

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΡΓΑΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ-ΤΑΞΙΑΡΧΗΣ (Α.Μ. 6636)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως θέμα τις τεχνολογίες επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη και σύγκριση των διαφόρων τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί για τον καθαρισμό και την αναγέννηση των ορυκτελαίων ώστε αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγιωτάρα για το ενδιαφέρον και την καθοδήγηση του κατά την συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Μάργαρης Βασίλειος-Ταξιάρχης  
Οκτώβριος 2020

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής  
Μάργαρης Βασίλειος-Ταξιάρχης

.....

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει σαν θέμα τις τεχνικές επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι σημαντικότερες ιδιότητες των ορυκτελαίων.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις τεχνικές παραγωγής των ορυκτελαίων και τα διάφορα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αλλοιώσεις των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων και οι έλεγχοι ποιότητας που εκτελούνται σε αυτά.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση, επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις μεθόδους καθαρισμού και αναγέννησης των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ</b>	
1.1 Γενικά.....	4
1.2 Ιξώδες.....	4
1.2.1 Θερμοκρασία.....	6
1.2.2 Πίεση.....	10
1.2.3 Ταχύτητα διάτμησης.....	10
1.3 Σημείο ροής, σημείο πήξης και σημείο θόλωσης.....	11
1.4 Σημείο αυτανάφλεξης, ανάφλεξης και καύσης.....	12
1.5 Αντοχή στην οξείδωση.....	13
1.6 Αφρισμός.....	14
1.7 Γαλακτωματοποίηση.....	14
1.8 Πυκνότητα.....	14
1.9 Ιξώδες μίγματος ορυκτελαίων.....	15
1.10 Ταξινόμηση των ορυκτελαίων.....	18
1.10.1 Ταξινόμηση με βάση το ιξώδες.....	18
1.10.2 Ταξινόμηση με βάση τις συνθήκες λίπανσης.....	21
<b>2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ</b>	
2.1 Γενικά.....	23
2.2 Απόσταξη με κενό.....	23

2.3 Απασφάλτωση.....	25
2.4 Εξευγενισμός.....	26
2.4.1 Εξευγενισμός με οξύ.....	27
2.4.2 Εξευγενισμός με διαλύτη.....	27
2.4.3 Κατεργασία με προσροφητικά.....	27
2.4.4 Καταλυτική υδρογόνωση.....	28
2.5 Αποπαραφίνωση.....	28
2.6 Πρόσθετα.....	29
2.6.1 Αντιοξειδωτικά.....	29
2.6.2 Βελτιωτικά του δείκτη ιξώδους.....	30
2.6.3 Απορρυπαντικά-διασκορπιστικά.....	31
2.6.4 Ταπεινωτικά του σημείου ροής.....	31
2.6.5 Αντιαφριστικά.....	32
2.6.6 Παρεμποδιστές της διάβρωσης.....	32
<b>3. ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΑ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΑ</b>	
3.1 Γενικά.....	33
3.2 Φυσιολογική αλλοίωση.....	33
3.3 Αλλοίωση λόγω αντικανονικής λειτουργίας της μηχανής.....	34
3.4 Έλεγχος ποιότητας ορυκτελαίων.....	35
3.4.1 Έλεγχος οξύτητας και αλκαλικότητας.....	35
3.4.2 Εξανθράκωμα.....	36
3.4.3 Τέφρα.....	36
3.4.4 Άκαυστο καύσιμο και αιθάλη.....	37
3.4.5 Νερό.....	37
<b>4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ</b>	
4.1 Γενικά.....	38
4.2 Ορισμοί.....	39
4.3 Περιορισμοί.....	41
4.4 Εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων...	41
4.4.1 Συλλογή.....	42
4.4.2 Λήψη, έλεγχος και αποθήκευση δειγμάτων.....	44
4.4.3 Μέθοδοι και τρόποι διάθεσης.....	45
4.4.4 Αναγέννηση.....	45
4.4.5 Υποχρεώσεις παραγωγών και διαχειριστών ΑΛΕ.....	46

4.4.6 Μέτρα για την προώθηση της επεξεργασίας των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.....	47
4.4.7 Όροι και προϋποθέσεις.....	47
4.4.8 Χορήγηση έγκρισης.....	48
4.4.9 Πιστοποιητικό εναλλακτικής διαχείρισης.....	49
4.4.10 Ποσοτικοί στόχοι.....	51
4.4.11 Έλεγχοι.....	51
<b>5. ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ</b>	
5.1 Γενικά.....	52
5.2 Καθαρισμός.....	53
5.3 Τεχνολογίες Αναγέννησης.....	54
5.4 Τεχνολογίες Επεξεργασίας με Οξύ και Αποχρωστική Γη.....	54
5.4.1 Τεχνολογία Meinken.....	55
5.5 Τεχνολογίες Απόσταξης Κενού και Υδρογόνωσης.....	56
5.5.1 Τεχνολογία ΚΤΙ.....	57
5.5.2 Τεχνολογία Mohawk.....	58
5.5.3 Τεχνολογία BERC.....	59
5.5.4 Τεχνολογία PROP.....	61
5.5.5 Τεχνολογία Safety Kleen.....	63
5.5.6 Τεχνολογία IFP.....	64
5.5.7 Τεχνολογία Snaprogetti.....	65
5.5.8 Τεχνολογία UOP DCH.....	66
5.6 Τεχνολογίες Απόσταξης Κενού και Επεξεργασίας με Αποχρωστική Γη.....	68
5.6.1 Τεχνολογία Viscolube.....	68
5.6.2 Τεχνολογία RTI.....	69
5.6.3 Τεχνολογία Interline.....	70
5.6.4 Τεχνολογία Rose-Kellog.....	70
5.7 Άλλες Τεχνολογίες.....	71
5.7.1 Τεχνολογία Entra.....	71
5.7.2 Τεχνολογία Recyclon.....	72
5.7.3 Τεχνολογία Krupp-Koppers.....	73
5.7.4 Τεχνολογία Vaxon.....	73
5.7.5 Τεχνολογία CEA.....	74
5.8 Σύγκριση των Τεχνολογιών.....	74

<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	76
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	77

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο λίπανση εννοούμε την παρεμβολή μεταξύ δύο τριβόμενων επιφανειών μιας ουσίας που λέγεται λιπαντικό και έχει σκοπό:

1. Τη μείωση της τριβής μεταξύ των επιφανειών που έρχονται σε επαφή ώστε αφενός να ελαττωθούν οι απώλειες λόγω τριβής και συνεπώς να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης της μηχανής και αφετέρου να περιορισθεί η φθορά λόγω τριβής.
2. Την απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται λόγω τριβής. Σε αυτήν την περίπτωση το λιπαντικό δρα ως ψυκτικό μέσο.
3. Την στεγανοποίηση του χώρου καύσης προς τον στροφαλοθάλαμο των μηχανών εσωτερικής καύσης.
4. Την προστασία των λιπαινόμενων μεταλλικών επιφανειών από διάβρωση. Αυτό συμβαίνει και όταν η μηχανή δεν εργάζεται λόγω της καλής πρόσφυσης που έχουν τα λιπαντικά επί των μετάλλων.

Η ορθή λίπανση των μηχανών γενικά αποβλέπει στην μετατροπή της τριβής ολίσθησης που δημιουργείται μεταξύ των αξόνων και των εδράνων σε τριβή κύλισης. Αυτή η μετατροπή έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση ουσιαστικά της τριβής γιατί ο συντελεστής τριβής κύλισης παίρνει πολύ μικρότερες τιμές από τον συντελεστή τριβής ολίσθησης. Επίσης η μείωση της παραγόμενης από την τριβή θερμότητας σε συνδυασμό με την δράση του λιπαντικού ως ψυκτικό μέσο εξουδετερώνει τον κίνδυνο της υπερθέρμανσης η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει ακόμη και την πλήρη καταστροφή της μηχανής.

Στις διάφορες εφαρμογές συναντάμε τις παρακάτω περιπτώσεις λίπανσης:

- Ξηρή τριβή: συμβαίνει όταν δύο στερεά ολισθαίνουν μεταξύ τους (τριβή ολίσθησης).



- Υγρή λίπανση: συμβαίνει όταν μεταξύ δύο επιφανειών που ολισθαίνουν μεταξύ τους παρεμβάλλεται πλήρης λιπαντική μεμβράνη.
- Οριακή λίπανση: είναι η πιο συνηθισμένη περίπτωση λίπανσης στην πράξη. Οφείλεται στις μικρές εσοχές και εξοχές που αναπόφευκτα φέρουν οι δύο τριβόμενες επιφάνειες.

Ο σχηματισμός της λιπαντικής μεμβράνης μπορεί να εξηγηθεί ως εξής: όταν δεν υπάρχει κίνηση ο άξονας εδράζεται πλήρως στο στροφείο και έχουμε ξηρή τριβή η οποία διαρκεί μέχρι την εκκίνηση. Αμέσως μετά την εκκίνηση, η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται λόγω της περιστροφής δημιουργεί σφηνοειδή πίεση κατά τη φορά περιστροφής με συνέπεια την ανάπτυξη ανυψωτικής τάσης. Λόγω αυτής της τάσης, το λιπαντικό εισχωρεί στο κενό που δημιουργείται μεταξύ του άξονα και του στροφείου δημιουργώντας τη λιπαντική μεμβράνη. Τότε έχουμε συνθήκες υγρής λίπανσης.

Η λίπανση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, από τους οποίους οι σημαντικότεροι είναι οι παρακάτω:

- Θερμοκρασία: η λίπανση εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία η οποία επηρεάζει το ιξώδες του λιπαντικού.
- Λιπαρότητα (oiliness): σχετίζεται με την τιμή του συντελεστή τριβής του λιπαντικού.
- Φορτίο του άξονα: υψηλά φορτία ευνοούν την οριακή λίπανση ενώ στα χαμηλά φορτία έχουμε συνήθως υγρή λίπανση.
- Ταχύτητα περιστροφής: στην περίπτωση τριβέων αξόνων η τριβή είναι ανάλογη του αριθμού στροφών.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το λιπαντικό μέσο αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα που καθορίζει την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Τα διάφορα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες με κριτήριο την κατάστασή τους:

1. Υγρά λιπαντικά: ορυκτέλαια, φυτικά έλαια, ζωικά έλαια.
2. Στερεά λιπαντικά: τάλκης, γραφίτης.
3. Ημίρρευστα ή συνεκτικά έλαια: γράσσα.

Από τα παραπάνω, τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα έχουν τα ορυκτέλαια που είναι προϊόντα της επεξεργασίας του αργού πετρελαίου.

Τα ορυκτέλαια είναι μίγματα υδρογονανθράκων και χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εφαρμογές. Βασικό στοιχείο της υπεροχής τους είναι η χημική τους σταθερότητα σε συνδυασμό με το σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής τους.

Κατά τη χρήση τους τα ορυκτέλαια μολύνονται με διάφορες ουσίες. Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των ορυκτελαίων. Έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες καθαρισμού και αναγέννησης των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων με σκοπό να καταστούν ξανά κατάλληλα για χρήση. Το θέμα αυτό έχει πολύ μεγάλη οικολογική και οικονομική σημασία. Να σημειωθεί ότι η Ελλάδα κατέχει μία από τις πρώτες θέσεις στην Ευρώπη στην αναγέννηση ορυκτελαίων.

# 1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα ορυκτέλαια είναι η σημαντικότερη κατηγορία λιπαντικών. Καλύπτουν ένα ποσοστό της τάξης του 90% των εφαρμογών λίπανσης λόγω της υπεροχής τους όσον αφορά τις ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα λιπαντικό. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Παρουσιάζουν εξαιρετική χημική σταθερότητα λόγω της δομής τους
- Καλύπτουν μεγάλη περιοχή ιξώδους
- Παρουσιάζουν αρκετά καλή πρόσφυση επί των μετάλλων
- Έχουν σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής

Τα ορυκτέλαια προέρχονται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου και συγκεκριμένα από το υπόλειμμα που παραμένει στον αποστακτήρα μετά την απομάκρυνση των συστατικών που αποστάζουν μέχρι τους 360°C. Ένα μέρος του υπολείμματος αυτού χρησιμοποιείται ως καύσιμο (μαζούτ) και το υπόλοιπο υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή ορυκτελαίων. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι σημαντικότερες ιδιότητες των ορυκτελαίων καθώς και οι μέθοδοι παραγωγής τους.

## 1.2 ΙΞΩΔΕΣ

Το ιξώδες είναι η σημαντικότερη ιδιότητα των ορυκτελαίων και γενικά των λιπαντικών γιατί καθορίζει την λιπαντική ικανότητα για ένα συγκεκριμένο είδος λίπανσης.

Στην υδροστατική λίπανση ενός αξονικού εδράνου ολίσθησης το ελάχιστο πάχος  $h_0$  της λιπαντικής μεμβράνης πρέπει να έχει μια ορισμένη τιμή. Στην περίπτωση αυτή για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα συγκεκριμένο ορυκτέλαιο πρέπει το δυναμικό ιξώδες του,  $\mu$ , να ικανοποιεί τη σχέση:

$$\mu = A \cdot h_0^2 \quad (1.1)$$

Ο συντελεστής  $A$  καθορίζεται από τις διαστάσεις του εδράνου και τις συνθήκες λειτουργίας του.

Στην υδροδυναμική λίπανση ενός εγκάρσιου εδράνου ολίσθησης όπου ο στροφέας περιστρέφεται με ταχύτητα  $N$  (σε rpm) και δέχεται μέση πίεση  $P$  για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ορυκτέλαιο πρέπει η ποσότητα  $\frac{\mu N}{P}$  να παίρνει κατάλληλες τιμές.

Όταν το ιξώδες έχει τιμή μεγαλύτερη από την κανονική δημιουργούνται προβλήματα στην εκκίνηση της μηχανής, προκαλείται αύξηση του συντελεστή τριβής με αποτέλεσμα τη μείωση του βαθμού απόδοσης και την απώλεια ισχύος. Όταν το ιξώδες παίρνει τιμές μικρότερες από τις κανονικές δεν εξασφαλίζει την παρουσία λιπαντικής μεμβράνης ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες.

Να σημειωθεί ότι αν και στους παραπάνω ελέγχους καταλληλότητας ενός ορυκτελαίου χρησιμοποιείται το δυναμικό ιξώδες του, για τον χαρακτηρισμό των ορυκτελαίων χρησιμοποιείται πιο συχνά το κινηματικό ιξώδες  $\nu$ , που δίνεται από τη σχέση:

$$\nu = \frac{\mu}{d} \quad (1.2)$$

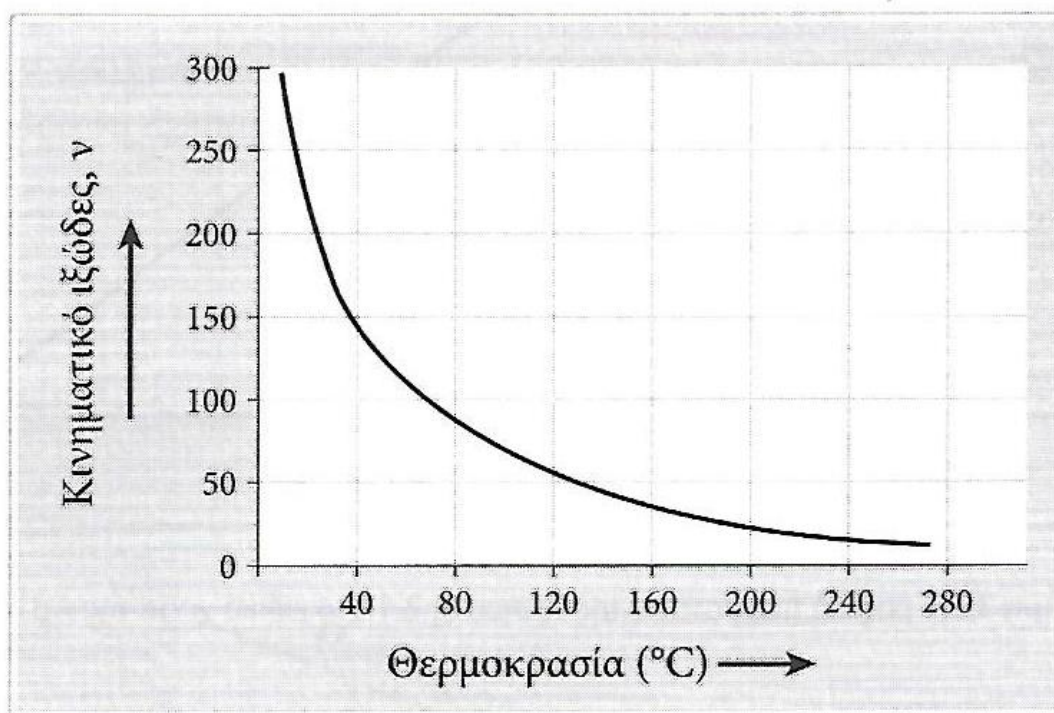
όπου  $d$  είναι η πυκνότητα του ορυκτελαίου.

Το δυναμικό ιξώδες μετριέται συνήθως σε centipoises (cP) όπου:  $1\text{cP}=10^{-2}$  poise= $10^{-1}$  Pa's. Το κινηματικό ιξώδες μετριέται συνήθως σε centistokes (cSt) όπου:  $1\text{cSt}=10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. Για τη μέτρηση του ιξώδους των ορυκτελαίων χρησιμοποιούνται διάφορα ιξωδόμετρα, όπως ιξωδόμετρα τριχοειδούς σωλήνα, ριπτόμενης σφαίρας καθώς και περιστρεφόμενα ιξωδόμετρα.

Το ιξώδες ενός ορυκτελαίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και σε ορισμένες περιπτώσεις από την ταχύτητα διάτμησης. Η εξάρτηση του ιξώδους από τα παραπάνω μεγέθη έχει πολύ μεγάλη σημασία για τις εφαρμογές γιατί επηρεάζει σημαντικά τη λιπαντική ικανότητα. Στη συνέχεια εξετάζεται η εξάρτηση του ιξώδους από τους τρεις αυτούς παράγοντες.

### 1.2.1 Θερμοκρασία

Το ιξώδες των ορυκτελαίων όπως και γενικά των υγρών μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Η εξάρτηση από τη θερμοκρασία δεν είναι γραμμική αλλά έχει τη μορφή υπερβολής. Μία τυπική τέτοια καμπύλη δίνεται στο σχήμα 1.1.



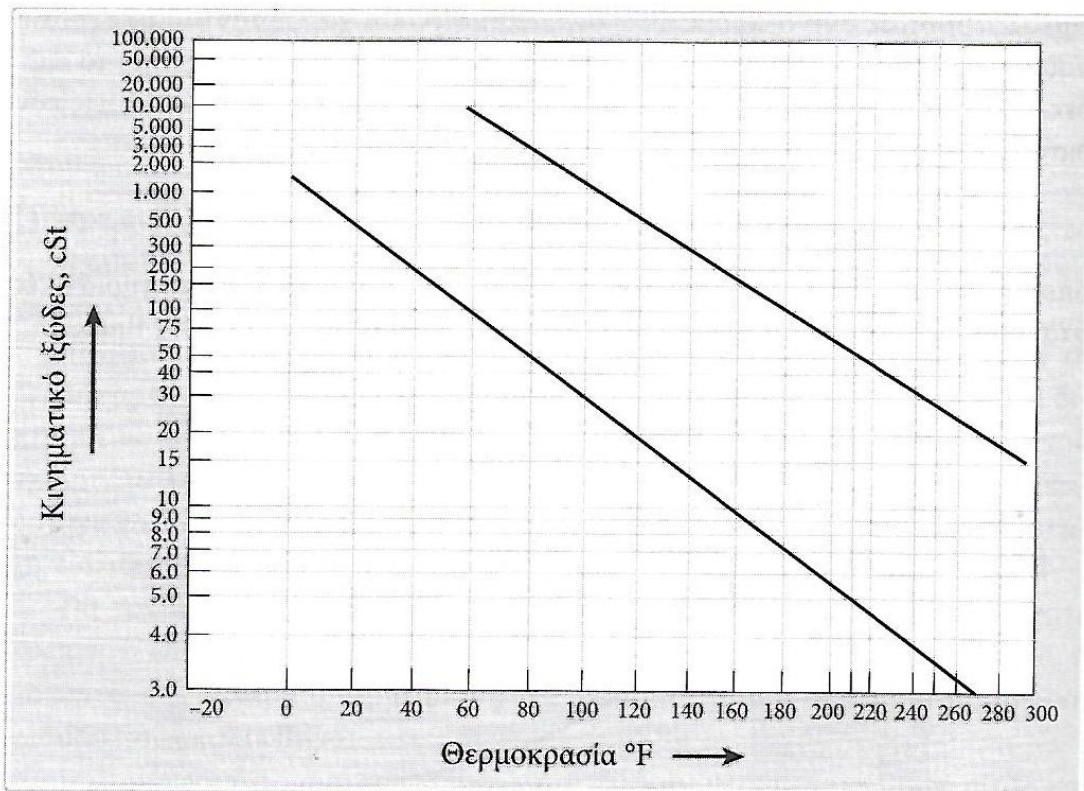
Σχήμα 1.1 Μεταβολή του κινηματικού ιξώδους ορυκτελαίου με τη θερμοκρασία [2].

Έχουν παρουσιαστεί διάφορες μαθηματικές σχέσεις που προσεγγίζουν την πραγματική σχέση ιξώδους-θερμοκρασίας. Επικρατέστερη θεωρείται η σχέση Ubbelohde-Walter:

$$\log_{10}(\log_{10}(\nu + 0.7)) = A \log_{10} T + B \quad (1.3)$$

Στην παραπάνω σχέση,  $\nu$  είναι το κινηματικό ιξώδες σε cSt,  $T$  είναι η απόλυτη θερμοκρασία σε βαθμούς Rankin και  $A, B$  είναι σταθερές που χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο ορυκτέλαιο. Η κλίμακα Rankin είναι απόλυτη κλίμακα, δηλαδή αρχίζει από το απόλυτο μηδέν όπως και η κλίμακα Kelvin αλλά χρησιμοποιεί βαθμούς του ίδιου μεγέθους με την κλίμακα Fahrenheit. Να σημειωθεί ότι η σχέση που συνδέει τις τιμές θερμοκρασίες στις κλίμακες Κελσίου και Fahrenheit είναι:

$$^{\circ}C = \frac{5}{9} \cdot (^{\circ}F - 32) \quad (1.4)$$



Σχήμα 1.2 Το ειδικό διάγραμμα της ASTM για τον υπολογισμό της μεταβολής του ιξώδους με τη θερμοκρασία βάσει της εξίσωσης (1.3).

Φαίνεται η μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία για δύο διαφορετικά ορυκτέλαια. [2].

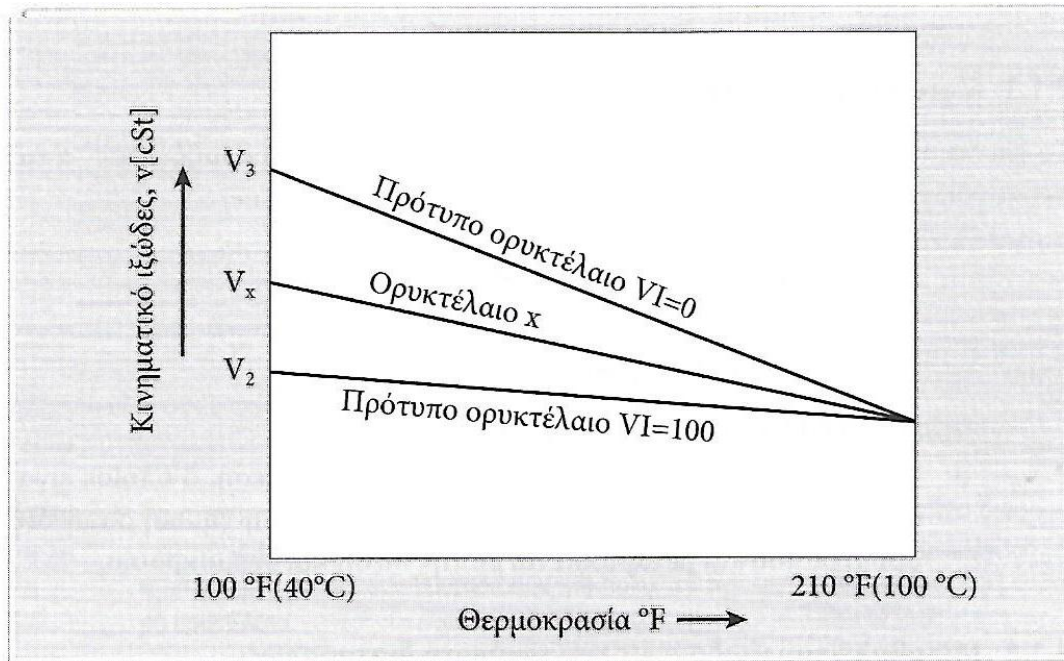
Στο σχήμα 1.2 φαίνεται το ειδικό διάγραμμα που εκδίδει ο παγκόσμιος οργανισμός τυποποίησης ASTM (American Society for Testing and Material). για τον υπολογισμό του ιξώδους σε οποιαδήποτε θερμοκρασία βάσει της σχέσης (3.1). Αρκεί να γνωρίζουμε την τιμή του ιξώδους σε δύο θερμοκρασίες για να κατασκευάσουμε την ευθεία που είναι η γραφική παράσταση της εξίσωσης (3.1). Στη συνέχεια από την ευθεία αυτή μπορούμε να βρούμε το ιξώδες του ορυκτελαίου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία.

Γενικά στις εφαρμογές, είναι επιθυμητό το ορυκτέλαιο που θα χρησιμοποιηθεί να μην παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές ιξώδους στο θερμοκρασιακό εύρος που καθορίζεται από την ίδια την εφαρμογή. Για το λόγο αυτό έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται ευρέως ο δείκτης ιξώδους (Viscosity Index, VI) ο οποίος εκφράζει την αντίσταση που προβάλλει το συγκεκριμένο ορυκτέλαιο στη μεταβολή του ιξώδους του με τη θερμοκρασία. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη ιξώδους ενός ορυκτελαίου τόσο λιγότερο μεταβάλλεται το ιξώδες του με τη θερμοκρασία και συνεπώς τόσο καλύτερης ποιότητας είναι το ορυκτέλαιο.

Ο δείκτης ιξώδους ορίστηκε το 1928 και χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοκρασίες αναφοράς: 100 °F (40 °C) και 210 °F (100 °C). Οι ερευνητές έδωσαν αυθαίρετα την τιμή VI=100 σε μια σειρά από ορυκτέλαια παραφινικής βάσης τα οποία την εποχή εκείνη παρουσίαζαν τη μικρότερη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία και την τιμή VI=0 σε ορυκτέλαια ναφθενικής βάσης που παρουσίαζαν τη μεγαλύτερη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία. Για τον υπολογισμό του δείκτη ιξώδους ενός τυχαίου ορυκτελαίου συγκρίνουμε την τιμή  $v_x$  του κινηματικού ιξώδους του στους 100 °F με τις αντίστοιχες τιμές  $v_2$  και  $v_3$  δύο πρότυπων ορυκτελαίων, με VI=100 και VI=0 αντίστοιχα, που έχουν την ίδια τιμή  $v_1$  κινηματικού ιξώδους με αυτό στους 210 °F. Έτσι, το τυχαίο ορυκτέλαιο έχει δείκτη ιξώδους που δίνεται από τον τύπο:

$$VI = \frac{v_3 - v_x}{v_3 - v_2} \cdot 100 \quad (1.5)$$

Η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού του δείκτη ιξώδους επεξηγείται διαγραμματικά στο σχήμα 1.3 παρακάτω.



Σχήμα 1.3 Γραφική αναπαράσταση του ορισμού του δείκτη ιξώδους [2].

Σήμερα, με την ανάπτυξη των τεχνικών εξευγενισμού και τη χρήση ειδικών προσθέτων που αυξάνουν το δείκτη ιξώδους παρασκευάζονται ορυκτέλαια με δείκτη ιξώδους μεγαλύτερο από 100. Σε αυτήν την περίπτωση για τον υπολογισμό του δείκτη ιξώδους αντί της (1.5) χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$VI = \frac{\text{antilog}_{10} N - 1}{0.0075} + 100 \quad (1.6)$$

όπου:

$$N = \frac{\log_{10} \nu_2 - \log_{10} \nu_x}{\log_{10} \nu_1} \quad (1.7)$$

και antilog είναι η αντίστροφη λογαριθμική συνάρτηση. Τα κινηματικά ιξώδη που περιέχονται στην (1.7) έχουν την σημασία που αναφέρθηκε παραπάνω.



### 1.2.2 Πίεση

Το ιξώδες ενός ορυκτελαίου αυξάνεται με την αύξηση της πίεσης που ασκείται σε αυτό. Μαθηματικά η εξάρτηση του ιξώδους από την πίεση εκφράζεται από τη σχέση:

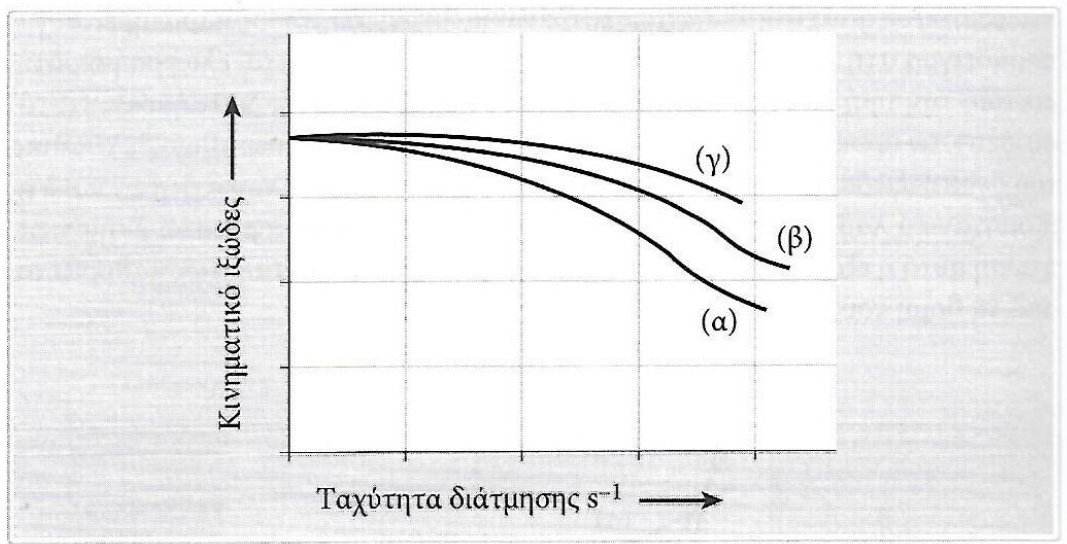
$$\mu = \mu_1 e^{a(P-P_1)} \quad (1.8)$$

όπου  $\mu$  είναι το δυναμικό ιξώδες σε πίεση  $P$ ,  $\mu_1$  είναι το δυναμικό ιξώδες στην πίεση αναφοράς  $P_1=1$  bar και  $a$  είναι ο συντελεστής μεταβολής του ιξώδους με την πίεση, ο οποίος εξαρτάται από τη χημική δομή του ορυκτελαίου αλλά και από την πίεση και τη θερμοκρασία.

### 1.2.3 Ταχύτητα Διάτμησης

Με το όρο ταχύτητα διάτμησης ή αλλιώς κλίση ταχύτητας,  $\frac{dv}{dy}$ , εννοούμε την μεταβολή της ταχύτητας του λιπαντικού συναρτήσει του ύψους του λιπαντικού στρώματος. Τα ρευστά των οποίων το ιξώδες δεν εξαρτάται από την ταχύτητα διάτμησης ονομάζονται Νευτώνεια ρευστά. Τα καθαρά ορυκτέλαια είναι Νευτώνεια ρευστά όταν η ταχύτητα διάτμησης είναι μικρότερη από  $10^6$  s<sup>-1</sup>. Ο περιορισμός αυτός ικανοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές λίπανσης. Σε ελάχιστες περιπτώσεις, για παράδειγμα στη λίπανση των οδοντωτών τροχών, όπου η ταχύτητα διάτμησης παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, το ιξώδες εμφανίζεται ελαττωμένο.

Όταν τα ορυκτέλαια περιέχουν διάφορα βελτιωτικά του δείκτη ιξώδους (συνήθως πολυμερή), όπως για παράδειγμα στα βιομηχανικά ορυκτέλαια και στα ορυκτέλαια των οχημάτων, τότε συμπεριφέρονται ως μη-Νευτώνεια ρευστά. Η ακριβής εξάρτηση του ιξώδους από την κλίση της ταχύτητας καθορίζεται από τη χημική δομή του βελτιωτικού. Εκτός από τη φύση του βελτιωτικού, η μεταβολή του ιξώδους από την ταχύτητα διάτμησης εξαρτάται και από το μοριακό βάρος και την ποσότητα του βελτιωτικού καθώς και από τη θερμοκρασία. Όσο μεγαλύτερο είναι το μοριακό βάρος του βελτιωτικού ή/και η συγκέντρωση του μέσα στο ορυκτέλαιο, τόσο πιο απότομη είναι η μεταβολή του ιξώδους από την ταχύτητα διάτμησης (σχήμα 1.4). Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα.



Σχήμα 1.4 Εξάρτηση του ιξώδους ορυκτελαίου που περιέχει πολυ-μεθακρυλικό μεθυλεστέρα από την ταχύτητα διάτμησης για διαφορετικά μοριακά βάρη του προσθέτου. Από την καμπύλη (α) προς την καμπύλη (γ) το μοριακό βάρος του προσθέτου ελαττώνεται [2].

### 1.3 ΣΗΜΕΙΟ ΡΟΗΣ, ΣΗΜΕΙΟ ΠΗΞΗΣ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΟ ΘΟΛΩΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια της ψύξης ενός ορυκτελαίου διακρίνουμε διαδοχικά τρεις θερμοκρασίες στις οποίες συμβαίνουν σημαντικές μεταβολές στις ιδιότητές του. Όσο μειώνεται η θερμοκρασία, η ροή των ορυκτελαίων γίνεται πιο δύσκολα λόγω της αύξησης του ιξώδους και επίσης ειδικά στα παραφινικά ορυκτέλαια λόγω της κρυστάλλωσης της παραφίνης που περιέχουν.

Το σημείο θόλωσης ή νέφωσης (cloud point) είναι η θερμοκρασία στην οποία το ορυκτέλαιο αρχίζει να εμφανίζει θολερότητα. Η θολερότητα αυτή οφείλεται στην αποβολή των παραφινούχων συστατικών, τα οποία στη θερμοκρασία αυτή παύουν να είναι διαλυτά. Το σημείο θόλωσης έχει σημασία μόνο στις εφαρμογές όπου για να χρησιμοποιηθεί το ορυκτέλαιο πρέπει να είναι διαυγές.

Το σημείο ροής (pour point) είναι η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία το ορυκτέλαιο διατηρεί μία σχετική ρευστότητα. Το σημείο ροής λαμβάνεται συμβατικά κατά 5 °F ανώτερο του σημείου πήξης. Το σημείο ροής έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί από αυτό εξαρτάται η

αντλητικότητα του ορυκτελαίου στο δίκτυο λίπανσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το σημείο ροής εξαρτάται από τη σύσταση του ορυκτελαίου. Οι παραφίνες έχουν γενικά υψηλό σημείο ροής το οποίο είναι δυνατόν να μειωθεί με τη χρήση ειδικών προσθέτων που ονομάζονται ταπεινωτικά σημείου ροής (pour point depressants). Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η χρήση των προσθέτων συνδυάζεται και με την κατεργασία της αποκήρωσης με την οποία απομακρύνονται τα παραφινικά συστατικά. Τα πρόσθετα αυτά πάντως δεν έχουν αποτελέσματα σε ορυκτέλαια ασφαλικής βάσης.

Το σημείο πήξης είναι η θερμοκρασία στην οποία το ορυκτέλαιο αρχίζει να στερεοποιείται.

#### **1.4 ΣΗΜΕΙΟ ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΗΣ, ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗΣ**

Το σημείο αυτανάφλεξης είναι η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία ένα ορυκτέλαιο αναφλέγεται από μόνο του χωρίς την παρουσία φλόγας. Το σημείο ανάφλεξης είναι η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία στιγμιαία μόνο και με το πλησίασμα φλόγας, αναφλέγονται οι ατμοί που υπάρχουν στην επιφάνεια του ορυκτελαίου. Το σημείο καύσης είναι υψηλότερο του σημείου ανάφλεξης και είναι η θερμοκρασία στην οποία οι παραγόμενοι ατμοί στην επιφάνεια του ορυκτελαίου είναι αρκετοί ώστε η ανάφλεξη τους να μην είναι στιγμιαία αλλά να διατηρείται για τουλάχιστον 5 δευτερόλεπτα.

Το σημείο ανάφλεξης (flash point) αποτελεί μέτρο της πτητικότητας του ορυκτελαίου και έχει τη μεγαλύτερη σημασία γιατί καθορίζει τις συνθήκες ασφαλούς μεταφοράς, αποθήκευσης και χρήσης των ορυκτελαίων. Με βάση το σημείο ανάφλεξης τα ορυκτέλαια ταξινομούνται σε διάφορες βαθμίδες επικινδυνότητας. Τα εύφλεκτα ορυκτέλαια περιέχονται στις τρεις πρώτες βαθμίδες:

Βαθμίδα 1: σημείο ανάφλεξης κάτω από 21 °C.

Βαθμίδα 2: σημείο ανάφλεξης κάτω από 55 °C.

Βαθμίδα 3: σημείο ανάφλεξης κάτω από 100 °C.

Για τον προσδιορισμό του σημείου ανάφλεξης χρησιμοποιούνται ειδικά αναφλεξίμετρα. Γενικά τα ορυκτέλαια ναφθενικής βάσης παρουσιάζουν

χαμηλότερα σημεία ανάφλεξης σε σχέση με τα ορυκτέλαια παραφινικής βάσης.

## 1.5 ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΟΞΕΙΔΩΣΗ

Στα ορυκτέλαια η διαλυτότητα του οξυγόνου είναι υψηλή και επίσης η συγκέντρωση του οξυγόνου διατηρείται σε σταθερά επίπεδα λόγω διάχυσης χωρίς να είναι απαραίτητη μια συνεχής τροφοδοσία. Το γεγονός αυτό ευνοεί την οξείδωση των ορυκτελαίων. Η οξείδωση γίνεται ακόμη πιο πιθανή όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες ή στο ορυκτέλαιο επιδρά υπεριώδης ακτινοβολία.

Η οξείδωση συμβαίνει με μια σειρά αντιδράσεων που οδηγεί στο σχηματισμό αλκοολών, κετονών, καρβοξυλικών οξέων και άλλων παρόμοιων ενώσεων. Στη συνέχεια, οι ουσίες αυτές μέσω συμπύκνωσης, πολυμερισμού ή και περαιτέρω οξείδωσης παράγουν ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους οι οποίες έχουν ρητινώδη μορφή (λάσπη). Σε υψηλές θερμοκρασίες (140-150 °C) δίνει ανθρακούχα προϊόντα όπως το κωκ.

Τα προϊόντα της οξείδωσης των ορυκτελαίων δημιουργούν πολλά προβλήματα στις μηχανές:

- Αυξάνεται η διαβρωτική ικανότητα του ορυκτελαίου
- Αυξάνεται το ιξώδες με αποτέλεσμα την αύξηση των τριβών και συνεπώς της θερμοκρασίας
- Η λάσπη και τα ανθρακούχα υπολείμματα επικάθονται στα τοιχώματα της μηχανής εμποδίζοντας την απαγωγή της θερμότητας και προκαλώντας σοβαρές φθορές.

Είναι φανερό από όλα αυτά ότι η οξείδωση πρέπει να αποφεύγεται και συνεπώς η αντοχή του ορυκτελαίου στην οξείδωση είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητές του. η αντοχή στην οξείδωση εξαρτάται από τη σύσταση με τα ναφθενικά ορυκτέλαια να έχουν χαμηλή αντοχή ενώ τα παραφινικά να οξειδώνονται πιο δύσκολα.

## 1.6 ΑΦΡΙΣΜΟΣ

Τα ορυκτέλαια είναι δυνατόν να παρουσιάζουν αφρισμό όταν έρχονται σε επαφή με τον αέρα είτε κατά την αποθήκευση είτε κατά την χρήση τους. Ο αφρισμός προκαλεί τα εξής προβλήματα:

- Διευκολύνει τη οξείδωση του ορυκτελαίου
- Προκαλεί σφάλμα στη μέτρηση της στάθμης του ορυκτελαίου
- Εμποδίζει τη μεταφορά του ορυκτελαίου μέσα στο σύστημα λίπανσης με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται ανεπαρκής λίπανση.

Η αφριστική ικανότητα εξαρτάται από το ιξώδες και την επιφανειακή τάση. Τα λεπτόρευστα ορυκτέλαια σχηματίζουν αφρό που αποτελείται από ασταθείς μεγάλες φυσαλίδες ενώ τα παχύρευστα σχηματίζουν σταθερές αλλά μικρές φυσαλίδες.

## 1.7 ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

Τα ορυκτέλαια όταν έρθουν σε επαφή με νερό μπορούν να σχηματίσουν σταθερά γαλακτώματα νερού σε ορυκτέλαιο. Η επαφή με το νερό μπορεί να συμβεί π.χ. λόγω διαρροής του συστήματος ψύξης της μηχανής. Η γαλακτωματοποίηση πρέπει να αποφεύγεται γιατί το νερό που συγκρατείται προκαλεί διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών.

Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα που ονομάζονται απογαλακτωματοποιητές και συνήθως είναι ανιοντικές τασενεργές ενώσεις.

## 1.8 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η πυκνότητα των ορυκτελαίων προσδιορίζεται με διάφορα όργανα όπως υδρόμετρο, πυκνόμετρο, ζυγό του Mohr κ.ά. και εκφράζεται σε απόλυτες ή σχετικές τιμές. Στη δεύτερη περίπτωση η σχετική πυκνότητα ορίζεται ως ο λόγος της απόλυτης πυκνότητας του ορυκτελαίου προς την

πυκνότητα του αποσταγμένου νερού στους 4°C. Η σχετική πυκνότητα των ορυκτελαίων κυμαίνεται συνήθως στο διάστημα 0.870-0.940.

Η πυκνότητα είναι μια σημαντική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό της δομής και της σύστασης του ορυκτελαίου. Τα ελαφρά συστατικά, δηλαδή αυτά που έχουν χαμηλή πυκνότητα έχουν και χαμηλό σημείο ζέσεως. Αντίθετα τα βαριά συστατικά έχουν υψηλό σημείο ζέσεως. Για συστατικά με περίπου το ίδιο σημείο ζέσεως (άρα και ίδιο μοριακό βάρος), η πυκνότητα μπορεί να διαφέρει λόγω διαφορετικής χημικής δομής. Οι παραφινικοί υδρογονάνθρακες έχουν τη χαμηλότερη πυκνότητα και ακολουθούν οι ισοπαραφινικοί, οι ναφθενικοί και τέλος οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

## 1.9 ΙΞΩΔΕΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ

Τα συνήθη εμπορικά ορυκτέλαια είναι συνήθως μίγματα ορυκτελαίων διαφορετικού ιξώδους. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να δούμε πως υπολογίζεται το ιξώδες ενός μίγματος ορυκτελαίων.

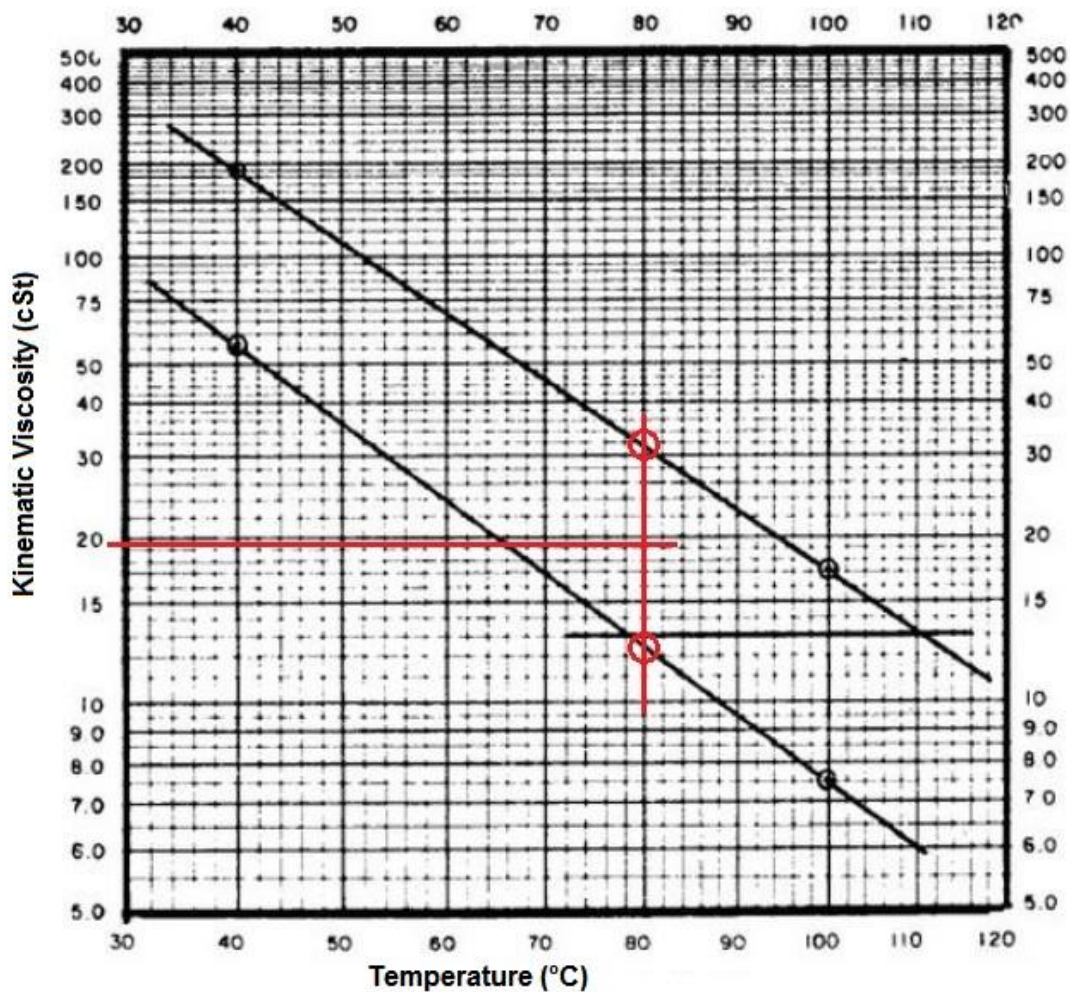
Το ιξώδες δεν είναι προσθετική ιδιότητα. Αυτό σημαίνει ότι αν αναμείξουμε δύο ορυκτέλαια διαφορετικού ιξώδους, το ιξώδες του μίγματος δεν θα είναι ο μέσος όρος του ιξώδους των δύο ορυκτελαίων με συντελεστές βαρύτητας την περιεκτικότητα καθενός.

Ας υποθέσουμε ότι τα ιξώδη των δύο ορυκτελαίων που αναμειγνύονται είναι  $v_1$  και  $v_2$  σε κάποια θερμοκρασία και έστω ότι ισχύει  $v_1 < v_2$ . Για τον καθορισμό του ιξώδους του μίγματος για κάθε τιμή της κατά βάρος αναλογίας ανάμιξής τους, αλλά στην ίδια θερμοκρασία, χρησιμοποιείται το ειδικό διάγραμμα της ASTM που χρησιμοποιείται και για τον υπολογισμό της μεταβολής του ιξώδους με τη θερμοκρασία μέσω της εξίσωσης (3.1).

Κατά τη χρήση του διαγράμματος γίνεται η παραδοχή ότι η θερμοκρασία 0°F αντιστοιχεί στο λεπτόρρευστο ορυκτέλαιο και η θερμοκρασία 100°F στο παχύρρευστο. Με βάση αυτήν την παραδοχή κάθε σημείο του οριζόντιου άξονα μεταξύ 0°F και 100°F ουσιαστικά αντιστοιχεί σε μία αναλογία ανάμιξης των δύο ορυκτελαίων. Για παράδειγμα η τιμή 20°F αντιστοιχεί σε μίγμα που περιέχει 20% κατά βάρος το λεπτόρρευστο και 80% κατά βάρος το παχύρρευστο ορυκτέλαιο.

Στη συνέχεια σημειώνουμε τα σημεία A και B με συντεταγμένες A(0°F,  $\nu_1$ ) και B(100°F,  $\nu_2$ ) και φέρουμε το ευθύγραμμο τμήμα AB. Η ευθεία AB δίνει το ιξώδες του μίγματος για κάθε τιμή της κατά βάρος σύστασής του. το διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αντίστροφα για τον υπολογισμό της σύστασης αν είναι γνωστά τα ιξώδη των συστατικών και το ιξώδες του μίγματος.

Μία πιο γενική και συστηματική μέθοδος υπολογισμού του ιξώδους μίγματος ορυκτελαίων είναι η ASTM Blending Method η οποία επίσης χρησιμοποιεί το διάγραμμα της ASTM και φαίνεται στο σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.5 Εφαρμογή της ASTM Blending Method για τον υπολογισμό του ιξώδους μίγματος ορυκτελαίων [4].

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να αναμείξουμε δύο ορυκτέλαια, ένα υψηλού και ένα χαμηλού ιξώδους των οποίων οι μεταβολές του ιξώδους με τη θερμοκρασία αναπαριστώνται από τις δύο ευθείες του διαγράμματος 1.5. Προφανώς για να μπορέσουμε να φέρουμε τις δύο αυτές ευθείες απαιτείται να γνωρίζουμε τις τιμές ιξώδους σε δύο θερμοκρασίες για κάθε ορυκτέλαιο. Έστω επίσης ότι θέλουμε το μίγμα των ορυκτελαίων να έχει κινηματικό ιξώδες 13cSt στους 100 °C. Χαράσσουμε μία οριζόντια ευθεία από την τιμή 13cSt όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5 και μετράμε την οριζόντια απόσταση από το σημείο τομής της με την ευθεία του χαμηλού ιξώδους έως το σημείο (100 °C ,13cSt). Επίσης μετράμε την οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων τομής της οριζόντιας ευθείας από την τιμή 13cSt με τις ευθείες χαμηλού και υψηλού ιξώδους. Οι αποστάσεις αυτές στο παράδειγμα του σχήματος 1.5 είναι 2.26cm και 3.30cm αντίστοιχα. Η κατά βάρος περιεκτικότητα του ορυκτελαίου υψηλού ιξώδους θα είναι  $\frac{2.26}{3.30} = 0.685 = 68.5\%$ .

Αντίστροφα έστω ότι γνωρίζουμε τη σύσταση και θέλουμε να υπολογίσουμε το ιξώδες του μίγματος. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να υπολογίσουμε το ιξώδες του μίγματος στους 80 °C. Χαράσσουμε μία κάθετη ευθεία από τους 80 °C και μετράμε την απόσταση των σημείων τομής της με την ευθεία υψηλού και την ευθεία χαμηλού ιξώδους. Η απόσταση αυτή στο παράδειγμα του σχήματος 3.5 είναι 3.17cm. Αν κάθε συστατικό έχει κατά βάρος σύσταση έστω 50% τότε το ιξώδες του μίγματος θα βρίσκεται στο μέσο αυτής της απόστασης, δηλαδή θα είναι 19.5cSt. Αντίστοιχα εργαζόμαστε στις περιπτώσεις που η σύσταση του μίγματος είναι διαφορετική.

Στην πραγματικότητα με το διάγραμμα της ASTM επιλύεται γραφικά η παρακάτω εξίσωση που συνδέει το ιξώδες του μίγματος με τα ιξώδη των συστατικών:

$$x \cdot \log_{10}(\log_{10}(v_1 + 0.7)) + (1 - x) \cdot \log_{10}(\log_{10}(v_2 + 0.7)) = \log_{10}(\log_{10}(v + 0.7)) \quad (1.9)$$

όπου  $v$  είναι το κινηματικό ιξώδες του μίγματος και  $x$  είναι η κατά βάρος σύσταση του ορυκτελαίου με κινηματικό ιξώδες  $v_1$ .



## 1.10 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ

Τα ορυκτέλαια ταξινομούνται είτε με βάση το ιξώδες που όπως είδαμε είναι η ιδιότητα που επηρεάζει καθοριστικά τη λιπαντική ικανότητα είτε με βάση τις συνθήκες λίπανσης.

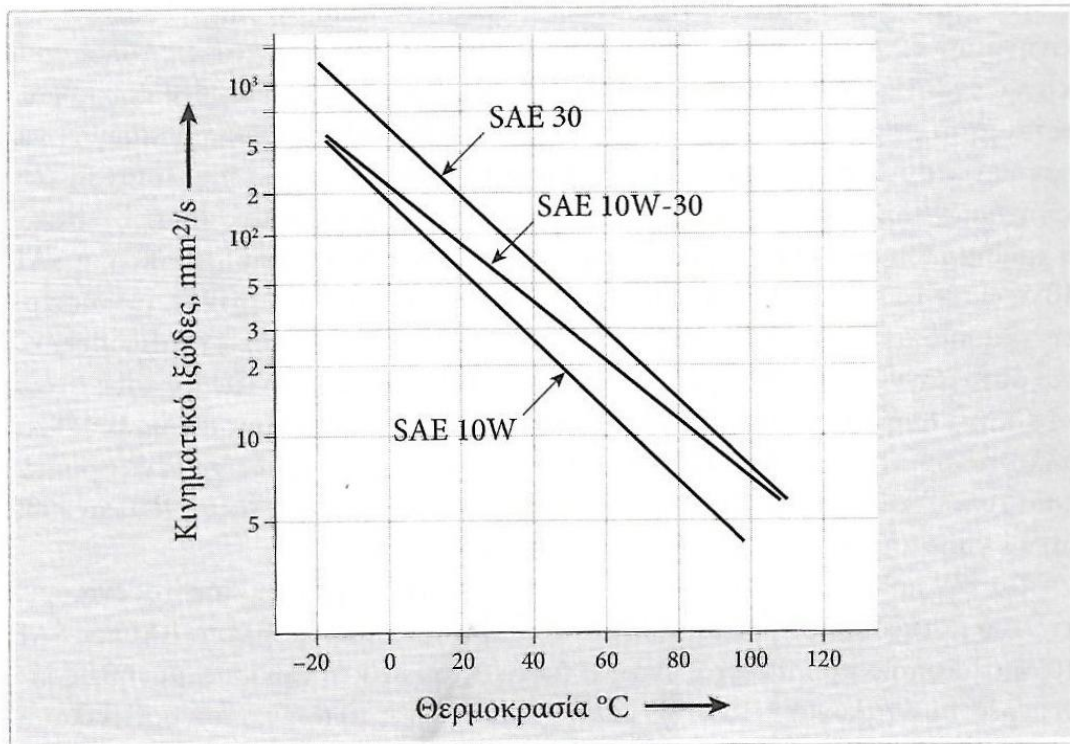
### 1.10.1 Ταξινόμηση με βάση το ιξώδες

Υπάρχουν τρία συστήματα ταξινόμησης των ορυκτελαίων με βάση το κινηματικό και το δυναμικό ιξώδες σε ορισμένη θερμοκρασία. Πρόκειται για το σύστημα SAE J 300d για τα ορυκτέλαια λίπανσης των κινητήρων των μηχανών εσωτερικής καύσης, το σύστημα SAE J 306c για τα ορυκτέλαια λίπανσης των οδοντωτών τροχών των αυτοκινήτων και το σύστημα ISO 3448 για τα βιομηχανικά ορυκτέλαια. Η κατηγοριοποίηση των ορυκτελαίων με βάση το ιξώδες δίνει πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά τους στη ροή αλλά όχι για την ποιότητά τους.

Πίνακας 1.1 Σύστημα ταξινόμησης ορυκτελαίων κινητήρων αυτοκινήτων με βάση το ιξώδες SAE J 300d [2]

Τύπος Ορυκτελαίου SAE	Δυναμικό ιξώδες (mPas) στους $-18^{\circ}\text{C}$	Κινηματικό ιξώδες ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) στους $100^{\circ}\text{C}$			
		Ελάχιστη	Μέγιστη τιμή		
5W*	μέχρι 1250	3,8	-		
10W	από 1250 ως 2500	4,1	-		
15W	από 2500 ως 5000	5,6	-		
20W	από 5000 ως 10000	5,6	-		
20	-	5,6	κάτω από	9,3	
30	-	9,3	»	»	12,5
40	-	12,5	»	»	16,3
		16,3	»	»	21,9

(Το γράμμα W σημαίνει ότι το συγκεκριμένο ορυκτέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα)



Σχήμα 1.6 Μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία για κάποια ορυκτέλαια SAE [2].

Πίνακας 1.2 Σύστημα ταξινόμησης ορυκτελαίων οδοντωτών τροχών αυτοκινήτων με βάση το ιξώδες SAE J 306c [2]

Τύπος Βαλβολίνης	Μέγιστη θερμοκρασία που παρουσιάζει η βαλβολίνη ιξώδες [ $\eta$ ] 150.000 mPa · s	Ιξώδες [ $\nu$ ] ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) στους 100 °C	
		Ελάχιστο	Μέγιστο
75W	-40 °C	4,1	-
80W	-26 °C	7,0	-
85W	-12 °C	11,0	-
90	-	13,5	<24,0
140	-	24,0	<41,0
250	-	41,0	-

Πίνακας 1.3 Σύστημα ταξινόμησης βιομηχανικών ορυκτελαίων με βάση το ιξώδες ISO 3448 (DIN 51511) [2]

Τύπος ορυκτελαίου κατά ISO (ή βαθμίδα ιξώδους ISO)			Μέση τιμή ιξώδους $\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) στους 40 °C	Όρια κινηματικού ιξώδους $\text{mm}^2/\text{s}$ στους 40 °C	
				Ελάχιστη	Μέγιστη τιμή
ISO	VG*	2	2,2	1,98	2,42
ISO	VG	3	3,2	2,88	3,52
ISO	VG	5	4,6	4,14	5,06
ISO	VG	7	6,8	6,12	7,48
ISO	VG	10	10	9,00	11,0
ISO	VG	15	15	13,5	16,5
ISO	VG	22	22	19,8	24,2
ISO	VG	32	32	28,8	35,2
ISO	VG	46	46	41,4	50,6
ISO	VG	68	68	61,2	74,8
ISO	VG	100	100	90,0	110
ISO	VG	150	150	135	165
ISO	VG	220	220	198	242
ISO	VG	320	320	288	352
ISO	VG	460	460	414	506
ISO	VG	680	680	612	748
ISO	VG	1000	1000	900	1100
ISO	VG	1500	1500	1350	1650

Το σύστημα SAE J 300d χωρίζει τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των κινητήρων των αυτοκινήτων σε οκτώ κατηγορίες που είναι γνωστές ως τύποι SAE. Το ορυκτέλαιο κάθε τύπου έχει τιμή ιξώδους μέσα σε μία συγκεκριμένη περιοχή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα του αυτοκινήτου.

Σήμερα παράγονται τα λεγόμενα πολύτυπα ορυκτέλαια (multigrade oils ή viscostatic oils), τα οποία ανήκουν σε δύο ή περισσότερους τύπους SAE και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλη τη

διάρκεια του χρόνου. Το χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή τιμή δείκτη ιξώδους και συνεπώς η αξιοσημείωτη σταθερότητα του ιξώδους τους έναντι των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Με αντίστοιχο τρόπο ταξινομούνται και τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των οδοντωτών τροχών των αυτοκινήτων (βαλβολίνες). Κυκλοφορούν και πολύτυπες βαλβολίνες κυρίως στις Η.Π.Α.

Η ταξινόμηση των βιομηχανικών ορυκτελαίων γίνεται με βάση το κινηματικό τους ιξώδες. Υπάρχουν 18 τύποι ορυκτελαίων ISO. Περιέχονται όλα τα υγρά από την κηροζίνη έως τα κυλινδρέλαια καλύπτοντας ένα διάστημα κινηματικού ιξώδους από 2 έως 1500 cSt ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ). Η μέση τιμή του κινηματικού ιξώδους κάθε τύπου ISO είναι περίπου 50% μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του προηγούμενου τύπου.

### **1.10.2 Ταξινόμηση με βάση τις συνθήκες λίπανσης**

Τα διάφορα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των κινητήρων των αυτοκινήτων έχουν ποιοτικές διαφορές από τη άποψη ότι είναι κατάλληλα για διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας ανάλογα με τα πρόσθετα που περιέχουν. Το Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου (American Petroleum Institute, API), με βάση τις συνθήκες λίπανσης κατέταξε τα ορυκτέλαια αυτά σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τα ορυκτέλαια βενζινοκινητήρων (S) και τα ορυκτέλαια πετρελαιοκινητήρων (C).

Ένα ορυκτέλαιο πετρελαιοκινητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λίπανση και του βενζινοκινητήρα. Το αντίστροφο δεν ισχύει. Το ορυκτέλαιο SF παρασκευάστηκε για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες λίπανσης κάτω από πολύ απαιτητικές συνθήκες λειτουργίας των βενζινοκινητήρων. Επίσης με τη χρήση του αυξήθηκε λίγο το διάστημα στο οποίο πρέπει να γίνει αλλαγή λαδιών στο αυτοκίνητο.

Πίνακας 1.4 Σύστημα ταξινόμησης ορυκτελαίων βενζινοκινητήρων API  
[2]

Τύπος ορυκτελαίου κατά API	Χαρακτηριστικά Ορυκτελαίου
SA	Ορυκτέλαιο χωρίς πρόσθετα, μερικές φορές περιέχει πρόσθετα μείωσης του σημείου ροής και αντιαφριστικά.
SB	Ορυκτέλαιο με αντιοξειδωτικά και αντιδιαβρωτικά πρόσθετα.
SC	Ορυκτέλαιο με πρόσθετα κατά του σχηματισμού καταλοίπων, σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, κατά της διάβρωσης και της φθοράς.
SD	Ορυκτέλαιο με τα ίδια πρόσθετα όπως και της προηγούμενης κατηγορίας αλλά σε μεγαλύτερη ποσότητα, κατάλληλο για χειρότερες συνθήκες λειτουργίας κινητήρα.
SE	Ορυκτέλαιο πιο ενισχυμένο από το SD
SF	Ορυκτέλαιο πάρα πολύ ενισχυμένο με πρόσθετα κατά του σχηματισμού καταλοίπων, σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, κατά της διάβρωσης και της φθοράς. Σε σχέση με το SE παρουσιάζει καλύτερη αντοχή στην οξείδωση και τη φθορά.

Πίνακας 1.5 Σύστημα ταξινόμησης ορυκτελαίων πετρελαιοκινητήρων API [2]

Τύπος ορυκτελαίου κατά API	Χαρακτηριστικά Ορυκτελαίου
CA	Ορυκτέλαιο με απορρυπαντικά πρόσθετα και πρόσθετα κατά της διάβρωσης.
CB	Ορυκτέλαιο για μέτριες συνθήκες λειτουργίας πετρελαιοκινητήρα, όπως και το A, αλλά κατάλληλο και για περιπτώσεις χρησιμοποίησης καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα θείου.
CC	Ορυκτέλαιο για μέτριες μέχρι σκληρές συνθήκες λειτουργίας κινητήρων. Περιέχουν πρόσθετα κατά της δημιουργίας καταλοίπων, σε υψηλές θερμοκρασίες και κατά της διάβρωσης.
CD	Ορυκτέλαιο κατάλληλο για πολύ σκληρές συνθήκες λειτουργίας πετρελαιοκινητήρων, ακόμη και όταν χρησιμοποιείται καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο; περιέχει πρόσθετα κατά του σχηματισμού λάσπης, κατά της διάβρωσης και της φθοράς.

## **2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η εκρηκτική ανάπτυξη της τεχνολογίας μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο δημιούργησε πολύ αυξημένες απαιτήσεις λίπανσης (υψηλές στροφές, μεγάλα φορτία). Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν και βελτιστοποιήθηκαν πολλές τεχνικές παραγωγής ορυκτελαίων και επίσης χρησιμοποιήθηκαν χημικές ουσίες ως πρόσθετα για τη βελτίωση των ιδιοτήτων των ορυκτελαίων.

Τα ορυκτέλαια προέρχονται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου και συγκεκριμένα από το υπόλειμμα που παραμένει στον αποστακτήρα μετά την απομάκρυνση των συστατικών που αποστάζουν μέχρι τους 360°C. Ένα μέρος του υπολείμματος αυτού χρησιμοποιείται ως καύσιμο (μαζούτ) και το υπόλοιπο υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή ορυκτελαίων. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι κατεργασίες που εφαρμόζονται για την παραγωγή των ορυκτελαίων και τα διάφορα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση των ιδιοτήτων τους.

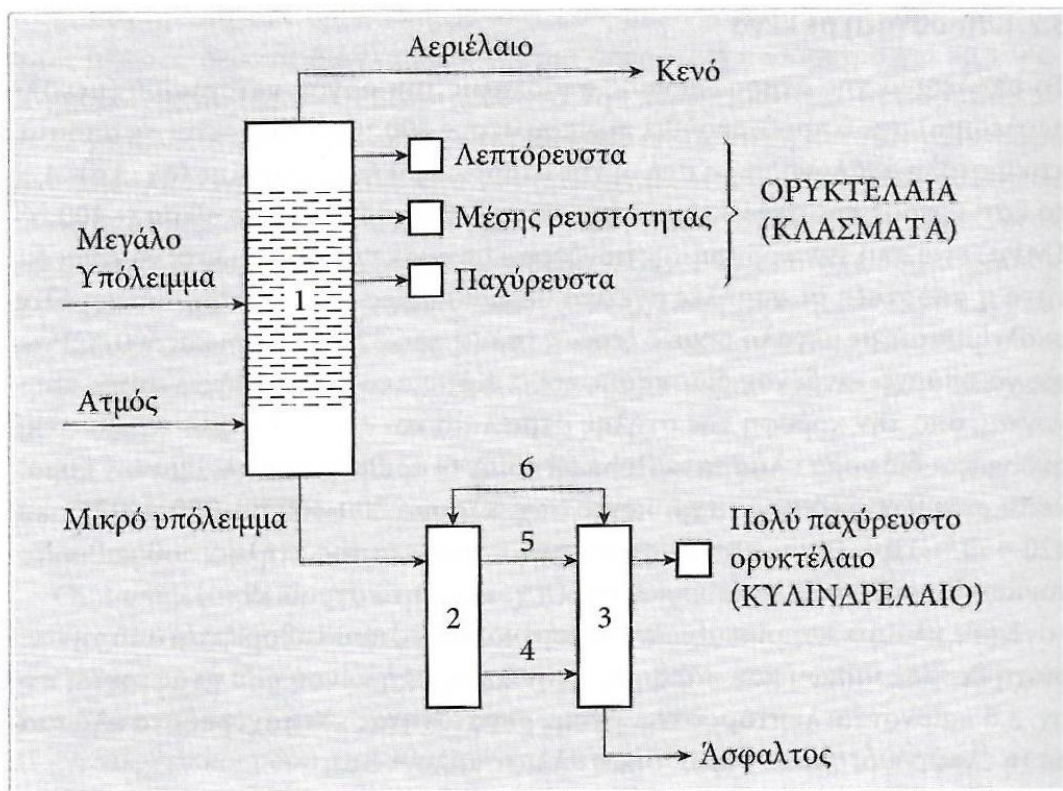
Για την παραγωγή των ορυκτελαίων συνήθως γίνονται οι ακόλουθες διεργασίες:

- Απόσταξη με κενό
- Απασφάλτωση
- Εξευγενισμός
- Αποπαραφίνωση

### **2.2 ΑΠΟΣΤΑΞΗ ΜΕ ΚΕΝΟ**

Μετά την ατμοσφαιρική απόσταξη του αργού πετρελαίου, το υπόλειμμα προθερμαίνεται στους 400 °C και μεταφέρεται σε

αποστακτική στήλη. Στο κάτω μέρος της στήλης διοχετεύεται υπέρθερμος ατμός. Στην κορυφή της στήλης υπάρχει συσκευή κενού. Έτσι γίνεται δυνατή η απόσταξη συστατικών υψηλού σημείου ζέσεως (από 370 °C έως 500 °C) σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Από την κορυφή της στήλης λαμβάνεται αερίελλαιο και ατμός. Από τα πλευρικά ανοίγματα λαμβάνονται από τρία έως πέντε κλάσματα. Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας της απόσταξης με κενό του αργού πετρελαίου για την παραγωγή ορυκτελαίων [2].

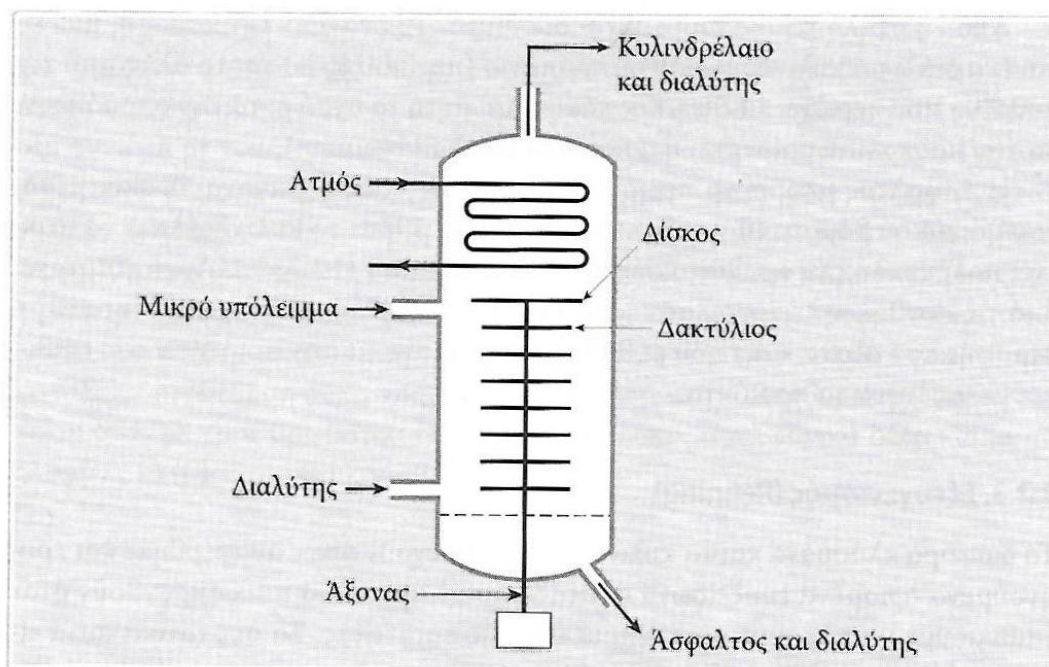
Τα κλάσματα που λαμβάνονται δεν είναι ακόμη κατάλληλα για χρήση. Πρέπει να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία ώστε να απομακρυνθούν διάφορα επιβλαβή συστατικά.

Το υπόλειμμα της απόσταξης με κενό (μικρό υπόλειμμα) είναι ένα πολύ παχύρευστο υγρό που αποτελείται κυρίως από παραφίνες υψηλού μοριακού βάρους ή ασφαλτένια ή και από τα δύο ανάλογα με το είδος του αργού πετρελαίου. Το υπόλειμμα αυτό υποβάλλεται στη συνέχεια σε απασφάλτωση από την οποία λαμβάνεται το κυλινδρέλαιο (bright-stock). Αυτό είναι ένα πολύ παχύρευστο ορυκτέλαιο το οποίο πήρε το όνομά του

από την χρήση του παλαιότερα στη λίπανση των κυλίνδρων και των βαλβίδων των ατμομηχανών. Σήμερα, το κυλινδρέλαιο υποβάλλεται στις ίδιες διεργασίες με τα κλάσματα που λαμβάνονται από τα πλευρικά ανοίγματα και χρησιμοποιείται είτε σε εφαρμογές παχύρευστων λιπαντικών είτε αναμειγνυόμενο με διάφορα κλάσματα στη λίπανση κινητήρων.

### 2.3 ΑΠΑΣΦΑΛΤΩΣΗ

Η απασφάλτωση (deasphalting) είναι η διαδικασία απομάκρυνσης των ασφαλτενίων από το μικρό υπόλειμμα της απόσταξης με κενό. Η επιτυχία της διαδικασίας βασίζεται στην ικανότητα των παραφινών χαμηλού μοριακού βάρους (από προπάνιο έως επτάνιο) να διαλύουν τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες υψηλού μοριακού βάρους αφήνοντας όμως ανεπηρέαστα τα ασφαλτένια.



Σχήμα 2.2 Σχηματική αναπαράσταση της ασφαλτικής στήλης με περιστρεφόμενους δίσκους [2].



Έτσι, υποβάλλοντας το μικρό υπόλειμμα σε εκχύλιση με κορεσμένο υδρογονάνθρακα χαμηλού μοριακού βάρους (συνήθως προπάνιο) παίρνουμε κορεσμένους υδρογονάνθρακες υψηλού μοριακού βάρους (κυλινδρέλαιο). Η εκχύλιση συμβαίνει σε μία ειδική στήλη που αποτελείται από έναν κατακόρυφο περιστρεφόμενο άξονα που φέρει δίσκους οι οποίοι περιστρέφονται μαζί του. Ακόμη υπάρχουν πολλοί παράλληλοι δακτύλιοι, τοποθετημένοι έτσι ώστε ανάμεσα σε δύο δακτυλίους να υπάρχει ένας δίσκος. Η στήλη φαίνεται στο σχήμα 2.2.

Ο διαλύτης εισέρχεται από το κάτω μέρος της στήλης και κινείται προς τα επάνω ενώ το μικρό υπόλειμμα, που είναι και βαρύτερο κινείται αντίστροφα. Έχουμε δηλαδή συνθήκες αντιρροής. Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι προκαλούν τη διασπορά του υπολείμματος διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία της διάλυσης. Η εκχύλιση πραγματοποιείται συνήθως στους 50-65 °C γιατί σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι δυνατή η διάλυση του μικρού υπολείμματος στο προπάνιο αλλά όχι των ασφαλενίων. Η πίεση λειτουργίας κυμαίνεται από 3.5 έως 4 MPa. Το υγρό που λαμβάνεται από την κορυφή της στήλης είναι πλούσιο σε κυλινδρέλαιο ενώ το υγρό που λαμβάνεται από τον πυθμένα υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία για να παραχθεί η άσφαλτος. Γενικά η ποιότητα των προϊόντων της εκχύλισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και την ταχύτητα περιστροφής του άξονα.

## 2.4 ΕΞΕΥΓΕΝΙΣΜΟΣ

Το κυλινδρέλαιο και τα διάφορα κλάσματα που παράγονται από τις διαδικασίες που περιγράφηκαν περιέχουν πολλά ανεπιθύμητα συστατικά όπως αρωματικοί υδρογονάνθρακες, ολεφίνες, οξυγονούχες, θειούχες και αζωτούχες ενώσεις. Τα συστατικά αυτά αυξάνουν το ιξώδες και τη διαβρωτικότητα των ορυκτελαίων. Με τον εξευγενισμό αυξάνεται η ποιότητα των ορυκτελαίων μέσω της απομάκρυνσης αυτών των ανεπιθύμητων ουσιών.

Για το σκοπό αυτό εφαρμόζονται οι παρακάτω διεργασίες:

- Εξευγενισμός με οξύ
- Εξευγενισμός με διαλύτη
- Κατεργασία με προσροφητικά

## ➤ Καταλυτική υδρογόνωση

### 2.4.1 Εξευγενισμός με οξύ

Στον εξευγενισμό με οξύ (acid refining) χρησιμοποιείται θειικό ή ατμίζον θειικό οξύ. Η βασική ιδέα είναι ότι το οξύ αντιδρά με τα επιβλαβή συστατικά και δίνει προϊόντα τα οποία είναι αδιάλυτα στα ορυκτέλαια. Έτσι είναι εύκολο στη συνέχεια να απομακρυνθούν τα προϊόντα αυτά μαζί με το οξύ που περίσσεψε με τη μορφή μιας μαύρης, παχύρρευστης όξινης πίσσας. Είναι μία πολύ παλιά μέθοδος και έχει χρησιμοποιηθεί για τον εξευγενισμό και των ελαφρών κλασμάτων του αργού πετρελαίου. Η μέθοδος αυτή έχει μερικά σημαντικά μειονεκτήματα όπως, η μεγάλη ποσότητα οξέως που απαιτείται, η ρύπανση του περιβάλλοντος από την πίσσα που παράγεται και η αντίδραση του οξέως με τους ναφθενικούς και παραφινικούς υδρογονάνθρακες προκαλώντας απώλεια ορυκτελαίων. Εξαιτίας αυτών των μειονεκτημάτων, η μέθοδος αυτή σταδιακά αντικαθίσταται από άλλες νεότερες. Από την άλλη μεριά παραμένει η καλύτερη μέθοδος για την παραγωγή ορυκτελαίων για μετασχηματιστές και λευκών ορυκτελαίων όπου απαιτείται η πλήρης απομάκρυνση των αρωματικών υδρογονανθράκων και των ολεφινών.

### 2.4.2 Εξευγενισμός με διαλύτη

Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίζεται ο εξευγενισμός με διαλύτη είναι ότι οι υδρογονάνθρακες παρουσιάζουν διαφορετική διαλυτότητα σε ορισμένους διαλύτες. Έτσι, χρησιμοποιούνται διαλύτες που διαλύουν τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και τις ολεφίνες αλλά δεν έχουν καμία επίδραση ναφθενικούς και παραφινικούς υδρογονάνθρακες. Η επαφή των ορυκτελαίων με τον διαλύτη γίνεται σε ειδική στήλη, παρόμοια με αυτή της απασφάλτωσης. Οι πιο γνωστοί διαλύτες που έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες και χρησιμοποιούνται στον εξευγενισμό των ορυκτελαίων είναι η φουρφουράλη, η φαινόλη και η Ν-μεθυλοπυρρολιδόνη (NMP).

### 2.4.3 Κατεργασία με προσροφητικά

Μετά τον εξευγενισμό των ορυκτελαίων παραμένουν κάποια επιβλαβή συστατικά σε πολύ μικρές ποσότητες. Η απομάκρυνση αυτών των ουσιών τα ορυκτέλαια υποβάλλονται σε κατεργασία με κατάλληλες

προσροφητικές ουσίες. Η κατεργασία αυτή έχει επίσης ως αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό και την ξήρανση των ορυκτελαίων.

Ως προσροφητικά χρησιμοποιούνται κυρίως φυσικές αποχρωστικές γαίες και ενεργοποιημένος βωξίτης. Η κατεργασία γίνεται είτε με διήθηση (percolation method) είτε με επαφή (contact method).

#### **2.4.4 Καταλυτική υδρογόνωση**

Η καταλυτική υδρογόνωση (hydrotreating) παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα όπως το ότι είναι φιλική προς το περιβάλλον, δεν προκαλεί απώλεια ορυκτελαίων και είναι οικονομική. Το ορυκτέλαιο προθερμαίνεται και εισάγεται σε ειδικό αντιδραστήρα όπου εισάγεται και το ρεύμα υδρογόνου σε πίεση 20-150 bar. Ως καταλύτες χρησιμοποιούνται οξειδία μετάλλων.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ σημαντική. Παράγει ορυκτέλαια με πολύ μεγάλο δείκτη ιξώδους (μέχρι και 130) και σχετικά χαμηλό ιξώδες.

## **2.5 ΑΠΟΠΑΡΑΦΙΝΩΣΗ**

Μετά τον εξευγενισμό τα ορυκτέλαια υποβάλλονται σε αποπαραφίνωση (ή αποκήρωση) για την απομάκρυνση των στερεών υδρογονανθράκων που περιέχουν. Ορυκτέλαια με υψηλή περιεκτικότητα σε στερεούς υδρογονάνθρακες παρουσιάζουν υψηλό σημείο ροής (περίπου 40 °C) και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λιπαντικά. Η αποπαραφίνωση βασίζεται στην ψύξη και κρυστάλλωση κορεσμένων υδρογονανθράκων σε διάλυμα του ορυκτελαίου σε συγκεκριμένο διαλύτη. Οι κρύσταλλοι στη συνέχεια απομακρύνονται με διήθηση.

Σε ειδικές περιπτώσεις η αποπαραφίνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με καταλυτική υδρογονοδιάσπαση (hydrocracking). Σε αυτήν την περίπτωση οι παραφίνες αντιδρούν με υδρογόνο παρουσία καταλύτη και διασπώνται σε συστατικά χαμηλού σημείου ζέσεως.

## 2.6 ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Παρά το γεγονός ότι οι κατεργασίες παραγωγής των ορυκτελαίων συνεχώς βελτιώνονται, τα παραγόμενα ορυκτέλαια δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις λίπανσης. Για την περαιτέρω βελτίωση και την επίτευξη των επιθυμητών ιδιοτήτων των ορυκτελαίων χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα (additives). Τα πρόσθετα αυτά είναι ουσίες που βελτιώνουν την λιπαντική ικανότητα του ορυκτελαίου και παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην τεχνολογία των ορυκτελαίων. Για παράδειγμα ένα μηχανέλαιο αποτελείται από 82% περίπου ορυκτέλαιο που λέγεται βασικό ορυκτέλαιο (base oil) και 18% πρόσθετα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η βελτίωση μιας ιδιότητας του ορυκτελαίου λόγω της προσθήκης ενός βελτιωτικού δεν είναι ανάλογη της ποσότητας του βελτιωτικού. Σε πολλές περιπτώσεις πρόσθεση παραπάνω ποσότητας βελτιωτικού από μία τιμή μπορεί να μην έχει κανένα απολύτως αποτέλεσμα. Επίσης, είναι πιθανό η προσθήκη ενός βελτιωτικού για μία συγκεκριμένη ιδιότητα να επηρεάσει αρνητικά μία άλλη ιδιότητα του ορυκτελαίου.

Τα περισσότερα πρόσθετα μετά από κάποιο χρόνο χρήσης του ορυκτελαίου εξαντλούνται. Η ανανέωσή τους είναι μια ιδιαίτερη διαδικασία και πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό. Είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνεται στην αναγέννηση των ορυκτελαίων, η οποία παρουσιάζεται σε επόμενα κεφάλαια.

### 2.6.1 Αντιοξειδωτικά

Η οξείδωση των ορυκτελαίων οδηγεί στην αύξηση του ιξώδους και στο σχηματισμό προϊόντων με διαβρωτική ικανότητα, όπως οργανικά οξέα. Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιείται η οξείδωση εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Σε χαμηλές θερμοκρασίες η οξείδωση προχωράει αργά ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται πολύ γρήγορα λόγω της καταλυτικής δράσης των ιόντων των μετάλλων, ιδιαίτερα του Cu, Fe, Mn και Co. Ακόμα και ίχνη αυτών των μετάλλων σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ υψηλή ταχύτητα οξείδωσης των ορυκτελαίων.

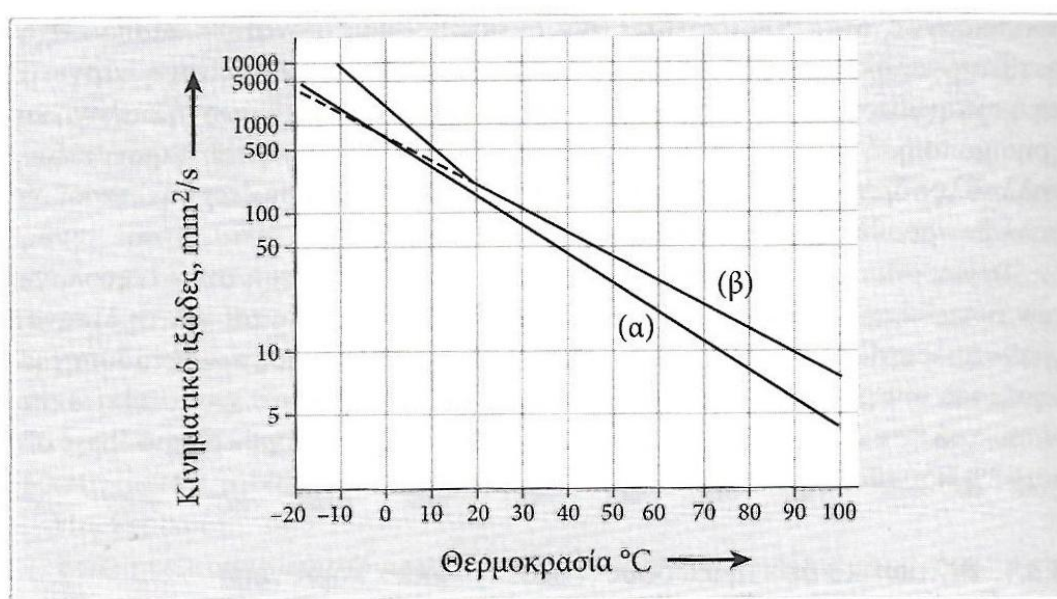
Για να παρεμποδιστεί η οξείδωση σε χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται συνηθισμένα αντιοξειδωτικά όπως η δι-τρι-βουτυλο-

κρεσόλη και η φαινυλο-α-ναφθυλαμίνη. Για να παρεμποδιστεί η οξείδωση σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται κυρίως άλατα του ψευδαργύρου του δι-αλκυλο-δι-θειοφωσφορικού οξέος.

Τα αντιοξειδωτικά προστίθενται σε αναλογία 0.5 έως 2% και δρουν επίσης και ως απορρυπαντικά και αντιδιαβρωτικά.

### 2.6.2 Βελτιωτικά του δείκτη ιξώδους

Τα ορυκτέλαια που παράγονται με την ακολουθία κατεργασιών που περιγράφηκε στα προηγούμενα έχουν δείκτη ιξώδους από 0 έως 115. Για την εξασφάλιση ικανοποιητικής λίπανσης σε μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών απαιτείται το λιπαντικό να έχει δείκτη ιξώδους πάνω από 80 ή 90 αναλόγως την εφαρμογή. Με ανάμιξη των αρχικών ορυκτελαίων μπορούμε να εξασφαλίσουμε αυτές τις τιμές δείκτη ιξώδους. Συνήθως όμως για το σκοπό αυτό προστίθενται στο ορυκτέλαιο ειδικές ουσίες που ονομάζονται βελτιωτικά του δείκτη ιξώδους (viscosity index improvers).



Σχήμα 2.3 Μεταβολή του ιξώδους του ορυκτελαίου με τη θερμοκρασία (α) χωρίς, (β) με βελτιωτικό του δείκτη ιξώδους [2].

Τα πρόσθετα αυτής της κατηγορίας είναι πολυμερή που έχουν την ιδιότητα να αυξάνουν το ιξώδες του ορυκτελαίου περισσότερο στις υψηλές θερμοκρασίες από ότι στις χαμηλές. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 2.3 η προσθήκη του βελτιωτικού έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση

της κλίσης της ευθείας ιξώδους-θερμοκρασίας και συνεπώς την αύξηση του δείκτη ιξώδους.

Τα βελτιωτικά του δείκτη ιξώδους προστίθενται σε αναλογία από 3 έως 15% και έχουν μοριακό βάρος από 10000 έως 20000. Επίσης, πρέπει να έχουν υψηλή θερμική και θερμοοξειδωτική αντοχή και χαμηλό κόστος παραγωγής. Τα πολυμερή που συνήθως χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό στην πράξη είναι τα πολυισοβουτυλένια, οι πολύ(μεθακρυλικοί εστέρες), τα πολυμερή διενίων, οι πολυολεφίνες και τα πολύ(αλκυλοστυρένια).

### **2.6.3 Απορρυπαντικά-διασκορπιστικά**

Τα απορρυπαντικά-διασκορπιστικά (detergents-dispersants) πρόσθετα προστίθενται κυρίως στα ορυκτέλαια των μηχανών εσωτερικής καύσης. Στους βενζινοκινητήρες και στους πετρελαιοκινητήρες παράγονται από διάφορες αιτίες πολλές επιβλαβείς ουσίες όπως νερό, θειικό οξύ, αιθάλη και διάφορα ανθρακούχα υλικά. Όλες αυτές οι ουσίες μαζί με τα προϊόντα της οξείδωσης του ίδιου του ορυκτελαίου μολύνουν το ορυκτέλαιο. Οι επιβλαβείς ουσίες ενώνονται μεταξύ τους δημιουργώντας μία παχιά λάσπη η οποία εάν κυκλοφορήσει μπορεί να φράξει την αντλία, το φίλτρο και τους αγωγούς του ορυκτελαίου προκαλώντας σημαντικές φθορές. Αν τα συστατικά της λάσπης αντιδράσουν μεταξύ τους δημιουργούν ρητινώδη προϊόντα.

Τα διασκορπιστικά πρόσθετα έχουν ως σκοπό την παρεμπόδιση δημιουργίας της λάσπης. Είναι πολυμερή που προσκολλώνται στα ανεπιθύμητα σωματίδια διατηρώντας τα τελευταία σε διασπορά μέσα στο ορυκτέλαιο. . Στους βενζινοκινητήρες προστίθενται σε αναλογία 3-8% ενώ στους πετρελαιοκινητήρες δεν χρησιμοποιούνται.

Τα απορρυπαντικά είναι άλατα μετάλλων οργανικών οξέων που διαλύουν τα ρητινώδη κατάλοιπα και καθαρίζουν τη μηχανή. Στους βενζινοκινητήρες προστίθενται σε αναλογία 2% ενώ στους πετρελαιοκινητήρες έως και 12%.

### **2.6.4 Ταπεινωτικά του σημείου ροής**

Τα πρόσθετα για την ταπείνωση του σημείου ροής (pour point depressant) είναι κυρίως συμπολυμερή διαφόρων αλκυλεστέρων του μεθακρυλικού οξέος. Προστίθενται σε αναλογία από 0.1 έως 1% και μπορούν να μειώσουν το σημείο ροής έως και κατά 30 °C. Τα πρόσθετα

αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στην άνετη κυκλοφορία του ορυκτελαίου μέσα στο δίκτυο λίπανσης. Μια διαφορά της τάξης των 10 °C μεταξύ του σημείου ροής και του σημείου θόλωσης είναι απόδειξη της παρουσίας κάποιου προσθέτου για τη μείωση του σημείου ροής. Μερικά από τα πρόσθετα αυτής της κατηγορίας δρουν ταυτόχρονα και ως βελτιωτικά του ιξώδους.

### **2.6.5 Αντιαφριστικά**

Τα αντιαφριστικά είναι αδιάλυτα στο ορυκτέλαιο υγρά σιλικονούχα πολυμερή. Σχηματίζουν μικρές σταγόνες οι οποίες σπάζουν τις φυσαλίδες του αφρού με αποτέλεσμα την απελευθέρωση του αέρα και τον διαχωρισμό του από το ορυκτέλαιο.

### **2.6.6 Παρεμποδιστές της διάβρωσης**

Τα πρόσθετα αυτής της κατηγορίας δημιουργούν πάνω στις μεταλλικές επιφάνειες της μηχανής ένα προστατευτικό στρώμα εμποδίζοντας την υγρασία, το οξυγόνο και τις άλλες διαβρωτικές ουσίες να προσεγγίσουν την μεταλλική επιφάνεια. Γενικά στις μηχανές η διάβρωση προκαλείται από ουσίες που παράγονται από την οξείδωση του ορυκτελαίου, την αποσύνθεση των προσθέτων που περιέχει και από τα παραπροϊόντα της καύσης του καυσίμου.

Ως παρεμποδιστές διάβρωσης (corrosion inhibitors) χρησιμοποιούνται ενώσεις του αζώτου (αμίνες, αμίδια κ.τ.λ.), σουλφονικά οξέα, παράγωγα καρβοξυλικών οξέων και παράγωγα του φωσφορικού οξέος.

## **3. ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΑ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΑ**

### **3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Κατά τη διάρκεια της χρήσης των ορυκτελαίων για τη λίπανση μιας μηχανής επέρχεται σταδιακά αλλοίωση του ορυκτελαίου η οποία οδηγεί σε αχρήστευσή του όσον αφορά την λιπαντική ικανότητα, οπότε και απαιτείται η αντικατάστασή του. με τον όρο αλλοίωση ουσιαστικά εννοούμε την μόλυνσή του με διάφορες επιβλαβείς ουσίες. Η αλλοίωση των ορυκτελαίων είναι δύο ειδών:

1. Φυσιολογική αλλοίωση
2. Αλλοίωση λόγω αντικανονικής λειτουργίας της μηχανής

Σε κάθε πάντως περίπτωση, το αποτέλεσμα είναι η εισαγωγή στο ορυκτέλαιο ξένων ουσιών οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά τις ιδιότητές του. Οι ουσίες αυτές είναι:

1. Προϊόντα οξείδωσης του ορυκτελαίου. Η οξείδωση προκαλείται από τον ατμοσφαιρικό αέρα λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο εσωτερικό της μηχανής.
2. Μεταλλικά ρινίσματα ή διαλυτές μεταλλικές ενώσεις λόγω της διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών.
3. Προϊόντα της ατελούς ή τέλειας καύσης του καυσίμου.
4. Νερό, η παρουσία του οποίου συνήθως συνοδεύεται και από αντιψυκτικά πρόσθετα.
5. Σκόνη.

### **3.2 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΟΙΩΣΗ**

Η επαφή με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες έχει σαν αποτέλεσμα την οξείδωση του



ορυκτελαίου. Από την οξείδωση παράγονται οξυγονούχες ενώσεις οι οποίες διαβρώνουν τις μεταλλικές επιφάνειες και μέσω πολυμερισμού παράγουν μεγαλύτερα μόρια που προκαλούν αύξηση του ιξώδους ή/και σχηματισμό ιλύος. Έτσι, η λιπαντική ικανότητα του ορυκτελαίου μειώνεται αισθητά. Πάντως, το φαινόμενο αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί σε πολύ μεγάλο βαθμό με τη χρήση των κατάλληλων αντιοξειδωτικών προσθέτων.

Τα μεταλλικά μέρη των μηχανών με τα οποία το ορυκτέλαιο έρχεται σε επαφή, καθώς και τα μεταλλικά ρινίσματα από τις εσωτερικές φθορές της μηχανής επιταχύνουν την αλλοίωση του ορυκτελαίου.

Όλα οι μολυσματικές ουσίες που αναφέρθηκαν είναι αδιάλυτες ή καθιζάνουν ως ιλύς και στις μηχανές εσωτερικής καύσης υφίστανται θερμική διάσπαση από την οποία παράγονται εξανθρακώματα.

### **3.3 ΑΛΛΟΙΩΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΤΙΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

Η παρουσία νερού στο ορυκτέλαιο είναι δυνατόν εν μέρει να είναι φυσιολογική και να προέρχεται είτε από την υγρασία του αέρα είτε από τη συμπύκνωση ατμών (ατμοστρόβιλοι). Συνήθως όμως οφείλεται σε διαρροή του συστήματος ψύξης. Για τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των μηχανών εσωτερικής καύσης το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο περιεκτικότητας σε νερό είναι 0.1%. Όταν το όριο αυτό ξεπερνιέται, το νερό επιταχύνει την οξείδωση και διευκολύνει τη διαβρωτική δράση του ορυκτελαίου στις μεταλλικές επιφάνειες.

Τα ορυκτέλαια μολύνονται με διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) λόγω διαρροής καυσαερίων από το χώρο καύσης. Η μόλυνση αυτή είναι ανεπιθύμητη γιατί οδηγεί στην αλλοίωση του ορυκτελαίου και επίσης το καθιστά όξινο και συνεπώς διαβρωτικό.

Διαρροή καυσίμου προς το ορυκτέλαιο προκαλεί μείωση του ιξώδους και συνεπώς μείωση της λιπαντικής ικανότητας. Η παρουσία καυσίμου στο ορυκτέλαιο ελέγχεται είτε με άμεση μέτρηση της ποσότητας του καυσίμου που επιτυγχάνεται με απόσταξη με υδρατμούς είτε με μέτρηση του σημείου ανάφλεξης και/ή του ιξώδους.

Τέλος, η κακή κατάσταση του φίλτρου προκαλεί την προοδευτική ρύπανση του ορυκτελαίου με ξένες ύλες τις οποίες το φίλτρο δεν μπορεί να συγκρατήσει.

### **3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ**

Πριν τη χρήση, αλλά κυρίως μετά τη χρήση των ορυκτελαίων αυτά υποβάλλονται σε δοκιμές και μετρήσεις για να ελεγχθεί κατά πόσον αυτά τηρούν τις καθορισμένες προδιαγραφές. Οι μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν τους παρακάτω ελέγχους:

#### **3.4.1 Έλεγχος Οξύτητας και Αλκαλικότητας**

Τα ορυκτέλαια υπό κανονικές συνθήκες και χωρίς πρόσθετα παρουσιάζουν όξινη συμπεριφορά λόγω των πολύ μικρών ποσοτήτων ναφθενικών οξέων που περιέχουν. Η οξύτητά τους μετράται με τον λεγόμενο *αριθμό εξουδετέρωσης* που ισούται με τα mg καυστικού καλίου (ΚΟΗ) που χρειάζονται για την εξουδετέρωση 1 γραμμαρίου ορυκτελαίου. Ο αριθμός εξουδετέρωσης στα εξευγενισμένα ορυκτέλαια είναι συνήθως χαμηλότερος του 0.05 mg/g.

Όταν τα ορυκτέλαια περιέχουν πρόσθετα μπορεί να παρουσιάζουν όξινη ή αλκαλική συμπεριφορά. Συνήθως μάλιστα παρουσιάζουν αλκαλική συμπεριφορά γιατί τα περισσότερα πρόσθετα είναι αλκαλικής βάσης. Σε αυτήν την περίπτωση ο αριθμός εξουδετέρωσης παίρνει αρνητικές τιμές και ονομάζεται ολικός αριθμός αλκαλικότητας (total base number, TBN). Ο TBN εκφράζει την ποσότητα του οξέος, εκφρασμένη όμως σε ισοδύναμη ποσότητα ΚΟΗ σε mg, που απαιτείται για την πλήρη εξουδετέρωση ενός γραμμαρίου ορυκτελαίου.

Για τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια, ο αριθμός εξουδετέρωσης (ή ο ολικός αριθμός αλκαλικότητας) αποτελεί ασφαλή ένδειξη του βαθμού αλλοίωσης που έχουν υποστεί κατά την χρήση τους. Μεγάλες τιμές του αριθμού εξουδετέρωσης σημαίνουν ότι το ορυκτέλαιο έχει μολυνθεί με όξινες ουσίες όπως προϊόντα οξειδωσης, SO<sub>2</sub> κ.τ.λ.

Ο αριθμός εξουδετέρωσης συνδυάζεται επίσης με την αντοχή του ορυκτελαίου στην οξείδωση γιατί κατά την εκτέλεση της δοκιμής αντοχής στην οξείδωση, το μετρούμενο μέγεθος είναι ο αριθμός

εξουδετέρωσης που στο τέλος της δοκιμής που διαρκεί 1000 ώρες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2mg/g.

### **3.4.2 Εξανθράκωμα**

Η τιμή του εξανθρακώματος ή αλλιώς υπολείμματος άνθρακα (carbon residue) για ορυκτέλαιο χωρίς πρόσθετα εξαρτάται:

1. Από τον τρόπο επεξεργασίας. Η εκχύλιση με διαλύτες δίνει ορυκτέλαια με χαμηλό εξανθράκωμα.
2. Από το ιξώδες. Ορυκτέλαια χαμηλού ιξώδους έχουν και μικρό εξανθράκωμα.
3. Από τη σύσταση του αργού πετρελαίου που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη. Τα ορυκτέλαια ναφθενικής βάσης έχουν χαμηλότερο εξανθράκωμα από τα ορυκτέλαια παραφινικής βάσης.
4. Από το βαθμό εξευγενισμού. Όσο καλύτερο εξευγενισμό έχει υποστεί ένα ορυκτέλαιο τόσο χαμηλότερο εξανθράκωμα έχει.

Η τιμή του εξανθρακώματος στα περισσότερα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση μηχανών εσωτερικής καύσης πρέπει να είναι χαμηλότερο του 0.3% ενώ για τα κυλινδρέλαια το ανώτατο όριο είναι 3%.

Η τιμή του εξανθρακώματος είναι σημαντική γιατί μας επιτρέπει να προβλέψουμε το βαθμό ρύπανσης της μηχανής με ανθρακούχες αποθέσεις. Επίσης, μας επιτρέπει να εξακριβώσουμε το βαθμό ρύπανσης του ορυκτελαίου. Ρύπανση του ορυκτελαίου από προϊόντα οξειδωσης ή από εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. μεταλλικά ρινίσματα και σκόνη) προκαλεί αύξηση του εξανθρακώματος.

Ο προσδιορισμός του εξανθρακώματος γίνεται με καύση απουσία αέρα ενός δείγματος ορυκτελαίου και μέτρηση του υπολείμματος. Η μάζα του υπολείμματος αφού αναχθεί ως ποσοστό επί τοις εκατό της μάζας του ορυκτελαίου δείχνει την τάση που έχει το συγκεκριμένο ορυκτέλαιο να σχηματίσει ανθρακούχο υπόλειμμα όταν βρεθεί σε παρόμοιες συνθήκες μέσα στην μηχανή.

### **3.4.3 Τέφρα**

Τα ορυκτέλαια δίνουν τέφρα μόνο όταν περιέχουν πρόσθετα με μεταλλικά στοιχεία όπως συμβαίνει στα ορυκτέλαια των Μ.Ε.Κ. τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τέφρας

λόγω σκουριάς, σκόνης και άλλων προσμίξεων. Ο προσδιορισμός της τέφρας βασίζεται είτε στην μετατροπή των μεταλλικών στοιχείων σε θειικά άλατα είτε σε απευθείας μέτρηση των μεταλλικών στοιχείων (π.χ. με ατομική απορρόφηση). Η τιμή της τέφρας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.003% στα καινούργια ορυκτέλαια.

#### **3.4.4 Άκαυστο καύσιμο και αιθάλη**

Στις Μ.Ε.Κ. είναι δυνατό λόγω προβληματικής λειτουργίας της μηχανής να συμβεί διαρροή καυσίμου ή/και προϊόντων της ατελούς καύσης του καυσίμου (αιθάλης) στο κάρτερ του ορυκτελαίου.

Η μόλυνση του ορυκτελαίου με καύσιμο προκαλεί μείωση του ιξώδους με αποτέλεσμα τη μείωση της λιπαντικής του ικανότητας. Επίσης προκαλεί μείωση του σημείου ανάφλεξης του ορυκτελαίου κάτι που είναι πολύ επικίνδυνο αφού υπάρχει πιθανότητα έκρηξης.

Η μόλυνση του ορυκτελαίου με αιθάλη προκαλεί αύξηση του ιξώδους. Να σημειωθεί ότι υπάρχει ο κίνδυνος οι επιδράσεις στο ιξώδες του άκαυστου καυσίμου και της αιθάλης να αλληλοεξουδετερώνονται οπότε το ορυκτέλαιο στις μετρήσεις ιξώδους να φαίνεται φυσιολογικό ενώ στην πραγματικότητα είναι αλλοιωμένο.

Ο προσδιορισμός της βενζίνης στα ορυκτέλαια γίνεται με απόσταξη του ορυκτελαίου παρουσία ατμού ενώ του πετρελαίου diesel με αέρια χρωματογραφία. Η αέρια χρωματογραφία τελευταία χρησιμοποιείται και για βενζίνη. Για τον υπολογισμό της αιθάλης, το ορυκτέλαιο διαλύεται σε κανονικό επτάνιο και μετράται το ίζημα που παραμένει αδιάλυτο.

#### **3.4.5 Νερό**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αν το ορυκτέλαιο περιέχει νερό έχει λιγότερη αντοχή στην οξείδωση και επίσης διαβρώνει περισσότερο τα μεταλλικά μέρη της μηχανής με τα οποία έρχεται σε επαφή. Η περιεκτικότητα σε νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.1%. για τον προσδιορισμό του νερού το δείγμα του ορυκτελαίου υποβάλλεται σε απόσταξη αφού πρώτα αραιωθεί με τον κατάλληλο διαλύτη που συνήθως είναι ξυλόλιο.

## **4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η πρώτη νομοθετική ρύθμιση στην Ελλάδα σχετικά με τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων ήταν η υπουργική απόφαση Αριθ. 71560/3053/85 (ΦΕΚ 665/Β/1-11-85). Κύριος στόχος ήταν η συμμόρφωση προς την οδηγία 75/439/ΕΟΚ του Συμβουλίου Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 16.6.1975. Σε αυτήν την απόφαση καθορίστηκαν οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν την διαχείριση των ορυκτελαίων με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος.

Η απόφαση αυτή καταργήθηκε από την υπουργική απόφαση Υ.Α. ΑΠ 01.98012/2001/1995 (Φ.Ε.Κ. 40/Β` 19.1.1996), στην οποία καθορίστηκαν τα μέτρα και οι όροι για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων. Η απόφαση αυτή αντικαταστάθηκε τελικά από το Π.Δ. 82/2004, (ΦΕΚ 64/Α/2.3.2004), το οποίο ισχύει έως σήμερα.

Η οργάνωση συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων λιπαντικών ελαίων από τους υπόχρεους διαχειριστές θεσπίστηκε με το νόμο 2939/2001 με θέμα «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων-Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις», ο οποίος αναφέρεται στα λιπαντικά έλαια στα άρθρα 15 έως και 18 του Κεφαλαίου Γ.

Βασικός στόχος του Π.Δ. 82/2004 είναι τα θεσπιζόμενα μέτρα για τη διάθεση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων να ανταποκρίνονται στους στόχους και τις γενικές αρχές του Ν. 2939/2001 (άρθρα 1 και 4) και να επιτυγχάνεται έτσι πιο αποτελεσματικά για την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον, η συλλογή και η διάθεσή τους με προτεραιότητα την επεξεργασία με αναγέννηση και η μείωση της τελικής τους διάθεσης, στο πλαίσιο μιας περιβαλλοντικά ολοκληρωμένης και ορθολογικής διαχείρισης των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.

Οι ειδικότεροι όροι και προϋποθέσεις για την εναλλακτική διαχείριση καθορίζονται με λεπτομέρεια στο Π.Δ. 82/2004. με το οποίο αντικαθίσταται η Κ.Υ.Α. 98012/2001/95 «Καθορισμός μέτρων και όρων για την διαχείριση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων»

Οι διατάξεις του Π.Δ. 82/2004 εφαρμόζονται σε όλα τα λιπαντικά έλαια που διατίθενται στην αγορά και προορίζονται για οποιαδήποτε χρήση, από τη βιομηχανία, τα μέσα μεταφοράς ή άλλους τομείς.

## 4.2 ΟΡΙΣΜΟΙ

Για την εφαρμογή του Π.Δ. 82/2004 καταρχάς ορίζονται οι παρακάτω έννοιες:

1.«απόβλητα λιπαντικών ελαίων»:

Κάθε βιομηχανικό ή λιπαντικό έλαιο ορυκτής συνθετικής ή μικτής βάσης το οποίο κατέστη ακατάλληλο για τη χρήση για την οποία προοριζόταν αρχικά, και κυρίως τα χρησιμοποιημένα λάδια κινητήρων εσωτερικής καύσεως και κιβωτίων ταχυτήτων και τα λιπαντικά έλαια μηχανών, στροβίλων και υδραυλικών συστημάτων συμπεριλαμβανομένων και των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που προέρχονται από πλοία, άλλα μέσα μεταφοράς ή σταθερές εγκαταστάσεις. Τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων περιλαμβάνονται στο κεφάλαιο 13 του καταλόγου αποβλήτων του Παραρτήματος της Απόφασης 2001/118/Ε.Κ. του Συμβουλίου της 16ης Ιανουαρίου 2001 των Ευρ. Κοινοτήτων (ΕΕΙ 47/16.2.2001).

2.«Διάθεση»:

Η επεξεργασία ή η καταστροφή των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, καθώς και η αποθήκευσή τους ή η εναπόθεσή τους επάνω ή μέσα στο έδαφος, με σκοπό να καταστούν αβλαβή για την υγεία και το περιβάλλον.

3.«Επεξεργασία»:

Οι εργασίες που αποσκοπούν στην επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, δηλαδή η αναγέννηση και η καύση.

4.«Αναγέννηση»:

Κάθε διεργασία που επιτρέπει την παραγωγή βασικών ελαίων και συνεπάγεται ιδίως το διαχωρισμό των προσμείξεων, των προϊόντων οξείδωσης και των προσθέτων που περιέχουν αυτά τα λιπαντικά έλαια.

5.«Καύση»:

Η χρήση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων ως καυσίμων με κατάλληλη ανάκτηση της παραγόμενης θερμότητας με τους όρους και περιορισμούς που προβλέπονται στην κείμενη νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος.

#### 6.«Συλλογή»

Το σύνολο των εργασιών με τις οποίες γίνεται η μεταφορά των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων από τους κατόχους στις εγκαταστάσεις διάθεσης αυτών. Στις εργασίες συλλογής περιλαμβάνονται τα σημεία συλλογής, και τα κέντρα συλλογής.

#### 7.«Διαχείριση Λιπαντικών ελαίων»:

α) η παραγωγή λιπαντικών ελαίων

β) η διάθεση (διακίνηση) στην αγορά (εμπορία), συμπεριλαμβανομένης και της εισαγωγής λιπαντικών ελαίων προκειμένου να καταλήξουν στο χρήστη ή στον τελικό καταναλωτή. Στη διακίνηση δεν περιλαμβάνονται οι υπηρεσίες μεταφοράς.

8.«παραγωγός»: αυτός που παράγει λιπαντικά έλαια ή αυτός του οποίου η επωνυμία αναγράφεται στο τελικό προϊόν.

9.«Βασικά έλαια»: τα έλαια τα οποία πληρούν τα ποιοτικά πρότυπα (προδιαγραφές) που εφαρμόζονται σε εθνικό, κοινοτικό ή διεθνές επίπεδο και προορίζονται προς χρήση στον τελικό καταναλωτή ή χρήστη.

#### 10.«Διαχείριση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων (ΑΛΕ)».

Οι εργασίες διάθεσης των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, καθώς και η συλλογή, μεταφορά και προσωρινή αποθήκευσή τους, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών και της μετέπειτα φροντίδας των χώρων διάθεσης. Η διαχείριση των ΑΛΕ πραγματοποιείται σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.

#### 11.«Εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων λιπαντικών ελαίων»

Όλες οι εργασίες συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και επεξεργασίας των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, ώστε να επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς ή να ανακτάται η παραγόμενη ενέργεια εφόσον χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα.

#### 12.«αρμόδια αρχή»: για την εφαρμογή του Π.Δ. είναι ο ΕΟΕΔΣΑΠ

### **4.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ**

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στα απόβλητα λιπαντικών ελαίων περιλαμβάνεται κάθε βιομηχανικό ή λιπαντικό έλαιο ορυκτής συνθετικής ή μικτής βάσης το οποίο κατέστη ακατάλληλο για τη χρήση για την οποία προοριζόταν αρχικά, και κυρίως τα χρησιμοποιημένα λάδια κινητήρων εσωτερικής καύσεως και κιβωτίων ταχυτήτων και τα λιπαντικά έλαια μηχανών, στροβίλων και υδραυλικών συστημάτων συμπεριλαμβανομένων και των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που προέρχονται από πλοία, άλλα μέσα μεταφοράς ή σταθερές εγκαταστάσεις.

Σύμφωνα με το Π.Δ. 82/2004 απαγορεύεται ρητώς:

- α) Κάθε απόρριψη αποβλήτων λιπαντικών ελαίων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, στα χωρικά θαλάσσια νερά και στα νερά των αποχετευτικών συστημάτων.
- β) Κάθε εναπόθεση ή και απόρριψη αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στο έδαφος και στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, όπως και κάθε ανεξέλεγκτη απόρριψη καταλοίπων που προέρχονται από την επεξεργασία των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.
- γ) Κάθε επεξεργασία αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που προκαλεί ρύπανση της ατμόσφαιρας η οποία έχει ως αποτέλεσμα την υπέρβαση των οριακών τιμών εκπομπής των αερίων ρύπων που καθορίζονται από ειδικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας.

### **4.4 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ**

Τα προγράμματα εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων αποσκοπούν στην πρόληψη ή τον περιορισμό των ζημιωγόνων για το περιβάλλον επιπτώσεων που προέρχονται από τις εργασίες διαχείρισής τους και στη λήψη των ενδεδειγμένων μέτρων σύμφωνα με τους στόχους και τις γενικές κατευθύνσεις του Ν. 2939/2001 Π.Δ. 82/2004.

Τα προγράμματα εναλλακτικής διαχείρισης αναφέρονται στη θέσπιση ειδικών μέτρων και στον προσδιορισμό συγκεκριμένων δράσεων



και διαδικασιών για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων και περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο:

α) Μεθόδους για την οργάνωση της εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.

β) Μέτρα για την ενθάρρυνση της επεξεργασίας κατά προτεραιότητα με αναγέννηση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.

γ) Μέτρα για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του καταναλωτή ή του τελικού χρήστη.

δ) Μέτρα για την επίτευξη των ποσοτικών στόχων του άρθρου 9 του Π.Δ. 82/2004.

ε) Κατευθυντήριες γραμμές και τεχνικές οδηγίες για τη συλλογή, προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά των ΑΛΕ.

στ) Καταγραφή όλων των φορέων και επιχειρήσεων που συλλέγουν, καθώς και των εγκαταστάσεων που διαθέτουν χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια για την υπαγωγή τους στις διατάξεις του Π.Δ. 82/2004.

Για την διαχείριση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων και άδεια διαχείρισης σύμφωνα με τη διαδικασία και τους όρους που προβλέπονται στις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των επικινδύνων αποβλήτων. Σε περίπτωση που τα απόβλητα λιπαντικά έλαια περιέχουν PCB/PCT σε περιεκτικότητα των ουσιών αυτών μεγαλύτερη του 0.005% (50 ppm), η διαχείρισή τους υπόκειται στις διατάξεις της ΚΥΑ 7589/731/2000 για τον «Καθορισμό μέτρων και όρων για τη διαχείριση των πολυχλωροδιφαινυλίων και πολυχλωροτριφαινυλίων».

Σε περίπτωση που ο διαχειριστής ΑΛΕ δραστηριοποιείται σε περισσότερες από μία Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, η ως άνω άδεια διαχείρισης (συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και μεταφόρτωσης) χορηγείται από τον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ μετά από εισήγηση της αρμόδιας υπηρεσίας Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ.

#### **4.4.1 Συλλογή**

Η διαδικασία συλλογής των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων περιλαμβάνει:

α) Σημεία συλλογής

Σημείο συλλογής είναι ο χώρος στον οποίο γίνεται η παραλαβή σε ειδικά σχεδιασμένα δεξαμενή των ΑΛΕ που αφήνει ο τελικός χρήστης ή καταναλωτής. Στα σημεία συλλογής έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα

για αποτροπή κινδύνου φωτιάς, για αντιμετώπιση τυχών διαρροών και για αποτροπή διάθεσης αποβλήτων που μπορούν να καταστήσουν τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων ακατάλληλα για αναγέννηση. Σημεία συλλογής διαθέτουν κυρίως τα πρατήρια υγρών καυσίμων, συνεργεία μηχανουργεία, βιομηχανίες, ευκολίες υποδοχής σε λιμάνια, αεροδρόμια και δημόσιοι οργανισμοί, όπου δηλαδή γίνεται πώληση και αντικατάσταση ή μόνο αντικατάσταση λιπαντικών ελαίων.

#### β) Κέντρα συλλογής

Στα κέντρα συλλογής συγκεντρώνονται τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων από τα σημεία συλλογής, ώστε στη συνέχεια να οδηγηθούν προς επεξεργασία ή εφόσον η επεξεργασία δεν είναι εφικτή από τεchnοοικονομική άποψη προς άλλες εργασίες διάθεσης όπως η ακίνδυνη καταστροφή τους ή η ελεγχόμενη αποθήκευση ή εναπόθεσή τους, με τους όρους και τις προϋποθέσεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.

Σε ότι αφορά τα σημεία συλλογής αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που προέρχονται από ιδιώτες / τελικούς καταναλωτές, ισχύουν τα ακόλουθα:

α. Εφόσον στα σημεία πώλησης λιπαντικών ελαίων γίνεται και η αντικατάστασή τους θα πρέπει να υποδεικνύεται εμφανώς στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή το σημείο συλλογής το οποίο πρέπει να βρίσκεται εντός του χώρου της εν λόγω εγκατάστασης ή δραστηριότητας.

β. Για την αντικατάσταση ή συμπλήρωση κάθε τύπου λιπαντικού ελαίου, ο καταναλωτής οφείλει να παραδίδει στο σημείο συλλογής την ποσότητα αποβλήτων λιπαντικών ελαίων την οποία διαθέτει.

γ. Εφόσον οι βιομηχανίες, βιοτεχνίες και οι λοιπές επιχειρήσεις ή τα δημόσια ιδρύματα αγοράζουν λιπαντικά έλαια κατευθείαν από τον παραγωγό ή από το διακινητή στην αγορά λιπαντικών ελαίων (έμπορο), υποχρεούνται από τα σημεία συλλογής να παραδίδουν τα ΑΛΕ σε συλλέκτες που έχουν άδεια συλλογής ώστε μέσω των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης να οδηγούνται περαιτέρω σε εργασίες διαχείρισης.

δ. Στον τομέα της ναυτιλίας, γίνεται χρήση των λιμενικών εγκαταστάσεων παραλαβής αποβλήτων κατά τα οριζόμενα ειδικότερα στην υπ. αριθμ. 3418/2002/ ΚΥΑ και τις επικυρωμένες Διεθνείς Συμβάσεις και Συμφωνίες σχετικά με την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας.

Οποιοσδήποτε συλλέγει ΑΛΕ από τα σημεία συλλογής υποχρεούται:

- να έχει λάβει άδεια συλλογής σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας
- να διατηρεί αναλυτικά αρχεία ποσοτήτων των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που συλλέγει, διακινεί και παραδίδει
- να μεταφέρει σε τακτά διαστήματα τα ΑΛΕ και να τα παραδίδει στα Κέντρα συλλογής ή σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις διάθεσης

#### **4.4.2 Λήψη, έλεγχος και αποθήκευση δειγμάτων**

α) Τα κέντρα συλλογής αποβλήτων λιπαντικών ελαίων υποχρεούνται να λαμβάνουν δείγματα κατά την παραλαβή αυτών. Τα δείγματα φυλάσσονται μέχρι να διεξαχθεί ο έλεγχος και να διαπιστωθεί ότι τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων μπορούν να διατεθούν σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στην άδεια διάθεσής τους.

β) Οι έλεγχοι, οι οποίοι πραγματοποιούνται από διαπιστευμένα εργαστήρια, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις ή από εργαστήρια που διαθέτουν σύστημα ποιότητας, διεξάγονται σε δύο στάδια: β.1. κατά τη συλλογή των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων πριν φτάσουν στις εγκαταστάσεις και β.2. στις εγκαταστάσεις διάθεσής τους. Ο έλεγχος κατά τη συλλογή στοχεύει στον εντοπισμό πιθανών προσμίξεων και την πρόληψη της ρύπανσης από αυτές μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων λιπαντικών ελαίων. Εφόσον από τον πρώτο έλεγχο ενός δείγματος στο κέντρο συλλογής προκύψει ότι υπάρχει ρύπανση από πρόσμιξη, απαιτείται η διενέργεια δευτέρου ελέγχου για επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων.

Ως προσμίξεις ουσιαστικά νοούνται τα PCB/PCT οι αλογονούχες ενώσεις, καθώς και κάθε άλλη ουσία η οποία είναι δυνατόν να καταστήσει τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων ακατάλληλα για επεξεργασία.

γ) Έλεγχος πρέπει να πραγματοποιείται και στα σημεία συλλογής όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων έχουν ρυπανθεί από τις προαναφερόμενες προσμίξεις.

δ) Για την μεθοδολογία μέτρησης των PCB / PCT στα απόβλητα λιπαντικών ελαίων, ισχύουν τα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 127661 και PGEN 127662 και οι διάδοχες αναβαθμισμένες μορφές αυτών.

#### **4.4.3 Μέθοδοι και τρόποι διάθεσης**

Τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων μετά τη συλλογή τους:

- α) Υποβάλλονται κατά προτεραιότητα σε επεξεργασία με αναγέννηση.
- β) Εφόσον η επεξεργασία με αναγέννηση δεν είναι εφικτή από τεχνικοοικονομική και οργανωτική άποψη, η επεξεργασία γίνεται με καύση. Στην περίπτωση αυτή η επεξεργασία δεν θα πρέπει να προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία.
- γ) Εφόσον και η επεξεργασία με καύση δεν είναι εφικτή από τεχνικοοικονομική και οργανωτική άποψη, πρέπει να εξασφαλίζεται η ακίνδυνη καταστροφή τους ή η ελεγχόμενη αποθήκευση ή εναπόθεσή τους.

Οι αρμόδιες αρχές κατά τη διαδικασία χορήγησης της άδειας διάθεσης των ΑΛΕ σύμφωνα με τις κείμενες σχετικές διατάξεις και ειδικότερα κατά το στάδιο της έγκρισης περιβαλλοντικών όρων σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/ 1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/ 2002 καθορίζουν με ποιό τρόπο από τους αναφερόμενους στην προηγούμενη παράγραφο, θα πραγματοποιηθεί η διάθεση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.

#### **4.4.4 Αναγέννηση**

Στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για την αναγέννηση ΑΛΕ προβλέπονται εκτός των άλλων και όροι που αναφέρονται: α) στον περιορισμό στο ελάχιστο των κινδύνων σχετικά με την ποσότητα των καταλοίπων της αναγέννησης που έχουν επικίνδυνες ιδιότητες και την υποχρέωση διάθεσης των καταλοίπων αυτών σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των επικινδύνων αποβλήτων ώστε να αποφεύγονται δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

β) στην υποχρέωση ώστε, τα έλαια που προκύπτουν από την αναγέννηση να μην περιέχουν πολυχλωροδιφαινύλια / πολυχλωροτριφαινύλια (PCB / PCT) σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50 ppm.

γ) στη χρησιμοποίηση μεθόδων για την αναγέννηση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων που περιέχουν PCB / PCT σε μεγαλύτερο από το προαναφερόμενο ποσοστό, που αποσκοπούν είτε στην καταστροφή των PCB ή PCT, είτε στη μείωσή τους.

δ) στην υποχρέωση ώστε τα παραγόμενα αναγεννημένα έλαια, να έχουν τις ίδιες προδιαγραφές με τα βασικά ορυκτέλαια.

2.3. Η χρησιμοποίηση αποβλήτων λιπαντικών ελαίων ως καυσίμων σε εγκαταστάσεις με σκοπό την ανάκτηση θερμότητας, γίνεται σύμφωνα με τις εκάστοτε κείμενες διατάξεις σχετικά με την αποτέφρωση των αποβλήτων.

2.4. Η προβλεπόμενη από τις κείμενες διατάξεις έγκριση περιβαλλοντικών όρων για εγκαταστάσεις καύσης αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, συνυπογράφεται και από τον Υπουργό Οικονομίας και Οικονομικών ως ασκούντα εποπτεία στο Γενικό Χημείο του Κράτους.

#### **4.4.5 Υποχρεώσεις παραγωγών και διαχειριστών ΑΛΕ**

Οι υποχρεώσεις των εγκαταστάσεων ή δραστηριοτήτων που παράγουν ή διαχειρίζονται ΑΛΕ καθορίζονται στο άρθρο 11 (παραγ.Β) της 19396/1997 ΚΥΑ. Κάθε εγκατάσταση που προβαίνει σε εργασίες αξιοποίησης ή διάθεσης ΑΛΕ παρέχει τις πληροφορίες και τα στοιχεία που προβλέπονται στην παραγ.1 (εδ.α,β και γ) και στην αρμόδια αρχή για τη χορήγηση της άδειας αξιοποίησης ή διάθεσής τους.

Υπόχρεοι για τη συμπλήρωση του εντύπου αναγνώρισης αποβλήτων λιπαντικών ελαίων είναι οι ακόλουθοι:

- Πρατήρια υγρών καυσίμων/συνεργεία αυτοκινήτων
- Συλλέκτες αποβλήτων λιπαντικών ελαίων
- Κέντρα συλλογής.
- Εγκαταστάσεις διάθεσης
- Βιομηχανίες/βιοτεχνίες και γενικά κάθε είδους εγκαταστάσεις καθώς και δημόσιοι ή κρατικοί φορείς στους οποίους παράγονται απόβλητα λιπαντικών ελαίων

Στο έντυπο περιγράφονται τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων κατά είδος και η προέλευση, Οι υπόχρεοι συμπλήρωσης του εντύπου φυλάσσουν αντίγραφο αυτού για τρία χρόνια. Το συμπληρωμένο έντυπο αναγνώρισης υποβάλλεται από τον υπόχρεο, στο Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης, το οποίο υποχρεούται να παρέχει σχετικά στοιχεία στην αρμόδια Υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ και σε οποιοδήποτε άλλο εμπλεκόμενο φορέα. Επιπλέον, ο υπόχρεος του κάθε σταδίου διαχείρισης

υποβάλλει αντίγραφο του εντύπου αναγνώρισης στον υπόχρεο του επόμενου σταδίου διαχείρισης.

Τα λιπαντικά έλαια επιτρέπεται να τεθούν σε κυκλοφορία, σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες σχετικές διατάξεις, και μόνο εφόσον οι συσκευασίες τους φέρουν επιπλέον και ένδειξη (με μορφή ετικέτας ή σφραγίδας) όπου αναγράφονται τα ακόλουθα:

«Τα μεταχειρισμένα λιπαντικά πρέπει να συλλέγονται σε ειδικά σημεία ώστε να μη ρυπαίνουν το περιβάλλον χωρίς να αναμειγνύονται με διαλύτες, υγρά φρένων, αντιψυκτικά υγρά και νερό».

#### **4.4.6 Μέτρα για την προώθηση της επεξεργασίας των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων**

Η αρμόδια αρχή οργανώνει σύστημα ενημέρωσης για θέματα εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΛΕ το οποίο απευθύνεται στις παραγωγικές τάξεις καθώς και τους ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς που έχουν σχέση με τις διαδικασίες της εναλλακτικής διαχείρισης αλλά και στο ευρύ κοινό.

Η αρμόδια αρχή έχει δικαίωμα συλλογής και επεξεργασίας περαιτέρω πληροφοριών με την επιφύλαξη της κείμενης νομοθεσίας για την προστασία του βιομηχανικού και εμπορικού απορρήτου.

Ο ΕΟΕΔΣΑΠ εισηγείται στον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ, μέτρα διοικητικά και νομοθετικά για την ενθάρρυνση της επεξεργασίας κατά προτεραιότητα με αναγέννηση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων. Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνεται η παροχή κινήτρων σύμφωνα με το εκάστοτε ισχύον νομοθετικό καθεστώς ενισχύσεων των ιδιωτικών επενδύσεων συμπεριλαμβανομένων και των κινήτρων σε επιχειρήσεις για τη συλλογή και περαιτέρω επεξεργασία των ΑΛΕ με σκοπό την παραγωγή νέων πρώτων υλών ή νέων προϊόντων και με την προϋπόθεση ότι δεν δημιουργούνται σημαντικές διαταραχές στον ανταγωνισμό ή τεχνητές διακινήσεις ανταλλαγής των προϊόντων.

#### **4.4.7 Όροι και προϋποθέσεις**

Οι παραγωγοί και εισαγωγείς λιπαντικών ελαίων υποχρεούνται να οργανώνουν συστήματα ή να συμμετέχουν σε συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης των λιπαντικών ελαίων αυτών που αφορούν την δραστηριότητά τους.

Οι παραγωγοί και εισαγωγείς λιπαντικών ελαίων προωθούν την πλέον ενδεδειγμένη μέθοδο εναλλακτικής διαχείρισης, με την οργάνωση συστημάτων συλλογής, προσωρινής αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων τηρουμένων των σχετικών διατάξεων.

Τα συστήματα αυτά αποβλέπουν ειδικότερα:

- α) Στην επιστροφή των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων από τον καταναλωτή ή άλλο τελικό χρήστη, προκειμένου να διοχετεύονται προς τις πλέον ενδεδειγμένες εναλλακτικές λύσεις διαχείρισης αποβλήτων.
- β) Στην επεξεργασία των συλλεγομένων αποβλήτων λιπαντικών ελαίων με τη χρησιμοποίηση καθαρών τεχνολογιών.

Τα ως άνω συστήματα εφαρμόζονται και για τα εισαγόμενα λιπαντικά έλαια, με συνθήκες που να μην δημιουργούν διακρίσεις. Ειδικότερα τα συστήματα αυτά:

- α) σχεδιάζονται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται εμπόδια στο εμπόριο ή στρεβλώσεις στον ανταγωνισμό σύμφωνα με το εθνικό και κοινοτικό δίκαιο και
- β) λαμβάνουν κατά κύριο λόγο υπόψη τις απαιτήσεις σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας και ασφάλειας των καταναλωτών και προστασίας των δικαιωμάτων βιομηχανικού και εμπορικού απορρήτου.

Η οργάνωση των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης γίνεται από τους παραγωγούς και εισαγωγείς:

- α) ατομικά από τους ίδιους ή
- β) συλλογικά, με τη συμμετοχή τους σε εγκεκριμένα συστήματα συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης οποιασδήποτε νομικής μορφής, όπως εταιρείες, συνεταιρισμούς, κοινοπραξίες κ.τ.λ.

#### **4.4.8 Χορήγηση έγκρισης**

Για την οργάνωση κάθε συστήματος ατομικής ή συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης απαιτείται η χορήγηση έγκρισης από τον ΕΟΕΔΣΑΠ.

Ειδικότερα για την έγκριση κάθε συστήματος ατομικής εναλλακτικής διαχείρισης ΑΛΕ, απαιτείται:

- α) Η κατάθεση στον ΕΟΕΔΣΑΠ φακέλου με μελέτη ή / και στοιχεία από τον οποίο:

- να αποδεικνύεται ότι το σύστημα διαθέτει την απαιτούμενη τεχνική και οικονομική υποδομή
- να καθορίζονται οι στόχοι και οι μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης. Ειδική πρόβλεψη απαιτείται για τα νησιά και τις απομακρυσμένες περιοχές.

β) Η καταβολή στον ΕΟΕΔΣΑΠ σχετικού ανταποδοτικού τέλους, το ύψος του οποίου προσδιορίζεται αρχικά με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Το ποσό του ανταποδοτικού τέλους αναπροσαρμόζεται με κοινή απόφαση των ως άνω Υπουργών μετά από εισήγηση του ΕΟΕΔΣΑΠ με κριτήριο την έκταση του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης.

Οι παραγωγοί και εισαγωγείς των λιπαντικών ελαίων που οργανώνουν συστήματα ατομικής εναλλακτικής διαχείρισης, φέρουν ευθύνη για την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους.

Ανάλογες είναι και οι απαιτήσεις για την έγκριση κάθε συστήματος συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης.

#### **4.4.9 Πιστοποιητικό εναλλακτικής διαχείρισης**

1.Κάθε τρία (3) χρόνια από τη χορήγηση της έγκρισης του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης διενεργείται έλεγχος από τον ΕΟΕΔΣΑΠ μετά από αίτηση του παραγωγού ή εισαγωγέα ή του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης ή αυτεπαγγέλτως, προκειμένου να διαπιστωθεί ότι κατά το χρονικό αυτό διάστημα εφαρμόζονται οι μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης και επιτυγχάνονται οι στόχοι της σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Π.Δ. 82/2004.

Αν από τον έλεγχο διαπιστωθεί ότι εφαρμόζονται οι μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης και επιτυγχάνονται οι στόχοι σύμφωνα με τα παραπάνω, ο ΕΟΕΔΣΑΠ εκδίδει το Πιστοποιητικό Εναλλακτικής Διαχείρισης (Π.Ε.Δ.), με το οποίο βεβαιώνεται η υπαγωγή των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων σε εναλλακτική διαχείριση.

Το Π.Ε.Δ. εκδίδεται στο όνομα του παραγωγού ή εισαγωγέα για τα λιπαντικά έλαια που διαχειρίζεται. Με το Π.Ε.Δ. απαλλάσσονται οι λοιποί συνυπεύθυνοι παραγωγοί ή εισαγωγείς από την υποχρέωση έκδοσής του.

3.Το Π.Ε.Δ. χορηγείται εφόσον ο αιτών παραγωγός ή εισαγωγέας:



α) αποδεικνύει με βάση τα στοιχεία που του ζητά ο ΕΟΕΔΣΑΠ, ότι εκπλήρωσε τις υποχρεώσεις εναλλακτικής διαχείρισης για την προηγούμενη τριετία σύμφωνα με τους όρους που προσδιορίζονται στη χορηγηθείσα έγκριση του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης. Σε περίπτωση που ο αιτών παραγωγός ή εισαγωγέας συμμετέχει σε συστήματα συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης αρκεί η κατάθεση στον ΕΟΕΔΣΑΠ των αποδεικτικών συμμετοχής στα συστήματα αυτά και εκπλήρωσης των υποχρεώσεών του.

β) καταβάλλει ανταποδοτικό τέλος το ύψος του οποίου προσδιορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

Αν ο ΕΟΕΔΣΑΠ διαπιστώσει ότι δεν πληρούνται οι υποχρεώσεις εναλλακτικής διαχείρισης ή ότι δεν τηρούνται οι όροι της έγκρισης που χορηγήθηκε, μπορεί να θέσει ειδικούς όρους για την έκδοση του ΠΕΔ με προθεσμία συμμόρφωσης με αυτούς ή να επιβάλλει χρηματικό πρόστιμο σύμφωνα με το άρθρο 20 του Ν. 2939/2001.

Εάν ο αιτών επί δύο φορές δεν επιδεικνύει επάρκεια ή δεν συμμορφωθεί με τους τιθέμενους ειδικούς όρους, ο ΕΟΕΔΣΑΠ έχει τη δυνατότητα:

α) στην περίπτωση συστήματος ατομικής εναλλακτικής διαχείρισης να υποχρεώνει τον αιτούντα να συμμετάσχει σε υπάρχον σύστημα συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης που αφορά τον κλάδο του ή να συμπράξει στη δημιουργία νέου, άλλως προβαίνει σε αναθεώρηση των όρων ή σε ανάκληση της έγκρισης του συστήματος αυτού.  
β) στην περίπτωση συστήματος συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης να προβεί σε αναθεώρηση των όρων ή σε ανάκληση της έγκρισης του συστήματος αυτού.

Οι αιτήσεις και τα σχετικά αποδεικτικά στοιχεία για την έκδοση του Π.Ε.Δ. κατατίθενται στον ΕΟΕΔΣΑΠ κάθε τρία (3) χρόνια, από τη χορήγηση της έγκρισης του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης, από 1 Ιανουαρίου έως 31 Ιανουαρίου. Μέσα σε έξι (6) μήνες από την υποβολή όλων των αιτούμενων στοιχείων χορηγείται το Π.Ε.Δ., το οποίο εν συνεχεία περιλαμβάνεται σε κατάλογο τον οποίο δημοσιεύει ο ΕΟΕΔΣΑΠ, σύμφωνα με τα άρθρα 13 και 18 του Ν. 2939/01.

#### **4.4.10 Ποσοτικοί στόχοι**

Σύμφωνα με το Π.Δ. 82/2004 ο στόχος ήταν μέχρι την 31 Δεκεμβρίου 2006 να συλλέγεται τουλάχιστον το 70% κατά βάρος όλων των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων και εξ αυτών να αναγεννάται τουλάχιστον το 80% κατά βάρος.

Τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων που δεν αναγεννώνται, οδηγούνται προς άλλες εργασίες διάθεσης, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης τους ως καύσιμα.

#### **4.4.11 Έλεγχοι**

Οι διαχειριστές των λιπαντικών ελαίων υποχρεούνται να καταρτίζουν λεπτομερή έκθεση σχετικά με την εφαρμογή του συστήματος ατομικής ή συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης των λιπαντικών ελαίων ή και των καταλοίπων τους και τον τρόπο εκπλήρωσης των υποχρεώσεών τους. Η έκθεση αυτή περιλαμβάνει και τον προγραμματισμό του συστήματος για τον επόμενο χρόνο. Η έκθεση υποβάλλεται στον ΕΟΕΔΣΑΠ την 1η Ιανουαρίου κάθε έτους.

Η αρμόδια αρχή μεριμνά για τη δημιουργία βάσης δεδομένων για τα ΑΛΕ και καταρτίζει εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή του Π.Δ. 82/2004.

Τακτικοί και έκτακτοι έλεγχοι διενεργούνται:

- α) για την τήρηση των όρων χορήγησης της έγκρισης συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης και εν γένει τήρησης των σχετικών διατάξεων
- β) για την τήρηση των όρων διαχείρισης των ΑΛΕ
- γ) για την αξιοπιστία των παρεχόμενων δεδομένων

## **5. ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΟΡΥΚΤΕΛΑΙΩΝ**

### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα ορυκτέλαια κατά τη χρήση τους μολύνονται με διάφορες προσμίξεις που επηρεάζουν σημαντικά τη λιπαντική τους ικανότητα. Όταν το ποσοστό των προσμίξεων είναι μικρό, τα ορυκτέλαια καθαρίζονται με μηχανικές κατεργασίες (κατακάθιση, διήθηση, φυγοκέντρηση) και χρησιμοποιούνται ξανά. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση εργαλείων κοπής μετάλλων, μετασχηματιστών κ.ά. η μόλυνση είναι πολύ μικρή και οι προσμίξεις καταβυθίζονται με τη μορφή ιλύος οπότε ο καθαρισμός είναι σχετικά εύκολος.

Στις περιπτώσεις που το ποσοστό των προσμίξεων υπερβεί ένα ανώτατο όριο ο καθαρισμός δεν αρκεί και απαιτείται αντικατάσταση του ορυκτελαίου. Τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια συγκεντρώνονται για να αποφευχθεί μόλυνση του περιβάλλοντος και υποβάλλονται σε μια διαδικασία που ονομάζεται αναγέννηση για να ανακτηθούν ορυκτέλαια κατάλληλα για χρήση. Η αναγέννηση γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις και χρησιμοποιούνται φυσικές και χημικές μέθοδοι.

Σε κάποιες περιπτώσεις που η αναγέννηση κρίνεται οικονομικά ασύμφορη, τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια καίγονται. Φυσικά είναι αδύνατον να συγκεντρωθούν όλα τα ορυκτέλαια και ή να αναγεννηθούν ή να καούν. Για παράδειγμα τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση οδοντωτούς τροχούς ή άξονες και επίσης τα ορυκτέλαια που ενσωματώνονται σε πλαστικά, ελαστικά, κόλλες κ.ά. είναι πολύ δύσκολο να συγκεντρωθούν.

## 5.2 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Για τον καθαρισμό των ορυκτελαίων χρησιμοποιείται είτε διήθηση είτε φυγοκέντρωση ή και συνδυασμός των δύο αυτών τεχνικών.

Η φυγοκέντρωση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση σωματιδίων μεγαλύτερου μεγέθους. Αρχικά τα ορυκτέλαια μετά από προθέρμανση στους 50-80°C, αφήνονται για πολύ χρόνο σε δεξαμενές κατακάθισης (settling tanks). Εκεί καθιζάνει το νερό και οι βαρύτερες προσμίξεις.

Στη συνέχεια τα ορυκτέλαια περνούν από τους φυγοκεντρικούς καθαριστές (που είναι γνωστοί και ως De Laval). Οι φυγοκεντρικοί καθαριστές είναι κυλινδρικά δοχεία που περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα και η λειτουργία τους βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ του ορυκτελαίου και των προσμίξεων. Η φυγόκεντρη δύναμη που αναπτύσσεται εκεί λόγω της περιστροφής αναγκάζει τις στερεές προσμίξεις και το νερό να εναποτεθούν στην εσωτερική επιφάνεια του κυλινδρικού δοχείου από όπου συνεχώς απομακρύνονται.

Η απομάκρυνση των προσμίξεων με φυγοκέντρωση διευκολύνεται σε κάποιες περιπτώσεις αν στο ορυκτέλαιο προστεθεί νερό σε μικρή αναλογία. Το νερό βοηθάει στην απομάκρυνση όλων των υδατοδιαλυτών προσμίξεων. Οι φυγοκεντρικοί καθαριστές δεν απαλλάσσουν το ορυκτέλαιο από τις προσμίξεις μικρών διαστάσεων. Γι αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η χρήση της διήθησης.

Η διήθηση χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις μικρών ποσοστών μόλυνσης με προσμίξεις που βρίσκονται σε λεπτό διαμερισμό μέσα στο ορυκτέλαιο όπως σκόνες, εξανθρακώματα, λεπτά μεταλλικά ρινίσματα, προϊόντα οξείδωσης κ.ά. Η διήθηση έχει τη δυνατότητα να απομακρύνει σωματίδια με μέγεθος έως και 2.5μm. Τα ορυκτέλαια περνούν μέσα από ειδικά διηθητικά φίλτρα κατασκευασμένα από χαρτί ή τσόχα. Επίσης, χρησιμοποιούνται και μεταλλικά ή μαγνητικά φίλτρα. Με τα μαγνητικά φίλτρα επιτυγχάνεται η απομάκρυνση μεταλλικών σωματιδίων που μπορούν να μαγνητιστούν.

### **5.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ**

Η αύξηση της ποικιλίας των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων τα τελευταία χρόνια είχε ως αποτέλεσμα οι παραδοσιακές διαδικασίες επεξεργασίας που βασίζονται σε επεξεργασία με οξύ και αποχρωστική γη να μην δίνουν ορυκτέλαια με τις απαιτούμενες τελικές ιδιότητες. Επιπλέον, η ανησυχία για τα περιβαλλοντικά θέματα καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την εξεύρεση της κατάλληλης διαδικασίας.

Οι προαναφερθείσες τεχνολογίες που βασίζονται σε κατεργασία με οξύ και αποχρωστική γη θεωρούνται πλέον απαρχαιωμένες για περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους. Από οικονομική άποψη, απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις για την κατασκευή των απαραίτητων εγκαταστάσεων ενώ από την περιβαλλοντική άποψη υπάρχει το πρόβλημα της διάθεσης του οξέος και άλλων ουσιών που παράγονται κατά τη διαδικασία.

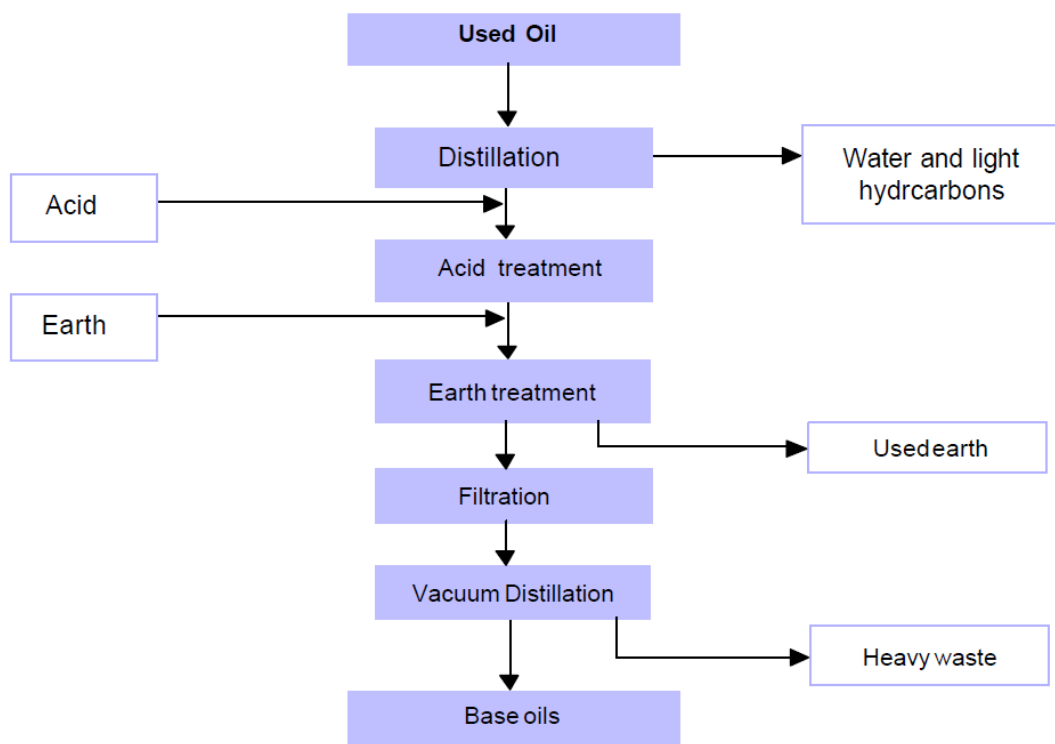
Η επίλυση αυτών των προβλημάτων οδήγησε στην εισαγωγή τεχνολογιών που συνδυάζουν διαδικασίες απόσταξης κενού και υδρογόνωσης. Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας βασίζονται στην απόσταξη των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων που έχουν προηγουμένως αφυδατωθεί και την υδρογόνωση των αποσταγμένων προϊόντων.

Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται οι διάφορες τεχνολογίες αναγέννησης των ορυκτελαίων ομαδοποιημένες κατάλληλα.

### **5.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΟΞΥ ΚΑΙ ΑΠΟΧΡΩΣΤΙΚΗ ΓΗ**

Πρόκειται για διαδικασίες που πλέον θεωρούνται ξεπερασμένες. Τα βήματα που ακολουθούν οι τεχνολογίες αυτές φαίνονται στο σχήμα 3.1. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας με οξύ και αποχρωστική γη (acid-earth technologies) βασίζονται στην επεξεργασία του υποστρώματος με θειικό οξύ για την εξάλειψη των ρυπογόνων ουσιών και στη συνέχεια επεξεργασία με αποχρωστική γη για την εξουδετέρωση του προϊόντος που προκύπτει. Η κατεργασία με την αποχρωστική γη δίνει το απαιτούμενο χρώμα και οσμή. Προκύπτει το πρόβλημα της διαχείρισης

των όξινων αποβλήτων, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις είναι τοξικά και επικίνδυνα. Συνεπώς η απόρριψή τους είναι ένα σημαντικό πρόβλημα.



Σχήμα 5.1 Σχηματική αναπαράσταση των διαδικασιών που χρησιμοποιούν οι τεχνολογίες που βασίζονται σε επεξεργασία με οξύ και αποχρωστική γη [5].

#### 5.4.1 Τεχνολογία Meinken

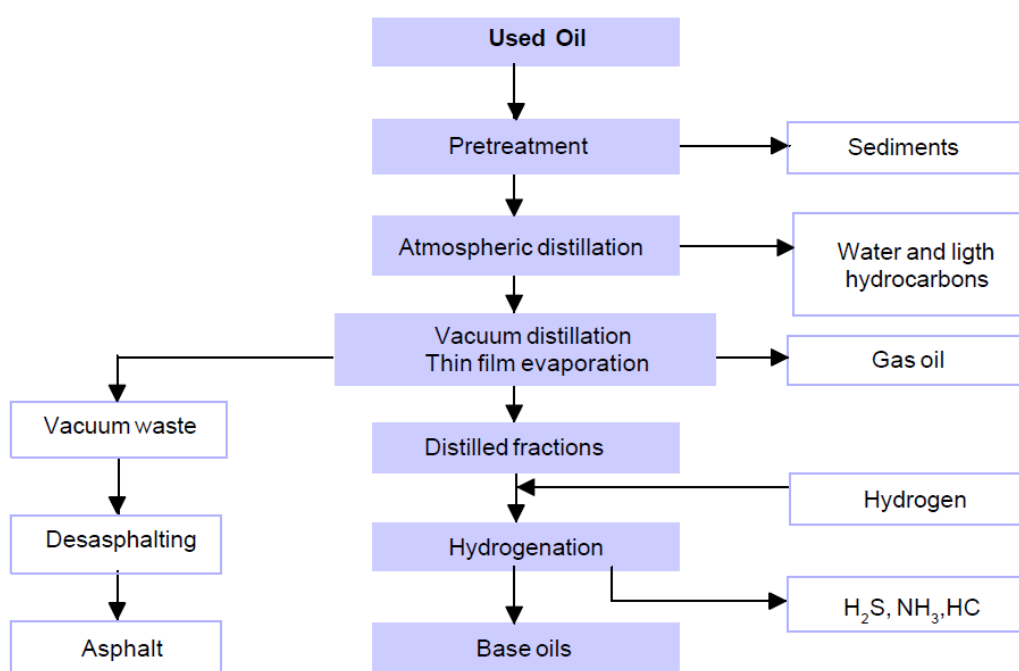
Η τεχνολογία Meinken δεν χρησιμοποιείται πλέον για οικονομικούς λόγους και λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται με την χρήση των οξέων. Παρουσιάζονται επίσης προβλήματα εσωτερικής διάβρωσης.

Υπάρχουν ορισμένα διωλιστήρια που λειτουργούν με την τροποποιημένη τεχνολογία Meinken αυτήν τη στιγμή. Χρησιμοποιούν λεπτές μεμβράνες και τεχνικές απόσταξης επαφής και με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουν να μειώσουν την ποσότητα του θειικού οξέος σε 3% και της αποχρωστικής γης σε 3.5%. Μερικά από αυτά τα διωλιστήρια χρησιμοποιούν επίσης και υδρογόνωση.

Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι το χαμηλό κόστος επένδυσης και συντήρησης, η δυνατότητα επεξεργασίας χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων χαμηλής ποιότητας, και η ευελιξία και ευκολία χειρισμού των διαδικασιών.

## 5.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΣΤΑΞΗΣ ΚΕΝΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗΣ

Αυτοί οι τύποι διεργασιών είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην Ιταλία, όπου το 93% του συλλεγόμενου ορυκτελαίου αντιμετωπίζεται με αυτές τις τεχνολογίες. Αυτό αντιπροσωπεύει 175.700 τόνους πετρελαίου ετησίως. Το 60% των προϊόντων που προκύπτουν είναι βασικά έλαια και το 8% είναι ελαφρά έλαια. Απόβλητα που περιέχουν πρόσθετα, ασφαλτένια, προϊόντα οξείδωσης και πολυμερισμού, μέταλλα και άλλες ακαθαρσίες που παράγονται κατά τη δύλιση καταστρέφονται με διεργασίες καύσης σε ειδικά εργοστάσια.



Σχήμα 5.2 Διάγραμμα των διαδικασιών απόσταξης κενού και υδρογόνωσης [5].

Προς το παρόν, η Ιταλία είναι η νούμερο ένα Ευρωπαϊκή χώρα από την άποψη της ποσότητας των ορυκτελαίων που ανακυκλώνονται σε σχέση με τη συνολική ποσότητα ορυκτελαίων που παράγονται.

Στο σχήμα 5.2 φαίνονται οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις τεχνολογίες.

### 5.5.1 Τεχνολογία ΚΤΙ

Η διαδικασία ΚΤΙ (Kinetics Technology International), γνωστή και ως ΚΤΙ Relube Technology, συνδυάζει την απόσταξη κενού και την επεξεργασία υδρογόνωσης για να εξαλείψει το μεγαλύτερο μέρος των ρυπαντικών ουσιών στα χρησιμοποιημένο ορυκτέλαια.

Τα βασικά βήματα της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Ατμοσφαιρική απόσταξη: έχει σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση του νερού και των ελαφρών υδρογονανθράκων.
2. Απόσταξη κενού: το προκύπτον προϊόν εμπίπτει στις προδιαγραφές των λιπαντικών ελαίων. Η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 250°C.
3. Υδρογόνωση των προϊόντων που έχουν αποσταχθεί υπό κενό: τα έλαια που έχουν αποσταχθεί στο προηγούμενο στάδιο υποβάλλονται σε επεξεργασία υδρογόνωσης για την απομάκρυνση του θείου, του αζώτου και ενώσεων του οξυγόνου. Αυτό το στάδιο χρησιμοποιείται επίσης για τη βελτίωση του χρώματος και της οσμής του λαδιού.
4. Κλασμάτωση: το υδρογονωμένο έλαιο διαχωρίζεται σε διαφορετικά κλάσματα βασικών ελαίων σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις απαραίτητες απαιτήσεις του προϊόντος.

Αυτή η τεχνολογία αντιμετωπίζει πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και άλλα επικίνδυνα υλικά και δίνει απόδοση 82% σε βασικά έλαια υψηλής ποιότητας σε σχέση με το χρησιμοποιημένο έλαιο που επεξεργάζεται. Τα απόβλητα που παράγονται στο στάδιο της απόσταξης υπό κενό περιέχουν πρόσθετα, παραπροϊόντα ασφάλτου, οξειδωμένα προϊόντα και άλλες ακαθαρσίες τα οποία έχουν μία οικονομική αξία.

Το πρώτο διωλιστήριο με βάση αυτήν την τεχνολογία ιδρύθηκε στην Ελλάδα (Ασπρόπυργος Αττικής) το 1982 από την εταιρεία LPC Α.Ε. Η απόδοση της αναγέννησης στο εργοστάσιο της LPC φτάνει το 72% σε βασικά λιπαντικά, ενώ συνολικά η ανάκτηση χρήσιμων υλικών από τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά αγγίζει το 90%. Τα λιπαντικά που

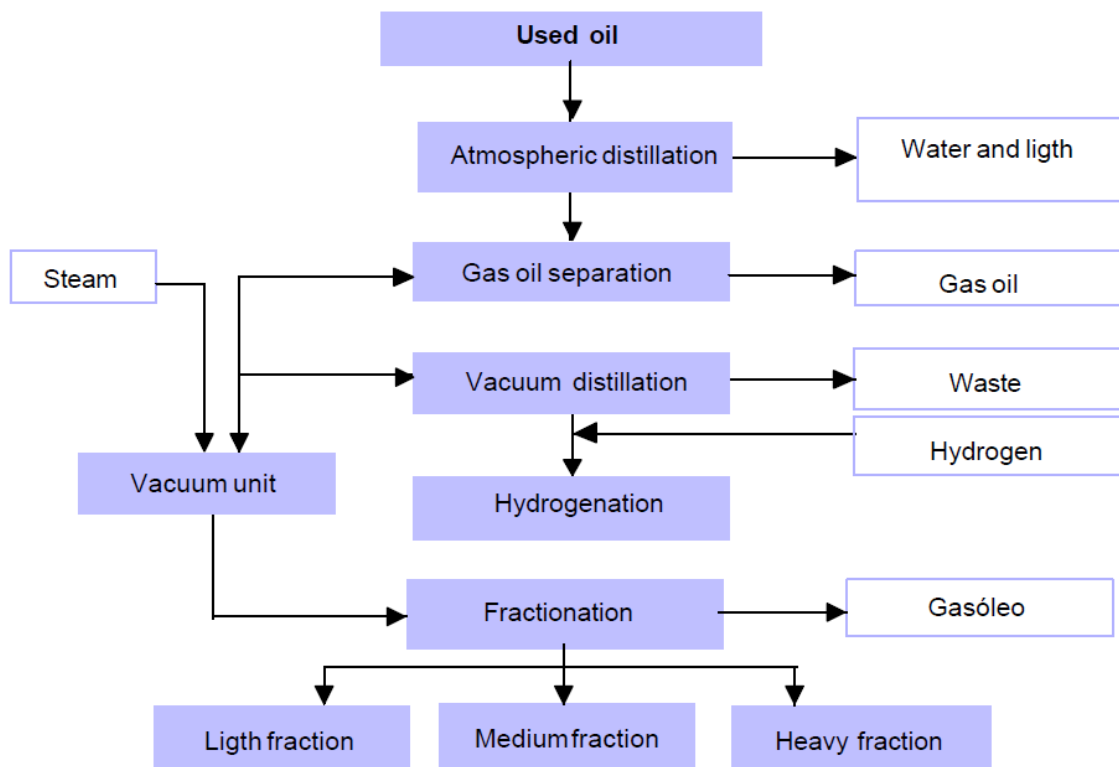


παράγονται από την αναγέννηση ικανοποιούν τις αυστηρότερες προδιαγραφές. Η LPC είναι μέλος του ομίλου της Motor Oil και αποτελεί τη μεγαλύτερη Ελληνική επένδυση σε θέματα περιβάλλοντος (εκτιμάται σε περισσότερο από 30.000.000 €). Η σημερινή δυναμικότητα επεξεργασίας του αγγίζει τους 40.000 τόνους/έτος αποβλήτων λιπαντικών ελαίων.



Εικόνα 5.1 Οι εγκαταστάσεις της LPC A.E. στον Ασπρόπυργο Αττικής [8].

Εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή υπάρχουν επίσης στην Τυνησία και την Καλιφόρνια. Τα βήματα της τεχνολογίας ΚΤΙ φαίνονται στο σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας ΚΤΙ [5].

### 5.5.2 Τεχνολογία Mohawk

Αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε από την Mohawk Oil Company στον Καναδά και βασίζεται στην τεχνολογία ΚΤΙ που περιγράφηκε προηγουμένως. Η διαφορά μεταξύ αυτής της τεχνολογίας και άλλων στην ίδια ομάδα (απόσταξη κενού και υδρογόνωση) βασίζεται στη γνώση της χημείας των λιπαντικών και των προσθέτων που πρόκειται να βρεθούν στα λάδια σε διαφορετικές θερμοκρασίες και γενικά σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Οδηγεί σε βελτιώσεις στα χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων, τόσο ως προς τη διάρκεια ζωής των καταλυτών που εμπλέκονται όσο και στην αύξηση της αντοχής στη διάβρωση.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Προεπεξεργασία: σε αυτό το βήμα συμβαίνει η καθίζηση των ρυπογόνων ουσιών και εξαλείφονται τα προβλήματα ρύπανσης κατά το στάδιο της απόσταξης. Επίσης, παρατείνεται η διάρκεια ζωής των καταλυτών.
2. Ατμοσφαιρική απόσταξη: εξαλείφει το νερό και τους υδρογονάνθρακες.

3. Απόσταξη κενού και λεπτού υμενίου: αυτό συνεπάγεται την ανάκτηση των υδρογονανθράκων από τα λιπαντικά έλαια.
4. Υδρογόνωση: το στάδιο όπου το λάδι καθαρίζεται.
5. Κλασμάτωση: λαμβάνονται διαφορετικά κλάσματα βασικών ελαίων.

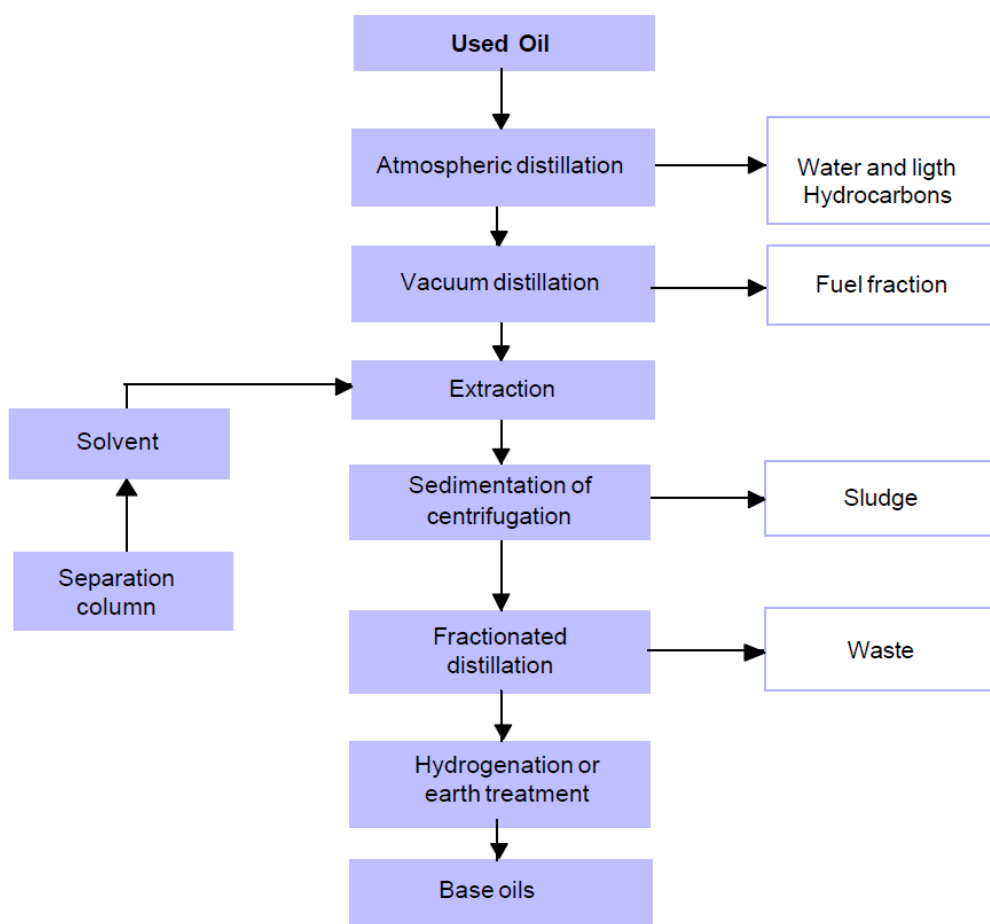
Αυτή η τεχνολογία είναι καλύτερη από άλλες της ίδιας φιλοσοφίας λόγω του γεγονότος ότι ο εξοπλισμός δεν χρειάζεται να καθαρίζεται τόσο συχνά. Το γεγονός ότι το κενό παράγεται μηχανικά αντί με τη χρήση ατμού οδηγεί σε μείωση της ποσότητας των λυμάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν ως προκύπτουσα εκροή της διαδικασίας. Το γεγονός ότι μειώνεται επίσης η διάβρωση του εξοπλισμού επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν υλικά χαμηλότερου κόστους στην εγκατάσταση. Με αυτήν την τεχνολογία λαμβάνονται υψηλής ποιότητας βασικά έλαια. Το Evergreen Oil στο Newark (Καλιφόρνια) και το Breslube στο Windsor (Καναδάς) κατέχουν την άδεια για αυτήν την τεχνολογία.

### **5.5.3 Τεχνολογία BERC**

Η τεχνολογία BERC ή NIPER αναπτύχθηκε από το Bartlesville Energy Research Center στις ΗΠΑ, που μετονομάστηκε αργότερα σε National Institute of Petroleum and Energy Research. Αυτή η τεχνολογία είναι παρόμοια με την ΚΤΙ που περιγράφεται παραπάνω, αν και διαφέρει στο ότι ενσωματώνει μία διαδικασία επεξεργασίας με διαλύτες.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Ατμοσφαιρική απόσταξη: στάδιο αφυδάτωσης σε ατμοσφαιρική πίεση.
2. Απόσταξη κενού: η εξάλειψη των ελαφρών υδρογονανθράκων.
3. Προεπεξεργασία με διαλύτες: η προσθήκη διαλυτών (αλκοολών και κετονών) που εκχυλίζουν ενώσεις που μπορεί να μολύνουν τα προκύπτοντα προϊόντα.
4. Ανάκτηση των διαλυτών: με χρήση διαδικασιών καθίζησης ή/και φυγοκέντρησης. Το μείγμα ελαίου-διαλύτη διαχωρίζεται από τα βαρέα μέταλλα, τα πρόσθετα και άλλες ενώσεις που μολύνουν το μείγμα. Ο διαλύτης ανακτάται για επαναχρησιμοποίηση.
5. Κλασματοποιημένη απόσταξη: λαμβάνονται διαφορετικά κλάσματα βασικού ελαίου.
6. Επεξεργασία υδρογόνωσης ή επεξεργασία με αποχρωστική γη: οι ακαθαρσίες απομακρύνονται, γεγονός που βελτιώνει την χρώμα και την οσμή των τελικών προϊόντων.



Σχήμα 5.4 Τα βήματα της τεχνολογίας BERC ή NIPER [5].

Η αποτελεσματικότητα αυτής της τεχνολογίας είναι τέτοια που δίνει ένα ποσοστό μεταξύ 75% και 85% βασικών ελαίων. Τα απορρίμματα που προκύπτουν από τη διαδικασία χρησιμοποιούνται στην άσφαλτο, γεγονός που οδηγεί σε καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα σε σχέση με τις τεχνολογίες που βασίζονται σε επεξεργασίες οξέος /γης.

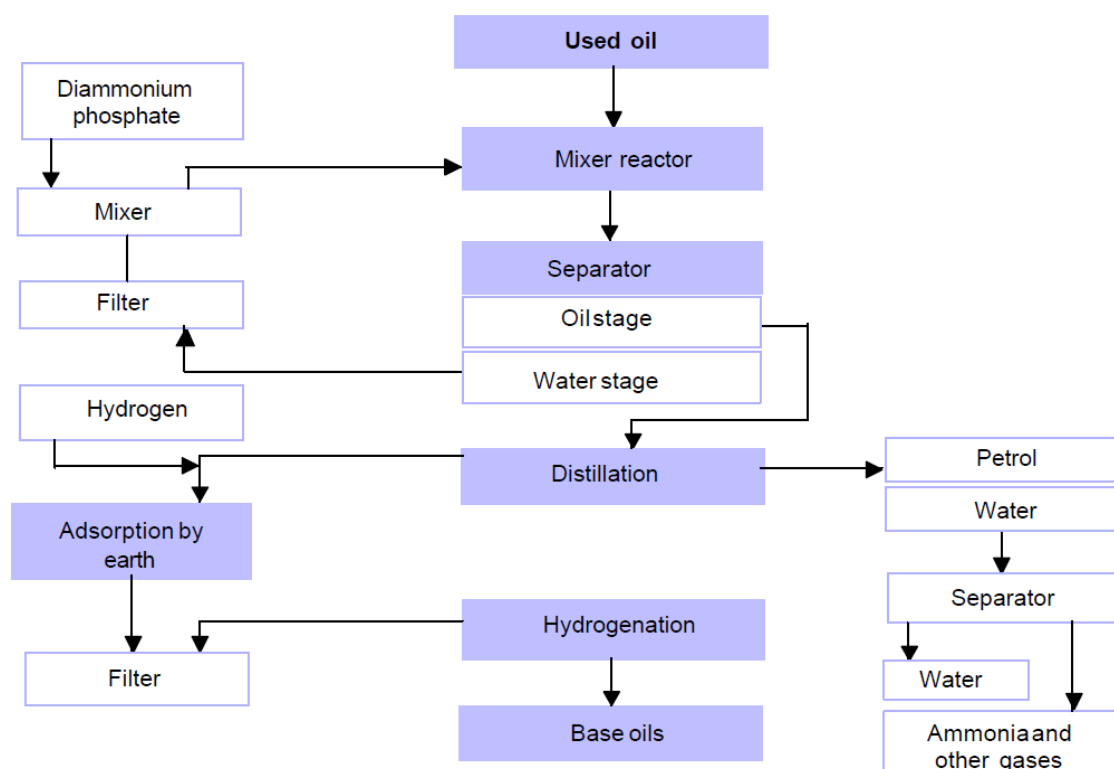
Το πιο σημαντικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της διαδικασίας λόγω της χρήσης των διαλυτών. Τα βήματα της τεχνολογίας αυτής φαίνονται στο σχήμα 5.4.

#### 5.5.4 Τεχνολογία PROP

Η τεχνολογία PROP αναπτύχθηκε από την Phillips Petrol Company και περιλαμβάνει ένα στάδιο χημικής απομεταλλοποίησης (demetallisation) για την εξάλειψη ρυπογόνων ουσιών στα χρησιμοποιημένα λάδια.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Απομεταλλοποίηση: αυτή επιφέρει μείωση των βαρέων μετάλλων που περιέχονται στα λάδια με ανάμιξη του χρησιμοποιημένου λαδιού με ένα υδατώδες διάλυμα φωσφορικού διαμμωνίου, με αποτέλεσμα το σχηματισμό μεταλλικών φωσφορικών ενώσεων.
2. Διαχωρισμός των μεταλλικών φωσφορικών: το μεταλλικό φωσφορικό άλας που σχηματίστηκε στο προηγούμενο στάδιο απομακρύνεται με διήθηση.
3. Απόσταξη κενού: απομακρύνονται οι ελαφροί υδρογονάνθρακες και το νερό.
4. Επεξεργασία γης με καταλύτη Ni/Mo: το λάδι αναμιγνύεται με υδρογόνο και διέρχεται μέσω μιας κλίνης αποχρωστικής γης με καταλύτη Ni / Mo.
5. Υδρογόνωση: ενώσεις θείου, οξυγόνου, χλωρίου και αζώτου απομακρύνονται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, το οποίο βελτιώνει το χρώμα του προκύπτοντος λαδιού.



Σχήμα 5.5 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας PROP [5].

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας περιλαμβάνουν την υψηλή ποιότητα των βασικών ελαίων που λαμβάνονται, με λιγότερο από 10 ppm μετάλλων, θείου και αζωτούχων ουσιών. Παράγει επίσης 90% βασικά έλαια και είναι μια τεχνολογία ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον.

Τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος της επένδυσης και το γεγονός ότι το στάδιο της υδρογόνωσης απαιτεί μια επεξεργασία με αποχρωστική γη.

Το μόνο εργοστάσιο με τεχνολογία PROP που λειτουργεί αυτήν τη στιγμή είναι στο Μεξικό. Τα βήματα της τεχνολογίας αυτής φαίνονται στο σχήμα 5.5 παρακάτω.

### **5.5.5 Τεχνολογία Safety Kleen**

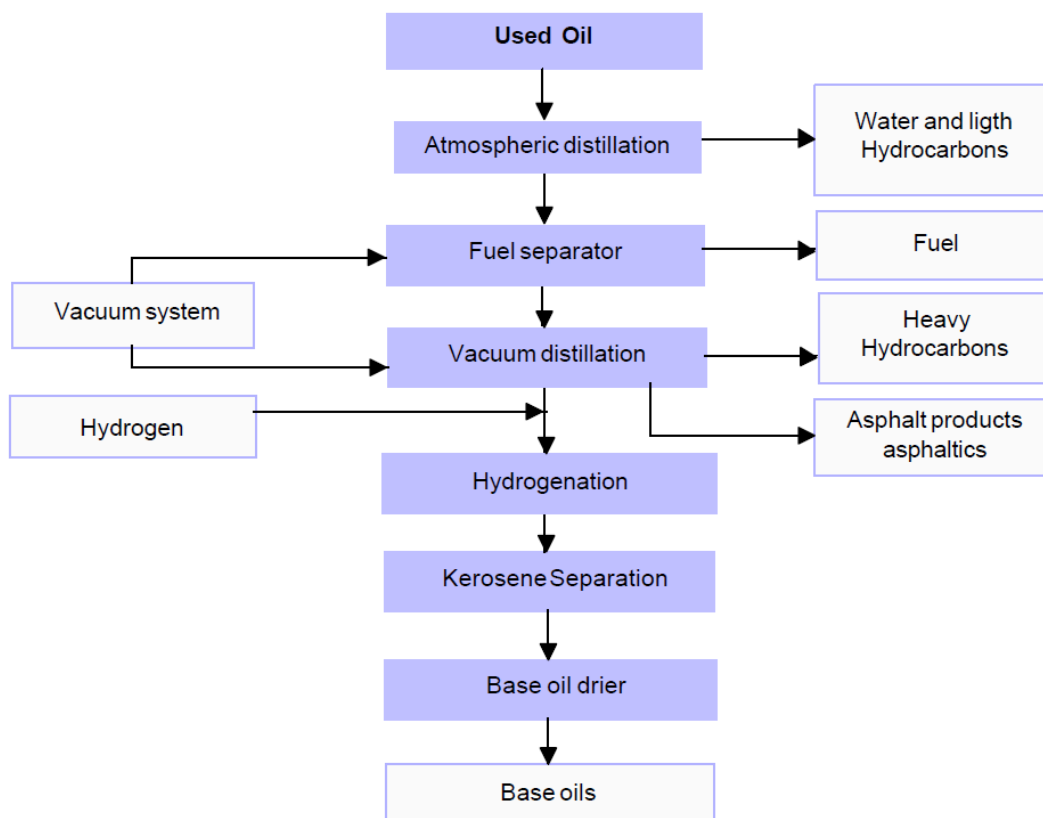
Αυτή η τεχνολογία είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού απόσταξης κενού λεπτού υμενίου και υδρογόνωσης μέσω μιας καταλυτικής κλίνης.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Ατμοσφαιρική απόσταξη: στάδιο για την απομάκρυνση του νερού και των ελαφρών διαλυτών.
2. Απόσταξη κενού με εξατμιστές λεπτής μεμβράνης: τα λιπαντικά έλαια διαχωρίζονται από τους βαριούς διαλύτες.
3. Υδρογόνωση μέσω καταλυτικής κλίνης Ni/Mo: ένα στάδιο όπου επιτυγχάνεται η θερμική σταθερότητα, το χρώμα και η οσμή του ελαίου μειώνοντας την περιεκτικότητα σε αρωματικές ενώσεις (ουσίες που μπορούν δυνητικά προκαλούν μεταλλάξεις).
4. Διαχωρισμός κηροζίνης.
5. Ξήρανση του βασικού λαδιού: το τελικό στάδιο απόκτησης των βασικών ελαίων.

Οι υδρογονάνθρακες που προκύπτουν από την ατμοσφαιρική απόσταξη, μαζί με όλες τις ελαφρές ενώσεις που λαμβάνονται στα διάφορα στάδια, χρησιμοποιούνται ως καύσιμο στην εγκατάσταση μετά από προηγούμενη επεξεργασία, που είναι απαραίτητη λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε χλώριο. Η καταλυτική κλίνη αναγεννάται επίσης και το νερό που προκύπτει από την απόσταξη υποβάλλεται επίσης σε κατάλληλη επεξεργασία. Γι' αυτό το λόγο η τεχνολογία Safety Kleen δεν παράγει παράπλευρα προϊόντα.

Προς το παρόν, υπάρχει ένα εργοστάσιο που λειτουργεί στο Ανατολικό Σικάγο (ΗΠΑ), και ένα άλλο στο Breslau (Καναδάς) που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία. Το διάγραμμα της τεχνολογίας αυτής φαίνεται στο σχήμα 5.6.



Σχήμα 5.6 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας Safety Kleen [5].

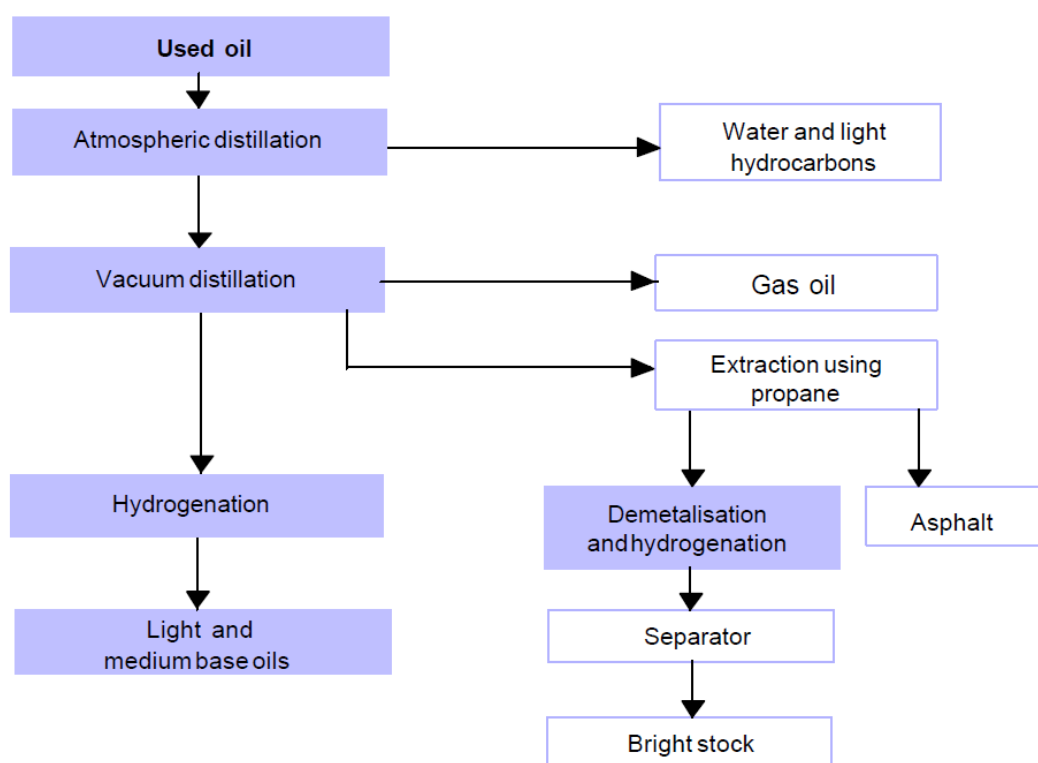
### 5.5.6 Τεχνολογία IFP

Η τεχνολογία IFP αναπτύχθηκε από το "Institut Français du Petrole" και είναι επίσης γνωστή ως τεχνολογία Selectopropane. Αυτή η διαδικασία συνδυάζει απόσταξη κενού και υδρογόνωση αλλά σε αυτήν την περίπτωση η εξαγωγή πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας υγρό προπάνιο. Αυτή η μορφή εξαγωγής είναι παρόμοια με αυτήν που πραγματοποιείται σε διωλιστήρια αργού πετρελαίου για τον διαχωρισμό των ασφαλτενίων.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Ατμοσφαιρική απόσταξη: το νερό και οι ελαφριοί υδρογονάνθρακες απομακρύνονται.
2. Απόσταξη κενού και εκχύλιση του εξαρτήματος που περιέχει λάδι χρησιμοποιώντας προπάνιο: λάδι από την ατμοσφαιρική απόσταξη υποβάλλεται σε εκχύλιση με υγρό προπάνιο σε θερμοκρασία μεταξύ 75 και 95°C. Ελαφρά και μεσαία βασικά έλαια ανακτώνται σε αυτή τη φάση.
3. Υδρογόνωση: στάδιο όπου το προπάνιο διαχωρίζεται από το μείγμα προπανίου-ελαίου. Διαχωρίζονται επίσης ασφαλτικές ενώσεις, οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες και στερεά σε εναιώρημα σε αυτό το στάδιο.
4. Τελικό στάδιο υδρογόνωσης.

Το διάγραμμα της τεχνολογίας IFP φαίνεται στο σχήμα 5.7.



Σχήμα 5.7 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας IFP [5].

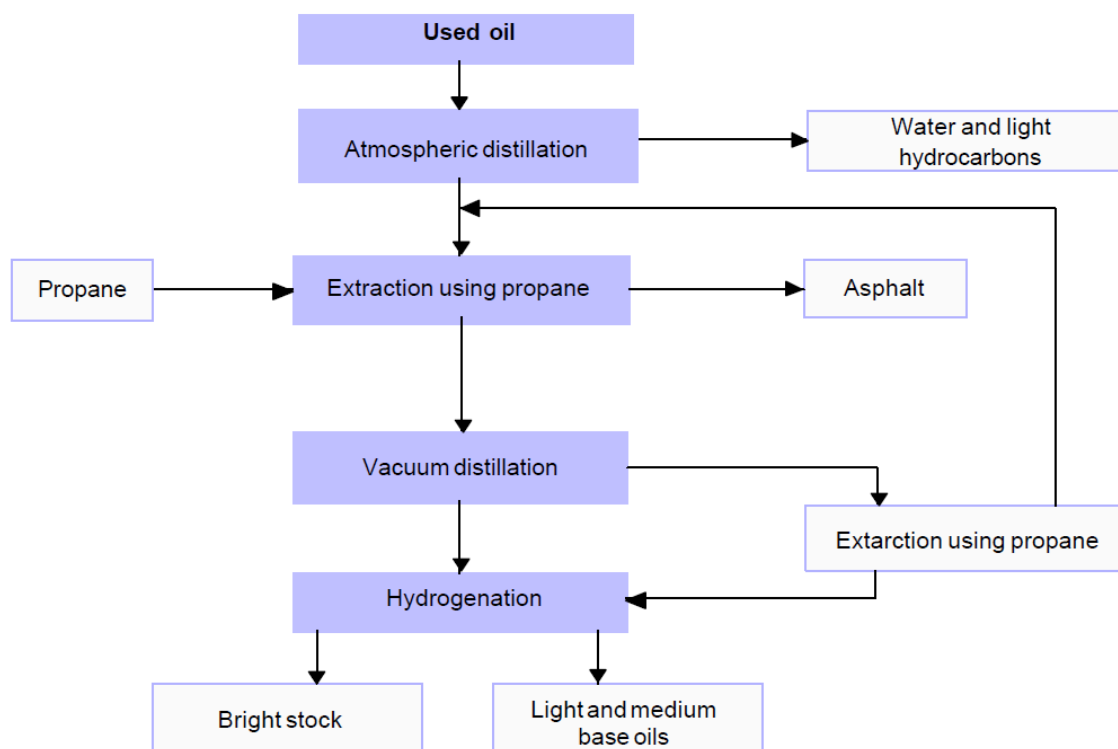
### 5.5.7 Τεχνολογία Snamprogetti

Οι τεχνολογίες IFP και Snamprogetti είναι παρόμοιες. Έχουν όμως μία διαφορά. Στη διαδικασία IFP, τα απόβλητα εξάγονται με το προπάνιο να παραμένει από την απόσταξη κενού. Το κλάσμα που λαμβάνεται



απομεταλλώνεται και υδρογονώνεται μέσω δύο καταλυτικών κλινών για να εξαχθούν τα τελικά προϊόντα. Στη διαδικασία Snamprogetti, πραγματοποιείται μια δεύτερη εξαγωγή των αποβλήτων απόσταξης κενού, με χρήση προπανίου, τα οποία συνδυάζονται με το απόσταγμα κενού σε μια διαδικασία υδρογόνωσης στο τέλος.

Το διάγραμμα της τεχνολογίας Snamprogetti φαίνεται στο σχήμα 5.8.



Σχήμα 5.8 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας Snamprogetti [5].

### 5.5.8 Τεχνολογία UOP DCH

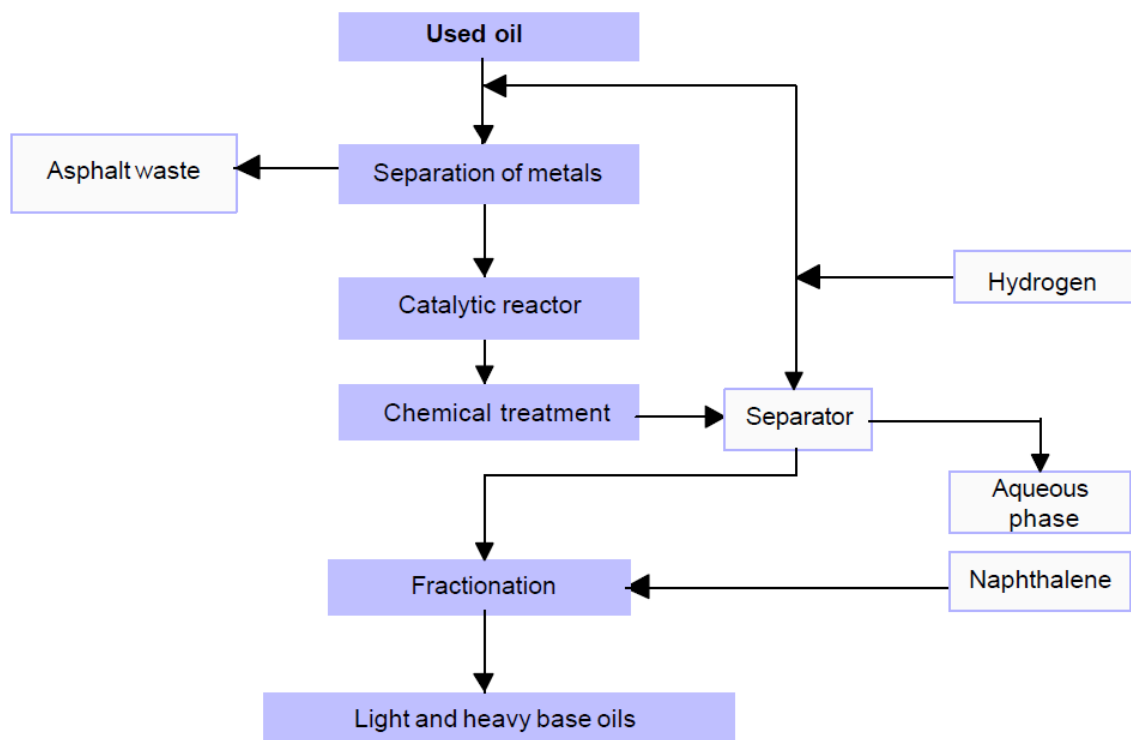
Η τεχνολογία UOP DCH περιλαμβάνει την επεξεργασία χρησιμοποιημένου λαδιού με αέριο υδρογόνο σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και μια κατάλληλη διαδικασία διαχωρισμού για την εξάλειψη στερεών και μεταλλικών στοιχείων. Οι διαλύτες καταστρέφονται άμεσα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και οι υψηλής ποιότητας ελαφριοί υδρογονάνθρακες λαμβάνονται μέσω της χρήσης οξυγόνου. Η υδρογόνωση πραγματοποιείται σε έναν αντιδραστήρα με καταλυτική κλίνη.

Τα βασικά βήματα της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Υδρογόνωση.

2. Διαχωρισμός στερεών και μετάλλων.
3. Καταλυτικός αντιδραστήρας.
4. Χημική εξουδετέρωση όξινων αερίων.
5. Διαχωρισμός της υδατικής φάσης.
6. Απόσταξη κενού και κλασμάτωση.

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την ανακύκλωση δυνητικά επικίνδυνων χρησιμοποιημένων λαδιών μέσω ενός οικονομικού συστήματος που αποδίδει καλά και λαμβάνονται προϊόντα καλής ποιότητας. Έχει δοκιμαστεί σε πιλοτικά εργοστάσια και μέχρι στιγμής δεν έχει αναπτυχθεί εμπορικά. Τα βήματα της τεχνολογίας αυτής φαίνονται στο σχήμα 5.9.



Σχήμα 5.9 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας UOP DCH [5].

## 5.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΣΤΑΞΗΣ ΚΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΑΠΟΧΡΩΣΤΙΚΗ ΓΗ

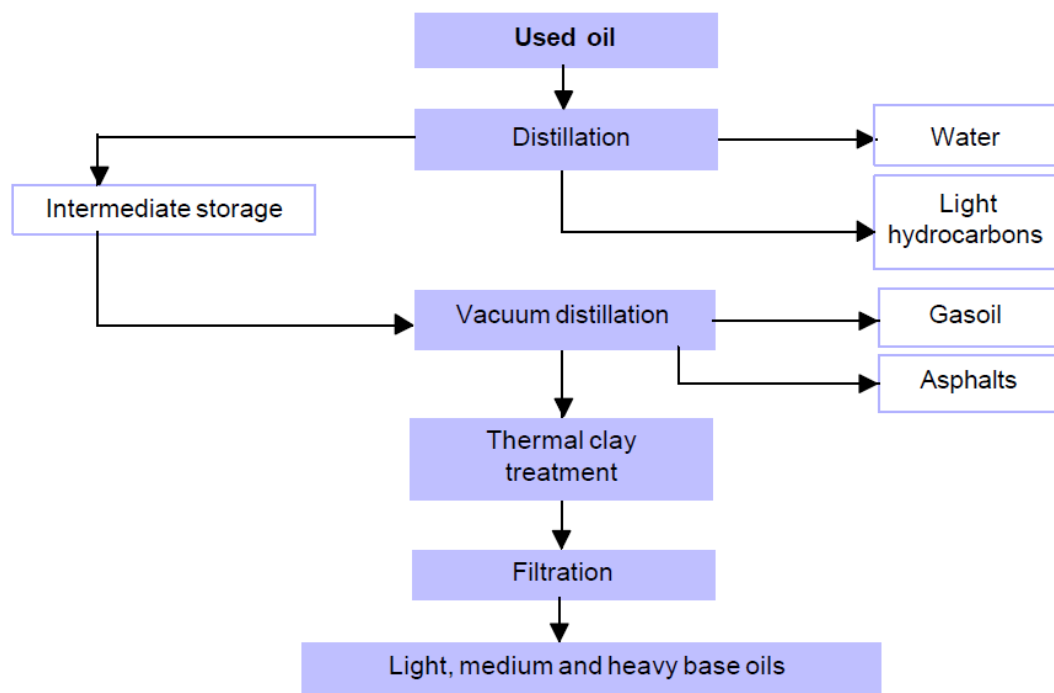
### 5.6.1 Τεχνολογία Viscolube

Η τεχνολογία Viscolube, επίσης γνωστή ως TDA (Thermal Deasphalting) βασίζεται στη χρήση προπανίου, ακολουθούμενη από απόσταξη κενού και μία τελική επεξεργασία αποχρωστικής γης.

Τα βασικά βήματα της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Απόσταξη: ο διαχωρισμός από νερό και ελαφριές ενώσεις.
2. Απόσταξη κενού (στήλη TDA) και κλασμάτωση: σε αυτό το στάδιο διαχωρίζονται οι οργανο-μεταλλικές ενώσεις και τα ασφαλτικά υλικά. Επίσης, διαχωρίζονται τρεις βασικές κατηγορίες ελαίων.
3. TCT (θερμική κατεργασία αργίλου): στάδιο όπου τα χαρακτηριστικά των τριών βασικών κλασμάτων ελαίου που διαχωρίζονται στο προηγούμενο στάδιο βελτιώνονται.
4. Διήθηση υπό πίεση.

Το διάγραμμα της τεχνολογίας αυτής εμφανίζεται στο σχήμα 5.10 παρακάτω.



Σχήμα 5.10 Σχηματική αναπαράσταση της τεχνολογίας Viscolube [5].

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι το χαμηλό κόστος των εγκαταστάσεων. τα υψηλής ποιότητας βασικά έλαια που λαμβάνονται και το χαμηλό κόστος συντήρησης της εγκατάστασης. Επίσης, είναι μια πολύ καθαρή διαδικασία, όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το στάδιο απόσταξης κενού δεν απαιτεί πολύ χαμηλές πιέσεις.

Η διήθηση υπό πίεση επιτρέπει στα εργοστάσια επεξεργασίας που βασίζονται σε τεχνολογίες οξέος /γης να μετατραπούν σχετικά εύκολα.

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι η απόδοση 72% (χαμηλότερη από αυτήν που λαμβάνεται με τεχνολογίες υδρογόνωσης) και ότι τα λάδια με PCB υψηλότερο από 25 ppm δεν γίνονται δεκτά

Το πρώτο εργοστάσιο που χρησιμοποίησε αυτήν την τεχνολογία τέθηκε σε λειτουργία στο Pieve Fissiraga (Μιλάνο, Ιταλία) το 1992, και δύο άλλα ιδρύθηκαν από τότε στην Πολωνία (1994) και στην Ιταλία (1995).

### **5.6.2 Τεχνολογία RTI**

Η τεχνολογία RTI ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε τη στήλη απόσταξης κενού τύπου κυκλώνα και μπορεί να λειτουργήσει έως τα 20 mm Hg. Το λάδι εγχέεται με υψηλή ταχύτητα και τα λάδια που λαμβάνονται υποβάλλονται σε μία επεξεργασία καθαρισμού χρησιμοποιώντας γη και στη συνέχεια φιλτράρονται σε πρέσα φίλτρου.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Διαχωρισμός του νερού: στάδιο όπου το χρησιμοποιημένο λάδι αφυδατώνεται και θερμαίνεται.
2. Ατμοσφαιρική απόσταξη: στάδιο όπου απομακρύνονται τα υδατικά γαλακτώματα και τα εύφλεκτα κλάσματα.
3. Απόσταξη κενού: στάδιο όπου εξατμίζονται μεσαία εύφλεκτα κλάσματα. Η απόσταξη συμβαίνει στα 100 mm Hg.
4. Επεξεργασία γης: στάδιο εξευγενισμού όπου τα χαρακτηριστικά των κλασμάτων που έχουν ληφθεί βελτιώνονται.
5. Απόσταξη κενού: στάδιο απόσταξης σε στήλες κυκλώνα υπό πίεση 20 mm Hg. Το λάδι εγχέεται με υψηλή ταχύτητα, η οποία δημιουργεί μια φυγοκεντρική δύναμη που βοηθά τα πρόσθετα και τους ρύπους που παραμένουν στο κλάσμα χρησιμοποιημένου λαδιού να διαχωριστούν.

6. Επεξεργασία γης: το λάδι που ελήφθη στο προηγούμενο στάδιο αναμιγνύεται μαζί με γη και ενεργοποιημένο πηλό και στη συνέχεια υποβάλλεται σε διήθηση.

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει επίσης την εύκολη μετατροπή εγκαταστάσεων που βασίζονται σε τεχνολογίες οξέος /γης.

### **5.6.3 Τεχνολογία Interline**

Η τεχνολογία Interline είναι μια από τις πιο πρόσφατες καινοτομίες στις τεχνολογίες απόσταξης κενού και επεξεργασίας γης. Η χημική επεξεργασία αντικαθίσταται εδώ με εκχύλιση με χρήση προπανίου κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων και σε θερμοκρασία δωματίου.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Εκχύλιση με χρήση διαλυτών.
2. Διαχωρισμός του λαδιού.
3. Ατμοσφαιρική απόσταξη.
4. Απόσταξη κενού.
5. Φιλτράρισμα με επεξεργασία γης.

Αυτή η διαδικασία είναι ενδιαφέρουσα από οικονομική άποψη επειδή δεν χρησιμοποιεί απόσταξη λεπτής μεμβράνης και δεν υπάρχει η ανάγκη υδρογόνωσης. Το κόστος επένδυσης και συντήρησης είναι χαμηλό.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν το γεγονός ότι αυτή η τεχνολογία δεν δέχεται λάδια που περιέχουν PCB's και η περιεκτικότητα σε χλώριο του χρησιμοποιημένου λαδιού δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 1.000 ppm. Η εξάλειψη της γης από το τελικό φιλτράρισμα μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα.

Εργοστάσια που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία υπάρχουν στο Salt Lake City και στο Sandy (ΗΠΑ), στο Stoke-on-Trent (Αγγλία) και στη Σεούλ (Νότια Κορέα).

### **5.6.4 Τεχνολογία Rose-Kellog**

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την επεξεργασία χρησιμοποιημένων λαδιών κινητήρα αναμειγμένων με λιπαντικό γράσο, υπό την προϋπόθεση ότι το περιεχόμενο του τελευταίου δεν υπερβαίνει το 5%. Το γράσο αποτελείται από 85% λάδι.

Η διαδικασία αποτελείται από εκχύλιση με προπάνιο σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, οι ασφαλικές ενώσεις αφαιρούνται

υποβάλλοντας το λάδι σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και πίεση. Στο δεύτερο στάδιο, το διάλυμα λαδιού και διαλύτη υποβάλλεται σε υπερκρίσιμη θερμοκρασία και πίεση που διευκολύνει το διαχωρισμό του λαδιού από το διαλύτη, ο οποίος μπορεί στη συνέχεια να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί στον κύκλο.

Τα βασικά βήματα αυτής της τεχνολογίας είναι:

1. Εκχύλιση με διαλύτη: Διαχωρισμός ασφαλτενίου. Διαχωρισμός λαδιού
2. Απόσταξη κενού.
3. Υδρογόνωση.
4. Κλασμάτωση.

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω της ανάκτησης του διαλύτη σε υπερκρίσιμες συνθήκες. Όπως και η τεχνολογία Interline, επιτρέπει επίσης την ανάκτηση του λαδιού που περιέχεται στο γράσο.

Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται προς το παρόν στο Χιούστον (Τέξας) από την M.W. Kellogg Company.

## **5.7 ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**

Στη συνέχεια περιγράφονται άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται αλλά που δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στις προαναφερθείσες κατηγορίες.

### **5.7.1 Τεχνολογία Entra**

Η τεχνολογία Entra μπορεί να συγκριθεί με τις τεχνολογίες της κατηγορίας απόσταξης κενού και επεξεργασίας με αποχρωστική γη που περιγράφονται παραπάνω επειδή χρησιμοποιεί επίσης αυτές τις διαδικασίες. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η απόσταξη κενού πραγματοποιείται σε σωληνοειδείς αντιδραστήρες όπου το χρησιμοποιημένο λάδι μετατρέπεται σε ατμό λόγω της ταχείας αύξησης της θερμοκρασίας. Ο ατμός υποβάλλεται τότε σε κλασματοποιημένη συμπίκνωση. Η διαδικασία εξάτμισης παράγεται με έγχυση του λαδιού με σταθερή ταχύτητα και σε θερμοκρασία 400°C. Το λάδι που λαμβάνεται σε αυτό το στάδιο δεν περιέχει στερεές ακαθαρσίες ούτε μέταλλα και άλλα στοιχεία.

Στο επόμενο στάδιο, το αποσταγμένο λάδι καθαρίζεται και αποχρωματίζεται. Αυτή είναι μια επεξεργασία που πραγματοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία κατά την οποία προστίθεται νάτριο, το οποίο αντιδρά με τις χλωριούχες ενώσεις για την παραγωγή χλωριούχου νατρίου.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται επεξεργασία με αποχρωστική γη για τη βελτίωση του χρώματος όταν είναι απαραίτητο.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Προκαταρκτικό στάδιο: στάδιο απόσταξης κενού στους 130°C και 100 mm Hg. πίεση. Το στάδιο περιλαμβάνει τον διαχωρισμό από το νερό και τα ελαφρά στοιχεία.
2. Στάδιο καθαρισμού: η απόσταξη πραγματοποιείται στους 400°C, όπου οι μεταλλικές ενώσεις και άλλες στερεές ακαθαρσίες διαχωρίζονται.
3. Στάδιο αποχρωματισμού και καθαρισμού: στάδιο στο οποίο βελτιώνεται η οπτική εμφάνιση των ελαίων και μαζί γίνεται ο διαχωρισμός των ενώσεων του χλωρίου μέσω της προσθήκης νατρίου.

Πρόκειται για μια τεχνολογία υψηλής απόδοσης στην οποία ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντικός για τη λήψη των απαιτούμενων προϊόντων. Η διαδικασία θεωρείται καθαρή τεχνολογία σύμφωνα με την IACT (International Association for Clean Technology). Οι αναλύσεις που έχουν γίνει έδειξαν ότι εξαλείφει συνολικά τα PCB's.

Το κύριο μειονέκτημα είναι ο χειρισμός του νατρίου, το οποίο είναι πολύπλοκο και επικίνδυνο. Ένα εργοστάσιο στο Achern (Γερμανία) χρησιμοποιεί αυτήν την τεχνολογία από το 1988.

### **5.7.2 Τεχνολογία Recyclon**

Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στην προαναφερθείσα τεχνολογία Entra. Η επεξεργασία πραγματοποιείται με νάτριο και απόσταξη κενού.

Τα βασικά βήματα αυτής της τεχνολογίας είναι τα εξής:

1. Μηχανικός διαχωρισμός στερεών και νερού.
2. Απόσταξη για την εξάλειψη άλλων ακαθαρσιών και νερού.
3. Χημική επεξεργασία με την εφαρμογή νατρίου σε έναν αντιδραστήρα.
4. Απόσταξη για διαχωρισμό ενώσεων με χαμηλό σημείο βρασμού.
5. Διαχωρισμός με εξάτμιση των βασικών ελαίων από τα απόβλητα.
6. Τελική απόσταξη για τη λήψη βασικών ελαίων διαφορετικού ιξώδους.

Με αυτήν την τεχνολογία λαμβάνονται βασικά έλαια υψηλής ποιότητας με καλά χαρακτηριστικά, χρώμα και οσμή. Τα απόβλητα που

παράγονται κατά τη διαδικασία έχουν υψηλή θερμιδική αξία και χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, και χρησιμοποιούνται ξανά στη διαδικασία ως καύσιμο. Δεν απαιτείται ούτε επεξεργασία γης ούτε υδρογόνωση και παράγει λίγες εκπομπές στην ατμόσφαιρα.

### **5.7.3 Τεχνολογία Krupp-Koppers**

Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί αέριους υδρογονάνθρακες σε υπερκρίσιμες συνθήκες για την επεξεργασία χρησιμοποιημένων λαδιών. Η διαδικασία συνίσταται στην ατμοσφαιρική απόσταξη χρησιμοποιημένου λαδιού για την εξάλειψη του νερού και των ελαφρών υδρογονανθράκων. Στη συνέχεια συνδυάζεται με αιθάνιο και το μείγμα υποβάλλεται σε υπερκρίσιμες συνθήκες, με αποτέλεσμα το διαχωρισμό του ελαίου από τις ρυπογόνες ουσίες. Το μείγμα λαδιού και διαλύτη υποβάλλεται σε επεξεργασία απόσταξης για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός τους. Ο διαλύτης μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στη διαδικασία.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Προ-απόσταξη.
2. Εξαγωγή.
3. Απόσταξη.

Στην περίπτωση αναγεννημένων ελαίων που περιέχουν PCBs, μπορεί να εφαρμοστεί επιπλέον και επεξεργασία υδρογόνωσης. Τα βασικά έλαια που παράγονται με αυτήν την τεχνολογία έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς σε πολλές δοκιμές.

### **5.7.4 Τεχνολογία Vaxon**

Η τεχνολογία Vaxon, επίσης γνωστή ως VCFE (Vacuum Cyclon Flash Evaporator), αναπτύχθηκε το 2003 στη Δανία και χρησιμοποιεί εξατμιστές κυκλώνα που επιτρέπουν τον καθαρισμό των ακαθαρσιών που συσσωρεύονται. Η τεχνολογία συνδυάζει τη διάταξη κενού με ένα ειδικά σχεδιασμένο σύστημα θέρμανσης.

Τα βασικά βήματα αυτής της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Κλασματοποιημένη απόσταξη κενού: σε αυτό το αρχικό στάδιο, νερό, ελαφροί υδρογονάνθρακες, ενώσεις μετάλλων και ασφατικές ουσίες διαχωρίζονται. Αυτό το στάδιο λαμβάνει χώρα σε τέσσερα διαδοχικά επίπεδα υπό διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και κενού, και τα βασικά έλαια που είναι κατάλληλα για τις επόμενες διαδικασίες λαμβάνονται στα δύο τελευταία επίπεδα.



2. Χημική επεξεργασία: τα βασικά έλαια του προηγούμενου σταδίου υποβάλλονται σε επεξεργασία με υδροξείδιο του καλίου και με κατάλληλο έλεγχο της θερμοκρασίας λαμβάνεται καθαρότερο λάδι. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου πραγματοποιείται ξήρανση του λαδιού.

3. Απόσταξη κενού: το τελικό στάδιο απόσταξης κενού για την λήψη προϊόντων που είναι κατάλληλα για τις ανάγκες και τις συνθήκες της αγοράς.

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τη λήψη βασικών ελαίων που είναι κατάλληλα για την παραγωγή νέων ελαίων κινητήρα και βιομηχανικών λιπαντικών. Αυτά είναι υψηλής ποιότητας λάδια που έχουν εγκριθεί σύμφωνα με τους αυστηρότερους κανονισμούς που ισχύουν σήμερα. Πρόκειται για μια καθαρή τεχνολογία επειδή τα απόβλητα που παράγονται στη διαδικασία ανακυκλοφορούνται στην ίδια διαδικασία. Υπάρχει ένα γνωστό εργοστάσιο που χρησιμοποιεί αυτήν την τεχνολογία στην Καταλονία (Ισπανία).

### **5.7.5 Τεχνολογία CEA**

Η τεχνολογία CEA της Γαλλικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, η οποία βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης, συνίσταται στην ανάμιξη χρησιμοποιημένου λαδιού κινητήρα με διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες σε θερμοκρασίες μεταξύ 40 και 80°C και πίεση 150 bar. Σε μεταγενέστερο στάδιο μια κεραμική υπερδιηθητική μεμβράνη χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των ακαθαρσιών.

## **5.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ**

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας με οξύ και αποχρωστική γη έχουν χαμηλό κόστος εγκατάστασης και είναι σχετικά απλές αλλά από την άλλη μεριά δίνουν προϊόντα χαμηλής ποιότητας και παράγουν παραπροϊόντα που έχουν αρνητική περιβαλλοντική επίδραση και δεν είναι εύκολη η διαχείρισή τους.

Οι τεχνολογίες απόσταξης κενού και επεξεργασίας με αποχρωστική γη δίνουν προϊόντα χαμηλής ποιότητας και έχουν σχετικά χαμηλή απόδοση. Εξαίρεση αποτελεί η μέθοδος Interline που έχει

χαμηλό λειτουργικό κόστος και κόστος εγκατάστασης και παρουσιάζει σχετικά υψηλή απόδοση.

Σήμερα, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν υδρογόνωση είναι οι πιο αποδοτικές. Καταφέρνουν να απομακρύνουν σε μεγάλο βαθμό τα μέταλλα, τις ενώσεις των μετάλλων, τα οργανικά οξέα και τις ενώσεις που περιέχουν χλώριο, θείο και άζωτο. Όταν εργάζονται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις μειώνουν το περιεχόμενο σε πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες σε ένα επιτρεπτό επίπεδο. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις ποιότητας και την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των λαδιών κινητήρα, η επεξεργασία με υδρογόνο αναμένεται ότι θα είναι η βάση για οποιαδήποτε τεχνολογία αναγέννησης των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων στο μέλλον.

Η χρήση προπανίου (όπως στην τεχνολογία IFP) δίνει προϊόντα πολύ καλής ποιότητας και έχει υψηλή απόδοση αλλά από την άλλη μεριά έχει μεγάλο κόστος και επίσης το μειονέκτημα της διαχείρισης μεγάλων ποσοτήτων παραπροϊόντων που παράγονται.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ορυκτέλαια κατά τη χρήση τους μολύνονται με διάφορες προσμίξεις με αποτέλεσμα να χάνουν τη λιπαντική τους ικανότητα σε μικρό ή μεγάλο βαθμό ανάλογα με την περίπτωση. Ο χαρακτηρισμός των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων είναι πολύ δύσκολος επειδή η σύνθεση τους ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο και την ηλικία των οχημάτων ή των μηχανών, τη διάρκεια ζωής των λιπαντικών, των χώρων συλλογής και των συνθηκών λειτουργίας. Οι ακαθαρσίες που περιέχονται στα μεταχειρισμένα λιπαντικά μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τις λειτουργίες του λιπαντικού και να μειώσουν την απόδοση των κινητήρων και των μηχανών. Τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια είναι ιδιαίτερα τοξικά για τον άνθρωπο, τα ζώα και το φυσικό περιβάλλον.

Περιβαλλοντικοί και οικονομικοί λόγοι επιβάλλουν την αναγέννηση των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων ώστε να ανακτηθούν καθαρά ορυκτέλαια κατάλληλα για χρήση. Τα οφέλη της αναγέννησης των χρησιμοποιημένων λιπαντικών είναι τεράστια, συμπεριλαμβανομένης της εξοικονόμησης φυσικών πόρων και ενέργειας, την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και των κινδύνων και την προστασία της ανθρώπινης υγείας και των οικοσυστημάτων. Στην Ελλάδα, όπως και σε πολλές άλλες χώρες, έχει θεσπιστεί το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο για την επεξεργασία των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων σε ευθυγράμμιση με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η επαναχρησιμοποίηση των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων έχει πολύ μεγάλη οικονομική και οικολογική σημασία. Γι αυτόν τον λόγο έχουν αναπτυχθεί και συνεχώς αναπτύσσονται τεχνολογίες για την όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική αναγέννηση των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων. Οι τεχνολογίες αυτές περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και συγκρίθηκαν ως προς την απόδοση, την ποιότητα των προϊόντων και το κόστος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1] Παπαευαγγέλου Τ., Καύσιμα-Λιπαντικά, Ευγενίδειο Ίδρυμα 1972.
- 2] Σιδερίδου Ε, Αχιλιάς Δ. και Μπικιάρης Δ., Καύσιμα-Λιπαντικά, εκδόσεις Ζήτη 2011.
- 3] Tsung-Chieh Fan W., REGENERATION OF USED PETROLEUM-BASED LUBRICANTS AND BIOLUBRICANTS BY A NOVEL GREEN AND SUSTAINABLE TECHNOLOGY, PhD Thesis, University of Southern California 2010.
- 4] <https://mooringmarineconsultancy.wordpress.com/2015/04/25/viscosity-blending-of-fuel-and-lubrication-oils/>
- 5] Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP), Recycling Possibilities and Potential Uses of Used Oils 2000.
- 6] H. A. Mekonnen, Recycling of Used Lubricating Oil Using Acid-Clay Treatment Process, MSc Thesis, Addis Ababa University 2014.
- 7] EUROPEAN COMMISSION, DG ENVIRONMENT, A2–SUSTAINABLE RESOURCESCONSUMPTION AND WASTE, CRITICAL REVIEW OF EXISTING STUDIES AND LIFE CYCLE ANALYSIS ON THE REGENERATION AND INCINERATION OF WASTE OILS 2001.
- 8] <http://www.greekexporters.gr/0/44/companies/cyclon-hellas-sa.html>
- 9] Λιάπης Α., Διαχείριση των Χρησιμοποιημένων Ορυκτελαίων, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Καβάλας 2015.