



Dansk Gasteknisk Center a/s

Notat

LNG-drevne skibe i EU-landene

Juni 2014

Lars Jørgensen

Henrik Iskov

LNG-drevne skibe i EU-landene

0. Indledning

Årsagen til den stærkt forøgede interesse for anvendelse af LNG som skibsbrændstof, er de skærpede miljøkrav til skibes luftemissioner i såvel Skandinavien som i den øvrige verden.

Skibes forurening til luften inden for EU reguleres overordnet af søfartsorganisationen IMO og EU, ligesom der er fastsat regler for emissioner i kystnære områder. I nedenstående Tabel 1 ses de vigtigste begreber forklaret.

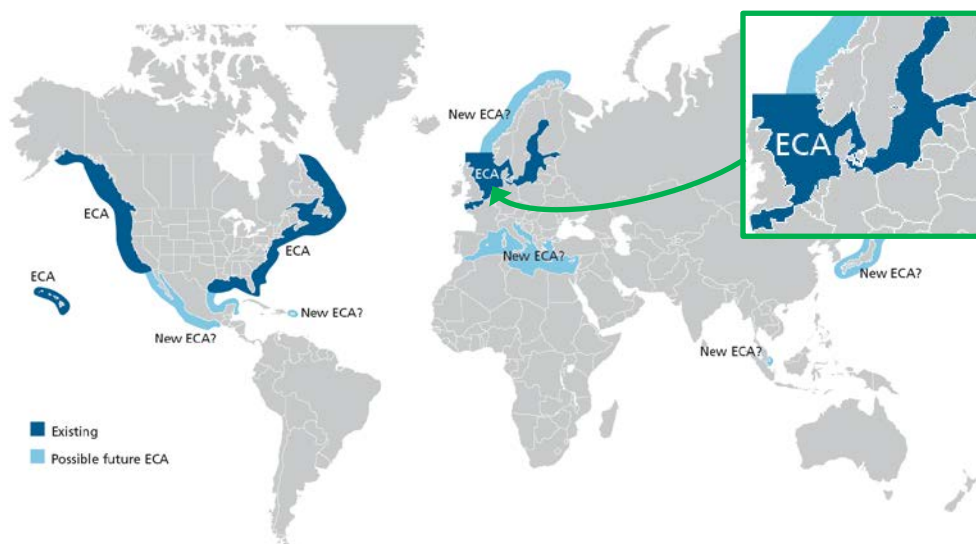
Tabel 1 Organisationer, regler og forkortelser vedrørende luftforurening fra skibe

IMO	IMO, International Maritime Organization, er FNs organisation for søfart. IMO varetager internationale forhold som har med søfart at gøre, eksempelvis sikkerhed til søs og miljøbeskyttelse. Her aftaler Danmark og andre lande bl.a. fælles regler for begrænsning af skibsfartens luftforurening.
MARPOL	IMO'S regler om forurening fra skibe er indeholdt i MARPOL, som er den vigtigste internationale konvention om forebyggelse af skibes forurening af havmiljøet. MARPOL's Annex VI fastsætter grænser for NO _x -og SO _x -emissioner fra skibes udstødning, og forbyder forsætlige emissioner af ozonnedbrydende stoffer.
Tier I, II og III	Tier I, Tier II og Tier III er standarder eller "niveau'er" i MARPOL's Annex VI, som definerer krav til skibes udledning af NO _x . Tier I og II gælder globalt for skibe af forskellige årgange, mens Tier III gælder i emissionskontrollerede områder (se neden for).
ECA, NECA og SECA	Disse betegnelser dækker over fænomenet emissionskontrollerede områder, som er regler for skibes luftforurening gældende for kystnære områder. Disse zoner er konstant under udvikling og nye diskuteres og planlægges, se Figur 1. ECA: Emission Control Area NECA: NO _x Emission Control Area SECA: Sulphur Emission Control Area
EU direktiv 2005/33/EC	Dette direktiv implementerer et loft for svovlindhold i skibes brændsler samt skærpede regler for svovlindhold i brændsler for skibe, der ligger til kaj i europæiske havne (maks. 0,1 % svovl).
HFO	Heavy Fuel Oil. Olie med høj viskositet, som kræver opvarmning for at kunne håndteres i skibets brændstofsysteem. Svovlindhold < 4,5 %.
MDO	Marine Diesel Oil. Marine Gas Oil med spor af HFO. Har højere svovlindhold – typiske mindre end 1,5 – 2 %
MGO	Marine Gas Oil. Olie fremkommet ved destillation af råolie. Svovlindholdet er typisk < 0,1 %.

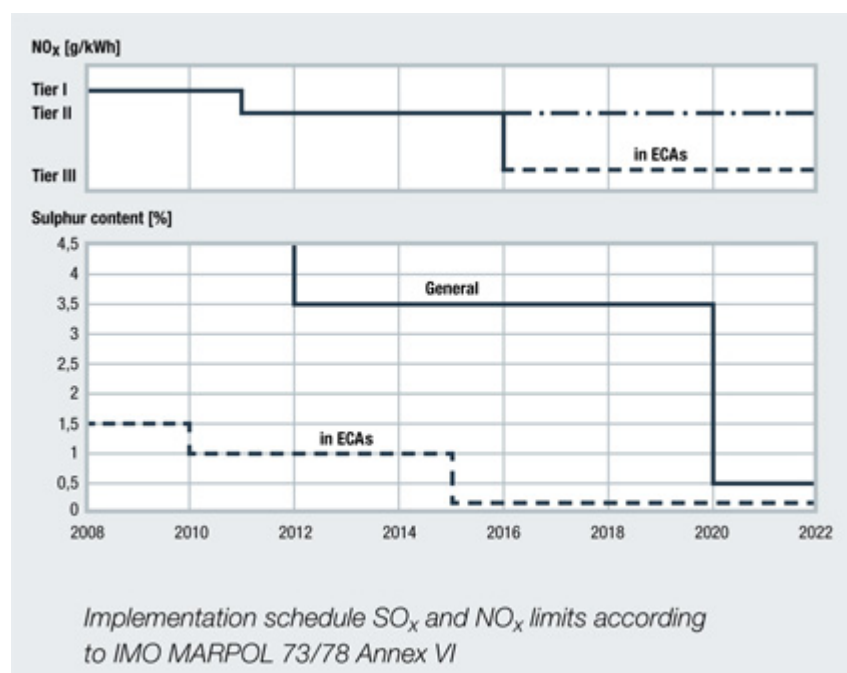
I Nordeuropa og Skandinavien er Nordsøen og Det Baltiske Hav SECA zone. Her er der fra 1. januar 2015 krav om maksimalt 0,1 % svovlindhold i skibsbrændstoffer.

Figur 1 viser omfanget af emissionskontrolområder, hvor de eksisterende zoner omfatter Nordsøen og Det Baltiske Hav samt USA's øst- og vestkyst.

På Figur 2 ses grænser og tidsplan for implementering i henhold til IMO.



Figur 1 Emissionskontrollerede zoner – ECA (Kilde: DNV GL)



Figur 2 NO_x og SO_x grænser i henhold til IMO Marpol 73/78, Annex VI

1. Hvor mange LNG-skibe er der pt. i drift i EU-landene, og hvor mange er på vej/bestilt? Forventes det, at antallet vil stige i de kommende år?

DNV-GL¹ har pr. 7. marts 2014 opgjort verdens samlede flåde af LNG-drevne skibe til 48. Heraf er de 42 hjemhørende i Norge. De resterende 6 fordeler sig med to fartøjer i Kina samt et i henholdsvis Sverige, Finland, Korea og Argentina. Der er altså pr. 7. marts 2014 i alt 44 LNG-drevne fartøjer², som er hjemhørende i EU-lande.

Et enkelt fartøj, en svensk tanker, er anført som et ”*conversion project*” dvs. et fartøj, der er konverteret fra et andet brændsel (formentlig heavy fuel) til drift på LNG.

Der er 53 LNG-skibe (confirmed orderbook) på vej til levering i perioden 2014 til 2018. Her af er 23 norske - i alt er 34 skibe hørende under europæiske redere/ejere. De resterende 19 planlagte skibe fordeler sig på 14 til USA, 3 til Canada og 2 til Saudi-Arabien.

Antallet af skibe i den europæiske flåde af LNG-drevne skibe vil, som det ser ud pt., i de kommende år være tæt på at blive fordoblet.

2. Hvilke typer skibe drejer det sig om? Er det typisk færger? Og hvorfor netop denne skibstype?

For den eksisterende flåde af LNG-drevne skibe består knap halvdelen (46 %) af bil-/passagerfærger, mens den næststørste gruppe er PSV³-skibe, der udgør 25 % af de eksisterende LNG-fartøjer. De resterende 25-30 % fordeles sig på 7 fartøjstyper, jf. Tabel 1. Heraf udgør typerne Patrol Vessel, Ro-Pax (bil/passager færge) samt Tugs (bugserbåde) 18 %.

Årsagen til denne fordeling er, at færger, PSV, patruljebåde etc. typisk opererer i ECA⁴-zoner og derved er underlagt skrapere krav til emissioner.

¹ DNV GL står for ”Det Norske Veritas” og ”Germanischer Lloyd”, hvilket oprindeligt er to klassifikationsselskaber, der i september 2013 blev lagt sammen.

² Opgørelsen omfatter ikke LNG Carriers og inland water vessels /1/.

³ Platform Supply Vessel. Den primære funktion for disse fartøjer er transport af varer og personale til og fra offshore olieplatforme og andre offshore konstruktioner.

⁴ ECA: Emission Controlled Area

SECA: Sulfur Emission Controlled Area

Tabel 2 Fordeling af eksisterende LNG-skibe pr. 07.03.2014

Fartøjstype*	Antal	Fordeling [%]
Car/passenger ferry	22	46
PSV	12	25
Patrol vessel	3	6
RoPax	3	6
Tug	3	6
General Cargo	2	4
Chemical tanker	1	2
Harbor vessel	1	2
High speed RoPax	1	2
Hovedtotal	48	100

* Se forklaringer og definitioner i afsnit 9

Tabel 3 Fordeling af planlagte LNG-skibe pr. 07.03.2014

Fartøjstype*	Antal	Fordeling [%]
PSV	14	26
Car/passenger ferry	8	15
Container Ship	8	15
Ro-Ro	6	11
LEG carrier	3	6
Car carrier	2	4
Chemical tanker	2	4
Gas carrier	2	4
General Cargo	2	4
Bulkship	1	2
Icebreaker	1	2
Product tanker	1	2
RoPax	1	2
Tug	1	2
Patrol vessel	1	2
Hovedtotal	53	100

* Se forklaringer og definitioner i afsnit 9

Her er det ligeledes fartøjer, der opererer relativt kystnært og derved i emissionskontrollerede zoner, der udgør den største andel af de planlagte LNG-drevne skibe.

3. Hvad er de 3 vigtigste årsager til, at LNG-skibe vinder frem i EU-landene?

På baggrund af bl.a. Germanischer Lloyd vurderes, at der er 3 vigtige grunde, der tilsammen gør LNG som skibsbrændstof til en af de mest lovende nye teknologier inden for skibsfarten.

1. LNG som skibsbrændstof reducerer emission af svovloxid (SO_x) med 90 % til 95 %. NO_x-emissioner reduceres med ca. 80 %. Derved kan LNG sikre overholdelse af de skrappe Tier III krav til NO_x, der træder i kraft i ECA zoner i 2016. Alternativet til LNG er installation af emissionsbegrænsende teknik som katalysatorer og scrubbere.
2. Det lavere indhold af kulstof i LNG i forhold til traditionelle skibsbrændstoffer muliggør en reduktion på 20 % til 25 % af kuldioxidbelastningen til atmosfæren. Det forudsætter dog, at udslip af metan under bunkring eller ved forbrug skal undgås.
3. Økonomi. LNG vurderes at være det mest omkostningseffektive brændsel der kan sikre overholdelse af de kommende emissionskrav.

Andre bevæggrunde til at konvertere fra konventionelle skibsbrændsler til LNG kan være et ønske om at markedsføre virksomheden med en grøn profil, eller det kan være rent økonomiske grunde, idet LNG kan være et økonomisk alternativ på nogle markeder /6/.

Men i de fleste tilfælde, er den vigtigste drivkraft for konvertering til LNG de nye strengene emissionskrav.

4. Antal LNG-skibe fordelt på de enkelte lande i EU. Bruges der også LNG-skibe udenfor EU?

78 af de i alt 101 eksisterende og planlagte LNG-drevne skibe er registrerede under europæiske ejere⁵. Som Tabel 4 viser, udgør Norskejede skibe den største del med 62 eksisterende og planlagte skibe, svarende til 80 % af den europæiske LNG-drevne flåde.

Hvor Norge er næsten enerådende i forhold til antal af eksisterende skibe, kommer flere lande til i de kommende år med planlagte og allerede ordrede fartøjer.

⁵ Opgørelserne i Tabel 4 og Tabel 5 omfatter ikke skibe, der transporterer LNG (carriers) og fartøjer, der kun sejler på indre nationale vandveje (floder, søer og lignende).

Kun få LNG-drevne skibe er i drift uden for EU, men der er i perioden 2014-2018 planlagt 19 nye fartøjer, hvoraf de fleste (14 stk.) er amerikansk-ejede. Derudover er der 3 canadiskejede og 2 skibe fra Saudi-Arabien. Dette forhold underbygges af, at hele det nordamerikanske kontinent er omfattet af eksisterende eller planlagte emissionskontrollerede zoner, se **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet..**

Tabel 4 Eksisterende og planlagte LNG-drevne skibe i EU

Land	Eksisterende	Planlagte/ordrede
Norge	42	20
Danmark	-	4
Sverige	1	3
Finland	1	2
Kroatien	-	2
Tyskland	-	2
Frankrig	-	1
Hovedtotal ¹⁾	44	34

Tabel 5 Eksisterende og planlagte LNG-drevne skibe uden for EU

Land	Eksisterende	Planlagte/ordrede
USA	-	14
Canada	-	3
Saudi-Arabien	-	2
Kina	2	-
Argentina	1	-
Korea	1	-
Hovedtotal	4	19

Andre kilder angiver, at der også diskuteres emissionskontrollerede zoner i den nordlige del af det nordamerikanske kontinent samt omkring Australien.

5. Hvorfor kommer skibene over på LNG frem for diesel?

Som nævnt i afsnit 3 og 7 er den dominerende drivkraft til at overgå fra traditionel HFO (Heavy Fuel Oil) til LNG-drift de skærpede miljøkrav i forbindelse med den fortsatte udvidelse af og ikrafttrædelse af emissionskontrollerede områder.

Krav til svovludledning kan imødekommes ved anvendelse af marine gasolie/-diesel med lavt svovlindhold, men fordelene ved LNG er, at Marpols Tier III krav til NO_x-emissioner også kan overholdes med dette brændsel, se endvidere afsnit 0.

Det vurderes af flere kilder, at skift til LNG er en økonomisk attraktiv løsning til overholdelse af kommende emissionskrav. Alternativet er, at installere katalysatorer og scrubbere på skibene til nedbringelse af SO_x- og NO_x-udledningen ved anvendelse af oliebaseerede skibsbrændstoffer.

6. Er det oplagt, at danske skibe kommer på LNG? Hvorfor har Danmark endnu ikke LNG-skibe? Og hvad er fremadrettet den vigtigste barriere?

Danmarks nærmeste farvande er omfattet af SECA⁶ krav gældende fra 1. januar 2015, og det er derfor oplagt, at skibe, der sejler i dette område, drives af LNG. Alternativet er skift til lavsvovls marinegasolie eller installation af SO₂-skrubbere på skibene til fjernelse af svovl fra udstødningsgasserne.

Danmarks første LNG-drevne skibe er også på vej. På Hou-Samsø ruten idriftsættes en LNG-færge i efteråret 2014, og danskejede Evergas⁷ har ordret 3 stk. LEG Carriers til transport af flydende ethylen mellem USA og Norge. LEG-fartøjerne er valgt ud fra omkostningsmæssige grunde samt evnen til at opfylde Tier III NO_x-krav fra 2016.

Fremadrettet er den vigtigste barriere for en øget anvendelse af LNG-drevne skibe en udbygning af gasinfrastrukturen til sikring af LNG til stabile og konkurrencedygtige priser. Flere LNG-drevne skibe vil typisk være et resultat af nybygninger, da det i de fleste tilfælde ikke er økonomisk attraktivt at ombygge eksisterende HFO-drevne fartøjer til LNG-drift.

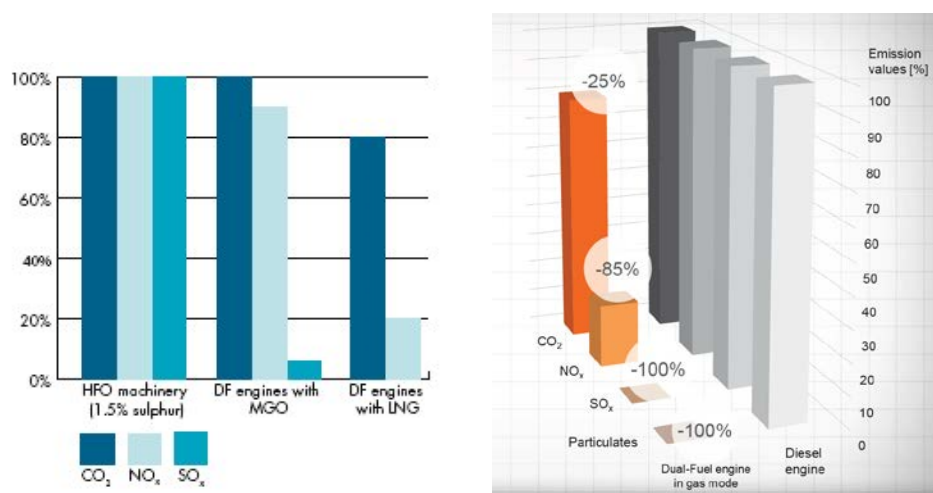
7. Hvad er de 3 vigtigste miljøfordele ved LNG til skibe sammenlignet med den traditionelle fuelolie? Og hvor store er disse fordele målt i procent? Og hvem er kilde dette?

Mest betydende emissioner fra fueloliedrevne-skibe er drivhusgassen CO₂ samt forureningskomponenterne: partikler, SO₂ og NO_x. De LNG-drevne skibe udleder ikke partikler, og SO₂- og CO₂-emissionen er mindre grundet brændslernes forskellige sammensætning af kulbrinter (forhold mellem kulstof og brint).

⁶ Sulfur Emission Controlled Area, se Figur 1

⁷ Evergas er en dansk transportør af petrokemiske gasser og flydende naturgas

CO₂-emissionen kan reduceres med 20-25 % ved skift fra olie til LNG, mens NO_x-emissionen kan reduceres med mere end 80 %. Figur 3 viser forskellige kilders bud på forskellen i emissioner fra skibe ved anvendelse af henholdsvis olie og LNG.



Figur 3 Emissioner fra skibe, der anvender forskellige brændsler.
Kilder: www.worldcruise-network.com og Wärtsilä

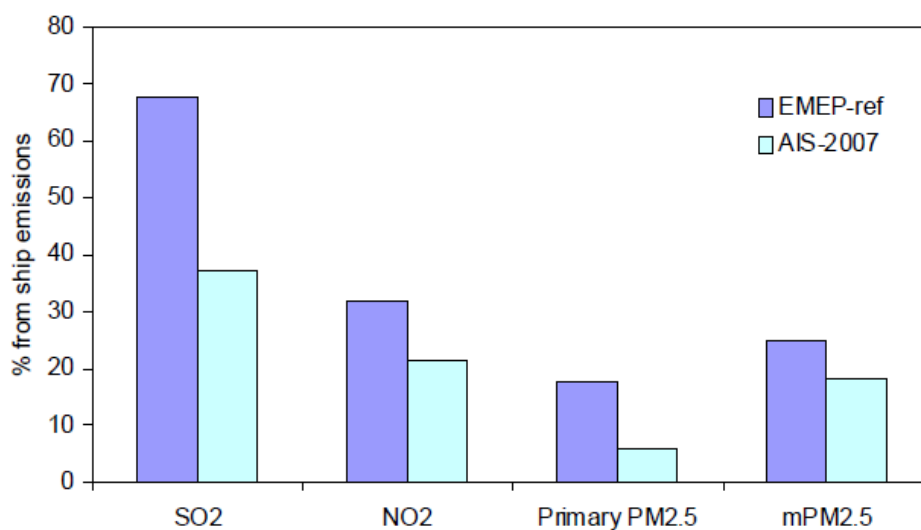
8. Hvor stor en andel af den samlede luftforurening i Danmark kommer fra skibstrafikken? Og hvem er kilde til dette?

Den mest præcise kilde til viden om forurening er DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet⁸. Centret har i 2009 udgivet en rapport /4/, der præsenterer seneste og mest præcise opgørelse af skibsemissionerne i farvandede omkring Danmark.

På baggrund af detaljerede oplysninger om skibenes brændselsforbrug, emissioner, transporter gennem danske farvande etc. er der beregnet tal for skibenes forurening til luften.

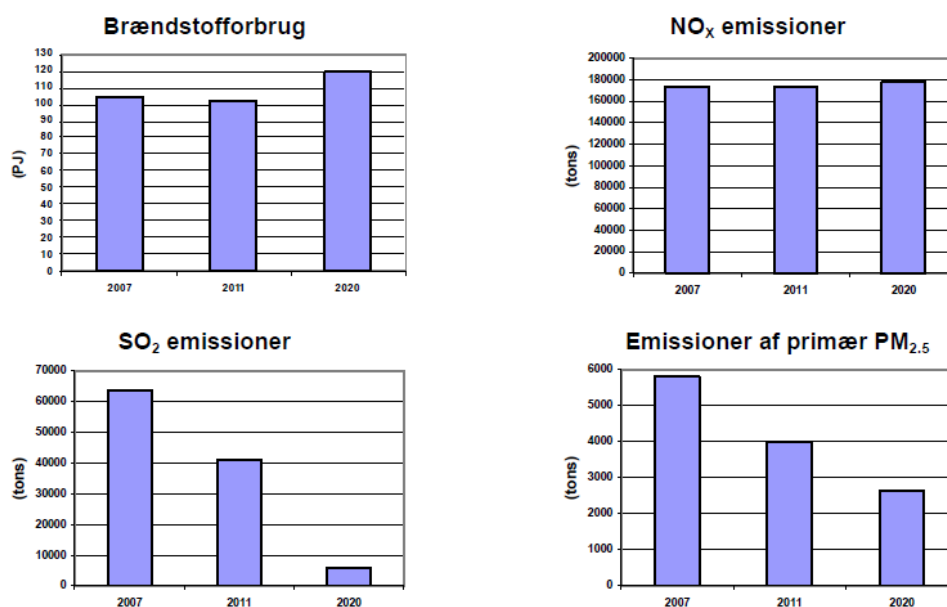
Figur 6 viser, at skibstrafikken bidrager med ca. 37 % af SO₂-forureningen og 22 % af NO₂-forureningen. For partiklernes vedkommende opgøres udledningen som summen af fine partikler med diameter mindre end 2,5 mikrometer, dvs. de primære partikler samt sekundære organiske partikler. Denne sum er vist som "mPM2,5" i Figur 4.

⁸ Tidligere DMU- Danmarks Miljøundersøgelser.



Figur 4 Relative bidrag fra skibe til koncentrationsniveauet i luften af forskellige forurenende stoffer⁹ (kilde: DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet /4/)

Der er ligeledes regnet på fremskrivninger af forureningsniveauet i luften ud fra givne scenarieforsætninger. Dette er illustreret i Figur 5.



Figur 5 Brændstofforbrug (Petajoule) samt emissioner fra skibstrafik i farvandet omkring Danmark for 3 scenarieår 2007, 2011 og 2020. (Kilde: DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet /4/)

⁹ Farven på søjlerne viser, hvilken emissionsopgørelse der ligger til grund for de beregnede koncentrationer. De lyseblå søjler betjener sig af den nye, mere præcise opgørelse ("AIS-2007"). De mørkeblå af den ældre emissionsopgørelse fra EMEP ("EMEP-ref").

Danmark udleder ca. 50 mio. ton CO₂ om året (2009-tal), hvor Nationalt Center for Miljø og Energi opgør udledningen fra skibstrafik i danske farvande til ca. 8 mio. ton, svarende til 16 % af den samlede danske udledning.

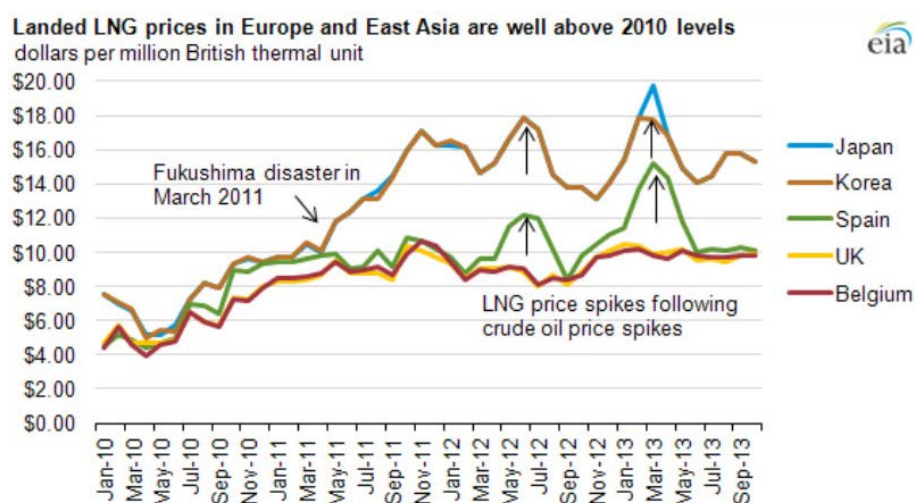
Information anfører i en artikel fra 8. februar 2008, at Mærsk's handelsflåde hvert år udleder 34 mio. ton CO₂ mod en samlet dansk udledning i 2006 på 52,5 ton.

9. Brændstofpriser

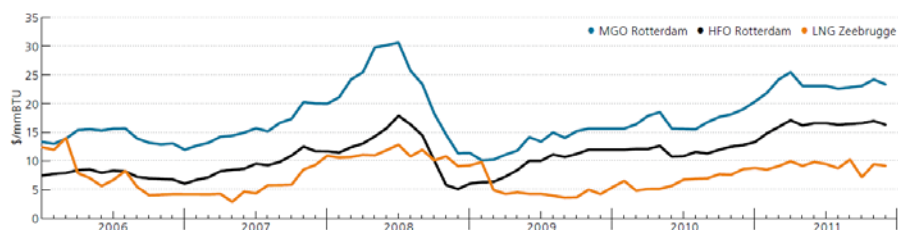
Priser på LNG har i periode 2006-2013 svinget mellem ca. 4-13 \$ pr. mio. BTU. Fra og med 2011 har prisen ligget mellem 8-10 \$ pr. mio. BTU. Heavy Fuel Oil har været 50-60 % dyrere, mens MGO (Marine Gas Oil) har været 2-2 ½ gange dyrere end LNG, se oversigt over forkortelser i afsnit 0.

Figur 6 viser LNG priser for årene 2010 – 2013 for både Europa og Østasien. Figur 7 viser priser for LNG, HFO og MGO fra Zeebrugge og Rotterdam. Tilsvarende kan man se fremskrevne priser til 2030 for samme brændsler.

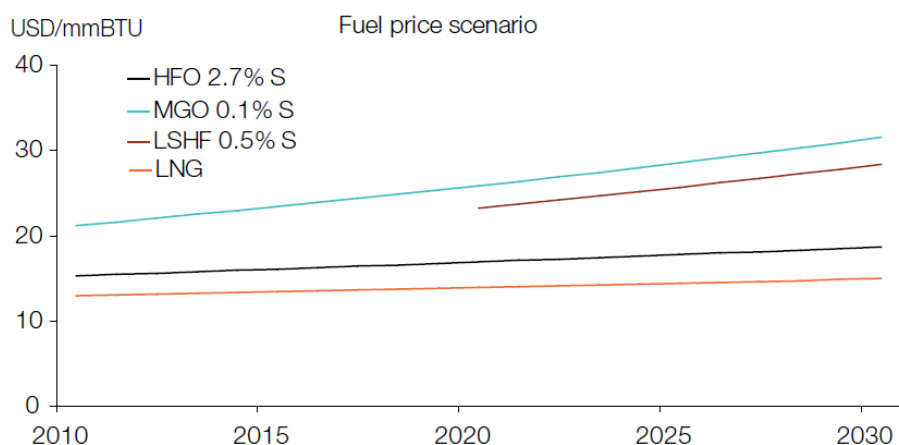
En anden kilde (DNV report Shipping 2020 /8/) forventer overordnet ikke en stigning i LNG-prisen frem til 2020, om end der forventes udsving.



Figur 6 LNG priser i Europa og Østasien (Kilde: www.districtenergy.org)



Figur 7 Gas and ship fuel prices - monthly averages (Kilde: www.gl-group.com)



Figur 8 Expected fuel prices (Kilde: www.mandieselturbo.com)

Kilder

- /1/ DNV-GL, LNG fuelled fleet as of March 2014, 07-03-2014
- /2/ Germanischer Lloyd, Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels. Key results from a GL and MAN joint study, 2013-06-01
- /3/ DNV-GL, LNG as ship fuel, 12-12-2013
- /4/ Danish Ministry of the Environment, Ship emissions and air pollution in Denmark, Environmental Project No. 1307 2009
- /5/ WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL 01.2012
- /6/ LNG AS MARINE FUEL, Poten & Partners
- /7/ http://www.mandieselturbo-greentechnology.com/article_007097.html
- /8/ http://www.dnv.nl/binaries/shipping%202020%20-%20final%20report_tcm141-530559.pdf
- /9/ <http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>

10. Forkortelser for skibstyper

PSV	Platform supply vessel. a ship specially designed to supply offshore oil platforms. These ships range from 20 to 100 meters in length and accomplish a variety of tasks. The primary function for most of these vessels is transportation of goods and personnel to and from offshore oil platforms and other offshore structures. In the recent years a new generation of Platform Supply Vessel entered the market, usually equipped with Class 1 or Class 2 Dynamic Positioning System.
Car/passenger ferry	A boat or ship (a merchant vessel) used to carry (or ferry) primarily passengers, and sometimes vehicles and cargo as well, across a body of water. Most ferries operate on regular, frequent, return services. A passenger ferry with many stops, such as in Venice, Italy, is sometimes called a water bus or water taxi. Ferries form a part of the public transport systems of many waterside cities and islands, allowing direct transit between points at a capital cost much lower than bridges or tunnels. However, ship connections of much larger distances (such as over long distances in water bodies like the Mediterranean Sea) may also be called ferry services, especially if they carry vehicles. (See also RoPax vessels).
Container Ship	Container ships are cargo ships that carry all of their load in truck-size intermodal containers, in a technique called containerization. They are a common means of commercial intermodal freight transport and now carry most seagoing non-bulk cargo. Container ship capacity is measured in twenty-foot equivalent units (TEU). Typical loads are a mix of 20-foot and 40-foot (2-TEU) ISO-standard containers, with the latter predominant.
Ro-Ro	Roll-on/roll-off. vessels designed to carry wheeled cargo, such as automobiles, trucks, semi-trailer trucks, trailers, and railroad cars, that are driven on and off the ship on their own wheels. This is in contrast to Lift-on/Lift-off (LoLo) vessels, which use a crane to load and unload cargo.
LEG carrier	Gas carrier for liquid ethylene gas
Car carrier	Cargo ships specially fitted for the transport of large quantities of cars. A 6,500-unit car ship, with 12 decks, can have three decks which can take cargo up to 150 short tons (136 t; 134 long tons) with liftable panels to increase clearance from 1.7 to 6.7 m (5 ft 7 in to 22 ft 0 in) on some decks. Lifting decks to accommodate higher cargo reduces the total capacity.
Chemical tanker	A chemical tanker is a type of tanker ship designed to transport chemicals in bulk. As defined in MARPOL Annex II, chemical tanker means a ship constructed or adapted for carrying in bulk any liquid product listed in chapter 17 of the International Bulk Chemical Code.[
Gas carrier	A ship designed to transport LPG, LNG or liquefied chemical gases in bulk.
General Cargo	General cargo ships are one of five groups of cargo vessels. General cargo vessels carry packaged items like chemicals, foods, furniture, machinery, motor- and military vehicles, footwear, garments, etc.
Bulkship	A bulk carrier, bulk freighter, or bulker is a merchant ship specially designed to transport unpackaged bulk cargo, such as grains, coal, ore, and cement in its cargo holds.
Icebreaker	A special-purpose ship or boat designed to move and navigate through ice-covered waters. Although the term usually refers to ice-breaking ships, it may also refer to smaller vessels, such as the icebreaking boats that were once used on the canals of the United Kingdom. For a ship to be considered an icebreaker, it requires three traits most normal ships lack: a strengthened hull, an ice-clearing shape, and the power to push through sea ice.
Product tanker	Product tankers are oil tankers, generally much smaller, and designed to move refined products from refineries to points near consuming markets.
RoPax	The acronym ROPAX (roll-on/roll-off passenger) describes a RORO vessel built for freight vehicle transport along with passenger accommodation. Technically this encompasses all ferries with both a roll-on/roll-off car deck and passenger-carrying capacities, but in practice, ships with facilities for more than 500 passengers are often referred to as cruiseferries.
Tug	A tugboat (tug) is a boat that maneuvers vessels by pushing or towing them. Tugs move vessels that either should not move themselves, such as ships in a crowded harbor or a narrow canal,[1] or those that cannot move by themselves, such as barges, disabled ships, log rafts, or oil platforms. Tugboats are powerful for their size and strongly built, and some are ocean-going.
Patrol vessel	A patrol boat is a relatively small naval vessel generally designed for coastal defense duties. There have been many designs for patrol boats. They may be operated by a nation's navy, coast guard, or police force, and may be intended for marine (blue water) and/or estuarine or river ("brown water") environments. They are commonly found engaged in various border protection roles, including anti-smuggling, anti-piracy, fisheries patrols, and immigration law enforcement. They are also often called upon to participate in rescue operations.