



T.M.M.O.B

Gemi Makineleri İşletme Mühendisleri Odası
The Chamber of Marine Engineers

GEMİLERDE UYGUN YAKIT SEÇİMİ VE VERİMLİ İŞLETME ŞARTLARI

GÜNCELLERME TARİHİ:16.05.2024

Prof.Dr.Adnan PARLAK

MODÜL-1

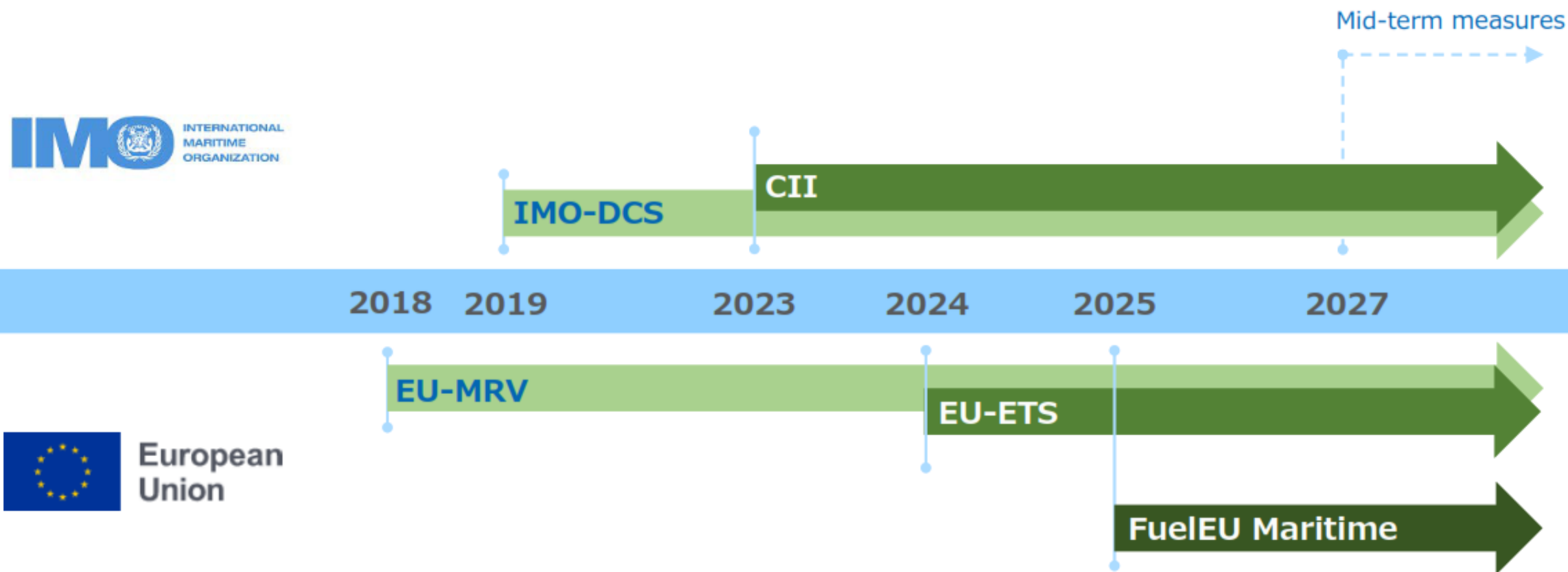
ANA BAŞLIKLAR

- FUEL EU VE IMO MEPC 81 YAKIT SINIFLANDIRMASI
- ISO 8217 YAKIT STANDARTLARI VE YAKIT SEÇİMİ VE VERİMLİ İŞLETME ŞARTLARI



Overview of EU-ETS for shipping: Background

■ Visualization of emissions from ships/ timeline for implementation of regulations

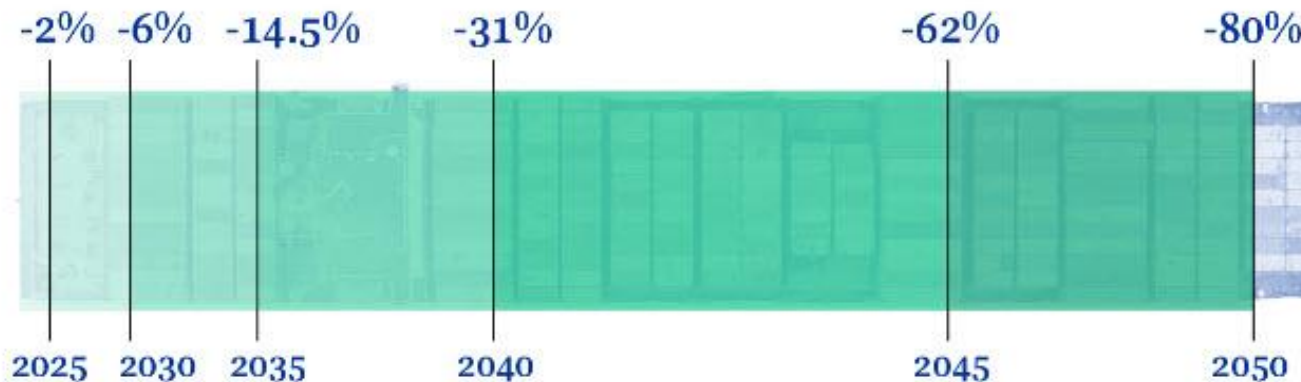




The FuelEU maritime regulation will oblige vessels above 5 000 gross tonnes calling at European ports
(with exceptions such as fishing ships):

→ to **reduce the greenhouse gas intensity** of the energy used on board as follows

Annual average carbon intensity reduction compared to the average in 2020



→ to connect to **onshore power supply** for their electrical power needs while moored at the quayside, unless they use another zero-emission technology



IMO MEPC 81 ve DIRECTIVE (EU) 2023/1805



E

MARINE ENVIRONMENT PROTECTION
COMMITTEE
81st session
Agenda item 6

MEPC 81/6/18
26 January 2024
Original: ENGLISH
Pre-session public release: ☒

ENERGY EFFICIENCY OF SHIPS

The implications of the 2023 IMO GHG Strategy and work on the basket of mid-term measures for the revision of the CII

Submitted by WWF, Pacific Environment and CSC

FUELEU MARİTİME KAPSAMI

- ❖ 2025'ten itibaren bayraklarına bakılmaksızın **5000 GT** ve üzeri gemileri kapsayacak. Gelecekte düzenlemenin kapsamı daha fazla gemiyi içerecek şekilde genişletilebilir.

FuelEU Düzenlemesi EU ETS de olduğu gibidir:

- *İki AB limanı arasında ve yanaşma yerindeki yolculuklarda kullanılan enerjinin %100'ü*
- *Bir AB limanı ile AB dışı bir varış noktası arasındaki yolculuklarda kullanılan enerjinin %50'si*



FUEL EU PENALTY 2025 SONRASI

- ❖ *FuelEU Maritime Regulation 2023/1805* AB Resmi Gazetesinde *22/09/2023* de yayınlandı.
- ❖ *Yürürlük tarihi*: 12 Ekim 2023
- ❖ *Uygulama tarihi*: 01/01/2025



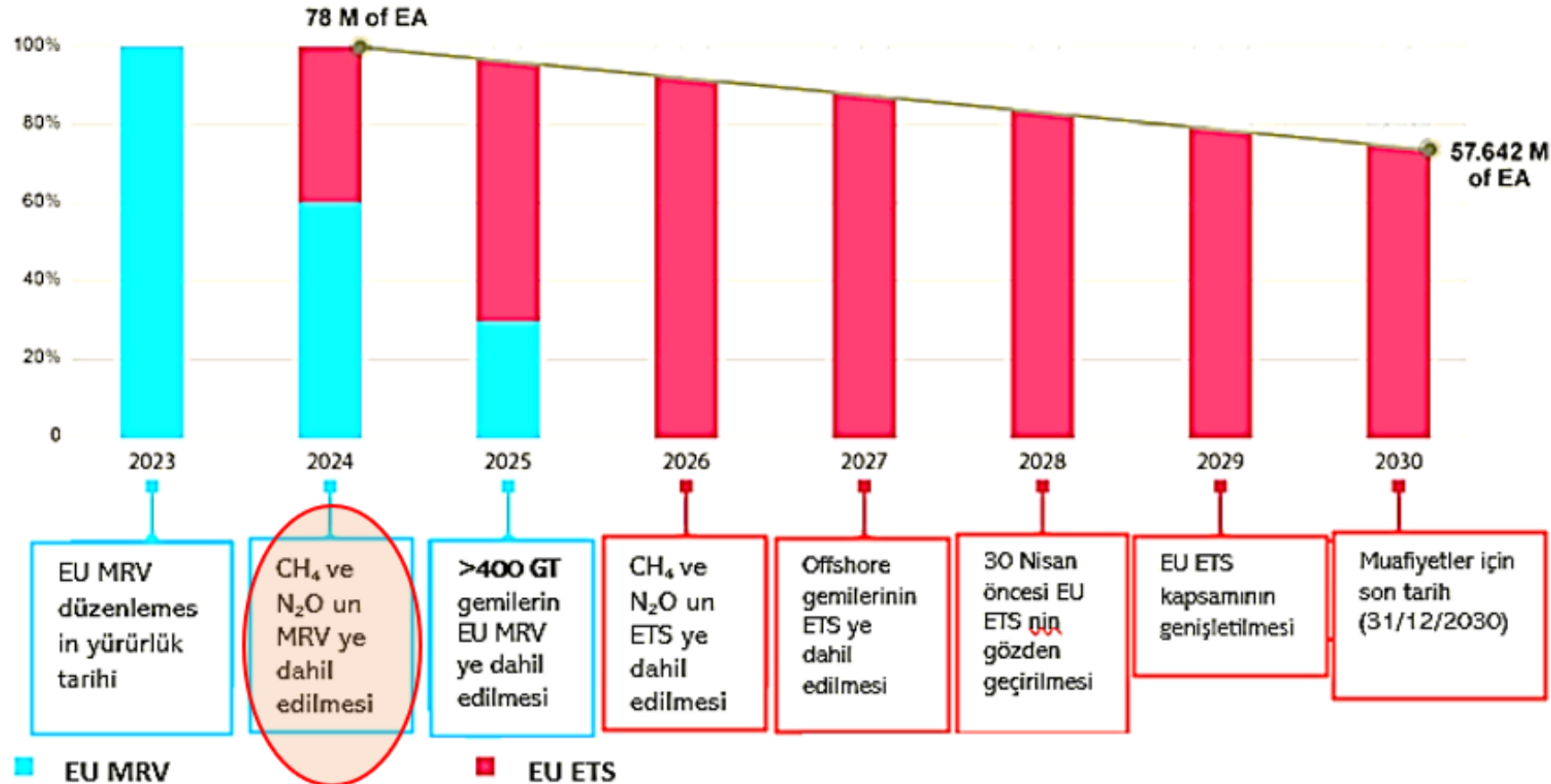
FUEL EU MARITIME

- Yeni tanımlama «Sera gazı yoğunluğu (*GHG Intesity*)» olacaktır.
- AB/AEA'da ticaret yapan gemiler için, sera gazı emisyonları (*gCO₂/MJ*) olarak ölçülecek, gemide kullanılan yıllık ortalama sera gazı yoğunluğunun(*Actual GHG Intensity*) gereken seviyenin(*Target GHG Intensity*) altında olmasını gerektiriyor.
- Gemide kullanımdan kaynaklanan emisyonlara ek olarak, sera gazı emisyonları, yakıtın çıkarılması, işlenmesi, üretimi ve taşınmasıyla ilgili emisyonlar da dahil olmak üzere, «*Well-to-Wake*» (Beşikten Mezara) perspektifiyle hesaplanır.



TtW Equivalence CO₂ Emissions (CO_{2eq}, TtW)

$$CO_2e = \left[CO_2 \frac{\text{tons}}{\text{yr}} \times CO_2 \text{ GWP}(1) \right] + \left[CH_4 \frac{\text{tons}}{\text{yr}} \times CH_4 \text{ GWP}(25) \right] + \left[N_2O \frac{\text{tons}}{\text{yr}} \times N_2O \text{ GWP}(298) \right]$$



Yıllık Karbon azalma yüzdesi 2024-2027 arası yıllık %4,3, 2030'dan itibaren %4,4 olacaktır.

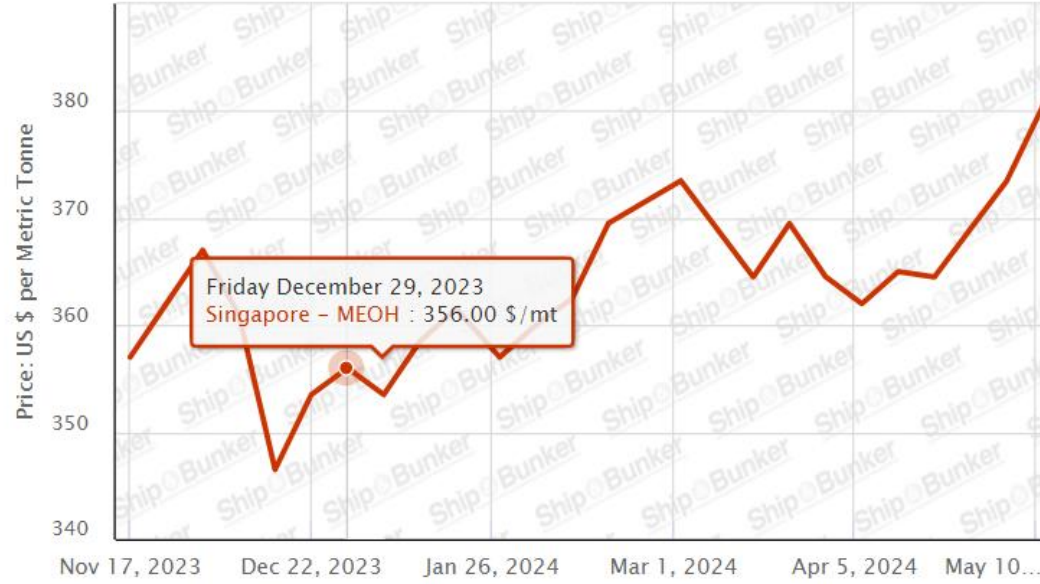
WTW KAPSAMINDA EŞDEĞER CO₂

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			WtT	TtW				
Fuel Class	Pathway name	LCV $\left[\frac{\text{MJ}}{\text{g}}\right]$	CO _{2eq} WtT $\left[\frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{MJ}}\right]$	Fuel Consumer Unit Class	C _f CO ₂ $\left[\frac{\text{gCO}_2}{\text{gFuel}}\right]$	C _f CH ₄ $\left[\frac{\text{gCH}_4}{\text{gFuel}}\right]$	C _f N ₂ O $\left[\frac{\text{gN}_2\text{O}}{\text{gFuel}}\right]$	C _{slip} As % of the mass of the fuel used by the engine
Fossil	HFO ISO 8217 Grades RME to RMK	0,0405	13,5	ALL ICES	3,114	0,00005	0,00018	-
	LFO ISO 8217 Grades RMA to RMD	0,041	13,2	ALL ICES	3,151	0,00005	0,00018	-
	MDO MGO ISO 8217 Grades DMX to DMB	0,0427	14,4	ALL ICES	3,206	0,00005	0,00018	-

CO _{2eq} ,TtW		
CO _{2eq} ,TtW [MGO]	CO _{2eq} ,TtW [LFO]	CO _{2eq} ,TtW [HFO]
3,261	3,206	3,169

EŞDEĞER YAKITA GÖRE FİYATLAMA

VLSFO	MGO	LSMGO	IFO380	MEOH	MEoH-VLSFOe	MEoH-MGOe
-------	-----	-------	--------	-------------	-------------	-----------



VLSFO	MGO	LSMGO	IFO380	MEOH	MEoH-VLSFOe	MEoH-MGOe
-------	-----	-------	--------	------	--------------------	-----------



Example MEOH-MGOe equivalent calculation based on MMSA posting:

1. Price per metric ton MEOH: 300 USD/mt
2. Convert to unit GJ price: $300 / 19.93 \text{ (MEOH LHV)} = 15.05 \text{ USD/GJ}$
3. Convert to MGO equivalent price = $\text{USD } 15.05 \times 42.5 \text{ (MGO LHV)} = 639.7 \text{ USD/mt MEOH MGO Equivalent}$

Example MEOH-VLSFOe equivalent calculation based on MMSA posting:

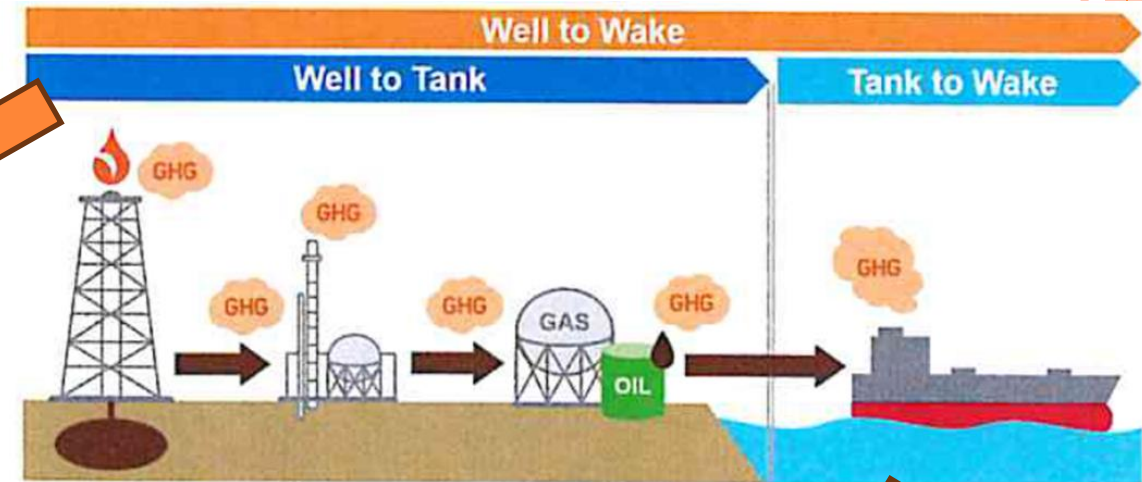
1. Price per metric ton MEOH: 300 USD/mt
2. Convert to unit GJ price: $300 / 19.93 \text{ (MEOH LHV)} = 15.05 \text{ USD/GJ}$
3. Convert to VLSFO equivalent price = $\text{USD } 15.05 \times 41.0 \text{ (VLSFO LHV)} = 617.2 \text{ USD/mt MEOH VLSFO Equivalent}$

WELL-TO-WAKE

$$\text{GHG intensity } \left[\frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{MJ}} \right] = f_{\text{wind}} \times (\text{WtT} + \text{TtW})$$

WtT-Well to Tank

$$\frac{\sum_i^n \text{fuel } M_i \times \text{CO}_{2\text{eq WtT}, i} \times \text{LCV}_i + \sum_k^c E_k \times \text{CO}_{2\text{eq electricity}, k}}{\sum_i^n \text{fuel } M_i \times \text{LCV}_i \times \text{RWD}_i + \sum_k^c E_k}$$



TtW-Tank to Wake

$$\frac{\sum_i^n \text{fuel } \sum_j^m \text{engine } M_{i,j} \times \left[\left(1 - \frac{1}{100} C_{\text{slip } j} \right) \times (\text{CO}_{2\text{eq TtW}, i, j}) + \left(\frac{1}{100} C_{\text{slip } j} \times \text{CO}_{2\text{eq TtW, slip, } i, j} \right) \right]}{\sum_i^n \text{fuel } M_i \times \text{LCV}_i \times \text{RWD}_i + \sum_k^c E_k}$$

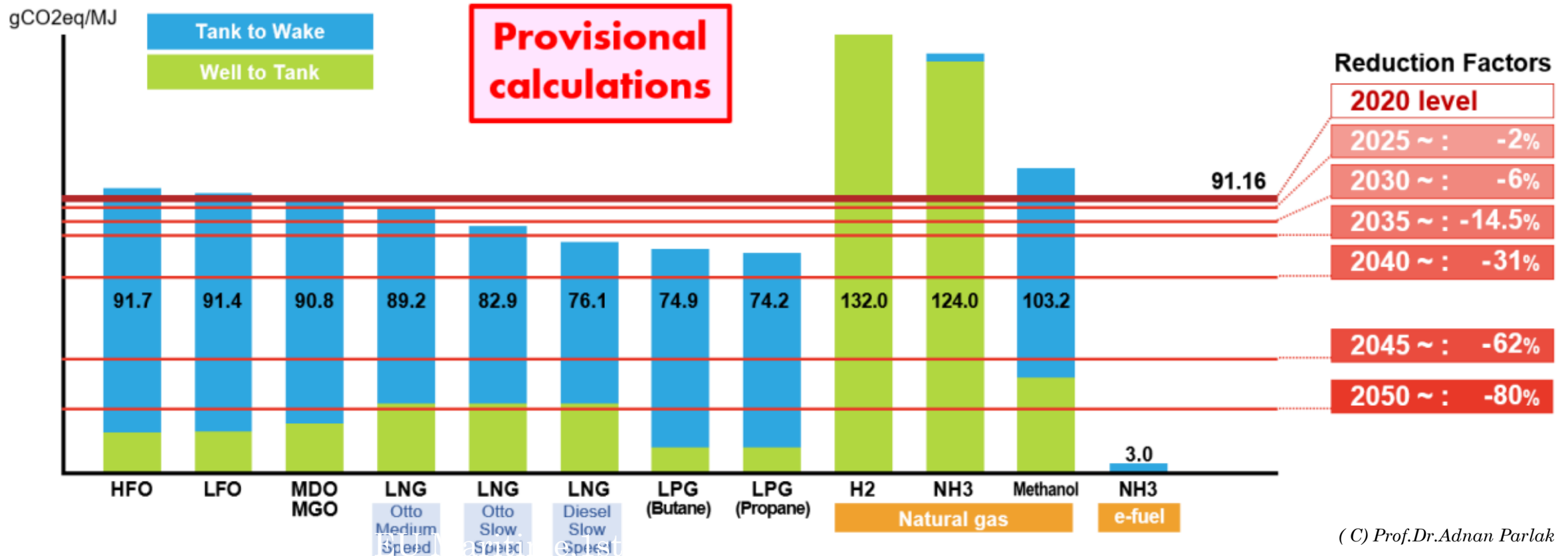
FUELEU MARITIME POLICY

Period	Required Emissions Intensity Reduction	Maximum Emissions Intensity (g CO ₂ e/MJ)	RFNBO sub-target (Averaged Across Period)	RFNBO Multiplier (Averaged Across Period)
<i>Reference Value</i>	-	91.16	-	-
2025-2029	2.0%	89.34	0.0%	2.0
2030-2034	6.0%	85.69	0.4%	1.8
2035-2039	14.5%	77.94	2.0%	1.0
2040-2044	31.0%	62.90	2.0%	1.0
2045-2049	62.0%	34.64	2.0%	1.0
2050+	80.0%	18.23	2.0%	1.0



GHG INTENSITY OF MARINE FUELS

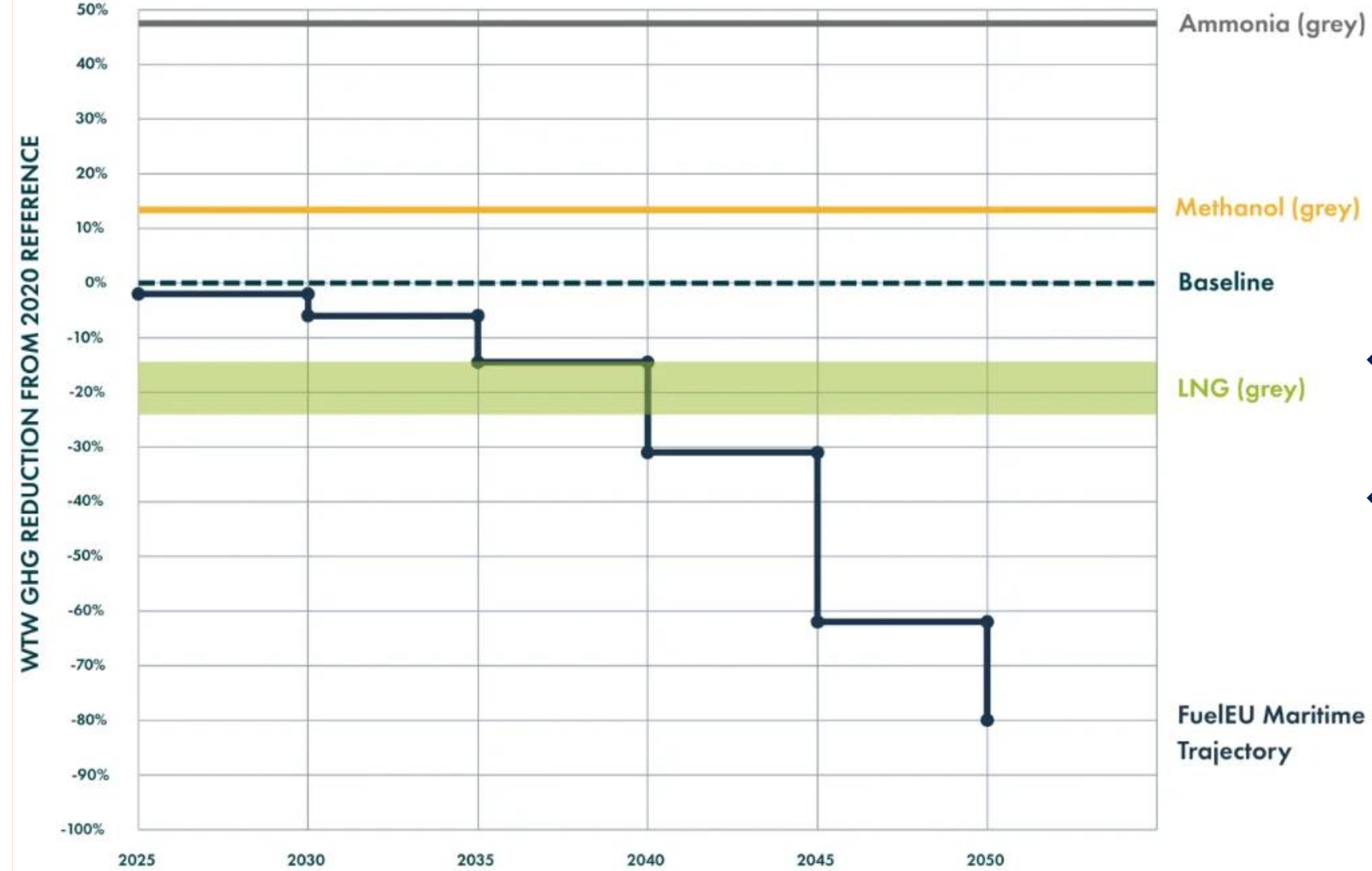
- ❖ *Heder sera gazı yoğunluğu referans değeri **91,16 gCO₂e/MJ** dir. Hedef GHG yoğunluğunun azalma oranları aşağıdaki tabloda görülmektedir.*
- ❖ *Hedef GHG yoğunluğu her 5 yılda bir değişecektir.*
- ❖ *Bu oranlar 2028 yılında yeniden değerlendirme toplantısında değişebilir.*



W_tW DEĞERLERİNE GÖRE YAKIT SINIFLAMASI

Fuel class	LCV	CO _{2Eq,WtT}	Consumer	C _{f,CO2}	C _{f,CH4}	C _{f,N2O}	Cslip,%
Fossil_HFO	0,0405	13,5	ALL ICE	3,114	0,00005	0,00018	
Fossil_LFO	0,041	13,2	ALL ICE	3,151	0,00005	0,00018	
Fossil_MDO_MGO	0,0427	14,4	ALL ICE	3,206	0,00005	0,00018	
Fossil_LNG_Otto Dual_Medium Speed	0,0491	18,5	ALL ICE	2,75	0	0,00011	3,1%
Fossil_LNG_Otto Dual_Slow Speed	0,0491	18,5	ALL ICE	2,75	0	0,00011	1,7%
Fossil_LNG_Diesel Dual_Slow speed	0,0491	18,5	ALL ICE	2,75	0	0,00011	0,2%
Fossil_LBSI	0,0491	18,5	ALL ICE	2,75	0	0,00011	2,6%
Fossil_LPG-Butane	0,046	7,8	ALL ICE	3,03			
Fossil_LPG_Propane	0,046	7,8	ALL ICE	3			
Fossil_H2 (Natural gas)_fuel cells	0,12	132	FUEL CELLS	0			
Fossil_H2 (Natural gas)_ICE	0,12	132	ALL ICE	0			
Fossil_NH3 (Natural gas)_Fuel cells	0,0186	121	FUEL CELLS	0			
Fossil_NH3 (Natural gas)_ICE	0,0186	121	ALL ICE	0			
Fossil_Methanol (Natural gas)	0,0199	31,3	ALL ICE	1,375			
Biofuels_Ethanol_RED sugarbeet	0,027	-33,2	ALL ICE	1,913			
Biofuels_Biodiesel_Rapseed-Incl.LUC	0,0372	115,1	ALL ICE	2,834	0,00005	0,00018	
Biofuels_Biodiesel_Palm-Incl.LUC	0,0372	306,7	ALL ICE	2,834	0,00005	0,00018	
Biofuels_Biodiesel_RED II	0,0372	-26,1	ALL ICE	2,834	0,00005	0,00018	
Biofuels_HVO_RED II	0,044	-20,7	ALL ICE	3,115	0,00005	0,00018	
Biofuels_Bio-LNG_Otto DF_Medium Speed_RED II	0,05	-38,9	LNG OTTO MS	2,755	0,00005	0,00018	3,1%
Biofuels_Bio-LNG_Otto DF_Slow Speed_RED II	0,05	-38,9	LNG OTTO SS	2,755	0,00005	0,00018	1,7%
Biofuels_Bio-LNG_Diesel DF_Slow Speed_RED II	0,05	-38,9	LNG DIESEL DF	2,755	0,00005	0,00018	0,2%
Biofuels_Bio-LNG_LBSI_RED II	0,05	-38,9	LNG OTTO	2,755	0,00005	0,00018	2,6%
Biofuels_Bio-H2_ICE	0,12	0	ALL ICE	0	0	0	

LNG, METHANOL AND AMMONIA VERSUS FUELEU MARITIME DECARBONISATION TRAJECTORY



- ❖ *Gri LNG kullanan gemiler 2039 yılına kadar uyumlu olacak.*
- ❖ *Biyo-LNG ve biyo-metanol gibi sürdürülebilir biyokütleden elde edilen yakıtlar orta vadede önemli bir role sahiptir.*

FUEL EU MARITIME PENALTY FORMULA FOR NON-COMPLIANCE

Difference between
GHG target
and GHG intensity
attained

EURO

[(Compliance balance)] X 2,400

GHGIE_{actual} X 41,000

GHG intensity
attained

41,000 MJ
= 1 metric ton
of VLSFO

FUELEU MARITIME POLICY

Fuel	WTW Emissions Intensity (g CO ₂ e/MJ)					
	2025-29	2030-34	2035-39	2040-44	2045-49	2050-54
VLSFO	92.63	92.63	92.63	92.63	92.63	92.63
Biodiesel (WCO)	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90
e-diesel	28.20	14.10	10.87	7.65	4.42	1.19
Fossil LNG	77.43	77.43	77.43	77.43	77.43	77.43
Bio-LNG	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24
e-LNG	28.20	14.10	11.00	7.89	4.79	1.68
Bio-Methanol	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
e-methanol	28.20	14.10	11.21	8.32	5.43	2.54
e-ammonia	28.20	14.10	10.58	7.05	3.53	0.00
<i>Electricity</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>



EU ETS-Fuel EU Ceza-Vergi Karşılaştırması

CO₂ Emissions

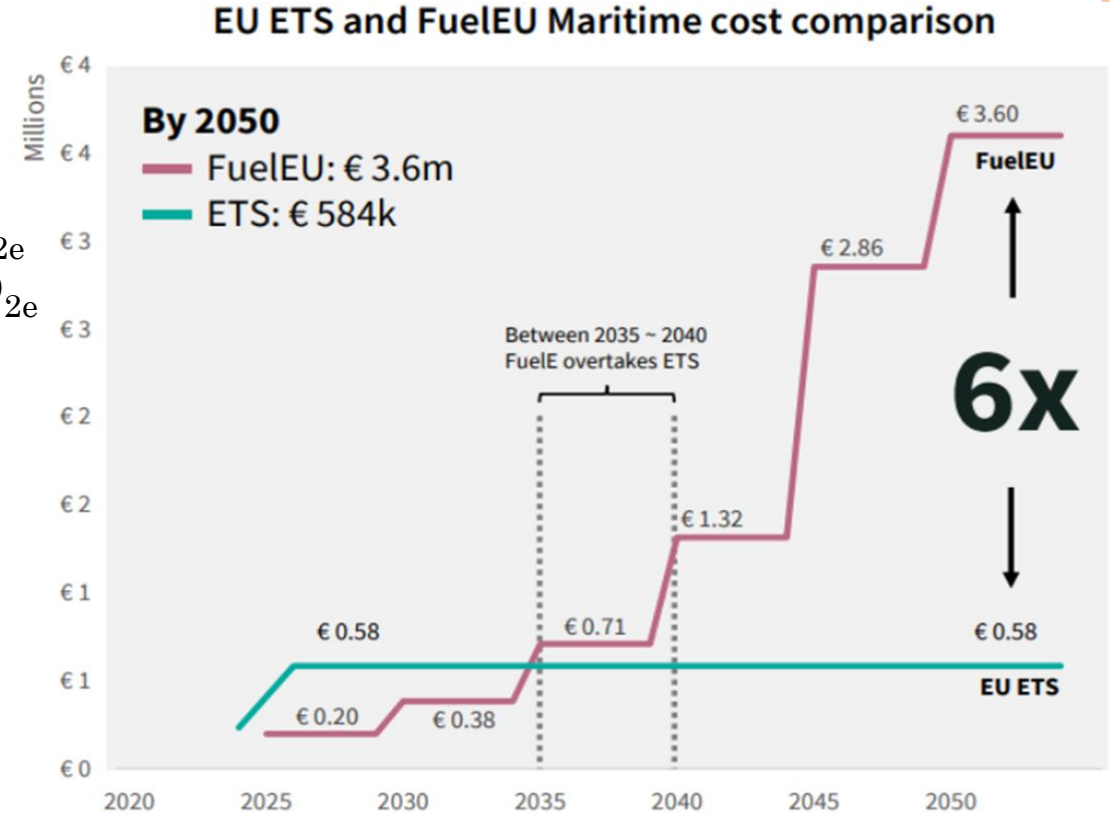
On Voyage From EU and To EU :9.725 tonnes CO_{2e}
Between EU Ports :1.399 tonnes CO_{2e}

Tax and Penalty

The cost of EUAs in 2026 : € 0.58 million

Fuel EU Maritime Penalty

FuelEU Maritime penalty in 2026-2029 : € 0.20 million
in 2030-2035 : € 0.38 million
in 2035-2040 : € 0.71 million
in 2035-2040 : € 1.32 million
in 2040-2045 : € 2.86 million
in 2045-2050 : € 3.60 million



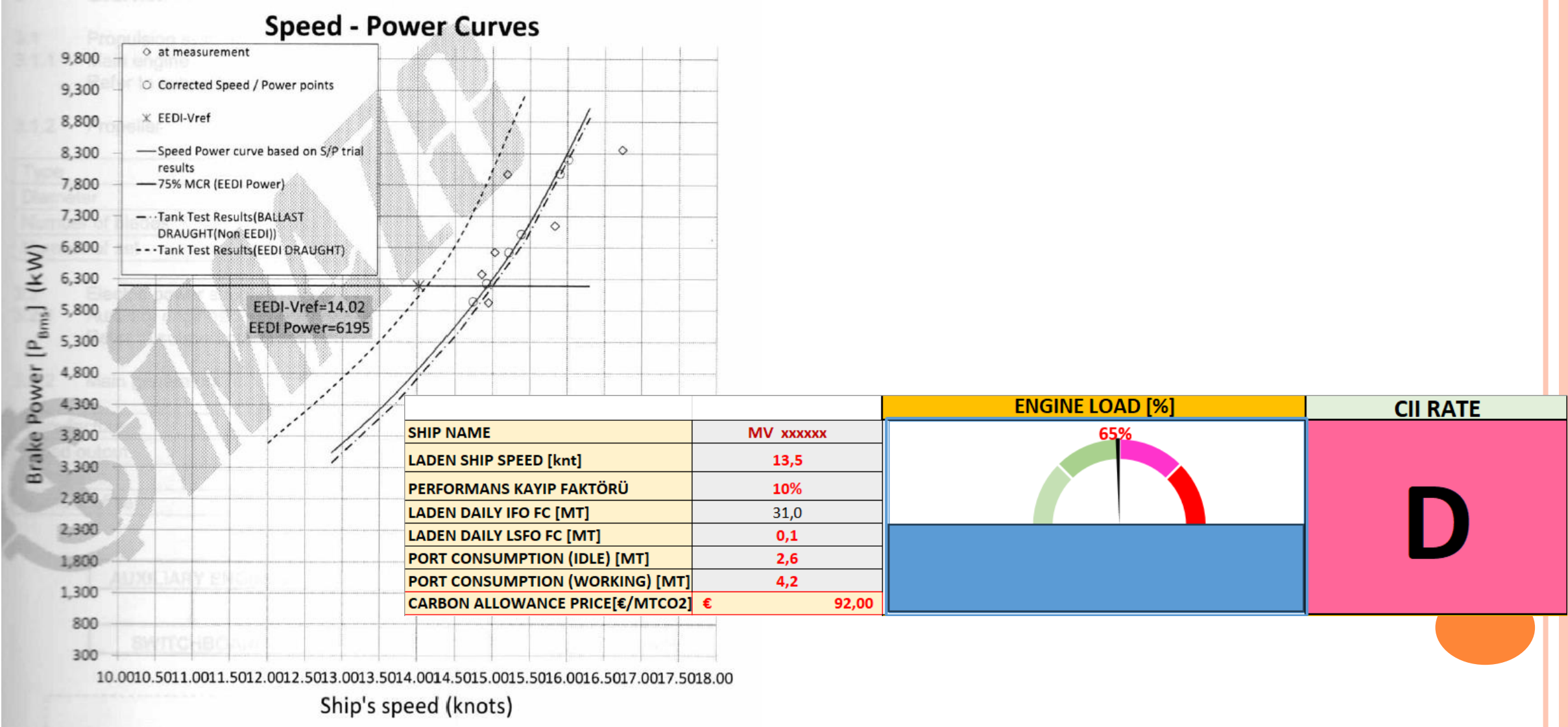
VLSFO 19k TEU Boxship Fleet

wait & see scenario

10 x

			2030 : 3.8 mil.€ x 10	= 38 mil.€
			2031 : 3.8 mil.€ x 10 x 1.1	= 42 mil.€
			2032 : 3.8 mil.€ x 10 x 1.2	= 45 mil.€
			2033 : 3.8 mil.€ x 10 x 1.3	= 49 mil.€
			2034 : 3.8 mil.€ x 10 x 1.4	= 52 mil.€

GEMİNİN HIZINI ARTIRDIĞIMIZDA ARTAN HIZLARDA GÜÇ İHTİYACININ HIZA GÖRE EXPONANSİYEL OLARAK ARTTIĞI İÇİN YAKIT SARFIYATI, EU ETS VE FUEL EU CEZASI DAHA FAZLA ARTAR

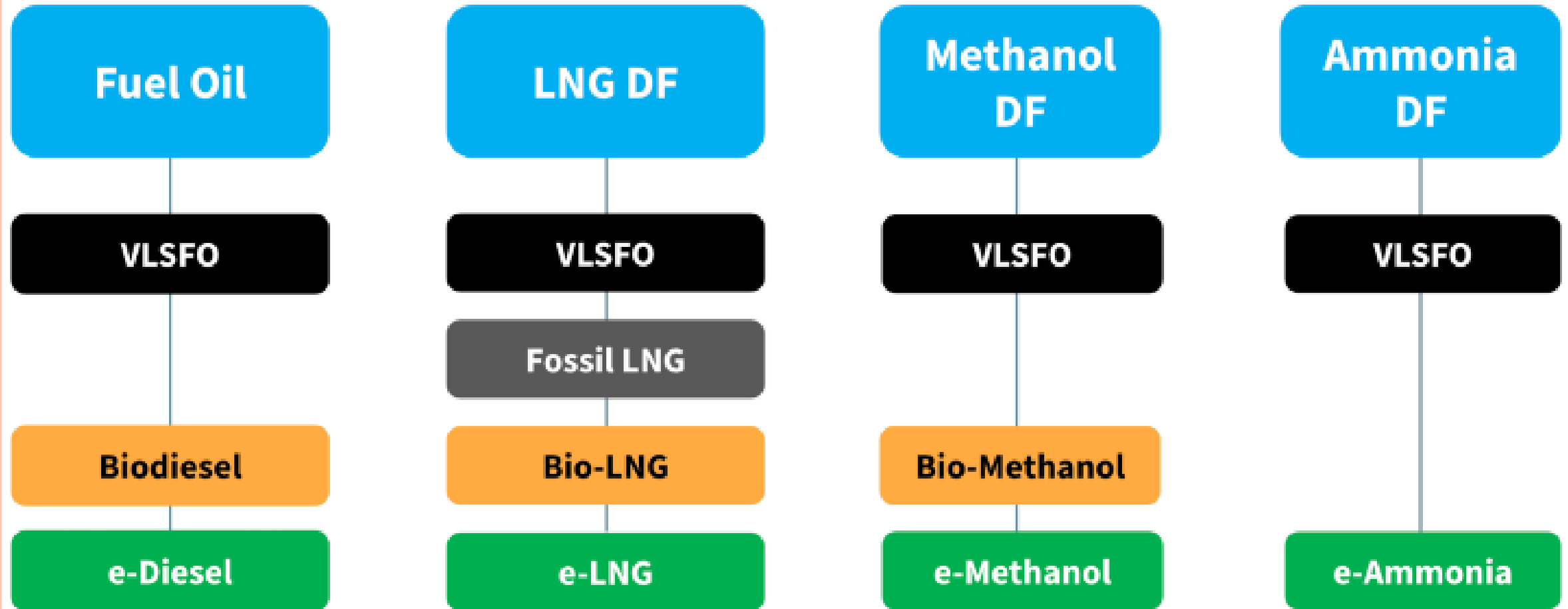


TECHNOLOGIES & FUELS

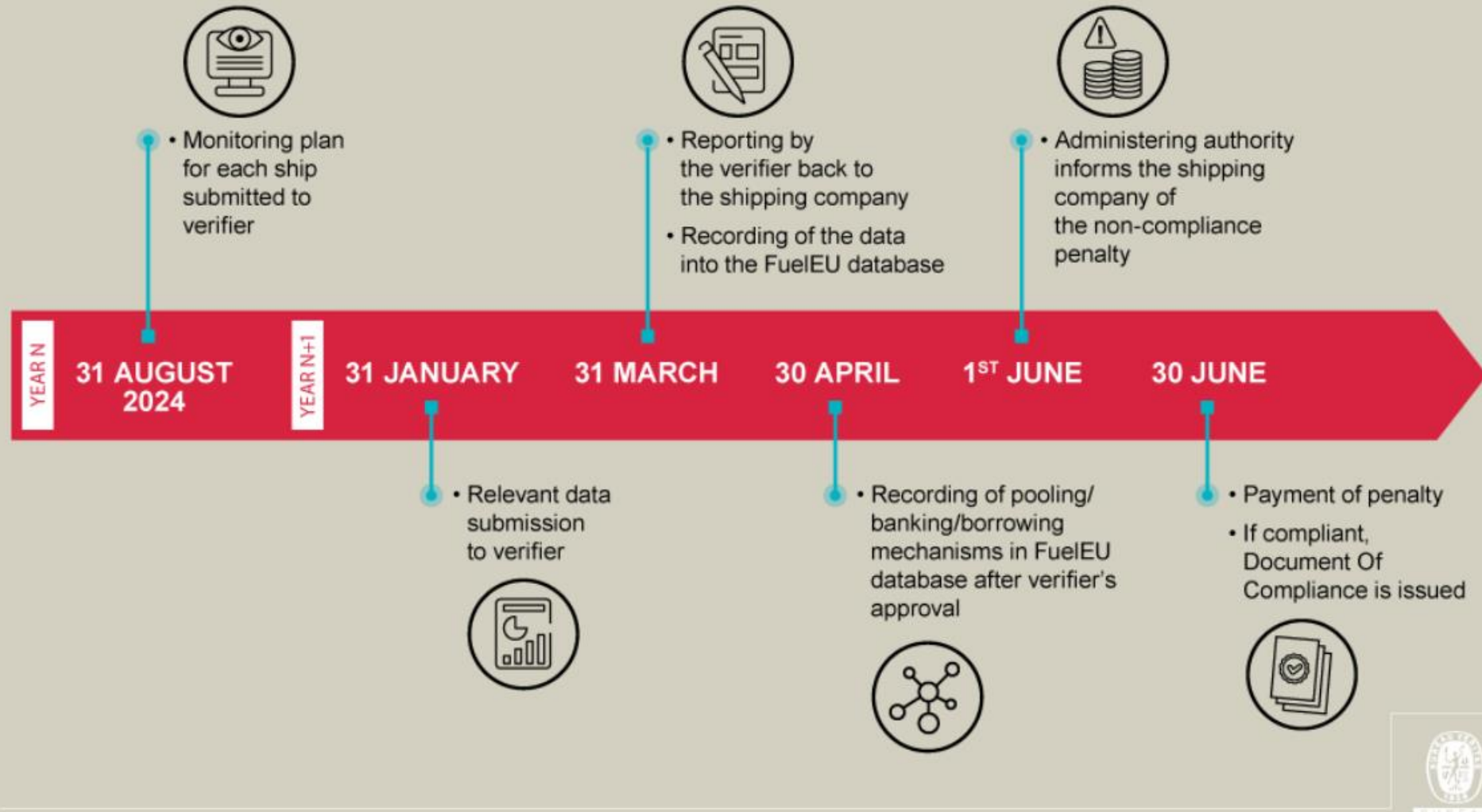
Engine Technology	Fuel Oil	LNG Dual Fuel	Methanol Dual Fuel	Ammonia Dual Fuel
Available Fuels	VLSFO	VLSFO	VLSFO	VLSFO
	Biodiesel	LNG	Bio-methanol	e-ammonia
	e-diesel	Bio-LNG	e-methanol	
		e-LNG		



AVAILABLE TECHNOLOGY AND FUEL PATHWAYS



ANNUAL FUEL EU MARITIME COMPLIANCE SCHEME



FOSİL YAKIT KULLANIMI

Fuel Oil

VLSFO

Biodiesel

e-Diesel

	GHG_TtW	Attained GHG Intensity [gCO ₂ eq/MJ]
13,71	77,8	91,52
13,66	77,9	91,57
13,87	77,5	91,35
13,64	78,0	91,60
13,64	77,9	91,59
13,53	78,2	91,71
13,53	78,2	91,71
13,52	78,2	91,72
13,86	77,5	91,35

	2025-2030		2030-2035		2035-2040	
SHIPS	PENALTY/REWARD	AMOUNT [€]	PENALTY/REWARD	AMOUNT [€]	PENALTY/REWARD	AMOUNT [€]
	PENALTY	-€ 153.550	PENALTY	-€ 402.380,35	PENALTY	-€ 941.513
	PENALTY	-€ 224.939	PENALTY	-€ 582.432,00	PENALTY	-€ 1.357.000
	PENALTY	-€ 94.922	PENALTY	-€ 261.880,16	PENALTY	-€ 623.623
	PENALTY	-€ 67.788	PENALTY	-€ 173.999,88	PENALTY	-€ 404.125
	PENALTY	-€ 80.546	PENALTY	-€ 207.190,12	PENALTY	-€ 481.585
	PENALTY	-€ 640.118	PENALTY	-€ 1.594.497,72	PENALTY	-€ 3.662.321
	PENALTY	-€ 639.381	PENALTY	-€ 1.593.068,72	PENALTY	-€ 3.659.392
	PENALTY	-€ 636.627	PENALTY	-€ 1.583.801,96	PENALTY	-€ 3.636.015
	PENALTY	-€ 71.206	PENALTY	-€ 196.296,98	PENALTY	-€ 467.328
	TOTAL PENALTY	€ 2.609.077	TOTAL PENALTY	€ 6.595.548	TOTAL PENALTY	€ 15.232.902

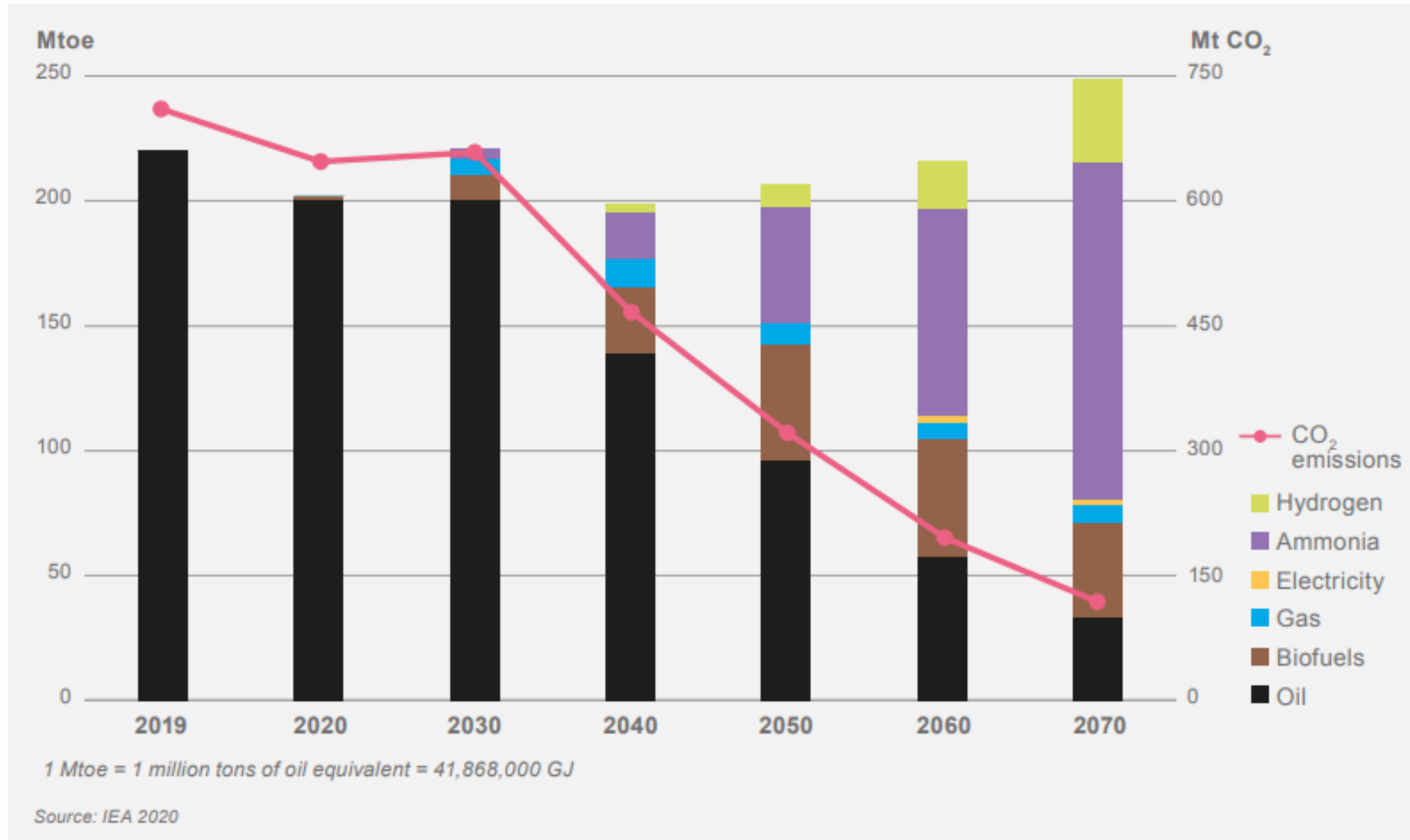
ALTERNATİF YAKITLARIN FUEL EU UYGUNLUKLARI

MV ULUSOY-15	GHG_WtT	GHG_TtW	Attained GHG Intensity	REWARD/ PENALTY	2025-2030	REWARD/ PENALTY	2030-2035	REWARD/ PENALTY	2035-2040
Fossil_LNG_Otto Dual_Medium Speed	18,50	72,52	91,02	PENALTY	-€ 459.964,09	PENALTY	-€ 1.420.884,58	PENALTY	-€ 3.502.878,98
Fossil_LNG_Otto Dual_Slow Speed	18,50	65,3	83,83	REWARD	€ 1.584.762,56	REWARD	€ 541.411,88	PENALTY	-€ 1.719.181,26
Fossil_LNG_Diesel Dual_Slow speed	18,50	57,63	76,13	REWARD	€ 4.204.226,15	REWARD	€ 3.055.275,59	REWARD	€ 565.882,72
Fossil_Methanol (Natural gas)	31,30	69,10	100,40	PENALTY	-€ 2.685.152,52	PENALTY	-€ 3.556.367,77	PENALTY	-€ 5.444.000,80
Biofuels_Biodiesel_RED II (B100)	-26,10	77,50	51,40	REWARD	€ 17.916.617,41	REWARD	€ 16.214.871,68	REWARD	€ 12.527.755,94

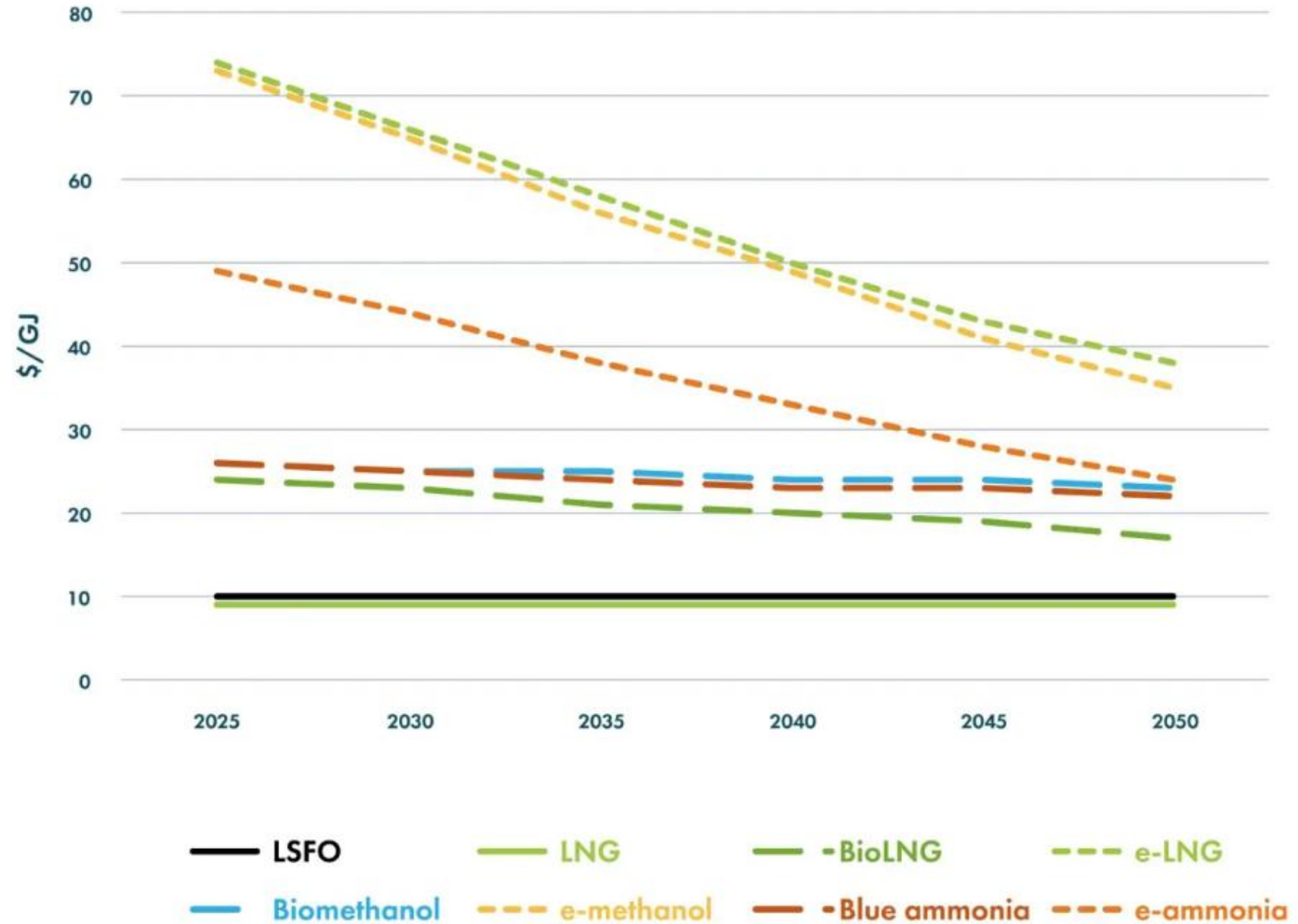
- ❖ Fosil LNG 2040 Yılına kadar orta devirli dizel motorları için uygun değildir.
- ❖ 2 stroklu duel Fuel LNG makineler 2039 yılına kadar uygundur.
- ❖ 2045 yılına kadar RED II biodizel ile ceza yemeden faaliyet devam edebilmektedir.



GLOBAL ENERGY CONSUMPTION AND CO₂ EMISSIONS OF INTERNATIONAL SHIPPING IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCENARIO 2019-2070

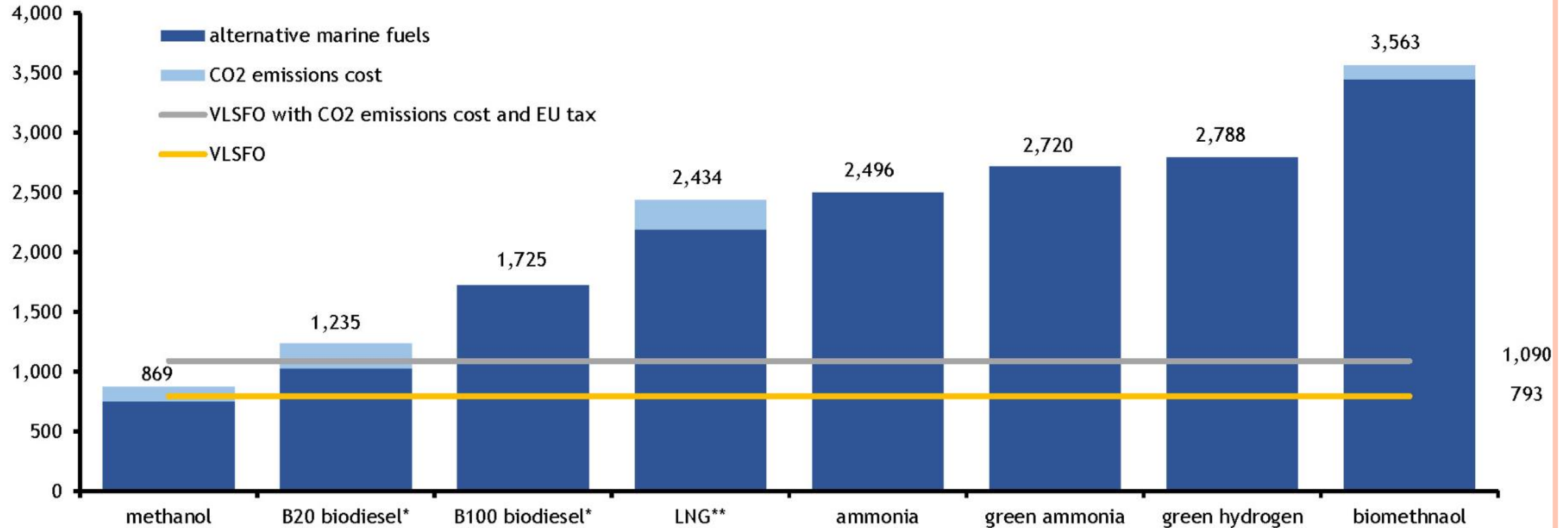


ALTERNATIVE
FUEL COSTS
FOR LNG
METHANOL
AND AMMONIA
[MMMCZCS
FORECASTS]



EUROPE ALTERNATIVE MARINE FUELS

[\$/T VLSFO-EQUIVALENT 2022 AVG.]



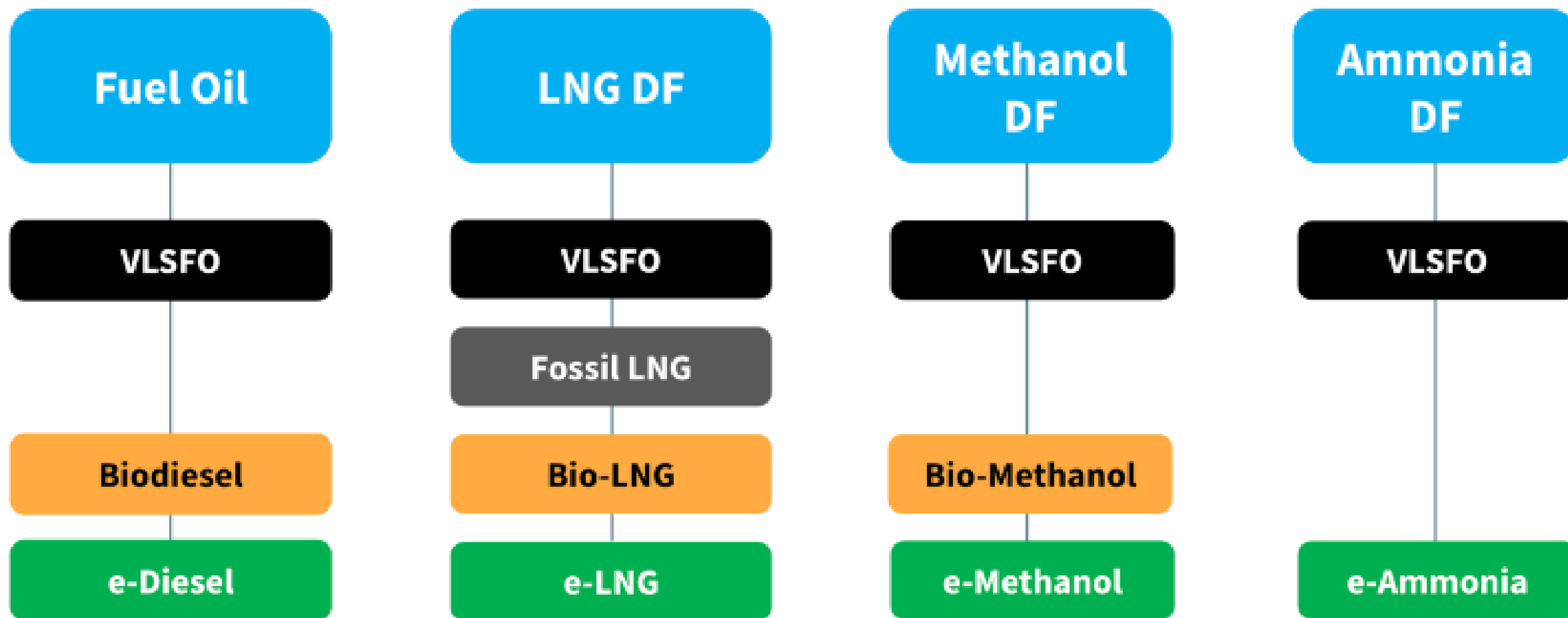
* biodiesel: Amsterdam-Rotterdam-Antwerp advanced FAME, less Netherlands renewable fuel credit, plus delivery and blending

**LNG price includes CO2 emissions cost and EU tax on LNG for bunkering

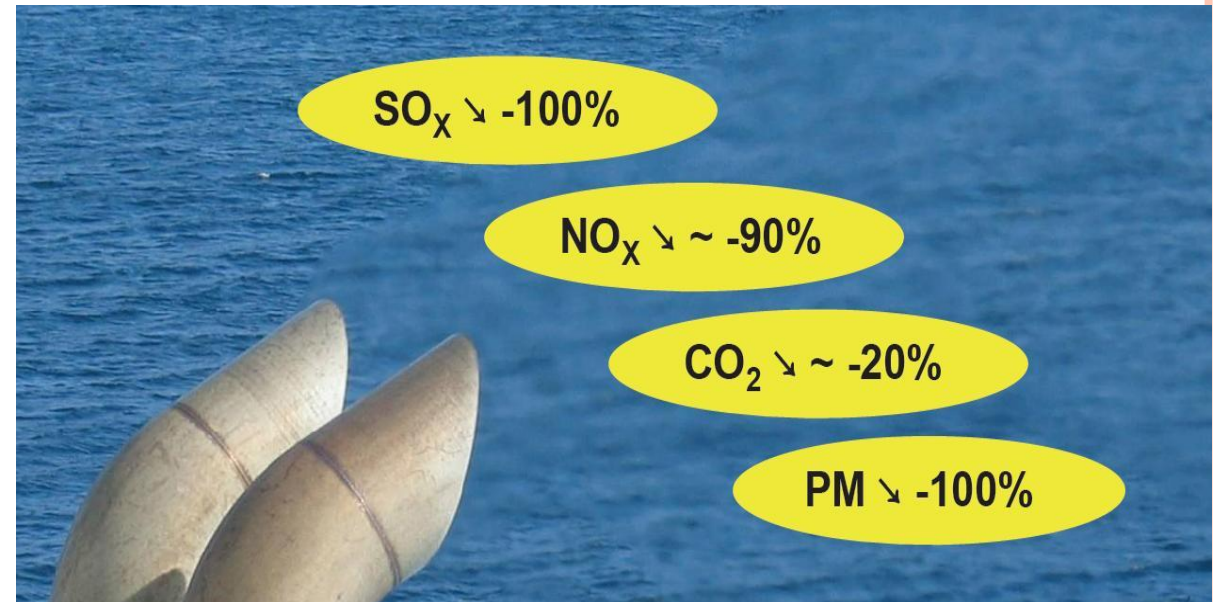
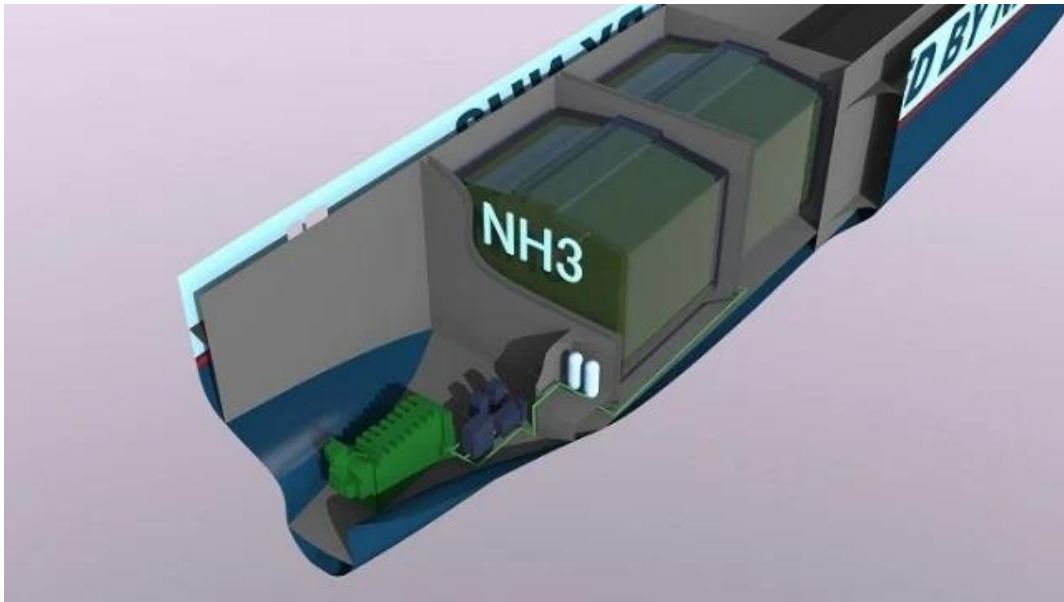
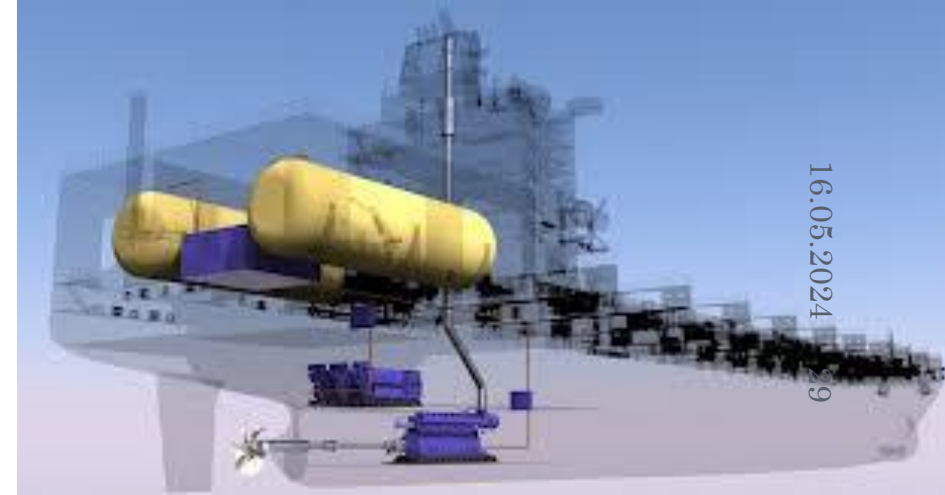
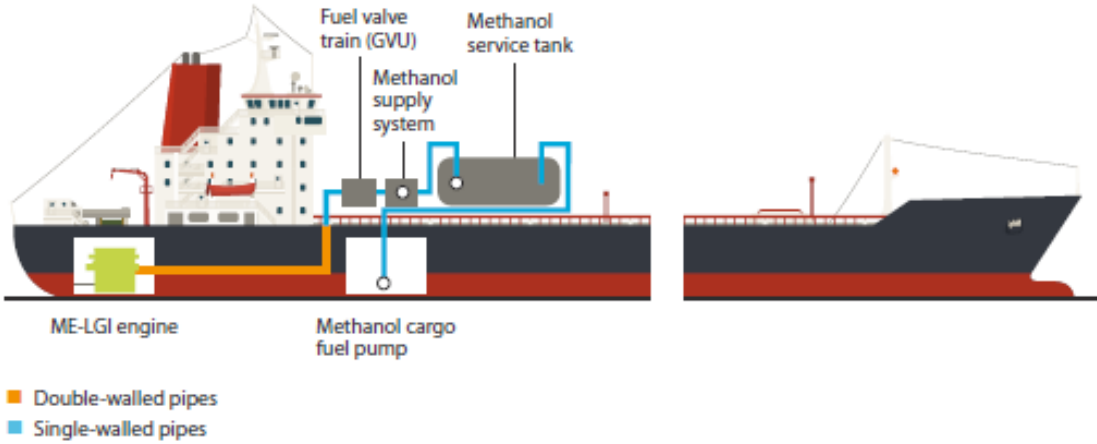
Source: Argus Marine Fuels



AVAILABLE TECHNOLOGY AND FUEL PATHWAYS



ALTERNATİF YAKITLAR ŞİRKETİ 2030 HEDEFİNE TAŞIR MI?



Alternative fuels

Properties

Energy storage type	Specific Energy MJ/kg	Energy Density MJ/L	Required Tank Volume m ³ . ¹	Supply pressure bar	Injection pressure bar	Emission Reduction Compared To HFO Tier II			
						SO _x	NO _x	CO ₂	PM
HFO	40,5	35	1000	7-8	950				
Liquefied natural gas (LNG - 162 °C)	50	22	1590	300 METHANE	300 METHANE	90-99%	20-30%	24%	90%
				380 ETHANE	380 ETHANE	90-97%	30-50%	15%	90%
LPG (including Propane / Butane)	42	26	1346	50	600-700	90-100%	10-15%	13-18%	90%
Methanol	19.9	15	2333	10	500	90-97%	30-50%	5%	90%
Ethanol	26	21	1750	10	500				
Ammonia (liquid -33 °C)	18,6	12,7	2755	70	600-700	100%	Compliant with regulation	>95%	>90%
Hydrogen (liquid -253 °C)	120	8.5	4117						
Marine battery market leader, Corvus, battery rack	0,29	0,33	106.060						
Tesla model 3 battery Cell 2170*. ²	0,8	2.5	14000						

REQUIREMENTS FOR MARINE DISTILLATE FUELS

ISO 8217 2017 FUEL STANDARD

F: Petrol ürünü
DM: Distile Marine
RM: Residual Marine
FA : Fatty Acid (Biyodizel %7)
X,A,B,C,...Z : Yakıt Özellikleri

Characteristic		Unit	Limit	Category ISO-F-						Test method(s) and references
				DMX	DMA	DFA	DMZ	DMB	DFB	
Kinematic viscosity at 40 °C		mm ² /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 ³	Max	–	890,0		890,0	900,0		ISO 3675 or ISO 12185; see 6.1
Cetane index		–	Min	45	40		40	35		ISO 4264
Sulfur ^b		mass %	Max	1,00	1,00		1,00	1,50		ISO 8754 or ISO 14596, ASTM D4294; see 6.3
Flash point		°C	Min	43,0	60,0		60,0	60,0		ISO 2719; see 6.4
Hydrogen sulfide		mg/kg	Max	2,00	2,00		2,00	2,00		IP 570; see 6.5
Acid number		mg KOH/g	Max	0,5	0,5		0,5	0,5		ASTM D664; see 6.6
Total sediment by hot filtration		mass %	Max	–	–		–	0,10 *		ISO 10307-1; see 6.8
Oxidation stability		g/m ³	Max	25	25		25	25 ^d		ISO 12205
Fatty acid methyl ester (FAME) *		volume %	Max	–	–	7,0	–	–	7,0	ASTM D7963 or IP 579; see 6.10
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 ^f	winter	°C	Max	–16	report		report	–		ISO 3015; see 6.11
	summer	°C	Max	–16	–		–	–		
Cold filter plugging point ^f	winter	°C	Max	–	report		report	–		IP 309 or IP 612; see 6.11
	summer	°C	Max	–	–		–	–		
Pour point (upper) ^f	winter	°C	Max	–	– 6		– 6	0		ISO 3016; see 6.11
	summer	°C	Max	–	0		0	6		
Appearance				Clear and Bright *				*		see 6.12
Water		volume %	Max	–	–		–	0,30 *		ISO 3733
Ash		mass %	Max	0,010	0,010		0,010	0,010		ISO 6245
Lubricity, corrected wear scar diameter (WSD) at 60 °C ^h		µm	Max	520	520		520	520 ^d		ISO 12156-1

ISO 8217:2017 RESIDUAL FUEL



Characteristic	Unit	Limit	Category ISO-F-											Test method reference	
			RMA	RMB	RMD	RME	RMG				RMK				
			10	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700		
Kinematic viscosity at 50C	mm ² /s ^a	Max	10	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700	ISO 3104	
Density at 15C	kg/m ³	Max	920,0	960,0	975,0	991,0	991,0				1010,0			ISO 3675 or ISO 12185; see 6.1	
CCAI	–	Max	850	860	860	860	870				870			see 6.2	
Sulfur ^b	mass %	Max	Statutory requirements											ISO 8754 or ISO 14596 or ASTM D4294; see 6.3	
Flash point	C	Min	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0				60,0			ISO 2719; see 6.4	
Hydrogen sulfide	mg/kg	Max	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00				2,00			IP 570; see 6.5	
Acid number ^c	mg KOH/g	Max	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5				2,5			ASTM D664; see 6.6	
Total sediment – Aged	mass %	Max	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10				0,10			ISO 10307-2; see 6.9	
Carbon residue – Micro method	mass %	Max	2,50	10,00	14,00	15,00	18,00				20,00			ISO 10370	
Pour point (upper) ^d	winter	C	Max	0	0	30	30	30				30			ISO 3016
	summer	C	Max	6	6	30	30	30				30			
Water	volume %	Max	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50				0,50			ISO 3733	
Ash	mass %	Max	0,040	0,070	0,070	0,070	0,100				0,150			ISO 6245	
Vanadium	mg/kg	Max	50	150	150	150	350				450			IP 501, IP 470 or ISO 14597; see 6.14	
Sodium	mg/kg	Max	50	100	100	50	100				100			IP 501, IP 470; see 6.15	
Aluminium plus silicon	mg/kg	Max	25	40	40	50	60				60			IP 501, IP 470 or ISO 10478; see 6.16	
Used lubricating oil (ULO): – Calcium and zinc; or Calcium and phosphorus	mg/kg	–	Calcium > 30 and zinc > 15 or Calcium > 30 and phosphorus > 15											IP 501 or IP 470, IP 500; see 6.17	

1 OCAK 2020 DEN SONRA YAKIT İSİMLERİ

❖ 1 Ocak 2020 tarihinden sonra yakıt terminolojisi değişmiştir. Bu terminolojide yakıtlar kükürt içeriğine göre kategorize edilmektedir.

- HFO: Heavy Fuel Oil
- MGO: Marine Gas Oil
- DM: Distillate Marine (fuel that does not need heating)
- RM: Residual Marine (fuel that needs heating)
- MDO: Marine Diesel Oil
- ULSFO: Ultra Low Sulphur Fuel Oil
- VLSFO: Very Low Sulphur Fuel Oil
- HSFO: High Sulphur Fuel Oil

Sulphur content	HFO (RM-grades)	MDO (DMB, DFB)	MGO (DMA, DFA, DMZ, DFZ)
$S \leq 0.10 \%$	ULSFO RM	ULSFO DM	
$0.10 \% < S \leq 0.50 \%$	VLSFO RM	VLSFO DM	
$0.50 \% < S$	HSFO RM*	HSFO DM*	

* Sadece **Scrubber** kullanan gemiler için müsaade edilmektedir.

OKSİDASYON STABİLİTESİ/ OXIDATION STABILITY

Oksidasyon Stabilitesi:

- ❖ Distile yakıtların oksidasyon yoluyla bozunması, yakıt stabilite sorunlarına yol açabilir. Kararsız distile yakıtlar, **çözünmeyen organik partiküller** oluşturabilir ve bu partiküller yakıt filtrelerini tıkayabilir, aşınmaya neden olabilir ve enjektör birikimlerine katkıda bulunabilir.
- ❖ Ayrıca, yağ asidi metil esterleri (FAME), yakıtın oksidasyon stabilitesini etkileyebilir.
 - RME (Kolza Yağı Metil Esteri) oksidasyonunun ana ürünü :**Epoxy**.





Yoğunluk

1.YOĞUNLUK/DENSITY

Yakıt yoğunluğu gemilerde operasyonel nedenlerle önemlidir. Yakıt standartlarını sağlamak için farklı yoğunluktaki yakıt karıştırılabilir.

- ❖ Yakıt yoğunluğu sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak değişir. O yüzden 15 C deki yoğunluğu verilir.
- ❖ Birim hacmin kütsel değerin göstergesidir. (kg/m³,g/cm³)
- ❖ Yakıtın separatörde verimli ayrıştırılması için gereklidir.
- ❖ Yoğunluk silindire yakıtla gönderilen enerji miktarını belirler
- ❖ Yakıt yoğunluğu düştükçe silindire gönderilen yakıtın enerji değeri düşer. HFO den MGO e geçildiğinde aynı rack değerinde gemi hızındaki azalmanın nedeni budur.

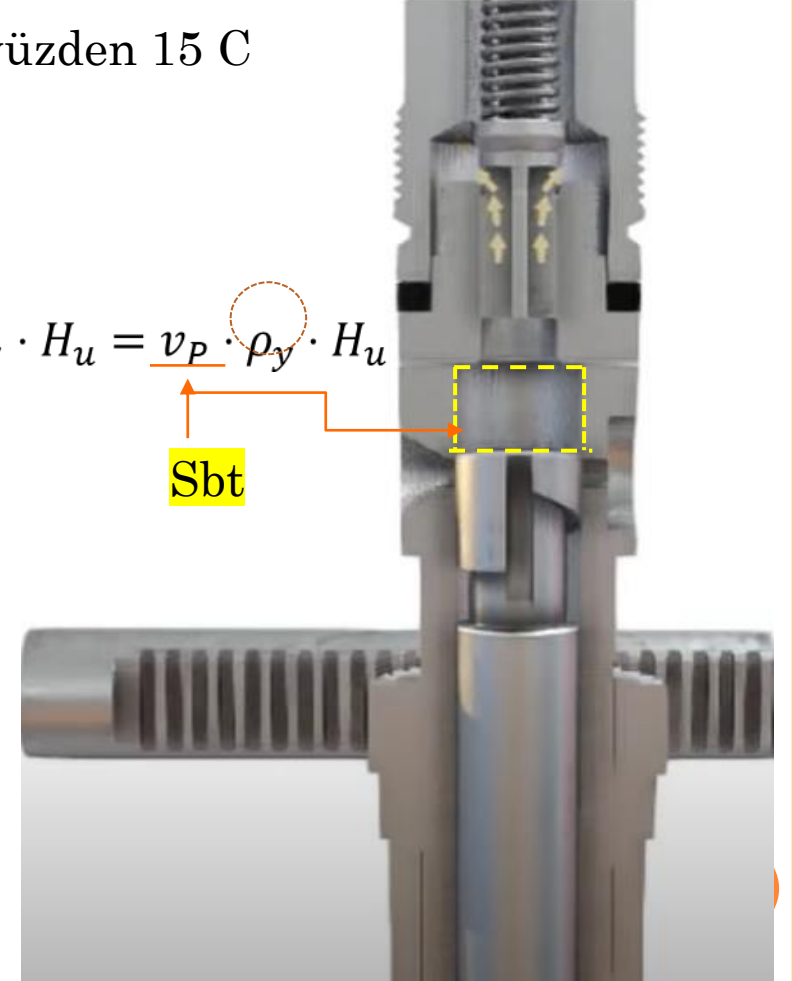
$$Qg = m_y \cdot H_u = \underline{v_P} \cdot \rho_y \cdot H_u$$

Sbt

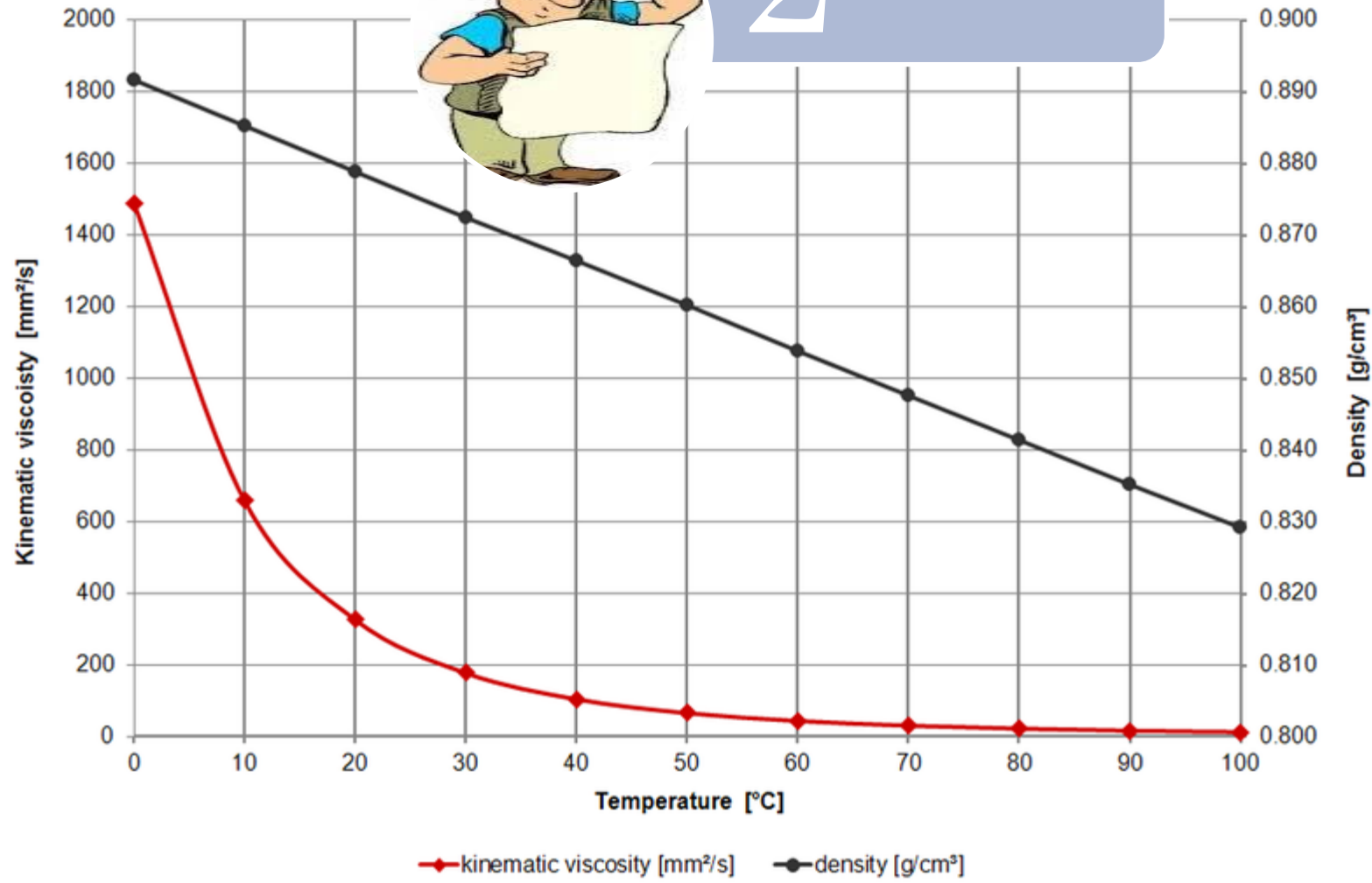
Yüksek yoğunluklu yakıtların sebep olduğu problemler:



- ☐ Kötü tutuşma performansı
- ☐ Kötü yanma performansı
- ☐ Yüksek kirlilik potansiyeli



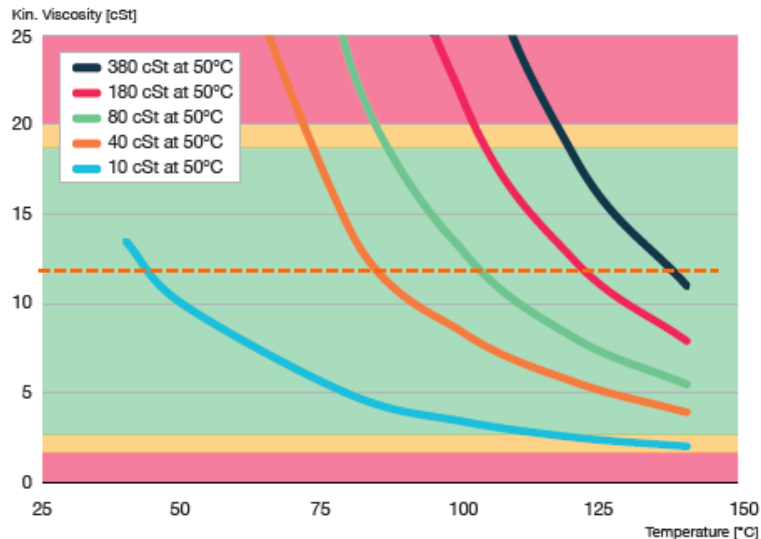
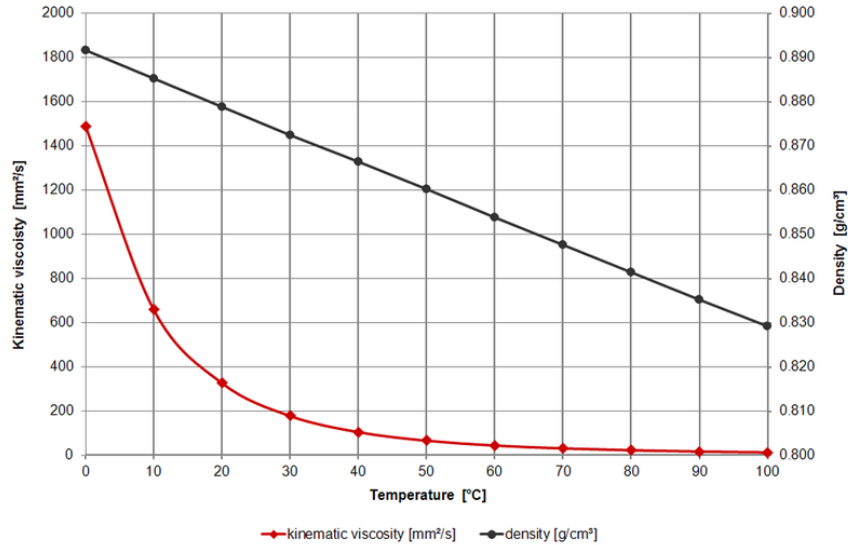
2



Viskozite

1.Kinematik Viskozite / Kinematic viscosity

Viskozite : Viskozite bir akışkanın kendi akışına karşı gösterdiği iç dirençtir. Birimi mm^2/s olup, ($1\text{mm}^2/\text{s}=1\text{cSt}$). **Distile yakıtların vizkozitesi 40°C de, Residual yakıtların ise 50°C de verilir.**



- Normal ana makine yakıt giriş viskozitesi **12-13 cSt** arasındadır.
- Farklı viskozitedeki VLSFO yakıtların makine girişindeki viskoziteyi sabitlemek için yakıt sıcaklığının değişmesi gerekir.
- Pompa ve enjektörlerin aşınmaması ve tutmaması için ana Makine ve DG yakıt giriş viskozitesi **2-3 cSt** altına düşürülmemelidir.
- VLSFO yakıtlarda viskozite değişkendir. Her yakıt alımına özel yakıt sıcaklığı istenilen viskoziteyi sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Düşük viskoziteli yakıtlar, yakıt pompasının işlevini üç şekilde tehdit eder:
 - *Hidrodinamik yağ tabakasının bozulması, bunun sonucunda mekanik kilitlenmeler(tutma, kazıklama) oluşabilir.*
 - *Yetersiz enjeksiyon basıncı, ilk start ve düşük yükte işletme şartlarını kötüleştirebilir.*
 - *Yetersiz yakıt index marjı, geminin hızlanmasını sınırlar.*
- Yakıt devresi üzerindeki tüm pompalarda(besleme pompaları, sirkülasyon pompaları, transfer pompaları ve besleme pompaları) viskozite **2 cSt** altına düşürülmemelidir.
- Yüksek viskozite ise elektrik motorlarının aşırı yüklenmesine ve pompalama sorunlarına neden olur.

1.Farklı viskozitedeki yakıtların ana makinede sebep olacağı işletme sorunları

- Change-Over işlemi esnasında viskozite 2 cSt altına düşmemeli 13 cSt üzerine çıkmamalıdır.

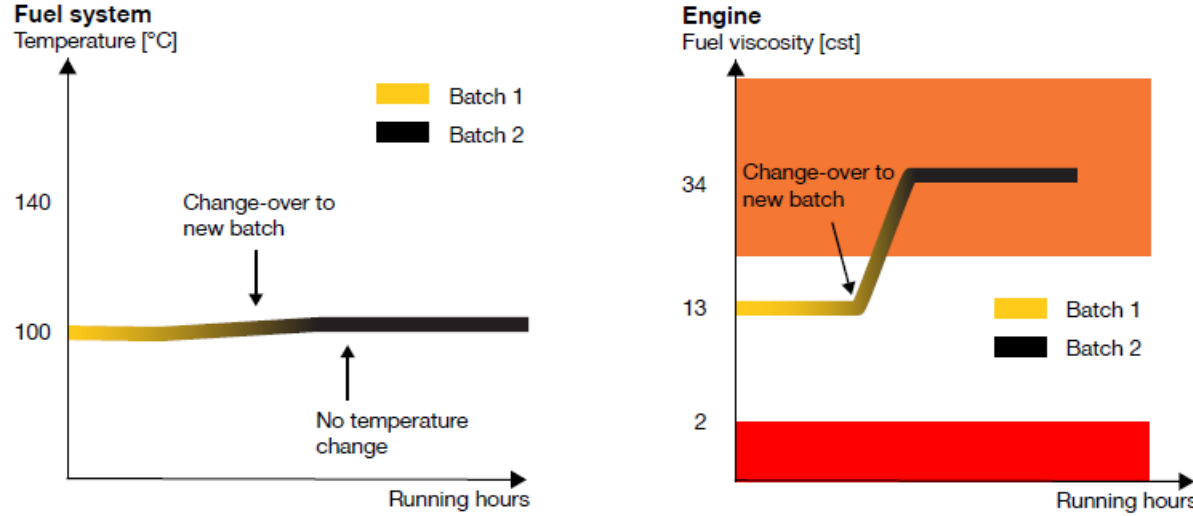


Fig. 21: The figures show a change-over from a fuel with a viscosity of 80 cSt at 50°C (Batch 1) to a fuel with viscosity 380 cSt at 50°C (Batch 2) without changing the temperature of the fuel. Note that the viscosity at engine inlet will be too high.

- ✓ A yakıtı (80 cSt @50 °C)
- ✓ B yakıtı (380 cSt @50 °C)

- ✓ A yakıtı makineye 13 cst ile girmesi için 100 C ye ısıtarak pompaya sevk ederken, B yakıtını (380 cSt) aynı sıcaklığa ısıtıp gönderildiğinde yakıt ana makineye 34 cSt de girecektir.

- ✓ Bu kötü püskürtme karakteristiği ve kötü yanma demektir.

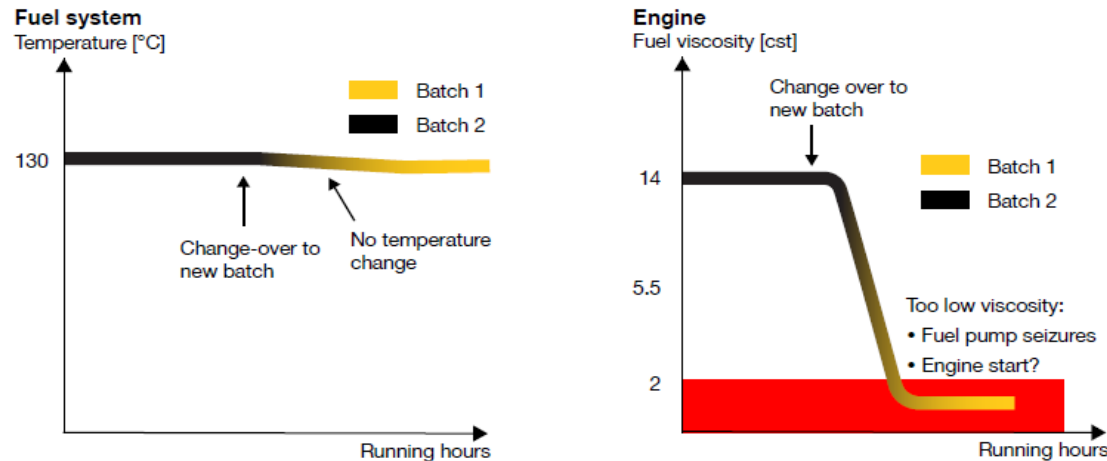


Fig. 22: The figures show a change-over from a fuel with a viscosity of 380 cSt at 50°C (Batch 1) to a fuel with viscosity 8 cSt at 50°C (Batch 2) without changing the temperature of the fuel. Note that the viscosity at engine inlet will be too low.

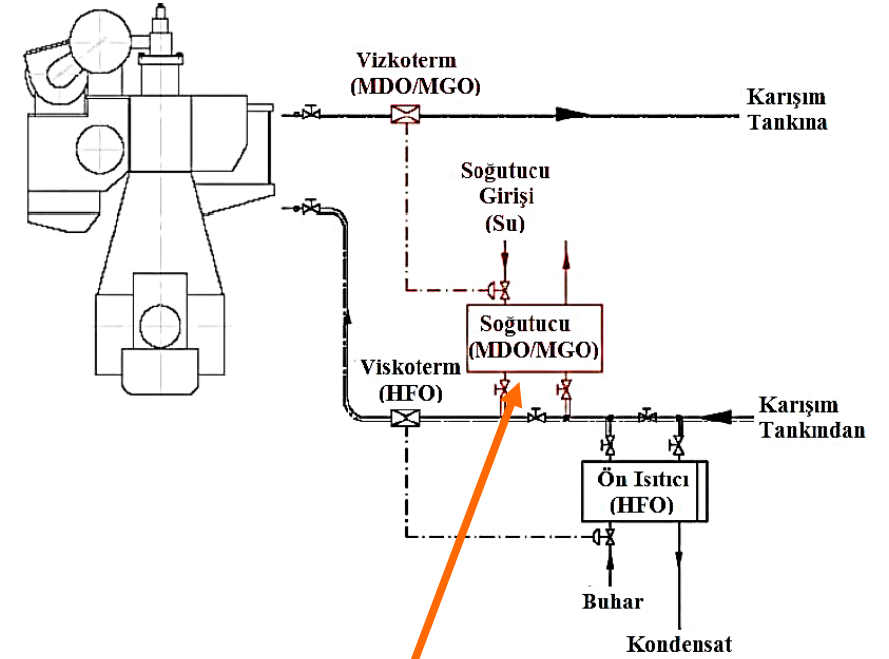
- ✓ A yakıtı (380 cSt @50 C)
- ✓ B yakıtı (8 cSt @50 C)

- ✓ A yakıtı makineye 13 cst ile girmesi için 130 C ye ısıtarak pompaya sevk ederken,B yakıtını (8 cSt) aynı sıcaklığa ısıtıp gönderildiğinde yakıt ana makineye 1 cSt civarında girecektir.

- ✓ Bu durumda,tüm pompalarda yüksek aşınma ve tutma(kazıklama) meydana gelecektir.

1.2 YAKIT VİSKOZİTESİNİN 2 cSt ALTINA DÜŞME DURUMUNDA ORTAYA ÇIKABİLECEK HANDİKAPLAR

- Düşük viskoziteli yakıtlarda yakıt sıcaklığı düzgün ayarlanmadığı takdirde, makine girişindeki viskozitenin 2cSt altına düştüğünde pompa ve enjektörlerde hızlı aşınma,
- Yüksek aşınma barıl-plenger grubunda yakıt sızıntı kaybını artırdığı için ilk hareket problemlerine neden olur.
- Pompa basma basıncı düşeceği için geminin daha düşük hızla ivmelenmesine neden olur ve geminin manevra kabiliyetini olumsuz etkileyebilir.
- **Change-Over** periyodunda yakıt ısıtıcısının sıcaklığını yeteri kadar düşürmeden HFO e geçilmesi durumunda viskozitenin çok düşme sorunu.

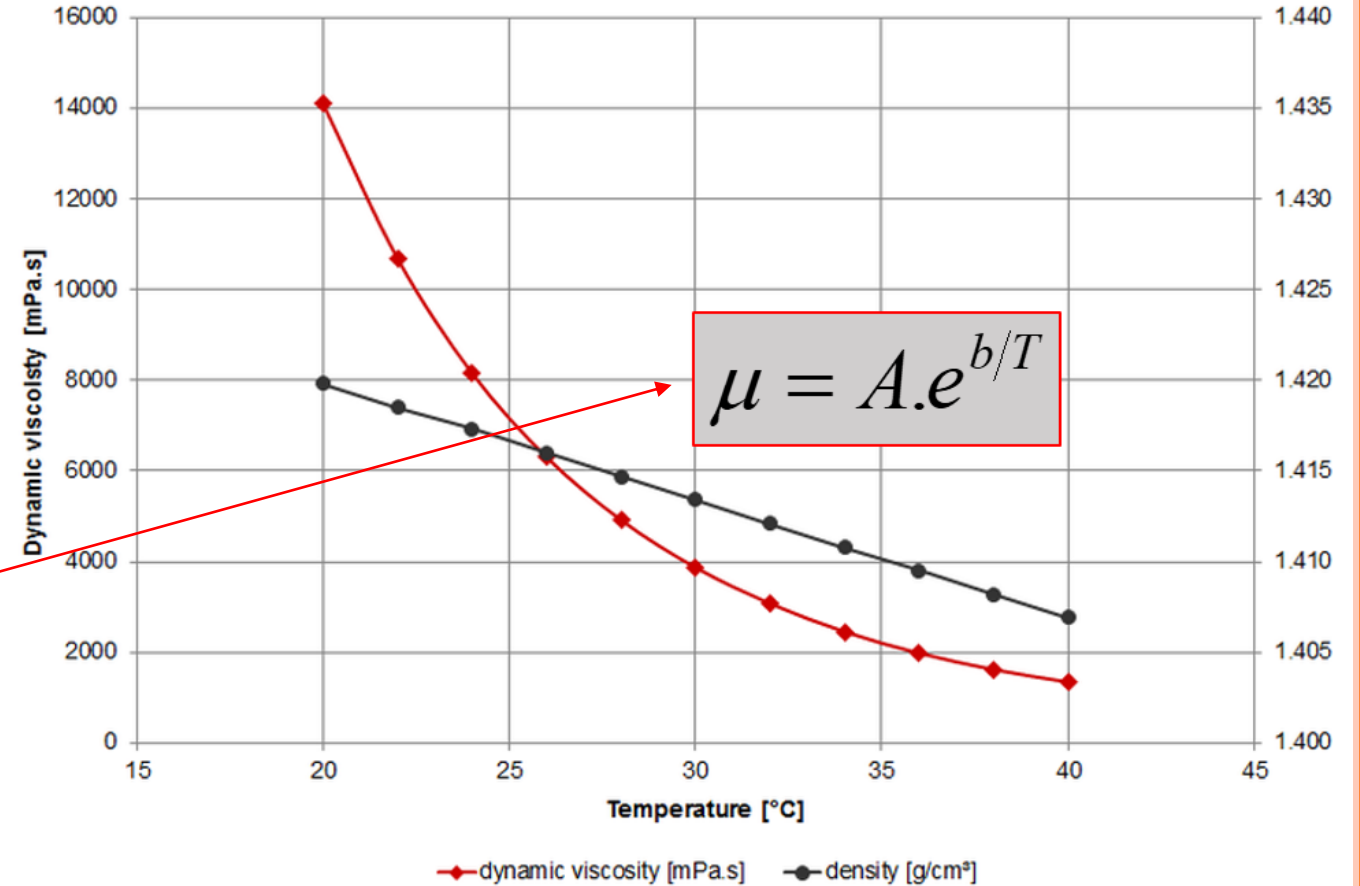


Düşük viskoziteli yakıtlarda makine girişinden önce yakıtın soğutulması pompa ve enjektör aşınmasını önleyecektir.

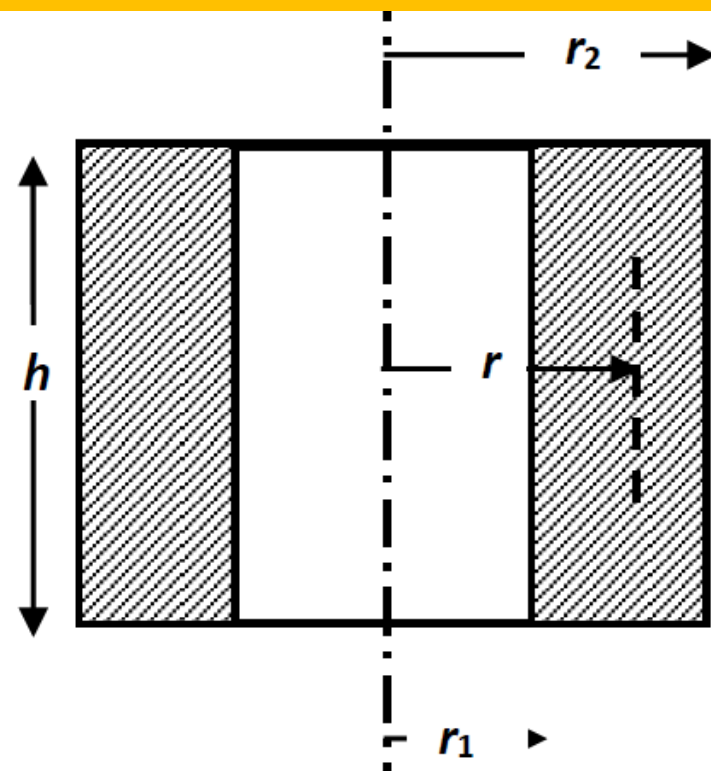
SEPERASYON VERİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

$$U_t \propto \frac{(\text{Part.Çapı})^2(\text{rpm})^2(\text{Çap})(\text{Yoğunluk farkı})}{(\text{Viskozite})}$$

$$\eta_{\text{separator}} \propto \left\{ \begin{array}{l} - \text{Partikül Çapı} \\ - \text{Hız} \\ - \text{Çap} \\ - \text{Yoğunluk farkı} \\ - \text{Viskozite} \\ - \text{Sıcaklık} \end{array} \right\}$$



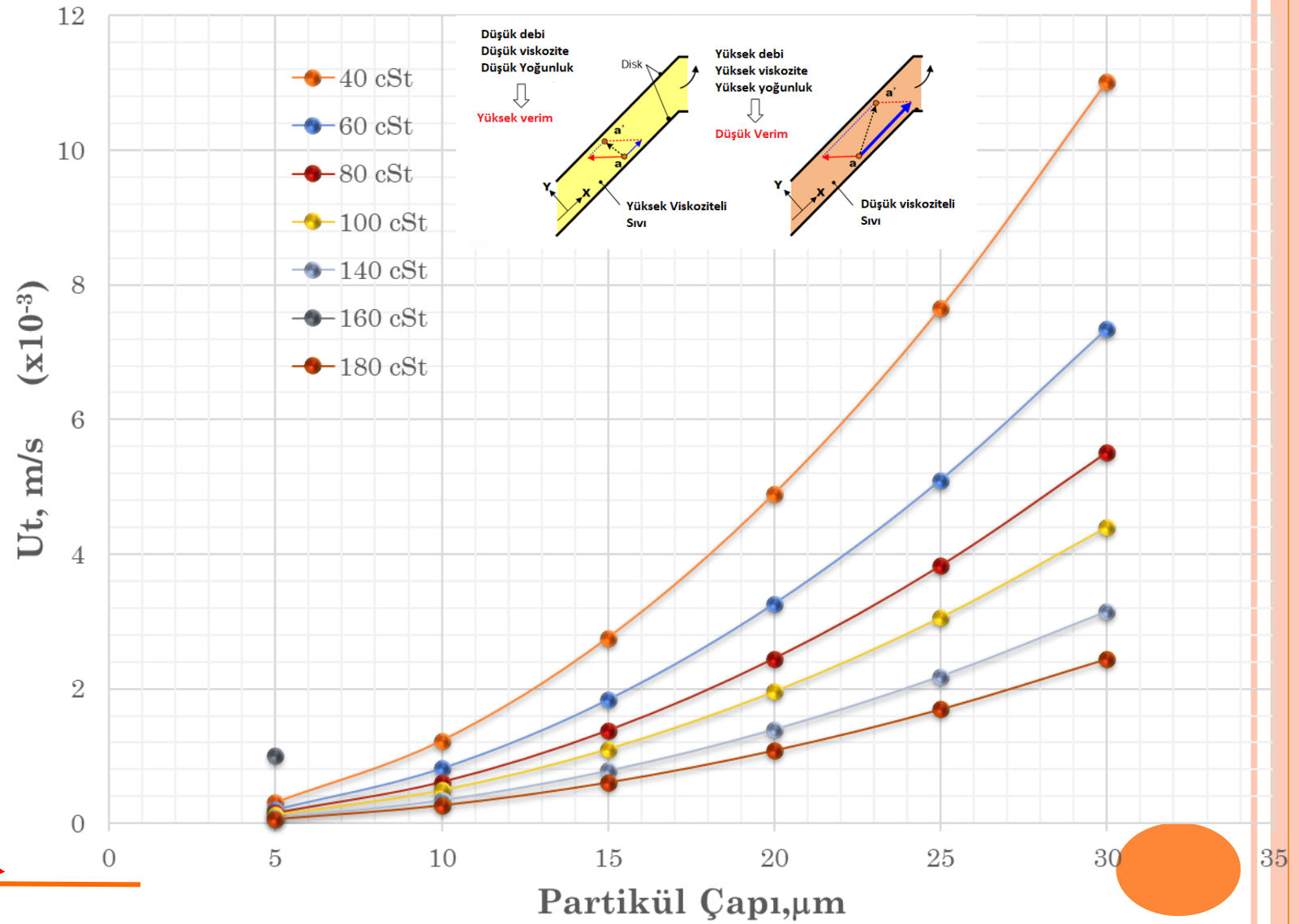
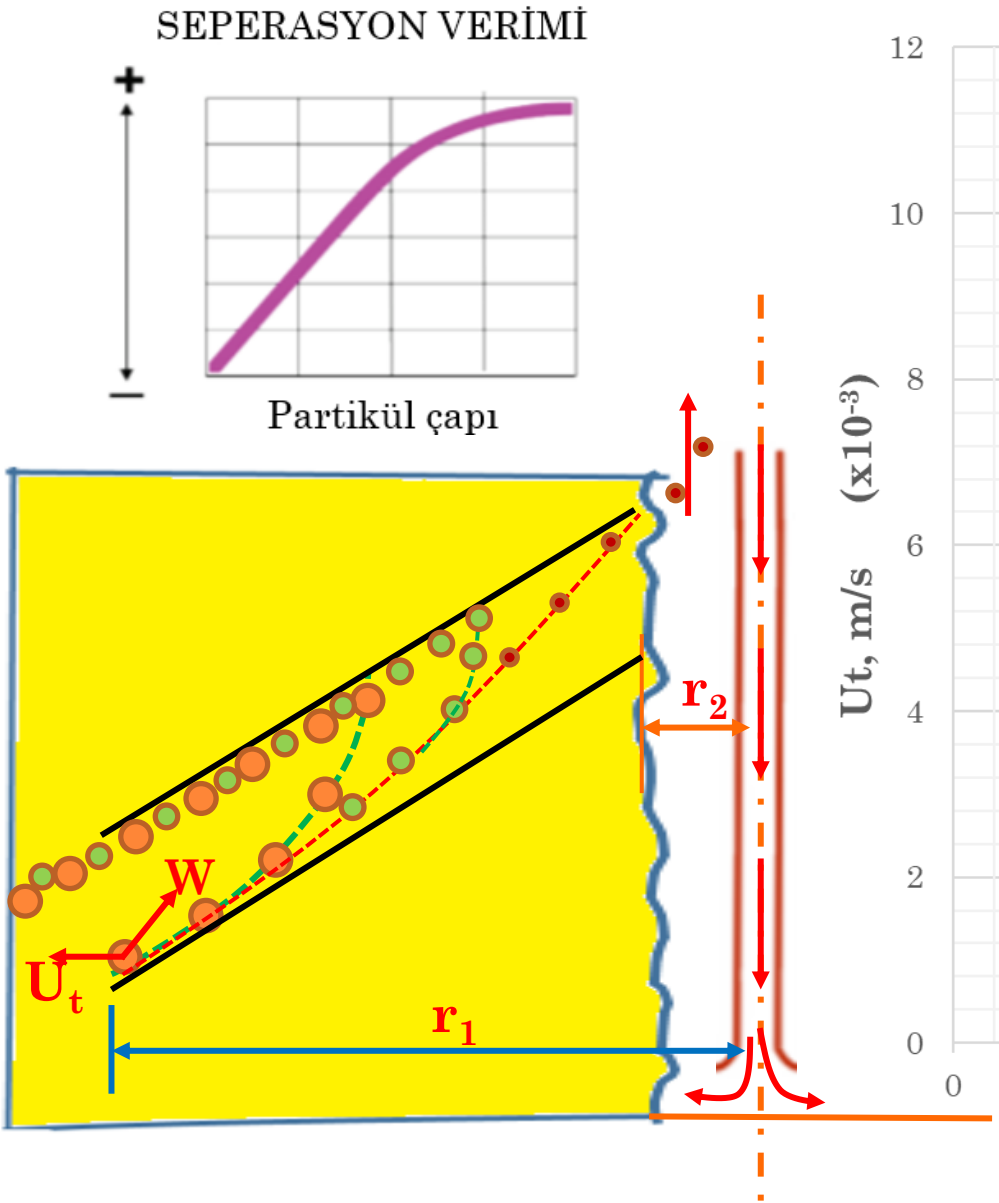
VİSKOZİTENİN AYRIŞMA HIZINA ETKİSİ



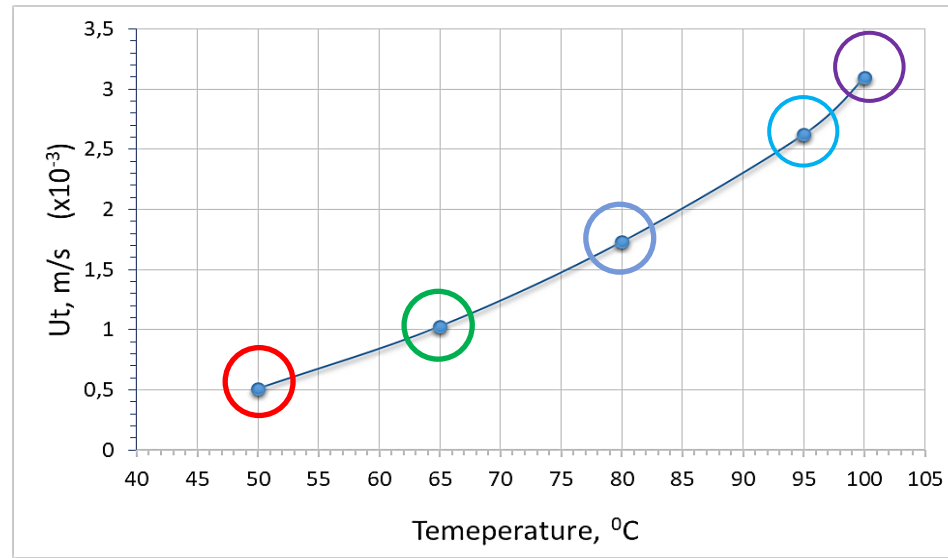
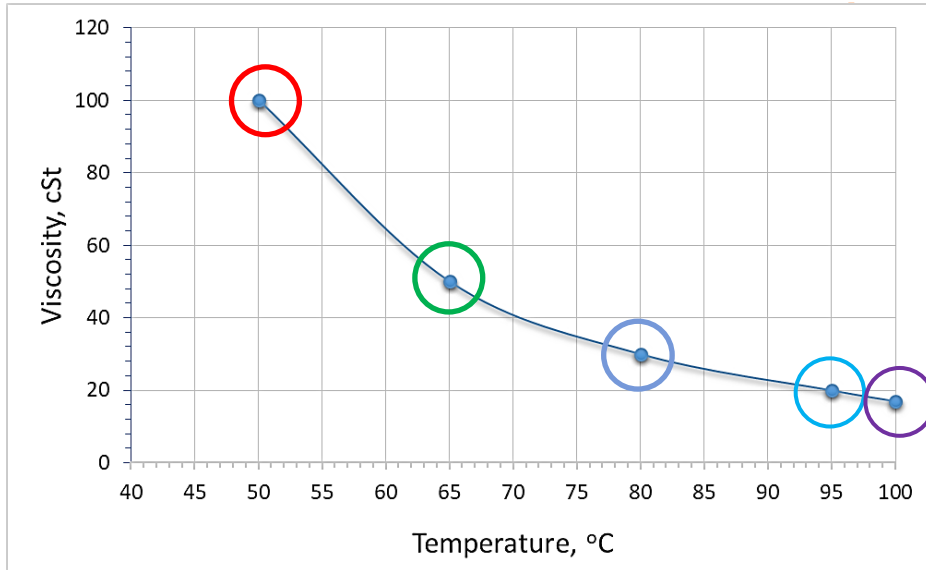
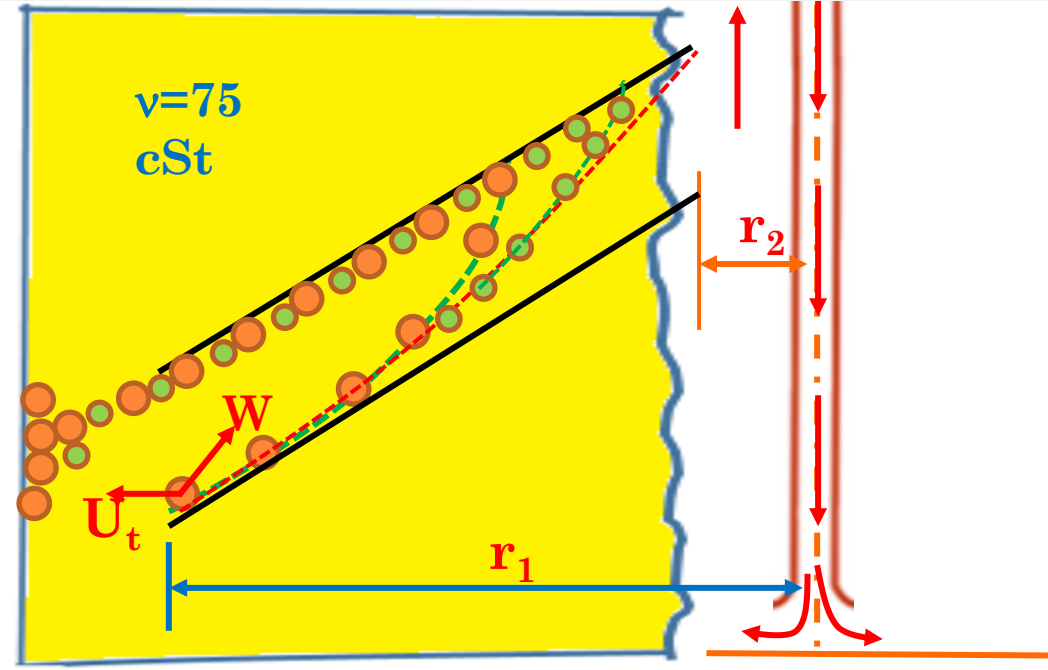
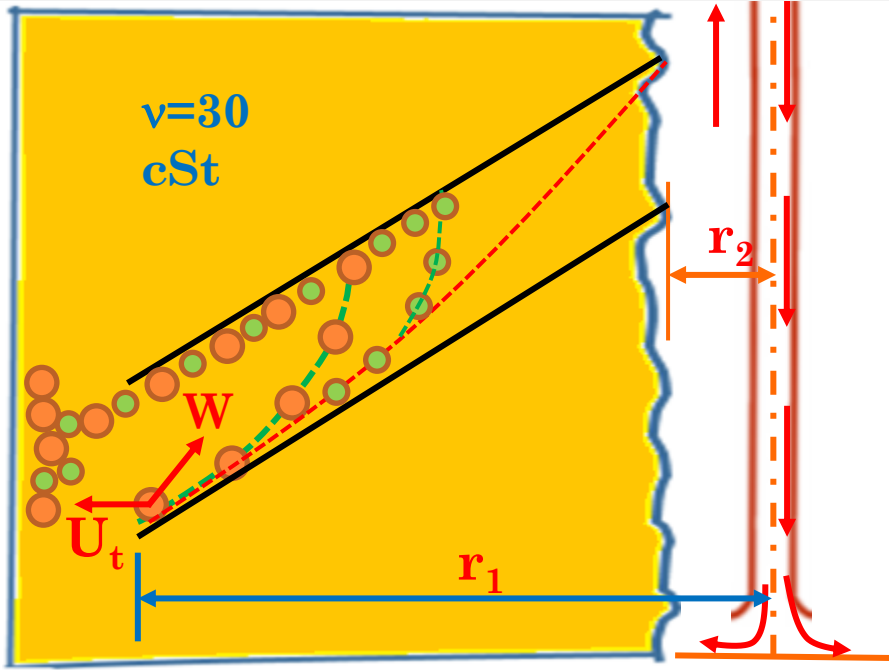
$$U_t = d_p^2 r \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 \frac{(\rho_p - \rho_f)}{18\mu} = \frac{d_p^2 n^2 r (\rho_p - \rho_f)}{1640\mu}$$



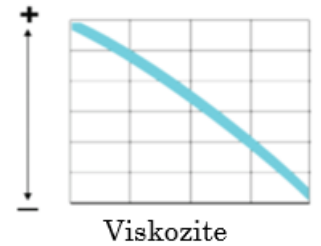
Akış(w) ve çözelti hızı(Ut) etkisi altında partikül çapının seperatör verimine etkisi



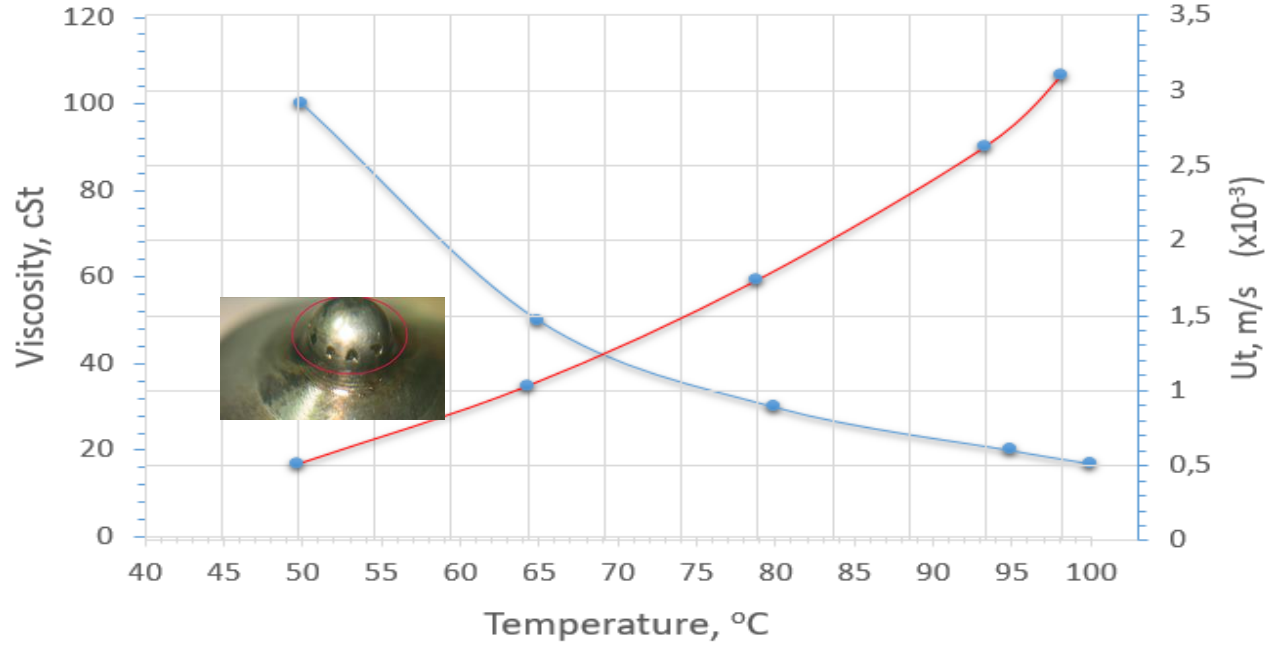
Akış(w) ve çözelti hızı(U_t) etkisi viskozitenin seperasyon verimine etkisi



Seperasyon verimi



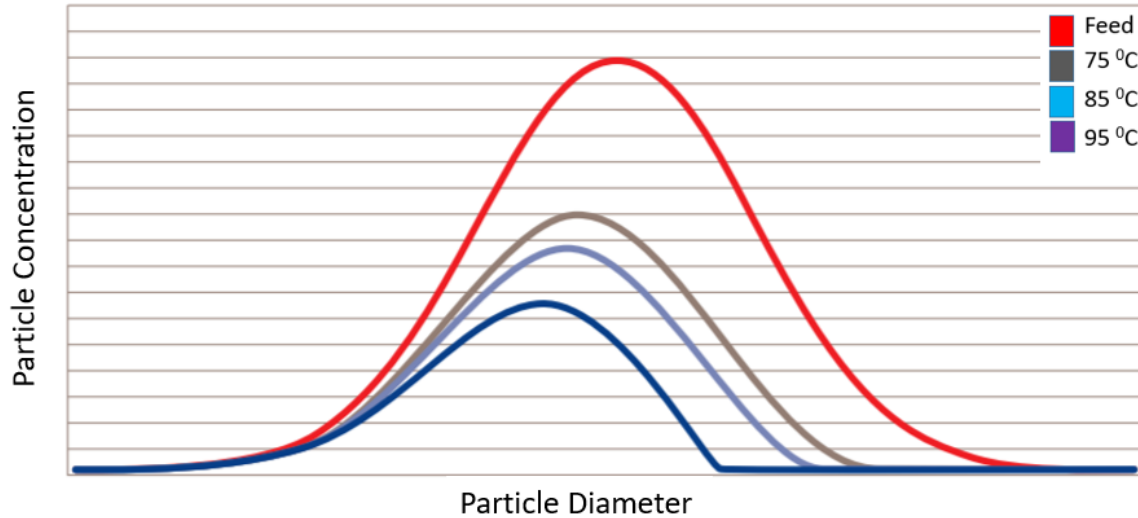
Sıcaklığın Seperasyon verimine etkisi



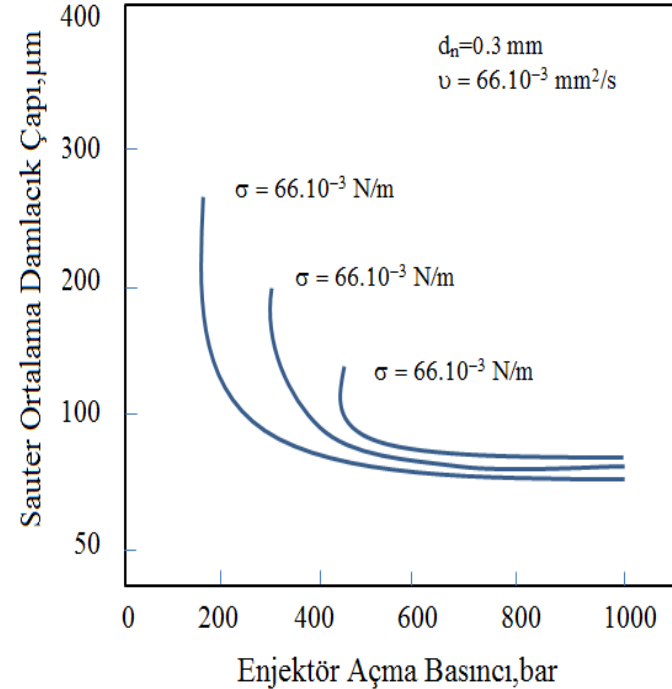
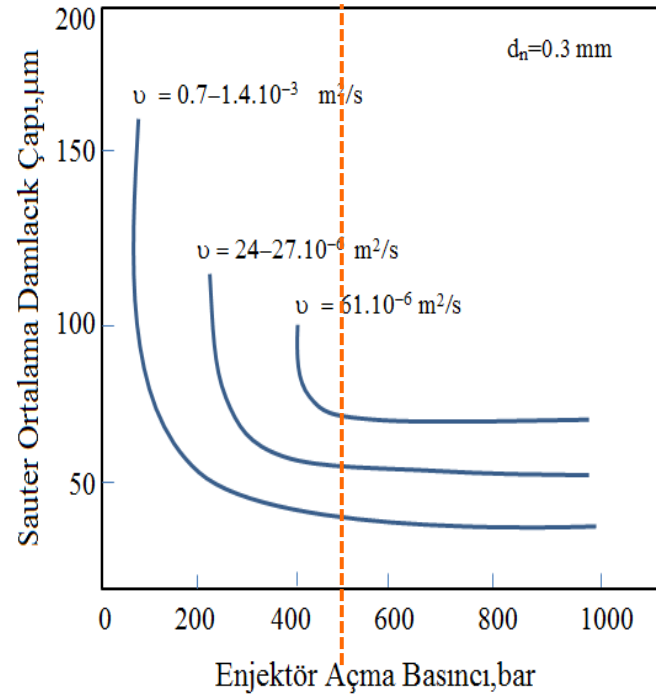
Seperatör yakıt giriş sıcaklığı arttıkça

- Viskozite düşer
- Çökelme hızı artar
- Daha fazla aşındırıcı partikül çöker

Yakıt çok daha iyi temzilenir.



YAKIT ATOMİZASYONU VE DAMLACIK ÇAPI ÜZERİNE VİZKOZİTE VE YÜZEY GERİLMESİNİN ETKİSİ



- ❑ Viskozite ve yüzey gerilimi arttıkça damlacık çapı büyümekte azaldıkça küçülmektedir,
- ❑ Püskürtme basıncı arttıkça damlacık çapı küçülmektedir,
- ❑ Belirli yüzey geriliminden sonra basıncı artırmak damlacık çapını etkilememektedir.





3

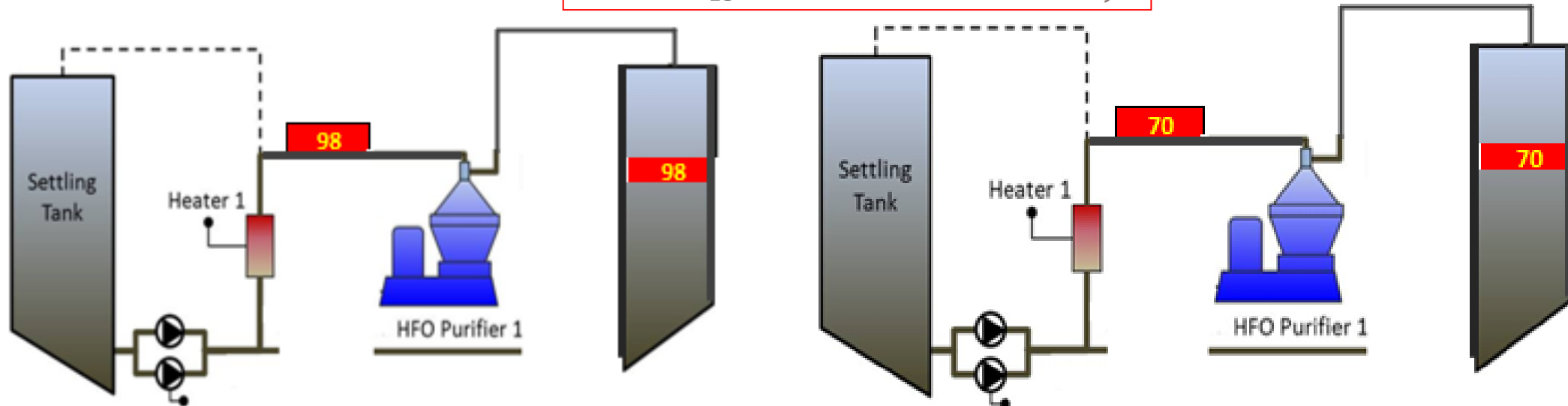


*Yakıt Tipine
Göre uygun
İşletme
Şartlarının
Sağlanması*

YAKIT ÖZELLİĞİNE GÖRE SEPERASYON ŞARTLARININ BELİRLENMESİ

Properties	3.5% (HSFO RM)	0.5% (VLSFO RM)
Parlama Noktası/Flash Point, °C	>100	71 C
Yoğunluk/density at 15 °C, kg/ m ³	990.1	926.5
Kinematic Viscosity at 50 °C , cSt	380	128,9
Akma Noktası/ Pour point, °C	30	18

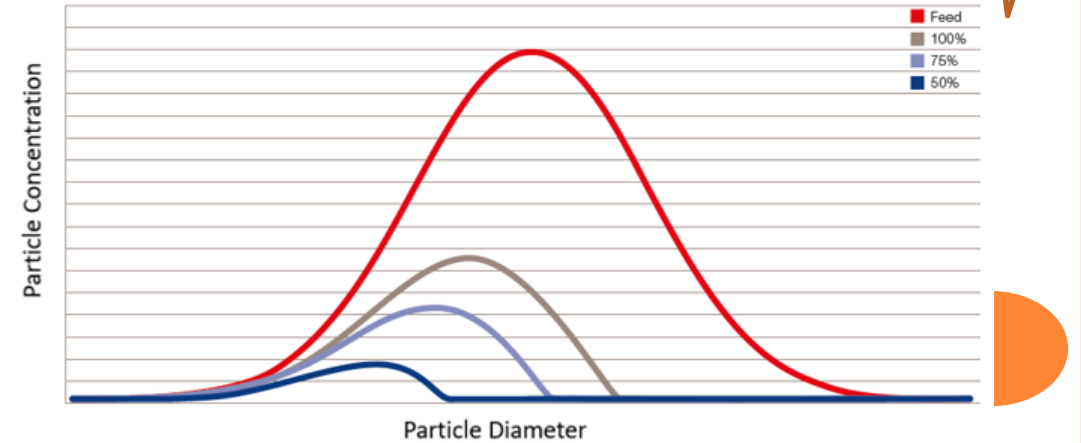
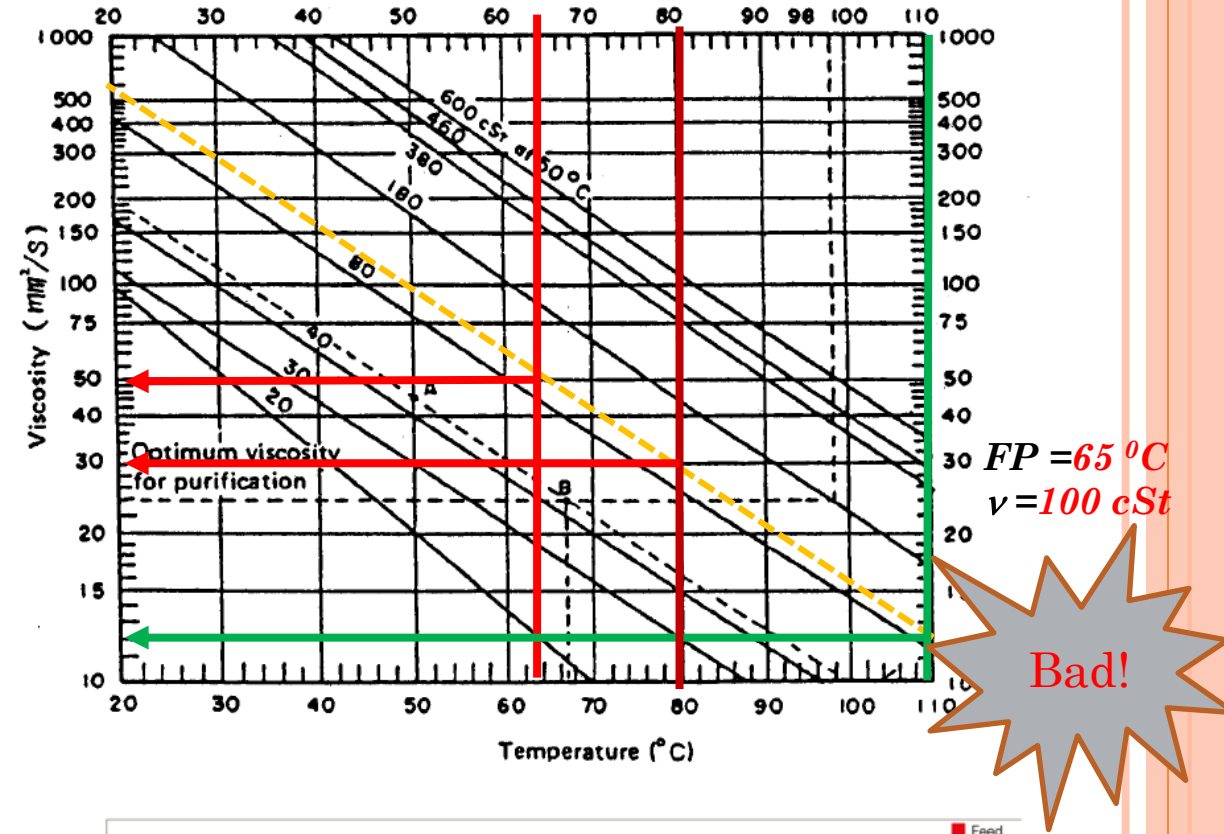
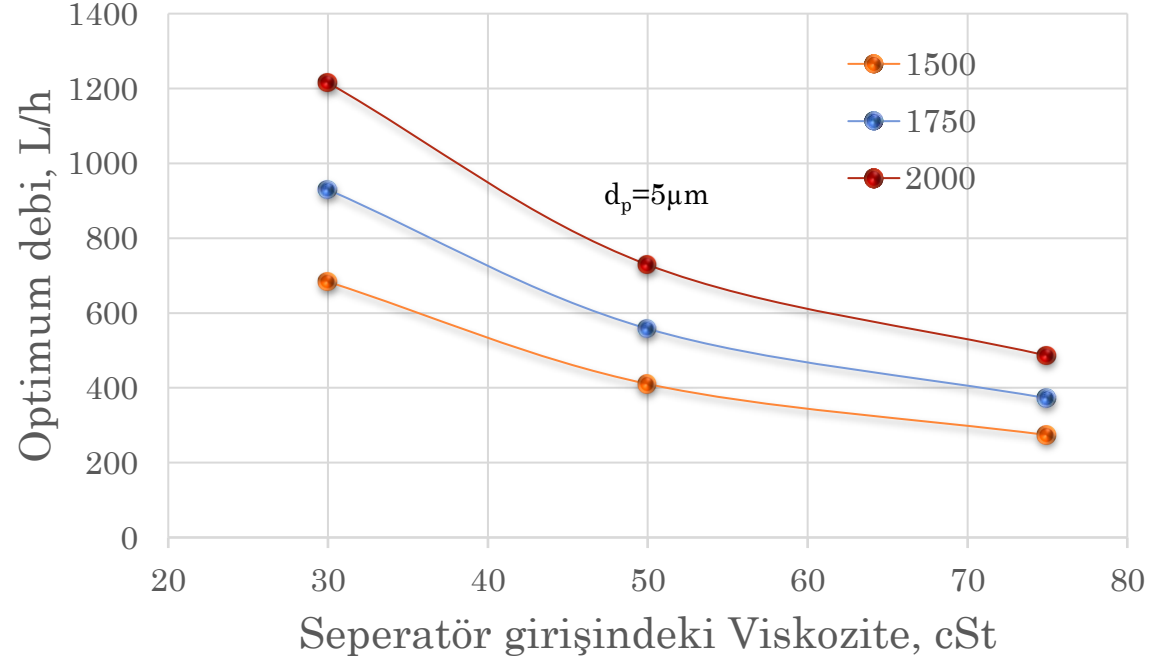
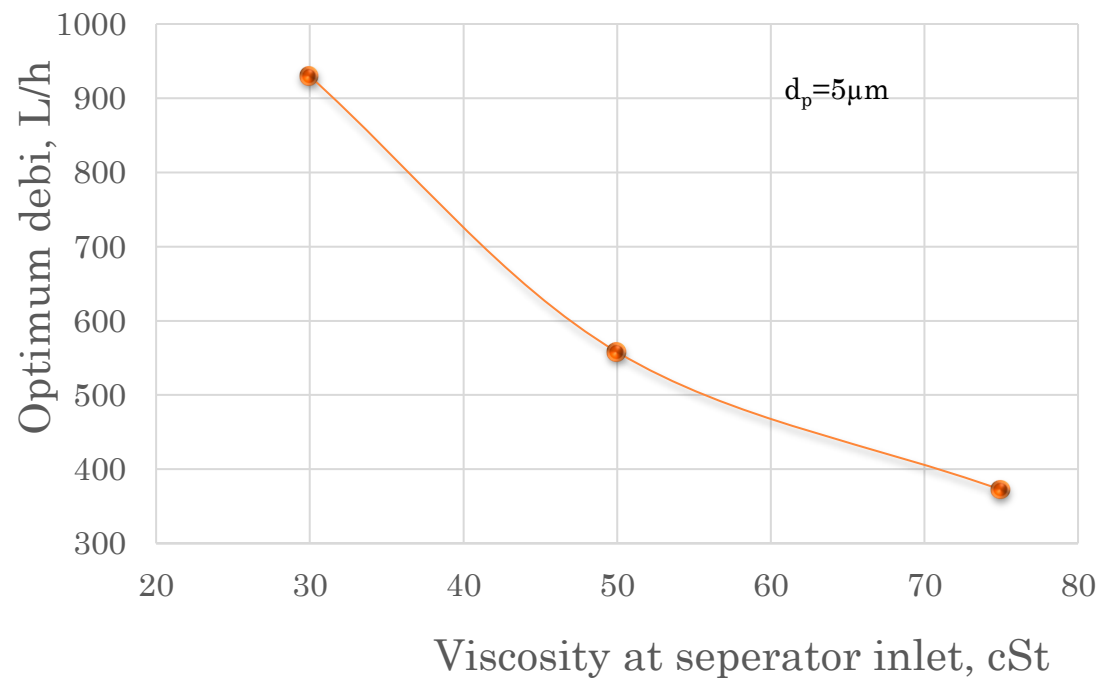
$$\rho_T = \rho_{15} (1 - 0,00645(T - 15))$$

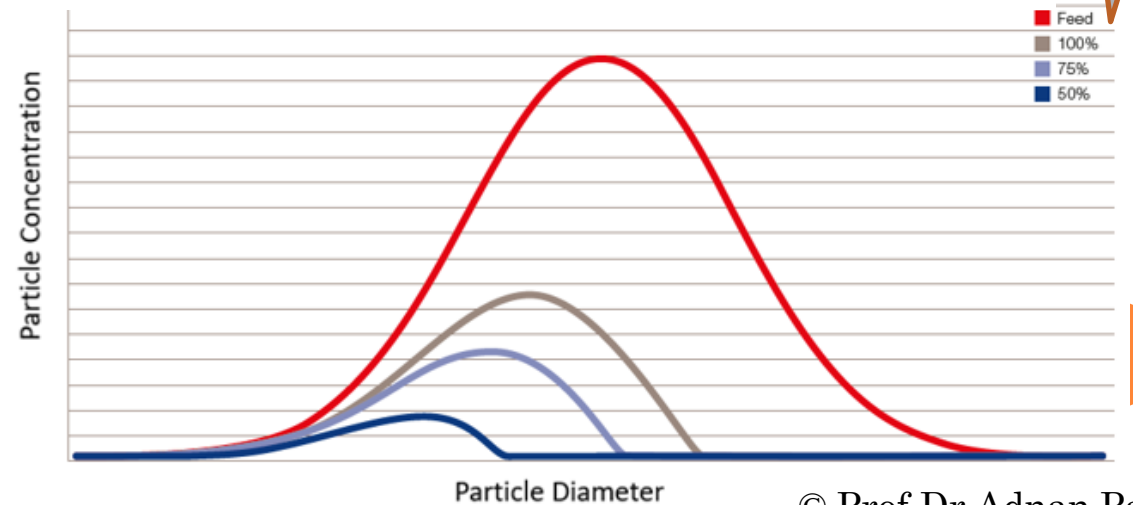
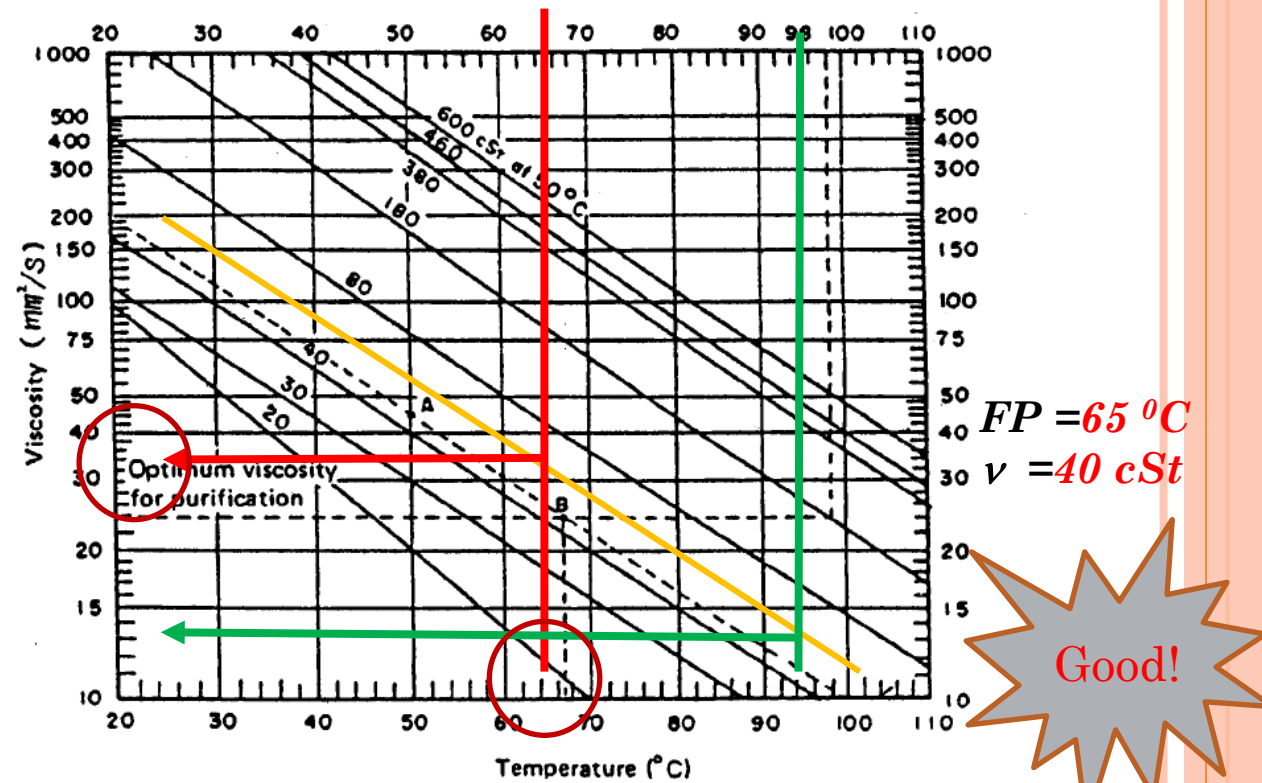
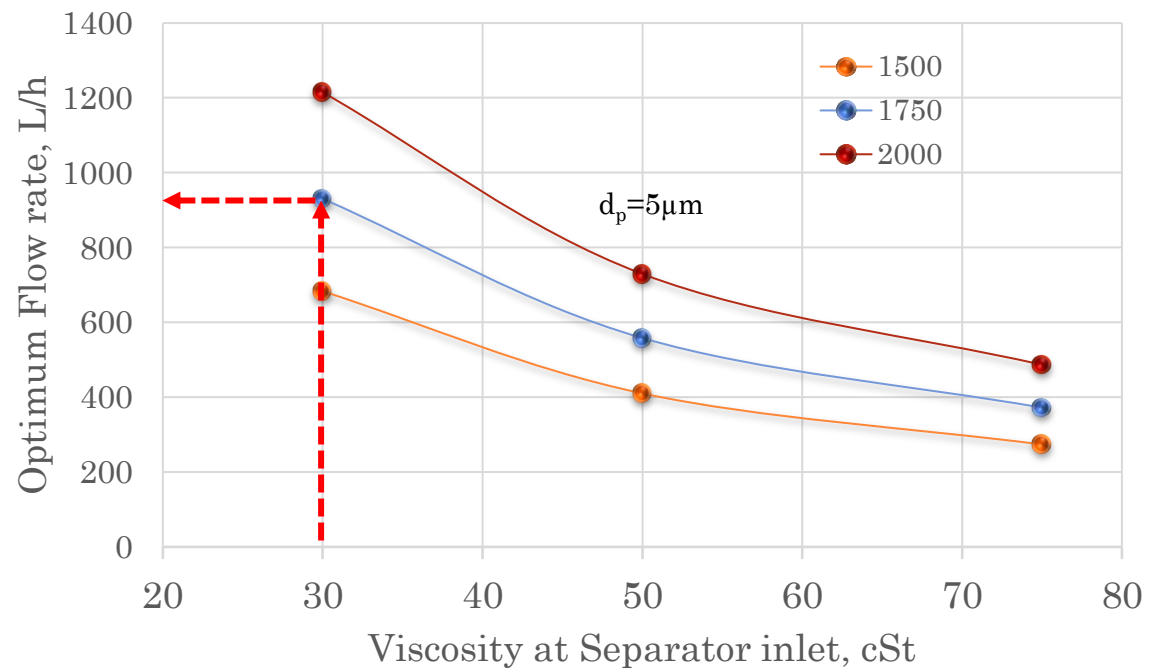
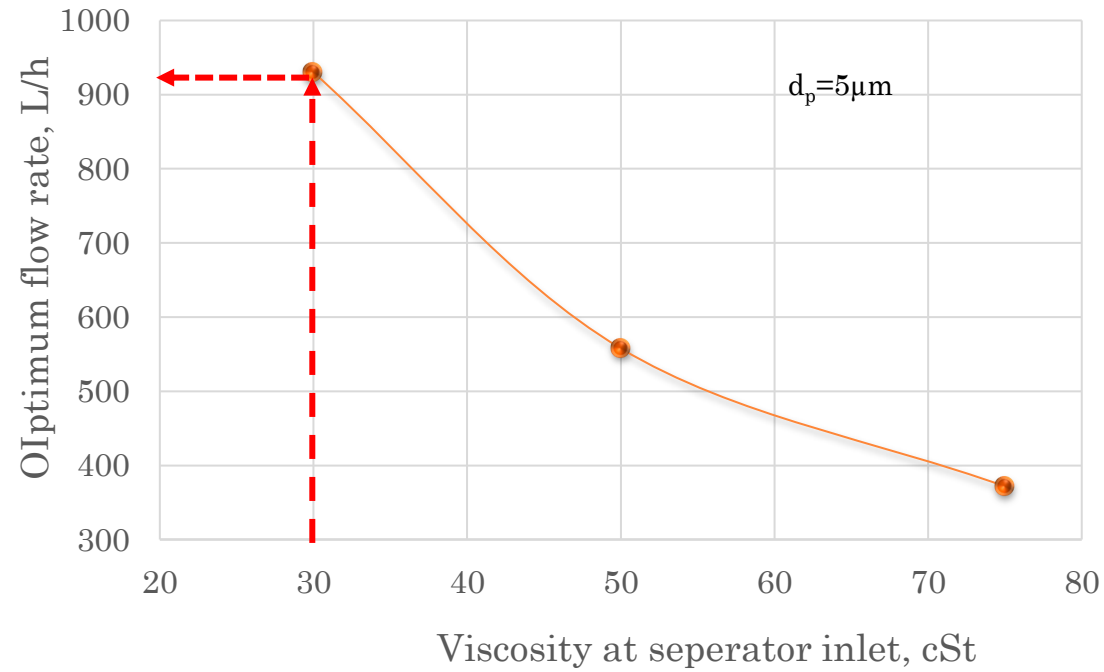


HFO	
Density at 15 °C	0,99
Seperator Inlet Temeperature °C	98
Density at sperator Inlet	0,9377

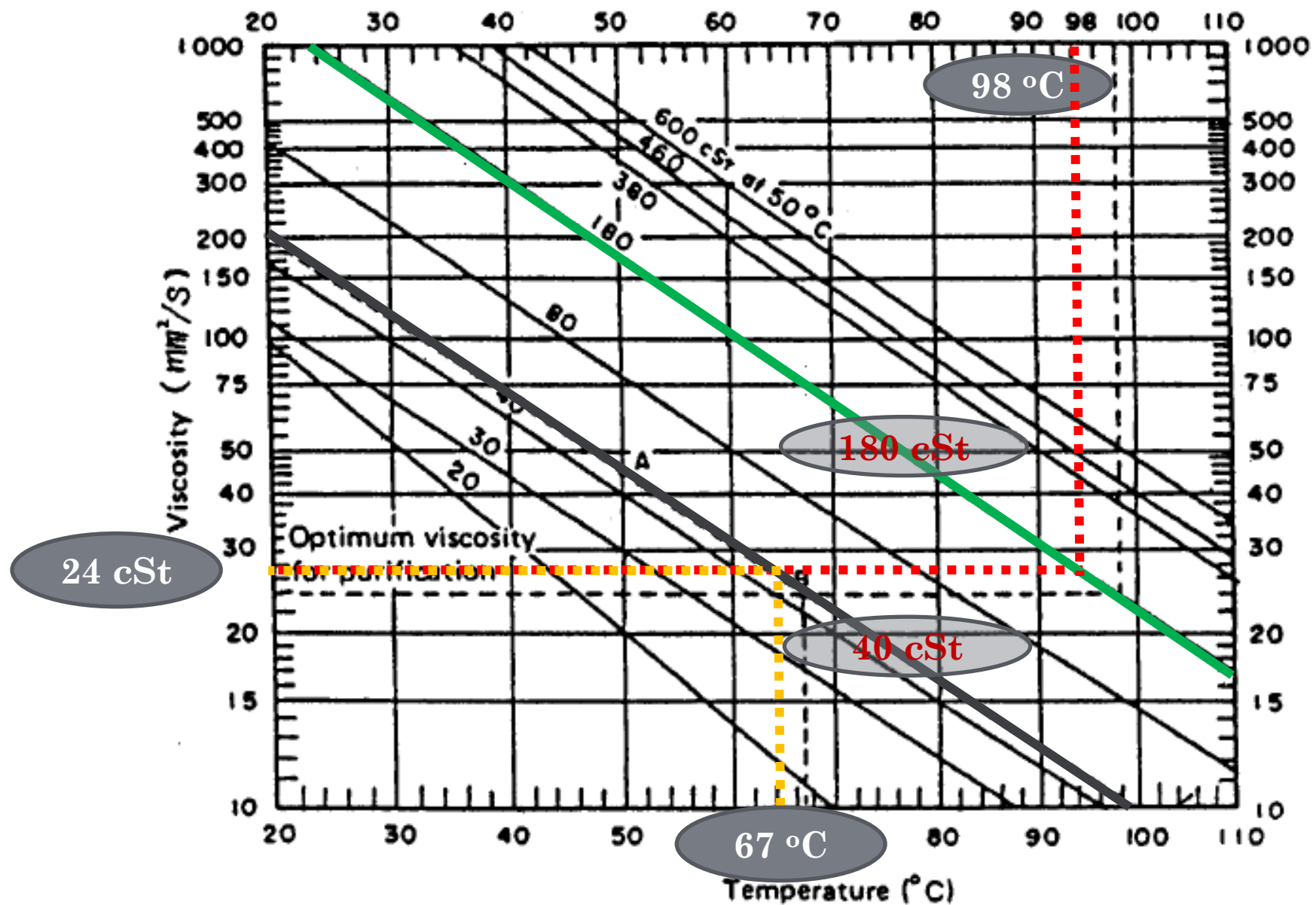
0.5% VLSFO	
Density at 15 °C	0,9265
Seperator Inlet Temeperature °C	70
Density at sperator Inlet	0,8919







Viskozite ve Sıcaklık ilişkisi



GRAVITE DİSK SEÇİMİ

Yakıtın 15 15 °C deki *Özgül Gravitesi* bilinmektedir.

Örnek 1.

□ **HFO RMG380**

Özgül ağırlık : 0.9900

Seperasyon sıcaklığı : 98 °C

Debi : 3000 L/h

Viskozite : 180 cSt

Örnek 2.

□ **VLSFO RM (RMG380)**

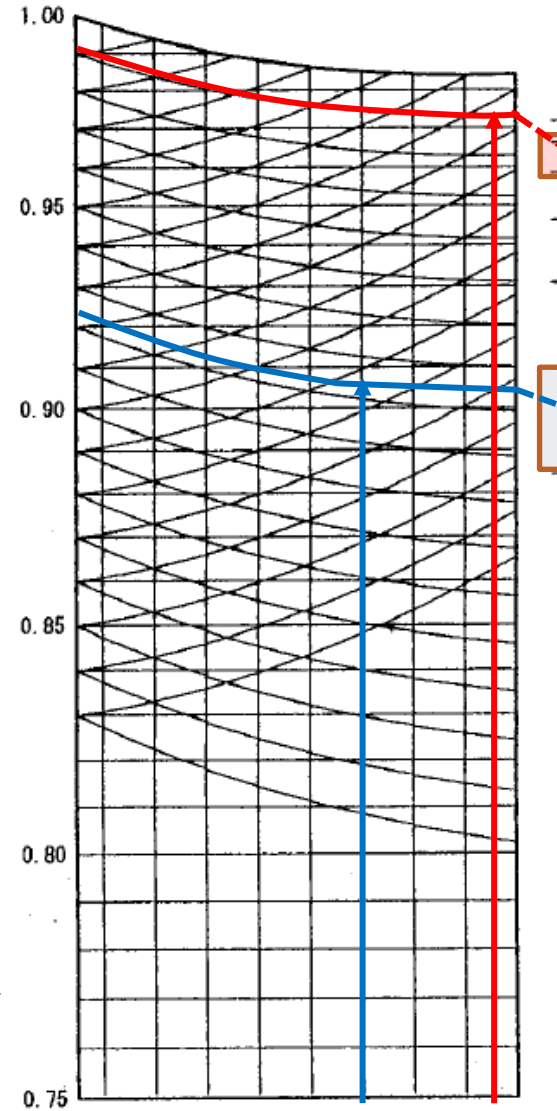
Özgül ağırlık : 0.9215

Seperasyon sıcaklığı : 70 °C

Debi : 3000 L/h

Viskozite : 40 cSt

Specific gravity



Gravite Disk İç Çapı:

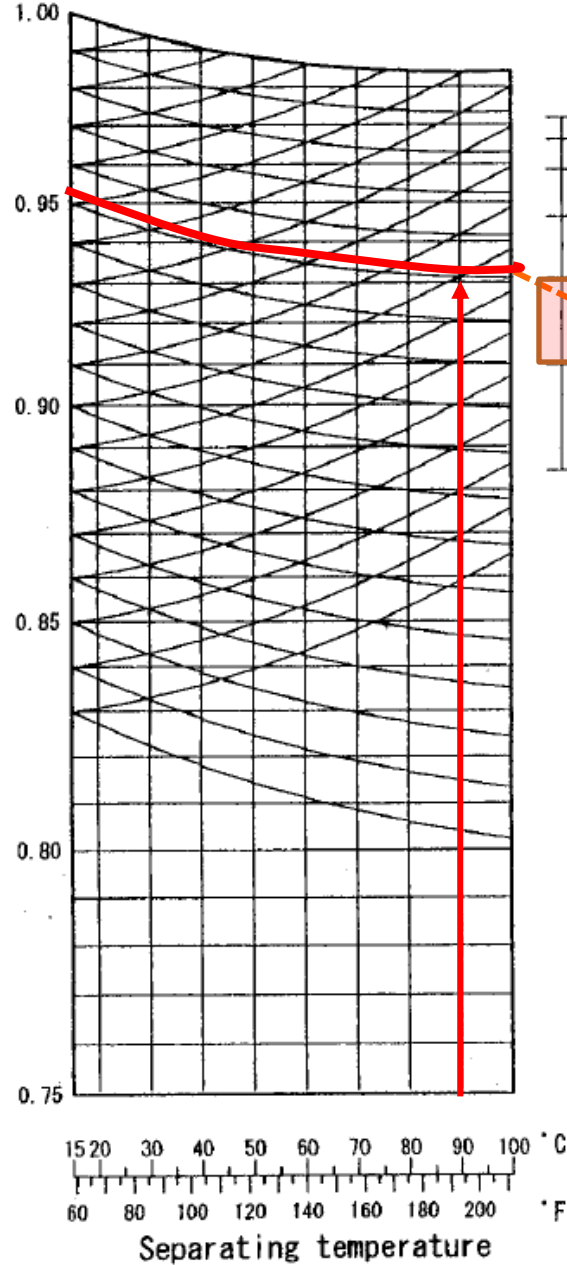
Ø66.5

Ø79

Feed rate (L/h)

GRAVİTE DİSK SEÇİMİ

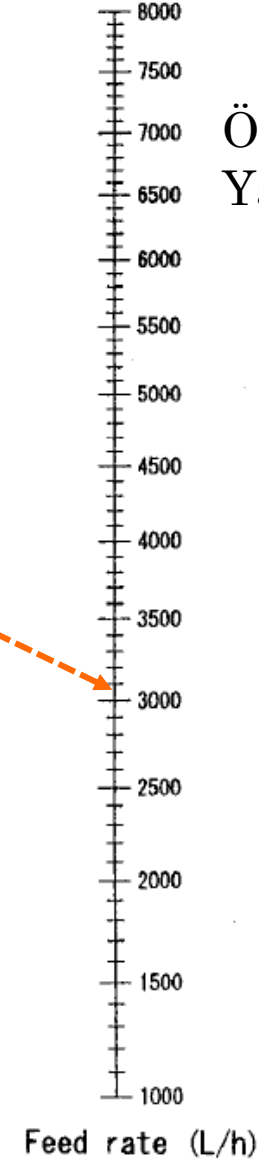
Specific gravity



— ϕ 65
— ϕ 66.5
— ϕ 68.5
— ϕ 71.5
— ϕ 75
— ϕ 79

Gravite Disk İç
çapı(mm) **Ø75**

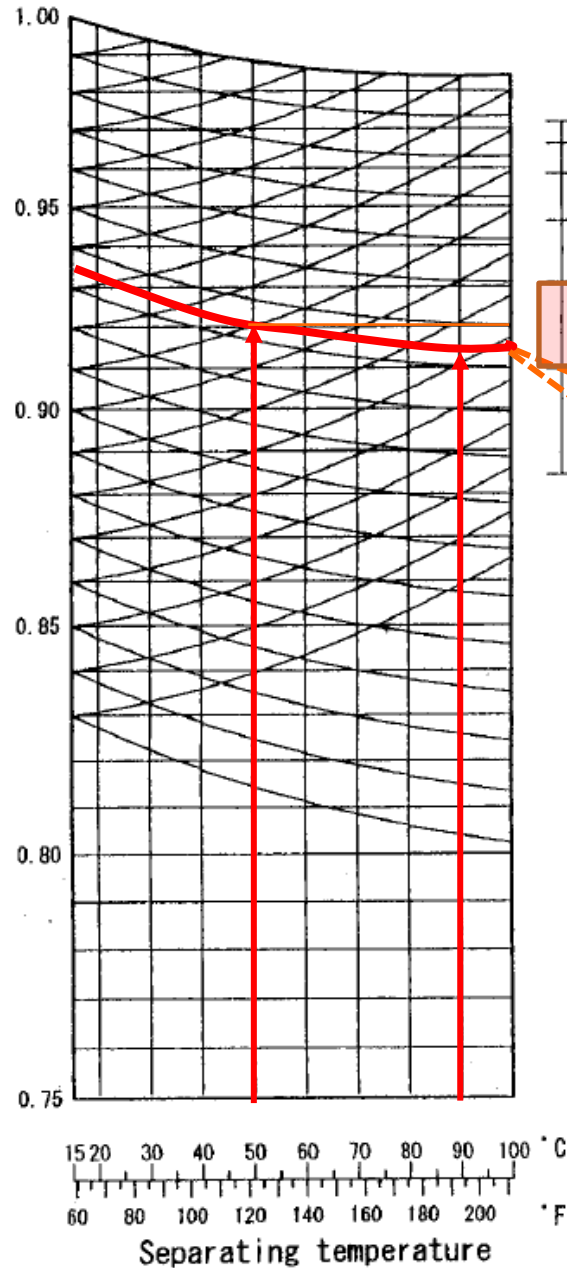
Gravite disk
iç çapı (mm)



Özgül Ağırlık (@15 °C): 0,9520
Yakıt ısıtma Sıcaklığı : 90 °C

GRAVITY DISC SELECTION

Specific gravity



Gravite Disk İç
çapı(mm)

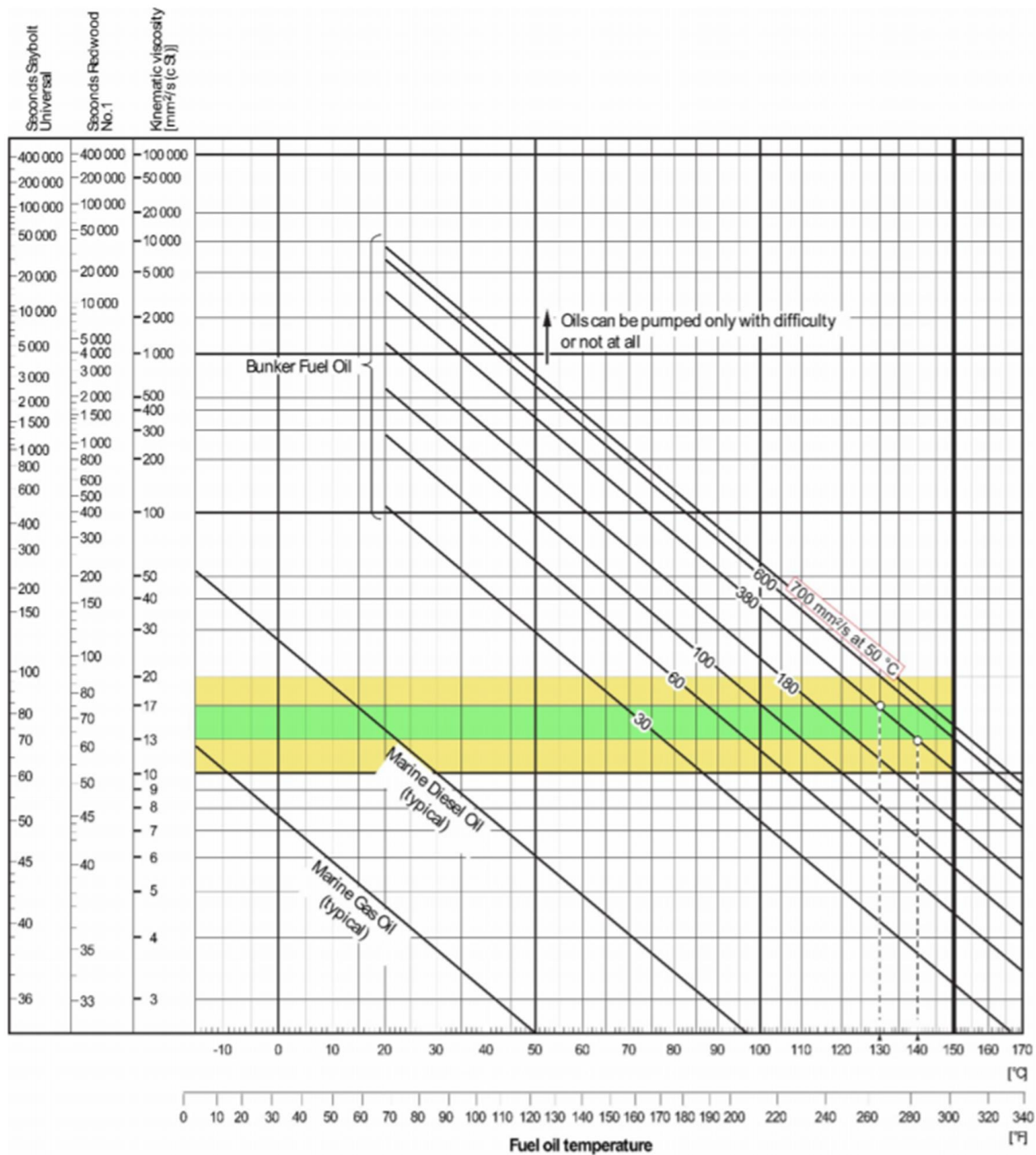
Ø75

Gravite disk
iç çapı (mm)

Ø79

Specific Gravity at 15 °C : 0,9520
Heating Temperature : 90 °C

Feed rate (L/h)





4



Mikro Karbon
Kalıntı/Micro
Carbon
Residue
(MCR)

MİKRO KARBON KALINTI/MICRO CARBON RESIDUE

Yakıt laboratuvar ortamında tespit edilir. Çok düşük miktarda hava gönderilerek ve motorda yanmanın gerçekleşmediği şartlarda meydana gelen eksik yanmada açığa çıkan karbon miktarıdır.

Bu oran gaz yollarının, piston, valfler ve yuvalarının, türbin kanatlarının ve baca kazan borularının kirliliği açısından önem arz eder. Yakıt içerisindeki karbon artışı arttıkça kirlenme o kadar hızlı olur. Yağlama yağı ile birleşerek yapışkan bir madde oluştururlar.

Asfaltenler yakıtın yağlama özelliğini etkilerler. Yakıtın asfalten içeriği arttıkça pompa elemanlarının tutmasına neden olabilir.

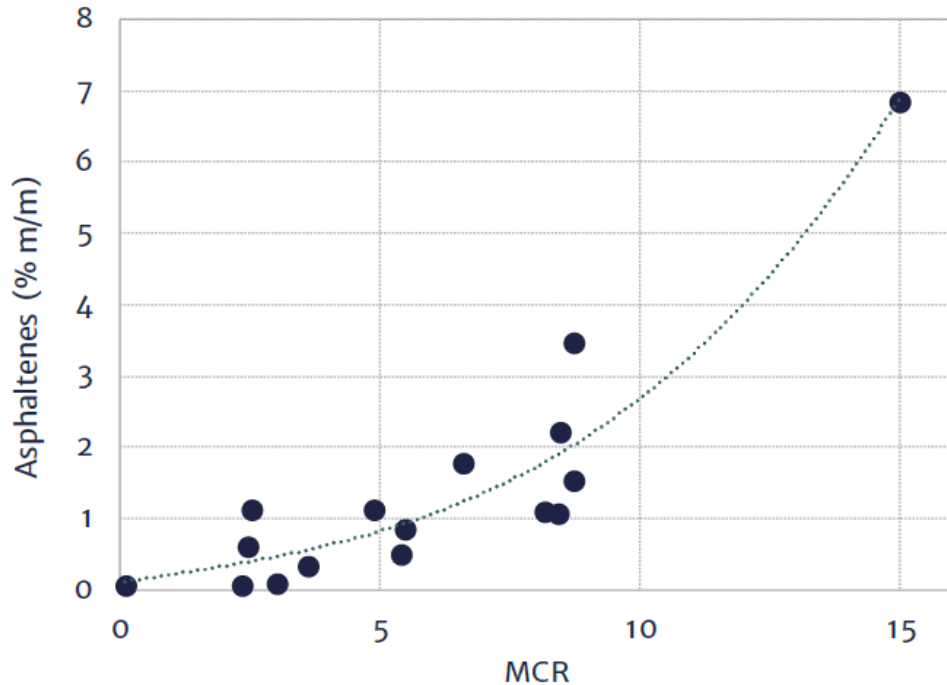
Yüksek MCR (yüksek asfalten içeriği nedeniyle) kötü tutuşma ve yanma nedeniyle ana makinede yüksek mekanik ve ısıl deformasyona yol açar.



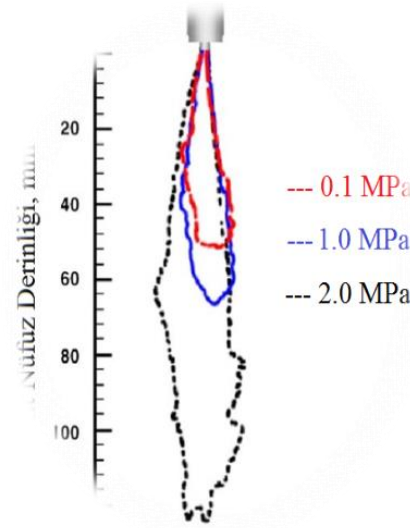
MİKRO KARBON KALINTISI / MICRO CARBON RESIDUE(MCR)

Yüksek MCR ile birlikte Yanma şartları uygun değilse, yanma odası, egzoz sistemi ve türboşarjer ünitesinde kirlilik artar. Yüksek MCR nin sebep olduğu kirliliği artıran faktörler:

- ❖ Giriş hava debisinin (skavenç havası) yetersizliği
- ❖ Hava kulerinin yetersiz soğutması
- ❖ Kötü atomizasyon ve düşük enjektör açma basıncı
- ❖ Kompresyon kaçağı(segman ve valflerden kaçak)
- ❖ Yakıtın içerisindeki asfaltan oranının yüksekliği

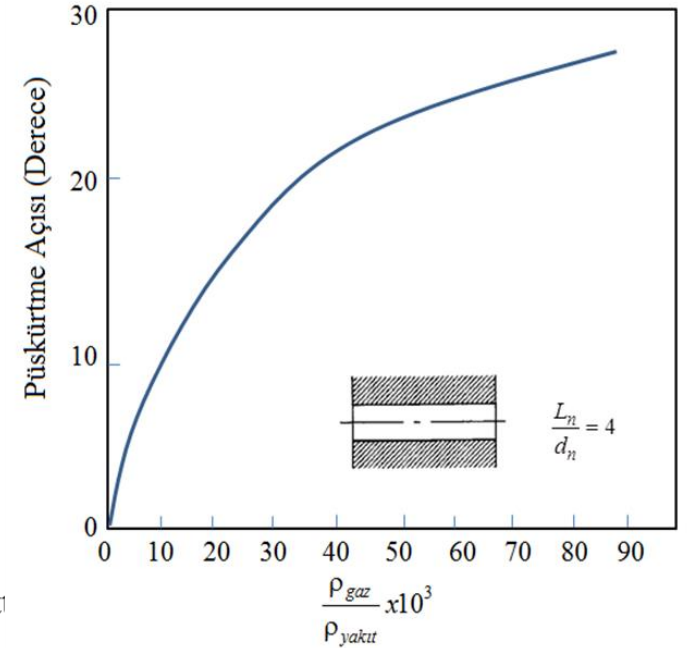
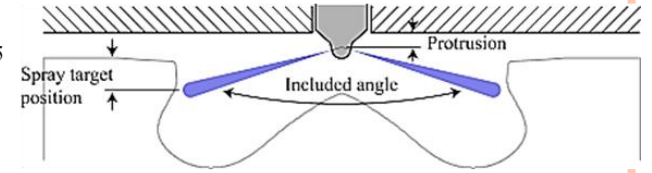


$$S = 3.07 \left(\frac{\Delta P}{\rho_g} \right)^{0.25} (td_n)^{0.5} \left(\frac{294}{T_g} \right)^{0.25}$$



Kompresyon basıncının yakıt nüfuz derinliğine etkisi

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{1}{A} 4\pi \left(\frac{\rho_g}{\rho_y} \right)^{0.5} \frac{\sqrt{3}}{6}$$



Püskürtme açısı üzerine yakıt ve yanma odası basıncının etkisi (ρ_{gaz}/ρ_{fuel})



5

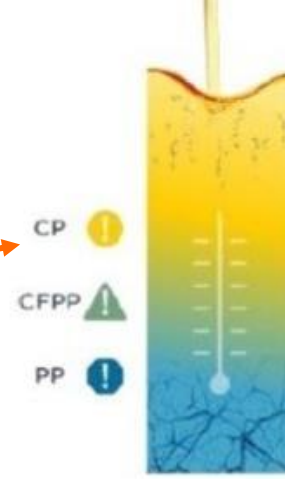
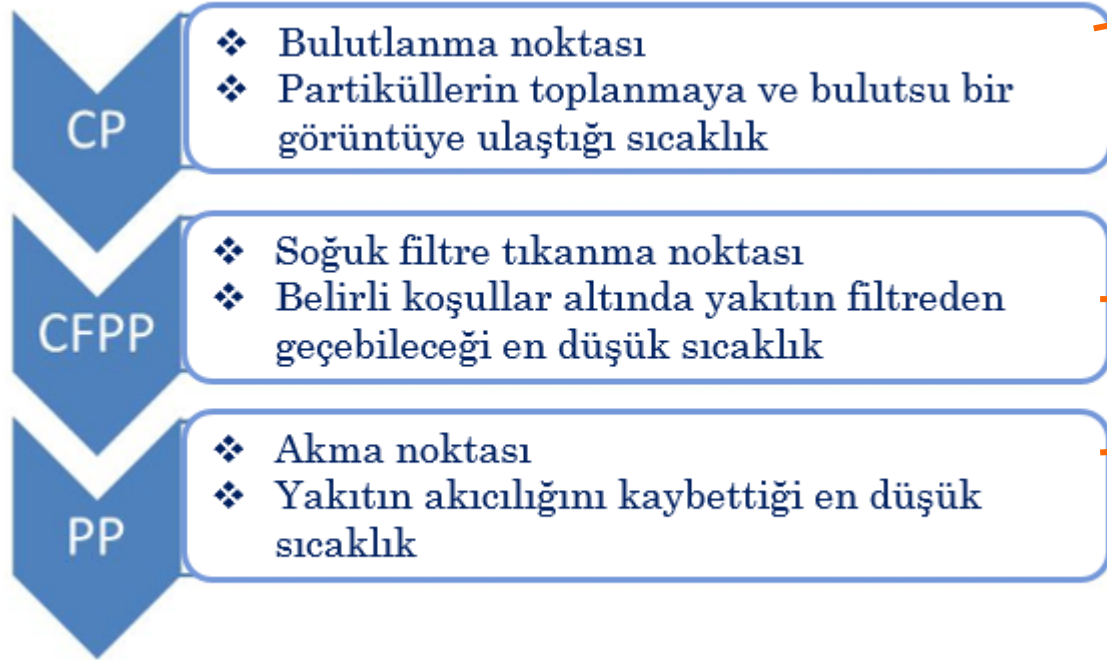
CP 
CFPP 
PP 



Soğuk Akış
Özellikleri

COLD FLOW PROPERTIES / SOĞUK AKIŞ ÖZELLİKLERİ

- -Cloud Point / CP-Bulutlanma Sıcaklığı
- Cold Filter Plugging Point/ CFPP-Soğuk Filtre Tıkanma Sıcaklığı
- Pour Point/(PP-Bulutlanma Sıcaklığı)



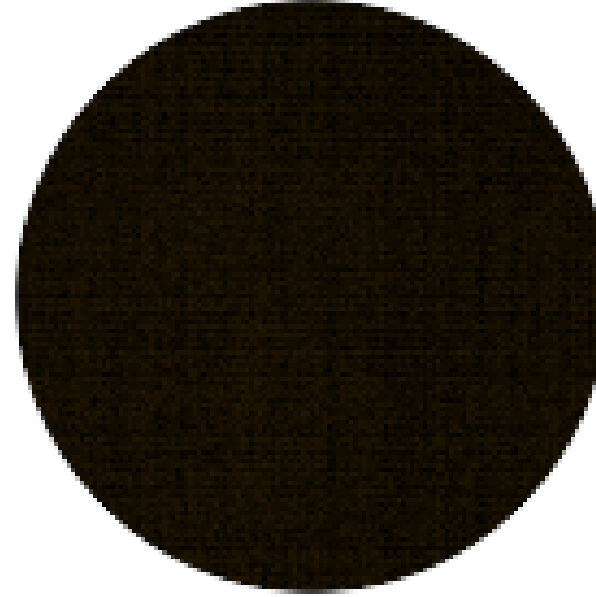
- Soğuk havalarda yakıtın transferini ve işletme şartlarını etkilediği için önemlidir.
- Bulutlanma noktası berrak görünümlü distile yakıtlar için geçerlidir.
- RM yakıtlarda bulutlanma görülemez.

ISO 8217:2017 RMG 380 için

Tanklarda ve yakıt hatlarında düşük Viskoziteli yakıt bile kullanılsa wax oluşumunu önlemek için yakıt sıcaklığının **30 +15 =45 °C** olması gerekir.



6



- ❑ Tutuşma gecikmesi (TG) distile dizel yakıtlarda **setan sayısı** ile ağır yakıtlarda ise “**Hesaplanmış Karbon Aromatiklik İndeksi**” (CCAI) ile karakterize edilmektedir.
- ❑ CCAI viskozite ve yoğunluğa bağlı olarak aşağıdaki ampirik formül ile hesaplanır.

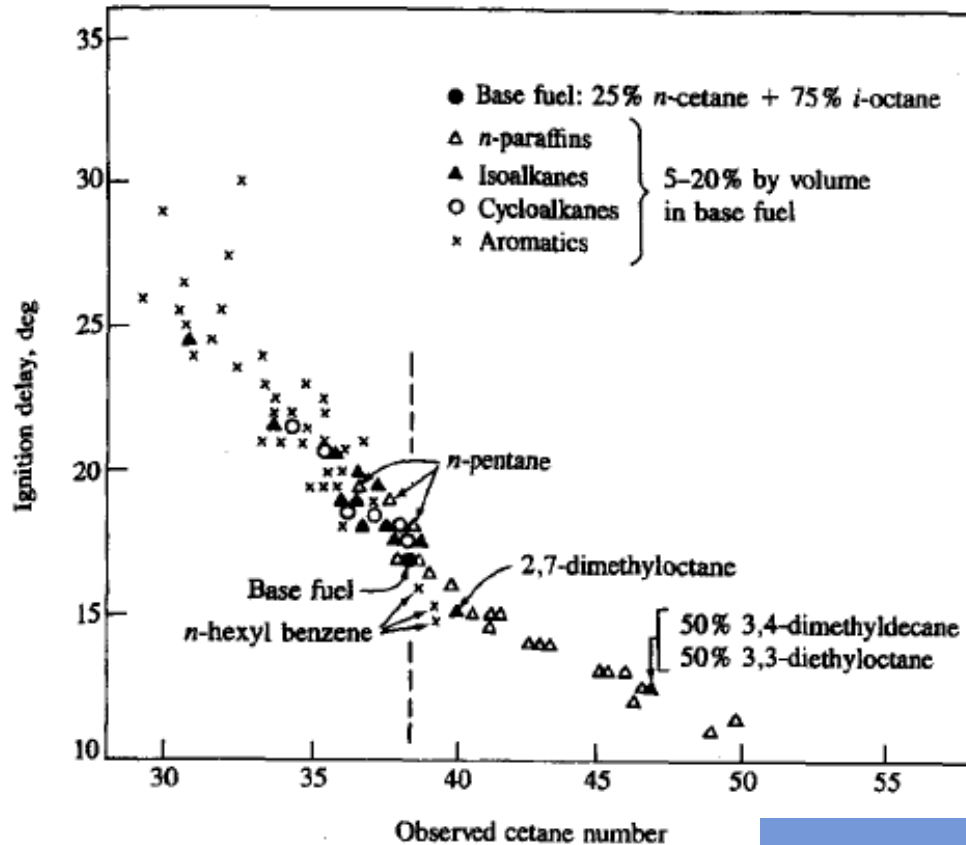
$$CCAI = \rho - 140.7 \log(\log(v + 0.85)) - 210 \ln\left(\frac{T + 273}{323}\right) - 80.6$$



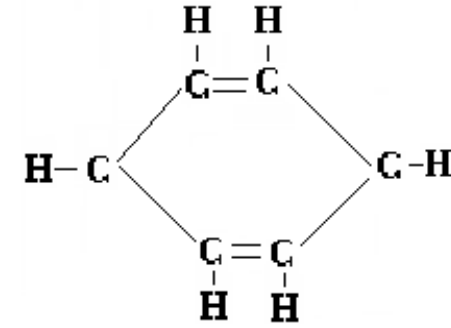
Calculated
Carbon
Aromaticity
Index
(CCAI)

YAKITLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN TUTUŞMA GECİKMESİNE (TG) ETKİLERİ

- ❑ Yakıt Yapısı içerisinde Aromatik içerik fazla ise CCAI yüksektir.
 - Vuruntu temayülü yüksektir.
 - Tutuşma sıcaklığı yüksektir.
 - Soğutma suyunun ilk çalıştırmada sıcak tutulması önemlidir.
- ❑ Parafin içeriği yüksek yakıtların CCAI değeri düşüktür.
 - Tutuşma daha kolaydır.
 - Akma Noktasının altında wax (mum) oluşumu

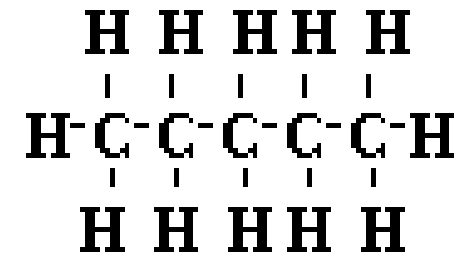


Aromatlar



Benzen(C₆H₆)

Normal Alkanlar (*n*-parafinler)

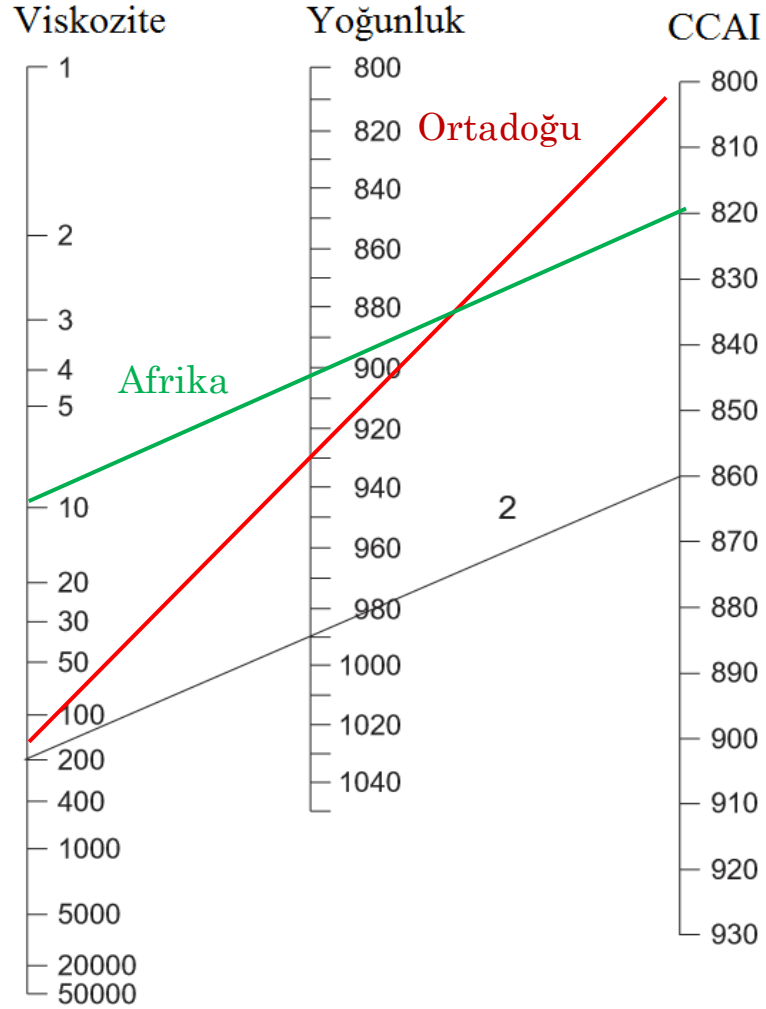


n-Pentan

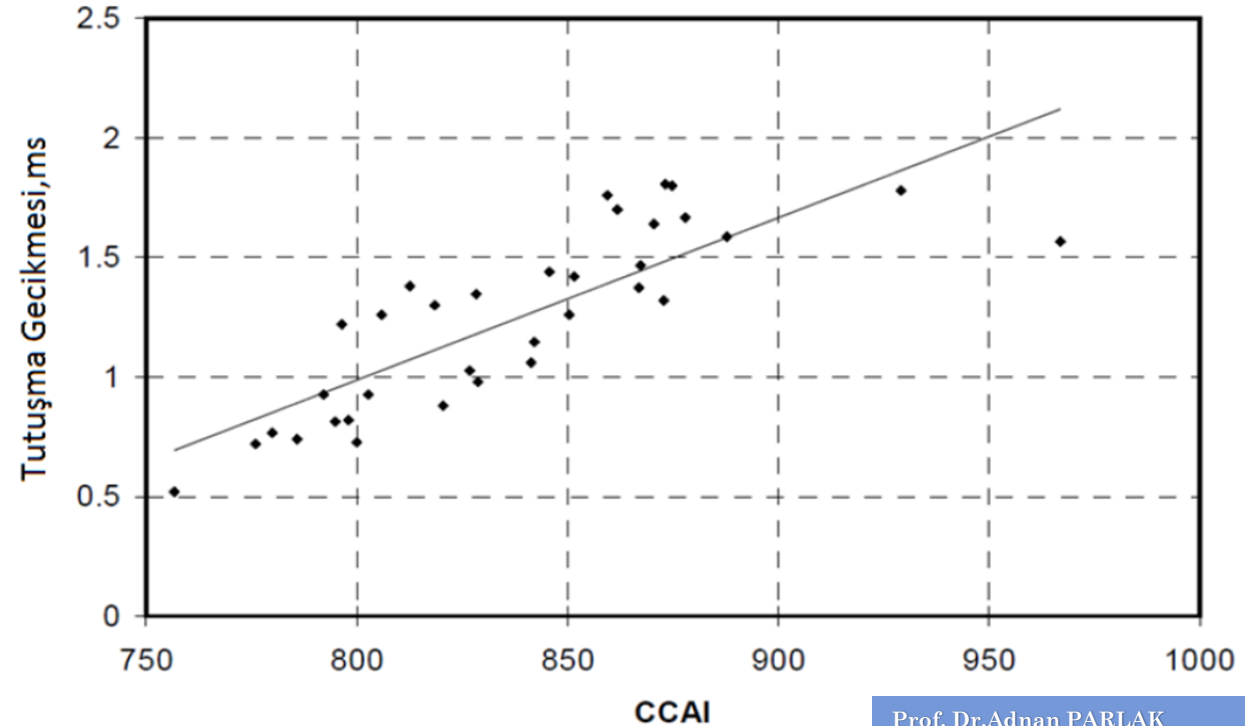
HESAPLANMIŞ KARBON AROMATİK İNDEKSİ (CCAI)

$$CCAI = \rho - 140.7 \log(\log(v + 0.85)) - 210 \ln\left(\frac{T + 273}{323}\right) - 80.6$$

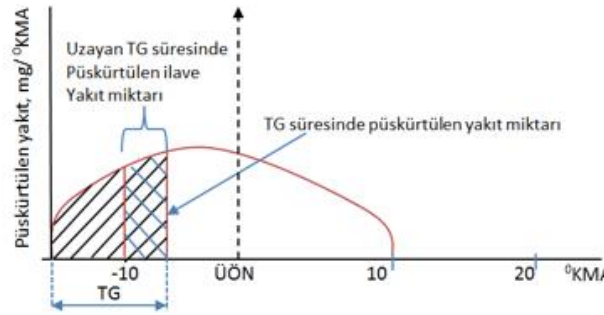
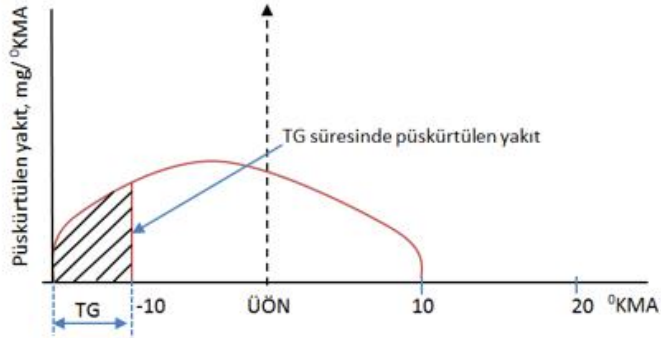
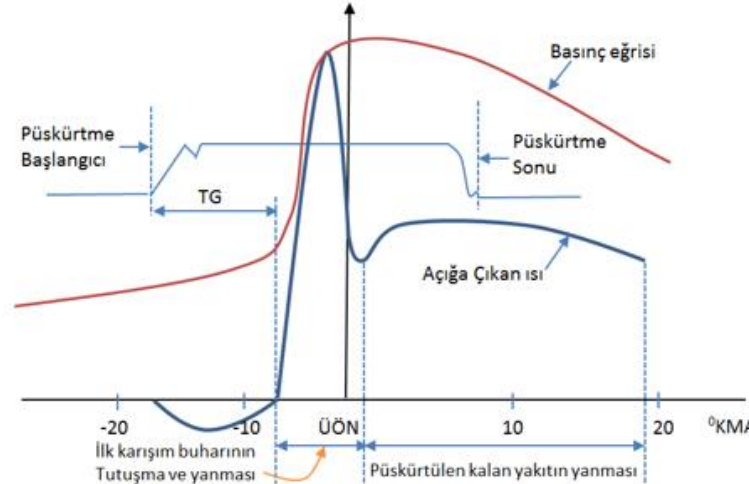
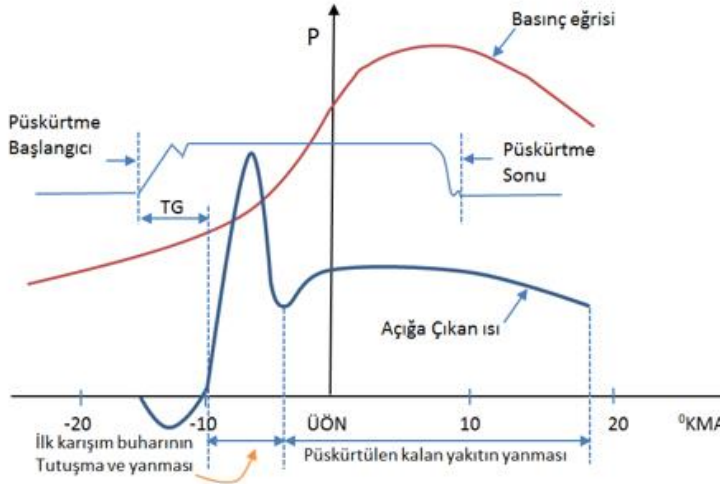
Bölge	Viskozite (50 °C) (cSt)	Yoğunluk (50 °C) (kg/m ³)	CCAI	Flash point (°C)
Afrika	10	911	828	97
Asya	110.7	926	801	111
Kuzey Amerika	14.7	925	833	110
Latin Amerika	52.1	911	797	97
Ortadoğu	180	934	803	118
Avrupa	17.2	908	813	94
Rusya	66.4	932	814	116



- ❖ VLSFO yoğunluk ve viskozitesi geniş ölçüde değişebilen yakıtlar olduğundan yanma sorunlarıyla karşılaşılacaktır.
- ❖ Yeni parafinik veya aromatik yakıtlar da bu değer 800-870 arasında olduğu hesaplanmaktadır.



TG NİN NORMALDEN FAZLA ARTARAK VURUNTUYA NEDEN OLMASININ NEDENLERİ



- Düşük sıkıştırma oranı nedeniyle kompresyon basınç ve sıcaklığının tutuşmayı zorlaştırması,
- Aşınmış piston, segman ve kötü valfler nedeniyle yanma basıncının düşmesi,
- Düşük Setan sayılı yakıt kullanımı (HFO için yüksek CCAI)
- Kötü atomizasyon,
- Enjektörün damlatması
- Giriş hava sıcaklık ve basıncının düşük olması.

Normal yanma karakteristiği

Kötü yanma karakteristiği
(TG süresi çok uzamış)



7



*Sulphur
content/
Kükürt İçeriği*

SİLİNDİR YAĞLAMA YAĞININ GÖREVLERİ

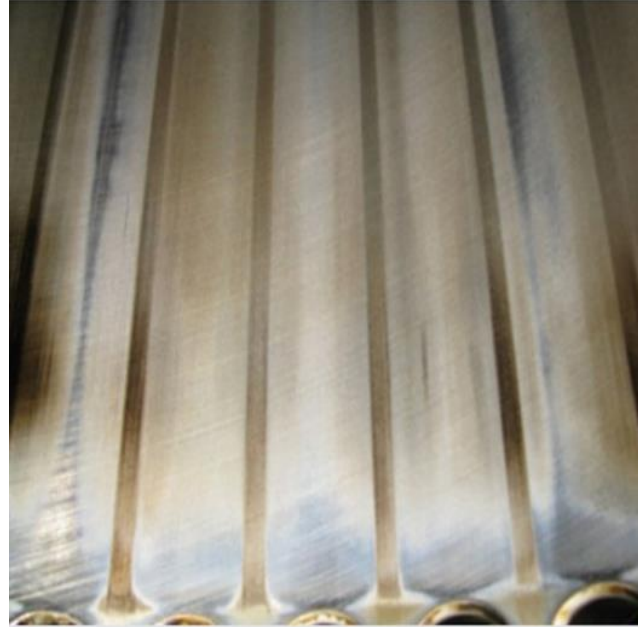
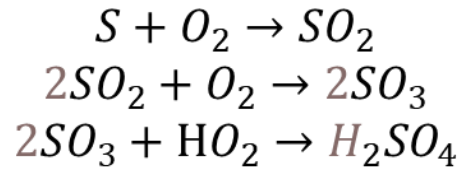
- ❖ Silindir gömlek yüzeyi üzerinde eşit şekilde yayılmalı ve stabil bir yağ filmi oluşturmalıdır.
- ❖ Liner ve piston halkaları arasında gaz sızdırmazlığı sağlamalıdır.
- ❖ Yanma süreci ürünlerinden oluşan asitleri nötralize etmelidir.
- ❖ Piston yüzeylerinde ve segman yuvalarında birikinti oluşumunu en aza indirmelidir.
- ❖ Piston yüzeylerindeki birikintiler yağ filmine zarar verebilir.
- ❖ Segman yuvalarındaki birikintiler segmanların yapışmasına veya kırılmasına neden olabilir.
- ❖ Yanma odasında oluşan parçacıkları ve aşınma parçacıklarını temizlemelidir.
- ❖ Motor stop ettiğinde silindir gömleği ve diğer yanma odası bileşenlerinin korozyonunu önlemelidir.



SULPHUR CONTENT/KÜKÜRT İÇERİĞİ

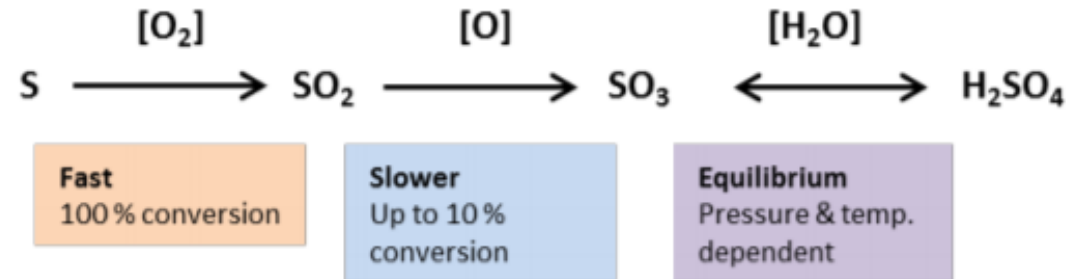
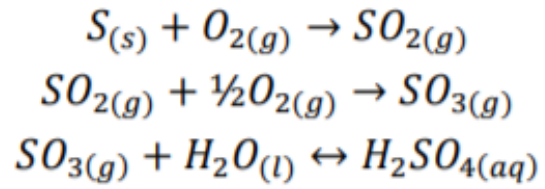
- ❖ Kükürt içeren yakıtın yanması esnasında su buharıyla reaksiyona girmesiyle oluşan asidik buhar oluşur.
- ❖ Asidik buhar, yoğunlaşma noktasının altına düşen noktalarda(Silindir ve egzoz sistemi üzerinde) yoğunlaşarak soğuk korozyona neden olur.
- ❖ **Soğuk korozyonu** önlemek için silindir yağlama yağının alkalitesinin (BN sayısı) artırılarak asidik oluşumun nötralize edilmesi gerekir. Yada asit buharının temas ettiği yüzey sıcaklıklarının asit yoğunlaşma noktasının üzerinde tutulması gerekir.

Temel reaksiyonlar:

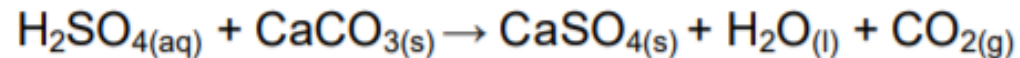


- ❖ Yakıt içerisindeki kükürt içeriği %3.5 den %0.5 e düştüğü için sülfürik asit kaynaklı soğuk korozyon riski nispeten azalmıştır.

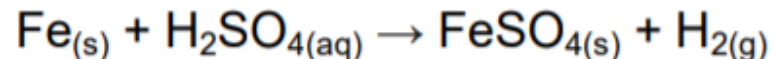
REACTION MECHANISM FOR THE FORMATION OF SULPHURIC ACID



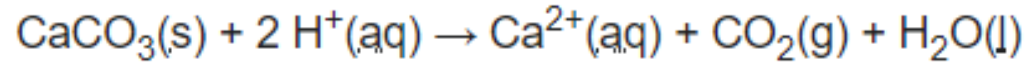
Sülfirik asidin piston ve layner yüzeyinde oluşturduğu asidik ortamı nötralize etmek için yüksek alkali yağlayıcılar kullanılır. Silindir yağlama yağının alkali özelliğini artırmak için katkı maddesi olarak kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) kullanılır. Aşağıdaki reaksiyona göre asidi nötralize eder:"



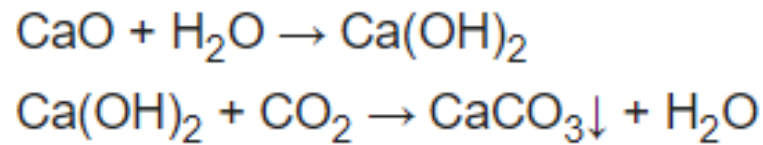
Eğer sülfirik asit nötralize edilemezse, aşağıdaki reaksiyona göre demir korozyonu oluşur.



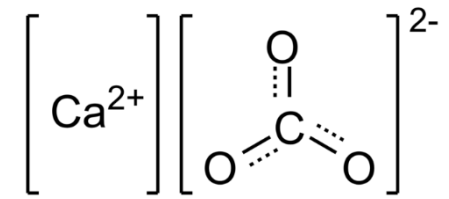
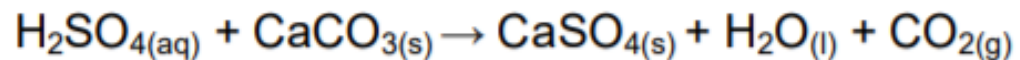
Calcium carbonate (CaCO_3)



CaCO_3 840 °C nin üzerinde dekarbonizasyon yada kalsinasyon ile CaO oluşur

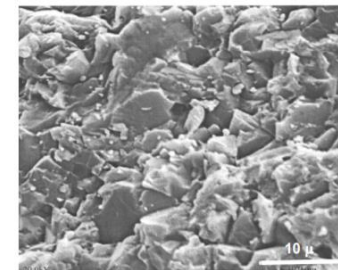


Calcium carbonate will react with water that is saturated with carbon dioxide to form the *soluble calcium bicarbonate* (CaSO_4)

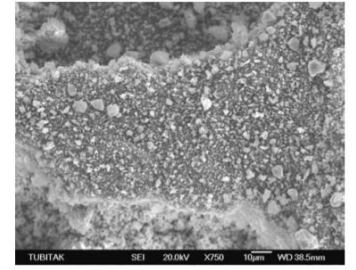


Properties

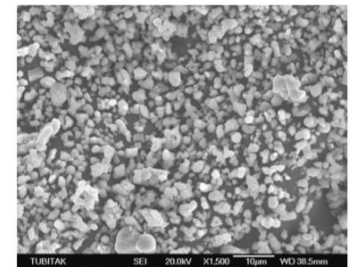
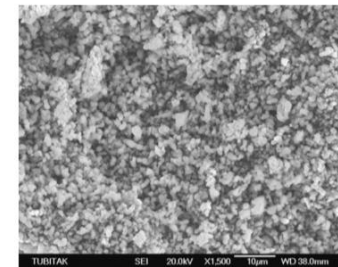
Chemical formula	CaO
Molar mass	56.0774 g/mol
Appearance	White to pale yellow/brown powder
Odor	Odorless
Density	3.34 g/cm ³ [1]
Melting point	2,613 °C (4,735 °F; 2,886 K)[1]
Boiling point	2,850 °C (5,160 °F; 3,120 K) (100 hPa)[2]



(a)



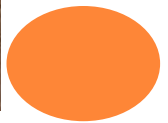
(b)



CaSO₄ Kireç Taşı (gypsum)

Normalden fazla silindir yağlama yağı kullanımı silindir yüzeyindeki aşınmaları artırır.



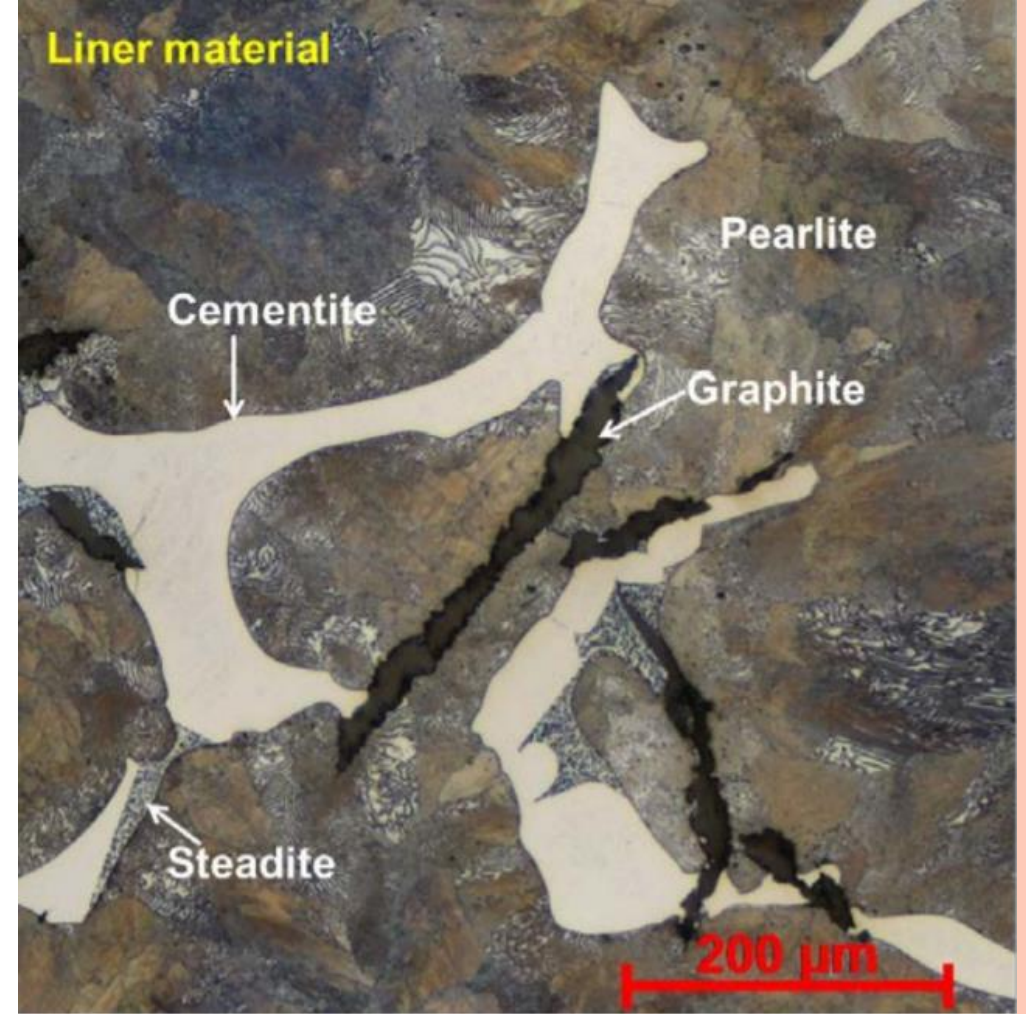
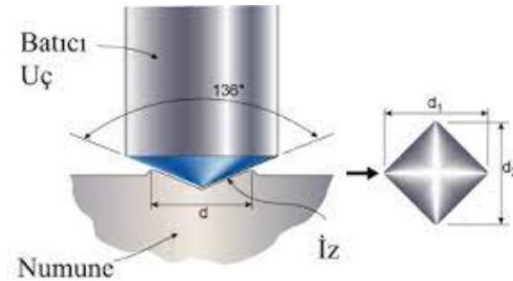


SÜLFÜRİK ASİT OLUŞUMU İÇİN REAKSIYON MEKANİZMASI

Genel olarak kabul edilen bir hipotez, asidin metal bileşenlere taşınmasını açıklamak için aşağıdaki dört ardışık adımı önermektedir:

- Yanma gazında kükürt trioksit oluşumu
- Yağ filmi/astar yüzeyinde su veya sulu sülfürik asit yoğunlaşır
- Yağlayıcıdaki alkali katkı maddeleri ile asidin nötralizasyonu
- Metal yüzeyde kalan asidin korozyona yol açan reaksiyonu

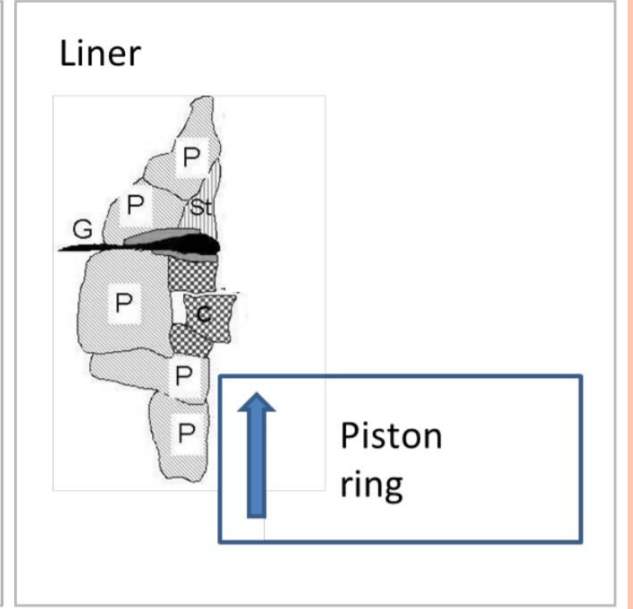
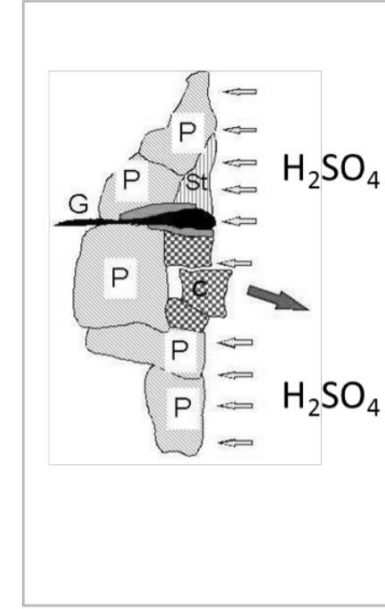
Micro-structure phases in cast iron	Corrosion willingness	Knoop hardness, 100 g load
Graphite: C	+	15-40
Pearlite: Cementite + Ferrite	+++	300-390
Cementite: Fe_3C	+	1000-1300
Steadite: Fe_3P	+	600-1200
Ferrite: Fe	++++	215-270



Temel malzemedeki farklı fazları gösteren, gri dökme demir astar malzemesinin parlatılmış ve kazınmış mikro kesiti. Kaynak: MAN Dizel ve Turbo

REACTION MECHANISM FOR THE FORMATION OF SULPHURIC ACID

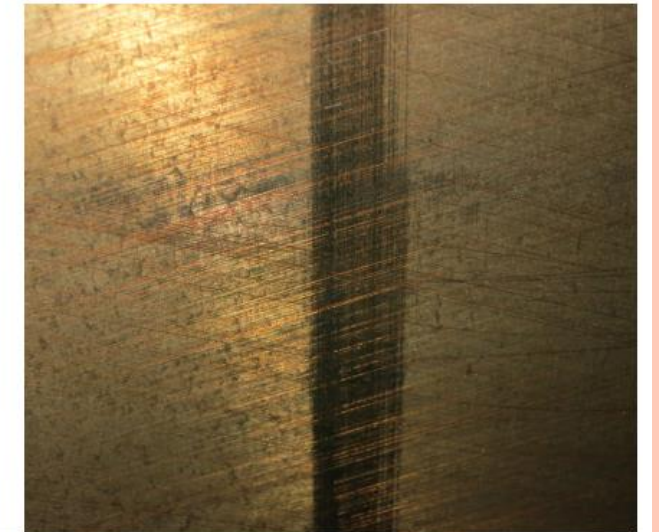
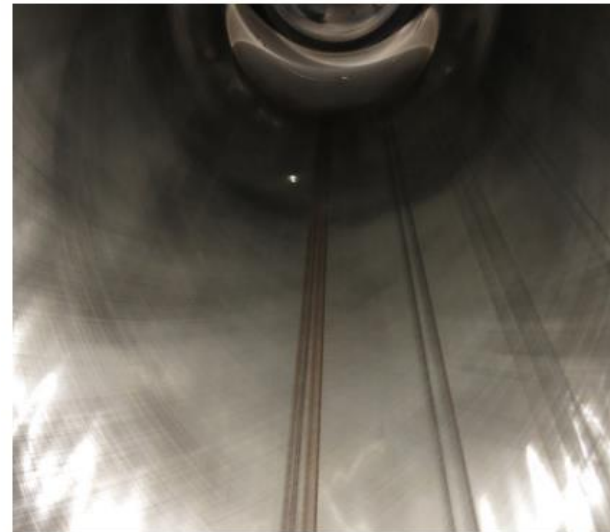
- ❖ Sülfirik asit, sert Sementit fazından daha yumuşak olan dökme demiri(perlit) daha hızlı bir şekilde korozyona uğratar.
- ❖ Koroziif etkileşim farklı fazlar arasındaki sınırda daha etkindir.
- ❖ Bu durum, sert sementit tanelerin gevşeyen perlit yapıdan segmanın zorlamasıyla kopar (Bkz.Şekil).
- ❖ Kopan sert partiküller, segman gömlek arasındaki yağ filmini yırtarak layner üzerinde derin çizik ve aşınmaya neden olur.



"H₂SO₄ asidinin gri dökme demiri korozyona uğratma şeması (sol) ve işlem sırasında segmana takılarak kırması şematik olarak gösterilmiştir.

P: Pearlite, **St:** Steadite, **G:** Graphite, **C:** Cementite

Micro-structure phases in cast iron	Corrosion willingness	Knoop hardness, 100 g load
Graphite: C	+	15-40
Pearlite: Cementite + Ferrite	+++	300-390
Cementite: Fe ₃ C	+	1000-1300
Steadite: Fe ₃ P	+	600-1200
Ferrite: Fe	++++	215-270



BAZI YAKIT ÖZELLİKLERİNİN DOĞRUDUĞU PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ		
Yakıt Özellikleri	Problem	Düzeltilici Faaliyetler
Yüksek viskozite	Yakıt transferi ve püskürtme güçlükleri	İstenen viskoziteye çıkmak için sıcaklığı artırmak
Yüksek yoğunluk	Separasyon güçlüğü	Klasik seperatörlerde seperatörleri Purifier+Clarifier modunda seri çalıştırmak. $\rho > 991 \text{ kg/m}^3$ ise klasik separatörlerde mümkün değil. Bu durumda Alcap tarzı seperatörler kullanmak gerekir.
Yüksek karbon kalıntısı	Gaz yollarında ve türbo doldurucu kanatlarında karbon ve is oluşumu, aşırı filitre tıkanması ve kötü yanma	Yakıt seperatör debisinin düşürülmesi
Yüksek kükürt	Silindir yüzeyinde sıcak ve soğuk korozyon saldırısı	Özellikle düşük yüklerde silindir yüzey sıcaklığı düşük olduğu için korozyon riski fazladır. Bu yüklerde silindir soğutma sıcaklığının düşük olmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Ayrıca yakıt içerisindeki kükürt miktarına bağlı olarak yüksek baz sayıslı yüksek(BN) yağlama yağı kullanmak.
Yüksek kül miktarı	Segman ve silindirlerde fazla aşınma. Egzoz valfi, segman yuvası ve türbin kanatlarında depozit oluşumu.	Separatörün yüksek verimle çalıştırılması ve gerekirse çıkışına düşük gözenek çaplı (<50 μm) filitre konulması.
Yüksek vanadyum	Yüksek sıcaklık korozyonu ve depozit oluşumu	Yüksek sıcaklık korozyonunu önlemek için vanadyumu etkisiz hale getirecek katkı maddeleri kullanmak.
Sodyum (deniz suyu)	Türbin kanatlarında depozit oluşumu Egzoz valflerinde aşırı çamur birikimi. Enjektör memesi ve segman yuvasında depozit oluşumu	Separatörü düşük debide yüksek verimde çalıştırarak maksimum su ayrıştırmak.
Yüksek Al+Si	Yakıt pompaları, segman, silindir gömleği ve segman yuvalarında yüksek aşınma	Klasik seperatörlerde seperatörlerin düşük debide seri bağlı çalıştırılması.
Yakıt uyumsuzluğu	Separatörden aşırı çamur çıkışı, yakıt pompalarında aşınmanın artması, enjektör memesinde, egzoz valf ve türbinde depozit oluşumu.	Yakıtlar için uygunluk testinin yapılması. Uygunluk testi yapma imkanı yok ise yakıt alımlarından önce yakıt tankındaki eski yakıtın başka yakıtlara transfer edilmesi.
Düşük setan sayısı	Vuruntu problemi	Ana makine ön ısıtıcısının belirli süre önce devreye alınarak motorun sıcak tutulması

BAZI YAKIT ÖZELLİKLERİNİN KISA VE UZUN DÖNEM PERFORMANSA ETKİLERİ

Özellik	Özellik tipi*	Performansa Etkisi	Zamana bağlı etkileri
Parlama noktası	Kısıtlı	Depolama güvenliğiyle ilgili. Doğrudan performansı etkilemez.	-
Su ve tortu	Kısıtlı	Yakıt filitre ve enjektörleri etkiler	Uzun dönem
Uçuculuk	Genel	İlk hareket kolaylığı ve duman oluşumunu etkiler	Ani
Viskozite	Genel	Yakıt atomizasyonunu ve yakıtın yağlayıcılık özelliğini etkiler	Ani ve uzun dönem
Kül	Kısıtlı	Yakıt püskürtme sistemine zarar verir ve yanma odasında depozit oluşumuna neden olur	Uzun dönem
Kükürt	Kısıtlı	Partikül emisyonunu, silindirde korozif aşınma ve depozit oluşumunu etkiler.	Partikül emisyonu: Ani Aşınma: Uzun dönem
Bakır şerit korozyonu	Kısıtlı	Metal yüzeylerinde korozif atak potansiyelini gösterir.	Uzun dönem
Setan sayısı CCAI	Genel	Tutuşma kalitesini gösterir. İlk hareket, duman, yanma ve emisyonları etkiler	Ani
Bulutlanma/Akma	Kısıtlı	Düşük sıcaklıkta akıcılık özelliğidir ve yakıt transferini etkiler	Ani
Isıl Değer	Genel	Yakıt eknomisini etkiler	Ani
Yoğunluk	Genel	Isıl değeri etkiler	Ani
Kararlılık	Sınırlı	Çözünemeyen partikül oluşturma, yakıtın kullanım ve depolama esnasındaki çökelti/sakızlaşma potansiyelini gösterir	Ani ve uzun dönem
Yağlayıcılık	Sınırlı	Yakıt püskürtme sisteminin aşınmasını(pompa ve enjektör) etkiler. Düşük viskoziteli yakıtlarda karşılaşılan durumdur.	Ortalama aşınma: Orta Şiddetli aşınma : Kısa
Suyu Ayırıştırabilme	Sınırlı	Suyu yakıttan ayırabilme kabiliyetini etkiler	Ani ve uzun dönem
Düşük Sıcaklıkta Çalışabilirlik	Genel	Düşük çevre sıcaklıklarında akış ve filitreden geçme özelliğini etkiler	Ani



8



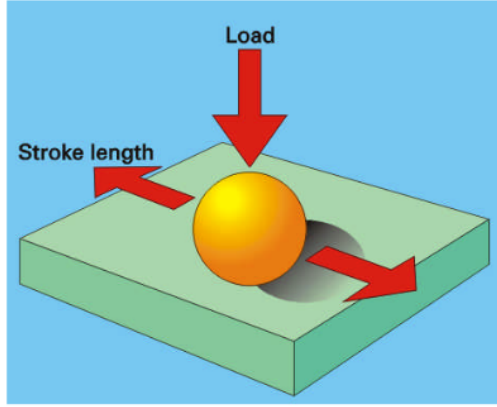
Lubricity

Düşük
Yağlayıcılık
Özellığının
Etkileri

ISO8217:20102 Yağlayıcılık/Lubricity, Aşınma İzi Çapı (WSD1.4) at 60°C

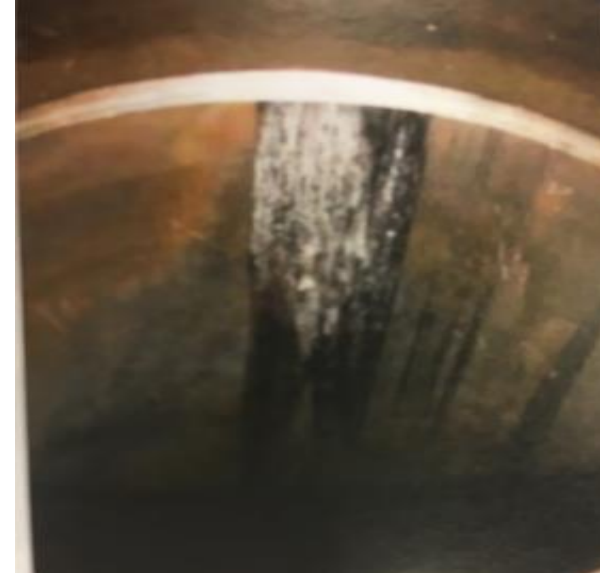
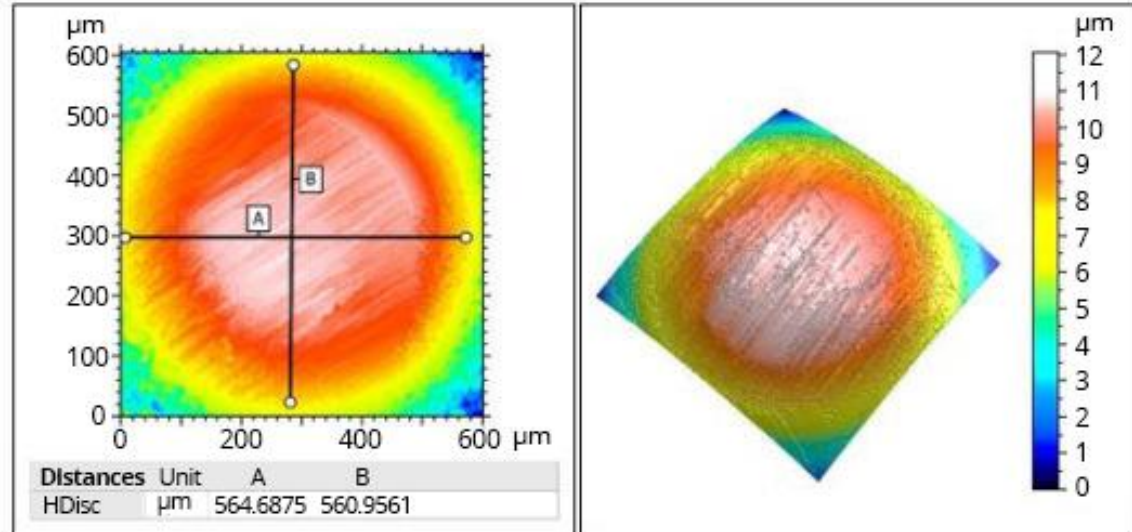
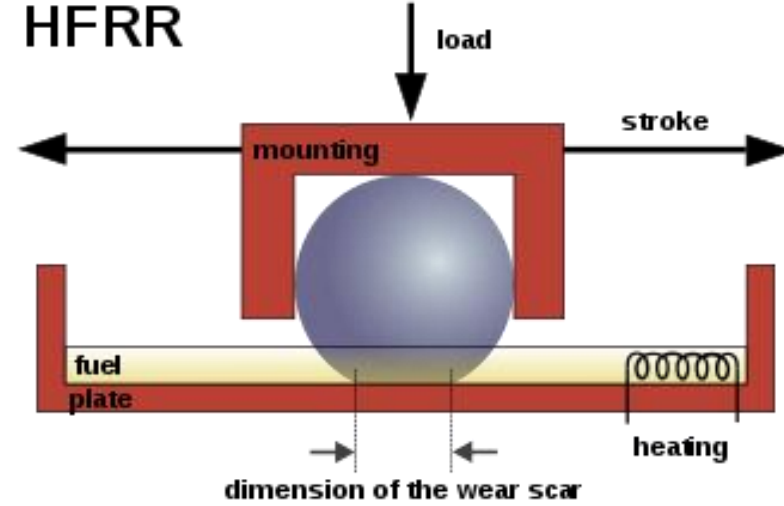
Yakıt içerisindeki kükürt yüzdesi %0.5 wt olan makinelerde pompa ve enjektörlerde yağlama özelliği kötüleştiği için aşınma hızı artar. Bu yüzden aşınma izi çapının 520µm yi aşmaması gerekir.

ISO 12156-1 Method



Test conditions:

Applied load	200 g $\pm$ 0.01 g
Stroke length	1 $\pm$ 0.02 mm
Frequency	50 $\pm$ 1 Hz
Test duration	75 $\pm$ 0.1 min
Fluid temperature	60 $\pm$ 2 °C
Fluid volume	2 $\pm$ 0.20 ml
Bath surface	6 $\pm$ 1 cm ²





9



Hidrojen Sülfid
(H_2S)

Hydrogen Sulphide(H_2S)-Hidrojen sülfür

- ❑ IMO düzenlemeleri kapsamında deniz taşımacılığı için kullanılan yakıtların H_2S seviyeleri 2 mg/kg veya daha az olmalıdır.
- ❑ Düşük seviyelerde hidrojen sülfür gözlerde, burunda ve boğazda tahrişe neden olur. Orta seviyeler baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı ve kusmanın yanı sıra öksürme ve nefes almada zorluğa neden olabilir. Daha yüksek seviyeler şoka, kasılmalara, komaya ve ölüme neden olabilir
- ❑ Gemi mürettebatı, yakıt tanklarını veya borularını açarken veya temizleme işlemleri yaparken H_2S gazının salınımı ile ilgili riskleri dikkate alarak uygun güvenlik önlemlerini almalıdır

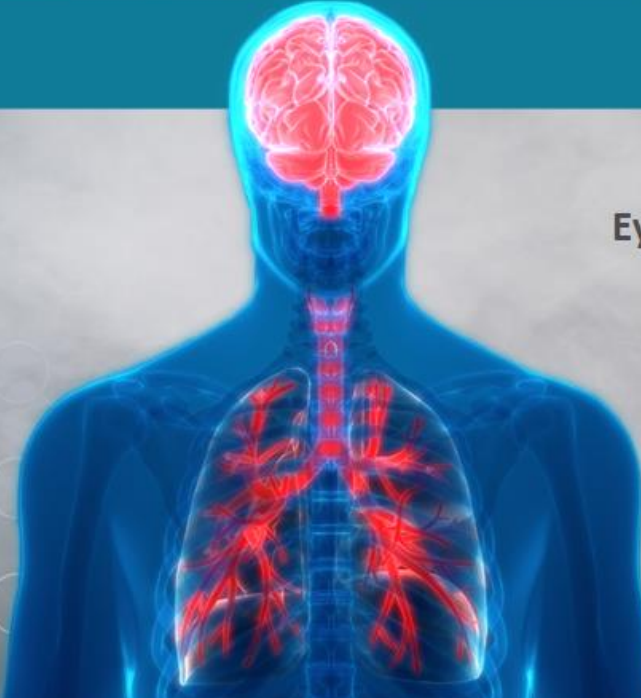


Hydrogen Sulphide Awareness

Effects of H_2S
Page 7 of 29

MINTRA®

Parts per million (PPM)
1 ppm = 1 mg/l



Eye, nose and throat irritation

0 to 20 ppm

Death within a short period

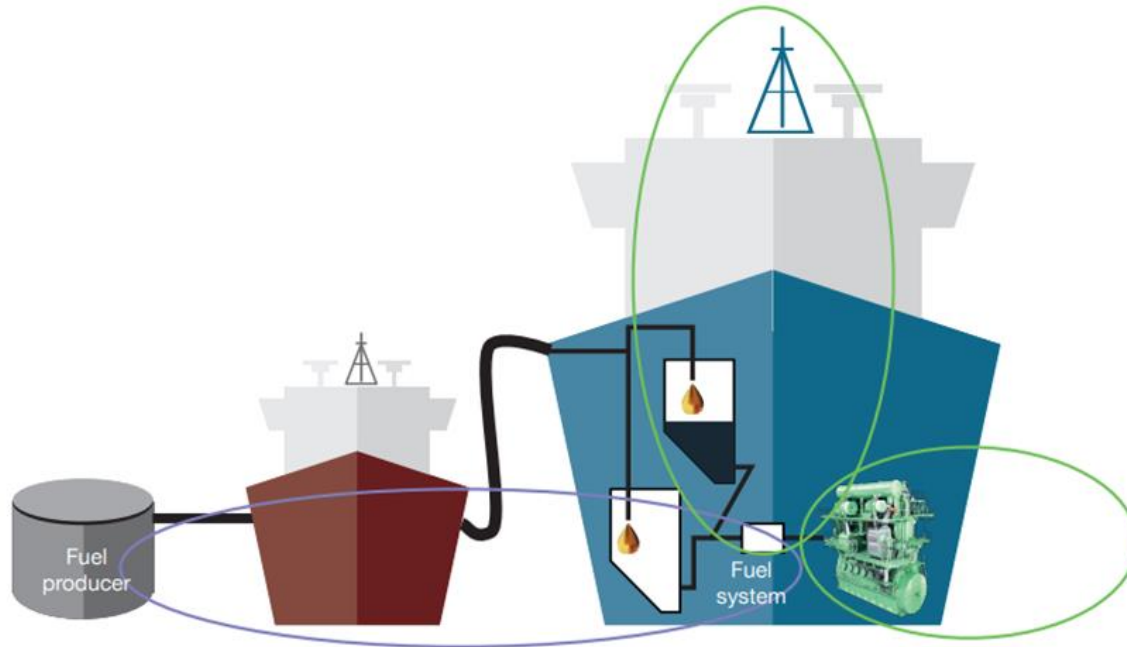
500 to 1000 ppm

Death is extremely rapid

> 1000 ppm



10



Toplam
Tortu/Total
Sediment

STABILITENİN BOZULMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİ HANGİ ÖNCÜ BİLGİLERDEN TAHMİN EDEBİLİRİZ?

RESULTS OF CHEMICAL ANALYSIS

The laboratory analyses were performed according to the requirements and the following results were obtained on samples taken by JSC «BUREAU VERITAS RUS»:

Sample description: Multiple ship's tank composite sample prepared from individual ship tanks № (2, 3, 4) p/s samples taken after loading operations of mv INZHENER CHERTKOV

№	TEST	METHOD	UNIT	RESULT	SPECIFICATION	
					MIN	MAX
1	Density at 15 °C	EN ISO 12185:1996	g/mL	0.9240	-	-
2	Total Sulfur	ASTM D4294-21	% mass	0.472	-	-
3	Distillation Range ^[1]	ASTM D86-23ae1	-	-	-	-
	Initial Boiling Point (IBP)	-//-	°C	174.0	-	-
	recovery at 250 °C	-//-	% vol	5.5	-	-
	recovery at 350 °C	-//-	% vol	19.0	-	-
4	Recovered at 350 °C	ASTM D1160-18	% vol	9.0	-	-
5	Flash point COC	ASTM D92-18	°C	162	-	-
6	Viscosity Kinematic at 50 °C	ISO 3104:2023	mm²/s	33.46	-	-
7	Colour ASTM	ASTM D1500-12(2017)	-	D 8 dil	-	-
8	CCAI	ISO 8217:2017	-	817	-	870
9	Flash point PMCC	ISO 2719:2016/AMD 1:2021 (Procedure B)	°C	102.0	60.0	-
10	Hydrogen sulphide (H2S) ^[2]	IP 570/15 (Procedure A)	mg/kg	< 0.40	-	2.00
11	Acid number	ASTM D664-18e2 (Method A)	mg KOH/g	0.29	-	2.50
12	Total sediment accelerated	ISO 10307-2:2009 (Procedure B)	% mass	0.05	-	0.10
13	Carbon Residue (micro method)	ISO 10370:2014	% mass	2.78	-	18.00
14	Pour point (upper) ^[3]	ISO 3016:2019	°C	+27	-	+30
15	Water by distillation	ISO 3733:1999	% vol	0.05	-	0.50

Remarks:

GCMS CRA Report

Styrene	ppm wt	294
2-Methylstyrene	ppm wt	92
3-Methylstyrene	ppm wt	314
4-Methylstyrene	ppm wt	120
alpha-Methylstyrene	ppm wt	39
trans-beta-Methylstyrene	ppm wt	484
2,4-Dimethylstyrene	ppm wt	317
2,5-Dimethylstyrene	ppm wt	279
para-alpha-Dimethylstyrene	ppm wt	268
Indene	ppm wt	4629
2-Methylindene	ppm wt	5677
DCPD	ppm wt	55
DH-DCPD	ppm wt	< 20
TH-DCPD	ppm wt	440

Phenol	ppm wt	80
2-Methylphenol	ppm wt	< 20
3+4-Methylphenols	ppm wt	43
2-Ethylphenol	ppm wt	< 20
2,5+2,4-Dimethylphenol	ppm wt	< 20
4-Ethylphenol	ppm wt	24
3-Ethylphenol + 3,5-Dimethylphenol	ppm wt	< 20
Total C2 Phenols	ppm wt	63
2-iso-Propylphenol	ppm wt	< 20
2,4,6-Trimethylphenol	ppm wt	< 20
4-iso-Propylphenol	ppm wt	< 20
2,3,5-Trimethylphenol	ppm wt	< 20
Total C3 Phenols	ppm wt	< 50
3+4-tert-Butylphenol	ppm wt	127

FAMES (Biodiesel):		
C6:0 FAME	ppm wt	< 20
C8:0 FAME	ppm wt	33
C10:0 FAME	ppm wt	< 20
C12:0 FAME	ppm wt	23
C14:0 FAME	ppm wt	38
C16:0 FAME	ppm wt	316
C18:2 FAME	ppm wt	< 50
C18:1 FAME	ppm wt	231
C18:0 FAME	ppm wt	37
C20:0 FAME	ppm wt	< 20
C22:0 FAME	ppm wt	< 20

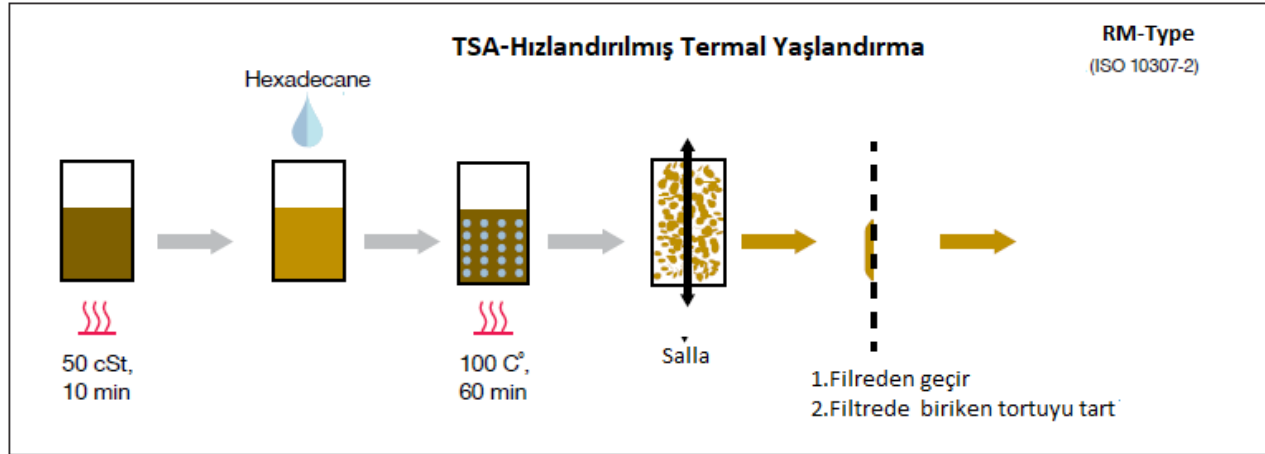
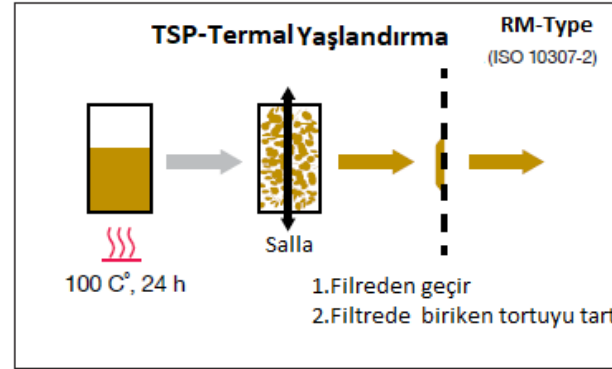
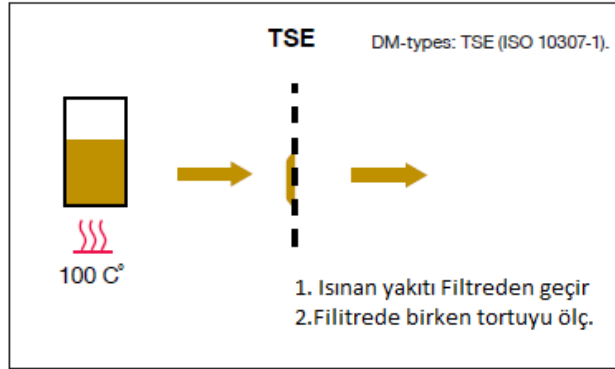


TOPLAM TORTU MİKTARI/TOTAL RESIDUE

- ❖ Gemi makinelerinde kullanılan yakıtlar farklı karakteristiğe sahip hidrokarbon bileşenlerin karışımından oluşur. Başlıca bileşenler: **Parafinik**, **aromatik**, **naftenik** ve **asfaltenler**dir. *Parafinik moleküller düz zincirli hidrokarbonlar iken aromatik moleküller halka yapısına sahiptir.*
- ❖ **Asfaltenler** farklı bileşenleri üzerinde barındıran çok büyük moleküllü bileşenlerdir. Ağır olmaları nedeniyle yakıtı oluşturan bileşenlerin askıda kalmasını tehdit eden bileşendir.
- ❖ Yakıt içerisindeki tüm bileşenlerin askıda homojen olarak kalmasına «stabilite» denmektedir.
- ❖ **Asfaltenler** dış faktörlerin yada karışımındaki parafinik moleküllerin oransal değeri artmaya başladığında çökmeye başlar. Yakıt içerisindeki aromatik moleküller ise parafinik moleküllerin aksine yakıt stabilitesine olumlu katkı sağlarlar.
- ❖ **Yakıt stabilitesini:** Rafineri çıkışından, nakliye, yakıt transferi, ısıtma, yüksek basınçta basma gibi süreçlerde yakıt içerisindeki tüm bileşenlerin homojenliğin korunması olarak niteleyebiliriz. Yüksek sıcaklık değişimi, yakıt içerisinde yüksek miktarda parafinik bileşenlerin karıştırılması, aromatik içeriğin azalması yakıt stabilitesini bozucu faktörlerdir.

TOPLAM KALINTI MİKTARI/TOTAL RESIDUE AGED

- ❖ Distile yakıtların stabilitesi toplam tortu miktarı (ISO 10307-1:Total Sediment Existent(TSE)) ile belirlenir.Mevcut yakıt içerisindeki tortunun filtre ile ayrıştırılmasıyla tespit edilir.Tortu, gemideki seperatör vasıtasıyla yakıttan uzaklaştırılabilir.



- ❖ Residual yakıtların stabilitesi (RM grade) ise Toplam Tortu Yaşlandırma(Total Sediment Potential(TSP) yada Total Sediment Accelerated(TSA)) yöntemiyle belirlenir.
- ❖ TSP yönteminde numune filtreden geçirilmeden önce belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır.
- ❖ TSA yönteminde ise ısıtılan yakıt içerisine Hexadekan karıştırılır ve 60 dakika 100 C de ısıtılır. Sallanır. Filtreden geçirilir. Bu yöntem, gerçek çalışma şartlarına göre belirlenmiştir.
- ❖ Filtrede biriken tortu miktarı ne kadar yüksek ise yakıtın stabilitesinin bozulma riski o kadar yüksektir. TSE,TSP ve TSA da müsaade edilen miktar 0.1% m olmaktadır.



11



STABILITY & COMPABILITY

**YAKIT
STABİLİTESİ VE
KARIŞAN
YAKITLARIN
UYUMLULUK
ŞARTLARI**

YAKIT İÇERİKLERİ VE STABİLİTE

Ağır yakıtlar çeşitli moleküler türler içerir. Bu moleküler türler arasında **parafinler, naftenler, aromatikler ve asfaltenler** bulunur. Yakıtın özelliklerini bu moleküler türler belirler.

Parafinler, aromatik ve asfaltenik molekülleri askıda tutmakta zorluk yaşarlar. Bu nedenle, parafinik yakıtların, aromatik yakıt veya yüksek asfalten içeriğine sahip yakıtlarla karıştırılmaması gerekir, çünkü asfaltenlerin çökmesiyle sonuçlanan çamur oluşumu riski yüksektir.«

Aromatik hidrokarbonlarla yakıt içerisindeki dengeden (Stabilite) ağır molekülü **asfalten** sorumludur.

STABİL YAKIT NASIL OLMALI?

Aromatikler

- Yakıt stabilitesini artırır
- Yakıt içerisindeki asfaltın homojen dağılımını sağlar

Parafinler

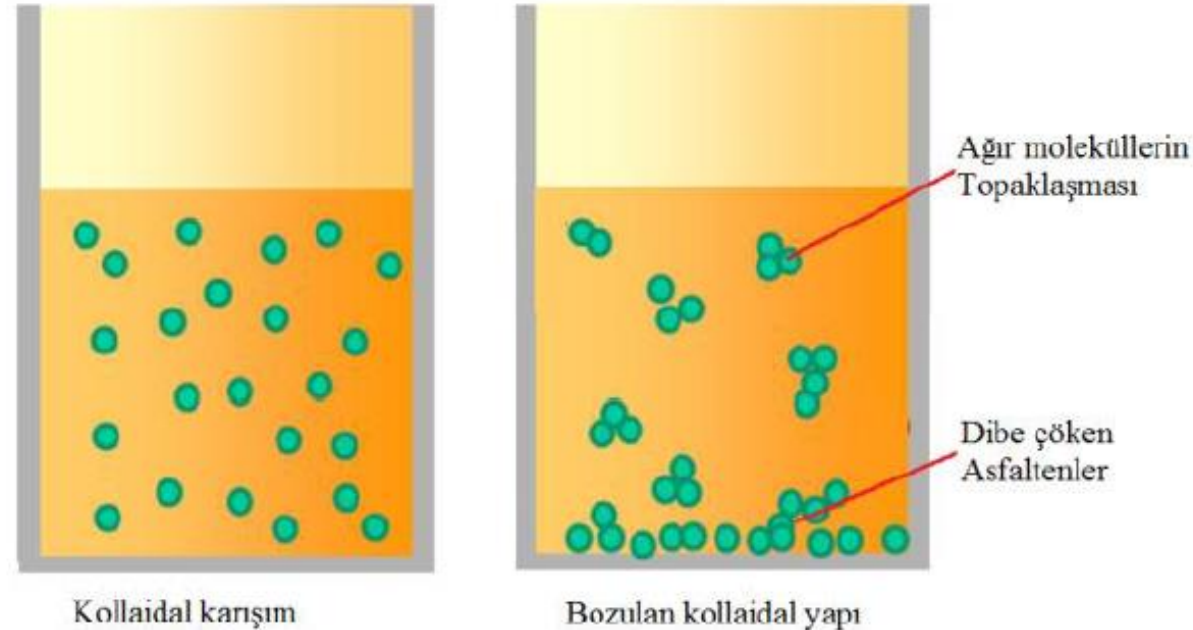
- Wax(mumlaşma) riski (akma noktası altına düştüğünde)
- Yakıt Stabilitesi bozulur.
- Mükemmel tutuşma/yanma kalitesi



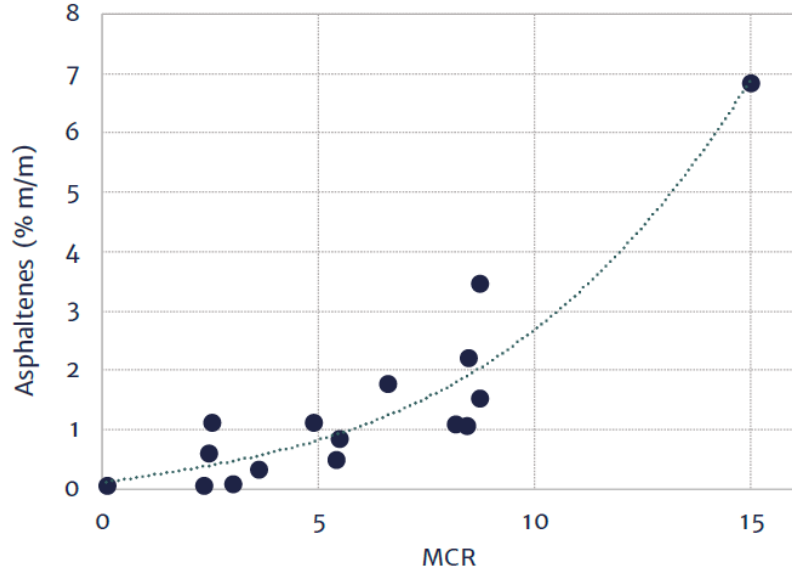
Yakıt içerisindeki Asfaltın, aromatik ve parafin içeriğinin yakıt stabilitesini bozmayacak şekilde olması gerekir.

YAKIT KARIŞIMLARININ UYUMLULUĞU VE STABİLİTESİ (COMPATIBILITY AND STABILITY)

- ❑ **Parafinik** içerikli ağır yakıt ile karıştırıldıklarında yada aromatik içerikleri farklı yakıt *karıştırıldığında (viskozite ve yoğunluğu birbirinden önemli ölçüde farklı)* karışımı içerisindeki aromatik yüzde azalırsa asfaltenler birbirine yapışarak çamur halinde dibe çökerler.
- ❑ **Asfaltenlerin** birleşerek çamura haline dönüşmesi «*uyumsuzluk-incompability*» olarak adlandırılır.

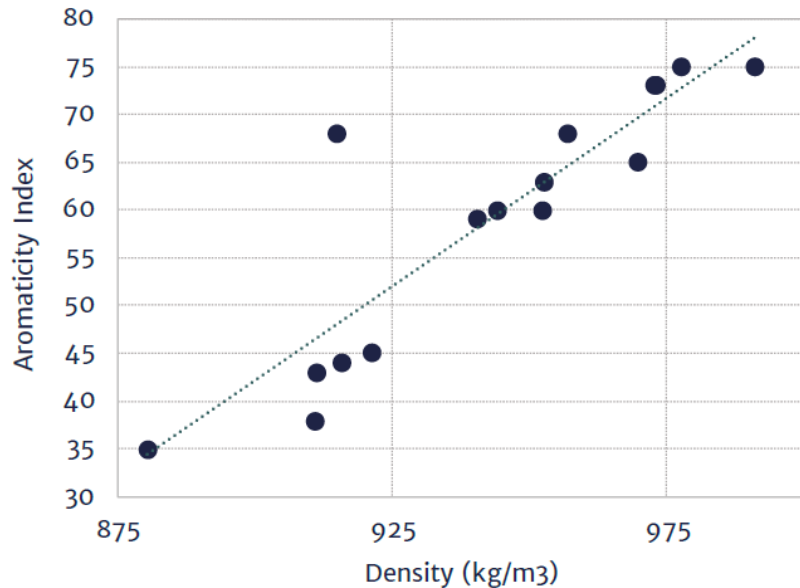


YAKIT STABİLİTESİNE ETKİ EDEN YAKIT ÖZELLİKLERİ



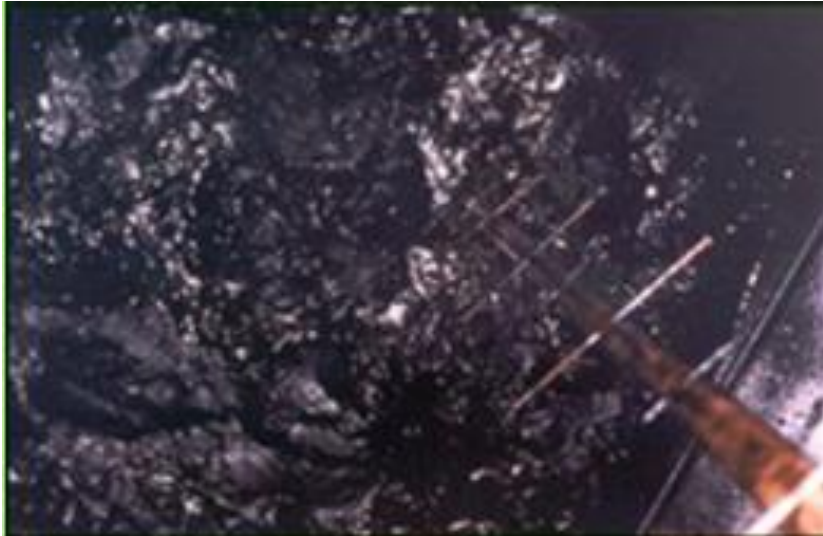
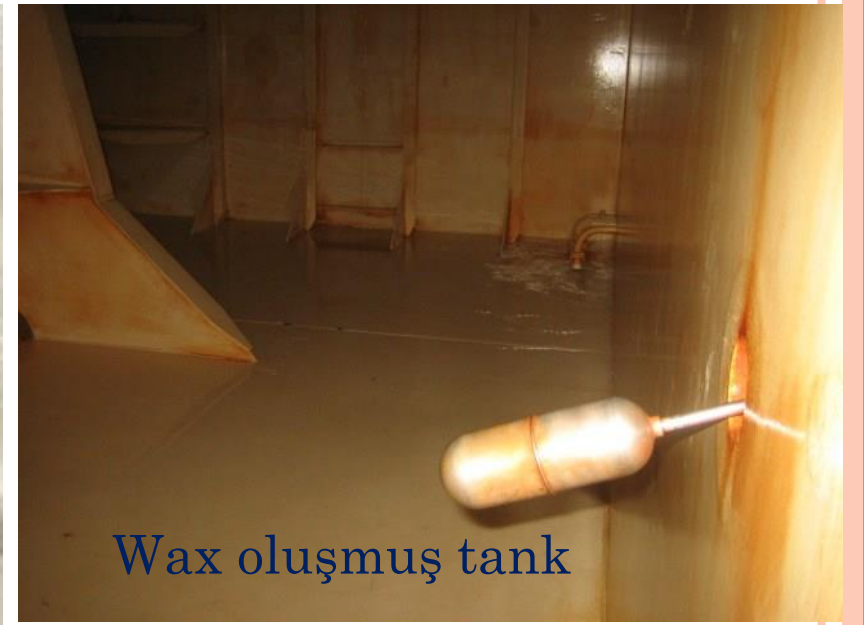
❖ MCR ne kadar yüksek olursa, yakıtın **asfalten** seviyesi de o kadar yüksek olacaktır. Yüksek asfalten içeriği çamur oluşturma (asfalten çökmesi) riski artar. **Asfaltenleri** süspansiyonda (askıda) tutmak için **ALA** (Actual Level of Aromaticity) oranının yüksek olması gerekir.

❖ Daha yüksek yoğunluğa sahip yakıtlar muhtemelen daha yüksek ALA'ya sahip olacak ve dolayısıyla asfaltenleri süspansiyonda tutma kapasitesi daha yüksek olacaktır.



❖ *Başka herhangi bir bilgi olmadığında ve sadece rehberlik amaçlı olarak*, daha **yüksek yoğunluklu / daha düşük MCR'li** yakıtların karıştırma açısından daha **düşük yoğunluklu / daha yüksek MCR'li** yakıtlara göre karışıma daha yatkın olduğu sonucuna varılabilir.

Yüksek Yoğunluk-Düşük MCR-Düşük akma noktası aromatik içeriğinin yüksek olduğuna dair işaretlerdir. Çamurlaşma (sludge) meyili daha düşüktür.



ASTM D4740 UYUMLULUK TESTİ



Method:
ASTM D4740

ASTM D4740 Derecelendirme	Referans görüntü	Açıklama	Yakıt durumu
1		Homojen karışım	Uyumlu/Stabil
2		Soluk veya zor seçilen iç halka	Bir miktar çamur oluşabilir. stabil karışımın devamı için -Katkı maddesi eklenmeli -Aşırı ısıtma yapılmamalı -separasyon sürekli olmalı -sık aralıklarla tanklar dreyn edilmeli
3		Netleşmiş iç halka (arka plandan biraz daha koyu)	No:2 gibi fakat slaç oluşma riski daha yüksek
4		Çok net bir iç halka (No.3 görüntüye göre çok daha kalın ve net)	Uyumsuz/Stabil değil
5		Merkezde çok koyu dairesel alan. Alan arka plandan daha koyu.	Uyumsuz/Stabil değil



12



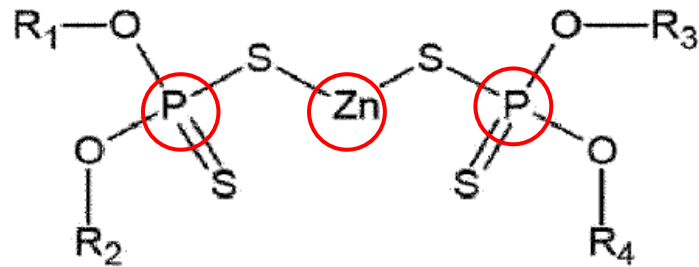
*ULO /Kullanılmış
yağlama Yağ
katkı Maddeleri*

Used lubricating oils (ULO):			
calcium and zinc; or calcium and phosphorus	mg/kg	—	calcium > 30 and zinc > 15 or calcium > 30 and phosphorus > 15

KATKI MADDELERİ

Aşınma Önleyici katkı maddesi:
Zinc long-chain alkyl thiophosphate

Aşınma Önleyici Katkı Maddeleri



KATKI MADDELERİ

- Baryum (Ba)
- Bor (B)
- Kalsiyum (Ca)
- Magnezyum (Mg)
- Fosfor (P)
- Çinko (Zn)
- Sulphur(S)

Used lubricating oils (ULO):			
calcium and zinc; or calcium and phosphorus	mg/kg	—	calcium > 30 and zinc > 15 or calcium > 30 and phosphorus > 15

Element	Simge	Aşınma	DışarıdanKarışan	Katkı Maddesi
Demir	Fe	X	X	X
Bakır	Cu	X	X	
Krom	Cr	X		
Kalay	Sn	X		
Aluminyum	Al	X	X	
Kurşun	Pb	X		
Silisyum	Si		X	X
Bor	B		X	X
Kalsiyun	Ca		X	X
Magnezyum	Mg		X	X
Çinko	Zn			X
Posfor	P		X	X
Molibten	Mo			X
Potasyum	K		X	

DRIP OIL SAMPLE ANALYSIS ASSESMENT REPORT ACCORDING TO BDN
DRIP OIL SAMPLE DEĞERLERİNE GÖRE YAĞ ANALİZ DEĞERLENDİRME RAPORU

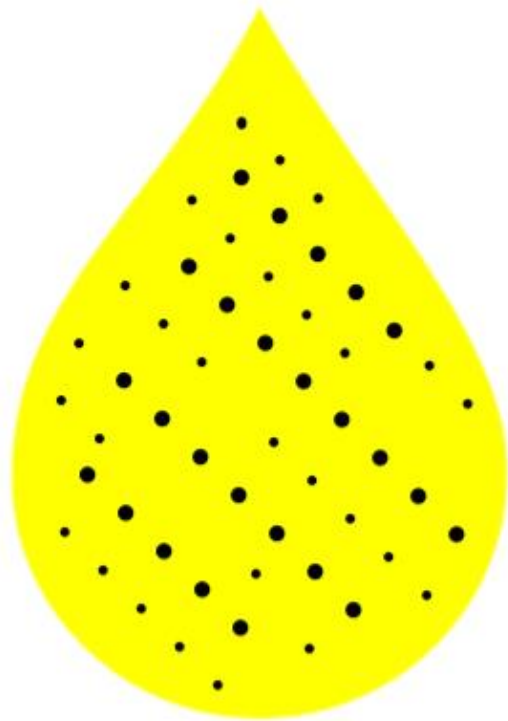
Ship's name - <i>Geminin adı</i>			İNCE EVRENYE		03	08.06.2020	Voyage No
Port - <i>Liman</i>				Cylinder Lubrication Oil <i>BN</i>			
Critical Properties- <i>Kritik Özellikler</i>							
	No1	No2	No3	No.4	No.5	No.6	
Base Number, mg/kOH	51,6	56,7	51,3	54,5	54,5	54,4	
Baryum	-	-	-	-	-	-	
Calcium	17161	18043	16294	17303	17790	17543	
Magnesium	72	80	62	72	77	74	
Molybdenum	2	2	2	2	2	2	
Phosphorus	109	109	145	116	98	89	
Zinc	132	133	174	141	120	109	
Boron							
Potassium							
Silicon	24	28	22	25	28	26	
Sodium	17	22	15	16	19	19	
Aluminium	7	9	7	8	7	8	
Chromium							
Copper							
Iron	39	58	39	44	45	39	
Lead							
Nickel	22	30	21	23	24	25	
Titanium							
Vanadium	56	72	52	57	61	62	
Manganese							



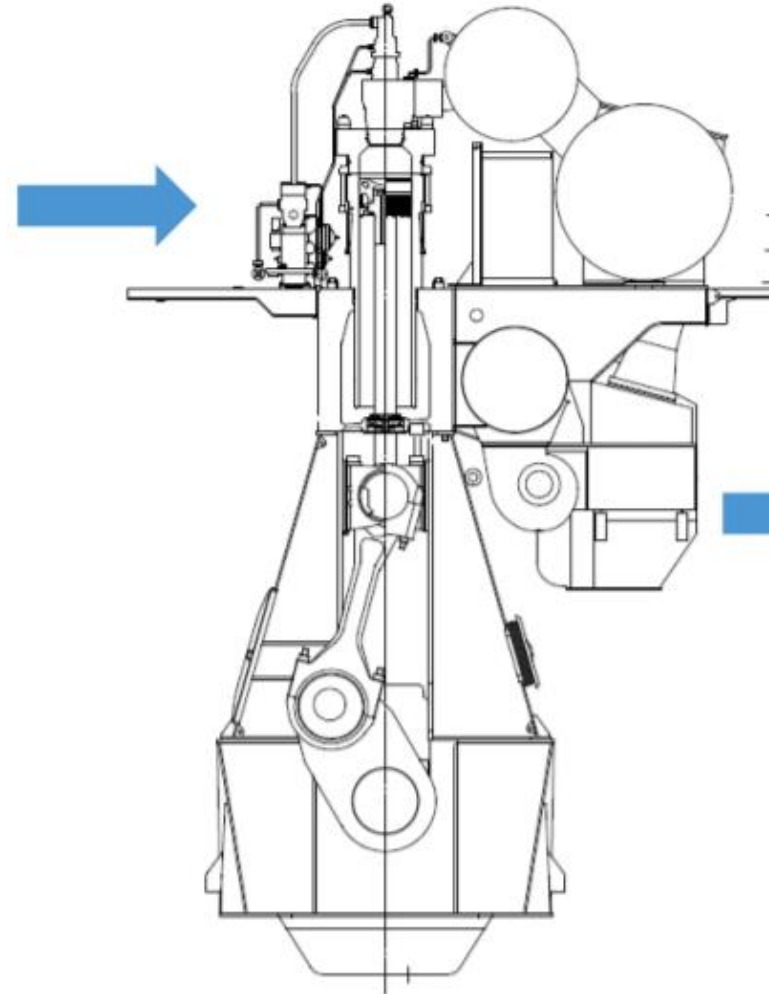
8



CAT
FINE/Katalitik
partiküller
Yakıt Sistemi Ve
Seperatörlerin
Yüksek Verimde
Çalışma Şartları



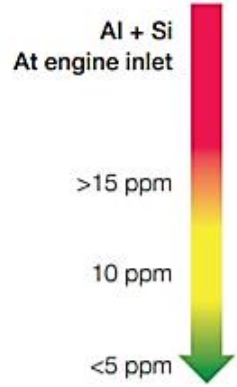
Fuel with cat-fines



DÜŞÜK CAT FINE MİKTARI İÇİN

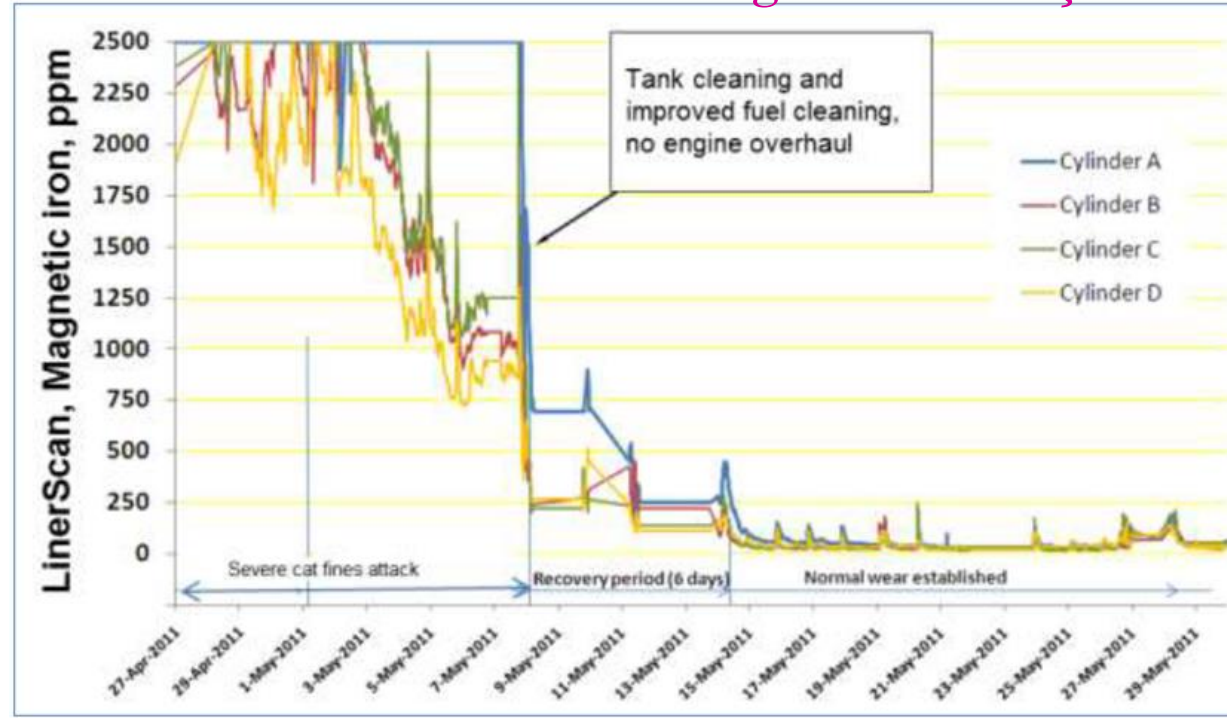
Recommendation:

Max. 15 ppm Al + Si at engine inlet for short periods

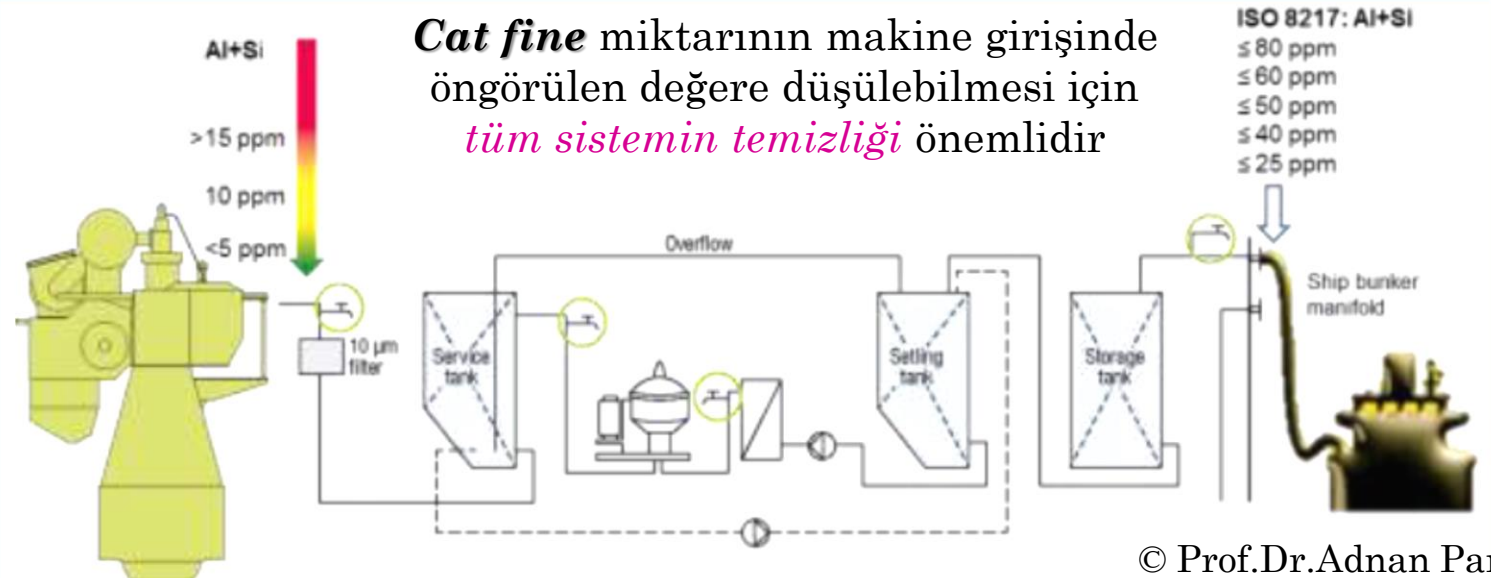


Cat fines (Al + Si) content entering the engine.

Tank temizliğinin liner aşınmasına etkisi

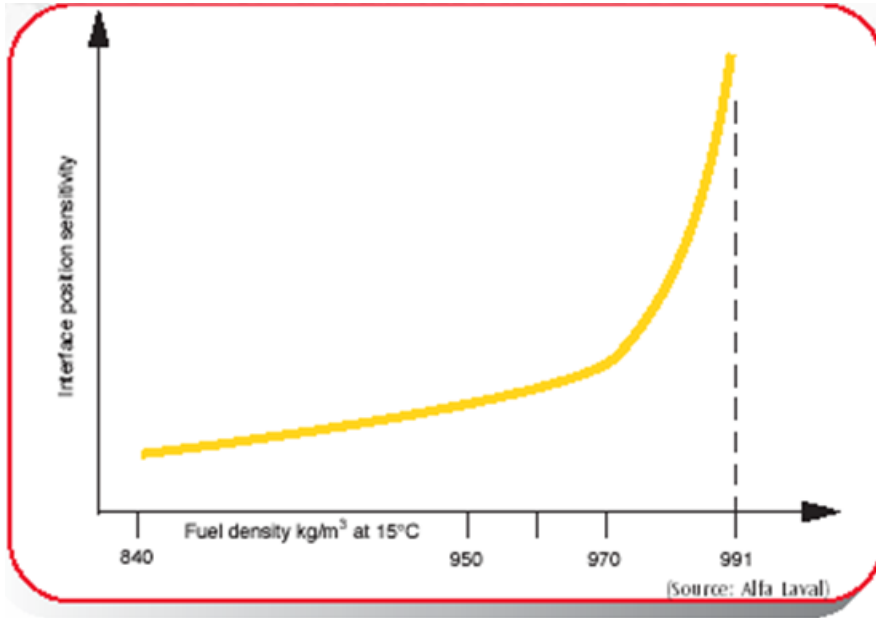


Cat fine miktarının makine girişinde öngörülen değere düşülebilmesi için *tüm sistemin temizliği* önemlidir

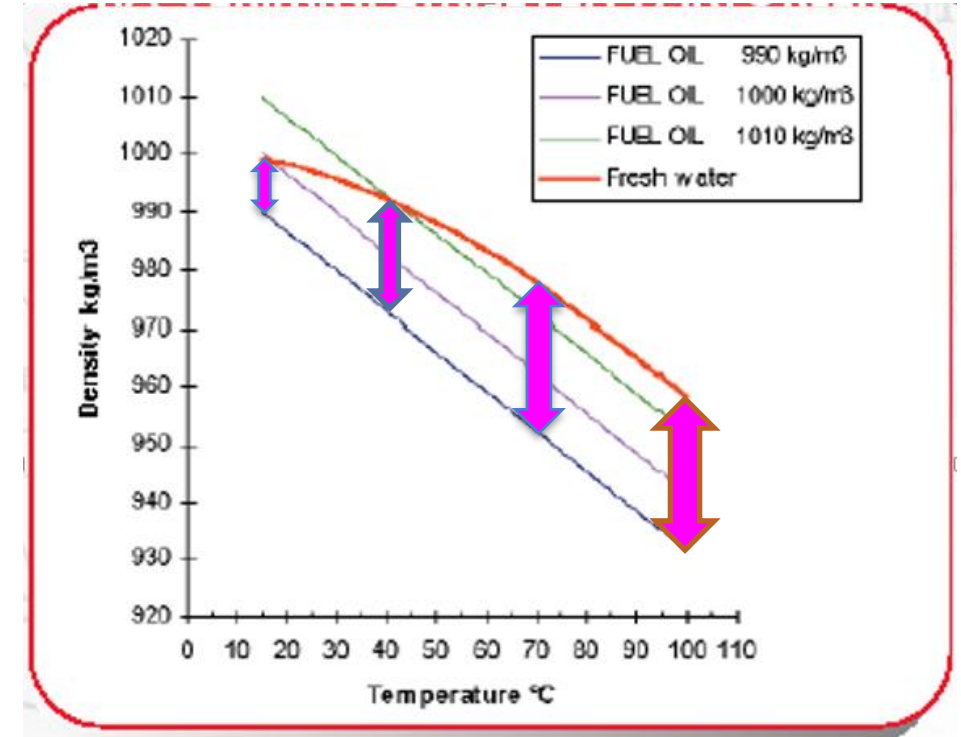


YAKIT SEPERATORLERİNDE AYRIŞTIRMA VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- ❖ Debi,
- ❖ Arayüzey(Interface) konumu,
- ❖ Seperator Çalışma modu
- ❖ Seperasyon sıcaklığı

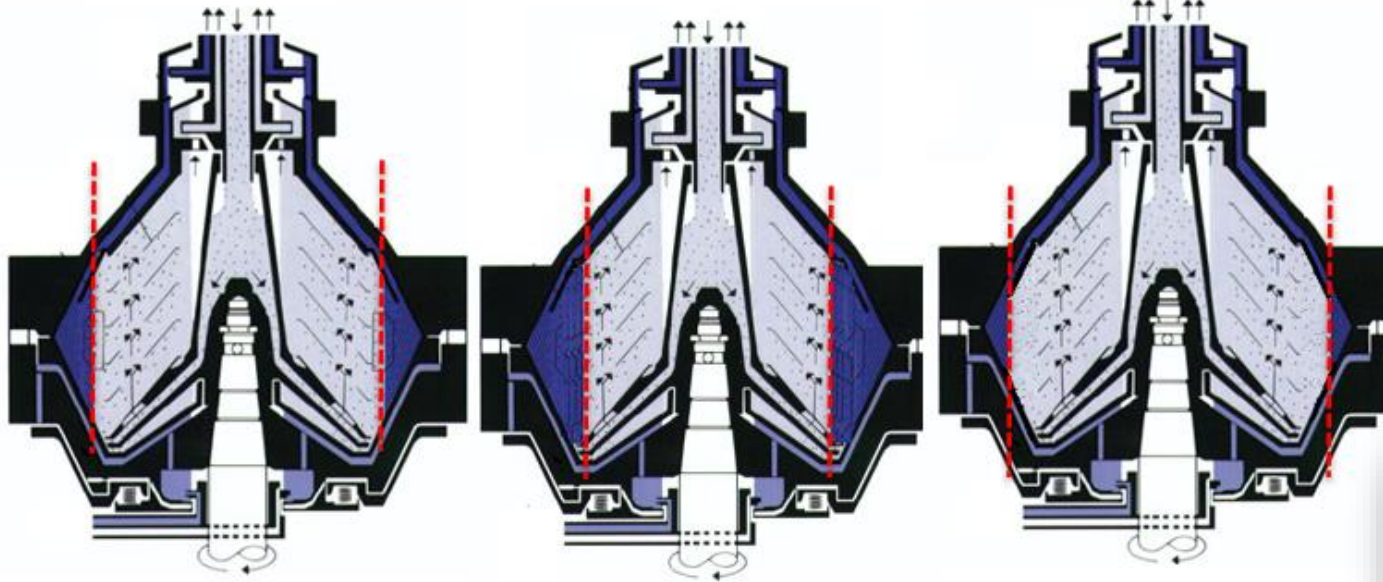


- ❖ Yoğunluk ve viskozite arttıkça arayüzey konum hassasiyeti artar.



- ❖ Su ve yakıt yoğunluğu arasındaki fark, yakıt sıcaklığı artırılarak sağlanır.

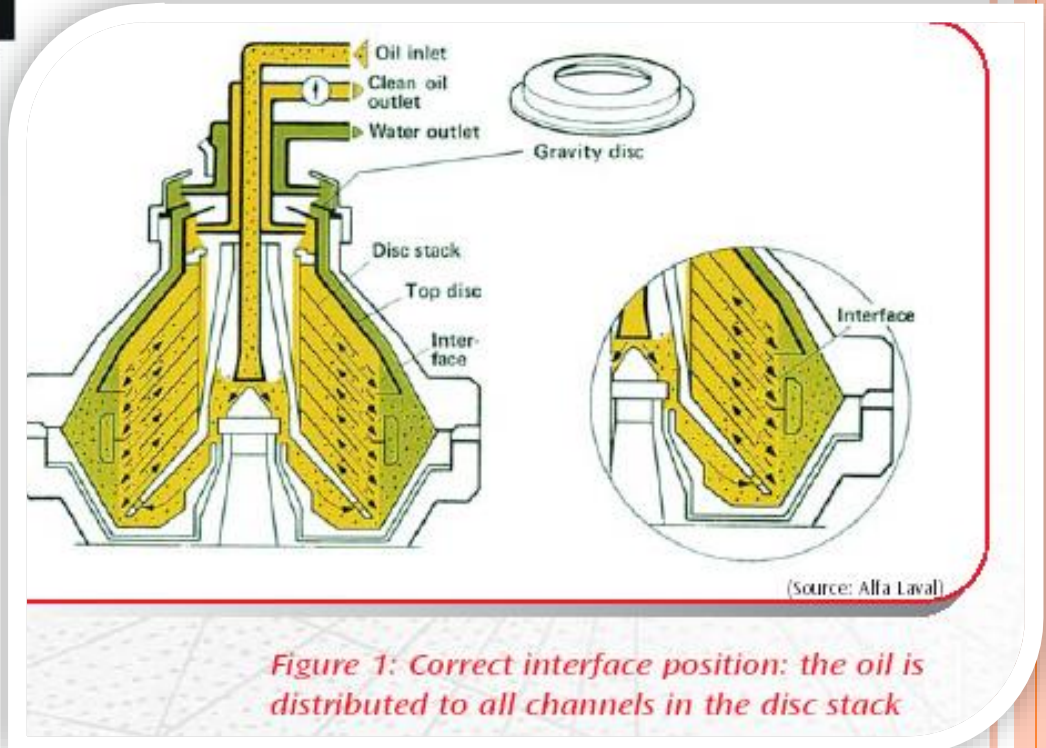
GRAVITE DİSK SEÇİMİNİN ETKİSİ



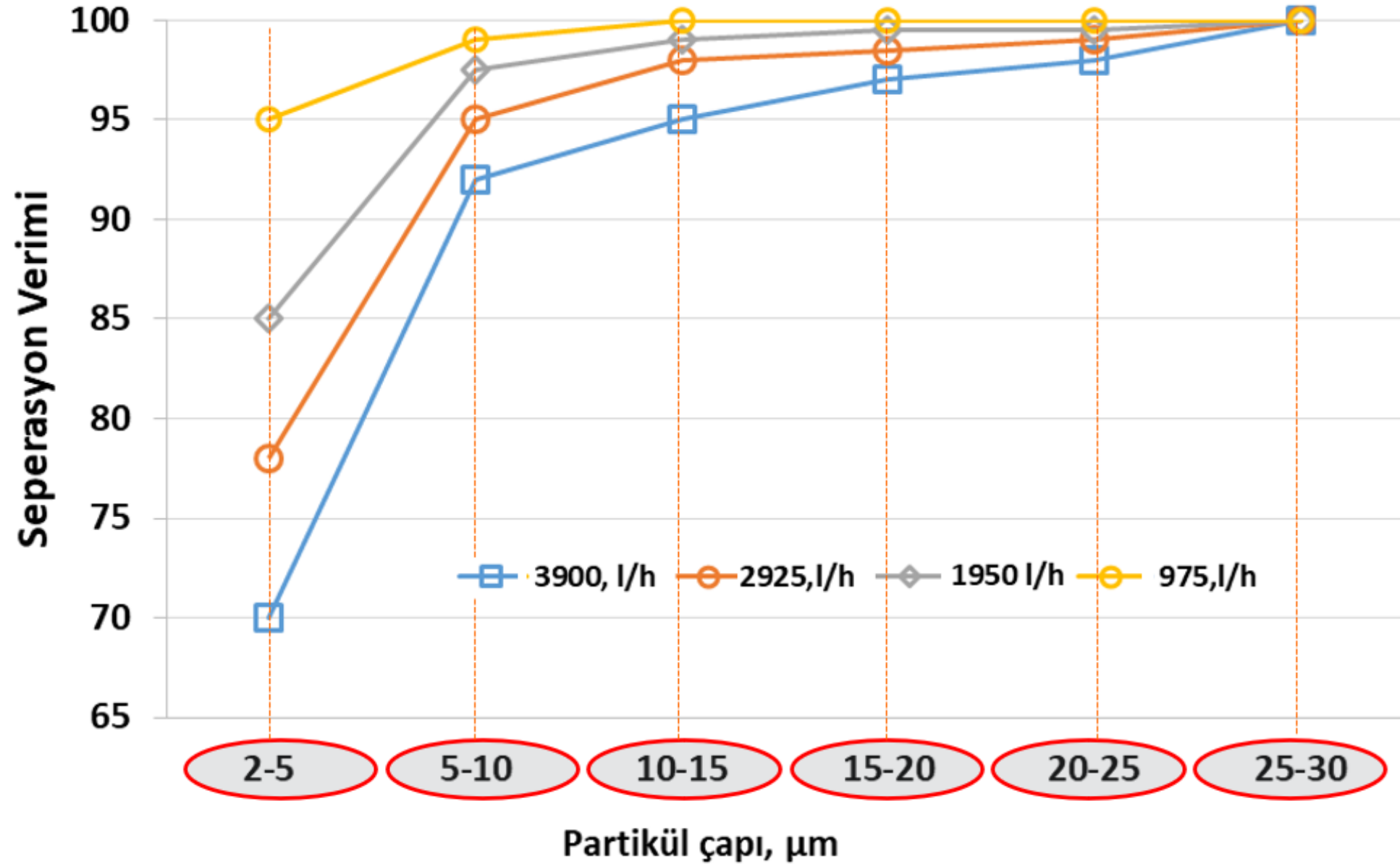
Doğru gravite disk seçimi-Doğru arayüzey

Küçük gravite disk
Verimsiz seperasyon

Büyük gravite disk



Debi ile Sepeartör verimi Arasındaki ilişki



SEPERASYON VERİMİNİ ARTIRMAK İÇİN

- Doğru ara yüzey için doğru gravite diski seçilmeli,
- Separatöre gönderilen yakıt debisi mümkün olduğunca düşük olmalı,
- İki seperatör debiler belirlenmiş debinin %50 sine düşürülerek paralel çalıştırılabilir.
- Verimli separasyon kurallarına uyulduğunda 2-5 μm çapındaki partiküller bile verimli ayrıştırılabilmektedir.

