

Klase i veličine LNG brodova

Milolaža, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:448864>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

KARLO MILOLAŽA

KLASE I VELIČINE LNG BRODOVA

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**KLASE I VELIČINE LNG BRODOVA
CLASSES AND SIZES OF LNG SHIPS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Tehnologija prijevoza tekućih tereta morem

Mentor: dr.sc. Igor Rudan

Student: Karlo Milolaža

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075430

Rijeka, travanj 2021.

Student: Karlo Milolaža

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075430

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom KLASE I VELIČINE LNG BRODOVA izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Igora Rudana.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s trajnom pohranom završnog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te Nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:
(*zaokružiti jedan ponuđeni odgovor*)

- a) rad u otvorenom pristupu
- b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH
- c) pristup korisnicima matične ustanove
- d) rad nije dostupan

Student



Karlo Milolaža

SAŽETAK

Cilj ovog rada jest predstaviti klase i veličine LNG brodova u pomorstvu, osvrćući se na njihovu povijest te daljnji razvoj i nove projekte. Brodovi će se prikazati uzimajući u obzir njihove tehničke karakteristike, što će reći tehnologiju njihove osnovne namjene. Pratiti će se razvoj veličina s obzirom na potražnju za ukapljenim plinom kao i trend tog tržišta.

Ključne riječi: LNG brodovi, veličine LNG brodova kroz povijest, zapremnina

SUMMARY

The aim of this work is to present the class and size of LNG ships in the maritime sector, looking at the history of future developments and new projects. The ships will be presented talking into account their technical characteristics, which will tell the technology of their basic purposes. The development size will be monitored with regards to the demand for liquefied gas as well as the trend of that market.

Keywords LNG: ships, size of LNG ships through history, volume

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| SAŽETAK | 1 |
| SUMMARY | 1 |
| SADRŽAJ | 2 |
| 1. UVOD | 4 |
| 2. LNG BRODOVI I NJIHOVA POVIJEST | 5 |
| 2.1 LNG TEHNOLOGIJA | 5 |
| 2.2. LNG BRODOVI..... | 7 |
| 2.3 POVIJEST LNG BRODOVA | 8 |
| 2.3.1. <i>Prvi brodovi za prijevoz LNG tereta</i> | 9 |
| 3. KLASE I VELIČINE LNG BRODOVA | 12 |
| 3.1 LNG BUNKER BRODOVI | 12 |
| 3.1.1 <i>Povijest LNG bunker brodova</i> | 13 |
| 3.1.2. <i>m/b „Gas Agility“</i> | 14 |
| 3.1.3. <i>Bunker industrija</i> | 15 |
| 3.2 KLASA KONVENCIONALNIH BRODOVA TIPA 1 I 2..... | 15 |
| 3.2.1 <i>LNG Lagos</i> | 16 |
| 3.2.2. <i>Tenaga Lima</i> | 17 |
| 3.2.3. <i>Clean Horizon</i> | 17 |
| 3.2.4. <i>Al Daayen</i> | 18 |
| 3.4 Q-FLEX | 19 |
| 3.5 Q-MAX..... | 20 |
| 3.6. ICE KLASA | 22 |
| 3.6.1. <i>Prvi LNG ledolamac</i> | 23 |
| 3.7. FSRU BRODOVI..... | 25 |
| 3.7.1 <i>FSRU Independence</i> | 26 |
| 3.7.2. <i>LNG Croatia</i> | 27 |
| 4. PROJEKTI LNG INDUSTRIJE | 29 |
| 4.1. YAMAL LNG | 29 |
| 4.2. RAS LAFFAN | 30 |
| 4.3. SHOTKMAN FIELD | 32 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 4.4. ARCTIC LNG 2 | 33 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 35 |
| LITERATURA | 36 |
| POPIS SLIKA..... | 37 |
| POPIS TABLICA | 39 |

1. UVOD

Prijevoz ukapljenog prirodnog plina morem datira početkom XX. stoljeća. Danas je nezamislivo govoriti o svjetskoj pomorskoj floti, a da u to ne uključimo brodove za prijevoz prirodnog ukapljenog plina, koji čine oko 1% ukupne flote.

Ova tehnologija prijevoza zahtjeva iznimno stručan i kvalitetan kadar pomoraca za obavljanje odgovornih i zahtjevnih operacija. Što se tiče trenda izgradnje ovih brodova, u neprestanom je porastu što je odraz tržišta koje se iz minute u minutu sve više širi. Proces izgradnje ove vrste brodova skup je i složen poduhvat koji iziskuje visoku razinu vještina i znanja brodograditelja.

Kao i druge vrste brodova, LNG brodovi rasli su godinama i prilagođavali se potrebama tržišta. Također, došlo je i do razvoja pojedinih vrsta brodova koji su se specijalizirali za plovidbu pojedinim područjem, čime smo dobili „Ice“ klasu koja plovi polarnim područjem bez upotrebe tegljača. Nadalje, valja napomenuti LNG bunker brodove čija je gradnja sve češća, te se koriste za potrebe opskrbe ostalih brodova koji upotrebljavaju LNG kao pogonsko gorivo.

Zbog sve većih potreba za plinom na svjetskom tržištu, raste cijena plina, a ujedno i potreba za novim crpilištima tako da su pokrenuti mnogi projekti. Izgradnja infrastrukture koja uključuje ponajviše plinsku mrežu i terminal postaje sve češća na mjestima bogatim plinom, kao što su npr. Yamal, Ras Laffan, te druga mjesta koja postaju najvažnijim crpilištima u plinskoj industriji, a samim time i jedne od najznačajnijih ukrcajnih luka u svijetu što se tiče prirodnog ukapljenog plina koje će se spominjati u nastavku samoga rada.

LNG brodovi kao i sve ostale vrste brodova kroz godine su rasli, a taj rast se ujedno najbolje mogao ogledati kroz rast teretnog kapaciteta te rast njihove dužine i širine. Prvi LNG brod bio je prenamijenjeni američki brod tipa C1-M-AV1 te su se iz toga razvili LNG brodovi slični onima koje danas poznajemo i koji se rade namjenski u svrhu prijevoza ukapljenog plina. Teretni prostor ovih brodova je rastao sve do 266 000 m³, danas se ipak ponajviše izgrađuju brodovi koji imaju teretni prostor između 150 000 i 180 000 m³.

2. LNG BRODOVI I NJIHOVA POVIJEST

2.1 LNG TEHNOLOGIJA

LNG (liquefied natural gas) ukapljeni je prirodni plin koji se prevozi morem. Da bi mogli govoriti o LNG brodovima tj. kako bi ih lakše shvatili, reći ćemo nešto općenito o istome. Nalazimo ga većinom na nalazištima gdje ima i nafte. Takav plin dolazi iz podzemnih bušotina te velikih naftnih polja nalazeći ga u rezervoarima kondenzata.

Međunarodna pomorska organizacija-IMO (International Maritime Organization) implementirala je pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz plinova u tekućem stanju (IGC Code –International Code of the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk). Budući se kod ove tehnologije prijevoza pažnja posvećuje tlaku isparavanja i temperaturi navodi se sljedeća definicija: „Plinovi u tekućem stanju su tvari kod kojih tlak pare prelazi 2,8 bara pri temperaturi od 37,8 °C.“¹

Većinu samog plina po kemijskom sastavu čini metan, točnije oko 90%, dok se ostalih 10% dijeli na: propan, etan, pentan i butan te u manjem dijelu ostali plinovi (dušik, ugljični dioksid i kisik). Po udjelu težih ugljikovodika razlikuju se: mokri plinovi ili vlažni plinovi s povećanim i znatnim udjelima težih ugljikovodika iz plinsko-kondenzatnih ležišta, te suhi plinovi s neznatnim udjelom. Prirodni ukapljeni plin je plin u tekućem obliku koji pri normalnim uvjetima tj. tlaku i temperaturi postaje plin odnosno pročišćeni zemni plin, ukapljen radi lakšeg prijevoza. Sam po sebi je bez mirisa, boje i ne korodira. Točka ključanja pri atmosferskom tlaku mu je -161,5 ° C što je ekstremno niska temperatura.

Kritični tlak samog plina iznosi 46 bara ili 46000 hPa, dok temperatura samozapaljena varira oko 585 ° C što je također veoma visoka temperatura. Granice eksplozivnosti za LNG su pri okolnom tlaku 5,24 do 14,2 %. dok je gustoća samog plina 425 kg/m³.

Prirodni plin nakon procesa ukapljivanja zauzima 600 puta manji volumen nego u plinovitom stanju, što znači da se 1 m³ ukapljenog plin pretvara u 600 m³ prirodnog plina za korištenje. Kada govorimo o procesu ukapljivanja poznajemo više načina: tlačenje, hlađenje ili kombinacijom. Zbog toga, vrlo je ekonomičan i isplativ za prijevoz brodovima tamo gdje cjevovodi nisu prisutni. Jedna od dobrih strana LNG je što za razliku od nafte i drugih goriva

¹ Vranić D., Ivčec R., 2006, *Tereti u pomorskom prometu*, udžbenik, 2 izdanje, Sveučilište u Rijeci – Pomorski fakultet, Rijeka, str.125

jako malo onečišćuje okoliš te je samim time ekološki veoma prihvatljiv, imajući ujedno veliku energetska vrijednost. Upotreba samog plina izrazito je široka, ponajviše u domaćinstvima i industriji.

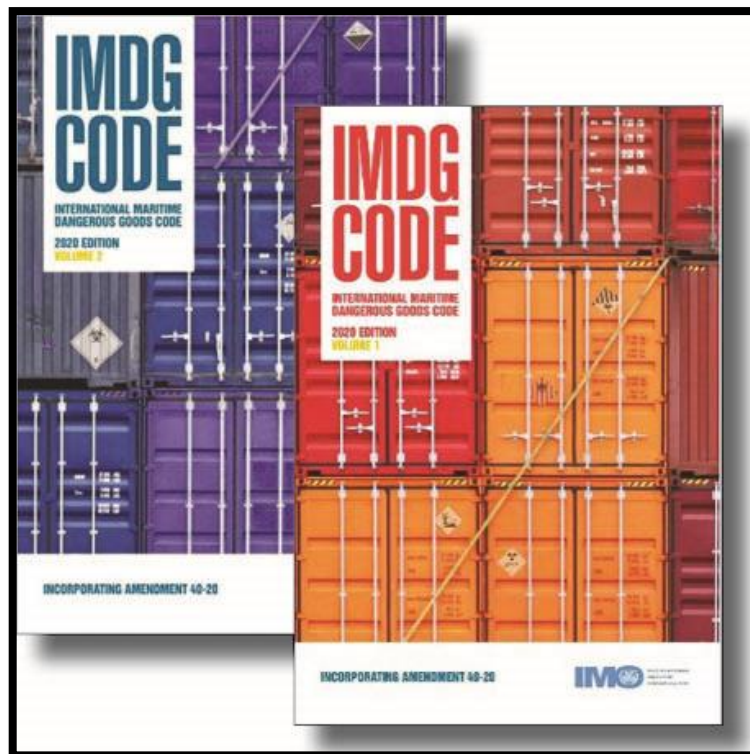
Ukapljeni prirodni plin različito reagira pa poznajemo sljedeće: reakcija s vodom (pojava hidrata), reakcija sa zrakom, reakcija s nekim drugim teretima. Kod reakcije s vodom neki ugljikovodici, tijekom prijevoza, spajaju se s vodom pri čemu se javlja pojava kristaličnih tvari odnosno hidrata. Ta pojava može prouzročiti nepravilnosti kod rada cjevovoda i crpki.

Svakako, potrebno je istaknuti važnost IMDG-a (Međunarodni kodeks o opasnim teretima) koji plinove svrstava u sljedeće razrede opasnosti:

2.1 zapaljivi plinovi

2.2 nezapaljivi i netoksični plinovi

2.3 otrovni plinovi



Slika 1. Primjer IMDG publikacija

Izvor: <https://www.southbankmarine.com/product/imdg-code-2020-edition-inc-amdt-40-20-im200e/>

Što se tiče temeljnih svojstava plina navesti ćemo sljedeće pojmove:

Relativna gustoća – broj koji iskazuje koliko je puta neki volumen plina teži ili lakši od istog volumena zraka.

Donja granica eksplozivnosti – najniža koncentracija plina u zraku, pri kojoj može nastati eksplozija plina uz izvor paljenja.

Gornja granica eksplozivnosti – najviša koncentracija plina u zraku, pri kojoj još može nastati eksplozija.²

2.2. LNG BRODOVI

Kao i sve ostale vrste brodova koji se specijaliziraju za prijevoz određenog tereta tako je i LNG dobio svoje brodove. LNG brod teretno je trgovački brod specijaliziran i prilagođen za prijevoz prirodnog plina. Izrada ovih brodova sama je po sebi veoma skupa. Oni prevoze teret kao što mu i samo ime govori u tekućem stanju. Često ih nazivamo „metanizerima“, zbog samog sastava plina kojeg prevoze budući u njemu prevladava metan.

Teret u takvim brodovima prevozi se pod tlakom kako bi se onemogućilo miješanje istog s atmosferskim zrakom. Tlak pri prijevozu iznosi 25 kPa ili 250 mbar-a. Takvi brodovi moraju biti izgrađeni i opremljeni prema strogim međunarodnim propisima, utvrđeni od strane Međunarodne pomorske organizacije u Kodeksu za prijevoz plina morem – *International Gas Code*. Provodi se obavezno korištenja zatvorenih sustava tereta zbog toga da ništa ne ode u atmosferu prilikom ukrcaja ili iskrcaja. LNG brodovi moraju zadovoljavati jako visoke standarde sigurnosti i zaštite morskog okoliša koji su dosta stroži od propisa za sve ostale brodove pa čak i one koji se bave prijevozom kemikalija. Specifični su po tome što prevoze teret u rashlađenom stanju na $-161.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, što zahtijeva da budu napravljeni od posebnih materijala koji mogu podnijeti tako ekstremne uvjete tj. da ne bi puknuli unatoč niskim temperaturama, a i zbog izolacije. LNG brodovi imaju više podjela. Jedna od njih je s obzirom na veličinu i klasu brodova, a o tome će se govoriti u daljnjem nastavku rada. Također možemo ih podijeliti s obzirom na vrstu propulzije, te prema tipu izvedbe tankova.

² Vranić D., Ivčević R., 2006, *Tereti u pomorskom prometu*, udžbenik, 2 izdanje, Sveučilište u Rijeci – Pomorski fakultet, Rijeka, str.29.

Prema vrsti propulzije dijelimo ih u tri sljedeće kategorije:

- 1. LNG brodovi na parni pogon**
- 2. LNG brodovi na motorni pogon**
- 3. LNG brodovi na električni pogon**

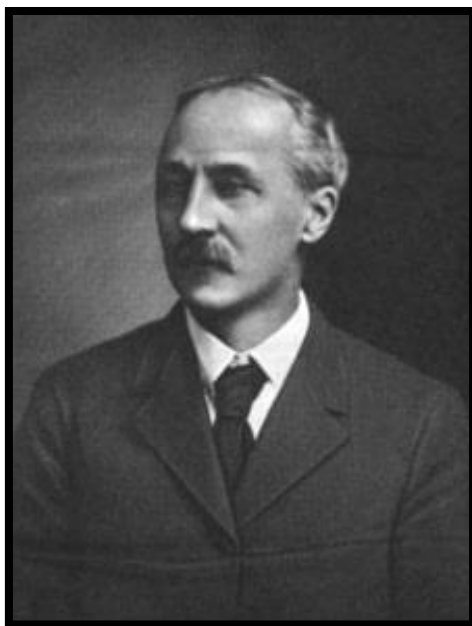
S obzirom tipa tankova ugrađenih na brodove navodi se sljedeća podjela:

1. **Kvarner-moss** (sferični tip tanka)
2. **IHI** - prizmatični tip tanka (u svijetu su izgrađene samo dvije takve jedinice jer su se pokazale veoma skupe)
3. **Membranski tip tankova** (teretni prostor sastoji se od dvaju membrana kojima se odvaja teret od oplata broda):
 - a. Gaz transport NO. 96
 - b. Tehnigaz mark III
 - c. CS1

2.3 POVIJEST LNG BRODOVA

Na samome početku (u XIX. stoljeću) prirodni plin bio je zanemarivan jer se sva potražnja bazirala prvenstveno na nafti, dok je on bio usputni proizvod dobiven iz naftnih bušotina. Prirodni plin u ta vremena nije imao nikakvog potencijala na tržištu, te se zbog toga palio na samim crpilištima. Kako s vremenom ljudi otkrivaju da bi isti plin mogao biti uveliko koristan, što će reći da je energetski učinkovit i ekološki prihvatljiviji, počinje potreba za njegovim transportom.

Prva osoba, koja je imala ideju da bi se takav plin mogao prevoziti brodovima, bio je Godfrey L. Cabot. Davne 1915. godine, u svome rodnom Bostonu, patentira teglenice posebne konstrukcije, namijenjene prijevozu ukapljenog plina rijekama. Nažalost, ideja nikada nije sprovedena u djelo.



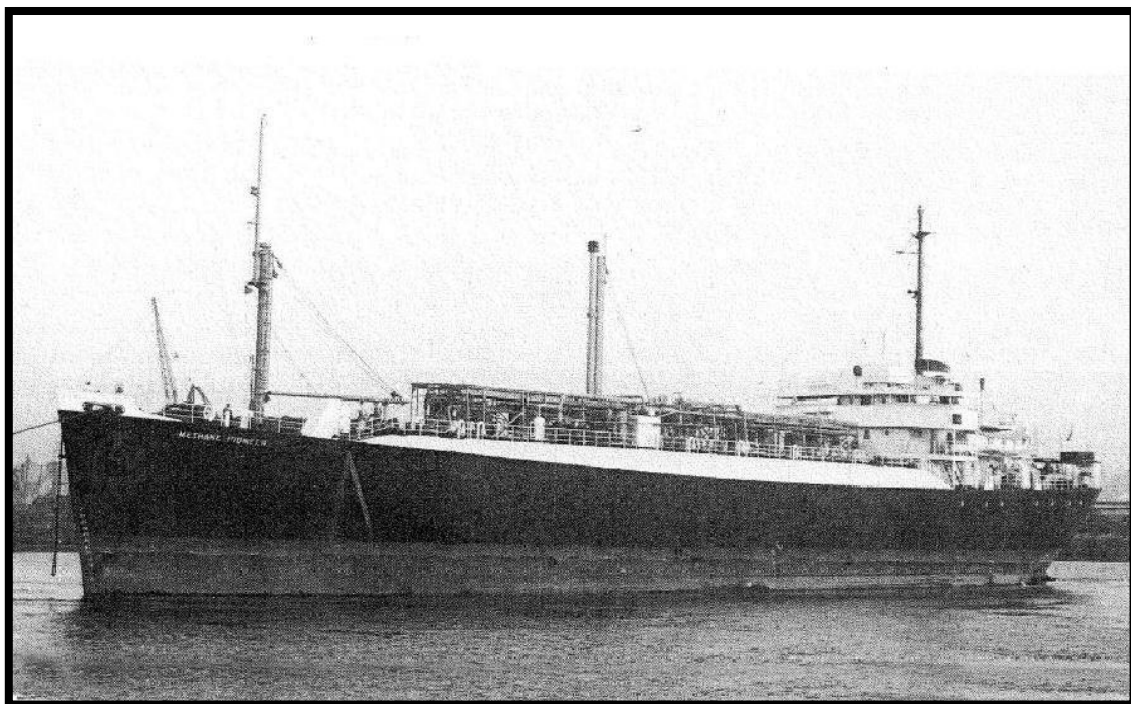
Slika 2. Godfrey L. Cabot

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Godfrey_Lowell_Cabot#/media/File:Godfrey_Lowell_Cabot.png

2.3.1. Prvi brodovi za prijevoz LNG tereta

Nakon što ideja, prije spomenutog Godfrey L. Cabota, nije zaživjela, trideset godina kasnije dolazi do izgradnje prvog LNG tankera, m/b „Methane Pioneer“. Za njegovu izgradnju zaslužno je brodogradilište „Walter Butler“ smješteno u Superioru, državi Wisconsin. Prvobitna namjena broda Methane Pioneer bila je da bude teretni brod tipa C1-M-AV1.

Kasnije, brod je prenamijenjen za prijevoz ukapljenog plina po čemu postaje i poznat. Kapacitet njegovih tankova bio je 5000 m³, a teretni prostor sastojao se od 5 prizmatičnih tankova, kod kojih je izolacija bila izvedena pomoću vodootporne šperploče. Njegova dužina preko svega bila je 106 m. Svoj prvi ugovor za prijevoz plina ostvaruje 25. siječnja 1959. godine, čime se taj događaj bilježi kao prvi svjetski poduhvat u slučaju prijevoza LNG. Na svoje prvo putovanje, kao tanker koji prevozi ukapljeni zemni plin, Methane Pioneer kreće iz Lakes Charles-a Canvey prema luci Island u Velikoj Britaniji. U razdoblju od 1957. do 1967. godine brod plovi za račun poznate svjetske kompanije „Shell-Oil“. U svom sveukupnom radnom vijeku brod obavlja 30 plovidbi, da bi se naposljetku 1972. godine prenamijenio u spremnik za plin.



Slika 3. m/b "Methane Pioneer"

Izvor: <https://www.helderline.com/tanker/methane-pioneer>

Nakon Methan Pioneera dolazi do prvih brodova koji se namjenski izrađuju za prijevoz ukapljenog prirodnog plina morem. Spomenuti ćemo m/b „Methane Princess“ i „Methane Progress“. Smatramo te brodove prvim komercijalnim brodovima za prijevoz ukapljenog prirodnog plina. Naručeni su 1963. da bi 1964 bili isporučeni.

„Methane Princess“ i „Methane Progress“ bili su u vlasništvu poduzeća „Conch International Methane“. Konstruirani su na način da imaju 9 prizmatičnih tankova, ukupnog volumena 27400 m³, što je bilo skoro 6 puta više od njihova prethodnika. Methane Princess odlazi u rezalište 1998. godine nakon dugog vremena upotrebe, dok sestrinski brod „Methane Progress“ sličnu sudbinu doživljava nešto ranije, točnije 1992. godine.

Njihova temeljna svrha bila je prijevoz ukapljenog plina za poduzeće „British Gas“ održavajući liniju između Alžira i otoka Canvey na rijeci Temzi. Početkom 1970. godine dolazi do pojačanog interesa gradnje brodova za plin.



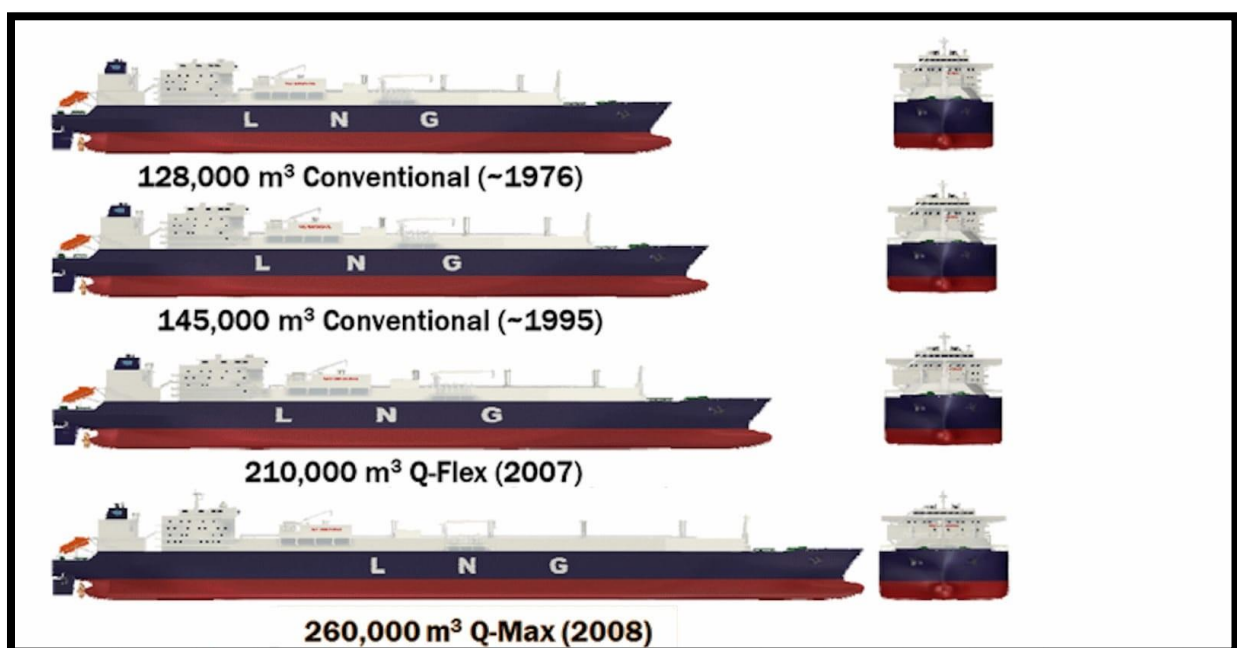
Slika 4. m/b "Methane Princess" u plovidbi

Izvor: <https://www.helderline.com/tanker/methane-princess-1>

3. KLASE I VELIČINE LNG BRODOVA

Kako je s godinama rasla potražnja za prirodnim plinom tako se povećala i sama proizvodnja. Proizvodnja sve većih količina plina dovela je do povećanja i njegove potrebe za transportom, a kako bi se što više toga prevezlo u jednom putovanju, morao se povećati i sam kapacitet brodova, pa su se tako manji LNG brodovi razvili u velike, danas poznate klase Q-Max i Q-Flex.

Donja fotografija dobar je primjer za dočarati evoluciju ove vrste brodova. Prikazuje razvoj brodova od 1976. do 2008. godine.



Slika 5. Razvoj LNG brodova u periodu od 1976. - 2008.

Izvor: <http://kraljica-mora.net/wp-content/uploads/2016/03/lng-max.png>

3.1 LNG BUNKER BRODOVI

LNG bunker brodovi su brodovi čija je generalna namjena krcanje spremnika goriva za brodove koji se pokreću LNG pogonom. Cijeli proces odvija se „ship to ship“ transferom, što znatno pridonosi jednostavnosti i funkcionalnosti samog procesa. Osim toga, brzina i ušteda vremena, ključan su faktor cijelom transferu.

3.1.1 Povijest LNG bunker brodova

Prvi LNG bunker brod „Endie Zeebrugge“ izgradio je „Hanjin Heavy Industries & Construction“ u brodogradilištu Yeongdo. smješten u Bušanu – Južnoj Koreji. Projekt je započeo sporazumom između tvrtki Nippon Yusen Kaisha (NYK), Mitsubishi Corporation i GDF-SUEZ 2014. godine, a sam brod isporučen je u drugoj polovici 2016. godine u luku Zeebrugge (Belgija), po kojoj je i dobio ime.



Slika 6 m/b "Engie Zeebrugge" u plovidbi

Izvor: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:4404786/ships>

Brodom je upravljala tvrtka „NYK Energy Transport“ (Atlantic) te je njegova glavna svrha bila opskrba gorivom LNG brodove koji su plovili Sjevernim i Baltičkim morem. Svaki spremnik, koji sadrži, izgrađen je tako da poštuje najviše standarde što se tiče sigurnosti ljudskih života na brodu i zaštite okoliša.

Duljina preko svega iznosi mu 111 m, širina 16,8 m, dok gaz varira oko 4,9 m. Deplasman broda je 6000 tona, a zapremnina 5100 m³, podijeljena u 2 nezavisna tanka tipa C. Brod ima visoku sposobnost povezivanja s drugim brodom zbog svoje lake upravljivosti te se time može izbjeći upotreba tegljača prilikom „ship to ship“ transfera. Pogon broda temelji se na sustavu dvostrukog ubrizgavanja goriva, dok se za ostvarivanje poriva koriste azipodi, kako

bih brod mogao bolje i sigurnije manevrirati. Takav sustav pogona, ima manji udio štetnih plinova, odnosno samo izgaranje goriva neće ispuštati gotovo nikakve sumporove okside dok će se emisija ugljikovog i dušikovog dioksida smanjiti oko 80%. U usporedbi sa ostalim brodovima, koji ne koriste ovaj pogon, LNG bunker brodovi izrazito su ekološki prihvatljiviji.

3.1.2. m/b „Gas Agility“

Motorni brod „Gas Agility“, najveći je LNG bunker brod na svijetu. Izgrađen je i dizajniran u brodogradilištu „Hudong-Zhonghua Shipbuilding“ u Kini 30. travnja 2020. godine. Vlasnik i naručitelj broda je japanska tvrtka „Mitsui O.S.K. Lines“ sa sjedištem u Tokiju, koja je ujedno i jedna od najvećih brodarskih kompanija na svijetu.



Slika 7. m/b "Gas Agility" u plovidbi

Izvor: https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zyyfnx136/files/2020-09/MOL-Gas-Agility-Bunkering-Tanker_0.jpg

Brod je opremljen sa 4 motora 8L20DF na električni pogon i dva kompleta azimutnih potisnika. Iznimno je lako upravljiv te zbog toga nije potrebna asistencija tegljača prilikom „ship-to-ship“ transfera. Tankovi su izvedbe tipa MARK III-flex, a njihov kapacitet je 18 600 m³. Brzina brodskih prekrcajnih sustava je 1600 m³ na sat. Osnovne dimenzije su: duljina preko svega 135.9 m, širina 24.5 m, dok gaz varira oko 6.8 m.

3.1.3. Bunker industrija

Zbog snažnog razvoja LNG industrije, a time i povećane izgradnje LNG brodova i brodova na LNG pogon, pojavljuje se velika potražnja LNG bunker brodova koji će ih opskrbljivati gorivom. Tako započinje eksplicitni razvoj LNG bunker brodova. Prema industrijskoj trgovinskoj tvrtki SEA-LNG, početkom 2019. godine na svjetskom tržištu je bilo samo šest LNG bunker brodova, dok se 2020. godine taj broj povećao na desetak brodova. Trenutno je narastao i do 15. SEA-LNG je objavio da je u narudžbi još 25 brodova koji bi trebali biti dovršeni do kraja 2021. godine.

3.2 KLASA KONVENCIONALNIH BRODOVA TIPA 1 I 2

Prvi LNG brodovi ove klase izgrađeni su sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Takvi brodovi imali su nešto manje tankove nego prosječni današnji LNG brodovi. Njihov kapacitet iznosio je otprilike od 125 000 m³ do 135 000 m³, pa iste nazivamo konvencionalnim brodovi tipa 1.

Razvojem LNG industrije, točnije početkom XXI. stoljeća, LNG brodovi postaju sve veći pa se i njihova zapremnina povećava, točnije u brojevima od 145 000 m³ do 165 000 m³. Zbog toga, nazivamo ih konvencionalnim brodovima tipa 2 jer se razlikuju od prethodnika. Unatoč ekonomskoj učinkovitosti i isplativosti, prisutnija je izgradnja Konvencionalnih brodova tipa 2.

3.2.1 LNG Lagos

Izgradnja m/b „LNG Lagos” završena je 1976. godine u brodogradilištu „Chantiers de l'Atlantique“ u gradu St.Nazaire, smješten u Francuskoj. Prvobitno ime broda bilo je „Gastor“ kojeg je naručila danska tvrtka „Nedlloyd“, međutim, on po završetku izgradnje nije isplovio. Tek nakon nešto manje od 20 godina, točnije 1993. godine, brod je isplovio, kada ga je kupila kompanija „Bonny Gas Transport / Nigeria LNG“ i preimenovala u LNG Lagos.

LNG Lagos predstavnik je klase konvencionalnih brodova tipa 1 zbog svoje zapremnine tankova, koja je iznosila 122 000 m³, podijeljena u šest tankova tipa NO.85. Brod je bio dug 275 m, širok 42 m, a vrijednost gaza varirala je oko 12,9 m. Plovio je sve do 2015.godine, da bi naposljetku okončao u rezalište 2018. godine.



Slika 8. m/b LNG Lagos

Izvor: <http://www.shipspotting.com/photos/middle/1/2/4/1805421.jpg>

3.2.2. Tenaga Lima

M/B „Tenaga Lima“ izgrađen je 1981. godine u brodogradilištu „Chantiers De Nord Industrielle“ koje se nalazi u gradu Marseilles u Francuskoj. Naručitelj je bila jedna od najvećih malezijskih kompanija po imenu „MISC Malaysia“. Dužina broda preko svega iznosila je 283 m, širina je bila 42 m, a gaz otprilike 11 m. Maksimalna brzina koju je brod mogao postići bila je 21 čvor, a njegova putna brzina 19,75 čvorova. Zapremnina broda je 130 000 m³ koja je bila podijeljena u 5 tankova tipa NO.88. Brod je plovio od 1984. godine do 2004. godine, da bi nakon toga 2018. godine okončao u rezalište na obali Bangladeša. Zbog svoje veličine tankova i godine konstrukcije, ovaj brod također spada u Konvencionalne brodove tipa 1.



Slika 9. m/b Tenaga Lima u plovidbi

Izvor: https://www.misc.com.my/media/2077/tenaga_class.pdf

3.2.3. Clean Horizon

LNG tanker pod imenom „Clean Horizon“ izgrađen je u brodogradilištu „Hyundai Heavy Industries“ u ožujku 2015. godine u Južnoj Koreji. Nakon uspješnog porinuća, brod je provjerilo i odobrilo klasifikacijsko društvo Lloyd's Shipping Register. Trenutno plovi pod malteškom zastavom za grčku kompaniju „Dynagas“ iz Atene. Dimenzije broda su sljedeće;

dužina broda preko svega 289 m, širina 46 m, gaz 9.1 m. Deplasman broda je 105 943 t, a zapremnina njegovih tankova iznosi 161 900 m³. Tankovi su tipa Mark III. Obujam njegove zapremnine pokazuje da je to Konvencionalni brod tipa 2.



Slika 10. Clean Horizon u plovidbi

Izvor: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:993986/mmsi:256083000/imo:9655444/vessel:CLEAN_HORIZON

3.2.4. Al Daayen

Brod britanske kompanije „Teekay“ pod imenom „Al Daayen“ napravljen je 2007. godine u jednom od najvećih južnokorejskih brodogradilišta, točnije „Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering. Brod je predstavnik klase Konvencionalnih brodova tipa 2, čija je zapremnina jednaka 151 700 m³ ukapljenog prirodnog plina, što znači da ovaj brod može prevesti 91 020 000 m³ plina za kućanstvo i gospodarstvo. Vrsta njegovih tankova je NO.96. Brod je odobrilo klasifikacijsko društvo Lloyd's Shipping Register. Država pod čijom zastavom brod trenutno plovi su Bahami. Dužina broda je 288 m, širina 43 m, dok gaz varira oko 9.4 m.



Slika 11. Al Daayen

Izvor: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:374277/mmsi:311133000/imo:9325702/vessel:AL_DAAAYEN

3.4 Q-FLEX

Sve brže rastuća energetska industrija zahtijevala je sve veće LNG brodove za prijevoz između terminala. Tako smo došli do razvoja ovog tipa brodova. Q-Flex brodovi sa svojom prosječnom nosivosti od oko 216 200 m³ ukapljenog prirodnog plina su 40% veći od klasičnih LNG brodova, ako usporedimo njihovu veličinu zapremnine koja se kreće oko 150 000 m³.

Njihova dužina preko svega je 315 m, širina 50 m, a gaz na ljetnoj oznaci nadvođa 12.5 m. Raspon njihovih tankova, koji ovisi o pojedinim brodovima je od 165 000 m³ do 216 000 m³, što znači da mogu prevesti približno raspon od 99 000 000 m³ do nevjerojatnih 129 600 000 m³ prirodnog plina za kućanstva. Većinu Q-Flex brodova pokreću dva sporohodna dizelska motora, za koje se tvrdi da su ekološki veoma prihvatljivi. Q-Flex brodovi opremljeni su sustavom za reukapljivanje.

Prvi izgrađeni brodovi ove klase bili su „Al Ruwais“ i „AlSafliya“. Njihovo porinuće održalo se u rujnu 2007. godine u „Daewoo Shipbuilding i Marine Engineering Ltd“ - korejskom brodogradilištu. To su bila prva dva naručena broda ove klase od 14 brodova za koje je bila planirana izgradnja. „Al Ruwais“ je Q-Flex brod čija dužina preko svega iznosi 315

m, a širina 50 m . Kapacitet tankova je oko 205 941 m³. „AlSafliya“ ima istu dužinu preko svega i širinu kao i „Al Ruwais“, dok mu je teretni kapacitet mu je 210 100 m³.



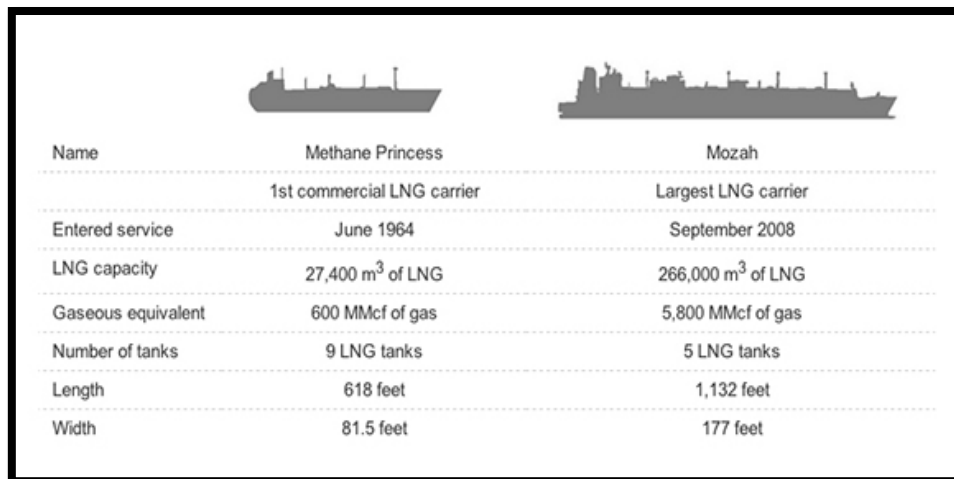
Slika 12. Q-Flex Al Ghashamiya

Izvor: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:712646/ships>

3.5 Q-MAX

Q-Max brodovi su brodovi membranskog tipa koji prevoze velike količine ukapljenog zemnog plina. U samom imenu možemo već jako puno saznati o samoj vrsti broda , Q-Max, slovo "Q" označava Katar, a riječ "Max" najveću veličinu broda koji može pristati na LNG terminalima u Kataru. Katar je trenutno najveći prijevoznik LNG-a na svijetu.

Q-Max brodovi su veoma impresivnih dimenzija, njihova dužina iznosi 345 metara, a široki su 53,8 metara, maksimalnog gaza 12 metara. Teretni kapacitet ovih brodova iznosi nevjerovatnih 266 000 kubnih metara LNG, što se pretvara pri procesu reukapljivanja u 161 994 000 m³ plina za upotrebe kućanstva.



The image shows a comparison table between two LNG carriers: Methane Princess and Mozah. Above the table are silhouette drawings of each ship. Methane Princess is a smaller, older vessel, while Mozah is a much larger, modern Q-Max class vessel.

| Name | Methane Princess | Mozah |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | 1st commercial LNG carrier | Largest LNG carrier |
| Entered service | June 1964 | September 2008 |
| LNG capacity | 27,400 m ³ of LNG | 266,000 m ³ of LNG |
| Gaseous equivalent | 600 MMcf of gas | 5,800 MMcf of gas |
| Number of tanks | 9 LNG tanks | 5 LNG tanks |
| Length | 618 feet | 1,132 feet |
| Width | 81.5 feet | 177 feet |

Slika 13. Usporedba brodova Methane Princess i Mozah

Izvor: <https://d11onib03523a2.cloudfront.net/media/content/zz/LNG-carrier-table.jpg>

Što se tiče pogona ovih brodova pokreću ih dva sporohodna dizelska motora koja sagorijevaju teško dizelsko gorivo. Za njih se tvrdi da su učinkovitiji i ekološki prihvatljiviji od tradicionalnih parnih turbina. Ovi brodovi na sebi imaju i pogon za reukapljivanje prirodnog plina koji ispari tokom putovanja tako da samog gubitka plina praktički nema zato što se sve što se reukapljivanjem vraća u same tankove. Ovaj sustav veoma je koristan jer nema gubitka LNG, te je sustav ekološki i ekonomski veoma isplativ. Neke studije su pokazale da Q-Max brodovi imaju 40 % manje energetske potrebe od konvencijalnih LNG brodova. Usprkos tome sto su veći, također, imaju i manju emisiju ugljika.

Q-Max brodovi, naručeni su 2005. godine, a izgradila ih je južno korejska firma „Samsung Heavy Industries“ u suradnji sa „Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering“. Sustav za ponovno ukapljivanje plina razvila je i isporučila američka tvrtka „Cryostar“. Nakon izgradnje brod odobrava Lloyds Register i daje mu sve potrebne svjedodžbe, potrebne za prijevoz ukapljenog prirodnog plina i plovidbu morem.

Prvi Q-Max brod isplovljava iz suhog doka u studenome 2007. godine. Ceremonija imenovanja prvog Q-Max broda održana je u samom brodogradilištu na otoku Geoje u Južnoj Koreji. Kobilica broda položena je pod imenom hull no 1675. Na ceremoniji porinuća imenovan je „Mozah“ prema vlasniku „Sheikha Mozah Nasser al-Misnad. Isporučen je svom vlasniku 29. rujna 2008. Vlasnici samog broda i serije brodova katarska je kompanija „Nakilat“ koja ima najveću LNG flotu na svijetu, pa je bilo logično da su se odlučiti za ovaj potez.



Slika 14. Q-Max brod Mozah

Izvor: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/nakilat-spearheads-trend-towards-in-house-lng-ship-management-63267#gallery-2>

3.6. ICE KLASA

Ova klasa brodova temelji se na ideji, da brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina sami probijaju led u polarnim područjima bez upotrebe ledolomaca. Plovidba ledenim područjem sve je popularnija te sve se više implementira posljednjih godina. O ovoj ideji pričalo se jako puno prije, no realizirana je tek u XXI stoljeću

LNG ledolomci su brodovi posebne namijene i dizajna za samostalnu i sigurnu plovidbu u područjima koja su pokrivena ledom. Takvi brodovi građeni su po specijalnim standardima u za to specijaliziranim brodogradilištima.

3.6.1. Prvi LNG ledolamac

Do razvoja ove klase kao i same potrebe za prvim LNG ledolomcem došlo je zbog potražnje za prijevozom prirodnog plina iz luke Yamal, koja se nalazi u području pokrivenim ledom. Iz tih razloga dolazi do projekta izgradnje LNG ledolomaca. Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) jedan je od najvećih južno korejskih brodogradilišta koje kreće u izgradnji petnaest ledolomaca za rusku tvrtku „Sovkomflot“, namijenjeni za prijevoz prirodnog plin u tom području. Time se planiralo omogućiti efikasan prijevoz velikih količina plina tijekom cijele godine. Plan za izgradnju i nazivi ledolomaca su prikazani u tablici 1.

| IME BRODA | GODINA IZGRADNJE |
|------------------------|-------------------------|
| Christophe de Margerie | 2016. |
| Boris Vilkitsky | 2017. |
| Fedor Litke | 2017. |
| Eduard Toll | 2017. |
| Vladimir Rusanov | 2018. |
| Rudolf Samoylovich | 2018. |
| Vladimir Vize | 2018. |
| Georgiy Brusilov | 2018. |
| Boris Davydov | 2018. |
| Nikolay Zubov | 2018. |
| Nikolay Yevgenov | 2019. |
| Vladimir Voronin | 2019, |
| Georgiy Ushakoy | 2019. |
| Yakov Gakkel | 2019. |

Tablica 1 Popis prvih 14 brodova Ice Class

Izvor : pripremio student

Prvi od 15 izgrađenih brodova bio je motorni brod „Christophe de Margerie“ to jest prvi predstavnik ove klase ikada napravljen. Dobio je ime u čast izvršnog direktora naftno-plinske korporacije „Total“, koji je nažalost stradao u avionskoj nesreći. Njegova dužina preko svega je 299 m, širina 50 m, a kapacitet tankova iznosio je 172 600 m³.

Ono što je posebno kod ovog broda jest da može ploviti po području koje je prekriveno, do 2.1 m, debelim ledenim slojem. Također, jedna od odlika ovog broda će biti i plovidba u vodi niskih temperatura čak do -52 °C. Može razviti maksimalnu brzinu od 19,5 čvorova, a svakako je za napomenuti kako ima sposobnost plovidbe brzinom od 5 čvorova u područjima gdje je prisutna debljina leda od oko 1,5 m.

Napravljen je po posebnim ruskim klasifikacijskim standardima. Struktura broda ojačana je zbog leda, napravljena od posebno čelika E razreda. Snaga njegovih dizelskih motora je 45 MW, što je jedan i pol puta više u usporedbi sa prvim ledolomcem na nuklearni pogon, „Lenjin“ koji je imao pogonski stroj jačine 32.4 MW. Ovaj brod koristi tri azimutna propulzora, koji se mogu okretati za 360 °, omogućujući brze promijene smjera broda. Brod je svoj prvi ukrcaj tereta obavio u prosincu 2017. godine u luci Yamal.



Slika 15. m/b "Christopher de Margerie" u plovidbi ledom.

Izvor: <https://sovcomflot.ru/en/fleet/fleetlist/item345.html?print=y>

Kao zanimljivost, što se tiče Ice class brodova, ističe se prijelaz motornog broda „Vladimir Rusanov“ Arktikom pod zapovjedništvom kapetana Denisa Bonette. Naime, brod dužine 299 m i širine 50 m probio je led debljine nevjerojatnih 2.1 metara u ekstremnim polarnim uvjetima i donekle neistraženoj morskoj pučini. Riječ je o LNG brodu specijalno dizajniranog pramca i dvostruke oplate broda, koji impresivne količine ukapljenog prirodnog plina prevozi točno na vrijeme, arktičkom rutom. Tu sposobnost omogućuje električna propulzija snage 15 000 kW, a sam poriv ostvaruje se trima azimutalnim porivnicima.

3.7. FSRU BRODOVI

FSRU kratica je engleskih riječi *Floating Storage Regasification Unit* koje čine naziv ove vrste broda. U prijevodu bi značilo plutajuće jedinice za prihvat, skladištenje i uplinjavanje. Važna je komponenta prilikom prijehata ukapljenog prirodnog plina koja zamjenjuje obalni terminal. Dakle, možemo ga nazvati posebnom klasom brodova koji služe prilikom transporta LNG-a. FSRU brodovi najčešće su namjenski napravljeni, ali također mogu biti prenamijenjeni od starijih brodova za prijevoz LNG-a.

Konstrukcija FSRU brodova vrlo je slična konstrukciji ostalih LNG brodova. FSRU brod sadrži postrojenje za regasifikaciju odnosno povratak prirodnog plina iz ukapljenog u plinovito stanje, a potom ga isporučuje u kopnenu plinsku mrežu koja je izravno spojena sa samim brodom. Kako se LNG prevozi na vrlo niskim temperaturama, spremnici imaju jako dobru izolaciju.

Najčešće dužine brodova variraju oko 290 m , širine su oko 49 m, a gazom od 11 do 12 m. Tipični FSRU brod može putovati brzinom oko 19,5 čvorova, dok je njegov teretni kapacitet između 125 000 m³ i 170 000 m³. Uobičajeni broj tankova je od četiri do šest. Postoje dvije vrste tankova koje FSRU brodovi koriste. To su membranski spremnici i sferni tankovi poznati pod nazivom „Kvaerner-Moss tankovi“.

Prednost FSRU brodova je ta da su oni operativni brodovi koji se mogu premjestiti ukoliko zahtijevaju potrebe nekog projekta na određenom području. Nakon završetka tog projekta odlazi i time ne ostaje suvišna infrastruktura. Upravo iz toga razloga veoma su ekonomski isplativiji jer njihova mobilnost pridonosi rješavanju problema nemogućnosti i

nedostupnosti obalnog terminala. Mobilnost FSRU jedinice ovisi o potrebama tržišta, odnosno, ako je negdje potrebniji zimi, radi povećane potražnje plina, onda FSRU brod doplovi do tog područja te služi kao posrednik u transportu plina za kućanstvo i gospodarstvo.

3.7.1 FSRU Independence

FSRU Independence prva je novoizgrađena plutajuća jedinica u svijetu za prihvatanje, skladištenje i uplinjavanje. Narudžba broda bila je 2011. godine, a izgradnja je završila u veljači 2014. godine u brodogradilištu „Hyundai Heavy Industries (HHI)“ u Južnoj Koreji za brodovlasnika „Höegh LNG“. Brodovlasnik je sklopio ugovor s tvrtkom „Klaipėdos Nafta“ po kojem će brod biti dan njima u zakup na 10 godina s mogućnošću otkupa. On je bio prvi od četiri naručena broda za isporuku.

FSRU jedinica projektirana je od nelegiranog čelika, te je također upotrebljavan sistem gradnje dvostruke oplata. Vrijednost ovog projekta iznosila je 330 milijuna US\$. Nakon isporuke u veljači 2014. godine brod je isplovio prema luci Klaipėda (Litva) kako bi spomenuto mjesto bilo opskrbljeno svakodnevnim potrebama plina.

Dimenzije FSRU Independence su sljedeće; dužina preko svega iznosi 294 m, njegova širina je 46 m, a njegov maksimalni gaz iznosi 12.6 m. Zapremnina brodskih tankova iznosi 170 000 m³, a kapacitet njegovog regasifikacijskog sustava je 400 000 m³ po danu.



Slika 16 FSRU Independence spojen na termina u Litvi

Izvor: <https://photos.marinetraffic.com/ais/showphoto.aspx?shipid=726727&size=thumb600>

3.7.2. LNG Croatia

Brod LNG Croatia smješten je u gradu Omišlju na otoku Krku. Spomenuti terminal ima izrazitu stratešku važnost u jačanju opskrbe plinom zemalja Europske unije koje si žele osigurati pouzdan dobavni lanac plina. Brod FSRU Croatia zajedno sa kopnom infrastrukturom čini terminal u Omišlju. Važno je napomenuti da je ovaj brod, prije nego što ga je otkupila tvrtka LNG Hrvatska, bio u vlasništvu kompanije „Golar“. Otkupna cijena ovoga broda je bila 159,6 milijuna eura. Nakon otkupljenja, obavljena je prenamijena broda u kineskom brodogradilištu, te je potom brod poprimio današnju svrhu.

Starost broda je 16 godina i sagrađen je 2005. godine, a nedavno je prenamijenjen u današnju svrhu. Dužina preko svega broda FSRU Croatia iznosi 280 m, njegova širina je 43 m, a gaz varira oko 10 m. Skladišni kapacitet broda iznosi 140 206 m³ koji je raspoređen u četiri skladišna spremnika. Na brodu su ugrađene tri jedinice za regasifikaciju s maksimalnim kapacitetom od 451 840 m³ po satu. Maksimalni kapacitet terminala je 2,6 milijarde m³ godišnje.



Slika 17. LNG Croatia uz pomoć remorkera prvi put pristaje u Omišalj
izvor: <http://www.shipspotting.com/photos/middle/9/4/4/3227449.jpg>

4. PROJEKTI LNG INDUSTRIJE

4.1. YAMAL LNG

Yamal je poluotok koji se nalazi u Jamalo-Nenetskom okrugu, točnije u sjeverozapadnom okrugu Sibira, Rusija. Ovaj poluotok izrazito je bogat prirodnim plinom i naftom, pa je logično da je veoma zanimljiv i koristan svjetskoj industriji i tržištu. Zbog svog geografskog položaja, pristup poluotoku jedino je bio moguć za brodove koji dolaze s namjerom ukrcaja i iskrcaja nafte i plina uz pomoć ledolomaca.

Zbog tih razloga pokrenut je poznati veliki projekt Yamal, popularno znan i mega projektom Yamal. To je dugoročni plan iznošenja velikih količina prirodnog plina na tržište s poluotoka Yamal. Sam projekt razvijen je od „Gazproma“, jedne od najvećih firmi za eksplantaciju zemnog plina u svijetu, inače ruske kompanije s kojom je i potpisan ugovor o eksploataciji plina. Projektom upravlja „Novatek“ putem svoje podružnice Yamal LNG (s ulaganjem od 27 milijardi dolara - 50,1%), čiji su dioničari u Rusiji, drugi najveći proizvođač prirodnog zemnog plina, Total (20%), CNPC (20%) i Fond puta svile (9,9%). Projekt obuhvaća izgradnju postrojenja za ukapljeni prirodni plin, kapaciteta oko 16,5 milijuna tona plina godišnje, ukapljivanje i otpremu prirodnog plina. U projektu je bilo uključeno više od 150 stručnjaka iz francuske firme „Anotech Energy“ (podružnice grupe ALTEN).

Uzimajući sve činjenice oko ovog projekta, mnogi stručnjaci su rekli da je ovo jedan od najvećih i najsloženijih projekata u svijetu plinskog tržišta. Regija, u kojoj se projekt nalazi, pod ledom je u vremenskom razdoblju od 7 do 9 mjeseci godišnje, a također ne ide baš ni u prilog da je 2 mjeseca godišnje tamo potpuni mrak uz prisutnost ekstremno niskih temperatura čak do nevjerojatnih -50°C . Ništa od navedenog, nije zaustavilo projekt Yamal. Svakako, valja napomenuti kako ovo postrojenje isporučuje 5% svjetski količina plina.

Prije početka ovoga projekta nije bilo nikakvih pristupnih cesta, kopnenih ni prekomorskih puteva. Jedini mogući pomorski pristup bio je dostupan samo četiri mjeseca godišnje, točnije od sredina lipnja do sredine listopada, unatoč, već prije spomenutom ledu. U sklopu projekta izgrađena je zračna luka i pomorska luka. LNG projekt sastoji se od četiri vlaka za preradu. Prvi vlak počeo je prometovati u prosincu 2017. godine. Kasnije, uslijedio je drugi

u srpnju 2018. i treći u studenom 2018. Očekuje se da će četvrti vlak početi prometovati do 2020.



Slika 18. Postrojenje Yamal LNG

Izvor: <https://www.alten.com/wp-content/uploads/2019/04/Yamal-LNG-in-Winter.jpg>

4.2. RAS LAFFAN

Projekt „Barzan“ smješten je u Kataru, točnije u gradu Ras Laffan. Katar je država smještena na malom poluotoku u jugozapadnome dijelu Azije, kojoj je pristup preko mora omogućen zbog smještaja na obali Perzijskog zaljeva. Susjedne države čine Saudijska Arabija na jugu i Bahrein s kojim graniči na moru. Ovaj projekt započet je činjenicom da Katar raspolaže bogatim nalazištima zemnog plina.

Vrijednost ovog projekta temelji se na partnerstvu tvrtki LNG „Qatar Gas“ i „Exxon Mobil“, a iznosi nevjerojatnih 10,4 milijardi US\$. Financiran je 30% putem kapitala i 70% zajmom banaka i agencija kredita. Tvrtka „RasGas“ imenovana je voditeljem tj. glavnim odgovornim za upravljanje postrojenjem. Građevinski radovi na ovom projektu započeli su u studenom 2011. godine, a zbog velikih financijskih ulaganja i isplativosti 50% projekta završeno je 2012. godine. Sam projekt uključivao je razvoj kopnene i pomorske infrastrukture u Ras Laffanu. Tijekom izgradnje zaposleno je više od 20 000 ljudi.

Luka koja se nalazi u Ras Laffanu jedna je od najvećih umjetno izgrađenih u svijetu, ukupne površine 46 km². Postrojenja za izvlačenje prirodnog plina smještena su u North Fieldu. Projekt je izvršen u tri faze te je zamišljeno da se izvlači oko 6,2 milijardi m³ prirodnog zemnog

plina dnevno. Nakon završetka prve faze kapacitet je iznosio 1,7 milijardi m³ prirodnog plina dnevno, da bi se nakon završetka 2 i 3 faze gradnje povećao na 4.5 milijarde m³.

Na obalnom dijelu, u sklopu ovog projekta izgrađene su sljedeće jedinice: jedinice za preradu plina, uklanjanje nečistoća te ukapljivanje, koje su ujedno jedne od najbitnijih. Od obalna jedinica opremljena je s tri platforme za bušenje i vađenje zemnog plina iz morskog dna, a povezana je pomorskim cjevovodima i kabelima. Oni se protežu do 300 km, kada govorimo o cjevovodima, dok kabeli nešto manje, točnije 100 km. Radovi na ovim platformama uspješno su završeni 2013. godine.

Katar je putem ovog industrijskog kompleksa, izgrađenog u Ras Laffanu, postao najveći svjetski izvoznik prirodnog ukapljenog plina isporučujući nevjerojatnih 70 milijardi m³ godišnje ili otprilike 32 % svjetske opskrbe. Kompletni završetak ovog poduhvata uspješno je okončan 2015. godine.



Slika 19. Ras Laffan iz zraka

Izvor: https://live.staticflickr.com/8646/16467901665_c1fa30a892_b.jpg

3. SHOTKMAN FIELD

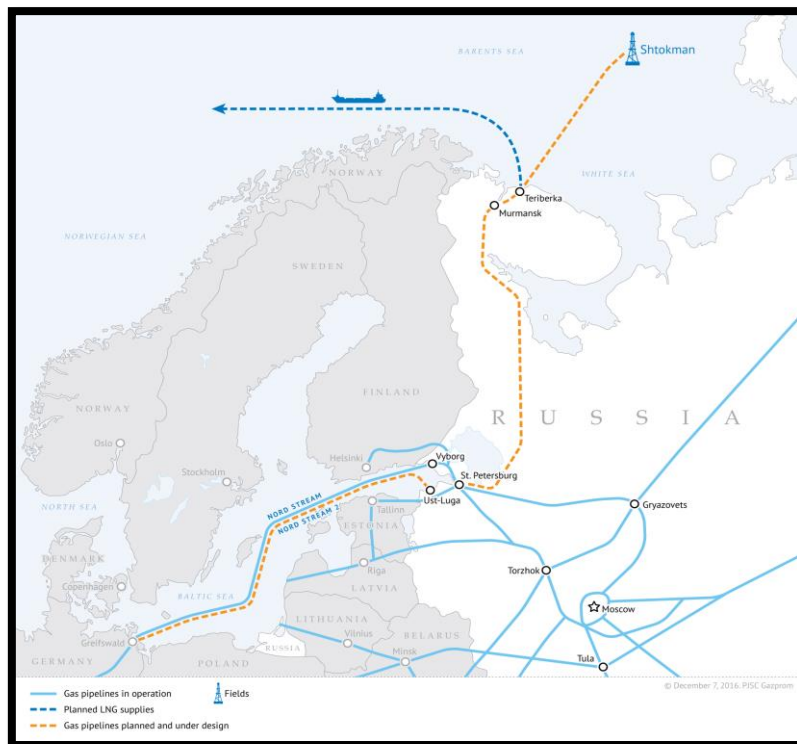
Štokmanovsko polje prirodnog plina i drugih kondenzata otkriveno je 1988. godine. Smješteno je u Rusiji točnije u Barentsovom moru, gdje dubina varira oko 320 metara. Valja napomenuti da su tamo hladni arktički uvjeti. Ležišta plina nalaze se na dubinama od 1900 – 2300 metara. Probleme mogu stvarati ledeni brjegovi koji tamu plutaju. Procjenjuje se da su rezerve prirodnog plina na ovom polju oko 3,8 bilijuna m³, a ujedno tamo se nalazi i još 37 milijuna tona plinskog kondenzata.

Tvrtka koja istražuje i proizvodi plin na ovom polju je „Sevmorneftegaz“, koji je pod „Gazpromom“. „Gazprom“ nije mogao ući sam u projekt, pa je kao vlasnik 51% dionica ušao u suradnju s ostalim investitorima. „Tvrtka Total“ i „StatilHydro“ preuzeli su ostatak postotka. Troškovi razvoja ovog projekta iznosili su između 12 – 25 milijardi US\$. 2013. godine izvađeno je oko 11 milijardi m³ prirodno ukapljenog plina dnevno, a uz to i 205 000 tona plinskog kondenzata godišnje. Treba napomenuti da je 2010. godine raspored projekta promijenjen zbog smanjene potražnje plina na europskim tržištima. S daljnjim razvojem projekta nastavljeno je 2016. godine.

Projekt je predviđen u četiri faze, nakon kojih bi se iskorištavao puni potencijal polja, tj. bilo bi moguće isporučivati 71,1 milijardi m³ ukapljenog prirodnog plina godišnje i 600 tona plinskog kondenzata u razdoblju od 50 godina. Među velikim problemima po pitanju razvoja ovog projekta bilo je gdje će se plin prodavati i kako će ga se transportirati. Prva faza projekta na kojoj se radilo bila je projektiranje i izgradnja infrastrukture, a to je uključivalo proizvodni kompleks, cjevovodnu mrežu i cjelokupno postrojenje za LNG. Plin je na početku bio namijenjen za američko tržište, ali je dio stizao i do europskog, budući je „Gazprom“ napravio sjeverni tok. Taj europski tok cjevovoda išao je od Štokmanskog polja do Murmanske oblasti koja se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Rusije te zatim preko poluotoka Kola, također u Rusiji, do Volhova.

Planirano postrojenje za proizvodnju LNG-a izrađeno je u mjestu Teriberka, koje se nalazi oko 120 km istočno od Murmansk. Na kopnu će se nalaziti terminal za plinovod, postrojenje za pročišćavanje plina, vlak za LNG i izvozno postrojenje za rusko i europsko tržište. Također, dio ovog projekta su i platforme na moru povezane pomorski cjevovodima. Projekt u početku koristi dvije platforme, opskrbljene opremom u cilju zaštite od leda.

Navedene je izgradilo rusko brodogradilište „Vyborg“ u suradnji sa korejskim „Samsung Heavy Industries“.



Slika 20. Plinska mreža iz Štokmanoskog polja do Europe

Izvor: <https://www.gazprom.com/projects/shtokmanovskoye/>

4.4. ARCTIC LNG 2

Arctic LNG 2 još je revolucionarni poduhvat kompanije „NOVATEK“ temelji se izgradnji 3 LNG postrojenja ukupnog kapaciteta 19,8 miliona tona prirodnog ukapljenog plina a ujedno i 1,6 miliona tona plinskog kondenzata. U ovaj projekt implementiran je inovativni koncept gradnje po pitanju gravitacijske strukture (GBS) što se tiče primarnog resursa za arktički LNG 2 navodi se polje „Utrenneye“.

„Utrenneye“ nalazi se na poluotoku Gydan , otprilike oko 70 km preko Obskog zaljeva od Yamala. Kapitalni podatci Što će reći pokretanje projekta punim kapacitetom ostvaruju protuvrijednost od oko 21.3 milijarde US\$. Projekt ima vrlo niske troškove po pitanju razvoja divovski resursa kopnenog polja plina i kondenzata. Već prije spomenuto, betonske gravitacijske strukture imati će sposobnost ukapljivanja velikih količina, a ako usporedimo ovaj projekt s projektom Yamal navodi se 30% smanjenja po pitanju investicijski ulaganja. Bliskost

ovog budućeg terminala i već prije spomenutog u Yamalu omogućit će Arctic LNG-u 2 iskorištavanje energije iz postojeće infrastrukture.

Prema posljednjim informacijama za investitore ostvareno je 20% planiranog projekta. Prirodni plin crpiti će se iz već prije spomenutog plinskog polja „Utrenneye“. Do sada je izbušeno 9 bušotina zahvaljujući 3 platforme. „NOVATEK“ je javnosti priopćio kako je postignut ugovor po pitanju prodaje s dugoročnim partnerima u Aziji, posebice Kinom. Francuski gigant „Total“ stekao je 10% udjela u projektu, dok su njemački „Siemens“ i talijanski „Saipen“ ugovorili više milijardi sredstava pomoći u projektiranju i izgradnji Arctic LNG 2.

Svakako treba istaknuti utjecaj pandemije Covid-19 na gradilištu projekta u kojem je uključeno 11 000 radnika. Njihov boravak i život odrazio se u 2200 zabilježenih slučajeva novonastalog virusa. Optimizam i dobra koordinacija rukovodstva, stavili su problem pod kontrolom, čime se ostvarenje velikog pothvata nastavilo provoditi. Treće postrojenje planira se pustiti u pogon 2025. godine.



Slika 21. Smještaj projekta Arctic LNG 2

Izvor: https://www.researchgate.net/profile/Alina-Kovalenko/publication/330643092/figure/fig3/AS:719118110040064@1548462526134/Yamal-LNG-and-Arctic-LNG-2-projects-18_Q640.jpg

5. ZAKLJUČAK

Zbog velike potražnje za prirodnim plinom na tržištu i njegovim razvojem, brodovi su se povećavali, pa je rastao i njihov kapacitet sve do brodova nevjerojatnih dimenzija. Najbolji pokazatelj tog rasta je taj da su se u svega pedesetak godina brodovi toliko razvili počevši od prvog broda za prijevoz ukapljenog prirodnog plina Methane Pioneer s malim kapacitetom, do Q-Max brodova. Također, valja napomenuti da se kroz godine, do razvitka Q-Max brodova razvilo još nekoliko klasa. Neke od njih su sljedeće: Konvencionalni brodovi tipa 1 i 2, te Q-Flex brodovi. Došlo je i do izgradnje namjenskih plovila za određena područja poput brodova Ice klase koji mogu samostalno ploviti probijajući se kroz led bez upotrebe ledolomaca. Napravljeni su i FSRU brodovi koji zamjenjuju klasične terminale kao i bunker brodovi za krcanje pogonskog goriva ostalim brodovima koji plovo na LNG.

Neprestani rast i razvoj industrije prirodnog plina nastavit će se i dalje. Razlog tome je što se LNG pokazao kao veoma isplativim i ekološki prihvatljivim izvorom energije. Brodovi će vjerojatno nastaviti sa svojim razvojem kroz naredne godine ukoliko im to ograničenja na plovnim putevima i u lukama budu dozvoljavala. Valja napomenuti da su napravljeni i mnogi projekti poput Yamala i ostalih koji pružaju velike zalihe plina te mogućnost vađenja istih. Ovakvim razvojem tržišta i potrebama za prirodnim plinom sa sigurnošću se može očekivati da će se pokretati još novih projekata, ulaganja i širenja postojećih.

LITERATURA

- [1] Vranić D., Ivče R., 2006, *Tereti u pomorskom prometu*, udžbenik, 2 izdanje, Sveučilište u Rijeci – Pomorski fakultet, Rijeka
- [2] Dr. Komadina P. et al. 1992, *Prijevoz ukapljenih plinova morem*, 2 izdanje, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka
- [3] Vaudolon A. 2000, *Liqueified gases*, Witherby & Co Ltd, Great Britain
- [4] Zec, D.: Maritima studija: LNG FSRU Krk. Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2017.

Internet:

- [1] https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/Publications/lng-shipping-at-50compressed.pdf7
- [2] <https://www.ship-technology.com/projects/lng-bunkering-vessel-zeebrugge/>
- [3] <https://www.maritime-executive.com/article/world-s-lng-bunkering-vessel-fleet-continues-rapid-growth>
- [4] <https://www.hydrocarbons-technology.com/projects/barzan-gas-project-ras-laffan-qatar>
- [5] <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/natural-gas/051721-russias-novatek-brings-forward-start-date-for-arctic-lng-2s-third-train-to-2025>
- [6] <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-is-floating-storage-regasification-unit-fsru/>
- [7] <https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e473/e473001.pdf>
- [8] <https://www.ship-technology.com/projects/independence-lng-floating-storage-regasification-unit-lng-fsru/>

POPIS SLIKA

- **Primjer IMDG publikacija Izvor:**
<https://www.southbankmarine.com/product/imdg-code-2020-edition-inc-amdt-40-20-im200e/>..... 6
- **Godfrey L. Cabot Izvor:**
https://en.wikipedia.org/wiki/Godfrey_Lowell_Cabot#/media/File:Godfrey_Lowell_Cabot.png..... 9
- **m/b "Methane Pioneer" Izvor:** <https://www.helderline.com/tanker/methane-pioneer> 10
- **m/b "Methane Princess" u plovidbi**
Izvor: <https://www.helderline.com/tanker/methane-princess-1> 11
- **Razvoj LNG brodova u periodu od 1976. - 2008. Izvor:** <http://kraljica-mora.net/wp-content/uploads/2016/03/lng-max.png> 12
- **m/b "Engie Zeebrugge" u plovidbi Izvor:**
<https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:4404786/ships>..... 13
- **m/b "Gas Agility" u plovidbi Izvor:** https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zyzpfnx136/files/2020-09/MOL-Gas-Agility-Bunkering-Tanker_0.jpg 14
- **m/b LNG Lagos Izvor:**
<http://www.shipspotting.com/photos/middle/1/2/4/1805421.jpg>..... 16
- **m/b Tenaga Lima u plovidbi Izvor:**
https://www.misc.com.my/media/2077/tenaga_class.pdf 17
- **Clean Horizon u plovidbi**
Izvor:https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:993986/mmsi:256083000/imo:9655444/vessel:CLEAN_HORIZON 18
- **Al Daayen**
Izvor:https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:374277/mmsi:311133000/imo:9325702/vessel:AL_DAAAYEN 19
- **Q-Flex Al Ghashamiya Izvor:**
<https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:712646/ships>..... 20
- **Usporedba brodova Methane Princess i Mozah Izvor:**
<https://d11onib03523a2.cloudfront.net/media/content/zz/LNG-carrier-table.jpg>..... 21
- **Q-Max brod Mozah Izvor:** <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/nakilat-spearheads-trend-towards-in-house-lng-ship-management-63267#gallery-2> 22
- **m/b "Christopher de Margerie" u plovidbi ledom.**
Izvor: <https://sovcomflot.ru/en/fleet/fleetlist/item345.html?print=y>..... 24
- **FSRU Independence spojen na termina u Litvi**
Izvor:
<https://photos.marinetraffic.com/ais/showphoto.aspx?shipid=726727&size=thumb600> 27

- **LNG Croatia uz pomoć remorkera prvi put pristaje u Omišalj**
izvor: <http://www.shipspotting.com/photos/middle/9/4/4/3227449.jpg>..... 28
- **Postrojenje Yamal LNG**
Izvor: <https://www.alten.com/wp-content/uploads/2019/04/Yamal-LNG-in-Winter.jpg> 30
- **Ras Laffan iz zraka**
Izvor: https://live.staticflickr.com/8646/16467901665_c1fa30a892_b.jpg 31
- **Plinska mreža iz Štokmanoskog polja do Europe**
Izvor: <https://www.gazprom.com/projects/shtokmanovskoye/> 33
- **Smještaj projekta Arctic LNG 2**
Izvor: https://www.researchgate.net/profile/Alina-Kovalenko/publication/330643092/figure/fig3/AS:719118110040064@1548462526134/Yamal-LNG-and-Arctic-LNG-2-projects-18_Q640.jpg 34

POPIS TABLICA

- **Tablica 1 Popis prvi brodova Ice Class 23**