

# Dual Fuelled Vessel.

LNG, Hydrogen (H<sup>2</sup>), Ammonia,  
Methanol & Ethanol, + (Nuclear/NuProShip)  
(Çift yakıt yakabilen Motorlu Gemiler)  
Electronically Controlled - Gas Injection System.

Rev:08/2024

[kmerdgn@yildiz.edu.tr](mailto:kmerdgn@yildiz.edu.tr)

Kasap Mustafa ERDOĞAN,

Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Görevlisi.

Gemi Mak.ve Gemi İnşa Müh.

Marine & Offshore Senior Ship & Eng.Surveyor,

B.Sc, C.Eng, MRINA, AWS, PED(97/23)

## Reference:

a-IACS Dual-Fuel Rule's & Regulation (01/07/2016)

b-IACS Z16,

c-IGC Gas code, 11/2020

d-IACS Member Classification Co. Check list,

e-IGF code.

f- IMO Res MSC.285(86)

(Safety for Natural Gas-Fuelled Engine Installations in Ships)

## **Contents:**

- 5- SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan,
- 7- LNG Gas Carrier, Dual-fuel system,
- 9- Dual Fuel ship Reg, and Type C Cylindrical Tank.
- 10- Dual Fuel System Design Reg.,
- 11- Dual Fuel Engine Design Reg.,
- 15- LNG Gas application,
- 19- Dual Fuel Changeover procedure,
- 21- Engine Cylinder Lub oil,
- 25- Engine Cylinder Liner modification,
- 26- Dual-fuel Engine safety system,
- 30- LNG Tank safety alarm system,
- 31- LNG Gas (Ignition system)Engine,
- 32- Marpol Annex VI Reg.13,
- 33- EGR, Exhaust Gas Recirculation
- 35- SCR, Selective Catalytic Reduction.
- 37- Tank Corrosion under Insulation,
- 38- LNG Gas carrier Mark III Tank Construction and Type A-B Tank.
- 41- Hydrogen, Amonium, Methanol and Ethanol
- 42- Nuclear Cargo Ship.

# Dual Fuel Marine Engines,

LNG, Hydrogen, Methy/Ethyl Alchol, Ammonia.

Gemilerde ekonomik Low- flashpoint Fuels kullanım sebepleri:

- 1-Ship Energy verimliliği/Efficiency Management Plan) gereği,
  - 2-Egzos gazlarından çıkan partiküllerin (NOx, SOx, Co<sup>2</sup>) çevre ve insan sağlığına zararlı (Kanserojen) olması,
  - 3-Atmosferin ekolojik dengesinin bozulması,
  - 4- Gemi navlunun yaklaşık % 60'ının yakıt masraflarına harcanması;
- LNG Gas Tankerleri 1999 yılından beri LNG Gas'ı yakıt olarak kullanmaktadır ve bu konuda örnek olmuştur.

(Dünyadaki Duel-Fuel gemilerin %70'i LNG gemilerdir.)

- 2007 yılında Container gemileri Duel-Fuel kullanmaya başlamıştır.
- LNG Doğal gaz gelecek vaat eden bir alternatif enerji kaynağıydı

Ukraine-Russian savaşı nedeniyle LNG fiyatı şimdi ekonomik değil

# Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) (MEPC.254(67)).

01.01.2013 den sonra inşa edilen 400 Gross Ton'dan büyük Gemilerde yapılan gemi tipi ve dizaynı hesapları ve işletilmesinde:

- En az yakıtla en fazla yük taşınması,
  - En az yakıtla en uzun seyir yapılması,
  - En az çevre kirliliği yapan yakıt kullanılması,
  - En ideal Makine ve yardımcılarının seçilmesi planlanması
- Regülasyon (SEEMP ve Ship Mang.System) gereğidir, ve

International Energy Efficiency Management Cert.(SEEMS) sertifikaları gemiler için 5 yıllık olarak düzenlenir ve yıllık surveyde vize edilir. sertifikalar gemide bulunmalıdır.

LNG Gas Carrier Gemilerinin naturel olarak Dual Fuel Marine Engines, (LNG/DO-FO) kullanmaya başlayınca IACS Dual-Fuel Rule's & Regulation (01/07/2016) IACS Z16, IGC Gas Code yayımlandı ve Dual-Fuelled gemilerin inşası ve işletilmesi bu kurallara göre Uluslararası Kod (International Code of Safety for Ships using Gases or Other Low-flashpoint Fuels – IGF Code)", 1 Ocak 2017 tarihinde kullanılmaya başlandı.

LNG Gas'ın fiyatı ekonomik olmayınca, LNG Gas Carrier gemileri dışında Dual-Fuel olarak kullanılmak üzere Gemi sahipleri fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak ve temiz enerji kaynaklarını kullanmak için "Alternative-Fuels" olarak Hydrogen, Methy/Ethyl Alcohol, Ammonia, Nuclear Power kullanmak için yeni gemi dizaynı yapıldı.

IGC Gas Code, (Low- flashpoint Fuels) Hydrogen, Methy/Ethyl Alchol, Ammonia düşük parlama noktalı yakıt kullanan makine, ekipman ve sistemlerin düzenlenmesi, kurulumu, kontrolü ve izlenmesi için:

IACS Dual-Fuel Rule's & Regulation, IACS Z16

LNG/DO-FO Dual-Fuel Engine Safety sistemi baz alındı.

ve alternatif yeni yakıtlar için ilave Rule Kaideleri yapıldı.

Alternative fuels olarak Domestik-iç hatlarda çalışan gemilerde Electric-Battery sistem kullanılmaya başlandı.

Rüzgar + Güneş enerjisi + Battery ve Nükleer güçle çalışan gemilerde planlanıyor.

# LNG Gas Carrier.

- LNG Gemi tankları basınçlı kap olmadığından(-163°C) likit LNG naturel olarak buharlaşır, buharlaşan LNG Re-liquefaction (yoğuşturulup tekrar tanka alma işlemi) gemide yapılamaz\*
- Atmosfere buharlaşarak gidecek olan LNG Gas yükünden ekonomik olarak faydalanmak için Dual-Fuel olarak M/E, ve Kazanda yakılarak elde edilen stim ile Stim türbin, veya 4 zamanlı motorlu G/E ile Elektrikli tahrik sistemli Propulsion sisteminde kullanılır.
- \*Re-liquefaction sadece LPG (-43.5°C) Gemilerde yapılabilir.

LNG Gemilerde Kargo Tank tasarımı IGC kod gereklerine göre geleneksel dört Tank yerine üç tank yapılarak yük 200,000 m<sup>3</sup>'e çıkarıldı, LNG yük çalkalanması Mark III Flex + sistemi geliştirildi, Geminin seyri düşürülerek Co<sup>2</sup> gas exhaust emisyonu %27'lik azalma görüldü. 2024



İlk sefer surveyini yaptığım "LNG RIVER" Gas Carrier 114 000 M<sup>3</sup>.

# LNG Carrier Mark III Membrane type Tank.

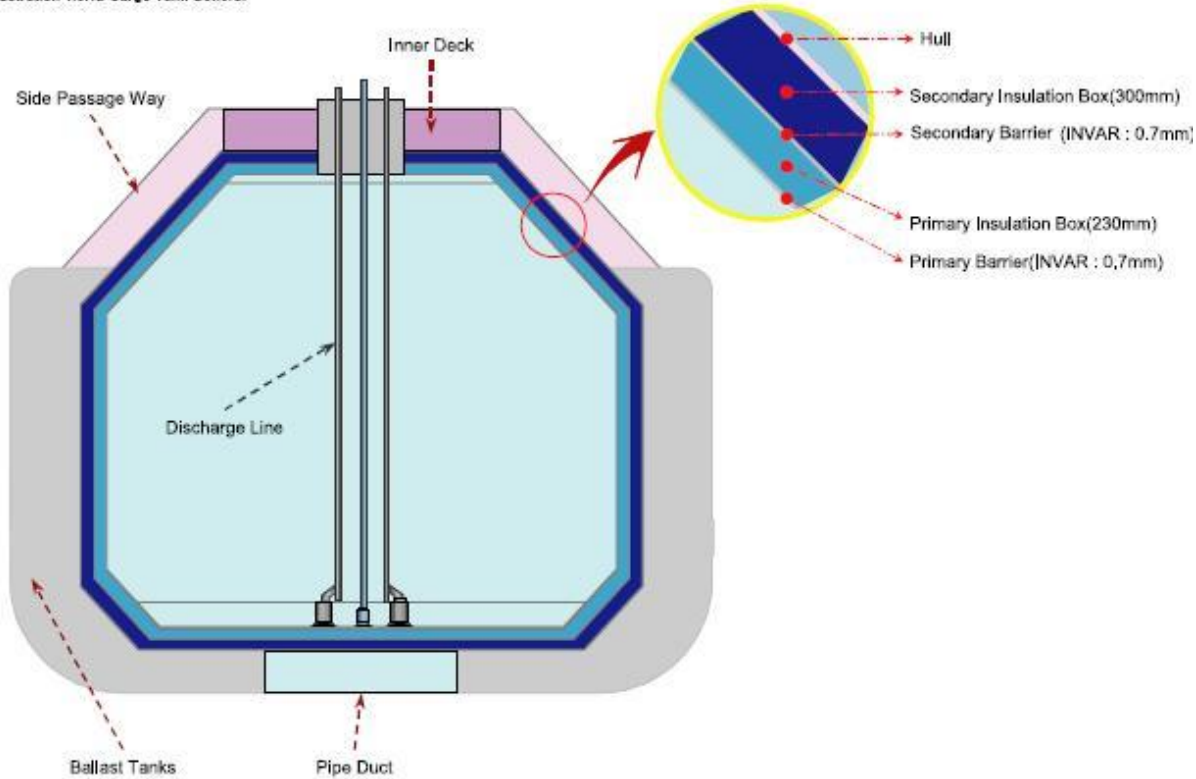
- LNG Gas Carrier Tankları basınçlı tank değildir,
- Tankın içi Primary Barrier olarak 0.7 mm ila 1.2 mm kalınlıktaki SS 304L ondüle sacdan yapılmıştır.
- Secondary Barrier olarak yaklaşık 1 mt. kalınlıkta izolasyon vardır ve LNG Likid olarak  $-163^{\circ}\text{C}$ 'de tutulur,
- Buharlaşan gas tankta tutulamaz, tank basıncını arttırıp gemiye hasar verebilir, veya Dual gas yakıt olarak kullanılır.



# LNG Membrane Tank.

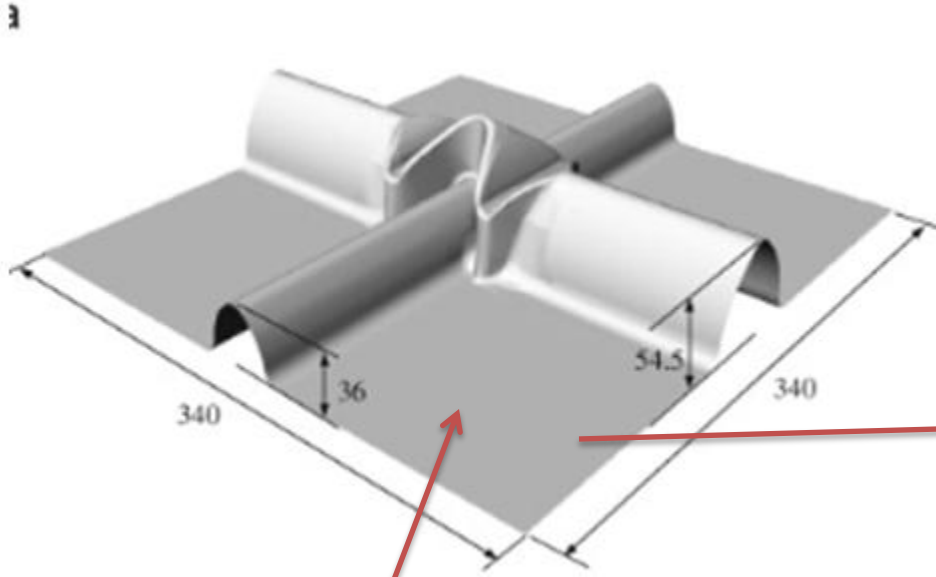
## Primary ve secondary barrier izolasyonu.

Illustration 1.3.1b Cargo Tank General



INVAR : Fe-36% Nickel Alloy

Not: Dual Fuel Marine Engine Gemide kullanılan LNG Type A ve B cylindrical Membrane Tank basınçsız ve izolasyonla kaplıdır.



### LNG Liquefied Gas Carrier Tank design,

**Primary Barrier (0.7-1.2 mm.) Cryogenic low carbon Stainless Steel Plate ve Pompa doldurma, boşaltma Cryogenic boruları.**

Technigaz MKIII LNG primary Membrane low temperature sacı: Ferritik Cryogenic Stainless Steel material düşük sıcaklıkta çentik tokluğu, çeliğin enerjisi absorbe etme kapasitesi, çeliğin yorulma sınırı, ısı değişimindeki genleşme, daralma özellikleri için özel olarak onduline corrugation “Swedges/Waffels” baskı dizayn edilmiş.

## **Stainless Steel for low Temperature tank imalat Kaynağı:**

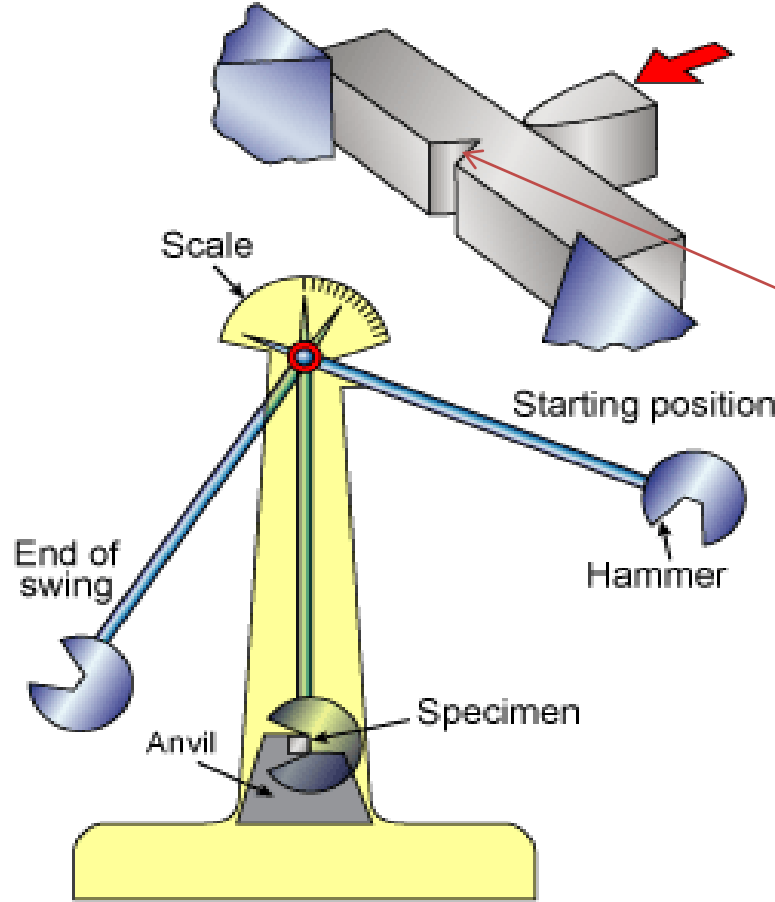
Düşük sıcaklıkta Çentik tokluğu, çentiğin enerjiyi absorbe etme kapasitesi, çeliğin yorulma sınırı %9 Nikel'li SS Çelikte Çentik'e -195°C'de başarılı olur.

Ferritik Kriyojenik ince taneli Carbon, Manganez'li SS Çeliklerin kaynağı malzeme yapısına eşleşen tel (weld consumable) ile TIG,MAG FCAW kaynak yapılabilir.

Kök paso %2.5-3.5 Ni'li malzemedede ön ısıtma ile TIG kaynak başarılı olarak yapılabilir.

# Çentik (Impact) Test Machine.(Joule-N/mm<sup>2</sup>)

Numune ölçüler: 10 x 10 x 55 mm, Çentik: 2 x 2 mm. Radius: 0.25 mm



İmpact/Çentik Testi ölçüleri dikkatlice ölçülmelidir, özellikle çentik , 45°, 2 x 2 mm, 0.25 Radüs çok özel, sadece çentik için kullanılan freze çakısı ile açılmalı,

**Not: Çentik numunesi Pandüle yerleştirirken çekicinin keskin noktasının tam Radüs hizasında olmasına dikkat edilmelidir.**

Çentik testi Gemilerin çalıştıkları soğuk bölgelere göre (Ice-Class) veya taşıdıkları yüke göre (LPG,LNG, H<sup>2</sup>) önemlidir, saç ve teçhizatın soğukta kırılma mukavemet değerini belirler.

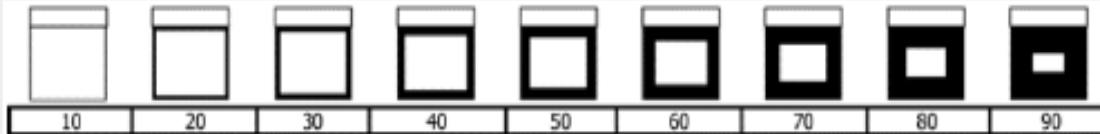
# Çentik soğutma süresinin önemi:

Soğutulmuş numunede çatlak başlangıcı ve yayılma enerjisi, iç kısmı soğumamış numunelerde çatlak ilerleme enerjisinin arttığı görülür ve tam soğutulmamış çentik numunesi testi doğru değer vermez.

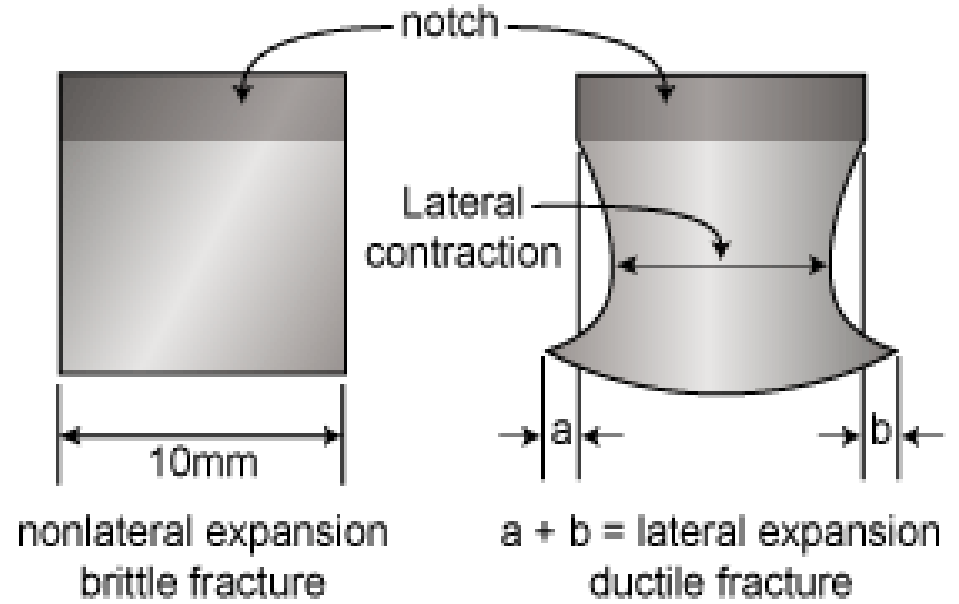
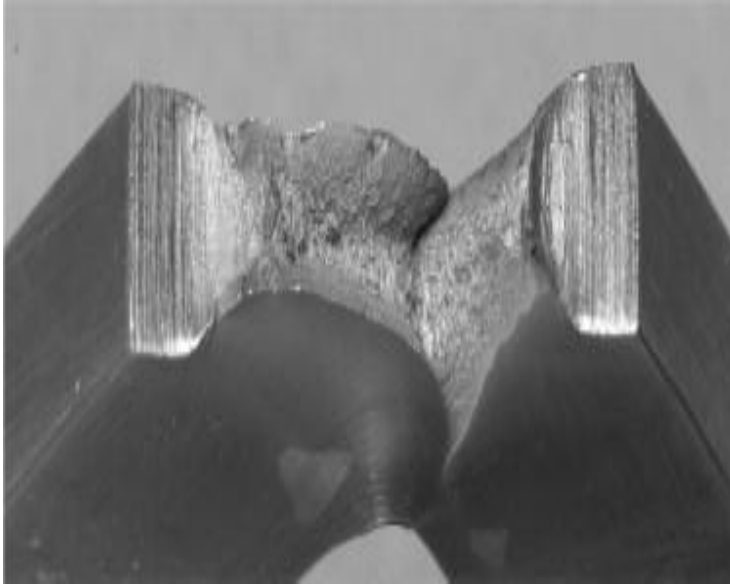
Çentik numunesi soğutma süresi, malzeme mikro ve kimyasal yapısı ile ilgilidir. Soğutma (Aseton vs.) sıvı bir ortam içinde yapılır, Soğutucu olarak (istenilen değere bağlı olarak)  $CO_2$  buz, Likit Azot vs. olabilir, Numune tutma maşası da aynı şekilde soğutulmalıdır. Not: Pratik olarak soğutma sıvısı içindeki Çentik numunenin ısı transfer kabarcıkları çıkışı bitmiş olmalı. (Soğutma süresi ~ 15/20 dakikadan az olmamalıdır)



Büyük işletme laboratuvarları daha sıhhatli soğutma için soğutma kabı yerine özel soğutma ünitesi kullanır.



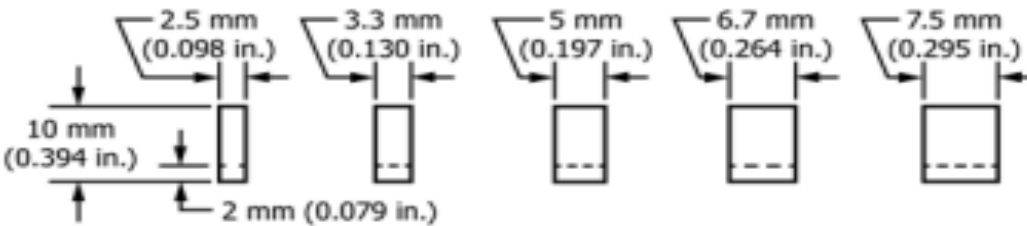
Çentik numunesi soğuma aşama %'si.



## Impact Test Lateral Expansion Ductile Fracture, (Yanal genleşme).

Darbe tokluğu testi -130 °C ila -250°C sıcaklık aralığında yapıldı.

“V” çentiğinin taban plakasına göre kırılma yönünün etkisi incelendi.



**Not.** Malzeme et kalınlığı 10 mm den düşük ise Çentik Test değeri ona göre değerlendirilir.

Aşağıdaki kimyasal bileşime sahip bir kalite, kriyojenik sıcaklıklarda iyi mekanik özellikler gösterir:

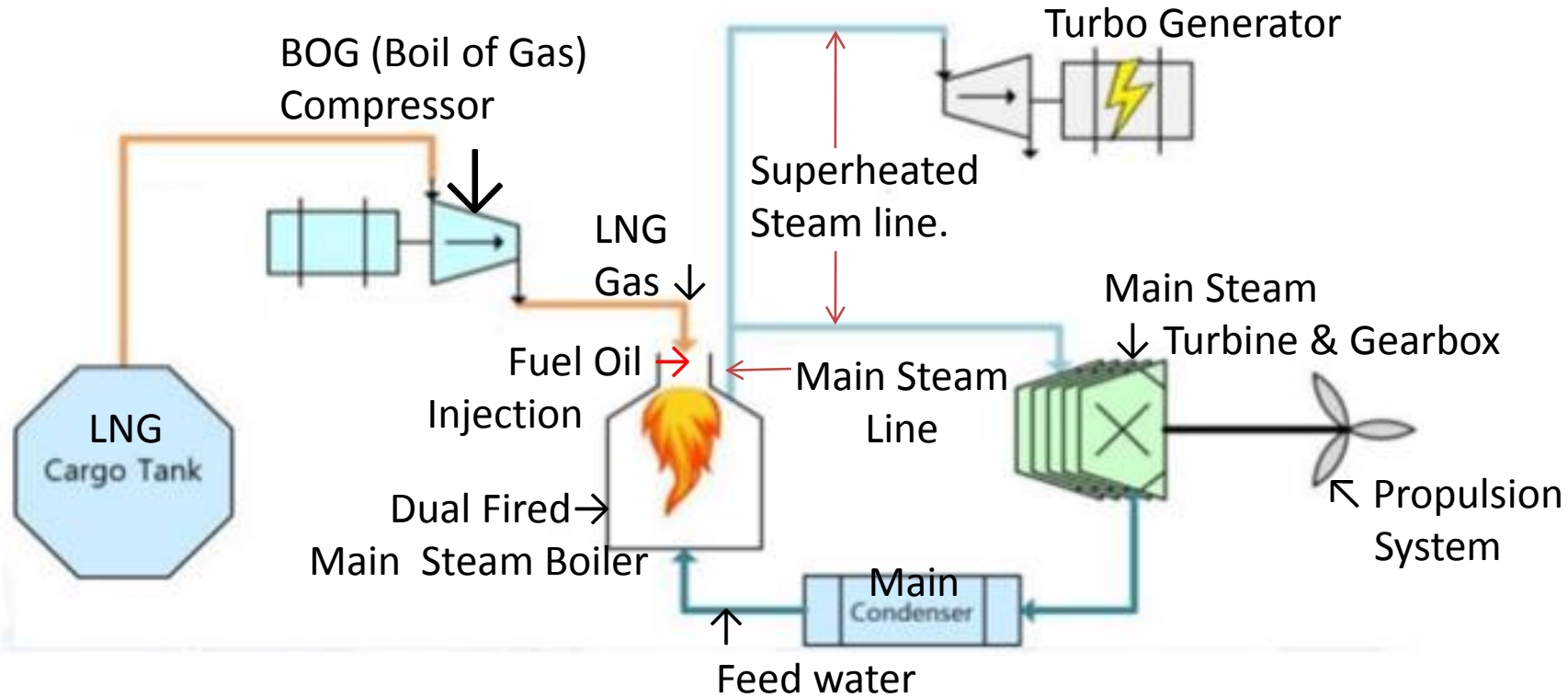
Yüksek Manganez Paslanmaz Çeliğin mukavemetini ve sertliğini arttırmak için en önemli alaşımdır.

Manganez atomları arasında daha güçlü bağlar oluşturmaya çeliğin iç yapısını güçlendirmeye yardımcı olur.

C-%0,072, Mn-%16, P-%0,02, S-%0,008, Si - %0,41,  
Ni-%5,85, Cr-%17,8, N-%0,36 , Fe-Kalan

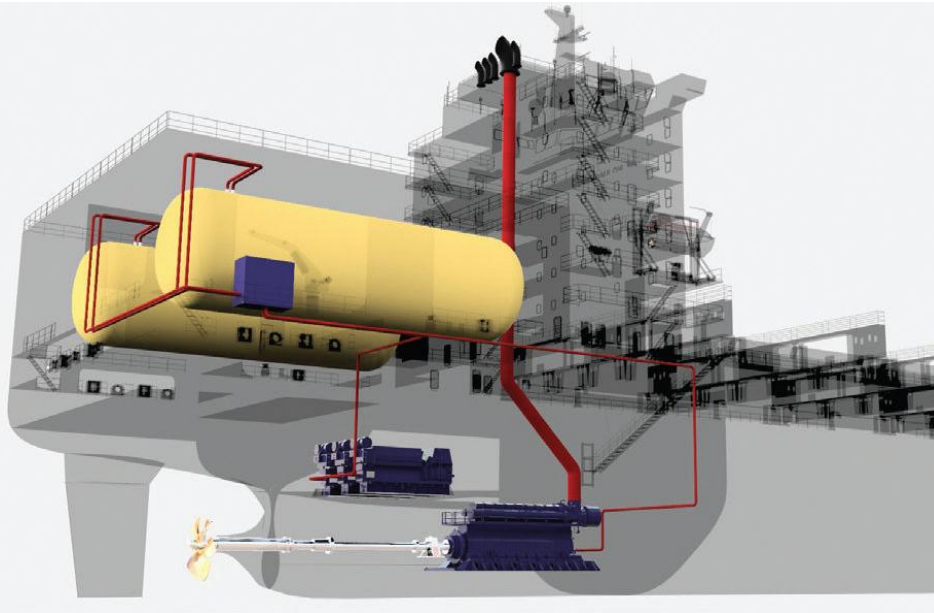
Yüksek mukavemet, iyi tokluk ve kaynaklanabilirlik malzeme kombinasyonu, tasarımcıları kriyojenlerin depolanmasına yönelik kaynaklı basınçlı kaplar yapmaya sevk etmektedir.

# Ana Kazan (LNG/FO Dual Fuel Main Steam Boiler) ve Steam Turbine Propulsion system



(BOG) Boil of Gas Kompresörü LNG Tanktan buharlaşan gazın sabit basınç ve debide kazana verilmesini sağlar.

# Dual Fuel Marine Engine, (Fuel-Oil and LNG)



Dual-Fuel Marine Engine sisteminin Gemilerde kullanılabilmesi için IACS tarafından yeni Rule's & Regulation (01/07/2016) ve IGC Gas Code kaideleri yapılmış ve uygulanmıştır.

Not: Dual Fuel Marine Engine Gemide'de kullanılan LNG Cylindrical "Type C" Tank, max.10 Bar basınçlı, çift cidarlı ve izolasyonla kaplıdır.

Not: LNG havadan ağırdır, ölümcül zehirlidir, alevi ışıkta görülmez.

# LNG Cylindrical “Type C” Tank.

LNG doğal gas gelecek vaat eden bir alternatif enerji kaynağıdır ve önümüzdeki yıllarda en hızlı büyüyen ana yakıt olabilir; bu nedenle Sıvılaştırılmış doğal gas'ın (LNG) depolanması ve taşınması giderek daha önemli, ancak teknolojik olarak zorlayıcıdır.

Yeni bir çalışma olarak Gemilerde kullanılan LNG yakıt tanklarının % 20/30 daha düşük maliyetle, daha yüksek mukavemetli olarak imalatı için -196 °C stabil olan ve Kriyojenik işlem görmüş, tokluk için yüksek manganlı austenitic steel kullanımına başlandı. Bu alaşımlı çelik IGF, IGC tarafından kabul edildi ve ASTM tarafından testleri 2017'de onaylandı.  
Not:İlk 500 m<sup>3</sup> LNG Tank Hyundai Mipo S/Y (HMD) tarafından imal edildi.

# Dual Fuel system design:

- a-LNG Tanklarının (Type: A, B veya C) dizayn hesapları, malzemeleri, kaynak (Weld) detayları ve planları IACS Material and Welding kaidelerine, PED (Pressure Equipment Directive)'e, IGC (International Gas Code'a) göre IACS üyesi Class tarafından onaylanmalıdır.
- b-LNG Tanklarının Gemide konulacak yerleri, foundation planı Steel Ship Class Rule's and Regulation'a göre ve Gas odası safety planı IGC'ye göre yapılmalıdır.
- c- Gas Comp, Gas Heater, Valf ve (flençsiz) boru devreleri plan, design ve malzeme/kaynak onayı yapılmalıdır.
- d- Sistemin imalat montaj testleri IACS üyesi Class'lar tarafından kontrol edilip sertifikalanmış olmalıdır.

# Dual Fuel Marin Engine design:

- a- Gas and Fuel Oil system,
- b- Exhaust system,
- c- Crankcase ventilasyon system,
- d- Air inlet/supply system,
- e- Cyl.Lubricating system,
- f- Engine Control system,
- g- Dual Fuel Engine risk analysis,
- h- Engine Operation Manual,
- i- Engine shop Test Report,
- j- Engine Torsional Vibration Calculation.

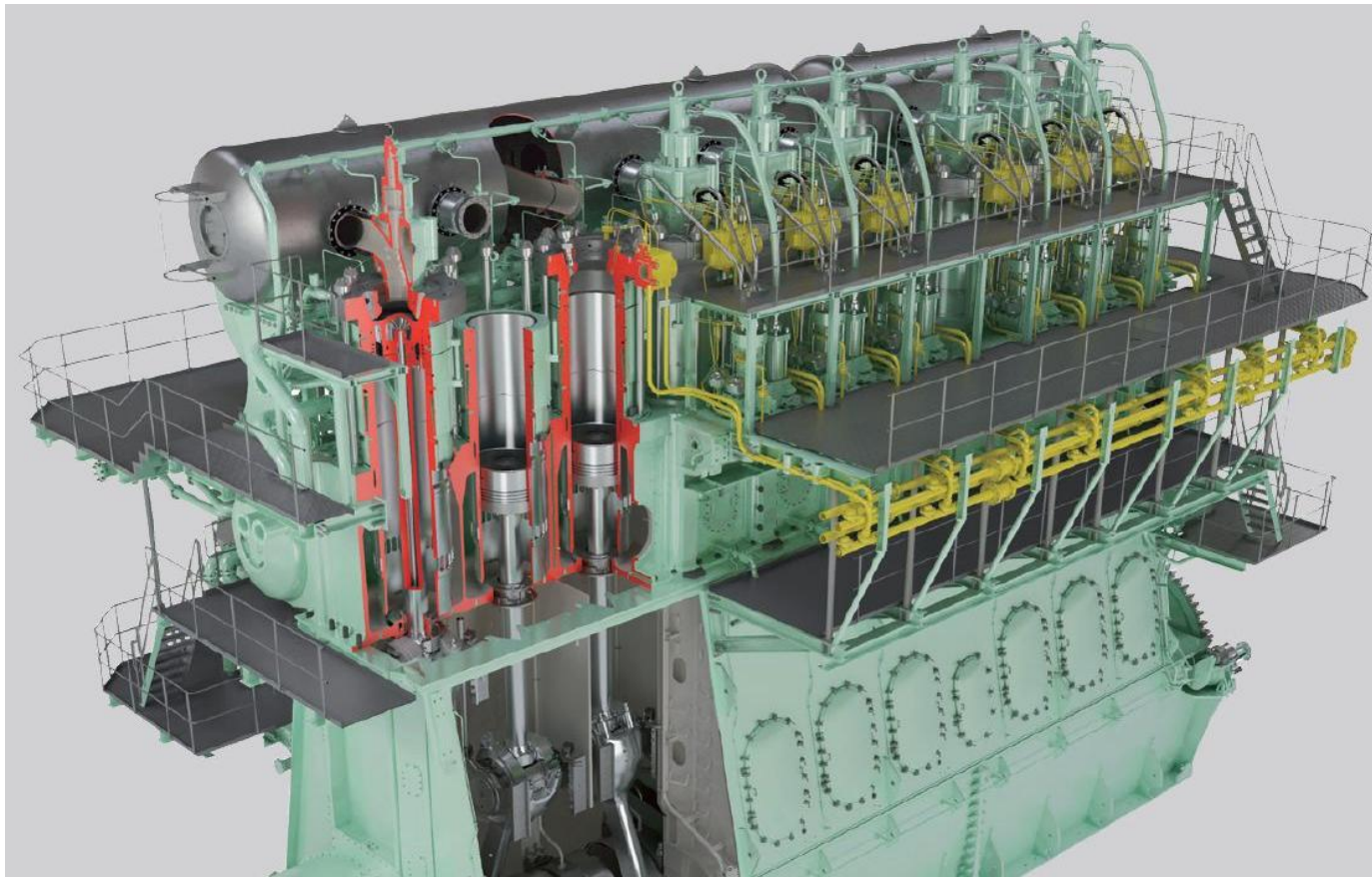
IACS Dual-fuel Rules & Reg., IGC'a göre Class tarafından onaylanıp EEDI (Technical File) sertifika düzenlenmelidir.

# Dual Fuel Diesel Engine,

(Dual-Fuel two stroke, low speed, Common Rail system)

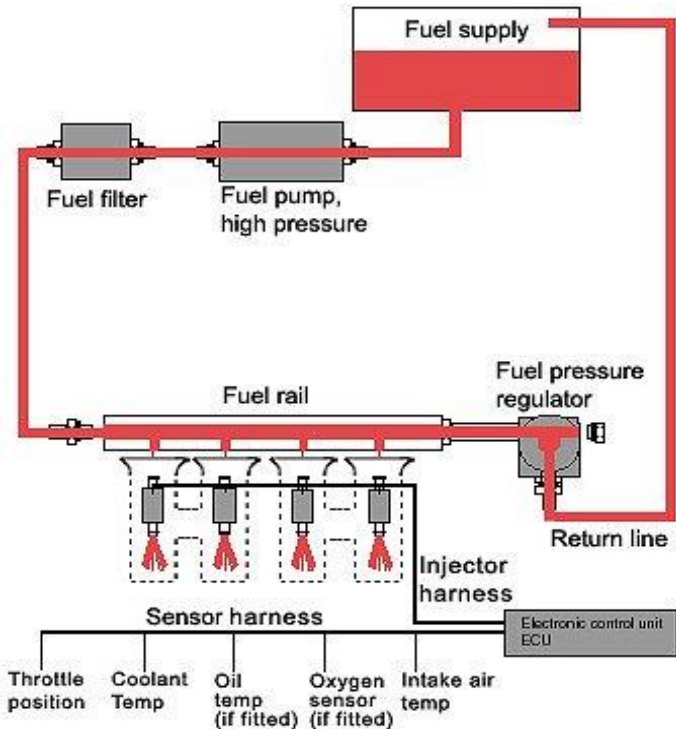
266.000 m<sup>3</sup> LNG Gas Carrier Main Engine.

140 ME-GI Motor. M-Type Electronically Controlled – Gas Injection  
(ME-GI) System



# Marine Diesel Engine Camshaft (Chain & Gear) Drive.

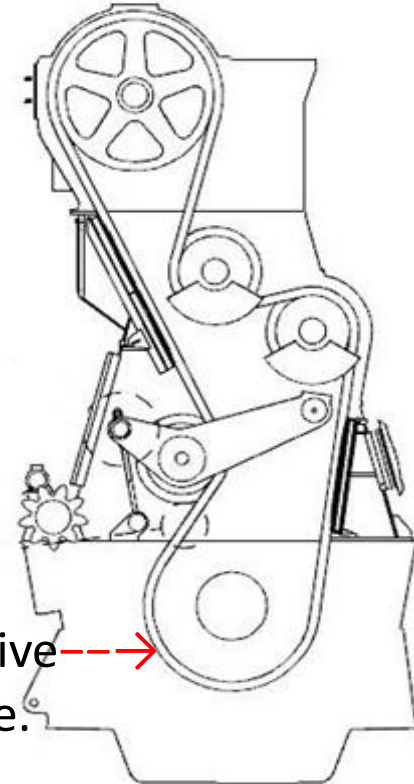
Camshaft Dizel motorun Egzost valfını, yakıt pompalarını, hava start ve silindir yağlama sistemini vs. çalıştırır. (Zincir gerginliği ayarlanabilir)  
Common Rail modern yeni makinalarda Camshaft Drive yoktur, sistem Elektronik olarak kontrol edilmektedir. Zincirli veya dişli Camshaft sistemi olan gemilerden yakıt olarak % 20 daha ekonomik, Güç-ağırlık oranı (PWR) Kg/hp olarak makina daha hafiftir.



← Modern Camshaftless Engine  
Common Rail System,

1 adet yüksek basınçlı yakıt pompası silindirlere bastığı yakıtı her pistonun zamanlaması (Timing) Elektronik kontrollü olarak açılıp Enjektörden basılmaktadır. (Otomobiller gibi)

Camshaft chain drive →  
Main Diesel Engine.

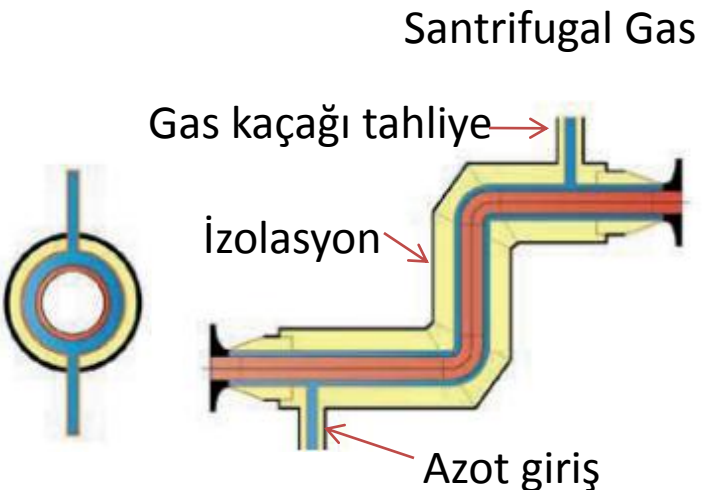


# Dual-Fuel Ship Regulation.

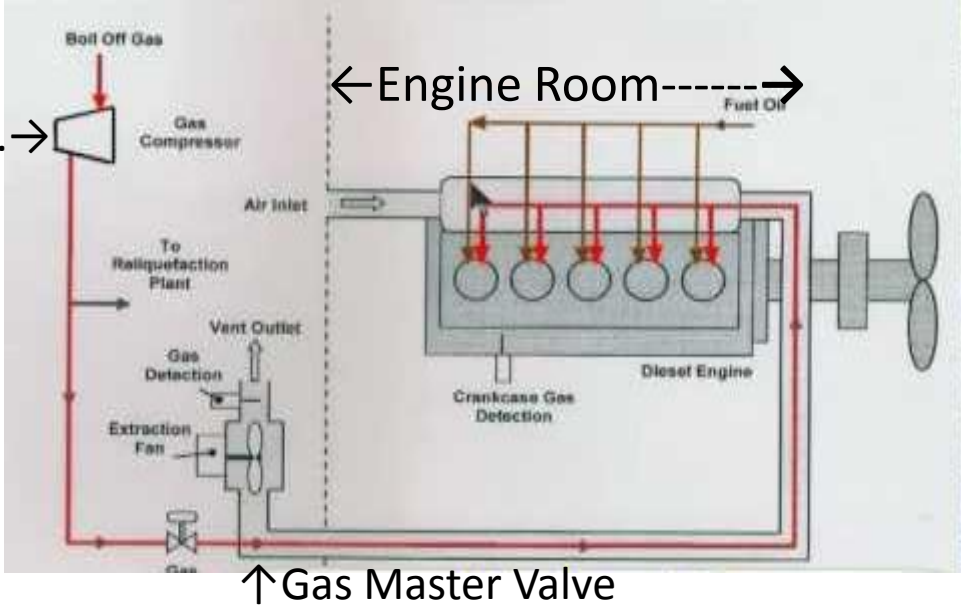
- Solas III-2/20-1 01/01/2016 Dual Fuel (LNG-DO/FO) kullanan gemilerde genellikle 2 adet LNG tankı kullanılır.
- IGC 1.1.6.1 gereği Likit Gas tankları IACS onaylı olmalıdır.
- Tanklar çift cidarlıdır, kaçak halinde gas dışarı tahliye edilir
- Her tankın en az 2'şer set görsel ve sesli olarak Tank seviye, basınç, sıcaklık, gas sızıntı alarmları, Nav.Bridge, Eng.C/R, C/C, Salon vs.'de kayıt/monitoring safety sistem olmalı.
- Dual-Fuel Gemilerdeki: Remote operated valves, Emgy. shutdown sistem, Gas odası Elc. sistemi, Gas detection system , gland seals vs. safety Alarm sistemi sürekli aktif durumda ve fonksiyonları kontrol/test edilmelidir.
- Duel-Fuel kullanan Gemilerde Manevra, kanal/boğaz geçişlerinde, yakıt olarak sadece DO/FO kullanılmalıdır.

Not: LNG ile makine start edilemez,manevra yapılamaz.

- 1-Makine Dairesi içindeki LNG Gas boruları Paslanmaz Çelik malzeme 304L'ye eşdeğer malzemeden ve hepsi çift cidarlı olması gerekir,
- 2-Çift boru (Double wall/double skin) arasında olabilecek gas kaçaklarını tahliye eden fan ve analiz eden Gas detektör ile Manual/automatic shut-down Gas master valve Makine dairesi dışında olmalıdır.
- 3-Çift cidarlı boruda gas kaçağı tespit edildiğinde Gas hemen atmosfere tahliye edilmeli ve sisteme N<sup>2</sup> Azot Inert gası verilmelidir.
- 4-Bu durumda Automatic Gas shut down valfı LNG Gas'ı hemen kapatmalı Diesel Engine otomatik olarak hiç güç kaybetmeden Fuel-Oil mode geçebilmelidir.(Motor shut-down sadece DO/ FO'de olur)



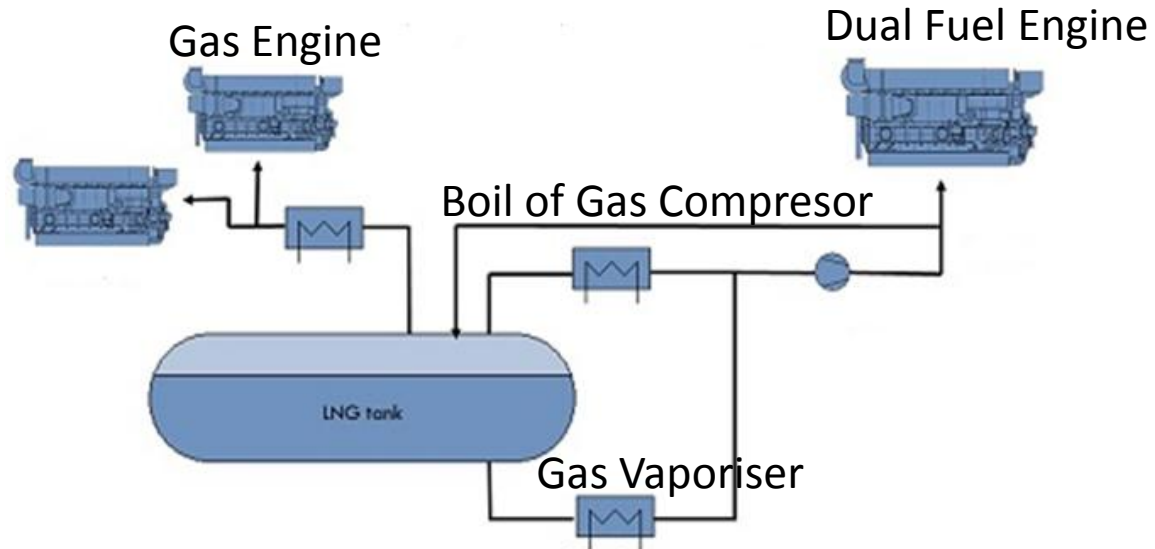
**Çift cidarlı LNG Gas borusu.**



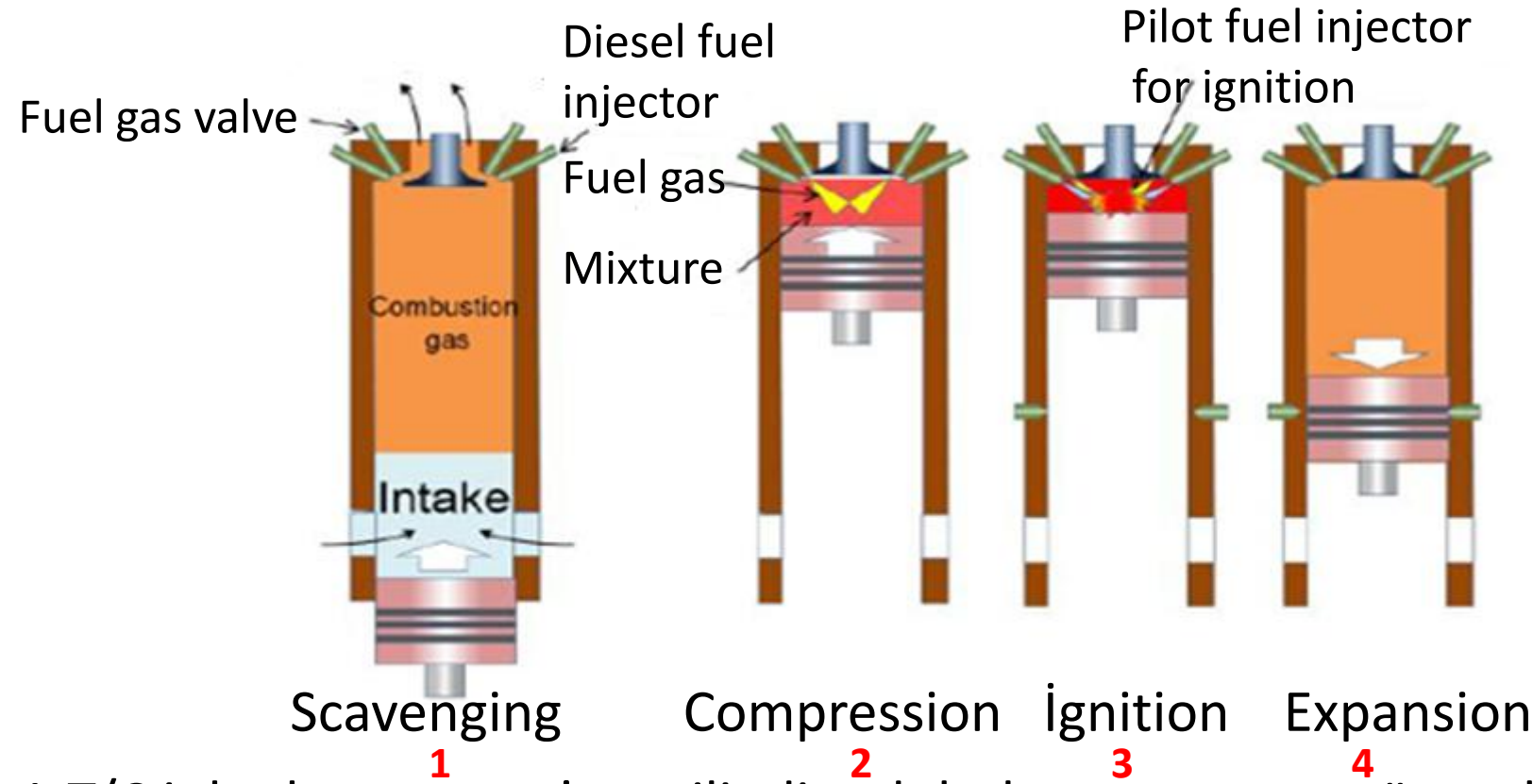
# LNG Gas application Sistem.

Dual Fuel Engine Gemilerin LNG Tanklarında natural olarak buharlaşan veya Gas Vaporizer tarafından ısıtılarak buharlaştırılan LNG Gas'ı Kompresör ile düzenli basınçta Motora gönderilir. Ocean going gemilerde farklı yerlerden yapılan LNG ikmali değişik özelliklerde olduğundan Motorda vuruntu, Gemide vibrasyon ve shut-down problemleri olabilir.

Not: IGF Code 11-8 gereği Gas Kompresör/Vaporiser odasında sabit yangın söndürme sistemi olmalıdır. (Solas reg. II-24.1.1) 01. Jan.2024



# Dual Fuel 2 stroklu Motor'un çalışması.



- 1-T/C inlet havası port'tan silindire dolarken egzost gazı üst valftan atılır,
- 2-Inlet havası silindirde sıkıştırılınca üzerine LNG Gas ve FO enjekte edilir,
- 3- Karışımı tutuşturmak için sıvı yakıt olarak Diesel oil pulverize edilir,
- 4- Silindirde yanma, genişleme oluşur ve Motorda dönme sağlanır.

**Not: Dual Fuel Motorlarda % 5 DO/FO ve % 95 LNG Gas kullanılır.**

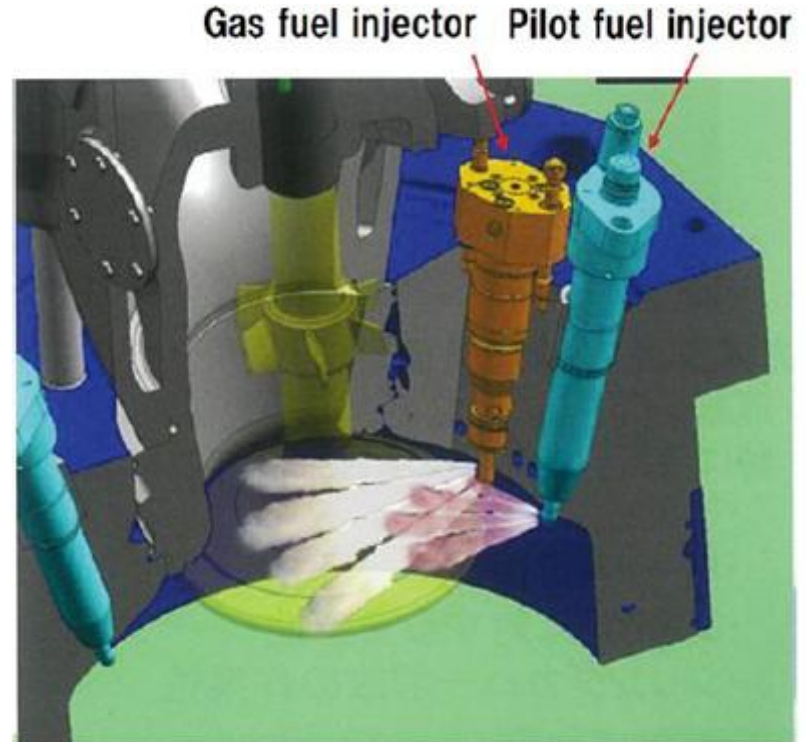
LNG Gas'ı FO/DO ile birlikte yakılınca tam verime erişir.

# İki stroklu bir motorda LNG Gas Enjeksiyonu.

LNG gas yakıtı dizel yakıtıyla aynı şekilde silindirde sıkıştırılmış havaya Electronic Ignition sistemi ile enjekte edilir ve daha sonra ateşleme, mikro pilot yakıt enjektörü aracılığıyla yakıt enjekte edilerek sağlanır. Bu, difüzyon yanmasında dizel yakıtı, CO2 emisyonlarını % 20'den fazla azaltabilir; yanmamış gaz ve CO emisyonu düşük seviyeye iner.

**Not:**

- LNG Gas inlet hava manifolduna enjekte edilirse manifold'ta patlama olabilir, NOx emisyon seviyesi yükselir
- LNG Gas sadece silindire enjekte edilir
- LNG Gas ve FO kullanımında ayrı ayrı Nox emisyon ölçümü yapılmalıdır



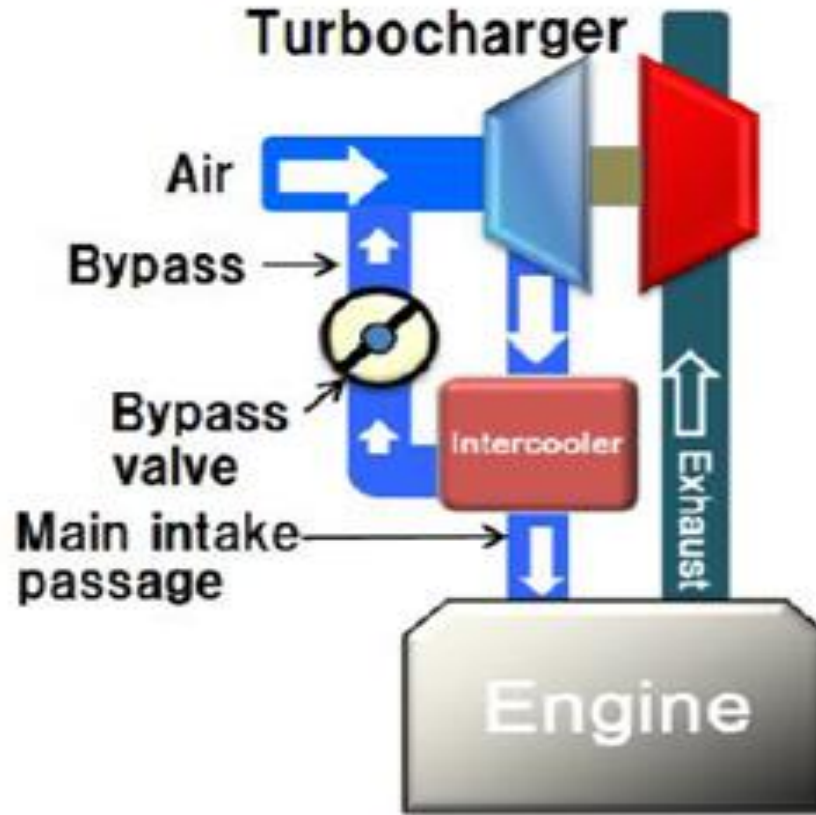
# Fuel Oil-Gas Changeover procedure.

- Fuel oil modu ile LNG modu arasındaki geçişi Elektronik sistem ile veya manual olarak da yapılabilmelidir.
- Dizel modundan gaz moduna geçiş için, motor devri kontrolü tamamlanmalıdır (manevra bitmiş olmalıdır), Gaz vanası yavaşça açılır. Motor Gas modunda çalışırken kullanılan yakıt FO/DO, LNG ve hava oranları sabit ayarlanmalıdır.
- Gas modundan DO/FO moduna geçiş için Gas yakıt giriş valfi el ile kapatılarak dizel yakıt enjeksiyonunu başlatıp gaz modundan dizel moduna emniyetli olarak anında geçmek mümkündür,

# Dual-Fuel Changeover procedure.

- Dizel-Gas ve Hava oranı iyi ayarlanamaz ise değişken Gas vurutuları ile Motorda devir dalgalanması (motorun topal çalışması) neticesi vibrasyon oluşur, Crankshaft hasarlanır. (ayrıca silindirde P-max ve egzost sıcaklık artışı neticesi Nox emisyon oranının yükselmesine sebep olur)
- Bunu önlemek için motor'a bağlı Vibrasyon Sensörünün verdiği ikaz ile Elektromagnetik kontrol valf Gas giriş/akışını ayarlar veya Motor otomatik olarak Dizel moduna geçer.
- Fuel oil mode'da yakıt akışı el ile kontrol edilebilirken, Gas Mode'de akış Elektromagnetik bir selonoid valf ile otomatik olarak kontrol edilir bu nedenle Gas Motorun değişken devirli durumunda (manevralarda) kullanılamaz.
- LNG Gas Bunkering, Dual-Fuel Changeover sistem ve Operation manual kitabı konularında personel eğitilmelidir.
- Not: LNG Gas'ı FO/DO ile birlikte yakılınca tam verime erişir.

Hava, LNG Gas ve DO/FO oranı değiştiğinde artan Egzost sıcaklıklarını ve Nox emisyonunu azaltmak için İnet havasının hava kuleri çıkış ve girişine bypass yapılarak ayarlanabilir



EGR:Exhaust Gas Recirculation.

# Exhaust Gas Recirculation (EGR)

- Egzoz gazı devridaimi (EGR), hafif, orta ve ağır dizel motorlardan iki stroklu düşük hızlı Gemi motorlarına kadar geniş bir dizel motor yelpazesine uygulanabilen NOx emisyon kontrol tekniğidir
- Egzoz Gazı Geri dönüşümü: Motor inlet havasına, Egzos gazı filtre edilip soğutularak verilir, silindirde pik (oktan) yanma sıcaklıklarını düşürür NOx emisyon oluşumunu kontrol eder.
- Egzoz gazı esas olarak yanıcı olmadığından inert bir gaz olarak kabul edilir. Silindirin hava / yakıt karışımına atıl bir gaz ilavesi ile yakıtın bir kısmı silindirde daha yavaş bir patlamaya ve daha düşük yanma sıcaklıkları oluşturur.

# Dual Fuel Motor silindir yağlama yağı.

- Dual-Fuel çift yakıtlı motorlarda Silindir yağlama yağı seçimi çok önemlidir. Düşük Kükürt'lü yakıtlarda TBN (Total Base Number) yüksek numaralarda kullanılırken, LNG Gas kullanımında düşük TBN Silindir yağlama yağı kullanılmalıdır,
- Doğal Gas kullanımında Layner iç cidarında ısı izolatörü gibi Alkali birikintiler yapışmasına ve laynerin soğutma suyunun ısı iletkenliğinin azalmasına neden olur.
- Sonuç olarak, hem dizel modu hem de gaz modu ile etkili bir şekilde performans gösterecek çift yakıtlı motorlar için bir Cyl.yağlama yağı seğmek zor olabilir.

# Dual Fuel Motorda Cyl.Oil seçimi:

- a- Silindir Yağlama Yağı TBN (Total Base Number)'a,
- b- Makine tipi (Trunk Piston veya iki stroklu Engine) için imalatçının istediği değerlere,
- c- Fuel Oil içerisindeki Sülfür değerine,
- d- Silindir yağı sarfiyat miktarına,
- e- Makinanın Yağlama Yağının aşırı ısıdaki oksidasyon değerine göre seçilmelidir.

Not: F/O içindeki Catalytic fines Al,Si oxide aşındırıcı oranı, ve Exhaust Emission Control Areas'da (ECA) silindir yağı TBN daha düşük olmalıdır. (Marpol 73/78 Annex VI, IAPP)

# Dual Fuel Motorda Cyl. aşınmaları

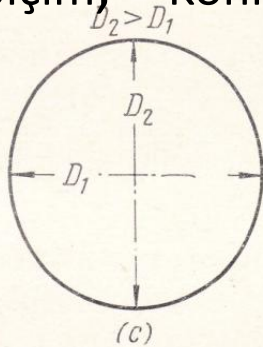
- Dual Fuel Motorlarda Layner ve Sekmanların malzemesi çok özel yüksek mekanik mukavemetli, iyi ısı gerilim özellikleri olan, yeterli aşınma dayanımlı, yorulma ömrü uzun, ve kendi kendini yağlayabilen Perlitli Gri Dökme Demir'den yapılır. (Spheroidal/nodular graphite Iron Casting)
- İki zamanlı, düşük devirli, uzun stroklu Motorların Laynerlerde aşınmaları azaltan iki sıra Silindir yağlama yağı (Lubricater) yapılması yağ filminin silindir boyunca yırtılması önlenmiş olur.

# Cylinder Liner'de eşit olmayan aşınmalar.

Uzun stroklu motorlarda Silindir yağlama yağının yetersiz olması ve uygun yağın kullanılmaması neticesinde oluşan aşınma ve kazıntıları önlemek için iki sıra pulverize tip yağ Lubrikeyterleri konularak Liner hasarı azalmıştır.

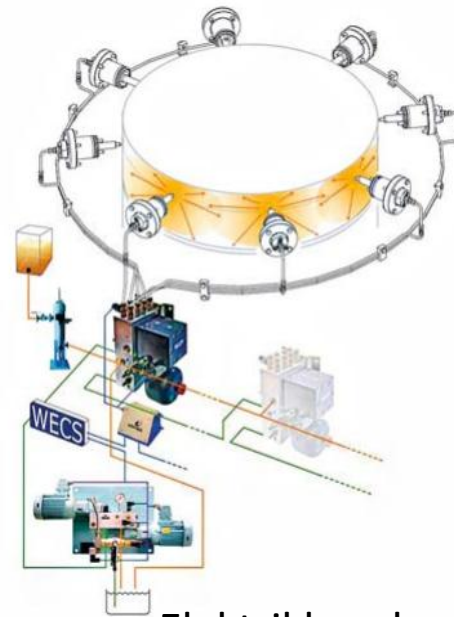


Fiçı biçim, Konik şekilli.

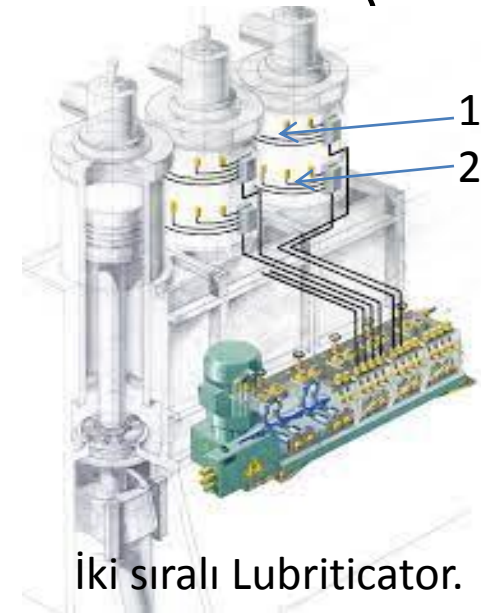


Eliptical aşınma (P-S),

Liner aşınma şekilleri.



Elektrikle çalışan Cyl.LO pompa üniteleri.



İki sıralı Lubriticator.

# Cyl. Liner'deki aşınmaları önleyici Energy Efficiency Liner Modification.

- Laynerin çalışan iç kısmına, Pistonun Sekman yuvalarına ve sekmanlara “Cermets”, (Ceramic (Cer), and Materials (Met)) aşınmayı önleyici (wear resistance coating) plasma spraying sistemle (16500 C° derece) astar boya gibi atılır.
- Yanma sonunda oluşan alkaliler, Sülfirik asid ve korozyon laynere tutunamaz.

Not: Cermets: Cr<sub>2</sub> O<sub>3</sub> + Mo Chromium (III) Oxide + Molybdenum.

# Dual-Fuel Engine Safety sistemi:

(İki Stroklu ve Trunk Marine Diesel Engine)

- Otomatik kontrol ve alarm sistemin fonksiyon testleri,
- Oil-Mist Detector alarmı, (LNG kullanan her motorda olmalıdır)  
(Not: Reg: Marine Diesel Motor >2250 kw Oil Mist Detector konulur)
- Her Scavenge'de yanmamış LNG gas alarmı.
- Crosshead, main bearing ve Crankpin yatakları lazer/sensör kontrollü yatak sıcaklık alarmı.
- Her silindir Exhaust gası çıkış sıcaklık alarmı.
- Cyl. P-max. alarmı (Each Cyl),

- Gas Fuel Injection ve Pilot Oil-Fuel Injection sistem alarmı.
- Alarmlar (sesli ve görsel) alarm aktif olduğunda kontrol sistemi Gas shut-off interlock valfını hemen kapatmalıdır.
- Interlock valfı manual olarakta C/C'dan Lokal olarak kapatılabilmelidir.
- Gas Shut-off valfı kapanınca içerdeki gas otomatik olarak deşarj olmalı
- Flame arrester (alev tutucu elek tel): Crankcase ve Scavenge relief devices'larına, Starting Hava girişine, Exhaust manifolduna, Bacaya çıkan Karter hava firarına ve Gas supply manifolduna konulmalıdır.

- Alarmların herhangi biri (sesli ve görsel) aktif olduğunda kontrol sistemi Gas shut-off interlock throttle valfını hemen kapatmalıdır.
  - Interlock valfı manual olarakta kontrol odası merkezlerinden ve lokal olarak kapatılabilmelidir.
  - Gas Shut-off (Interlock) valfı kapanınca içerdeki gas otomatik olarak atmosfere deşarj edilip yerine İnert Gas N<sup>2</sup> doldurulur, ve Motor deviri düşmeden Auto kontrol olarak Fuel Oil veya Diesel Oil moda geçer.
- Not: “Liquefied (LNG) Gas Carriers Survey Checklist” geminin yıllık, 5 yıllık surveylerinde kullanılan checklist içerisinde “Gas Burning Equipment and Other Companent” bölümünde Dual-fuel kazan ve makine için maddelere yer ayrılmıştır.

# Flame arrester (alev tutucu elek tel):

--Dual Fuel Diesel Engine her silindirin:

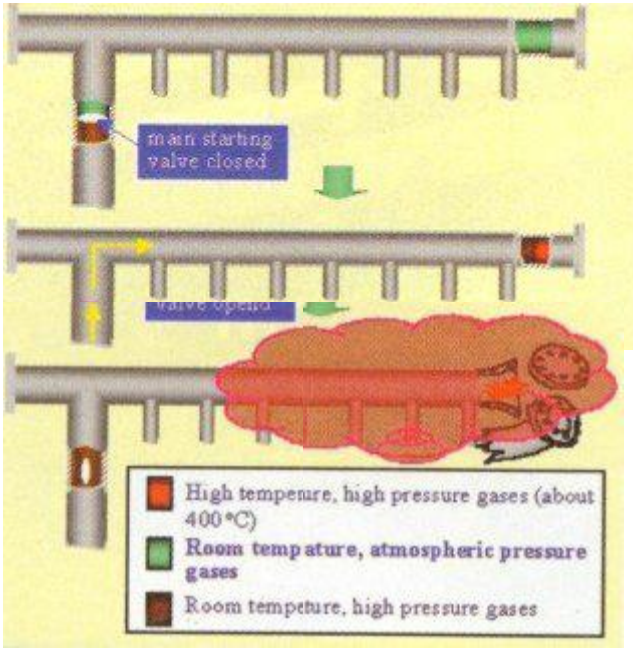
- Crankcase ve Scavenge relief devices'larına,
- Starting Hava girişine,
- Exhaust ve Inlet manifoldlarına,
- Bacaya çıkan Karter hava firarına,
- Gas supply boru discharge manifolduna konulur.

--Fire fighting installation ve Personnel protection equipment, her zaman bakımlı ve hazır tutulmalıdır.

## Air Start manifold Explosions:

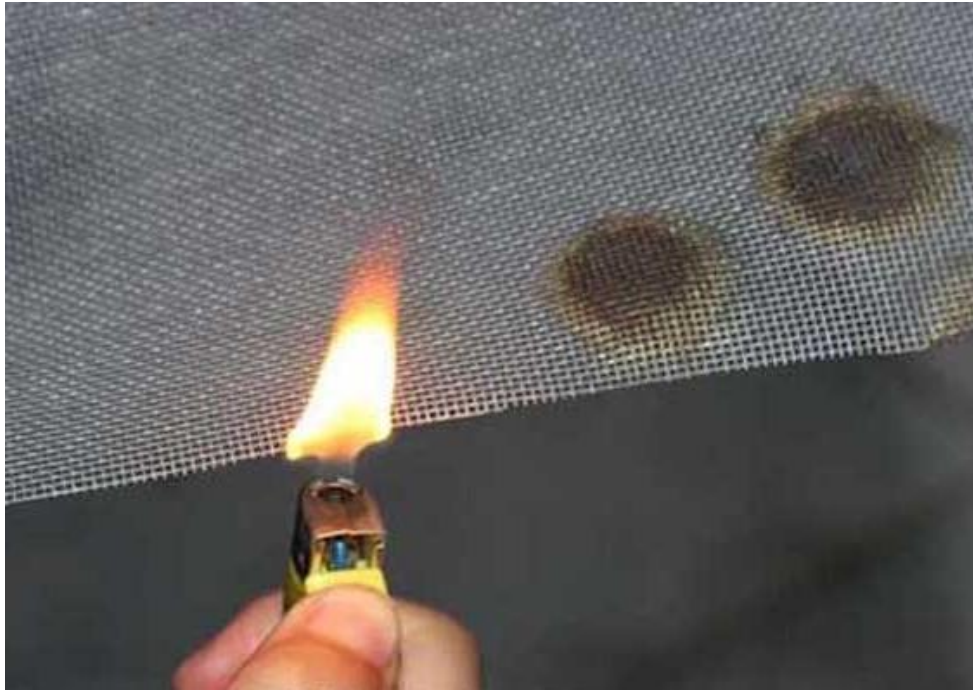
Dual Fuel Motor kaverindeki Air starting valfı tutukluk yaparsa:

- Silindirdeki yanmamış Gas'lar starting hava manifolduna girerek infilak edebilir. Patlama ile olabilecek yangını önlemek için
- Hava Manifolduna Alev tutucu (Flame arrestor) konulması ve hava manifoldu sonuna Safety Valve veya Bursting Disk konulması IACS tarafından istenmektedir.



# FLAME SCREEN MESH:

Diesel Makinaların Crankcase Relief Valflarında, Air-starting manifoldunda, bulunması gereken yeni Flame-Screen sistemi.



Düz veya Tas. ↑  
P/V Valve:  
0.65 Cargo Type II B,  
0.90 Cargo Type II A.

# LNG Tank safety system.

- LNG Deck Tank insulation and chocks moving support,
- Pressure/vacuum relief valve,
- Gas piping system valves and cocks,
- LNG Tank insulation cold spot examination,
- Tank remote control discharge valve test,

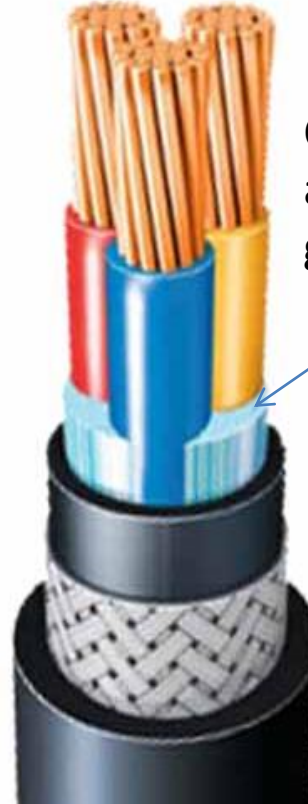
## Electrical control equipment system,

[“Sörvey Yöntemleri” Dersine internetten bakınız P.367](#)

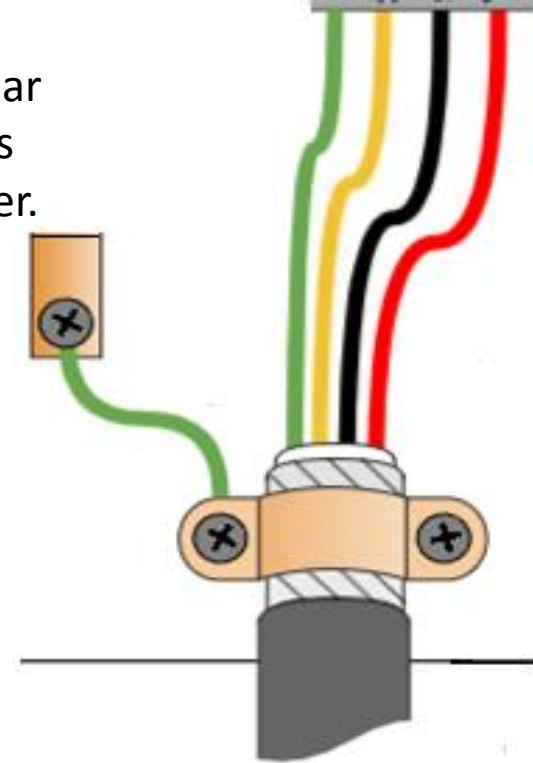
- Cable earthing, cable sheath, insulating resistance,
- LNG Gas Tankı likit seviye sistemi,
- Gas yüksek ve düşük basınç alarmı,
- LNG likit sıcaklık alarmı,
- Gas detection equipment alarmı,
- Gas compressor ve Vaporiser (Heater) safety system,
- Emgy.shut-down sistem,

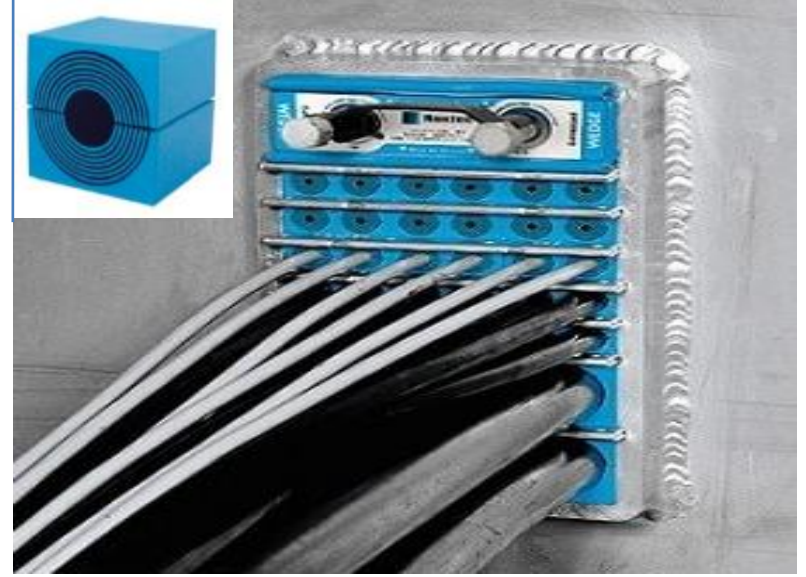
# Elektrik Cable bağlantıları (connection),

Gemideki her türlü elektrik bağlantısında kablo uçları mutlaka klemens takılıp/sıkılarak bağlanmalıdır, ayrıca Elektrik Kablosunun dışındaki koruyucu ağın uç kısmı mutlaka açılıp klemens ile gemi bünyesi topraklaması civata/somun ile bağlanmalıdır. **Elektrik yangını kısa devre olmasından ziyade zayıf bağlantının ısınmasından meydana gelir.**



Çok telli kablolar arası dolgu Gas geçişini engeller.





## **Elc. güç ve Emgy. çoklu Kabloların (Bulkhead) perde/sac geçişleri:**

Watertight (2.5 Bar basınçta Su geçirmez), yanıcı Flammable Gas sızdırmaz, Fire proof, (alev almaz), Elektro manyetik/ Elektrostatik enerji üretmez EMI/EPM malzemedan yapılip, tüm parazitlere karşı korunaklı olması için özel sistem ile monte edilirler.

EPDM material: Ethylene/Propylene.

Not: Sistem Tankerlerde ve Tehlikeli/yanıcı yük taşıyan Kimyasal, Gas tanker ve Kuru Yük (Bulk) gemilerde kullanıma Class onaylıdır.

# İzolasyon altındaki korozyon, (Corrosion under insulation)

- İzolasyon altındaki korozyon LPG Gemilerin Tanklarında, LNG second barrier dış saclarında, Kazan su/steam drum ve boru sisteminde, Refrigeration Gemilerin Ambarlarında, görülür.
- İzolasyon olan her ünite surveyde belirli bir ölçümde, farklı yerlerden açılıp kontrol edilmelidir. (Cold spot examination)

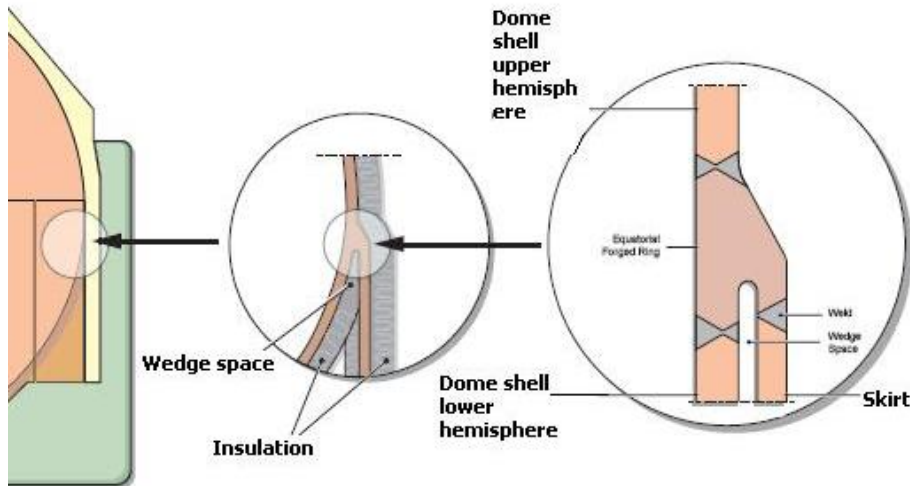
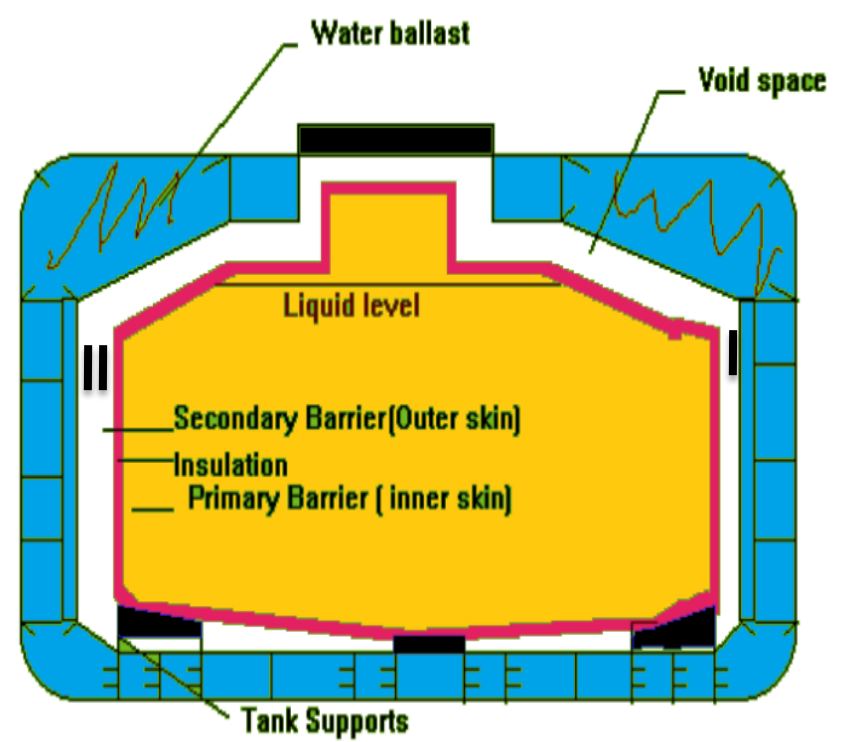
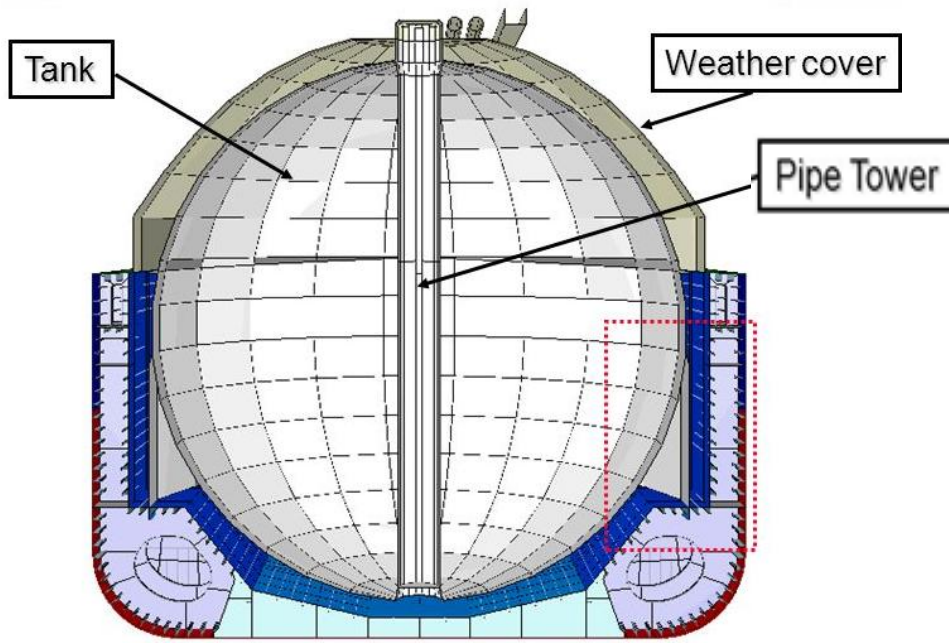
# İzolasyon altındaki korozyon

(Corrosion under insulation)

- İzolasyon altındaki korozyon LPG Gemilerin Tanklarında, LNG second barrier dış saclarında, Kazan su/steam drum ve boru sisteminde, Refrigeration Gemilerin Ambarlarında, görülür.
- İzolasyon olan her ünite surveyde belirli bir ölçümde, farklı yerlerden açılıp kontrol edilmelidir. (Insulation Cold spot examination)
- İzolasyon altındaki korozyon sebepleri:
- Sık sıcaklık değişiklikleri, izolasyon altına su/rutubet girişi , su buharı yoğunlaşması, kötü izolasyon ve kötü boya kaplaması.



Fotoğrafta Ball Type LPG tankı,(Fully Pressurised and Refrigerated Maas Tanks) izolasyon söküldüğünde oluşan ağır paslanma görülüyor.



LNG ve LPG Gas Carrier'lerin Cargo Tank Void Space'lerdeki bottom, side, upper Supportları side ve DB temas bölgeleri ile Tank foundation kaynak detayları çatlak ve Cold Spot kontrolü ve bottom drain check dikkatlice yapılmalıdır.

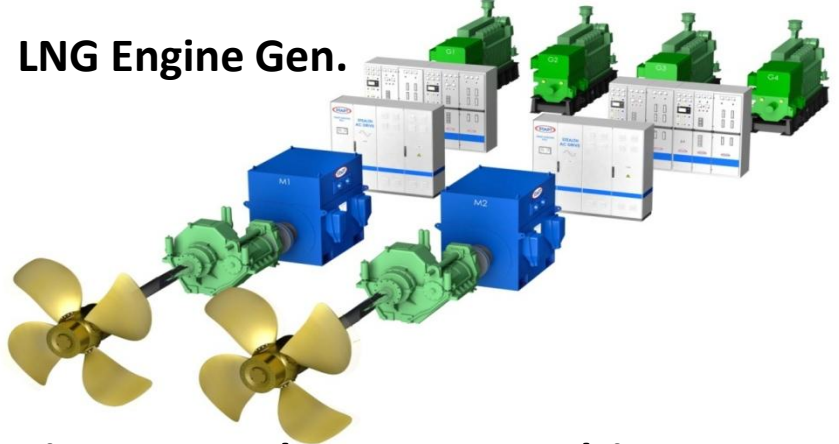
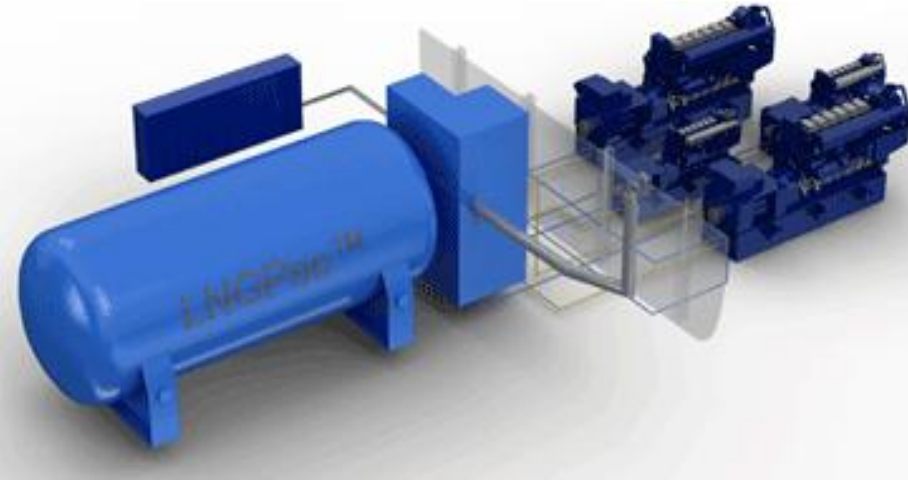
İleri teknoloji Gemi ana makine Motoru üretici fabrikaları sadece LNG Gas ile çalışabilen Elektrical Propulsion sistem “Green Gas Engine” üretmişlerdir. Bu motorlar 2016 yılında yürürlüğe giren IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) Tier III düzenlemesine uymakta, NOx miktarını etkili bir şekilde azaltmakta ve yalın yakma teknolojisi ile CO2 salınımını en aza indirmektedir.

**Not:** LNG-Duel Fuel, Low flash point Diesel fuel, Ethanol/Methanol fuel kullanan gemilerin (Nav.bridge) Köprü üstü/seyir güvertesi camları A60 Fire proof olmalıdır. (IGF code 11.3.2, MCS 97, Solas Ch.II-2)

**IGC Code:** Sabit Tozlu Yangın söndürme sistemleri Solas Reg.II-2/1.6.2'ye uygun, N<sup>2</sup> Azot gas basınçlı olmalı ve **tozun topaklanmaması** gerekir.

# LNG (Bujili) Gas Motoru

- Sadece LNG Gas yakan Motorlarda (spark ignition) 24 V. Buji sistemi vardır ve genellikle sabit devirli Generator Motorlarında Elektrik üretip Electric Propulsion sistem ile veya direct Propulsion system olarak Inland water way Gemilerde kullanılır.



Engine Room, Elc.Motor Propulsion system

**NOT:** (Low Flashpoint) Methanol ve Ethanol alternatif Green yakıt olarak, Dual fuel veya single fuel olarak kullanan gemilerin imalat, çalıştırma ve emniyet sistem kaideleri (Rule/Reg) LNG Dual-fuel gemilere uygun olarak yapılmaktadır.

# Hidrojen'in Gemilerde alternatif yakıt olarak kullanılması. (H<sup>2</sup>) Hydrogen as Fuel for Marine Application.

Hidrojen (H<sup>2</sup>) kullanımı mevcut IMO/IACS kaidelerle onaylanması gereken ve yeni gemi tasarımları için onay sürecindedir. (2020)

The Hydrogen-fuelled Container feeder (Postacı) vessel.



5 MW Fuel-cell systems with 3 MWh battery system. Type C Tank = 920 m<sup>3</sup>

Not: H<sup>2</sup> sıkıştırılmış gas olarak Kara taşıtları, Tren, otobüs, ağır vasıta, otomobil vs. kullanılır bu taşıtlar Ro-Ro gemide taşınmaz ve ayrıca H<sup>2</sup> ısıtma için binalarda kullanılır.

\*H<sup>2</sup> Hidrojen'in Sıfır emisyonlu bir yakıttır,  
Yakıt olarak gemilerde kullanılması düşüncesi Nisan/2018'de  
MEPC\*\* .304(72) kararı ile alınmıştır.

Hidrojen en yüksek verimli enerjidir, verimi LNG'nin iki katıdır,  
H<sup>2</sup> Likit olarak depolanması, taşınması sırasında çalkalanma  
ile Elektrostatik enerji oluşur tehlikelidir, ancak bütün metal  
malzemeler birbirlerine ve genel topraklaması yapılmalıdır.  
H<sup>2</sup> alevi görülmez, hızlı buharlaşır, toksik değildir ve anlaşılır  
kokusu yoktur, anlaşılması için ilave koku katılabilir,  
H<sup>2</sup> kaçaqları ancak Pollistors Gas sensörleri ile anlaşılabilir.  
H<sup>2</sup> fiyatı Fosil yakıtların yaklaşık 8 mislidir.

Liquid olarak H<sup>2</sup> -255 °C'de bulunur.

Not: (LNG -163 °C, LPG - 42.5°C, O<sup>2</sup> -182.8 °C)

\* Likit Hidrojen ve Likit Oksijen "Katı Yakıt" adı ile 1961 yılından beri  
NASA Apollo uzay projelerinde kullanılmaktadır.

\*\*MEPC: Marine Environment Protection Committee .

Hidrojen gazı LNG gibi içten yanmalı motorlarda kullanılabilir,  
Not: %20 H<sup>2</sup> + %80 LNG Gas karışımı Gas Türbinde kullanılır.

H<sup>2</sup> renk ve üretim metodları:

a-Kahve renkli H<sup>2</sup> kömürden,

b-Gri renkli H<sup>2</sup> Fosil yakıtlar ve LNG'den,

c-Mavi renkli H<sup>2</sup> emisyon kontrollü Fosil yakıttan elde edilebilir,

d-Yeşil renkli H<sup>2</sup> sudan Elektroliz yolu ile güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilebilir.

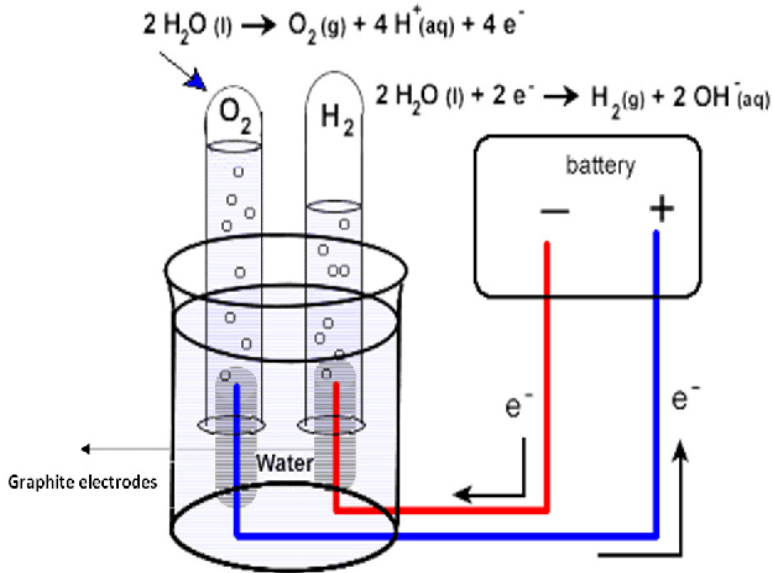
Yukarıdaki a,b,c türlerin H<sup>2</sup> üretimi sırasında Atmosferi kirleten Carbon emisyon salınımı yüksektir,

d-Yeşil renkli H<sup>2</sup> üretiminde Karbon emisyon salınımı sıfırdır),

**Not:** Hydrogen Gas'ını likit hale çeviren pahalı, depolanması, taşınması zor bir yöntem yerine direct olarak sıfır veya en az emisyonlu, Likit Ammonia ve Methane üretilip motorlarda yakıt olarak kullanılır. (Kullanımı LNG gibidir.)

Atmosferdeki sıfır emisyon çalışmalarında Kriyojenik tanklarda (sıvı/likit) (LH) Hidrojen'in yakıt olarak kullanılması için IACS üyesi DNV-GL ve 26 gözlemci (Hand Book) El Kitabı yayımlamıştır, "Maritime Hydrogen Safety Joint Development Project (MarHySafe JDP)"

DNV-GL Araştırma ve Test Merkezinde hidrojen üzerinde yapılan deneylerde el kitabı için değerli araştırma bilgileri verilmiştir, Hidrojen'in diğer yakıtlarla karıştırılması (LNG Dual Fuel gibi) veya sıvı bir organik çözelti içinde veya amonyak olarak depolanması yoluyla içten yanmalı motorlarda kullanılabilir.



Elektroliz yolu ile sudan elde edilen yeşil renkli  $H^2$ . en ekonomik olarak Güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilebilir.

H<sup>2</sup> den güç üretmenin en yaygın ve en az emisyon yolu (Elektroliz yolu ile üretilen Fuel Cell) hidrojen yakıt pilleri kullanmaktır ve, DNV Hand Book MarHySafe projesi de buna odaklanmıştır, LH<sup>2</sup> (Liquid Hydrogen) için 2016 MSC.420(97) geçici kaideleri yapılmıştır.

Hidrojenin özellikleri doğal gazdan (LNG) farklıdır., H<sup>2</sup> depolanma, taşıma, yakıt ikmali ve gemide kullanılma sistemi ve güvenlik ile ilgili daha fazla test, araştırma gerekiyor, bu nedenle H<sup>2</sup> kullanımı sadece Proto-type gemilerde yapılabilir.

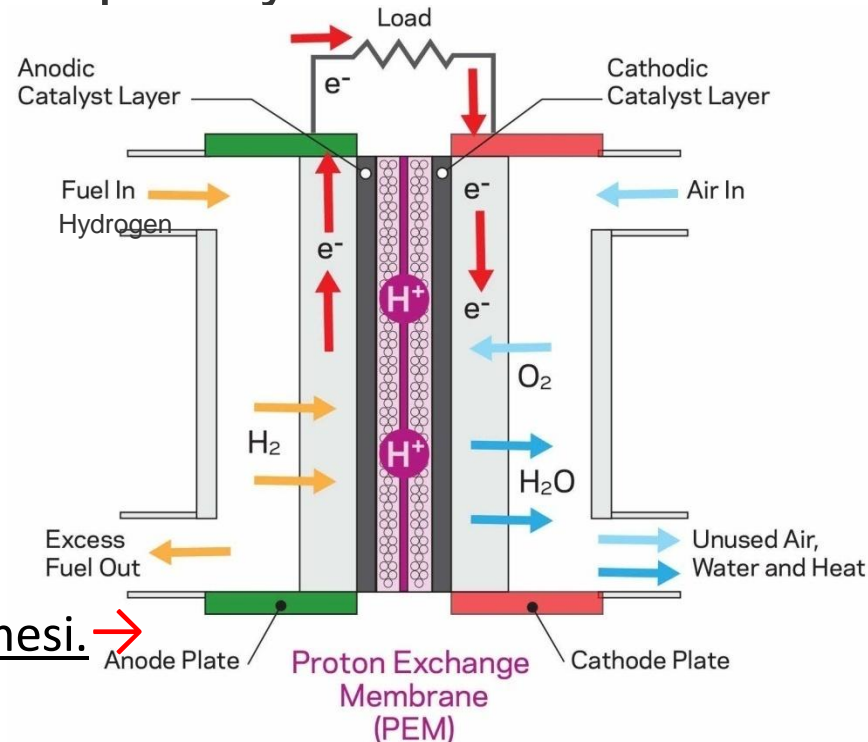
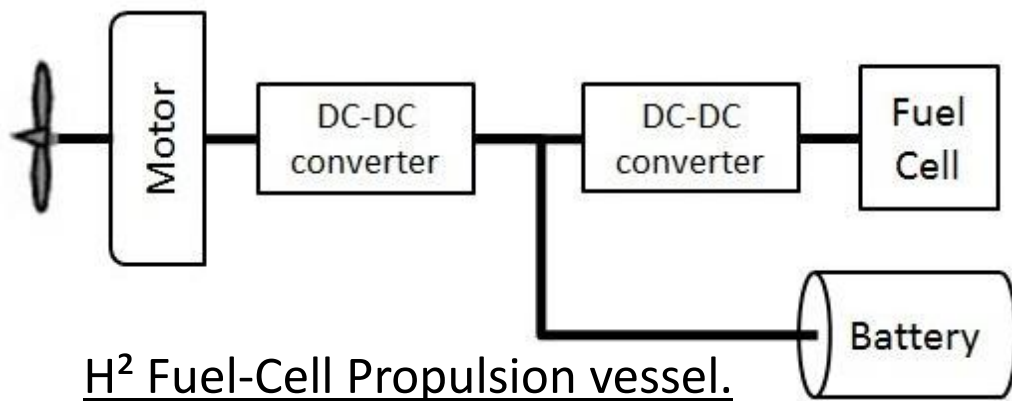
Magnesium Hydride ( $MgH_2$ ) Metal Hydride Materials Hydrogen Storage, Tank yüksek gravimetrik kapasitesi ve düşük maliyeti nedeniyle katı hal hidrojen depolaması için en çok çalışılan metal hidrit malzemelerinden biridir.

Cryogenic storage (Kriyojenik) sıvı  $H_2$  silindirik tanklar  $-253\text{ }^\circ\text{C}$  Buharlaşma kayıplarını en aza indirmek için çift cidar arasında vakumlu süper izolasyon konulmuştur. Tankta Seviye göstereci, basınç, sıcaklık alarmları ve Safety Valf emniyet sistemleri tam olarak set bulunur.

**Hidrojen yakan gemide Sörvey: (Hydrogen Fuelled vessel Survey)**

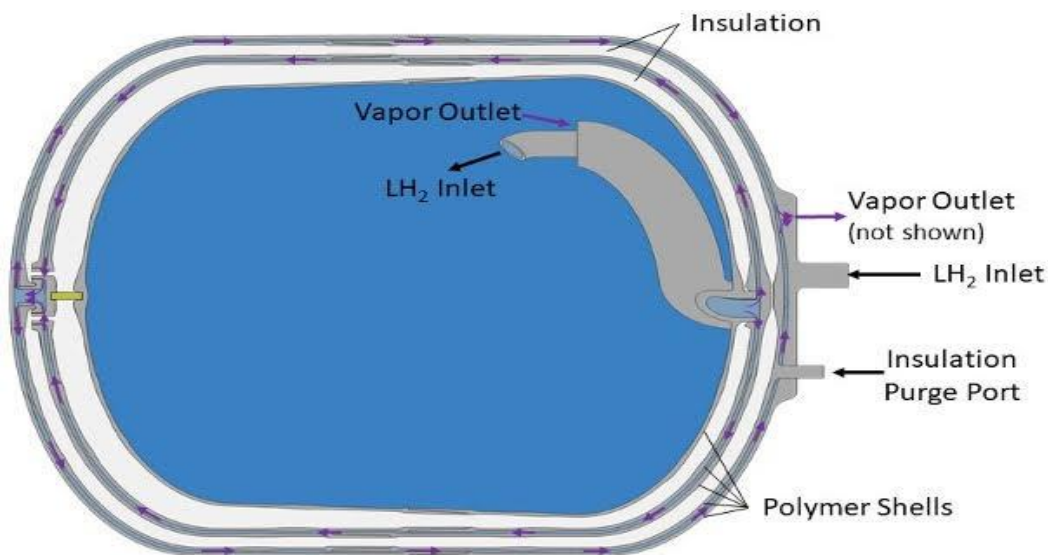
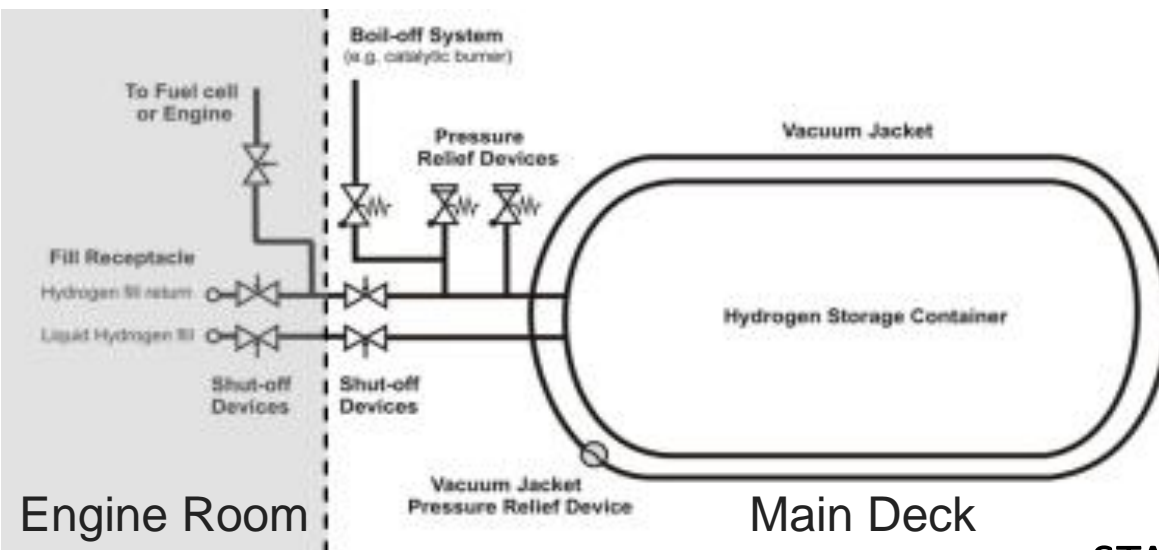
$H_2$  kullanımı için gemiye özgü onaylanmış IACS test planına göre yapılır.

Hidrojen gazı bunker olarak dışarıdan (Elektroliz yolu ile elde edip) temin edilir, Fuel-Cell sistem ile Elektrik (DC-AC) elde edilir, üretilen Elektrik Battery'de toplanır veya Elektrik Propulsion olarak geminin seyirinde kullanılır, ayrıca Fuel-Cell'den elde edilen Elektrik geminin bütün sistemlerinde (Istma/aydınlatma vs) kullanılabilir, Hidrojen gazı (LNG gibi) direct olarak içten yanmalı motorlarda kullanılabilir, ancak Motorun malzeme yapısı ve emniyet sistemi özel olarak projelendirilip onaylı imal edilmelidir.



Hidrojen'den elektrik elde edilmesi.

# Hydrogen Composite Tank Vacuum Cryogenic Cylinder Tanks for Fuel



## STANDART ISO KONTEYNER- 20m3

Cryogenic tank, high Manganese paslanmaz çelikten çok katmanlı vakum ısı yalıtımlı.

Kriyojenik sıcaklıklarda kullanılan LNG ve Hidrojen LH<sub>2</sub> yakan gemilerin güvertesinde kullanılır.

Liquid olarak H<sub>2</sub> -253 °C, (LNG -163 °C, LPG - 42.5°C, O<sub>2</sub> -182.8 °C.

- Gemi imalatında kullanılan, en fazla soğuk yüke dayanan FH Grade saclar LPG Gemilerde kullanılır ve -60 °C'de çentik kırılma (Impact) testleri yapılır.
- Gemilerde Bunker olarak kullanılan Sıvı Doğal Gas LNG ve Hidrojen LH<sup>2</sup>'in taşıma yapılan ve gemide kullanılan Cryogenic tank malzemeleri, **High Manganese paslanmaz çelik** kullanılır.
- SEEMP gereği, Egzost Nox, Sox, Co<sup>2</sup> Gaslarının Atmosferik dengesini bozmaması için ve yakıt sarfiyat ücretinin azalması için Bunker (dual-Fuel) olarak yakan gemilerdeki Kriyojenik sıcaklıklarda kullanılan çok katmanlı vakum ısı yalıtımlı tanklar gemilerin makine dairesi dışında güvertesinde taşınır.

Not: Liquid olarak: H<sup>2</sup> -253 °C, LNG -163 °C, LPG - 42.5°C,  
O<sup>2</sup> -182.8 °C'de Tankta tutulur.

# “Ammonia” (NH<sup>3</sup>) Dual-Fuelled Vessel.

Amonyak, denizcilik sektöründe gelecek vaat eden sürdürülebilir ve sıfır karbonlu bir yakıttır. Amonyak Doğal Gaz rezervleri tabiatta bol miktarda vardır. Çift yakıt modu, (DF) Amonyakın zayıf yanma özelliği ve emisyonlarını giderme araştırma çalışılmaktadır.

Ammonia Dual-fuel system design, alarm, safety, elektronik kontrol, malzeme (Tank-Boru), emniyet vs. olarak LNG'nin IACS Dual-Fuel Rule's & Regulation Z16 ve IGC Gas code 17.12 ve ilave Regülasyonlara tabidir. (bak sahife 6 ve devamı)

# “Ammonia”

Amonyak  $\text{NH}_3$  Azot ve Hidrojen’inin inorganik bir gas bileşigi, Low Flash Point  $60^\circ\text{C}$  ‘den düşük parlama sıcaklığı olan yakıt, Amonyak yavaş yanar 110-130 Oktan (yüksek tutuşma sıcaklığı) ve fosil yakıtlardan daha zor tutuşur (düşük alev hızı). Yüksek basınçta likit haline getirilir,  $-33^\circ\text{C}$ ’de depolanır, 8.5 Bar yarı veya 18 Bar tam basınçlı tanklarda taşınabilir ve, Gemilere Bunker servisi yapılması, nakliyesini kolaylaştırır. (Not: Sıvı Hidrojen -  $255^\circ\text{C}$ ’dir muhafaza ve nakliyesi zordur) Amonyak isimleri üretiminde kullanılan Gri, Yeşil vs. Hidrojen türlerinin ismi ile anılır (bak sahife 53). Amonyak Hidrojenden 1,6 kat daha fazla hacimsel enerji yoğunluğuna sahiptir. ( $12000 \text{ MJ/m}^3$ )

# Amonyak Motor teknolojisi

(X DF A) Dual Fuel motoru amonyak veya dizel yakıtla çalışmasını sağlayan bir teknolojik çift yakıtlı bir motordur. Amonyakın daha yüksek bir oktan sayısına sahip olduğundan ve amonyak yanması çok yüksek ateşleme enerjisi, sıkıştırma oranı veya emme sıcaklığı gerektirir. Motor, hem dizel modunda hem de DF amonyak modunda dizel prensibine göre çalışır. İki ayrı yakıt enjeksiyon sistemiyle donatılmıştır. Dizel yakıt enjeksiyon sistemi dizel modu için kullanılır ve DF amonyak modunda az miktarda (karbon bazlı yakıtların (dizel-oil, bio-fuel vs) pilot yakıt enjekte etmek için aktif kalır. Pilot yakıt, amonyakın kararlı bir şekilde tutuşması için gerekli.

## (PPE) Personal Protective Equipment:

Tam yüz maskesi, basınçlı hava solunum aspiratör cihazı, tam kapalı güvenli giysi.

Susuz Amonyak: Gas halinde, havadan hafif, görünmez, keskin kokulu, renksiz, zehirli ve aşındırıcı özelliğe sahip bir gas bileşimidir.

Göz, burun, boğaz tahrişi ile öksürme ve bronş daralması yapar, yaşamı tehdit edici tehlikeli, aşırı (soğuk buz gibi) yakıcıdır.

Ammonia Higroskopik özelliği ile havadan rutubet/su alır görünür bulut gibi olur.

Suda çözünebilir ( $NH_4OH$ )

Not: Amonyak çeşitli malzemelerle bakır, pirinç, çinko ve çeşitli alaşımlarla reaksiyona girerek aşındırır, korozyon çatlakları oluşur



Hidrojen türevi bir yakıt olan amonyak, X DF A olarak motorda yakıldığında N<sub>2</sub>O ve NO<sub>x</sub> Emisyonları yayar bu amonyak yakıtından ve havadaki %78 azottan kaynaklanır.

N<sub>2</sub>O oluşumunun araştırması devam etmektedir.

N<sub>2</sub>O 600° ile 850° C arasındaki sıcaklıklarda nitrojene ve oksijene ayrışır, Nitrojen Oksit N<sub>2</sub>O kuvvetli soğutucu bir gazdır, atmosferde 121 yıl ömrü vardır, Nox. N<sub>2</sub>O asit yağmurları ile yerdeki su kalitesini bozar.

Azot Oksit N<sup>2</sup>O Motorun yanma sürecindeki kesintilerdeki eksik yanması ile oluşan bir ara üründür.

Amonyaktaki Nox Doğal gaza göre iki mislidir. (SCR kullanılır)

Azot Oksit (N<sup>2</sup>O) Sera etkisine katkı oranı CO<sup>2</sup>'nin 273 katıdır,

N<sup>2</sup>O atmosferdeki O<sup>3</sup> gasını tüketerek bizi UV radyasyondan koruyan ozon tabakasını inceler/deler,

USA Ammonium kullanımını yasakladı. (caryinstitute.org)

Amonyak yüksek Enjeksiyon, yanma basınçta ve Motor malzeme teknolojisinin geliştirilmesi ile bu sorunlar azaltılabilir,

Amonyak Gemi motorlarında yakıldığında sifıra yakın veya net sıfır karbon emisyonu üretebilir. Amonyakın yanmasından kaynaklanan karbon emisyonları, kullanılan pilot yakıtın (DO, H<sup>2</sup> veya Biofuel) türü ve miktarıyla ilişkilidir ve bunlara bağlıdır.(H<sup>2</sup> kullanımı N<sub>2</sub>O'yi düşürebilir)

Not: Nox ve N<sub>2</sub>O Tarımda Azot ve hayvan gübresinde oluşur

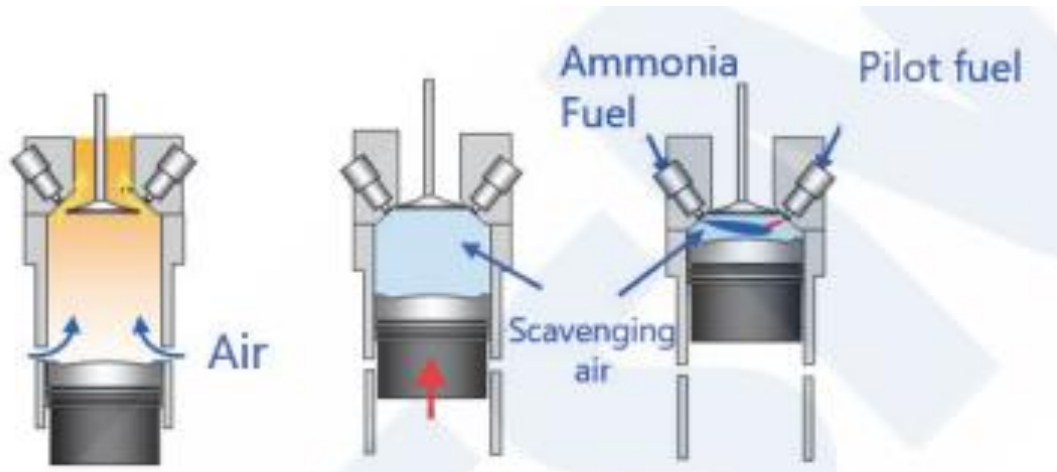
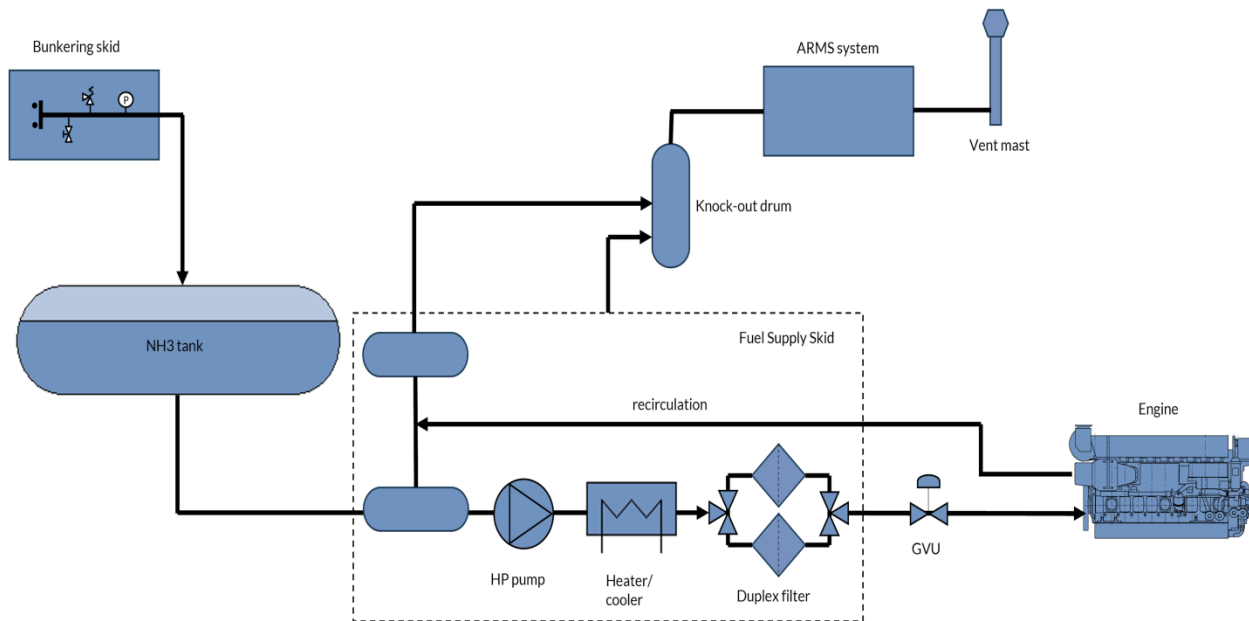


Fig. 6 Combustion system of two-stroke dual-fuel engine



## Ammonium Dual-fuel iki zamanlı/düşük devirli motorda yapılan araştırma çalışmaları:

-Motorun basınç, sıcaklık, gaz injection ve baca gazı emisyonları Electronically Control edilip motorda enjeksiyon, hava, gas vs. ayarlanır.

-Pilot yakıcı olarak kullanılan Amonium, Diesel Oil veya Bio-fuelin enjektör sistemi piston ve pimde değişiklik yapıp enjeksiyon yüksek basınca ayarlandı.

-Yüksek basınç ve tam yanma Amonyak gasındaki N<sub>2</sub>O'yi azaltır,

Amonyak kullanan gemilerin güvenliği için geçici yönergeler tamamlandı ve MSC 109'da onaylanması bekleniyor. Hedef tabanlı standartlar yaklaşımını izleyen yönergeler, amonyak yakıt kullanan gemilerin güvenliği için uluslararası bir standart sağlar (amonyak kargolarını yakıt olarak kullanan gaz taşıyıcıları hariç).

IGC Kodu değişikliklerinin erken uygulanması - yakıt olarak amonyak kargo kullanımı.

Değişikliklerin 1 Temmuz 2026'da yürürlüğe girmesi bekleniyor, ancak MSC 109'da gönüllü bir erken uygulama hükmü düşünülebilir.

-Optimum yanma noktasını belirlemek için Pilot yakıt zamanlaması, püskürtme/enjeksiyon açısı  $-15^{\circ}$  den  $-35^{\circ}$  ye kaydırıldı, enjektörün ve bağlantı girdap şekli gibi parametrelerde değişiklik yapılarak en büyük performans alındı, ve düşük konsantre Nox ve N2O emisyon gözlemlendi.

Gas ve hava giriş port ölçüleri/çapları ayarlandı,

-T/C inlet hava/püskürtme karışım oranı ayarı ile NO oranı azaltılmıştır,

-Silindir içi basınç ve baca gası emisyonlarının verileri alınmıştır.

-CO<sup>2</sup> emisyonunu azaltmak için pilot yakıt miktarı azaltıldı,

-Kaverde H<sup>2</sup> püskürtmeli ön yanma odası dizayn edildi

X-DF-A motorları, hem dizel modunda hem de amonyak modunda egzoz gazı son işlemleri olmadan IMO Tier II NOx uyumludur. IMO Tier III uyumluluğu, turboşarjların baca çıkışına yüksek basınçlı SCR (HP SCR) takıldığında her iki çalışma modunda da elde edilebilir.

-Buji ile pilot ateşleme sistemi yapıldı (4 strok, yüksek devirli motor)

-Wartsila, MAN ve WinGD Class onaylı (X DF A) Engine: Rev. MARPOL Ek VI. NOx Teknik kodu 2008, IMO kararı MEPC.328(76)'ye göre imal edildiği belirtilmiştir,

**Ancak hiçbir XDFA motorun Exhaust Gas Emission analiz neticesine ulaşamadı**

WinGD Mitsubishi ile X DF A Motor konusunda araştırma ve ortaklık yapmaktadır.



Diesel Motorlu kara araçlarının emisyon değerlerini düşürmek için kullanılan AdBlue, %32.5 oranında temizlenmiş Üre ile %67.5 oranında saf sudan oluşur, Egzost sistemine pskürtölür.

2015'ten sonra üretilen Otomobil, Kamyon Traktör, İş Makinaları, Trenler vs. Katalitik SCR sistemi olan araçlarda kullanılan AdBlue sıvısı Egzost Gazında bulunan Azot Gazının (NO) azaltılması sağlanır.

# Ammonium Nitrate Based Fertilizer (Dangerous Good Hazard Cargo)

## Tehlikeli Yük Taşıyan Dökme Yük Gemileri (Bulk Carrier)

Dangerous Goods Document of Compliance (DGDoC),  
IMSBC Kodu uygunluk Sertifikası. (Gemide bulunmalıdır)

Bu gemiler LNG/LPG Tankerler kadar titiz çalışma isteyen Gemilerdir,  
Personel gemiye alınan her yük için eğitilmelidir, Yükün özellikleri, UN  
numarası tehlikeleri, ilaçları vs. konusunda bilgiler Konşimentoda  
belirtilmeli, bilgiler Ambar mezarnasında, salonlara vs. asılmalıdır.  
Bu tip yükleri taşıyan gemilerin son ambar ile Makine dairesi arasındaki  
perdede A60 izolasyon veya Kofferdam olmalıdır.

Ambarların Gas ve sıcaklık ölçümü eğitilmiş personel tarafından özel  
dizayn edilmiş ambar kapağında kalibreli  
cihazlar ile alınmalı, Kapak açılmadan önce  
Ambar havalandırması spark-proof ve flame  
arresterli fan ile yapılmalı, yangın kontrol  
tertibatı alınmalı. Güvertede özel korumalı  
elbiseler, yangın tertibatı vs olmalıdır,

**IACS-Class Survey Checkliste BC Code bakınız.**

### Material Safety Data Sheets (MSDS)

**Sağlık Tehlikesi, HEALTH HAZARD**  
4 Deadly  
3 Extreme danger  
2 Hazardous  
1 Slightly hazardous  
0 Normal material

**Yangın Tehlikeleri, FIRE HAZARD**  
Flash Points  
4 Below 73 F  
3 Below 100 F  
2 Above 100 F not exceeding 200 F  
1 Above 200 F  
0 Will not burn

**Özel Tehlikeler, SPECIFIC HAZARD**  
ACID Acid  
ALK Alkali  
COR Corrosive  
OXY Oxidizer  
P Polymerization  
\* Radioactive  
W Use No Water

**Değişkenlik, INSTABILITY**  
4 May detonate  
3 Shock & heat may detonate  
2 Violent chemical change  
1 Unstable if heated  
0 Stable

CHEMICAL NAME Cargo-Yük ismi, özellikleri.

## Methanol and Ethanol Fuelled Vessel IMSC.1/Circ.1621,

### Metil/Etil Alkol'ü çift/yakıt olarak kullanan Gemiler,

(IMO) Sera gazlarını azaltmaya yönelik, Fosil yakıt olmayan, yenilenebilir kaynaklardan üretilen düşük parlamalı (12°C), havadan hafif Metil/Etil Alkollerin Gemilerde çift/yakıt olarak kullanılması:

**Regulations:** (IMO Res MSC.285(86) (IGF Code 11/2020, DNV,LR,ABS,IRS Standartlarında güvenlik sistem gereksinimler belirtilmiştir.

“Provisional Rules for the Classification of Methanol Fuelled Ship”

Yakıt Tank dizayn ve boru sistemi imaltı IACS Class onaylı olmalı.

**Methanol, Ethanol, Ammonia: LNG için dizan edilen makine/malzeme yapısı, safety /Alarm sistemleri gibidir aynen kullanılabilir,**

M/E veya G/E LNG gibi Dual-fuel veya spark plug vs. farklı dizayn olabilir, E/R'da çift cidarlı boru sistemi olmalı, boruda gas kaçağı olduğunda Gas atmosfere tahliye edilip ve sisteme N<sup>2</sup> Azot Inert gası verilmelidir.

Metanol cargo ve Deck servis Tank ortam sıcaklık ve basıncında olabilir, Tanklar hasar ve çatışma olasılık dışında bağımsız ambar veya tank içinde kofferdam ile ayrılıp Paslanmaz çelik tank yapılabilir , Köprü üstü/seyir güvertesi camları A60 Fire proof olmalıdır.

# “Methanol”

Metanol  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$  Karbondioksit ve Hidrojenin basınç altında birleşmesi ile üretilir. ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) (yanıcı ve patlayıcıdır.)

Metanol insanlar için oldukça toksik/tehlikelidir: Bilinç bulanıklığı, denge bozukluğu, baş ağrısı, körlük ve ölümcüldür.

Metanol, ortam sıcaklığında kolayca depolanabilir ve pompalanabilir.

LNG/DO-FO Dual Fuel piping safety sisteme en uygun yakıttır. Gemide müsait mevcut balast tanklarında depolanabilir.

Cyl. ateşleme sistemi Pilot yakıt (DO) veya Buji + ilave Akü set sistemi olmalı,

Methanol yağlayıcı özelliği yoktur, Cyl.Liner yağlaması için çift sıra Lubricater ve extra yağ ilave yapılmalıdır.

Yakıt üretim (kimyasal fabrikalar) ve ikmali (kamyon tankeri)

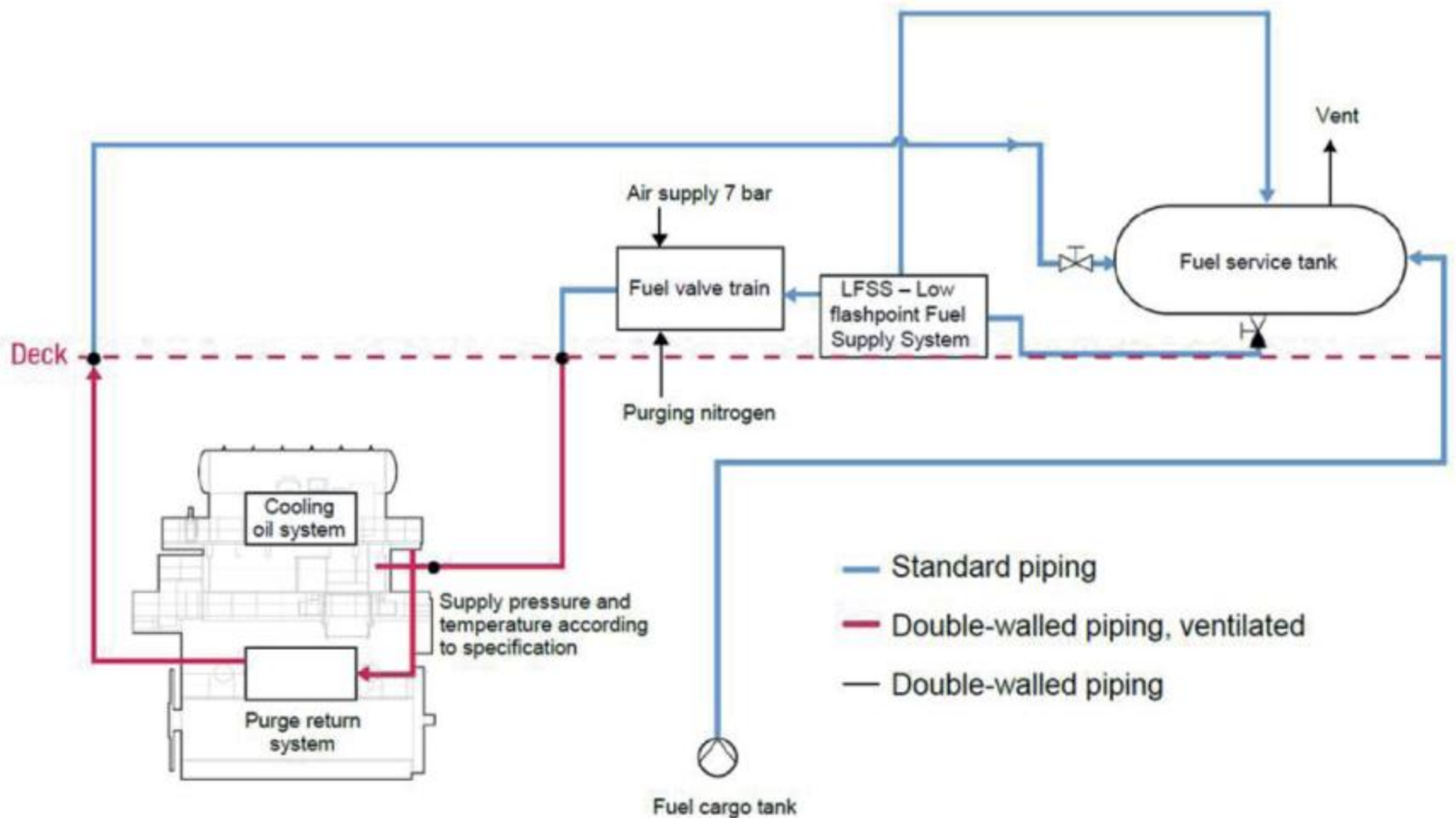
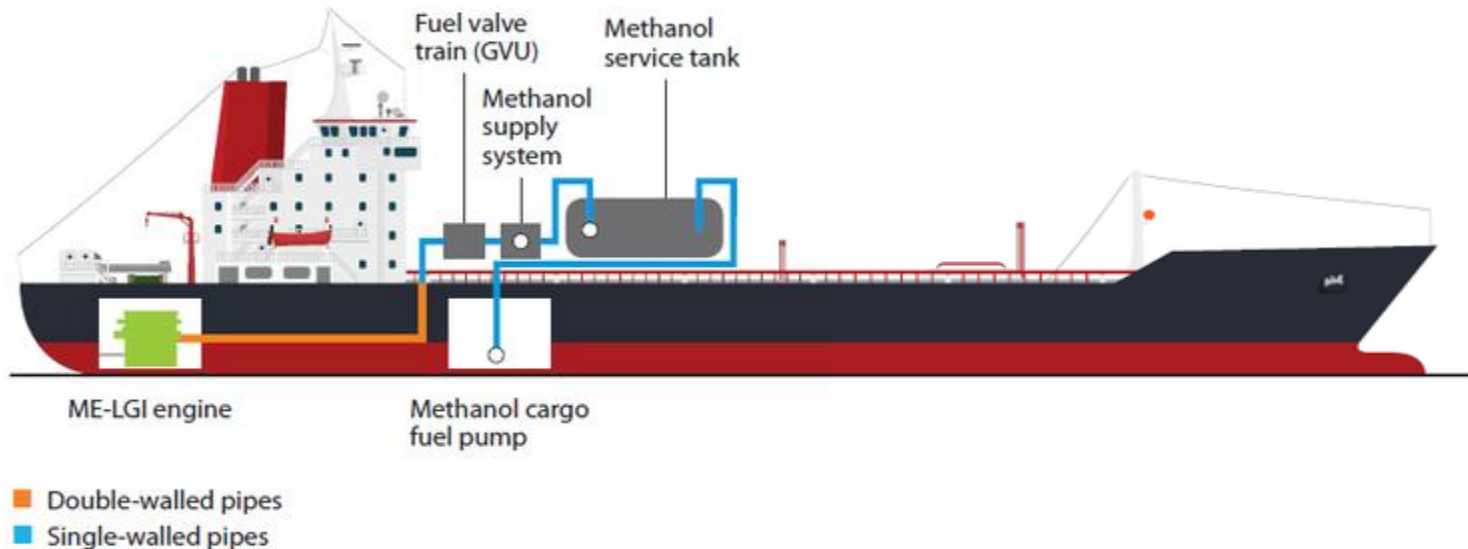


Figure 5-1: Schematic overview of the methanol fuel system<sup>[20]</sup>

Inert Gas (N<sup>2</sup>) sistemi ve tank giriş borusu kapalı/açık kör flençli olmalı,  
IG. Sistem devreleri (SS) paslanmaz çelikten yapılmalı,  
Her tankta alev tutuculu P/V valf (basıncı < 0,007 MPa) ve en az 3 m.  
yükseklikte, yaşam mahallinden 10 m uzakta bağlanmalı,  
Tanklara kontrollü havalandırma ve gass-free sistemi yapılmalı,  
Her tankta en az iki adet sesli ve görsel olarak seviye, ısı, basınç, vakum  
sensörleri ve Nav.Bridge, Cargo C/R, Eng.C/R vs'ye alarm sistemi olmalı.  
E/R dışında Güvertede çabuk kapama (GVU) valfı olmalıdır.  
Methanol ve Ethanol Bunker/Yakıt ikmali LNG'den kolaydır, ekonomiktir.  
Emisyonları Fosil yakıttan (NOx ) % ~30-60 daha azdır. Havadan ağırdır.



LNG, LPG, H<sup>2</sup>, Ammonia (NH<sup>3</sup>) Metil/Etil, Bio-fuel etc.  
Duel Fuelled vessels (çift/yakıt olarak kullanan Gemiler)

## YAĞLAMA YAĞLARI.

Özel olarak tasarlanmış yağlama yağı teknolojileri alternatif yakıtlarla çalışan motorların performansını optimize etmek için, yakıt kararsızlığını, artan aşınma ve korozyon risklerini zorlukları ele alır, Ayrıca yağlayıcıların kendileri, sürdürülebilir baz yağların ve gelişmiş katkı teknolojilerinin entegrasyonu yoluyla çevresel etkiyi azaltmaktadır. Yağlayıcılar termal kararlılığı artırarak sürtünme kayıplarını en aza indirip enerji verimliliğini arttırıp sera gazı emisyonlarının azalmasını sağlar,

### Silindir Yağlama yağı (Cyl. LO)

Silindir yağlama yağı liner üst yanma bölgesinde yağ filmi ile silindiri yağlayıp, NOx, SOx'i nötralize eder, soğuk paslanmayı, aşınmayı önler, laynere zarar vermemesi için fazla asidik sludge artıkları sekmanlar sıyırıp skavenç'den dışarı atar, Cyl.LO ile yakıtın (pH) kalitesi uyuşmaması halinde Laynerin yağ basma deliğinde boyuna hasar oyukları oluşur.

# **BATTERY POWERED-HYBRID RO-RO PASSENGER & VEHICLE FERRY / PASSENGER VESSEL.**

(Atmospheric Emission free ship)

(Battery charged at shore by wind Gen.power)

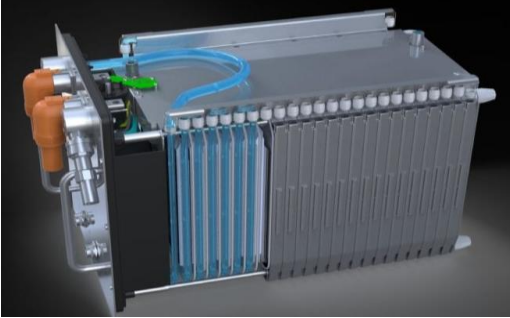
GT:2697, L:106.4 m., 60 Araç ve 195 Yolcu kapasiteli,  
Emgy. G/E drives with LNG for battery charging.



# Hybrid Ship Propulsion Drives

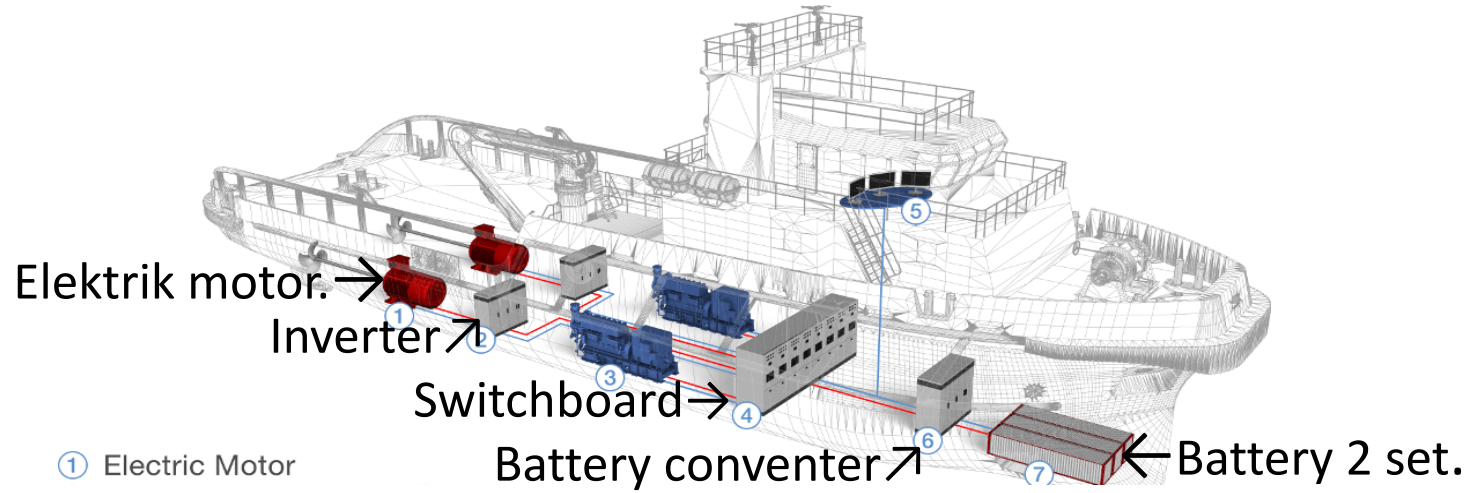


Electric Li-Battery group,  
Main Elc.Switchboard.



Li-Battery

Twin Azimuth fwd & aft  
Propeller 2 x 950 kW,



## Electric and Hybrid Vessel, Battery Power Class Notation, Gemi Pil odası yangını sonucu yapılan yeni Reg. Solas Reg.II-2/2000 HSC.

(BMS) Battery Management System and NMA\*

Fire circular: SM3-2019: (EES) Electric Energy Storage),

Battery odasında: Yangın kontrol planı ve emniyet sistemi, Ventilator sistemi, A60 izolasyonu, Akım/gerilim ve Sarj/Deşarj koruması.

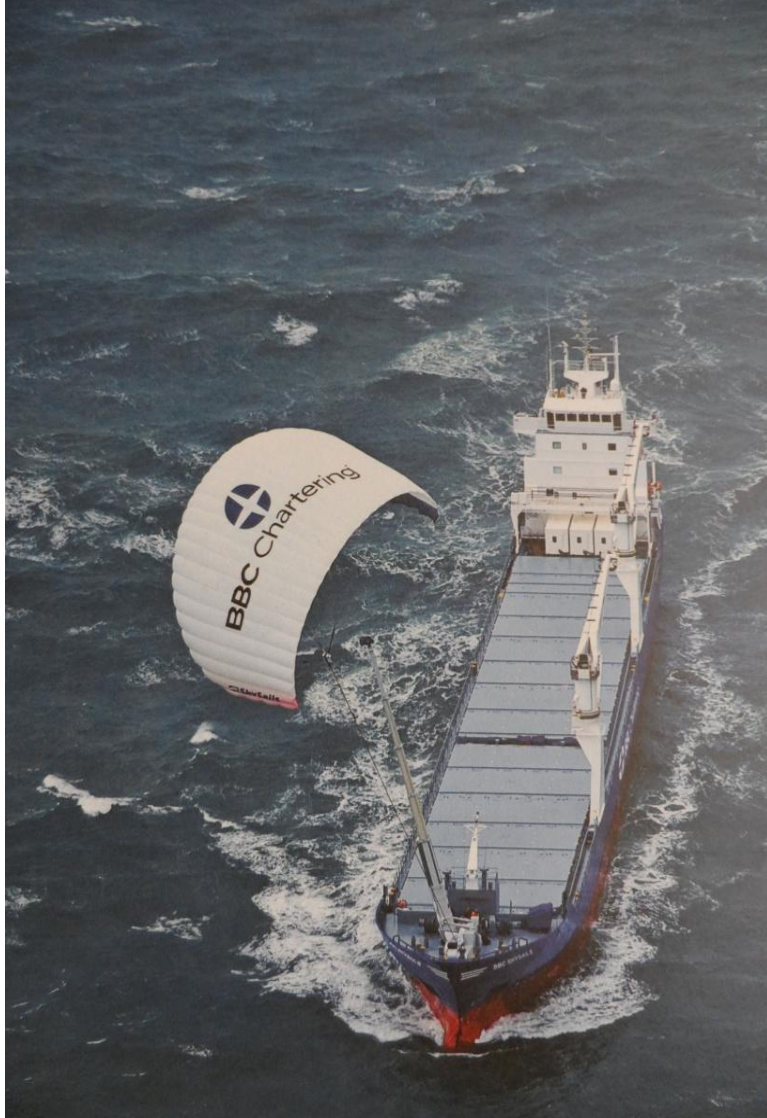
Digital/analog akım çıkış kontrol, Gas kaçağı, ısı ve basınç alarm sistemi, Yangın alarm ve kontrol sistemi bağımsız bir akü gücü ile yapılmalıdır.

\* Norwegian Maritime Authority (NMA)

Çevreci temiz gemi,  
Güneş enerjisi ile elektriğini ve H<sup>2</sup> gazı üreten ve  
Rüzgar Yelkeni ile seyir yapabilen gemi



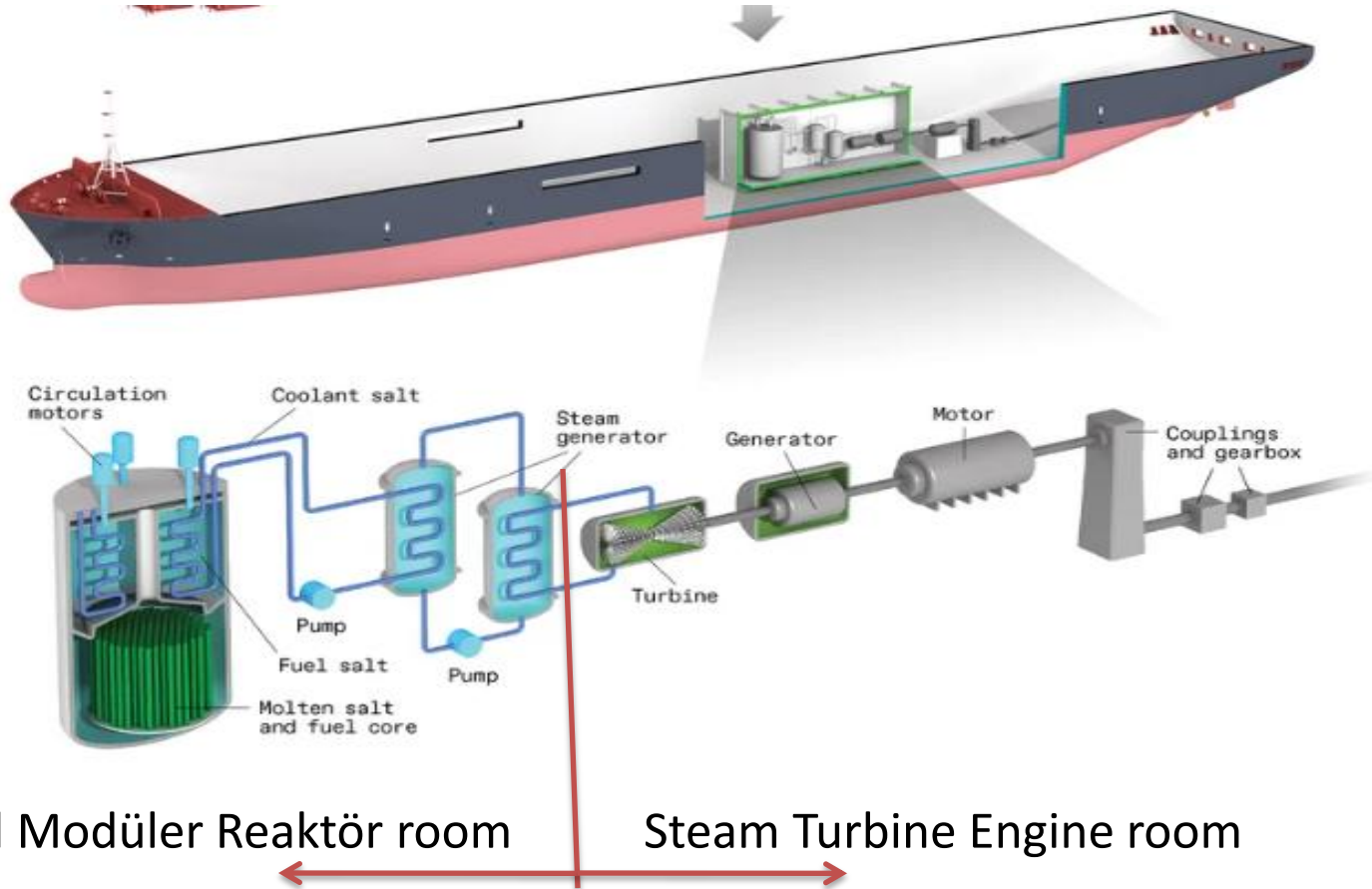
# Modern yelkenli Gemiler



RMK S/Y Tuzla İst. 2024

# Nuclear Cargo Ship.

(NuProShip) Nuclear Propulsion of Merchant Ships  
IMO A.491 Code of Safety for Nuclear Merchant Ships was adopted in 1981 to supplement SOLAS Chapter VIII/1981 Rules and Regulation kaidelerine uyulmalıdır.



IACS/LR Lloyd's Register Dünya Nükleer Taşımacılık Enstitüsü (WNTI) World Nuclear Transport Institute Maritime Organization and IAEAR The International Atomic Energy Agency (IAEA) tarafından IMO 108. oturumuna sunulan Nükleer Ticaret Gemileri International Code of Safety for Nuclear Merchant Ships için Güvenlik Kodu'na ilişkin daha geniş bir deniz güvenliği ve sorumluluğu hakkında analiz yazılımı sağlandı.

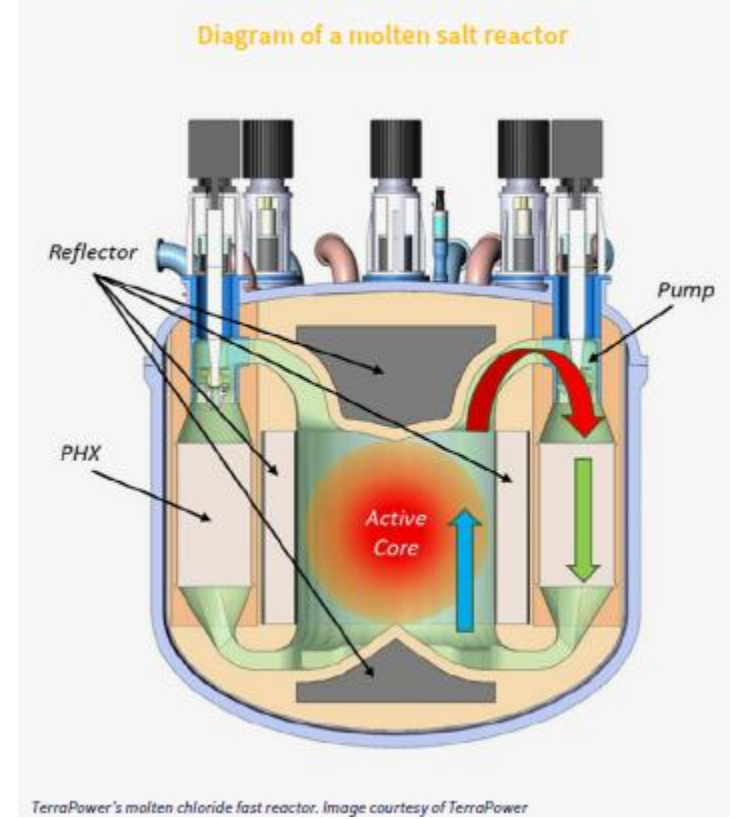
Cargo gemilerde kullanılan nükleer reaktörler için özel düzenlemelerin geliştirilmesi, nakliyeyi, Liman giriş müsadese ve nükleer enerjinin barışçıl kullanımını düzenleyen kendi sorumlulukları nedeniyle Uluslararası Denizcilik Örgütü ve IAEA'nın Nükleer yakıt + kullanma güvenlik eğitim ve yakın işbirliğini gerektirecektir

Güney Kore'de, bir grup kuruluş büyük yatırım gerektirmeyen Small Modüler Reaktörler (SMR) kullanarak nükleer enerjiyle çalışan konteyner gemileri geliştirmek için bir mutabakat zaptı imzaladı. Norveç erimiş tuz reaktörlerinin kullanımını araştıran "Ticaret Gemilerinin Nükleer Tahriki" (NuProShip) projesini başlattı. Nuclear Propulsion of Merchant Ships ( Thorium gücü düşünülmektedir) Birleşik Krallık'ta, bir şirket, katı yakıt yerine sıvı yakıt kullanan prototip gelişmiş erimiş tuz nükleer reaktörü Molten Salt Reactor (MSR) üretmeyi helyum gazı soğutmalı bir reaktör (HTGR) ayrı olarak planlıyor. Güney Kore, Norveç , UK girişimleri, nükleer yakıtın erimiş florür tuzlarına çözülmesini içeren erimiş tuz reaktörlerinin kullanımını düşünüyor. [Thorium gücü düşünülmektedir.Dünya rezervi %70 Türkiye](#) Brezilya ve İtalya Nükleer Araştırma Enst. bu konuda çalışma yapıyor. Bu Tuz Reaktörleri Nükleer fizyon reaktörü 1960'larda işletilmiştir, ancak, teknik sorunları yüksek basınçlı su reaktörleri gibi diğer türlere göre muazzam güvenlik ve verimlilik avantajlarına sahip hale getirilip nükleer reaktörle ilgili en yaygın arıza olan soğutucu kaybı riskini ortadan kaldırır.

Ticari nakliye Gemileri için nükleere bir alternatif yok, diyor Norveç Bilim insanı Jan Emblemst v g.

NuProShip'e liderlik ederken;

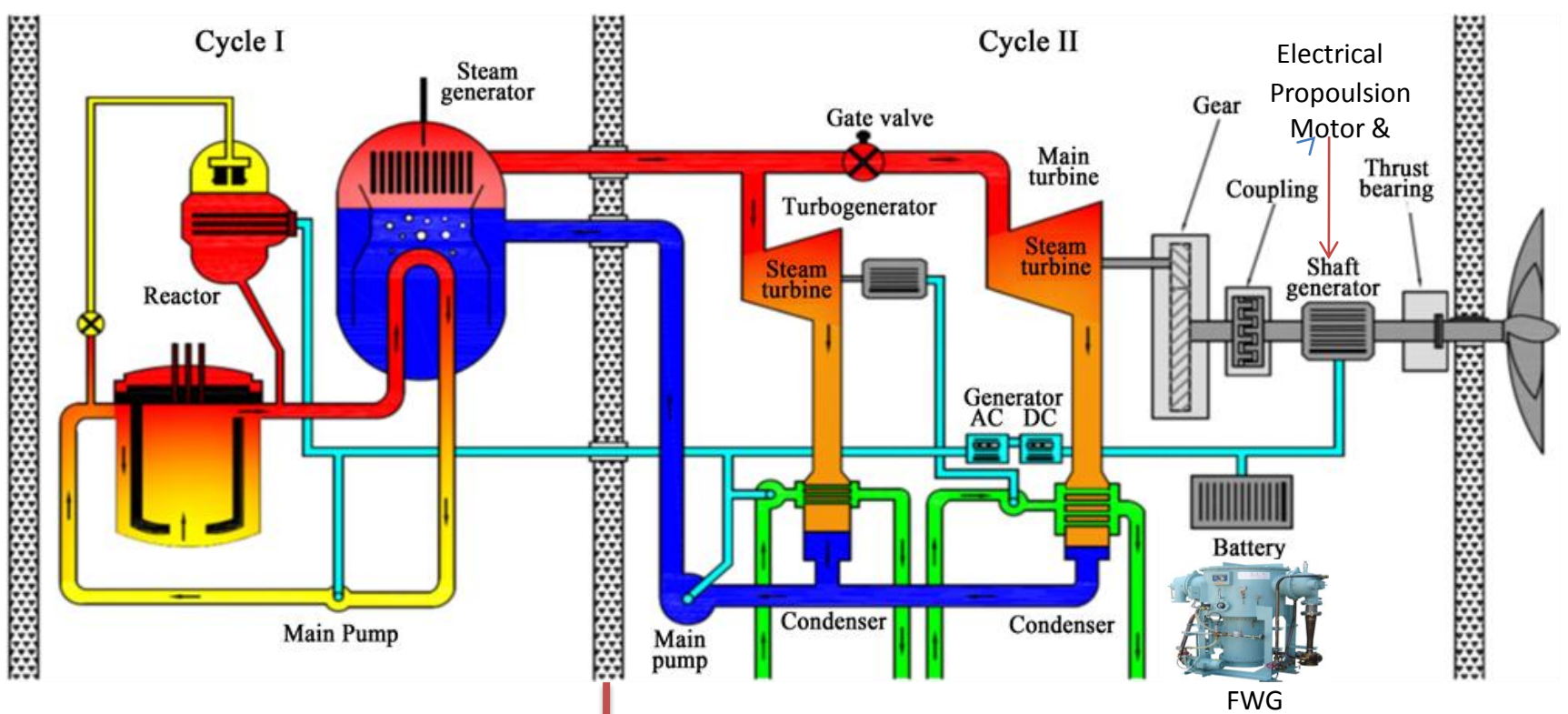
"Sıradan gemilerdeki motorlar ev büyüklüğünde, Bunker tankları büyük bir hacim, çok fazla yer kaplıyor ve gemi makine ağırlığı ve yakıt tankı kadar az yük taşıyor" diyor.



Not: Dünya çapında GEH, Westinghouse, NuScale, ThorCon, Newcleo ve EDF gibi reaktör üreticiler SMR tasarımı bulunmaktadır.

Şu anda: 2 ad. SMR, KLT-40S ve HTR-PM işletimdedir ve CAREM, ACP100 ve BREST-OD-300 SMR'lerinin inşası halihazırda başlamıştır.

Yakında: NuScale, BWRX-300, RITM-200N, SMR-160, Xe-100 ve MMR, IAEA, 2021 Elsevier tasarımları yapılacaktır.



(SMR) Modular Reactor Room.

Steam Turbine Engine & G/E Room.

Kurşun (Radyasyon geçirmeyen) perde.

Steam Turbine & Reduction Gear.



Nükleer enerjiyle çalışan kargo gemileri, denizcilik sektöründe sera gazı (GHG) emisyonları sorununu ele almak için büyük bir vaat taşıyor. Nükleer enerji son derece temiz bir enerji kaynağıdır.

Küresel iklim krizini çözme potansiyeline sahiptir; CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, No<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O ve \***PM**'yi emisyonlarını ortadan kaldırır.

Daha düşük ağırlık: kargo kapasitesini artırmamızı ve bir geminin operasyonel verimliliğini iyileştirmemizi sağlar.

Yakıt depolaması için ek alan gerektirmez.

Yüksek tasarım hızları: yüksek operasyonel hızlar için tasarım yapmamızı sağlar.

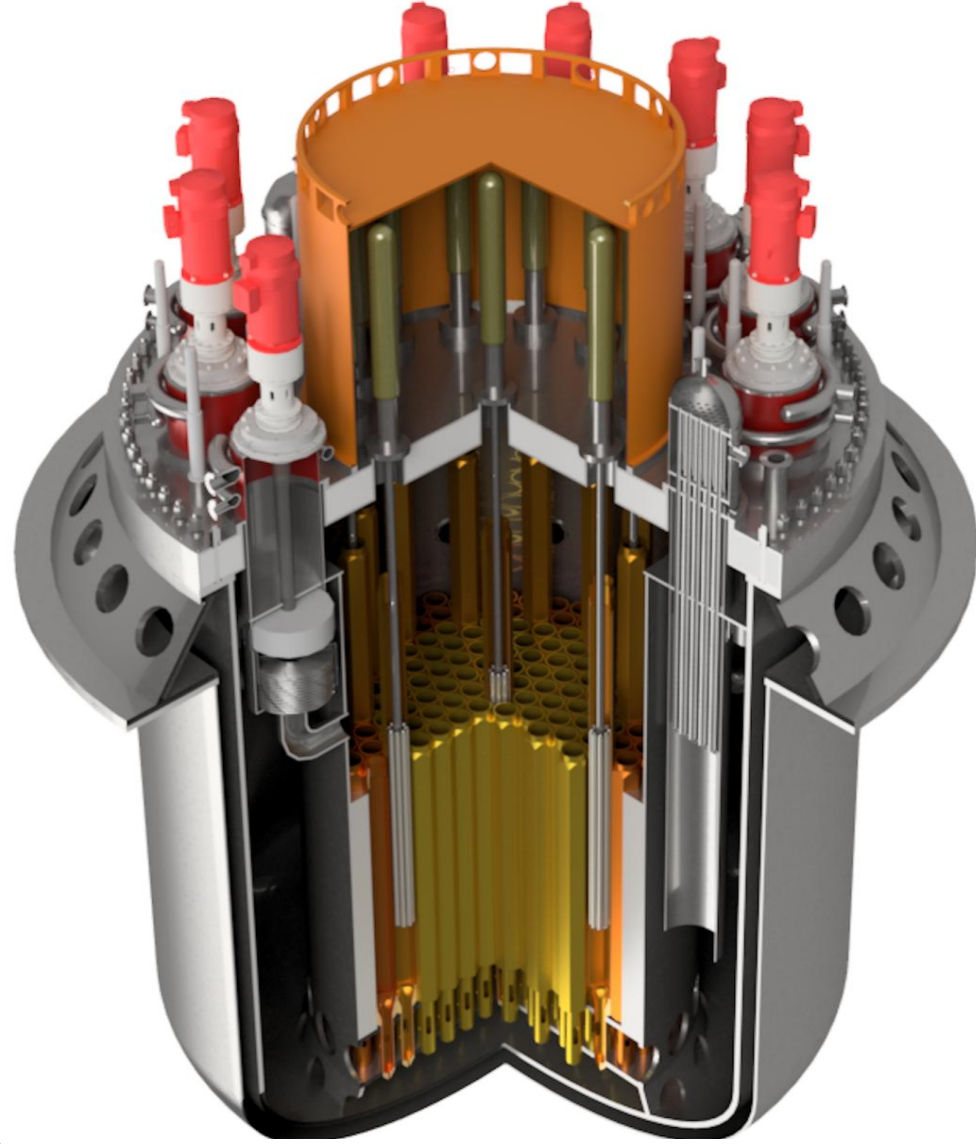
Daha az yakıt ikmali: çok uzun (min.25 yıl) çalışma aralıkları avantajı.

Düşük yakıt maliyeti, yüksek işletme maliyetleri ve altyapı yatırımı ile dengelenir .

\***PM** Particulate Matter, EPA US Environmental Protecting Agency.

PM ikincil zarar: Solunabilir parçacıklar < 10 mic. ozon yırtılması, toz, kir, is, duman, asit yağmuru vs..

Kurşun soğutmalı SEALER reaktörü  
Makine dairesinde SMR: Norveç  
projesi NuProShip I (Ticaret  
Gemilerinin Nükleer Tahriki 1),  
uluslararası bir konsorsiyumla  
birlikte büyük ticaret gemileri için  
Küçük Modüler Reaktörler (SMR)  
tasarlayacak ve geliştirecek. Norveç  
Bilim ve Teknoloji Üniversitesi  
(NTNU), Norveç Araştırma  
Konseyi'nden 10 milyon NOK aldı.  
Güvenlik: NTNU, NuProShip I  
projesi kapsamında, nükleer  
teknolojinin katı standartlarına  
göre atık yönetimi de dahil olmak  
üzere güvenli ve uygun maliyetli bir  
çözüm geliştirecek.



Kurşun soğutmalı SEALER reaktörü

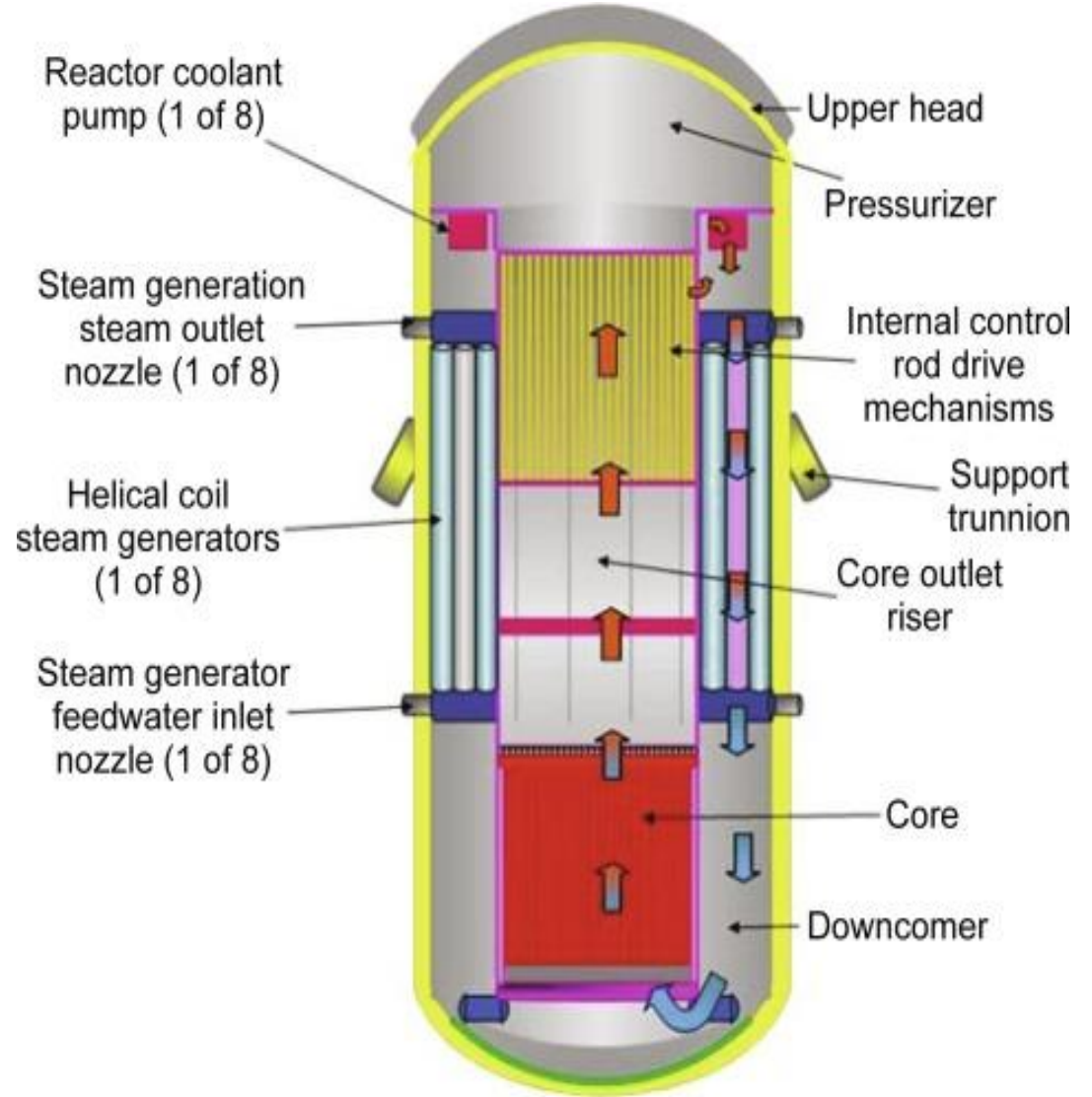
Bir gemi batsa bile, reaktörü kaldırmak veya zamanla MSR'de doğal olarak oluşan nötron emilim malzemeleri yoluyla doğal olarak ölene kadar bekletmektir. Kurşun soğutmalı bir reaktör, kurşun reaktörden çıkarıldıktan sonra doğal olarak radyoaktif olmayan durumuna geri döneceğinden kolayca temizlenebilir,

SMR'ler Nükleer Enerjinin Geleceği mi? Oklo Öncülük Ediyor  
Geleneksel büyük ölçekli nükleer santrallerin aksine, SMR'ler esneklik, güvenlik ve maliyet etkinliği için tasarlanmıştır ve bu da onları modern enerji şebekelerine entegre etmek için çekici bir seçenek haline getirir. Dünya sürdürülebilir ve güvenilir enerji kaynakları ararken, SMR'ler düşük karbonlu bir geleceğe ulaşmada önemli bir bileşen olarak öne çıkıyor.

SMR gelecek nesiller için güvenilir, temiz, güvenli ve ekonomik enerji kaynakları sağlayan yeni nükleer teknolojilerdir.

Reaktörler küçük, modüler ünitelerdir. (SMR)  
Üç farklı ürün yapılmaktadır.  
Kurşun soğutmalı reaktör,  
Uranyum yakıtlı, helyum gazı soğutmalı reaktör,  
Erimiş tuz soğutmalı reaktör.

Reaktör Türbinleri/pervaneyi ve Turbo Elektrik/Gen. döndürmek için Steam Generatörden kuru buhar üretecektir.



(NuProShip) Nuclear Power Ship

Dünya'mızın geleceği atmosferi korumamıza bağlıdır. Gemilerde (NuProShip), IGC Gas Code, (Low- flashpoint Fuels) Hydrogen, Methy/Ethyl Alchol, Ammonia düşük parlama noktalı yakıt ve LNG Doğal Gas kullanarak bu kirlenmeyi minimize edebiliriz, fakat her türlü hava ile yanma neticesi oluşan  $N^2O$ , Nox gazı sigaradan daha tehlikelidir, soluduğumuz havanın %78'i Azot (Nitrogen) olmasına rağmen herhangi bir zararı yok, ama tek başına Azot gas'ı kesin öldürücüdür (IACS istatistikleri) Gemilerde SCR Selective catalytic (Nox) reduction sistem ile egzostaki Nox gazını yok ederek kendi sağlığımız ve geleceğimiz olan çocuklarımız için atmosferi kirletmememiz gerekir.

Uçakların 10,000 m üzeri uçuşlarında Atmosferin koruma etkisinin azaldığı için güneşten aldığımız Radyasyon oranı yer seviyesinde 0.3 micro Sivert (mSv) iken uçakta 30 mislidir ve teknolojik olarak korunması yoktur. (her uçuşta bir röntgen filmi çekilmiş kadar Radyasyon alırız). [Dünyamızda Atmosferin korunması olmaz ise ne yaparız?](#)

Kasap Mustafa Erdoğan  
Gemi Mak. ve Gemi İnşa Müh.