



ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ  
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΓΙΑ ΤΙΣ  
ΑΚΑΔΗΜΙΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

# ΚΑΥΣΙΜΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ

ΤΡΙΑΝΤΑΦ. Ι. ΠΑΠΑΕΥΑΓΓΕΛΟΥ  
Επιμέλεια δ' έκδοσης Γεώργιος Μαΐστρος

δ' έκδοση

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ:

### Ενέργεια

|       |  |   |
|-------|--|---|
| 1.1   | Γενικά                                     | 1 |
| 1.2   | Η ενέργεια ως δείκτης ανάπτυξης μιας χώρας | 1 |
| 1.3   | Μονάδες ενέργειας                          | 2 |
| 1.4   | Οι σπουδαιότερες πηγές ενέργειας           | 2 |
| 1.4.1 | Στερεά καύσιμα                             | 2 |
| 1.4.2 | Υγρά καύσιμα                               | 3 |
| 1.4.3 | Αέρια καύσιμα                              | 3 |
| 1.4.4 | Πυρηνική ενέργεια                          | 3 |
| 1.5   | Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας                | 4 |
| 1.5.1 | Η ηλιακή ενέργεια                          | 4 |
| 1.5.2 | Γεωθερμική ενέργεια                        | 5 |
| 1.5.3 | Ενέργεια από τη θάλασσα                    | 5 |
| 1.5.4 | Ενέργεια ανέμου (αιολική ενέργεια)         | 6 |
| 1.6   | Άλλες πηγές ενέργειας                      | 6 |
| 1.6.1 | Βιοκαύσιμα                                 | 6 |
| 1.6.2 | Αμμωνία                                    | 7 |
| 1.6.3 | Κυψέλες καυσίμου                           | 7 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ:

### Γενικά περί καύσης

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Καύση – καύσιμα                                   | 8  |
| 2.2   | Κατάταξη των καυσίμων                             | 8  |
| 2.3   | Είδη καύσης                                       | 9  |
| 2.4   | Τέλεια καύση                                      | 9  |
| 2.5   | Ατελής καύση                                      | 10 |
| 2.6   | Αναλογία αέρα προς καύσιμο (Air-Fuel Ratio – AFR) | 10 |
| 2.6.1 | Υπολογισμός της AFR                               | 10 |
| 2.6.2 | Σύσταση καυσαερίων                                | 11 |
| 2.7   | Ανάφλεξη  | 12 |
| 2.8   | Αναλυτές καυσαερίων                               | 13 |
| 2.9   | Δείγματα καυσαερίων                               | 16 |
| 2.10  | Αυτανάφλεξη                                       | 16 |

|      |                 |    |
|------|-----------------|----|
| 2.11 | Απώλειες καύσης | 17 |
|------|-----------------|----|

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ:

### Υγρά καύσιμα - Πρόελευση και συστατικά

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | Κατάταξη των υγρών καυσίμων  | 18 |
| 3.2   | Το φυσικό πετρέλαιο  | 18 |
| 3.3   | Ελληνικά πετρέλαια   | 19 |
| 3.4   | Ιδιότητες του φυσικού πετρελαίου                                   | 19 |
| 3.5   | Σύσταση του πετρελαίου   | 20 |
| 3.5.1 | Υδρογονάνθρακες  | 20 |
| 3.5.2 | Κατάταξη των υδρογονανθράκων ως προς τη δομή του μορίου            | 20 |
| 3.5.3 | Κατάταξη των υδρογονανθράκων ως προς τον βαθμό κορεσμού του μορίου | 21 |
| 3.6   | Ισομέρεια  | 22 |
| 3.7   | Άλλα συστατικά των προϊόντων του πετρελαίου                        | 23 |
| 3.8   | Πρόελευση του πετρελαίου   | 23 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ:

### Παραγωγή και επεξεργασία του πετρελαίου

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Γενικά  | 25 |
| 4.2   | Έρευνα για την ανακάλυψη κοιτασμάτων πετρελαίου | 25 |
| 4.3   | Παραγωγή (ανόρυξη)                              | 26 |
| 4.4   | Επεξεργασία του πετρελαίου                      | 26 |
| 4.5   | Διύλιση   | 27 |
| 4.6   | Προϊόντα του φυσικού πετρελαίου                 | 28 |
| 4.6.1 | Αέρια   | 29 |
| 4.6.2 | Βενζίνες  | 29 |
| 4.6.3 | Κηροζίνη ή φωτιστικό πετρέλαιο                  | 29 |
| 4.6.4 | Πετρέλαιο diesel (gasoil)                       | 29 |
| 4.6.5 | Μαζούτ  | 29 |
| 4.7   | Διεργασίες μετά τον διαχωρισμό                  | 30 |
| 4.7.1 | Αναμόρφωση της νάφθας                           | 30 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 4.7.2 Εξευγενισμός .....          | 30 |
| 4.7.3 Πυρόλυση .....              | 31 |
| 4.7.4 Κατεργασία των αερίων ..... | 31 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ:

### Βενζίνη

|  |    |
|--|----|
| 5.1 Γενικά .....   | 33 |
| 5.2 Ιδιότητες – Προδιαγραφές.....                              | 33 |
| 5.3 Πτητικότητα.....   | 34 |
| 5.3.1 Χαμηλή πτητικότητα .....                                 | 35 |
| 5.3.2 Υψηλή πτητικότητα.....                                   | 35 |
| 5.4 Ποιότητα καύσης – Αριθμός οκτανίου .....                   | 35 |
| 5.4.1 Επίδραση της ποιότητας του καυσίμου<br>στο κτύπημα ..... | 37 |
| 5.4.2 Επίδραση της μηχανής στο κτύπημα .....                   | 38 |
| 5.5 Βαθμός καθαρότητας.....                                    | 40 |
| 5.5.1 Θειούχες ενώσεις .....                                   | 40 |
| 5.5.2 Κομμώδεις ουσίες .....                                   | 40 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ:

### Πετρέλαιο diesel

|  |    |
|--|----|
| 6.1 Γενικά .....   | 41 |
| 6.2 Ποιότητα καύσης - Αριθμός κετανίου .....                                       | 42 |
| 6.3 Μέτρηση του αριθμού κετανίου .....   | 45 |
| 6.3.1 Άμεσοι ή μηχανικοί τρόποι μέτρησης<br>του αριθμού κετανίου.....              | 45 |
| 6.3.2 Έμμεσοι ή εργαστηριακοί τρόποι μέτρησης<br>του αριθμού κετανίου.....         | 46 |
| 6.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το κτύπημα<br>στις πετρελαιομηχανές .....            | 46 |
| 6.4.1 Ταχύτητα περιστροφής .....   | 46 |
| 6.4.2 Συμπύεση .....   | 46 |
| 6.4.3 Στροβιλισμός .....   | 47 |
| 6.4.4 Προπορεία έγχυσης.....   | 47 |
| 6.4.5 Υπερπλήρωση.....   | 47 |
| 6.4.6 Φορτίο .....   | 47 |
| 6.5 Συνέπειες από τη χρήση καυσίμου με<br>αντικανονικό αριθμό κετανίου .....       | 47 |
| 6.5.1 Καύσιμα με αριθμό κετανίου μικρότερο<br>από τον κανονικό (υποκετανικά) ..... | 47 |

|   |    |
|---|----|
| 6.5.2 Καύσιμα με αριθμό κετανίου μεγαλύτερο<br>του κανονικού (υπερκετανικά) ..... | 48 |
| 6.6 Ιδιότητες του πετρελαίου diesel .....   | 48 |
| 6.6.1 Ιξώδες.....   | 48 |
| 6.6.2 Πτητικότητα.....  | 48 |
| 6.6.3 Περιεκτικότητα θειούχων ενώσεων.....  | 49 |
| 6.6.4 Σημείο ανάφλεξης.....   | 50 |
| 6.6.5 Βαθμός καθαρότητας .....  | 50 |
| 6.6.6 Εξανθράκωμα .....   | 50 |
| 6.6.7 Σημείο ροής .....   | 50 |
| 6.6.8 Πυκνότητα .....   | 50 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ:

### Υπολειμματικά καύσιμα (μαζούτ)

|   |    |
|---|----|
| 7.1 Γενικά .....                            | 51 |
| 7.2 Ιδιότητες του μαζούτ .....              | 51 |
| 7.2.1 Ιξώδες.....                           | 51 |
| 7.2.2 Θείο .....                            | 52 |
| 7.2.3 Σταθερότητα.....                      | 52 |
| 7.3 Ελληνικές προδιαγραφές του μαζούτ ..... | 53 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ:

### Ναυτιλιακά καύσιμα

|   |    |
|---|----|
| 8.1 Γενικά – Μηχανές πρόωσης και κατανάλωση<br>καυσίμου .....         | 54 |
| 8.2 Κατάταξη των ναυτιλιακών καυσίμων .....                           | 55 |
| 8.3 Ποιοτική κατηγοριοποίηση – πρότυπο ISO 8217 .....                 | 56 |
| 8.4 Σημασία των προδιαγραφών .....                                    | 59 |
| 8.5 Η χρήση χαμηλής ποιότητας καυσίμου<br>στις μηχανές diesel .....   | 60 |
| 8.5.1 Σύστημα καθαρισμού.....   | 60 |
| 8.5.2 Ιξώδες.....   | 61 |
| 8.5.3 Ποιότητα καύσης (αριθμός κετανίου) .....                        | 62 |
| 8.5.4 Μεταλλικές προσμείξεις .....                                    | 62 |
| 8.5.5 Περιεκτικότητα σε θείο .....                                    | 63 |
| 8.6 Βελτίωση της ποιότητας του πετρελαίου με<br>χημικά πρόσθετα ..... | 66 |
| 8.6.1 Διασκορπιστικά – Σταθεροποιητικά πρόσθετα....                   | 67 |
| 8.6.2 Απογαλακτωματοποιητικά πρόσθετα .....                           | 67 |

|  |    |
|--|----|
| 8.6.3 Καταλύτες καύσης.....            | 68 |
| 8.6.4 Βελτιωτικά αριθμού κετανίου..... | 68 |
| 8.6.5 Τροποποιητές τέφρας.....         | 68 |
| 8.7 Το δίκτυο του καυσίμου.....        | 68 |
| 8.7.1 Δεξαμενές αποθήκευσης.....       | 68 |
| 8.7.2 Δεξαμενές χρήσης.....            | 69 |
| 8.7.3 Προθερμαντήρες.....              | 69 |
| 8.7.4 Φίλτρα.....                      | 69 |
| 8.7.5 Φυγοκεντρικός καθαρισμός.....    | 70 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ:

### Η καύση του πετρελαίου στις μηχανές diesel

|   |    |
|---|----|
| 9.1 Γενικά – Η χημεία της καύσης.....   | 75 |
| 9.2 Σημασία της καύσης.....   | 77 |
| 9.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την καύση του πετρελαίου σε μηχανές diesel..... | 77 |
| 9.3.1 Βαθμός συμπίεσης.....   | 77 |
| 9.3.2 Διασκορπισμός του καυσίμου.....   | 78 |
| 9.3.3 Διείσδυση.....  | 79 |
| 9.3.4 Χρόνος έγχυσης (προπορεία).....   | 79 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ:

### Στερεά καύσιμα

|   |    |
|---|----|
| 10.1 Είδη στερεών καυσίμων.....                         | 81 |
| 10.1.1 Ξυλάνθρακες.....                                 | 81 |
| 10.1.2 Κωκ.....   | 81 |
| 10.2 Γαιάνθρακες.....                                   | 81 |
| 10.3 Κύρια χαρακτηριστικά των γαιανθράκων.....          | 82 |
| 10.3.1 Θερμαντική ικανότητα.....                        | 82 |
| 10.3.2 Υγρασία.....                                     | 84 |
| 10.3.3 Πτητικά.....                                     | 84 |
| 10.3.4 Τέφρα.....                                       | 84 |
| 10.3.5 Θείο.....  | 84 |
| 10.3.6 Ανθεκτικότητα.....                               | 84 |
| 10.3.7 Πτητικά – Μόνιμος άνθρακας.....                  | 84 |
| 10.4 Η αυτανάφλεξη των γαιανθράκων.....                 | 85 |
| 10.5 Σημασία των γαιανθράκων ως πηγή ενέργειας.....     | 85 |
| 10.6 Αξιοποίηση του άνθρακα για παραγωγή ενέργειας..... | 85 |
| 10.6.1 Καύση σε στερεή μορφή.....                       | 85 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 10.6.2 Υγροποίηση του άνθρακα..... | 86 |
|------------------------------------|----|

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ: Αέρια καύσιμα

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 11.1 Σημασία των αερίων καυσίμων..... | 89 |
| 11.2 Φυσικό αέριο καύσιμα.....        | 89 |
| 11.3 Τεχνητά αέρια καύσιμα.....       | 90 |
| 11.3.1 Φωταέριο.....                  | 90 |
| 11.3.2 Υδαέριο.....                   | 90 |
| 11.3.3 Φτωχό αέριο.....               | 90 |
| 11.3.4 Υγραέριο.....                  | 91 |
| 11.3.5 Ακετυλένιο (ασετυλίνη).....    | 92 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ:

### Ποιοτικός έλεγχος των καυσίμων

|   |     |
|---|-----|
| 12.1 Η σημασία του ποιοτικού ελέγχου.....           | 93  |
| 12.2 Μακροσκοπική εξέταση – Βαθμός καθαρότητας..... | 93  |
| 12.3 Πυκνότητα (ειδικό βάρος).....                  | 94  |
| 12.3.1 Μέτρηση πυκνότητας.....                      | 94  |
| 12.3.2 Υπολογισμοί μάζας με βάση την πυκνότητα..... | 95  |
| 12.4 Ιξώδες.....                                    | 97  |
| 12.5 Απόσταση.....                                  | 98  |
| 12.6 Σημείο ανάφλεξης και σημείο καύσης.....        | 99  |
| 12.7 Θείο.....                                      | 101 |
| 12.8 Θερμαντική ικανότητα ή θερμογόνος δύναμη.....  | 102 |
| 12.9 Σημείο ροής.....                               | 105 |
| 12.10 Μέτρηση του νερού.....                        | 105 |
| 12.11 Εξανθράκωμα.....                              | 105 |
| 12.12 Σημείο ανιλίνης.....                          | 107 |
| 12.13 Βανάδιο.....                                  | 107 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ:

### Γενικά περί λίπανσης

|  |     |
|--|-----|
| 13.1 Σκοπός και σημασία της λίπανσης.....          | 108 |
| 13.2 Τριβή.....                                    | 108 |
| 13.3 Έργο τριβής – Απώλειες λόγω τριβής.....       | 109 |
| 13.4 Αποτελέσματα της τριβής.....                  | 110 |
| 13.5 Θεωρία της λίπανσης – Λιπαντική μεμβράνη..... | 110 |
| 13.6 Κατανομή των πιέσεων.....                     | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| 13.7 Παράγοντες που επιδρούν στη λίπανση .....            | 112 |
| 13.8 Η ομαλή λειτουργία της μηχανής και το λιπαντέλαιο .. | 112 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ:

### Είδη λιπαντικών

|   |     |
|---|-----|
| 14.1 Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός λιπαντικού ..... | 114 |
| 14.2 Κατάταξη των λιπαντικών .....                  | 114 |
| 14.3 Ορυκτέλαια .....                               | 117 |
| 14.4 Παραγωγή και επεξεργασία ορυκτελαίων .....     | 117 |
| 14.4.1 Απόσταση σε κενό .....                       | 117 |
| 14.4.2 Αποκρήρωση .....                             | 117 |
| 14.4.3 Κατεργασία με διαλύτες .....                 | 118 |
| 14.4.4 Αποχρωματισμός .....                         | 118 |
| 14.4.5 Χημικά πρόσθετα .....                        | 118 |
| 14.5 Συνθετικά λιπαντικά .....                      | 119 |
| 14.6 Στερεά λιπαντικά .....                         | 120 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ:

### Ποιοτικός έλεγχος των λιπαντικών

|   |     |
|---|-----|
| 15.1 Σκοπός και σημασία του ποιοτικού ελέγχου ..... | 122 |
| 15.2 Δειγματοληψία .....                            | 123 |
| 15.3 Μακροσκοπική εξέταση .....                     | 123 |
| 15.4 Ιξώδες .....                                   | 124 |
| 15.5 Δείκτης ιξώδους .....                          | 125 |
| 15.6 Σημείο ροής, σημείο νέφωσης .....              | 128 |
| 15.7 Αντοχή στην οξειδωση .....                     | 129 |
| 15.8 Αριθμός εξουδετέρωσης .....                    | 130 |
| 15.9 Εξανθράκωμα .....                              | 130 |
| 15.10 Συντελεστής αντοχής .....                     | 131 |
| 15.11 Πτητικότητα .....                             | 131 |
| 15.12 Βαθμός καθαρότητας .....                      | 132 |
| 15.13 Δοκιμή απογαλάκτωσης .....                    | 132 |
| 15.14 Μηχανικές δοκιμασίες .....                    | 133 |
| 15.15 Δοκιμές που μπορούν να γίνουν στο πλοίο ..... | 133 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ:

### Λίπανση ΜΕΚ

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 16.1 Γενικά για τη λίπανση ΜΕΚ ..... | 136 |
|--------------------------------------|-----|

|  |     |
|--|-----|
| 16.2 Λίπανση βενζινομηχανών .....                              | 137 |
| 16.2.1 Δίχρονες βενζινομηχανές .....                           | 137 |
| 16.2.2 Τετράχρονες βενζινομηχανές .....                        | 138 |
| 16.3 Λίπανση μηχανών diesel .....                              | 140 |
| 16.3.1 Γενικά για τη λίπανση των μηχανών diesel .....          | 140 |
| 16.3.2 Λίπανση τριβών .....                                    | 143 |
| 16.3.3 Λίπανση κυλίνδρου .....                                 | 144 |
| 16.3.4 Λίπανση στροβιλοφουσητήρων .....                        | 145 |
| 16.4 Προδιαγραφές λιπαντελαίων μηχανών diesel .....            | 145 |
| 16.5 Νεότερες εξελίξεις στη λίπανση των πετρελαιομηχανών ..... | 146 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ:

### Αλλοιώσεις των λιπαντικών κατά τη χρήση

|  |     |
|--|-----|
| 17.1 Αίτια των αλλοιώσεων .....                            | 148 |
| 17.1.1 Φυσιολογικά αίτια αλλοιώσεων των λιπαντικών .....   | 148 |
| 17.1.2 Λειτουργικά αίτια των αλλοιώσεων .....              | 149 |
| 17.2 Συνέπειες των αλλοιώσεων – Τρόπος αντιμετώπισης ..... | 150 |
| 17.3 Καθαρισμός του λιπαντικού κατά τη χρήση του .....     | 150 |
| 17.3.1 Φυγοκεντρικοί καθαριστήρες .....                    | 150 |
| 17.3.2 Φίλτρα .....  | 151 |
| 17.4 Αντικατάσταση του λιπαντικού .....                    | 153 |
| 17.5 Αναζωογόνηση των λιπαντελαίων .....                   | 153 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ:

### Λιπαντικά λίπη (γράσα)

|   |     |
|---|-----|
| 18.1 Γενικά .....                             | 156 |
| 18.2 Παραγωγή λιπαντικών λιπών (γράσων) ..... | 156 |
| 18.2.1 Πρώτες ύλες .....                      | 156 |
| 18.2.2 Διαδικασία παραγωγής .....             | 157 |
| 18.3 Κατάταξη των γράσων .....                | 157 |
| 18.3.1 Γράσα με σαπούνια ασβεστίου .....      | 157 |
| 18.3.2 Γράσα με σαπούνια νατρίου .....        | 157 |
| 18.3.3 Γράσα με σαπούνια αργιλίου .....       | 158 |
| 18.3.4 Γράσα με σαπούνια λιθίου .....         | 158 |
| 18.3.5 Γράσα με σαπούνια βαρίου .....         | 158 |
| 18.3.6 Γράσα με σαπούνια μολύβδου .....       | 158 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 18.4   | Ιδιότητες των γράσων. Ποιοτικός έλεγχος ..... | 159 |
| 18.4.1 | Σταθερότητα.....                              | 159 |
| 18.4.2 | Συνεκτικότητα .....                           | 159 |
| 18.4.3 | Φαινόμενο ιξώδες .....                        | 160 |
| 18.4.4 | Σημείο σταγόνας.....                          | 160 |
| 18.4.5 | Αντοχή στην οξείδωση.....                     | 161 |
| 18.4.6 | Αντίσταση στο νερό .....                      | 161 |
| 18.5   | Προδιαγραφές γράσων .....                     | 161 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ:

### Ρύπανση του περιβάλλοντος από καύσιμα

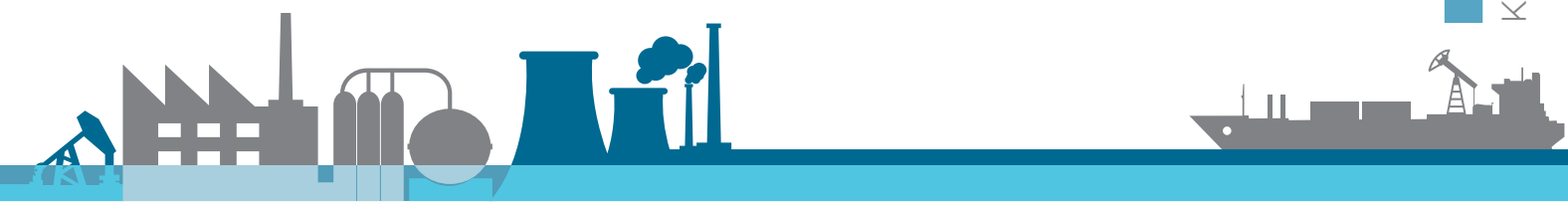
|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 19.1   | Γενικά .....                                     | 162 |
| 19.2   | Ρυπαντές προερχόμενοι από τη χρήση καυσίμων..... | 162 |
| 19.3   | Συνέπειες της ρύπανσης .....                     | 163 |
| 19.3.1 | Οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) .....       | 163 |
| 19.3.2 | Οξειδία του θείου ( $\text{SO}_x$ ) .....        | 163 |
| 19.3.3 | Υδρογονάνθρακες.....                             | 163 |
| 19.3.4 | Μονοξειδίο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ).....      | 163 |
| 19.3.5 | Διοξειδίο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) .....    | 164 |
| 19.3.6 | Αιθάλη (καπνός) .....                            | 164 |
| 19.3.7 | Μόλυβδος.....                                    | 164 |
| 19.4   | Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας .....             | 164 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 19.4.1 | Διοξειδίο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) .....                         | 164 |
| 19.4.2 | Οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) .....                          | 165 |
| 19.4.3 | Αιωρούμενα σωματίδια (καπνός).....                                  | 165 |
| 19.4.4 | Όζον ( $\text{O}_3$ ).....  | 165 |
| 19.4.5 | Μονοξειδίο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ).....                         | 166 |
| 19.5   | Ρύπανση από ναυτικές μηχανές.....                                   | 166 |
| 19.6   | Τρόποι περιορισμού ρύπανσης από τις ναυτικές πετρελαιομηχανές ..... | 167 |
| 19.6.1 | Μείωση των $\text{NO}_x$ .....                                      | 167 |
| 19.6.2 | Μείωση $\text{SO}_x$ .....  | 168 |
| 19.6.3 | Αιωρούμενα σωματίδια (αιθάλη/καπνός).....                           | 168 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ:

### Πυρηνικά καύσιμα

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 20.1 | Γενικά .....  | 169 |
| 20.2 | Εξώθερμες πυρηνικές αντιδράσεις πρακτικού ενδιαφέροντος ..... | 169 |
| 20.3 | Πυρηνικοί αντιδραστήρες, πυρηνικά καύσιμα.....                | 171 |
| 20.4 | Πρόωση πλοίων με πυρηνική ενέργεια .....                      | 172 |
|      | Παραρτήματα .....   | 173 |
|      | Ευρετήριο .....   | 176 |



### 1.1 Γενικά

Η ενέργεια ορίζεται ως **η ικανότητα παραγωγής έργου**. Υπάρχει στη φύση υπό διάφορες μορφές (θερμική, κινητική, χημική, ηλεκτρική ενέργεια κλπ), που διέπονται από την **Αρχή αφθαρσίας της Ενέργειας**. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, **η ενέργεια ούτε δημιουργείται, ούτε καταστρέφεται, μπορεί όμως να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη**. Με την καύση π.χ. η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται σε θερμότητα κι αυτή με μια θερμική μηχανή σε κινητική ενέργεια κ.ο.κ. Μπορεί συνεπώς κάποιος να συμπεράνει ότι ο Κόσμος είναι **προικισμένος** με μια ορισμένη ποσότητα ενέργειας, που παραμένει σταθερή ανά τους αιώνες και που μπορεί ν' αλλάζει μόνο μορφή κατά τις διάφορες διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές συντελούνται είτε μόνες τους (φύση), είτε με τη βοήθεια των μηχανών, που ο άνθρωπος έχει επινοήσει. Μ' αυτήν όμως την αλλαγή έχουμε μια υποβάθμιση της ενέργειας, δηλαδή ενέργεια **υψηλής στάθμης** μετατρέπεται σε ισοδύναμη ενέργεια **χαμηλής στάθμης**.

Νεότερες αντιλήψεις όμως, που έχουν διαμορφωθεί μετά την διάσπαση του ατόμου, συνδυάζουν την **Αρχή Αφθαρσίας της Ύλης** (Lavoisier) με την αρχή **Αφθαρσίας της Ενέργειας** σε μια γενικότερη διατύπωση, σύμφωνα με την οποία:

**«Το άθροισμα της ύλης και της ενέργειας, που αποτελεί την ουσία του Κόσμου είναι σταθερό».**

Πράγματι με τη διάσπαση του ατόμου έχει αποδειχθεί ότι είναι δυνατή η αλληλομετατροπή ύλης και ενέργειας, η οποία μάλιστα διέπεται από τη γνωστή εξίσωση του Einstein:

$$E = mc^2$$

που εφαρμόζεται κατά την παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας (βλ. § 2.2).

Όλες σχεδόν τις μορφές ενέργειας τις χρησιμοποιεί ο άνθρωπος είτε όπως τις βρίσκει στη Φύση (ηλιακή, αιολική ενέργεια) είτε μετατρέποντάς τις με τη βοήθεια των μηχανών (θερμική, ηλεκτρική ενέργεια) για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του σε ενέργεια, που

ολοένα αυξάνονται. Ο σημερινός πολιτισμός βασίζεται στην ενέργεια, την οποία η ανθρωπότητα προσπαθεί να αντλήσει από όλες τις διαθέσιμες πηγές. Προβλέπεται (World Energy Outlook 2017) ότι το έτος 2025 οι ανάγκες της ανθρωπότητας σε ενέργεια θα φτάσουν τα 635 EJ που αντιστοιχούν σε 15,2 δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμους σε πετρέλαιο (Btoe). Οι ανάγκες αυτές αυξάνονται με ετήσιο ρυθμό 1%. Τα αποθέματα όμως ενέργειας υψηλής στάθμης της ανθρωπότητας ελαττώνονται και η αναπλήρωσή τους γίνεται με ρυθμό βραδύτερο από ό,τι η κατανάλωσή τους, οδηγώντας έτσι την ανθρωπότητα σε σοβαρή κρίση (την ενεργειακή κρίση). Το πρόβλημα αυτό της ενεργειακής κρίσης ελπίζεται ότι θα λυθεί με τη βοήθεια της επιστήμης, είτε με την ανακάλυψη νέων πηγών, είτε με την καλύτερη εκμετάλλευση των πηγών που ήδη υπάρχουν.

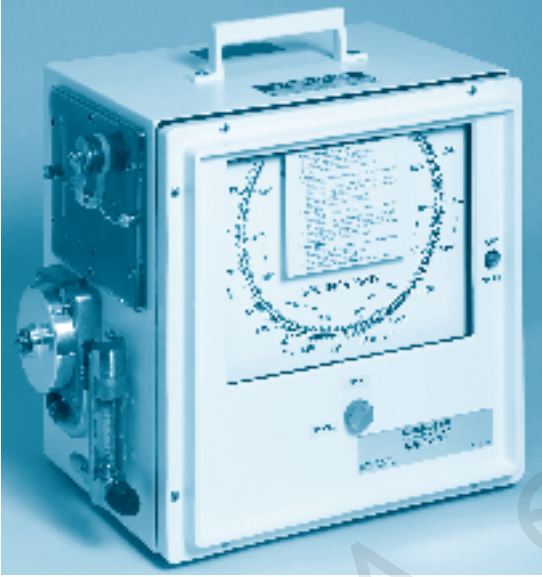
Είπαμε ότι η ενέργεια που υπάρχει στον κόσμο παραμένει άφθαρτη, άρα η ποσότητά της δεν ελαττώνεται. Κατά τις διάφορες όμως μετατροπές της μέσα στις μηχανές υποβαθμίζεται σε θερμική ενέργεια και μάλιστα χαμηλής θερμοκρασίας, που δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί και συνεπώς αχρηστεύεται. Γι' αυτό η έρευνα στρέφεται στην αναζήτηση πηγών ενέργειας, που εύκολα μπορούν να μετατραπούν σε θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας και τέτοιες πηγές είναι κυρίως τα καύσιμα (στερεά, υγρά και αέρια), που εξακολουθούν να δίνουν τα 75% της ολικής ενέργειας που καταναλώνει σήμερα η ανθρωπότητα.

### 1.2 Η ενέργεια ως δείκτης ανάπτυξης μιας χώρας

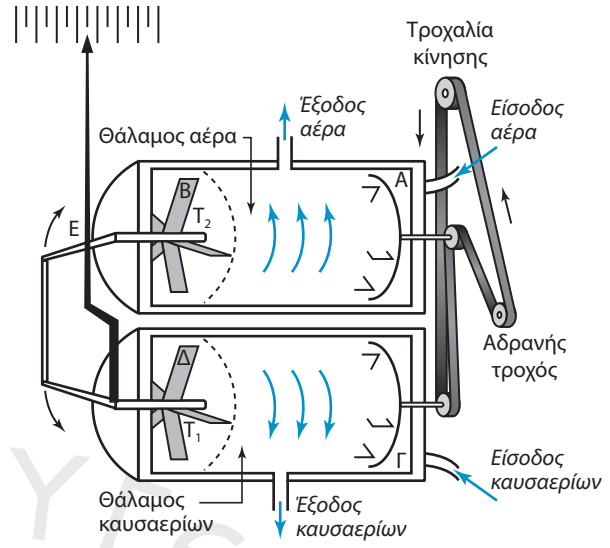
Μέτρο για το βαθμό ανάπτυξης μιας χώρας αποτελούν σήμερα δυο κυρίως παράγοντες:

- 1) Το ετήσιο κατά κεφαλή εισόδημα.
- 2) Η ετήσια κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας.

Τα στοιχεία αυτά περιέχονται στον πίνακα 1.1, που έχει συνταχθεί από τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας το 2016 και κατατάσσει τις διάφορες χώρες κατά σειρά στάθμης ανάπτυξης με βάση τα στοιχεία αυτά, που σε γενικές γραμμές συμβαδίζουν χωρίς σημαντικές αποκλίσεις.



(α)



(β)

**Σχ. 2.1**

(α) Συσκευή RANAREX. (β) Λειτουργία συσκευής. Α. Αναρρόφηση αέρα. Β. Μετάδοση ροπής στρέψης από αέρα. Γ. Αναρρόφηση καυσαερίων. Δ. Μετάδοση ροπής στρέψης από καυσάερια (σε αντίθετη φορά από την περιστροφή αέρα). Ε. Μεταφορά της υπερβάλλουσας ροπής στρέψης στη βελόνα του οργάνου

## 2) Μετρητής CO<sub>2</sub> FYRITE

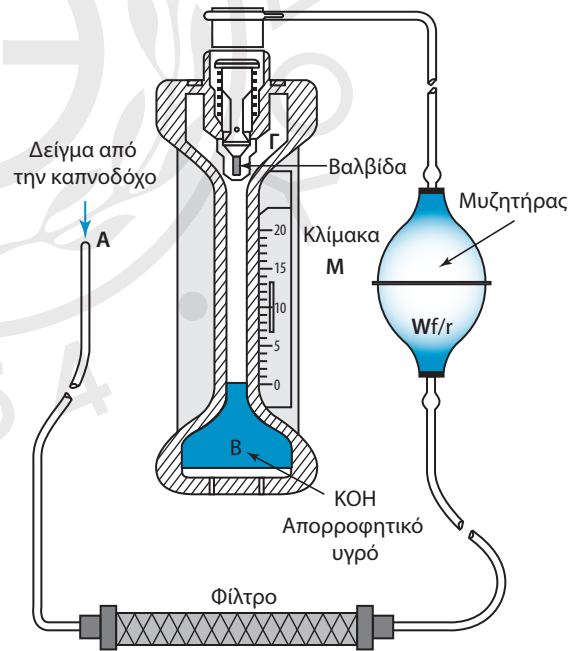
Στηρίζεται στη μεταβολή όγκου ορισμένης ποσότητας καυσαερίων, ύστερα από την απορρόφηση του CO<sub>2</sub>. Η απορρόφηση γίνεται με διάλυμα KOH μέσα από το οποίο διαβιβάζεται το δείγμα των καυσαερίων. Έχει απλή κατασκευή, αφού με αυτή συνήθως προσδιορίζεται ένα μόνο συστατικό, το CO<sub>2</sub>, που είναι και το βασικότερο συστατικό των καυσαερίων.

Η αρχή λειτουργίας της συσκευής FYRITE φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 2.2. Το δείγμα αναρροφάται από το σημείο **A** και διερχόμενο διά του δοχείου **B**, που περιέχει το διάλυμα KOH, υφίσταται μείωση του όγκου ανάλογη προς την περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub> του δείγματος που έχει αναρροφηθεί. Τότε η στάθμη του υγρού του δοχείου **B** ανεβαίνει ανάλογα. Τούτο φαίνεται στην κλίμακα **M**, που είναι βαθμολογημένη σε % περιεκτικότητα CO<sub>2</sub>.

Σήμερα υπάρχει μεγάλη ποικιλία μετρητών FYRITE με αυτόματες λειτουργίες και ηλεκτρονική υποστήριξη στη λειτουργία και την καταγραφή των αποτελεσμάτων.

## 3) Μετρητής CO<sub>2</sub> SIEMENS

Η λειτουργία του οργάνου (σχ. 2.3) αυτού στηρίζεται στις διαφορές τιμών θερμικής αγωγιμότητας των

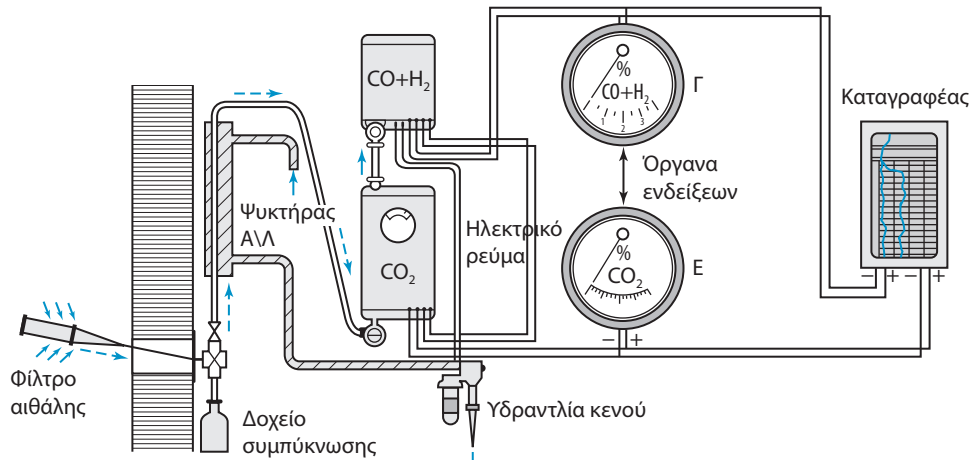
**Σχ. 2.2**

Αρχή λειτουργίας συσκευής FYRITE

συστατικών των καυσαερίων, όπως παρουσιάζει ο πίνακας 2.3.

Από τις τιμές του πίνακα 2.3 γίνεται φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων





Σχ. 2.3

Συσκευή ανάλυσης καυσαερίων SIEMENS

σε  $\text{CO}_2$  τόσο μικρότερη θα είναι η θερμική αγωγιμότητα των καυσαερίων αυτών.

Ο μεταβολές περιεκτικότητας  $\text{CO}_2$ , προκαλούν αντίστοιχες μεταβολές της θερμικής αγωγιμότητας των καυσαερίων, που με τη σειρά τους μεταβάλουν αντίστοιχα τη θερμοκρασία ενός μεταλλικού σύρματος που τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Η μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας προκαλεί ανάλογη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης, που είναι επομένως ενδεικτική της περιεκτικότητας  $\text{CO}_2$  των καυσαερίων. Τελικά η μεταβολή της αντίστασης, άρα και της περιεκτικότητας  $\text{CO}_2$  μεταφέρεται μέσω αμπερομέτρου σε ενδείκτη απευθείας βαθμολογημένο σε επί %  $\text{CO}_2$  (που στο σχ. 2.3 σημειώνεται ως **E**) ή καταγράφεται στον περιστρεφόμενο καταγραφέα. Με την ίδια συσκευή μπο-

ρεί να μετρηθεί το άθροισμα  $\text{CO}$  και  $\text{H}_2$  που τα καυσαέρια περιέχουν. Τα καυσαέρια διαβιβάζονται σε χώρο μέσα στον οποίο υπάρχει σύρμα λευκόχρυσου, στο οποίο διατηρείται ηλεκτρικό ρεύμα σε  $450^\circ\text{C}$ , πράγμα που προκαλεί την καταλυτική καύση του  $\text{CO}$  και του υδρογόνου και ανάλογη αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτή με τη σειρά της προκαλεί μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης που μεταφέρεται ως ένδειξη στο γαλβανόμετρο **Γ**.

#### 4) Αιθαλόμετρα

Είναι διατάξεις που επιτρέπουν τη μέτρηση της αιθάλης που υπάρχει στα καυσαέρια. Η μέτρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση της ποιότητας καύσης. Κατά πόσο μία θερμική εγκατάσταση ή μία θερμική μηχανή λειτουργεί ικανοποιητικά ή όχι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία αιθάλης στα καυσαέρια. Η αιθάλη αποτελείται από άκαυστα συστατικά του καυσίμου, κυρίως άνθρακα, και η παρουσία της προδίδει συνήθως ατελή καύση. Μία πρώτη ένδειξη για την παρουσία της αιθάλης στα καυσαέρια παρέχει το χρώμα τους, που είναι τόσο βαθύτερο, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα της αιθάλης.

Μερικά από τα αιθαλόμετρα που χρησιμοποιούνται συνθέστερα είναι:

α) **Αιθαλόμετρο Ringelmann**. Είναι ένας χάρτινος δίσκος, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4, που στο κέντρο φέρει άνοιγμα σε σχήμα πενταγώνου μέσα από το οποίο περνούν τα καυσαέρια.

Γύρω από το άνοιγμα υπάρχει κλίμακα 5 χρωμάτων (No 1 ως No 5) από το πολύ ανοικτό (No 1) ως το σχεδόν μαύρο (No 5), που αντιστοιχεί σε ανάλογη περι-

Πίνακας 2.3  
Θερμική αγωγιμότητα διάφορων αερίων

| Αέριο           | Τιμές θερμικής αγωγιμότητας                 |                     |
|-----------------|---|---------------------|
|                 | Joule. cm/cm <sup>2</sup> .S <sup>o</sup> C | Σε σύγκριση με αέρα |
| Αέρας           | 2,41  | 1,00                |
| Υδρογόνο        | 16,84                                       | 7                   |
| Μεθάνιο         | 3,02  | 1,25                |
| Οξυγόνο         | 2,44  | 1,01                |
| CO              | 2,32  | 0,96                |
| CO <sub>2</sub> | 1,45  | 0,63                |
| Νερό (υδρατμός) | 1,58  | 0,66                |
| SO <sub>2</sub> | 0,77  | 0,32                |



## 4.1 Γενικά

Τα κυριότερα στάδια της παραγωγής και της επεξεργασίας του πετρελαίου είναι:

- 1) Η έρευνα για την ανακάλυψη κοιτασμάτων πετρελαίου,
- 2) η παραγωγή (ανόρυξη),
- 3) η μεταφορά στα διυλιστήρια-διαχωρισμός σε προϊόντα – διύλιση και
- 4) άλλες διεργασίες (μετά τη διύλιση).

## 4.2 Έρευνα για την ανακάλυψη κοιτασμάτων πετρελαίου

Η έρευνα αυτή βασίζεται κυρίως:

- 1) στη μορφή του εδάφους και
- 2) σε γεωλογικές μεθόδους.

Ως προς τη μορφή του εδάφους (σχ. 4.1) έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένες μορφές εδάφους ευνοούν την ύπαρξη κοιτασμάτων πετρελαίου, όπως:

1) **Αντίκλινα**, δηλαδή αμφικλινείς σχηματισμοί του εδάφους, με αργιλικό υπόστρωμα, πάνω στο οποίο διαμορφώνεται πορώδες πέτρωμα, που καλύπτεται με άλλο αδιαπέραστο αργιλικό πέτρωμα. Στο πορώδες πέτρωμα, που είναι διαπερατό, συγκεντρώνεται το πετρέλαιο Π, που συνήθως συνοδεύεται από υδάτινη στοιβάδα Υ στον πυθμένα, ενώ από πάνω υπάρχουν τα αέρια Α υπό πίεση. Το πετρελαιοφόρο πέτρωμα είναι αφενός μεν πορώδες, ώστε στους πόρους του να εισχωρήσει το πετρέλαιο και αφετέρου διαπερατό, δηλαδή οι πόροι του συγκοινωνούν μεταξύ τους, ώστε το

πετρέλαιο να ρέει με ευκολία μέσα στο πέτρωμα.

2) **Μεταπτώσεις** σχηματίζονται όταν η μια πλευρά του αντίκλινου υποστεί καθίζηση, οπότε το στρώμα του πετρελαίου Π παγιδεύεται υπό πίεση στο άλλο τμήμα του αντικλίνου.

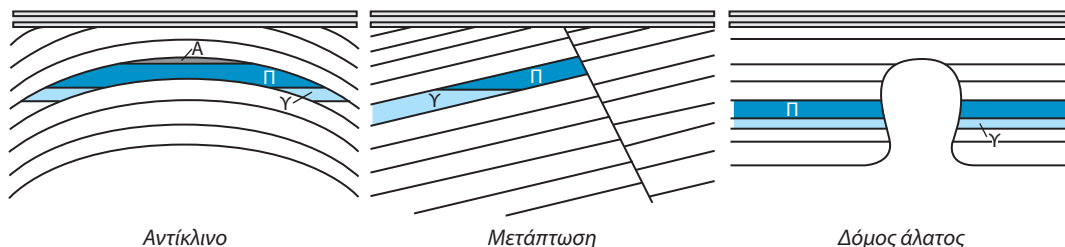
3) **Δόμοι άλατος** σχηματίζονται όταν κάτω από το πετρελαιοφόρο κοίτασμα υπάρχει στρώμα άλατος που ανυψώνεται προς τα πάνω από πλευρικές πιέσεις που δέχεται από γειτονικά στρώματα του υπεδάφους. Συχνά η ανύψωση φθάνει ως την επιφάνεια του εδάφους οπότε το κοίτασμα χωρίζεται σε δυο μέρη.

Οι σπουδαιότερες από τις **γεωλογικές μεθόδους** έρευνας είναι:

1) Η **σεισμολογική μέθοδος**. Με ισχυρές εκρήξεις προκαλούνται τεχνητές δονήσεις των οποίων τα κύματα καταγράφονται με ειδικό σειсмоγράφο. Η ταχύτητα με την οποία τα κύματα αυτά διαδίδονται και αντανακλώνται, εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους. Όπου υπάρχει αλλαγή εδαφικής σύστασης, που θα μπορούσε να οφείλεται σε ένα πετρελαιοφόρο κοίτασμα, θα παρατηρείται απότομη αλλαγή της ταχύτητας.

2) Η **βαρομετρική μέθοδος**. Αυτή έγκειται στην μέτρηση της έντασης της βαρύτητας, που επηρεάζεται αισθητά από τη σύσταση του εδάφους. Ένα κοίτασμα πετρελαίου προκαλεί αξιοσημείωτη ελάττωση της τιμής του g.

3) Η **μαγνητική μέθοδος**. Η ένταση του γήινου μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται αισθητά, όταν μετρείται σε έδαφος, κάτω από το οποίο υπάρχει πετρελαιοφόρο κοίτασμα.



Αντίκλινο

Μεταπτώση

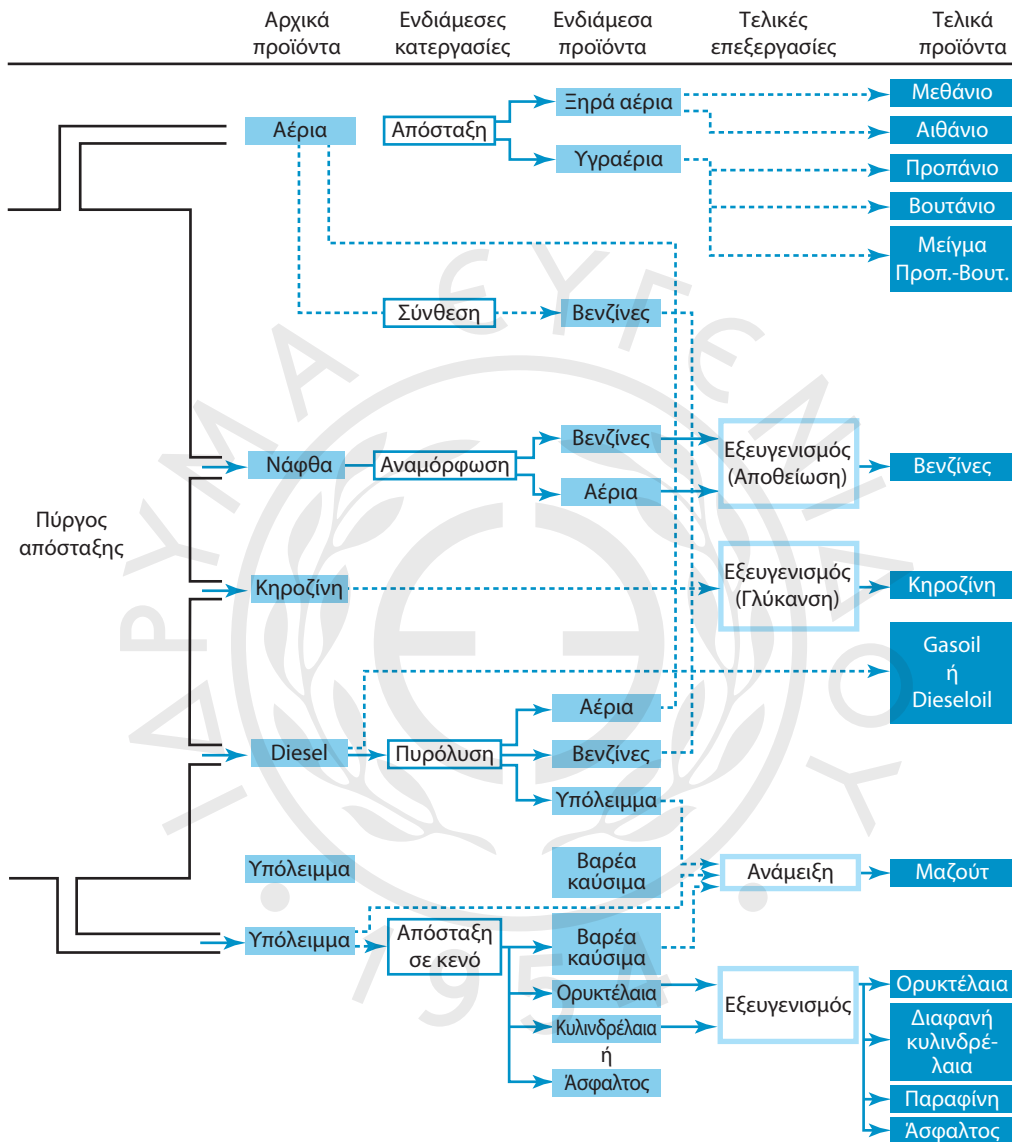
Δόμος άλατος

Σχ. 4.1

Μορφές εδάφους που ευνοούν την ύπαρξη πετρελαιοειδών κοιτασμάτων

τρέχουσες απαιτήσεις της αγοράς. Στην παραπάνω ανάπτυξη δεν αναφέρονται εξειδικευμένες διαδικασίες επεξεργασίας καυσίμων που αφορούν στη βελτίωση της ποιότητάς τους και την εναρμόνιση με κα-

νονισμούς και συμβάσεις, όπως είναι η ιξωδύλωση για τα υπολειμματικά καύσιμα (μαζούτ). Για αυτές γίνεται αναφορά στο αντίστοιχο κεφάλαιο των ναυτιλιακών καυσίμων (κεφ. 8).



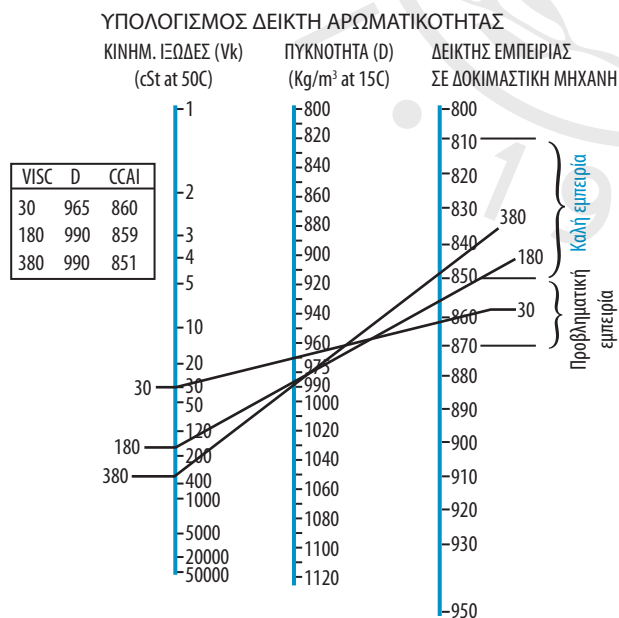
**Σχ. 4.6**  
Οι κυριότερες φάσεις επεξεργασίας του φυσικού πετρελαίου

τελεί ένδειξη της περιεκτικότητας του καυσίμου σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Επειδή δεν μπορεί να μετρηθεί εύκολα, έχει προταθεί υπολογιστική σχέση που συσχετίζει την αρωματικότητα με άμεσα μετρούμενα μεγέθη του καυσίμου, όπως την πυκνότητα και το ιξώδες. Ο δείκτης CCAI μπορεί να υπολογιστεί γραφικά από το νομογράφημα του σχήματος 8.1 με βάση την πυκνότητα και το ιξώδες του καυσίμου.

Το νομογράφημα του σχήματος 8.1 είναι ενδεικτικό και μπορεί να πάρει διαφορετική μορφή ανάλογα με την κατηγορία καυσίμου και την περιεκτικότητα σε θείο.

Η κατάταξη των ναυτιλιακών καυσίμων με βάση τον δείκτη αρωματικότητας CCAI παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.4. Όταν η τιμή του δείκτη CCAI υπερβαίνει το 850-870 χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή διότι θα έχουμε επιβράδυνση της ανάφλεξης, υποβάθμιση της ποιότητας ανάφλεξης με συνέπεια την μείωση της ισχύος, τη θορυβώδη λειτουργία και την υψηλή πίεση στη μηχανή. Ο συνδυασμός μικρού ιξώδους και υψηλής πυκνότητας αυξάνει το δείκτη CCAI στα καύσιμα.

11) **Βανάδιο – Νάτριο.** Το νάτριο υπό μορφή αλάτων βρίσκεται στο θαλασσινό νερό που συνυπάρχει με το φυσικό πετρέλαιο πριν την εξόρυξή του. Όμοια και το βανάδιο συνυπάρχει με το φυσικό πετρέλαιο. Ένα μέρος από την ποσότητα νατρίου απομακρύνεται με την αφαλάτωση του φυσικού πετρελαίου. Από



Σχ. 8.1

Νομογράφημα υπολογισμού του Δείκτη CCAI από πυκνότητα και ιξώδες.

**Πίνακας 8.4**  
Κατάταξη ναυτιλιακών καυσίμων με βάση τον δείκτη αρωματικότητας

| Δείκτης CCAI | Ποιότητα ανάφλεξης     |
|--------------|------------------------|
| 790–830      | Πολύ καλή έως καλή     |
| 830–850      | Καλή έως ικανοποιητική |
| 850–870      | Μέτρια έως κακή        |
| 870–950      | Κακή έως μη αποδεκτή   |

την άλλη, το βανάδιο δεν μπορεί να διαχωριστεί από το φυσικό πετρέλαιο και έτσι όλη η ποσότητά του οδηγείται προς τα υπολειμματικά καύσιμα κατά τη διύλιση του φυσικού πετρελαίου.

### 8.5 Η χρήση χαμηλής ποιότητας καυσίμου στις μηχανές diesel

Τα 80% περίπου του καυσίμου που χρησιμοποιείται σήμερα στις ναυτικές πετρελαιομηχανές προέρχεται από υπολείμματα απόσταξης, δηλαδή από μαζούτ, το οποίο διακινείται με το γενικό τύπο Marine Fuel Oils (MFO). Ο λόγος είναι φυσικά το χαμηλό κόστος των καυσίμων αυτών σε σχέση με το πετρέλαιο diesel.

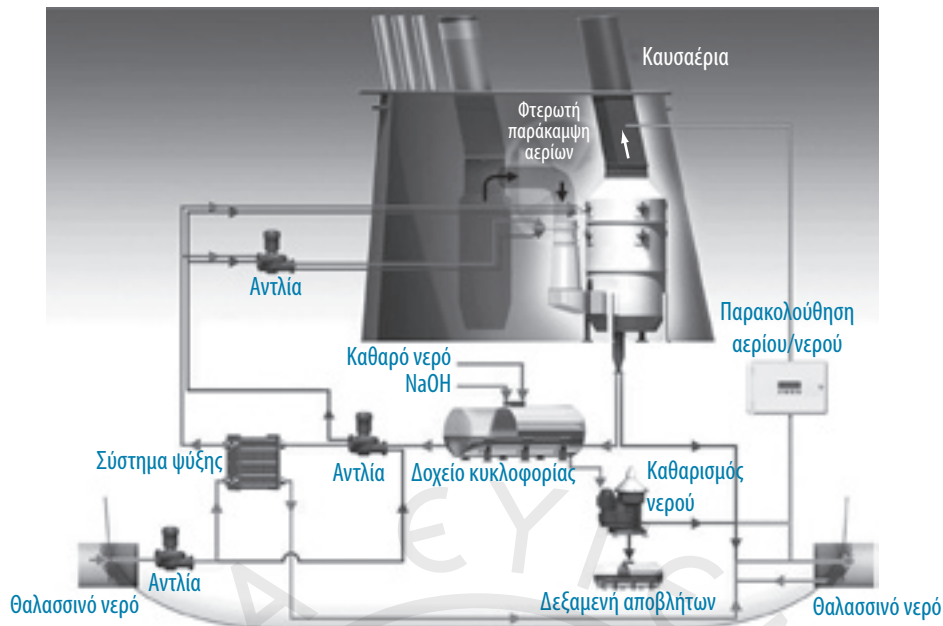
Η μετάπτωση από πετρέλαιο Diesel σε μαζούτ συνοδεύεται από πολλά προβλήματα λειτουργίας των ναυτικών μηχανών που έπρεπε να αντιμετωπισθούν τόσο από τους κατασκευαστές των μηχανών όσο και από τους πλοιοκτήτες/ναυτιλιακές εταιρείες. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στη χαμηλή ποιότητα του μαζούτ σε σύγκριση με το πετρέλαιο diesel, σε όλη την έκταση των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών, και αντιμετωπίζονται με δύο τρόπους:

1) **Κατασκευαστικός τρόπος.** Οι σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές είναι γενικά αργόστροφες και με μεγάλη ιπποδύναμη, εξοπλισμένες με σύστημα έντονου καθαρισμού και επεξεργασίας των καυσίμων, ώστε οι δυσμενείς επιδράσεις από τη χαμηλή ποιότητα των καυσίμων να περιορίζονται στο ελάχιστο.

2) **Λειτουργικός τρόπος.** Περιλαμβάνουν σειρά μέτρων που εκμηδενίζουν τα προβλήματα από την ποιότητα του καυσίμου, τα σημαντικότερα απ' τα οποία περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

#### 8.5.1 Σύστημα καθαρισμού

Ξένες ύλες, πέρα από ορισμένο όριο, μετατρέπονται κατά την καύση σε αποθέσεις, που ρυπαίνουν κρίσιμα μέρη της μηχανής, όπως τις βαλβίδες, τα χιτώνια,



Σχ. 8.4

Σύστημα πλυντρίδων (αποθείωσης καυσαερίων) σε πλοίο (Πηγή: World Maritime News)

των δύο υγρών προς ανώτερα τμήματα του πλοίου, όπου βρίσκεται η εξαγωγή των καυσαερίων από τη μηχανή. Σε αυτό το σημείο το σύστημα αποθείωσης καυσαερίων με τη βοήθεια του μείγματος των χημικών απομακρύνει τα οξειδία του θείου από τα καυσαέρια του πλοίου. Το σύστημα πλυντρίδων περιλαμβάνει δυο εξόδους: η μια φιλτράρει τους υδρατμούς, τους συμπυκνώνει σε νερό και τους οδηγεί προς τη θάλασσα, ενώ η άλλη οδηγεί τους βλαβερούς ρύπους που συγκρατήθηκαν από το σύστημα προς δεξαμενή καθαρισμού. Σ' αυτήν τη δεξαμενή γίνεται ο τελικός διαχωρισμός καθαρού νερού από τους ρύπους του θείου και οι ρύποι συγκεντρώνονται σε μια μικρή δεξαμενή αποβλήτων. Έτσι φαίνεται ότι τα συστήματα αποθείωσης (scrubbers) καταλαμβάνουν αρκετό χώρο πάνω στο πλοίο ώστε να μπορέσουν να λειτουργήσουν με τον κατάλληλο τρόπο.

γ) **Προβλήματα που ανέκυψαν στην εφοδιαστική αλυσίδα από την επιβολή περιορισμών στη συγκέντρωση θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα.**

Το επιβαλλόμενο όριο περιεκτικότητας σε θείο (έως 0,5%) στα ναυτιλιακά καύσιμα οδήγησε στο νέο καύσιμο χαμηλού θείου (Low Sulphur FO, LSFO), με συνέπεια μια σειρά θεμάτων για το κόστος (υψηλότερη τιμή ως προς το παραδοσιακό HSFO λόγω διαδικασιών αποθείωσης), την επάρκεια και την ασφάλεια. Τα διυλιστήρια θα πρέπει να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες LSFO και κατάλληλες παρεμβάσεις να γίνουν

στις μηχανές, προκειμένου να δέχονται το νέο καύσιμο χωρίς προβλήματα. Η ανάμειξη καυσίμων πάνω στο πλοίο (πετρέλαιο diesel χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο με μαζούτ υψηλής περιεκτικότητας σε θείο) ώστε να παραχθεί καύσιμο με αποδεκτή συγκέντρωση θείου απαιτεί μεγάλη προσοχή από τον μηχανικό. Με ποσοστό ανάμειξης μαζούτ στο νέο καύσιμο γύρω στο 80%, το κόστος του νέου καυσίμου LSFO θα αυξηθεί κατά 50% σε σχέση με το παραδοσιακό HSFO. Πέρα από αυτό, όμως, η ανάμειξη καυσίμων από διαφορετικές πηγές και με διαφορετικές συνθέσεις μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη σταθερότητα του τελικού καυσίμου, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 7.2.3, με σοβαρές επιπτώσεις στη συντήρηση αλλά και στην ασφάλεια του πλοίου. Επιπλέον η αυξημένη ζήτηση σε αποστάγματα (χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο) θα αναγκάσει τα διυλιστήρια να παράγουν μικρότερες ποσότητες μαζούτ με υψηλότερη τιμή, κάτι που θα εξαλείψει το οικονομικό πλεονέκτημα του μαζούτ στις ναυτικές μηχανές.

## 8.6 Βελτίωση της ποιότητας του πετρελαίου με χημικά πρόσθετα

Η χαμηλή ποιότητα των υπολειμματικών καυσίμων, που χρησιμοποιούνται ως κύριο καύσιμο στις σύγχρονες πετρελαιομηχανές, μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση βελτιωτικών προσθέτων για την εξουδε-

σχηματισθεί μόνο του νερό που αποβάλλεται από το εισαγόμενο καύσιμο.

Αν φαντασθούμε ότι το σύστημα του σχήματος 8.8 περιστρέφεται γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα AA, έχουμε την τομή ενός κυπέλλου φυγοκεντρικού διαχωριστή De Laval, που έχει την ίδια αρχή λειτουργίας (σχ. 8.9). Αντί συστήματος σωλήνων, έχουμε εδώ επάλληλους δίσκους, σε αποστάσεις που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του καθοριζόμενου καυσίμου και κυρίως την πυκνότητά του. Συνήθως οι αποστάσεις μεταξύ των δίσκων κυμαίνονται από 0,5–0,6 mm.

Τα κύρια μέρη ενός φυγοκεντρικού καθαριστή (purifier), του οποίου η τομή σκαριφηματικά φαίνεται στο σχήμα 8.10, είναι:

- 1) Ο κεντρικός άξονας Α.
- 2) Ο σωλήνας εισαγωγής του καυσίμου Ε.
- 3) Το κύπελλο  $K_{\pi}$  που αποτελείται από επάλληλα τοποθετημένους δίσκους.
- 4) Το εξωτερικό περίβλημα Π.

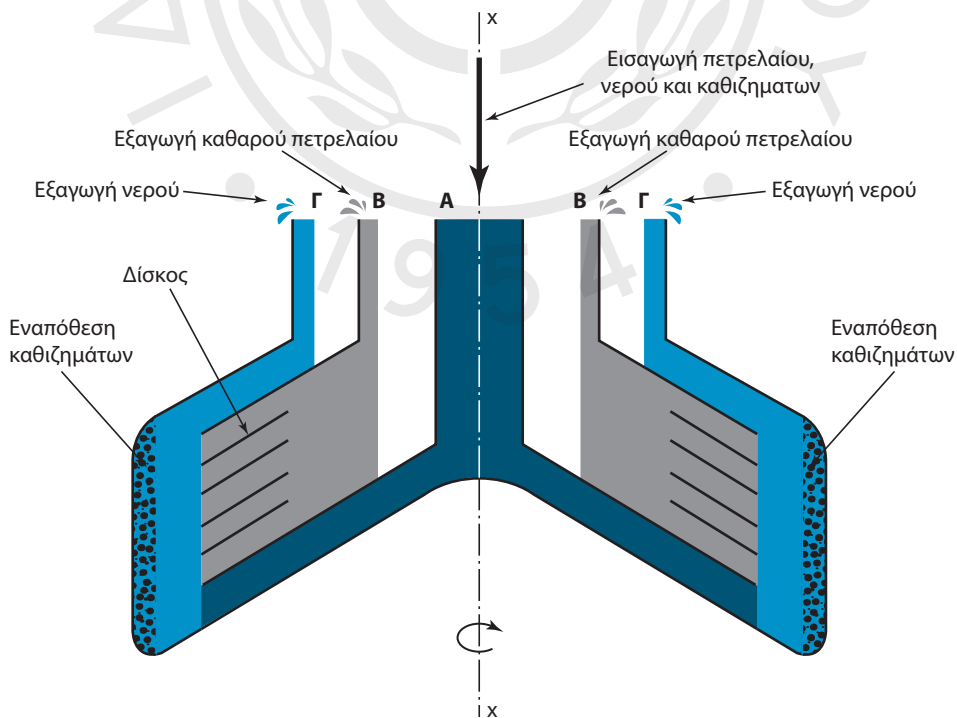
Το καύσιμο εισάγεται στη συσκευή από τον σωλήνα εισαγωγής Ε, που είναι παράλληλος προς τον κεντρικό άξονα και οδηγείται προς τους δίσκους του κυπέλλου, που βρίσκεται σε συνεχή περιστροφική κίνηση, με ταχύτητα 8.000–10.000 rpm. Οι δίσκοι έχουν κωνικό σχήμα και στην περιφέρεια έχουν οπές από τις οποίες περνάει το νερό και οι ξένες προσμείξεις.

Ο τελευταίος προς τα πάνω δίσκος δεν έχει οπές και αποτελεί ένα είδος καλύμματος του κυπέλλου Κ.

Το καύσιμο ανάμεσα στους δίσκους υφίσταται ένα λεπτό διαμερισμό. Με την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης τα βαρύτερα συστατικά (νερό, προσμείξεις) εξωθούνται προς τα τοιχώματα του θαλάμου Θ, απ' όπου το νερό ανεβαίνει προς την έξοδο  $\Gamma_1$  που σχηματίζεται μεταξύ του καπακιού Β και της οριζόντιας προεξοχής του καλύμματος Κ του κυπέλλου. Οι άλλες ακαθαρσίες συγκεντρώνονται στον πυθμένα του εσωτερικού θαλάμου Θ, απ' όπου και απομακρύνονται. Στους μοντέρνους φυγοκεντρικούς καθαριστές η απομάκρυνση της λάσπης και των άλλων ακαθαρσιών από τον πυθμένα γίνεται αυτόματα, χωρίς να απαιτείται διακοπή της λειτουργίας του καθαριστή. Το καύσιμο που απομένει σχεδόν καθαρό, άρα με μικρότερο ειδικό βάρος, δέχεται μικρότερη φυγόκεντρη δύναμη και από τον εσωτερικό αγωγό  $\Gamma_2$  ανεβαίνει προς το στόμιο εκροής Σ, απ' όπου και διοχετεύεται προς το υπόλοιπο δίκτυο. Ο αγωγός  $\Gamma_2$  σχηματίζεται μεταξύ του σωλήνα εισαγωγής Ε και του τελευταίου προς τα πάνω δίσκου Κ.

## 2) Φυγοκεντρικοί διαυγαστές

Μετά τους φυγοκεντρικούς καθαριστές, ο καθαρισμός του πετρελαίου συμπληρώνεται σε μία παρόμοι-



Σχ. 8.9

Κύπελλο φυγοκεντρικού διαχωριστή τύπου De Laval

επιθυμητή περιοχή κατά τη διαδικασία της παραγωγής.

Οι σπουδαιότερες μέθοδοι παραγωγής συνθετικών καυσίμων με υδροποίηση του άνθρακα είναι οι ακόλουθες:

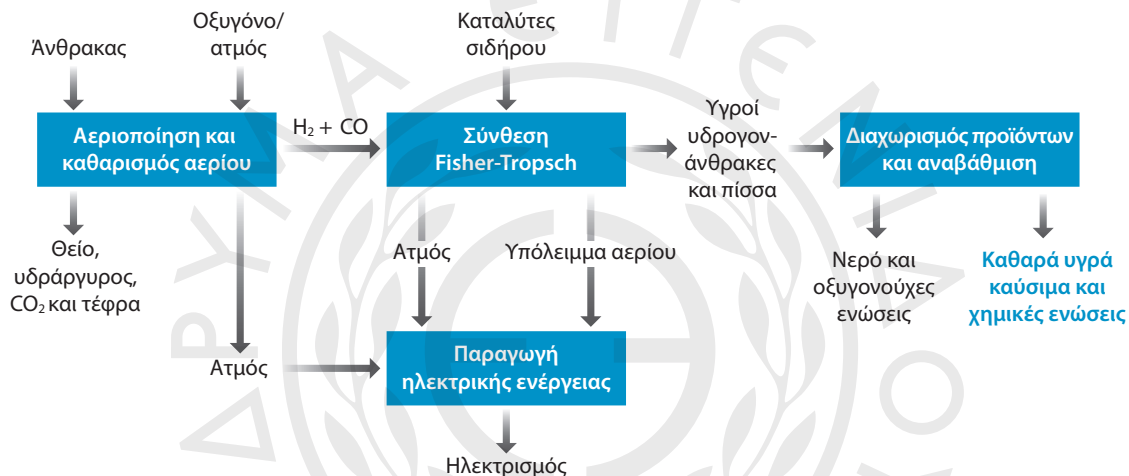
### 1) Μέθοδος Fischer-Tropsch

Κατά τη μέθοδο αυτή (σχ. 10.3) ο άνθρακας εξαεριώνεται πρώτα με την μέθοδο Lurgi. Τα αέρια που παράγονται και κυρίως το μονοξείδιο του άνθρακα CO και το υδρογόνο H<sub>2</sub> υποβάλλονται σε καταλυτική σύνθεση, από την οποία παράγεται μείγμα υδρογονανθράκων και αλκοολών. Ύστερα από μια σειρά καθαρισμών και από υδρογόνωση, παράγεται, ως κύριο

προϊόν, καύσιμο ανάλογο ως προς τις ιδιότητες προς το βαρύ diesel, και ως υποπροϊόντα: αέρια πίσσα και κωκ. Η απόδοση της μεθόδου αυτής είναι χαμηλή και κυμαίνεται στο 20%.

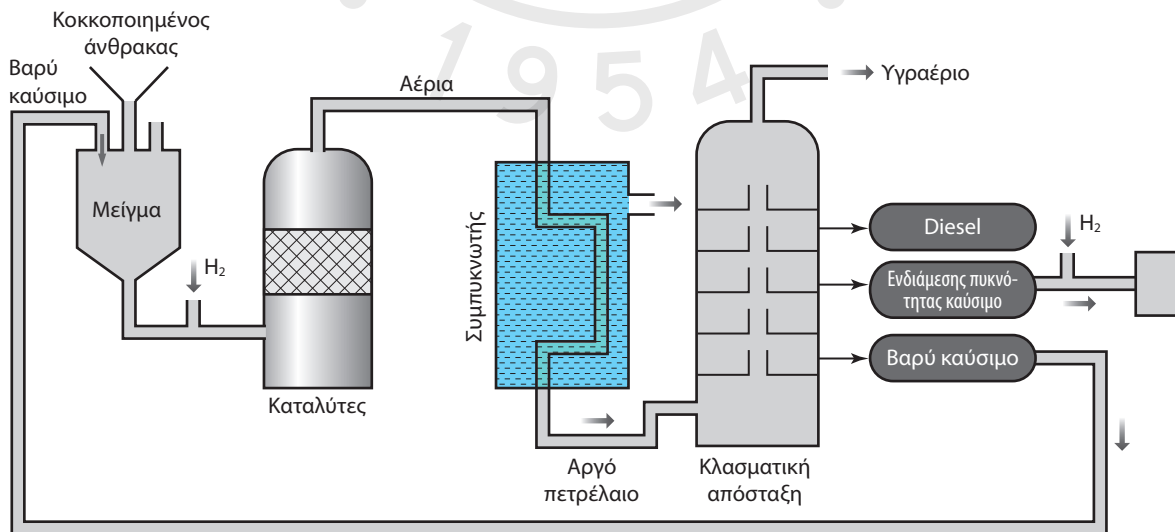
### 2) Ξηρή απόσταξη (πυρόλυση)

Ο άνθρακας κατά τη μέθοδο αυτή (σχ. 10.4) υποβάλλεται σε πύρωση σε κλειστές εστίες με υψηλή θερμοκρασία, κατά τρόπο ανάλογο με την παραγωγή του φωταερίου. Από τα πτητικά προϊόντα της πυρόλυσης διαχωρίζονται με κατάλληλη επεξεργασία τα υγρά προϊόντα, που αποτελούν το κύριο προϊόν, ενώ ως υποπροϊόντα παράγονται πάλι αέρια, πίσσα και



Σχ. 10.3

Διάταξη παραγωγής καυσίμων με την μέθοδο Fischer-Tropsch



Σχ. 10.4

Διάταξη πυρόλυσης για παραγωγή καυσίμων

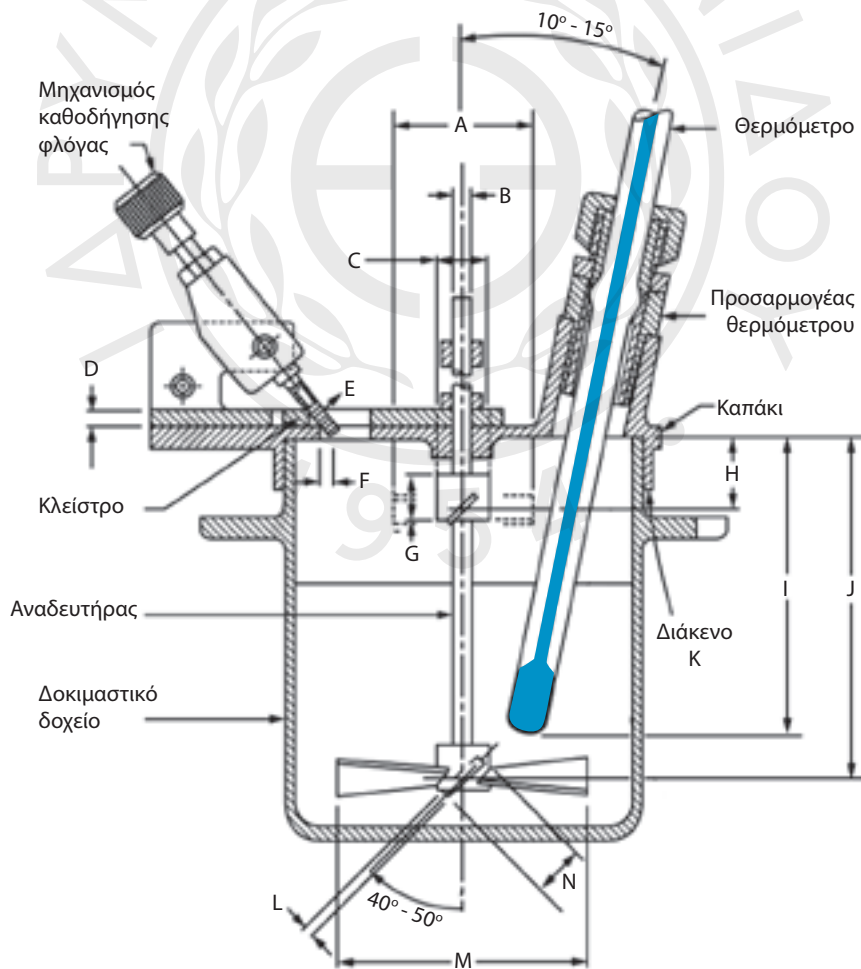
Η μέτρηση του Σ.Α., γίνεται σε ειδική συσκευή, όπως αυτή που εικονίζεται στο σχήμα 12.8, γνωστή ως συσκευή Pensky-Martens και ακολουθεί το πρότυπο ASTM D93-18.

Το δείγμα του καυσίμου θερμαίνεται στο κλειστό δοχείο, με τρόπο τέτοιο ώστε η θερμοκρασία του να ανεβαίνει κατά  $5^{\circ}\text{C}$  ανά λεπτό. Περίπου  $20^{\circ}\text{C}$  πριν από το αναμενόμενο Σ.Α., από τον πλαϊνό σωλήνα προσάγεται μικρή φλόγα διαμέτρου 4 mm, με την οποία δοκιμάζεται η ανάφλεξη των ατμών που έχουν συγκεντρωθεί στην επιφάνεια. Αυτό επαναλαμβάνεται κάθε  $1^{\circ}\text{C}$  έως ότου να παρατηρηθεί στιγμιαία ανάφλεξη (flash). Η κατωτάτη θερμοκρασία στην οποία θα συμβεί η στιγμιαία ανάφλεξη είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης του δείγματος. Για να βρούμε το σημείο καύσης, η θέρμανση συνεχίζεται ώσπου η καύση να παραμένει σταθερή τουλάχιστον επί 5 s. Σκαριφηματική τομή της συσκευής απεικονίζεται στο σχήμα 12.9.



**Σχ. 12.8**

Συσκευή μέτρησης σημείου ανάφλεξης



**Σχ. 12.9**

Σχέδιο συσκευής Pensky-Martens, για τον προσδιορισμό του Σ.Α. σε κλειστό δοχείο



## 12.7 Θείο

Η μέτρηση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού πάνω από ορισμένα όρια η παρουσία του είναι ανεπιθύμητη, γιατί τα προϊόντα καύσης του είναι ισχυροί διαβρωτικοί παράγοντες για τα μεταλλικά μέρη της μηχανής.

Η μέτρηση του θείου μπορεί να γίνει με τους εξής δύο τρόπους:

### 1) Άμεσος προσδιορισμός μέσω καύσης

Το δείγμα του καυσίμου υποβάλλεται σε καύση κατά την οποία το θείο μετατρέπεται τελικά σε θειικό οξύ, που εύκολα προσδιορίζεται με απλές μεθόδους της αναλυτικής χημείας (εξουδετέρωση).

Για την καύση χρησιμοποιούνται δύο ειδών εργαστηριακές συσκευές:

#### α) Μέθοδος λάμπας

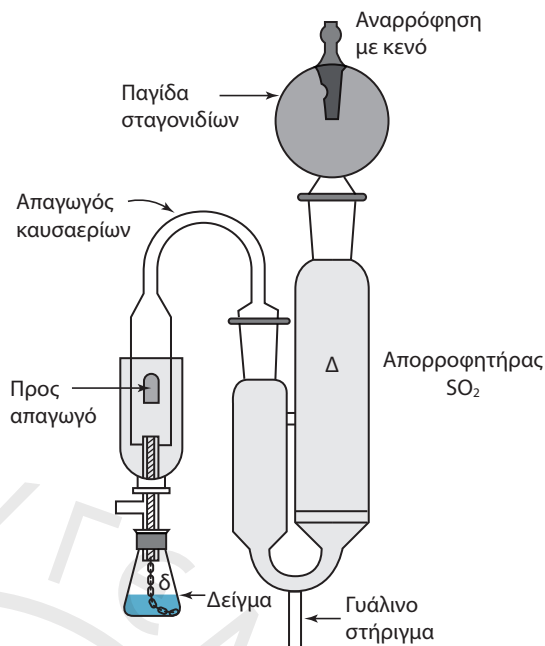
Εφαρμόζεται μόνο για βενζίνη και φωτιστικό πετρέλαιο και γενικά για καύσιμα που μπορούν να καίγονται με φυτίλι. Το δείγμα, που βρίσκεται στο δοχείο δ, ανεβαίνει με τη βοήθεια του φυτιλιού και καίγεται, σε ατμόσφαιρα που ρυθμίζεται να περιέχει 10%  $\text{CO}_2$  και 30%  $\text{O}_2$  (σχ. 12.10). Το διοξείδιο του θείου  $\text{SO}_2$ , που παράγεται κατά την καύση, απορροφάται στο δοχείο Δ, που περιέχει υπεροξείδιο του υδρογόνου  $\text{H}_2\text{O}_2$ , με το οποίο οξειδώνεται προς τριοξείδιο του θείου  $\text{SO}_3$ , που με το νερό μετατρέπεται σε θειικό οξύ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Το θειικό οξύ προσδιορίζεται με δύο τρόπους:

– **Ογκομετρικά**, με εξουδετέρωση με αλκαλικό διάλυμα, δηλαδή με διάλυμα  $\text{NaOH}$  ή  $\text{KOH}$  γνωστής ισχύος, του οποίου κάθε  $\text{cm}^3$  αντιστοιχεί σε ορισμένη ποσότητα θειικού οξέος.

– **Σταθμικά**, με χλωριούχο βάριο ( $\text{BaCl}_2$ ), που μετατρέπει το θειικό οξύ σε θειικό βάριο ( $\text{BaSO}_4$ ), το οποίο είναι εντελώς αδιάλυτο. Το θειικό βάριο εύκολα απομονώνεται και ζυγίζεται. Από το βάρος του υπολογίζεται το θείο, που περιείχε το αρχικό δείγμα του καυσίμου, η ποσότητα του οποίου ήταν από την αρχή γνωστή.

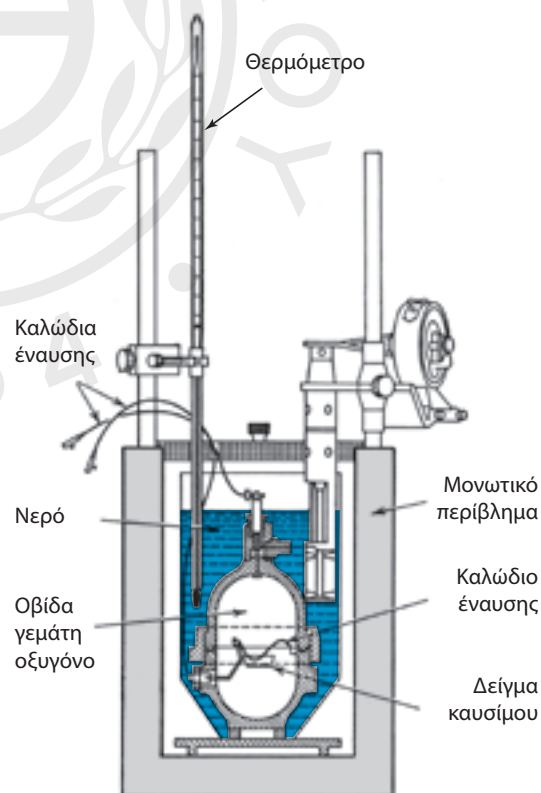
#### β) Θερμιδομετρική οβίδα

Χρησιμοποιείται για όλα τα είδη καυσίμων και είναι γνωστή ως *θερμιδομετρική οβίδα Mahler* (σχ. 12.11). Εδώ η καύση γίνεται με πολύ έντονες συνθήκες, ώστε να καίγονται τελείως και υλικά των οποίων η καύση δεν είναι εύκολη, όπως συμβαίνει με πολλές κατηγορίες στερεών καυσίμων. Η καύση γίνεται σε κλειστό χώρο, με καθαρό οξυγόνο και με πίεση περίπου 25



Σχ. 12.10

Λάμπα προσδιορισμού θείου



Σχ. 12.11

Θερμιδομετρική οβίδα

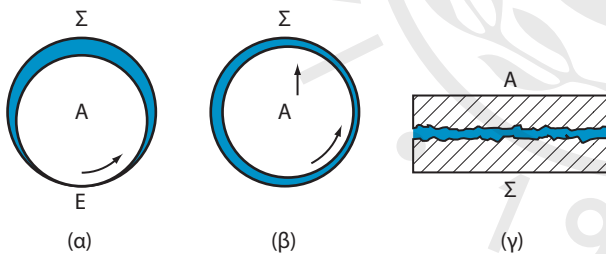
μεμβράνη έχει αρκετό πάχος. Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής τριβής μειώνεται σε 0,001–0,03, πράγμα που συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των απωλειών ισχύος, σύμφωνα με τον τύπο (6) (βλ. § 13.3). Η ύπαρξη υδροδυναμικής λίπανσης, προϋποθέτει εντελώς λείες επιφάνειες, που στην πράξη είναι σχεδόν αδύνατο να επιτευχθούν, αλλά και μεγάλες ελευθερίες (χάρη) μεταξύ εδράνου και άξονα, που, όπως είναι γνωστό, δεν συνιστώνται. Γι' αυτό συνήθως έχουμε:

β) **Οριακή λίπανση**, που χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό πάχος λιπαντικής μεμβράνης, και οφείλεται κυρίως στο ότι οι φαινομενικά λείες επιφάνειες των μετάλλων παρουσιάζουν πάντοτε μικρές ανωμαλίες, όπως φαίνονται σε μεγέθυνση στο σχήμα 13.1(γ). Είναι, λοιπόν, φυσικό, κατά την έναρξη της περιστροφής του άξονα, και όταν το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης είναι πάρα πολύ μικρό, οι ανωμαλίες των επιφανειών να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους σε μερικά σημεία. Στα σημεία αυτά η λιπαντική μεμβράνη διακόπτεται, με συνέπεια να εμφανίζεται τοπικά η ξηρή τριβή.

Αυτό ακριβώς αποτελεί την οριακή λίπανση.

Ο σχηματισμός της λιπαντικής μεμβράνης εξηγείται ως εξής:

Όταν η μηχανή είναι ακίνητη, ο άξονας εδράζεται εντελώς στο στροφέιο και έτσι έχουμε σχεδόν ξηρή τριβή, που διαρκεί ως τη στιγμή της εκκίνησης (στατική τριβή), όπως φαίνεται στο σχήμα 13.1(α).



Σχ. 13.1

Αμέσως μετά την εκκίνηση, λόγω της ανοχής του στροφέιου και των εδράνων, δημιουργείται η υδροδυναμική σφήνα του ορυκτέλαιου κατά τη φορά της περιστροφής, που έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη μιας ανυψωτικής τάσης, ωθώντας τον άξονα προς τα πάνω, [σχ. 13.1(β)]. Το λιπαντικό εισχωρεί στο κενό που σχηματίζεται μεταξύ του εδράνου και του στροφέιου και αποκαθιστά τη λιπαντική μεμβράνη, οπότε έχουμε συνθήκες **υγρής λίπανσης**.

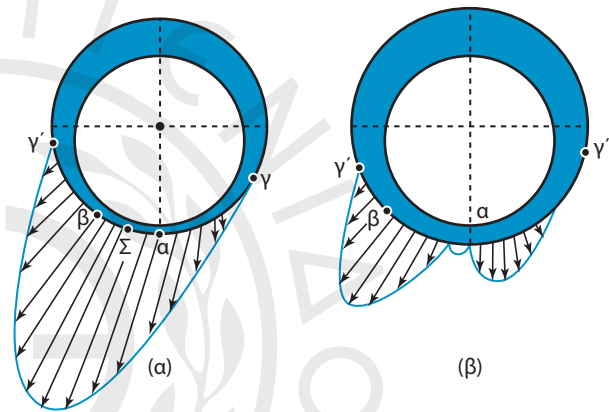
Κατά κανόνα, με υψηλές ταχύτητες περιστροφής και με μικρά φορτία έχουμε υγρή **λίπανση**, ενώ **οριακή λίπανση** αναμένεται, όταν έχουμε μεγάλα φορτία

με μικρές ταχύτητες. Η οριακή λίπανση έχει συντελεστή τριβής 0,05 – 0,15.

### 13.6 Κατανομή των πιέσεων

Την κατανομή των πιέσεων κατά μήκος της επιφάνειας ενός τριβέα δίνει το λεγόμενο **πολικό διάγραμμα των πιέσεων** (σχ. 13.2).

Η μέγιστη τιμή πίεσης,  $P_{max}$ , αντιστοιχεί στο σημείο Σ, που βρίσκεται μεταξύ του σημείου α, όπου επενεργεί το φορτίο του άξονα και του σημείου β, όπου το στρώμα του λαδιού έχει το μικρότερο πάχος του. Οι πιέσεις ελαττώνονται και από τις δύο πλευρές του σημείου Σ και μηδενίζονται στα σημεία γ και γ', που βρίσκονται σχεδόν στα άκρα της περιφέρειας του τριβέα [σχ. 13.2(α)].



Σχ. 13.2

Πολικό διάγραμμα πιέσεων

Το πολικό διάγραμμα των πιέσεων σε τριβείς που φέρουν αύλακες, έχει τη μορφή που εικονίζεται στο σχήμα 13.2(β). Η πίεση κοντά στο σημείο που υπάρχει αυλάκι σχεδόν μηδενίζεται, ενώ η ολική πίεση γενικά είναι μικρότερη. Αυτό έχει ως συνέπεια να ελαττώνεται η ικανότητα του τριβέα να δέχεται ορισμένο φορτίο.

Επομένως, με τις αύλακες που φέρουν οι τριβείς διανέμεται καλύτερα το λιπαντικό σε όλο το μήκος του τριβέα, δεν θα πρέπει όμως οι αύλακες να βρίσκονται στο τμήμα του τριβέα που δέχεται το φορτίο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι μεταξύ του κομβίου του άξονα και του τριβέα απαιτείται η ύπαρξη ορισμένων ελευθεριών, που θα επιτρέψουν τον σχηματισμό της σφήνας, η οποία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία της πίεσης του στρώματος του λιπαντελαίου.

Η **ελευθερία** (χάρη) στις τριβόμενες επιφάνειες και ειδικότερα στα στροφέια πρέπει να τηρείται σε ορισμένα όρια, για τους ακόλουθους λόγους:

1) **Ελευθερία μικρότερη** από την κανονική παρεμποδίζει την υδροδυναμική λίπανση. Η οριακή λίπανση

Επειδή  $U > H$  θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση (1) στην οποία με αντικατάσταση παίρνουμε τον δείκτη ιξώδους:

$$V.I. = \frac{(31,96 - 24,81)}{(31,96 - 23,81)} \cdot 100 = 0,879 \cdot 100 \Rightarrow V.I. = 88$$

Η θερμοκρασιακή εξάρτηση του ιξώδους των τριών λιπαντικών που εμπλέκονται στον παραπάνω υπολογισμό φαίνεται στο σχήμα 15.4

**2.** Το ιξώδες ενός προς εξέταση λιπαντικού παίρνει τιμή 7,50 cSt στους 100°C και 47,80 cSt στους 40°C. Να υπολογιστεί ο δείκτης ιξώδους (V.I.) του λιπαντικού σύμφωνα με την μέθοδο ASTM D2270-10.

### Λύση

Ο δείκτης ιξώδους του λιπαντικού θα βρεθεί με τη μέθοδο ASTM D2270-10. Θα θέσουμε  $U = 47,80$  cSt. Για τον προσδιορισμό των  $L$  και  $H$  θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 15.1 της μεθόδου και θέτουμε ως τιμή εισόδου  $Y = 7,50$  cSt.

Έτσι  $L = 88,85$  cSt και  $H = 53,98$  cSt.

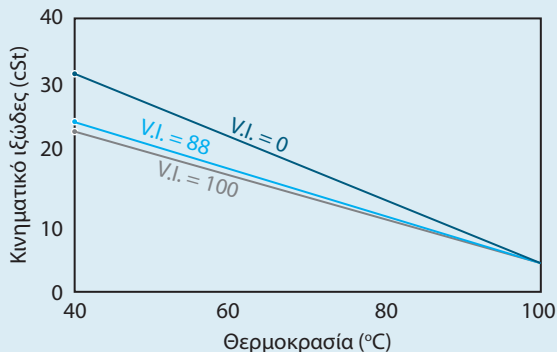
Επειδή  $U < H$  θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση (2). Αφού προσδιορίσουμε την παράμετρο  $N$  θα κάνουμε την αντικατάσταση για να βρεθεί ο δείκτης ιξώδους:

$$N = \frac{\log 53,98 - \log 48,80}{\log 7,50} = \frac{0,528}{0,875} = 0,60$$

$$V.I. = \frac{(\text{antilog } 0,060) - 1}{0,00715} + 100 = \frac{1,148 - 1}{0,00715} + 100 =$$

$$= 20,7 + 1 \Rightarrow V.I. = 121$$

Η θερμοκρασιακή εξάρτηση του ιξώδους των τριών λιπαντικών που εμπλέκονται στον παραπάνω



Σχ. 15.4

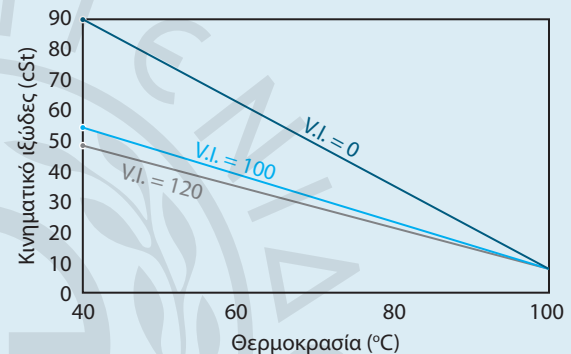
νω υπολογισμό φαίνεται στο σχήμα 15.5.

Συμπερασματικά τονίζεται ότι υψηλές τιμές δείκτη ιξώδους περιορίζουν τις ακραίες τιμές ιξώδους που αντιστοιχούν σε ορισμένη διακύμανση της θερμοκρασίας ενός λιπαντικού.

Αυτό έχει ως συνέπεια:

1) Σε χαμηλές θερμοκρασίες να μην αυξάνεται το ιξώδες σε βαθμό που να δυσχεραίνει την εκκίνηση της μηχανής και

2) σε υψηλές θερμοκρασίες το ιξώδες δεν ελαττώνεται κάτω από τα όρια εκείνα που εξασφαλίζουν τη διατήρηση της λιπαντικής μεμβράνης στους τριβείς ή τη στεγανότητα των ελατηρίων στα έμβολα.



Σχ. 15.5

### 15.6 Σημείο ροής, σημείο νέφωσης

Η μελέτη της «ψυχρής ροής» των λιπαντικών γίνεται με τη συσκευή που περιγράφηκε στην παράγραφο 12.9 για τα καύσιμα.

Κατά τη διάρκεια της ψύξης ενός λιπαντικού συναντάμε διαδοχικά τρεις θερμοκρασίες, σε κάθε μια από τις οποίες επέρχονται ορισμένες εμφανείς διαφορές στις ιδιότητές του:

1) Το **σημείο νέφωσης** ή **σημείο θόλωσης** (cloud point)  $T_c$  είναι η θερμοκρασία, στην οποία το δείγμα του λιπαντικού ψυχόμενο εμφανίζει θολερότητα. Αυτή οφείλεται στην αποβολή από τη μάζα του λιπαντικού των παραφινικών συστατικών, που στη θερμοκρασία  $T_c$  γίνονται αδιάλυτα.

2) **Σημείο ακινησίας**  $T_a$  είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία το λιπαντικό έχει ακινητοποιηθεί κατά την ψύξη του.

Στην πράξη, μετά τον προσδιορισμό του σημείου νέφωσης, το δείγμα του λιπαντικού που είναι τοποθετημένο σε πρότυπο γυάλινο σωλήνα υποβάλλεται σε

**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ  
ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

ΠΛΟΙΟ .....X  
 ΠΛΟΙΟΚΤΗΤΗΣ .....Z  
 ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ .....Υ  
 ΜΗΝΑΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....Durban  
 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....Κύρια Μηχανή  
 (Diesel)  
 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....15-10-2020

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

Ιξώδες κατά Redwood I στους 40°C (cSt) ..... 65  
 Νερό, % κατ' όγκο ..... 0,30  
 Αλάτι, % κατά βάρος ..... 0,11  
 Αδιάλυτα σε κανονικό επάνιο (% κατά βάρος) ..... 1,04  
 Ολικός αριθμός οξέων (mg KOH/γραμ. λιπαντικού) ..... 0,85  
 Αριθμός ισχυρών οξέων (mg KOH/γραμ. λιπαντικού) ..... < 0,01  
 Σημείο ανάφλεξης (κλειστού δοχείου) °C ..... 230

**Παρατηρήσεις**

Συνιστάται πλύση του λιπαντικού με θερμό νερό για τη μείωση της υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι με την οποία αναμένεται και βελτίωση του ολικού αριθμού οξέων. Αναμένουμε αποστολή νέου δείγματος για εξέταση.

Για την εταιρεία .....

(Υπογραφή)

**MARINE LUBRICATION SERVICE  
TECHNICAL REPORT**

VESSEL .....X  
 OWNERS .....Z  
 GRADE .....Υ  
 PORT HANDLED IN .....Durban  
 DATE .....15-10-2020  
 POSITION FROM WHICH SAMPLE(S) DRAWN .....Main Engine

**ANALYSIS RESULTS**

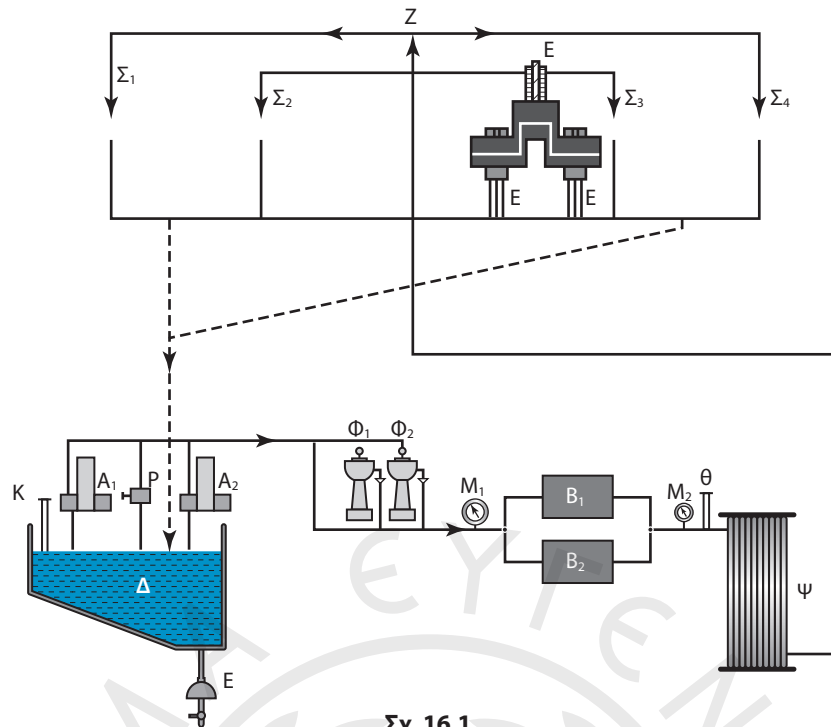
Viscosity at 40°C (cSt) ..... 65  
 Water (% Vol) ..... 0,30  
 Salt (% Wt) ..... 0,11  
 Sediment Insol. in n-Heptane (% Wt) ..... 1,04  
 Total acid number (mg KOH/gm oil) (T.A.N.) ..... 0,85  
 Strong acid number (mg KOH/gm oil) (S.A.N.) ..... below 0,01  
 Flash point (Closed) °C ..... 230

**Comments**

Charge to be hot fresh water washed to reduce the high salt level. This will also improve the T.A.N. (Total acid number) value. Further sample after treatment.

For .....

MARINE SALES SUPERINTENDENT



Σχ. 16.1

Διάγραμμα δικτύου λίπανσης μηχανής Diesel

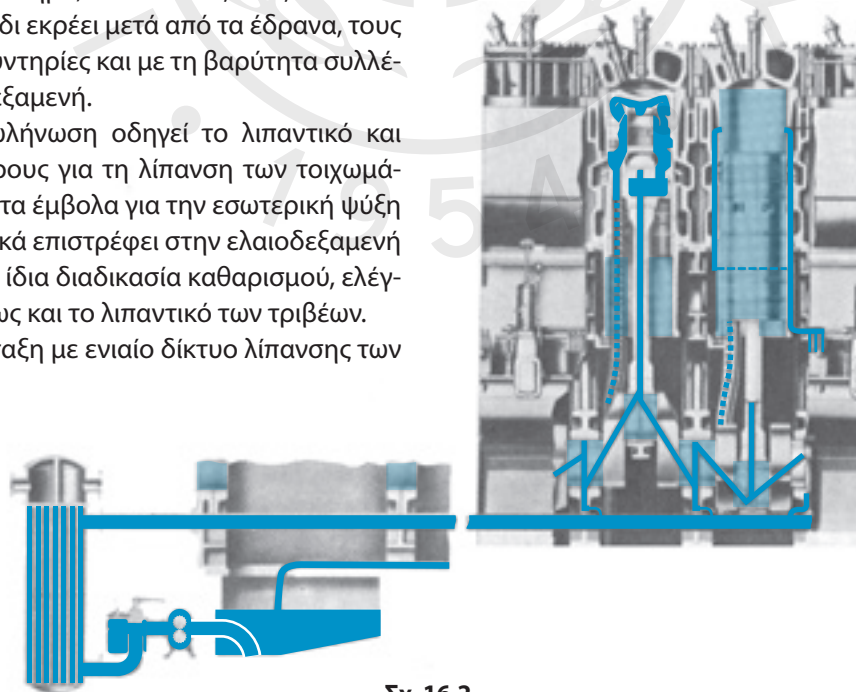
το λάδι φθάνει στον εσωτερικό οχετό του στροφάλου και διά μέσου των διάτρητων βραχιόνων, στους τριβείς των κομβίων του στροφάλου. Από εκεί το λιπαντικό οδηγείται προς τον πείρο ή το ζύγωμα (αν υπάρχει) είτε από την εσωτερική τρύπα του διωστήρα E, είτε από σωληνώσεις που είναι τοποθετημένες στο εξωτερικό του διωστήρα, λιπαίνοντας τους αντίστοιχους τριβείς. Το λάδι εκρέει μετά από τα έδρανα, τους τριβείς και τις ευθυντηρίες και με τη βαρύτητα συλλέγεται στην ελαιοδεξαμενή.

Παράλληλη σωλήνωση οδηγεί το λιπαντικό και προς τους κυλίνδρους για τη λίπανση των τοιχωμάτων τους και προς τα έμβολα για την εσωτερική ψύξη τους. Απ' αυτά τελικά επιστρέφει στην ελαιοδεξαμενή για να υποστεί την ίδια διαδικασία καθαρισμού, ελέγχου και ψύξης, όπως και το λιπαντικό των τριβέων.

Μια τέτοια διάταξη με ενιαίο δίκτυο λίπανσης των

κυλίνδρων και των τριβέων δείχνει και το σχήμα 16.2 για μια δίχρονη πετρελαιομηχανή Nordberg TS-21.

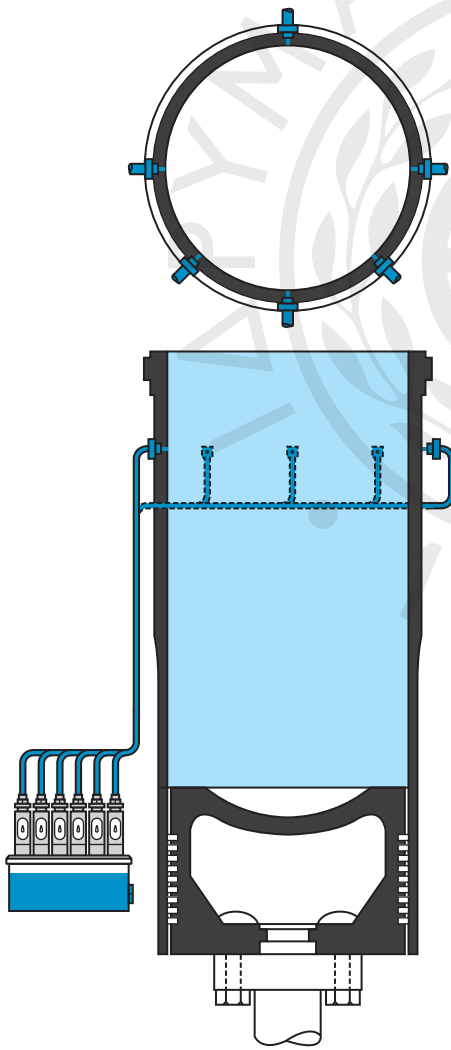
Η λίπανση των κυλίνδρων στη μηχανή αυτή γίνεται με μηχανικούς λιπαντήρες που στέλνουν το λιπαντικό στα τοιχώματα του κυλίνδρου.



Σχ. 16.2

Λίπανση δίχρονης πετρελαιομηχανής Nordberg (ενιαίο δίκτυο)

των κυλίνδρων γίνεται από χωριστό δίκτυο που τροφοδοτείται από ιδιαίτερη δεξαμενή, το λιπαντέλαιο διαφέρει από εκείνο που λιπαίνει τους τριβείς κυρίως ως προς το ιξώδες (SAE 40 ή 50) και την ενίσχυση με αλκαλικά πρόσθετα που ανεβάζουν την συνολική αλκαλικότητα (TBN) σε πολύ υψηλές τιμές (60-70). Αυτό έχει ως σκοπό να εξουδετερώσει τα οξέα που παράγονται από τα καυσαέρια των μηχανών diesel, ιδίως όταν χρησιμοποιούν βαριά καύσιμα με βάση το μαζούτ, που περιέχουν πολύ θείο (μέχρι 3%), πράγμα που κατ' εξοχή συμβαίνει με τις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές. Τα λιπαντικά αυτά ονομάζονται **κυλινδρέλαια μηχανών diesel** (diesel cylinder oils) και δεν πρέπει να συγχέονται με τα κυλινδρέλαια των ατμομηχανών, που είναι τελείως διαφορετικά ως προς τη σύνθεση και τις ιδιότητές τους.



Σχ. 16.6

Μηχανική λίπανση κυλίνδρων

### 16.3.4 Λίπανση στροβιλοφυσητήρων

Οι στροβιλοφυσητήρες, που όπως είναι γνωστό αποτελούν βασικό τμήμα όλων σχεδόν των σύγχρονων πετρελαιομηχανών, λιπαίνονται από δίκτυο που συνδέεται με το κύριο δίκτυο λίπανσης των τριβών κ.λπ. της μηχανής. Το λιπαντέλαιο των στροβιλοφυσητήρων το παίρνουμε από τον σωλήνα του δικτύου λίπανσης των ζυγμάτων, απ' όπου καταθλίβεται σε δεξαμενή ύψους, που βρίσκεται αρκετά μέτρα πάνω απ' τον άξονα του στροβίλου. Από τη δεξαμενή αυτή λιπαίνονται οι στροβιλοφυσητήρες με στατική πίεση. Η όλη διάταξη λίπανσης των στροβιλοφυσητήρων περιγράφεται με λεπτομέρεια στο βιβλίο του Ιδρύματος Ευγενίδου «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης», τόμ. Α.

### 16.4 Προδιαγραφές λιπαντελαίων μηχανών diesel

Η ποιότητα των λιπαντελαίων που προορίζονται για τις μηχανές diesel, καλύπτεται από διεθνείς προδιαγραφές που εκδίδουν διάφοροι κρατικοί οργανισμοί, όπως:

1) Στις ΗΠΑ οι στρατιωτικές προδιαγραφές.

α) MIL-PRF-2104

β) MIL-L-46152

γ) MIL-L-45199

δ) MIL-PRF-21260

ε) MIL-PRF-9000

Τα κύρια χαρακτηριστικά των δυο πρώτων προδιαγραφών, δηλαδή του (MIL-PRF-2104 και MIL-L-46152) αναγράφονται αντίστοιχα στους πίνακες 16.2 και 16.3.

Χαρακτηρίζονται συνήθως με γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου Α, Β, C, D, Ε κ.λπ., που δείχνουν την εξέλιξη της προδιαγραφής με την πάροδο του χρόνου.

2) Στη Μεγάλη Βρετανία.

α) DEF-2101-B

β) OMD-112

γ) OMD-113(O-278)

3) Στη Γερμανία.

– Οι προδιαγραφές DIN

Προδιαγραφές όμως εκδίδουν και οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρείες (Ford, General Motors, Caterpillar, Fiat κ.λπ.) τις οποίες συνιστούν στους πελάτες τους.

Γενικότερα όμως, οι κατασκευαστές όλων των πετρελαιομηχανών, στα εγχειρίδια λειτουργίας, που συνοδεύουν κάθε μηχανή, καθορίζουν τους τύπους των λιπαντικών που συνιστούν ιδιαίτερα, ως το καταλληλότερο για κάθε περίπτωση. Ο μηχανικός είναι υπο-

Ποτέ στην ιστορία της ναυτιλίας δεν υπήρξαν περισσότεροι διαθέσιμοι τύποι καυσίμων από όσους στις μέρες μας. Κάποτε τα πλοία κινούνταν αποκλειστικά με άνθρακα, όμως σήμερα χρησιμοποιούν μείγμα καυσίμων που περιλαμβάνει όλες τις τυποποιημένες μορφές ορυκτών καυσίμων, φυτικά και ζωικά βιοκαύσιμα, LNG, αιθάνιο, μεθανόλη, αμμωνία και σε μικρότερο βαθμό πυρηνική ενέργεια, υδρογόνο και ηλεκτρικές μπαταρίες. Στο άμεσο μέλλον η ποικιλία των διαθέσιμων καυσίμων προβλέπεται να είναι ακόμα μεγαλύτερη, καθώς από το 2020 το παγκόσμιο ανώτατο όριο θείου στα ορυκτά καύσιμα, στο πλαίσιο της προστασίας του περιβάλλοντος, έχει μειωθεί δραστικά.

