Tehničko-eksploatacijske značajke brodova za transport ukapljenog zemnog plina

Jukić, Ema

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:442420

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ema Jukić

TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE BRODOVA ZA TRANSPORT UKAPLJENOG ZEMNOG PLINA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE BRODOVA ZA TRANSPORT UKAPLJENOG ZEMNOG PLINA

TECHNICAL AND EXPLOITATION CHARACTERISTICS OF SHIPS FOR TRANSPORT OF LIQUEFIED NATURAL GAS

Mentor: izv.prof. dr. sc. Marijan Rasjman

Student: Ema Jukić

JMBAG: 0135225208

Zagreb, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. DEFINICIJA, PODJELA BRODOVA I NJIHOVE TEHNIČKO –EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE 2

3. TRANSPORTNI SUPSTRAT U TERETNOM POMORSKOM PROMETU S POSEBNIM OSVRTOM NA UKAPLJENI ZEMNI PLIN 4

3.1. Ukapljeni zemni plin 4

3.2. Postupak ukapljivanja zemnog plina 5

3.3. Terminali za uplinjivanje ukapljenog zemnog plina 8

4. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE BRODOVA ZA TRANSPORT UKAPLJENOG ZEMNOG PLINA 11

4.1. Podjela brodova za transport ukapljenog zemnog plina prema tipu spremnika 12

4.1.1. Samonosivi spremnici za transport ukapljenog zemnnog plina 13

4.1.2. Membranski spremnici za transport ukapljenog zemnog plina 16

4.2. Pogon brodova za transport ukapljenog zemnog plina 19

4.3. Korisna nosivost brodova za ukapljeni prirodni plin 22

4.4. Stanje flote za transport ukapljenog zemnog plina 23

4.5. Trendovi razvitka potrošnje ukapljenog zemnog plina i flote za prijevoz 28

5. ZAKLJUČAK 32

LITERATURA 33

POPIS SLIKA 34

POPIS GRAFIKONA 34

1. UVOD

Zbog mogućnosti prijevoza velikih količina tereta na ekonomičan način, morski prijevoz je oduvijek predstavljao jednu od najvažnijih grana transportnog sustava. LNG ("*liquified natural gass*") ili ukapljeni zemni plin je plin koji se sastoji primarno od metana. U nastavku ovog rada za ukapljeni zemni plin koristit će se kratica LNG. Postotak metana u LNG-u ovisi iz kojeg izvorišta dolazi. Metan je plin bez boje, mirisa i okusa koji prilikom izgaranja ostavlja minimalnu količinu štetnih tvari. Za razliku od ostalih fosilnih goriva metan izgara sa minimalnim utjecajem na okoliš odnosno bez najvećih zagađivača atmosfere, dušikovih i sumporovih oksida (NO_x i SO_x).

Prednost korištenja metana odnosno LNG-a u svakodnevnom životu vidimo u sve intenzivnijem korištenju plina za proizvodnju električne energije, u termo-elektranama kućanstva, za grijanje i kuhanje kao i u javnom gradskom prijevozu (autobusi). Zemlje sjeverne Europe te Japan razmišljaju o uvođenju LNG-a kao pogonskog goriva za duž-obalni pomorski prijevoz (trajekti, feeder servisi, ribarice, tegljači itd). Činjenice nam govore da će čovječanstvo još dugo koristiti fosilna goriva. Upravo je LNG fosilno gorivo koje najmanje šteti eko sustavu, te omogućuje čovječanstvu nastavak održivog razvoja tehnologija.

Rad je podijeljen na pet poglavlja. U nastavku rada definirana je podjela brodova prema namjeni te objašnjena tehničko-eksploatacijska obilježja pojedinih vrsta brodova. Nadalje, objašnjeno je značenje supstrata u teretnom pomorskom prometu. Definiran je ukapljeni zemni plin, postupak dobivanja ukapljenog zemnog plina te detaljan opis izgleda i funkcioniranja terminala za uplinjavanje ukapljenog zemnog plina. Objašnjene su tehničko-eksploatacijske značajke brodova za transport ukapljnog zemnog plina. Analizirana je razlika između brodova s obzirom na tip spremnika, mogućnosti pogona brodova te dostignuća skladišnog prostora brodova. Također, izneseno je trenutno stanje flote kao i trendovi razvitka ukapljenog zemnog plina. Naposljetku, dan je zaključak rada.

2. DEFINICIJA, PODJELA BRODOVA I NJIHOVE TEHNIČKO –EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE

Prema Marijanu Rajsmanu tehničke značajke mogu se definirati kao značajke vozila prema kojima je vozilo proizvedeno s obzirom na njegovu namjenu., dok tehnološke značajke prijevoznih sredstava predstavljaju tehničke značajke vozila povezane s procesom proizvodnje transportne usluge u prometnom sustavu.[1]

Brod je plovno sredstvo sposobno za kretanje po moru, rijekama i jezerima koje služi najčešće za prijevoz putnika i robe. Brodom se smatraju samo veći plovni objekti, dok se manji nazivaju čamci i brodice.[2]

Brodovi se mogu podijeliti na više načina, a najčešća je podjela prema namjeni broda. Prema namjeni brodovi se dijele na:

- Trgovački brodovi,
- Putnički brodovi,
- Teretni brodovi,
- Putničko-teretni brodovi,
- Ratni brodovi,
- Borbeni ratni brodovi,
- Pomoćni ratni brodovi,
- Specijalni brodovi.

Trgovački brod je brod kojim se obavlja transport tereta i/ili putnika. Skup svih trgovačkih brodova predstavlja trgovačku mornaricu neke zemlje. Zbog visokih troškova poslovanja, nameta i poreza mnogi brodovlasnici i mnoge flote trgovačkih brodova plove pod zastavama zemalja koje im pružaju povoljnije uslove servisa i radne snage. Zastave tih zemalja se nazivaju pogodnim zastavama, a primjer su Liberija i Panama. Trgovački brodovi mogu biti: parni, motorni, motorni tankeri ili tankeri jedrenjaci, brodovi na veslanje, motorne jahte, itd. [3]

[1] Rajsman M., Tehnologija prijevoza putnika u cestovnom prometu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2017, str. 62-67

[2] Izvor : https://hr.wikipedia.org/wiki/Brod

[3] Izvor : https://hr.wikipedia.org/wiki/Trgova%C4%8Dki_brod

Ratni brod je opći naziv za brodove upisane u flotnu listu ratne mornarice neke države. U pravnom smislu, ratni brod je plovni objekt, koji se nalazi pod zapovjedništvom vojne osobe, posada mu je vojna, a dužan je vijati i isticati vanjske znakove raspoznavanja ratnih brodova (ratnu zastavu) kad god je to svojstvo potrebno učiniti poznatim.

Njegova osnovna zadaća je obavljanje vojnih funkcija. Razlikuju se od trgovačkih brodova po načinu građe. Naoružani su, mogu pretrpjeti znatno veća oštećenja te su brži i pokretljiviji. Imaju projektile kratkog dometa i dugometne nadzvučne projektile koje mogu ispaljivati na brodove udaljene i do 500 km. [4]

Specijalni brodovi namijenjeni su za posebne poslove i zadatke. U tu kategoriju su uključeni ribarski brodovi, tegljači, ledolomci, jahte, jedrilice, trajekti, istraživački brodovi, brodovi za polaganje kabela, brodovi-dizalice. [5]

[4] Izvor : https://hr.wikipedia.org/wiki/Ratni_brod
[5] Izvor : https://hr.wikipedia.org/wiki/Brod

3. TRANSPORTNI SUPSTRAT U TERETNOM POMORSKOM PROMETU S POSEBNIM OSVRTOM NA UKAPLJENI ZEMNI PLIN

Supstrat, odnosno predmet prijevoza prema Klaiću znači jednostavnu materijalnu osnovu različitih pojava ili procesa. a potječe od latinske riječi substratus, što znači podastrt.

Transportni supstrat u pomorskom teretnom prometu se razvrstava na suhi teret (sipki, opći, teški i glomazni, komadni, hlađeni), tekući teret (nafta i naftni derivati, ukapljeni plin, ulje, alkohol, kemikalije i dr.) i opasan teret (otrovni plinovi, eksplozivi, i sl.).

3.1. Ukapljeni zemni plin

Ukapljeni zemni plin ili ukapljeni prirodni plin (UPP) je pročišćeni zemni plin rashlađivanjem pretvoren u tekuće stanje radi lakšeg prijevoza. Kratica u međunarodnom prometu za ukapljeni prirodni (zemni) plin je LNG (*„liquified natural gas“).*

Zemni plin je smjesa u kojoj dominira metan (molni udio>90%) s manjim udjelima etana, propana i butana. Smjesa može sadržavati i udio sumporovodika pri čemu se takav plin naziva kiselim. LNG je prirodni plin koji se nalazi u tekućem agregatnom stanju. Nakon rashlađivanja na temperaturu od -162˚ C postaje prozirna tekućina bez mirisa, okusa, boje, netoksičan je i ne korodira. Temperatura samozapaljenja LNG-a je 585˚C dok je kritični tlak $46*10^5$ Pa. S obzirom da zauzima samo 1/600 dio volumena prirodnog plina u plinovitom stanju, to ga čini izrazito pogodnim za transport u tankerima diljem cijelog svijeta.

Najveća prednost LNG-a nad ostalim energentima je ekološka prihvatljivost, zahvaljujući većinskom udjelu metana u njegovoj smjesi, koji prilikom izgaranja ostavlja minimalnu količinu štetnih tvari. U svakodnevnom životu uočavamo sve intenzivniju primjenu plina za proizvodnju električne energije, korištenje u kućanstvima za grijanje i kuhanje te u javnom gradskom prijevozu (autobusi). [6]

[6] Izvor : https://hr.wikipedia.org/wiki/Ukapljeni_zemni_plin

3.2. Postupak ukapljivanja zemnog plina

Ukapljivanje zemnog plina se obavlja u LNG terminalima za ukapljivanje (slika 1). Glavni razlog ukapljivanja plina je potreba za transportom velikih količina na znatne udaljenosti. Ukapljivanjem prirodni plin zauzima 600 puta manji volumen u odnosu na svoje početno plinovito stanje. LNG postrojenja za ukapljivanje su velika i složena procesna postrojenja koja uključuju tri odvojena područja:

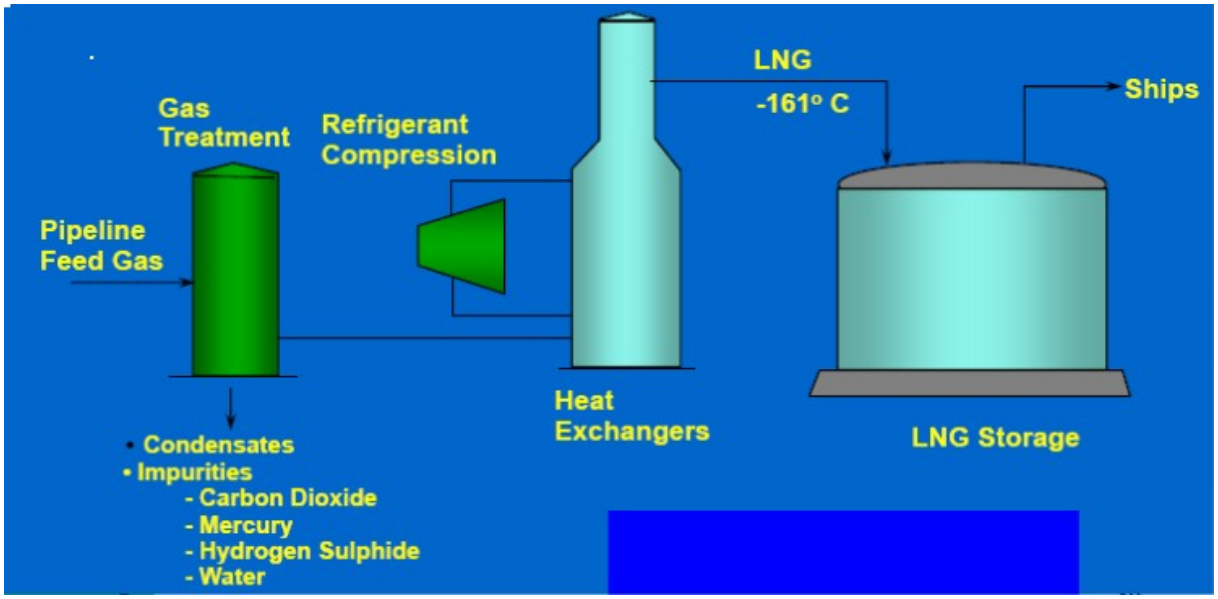
1. Čišćenje ulaznog plina,
2. Ukapljivanje,
3. Skladištenje s punjenjem plovila.

Plin prije ukapljivanja treba podvrći čišćenju. Uklanjanjem nečistoća, kao što su voda, prašina, helij, teški ugljikovodici i otrovni plinovi, u okviru postrojenja za ukapljivanje izbjegavamo nastanak tri moguća problema:

- voda i ugljični dioksid – dolazi do smrzavanja tijekom ukapljivanja, što rezultira začepljenjem vodova i druge opreme,
- dušik - može povećati mogućnost slojevitog odvajanja u rezervoaru ukapljenog plina (koncentracija obično mora biti manja od 1 mol%),
- živa – uzrokuje koroziju aluminija kod izmjenjivača topline i ostale opreme, što zahtjeva uklanjanje iste do granice manje od 0,01 μg/m3.

Nakon čišćenja, zemni (prirodni) plin ulazi u dio postrojenja u kojem se vrši ukapljivanje. Proces ukapljivanja LNG-a se vrši pri temperaturi na oko -161˚C, u uvjetima atmosferskog tlaka, održavanjem te temperature dok se ukapljivanje ne završi. Ukapljivanje je moguće i primjenom većeg tlaka uslijed čega ukapljivanje prirodnog plina započinje pri višoj temperaturi (pristup koji se najčešće primjenjuje u industriji zbog manje zahtijevane snage za pogon kompresora).[7]

[7] https://rudar.rgn.hr/~dkarasal/NIDS/GOSPODARENJE%20PLINOVIMA%201/GP1-6%20UPP.pdf, kolovoz, 2018.



Slika 1. *Proces ukapljivanja prirodnog plina*

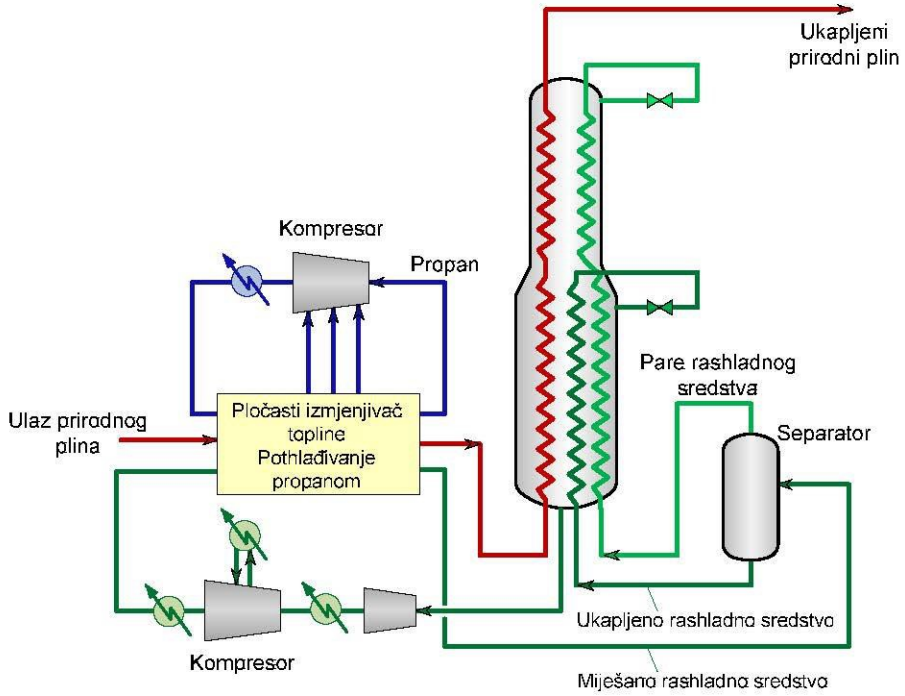
Izvor:URL:https://rudar.rgn.hr/~dkarasal/NIDS/GOSPODARENJE%20PLINOVIMA%201/GP1- 6%20UPP.pdf, kolovoz, 2018.

Dva najzastupljenija procesa ukapljivanja zemnog plina s miješanim rashladnim sredstvom uz pothlađivanje propanom su C3MR („*propane pre-cooled mixed refrigerant*“) i AP-X („*Air products*“) proces.

C3MR process (slika 2) se primjenjuje u velikom broju postojećih postrojenja za ukapljivanje.

Karakteriziraju ga dva glavna ciklusa hlađenja:

- ciklus *prothlađivanja* u kojem se koristi čisti propan
- ciklus koji objedinjuje *ukapljivanje i dohlađivanje* u kojem se koristi mješovito rashladno sredstvo koje je mješavina dušika, metana, etana, propana i butana.

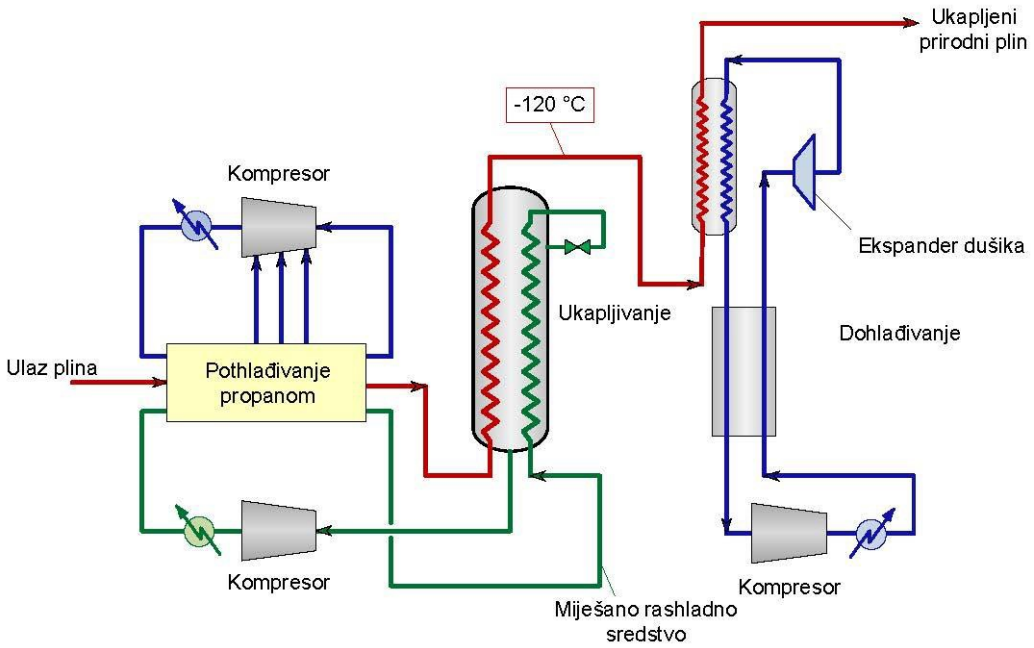


Slika 2. *Proces s miješanim rashladnim sredstvom uz pothlañivanje propanom – C3MR proces*

Izvor: Simon K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 21;93-102, Zagreb, 2009

U ciklusu prothlađenja propanom kroz tri ili četiri stupnja promjene tlaka, temperatura plina koji se ukapljuje smanjuje se do između -35°C i - 40°C. Propan se koristi i za hlađenje i djelomično ukapljivanje mješovitog rashladnog sredstva. Djelomično ukapljeno mješovito rashladno sredstvo se raznim procesima razdvaja na teže i lakše komponente koje dodatno hlade struju prirodnog plina. Nakon postizanja temperature od -162˚ C dolazi do ukapljivanja našeg ulaznog plina. Rashladno sredstvo, koje je rashladilo plin te se pri tom zagrijalo, ulazi u kompresor (tlači se na 45-48 bara), hladi se kroz nekoliko stupnjeva pomoću morske vode, predohlađuje se propanom, djelomično ukapljuje i proces se ponavlja.

AP-X process (slika 3) predstavlja razdvajanje ciklusa ukapljivanja i dohlađivanja plina, odnosno uvođenje trećeg ciklusa gdje se u procesu dohlađivanja plina, kao rashladno sredstvo koristi dušik. Ovaj proces se primjenjuje na četiri jedinice za ukapljivanje u Kataru.



Slika 3. *AP-X proces ukapljivanja prirodnog plina*

Izvor: Simon K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 21;93-102, Zagreb, 2009

Smanjenje volumena prilikom ukapljivanja, čini LNG ekonomičnijim i jednostavnijim za prijevoz na relacije gdje cjevovodi ne postoje. U tom slučaju koristimo tankere za transport LNG-a koji mogu biti dugi i preko 300m, a minimalna dubina vode mora biti više od 12m kada su potpuno puni. Tankeri moraju imati dvostruku oplatu i specijalno su dizajnirani da podnose niske temperature LNG-a.[8]

3.3. Terminali za uplinjivanje ukapljenog zemnog plina

Svaki terminal za uplinjavanje obavlja četiri osnovne funkcije:

- prihvat brodova za transport LNG-a,
- pretakanje i skladištenje LNG-a,
- uplinjavanje LNG-a, s mogućnošću podešavanja njegova sastava,
- isporuku ugovorenih količina plina u plinsku mrežu.

Osnovni elementi terminala za uplinjavanje su:

[8] Simon K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 21;93-102, Zagreb, 2009

- Pomorski objekti uključujući sustav za iskrcaj,
- Spremnici ukapljenog plina,
- Elementi sustava za uplinjavanje,
- Pomoćna oprema i druga potrebna infrastruktura.

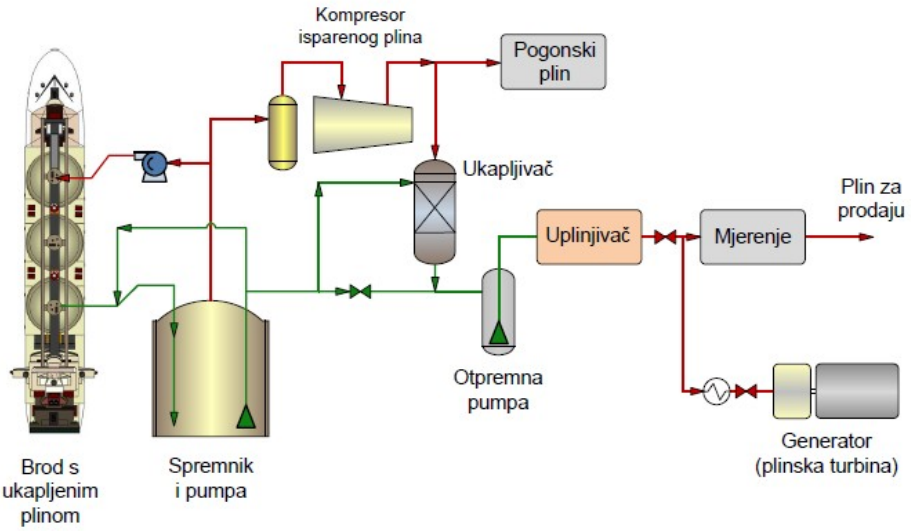
Ključni elementi koji utječu na konstrukciju i cijenu terminala su:

- Lokacija,
- Postojeća zakonska regulativa,
- Karakteristike odabranog mjesta izgradnje (zemljišni uvjeti podložnost potresima, uvjeti okoliša),
- Dostupnost lokalne infrastrukture i radne snage,
- Izvori dobave ukapljenog plina,
- Kapacitet postrojenja za uplinjavanje,
- Svojstva ulaznog/izlaznog plina,
- Sigurnost,
- Procjena rizika od strane vlasnika.

Pri odabiru lokacije terminala za uplinjivanje moramo analizirati glavne parametre, a to su: prostorni kriteriji, karakteristike plinske mreže i karakteristike brodova.

Pod prostorne kriterije ubrajamo gustoću naseljenosti okoline, površinu postrojenja, geološke uvjete zemljišta, tip spremnika, udaljenost mjesta pretakanja i mjesta skladištenja UPP-a, nadmorsku visinu lokacije u odnosu na najvišu razinu poplave u posljednjih 100 godina praćenja, širinu i dubinu prilaznog morskog kanala, raspoloživi manevarski prostor, seizmičku aktivnost, potrebu za lukobranom, raspoloživost brodova tegljača i ograničenja okoliša (vjetar, valovi, morske struje). Karakteristike plinske mreže čine specifikacije kvalitete plina u plinskoj mreži, kapacitet cjevovoda i udaljenost plinske mreže od terminala. U karakteristike brodova svrstavamo tip broda koji će se koristiti, ovisno o tipu spremnika i nosivosti (membranski, sferični ili barže), njihov transportni kapacitet, te cjelokupnu dužinu.[9]

[9] https://rudar.rgn.hr/~dkarasal/NIDS/GOSPODARENJE%20PLINOVIMA%201/GP1-6%20UPP.pdf, kolovoz, 2018



Slika 4. *Terminal za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina*

Izvor: Simon K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 21;93-102, Zagreb, 2009

4. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE BRODOVA ZA TRANSPORT UKAPLJENOG ZEMNOG PLINA

Transport ukapljenog zemnog plina brodovima relativno je nov način transporta plina. Jeftiniji je od prijevoza zemnog plina cjevovodima na udaljenostima većim od 4000km što mu u startu daje veliku prednost. Osim jednostavnijeg i ekonomičnijeg transporta, omogućuje izvor energije koji je neovisan o političkim utjecajima. Ako postoji pogon za uplinjavanje, uvoz ukapljenog zemnog plina je moguć iz bilo koje zemlje proizvođača.

Brodovi za transport ukapljenog zemnog plina imaju dvostruko dno, prevoze ukapljeni zemni plin na temperaturi od -162°C, a njihova klasifikacija se vrši prema tipu spremnika i volumenu skladišnog prostora. Prvotnu ideju o prijevozu ukapljenog plina teretnim brodovima predstavio je Godfrey L. Cabot, patentirajući teglenice posebno konstruirane za prijevoz ukapljenog plina 1915. godine. Prvi brod za prijevoz ukapljenog plina, skladišnog prostora od 5 000 m^3 bio je *Methane Pioneer*. Brod je nastao pretvorbom američkog teretnog broda *Normati*, 1958. godine. Teretni prostor se sastojao od pet aluminijskih samonosivih prizmatskih spremnika, koji su bili toplinski izolirani dvenim pločama. Postojala je i sekundarna zaštitna pregrada za slučaj istjecanja ukapljenog plina. *Methane Pioneer* je započeo svoju prvu plovidbu u siječnju 1959. godine. U svom je radnom vijeku obavio trideset plovidbi, a 1972. godine povučen je iz uporabe i pretvoren u spremnik za ukapljeni prirodni plin.

Prvi komercijalni brodovi za ukapljeni plin, *Methane Princess* (slika 5) i *Methane Progress* (slika 6), sagrađeni su 1964. godine u britanskim brodogradilištima. Brodovi su bili u vlasništvu tvrtke Conch International Methane i svaki je imao po devet prizmatskih spremnika izrađenih prema projektu iste tvrtke, ukupnog obujma 27400 m^3. Prevozili su ukapljeni plin za tvrtku British Gas od Alžira do otoka Canvey na rijeci Temzi. *Methane Princess* je obavio više od petsto plovidbi i povučen je iz upotrebe tek 1998. godine dok je *Methane Progress* plovio četiristo šezdeset i sedam puta, a otpisan je 1992. godine. Nakon 1970. godine došlo je do velikog razvoja tehnologije izgradnje brodova što je rezultiralo pojavom brodova za ukapljeni prirodni plin velike zapremine, a mnogo je brodogradilišta počelo graditi takve brodove za pojedine projekte.[10]

[10] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.



Slika 5. *Methane Princess*

Izvor: http://www.aukevisser.nl/supertankers/gas-2/id318.htm, rujan, 2018.

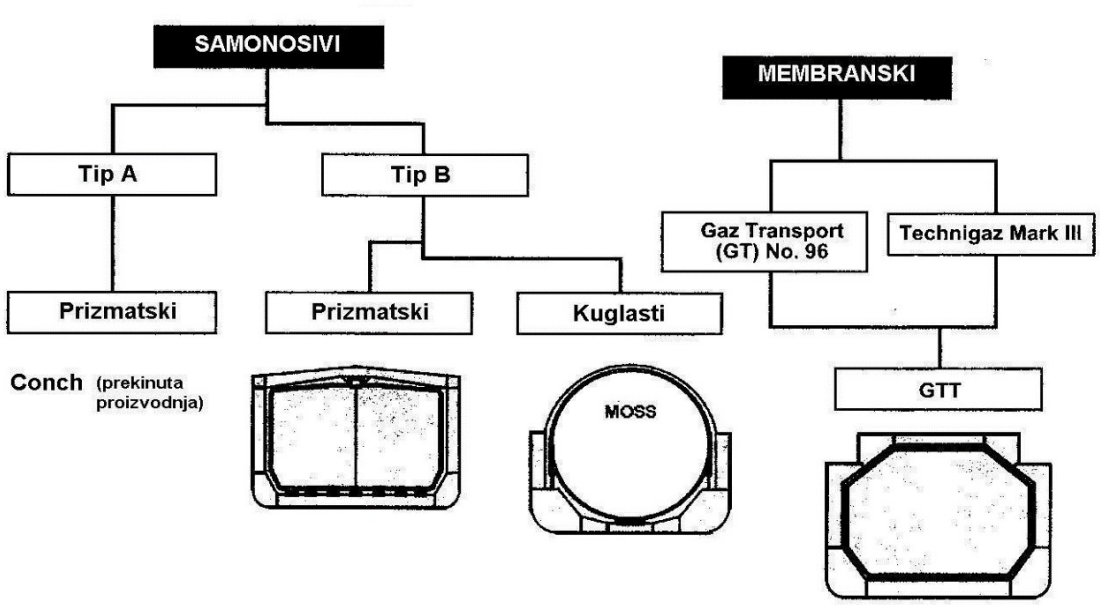


Slika 6. *Methan Progress*

Izvor: https://www.helderline.com/tanker/methane-progress, rujan, 2018.

4.1. Podjela brodova za transport ukapljenog zemnog plina prema tipu spremnika

Prema tipu spremnika brodovi za transport ukapljenog zemnog plina dijele se na samonosive i membranske. (slika 7)



Slika 7. *Podjela spremnika*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22;55-62, Zagreb, 2010

4.1.1. Samonosivi spremnici za transport ukapljenog zemnnog plina

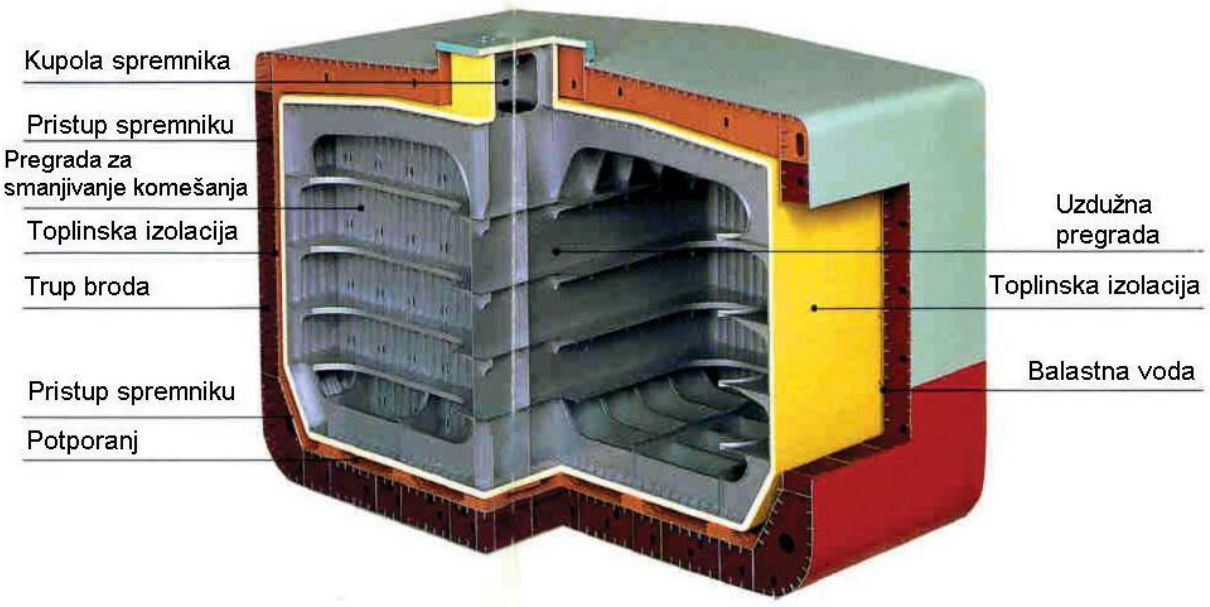
Samonosivi (neovisni) spremnici su čvrste i teške strukture, izgrađene da bi stijenka spremnika mogla u cijelosti preuzeti opterećenja koja je javljaju zbog tlakova unutar spremnika. Naziv neovisni znači da se grade neovisno o trupu broda te da trup broda služi samo za preuzimanje njihove težine.

Samonosive spremnike dijelimo na dva tipa: tip A i tip B. Spremnicima tipa A bio je potreban potpuni zaštitni zid oko spremnika jer analize naprezanja nisu bile precizne. Spremnici ovog tipa bili su ugrađeni 1964.god. u prve specijalno izrađene LNG tankere *Methane Princess* i *Methane Progress.* Zbog problema s istjecanjem ukapljenog plina prilikom testiranja i potpuno promašene konstrukcije trećeg broda, dolazi do prestanka izrade spremnika tipa A.

Spremnici tipa B dijele se na prizmatske i kuglaste (tzv. Moss spremnici). Na tim

spremnicima su izrađene sveobuhvatne analize naprezanja zbog čega oko spremnika nije bio potreban potpuni sekundarni zaštitni zid. U slučaju istjecanja ukapljenog plina ugrađen je djelomični zaštitni zid u obliku posude za sakupljanje ukapljenog plina, koja se nalazi ispod spremnika.

Prizmatski spremnici (tip B) (slika 8) - Postoje samo dva broda sa prizmatskim spremnicima tipa B u svjetskoj floti brodova za ukapljeni prirodni plin. To su brodovi Polar Eagle i Arctic Sun. Spremnici imaju oblik kvadrata, izrađeni su od nehrđajućeg čelika ili od slitine aluminija. Unutar spremnika se nalaze pregrade koje su načinjene od ploča povećane krutosti kako bi se smanjilo valjanje i zapljuskivanje ukapljenog zemnog plina tijekom plovidbe. Potpornji, na kojima leže spremnici, preuzimaju vertikalno opterećenje uslijed težine spremnika. Postoje i bočni potpornji koji preuzimaju bočno opterećenje kod naginjanja broda. Zbog promjene temperature u spremniku, za vrijeme utovara i istovara ukapljenog zemnog plina, omogućeno je širenje i stezanje spremnika.

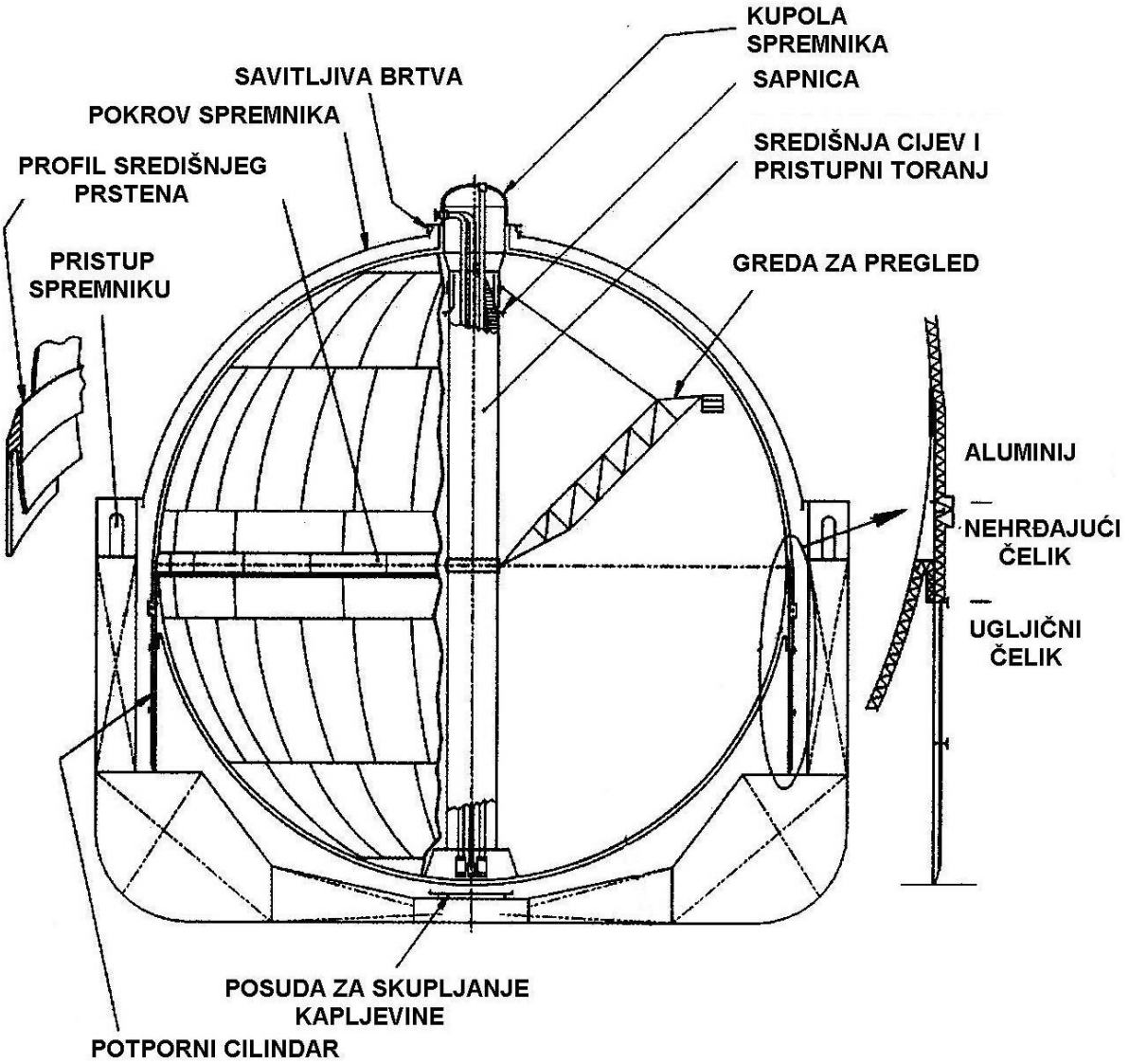


Slika 8. *Presjek prizmatskog spremnika (tip B)*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22;55-62, Zagreb, 2010

Kuglasti spremnici (Mossovi spremnici) – Brodogradilište Moss Rosenberg Verft 1979. godine je patentiralo tehnologiju izrade samonosivih, neovisnih, kuglastih spremnika. Imaju oblik kugle što je uzrok potpune neiskorištenosti prostora u trupu broda. Pozitivna strana

kuglastog oblika je jednostavnost pregleda spremnika izvana. Mossovi spremnici su izgrađeni od ploča legure aluminija i ploča čelika. Imaju dvostruku stijenku i središnji prsten koji preuzima bočno opterećenje, a cilindar navaren na prsten preuzima vertikalno opterećenje. Gornji dio cilindra je od legure aluminija, a donji dio od čelika.Spojeni su eksplozivnim varom. Na trup broda je navaren donji dio cilindra. Toplinska izolacija se sastoji od sloja izolacijskih ploča koje su načinjene od pjenaste smole fenola i poliuretanske pjene. Ploče su zakovicama pričvršćene na vanjsku stijenku.[11] (slika 9)



Slika 9. *Presjek kuglastog spremnika*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-

[11] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.

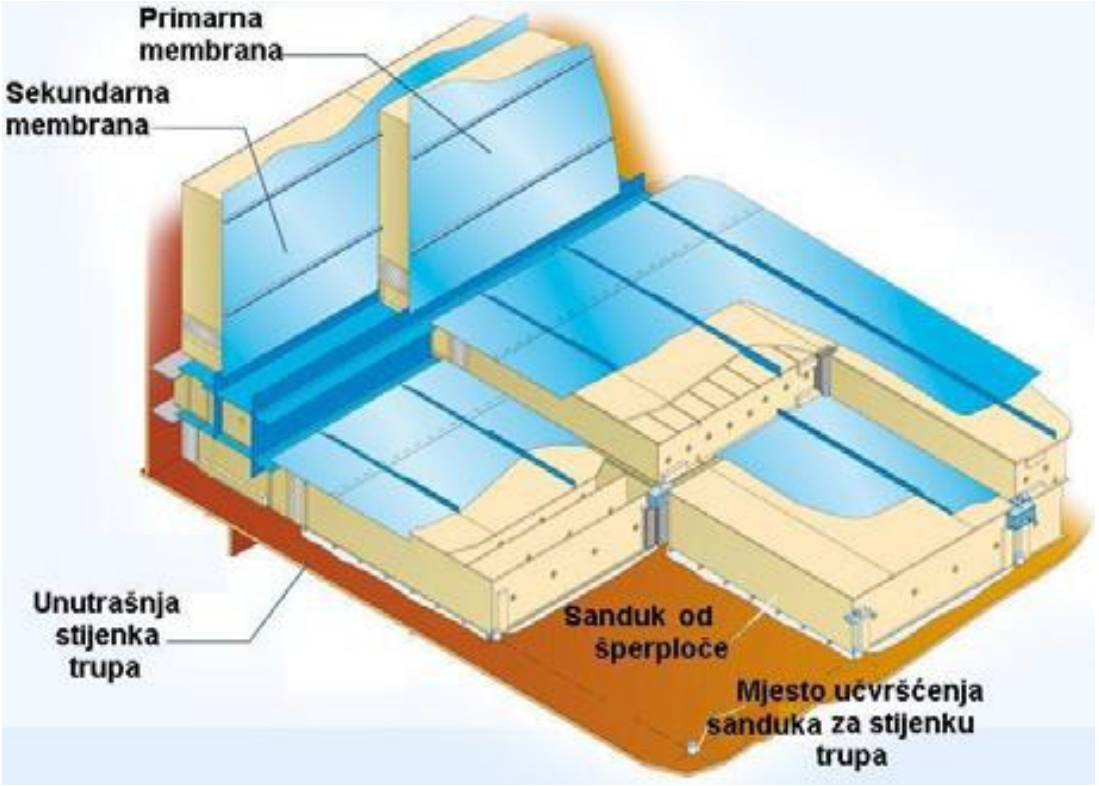
4.1.2. Membranski spremnici za transport ukapljenog zemnog plina

Membranski spremnici za transport ukapljenog zemnog plina imaju oblik kvadra, a načinjeni su od laganih i rastezljivih materijala. Za preuzimanje sile koja se javlja unutar spremnika služi izolacija koja ju prenosi na trup broda. Izolacija mora biti kruta i obavijati cijeli spremnik, ali i omogućavati termičko rastezanje i skupljanje spremnika. Prednost membranskih spremnika je jeftina gradnja broda i optimalno iskorišten volumen trupa broda. Nedostatak predstavlja otežana preglednost spremnika izvana jer nema praznog prostora između trupa broda i spremnika. Zbog potencijalne štete od valjanja i zapljuskivanja ukapljenog zemnog plina, preporuka stručnjaka je da u spremnicima bude više od 90% kapljevine. Membranske spremnike dijelimo na tri tipa : GT No.96, Technigaz Mark III i GTT CS1.

Tip spremnika GT No.96 (slika 10) se sastoji od dvije metalne membrane i dva sloja sanduka od šperploče u kojima se nalazi materijal za toplinsku izolaciju. Metalne membrane služe kao primarna i sekundarna prepreka protjecanju ukapljenog zemnog plina. Izrađene su od *Invara*, legure željeza i nikla, s udjelom željeza 64% a udjelom nikla 36% čija je debljina 0,7mm. Ova legura je izabrana zbog malog koeficijenta termičkog rastezanja. Slojevi metala i šperploče se izmjenjuju, tako da je primarna membrana u kontaktu s ukapljenim plinom, iza nje je sloj sanduka od šperploče, zatim sekundarna membrana i na kraju se nalazi drugi sloj sanduka od šperploče koji je pričvršćen za trup broda. [12]

[2]

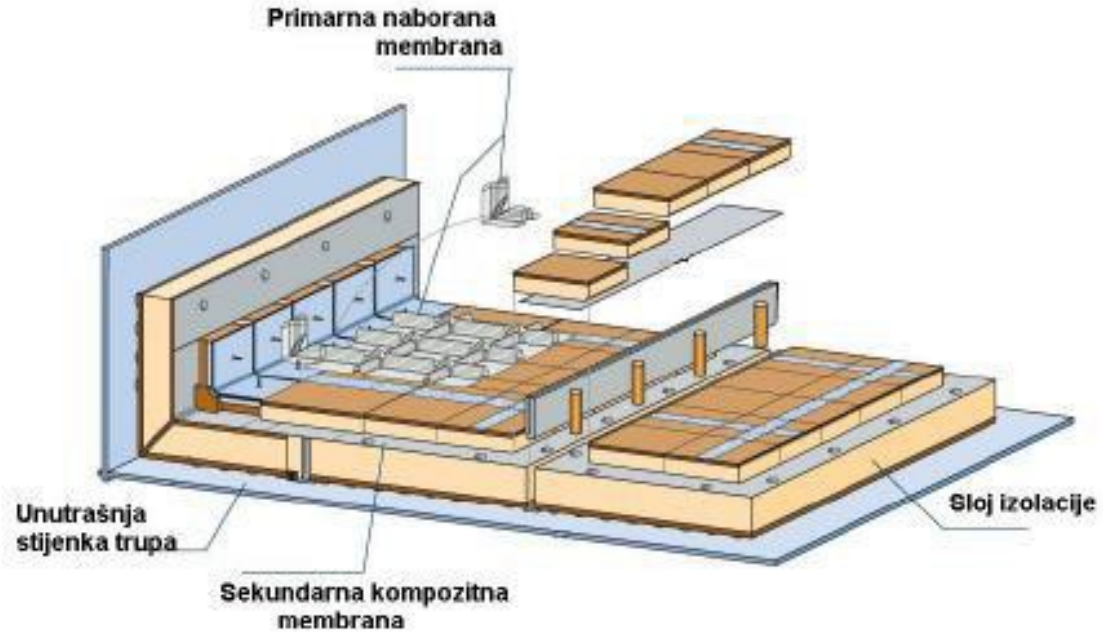
[12] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.



Slika 10. *Spremnik GT No.96*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22;55-62, Zagreb, 2010

Spremnik Technigaz Mark III (slika 11) se sastoji od dvije membrane i dva sloja toplinkse izolacije. Raspored membrana i slojeva izolacije je jednak kao i kod tipa GT No. 96. Primarna membrana izrađena je od nehrđajućeg čelika debljine 1,2 mm, te je naborana kako bi se omogućilo termičko rastezanje i skupljanje membrane. Toplinska izolacija je izgrađena od slojeva sanduka od šperploče unutar kojih je armirana poliuretanska pjena. Unutar izolacije postoji sekundarna membrana, odnosno mreža načinjena od aluminijske folije i vlakana fiberglasa.

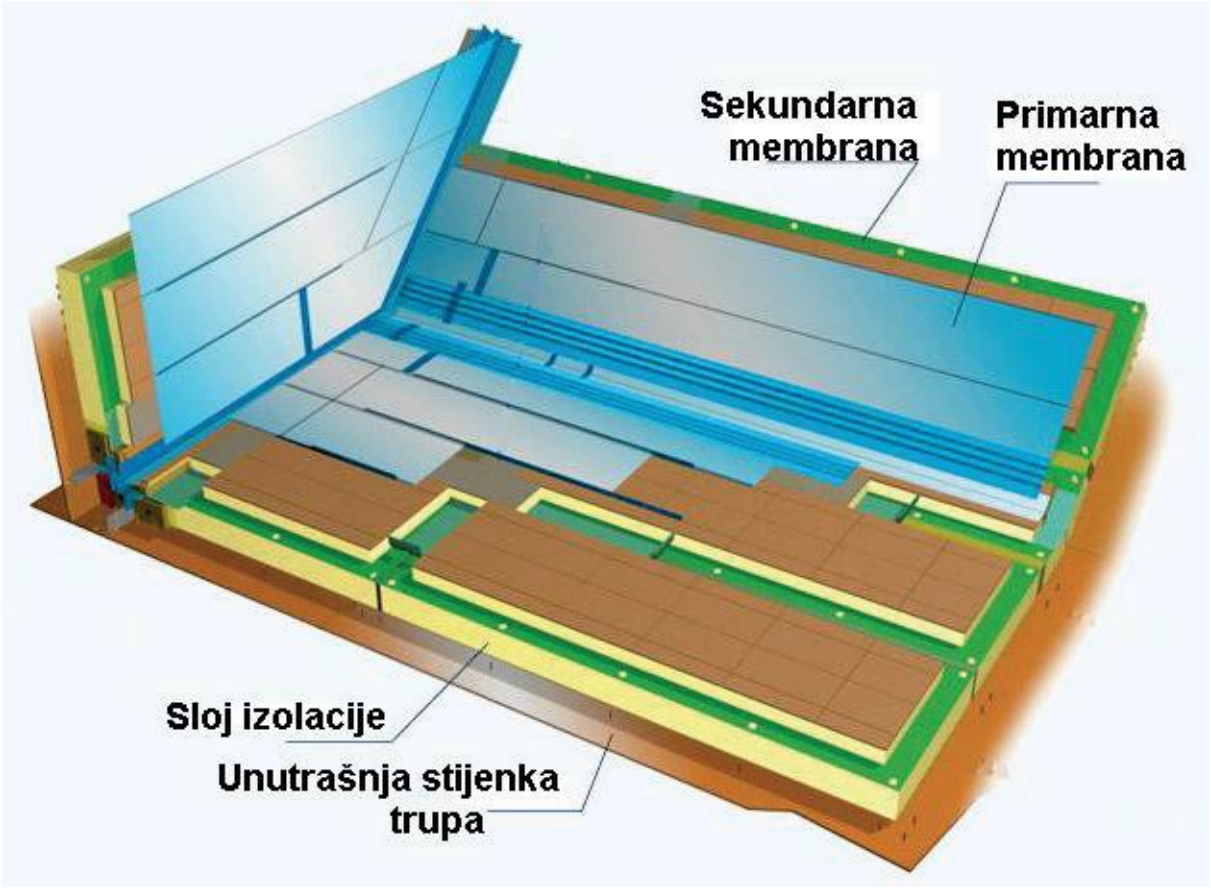


Slika 11. *Presjek spremnika Technigaz Mark III*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22;55-62, Zagreb, 2010

Tip spremnika GTT CS1 (slika 12) projektrirala je tvrtka GTT tako da je ujedinila karakteristike spremnika No 96. i Mark III ne donoseći ništa revolucionarno. Primarna membrana je izgrađena od Invara, debljine je 0,7mm te je u doticaju s ukapljenom zemnim plinom. Izolacija se sastoji od dva sloja, između kojih se nalazi sekundarna membrana. Izrađena je od drvenih sanduka koji su ispunjeni poliuretanskom pjenom. Sekundarna membrana je kompozitni materijal načinjen od dva sloja mreže od staklenih vlakana između kojih se nalazi aluminijska folija.[13]

[13] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko naftni zbornik.



Slika 12. *Presjek spremnika GTT CS1*

Izvor: Posavec D., Simon K., Malnar M. : Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22;55-62, Zagreb, 2010

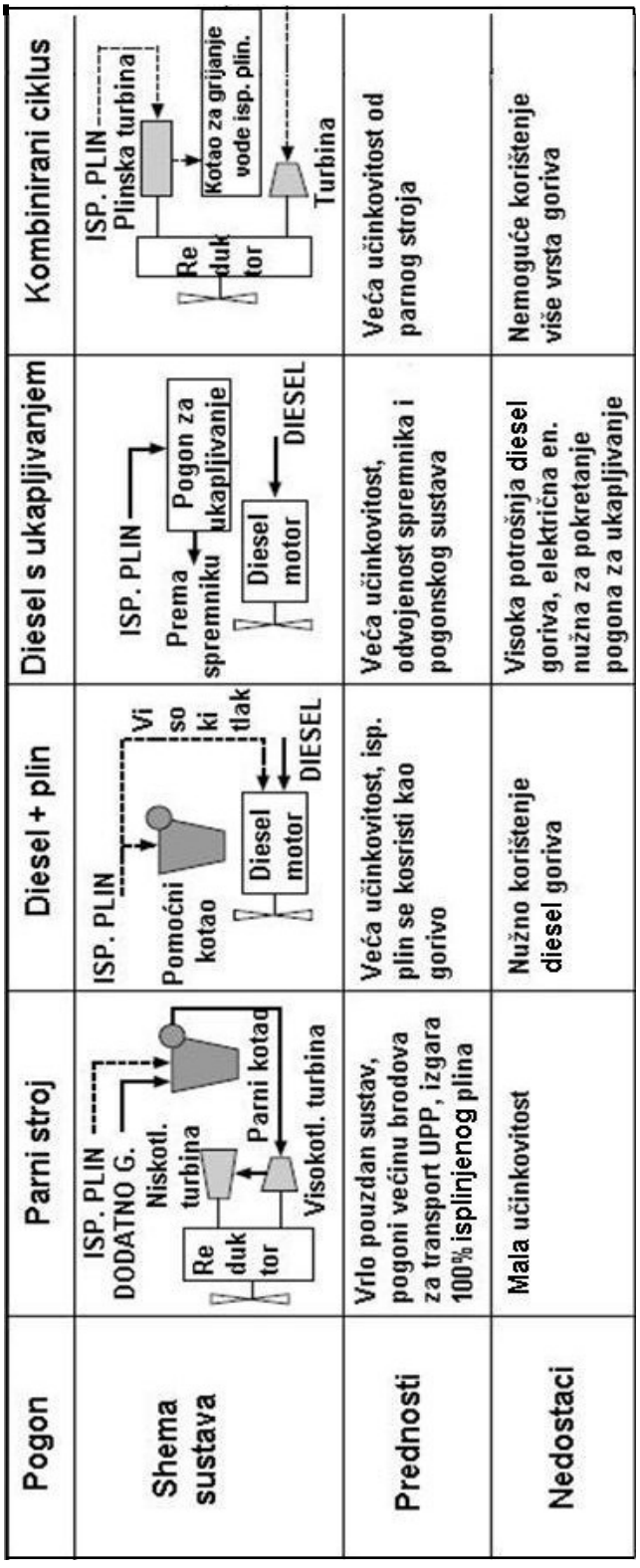
4.2. Pogon brodova za transport ukapljenog zemnog plina

Parni stroj je konvencionalni pogon bodova za transport ukapljenog zemnog plina. Niska cijena održavanja, pouzdan sustav i mogućnost izgaranja 100% isplinjenog plina predstavlja prednosti zbog kojih parni stroj najčešće koristimo za transport ukapljenog zemnog plina. Nedostatak parnog stroja je njegova mala učinkovitost.

Za pogon se danas koriste i diesel motori koji mogu trošiti isključivo diesel gorivo (u tom se slučaju u brod mora ugraditi sustav za ponovno ukapljivanje isparenog plina) i diesel motori kojima kao gorivo može služiti i diesel gorivo i ispareni plin. S obzirom da je diesel motor učinkovitiji od parnog stroja, u kombinaciji sa sustavom za ponovno ukapljivanje ostvaruju se znatne uštede. Prednost ovog tipa pogona je odvojenost spremnika i pogonskog sustava. Glavni nedostaci su velika potrošnja diesel goriva i potrošnja električne energije koja

je neophodna za pokretanje pogona za ukapljivanje. Postoji i mogućnost ugradnje plinske turbine kao pogona broda, no to je rijedak slučaj jer je potrebno iskoristiti otpadnu toplinu za stvaranje vodene pare koja pokreće dodatnu turbinu, kako bi se povećala učinkovitost turbine.[14]

[14] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.



Slika 13. *Pregled različitih pogonskih sustava*

Izvor: Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.

4.3. Korisna nosivost brodova za ukapljeni prirodni plin

Korisna nosivost brodova za ukapljeni prirodni plin se povećavala od početka gradnje tih brodova. Nakon što je 1970. godine zatvoren Sueski kanal, počeo je razvoj i izgradnja većih brodova zbog toga što je prijevoz plina brodovima isplativiji na veće udaljenosti. Uz to se i potražnja za ukapljenim prirodnim plinom jako povećavala. U tom je razdoblju skladišni prostor sa 70.000t povećan na 140.000t, što je sve donedavno ostala gornja granica. Veličina broda je određena i lukom u kojoj se istovaruje ukapljeni plin. Tako je brod nove generacije zapremnine 210.000t, tip Q-flex (slika 14), prilagođen za pristajanje u gotovo svim većim lukama gdje se nalaze terminali za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina, pa mu otuda i naziv „flex“ od engleske riječi „flexible“.[15] Na kraju 2017. na 45 Q-flex brodova otpada 10% aktivne LNG flote te 14% ukupnog transportnog kapaciteta LNG-a.[16]



Slika 14. *Q-flex brod Al Aamriya u otvorenim vodama*

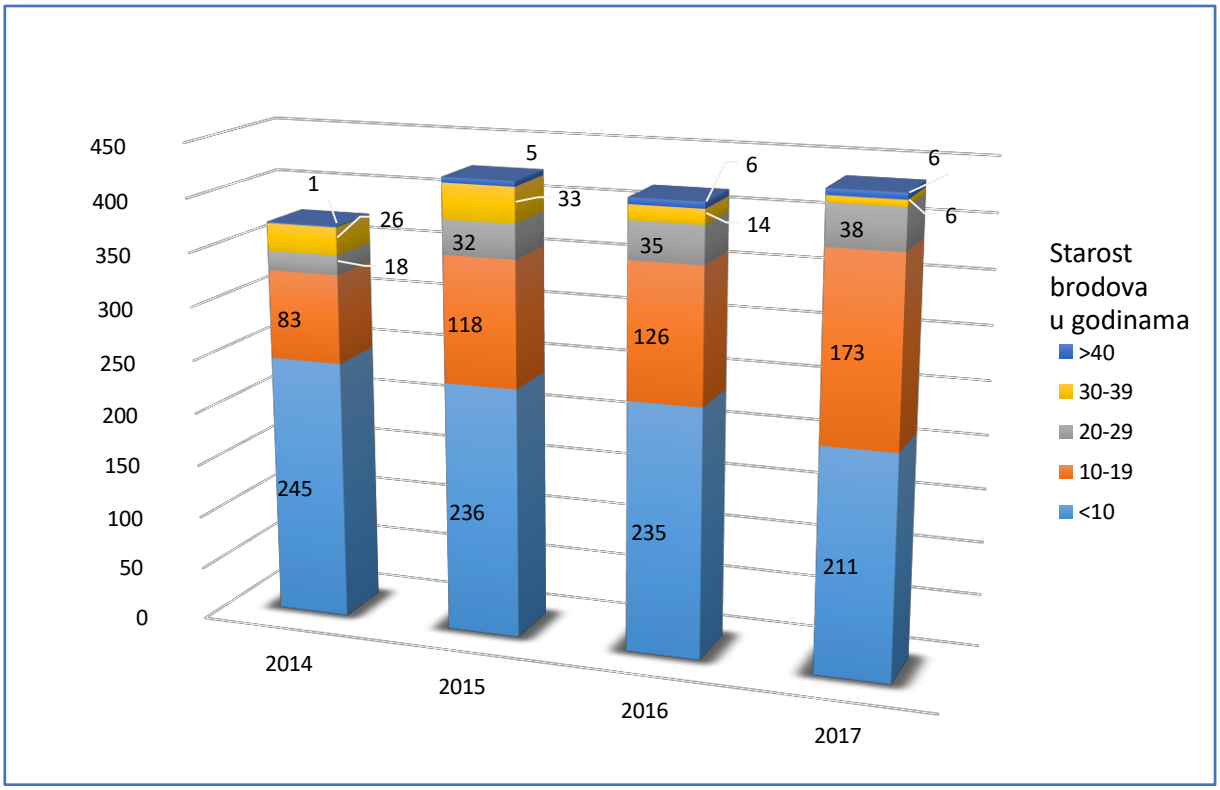
Izvor: https://www.igu.org/, 2015 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2015.

[15] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010;22;55-62.

[16] International gas union, 2018. world LNG report

4.4. Stanje flote za transport ukapljenog zemnog plina

Krajem 2014. godine 66% flote bilo je mlađe od 10 godina, što je odraz povećane proizvodnje koja je uslijedila usred povećanja kapaciteta ukapljenja sredinom 2000-ih. Općenito, sigurnost i operativna ekonomija diktiraju hoće li brodovlasnik povući plovilo nakon što navrši 30 godina. Kako je nedavni val proizvodnje zahvatio tržište, vlasnici plovila okreću se mogućnostima prenamjene brodova kako bi produžili operativnu sposobnost plovila ako se više ne mogu natjecati na tržištu. Oko 7% aktivnih LNG brodova bilo je starije od 30 godina. Ti brodovi će s vremenom biti odbačeni s tržišta jer mlađi, veći i učinkovitiji brodovi nadopunjavaju postojeću flotu. Obično, nakon umirovljenja LNG broda brodovlasnici traže mogućnost njegove prenamjene, s tim da nije izuzetak da brod ponovno uđe na tržište. Ukupno 28 konvencionalnih LNG tankera i 5 FSRU-a isporučeno je 2014. godine, dok je 12 tankera prenamjenjeno ili odbačeno, od čega je njih 10 bilo starije od 30 godina.



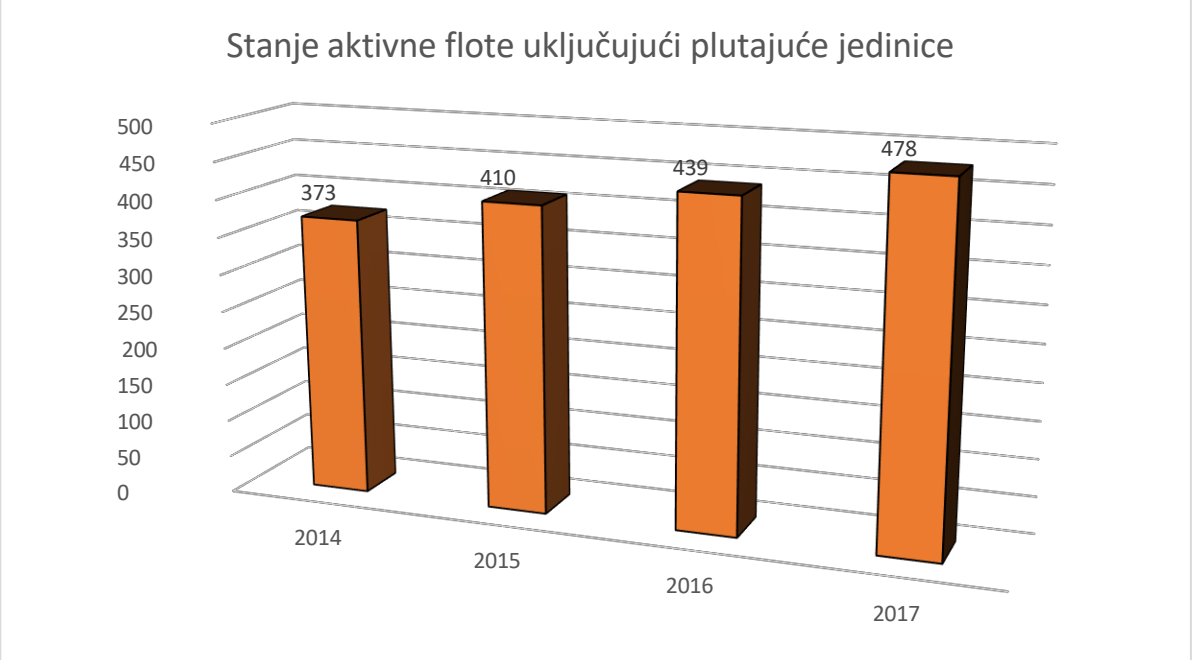
Grafikon 1. Starosna struktura i stanje aktivnih LNG brodova kroz protekle četiri godine
Izvor: https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018.

Na kraju 2015. godine 55% flote bilo je mlađe od 10 godina. Oko 9% aktivnih LNG

brodova bilo je starije od 30 godina. Ukupno 28 konvencionalnih LNG tankera i 5 plutajućih jedinica isporučeno je iz 2014. godine, dok je 12 tankera bila prenamjenjeno ili odbačeno, od čega je njih 10 bilo starije od 30 godina. Prenamjenom se umirovljeni brodovi koriste kao FSRU ili plutajuće jedinice. Problem kod prenamjene brodova je što moderni FSRU zahtjeva minimalnu korisnu nosivost od 150.000 tona, dok brodovi stariji od 30 godina koji su primarni kandidati za prenamjenu uglavnom ne zadovoljavaju taj uvjet. [17]

Na kraju 2016. godine 56% folte bilo je mlađe od 10 godina. Oko 6% aktivnih LNG brodova bilo je starije od 30 godina. [18]

Na kraju 2017. godine 45% aktivne flote je mlađe od 10 godina. Tek 3% aktivnih brodova je starije od 30 godina.



Grafikon 2. Stanje aktivne flote uključujući plutajuće jedinice za skladištenje i uplinjavanje tekućeg prirodnog plina

Izvor: https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018.

Proučavajući ove podatke zaključak je da je u prvoj polovici prvog desetljeća 21. stoljeća došlo do velike ekspanzije u proizvodnji LNG brodova dok kroz proteklo desetljeće dolazi do svojevrsne stagnacije u proizvodnji. Međutim, promatrajući grafikon 2 sa stanjem aktivne flote vidljiv je linearan porast brodova kroz protekle 4 godine. Uz stalnu izgradnju

[17] https://www.igu.org/, 2016 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2016.
[18] https://www.igu.org/, 2017 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2017.

novih LNG brodova, umnogome je razlog povećanje broja plutajućih jedinica za skladištenje i uplinjavanje tekućeg prirodnog plina, odnosno FSRU-a.

Tablica 1. Statističke vrijednosti izvršenih plovidbi kroz prethodne četiri godine

Godina	Ukupan broj plovidbi LNG brodova	Prosječna duljina plovidbe [km]	Ukupna količina prevezenog tereta [MT*]	Količina tereta prevezenog po tankeru [MT*]
2014	4.072	14.260	241	0,60
2015	4.057	14.149	245	0,60
2016	4.264	14.149	258	0,62
2017	4.591	15.585	293	0,62

Izvor: https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018. (napomena: MT-milijuni tona)

Kroz 2014. godinu izvedene su 4.072 plovidbe. Uz ekspanziju u LNG trgovini tijekom proteklog desetljeća dolazi i do diversifikacije trgovinskih pravaca. Ulaskom novih uvoznika i izvoznika u kombinaciji s rastućom odredišnom fleksibilnošću u ugovorima o opskrbi LNG-om i povećanom trgovinom potaknut je porast broja putničkih ruta.

Ukupna količina prevezenog terete u LNG trgovini dosegla je 241,1 MT u 2014. godini. Jedan od razloga povećanja prometa uzrokovan je otvorenjem LNG-a u Papui Novoj Gvineji i projektima u Atlantskom oceanu. Pacifički ocean, na čelu sa Japanom, najveći je izvor potražnje, dok je Katar naveći dobavljač LNG-a na svijetu. Rastuća potražnja u Pacifičkom oceanu povećala je prosječnu udaljenost LNG isporuka uz preusmjeravanje plovidbi Atlantskog oceana na Sueski kanal. [19]

S kratkoročnom slabijom potražnjom u sjeveroistočnoj Aziji, došlo je do smanjenja broja plovidbi u 2015.-oj godini. Ukupno je izvršeno 4.057 plovidbi što predstavlja pad od 1.2% u odnosu na 2014. godinu. Ukupna količina prevezenog tereta LNG-om se povećala, unatoč smanjenju plovidbi. Taj inverzni odnos sugerira da je povećana regionalna trgovina, osobito u Pacifičkom oceanu, s porastom potražnje australskog tržišta.

Ukupna trgovina LNG-om dosegnula je u 2015.-oj godini 244,8 MT, što je 4,7 MT više od 2014. godine. To je najveća količina prevezenog tereta za trgovinu LNG-om, nadmašivši prethodni rekord od 241,5 MT u 2011. godini. Pokretanje nekoliko novih projekata u Australiji i Indoneziji dovelo je do povećanja ponude. Iako je Pacifički ocean ostao najveći izvor potražnje, rastu je doprinijela Europa i Bliski Istok s obzirom da su obje regije dobile

[19] https://www.igu.org/, 2015 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2015

nove zemlje uvoznice LNG-a u 2015.oj godini. U 2015. godini najduže putovanje, od Trinidada do Japana oko Rta dobre nade, preuzeo je samo jedan brod. S druge strane, najkraće putovanje, tradicionalnija ruta od Alžira do terminala Cartagena u Španjolskoj, dogodilo se samo dvaput, međutim, iz Alžira do četiriju terminala u Španjolskoj dogodilo se gotovo 80 plovidbi u 2015. godini. Najčešći put je od Australije do Japana, s oko 300 putovanja izvršenih tijekom godine.

U 2015. godini, količina LNG-a isporučena po tankeru smanjila se sa 0,7 MT u 2011. na 0,6 MT, dok su mnogi brodovi, na Dalekom i Bliskom istoku, bili u stanju mirovanja radi nemogućnosti brodovlasnika da ih iznajme. Nasuprot tome, iskoristivost brodova bila je najviša u 2011. godini nakon japanske katastrofe u Fukushimi, koja je zahtijevala značajne inkrementalne količine LNG-a iz Atlantskog oceana. Uz priljev novoizrađenih brodova kroz 2014. i 2015. bez značajnog povećanja ukupne količine LNG-a kojim se trguje, ostao je velik broj dostupnih tankera.

Ukupan broj putovanja izvršenih 2016. godini povećao se s novim kapacitetom ukapljivanja, a regije Afrike i Bliskog Istoka pojavile su se kao značajni uvoznici LNG-a.

Tijekom 2016. godine izvršeno je ukupno 4.246 putova, što je povećanje od 5% u odnosu na 2015. godinu. Trgovina je tradicionalno provedena na regionalnoj osnovi uz fiksne putove s dugoročnim ugovorima. Međutim, rastući trend trgovine prilično je prigušen tijekom 2016. godine zbog povećanja novog kapaciteta ukapljenja na obalama Atlantika i Pacifika. S ograničenim arbitrarnim mogućnostima koje su dostupne trgovcima, atlantsko-pacifička trgovina smanjena je za 47% u odnosu na 2015.

S obzirom na povećanu regionalizaciju trgovine tijekom 2016., prosječna duljina plovidbe se smanjila. Također, s dovršetkom Panamskog kanala, udaljenost putovanja od US Gulf Coasta do Japana sada je smanjena na 17.594 kilometra (km), u usporedbi s 26.667. km kada se koristi Sueski kanal. Međutim, proširenje Panama kanala nije iskorišteno u mjeri u kojoj se očekivalo. Ujednačenost cijena između Atlantskog oceana i Pacifika ograničava količinu atlantskog oceana koji prolazi kroz kanal za pristup azijskim tržištima. U 2016. godini, najduži put - od Trinidada do Kine oko Rta dobre nade - preuzeo je samo jedan brod.

U 2016. godini, količina LNG-a isporučena po tankeru, uključujući tankere u praznom hodu, dosegla je 0,62 MT.

Treću godinu zaredom, globalna trgovina LNG-om postavila je novi rekord, dosegnuvši

258 milijuna tona (MT). To je povećanje od 13,1 MT (+ 5%) od 2015, kada je prethodni record od 244,8 MT postavljen tijekom trgovine 2014. godine od 241,1 MT. Stopa rasta u 2016. godini bila je zamjetan porast od prosječnog rasta od 0,5% u posljednje četiri godine, kada nije bilo puno novih dopunskih ponuda. Kontinuirani dodatak opskrbe u Pacifičkom oceanu, prvenstveno u Australiji, kao i početak izvoza iz američkog Meksičkog zaljeva (US GOM) omogućili su to povećanje. Rast potražnje bio je najizraženiji u Aziji. Kina, Indija i Pakistan dodali su kombinirano 13,0 MT u inkrementalnom LNG zahtjevu. Trgovački tokovi LNG-a među oceanima su se smanjili, osobito o obzirom da su zalihe Pacifičkog oceana nadoknadile veliku potražnju u toj regiji.

Budući da je novi kapacitet ukapljivanja rastao kroz 2017., ukupan broj plovidbi izvršenih tijekom godine nastavio je rasti, kako na azijskim tako i na europskim tržištima. Tijekom 2017. godine izvršeno je ukupno 4.591 plovidbi, što je povećanje od 10% u usporedbi s 2016. (vidi sliku 5.8). Također, atlantsko-pacifička trgovina povećana je za 35%.

Kroz 2017. godinu dolazi do problema zagušenja Panamskog kanala, te je dio brodova koristio duži put preko Sueskog kanala ili rta Dobre nade. To uključuje najduže putovanje provedeno 2017., od SAD-a do Kine oko Rta dobre nade, ukupne udaljenosti od 28.900 km.

U 2017. godini, količina LNG-a isporučena po tanker ostaje na 0.62 MT kao i prethodne godine.[20]

Četvrtu godinu zaredom, globalna trgovina LNG-om postavila je rekord, dosegnuvši 293,1 milijuna tona (MT). To je povećanje od 35,2 MT (+ 12%) od 2016. Povećanje trgovine uzrokovano je povećanjem opskrbe LNG-om, potaknute australskim i američkim projektima. Azija je i dalje bila pokretač globalne potražnje, a Kina je povećala trgovinu za 12,7 MT, što je najveći godišnji rast jedne zemlje. To je potaknuto snažnom politikom zaštite okoliša namijenjene promicanju plina. Ostale ključne zemlje koje vode globalni rast LNG-a uključuju Južnu Koreju, Pakistan, Španjolsku i Tursku za kombinirano 11,9 MT. Pacifički ocean i dalje je ključni pokretač rasta trgovine, a trgovinski tokovi u unutrašnjem prometu dostižu rekord od 125 MT, oblikovanih po australskoj proizvodnji i kineskoj potražnji.[21]

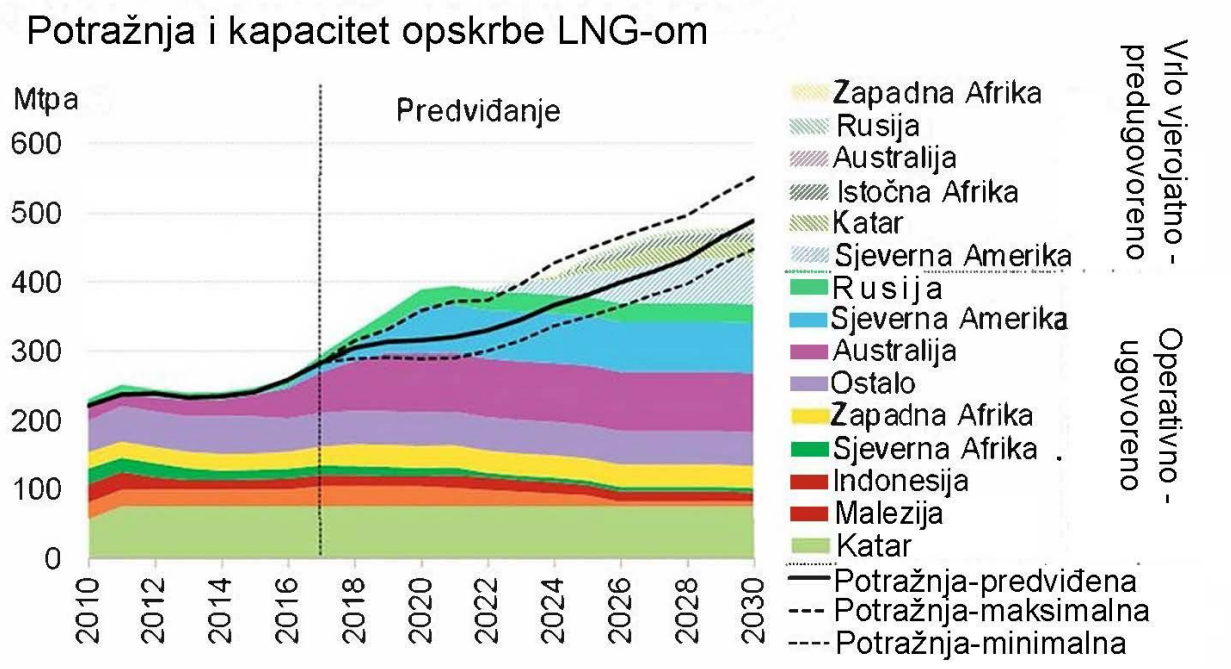
[20] https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018

[21] https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018

4.5. Trendovi razvitka potrošnje ukapljenog zemnog plina i flote za prijevoz

Međunarodna unija plina (IGU) i Boston Consulting Group (BCG) 27. Lipnja 2018. su pokrenuli Izdanje Globalnog plinskog izvješća na Svjetskoj plinskoj konferenciji u Washingtonu. U izvječću procijenjuju jedinstvenu ulogu plina koju može igrati u globalnoj energetskoj industriji i gospodarskom razvoju u svijetu.

Predviđa se dugoročni rast potrošnje zemnnog plina u većini scenarija. Prema prognozama, iza nafte, plin bi uskoro mogao zauzeti drugo vodeće mjesto u izvoru globalne potrošnje energije do 2035. godine. Očekuje se rast plina iz sadašnjih 22% na preko 24% svjetske energetske mješavine do 2035. godine. Više od 90% projicirane globalne potrošnje plina do 2040. vjerojatno će doći iz gradova. To će zahtijevati značajne investicije u infrastrukturu u zemljama u razvoju, procijenjenih između 35 do 55 milijardi dolara godišnje.[25]



Grafikon 3. *Predviđanje ponude i potražnje za ukapljenim prirodnim plinom*

Izvor: Bloomberg New Energy Finance, Poten&Partners, lipanj, 2018

Tržište brodara imalo je aktivnu 2017. godine, a krajem godine potražnja se povećala na razine veće nego tijekom prethodne tri godine. Za razdoblje do 2022. godine očekuje se isporuka 265 LNG brodova, budući da će rekordni brojevi prijevoznika morati zadovoljiti povećane LNG kapacitete. Od toga 154 broda još treba naručiti. Procijenjeno je da će se do

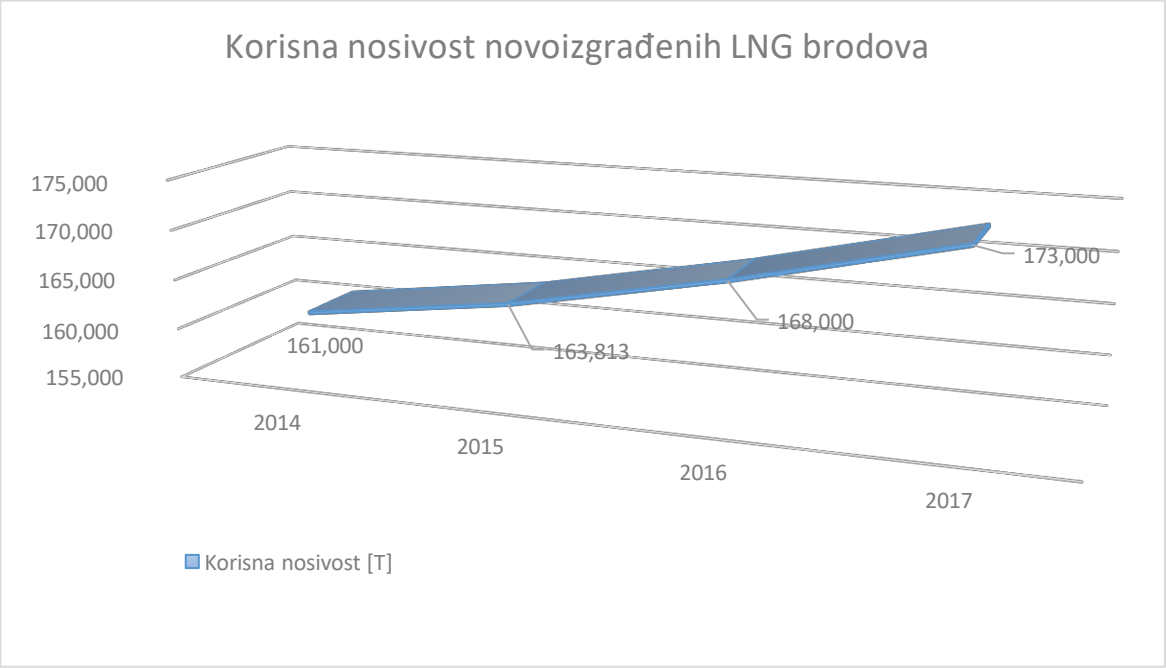
2022. godine potrošiti oko 50 milijardi USD na nove LNG brodove, uključujući već naručena plovila. Većina novoizgrađenih brodova će biti napravljena u 2022. godini, sugerirajući da će broj narudžbi rasti u 2019. i 2020. Južnokorejski brodograditelji i dalje dominiraju tržištem nosača, s Daewoo Shipbuilding i Marine Engineering, Samsung Heavy Industries i Hyundai Heavy Industries koji grade 60% trenutno naručenih brodova.

Prema posljednjim informacijama tvrtke Clarksons u opticaju su trenutno 522 LNG broda s dodatnih 117 naručenih, od čega 96 od 150.000 do 180.000 tona. Broj odgođenih isporuka prošle godine iznosio je 50 posto i dok se odgađanje isporuke smanjilo, još uvijek se očekuje da će ostati na prilično visokih 30 posto. 72 LNG broda trebaju biti isporučena ove godine prema GIIGNL, Međunarodnoj skupini LNG uvoznika.

To se događa budući da će globalna potražnja za LNG-om porasti do 314 milijuna tona godišnje do 2020. godine i 479 milijuna tona do 2030. godine. Dok je svijet trenutno prekomjerno opskrbljen LNG-om, a investicije koje će omogućiti dodatnih 119 milijuna tona godišnje globalne izvozne sposobnosti, globalno LNG tržište će se pooštriti od 2023-24, što dovodi do potencijalnog nedostatka opskrbe od 2025.

Prosječna duljina LNG ugovora o opskrbi potpisana 2017. pala je na 6,7 godina, što je najniža ikada zabilježena, u usporedbi s 15 godina 2014. godine. Promjena na kratkoročne ugovore mogla bi pogoršati opskrbu LNG-om jer bi bilo neprihvatljivo investitorima da se obvezuju na razvojne projekte LNG-a bez dugoročne ponude.[22]

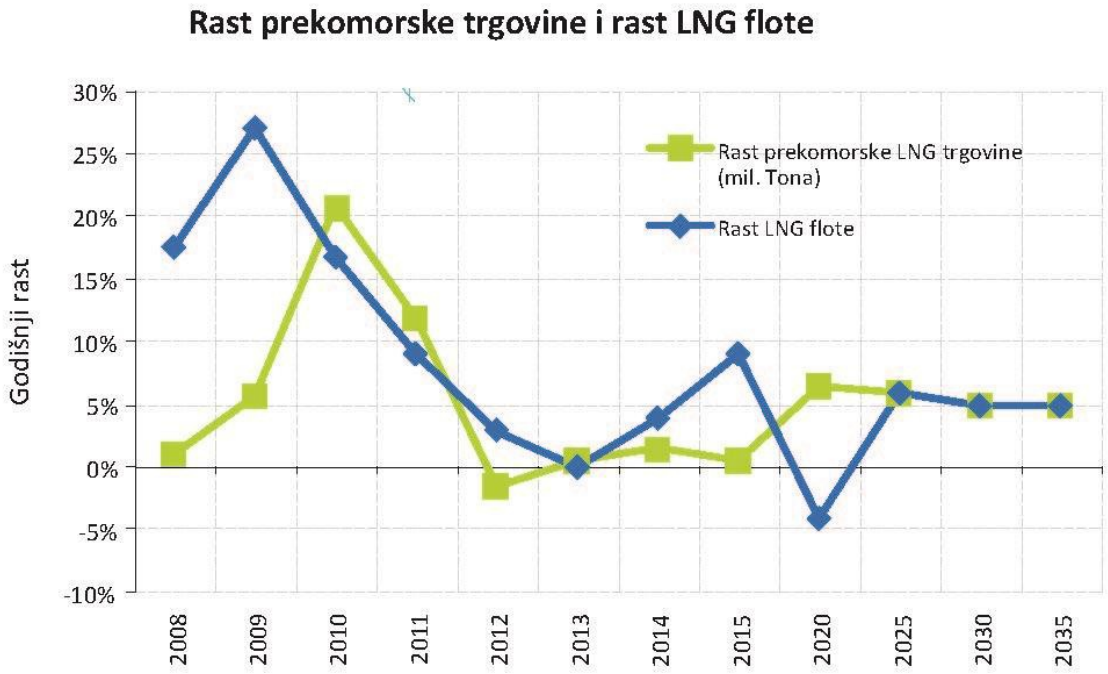
[22] https://fairplay.ihs.com/markets/article/4300756/more-than-150-extra-lng-carriers-needed-to-meetdemand-predicts-report,svibanj, 2018.



Grafikon 4. *Trend povećanja korisne nosivosti LNG brodova proizvedenih u razdoblju od 2014-2018. godine izražen u tonama*

Izvor: https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report, Barcelona, Spain, svibanj, 2018.

Grafikonom 4. Prikazan je trend povećanja korsine nosivosti novoizgrađenih brodova kojima se obavlja transport ukapljenog zemnog plina u globalnom pomorskom prometu. U razdoblju od 2014.-2018. godine korisna nosivost proizvedenih LNG brodova porasla je za 7%. Otvaranjem Panamskog kanala te ostvarivanjem njegovih ukupnih kapaciteta pojednostavljena je atlantsko-pacifička trgovina. Dubina Panamskog kanala određuje prolaznost brodova kojima s povećanjem nosivosti raste gaz, te je to ograničavajući čimbenik povećanja nosivosti brodova. S tom spoznajom pretpostavka je da korisna nosivost proizvedenih LNG brodova neće prelaziti nosivosti od 170.000-180.000 t, odnosno da će ta brojka stagnirati u razdoblju koje slijedi.



Grafikon 5. *Predviđeni godišnji rast prekomorske trgovine i LNG flote*

Izvor: www.seaeurope.eu, 2017. Market forecast report, Brussels, Belgium

Grafikonom 5. vidljive su promjene godišnjeg rasta za prethodnih deset godina, kao i tendencije godišnjeg rasta za sljedeća desetljeća. Predviđa se da će nakon novih isporuka te tendencije rasta LNG flote kroz 2022. godinu doći do stagnacije u godišnjem rastu te svojevrsne stabilnosti na tržistu LNG brodova.

5. ZAKLJUČAK

Tijekom proteklog desetljeća na LNG sektor dostave utječu značajne promjene na širem tržištu LNG-a. Kroz 2017. godinu, ukupan broj izvedenih transporta nastavio se povećavati, kako na azijskim tako i na europskim tržištima pomažući apsorbirati novu ponudu. Trgovina je tradicionalno provedena na regionalnoj osnovi uz fiksne linije iz dugoročnih ugovora, iako je brzo širenje trgovine LNG-om u posljednjem desetljeću popraćeno sve većom raznolikošću trgovinskih pravaca. S novim kapacitetom ukapljivanja u US Gulf Coastu, te ekspanzijom Panamskog kanala koji je potpuno operativan, trgovina je u porastu 2017. godine. Otvaranjem Panamskog kanala te ostvarivanjem njegovih ukupnih kapaciteta pojednostavljena je atlantsko-pacifička trgovina. Dubina Panamskog kanala određuje prolaznost brodova kojima s povećanjem nosivosti raste gaz, te je to ograničavajući čimbenik povećanja nosivosti brodova.

S obzirom na sve navedeno u ovom radu, može se zaključiti da ukapljeni prirodni plin ima vrlo značajnu ulogu na svjetskoj energetskoj sceni. Procesom ukapljivanja zemnog plina omogućen je transport velikih količina plina na veće udaljenosti. Pri transportu ukapljenog zemnog plina značajna točka u mreži plinske industrije su terminali za prekrcaj.

Analizirana su tehničko-tehnološka obilježja brodova za prijevoz ukapljenog zemnog plina. Tijekom povijesti prijevoza LNG-a morem bilo je jako puno pokušaja, novih projekata i ideja za način prijevoza i izradu brodova za prijevoz LNG-a. No u zadnjih nekoliko godina iskristalizirale su se dvije osnovne vrste brodova za prijevoz LNG-a, brodovi sa samonosivim spremnicima i membranski brodovi. LNG brodovi su se kroz povijest oslanjali na parni LNG kao gorivo za pogon plinskih turbina za vrijeme putovanja. Noviji brodovi, kao što su Q-Flex i Q-Max, koriste dizelsko gorivo te imaju sposobnost ukapljivanja i pretvaranja ishlapljenog plina natrag u LNG.

Predviđenim dugoročnim rastom potrošnje zemnog plina raste potreba za poboljšanjem mreža i infrastrukture te samim time omogućavanjem pristupa zemnom plinu.

LITERATURA

[1] Rajsman M., Tehnologija prijevoza putnika u cestovnom prometu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2017

[2] Posavec D, Simon K., Malnar M., Brodovi za ukapljeni prirodni plin, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2010

[3] Simon K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2009

[4] https://hr.wikipedia.org/wiki/Ukapljeni_zemni_plin

[5] https://hr.wikipedia.org/wiki/Brod

[6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Trgova%C4%8Dki_brod

[7] https://hr.wikipedia.org/wiki/Ratni_brod

[8] https://rudar.rgn.hr/~dkarasal/NIDS/GOSPODARENJE%20PLINOVIMA%201/GP1-6%20UPP.pdf,

[9] www.seaeurope.eu

[10] https://www.helderline.com/tanker/methane-progress

[11] http://www.aukevisser.nl/supertankers/gas-2/id318.htm

[12] ttps://fairplay.ihs.com/markets/article/4300756/more-than-150-extra-lng-carriers-needed-to-meet-demand-predicts-report

[13] www.seaeurope.eu

[14] https://www.igu.org/, 2018 World LNG Report

[15] https://www.igu.org/, 2017 World LNG Report

[16] https://www.igu.org/, 2016 World LNG Report

[17] https://www.igu.org/, 2015 World LNG Report

POPIS SLIKA

SLIKA 1. PROCES UKAPLJIVANJA PRIRODNOG PLINA 6

SLIKA 2. PROCES S MIJEŠANIM RASHLADNIM SREDSTVOM UZ POTHLAÑIVANJE PROPANOM – C3MR PROCES 7

SLIKA 3. AP-X PROCES UKAPLJIVANJA PRIRODNOG PLINA 8

SLIKA 4. TERMINAL ZA UPLINJAVANJE UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA 10

SLIKA 5. METHANE PRINCESS 12

SLIKA 6. METHAN PROGRESS 12

SLIKA 7. PODJELA SPREMNIKA 13

SLIKA 8. PRESJEK PRIZMATSKOG SPREMNIKA (TIP B) 14

SLIKA 9. PRESJEK KUGLASTOG SPREMNIKA 15

SLIKA 10. SPREMNIK GT NO.96 17

SLIKA 11. PRESJEK SPREMNIKA TECHNIGAZ MARK III 18

SLIKA 12. PRESJEK SPREMNIKA GTT CS1 19

SLIKA 13. PREGLED RAZLIČITIH POGONSKIH SUSTAVA 21

SLIKA 14. Q-FLEX BROD AL AAMRIYA U OTVORENIM VODAMA 22

POPIS GRAFIKONA

GRAFIKON 1. STAROSNA STRUKTURA I STANJE AKTIVNIH LNG BRODOVA KROZ PROTEKLE ČETIRI GODINE 23

GRAFIKON 2. STANJE AKTIVNE FLOTE UKLJUČUJUĆI PLUTAJUĆE JEDINICE ZA SKLADIŠTENJE I UPLINJAVANJE TEKUĆEG PRIRODNOG PLINA 24

GRAFIKON 3. PREDVIĐANJE PONUDE I POTRAŽNJE ZA UKAPLJENIM PRIRODNIM PLINOM 28

GRAFIKON 4. UKUPNA KORISNA NOSIVOST LNG BRODOVA PROIZVEDENIH KROZ PRETHODNE ČETIRI GODINE IZRAŽENA U TONAMA 30

GRAFIKON 5. PREDVIĐENI GODIŠNJI RAST PREKOMORSKE TRGOVINE I LNG FLOTE 31

POPIS TABLICA

TABLICA 1. STATISTIČKE VRIJEDNOSTI IZVRŠENIH PLOVIDBI KROZ PRETHODNE ČETIRI GODINE 25