

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΧΡΟΝΗΣ
ΝΑΥΤΙΚΗΣ DIESEL ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ.**



Σπουδαστής : ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: ΣΧΟΙΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Μηχ/γος-Ηλεκ/γος Μηχανικός ΕΜΠ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΧΡΟΝΗΣ
ΝΑΥΤΙΚΗΣ DIESEL ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ.**

Σπουδαστής : ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: ΣΧΟΙΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Ημερομηνία κατάθεσης: -03-2015

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

Περίληψη

Σήμερα, υπάρχουν περιοχές ECA (περιοχή ελέγχου των αερίων εκπομπών, με βάση τους κανονισμούς του IMO), στη Βαλτική Θάλασσα, τη Βόρεια Θάλασσα και τη Μάγνη καθώς και 200 μίλια ανατολικά και δυτικά από της ακτές της Αμερικής μέχρι και Καναδά και στη Χαβάη.

Η περιεκτικότητα σε θείο έχει ως συνέπεια την εκπομπή οξέων στον αέρα. Ακόμα κι αν μεγάλοι ναυτικοί κινητήρες έχουν σε μεγάλο βαθμό ανοχή στην ποιότητα των καυσίμων, η αλλαγή καυσίμων βαρέων και αποσταγμάτων αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τη λειτουργία της μηχανής αλλά και τα συστήματα που την υποστηρίζουν.

Η μέση περιεκτικότητα σε θείο του βαρέως καυσίμου (HFO) που χρησιμοποιείται για θαλάσσιες μηχανές diesel είναι εκτός περιοχών ECA με όριο τα 3,5%. Το όριο του 3,5% (sulphur) από το 2020 γίνεται 0,5% για όλες τις θάλασσες εκτός περιοχών ECA. Στις περιοχές ECA από 1/1/15 ισχύει όριο θείου στα καύσιμα ναυτιλίας 0,1%.

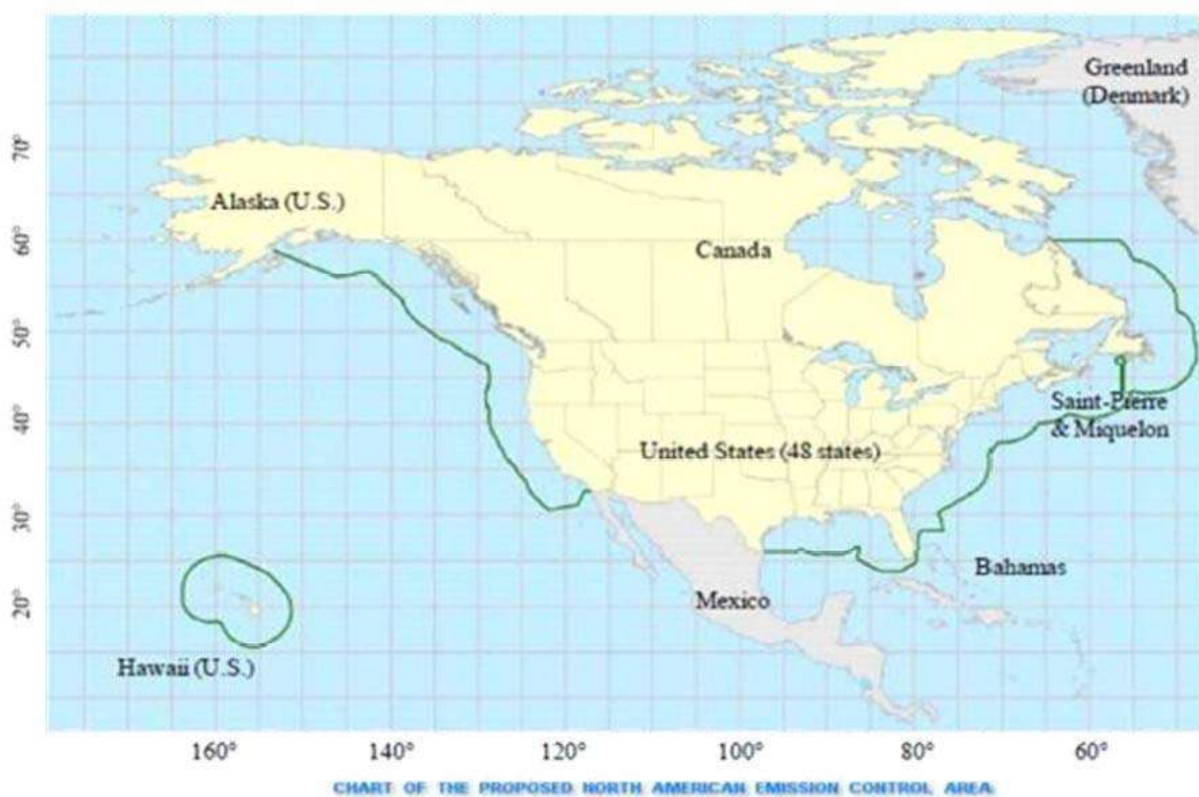


Summary

Today, there are areas ECA (gas emission control area, according to the IMO regulations), Baltic Sea, North Sea and English Channel and 200 miles east and west of the coast of America up to Canada and Hawaii.

The sulphur content has the effect of acid emissions to air. Even though large ship engines have largely tolerated in fuel quality, climate and heavy distillate fuel is a factor that affects the operation of the machine and the systems that support it.

The average sulphur content of heavy fuel (HFO) used for diesel marine engines outside ECA areas with a limit of 3.5%. The limit of 3,5% (sulphur) from 2020 is 0.5% for all seas areas outside ECA. In areas of ECA 1.1.15 applies sulphur limit on marine fuels 0.1%.



Πρόλογος

Η Ναυτιλία σήμερα είναι μια από τις πιο σημαντικές οικονομικές και μεταφορικές δραστηριότητες στον πλανήτη. Η πρόβλεψη παγκοσμίως είναι ότι η ανάπτυξη των ναυτιλιακών μεταφορών θα συνεχιστεί στο μέλλον.

Ένα βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει σήμερα η παγκόσμια Ναυτιλία είναι η πληθώρα αυστηρών νόμων και κανονισμών μεταξύ των οποίων και αυτοί που αφορούν τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων για τη προστασία του περιβάλλοντος.

Από 1/1/15 εφαρμόστηκε ο κανονισμός του IMO για τη χρήση καυσίμων με περιεκτικότητα θείου 0,1% σε περιοχές ECA.

Η πτυχιακή αυτή διαπραγματεύεται τα προβλήματα λειτουργίας δίχρονων ναυτικών μηχανών που καίνε καύσιμα χαμηλού θείου και την κατάλληλη αντιμετώπιση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΧΡΟΝΗΣ DIESEL ΜΗΧΑΝΗΣ

Στον δίχρονο κινητήρα, ο πλήρης κύκλος λειτουργίας κάθε κυλίνδρου ολοκληρώνεται σε δύο παλινδρομικές διαδρομές του εμβόλου, δηλαδή σε μία πλήρη περιστροφή του στρόφαλου. Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική περιγραφή των δύο χρόνων λειτουργίας για ναυτική αργόστροφη υπερπληρούμενη μηχανή.

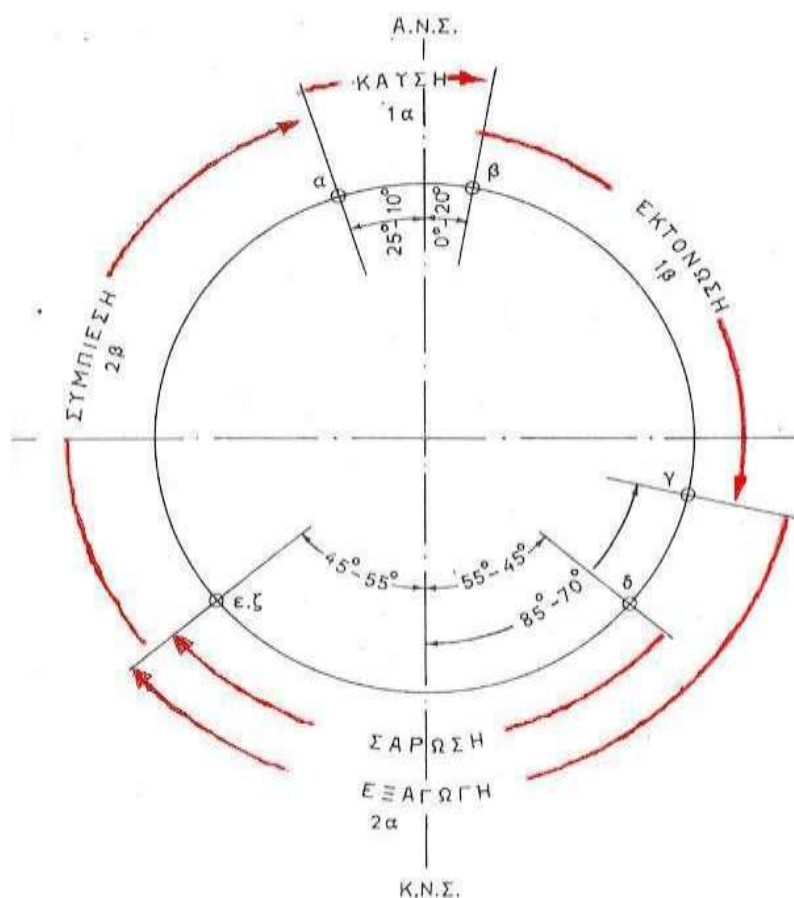
Η σάρωση της μηχανής πραγματοποιείται μέσω περιφερειακών θυρίδων, προσαρμοσμένων στο χιτώνιο, και μιας βαλβίδας εξαγωγής που είναι τοποθετημένη στο πώμα του κυλίνδρου (ευθύγραμμη σάρωση). Επίσης, οι εγχυτήρες είναι συμμετρικά τοποθετημένοι στο πώμα. Στον κύλινδρο παλινδρομεί το έμβολο, το οποίο μέσω του βάκτρου και του ζυγώματος συνδέεται με τον διωστήρα και αυτός με τη σειρά του με τον στρόφαλο.

1ος χρόνος λειτουργίας (καύση – εκτόνωση – έναρξη εξαγωγής και σάρωσης)

Το έμβολο βρίσκεται $25^{\circ} - 10^{\circ}$ πριν το ΑΝΣ, αφού έχει συμπιέσει τον εισερχόμενο αέρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία και η πίεση του αέρα να είναι αρκετά υψηλές, ώστε να μπορεί το εγχέομενο καύσιμο να αυταναφλεγεί. Στη δεδομένη αυτή στιγμή, ψεκάζεται το καύσιμο Diesel μέσα στον κύλινδρο, και ακολουθεί η καύση μέχρι το έμβολο να βρεθεί $0^{\circ} - 20^{\circ}$ μετά το ΑΝΣ. Από τη θέση αυτή του εμβόλου μέχρι και $70^{\circ} - 85^{\circ}$ πριν το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ), διαρκεί η εκτόνωση των παραγόμενων από την καύση αερίων. Κατά τη φάση της εκτόνωσης, λαμβάνει χώρα και η παραγωγή του ωφέλιμου έργου. Το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής οριοθετεί το πέρας της εκτόνωσης, με αποτέλεσμα τα καυσαέρια να οδηγούνται στον οχετό εξαγωγής, πριν οδηγηθούν στον στροβιλοπληρωτή. Καθώς το έμβολο κατέρχεται προς το ΚΝΣ, $35^{\circ} - 45^{\circ}$ πριν φθάσει σε αυτό, αποκαλύπτει τις θυρίδες της σάρωσης, με αποτέλεσμα ο εισερχόμενος αέρας της σάρωσης, με πίεση μεγαλύτερη από αυτή που επικρατεί στον κύλινδρο, να ωθεί τα καυσαέρια προς τον οχετό εξαγωγής. Σημειώνεται ότι ο λόγος, για τον οποίο η πίεση του αέρα σάρωσης είναι μμεγαλύτερη από αυτή που επικρατεί στον κύλινδρο, είναι να υπάρξει ώθηση στα καυσαέρια να εξαχθούν από τον κύλινδρο και να καθαρίσει ο κύλινδρος.

2ος χρόνος λειτουργίας (πέρας σάρωσης και εξαγωγής – συμπίεση)

Όταν από τον προηγούμενο χρόνο το έμβολο φθάσει στο ΚΝΣ, αρχίζει να ανέρχεται προς το ΑΝΣ, παρασυρόμενο από τον στρόφαλο κάποιου άλλου εμβόλου της μηχανής, που τη στιγμή αυτή εκτελεί τον 1ο χρόνο λειτουργίας. Το έμβολο, $45^\circ - 55^\circ$ μετά το ΚΝΣ, καλύπτει πλήρως τις θυρίδες σαρώσεως, ενώ η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει στις συγκεκριμένες γωνίες στροφαλοφόρου άξονα. Ωστόσο, ορισμένοι κατασκευαστές επιτρέπουν στη βαλβίδα εξαγωγής να παραμείνει ανοικτή μέχρι και $60^\circ - 90^\circ$ μετά το ΚΝΣ. Αποτέλεσμα αυτής της καθυστέρησης του κλεισίματος της βαλβίδας εξαγωγής ως προς τη κάλυψη των θυρίδων σαρώσεως είναι να διαφεύγει και να χάνεται ποσότητα καθαρού αέρα στον οχετό εξαγωγής, όμως ταυτόχρονα εξασφαλίζεται καλύτερη απόπλυση του κυλίνδρου από τα καυσαέρια. Με το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής ξεκινά η φάση της συμπίεσης του αέρα, η οποία διαρκεί μέχρι την έγχυση του καυσίμου στον κύλινδρο. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνεται σε διάγραμμα ο κύκλος λειτουργίας αργόστροφης δίχρονης υπερπληρούμενης ναυτικής μηχανής.



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι δύο κύριες κατηγορίες καυσίμων (oil fuel) στην ναυτιλιακή βιομηχανία είναι τα αποστάγματα (distillates) και τα υπολείμματα (residual fuel oil). Πρόκειται για δύο κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τις φυσικές ιδιότητες και τον τρόπο χρήσης τους. Ωστόσο στις προωσθήριες εγκαταστάσεις με μηχανές diesel, χρησιμοποιούνται καύσιμα και των δύο κατηγοριών.

Τα προϊόντα απόσταξης χωρίζονται στα Marine Gas Oil (MGO) και Marine Diesel Oil (MDO). Το HFO, είναι το καύσιμο με το υψηλότερο ιξώδες και ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος τύπος αυτού στην ναυτιλία, είναι το IFO180 και IFO 380, με ιξώδες των 180 και 380 centistokes στους 50°C. Σε αντίθεση με τα προϊόντα απόσταξης, το βαρύ καύσιμο απαιτεί εγκαταστάσεις διαχείρισης για την προετοιμασία του πριν οδηγηθεί για καύση στους κυλίνδρους.

Το κυρίαρχο πρότυπο καυσίμων των πλοίων κατά τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης είναι το ISO 8217/2012. Υπάρχουν πρότυπα για τα προϊόντα απόσταξης (DMX, DMA, DMB και DMC) και για όλους τους χρησιμοποιούμενους τύπους βαρέως καυσίμου IFO. Τα DMX και DMA είναι τα Marine Gas Oils ενώ τα DMB και DMC είναι τα Marine Diesel Oils. Τα ανώτατα όρια περιεκτικότητας σε θείο σήμερα είναι 3,5% εκτός περιοχών ECA και από 1/1/2015 εντός είναι από 0,1%.σία του.

Ακολουθεί πίνακας που εμφανίζει την κατάταξη των καυσίμων και τις προδιαγραφές τους κατά ISO 8217.



ISO 8217 Fuel Standard, Fourth Edition 2010

For marine distillate fuels and for marine residual fuels.

MARINE DISTILLATE FUELS

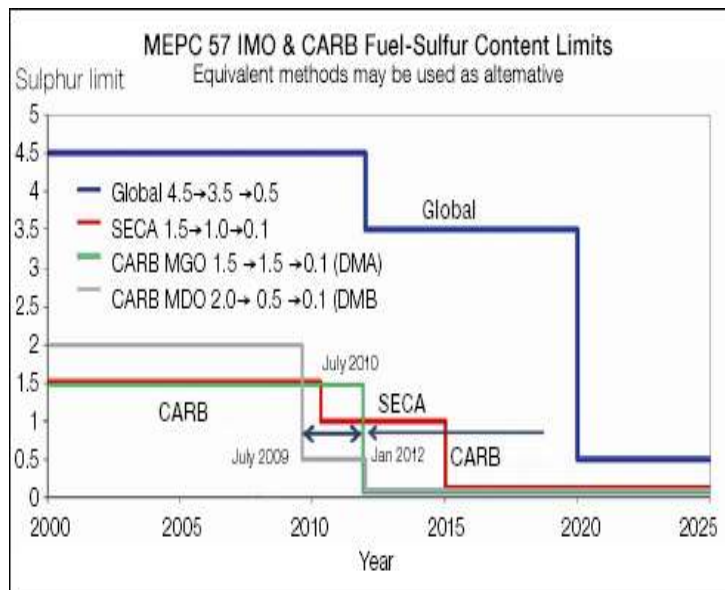
Parameter	Unit	Limit	DMX	DMA	DMZ	DMB	
Viscosity at 40°C	mm ² /s	Max	5.500	6.000	6.000	11.00	
Viscosity at 40°C	mm ² /s	Min	1.400	2.000	3.000	2.000	
Micro Carbon Residue at 10% Residue	% m/m	Max	0.30	0.30	0.30	-	
Density at 15°C	kg/m ³	Max	-	890.0	890.0	900.0	
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	-	-	-	0.30	
Sulphur ^a	% m/m	Max	1.00	1.50	1.50	2.00	
Water	% V/V	Max	-	-	-	0.30 ^b	
Total sediment by hot filtration	% m/m	Max	-	-	-	0.10 ^b	
Ash	% m/m	Max	0.010	0.010	0.010	0.010	
Flash point	°C	Min	43.0	60.0	60.0	60.0	
Pour point, Summer	°C	Max	0	0	0	6	
Pour point, Winter	°C	Max	-6	-6	-6	0	
Cloud point	°C	Max	-16	-	-	-	
Calculated Cetane Index		Min	45	40	40	35	
Acid Number	mgKOH/g	Max	0.5	0.5	0.5	0.5	
Oxidation stability	g/m ³	Max	25	25	25	25 ^c	
Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd) 1.4 at 60°C ^d	um	Max	520	520	520	520 ^c	
Hydrogen sulphide ^e	mg/kg	Max	2.00	2.00	2.00	2.00	
Appearance			Clear & Bright ^f			^{b, c}	
^a		A sulphur limit of 1.00% m/m applies in the Emission Control Areas designated by the International Maritime Organization. As there may be local variations, the purchaser shall define the maximum sulphur content according to the relevant statutory requirements, notwithstanding the limits given in this table.					
^b		If the sample is not clear and bright, total sediment by hot filtration and water test shall be required.					
^c		Oxidation stability and lubricity tests are not applicable if the sample is not clear and bright.					
^d		Applicable if sulphur is less than 0.050% m/m.					
^e		Effective only from 1 July 2012.					
^f		If the sample is dyed and not transparent, water test shall be required. The water content shall not exceed 200 mg/kg (0.02% m/m).					

MARINE RESIDUAL FUELS

Parameter	Unit	Limit	RMA ^a	RMB	RMD	RME	RMG				RMK		
			10	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700
Viscosity at 50°C	mm ² /s	Max	10.00	30.00	80.00	180.0	180.0	380.0	500.0	700.0	380.0	500.0	700.0
Density at 15°C	kg/m ³	Max	920.0	960.0	975.0	991.0	991.0				1010.0		
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	2.50	10.00	14.00	15.00	18.00				20.00		
Aluminium + Silicon	mg/kg	Max	25	40	50	60							
Sodium	mg/kg	Max	50	100	50	100							
Ash	% m/m	Max	0.040	0.070	0.100								0.150
Vanadium	mg/kg	Max	50	150	350								450
CCAI	-	Max	850	860	870								
Water	% V/V	Max	0.30	0.50									
Pour point (upper) ^b , Summer	°C	Max	6	30									
Pour point (upper) ^b , Winter	°C	Max	0	30									
Flash point	°C	Min	60.0										
Sulphur ^c	% m/m	Max	Statutory requirements										
Total Sediment, aged	% m/m	Max	0.10										
Acid Number ^d	mgKOH/g	Max	2.5										
Used lubricating oils (ULO):			The fuel shall be free from ULO, and shall be considered to contain ULO when either one of the following conditions is met:										
Calcium and Zinc; or Calcium and Phosphorus	mg/kg	-	Calcium > 30 and zinc > 15; or Calcium > 30 and phosphorus > 15.										
Hydrogen sulphide	mg/kg	Max	2.00										
^a		This residual marine fuel grade is formerly DMC distillate under ISO 8217:2005.											
^b		Purchasers shall ensure that this pour point is suitable for the equipment on board, especially in cold climates.											
^c		The purchaser shall define the maximum sulphur content according to the relevant statutory requirements.											
^d		Effective only from 1 July 2012.											
^e		Strong acids are not acceptable, even at levels not detectable by the standard test methods for SAN. As acid numbers below the values stated in the table do not guarantee that the fuels are free from problems associated with the presence of acidic compounds, it is the responsibility of the supplier and the purchaser to agree upon an acceptable acid number.											

ΠΕΡΙΟΧΕΣ ECA

Στα σχήματα που ακολουθούν διακρίνονται οι περιοχές ECA που υφίστανται την 1/1/2015 στη γη καθώς επίσης και ο προγραμματισμός μειώσεων περιεκτικότητας θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα για τα επόμενα χρόνια βάση κανονισμού του IMO.



ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ DIESEL

Το καύσιμο αυτό οφείλει το όνομα του στο γεγονός ότι αρχικά ήταν το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιούνταν στις μηχανές ντίζελ κυρίως λόγω των ακόλουθων ιδιοτήτων του:

- Του χαμηλού ιξώδους, που επέτρεπε καλύτερο ψεκασμό (spray).
- Του υψηλού βαθμού καθαρότητας, που εξασφάλιζε καύση χωρίς επιβλαβή κατάλοιπα.

Σήμερα χρησιμοποιείται στη ναυτιλία για πλεύση εντός περιοχών ECA και για τα λιμάνια USA, Canada και E.U. Σε όλες τις κατηγορίες ναυτικών μηχανών χρησιμοποιούνται βαρέα καύσιμα με βάση το υπόλειμμα.

Κύριο χαρακτηριστικό του, με το οποίο διακρίνεται από τις άλλες κατηγορίες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις μηχανές ντίζελ, είναι ότι αποτελεί απόσταγμα του φυσικού πετρελαίου, ανήκει δηλαδή στα ευγενή προϊόντα του. Αυτό έχει ως συνέπεια να κατατάσσεται στα καλύτερα και ακριβότερα καύσιμα MEK.

Χρησιμοποιείται λοιπόν ως καύσιμο, όταν υπάρχουν ειδικοί λόγοι, όπως προαναφέραμε, που αποκλείουν τη χρήση βαρύτερων καυσίμων, που παράγονται με βάση το υπόλειμμα αποστάξεως.

Το πετρέλαιο diesel αποτελεί το τελευταίο κλάσμα του φυσικού πετρελαίου, και έχει όρια θερμοκρασιών ζέσεως 200oC – 360oC. Συνήθως δεν χρειάζεται άλλη επεξεργασία μετά την απόσταξη, και χρησιμοποιείται όπως λαμβάνεται από τον πύργο αποστάξεως. Η εξέλιξη των πετρελαιομηχανών επιβάλλει για το πετρέλαιο diesel ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες που εξασφαλίζονται με τις αντίστοιχες προδιαγραφές κατά ISO 8217.

ΒΑΡΥ ΚΑΥΣΙΜΟ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (HFO)



(Σχήμα 2: Διαδικασία παραγωγής προϊόντων αργού πετρελαίου στο διυλιστήριο)

Το βαρύ καύσιμο συναντάται συχνά με τον όρο μαζούτ και σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας είναι μαύρο και παχύρευστο. Πρόκειται για υπόλειμμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου το οποίο δεν αποστάζει ως τους 360°C και το οποίο εξέρχεται από την βάση του πύργου αποστάξεως του διυλιστηρίου. Το τεχνικό όνομα του μαζούτ είναι υπόλειμμα αποστάξεως (residual fuel oil) και είναι ένα πολύτιμο καύσιμο. Είναι πολύτιμο για τους εξής λόγους:

- Αποτελεί περίπου του 40% του φυσικού πετρελαίου.
- Είναι φθηνό (περίπου το 1/2 της τιμής του diesel).

Έχει ευρύτατη εφαρμογή σαν καύσιμο πετρελαιομηχανών αλλά και λεβήτων σε αντίθεση με τα υπόλοιπα προϊόντα του αργού πετρελαίου, τα οποία είναι αποστάγματα. Είναι το προϊόν του διυλιστηρίου με την χαμηλότερη τιμή πώλησης. Οι προδιαγραφές ISO θέτουν όρια σε διάφορες ιδιότητες μεταξύ των οποίων είναι το

ιξώδες, η πυκνότητα κτλ. Για την παρασκευή του HFO χρησιμοποιούνται τα βαριά υπολείμματα από την απόσταξη και μικρές ποσότητες αποστάγματος πετρελαίου, ανάλογα με το ιξώδες που επιδιώκουμε για το τελικό προϊόν.

Στα σύγχρονα διυλιστήρια τα υπολείμματα ατμοσφαιρικής απόσταξης σπανίζουν λόγω της περαιτέρω διεργασίας που υφίστανται για την αύξηση της παραγωγής λευκών προϊόντων. Το υπόλειμμα της απόσταξης υπό κενό είναι πολύ βαρύ και δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις προδιαγραφές της αγοράς ελαφρών πετρελαιοειδών ή ναυτικών καυσίμων.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται εν μέρη με ιξωδόλυση των βαρέων υπολειμμάτων. Η πλέον συνήθης τακτική όμως είναι η ανάμιξη των βαρέων υπολειμμάτων με ελαφρά συστατικά, έτσι ώστε το τελικό προϊόν να έχει το επιθυμητό ιξώδες. Προτιμάται η χρήση gasoil που προέρχεται από πυρολυτικές διεργασίες. Για λόγους ασφάλειας, αποκλείεται η χρήση ελαφρών συστατικών, της κλάσης της βενζίνης και της κηροζίνης.

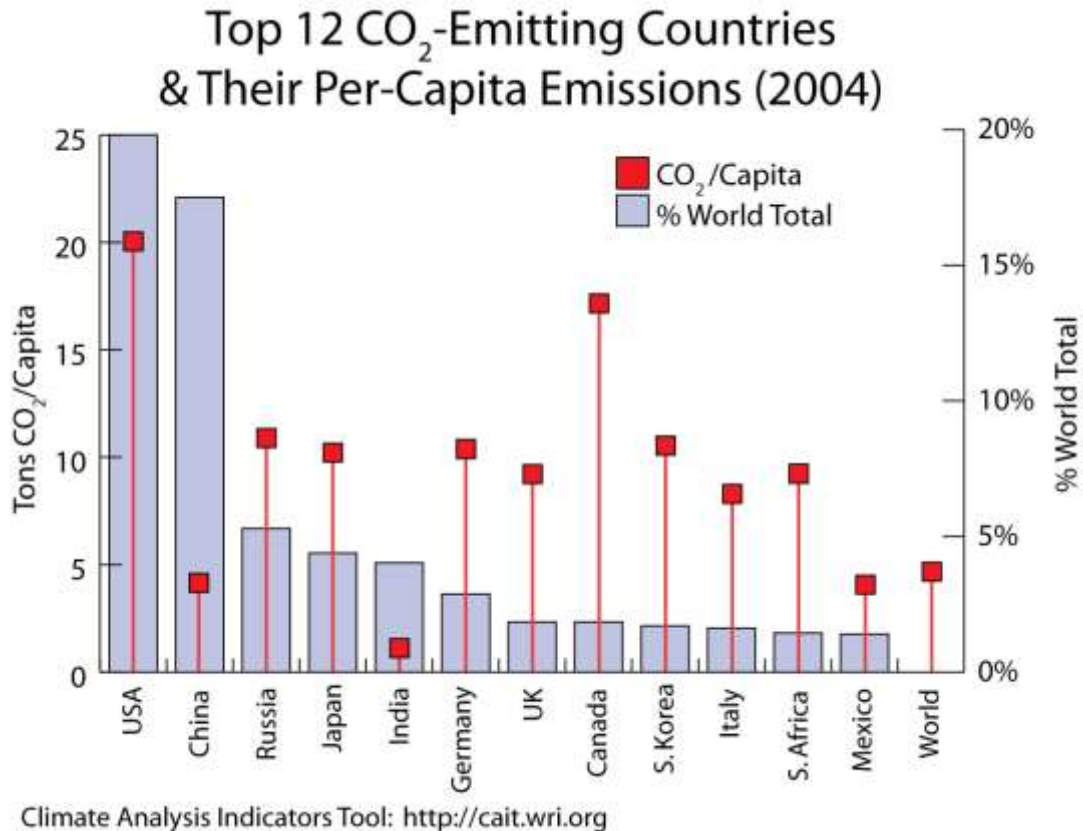
Γενικά τα HFOs είναι μαύρα και παχύρευστα ή στερεά στις συνήθεις θερμοκρασίες (θερμοκρασία περιβάλλοντος) και ως εκ τούτου, προκειμένου να διατηρούνται σε ρευστή κατάσταση στις δεξαμενές, απαιτούν προθέρμανση σε θερμοκρασία τουλάχιστον 40°C για την άντληση και την εύκολη ροή στο δίκτυο σωληνώσεων. Το μαζούτ αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή των λιπαντικών. Παλαιότερα αναφερόταν ως πετρέλαιο λεβήτων λόγω του ότι αρχικά, πριν χρησιμοποιηθεί στις μηχανές ντίζελ, χρησιμοποιούνταν ως καύσιμο λεβήτων, δηλαδή στις μηχανές ατμού, όπου και είχε εκτοπίσει την χρήση γαιανθράκων.

Τα HFOs είναι χαμηλότερης ποιότητας σε όλη την έκταση των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών από τα diesel, με αποτέλεσμα η μετάπτωση από diesel σε HFO στους ναυτικούς κινητήρες να συνοδεύεται από κάποια προβλήματα λειτουργίας των πετρελαιομηχανών τα οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν οι κατασκευαστές κινητήρων και οι πλοιοκτήτριες εταιρείες με διάφορους τρόπους:

- Κατασκευαστικοί τρόποι: Οι σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές είναι γενικά αργόστροφες και με μεγάλη ιπποδύναμη, εξοπλισμένες με συστήματα έντονου καθαρισμού και επεξεργασίας των καυσίμων, ώστε οι δυσμενείς επιδράσεις από την χαμηλή ποιότητα των καυσίμων να περιορίζονται στο ελάχιστο.
- Λειτουργικοί τρόποι: Περιλαμβάνουν σειρά μέτρων που εκμηδενίζουν ή τουλάχιστον ελαχιστοποιούν τα προβλήματα από την ποιότητα του καυσίμου όπως είναι η χρήση φυγοκεντρικών καθαριστήρων, η τοποθέτηση φίλτρων και η προθέρμανση του καυσίμου για την διατήρηση του ιξώδους στα κατάλληλα επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΑΥΡΙΟ



Όσον αφορά την παγκόσμια δράση στα πλαίσια του IMO, τα κράτη μέλη του Οργανισμού λαμβάνουν μέτρα έτσι ώστε, να διασφαλιστεί η πλήρης εφαρμογή του αναθεωρημένου παραρτήματος VI της MARPOL. Καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για να ενισχυθούν τα αδύναμα πρότυπα εκπομπών NO_x στο παράρτημα VI.

Η Ε.Ε. και τα κράτη μέλη της σε σχέση με την περιφερική και εθνική δράση τους σκοπεύουν να επεκτείνουν τις περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs) συμπεριλαμβάνοντας όλες τις θαλάσσιες περιοχές της Ευρώπης .

Προς το παρόν μόνο η Βαλτική και η Βόρεια θάλασσα έχουν συμπεριληφθεί στο καθεστώς ECA , στο οποίο δεν υπάρχουν διατάξεις για τις εκπομπές NO_x κάτι που θα πρέπει σύντομα να αλλάξει. Θεσπίζοντας υποχρεωτικά πρότυπα για τις εκπομπές NO_x για όλα τα πλοία που εισέρχονται σε λιμένες της Ε.Ε. Υπάρχει επιτακτική ανάγκη να ενταχθούν στο ανωτέρω καθεστώς (ECA) ο βορειοανατολικός Ατλαντικός

συμπεριλαμβανομένης της Ιρλανδικής θάλασσας, η Μεσόγειος και η Μαύρη Θάλασσα.

Θα πρέπει επίσης να αναθεωρηθεί η νομοθεσία της Ε.Ε. σχετικά με την περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα και να εξασφαλιστεί η μείωση του διοξειδίου του θείου (SO₂) και των σωματιδίων PM. Η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία στις Αποκλειστικές Οικονομικές Ζώνες (ή τουλάχιστον στα χωρικά ύδατα) θα πρέπει αρχικά να καθοριστεί σε 0,1 τοις εκατό, και θα πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές της Κοινότητας χωρίς καμία εξαίρεση.

Τέλος, θα πρέπει να υιοθετήσει μια οδηγία για τη περαιτέρω ρύθμιση της ποιότητας των καυσίμων των πλοίων.

ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι ρύποι που εκπέμπουν τα πλοία, αυτοί που καθορίζονται από νομοθετικούς περιορισμούς -προς το παρόν- είναι:

- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Οξείδια του θείου (SO_x).

Νομοθετικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την ρύπανση του περιβάλλοντος από την Ναυτιλία μπορούν να θεσπίσουν: διεθνείς οργανισμοί International Maritime Organization (IMO), φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα π.χ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Europe Council) και μεμονωμένα κράτη. Ο σημαντικότερος νομοθέτης για την παγκόσμια ναυτιλία είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός-International Maritime Organization (IMO).

MARPOL 73/78 Παράρτημα VI

Στο πλαίσιο του νέου πρωτοκόλλου στη Σύμβαση MARPOL 73/78, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός ενέκρινε το 1997 το Παράρτημα VI το οποίο περιλαμβάνει κανονισμούς για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία. (Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships-Annex VI).

Η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της παγκόσμιας Ναυτιλιακής κοινότητας έχει επικυρώσει όλα τα παραρτήματα και τις τροποποιήσεις της διεθνούς σύμβασης MARPOL 73/78.

Με τις διατάξεις του εν λόγω Παραρτήματος θεσπίζονται ενιαίοι κανόνες που στοχεύουν στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Ειδικότερα, μεταξύ των λοιπών απαιτήσεων, περιλαμβάνονται ρυθμίσεις, υπό μορφή κανονισμών, με τις οποίες καθορίζονται:

1. οι ανώτατα επιτρεπόμενες περιεκτικότητες σε θείο του καυσίμου πετρελαίου που χρησιμοποιούν τα πλοία,
2. τα επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου για μηχανές diesel πλοίων καθώς και
3. τα ληπτέα μέτρα σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την υποδοχή δεξαμενοπλοίων στα οποία μπορεί να απαιτηθεί η ύπαρξη συστημάτων ελέγχου εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

MARPOL Annex VI - Κανονισμός 14 (IMO).

Προδιαγραφές εκπομπών οξειδίων του θείου (SOX)

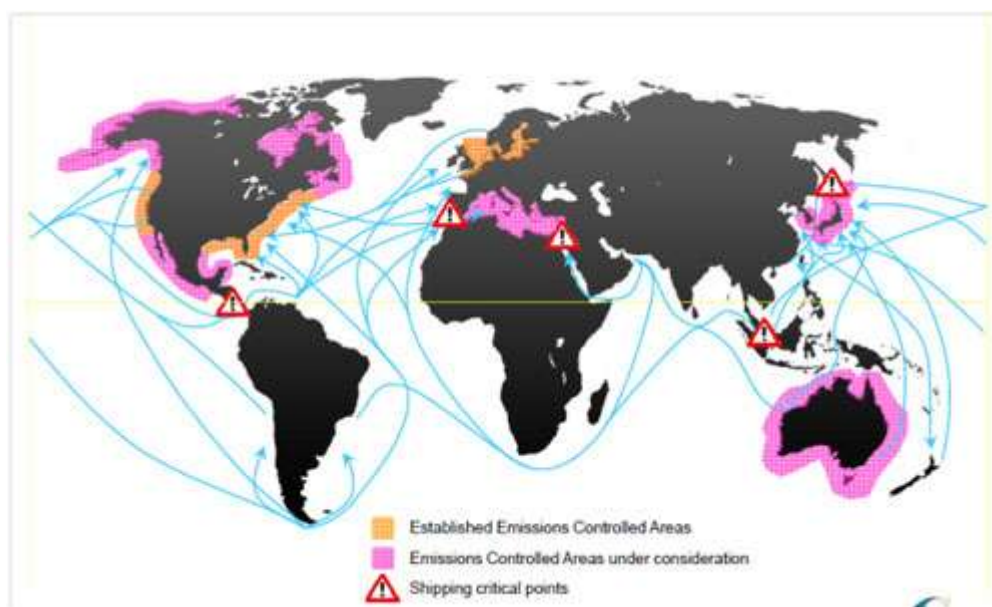
Με τον Κανονισμό αυτό καθιερώνεται ως ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο, οποιουδήποτε καυσίμου πετρελαίου, το **3,5%** κατά βάρος. Αυστηρότερες απαιτήσεις ισχύουν για τα πλοία που κινούνται εντός περιοχών ελέγχου εκπομπών SO_x (ECA), δηλαδή εντός θαλασσιών περιοχών που πληρούν τα κριτήρια και τις διαδικασίες καθορισμού, που περιγράφονται στο Προσάρτημα III του Παραρτήματος του εν λόγω Πρωτοκόλλου. Επί του παρόντος, ως περιοχές ECA έχουν καθορισθεί αυτές που αναφέρονται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σημειώνεται, ότι για την είσοδο του πλοίου σε περιοχή ελέγχου εκπομπών SO_x θα καταγράφονται στοιχεία που αφορούν τον όγκο του καυσίμου πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (μικρότερης ή ίσης του 0,1% κ.β. σε περιεχόμενο θείο) σε κάθε δεξαμενή, την ημερομηνία, την ώρα και τη θέση του πλοίου, όταν ολοκληρώνεται η λειτουργία εναλλαγής του καυσίμου. Ενδεικτικά η σχετική εγγραφή μπορεί να γίνεται στο ημερολόγιο γεφύρας ή μηχανής του πλοίου.

Περαιτέρω, για τα πλοία που βρίσκονται εντός των προαναφερόμενων περιοχών ECA, θα πρέπει να ικανοποιείται τουλάχιστον *μία* από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο πετρέλαιο δεν υπερβαίνει το **0,1% κ.β.** ή
- Υπάρχει σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, εγκεκριμένο από αρμόδια αρχή, που εφαρμόζεται στη μηχανή του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των κύριων ή βοηθητικών μηχανών πρόωσης, για τη μείωση των ολικών εκπομπών οξειδίων του θείου. Το συνολικό βάρος εκπομπής διοξειδίου του θείου δεν θα υπερβαίνει τα 6 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (συνολικό βάρος εκπομπής $\leq 6,0\text{g SO}_x/\text{KWh}$) ή
- Εφαρμόζεται οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη τεχνολογική μέθοδος για τον περιορισμό των εκπομπών SO_x, εντός των παραπάνω ορίων, εγκεκριμένη από την Αρμόδια Αρχή.

Για τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου πετρελαίου ($S \leq 3,5\%$ κ.β. είτε $S \leq 0,1\%$ κ.β. σε περιοχές ελέγχου εκπομπών SOx), αυτή θα αναφέρεται στο δελτίο παράδοσης του καυσίμου(bunker delivery note), με ευθύνη του προμηθευτή.

Τον **Απρίλιο του 2008** η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ενέκρινε τις προτεινόμενες τροποποιήσεις στο MARPOL παράρτημα VI σχετικά με τους κανονισμούς για την μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία. Οι βασικές αλλαγές είναι στην σταδιακή μείωση των εκπομπών οξειδίων θείου (SOx) από τα πλοία, με το παγκόσμιο όριο του θείου να μειώνεται αρχικά σε **3,50%** (από το τρέχον 4,50%), από την **1η Ιανουαρίου 2012** και έπειτα σταδιακά σε **0,50 %**, από την **1η Ιανουαρίου 2020**, υπό τον όρο ότι μία μελέτη σκοπιμότητας θα έχει ολοκληρωθεί το αργότερο έως το 2018. Από την 1η Ιουλίου 2010 τα εφαρμόσιμα όρια στις περιοχές ελέγχου εκπομπής θείου (SECAs) θα μειωθούν στο 1,00%, (από τα τρέχοντα 1,50 %) και στο 0,10%, από την 1η Ιανουαρίου 2015.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου από το οποίο προήλθε. Το θείο είναι ανεπιθύμητο επειδή κατά την καύση του μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου (SO_2) το οποίο είναι όξινο και διαβρωτικό και συμβάλλει στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Το πρόβλημα γίνεται οξύτερο όταν σχηματίζεται τριοξείδιο του θείου (SO_3) το οποίο με τους υδρατμούς των καυσαερίων μετατρέπεται σε θειικό οξύ. Με αυτόν τον τρόπο επιδεινώνονται τα προβλήματα διάβρωσης, ενώ μειώνεται επίσης και ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης εξαιτίας των καυσαερίων που εγκαταλείπουν την εγκατάσταση σε υψηλές θερμοκρασίες προκειμένου να αποφευχθεί η συμπύκνωση των όξινων καυσαερίων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ

Χαμηλό ιξώδες

Το *ιξώδες* σαν ιδιότητα των ναυτιλιακών καυσίμων είναι ιδιαίτερα κρίσιμη.

Την 1^η Ιουλίου 2009, η Californian Air Resource Board (CARB), απαίτησε τη χρήση αποσταγμάτων από τα πλοία που πλέουν σε μία ζώνη 24 ναυτικών μιλίων από τις ακτές της Καλιφόρνια. Η πλειονότητα των πλοίων έκανε χρήση των αποσταγμάτων χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όμως σε κάποιες περιπτώσεις αναφέρθηκαν προβλήματα εκκίνησης και ελιγμών (starting/maneuvering problems), απώλεια πρόωσης, διαρροές στις αντλίες ψεκασμού κ.ά.

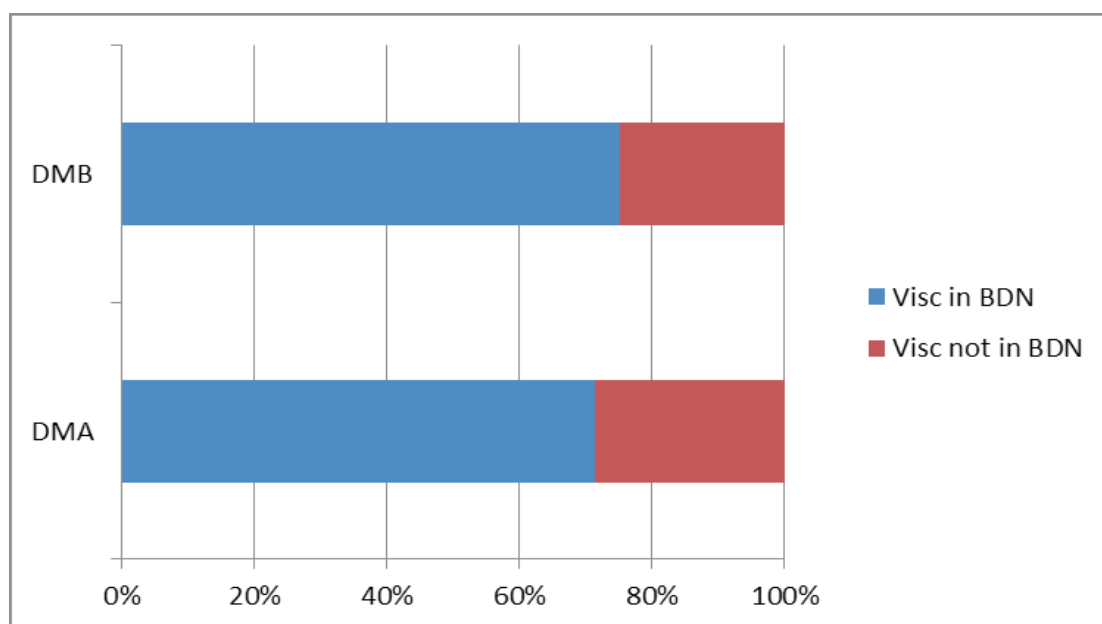
Οι αντλίες υψηλής πίεσης του καυσίμου και οι καυστήρες, έχουν σχεδιασθεί για χρήση βαρέων καυσίμων. Όταν χρησιμοποιούνται τα πολύ χαμηλότερου ιξώδους αποστάγματα, οι αντλίες δυσκολεύονται να δημιουργήσουν επαρκή πίεση για να ψεκασθεί το καύσιμο στους θαλάμους καύσεως. Εμφανίζονται διαρροές του καυσίμου εσωτερικά στην αντλία, με ενδεχόμενα προβλήματα στην εκκίνηση, ή κατά την διαδικασία ελιγμών.

Το ιξώδες εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη θερμοκρασία, τόσο χαμηλότερο το ιξώδες. Θερμοκρασία αναφοράς του ιξώδους για τα αποστάγματα,

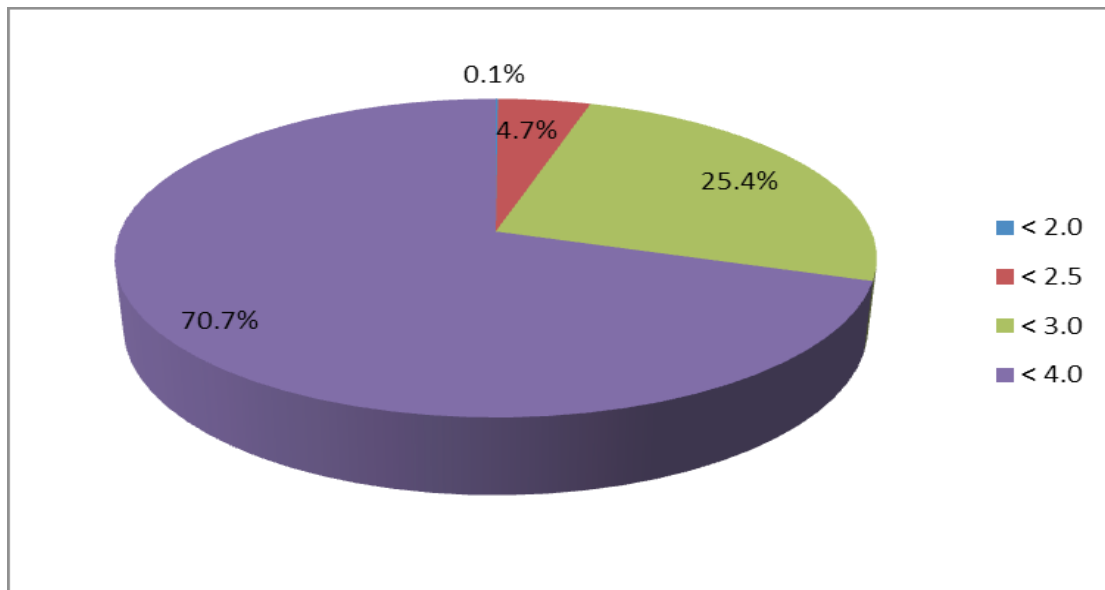
είναι οι 40 °C. Σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO 8217:2012, το ελάχιστο όριο ιξώδους για τα DMA και DMB είναι 2 centistokes (cSt) στους 40 °C. Ωστόσο, λόγω της θερμοκρασίας του μηχανοστασίου, ιδιαίτερα πλησίον της μηχανής, η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί τους 40 °C και το ιξώδες να πέσει κάτω από 2 cSt στην είσοδο του καυσίμου στη μηχανή (σε ποσοστό 0,1 % επί των μετρηθέντων δειγμάτων, σύμφωνα με στατιστική της DNVPS, βλ. σχ. 4) με αποτέλεσμα τις προαναφερθείσες δυσκολίες, αν και το καύσιμο είναι εντός προδιαγραφών. Επιπλέον, είναι δυνατό να προκληθούν φθορές στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου.

Τέλος, συστατικά του καυσίμου πολύ χαμηλού ιξώδους, κατά την θέρμανση μπορεί να ατμοποιηθούν.

Δυστυχώς, η τιμή ιξώδους δεν ζητείται ως παράμετρος στο Δελτίο Παραλαβής του καυσίμου (BDN) και έτσι καταλήγει να αναγράφεται μόνο στο 75 % αυτών, όπως οι παρακάτω στατιστικές της DNVPS αποδεικνύουν:



Σχ 3. Ποσοστά καταγραφής ιξώδους στα BDN για τα αποστάγματα (Πηγή: DNVPS)



Σχ 4. Διακύμανση μετρήσεων ιξώδους για τα αποστάγματα (Πηγή:DNVPS)

Χαμηλή λιπαντική ικανότητα

Η **λιπαντική ικανότητα** του καυσίμου έχει αναγνωρισθεί σαν παράμετρος ποιότητας του καυσίμου, όταν αναφερόμαστε σε χαμηλού θείου αποστάγματα. Έχει ληφθεί υπόψη στην προδιαγραφή ISO 8217:2012. Η τιμή που έχει ορισθεί σαν μέγιστο όριο, είναι 520µm WSD (Wear Scar Diameter), σύμφωνα με τη μέθοδο μέτρησης HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) κατά ISO 12156-1.

Το όριο αυτό αφορά καύσιμα με θείο λιγότερο από 0,05 %.

Η μέθοδος δοκιμασίας για την λιπαντική ικανότητα του καυσίμου, πραγματοποιείται με τη χρήση ενός παλινδρομικού δακτυλίου υψηλής συχνότητας (HFRR), ο οποίος αξιοποιεί την ικανότητα του καυσίμου να προκαλεί τριβή και μηχανική διάβρωση σε επιφάνειες, που βρίσκονται σε σχετική κίνηση, όταν είναι πλήρεις από καύσιμο. Ένας δονούμενος βραχίονας δημιουργεί τριβή ανάμεσα σε μία ατσάλινη σφαίρα μάζας 200 g και ένα δίσκο, βυθισμένο σε προθερμασμένο στους 60 °C καύσιμο, ιξώδους 1 cSt, με συχνότητα 50 Hz για 75 λεπτά. Στη συνέχεια, αφού η σφαίρα (μπίλια) καθαριστεί, υπολογίζεται η διάμετρος των αποτυπωμάτων που έχουν προκληθεί.

Στην πραγματικότητα, δεν ευθύνεται η έλλειψη θείου για την χαμηλή λιπαντικότητα, αλλά η επεξεργασία αποθείωσης (υδρογονο-επεξεργασία), που

εφαρμόζεται από τα διυλιστήρια, η οποία αφαιρεί μαζί με το θείο άτομα αζώτου, οξυγόνου και ποσοστό αρωματικών υδρογονανθράκων, τα οποία αν παρέμεναν, θα παρείχαν ικανοποιητική λιπαντική δράση.

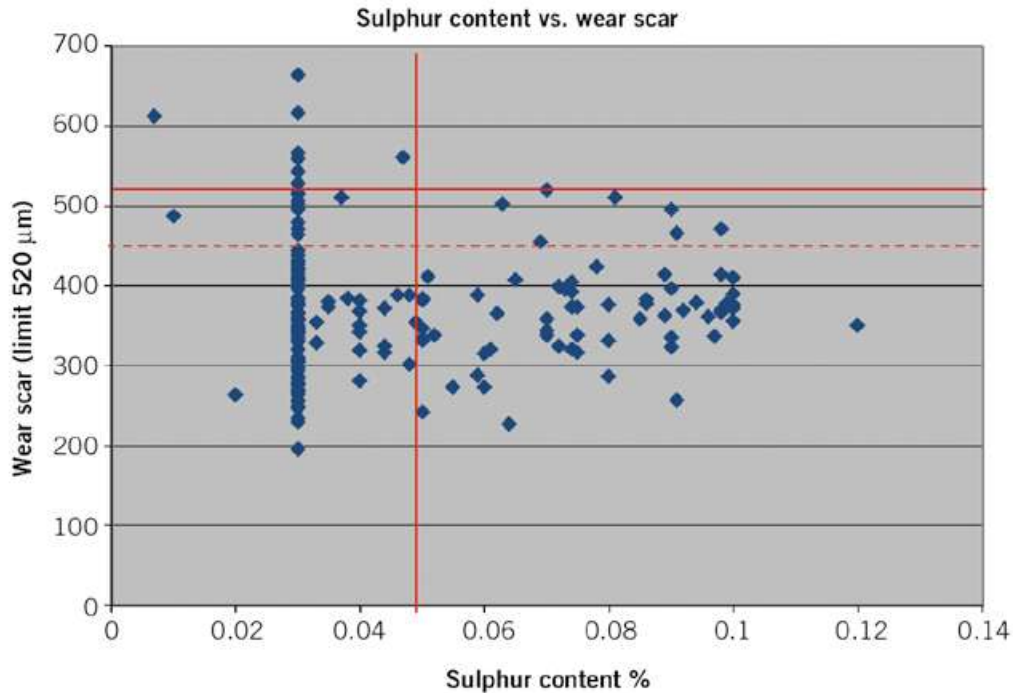
Βέβαια, το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται και από την προέλευση του αργού, δηλαδή από την φυσική περιεκτικότητα αυτού σε θείο. Έτσι, όξινο αργό (sour crude), με υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, θα πρέπει να υποστεί εντονότερη αποθείωση σε σχέση με ένα «γλυκό αργό» (sweet crude), χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο.

Τα τελικά αποστάγματα (MGO-MDO) χαμηλού θείου, πρέπει να έχουν μετά την αποθείωση την προβλεπόμενη από την ISO 8217:2012 μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο, ανεξαρτήτως προέλευσης αργού. Αυτό όμως δεν σημαίνει, ότι θα διαθέτουν και την ίδια λιπαντική ικανότητα, καθώς το καύσιμο που έχει υποστεί εντονότερη επεξεργασία αποθείωσης, θα παρουσιάσει προβλήματα μειωμένης λιπαντικότητας.

Καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη του 0,05% θεωρητικά διαθέτουν επαρκή λιπαντική ικανότητα. Αντίθετα, καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη του 0,05% μπορεί να αποδειχθούν ανεπαρκή στη λίπανση σημαντικών μερών του συστήματος αντλίας-καυστήρων και χρήζουν ανάλυσης. Μειωμένη λιπαντική ικανότητα, μπορεί να οδηγήσει την αντλία καυσίμου σε φθορές, ακόμη και μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα λειτουργίας.

Ο μοναδικός ασφαλής τρόπος να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά λιπαντικότητας του καυσίμου είναι να κάνουμε το τεστ με τη μέθοδο HFRR. Η απαίτηση της ISO 8217:2012, για όριο λιπαντικότητας να ισχύει μόνο για καύσιμα με περιεκτικότητα θείου μικρότερη των 500 ppm, θέτει ερωτηματικά, δεδομένου ότι αρκετά δείγματα με σημαντικά υψηλότερο περιεχόμενο θείου, όταν ελέγχθηκαν για λιπαντικότητα έδωσαν αποτελέσματα είτε κοντά, είτε και ακριβώς στο όριο, σύμφωνα με στατιστική της *Intertek Lintec* (βλ. σχ. 5).

Η εμπειρία από τη χρήση αποσταγμάτων χαμηλού θείου για μακρά περίοδο είναι ακόμα μικρή, θα αυξηθεί μετά την 1/1/2015, με την εκτεταμένη πλέον χρήση αυτών των καυσίμων στις περιοχές ECA.



Σχ 5. Συσχέτιση λιπαντικότητας και περιεκτικότητας σε θείο αποσταγμάτων (Πηγή: Intertek Lintec)

Σημείο ροής

Χαρακτηριστικά ροής του καυσίμου. Οι ιδιότητες ροής σε χαμηλή θερμοκρασία των αποσταγμάτων DMA και DMB, οριοθετούνται στην προδιαγραφή ISO 8217 από το σημείο ροής (**PP-Pour Point**), που ορίζεται ως η θερμοκρασία, στην οποία το καύσιμο παύει να ρέει. Ωστόσο, προβλήματα μπορεί να εμφανισθούν σε θερμοκρασίες υψηλότερες του σημείου ροής, εφόσον εμφανισθούν παραφινικοί σχηματισμοί (wax particles), όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχ. 6.

Το σημείο νεφώσεως (**CP-Cloud Point**) είναι η θερμοκρασία που τα μόρια του κεριού αρχίζουν να σχηματίζονται και η εμφάνιση του καυσίμου γίνεται νεφελώδης (παύει να είναι διαυγής).

Σημείο απόφραξης ψυχρού φίλτρου (**CFPP-Cold Filter Plug Point**) είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία, στην οποία το καύσιμο διέρχεται μέσω φίλτρου υπό καθορισμένες συνθήκες πειράματος. Το PP μπορεί να μειωθεί με τη χρήση χημικών προσθέτων στο καύσιμο, επιλεγμένων σύμφωνα με τη σύνθεση του αποστάγματος.

Ακόμη και καύσιμο με σημείο ροής εντός προδιαγραφών μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο πλοίο, όταν βρεθεί σε θερμοκρασία κοντά στο CFPP, ή στο σημείο νεφώσεώς του. Συμβαίνει πολλές φορές σε πλοία που πλέουν σε ψυχρές περιοχές να

αντιμετωπίζουν απόφραξη φίλτρων, λόγω παραφινικών σχηματισμών. Ένα καλό σχετικό παράδειγμα, πλοίο ανεφοδιάστηκε στο Amsterdam το Φεβρουάριο με gasoil, που είχε σημείο ροής -21°C και το οποίο, φυσικά ήταν εντός του ορίου της προδιαγραφής, που ήταν -6°C max . Όμως στο συγκεκριμένο καύσιμο το CFPP ήταν $+18^{\circ}\text{C}$ και το σημείο νεφώσεως (CP) $+28^{\circ}\text{C}$.

Μία θερμοκρασιακή διαφορά της τάξεως των περίπου 50°C μεταξύ των σημείων ροής και νεφώσεως, είναι μια σαφής ένδειξη ότι πρόκειται για προϊόν, όπου το σημείο ροής έχει μειωθεί τεχνητά μέσω χημικών προσθέτων, καθώς δεν υπάρχει καύσιμο που να έχει από τη φύση του τόσο μεγάλη απόκλιση αυτών των παραμέτρων ροής, όπως παρατηρήθηκε στις μετρήσεις του PP, CFPP και CP του παραπάνω δείγματος (βλ. σχ. 7).

Λόγω του ότι η προδιαγραφή ISO 8217 καθορίζει μόνο το σημείο ροής, ο προμηθευτής καυσίμου θα εστιάσει την προσοχή του στο να διατηρήσει αυτή την παράμετρο εντός των ορίων της προδιαγραφής, παρά να ασχοληθεί με την εν γένει συμπεριφορά του καυσίμου σε συνθήκες ψυχρής ροής.

Πρόσφατη περίπτωση από αναλύσεις αποσταγμάτων σχετικά με το σημείο ροής στο Rotterdam: Το DNVPS ανέλυσε 4 δείγματα από πετρελεύσεις gas oil (DMA) στο λιμάνι του Rotterdam. Το σημείο ροής όλων των δειγμάτων ήταν 6°C . Οι παραδόσεις καυσίμου έγιναν από δυο (2) προμηθευτές μεταξύ 02 και 06 Αυγούστου 2013. Η μεταφορά και το φιλτράρισμα αυτών των καυσίμων μπορεί να γίνουν δύσκολα, εάν η θερμοκρασία της θάλασσας πέσει κάτω από τους 15°C . Ικανοποιητική αποθήκευση, μεταφορά και φιλτράρισμα απαιτούν θερμοκρασία καυσίμου περίπου 10°C πάνω από το σημείο ροής.



Σχ 6. Σημείο ροής MGO (Πηγή:DNVPS)

Μία άλλη παράμετρος, που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη συγκεκριμένη ιδιότητα είναι, **από πού** ανεφοδιάζεται το πλοίο. Τα αποστάγματα που προσφέρονται σε θερμές περιοχές έχουν υψηλά σημεία ροής. Όσο το πλοίο επιχειρεί σε αυτές τις περιοχές, το υψηλό σημείο ροής δεν δημιουργεί καμία δυσκολία. Όταν όμως το πλοίο, που έχει ανεφοδιασθεί με καύσιμο MGO από αυτές τις περιοχές μετακινηθεί σε ψυχρότερες ECA (πχ. Βόρεια Ευρώπη, ή Βόρεια Αμερική το χειμώνα), πιθανότατα θα αντιμετωπίσει σοβαρές δυσκολίες με το καύσιμο.

Στατιστικές του DNVPS για το 2013, έδειξαν ότι μόνο το 11,6 % των αποσταγμάτων DMA, που παραδόθηκαν στη Σιγκαπούρη, πληρούσαν την χειμερινή προδιαγραφή του σημείου ροής max $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ για το λιμάνι του Rotterdam το αντίστοιχο ποσοστό για το ίδιο καύσιμο ήταν 97%.

Ενδεχομένως στα αποστάγματα να γίνει χρήση χημικών προσθέτων προκειμένου να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά ψυχρής ροής. Αυτά τα καύσιμα μπορεί να καλύψουν επιτυχώς τις απαιτήσεις της ISO 8217 για το σημείο ροής, όμως δύσκολα θα βελτιώσουν τα CFPP και CP. Το 2013, ένας σημαντικός αριθμός αποσταγμάτων με σημείο ροής εντός προδιαγραφών (κάτω των $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$), είχαν σημείο νεφώσεως (CP) άνω των $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, με σημείο CFPP μόλις μερικούς βαθμούς χαμηλότερα.



Density	883.4 kg/m ³
Viscosity	5.7 cSt
Sulphur	0.07 % m/m
PP	< -21 °C

- CFPP +18 °C
- CP +28 °C

Σχ.7. Παράδειγμα «επιτυχούς» μείωσης του σημείου ροής με πρόσθετα. (Πηγή:DNVPS)

Οξύτητα

Οξύτητα στα αποστάγματα ναυτιλίας: Ο προσδιορισμός για οξύτητα (AN=Acid Number) με τη μέθοδο ASTM D 664 μας δίνει ενδείξεις για την παρουσία όξινων συστατικών (acid compounds). Η προδιαγραφή ISO 8217:2012 προσδιορίζει ανώτατο επιτρεπτό όριο για τα αποστάγματα, τα 0, 5 mg KOH/g καυσίμου.

Κατά καιρούς, ανιχνεύονται σε αναλύσεις σημαντικά υψηλότερες τιμές αριθμού οξύτητας, που υποδηλώνει παρουσία οργανικών οξέων στα αποστάγματα. Υψηλή οξύτητα, μπορεί να προκαλέσει διαβρωτική φθορά στο σύστημα ψεκασμού.



Σχ 8. Επίδραση της οξύτητας στο σύστημα ψεκασμού (Πηγή:DNVPS)

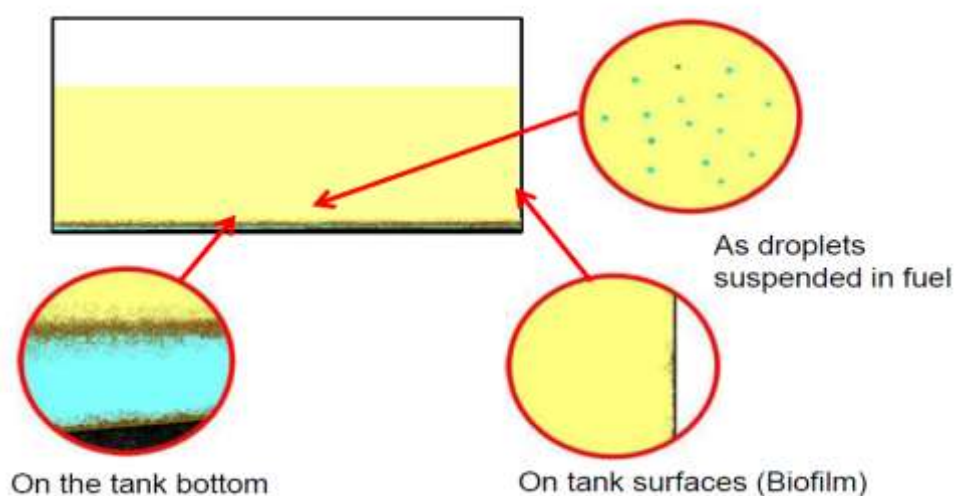
Μόλυνση

Μικροβιακή μόλυνση: Μικροοργανισμοί όπως τα βακτήρια, οι μύκητες και η μούχλα υπάρχουν και πολλαπλασιάζονται στα συστήματα αποθήκευσης του καυσίμου, όταν συναντήσουν κατάλληλο περιβάλλον. Οι κρίσιμες παράμετροι είναι η παρουσία νερού, οξυγόνου και η θερμοκρασία.

Το νερό λειτουργεί ως ένα κατάλληλο μέσο ανάπτυξης μικροοργανισμών, καθώς αποτελεί τροφή για αυτούς. Το οξυγόνο, παρόν στους υδρογονάνθρακες πετρελαίου, αποτελεί πρόβλημα, καθώς ευνοεί την ανάπτυξη των αερόβιων μικροβίων. Τέλος, θερμοκρασίες μεταξύ 15° C (για ψυχρόφιλα βακτήρια) και 85° C (για θερμόφιλα βακτήρια) ευνοούν την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό τους. Τα αποστάγματα (MGO και diesel) αποθηκεύονται και διατηρούνται συνήθως χωρίς θέρμανση, άρα μέσα σ' αυτό το εύρος θερμοκρασιών, αντίθετα από τα HFOs, τα οποία θερμαίνονται στους 98° C πριν τον φυγοκεντρικό διαχωριστήρα και στους 120 – 150° C κατά τον ψεκασμό τους. Έτσι, γίνεται αντιληπτό, γιατί το πρόβλημα της μικροβιακής μόλυνσης αφορά κυρίως τα μέσα αποστάγματα.

Ενδείξεις μικροβιακής μόλυνσης είναι:

- η ύπαρξη γλοιώδους λάσπης στον πυθμένα των δεξαμενών αποθήκευσης (tank bottom, σχ. 9)
- τα βουλωμένα φίλτρα (σχ. 11)
- η γαλακτωματοποίηση του καυσίμου (σχ. 9)
- η ασυνήθης «λάσπη» στον φυγοκεντρικό διαχωριστήρα
- η επιφανειακή διάβρωση «ευλογίαση» (pitting) στον πυθμένα των δεξαμενών αποθήκευσης (σχ. 10), ή στο βάθος εκείνο της δεξαμενής, όπου διαχωρίζεται η πετρελαϊκή από την υδάτινη φάση (σχ. 9), λόγω βακτηρίων που παράγουν το διαβρωτικό υδρόθειο (sulphate reducing bacteria, SRB). Η διάβρωση αυτή επεκτείνεται πολύ γρήγορα (1-3 mm ετησίως)
- μαύρα στίγματα – λεκέδες σε χάλκινες σωληνώσεις
- το σύστημα ψεκασμού που έχει ρυπανθεί.



Σχ.9. Σημεία δεξαμενής στα οποία κυρίως εντοπίζεται μικροβιακό φορτίο



Σχ 10. Διάβρωση (pitting) πυθμένα χαλύβδινης δεξαμενής καυσίμου οφειλόμενη σε SRB (Πηγή: ECHA Microbiology Ltd.)

Οι συνέπειες της μικροβιακής μόλυνσης συνοψίζονται στα παρακάτω:

- ποιοτική υποβάθμιση του καυσίμου
- διαβρώσεις (σχ. 10)
- επιπτώσεις στο περιβάλλον
- οικονομικές απώλειες



Σχ 11. Βουλωμένα φίλτρα συνέπεια μικροβιακής μόλυνσης (Πηγή: ECHA Microbiology Ltd.)

Η μικροβιακή μόλυνση ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την έκταση που έχει λάβει:

- αποδεκτή
- μέτρια
- σοβαρή

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί σοβαρή μόλυνση, πρέπει να ακολουθήσει άμεσα προσεκτικός καθαρισμός των δεξαμενών και η χρήση βιοκτόνων.

Δυστυχώς, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει συγκεκριμένη οδηγία για έλεγχο, ή για ανώτατα όρια στην μικροβιακή μόλυνση των καυσίμων ναυτιλίας. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι η καταπολέμηση της μικροβιακής μόλυνσης μπορεί να αποβεί δεκαπλάσια σε κόστος σε σχέση με την πρόληψη, η οποία συνίσταται στην εφαρμογή και τήρηση των παρακάτω:

- σωστός σχεδιασμός των δεξαμενών, ώστε οι εξυδατώσεις να γίνονται κατά τρόπο αποτελεσματικό
- συχνές εξυδατώσεις, ώστε να μην μεταφέρεται η μόλυνση στο υπόλοιπο δίκτυο του καυσίμου
- διατήρηση των δεξαμενών αποθήκευσης, πληρωμένων με καύσιμο, όταν είναι εφικτό, για να αποφεύγεται η συμπύκνωση των υδρατμών σ' αυτές
- τακτικός καθαρισμός και συντήρηση των φίλτρων και του φυγοκεντρικού διαχωριστήρα
- αποφυγή θέρμανσης των δεξαμενών αποθήκευσης μέσω αποσταγμάτων
- τακτική δειγματοληψία και μικροβιακή ανάλυση δείγματος καυσίμου, αντλημένου από το χαμηλότερο σημείο των δεξαμενών αποθήκευσης. Η μικροβιολογική ανάλυση γίνεται τόσο στο Εργαστήριο (IP 385/ASTM D6974), όσο και στο πλοίο με έτοιμα test – kit για άμεση εκτίμηση του βαθμού της μικροβιακής μόλυνσης (IP613 standard test method). Επίσης, οι αναλύσεις αυτές καλό θα είναι να υλοποιούνται και σε δείγμα καυσίμου κατά την πετρέλευση, ώστε να είναι γνωστή η ποιότητα του καυσίμου από μικροβιακής άποψης τη στιγμή που μεταφέρεται στο πλοίο
- τακτική και με μέτρο χρήση βιοκτόνων.

Τέλος, είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι η τάση του καυσίμου για μικροβιακή μόλυνση, που θα μας παρέχει η μικροβιολογική του ανάλυση, αποτελεί πιο σημαντική πληροφορία από τα αριθμητικά αποτελέσματα, υπό την έννοια των απόλυτων αριθμών.

ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΕΙΟ

Συμβατότητα του κυλινδρικού με το καύσιμο πετρελαίου

Η λίπανση των κυλίνδρων είναι ένα σημαντικό σημείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη για κύριες ντίζελ μηχανές χαμηλών ταχυτήτων. Μέχρι τώρα, χρησιμοποιούνταν λάδι με υψηλό αριθμό σε αλκάλια (BN 70-80) για το βαρύ μαζούτ (περιεκτικότητα σε θείο 1,5% ή περισσότερο), αλλά οι κατασκευαστές κινητήρων συνιστούν λάδι με χαμηλό αριθμό σε αλκάλια για καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (περιεκτικότητα σε θείο κάτω από 1,5%). Τα μέτρα τα οποία πρέπει να ληφθούν για καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, είναι να παρακολουθείται η θερμοκρασία των καυσαερίων για να ελέγχεται για τυχόν ανωμαλίες σε ελατήρια/ χιτώνια, και να η κατάσταση των ελατηρίων των εμβόλων κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης και επιθεώρησης. Εάν οποιοδήποτε σημάδι ανωμαλίας εντοπιστεί, ο πιο σωστός χειρισμός που μπορεί να ληφθεί είναι να λάβει τα αναγκαία μέτρα μετά από συνεννόηση με τον κατασκευαστή του κινητήρα.

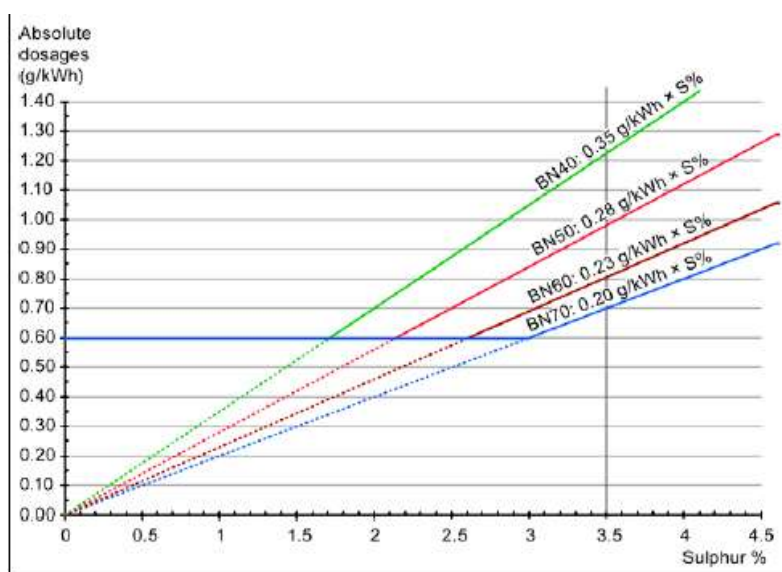


Fig. 6: Use of BN40 vs. BN70 cylinder oils

Καθυστέρηση αναφλέξεως και ατελής καύση

Το ιξώδες και υπολείμματα άνθρακα σε χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων τα τελευταία χρόνια είναι γενικά χαμηλά. Υπάρχει μια υψηλή πιθανότητα ότι το ανακυκλωμένο λάδι(CLO) με υψηλό αριθμό αρωματικών υδρογονανθράκων χρησιμοποιείται ως διαλυτικό στα στάδια παρασκευής των εν λόγω καυσίμων. Το Μαζούτ με υψηλό αριθμό αρωματικών υδρογονανθράκων τείνει να γίνει αναφλέξιμο, εύφλεκτο, αλλά και ελλιπής; τέτοιου είδους πετρέλαιο εμποδίζει γενικά την καύση, λόγω της μη φυσιολογικής φθοράς που προκαλεί σε δαχτυλίδια / χιτώνια. Όταν ανιχνευτεί μια ανωμαλία(άνοδος της θερμοκρασίας των καυσαερίων, κ.λπ.), η ακόλουθοι μέθοδοι μπορούν να ληφθούν ως άμεσα μέτρα στο πλοίο:

- Μείωση της ισχύος του κινητήρα
- Μείωση της θερμοκρασίας του νερού ψύξης του κυλίνδρου
- Σταδιακή αύξηση του κυλινδρελαίου
- Αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σαρώσεως
- Έγκαιρος χρονισμός ψεκασμού καυσίμου
- Ενίσχυση καθαρισμού του καυσίμου
- Προσθήκη παραγόντων επιτάχυνσης της καύσης

Χαμηλό ιξώδες και χαμηλή λιπαντικότητα

Επί του παρόντος, η χαμηλή λιπαντική ικανότητα του πετρελαίου εσωτερικής καύσης είναι το πιο σημαντικό θέμα που σχετίζεται με τις ιδιότητες των χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καυσίμων. Προβλήματα που σχετίζονται με χαμηλή λιπαντική ικανότητα περιλαμβάνουν μη φυσιολογική φθορά του εμβόλου, της αντλίας ψεμασμού και τη διαρροή πετρελαίου στην αντλία ψεκασμού στις ηλεκτρομηχανές. Γενικότερα, η λιπαντική ικανότητα του λαδιού οφείλεται στην μεμβράνη λαδιού που σχηματίζεται λόγω της ιξώδους και λόγω της λιπαντικότητας και περιεκτικότητας σε θείο από μόνη της. Στη διάρκεια του σχεδιασμού των αντλιών ψεκασμού του πετρελαίου που έχουν κινητά και σταθερά μέρη, δεν προβλέπεται το χαμηλό ιξώδες. Για την αποφυγή προβλημάτων λόγω της χαμηλής λιπαντικότητας των προτέρων, μπορεί να εγκατασταθεί ένα ψυγείο λαδιού, ή κάποιοι παράγοντες μπορούν να προστεθούν στο καύσιμο για τη βελτίωση της λιπαντικότητας.

CHANGE-OVER TOY HFO

Αν το βαρύ καύσιμο χρησιμοποιείται για τη λειτουργία ενός κινητήρα, πρέπει να θερμαίνεται πάνω από 100 ° C έτσι ώστε να μειώνεται το ιξώδες. Ωστόσο, σε αυτή την κατάσταση, αν το πετρέλαιο έχει αλλάξει σε χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, η χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο ρέει μέσα στους σωλήνες τροφοδοσίας λαδιού υψηλής θερμοκρασίας και γίνεται πολύ λεπτόρρευστο ή ατμοποιείται. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανωμαλία στην αντλία καυσίμου ή να προκαλέσει ένα βούλωμα του ατμού. Η ασταθής καύση και η αποτυχία της φλόγας μπορεί να προκαλέσει επίσης στο λέβητα κίνδυνο έκρηξης στην εστία. Οι πιθανές ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι η αλλαγή του καυσίμου αφού μειωθεί η θερμοκρασία του δικτύου πετρελαίου επαρκώς, η εγκατάσταση ενός ψυγείου για την μείωση της θερμοκρασίας του καυσίμου, και να μην υπάρχει κοινή σωλήνωση HSHFO με LSHFO. Από άποψη ασφάλειας είναι όμως σημαντικό, να πραγματοποιηθεί πρώτα η διαδικασία του change-over του καυσίμου.

Οι ακόλουθες προφυλάξεις είναι απαραίτητες κατά τη διάρκεια του change-over των καυσίμων:

- Σταματάμε την παροχή ατμού προς τον προθερμαντήρα ατμού στις σωληνώσεις τροφοδοσίας πετρελαίου και στους εναλλακτήρες θερμότητας πετρελαίου, και μειώνουμε τη θερμοκρασία καυσίμου (κάτω των 60 ° C).
- Εάν υπάρχει αντλία για χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων, χρησιμοποιείται αυτή.
- Εάν είναι απαραίτητο, ειδικά σε μεγάλους λέβητες εφοδιασμένους με καυστήρα ψεκασμού ατμού, αντικαταστήστε τον ψεκαστήρα, και αλλάξτε την λειτουργία καύσης σε MGO.
- Αν εμφανιστεί ανωμαλία καύσης ή εκπομπή μαύρου καπνού από το λέβητα, ρυθμίζουμε την αναλογία αέρα-καυσίμου από το ρυθμιστή στον πίνακα ελέγχου του λέβητα.

Δεδομένου ότι η διαδικασία για την αλλαγή του πετρελαίου είναι απαραίτητη για την εκτέλεση ασφαλούς εργασίας, έγινε υποχρεωτική με την τροποποίηση του κανονισμού 14, το παράρτημα VI της MARPOL, από 1ης Ιουλίου 2010.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αναπτύχθηκαν προβλήματα στη λειτουργία δίχρονης ναυτικής μηχανής με καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.

Σήμερα οι Ναυτικές Μηχανές χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο με προδιαγραφές για εκτός ECA περιοχές και MGO ή άλλα σύγχρονα (υβριδικά) καύσιμα. Το θείο (sulphur) είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα καύσιμα της εμπορικής ναυτιλίας και καθώς τα όρια περιεκτικότητάς του αλλάζουν συνεχώς και οι κανονισμοί γίνονται πιο αυστηροί, νέα προβλήματα εμφανίζονται που καλούνται να λύσουν τόσο οι κατασκευαστές των μηχανών όσο και οι μηχανικοί που χειρίζονται και συντηρούν τις ναυτικές μηχανές, μαζί με τα τεχνικά τμήματα των εταιρειών.

Όμως το θέμα ρύπανσης περιβάλλοντος είναι σοβαρό και η αντιμετώπισή του επιτακτική, ώστε δεν υπάρχουν περιθώρια μη εφαρμογής των υφισταμένων κανονισμών. Η σύγχρονη τεχνολογία και η εμπειρία των εμπλεκομένων φορέων τελικά δίνει τις ενδεδειγμένες λύσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. www.MarineDiesels.co.uk
2. www.Man B&W.com
3. Man B&W, Operation on Low-Sulphur Fuels Two-stroke engines.
4. Marpol 73/78, NO_x Technical Code, International Maritime Organization (IMO).
5. Man B&W Press release, Man B&W IMO Tier II Compliance.
6. www.Physics4u.gr
7. International Maritime Organization (IMO), συνεδριάσεις για το περιβάλλον (MEPC 58, MEPC 60).
8. Παπαευαγγέλου Τριαντάφ. Ι. ,Καύσιμα-Λιπαντικά
9. Δημοσίευση στο συνέδριο ELINT 2014 εργασίες των ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗ-ΣΧΟΙΝΑ-ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Πρόλογος.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΧΡΟΝΗΣ DIESEL ΜΗΧΑΝΗΣ	6
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	8
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΝΤΙΖΕΛ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	15
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΑΥΡΙΟ	15
MARPOL 73/78 Παράρτημα VI.....	17
MARPOL Annex VI - Κανονισμός 14 (ΙΜΟ).....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	20
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	20
Χαμηλό ιξώδες	20
Χαμηλή λιπαντική ικανότητα.....	22
Σημείο ροής.....	24
Οξύτητα.....	27
Μόλυνση	28
ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΕΙΟ	32
CHANGE-OVER ΤΟΥ ΗFO	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37