

# Specifičnosti brodarskog tržišta prijevoza ukapljenog prirodnog plina

---

**Kaznačić, Domagoj**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:368024>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**

**DOMAGOJ KAZNAČIĆ**

**SPECIFIČNOSTI BRODARSKOG TRŽIŠTA PRIJEVOZA**  
**UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA**

**DIPLOMSKI RAD**

DUBROVNIK, 2020.

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**

**POMORSKI ODJEL**

**Diplomski studij pomorstvo**

**SPECIFIČNOSTI BRODARSKOG TRŽIŠTA PRIJEVOZA  
UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

**dr. sc. Antun Asić, kap.**

Pristupnik:

**Domagoj Kaznačić**

DUBROVNIK, 2020.

Republika Hrvatska  
**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**Diplomski studij Pomorstvo**

Ur. broj:

Dubrovnik, 30. ožujka 2020.

Kolegij: **Menadžment u pomorstvu**

Mentor: dr. sc. ANTUN ASIĆ, kap.

### **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Pristupnica: **Domagoj Kaznačić**, student ak. 2019./2020. god.

Zadatak: SPECIFIČNOSTI BRODARSKOG TRŽIŠTA PRIJEVOZA UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA

Rad treba sadržavati:

- Ponuda i potražnja ukapljenog prirodnog plina (LNG) u svijetu (geografska distribucija proizvodnje, način transporta, geografska distribucija potrošnje)
- Specifičnosti prijevoza LNG – brodovi i teret (ukrcaj, iskrcaj, terminali)
- Brodarsko tržište prijevoza LNG (tržište vozarina, novogradnji, polovnih brodova i brodova za rezalište) i njegove specifičnosti u odnosu na ostala brodarska tržišta

Osnovna literatura:

1. Michael D. Tusiani and Gordon Shearer: LNG: a nontechnical guide, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA
2. Wayne K. Talley ed.: The Blackwell companion to maritime economics, Blackwell Publishing Ltd, Chichester, West Sussex, UK
3. Mike Corkhill: LNG Shipping at 50, Riviera Maritime Media Ltd, Enfield, UK, 2014.

Zadatak uručen pristupniku: 30. ožujka 2020.

Rok za predaju diplomskog rada: 27. rujna 2020.

Mentor:

**dr. sc. Antun Asić, kap.**

Pročelnik Pomorskog odjela:

**doc. dr. sc. Žarko Koboev**

# IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima i uz stručno vodstvo mentora dr. sc. Antuna Asića, kap.

Ime i prezime studenta:

Domagoj Kaznačić

Potpis:

---

# **SPECIFIČNOSTI BRODARSKOG TRŽIŠTA PRIJEVOZA UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA**

## **SPECIFICATIONS OF THE LIQUEFIED NATURAL GAS SHIPPING MARKET**

### **SAŽETAK**

Ukapljeni prirodni plin (LNG) je pročišćeni zemni plin koji na temperaturi od oko  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  prelazi u tekuće stanje, čime se omogućuje njegovo ekonomičnije prevoženje LNG tankerima. Brodarsko tržište prijevoza LNG-a je složeni proces u kojem sudjeluju posebni LNG brodovi te posebni lučki i odobalni terminali sa specifičnom tehnološkom strukturom radi omogućavanja prijevoza LNG-a na ekonomski isplativ način. Analiza stanja na brodarskom tržištu prijevoza LNG-a pokazala je da potražnja za LNG-om neprestano raste i da LNG ima sve značajniju ulogu na brodarskom tržištu prijevoza energenata, zbog čega raste i ponuda LNG-a. Osim toga, analiza postojeće flote LNG brodova i novih narudžbi za LNG brodove pokazala je da se flota LNG brodova iz godine u godinu povećava s ciljem zadovoljavanja povećane potražnje za LNG-om i njegovim transportom.

**Ključne riječi:** LNG, brodarsko tržište prijevoza LNG-a, flota LNG brodova

### **ABSTRACT**

Liquefied natural gas (LNG) is a purified natural gas that turns into a liquid state at a temperature of about  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ , which enables its more economical transportation by LNG tankers. The shipping market for LNG transport is a complex process in which special LNG ships and special port and shore terminals with a specific technological structure participate in order to enable the LNG transport in an economically viable way. The analysis of the situation on the shipping market of LNG transport showed that the demand for LNG is constantly growing and that LNG

has an increasingly important role in the shipping market of energy transport, which is why the supply of LNG is also growing. In addition, the analysis of the existing fleet of LNG tankers and new orders for LNG ships showed that the LNG fleet is increasing from year to year in order to meet the increased demand for LNG and its transport.

**Keywords:** LNG, LNG shipping market, fleet of LNG ships

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PRIRODNI UKAPLJENI PLIN (LNG).....	4
2.1. Svojstva ukapljenog prirodnog plina.....	4
2.2. Eksploatacijski lanac LNG-a.....	5
2.3. Ponuda i potražnja LNG-a u svijetu.....	6
3. SPECIFIČNOSTI PRIJEVOZA LNG-a.....	11
3.1. Lučki terminali za LNG.....	11
3.2. Odobalni terminali za LNG.....	12
3.2.1. Brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje.....	13
3.2.2. Plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a.....	15
3.2.3. Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a.....	16
3.3. Brodovi za prijevoz LNG-a.....	17
3.3.1. Specifičnosti brodova za prijevoz LNG-a.....	17
3.3.2. Prijevoz LNG-a brodovima.....	22
3.3.3. Spremnici (tankovi) za prijevoz na LNG brodovima.....	23
3.3.4. Sustavi za LNG na brodovima.....	27
4. BRODARSKO TRŽIŠTE PRIJEVOZA LNG-A.....	28
4.1. Stanje brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a.....	28
4.1.1. Razvoj brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a.....	28
4.1.2. Struktura brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a.....	33
4.1.3. Vozarine na brodarskom tržištu za prijevoz LNG-a.....	34
4.2. LNG brodovi – ponuda.....	38
4.2.1. Stanje flote LNG brodova.....	38
4.2.2. Tržište LNG novogradnje.....	40
4.2.3. Tržište polovnih LNG brodova.....	46
4.2.4. Tržište LNG brodova za rezanje.....	48
5. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA.....	53



POPIS TABLICA, SLIKA I GRAFIKONA .....57

# 1. UVOD

Predmet diplomskog rada jesu specifičnosti brodarskog tržišta prijevoza ukapljenog prirodnog plina. Ukapljeni prirodni plin (engl. *liquefied natural gas* – LNG) je pročišćeni zemni plin koji se rashlađuje na jako niskim temperaturama (od – 161 °C) kako bi prešao u tekuće stanje i bio pogodan za prijevoz. S obzirom na to da je riječ o specifičnom teretu, za njegov prijevoz koriste se posebno konstruirani brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina (odlikuje ih visoka tehnološka složenost te potreba za pojačanom sigurnošću zbog prijevoza opasnog tereta), a i mjesta za prihvat tih brodova, odnosno ukrcaj i iskrcaj prirodnog ukapljenog plina također imaju određena specifična obilježja u odnosu na druge terminale. Iz godine u godinu povećava se flota brodova za prijevoz ukapljenog prirodnog plina zbog sve većeg značaja kao ekološki iznimno prihvatljivog oblika energije.

Cilj je diplomskog rada analizirati ponudu i potražnju LNG-a u svijetu, specifičnosti prijevoza LNG-a te brodarsko tržište prijevoza LNG-a i njegove specifičnosti u odnosu na ostala brodarska tržišta.

Na temelju definiranog predmeta i cilja diplomskog rada postavljene su sljedeće hipoteze:

H<sub>1</sub>: Brodarsko tržište prijevoza ukapljenog prirodnog plina složeni je proces u kojem sudjeluju posebni brodovi i posebni terminali sa specifičnom tehnološkom strukturom radi omogućavanja prijevoza ukapljenog prirodnog plina na ekonomski isplativ način.

H<sub>2</sub>: Na brodarskom tržištu prijevoz ukapljenog plina neprestano raste i ima sve značajniju ulogu.

H<sub>3</sub>: Radi zadovoljavanja povećane potražnje za transportom ukapljenog prirodnog plina povećava se flota brodova za prijevoz ukapljenog prirodnog plina.

Podatci korišteni za izradu diplomskog rada dobiveni su iz sekundarnih (domaćih i stranih) izvora. Relevantna literatura koja je korištena za potrebe diplomskog rada obuhvaća knjige,

stručne članke i internetske izvore, točnije različite publikacije vezane za LNG brodove i brodarsko tržište prijevoza LNG-a koje su objavljene na internetu.

Radi ostvarivanja postavljenih ciljeva koriste se odgovarajuće istraživačke metode:

- Induktivna metoda – metoda istraživanja kojom se na temelju posebnih ili pojedinačnih činjenica dolazi do zaključaka o općem sudu, a od zapažanja konkretnih pojedinačnih činjenica dolazi se do općih zaključaka.
- Deduktivna metoda – metoda istraživanja kojom se iz općih sudova izvode posebni, kojom se iz općih postavki dolazi do pojedinačnih zaključaka.
- Metoda analize – metoda istraživanja kojom se složeni pojmovi, sudovi i zaključci raščlanjuju na njihove jednostavnije dijelove, a zatim se ti dijelovi izučavaju u odnosu na ostale dijelove u svrhu objašnjavanja stvarnosti.
- Metoda sinteze – metoda istraživanja kojom se jednostavne misaone tvorevine sastavljaju u složenije i još složenije, povezujući izdvojene elemente, pojave i procese u jedinstvenu cjelinu.
- Metoda generalizacije – istraživačka metoda kojom se od jednog posebnog pojma dolazi do općenitijeg koji je po stupnju viši od ostalih pojedinačnih pojmova.
- Metoda klasifikacije – istraživačka metoda kojom se nekom pojmu određuje mjesto u sustavu pojmova, odnosno postupak određivanja pojmova o nekom području stvari ili pojava.
- Metoda deskripcije – metoda istraživanja kojom se jednostavno opisuju ili ocrtavaju činjenice, procesi, odnosi i veze, ali bez znanstvenog tumačenja podataka.
- Metoda kompilacije – istraživačka metoda kojom se preuzimaju tuđi rezultati znanstveno-istraživačkog rada, odnosno tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja.

Diplomski rad sadrži pet poglavlja. Nakon uvoda u kojem se analiziraju predmet i cilj diplomskog rada, izvori podataka, metode istraživanja te struktura diplomskog rada. Drugo poglavlje diplomskog rada odnosi se na prirodni ukapljeni plin (LNG). U tom se poglavlju rada analiziraju svojstva ukapljenog prirodnog plina, eksploatacijski lanac LNG-a te ponuda i potražnja LNG-a u svijetu. Treće poglavlje diplomskog rada vezano je za specifičnosti prijevoza LNG-a. U tom se poglavlju rada analiziraju lučki i odobalni terminali za ukapljivanje LNG-a te

brodovi za prijevoz LNG-a. U četvrtom poglavlju rada analizira se brodarsko tržište prijevoza LNG-a. U tom se poglavlju rada analiziraju specifičnosti četiriju čimbenika tog tržišta (vozarine, tržište novogradnji, tržište plovnih brodova i tržište brodova za rezanje), sadašnje stanje na tom tržištu, flota LNG brodova te kapacitet LNG terminala i njihovo korištenje. Peto poglavlje diplomskog rada jest zaključak u kojem se sažeto iznosi sve što je istaknuto u radu, potvrđuju ili odbacuju postavljene hipoteze te se donose određene spoznaje o specifičnostima brodarskog tržišta prijevoza ukapljenog prirodnog plina. Diplomski rad sadrži i popis literature korištene prilikom pisanja rada te popis tablica, slika i grafikona uvrštenih u rad.

## 2. PRIRODNI UKAPLJENI PLIN (LNG)

U ovom poglavlju odredit će se pojam prirodnog ukapljenog plina i opisati njegova svojstva.

### 2.1. Svojstva ukapljenog prirodnog plina

Ukapljeni prirodni plin (engl. *Liquified Natural Gas* – LNG) je pročišćeni zemni plin koji se rashlađivanjem na oko  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  (to je temperatura vrelišta metana) radi lakšeg transporta pretvara u tekućinu bez boje okusa i mirisa. U tekućem stanju LNG zauzima 600 puta manji volumen od volumena prirodnog plina u plinovitom stanju [1], pa je tako vrlo ekonomičan za prijevoz diljem svijeta [2].

Sastav prirodnog plina ovisi o mjestu njegova nalazišta. Ipak, najveći udio u prirodnom plinu otpada na metan, dok se manji udjeli odnose na etan, propan, butan i pentan [3]. Kada se nalazi u tekućem stanju metan nije eksplozivan. Kada isparava, oblak plina je dobro vidljiv. Ako se metan zagrijava, proces isparavanja se ubrzava, pa plin postaje lakši od zraka i podiže se uvis. Metan je zapaljiv kada se pomiješa sa zrakom u koncentraciji od 2,2 do 9,5 % [4].

Osim plinova koji su nezasićeni ugljikovodici u sastavu prirodnog plina su i drugi plinovi, poput ugljičnog dioksida, vodika, dušika, helija, vodene pare itd. [3]. U tablici 1. prikazana su svojstva ukapljenog prirodnog plina.

**Tablica 1.** Svojstva ukapljenog prirodnog plina [5]

Svojstva	Vrijednosti
Gornja ogrjevna vrijednost (Hg)	6,66 kWh/L (24 MJ/L)
Donja ogrjevna vrijednost (Hd)	5,83 kWh/L (21 MJ/L)
Gustoća ( $\rho$ )	0,43 do 0,48 kg/L
Relativna gustoća (D)	D = 0,45 (lakši od vode)

Molarna masa (M)	M = 16,5 do 18,9 kg/kmol
Područje eksplozivnosti u zraku	5 od 15 %

Prema podacima prikazanim u tablici 1. vidljivo je da je gornja ogrjevna vrijednost LNG-a 6,66 kWh/L, a donja 5,83 kWh/L. Osim toga, vidljivo je da se molarna masa LNG-a kreće od 16,5 do 18,9 kg/kmol. Gustoća LNG-a ovisi o tlaku, temperaturi te sastavu LNG-a, a može biti u rasponu od 430 do 480 kg/dm. Ona je vrlo važan element jer se na temelju gustoće LNG-a određuje težina plina koji se prevozi. Relativna gustoća LNG-a iznosi 0,45, što znači da je LNG lakši od vode. Vidljivo je i da u svojem tekućem stanju LNG nije eksplozivan i ne može se zapaliti. LNG postaje eksplozivan kada se pomiješa sa zrakom i kada je koncentracija plina u zraku od 5 do 15 %. Osim toga, vatra koja nastaje nakon eksplozije LNG-a je iznimno visoke temperature [1]. Stoga u slučaju curenja LNG-a postoji opasnost od eksplozije i požara. LNG nema korozivna svojstva i otrovan je samo ako je koncentracija plina u zraku veća od 1000 ppm [4].

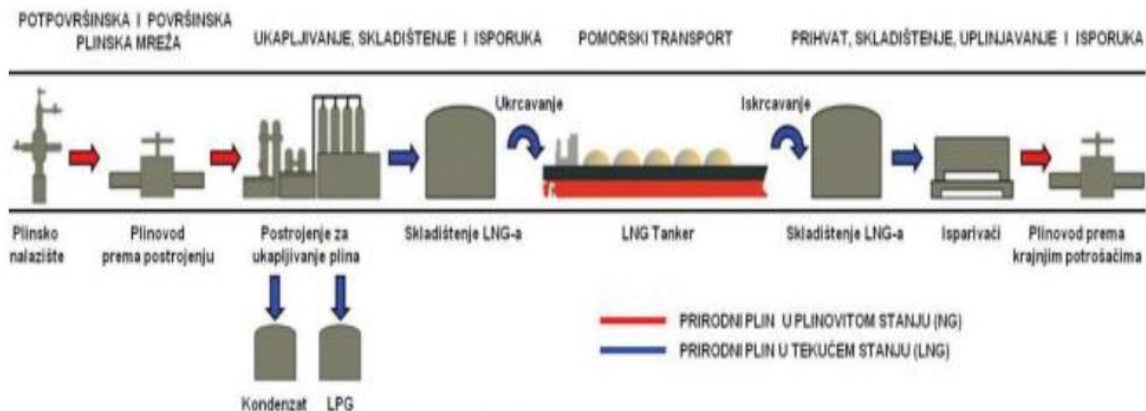
## 2.2. Eksploatacijski lanac LNG-a

Komponente eksploatacijskog lanca LNG-a jesu sljedeće [2]:

- proizvodnja prirodno ukapljenog plina podrazumijeva nalaženje i pripremu LNG-a za dostavljanje u postrojenja
- ukapljivanje je postupak tijekom kojeg se prirodni plin pretvara u tekućinu kako bi se lakše mogao prevesti
- LNG se prevozi tankerima koji su posebno konstruirani za prijevoz prirodnog ukapljenog plina u tekućem stanju
- uplinjavanje je postupak obrnut od ukapljivanja, što znači da se LNG iz tekućeg agregatnog stanja pretvara u plinovito stanje
- distribucija i dostava plina putem plinovoda do krajnjeg korisnika

Eksploatacijski lanac LNG-a prikazan je na slici 1.

**Slika 1.** Eksploatacijski lanac LNG-a [2]



Prema slici 1. vidljivo je da se ukapljeni prirodni plin nakon crpljenja iz zemlje distribuira u plinovode u plinovitom stanju do postrojenja za ukapljivanje plina radi omogućavanja njegovog lakšeg skladištenja i prijevoza posebnim, točnije LNG tankerima. Nakon iskrcavanja LNG-a provodi se proces uplinjavanja, čime se ukapljeni prirodni plin iz tekućeg vraća u plinovito agregatno stanje te se kao takav putem plinovoda distribuira krajnjim potrošačima.

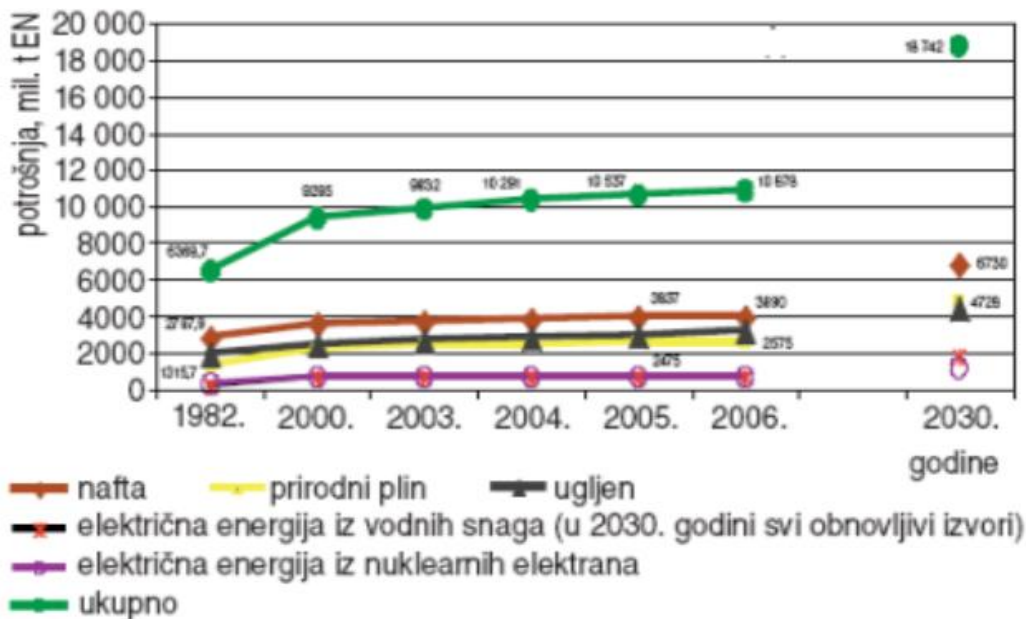
### 2.3. Ponuda i potražnja LNG-a u svijetu

Više od polovice današnje potrošnje energije u svijetu odnosi se na naftu i plin. U državama s rastućim gospodarstvom najviše raste potrošnja svjetske energije. Danas se LNG prevozi sve više zbog toga što raste potreba za tim plinom. Godine 2018. ukupne globalno prodane količine LNG-a dosegle su 316,5 milijuna tona, što je porast od 28,2 milijuna tona ili 9,6 % u odnosu na 2017. godinu i ujedno novi rekord u globalnoj trgovini LNG-om. Rastuća potražnja za LNG-om podudara se s povećanjem količine ponude iz Australije i SAD-a [6]. Prednosti prirodnog plina u odnosu na druge energente, prvenstveno naftu jesu sljedeće [4]:

- značajno manje onečišćenje okoliša
- gorivo visoke ogrjevnice
- moguće velike rezerve nalazišta prirodnog plina ispod 1000 metara.

Na slici 2. prikazana je krivulja potrošnje svjetske primarne energije od 1982. do 2006. godine s predviđanjima potrošnje u 2030. godini.

**Slika 2.** Krivulja potrošnje svjetske primarne energije od 1982. do 2006. godine s predviđanjima potrošnje u 2030. godini [7]

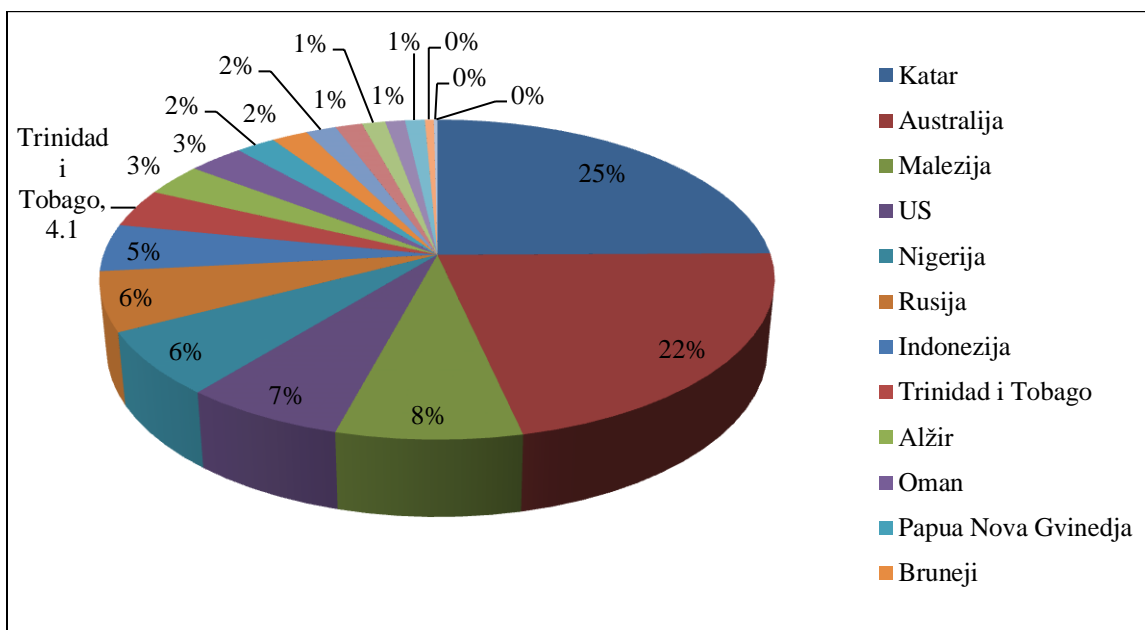


Prema podacima prikazanim na slici 2. vidljivo je da je prirodni plin treći izvor energije u svijetu u razdoblju od 1982. do 2006. godine, iza nafte i ugljena. Pri tome je u 2006. godini svjetska potrošnja energije u državama s rastućim gospodarstvima porasla za 6 %, a u razvijenim državama (zemljama članicama OECD-a) samo 0,9 % [7].

U svijetu najviše prirodnog ukapljenog plina izvoze one države koje imaju najveće rezerve tog plina. Države izvoznice LNG-a u 2018. godini prikazane su na grafikonu 1.

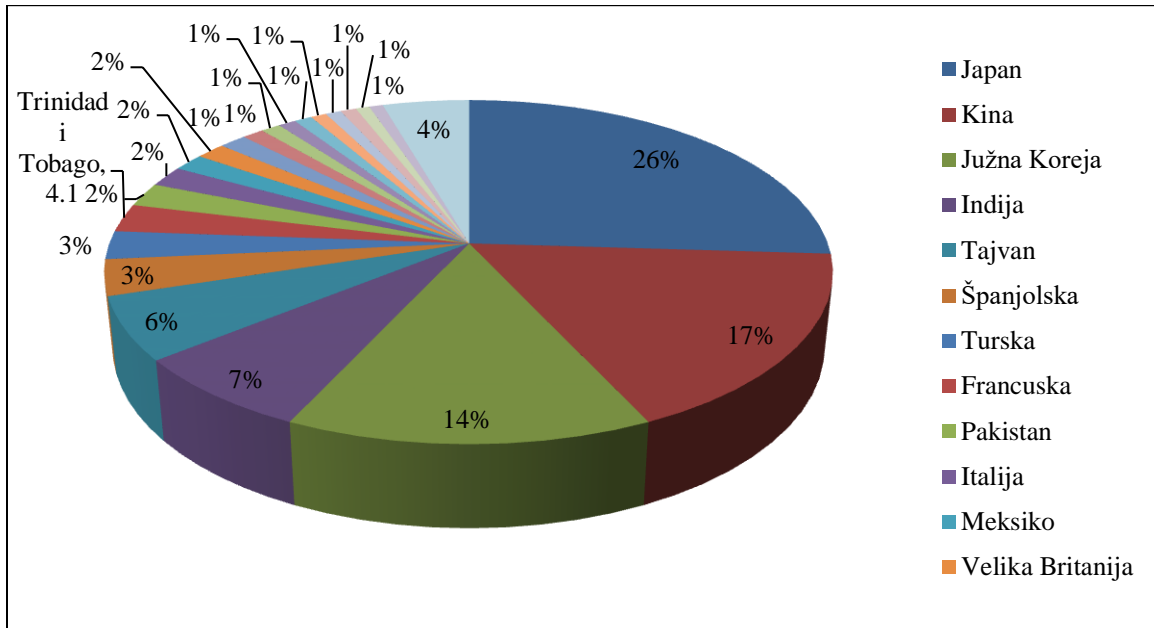


**Grafikon 1.** Države izvoznice LNG-a u 2018. godini [8]



Prema podacima prikazanim na grafikonu 1. vidljivo je da su u 2018. godini ukapljeni prirodni plin najviše izvozili Katar, Australija, Malezija, SAD, Nigerija i Rusija. Katar je s izvozom od 78,7 milijuna tona nastavio biti najveći izvornik ukapljenog plina, a tu poziciju drži više od desetljeća. Ipak, u 2018. godini udio Katara na globalnom tržištu pao je na nešto manje od 25 % (točnije 24,9 %) jer je proizvodnja prirodnog plina u Kataru ostala stabilna, dok je u nekim drugim državama proizvodnja prirodnog plina rasla. Tako je u Australiji drastično porasla proizvodnja prirodnog plina, pa je u 2018. godini Australija izvezla čak 68,6 milijuna tona prirodnog plina, što čini udio od 21,7 % [8]. Najveći uvoznici LNG-a u 2018. godini prikazani su na grafikonu 2.

**Grafikon 2.** Najveći uvoznici LNG-a u 2018. godini [8]



Prema podatcima prikazanim na grafikonu 2. najveći uvoznici LNG-a u 2018. godini jesu Japan, Kina, Južna Koreja, Indija, Tajvan i neke europske države (Španjolska, Turska, Francuska, itd.). Tako je Japan 2018. godine uveo 83,2 milijuna tona LNG-a, što čini udio od 25,4 %, a Kina tek 54,8 milijuna tona, odnosno 16,7 % od ukupnog uvoza LNG-a u 2018. godini [8]. Na slici 3. prikazane su zalihe plina u svijetu.

**Slika 3.** Zalihe plina u svijetu [7]



Prema podacima prikazanima na slici 3. vidljivo je da najveće zalihe plina posjeduju države na Bliskom istoku. Jedna od tih država je Irak koja ima oko 9 % svjetskih zaliha plina. Iran također drži oko 10 % svjetske zalihe plina. Velike rezerve plina posjeduje Rusija, a za tim državama slijede neke europske države. Pri tome Rusija ima najveće zalihe zemnog plina u svijetu. Zanimljivo je da su spomenute države u napetim odnosima sa SAD-om. Međutim, velike zalihe nafte ima i Saudijska Arabija. Točnije, ta država ima petinu svjetskih zaliha nafte te pete po veličini rezerve zemnog plina [7].

### 3. SPECIFIČNOSTI PRIJEVOZA LNG-a

Kako je već istaknuto, LNG se prevozi tankerima koji su posebno konstruirani za prijevoz takvog tereta. Osim toga, postoje posebni lučki i odobalni terminali za prihvatanje LNG-a. O svemu tome bit će više riječi u nastavku poglavlja.

#### 3.1. Lučki terminali za LNG

Lučki terminali za prihvatanje LNG-a jesu obalna postrojenja opremljena sustavima za uplinjavanje ili sustavima koji omogućuju daljnji prijevoz prirodnog plina u tekućem stanju [9]. Na slici 4. prikazan je lučki terminal za prihvatanje LNG-a.

**Slika 4.** Lučki terminal za uplinjavanje LNG-a [7]



U lučkim terminalima za prihvatanje LNG-a prirodni ukapljeni plin obično se prebacuje u izolirane spremnike koji su posebno konstruirani za skladištenje LNG-a. Ti spremnici moraju održavati nisku temperaturu na kojoj se prevozi LNG i trebaju minimizirati količinu isparenog plina kako tlak i temperatura ne bi porasli u spremnicima. Ispušteni plin se može skupiti i koristiti kao

gorivo u pogonu za prekrcaj i skladištenje LNG-a ili se može koristiti na LNG tankerima kao gorivo. Spremnici LNG-a mogu biti i na površini, ali obično se u lučkim terminalima za prihvatanje LNG-a koriste podzemni spremnici koji moraju čuvati LNG za buduću upotrebu i koji trebaju imati dobar sustav otpreme LNG-a. Prije eksploatacije energije iz LNG-a prirodni ukapljeni plin se treba zagrijati tako da se može koristiti za grijanje i proizvodnju električne energije [7].

### 3.2. Odobalni terminali za LNG

Terminali za ukrcanje LNG-a ne moraju biti nužno lučki. Danas postoje i LNG postrojenja za ukrcanje LNG-a koja su zapravo plutajući terminali, a koja su puštena u pogon 2005. godine. Takva su postrojenja bazirana na formi specijaliziranog LNG broda s većim skladišnim kapacitetom, a unaprijeđena su sustavom sidrenja i transfera LNG-a putem unutarnjeg STL (engl. *Submerged Turret Loading*) sidrenog sustava te cjelovitom instalacijom na palubi za regasifikaciju LNG-a [2].

Odobalni terminali za ukrcanje i iskrcanje LNG-a imaju određene prednosti u odnosu na prijevoz prirodnog plina dugačkim plinovodima koji se odvija na kopnu. To su sljedeće prednosti [10]:

- konkurentni troškovi u brojnim područjima dostave do potrošača
- odobalni terminali za LNG izgrađeni su u brodogradilištima
- različiti lobiji i društvene zajednice bore se protiv izgradnje terminala za ukapljeni plin na kopnu
- odobalni terminali za LNG ne narušavaju izgled obale i krajolik
- uvijek postoji mogućnost promjene lokacije odobalnih terminala
- manja nezgoda ili havarija na odobalnim terminalima za LNG nema utjecaj na lokalno stanovništvo, što ograničava pojavu određenih posljedica na ulagače (primjerice, nadoknadu štete, tužbe i sl.)
- znatno su manje mogućnosti terorističkih prijetoća na odobalnim terminalima za LNG
- izvođenje regulatornih obveza za odobalne terminale obično traje kraće od ishođenja dozvola za objekte koji se nalaze na kopnu.

Terminali za uplinjavanje imaju četiri temeljne funkcije [11]:

- prihvata brodova za transport LNG-a
- prekrcaj i skladištenje LNG-a
- uplinjavanje LNG-a s mogućnošću podešavanja njegova sastava
- isporuka ugovorenih količina plina u plinsku mrežu.

Osnovni elementi terminala za uplinjavanje jesu sljedeći [11]:

- pomorski objekti (uključujući sustav za iskrcaj)
- spremnici LNG-a
- elementi sustava za uplinjavanje
- pomoćna oprema i druga prateća infrastruktura.

Postoji više oblika odobalnih terminala za LNG [12]:

- brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje
- plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a
- gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a.

Ti se odobalni terminali analiziraju u nastavku.

### **3.2.1. Brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje**

LNG brodovi mogu biti brodovi za prijevoz LNG-a te brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje. Naime, obalni terminali za LNG su u svojem konvencionalnom obliku velika i složena industrijska postrojenja koja se grade na obalama i tako narušavaju okoliš, a uz to potrebno je dugo čekati na zadovoljavanje regulatornih obveza, pa se javila potreba za pronalaženjem jednostavnijih i fleksibilnijih rješenja za prihvata LNG-a. Takvo su rješenje upravo brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje (engl. *Liquefied natural gas regasification vessel* – LNG RV) [13]. Brod za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje prikazan je na slici 5.

**Slika 5.** Brod za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje [13]



Brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje su LNG tankeri koji su dodatno opremljeni sustavom za uplinjavanje LNG-a. Osim sustava za uplinjavanje LNG-a ti brodovi imaju i spremnike za LNG čiji kapacitet iznosi između 130 000 i 150 000 m<sup>3</sup>. Pri tome se mogu graditi novi LNG tankeri koji će imati i sustav za uplinjavanje LNG-a ili se na postojeće LNG brodove mogu nadograditi ti sustavi. Prema tome, riječ je o brodovima na kojima se ukapljeni prirodni plin uplinjava, odnosno mijenja iz tekućeg u plinovito stanje. LNG se dovodi do mjesta isporuke brodom za prijevoz LNG-a koji pristaju uz usidreni brod za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje. Dakle, može se reći da su brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje svojevrsni plutajući terminali [13].

Osim istaknutih prednosti, brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje imaju određene nedostatke. Naime, ograničen im je kapacitet uplinjavanja te je vrijeme istakanja prirodnog plina znatno duže u odnosu na klasične terminale, a i riječ je o relativno novoj tehnologiji. Osim toga, komplicirano je osiguranje neprestane isporuke plina u transportni sustav [10].

### 3.2.2. Plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a

Plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a (engl. *Floating Storage Regasification Unit – FSRU*) jesu terminali koji plutaju te su jednostrano ili dvostrano usidreni, dok su preko fleksibilnog cjevovoda priključeni na plinovod. LNG tanker dolazi do plutajućeg postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a te se LNG istakačkim rukama ili fleksibilnim crijevom prekrcava na taj plutajući terminal. Plutajuće postrojenje za skladištenje i uplinjavanje LNG-a prikazano je na slici 6.

**Slika 6.** Plutajuće postrojenje za skladištenje i uplinjavanje LNG-a [10]



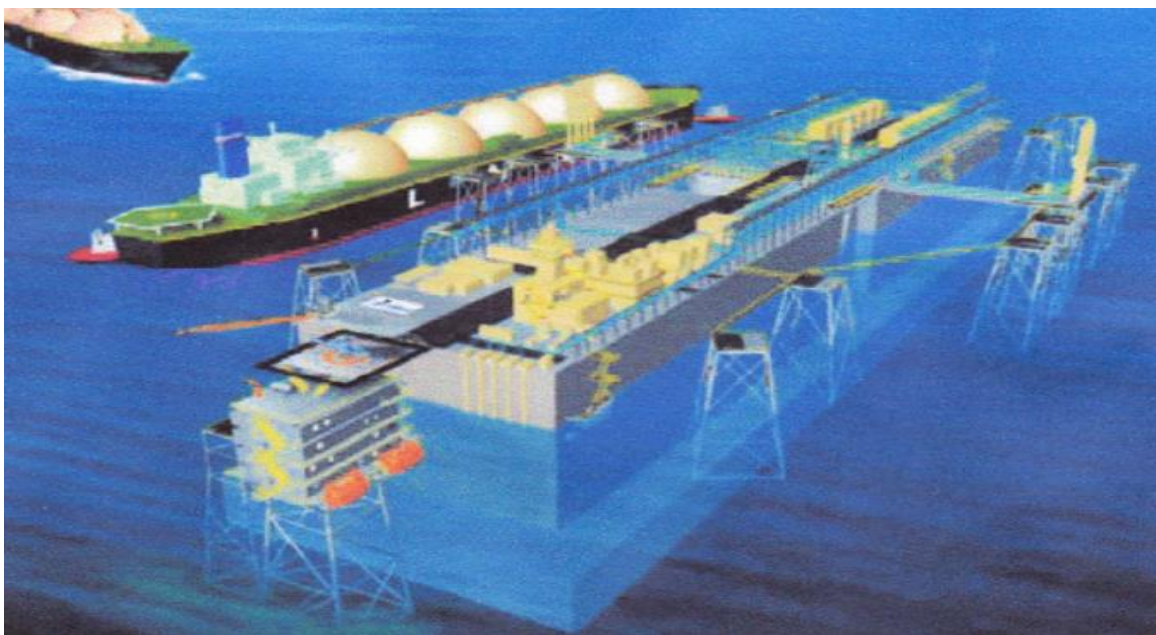
Na plutajućem postrojenju za skladištenje i uplinjavanje LNG-a ukapljeni prirodni plin se uplinjava i šalje u plinsku mrežu. Osim prenamjene sferičnih tipova brodova za prijevoz LNG-a u plutajuće terminale danas se izgrađuju nova plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a koja su većih dimenzija, imaju više skladišnog prostora i veći kapacitet uplinjavanja. Osim toga, nova plutajuća postrojenja su tehnološki naprednija od onih terminala koji se prenamjenjuju jer se pri izgradnji tih postrojenja koristi najnovija tehnologija [14].



### 3.2.3. Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a

Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a (engl. *Gravity Based Structure – GBS*) jesu terminali koji leže na betonskoj konstrukciji, poput umjetnog otoka te su u fiksnom položaju. Takve platforme izgledaju kao konvencionalni obalni prihvatni terminali za uplinjavanje LNG-a, ali imaju veći skladišni prostor i mogućnost korištenja uplinjivača otvorenog tipa. Osim toga, za gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a potrebne su manje dubine mora i relativno blagi maritimni uvjeti jer se pristajanje LNG tankera odvija uz fiksnu umjetnu obalu, ali u uvjetima otvorenog mora. Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a investicijski su najzahtjevniji odobalni terminali za LNG [14]. Gravitacijska prihvatna platforma sa sustavom za uplinjavanje LNG-a prikazana je na slici 7.

**Slika 7.** Gravitacijska prihvatna platforma sa sustavom za uplinjavanje LNG-a [15]



Konstrukcija gravitacijske prihvatne platforme mora biti od visokog kvalitetnog betona koji je velike čvrstoće i čelika otpornog na kriogenske tekućine (u slučaju LNG-a čelika koji je otporan na plin). Veličina platforme ovisi o kapacitetu spremnika za plin. Ti se spremnici nalaze unutar betonske platforme kako na njih ne bi djelovali nepovoljni vremenski utjecaji (primjerice, valovi,

vjetar, struje, kiša itd.). Kao i u slučaju brodova za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje i plutajućih postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a moguće je graditi nove gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a ili nadograditi postojeće platforme tako da se nove konstrukcije povezuju s postojećom platformom pomoću mosta. Takve konstrukcije mogu se prenamijeniti tako da svaka od njih ima svoju funkciju, pa jedan terminal može imati samo spremnike, dok drugi terminal može imati sustav za uplinjavanje [11].

### **3.3. Brodovi za prijevoz LNG-a**

Kako je već istaknuto, LNG se prevozi u posebnim tankerima, odnosno brodovima koji su posebno konstruirani za prijevoz LNG-a. Samim time ti brodovi moraju zadovoljiti određene sigurnosne standarde. Konstrukcija spremnika i pravila prijevoza LNG-a na posebnim brodovima strogo su određena. Izgradnja LNG brodova jako je složena te zahtijeva preciznu analizu i dobro razumijevanje brodske konstrukcije i spremnika koji se u njima nalaze [16].

#### **3.3.1. Specifičnosti brodova za prijevoz LNG-a**

Prema veličini se LNG brodovi mogu podijeliti u pet skupina, i to na male LNG brodove, konvencionalne LNG brodove (male i velike), Q-Flex brodove te Q-Max brodove. Podjela LNG brodova prema veličini prikazana je u tablici 2.

**Tablica 2.** Podjela LNG brodova prema veličini [17]

Vrsta LNG broda	Kapacitet (x 1.000 m <sup>3</sup> )	L(m)	B(m)	T(m)
Q-Max	< 260	345	53 - 55	12,0
Q-Flex	200 – 220	315	50.0	12,0
Veliki konvencionalni LNG brodovi	150 - 180	285 - 295	43 - 46	12,0
Mali konvencionalni LNG brodovi	120 - 150	270 - 298	41 - 49	< 12,0
Mali LNG brodovi	< 90	< 250	< 40	< 12,0

Do 2008. godine više od 80 % brodova svjetske flote činili su mali konvencionalni LNG brodovi, 15 % mali LNG brodovi, a manje od 5 % veliki konvencionalni LNG brodovi. Od 2008. do 2010. godine u svjetsku flotu uključeni su brodovi klase Q-Flex i Q-Max čiji je kapacitet od 210 000 do 217 000 m<sup>3</sup>, odnosno od 261 700 do 266 000 m<sup>3</sup>. Riječ je o najnovijim LNG brodovima, ujedno i najvećima koji plove svjetskim morima. Osim tih brodova u posljednjih nekoliko godina povećao se i broj velikih konvencionalnih LNG brodova čiji je kapacitet veći od 150 000 m<sup>3</sup> (ali ipak manji od kapaciteta Q-Flex i Q-Max brodova). Mali LNG brodovi danas su rijetki s obzirom na mali kapacitet tih brodova. Ipak, među malim LNG brodovima oni brodovi čiji je kapacitet do 30 000 m<sup>3</sup> dobivaju na važnosti jer se takvi brodovi koriste za prijevoz manjih količina LNG-a na kraćim udaljenostima, točnije unutar jedne regije [17].

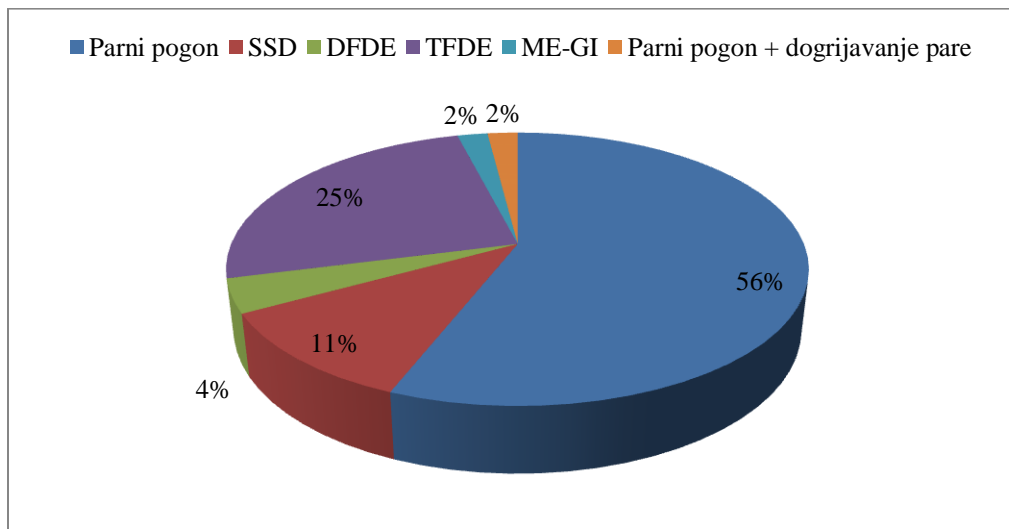
LNG brodovi se mogu podijeliti i s obzirom na brodski pogon koji se na njima koristi. Aktivni brodovi za prijevoz LNG-a imaju sljedeće sustave propulzije [18]:

- parnoturbinski sustav propulzije
- postrojenje sa sporohodnim dizelskim motorom – (engl. *Slow-Speed Diesel with BOG Re-liquefaction Plant – SSD*)

- dvo-gorivni dizel električni sustav (engl. *Dual-Fuel Diesel Electric* – DFDE)
- tro-gorivni dizel električni sustav (engl. *Tri-Fuel Diesel Electric* – TFDE)
- sporohodni dvo-gorivni dizelski motor (engl. *M-type, Electronically Controlled, Gas Injection* – ME-GI).

LNG brodovi starije generacije imaju pretežno parno-turbinski pogon. Na suvremenim LNG brodovima koji su se počeli graditi tijekom 2000-ih koriste se dizelsko-električna postrojenja na kojima se koriste dvije (DFDE), odnosno tri vrste goriva (TFDE). Najnoviji LNG brodovi imaju sporohodni dvo-gorivni dizelski motor (ME-GI). Pri tome LNG brodovi koji imaju parno-turbinski pogon troše značajno više goriva od brodova s dizelsko-električnim pogonom, pa su noviji LNG brodovi sa značajno ekonomičnijima sustavima propulzije. Iako su operativni troškovi i troškovi održavanja parnog sustava propulzije značajno niži u odnosu na druge sustave propulzije, prijelaz s parnih sustava na motore s unutarnjim sagorijevanjem dogodio se upravo zbog nastojanja brodara da smanje troškove prijevoza (potrošnju goriva tijekom transporta) i da riješe problem nastanka otparka. Naime, maksimalna efikasnost parnog sustava propulzije pri punom opterećenju je oko 30 do 35 %, a kako se opterećenje smanjuje, tako učinkovitost opada [18]. Sustavi propulzije aktivnih LNG brodova prikazani su na grafikonu 3.

**Grafikon 3.** Sustavi propulzije aktivnih LNG brodova [18]



Prema podacima prikazanima na grafikonu 3. vidljivo je da je više od polovice LNG brodova na parni pogon. Slijede LNG brodovi s TFDE sustavom, LNG brodovi sa SSD sustavom te brodovi s DFDE sustavom. Najmanji udio čine LNG brodovi s parnim pogonom uz dogrijavanje para i LNG brodovi s ME-GI sustavom.

S obzirom na karakteristike LNG-a pri projektiranju i gradnji LNG brodova te prijevozu LNG-a postoje određeni rizici koji utječu na specifičnosti brodova za prijevoz LNG-a. To su niske temperature, visoki tlakovi, zapaljivost i eksplozivnost (ako je koncentracija plina u zraku od 5 do 15 %), toksičnost te korozivnost. Stoga je 1973. godine Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization* – IMO) izdala Međunarodni kodeks o izgradnji i opremi brodova koji prevoze ukapljene plinove u rasutom stanju (engl. *The International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* – IGC kodeks) koji je naknadno uvršten u treći dio sedmog poglavlja SOLAS konvencije. Taj se kodeks odnosi na projektne i konstrukcijske standarde koji se primjenjuju na LNG tankere kako bi se zbog navedenih opasnosti tereta koji se prevozi tim brodovima smanjio rizik za brod, posao i okoliš. Pravila sadržana u tom Kodeksu, odnosno u SOLAS konvenciji koja se tiču LNG brodova odnose se na sljedeće [7]:

- sposobnost broda za preživljavanje
- opći plan i smještaj tankova na brodu
- projekt teretnih tankova
- sustav cjevovoda na brodu
- materijal za konstrukciju spremnika i opreme
- ventilacijski sustav teretnih spremnika
- sustav za regulaciju pritiska i kontrolu temperature
- električne instalacije
- protupožarni sustav na brodu
- zaštitu posade broda
- ograničenja u razinama krcanja teretnih tankova
- korištenje tereta kao pogonskog goriva (engl. *boil-off rate*)
- zahtjevi koje mora zadovoljiti oprema za rukovanje teretom.

Da bi mogao ploviti, brod za prijevoz prirodnog ukapljenog plina mora zadovoljiti pravila sadržana u SOLAS konvenciji. Osim toga, LNG brodovi trebaju zadovoljiti i standarde koje je odredilo Udruženje tankerskih brodara (engl. *Oil Companies Marine International Forum – OCIMF*). Kako bi se utvrdilo zadovoljavaju li potrebne uvjete LNG brodove često su izloženi pregledima koje je utvrdila tankerska industrija (engl. *Ship Inspection Report Programme – SIRE program*) ili su uvjeti za te preglede utvrđeni kroz interna pravila Udruženja tankerskih brodara [17].

Stupanj sigurnosti prijevoza LNG-a ovisi o kvaliteti broskog trupa, sustavu za skladištenje, opremi i stručnosti osoblja. Pri prijevozu LNG-a brodovima nužno je sljedeće [17]:

- LNG ne smije doći u kontakt s materijalima koji na temperaturi od  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  postaju lomljivi
- ne smije se dopustiti ulazak LNG-a u prostor sa zrakom jer će u tom slučaju doći do eksplozije
- iz područja gdje bi LNG i zrak mogli doći u kontakt trebaju se udaljiti svi zapaljivi izvori.

Dakle, prvo se pravilo odnosi na zahtjeve koji se tiču konstrukcije LNG tankera i odabira materijala koji se koriste na spremnicima za LNG na tankerima. Drugo pravilo vezano je za strujanje plina i tekućine kroz cjevovode, dok se treće pravilo odnosi na opasna mjesta na brodu na kojima se instalira specijalna električna oprema. Osim toga, određena su i pravila za postavljanje spremnika za prijevoz LNG-a na tankerima i za njegove dimenzije u odnosu na dimenzije tankera. Zbog toplinskog naprezanja uzrokovanog niskom temperaturom na kojoj se prevozi ukapljeni prirodni plin svi LNG brodovi imaju dvostruku oplatu jer se tako ograničava mogućnost oštećenja trupa broda, odnosno poboljšava se krutost tankera i stvara balastni prostor [3]. Isto tako, s obzirom na to da se na LNG brodovima prirodni plin prevozi u tekućem stanju ukapljeni prirodni plin može udarati u zidove spremnika u kojima se prevozi (engl. *sloshing – zapljuskivanje*) i tako uzrokovati oštećenja spremnika i crpki u sustavi s membranom. Kako bi se to spriječilo smanjuje se slobodna površina na gornjem i donjem dijelu spremnika, povećava se broj spremnika te se ojačava donji dio jednog ili dva spremnika. Tijekom prijevoza rizik od zapljuskivanja smanjuje se ograničavanjem razine LNG-a u spremnicima [2]. Kod sustava sa samostojećim prizmatičnim spremnicima zapljuskivanje se sprječava stavljanjem pregrada

unutar tih spremnika. S druge strane, LNG brodovi koji imaju sustave sa samostojećim sfernim spremnicima nemaju problema sa zapljuskivanjem zbog oblika tih spremnika [17].

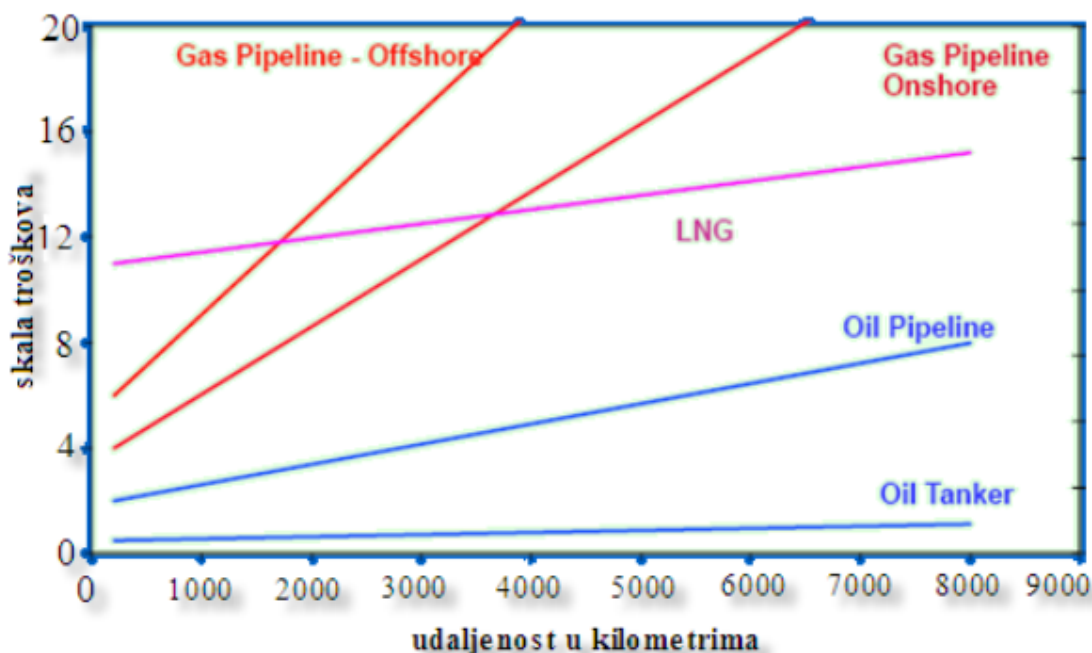
### 3.3.2. Prijevoz LNG-a brodovima

Plin se brodovima prevozi od polovice prošlog stoljeća. Točnije, prvi brod koji se koristio za prijevoz plina bio je brod *Nathalie O. Waren* još 1947. godine. Taj je brod imao 58 uspravno postavljenih spremnika za skladištenje plina. Prvi suvremeni brodovi za prijevoz LNG-a izgrađeni su 1964. godine. Riječ je o brodovima *Methane Princess* i *Methane Progress* koji su bili namijenjeni za putovanja na ruti između Alžira i Canvey otoka za tvrtku Shell tankers [19]. Time je započela međunarodna trgovina ukapljenim plinom. Od šezdesetih godina prošlog stoljeća do danas prijevoz LNG-a brodovima sve više raste [4], pa danas svjetskim morima plovi više od 500 LNG brodova.

Ukapljeni prirodni plin prevozi se potpuno rashlađen (na temperaturi od  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pod atmosferskim tlakom. Snižavanjem temperature dolazi se do povećanja gustoće plina, pa se u spremnicima istog kapaciteta može prevesti i više plina ako se plin prevozi po nižoj temperaturi. Prednost takvog načina prijevoza LNG-a je gradnja brodova s velikim kapacitetom za skladištenje LNG-a (kapacitetom većim od  $150\ 000\ \text{m}^3$ ). „Budući da je tlak u spremnicima za svega par stotina milibara viši u odnosu na tlak u okolini, konstrukcija nije toliko robusna pa je održavanje u usporedbi sa spremnicima pod tlakom povoljnije i lakše“ [16].

Kako je već istaknuto, prirodni plin se može isporučivati plinovodom (cjevovodom) kopnom ili LNG brodovima. Plinovodi su isplativiji za prijevoz prirodnog plina na kraćim udaljenostima, ali je iznad određene udaljenosti ekonomičnije prevoziti prirodni plin u tekućem stanju na posebno konstruiranim, LNG tankerima koji su opremljeni za prijevoz takvog tereta na većim udaljenostima, odnosno preko oceana. Dijagram usporedbe isplativosti prijevoza prirodnog plina LNG brodovima u odnosu na plinovode prikazan je na slici 8.

**Slika 8.** Dijagram usporedbe isplativosti prijevoza prirodnog plina LNG brodovima u odnosu na plinovode [7]



Prema podacima prikazanim na slici 8. vidljivo je da porast troškova prijevoza plinovodima kontinuirano raste s njegovom dužinom, pa je prijevoz prirodnog plina plinovodima ekonomičan samo na kraćim dionicama, dok je na dužim dionicama ekonomičnije prevoziti LNG tankerima za prijevoz LNG-a. Točnije, vidljivo je da je prirodni plin ekonomičnije prevoziti LNG brodovima kada je riječ o udaljenostima od 4000 kilometara i više.

### 3.3.3. Spremnici (tankovi) za prijevoz na LNG brodovima

Suvremeni brodovi za prijevoz LNG-a jesu brodovi s dvostrukim dnom. Ti se brodovi dijele prema tipu spremnika. Spremnici (tankovi) u kojima se prevozi ukapljeni prirodni plin na LNG brodovima posebno su konstruirani s obzirom na to da se u njima prevozi potpuno ohlađeni ukapljeni prirodni plin. Ti spremnici trebaju imati sljedeća obilježja [20]:

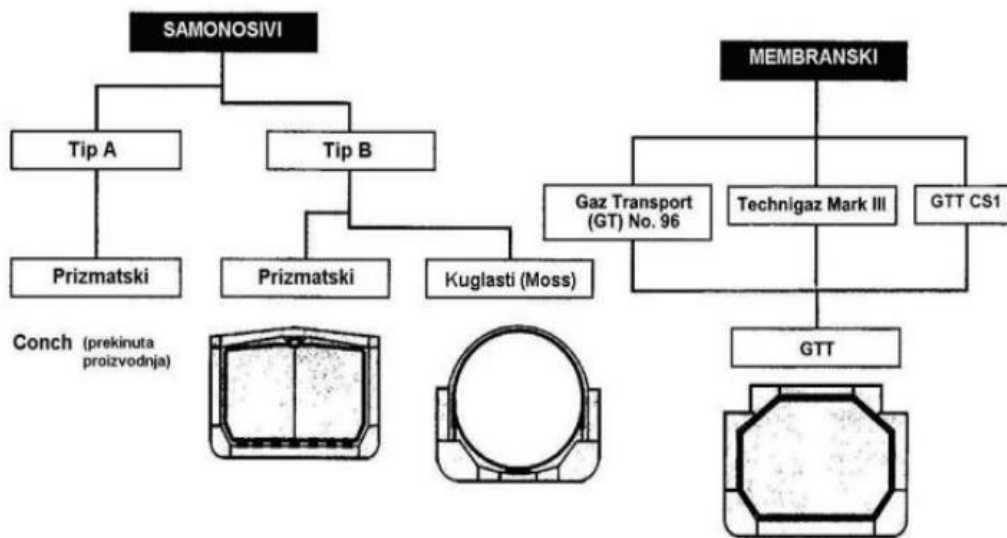
- zrakotijesnost – ne smije doći do miješanja plina i zraka ili gubitka ukapljenog prirodnog plina



- toplinsku izolaciju – na taj se način sprječava zagrijavanje ukapljenog prirodnog plina te rashlađivanje trupa broda, što bi moglo rezultirati kolapsom strukture broda
- veliku čvrstoću – LNG ima hidrostatski tlak, a u unutrašnjosti spremnika nastaje mali pretlak, pa je potrebno očuvati čvrstoću spremnika. Osim toga, može doći do sudara broda s drugim brodovima ili kopnom, pa je potrebno spriječiti oštećenje spremnika.

Spremnici za prijevoz LNG-a na brodovima dijele se na membranske i nezavisne (samonosive) spremnike. Membranski spremnici djelomično ili u cijelosti utječu na izolaciju broda, dok samonosivi spremnici u tome ne sudjeluju [19]. Klasifikacija spremnika za skladištenje LNG-a prikazana je na slici 9.

**Slika 9.** Klasifikacija spremnika za skladištenje LNG-a [20]



Spremnike je moguće podijeliti u sljedeće kategorije koje su određene u skladu s IGC kodeksom [17]:

- integralne spremnike (eng. *Integral tanks*) – spremnici su sastavni dio brodske strukture i izravno sudjeluju u čvrstoći trupa broda
- membranske spremnike (engl. *Membrane tanks*) – spremnici koji se sastoje od tankog sloja (membrane) koji se potpuno oslanja na izolaciju

- polumembranske spremnike (engl. *Semi-membrane tanks*) – nenosiva membrana tih spremnika djelomično se oslanja na izolaciju
- nezavisne (samonosive) spremnike (engl. *Independent tanks*) – spremnici koji ne sudjeluju u čvrstoći trupa broda i čija se membrana ne oslanja na izolaciju broda.

### 3.3.3.1. Integralni spremnici

Kako je istaknuto, integralni spremnici su sastavni dio brodske strukture te izravno sudjeluju u čvrstoći trupa broda. Projektni tlak obično ne prelazi vrijednost veću od 0,25 bara, ali pojačavanjem brodske strukture moguće ju je povećati do 0,7 bara. Integralni spremnici koriste se za terete kojima temperatura isparavanja nije niža od -10 °C [21].

### 3.3.3.2. Membranski spremnici

Membranski spremnici jesu spremnici kod kojih se membrana oslanja na izolaciju. Takvi spremnici osiguravaju manju visinu broda i površinu izloženu vjetru, veliku volumnu iskoristivost te manje troškove gradnje broda u odnosu na LNG brodove s nezavisnim spremnicima. Osim toga, brodovi s membranskim spremnicima imaju ravnu i slobodniju palubu koja više pogoduje instaliranju opreme. Sve to povlači za sobom i druge prednosti, kao što su niže lučke i kanalske pristojbe te manja snaga pogonskog stroja za postizanje iste brzine. Zbog istaknutih prednosti danas na tržištu postoji najviše LNG brodova s membranskim spremnicima. Ipak, treba spomenuti i nedostatke membranskih spremnika, a to je da se mogu puniti samo do 98,5% volumena, da je u tim spremnicima moguće zapljuskivanje tereta od stijenke spremnika (engl. *sloshing*) i da je veći rizik od oštećenja i probijanja spremnika pri sudaru ili nasukavanju [17].

Unutrašnjost membranskih spremnika je glatka i obložena je visokokvalitetnim čelikom koji je otporan na hrđu. „Membranske je spremnike patentirala francuska tvrtke Gaz Transport &

Technigaz (GTT) te se na tržištu LNG-izolacijskih sustava (i za pomorsku i za kopnenu primjenu) mogu naći u tri osnovne grupe: No96, Mark III i CS1“ [2].

#### *3.3.3.3. Polumembranski spremnici*

Polumembranski spremnici su spremnici napravljeni tako da se jednim dijelom putem izolacije naslanjaju na strukturu broda, dok drugim dijelovima povezuju prve i preuzimaju eventualne toplinske deformacije, točnije stezanje i primanje spremnika [21].

#### *3.3.3.4. Neovisni (samostojeći) spremnici*

Neovisni ili samostojeći spremnici su spremnici koji su neovisni o izolaciji i čvrstoći trupa broda. Njihova je konstrukcija teža i čvršća kako bi mogli izdržati tlak tijekom prijevoza LNG-a [2]. Samostojeći spremnici imaju dvostruku stijenku, točnije takav se spremnik sastoji od dva spremnika jedan u drugome. Vanjski spremnik u stalnom je doticaju s tekućim plinom te je neovisan o čvrstoći trupa broda, dok je unutarnji spremnik izgrađen od čelika legiranim s 9 % nikla ili od aluminijskog jer ti materijalni ostaju žilavi pri temperaturi od -161 °C na kojoj se transportira ukapljeni prirodni plin [22]. Izolacijski sloj smješten je između dva sloja stijenki, a izgrađen je od perlita [3].

Prednosti neovisnih spremnika u odnosu na membranske spremnike jesu manji rizik kod sudara i nasukavanja, manja količina izolacijskog materijala, brža gradnja, bolja mogućnost kontrole i bolji uvjeti izrade, punjenje bez ograničenja visine (najviše do 99,4 %), bolja mogućnost sakupljanja isparenog plina te smanjen utjecaj djelovanja slobodne površine tereta [17].

Među samostojećim spremnicima razlikuju se tipovi A, B i C. Spremnici tipa A projektiraju se prema pravilima klasifikacijskog društva, bez preciznog određivanja polja naprezanja. Takvi su spremnici najčešće prizmatičnog poprečnog presjeka jer svojim oblikom prate oblik skladišnog prostora, točnije broskog trupa kako bi se maksimalno iskoristio prostor za skladištenje LNG-a.

Međutim, kod tih spremnika postoji problem vezan za istjecanje LNG-a. Spremnici tipa B temelje se na točnim proračunima te modelskim i drugim ispitivanjima kako bi se što preciznije procijenio rizik od pojave i širenja pukotine na tim spremnicima, a samim time i istjecanja LNG-a. Ti spremnici mogu biti kuglasti ili prizmatski. Spremnici tipa C moraju zadovoljiti kriterije čvrstoće. Mogu biti cilindričnog ili sferičnog oblika [21].

### **3.3.4. Sustavi za LNG na brodovima**

Sustavi za LNG na brodovima dijele se na [3]:

- samostojeće sustave (prizmatične, cilindrične i sferične)
- membranske sustave (polumembranske i membranske sustave).

Pri tome se u prijevozu LNG-a tankerima široko primjenjuju sljedeća četiri sustava [3]:

- Sustav sa samostojećim sferičnim spremnicima – sustav se sastoji od samostojećih sferičnih spremnika naslonjenih na cilindrični nosač koji je zavaren za dno broda. Vanjski spremnik neovisan je o čvrstoći trupa broda, dok je unutarnji spremnik izgrađen od čelika legiranim s 9 % nikla ili od aluminijske legure (koji se danas češće koristi), dok je izolacijski sloj izgrađen od poliuretanske pjene.
- Sustav sa samostojećim prizmatičnim spremnicima – to je sustav sa spremnicima izgrađenima od aluminijske legure, pričvršćenima preko nosača na dvostruko dno broda i slobodno oslonjenima na dvostruku otplatu. Izolacija se sastoji od ploča ekspanzirane poliuretanske pjene.
- Membranski sustav GazTransport – membranski sustav koji se sastoji od dvije membrane izrađene od invara i dva sloja izolacije od drvenih kutija.
- Membranski sustav Tehnigaz - membranski sustav koji se sastoji od dvije membrane, dvostruke oplata i balastnih spremnika koji okružuju vanjsku membranu.

## **4. BRODARSKO TRŽIŠTE PRIJEVOZA LNG-A**

Tržište prijevoza LNG-a brodovima ima svoje specifičnosti u odnosu na druga tržišta u pomorskom prijevozu. Danas je brodarsko tržište prijevoza LNG-a prilično razvijeno s obzirom na to da raste potražnja za LNG-om i da su uočene prednosti tog plina u odnosu na druge energente. Osim potražnje, raste i ponuda LNG-a na globalnoj razini, kako je već prikazano u prethodnim poglavljima rada. Međutim, brodarsko tržište prijevoza LNG-a nije uvijek bilo razvijeno. Stoga se u ovom poglavlju rada analizira stanje na brodarskom tržištu za prijevozu LNG-a.

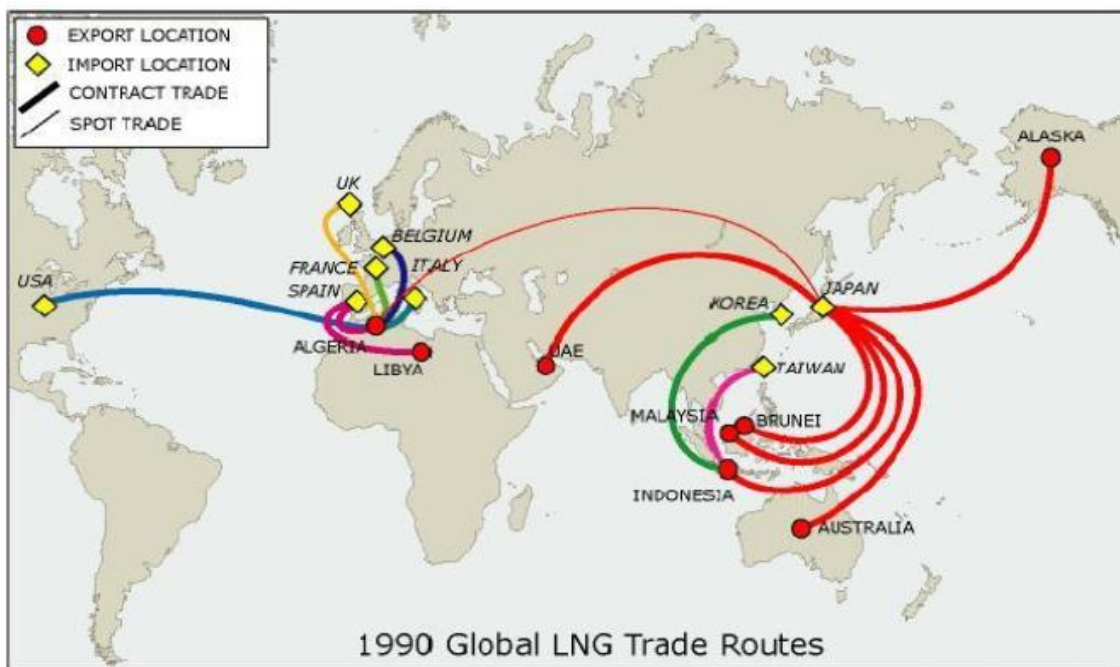
### **4.1. Stanje brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a**

U okviru stanja na brodarskom tržištu za prijevoz LNG-a analizira se razvoj tržišta, njegova struktura te vozarine na brodarskom tržištu za prijevoz LNG-a.

#### **4.1.1. Razvoj brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a**

Industrija za prijevoz LNG-a u pomorskom prometu razvijala se kao posebna tržišna niša. Naime, relativno mali broj prodavača LNG-a opskrbljivao je ukapljenim prirodnim plinom određena regionalna tržišta koristeći tradicionalni pristup tankerima namijenjenim dugoročnim trgovinskim ugovorima (obično su to ugovori na više od 20 godina). Početkom devedesetih godina prošlog stoljeća LNG se uglavnom prevozio između područja Atlantskog bazena i azijsko-pacifičkog tržišta. Ipak, između ta dva područja trgovina LNG-om bila je minimalna te nije imala nikakav ili je imala mali utjecaj na pomorsko tržište i cijene. Kapitalno intenzivni LNG projekti primoravali su investitore na zaključivanje dugoročnih ugovora s klijentima s ciljem minimiziranja rizika i osiguranja povrata na uloženo [23]. Rute na LNG tržištu 1990. godine prikazane su na slici 10.

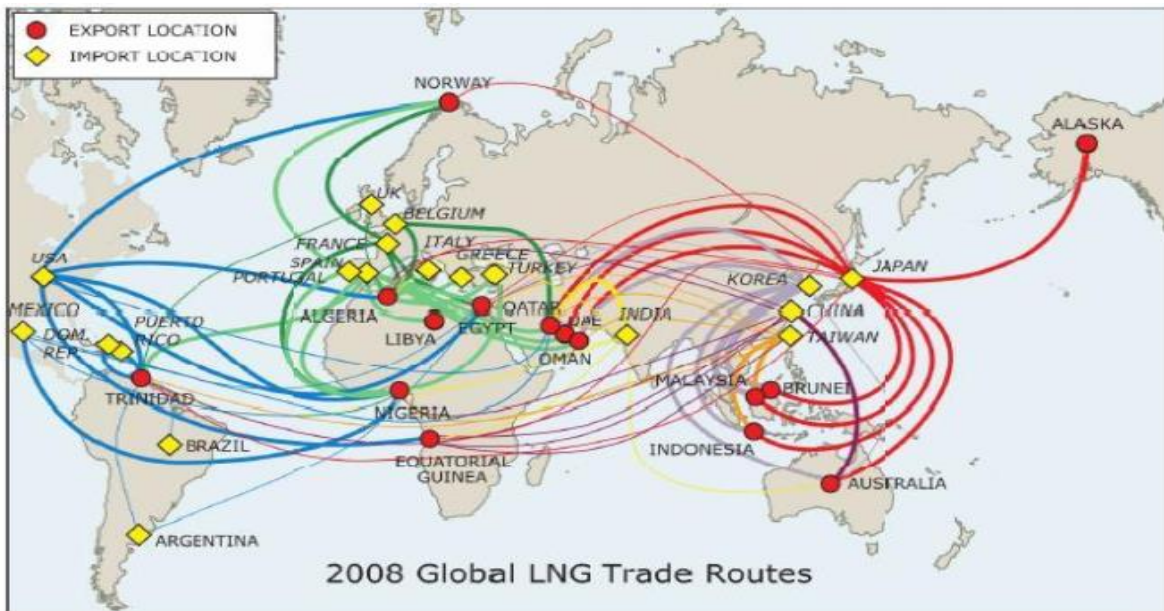
**Slika 10.** Brodarsko tržište za prijevoz LNG-a 1990. godine [23]



Prema podacima prikazanim na slici 10. vidljivo je da se 1990. godine LNG brodovima prevozio iz Ujedinjenih Arapskih Emirata, Australije, Indonezija, Bruneja, Aljaske i Libije u Japan, Tajvan, Koreju i europske države (Veliku Britaniju, Francusku, Belgiju, Španjolsku i Italiju). Prema tome, većina prikazanih ruta je međuregionalna. Osim toga, riječ je o rutama za koje su se sklapali dugoročni ugovori [23].

Međutim, s proširivanjem postrojenja za ukapljivanje ponuđen je veći višak volumena koji je ili učinkovito uklopljen u dugoročne ugovore i prodan istim kupcima ili je prodan na alternativnim tržištima. Kao posljedica potonjeg počelo se razvijati kratkoročno tržište i regionalizacija industrije se počela raspadati [23]. Kakvo je stanje brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a bilo 2008. godine prikazano je na slici 11.

**Slika 11.** Brodarsko tržište za prijevoz LNG-a 2008. godine [23]



Na slici 11. vidljivo je da u 2008. godini postoji mnoštvo kratkoročne trgovine LNG-om (te su kratkoročne trgovine na slici označene tankim linijama), dok takvih trgovanja nije bilo 1990. godine. Većina trgovanja je međuregionalna, odnosno trži se od sjeverne Afrike i Južne Amerike do azijsko-pacifičke regije. Države izvoznice i uvoznice LNG-a iste su kao i 1990. godine, ali su se tim državama priključile i brojne druge države. Sukladno tim novim oblicima trgovanja u promatranom osamnaestogodišnjem razdoblju brodarsko tržište za prijevoz LNG-a značajno se razvilo i prilagodilo. U 1997. godini kratkoročne transakcije LNG-a činile su samo 1,5 % međunarodne trgovine LNG-om. U naredne četiri godine obujam kratkoročnih transakcija porastao je šest puta te je u 2001. godini činio 7,8 % međunarodne trgovine. Krajem 2008. godine, pak, taj je udio iznosio 17,9 % [23].

Kratkoročna trgovina LNG-om ponovno je porasla u 2011. godini, uslijed šokova poput onih koje je proizvela katastrofa u Fukušimi te rasta proizvodnje plina iz škriljevca u SAD-u. Međutim, nakon toga kratkoročna trgovina stagnira do 2016. godine, jer je nova opskrba LNG-om uglavnom dolazila od projekata s dugoročnim ugovorima. Od tada se količina LNG-a kojom se trguje bez dugoročnih ugovora značajno povećala, i to za 19 % u 2017. godini te ponovno za 18 % u 2018. godini. Takav je rast djelomično uzrokovan povećanjem novih fleksibilnih ugovaranja projekata za ukapljivanje u Atlantskom bazenu, poput onih u SAD-u i Rusiji. Udio

LNG tržišnih ugovaranja bez dugoročnih ugovora dosegao je sad 31 % - otprilike 50 % više nego u 2018. godini. Tijekom proteklog desetljeća kratkoročno tržište LNG-a razvijalo se kao rezultat nekoliko ključnih čimbenika [8]:

- Rast LNG ugovora s destinacijskom fleksibilnošću, što je olakšalo preusmjeravanje na tržišta s većim cijenama.
- Porast broja izvoznika i uvoznika, što je pojačalo složenost industrije i uvelo nove razmjene i veze između kupaca i prodavača.
- Rast tvrtki s različitim marketinškim portfeljem o ulozi objedinitelja (veliki nakupci), omogućujući ustupanje dugoročnih ugovora udovoljenju raznim kratkoročnim i dugoročnim zahtjevima kupca.
- Iznenađne promjene u dinamici ponude ili potražnje, kao što je katastrofa u Fukushimi u Japanu ili nadomještanje dostave plinovodom u Jordanu.
- Pad konkurentnosti LNG-a u energetske konkurenciji, kao što je ugljen u elektroenergetskom sektoru (uglavnom u Europi) i plin iz škrljeva (sjever SAD-a), omogućujući oslobađanje količine plina za preusmjeravanje negdje drugdje.
- Razdoblja velikih razlika u cijenama u različitim bazenima kao ona u razdoblju od 2010. do 2014. godine, učinivši arbitražu cijena važnom i unosnom strategijom unovčavanja.
- Brži vremenski okvir razvoja i niži početni kapitalni troškovi za FSRU u usporedbi s obalnim uplinjavanjem, omogućujući novim tržištima da uđu na uvozno tržište LNG-a
- Veliki rast LNG flote, posebno brodova naručenih bez dugoročnog *chartera*, što je ponekad dopuštalo prijevoz između bazena po niskim troškovima.

U 2018. godini kratkoročna trgovina LNG-om dosegla je 96 milijuna tona ili 29,9 % ukupnog bruto trgovanog LNG-a (uključujući ponovni izvoz). Kao i u 2017. godini, rast kratkoročne trgovine potpomognut je novim *start up* projektima za ukapljivanje u Atlantskom bazenu. Mnogi projekti u Atlantskom bazenu koji su se pojavili na mreži u posljednje dvije godine imaju fleksibilne odredišne ugovore s trgovcima ili trgovcima na veliko, s velikim portfeljem LNG-a. To je u suprotnosti s marketinškom strukturom projekata započelih u Pacifičkom bazenu između 2014. i 2016. godine, uglavnom ugovaranim dugoročnim ugovorima izravno s krajnjim korisnicima [8].

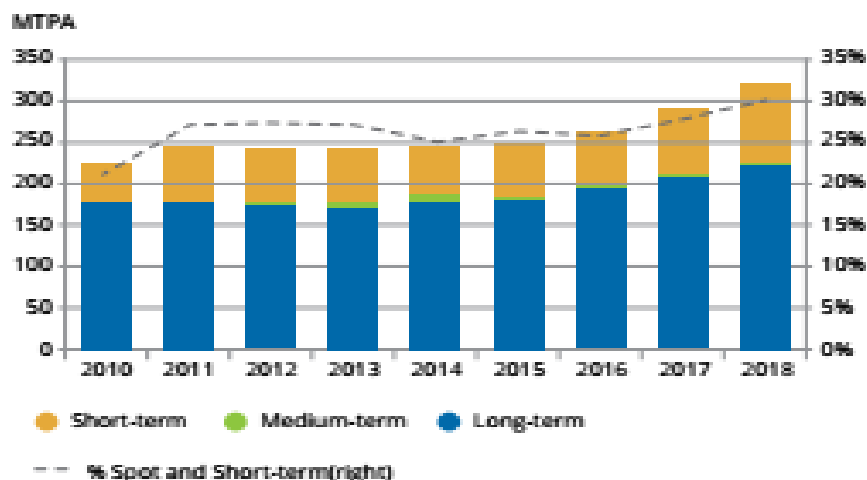


Treba spomenuti i trgovinu sa srednjoročnim ugovorima (ugovorima od dvije do pet godina) koji imaju samo manji udio u cjelokupnoj nedugoročnoj trgovini LNG-om. Tako je srednjoročna trgovina LNG-om dosegla svoj vrhunac u 2014. godini sa 7,1 milijuna tona te je od tada padala do 2018. godine, kada je dosegla razinu od 3 milijuna tona. Takvi podatci nisu obvezni znak pada privlačnosti srednjoročnih ugovora. Naprotiv, volumen srednjoročnog LNG-a ugovorenog za isporuku u 2018. godini povećan je za 26 % u odnosu na prethodnu godinu. Razlog očitog pada srednjoročne trgovine jest taj što su mnoge tradicionalne trgovačke tvrtke koje su ranije djelovale samo na *spot* tržištu (tržištu za kratkoročnu isporuku robe) počele potpisivati srednjoročne ugovore kao prodavatelji, iako nastavljaju s potražnjom na kratkoročnim pošiljkama kako bi ih ispunile. Stoga se srednjoročni ugovori sve više izvršavaju kratkoročnim količinama [8].

Ukupna trgovina LNG-om nedugoročnim ugovorima (obuhvaća količine LNG-a kojima se trguje na temelju ugovora kraćih od pet godina ili na *spot* tržištu) u 2018. godini dosegla je 99 milijuna tona, što je porast od 14,5 milijuna tona u odnosu na 2017. godine. Udio nedugoročne trgovine LNG-om porastao je za 2 % te je činio visokih 31 % ukupne bruto trgovine LNG-om u 2017. godini. Udio nedugoročne trgovine u ukupnoj bruto trgovini LNG-om vjerojatno će rasti i u narednom razdoblju [8].

Iako se razvilo kratkoročno i srednjoročno tržište, i dalje se održalo dugoročno tržište [23]. Naprotiv, udio na dugoročnom tržištu LNG-om posljednjih nekoliko godina raste, pa je u 2018. godini doživio svoj vrhunac kada se promatra razdoblje od 2010. do 2018. godine. U 2018. godini dugoročna trgovina LNG-om dosegla je količinu od 226,5 milijuna tona, što je 71,56 % od ukupne količine LNG-a kojom se trgovalo u 2018. godini [8]. Kratkoročna, srednjoročna i dugoročna trgovina LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine prikazana je na slici 12.

**Slika 12.** Kratkoročna, srednjoročna i dugoročna trgovina LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine [8]



Prema podacima prikazanim na slici 12. vidljivo je da se u razdoblju od 2010. do 2018. godine povećavala ukupna trgovina LNG-om. Osim toga, očit je porast kratkoročne, ali i dugoročne trgovine, dok se srednjoročna trgovina LNG-om, kako je već istaknuto, u promatranom razdoblju smanjivala.

#### 4.1.2. Struktura brodarskog tržišta za prijevoz LNG-a

Tržište LNG-a razvijalo se dugo kao oligopolno tržište na kojem je dominiralo nekoliko velikih naftnih i plinskih kompanija koje su bile pod državnom kontrolom ili su ih regulirale države te nekoliko neovisnih brodovlasnika. Kao dio globalnog trenda privatizacije energetske tržišta na transformacije koje se odvijaju na tržište LNG-a snažno utječu deregulacija i liberalizacija. Danas neki neovisni brodovlasnici surađuju s prodavačima LNG-a ulaganjem u projekte za ukapljivanje. Neke druge brodarske tvrtke s kupcima ulažu u proizvodnju uvoznih terminala ili čak preuzimaju ulogu rashladnih terminala pretvarajući brodove u plutajuće jedinice za proizvodnju ili uplinjavanje plina [24].

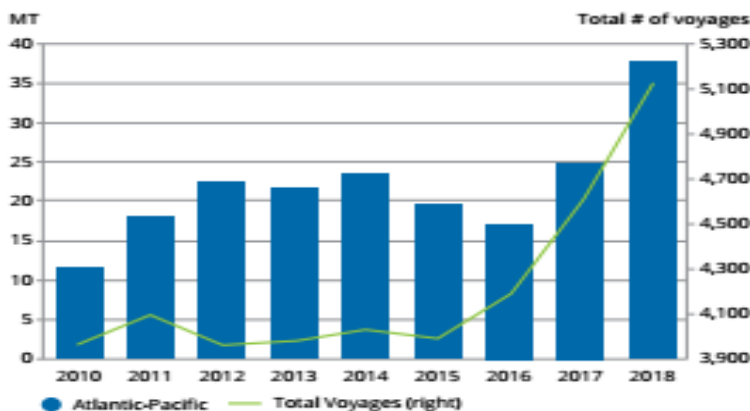
Dominacija nekoliko velikih država koje su imale monopol nad tržištem LNG-a, jer su bogate plinom (kao što je Katar), s vremenom je počela opadati. Međutim, Katar je ipak tijekom

posljednjeg desetljeća ostao vodeći izvoznik LNG-a. Među prvih deset najvećih brodovlasnika LNG brodova nalaze se četiri neovisna brodovlasnika, a to su NYK, MOL, Teekay i K-line. Ipak, na tržište ulazi sve više pojedinačnih brodarskih tvrtki, iako je dio brodskih kapaciteta tih tvrtki u zajedničkom vlasništvu ili s prodavačima ili s kupcima. Tek je manji dio postojeće LNG flote u potpunom vlasništvu pojedinih brodovlasnika [23].

#### 4.1.3. Vozarine na brodarskom tržištu za prijevoz LNG-a

Tijekom 2018. godine LNG brodovi ostvarili su 5119 putovanja. To je porast od 8 % u odnosu na 2017. godinu. Treba napomenuti da broj putovanja koje su ostvarili LNG brodovi neprestano raste jer azijsko i europsko tržište ostvaruju novu opskrbu iz novih kapaciteta za ukapljivanje prirodnog plina koji se neprestano grade. Povijesno se trgovina LNG-om uglavnom odvijala na regionalnoj osnovi duž poznatih ruta koje su određene dugoročnim ugovorima, iako je naglo širenje trgovine LNG-om u posljednjem desetljeću dovelo do sve veće diverzifikacije trgovinskih putova. S novim kapacitetima za ukapljivanje prirodnog plina u SAD-u zbog proširivanja Panamskog kanala trgovina LNG-om unutar Atlantsko-pacifičkog bazena je u porastu. Točnije, u 2018. godini trgovina LNG-om je na tom području porasla za 13 % u odnosu na 2017. godinu [8]. Trgovina LNG-om unutar Atlantsko-pacifičkog bazena u odnosu na ukupnu trgovinu LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine prikazana je na slici 13.

**Slika 13.** Trgovina LNG-om unutar Atlantsko-pacifičkog bazena u odnosu na ukupnu trgovinu LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine [8]

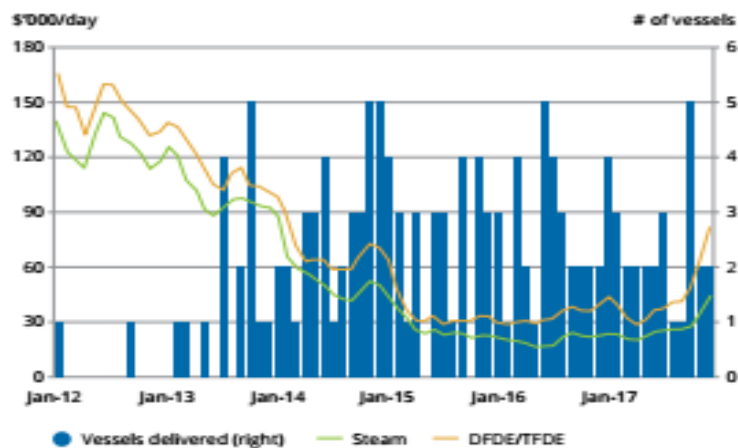


U 2018. godini prosječan broj putovanja po tankeru bio je 10,5 putovanja, dok je u 2017. godini broj putovanja iznosio 11 po tankeru. Dani plovidbe bili su viši u 2018. godini, prosječno 14 dana plovidbe u odnosu na 13 dana 2017. godine. To odgovara povećanju križanja trgovine u Atlantsko-pacifičkom bazenu – veća udaljenost plovidbe rezultira manjim brojem dovršenih putovanja. Suprotno tome, iskorištenost brodova bila je na najvišoj razini u 2011. godini nakon katastrofe u Fukušimi, koja je zahtijevala značajne dodatne količine LNG-a proizvedene iz Atlantskog bazena. Snažna trgovina u Atlantsko-pacifičkom bazenu nastavila se i u naredne tri godine. Međutim, udaljenost plovidbe u Atlantsko-pacifičkom bazenu opteretila je globalnu flotu LNG-a, a to je dovelo do povećanja cijene najma za LNG brodove i do povećanih narudžbi za novogradnjom [8].

Vozarine za LNG tankere u prva dva mjeseca 2018. godine iznosile su oko 76 000 američkih dolara dnevno. Tijekom proljeća i ljeta 2018. godine spustile su se na cijenu od 56 000 američkih dolara dnevno, ali to je i dalje bila viša cijena u odnosu na 2017. godinu. U posljednjem tromjesečju 2018. godine, pak, vozarine LNG brodova dosegle su vrhunac koji je u jednom trenutku iznosio rekordnih 195 500 dolara po danu, ali je prosjek cijene bio oko 150 000 dolara dnevno. Naime, tijekom zime na sjevernoj polukugli trgovina LNG-om obično se intenzivira zbog visoke potražnje, rezultirajući rastom potražnje za brodskim prostorom i posljedično višim vozarinama. Ovako visoke vozarine potaknute su stvaranjem zaliha za zimu u Aziji, a i plutajući skladišni terminali rezultirali su time da su se zalihe punile brže od očekivanog, uzrokujući kašnjenje u iskrcaju tereta (okupirajući brodski prostor na duže razdoblje, što je dovelo do smanjenja slobodnog kapaciteta na tržištu broskog prostora). Za vrijeme povećanja *spot* vozarina (vozarina za zaključke broda kraće od tri mjeseca) Europa je imala najveći jednomjesečni uvoz LNG ikad, s obzirom na to da je rast troškova prijevoza učinio putovanja na azijska tržišta manje poželjnima trgovcima iz Atlantskog bazena. Trgovce bez vlastite flote, koji su trebali čarterovati brodove ugovorima na putovanje, visoki troškovi trgovine između bazena naveli su da se okrenu prema Europi jer je razlika svih troškova i prihoda od prodaje bila povoljnija. Međutim, rekordni rast vozarina za LNG tankere koji je zabilježen u posljednjem tromjesečju 2018. godine bio je kratkog vijeka jer su cijene ubrzo pale, pa je u siječnju 2019. godine vozarina za LNG brodove iznosila u prosjeku oko 74 000 dolara po danu [8]. Prosječne

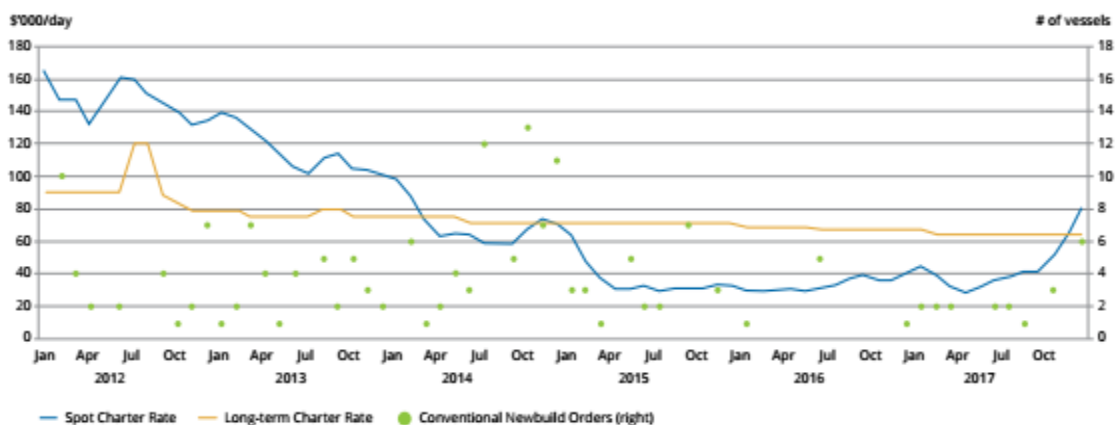
cijene vozarina LNG brodova u odnosu na isporuke brodova u razdoblju od 2012. do 2018. godine prikazane su na slici 14.

**Slika 14.** Prosječne cijene vozarina LNG brodova u odnosu na isporuke brodova u razdoblju od 2012. do 2018. godine [8]



Prema podacima prikazanima u tablici 14. vidljivo je kako su u siječnju 2012. godine vozarine za LNG brodove bile visoke, a kako je isporuka LNG brodova bila niska. U narednim godinama rastu isporuke brodova, pa se i cijena vozarine LNG brodova znatno smanjuje. Procijenjene vozarine za dugoročne i kratkoročne ugovore u odnosu na narudžbe LNG novogradnje u razdoblju od 2012. do 2018. godine prikazane su na slici 15.

**Slika 15.** Procijenjene vozarine za dugoročne i kratkoročne ugovore u odnosu na narudžbe LNG novogradnje u razdoblju od 2012. do 2018. godine [8]



Prema podacima prikazanim na slici 15. vidljivo je od 2013. godine porast kapaciteta za ukapljivanje prirodnog plina zaostajao za priljevom novih LNG brodova, pa su brojni brodovi bili dostupni, a cijene njihova najma niske, iako sezonalnost trgovine LNG-om obično dovodi do porasta vozarina tijekom zime i ljeta (kada je sezona grijanja, odnosno hlađenja). Kontinuirani priljev novih brodova zadržao je vozarine nižima do 2017. godine, ali je u zimu 2017. i 2018. godine, kako je već istaknuto, porasla cijena vozarina zbog porasta potražnje za LNG-om na razine koje nisu dostignute od početka 2014. godine [8].

Oscilacije u cijeni vozarina LNG brodova u 2018. godini zadale su glavobolje onim brodovlasnicima koji nisu na vrijeme unajmili brodove za prijevoz LNG-a. Međutim, tradicionalni brodovlasnici su često skloni dugoročnom najmu, odnosno unajmljuju LNG brodove na nekoliko godina, jer im se tako smanjuju troškovi i pruža mogućnost financiranja gradnje novih brodova. Kratkoročni najam brodova previše je rizičan upravo zbog ovakvih oscilacija u cijenama. Međutim, i tradicionalni brodovlasnici skloni su davati LNG brodove u podnajam konkurenciji i tako ostvariti profit. Kratkoročnom podnajmu LNG brodova sklone su energetske kompanije i trgovačke tvrtke [25].

Treba napomenuti i da je prijevoz LNG-a iznimno skup, odnosno da je LNG jedan je od najskupljih oblika prijevoza energenata, pa su troškovi prijevoza LNG-a značajno veći od prijevoza sirove nafte (i do deset puta veći) i LPG-a (dvostruko veći) [26]. Samim time vidljivo je zašto su cijene vozarina važne za daljnji razvoj trgovine LNG-om.

Dakle, vozarine LNG brodova oscilirale su u proteklom desetljeću, s time da su u posljednjem tromjesečju 2018. godine bile na rekordnoj razini, s obzirom na to da je bila zima i da je potražnja za LNG-om bila značajno povećana. Vozarine utječu na cijenu najma brodova, a osim toga značajno visoka vozarina može uvelike smanjiti financijski profit koji ostvaruje brodovlasnik. Isto tako, vozarine utječu na to da se LNG u određenim razdobljima vozi LNG brodovima na kraćim rutama, čime brodovlasnik smanjuje troškove. Njihov je profit ionako ugrožen zbog činjenice da je prijevoz LNG-a sam po sebi jedan od najskupljih oblika prijevoza nekog energenta, a visoke vozarine samo im stvaraju dodatne probleme. Međutim, povećane narudžbe i isporuke novih LNG brodova koji se grade u azijskim brodogradilištima utječu na

cijenu vozarina, točnije umanjuju je. A s obzirom na to da postoji potreba za LNG-om i da na tom tržištu postoji ne samo mogućnost razvoja, već i potreba za tim razvojem i da se profit može ostvariti, brodovlasnici naručuju nove LNG novogradnju od azijskih brodogradilišta.

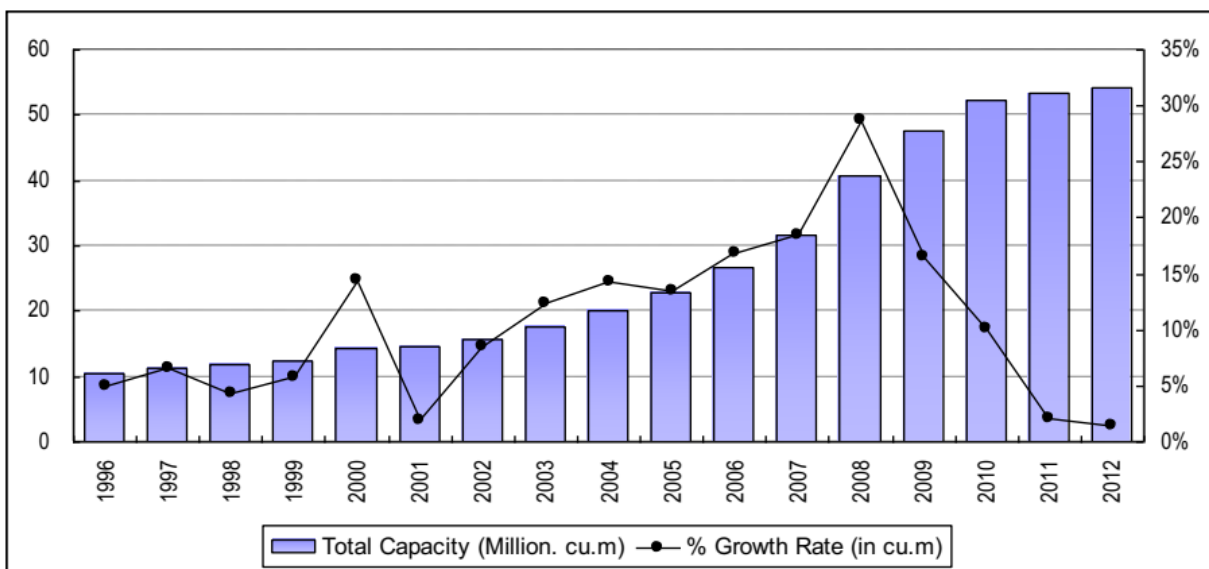
## 4.2. LNG brodovi – ponuda

Osim stanja na brodarskom tržištu LNG-a analizira se i stanje LNG flote, s time da se posebno analizira stanje LNG novogradnje, polovnih LNG brodova te LNG brodova za rezanje.

### 4.2.1. Stanje flote LNG brodova

Broj LNG brodova neprestano se povećava, posebno u posljednjih nekoliko godina zbog rasta potražnje za LNG-om. Kako se broj LNG brodova kretao u razdoblju od 1996. do 2012. godine prikazano je na slici 16.

**Slika 16.** Stanje LNG flote u razdoblju od 1996. do 2012. godine [23]



Prema podacima prikazanima na slici 16. vidljivo je da je razvoj svjetske flote LNG brodova dosegao vrhunac u 2008. godini, kada je isporučeno 49 novih LNG tankera, što je povećanje od 29 % u odnosu na 2007. godinu. U 2010. godini aktivna flota LNG-a brojila je 353 LNG tankera čiji je ukupni kapacitet bio 50 milijuna m<sup>3</sup>. Međutim, u 2009. godini ponuda brodskih kapaciteta nadmašila je ponudu za LNG-om, pa u narednim godinama dolazi do smanjenja stope rasta LNG flote [23].

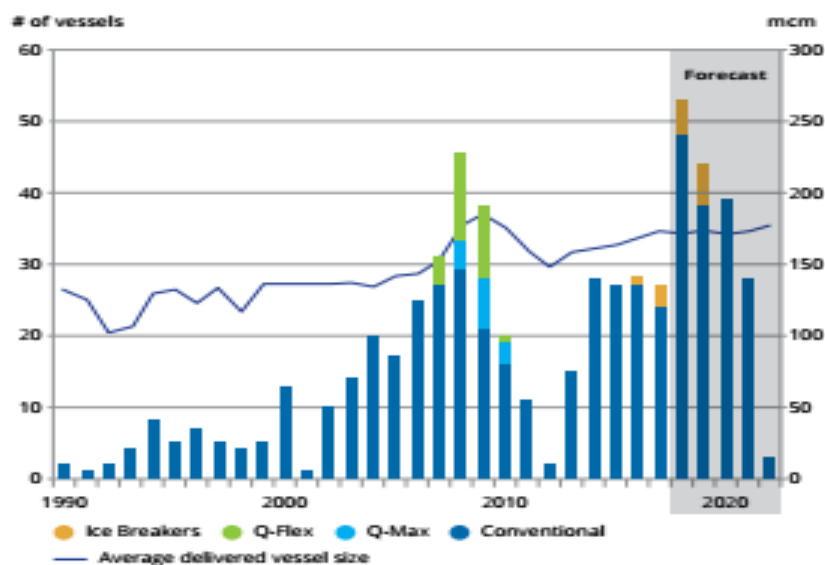
U LNG floti je do kraja 2018. godine bilo ukupno 525 brodova, uključujući brodove koji aktivno plove i brodove koji ne plove, ali su na raspolaganju za rad i plovila koja djeluju kao FSRU. Od ukupne LNG flote u 2018. godini bilo je 31 FSRU i pet plutajućih skladišnih jedinica. Ukupna LNG flota je u 2018. godini porasla za 11,5 % u odnosu na 2017. godinu te su floti dodana još 53 prijevoznika, uključujući četiri FSRU-a. Globalni rast LNG flote u skladu je s 26,2 MTPA novih kapaciteta za ukapljivanje u 2018. godini [8].

Tržište brodova nastavilo je s izgradnjom nove tonaže u 2018. godini, čime je nastavljen rast započet početkom 2013. godine spekulativnim narudžbama novogradnji. Međutim, kako rastom novih LNG kapaciteta dolazi do novih isporuka brodova, učinak pritisaka koji je veliki broj novogradnji imao na vozarine od 2013. godine trebao bi se olakšati [8].

Prosječni kapacitet skladištenja na LNG prijevoznicima također se povećavao tijekom godina, potpomognut težnjom za postizanje ekonomije razmjera izgradnjom sve većih plovila početkom 2010-ih, što se odrazilo na izgradnju katarske flote Q-Max i Q-Flex. Isporuke novih brodova i narudžbe za novogradnju zabilježene tijekom 2018. godine ukazuju na to da je optimalan LNG tanker veličine od 170 000 do 180 000 m<sup>3</sup>, što se poklapa s gornjim granicama za novo širenje Panamskog kanala. Međutim, 2018. godine Južna Koreja predstavila je novi dizajn Neopanamaxa za LNG brod kapaciteta 200 000 m<sup>3</sup>. Prosječni kapacitet novogradnji LNG-a isporučenih tijekom 2018. godine bio je malo iznad 171 000 m<sup>3</sup> [8]. Globalna LNG flota po godini isporuke u odnosu na prosječnu veličinu plovila prikazana je na slici 17.



**Slika 17.** Globalna LNG flota po godini isporuke u odnosu na prosječnu veličinu plovila [8]



Prema podacima prikazanim na slici 17. vidljivo je da je veličina novih LNG brodova u razdoblju od 1990. do 2020. godine varirala, pri čemu su najveća plovila isporučena 2010. godine (iznosila je oko 190 000 m<sup>3</sup>). Posljednjih godina veličina LNG plovila iznosila je od 170 000 do 180 000 m<sup>3</sup>, a isto je predviđeno i za razdoblje do 2020. godine. Što se tiče vrsta LNG brodova, u razdoblju od 2008. do 2010. godine povećao se broj Q-Flex i Q-Max brodova. Posljednjih godina, ipak, raste broj konvencionalnih LNG tankera te je zabilježen manji broj novih ledolomaca. Ti ledolomci mogu ljeti prevoziti LNG rutom po Sjevernom moru, a zimi zapadnom rutom do europskih terminala, uključujući Zeebrugge i Dunkirk [8].

Ipak, rekordni broj LNG brodova u 2018. godini nije dovoljan zbog rasta potražnje i ponude za LNG-om. Stoga se u narednih nekoliko godina očekuje daljnji rast flote LNG-a.

#### 4.2.2. Tržište LNG novogradnje

Od početka 21. stoljeća narudžbe novogradnje su značajno varirale, ovisno o tome kakva su bila tržišna očekivanja i globalna gospodarska kretanja. Kada je rasla potreba za LNG-om, rastao je i broj narudžbi LNG novogradnji, a kada je potražnja bila zadovoljena, broj narudžbi se

smanjivao. Broj narudžbi i kapacitet LNG novogradnji u razdoblju od 2000. do 2018. godine prikazan je na slici 18.

**Slika 18.** Broj narudžbi i kapacitet LNG novogradnji u razdoblju od 2000. do 2018. godine [27]

	Cbm	Ships
2000	2,334,224	17
2001	3,574,503	26
2002	1,972,148	14
2003	2,934,074	20
2004	9,940,342	66
2005	7,489,377	43
2006	6,049,231	31
2007	4,197,061	24
2008	969,241	6
2009	142,741	1
2010	1,964,348	13
2011	7,527,720	49
2012	5,481,558	34
2013	5,518,446	35
2014	11,157,622	69
2015	3,903,963	25
2016	903,550	7
2017	3,173,000	22
2018	11,593,794	75

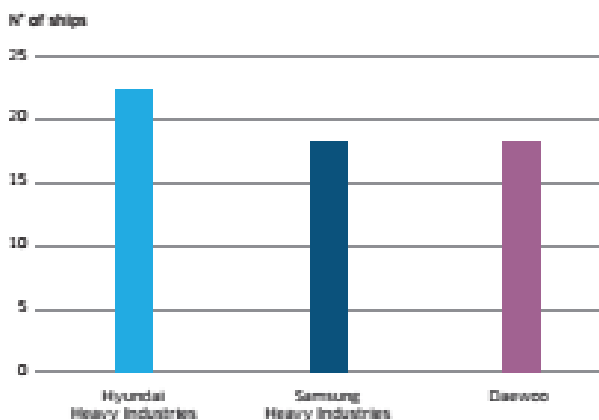
Prema podacima BRS Grupe koji su navedeni na slici 18. vidljivo je da je najveća potražnja za LNG novogradnjom zabilježena 2004., pa 2014. godine, dok je najveći broj novih LNG brodova naručen 2018. godine.

U 2018. godini isporučeno je 48 novih LNG tankera prosječne veličine oko 171 500 m<sup>3</sup>, pri čemu nijedan od tih brodova nije imao kapacitet manji od 150 200 m<sup>3</sup>. Krajem 2018. godine bilo je naručeno još 118 LNG tankera za koje se očekuje da će biti isporučeni do 2022. godine. Od toga je 57 LNG tankera i dva FSRU-a bilo naručeno samo tijekom 2018. godine, što je porast od čak 195 % u odnosu za narudžbe ostvarene tijekom 2017. godine. Takav porast narudžbi za nove LNG brodove uzrokovan je isporučiteljima LNG-a koji naručuju brodove za novi kapacitet ukapljivanja i špekulativnim narudžbama brodovlasnika. S rastućim sudjelovanjem trgovaca koji

posluju kratkoročno i sve većom nepopularnošću odredišnih klauzula u ugovorima o LNG-om, trgovina LNG-om postaje dinamičnija i zahtijevat će više tonaže za isporuku usluga [8].

Prema podacima koje navodi BRS Grupa, u 2018. godini bila su naručena 61 nova LNG broda veća od 100 000 m<sup>3</sup> (točnije, dva broda više od podataka koji se spominju u Svjetskom izvješću za LNG objavljenom 2019. godine, a koji se odnosi na 2018. godinu). To je blizu rekorda od 64 nova LNG broda koja su naručena tijekom 2014. godine. Pri tome su sve narudžbe ostvarene u sljedeća tri južnokorejska brodogradilišta: Hyundai Heavy Industries (HHI), Samsung Heavy Industries (SHI) i Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME). LNG narudžbe prema brodogradilištima u 2018. godini prikazane su na slici 19.

**Slika 19.** LNG narudžbe prema brodogradilištima u 2018. godini [27]



Prema podacima prikazanim na slici 19. vidljivo je da je u 2018. godini HHI primio narudžbe za 23 nova LNG broda, a SHI za 20 novih LNG brodova. Treba napomenuti da su narudžbe za nove brodove primljene od 19 različitih brodovlasnika. Pri tome su najviše brodova naručili TMS Cardiff Gas (koji je naručio ukupno osam novih LNG brodova, i to po četiri nova broda od HHI i SHI), NYK, Flex LNG i Gaslog (koji su naručili po sedam novih brodova od južnokorejskih brodogradilišta u 2018. godini) [27].

Treba napomenuti da su, prema podacima BRS Grupe, u 2018. godini naručena i tri nova LNG broda manja od 100 000 m<sup>3</sup>. Točnije, JOVO je naručio dva broda od 80 000 m<sup>3</sup> od japanskog

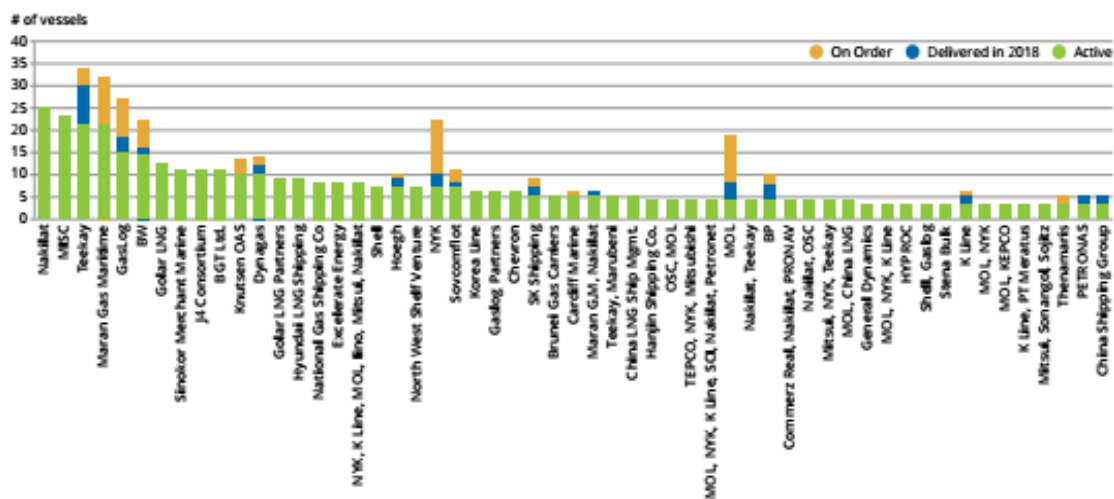
brodogradilišta Jiangnan, dok je Knutsen naručio jedan LNG brod od 30 000 m<sup>3</sup> od južnokorejskog brodogradilišta Hyundai Mipo) [27].

Osim zbog porasta potražnje za LNG-om i potrebe da se poveća postojeća flota, brodovlasnici naručuju nove brodove i zato što im se kupnjom takvih brodova dugoročno omogućuju određene uštede. Naime, pokazalo se da čak i uz visoke cijene vozarina LNG brodova brodovlasnici mogu ostvariti veći profit, i to tako što će uštedjeti na gorivu i njegovoj potrošnji. Naime, DFDE/TFDE tankeri troše i do 30 % manje sirove nafte kada plove brzinom od 18 čvorova, a neki noviji XDF i ME-GI LNG tankeri troše još i manje goriva [8].

Rast narudžbi za novogradnju započeo je sredinom 2017. godine, a taj se trend nastavio i u 2018. godini, posebno jer se prva generacija LNG tankera sada smatra potencijalnim kandidatima za otpad ili konverziju. Mogućnost kašnjenja tržišta isporuke za razdoblje nakon 2022. godine zadržat će zamah na tržištu novih brodova u 2019. godini, jer su vlasnici LNG brodova već u siječnju 2019. godine napravili niz narudžbi za LNG novogradnju [8].

Mnoge neovisne brodarske kompanije poduzele su korake kako bi drastično povećale svoju LNG flotu nakon nuklearne krize u Fukušimi. Tradicionalni vlasnici LNG-a obično su naručivali novogradnje kada su imali dugoročne ugovore, dok su špekulativne narudžbe prepuštene vlasnicima tržišnih niša. Međutim, danas i tradicionalni vlasnici brodova preuzimaju špekulativne narudžbe novih LNG brodova. Od 118 novih LNG brodova koji su naručeni, 22 % narudžbi vezano je za tvrtke koje se tradicionalno smatraju proizvođačima LNG-a (PETRONAS, Yamal LNG itd.), ali s obzirom na to da na tržište LNG-a neprestano ulaze nove tvrtke teško je napraviti takvu razdiobu. Tradicionalni LNG kupci čine 35 % narudžbi novih LNG brodova, a preostale narudžbe tvrtke s više tržišnih strategija, uključujući trgovce i veletrgovce [8]. LNG flota prema odgovarajućim kategorijama krajem 2018. godine prikazana je na slici 20.

Slika 20. LNG flota prema odgovarajućim kategorijama krajem 2018. godine [8]



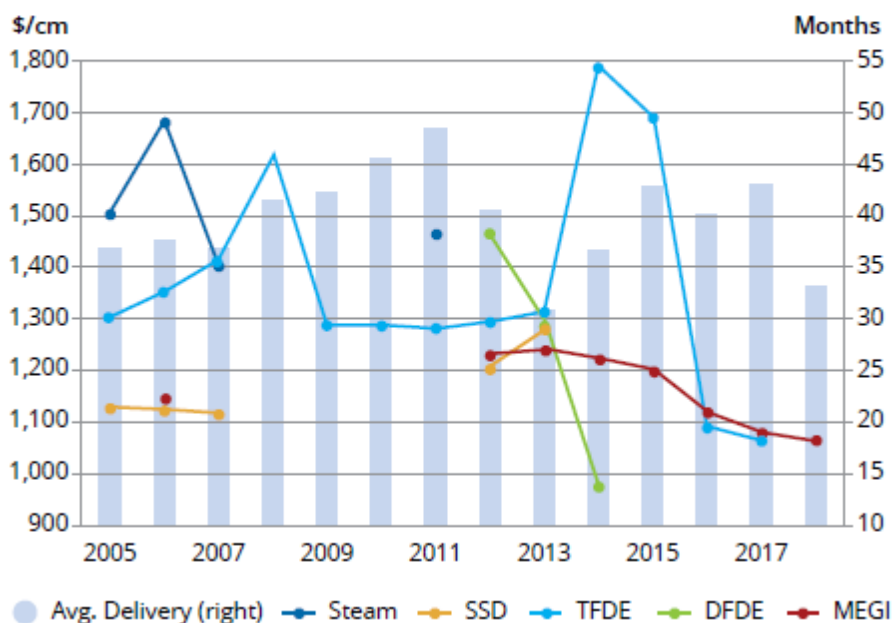
Note: The above graph only includes shipping groups that have three or more active vessels.

Prema podacima prikazanim na slici 20. vidljivo je da je Nakilat bila tvrtka s najvećim brojem LNG brodova (25 brodova) do 2018. godine, ali je Teekay u 2018. godini dobio pet novih LNG brodova, pa je njegova flota porasla na 30 LNG brodova, čime je s trećeg mjesta po broju LNG brodova izbio na prvo mjesto. Vidljivo je da će se flota LNG brodova koju ima Teekay i dalje povećavati jer je tvrtka naručila još novih LNG brodova koji tek trebaju biti isporučeni. Opasno joj se približava GasLog koja čeka narudžbu od desetak novih LNG brodova. Pri tome Nakilat i MISC u 2018. godini nisu dobili nijedan novi brod, niti su imali narudžbe za nove brodove. Veći broj novih brodova čeka i BW Grupa, Golar LNG, NYK i MOL.

Što se tiče cijena LNG novogradnje, tijekom 2000-ih troškovi gradnje LNG broda bili su oko 1300 američkih dolara po m<sup>3</sup>. Međutim, brzi rast potražnje za LNG brodovima od 2014. godine uvjetovao je porast troškova cijene novogradnje tih brodova, pa je 2014. godine prosječna cijena za novi LNG brod iznosila 1770 dolara po m<sup>3</sup>. Ipak, to se uglavnom odnosilo na LNG ledolomce koji su skuplji od drugih LNG brodova. U 2017. godini troškovi LNG novogradnje smanjili su se na 1057 dolara po m<sup>3</sup>. Pri tome treba napomenuti da se LNG brodovi uglavnom rade u Južnoj Koreji i da se tamo nalaze najveća brodogradilišta LNG brodova. Tako su u 2018. godini južnokorejska brodogradilišta uspjela osigurati narudžbe za 65 velikih LNG tankera [27]. Međutim, korejska brodogradilišta imala su visoku cijenu brodogradnje, pa je to motiviralo

japanska i kineska brodogradilišta da izađu kao konkurenti na tržište gradnje LNG brodova. U 2018. godini troškovi LNG novogradnje iznosili su 1069 dolara po m<sup>3</sup> [8]. Prosječno trajanje isporuke LNG novogradnji i troškova po kubičnom metru u razdoblju od 2005. do 2018. godine prikazani su na slici 21.

**Slika 21.** Prosječno trajanje isporuke LNG novogradnji i troškova po kubičnom metru u razdoblju od 2005. do 2018. godine [8]



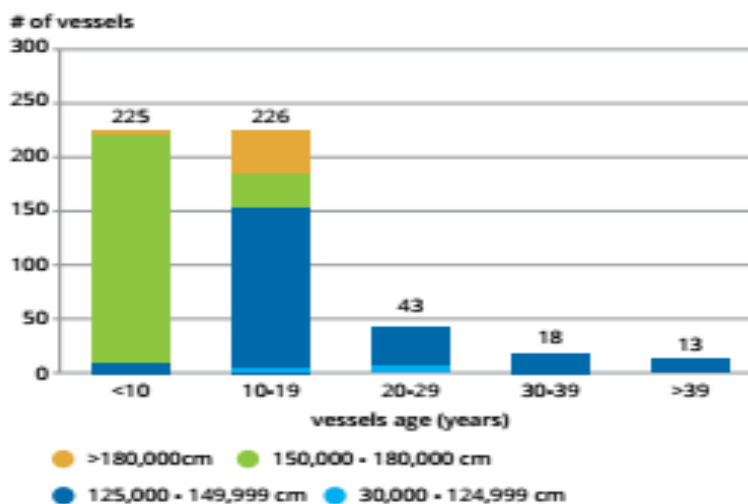
Prema podacima prikazanim na slici 21. vidljivo je da vrijeme isporuke novog LNG broda ovisi o vrsti pogona LNG broda. Od trenutka narudžbe do isporuke novog LNG broda obično je prolazilo 30 do 50 mjeseci. Međutim, početkom 2000-ih kada su prvi put naručeni LNG brodovi s DFDE (engl. *dual fuel diesel electric*) pogonskom tehnologijom brodogradilišta su produžila vrijeme isporuke radi prilagodbe novim brodskim specifikacijama. Tako su LNG brodovi s DFDE pogonskom tehnologijom isporučeni između 2006. i 2010. godine imali vrijeme isporuke do 50 mjeseci, ali se to nakon 2010. godine smanjilo na 37 mjeseci. Osim toga, treba napomenuti da se u slučaju narudžbe LNG broda blizanca rok isporuke može značajno skratiti, odnosno takav se brod može isporučiti za manje od dvije godine jer takve narudžbe brodova uključuju minimalne promjene dizajna [8].

Prema svemu što je istaknuto u tržištu LNG novogradnje vidljivo je da u posljednjih nekoliko godina raste broj narudžbi za LNG brodove. S obzirom na to da je takav porast uzrokovan povećanom potražnjom za LNG-om, kao i visokim cijenama najma i troškovima koji se mogu smanjiti korištenjem novijih LNG brodova za prijevoz, očito je da će se takav rast nastaviti i u narednim godinama, i to barem do trenutka kada ponuda brodskih kapaciteta ne zadovolji ponudu za LNG-om.

#### 4.2.3. Tržište polovnih LNG brodova

Što se tiče tržišta polovnih LNG brodova, kako je već istaknuto, podatci pokazuju da je u 2018. godini bilo 525 LNG brodova, od čega je te godine isporučeno 48 novih LNG brodova. LNG flota aktivnih brodova prema starosti i kapacitetu prikazana je na slici 22.

**Slika 22.** LNG flota aktivnih brodova prema starosti i kapacitetu [8]



Veličina LNG broda može uvelike varirati ovisno o starosti broda i potrebama onoga tko koristi brod. Početkom 2010. godine bila su popularna plovila s velikim kapacitetom, ali su nedavne isporuke obuhvaćale brodove s kapacitetom od 170 000 m<sup>3</sup>. Prije uvođenja Q-klase u razdoblju od 2008. do 2010. godine standardna veličina LNG brodova bila je između 125 000 i 150 000 m<sup>3</sup>. Do kraja 2018. godine 43 % aktivnih prijevoznika LNG-a imalo je kapacitet LNG brodova

unutar tog raspona. Međutim, 46 % tržišta činili su LNG brodovi s kapacitetom od 150 200 do 180 000 m<sup>3</sup>, što je najčešća veličina LNG brodova u postojećoj LNG floti. Konvencionalne novogradnje isporučene tijekom 2018. godine imale su prosječnu veličinu od 171 500 m<sup>3</sup>, a niti jedno od 48 plovila nije imalo kapacitet manji od 150 200 m<sup>3</sup>. Q-Flex (od 210,000 do 217,000 m<sup>3</sup>) i Q-Max (od 261,700 do 266,000 m<sup>3</sup>) koji čine katarsku Q-klasnu nude najveći raspoloživi kapacitet. Klasa Q (ukupno 45 plovila) na kraju 2018. godine činila je 9 % aktivne LNG flote i 12 % ukupnog transportnog kapaciteta LNG-a [8].

Što se tiče starosti LNG brodova, prema podacima prikazanim na prethodnoj slici vidljivo je da je 225 brodova ili 42,85 % od brodova koji čine aktivnu LNG flotu mlađe od 10 godina. Podjednaki udio u aktivnoj LNG floti obuhvaćaju brodovi stari od 10 do 19 godina (226 brodova ili 43,05 %). U skupini od 20 do 29 godina u 2018. godini bila su aktivna 43 LNG broda 8,19 % od ukupnog broja LNG brodova, u skupini od 30 do 39 brodova 18 LNG brodova ili njih 3,43 %, dok je 13 LNG brodova ili njih 2,48 % bilo starije od 39 godina. Prema tome, vidljivo je da su LNG brodovi pretežito starosti do 20 godina.

Cijene rabljenih brodova značajno ovise o vozarinama kao cijenom pomorsko-prijevozne usluge. Vrijednost rabljenih brodova ovisi o njihovom komercijalnom potencijalu (očekivanoj zaradi njihovom eksploatacijom), njihovoj dobi i fizičkom stanju, cijeni novogradnje te vrijednosti rabljenog broda u slučaju prodaje rezalištu za staro željezo [28]. Na vrijednost rabljenih brodova utječe i inflacija. Njezin je utjecaj veći što je brod stariji. Čimbenik koji utječe na vrijednost rabljenih brodova je i brodareva vizija budućih kretanja, odnosno njegova očekivanja koja značajno ubrzavaju promjene u tržišnim točkama prekretnicama [29].

Kako je već istaknuto, u određenim trenucima u posljednjih nekoliko godina vozarine za LNG tankere bile su visoke zbog povećane potražnje za LNG-om. Stoga su u određenim trenucima raspoloživi polovni brodovi za prodaju bili skuplji od novogradnji u brodogradilištima. Međutim, novogradnja se mora čekati i nekoliko godina dok ne bude isporučena naručitelju, a polovni brodovi mogu početi ostvarivati profit odmah nakon realizirane kupnje. Nažalost, nisu pronađeni podatci koji upućuju na to koliko je u određenom razdoblju (u proteklih nekoliko godina) bila cijena rabljenog LNG broda po m<sup>3</sup>, vjerojatno zato što cijene nisu objavljivane javno, već su



ostale poslovna tajna između kupca i prodavača. Osim toga, ako se i sazna kolika je bila cijena određenog rabljenog LNG broda prilikom njegove prodaje, riječ je o tek jednom brodu, pa se ne može govoriti o nekoj prosječnoj cijeni rabljenih LNG brodova.

Uz istaknuto, treba ponovno napomenuti da se kupovinom novih LNG brodova smanjuju troškovi i za 30 % jer bolja tehnologija dovodi do uštede operativnih troškova (manje potrošnje goriva), a kupovinom nekih vrsta LNG brodova čak i više od toga, pa je očito zašto tržište polovnih LNG brodova nije dovoljno razvijeno. Dugoročno gledano, isplativije je naručiti novi LNG brod nego kupiti polovni.

#### **4.2.4. Tržište LNG brodova za rezanje**

Svi brodovi imaju prirodni, fizički tijek trajanja. Danas se smatra da je brod star nakon 15 godina eksploatacije [30]. Nakon određenog vremena više se ne isplati održavati stare brodove, već se oni prodaju rezalištima starog željeza (ako se ne mogu prodati drugim kupcima ili ako bi cijena u tom slučaju bila niža od cijene koju brodovlasnik može postići ako brod proda rezalištu). Međutim, ponekad nepovoljne prilike na pomorskom tržištu prisiljavaju vlasnike brodova da prodaju svoje brodove rezalištima i prije njihove uobičajene starosti.

Među čimbenicima koji utječu na donošenje odluke o slanju broda u rezalište izdvajaju se ekonomski, fizički, socijalni i tehnološki čimbenici. Što se tiče ekonomskih čimbenika, današnje tržište je otvoreno i vrlo kompetitivno. To dovodi do toga da brojni brodovi ne mogu konkurirati, pa su vlasnici brodova prisiljeni na njihovu prodaju. Nadalje, kako brodovi stare, tako neprestano rastu troškovi njihova pregleda, održavanja i osiguranja. Osim toga, na pomorskom tržištu ponekad vladaju izrazito nepovoljne prilike, odnosno troškovi održavanja broda postaju viši od prihoda koje će vlasnik broda ostvariti. Osim ekonomskih, treba spomenuti i fizičke čimbenike. Kako je već istaknuto, s vremenom brodovi stare i prirodno dolazi do njihova isteka korištenja. U procesu iskorištavanja broda dolazi do njegova trošenja, uništavanja te opadanja vrijednosti i njegove proizvodnosti. Što se tiče socijalnih čimbenika, neki brodovi imaju zabranu plovljenja jer u određenom trenutku više ne zadovoljavaju određene međunarodne zakone kojima je

propisano kako se brodovi trebaju graditi i koji brodovi mogu ploviti. Nadalje, napredak tehnologije i gradnje brodova je tehnološki čimbenik koji utječe na odluku o slanju broda u rezalište. Naime, grade se sve bolji brodovi, pa tako oni stariji brodovi nisu više toliko učinkoviti kao novi. Isto tako se mijenjaju i preferencije vezane za tip broda i njegovu veličinu [31]. Stoga u određenom trenutku vlasnik broda dotrajale brodove stavlja u raspremu i prodaje brodove rezalištima starog željeza u trenutku kada je cijena rabljenih brodova niža od cijene koju će dobiti kada dotrajali brod proda u rezalište.

Što se tiče LNG brodova za rezanje, podatci za 2018. godinu pokazuju da je 41 tanker za prijevoz ukapljenog plina (engl. *liquefied gas tanker*) poslan u rezališta starog željeza. To je 5,51 % od ukupnog broja brodova koji su u 2018. godini poslani u rezališta (od ukupno 744 broda). Međutim, nije specificirano koliko je među tim tankerima bilo LNG tankera. Stoga se pokazuju podatci koji se odnose na tankere za prijevoz ukapljenog plina [32]. U tablici 3. prikazani su rashodovani tankeri za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini s obzirom na starost broda.

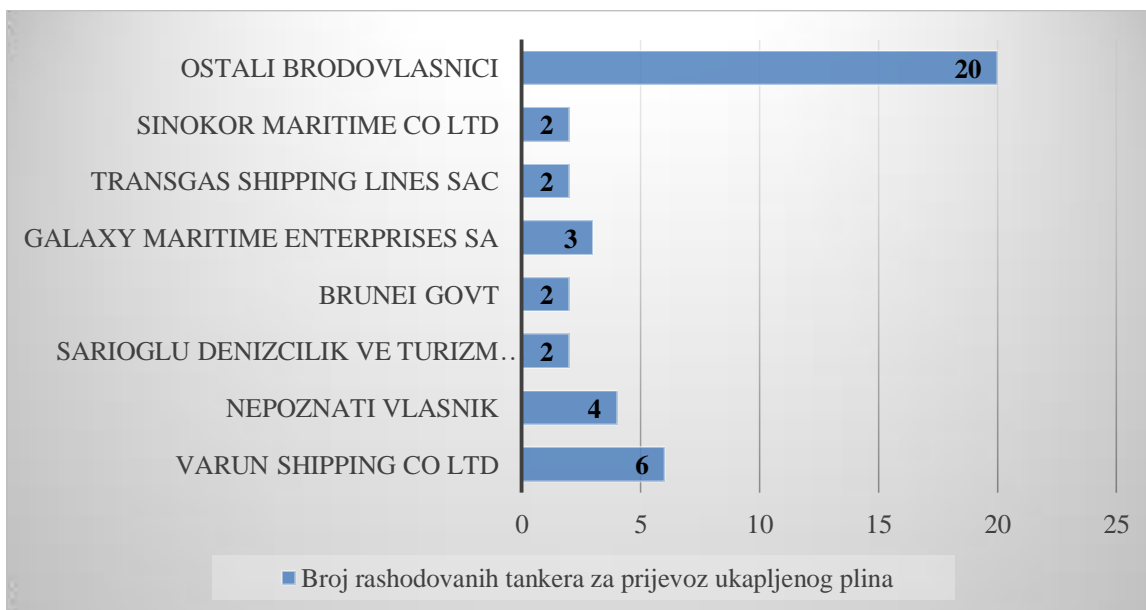
**Tablica 3.** Rashodovani tankeri za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini prema starosti [32]

Starost rashodovanih tankera za prijevoz ukapljenog plina	Broj rashodovanih tankera za prijevoz ukapljenog plina
40 godina i stariji	7
Od 31 do 39 godina	11
Od 21 do 30 godina	23
Od 11 do 20 godina	0
Do 10 godina	0

Prema podacima prikazanima u tablici 3. vidljivo je da je najveći broj rashodovanih tankera za prijevoz ukapljenog plina starosti između 21 i 30 godina, a slijede tankeri starosti od 31 do 39 godina te tankeri stariji od 40 godina. Nijedan rashodovani tanker za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini nije sagrađen u posljednjih 20 godina.

Rashodovane tankere za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini moguće je promotriti i s obzirom na podatke o kompaniji – vlasniku broda. Ti su podatci prikazani na grafikonu 4.

**Grafikon 4.** Rashodovani tankeri za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini prema brodovlasniku [32]



Prema podacima prikazanim na grafikonu 4. vidljivo je da je najveći broj rashodovanih tankera za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini imala kompanija Varun Shipping Co. Ltd. koja je u 2018. godini na rezalište poslala čak šest brodova. Za četiri broda nisu poznati vlasnici. Kompanija Galaxy Maritime Enterprises SA u 2018. godini rashodovala je tri tankera za prijevoz ukapljenog plina, a kompanije Brunei Govt, Sarioglu Denizcilik ve Turizm Limited Sirketi, Transgas Shipping Lines SAC i Sinokor Maritime Co Ltd po dva tankera za prijevoz ukapljenog plina. Preostalih 20 brodovlasnika rashodovalo je po samo jedan tanker za prijevoz ukapljenog plina [32].

Iako se podatci odnose za tankere za prijevoz ukapljenog plina i iako nije poznato koliko je LNG tankera među tim brodovima, podatci pokazuju da je u 2018. godini relativno malo rashodovanih tankera. Vjerojatno je razlog tome što je LNG flota relativno nova, odnosno da su LNG brodovi obično noviji brodovi i da je mnogo novih LNG brodova isporučeno u posljednjih desetak godina. Stoga se porast rashodovanih brodova očekuje za pet do deset godina, kada LNG brodovi koji su isporučivani početkom ovog desetljeća budu eksploatirani oko 15 godina.

## 5. ZAKLJUČAK

Prema svemu što je istaknuto u diplomskom radu vidljivo je da tržište prijevoza LNG-a brodovima zaista jest složeni proces u kojem sudjeluju posebni LNG brodovi te posebni lučki i odobalni terminali sa specifičnom tehnološkom strukturom radi omogućavanja prijevoza LNG-a na ekonomski isplativ način. Naime, LNG brodovi su brodovi koji su posebno konstruirani za prijevoz LNG-a i koji moraju zadovoljiti određene sigurnosne standarde s obzirom na to da određene koncentracije LNG-a u kombinaciji sa zrakom mogu biti zapaljive i eksplozivne. Izrada LNG brodova jako je složena te zahtijeva preciznu analizu i dobro razumijevanje brodske konstrukcije i spremnika koji se u njima nalaze. Osim toga, LNG se ukrcava i iskrcava u posebnim lučkim terminalima, odnosno obalnim postrojenjima opremljenima sustavima za uplinjavanje ili postrojenjima koja omogućuju daljnji prijevoz prirodnog plina u tekućem stanju. Međutim, za ukrcaj i iskrcaj LNG-a koriste se i posebni odobalni terminali koji trebaju imati posebnu tehnološku strukturu kako bi se LNG na njima mogao ukrcati/iskrcati, kao što su brodovi za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje, plutajuća postrojenja za skladištenje i uplinjavanje LNG-a te gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje LNG-a. Time se može potvrditi prva istraživačka hipoteza.

Isto tako, analiza stanja na brodarskom tržištu prijevoza LNG-a pokazala je da ponuda i potražnja LNG-a neprestano rastu i da LNG ima sve značajniju ulogu na brodarskom tržištu prijevoza energenata, pa se može potvrditi i druga istraživačka hipoteza. Godine 2018. ukupne globalno prodane količine LNG-a dosegle su 316,5 milijuna tona, što je porast od 28,2 milijuna tona ili 9,6 % u odnosu na 2017. godinu i ujedno novi rekord u globalnoj trgovini LNG-om. Pri tome je kratkoročna trgovina LNG-om dosegla 96 milijuna tona, srednjoročna trgovina 3 milijuna tona, a dugoročna trgovina 226,5 milijun atona. Potražnja za LNG-om raste jer su uočene prednosti prirodnog plina u odnosu na druge energente, prvenstveno naftu. Prema tome, može se potvrditi i druga istraživačka hipoteza.

Nadalje, analiza postojeće flote LNG brodova i novih narudžbi za LNG brodove pokazala je da se flota LNG brodova iz godine u godinu povećava s ciljem zadovoljavanja povećane potražnje

za LNG-om i njegovim transportom. U 2018. godini postojeća flota LNG brodova brojila je ukupno 525 LNG brodova, od čega je 48 brodova isporučeno tijekom 2018. godine. Tijekom 2018. godine zabilježeno je još 118 narudžbi za LNG tankere za koje se očekuje da će biti isporučeni do 2022. godine. Od toga je 57 LNG tankera i dva FSRU-a bilo naručeno samo tijekom 2018. godine, što je porast od čak 195 % u odnosu za narudžbe ostvarene tijekom 2017. godine. U skladu s time može se potvrditi i treća istraživačka hipoteza.

Prema tome, očito je da se brodarsko tržište prijevoza LNG-a sve više razvija u proteklih nekoliko godina i da će se nastaviti razvijati s obzirom na postojeće statističke podatke koji na to upućuju. Iz godine u godinu povećava se potražnja za LNG-om jer se uviđaju njegove prednosti u odnosu na druge energente, pa sve više država koje imaju izvorišta prirodnog plina izlaze na tržište, povećavaju izvoz plina, a brodovlasnici u prijevozu LNG-a vide mogućnost ostvarivanja zadovoljavajućeg financijskog profita. U takvoj situaciji svi su na dobitku.

## LITERATURA

- [1] Vrvilo, T.: *Prijevoz ukapljenog prirodnog plina* (diplomski rad), Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2017.
- [2] Zalar, M., Vladimir, N.: Plutajući LNG-terminal: pregled osnovnih tehničkih problema radi sigurnog osnivanja, instalacije, eksploatacije i održavanja, *Plin*, 18, 1, 2018, str. 26-45.
- [3] Bronzan, B.: *LNG*, Energetika marketing, Zagreb, 1999.
- [4] Asić, M.: *Međunarodni kodeks o sigurnosti za brodove koji koriste plinove ili druga goriva s niskim plamištem (IGF kod)*(završni rad), Pomorski odjel Sveučilišta u Dubrovniku, Dubrovnik, 2019.
- [5] Popović, M.: *Skladištenje i transport prirodnog plina i naftinih plinova u spremnicima* (završni rad), Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [6] Hoegh LNG: *Annual report 2018*.  
[https://s22.q4cdn.com/480630535/files/doc\\_financials/annual/2018/Ho%CC%88egh-LNG-Holdings-Ltd.-2018-annual-report.pdf](https://s22.q4cdn.com/480630535/files/doc_financials/annual/2018/Ho%CC%88egh-LNG-Holdings-Ltd.-2018-annual-report.pdf) (pristupljeno 20. travnja 2020.)
- [7] Zafranović, E.: *Nova generacija brodova za prijevoz ukapljenog plina* (diplomski rad). Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- [8] International Gas Union: 2019 World LNG Report.  
[https://www.igu.org/sites/default/files/node-news\\_item-field\\_file/IGU%20Annual%20Report%202019\\_23%20loresfinal.pdf](https://www.igu.org/sites/default/files/node-news_item-field_file/IGU%20Annual%20Report%202019_23%20loresfinal.pdf) (pristupljeno 20. travnja 2020.)
- [9] Galović, P., Kovačević, M., Podobnik, M.: Pomorsko tržište tankera – brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata, ukapljenog plina i kemikalija, *Pomorski zbornik*, 45, 1, 2008, str. 111-122.
- [10] Norsk Offshoredag: Moss Maritime, 2005.  
<https://www.yumpu.com/en/document/read/49177863/norsk-offshore-dag> (pristupljeno 20. travnja 2020.)

- [11] Jerolimov, Z.: *Projekt izgradnje alternativnog terminala za ukapljeni prirodni plin u Hrvatskoj* (diplomski rad), Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2011.
- [12] Maoec D.: *Cryogenic flexible hose for offshore LNG transfer*. Flexible Unload. Rombaut. G. Paris, 2007, str. 1-15.
- [13] Proštenik, D., Frančić, G.: *Mogućnost primjene LNGRV tehnologije na plinskom transportnom sustavu: 26. međunarodni znanstveni skup stručnjaka za plin*. Plinacro, Zagreb, 2011.
- [14] Lopac, A. A.: Pregled napretka LNG industrije i trendova na globalnom LNG tržištu (period od 2004. do 2008. godine ). U: *Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog skupa o naftnom gospodarstvu*. Naftaplin: znanstveno stručno glasilo udruge naftnih inženjera i geologa, Zagreb, 2009, str. 55-77.
- [15] Michot Foss, M.: Offshore LNG receiving terminals: A briefing paper from the Guide to Comercial Frameworks for LNG In North America, 2006. [http://www.beg.utexas.edu/files/energyecon/global-gas-and-lng/CEE\\_offshore\\_LNG.pdf](http://www.beg.utexas.edu/files/energyecon/global-gas-and-lng/CEE_offshore_LNG.pdf) (pristupljeno 24. travnja 2020.)
- [16] Lazibat, L.: *Sigurnost od požara na brodovima za prijevoz prirodnog ukapljenog plina (LNG-a)*(završni rad), Pomorski odjel Sveučilišta u Dubrovniku, Dubrovnik, 2019.
- [17] Zec, D.: *Maritimna studija: LNG FSRU Krk*. Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2017.
- [18] EKOENERG – Institut za energetiku i zaštitu okolišta, d.o.o. Studija o utjecaju na okoliš – Izmjena zahvata prihvatnog terminala za UPP na otoku Krku uvođenjem faze plutajućeg terminala za prihvat, skladištenje i uplinjavanje UPP-a, Zagreb, 2017. [https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20PUO/2017/studija\\_o\\_utjecaju\\_na\\_okolis\\_36.pdf](https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20PUO/2017/studija_o_utjecaju_na_okolis_36.pdf) (pristupljeno 2. lipnja 2020.)
- [19] Tusiani, M. D., Shearer, G: *LNG: a nontechnical guide*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA.
- [20] Posavec, D., Simon, K., Malnar, M.: Brodovi za ukapljeni prirodni plin, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 22, 2010, str. 55-62.
- [21] Tutek, M.: *Brodovi i spremnici za prijevoz ukapljenog plina* (diplomski rad), Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2011.

- [22] Rudan, S.: *Sigurnost konstrukcije spremnika na brodovima za prijevoz ukapljenog plina* (doktorska disertacija). Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [23] Wang, S. i Notteboom, T.: *World LNG shipping: dynamics in markets, ships and terminal projects*, 2010.  
<http://www.wpci.nl/lng/sites/default/files/2010,%20University%20of%20Antwerp,%20World%20LNG%20shipping%20dynamics%20in%20markets,%20ships%20and%20terminal%20projects.pdf> (pristupljeno 20. svibnja 2020.)
- [24] Engelen, S. i Dullaert, W.: Transformations in gas shipping: market structure and efficiency, *Maritime Economics and Logistics*, 12, 2010, str. 295-325.
- [25] N1, Veća potražnja za LNG-jem povećala cijenu najma brodova koji prevoze plin, 2019. <http://hr.n1info.com/Biznis/a395162/Veca-potraznja-za-LNG-jem-povecala-cijenu-najma-brodova-koji-prevoze-plin.html> (pristupljeno 22. svibnja 2020.)
- [26] Poten and partners: *LNG Shipping: How Long Will The Good Times Last?* 2019. <https://www.marinemoney.com/system/files/media/2018-11/4.%20Session%20One%20-%20Jefferson%20Clarke.pdf> (pristupljeno 30. svibnja 2020.)
- [27] BRS Group. *Shipping and shipbuilding markets: Annual Review 2019*. <https://danskemaritime.dk/wp-content/uploads/2018/07/BRS-Review-2019.pdf> (pristupljeno 24. svibnja 2020.)
- [28] Vidučić, V.: *Sustavi pomorskog tržišta*. Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2011.
- [29] Ferletta, E.: Stari brodovi – troškovi održavanja. *Pomorski zbornik*, 45, 1, 2008, str. 123-135.
- [30] Bažoka, J.: *Postojeće stanje tržišta rabljenih brodova u svijetu* (diplomski rad). Pomorsko fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2017.
- [31] Seetharam, G. V.: Analysis of the scrap ship market. <http://gumatech.com/G-V-Seetharam-ANALYSIS-OF-THE-SCRAP-SHIP-MARKET.pdf> (pristupljeno 24. svibnja 2020.)



- [32] List of all ships dismantled worldwide in 2018. <https://www.shipbreakingplatform.org/platform-publishes-list-2018/> (pristupljeno 24. svibnja 2020.)

## POPIS TABLICA, SLIKA I GRAFIKONA

### Popis tablica:

Tablica 1. Svojstva ukapljenog prirodnog plina [5].....	4
Tablica 2. Podjela LNG brodova prema veličini [17].....	18
Tablica 3. Rashodovani tankeri za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini prema starosti [32].....	49

### Popis slika:

Slika 1. Eksploatacijski lanac LNG-a [2].....	6
Slika 2. Krivulja potrošnje svjetske primarne energije od 1982. do 2006. godine s predviđanjima potrošnje u 2030. godini [7] .....	7
Slika 3. Zalihe plina u svijetu [7].....	9
Slika 4. Lučki terminal za uplinjavanje LNG-a [7] .....	11
Slika 5. Brod za prijevoz LNG-a sa sustavom za uplinjavanje [13].....	14
Slika 6. Plutajuće postrojenje za skladištenje i uplinjavanje LNG-a [10].....	15
Slika 7. Gravitacijska prihvatna platforma sa sustavom za uplinjavanje LNG-a [15].....	16
Slika 8. Dijagram usporedbe isplativosti prijevoza prirodnog plina LNG brodovima u odnosu na plinovode [7].....	23
Slika 9. Klasifikacija spremnika za skladištenje LNG-a [20] .....	24
Slika 10. Brodarsko tržište za prijevoz LNG-a 1990. godine [23] .....	29
Slika 11. Brodarsko tržište za prijevoz LNG-a 2008. godine [23] .....	30
Slika 12. Kratkoročna, srednjoročna i dugoročna trgovina LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine [8].....	33
Slika 13. Trgovina LNG-om unutar Atlantsko-pacifičkog bazena u odnosu na ukupnu trgovinu LNG-om u razdoblju od 2010. do 2018. godine [8] .....	34
Slika 14. Prosječne cijene vozarina LNG brodova u odnosu na isporuke brodova u razdoblju od 2012. do 2018. godine [8].....	36

Slika 15. Procijenjene vozarine za dugoročne i kratkoročne ugovore u odnosu na narudžbe LNG novogradnje u razdoblju od 2012. do 2018. godine [8] .....	36
Slika 16. Stanje LNG flote u razdoblju od 1996. do 2012. godine [23] .....	38
Slika 17. Globalna LNG flota po godini isporuke u odnosu na prosječnu veličinu plovila [8] ....	40
Slika 18. Broj narudžbi i kapacitet LNG novogradnji u razdoblju od 2000. do 2018. godine [27] .....	41
Slika 19. LNG narudžbe prema brodogradilištima u 2018. godini [27] .....	42
Slika 20. LNG flota prema odgovarajućim kategorijama krajem 2018. godine [8] .....	44
Slika 21. Prosječno trajanje isporuke LNG novogradnji i troškova po kubičnom metru u razdoblju od 2005. do 2018. godine [8] .....	45
Slika 22. LNG flota aktivnih brodova prema starosti i kapacitetu [8] .....	46

#### **Popis grafikona:**

Grafikon 1. Države izvoznice LNG-a u 2018. godini [8] .....	8
Grafikon 2. Najveći uvoznici LNG-a u 2018. godini [8] .....	9
Grafikon 3. Sustavi propulzije aktivnih LNG brodova [18].....	19
Grafikon 4. Rashodovani tankeri za prijevoz ukapljenog plina u 2018. godini prema brodovlasniku [32] .....	50