

GELECEĞİN YAKITLARININ DENİZ TİCARETİNDEKİ YERİ VE UYGULAMALARI

MÜH. ÖMÜR KARATAŞ

PROF.DR. AHMET DURSUN ALKAN



SUNUM



DEĞERLENDİRMELER

Müh.Ömür Karataş



- Gemi baş mühendisi
- Gemi ön Sörvey ve Tersane onarım yöneticisi
- Kimyasal Tanker ve Konteyner gemi yöneticisi
- Gemi Ekipman üretim yönetimi
- Ortech Marine A.Ş'nin kurucusu ve sahibi
- İTÜ Denizcilik Fakültesi 1978 Mezunu
- TMMOB GEMİMO Denetim Kurulu Üyesi
- Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Laboratuvarı kurucusu ve öğretim görevlisi
- Uluslararası ve ulusal Denizcilik sempozyumlarda konuşmacı
- Denizcilik dergilerinde makale yazarı



Tel: 0549 478 56 01

ok@ortechmarine.com

www.ortechmarine.com



Prof.Dr.Ahmet Dursun ALKAN



- Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisi
- Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnş. ve Denizcilik Fak. Öğretim Üyesi
- İlgili alanları: Gemi Dizaynı, hidrodinamik, çevreci gemi mühendisliği
- GMO Gemi ve Deniz Teknolojisi dergisi Editörü

alkanad@yildiz.edu.tr

www.gidf.yildiz.edu.tr

Geleceğin yakıtları



- **CO₂, NO_x, PM ... emisyonu düşük yakıtlar; Sentetik Yakıtlar olup bunları**
- Doğal gaz, Metanol, Amonyak, Sodyum borhidrür, Hidrojen, Toryum olduklarını söyleyebiliriz.

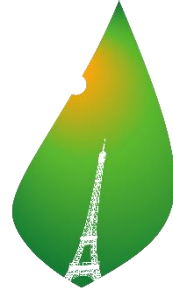
Karbon esaslı fosil yakıtlar yerini hidrojen esaslı yakıtlara bırakmaya başlamaktadır! Enerji ve güç üretiminde CO₂ emisyonu **2030 yılında %50, 2050'de ise % 1** emisyon hedeflenmektedir.

Sentetik yakıtların üretim maliyetlerinin yanısıra, Güç ve Enerji üretim araçlarında şekil ve sistem değişikliğine gidilmekte önde gelen makine ve sistem üreticileri MAN, Wartsila ve Ulstein vb. Sentetik yakıtlara uygun makine ve ekipman üretimi ve testlerine başladılar.

Sentetik yakıtların üretimi, bununla ilgili yeni makineler, mevcut makinelerin dönüşümü, dolun istasyonları, yeni yapılacak cihazlar ve yakıt depolama kabiliyetlerinde önemli gelişme ve sonuçlar beklenmektedir.

Küresel emisyon payı

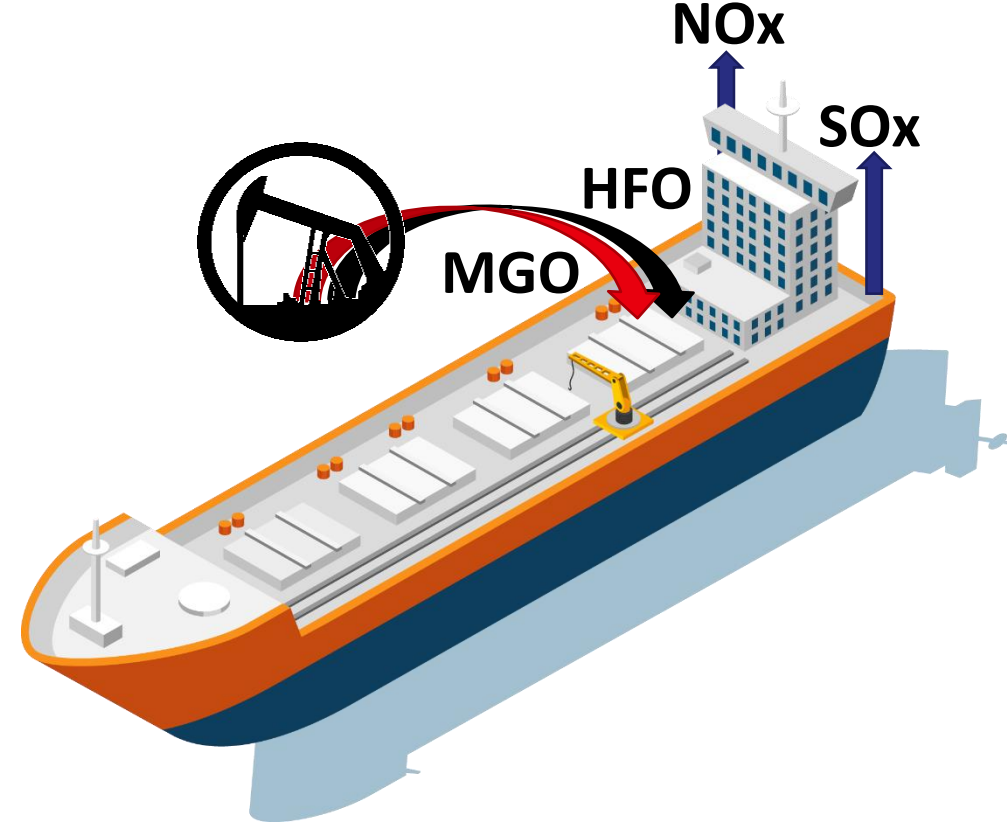
Küresel Isınma



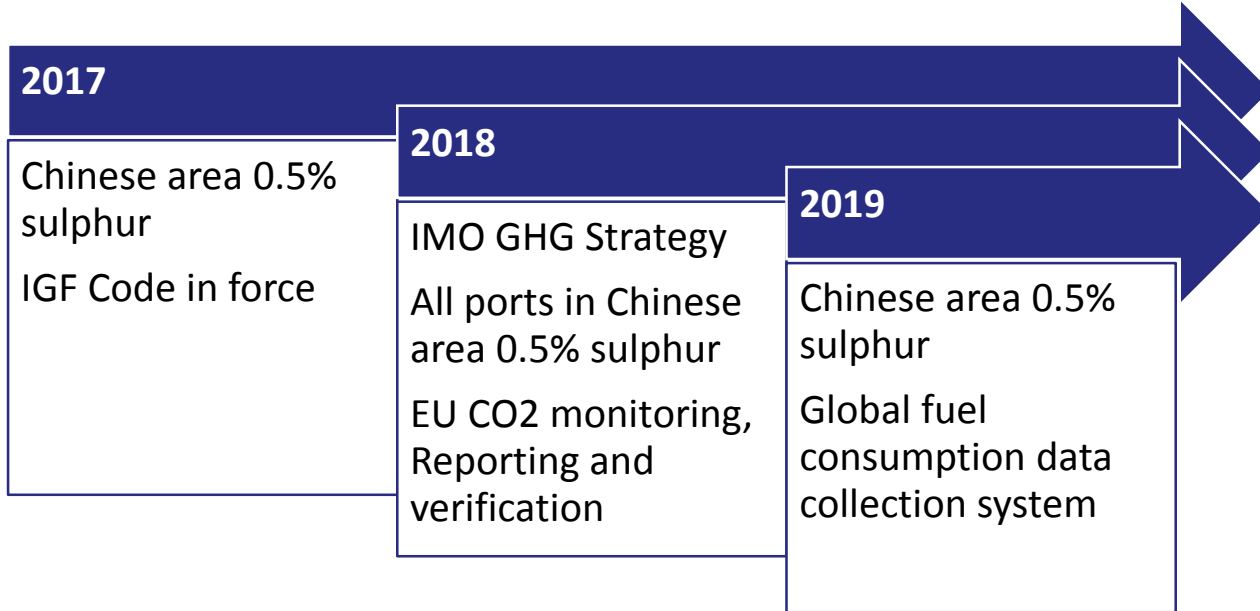
PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

Paris Anlaşması

Küresel CO2 emisyonunun **%3'ü** deniz endüstrisi kaynaklıdır.

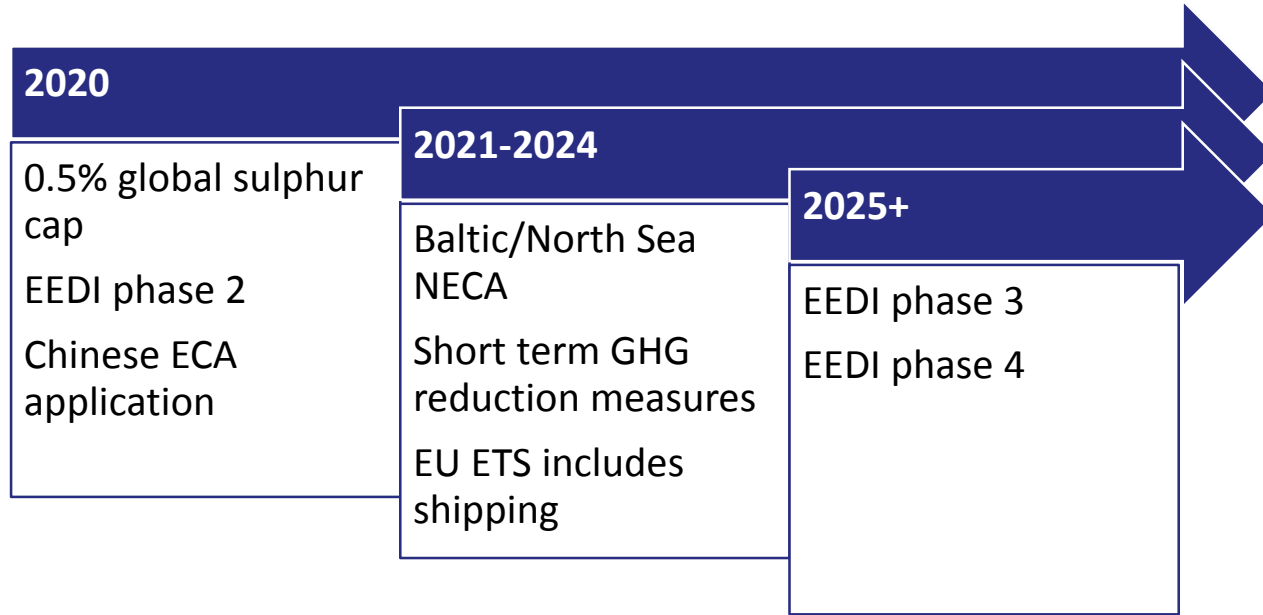


Günümüze kadar gelişmeler



IMO CECA bölgesini dikkate almaktadır

Gelecekteki beklentiler



2030 yılında CO2 emisyonunu **%50** azaltmayı

2050 yılında **%99** azaltarak **%1** CO2 emisyonunu hedeflemektedirler

Kısa mesafeli deniz taşımacılığı

Kısa mesafeli sefer yapan gemiler yeni yakıtları denemek için ideal özellik taşırlar. Az yakıt harcamaları kolay dolum yapabilmeleri yakıt depolama giderini düşürmektedir. Bu nedenle çoğu ülkemizde inşa edilen Norveç feribotları kendi sektöründe elektrik güç kullanımına öncülük etmektedir. Bu tip elektrikli feribotlarda 50 civarında Akü ünitesi desteği ile sadece elektrik veya hibrid güç sağlanmaktadır.

Hidrojen yakıtı kullan kullanan bir Feribot Norveç devleti ve DNV GL teknik desteği ile 2021 yılında hizmete alınmak üzere Tuzla Selah tersanesinde denize indirilmiştir.



Derin Sondaj / Deep Sea Gemileri

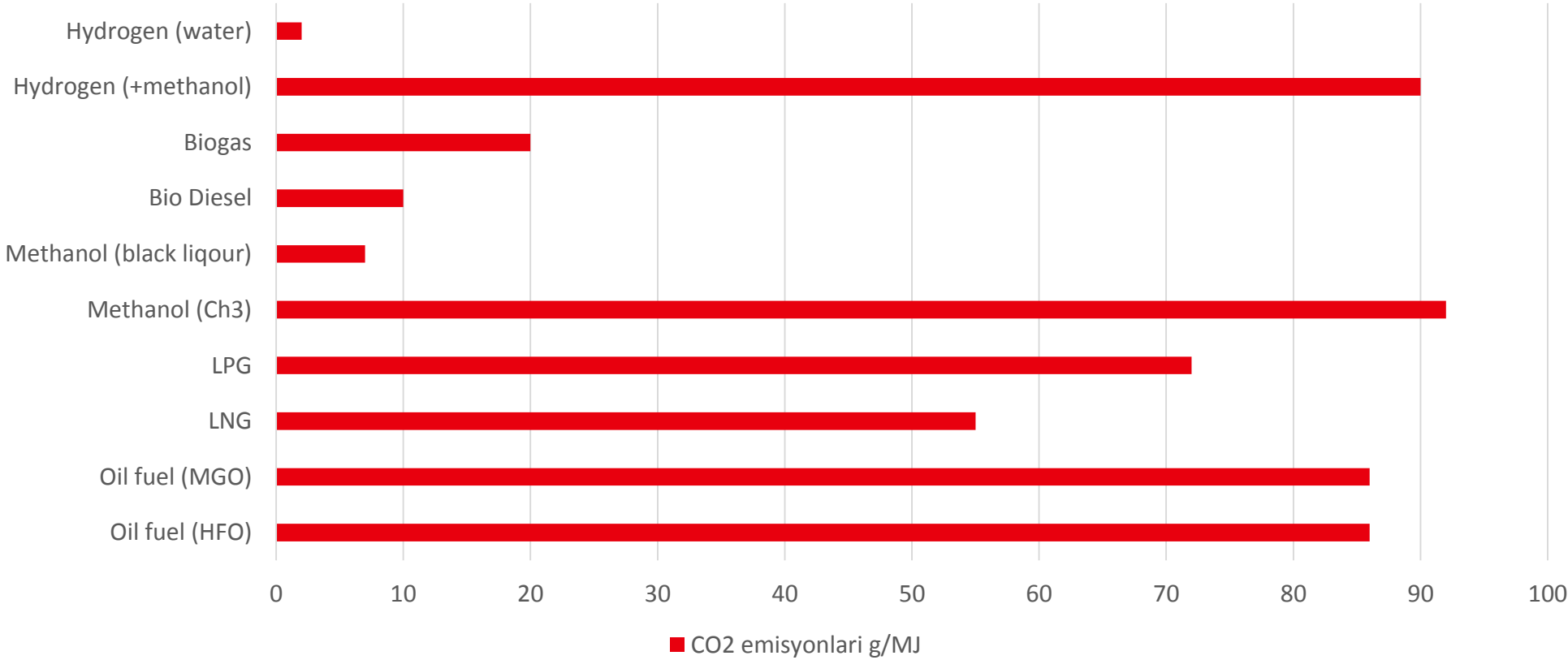
Bu gemilerde taşınan yakıtların yüksek yoğunluklu olması taşıma kapasitesinde hacim kazancı oluşturmaktadır.

LNG yakıt, yeterli dolum istasyonları bulunması halinde doğru bir çözüm olabilir.

Sürdürülebilir Biyo-yakıtlar, Metanol ve LPG Yeterli miktarda bulunabilirliği ve istenilen kalite sağlandığında tercih edilebilir.



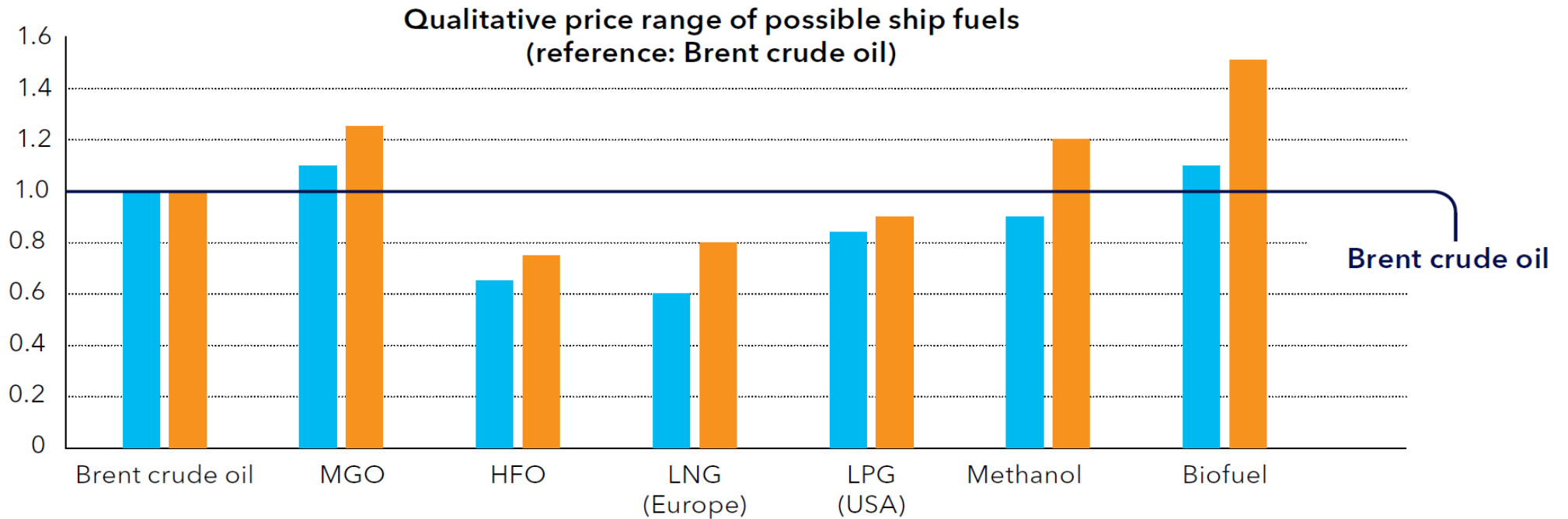
CO₂ emisyonları



Günümüz yakıtları

		HFO	LSHFO/MGO	LNG
Diesel	SO _x	Scrubber	Compliance	Future-proof
	NO _x	Tier III: EGR/SCR	Tier III: EGR/SCR	Tier III: EGR/SCR
	CO ₂	High carbon	High carbon	Reduced CO ₂ *
Otto	SO _x			Future-proof
	NO _x			Future-proof
	CO ₂			Reduced CO ₂ (CH ₄ slip)*

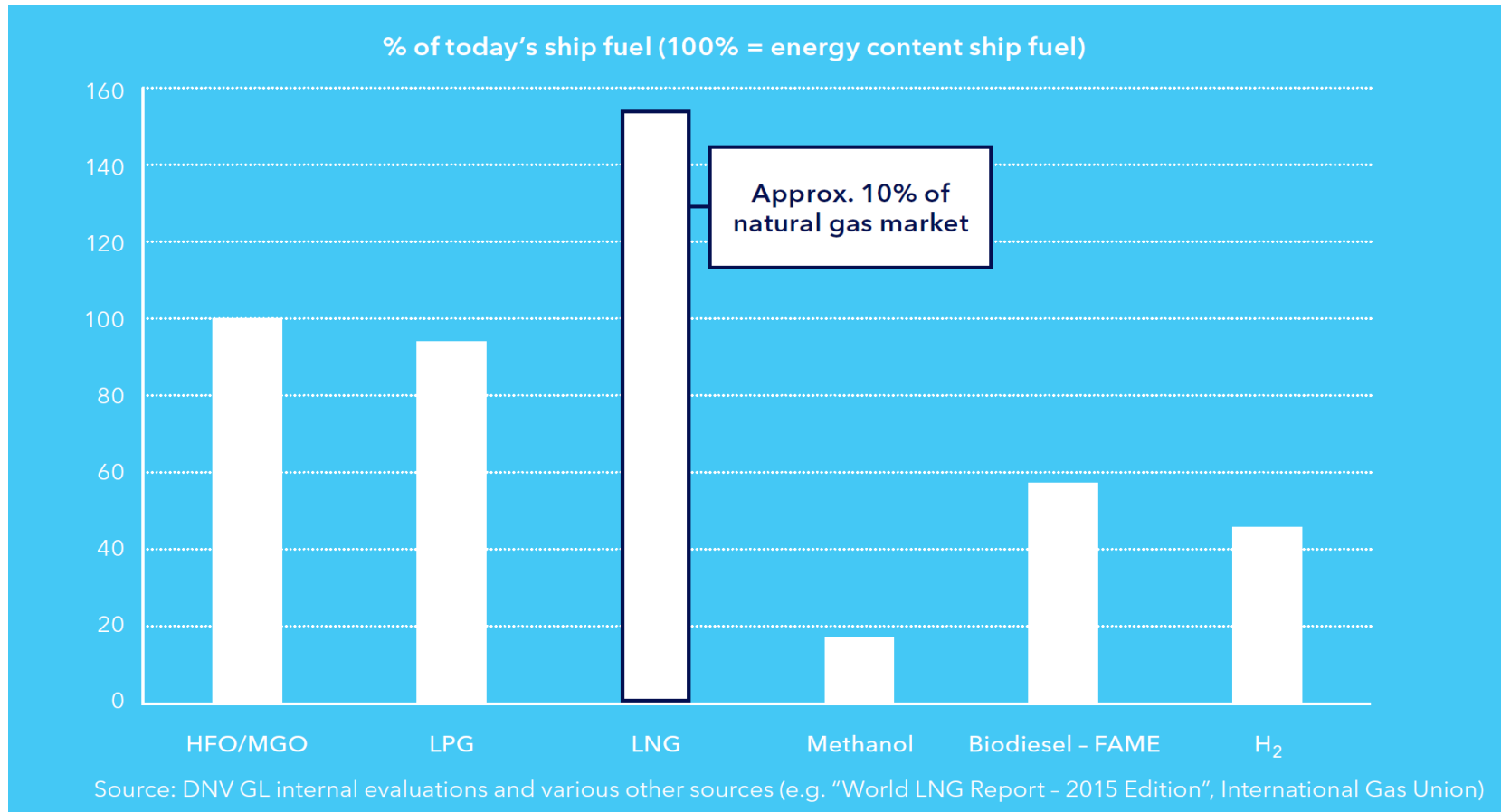
Fiyatlar



■ Min.	1	1.1	0.65	0.6	0.85	0.9	1.1
■ Max.	1	1.25	0.75	0.8	0.9	1.2	1.5

Source: DNV GL, IEA

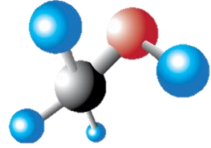
Piyasadaki durum



Sentetik yakıtlar



Methanol



Methanol kimyasal yapısı CH_3OH , olup Basitce Alkol olarak tanımlanır Düşük karbon miktarı ile yüksek hidrojen içermektedir.

Her sıvı Metanolun basit yapısında yüzlerce kimyasal bileşikler sıralanmaktadır.

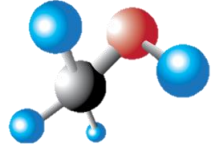
Taşıma sektöründe yakıt olarak kullanılmaktadır.

Değişik kaynaklardan üretilmektedir LNG, Kömür, Yenilelenebilir kaynaklar Biomass, CO_2 , Hidrojen.

Sentetik yakıtlar



Methanol



Doğal gaz LNG



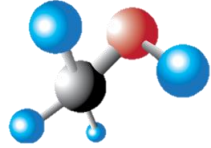
Sivlaştırılmış Doğal gaz (LNG) enzından Evde yada santrallerde ve endüstride kullanılan Doğal gazdan hiç farkı yoktur.

Ana yapısı metan (CH₄) bir hidrokarbon olup düşük karbon içermektedir.

Sentetik yakıtlar



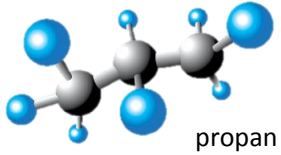
Methanol



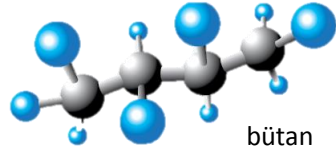
Doğal gaz LNG



LPG



propan



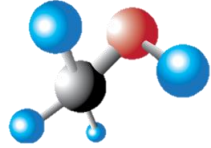
bütan

Sıvılaştırılmııl petrol gazı (LPG) propan ve bütan karışımı olup sıvı formda bulunur. ABD'den örnek verirsek, LPG'de genellikle propan bütana karıştırıldığından, propan spesifik buharlaşma basınç ve sıcaklık karakteristiğindedir.

Sentetik Yakıtlar



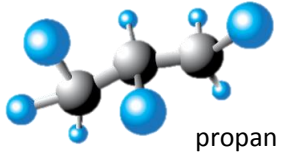
Methanol



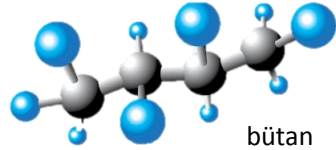
Doğal gaz LNG



LPG



propan



bütan

Hidrojen



Hidrojen (H₂) değişik yöntemlerle birkaç yoldan üretilebilir. Örnek olarak Elektroliz yöntemi Yenilenebilir kaynaktan yada LNG yapısı değiştirilerek elde edilir. Hidrojenin elektroliz yöntemi ile eldesi mümkün olup gelişen Enerji sektöründe tekrar doğaya dönüşebilir.

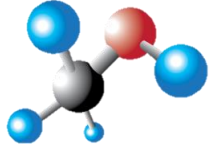
Hidrojen enerjisi aralıklı kullanma ve depolonabilme özelliği ile çeşitli endüstriyel proseslerde de kullanılmaktadır.

Kara taşımacılığında potansiyel yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Otomobil, Otobüs, Kamyon ve Trenler.

Sentetik yakıtlar



Methanol



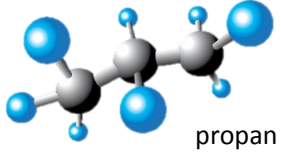
Hidrojen



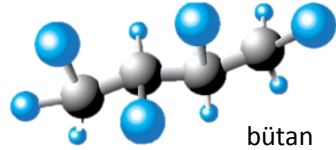
Doğal gaz LNG



LPG



propan



bütan

Bataryalar

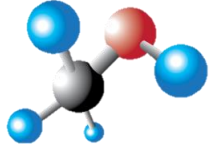


Bataryalar doğrudan elektrik enerjisini depolama özelliğine sahiptir. Güç sistem optimizasyonu ve Gelişen batarya teknolojisi ve maliyetlerin azalması . Bataryalara dünya çapında istek artmış olup Deniz sanayinde ilgi çoğalmıştır.

Sentetik yakıtlar



Methanol



Hidrojen



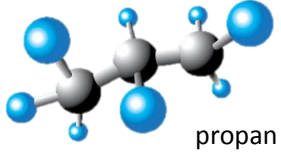
Doğal gaz LNG



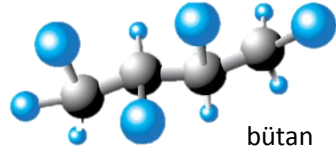
Bataryalar



LPG



propan



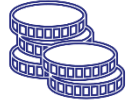
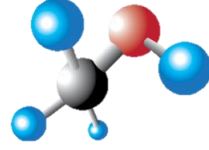
bütan

Yakıt Hücreleri



Yakıt hücreleri kimyasal enerjiyi yakıtla birlikte Doğrudan elektrokimyasal oksidasyondan geçerek elektrik ve termal enerjiye dönüştürmektedir. Bu doğrudan enerjiye çevirme prosesden **%60** verimlilikte elektrik enerjisi yakıt piline ve kullanılan yakıtla bağlı olarak elde edilmektedir.

Methanol



Fiyat



Kurallar



Altyapı



Erişebilirlik



Çevresel etki



Teknoloji

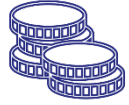
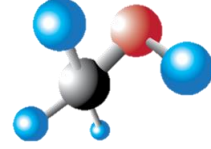


OPEX



CAPEX

Methanol



Fiyat

Yakıt fiyatlarındaki düşüklük, methanolü bu yarışta Geride bırakıyor.

Kömürden methanol üretilmesi Fiyatları Aşağı çekebilir ama bu emisyon değerlerini arttıracaktır.



Altyapı

Dağıtım bunker gemileri veya tırlar ile yapılabilir. Gothenburg'da Stena Lines'ın kendisine ait bunkering bölgesi bulunmaktadır.

Almanya'da ise MS Innogy yolcu gemisi yakıt pillerinde methanol kullanılmaktadır (2017).



Kurallar

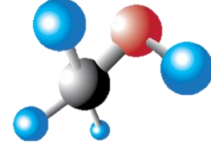
Denizcilik için, şuan uygun olan regulation IGF Code'dur. IGF Code, tüm gaz ve düşük flashpointli yakıtlar için geçerlidir. Methanol için kurallar/regulasyonlar gelişim sürecindedir.



Erişebilirlik

2016 yılındaki talep 80 milyon ton civarında, bu miktar 2006 yılının iki katıdır. Üretim kapasitesi 110 milyon ton olup bu miktar energy bakımından 55 milyon ton petrole eşittir.

Methanol



Çevresel etki

Methanol, yenilebilir kaynaklardan üretildiği zaman Emisyon değerleri doğal gazdan üretime göre Oldukça azdır. Teknik olarak methanol kullanımı, sülfür salınımını ortadan kaldırır.



OPEX

Operasyon maliyeti, scrubber bulunmayan günümüz Gemileri ile yakın olarak beklenmektedir. Lakin piyasada az gemi bulunması fiyatları arttırarak genel resmi limitlemektedir.



Teknoloji

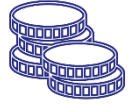
Methanolün kinetik enerjije çevrilmesi için birkaç yol vardır, İki ya da dört zamanlı dizel makineleri, yada otto çevrimi.



CAPEX

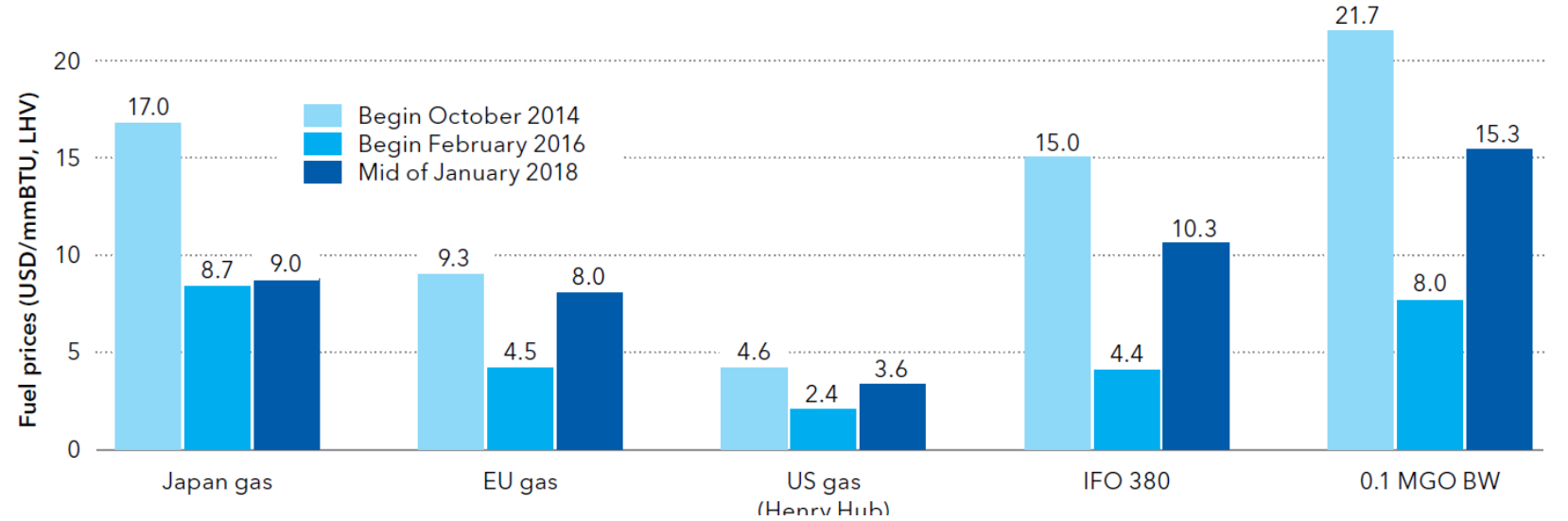
Methanol sistemlerinin kurulum maliyeti, LNG Sistemlerin Kurulum Masraflarının üçte biri olarak ön görülmektedir.

LNG

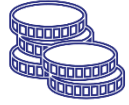


Fiyat

LNG fiyatları düşük kükürtlü HFO ile rekabet etmesi bekleniyor. Dünya çapında doğal gaz dağıtım fiyatları son 10 yıldır ham petrolün ve HFO fiyatlarının altındadır.



LNG



Fiyat

LNG fiyatları düşük kükürtlü HFO ile rekabet etmesi bekleniyor. Dünya çapında doğal gaz dağıtım fiyatları son 10 yıldır ham petrolün ve HFO fiyatlarının altındadır.



Altyapı

Henüz limitli olmakla birlikte, LNG yakıt ikmal altyapısı hızlı bir şekilde gelişmektedir. Dağıtımın büyük bir kısmı kara yolu ile gerçekleşmektedir. Bunkering için Amsterdam, Rotterdam, Antwerp, Kuzey denizi, Baltık denizi ve Florida kilit lokasyonlardır.



Kurallar

LNG ve CNG için IMO IGF Kodu 1 Ocak 2017'de yürürlüğe girerek LNG yakıtlı gemilerin tasarımı ve inşası için uluslararası bir düzenleyici temel oluşturmuştur.



Erişebilirlik

LNG, gaz piyasasının %10'unu kapsamaktadır. LNG üretim kapasitesinin önümüzdeki beş yıl içinde önemli ölçüde artması bekleniyor

LNG

Çevresel etki

SOX emisyonları yoktur, partikül emisyonları çok düşüktür, NOX emisyonları MGO veya HFO'lardan daha düşüktür. HC, CO veya formaldehit gibi diğer emisyonlar da düşüktür

OPEX

LNG ile çalışan bir geminin enerji tüketimi, petrol yakıtlı bir gemi ile yaklaşık olarak aynıdır. Daha temiz yakıt sayesinde gazla çalışan bir motorun bakımı daha ucuz olabilir.

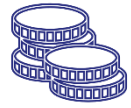
Teknoloji

Pistonlu motorlar ve gaz türbinleri, çeşitli LNG depolama tankı türleri ve proses ekipmanı da ticari olarak mevcuttur. Kara kurulumları için gaz motorları, gaz türbinleri ve LNG depolama ve işleme sistemleri yıllardır mevcuttur. LNG deniz taşımacılığı da uzun bir geçmişi vardır.

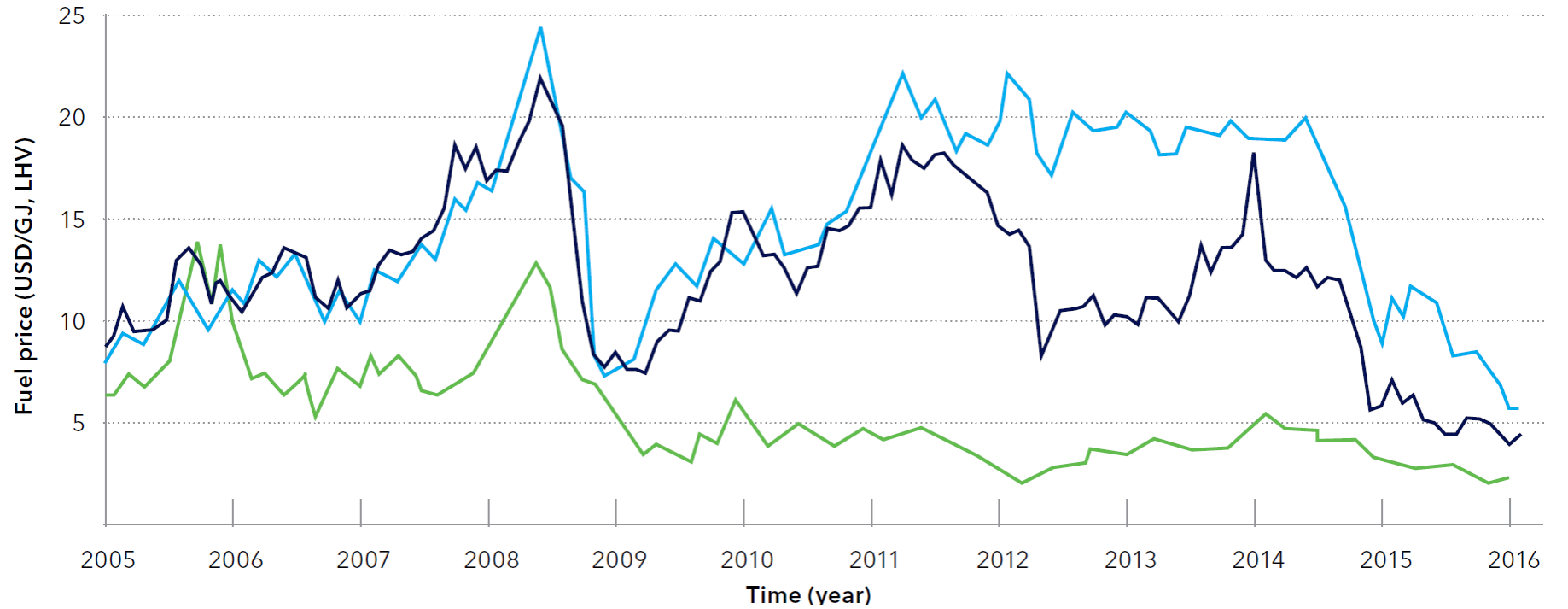
CAPEX

Uygulamalar arttıkça ve tedarikçiler arasındaki rekabet kızıştıkça CAPEX'in düştüğünü görebiliriz. LNG sistemleri için CAPEX maliyetleri, HFO nun scrubber ile kullanımıyla ilişkili harcamalardan daha yüksektir ve olmaya devam edecektir.

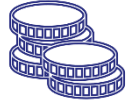
LPG



Fiyat



LPG



Fiyat

2010 yılına kadar ABD'de propan fiyatları çok Brent ham petrolüne yakındır. 2011 yılından bu yana, petrol ve kaya gazı yan ürünü olarak artan LPG üretimi nedeniyle fiyatlar ayrıştırılmıştır



Altyapı

Henüz limitli olmakla birlikte, LNG yakıt ikmal altyapısı hızlı bir şekilde gelişmektedir. Dağıtımın büyük bir kısmı kara yolu ile gerçekleşmektedir. Bunkering için Amsterdam, Rotterdam, Antwerp, Kuzey denizi, Baltık denizi ve Florida kilit merkezlerdir.



Kurallar

IMO IGF Kodu tüm gaz ve diğer düşük parlama noktası yakıtlı gemiler için zorunludur. LPG şu anda dahil edilmemiştir ve yakın gelecekte gündemde değildir.



Erişebilirlik

Dünya LPG Birliği'ne göre, 2015 yılında küresel LPG üretimi **284 milyon** ton veya **310 milyon** ton petrol eşdeğeri idi. Bu, deniz yakıtına yönelik küresel talepten biraz daha yüksektir. Gemi yakıtı olarak LPG'ye olan talebin başlangıçta yavaş yavaş artması ve ılımlı bir seviyede kalması koşuluyla, talepler **2030**'a kadar güvenli bir şekilde karşılanabilir.

LPG



Çevresel etki

LPG yanması, HFO'dan yaklaşık yüzde 16 daha düşük CO2 emisyonlarına neden olur. NOX emisyonlarının azaltılması, uygulanan teknolojiye bağlıdır.



OPEX

LPG sistemleri için yakıt maliyetleri hariç işletme maliyetlerinin, scrubbersız HFO yakıtlı gemilerle yakın olması beklenmektedir. Pratik raporlamalar şu anda mevcut değildir.



Teknoloji

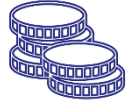
LPG'yi gemi yakıtı olarak kullanmanın üç ana seçeneği vardır: iki zamanlı dizel çevrimli bir motorda; dört zamanlı, zayıf yanmalı Otto çevrimli bir motorda; veya bir gaz türbininde. Şu anda, yalnızca tek bir iki zamanlı dizel motor modeli ticari olarak mevcuttur. (MAN- LGI serisi)



CAPEX

Her iki durumda da basınçlı tanklar kullanılıyorsa, bir gemiye (örneğin içten yanmalı motor, yakıt tankları, proses sistemi) LPG sistemleri kurmanın maliyeti, LNG sisteminin kabaca yarısıdır. Bunun nedeni, kriyojenik sıcaklıkları kaldırabilen özel malzemelere gerek olmamasıdır.

Biodiesel



Fiyat

Biodizeller; HVO, FAME and LBG fosil yakıtlarına göre oldukça pahalıdır. Piyasa değeri olarak tartışabilmek için yetersiz fiyat ve kapasite bilgisi bulunmaktadır.



Altyapı

Yakıt istasyonu olarak global yapıda belli noktalarda sabitlenmiştir. Bilinen limanlar Hollanda Avustralya ve Norveç limanlarıdır.



Kurallar

Teknik ve sürdürülebilirliği sağlayan yapıda ISO 8217:2017, ve biyoenerji tedarik zinciri için ilkeleri, kriterleri ve göstergeleri belirleyen AB Yenilenebilir Enerji Direktifi ve ISO 13065 bulunmaktadır.



Erişebilirlik

Dünya çapında Genel taşımacılıkta kullanılan yakıt olarak üretim bilgileri 81 milyon ton u işaret etmektedir. (şeker ve Nişasta bazlı etanol ve yağ dan üretilen biodiesel ve HVO) 2017 yılında üretilmiştir. (IEA, 2018). Gelecek beş yıl için %3 olarak her yıl artış ön görülmektedir.

Biodiesel (devamı)



Çevresel etki

Biodizel, sera gazı azaltımı için uygun bir çözümdür, ancak bu yakıtlar karbon emisyonlarını doğrudan azaltmaz. Biodizelin yanmasından dolayı CO₂ ortaya çıkar.



OPEX

Biodizeller şu anda fosil yakıtlardan daha pahalıdır, bundan dolayı da operasyon maliyetleri daha yüksek olması beklenir.



Teknoloji

Biyoyakıtlar, fosil yakıtlarla karıştırılabilir ve ya fosil yakıtların yerine damlatılan yakıtlar olarak kullanılabilir. Biodizeller için büyük teknik değişiklikler yapılmadan doğrudan kullanılabilir.



CAPEX

Makine üreticileri tarafından, biodizele geçmek için yapılacak retrofit sistemler makinenin yüzde 5 inden fazla değildir. Bunun üzerine HVO'ya geçiş için herhangi bir maliyet yoktur.

Hidrojen



Fiyat

Bağıl Fiyat karşılaştırmasında: varil başına 70 \$, ton başına 510 \$ yakıt eşdeğeridir.



Altyapı

Standart 40 feet konteyner, %94 limit ile yaklaşık 3.600 kilogram hidrojen bulundurabilir. Düşük kaynama noktası nedeniyle hidrojenin, özel yalıtımlı basınçlı kaplarda sıvı formda saklanması gerekir.



Kurallar

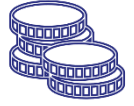
Hidrojen kullanımı Uluslararası Gaz Kullanan Gemilerin Güvenlik Kodu veya Diğer Düşük parlama noktalı Yakıtlar (IGF Kodu)'na bağlıdır.



Erişebilirlik

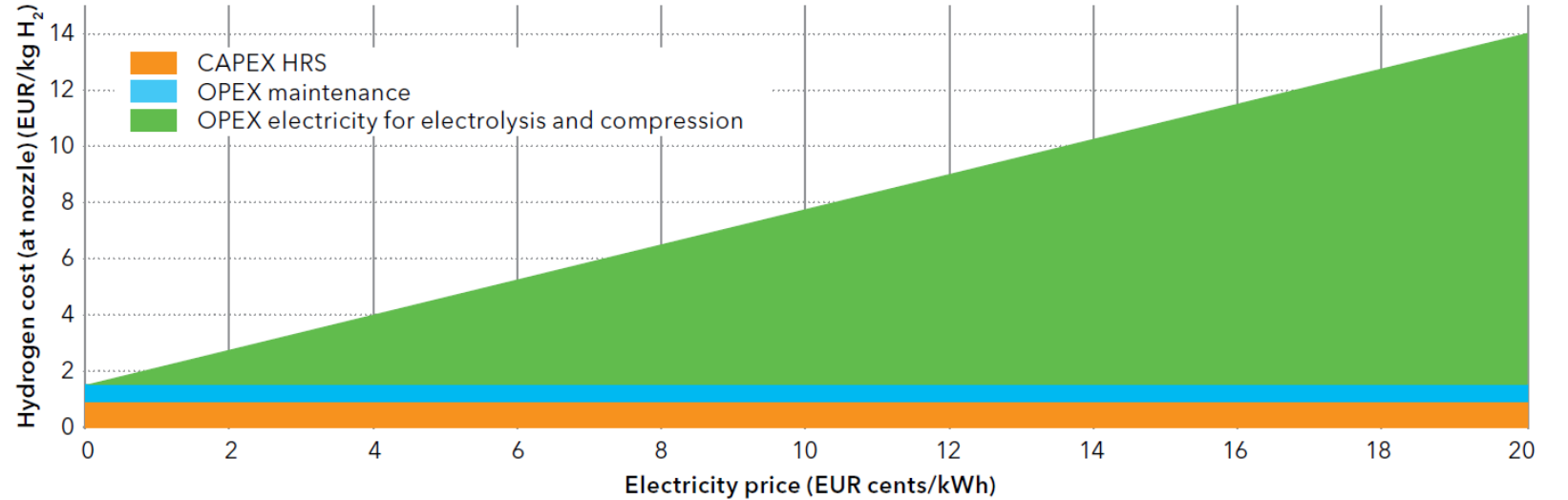
Her yıl 50 milyon ton H₂ üretiliyor ve bu miktar enerji olarak 150 milyon ton gemi yakıtına eşittir.

Hidrojen



Fiyat

Hidrojenin elektroliz ile üretiminde, kaynaklara göre maliyet tahminleri kilogram başına 3.5 to 8.3 \$ tutarındadır. Bu miktar 1,170 to 2,770 \$ ham petrole denk gelmektedir.



Hidrojen



Çevresel etki

Yakıt hücrelerinde hidrojen kullanımı CO2 emisyonu ortaya çıkarmaz ve NOX, SOX partiküllerini salınımını azaltır. Ayrıca makinelerde hidrojen yakıtı kullanımı emisyon değerlerini azaltır ama NOx emisyonu salınımı devam eder.



OPEX

Pistonlu makineler ve Türbinli makinelerde Hidrojen Yakıtı ile Fosil yakıtları karşılaştırdığımızda PEX değerine bakarak daha önce belirttiğimiz gibi Hidrojen üretim maliyeti yerel üretim maliyetlerine bağlı olarak değişiklik gösterir.



Teknoloji

Hydrogen-yakıtlı içten yanmalı makineler Deni taşıtlarında diesel yakıtına rağmen daha az verimlidir. Hydrogen yakıtlı pistonlu makineler Deniz taşımacılığında pek uygun değildir.



CAPEX

CAPEX değerini fosil yakıtlar ile karşılaştırdığımızda pistonlu makinelerden LNG verimliliği beklenir. Sıvı hidrojeni saklama maliyeti LNG saklama maliyetinden yüksektir. Çünkü Hidrojen Düşük ısı ve yüksek ızalasyon kabiliyeti gerektirmektedir.

Amonyak NH₃



Çevresel etki

Amonyak yakıtı güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi kullanılarak üretilmektedir. Amonyak 25 'C da 9,9 bar basınçta ve ya alternatif olarak –33 °C'da atmosfer basıncında depolanabilir. Hidrojene göre daha kolay taşınmaktadır.



OPEX

Geleceğin yakıtı yeşil Amonyak yakıtı güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi kullanılarak üretilmektedir. 2025 yılında; kW başına 7,78–16.55 \$, 2040 yılında kW başına 4.89–5.43 \$'a düşüyor. Fuel oil'in bugünkü fiyatı kW başına 4.52–5.43 \$'dır. Amonyak fuel oil ile bu şekilde karıştırılırsa; kullanım miktarı arttırılabilir.



Teknoloji

Yeşil Amonyak olarak da nitelendirilerek havadan ayrıştırılan Nitrojen ve Güneş ve Rüzgar enerjisinin den elektroliz yoluyla Sudan elde edilen Hidrojenle birleştirilerek Amonyak elde edilir.



CAPEX

Amonyak değişik yöntemlerle üretilerek büyük miktarlarda dünya çapında taşınmaktadır. Bu demektirki Gemilerin dolun istasyonları hazır olup; Endüstri ihtiyacından fazla Amonyak üretilerek yakıt olarak gemilerde kullanılacaktır.

Amonyak NH₃

Beş yıldır Viking Enerji projesinde yapılan çalışmalarla; Gemi tahrikine güç sağlayacak yakıt hücresi üretiminde [Equinor](#) ve [Prototech](#) araştırmalar yapmaktalar. İlk gemi 2024 yılında servise girmesi planlanmaktadır.

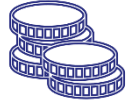
Aynı zamanda Fin firması Wärtsilä, geniş katılımlı projelerinde Amonyak yakıtını Ana makinelerde test etmektedir. Buradan anlaşıldığı üzere Denizcilik sektöründe Gemiler de Amonyak yakıtını kullanarak emisyonu azaltmaya yönelik çalışmalar yapılacaktır.

Çift yakıtlı Dizel makinelerinde (Dual fuel) olarak Amonyak kullanılacak ve ilk hareket diesel yakıtı ile başlatılacaktır.

Aynı şekilde testler benzinli makineler üzerinde de yapılmaya başlanmıştır. İlk hareket benzin ile başlatılacak sonrasında makineler Amonyak yakıtını kullanacaklardır.

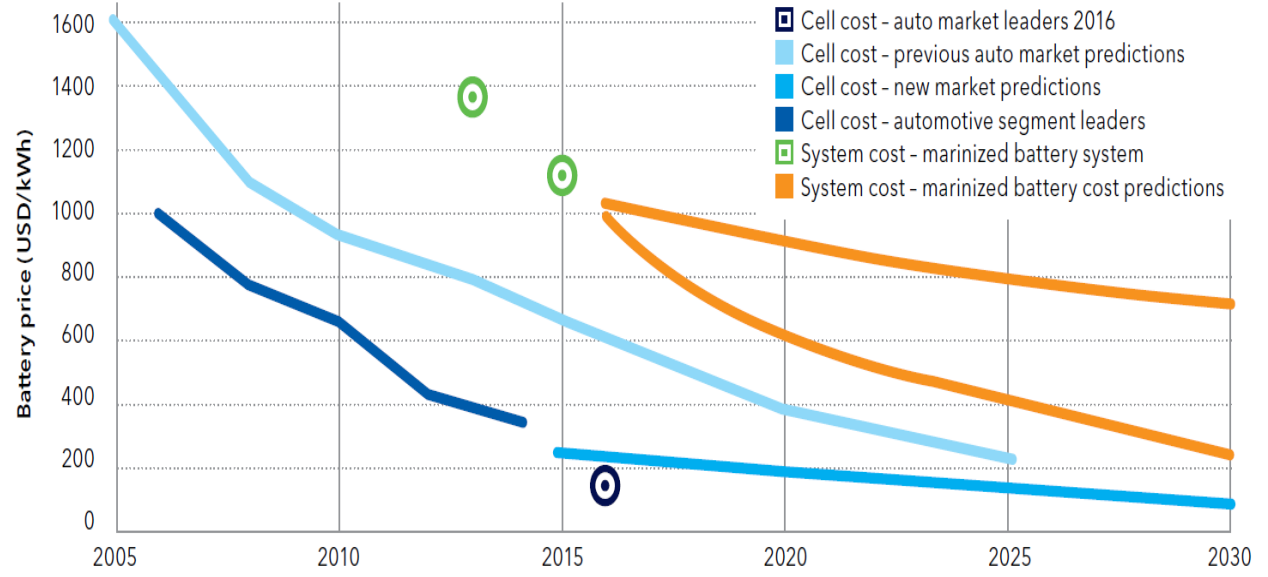
Devam eden araştırma ve endüstriyel tecrübelerle göre Gemi makinelerinde gerekli tasarım düzenlemeleri ve ayarlar yapıldıktan sonra Amonyak yakıtının 2022 yılında kullanılmaya başlanması planlanmaktadır

Bataryalar



Fiyat

Batarya fiyatları hızla düşüş göstermektedir. performanslarına ve karakterlerine göre deniz piyasasında fiyat farklılıkları oluşmaktadır.



Source: DNV GL

Bataryalar



Fiyat

Batarya fiyatları hızla düşmektedir. – performans ve özelliklerine göre farklılık arz etmektedir.



Altyapı

Bataryalar her yapıya göre aynı özellikleri göstermezler. Genelde enerji kaynağı eski enerji dağıtım sistemleri ile oluşturulmaktadır. Bataryalara yönelik enerji dağıtım sistemleri ve doğru şarj ünteleri kurulmalıdır.



Kurallar

2016'dan bu yana Deniz sektöründeki üretimler yüksek emniyet paylı yapılardır. Bununla birlikte aynı özelliklerde daha ekonomik olanlar tercih edilmektedir.



Erişebilirlik

Elektronik ve otomotiv endüstrileri batarya ve yakıt hücresi üretimlerine yönelmektedir. Kara endüstrisi ile karşılaştırıldığında, Deniz endüstrisinde kullanılan bataryaların toplam gücü Karada kullanılan bataryaların %1'inden daha azdır.

Bataryalar

Çevresel etki

Bataryalar kullanım esnasında herhangi bir emisyon üretmezler. Ama, her üretim sürecinde olduğu gibi, batarya üretiminde yoğun bir enerji harcamı (emisyon salımı) gerektirir. Ömrünü tamamlamış bataryaların çevreye etkileri göz ardı edilmemelidir!

OPEX

OPEX maliyetleri elektrik fiyatlarına bağlıdır. Avrupa fiyatları, kW başına **0.09 – 0.30 \$** olarak değişmektedir. Dizel sistemlerle karşılaştığımızda, **%40 – 45** arasında bir verim sağlar. Verim düşük yükleme koşulları ve kullanım miktarı ile değişebilir.

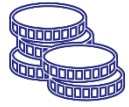
Teknoloji

Yeni teknolojilerin piyasada büyük ve etkileyici bir değişim yapmaları için en az 10 yılı öngörülmektedir. (DNVGL)

CAPEX

Bataryaların kullanım ömürleri, boyutlarına ve harcam türlerine göre değişmektedir. Bundan dolayı da, CAPEX hesaplaması farklı olmaktadır.

Yakıt hücreleri



Fiyat

Yakıt hücrelerinin seri üretimi 2022 yılından itibaren başlaması beklenmektedir.

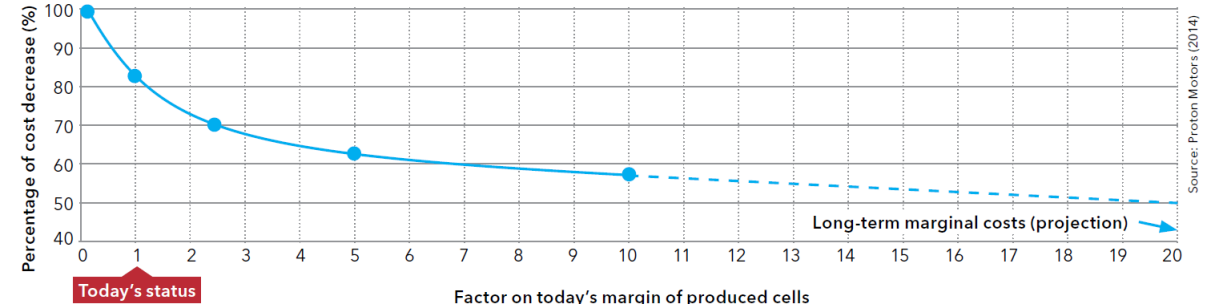


Altyapı

Servis ağı mevcut diesel makinelerde olduğu gibi henüz kurulmamıştır. Fakat pazarlama yapısına göre piyasaya sunulması 2022'den sonra başlatılacaktır.



Kurallar



Source: Proton Motors

¹ DNV GL on behalf of EMSA: Study on the use of fuel cells in shipping

² DNV GL rules for classification, Part 6, Chapter 2, Section 3 "Fuel Cell Installations - FC"

Yakıt hücreleri



Fiyat

Yakıt hücrelerinin seri üretimi 2022 yılından itibaren başlaması beklenmektedir.



Altyapı

Servis ağı mevcut Dizel makinelerin servis ağı henüz kurulmuş değildir. Fakat gelişmelere bağlı olarak 2022 yılından sonra altyapı kurulumlarına başlanması beklenmektedir.



Kurallar

Yakıt hücrelerinin kurulumu için gerekli kurallar IMO'da geliştirilmekte olup IGF koda bağlı olarak en erken 2028 yılında yayınlanmış olacaktır.



Erişebilirlik

Yakıt hücre sistemleri az sayıda farklı üreticilerden temin edilebilmektedir..

Yakıt hücreleri



Çevresel etki

Yakıt hücreleri NOX, SOX ve partikül madde emisyonlarını neredeyse sıfıra kadar indirir, CO2 emisyonlarını ise yüzde 30'a kadar indirmesi öngörülmektedir.



OPEX

Yakıt hücreleri gemi makinelerine benzer genel onarım bakım sürelerine sahiptir. Yakıt hücrelerinin değişimi için gereken bütçe ve zaman gemi makineleri ile neredeyse aynıdır. Aradaki OPEX farkı, yakıt fiyatlarından kaynaklanır.



Teknoloji

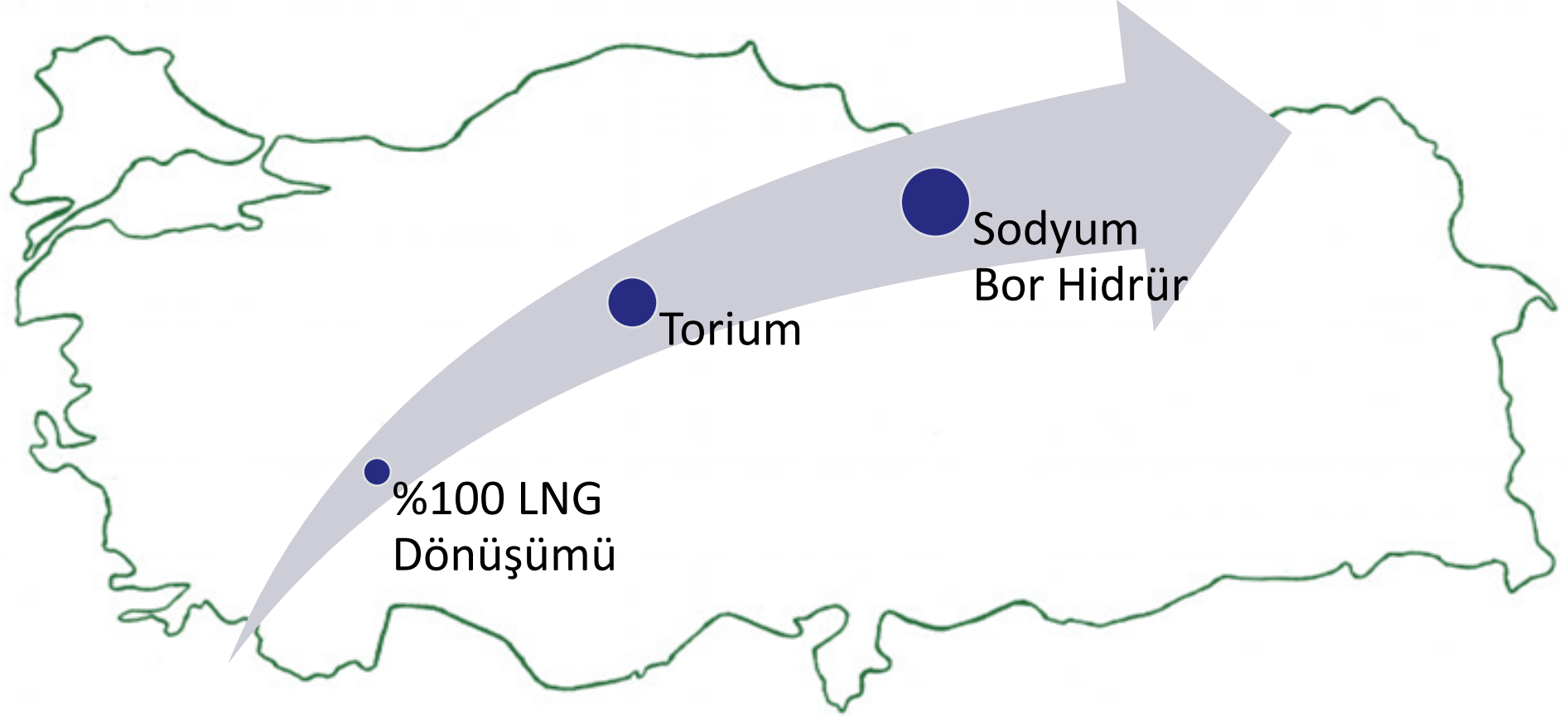
Günümüzdeki yakıt hücreleri uygulamaları, 100 KW'a kadar bulunmaktadır. Metanol ile çalışan yakıt hücreleri 2015'den itibaren MS Mariella yolcu gemisinde kullanılmaktadır.



CAPEX

Günümüzdeki kurulum maliyetleri, kW başına 2,200- 5,600 \$ arasında değişmektedir. Mevcut dizel makineleri ile rekabet için, kurulum maliyetinin 1,000 \$ civarına gerilemesi hedeflenmektedir.

Türkiye'de neler yapabiliriz?



%100 LNG Dönüşümü

Hem Dizel hem de Otto çevrim avantajlarını tek yapıda sağlayan Çift-türbilans döngülü yanma odasında gerçekleşen “MR-Process” yanma mekanizması günümüzün en güçlü alternatif teknolojisidir. TÜLOMSAŞ A.Ş. üretimi TLM16V185 tipi ağır dizel motoru üzerinde “MR-2” yanma odası çalışılmış, “MR-Process” yanma mekanizması ana yakıt olarak dizel, sentetik yakıtlar, CNG ve LNG gazlarla yüksek verim ve düşük emisyonlarla çalışabilmektedir.

Bu teknoloji ile ülkemizde ve dünyada Sivil ve Askeri amaçlı gemiler, lokomotifler, iş makineleri, jeneratörler ve enerji santralleri için gücü 500 - 2800 kW arasında değişen, 6-8-12-16 silindirli Yenilikçi ve Rekabetçi Yerli Marka motorların geliştirilmesi mümkündür.

Bkz. Makale <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/290527>



Sodyum Bor Hidrür

Türkiye, dünya bor rezervinin % 73'üne sahiptir.

SBH (NaBH_4), üstün özelliklerinden dolayı ticari olarak kullanılan en önemli borohidritlerden biridir. SBH, çeşitli endüstriyel alanlarda ve uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Kağıt, tekstil, seramik ve porselen endüstrisi;
- Gözenekli plastik üretimi;
- Yüksek saflıkta organik bileşik üretimi;
- Atık sudan ağır metallerin uzaklaştırılması.

Hidrojen ve yakıt hücresi teknolojisi dünya çapında hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. SBH'nin en önemli rolü, tüm ulaşım araçları, taşınabilir güç kaynakları, sivil ve askeri amaçlı insansız hava araçları gibi uygulamalarda kullanılan hidrojen için emniyetli bir depolama aracı olmasıdır.

<http://www.etimaden.gov.tr/kolemanit>

<https://www.boren.gov.tr/Sayfa/rezervler/26>

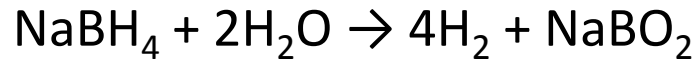


Laboratuvar koşullarında
sentezlenen saf SBH
numunesi

Sodyum Bor Hidrür (devamı)

Dünyada üç aşamada üretilen Sodyum borhidrür üretiminde tek aşamada üretilmesi için laboratuvar çalışmaları yapılmış ve pilot uygulamalar için destek ve katılım beklenmektedir.

Çözelti halindeki sodyum bor hidrür, aşağıdaki reaksiyona göre hidrojenini vererek sodyum metaborata dönüşür:



H₂O ve NaOH ilavesi ile sodyum bor hidrürün sıvı içerisindeki miktarı ağırlıkça %20-35 arasında olabilmekte, bu da sistemde ağırlıkça % 4.4 - 7.7 arasında hidrojenin depolanmasına imkân vermektedir.



Toryum

*Türkiye'nin dünya toplam toryum rezervindeki payının % 5.9 olduğu belirtilmektedir (374,000 / 6,355,000). Sadece Isparta Aksu bölgesinde tespit edilen 20 bin ton üzerindeki toryum rezervi, Türkiye'nin 100 yıl boyunca **enerji** ihtiyacını karşılar. Bu bölgedeki toryum, **Sivrihisar rezervlerinden** farklı olarak, çok daha kolay işlenebilir niteliktedir.*

*En çevreci, ucuz ve güvenli enerji üretim mekanizmalarından biri olan Hızlandırıcı Sürümlü Sistemler (ADS teknolojisi) Bilim insanlarının ortak çalışmasında toryum yakıtlı sistemlerin, geleceğin en önemli **enerji kaynaklarından** (Yeşil Nükleer Enerji) biri olacağı vurgulanmaktadır. Fosil yakıt rezervleri tükendikçe petrol ve diğer konvansiyonel enerji türlerinin fiyatının artmaya devam etmesi nedeniyle (15-20 yılda ticarileşebilecek) **ADS** teknolojisinin en çevreci, ucuz ve güvenli **enerji** üretim mekanizmalarından biri olmasının kaçınılmaz olduğu kaydedilmiştir. Gelecekte bir ülkenin hem toryum rezervlerine hem de onu güvenle kullanacak, kendi ürettiği **ADS** teknolojisine sahip olmasının, kalıcı bir ekonomik ve stratejik değer oluşturacağı değerlendirilmektedir.*

<https://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/162-nukleer-yakit-cevrimi/1071-toryum.html>

<https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf>

<http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/N%C3%BCkleer%20Enerji%20Raporu.pdf>

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Bu sunuma konu olan yakıtların, genel olarak geleneksel yakıtlar olarak kabul edilen fosil kökenli yakıtlardan daha iyi çevresel performans sundukları düşünülür. Özellikle operasyon aşamasındaki emisyonların azaltılması açısından alternatif yakıt kullanımının büyük yararları olduğu yadsınamaz.

Öte yandan, alternatif yakıtların geleneksel yakıtların yerini alması noktasında karşımıza bir soru çıkmaktadır: Bu yakıtlar bütüncül anlamda bakıldığında gerçekten daha çevreci midir?

Cevap: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle verilebilmektedir. YDD uygulamalı bir yenilik olarak bir ürünün tasarım/dizayn aşamasından bertaraf aşamasına kadar olan tüm süreçlerinin çevresel ve mali analizlerinin gerçekleştirildiği bir yöntemdir. YDD'de, sadece işletim veya herhangi başka bir alt sürece odaklanmak yerine ürünün bütün yaşam döngüsünün hesaba katılmasını ve birikimli etkileri hesaplanır.

Kaynak: Dr.Öğr.Üyesi Levent Bilgili.



Şekil kaynağı:

www.innovationservices.philips.com/news/life-cycle-assessment-finding-best-approach-com



Sorularınızla birlikte sonuç kısmını birlikte olşturalım isterseniz, Amonyak mevcut yakıtla belli oranda karıştırılarak NOx ve CO2 emisyon değerini azaltmakta ve yakıt verimliliğini arttırmaktadır.

Dinlediğiniz için teşekkür ederiz.

Müh.Ömür Karataş
www.ortechmarine.com
info@ortechmarine.com

Prof. Dr. Ahmet Dursun Alkan
www.gidf.yildiz.edu.tr
alkanad@yildiz.edu.tr