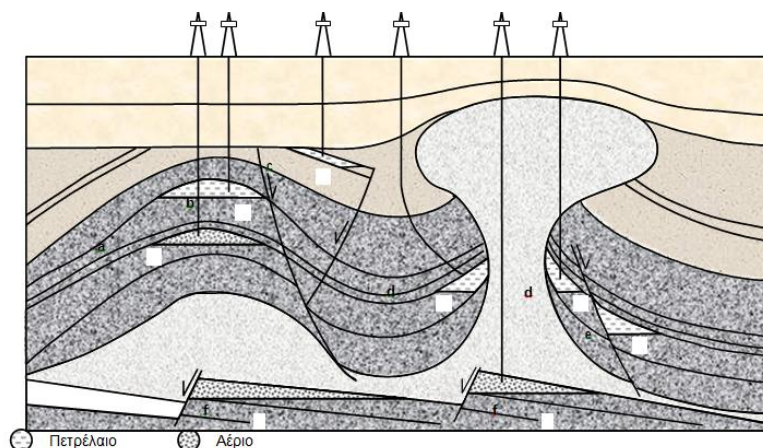
### 2.1.3.4 Ταμειυτήρια Πετρώματα

Η ποιότητα των αποθεμάτων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των ταμειυτήριων πετρωμάτων. Τα καλά ταμειυτήρια πετρώματα έχουν υψηλό πορώδες, άρα μπορούν να χωρέσουν σημαντική ποσότητα υδρογονανθράκων. Τέτοιου είδους πετρώματα είναι κυρίως αμμώδη πετρώματα όπως ξηρή άμμος (wind-blown sand), ποταμίσια άμμος (fluvial sands) προσχωματικές αποθέσεις (alluvial fans), άμμοι θαλάσσης (beach and barrier sands) άμμοι πυθμένα θαλασσών (marine platform sands), και άμμοι βαθιάς θάλασσας (deep-water sands).

Τα ανθρακικά ταμειυτήρια στρώματα μπορεί να είναι πολύ διαφορετικής ποιότητας. Έτσι ύφαλοι (reefs) ή ασβεστολιθικοί ύφαλοι (reef limestone debris) μπορούν να έχουν άριστες ταμειυτήριες ιδιότητες, αλλά κυρίως είναι μειωμένης έκτασης και μεταβλητής ποιότητας.

### 2.1.3.5 Δομικές Παγίδες

Ο τύπος των δομικών παγίδων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τεκτονικές μεταβολές του φλοιού της Γης τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι μετακινήσεις στα όρια των τεκτονικών πλακών οδηγούν σε μια ποικιλία σχημάτων παραμόρφωσης ως αποτέλεσμα των δυνάμεων σύνθλιψης και εκτόνωσης. Επομένως οι δομές μπορεί να είναι διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων. Οι βασικές δομικές παγίδες μπορούν επίσης να συνυπάρχουν.



**Εικόνα 9**  
**Σημαντικότεροι τύποι ταμειυτήριων και δομικές παγίδες**

- a)** Κάτω και άνω δομή (αντίκλινο), **b)** κοραλλιογενής ύφαλος, **c)** Κάτω από υπερκείμενο στρώμα (ασύμφωνος), **d)** Σε θόλο άλατος, **e)** Σε σύμμορφο καταφερές ρήγμα, **f)** Σε ανάστροφο καταφερές ρήγμα

Οι τύποι των δομικών παγίδων που μπορούν να παγιδεύσουν πετρέλαιο και φυσικό αέριο μπορεί να είναι πολύ διαφορετικής προέλευσης. Υπάρχουν αντίκλινα (a), κλίσεις, ρήγματα (d), έμβολα άλατος, και παράταιρες επικαλύψεις και μερικές φορές διαφοροποιήσεις σε συν-ιζηματικές που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης των στρωμάτων. Παρεμποδιστές της διαπερατότητας, που προκύπτουν ως αποτέλεσμα δευτερογενούς ανακρυστάλλωσης ή σχηματισμού νέων ορυκτών στους πόρους, οριζόντια φραγή του ταμιευτήρα σε με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί μια ειδική επιφάνεια ταμιευτήρα. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί συχνά σε συνδυασμό με ρήγματα. Οι πιο σημαντικές τεκτονικές παγίδες είναι τα αυχενικού σχήματος αντίκλινα και επίπεδες, ωσειδείς δομές, καθώς επίσης και μονόκλινα που προκύπτουν από αντίθετα ρήγματα. Οι ταμιευτήρες σε συνδυασμό με γεωλογικές παγίδες έχουν συνήθως τοξοειδή δομή στη μετωπική ζώνη και είναι μερικές φορές διατεταγμένοι, οπότε είναι γνωστοί ως ανεστραμμένες δομές. Οι πρώτοι ταμιευτήρες που ανακαλύφθηκαν ήταν συνδυασμένοι με θόλους άλατος (d), όπου είναι πιθανοί διάφοροι τύποι δομικών παγίδων στα άκρα και στο επάνω μέρος του θόλου. Στην περίπτωση των ασύμφωνων ταμιευτήρων (c), οι πορώδεις οριζόντες φράσσονται έπειτα από την κλίση και μερική απομάκρυνση των νεότερων αποθέσεων. Άλλες τυπικές εκφράσεις ταμιευτήρων είναι οι ύφαλοι (b), που είναι κυρίως κοραλλιογενείς, καθώς επίσης και παγίδες που έχουν προκύψει π.χ. από την αργιλίωση του αμμόλιθου με χαρακτηριστικά ταμιευτήρα. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια ομάδα ειδικών μορφών και συνδυασμένων τύπων ταμιευτήρων. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, είναι κοινό οι πορώδεις οριζόντες του ταμιευτήρα να καλύπτονται και να φράσσονται από αργιλούχα πετρώματα και στρώματα άλατος.



## 2.2 ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Οι πιθανότητες ύπαρξης πετρελαίου ή φυσικού αερίου σε μια ιζηματογενή λεκάνη πρέπει να επιβεβαιωθούν με ερευνητικά φρέατα. Το κόστος των φρεάτων – που αυξάνει εκθετικά με το βάθος, τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες και τα συνεχώς αυξανόμενα κόστη εξοπλισμού και προσωπικού – απαιτούν πριν τη διάνοιξη έντονη και δαπανηρή επιστημονική εξερεύνηση. Η εξερεύνηση απαιτεί ειδικότητες όπως γεωλόγους, γεωφυσικούς και γεωχημικούς. Καμία γεώτρηση δεν ξεκινά εάν οι επιστήμονες δεν έχουν ολοκληρώσει τους υπολογισμούς κερδοφορίας και δεν έχουν δώσει την έγκρισή τους. Μετά τον υπολογισμό του επενδυτικού ρίσκου πρέπει να γίνουν υπολογισμοί ως προς τη συνολική βιωσιμότητα του κοιτάσματος και τις πιθανότητες αποπληρωμής του έργου. Παρά την όλη προετοιμασία, η πιθανότητα διάνοιξης ξηρού φρέατος παραμένει υψηλή. Ο λόγος των παραγωγικών προς τα ξηρά φρέατα κυμαίνεται από 1:8 έως 1:6, και δεν έχει βελτιωθεί σημαντικά από τη δεκαετία του '50. Είναι επομένως απαραίτητο να ανακατασκευαστούν οι συνθήκες σχηματισμού των υδρογονανθράκων σε χρονολογικό και γεωγραφικό πλαίσιο, και να ελεγχθεί κατά πόσο τα ταμειυτήρια πετρώματα είναι σε θέση να παγιδεύσουν πετρέλαιο ή αέριο.

Η μέθοδος της σεισμικής ανάκλασης είναι το κύριο στοιχείο της σύγχρονης εξερεύνησης και κρίσιμο σχεδόν για κάθε φρέαρ. Αυτή η μέθοδος είναι σε συνεχή χρήση και ανάπτυξη για πάνω από τέσσερις δεκαετίες. Σε μια ήδη γνωστή περιοχή – πέρα από μελέτες για τις γεωλογικές δομές και το πάχος της ακολουθίας πετρωμάτων – η έρευνα ξεκινά με μετρήσεις σεισμικής ανάκλασης. Σε αντίθεση, σε περιοχές με μικρή γεωλογική εξερεύνηση, ή με λεκάνες μεγάλου βάθους, οι μετρήσεις αυτές αποτελούν το τέλος της γεωφυσικής προετοιμασίας.

### 2.2.1 Γεωλογική Έρευνα

Σε περιοχές με χαμηλή εξερεύνηση, και κυρίως στην ξηρά, η επιφανειακή γεωλογική έρευνα χρησιμοποιείται για την πρώτη αξιολόγηση και τη πιθανή οριοθέτηση προσδόκιμων ή μη προσδόκιμων. Η προϋπόθεση είναι εν μέρει η στερεογραφική ακολουθία να εξέχει εν μέρει τουλάχιστον στην επιφάνεια και να είναι προσπελάσιμη. Σε αυτή τη φάση της εξερεύνησης, ο αριθμός των λιγότερο εξερευνημένων περιοχών έχει μειωθεί σε μεγάλο βαθμό.

Στη δεκαετία του '80 ο αριθμός των προσδόκιμων ιζηματογενών λεκανών ήταν 700 περίπου. Από αυτές οι 350 είναι τουλάχιστον εν μέρει εξερευνημένες. Στις υπόλοιπες ιζηματογενείς λεκάνες, έχουν γίνει προκαταρκτικές γεωλογικές έρευνες, οι οποίες επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τη φύση και το πάχος των ιζημάτων. Με τη χρήση δορυφόρων υπάρχουν ακριβείς χάρτες για όλα τα μέρη του πλανήτη, στους οποίους οι γεωλόγοι εισάγουν τα ευρήματά τους. Εάν τα αποτελέσματα των ερευνών πεδίου δείξουν ότι υπάρχουν τα κριτήρια για προσδόκιμο κοιτάσμα πετρελαίου, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν ειδικές εξετάσεις δειγμάτων πετρώματος σε συνδυασμό με στρατιγραφική διερεύνηση ώστε να εντοπίσουν τα μητρικά και τα ταμιευτήρια πετρώματα, και να συλλέξουν στοιχεία για ύπαρξη πηλού ή άλλων συστατικών απαραίτητων για τη φραγή του ταμιευτήρα. Η ύπαρξη πετρελαίου ή αερίου καθώς και ιχνών ασφάλτου στα πετρώματα δεν επαρκούν για να προβλέψουν την ύπαρξη κοιτασμάτων πετρελαίου. Τα ίχνη ασφάλτου μπορούν να θεωρηθούν ένδειξη σχηματισμού και μετανάστευσης πετρελαίου.

## **2.2.2 Γεωφυσική Έρευνα**

### **2.2.2.1 Μη Σεισμικές Μέθοδοι**

Οι μη σεισμικές γεωφυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν ηλεκτρικές, μαγνητικές και βαρυτικές μεθόδους. Χρησιμοποιούνται είτε από μόνες, είτε σε συνδυασμό, για την πρώτη εξερεύνηση των ιζηματογενών λεκανών. Επειδή οι βαρυτικές και οι μαγνητικές μετρήσεις μπορούν να γίνουν από αεροπλάνο, αποτελούν γρήγορες και φθηνές μεθόδους εξερεύνησης.

**Μαγνητικές Μετρήσεις.** Οι μετρήσεις αυτές βασίζονται στη διαφορετική μαγνητική διαπερατότητα των πετρωμάτων, η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε μαγνητικά υλικά (αιματίτης, ιλμενίτης). Η κρυσταλλική βάση δεν προκαλεί καμία ανωμαλία λόγω της ομοιόμορφης κατανομής των μαγνητικών υλικών μέσα σε αυτήν. Από την άλλη πλευρά, τα ιζήματα διαφέρουν ως προς τη μαγνητική διαπερατότητα ανάλογα με την αναλογία αυτών των μεταλλευμάτων στα στρώματα. Οι αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο της Γης καταγράφονται με τη βοήθεια μαγνητομέτρων και δίνουν ενδείξεις για το σχήμα και το βάθος των κρυσταλλικών βάσεων ή ηφαιστειακών ή μαγματικών ενδογενών πετρωμάτων. Στη βασική τους

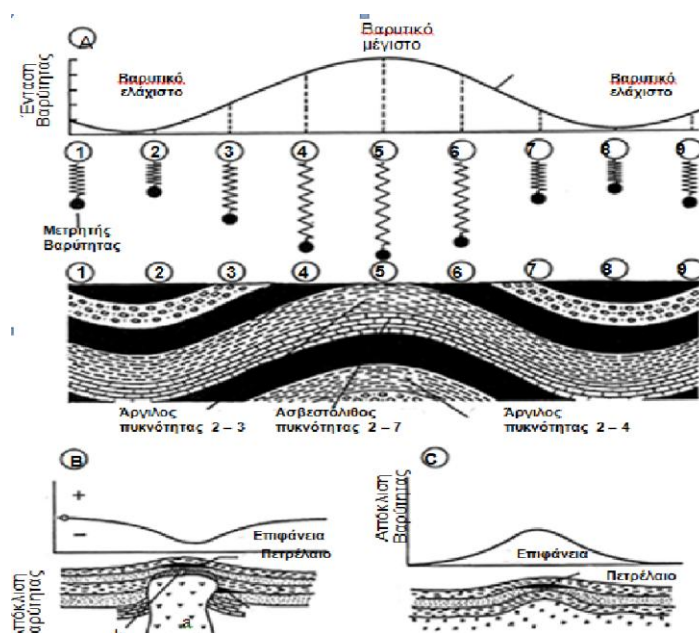
έκδοση τα όργανα μέτρησης είναι πηνία μέσω των οποίων περνά ρεύμα. Το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο επηρεάζεται από το γήινο μαγνητικό πεδίο, και όποια ανωμαλία προκύψει καταγράφεται.

### 2.2.2.2 Βαρυτικές Μετρήσεις

Οι βαρυτικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν μεταβολές στο πεδίο βαρύτητας της Γης. Λόγω της διαφορετική πυκνότητας των πετρωμάτων, στρώματα χαμηλής πυκνότητας όπως αλατούχα πετρώματα αποκλίνουν προς τα κάτω, ενώ στρώματα υψηλής πυκνότητας όπως ηφαιστειογενή ή χαλαζίες αποκλίνουν προς τα πάνω. Ως αποτέλεσμα μπορούν να ανιχνευθούν μεγάλοι σχηματισμοί ομοειδών πετρωμάτων που έχουν εκτοπιστεί τεκτονικά λόγω ρηγμάτων. Το τυπικό όργανο μέτρησης είναι ένα ελατήριο ισορροπίας, η αλλαγή μήκους του οποίου είναι ανάλογη της πυκνότητας των πετρωμάτων (Εικόνα 10).

Η αλλαγή μήκους καταγράφεται και αντιστοιχείται σε μεταβολή βαρύτητας. Η από αέρα βαρυτική σε συνδυασμό με μαγνητική έρευνα είναι μια γρήγορη και φθηνή μέθοδος αναγνωριστικής έρευνας για εξερεύνηση πετρελαίου πάνω από μεγάλες επιφάνειες.

Οι βαρυτικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων προβλημάτων. Η χρήση μοντέλων υπολογιστών έχει επιτρέψει σημαντικά βελτιωμένα αποτελέσματα. Οι βαρυτικές μέθοδοι είναι ένας σημαντικός τρόπος ανίχνευσης ταμιευτήρων πετρελαίου στα πλάγια θόλων άλατος, για τον καθορισμό του προγράμματος γεωτρήσεων, καθώς και για την ερμηνεία δεδομένων σεισμικής έρευνας κοντά σε θόλους άλατος, όπου οι ανακλάσεις διαταράσσονται από το αλάτι για τον σωστό καθορισμό των ορίων του άλατος.



Εικόνα 10

### **Εικόνα 10**

*A) Αρχές βαρυτικής αποτύπωσης. Τα σημεία 1 – 9 αναπαριστούν σταθμούς παρατήρησης όπου έχουν εγκατασταθεί μετρητές βαρύτητας. B) Αρνητική απόκλιση βαρύτητας πάνω από θόλο άλατος σε συνδυασμό με συγκέντρωση πετρελαίου a) Θόλος άλατος, b) Καλυπτήριο πέτρωμα.*

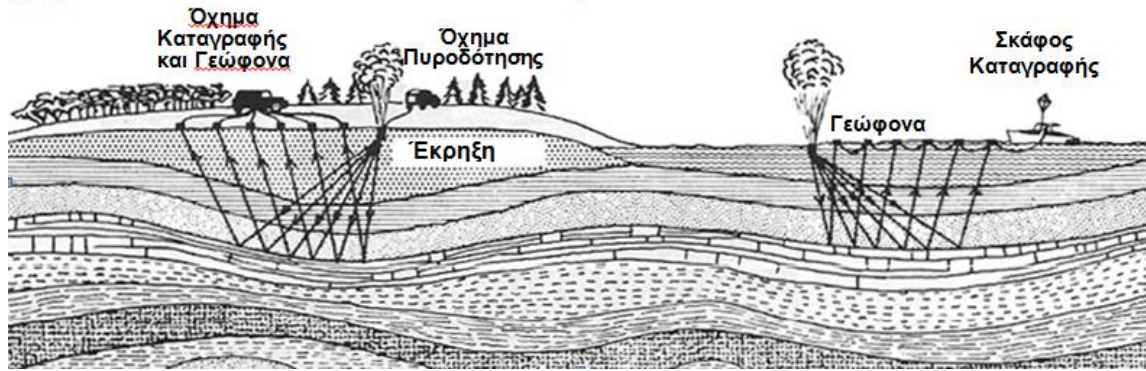
*C) Θετική Απόκλιση βαρύτητας επάνω από ηφαιστειογενή ανύψωση σε συνδυασμό με συγκέντρωση πετρελαίου στο υπερκείμενο ίζημα*

### **2.2.2.3 Γεωηλεκτρικές Μετρήσεις**

Οι γεωηλεκτρικές μετρήσεις των φυσικών ρευμάτων της Γης δεν έχουν ανταποκριθεί στις προσδοκίες. Οι πολλές παρεμβολές στις βιομηχανικές χώρες όπως τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και στα σιδηροδρομικά δίκτυα είναι ανεπιθύμητες για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Γι' αυτούς τους λόγους οι γεωηλεκτρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται σπάνια.

### **2.2.2.4 Σεισμικές Μέθοδοι**

Από τη δεκαετία του '70, οι σεισμικές μέθοδοι έχουν γίνει οι πιο ακριβείς και συχνότερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εξερεύνησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στις δυνατότητες ψηφιακής καταγραφής και τα πολλά διαθέσιμα προγράμματα επεξεργασίας και ερμηνείας των δεδομένων. Οι σεισμικές μέθοδοι επιτρέπουν την εξαγωγή πολύ ακριβών συμπερασμάτων για την ακολουθία των στρωμάτων και τα βάθη των σχηματισμών. Αυτές οι μέθοδοι μετρούν το χρόνο διάδοσης τεχνικά προκληθέντων ελαστικών κυμάτων. Τα κύματα δημιουργούνται συνήθως από εκρηκτικά που έχουν τοποθετηθεί σε κατάλληλα σημεία (Εικόνα 11). Η μέθοδος δόνησης χρησιμοποιεί μια χαλύβδινη πλάκα κάτω από ένα φορτηγό, η οποία πιέζεται στο έδαφος από το βάρος του φορτηγού. Έτσι παράγονται δονήσεις συγκεκριμένης συχνότητας και διαδίδονται στο υπέδαφος. Συνήθως λειτουργούν ταυτόχρονα τέσσερα έως έξι φορτηγά. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διεξαχθεί έρευνα ακόμη και σε κατοικημένες περιοχές. Η μέθοδος είναι επίσης γρηγορότερη και φθηνότερη της αντίστοιχης με χρήση εκρηκτικών.



Εικόνα 11  
Τεχνική ανάκλασης σεισμικών κυμάτων (χερσαία και υποθαλάσσια έρευνα)

Τα ελαστικά κύματα διαδίδονται σε όλες τις κατευθύνσεις και στα όρια μεταξύ στρωμάτων, π.χ. αργίλου – άμμου, άμμου – ανθρακικών. Εν μέρει διαθλώνται και εν μέρει ανακλώνται πίσω προς την επιφάνεια. Η ταχύτητα αυτών των σεισμικών κυμάτων μέσω των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών δείχνει τον τύπο των πετρωμάτων κι εξαρτάται από την ελαστικότητα και την πυκνότητα των πετρωμάτων (περίπου 1000 – 2000 m/s σε χαλαρά πετρώματα και έως 6000 m/s σε συμπαγή πετρώματα). Με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια είναι γνωστή η ταχύτητα σε κάθε στρώμα, με τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια μπορεί να υπολογιστεί το βάθος της ζώνης ανάκλασης. Οι υπολογισμοί διευκολύνονται με τη χρήση υπολογιστή. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι: μέθοδος ανάκλασης και μέθοδος διάθλασης, η οποία ήταν σχεδόν η μοναδική που χρησιμοποιούταν ως τη δεκαετία του '30. Η μέθοδος διάθλασης χρησιμοποιείται σήμερα μόνο για έρευνα σε μεγάλες επιφάνειες και πολύ βαθείς ορίζοντες, καθώς και για τον προσδιορισμό ηχητικών ταχυτήτων μέσα στα πετρώματα και για την επίλυση ειδικών προβλημάτων.

#### **2.2.2.5 Μέθοδος Σεισμικής Διάθλασης**

Στη μέθοδο σεισμικής διάθλασης ένα μέρος των κυμάτων διαθλάται στον ορίζοντα διάθλασης, αντίστοιχα με τη διάθλαση του φωτός στη διεπιφάνεια νερού – αέρα. Μερικά από τα διαθλώμενα κύματα συνεχίζουν να διέρχονται από τα όρια των στρωμάτων και να δημιουργούν κατά τη δίοδο άλλα κύματα που διαθλώνται προς την επιφάνεια. Μετράται ο χρόνος διέλευσης των κυμάτων από τη στιγμή που δημιουργούνται, μέχρι να ανιχνευτούν από τα γεώφωνα που τοποθετούνται στην επιφάνεια σε απόσταση ανά 25 km περίπου. Η μέθοδος σεισμικής διάθλασης, απαιτεί μεγάλες ποσότητες εκρηκτικών με τα γεώφωνα τοποθετημένα σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις και επιτρέπει σχετικά μεγάλα βάθη ανίχνευσης.

#### **2.2.2.6 Μέθοδος Σεισμικής Ανάκλασης.**

Στη μέθοδο σεισμικής ανάκλασης τα κύματα επιστρέφουν πίσω από τους ορίζοντες ανάκλασης. Ανάλογα με το βάθος των οριζόντων ανάκλασης τα κύματα επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης σε αύξοντα χρονικά διαστήματα και καταγράφονται από γεώφωνα που είναι διατεταγμένα στο έδαφος. Στη συνέχεια μετατρέπονται σε ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς και καταγράφονται σε μαγνητικές ταινίες σε ειδικά ψηφιακά συστήματα καταγραφής. Η καταγραφή των σεισμικών σημάτων σε μαγνητικά μέσα επιτρέπει διορθώσεις στα πρωτογενή δεδομένα καθώς και απομάκρυνση θορύβου στα κέντρα επεξεργασίας των δεδομένων. Από τους χρόνους διέλευσης για τα εκπεμπόμενα και τα ανακλώμενα κύματα προσδιορίζεται το βάθος του ανακλαστικού ορίζοντα, με δεδομένη την ταχύτητα διέλευσης μέσω των πετρωμάτων. Οι ενδείξεις για την ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων προέρχονται από λεπτομερείς υπολογισμούς των μεθόδων ανάκλασης και διάθλασης από καταγραφή δεδομένων σε φρέατα με γεώφωνα που είναι τοποθετημένα σε συγκεκριμένα βάθη.

#### **2.2.2.7 Σεισμικές Μετρήσεις σε Υποθαλάσσιες Περιοχές**

Οι μετρήσεις ανάκλασης σεισμικών κυμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μετρήσεις στη θάλασσα. Η χρήση εκρηκτικών έχει σταματήσει λόγω της σοβαρής περιβαλλοντικής ζημιάς που προκαλούσε και έχει αντικατασταθεί από δημιουργία κυμάτων με κανόνια πεπιεσμένου αέρα. Ο στόλος των ηχοβολιστικών πλοίων είναι πλέον πολύ μεγάλος και πραγματοποιεί μετρήσεις σε όλα σχεδόν τα μήκη και πλάτη της Γης.

#### **2.2.2.8 Τρισδιάστατη (3 D) Μέθοδος**

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται πιο έντονα χρήση της τρισδιάστατης απεικόνισης και στο στάδιο της έρευνας. Οι ομάδες των διατάξεων των γεωφόνων τοποθετούνται σε αποστάσεις των 25 m και η δημιουργία των κυμάτων γίνεται από διάφορες θέσεις. Τα σήματα συγκεντρώνονται και επεξεργάζονται, όπως και στη γραμμική μέθοδο και μεταδίδονται στους σταθμούς εργασίας. Λόγω των μικρών αποστάσεων μεταξύ των διατάξεων των γεωφόνων και της δυνατότητας τοποθέτησης κατά τρόπον ώστε να καλύψουν οποιοδήποτε σχήμα (ακόμη και μια τυχαία γραμμή), η ερμηνεία των οριζόντων ανάκλασης μπορεί να δώσει δεδομένα πολύ μεγάλης ευκρίνειας και ακρίβειας. Λόγω του πολύ υψηλού κόστους εξοπλισμού – απαιτούνται αρκετές χιλιάδες γεώφωνα – και του μεγάλου αριθμού

απαιτούμενου προσωπικού – έως 350 άτομα – η μέθοδος είναι πολύ ακριβή. Παρόλα αυτά, αποπληρώνει γρήγορα το κόστος, ιδίως κατά την ανάπτυξη μιας παραγωγικής περιοχής, αφού λόγω της ακρίβεια των δεδομένων αποφεύγονται οι μη παραγωγικές γεωτρήσεις.

### **2.2.3 Γεωχημική Έρευνα και Προσδιορισμός Ανθρακοποίησης Δειγμάτων**

Οι γεωχημικές έρευνες και ο προσδιορισμός της ανθρακοποίησης έχουν γίνει πολύ σημαντικές παράμετροι. Χρησιμοποιούνται ως ενδείξεις ωριμότητας και προσδοκιμότητας για πιθανά μητρικά πετρώματα και για την απάντηση ερωτήσεων σχετικά με την προέλευση και τους δρόμους μετανάστευσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Αυτοί οι προσδιορισμοί διενεργούνται εν μέρει σε δείγματα από γεωλογικές έρευνες πεδίου και εν μέρει σε δείγματα από δοκιμαστικές οπές ("καρότα"). Οι μετρήσεις ανθρακοποίησης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ωριμότητας ενός μητρικού πετρώματος. Εάν φανεί ότι τα πετρώματα είναι ανώριμα, τότε εγκαταλείπονται όλες οι δραστηριότητες. Οι μελέτες ανθρακοποίησης, είναι κατά προτίμηση φωτομετρικές μετρήσεις ανάκλασης. Τα συμπεράσματα ως προς την ωριμότητα δειγμάτων μητρικών πετρωμάτων που προκύπτουν από χημική έρευνα δεν μπορούν να είναι πολύ αξιόπιστα. Χρησιμοποιούνται επίσης και οπτικές παράμετροι. Εδώ μετριέται η μεταβολή χρώματος του διασκορπισμένου οργανικού υλικού στο ίζημα λόγω θέρμανσης. Οι οπτικές μελέτες είναι μικρής σημασίας και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο μαζί με δεδομένα χημικής έρευνας ή πυρόλυσης. Η πυρόλυση που πραγματοποιείται σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων πετρώματος είναι πολύ σημαντική για την ανάλυση του κηρογόνου.

Η δοκιμή πυρόλυσης Rock – Eval παρέχει έναν γρήγορο προσδιορισμό του τύπου και του βαθμού ωριμότητας του κηρογόνου, σε συνδυασμό με άμεσο προσδιορισμό του δυναμικού σε υδρογονάνθρακες. Η σύγκριση των δεδομένων από αρκετές δοκιμαστικές οπές παρέχει πολύ σημαντικές χημικές/γεωχημικές συσχετίσεις για μια περιοχή.

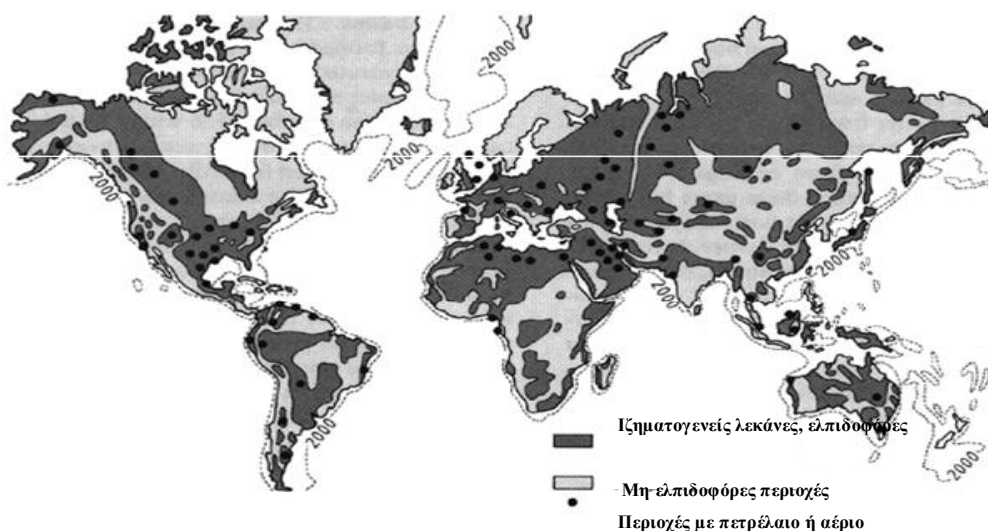
Η ανάλυση ισοτόπων άνθρακα στα συστατικά του φυσικού αερίου είναι πολύ συνηθισμένη στην έρευνα για κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Η ανάλυση μπορεί να δείξει εάν τα αέρια από τις δοκιμαστικές οπές σχηματίστηκαν εκεί ή έχουν μετακομίσει προς τα πάνω από βαθύτερα στρώματα.

## 2.3 ΥΠΑΡΞΗ/ΠΑΡΑΓΩΓΗ/ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Η ύπαρξη πετρελαίου είναι συνδυασμένη με τις ιζηματογενείς λεκάνες της Γης. Η κατανομή τους δεν ακολουθεί καμία στατιστική. Ακόμη και η τεκτονική τους κατάταξη είναι πολύ διαφορετική και δείχνει ότι ο σχηματισμός ιζημάτων δε σχετίζεται με ειδικούς τύπους λεκανών μόνο. Οι μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου βρίσκονται σε λεκάνες που έχουν υποστεί καταβύθιση, ως αποτέλεσμα κίνησης τεκτονικών πλακών – από το Ιουρασικό έως το Μέσο Τριαδικό – όπου λόγω της έλλειψης επαφής με πλούσια σε οξυγόνο νερά και υπό την επίδραση κατάλληλης (σχετικά υψηλής) θερμοκρασία και ύπαρξης αναγωγικών συνθηκών υπήρξε μετασχηματισμός της οργανικής ύλης. Τα κοιτάσματα σε παλαιότερους γεωλογικούς σχηματισμούς είναι σχετικά μικρά, λόγω της χαμηλής ποσότητας οργανικής ύλης που ήταν διαθέσιμη εκείνες τις εποχές. Αλλά τα μικρότερα κοιτάσματα σε σχηματισμούς παλαιότερους από αυτούς του Μεσοζωικού αιώνα, μπορεί να είναι το αποτέλεσμα θερμικής εξέλιξης (μετατροπή του πετρελαίου σε αέριο), της καταστροφής των ταμιευτήρων ή της έμφραξής τους από τεκτονικές κινήσεις ή διάβρωση. Οι προσοδοφόρες ιζηματογενείς λεκάνες είναι κατανεμημένες τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα (Εικόνα 12). Οι μέθοδοι έρευνας και ανάπτυξης είναι οι ίδιες, με τη μεγάλη διαφορά να βρίσκεται στο κόστος διάνοιξης του φρέατος και τοποθέτησης της εγκατάστασης εκμετάλλευσης στην περίπτωση των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων.

Πέρα από τα κλασσικά υποθαλάσσια πεδία όπως του Maracaibo (Βενεζουέλα) και του Baku (Κασπία Θάλασσα) που ήταν ήδη γνωστά και υπό εκμετάλλευση με τροποποιημένες χερσαίες εγκαταστάσεις από τη δεκαετία του '30, η υποθαλάσσια έρευνα και εκμετάλλευση απέκτησε αυξημένη σημασία από τη δεκαετία του '60 και μετά. Τότε έγινε τεχνικά δυνατή η αξιοποίηση κοιτασμάτων σε βάθη θαλασσών μεγαλύτερα από 1000 m. Το 1983, στη δυτική ακτή της Γαλλίας έγινε διάνοιξη φρέατος σε βάθος βυθού 1714 m. Σε τέτοια βάθη υπάρχουν δυσκολίες στην παραγωγή και ο εξοπλισμός θα πρέπει να τοποθετηθεί στην επιφάνεια του βυθού και να συντηρείται από δύτες. Το βαθύτερο παραγωγικό πεδίο είναι το Jolliet στον Κόλπο του Μεξικού, με εξέδρα εξόρυξης πάνω από βυθό βάθους 535 m. Το 1992 εγκαταστάθηκε πλωτή εξέδρα στο πεδίο Snorre της Νορβηγικής Βορείου Θάλασσας σε βάθος βυθού 350 m. Τα μεγαλύτερα βάθη στα οποία γίνεται εγκατάσταση πλωτής εξέδρας είναι στα 1000 m περίπου (πεδία Auger και





**Εικόνα 12**  
Οι ιζηματογενείς λεκάνες της Γης με τις πιο σημαντικές παραγωγικές περιοχές

Marlin). Λόγω του μεγάλου κόστους επένδυσης, η συστηματική εκμετάλλευση των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων σε βαθιά νερά εξαρτάται από τη διαμόρφωση των τιμών του αργού πετρελαίου στην αγορά.

### 2.3.1 Παραγωγή και Αποθέματα

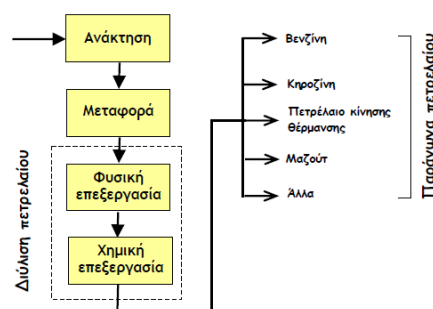
Οι τιμές του αργού πετρελαίου παρουσίασαν σημαντική μείωση στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του '80. Οι χώρες του ΟΠΕΚ σαν μέσο σταθεροποίησης των τιμών χρησιμοποίησαν σταθερές αναλογίες παραγωγής, χωρίς όμως ουσιαστική επιτυχία. Ο έλεγχος της παραγωγής από πλευράς ΟΠΕΚ και οι οικονομικές των εκτός ΟΠΕΚ πετρελαιοπαραγωγών κρατών επηρεάζουν τόσο πολύ την εικόνα ώστε δε μπορεί να υπάρξει καθαρή εικόνα της παραγωγικότητας κάθε χώρας. Η παραγωγή δίνει μόνο μια ένδειξη της συνολικής γεωλογικής και τεχνικά εφικτής δυναμικότητας. Η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου το 2005 ήταν  $3.895 \times 10^9$  t. Σε 20 χρόνια αυξήθηκε κατά 40% περίπου. Η κατάταξη των πετρελαιοπαραγωγών κρατών για το 1989 δείχνει ότι τα πρωτεία κατέχουν τα κράτη της Μέσης Ανατολής (Σαουδική Αραβία, Ιράν, Ιράκ, Κουβέιτ, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα) με παραγωγή  $1208 \times 10^6$  t, ακολουθούμενα από τις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης με  $577 \times 10^6$  t, και τις ΗΠΑ με τον Καναδά να ακολουθούν στους  $455 \times 10^6$  t από κοινού.

Σε απόσταση ακολουθούσαν η Νότιος και Κεντρική Αμερική ( $350 \times 10^6$  t), η Ασία – Ωκεανία ( $382 \times 10^6$  t), η Αφρική ( $467 \times 10^6$  t), κα η Ευρώπη ( $268 \times 10^6$  t). Τα βεβαιωμένα αποθέματα πετρελαίου ανήλθαν στους  $163.6 \times 10^9$  t κυρίως λόγω ανάπτυξης υποθαλάσσιων πεδίων. Υπάρχει αύξηση πάνω από 80% σε σχέση με τα αποθέματα που ήταν γνωστά τη δεκαετία του '70 ( $92.40 \times 10^9$  t). Σε σχέση με την παραγωγή του 2005 των περίπου  $3.9 \times 10^9$  t, ο προκύπτων λόγος είναι 34:1, λίγο πάνω του 30:1 που ίσχυε για δεκαετίες. Με τα βεβαιωμένα μόνο αποθέματα, ο προκύπτων λόγος είναι περίπου 50:1.

Πέρα από τα κοιτάσματα συμβατικού πετρελαίου θα πρέπει να αναφερθούν και οι περίπου  $100 \times 10^9$  t αποθεμάτων βαρέως πετρελαίου και πετρελαιοάμμων (tar sands). Τα αποθέματα βαρέως πετρελαίου βρίσκονται κυρίως (87%) στον Καναδά, τις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και τη Βενεζουέλα. Αντιστοιχούν σε μελλοντικά αποθέματα, τα οποία θα είναι περισσότερο ανακτήσιμα όταν εξελιχθούν περαιτέρω οι μέθοδοι τριτογενούς ανάκτησης, για να απομακρύνουν το πετρέλαιο από τα πετρώματα, και σε τιμές αργού πετρελαίου πάνω από τα 50 \$/bbl.

### 2.3.2 Αξιοποίηση αργού πετρελαίου

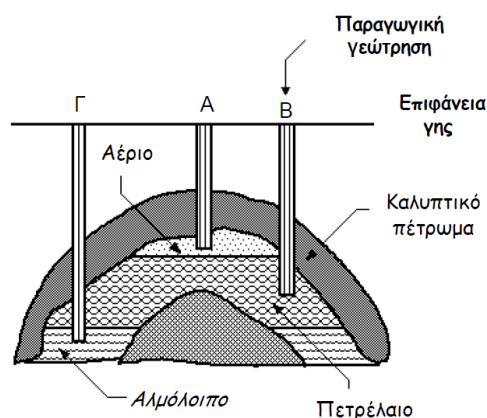
Η αξιοποίηση του αργού πετρελαίου είναι πολύ σύνθετη διεργασία, όπως παρουσιάζεται σχηματικά στο Εικόνα 13. Ειδικότερα, ή όλη προετοιμασία-επεξεργασία του πετρελαίου προτού φθάσει στον καταναλωτή είναι εξαιρετικά περίπλοκη διαδικασία και περνάει από πολλά στάδια. Ο λόγος είναι ότι παρά την παραπλήσια στοιχειακή ανάλυση, τα διάφορα είδη αργού πετρελαίου έχουν πολύ διαφορετική χημική δομή. Επίσης, τα προϊόντα του διωλιστηρίου μπορεί να είναι πολλά και διαφορετικά. Τα περισσότερα χρησιμοποιούνται ως καύσιμα, αλλά ένα σημαντικό ποσοστό χρησιμοποιούνται ως βάση στην πετροχημική βιομηχανία για παραγωγή πλαστικών, φαρμακευτικών ουσιών, υφασμάτων κτλ.



**Εικόνα 13**  
Σχηματική παράσταση των σταδίων αξιοποίησης του πετρελαίου

## 2.4 ΑΝΑΚΤΗΣΗ

Η ανάκτηση του πετρελαίου γίνεται με γεώτρηση στη τοποθεσία που έχουν επιλέξει οι γεωλόγοι. Στην εικόνα 14 φαίνεται ότι από τις τρεις γεωτρήσεις, μόνον η γεώτρηση Β θα δώσει πετρέλαιο. Επιπλέον γεωτρήσεις χρειάζονται για να διαπιστωθεί το μέγεθος του κοιτάσματος και το βάθος του.



Εικόνα 14  
Επιλογή θέσης για γεώτρηση πετρελαίου

### 2.4.1 Γεώτρηση

Για την έρευνα και παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, απαιτείται η διάνοιξη γεωτρήσεων σε μεγάλα βάθη. Οι διανοίξεις για τον εντοπισμό και την εξερεύνηση των κοιτασμάτων είναι γνωστές ως ερευνητικά φρέατα (exploratory wells), ενώ οι διανοίξεις που χρησιμοποιούνται για παραγωγή από τα κοιτάσματα είναι γνωστές ως παραγωγικά φρέατα (production wells). Τα επιτυχημένα ερευνητικά φρέατα μετατρέπονται σε παραγωγικά με την προσθήκη του κατάλληλου εξοπλισμού.

Τα ερευνητικά φρέατα πρέπει να διανοιχτούν με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για το πέτρωμα και το προς εξερεύνηση κοίτασμα. Αυτό γίνεται με δειγματοληψία πετρωμάτων, π.χ. με τη μορφή καρότων, δειγματοληψία υλικών που βρίσκονται στο πέτρωμα (π.χ., νερό, πετρέλαιο, αέριο), συλλογή δεδομένων από μεγάλο αριθμό γεωφυσικών μετρήσεων, διεξαγωγή δοκιμών παραγωγικότητας και μέτρηση της προκύπτουσας συμπεριφοράς του κοιτάσματος.

Τα παραγωγικά φρέατα πρέπει να διανοίγονται και να ολοκληρώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε το κόστος της προκύπτουσας παραγωγής να είναι το ελάχιστο δυνατό, να μπορεί να παραχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα από τα αποθέματα με οικονομικό τρόπο, να γίνει βέλτιστη χρήση της παραγωγικής δυναμικότητας, να απαιτηθεί η διάνοιξη του ελάχιστου αριθμού φρεάτων για την ανάπτυξη του κοιτάσματος, και να επιτευχθεί παραγωγή χωρίς προβλήματα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κοιτάσματος.

### **2.4.1.1 Ιστορία**

Οι γεωτρήσεις σε μεγάλα βάθη δεν αποτελούν κάτι το νέο στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Έχει αναφερθεί απ τον Κομφούκιο η διάνοιξη φρεάτων σε αλατωρυχεία βάθους 500 m το 600 π.Χ. Στην Ευρώπη πραγματοποιούταν διάνοιξη φρεάτων για την εύρεση νερού τόσο στους αρχαίους χρόνους όσο και στο Μεσαίωνα. Η μηχανική διάνοιξης φρεάτων και τα βάθη στα οποία μπορούσε να φτάσει είχε μείνει στάσιμη για πάρα πολλούς αιώνες. Η έρευνα για πρώτες ύλες (ποτάσα, σιδηρομετάλλευμα, άνθρακας) στα πλαίσια της βιομηχανοποίησης το 19ο αιώνα, έδωσε ώθηση στην εξέλιξη της μηχανικής γεωτρήσεων. Σε αυτό το διάστημα, το βάθος των γεωτρήσεων έφτασε τα 2000 m.

Στην Ευρώπη κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα και το ξεκίνημα του 20ου αιώνα πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη έρευνα για πρώτες ύλες. Στο διάστημα αυτό αναπτύχθηκε γη τεχνική της περιστροφικής γεώτρησης με επανακυκλοφορία γεωτρητικής ιλύος. Με αυτόν τον τρόπο έγινε δυνατή η διάνοιξη οπών σε μεγαλύτερα βάθη για την παραγωγή άνθρακα, ποτάσας και ορυκτού αλατιού. Η χρήση της μεθόδου της περιστροφικής γεώτρησης αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες στο τέλος του 19ου αιώνα για την έρευνα και ανάπτυξη κοιτασμάτων πετρελαίου ήταν ένα σημαντικό βήμα προς τα εμπρός. Από τότε, η τεχνική έχει βελτιωθεί σημαντικά και παραμένει μέχρι και σήμερα η κυρίαρχη μέθοδος γεώτρησης, σε βάθη που έχουν φτάσει μέχρι τα 9000 m. Η βαθύτερη γεώτρηση έχει πραγματοποιηθεί στο φρέαρ Kola SG 3 της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, που έχει φτάσει σε βάθος 12261 m.

### **2.4.2 Περιστροφική Εξέδρα Γεώτρησης**

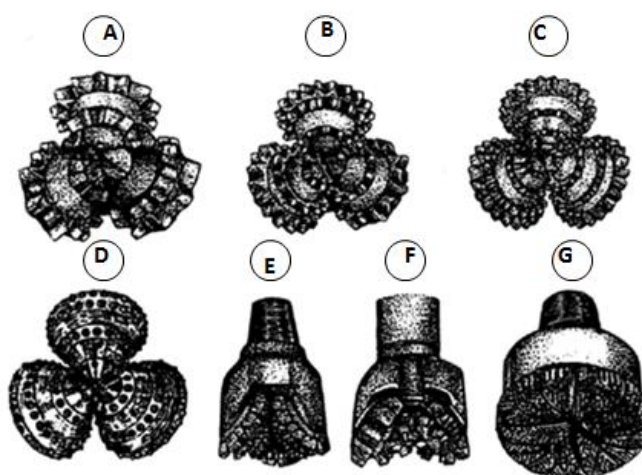
Τα κύρια χαρακτηριστικά της περιστροφικής γεώτρησης είναι η επανακυκλοφορούσα θιξοτροπική γεωτρητική ιλύς και χρήση ισχυρών κεφαλών γεωτρήσεων. Αυτά, σε συνδυασμό με άλλα τυπικά χαρακτηριστικά λειτουργίας έχουν συμβάλει στην καθιέρωση της μεθόδου ως της σημαντικότερης για την εξερεύνηση και ανάπτυξη βαθέων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Οι απότομες εκτονώσεις και οι πίδακες που κάποτε ήταν πολυάριθμες, σήμερα αποτελούν σπανιότατο γεγονός.

Τα βασικά μέρη και η λειτουργία μιας περιστροφικής εξέδρας γεώτρησης δίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 15).



πέτρωμα εξαρτάται από το βάρος του γεωτρύπανου και των γεωτρητικών σωλήνων (drill collar) (μεγάλου πάχους σωλήνες τοποθετημένοι πάνω από την κεφαλή), που δεν αναλαμβάνεται από το άγκιστρο.

Η περιστρεφόμενη τράπεζα, η οποία είναι ένας "οδηγός επιφανείας", μπορεί να αντικατασταθεί από έναν υδραυλικό κινητήρα γεώτρησης ακριβώς πάνω από την κεφαλή του γεωτρύπανου. Αυτός ο μηχανισμός που μπορεί να είναι μηχανή θετικής εκτόπισης βασισμένη στην αρχή του Moineau ή μια πολυβάθμια τουρμπίνα, εγκαθίσταται στον αγωγό γεώτρησης και παίρνει κίνηση από τη γεωτρητική ιλύ. Κεφαλές Γεώτρησης. Η κεφαλή της γεώτρησης, είναι το μέρος του γεωτρύπανου μέσω του οποίου γίνεται η προσβολή του βράχου και η διάνοιξη της οπής του φρέατος. Αυτό μπορεί να γίνει με μηχανική διάνοιξη (κοπτική κεφαλή), θρυμματισμό, ή αποξεστική διάτρηση.



Εικόνα 16  
Διάφοροι τύποι κεφαλών γεωτρύπανων

**A)**Περιστροφική κεφαλή με τραχεία οδόντωση (για μαλακά πετρώματα), **B)** Περιστροφική κεφαλή (για μέτριας σκληρότητας), **C)** Περιστροφική κεφαλή με λεπτή οδόντωση (για σκληρά πετρώματα), **D)** Περιστροφική κεφαλή με ένθετα σκληρού μετάλλου (για πολύ σκληρά πετρώματα), **E)** Κωνική κυλινδρική κεφαλή, **F)** Κεφαλή με πίδακα, **G)** Διαμαντένια κεφαλή

### 2.4.3 Γεωτρητική Ιλύς.

Τα θραύσματα από τη γεώτρηση μεταφέρονται στο δακτύλιο μεταξύ του τοιχώματος του φρέατος και του γεωτρύπανου από την ιλύ. Ως γεωτρητική ιλύς χρησιμοποιείται ένα θιξοτροπικό ρευστό που περιέχει μπεντονίτη και κυτταρίνη για παράδειγμα. Οι



Η διήθηση του νερού από την ιλύ στα πορώδη πετρώματα, προς σχηματισμό διηθητού πλακούντα εξελίσσεται σύμφωνα με το νόμο διήθησης του Darcy. Η ποσότητα του διηθήματος είναι ανάλογη της διαπερατότητας του πλακούντα, της εφαρμοζόμενης διαφοράς πίεσης και της ενεργού επιφάνειας διήθησης, και αντιστρόφως ανάλογη του ιξώδους του διηθήματος και του πάχους του πλακούντα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα της ιλύος, το pH και η περιεκτικότητα σε χλωριόντα, θειικά, ασβέστιο και όξινα ανθρακικά είναι παράμετροι που βρίσκονται υπό συνεχή παρακολούθηση. Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του κολλοειδούς συστήματος της ιλύος είναι:

1. Αργιούχα υλικά (π.χ., μπεντονίτης)
2. Βαρέα υλικά (π.χ., βαρίτης, αιματίτης)
3. Συστατικά μείωσης ιξώδους, διασπартικά, υλικά διατήρησης του κολλοειδούς
4. Γαλακτωματοποιητές, λιπαντικά
5. Παρεμποδιστές

Υπάρχουν γεωτρητικές ιλύες υδατικής ή ελαιώδους βάσης.

Η οπή της γεώτρησης χωρίζεται σε τμήματα από την κορυφή προς τον πυθμένα. Καθένα από αυτά τα τμήματα σταθεροποιείται με τη βοήθεια κατάλληλου υποστηρίγματος που στερεώνεται στα τοιχώματα με ειδικό σκυρόδεμα.

## **2.4.4 Προστατευτική Σωλήνωση και σκυροδέτηση**

### **2.4.4.1 Προστατευτική Σωλήνωση.**

Η προστατευτική σωλήνωση της οπής αποτελείται από πολλά ομόκεντρα τμήματα, τα οποία τοποθετούνται ανάλογα με τις γεωλογικές μηχανικές απαιτήσεις σε διάφορα βάθη (Εικόνα 15). Με αυτόν τον τρόπο προστατεύονται τα τοιχώματα της γεώτρησης από αποθέσεις και απότομες εκτονώσεις, σφραγίζονται τα διαπερατά στρώματα για να προληφθούν ανεπιθύμητες εισροές ή εκροές, και να αποφεύγεται ο σχηματισμός τελμάτων εντός στο φρέαρ. Η σωλήνωση υποστήριξη τοποθετείται εν μέρει κατά τη διάρκεια της διάνοιξης της γεώτρησης, για να προστατευτούν τα προβληματικά τμήματα του φρέατος. Αντιστοιχεί σε σημαντικό μέρος του όλου κόστους του φρέατος. Η προστατευτική σωλήνωση δέχεται διάφορες φορτίσεις, οι οποίες οφείλονται συνήθως σε συνδυασμό:



1. Διαφορική πίεση μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής πλευράς λόγω της υδροστατικής πίεσης και της πίεσης των ρευστών στο πορώδες πέτρωμα
2. Ακτινική συνιστώσα της πίεσης σχηματισμού
3. Ελαστική τάση από το βάρος των τμημάτων της υποστήριξης, ιδίως κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης
4. Καμπτική τάση στις οπές με αλλαγή διεύθυνσης, ιδίως στις οριζόντιες οπές
5. Θερμικές τάσεις

Από τη στιγμή που οι διάφορες τάσεις υπερθέτονται η μία στην άλλη, είναι απαραίτητη η σωστή αξιολόγησή τους και η σωστή τοποθέτηση των απαιτούμενων τμημάτων. Υπάρχει διαθέσιμη πλήρης σειρά τυποποιημένων υλικών και συνδέσμων, που καλύπτουν όλες τις απαιτήσεις.

#### **2.4.4.2 Σωλήνωση Παραγωγής**

Η σωλήνωση παραγωγής μεταφέρει το παραγόμενο ρευστό στην επιφάνεια. Η σωλήνωση στερεώνεται στην επιφάνεια του φρέατος, και ακυρώνεται εάν απαιτείται και στον πυθμένα. Ο δακτύλιος μεταξύ της υποστήριξης και της σωλήνωσης παραγωγής μπορεί να σφραγιστεί με κατάλληλο σκέπασμα, εάν το απαιτούν οι συνθήκες του φρέατος. Τα σκεπάσματα είναι συνήθως ελαστικά παραμορφώσιμα υλικά, που συνδυάζονται με περιφερειακά ολισθαίνουσες αρπάγες με τέτοιο τόπο, ώστε κατά τις προς τα πάνω ή κάτω κινήσεις οι αρπάγες σφίγγουν, η φραγή παραμορφώνεται, και σφραγίζεται ο δακτύλιος μεταξύ σωλήνωσης υποστήριξης και σωλήνωσης παραγωγής. Η σωλήνωση κατασκευάζεται από τυποποιημένα υλικά συγκεκριμένων διαστάσεων.

#### **2.4.4.3 Σκυροδέτηση**

Η σκυροδέτηση της σωλήνωσης υποστήριξης εξυπηρετεί τους εξής σκοπούς:

1. Εκτεταμένη συγκόλληση της σωλήνωσης υποστήριξης και του σχηματισμού, ώστε να διευθετήσει τις δυνάμεις που προκύπτουν από το βάρος της σωλήνωσης υποστήριξης στο σχηματισμό, π.χ. απορρόφηση των αξονικών και ακτινικών τάσεων που επιβάλλονται στη σωλήνωση υποστήριξης
2. Απομόνωση των διαπερατών σχηματισμών, για να αποφευχθεί η ροή μεταξύ διαφορετικών στρωμάτων, και συγκεκριμένα η ρύπανση υπογείων υδάτων
3. Αντιδιαβρωτική προστασία της σωλήνωσης υποστήριξης

Το τσιμέντο αναμιγνύεται με νερό, ώστε να σχηματίσει τον τσιμεντοπολτό στον οποίο προστίθενται διάφορα πρόσφατα ελέγχου των ρεολογικών ιδιοτήτων, του

χρόνου πήξης, της τελικής αντοχής, κλπ. Ο πολτός εγχέεται με αντλίες υψηλής πίεσης στο δακτύλιο μεταξύ της σωλήνωσης υποστήριξης και του σχηματισμού.

Τα τσιμέντα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πετρελαίου είναι τυποποιημένα κατά API. Πέρα από την ποιότητα του τσιμέντου, η σωστή εκτέλεση της σκυροδέτησης έχει πολύ μεγάλη σημασία για την ποιότητα του τσιμεντένιου περιβλήματος.

#### **2.4.4.4 Μηχανική Παραγωγής**

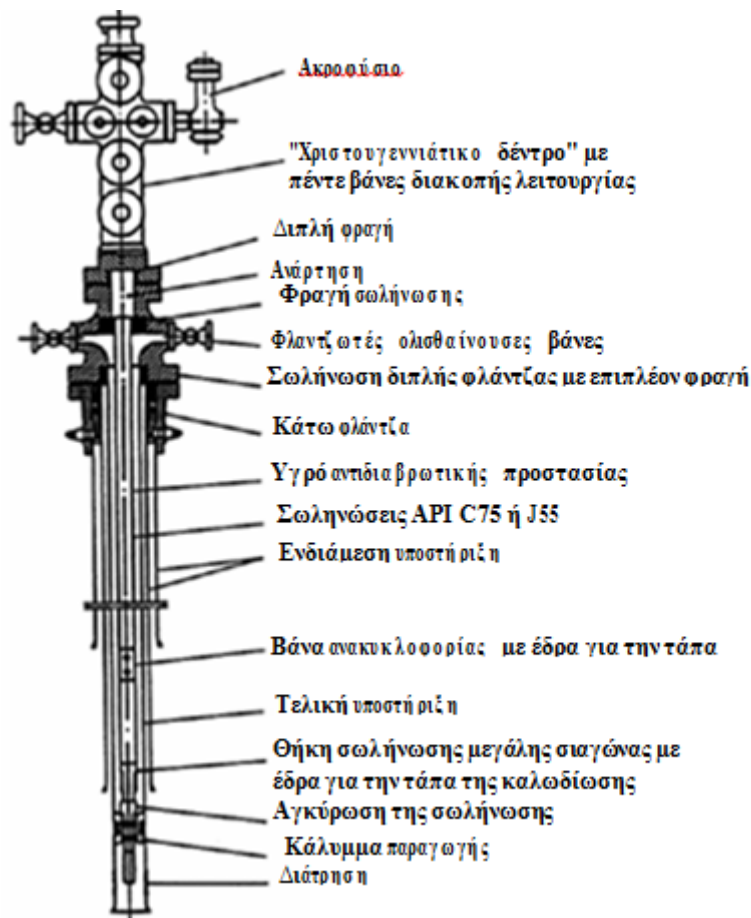
Ο όρος μηχανική παραγωγής (production engineering) περιγράφει πλήρωση, έναρξη της παραγωγής, διάτρηση, χειρισμό του φρέατος και του κοιτάσματος, τεχνική θραύσεων, προεργασία, σχέση εισροής – απόδοσης, μονοφασική και διφασική ροή μέσω των σωληνώσεων και των αγωγών, μηχανική ασφαλείας, προστασία περιβάλλοντος, και τέλος κλείσιμο και εγκατάλειψη των φρεάτων.

#### **2.4.4.5 Ολοκλήρωση**

Εάν μετά τις απαραίτητες μετρήσεις και δοκιμές, ένα φρέαρ θεωρηθεί ως αξιόλογο για παραγωγή, τότε ολοκληρώνεται, δηλαδή εγκαθίσταται όλος ο απαραίτητος για την παραγωγή εξοπλισμός (Σχήμα 1.9). Τα απαραίτητα μέρη για τη συμπλήρωση είναι η κεφαλή, με τις απαιτούμενες φλάντζες, η σωλήνωση υποστήριξης, η σκυροδέτηση, η τοποθέτηση των σωληνώσεων παραγωγής, και η “συμπλήρωση της οπής πυθμένα”. Η τελευταία παράμετρος περιλαμβάνει τον ειδικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στη ζώνη του κοιτάσματος, π.χ. ευθυγραμμιστές, στηρίγματα ευθυγραμμιστών, αμμόφιλτρα, πληρωτικά και όλον τον "καλωδιωμένο εξοπλισμό", ο οποίος μπορεί να λειτουργηθεί μέσω καλωδίωσης.

Ολοκλήρωση Οπής Πυθμένα. Υπάρχουν δύο τύποι ολοκλήρωσης φρέατος στη ζώνη παραγωγής, ανοιχτής οπής και διάτρητης σωλήνωσης υποστήριξης.

Η ολοκλήρωση ανοιχτής οπής, στην οποία δεν ενισχύεται ο παραγωγικός σχηματισμός, χρησιμοποιείται σπάνια. Σε περιπτώσεις σχηματισμών με αρκετό πάχος, μικρή συγκέντρωση και υψηλούς ρυθμούς παραγωγής προκύπτουν προβλήματα από τη διείδυση άμμου από το σχηματισμό στο φρέαρ. Γι' αυτό το λόγο η σωλήνωση υποστήριξης τοποθετείται είτε επάνω είτε κάτω από τον παραγωγικό σχηματισμό και σκυροδετείται. Για να τρέξει το προς παραγωγή ρευστό μέσα στο φρέαρ, τρυπιούνται η σωλήνωση υποστήριξης και η σκυροδέτηση στη ζώνη του ταμιευτήριου πετρώματος.



Εικόνα 18  
Μηχανισμός παραγωγής για ένα τυπικό φρέαρ

## 2.4.5 Διάτρηση

Με τη διάτρηση της σωλήνωσης υποστήριξης και της σκυροδέτησης, το φρέαρ συνδέεται υδραυλικά με το κοίτασμα, ώστε το ρευστό να μπορεί να εισέλθει στο φρέαρ με τη μικρότερη δυνατή πτώση πίεσης. Για τη διάτρηση χρησιμοποιούνται εκρηκτικά τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις, ώστε να δώσουν το επιθυμητό σχήμα. Εισάγονται στην οπή του φρέατος με καλώδιο, και πυροδοτούνται όταν φτάσουν στο επιθυμητό σημείο. Ο αριθμός των διατρήσεων, η διάταξή τους και το μέγεθος των οπών τους εξαρτάται από τη σκληρότητα του πετρώματος και της συνθήκης του φρέατος. Το βάθος διεύθυνσης στο βράχο λόγω της έκρηξης διάτρησης είναι από 10 έως 40 cm, ανάλογα με την αντοχή του πετρώματος.

Η επεξεργασία του φρέατος και του κοιτάσματος πραγματοποιούνται για την αύξηση της παραγωγικότητας του φρέατος. Η μείωση της παραγωγικότητας μπορεί να οφείλεται στη διεργασία της γεώτρησης ή να επέλθει κατά τη διάρκεια της

παραγωγής. Η επεξεργασία του φρέατος προορίζεται για να επαναφέρει την αρχική κατάσταση, ή με άλλα λόγια, να επαναφέρει μια εισροή προς το φρέαρ χωρίς περιορισμούς. Η επεξεργασία του κοιτάσματος αποσκοπεί στην αδιάλειπτη αύξηση της ροής μέσω του ταμιευτήριου πετρώματος.

## **2.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ**

### **2.5.1 Σκοπός**

Ο σκοπός του προγράμματος εκμετάλλευσης και παραγωγής των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων είναι η παραγωγή βέλτιστων ποσοτήτων εμπορεύσιμων προϊόντων στο ελάχιστο κόστος και με στενή παρακολούθηση όλων των παραμέτρων που αφορούν στην ασφάλεια και στην προστασία του περιβάλλοντος. Οι παράμετροι ασφαλείας και προστασίας περιβάλλοντος είναι πρωταρχικής σημασίας. Στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα, η εμφάνιση πίδακα πετρελαίου ήταν απόδειξη της ύπαρξης πετρελαίου που σε ένα κοίτασμα, και ήταν αφορμή για πανηγυρισμούς. Ευτυχώς, λόγω της συνεχούς βελτίωσης του τεχνικού εξοπλισμού και της εκπαίδευσης του προσωπικού, οι πίδακες έχουν γίνει σπάνιοι, αλλά δε μπορεί να αποφευχθούν εντελώς λόγω ανθρωπίνων σφαλμάτων

### **2.5.2 Παραγωγή Πετρελαίου**

Η παραγωγή πετρελαίου, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται για την άφιξη του πετρελαίου στην επιφάνεια της γης, υποδιαιρείται σε τρία στάδια ανάκτησης: πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή:

#### **2.5.2.1 Πρωτογενής Ανάκτηση (primary recovery)**

Η ανάκτηση αυτή βασίζεται στη φυσική ροή του πετρελαίου λόγω της πίεσης που επικρατεί στον ταμιευτήρα και στην άντληση. Η πρώτη μέθοδος είναι προφανώς η περισσότερο οικονομική μέθοδος παραγωγής και εφαρμόζεται εφόσον η παραγωγή είναι ικανοποιητική. Σε μερικές περιοχές στη Μέση Ανατολή η φυσική ροή ανέρχεται σε 65 m<sup>3</sup>/hr. Κατά μέσο όρο ανακτάται περίπου το 15-20% των αποθεμάτων, αν και η πρωτογενής ανάκτηση μπορεί να φτάνει μόλις το 5%. Αν και η πρώτη ουσιαστικά γεώτρηση πετρελαίου έφτασε στα 21 m, σήμερα έχουν γίνει ερευνητικές γεωτρήσεις σε βάθος 8 km. Στο στάδιο της πρωτογενούς ανάκτησης, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο παράγονται με την πίεση του κοιτάσματος ως κινητήριο δύναμη για να ωθήσει

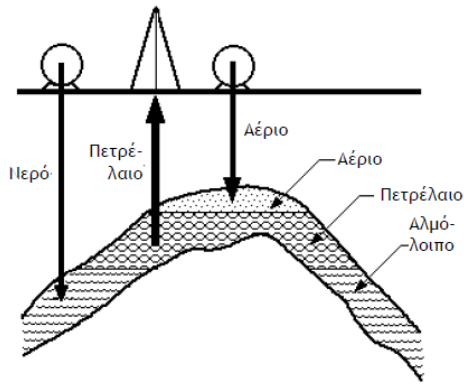
το υλικό στην επιφάνεια. Τα φρέατα συχνά "υποβοηθούνται" μέσω έγχυσης ρευστών, τα οποία σπάζουν τους δεσμούς υδρογονανθράκων - φέροντος σχηματισμού για να βελτιώσουν τη ροή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου από το κοίτασμα προς το φρέαρ. Όταν η πίεση του κοιτάσματος μειωθεί, χρησιμοποιούνται άλλες τεχνικές, όπως άντληση και υποβοήθηση μέσω ανερχόμενου αερίου. Με την πρωτογενή ανάκτηση ανακτάται 10 – 15% του συνολικού πετρελαίου που υπάρχει στο κοίτασμα.

#### **2.5.2.2 Δευτερογενής Ανάκτηση (secondary recovery)**

Η ανάκτηση αυτή βασίζεται στην πλημμύριση του κοιτάσματος με νερό ή στην εισαγωγή αερίου (Εικόνα 19). Συνήθως ανακτάται ένα 5-20% από το κοίτασμα. Ο συνδυασμός πρωτογενούς και δευτερογενούς ανάκτησης καλείται συμβατική ανάκτηση. Η δευτερογενής ανάκτηση χρησιμοποιεί άλλους μηχανισμούς - όπως επανέγχυση αερίου και πλημμύριση με νερό για να παράγει πετρέλαιο και φυσικό αέριο που παραμένουν στο κοίτασμα μετά από την αρχική φάση ανάκτησης. Με τη συμβατική ανάκτηση εξορύσσεται κατά μέσο όρο το 30% ενός κοιτάσματος (η περιοχή τιμών κυμαίνεται από 15-40%) Με τη δευτερογενή ανάκτηση ανακτάται 10 – 20% του συνολικού πετρελαίου που υπάρχει στο κοίτασμα.

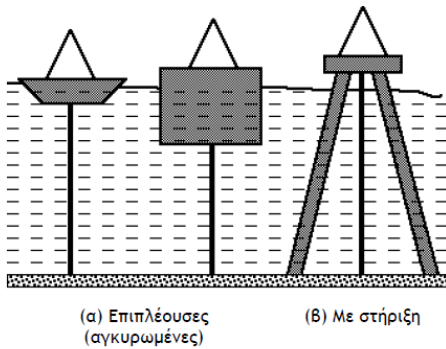
#### **2.5.2.3 Τριτογενής ή Προχωρημένη Ανάκτηση (tertiary or enhanced recovery)**

Αποτελεί δαπανηρή μέθοδο και πραγματοποιείται με τη μείωση του ιξώδους του πετρελαίου που επιτυγχάνεται με θέρμανση με ατμό ή με εισαγωγή διοξειδίου του άνθρακα ή κατάλληλων τασιενεργών ουσιών. Αποδοτικότερη είναι η τριτογενής ανάκτηση με την εισαγωγή ατμού. Με το συνδυασμό των τριών τρόπων ανάκτησης μπορεί να ανακτηθεί ποσοστό πετρελαίου της τάξης του 40 με 80%, αλλά ξοδεύεται περίπου το ένα τρίτο της παραγωγής. Ο ταμειυτήρας πετρελαίου συχνά βρίσκεται στη θάλασσα, οπότε πρέπει να κατασκευαστεί κάποιο είδος σταθερής πλατφόρμας για να προχωρήσει η συχνά επικίνδυνη και δαπανηρή διαδικασία ανόρυξης της γεώτρησης. Οι πλατφόρμες χωρίζονται σε επιπλέουσες με αγκύρωση και σε σταθερές, όπως απεικονίζεται στο Εικόνα 20. Η ανόρυξη γεωτρήσεων στη θάλασσα κοστίζουν μέχρι και 10 φορές περισσότερο από το αν η ανόρυξη γινόταν στην ξηρά.



Εικόνα 19 Δευτερογενής ανάκτηση πετρελαίου με την εισαγωγή νερού και αερίων

στο κοίτασμα.



Εικόνα 20 Τύποι πλατφόρμας άντλησης πετρελαίου

Η τριτογενής αποκατάσταση περιλαμβάνει την έγχυση αερίων (όπως διοξείδιο του άνθρακα), ή χρήση θερμότητας (ατμός ή θερμό νερό) για να υποβοηθηθεί η ροή πετρελαίου και φυσικού αερίου για να παραχθούν επιπλέον ποσότητες ρευστών που δεν εξήχθησαν κατά τη διάρκεια των φάσεων πρωτογενούς ή δευτερογενούς ανάκτησης. Με την τριτογενή ανάκτηση ανακτάται 30 – 50% του συνολικού πετρελαίου που υπάρχει

Με τη διάνοιξη και την ανάπτυξη του κοιτάσματος προσδιορίζονται οι πιο βασικές ιδιότητές του: πίεση κοιτάσματος, διαπερατότητα πετρωμάτων, ιξώδες παραγόμενου ρευστού, παρουσία και χαρακτηριστικά νερού ως μηχανισμός προώθησης. Αυτές οι παράμετροι είναι θεμελιώδεις για τον προγραμματισμό των μεθόδων και του ρυθμού παραγωγής καθώς και του απαιτούμενου εξοπλισμού.

Κατά κύριο λόγο είναι διαθέσιμες οι ακόλουθες μέθοδοι παραγωγής:

1. Παραγωγή με ροή
2. Ανύψωση με αέριο
3. Φυγοκεντρικές αντλίες
4. Εμβολοφόρες ή υδραυλικές αντλίες

Με αυτές τις μεθόδους παράγονται περίπου  $3.25 \times 10^9 \text{ m}^3$  αργού πετρελαίου ανά έτος, από βάθη έως τα 6000 m.

### Παραγωγή με Ροή

Ως αποτέλεσμα της παραγωγής, εμφανίζεται μια πτώση στην πίεση που επεκτείνεται, σε σχήμα χοάνης, γύρω από την οπή. Κάτω από την επίδραση αυτής της βαθμίδας πίεσης, το ρευστό του ταμειυτήρα ρέει προς την οπή, εισέρχεται μέσω των οπών της διάτρησης, ανέρχεται μέσω της σωλήνωσης προς την επιφάνεια, και ρέει στην

επιφάνεια μέσω αγωγών στον αγωγό συλλογής προς την κεντρική εγκατάσταση. Στην κεντρική εγκατάσταση συλλέγεται η παραγωγή από όλα τα πεδία, και μεταφέρεται προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας (δυλιστήρια). Η πίεση ροής στο βάθος του κοιτάσματος είναι επαρκής για να υπερνικήσει την υδροστατική πίεση της στήλης παραγωγής και τις απώλειες τριβής στην ακολουθία σωληνώσεων και τους αγωγούς επιφάνειας.

Ο ρυθμός παραγωγής με ροή υπολογίζεται ως συνάρτηση της πίεσης ροής στον πυθμένα, της διαμέτρου σωληνώσεων, και της πίεσης στην επιφάνεια σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρικές παραμέτρους που καθορίζουν τη διαφασική ροή.

Η διάρκεια αυτής της οικονομικά συμφέρουσας φάσης παραγωγής μπορεί να επεκταθεί με καλή ρύθμιση του ρυθμού παραγωγής ως προς τη διατομή του αγωγού παραγωγής.

### **Παραγωγή λόγω Ανύψωσης με Αέριο**

Στη μέθοδο ανύψωσης με αέριο, το αέριο εγχέεται στη σωλήνωση σε ένα σημείο ή – για να ελαχιστοποιήσει την αρχική πίεση – σε διάφορα διαδοχικά σημεία και κατ' αυτό τον τρόπο έχει ξεκινήσει η ροή φυσαλίδων ή η εμβολική ροή, όπως ισχύει για αυτήν του είδους την εκρηκτική παραγωγή. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συνεχώς ή περιοδικά, ανάλογα με το ρυθμό ροής, το ρυθμό παραγωγής, και τη διαθεσιμότητα αερίου.

Η φάση εκρηκτικής παραγωγής συχνά υποστηρίζεται με τον ανύψωση λόγω αερίου ή μεταπηδά στον ανύψωση λόγω αερίου όταν μειώνεται η κλίση πίεσης μεταξύ της γεώτρησης και του ταμιευτήρα. Η δυνατότητα εφαρμογής αυτής της ευέλικτης μεθόδου παραγωγής περιορίζεται όταν υπάρχει έλλειψη αερίου ή το κόστος συμπίεσης αερίου είναι πάρα πολύ υψηλό. Όπου είναι διαθέσιμη ικανοποιητική ποσότητα αερίου, το πεδίο εφαρμογής είναι ευρύ λόγω της ευελιξίας αυτής της μεθόδου όσον αφορά το ρυθμό παραγωγής και το βάθος. Σε γεωτρήσεις με μεγάλη κλίση και εάν παράγονται από κοινού και αποξεστικά υλικά, η μέθοδος ανύψωσης με αέριο συνήθως πλεονεκτεί όλων των άλλων μεθόδων παραγωγής (κανένα κινούμενο μέρος).

Οι βάνες ανύψωσης αερίου που ελέγχονται από την πίεση έγχυσης προσαρμόζονται στη σωλήνωση, στην οποία εγχέουν το αέριο ανύψωσης. Η πίεση στη βάνη ελέγχεται

μέσω ενός μηχανισμού πίεσης (pressure bellow) που λειτουργεί με ή χωρίς υποστήριξη ελατηρίου (ανάλογα με τον τύπο).

Δεδομένου ότι στο ξεκίνημα της λειτουργίας ενός φρέατος σε λειτουργία με ανύψωση λόγω αερίου η αντίθλιψη ολόκληρης της στήλης υγρού απαιτεί μια υψηλή πίεση έγχυσης, διάφορες βάνες ανύψωσης είναι εγκατεστημένες και κατανεμημένες στη σωλήνωση, οι πιέσεις ανοίγματος των οποίων συντονίζονται μεταξύ τους.

### **Παραγωγή με Υπόγειες Αντλίες**

Οι υπόγειες αντλίες είναι η πιο διαδεδομένη μορφή για την παραγωγή πετρελαίου, το οποίο συνήθως περιέχει και σημαντική ποσότητα νερού. Οι τύποι αντλιών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν ηλεκτρικές εμβυθισμένες φυγοκεντρικές αντλίες και μηχανικές ή υδραυλικές υπόγειες εμβολοφόρες αντλίες. Οι αντλίες εγκαθίστανται κάτω από τη στάθμη του υγρού επίπεδο στα φρέατα και, σε δύσκολες υπόγειες συνθήκες, πρέπει να υπερνικήσουν τα υδραυλικά πίεση αρκετών εκατοντάδων έως μερικών χιλιάδων μέτρων (Σχήμα 1.10). Οι τύποι υπογείων αντλιών που χρησιμοποιούνται είναι:

**Ηλεκτρικές Εμβυθισμένες Φυγοκεντρικές Αντλίες:** Είναι πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες εμβυθισμένες στο προς παραγωγή υγρό, εγκατεστημένες στην οπή του φρέατος, συνδεδεμένες άμεσα με τον κινητήρα, και αναρτημένες στη σωλήνωση.

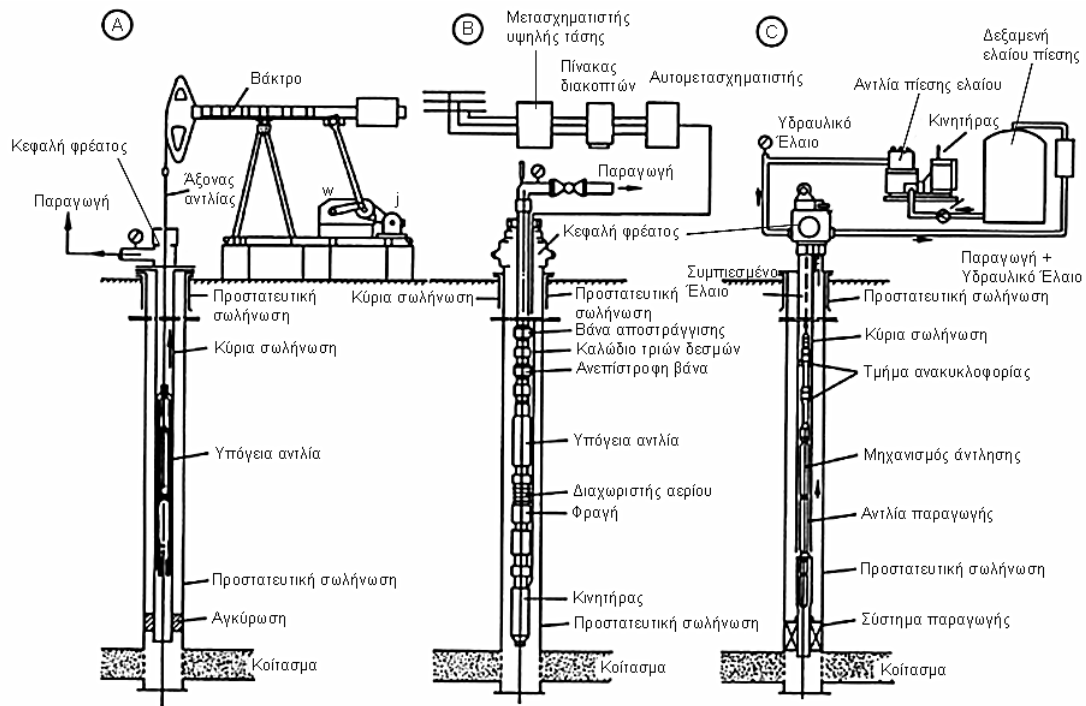
**Μηχανικές Υπόγειες Αντλίες με Βάκτρο:** Η παραγωγή πετρελαίου ήταν για μια μεγάλη περίοδο συνώνυμη της χρήσης αντλιών με βάκτρο, που είναι εγκατεστημένες ως αντλίες σωλήνωσης ή είναι τοποθετημένες στο βάθος άντλησης, ως εισηγμένες αντλίες στο βάκτρο άντλησης. Αυτές οι αντλίες κινούνται από την επιφάνεια μέσω βάκτρων με κινητήρα, γρναζοκιβώτιο, και σύστημα ανύψωσης, που περιλαμβάνει το τυπικό βάκτρο με την "κεφαλή γαιϊδάρου" στο οποίο προσαρμόζεται το συρματόσχοινο της άντλησης.

### **Υδραυλικές Υπόγειες Εμβολοφόρες Αντλίες**

Όπως οι ηλεκτρικές εμβυθισμένες φυγοκεντρικές αντλίες, αυτές οι αντλίες λειτουργούν υπόγεια, με ρευστό υψηλής πίεσης. Τα προβλήματα με το συρματόσχοινο αποφεύγονται με την υδραυλική μετάδοση της κινητικής ενέργειας με ένα βοηθητικό υγρό από την επιφάνεια σε μια αντλία που εγκαθίσταται στη γεώτρηση. Μια αντλητική εγκατάσταση υψηλής πίεσης παρέχει το "έλαιο πίεσης"



που τροφοδοτείται στα ανεξάρτητα παραγωγικά φρέατα και την αντλία μέσω της σειράς σωληνώσεων.



**Εικόνα 21**  
**Διαφορετικοί τύποι αντλιών**

**A)** Υπόγεια με βάκτρο, με βηματική οδήγηση, **B)** Ηλεκτρική εμβυθισμένη φυγοκεντρική αντλία, **C)** Υδραυλική υπόγεια εμβολοφόρος αντλία με παροχή πίεσης ελαίου στο ανοιχτό σύστημα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

# ΣΥΛΛΟΓΗ/ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

## 3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

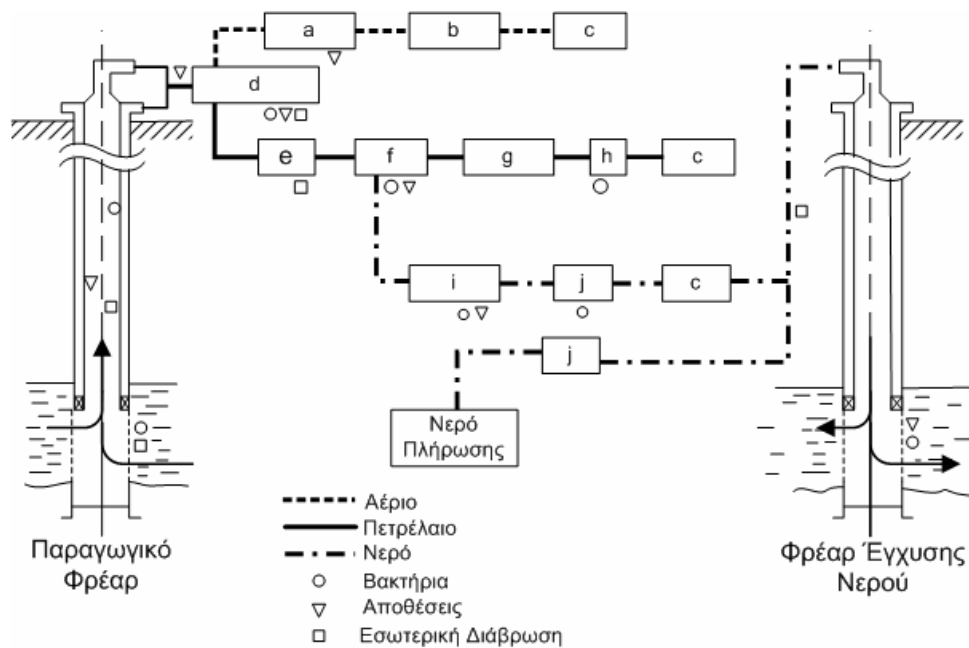
Οι ρυθμοί παραγωγής, οι ιδιότητες του αργού πετρελαίου, και οι συνθήκες των πεδίων καθορίζουν με ποιον τρόπο και μέχρι ποιο σημείο η παραγωγή των μεμονωμένων φρεατίων, ομάδων φρεατίων, μερών του συνολικού πεδίου, ή αρκετών γειτονικών πεδίων θα συνδυαστούν. Η επεξεργασία στο πεδίο περιλαμβάνει το διαχωρισμό του αερίου και την απομάκρυνση του νερού (Εικόνα 22).

### 3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ

#### 3.1.1 Διαχωρισμός Αερίου.

Η διαδικασία απαερίωσης ξεκινά μέσα στο κοίτασμα και εντείνεται με τη μείωση της πίεσης και της θερμοκρασίας μέσω της σωλήνωσης της γεώτρησης και διανομής κατά την παραγωγή. Συνεπώς, ένα διφασικό μίγμα εισάγεται στους διαχωριστές αερίου. Για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση σε υγρό και σε σχετικά υψηλό λόγους αερίου – πετρελαίου, πρέπει να χρησιμοποιηθεί διαχωρισμός πολλών βαθμίδων. Όμως το υψηλό κόστος εξοπλισμού και οι ειδικές απαιτήσεις, όπως π.χ. παράδοση αερίου στους καταναλωτές σε υψηλή πίεση, οδηγεί συνήθως στη χρήση δύο ή τριών βαθμίδων διαχωρισμού.

**Αφυδάτωση και Αφαλάτωση.** Δεδομένου ότι το αργό πετρέλαιο μπορεί να παραχθεί ακόμη και με 95% περιεκτικότητα σε νερό, το νερό – μαζί με την άμμο και άλλες ακαθαρσίες – αφαιρείται το νωρίτερο δυνατόν για να μειώσει το κόστος μεταφοράς και προβλήματα διάβρωσης. Τα πρότυπα αποδοχής αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια στη Γερμανία περιορίζουν τη συνολική μόλυνση (νερό και λάσπη) του αργού πετρελαίου γενικά στο 1% (περιεκτικότητα σε αλάτι κάτω από 0.02 %). Το νερό διαχωρίζεται μόνο εν μέρει ως "ελεύθερο νερό". Το νερό και το πετρέλαιο εμφανίζονται κυρίως ως ένα γαλάκτωμα, που πρέπει είμαι σπάσει με θερμικές, μηχανικές, χημικές, ή ηλεκτρικές μεθόδους, ή από συνδυασμό τους. ταυτόχρονα, οι γαλακτωματοποιητές που υπάρχουν στο αργό πετρέλαιο (συστατικά που συγκεντρώνονται στη διεπιφάνεια) πρέπει να απενεργοποιηθούν. Τα ελεύθερα σταγονίδια νερού πρέπει να συσσωματωθούν και, με τη βοήθεια δυνάμεων βαρύτητας ή φυγοκέντρωσης, να διαχωριστεί.



Εικόνα 22  
Διάγραμμα ροής ενός πεδίου πετρελαίου

- a) Συμπιεστής, b) Ξήρανση c) Αγωγός, d) Διαχωριστής αερίου, e) Θερμαντήρας, f) Διαχωριστής, g) Αφαλατωτής, h) Δεξαμενή i) Δευτερογενής καταβύθιση, j) Φίλτρο

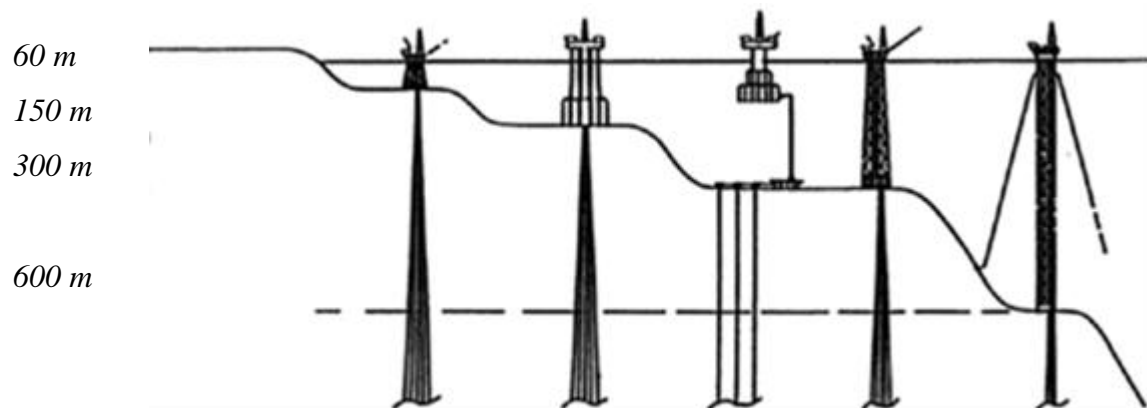
### 3.1.2 Ανάκτηση από Υποθαλάσσια Κοιτάσματα

Οι υγροί και αέριοι υδρογονάνθρακες στα υποθαλάσσια κοιτάσματα ανακτώνται και παράγονται με εξοπλισμό και συσκευές που αντιστοιχούν σε γενικές γραμμές σε εκείνες των χερσαίων εγκαταστάσεων. Διάκριση γίνεται μεταξύ των υποστηρικτικών κατασκευών που χρησιμοποιούνται για τις γεωτρητικές εγκαταστάσεις (εξέδρες) που χρησιμοποιούνται μόνο προσωρινά, και εκείνων που χρησιμοποιούνται για τις εγκαταστάσεις παραγωγής και επεξεργασίας που πρέπει να εγκατασταθούν στη θάλασσα κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου εκμετάλλευσης του κοιτάσματος, συχνά περισσότερο από 20 έτη.

Λόγω των δύσκολων περιβαλλοντικών συνθηκών και του κινδύνου για το προσωπικό από την επεξεργασία ιδιαίτερα εύφλεκτων υδρογονανθράκων σε έναν πολύ μικρό χώρο (ειδικά για τα αέρια), οι απαιτήσεις ασφάλειας για τις μονάδες υποθαλάσσιας παραγωγής είναι ιδιαίτερα υψηλές.

Τα υποθαλάσσια φρέατα απαιτούν, για την απόσταση μεταξύ του πυθμένα της θάλασσας και της εξέδρας, μια ειδική σειρά περιβλήματος γνωστού ως ανυψωτή

(riser), που πρέπει να αντισταθεί στις αντίξοες καιρικές συνθήκες, την κίνηση της θάλασσας, και τα θαλάσσια ρεύματα. Με την εξερεύνηση σε ακόμη μεγαλύτερα βάθη, οι εξέδρες κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται σε θαλάσσια βάθη μέχρι 600 m (Εικόνα 23), ενώ η ανάπτυξη και ο προγραμματισμός προχωρούν ήδη σε θαλάσσια βάθη περίπου 1200 m. Η τεχνολογία ανυψωτών έχει επίσης εξελιχθεί πολύ. Οι παράμετροι ασφάλειας και συνεχούς ελέγχου υπό ακραίες καιρικές συνθήκες αποτελούν προτεραιότητα. Σε πιο μεγάλα βάθη, σε περιοχές με θαλάσσιες γραμμές, και για μικρότερα πεδία, χρησιμοποιείται μερικές φορές η υποθαλάσσια ολοκλήρωση, στην οποία η κεφαλή του φρέατος και η πολλαπλή είναι τοποθετημένες στον πυθμένα της θάλασσας.



Εικόνα 23  
Κατασκευές υποστήριξης για παραγωγή από υποθαλάσσια κοιτάσματα

### 3.1.3 Επιφανειακή Επεξεργασία Παραγομένων Υδρογονανθράκων

Η επεξεργασία των παραγόμενων υδρογονανθράκων περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες μεταφοράς μάζας, θερμότητας και ορμής που απαιτούνται για την επίτευξη των παρακάτω στόχων:

1. Ικανοποίηση των προϋποθέσεων για τη μεταφορά ή την πώληση των υδρογονανθράκων
2. Μεγιστοποίηση της οικονομικής αξίας των παραγόμενων υδρογονανθράκων
3. Τήρηση και εκπλήρωση όλων των υποχρεώσεων που πηγάζουν από τη σχετική νομοθεσία και αφορούν στην απόρριψη σε ξηρά ή σε θάλασσα οποιουδήποτε τμήματος της παραγωγής
4. Ικανοποίηση των προϋποθέσεων για την εισπίεση ρευστών στον ταμιευτήρα

## 3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η επεξεργασία του αργού πετρελαίου αποσκοπεί στα εξής:

1. Ικανοποίηση συγκεκριμένων προδιαγραφών για τη μεταφορά του πετρελαίου όσον αφορά την τάση ατμών (vapour pressure). Οι προδιαγραφές αυτές είναι πολύ αυστηρές στην περίπτωση μεταφοράς με πετρελαιοφόρα πλοία (tankers), όπου το πετρέλαιο θα πρέπει να είναι πλήρως σταθεροποιημένο με τάση ατμών 1 atm στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην περίπτωση μεταφοράς με αγωγούς οι προδιαγραφές είναι περισσότερο χαλαρές αν και η ακριβής γνώση της τάσης ατμών έχει σημασία για τη μέτρηση της μάζας πετρελαίου που μεταφέρεται.
2. Τον αποτελεσματικό διαχωρισμό πετρελαίου-αερίου προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή τάση ατμών και πιθανώς και η επεξεργασία του αερίου προκειμένου να καλυφθούν οι προδιαγραφές πώλησής του.
3. Το διαχωρισμό παραγόμενου νερού-πετρελαίου και τη διάσπαση τυχόν σχηματισμένων γαλακτωμάτων νερού-πετρελαίου για την κάλυψη προδιαγραφών διύλισης.
4. Την απομάκρυνση τυχόν οξειδωτικών ή τοξικών ουσιών -κυρίως  $H_2S$ - πριν την παράδοση του πετρελαίου.
5. Την απομάκρυνση αλάτων για την κάλυψη προδιαγραφών διύλισης. Τα άλατα μπορεί να αποτελέσουν πρόβλημα όταν το πετρέλαιο παράγεται μαζί με μικρές ποσότητες νερού και το πρώτο στάδιο του διαχωρισμού πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Σε τέτοιες συνθήκες το νερό μπορεί να εκτονωθεί στην αέρια φάση (flash expansion) αφήνοντας αλάτι ως υπόλειμμα στο πετρέλαιο. Συνήθως η μόνη επεξεργασία που είναι απαραίτητη είναι η έκπλυση με φρέσκο νερό, διαδικασία, ωστόσο, που απαιτεί τον μετέπειτα διαχωρισμό του νερού από το πετρέλαιο.

### 3.2.1 Επεξεργασία Ελαφρού Πετρελαίου

Οι βασικοί στόχοι της επεξεργασίας στην περίπτωση αυτή είναι:

- Αποτελεσματικός διαχωρισμός αερίου-πετρελαίου
- Μεγιστοποίηση της διατήρησης υδρογονανθράκων μέσης πτητικότητας στην υγρή φάση

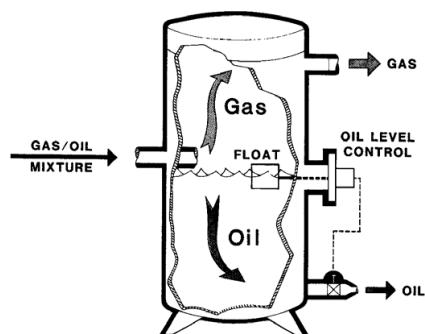
Η διεργασία που θα ακολουθηθεί εξαρτάται κυρίως από τη μετέπειτα χρήση του διαχωριζόμενου αερίου. Στην περίπτωση που το αέριο αυτό χρησιμοποιείται μόνο ως καύσιμο στις εγκαταστάσεις παραγωγής και η περίσσειά του καίγεται, δεν απαιτείται ιδιαίτερη επεξεργασία του αερίου ρεύματος, καθώς η ποσότητα υγρού που μπορεί να ανακτηθεί από αυτό είναι πολύ μικρή. Στην περίπτωση αυτή είναι επιθυμητή η αριστοποίηση της διεργασίας του διαχωρισμού που μπορεί να περιλαμβάνει 3-4 στάδια διαχωρισμού με πολύ προσεκτική επιλογή της πίεσης κάθε σταδίου.

Η αριστοποίηση της διεργασίας του διαχωρισμού μπορεί να αποδώσει ένα πρόσθετο ποσοστό υγρού στην παραγωγή, αλλά και να διαφοροποιήσει την πυκνότητα API του πετρελαίου κατά 1 με 2 βαθμούς, πράγμα που για μεγάλες ποσότητες παραγωγής μπορεί να έχει πολύ θετική επίπτωση στα έσοδα.

Στην περίπτωση που το διαχωριζόμενο αέριο προορίζεται για πώληση, απαιτείται η επεξεργασία του αερίου ρεύματος προκειμένου να απομακρυνθούν οι υδρογονάνθρακες μέσης πτητικότητας ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές του σημείου δρόσου που αναφέρονται παραπάνω. Στην περίπτωση αυτή τα παραγόμενα από την επεξεργασία του αερίου υγρά αναμιγνύονται με το κύριο ρεύμα της παραγωγής και ανακτώνται με τον τρόπο αυτό.

### **3.2.1.1 Σχεδιασμός Διαχωριστών**

Γενικά, ο διαχωριστής (separator) είναι μια σχετικά απλή διάταξη στην οποία πραγματοποιείται διαχωρισμός φάσεων κυρίως μέσω της βαρύτητας. Στην Εικόνα 24 παρουσιάζεται η λειτουργία ενός διαχωριστή κάθετης διάταξης, ενώ στην Εικόνα 26 ένας άλλος τύπος διαχωριστή γνωστός και ως free-water knockout, που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του «ελεύθερου» παραγόμενου νερού (όχι σε μορφή γαλακτώματος). Η πολυπλοκότητα ενός διαχωριστή εξαρτάται άμεσα από τη



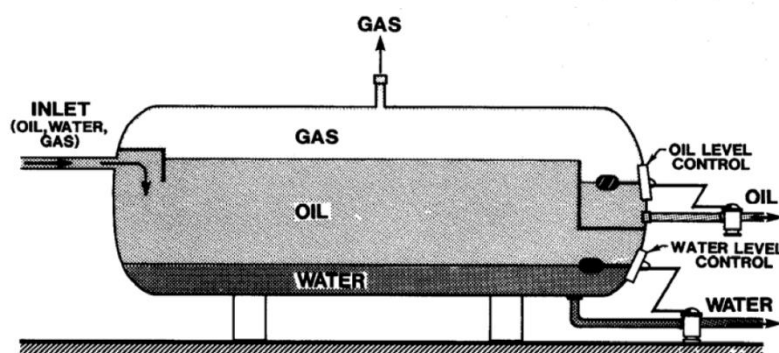
Εικόνα 24 Διαχωριστής κάθετης διάταξης

δυσκολία του διαχωρισμού.

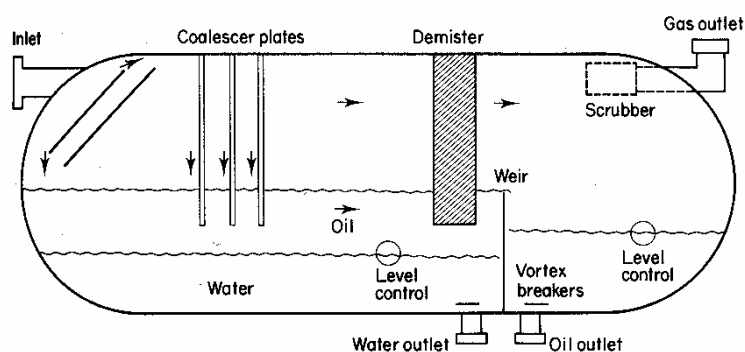
Στην Εικόνα 25 παρουσιάζεται ένας διαχωριστής ενδιάμεσης πολυπλοκότητας. Ένας πρώτος διαχωρισμός επιτυγχάνεται καθώς το ρεύμα υγρού/αερίου προσκρούει σε επικλινή πλάκα αμέσως μετά την είσοδο στον διαχωριστή. Το υγρό επιβραδύνεται και

οδηγείται στο κάτω μέρος του δοχείου. Μια κατακόρυφη επιφάνεια (weir) (δρα ως όριο υπερχείλισης του πετρελαίου) διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο υγρού στον διαχωριστή, ενώ ταυτόχρονα διαχωρίζει το πετρέλαιο από το παραγόμενο νερό. Η στάθμη και στις δύο πλευρές της επιφάνειας αυτής διατηρείται σταθερή μέσω κατάλληλης ρυθμιστικής διάταξης. Το αέριο διαχωρίζεται από το υγρό και στις δύο πλευρές της επιφάνειας.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για το διαχωρισμό, που αποτελεί και τη βασική παράμετρο σχεδιασμού του διαχωριστή είναι ο χρόνος παραμονής (residence time). Οι διαχωριστές σχεδιάζονται έτσι ώστε ο χρόνος παραμονής να είναι μεταξύ 3-5 λεπτών.



Εικόνα 25 Διαχωριστής ενδιάμεσης πολυπλοκότητας



Εικόνα 26 Διαχωριστής “free-water knockout

Μία άλλη βασική παράμετρος που λαμβάνεται υπ’ όψιν είναι η μέγιστη ταχύτητα αερίου, πάνω από την οποία έχουμε συμπαράσυρση του υγρού από το αέριο και μη αποτελεσματικό διαχωρισμό. Ένας πρακτικός κανόνας για την εκτίμηση της μέγιστης ταχύτητας του αερίου είναι η παρακάτω έκφραση:



$$V = C \cdot \left[ \frac{\rho_o - \rho_g}{\rho_g} \right]^{0.5}$$

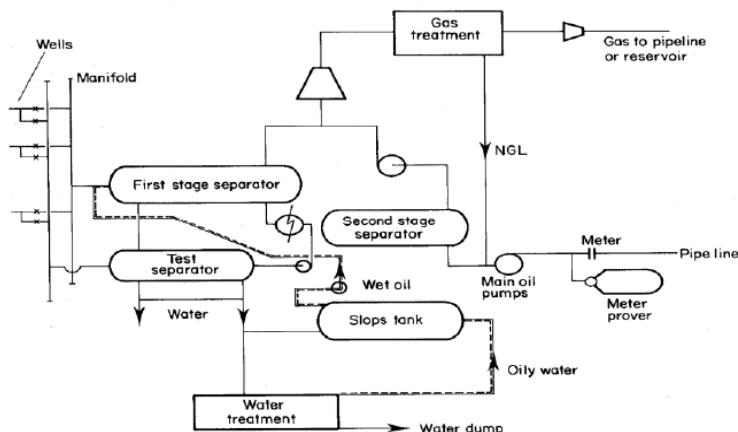
όπου:

**V:** Κρίσιμη ταχύτητα συμπαράσυρσης (ft/sec)

**C:** Εμπειρική σταθερά γνωστή ως συντελεστής διαχωριστή

(0.35-0.50 ft/sec)

$\rho_o, \rho_g$  : Η πυκνότητα πετρελαίου και αερίου αντίστοιχα



Εικόνα 27 Διαχωρισμός σε πολλαπλά στάδια

Η λειτουργία του διαχωριστή στα επιθυμητά όρια επιτυγχάνεται μέσω συστημάτων αυτόματου ελέγχου.

Στην περίπτωση διαχωρισμού σε περισσότερα από ένα στάδια (Εικόνα 27), οι συνθήκες (πίεση-θερμοκρασία) κάθε σταδίου έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση της διεργασίας συνολικά. Η αριστοποίηση της όλης διεργασίας βρίσκεται με εργαστηριακά πειράματα πάνω σε δείγματα ρευστού (separator tests, βλ. Κεφάλαιο 5) ή με απευθείας υπολογισμό.

Η ροή ελαφρών πετρελαίων με υψηλό GOR μέσω των διαφόρων εξαρτημάτων ενός τυπικού διαχωριστή είναι δυνατόν να προκαλέσει το σχηματισμό αφρού ο οποίος φράζει τα μικρής διατομής εξαρτήματα του διαχωριστή. Ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για την κατακάθιση και απομάκρυνση του αφρού μπορεί να είναι απαγορευτικός για την αποτελεσματική λειτουργία του διαχωριστή. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με προσθήκη χημικών για τη διάσπαση του αφρού.

### **3.2.1.2 Παραφίνες**

Τα ελαφρά πετρέλαια αποτελούνται κυρίως από παραφίνες και τα βαρύτερα συστατικά τους μπορεί να είναι παραφινικά κεριά. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από μία κρίσιμη τιμή, οι παραφίνες αυτές καθιζάνουν και σχηματίζεται κεριό το οποίο μπορεί να φράξει τη σωλήνωση παραγωγής (tubing) καθώς και άλλες σωληνώσεις,

εξαρτήματα και αγωγούς. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται κυρίως με την προσθήκη χημικών που παρεμποδίζουν το σχηματισμό των κεριών. είτε με περιοδική θέρμανση και απόξεση των σωληνώσεων αν ο σχηματισμός των κεριών έχει ήδη συμβεί.

### **3.2.2 Επεξεργασία Βαρέως Τύπου Πετρέλαιο**

Στην περίπτωση βαρέως τύπου πετρέλαιο, ο λόγος αερίου-πετρελαίου στην επιφάνεια είναι συνήθως μικρός, και το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι ο αποτελεσματικός διαχωρισμός του πετρελαίου από το παραγόμενο νερό.

Υπάρχουν δύο παράγοντες που δυσχεραίνουν το διαχωρισμό αυτό:

- Το υψηλό ιξώδες του πετρελαίου, που είναι συγκρίσιμο με αυτό του παραγόμενου νερού και επιβραδύνει το διαχωρισμό των δύο φάσεων δια της βαρύτητας.
- Την μεγαλύτερη τάση που εμφανίζει το πετρέλαιο αυτό για σχηματισμό γαλακτωμάτων με το νερό.

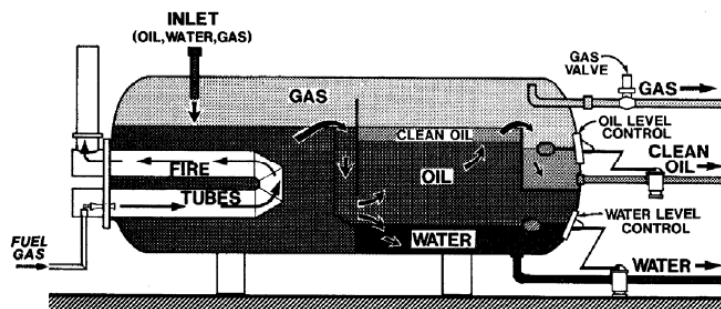
Τα γαλακτώματα χαρακτηρίζονται από διασπορά λεπτών σταγονιδίων μιας φάσης που αιωρούνται σε μια άλλη συνεχή φάση. Οι διαστάσεις των σταγονιδίων αυτών είναι αρκετά μικρές ώστε να μην είναι δυνατόν να συσσωματωθούν και να κατακαθίσουν ώστε να επέλθει πλήρης διαχωρισμός των δύο φάσεων. Είναι δυνατόν να έχουμε σχηματισμό τόσο γαλακτωμάτων νερού σε πετρέλαιο όσο και πετρελαίου σε νερό.

Το πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση του προβλήματος των γαλακτωμάτων είναι η θέρμανση του πετρελαίου σε θερμαντήρα (heater) πριν το πρώτο στάδιο του διαχωρισμού είτε ο διαχωρισμός σε heater-treater. Το δοχείο αυτό παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με το free-water knockout που είδαμε παραπάνω, με τη διαφορά ότι εμπεριέχει θερμαντικούς σωλήνες για την επιτόπου θέρμανση και διάσπαση του γαλακτώματος (Εικόνα 28).

Μετά το πρώτο στάδιο διαχωρισμού από αέριο και νερό το πετρέλαιο οδηγείται συνήθως σε θερμαινόμενες δεξαμενές αποθήκευσης όπου ο ζητούμενος τελικός διαχωρισμός πετρελαίου-νερού μπορεί να επιτελεστεί με πολύ μεγάλους χρόνους παραμονής. Στην περίπτωση σχηματισμού σταθερών γαλακτωμάτων που δεν αντιμετωπίζονται με θέρμανση ή αργή κατακάθιση του νερού, ενδείκνυται η χρήση χημικών απογαλακτοποιητών (demulsifiers). Οι ουσίες αυτές θα πρέπει να προστίθενται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο παραγωγής, πολλές φορές

μάλιστα εισπιέζονται στη γεώτρηση με ειδικές αντλίες, διαφορετικά προστίθενται στην κεφαλή της γεώτρησης wellhead).

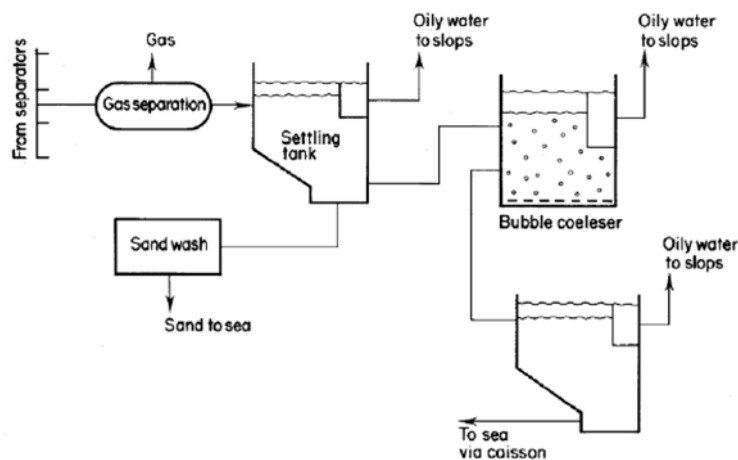
Σε σπάνιες περιπτώσεις, όπου καμία από τις παραπάνω τεχνικές δεν είναι πλήρως αποτελεσματική, χρησιμοποιείται η μέθοδος της ηλεκτροστατικής κατακάθισης (electrostatic precipitation).



Εικόνα 28  
Διαχωριστής “free-water knockout” με δυνατότητα ταυτόχρονης θέρμανσης (heater-treater)

### 3.2.2.1 Επεξεργασία Παραγόμενου Νερού

Η επεξεργασία του παραγόμενου νερού έγκειται κυρίως στη μείωση της περιεκτικότητάς του σε πετρέλαιο, καθώς υπάρχουν όλο και αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί περιορισμοί που αφορούν την απόρριψη του νερού στην ξηρά ή στη θάλασσα. Στην περίπτωση της Βόρειας Θάλασσας, η μέγιστη περιεκτικότητα του νερού σε πετρέλαιο πριν την απόρριψή του στη θάλασσα καθορίζεται σε 50 ppm. Είναι απαραίτητο, επομένως, το νερό από κάθε στάδιο διαχωρισμού, αλλά και κάθε ρεύμα έκπλυσης που μπορεί να περιέχει πετρέλαιο να υφίσταται κάποια κατεργασία.

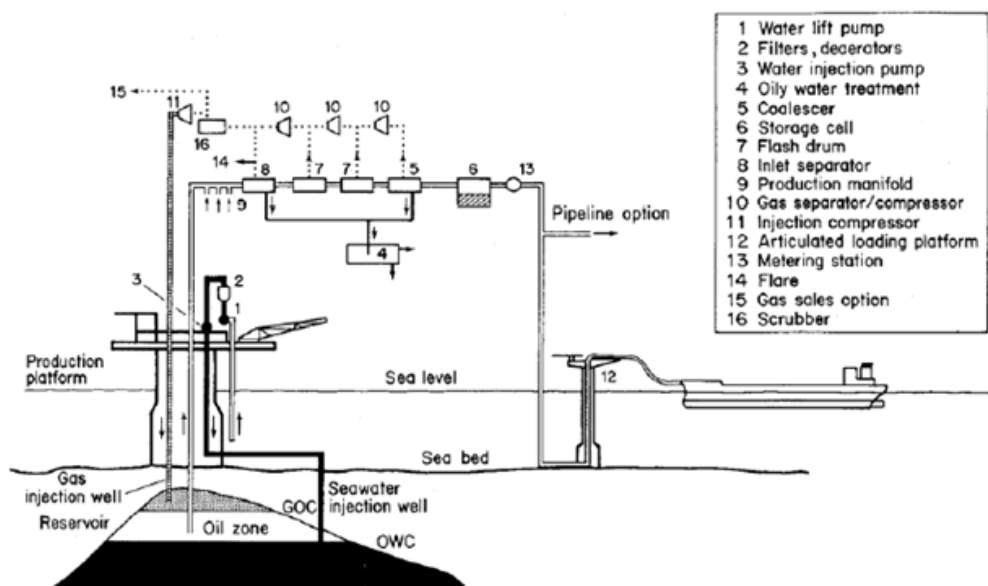


Εικόνα 29  
Επεξεργασία παραγόμενου νερού, σε εξέδρα

Οι βασικές μέθοδοι διαχωρισμού περιλαμβάνουν εναπόθεση μέσω βαρύτητας (gravity settling), συγκέντρωση του πετρελαίου από την επιφάνεια δεξαμενών εναπόθεσης (skimming) μεταξύ των οποίων υπάρχει ανακυκλοφορία και το νερό που τελικά προκύπτει καθαρίζεται σε μονάδα συσσωμάτωσης (coalescer) πριν την απόρριψη στη θάλασσα. Οι περισσότερες διατάξεις καθαρισμού έχουν τη δυνατότητα μείωσης της περιεκτικότητας του νερού σε πετρέλαιο έως και τα 30 ppm. Μία τυπική διάταξη καθαρισμού του νερού σε πλατφόρμα εξόρυξης φαίνεται στο Εικόνα 29.

### 3.2.2.2 Επεξεργασία Εισπνεζόμενων Ρευστών

Ο σχεδιασμός οποιουδήποτε σχήματος δευτερογενούς παραγωγής και διατήρησης πίεσης με εισπίεση ρευστών στον ταμιευτήρα, απαιτεί μελέτη, όχι μόνο της αποτελεσματικότητας της εκτόπισης του πετρελαίου, αλλά και της ποιότητας των εισπνεζόμενων ρευστών και της συμβατότητάς τους με τα ρευστά του ταμιευτήρα. Η Εικόνα 30, παρουσιάζει ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής για ένα σχήμα δευτερογενούς παραγωγής σε υποθαλάσσιο κοίτασμα.



**Εικόνα 30**  
Απλοποιημένο διάγραμμα εφαρμογής δευτερογενούς παραγωγής σε υποθαλάσσιο κοίτασμα

Κατά την εισπίεση νερού στον ταμιευτήρα μεγάλη σημασία έχει η καθαρότητα του νερού και συγκεκριμένα η περιεκτικότητά του σε αιωρούμενα στερεά, διαλυμένο οξυγόνο και οργανικό υλικό/βακτήρια. Οι διεργασίες που προηγούνται της εισπίεσης του νερού στο σχηματισμό περιλαμβάνουν:

Απομάκρυνση, με διέλευση του εισπιεζόμενου νερού από διάφορα φίλτρα, των αιωρούμενων στερεών που είναι δυνατόν να φράξουν τους πόρους του σχηματισμού. Απομάκρυνση του διαλυμένου οξυγόνου, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη βακτηριδίων που μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση της σωλήνωσης. Για την αντιμετώπιση του παράγοντα αυτού χρησιμοποιείται κάποια διεργασία απαέρωσης και στη συνέχεια προσθήκη χημικών ενώσεων που κατακρατούν το οξυγόνο (oxygen scavengers).

Απομάκρυνση οργανικού υλικού και βακτηριδίων που υπάρχουν ήδη στο νερό και είναι δυνατόν να προκαλέσουν το σχηματισμό κρούστας (slime) στη σωλήνωση και τον ταμιευτήρα και να παρεμποδίσουν την εισπίεση. Συνήθως, πριν την εισπίεση του νερού χρησιμοποιείται βακτηριοκτόνο και φιλτράρισμα.

Στην περίπτωση θαλάσσιων κοιτασμάτων όπου το νερό λαμβάνεται από τη θάλασσα, ο βαθμός στον οποίο απαιτείται καθαρισμός του νερού μειώνεται με τη λήψη του νερού από κάποιο βάθος, στο οποίο η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά και διαλυμένο οξυγόνο είναι περιορισμένη.

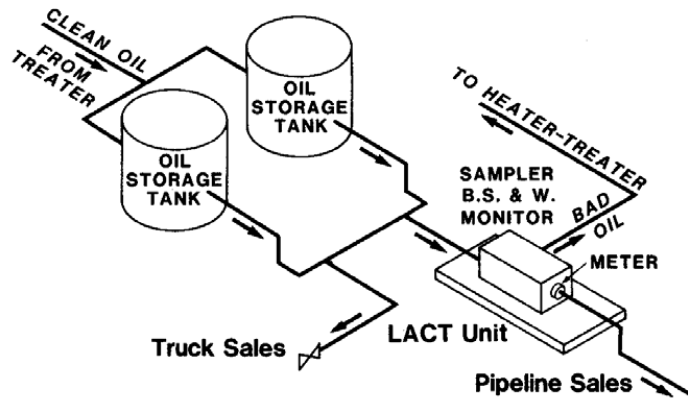
Στην περίπτωση επανεισπίεσης στον ταμιευτήρα ενός ποσοστού του παραγόμενου αερίου, προβλήματα μπορεί να προκύψουν από την καθίζηση ελαίων και λιπαντικών που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των εγκαταστάσεων επιφάνειας και έχουν συμπαρασυρθεί από το αέριο. Επίσης, το αέριο που εισπνέζεται είναι δυνατό να μεταβάλλει τις ογκομετρικές (PVT) ιδιότητες του αερίου καλύμματος στον ταμιευτήρα, καθώς γενικά η σύστασή του είναι διαφορετική πλέον από αυτή του αρχικού αερίου. Η διαφορά αυτή μπορεί να έχει επίπτωση στην αποτελεσματικότητα της εκτόπισης και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό της παραγωγής. Στην περίπτωση εισπίεσης στον ταμιευτήρα μίγματος αερίου από διάφορα κοιτάσματα, η μεταβολή στις ογκομετρικές ιδιότητες του αερίου καλύμματος μπορεί να είναι ακόμα πιο σημαντική.

### **3.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

Η ακριβής μέτρηση των ποσοτήτων πετρελαίου και αερίου που παράγονται έχει μεγάλη σημασία τόσο για τη μεταφορά όσο και για την πώληση των προϊόντων αυτών.

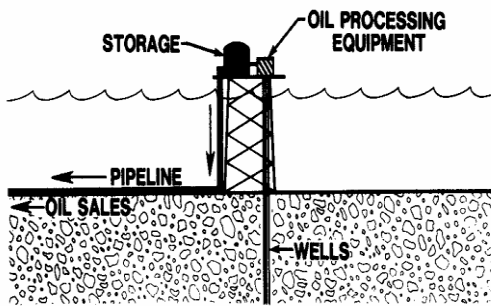
Πολύ συχνά η παραγωγή πετρελαίου από διάφορα κοιτάσματα μεταφέρεται μέσω κοινού αγωγού στον οποίο ο συνολικός όγκος που μεταφέρεται μετά την ανάμιξη των ρευμάτων δεν είναι ίσος με το άθροισμα των επιμέρους όγκων κάθε ρεύματος. Αυτό

πρακτικά σημαίνει ότι καθένας από τους έχοντες πρόσβαση στον αγωγό θα πρέπει να τηρεί αρχείο τόσο του όγκου που παραδίδεται αλλά και της πυκνότητας του αργού καθώς και της συνολικής σύστασης. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η ακριβής κατανομή των συνολικών ποσοτήτων αργού που παραλαμβάνονται στους δικαιούχους. Μια τυπική διάταξη αποθήκευσης (κοντά στο πεδίο) και μέτρησης

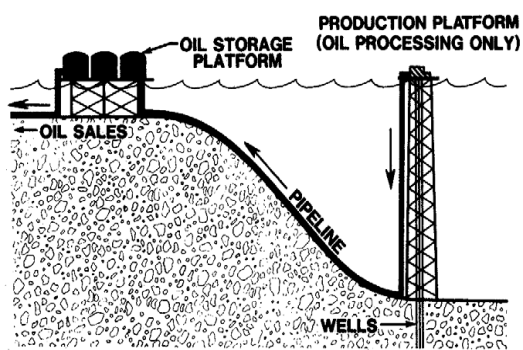


Εικόνα 33 Αποθήκευση και μέτρηση αργού πετρελαίου

αργού πετρελαίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 31. Το πετρέλαιο, μετά από τις διεργασίες καθαρισμού του, μεταφέρεται στις αποθηκευτικές δεξαμενές (storage tank). Οι δεξαμενές αυτές μπορεί να είναι επιφανειακές ή υπόγειες. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 100 έως 10.000 βαρέλια. Σε ένα τυπικό σχήμα, η αποθηκευτική ικανότητα των δεξαμενών πρέπει να καλύπτει παραγωγή δύο-τριών ημερών. Από τις δεξαμενές, το πετρέλαιο αντλείται από δεξαμενόπλοια και



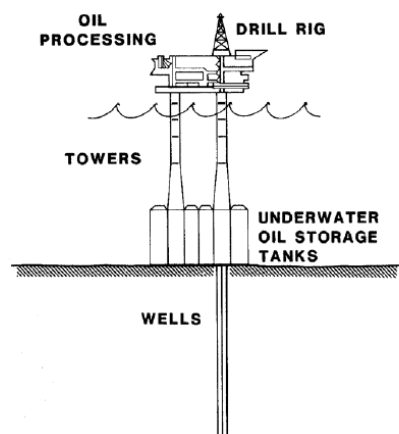
Εικόνα 31 Πλατφόρμα παραγωγής (νερό μικρού βάθους)



Εικόνα 32 Πλατφόρμα παραγωγής (νερό μεγάλου βάθους)

μεταφέρεται στους χώρους των διυλιστηρίων ή η μεταφορά του γίνεται μέσω αγωγών. Στην περίπτωση της χρήσης αγωγών μεταφοράς απαιτείται η μέτρηση της ποσότητας του πετρελαίου η οποία διοχετεύεται από τη δεξαμενή στον αγωγό. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδική μονάδα μέτρησης, LACT (Lease Automatic Custody Transfer- Σύμβαση Αυτόματης Επιτήρησης Μεταφοράς). Η μονάδα αυτή αποτελείται από αυτόματο μετρητή ο οποίος με μεγάλη ακρίβεια καταγράφει τις ποσότητες πετρελαίου οι οποίες περνούν στον αγωγό και ταυτοχρόνως, πραγματοποιεί συνεχή δειγματοληψία για τον έλεγχο της ποιότητας του πετρελαίου (περιεκτικότητα σε νερό και στερεά σωματίδια). Εάν τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δειγμάτων υπερβαίνουν τα προκαθορισμένα της σύμβασης όρια, αυτόματη βαλβίδα της μονάδας αποτρέπει την περαιτέρω εισροή πετρελαίου,

και το επιβαρημένο πετρέλαιο επιστρέφει στις μονάδες για επιπλέον καθαρισμό. Όταν πετρέλαιο μεταφέρεται σε δεξαμενόπλοια, μετράται με ακρίβεια η στάθμη της δεξαμενής πριν και μετά τη φόρτωση. Η διαφορά των δύο μετρήσεων παρέχει τον όγκο που αντλήθηκε. Στην περίπτωση των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων, η αποθήκευση και η μεταφορά του πετρελαίου ακολουθεί διαφορετικούς κανόνες λόγω περιορισμένου



Εικόνα 34  
Υποθαλάσσια αποθήκευση πετρελαίου  
193

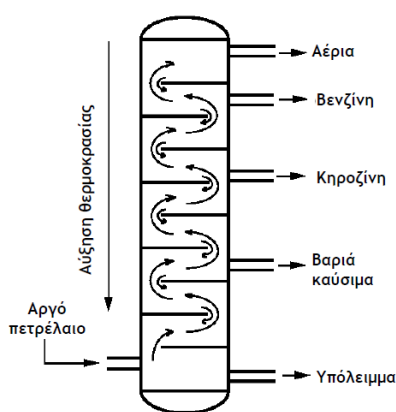
χώρου. Οι πλατφόρμες μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις (όταν εδράζουν σε αβαθή νερά) να φέρουν μονάδες καθαρισμού και αποθηκευτικές δεξαμενές (Εικόνα 32). Όταν όμως τα βάθη είναι μεγάλα, απαιτούνται περισσότερες της μιας πλατφόρμες, με αποτέλεσμα να είναι υπερβολικά δαπανηρή μια τέτοια επένδυση. Στην περίπτωση αυτή, το πετρέλαιο, αφού έχει καθαριστεί από το νερό, μεταφέρεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού σε αποθηκευτική δεξαμενή σε αβαθή περιοχή ή διοχετεύεται απευθείας στον αγωγό προς πώληση (Εικόνα 33). Η δυνατότητα αποθήκευσης αργού πετρελαίου σε αποθηκευτικούς χώρους στη βάση της πλατφόρμας παραγωγής (Εικόνα 34), είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται σε μεγάλα βάθη αλλά η κατασκευή τους προϋποθέτει πολύ υψηλές επενδύσεις.

### 3.4 ΔΙΥΛΗΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Το αργό πετρέλαιο αποθηκεύεται σε δεξαμενές και υφίσταται μια φυσική διεργασία απομάκρυνσης ανόργανων αλάτων και κατόπιν οδηγείται στην ατμοσφαιρική στήλη απόσταξης για το διαχωρισμό του σε επιμέρους κλάσματα και την αναβάθμιση του πετρελαίου σε προϊόντα που θα ικανοποιούσαν τις ανάγκες του καταναλωτή. Η όλη διεργασία αναβάθμισης του πετρελαίου καλείται διύλιση (refining). Απόσταξη είναι η φυσική διεργασία του διαχωρισμού ουσιών ανάλογα με την πτητικότητα τους (σημείο ζέσεως).

Η διεργασία επιτελείται σε μία στήλη (ή πύργο) απόσταξης, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 35. Οι ατμοί από το αργό πετρέλαιο ανέρχονται στη στήλη και συμπυκνώνονται καθώς ανεβαίνουν από δίσκο σε δίσκο. Οι πλέον πτητικές ουσίες γίνονται καθαρότερες κοντά στην κορυφή της στήλης, ενώ ουσίες με χαμηλά σημεία ζέσεως εμπλουτίζονται στον πυθμένα. Επειδή η διεργασία είναι φυσική, δεν γίνονται χημικές αντιδράσεις.

Τα κυριότερα κλάσματα που διαχωρίζονται στην ατμοσφαιρική στήλη είναι: ελαφρά αέρια και ελαφρά νάφθα, βαριά νάφθα, κηροζίνη, ντίζελ, ελαφρύ αερίελλο και βαρύ υπόλειμμα. Προκειμένου να γίνει ο διαχωρισμός των κλασμάτων είναι απαραίτητη η προθέρμανση του αργού πετρελαίου σε υψηλή θερμοκρασία, περίπου 370°C, ώστε να σχηματιστούν δύο φάσεις διαχωρισμού, μία αέρια και μία υγρή. Αυτό σημαίνει ότι η διύλιση του πετρελαίου απαιτεί σημαντικά ποσά ενέργειας.



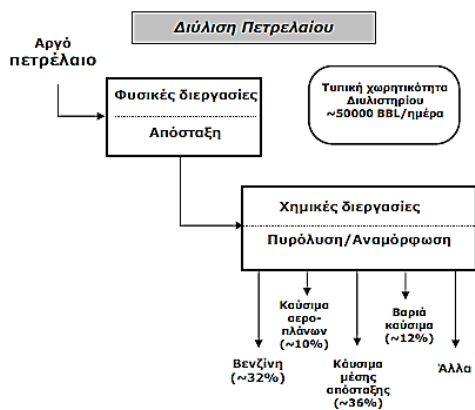
**Εικόνα 35**  
Σχηματική απεικόνιση στήλης απόσταξης

Τα κλάσματα από την ατμοσφαιρική στήλη απόσταξης οδηγούνται σε άλλες εγκαταστάσεις για περαιτέρω επεξεργασία και βελτίωση των ιδιοτήτων τους ώστε να αποτελέσουν εντός προδιαγραφών τυποποιημένα προϊόντα για κατανάλωση. Μια απλοποιημένη παράσταση ενός διυλιστηρίου πετρελαίου με τυπικές ποσότητες διύλισης παρουσιάζεται στην Εικόνα 36 ενώ στην Εικόνα 37 δίδεται το διάγραμμα ροής ενώ σύγχρονου διυλιστηρίου. Ακολουθούν

οι ορισμοί των σπουδαιότερων διεργασιών που γίνονται σε ένα διυλιστήριο, ενώ στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφούν τα κυριότερα προϊόντα από ένα διυλιστήριο.



Υπενθυμίζεται, ότι κάθε διωλιστήριο έχει το δικό του διάγραμμα ροής. Το οποίο συνήθως καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του αργού πετρελαίου που χρησιμοποιεί, το διαθέσιμο εξοπλισμό, τη ζήτηση των προϊόντων και το κόστος



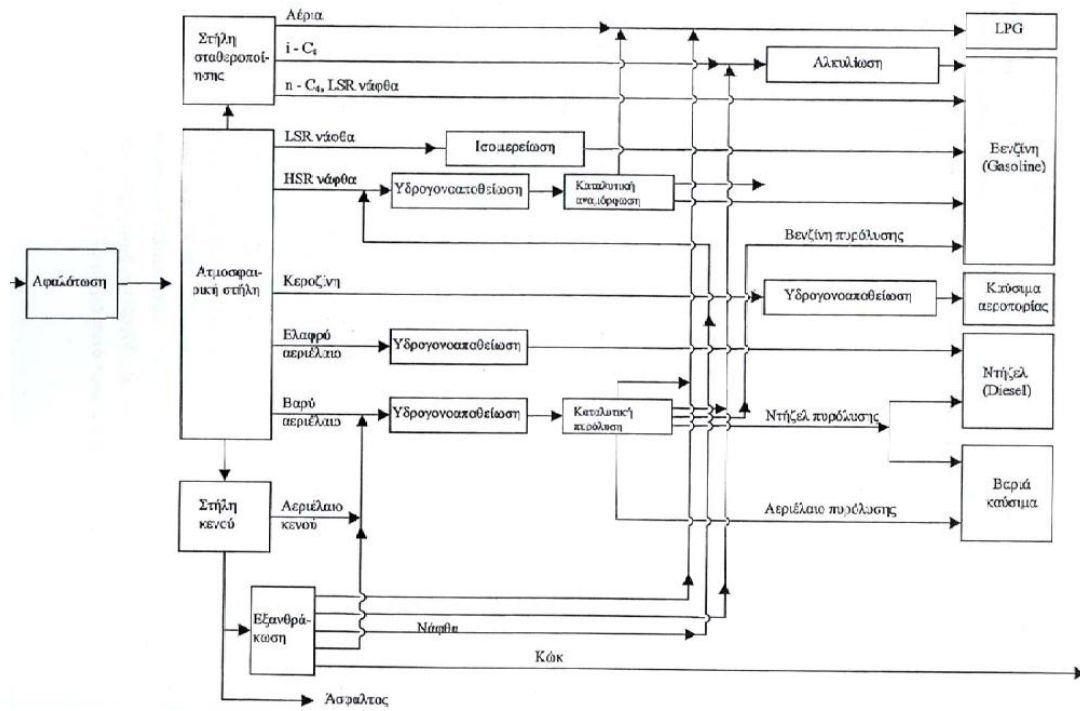
**Εικόνα 36**  
Σχηματική παράσταση ενός τυπικού διωλιστηρίου

λειτουργίας.

Σ' ένα σύγχρονο διωλιστήριο πετρελαίου γίνεται ένα μεγάλο πλήθος διεργασιών που στόχο έχουν να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή καυσίμων και πρώτων υλών με τον πλέον οικονομικό τρόπο, λαμβάνοντας υπ όψιν την εκάστοτε νομοθεσία, είτε για βελτιωμένα καύσιμα, είτε για την προστασία του περιβάλλοντος.

Στις αποστακτικές στήλες (distillation column, still) του αργού πετρελαίου γίνονται οι κυριότερες διεργασίες σ' ένα διωλιστήριο. Οι στήλες αυτές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό του αργού πετρελαίου σε κλάσματα ανάλογα του σημείου βρασμού τους, ώστε οι διεργασίες που ακολουθούν να έχουν τροφοδοσία που να ικανοποιεί τις ιδιαίτερες προδιαγραφές της περαιτέρω διεργασίας.

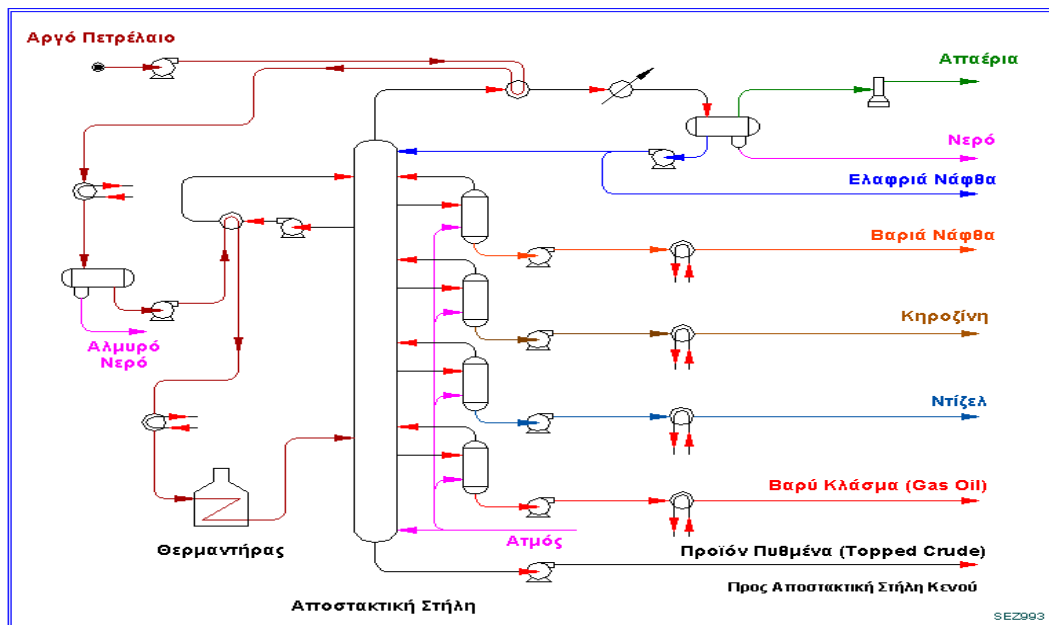
Απόδοση και οικονομία επιτυγχάνονται αν η απόσταξη του αργού πετρελαίου γίνει σε δύο στάδια. Πρώτα η απόσταξη του συνόλου του αργού πετρελαίου γίνεται πρακτικά σε ατμοσφαιρική πίεση και έπειτα, το κλάσμα πυθμένος της ατμοσφαιρικής στήλης - ρεύμα με υψηλό σημείο βρασμού, τροφοδοτεί μια δεύτερη στήλη που λειτουργεί σε υψηλό κενό (χαμηλή πίεση). Η στήλη κενού απαιτείται διότι ο θερμικός διαχωρισμός των βαρέων κλασμάτων σε ατμοσφαιρική πίεση απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες όπου γίνεται παράλληλα και θερμική διάσπαση των κλασμάτων αυτών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των προϊόντων, απώλεια υδρογονανθράκων και απόθεση "μάκας" στον εξοπλισμό λόγω σχηματισμού κωκ. Ως γνωστόν, η θερμοκρασία βρασμού (σημείο βρασμού) ελαττώνεται με την ελάττωση της (συνολικής ή μερικής) πίεσης. Έτσι τα βαρύτερα κλάσματα στη στήλη κενού, βράζουν σε μικρότερη θερμοκρασία και αποφεύγεται η θερμική τους διάσπαση. Όμοια δράση έχει, όπως θα δούμε, και η προσθήκη ατμού στη στήλη.



Εικόνα 37  
Διάγραμμα ροής ενός σύγχρονου διυλιστηρίου

### Προθέρμανση Αργού Πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο πριν εισέλθει στην ατμοσφαιρική στήλη προθερμαίνεται σε μια σειρά από εναλλάκτες θερμότητας στους 550 °F περίπου με θερμική εναλλαγή με τα προϊόντα και τα ρεύματα επαναροής της στήλης. Έπειτα, το αργό πετρέλαιο θερμαίνεται σε φούρνο/κλίβανο (direct-fire-furnace) στους 650 - 750 °F και στη



Εικόνα 38

συνέχεια τροφοδοτεί την ατμοσφαιρική στήλη. Η θερμοκρασία εξόδου του αργού πετρελαίου από τον φούρνο είναι αρκετά υψηλή ώστε να έχουν ατμοποιηθεί όλα τα

προϊόντα που αφαιρούνται πάνω από το δίσκο τροφοδοσίας και ένα 10-20% επιπλέον από τα προϊόντα πυθμένος. Αυτό το 10-20% "επιπλέον" επιτρέπει την κλασμάτωση ακριβώς πάνω από το δίσκο της τροφοδοσίας και να παρέχει εσωτερική επαναρροή σε περίσσεια των πλευρικών ρευμάτων που αφαιρούνται. Είναι σκόπιμο να τοποθετηθεί ένα δοχείο διαχωρισμού (flash drum) μεταξύ των εναλλακτών θερμότητας προθέρμανσης και του φούρνου θέρμανσης. Τα κλάσματα χαμηλού σημείου βρασμού που ατμοποιούνται με την προθέρμανση στους εναλλάκτες διαχωρίζονται στο δοχείο διαχωρισμού και οδηγούνται κατ' ευθείαν στο δίσκο τροφοδοσίας της ατμοσφαιρικής στήλης. Το υγρό ρεύμα από το δοχείο διαχωρισμού αντλείται μέσω του φούρνου στην αποστακτική στήλη. Έτσι απαιτούνται μικρότεροι και φθηνότεροι φούρνοι για τη θέρμανση της τροφοδοσίας της ατμοσφαιρικής στήλης.

### **3.4.1 Ατμοσφαιρική Στήλη Αργού Πετρελαίου**

Η επαναρροή της στήλης επιτυγχάνεται με την συμπύκνωση των ατμών της κορυφής (overhead vapor) και με την επιστροφή τμήματος του υγρού ρεύματος στην κορυφή της στήλης. Πλάγια υγρά ρεύματα αφαιρούνται από τη στήλη. Αυτά τα ρεύματα είναι πλούσια σε συστατικά χαμηλού σημείου βρασμού. Αυτά τα "ελαφρά" (light ends) απογυμνώνονται σε μικρές στήλες (side strippers) με 4 έως 10 δίσκους με ατμό που εισάγεται κάτω από τον δίσκο πυθμένος. Ο ατμός και τα "ελαφρά" επανεισάγονται στην ατμοσφαιρική στήλη σε μια θέση πάνω από το σημείο λήψης του υγρού ρεύματος.

Κάθε ένα από τα πλευρικά ρεύματα προϊόντων ελαττώνει την επαναρροή κάτω από το σημείο της υγρής λήψης. Μέγιστη επαναρροή και κλασμάτωση επιτυγχάνεται με την ολική αφαίρεση της θερμότητας (πλήρης συμπύκνωση) στην κορυφή της στήλης. Αυτό όμως οδηγεί σε "κωνικού τύπου" υγρή φόρτωση της στήλης που απαιτεί πολύ μεγάλη διάμετρο στήλης στην κορυφή. Για να ελαττωθεί η διάμετρος στην κορυφή της στήλης και η υγρή φόρτωση καθ' ύψος της στήλης χρησιμοποιούνται πλάγια ρεύματα επαναρροής για αφαίρεση θερμότητας και δημιουργία ικανοποιητικής επαναρροής κάτω από τα σημεία υγρής λήψης των απογυμνωτών. Έτσι υγρό ρεύμα αφαιρείται από τη στήλη, ψύχεται σε εναλλάκτη θερμότητας και επιστρέφει στη στήλη. Αυτό το ψυχρό ρεύμα υγροποιεί περισσότερους ατμούς τώρα και αυξάνει την

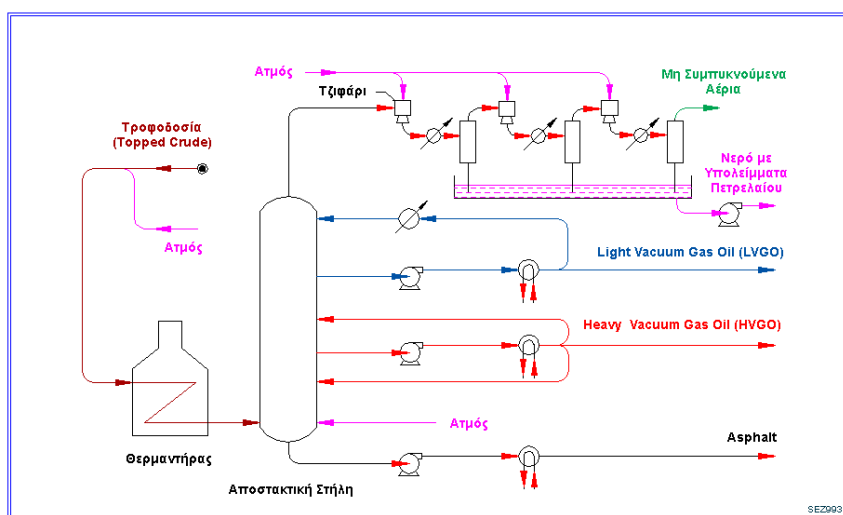
επαναρροή στη στήλη κάτω από το σημείο της επιστροφής του σ' αυτήν. Επίσης αυξάνει και η ενεργειακή απόδοση της στήλης με αυτές τις βοηθητικές επαναρροές (pump-arounds). Αν η ικανοποιητική επαναρροή παραγόταν στην κορυφή της στήλης, όλη η θερμότητα θα έπρεπε να εξαχθεί στο σημείο φυσαλίδας (bubble-point) του προϊόντος κορυφής (overhead vapor). Με τις βοηθητικές επαναρροές σε χαμηλότερα σημεία της στήλης, οι θερμοκρασίες εναλλαγής είναι υψηλότερες και ένα μεγαλύτερο κλάσμα της θερμικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Συνήθως οι ατμοσφαιρικές στήλες αργού πετρελαίου δεν χρησιμοποιούν αναβραστήρα (rectifying column), λειτουργούν δηλαδή σαν πύργοι απορρόφησης με συμπυκνωτήρα (refluxed absorber). Αντί αναβραστήρα λοιπόν, προστίθονται μερικοί δίσκοι κάτω από το δίσκο τροφοδοσίας και ατμός εισέρχεται κάτω από τον τελευταίο δίσκο. Οι ατμοσφαιρικές στήλες περιέχουν 30 έως 50 δίσκους, ενώ ένας απογυμνωτής (side-stripper) 4 έως 10 δίσκους. Στον συμπυκνωτήρα της κορυφής της στήλης υγροποιούνται το πεντάνιο και τα βαρύτερα. Αυτή είναι η "ελαφριά" βενζίνη (LSR gasoline) και περιέχει προπάνιο και βουτάνια. Αυτό το ρεύμα τροφοδοτεί ένα σταθεροποιητή (stabilizer column) στο τμήμα επεξεργασίας αερίων (gas plant) του διυλιστηρίου, όπου αφαιρούνται βουτάνια και προπάνιο από την "ελαφριά" βενζίνη (LSR-Light Straight Run).

### 3.4.2 Στήλη Κενού Αργού Πετρελαίου

Λόγω της θερμικής διάσπασης της τροφοδοσίας σε υψηλή θερμοκρασία χρησιμοποιείται αποστακτική στήλη σε κενό. 25 με 40 mmHg είναι η πίεση λειτουργίας της στήλης κενού. Με την εισαγωγή ατμού η πίεση ελαττώνεται κατά 10 mmHg ή ακόμα χαμηλότερα και έτσι διευκολύνεται η ατμοποίηση της τροφοδοσίας. Η εισαγωγή του ατμού στην είσοδο του φούρνου θέρμανσης της τροφοδοσίας της στήλης κενού, αυξάνει την ταχύτητα της τροφοδοσίας στους αυλούς του φούρνου και ελαχιστοποιείται η απόθεση κωκ. Τυπική αναλογία προστιθέμενου ατμού [10 - 50 lb/bbl τροφοδοσίας], ενώ τυπική θερμοκρασία εξόδου από το φούρνο [730 - 850 °F]. Η πτώση πίεσης στις γραμμές της κορυφής της στήλης, στον συμπυκνωτήρα και σ' όλο τον εξοπλισμό μεταξύ εξοπλισμού δημιουργίας κενού και στήλης είναι καθοριστικός παράγοντας κόστους. Η ελάχιστη πτώση πίεσης οδηγεί σε σημαντική ελάττωση του λειτουργικού κόστους της στήλης. Η ελαττωμένη πίεση οδηγεί, σε αυξημένες ογκομετρικές ροές των ατμών στη στήλη και ως συνέπεια απαιτεί

διάμετρο στήλης πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της ατμοσφαιρικής στήλης. Έχουν κατασκευαστεί και στήλες κενού με διάμετρο 12 m.

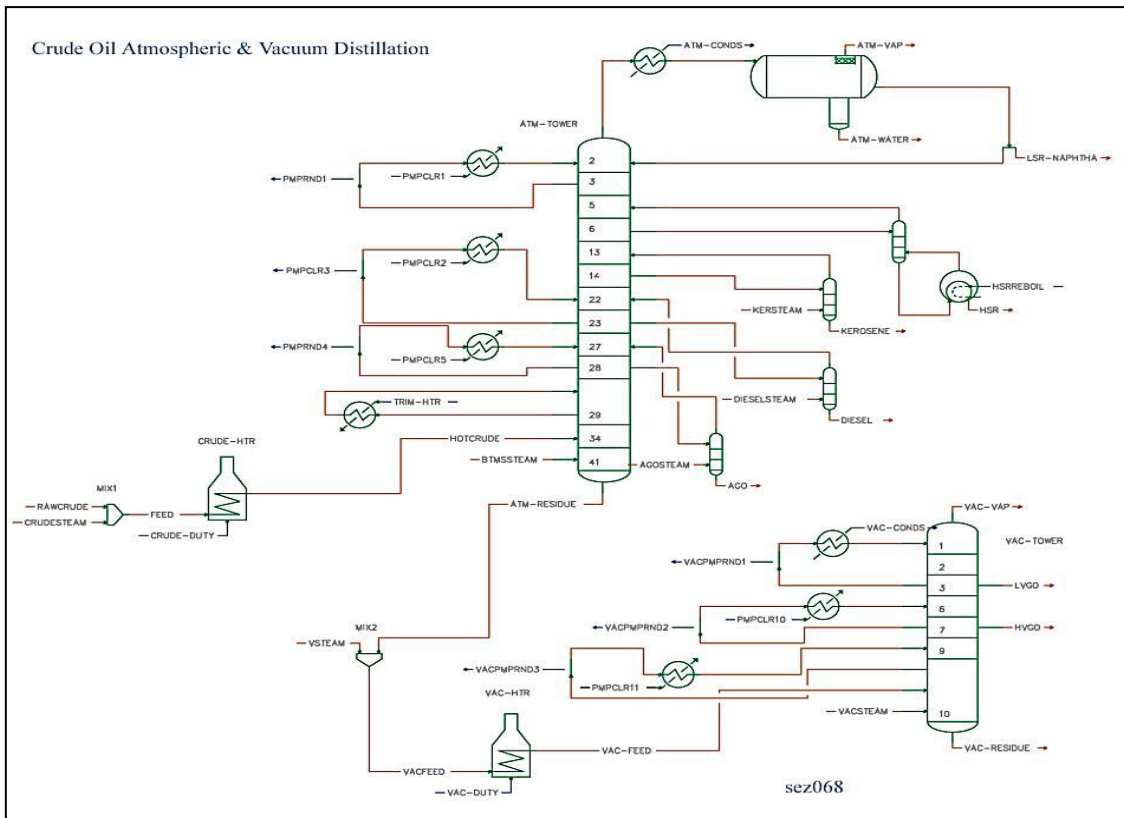


Εικόνα 39

Η λειτουργική πίεση επιτυγχάνεται με εκβολείς ατμού ("τζιφάρια") και ατμοσφαιρικούς συμπυκνωτές ή αντλίες κενού και επιφανειακούς συμπυκνωτές. Ο αριθμός των βαθμίδων και το μέγεθος των εκβολέων καθορίζουν την τελική πίεση και την ποιότητα των ατμών. Για στήλες σε 25 mmHg, τρεις εκβολείς αρκούν. Η πρώτη βαθμίδα συμπυκνώνει τον ατμό και συμπιέζει τα μη συμπυκνωμένα αέρια. Η δεύτερη και η τρίτη βαθμίδα απομακρύνουν τα μη συμπυκνούμενα αέρια από τους συμπυκνωτές. Το κενό όμως που επιτυγχάνεται περιορίζεται από την μερική πίεση των υδρατμών στους συμπυκνωτήρες. Όσο πιο ψυχρό είναι το νερό ψύξης στους

συμπυκνωτήρες, τόσο χαμηλότερη είναι και η πίεση της στήλης. Τελευταία επιδιώκεται η χρήση αντλιών κενού με επιφανειακούς συμπυκνωτήρες, ώστε να ελαχιστοποιείται η ρύπανση του νερού με τα παράγωγα του πετρελαίου.

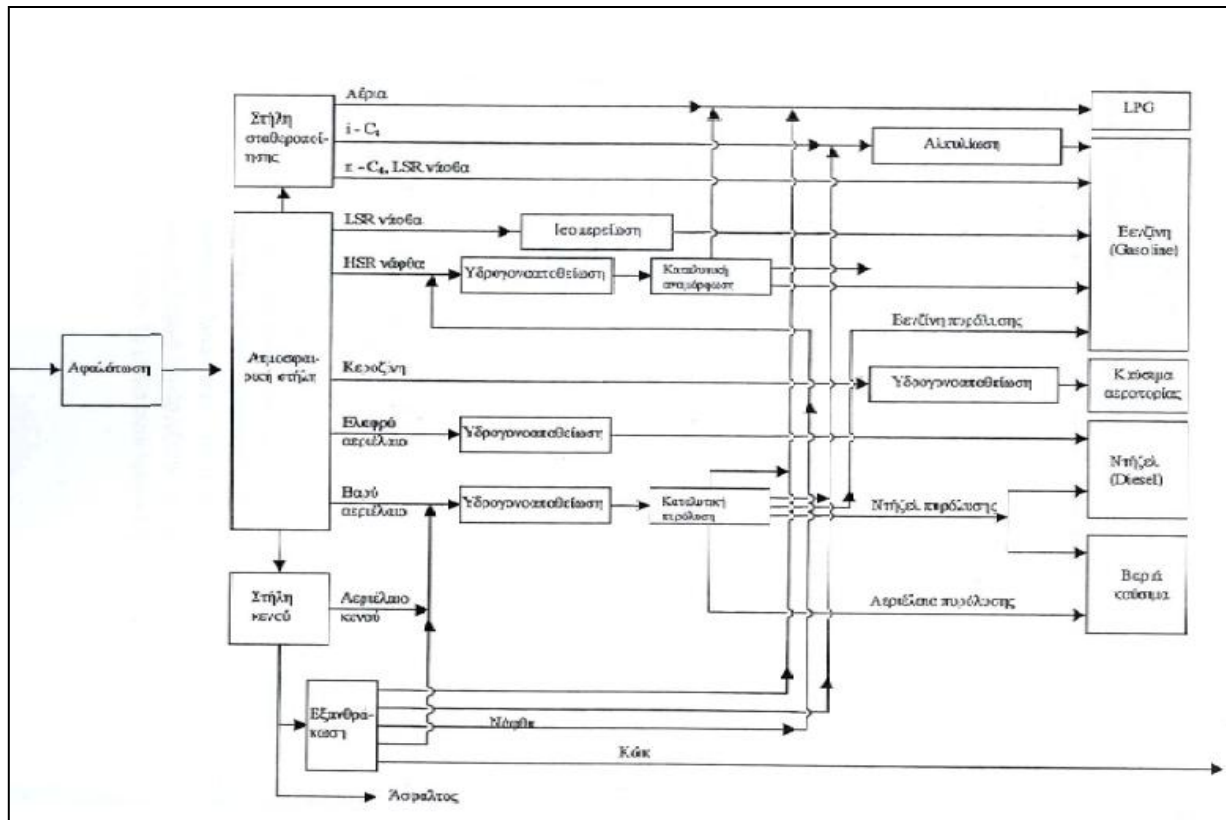
### 3.4.3 Διάγραμμα Ροής Απόσταξης Αργού Πετρελαίου



Εικόνα 40

Θέτοντας τα επί μέρους τμήματα στη σειρά, έχουμε το συνολικό διάγραμμα ροής της επεξεργασίας του αργού πετρελαίου στην ατμοσφαιρική και στη στήλη κενού όπως φαίνεται παρακάτω.

Εδώ έχει αγνοηθεί η μονάδα αφαλάτωσης/απομάκρυνσης στερεών και το αργό πετρέλαιο τροφοδοτεί τον φούρνο κατ' ευθείαν. Ραφινάρισμα της διαδικασίας μπορεί να γίνει σε επόμενο στάδιο όπως και θερμική ολοκλήρωση της διαδικασίας. Εδώ έχουμε μια βάση σχεδιασμού και κατά συνέπεια μια πρώτη κοστολόγηση. Βελτιώσεις μπορούν να γίνουν σε επόμενα στάδια πάνω στο βασικό σχεδιασμό.



Εικόνα 41 Διύλιση Αργού Πετρελαίου - Διάγραμμα Ροής Διεργασιών

- **Αφαλάτωση** (desalting). Αφαλάτωση είναι η κατεργασία του αργού πετρελαίου για την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων (και κυρίως χλωριούχων αλάτων, NaCl και MgCl<sub>2</sub>) που βρίσκονται είτε διαλυμένα στο πετρέλαιο ή μέσα στο νερό του γαλακτώματος νερού/πετρελαίου. Η αφαλάτωση πραγματοποιείται πριν από την είσοδο της στήλης της ατμοσφαιρικής απόσταξης.
- **Ατμοσφαιρική απόσταξη** (atmospheric distillation). Απόσταξη (δηλ. η μέθοδος φυσικού διαχωρισμού μιγμάτων που βασίζεται στη διαφορά πτητικότητας των συστατικών του) του αργού πετρελαίου σε πίεση λίγο ανώτερη της ατμοσφαιρικής. Πρόκειται για θεμελιώδη διεργασία σε κάθε διυλιστήριο. Το υπόλειμμα της ατμοσφαιρικής στήλης οδηγείται στη στήλη απόσταξης κενού. Τα κυριότερα προϊόντα από τη στήλη αυτή έχουν αναφερθεί προηγουμένως.
- **Απόσταξη κενού** (vacuum distillation). Απόσταξη υπό μειωμένη πίεση (χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής). Η χαμηλότερη πίεση ελαττώνει τα σημεία ζέσεως των ενώσεων του μίγματος, ώστε ο διαχωρισμός να επιτυγχάνεται χωρίς φαινόμενα διάσπασης των βαρύτερων μορίων. Λαμβάνονται το αερίεο κενού και το υπόλειμμα κενού. Το τελευταίο μπορεί να υποστεί περαιτέρω θερμική πυρόλυση στη

μονάδα εξανθράκωσης, ενώ αν δεν κατεργαστεί θερμικά διατίθεται ως άσφαλτος ή ως βαρύ καύσιμο.

- **Θερμική πυρόλυση** (thermal cracking). Είναι η θερμική μετατροπή βαρέων κλασμάτων πετρελαίου σε ελαφρότερα και κοκ, με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του αργού σε ελαφρά προϊόντα. Πραγματοποιείται σε συνθήκες 1-3 atm και 450-480°C, χωρίς την παρουσία καταλυτών.

- **Καταλυτική αναμόρφωση** (catalytic reforming). Με την καταλυτική αναμόρφωση επιτυγχάνεται η μετατροπή της νάφθας σε ενδιάμεσα προϊόντα υψηλότερων οκτανίων που χρησιμοποιούνται ως συστατικά των βενζινών. Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται παρουσία εκλεκτικών καταλυτών σε πίεση 20-40 atm και θερμοκρασία 500-530°C.

- **Ισομερίωση** (isomerization). Ισομερίωση είναι αναδιάταξη των ατόμων στη μοριακή δομή, χωρίς αλλαγή της χημικής σύστασης, με τη χρήση εκλεκτικών καταλυτών σε συνθήκες πίεσης 13-26 atm και θερμοκρασίας 120-180°C. Σε ένα διωλιστήριο χρησιμοποιείται για τη βελτίωση των φυσικών και λειτουργικών ιδιοτήτων, π.χ. για την αύξηση του αριθμού οκτανίων της νάφθας.

- **Κατεργασία με υδρογόνο** (hydrotreating).

**Υδρογονοκατεργασία** είναι η επεξεργασία κλασμάτων πετρελαίου με υδρογόνο υπό συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας και παρουσία καταλύτη με σκοπό τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο, άζωτο, μέταλλα, αρωματικούς υδρογονάνθρακες και ολεφίνες. Περικλείει διάφορες υπο-διεργασίες.

**Υδρογονοαποθείωση** (hydrodesulfurization) είναι πιο συγκεκριμένα η μετατροπή των οργανικών ουσιών που περιέχουν θείο σε υδρογονάνθρακες και υδρόθειο, με σκοπό τη μείωση της περιεκτικότητας των κλασμάτων πετρελαίου (πχ. ντίζελ, κηροζίνη) σε θείο και την τήρηση των σχετικών προδιαγραφών των τελικών προϊόντων. Επίσης, υδρογονο- διάσπαση (hydrocracking) καλείται η καταλυτική διάσπαση υδρογονανθράκων σε περιβάλλον υδρογόνου και σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες.

- **Καταλυτική πυρόλυση** (catalytic cracking). Αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία ενός διωλιστηρίου μετά την απόσταξη. Μίγματα βαρέων κλασμάτων διασπώνται παρουσία εκλεκτικών καταλυτών (κυρίως αργιλοπυριτικών ενώσεων, φυσικών ή συνθετικών) σε ελαφρότερα προϊόντα (ολεφίνες, βενζίνη, ντίζελ κ.α.). Πραγματοποιείται σε συνθήκες πίεσης 1,5-2 atm και θερμοκρασίας 480-530°C. Παράλληλα βέβαια παράγεται και κοκ που εναποτίθεται στους πόρους του καταλύτη.



Η κατανομή των προϊόντων από τη διεργασία αυτή εξαρτάται από την ποιότητα τροφοδοσίας, τις ιδιότητες του καταλύτη και τις συνθήκες λειτουργίας της μονάδας.

- **Αλκυλίωση** (alkylation). Αλκυλίωση ονομάζεται η παραγωγή διακλαδισμένων παραφινών (με υψηλό αριθμό οκτανίων) από ολεφίνες (με αριθμό ατόμων άνθρακα 3-5 και κυρίως βουτυλένιο) με αντίδραση με ισοπαραφίνες (4 ή 5 άτομα άνθρακα, π.χ. ισοβουτάνιο). Γίνεται παρουσία καταλύτη  $H_2SO_4$  ή  $HF$  σε θερμοκρασία 10-20°C.
- **Εξανθράκωση** (coking). Με τη διεργασία αυτή μετατρέπεται θερμικά και αναβαθμίζεται το βαρύ υπόλειμμα σε ελαφρότερα προϊόντα και σε κοκ πετρελαίου.
- **Ανάκτηση θείου**. Η επεξεργασία του υδρόθειου που παράγεται σε διάφορες μονάδες του διυλιστηρίου με τελικό αποτέλεσμα την ανάκτηση μοριακού θείου, που χρησιμοποιείται κυρίως ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία.
- **Ιξωδόλυση** (visbreaking). Η επεξεργασία του ατμοσφαιρικού υπολείμματος και αποστάγματος κενού σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία με αποτέλεσμα τη διάσπασή του και συνακόλουθη ελάττωση του ιξώδους και του σημείου ροής των προϊόντων, με παραγωγή υγραερίων, νάφθας και ντίζελ.

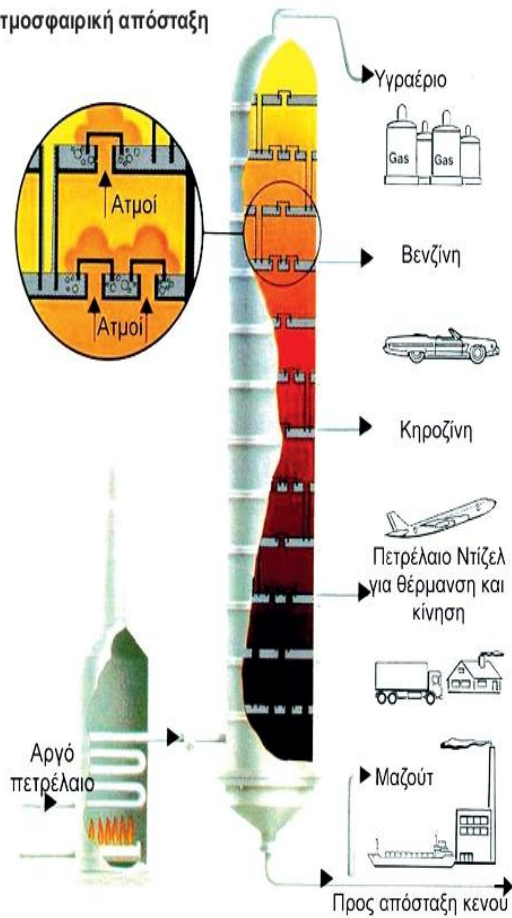
Το αργό πετρέλαιο ως καύσιμο Ο άνθρακας και το φυσικό αέριο απαιτούν σχετικά μικρή προετοιμασία πριν από τη χρήση τους ως καύσιμα. Σε σύγκριση με αυτούς τους ορυκτούς πόρους, το πετρέλαιο απαιτεί πολύ μεγάλη προετοιμασία πριν χρησιμοποιηθεί, διότι αποτελείται από εκατοντάδες ενώσεις που συμπεριφέρονται πολύ διαφορετικά στην καύση. Η καύση αργού πετρελαίου είναι δυνατή για ηλεκτροπαραγωγή αφού ως υγρό καύσιμο έχει κάποια πλεονεκτήματα έναντι του άνθρακα. Όμως, αποτελεί μεγάλη σπατάλη διότι ο εξευγενισμός του μπορεί να δώσει δεκάδες προϊόντα με μεγάλη θερμαντική και χρηματική αξία. Η καλύτερη χρήση του αργού λοιπόν απαιτεί τον διαχωρισμό του σε μικρές ομάδες συστατικών και αυτό γίνεται στο διυλιστήριο. Τα προϊόντα αυτά είναι μίγματα διαφόρων ενώσεων και όχι καθαρές ενώσεις.

Για παράδειγμα η βενζίνη είναι μίγμα ενώσεων και κοστίζει περίπου 0,70 €/lit. Το οκτάνιο κοστίζει 100 €/lit, αλλά κανένας μας δεν θα το χρησιμοποιούσε αντί βενζίνης στο αυτοκίνητό του. Έτσι δηλαδή, χρησιμοποιώντας κλάσματα πετρελαίου επιτυγχάνεται ένας συμβιβασμός μεταξύ ποιότητας και κόστους.

### 3.5 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Τα διάφορα προϊόντα που λαμβάνονται από τη διύλιση του αργού πετρελαίου μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

#### A. Ατμοσφαιρική απόσταξη



- ❖ Καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης (βενζίνη, ντίζελ, καύσιμα αεροπλάνων)

- ❖ Καύσιμα θέρμανσης (υγραέρια, ντίζελ θέρμανσης, μαζούτ)

- ❖ Μη καύσιμα προϊόντα (άσφαλτος, λιπαντικά, διαλύτες, κηροί κ.ά.)

- ❖ Τροφοδοσίες στην παραγωγή πετροχημικών (νάφθα, αερίελλο κ.ά.)

Εκτός από την τελευταία κατηγορία, που χρησιμοποιείται όπως λαμβάνεται από τον πύργο απόσταξης, για την παραγωγή των άλλων απαιτούνται διάφορες διεργασίες. Τα κυριότερα προϊόντα του πετρελαίου περιγράφονται εν συντομία παρακάτω.

#### B. Απόσταξη κενού



#### 1) Αέρια Προϊόντα - Υγραέρια

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται ενώσεις που βρίσκονται στην αέρια φάση σε κανονικές συνθήκες:  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$  και οι αντίστοιχες ολεφίνες. Το  $CH_4$  συχνά χρησιμοποιείται ως καύσιμο στο διυλιστήριο, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πρώτη ύλη για παραγωγή υδρογόνου με αναμόρφωση με ατμό (steam reforming). Το  $C_2H_6$

επίσης χρησιμοποιείται ως καύσιμο και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή υδρογόνου ή αιθυλενίου.

Το  $C_3H_8$  συχνά χρησιμοποιείται κυρίως στο υγραέριο LPG (liquefied petroleum gas, μίγμα βουτανίου και προπανίου υπό πίεση σε υγρή κατάσταση). Τα βουτάνια χρησιμοποιούνται ως συστατικά της βενζίνης, του υγραερίου LPG και ως τροφοδοσία στη μονάδα της αλκυλίωσης

## 2) Βενζίνη

Η βενζίνη αποτελεί μίγμα υδρογονανθράκων με όρια απόσταξης από 38 έως 205°C.

Στην πράξη, το τελικό εμπορικό προϊόν που διατίθεται προς πώληση προέρχεται από ανάμιξη πολλών ρευμάτων σε τέτοια αναλογία, ώστε το μίγμα να είναι κατάλληλο ως καύσιμο για τους βενζινοκινητήρες. Σήμερα, η παραγωγή της βενζίνης αντιπροσωπεύει το 32% της παραγωγής ενός διυλιστηρίου. Τα συστατικά ρεύματα που χρησιμοποιούνται για ανάμιξη στην παραγωγή βενζίνης είναι απευθείας απόσταγμα βενζίνης (LSR), βενζίνη καταλυτικής πυρόλυσης (catalytic cracking gasoline), καταλυτικής αναμόρφωσης (catalytic reformat), βενζίνη υδρογονοπυρόλυσης (hydrocracked gasoline), βενζίνη πολυμερισμού (polymer gasoline), βενζίνη αλκυλίωσης (alkylate gasoline) και οξυγονούχα πρόσθετα για την αύξηση του αριθμού οκτανίου. Οι κύριες ιδιότητες που ενδιαφέρουν στο τελικό προϊόν και δεδομένου ότι η βενζίνη χρησιμοποιείται αποκλειστικά σχεδόν στους βενζινοκινητήρες είναι η τάση ατμών, η καμπύλη απόσταξης και τα αντικροτικά χαρακτηριστικά της (αριθμός οκτανίων, research octane number – RON και motor octane number – MON).

Η βενζίνη (ή νάφθα) απευθείας απόσταξης (LSR gasoline) λαμβάνεται από τον πύργο ατμοσφαιρικής απόσταξης με όρια απόσταξης 82°C. Αποτελείται κυρίως από παραφίνες χαμηλού μοριακού βάρους και έχει αριθμό οκτανίου χαμηλό (RON=60-70). Αύξηση του αριθμού οκτανίου αυτής της βενζίνης κατά 12 έως 15 μονάδες μπορεί να επιτευχθεί με ισομερισμό. Η βενζίνη καταλυτικής πυρόλυσης είναι το κύριο προϊόν της διεργασίας της καταλυτικής πυρόλυσης των βαρέων κλασμάτων του πετρελαίου και συμμετέχει κατά 30-40% στην τελική παραγωγή βενζίνης. Περιέχει υψηλά ποσοστά αρωματικών (25-30%), ολεφινών (22-30%), με τις παραφίνες να κυμαίνονται από 35 μέχρι 45%. Ο αριθμός οκτανίου της βενζίνης αυτής είναι περίπου 92-93. Η βενζίνη καταλυτικής αναμόρφωσης είναι το προϊόν που είναι βαρύτερο από το πεντάνιο στη μονάδα καταλυτικής αναμόρφωσης (RON=94-100 χωρίς προσθήκη μολύβδου). Η αύξηση του αριθμού οκτανίου μέσω της καταλυτικής αναμόρφωσης

οφείλεται κυρίως στη μετατροπή των παραφινών σε αρωματικά, τα οποία παρουσιάζουν υψηλό αριθμό οκτανίου. Ορισμένες αρωματικές ενώσεις εμφανίζουν καρκινογόνο δράση και υπάρχει περιορισμός στη χρήση τους.

Η βενζίνη πολυμερισμού παρασκευάζεται με πολυμερισμό ελαφρών ολεφινών, οπότε και παράγονται ολεφίνες στην περιοχή απόσταξης της βενζίνης. Είναι γνωστό βέβαια ότι οι ολεφίνες συμβάλλουν στη δημιουργία φωτοχημικού νέφους.

Η βενζίνη αλκυλίωσης είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του ισοβουτανίου με προπυλένιο, βουτυλένιο ή πεντένιο για παραγωγή διακλαδισμένων υδρογονανθράκων στην περιοχή βρασμού της βενζίνης. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του προϊόντος είναι η απουσία αρωματικών και ολεφινών και ο υψηλός RON.

Τα οξυγονούχα πρόσθετα προστίθενται στη βενζίνη κυρίως για την αύξηση του αριθμού οκτανίου. Κυρίως χρησιμοποιείται MTBE (μεθυλιωμένος τεταρτοταγής βουτυλαιθέρας) σε ποσοστά που δεν ξεπερνούν το 3-5% της βενζίνης. Εκτός από την αύξηση του αριθμού οκτανίου, η ύπαρξη των οξυγονούχων προσθέτων στη βενζίνη επιδρά ευνοϊκά στην ελάττωση των εκπομπών σε CO και σε υδρογονάνθρακες. Παρά τις θετικές επιπτώσεις στην καύση της βενζίνης, πρόσφατα έχει απαγορευτεί στην Καλιφόρνια ως καρκινογόνος (λόγω κυρίως της υδατοδιαλυτότητας της).

### **Καύσιμα μέσης απόσταξης**

Ως καύσιμα μέσης απόσταξης συνήθως νοούνται τα καύσιμα αεροπλάνων, μηχανών ντίζελ και καύσιμα θέρμανσης. Τα καύσιμα αυτά προέρχονται από την ανάμιξη διαφόρων ρευμάτων του διωλιστηρίου ώστε να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας έχουν όρια απόσταξης από 180 έως και 370°C.

**α) Καύσιμα αεροπορίας.** Τα καύσιμα αεροπορίας (jet fuels) χρησιμοποιούνται στα αεροσκάφη της πολιτικής και στρατιωτικής αεροπορίας. Προέρχονται κυρίως από ανάμιξη του κλάσματος κηροζίνης από τον πύργο ατμοσφαιρικής απόσταξης με κλάσμα της περιοχής βρασμού κηροζίνης από τη μονάδα υδρογονοπυρόλυσης. Για τα καύσιμα αεροπλάνων λόγοι ασφαλείας επιβάλλουν στενά όρια απόσταξης (180-300°C), χαμηλό σημείο πήξης (-40 έως -50°C), σημείο ανάφλεξης (45-65°C) και κινηματικό ιξώδες (<8 mm<sup>2</sup>/s στους -20°C). Δύο από τις πιο αυστηρές προδιαγραφές έχουν σχέση με την ποιότητα καύσης του καυσίμου (ανώτατο όριο στο περιεχόμενο των αρωματικών 20%-22%). Η επίτευξη αυτών των ανώτατων ορίων επιτυγχάνεται μέσω υδρογονοπυρόλυσης βαρέων κλασμάτων.

**β) Καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης (ντίζελ κίνησης).** Το ντίζελ κίνησης προέρχεται από την ανάμιξη κλασμάτων απευθείας απόσταξης και προϊόντων της υδρογονοπυρόλυσης που έχουν αριθμό κετανίου πάνω από 45. Η περιοχή απόσταξης του είναι από 230-370°C και χρησιμοποιείται σε φορτηγά, λεωφορεία και μηχανές υψηλής ταχύτητας. Οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το ντίζελ συναρτώνται άμεσα με τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, που είναι:

- Το σύστημα εισαγωγής του καυσίμου
- Η διαδικασία ανάφλεξης και διατήρησης της καύσης
- Η ρύθμιση της ισχύος εξόδου

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στις μηχανές εσωτερικής καύσης πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά που να μεγιστοποιούν την απόδοση του κινητήρα. Το καύσιμο ψεκάζεται σε λεπτό διαμερισμό στον κύλινδρο, που υπάρχει αέρας σε υψηλή συμπίεση, όπου και εξαερώνεται. Οι ατμοί του καυσίμου αυτοαναφλέγονται σε μία ή περισσότερες ζώνες στις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και συγκέντρωσης. Στον κινητήρα ντίζελ ο αέρας στον κύλινδρο συμπιέζεται σε μεγάλο βαθμό πριν από την εισαγωγή του καυσίμου.

Εξαιτίας της συμπίεσης η θερμοκρασία αυξάνει σε τέτοια επίπεδα ώστε το καύσιμο να αναφλέγεται ταυτόχρονα με την εισαγωγή του στον κύλινδρο. Συνεπώς, για τη σωστή λειτουργία της μηχανής το καύσιμο θα πρέπει να έχει ευκολία στην αυτανάφλεξη. Η ικανότητα ή ευκολία αυτανάφλεξης εκφράζεται ποσοτικά με τον αριθμό ή δείκτη κετανίου.

**γ) Καύσιμα θέρμανσης** Τα καύσιμα θέρμανσης χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των κατοικιών και αποτελούν το 15% του όγκου του αργού πετρελαίου, αν και τελευταία υπάρχει τάση μείωσής τους λόγω υποκατάστασής τους από το φυσικό αέριο ή το υγραέριο. Οι κύριες προδιαγραφές αυτού του καυσίμου αφορούν στο σημείο ροής, ανάφλεξης και το ποσοστό θείου.

Προέρχονται κυρίως από την ανάμιξη διαφόρων ρευμάτων με όρια απόσταξης 205-400°C απευθείας από τον πύργο απόσταξης, τις μονάδες καταλυτικής πυρόλυσης και εξανθράκωσης. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η ομαλή ροή του καυσίμου στο σύστημα τροφοδοσίας του καυστήρα εξασφαλίζεται όταν το καύσιμο θέρμανσης έχει χαμηλό σημείο ροής. Σε αντίθεση με το ντίζελ κίνησης, για το πετρέλαιο θέρμανσης δεν απαιτείται ελάχιστο όριο στο δείκτη κετανίου αφού η απόδοση του καυστήρα δεν εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες, όπως με αυτούς της μηχανής εσωτερικής καύσης. Συμπερασματικά, αν και τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου κίνησης είναι

πολύ κοντά με αυτά του πετρελαίου θέρμανσης, η ποιότητα του τελευταίου είναι σαφώς κατώτερη.

**δ) Βαρέα καύσιμα (μαζούτ - residual fuel oils)** Παρασκευάζονται με ανάμιξη των υπολειμμάτων της στήλης απόσταξης κενού με κλάσματα μέσης απόσταξης. Αποτελεί βιομηχανικό καύσιμο, με τάση σημαντικής υποκατάστασής του. Περιέχει σημαντικές ποσότητες θείου και αζώτου. Σήμερα, σε παγκόσμια κλίμακα, η παραγωγή (και κατανάλωση) βενζίνης αντιπροσωπεύει το 32% της συνολικής παραγωγής του αργού πετρελαίου, ποσοστό που μένει σχεδόν σταθερό τα τελευταία 20 χρόνια, τα προϊόντα μέσης απόσταξης αντιστοιχούν σε ποσοστό 36% (με μικρή τάση ανόδου), το μαζούτ στο 12% (με τάση μείωσης) και τα άλλα προϊόντα στο 20%.

### **3.5.1 Παραγωγή Φυσικού Αερίου**

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της παραγωγής φυσικού αερίου είναι βάθη κοιτασμάτων μεγαλύτερα από 5000 m, τα προβλήματα υποστήριξης που σχετίζονται με αυτό, και τον τεχνικά ασφαλή έλεγχο των υδροθείου, διοξειδίου του άνθρακα, και αζώτου που υπάρχουν στο κοίτασμα. Για να αποφευχθεί ρήξη λόγω διάβρωσης και μηχανικής καταπόνησης που προκαλείται από το υδρόθειο, στα φρέατα όξινου αερίου παρέχονται όλες οι υποστηρίξεις που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των διαλυτών ή/και των αναστολέων διάβρωσης. Η επιλογή των κατάλληλων υλικών παίζει κρίσιμο ρόλο για τις σωληνώσεις ενίσχυσης και υποστήριξης. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αφαιρούν το υδρόθειο με πύργους προσρόφησης και το άζωτο με υγροποίηση.

Η υψηλή πίεση και οι υψηλές διαφορικές πιέσεις, οι ακραίες θερμοκρασιακές διαφορές, και τα διαβρωτικά συστατικά του αερίου απαιτούν την ιδιαίτερη προσοχή στον εξοπλισμό παραγωγής των φρεάτων αερίου. Το αέριο κρατιέται μακριά από την προστατευτική σωλήνωση της γεώτρησης από τον εξοπλισμό παραγωγής ο οποίος, στην απλούστερη περίπτωση, αποτελείται από τη σωλήνωση και το χώρο συγκέντρωσης. Η ανάγκη για πλήρη και ανθεκτική φραγή κάνει επιτακτική τη χρήση υλικών και εξοπλισμού ακριβείας. Για τα φρέατα αερίου έχουν αναπτυχθεί ειδικοί στεγανοί σύνδεσμοι σωληνώσεων. Για την επιλογή της σωλήνωσης και των συνδέσμων της πρέπει να ληφθούν υπόψη η μεγάλη καταπόνηση ως αποτέλεσμα της

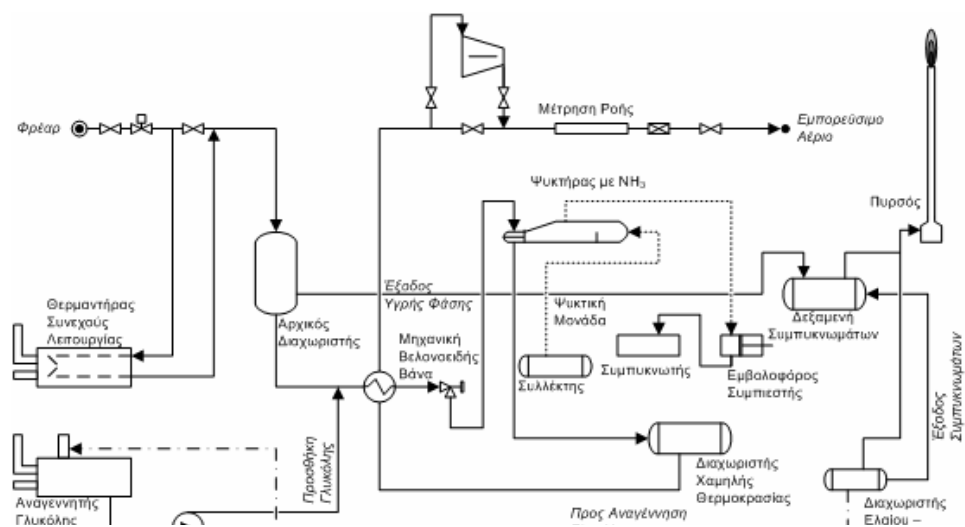
υψηλής πίεσης και των αλλαγών θερμοκρασίας, που προκαλούν μεγάλες αντιστροφές φορτίσεων.

Η μεταβολή της πίεσης του κοιτάσματος με το χρόνο, το βάθος της, η περιοχή εισροής στο φρέαρ, η αναμενόμενη περίοδος παραγωγής, και η πιθανή παραγωγή υγρού κατά τη διάρκεια της παραγωγής καθορίζουν την επιλογή του μεγέθους σωληνώσεων και συνεπώς του ρυθμού παραγωγής.

Τα συστήματα διαχωρισμού (packers) σφραγίζουν μία ή περισσότερες παραγωγικές ζώνες από τις άλλες και από τον παραγωγικό δακτύλιο. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά φραγής πρέπει να είναι θερμοκρασιακά σταθερά, με μόνιμες ελαστικές ιδιότητες, και ανθεκτικά σε αέριο και υδρόθειο. Για την περαιτέρω ασφάλεια του φρέατος, ο δακτύλιος γεμίζει συνήθως με ένα προστατευτικό υγρό (νερό με αναστολείς διάβρωσης).

Απαραίτητα στοιχεία της ακολουθίας σωληνώσεων είναι συσκευές για τις λειτουργίες του φρέατος, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της παραγωγής, και για διορθωτικά μέτρα, όπως η έγχυση αναστολέων διάβρωσης ή προσθέτων για την αποφυγή σχηματισμού υδριτών. Αυτές οι συσκευές είναι εγκατεστημένες, συρόμενες, και ενεργοποιημένες πάνω στην καλωδίωση. Οι ολοκληρώσεις πολυζωνικών κοιτασμάτων, οι επισκευές φρεάτων, οι εκλεκτικές δοκιμές και οι λειτουργίες επεξεργασίας, το κλείσιμο των φρεάτων, και η παραγωγή με ανύψωση λόγω αερίου απαιτούν το επιλεκτικό, κατευθυνόμενο άνοιγμα της ακολουθίας σωληνώσεων. Για αυτόν το λόγο αυτό εγκαθίστανται σύνδεσμοι πλευρικών θυρίδων, οι οποίες ενεργοποιούνται με κατάλληλα εργαλεία από την καλωδίωση.

Η παραγωγή ελέγχεται και παρακολουθείται από βάνες ελέγχου και μετρητικά



Εικόνα 42 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης ξήρανσης φυσικού αερίου με εξωτερική ψύξη και αύξηση πίεσης

τμήματα. Ελέγχεται γενικά ως συνάρτηση του ρυθμού παραγωγής ή της πίεσης. Οι ρυθμοί καθορίζονται από μετρήσεις με κατάλληλα μετρητικά διαφράγματα. (Εικόνα 42).

Η ασφάλεια είναι πρωταρχικής σημασίας. Στην επιφάνεια, π.χ. οι βάνες σε κανονικές συνθήκες κρατιούνται ανοικτές μέσω ενός συστήματος αερίου χαμηλής πίεσης. Εάν η πίεση στο σύστημα αισθητήρων πέσει, οι βάνες αυτές κλείνουν τη γραμμή παραγωγής. Με τις βάνες υπόγειας ασφάλειας, μια βάνα ασφάλειας που κρατιέται ανοικτή μέσω μιας υδραυλικής γραμμής ελέγχου κλείνει την ακολουθία σωληνώσεων μόλις πέσει η πίεση στη γραμμή ελέγχου. Άλλες ρυθμίσεις αποτρέπουν το πάγωμα των συσκευών και των γραμμών ελέγχου στην επιφάνεια από το σχηματισμό υδριτών, και προστατεύουν τις επίγειες εγκαταστάσεις από υπερβολικά υψηλές πιέσεις.

Πολλά εξαντλημένα κοιτάσματα αερίου έχουν μετατραπεί σε δεξαμενές φυσικού αερίου μεγάλου βάθους, όπου η ζήτηση και η καταλληλότητα το επιτρέπουν.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

EIA reserves estimates" Eia.doe.gov. Retrieved August 29, 2010. .Guilford, CT: Globe Pequot. p. 15. ISBN 978-1-59921-118-3.

*A liquid market: Thanks to LNG, spare gas can now be sold the world over* The Economist. 14 July 2012. Retrieved 6 January 2013.

*About Us* Western States Petroleum Association. Archived from the original on June 16, 2008. Retrieved November 3, 2008.

*Acidic ocean deadly for Vancouver Island scallop industry* cbc.ca. February 26, 2014.

*AEO2014 EARLY RELEASE OVERVIEW* Early report US Energy Information Administration, December 2013. Accessed: December 2013. Quote:"Domestic production of crude oil .. increases sharply .. is expected to level off and then slowly decline after 2020"

Akiner, Shirin; Aldis, Anne, ed. (2004). *The Caspian: Politics, Energy and Security*. New York: Routledge. ISBN 9780700705016.

Akiner, Shirin; Aldis, Anne, ed. (2004). *The Caspian: Politics, Energy and Security*. New York: Routledge. ISBN 978-0-7007-0501-6.

American Petroleum Institute Quarterly – Centennial Issue, pages 10–11. American Petroleum Institute. and financial drivers. Cabinet office 2008

*Arctic Sea Ice Reaches New Low, Shattering Record Set Just 3 Weeks Ago* NBCNews.com, 19 Sept. 2012. Web. 1 Oct. 2012. <<http://worldnews.nbcnews.com>

ASTM timeline of oil

Bamberg, J.H. (1994). *The History of the British Petroleum Company, Volume 2: The Anglo-Iranian Years, 1928–1954*

Bauer Georg, Bandy Mark Chance (tr.), Bandy Jean A.(tr.) (1546). *De Natura Fossilium*. vi (in Latin). translated 1955

Bioprocessing Seattle Times (2003)

Black, Brian C. *Crude Reality: Petroleum in World History* (2012)

BP: *Statistical Review of World Energy Workbook* (xlsx), London, 2012

Braun, Robert L.; Burnham, Ian K. (June 1993). "Chemical Reaction Model for Oil and Gas Generation from Type I and Type II Kerogen" Lawrence Livermore National Laboratory. Retrieved August 29, 2010.

Broad, William J. (August 2, 2010). "Tracing Oil Reserves to Their Tiny Origins" *The New York Times*. Retrieved August 2, 2010.

Cambridge University Press.

Campbell CJ (December 2000). "Peak Oil Presentation at the Technical University of Clausthal"

*CERA report on total world oil* Cera.com. November 14, 2006. Retrieved August 29, 2010.

*Chevron Crude Oil Marketing – North America Posted Pricing – California*"Crudemarketing.chevron.com. May 1, 2007. Retrieved August 29, 2010.

Chris Hogg (February 10, 2009). "China's car industry overtakes US" BBC News.

*Crude oil is made into different fuels* Eia.doe.gov. Retrieved August 29, 2010.

David Fromkin, *A Peace to End All Peace*, p.261, 354, (1989)

Deep ice tells long climate story Retrieved 19:14, February 19, 2011.

Dr. Kasem Ajram (1992). *The Miracle of Islam Science* (2nd ed.). Knowledge House Publishers. ISBN 0-911119-43-4. OCLC 26084778

Drew Jubera (August 1987). "Texas Primer: The Tar Ball"

E. Tzimas, (2005). "Enhanced Oil Recovery using Carbon Dioxide in the European Energy System"

Eirinis' paper, entitled "Dissertation sur la mine d'asphalte contenant la manière dont se doivent régler Messieurs les associés pour son exploitation, le profit du Roy, & celui de la Société, & ce qui sera dû à Mr d'Eirinis à qui elle appartient 'per Ligium feudum' " is held at the BPU Neuchâtel – Fonds d'étude [Ne V] catalogue

*Encyclopædia Britannica* (11th ed.). Cambridge University Press.

*Energy and Utilities Market Research - Industry Reports - Bharat Book.* bharatbook.com.

European Commission Joint Research Center. Retrieved 2012-11-01.

Frances D. Hostettler, Robert J. Rosenbauer, Thomas D. Lorenson, Jennifer Dougherty, Geochemical characterization of tarballs on beaches along the California coast. Part I-- Shallow seepage impacting the Santa Barbara Channel Islands, Santa Cruz, Santa Rosa and San Miguel, *Organic Geochemistry*, Volume 35, Issue 6, June 2004, Pages 725–746, ISSN 0146-6380, doi:10.1016/j.orggeochem.2004.01.022

From DSW-Datareport 2008 ("Deutsche Stiftung Weltbevölkerung")

Global energy team. The rise and fall in oil prices: analysis of fundamental

Growth History of Oil Reserves in Major California Oil Fields During the Twentieth Century, USGS Bulletin 2172-H, 2005

Hanson Baldwin, 1959, "Oil Strategy in World War II"

*Has the World Already Passed "Peak Oil*. National Geographic News. November 9, 2010

*Heat of Combustion of Fuels* Webmo.net. Retrieved August 29, 2010.

Historical trends in carbon dioxide concentrations and temperature, on a geological and recent time scale (June 2007). In UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. Retrieved 19:14, February 19, 2011.

History of Pechelbronn oil Musse de petrol

How Capitalism Saved the Whales by James S. Robbins, The Freeman, August, 1992.

Hubbert, Marion King; Shell Development Company (1956). "Nuclear energy and the fossil fuels" *Drilling and Production Practice* (Washington, DC: American Petroleum Institute) 95.

Hyne, Norman J. (2001). *Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling, and Production*. PennWell Corporation. ISBN 0-87814-823-X.

Hyne, Norman J.: *Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling, and Production*, PennWell Corporation 2001, ISBN 0-87814-823-X

*IBGE* IBGE. Retrieved August 29, 2010.

In English *Teknisk Ukeblad*, 20 January 2015. Accessed: 22 January 2015.

*International Energy Annual 2004* (XLS). Energy Information Administration. July 14, 2006.

*Is 'Peak Oil Behind Us*. The New York Times. November 14, 2010

*Istoria Romaniei*, Vol II, p. 300, 1960

Itah A. Y. and Essien J. P. (Oct 2005). "Growth Profile and Hydrocarbonoclastic Potential of Microorganisms Isolated from Tarballs in the Bight of Bonny, Nigeria". *World Journal of Microbiology and Biotechnology* (Kluwer Academic) 21 (6–7): 1317–1322. doi:10.1007/s11274-004-6694-z

John D. Roberts, Marjorie C. Caserio, *Basic Principles of Organic Chemistry*, (W. A. Benjamin, Inc. ,1964) - another classic textbook

John Steele Gordon "10 Moments That Made American Business", *American Heritage*, February/March 2007.

Joseph P. Riva Jr. and Gordon I. Atwater. "petroleum"

Knap Anthony H, Burns Kathryn A, Dawson Rodger, Ehrhardt Manfred, and Palmork Karsten H (Dec 1984). "Dissolved/dispersed hydrocarbons, tarballs and the surface microlayer: Experiences from an IOC/UNEP Workshop in Bermuda". *Marine Pollution Bulletin* 17 (7): 313–319. doi:10.1016/0025-326X(86)90217-1

Kvenvolden, K. A. (2006). "Organic geochemistry – A retrospective of its first 70 years". *Org. Geochem.* 37: 1–11. doi:10.1016/j.orggeochem.2005.09.001

Kvenvolden, Keith A. (2006). "Organic geochemistry – A retrospective of its first 70 years". *Organic Geochemistry* 37: 1. doi:10.1016/j.orggeochem.2005.09.001

Lambertson, Giles (February 16, 2008). "Oil Shale: Ready to Unlock the Rock" *Construction Equipment Guide*. Retrieved May 21, 2008.

Le bitume et la mine de la Presta (Suisse), Jacques Lapaire, *Mineraux et Fossiles No 315 "Asphaltum" Mabro* (2006), p. 351.

*Light Sweet Crude Oil* About the Exchange. New York Mercantile Exchange (NYMEX). 2006. Archived from the original on March 14, 2008. Retrieved April 21, 2008.

Mabro, Robert; *Organization of Petroleum Exporting Countries* (2006). *Oil in the 21st century: issues, challenges and opportunities*. Oxford Press. ISBN 9780199207381.

Mansure, A.J. [Sandia National Labs., Albuquerque, NM (United States). Geothermal Research Dept.]. "SciTech Connect: Hot oiling spreadsheet". *osti.gov*. Speight (2007), p. 25.

Mark Thompson (12 November 2012). "U.S. to become biggest oil producer – IEA" *CNN*. Retrieved 9 February 2013.

Matveichuk, Alexander A. *Intersection of Oil Parallels: Historical Essays*. Moscow: Russian Oil and Gas Institute, 2004.

Maugeri Leonardo. *The age of oil: The mythology, history and future of the*

Maugeri, Leonardo (2005). *The Age of Oil: What They Don't Want You to Know About the World's Most Controversial Resource*

Maugeri, Leonardo. *The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource* (2006)

May, Gary. *Hard Oiler! The Story of Early Canadians' Quest for Oil at Home and Abroad*. Dundurn Press, 1998, p. 59

McKain, David L., and Bernard L. Allen. *Where It All Began: The Story of the People and Places Where the Oil Industry Began—West Virginia and South-eastern Ohio*. Parkersburg, W.Va.: David L. McKain, 1994.

McKibbin, Bill. *Eaarth: Making a Life on a Tough New Planet*. New York: Times, 2010 ISBN 978-0312541194

McMurry, J. (2000). *Organic Chemistry* 5th ed. Brooks/Cole: Thomson Learning. ISBN 0-495-11837-0 pp. 75–81

*Military Study Warns of a Potentially Drastic Oil Crisis* . Spiegel Online. September 1, 2010.

Mines and Minerals Act. Government of Alberta. 2007. Archived from the original on November 1, 2007. Retrieved October 2, 2008.

Mitchell John F. B. (1989). "The "Greenhouse" Effect and Climate Change". *Reviews of Geophysics* 27 (1): 115–139. Bibcode:1989RvGeo..27..115M doi:10.1029/RG027i001p00115

Muséum d'histoire naturelle, Geneva. accessed 2007-10-26

*New Billions In Oil* Popular Mechanics, March 1933 -- ie article on invention of water injection and detergents for oil recovery

*New study raises doubts about Saudi oil reserve* Iags.org. March 31, 2004. Retrieved August 29, 2010.

Ni Weiling (October 16, 2006). "Daqing Oilfield rejuvenated by virtue of technology"

Nilsen, Jannicke. "DNV GL: Nå kan det lønne seg med flytende havvind til oljeplattformer

Oil and world power Encyclopedia of the New American Nation

*Oil Sands in Canada and Venezuela* nfomine Inc. 2008. Retrieved October 2, 2008.

One cubic metre of oil is equivalent to 6.28981077 barrels of oil

OPEC Secretariat (2008). "World Oil Outlook 2008"

Painter, David S. (1986). *Oil and the American Century: The Political Economy of US Foreign Oil Policy, 1941–1954*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press. ISBN 978-0-801-82693-1.

Peak Oil Info and Strategies "The only uncertainty about peak oil is the time scale, which is difficult to predict accurately."

*Peak Oil: The Eventual End of the Oil Age* pg. 12

*Polar Prospects: A minerals treaty for Antarctica* United States, Office of Technology Assessment. September 1989. p. 104. ISBN 978-1-4289-2232-7.

'Proof' of methane lakes on Titan, BBC News, 4 January 2007

*Pumping of the Erika cargo* Total.com. Retrieved August 29, 2010.

Richard F. and Sally J. Daley, *Organic Chemistry*, Online organic chemistry textbook. Ochem4free.info

Robert T. Morrison, Robert N. Boyd, and Robert K. Boyd, *Organic Chemistry*, 6th edition (Benjamin Cummings, 1992, ISBN 0-13-643669-2) - this is "Morrison and Boyd", a classic textbook

Rouhani, Fuad (1971). *A History of OPEC*. New York, NY: Praeger.

Russell, Loris S. (2003). *A Heritage of Light: Lamps and Lighting in the Early Canadian Home*. University of Toronto Press. ISBN 0-8020-3765-8.

Salim Al-Hassani (2008). "1000 Years of Missing Industrial History". In Emilia Calvo Labarta, Mercè Comes Maymo, Roser Puig Aguilar, Mònica Rius Pinies. *A shared legacy: Islamic science East and West*. Edicions Universitat Barcelona. pp. 57–82 [63]. ISBN 84-475-3285-2.

Seeps.wr.usgs.gov/ Natural Oil and Gas Seeps in California

Simanzhenkov, Vasily; Idem, Raphael (2003). *Crude Oil Chemistry* CRC Press,. p. 33. ISBN 0203014049. Retrieved 10 November 2014.

Sims, Gerald K.; O'Loughlin, Edward J.; Crawford, Ronald L. (1989). "Degradation of pyridines in the environment". *Critical Reviews in Environmental Control* (Taylor & Francis) 19 (4): 309–340. doi:10.1080/10643388909388372

Speight (1999), p. 543. Speight, James G. (1999). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. Marcel Dekker. ISBN 0-8247-0217-4.

Speight, James G.: *The Chemistry and Technology of Petroleum*, Marcel Dekker 1999, ISBN 0-8247-0217-4.

Speight, James G; Ancheyta, Jorge, ed. (2007). *Hydroprocessing of Heavy Oils and Residua*. CRC Press. ISBN 0-8493-7419-7.

Stoddart's Encyclopaedia Americana (1883) pages 344–345

Texas Monthly. Retrieved 2014-10-20.

The History Of Romanian Oil Industry//Torrey Canyon bombing by the Navy and RAF

Treibs, A.E. (1936). "Chlorophyll- und Hämin-derivate in organischen Mineralstoffen". *Angew. Chem.* 49 (38): 682–686. doi:10.1002/ange.19360493803

Turnbull Elford, Jean. *Canada West's Last Frontier*. Lambton County Historical Society, 1982, p 110

U.S. Energy Information Administration. Excel file from this web page. Table Posted: March 1, 2010

*U.S. may soon become world's top oil producer* CBS News. 23 October 2012. Retrieved 9 February 2013.

United States Bureau of Standards, "Thermal Properties of Petroleum Products". Miscellaneous Publication No. 97, November 9, 1929.

Use of ozone depleting substances in laboratories TemaNord 2003:516.

Vassiliou, Marius (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Scarecrow Press (Rowman & Littlefield). ISBN 0-8108-5993-9.

Vassiliou, Marius (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Lanham MD: Rowman and Littlefield-Scarecrow Press. p. 665. ISBN 0-8108-5993-9.

Vassiliou, Marius: *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*, Scarecrow Press (Rowman & Littlefield) 2009, ISBN 0-8108-5993-9

Waste discharges during the offshore oil and gas activity by Stanislave Patin, tr. Elena Cascio

*Who exported Petroleum oils, crude in 2012? - The Atlas Of Economic Complexity* harvard.edu.

Williamson, Harold F. and Arnold R. Daum. *The American petroleum industry: The age of illumination, 1859-1899* (1959)

Williamson, Harold F. *The American Petroleum Industry the Age of Energy 1899-1959* (1963)

*World Crude Oil Production*. Retrieved August 29, 2010. //World Digital Library. 1896. Retrieved 2013-07-16. world's most controversial resource. Praeger 2006

[www.pbs.org//www.nepsite.com/node/5944](http://www.pbs.org//www.nepsite.com/node/5944)

Yearbook 2008 – crude oil"Energy data.

Yergin, Daniel (1992). *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money & Power*.

Zayn Bilkadi (University of California, Berkeley), "The Oil Weapons", *Saudi Aramco World*, January–February 1995, pp. 20-7

Zhendi Wang, Merv Fingas, Michael Landriault, Lise Sigouin, Bill Castle, David Hostetter, Dachung Zhang, Brad Spencer, "Identification and Linkage of Tarballs from the Coasts of Vancouver Island and Northern California Using GC/MS and Isotopic Techniques *Journal of High Resolution Chromatography*, Volume 21 Issue 7, Pages 383–395, doi:10.1002/(SICI)1521-4168(19980701)21:7<383::AID-JHRC383>3.0.CO;2-3

Βρετού Θεμ. Εμ., Αγαλιανού – Βρετού Αντωνία. *Οικονομική γεωγραφία*

Δ. Καρώνης, Ε. Λόης, Φ. Ζαννίκος: "Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου", ΕΜΠ, Αθήνα 2011.

Διεθνείς εμπορικές σχέσεις. Ίδρυμα Ευγενίδου 1995

Η αυτοκρατορία του « Μαύρου Χρυσού». Εκδόσεις Γαβρηλίδης 2010

Μπακανάκης Σωτήρης, Λίτσης Μωυσής, Καϊταντζίδης Μιχάλης. *Πετρέλαιο:*

Χριστίδης, Γιώργος: «Δημιουργία και μετανάστευση του πετρελαίου: Μια πολύπλοκη φυσική διαδικασία», *Περισκόπιο της Επιστήμης*, τεύχος 207 (Ιούνιος 1997), σελ. 20