



**Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ.**

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ  
DIESEL ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Σπουδαστές

**Προβής Νικόλαος του Κωνσταντίνου**

**Ζήσιμος Μιχαήλ του Δημητρίου**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

**Κονδύλη Αιμιλία**

Αθήνα

Ιούνιος, 2017

<b>ΔΕΛΤΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
<i>Ακαδ. έτος</i>	<i>2016-2017</i>
<i>Τίτλος Εργασίας</i>	<i>Σύγχρονες Εξελίξεις και προοπτικές στην Παραγωγή, τις Προδιαγραφές και τη Χρήση του Diesel στην Ελλάδα και την Ευρώπη</i>
<i>Φοιτητές</i>	<i>Προβής Νικόλαος του Κωνσταντίνου  Ζήσιμος Μιχαήλ του Δημητρίου</i>
<i>Τμήμα</i>	<i>Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.</i>
<i>Επιβλ. Καθ.</i>	<i>Κονδύλη Αιμιλία</i>
<i>Ημερομηνία</i>	<i>01-06-2017</i>
<p><i>Περίληψη : Στη πτυχιακή μας εργασία που έχει σαν τίτλο “Σύγχρονες Εξελίξεις και προοπτικές στην παραγωγή, τις προδιαγραφές και τη χρήση του Diesel στην Ελλάδα και την Ευρώπη” και εκπονήθηκε από τους φοιτητές, Προβή Νικόλαο και Ζήσιμο Μιχαήλ του τμήματος μηχανολογίας του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ υπό την επίβλεψη της Κονδύλη Αιμιλίας, θα μιλήσουμε για το καύσιμο Diesel όσον αφορά τη δημιουργία του, τις χρήσεις του καθώς και το μέλλον του. Θα ξεκινήσουμε αναλύοντας το βασικό προϊόν μέσω του οποίου παράγεται το Diesel, το πετρέλαιο. Δηλαδή ανατρέχουμε σε πηγές που μας δίνουν στοιχεία για την ιστορία του πετρελαίου καθώς επίσης και κάποια βασικά χαρακτηριστικά της χημικής του σύστασης. Στη συνέχεια θα δούμε τη κατηγοριοποίηση που εφαρμόζεται στο Diesel τόσο σύμφωνα με την ποιότητα του όσο και ανάλογα τη χρήση του. Ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι που θα αναλύσουμε είναι η διύλιση που γίνεται για τη παραγωγή του καθώς και η περιγραφή μιας από τις πιο εξελιγμένες μονάδες υδρογονοκατεργασίας στην Ευρώπη. Θα παρουσιάσουμε στοιχεία της χρήσης του καυσίμου που πραγματοποιείται τόσο στον Ελλαδικό χώρο όσο και σε όλη την Ευρώπη και θα συζητήσουμε τα αποτελέσματα της αύξησης ή μείωσης της χρήσης του με την πάροδο των χρόνων. Τέλος, θα συγκρίνουμε τις τεχνολογίες οι οποίες έχουν σαν βασική πηγή το καύσιμο Diesel με άλλες οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετικές πηγές ενέργειας και μπορούν να εξυπηρετήσουν το ίδιο αποτελεσματικά τις καθημερινές μας ανάγκες. Αφού κάνουμε τη παράθεση αυτών των τεχνολογιών θα καταγράψουμε τα συμπεράσματα μας για το αν τελικά η χρήση του Diesel πρόκειται να παραμείνει η πιο φιλική λύση τόσο για την υγεία του ανθρώπου όσο και για το περιβάλλον.</i></p>	

PROJECT INFORMATION SHEET	
<i>Academic year</i>	<i>2016-2017</i>
<i>Title</i>	<i>Current trends and prospects in the diesel production, specifications and use in Greece and Europe</i>
<i>Students</i>	<i>Provis Nikolaos</i>  <i>Zisimos Michail</i>
<i>Department</i>	<i>Mechanical Engineering</i>
<i>Advisor</i>	<i>Kondili Aimilia</i>
<i>Date</i>	<i>01-06-2017</i>
<p><b>Abstract:</b> <i>In our thesis titled "Current Developments and Prospects in the production, specifications and use of Diesel in Greece and Europe" and prepared by students, Provis Nikolaos and Zisimos Michail of the engineering department of the Technological Education Institute of Piraeus and supervised by Kondili Aimilia, we will talk about the Diesel fuel with regard to its creation, its uses and future. We will start by analyzing the commodity through which Diesel is produced which is crude oil. We look at sources that give us information about the history of oil as well as some basic characteristics of chemical composition. We then proceed to analyse the applicable classifications in Diesel fuel according to the quality and accordingly its use. Another important sector that will be analyzed is the refining done for the production of this fuel and the description of one of the most advanced hydrotreating units in Europe. We will present evidence of the use of diesel fuel that takes place both in Greece and throughout Europe and we will discuss the results of the increase or reduction of its use over the years. Finally, we will compare the technologies that use diesel as a basic source to others which use different sources of energy and can serve our daily needs as effective. After presenting the juxtaposition of these technologies we will record our conclusions about whether finally the use of Diesel can remain the most amicable solution for both human health and the environment.</i></p>	

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να εκφράσουμε, ο καθένας ξεχωριστά στην οικογένεια του, την ευγνωμοσύνη μας για την αμέριστη υποστήριξη που μας έδειξαν και όλα όσα μας πρόσφεραν κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μας χρόνων.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Τάτση Βασίλειο ο οποίος μας έδωσε πολλές και χρήσιμες για την πτυχιακή μας εργασία πληροφορίες για τις μονάδες υδρογονοαποθείωσης και υδρογονοδιάσπασης καθώς και για τον χρόνο που αφιέρωσε σε μας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στη καθηγήτρια Κονδύλη Αιμιλία η οποία σαν υπεύθυνη για την πτυχιακή μας εργασία μας έδωσε χρήσιμες πληροφορίες και τη καθοδήγηση της για την εκπόνηση αυτής.

## Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Αργό πετρέλαιο .....	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Γεωλογία του πετρελαίου.....	9
1.3 Χημική σύσταση του πετρελαίου.....	11
1.4 Διύλιση πετρελαίου και προϊόντα αυτής.....	11
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Το καύσιμο ντίζελ.....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Τύποι καυσίμου.....	15
2.2.1 Πετρελαϊκό ντίζελ.....	15
2.2.2 Συνθετικό ντίζελ.....	16
2.2.3 Βιοντίζελ.....	16
2.2.4 Υδρογονωμένα λάδια και λίπη.....	17
2.2.5 Διμεθυλαιθέρας.....	18
2.3 Ιδιότητες.....	18
2.4 Ποιότητες και τεχνικές προδιαγραφές του ντίζελ.....	22
2.5 Χημική Ανάλυση.....	25
2.5.1 Χημική σύσταση.....	25
2.5.2 Χημικές ιδιότητες.....	25
2.6 Μετρήσεις και τιμολόγηση.....	25
2.6.1 Θερμογόνος αξία του καυσίμου.....	25
2.6.2 Κόστος και φορολόγηση.....	26
2.7 Χρήσεις - εφαρμογές.....	28
2.7.1 Αυτοκίνητα και ελαφρά εμπορικά οχήματα (Light Duty Vehicles - LDV).....	29
2.7.2 Βαρέα φορτηγά οχήματα (Heavy Duty Vehicles - HDV).....	29
2.7.3 Μηχανήματα για κατασκευαστικούς και γεωργικούς σκοπούς.....	30
2.7.4 Σιδηροδρομικές μηχανές.....	30
2.7.5 Μηχανές πλοίων.....	30
2.7.6 Πετρελαιοκίνητες γεννήτριες.....	31
2.7.7 Στρατιωτικά οχήματα.....	31
2.8 Περαιτέρω προδιαγραφές του ντίζελ ανάλογα με τη χρήση του.....	31

2.8.1 Προδιαγραφές του καυσίμου ντίζελ με προορισμό την αυτοκίνηση.....	31
2.8.2 Προδιαγραφές του καυσίμου ντίζελ με προορισμό την ναυτιλία.....	34
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Παραγωγή Diesel στην Ελλάδα και η μονάδα της Ελευσίνας.....	35
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 Η μονάδα των ΕΛ.ΠΕ. στην Ελευσίνα.....	38
3.2.1 Δημιουργία και περιγραφή της μονάδας.....	38
3.2.2 Τεχνολογία παραγωγής.....	40
3.2.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδων παραγωγής.....	43
3.2.3 Καινοτομίες στην παραγωγή ντίζελ του διωλιστηρίου Ελευσίνας – ΕΛ.ΠΕ.....	47
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Ανάλυση του καυσίμου ντίζελ στην ευρωπαϊκή & ελλαδική αγορά.....	49
4.1 Εισαγωγή.....	49
4.2 Παραγωγή & ζήτηση του καυσίμου ντίζελ στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια.....	50
4.3 Στοιχεία της αγοράς ντίζελ στα αυτοκίνητα της Ευρώπης.....	52
4.3.1 Η διείδυση του ντίζελ στην ευρωπαϊκή αυτοκίνηση.....	52
4.3.2 Το καύσιμο ντίζελ στην ελληνική αγορά.....	54
4.3.3 Στοιχεία αγοράς αυτοκινήτων για το έτος 2016.....	56
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : Σύγχρονες εξελίξεις και προοπτικές εξέλιξης του καυσίμου ντίζελ σε Ελλάδα και Ευρώπη.....	57
5.1 Εισαγωγή.....	57
5.2 Σύγχρονες εξελίξεις στην αυτοκίνηση και προοπτικές.....	57
5.2.1 Τεχνοοικονομική ανάλυση αγοράς και συντήρησης αυτοκινήτου με κινητήρα βενζίνης και πετρελαίου.....	61
5.2.2 Πλεονεκτήματα χρήσης κινητήρων ντίζελ σε βαρέα οχήματα.....	62
5.3 Σύγχρονες εξελίξεις στη ναυτιλία και προοπτικές.....	63
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> : Συμπεράσματα.....	66
Βιβλιογραφία.....	68

## Λίστα πινάκων

Πίνακας 1.1 Κατάταξη αργού πετρελαίου.....	10
Πίνακας 1.2 Προϊόντα διύλισης.....	12
Πίνακας 2.1 Ποιότητες καυσίμου ντίζελ κατά ASTM D975.....	23
Πίνακας 2.2 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ κατά ASTM D975.....	24
Πίνακας 2.3 Τιμές ενός λίτρου (1L) καυσίμου μεταφοράς.....	27
Πίνακας 2.4 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ κίνησης.....	32
Πίνακας 2.5 Προδιαγραφές για εύκρατα κλίματα.....	33
Πίνακας 2.6 Προδιαγραφές για πολικά κλίματα ή κλίματα με βαρύ χειμώνα.....	33
Πίνακας 2.7 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ για τη ναυτιλία.....	34
Πίνακας 3.1 Δυναμικότητα διύλισης των ελληνικών διυλιστηρίων.....	37
Πίνακας 5.1 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για επιβατικά αυτοκίνητα ντίζελ.....	58
Πίνακας 5.2 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για ελαφριά εμπορικά οχήματα ντίζελ.....	58
Πίνακας 5.3 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για βαρέα οχήματα ντίζελ.....	59
Πίνακας 5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά Kia Cee'd σε εκδόσεις βενζίνης και ντίζελ.....	62
Πίνακας 5.5 Σύγκριση κινητήρων βενζίνης και ντίζελ.....	62
Πίνακας 5.6 Όρια εκπομπών NO <sub>x</sub> κατά MARPOL Annex VI.....	64
Πίνακας 5.7 Όρια εκπομπών SO <sub>x</sub> κατά MARPOL Annex VI.....	64

## Λίστα εικόνων

Εικόνα 1.1 Σχηματική απεικόνιση διύλισης.....	13
Εικόνα 2.1 Rudolf Diesel.....	14
Εικόνα 3.1 Εμπορικό ισοζύγιο πετρελαιοειδών.....	36
Εικόνα 3.2 Βαθμός εξωστρέφειας του κλάδου διύλισης στην Ελλάδα.....	36
Εικόνα 3.3 Μονάδα Hydrocracking U34.....	39
Εικόνα 3.4 Μονάδα Flexicoking U32.....	39
Εικόνα 3.5 Μονάδα Hydrogen U33.....	40
Εικόνα 3.6 Τυπική μονάδα υδρογονοδιάσπασης.....	42
Εικόνα 3.7 Τυπική μονάδα υδρογονοαποθείωσης.....	43
Εικόνα 3.8 Αντιδραστήρας.....	44
Εικόνα 3.9 Πύργος κλασματικής απόσταξης.....	44
Εικόνα 3.10 Φούρνος θέρμανσης.....	45
Εικόνα 3.11 Εναλλάκτης θερμότητας.....	46
Εικόνα 3.12 Μονάδα στην Ελευσίνα.....	48
Εικόνα 4.1 Ιστορικό ζήτησης καυσίμων από 2000 έως 2015.....	50
Εικόνα 4.2 Απαίτηση για ντίζελ κίνησης το έτος 2015.....	51
Εικόνα 4.3 Απαίτηση βενζίνης - ντίζελ για οδικές μεταφορές από 2000 έως 2015.....	52
Εικόνα 4.4 Μερίδιο ντίζελ στα νέα επιβατικά αυτοκίνητα.....	53
Εικόνα 4.5 Πωλήσεις πετρελαιοειδών στην ελληνική αγορά.....	55
Εικόνα 4.6 Μερίδια πετρελαιοειδών στην ελληνική αγορά.....	56



# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Αργό πετρέλαιο

## 1.1 Εισαγωγή

Η λέξη πετρέλαιο προέρχεται από την ελληνική λέξη "πέτρα" και την λατινική "oleum" που σημαίνει λάδι και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ορυκτολόγο Αγκρίκολα ο οποίος περιέγραψε την απόληψη και την επεξεργασία του πετρελαίου σε μια μελέτη του που δημοσιεύτηκε το 1556. Η χρήση του πετρελαίου έχει ξεκινήσει από την προϊστορία, δηλαδή περίπου πριν από 5000 χρόνια, αξιοποιώντας επιφανειακές διαρροές πετρελαίου στο Χιτ του Ευφράτη όπως και σε πολλά μέρη της Μεσοποταμίας και των γειτονικών περιοχών που περιβάλλουν την ανατολική Μεσόγειο. Οι συνήθειες χρήσεις του ήταν στη κατασκευή δρόμων, στη δημιουργία εργαλείων εργασιών είτε πολεμικών ακόμα και χρήση ως υγρό εντριβών και απολυμάνσεων.

Το πρώτο πηγάδι, που διανοίχτηκε από τον Έντουιν Ντρέικ στη δυτική Πενσυλβανία και αποπερατώθηκε τον Αύγουστο του 1859 σε βάθος 21 μέτρων, άνοιξε το δρόμο στη βιομηχανία του πετρελαίου και στη σύγχρονη βιομηχανική εποχή. Μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα άρχισε η επεξεργασία φθηνού πετρελαίου από τα υπόγεια αποθέματα. Η ανακάλυψη νέων πετρελαϊκών πεδίων, πριν από τον 20ό αιώνα κατάφερε να καλύψει 14 Πολιτείες των ΗΠΑ. Την ίδια περίοδο πεδία πετρελαίου ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Με την αρχή του 20ού αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαυσε να έχει τη πρώτη σημασία και η πετρελαϊκή βιομηχανία έγινε η πρώτη πηγή ενέργειας στον κόσμο.

Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στη βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας.

## 1.2 Γεωλογία του πετρελαίου

Το πετρέλαιο αποτελείται από μια σειρά συγγενικών, σύνθετων υδρογονανθράκων που ποικίλλουν από το ελαφρύ αέριο, μεθάνιο, μέχρι τα πιο βαριά στερεά βιτουμένα. Τα διάφορα μίγματα, που συνιστούν το υγρό ή το αργό πετρέλαιο, διαχωρίζονται με κλασματική απόσταξη σε αυξανόμενες θερμοκρασίες.

Επειδή η χημική σύσταση των πετρελαίων ποικίλει, οι φυσικές τους ιδιότητες, όπως το χρώμα, το βάρος και το ιξώδες διαφέρουν επίσης σημαντικά. Τα πετρέλαια είναι, συνήθως λιπαρά ή ελαιώδη στην αφή, αλλά η συνοχή τους κυμαίνεται από την λεπτόρρευστη βενζίνη ως την παχύρρευστη ιξώδη άσφαλτο.

Η κατάταξη του αργού πετρελαίου γίνεται σύμφωνα με τη κλίμακα των βαθμών του Αμερικάνικου Ινστιτούτου Πετρελαίου (βαθμοί API) οι οποίοι σχετίζονται με το ειδικό βάρος, που είναι ο λόγος του βάρους ενός υλικού και του καθαρού νερού, και παρακάτω δίνονται παραδείγματα αυτής της σχέσης (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1 Κατάταξη αργού πετρελαίου [Π]

<b>Ειδικό βάρος σε 16°C</b>	<b>Βαθμοί API</b>
1,0000 (καθαρό νερό)	10
0,9340	20
0,8762	30
0,8251	40
0,7769	50
0,7389	60

Το αργό πετρέλαιο, που κυμαίνεται ανάμεσα στους 5° και 30° βαθμούς API, είναι και το πιο σύνηθες και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής.

Η τιμή του αργού πετρελαίου βασίζεται συνήθως στο ειδικό του βάρος. Τα ελαφρύτερα πετρέλαια έχουν υψηλότερη τιμή, επειδή περιέχουν μεγαλύτερα ποσά υδρογονανθράκων της βενζίνης που παραλαμβάνονται ευκολότερα και αφήνουν περισσότερο κέρδος.

Τα άχρωμα ή ανοιχτόχρωμα πετρέλαια έχουν τους υψηλότερους βαθμούς API, αυτά με μέσες τιμές ειδικού βάρους έχουν συχνά πράσινο χρώμα, ενώ οι βαρύτερες ποικιλίες έχουν διάφορα σκούρα χρώματα που φθάνουν έως το μαύρο.

Όσο αυξάνεται το βάθος του ενταφιασμού του πετρώματος αποθήκευσης, αυξάνεται και η πίεση που αναπτύσσεται πάνω στους υγρούς ή τους αέριους υδρογονάνθρακες. Η πίεση αυτή, που εξαρτάται από το βάθος, μπορεί να κυμαίνεται από μερικά έως πολλές δεκάδες γραμμάρια ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο. Έτσι, η ποσότητα αερίου που μπορεί να διαλυθεί στο πετρέλαιο αυξάνεται με το βάθος και ο όγκος του διαλύματος (πετρέλαιο και το διαλυμένο μέσα σε αυτό αέριο) αυξάνεται επίσης μέχρις ότου το πετρέλαιο κορεστεί σε αέριο.

### 1.3 Χημική σύσταση του πετρελαίου

Παρόλο που το πετρέλαιο αποτελείται βασικά από χημικές ενώσεις δύο μόνο στοιχείων, του υδρογόνου και του άνθρακα, δημιουργείται ωστόσο μια μεγάλη ποικιλία σύνθετων μοριακών δομών. Άσχετα με τις φυσικές ή χημικές μεταβολές, σχεδόν όλοι οι τύποι αργού πετρελαίου περιέχουν 82% - 87% άνθρακα κατά βάρος και 12% - 15% υδρογόνο. Οι διάφοροι τύποι αργού πετρελαίου μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές ομάδες, οι οποίες είναι: παραφινέλαια, ναφθέλαια και αρωματικά πετρέλαια. Τα περισσότερα πετρέλαια είναι μίγματα των τριών αυτών τύπων σε διάφορες αλλιά και προφανώς άπειρες αναλογίες και κανένα πετρέλαιο δεν έχει την ίδια σύσταση με το άλλο αν προέρχονται από διαφορετικά κοιτάσματα.

### 1.4 Διύλιση πετρελαίου και προϊόντα αυτής

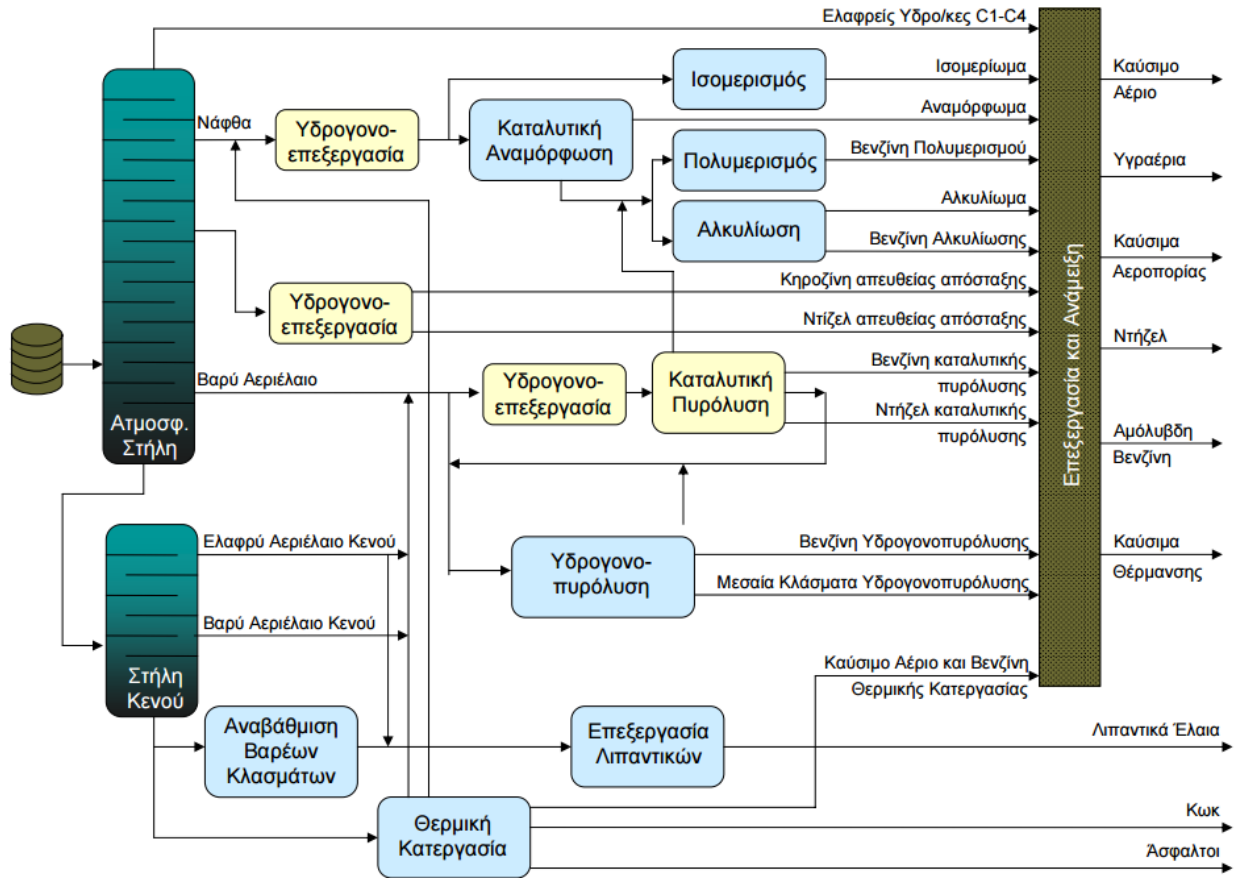
Οι διατιθέμενες στη αγορά ποιότητες αργού πετρελαίου είναι ισάριθμες προς τα διάφορα κοιτάσματα, και διαφέρουν μεταξύ τους όχι μόνο κατά τις φυσικές τους ιδιότητες (πυκνότητα, ιξώδες κ.λπ.) αλλά κυρίως κατά την χημική τους σύνθεση. Εκτός από τους τέσσερις βασικούς τύπους υδρογονανθράκων (παραφίνες, αλεφίνες, ναφθενικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες), το πετρέλαιο περιέχει διάφορες ουσίες, όπως θείο, μερκαπτάνες, αλμυρό νερό, οξυγονούχες και αζωτούχες ενώσεις καθώς επίσης και μεταλλικά ιχνοστοιχεία που το καθιστούν πρακτικά άχρηστο σε ακατέργαστη μορφή. Η αγορά χρειάζεται ορισμένα πετρελαϊκά με επακριβώς καθορισμένα χαρακτηριστικά, παραδείγματος χάριν βενζίνες, κηροζίνη, ντίζελ, μαζούτ, λιπαντικά έλαια κ.λπ. Η διύλιση είναι το σύνολο των βιομηχανικών διεργασιών και μεθόδων που εφαρμόζονται για να επιτευχθεί, με το μικρότερο δυνατό κόστος, η κατεργασία και ο μετασχηματισμός του αργού πετρελαίου σε τελικά προϊόντα. Τα τελικά αυτά προϊόντα της διύλισης χωρίζονται σε ενεργειακά και σε μη ενεργειακά όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2 Προϊόντα διύλισης [III]

Ενεργειακά	Μη Ενεργειακά
Βενζίνη	Άσφαλτοι
Καύσιμα Στροβιλοαντιδραστήρων	Λιπαντικά
Ντίζελ	
Μαζούτ Οικιακής Χρήσης	
Βαρέα Μαζούτ	

Η αλληλουχία των διεργασιών μετασχηματισμού του αργού πετρελαίου σε προϊόντα του εμπορίου μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο περίπλοκη, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης και τις απαιτήσεις της αγοράς (Εικόνα 1.1).

Η θεμελιώδης διεργασία της διύλισης είναι η συνεχής κλασματική απόσταξη, από την οποία προκύπτει μια δεκάδα βασικών πετρελαϊκών κλασμάτων με χαρακτηριστικά που βελτιώνονται κατόπιν σε άλλες εγκαταστάσεις για τον μετασχηματισμό ή τον εξευγενισμό. Καθένα από τα κλάσματα αυτά αντιστοιχεί σε ένα διάστημα πτητικότητας (ιξώδες), που χαρακτηρίζεται συνήθως από ένα πλήθος των ατόμων άνθρακα, ή από την έκταση της κλίμακας των κανονικών θερμοκρασιών βρασμού των περιεχομένων υδρογονανθράκων ή άλλων ουσιών. Η διάσπαση αυτή του αργού πετρελαίου σε κλάσματα μπορεί να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με τις παραγωγικές απαιτήσεις.



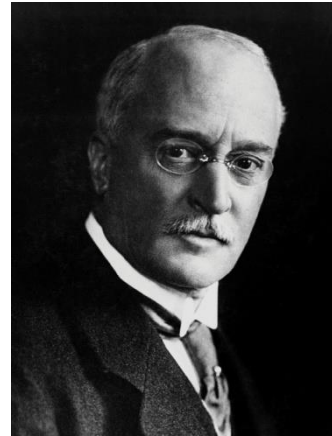
Εικόνα 1.1 Σχηματική απεικόνιση δύλσης [i]

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Το καύσιμο ντίζελ

### 2.1 Εισαγωγή

Το καύσιμο ντίζελ (από το diesel - στην Ελληνική βιβλιογραφία αναφέρεται και ως ντίζελ) γενικά είναι οποιοδήποτε υγρό καύσιμο χρησιμοποιείται σε ντιζελοκινητήρες, των οποίων η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα της συμπίεσης του εισερχόμενου αέριου μείγματος (χωρίς σπινθήρα) και έγχυσης του καυσίμου.

Το καύσιμο αυτό προέρχεται από πειράματα που έκανε ο Γερμανός επιστήμονας και εφευρέτης Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913) για τον κινητήρα ντίζελ που ανακάλυψε το 1892 και κατοχύρωσε ως ευρεσιτεχνία<sup>1</sup>, και έκτοτε φέρει το όνομά του. Ο Diesel αρχικά σχεδίασε τον κινητήρα του για να χρησιμοποιηθεί με καύσιμο σκόνη άνθρακα, και πειραματίστηκε και με άλλα καύσιμα, συμπεριλαμβανομένων εδώδιμων ελαίων, όπως το φυσικέλαιο, που χρησιμοποιήθηκε για τους κινητήρες που εξέθεσε στην Έκθεση του Παρισιού το 1900 και το 1911<sup>2</sup>.



Εικόνα 2.1 Rudolf Diesel [ii]

Κατά τα πρώτα χρόνια της διύλισης αργού πετρελαίου, το ντίζελ ήταν ένα ανεπιθύμητο υποπροϊόν ή απόσταγμα, καθώς οι πρωταρχικοί στόχοι της διύλισης ήταν η παραφίνη και η κηροζίνη για τους λαμπτήρες<sup>3</sup>. Πριν την ονομασία του, αναφερόταν απλά "απόσταγμα". Όταν πήρε το όνομά του, το 1894, οφειλόταν στον Diesel για την εφεύρεσή του κινητήρα του και τη χρήση αυτού του προϊόντος απόσταξης για να τον τροφοδοτήσει.

Οι ντιζελοκινητήρες έχουν βρει ευρεία χρήση ως αποτέλεσμα της υψηλότερης θερμοδυναμικής και συνεπώς καλύτερων αποτελεσμάτων του καυσίμου. Αυτό σημειώνεται ειδικά όπου οι ντιζελοκινητήρες τρέχουν υπό μερικό φορτίο, επειδή η τροφοδοσία αέρα δεν περιορίζεται όπως σε έναν βενζινοκινητήρα και έτσι η αποτελεσματικότητά τους παραμένει υψηλή.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος καυσίμου ντίζελ είναι ένα ειδικό κλασματικό απόσταγμα του πετρελαίου, αλλά υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις που δεν παράγονται από πετρέλαιο, όπως βιοντίζελ, υγρά καύσιμα από βιομάζα (Biomass to Liquid) (BTL) ή υγρά καύσιμα ντίζελ από αέρια (Gas to Liquid) (GTL), που αναπτύσσονται και υιοθετούνται με αυξανόμενους ρυθμούς. Για τη διάκριση αυτών των τύπων, το ντίζελ που παράγεται από πετρέλαιο αποκαλείται με αυξανόμενη συχνότητα πετροντίζελ.

## 2.2 Τύποι καυσίμου

Το καύσιμο ντίζελ παράγεται από ποικίλες πηγές, με πιο κοινή το πετρέλαιο μέσω διύλισης. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν βιομάζα, ζωικά λίπη, βιοαέριο, φυσικό αέριο και άνθρακα.

### 2.2.1 Πετρελαϊκό ντίζελ

Το πετρελαϊκό ντίζελ που λέγεται και πετροντίζελ, ή ορυκτό ντίζελ είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος καυσίμου ντίζελ. Παράγεται από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου μεταξύ 200 °C και 350 °C σε ατμοσφαιρική πίεση, καταλήγοντας σε ένα μείγμα ανθρακικών αλυσίδων που περιέχει τυπικά μεταξύ 8 και 21 ατόμων άνθρακα ανά μόριο.. Όπως προαναφέρθηκε στους πετρελαιοκινητήρες το καύσιμο δεν αναφλέγεται με έναν σπινθήρα, όπως στις μηχανές βενζίνης, αλλά από τη θερμότητα του πεπιεσμένου αέρα στον κύλινδρο, με το καύσιμο να εγχέεται μέσω ψεκασμού μέσα στον καυτό πεπιεσμένο αέρα. Το πετροντίζελ απελευθερώνει περισσότερη ενέργεια κατά την καύση σε σχέση με ίσο όγκο βενζίνης, έτσι οι πετρελαιοκινητήρες παράγουν γενικά καλύτερη οικονομία καυσίμου από τους κινητήρες βενζίνης. Επιπλέον, η παραγωγή του καυσίμου ντίζελ απαιτεί λιγότερα βήματα διύλισης από τη βενζίνη και έτσι οι τιμές λιανικής πώλησης των καυσίμων ντίζελ είναι χαμηλότερες από εκείνες της βενζίνης (ανάλογα με την τοποθεσία, την εποχή, και τους φόρους και τους κανονισμούς). Από την άλλη πλευρά, το πετροντίζελ, τουλάχιστον όπως παραδοσιακά διατυπώνεται, παράγει μεγαλύτερες ποσότητες ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως το θείο και τα στερεά σωματίδια άνθρακα, και τα επιπλέον βήματα της διύλισης και των μηχανισμών ελέγχου εκπομπών που τίθενται σε εφαρμογή για τη μείωση των εν λόγω εκπομπών μπορούν να ενεργήσουν αρνητικά στα πλεονεκτήματα της τιμής του ντίζελ έναντι της βενζίνης.

Γενικά παράγονται διάφορες ποιότητες του πετροντίζελ, για παράδειγμα, "ελαφριά - μεσαία" και "μεσαία" αποστάγματα για κινητήρες υψηλής ταχύτητας με συχνές και μεγάλες διακυμάνσεις του φορτίου και της ταχύτητας (όπως είναι τα φορτηγά και τα αυτοκίνητα) και "βαριά" αποστάγματα για κινητήρες χαμηλής και μεσαίας ταχύτητας με συνεχή φορτία και ταχύτητες (όπως σταθερούς κινητήρες). Τα κριτήρια απόδοσης είναι ο αριθμός κετανίου (ένα μέτρο της ευκολίας της ανάφλεξης), η ευκολία της πτητικότητας (ιξώδες) και η περιεκτικότητα σε θείο. Οι υψηλότερες ποιότητες, για κινητήρες αυτοκινήτων και φορτηγών, είναι οι πιο πτητικές και οι χαμηλότερες ποιότητες, για κινητήρες χαμηλής ταχύτητας, είναι οι λιγότερο πτητικές, δηλαδή αφήνουν το μεγαλύτερο υπόλειμμα άνθρακα, και συνήθως έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο.

Το θείο είναι ένα κρίσιμο ρυπογόνο συστατικό του ντίζελ και έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ρυθμίσεων. Παραδοσιακά "κανονικές" ποιότητες καυσίμου ντίζελ περιέχουν μέχρι και 5,000 μέρη στο εκατομμύριο (ppm) θείο κατά βάρος. Στη δεκαετία του 1990, παρουσιάστηκαν ποιότητες "χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο" που δεν περιείχαν περισσότερα από 500 ppm θείου, και τα επόμενα χρόνια απαιτήθηκαν ακόμη χαμηλότερα επίπεδα. Οι αρμόδιοι κανονισμοί στις Ηνωμένες Πολιτείες απαίτησαν μέχρι το 2010 όλα τα καύσιμα ντίζελ που πωλούνταν για οχήματα οδικής κυκλοφορίας να είναι ποιότητας "εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο" (ULSD), που περιέχουν κατά ανώτατο όριο 15 ppm θείο. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από το 2009 απαιτείται από τους κανονισμούς τα καύσιμα ντίζελ που πωλούνται για οδικά οχήματα να είναι μόνον της λεγόμενης «μηδενικής περιεκτικότητας σε θείο,» ή «χωρίς θείο», που δεν περιέχουν περισσότερο από 10 ppm. Χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο μειώνει τις εκπομπές θειούχων ενώσεων που εμπλέκονται στην όξινη βροχή και επιτρέπει στα οχήματα ντίζελ να είναι εξοπλισμένα με ιδιαίτερα αποτελεσματικά συστήματα ελέγχου των εκπομπών που διαφορετικά θα καταστρεφόντουσαν από υψηλότερες συγκεντρώσεις θείου. Βαρύτερες ποιότητες πετρελαίου ντίζελ, που χρησιμοποιούνται από οχήματα εκτός δρόμου (off - road), πλοία και σκάφη, και σταθερούς κινητήρες, επιτρέπονται γενικά να έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, αν και η τάση είναι να μειωθούν τα όρια και σε αυτές τις κατηγορίες.

### **2.2.2 Συνθετικό ντίζελ**

Το συνθετικό ντίζελ μπορεί να παραχθεί από οποιοδήποτε ανθρακούχο υλικό, που συμπεριλαμβάνει τη βιομάζα, το βιοαέριο, το φυσικό αέριο, άνθρακα και πολλά άλλα. Το ακατέργαστο υλικό εξαερώνεται σε αέριο σύνθεσης, που μετά τον καθαρισμό μετατρέπεται από τη διεργασία Φίσερ-Τρόπς (Fischer-Tropsch) σε συνθετικό ντίζελ. Ανάλογα με την ακατέργαστη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη η διεργασία αναφέρεται ως υγρά καύσιμα από βιομάζα (BTL), υγρά καύσιμα από αέρια (GTL) ή υγρά καύσιμα από άνθρακα (CTL). Το αλκανικό συνθετικό ντίζελ έχει γενικά περιεκτικότητα σε θείο σχεδόν μηδενική και πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε αρωματικές ενώσεις, μειώνοντας τις αρρυθμιστές εκπομπές τοξικών υδρογονανθράκων, υποξειδίου του αζώτου και μικροσωματιδίων (Particulate Matter - PM).

### **2.2.3 Βιοντίζελ**

Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (FAME), γνωστότεροι ως βιοντίζελ, λαμβάνονται από φυτικά λάδια ή ζωικά λίπη (βιολίπδια) που έχουν μετεστεροποιηθεί με μεθανόλη. Μπορεί να παραχθεί από πολλούς τύπους ελαίων, με πιο συνηθισμένο το κραμβέλαιο (μεθυλεστέρας κράμβης, RME) στην Ευρώπη



και το σογιέλαιο (μεθυλεστέρας σόγιας, SME) στις ΗΠΑ. Η μεθανόλη μπορεί επίσης να αντικατασταθεί με αιθανόλη για τη διεργασία της μετεστεροποίησης, που καταλήγει στην παραγωγή αιθυλεστέρων. Οι διεργασίες μετεστεροποίησης χρησιμοποιούν καταλύτες, όπως υδροξείδιο του νατρίου ή του καλίου για να μετατρέψουν φυτικά λάδια και μεθανόλη σε FAME και τα ανεπιθύμητα παραπροϊόντα γλυκερόλης και νερού, που θα πρέπει να αφαιρεθούν από το καύσιμο μαζί με τα ίχνη της μεθανόλης. Το FAME μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρό (B100) σε κινητήρες όπου ο κατασκευαστής αποδέχεται τέτοια χρήση, αλλά πιο συχνά χρησιμοποιείται ως μείγμα με ντίζελ, BXX όπου XX είναι το περιεχόμενο σε βιοντίζελ σε ποσοστό.

Οι προδιαγραφές του καυσίμου FAME ρυθμίζονται από το EN 14214|DIN EN 14214 και το ASTM D6751.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το FAME έχει χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο από το ντίζελ λόγω της περιεκτικότητάς του σε οξυγόνο, και ως αποτέλεσμα η απόδοση και η κατανάλωση του καυσίμου μπορούν να επηρεαστούν. Μπορεί να έχει επίσης υψηλότερα επίπεδα εκπομπών NO<sub>x</sub>, τα οποία ενδεχομένως να ξεπερνούν το νόμιμο όριο. Το FAME έχει επίσης χαμηλότερη σταθερότητα οξείδωσης από το ντίζελ και προσφέρει ευνοϊκές συνθήκες για βακτηριακή ανάπτυξη, έτσι οι εφαρμογές που έχουν χαμηλή ζήτηση σε καύσιμο δεν πρέπει να χρησιμοποιούν το FAME. Η απώλεια σε ισχύ κατά τη χρήση καθαρού βιοκαυσίμου είναι 5 με 7%.

Επειδή το FAME έχει χαμηλά επίπεδα περιεκτικότητας σε θείο, οι εκπομπές οξειδίων του θείου και θεικών, κύριων συστατικών της όξινης βροχής είναι χαμηλές. Η χρήση του βιοντίζελ καταλήγει επίσης σε μειώσεις των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και μικροσωματιδίων (PM). Οι εκπομπές του CO χρησιμοποιώντας βιοντίζελ μειώνονται σημαντικά και είναι της τάξης του 50% συγκρινόμενο με τα περισσότερα καύσιμα πετροντίζελ. Τα μικροσωματίδια στα καυσαέρια από βιοντίζελ έχει βρεθεί ότι είναι κατά 30% μικρότερα από τις εκπομπές συνολικών μικροσωματιδίων από το πετροντίζελ. Οι συνολικοί υδρογονάνθρακες στα καυσαέρια (ένας παράγοντας που συντελεί στον τοπικό σχηματισμό αιθαλομίχλης και όζοντος) είναι μέχρι 93% χαμηλότεροι στο βιοντίζελ από άλλα καύσιμα ντίζελ.

#### **2.2.4 Υδρογονωμένα λάδια και λίπη**

Αυτή η κατηγορία καυσίμων ντίζελ περιλαμβάνει τη μετατροπή των τριγλυκεριδίων των εδώδιμων ελαίων και των ζωικών λιπών σε αλκάνια με εξευγενισμό φυτικών ελαίων και υδρογόνωση. Το παραγόμενο καύσιμο έχει πολλές ιδιότητες που είναι παρόμοιες με αυτές του συνθετικού ντίζελ και είναι ελεύθερο από τα περισσότερα μειονεκτήματα του FAME.

### 2.2.5 Διμεθυλαιθέρας

Ο διμεθυλαιθέρας (DME), είναι ένα συνθετικό αέριο καύσιμο ντίζελ που έχει ως αποτέλεσμα καθαρή καύση με πολύ λίγη αιθάλη και μειωμένες εκπομπές NOx.

## 2.3 Ιδιότητες

Οι κύριες ιδιότητες του καυσίμου ντίζελ που προδιαγράφονται και ελέγχονται σύμφωνα με το Γενικό Χημείο του Κράτους (Γ.Χ.Κ.)<sup>4</sup> είναι οι εξής:

- **Πυκνότητα (Density)**  
Η πυκνότητα του καυσίμου μπορεί να δώσει χρήσιμες ενδείξεις για τη σύσταση και τα χαρακτηριστικά του σχετικά με τη λειτουργία, όπως η ποιότητα ανάφλεξης, η ισχύς, οι ιδιότητες ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες και η τάση για σχηματισμό καπνού. Η πυκνότητα του ντίζελ δίνεται σε θερμοκρασία αναφοράς 15°C.
- **Αριθμός Κετανίου (Cetane Number - CN)**  
Η κύρια μέτρηση για την ποιότητα του καυσίμου ντίζελ είναι ο αριθμός κετανίου ο οποίος εκφράζει το μέτρο της καθυστέρησης της ανάφλεξης του καυσίμου. Έτσι, ένας υψηλός αριθμός κετανίου δείχνει ότι το καύσιμο αναφλέγεται πιο εύκολα όταν ψεκάζεται σε ζεστό συμπιεσμένο αέρα. Σε γενικές γραμμές, οι ντιζελοκινητήρες λειτουργούν αποτελεσματικά σε αριθμό κετανίου 40 έως 55. Καύσιμα με χαμηλότερο αριθμό έχουν μεγαλύτερες καθυστερήσεις ανάφλεξης, παρέχοντας περισσότερο χρόνο για τη διαδικασία καύσης. Ως εκ τούτου, οι κινητήρες ντίζελ υψηλής ταχύτητας λειτουργούν πιο αποτελεσματικά με καύσιμα υψηλού CN. Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 590 για το ντίζελ κίνησης ορίζει ως ελάχιστο αριθμό κετανίου την τιμή 51. Σε κάποιες αγορές, διαθέτονται καύσιμα με υψηλότερους αριθμούς κετανίου, όπως και κανονικά καύσιμα "ανώτερης ποιότητας" με πρόσθετους παράγοντες καθαρισμού και πιο συνθετικό περιεχόμενο (π.χ. ο αριθμός κετανίου στο Premium Diesel φτάνει μέχρι και την τιμή 60).
- **Δείκτης Κετανίου (Cetane Index)**  
Η ανάγκη χρήσης κινητήρα για τον προσδιορισμό της ποιότητας ανάφλεξης των καυσίμων ντίζελ, έχει κάνει τη μέθοδο του αριθμού κετανίου να μην είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Ο δείκτης κετανίου αποτελεί μια προσπάθεια πρόβλεψης του αριθμού κετανίου μέσω απλούστερων αναλύσεων, όπως η πυκνότητα και η καμπύλη απόσταξης με ικανοποιητική ακρίβεια.
- **Πτητικότητα του ντίζελ (Distillation)**  
Τα χαρακτηριστικά πτητικότητας ενός καυσίμου ντίζελ εκφράζονται σε όρους θερμοκρασίας στην οποία αποστάζουν συγκεκριμένες ποσότητες ενός δείγματος καυσίμου, υπό ελεγχόμενη θέρμανση και εντός πρότυπης συσκευής. Η απόσταξη, δηλαδή η περιοχή βρασμού του καυσίμου, επηρεάζει και άλλες ιδιότητες όπως το

ιξώδες, το σημείο ανάφλεξης, τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης, τον αριθμό κετανίου και την πυκνότητα και αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα ελέγχου της ποιότητας του ντίζελ. Καθώς αποτελεί το μέσο με το οποίο παράγονται τα συστατικά των καυσίμων στα διυλιστήρια, οι νομοθετικές ρυθμίσεις περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα σημεία απόσταξης για τον καθορισμό των διαφόρων τύπων πετρελαίων. Σε αυτές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ορίζεται ότι τα καύσιμα ντίζελ εντός των ορίων ευθύνης της πρέπει να έχουν μέγιστο σημείο 85% στους 350°C και μέγιστη ανάκτηση 65% στους 250°C.

- Σημείο θόλωσης (Cloud Point)  
Το σημείο θόλωσης είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται διαχωρισμός κρυστάλλων παραφίνης από το καύσιμο, όταν αυτό ψυχθεί κάτω από ειδικές συνθήκες.
- Περιεκτικότητα σε θείο (Sulfur content)  
Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου από το οποίο προήλθε. Το θείο περιέχεται στο καύσιμο σαν ετεροάτομο στους υδρογονάνθρακες, και μπορεί να βρίσκεται ενωμένο είτε σε ευθύγραμμη αλυσίδα είτε σε δακτύλιο. Οι κατηγορίες θειούχων ενώσεων στο ντίζελ είναι μερκαπτάνες, σουλφίδια, δισουλφίδια, θειοφαίνια, βενζοθειοφαίνια και διβενζοθειοφαίνια. Η μέτρηση του βασίζεται σε φθορισμό ακτινών X (XRF). Εφαρμόζονται οι μέθοδοι ISO 8754 που είναι EDXRF και ISO 14596 που είναι WDXRF.
- Νερό και υπόστημα (Water content)  
Το νερό δεν μπορεί απομακρυνθεί εντελώς από τα ντίζελ. Μπορεί να εισέλθει στο καύσιμο κατά τις διεργασίες παραγωγής ή από το δίκτυο αποθήκευσης και μεταφοράς. Η ύπαρξη νερού στο καύσιμο υποβοηθά την ανάπτυξη μυκήτων και βακτηρίων που μπορεί να οδηγήσουν σε φραγή των φίλτρων καυσίμου. Το υπόστημα που εμφανίζεται στα ντίζελ είναι κυρίως ανόργανης προέλευσης σωματιδίων μετάλλων και σκουριά από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Το νερό και το υπόστημα συμβάλλουν στη φραγή των φίλτρων των δικτύων διανομής και μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα λόγω διάβρωσης και φθοράς του συστήματος ψεκασμού. Ο σχηματισμός γαλακτωμάτων του καυσίμου με νερό μπορεί να δώσει μια θολερότητα στην εμφάνιση του καυσίμου, κάτι που προκαλεί προβλήματα διάθεσης του στην αγορά. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση κατάλληλων πρόσθετων. Η πιο απλή μέθοδος μέτρησης τους είναι με φυγοκέντρηση. Ο προσδιορισμός του νερού γίνεται με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση (Karl Fisher).
- Διαβρωτικότητα (Copper strip corrosion rating)  
Ένα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα καύσιμο ντίζελ είναι η εξασφάλιση ότι δε θα προσβάλλει τα μέταλλα με τα οποία θα έρχεται σε επαφή στο σύστημα αποθήκευσης διανομής και τροφοδοσίας στον κινητήρα ή

καυστήρα. Ο χαλκός και τα κράματα του είναι ευπρόσβλητα από συγκεκριμένες ενώσεις θείου που έχουν διαβρωτικό χαρακτήρα. Η μέθοδος διάβρωσης χάλκινου ελάσματος δίνει μία ένδειξη της τάσης του καυσίμου να προσβάλει μεταλλικές επιφάνειες.

- Σημείο ανάφλεξης (Flash point)  
Το σημείο ανάφλεξης είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία αναφλέγονται οι ατμοί του καυσίμου με προσαγωγή όταν αυτό θερμαίνεται κάτω από πρότυπες συνθήκες. Το σημείο ανάφλεξης σχετίζεται με τη μετωπική πτητικότητα του καυσίμου, και καθορίζει εν μέρει τα ελαφρύτερα συστατικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Το σημείο ανάφλεξης αποτελεί μία προδιαγραφή ασφαλείας για τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, και αποτελεί την πρώτη ένδειξη μόλυνσης με ελαφρύτερα συστατικά (βενζίνη).
- Τέφρα (Ash content)  
Τα ντίζελ μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες υλικών που μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό τέφρας κατά την καύση, όπως αιωρούμενα στερεά και διαλυτές οργανομεταλλικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα αποθέσεων στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου, καθώς και φθορά στο έμβολο ή τα ελατήρια.
- Ανθρακούχο υπόλειμμα (Carbon residue)  
Το ανθρακούχο υπόλειμμα προσδιορίζει τη μικρή ποσότητα βαρέων συστατικών που υπάρχουν στο καύσιμο, και κατά τη διάρκεια της καύσης δεν οξειδώνονται πλήρως, αλλά πολυμερίζονται σχηματίζοντας ένα είδος αιθάλης. Το εξανθράκωμα προσδιορίζει την τάση του καυσίμου να δημιουργεί ανθρακούχες αποθέσεις.
- Ιξώδες (Viscosity)  
Μετράει πόσο παχύρρευστο ή λεπτόρρευστο είναι το καύσιμο. Χαμηλό ιξώδες σημαίνει υπερβολική φθορά της αντλίας τροφοδοσίας, η οποία όπως είναι γνωστό λιπαίνεται με το ίδιο το καύσιμο. Αλλά και το υψηλό ιξώδες προκαλεί υπερβολική αύξηση της πίεσης στο σύστημα τροφοδοσίας, αλλά και δίνει καυσαέρια με μεγάλο ποσοστό καπνού.
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Polycyclic aromatic hydrocarbons - PAH)  
Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες στο πετρέλαιο αυξάνουν όταν το πετρέλαιο δεν είναι straight run αλλά προέρχεται από πυρόλυση. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες έχουν χαμηλή ποιότητα αυτό-ανάφλεξης Το ντίζελ που έχει μεγάλο ποσοστό αρωματικών υδρογονανθράκων έχει χαμηλό αριθμό κετανίου και κατά την καύση του εκπέμπονται περισσότερα αιωρούμενα σωματίδια και καπνός. Μερικές ενώσεις της κατηγορίας PAH είναι μεταλλαξιόνες σύμφωνα με το τεστ AMES ή καρκινογόνες όταν εφαρμόζονται στο δέρμα πειραματόζωων. Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των PAH που περιέχονται στο ντίζελ και των

εκπομπών PAH από τον κινητήρα. Επομένως η μείωση της περιεκτικότητας του ντίζελ σε PAH είναι σημαντική τόσο για την απόδοση του κινητήρα όσο κυρίως για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος. Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των αρωματικών σε ντίζελ είναι η χρωματογραφία στήλης με χρήση φθορίζοντος δείκτη. Για τον προσδιορισμό των PAH χρησιμοποιείται μέθοδος HPLC ή SFC. Για το πετρέλαιο θέρμανσης δεν έχει καθιερωθεί ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε PAH. Για το πετρέλαιο κίνησης το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 1ppm.

- Λιπαντικότητα (Lubricity)

Η λιπαντική ικανότητα του πετρελαίου κίνησης είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς το καύσιμο θα πρέπει να λιπαίνει κατά κύριο λόγο τα κινητά εξαρτήματα του συστήματος ψεκασμού. Η μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της λιπαντικής τους ικανότητας. Για τη βελτίωση της λιπαντικής ικανότητας των πετρελαίων χρησιμοποιούνται πρόσθετα. Η μέθοδος που εφαρμόζεται για τη μέτρηση της λιπαντικής ικανότητας του πετρελαίου είναι η ISO 12156-1: 1997, Diesel fuels- Assessment of lubricity by HFRR (including Cor. 1:1998). Σφαιρικό δοκίμιο τοποθετημένο σε μεταλλική επιφάνεια και εμβαπτισμένο στο υπό εξέταση ντίζελ σε ελεγχόμενη θερμοκρασία φορτίζεται με ορισμένο βάρος. Κατόπιν για ορισμένο χρόνο το σφαιρίδιο, με τη βοήθεια κινητήρα, πάλλεται με καθορισμένη συχνότητα και μήκος ταλάντωσης. Η όλη διαδικασία ελέγχεται αυτόματα από H/Y συνδεδεμένο με το σύστημα. Η εκτίμηση της λιπαντικής ικανότητας των δειγμάτων γίνεται με βάση την μέτρηση της διαμέτρου του σημαδιού φθοράς του σφαιρικού δοκιμίου με την βοήθεια μεταλλουργικού στερεοσκοπίου. Ως όριο φθοράς καθορίζονται τα 460μm για καύσιμα ντίζελ.

- Χρώμα

Για την εύκολη διάκρισή τους από το πετρέλαιο κίνησης το πετρέλαιο θέρμανσης χρωματίζεται κόκκινο και το πετρέλαιο εφοδιασμού πλοίων χρωματίζεται μαύρο.

- Πετρέλαιο κίνησης (Φυσικό χρώμα)
- Πετρέλαιο θέρμανσης (κόκκινο)
- Πετρέλαιο εφοδιασμού πλοίων (μαύρο)

- Ιχνηθέτης

Για την εύκολη διάκρισή τους από το πετρέλαιο κίνησης το πετρέλαιο θέρμανσης και το πετρέλαιο εφοδιασμού πλοίων ιχνηθετούνται. Ο ιχνηθέτης του πετρελαίου θέρμανσης είναι κοινός σε όλα τα Κ.Μ. της Ε.Ε. (euromarker) και είναι ο Solvent Yellow 124: N-ethyl-N-[2-(1-isobutoxyethoxy)ethylazo-benzene-4-amine) σε ποσοστό 6 χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο.

Το πετρέλαιο εφοδιασμού πλοίων περιέχει ιχνηθέτη κινιζαρίνη σε ποσοστό 3 χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο.

- Πετρέλαιο κίνησης (καθόλου)
- Πετρέλαιο θέρμανσης (Solvent Yellow 124 - 6mg/l )
- Πετρέλαιο εφοδιασμού πλοίων (Κινιζαρίνη - 3 mg/l )

#### **2.4 Ποιότητες και τεχνικές προδιαγραφές του ντίζελ**

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι επτά ποιότητες καυσίμου ντίζελ (Πίνακας 2.1) και οι τεχνικές προδιαγραφές τους (Πίνακας 2.2), όπως ορίζονται από την Αμερικάνικη Εταιρία Δοκιμών και Υλικών (ASTM), σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D975 "Standard Specification for Diesel Fuel Oils".

Πίνακας 2.1 Ποιότητες καυσίμου ντίζελ κατά ASTM D975 [III]

Βαθμός Ποιότητας	Ιδιότητες και χρήσεις	Μέγιστη περιεκτικότητα θείου (ppm)
<b>1-D S15</b>	Ελαφρύ-μεσαίο απόσταγμα ειδικής χρήσης για ειδικές εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 15ppm θείο	15
<b>1-D S500</b>	Ελαφρύ-μεσαίο απόσταγμα ειδικής χρήσης για εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 500ppm θείο	500
<b>1-D S5000</b>	Ελαφρύ-μεσαίο απόσταγμα ειδικής χρήσης για εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 5000ppm θείο	5000
<b>2-D S15</b>	Μεσαίο απόσταγμα γενικής χρήσης σε εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 15ppm θείο. Ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση σε εφαρμογές με συνθήκες μεταβαλλόμενης ταχύτητας και φορτίου	15
<b>2-D S500</b>	Μεσαίο απόσταγμα γενικής χρήσης σε εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 15ppm θείο. Ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση σε εφαρμογές με συνθήκες μεταβαλλόμενης ταχύτητας και φορτίου	500
<b>2-D S5000</b>	Μεσαίο απόσταγμα γενικής χρήσης σε εφαρμογές που απαιτούν καύσιμο με 15ppm θείο. Ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση σε εφαρμογές με συνθήκες μεταβαλλόμενης ταχύτητας και φορτίου	5000
<b>4-D</b>	Βαρύ απόσταγμα ή μείγμα αποστάγματος και λαδιού για χρήση σε χαμηλής-μέσης ταχύτητας κινητήρες με εφαρμογές που περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο σταθερή ταχύτητα και φορτίο	

Πίνακας 2.2 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ κατά ASTM D975 [IV]

Property	Test Method	S15, S500, S5000* No. 1-D	S15, S500, S5000* No. 2-D	No. 4-D
Flash Point, °C (°F), min	D 93	38 (100)	52 (125)	55 (130)
Water and Sediment, % volume, max	D 2709 D 1796	0.05	0.05	– 0.50
Distillation Temperature, °C (°F), 90% Volume Recovered: min max  Or Simulated Distillation, °C (°F) (Does not apply to No. 1-D S5000 or No. 2-D S15) 90% Volume Recovered: min max	D 86   D 2887	288 (550)   304 (572)	282 (540) 338 (640)  300 (572) 356 (673)	
Kinematic Viscosity, mm <sup>2</sup> /sec at 40°C (104°F): min max	D 445	1.3 2.4	1.9 4.1	5.5 24.0
Ash, % mass, max	D 482	0.01	0.01	0.10
Sulfur, ppm (µg/g), max % mass, max % mass, max	D 5453 D 2622 D 129	15 0.05 0.50	15 0.05 0.50	– – 2.00
Copper Strip Corrosion Rating, max After 3 hours at 50°C (122°F)	D 130	No. 3	No. 3	–
Cetane Number, min  One of the following must be met: (1) Cetane Index, min (2) Aromaticity, % volume, max	D 613  D 976-80 D 1319	40  40 35	40  40 35	30  – –
Cloud Point, °C (°F), max  Or LTFT/CFPP, °C (°F), max	D 2500  D 4539/ D 6371	Varies	Varies	–
Ramsbottom Carbon Residue, max (% mass on 10% Distillation Residue)	D 524	0.15	0.35	–
Lubricity, 60°C, WSD, microns, max	D 6079	520	520	--



## 2.5 Χημική Ανάλυση

### 2.5.1 Χημική σύσταση

Το ντίζελ που παράγεται από πετρέλαιο αποτελείται από περίπου 75% κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως αλκάνια συμπεριλαμβανομένων των *n*-αλκανίων, των ισο-αλκανίων και των κυκλοαλκανίων και 25% αρωματικούς υδρογονάνθρακες, συμπεριλαμβανομένων των ναφθαλινίων και των αλκυλοβενζολίων). Ο μέσος χημικός τύπος για το συνηθισμένο καύσιμο ντίζελ είναι  $C_{12}H_{23}$ , κυμαινόμενος περίπου από  $C_{10}H_{20}$  μέχρι  $C_{15}H_{28}$ .<sup>5</sup>

### 2.5.2 Χημικές ιδιότητες

Τα περισσότερα καύσιμα ντίζελ παγώνουν στις συνηθισμένες θερμοκρασίες του χειμώνα, ενώ οι θερμοκρασίες ποικίλουν πολύ. Το πετροντίζελ τυπικά παγώνει περίπου στους  $-8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ το βιοντίζελ παγώνει μεταξύ  $2^{\circ}$  μέχρι  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Το ιξώδες του ντίζελ αυξάνει σημαντικά καθώς μειώνεται η θερμοκρασία, αλλάζοντας την σε ένα πήκτωμα (τζελ) σε θερμοκρασίες  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , που δεν μπορεί να ρεύσει σε συστήματα ντίζελ. Τα συμβατικά καύσιμα ντίζελ εξατμίζονται σε θερμοκρασίες μεταξύ  $149\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $371\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Τα σημεία ανάφλεξης των συμβατικών ντίζελ ποικίλουν μεταξύ  $52$  και  $96\text{ }^{\circ}\text{C}$ , που κάνει το ντίζελ πιο ασφαλές από τη βενζίνη και ακατάλληλο για κινητήρες με ανάφλεξη με σπινθηριστή. Αντίθετα με τη βενζίνη, το σημείο ανάφλεξης του καυσίμου ντίζελ δεν έχει καμιά σχέση με την απόδοση του σε έναν κινητήρα, ούτε στην ποιότητα της αυτόματης ανάφλεξης.

## 2.6 Μετρήσεις και τιμολόγηση

### 2.6.1 Θερμογόνος αξία του καυσίμου

Η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου σχετίζεται άμεσα με την οικονομία καυσίμου. Όταν οι άλλες ιδιότητες του καυσίμου παραμένουν σταθερές, η θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα όγκου είναι ευθέως ανάλογη με την πυκνότητα.

Οι διεθνείς προδιαγραφές ASTM για την ποιότητα του ντίζελ περιορίζουν τη δυνατότητα αύξησης της θερμογόνου δύναμης ενός συγκεκριμένου καυσίμου. Αυτό συμβαίνει γιατί η αύξηση της πυκνότητας συνεπάγεται είτε αλλαγή στη χημεία του καυσίμου, με αύξηση των περιεχόμενων αρωματικών, ή με αλλαγή του προφίλ απόσταξης, με αύξηση του αρχικού ή του τελικού σημείου ή και των δύο. Η αύξηση των αρωματικών περιορίζεται όμως από την προδιαγραφή για τον αριθμό κετανίου του καυσίμου, εφόσον τα αρωματικά έχουν χαμηλότερο αριθμό κετανίου, ενώ η αλλαγή στο προφίλ απόσταξης περιορίζεται από τις προδιαγραφές απόσταξης.

Από το 2010, η πυκνότητα του πετρελαϊκού ντίζελ είναι περίπου 0,832 kg/l (6,943 lb/US gal), περίπου 12% περισσότερο από τη βενζίνη χωρίς αιθανόλη, που έχει πυκνότητα περίπου 0,745 kg/l (6,217 lb/US gal). Περίπου το 86,1% της μάζας του καυσίμου είναι άνθρακας και όταν καίγεται παράγει μια καθαρή θερμογόνο τιμή 43,1 MJ/kg σε αντίθεση με τη 43,2 MJ/kg για βενζίνη. Όμως, λόγω της υψηλότερης πυκνότητας, το ντίζελ παρέχει μια υψηλότερη ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας 35,86 MJ/L (128.700 BTU/US gal) συγκρινόμενο με 32,18 MJ/L (115.500 BTU/US gal) για τη βενζίνη, περίπου 11% περισσότερο, που πρέπει να υπολογιστεί κατά τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας του καυσίμου ανά όγκο.

### **2.6.2 Κόστος και φορολόγηση**

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 2.3) παρατίθενται οι τιμές λιανικής (retail price) ενός λίτρου αμόλυβδης βενζίνης και ντίζελ μεταφοράς στις χώρες της Ευρώπης την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2017, καθώς και οι τιμές τους χωρίς φόρους (excluding taxes), οι ειδικοί φόροι κατανάλωσης (excise duties) και οι Φόροι Προστιθέμενης Αξίας (VAT).

Πίνακας 2.3 Τιμές ενός λίτρου (1L) καυσίμου μεταφοράς την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου  
2017 [V]

Country	Unleaded (Superbleifrei, Euro sans plomb, Euro95)				Diesel (Gazole, Gasóleo)			
	Excluding taxes	Excise duties	VAT	Retail price	Excluding taxes	Excise duties	VAT	Retail price
Austria	€ 0.458	€ 0.482	€ 0.188	€ 1.128	€ 0.455	€ 0.425	€ 0.176	€ 1.056
Belgium	€ 0.596	€ 0.615	€ 0.254	€ 1.465	€ 0.658	€ 0.444	€ 0.231	€ 1.333
Bulgaria	€ 0.515	€ 0.363	€ 0.176	€ 1.054	€ 0.548	€ 0.330	€ 0.176	€ 1.054
Croatia	€ 0.525	€ 0.505	€ 0.258	€ 1.288	€ 0.562	€ 0.400	€ 0.241	€ 1.203
Cyprus	€ 0.539	€ 0.479	€ 0.194	€ 1.212	€ 0.568	€ 0.450	€ 0.194	€ 1.212
Czech Republic	€ 0.447	€ 0.467	€ 0.192	€ 1.106	€ 0.516	€ 0.398	€ 0.192	€ 1.106
Denmark	€ 0.670	€ 0.608	€ 0.320	€ 1.598	€ 0.667	€ 0.414	€ 0.270	€ 1.351
Estonia	€ 0.451	€ 0.423	€ 0.175	€ 1.049	€ 0.464	€ 0.393	€ 0.171	€ 1.028
Finland	€ 0.510	€ 0.681	€ 0.286	€ 1.477	€ 0.574	€ 0.506	€ 0.259	€ 1.339
France	€ 0.552	€ 0.624	€ 0.235	€ 1.411	€ 0.597	€ 0.468	€ 0.213	€ 1.278
Germany	€ 0.497	€ 0.670	€ 0.222	€ 1.389	€ 0.505	€ 0.486	€ 0.188	€ 1.179
Greece	€ 0.646	€ 0.670	€ 0.303	€ 1.619	€ 0.775	€ 0.330	€ 0.254	€ 1.359
Hungary	€ 0.538	€ 0.397	€ 0.253	€ 1.188	€ 0.582	€ 0.366	€ 0.256	€ 1.204
Ireland	€ 0.549	€ 0.588	€ 0.262	€ 1.399	€ 0.545	€ 0.479	€ 0.235	€ 1.259
Italy	€ 0.565	€ 0.728	€ 0.284	€ 1.577	€ 0.549	€ 0.617	€ 0.256	€ 1.422
Latvia	€ 0.551	€ 0.411	€ 0.202	€ 1.164	€ 0.563	€ 0.333	€ 0.188	€ 1.084
Lithuania	€ 0.526	€ 0.434	€ 0.201	€ 1.161	€ 0.555	€ 0.330	€ 0.186	€ 1.071
Luxembourg	€ 0.552	€ 0.465	€ 0.173	€ 1.190	€ 0.541	€ 0.338	€ 0.149	€ 1.028
Malta	€ 0.591	€ 0.519	€ 0.200	€ 1.310	€ 0.558	€ 0.442	€ 0.180	€ 1.180
Netherlands	€ 0.618	€ 0.766	€ 0.291	€ 1.675	€ 0.618	€ 0.482	€ 0.231	€ 1.331
Poland	€ 0.361	€ 0.487	€ 0.195	€ 1.043	€ 0.479	€ 0.349	€ 0.191	€ 1.019
Portugal	€ 0.641	€ 0.618	€ 0.290	€ 1.549	€ 0.683	€ 0.402	€ 0.249	€ 1.334
Romania	€ 0.442	€ 0.462	€ 0.181	€ 1.085	€ 0.471	€ 0.430	€ 0.180	€ 1.081
Slovakia	€ 0.457	€ 0.551	€ 0.202	€ 1.210	€ 0.524	€ 0.386	€ 0.182	€ 1.092
Slovenia	€ 0.535	€ 0.528	€ 0.234	€ 1.297	€ 0.520	€ 0.455	€ 0.214	€ 1.189
Spain	€ 0.601	€ 0.425	€ 0.216	€ 1.242	€ 0.610	€ 0.331	€ 0.198	€ 1.139
Sweden	€ 0.535	€ 0.643	€ 0.294	€ 1.472	€ 0.607	€ 0.555	€ 0.290	€ 1.452
United Kingdom	€ 0.499	€ 0.674	€ 0.235	€ 1.407	€ 0.518	€ 0.674	€ 0.238	€ 1.430
<b>EU AVERAGE</b>	<b>€ 0.535</b>	<b>€ 0.546</b>	<b>€ 0.233</b>	<b>€ 1.307</b>	<b>€ 0.565</b>	<b>€ 0.429</b>	<b>€ 0.214</b>	<b>€ 1.202</b>

Όπως βλέπουμε η τιμή χονδρικής του ντίζελ είναι υψηλότερη από αυτή της βενζίνης, το οποίο οφείλεται στις πρόσφατες αλλαγές στην ποιότητα του καυσίμου, που απαιτούν περισσότερη διύλιση για την αφαίρεση του θείου. Οι ευνοϊκοί συντελεστές φορολόγησης από την άλλη αντισταθμίζουν αυτήν την ανισορροπία και το ντίζελ καταλήγει πιο φθηνό από την αμόλυβδη βενζίνη στο λιανικό εμπόριο. Η τιμή του ντίζελ παραδοσιακά ανεβαίνει κατά τη διάρκεια των πιο ψυχρών μηνών καθώς αυξάνεται η ζήτηση για πετρέλαιο θέρμανσης, που διωλίζεται περίπου με τον ίδιο τρόπο.

Το ντίζελ κίνησης είναι αρκετά παρόμοιο με το ντίζελ θέρμανσης, που χρησιμοποιείται στην κεντρική θέρμανση. Στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τον Καναδά, η φορολογία του πετροντίζελ κίνησης είναι υψηλότερη από το πετρέλαιο θέρμανσης και εκεί το πετρέλαιο θέρμανσης επισημαίνεται με χρωστικές καυσίμων και ίχνη χημικών για αποτροπή και ανίχνευση φορολογικής απάτης. "Αφορολόγητο" ντίζελ (συνήθως αποκαλείται "off-road diesel") διατίθεται σε μερικές χώρες, κυρίως για αγροτική χρήση, ως καύσιμο για τρακτέρ, οχήματα για ψυχαγωγικούς σκοπούς ή άλλα μη εμπορικά οχήματα που δε χρησιμοποιούν δημόσιους δρόμους. Σε τέτοιου είδους καύσιμα η περιεκτικότητά τους σε θείο μπορεί να υπερβαίνει τα όρια για οδική χρήση σε μερικές χώρες (π.χ. ΗΠΑ).

## 2.7 Χρήσεις - εφαρμογές

Κανένας άλλος κινητήρας εσωτερικής καύσης δεν έχει τόση ευρεία χρήση όσο ο κινητήρας ντίζελ. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης και της προκύπτουσας οικονομίας καυσίμου.

Αντίθετα με τους κινητήρες βενζίνης και υγραερίου, οι ντιζελοκινητήρες δεν χρησιμοποιούν σπινθηριστές υψηλής τάσης. Ένας κινητήρας που τρέχει με ντίζελ συμπιέζει τον αέρα μέσα στον κύλινδρο σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες (με λόγους συμπίεσης από 14:1 έως 18:1 που είναι συνηθισμένοι στους υφιστάμενους ντιζελοκινητήρες). Το καύσιμο ντίζελ εγχέεται άμεσα στον κινητήρα, ξεκινώντας λίγο πριν το άνω νεκρό σημείο και συνεχίζει κατά τη διάρκεια της καύσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες μέσα στον κύλινδρο προκαλούν στο καύσιμο ντίζελ την αντίδραση με οξυγόνο στο μείγμα (καύση ή οξειδωση), θερμαίνοντας και διευρύνοντας το μείγμα καύσης για να μετατρέψει τη διαφορά θερμοκρασίας/πίεσης σε μηχανικό έργο, δηλαδή να μετακινήσει το έμβολο. Οι κινητήρες σπινθηριστών πυράκτωσης για να βοηθήσουν το ξεκίνημα του κινητήρα προθερμαίνουν τους κυλίνδρους σε μια ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Οι ντιζελοκινητήρες είναι κινητήρες "πτωχής" καύσης, που καίνε το καύσιμο με περισσότερο αέρα από ότι χρειάζεται για τη χημική αντίδραση. Συνεπώς, χρησιμοποιούν λιγότερο καύσιμο από την "πλούσια" καύση των κινητήρων με σπινθηριστή που χρησιμοποιούν στοιχειομετρικό λόγο αέρα-καυσίμου. Λόγω της απουσίας στραγγαλισμού (σταθερή ποσότητα επιτρεπόμενου αέρα, ανά μονάδα καυσίμου, χωρίς καθορισμένη παραλλαγή από τον χρήστη), ο λόγος υψηλής συμπίεσης και φτωχού καυσίμου μείγματος, κάνουν τους ντιζελοκινητήρες πιο αποτελεσματικούς από τους κινητήρες με σπινθηρισμό. Ο Χάρβεϊ (Harvey) παραπέμπει στις συγκρίσεις των Σίπερ κ.α. (Schipper) και εκτιμά μικρότερη κατανάλωση καυσίμου ντίζελ πάνω από 20% και (λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές διαφορές των καυσίμων) μικρότερη από 15%

ενεργειακή κατανάλωση.<sup>6</sup> Αεριοστρόβιλοι και κάποιοι άλλοι κινητήρες εσωτερικής και εξωτερικής καύσης μπορούν επίσης να σχεδιαστούν για να παίρνουν καύσιμο ντίζελ.

Οι κύριοι τομείς χρήσης για τους κινητήρες ντίζελ είναι οι εξής:

### **2.7.1 Αυτοκίνητα και ελαφρά εμπορικά οχήματα (Light Duty Vehicles - LDV)**

Τα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα έχουν μικρότερη κατανάλωση από τα βενζινοκίνητα και παράγουν λιγότερα αέρια θερμοκηπίου. Η μεγαλύτερη τους οικονομία οφείλεται στο υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά λίτρο του καυσίμου ντίζελ και την εσωτερική αποτελεσματικότητα του ντιζελοκινητήρα. Αν και η υψηλότερη πυκνότητα του πετροντίζελ καταλήγει σε εκπομπή περισσότερων αέριων θερμοκηπίου ανά λίτρο συγκρινόμενο με τη βενζίνη, η κατά 20 - 40% καλύτερη οικονομία καυσίμου που πετυχαίνεται από τα σύγχρονα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα αντισταθμίζει τις υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τελικά ένα ντιζελοκίνητο όχημα εκπέμπει 10–20% λιγότερα αέρια θερμοκηπίου από τα βενζινοκίνητα οχήματα. Οι κινητήρες ντίζελ με βιοντίζελ προσφέρουν σημαντικά μειωμένες τιμές εκπομπών συγκρινόμενοι με το πετροντίζελ ή με βενζινοκινητήρες, ενώ διατηρούν τα περισσότερα από τα πλεονεκτήματα εξοικονόμησης καυσίμου συγκρινόμενοι με βενζινοκίνητα οχήματα. Όμως, οι αυξημένοι λόγοι συμπίεσης σημαίνουν ότι υπάρχουν αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Αυτό συνδυαζόμενο με το βιολογικό άζωτο στο βιοντίζελ κάνει τις εκπομπές NO<sub>x</sub> το κύριο μειονέκτημα των ντιζελοκινητήρων σε σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες.

### **2.7.2 Βαρέα φορτηγά οχήματα (Heavy Duty Vehicles - HDV)**

Το καύσιμο ντίζελ έχει ευρεία εφαρμογή στους περισσότερους τύπους μεταφορών. Τα φορτηγά, καθώς και τα λεωφορεία, τα οποία ήταν συνήθως βενζινοκίνητα μέχρι και τη δεκαετία του 1950, τη σήμερον ημέρα χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά ντίζελ. Για μεγάλες αποστάσεις, με λίγη βραδυπορία (idling), οι κινητήρες ντίζελ καλύπτουν μεγαλύτερη απόσταση ανά λίτρο καυσίμου και παράγουν υψηλότερη ροπή σε λιγότερες στροφές ανά λεπτό (RPM) από ότι οι αντίστοιχοι βενζίνης. Οι λιγότερες στροφές ανά λεπτό με τη σειρά τους συνεπάγονται και πιο αργή φθορά του κινητήρα. Από οικονομική άποψη, οι κινητήρες ντίζελ προκύπτουν ιδανικοί για βαρέα φορτηγά οχήματα, τα οποία καλούνται να μεταφέρουν μεγάλα φορτία ή/και να καλύψουν μεγάλες αποστάσεις για τη μεταφορά προϊόντων.

### 2.7.3 Μηχανήματα για κατασκευαστικούς και γεωργικούς σκοπούς

Τα κατασκευαστικά και γεωργικά μηχανήματα αποτελούν το παραδοσιακό πεδίο των κινητήρων ντίζελ. Από εμπρόσθιους φορτωτές μέχρι και μπουλντόζες, πολλές μικρές και μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες βασίζονται στους κινητήρες ντίζελ για την λειτουργία των οχημάτων τους. Ενώ υπάρχουν ορισμένες εναλλακτικές λύσεις με βενζίνη για ορισμένα οχήματα, οι κατασκευαστικές και γεωργικές εταιρίες εκμεταλλεύονται το ντίζελ λόγω της αυξημένης ισχύος του ντιζελοκινητήρα. Ο σχεδιασμός των κινητήρων για τέτοιες εφαρμογές δίνει ιδιαίτερη έμφαση όχι μόνο στην οικονομία αλλά και στην αντοχή, την αξιοπιστία και την ευκολία συντήρησης, έτσι το ντίζελ αποτελεί λίγο πολύ μονόδρομο όσο αφορά την επιλογή καυσίμου για τέτοιου τύπου εφαρμογές.

### 2.7.4 Σιδηροδρομικές μηχανές

Στις αρχές του 20ου αιώνα, η χρήση των κινητήρων ντίζελ περιορίστηκε σε βοηθητικούς κινητήρες και αργότερα σε μηχανές επιβατικών αμαξοστοιχιών και το 1940 το τμήμα Electro Motive Division της General Motors απέδειξε ότι οι κινητήρες ντίζελ θα μπορούσαν πρακτικά να αντικαταστήσουν της ατμομηχανές σε βαρίου τύπου υπηρεσίες. Παρόλο που κοινώς ονομάζονται ντίζελ, οι μηχανές των τραίνων είναι στην πραγματικότητα ηλεκτροκίνητες. Ο κινητήρας ντίζελ οδηγεί έναν εναλλάκτη, ο οποίος παράγει ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων. Αυτή η μετάβαση αποτέλεσε μια δραματική βελτίωση στην απόδοση σε σχέση με τις ατμομηχανές, καθιστώντας δυνατή μια σημαντική εξοικονόμηση στη συντήρηση. Επιπλέον μονάδες θα μπορούσαν να συνδεθούν μεταξύ τους και διοικούνται από μια επικεφαλής μονάδα, να δημιουργήσουν πολύ ισχυρούς συνδυασμούς.<sup>7</sup> Το ντίζελ αντικατέστησε τον άνθρακα και το καύσιμο έλαιο (μαζούτ) για ατμοκίνητους συρμούς στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για κινητήρες καύσης αυτοτροφοδοτούμενων συρμών.<sup>8</sup> Οι ατμομηχανές σιδηροδρόμου, όπως και οι βαρίου τύπου ναυτιλιακοί ντιζελοκινητήρες, έχουν σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχή λειτουργία τους. Συνήθως χρησιμοποιούν ντίζελ χαμηλότερης ποιότητας.

### 2.7.5 Μηχανές πλοίων

Η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων σήμερα χρησιμοποιεί παλινδρομικούς κινητήρες ντίζελ ως κινητήρια δύναμη, παρόμοιας αρχής λειτουργίας με τους αντίστοιχους αυτοκινήτων, φορτηγών και αμαξοστοιχιών, λόγω της απλούστερης λειτουργίας, της ανθεκτικότητάς τους και της οικονομίας καυσίμου σε σύγκριση με τις άλλες κινητήριες μηχανές<sup>9</sup>. Μεγάλοι κινητήρες ντίζελ κινούν τεράστιες ποσότητες εμπορικών μεταφορών σε όλους τους ωκεανούς κάθε μέρα.

### **2.7.6 Πετρελαιοκίνητες γεννήτριες**

Το καύσιμο ντίζελ χρησιμοποιείται επίσης και σε πετρελαιοκίνητες γεννήτριες, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μεγάλα κτήρια, θεσμικές εγκαταστάσεις και νοσοκομεία έχουν γεννήτριες ντίζελ για την παροχή ενέργειας σε έκτακτες ανάγκες.

### **2.7.7 Στρατιωτικά οχήματα**

Τα τεθωρακισμένα οχήματα μάχης χρησιμοποιούν ντίζελ λόγω της υψηλότερης ροπής του κινητήρα, και επειδή είναι λιγότερο εύφλεκτο και εκρηκτικό από ότι τα άλλα καύσιμα<sup>10</sup>.

## **2.8 Περαιτέρω προδιαγραφές του ντίζελ ανάλογα με τη χρήση του**

Στο παρελθόν, το καύσιμο ντίζελ περιείχε μεγαλύτερες ποσότητες θείου. Τα ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών καυσαερίων και η προνομαϊκή φορολόγηση υποχρέωσαν τα δυλιστήρια πετρελαίου να μειώσουν θεαματικά το επίπεδο του θείου στα καύσιμα ντίζελ. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η περιεκτικότητα σε θείο υπέστη σημαντική μείωση τα τελευταία 20 χρόνια..

### **2.8.1 Προδιαγραφές του καυσίμου ντίζελ με προορισμό την αυτοκίνηση**

Το καύσιμο ντίζελ που προορίζεται για χρήση στην αυτοκίνηση καλύπτεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το πρότυπο EN 590:2009, το οποίο καθορίζει τις απαιτήσεις και τις μεθόδους δοκιμής του καυσίμου που προορίζεται για χρήση στην Ευρωπαϊκή αγορά (Πίνακας 2.4). Αυτό το πρότυπο συμπίπτει με την ανάπτυξη νέων πρότυπων εκπομπών σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο γενικός στόχος ήταν η μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο, η οποία επετεύχθη με την εισαγωγή ειδικών προσθέτων στο ντίζελ "εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο" (ULSD). Στην Ελλάδα, οι προδιαγραφές αυτές ενσωματώθηκαν με το ΦΕΚ1490/Β/9.10.2006.

Πίνακας 2.4 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ κίνησης [VI]

Table 1 - Generally applicable requirements and test methods

Property	Unit	Limits		Test method <sup>a</sup> (See 2. Normative references)
		minimum	maximum	
<b>Cetane number <sup>b</sup></b>		<b>51,0</b>	–	EN ISO 5165 EN 15195
Cetane index		46,0	–	EN ISO 4264
<b>Density at 15 °C <sup>c</sup></b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	820,0	<b>845,0</b>	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Polycyclic aromatic hydrocarbons <sup>d</sup></b>	<b>% (m/m)</b>	–	<b>11</b>	EN 12916
<b>Sulfur content <sup>e</sup></b>	<b>mg/kg</b>	–	<b>50,0</b> until 2008-12-31	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
			<b>10,0</b>	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Flash point	°C	Above 55	–	EN ISO 2719
Carbon residue <sup>f</sup> (on 10 % distillation residue)	% (m/m)	–	0,30	EN ISO 10370
Ash content	% (m/m)	–	0,01	EN ISO 6245
Water content	mg/kg	–	200	EN ISO 12937
Total contamination	mg/kg	–	24	EN 12662 <sup>g</sup>
Copper strip corrosion (3 h at 50 °C)	rating	class 1		EN ISO 2160
<b>Fatty acid methyl ester (FAME) content <sup>h</sup></b>	<b>% (V/V)</b>	-	<b>7,0</b>	<b>EN 14078</b>
Oxidation stability	g/m <sup>3</sup>	–	25	EN ISO 12205
	h	20	-	EN 15751 <sup>i</sup>
Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd 1,4) at 60 °C	µm	–	460	EN ISO 12156-1
Viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,00	4,50	EN ISO 3104
<b>Distillation <sup>k,1</sup></b>				EN ISO 3405
% (V/V) recovered at 250 °C	% (V/V)	85	< 65	
% (V/V) recovered at 350 °C	% (V/V)			
<b>95 % (V/V) recovered at</b>	<b>°C</b>			

Στο ίδιο πρότυπο ορίζονται και οι κλιματικά εξαρτώμενες προδιαγραφές και οι αντίστοιχες μέθοδοι δοκιμής του καυσίμου ντίζελ, όπου οι επιλογές είναι έξι διαφορετικοί βαθμοί "σημείου απόφραξης ψυχρού φίλτρου" (Cold Filter Plugging Point - CFPP) για τα εύκρατα κλίματα και πέντε διαφορετικοί βαθμοί για τα πολικά κλίματα ή τα κλίματα με βαρύ χειμώνα (Πίνακας 2.5 & Πίνακας 2.6).



Πίνακας 2.5 Προδιαγραφές για εύκρατα κλίματα [VII]

Table 2 - Climate-related requirements and test methods - Temperate climates

Property	Unit	Limits						Test method <sup>a</sup> (See 2. Normative references)
		Grade A	Grade B	Grade C	Grade D	Grade E	Grade F	
CFPP	°C, max.	+5	0	-5	-10	-15	-20	EN 116

<sup>a</sup> See also 5.6.1

Πίνακας 2.6 Προδιαγραφές για πολικά κλίματα ή κλίματα με βαρύ χειμώνα [VIII]

Table 3 - Climate-related requirements and test methods - Arctic or severe winter climates

Property	Units	Limits					Test method <sup>a</sup> (See 2. Normative references)
		class 0	class 1	class 2	class 3	class 4	
CFPP	°C, max.	-20	-26	-32	-38	-44	EN 116
Cloud point	°C, max.	-10	-16	-22	-28	-34	EN 23015
Density at 15 °C <sup>b</sup>	kg/m <sup>3</sup> , min. kg/m <sup>3</sup> , max.	800,0 845,0	800,0 845,0	800,0 840,0	800,0 840,0	800,0 840,0	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s, min. mm <sup>2</sup> /s, max.	1,50 4,00	1,50 4,00	1,50 4,00	1,40 4,00	1,20 4,00	EN ISO 3104
Cetane number <sup>c</sup>	minimum	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0	EN ISO 5165 EN 15195
Cetane index	minimum	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0	EN ISO 4264
Distillation <sup>d,e</sup>							EN ISO 3405
% (V/V) recovered at 180 °C	% (V/V), max.	10	10	10	10	10	
% (V/V) recovered at 340 °C	% (V/V), min.	95	95	95	95	95	

Παρόλο που το πρότυπο EN 590 εστιάζεται κυρίως στα οδικά οχήματα (onroad vehicles), πολλά ευρωπαϊκά κράτη μέλη προσδιορίζουν το ίδιο καύσιμο για χρήση σε μη οδικά οχήματα (offroad vehicles), με την προσθήκη ενός δείκτη ή χρωστικής ουσίας για φορολογικούς σκοπούς. Μερικά κράτη μέλη, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, χρησιμοποιούν ξεχωριστό πρότυπο για τα μη οδικά οχήματα.<sup>11</sup>

## 2.8.2 Προδιαγραφές του καυσίμου ντίζελ με προορισμό την ναυτιλία

Στο διεθνές πρότυπο ISO 8217:2012 καθορίζονται μεταξύ άλλων, οι προδιαγραφές και οι μέθοδοι δοκιμής για το καύσιμο ντίζελ (Marine Diesel Oil - MDO ή DMB) που προορίζεται για χρήση στη ναυτιλία (Πίνακας 2.7).

Πίνακας 2.7 Τεχνικές προδιαγραφές ντίζελ για τη ναυτιλία [IX]

Table 1 — Distillate marine fuels

Characteristic	Unit	Limit	Category ISO-F-				Test method reference	
			DMX	DMA	DMZ	DMB		
Kinematic viscosity at 40 °C <sup>a</sup>	mm <sup>2</sup> /s	max.	5,500	6,000	6,000	11,00	ISO 3104	
		min.	1,400	2,000	3,000	2,000		
Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	max.	—	890,0	890,0	900,0	see 7.1 ISO 3675 or ISO 12185	
Cetane index	—	min.	45	40	40	35	ISO 4264	
Sulfur <sup>b</sup>	mass %	max.	1,00	1,50	1,50	2,00	see 7.2 ISO 8754 ISO 14596	
Flash point	°C	min.	43,0	60,0	60,0	60,0	see 7.3 ISO 2719	
Hydrogen sulfide	mg/kg	max.	2,00	2,00	2,00	2,00	see 7.11 IP 570	
Acid number	mg KOH/g	max.	0,5	0,5	0,5	0,5	ASTM D664	
Total sediment by hot filtration	mass %	max.	—	—	—	0,10 <sup>d</sup>	see 7.4 ISO 10307-1	
Oxidation stability	g/m <sup>3</sup>	max.	25	25	25	25 <sup>e</sup>	ISO 12205	
Carbon residue: micro method on the 10 % volume distillation residue	mass %	max.	0,30	0,30	0,30	—	ISO 10370	
Carbon residue: micro method	mass %	max.	—	—	—	0,30	ISO 10370	
Cloud point	°C	max.	-16	—	—	—	ISO 3015	
Pour point (upper) <sup>c</sup>	winter quality	°C	max.	—	-6	-6	0	ISO 3016
	summer quality	°C	max.	—	0	0	6	ISO 3016
Appearance	—	—	Clear and bright <sup>h</sup>			d, e, f	see 7.6	

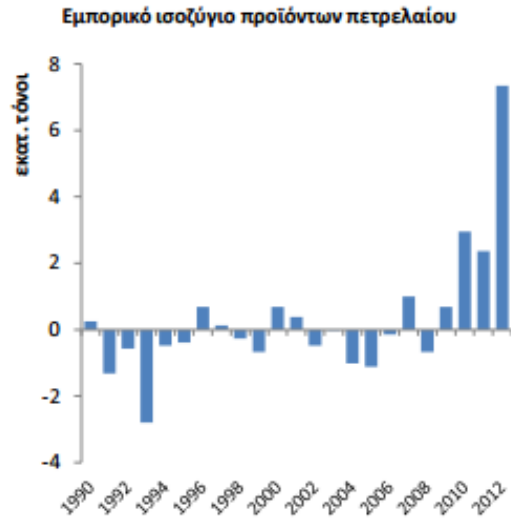
## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Παραγωγή Diesel στην Ελλάδα και η μονάδα της Ελευσίνας

### 3.1 Εισαγωγή

Στον ελλαδικό χώρο η δραστηριοποίηση των διυλιστηρίων έχει ξεκινήσει από το 1958 με τα εγκαίνια του πρώτου δημόσιου διυλιστηρίου πετρελαίου. Στη συνέχεια γίνονται τα εγκαίνια του διυλιστηρίου ESSOPAPPAS στη δυτική Θεσσαλονίκη με ιδρυτή τον ελληνικής καταγωγής Τομ Πάππας και μερικά χρόνια μετά ο Όμιλος Λάτση εγκαινιάζει το διυλιστήριο της ΠΕΤΡΟΛΑ ΕΛΛΑΣ στην Ελευσίνα. Ακολούθησε και η λειτουργία των διυλιστηρίων της ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ Κορίνθου καθώς και η συγχώνευση των θυγατρικών του ομίλου Δ.Ε.Π. (Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου) και μετονομασία σε Ελληνικά Πετρέλαια.

Παρά την αρνητική εξέλιξη της εγχώριας ζήτησης πετρελαϊκών προϊόντων (ναυτιλιακό ντίζελ, ντίζελ κίνησης, πετρέλαιο θέρμανσης κ.α.), το επίπεδο δραστηριότητας των ελληνικών διυλιστηρίων διατηρήθηκε σε υψηλό επίπεδο. Αυτό που βοήθησε στη διατήρηση συνεχούς εξέλιξης των τεχνολογιών διύλισης ήταν η αλματώδη αύξηση των εξαγωγών, οι οποίες το 2012 υποσκέλισαν τη συνολική εγχώρια ζήτηση που μειώθηκε κατά 21%. Μετά από μια περίοδο σημαντικών επενδύσεων εκσυγχρονισμού και αναβάθμισης της δυναμικότητας των ελληνικών διυλιστηρίων καθώς και τις πιέσεις λόγω χαμηλής εγχώριας ζήτησης, αναζήτησαν νέες και επεκτάθηκαν στις υφιστάμενες αγορές, κυρίως σε χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Παρακάτω βλέπουμε το εμπορικό ισοζύγιο (σε όγκο) (Εικόνα 3.1) και βαθμό εξωστρέφειας κλάδου διύλισης στην Ελλάδα, 1990 – 2012 (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.1 Εμπορικό ισοζύγιο πετρελαιοειδών [iii]



Εικόνα 3.2 Βαθμός εξωστρέφειας του κλάδου δύλισης στην Ελλάδα [iv]

Οι δύο μεγαλύτεροι όμιλοι αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα, στον τομέα της δύλισης, είναι τα ΕΛ.ΠΕ. Α.Ε. και η ΜΟΤΟΡ ΟΙΛ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.. Έχουν στη διάθεση τους 4 εγχώρια δυλιστήρια δυναμικότητας δύλισης περίπου 526 χιλιάδων βαρελιών ανά ημέρα και μέσω συνεχών επενδύσεων σε εκσυγχρονισμό και αναβάθμιση του εξοπλισμού τους

έχουν επιτύχει υψηλό δείκτη συνθετότητας Nelson, ο οποίος αποτελεί μέτρο της δευτερογενούς δυναμικότητας μετατροπής ενός διυλιστηρίου σε σχέση με την πρωτογενή δυναμικότητα διύλισης και όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη τόσο υψηλότερη είναι και η συνθετότητα του διυλιστηρίου.

Χάρης την εξέλιξη τους, τα διυλιστήρια αυτά έχουν καταφέρει όχι μόνο τη παραγωγή προϊόντων πετρελαίου υψηλής ποιότητας αλλά και την επεξεργασία περισσότερων τύπων αργού πετρελαίου. Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.1) βλέπουμε τη δυναμικότητα των δυο ομίλων σύμφωνα με τις εκθέσεις που έχουνε παρουσιάσει.

Πίνακας 3.1 Δυναμικότητα διύλισης των ελληνικών διυλιστηρίων [X]

		Εκ. Τόνοι ανά έτος	Χιλ. βαρέλια ανά ημέρα (kbpd)		
<b>Ασπρόπυργος</b>	ΕΛΠΕ Α.Ε.	7,5	148	Cracking (FCC)	Μονάδα καταλυτικής πυρόλυσης
<b>Ελευσίνα</b>	ΕΛΠΕ Α.Ε.	5	100	Hydrocracking Hydrotreating	Υδρογονοδιάσπαση Υδρογονοαποθείωση
<b>Θεσσαλονίκη</b>	ΕΛΠΕ Α.Ε.	4,5	93	Hydroskimming	Απλό με παραγωγή βενζινών
<b>Κόρινθος</b>	ΜΟΤΟ ΟΙΛ Α.Ε.	9,2	180	Cracking (FCC)	Μονάδα καταλυτικής πυρόλυσης

## 3.2 Η μονάδα των ΕΛ.ΠΕ. στην Ελευσίνα

### 3.2.1 Δημιουργία και περιγραφή της μονάδας

Ο όμιλος ΕΛ.ΠΕ. το 2008 αποφάσισε να εκσυγχρονίσει το διυλιστήριο της Ελευσίνας δημιουργώντας νέες μονάδες οι οποίες θα προσφέρουν παραγωγικές δυνατότητες που είναι απόλυτα προσαρμοσμένες στη μελλοντική αγορά ζήτησης. Το 2012, μόλις μόνο 5 χρόνια αργότερα, ολοκληρώνεται το έργο αυτό ύψους 1.420.000.000€ και έχει σαν αποτέλεσμα να κάνει τη μονάδα της Ελευσίνας ένα από τα πλέον σύνθετα και αποδοτικά διυλιστήρια της Ευρώπης, με δυνατότητα παραγωγής υψηλής ποιότητας μεσαίων αποσταγμάτων και μηδενικής παραγωγής μαζούτ. Ο εκσυγχρονισμός αυτός πέρα από τη δημιουργία και βελτιστοποίηση των προϊόντων έχει και πολύ μεγάλη συμβολή προς το περιβάλλον η οποία είναι:

- Επένδυση 300.000.000€ για περιβαλλοντικές μονάδες και τεχνολογίες μείωσης αέριων εκπομπών και βελτίωσης ποιότητας επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.
- Μείωση εκπομπών SO<sub>2</sub> κατά 70%
- Μείωση σωματιδίων κατά 84.2%
- Μείωση οξειδίων αζώτου κατά 11.6%
- Χρήση βέλτιστης διαθέσιμης τεχνολογίας (Flexicoker: 2<sup>ος</sup> στην Ευρώπη, 6<sup>ος</sup> στον κόσμο)
- 34 αναλυτές συνεχούς μέτρησης εκπομπών
- 134 αναλυτές συνεχούς μέτρησης της ποιότητας των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων
- Μηδενική παραγωγή μαζούτ
- Βελτίωση ενεργειακού ισοζυγίου

Εκτός από τη συμβολή της επένδυσης προς το περιβάλλον, όπως είναι λογικό είχε τεράστια επιρροή και στην Ελληνική οικονομία καθώς πρόσφερε πολλές θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία, ασφάλεια ενεργειακής κάλυψης της χώρας και αύξηση του ισοζυγίου εξαγωγών.

Η παραγωγή υψηλής ποιότητας ντίζελ στο διυλιστήριο της Ελευσίνας οφείλεται στη λειτουργία 3 διαφορετικών μονάδων οι οποίες είναι:

1. Μονάδα υδρονοδιάσπασης ( Hydrocracker unit )



Εικόνα 3.3 Μονάδα Hydrocracking U34 [v]

2. Μονάδα θερμικής πυρόλυσης ( Flexicoker unit)



Εικόνα 3.4 Μονάδα Flexicoking U32 [vi]

### 3. Μονάδα παραγωγής υδρογόνου ( Hydrogen plant )



Εικόνα 3.5 Μονάδα Hydrogen U33 [vii]

#### 3.2.2 Τεχνολογία παραγωγής

Όπως προαναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο το διυλιστήριο της Ελευσίνας αποτελείται από δυο σύγχρονες μονάδες παραγωγής ντίζελ Hydrocracking και Hydrotreating. Η μονάδα της υδρογονοδιάσπασης καθώς και η μονάδα της υδρογονοαποθείωσης δέχονται προϊόντα πετρελαίου, επίσης χρησιμοποιούνται και στις δύο διαδικασίες διάφορα είδη καταλύτη, κάνουμε χρήση υψηλής πίεσης υδρογόνου και τέλος περιλαμβάνεται και στις δυο διαδικασίες κάποιο είδος της λειτουργίας υδρογόνωσης.

Κατά τη διαδικασία της υδρογονοδιάσπασης η μονάδα δέχεται βαρέα κλάσματα που προέρχονται από απόσταξη αργού πετρελαίου, συμπεριλαμβανομένων και των υπολειμμάτων όπως είναι το κώκ, το gasoil κ.τ.λ. Η διαδικασία της υδρογονοδιάσπασης έχει σαν στόχο την παραγωγή υψηλής ποιότητας ντίζελ, δηλαδή χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, μέσω της απομάκρυνσης των μακρομοριακών αλυσίδων των



παραφινών. Η καταλυτική αυτή διαδικασία απαιτεί υψηλές πιέσεις της τάξεως των 160 bar καθώς και θερμοκρασίες που κυμαίνονται στους 340°C με 420°C.

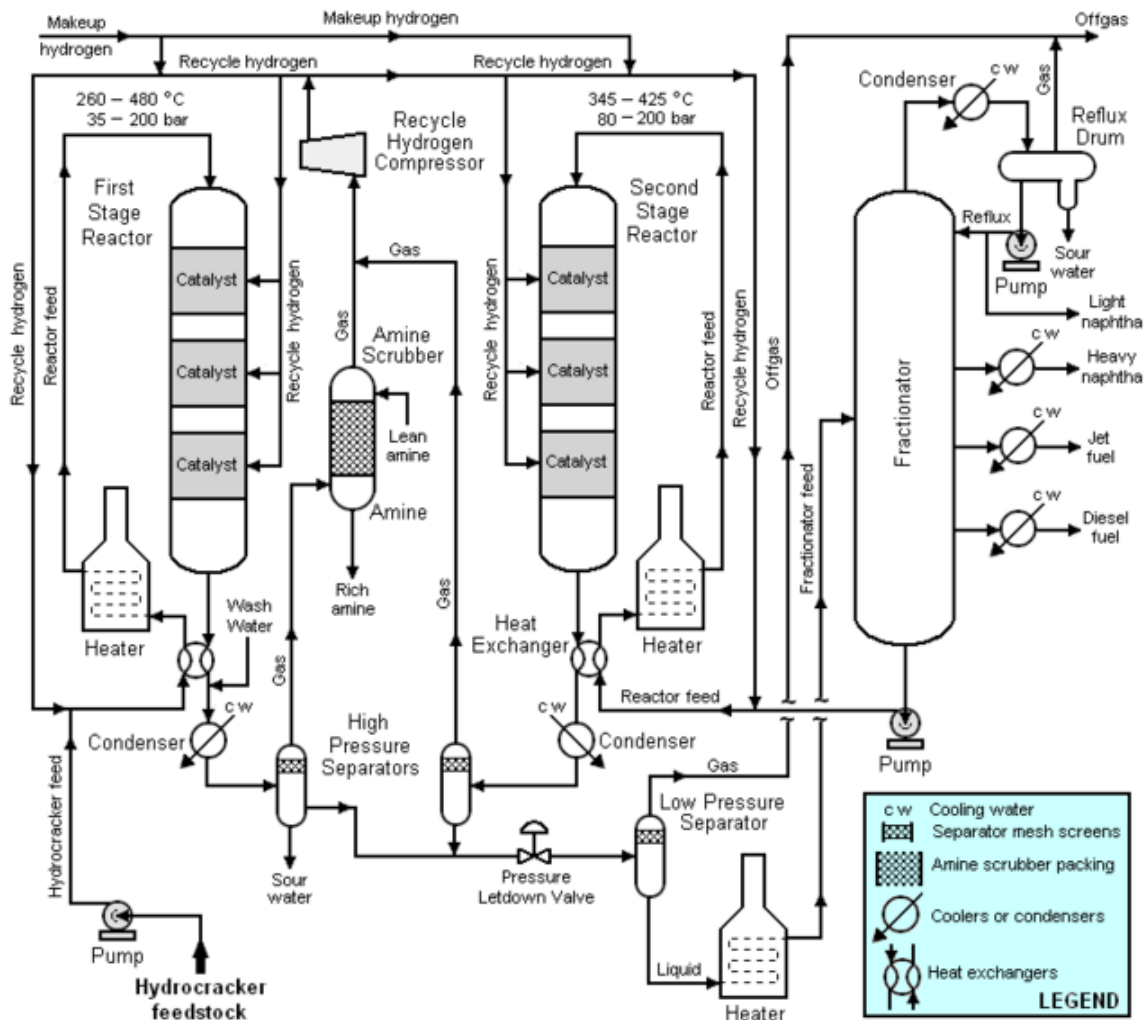
Μια συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας της υδρογονοδιάσπασης είναι η εξής:

Η πρώτη ύλη που παραλαμβάνει η μονάδα αναμειγνύεται με ρεύμα υδρογόνου υψηλής πίεσης και στη συνέχεια διαρρέοντας εντός ενός εναλλάκτη θερμότητας θερμαίνεται μέσω των προϊόντων εκροής αντιδράσεως από τον αντιδραστήρα του πρώτου σταδίου υδρογονοπυρόλυσης. Στη συνέχεια το προϊόν οδηγείται σε ένα φούρνο ώστε να φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία για την είσοδο του στη κορυφή του αντιδραστήρα όπου είναι το πρώτο στάδιο του αντιδραστήρα και στη συνέχεια περνάει μέσα από τρεις κλίνες καταλύτη. Η πίεση καθώς επίσης και η θερμοκρασία που θα πρέπει να έχει το προϊόν πριν την είσοδο του στον αντιδραστήρα εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές, όπως είναι η ειδική άδεια σχεδιασμού της υδρογονοπυρόλυσης, τις ιδιότητες της πρώτης ύλης, το επιθυμητό τελικό προϊόν, το είδος του καταλύτη κ.α. Μετά την έξοδο του αντιδραστήρα γίνεται ψύξη του προϊόντος, μέσω του τροφοδοτικού πετρελαίου εσωτερικής καύσης, και εγχέεται με νερό πλύσης το οποίο έχει σαν στόχο τη διάλυση του υδρόθειου και των αερίων αμμωνίας που εμφανίστηκαν στο πρώτο στάδιο επεξεργασίας. Ακολουθεί η συμπύκνωση του προϊόντος μέσα σε ένα υδρόψυκτο συμπυκνωτή και στη συνέχεια δρομολογείται σε ένα διαχωριστή ατμού-υγρού και χωρίζεται σε τρεις φάσεις οι οποίες είναι:

- 1) Αέριο πλούσιο σε υδρογόνο
- 2) Υγρό υδρογονάνθρακα
- 3) Νερό

Το πλούσιο σε υδρογόνο αέριο μετά το διαχωριστή υψηλής πίεσης οδηγείται ένα διαχωριστή αμίνης έτσι ώστε να αφαιρεθεί ότι υδρόθειο έχει μείνει στο αέριο με τη βοήθεια υδατικού διαλύματος αμίνης.

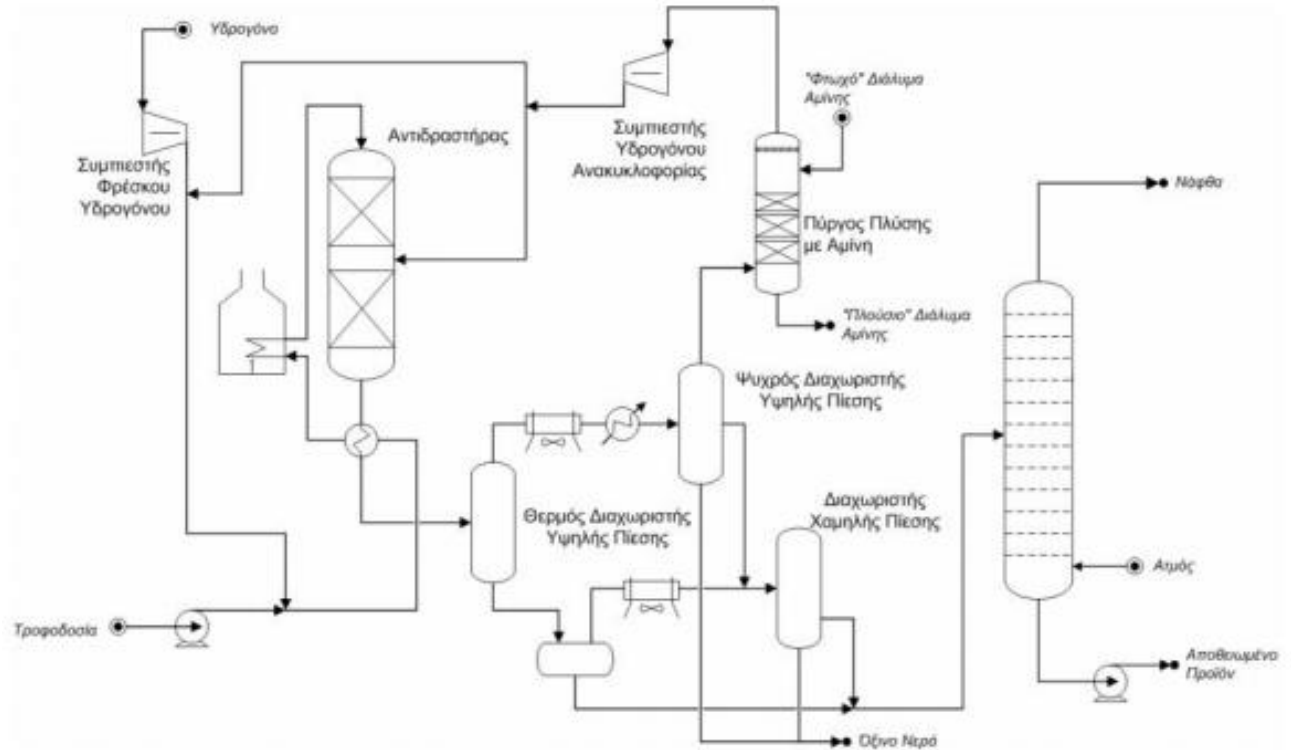
Η υγρή φάση υδρογονάνθρακα ρέει μέσα από μια βαλβίδα μείωσης πίεσης έτσι ώστε να εισέλθει στο διαχωριστή χαμηλής πίεσης. Η μείωση της πίεσης προκαλεί μια μερική εξάτμιση του υγρού, το αέριο οδηγείται σε διαφορετικό κομμάτι του διυλιστηρίου ενώ τα τελικά προϊόντα των υδρογονανθράκων υγρής φάσης μετά το διαχωριστήρα χαμηλής πίεσης αφού θερμανθούν περνάνε στο τελευταίο στάδιο της υδρογονοδιάσπασης που είναι ο πύργος κλασματικής απόσταξης στον οποίο μέσω συνεχούς απόσταξης γίνεται ο διαχωρισμός των υδρογονανθράκων σε νάφθα, κηροζίνη και ντίζελ (Εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6 Τυπική μονάδα υδρογονοδιάσπασης [viii]

Η δεύτερη μονάδα για τη παραγωγή diesel είναι η μονάδα υδρογονοαποθείωσης. Το προϊόν προς επεξεργασία που δέχεται είναι πετρέλαιο πλούσιο σε θείο. Βασικός στόχος της μονάδας είναι η αφαίρεση του θείου από το προϊόν εισαγωγής με τη μέθοδο της υδρογόνωσης και τη χρήση διολεφινών.

Στο ακόλουθο σχέδιο (Εικόνα 3.7) βλέπουμε μια κλασική μονάδα υδρογονοαποθείωσης που χρησιμοποιούν τα διυλιστήρια.



Εικόνα 3.7 Τυπική μονάδα υδρογονοαποθείωσης [ix]

### 3.2.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδων παραγωγής

Οι δύο χημικές διεργασίες που εκτελούνται στις μονάδες που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, πέρα από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται ένα εξίσου σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας είναι ο μηχανολογικός εξοπλισμός που λαμβάνει τόπο.

Ξεκινώντας από το σημαντικότερο, για αυτές τις δυο υδρογονοκατεργασίες, μηχανολογικό εξοπλισμό έχουμε τα εξής μέρη:

- Αντιδραστήρες



Εικόνα 3.8 Αντιδραστήρας [x]

- Πύργος κλασματικής απόσταξης (fractionator)



Εικόνα 3.9 Πύργος κλασματικής απόσταξης [xi]

- Φούρνος θέρμανσης



Εικόνα 3.10 Φούρνος θέρμανσης [xii]

- Εναλλάκτες θερμότητας



Εικόνα 3.11 Εναλλάκτης θερμότητας [xiii]

Στη συνέχεια έχουμε μέρη μικρότερης σημαντικότητας αλλά εξίσου απαραίτητα για τη διεξαγωγή της διαδικασίας.

Τα μηχανικά αυτά μέρη της εγκατάστασης είναι τα εξής:

- Αντλίες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη μεταφορά των προϊόντων σε κάθε στάδιο της επεξεργασίας
- Διαχωριστές οι οποίοι αναλαμβάνουν το απομόνωση της υγρής και της αέριας φάσης του προϊόντος ώστε να μεταφερθεί στο κατάλληλο κομμάτι του δικτύου
- Ασφαλιστικά τα οποία προστατεύουν για τυχών διαρροές του δικτύου ή απροσδόκητες αυξήσεις των πιέσεων του δικτύου
- Βάνες μέσω των οποίων έχουμε τη δυνατότητα να ελαττώσουμε να αυξήσουμε ή και να διακόψουμε τελείως τη παροχή του προϊόντος
- Παροχή αέρα για τη λειτουργία των οργάνων
- Παροχή ατμού για τη βοήθεια αλλαγής της θερμοκρασίας του προϊόντος μέσα στους εναλλάκτες και τη βοήθεια διάφορων λειτουργιών της εγκατάστασης
- Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και τέλος
- Παροχή νερού ψύξης

### 3.2.3 Καινοτομίες στην παραγωγή ντίζελ του διυλιστηρίου Ελευσίνας – ΕΛ.ΠΕ.

Όπως έχουμε προαναφέρει στην αρχή του κεφαλαίου τα διυλιστήρια στη χώρα μας έχουν αναπτύξει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη διαδικασία παραγωγής ντίζελ και αυτό φαίνεται από τη ποιότητα του τελικού προϊόντος που λαμβάνουμε.

Το διυλιστήριο της Ελευσίνας όμως πέρα από τη ποιότητα έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί ακόμα περισσότερο τη πρώτη ύλη για τη παραγωγή ντίζελ με αποτέλεσμα να φτάνει σε ένα ποσοστό αξιοποίησης των μεσαίων κλασμάτων (ντίζελ, τζετ) 75%, ξεπερνώντας τις προδιαγραφές (αντίστοιχο ποσοστό 52% για το σύνολο του Ομίλου) και ποιότητας της τάξης των 7-8ppm σε θείο, την ώρα που διυλιστήρια με τη χρήση ίδιας τεχνολογίας παράγωγης ντίζελ φτάνουν το ποσοστό του 15% και ανάλογης ή μπορεί ελάχιστα χειρότερης ποιότητας.

Επιπλέον ο εκσυγχρονισμός του διυλιστηρίου Ελευσίνας με επενδύσεις ύψους €1,4 δις., ο οποίος ολοκληρώθηκε το 2012, εκτός από την ενδυνάμωση των εξαγωγών του Ομίλου σε προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, χαρακτηρίστηκε από τις υψηλές περιβαλλοντικές προδιαγραφές και την καινοτόμα διεργασία της θερμικής πυρόλυσης βαρέων κλασμάτων αργού πετρελαίου σε ρευστοστερεά κλινή (Flexicoking Conversion Technology), με δυναμικότητα 20.000 βαρελιών την ημέρα. Η διεργασία αυτή θεωρείται ιδιαίτερα δύσκολη και περίπλοκη (αποτελούσε τη δεύτερη εφαρμογή στον ευρωπαϊκό χάρτη και έκτη παγκοσμίως όπως προαναφέρθηκε), η οποία όχι μόνο είναι σε θέση να παράγει καθαρά μεσαία κλάσματα υψηλότερης ποιότητας και αξίας όπως το ντίζελ με ουσιαστικά μηδενική περιεκτικότητα σε θείο, αλλά και καθαρό αέριο καύσιμο για ιδιοκατανάλωση. Το στερεό υπόλειμμα της διαδικασίας αυτής είναι το κώκ, το οποίο η μονάδα μετατρέπει σε καθαρό αέριο καύσιμο και το χρησιμοποιεί για να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών του αναγκών, συνεισφέροντας θετικά στο ισοζύγιο ενέργειας της βιομηχανικής εγκατάστασης και μειώνοντας παράλληλα σημαντικά τις αέριες εκπομπές (όπως  $SO_x$ ,  $NO_x$  και PMs). Η συμβολή της διεργασίας στις περιβαλλοντικές επιδόσεις του διυλιστηρίου είναι τεράστια, καθώς διαφορετικά οι ενεργειακές ανάγκες θα καλύπτονταν με υγρά καύσιμα οπότε θα αυξάνονταν οι συνολικές εκπομπές σε αέρια.

Στη παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε μια εικόνα του πως είναι η συγκεκριμένη μονάδα (Εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.12 Μονάδα στην Ελευσίνα [xiv]

Η πρωτοποριακή αντιμετώπιση των θεμάτων περιβάλλοντος του Ομίλου Ελληνικά Πετρέλαια τον έχει ξεχωρίσει στον ευρύτερο χάρτη των ευρωπαϊκών διυλιστηρίων. Το 2012 ο Όμιλος κέρδισε το 1<sup>ο</sup> βραβείο διεργασίας στα Ευρωπαϊκά Βραβεία Επιχειρήσεων για το Περιβάλλον (European Business Awards for the Environment – EBAE), ενώ το 2016 στο πλαίσιο των Environmental Awards 2016 απέσπασε δύο χρυσά βραβεία (GOLD Award) στις ενότητες «Sustainable Energy Intensive Industry» για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη με συγκεκριμένες πρωτοβουλίες στις βιομηχανικές της εγκαταστάσεις, όπως η συνεχής βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η εξοικονόμηση ενέργειας και οι επενδύσεις σε έργα ΑΠΕ, και «Sustainable Business» για την πολιτική και στρατηγική της θυγατρικής της ΕΚΟ για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, η οποία ενσωματώνεται στις δράσεις της μέσω καινοτόμων περιβαλλοντικών τεχνολογικών πρακτικών, δράσεων προσφοράς στο κοινωνικό σύνολο και ενός σημαντικού επενδυτικού προγράμματος για θέματα περιβάλλοντος και βιώσιμης ενέργειας. Επίσης το 2016 βραβεύτηκε για το καινοτόμο προϊόν DIESEL AVIO, στην κατηγορία «Προϊόν & Υπηρεσίες» της EBAE για την περιβαλλοντική του επίδοση και τις σημαντικές μειώσεις εκπομπών αερίων σωματιδίων και εκπομπών  $CO_2$ , συμβάλλοντας έτσι, στη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Ανάλυση του καυσίμου ντίζελ στην ευρωπαϊκή & ελλαδική αγορά

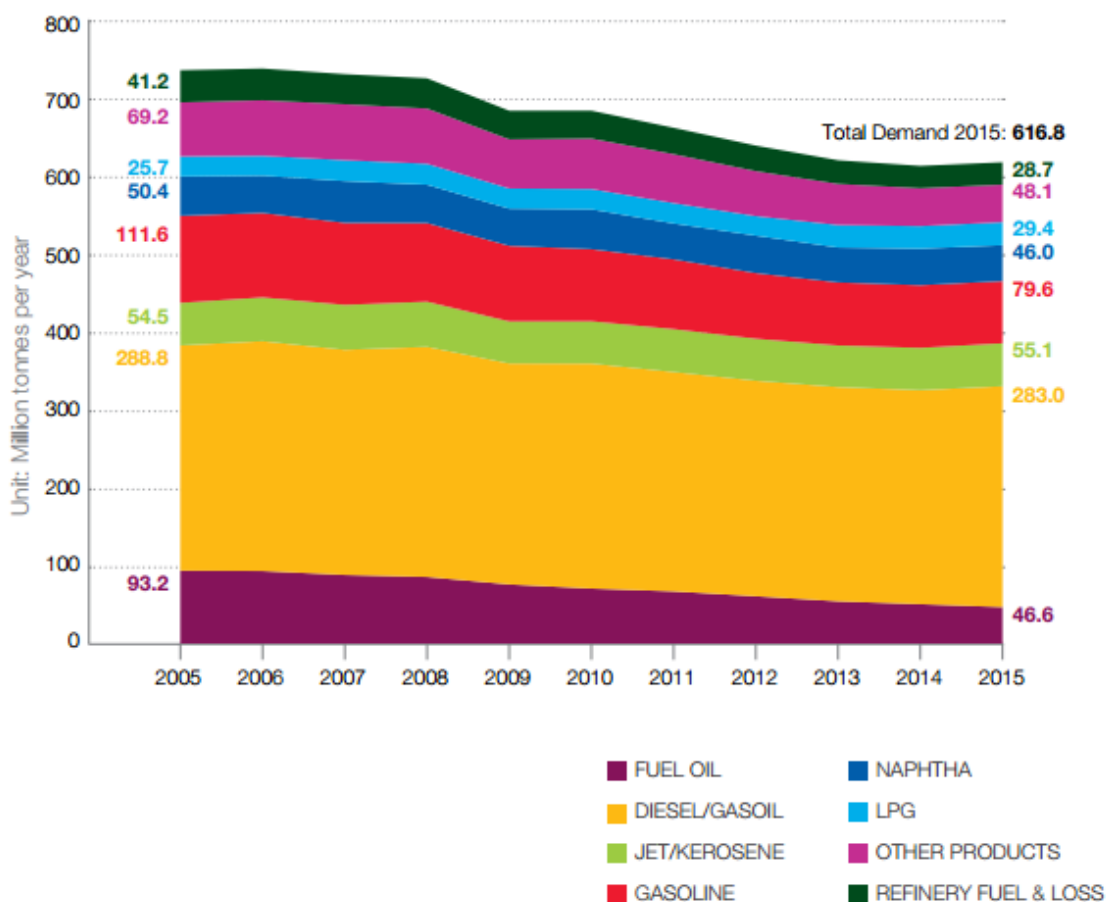
### 4.1 Εισαγωγή

Το καύσιμο ντίζελ υπήρξε ιδιαίτερα δημοφιλές στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους το ντίζελ κέρδισε την έγκριση της Ευρώπης για τη χρήση του:

- **Εγγενή πλεονεκτήματα απόδοσης**  
Τα ελαφριά οχήματα (αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά) προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα απόδοσης έναντι των αντίστοιχων βενζινοκίνητων, όπως καλύτερη αποδοτικότητα του καυσίμου, μεγαλύτερη ισχύ και αντοχή του κινητήρα και λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gases - GHG).
- **"Καθαρή" και "ήσυχη" τεχνολογία**  
Οι συνεχόμενα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ντίζελ σχεδόν εξάλειψαν το θόρυβο και τον καπνό που χαρακτήριζαν τους κινητήρες ντίζελ στο παρελθόν. Με την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών όπως η άμεσης έγχυσης και φτωχού μίγματος καύση, τα φίλτρα σωματιδίων και οι καταλυτικοί μετατροπείς, τα ντίζελοκίνητα οχήματα παρουσίασαν μια πιο καθαρή και ήσυχη εναλλακτική λύση από τους λιγότερο αποδοτικούς βενζινοκινητήρες.
- **Φορολογικά κίνητρα**  
Οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις ενθάρρυναν τη χρήση της τεχνολογίας ντίζελ για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και για να περιορίσουν την εξάρτησή τους από τα εισαγόμενα καύσιμα. Οι διάφορες διαρθρώσεις στους φόρους καυσίμων κατέστησαν το ντίζελ φθηνότερο από τη βενζίνη και οι φόροι στις πωλήσεις αυτοκινήτων με τη σειρά τους ενθάρρυναν την αγορά αυτοκινήτων που λειτουργούσαν με ντίζελ.
- **Ευρωπαϊκά Πρότυπα Εκπομπών (European Emission Standards)**  
Οι κανονισμοί των ευρωπαϊκών εκπομπών σχεδιάστηκαν επιθετικά για τη μείωση των εκπομπών ντίζελ, όπως τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), αλλά διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να διατηρηθεί η βιωσιμότητα της αγοράς των ντίζελοκίνητων οχημάτων, καθώς εξελίσσονται οι τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών. Η προσέγγιση αυτή επωφελείται πλήρως από τις χαρακτηριστικά χαμηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO), υδρογονανθράκων (HC) και διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Το ντίζελ πλέον αποτελεί το κύριο σε ζήτηση καύσιμο για τη μεταφορά στην Ευρώπη και αναμένεται να διατηρήσει το μερίδιό του στη συνολική τελική ζήτηση ενέργειας για μεταφορές έως και το 2030, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το μισό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα<sup>12</sup>.

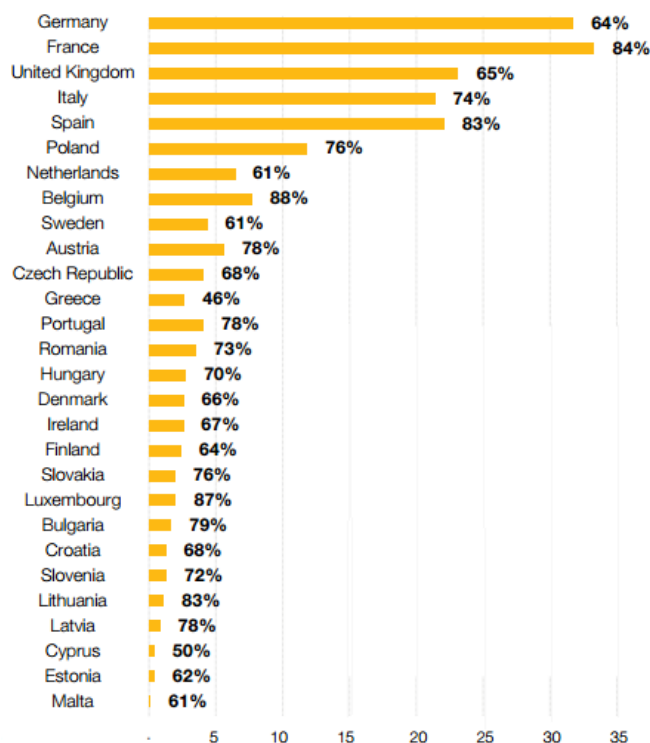
## 4.2 Παραγωγή & ζήτηση του καυσίμου ντίζελ στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια



Εικόνα 4.1 Ιστορικό ζήτησης καυσίμων από 2000 έως 2015 (μονάδα μέτρησης εκ. τόνοι ανά χρόνο) [xv]

Από το 2009, παρατηρήθηκε μια πτωτική τάση της ζήτησης προϊόντων πετρελαίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Εικόνα 4.1). Στο διάστημα 2009-2015, σημειώθηκε μια μείωση της συνολικής ζήτησης κατά 8%, η οποία οφείλεται κυρίως στη βενζίνη και το μαζούτ (fuel oil), ενώ τα ντίζελ/γκαζόιλ και η κηροζίνη παρουσιάζουν αμελητέα μείωση.

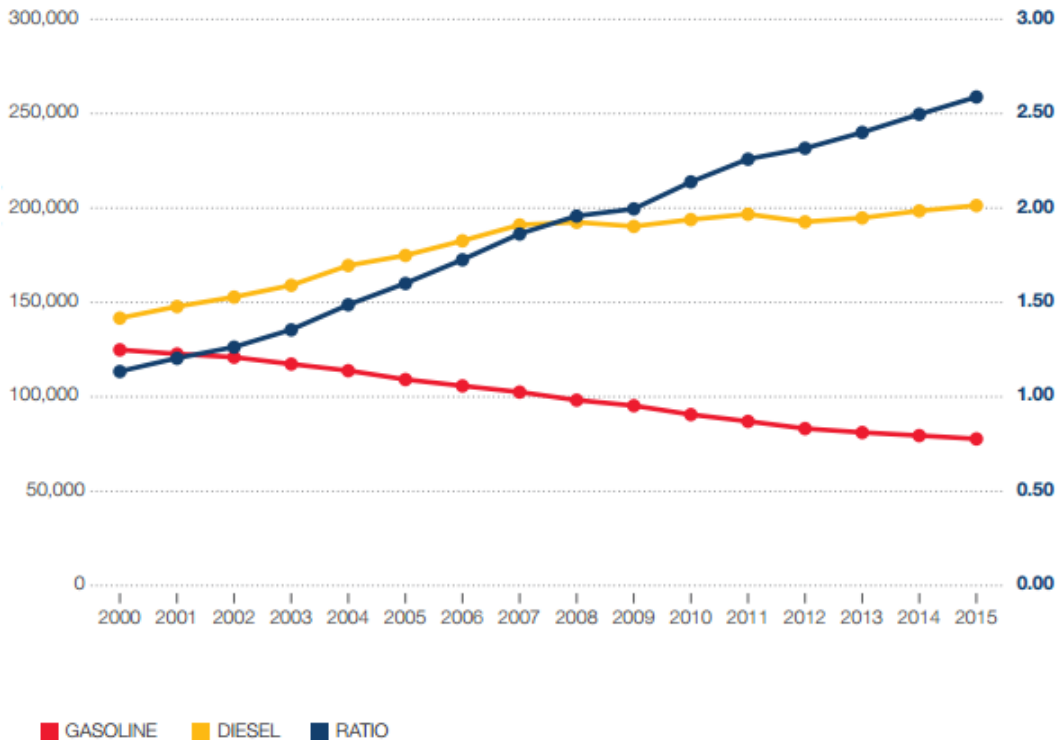
Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 4.2) βλέπουμε τη ζήτηση σε ντίζελ κίνησης για τη χρονιά του 2015, καθώς και το ποσοστό επί της συνολικής ζήτησης καυσίμων κίνησης που κάλυπτε το ντίζελ για κάθε χώρα.



Εικόνα 4.2 Απαιτήση για ντίζελ κίνησης το έτος 2015 ( μονάδα μέτρησης εκ. τόνοι) [xvi]

Ωθούμενη από τους ευνοϊκούς φόρους κατανάλωσης, η μετάβαση από βενζίνη σε ντίζελ τις τελευταίες δυο δεκαετίες οδήγησε σε υψηλότερη ζήτηση του ντίζελ για οδικές μεταφορές στη συντριπτική πλειοψηφία των μελών της ΕΕ. Σε ορισμένες χώρες, όπως η Γαλλία, αυτή η ανισορροπία είναι πολύ μεγαλύτερη ως αποτέλεσμα των πολύ ευνοϊκών φορολογικών πολιτικών για το ντίζελ. Η συνεχόμενη αύξηση των μεταφορών προϊόντων μέσω φορτηγών στην ΕΕ, οδηγούμενη από την εσωτερική αγορά και το εξωτερικό εμπόριο, έχει συμβάλει περαιτέρω στη ζήτηση ντίζελ.

Στο ακόλουθο διάγραμμα (Εικόνα 4.3) βλέπουμε τη ζήτηση της βενζίνης και του ντίζελ στην Ευρώπη τα τελευταία 15 έτη, καθώς και την αναλογία ντίζελ – βενζίνης (ratio).



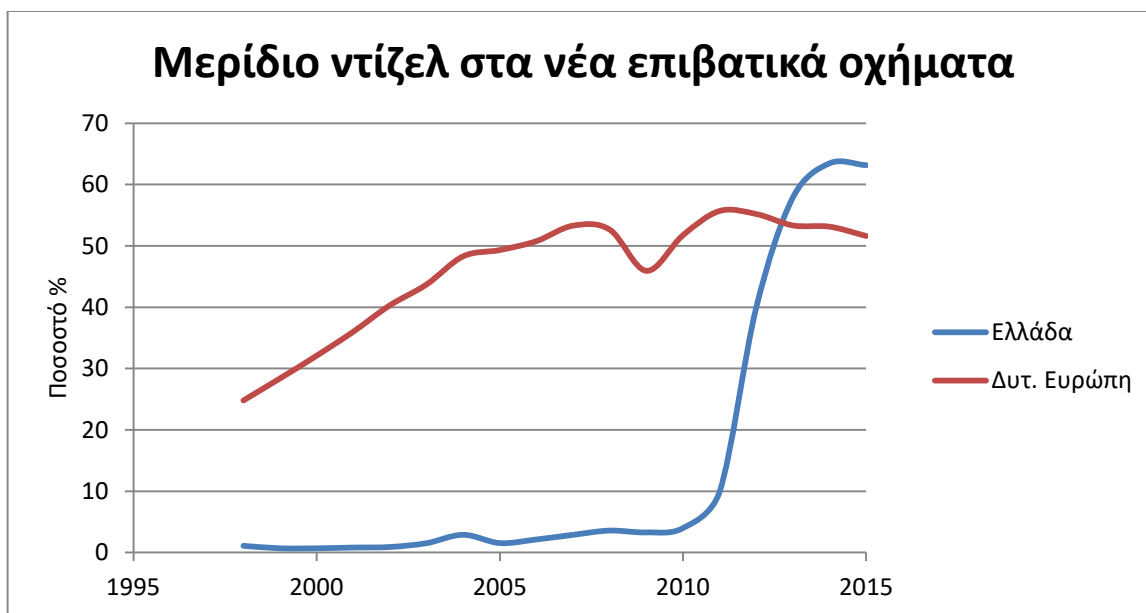
Εικόνα 4.3 Απαίτηση βενζίνης - ντίζελ για οδικές μεταφορές από 2000 έως 2015 (μονάδα μέτρησης χιλιάδες τόνοι ανά χρόνο) [xvii]

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, πέρα από την εξέλιξη των κινητήρων, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση, αυτό που βοήθησε στη δημιουργία της αυξημένης ζήτησης του ντίζελ στην Ευρώπη είναι οι ευνοϊκοί ειδικοί φόροι κατανάλωσης. Σύμφωνα με την FuelsEurope<sup>13</sup>, η προώθηση του ντίζελ μέσω της φορολογίας και άλλων μέσων " έχει οδηγήσει σε περίσσεια παραγόμενης βενζίνης και σε αντίστοιχη ελλειπτική παραγωγή ντίζελ στην Ευρώπη, παρά τις προσπάθειες των διυλιστηρίων για την ενίσχυση της δεύτερης. Πριν από 20 χρόνια, η αναλογία βενζίνης - ντίζελ ήταν 2:1, ενώ πλέον έχει αντιστραφεί σε 1:2,5 και μπορεί δυνητικά να φτάσει το 1:3 έως το 2020. Αυτή η τάση της ντιζελοποίησης έχει συμβάλει σημαντικά στην θεμελιώδη αλλαγή της δομής της ζήτησης καυσίμων".

### 4.3 Στοιχεία της αγοράς ντίζελ στα αυτοκίνητα της Ευρώπης

#### 4.3.1 Η διεύδυση του ντίζελ στην ευρωπαϊκή αυτοκίνηση

Η αυτοκίνηση, όπως είναι λογικό, αποτελεί τον κύριο τομέα όπου χρησιμοποιείται το ντίζελ. Στο διάγραμμα που ακολουθεί (Εικόνα 4.4), παρουσιάζεται το μερίδιο του κατείχε στις ταξινομήσεις νέων επιβατικών αυτοκινήτων τα τελευταία χρόνια, σε Δυτική Ευρώπη και Ελλάδα.



Εικόνα 4.4 Μερίδιο ντίζελ στα νέα επιβατικά αυτοκίνητα [xviii]

Όπως φαίνεται, το καύσιμο ντίζελ τα τελευταία χρόνια έχει εδραιωθεί ως το κυρίαρχο καύσιμο επιλογής του Ευρωπαίου καταναλωτή για το αυτοκίνητό του. Μόνο η επιρροή της οικονομικής κρίσης το 2008/2009 διατάραξε αυτήν τη μακροχρόνια αύξηση στην Ευρώπη, όπου σταδιακά αγοράστηκαν μικρότερα και σημαντικά λιγότερα ντιζελοκίνητα οχήματα. Τα αίτια αυτής της τάσης ντιζελοποίησης ανάγονται στα εξής κύρια σημεία:

- Άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, πλέον ένθερμος υποστηρικτής του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά την εμπορία εκπομπών εντός της κοινότητας, ενσωματώνοντάς το στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις Οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ. Καθώς η οδική κυκλοφορία έχει αναγνωριστεί ως μια από τις κυριότερες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και τα βαρέα οχήματα (φορτηγά) που κινούνται με κινητήρες ντίζελ δεν είχαν κάποιο εναλλακτικό, βιώσιμο καύσιμο, ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας ταυτοποιήθηκε ως ο κύριος τομέας όπου μια μετάβαση από τη βενζίνη στο ντίζελ θα εξασφαλίσει σημαντικές μειώσεις στα GHG.

- Η εθελοντική συμφωνία μεταξύ ACEA και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Το Πρωτόκολλο του Κιότο προκάλεσε μια εθελοντική συμφωνία μεταξύ του Συλλόγου Ευρωπαίων Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (Automobile Manufacturers Association - ACEA) και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Αυτή η συμφωνία μαζί με προηγούμενες διαπραγματεύσεις ξεκίνησαν την ευρωπαϊκή

"έκρηξη" των αυτοκινήτων ντίζελ, όπως αντανακλάται στη συνεχή αύξηση των πωλήσεών τους, από τα μέσα του 1990. Ο εθελοντικός χαρακτήρας της συμφωνίας αυτής βασίστηκε σε μια νέα προσέγγιση συνεργασίας, που συνεπάγεται *"μια ενίσχυση του διαλόγου με τη βιομηχανία και την ενθάρρυνση, υπό τις κατάλληλες συνθήκες, των περαιτέρω εθελοντικών συμφωνιών και άλλων μορφών αυτορρύθμισης"*<sup>14</sup>.

- Εκπομπές CO<sub>2</sub> σε ντιζελοκίνητα και βενζινοκίνητα επιβατικά αυτοκίνητα

Σε γενικές γραμμές, πιστεύεται ότι τα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα έχουν υψηλότερη απόδοση στην κατανάλωση καυσίμου, από ότι τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα. Στην τέταρτη έκθεση αξιολόγησής της για το 2007, ο IPCC<sup>15</sup> αναφέρει ένα εξαιρετικό πλεονέκτημα 25% στις εκπομπές CO<sub>2</sub> ντιζελοκίνητου αυτοκινήτου σε σχέση με ένα βενζινοκίνητο, σε ανάλυση "από το πηγάδι στον τροχό" (well-to-wheel). Σύμφωνα με την έκθεση, *" οι κινητήρες ντίζελ άμεσου ψεκασμού, αποδίδουν περίπου 35% μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου από τους συμβατικούς κινητήρες βενζίνης"*, ενισχύοντας έτσι την αξία των ντίζελ αυτοκινήτων στην αγορά.

- Ταχεία εξέλιξη των κινητήρων ντίζελ

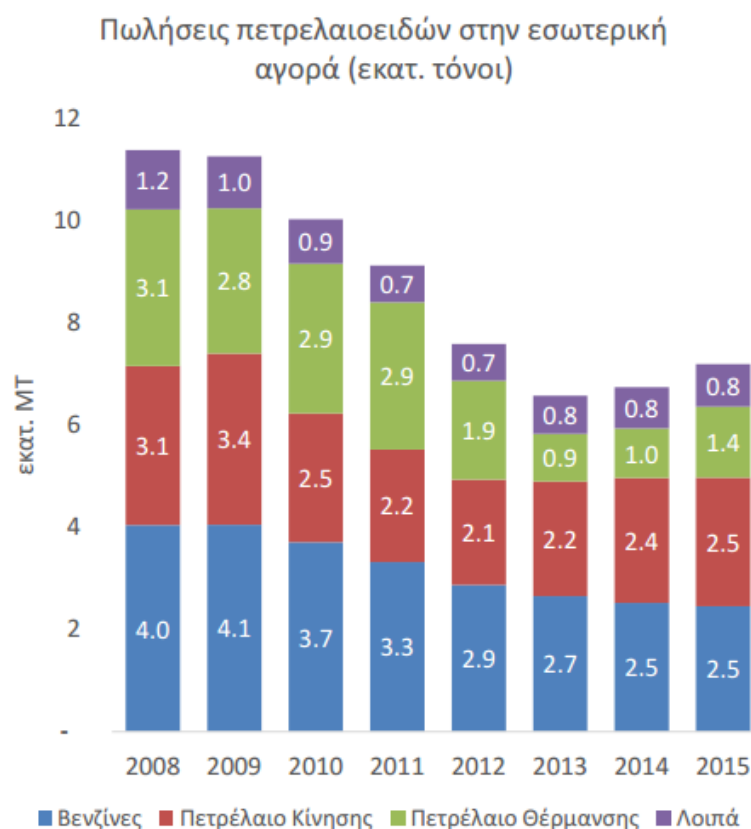
Οι κινητήρες ντίζελ έχουν παρουσιάσει σημαντική βελτίωση τις τελευταίες δεκαετίες. Η εισήγηση του ντιζελοκινητήρα άμεσου ψεκασμού, η συνεχόμενη αύξηση της πίεσης καυσίμου μέσω των συστημάτων "common rail" και οι κοινοί πλέον υπερπληρωτές (turbochargers) στους κινητήρες ντίζελ, βελτίωσαν σημαντικά την οικονομία καυσίμου. Επίσης, οι κινητήρες ντίζελ παρουσίασαν στο διάστημα 2001-2011 μια αύξηση του 22% της ισχύος τους, ενώ οι αντίστοιχοι βενζίνης μόλις 7,5% στην ίδια περίοδο. Έτσι, το έτος 2011<sup>16</sup>, τα νέα επιβατικά αυτοκίνητα με κινητήρες ντίζελ είχαν 21% περισσότερη ισχύ από ότι τα αυτοκίνητα με κινητήρες βενζίνης.

#### **4.3.2 Το καύσιμο ντίζελ στην ελληνική αγορά**

Η Ελλάδα στο παρελθόν ενσάρκωνε την απουσία του ντίζελ στην Ευρώπη, έχοντας τη μικρότερη τάση αξιοποίησης του καυσίμου ντίζελ από όλα τα κράτη μέλη. Η απαγόρευση των κινητήρων ντίζελ στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, που επιβαλλόταν από το 1991, απέτρεπε τη ντιζελοποίηση του ελληνικού στόλου αυτοκινήτων. Αυτό το μέτρο ελήφθη με σκοπό τη μείωση της περιβόητης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην

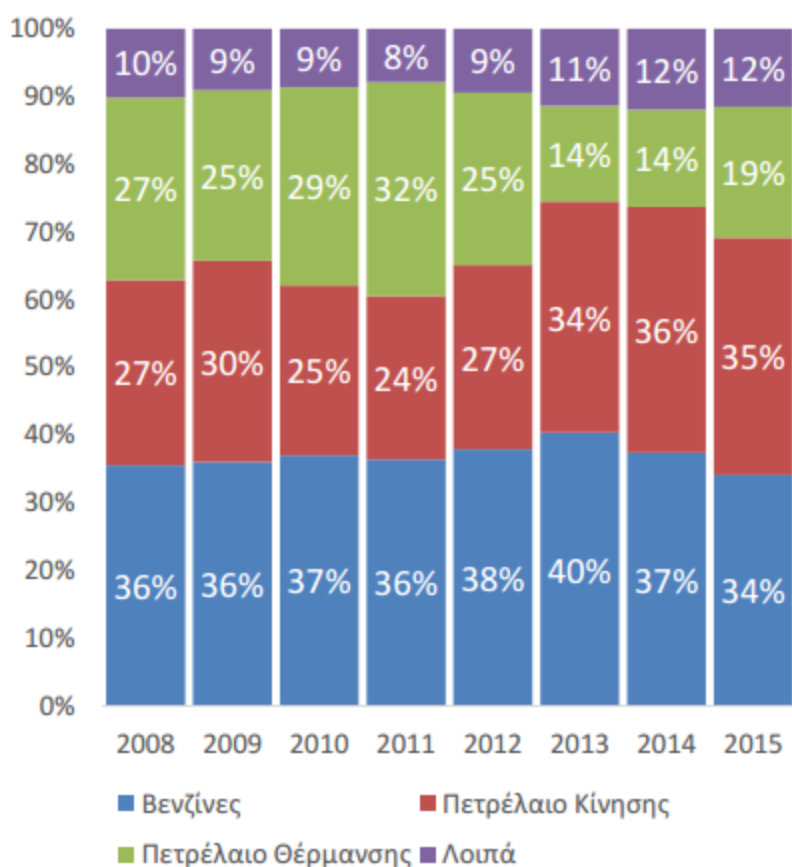
Αθήνα και για να περιορίσει τη ζημιά στα αρχαία κτήρια από ασβεστόλιθο που προκαλείται από την εναπόθεση οξέων, εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων NO<sub>x</sub> από τους κινητήρες ντίζελ. Η Ελλάδα ήταν το μόνο κράτος μέλος της ΕΕ που επέβαλε τέτοιο νομοθετικό μέτρο. Το έτος 2011, Το ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής εισάγει ένα νέο νομοσχέδιο στην Ελληνική Βουλή σχετικά με την άρση της απαγόρευσης κυκλοφορίας των ντιζελοκίνητων οχημάτων στις πόλεις της Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Αυτή η ενέργεια, συνδυαζόμενη με το χαμηλότερο κόστος και την οικονομία του αυτοκινήτου με κινητήρα ντίζελ, έφερε την ανάλογη αλματώδη αύξηση των νέων ταξινομήσεων αυτοκινήτων με ντίζελ. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 2011 το μερίδιο του ντίζελ στις νέες ταξινομήσεις αυτοκινήτων ήταν σχεδόν 10%, ενώ το 2012 άγγιξε το 40% (Εικόνα 4.4).

Στον ευρύτερο χάρτη των πωλήσεων πετρελαιοειδών, το ντίζελ κατέχει σημαντικό μερίδιο τα τελευταία χρόνια. Στις ακόλουθες εικόνες (Εικόνες 4.5 & 4.6) παρουσιάζονται οι πωλήσεις πετρελαιοειδών στην εσωτερική αγορά για την περίοδο 2008 – 2015.



Εικόνα 4.5 Πωλήσεις πετρελαιοειδών στην ελληνική αγορά[xix]

### Πωλήσεις πετρελαιοειδών στην εσωτερική αγορά (μερίδια)



Εικόνα 4.6 Μερίδια πετρελαιοειδών στην ελληνική αγορά [xx]

#### 4.3.3 Στοιχεία αγοράς αυτοκινήτων για το έτος 2016

Σύμφωνα με την ACEA<sup>17</sup>, συνολικά για το 2016, το 49,5% των νέων επιβατικών αυτοκινήτων που ταξινομήθηκαν στη Δυτική Ευρώπη ήταν ντιζελοκίνητα, ενώ το 45,8% βενζινοκίνητα. Τα αποτελέσματα της ACEA<sup>18</sup> διέφεραν από χώρα σε χώρα: το μερίδιο αγοράς του ντιζελ αυξήθηκε ελαφρώς στη Δανία, την Ελβετία, την Ιταλία, Το Ηνωμένο Βασίλειο και την Αυστρία, ενώ παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες μειώσεις στη Νορβηγία, την Ελλάδα, το Βέλγιο, την Ισπανία, την Ολλανδία, το Λουξεμβούργο και τη Γαλλία. Συνολικά, το μερίδιο του ντιζελ ήταν περίπου δύο ποσοστιαίες μονάδες μικρότερο από ότι το 2015. Στην περίπτωση της Ελλάδας, οι ταξινομήσεις ντιζελοκίνητων άγγιξαν το 55%, ενώ το 2015 κατείχαν ποσοστό 63,2%.



## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : Σύγχρονες εξελίξεις και προοπτικές εξέλιξης του καυσίμου ντίζελ σε Ελλάδα και Ευρώπη**

### **5.1 Εισαγωγή**

Η χρήση του ντίζελ τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη βασίζεται κατά κύριο λόγο στις μεταφορές οι οποίες μπορεί να είναι είτε οδικές είτε ακτοπλοϊκές. Και στις δυο περιπτώσεις οι κινητήρες επιβατικών οχημάτων στη μια ή πλοίων στην άλλη έχουν σαν καύσιμο το ντίζελ, όσο περνάει όμως ο καιρός οι κινητήρες αυτοί, άρα και κατά συνέπεια και το ντίζελ, βρίσκονται αντιμέτωποι είτε με αυστηρότερους κανονισμούς του οποίου θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση είτε με καινούργιες πηγές ενέργειας που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες του ανθρώπου για τη μετακίνηση του ή τον εφοδιασμό διαφόρων αγαθών. Τα εναλλακτικά αυτά είδη κινητήρων που εξελίσσονται είναι υβριδικά με χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, με χρήση υγραερίου ή φυσικού αερίου καθώς και με τροφοδότηση biodiesel.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα τις σύγχρονες εξελίξεις στους δυο κύριους τομείς εφαρμογής του ντίζελ, την αυτοκίνηση και τη ναυτιλία, καθώς και τις προοπτικές για τη χρήση του στο μέλλον.

### **5.2 Σύγχρονες εξελίξεις στην αυτοκίνηση και προοπτικές**

Από τις αρχές του 1990, όπου και ξεκινάει η τεχνολογική εξέλιξη των κινητήρων diesel και έχει σαν αποτέλεσμα να θεωρούνται πιο “καθαροί” από τους βενζινοκινητήρες μιας και κατανάλωναν λιγότερα καύσιμα και παρήγαγαν πιο περιορισμένα καυσαέρια CO<sub>2</sub>, μέχρι και το 2012 οι κινητήρες αυτοί κατάφεραν καλύψουν πάνω από το 40% της συνολικών ταξινομήσεων αυτοκινήτων σε όλη την Ευρώπη και το 60% στην Ελλάδα.

Οι προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα όρια εκπομπών (European Emission Standards - γνωστά και ως Euro) θεσπίζουν τα ανώτατα όρια εκπομπών ορισμένων ουσιών (όπως CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM) των επιβατικών αυτοκινήτων, των ελαφρών εμπορικών οχημάτων, καθώς και των βαρέων οχημάτων (Πίνακες 5.1, 5.2, 5.3).

Πίνακας 5.1 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για επιβατικά αυτοκίνητα ντίζελ [XI]

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					#/km
<b>Compression Ignition (Diesel)</b>							
Euro 1 †	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	-
Euro 5b	2011.09 <sup>c</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>

Πίνακας 5.2 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για ελαφριά εμπορικά οχήματα ντίζελ [XII]

Category †	Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
			g/km					#/km
<b>Compression Ignition (Diesel)</b>								
<b>N<sub>1</sub>, Class I</b> ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08	-
	Euro 2 DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.90	-	0.10	-
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
	Euro 5a	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	-
	Euro 5b	2011.09 <sup>d</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class II</b> 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.25	-	1.30	-	0.14	-
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07	-
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04	-
	Euro 5a	2010.09 <sup>c</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>f</sup>	-
	Euro 5b	2011.09 <sup>d</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class II</b> 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.25	-	1.30	-	0.14	-
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07	-
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04	-
	Euro 5a	2010.09 <sup>c</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>f</sup>	-
	Euro 5b	2011.09 <sup>d</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>N<sub>2</sub></b>	Euro 5a	2010.09 <sup>c</sup>	0.74	-	0.350	0.280	0.005 <sup>f</sup>	-
	Euro 5b	2011.09 <sup>d</sup>	0.74	-	0.350	0.280	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>

Πίνακας 5.3 Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών για βαρέα οχήματα ντίζελ [XIII]

Stage	Date	Test	CO	HC	NOx	PM	PN	Smoke
			g/kWh				1/kWh	1/m
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	1999.10 <i>EEV only</i>	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 <sup>a</sup>		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0×10 <sup>11</sup>	

Καθώς συνεχίζεται η καλή πορεία στην αγορά των κινητήρων ντίζελ, με αυστηρότερα πρότυπα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, τον Σεπτέμβριο του 2015 γίνεται το γνωστό “σκάνδαλο” της Γερμανικής αυτοκινητοβιομηχανίας Volkswagen<sup>19</sup>, το οποίο αποκάλυψε ότι σε πραγματικές συνθήκες δρόμου ορισμένα ντίζελ οχήματά της εκπέμπουν μεγαλύτερες ποσότητες οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) από τις αναγραφόμενες τιμές την εταιρίας.

Αυτό το γεγονός ήταν ένας λόγος για να αρχίσουν έλεγχοι και σε άλλους κινητήρες ντίζελ με συμπεράσματα ότι λίγο πολύ όλοι οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους για να τη “βελτιστοποίηση” της επίδοσης των αυτοκινήτων όσον αφορά τα βλαβερά καυσαέρια που παράγουν. Αυτές οι μέθοδοι είναι απολύτως νόμιμες, αλλά διαστρεβλώνουν τα εργαστηριακά αποτελέσματα σε σύγκριση με κανονικές συνθήκες οδήγησης.

Το σκάνδαλο της VW πυροδότησε συζητήσεις για πιο αυστηρές δοκιμές και ελέγχους τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη, και την επιβολή προστίμων σε περισσότερες εταιρείες για μη συμμόρφωση. Ωστόσο, η διασφάλιση πως η απόδοση των συστημάτων εκπομπών όλων των καινούργιων ντιζελοκίνητων αυτοκινήτων είναι άγνοια δεν θα είναι ποτέ εύκολη στον πραγματικό κόσμο.

Η ΕΕ αυτή τη στιγμή ενεργεί όχι μόνο για τη σύσφιξη τους κανόνες μείωσης των εκπομπών (πρότυπο Euro 6 έως Ευρώ 6d), αλλά και για τη βελτίωση των διαδικασιών δοκιμών για τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου των ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων. Σε σύγκριση με τις δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες, τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα έχουν σημαντικά υψηλότερες εκπομπές στο δρόμο, και δύο νέες διαδικασίες δοκιμών αναπτύσσονται σήμερα για την αξιολόγηση της απόδοσης των οχημάτων υπό πραγματικές συνθήκες: το πρότυπο Real Driving Emissions (RDE)

για τη μέτρηση ρύπων, καθώς και το πρότυπο Worldwide Harmonized Light-duty Vehicles Testing Procedure (WLTP) για τη μέτρηση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επιθυμεί να καταστήσει τη νέα διαδικασία δοκιμής RDE υποχρεωτική για την έγκριση των ελαφρών τύπου οχημάτων μέχρι το 2017<sup>20</sup>. Σύμφωνα με τη νέα διαδικασία, οι εκπομπές θα μετρούνται στο δρόμο με ένα «Φορητό Σύστημα Μέτρησης Εκπομπών» (Portable Emission Measurement System - PEMS). Η νέα αυτή διαδικασία θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές για τους κατασκευαστές και υψηλότερο κόστος. Δεδομένου ότι τα συστήματα ελέγχου εξάτμισης θα πρέπει να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας, τα logistics των διαδικασιών έγκρισης τύπου θα πρέπει να αναδιαρθρωθούν και να εφαρμοστούν νέες τεχνολογίες μετρήσεων.

Οι κινητήρες ντίζελ απαιτούν υψηλότερες δαπάνες για τον έλεγχο και τη μείωση των εκπομπών ρύπων από τους κινητήρες βενζίνης. Για βενζινοκινητήρες, οι τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών (έλεγχος αέρα-καυσίμου και οι καταλύτες) έχουν φτάσει σε ένα υψηλό επίπεδο ωριμότητας, και το οριακό κόστος συμμόρφωσης είναι χαμηλό, ακόμη και για αυστηρότερα πρότυπα. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνολογίες ελέγχου εκπομπών για τους κινητήρες ντίζελ (που περιλαμβάνει τη διαχείριση του αέρα, του ψεκασμού καυσίμου και την μετά-επεξεργασία) είναι πιο πολύπλοκες και απαιτούν υψηλότερο κόστος.

Για παράδειγμα, οι αναλύσεις δείχνουν ότι η σχέση μεταξύ των εκπομπών NOx ντιζελοκίνητων αυτοκινήτων και του σχετικού κόστους μείωσης των εκπομπών είναι μη-γραμμική: το απαραίτητο κόστος μείωσης των εκπομπών να είναι συμβατό με τα όρια του Euro 6 είναι τρεις φορές περισσότερο από εκείνο που απαιτείται για το Euro 3.

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούμε στα κύρια σενάρια για το μέλλον των κινητήρων ντίζελ, σύμφωνα με τις τάσεις της αγοράς, τις ισχύουσες πολιτικές και κανονισμούς και την τεχνολογία:

- Οι τάσεις της αγοράς

Το πετρέλαιο θα παραμείνει ελκυστικό για τους καταναλωτές, διότι το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας (Total Cost of Ownership - TCO) θα γίνει ένα ισχυρό κριτήριο αγοράς. Τα μοντέλα TCO (συμπεριλαμβανομένων των αποσβέσεων, του κόστους των καυσίμων, ασφάλισης, συντήρησης, τελών και φόρων, επισκευών) δείχνουν ότι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα μπορεί να έχουν χαμηλότερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας από τους αντίστοιχους ομολόγους της βενζίνης τους σε ένα χρονικό διάστημα τριών έως πέντε ετών.

- Πολιτική και κανονισμοί

Η ανάλυση έχει δείξει ότι το πρόβλημα των οχημάτων που παράγουν υψηλότερες εκπομπές στον δρόμο από ό, τι σε συνθήκες εργαστηρίου επηρεάζει κυρίως τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, και συγκεκριμένα με τις εκπομπές NO<sub>x</sub>. Στις 12 Φεβρουαρίου 2016, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έδωσε το πράσινο φως για την έγκριση της δεύτερης δέσμης κανόνων για την εισαγωγή δοκιμών RDE, για τη θέσπιση ορίων εκπομπών (80 mg/km) και δύο ημερομηνίες εφαρμογής: το πρώτο στάδιο θα ισχύσει από τον Σεπτέμβριο του 2017, με ένα συντελεστή συμμόρφωσης 2.1, και το δεύτερο από το 2020 με συντελεστή συμμόρφωσης 1,5.

Οι συντελεστές συμμόρφωσης εισάγουν μια υψηλότερη ανοχή από το καθορισμένο όριο, και ο στόχος είναι να δοθεί χρόνος στους κατασκευαστές για να προσαρμοστούν σταδιακά στους νέους κανόνες RDE.

- Τεχνολογία

Για να επιτευχθεί ο στόχος που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση έως το 2021, ο οποίος είναι 38g CO<sub>2</sub>/km, θα πρέπει να οι κατασκευαστές να προβούν στη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών όπως είναι ο καταλύτης οξειδίου του diesel (DOC – Diesel Oxide Catalyst), το φίλτρο σωματιδίων diesel (DPF – Diesel Particulate Filter), επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR – Selective Catalytic Reduction) και παγίδα οξειδίων του αζώτου NO<sub>x</sub> φτωχού μείγματος (LNT – Lean NO<sub>x</sub> Trap). Όπως όμως είναι λογικό θα υπάρξει αύξηση του κόστους κατασκευής και κατά συνέπεια και αύξηση του κόστους προμήθειας αυτών των κινητήρων.

### **5.2.1 Τεχνοοικονομική ανάλυση αγοράς και συντήρησης αυτοκινήτου με κινητήρα βενζίνης και πετρελαίου**

Για τις ανάγκες της ανάλυσης συγκεντρώσαμε πληροφορίες για το μοντέλο Cee'd της αυτοκινητοβιομηχανίας Kia σε δύο εκδόσεις του. Η μια είναι με κινητήρα των 1400 κυβικών εκατοστών βενζίνης και η δεύτερη με ίδιας χωρητικότητας κινητήρα αλλά με χρήση καυσίμου ντίζελ.

Πίνακας 5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά KiaCee'δσε εκδόσεις βενζίνης και ντίζελ [XIV]

Μοντέλο	1.4 Βενζίνη	1.4 Diesel
Κυβισμός (κ.εκ.)	1.396	1.396
Ισχύς (PS/σ.α.λ.)	100/5.500	90/4.000
Ροπή (Nm/ σ.α.λ.)	137/4.200	220/1.500
Κατανάλωση (λτ./100χλμ.)	5.8	4.3
Εκπομπές CO2 (γρ./χλμ.)	139	109
Κόστος (€)	15290	17590

Παρατηρούμε ότι ο κινητήρας ντίζελ έχει μεγαλύτερο κόστος. Παρακάτω θα κάνουμε μια ανάλυση στις καταναλώσεις που έχουμε σε διάστημα έξι ετών, που αντιστοιχούν σε 90000χλμ. (15000χλμ. / χρόνο).

Πίνακας 5.5 Σύγκριση κινητήρων βενζίνης - ντίζελ σε διάστημα 6 ετών/90.000χλμ. [XV]

Μοντέλο	1.4 Βενζίνη	1.4 Diesel
Κατανάλωση (λίτρα)	5220	3870
Καύσιμα (€)	8665	5263
Τέλη κυκλοφορίας (€)	1440	310
Service (€)	923	1217
Συνολικό κόστος (€)	11028	6480

Συμπεραίνουμε ότι παρ' όλο που η έκδοση με τον κινητήρα ντίζελ κοστίζει 2300€ παραπάνω από τις βενζίνης μακροχρόνια και συγκεκριμένα σε διάστημα έξι (6) ετών έχουν ένα κέρδος της τάξης των 2250€. Άρα πέρα από την ωριμότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον τεχνολογία, οι κινητήρες ντίζελ είναι πιο οικονομικοί στο βάθος χρόνου.

### 5.2.2 Πλεονεκτήματα χρήσης κινητήρων ντίζελ σε βαρέα οχήματα

Όσον αφορά τα βαρέα οχήματα κάνουν χρήση κινητήρων ντίζελ. Ο σημαντικότερος λόγος αυτής της επιλογής αφορά τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του καυσίμου τις οποίες θα δούμε αναλυτικότερα παρακάτω.

- Ένα από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου είναι ότι έχει βραδύτερη καύση σε σύγκριση με τη βενζίνη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, για μια δεδομένη ισχύ να

- παράγει μεγαλύτερη ροπή στις χαμηλές στροφές , ιδιότητα η οποία αποτελεί βασική απαίτηση για ένα βαρύ κινητήρα.
- Οι αναλογίες συμπίεσης σε ένα κινητήρα ντίζελ είναι υψηλότερες , έτσι ώστε οι μέγιστες πιέσεις και θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τον κινητήρα βενζίνης κάτι το οποίο με τη σειρά του απαιτεί τις μηχανές να είναι βαριές και ισχυρές.
  - Για τις μέγιστες πιέσεις και θερμοκρασίες που προαναφέραμε η αποδοτικότητα ενός θεωρητικού κύκλου ντίζελ είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τον κύκλο Otto.
  - Τέλος, αν δοκιμάσουμε να κάνουμε χρήση βενζίνης σε μεγάλου μεγέθους μηχανές, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος χτυπήματος λόγω της προανάφλεξης του.

### 5.3 Σύγχρονες εξελίξεις στη ναυτιλία και προοπτικές

Η ναυτιλία αποτελεί ένα κλάδο ζωτικής σημασίας για την παγκόσμια οικονομία διότι αποτελεί περίπου το 95% της διανομής όλων των πρώτων υλών καθώς και των αγαθών που πραγματοποιούνται. Σε συνδυασμό με το ότι οι κινητήρες ντίζελ είναι η πιο διαδεδομένη μορφή μετακίνησης των πλοίων, μας οδηγεί στο συμπέρασμα του ότι το μέλλον του καυσίμου είναι στενά συνδεδεμένο με τη μελλοντική ή μη χρήση τους.

Όπως και στις οδικές μετακινήσεις, αυτό το οποίο απειλεί τους ντίζελ κινητήρες των πλοίων είναι από τη μια οι αυστηροί περιορισμοί που θα εφαρμόσει ο Παγκόσμιος Ναυτικός Οργανισμός (International Maritime Organization)<sup>21</sup> και η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω νομοθεσιών<sup>22</sup>, για τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών καθώς και από την άλλη κινητήρες οι οποίοι λειτουργούν με διαφορετικό καύσιμο.

Στην πρόσφατη τροποποίηση του Παραρτήματος VI (Annex VI- Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships) του MARPOL 73/78 ( International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) το 2008<sup>23</sup>, καθορίζονται τα όρια εκπομπών SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> των πλοίων (Πίνακας 5.6 & Πίνακας 5.7), καθώς και θεσπίζονται οι περιοχές ελέγχου εκπομπών (Emission Control Areas - ECA), μια από τις οποίες αφορά τη Βαλτική θάλασσα στην Ευρώπη.

Πίνακας 5.6 Όρια εκπομπών NO<sub>x</sub> κατά MARPOL Annex VI [XVI]

Tier	Date	NO <sub>x</sub> Limit, g/kWh		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	45 · n <sup>-0.2</sup>	9.8
Tier II	2011	14.4	44 · n <sup>-0.23</sup>	7.7
Tier III	2016†	3.4	9 · n <sup>-0.2</sup>	1.96

† In NO<sub>x</sub> Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).

Σημείωση: Τα όρια εκπομπών NO<sub>x</sub> καθορίζονται για κινητήρες ντίζελ ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα (n, RPM). Τα όρια των προτύπων Tier I και Tier II είναι παγκόσμια, ενώ τα πρότυπα Tier III εφαρμόζονται μόνο σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών NO<sub>x</sub>. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στην πηγή.

Πίνακας 5.7 Όρια εκπομπών SO<sub>x</sub> κατά MARPOL Annex VI [XVIII]

Date	Sulfur Limit in Fuel (% m/m)	
	SO <sub>x</sub> ECA	Global
2000	1.5%	4.5%
2010.07	1.0%	
2012	0.1%	3.5%
2015		0.5%
2020		

Σύμφωνα με τον IMO, θα πρέπει να γίνουν άμεσα ενέργειες για τη μείωση των εκπομπών από τις μηχανές των πλοίων το οποίο μπορεί να γίνει με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών τις οποίες αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, δηλαδή καταλύτης επιλεκτικής αναγωγής (SCR) και καταλύτης οξειδίου του ντίζελ (DOC). Μια ακόμη αποτελεσματική λύση μείωσης των εκπομπών είναι η χρήση της μηχανής διπλού καυσίμου (Otto-gasengine) η οποία θα συνδυάζει τα υγρά καύσιμα μαζί με φυσικό αέριο το οποίο είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Αυτοί οι κινητήρες πιθανότατα θα επικρατήσουν στο μέλλον, καθώς θα χρειαστούν δεκαετίες μέχρι το φυσικό αέριο να καταστεί διαθέσιμο παντού, όπως τα υγρά καύσιμα.<sup>24</sup>



Άλλη μια πρόταση<sup>25</sup> που έχει γίνει για την παραγωγή ενέργειας στις μηχανές των πλοίων είναι η χρήση κυψελών καυσίμου. Με τις κυψέλες καυσίμου μπορεί να επιτευχθεί απόδοση έως 60% εκεί που με βενζίνη έχουμε 30% και με χρήση ντίζελ κάπου στο 40%. Αυτό το οποίο δεν κάνει αυτή τη λύση τόσο δελεαστική είναι το ότι για να γίνει η μετατροπή της χημικής ενέργειας των κυψελών σε ηλεκτρική χρειάζεται μια χημική αντίδραση μεταξύ οξυγόνου και υδρογόνου, κάτι το οποίο απαιτεί μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου, έτσι ώστε να πάρουμε την ανάλογη πυκνότητα ενέργειας με το ντίζελ, καθώς και υψηλά μέτρα ασφάλειας διότι η αποθήκευση θα πρέπει να γίνεται σε πίεση 70000psi.

Μετά από έρευνα που διεξήχθη από μεγάλη εταιρεία πετρελαίου<sup>26</sup> αποδείχθηκε ότι μέχρι το 2040 μόνο το 10% των πλοίων θα δουλεύουν με μηχανή φυσικού αερίου ενώ το υπόλοιπο θα είναι διπλού καυσίμου κινητήρες και τελικά, αν έχουμε τελικά τη παραγωγή καυσίμων περιεκτικότητας 0,5% θείου, αυτοί που θα επικρατήσουν στην αγορά τα επόμενα χρόνια θα είναι οι κινητήρες ντίζελ και αντίστοιχα, τα υγρά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του ντίζελ.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας μας πρέπει να αναλύσουμε το αν τελικά έχει μέλλον το ντίζελ σαν καύσιμο και αν παραμείνει μια από τις κύριες επιλογές τόσο για τις μεταφορές μας όσο και για τη παράδοση και παραλαβή πρώτων υλών.

Κάνοντας μια σύντομη αναδρομή στα προηγούμενα κεφάλαια καταλήγουμε στο συμπέρασμα του ότι τελικώς οι κύριοι λόγοι της μείωσης χρήσης του καυσίμου είναι οι εξής:

- Αυστηρά όρια τα οποία αφορούν τις εκπομπές ρύπων
- Διαφορετικές μορφές ενέργειας πιο οικονομικές ή πιο φιλικές προς το περιβάλλον ως αποτέλεσμα των επιβληθέντων ορίων
- Ακριβότερη συντήρηση και εφαρμογή τεχνολογιών οι οποίες εξυπηρετούν τους περιορισμούς που έχουν εφαρμόσει, οι αρμόδιες αρχές σε κάθε περίπτωση, για την μείωση των ρύπων.

Λόγω της αύξησης του κόστους τους για να παραμείνουν «καθαροί», οι κινητήρες ντίζελ αναμένεται να χάσουν μερίδιο της αγοράς σταδιακά, ειδικά σε κατώτερες κατηγορίες αυτοκινήτων. Οι ενέργειες αυτές, όπως είναι λογικό, θα οδηγήσουν στη αναπόφευκτη μείωση της χρήσης του καυσίμου ντίζελ γιατί η αυτοκίνηση είναι, αν όχι ο σημαντικότερος, ένας από τους σημαντικότερους τομείς στους οποίους γίνεται η χρήση του. Παρόλα αυτά, θα βοηθηθούν να φθάσουν τους στόχους των ορίων εκπομπών, όπως ορίζουν τα αντίστοιχα πρότυπα και θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις κατηγορίες οχημάτων μεσαίας κατηγορίας και άνω.

Καθώς το ντίζελ θα παραμείνει κυρίως ζήτημα για την ΕΕ, παρά τις προσπάθειες των ευρωπαϊκών κατασκευαστών να ωθήσει την τεχνολογία ντίζελ σε άλλες αγορές, η στρατηγική δράση που θα πρέπει οι κατασκευαστές να λάβουν εάν επιθυμούν να ανταγωνιστούν στην Ευρωπαϊκή αγορά εμπίπτει σε δύο κατηγορίες - τεχνολογίας και αγοράς.

Όσο αφορά την τεχνολογία, οι κατασκευαστές οχημάτων πρέπει να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τις απαραίτητες τεχνολογίες για να καλύψουν το κενό με αυστηρότερα πρότυπα και διαδικασίες δοκιμής RDE σε λογικό εμπορικό κόστος για τον τελικό πελάτη και πρέπει να επιταχυνθεί η ανάπτυξη εναλλακτικών κινητήριων λύσεων, για παράδειγμα, τα ηλεκτρικά ή τα υβριδικά αυτοκίνητα.

Από την πλευρά της αγοράς, θα πρέπει να μετατοπίσουν την εστίαση του ντίζελ στις μεσαίες και άνω κατηγορίες οχημάτων, και να πείσει τους τελικούς πελάτες και τους φορείς χάραξης πολιτικής ότι το πετρέλαιο ντίζελ δεν αποτελεί περιβαλλοντικό ζήτημα.

Το καύσιμο ντίζελ καθαυτό, παρά την τάση "δαιμονοποίησής" του δεν αποτελεί το κύριο αίτιο του πρόσφατου σκανδάλου εκπομπών. Πρόκειται πραγματικά για ένα ζήτημα συμμόρφωσης στα όρια εκπομπών της ΕΕ και σε αυτήν την περίπτωση, της επιλογής μιας εταιρίας να ακολουθήσει ή όχι τις πρότυπες προδιαγραφές και το αποτέλεσμα αυτών είναι βέβαιο πως θα έχει αντίκτυπο σε όλες τις παραγωγές, ανεξαρτήτως καυσίμου και τεχνολογίας.

Είναι άξιο αναφοράς ότι το ψήσιμο ενός χάμπουργκερ εκπέμπει τόση μάζα σωματιδίων (PM) όσο εκπέμπει ένα μέσο βαρέως τύπου φορτηγό ντίζελ διανύοντας 16 χιλιόμετρα<sup>27</sup>. Η πρόοδος που έχουμε επιτύχει στην οικονομία καυσίμου και τις εκπομπές είναι εκπληκτική και έτσι τώρα έχει θέσει το στάδιο για το μέλλον και τι επιφυλάσσει το μέλλον, με το καύσιμο ντίζελ να αποτελεί ακόμα την κινητήρια δύναμη της παγκόσμιας οικονομίας;

Πάνω από το 90% όλων των φορτηγών και όλων των off-road μηχανημάτων και εξοπλισμού χρησιμοποιούν το ντίζελ, και το καύσιμο αυτό είναι αποτέλεσμα σημαντικής έρευνας και προόδου, και οφείλει να μεταμορφωθεί περαιτέρω ώστε να παραμείνει βιώσιμο καύσιμο. Από μια παγκόσμια σκοπιά, η κατάσταση πρέπει να ληφθεί διαφορετικά από χώρα σε χώρα και αυτό που πρέπει να κάνουμε σε άλλα μέρη είναι μια κίνηση προς καθαρότερα καύσιμα, από τα οποία λαμβάνουμε περισσότερα άμεσα πλεονεκτήματα. Οι εξαιρετικά χαμηλές περιεκτικότητες σε θείο του ντίζελ (ULSD) είναι το τέλειο παράδειγμα, και μπορούμε να επιτύχουμε τα σχεδόν μηδενικά επίπεδα σε όλες τις περιοχές του κόσμου, εφόσον υπάρχει πιο ευρεία διείσδυση του καυσίμου.

Πέραν της διείσδυσης του ULSD, ο κλάδος της βιομηχανίας έχει πλέον καταλάβει και έχει αποκτήσει αρκετή εμπειρία με τα βιοκαύσιμα. Έτσι αρχίζουμε να βλέπουμε όχι μόνο τη χρήση τους σε ντιζελοκινητήρες από 5% έως 20%, αλλά και μια ολόκληρη νέα συζήτηση για βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς, όπως 100% ανανεώσιμο καύσιμο ντίζελ, παραγόμενο από ζωικά λίπη και απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων, με περίπου 90% λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ότι το πετρελαϊκό ντίζελ. Όλα αυτά, μαζί με τις νεότερες γενιές όλο και καθαρότερων κινητήρων ντίζελ με προηγμένους ελέγχους εκπομπών, δείχνουν μια τεχνολογία που έχει μεταμορφωθεί, με την αποτελεσματικότητά της να εξακολουθεί να είναι χαρακτηριστική, και μένει να αποδειχθεί η ικανότητα της βιομηχανίας να χρησιμοποιήσει τα προαναφερθέντα ανανεώσιμα καύσιμα και να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές της καύσης του ντίζελ, ώστε να παραμείνει ένα βιώσιμο, οικονομικό, αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο.

# Βιβλιογραφία

---

## 1. Βιβλιογραφικές Αναφορές

<sup>1</sup>RP 67207, Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungsmaschinen.

<sup>2</sup>Ayhan Demirbas (2008), Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines, Berlin: Springer, ISBN: 978-1-84628-995-8.

<sup>3</sup> Brian Black (2012). Crude Reality: Petroleum in World History, Rowman & Littlefield Publishers Inc., ISBN: 978-0-7425-5654-6.

<sup>4</sup><http://www.jpforum.gr/viewtopic.php?f=30&t=2118> ,προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>5</sup> Chris Collins (2007), "Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons, Methods in Biotechnology" **23**:99–108. Humana Press, ISBN: 1-58829-541-9.

<sup>6</sup>L. D. Danny Harvey, 2010, "Energy and the New Reality 1: Energy Efficiency and the Demand for Energy Services," London: Routledge-Earthscan, ISBN: 1844079120.

<sup>7</sup>[https://www.up.com/aboutup/special\\_trains/diesel-electric/](https://www.up.com/aboutup/special_trains/diesel-electric/) ,προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>8</sup> Duffy, Michael C. (2003), *Electric Railways 1880-1990*, London: Institution of Engineering and Technology, ISBN: 978-0-85296-805-5.

<sup>9</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_propulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_propulsion) , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>10</sup>Tillotson, Geoffrey (1981), «Engines for Main Battle Tanks», Στο: Col. John Weeks, επιμ. Jane's 1981–82 Military Annual. *Jane's*, σελ. 59,63. ISBN: 0-7106-0137-9.

<sup>11</sup>BS 2869 Specification: Fuel oils for agricultural, domestic and industrial engines and boilers.

<sup>12</sup> EU Reference Scenario 2016. p. 63-64. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft\\_publication\\_REEF2016\\_v13.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REEF2016_v13.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>13</sup> Η FuelsEurope είναι η φωνή της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας διύλισης πετρελαίου.

---

<sup>14</sup> CEC: Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on environmental agreements, Commission of the European Communities, COM(96)561 final, Brussels. 1996.

<sup>15</sup> IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change: Fourth assessment report. Transport and its infrastructure. 2007.

<sup>16</sup> ICCT: European vehicle market statistics, pocketbook 2012. 2012.

<sup>17</sup> ACEA - European Automobile Manufacturers Association. 2017. Trends in fuel type of new cars between 2015 and 2016.

<sup>18</sup> ACEA - European Automobile Manufacturers Association. 2016. Economic and Market Report - EU Automotive Industry Q3 2016.

<sup>19</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_emissions\\_scandal](https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_emissions_scandal) , προσπέλαση στις 22/02/2017.

<sup>20</sup> <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>21</sup> <http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>22</sup> <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/ships.htm> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>23</sup> <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofMARPOL/Documents/MARPOL%2073-78%20Brief%20History%20-%20List%20of%20amendments%20and%20how%20to%20find%20them.htm#Annexes> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>24</sup> <http://www.veus-shipping.com/2017/01/clean-big-bore-engines-for-the-future-challenge-for-the-research/> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>25</sup> <http://www.powerandmotoryacht.com/engines/future-marine-engines> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>26</sup> <http://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/outlook-for-energy/2016/2016-outlook-for-energy.pdf> , προσπέλαση στις 22/02/17.

<sup>27</sup> <https://ucrtoday.ucr.edu/8896> , προσπέλαση στις 22/02/17.

## **2. Συμπληρωματική Βιβλιογραφία**

2. [http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_fuel](http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_fuel) , προσπέλαση στις 22/02/17.

- 
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Cetane\\_number](http://en.wikipedia.org/wiki/Cetane_number) ,προσπέλαση στις 22/02/17.
  5. Reif K. (Ed.), *Diesel Engine Management*, Bosch Professional Automotive Information, DOI 10.1007/978-3-658-03981-3\_2, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014.
  6. Challen B., Baranescu R., *Diesel Engine Reference Book - 2nd ed.*, Butterworth Heinemann Int., 1999.
  7. <http://docplayer.gr/2110501-Giannis-kostopoylos-dieythnon-symvoylos-ellinika-petrelaia-a-e.html> , προσπέλαση στις 22/02/17.
  8. <http://www.euro2day.gr/news/economy/article/1280481/elpe-exagogiko-oplo-to-diylisthrio-ths.html> , προσπέλαση στις 22/02/17.
  9. <http://www.helpe.gr/investor-relations/key-data/our-businesses/refining-supply-and-trading/> , προσπέλαση στις 22/02/17.
  10. <http://www.protagon.gr/themata/ellinika-petrelaia-diakrisi-gia-to-diesel-avio-sta-evrwpaika-vraveia-epixeirisewn-gia-to-perivallon-44341256778> , προσπέλαση στις 22/02/17
  11. [http://globalsustain.org/files/vraveia\\_paseppe.pdf](http://globalsustain.org/files/vraveia_paseppe.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.
  12. Fuels Europe Statistical Report 2016, [https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs\\_fuels\\_europe-2016\\_v13\\_web.pdf](https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs_fuels_europe-2016_v13_web.pdf) ,προσπέλαση στις 22/02/17.
  13. Hollert H. (Ed.), *Environmental Sciences Europe - Critical evaluation of the European diesel car boom - global comparison, environmental effects and various national strategies*, DOI: 10.1186/2190-4715-25-15 © Cames and Helmers; licensee Springer, 2013.
  14. Arena F., Spera D., Hoppe W., Suzuki H., Kirstetter E., 2016. The future of diesel engines - and how OEMs can shape it. *Automotive Megatrends Magazine*, Q4, pp. 25-27, 2016. Διαθέσιμο στο: <https://automotivemegatrends.com/automotive-megatrends-magazine-q4-2016> ,προσπέλαση στις 22/02/17.

### 3. Πίνακες

- [I] 1997, *Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα*, Αθήνα, Πάπυρος, Τόμος 49, σελ. 109.
- [II] 1997, *Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα*, Αθήνα, Πάπυρος, Τόμος 49, σελ. 117.
- [III] <http://www.britannica.com/technology/diesel-fuel> , προσπέλαση στις 22/02/17.

---

[IV]

[http://www.chevronwithtechron.ca/products/documents/Diesel\\_Fuel\\_Tech\\_Review.pdf](http://www.chevronwithtechron.ca/products/documents/Diesel_Fuel_Tech_Review.pdf) ,  
προσπέλαση στις 22/02/17.

[V] <https://www.energy.eu/fuelprices/> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[VI] EN 590:2009, Automotive fuels - Diesel - Requirements and test methods,  
[http://www.envirochem.hu/www.envirochem.hu/documents/EN\\_590\\_2009\\_hhV05.pdf](http://www.envirochem.hu/www.envirochem.hu/documents/EN_590_2009_hhV05.pdf),  
ροσπέλαση στις 22/02/17.

[VII] βλ. [VI].

[VIII] βλ. [VI].

[IX] [http://a.pmcnd.net/p/xbw/iso/iso8217\\_2012\\_distillate.pdf](http://a.pmcnd.net/p/xbw/iso/iso8217_2012_distillate.pdf) , προσπέλαση στις  
22/02/17.

[X]<http://www.helpe.gr/investor-relations/key-data/our-businesses/refining-supply-and-trading/> ,  
[http://www.moh.gr/Default.aspx?a\\_id=10399](http://www.moh.gr/Default.aspx?a_id=10399) ,  
[http://www.moh.gr/media/PDF\\_inside\\_texts/Ethsies\\_Oikonomikes\\_Ektheseis/MOH%20%CE%95%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B9%CE%B1%20%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%88%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7%202016-Gr.pdf](http://www.moh.gr/media/PDF_inside_texts/Ethsies_Oikonomikes_Ektheseis/MOH%20%CE%95%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B9%CE%B1%20%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%88%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7%202016-Gr.pdf) , προσπέλαση  
στις 22/02/17.

[XI]<https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[XII]<https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[XIII]<https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[XIV]<http://www.autogreeknews.gr/diesel-i-benzini-sugkrisi-se-76-montela/1569-kia-ceed-14-vs-ceed-14-crdi>, προσπέλαση στις 22/02/17.

[XV] <http://www.autogreeknews.gr/diesel-i-benzini-sugkrisi-se-76-montela/1569-kia-ceed-14-vs-ceed-14-crdi>, προσπέλαση στις 22/02/17.

[XVI]<https://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[XVII]<https://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php> , προσπέλαση στις 22/02/17.

---

#### 4. Εικόνες

[i] <http://www.intechopen.com/books/liquid-gaseous-and-solid-biofuels-conversion-techniques/catalytic-hydroprocessing-of-liquid-biomass-for-biofuels-production> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[ii] [https://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf\\_Diesel#/media/File:Rudolf\\_Diesel2.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel#/media/File:Rudolf_Diesel2.jpg) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[iii] [http://iobe.gr/docs/research/RES\\_05\\_C\\_27062014\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/research/RES_05_C_27062014_REP_GR.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[iv] βλ. [iii]

[v] <http://en.citizendium.org/wiki/Hydrocracking> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[vi] [http://www.helpe.gr/userfiles/8ea1f0cb-9e62-48e4-b947-a27b00fb14bb/Elfezis%20Refinery%20Upgrade%20Project%202008-2012\\_1.pdf](http://www.helpe.gr/userfiles/8ea1f0cb-9e62-48e4-b947-a27b00fb14bb/Elfezis%20Refinery%20Upgrade%20Project%202008-2012_1.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[vii] βλ. [vi]

[viii] βλ. [vi]

[ix] <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/6869/1/STEF872013.pdf> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[x] <http://www.processtechacademy.com/wp-content/uploads/2015/05/Galp-refinariaSines-hydrocracker03.jpg> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xi] [http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B132/725/4795,21660/images/img1\\_0.jpg](http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B132/725/4795,21660/images/img1_0.jpg) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xii] <http://www.chempex.cz/en/produkty-a-sluzby/trubkove-pece/> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xiii] <http://www.texnokat-epe.gr/album.html> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xiv] <http://www.helpe.gr/userfiles/4062d389-0842-4994-bd2c-a27000d14aac/viom-agkastaseis-28.jpg> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xv] [https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs\\_fuels\\_europe-2016\\_v13\\_web.pdf](https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs_fuels_europe-2016_v13_web.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xvi] [https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs\\_fuels\\_europe-2016\\_v13\\_web.pdf](https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs_fuels_europe-2016_v13_web.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.



---

[xvii] [https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs\\_fuels\\_europe-2016\\_v13\\_web.pdf](https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resources/graphs_fuels_europe-2016_v13_web.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xviii] <http://www.acea.be/statistics/tag/category/share-of-diesel-in-new-passenger-cars> , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xix] [http://iobe.gr/docs/research/RES\\_04\\_10102016\\_PRE\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/research/RES_04_10102016_PRE_GR.pdf) , προσπέλαση στις 22/02/17.

[xx] βλ. [xv].