

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI



Maritimna studija LNG FSRU Krk



Rijeka, 2017

Naziv: MARITIMNA STUDIJA – LNG FSRU KRK

Naručitelj: EKONERG - Institut za energetiku i zaštitu okoliša, d.o.o.
Koranska 5,
10000 Zagreb
Hrvatska

Izvođač: POMORSKI FAKULTET U RIJECI
Sveučilište u Rijeci
Studentska 2,
51000, Rijeka
Hrvatska

Voditelj projekta: dr. sc. Damir Zec

Izrađivači: dr. sc. Vlado Frančić
dr. sc. Josip Orović
dr. sc. Lovro Maglić
Donatan Balog, kap.
Leo Giačić, kap.
Mario Vukelić, mag. ing.

Sadržaj:

1	UVOD	1
2	NAVIGACIJSKA OBILJEŽJA PLOVIDBENOG PODRUČJA	4
	2.1 PLOVNI PUT	4
2.2	ORIJENTACIJSKE TOČKE I OZNAKE NA PLOVNOM PUTU	5
2.3	NAVIGACIJSKA I KOMUNIKACIJSKA POKRIVENOST	7
2.4	POMORSKI PROMET	8
2.5	MARITIMNA SIGURNOST	16
3	METEOROLOŠKA I OCEANOLOŠKA OBILJEŽJA PODRUČJA	25
	3.1 VJETAR	25
	3.2 VALOVI	30
3.3	MORSKE STRUJE	32
3.4	MORSKE MIJENE	33
	3.5 VIDLJIVOST	34
4	TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA	37
4.1	OSNOVNA OBILJEŽJA LNG BRODOVA	37
4.2	SIGURNOSNI STANDARDI NA LNG BRODOVIMA	49
4.3	SUSTAVI TERETA	50
5	TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA LNG TERMINALA	53
5.1	TEHNOLOŠKI PROCESI NA LNG FSRU TERMINALU	53
5.2	TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA FSRU TERMINALANA OMIŠLJU	61
6	UVJETI I NAČIN MANEVRIRANJA LNG BRODA	69
6.1	PROCJENA VANJSKIH SILA I DINAMIKE REFERENTNIH BRODOVA	69
6.2	NAJAVA I PRIHVAT BRODA	76
6.3	MANEVAR PRISTAJANJA I PRIVEZA BRODOVA	79
6.4	MANEVAR ODVEZA I ISPLOVLJENJA	85
7	PLAN PRIVEZA LNG BRODA	90
7.1	PRILAZ BRODA	90
7.2	PRIVEZNI SUSTAV	95

8	MJERE MARITIMNE SIGURNOSTI TIJEKOM BORAVKA LNG BRODOVA NA MJESTU PRIVEZA	105
9	MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE OKOLIŠA S POSTUPCIMA U SLUČAJU OPASNOSTI ILI POMORSKIH NEZGODA.....	110
9.1	VREMENSKE NEPOGODE	111
9.2	ISPUŠTANJE UKAPLJENOG PLINA	112
9.3	POŽAR ILI EKSPLOZIJA.....	114
9.4	UDAR DRUGOG BRODA ILI PLOVILA	116
9.5	ISPUŠTANJE VEĆE KOLIČINE ULJA, ZAULJENIH VODA ILI DRUGIH NEDOPUŠTENIH TVARI U MORE	117
9.6	OSTALE NEZGODE	119
10	ZAKLJUČAK.....	122

1 Uvod

Ova studija izrađena je na temelju ugovora sklopljenog između EKONERG- a, d.o.o. kao naručitelja, i Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, kao izvođača.

Predmet ugovora je izrada Maritimne studije za LNG FSRU¹ terminala Krk u okviru Javnog natječaja za izradu „Usluge izrade projektne i dozvolbene dokumentacije za izgradnju LNG FSRU terminala Krk i konzalting usluge za ishodenje potrebnih dozvola i suglasnosti: Izrada FEED i izrada glavnog projekta za LNG FSRU terminal Krk sa sustavom za opskrbu energijom i ishodenje građevinske dozvole”.

Cilj studije je izrada prijedloga prometno-plovidbenog rješenja i mjera maritimne sigurnosti za područje predviđenog LNG FSRU terminala na otoku Krku kako je to propisano odnosnim propisima odnosno odredbama ugovora. Zaključci studije odnosno njihova provedba od strane za to ovlaštenih osoba treba omogućiti odvijanje prilaza, boravka i odlaska referentnih LNG brodova i drugih brodova u navedenom području na siguran način odnosno na način kojim je osigurana zadovoljavajuća razina zaštite mora i morskog okoliša.

Studija polazi od postojećih pozitivnih pravnih propisa Republike Hrvatske i u tom pogledu polazi od sljedećih pretpostavki:

-
- obilježja brodova koji se razmatraju odgovaraju zahtjevima za takve brodove utvrđenim odredbama Međunarodne konvencije o sigurnosti ljudskih života na moru, 1974 (SOLAS 74), Međunarodne konvencije o sprečavanju onečišćenja mora s brodova 1973/78 (MARPOL 73/78), Međunarodne konvencije o teretnim vodenim linijama, 1966 (LOADLINE 1966), Međunarodne konvencije o baždarenju, 1969 (TONNAGE 1969), kako su izmijenjene i dopunjene, odnosno zahtjevima odnosnih i važećih Tehničkih pravila Hrvatskog registra brodova;
- FSRU zadovoljava sve uvjete koje mora zadovoljiti brod u međunarodnoj plovidbi odnosno koji su utvrđene SOLAS konvencijom te drugim međunarodnim konvencijama prihvaćenim u okviru Međunarodne pomorske te ratificiranim od strane Republike Hrvatske;
- dodatno, FSRU zadovoljava sve uvjete, naročito uvjete u pogledu strukturalne sigurnosti, koje propisuje država čiju zastavu FSRU vije te tehničke uvjete koji su propisani od strane nadležne priznate organizacije (RO) i nadležne priznate sigurnosne organizacije (RSO); u tom pogledu, pretpostavlja se da je priznata organizacija jedna od članica IACS-a ili Hrvatski registar brodova;
- obilježja brodova za prijevoz ukapljenog plina odgovaraju uvjetima koje propisuje *The International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)*, kako je izmijenjen i dopunjen;
- obilježja brodova na koje se međunarodne konvencije ne primjenjuju te obilježja jahti i brodice zadovoljavaju uvjete koje propisuju nadležne uprave država čiju zastavu ti brodovi, brodice ili jahte viju;
- zapovjednici i posade brodova ispunjavaju uvjete propisane Međunarodnom konvencijom o uvježbavanju, stjecanju ovlaštenja i držanju straže pomoraca, kako je izmijenjena i dopunjena, te uvjete sigurnog upravljanja sigurnošću i zaštitom okoliša, kako je to utvrđeno poglavljem IX. SOLAS konvencije;

¹ *Floating Storage and Regasification Unit - FSRU*. U nastavku teksta se za jedinicu za prihvata tekućeg plina i njegovo uplinjavanje koristi uobičajena engleska kratica. Pojam *terminal* u ovoj studiji odnosi se samo na kopnene objekte, njihovu infrastrukturu i opremu. Pojam *plutajući terminal* se smatra tehnički i pravno pojmovno neispravan te se ne koristi.

- postupci zapovjednika i posade brodova, jahti i brodica jesu razumni, i provode se na način kako bi postupao prosječno vješt pomorac; postupanje koje je značajno u suprotnosti s pravilima struke ili koje u sebi sadrži namjeru da se povrijede ljudi ili izazove šteta okolišu ili imovini nisu predmet razmatranja ove studije;
- brodovi, jahte i brodice koriste se uobičajenim plovnim putovima; korištenje drugih plovnih putova, koje brodovi, jahte i brodice, ovisno o veličini ili svojim obilježjima ne koriste ili ih koriste samo iznimno razmatraju se samo ako pravila struke to nameću kao opravdano ili kao razumna alternativa postojećim plovnim putovima;
- svojstva komunikacijskih sredstava između brodova, jahti i brodica kao i drugih sredstava nadzora ili prikupljanja podataka odgovaraju nominalnom efektivnom dometu odnosno deklariranoj pouzdanosti.

Studija slijedi radne, upravljačke i tehnološke pretpostavke relevantnih i važećih dokumenta i preporuka Međunarodne pomorske organizacije te drugih međunarodnih stručnih tijela koja se bave sigurnošću plovidbe i zaštitom okoliša, kao i važećim nacionalnim propisima.

Studijom se ne uzimaju u obzir interni postupci ili upute koje svojim zaposlenicima mogu izdavati pomorske kompanije ili drugi pravni subjekti u pomorskom prometu na predmetnom terminalu. Također, studija ne obrađuje postupke i mjere u pogledu sigurnosti plovidbe ili zaštite okoliša koji nisu u izravnoj vezi s LNG FSRU terminalom odnosno LNG brodom.

Studija se u najvećoj mjeri temelji na najnovijim dostupnim podacima gdje je to moguće i primjereno. Tamo gdje podataka nije bilo koriste se stariji izvori. Pri izboru između pouzdanih podataka i svježijih izvora prednost se u pravilu daje podacima veće pouzdanosti. Posebice, studija preuzima podatke i zaključke, gdje je to primjereno, iz prethodnih studija koje se odnose na LNG terminal na otoku Krku, posebice:

- Uvozni terminal za ukapljeni prirodni plin na otoku Krku - Studija o utjecaju zahvata na okoliš, Oikon, 2013,
- Izbor lokacije terminala ukapljenoga prirodnog plina na području Kvarnera i Riječkog zaljeva, Ekonerg, 2008,
- Studija o utjecaju na okoliš terminala za ukapljeni prirodni plin na otoku Krku, Ekonerg, 2009,
- Maritima studija Adria LNG, Pomorski fakultet u Rijeci, 1994,
- Prometno - plovidbene studije za plovna područja Primorsko-goranske, Ličko-senjske, Zadarske i Šibensko-kninske županije, Pomorski fakultet u Rijeci, 2015,
- Maritima studija LNG terminal Krk, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016.

Prostorni ustroj terminala izrađen je na temelju dokumenata zaprimljenih od naručitelja, posebice dokumenata izrađenih u okviru FEED studije koju je izradila tvrtka Tractebel, Brussels.

Konačno, maritima studija ograničena je isključivo na područje sigurnosti plovidbe i zaštitu morskog okoliša odnosno na mjere kojima se osigurava njihova učinkovita provedba, kako je to utvrđeno ugovorom između naručitelja i izvođača. Drugi aspekti izgradnje predmetnog zahvata nisu uzeti u obzir odnosno nisu obuhvaćeni ovom studijom.

Tekst maritimne studije napisan je u skladu s uobičajenim standardima sigurnosti u pomorskom prometu i recentnim znanstvenim spoznajama. Slijedom toga, zaključci, nalazi i mišljenja u ovoj studiji iznijeta su nepristrano, u skladu s dostupnim znanstvenim i stručnim spoznajama tehnologije pomorskog prometa odnosno u skladu s opće prihvaćenim pravilima znanosti, struke i vještine.

Ova maritima studija ne smije se, u cijelosti ili pojedini njezini dijelovi, osim izraza i dijelova koji su opće prihvaćene znanstvene spoznaje, koristiti za izradu drugih spisa, službenih ili neslužbenih, bez odobrenja

naručitelja odnosno izvođača, osim kada se tekst studije koristi od strane naručitelja i/ili tvrtke LNG Hrvatska s ciljem izgradnje LNG FSRU terminala Krk.

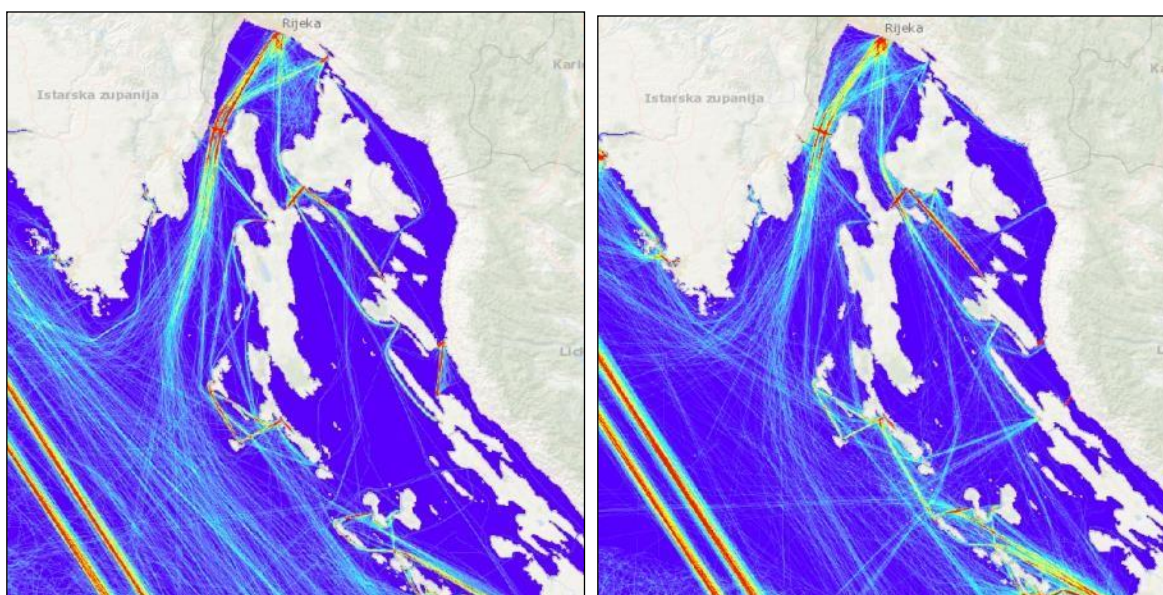
2 NAVIGACIJSKA OBILJEŽJA PLOVIDBENOG PODRUČJA

2.1 PLOVNI PUT

Glavni ulazno-izlazni plovidbeni put prema LNG FSRU terminalu je morski prolaz kroz Kvarner odnosno između istočne obale Istre i otoka Lošinj i Cres te kroz prolaz Vela vrata. Drugi značajni plovni put jest kroz Kvarnerić te prolaz Srednja vrata između otoka Krk i Cres, no ti se prolazi neće koristiti za plovidbu LNG brodova pa se stoga u nastavku neće razmatrati.

Brodovi koji ulaze u Riječki zaljev kao moguće odredište imaju luku Rijeka, luku Sušak, kontejnerski terminal Brajdica, brodogradilište „3. Maj“, remontno brodogradilište "Viktor Lenac", Bakarski zaljev (terminal INA Urinj, LPG luka Sršćica, ro-ro terminal, terminal za rasute terete Podbok), na otoku Krku naftni terminal Omišalj te u manjoj mjeri putničku luku Opatija.

Glavni ulazno-izlazni plovidbeni put kroz Kvarner može se uvjetno podijeliti na dva dijela: šire morsko područje na ulazu u Kvarner i uže područje Velih vrata i Riječkog zaljeva.



Slika 1 Plovni putovi i pripadajuća gustoća prometa (AIS snimke – siječanj i srpanj 2014.)

Na otvorenom moru izvan Kvarnera odvija se dužobalni pomorski promet iz i u smjeru sjevernojadranskih luka (Trst, Kopar i Venecija) te usmjeravanje brodova koji plove prema ili iz Riječkog zaljeva. S navigacijskog stajališta brodovi koji isplivljavaju ili uplovljavaju u Kvarner presijecaju smjer plovidbe brodova u dužobalnoj plovidbi; pritom je slobodan manevarski prostor dovoljno velik, a kut pod kojim se obavlja presijecanje je blizu pravog kuta. U otvorenom području prilaza Kvarneru nema izrazitih navigacijskih opasnosti. Na ulazu u Kvarner nalazi se hrid Galijola koji je jedino mjesto na tom području koje predstavlja određenu opasnost u plovidbi zbog mogućeg nasukanja. Hrid je dobro označena svjetlom i radarskim farom pa se može pravovremeno otkriti brodskim radarom. Brodovi u plovidbi prema lukama u Riječkom zaljevu u najvećoj mjeri prolaze zapadno od Galijole izuzev za vrijeme jakih vjetrova iz južnih smjerova kada manji brodovi ($L < 120$ m) uobičajeno koriste plovni put između otoka Unije i Lošinja. Hrid Zaglav nalazi se oko 0,6 M od zapadne obale Cresa južno od rta Pernat te je isto dobro označena navigacijskim svjetlom. S obzirom da se nalazi blizu obale ne predstavlja značajnu navigacijsku opasnost. Na cijelom području Kvarnera dubine su oko 50 m.

U prolazu Vela Vrata (širine 2,3 do 2,8 M) uspostavljen je sustav odijeljenog prometa čime je određen opći smjer plovidbe i to tako da svi brodovi dulji od 20 m koji plove u sjeveroistočnom smjeru i uplovljavaju u Riječki zaljev moraju ploviti uz obalu Cresa tj. koristiti istočno područje plovidbe sustava odijeljenog prometa, dok brodovi koji plove u jugozapadnom smjeru tj. isplivljavaju iz Riječkog zaljeva moraju koristiti

zapadno područje. U Velim vratima odvija se promet ro-ro putničkih brodova između otoka Cresa i obale Istre odnosno između luka Brestova – Porozina. Ovi brodovi plove okomito u odnosu na glavni plovidbeni smjer. Vremensko trajanje plovidbe ro-ro brodova je razmjerno kratko tj. oko 30 minuta. Dubine u Velim vratima su od 55 do 65 m.

Na ulazu u Riječki zaljev sjeverno od zone odvojenog prometa nalazi se čvorište plovidbenih putova brodova koji uplovljavaju i brodova koji isplovljavaju iz Riječkog zaljeva iz različitih smjerova odnosno terminala. Drugo čvorište se nalazi u središnjem dijelu Riječkog zaljeva gdje se križaju plovidbeni putovi brodova iz Velih vrata za Bakarski zaljev ili naftni terminal Omišalj te brodova iz Srednjih vrata za luku Rijeka i Opatija.

2.2 ORIJENTACIJSKE TOČKE I OZNAKE NA PLOVNOM PUTU

Riječki zaljev je morsko područje između sjeveroistočne obale Istre i obale hrvatskog primorja do Bakarskog zaljeva te zapadne obale otoka Krka i sjeverne obale otoka Cres. Orijehtacijske točke na zapadnoj obali zaljeva su zvonik u mjestu Brseč, mjesta Mošćenice i Mošćenička Draga, kula na rtu Cesara, crkva u Veprincu iznad Opatije i planina Učka (1.401 m) s antenskim stupom. Orijehtacijske točke na sjevernoj obali zaljeva su zvonik u Kastvu, građevine grada Rijeke, zvonik i zidine na Trsatu, industrijska postrojenja zapadno od ulaza u Bakarski zaljev te Krčki most i otočić Sv. Marko na ulazu u Tihi kanal. Na istočnoj obali zaljeva, odnosno na obali otoka Krk, najistaknutije orijehtacijske točke su zvonik u mjestu Omišalj, postrojenja naftnog i petrokemijskog terminala, mjesto Malinska i crkva na rtu Glavotok. Na obali otoka Cres to su strmi i tamni rtovi Jablanac i Grot. U luci Opatija nalazi se svjetionik sa crvenim svjetlom dometa 6 M te u luci Rijeka na području Mlaka svjetionik s bijelim svjetlom dometa 15 M. Ispred luke Omišalj nalazi se svjetionik na rtu Tenka punta dometa 7 M. Sjeverno od rta je pličina označena lateralnom oznakom sa svjetlom (4 M), a oko 0,6 M zapadno je oznaka usamljene opasnosti sa bijelim svjetlom (4 M).

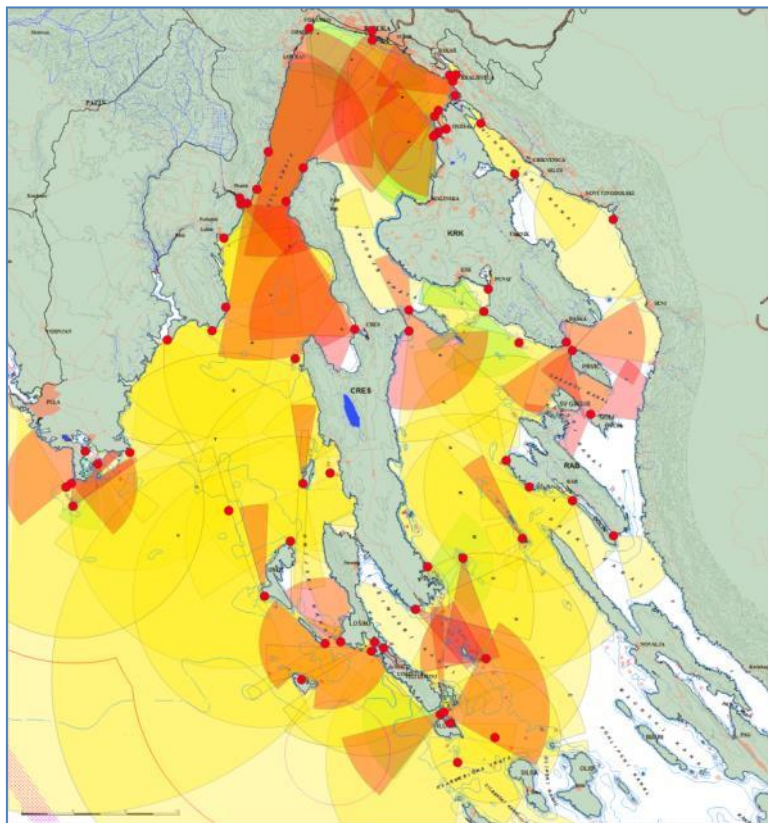
Područje Kvarnera je područje između istočne obale Istre, od rta Kamenjak do Plominske luke, i zapadnih obala otoka Cres, Unije, Lošinj i Ilovik, koje vodi od otvorenog mora prema prolazu Vela Vrata. Orijehtacijske točke na obali Istre su svjetionik Porer, s bijelim svjetlom dometa 25 M, zatim obalna mjesta Medulin i Ližnjan, rt Crna Punta na kojem je svjetionik s bijelim svjetlom dometa do 10 M, duboko usječena uvala Plominska luka, vrhovi planine Učka te niz lučkih svjetala duž obale.

Na ulazu u prolaz Vela Vrata na obali Istre se nalaze: svjetionik na rtu Sv. Andrija (bijelo svjetlo dometa 5 M), svjetionik na rtu Brestova (crveno svjetlo dometa 13 M), svjetionik u uvali Brestova (zeleno svjetlo dometa 4 M), te svjetionik na rtu Šip (crveno svjetlo dometa 8 M). Prolaz je na obali otoka Cres označen svjetionikom na gatu u uvali Porozina (crveno svjetlo dometa 3 M), svjetionikom na rtu Prestenice (bijelo svjetlo dometa 10 M) i svjetionikom na rtu Starganac (zeleno svjetlo dometa 8 M).

Obale otoka Cresa su iznimno strme te se lanac brda pruža po cijeloj dužini otoka. Najviši vrhovi su Orlin (604 m), Gorice (648 m), Sis (639 m) na sjevernoj dijelu i Helm (482 m) u središnjem dijelu, dok su na južnom dijelu otoka znatno manje nadmorske visine (60-80 m). Značajnije oznake duž zapadne obale otoka su svjetla uzgajališta ribe u uvali Veli Bok (žuta svjetla dometa 2 M), signalizacija na ulazu u luku Cres na rtu Kovačine (crveno svjetlo dometa 8 M) i rtu Križice (zeleno svjetlo dometa 4 M), svjetionik na hridi Zaglav (bijelo svjetlo dometa 10 M), svjetionik na otoku Zeča (bijelo svjetlo dometa 8 M i crveno svjetlo dometa 6 M) i svjetionik na otočiću Visoki (bijelo svjetlo dometa 6 M).

Otočić Galijola je udaljen otprilike 4,6 M sjeverozapadno od otoka Unije i oko 7,2 M zapadno od rta Osor na Lošinju. Označen je odgovarajućom pomorskim svjetlom (bijelo svjetlo dometa 12 M i Racon (K)).

Otok Unije ima lanac brežuljaka koji na južnom djelu otoka završavaju vrhom Kalk (132 m). Nedaleko od sjeverozapadne obale nalazi se greben Samunčel označen kardinalnom oznakom, isto kao i pličina Arbit ispred istoimenog južnog rta. Svjetionici se nalaze na rtu Lakunji (bijelo svjetlo dometa 8 M), na rtu Vnetak (bijelo svjetlo dometa 10 M i crveno svjetlo dometa 7 M) te u luci Unije (crveno svjetlo dometa 3 M).



Slika 2 Pokrivenost svjetionicima (domet > 5M) – plovni putovi prema lukama Riječkog zaljeva

Otok Susak je prekriven terasastim naslagama žućkastog pijeska, strmih obala s najvišim brdom Garba (96 m) na kojem je svjetionik s bijelim svjetlom dometa 19 M. Pored toga svjetla se nalaze u luci Susak (zeleno dometa 2 M i crveno dometa 2 M).

Lošinj se nalazi u južnom dijelu Kvarnera te se cijelom duljinom otoka pruža lanac brda i brežuljaka koji su korisne orijentacijske točke, a najviši je vrh Televrina (589 m) na brdu Osorščica. Sjeverni je dio otoka strm i bez raslinja dok je ostatak obrađen i šumovit. Na zapadnoj strani otoka korisne orijentacijske točke su svjetla svjetionika na rtu Kurila (bijelo svjetlo dometa 8 M i crveno svjetlo dometa 6 M), svjetionika na otočiću Zabodaski (crveno svjetlo dometa 4 M), svjetionika na otočiću Murtar (bijelo svjetlo dometa 8 M) i svjetionika na rtu Madona (zeleno svjetlo dometa 3 M).

Otok Ilovik nalazi se sa južne strane otoka Lošinja i od njega je odijeljen Ilovičkim vratima. U zapadnom djelu otoka se nalaze djelomično obrađene padine brežuljka Krišine (78 m), na istočnom djelu otoka se brežuljak Vela straža (92) strmo spušta prema obali, dok se na jugoistočnom kraju nalazi niski, kameni i uski rt Radovan.

Otočić Grujica se nalazi se 2 M južno od Ilovika te se na njemu nalazi svjetionik sa bijelim svjetlom dometa 10 M i radarski far Oznake (O). Između njega i otoka Lutrošnjaka se nalaze Kvarnerička vrata koja vode prema Kvarneriću. Odatle do Riječkog zaljeva put vodi kroz Srednja vrata odnosno prolaz između otoka Krka i Plavnika te otoka Krka i Cresa širine oko 2,6 M u najužem dijelu te oko 3,8 M u najširem. Značajne orijentacijske točke su otočić Galun, svjetionik na rtu Negrit (zeleno svjetlo dometa 5 M), Manganel (bijelo svjetlo dometa 8 M) i svjetionik na rtu Glavotok (crveno svjetlo dometa 3 M) na obali otoka Krk te mjesto Beli u blizini obale otoka Cres. Plovni put ne koriste brodovi u međunarodnoj plovidbi odnosno brodovi koji prevoze opasne terete pa se stoga u nastavku ne razmatra.

2.3 NAVIGACIJSKA I KOMUNIKACIJSKA POKRIVENOST

Sukladno raspoloživoj (obveznoj i/ili uobičajenoj) opremi, za određivanje položaja broda na promatranom području mogu se koristiti metode terestričke navigacije, radarske navigacije te satelitske navigacije.²

Radarska navigacija. Na cijelom plovnom području obala je pretežno visoka i strma te se nedvojbeno i pravodobno može u svim vremenskim uvjetima odrediti položaj broda vizualnim promatranjem ili korištenjem radarskih uređaja. Zbog vrlo dobrog odraza obalne linije točnost određivanja položaja radarskim uređajem je zadovoljavajuća i na udaljenosti preko 30 M (uz dovoljnu visinu radarske antene).

Satelitska navigacija. Satelitska navigacija (u najvećoj mjeri Globalni pozicijski sustav (GPS) odnosno GLONASS) mogu se koristiti na cijelom području Jadrana pa tako i u području Kvarnera odnosno Riječkog zaljeva. Točnost, raspoloživost, pouzdanost, vremenski razmak između dva uzastopna položaja broda i kapacitet sustava su uobičajeni te u potpunosti zadovoljavaju međunarodne standarde. Na promatranom području, kao i na ostatku Jadrana, nema sustava poboljšane točnosti GPS signala odnosno DGPS-a.

Komunikacijska pokrivenost. Na promatranom plovnom području Jadrana svi brodovi u radijskom prometu mogu koristiti usluge obalnih radijskih postaja Republike Hrvatske. Međunarodnim pravilnikom o radio-prometu i službi zaštite života na moru i sigurnosti plovidbe određena je služba bdijenja koja je organizirana na VHF kanalu 16, te za plovila opremljena DSC VHF uređajima na DSC VHF kanalu 70. Ako nema hitnih zahtjeva za radiovezom sve komunikacije mogu se obavljati na radnim kanalima obalnih radijskih postaja Republike Hrvatske. Skoro na čitavom plovnom području, zbog dobre pokrivenosti moguća je uporaba GSM telefonije, osim u predjelima prema otvorenom moru odnosno granici teritorijalnog mora te na većoj udaljenosti od naseljenih otoka.

Na promatranim plovnim područjima mogu se koristiti usluge obalnih radio-postaja Rijeka radio i Split radio s pozivnim znakom (9AR i 9AS), VHF – radiotelefonije na kanalima 04, 07, 16, 20, 21, 23, 24, 28 i 81 te MF – radiotelefonije.

Nadzor pomorskog prometa. Nadzor nad kretanjem pomorskog prometa u promatranom području obavlja centar za nadzor i upravljanje pomorskim prometom (-VTS) Rijeka.

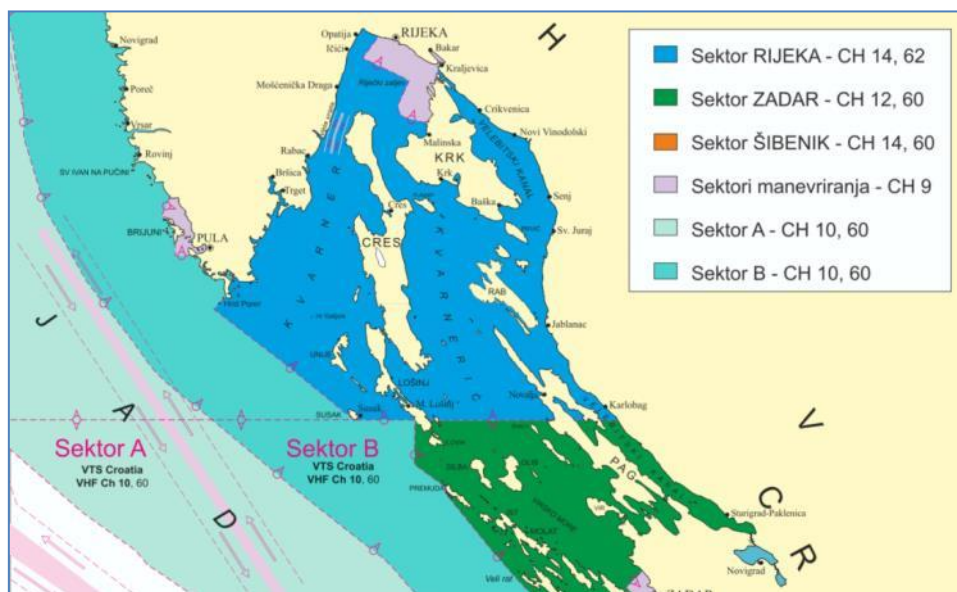
Nacionalna središnjica za usklađivanje traganja i spašavanja na moru sa sjedištem u Rijeci u koordinaciji s drugim podsredišnjicama usklađuje traganja i spašavanja te obavlja nadzor i kontrolu sigurnosti pomorskog prometa na promatranim plovnim područjima. Središnjica je dostupna na VHF kanalu 16 i broju telefona 195.

Služba peljarenja, lučke kapetanije odnosno VTS služba dostupna je 24 sata na dan na VHF radijskom kanalu VTS sektora odnosno kanalima 14 i 62. U vanjskim područjima obalnog mora (sektori A i B) koriste se kanali 10 i 60. Također, na svim promatranim plovnim područjima lučke kapetanije i VTS služba kontaktiraju se preko VHF radijskog kanala VTS sektora.

U luci Rijeka pod upravom Lučke uprave Rijeka nalazi se Lučki kontrolni centar koji koristi VHF kanal 9, čija je osnovna svrha organizacija kretanja brodova unutar lučkih bazena, sidrišta i na prilaznim putovima te usklađivanje peljarenja i tegljenja brodova.

Vremenska izvješća. Vremenska izvješća i upozorenja za pomorce svakoga dana odašilju se na VHF kanalima 67, 69 i 73.

² Pretpostavlja se plovidba s istovremenom upotrebom primarnog i sekundarnog načina određivanja položaja broda.



Slika 3 VHF kanali lučkih kapetanija i peljarskih službi

Magnetske prilike. Elementi zemaljskog magnetskog polja su: magnetska varijacija, magnetska inklinacija i sila totalnog intenziteta zemaljskog magnetizma koja se sastoji od vertikalne i horizontalne komponente. Vrijednost magnetske varijacije i vrijednost horizontalne komponente zemaljskog magnetskog polja su od posebnog značaja za navigaciju. Magnetska varijacija u Jadranskom moru (2012) varira u rasponu od približno 2,5°E u području Venecije do 3,5°E u području Otrantskih vrata. Godišnja promjena magnetske varijacije vrlo je mala i iznosi od približno 7,1'E u sjevernom dijelu do 6,2'E u južnome dijelu Jadrana. Prema podacima iz 2012. godine vrijednost magnetske varijacije za plovno područje Rijeka iznosi 2°56' E. Godišnja promjena magnetske varijacije iznosi 6' E.

Na području Jadranskog mora magnetske anomalije zamijećene su na području Lošinj – Rijeka i u južnom dijelu Jadrana na području Jabuka – Svetac – Vis, ponajviše zbog geološke strukture planina duž obale te eruptivnih stijena otočića Brusnik i Jabuka. Na ovim područjima uputno je češće provjeravati pokazivanje magnetskog kompasa, te za određivanje pozicije broda valja koristiti sredstva koja ne ovise o zemaljskom magnetizmu, koliko je to moguće.

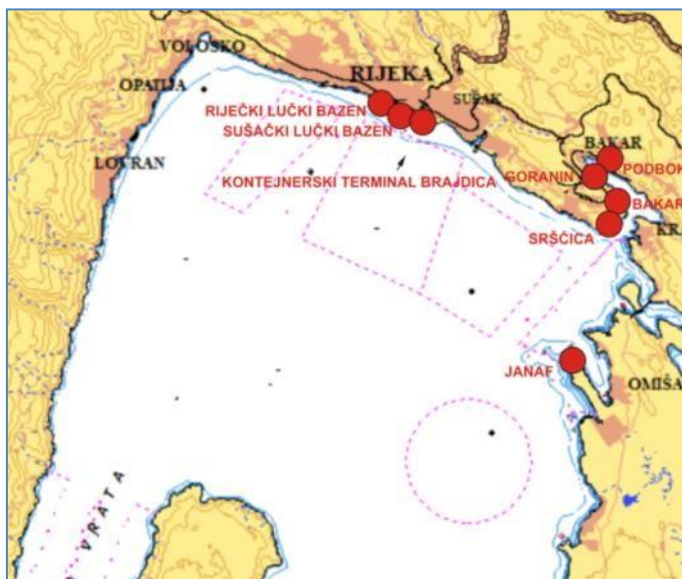
2.4 POMORSKI PROMET

Na promatranom području postoji jedna luka osobitog međunarodnog značaja (Rijeka), 27 luka županijskog te 76 luka lokalnog značaja³. Dodatno, na plovnom području je smješteno ukupno 30 registriranih luka nautičkog turizma, od kojih je 10 marina, 7 suhih marina, 5 privezišta te 8 sidrišta.

Teretne luke odnosno terminali na području Riječkog zaljeva uključuju:

- riječki lučki bazen,
- sušački lučki bazen,
- bakarski lučki bazen (pristaništa Podbok i Goranin),
- kontejnerski terminal Brajdica,
- terminal za tekuće terete, naftni terminal Omišalj (JANAF),
- industrijske luke Bakar i Srčica (Rafinerija nafte INA-Rijeka).

³ Naredba o razvrstaju luka otvorenih za javni promet na području Primorsko-goranske županije (Narodne novine 3/2015)



Slika 4 Položaj teretnih luka na području riječkog zaljeva

Lučki bazeni Rijeka, Sušak, Bakar, kontejnerski terminal Brajdica te terminal za tekuće terete, naftni terminal Omišalj obuhvaćaju lučka područja Lučke uprave Rijeka i predstavljaju luke otvorene za javni promet od osobitog gospodarskog značaja za Republiku Hrvatsku.

Bazen Rijeka. Lučko područje ovog lučkog bazena predstavlja središnji dio luke Rijeka te je smješten ispred gradske jezgre. Obuhvaća područje od Istarskog pristaništa na istočnom dijelu do Zagrebačkog pristaništa na zapadnom dijelu te područje lukobrana u dužini od 1.786 metara. Sastoji se od ukupno 9 pristaništa (Zagrebačko, Praško, Bratislavsko, Visinov gat, Budimpeštansko, Orlandov gat, Bečko, Gat De Franceschi i Istarsko) te 3 specijalizirana terminala (Putnički terminal, Terminal za rashlađene terete i Terminal za žitarice). Ukupni broj vezova za privez teretnih brodova iznosi 16 dok se manji putnički, ribarski i javni brodovi privezuju na ukupno 20 vezova. Dubine na pristaništima omogućavaju prihvat brodova do najvećeg gaza od približno 12 metara, odnosno brodova PanaMax veličine, duljine do 225 metara (Budimpeštansko pristanište). Na pristaništima je omogućen prekrcaj generalnog i rasutog tereta, a uobičajeno se prekrcava i drvo. Dio riječkog bazena služi za prihvat ribarskih brodova te privez jahti. Na putničkom terminalu mogu se privezivati veći putnički i ro-ro putnički brodovi na dubini od 7,5 metara. Dio putničkog terminala namijenjen je za privez i vrlo brzih putničkih brodova (HSC brodovi).

Bazen Sušak. Bazen je smješten istočno od riječkog lučkog bazena i obuhvaća 3 pristaništa (Senjsko i Vinodolsko pristanište te Ružičev gat) te Sušački lukobran koji se također koristi za privez brodova. Koristi se za prihvat manjih teretnih brodova (najveće dubine uz pristaništa iznose 6,5 metara) za prijevoz generalnog i rasutog tereta te drva. Obalni rub uz sjeverni dio bazena koristi se za privez vrlo brzih putničkih brodova.

Kontejnerski terminal Brajdica. Terminal je namijenjen prekrcaju i skladištenju kontejnera, ro-ro prikolica i drugih vozila te rukovanju teškim koletima i kamenim blokovima. Ukupna duljina obale iznosi 628 m, s najvećom dubinom od 13,5 m te mogućnošću istovremenog prijehva 2 kontejnerska broda najveće duljine 367 metara. Godišnji kapacitet terminala iznosi 600.000 kontejnera.

Bazen Bakar. Bazen se nalazi u zapadnom dijelu Bakarskog zaljeva. Sastoji se od dva terminala. Na sjeveroistočnom dijelu nalazi se pristan „Podbok“ za prekrcaj rasutih tereta dok se na jugozapadnom dijelu nalazi pristanište „Goranin“ s ro-ro rampom. Na pristaništu s najvećom dubinom od 9 metara se uobičajeno prihvaćaju manji obalni brodovi za prijevoz rasutog tereta i drva. Terminal „Podbok“ je namijenjen prekrcaju rasutih tereta (ugljen, željezna rudača, cement i drugi rasuti tereti). Terminal raspolaže operativnom obalom duljine 385 m, s dubinom mora od 18,5 m i otvorenim skladišnim prostorom za smještaj 400.000 tona tereta.

Naftni terminal Omišalj (JANAF). Terminal je smješten na sjevernom dijelu otoka Krka, na zapadnoj strani Omišaljškog zaljeva, na poluotoku Tenka Punta. Pristani za prihvat brodova nalaze se na istočnoj strani poluotoka. Terminal se sastoji od dva jednaka pristana čelične konstrukcije «T» oblika pojedinačne duljine 120 m, s dubinama uz pristan od 30 m. Na terminalu se mogu prihvaćati najveći tankeri za prijevoz tekućih tereta na svijetu, a uobičajeno se prihvaćaju tankeri za prijevoz sirove nafte (uobičajene veličine AFRAMAX ili SUEZMAX tankeri) te tankeri za prijevoz naftnih produkata nosivosti do 40.000 tona.

Brodogradilišta. Brodogradilišne luke na području riječkog zaljeva obuhvaćaju tri brodogradilišta od kojih je brodogradilište 3. Maj namijenjeno izgradnji novih brodova, dok su brodogradilišta Kraljevica i Viktor Lenac remontna brodogradilišta. 3. Maj ne ostvaruje veći pomorski promet dok preostala dva brodogradilišta imaju veći promet brodova pri čemu brodogradilište Viktor Lenac uobičajeno prihvaća brodove u međunarodnoj plovidbi duljine veće od 100 metara dok Kraljevica obavlja popravke manjih brodova koji uobičajeno plove u nacionalnoj plovidbi.

Industrijske luke INA-e. Industrijske luke u Bakarskom zaljevu (Petrolejska luka Bakar i Sršćica) su luke rafinerije nafte „INA“ za prihvat brodova za prijevoz naftnih produkata (Bakar) i ukapljenih naftnih plinova (Sršćica). Obala Petrolejske luke ima duljinu od 465 metara s 8 pristana na kojima se uobičajeno prihvaćaju manji obalni tankeri te tankeri za prijevoz naftnih produkata nosivosti do približno 40.000 tona. Najveće dubine uz obalu iznose 10,5 metara. Industrijska luka Sršćica se sastoji od jednog gata duljine 66,8 metara s dubinama od približno 10 metara. Uobičajeno se koristi za prihvat manjih LPG brodova ukupne nosivosti do 5.000 tona koji prevoze ukapljeni naftni plin u stlačenom stanju.

Pomorski promet. Ukupni broj uplovljenja brodova u prethodnim godinama (2014. – 2016.) na području Riječkog zaljeva iznosi približno 4.700 uplovljenja (u 2016. godini ukupno je bilo 4.674 uplovljenja) od čega približno je 900 stranih brodova. Općenito, domaći brodovi obuhvaćaju pomorski promet ribarskih i putničkih brodova te promet tegljača na području luke Rijeka, dok strani brodovi koji uplovljavaju su većinom teretni brodovi (tankeri, kontejnerski brodovi i brodovi za prijevoz rasutih i generalnih tereta) koji uplovljavaju prema teretnim pristaništima na području Riječkog zaljeva (Riječki i Sušački bazen, kontejnerski terminal Brajdica, pristaništa na području Bakarskog zaljeva, naftni terminal Omišalj te brodogradilišta Viktor Lenac i Kraljevica). Najveći brodovi koji uplovljavaju u luke Riječkog zaljeva su kontejnerski brodovi duljine do 366 metara te tankeri za prijevoz sirove nafte ukupne nosivosti od 330.000 tona, odnosno približnih dimenzija 330 metara duljine i 60 metara širine.

Ukupna količina prekrcanog tereta u lukama na području Riječkog zaljeva iznosi približno 13.000.000⁴ tona od čega se većina tereta prekrcna na naftnom terminalu u Omišlju, približno 50% ukupne količine. Poslije naftnog terminala Omišalj, obzirom na količinu prekrcanog tereta ističe se teret prekrcan na terminalima rafinerije INA Bakar te promet kontejnera na kontejnerskom terminalu Brajdica gdje je 2015. godine prekrcano 161.883 TEU, a 2016. godine 177.401 TEU.

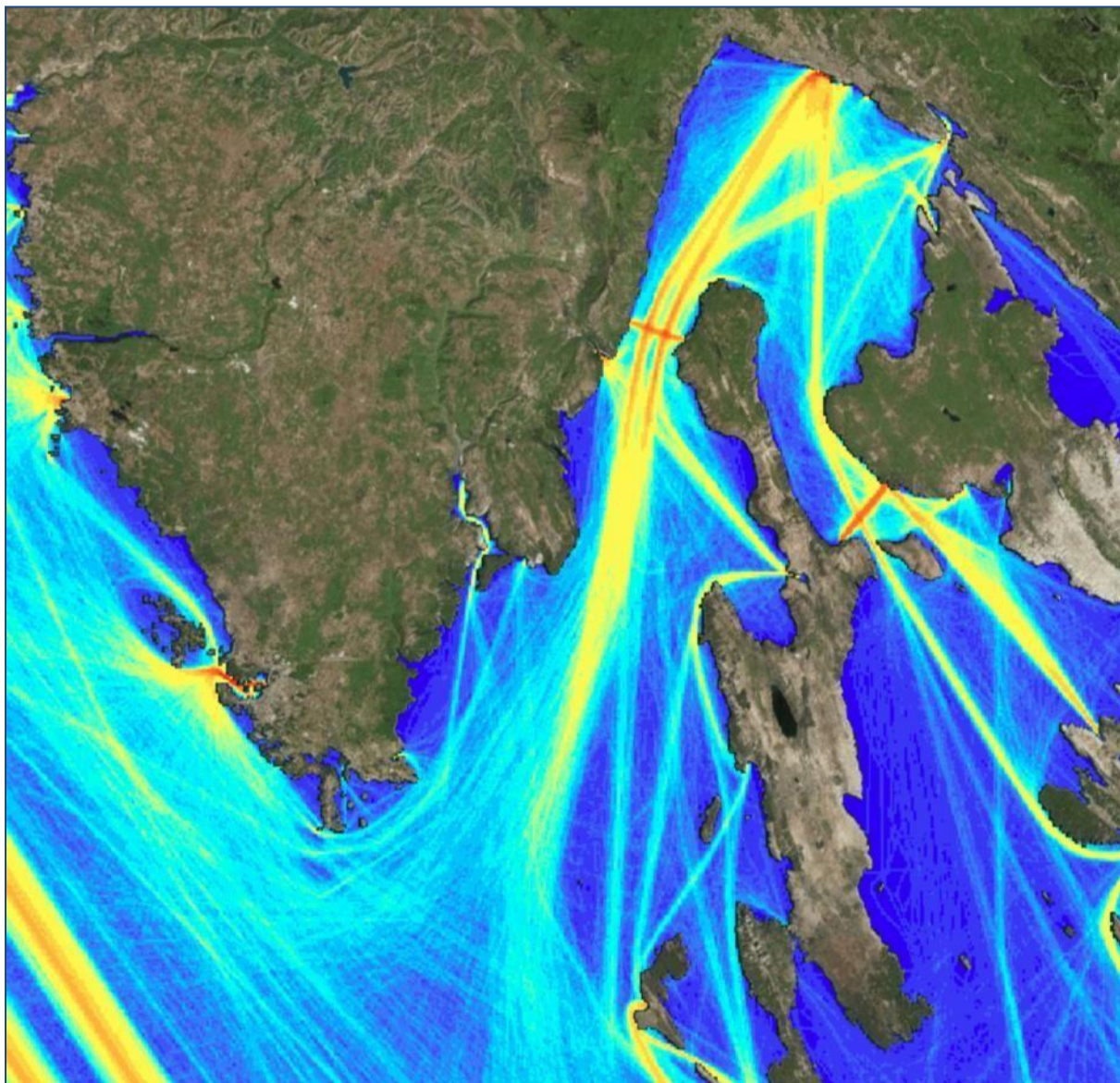
⁴ Uključuje teret prekrcan u lukama u nadležnosti Lučke uprave Rijeka (Rijeka, Sušak, Brajdica, Bakar-Podbok/Goranin, naftni terminal Omišalj) te teret prekrcan na terminalima rafinerije INA Bakar.

Lučki bazen	Broj uplovljenja	Promet (t)	Vrsta tereta
2014			
Rijeka	328 teretnih brodova 822 putničkih brodova 893 ribarskih brodova	2.312.847 192.500 putnika	generalni i rasuti teret, drvo
Sušak	17		generalni i rasuti teret, drvo
Brajdica	389		kontejneri
Bakar	41	1.188.945	rasuti teret i drvo
Omišalj	57	4.882.695	sirova nafta i naftni produkti
Brodogradilište 3. Maj	7	N/P	N/P
Brodogradilište Viktor Lenac	75	N/P	N/P
Brodogradilište Kraljevica	31	N/P	N/P
Petrolejska luka	260	2.042.509	naftni produkti
Sršćica	25		ukapljeni naftni plin
2015			
Rijeka	1.784 domaća broda 834 strana broda	3.137.720 144.377 putnika 35.316 grla stoke - Raša	generalni i rasuti teret, drvo
Sušak	48		generalni i rasuti teret, drvo
Brajdica	346		kontejneri
Raša ⁵	148		stoka, drvo i kamen
Bakar	47	1.167.164	rasuti teret i drvo
Omišalj	80	6.595.537	sirova nafta i naftni produkti
Brodogradilište 3. Maj	6	N/P	N/P
Brodogradilište Viktor Lenac	93	N/P	N/P
Brodogradilište Kraljevica	36	N/P	N/P
Petrolejska luka	295	1.637.516	naftni produkti
Sršćica	24		ukapljeni naftni plin
2016			
Rijeka	2.081 domaća broda 685 strana broda	3.235.821 163.364 putnika 55.237 grla stoke - Raša	generalni i rasuti teret, drvo
Sušak	33		generalni i rasuti teret, drvo
Brajdica	362		kontejneri
Raša	184		stoka, drvo i kamen
Bakar	32	598.167	rasuti teret i drvo
Omišalj	91	7.325.173	sirova nafta i naftni produkti
Brodogradilište 3. Maj	25	N/P	N/P
Brodogradilište Viktor Lenac	59	N/P	N/P
Brodogradilište Kraljevica	52	N/P	N/P
Petrolejska luka	288	2.084.705	naftni produkti
Sršćica	27		ukapljeni naftni plin

Tablica 1 Pomorski promet na plovnom području Riječkog zaljeva⁶

⁵ Luka Raša, odnosno lučki bazen Raša, nalazi se na istočnoj obali Istre, 60 km od Rijeke, u prirodno zaštićenom zaljevu. Koristi se za prekrcaj stoke, drva i kamena. U okviru bazena Raša nalaze se dva zasebna terminala za prekrcaj stoke i drva. Lučki bazen ima kopnenu površinu od približno 700.000 m² dok su najveće dubine na pristanima 10 metara. Lučki bazen je u nadležnosti Lučke uprave Rijeke.

⁶ Izvor podataka je Lučka uprava Rijeke te Lučka kapetanija Rijeke - godišnja izvješća (broj brodova – lučki bazen Rijeke, količina tereta u Petrolejskoj luci Bakar i Sršćica).



Slika 5 Prometno opterećenje na području prilaznih plovinih putova (AIS podaci – 2014)

Putnički promet u Riječkom zaljevu nije značajan te je u 2014. iznosio je 234.416 putnika pri čemu je većina putnika prekrkana na putničkom terminalu u Rijeci i to ukupno 192.500 putnika. Najveći dio putničkog prometa odnosi se na linijski promet vrlo brzim brodovima prema otocima Cresu i Malom Lošinj u te otocima Rabu i Pagu gdje je u 2014. prevezeno 149.194 putnika, a 2016. godine 140.825⁷. Svakodnevno dvije brzobrodne putničke linije isplovljavaju prema navedenim otocima.

Valja naglasiti da je teretni promet u proteklom desetljeću imao tendenciju pada osim u posljednje 3 godine kada se bilježi blagi rast dok je putnički promet relativno stabilan. Za očekivati je u budućim godinama blago povećanje kako teretnog tako i putničkog prometa. Povećanje se očekuje zbog uplovljavanja većeg broja tankera, kontejnerskih brodova i brodova za prijevoz rasutih tereta, odnosno povećanja količine odnosnog tereta, te većeg broja brodova za kružna putovanja u nacionalnoj i međunarodnoj plovidbi.⁸

⁷ Podaci Agencije za obalni linijski pomorski promet (AZOLPP).

⁸ U 2016. u Rijeku je uplovilo 17 brodova za kružna putovanja u međunarodnoj plovidbi dok je u 2014. godini bilo 7 uplovljavanja. U nacionalnoj plovidbi približno 10 manjih brodova za kružna putovanja (duljine do 35 metara) tijekom ljetnih mjeseci isplovljava tjedno iz luke Rijeka. Očekuje se nastavak povećanja broja uplovljenja brodova za kružna putovanja i u narednim godinama.

Od ostalih luka na području Riječkog zaljeva značajniji pomorski promet stvaraju luke lokalnog značaja Opatija, Bakar, Kraljevica, Omišalj i Malinska. Pomorski promet u navedenim lukama ponajprije se odnosi na promet ribarskih i manjih putničkih brodova dok se jedino u luci Opatija (na sidrištu) odvija međunarodni promet i promet brodova za kružna putovanja. Primjerice, u 2014. godini ukupno je 13 brodova za kružna putovanja u međunarodnoj plovidbi prihvaćeno na sidrištu luke Opatija.

Na promatranom plovnom području postoji 27 luka otvorenih za javni promet od županijskog značaja. Od ukupnog broja 22 luke su isključivo putničke luke dok 6 luka prihvaćaju ro-ro putnički promet. Ro-ro putnički promet obavlja se u slijedećim lukama županijskog značaja:

- Lopar (otok Rab),
- Mali Lošinj (otok Lošinj),
- Merag (otok Cres),
- Mišnjak (otok Rab),
- Porozina (otok Cres) i
- Valbiska (otok Krk).

Od navedenih luka određeni utjecaj na plovidbu LNG brodova prema planiranom terminalu ima samo promet na liniji Porozina – Brestova pa se u nastavku razmatra samo taj promet dok se drugi promet na plovnom području županije zanemaruje.

Luka Porozina nalazi se na otoku Cresu u području prolaza Vela Vrata. Luka ima tri rampe za prihvat ro-ro brodova koji povezuju otok Cres s istočnom istarskom obalom i lukom Brestova. Prihvat ro-ro putničkih brodova obavlja se na dva priveza. Na zapadnom gatu s unutrašnje strane nalazi se obala duljine 28 m s dubinama od približno 3,5 m. U istočnom dijelu luke izgrađen je novi gat približne duljine 50 m, s dubinama od 4,5 do 5 m koji služi za prihvat većih ro-ro brodova. Iza novog gata nalazi se lučica za plovila domicilnog stanovništva. Luka Brestova ima dva pristaništa i približno iste dubine. Luka je izložena sjevernim i sjeverno-istočnim vjetrovima.

Luke Rabac i Plomin koje se također nalaze u Istarskoj županiji primaju pomorski promet manjih putničkih brodova, a luka Plomin dodatno i promet ribarskih brodova. Važnost navedenih luka u Istarskoj županiji ogleda se u činjenici da pomorski promet koji ulazi ili izlazi iz tih luka presijeca glavni plovni put prema Riječkom zaljevu. Ro-ro putnički brodovi u plovidbi na liniji Brestova – Porozina presijecaju taj plovni put pod pravim kutom.

Najveći pomorski promet u lukama županijskog i lokalnog značaja vezan je za ljetne mjesec kada veći broj putničkih brodova za jednodnevna putovanja i veći broj brodica domicilnog stanovništva isplovljava.

Strane brodice i jahte. Broj stranih brodica koje su uplovile u luke na području Lučke kapetanije Rijeka u 2014. godini iznosi 11.123 od čega je uplovilo 406 jahti dok se je 2016. godine taj broj povećao na 13.974 odnosno 793 jahti. Potrebno je napomenuti da navedeni broj plovila nautičkog turizma najčešće ne plove na području Riječkog zaljeva već na ostalim plovnim područjima na Kvarneru i Kvarneriću. Najveći utjecaj na sigurnost plovidbe LNG broda može imati na prilaznim plovnim putovima i to na području Kvarnera između obala Istre i Cresa.

Na zimovanju je u 2016. godini ostavljeno 2.288 plovila od čega se najveći broj odnosi na luke i marine, Punat, Cres, Rab, Mali Lošinj te Opatija.

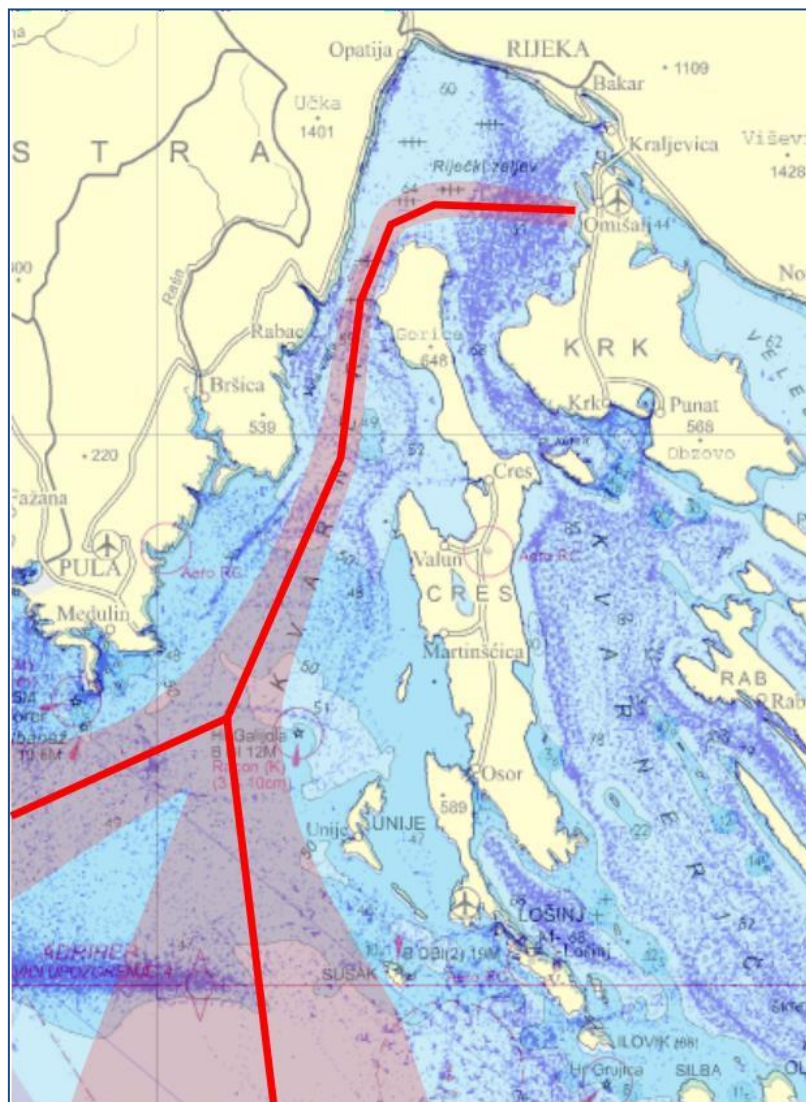
Linija	Broj putnika 2013	Broj putnika 2014	Broj vozila 2013	Broj vozila 2014
VALBISKA - MERAG	762.526	806.316	367.208	394.121
BRESTOVA - POROZINA	548.486	501.114	235.259	218.248
VALBISKA - LOPAR	85.449	84.350	30.626	29.152
MALI LOŠINJ - ILOVIK - SUSAK - UNIJE - MARTINŠĆICA - CRES - RIJEKA	74.351	69.930	-	-
NOVALJA - RAB - RIJEKA	88.561	79.264	-	-
	Broj putnika 2015	Broj putnika 2016	Broj vozila 2015	Broj vozila 2016
VALBISKA - MERAG	1.025.199	1.068.453	422.546	426.716
BRESTOVA - POROZINA	545.700	575.893	218.006	226.189
VALBISKA - LOPAR	106.717	106.024	37.774	36.693
MALI LOŠINJ - ILOVIK - SUSAK - UNIJE - MARTINŠĆICA - CRES - RIJEKA	72.677	70.371	-	-
NOVALJA - RAB - RIJEKA	76.729	70.454	-	-

Tablica 2 Pomorski promet na državnim putničkim i ro-ro putničkim linijama na promatranom plovnom području koje imaju ili mogu imati utjecaja na plovidbu LNG broda prema LNG FSRU terminalu (Agencija za obalni linijski pomorski promet)

Linija	Broj linija (dnevno)	Vrsta broda
VALBISKA - MERAG	26	ro-ro putnički brod
BRESTOVA - POROZINA	26	ro-ro putnički brod
VALBISKA - LOPAR	8	ro-ro putnički brod
MALI LOŠINJ - ILOVIK - SUSAK - UNIJE - MARTINŠĆICA - CRES - RIJEKA	2	brzi putnički brod
NOVALJA - RAB - RIJEKA	2	brzi putnički brod

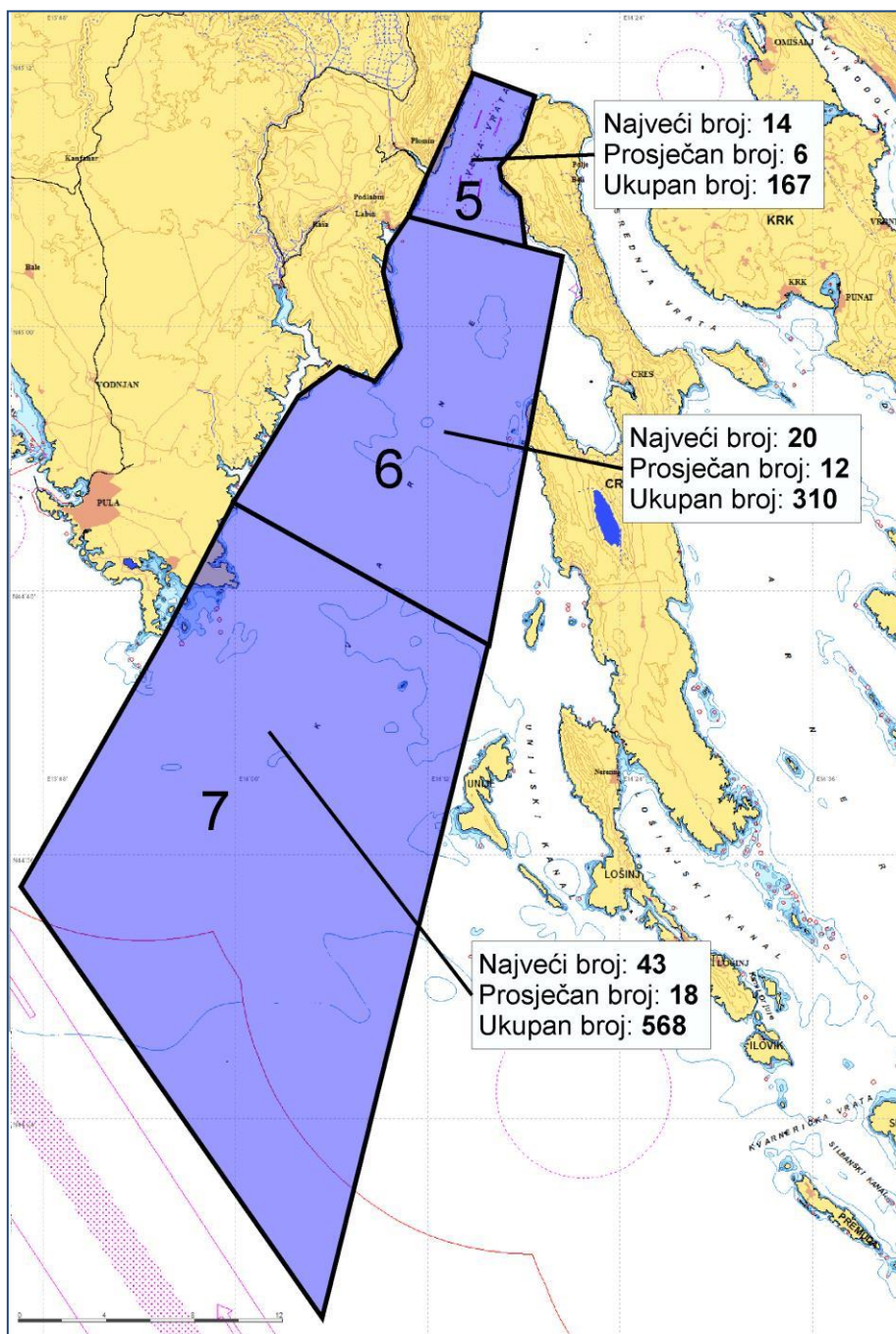
Tablica 3 Pomorski linijski putnički i ro-ro putnički promet (ljetni mjeseci – visoka sezona) na promatranom plovnom području koje imaju ili mogu imati utjecaja na plovidbu LNG broda prema LNG FSRU terminalu (Agencija za obalni linijski pomorski promet)

Ribarski brodovi. Ribarski promet na području Primorsko-goranske županije uobičajeno se obavlja na području Riječkog zaljeva te prilaznom plovnom putu iz smjera otvorenog mora u području Kvarnera te na područjima Kvarnerića između otoka Krka, Raba i Cresa.



Slika 6 Područja kretanja ribarskih brodova (plave točke) na prilaznim plovnim putovima kretanja LNG broda (prema podacima Ministarstva poljoprivrede)

U upisnicima Lučke kapetanije Rijeka u 2016. bilo je upisano 67 ribarskih brodova (od čega 53 plivaričara) te 784 ribarskih brodica. Navedeni broj plovila se smanjuje pa se primjerice u samo dvije godine broj ribarskih brodica smanjio s 940 na 784, a ribarskih brodova s 73 na 67. Općenito, područje Kvarnera i Riječkog zaljeva s obzirom na ribolovnu sezonu može se smatrati područjem razmjerno visoke gustoće ribarskih brodova i to posebice plivaričara. Sitna plava riba najčešće se kreće u jatima pa je uobičajeno da se za vrijeme ribolova veći broj ribarskih brodova grupira i ribari u području približnog promjera od 4 do 5 M što s obzirom na broj ribarskih brodova koji gravitiraju sjevernom Jadranu (preko 50) može predstavljati poteškoću i opasnost u plovidbi brodova na glavnim plovnim putovima zbog mogućnosti sudara.



Slika 7 Opterećenje prilaznog plovnog puta ribarskim brodovima (prema podacima Ministarstva poljoprivrede)

Na slici je prikazan dnevni i ukupan broj ribarskih brodova u kolovozu 2016. godine u sektorima istočno i jugoistočno od Istre koja predstavljaju glavni prilazni plovni put LNG broda. Ukupan broj ribarskih brodova nije značajan u odnosu na veličinu promatranog sektora. Međutim, obzirom da se ribarenje u navedenom plovnom području najčešće odvija brodovima plivaričarima, koji uobičajeno ribare na ograničenom manjem plovnom području u grupi, oni mogu uvjetovati potrebu za povećanu pažnju LNG broda pri plovidbi planiranom plovnom rutom.

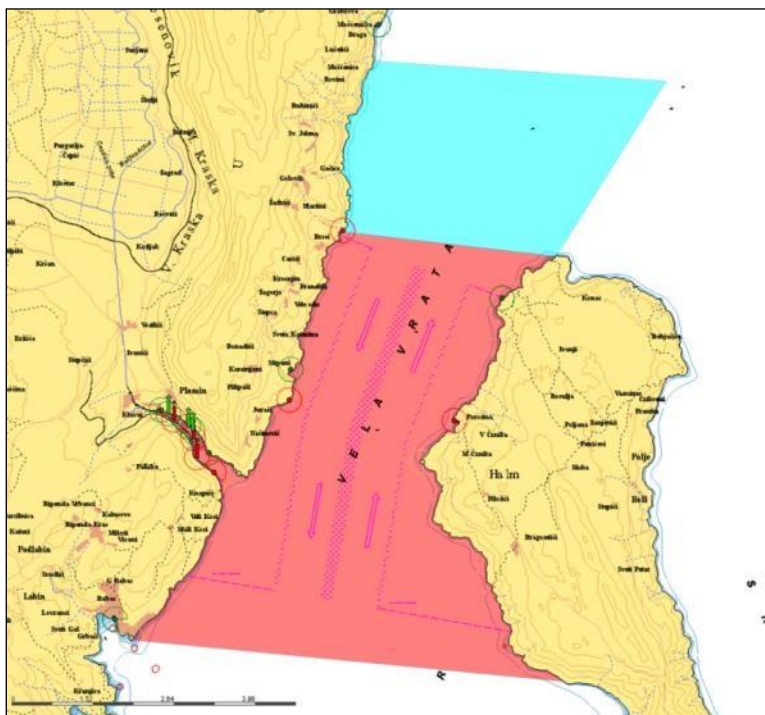
2.5 MARITIMNA SIGURNOST

Plovni put od otvorenog dijela Jadrana do LNG FSRU terminala jest područje raznolikih hidrometeoroloških i navigacijskih uvjeta i raznolikog pomorskog prometa pri čemu se susreću plovila bitno različitih obilježja.

Srednja vrata i Tihi kanal predstavljaju prilazne plovne putove za luke u Riječkom zaljevu za teretne i putničke brodove manjih veličina u nacionalnoj plovidbi te plovila nautičkog turizma. Promet plovila nautičkog turizma je izrazito intenzivan u ljetnim mjesecima pri čemu postoji povećana opasnost od sudara. Obzirom na konfiguraciju posebice se ističe Tihi kanal gdje brodovi u plovidbi moraju uvelike mijenjati smjer plovidbe te ploviti prolazom najmanje širine 0,25 M. Plovidba ovim prolazima nije predmet razmatranja ove studije jer je učestalost vrlo mala, a uobičajene veličine brodova su takve da je mogućnost ugrožavanja sigurnosti LNG broda u plovidbi zanemarivo mala.

Vela vrata. Ovaj prolaz predstavlja glavni plovibeni put prema i od Rijeke i svih pripadajućih terminala na području Riječkog zaljeva ka otvorenom moru odnosno teritorijalnim i međunarodnim vodama. To je prolaz koji će koristiti svi LNG brodovi na dolasku i odlasku s terminala. Prolaz je širok 2,3 do 2,8 M a dug 5,5 M i u središnjem dijelu uspostavljen je sustav odijeljenog prometa. Cijeli plovibeni put od Rijeke do granice unutrašnjih morskih voda je dug oko 42 M. Ovaj put je i najfrekventniji prilaz Rijeci.

U prolazu je uspostavljena shema odvojenog prometa. Promet ro-ro putničkih brodova na redovnoj liniji Brestova-Porozina siječe shemu odvojenog prometa, odnosno glavni plovibeni put, pod pravim kutom te time to područje svrstava u područje čestog križanja pomorskih tijekova. Brodovi koji slijede glavni plovni put nemaju potrebe za većom promjenom smjera plovidbe. Za vrijeme ljetne sezone pomorski promet je dodatno pojačan manjim izletničkim brodovima, brodicama i jahtama koji najčešće plove u priobalnom području.



Slika 8 Područje prolaza Vela vrata

Sukladno „Naredbi o plovidbi ...“ plovidba kroz prolaz Vela vrata uređena je na slijedeći način: ⁹

1. *Plovidba u prolazu Vela vrata odvija se prema pravilu 10. Međunarodnih pravila o izbjegavanju sudara na moru i članku 10. Pravilnika o izbjegavanju sudara na moru (»Narodne novine«, br. 17/96);¹⁰*

⁹ Naredba o plovidbi u prolazu u Šibensku luku, u Pašmanskom tjesnacu, kroz prolaz Vela vrata, rijekama Neretvom i Zrmanjom, te o zabrani plovidbe Unijskim kanalom i kanalom Krušija, dijelovima Srednjeg kanala, Murterskog mora i Žirjanskog kanala (Narodne novine 9/2007 s izmjenama NN 57/2015 i NN 104/16).

¹⁰ Pravilnik o izbjegavanju sudara na moru (Narodne novine 17/96) sukladno članku 78 „Pravilnika o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske te načinu i uvjetima

2. U prolazu Vela vrata određuje se shema odvojenog prometa.
3. Područje odvajanja prometa određeno je središnjom crtom, koja spaja točke sa zemljopisnim koordinatama: 45° 05' 00" N 014° 14' 30" E, 45° 07' 45" N 014 15' 10" E, 45° 10' 24" N, 014° 16' 36" E. Područje odvajanja je široko 1 kabel (0,1 milje) sa svake strane središnje crte razdvajanja. Plovidbeno područje za brodove i jahte koji se služe shemom razdvojene plovidbe, nastavlja se na područje odvajanja sa svake strane u širini od 7 kabela (0,7 milje), a prema obali kopna, odnosno prema obali otoka Cres, nastavlja se zona priobalne plovidbe.
4. Brod i jahta, duljine preko 20 metara, mora koristiti istočno područje plovidbe kad plovi u sjeveroistočnom smjeru, odnosno pri uplovljavanju u Riječki zaljev, a zapadno područje plovidbe, kad plovi u jugozapadnom smjeru, odnosno pri isplavljanju iz Riječkog zaljeva (opći smjer toka plovidbe).
5. Brod i jahta se smije koristiti zonom priobalne plovidbe kad može sigurno ploviti odgovarajućim plovidbenim putem unutar susjedne sheme odvojenog prometa. Međutim, brodovi i jahte duljine manje od 20 metara, jedrenjaci i brodovi koji ribaju, mogu se koristiti zonom priobalne plovidbe.
6. Ribarski brod može ribariti na području prolaza Vela vrata, ali mora davati prednost i sklanjati se s puta brodu – koji plovi u općem smjeru plovidbe.

Ovaj prilazni plovni put koriste:

- trgovački i putnički brodovi u međunarodnoj plovidbi (tijekom cijele godine),
- manji putnički brodovi za višednevna krstarenja i izlete, posebice oni koji dolaze iz domaćih luka sjevernog Jadrana (tijekom ljetnih mjeseci);
- redovna ro-ro putnička linija koja otok Cres povezuje s kopnom (Brestova – Porozina);
- redovna brza putnička linija koja obližnje otoke povezuje s kopnom (Mali Lošinj - Ilovik - Susak - Unije - Martinšćica - Cres -Rijeka);
- ribarski brodovi;
- jahte i brodice različitih veličina (uglavnom tijekom ljetnih mjeseci).

Zbog dobre navigacijske pokrivenosti prolaza, dovoljnih dubina, jasne radarske vidljivosti te odgovarajuće širine plovidbene staze s uspostavljenim sustavom odvojene plovidbe sigurnost plovidbe u ovom prolazu pri postojećem prometnom opterećenju ocjenjuje se zadovoljavajućom.

Potrebno je naglasiti da navedeno dopuštenje ribarenja u prolazu je u suprotnosti s odredbama o plovidbi u shemama odvojene plovidbe¹¹ prema kojima *brod koji obavlja ribolov ne smije ometati prolaz ni jednome brodu koji slijedi tok plovidbenog puta* te odredbi prema kojoj brod ne smije u normalnim okolnostima prijeći liniju odvajanja osim kada obavlja ribolov unutar zone odvajanja.

Prilaz terminalima na području Riječkog zaljeva odvija se na način pri kojem dolazi do križanja plovni putova. Područje neposredno prije sjevernog ulaza u shemu odvojene plovidbe predstavlja mjesto najveće promjene smjera plovidbe brodova te mjesto križanja kursova (označeno plavom bojom na priloženoj slici). Dodatno, mjesto križanja plovni putova nalazi se u središnjem dijelu Riječkog zaljeva gdje se križaju plovidbeni putovi brodova iz Velih vrata za Bakarski zaljev ili naftni terminal Omišalj te brodova iz Srednjih vrata za luku Rijeka i Opatija.

obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom (Narodne novine 79/2013, s izmjenama i dopunama 140/2014 i 57/2015)" nije više na snazi.

¹¹ Pravilnik o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske te načinu i uvjetima obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom (Narodne novine 79/2013, s izmjenama i dopunama 140/2014 i 57/2015).

Cijeli prilazni put te prolaz Vela vrata je dobro navigacijski označen. Brodovi koji dolaze s otvorenog mora u pravilu prolaze između Istre i hridi Galijola (širina 8 M) s prilaznim kursom 013°. Manji brodovi koji dolaze iz južnih smjerova prolaze i između hridi Galijola te otoka Unije (širina 4,5 M) s prilaznim kursom 004°. Plovidba prilaznim putem ka Velim vratima nije zahtjevana jer gotovo nema promjene kursa. Plovidbeno područje za brodove koji su obvezni služiti se zonom odijeljene plovidbe je široko 0,7 M sa obje strane, a zona odvajanja je široka 0,1 M. U središnjem dijelu zone odijeljenog prometa (subočice od Rta Prestenice na otoku Cresu) promjena je kursa u 019°. Gotovo u istom tom dijelu odvija se promet ro-ro putničkih brodova između otoka Cresa i obale Istre (redovna linija Brestova – Porozina) koji presijecaju glavni plovni put brodovima iz i ka Rijeci pod gotovo pravim kutom. Takve navigacijske situacije u pomorstvu nisu rijetke te se rješavaju uobičajenim poštivanjem Međunarodnih pravila za izbjegavanje sudara na moru.

Na području oko 2 M nakon izlaska iz sustava odijeljenog prometa dolazi do izmjene kursa prema krajnjem odredištu na području Riječkog zaljeva. Novi kursovi su u rasponu od 005° za luku Opatija do 067° za naftni terminal Omišalj odnosno LNG FSRU terminal Krk.

Trgovački i putnički brodovi u međunarodnoj plovidbi uglavnom plove istim pravcima i u pravilu se mimoilaze u suprotnim kursovima u području Kvarnera i Riječkog zaljeva odnosno prije i poslije zone odijeljenog prometa, uz male promjene kursa. Zonu odijeljenog prometa moraju koristiti sva plovila duža od 20 m tako da u prolazu Vela vrata ne dolazi do mimoilaženja brodova u suprotnim kursovima, nego može doći do prestizanja. Ostali brodovi, brodice i jahte manje od 20 m mogu koristiti i zonu priobalne plovidbe. Nerijetko se događa da neiskusni voditelji brodica manjih od 20 m svojom plovidbom Velim vratima ometaju plovidbu većih brodova zonom odvojene plovidbe.

Prema simulaciji provedenoj u nedavnom istraživanju najvećoj ugroženosti u plovidbi Velim vratima i Riječkim zaljevom izloženi su putnički brodovi, a zatim ostali teretni brodovi. U simulacijskom modelu plovni put sastoji se od četiri dijela: južnog prilaznog, Vela vrata te zapadni i istočni plovni put u Riječkom zaljevu. Svaki navedeni dio ima odvojen plovni put dolaska i odlaska u skladu sa sustavom odijeljenog prometa u Velim vratima. Numerički prikazano, rezultati imaju sljedeće vrijednosti:

Vrst nezgode:	Godišnja vjerojatnost	Učestalost (god).
Nasukanje u plovidbi	0,2047	4,885
Nasukanje – otkaz poriva	0,3034	3,296
UKUPNO nasukanja	0,5081	1,968
Sudar pri pretjecanju	0,0008047	1.243
Sudar nasuprotno	0,0005396	1.853
Sudar križanjem	0,001778	562,4
Sudar pri uključivanju	0,0002218	4.509
UKUPNO sudara	0,003344	299

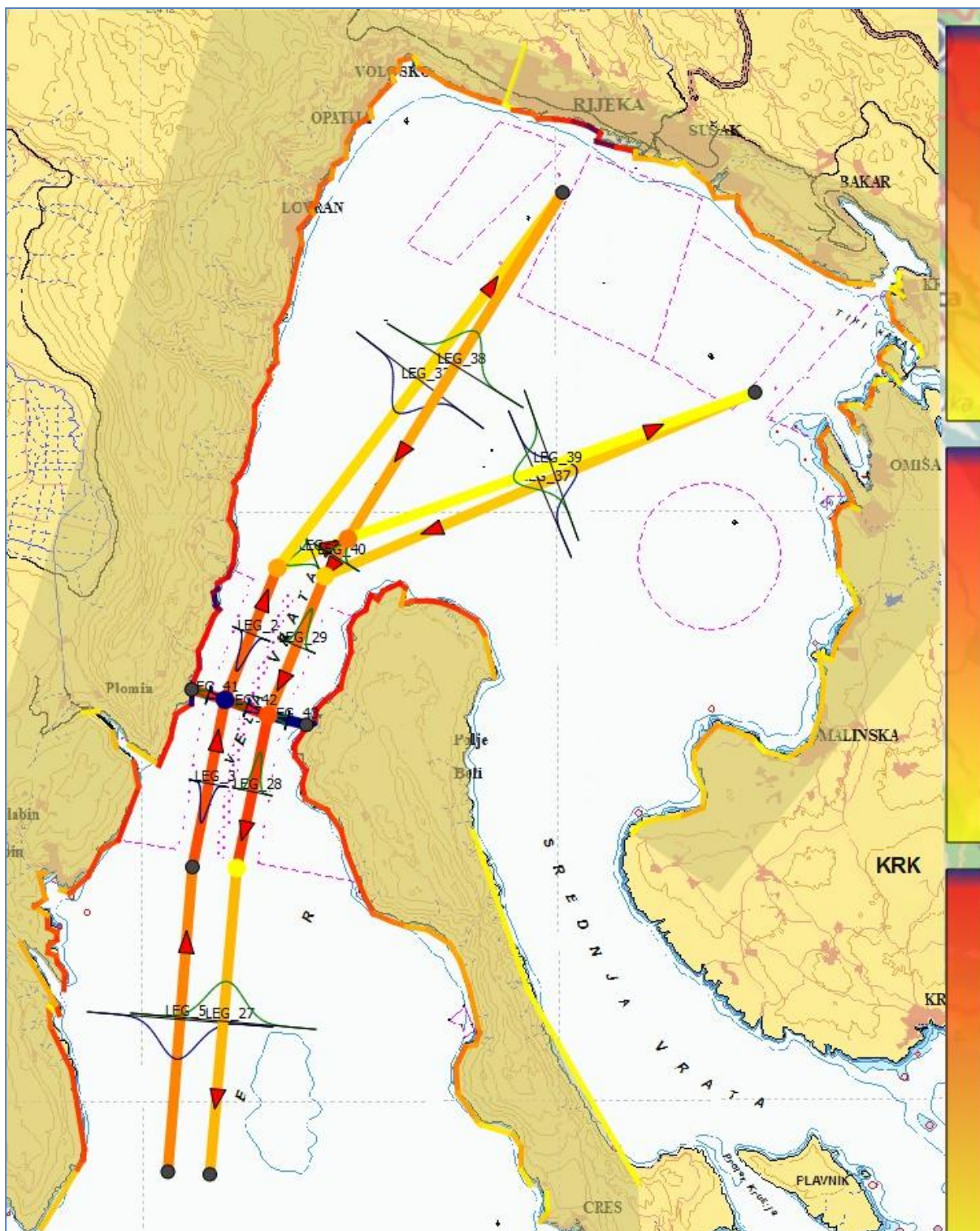
Tablica 4 Vjerojatnosti nastupa nasukanja i sudara te vremenski razmak između događaja¹²

U promatranom području nasukanje u plovidbi valja očekivati jednom svakih 4,8 godina. Nasukanja u slučaju otkaza poriva valja očekivati jednom svakih 3,2 godine. Promatrano zajedno, vjerojatnost nasukanja bez obzira na stanje poriva u trenutku nasukanja iznosi 0,5081 odnosno jednom svakih 1,9 godina. Numerički izračunata mjesta najveće vjerojatnosti nasukanja su obalna područja Istre i otoka Cresa u prolazu Velih vrata te obale bazena luke Rijeka (obalni rub označen jarko crvenom i ljubičastom bojom na slici grafičkih rezultata).

Važno je primijetiti da vjerojatnost nasukanja ne ovisi o promjenama gustoće prometa tijekom godine. Vjerojatnost nasukanja ovisi o statističkim parametrima koji su povezani sa tehnološkim obilježjima broda

¹² Simulacija je napravljena polazeći od konzervativnih pretpostavki: pretpostavlja cjelogodišnje prometno opterećenje na razini onoga koje postoji u ljetnim mjesecima, što daje nepovoljnije rezultate od onih koji se stvarno mogu očekivati.

te obilježjima plovidbenog puta (blizina kopna i pličina), dok je utjecaj okolnog prometa na vjerojatnost zanemariv.



Slika 9 Grafički rezultati simulacijskog modela za prilaz luci Rijeka s procjenom opasnosti od nasukanja i sudara na pojedinim dijelovima plovne puta (preuzeto iz Pomorsko plovibne studije ..., 2015)¹³

¹³ Za svaki ucrtani plovni put program omogućava unošenje statističkih podataka o prometu u oba smjera. U smjeru za koji su podaci o prometu unijeti, grafički se prikazuje distribucija prometa, a za smjer za koji nisu unijeti podaci

Nasuprot navedenom, količina prometa presudno utječe na vjerojatnosti sudara. U tom pogledu model je prilagođen na način da je broj brodova na godišnjoj razini povećan tako da odgovara broju brodova koji prolaze tim područjem tijekom ljetnog razdoblja. Povećanje na godišnjoj razini iznosi približno 50%. U procjenu broja brodova nisu uključena plovila kraća od 20 m jer ta plovila temeljem članka 20. Pravilnika o sigurnosti... ne bi smjela ometati prolaz drugih brodova koji mogu sigurno ploviti jedino unutar uskog kanala ili plovnog puta. Drugim riječima, prikazana vjerojatnost odgovara onoj koja bi postojala kada bi kroz cijelu godinu postojao intenzitet prometa kakav postoji tijekom ljetnog razdoblja.

Prema procjeni očekivana vjerojatnost sudara križanjem iznosi 0,001778 odnosno jednom u 562 godine dok je učestalost sudara nasuprotnih kursova, pri pretjecanju i pri uključivanju još manja. Ukupno, vjerojatnost svih vrsta sudara je 0,003344 odnosno jednom u 299 godina. Valja imati u vidu da su plovila kraća od 20 m izuzeta iz procjene. S obzirom na konfiguraciju prilaznog plovnog puta najveća je vjerojatnost sudara pri križanju brodova iz i ka Riječkom zaljevu sa ro-ro putničkim brodovima na redovnoj liniji u zoni odijeljene plovidbe (točka okreta/križanja označena jarko crvenom i ljubičastom bojom na slici grafičkih rezultata). Najveća vjerojatnost sudara pri pretjecanju jest na plovidbenom putu u prolazu Vela vrata s obje strane odnosno gotovo jednake vjerojatnosti za brodove iz i ka Riječkom zaljevu, dok je najveća vjerojatnost sudara nasuprotnim kursovima u području Kvarnera odnosno južno od prolaza Vela vrata (plovidbeni putovi označeni narančastom i jarko crvenom bojom na slici grafičkih rezultata).

Peljarenje na plovnom području Riječkog zaljeva obavlja se na prilazima putničkim i teretnim lukama i terminalima

Na području Riječkog zaljeva peljarske stanice nalaze se na prilazima pojedinim lučkim terminalima i to:

- za Riječki i Sušački bazen te za terminal Brajdica na 45°18,0' N, 014°23,5' E,
- za luku Opatija na 45°19,0' N, 014°20,0' E
- za naftni terminal Omišalj i Bakarski lučki bazen (veći brodovi) na 45°15,0' N, 014°27,0' E,
- za LPG terminal Sršćica na 45°11,8' N, 014°29,4' E.

Na peljarskoj stanici za manje brodove u prilazu lučkom bazenu Bakar ukrcava se peljar za prolaz Tihim kanalom. Peljarska stanica za LPG terminal Sršćica predstavlja mjesto ukrcaja peljara za brodove za prijevoz ukapljenih plinova.

Brodovi dodatno koriste peljarske stanice pri uplovljavanju u:

- brodogradilište Viktor Lenac na 45°17,0' N, 014°27,0' E,
- naftni terminal Omišalj i Bakarski lučki bazen (manji brodovi) na 45°15,0' N, 014°31,0' E.

Lučko peljarenje je obavezno i u luci ako se brod premješta s jedne obale na drugu ili se pomiče uzduž obale uporabom vlastitog porivnog stroja.

Na plovnom području nema posebnih uvjeta za peljarenje osim onih propisanim općim zakonskim odredbama.

Postojeći ustroj peljarske službe uz postojeće prometno opterećenje u pravilu zadovoljava uvjete sigurnost plovidbe.

Sidrišta. Na promatranom plovnom području nalazi se nekoliko označenih sidrišta ispred riječke luke i pripadajućih terminala te ispred luke Opatije. Sidrenje brodova na drugim područjima je uobičajeno ispred većih županijskih središta.

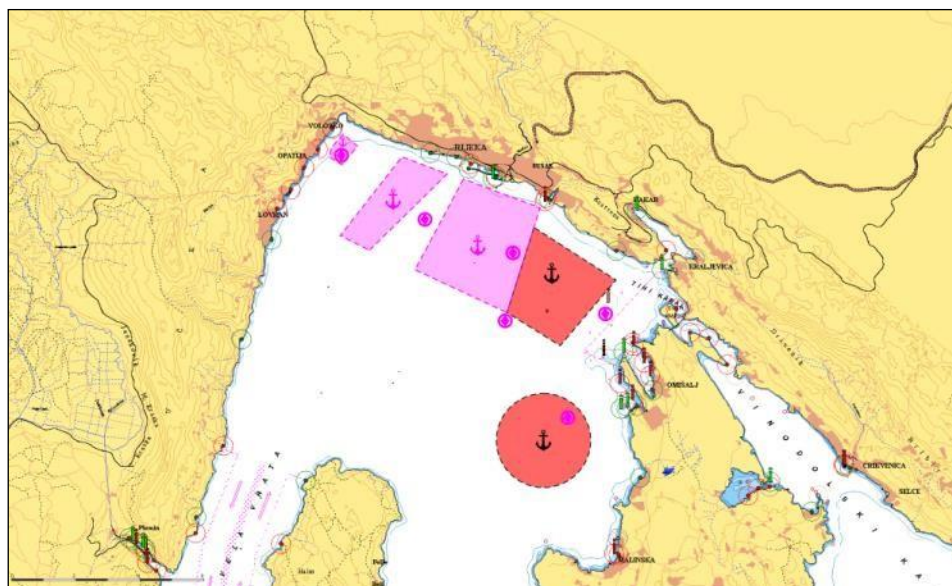
Sidrišta za brodove ispred luke Rijeka obuhvaćaju slijedeća područja:

(primjerice da nema prometa) ostaje ucrtana crvena strelica kao početna postavka programa. Crvene strelice na grafičkom prikazu ne označavaju pretpostavljeni smjer plovidbe.

- istočno i zapadno sidrište za trgovačke brodove područja luke Rijeka kako su označena na priloženoj slici i službenim pomorskim kartama,
- sidrište za tankere omeđeno geografskim točkama:
 - A. 45°17.75' N, 014° 28.30' E,
 - B. 45°15.15' N, 014° 27.10' E,
 - C. 45°14.10' N, 014° 29.40' E,
 - D. 45°16.10' N, 014° 31.80' E,
- sidrište za brodove za prijevoz ukapljenih plinova kružnog oblika promjera približno 3 M sa središtem na 45° 11,1' N, 014° 28,3' E; položaj sidrišta se nalazi približno 1,5 M od obale otoka Krka kraj mjesta Njivice,
- sidrište ispred luke Opatija¹⁴ omeđeno je geografskim točkama:
 - A. (45°20'43''N, 14°19'44''E)
 - B. (45°20'20''N, 14°20'22''E)
 - C. (45°19'45''N, 14°19'42''E)
 - D. (45°19'59''N, 14°19'11''E)
 - E. (45°20'17''N, 14°19'14''E).

Istočno i zapadno sidrište luke Rijeka koriste teretni i putnički brodovi koji uplovljavaju na terminale u području Riječkog zaljeva i to u Riječki, Sušački i Bakarski bazen, kontejnerski terminal Brajdica te brodogradilišta Viktor Lenac, 3. Maj i Kraljevica. Sidrište za tankere koriste brodovi koji uplovljavaju na terminal JANAF i tankersku luku Bakar dok je sidrište za brodove za prijevoz ukapljenih plinova namijenjeno isključivo sidrenju brodova za prijevoz ukapljenih plinova.

Na sidrištu ispred luke Opatija uobičajeno sidre brodovi za kružna putovanja. Na sidrištu luke je dozvoljeno sidrenje i istovremeni boravak dva broda duljine do 200 metara ili sidrenje više manjih brodova te jahti, ali pod uvjetom da im se lazni krugovi ne preklapaju.



Slika 10 Sidrišta i peljarske stanice u Riječkom zaljevu

Postojeća sidrišta zadovoljavaju sigurno sidrenje brodova i svojim veličinama odgovaraju postojećem broju i vrsti brodova koji uplovljavaju na područje riječkog zaljeva i zahtijevaju sidrenje.

¹⁴ Pravilnik održavanja reda u luci i uvjetima korištenja luka na području Lučke uprave Opatija-Lovran-Mošćenička Draga.

Tegljenje. U svim lukama pod nadzorom Lučke kapetanije Rijeka na raspolaganju je usluga tegljenja. No, osim na naftnom terminalu Omišalj broj tegljača nije propisan.

Pri tegljenju na naftnom terminalu Omišalj obvezno je korištenje:

- 2 tegljača za brodove do 180 metara na dolasku, a po 1 tegljač na odlasku,
- 3 tegljača za brodove od 180 - 240 metara na dolasku, a po 2 tegljača na odlasku,
- 4 tegljača za brodove od 240 - 280 metara na dolasku, a po 2 tegljača na odlasku,
- 5-6 tegljača za brodove preko 280 metara na dolasku, a po 3 tegljača na odlasku.

Dodatno, za siguran dolazak broda na vez preporuča se da zbroj ukupne snage stroja tegljača, predviđenih za vez broda, bude jednak približno jednoj trećini pogonske snage stroja broda, odnosno da tegljači imaju svaki najmanje 30 tona vučne sile na kuki.¹⁵

U drugim lukama broj tegljača peljar određuje u dogovoru s zapovjednikom u ovisnosti o tehničko-tehnološkim obilježjima broda i vremenskim prilikama.

Posebna odredba vrijedi za vrijeme boravka tankera na terminalu Omišalj gdje se zahtijeva boravak jednog protupožarnog tegljača u pripremi. Posljedično se zahtijeva da tanker ima s morske strane u pripravnosti tegljeve za nuždu, odgovarajuće debljine i dužine, prethodno čvrsto vezane za bitve na pramcu i krmi broda, spuštene na jedan metar iznad površine mora kako bi u slučaju nužde tegljač mogao prihvatiti tegalj i brod tegliti s ugroženog mjesta¹⁶.

Za korištenje tegljača u drugim lukama na širem plovnom području potrebna je najava te zahtijevani broj tegljača dolazi iz luke Rijeka. U luci Rijeka na raspolaganju je ukupno 8 tegljača odgovarajućih dimenzija i tehničko-tehnoloških obilježja.

Ime tegljača	Loa (m)	B (m)	T (m)	Porivna snaga (kW)	Sila na kuki (kN)
ARIES	29,85	8,05	3,60	1.595	340
BAKAR	29,80	9,50	5,00	2 * 1.370	420
BELI KAMIK	31,65	9,30	6,25	2 * 912	340
CHAMPION	32,00	11,60	4,56	2 * 1920	680
DAVID PRVI	32,50	10,60	4,16	2 * 1.830	570
LUKAS	26,09	7,94	3,20	2 * 1.305	500
MAK	22,57	7,84	3,74	2 * 1.014	390
OMIŠALJ	29,41	9,50	5,00	2 * 1.370	420
PLUTON	27,50	8,25	4,00	1.029	205
POLLUX	29,85	8,00	3,55	2.200	340
RIJEVEC	31,65	9,30	6,25	2 * 912	340
VENUS	29,85	8,00	3,55	2.200	340

Tablica 5 Osnovne dimenzije i obilježja tegljača u luci Rijeka u vlasništvu tvrtke JPS (2018)

Svojstva navedenih tegljača zadovoljavaju potrebe najvećeg broja brodova koji pristižu u luke na području Riječkog zaljeva. No, njihova tehničko-tehnološka obilježja i raspoloživa vučna sila jesu dvojbeni, posebno za sigurno tegljenje najvećih brodova (VLCC tankera ukupne nosivosti 330.000 tona za koje je obvezno korištenje najmanje 5 tegljača te za brodove u brodogradilištu Viktor Lenac najveće približne duljine 270 metara).

¹⁵ Pravilnik o redu u luci i uvjetima korištenja dijela luke bazena Omišalj, na području pod upravljanjem Lučke uprave Rijeka.

¹⁶ Slično pravilo vrijedi i za vrijeme boravka tankera u četverovezu u industrijskoj luci Bakar pri čemu tegljač cijelo vrijeme boravka tankera u luci mora biti privezan uz njegov bok.

Valja naglasiti da se tegljači iz luke Rijeka koriste i za privez brodova u međunarodnoj plovidbi u lukama Raša i Plomin. Korištenje tegljača u luci Raša (koja je u nadležnosti Lučke uprave Rijeka) i industrijskoj luci Plomin (terminal za iskrcaj ugljena) ima stanoviti utjecaj na sigurnost plovidbe u lukama u riječkom zaljevu s obzirom da su ti terminali udaljeni te je potrebno stanovito vrijeme da se tegljači ponovo stave na raspolaganje na terminalima luke Rijeka.

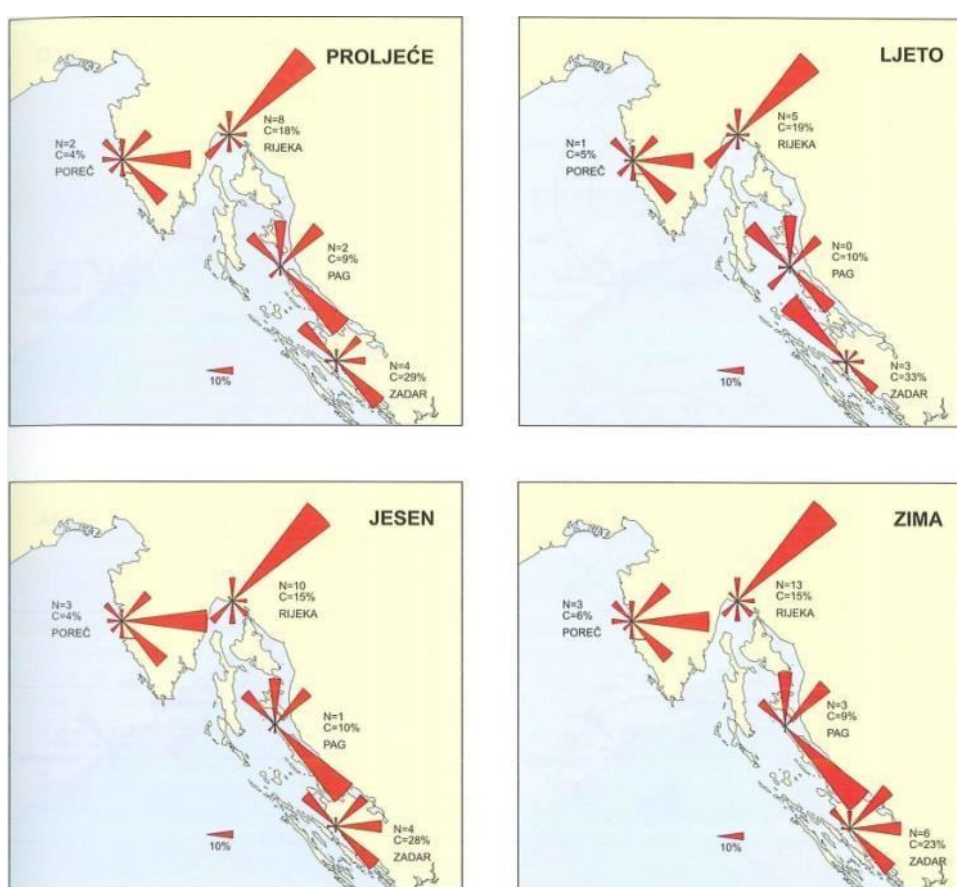
Zaključno:

- (1) Plovni put od otvorenog dijela Jadrana do područja neposredno ispred LNG FSRU terminala omogućuje sigurnu plovidbu LNG brodova predviđene veličine i ne zahtjeva uvođenje posebnih mjera sigurnosti plovidbe zbog predviđenog povećanja prometa.
- (2) Orijentacijske točke i oznake plovnog puta od otvorenog dijela Jadrana do područja neposredno ispred LNG FSRU terminala omogućuju sigurnu plovidbu LNG brodova. Nema potrebe za uvođenjem novih oznaka plovnog puta.
- (3) Postojeća navigacijska i komunikacijska podrška omogućuju siguran prilaz LNG brodova do LNG FSRU terminala. Mjere upravljanja plovidbom (VTS) su primjerene postojećem prometu.
- (4) Ukupni postojeći promet brodova Riječkim zaljevom odnosno prema lukama u Riječkom zaljevu jest male do osrednje gustoće i ne iziskuje dodatne mjere sigurnosti plovidbe.
- (5) Područje prilaznog plovnog puta koje iziskuje posebnu pažnju jest područje Velih Vrata.
- (6) Vjerojatnost nasukanja bilo kojeg broda na prilaznom plovnom putu iznosi približno 0,50 nasukanja godišnje. Najveća je u području Velih vrata. Vjerojatnija su nasukanja zbog otkaza poriva nego nasukanja zbog greške u provedbi navigacijskih odluka. Od početka vođenja statistike pa do sada nije zabilježeno nasukanje tankera na području prilaznog plovnog puta.
- (7) Vjerojatnost sudara brodova na prilaznom plovnom putu je na razini zanemarivosti. U najvećoj mjeri izloženi su putnički brodovi.

3 METEOROLOŠKA I OCEANOLOŠKA OBILJEŽJA PODRUČJA

3.1 VJETAR

Prevladavajući vjetar na Kvarneru je bura. Puše iz šireg raspona smjerova: uz otok Cres iz smjera bližeg sjeveru, a uz istočnu istarsku obalu iz smjera bližeg istoku. Najčešće puše u jesen i zimu, od studenog do ožujka. Predznaci bure su poput krune bjeličasti oblaci nad Velebitom. Bura obično traje 3 – 4 dana, ponekad i više od tjedan dana.¹⁷ Bura je u ovom području i najjači vjetar. Najjača je zimi odnosno u rano proljeće, nešto općenitije rečeno, u hladnom dijelu godine. Maksimalni udari vjetra također se javljaju pri puhanju bure. Puše na mahove, može dostići srednju satnu vrijednost i preko 30 m/s. Udari vjetra najveće brzine mogu znatno premašiti srednje satne vrijednosti, te mogu dosegnuti 60 m/s. Slabljenje i prestanak bure javlja se nakon što se rasplinu oblaci s vrha Velebita. Vjerojatnost pojave bure u zimskom dijelu godine je oko 40% dok je u ljetnom razdoblju oko 20%.



Slika 11 Sezonske ruže vjetrova, broj dana s jačinom vjetra većom od 8 Beauforta (N) i učestalost tišine (C), za pojedina mjesta u sjevernom Jadranskom području¹⁸

¹⁷ Značajan je podatak sa meteorološke postaje u Omišlju na Krku gdje je jaka bura najdulje puhala 59 sati (29.11.-01.12.1980.).

¹⁸ Prema Peljar I, HHI, 2012

Broj dana s jakim vjetrom (6 ili više Bf)													
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1996.	15	11	22	13	14	18	18	2	-	7	18	11	149
1997.	15	14	20	17	12	9	10	17	8	18	20	19	179
1998.	17	15	21	16	13	11	14	17	10	19	25	12	190
1999.	11	17	19	15	14	18	18	16	15	20	22	25	210
2000.	14	14	14	15	12	12	15	13	19	18	20	11	177
2001.	3	22	22	19	23	17	13	22	20	13	22	28	224
2002.	18	14	19	21	12	11	22	17	21	17	16	23	211
2003.	25	25	14	19	14	14	21	18	17	24	17	21	229
2004.	25	17	19	15	15	8	17	-	22	11	17	18	184
2005.	19	22	16	15	16	18	14	20	17	13	17	22	209
2006.	22	20	24	10	18	17	22	19	13	22	17	18	222
2007.	13	15	24	16	19	18	11	13	16	24	18	23	210
2008.	15	15	21	19	17	16	20	16	22	18	19	25	223
2009.	20	21	21	16	14	21	14	15	20	24	17	25	228
zbroj	232	242	276	226	213	208	229	205	220	248	265	281	2845
sred	16,6	17,3	19,7	16,1	15,2	14,9	16,4	14,6	16,9	17,7	18,9	20,1	203,2
std	5,8	4	3,2	2,8	3,1	4	4	4,9	4,5	5,2	2,6	5,5	23,9
maks	25	25	24	21	23	21	22	22	22	24	25	28	229
minim	3	11	14	10	12	8	10	2	8	7	16	11	149
ampl	22	14	10	11	11	13	12	20	14	17	9	17	80
Broj dana s olujnim vjetrom (8 ili više Bf)													
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1996.	6	11	14	7	4	13	5	0	-	0	0	6	66
1997.	10	7	16	12	7	1	0	0	1	10	13	15	92
1998.	11	11	14	10	8	1	7	10	8	10	18	7	115
1999.	7	12	11	5	7	8	12	9	7	10	15	18	121
2000.	10	6	8	4	3	0	0	0	10	11	13	7	72
2001.	3	15	10	9	11	8	4	11	12	6	18	20	127
2002.	10	7	10	16	5	8	12	4	17	9	9	13	120
2003.	20	20	12	12	7	6	9	7	12	16	12	16	149
2004.	12	10	14	8	8	5	10	-	12	4	11	11	105
2005.	12	18	10	9	8	7	10	8	11	10	11	13	127
2006.	17	14	15	6	6	13	9	7	6	11	8	12	124
2007.	6	6	19	8	8	5	4	4	9	19	14	17	119
2008.	5	14	15	8	8	9	10	7	13	9	12	15	125
2009.	13	13	14	8	9	9	10	11	12	17	6	21	143
zbroj	142	164	182	122	99	93	102	78	130	142	160	191	1605
sred	10,1	11,7	13	8,7	7,1	6,6	7,3	6	10	10,1	11,4	13,6	114,6
std	4,7	4,3	3	3,1	2,1	4	4	4,1	3,9	5	4,7	4,7	23,8
maks	20	20	19	16	11	13	12	11	17	19	18	21	149
minim	3	6	8	4	3	0	0	0	1	0	0	6	66
ampl	17	14	11	12	8	13	12	11	16	19	18	15	83

Tablica 6. Srednji mjesečni i godišnji broj dana s jakim i olujnim vjetrom, s standardnom devijacijom, za most Krk u razdoblju 1996. – 2009.¹⁹

¹⁹ Studija vjetrovne klime..., DHMZ, Split, 2010.

Smjer i brzina (jačina) vjetra itekako ovise o reljefu. Tako primjerice na području Kvarnera u istim ili sličnim uvjetima u pravilu puše vjetar različitih obilježja i to ponajprije zbog učinka kanaliziranosti između kopna i otoka te otoka međusobno, i u slučaju bure i u slučaju juga, pa je vjetar u sredini kanala najčešće nešto jači. Usprkos tome, iz niza podataka dobivenih na širem području valja primijetiti pravilnost prema kojoj se jačina bure smanjuje idući od Rijeke prema Puli dok jugo ponešto pada idući iz Kvarnera prema Riječkom zaljevu.

Odmah iza bure na promatranom području po važnosti (s obzirom na najveće brzine i učestalost) je jugo koje uglavnom puše iz smjerova ESE do S i to u najvećem dijelu u zimskim mjesecima od listopada do ožujka. Tijekom juga na promatranom području nastaju najveći valovi stoga što je Kvarner otvoren prema vjetrovima iz jugoistočnog smjera. Obično puše 2 – 3 dana, no može potrajati i cijeli tjedan. Predznak juga je kap tamnih oblaka nad Učkom te magla na Osoršćici i Velebitu.

Prema podacima iz studije²⁰ koju je za dio promatranog područja izradio Državni hidrometeorološki zavod temeljem izmjerenih vrijednosti na postaji na mostu Krk, broj dana s zabilježenim jakim vjetrom (6 ili više Bf) iznosi prosječno 203,2 dana u godini (period 1996. – 2009.). Prosječno najveći broj dana zabilježen je u mjesecima prosincu i ožujku.

U promatranom periodu broj dana s olujnim vjetrom je prosječno iznosio 114,6 dana godišnje, te je varirao od 66 do 149 zabilježenih dana u godini što pokazuje velike vrijednosti standardne devijacije. Dani s olujnim vjetrom su također najčešće zabilježeni u prosincu i ožujku. Jaki i olujni vjetrovi se najrjeđe pojavljuju u ljetnim mjesecima.

Značajan vjetar na ovom geografskom području je također lebić koji općenito puše iz smjera SW te također može biti olujne jačine. Ljeti prevladavaju vjetrovi iz sjeverozapadnih smjerova.

Tijekom ljetnih mjeseci moguće su pojave naglih lokalnih oluja (nevera). Nastaju kao posljedica lokalnih atmosferskih poremećaja pa se teže prognoziraju. Većinom su to nagli kratkotrajni naleti jugozapadnih vjetrova ponekad olujne jačine, brzine i preko 40 čvorova, praćeni jakom kišom.

Pored bure, juga i lebića u ljetnom periodu godine pri stabilnim vremenskim prilikama od podneva do navečer čest je maestral iz NW smjera koji je slabije jačine i uglavnom neće smetati plovilima. Isto tako, tijekom ljetnih večeri i noću neposredno uz obalu može puhati burin, vrlo slab vjetar s kopna koji nastaje uslijed temperaturnih razlika između kopna i mora.

Najveće srednje satne brzine vjetra													
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Brzina (m/s)	29,7	29,2	29,3	31,7	21,8	22,3	19,4	24	25,8	31,6	32,1	33,1	33,1
Smjer	NNE	ENE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	ENE	ENE
Najveći udari vjetra													
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Brzina (m/s)	57	50,8	57,3	54,6	39,6	40,9	37,3	43,6	42,3	57,1	57,9	58,9	58,9
Smjer	NNE	ENE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	ENE	ENE

Tablica 7 Najveće izmjerene mjesečne i godišnje srednje satne brzine i najveći udari vjetra izmjereni na mostu Krk u periodu od 1996. do 2009. godine²¹

Najveća srednja satna brzina iznosi 33,1 m/s i izmjerena je iz ENE smjera, dok najveći izmjereni udar vjetra iznosi 58,9 m/s iz smjera NE. Obje vrijednosti su zabilježene u prosincu 1996. godine.

²⁰ Studija vjetrovne klime za Bakarac, za luku Kraljevica, uključujući uvalu Carevo, te za dio Bakarskog zaljeva uz Bakar, DHMZ, Split, 2010.

²¹ Studija vjetrovne klime..., DHMZ, Split, 2010.

Područje planiranog LNG FSRU terminala Krk podložno je jakim i vrlo jakim vjetrovima iz sjevernih smjerova. Najjači vjetrovi pušu s kopna te neće izazivati valovlje, no mogu bitno utjecati na sigurnost broda tijekom boravka na pristanu, naročito tijekom manevra priveza i odveza.

Najjači udari vjetra su kratki, kraći od vremena odziva plovila pa najčešće ne stvaraju značajnije sile na veće brodove. Umjesto udara vjetra treba u račun uzeti srednju jačinu vjetra u odabranom vremenu odziva. Za velike brodove valja uzeti vrijeme odziva od 30 sekundi.

U slijedećoj tablici prikazane su očekivane vrijednosti obilježja vjetra (najveća srednja satna brzina i najveći udar) za povratne periode od 2 do 100 godina, koje su izračunate metodom maksimalnih vrijednosti iz uzorka godišnjih maksimalnih srednjih satnih brzina vjetra i godišnjih maksimalnih udara vjetra, za pojedine smjerove te pripadajuću vjerojatnost točnosti procjene. Veće vrijednosti obilježja vjetra se očekuju za vjetar iz sjevernih smjerova odnosno buru (udari do 58,7 m/s za povratni period od 50 godina) dok se nešto manje vrijednosti očekuju za vjetrove iz južnih smjerova.

Ako se uzme prosjek vrijednosti za sve smjerove vjetra uz povratni period od 50 godina, te vjerojatnost pojave 98%, na širem području uz terminal mogu se očekivati maksimalne srednje satne brzine vjetra od 33 m/s i maksimalni udari vjetra od 58,8 m/s.

Bura									
T (godine)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)
2	50	6,6	47,9	50	20	51,3	50	9,5	51,2
5	80	11,5	52,0	80	24	55,6	80	16,8	55,2
10	90	16,6	53	90	25,4	57,1	90	22,8	56,2
20	95	23,4	53,3	95	26,1	58	95	29,6	56,7
25	96	26,1	53,4	96	26,3	58,3	96	32	56,8
50	98	36,5	53,6	98	26,6	58,7	98	40,2	56,9
100	99	50,8	53,6	99	26,8	59	99	49,8	57
Jugo									
T (godine)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)	P (%)	V _s (ms ⁻¹)	V _{udar} (ms ⁻¹)
2	50	13,8	26,8	50	15	27,2	50	11,8	36,8
5	80	16,3	29,8	80	17,7	30,8	80	13,8	42,7
10	90	17,1	31,1	90	18,9	33,5	90	14,9	46,3
20	95	17,6	32,1	95	19,8	36,4	95	15,9	49,4
25	96	17,6	32,4	96	20	37,4	96	16,2	50,3
50	98	17,8	33,1	98	20,6	40,8	98	17,1	53,1
100	99	18	33,6	99	21,1	44,5	99	17,9	55,6

Tablica 8 Očekivana obilježja vjetra u različitim povratnim periodima (Izvor: Studija vjetrovne klime..., DHMZ, Split, 2010.)

Potrebno je naglasiti da se na mjestu planiranog LNG FSRU terminala očekuju manji udari vjetra zbog djelomične zaklonjenosti za vjetrove iz smjera NNE.

Prema podacima iz FEED-a²² najjači 10s udari vjetra očekuju se iz smjera NE s vrijednošću od 40,4 m/s.

²² Tractebel Engineering S.A..

Smjer vjetra	Smjer (° u odnosu na sjever)	T100 10-min brzina vjetra Rijeka	T100 10-min brzina vjetra LNG-terminal	T100 satna brzina vjetra LNG-terminal	T100 30-sek brzina vjetra LNG-terminal
N	0	15.5	23.3	20.9	35.1
NNE	22.5	21.4	32.1	29.0	48.5
NE	45	22.2	33.3	30.1	50.3
ENE	67.5	21	31.5	28.4	47.6
E	90	12.1	18.2	17.0	27.4
ESE	112.5	11.2	16.8	15.7	25.4
SE	135	14.5	21.8	20.5	32.8
SSE	157.5	17.8	26.7	25.2	40.3
S	180	17.7	26.6	24.2	40.1
SSW	202.5	12.4	18.6	16.9	28.1
SW	225	11.6	17.4	15.8	26.3
WSW	247.5	12.6	18.9	17.2	28.5
W	270	10.1	15.2	14.1	22.9
WNW	292.5	13.4	20.1	18.8	30.4
NW	315	12.8	19.2	17.9	29.0
NNW	337.5	13.6	20.4	19.1	30.8
U svim smjerovima		25.4	38.1	34.5	57.5

Tablica 9 Obilježja vjetra u 100 godišnjem povratnom periodu - 50% pouzdanost²³

Smjer	Smjer (° u odnosu na sjever)	T100 (P-95%) 10-min brzina vjetra Rijeka	T100 (P-95%) 10-min brzina vjetra LNG-terminal	T100 (P-95%) satna brzina vjetra LNG-terminal	T100 (P-95%) 30-sek brzina vjetra LNG-terminal
N	0	17.9	26.9	24.2	40.5
NNE	22.5	25.9	38.9	35.1	58.7
NE	45	26.9	40.4	36.5	60.9
ENE	67.5	25.4	38.1	34.5	57.5
E	90	13.7	20.6	19.3	31.0
ESE	112.5	13.2	19.8	18.6	29.9
SE	135	17.4	26.1	24.6	39.4
SSE	157.5	21.8	32.7	30.9	49.4
S	180	21.3	32.0	29.1	48.2
SSW	202.5	14.7	22.1	20.0	33.3
SW	225	14.2	21.3	19.4	32.2
WSW	247.5	15	22.5	20.5	34.0
W	270	11.9	17.9	16.7	27.0
WNW	292.5	16.1	24.2	22.6	36.5
NW	315	15.7	23.6	22.1	35.6
NNW	337.5	16.2	24.3	22.8	36.7
U svim smjerovima		30.9	46.4	42.0	70.0

Tablica 10 Obilježja vjetra za vjetrove u 100 godišnjem povratnom periodu - 95% pouzdanost²⁴²³ FEED, Tractebel Engineering S.A.²⁴ FEED, Tractebel Engineering S.A.

3.2 VALOVI

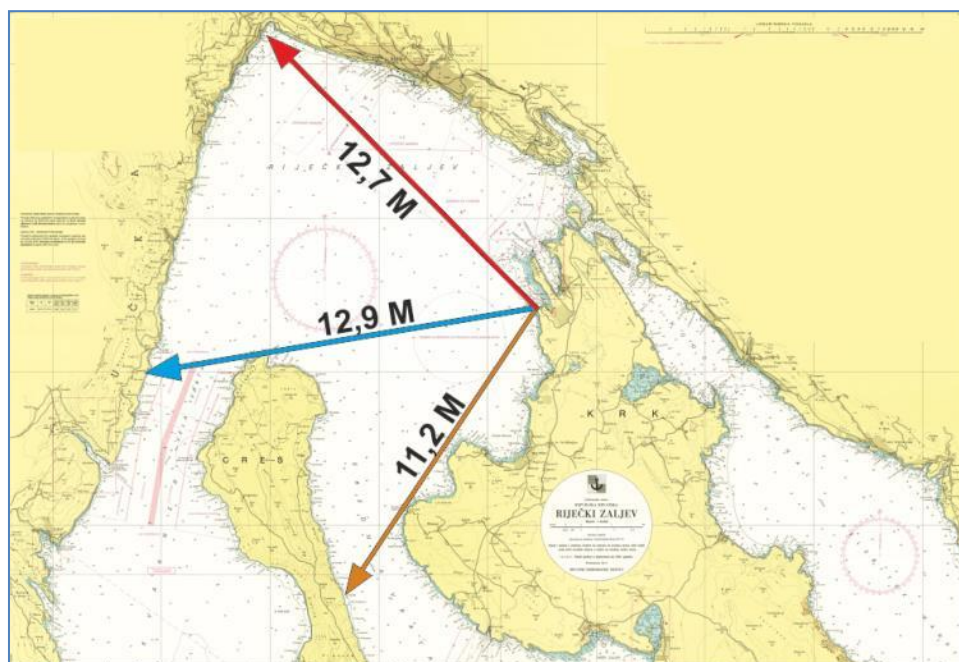
Na širem području Kvarnera mogu se susresti valovi južnih smjerova najvećih visina od 7 – 9,1 m.²⁵

Duljina valova južnih vjetrova u Kvarneru kreće se od 20 do 30 m, ovisno o smjeru i jačini vjetra. Najveću duljinu postižu valovi iz SW smjera. Nakon prestanka vjetra valovi se u Kvarneru i Riječkom zaljevu sporo smiruju zbog prostranosti privjetrišta i strmih visokih obala, pa se za duže vrijeme osjećaju valovi mrtvog mora.

U Kvarneru se mogu očekivati najveći valovi na Jadranu za dugotrajnog puhanja olujnog juga ili oštra. Na valove u Kvarneru utječe djelomično ograničeno privjetrište posebno za valove iz istočnih smjerova. Bura i levant mogu razviti valove visine do 2,9 m. Valovi lebića ne očekuju se s visinama iznad 3,2 m.

Najviši valovi u Riječkom zaljevu su valovi juga. Otvoreno je privjetrište prema S i SW (Mala i Vela vrata). Valovi juga u Riječkom zaljevu mijenjaju smjer iz SE prema SW i mogu se očekivati visine do 3,5 m. Primjerice, plutača-valograf usidrena ispred Riječke luke u kratkom razdoblju je registrirala i valove većih visina od očekivanih (3,7 m).

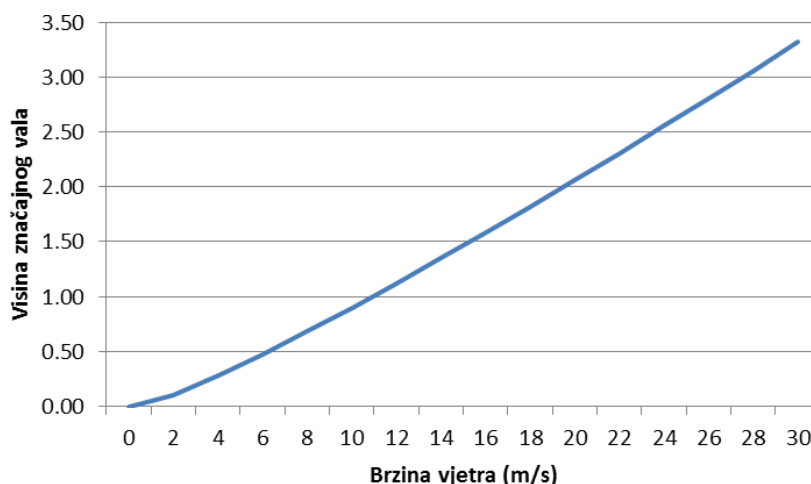
Zbog položaja LNG FSRU terminala Krk na zapadnoj strani otoka Krka tj. zbog kratkog privjetrišta vjetrovni valovi bure i juga su zanemarivi. Mogući su jedino manji valovi "mrtvog" mora koji nastaju difrakcijom vjetrovnih valova te ulaze u područje pristana. Ne očekuje se da takvi valovi mogu imati negativni utjecaj na LNG brodove za vrijeme njihovog boravka na LNG FSRU terminalu.



Slika 12 Duljine privjetrišta za osnovne smjerove

Valovi tramontane, ponenta i maestralski mogu se očekivati visine do 1 m. Ovi vjetrovi na sjevernom Jadranu su slabi pa ni valovi koje izazivaju ne mogu postići znatnije visine. Najveći valovi se na području pristana mogu očekivati za puhanja lebića, bilo za stalnih vjetrova ili tijekom ljetnih neverina. Nije vjerojatno da će ovi valovi, uslijed kratkog privjetrišta doseći visinu iznad 2,2 m. Ovi valovi mogu otežati ili čak i onemogućiti manevar uplovljenja ili isplavlivanja brodova ponajprije zbog njihova utjecaja na tegljače. Za brod na vezu ovi valovi ne bi trebali predstavljati ozbiljnije poteškoće.

²⁵ Nedaleko, južno od Kvarnera, valografska postaja Panon izmjerila je val visine 10,8 m.



Slika 13 Teoretska visina razvijenih valova za privjetrište dužine 12,8 M

Potrebno je naglasiti rezultate valnog modela²⁶ prema kojem je sa 95% pouzdanosti za povratni period od 100 godina moguća visina vala od 4,47 m²⁷, odnosno signifikantna visina vala od 2,85 m za vrijeme puhanja vjetra iz smjera NNE, odnosno 4,17 m i 2,37 m za smjer WNW. Autori studije smatraju rezultate modela dvojbenima. Iskustvo stečeno tijekom korištenja priveza DINA-e nije utvrdilo valove takvih visina niti potrebu da značajno manji brodovi zbog valova takvih visina napuštaju pristan.

Općenito valovi ne bi trebali imati utjecaj na mogućnost boravka FSRU broda i/ili LNG broda na terminalu.

Obilježja vjetra			Obilježja valova - Rezultat				
Smjer vjetra	Smjer vjetra (° u odnosu na sjever)	Brzina vjetra	H _{m0} [m]	H _{1/250} [m]	T _p [s]	T _{m02} [s]	Smjer (° u odnosu na sjever)
N	0	20.9	1.75	2.73	5.3	4.0	322
NNE	22.5	29.0	2.16	3.38	5.8	4.2	335
NE	45	30.1	1.51	2.37	4.5	3.5	357
ENE	67.5	31.5	1.07	1.68	3.2	1.9	35
E	90	18.2	0.38	0.60	2.0	1.3	53
ESE	112.5	16.8	0.27	0.43	1.4	1.0	91
SE	135	21.8	0.40	0.63	4.0	1.4	186
SSE	157.5	25.2	1.01	1.57	5.4	4.4	227
S	180	24.2	1.57	2.45	5.9	4.6	238
SSW	202.5	16.9	1.19	1.86	4.9	4.0	241
SW	225	15.8	1.26	1.98	4.7	4.0	251
WSW	247.5	17.2	1.65	2.58	5.0	4.2	265
W	270	14.1	1.38	2.15	4.5	3.8	277
WNW	292.5	18.8	2.08	3.26	5.4	4.4	294
NW	315	17.9	1.90	2.97	5.3	4.2	305
NNW	337.5	19.1	1.87	2.93	5.3	4.2	312

Tablica 11 Obilježja valovlja za vjetrove u 100 godišnjem povratnom periodu - 50% pouzdanost²⁸

²⁶ FEED, Tractebel Enginereeing S.A.

²⁷ Visina se odnosi na prosječnu najveću visinu 1/250 valova.

²⁸ FEED, Tractebel Enginereeing S.A.

Obilježja vjetra			Obilježja valova				
Smjer vjetra	Smjer vjetra (° u odnosu na sjever)	Brzina vjetra	H _{m0} [m]	H _{1/250} [m]	T _p [s]	T _{m02} [s]	Smjer (° u odnosu na sjever)
N	0	24.2	2.14	3.34	5.8	4.3	321
NNE	22.5	35.1	2.85	4.47	6.6	4.6	334
NE	45	36.5	1.98	3.10	5.1	3.8	357
ENE	67.5	38.1	1.41	2.20	3.6	2.2	35
E	90	20.6	0.46	0.72	2.2	1.3	54
ESE	112.5	19.8	0.31	0.49	1.6	1.1	90
SE	135	26.1	0.53	0.84	4.6	1.5	186
SSE	157.5	30.9	1.40	2.19	6.1	4.8	231
S	180	29.1	2.06	3.22	6.6	5.1	241
SSW	202.5	20.0	1.49	2.33	5.4	4.3	242
SW	225	19.4	1.66	2.60	5.3	4.3	252
WSW	247.5	20.5	2.07	3.23	5.6	4.5	266
W	270	16.7	1.73	2.70	5.0	4.1	277
WNW	292.5	22.6	2.67	4.17	6.1	4.7	294
NW	315	22.1	2.52	3.94	6.0	4.7	305
NNW	337.5	22.8	2.37	3.70	5.9	4.6	312

Tablica 12 Obilježja valovlja za vjetrove u 100 godišnjem povratnom periodu - 95% pouzdanost²⁹

3.3 MORSKE STRUJE

Morske struje, zajedno s vjetrom i valovima presudno utječu na kretanje broda bez poriva kao i na kretanje onečišćenja nakon izljeva ulja u more.

Morske struje u Kvarneru i Riječkom zaljevu slijede tokove opće cirkulacije i ne prelaze vrijednost od 0,5 čvorova. U najvećem dijelu vremena teku u smjeru obrnutom od kazaljka na satu.

Glavna Jadranska struja u područje Riječkog zaljeva ulazi najvećim dijelom između otoka Sv. Marka i kopna, malo manji dio između otoka Krka i Sv. Marka te između otoka Cres i Krk. Struja izlazi kroz Vela vrata, brže sa strane istarskog poluotoka. Rječina može utjecati na obilježja morske struje neposredno uz svoje ušće tako da donekle mijenja opću cirkulaciju u Riječkom zaljevu. Također za dužih oborinskih razdoblja može se očekivati pojačana struja u istom području.

DUBINA (m)	2	25	50
Najveća brzina (cm/s)	73	14	13
Srednja brzina (cm/s)	31	6,1	2,5
Najmanja brzina (cm/s)	5	2	1
Rezultantni vektor (cm/s/°)	30,8/291	3,2/78	2,0/360
FAKTOR STABILNOSTI	99	53	78

Tablica 13 Obilježja morskih struja u Riječkom zaljevu³⁰

Valja zaključiti da na mjestu priveza brzina struje po lijepom vremenu neće premašiti 0,5 čvorova dok ni za vrijeme najjačih vjetrova neće premašiti 1,5 čvora. Već na dubinama većim od 2 m one neće biti veće od 0,5 čvora.

²⁹ FEED, Tractebel Enginereeing S.A.

³⁰ Mjerenja HHI-a u vremenu od 1.-13. prosinca 1993. godine prilikom polaganja podmorskog naftovoda rt Tenka Punta - rt Škrkovic.

3.4 MORSKE MIJENE

Morske mijene u Kvarneru vrlo su slične onima na otvorenom Jadranu. Jedino se za vrijeme jakih i dugotrajnih juga razina vode povisi za nešto više nego na otvorenom moru. Također za puhanja dugotrajnih i jakih bura nivo vode se spusti za nešto više nego na otvorenom dijelu Jadranskog mora. Morske mijene ni u kojem slučaju neće utjecati na pomorski promet u Kvarneru niti u Riječkom zaljevu.

U Riječkom zaljevu ti uvjeti mogu izazvati prosječan porast do 1,4 m, a sniženje do 0,3 m u odnosu na hidrografsku nulu.

Na mjestu planiranog LNG FSRU terminala mjerodavna su najveća kolebanja razine morske vode uvjetovana plimotvornom silom Mjeseca i Sunca te djelovanjem atmosferskog tlaka i vjetera. Svi oni zajedno mogu promijeniti razinu vode u zimskim mjesecima u odnosu na hidrografsku nulu (srednja razina nižih niskih voda živih morskih mijena) u rasponu od približno 1,7 m iznad i 0,6 m ispod razine karte.

Vrijeme puhanja juga (u danima)	Brzina juga (u čvorovima)						
	10	15	20	25	30	35	40
1	42	52	62	72	82	92	102
2	44	54	64	74	84	94	104
3	46	56	66	76	86	96	106
4	48	58	68	78	88	98	108
5	50	60	70	80	90	100	110

Tablica 14 Procjena promjene razine vode (u cm) u ovisnosti o brzini i trajanju juga

Vrijeme puhanja bure (u danima)	Brzina bure (u čvorovima)						
	10	15	20	25	30	35	40
1	6,6	9,6	12,6	15,6	18,6	21,6	24,6
2	7,2	10,2	13,2	16,2	19,2	22,2	25,2
3	7,8	10,8	13,8	16,8	19,8	22,8	25,8
4	8,4	11,4	14,4	17,4	20,4	23,4	26,4
5	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0

Tablica 15 Procjena snižavanje razine vode (u cm) u ovisnosti o brzini i trajanju bure

U Tablicama morskih mijena visina plimnog vala navedena je za tlak od 1013 hPa. Promjena razine mora zbog promjene tlaka može se približno izračunati tako da se za svaki hPa iznad srednjeg tlaka razina vode smanji za 1 cm, a za svaki hPa ispod srednjeg tlaka razina vode povisi za 1 cm. Ovaj ispravak vrijedi tek kad takav tlak različit od srednjega traje više dana.

Valja primijetiti da morske mijene na području planiranog terminala mogu kasniti u odnosu na vrijeme predviđeno u Tablicama morskih mijena uslijed puhanja bure. Ne očekuje se da će kašnjenje biti veće od 10-tak minuta.

Prema procjenama na temelju mjerenja i modela (FEED) predviđene visine jesu kako je to prikazano u priloženoj tablici:

Povratni period	Razina visoke vode		Razina niske vode	
	U odnosu na srednju razinu mora (m)	U odnosu na razinu karte (m)	U odnosu na srednju razinu mora (m)	U odnosu na razinu karte (m)
1	0.65	0.98	-0.41	-0.08
10	1.01	1.34	-0.71	-0.38
20	1.08	1.41	-0.75	-0.42
50	1.17	1.50	-0.78	-0.45
100	1.24	1.57	-0.81	-0.48

Tablica 16 Ekstremne visine voda temeljem mjerenja³¹

Sveukupno se, prema FEED-u očekuje najveća visina vode u 100-godišnjem povratnom periodu od 2,07 m (južni smjerovi) te najniža od - 0,44m (sjeveroistočne smjerove). Ove procjene ocjenjuju se konzistentnima s dosadašnjim iskustvima.

3.5 VIDLJIVOST

Na vodoravnu vidljivost utječu doba dana, padaline i magla. Dobru vidljivost mogu znatno umanjiti jaka kiša, tuča ili snijeg.

Magle u predjelu Kvarnera mogu smanjiti vidljivost do prosječno 8 dana godišnje. Mogu biti lokalnog karaktera, kao na primjer pred lukom Plomin. U Riječkom zaljevu mogu se očekivati u prosjeku do 6 dana godišnje.

Najveće dnevne količine oborine (mm)													
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MAX
1981	29,5	17,7	46,6	6,4	41,7	23,7	38,6	58,3	50,3	109,2	14,3	35,3	109,2
1982	26,2	7,3	45,1	7,2	51,2	49,1	2,4	27,2	19,3	40,3	51,0	41,2	51,2
1983	44,6	26,6	43,4	17,9	21,3	17,2	19,8	8,8	27,9	35,6	13,7	31,8	44,6
1984	43,4	28,7	25,6	35,3	26,5	31,6	37,7	54,4	55,1	145,0	24,7	19,6	145,0
1985	25,7	47,9	91,6	20,4	21,6	18,6	5,4	40,2	36,2	26,4	37,6	11,0	91,6
1986	25,1	28,3	35,6	16,5	32,9	44,6	26,1	46,8	28,2	24,9	27,8	41,2	46,8
1987	21,1	31,3	17,4	24,4	29,0	25,9	25,1	16,0	55,6	55,6	43,0	31,6	55,6
1988	15,8	28,4	44,6	26,0	28,8	67,7	10,5	28,3	50,0	17,2	9,4	48,7	67,7
1989	0,3	16,3	10,0	31,3	7,2	37,2	17,8	63,6	13,2	23,5	40,9	59,1	63,6
1990	9,0	21,9	28,6	21,0	17,6	29,4	29,9	59,9	76,9	113,1	29,5	31,9	113,1
1991	46,2	32,1	6,5	13,6	19,6	34,4	7,2	13,3	****	****	***	****	46,2
1992	****	****	50,0	16,0	18,0	21,9	42,9	41,3	25,7	79,7	52,4	35,0	79,7
1993	2,5	7,5	20,7	26,1	0,8	35,0	5,1	42,5	87,1	111,6	35,5	46,0	111,6
1994	12,7	29,2	7,8	31,5	15,7	56,8	8,6	53,2	33,8	63,4	46,9	40,3	63,4
1995	31,7	24,3	32,8	9,6	59,0	32,5	34,9	20,3	38,9	23,5	67,2	48,8	67,2
1996	57,0	32,9	2,1	23,6	33,5	35,3	22,5	26,5	45,9	64,6	46,1	33,6	64,6
1997	50,4	12,1	45,4	18,7	19,8	36,6	92,7	33,6	90,2	7,1	58,6	26,6	92,7
1998	31,3	8,2	5,4	24,7	13,1	17,2	60,0	20,5	88,7	71,2	38,4	36,5	88,7
1999	21,6	36,3	29,9	39,7	78,7	10,1	37,2	13,0	22,1	67,0	37,6	91,7	91,7
2000	12,3	32,6	52,0	16,0	9,0	27,0	31,8	3,5	74,0	71,8	40,4	50,3	74,0
2001	25,2	22,5	41,1	44,4	4,3	25,3	22,4	1,0	39,1	10,7	31,1	27,6	44,4

³¹ FEED Tractebel, S.A.

Mjesečne i godišnje količine oborina (mm)													
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1981	89	46	121	21	133	92	71	76	255	224	27	248	1402
1982	49	8	132	15	153	132	5	61	72	268	169	156	1219
1983	65	130	114	59	87	43	36	31	87	57	31	109	849
1984	185	172	48	77	98	77	76	147	254	281	121	48	1584
1985	66	86	222	63	63	92	12	85	41	44	148	40	960
1986	109	101	99	95	72	158	50	120	71	54	78	75	1081
1987	88	96	25	64	109	73	46	35	158	227	191	51	1164
1988	68	117	133	70	68	124	18	68	69	64	16	78	893
1989	1	41	36	114	31	179	33	138	31	44	125	74	846
1990	24	43	36	115	49	101	52	75	179	256	104	140	1174
1991	95	91	20	31	81	68	15	23	****	****	****	****	****
1992	****	****	141	64	37	145	129	64	99	408	240	69	****
1993	4	12	32	58	2	89	13	105	287	364	186	114	1263
1994	53	51	18	131	50	118	16	87	135	116	111	132	1017
1995	105	140	143	35	201	140	44	58	170	36	127	130	1330
1996	117	109	5	53	100	103	59	90	155	239	249	159	1438
1997	216	35	65	51	62	85	148	84	99	38	206	152	1240
1998	52	9	15	139	40	47	86	46	424	273	111	50	1292
1999	76	50	66	151	127	31	82	14	67	133	106	204	1108
2000	14	76	132	47	26	33	83	6	143	255	349	186	1350
2001	143	26	202	101	14	79	40	1	198	26	95	47	972

Tablica 17 Oborine u promatranom području (*nedostajući podaci)

Općenito, padaline u području LNG FSRU terminala odnosno mjesta priveza slabog su intenziteta te da će samo u rijetkim slučajevima ometati manevar pristajanja i isplavlivanja. Bit će to uglavnom samo za kratkotrajnih neverina.

Pojavu magle može se donekle predvidjeti na temelju relativne vlažnosti zraka. Na području planiranog terminala magla se javlja prosječno 5 dana u godini, većinom u jesen i zimu.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred
1981	47	53	69	59	70	65	56	59	73	76	65	69	63
1982	54	50	52	50	59	62	52	53	62	66	64	61	57
1983	64	56	56	65	63	50	46	53	55	56	51	57	56
1984	63	56	50	49	70	59	54	55	74	70	69	58	61
1985	55	53	66	55	58	56	49	51	60	64	74	83	60
1986	65	60	67	70	68	65	57	62	62	63	72	63	65
1987	64	70	49	57	70	67	58	63	69	74	74	76	66
1988	78	67	61	72	71	71	54	53	69	71	60	63	66
1989	64	70	60	73	61	67	65	65	68	73	58	64	66
1990	62	69	48	64	57	66	46	49	65	69	66	59	60
1991	53	48	57	54	62	60	47	51	****	****	****	****	54
1992	****	****	60	****	57	67	64	61	67	79	77	63	66
1993	72	51	61	64	59	58	54	50	72	****	****	75	62
1994	67	64	68	63	64	62	50	60	72	64	74	68	65
1995	62	69	60	63	66	68	56	61	74	66	67	71	65
1996	64	56	54	59	71	57	55	62	68	71	73	69	63
1997	72	65	50	57	63	68	64	62	59	63	70	64	63
1998	66	47	47	66	51	56	49	42	59	64	47	63	55
1999	66	55	64	65	62	54	53	52	59	63	64	62	60
2000	57	59	63	63	56	51	56	50	63	75	74	76	62
2001	72	61	78	61	60	58	57	52	73	77	62	56	64

Tablica 18 Srednja relativna vlažnost zraka (%) (*nedostajući podaci)

Već na osnovu relativnih vlažnosti mogu se zaključiti da će magle na području LNG FSRU terminala, kao i u cijelom Riječkom zaljevu biti rijetke i vremenski kratke te je za očekivati da će odgoda manevra uplovljenja ili isplavljenja uslijed magle biti kratkotrajna.

Zaključno:

- (8) Vremenske prilike na prilaznom plovnom putu ne ograničavaju bitno plovidbu većih brodova.
- (9) Visine valova i udari vjetra pri najjačim olujama mogu odgoditi pristajanje LNG brodova odnosno odgoditi prekrcaj tereta. Najveće visine valova valja očekivati za vrijeme vjetrova iz sjeverozapadnih i zapadnih smjerova i ne bi trebali utjecati na siguran boravak brodova na terminalu dok mogu ograničiti manevriranje broda.
- (10) LNG FSRU terminal je djelomično zaštićen od vjetrova iz sjevernih, sjeveroistočnih te južnih i jugoistočnih smjerova.
- (11) Vjerojatnost značajnih visina valova većih od 1,5 m u području terminala ocjenjuje se vrlo malom, isključivo iz zapadnih smjerova.
- (12) Odgoda pristajanja LNG broda odnosno prekid prekrcaja tereta mogu se očekivati tijekom puhanja jakih vjetrova iz NE kvadranta. Takve nepovoljne vremenske prilike značajno su vjerojatnije tijekom zimskog razdoblja.
- (13) Lokalne nevere mogu imati utjecaj na razmatranje prekida prekrcaja tijekom cijele godine.

4 TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA

4.1 OSNOVNA OBILJEŽJA LNG BRODOVA

Brodovi za prijevoz ukapljenih plinova jesu brodovi na kojima se teret prevozi u tankovima pod tlakom višim od atmosferskog da bi se spriječilo miješanje tereta sa zrakom. Zbog toga je u tankovima samo teret (u tekućem i plinovitom stanju) i stoga ne može doći do stvaranja eksplozivne atmosfere. Općenito, brodovi za prijevoz ukapljenih plinova dijele se na:

- brodove za prijevoz ukapljenog prirodnog plina (*Liquefied Natural Gas*) – LNG brodovi,
- brodove za prijevoz ukapljenih naftnih i kemijskih plinova – (*Liquefied Petroleum Gas*) LPG brodovi.

Na LNG FSRU terminalu na Krku prekrcavati će se ukapljeni prirodni plin stoga će se u nastavku razmatrati samo brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina, odnosno LNG brodovi.

LNG brodovi se koriste za prijevoz prirodnog plina do tržišta, gdje se ukapljeni plin uplinjava i dostavlja cjevovodima prirodnog plina do potrošača. Gustoća LNG-a je otprilike 0,41 do 0,5 kg/dm³, ovisno o temperaturi, tlaku i sastavu. Općenito, zbog konstrukcijske izvedbe LNG brodova ukapljeni plin gustoće veće od 0,5 kg/dm³ (500 kg/m³) ne smije se ukrcavati.

S brodova za prijevoz ukapljenog plina pri ukrcaju i iskrcaju tereta nema ispuštanja plina u atmosferu. Na LNG terminalima mora postojati sustav za povrat plinova putem povratne cijevi.

Brodovi za prijevoz ukapljenog plina moraju zadovoljiti propise Međunarodne pomorske organizacije (IMO), te sve sigurnosne mjere i mjere protiv onečišćenja okoliša uobičajene za ostale brodove. Brodovi koji se razmatraju u ovoj studiji moraju zadovoljiti vrlo stroge konstrukcijske zahtjeve. U prvom redu se to odnosi na sposobnost broda da izdrži određeni stupanj oštećenja uslijed sudara, udara ili nasukanja, a da pritom ne dođe do probijanja tankova tereta. Brodovi građeni poslije 01. siječnja 1996. godine u pogledu konstrukcije i opreme trebaju zadovoljiti Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz ukapljenih plinova³² koji je obvezni dio SOLAS konvencije u glavi VII. Stariji brodovi mogu biti građeni prema Pravilniku o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz ukapljenih plinova³³ odnosno prema Pravilniku za postojeće brodove.³⁴ Dodatno, brodovi uobičajeno moraju zadovoljavati i standarde utvrđene od strane Udruženja tankerskih brodara (*Oil Companies Marine International Forum – OCIMF*), a podvrgnuti su i kontinuiranim pregledima utvrđenim od strane tankerske industrije (tzv. SIRE program - *Ship Inspection Report Programme*), odnosno kroz interna pravila Udruženja.

Općenito, LNG brodovi moraju zadovoljavati standarde sigurnosti i zaštite morskog okoliša koji se primjenjuju isključivo u pomorskom prijevozu LNG-a, a koji su redovito na višoj razini od onih uobičajenih u drugim granama industrije, uključujući i pomorski prijevoz sirove nafte, derivata i kemikalija. LNG brodovi moraju imati dvostruku oplatu, posebno izvedene spremnike, crpke, ventile te cjevovode koji podnose tražene uvjete smještaja LNG-a. Prijevoz ukapljenog tekućeg plina zahtijeva veliku stručnost, posebnu opremu i tehnologiju kako bi se na najmanju moguću mjeru smanjio rizik odnosno opasnost bilo koje vrste.

Obvezna oprema ovih brodova uključuje nadzor temperature, tlaka, detekciju plina i opremu za mjerenje razine tekućine u tankovima te vrlo složeni sustav uzbune uz mnoštvo pomoćnih uređaja. Raznolikost opreme koja se ugrađuje na ove brodove može od njih stvoriti izuzetno složene plovne objekte koji zahtijevaju izuzetno visok stupanj stručnosti i pažnje. LNG brodovi se ponajprije razlikuju obzirom na pogon te izvedbu spremnika, odnosno tankova u kojima se prevozi teret.

³² *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – IGC Code.*

³³ *Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – GC Code.*

³⁴ *Code for Existing Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – Existing Ships Code.*

Obzirom da realizacija svakog LNG projekta predstavlja značajan financijski izdatak za sve sudionike u transportnom lancu, LNG brodovi se u načelu grade za određene linije iako u posljednjih desetak godina se grade i brodovi koji se koriste na slobodnom tržištu. Uobičajeno se predviđa radni vijek broda od 25 godina, no u stvarnosti on nerijetko bude duži i od 40 godina.

LNG brodovima prevozi se ukapljeni prirodni plin koji u ukapljenom stanju zauzima približno 600 puta manji volumen nego u plinovitom stanju pri atmosferskom tlaku. Najveći tlak pri prijevozu iznosi oko 25 kPa odnosno 250 mbar-a, a temperatura približno -160°C . Smanjenje volumena plina čini ga mnogo ekonomičnijim za prijevoz na velike udaljenosti gdje cjevovodi ne postoje. Ukapljivanje prirodnog plina se obavlja na izvoznim LNG terminalima pri čemu ukapljivanje uključuje i uklanjanje pojedinih neželjenih sastojaka kao što su prašina, otrovni plinovi, helij, voda i teški ugljikovodici.

Općenito, LNG brodovi mogu se podijeliti na više načina i to obzirom na:

- veličinu,
- sustav ugrađenih spremnika na brodu,
- vrstu propulzije.

Veličina LNG brodova. Obzirom na veličinu LNG brodova oni se načelno mogu podijeliti u pet skupina i to obzirom na prijevozni kapacitet izražen u kubičnim metrima i to:

- mali LNG brodovi,
- konvencionalni LNG brodovi (mali i veliki),
- Q-Flex brodovi, te
- Q-Max brodovi.

Klasa LNG broda	Kapacitet (x1.000 m ³)	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 brod	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

Tablica 19 Podjela LNG brodova prema veličini

Približno do 2008. godine uobičajeni kapacitet LNG brodova kretao se u rasponu od 120.000 m³ do 150.000 m³. Do tada su preko 80% brodova svjetske flote činili mali konvencionalni LNG brodovi, približno 15% mali LNG brodovi te manje od 5% veliki konvencionalni LNG brodovi. Od 2008. do 2010. u svjetsku flotu uključeni su prvi brodovi kapaciteta preko 200.000 m³ i to brodovi klase Q-Flex i Q-Max kapaciteta od 210.000 do 217.000 m³ odnosno od 261.700 do 266.000 m³. Potonji predstavljaju brodove najnovije generacije, ujedno i najveće koji plove svjetskim morima. Ovi brodovi su u službi nekoliko godina te je do 2016. izgrađeno ukupno 31 Q-Flex te 14 Q-Max brodova.

Dodatno, u posljednjih nekoliko godina uvelike se povećao broj konvencionalnih brodova čiji je kapacitet veći od 150.000 m³, ali i dalje znatno manji od kapaciteta Q-Flex ili Q-Max brodova. Primjerice u 2014. godini prosječni kapacitet isporučenih brodova bio je 161.000 m³ (porast od 12.200 m³ u odnosu na 2012. godinu). Samo u 2014. godini čak 80% brodova od ukupno ugovorenih novogradnji (ukupno 68 brodova) imali su prijevozni kapacitet između 170.000 i 174.000 m³ pri čemu nije naručen niti jedan brod kapaciteta većeg od 200.000 m³.

Mali LNG brodovi mogu se svrstati u dvije klase i to manji LNG brodovi koji su svojim tehničko-tehnološkim obilježjima slični konvencionalnim brodovima i čiji je kapacitet manji od 90.000 m³, ali veći od 45.000 m³ te na LNG brodove kapaciteta manjeg od navedenih 45.000 m³.

Manji LNG brodovi danas su vrlo rijetki (svjetska flota broji manje od 10 brodova) i prema podacima³⁵ iz 2014. godine najmanji LNG brod ove klase imao je kapacitet od približno 64.000 m³. Potrebno je naglasiti i da su gotove sve novogradnje veće od 150.000 m³ (krajem 2014. godine samo je jedna novogradnja imala kapacitet manji od 150.000 m³).

Nasuprot tome, skupina najmanjih LNG brodova dobiva na važnosti i broj takvih brodova se povećava. Najmanji LNG brodovi obuhvaćaju brodove relativno malih kapaciteta: od onih najmanjih od 1.000 m³ do onih kapaciteta do 30.000 m³ (*LNG Feeder Ships*). Brodovi su namijenjeni prijevozu manjih količina LNG-a na kraćim udaljenostima odnosno unutar jedne regije.

Približne dimenzije LNG broda kapaciteta 30.000 m³ su slijedeće:

- duljina – 185 m
- širina – 28 m
- gaz – 7,0 m
- ukupna nosivost – 16.500 tona

Dodatno, tehnološki razvoj, strogi ekološki zahtjevi uvjetovali su izgradnju trgovačkih brodova koji će za pogon koristiti LNG, a samim time potrebu izgradnje opskrbnih LNG brodova (*LNG Bunker Vessels*) koji uobičajeno plove unutar pojedinih lučkih područja. Približne dimenzije opskrbnog LNG broda kapaciteta 5.000 m³ su slijedeće:

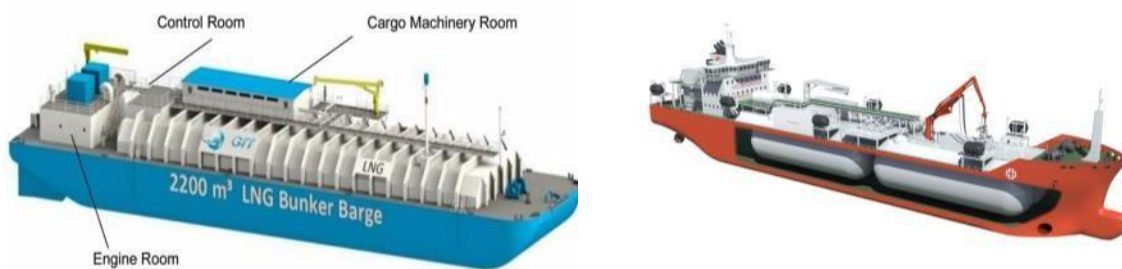
- duljina – 110 m
- širina – 18 m
- gaz – 5,9 m
- ukupna nosivost – 2.700 tona

Općenito, svjetska flota najmanjih LNG brodova je relativno mala i 2017. godine u svijetu je bilo 44 brodova. Međutim, od 2015. godine došlo je do naglog povećanja narudžbe takvih brodova pa trenutno svjetska flota, uključujući i brodove u gradnji, obuhvaća približno 80 brodova. Brodovi uključuju:

- LNG brodove,
- CNG brodove (*Compressed Natural Gas*), odnosno brodove koji prevoze teret u plinovitom stanju pod visokim tlakom,
- višenamjenske LNG/LPG/etilen brodove sa dvostrukom propulzijom, te
- LNG opskrbe brodove.

U slijedećem kratkoročnom razdoblju očekuje se ubrzani razvoj i gradnja najmanjih LNG brodova namijenjenih opskrbi drugih trgovačkih brodova pogonjenih LNG-om. LNG brodovi za opskrbu uobičajeno su manjih kapaciteta (do 5.000 m³), a mogu biti izgrađeni i kao teglenice. Također, očekuje se i porast broja većih brodova kapaciteta do 30.000 m³ obzirom da oni vlasnicima osiguravaju fleksibilnost u opskrbi manjih terminala.

³⁵ Navedeni podaci odnose se na LNG brodove veće od 30.000 m³ te ne uključuje manje LNG brodove kao i LNG brodove za opskrbu.



Slika 14 Izvedbe LNG teglenica (lijevo) i manjih LNG brodova za opskrbu (desno)



Slika 15 Brod „ENGIE ZEEBRUGGE“ - prvi namjenski LNG bunker brod (u radu od travnja 2017. godine)

Obzirom da se na LNG FSRU terminalu Krk planira i ukrcaj LNG-a za očekivati je mogućnost ukrcaja i navedenih manjih LNG brodova, odnosno LNG *Feeder* brodova.

Sustav u koji se plin skladišti na brodovima tijekom prijevoza (*Containment System*) sastoji se od primarne barijere (tank tereta), sekundarne barijere (ako postoji), pripadajuće toplinske izolacije, međuprostore, obližnju strukturu za, ako je potrebno, uporište ovih elemenata. Općenito prema IGC Pravilniku sustavi tankova ukapljenog prirodnog plina mogu se podijeliti na:

- sustave s membranom (polumembranski i membranski tankovi – *Membrane type/Integrated tanks*),
- samonosivi sustavi (nezavisni tankovi tipa A, B i C – *Self-supporting/Independent tanks*),

Tankovi samonosivih sustava ne čine dio broskog trupa (nezavisni tankovi) i ne utječu na njegovu čvrstoću. Po obliku mogu biti prizmatični (tip A ili B), cilindrični (tip C) ili sferični (tip B). Tankovi membranskih sustava nisu samonosivi, a sastoje se od membrana koje se izolacijom naslanjaju na dvostruku oplatu, a mogu biti membranski i polumembranski tankovi te tankovi s unutrašnjom izolacijom. Ostale izvedbe sustava nisu našle primjenu kod LNG brodova. Osnovno vizualno obilježje brodova s membranskim tankovima su iznimne visine koje nerijetko iznose i preko 20 m. Nasuprot tome nezavisni tankovi najčešće se odlikuju sferičnim oblikom tankova čiji zaštitni pokrov znatno strši iznad palube broda.

Osnovne izvedbe sustava tankova koji se danas koriste na LNG brodovima jesu:

- Technigaz Mark III membranski sustav,
- Gaz Transport No 96 membranski sustav,
- GTT Mark III Flex membranski sustav s tlakovima do 700 mbar (razvijen isključivo radi operacija na FSRU brodovima),
- GTT No 96 Max,
- GTT CS1 membranski sustav,
- GTT Mark V membranski sustav,
- Kvaerner Moss sustav sa samonosivim sfernim tankovima tipa B,
- MHI Moss Sayaendo klasa,
- IHI SPB sustav sa samonosivim prizmatičnim tankovima tipa B,
- Esso sustav sa samonosivim prizmatičnim tankovima tipa A.

Membranski sustav. Sustav se sastoji od primarne i sekundarne barijere te izolacije.

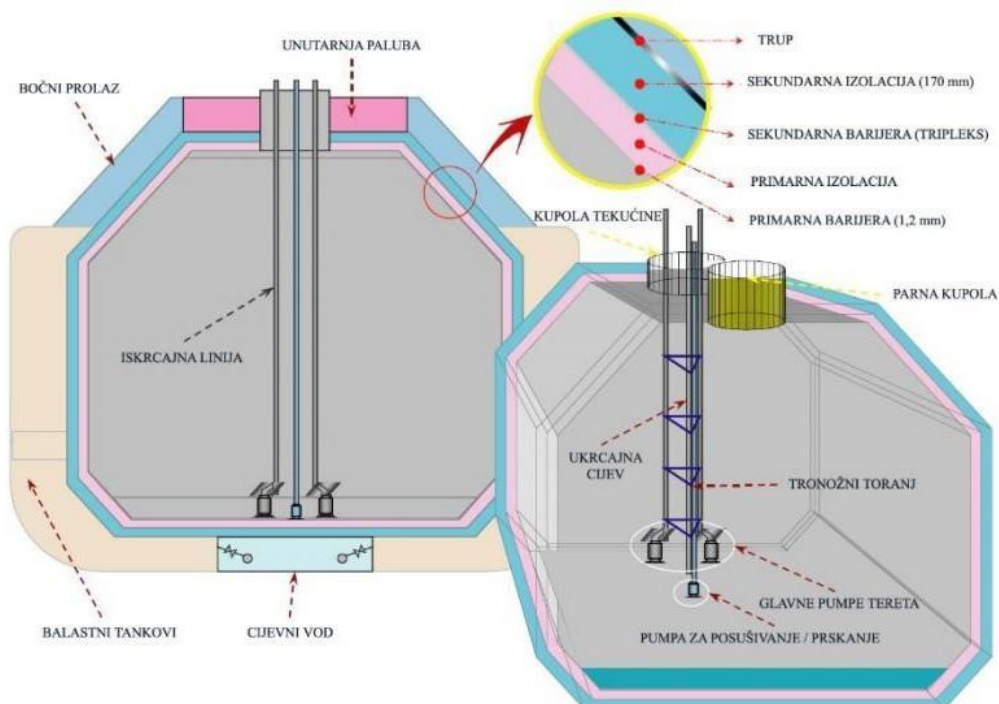
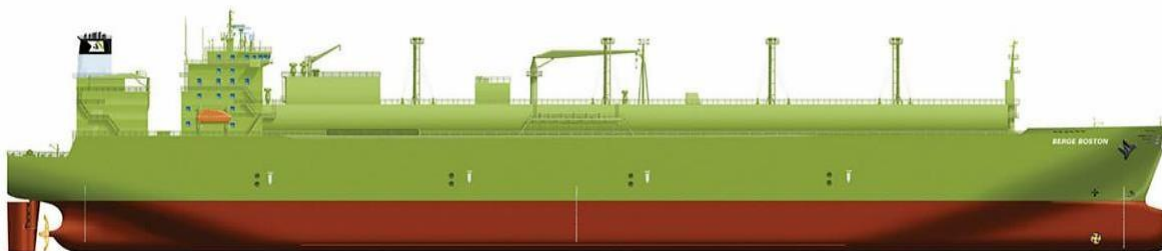
Primarnu barijeru čini vrlo tanka (0,7 – 1,2 mm) membrana od invara³⁶ ili od nehrđajućeg čelika koja je u izravnom dodiru s teretom. Sekundarna barijera mora biti ugrađena po cijelom obodu membranskog tanka kako bi spriječila daljnje propuštanje i sniženje temperature brodske konstrukcije u slučaju oštećenja primarne barijere. Izolacija je smještena iza membrana, a štiti oplatu od niskih temperatura te prenosi statička i dinamička opterećenja tereta na oplatu broda.

Membranski sustav Tehnigaz Mark III ima primarnu barijeru napravljenu od korugiranog ili valovitog nehrđajućeg čelika (18% nikla i 10% kroma) debljine 1,2 mm. Korugacija omogućuje ublažavanje termičkih stresova materijala pri kriogenim uvjetima. Prvo izolacijsko područje sastoji se od sloja poliuretanske pjene pokrivene drvenim pločama koje služe kao nosač prve membrane. Drugu pregradu čini trostruki sloj, aluminijska folija između dva sloja stakloplastike. Drugo izolacijsko područje čini još jedan sloj poliuretanske pjene, naslonjen na drvene ploče koje su pričvršćene na dvostruku oplatu vijcima. U izolacijski prostor upuhuje se dušik kao inertni plin. Starija izvedba ovog sustava, Mark I, imala je balsa drvo kao izolacijski materijal i drvene ploče od javora umjesto trostrukog sloja. Prednost novijeg Mark III sustava u odnosu na Mark I je što izolacijski materijali imaju manju toplinsku vodljivost i bolju nepropusnost primjenom aluminijske folije.

Važno je napomenuti jednu od novijih inačica Technigaz sustava tankova i to sustav Mark III flex koji predstavlja sustav, odnosno tehnologiju, koja uz smanjenje dnevne rate isparavanja (*Boil-off rate - BOR*) omogućava tlakove unutar sustava do 700 milibara u odnosu na klasični Mark III sustav (maksimalno do 250 mbar). Sustav je razvijen radi istovremenog prekrcaja tekućeg tereta na FSRU brod te regasifikacije sa FSRU-a na kopno odnosno fleksibilnosti tijekom operacija po čemu je i dobio naziv.

Membranski sustavi Gaz Transport No 96 sastoji se od primarne i sekundarne barijere te izolacijskog područja. Membrane primarne i sekundarne barijere su od istog materijala, od invara debljine 0,7 mm. Prvo izolacijsko područje je sloj izolacije između prve i druge membrane, a drugo izolacijsko područje od druge membrane do dvostruke oplate. Izolacijska područja sastoje se od drvenih kutija ojačanih uzdužnim i poprečnim pregradama koje su ispunjene perlitom, zrnatim izolacijskim materijalom oksida silicija i aluminija koji ne propušta vodu i vlagu. Također, u izolacijski prostor upuhuje se dušik (N₂) kao inertni plin.

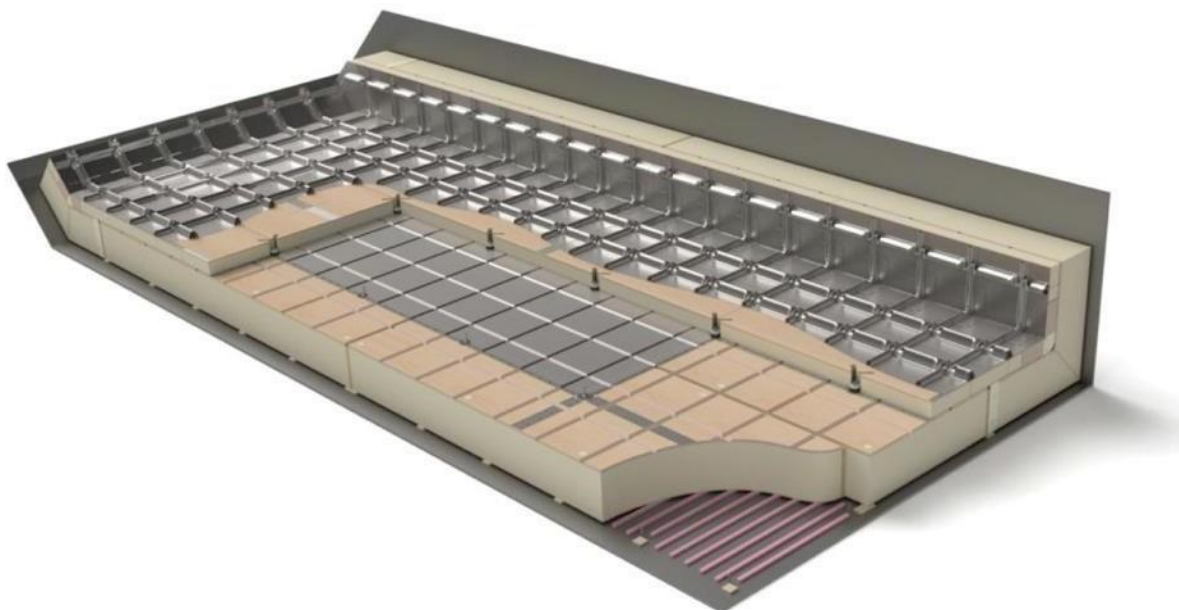
³⁶ Invar je slitina nehrđajućeg čelika s 36% nikla i 0,2% ugljika. Ima vrlo mali koeficijent toplinskog širenja.



Slika 16 LNG brod s membranskim tankovima tipa Technigaz Mark III

Spajanjem ovih dvaju kompanija za izradu membranskih tankova nastala je GazTransport & Technigaz kompanija (GTT) koja je razvila membranski sustav GTT CS1 (*Combined System 1*). CS1 je kombinacija sustava Mark III i No 96. Izolacija i druga pregrada ista je kao i kod Mark III sustava (poliuretanska pjena i triplex), a primarna membrana je od invara kao kod No 96 sustava. Time su se iskoristile prednosti svake izvedbe i, kako tvrdi kompanija, uštedjelo 15% na cijeni. Još uvijek ova izvedba sustava nema veću primjenu u praksi.

Najnoviji GTT sustav nazvan Mark V bazira na sustavu Technigaz Mark III, ali s tom razlikom što je sekundarna trostruka barijera (debljine 0,7 mm) zamijenjena membranom od invara koja je istovjetna primarnoj membrani Gaztransport sustava No 96. Sustav nudi kvalitativna poboljšanja koja se ponajprije ogledaju u boljoj izolaciji (deblje poliuretanske pjene za 400 mm) te smanjenim dnevnim isparavanjem (s 0,15 % na 0,085 % na dan).



Slika 17 Presjek tanka GTT Mark V membranskog sustava

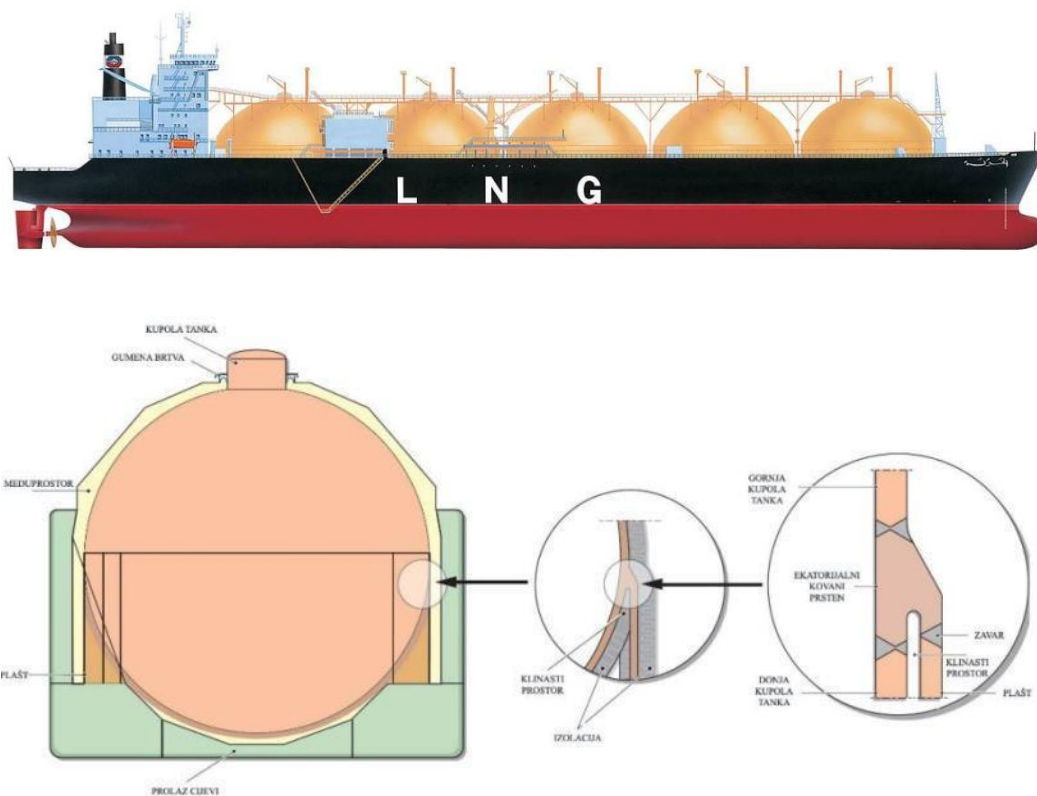
Pored sustava Mark V, razvijen je i novi GTT No 96 Max sustav koji nudi poboljšanja u vidu zamjene originalne izolacije od perlita izolacijom od staklene vune te općenito izvedbom koja ima bolja izolacijska svojstva i manju masu od sustava No 96.

Sustav sa samonosivim sfernim tankovima tipa B. Ovaj sustav se sastoji od samonosivog sfernog tanka učvršćenog na ekvatoru sfere pomoću ekvatorijalnog prstena i cilindričnog vertikalnog plašta koji je svojim donjim dijelom zavaren za konstrukciju trupa broda. Tankovi mogu biti izrađeni od aluminija ili od 9% Ni čelika. Oslonjeni su po ekvatorijalnom prstenu na cilindrični plašt koji prenosi opterećenje na dvostruku oplatu. Toplinska dilatacija tanka zbog niskih temperatura preuzima se deformacijom gornjeg dijela plašta. U cilju smanjivanja toplinskih gubitaka kroz cilindrični plašt tanka, novije izvedbe imaju toplinski most od nehrđajućeg čelika.

Izolacija se sastoji od nekoliko različitih slojeva izolatora, pojačanja, dilatacijskih spojeva i zaštitnog sloja, samonosiva je i pričvršćena na tank vijcima. Izolacijski materijali su najčešće ploče raznih ekspanzijskih pjena (poliuretanska pjena, polistirenska pjena, pjena fenolne smole i sl.), koje su pojačane s ugrađenom stakloplastikom ili žičanom mrežom, a aluminijske folije ili kombinirani premazi od poliuretana i butilne gume čine zaštitnu oplatu izolacije. Sastavni dio izolacije čine i dilatacijski spojevi koji moraju omogućiti skupljanje ploča u horizontalnom i vertikalnom smjeru. S obzirom da izolacija nije izravno povezana s površinom tanka to omogućava otkrivanje eventualnih propuštanja plina u međuprostoru kao i njegovo nesmetano dotjecanje do donjeg dijela sustava.

S obzirom na izvedbu tanka, za ovaj tip sustava nije potrebna druga pregrada na gornjem dijelu tanka. Sekundarna pregrada je ograničena na donji dio tanka ispod kojeg se nalazi toplinski izolirana posuda u koju dotječu eventualna propuštanja. Najpoznatija izvedba ove vrste sustava je Kvaerner Moss sustav.

Sustav IHI SPB (*Self-supporting prismatic IMO type B*) sastoji se od samonosivih prizmatičnih tankova tipa B koji su izrađeni od aluminija. Imaju uzdužne i poprečne pregrade unutar tanka što im omogućava ukrcaj na bilo koju visinu. S vanjske strane slobodno su oslonjeni na dvostruku oplatu i dvodno broda preko nosača, omogućavajući tako nesmetanu toplinsku dilataciju. Izolacija se sastoji od ploča poliuretanske pjene koje su izravno spojene na vanjsku površinu tanka. S donje strane tanka nalazi se posuda za sušenje.



Slika 18 LNG brod sa sfernim samonosivim tankovima tipa Kvaerner Moss

Esso sustav sa samonosivim prizmatičnim tankovima tipa A, koristio se je samo na dva broda izgrađena u Italiji 1969. i 1970. godine koji su bili u plovidbi do 2012 godine. Sustav se sastoji od aluminijskih tankova koji moraju imati kompletnu sekundarnu barijeru što poskupljuje izvedbu. To je i dovelo do napuštanja izrade ove vrste sustava.

LNG brodovi uobičajeno imaju 5 tankova dok su uobičajeni kapaciteti pojedinačnih tankova veći od 25.000 m³. Kod najvećih Q-Max brodova kapaciteti najvećih tankova iznose približno 59.000 m³.

Pojedine izvedbe sustava tankova imaju određene prednosti, ali i nedostatke u odnosu na druge izvedbe. Izbor vrste sustava ovisi o željama i potrebama brodo vlasnika odnosno o potrebama tržišta.

Prednosti membranskih sustava tankova jesu:

- manje dimenzije za jednaki kapacitet,
- manja istisnina broda,
- manja potrebna pogonska snaga pa time i manja potrošnja goriva,
- manje nadvođe, bolja vidljivost s mosta (osim kod Q-Flex i Q-Max brodova gdje postrojenje za ukapljivanje bitno narušava vidljivost na desnoj strani broda),
- sekundarna barijera oko cijelog tanka (prednost i nedostatak),
- veći kapacitet u odnosu na sferni tank,
- oblik tanka omogućava gradnju brodova velikih kapaciteta,
- jeftinija gradnja u odnosu na Kvaerner Moss sustav.

Nedostaci membranskih sustava su:

- mogu se puniti samo do 98,5% volumena,
- slobodne površine (moguća pojava zapljuskivanja tereta o stjenke tankova – *Sloshing*),

- tanka primarna barijera, veće isparavanje tereta,
- veći rizik oštećenja i probijanja tankova pri sudaru ili nasukavanju.

Prednosti Kvaerner Moss sustava su:

- manja količina izolacijskog materijala,
- veća sigurnost kod oštećenja tankova pri sudaru ili nasukavanju,
- brža gradnja tj. smanjeno vrijeme isporuke broda,
- poboljšana kontrola kvalitete prilikom gradnje,
- jednostavniji pregled izolacije i prostora između tanka i oplata broda,
- mogućnost punjenja tankova do bilo koje razine, a najviše do 99,4% kapaciteta,
- bolje ukrcajne i iskrcajne mogućnosti,
- veći tlakovi plina (bolja mogućnost skupljanja isparenog plina),
- mogućnost upotrebe parcijalne sekundarne barijere.

Nedostaci Kvaerner Moss sustava su:

- veće nadvođe, slabija vidljivost s mosta u odnosu na druge brodove,
- veća ukupna težina tankova (skupa s cilindričnim plaštem),
- slabije manevarske sposobnosti,
- relativno visoko težište broda (mala metacentarska visina),
- slaba iskoristivost trupa broda,
- velika masa ekvatorijalnog prstena zahtijeva veću pažnju kod promjene temperature tanka.

Najveći nedostatak nezavisnih prizmatičnih sustava IHI SPB je puno skuplja izvedba u odnosu na ostale varijante.

Trenutno je u svijetu približno 75% brodova opremljeno sustavom membranskih tankova što prevladava i kod novogradnji. Brodovi sa samonosivim tankovima uobičajeno se preuređuju u FSRU jedinice, odnosno u plutajuće terminale za skladištenje i uplinjavanje prirodnog plina. Dodatno, najveći brodovi (Q-Flex i Q-Max) građeni su sa sustavom membranskih tankova.

Svi navedeni sustavi izgradnje spremnika zadovoljavaju stroge sigurnosne standarde prijevoza LNG-a morem te do sada nije bilo nezgoda LNG brodova s ozbiljnim posljedicama. Na LNG FSRU terminalu Krk predviđaju se prihvaćati LNG brodovi svih navedenih sustava tankova.



Slika 19 LNG brod sa membranskim (lijevo) i samonosivim tankovima (desno)



Slika 20 Q-Max LNG brod pri manevriranju

Poriv. Vrsta propulzije koju koriste LNG brodovi uvelike je uvjetovana teretom koji brodovi prevoze. Obzirom da za vrijeme plovidbe s teretom dolazi do isparavanja plina koji se mora na neki način uskladištiti, odnosno potrošiti, od samog početka pojave, LNG brodovi su koristili parnu turbinu kao glavni pogonski stroj. Ovaj sustav je pouzdan i omogućuje jednostavno i sigurno izgaranje plina (0,1 – 0,3% na dan) i tekućeg goriva u generatorima pare. Na konvencionalnim LNG brodovima s parnim turbinama, višak isparenog dijela tereta rješava se izgaranjem plina u brodskim generatorima pare za proizvodnju pregrijane pare odnosno pogon broda te pomoćnih uređaja. Na brodovima s dizelskim motorima ugrađuje se tzv. GCU (*Gas Combustion Unit*) kako bi se spalio ispareni dio tereta.

Kako se tehnološka rješenja ukapljivanja plina i izgaranja plinovitog goriva u dizelskim motorima konstantno unapređuju, tako su se razvila i alternativna rješenja pogonskih postrojenja ovih brodova. Danas se kao pogonska postrojenja na LNG brodove pored parnog postrojenja još ugrađuju:

- sporo-okretni dizelsko-motorni pogon broda s postrojenjem za ukapljivanje (*DRL – Diesel Engine with ReLiquefaction plant ili SSD - Slow Speed Diesel*),
- dizel-električno postrojenje s motorima koji rade na plinovito i tekuće gorivo i elektromotornim pogonom broda (*DFDE- Dual Fuel Diesel Electric plant*),
- dizel-električno postrojenje s motorima koji rade na teško, dizelsko i plinovito gorivo i elektromotornim pogonom broda (*TFDE – Tri-fuel Diesel Electric plant*),
- sporo-okretno dizel-motorno postrojenje s visokotlačnim ubrizgavanjem plina (*ME-GI – M-Type electronically Controlled Gas Injection*).

Vrsta LNG broda	Istisnina (t)	Kapacitet (m ³)	Visina (m)	Nadvođe (m)	Snaga strojeva (kW)	Pramčani porivnik (kW)	Približne nadvodne/podvodne lateralne površine (m ²)
Q Max (SSD)	179.000	265.940	34.7	15.0	2 x 21.770	N/A	7.700-4.000
Q Flex (SSD)	149.000	217.000	34.7	15.0	2 x 18.881	N/A	7.000-3.600
Konvencionalni GTT Mark 3	105.846	145.000	38.0	14.0	29.455	2.500	6.100-3.000
Konvencionalni – Moss	104.998	147.598	47,0	15,0	26.900	N/A	9.000-3.200
Konvencionalni brodovi	105.000	138.000-180.000	34 – 50	14-15	-	N/A	6.000-9.000 3.000-4.000

Tablica 20 Osnovne značajke različitih LNG brodova

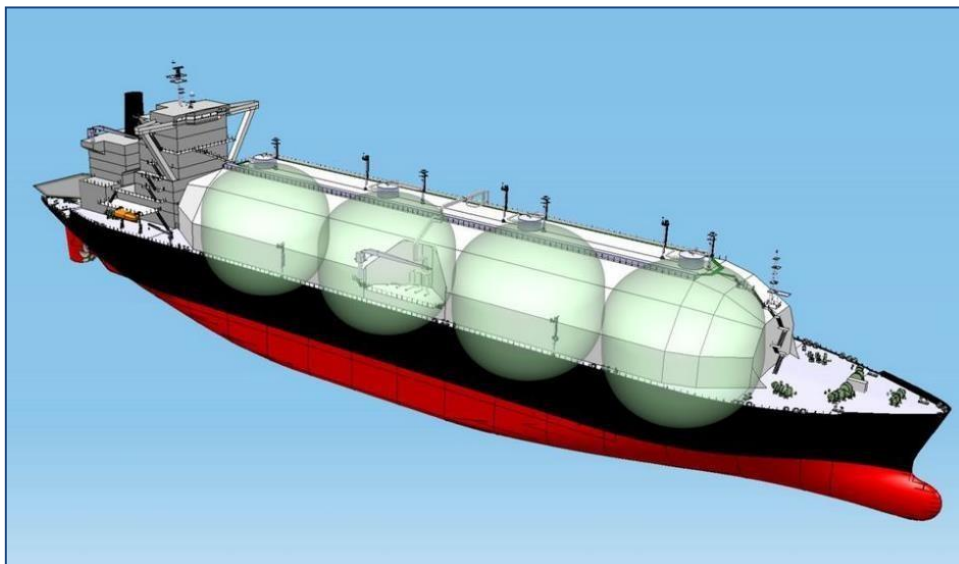
Udio parno-turbinskih postrojenja u odnosu na ostala alternativna postrojenja se uvelike smanjuje . Iako se u zadnjim godinama godišnje isporučuje najviše LNG brodova u povijesti, tradicionalno parno-turbinsko postrojenje polako gubi utrku s novim pogonskim rješenjima. Od 2008. godine nastupa vrijeme povećane narudžbe brodova s DRL postrojenjem, a zatim i brodova s DFDE postrojenjem. Iako je kao prvo alternativno rješenje isporučen brod s DFDE postrojenjem, u sljedećim godinama ipak se više vjerovalo provjerenom sustavu s glavnim dizelskim motorom i postrojenjem za ukapljivanje prirodnog plina jer se do tada električni pogon većih brodova koristio samo na putničkim brodovima. Kako vrijeme prolazi povećava se i narudžba brodova s DFDE postrojenjem, a najveći prirast u svjetskoj floti ovih brodova bio je u 2010. godini. U 2011. godini broj novih brodova s DRL i DFDE postrojenjima se izjednačio, a krajem godine i prešao u korist DFDE postrojenja. Općenito, na LNG FSRU terminalu u Omišlju očekuje se ponajprije prihvata LNG brodova koji nemaju parno-turbinsko postrojenje.

Kod DFDE motora pogonsku snagu i opskrbu broda električnom energijom osigurava dvostruki dizelski motor (dva elektromotora pogone brod, a za proizvodnju električne energije koristi se 4 do 5 pomoćnih motora). Takav rad motora omogućava fleksibilnost i smanjenje radnih sati, a osim toga poriv je pouzdan. Motor također postiže 30% više termalne efikasnosti u usporedbi s parnim turbinama. Osim što je potrošnja goriva manja u usporedbi s parnim turbinama, ekonomičnost se očituje i u smanjenju mase broda, zbog manjih spremnika za gorivo. Na taj način povećan je kapacitet broda za čak 4.000 m³ od prijašnjeg. Uz to su i emisije štetnog ugljičnog dioksida manje nego kod turbinskih brodova. Otpuštanja nitrata također su 1/10 manja od ekvivalentnih dizelskih motora, a što također smanjuje troškove održavanja.

Trenutno najveći broj brodova u svijetu koristi parno-turbinsko postrojenje koje je zastupljeno približno sa 58% u ukupnoj svjetskoj floti, nakon čega dolazi TFDE i SSD pogon. Potrebno je naglasiti da DRL pogon trenutno u svijetu koriste isključivo Q-Max i Q-Flex brodovi. Osnovna karakteristika ovih brodova je da imaju pogon za ukapljivanje tereta (*Reliquifaction plant*), dva dizelska pogonska motora, dva vijka te dva kormila. Cijena izgradnje tih brodova iznosi približno 250 milijuna USD (Q-Max). Općenito, radi se o brodovima s tankovima membranskoga tipa (GTT No. 96 ili Mark III).

Najnoviji trend ukazuje na povećan broj LNG brodova koji koriste ME-GI i TFDE postrojenja. Naime, prema knjizi narudžbi čak 40% brodova planira se graditi s TFDE pogonskim postrojenjem te 30% brodova s ME-GI pogonskim postrojenjem.

Uobičajeno parno-turbinsko pogonsko postrojenje se izrazito rijetko planira kod novogradnji osim kod japanskih brodara. Na tržištu trenutno postoji 7 LNG tankera klase MHI Moss (*Sayaendo* klasa) kapaciteta 155.000 m³. Brodovi su razvijeni 2011. godine, a predstavljaju unaprijedenu verziju Kvaerner Moss tankova japanskog naziva *Sayaendo* (forma zrna graška). te Sayaringo STaGE (forma jabuke) kao slijedeća generacija LNG tankera.



Slika 21 MHI Moss *Suyaendo* klasa LNG broda

Dodatno, najnovija verzija MHI Moss tankera *Sayarigo* koriste dva porivna vijka. Brodovi imaju kapacitet od 180.000 m³, a biti će izgrađeni početkom 2018.

Sa stajališta maritimnih obilježja LNG brodovi bitno su različiti od svih drugih vrsta brodova. S obzirom da je pogonski stroj konvencionalnih LNG brodova u pravilu parna turbina³⁷ tijekom manevriranja nužno je voditi računa o sljedećem:

- pri vožnji krmom na raspolaganju je do 70% snage u odnosu na snagu pri vožnji naprijed;
- vrijeme pokretanja odnosno zaustavljanja glavnog stroja je nešto duže;
- vrijeme postizanja većih osovinskih snaga potrebnih u nuždi je također duže.

Osnovna razlika između LNG brodova i tankera za prijevoz ulja približno iste dužine je u istisnini i to zbog znatne razlike u specifičnoj gustoći tereta koji prevoze te zbog iznimnog obujma primarne odnosno sekundarne zaštite tankova LNG brodova. Zbog navedenih razloga istisnina nakrcanog LNG broda je približno 2,5 - 3 puta manja od istisnine tankera približno iste dužine. Različita obilježja tankova za teret imaju za posljedicu različite omjere nadvodne i podvodne bočne površine. Dok je kod tankera taj omjer znatno manji od 1 (približno 0,3) kod LNG brodova taj je omjer znatno iznad 1 (približno 3). S maritimnog stajališta, a kao posljedica navedenih konstruktivnih svojstava, posebnu pažnju valja posvetiti sljedećem:

- velika nadvodna površina LNG broda ima izrazito negativan utjecaj na manevriranje pri jakim bočnim vjetrovima;
- manji zagažaj broda stvara razmjerno mali otpor lateralnom kretanju broda pri bočnom vjetru te tako dodatno utječe na manevarska obilježja broda;
- zbog visoka nadvođa, velike visine teretnog prostora (bez obzira na primijenjenu tehnologiju gradnje tankova) te zbog velike duljine broda, opseg vidljivosti sa zapovjedničkog mosta je razmjerno ograničen;
- pri korištenju pogona s parnom turbinom brzina pokretanja poriva tijekom manevriranja je znatno sporija u odnosu na brodove s dizelskim motorom;
- veličina odnosno širina broda usprkos razmjerno manjoj istisnini ne dozvoljava manevriranje brodom bez uporabe dovoljnog broja tegljača.

³⁷ Može se pretpostaviti da će u trenutku puštanja u rad LNG terminala Krk približno 50% svjetske flote LNG brodova bit pogonjeno parnom turbinom.

Znakovito je da prema dosadašnjim iskustvima LNG brodovi pokazuju relativno dobra manevarska obilježja pri malim brzinama kretanja.

Zbog navedenih razloga postupak priveza odnosno odveza LNG broda kao i postupci s brodom u slučaju nezgode ili opasnosti bitno se razlikuju od postupaka koji se primjenjuju pri radu s drugim vrstama brodova koji uplovljavaju na terminale u riječkom lučkom bazenu.

4.2 SIGURNOSNI STANDARDI NA LNG BRODOVIMA

Stupanj sigurnosti prijevoza LNG-a ovisi o kvaliteti brodskog trupa, sustavu za skladištenje, opremi i stručnosti osoblja.

Pri prijevozu LNG-a brodovima nužno je:

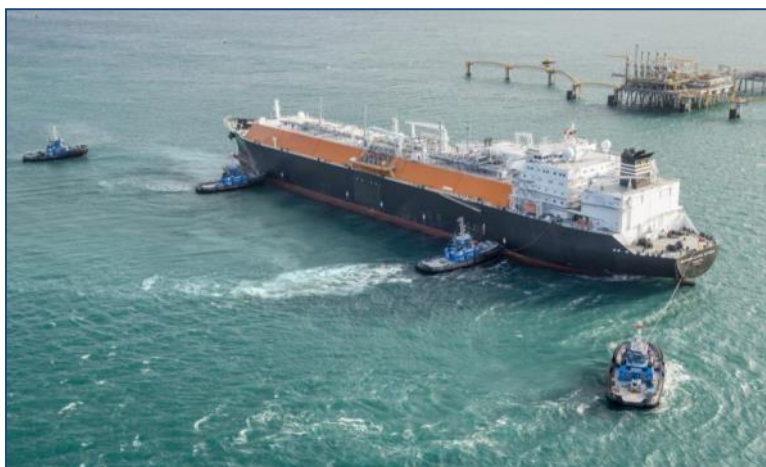
- spriječiti dodir LNG-a s materijalima koji na temperaturi prijevoza LNG-a postaju lomljivi,
- ne dopustiti stvaranje eksplozivne ili zapaljive smjese ulaskom plina u prostore sa zrakom ili ulaskom zraka u prostore s plinom u područjima sa izvorom zapaljenja.

Prvi zahtjev nameće konstrukciju spremnika korištenjem materijala otpornih na vrlo niske temperature, te primjenu druge pregrade-membrane. Druga pregrada je unutarnja pregrada sposobna zadržati teret bez opasnosti za trup broda u slučaju djelomičnog ili potpunog propuštanja tereta nekog spremnika.

Drugi zahtjev nameće korištenje nepropusnih cjevovoda s dvostrukom stjenkom, inertnog plina i nadzora atmosfere u prostorima blizu tereta kao i određivanje opasnih područja u kojima se mora ugraditi namjenska električna oprema (*Intrinsically Safe Equipment*).

U cilju smanjivanja vjerojatnosti značajnih posljedica uslijed nezgode broda LNG brodovi su građeni sa dvostrukom oplatom koja služi za smještaj balastnih tankova te ograničava posljedice oštećenja u slučaju sudara, udara ili nasukanja. Isto tako, ojačana rešetkasta struktura smanjuje savitljivost brodske konstrukcije te posljedično moguća oštećenja membrana kod membranskih tipova spremnika ili torzijskih naprezanja konstrukcije u slučaju samonosivih spremnika.

U uvjetima redovnog korištenja toplinski tok koji prolazi kroz izolaciju može proizvesti pad temperature dvostruke otplate od 5° do 10° C u odnosu na temperaturu okoline. Za LNG brodove usvojena je referentna temperatura od -18° C za okolni zrak, što znači da dvostruka otplata mora podnijeti temperaturu od -28° C. To nameće uporabu legiranog čelika, a u određenim hladnijim morima i grijanje zidova pregrade. Zbog opasnosti koju predstavlja dodir tekućeg ukapljenog plina s dvostrukom otplatom, oko spremnika mora biti postavljena tzv. druga pregrada koja mora biti takva da može zadržati teret u slučaju oštećenja prve pregrade.



Slika 22 Uobičajeno korištenje tegljača za privez LNG broda

Jedan od sigurnosnih problema koji se može javiti kod LNG brodova tijekom plovidbe je pomicanje tereta (ukapljenog plina) koje može postati sinkronizirano i prouzročiti udare na zidove tanka. Takvo sinkrono ljuhanje tereta (*Sloshing*) opasno je jer može prouzročiti oštećenje tankova i crpki u sustavima s membranom. Taj se problem uobičajeno rješava konstruktivnom izvedbom i to smanjenjem slobodne površine tekućine u gornjem i donjem dijelu spremnika, što je i ostvareno zarubljenim oblikom na vrhu i dnu spremnika s membranom, povećanjem broja spremnika, te ojačanom izvedbom donjeg dijela jednog ili dvaju tankova u kojima ostaje dostatna količina tekućeg plina za povratno putovanje, sprečavajući tako pomicanje tereta zbog niske razine u ostalim spremnicima.

Rizik od pomicanja tereta te posljedičnog udara u stjenke membranskih spremnika smanjuje se ograničavanjem razine kapljevine u spremnicima zbog čega se tankovi moraju puniti do maksimalne visine, dok se na povratnom balastnom putovanju u tankovima ostavlja samo količina ukapljenog plina potrebna za njihovo održavanje hladnima. U pravilu su tzv. *Sloshing limits* od 10% do 80% ispunjenosti tankova, tako da brod ne smije ploviti ako je ispunjenost tankova teretom od 10% do 80% kapaciteta tanka. Kod izvedbe sa samonosivim prizmatičnim tankovima taj se problem rješava pregradama unutar tankova. Kod sustava sa samonosivim sferičnim tankovima navedeni problem se ne javlja zbog njihova oblika.

Privez LNG brodova u iskrcajnoj luci uobičajeno se odvija korištenjem najmanje 4 tegljača i to korištenjem jednog po pramcu i krmu te 2 s bočne strane broda. Prvi se privezuje tegljač na krmu koji mora služiti kao tegljač za usporavanje broda, a nakon njega i ostali tegljači. Uobičajeno se privezuju čeličnom užadi i to po pramcu. Tegljači moraju biti opremljeni protupožarnim sustavom i štitičnikom duž svoje oplata radi sprječavanja iskrenja te mora imati zaštitne mreže i iskrolovke na ispušnim cijevima i dimnjacima.

U cilju sigurnog manevriranja i boravka broda na privezu na terminalima se uobičajeno propisuju granične vrijednosti rada. Osnovna ograničenja jesu granične vrijednosti vjetera, visine valova i najmanje vidljivosti (uobičajeno ne manje od 0,5 M) za manevriranje, zaustavljanje prekrcaja, odvajanje prekrcajne ruke te moguće napuštanje veza.

Brzina vjetera (čvorovi)	Signifikantna visina vala (m)	Postupak
> 25	1,20	zabrana priveza
> 30 (ili značajni pomak broda)	1,50	zaustavljanje prekrcaja i odvajanje prekrcajne ruke
> 35	1,75	razmatranje napuštanja pristana

Tablica 21 Uobičajene granične vrijednosti pri manevriranju i boravku LNG broda na pristanu

Dodatno, jedno od ograničenja je ukupna najmanja dubina ispod kobilice (*Under Keel Clearance*) koja uobičajeno ne smije biti manja od 20% gaza broda (manevriranje), odnosno nešto manja za boravak broda na pristanu.

Jedna od najvažnijih radnji pri privezu broda je dovođenje broda na predviđeno mjesto. Ciljani položaj je onaj pri kojem su ruke i cjevovodi za povrat para tereta terminala i broda poravnati. Također, uobičajeno se spaja kabel za uzemljenje ili se uzemljenje vrši preko prekrcajnih ruku ili specijalnih prekrcajnih fleksibilnih cijevi za niske temperature. Dodatno, LNG brod i FSRU terminal moraju biti spojeni kabelom koji omogućuje prekid prekrcaja u nuždi (*Emergency Shut Down*) te komunikaciju telefonom s terminalom.

4.3 SUSTAVI TERETA

Na glavnoj palubi LNG broda na cijeloj dužini nalaze se cjevovodi za prekrcaj ukapljenog plina te pomoćni cjevovodi. U pomoćne spadaju: cjevovod hlađenja spremnika, cjevovodi dušika, drenažni cjevovod i cjevovodi zraka. Ukrcaj i iskrcaj tereta obavlja se cjevovodima smještenim na sredini broda, s lijeve i

desne strane. Cjevovodi su opremljeni sigurnosnim brzo zatvarajućim ventilima koji pri potpuno otvorenom stanju pružaju vrlo malen otpor strujanju. Cjevovodi najvećeg promjera (700 mm), jesu oni koji povezuju kolektor tekućeg plina s mjestom prekrcaja plina na boku broda. Radni tlak u cjevovodima iznosi najviše 7 bara. Cjevovodi su hidraulički ispitani na 20 bara, a poslije ugradnje provodi se provjera s hladno tekućim dušikom na 10 bara. Maksimalna brzina strujanja plina u cjevovodima iznosi 30 m/s, a svi su toplinski izolirani. Nosači su napravljeni tako da se cjevovod može slobodno uzdužno pomicati, a svi cjevovodi imaju potrebne kompenzatore dilatacije.

U slučaju naglog isparavanja plina, u spremnicima može osjetno porasti tlak pri čemu je potrebno ispustiti višak plina u zrak radi smanjenja tlaka i sprječavanja štete na stjenkama spremnika. Općenito, višak plina se ispušta u zrak isključivo u izvanrednim slučajevima. Količina plina ispuštenog u zrak mora održati dopušteni tlak u spremniku, a istovremeno biti što manja, zbog gubitka plina i sigurnosti. Zbog toga sigurnosni ventili moraju:

- biti potpuno nepropusni do tlaka otvaranja,
- sigurno se otvarati bez obzira na temperaturu od -162°C do $+40^{\circ}\text{C}$
- potpuno se otvarati radi maksimalnog ispusta i zaustavljanje rasta tlaka u spremniku,
- zatvarati se na tlaku koji je malo manji od tlaka otvaranja,
- sigurno raditi u slučaju nastanka leda (mjesto gdje hladni plin i zrak dolaze u dodir),
- otvarati se u slučaju podtlaka u spremnicima čime se ograničava moguća razlika tlaka izolacijskih područja i spremnika.

Ventili koji zadovoljavaju ove uvjete imaju membranu, a funkcioniraju uz pomoć pilot ventila kojim se reguliraju željeni tlakovi. Na svakom tanku uobičajeno se nalaze po dva sigurnosna ventila koji osiguravaju održavanje tlaka spremnika membranskog tipa od 0,225 bara i podtlaka od 0,010 bara. Ventili su izrađeni od nehrđajućeg čelika, a membrana od sintetičke gume.

U slučaju porasta tlaka u spremniku, pilot ventil ispušta plin koji se nalazi u komori iznad membrane. Membrana ventila se podiže i ispušta plin iz spremnika. U slučaju podtlaka u spremniku, pilot ventil u njega ispušta plin iz komore poviše membrane i tako omogućava otvaranje ventila i ulazak zraka.

Teret se na LNG brodovima iskrcava centrifugalnim crpkama. Svaki tank je opremljen sa dvije crpke. Uobičajeno su postavljene vertikalno, učvršćene za dno tanka te električno pogonjene. U sis tekućeg plina je na donjoj strani crpke, a njezin električni kabel s mineralnim izolatorom prolazi kroz bakrene cijevi koje su spojene s razvodnom kutijom crpke. Uobičajeni kapaciteti crpki tereta iznose od 1.200 – 1.700 m³/h. U slučaju oštećenja obiju crpki u jednom tanku, na brodu postoji prenosiva crpka koja se spušta na dno tanka kroz posebno predviđen vertikalni cjevovod.

Važan dio sustava tereta predstavljaju kompresori. Na brodu postoje plinski kompresori (najčešće na desnoj strani broda) čiji je zadatak:

- povrat plina prema terminalu (u slučaju da terminal nema kompresor) i grijanje tankova (1 ili 2 kompresora),
- opskrba kotlova plinom kod brodova sa parno-turbinskom propulzijom (dva kompresora manje dobave).

Q-Flex i Q-Max brodovi također koriste dva kompresora manje dobave za opskrbu postrojenja za ukapljivanje plinom, a DFDE, TFDE i ME-GI sa dizelskim motorima koriste dva kompresora manje dobave za opskrbu motora plinom.

Kod modernih LNG brodova kompresori su centrifugalni i pogonjeni elektromotorima s ciljem bolje protupožarne i protu-eksplozivne zaštite. Elektromotori su smješteni u zasebnoj prostoriji, a njihove osovine pokreću kompresore koji su smješteni u odvojenoj prostoriji. Kako bi se u svakom slučaju izbjegla

mogućnost doticaja izvora paljenja sa zapaljivom smjesom, osovinski vod elektromotora kompresora je izoliran posebnom brtvom pod nadtlakom dušika.

Općenito, svi sustavi koji omogućuju prekrcaj tereta moraju izdržati niske temperature na kojima se LNG ukapljuje, prevozi i prekrcava.

Zaključno:

- (14) Na LNG FSRU terminalu mogu se očekivati LNG brodovi kapaciteta većih od 10.000 m³, odnosno LNG Feeder brodovi.
- (15) Procjenjuje se da će najučestaliji brodovi biti oni kapaciteta od 140.000 do 180.000 m³. Vjerojatnost prihvata najvećih LNG brodova (260.000 m³) je razmjerno manja.
- (16) Na LNG FSRU terminalu valja očekivati prihvata LNG brodova opremljenih svim postojećim tehnologijama brodskih tankova ukapljenog plina.
- (17) Na LNG FSRU terminalu valja očekivati LNG brodove opremljene svim danas poznatim sustavima poriva. Slijedom navedenog manevarska svojstva očekivanih LNG brodova mogu biti značajno različita.
- (18) Svojstva LNG brodova koja presudno određuju njihova manevarska svojstva jesu: velika nadvodna lateralna površina izložena vjetru, manji zagažaj broda odnosno manji otpor lateralnom kretanju broda, smanjeni opseg vidljivosti sa zapovjedničkog mosta, te stanovita sporost pokretanja stroja pri pojedinim izvedbama porivnog sustava.
- (19) Sigurnost rada na LNG brodovima iziskuje strogo pridržavanje svih propisanih mjera sigurnosti.

5 TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA LNG TERMINALA

Na LNG terminalu nalaze se postrojenja koja omogućuju ukapljivanje ili uplinjavanje prirodnog plina. Na ukrcajnom terminalu prirodni plin se ukapljuje na temperaturu od oko -160°C gdje mu se smanjuje volumen za otprilike 600 puta. Tako ohlađen LNG prevozi se brodovima do iskrcajnog terminala (obalni terminal ili FSRU terminal) gdje se vrši uplinjavanje i isporuka prirodnog plina.

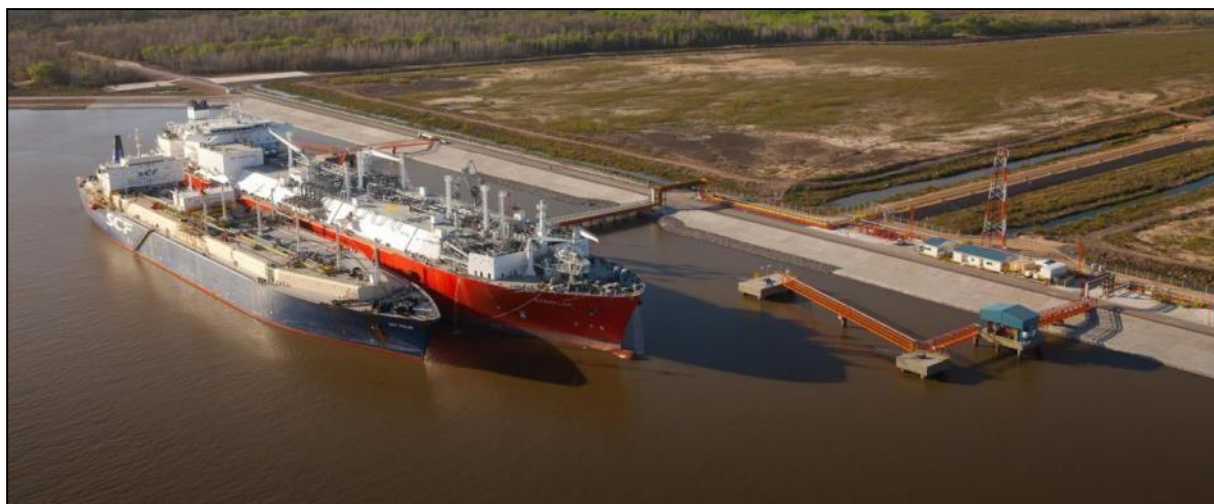
5.1 TEHNOLOŠKI PROCESI NA LNG FSRU TERMINALU

FSRU terminal za prirodni ukapljeni plin služi za prihvat LNG brodova, skladištenje te uplinjavanje i isporuku prirodnog plina u plinsku distribucijsku mrežu.

FSRU terminal se sastoji od kopnenog dijela i FSRU broda koji je uobičajeno prerađeni postojeći LNG tanker ili novoizgrađeni LNG tanker namijenjen korištenju kao FSRU. FSRU brod se privezuje na izgrađeni obalni pristan te služi kao „mjesto“ za privez LNG brodova koji ga opskrbljuju ukapljenim prirodnim plinom. Zbog svojih obilježja, osim kao mjesto iskrcaja plina može se koristiti i kao ukrcajni terminal i to kao stanica za opskrbu manjih plovnih jedinica kao što su tegljači, manji ro-ro putnički brodovi, teglenice te općenito prijevozna sredstava koja koriste LNG kao pogonsko gorivo.

FSRU brod podliježe zahtjevima priznatih organizacija (klasifikacijskih ustanova) odnosno države čiju zastavu vije, kako to zahtijevaju odnosne međunarodne konvencije za brodove koji prevoze ukapljeni prirodni plin LNG na temperaturama od -163°C . FSRU brod mora posjedovati svjedodžbe koje se obnavljaju redovitim godišnjim, međugodišnjim te petogodišnjim pregledima. Valja napomenuti mogućnost produženog razdoblja dokovanja (*Extended dry dock period*) gdje se vrijeme između dokovanja FSRU broda može produžiti na 7,5 odnosno na 10 godina, a s posebnim preinakama i na 20 godina.

Kako FSRU i obalni pristan čine tehnološku cjelinu, opskrbu obalnog dijela terminala električnom energijom uobičajeno osigurava FSRU brod, no to ovisi o tehničkim uvjetima za svaki pojedini projekt.



Slika 23 FSRU terminal/brod

Pogon FSRU broda načelno slijedi ista načela kao i pogon drugih LNG brodova. Sa stajališta energetske učinkovitosti, veći stupanj iskoristivosti imaju oni koji koriste generatore za proizvodnju električne energije naspram onih kojima su parne turbine i kotlovi odnosno starija tehnološka rješenja.

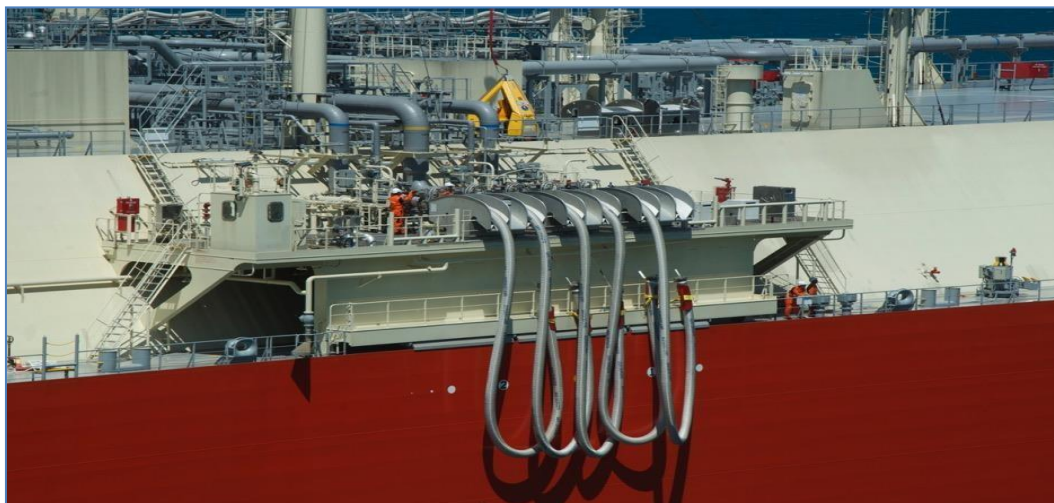
Oprema za prekrcaj. Tehnologija prekrcaja ukapljenog prirodnog plina sa LNG brodova na FSRU brod sastoji se od većeg broja povezanih tehnoloških cjelina. FSRU brod opskrbljuje se ukapljenim prirodnim plinom s drugih LNG brodova na način da se prekrcaj obavlja korištenjem:

- fleksibilnih cijevi za niske temperature (*Flexible cryogenic cargo transfer hoses*), te
- prekrcajnih ruka (*Fixed type loading arms*).

Navedena oprema predstavlja sastavni dio opreme FSRU terminala.

Uobičajene karakteristike fleksibilnih cijevi za prekrcaj ukapljenog prirodnog plina jesu:

- promjer: 10"
- dužina: 18.50 m
- radna temperatura: -196°C do +50°C
- radni tlak: 10 bara
- električna otpornost: 4.2 Ω
- masa: 23.9 kg/m.



Slika 24 Fleksibilne prekrcajne cijevi na FSRU brodu

Korištenje fleksibilnih cijevi za prekrcaj je najčešće zbog jednostavnije izvedbe u usporedbi sa prekrcajnim rukama te zbog jednostavnijeg održavanja.

Nadalje, fleksibilne cijevi su jedina moguća opcija za prekrcaj tekućeg ukapljenog plina s broda na brod na otvorenom moru u slučajevima opasnosti (prekrcaj tereta zbog nasukanja, propuštanja teretnog prostora ili neposredne opasnosti za puknuće trupa broda zbog niskih temperatura).

Također, fleksibilne cijevi, zbog manje toplinske provodljivosti, ostvaruju prekrcaj LNG-a uz veću prekrcajnu ratu te smanjeno isparavanje plina. Istodobno, fleksibilne prekrcajne cijevi su jednostavnije za rukovanje u odnosu na prekrcajne ruke čime se izbjegava mogućnost oštećenja priključnog cjevovoda na LNG brodu. Pomoću posebne opreme za rukovanje prebacuju se na LNG brod uz prethodno postavljena sjedišta ili tkz. sedla (*Saddles*). Za vrijeme prekrcaja, zbog niskih temperatura plina, na fleksibilnim cijevima se redovito stvara sloj leda.



Slika 25 Rukovanje fleksibilnim cijevima i njihovo postavljanje u sedlo

Kod korištenja fleksibilnih cijevi za prekrcaj LNG-a najčešće se koristi 3 do 4 glavna priključka te jedan za povrat para u slijedećoj konfiguraciji:

- L1 - glavni tekući priključak (*Liquid manifold*),
- L2 - glavni tekući priključak,
- V - priključak za povrat para tereta,
- L3 - glavni tekući priključak,
- L4 - glavni tekući priključak.

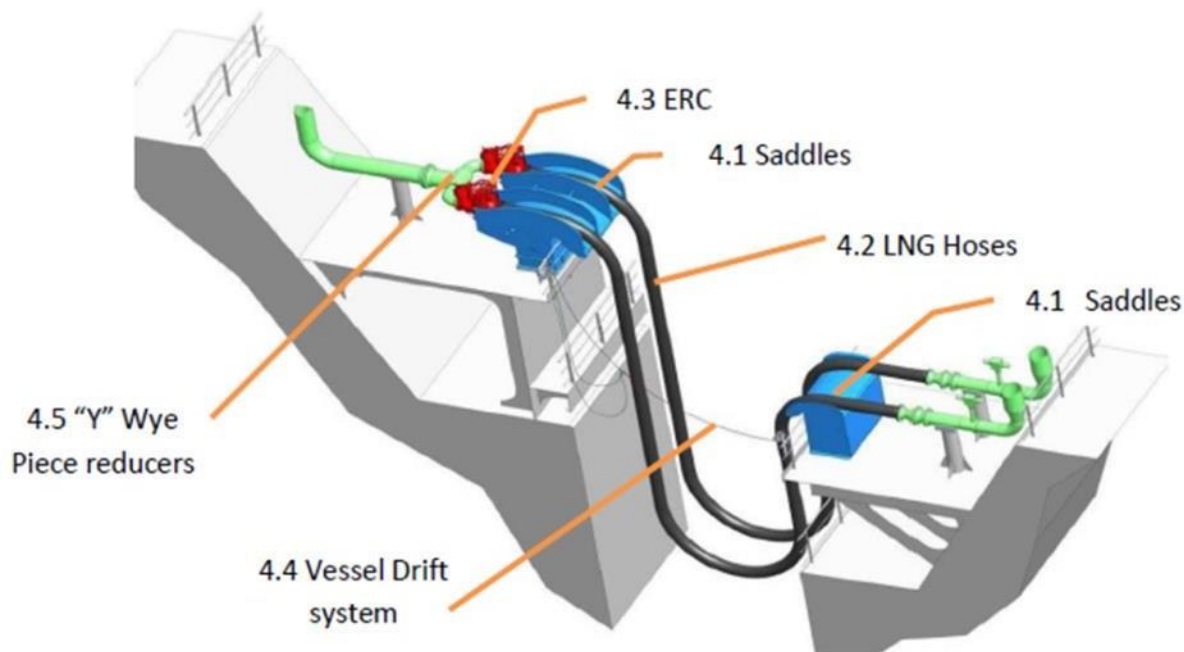
Na svaki se priključak, tekući i za povrat para tereta spajaju po dvije fleksibilne cijevi na prethodno postavljenim redukcijским spojevima (*Y-piece*), zbog čega se ukupno koristi 6 fleksibilnih cijevi za prekrcaj plina, te dvije cijevi za povrat para tereta.

Maksimalna prekrcajna rata korištenjem fleksibilnih cijevi ovisi o broju te izvedbi reducira pa se tako prekrcajne rate kreću u rasponu od 6.000 m³ do 9.000 m³/h, ovisno o radnim tlakovima.



Slika 26 Postavljanje redukcijских spojeva

Sprječavanje pojave statičkog elektriciteta vrši se postavljanjem izolacijskog kompleta (*Insulation kit*) između reducira i prirubnice glavnog priključnog cjevovoda na strani LNG broda.



Slika 27 Izolacijski komplet između LNG i FSRU broda



Slika 28 Prekrcaj korištenjem fleksibilnih cijevi

Očekivano vrijeme spajanja fleksibilnih cjevovoda za prekrcaj LNG-a je 3 sata, dok je vrijeme za odvajanje cijevi nakon završenog prekrcaja, uključujući vrijeme prisilne evaporacije ostatka tekućeg plina u cijevima i inertiranje korištenjem dušika, duže i iznosi približno 6-8 sati. Zbog toga je dulje vrijeme boravka LNG broda kada koristi fleksibilne cijevi u odnosu na vrijeme u slučaju korištenja prekrcajnih ruku.

Rukovanje odnosno spajanja i odvajanje prekrcajnih ruku je brže i jednostavnije te ne iziskuje nikakvu dodatnu opremu kao što je to u slučaju korištenja fleksibilnih prekrcajnih cijevi. Također, značajno su otpornije na vanjske čimbenike te na mehanička oštećenja.



Slika 29 Prekrcaj korištenjem prekrcajnih ruku u nezaštićenom području

Prekrcajne ruke u pravilu su izrađene prema OCIMF *Design and Construction Specification for Marine Loading Arms* (Third Edition -1999). Predviđene su za sva gibanja koja se mogu pojaviti kod prihvata LNG brodova na FSRU brodu u rasponu od 125.000 m³ do Q-flex brodova od 217.000 m³. Najčešće se upotrebljavaju dvije ruke za prekrcaj plina te jedna za povrat para tereta.

Uobičajena obilježja prekrcajnih ruku za prekrcaj ukapljenog prirodnog plina te povratnih para tereta su slijedeće:

– nominalni promjer	16"
– projektni radni tlak	19 bar
– ispitni tlak	28 bar
– radne temperature	-196°C do +93 °C
– prekrcajna tekuća rata	5.000 m ³ /h
– radni tlak	4 bar – 8 bar
– raspon temperature prekrcaja tereta	-163°C do -100°C
– prekrcajna plinska rata	25.000 m ³
– projektni tlak pare	13,4 bar
– temperatura para	-60°C
– raspon temperature prekrcaja para	-196°C do +93°C

Korištenje prekrcajnih ruku je jako otežano u slučaju ukrcanja LNG sa FSRU broda na manje plovne jedinice (*Small Scale LNG tankers*).

Prekrcaj. Nakon priveza LNG broda započinje prekrcaj plina u ukapljenom stanju na FSRU i njegovo uplinjavanje na FSRU za isporuku na kopno. Proces pretvorbe prirodnog ukapljenog plina iz njegovog tekućeg u plinovito agregatno stanje obavlja se pomoću sustava za uplinjavanje i to preko isparivača odnosno izmjenjivača topline. Prirodni plin se dostavlja krajnjim korisnicima putem mreže plinovoda na kopnu koja ima ishodišnu točku na FSRU terminalu.

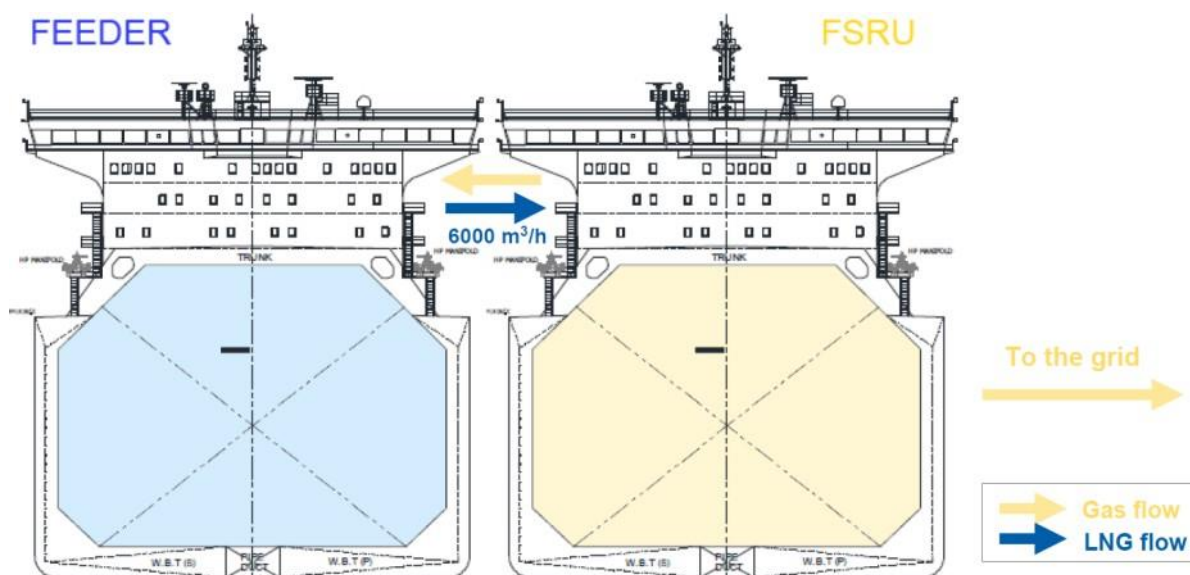
Prekrcajna rata ukapljenog prirodnog plina sa LNG broda na FSRU brod ovisi o nekoliko čimbenika od kojih su najvažniji:

- kapacitet LNG broda,
- kompozicija tereta tj. svojstva ukapljenog prirodnog plina,
- ukupan volumen prirodnog ukapljenog plina namijenjenog za prekrcaj,
- balastni kapaciteti na LNG brodu i upravljanje balastnim vodama,
- upravljanje LNG teretom (stabilitet, „sloshing“, povrat para tereta)
- kapacitet FSRU broda,
- količina rezervnog volumena tankova na FSRU brodu potrebnog za osiguravanje kontinuiranog uplinjavanja te za pothlađivanje tankova tereta na FSRU brodu,
- kapacitet uplinjavanja.

U slučajevima kada je neto količina koja je predviđena za prekrcaj s LNG broda na FSRU brod manja od ukupne raspoloživog volumena na FSRU, prekrcajna rata ukapljenog prirodnog plina je određena najvećom kapacitetom prekrcajne opreme.

U slučajevima kada je neto količina tereta koja je predviđena za prekrcaj sa LNG broda na FSRU veća od ukupno raspoloživog prihvatnog volumena na FSRU, prekrcajna rata biti će određena veličinom rate uplinjavanja na FSRU brodu.

U slučaju prekomjerne dopremljene količine LNG-a, da bi se omogućio prihvat i skladištenje na FSRU brodu, uplinjavanje na FSRU brodu mora biti jednako volumenu prekomjerne količine LNG-a za prekrcaj.



Slika 30 Proces prekrcaja ukapljenog prirodnog plina s LNG broda na FSRU brod

Ukupan kapacitet FSRU broda i sustava za uplinjavanje te sam kapacitet FSRU-a ovisi o kapacitetu kopnene plinske transportne mreže i godišnjoj potrošnji prirodnog plina pojedinih potrošača spojenih izravno putem plinske mreže.

FSRU s kapacitetom uplinjavanja od 750 mmscf/d predstavlja terminal većih kapaciteta i fleksibilnosti. Postoje dva načina uplinjavanja:

- otvoreni proces uplinjavanja (*Open loop*)
- zatvoreni proces uplinjavanja (*Close loop*)
- kombinirani proces uplinjavanja (*Combined loop*)

Izbor načina ovisi o mediju koji se koristi kao međusredstvo te temperaturi morske vode. Tako danas postoje sustavi na bazi glikola i propana kao sredstva za pretvorbu ukapljenog prirodnog plina iz tekućeg

u plinovito stanje. U oba se slučaja plin grije korištenjem morske vode pa tako postoji uplinjavanje uz korištenje sredstva:

- propan – morska voda³⁸ te
- para – glikol,
- direktno morska voda.

Najsuvremeniji sustavi danas koriste i kombinaciju glikola i morske vode.

Raspon vremena i brzine prijenosa LNG-a za FSRU brod kapaciteta 170.000 m ³												
LNG brod kapaciteta 140.000 m ³												
Brzina uplinjavanja mmscf/dan	100	200	300	400	500	600						
Isparavanje UZP-a m ³ /sat	194	388	582	776	970	1164						
Višak tereta na LNG brodu	Vrijeme (h) za uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h	Vrijeme (h) uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h	Vrijeme (h) za uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h	Vrijeme (h) za uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h	Vrijeme (h) za uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h	Vrijeme (h) za uplinjavanje i viška	Brzina prijenosa m ³ /h
1.000	5	5.000	3	5.000	2	5.000	1	5.000	1	5.000	1	5.000
10.000	52	2.716	26	5.000	17	5.000	13	5.000	10	5.000	9	5.000
20.000	103	1.358	52	2.716	34	4.074	26	5.000	21	5.000	17	5.000
30.000	155	905	77	1.811	52	2.716	39	3.621	31	4.527	26	5.000
40.000	206	679	103	1.358	69	2.037	52	2.716	41	3.395	34	4.074
50.000	258	543	129	1.086	86	1.630	64	2.173	52	2.716	43	3.259
60.000	309	453	155	905	103	1.358	77	1.811	62	2.263	52	2.716
70.000	361	388	180	776	120	1.164	90	1.552	72	1.940	60	2.328
80.000	412	340	206	679	137	1.019	103	1.358	82	1.698	69	2.037
90.000	464	302	232	604	155	905	116	1.207	93	1.509	77	1.811
100.000	515	272	258	543	172	815	129	1.086	103	1.358	86	1.630
110.000	567	247	284	494	189	741	142	988	113	1.235	95	1.481
120.000	619	226	309	453	206	679	155	905	124	1.132	103	1.358
130.000	670	209	335	418	223	627	168	836	134	1.045	112	1.254
140.000	722	194	361	388	241	582	180	776	144	970	120	1.164
150.000	773	181	387	362	258	543	193	724	155	905	129	1.086
160.000	825	170	412	340	275	509	206	679	165	849	137	1,019

Tablica 22 Uobičajeno prosječno vrijeme prijenosa vs rata uplinjavanja (FSRU kapaciteta 170.000 m³)

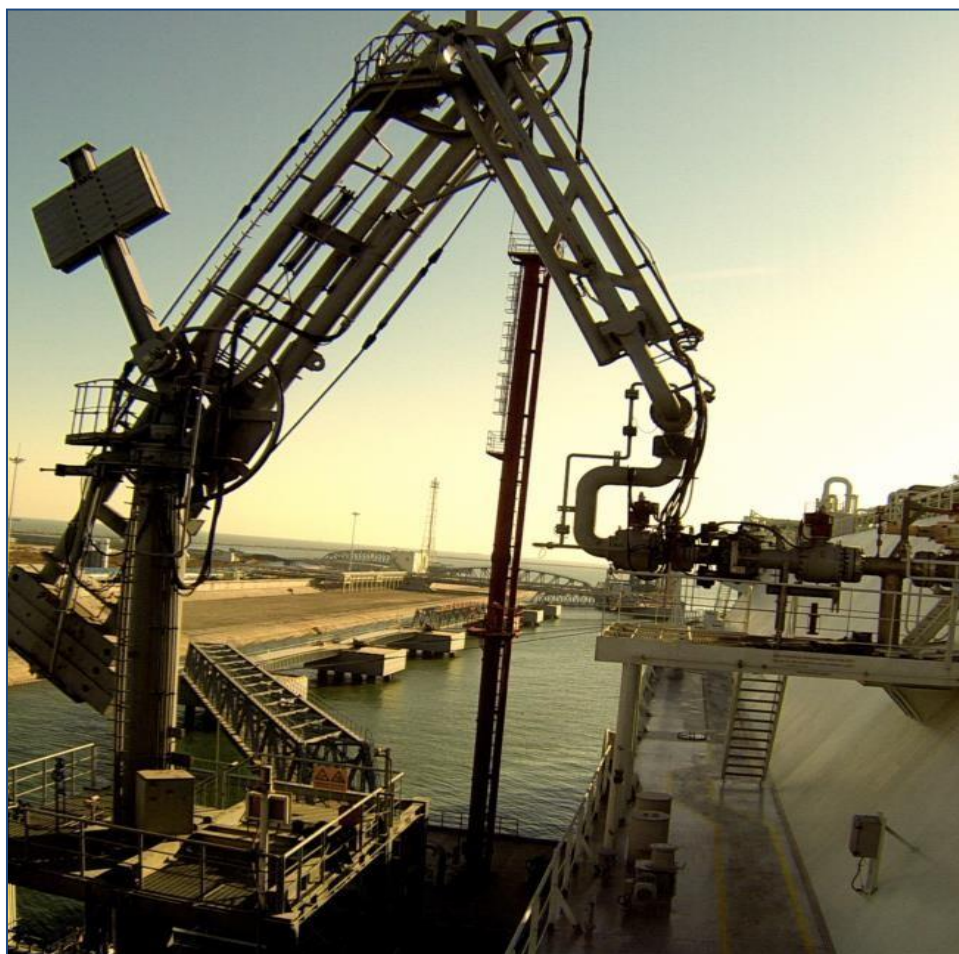
Postoji i mogućnost uplinjavanja s tzv. "Combine loop". To je proces pri kojem se nastoji u pojedinim mjesecima u godini održavati temperaturu morske vode na mjestu FSRU terminala unutar dopuštenih granica (prema empirijskim izračunima) uz dovoljnu izmjenu topline u isparivačima između medija (npr. propana) korištenjem grijača. Općenito, ovakav način uplinjavanja ukapljenog plina je sa stajališta energetske isplativosti neučinkovit proces zbog značajno veće potrošnje utrošene energije za proces grijanja u isparivačima.

Otvoreni procesi uplinjavanja jesu oni kojima nije potrebno grijanje medija (morska voda) već se proces odvija korištenjem morske vode na mjestu FSRU terminala, dok se u zatvorenim procesima morska voda dodatno grije.

Kod otvorenog procesa najniža temperatura morske vode, pri kojoj se svi procesi uplinjavanja mogu odvijati u granicama koje preporučuje proizvođač, uobičajeno iznosi +13°C. Otvoreni proces neizbježno

³⁸ Morska voda jest sredstvo za grijanje propana koji se koristi za izmjenu topline u isparivačima.

hladi more u području FSRU terminala. Zbog zaštite cjevovoda rashladne tekućine (morske vode) od obraštaja, voda se klorira ili na drugi način obrađuje kako bi se obrastanje spriječilo u dovoljnoj mjeri. Sa stajališta energetske učinkovitosti, otvoreni sustav uplinjavanja predstavlja bolje rješenje zbog manje utrošene energije.



Slika 31 Protupožarni toranj i izvozni visokotlačni cjevovod prirodnog plina – prekrcajne ruke

Kod zatvorenih procesa morska voda se dodatno grije radi postizanja pravilne izmjene topline u grijačima. Koristi se u slučajevima kada je ulazna temperatura morske vode niža od $+10^{\circ}\text{C}$. Zagrijavanje se postiže sustavom pare. Cijeli je sustav automatski upravljani te utječe na izlaznu temperaturu prirodnog plina pod visokim tlakom (*Send out temperature*) prema plinskoj distribucijskoj mreži.

Zatvoreni procesi zahtijevaju veći utrošak energije zbog potrebe grijanja morske vode što rezultira većom emisijom CO_2 plinova.

Ovisno o izvedbi, pojedini sustavi uplinjavanja imaju po jednu ili dvije *booster* pumpe po svakom segmentu. Uobičajeno su sustavi uplinjavanja izrađeni od 3 do 4 segmenta s 3 do 8 *booster* pumpi.

Izlazni tlakovi *booster* pumpi su uobičajeno niži od najvećeg dopuštenog tlaka na kraju distribucijskog plinskog cjevovoda.

Prema obalnoj strani FSRU je opremljen sa HIPPS ventilima (*High Integrity Pressure Protection*) na izlaznoj cijevi plina pod tlakom prema ruci za izvoz plina prema krajnjim potrošačima. Cilj HIPPS sustava jest zaštita plinskog cjevovoda ukoliko dođe do porasta tlaka u izlaznom cjevovodu iznad dopuštenog tlaka plinske distribucijske mreže.

Konačno, FSRU je pomoću fiksnih ruku spojen s distribucijskom plinskom mrežu. Uobičajeno je spajanje sa dvije takve ruke gdje je jedna radna, a druga se koristi za slučaj tehničkih poteškoća ili planiranog redovnog održavanja radne ruke.

Na izlaznoj strani prirodnog plina (*NG send out line*) prema priključnim rukama (*High pressure gas export manifold*) nalazi se mjerna stanica (*Gas metering station*) koja bilježi ukupnu proizvodnju odnosno uplinjavanje kroz 24 sata. Stanica mora biti odobrena od strane nadležnog ovlaštenog tijela te se koristi za izračun količine plina u KWh ili MWh.

U standardnu opremu vezanu za procese mjerenja i motrenja kakvoće prirodnog plina spadaju:

- mjerač kakvoće plina (*Gas Chromatograph*),
- mjerač specifične težine prirodnog ukapljenog plina (*Densimeter*).

FSRU terminali uobičajeno se snabdijevaju iz već unaprijed dogovorenih ukrcajnih terminala. U tom slučaju je kakvoća plina uobičajeno stabilna. U slučaju snabdijevanja FSRU terminala sa spot tržišta plin se miješa u tankovima tereta zbog čega sastav plina može varirati. U svakom slučaju FSRU terminal određuje kvalitetu plina koja se može prihvatiti u skladu s pravilima kopnene plinske mreže u koju ulazi plin.

5.2 TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA FSRU TERMINALA NA OMIŠLJU

LNG FSRU terminal Krk planira se smjestiti na sjeverozapadni dio otoka Krka na rtu Zaglav, području koje pripada općini Omišalj i koje se nalazi u Primorsko-goranskoj županiji. Lokacija je približno 1,5 km jugozapadno od mjesta Omišalj i oko 2 km sjeverno od mjesta Njivice.

Zahvat obuhvaća izgradnju novog pristana za FSRU brod, sustav za njegov privez te sustav cjevovoda/plinovoda za isporuku prirodnog plina prema potrošačima.

FSRU terminal se prvenstveno namjerava koristiti kao prihvatno uplinjavajući terminal iz kojeg će se prirodni plin distribuirati kopnenim plinovodom do krajnjih potrošača, ali i s mogućnošću ukrcaja ukapljenog prirodnog plina na manje LNG brodove u razvozu (*LNG Feeder Ships*).

FSRU terminal će se sastojati od:

- FSRU broda,
- obalnog pristana (*Jetty*),
- opreme na obali koja će povezivati FSRU brod i plinsku mrežu.

Kapacitet FSRU terminala se planira u rasponu od 160.000 m³ do 265.000 m³ (QMax FSRU) pri čemu je najvjerojatniji kapacitet od 170.000 m³ s godišnjim kapacitetom uplinjavanja³⁹ od 2,6 do 3,5 mlrd m³ godišnje. Maksimalni instalirani kapacitet koji se može očekivati na FSRU brodu je 8,3 milijardi m³ (BCM) godišnje (890.000 Nm³/h) s maksimalnim tlakom od 100 bara.

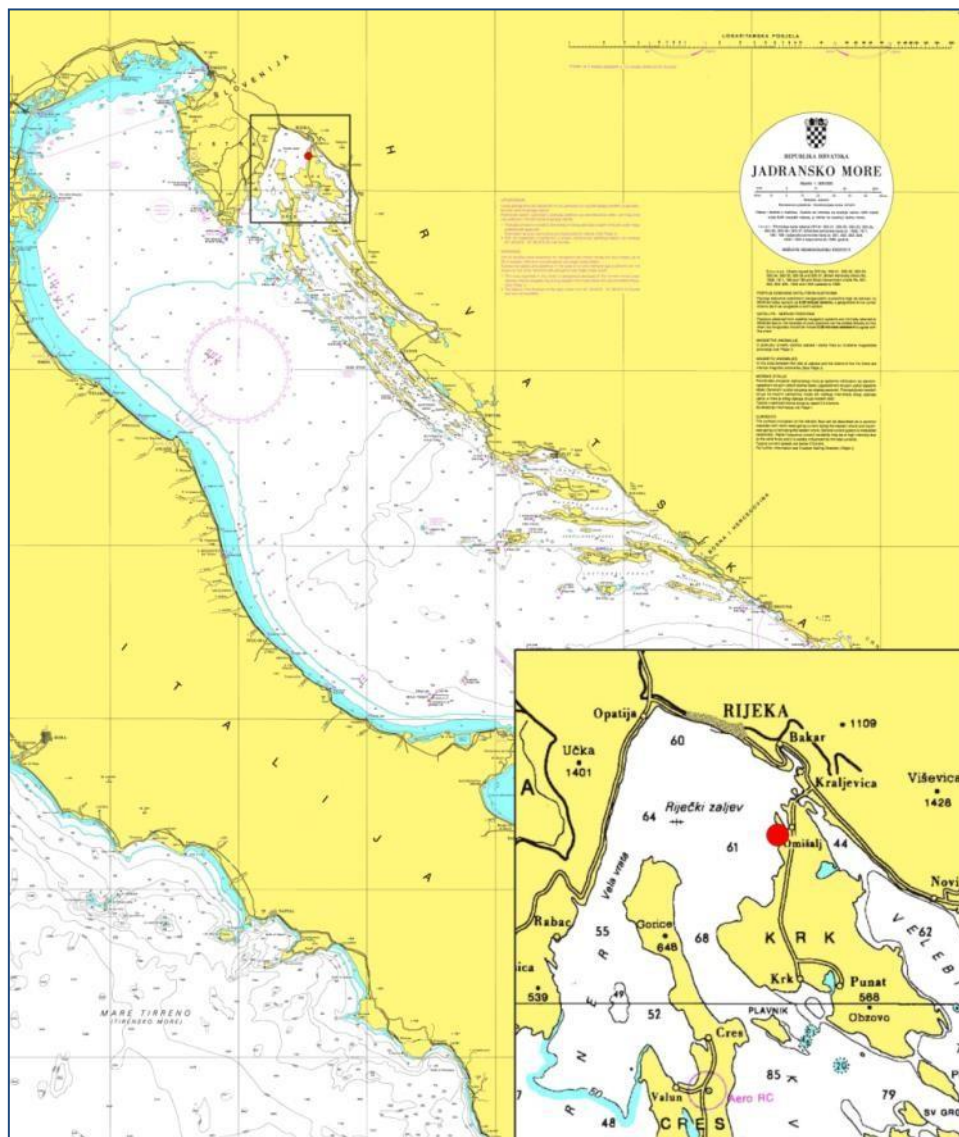
Sukladno projektiranom kapacitetu FSRU terminala, predviđeni godišnji promet iznosi od 25 do 70 LNG brodova.

Osnovna obilježja FSRU terminala su predviđena kako slijedi:

- obalni pristan za prihvat FSRU broda kapaciteta od 160.000 m³ do 265.000 m³,
- FSRU brod koji omogućuje privez LNG broda kapaciteta od 125.000 m³ do 265.000 m³.

Pretpostavlja se korištenje FSRU brodova približno slijedećih obilježja:

³⁹ Kapacitet približno odgovara godišnjoj potrošnji prirodnog plina u Republici Hrvatskoj.



Slika 32 Položaj LNG FSRU terminala na otoku Krku

FSRU brod	Kapacitet (m ³)	LOA (m)	Širina (m)	Gaz (m)
QMax	263.000	345	55	12,2
Konvencionalni LNG brod	170.000	294	46	10,2

Tablica 23 Veličine tipičnih FSRU brodova

FSRU brod se namjerava „trajno“ privezati za obalni pristan. Radno vrijeme terminala je 24 sata na dan tijekom cijele godine.

Na obalnom dijelu terminala planira se izgradnja nadzirane terminalske upravljačke zgrade i pomoćnih postrojenja pokraj kojih će biti uspostavljen nadzirani ulaz na terminal sa sigurnosnom kućicom. Upravljačka zgrada, pomoćna postrojenja i trafostanica pristana planiraju se smjestiti na obalnom dijelu terminala.



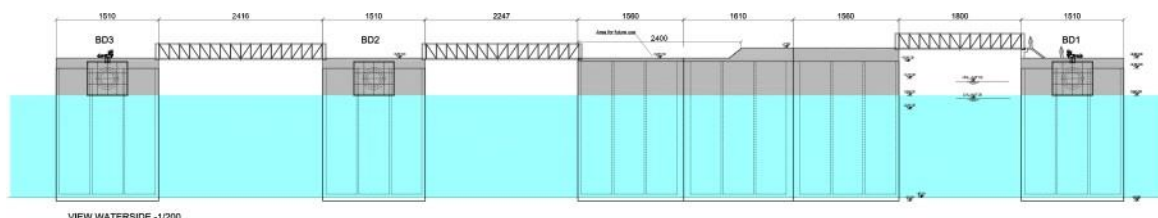
Slika 33 Shematski prikaz terminala s mjestom priveza FSRU broda

Područje terminala na kopnom dijelu graniči s područjem DINA Petrokemije s jedne strane dok se s druge strane nalazi lokalna javna cesta koja se spaja na glavnu otočku prometnicu odnosno državnu cestu D102.

Općenito, obalni pristan se sastoji od:

- ukrcajne platforme sa manifoldom, (47*25) 7 m CD
- piveznih utvrdica,
- pristupnog mosta,
- cjevovoda za isporuku plina u plinsku mrežu.

Glava pristana odnosno platforma pristana dimenzija je 47 x 25 metara. Vrh platforme se nalazi 7 metara iznad mora. Predviđena dubina za pristanom kao i na cijelom plovnom području ispred terminala iznosi 15 metara dok će dubina neposredno uz pristan iznositi 16,5 metara. Pristan se sastoji od kesona koji su povezani neprekinutom platformom u duljini od 45 metara. Platforma će biti izvedena na način da sprečava sklizanje.

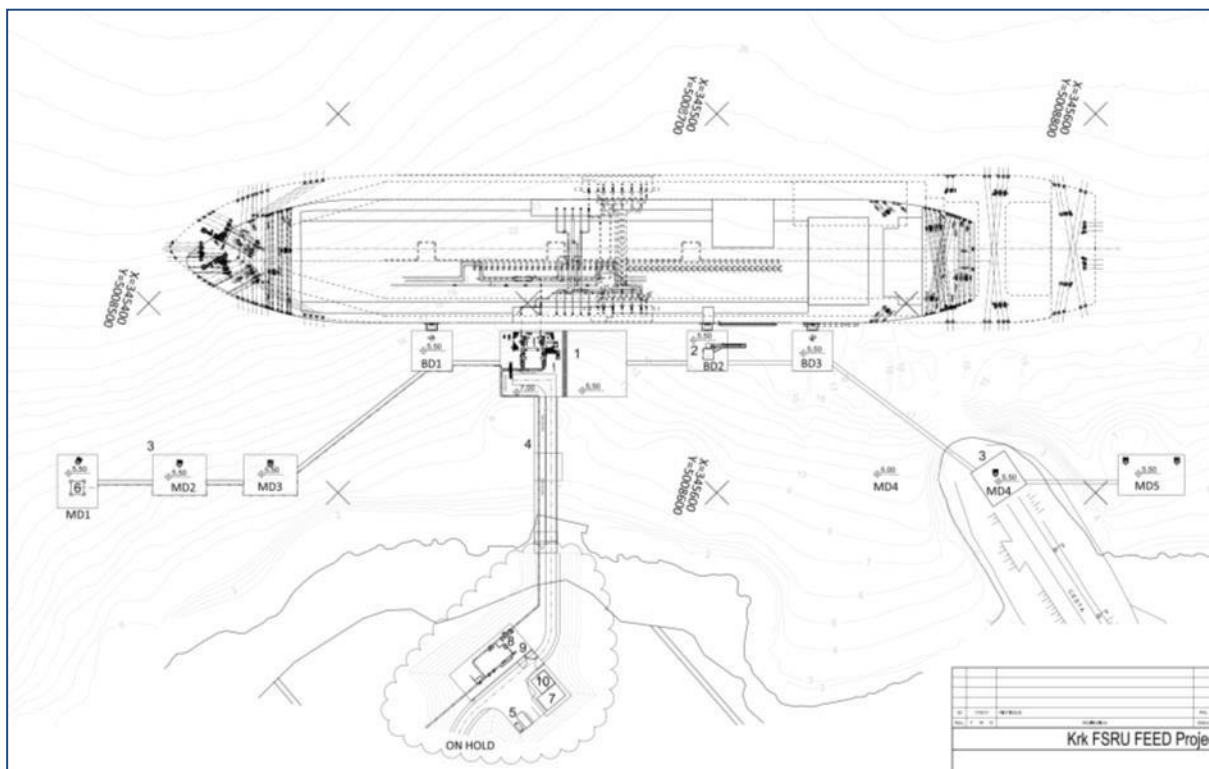


Slika 34 Središnji dio pristana (platforma) s položajem priveznih utvrdica

Platforma će pristupnim mostom duljine 52 metara i širine 8 metara biti spojena s kopnom. Na mostu će biti položeni cjevovodi i kablovi te će biti omogućen pješački pristup te pristup vozilima na platformu.



Slika 35 Planirani brodski pristan



Slika 36 Položaj FSRU broda na pristanu

Na platformi se predviđa postaviti procesna i pomoćna oprema uključujući dvije prekrcajne ruke (2 x 12" HP NG) te cjevovod kojim će plinska mreža biti povezana sa FSRU brodom. Prekrcaj LNG-a sa LNG broda na FSRU brod predviđa se obavljati korištenjem fleksibilnih cijevi.

Utvrdice za vezivanje (*Mooring Dolphins – MD*) te privezne utvrdice (*Breasting Dolphins – BD*) planiraju se izgraditi od betona. Ukupno se planira postaviti 8 utvrdica od koji se tri nalaze neposredno uz platformu pristana (BD 1-3), a preostalih 5 (MD1-5) je raspoređeno na udaljenim krajevima pristana, 3 na južnom dijelu pristana te 2 na sjevernom. Utvrdice su povezane čeličnim pješačkim mostovima širine 1,5 metara sa slobodnom širinom za prolaz od 1,5 metara. Međusobne udaljenosti između utvrdica variraju od 18 metara (privezna utvrdica neposredno uz glavu pristana BD1) do 24 metara (privezna utvrdica sa južne strane platforme BD3). Utvrdice su slijedećih približnih dimenzija:

- MD1, MD2, MD3 20 x 15 metara,
- MD4 15 x 15 metara,
- MD5 25 x 15 metara,
- BD1, BD2, BD3 15 x 15 metara

Visina vrha utvrdica iznad mora iznosi 5,5 metara, a sve utvrdice biti će osvijetljene te opremljene ljestvama za pristup iz mora, kolutom za spašavanje i rukohvatima.

Svaka od 3 privezne utvrdice biti će opremljene sa bokobranima takvih obilježja da mogu apsorbirati najveću energiju FSRU i LNG broda kada budu privezani na terminalu. Predviđa se postavljanje panel bokobrana dovoljne energije apsorpcije i površine da osigura zadovoljavajuće opterećenje na trup (preporučeni tip SCN2000 *Super Cone Fender* ili neki drugi sličnih obilježja).

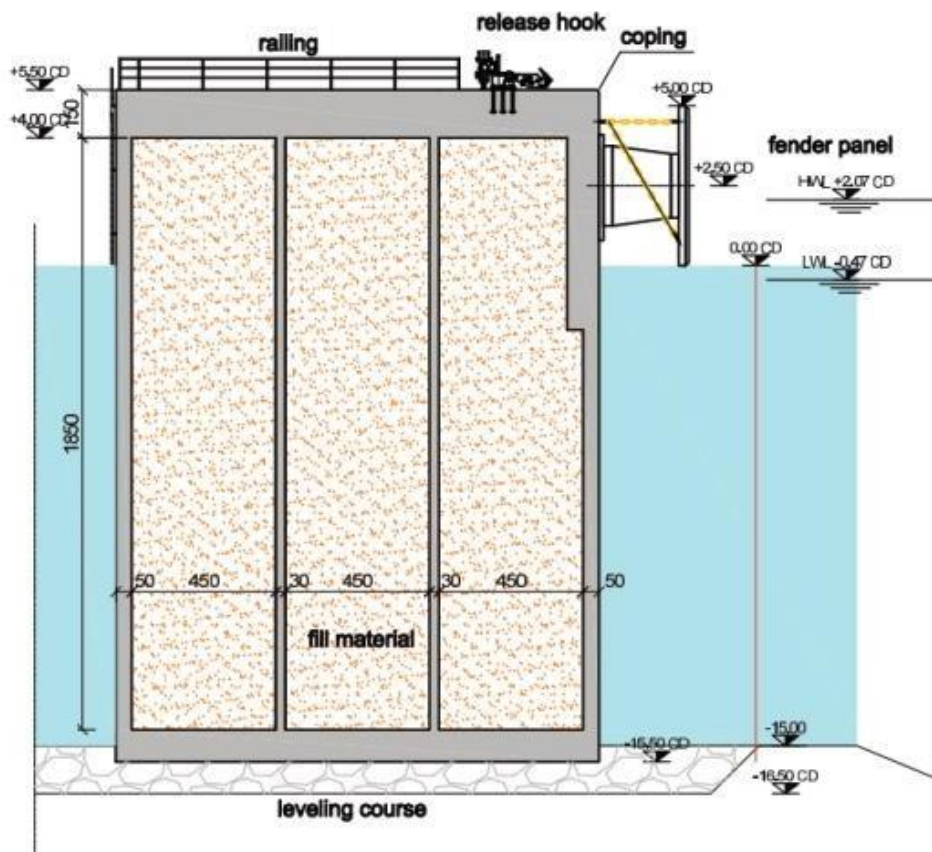
Na obalnom pristanu svi privezni konopi biti će privezani na brzo opuštajuće kuke (*Quick Release Hook*).

Utvrdica	Brzootpuštajuće kuke	Bokobrani
MD1	4 x 150 tona	-
MD2		-
MD3		-
MD4		-
MD5	4 x 150 tona (2)	-
BD1	2 x 150 tona	1 x SCN2000
BD2	-	
BD3	2 x 150 tona	
Platforma	-	-

Tablica 24 Predviđeni raspored opreme na utvrdicama za QMax FSRU

U slučaju odabira FSRU QMax broda, na utvrdicama za privezivanje predviđa se postavljanje ukupno 6 setova sa 4 brzo opuštajuće kuke na svakom setu dok se u slučaju odabira FSRU broda kapaciteta 170.000 m³ predviđa se postavljanje ukupno 5 setova sa 3 brzo opuštajuće kuke na svakom setu i jedan set sa 4 brzo opuštajuće kuke. Na središnjim priveznim utvrdicama predviđa se postavljanje 2 seta sa 2 brzo opuštajuće kuke na svakom setu. Za sve kuke se pretpostavlja opterećenje od najmanje 1.500 kN (150 tona).

Svako mjesto priveza biti će opremljeno s električnim vitlom za povlačenje konopa vučne snage 1,5 tona te brzine povlačenja od 20 m/min.



Slika 37 Presjek privezne utvrdice

Privezne utvrdice koje se nalaze neposredno uz platformu (BD1 i BD3) namijenjene su za prihvat springova FSRU broda dok će na ostalim utvrdicama ravnomjerno biti postavljeni ostali konopi (pramčani, kmeni i bočni).

Obalni pristan planira se izgraditi u približnom smjeru NE-SW (45° - 225°), ukupne duljine oko 400 m. Planira se osnovni privez FSRU broda pramcem prema jugozapadu, što omogućuje isplovljavanje u slučaju nužde u najkraćem mogućem vremenu, a položaj broda najmanje je izložen najčešćim vjetrovima iz smjera NE i SSE koji pušu na plovnom području terminala.

Na FSRU terminalu se predviđaju slijedeće sigurnosne mjere i mjere sigurnosne zaštite:

- uspostavljanje protupožarne zaštite područja platforme vodom (*Water monitors*),
- uspostavljanje sustava zaštite s nadzorom i uzbunom u slučaju propuštanja plina,
- uspostavljanje sustava protupožarne zaštite s nadzorom i uzbunjivanjem korištenjem detektora za dim, plamen, i toplinu,
- uspostavljanje sustava za automatski prekid uplinjavanja (*PSD – Process Shut Down*).
- ugradnja HIPPS sustava (*High Integrity Pressure Protection Systems*) na FSRU brodu radi sprečavanja povećanja tlaka u kopnenom cjevovodu prirodnog plina,
- zaštita svih struktura terminala uzemljenjem ili drugom prihvatljivom metodom,
- uspostavljanje integriranog sigurnosnog sustava za nadzor (*Integrated Control and Safety System - ICSS*) s mogućnošću nadzora opreme na terminalu,
- nadzor terminala CCTV kamerama, detektorima pokreta, sustavima za otkrivanje nedozvoljenog ulaska,
- sigurnosna provjera na ulazu na terminal.

Osnovni parametri planiranog FSRU terminala:	
Maksimalni kapacitet uplinjavanja FSRU broda	Max. 8,3 milijardi m ³ (BCM) godišnje, odnosno 750 mmscf/d ⁴⁰
Prosječni kapacitet isporuke prirodnog plina	Do 2,6 milijardi m ³ /god Rata uplinjavanja – od 350,000 Nm ³ /h
Kapacitet FSRU broda	Min. 160.000 m ³ Max. 265.000 m ³
Kapacitet brodova za iskrcaj plina:	125.000 – 265.000 m ³
Kapacitet brodova za ukrcaj plina	Min . 3.500 m ³ - Max. 35.000 m ³ (LNG brodovi u razvoju)
Vrsta uplinjavanja	Ovisi o FSRU brodu (otvoreni ili kombinirani proces)
Pogon FSRU broda	DFDE, TFDE, MEGI
Tlak i temperatura plinovoda	Max. 100 bara Min. 0°C
Temperatura izlaznog plina s FSRU terminala	Max. 15 °C Min. 2°C
Tlakovi izlaznog plina sa FSRU broda	Max 130 bara
Dubina na terminalu	Min. 15 metara
Iskoristivost terminala	25 – 70 LNG brodova za iskrcaj LNG-a
Oprema za prekrcaj	Isporuca plina na kopno - 2 x 12" prekrcajne ruke Prekrcaj s LNG na FSRU brod - fleksibilne cijevi
Kapacitet prekrcaja:	Ovisi o tehničko-tehnološkim obilježjima LNG i FSRU broda
Dodane vrijednosti	Mogućnost ukrcaja LNG izravno s FSRU broda na cestovna vozila preko buduće LNG ukrcajne stanice na kopnu.

Tablica 25 Osnovni podaci planiranog FSRU terminala

Terminal će se opskrbljivati električnom energijom s FSRU broda dok će za slučaj prekida normalne opskrbe koristiti dizel generator za nuždu. Pretpostavlja se samodostatnost FSRU broda za sve predviđene usluge te će održavanje funkcionalnosti cijelog terminala s FSRU broda (iz *BPCS - Basic Process Control System* stanice) uz korištenje sustava za nuždu na kopnu smještenog u upravljačkog zgradi terminala.

Na FSRU brodu biti će postavljen mjerac protoka plina prema plinskoj mreži.

Terminal se na obali planira dodatno opremiti mornarskim ljestvama i kolutima za spašavanje, a cijelo područje se planira primjereno osvijetliti svjetlima sa sjenilima koja neće ometati manevriranje brodova. Dodatno, cijelo područje terminala na obali planira se ograditi sigurnosnom ogradom uz odgovarajuću rasvjetu.

Zaključno:

- (20) LNG FSRU terminal planira se smjestiti na sjeverozapadni dio otoka Krka na rtu Zaglav, na lokaciji približno 1,5 km jugozapadno od mjesta Omišalj i oko 2 km sjeverno od mjesta Njivice.
- (21) Osnovne sastavnice LNG FSRU terminala su obalni pristan (uključuje platformu, utvrđice za vezivanje te privezne utvrđice) za prihvat FSRU broda kapaciteta od 160.000 m³ do 265.000 m³ te FSRU brod koji će omogućiti privez LNG broda kapaciteta od 125.000 m³ do 265.000 m³.
- (22) Planirani najveći godišnji kapacitet terminala iznosi 8,3 milijardi m³ plina, odnosno prosječni u prvim godinama rada terminala iznosi do 2,6 milijarde m³ plina s povećanjem ovisno o razvoju plinske mreže.

⁴⁰ mmscf/d (*Million Standard Cubic Feet per Day*) i Nm³/h (*Normal Cubic Meters per Hour*) predstavljaju jedinicu mjere transportirane količine plina (plinovito stanje) - 1 mmscf/d = 1.244 Nm³/h(plinovito stanje).

- (23) Predviđeni godišnji promet LNG brodova u dopremi plina u prvim godinama rada procjenjuje se na 25 do 35 brodova za iskrcaj tereta. Promet LNG brodova za najveći kapacitet FSRU broda procjenjuje se na 50 do 70 LNG brodova godišnje za iskrcaj plina.
- (24) Predviđa se ukrcaj plina na brodove u razvozu kapaciteta od 3.500 m³ do 35.000 m³. Broj LNG brodova u razvozu nije moguće procijeniti s obzirom da ovisi o daljnjem razvoju obalne distributivne mreže.
- (25) Predviđeno vrijeme iskrcaja LNG brodova u dopremi procjenjuje se na 24 sata ovisno o trenutnoj količini tereta na FSRU brodu te o kapacitetu uplinjavanja i potrošnje samog prirodnog plina od krajnjih korisnika. Ukupno vrijeme boravka LNG brodova procjenjuje se na do 50 sati.
- (26) Prekrcajna oprema terminala na obali uključuje dvije prekrcajne ruke (12") za isporuku plina sa FSRU brod na kopno i njegovo otpremanje u plinsku mrežu. Prekrcaj LNG-a s LNG broda na FSRU brod predviđa se obavljati korištenjem fleksibilnih cijevi.
- (27) Predviđena dubina za pristanu kao i na cijelom plovnom području ispred terminala iznosi 15 metara.

6 UVJETI I NAČIN MANEVRIRANJA LNG BRODA

Postupak manevra priveza i odveza, kao i boravak LNG i FSRU broda mora osigurati dovoljan stupanj sigurnosti samih brodova, drugih plovnih jedinica i lučke infrastrukture. Procjena sigurnosti manevriranja i boravka broda na vezu polazi od određivanja utjecaja vanjskih sila na brod, terminal i potrebnog najmanjeg broja i snage tegljača te postupka manevra.

6.1 PROCJENA VANJSKIH SILA I DINAMIKE REFERENTNIH BRODOVA

Pri procjeni meteoroloških i oceanoloških utjecaja na sigurnost broda pri manevriranju i na privezu promatrane su dvije vrste LNG brodova i to Q-Max brodovi s membranskim tankovima te konvencionalni LNG brodovi s Kvaerner-Moss sferičnim tankovima, sljedećih obilježja:

Vrsta	D (t)	Kapacitet (m ³)	L (m)	B (m)	T (m)	Približne površine broda ⁴¹ (m ²)	
						nadvodna poprečna/uzdužna	podvodna poprečna/uzdužna
Q-Max	179.000	265.940	345	53.8	12,0	7.700 / 1.800	4.000 / 645
K-M	104.998	147.598	290	49,0	11,4	9.000 / 1.500	3.200 / 560

Tablica 26 Osnovna obilježja promatranih brodova

Procjena utjecaja polazi od sljedećih pretpostavki:

- pri manevriranju se razmatraju najveće sile iz najnepovoljnijih kutova vjetra;
- pri privezu se razmatraju samo najznačajniji vjetrovi: bura (NNE), maestral i nevrijeme sa zapada (WNW) i lebić (SW); ostali vjetrovi se zanemaruju zbog značajno manje brzine, učestalosti ili manjeg utjecaja na brod zbog položaja pristana i konfiguracije kopna;
- referentni brodovi jesu objekti velike inercije; pretpostavlja se da kratkotrajni udari vjetra ne mogu izazvati dovoljno brzi odziv koji bi izazvao odgovarajuću silu na sustav priveza broda; stoga se uzimaju u obzir 30-sekundne brzine vjetra i sile koju oni proizvode;
- koeficijenti otpora jesu oni dobiveni istraživanjem modela LNG brodova sa sferičnim i prizmatičnim tankovima;⁴²
- ukupna sila vjetra rastavlja se na uzdužnu i poprečnu komponentu;
- pri procjeni utjecaja bure zanemaruje se utjecaj valova; pri procjeni utjecaja zapadnih vjetrova i juga pribraja se utjecaj valova; valovi se procjenjuju za najnepovoljniji slučaj (razvijeno valovlje, višednevni razvoj, najveće moguće privjetrište).

6.1.1 Utjecaj vjetra

Poprečna i uzdužna sila vjetra F_v kojima vjetar djeluje na LNG brod procijenjene su na temelju izraza:

$$F_v = C_{v(\alpha)} \cdot \left(\frac{\rho_v}{7600}\right) \cdot V_v^2 \cdot A$$

gdje je:

F_v – sila vjetra [t],⁴³

⁴¹ Navedene površine su procijenjene pojednostavljenim profilima brodova na način da su stvarne veličine približno 5-10% manje od navedenih.

⁴² Vidi OCIMF Predictions of Wind & Current Loads on VLCC's, 1994 i SIGTTO Prediction of Wind Loads on Large Liquefied Gas Carriers 2007.

⁴³ Sila vjetra izražava se u tonama kako bi se održala slijednost u odnosu na korištene izvore.

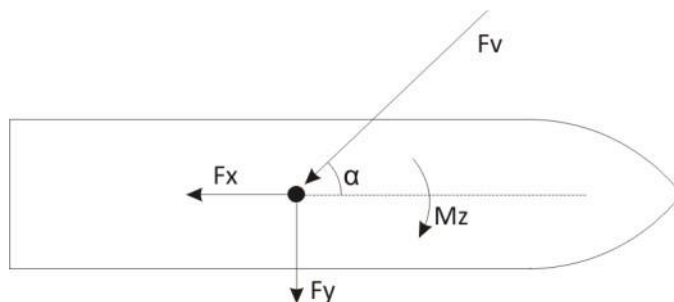
- $C_{v(\alpha)}$ – koeficijent otpora zraka tijela izloženog djelovanju vjetra (posebne vrijednosti su za brodove sa sferičnim i prizmatičnim tankovima pod različitim kutovima upada vjetra),
- ρ_z – gustoća zraka [$\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$]⁴⁴,
- V_v – brzina vjetra [m/s]⁴⁵,
- A – površina nadvodnog djela plovila [m^2].

Moment zaošijanja LNG broda utjecajem vjetra procjenjuje se na temelju izraza:

$$M_z = C_{vz(\alpha)} \cdot \left(\frac{\rho_v}{7600}\right) \cdot V_v^2 \cdot A \cdot LPB$$

gdje je:

- M_z – moment zaošijanja broda [tm],
- $C_{vz(\alpha)}$ – koeficijent momenta zaošijanja uslijed utjecaja vjetra (posebno za brodove sa sferičnim i prizmatičnim tankovima),
- LPB – dužina broda između okomica [m],



Slika 38 Uzdužna (F_x) i poprečna (F_y) komponenta sile vjetra na brod te moment zaošijanja (M_z)

Izračun sila i momenta zaošijanja izvršen je za vjetar jačine 25 čvorova ($\approx 13 \text{ m/s}$) što se može pretpostaviti kao najjači vjetar za vrijeme kojeg se dopušta manevar pristajanja.

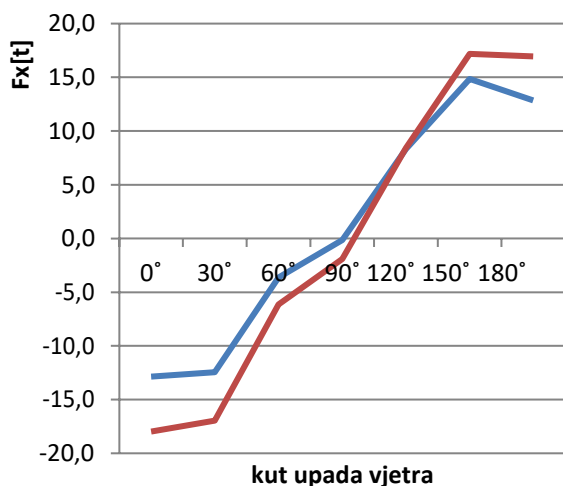
Kut	Konvencionalni brod sa sferičnim tankovima				Q-Max brod s prizmatičnim tankovima			
	F_x [t]	F_y [t]	F_v [t]	M_z [tm]	F_x [t]	F_y [t]	F_v [t]	M_z [tm]
0°	-12,9	0,3	12,9	26,8	-18,0	0,2	18,0	27,3
30°	-10,9	38,9	40,4	-1178,6	-15,3	40,1	42,9	-1199,6
60°	-3,6	79,3	79,4	-1125,0	-6,2	78,6	78,8	-872,5
90°	-0,2	83,4	83,4	750,0	-1,9	86,9	87,0	1472,3
120°	8,3	68,1	68,6	2651,9	8,4	75,2	75,7	4171,4
150°	14,8	35,9	38,9	2651,9	17,2	40,1	43,6	3926,0
180°	12,8	0,0	12,8	0,0	17,0	0,2	17,0	0,0

Tablica 27 Sile vjetra i momenta zaošijanja pri raznim upadnim kutovima vjetra

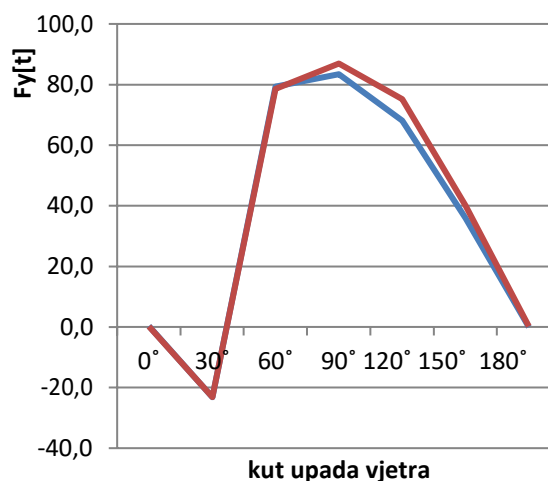
Na priloženim grafikonima prikazani su rezultati sile vjetra i momenta zaošijanja konvencionalnog broda sa sferičnim tankovima (plavom bojom) i Q-Max broda (crvenom bojom).

⁴⁴ Gustoća zraka iznosi $0,1248 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ na temperaturi od 20°C .

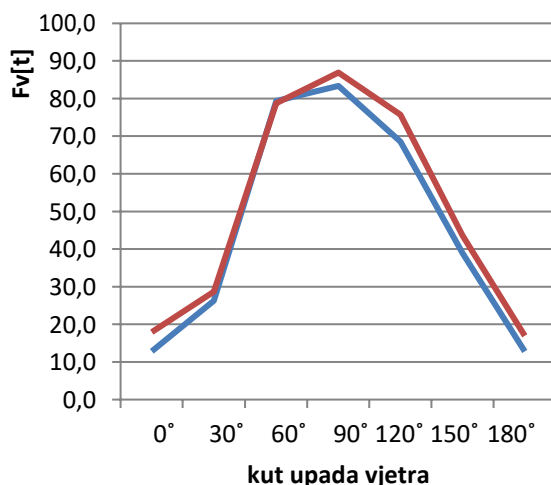
⁴⁵ U izraz se unosi vrijednost brzine vjetra mjerena na visini od 10 m iznad površine mora. Pretpostavlja se 10-minutni srednjak.



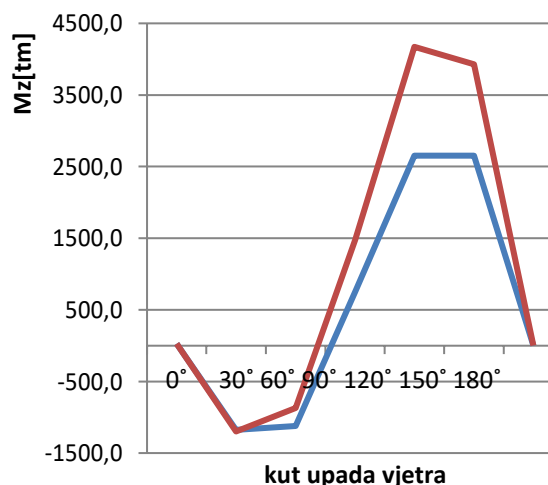
Slika 39 Uzdužna komponenta sile vjetra



Slika 40 Poprečna komponenta sile vjetra



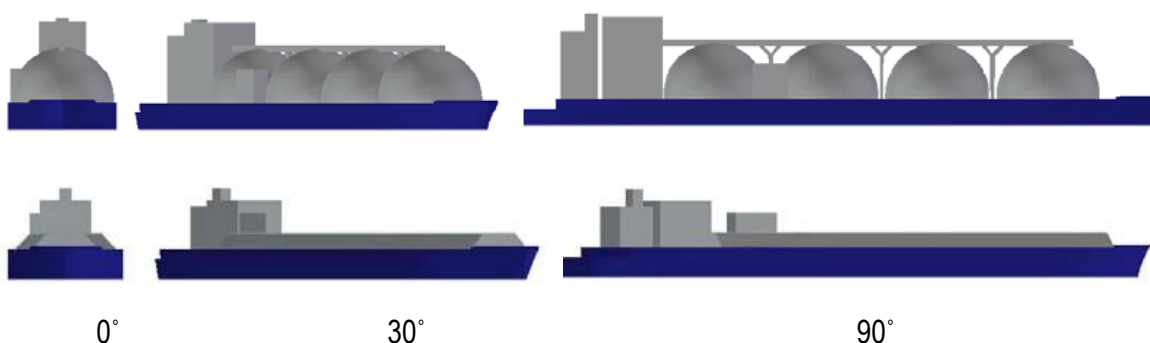
Slika 41 Ukupna sila vjetra



Slika 42 Moment zaošijanja broda

Prema dobivenim rezultatima najveća ukupna sila vjetra na konvencionalni LNG brod iznosi oko 83,4 t dok za Q-Max iznosi 87 t i to u slučaju bočnog vjetra kada je vjetru izložena najveća površina broda. Uzdužna komponenta vjetra kod konvencionalnog LNG broda najizraženija je u slučaju kuta vjetra od oko 150° odnosno u krmenu četvrt i iznosi približno 15 t dok je kod Q-Max brodova u slučaju kuta od 0° odnosno vjetra ravno u pramac i iznosi 18 t. Rezultati su razmjerno slični iz razloga što konvencionalni tip LNG-a, iako kraći za oko 50 m, ima 4 do 5 visokih sferičnih tankova koji bitno povećavaju površinu izloženu vjetru.

S druge strane moment zaošijanja Q-Max brodova je bitno veći te iznosi oko 4.100 tm, za razliku od 2.600 tm kod konvencionalnog broda, što je i očekivano s obzirom da je kod konvencionalnog LNG broda zbog sferičnih tankova izložena površina raspoređena razmjerno jednoliko uzduž cijeloga broda.



Slika 43 Presjek konvencionalnog LNG broda (gore) i Q-Max broda (dolje) pri različitim kutovima upada vjetra⁴⁶

Za vrijeme manevara kada je brod u neposrednoj blizini i usporedan s terminalom te za vrijeme boravka na terminalu lijevim bokom brod će biti postavljen u kursu 225°. U tom slučaju procijenjene sile za značajne vjetrove jesu kako slijedi:

- Za slučaj bure iz smjera NNE kut upada vjetra na brod iznosi oko 160°; za konvencionalni LNG brod ukupna sila vjetra iznosi 25,7 t (od toga 15,2 t uzdužna, a 20,8 t poprečna komponenta) dok za Q-Max brod ukupna sila vjetra iznosi 30,6 t (od toga 18 t uzdužna, a 24,7 t poprečna komponenta).
- Za slučaj zapadnog vjetra iz smjera WNW kut upada vjetra na brod iznosi oko 70°; za konvencionalni LNG brod ukupna sila vjetra iznosi 83 t (od toga 2,7 t uzdužna, a 82,9 t poprečna komponenta) dok za Q-Max brod ukupna sila vjetra iznosi 84 t (od toga 3,9 t uzdužna, a 83,9 t poprečna komponenta).
- Za slučaj lebića iz smjera SW kut upada vjetra na brod iznosi oko 0° odnosno u pramac; u tom slučaju ukupna sila vjetra je jednaka uzdužnoj komponenti te za konvencionalni LNG brod iznosi 12,9 t dok za Q-Max brod iznosi 18 t.

Smjer vjetra i kut upada	Konvencionalni LNG L=290m	Q-Max LNG L=345m
NNE 160°	25,7 t	30,6 t
WNW 70°	83 t	84 t
SW 0°	12,9 t	18 t

Tablica 28 Procijenjene sile za vjetar 25 čv iz značajnih smjerova

U slučaju vjetra jačeg od 6 Beauforta (>13,8 m/s) nastupaju izvanredne okolnosti na terminalu te manevar pristajanja nije dopušten. Međutim, u slučaju da je brod na privezu valja računati na sile vjetra koje utječu na njega i sam terminal. U nastavku je prikazana procijenjena sila vjetra na referentne brodove za vjetrove iz značajnih smjerova jačine veće od 6 Beauforta.

Smjer vjetra i kut upada	Konvencionalni LNG L=290m					
	30 čv (15m/s)	40 čv (20m/s)	50 čv (25m/s)	58 čv (30m/s)	68 čv (35m/s)	78 čv (40m/s)
NNE 160°	37 t	65,8 t	102,8 t	138,3 t	190,2 t	250,1 t
WNW 70°	119,5 t	212,5 t	332 t	446,5 t	614,2 t	817,3 t
SW 0°	18,6 t	33 t	51,6 t	69,4 t	95,5 t	125,5 t

Tablica 29 Procijenjene sile za vjetrove jače od 6 Beauforta iz značajnih smjerova za konvencionalni LNG brod

⁴⁶ Izvor: SIGTTO, Prediction of Wind Loads on Large Liquefied Gas Carriers, 2007

Smjer vjetra i kut upada	Q-Max LNG L=345m					
	30 čv (15m/s)	40 čv (20m/s)	50 čv (25m/s)	58 čv (30m/s)	68 čv (35m/s)	78 čv (40m/s)
NNE 160°	44 t	178,3 t	122,4 t	164,6 t	226,4 t	297,7 t
WNW 70°	121 t	215 t	336 t	451,9 t	621,6 t	817,32 t
SW 0°	26 t	46,1 t	72 t	96,8 t	133,2 t	175,1 t

Tablica 30 Procijenjene sile za vjetrove jače od 6 Beauforta iz značajnih smjerova za Q-Max LNG brod

Sile vjetra za najveće FSRU terminale (Q-Max FSRU) mogu se smatrati jednakima gore prikazanim za Q-Max LNG brodove. Glavne značajke su im međusobno gotovo jednake, a male razlike, koje se za potrebe ove studije smatraju zanemarivima, mogu biti u nadvodnim površinama plovila zbog izložene dodatne opreme za regasifikaciju i manipulaciju s teretom na palubi FSRU-a. Stoga, u slučajevima kada je FSRU sam na privezu sile vjetra izračunate za Q-Max LNG brod mogu se smatrati vjerodostojnima i primijeniti za FSRU terminal.

U slučajevima kada je jedan od referentnih brodova privezan na FSRU terminal, valja računati na ukupnu silu koja djeluje na sučelje FSRU terminal - pristan. Ukupna sila koja djeluje na oba plovila ovisi prvenstveno o kutu upada vjetra odnosno o zaklonjenosti FSRU-a od izravnog utjecaja vjetra.

U slučaju pretežito bočnih vjetrova, poput značajnog vjetra iz smjera WNW, FSRU je gotovo u cijelosti zaklonjen LNG brodom. Tada se ukupna sila na oba plovila može smatrati jednakoj sili vjetra koja djeluje samo na izloženi LNG brod. Vjetar iz bočnih smjerova može u manjoj mjeri izravno utjecati na FSRU ukoliko je privezani brod značajno manji od FSRU-a, no ta se sila ne smatra većom od one kojoj je izložen sam FSRU brod (kada LNG broda nema).

U slučaju vjetrova koji imaju kut upada u pramčani ili krmeni kvadrant, poput vjetra iz smjera NNE, tada je FSRU brod u manjoj mjeri izložen izravnom utjecaju vjetra. No, okolnosti su vrlo slične prethodnom slučaju pa se ukupna procjenjuje ne većom od one koja nastaje kada je vjetru izložen sam FSRU brod.

U slučaju vjetrova koji su izravno u pramac ili krmu, poput značajnog vjetra iz smjera SW, tada je terminal u potpunosti izložen te ukupna sila iznosi zbroj sile vjetra na LNG brod i na FSRU. U takvim okolnostima, ako je primjerice konvencionalni LNG brod (L=290 m) privezan na Q-Max FSRU (L=345 m), ukupna sila u slučaju vjetra od 25 čvorova iz smjera SW iznosi 30,9 t (12,9 t + 18 t).

Za vrijeme vjetrova izravno u pramac ili krmu, te u manjoj mjeri u pramčani ili krmeni kvadrant, valja imati na umu uravnoteženost priveza uslijed strujanja između LNG i FSRU broda. Takvo uzdužno strujanje vjetra može uzrokovati međusobno razdvajanje jedne i privlačenje druge strane plovila ovisno o smjeru puhanja. Moguće pomake moguće je spriječiti pravovremenom provjerom stanja privezne užadi odnosno uravnoteženjem sila u priveznim konopcima.

6.1.2 Utjecaj morske struje

Sila koju uzrokuje morska struja na privezani brod određena je prema izrazu:

$$F_{ms} = C_{ms(\alpha)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_{ms}^2 \cdot A_{ms}$$

gdje je:

- F_{ms} – sila morske struje koja djeluje na plovilo [N],
- $C_{ms(\alpha)}$ – koeficijent otpora vode tijela izloženog djelovanju morske struje,
- ρ_v – gustoća morske vode u kojoj se nalazi plovilo [kg/m³],
- v_{ms} – brzina morske struje [m/s],
- A_{ms} – površina podvodnog dijela plovila [m²].

Za slučaj referentnih brodova vrijedi sljedeće:

- Izložena površina konvencionalnog LNG broda kreće se u rasponu od 560 m² (uzdužno) do 3.200 m² (poprečno), dok se za Q-Max kreće u rasponu od 645 m² (uzdužno) do 4.000 m² (poprečno); s obzirom da se brodovi za vrijeme boravka na vezu nalaze neposredno uz FSRU terminal odnosno obalu te da su izloženi samo dužobalnoj struji pretpostavljaju se najmanje vrijednosti.
- Brzina morske struje po lijepom vremenu neće premašiti 0,5 čvora (0,3 m/s) dok za vrijeme najjačih vjetrova može iznositi najviše do 1,5 čvora (0,8 m/s).
- Koeficijent otpora iznosi 2,9 i jednak je vrijednosti najvećeg izmjerenog lateralnog koeficijenta otpora za tankere u nakrcanom stanju te u slučaju kada odnos dubine mora i gaza iznosi samo 1.1.

Ukupna sila morske struje uz navedene pretpostavke iznosi kako slijedi:

Brzina morske struje	Konvencionalni LNG	Q-Max LNG
0,5 čv.	74,9 kN (7,5 t)	86,3 kN (8,6 t)
1,5 čv.	532,7 kN (53,3 t)	613,5 kN (61,3 t)

Tablica 31 Ukupna sila morske struje za referentne brodove

Kada je LNG brod privezan na FSRU terminal djeluje samo dužobalna struja i to na oba plovila. Stoga je ukupna sila zbroj sile koja djeluje na LNG brod i sile na FSRU. Tako ako primjerice konvencionalni LNG brod (L=290 m) privezan na Q-Max FSRU (L=345 m), ukupna sila morske struje od 0,5 čvora iznosi 16,1 t (7,5 t + 8,6 t).

6.1.3 Utjecaj valova

Sila valova na plovne objekte djeluju na vrlo složen način pa procjena utjecaja valova visoke točnosti zahtjeva složen proračun dvojbene primjenjivosti zbog niza pretpostavljenih rubnih uvjeta. Stoga se za procjenu koristi empirijski izraz provjeren pri procjeni potrebne sile tegljenja.

U skladu s navedenim sila valova koji djeluju okomito na uzdužnicu plovila može se prikazati izrazom:

$$F_{val} = C_{val(\varphi)} \cdot \rho_v \cdot g \cdot L \cdot \left(\frac{H_s}{2} \right)^2 \quad (2)$$

gdje su:

- F_{val} – sila kojom djeluje val [N],
- $C_{val(\varphi)}$ – empirijski koeficijent,
- ρ_v – gustoća vode [kg/m³],
- g – gravitacijska konstanta [m/s²],
- L – duljina broda na vodenoj liniji [m],
- H_s – signifikantna (značajna) valna visina [m].

Za slučaj referentnih brodova vrijedi sljedeće:

- Pretpostavlja se značajna visina vala za vrijeme koje je dopušten manevar od 1 m (max. visina od 2 m), a u slučaju visine vala preko 1,5 m valja očekivati manevar isplavljenja uslijed nastupanja izvanredne okolnosti; najveći očekivani valovi iz smjera SW mogu doseći visinu od 2,2 m.
- Pretpostavlja se djelovanje vala okomito na privezani brod.

- Pretpostavlja se empirijski koeficijent koji uz faktor sigurnosti 2 iznosi 0,7.⁴⁷

Temeljem navedenog ukupna (stalna) sila valova koja djeluje okomito na uzdužnicu broda iznosi:

Visina vala	Konvencionalni LNG L=290m	Q-Max LNG L=345m
1 m	255,2 kN (25,5 t)	303,5 kN (30,3 t)
1,5 m	574,1 kN (57,4 t)	682,9 kN (68,3 t)
2,2 m	1.234 kN (123,4 t)	1.469,2 kN (146,9 t)

Tablica 32 Ukupna sila valova na promatrane brodove

Valja istaći da je zbog konfiguracije okolne obale vjerojatnost pretpostavljene visine vala na mjestu terminala vrlo mala, posebice ako se uzmu u obzir i izrazito križanje mora u predmetnom području.

Kada je LNG brod privezan na FSRU terminal, silu valova koja djeluje okomito na uzdužnicu plovila valja računati samo za LNG brod. FSRU terminal je u tom slučaju zaklonjen brodom od izravnog utjecaja valova. Sila valova može u manjoj mjeri izravno utjecati na FSRU ukoliko je privezani LNG brod značajno manji od FSRU-a. Suprotno tome, ukoliko nema LNG broda, za silu valova koja djeluje okomito na uzdužnicu FSRU-a valja uzeti u obzir prethodno navedene vrijednosti.

6.1.4 Granični uvjeti manevriranja

Slijedom navedenih procjena vanjskih sila i dinamike referentnih brodova te standarda koji se koriste na drugim postojećim LNG terminalima tijekom manevriranja (u redovnim vremenskim prilikama) pretpostavlja se korištenje:

- 4 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN (50 t vučne sile) svaki pri manevru pristajanja, te
- 2 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN (50 t vučne sile) svaki pri manevru isplavljenja.

Ukupna vučna sila je procijenjena uzimajući u obzir najveću poprečnu silu vjetra i vala pri dopuštenim vremenskim uvjetima pristajanja i najveću silu morske struje koja se može očekivati na promatranom području te dodatnih 25% sile za potrebe manevriranja.

U slučaju da brod posjeduje jedan ili više pramčanih bočnih porivnika odgovarajuće snage manevar je povoljnim vremenskim uvjetima dopušteno provoditi korištenjem 3 tegljača pri pristajanju odnosno korištenjem jednog tegljača pri isplavljenju. Tegljači moraju raspolagati sa silom na kuki ne manjom od 500 kN. Odgovarajućom snagom pramčanih porivnika smatra se najmanje 250 kN porivne sile.

Slijedom navedenog pretpostavljaju se granični uvjeti za manevriranje pri pristajanju kako slijedi:

- najveća brzina vjetra od 25 čv (≈ 13 m/s) i
- signifikantna valna visina od 1,0 m (max. visina vala od 2 m).

Za izvođenje manevara odveza i isplavljenja, ovisno o smjeru djelovanja, dopušta se brzina vjetra do 25% veća u odnosu na granične brzine koje se primjenjuju za manevar pristajanja.⁴⁸

Za vrijeme manevriranja na terminalu odnosno u njegovoj neposrednoj blizini nije dozvoljeno manevriranje i plovidba drugim brodovima.

Konačno, predlaže se da najmanje tijekom prvih godinu dana ili prvih 10 prihvaćanja velikog LNG broda, što ranije nastupi, manevar priveza i odveza obavlja samo tijekom danjeg svijetla. Nakon tog razdoblja,

⁴⁷ Izvor: Hensen, H., Tug use in port – a practical guide, The Nautical Institute, London, 1997. Prema navedenom izvoru empirijski koeficijent za silu utjecaja valova kratkog perioda iznosi 0,35.

⁴⁸ Približno najviše 6 Beauforta pri pristajanju odnosno najviše 7 Beauforta pri manevru odlaska.

ako se na temelju prikupljenih iskustava zaključi da je i privez odnosno odvez noću jednako siguran Lučka kapetanija Rijeka može odobriti privez i odvez LNG brodova tijekom cijelog dana uz izradu dodatka maritimne studije.

6.2 NAJAVA I PRIHVAT BRODA

Zbog organizacijskih, sigurnosnih i sigurnosno-zaštitnih razloga obveza brodarka i zapovjednika LNG broda je pravovremeno najaviti terminalu dolazak LNG broda. Obveza najave s neophodnim podacima i dinamikom moraju biti javno objavljeni te su sastavni dio Plana o redu na terminalu (*Terminal booklet*). Podaci prve najave moraju uključivati najmanje:

- ime i identifikaciju broda,
- informacije o posljednjoj luci,
- datum i vrijeme završetka posljednjeg ukrcaja tereta,
- tehničke detalje o teretu i volumen planiranog iskrcaja, i
- predviđeno vrijeme dolaska.

Najava dolaska. Prvu najavu obvezno je poslati po završetku ukrcaja tereta odnosno po odlasku iz prethodne luke, zatim 48 sati prije dolaska, pa 24 sata te na kraju 6 sati prije dolaska. Potvrdu spremnosti (*Notice of Readiness*) zapovjednik LNG broda je dužan poslati terminalu po dolasku na peljarsku stanicu, čime potvrđuje da brod spreman za privez i planirani prekrcaj.

Pod pojmom prihvata broda podrazumijevaju se sve radnje od trenutka ulaska LNG broda u teritorijalno more Republike Hrvatske do početka manevra priveza. Brodovi se javljaju VTS službi⁴⁹ po ulasku u teritorijalno more Republike Hrvatske na VHF kanalu 10 ili 60 (sektor B) te po ulasku u Sektor upravljanja Rijeka (unutrašnje morske vode) na VHF kanalu 14 ili 62. VTS služba sukladno odobrenju najave dolaska broda od strane lučke Kapetanije izdaje odobrenje uplovljavanja u Sektor upravljanja te vrši nadzor nad plovidbom broda do Sektora manevriranja. Po dolasku u Sektor manevriranja u Riječkom zaljevu brodovi se javljaju Lučkom kontrolnom centru (LKC) Rijeka na VHF kanalu 09 koje izdaje odobrenje za privez ili sidrenje.

Nadzor plovidbe. Sa gledišta sigurnosti broda, tereta i uvjeta koji vladaju na plovidbenom putu (vidi poglavlje 2.5 *Maritimna sigurnost*) LNG brodovi moraju biti pod pojačanim nadzorom od trenutka uplovljavanja u unutrašnje morske vode, a posebice u Kvarnerski zaljev pa do trenutka njihova isplavljanja.

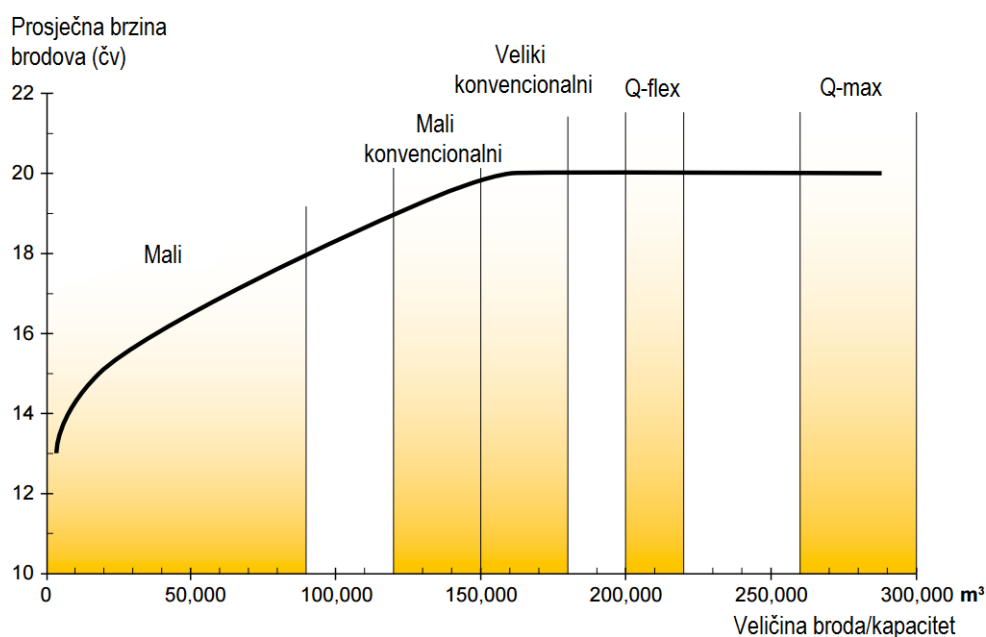
S obzirom na obilježja broda i sprečavanje opasnosti od sudara predlaže se uvođenje nadzora domene broda odnosno osiguranje slobodnog prostora oko broda od strane VTS službe odnosno LKC-a Rijeka za vrijeme plovidbe od ulaska u prolaz Vela vrata do pristana odnosno sidrišta. Ovom mjerom nadzorne službe bi preuzele obvezu nadzora plovidbe LNG broda te pravovremeno upozoravale druge brodove u plovidbi u blizini o potrebi održavanja potrebnog sigurnog razmaka. Domena broda koja bi osigurala zadovoljavajući stupanj sigurnosti i kod najvećih LNG brodova odnosno pružila dovoljno vremena za manevar izbjegavanja sudara s brodom koji nailazi iz bilo kojeg smjera jest prostor od 1.000 m po pramcu i krmu broda te 500 m sa svake strane. Navedeni prostor iznosi približno 3 dužine i 10 širina Q-Max broda.

Uvođenjem ove mjere izbjegla bi se mimoilaženja LNG broda na malim udaljenostima sa ostalim brodovima u plovidbi, čime se znatno povećava sigurnost plovidbe s obzirom na osjetljivosti tereta koji prevoze.

⁴⁹ Sukladno *Pravilniku o sigurnosti pomorske plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske te načinu i uvjetima obavljanja nadzora i upravljanja pomorskim prometom.*



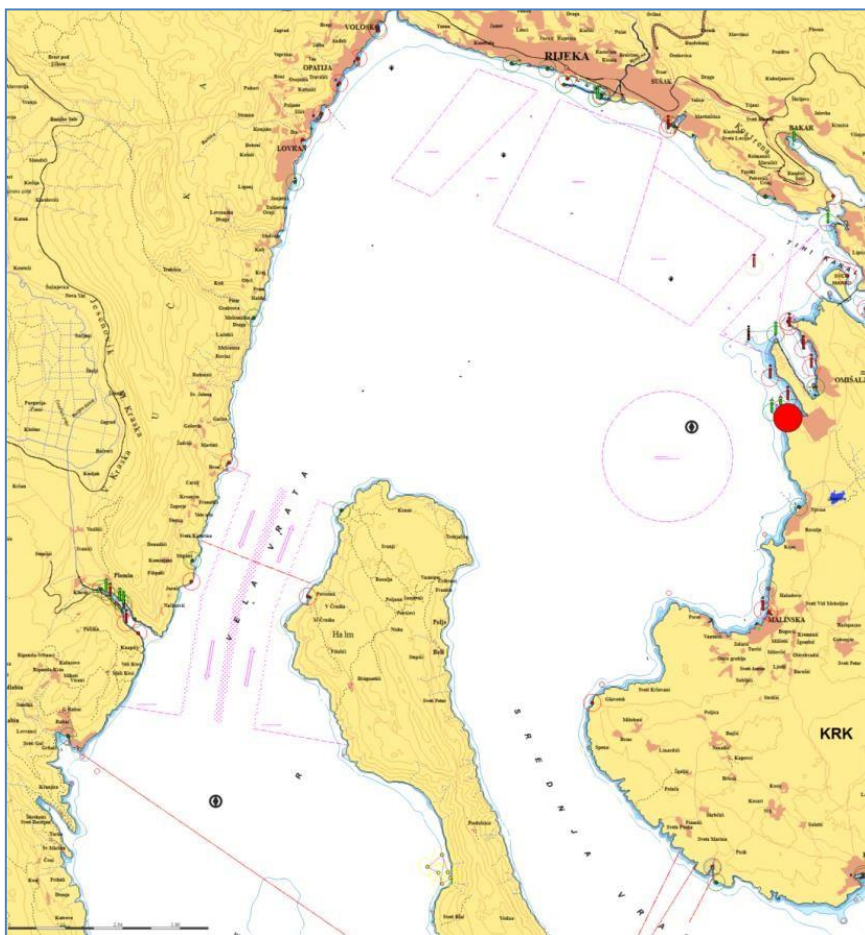
Slika 44 Preporučena domena LNG broda (zeleno) na uobičajenom plovidbenom putu prilaza



Slika 45 Prosječne brzine LNG brodova različitih veličina

Sukladno postojećem uređenju plovidbe kroz prolaz Vela vrata brzina plovidbe trgovačkih brodova u plovidbenim stazama nije ograničena. Međutim, za razliku od tankera za prijevoz ulja kojima se uobičajena brzina kreće u rasponu od 12 do 14 čvorova LNG brodovi mogu postizati brzine i do 21 čvor, čime se značajno smanjuje raspoloživo vrijeme za manevar izbjegavanja sudara.

S obzirom da će se sa izgradnjom novog LNG FSRU terminala povećati broj brodova koji prevoze opasan teret i to razmjerno velikim brzinama, dodatno se predlaže uvođenje ograničenja brzine na 15 čvorova za plovidbu svih brodova koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju u području sustava usmjerene plovidbe Vela vrata. Uvođenjem ove mjere bi se povećala sigurnost i u Riječkom zaljevu jer bi tankeri i LNG brodovi došli u zaljev već smanjenom brzinom koju ne bi povećavali zbog udaljenosti od oko svega 10-tak M do pristana odnosno sidrišta.



Slika 46 Prijedlog smještaja peljarske stanice za LNG brodove

Peljarenje. Peljarska služba poziva se na VHF kanalu 12. Peljar dolazi na brod uz pomoć peljarske brodice. Brod je dužan pri ukrcaju peljara peljarskoj brodici pružiti zavjetrinu, a peljaru osigurati siguran uspon na brod uz pomoć peljarskih ljestava, brodskim ljestvama ili kombinacijom peljarskih ljestava i siza. Plovidbu s peljarom na brodu valja izvoditi prema uobičajenim pravilima struke.

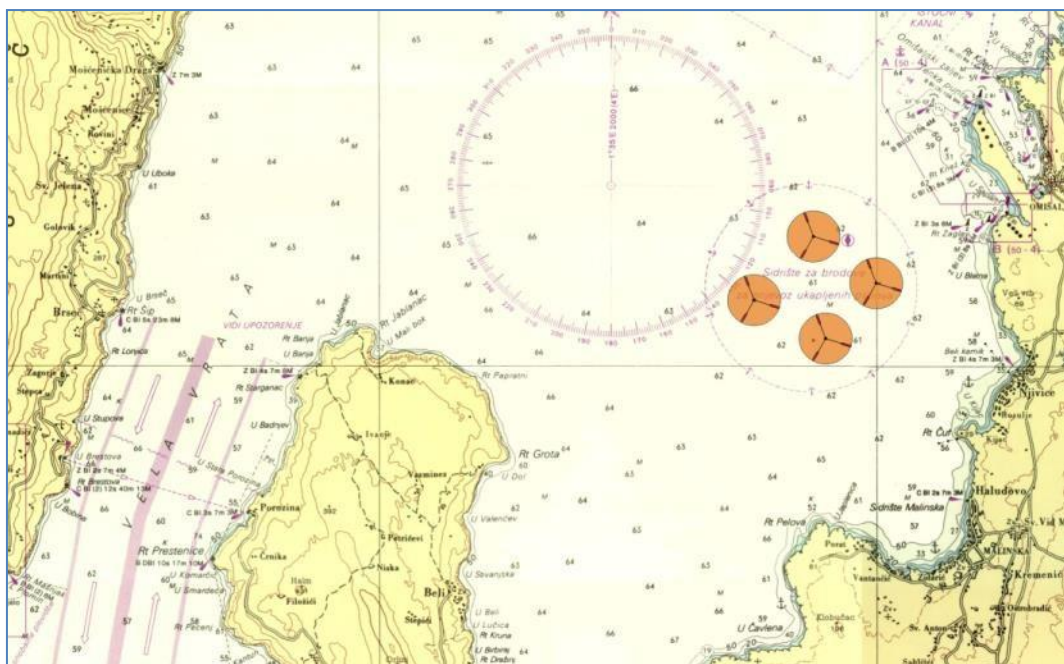
Postojećim uređenjem prihvat lučkog peljara za brodove za prijevoz ukapljenih plinova obavlja se na mjestu za ukrcaj peljara kako je ucrtano na pomorskim kartama, odnosno na $45^{\circ}11,8' N$, $014^{\circ}29,4' E$. Peljarska stanica nalazi se unutar sidrišta za brodove za prijevoz ukapljenih plinova, približno 2 M zapadno od predviđenog LNG FSRU terminala. Položaj peljarske stanice kako je ona danas ucrtana nije prihvatljiv za prihvat LNG brodova iz nekoliko razloga, no ponajprije zato što se nalazi preblizu mjestu priveza te posebice zato što otežava manevar priveza i lijevim i desnim bokom (u jednom slučaju brod prilazi znatno južnije, u drugom sjevernije).

Stoga se, vodeći se istim načelima kao u slučaju ograničenja brzine, predlaže uvođenje obveznog peljarenja kroz prolaz Vela vrata do mjesta priveza za sve brodove koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju duže od 250 m. Za provedbu ove mjere neophodno je uspostaviti peljarsku stanicu južno od prolaza Vela vrata za ukrcaj odnosno iskrcaj peljara.

Dodatno, predlaže se tijekom prve godine od puštanja terminala u rad koristiti dva peljara⁵⁰. Ukoliko iskustvo pokaže da je jedan peljar dovoljan, obvezu korištenja dva peljara može se nakon stjecanja dovoljno iskustva izmijeniti.

⁵⁰ Predlaže se dodatno na isti način propisati i obvezu peljarenja s dva peljara te ukrcaj peljara na novoj peljarskoj stanici i za sve brodove duže od 250 m koji prevoze opasne ili škodljive tekuće terete.

S obzirom na složenost priveza, posebno tijekom ljetnog razdoblja predlaže se ne dopustiti izuzeće od obveze peljarenja, bez obzira na broj manevara koji određeni zapovjednik na nekom brodu napravi.



Slika 47 Postojeće sidrište za brodove za prijevoz plina s ucrtanim lazanim krugovima promjera 1.500 m

Obzirom na uobičajenu praksu predlaže se obavezno korištenje peljarskog računala (*Portable Pilot Unit – PPU*). Peljarsko računalo mora zadovoljiti najmanje sljedeće:

- imati autonomno određivanje položaja i smjera kretanja,
- osigurati horizontalnu točnost položaja od 0,50 m ili manje,
- osigurati pokazivanje smjera kretanja broda od 0,5° ili manje (izračunato),
- osigurati pokazivanje promjene smjera kretanja (ROT) od 0,5° ili manje,
- mjeriti brzinu kretanja u svim smjerovima s točnošću od 0,02 m/s ili manje.

Iznimno, u uvjetima dobre vidljivosti i vjetrova brzine manje od 5,0 m/s na mjestu pristana može se koristiti i PPU koji preuzima podatke o kretanju od brodskog sustava.

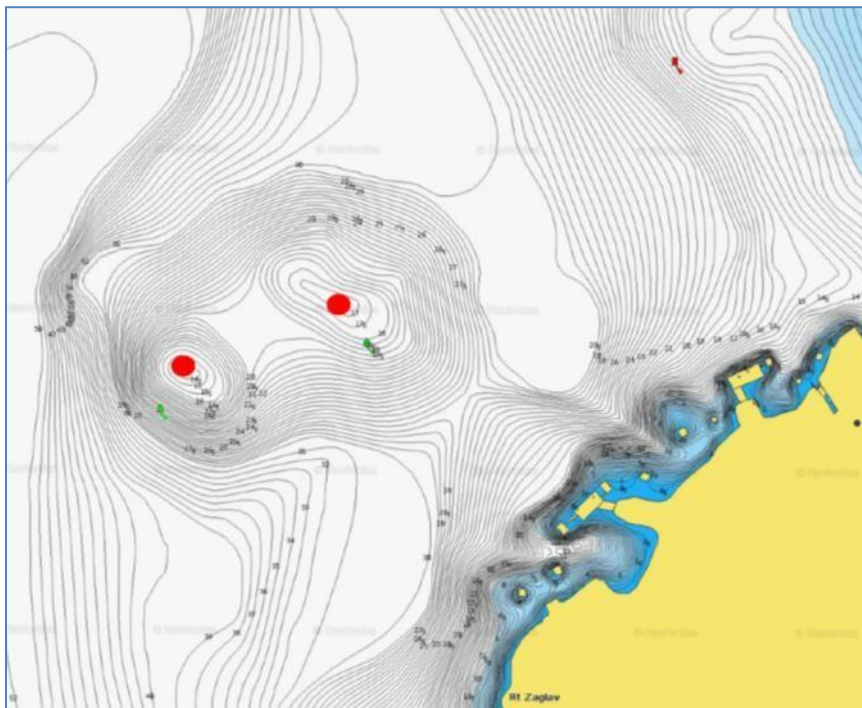
Sidrište. U slučaju potrebe za sidrenjem, LNG brod valja sidriti na postojećem sidrištu namijenjenom brodovima za prijevoz ukapljenih plinova. Ukoliko dođe do potrebe sidrenja dvaju LNG brodova njihova međusobna udaljenost mora biti najmanje 0,8 M odnosno približno 1.500 m. Sidrenje više od dva LNG broda je iznimno malo vjerojatno, no i u tom slučaju moguće je na postojećem sidrištu usidriti najviše 4 LNG broda pod nadzorom nadležne VTS službe te na primjereni način koji će osigurati zadovoljavajuću razinu svih usidrenih brodova. Potrebno je naglasiti da postojeće sidrište trenutno koriste i LPG brodovi koji pristaju na terminal za ukapljene naftne plinove Sršćica. Istovremeno sidrenje LNG i LPG broda je dozvoljeno na način da su zadovoljeni prethodno određene međusobne udaljenosti LNG brodova.

6.3 MANEVAR PRISTAJANJA I PRIVEZA BRODOVA

Brodovi koji su pristajali u uvali Sapan na dosadašnji terminal DINA Petrokemija, u pravilu su bili manji brodovi dužine do 150 m i privezivali su se najčešće lijevim bokom. Osnovni razlog takvog priveza jest usmjeravanje broda pramcem prema otvorenom dijelu uvale tijekom boravka na vezu zbog olakšanog prisilnog napuštanja veza u slučaju izvanrednih okolnosti pa i bez tegljača. Drugi razlog jest što većina brodova ima desnokretne vijke kojima se u vožnji krmom, uslijed djelovanja sile izboja, krma broda zanosi u lijevu stranu odnosno prema terminalu što djelom pojednostavljuje manevar u posljednjoj fazi. Međutim,

zbog prostornih ograničenja uvale Sapan cjelokupan manevar pristajanja se izvodio izrazito složeno odnosno prilazom broda iz smjera sjeverozapada uz Rt Knez te okretom broda neposredno ispred pristana.

Manevriranje brodova posebno otežava i prisutnost pličine (13,7 m) koja se nalazi oko 250 m od obalnog ruba u smjeru sjeverozapada. Pličina je označena s dvije zelene navigacijske oznake.



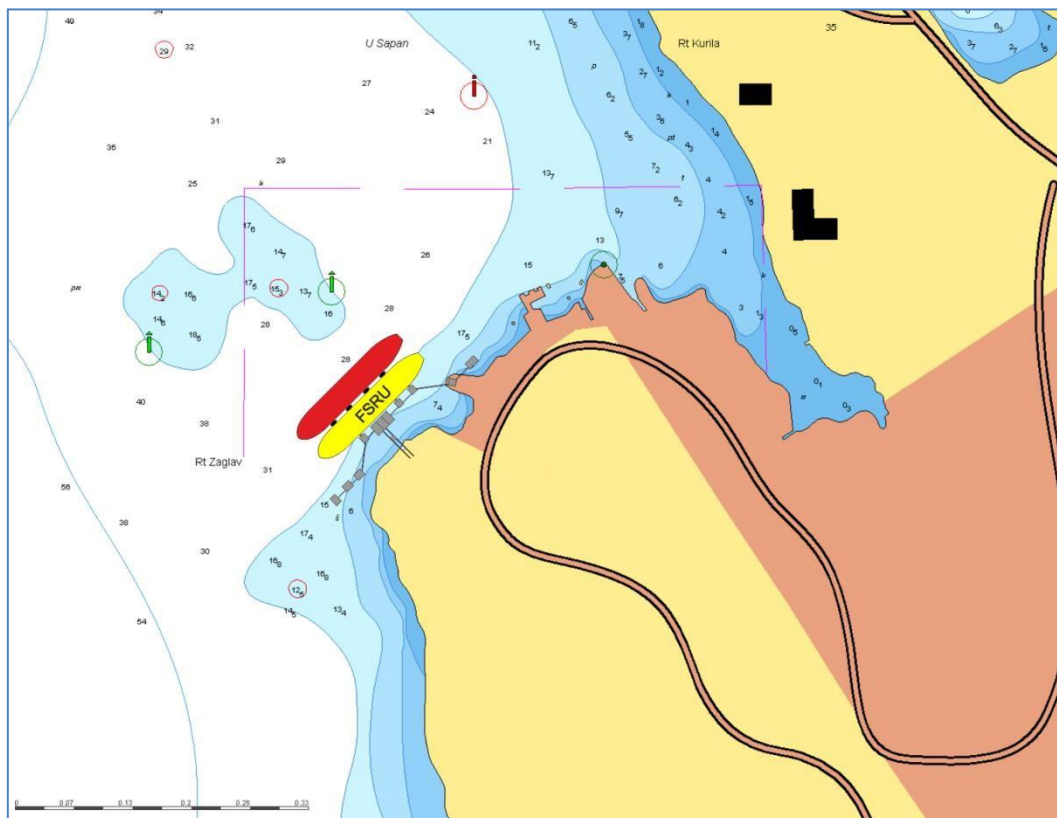
Slika 48 Položaj pličina koje je potrebno jaružati na dubinu od 15 m

Za siguran manevar iz bilo kojeg smjera i boravak najvećih LNG brodova pretpostavlja se jaružanje pličine (13,7 m) ispred predviđenog terminala na dubinu najmanje -15 m.⁵¹ Procjenjuje se da je za to potrebno jaružati približno 11.000 m³.

FSRU brod bit će privezan lijevim bokom na pristan, pramcem prema otvorenom dijelu uvale. S obzirom da je FSRU terminal u naravi brod sposoban za manevriranje i plovidbu te tu sposobnost mora cijelo vrijeme održavati, njegova orijentacija mora biti tome prilagođena. U slučaju prisilnog napuštanja veza u izvanrednim okolnostima, manevar odlaska FSRU-a je značajno olakšan ukoliko je privezan lijevim bokom odnosno pramcem prema otvorenom dijelu uvale. U nekim okolnostima, s obzirom na meteorološke prilike, to se može učiniti i bez pomoći tegljača iako takav odlazak treba izbjegavati

Nadalje, orijentacija terminala utječe na orijentaciju priveza LNG broda. Općenito, LNG brodovima pa tako i FSRU brodovima manifold za prekrcaj tereta može biti na različitim udaljenostima od sredine broda, ali najčešće se nalaze nešto više po krmu od sredine. U pravilu, zbog poravnavanja i spajanja manifolda brodovi slične ili veće dužine od FSRU-a moraju biti privezani na FSRU jednakom orijentacijom (pramac na pramac). LNG brodovi koji su manji od FSRU-a u dovoljnoj mjeri, mogu biti privezani i suprotnom orijentacijom na FSRU (pramac na krmu) ukoliko se njihovi manifoldi mogu međusobno poravnati nakon priveza. Mogući odnosi priveza ovise o tehničkim značajkama budućeg LNG FSRU terminala i svakog pojedinog LNG broda u dolasku. Učestalost dolazaka određenih brodova s obzirom na njihovu veličinu i/ili značajke te iskustvo o zahtjevnosti manevriranja pri pristajanju ili dolasku mogu naknadno utjecati na prilagodbu odnosno promjenu orijentacije FSRU broda od one koja se predlaže u ovoj studiji.

⁵¹ Sukladno Studiji o utjecaju zahvata na okoliš *Uvozni terminal za ukapljeni prirodni plin na otoku Krku*, Oikon d.o.o. Institut za primijenjenu ekologiju, 2013, Zagreb.



Slika 49 LNG brod (crveno) privezan lijevim bokom na FSRU terminal (žuto) te prikaz pličine neposredno ispred pristana

Temeljem navedenog, preporuča se da privez FSRU-a bude lijevim bokom.

Uplovljavanje i isplovljavanje LNG brodova bez tegljača nije prihvatljivo. Dodatno, pretpostavlja se postojanje jednog tegljača u pripravnosti na dostatnoj udaljenosti od terminala, a za slučaj izvanrednih okolnosti za vrijeme boravka LNG broda na vezu.

U narednim slikama prikazani su opći (načelni) manevri pristajanja i isplavljenja uz sljedeće pretpostavke:

- predmetne pličine te dvije pripadajuće zelene navigacijske oznake su uklonjene, sukladno stanju u stvarnosti nakon puštanja terminala u rad,
- FSRU terminal (L=300m) je na stalnom privezu lijevim bokom odnosno pramcem prema otvorenom dijelu uvale,
- LNG brodovi (L=300m) privezuju se jednakom orijentacijom na FSRU,
- LNG brodovi manje duljine (L<250m) mogu se privezati i suprotnom orijentacijom na FSRU.

Prikazani manevri pristajanja LNG broda izvode se korištenjem četiri tegljača što predstavlja najmanji broj tegljača potrebnih za siguran privez broda bez pramčanih bočnih porivnika. Manevri koji se izvode s više ili manje tegljača nisu posebno opisani. Naime, sam tok izvođenja manevra može biti sličan prikazanom dok će način i točno mjesto prihвата tegljača ovisiti o trenutnim vremenskim prilikama kao i obilježjima broda.

U pravilu se prvo prihvaća krmni tegljač i to najčešće čeličnim užetom kroz središnje oko. Također, na krmu se u pravilu postavlja najjači tegljač. Zatim slijedi pramčani tegljač, te na kraju i bočni tegljači. No, ovaj redoslijed može biti i drugačiji, ako to okolnosti iziskuju. Tegljači za potiskivanje mogu se prihvatiti na

pramcu i krmi izvan krmenog i pramčanog zakrivljenja približno na 1/5 duljine broda od krme i pramca⁵² uz uvjet da se osigura primjerena duljina teglja za povlačenje u slučaju potrebe. Izbor načina manevriranja te način, redosljed i mjesto prihvata tegljača u svakom pojedinom slučaju dogovaraju peljar i zapovjednik, a temelji se na tehničko-tehnološkim obilježjima broda i trenutno prevladavajućim vremenskim prilikama.

Konačno, valja primijetiti da su manevri pristajanja i odlaska jednaki za slučaj dolaska FSRU-a i LNG broda.

Pristajanje lijevim bokom

U slučaju pristajanja lijevim bokom moguća su dva manevra, prilaskom iz unutrašnjeg dijela uvale i izravnim dolaskom na terminal. Manevar prilaska iz unutrašnjeg dijela uvale jest manevar koji se provodio na postojećem terminalu DINA Petrokemija. U tom slučaju brod se mora približavati terminalu iz smjera NNW u smjeru crvene oznake neposredno ispred rta Knez. Tijekom približavanja prihvaćaju se tegljači na krmenom i pramčanom dijelu broda.

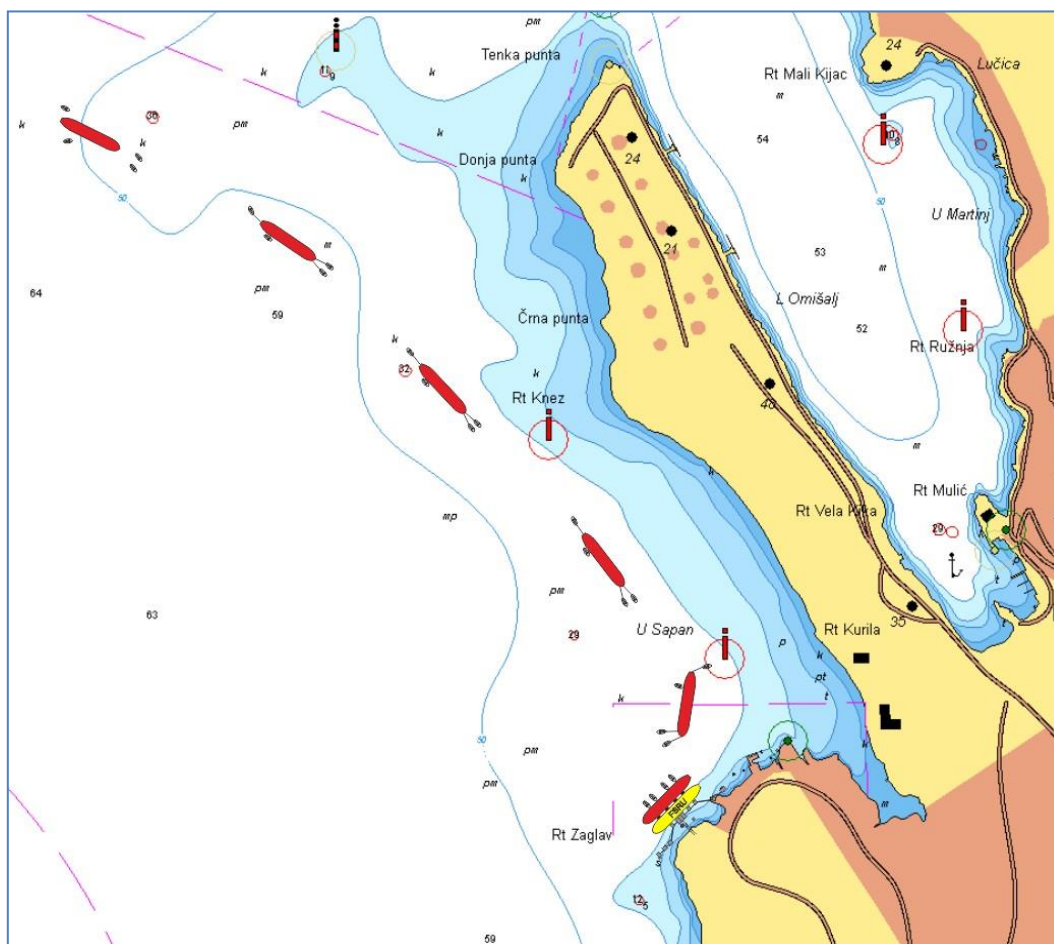
Na pramcu se prihvaćaju po dva tegljača za povlačenje. Na krmi se prihvaća jedan za povlačenje kroz centralno oko za privez, a drugi uz desni bok za potiskivanje.

Od crvene oznake rta Knez brod plovi usporedno s obalnim rubom do druge crvene oznake ispred rta Kurila. Između posljednje oznake i terminala, gotovo na mjestu, brod se mora okrenuti za približno 90° u desnu stranu koristeći tegljače. U završnom dijelu postavlja se usporedno s terminalom do mjesta koje se nalazi približno jednu širinu broda udaljeno od terminala. Jedan pramčani tegljač se otpušta te postavlja uz desni bok na pramcu za potiskivanje.

Dolaskom i zaustavljanjem usporedno s terminalom bočni tegljači započinju s potiskivanjem broda prema terminalu. Sila potiskivanja broda ovisi o smjeru i brzini vjetera, a manje o djelovanju morske struje i valova. U slučaju da je potrebno izvoditi uzdužne pomake broda koristit će se glavni brodski porivnik. Uobičajena brzina prilaza broda terminalu valja se kretati do 0,15 m/s, a ograničava se uz pomoć tegljača za povlačenje na krajnjem dijelu pramca i krme. Brzina prilaza se može regulirati i uz pomoć bočnih tegljača koji s potiskivanja mogu prijeći na povlačenje broda i obrnuto te korištenjem suprotnog smjera djelovanja pramčanog porivnika. Prema dogovoru zapovjednika broda i peljara u završnoj fazi bočnog prilaženja broda tegljač koji povlači na pramcu i/ili krmi može otpustiti svoj tegalj te pristupiti potiskivanju.

Kada se brod dovoljno približi terminalu postavljaju se brodski privezni konopi, u pravilu prvo springovi, a zatim bočni te pramčani i krmeni. Brodovi referentne veličine ne koriste privezne konope za privlačenje broda, nego se koriste isključivo tegljači koji potiskuju brod uz FSRU.

⁵² Zakrivljeni dio trupa broda, na pramcu i na krmi, izvan područja paralelnog srednjaka ne dozvoljava prihvata tegljača ako se tegljač namjerava koristiti za potiskivanje broda. Pri potiskivanju broda tegljači se moraju nasloniti na dio broskog trupa koji je konstrukcijski predviđen za tu namjenu. Taj dio broskog trupa je pojačan i označen slovom "T" ili „TUG“.



Slika 50 Načelni način manevra pristajanja broda lijevim bokom

Prethodni način pristajanja uobičajeno neće koristiti najveći LNG brodovi (Q-Max brodovi). S najvećim LNG brodovima, kojima su manevarske sposobnosti razmjerno skromne, gdje je moguće izvodi se manevar izravnog dolaska.

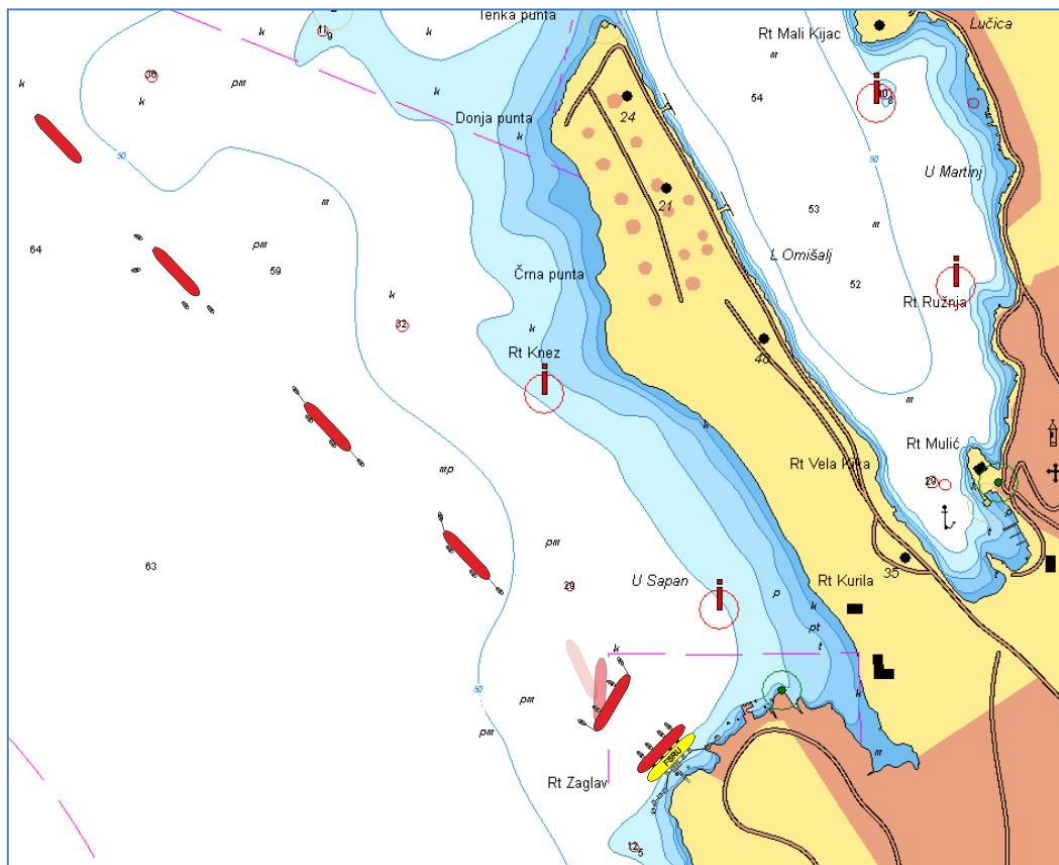
U manevaru izravnog dolaska brod prilazi pramcem ravno u smjeru terminala smanjenom brzinom. U ovom slučaju smjer dolaska nije presudan. Na pramcu i krmi se prihvaćaju po dva tegljača, jedan se prihvaća za povlačenje kroz centralno oko za privez ili drugo pogodno mjesto, a drugi se prihvaća uz bok za potiskivanje. Jednu do dvije dužine broda prije terminala brod se svojim porivom i uz pomoć tegljača gotovo potpuno zaustavlja te započinje okret u stranu za 90°.

Za okret se najviše koristi snaga tegljača na pramcu za povlačenje i tegljača na krmenom boku za potiskivanje. Ostali tegljači pomažu, te služe i za ograničenje brzine okreta broda. Kada je brod postavljen usporedno sa terminalom započinje bočno potiskivanje broda do terminala. U ovakvom slučaju manevar pristajanja desnim ili lijevim bokom je jednak. Konačan bočni prilazak terminalu i vezivanje odvija se kao i u prethodnom slučaju.

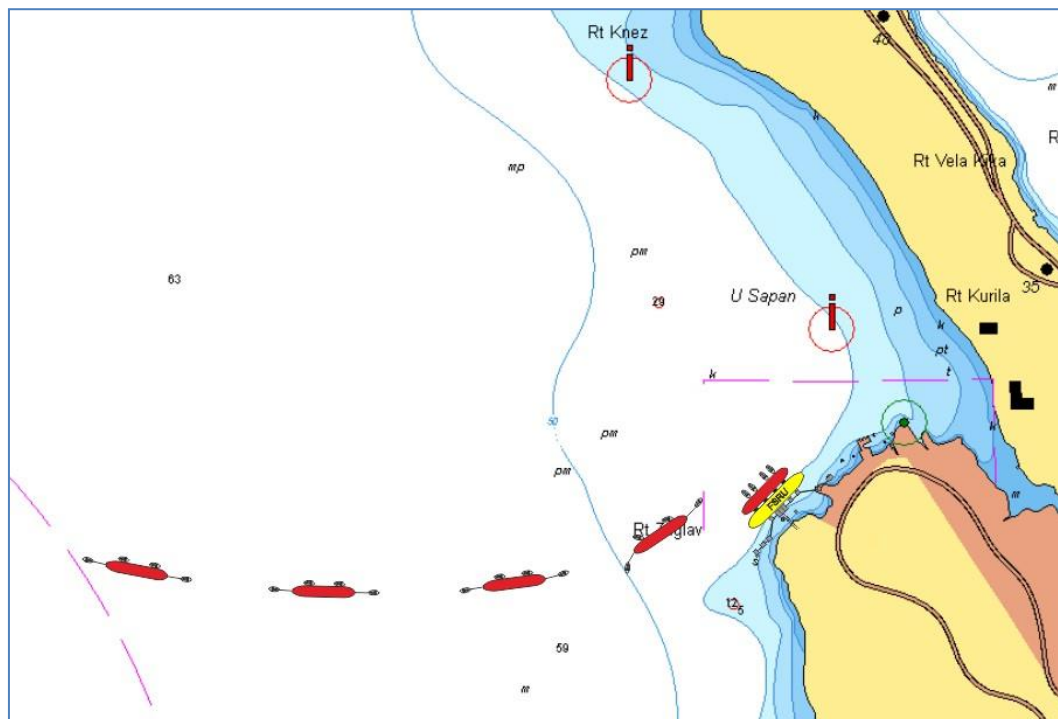
Manevar pristajanja izravnim dolaskom na FSRU i privez bilo lijevim ili desnim bokom može se smatrati jednom od najizglednijih načina pristajanja za veće LNG brodove koji koriste 4 tegljača za privez.

Pristajanje desnim bokom

Na FSRU koji je privezan lijevim bokom pristajanje LNG broda desnim bokom može se izvršiti ako je brod u dolasku manji od FSRU-a te ukoliko je poravnavanje manifolda u suprotnoj orijentaciji moguće. U nastavku je opisan načelni manevar pristajanja LNG broda (L=250m) na FSRU (L=300m) desnim bokom za koji je pretpostavljeno da je poravnanje manifolda s terminalom moguće.



Slika 51 Manevar pristajanja lijevim bokom izravnim dolaskom na terminal (prilazni put može biti i različit od prikazanog, ovisno o zauzetosti sidrišta i drugim okolnostima)



Slika 52 Načelni način manevra pristajanja broda desnim bokom

Za manevar pristajanja desnim bokom, brod može prići izravnim dolaskom, što je ranije opisano, ili iz smjera zapada. U ovom drugom slučaju brod se mora približavati terminalu iz smjera WNW do WSW. Tijekom približavanja prihvaćaju se tegljači na krmenom i pramčanom dijelu broda. Na pramcu i krmi se

prihvaćaju po dva tegljača, jedan se prihvaća za povlačenje kroz centralno oko za privez ili drugo pogodno mjesto, a drugi se prihvaća uz lijevi bok za potiskivanje.

U povoljnim vremenskim prilikama brod prilazi terminalu pod kutom od 10° - 20° , a u završnom dijelu se postavlja usporedo s terminalom do mjesta koje se nalazi približno jednu širinu broda udaljeno od terminala. Brod se zaustavlja vlastitim porivom te uz pomoć krmenih tegljača. Pri nepovoljnijim vremenskim uvjetima prilaz terminalu izmijeniti će se ovisno o smjeru i brzini vjetera te djelovanju morske struje.

Dolaskom i zaustavljanjem usporedno terminalom bočni tegljači započinju s potiskivanjem broda prema terminalu. Konačan bočni prilazak i vezivanje odvija se kao i u prethodnim slučajevima priveza lijevim bokom.

6.4 MANEVAR ODVEZA I ISPLOVLJENJA

Za manevar odveza broda vrijede sve načelne napomene navedene u dijelu o privezu broda, a osnovni čimbenik koji određuje način manevra odveza su trenutno prevladavajući smjer i brzina vjetera.

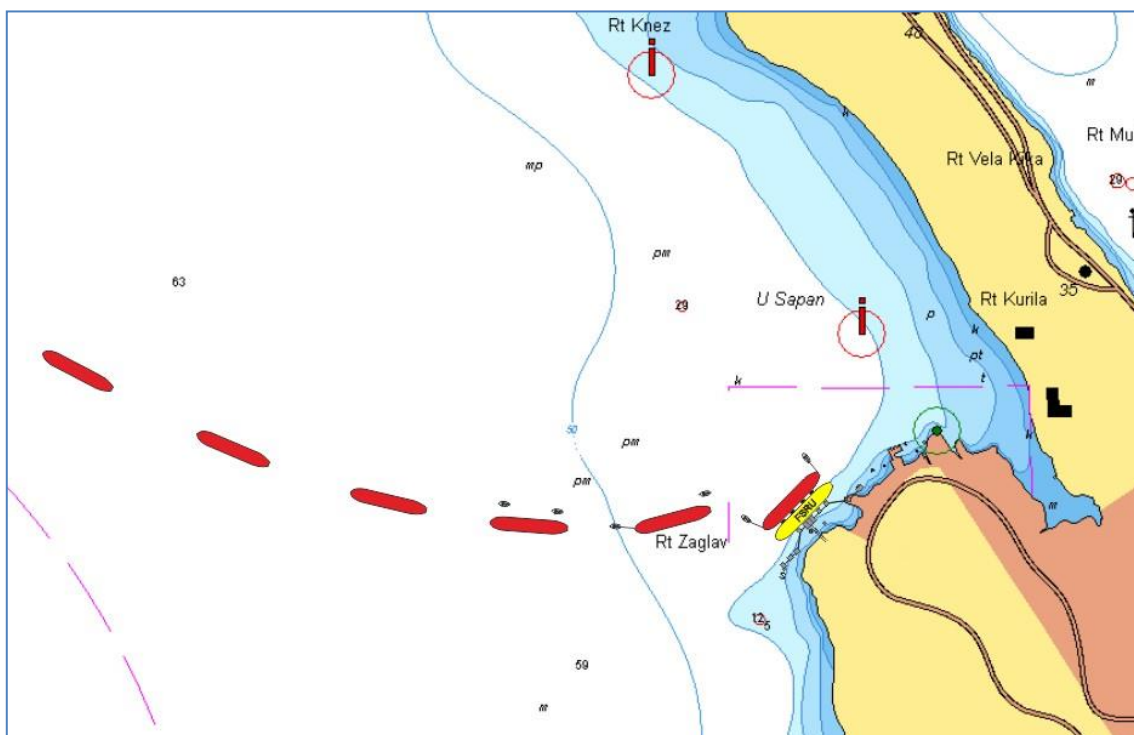
Način izvođenja manevra odveza i isplavljenja prikazan je korištenjem dva tegljača što predstavlja najmanji broj tegljača potrebnih za siguran odvez broda. Manevri koji se izvode s više tegljača nisu posebno opisani. Naime, sam tok izvođenja manevra sličan je prikazanim za manevriranje uz pomoć dva tegljača, a način i mjesto prihvata trećeg tegljača ovisiti će o trenutnim vremenskim prilikama kao i obilježjima broda. Općenito, način prihvata tegljača trebaju usuglasiti zapovjednik broda i peljar neposredno prije početka izvođenja manevra.

Manevar odveza i isplavljenja broda pri povoljnim vremenskim uvjetima, izvodi se na način da se oba tegljača prihvaćaju na krajnjim točkama krme i pramca za povlačenje broda. U slučaju da je brod opremljen pramčanim porivnikom on se dodatno koristi za potiskivanje pramca.

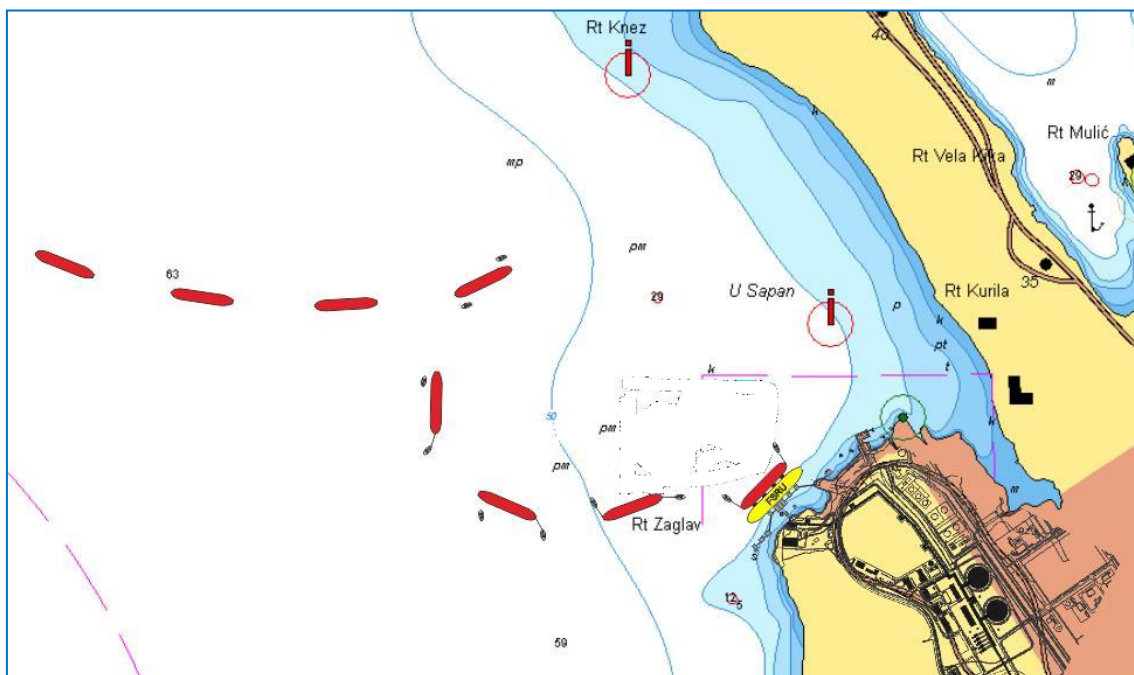
Prikazano je pet opcija manevra isplavljenja, jedan u slučaju priveza lijevim bokom s obzirom da je odlazak iz te orijentacije u manjoj mjeri složen te četiri u slučaju priveza desnim bokom.

Za razliku od uplovljenja, manevar isplavljenja broda privezanog lijevim bokom vrlo je jednostavan s obzirom da ispred pramca i u smjeru odlaska ne postoji zapreka te nije potreban okret broda. Nakon što su otpušteni privezni konopi brod se udaljava od terminala djelovanjem tegljača prihvaćenog na krmenom dijelu te tegljača na pramcu i/ili pramčanog porivnika. Na sigurnoj udaljenosti od terminala, najmanje jedne širine broda, koristeći glavni brodski porivnik i kormilo brod se vožnjom naprijed udaljava i postavlja u primjereni kut za isplavljenje. Tegljači se u povoljnim uvjetima mogu otpustiti odmah po izlasku iz sigurnosne zone odnosno nakon udaljenosti od 2-3 dužine broda od terminala.

Prva opcija manevra isplavljenja broda privezanog desnim bokom pogodna je u povoljnim vremenskim uvjetima za brodove s desnokretnim vijekom te se pretpostavlja korištenje brodskog stroja u većoj mjeri. Nakon što su otpušteni privezni konopi brod se udaljava od terminala djelovanjem tegljača prihvaćenog na krmenom dijelu te tegljača na pramcu i/ili pramčanog porivnika. Na sigurnoj udaljenosti od terminala, najmanje jedne širine broda, koristeći glavni brodski porivnik i kormilo te uz pomoć tegljača brod se vožnjom unatrag okreće do suprotnog smjera i postavlja u primjereni kut za isplavljenje (smjer W). Pri vožnji krmom okretu znatno pomaže sila izboja krme u lijevu stranu. Završetkom okreta u suprotni smjer i zaustavljanjem otpuštaju se tegljači (u slučaju povoljnih vremenskih uvjeta i ranije za vrijeme okreta), a brod se vlastitim porivom udaljava prema mjestu iskrcaja peljara uz pratnju najmanje jednog tegljača.



Slika 53 Manevar isplovljenja broda privezanog lijevim bokom



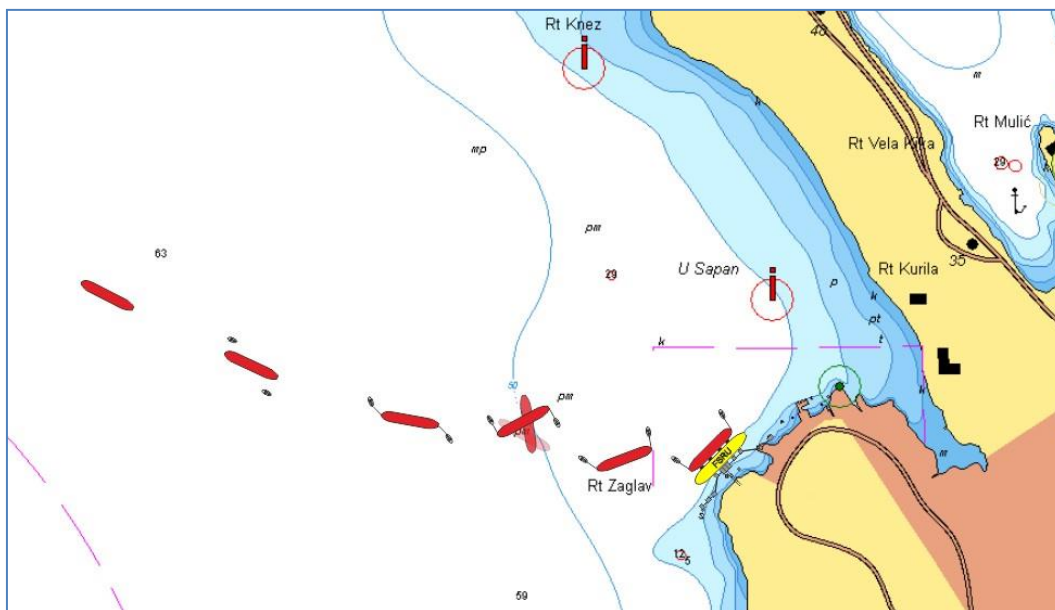
Slika 54 Manevar isplovljenja broda privezanog desnim bokom – opcija 1

U slučaju vjetrova iz južnih smjerova manevar će biti olakšan, međutim valja imati na umu mogućnost promjene smjera i intenziteta vjetra te je stoga nužno pratiti zaošijanje broda. Pojačani vjetar iz sjevernih i zapadnih smjerova iziskuje korištenje veće snage tegljača odnosno dodatnih tegljača te je potrebno postignuti značajniju udaljenost broda od terminala za siguran okret i odlazak. U tim slučajevima mogu biti prikladnije sljedeće opcije.

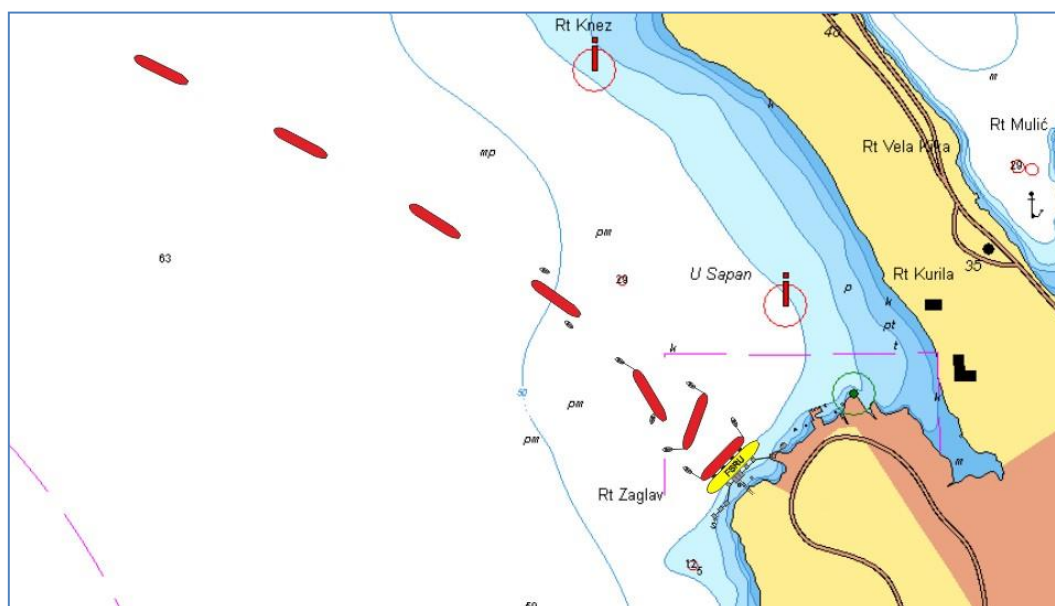
Druga opcija isplovljenja broda privezanog desnim bokom slična je kao prethodna, ali se za okret broda prvenstveno koriste tegljači, a u manjoj mjeri glavni poriv broda. Nakon što su otpušteni privezni konopi brod se udaljava od terminala djelovanjem tegljača te se na sigurnoj udaljenosti brod okreće u suprotni

smjer gotovo na mjestu. Za to vrijeme glavni poriv broda miruje, a tegljači samostalno okreću brod do povoljnog kursa odlaska.

Treća opcija isplovljenja broda privezanog desnim bokom izvodi se okretom pramca prema smjeru odlaska, te kao u prethodnom slučaju koriste se prvenstveno tegljači. Nakon što su otpušteni privezni konopi brod se udaljava od terminala djelovanjem tegljača na pramcu i krmi jednakom snagom. Na sigurnoj udaljenosti brod se okreće pramcem ulijevo jačim djelovanjem pramčanog tegljača i pramčanog bočnog porivnika. U drugoj fazi okreta kada više povlačenje krme nije potrebno krmeni tegljač se otpušta i postavlja za potiskivanje krme. Daljnjim djelovanjem oba tegljača brod se okreće u povoljan kurs za isplovljenje te se tegljači otpuštaju.

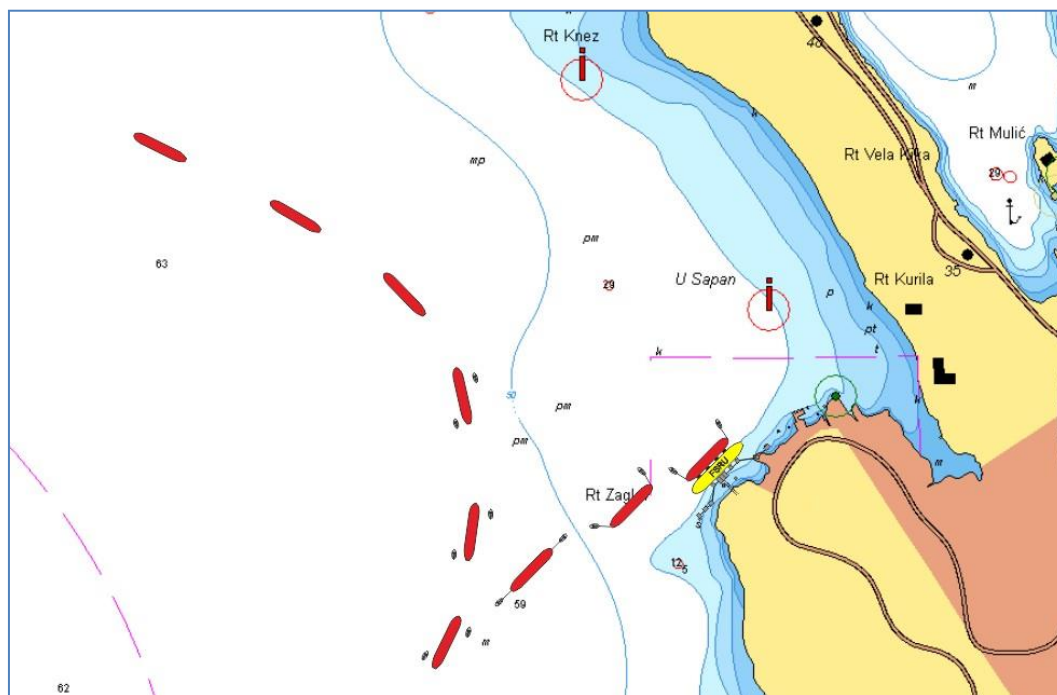


Slika 55 Manevar isplovljenja broda privezanog desnim bokom – opcija 2



Slika 56 Manevar isplovljenja broda privezanog desnim bokom – opcija 3

Četvrta opcija isplovljenja broda privezanog desnim bokom izvodi se na način da nakon bočnog udaljavanja broda od pristana djelovanjem tegljača brod kreće unazad vlastitim porivom u smjeru SE do otprilike 3-5 dužina broda. Oba tegljača se za vrijeme vožnje krmom postavljaju u uzdužnici broda pomažući pri usmjeravanju. Pramčani tegljač u povoljnim uvjetima može i prije zaustavljanja otpustiti tegalj te pristupiti potiskivanju pramca s desne strane. Nakon zaustavljanja brod vožnjom naprijed vlastitim pogonom okreće ulijevo do pogodnog kursa odlaska i peljarske stanice.



Slika 57 Manevar isplovljenja broda privezanog desnim bokom – opcija 4

Zaključno:

- (28) Granični uvjeti za pristajanje LNG broda uz FSRU brod su stalna brzina vjetra od 25 čvorova (≈ 13 m/s) i signifikantna visina vala od 1,0 m (max. visina vala od 2 m). Za izvođenje manevra isplovljenja, ovisno o smjeru djelovanja, brzina vjetra može biti i do 25% veća u odnosu na granične brzine koje se primjenjuju za manevar pristajanja.
- (29) Predviđa se uobičajeni postupak najave dolaska LNG broda.
- (30) Predlaže se provođenje pojačanog nadzora plovidbe LNG broda od strane nadležne VTS službe tijekom plovidbe kroz teritorijalno more Republike Hrvatske.
- (31) Predlaže se uvođenje sigurnosne domene oko LNG brodova odnosno osiguranje slobodnog prostora od strane VTS-a za vrijeme plovidbe kroz sustav usmjerene plovidbe Vela vrata do pristana odnosno sidrišta. Predlaže se veličina slobodnog prostora od 1.000 m po pramcu i krmu broda te 500 m sa svake strane.
- (32) Predlaže se uvođenje sigurnosne mjere ograničenja brzine na 15 čvorova za sve brodove koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju u prolazu Vela vrata.
- (33) Predlaže se uvođenje obveznog peljarenja kroz prolaz Vela vrata do mjesta priveza za sve brodove koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju duže od 250 m. Predlaže se uspostavljanje peljarske stanice južno od prolaza Vela vrata za ukrcaj odnosno iskrcaj peljara.
- (34) Predlaže se tijekom prve godine od puštanja terminala u rad koristiti dva peljara. Ukoliko iskustvo pokaže da je jedan peljar dovoljan obvezu korištenja dva peljara može se nakon stjecanja

- dovoljno iskustva izmijeniti. Također, predlaže se izuzeti LNG brodove od izuzeća od obveznog peljarenja.
- (35) Predlaže se obvezno korištenje peljarskog računala čija svojstva odgovaraju onima navedenim u tekstu studije.
 - (36) Ne predviđa se izmjena postojećeg sidrišta za brodove koji prevoze ukapljene plinove.
 - (37) Za siguran manevr iz bilo kojeg smjera i boravak najvećih LNG brodova pretpostavlja se jaružanje pličine (13,7 m) koja se nalazi oko 250 m od obalnog ruba novog LNG FSRU terminala u smjeru sjeverozapada na dubinu najmanje 15 m (mjereno od hidrografske nule).
 - (38) Tijekom manevriranja potrebno je koristiti korištenje 4 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN svaki pri manevru pristajanja i 2 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN svaki pri manevru isplovljenja.
 - (39) LNG Brod se u pravilu privezuje lijevim bokom, s pramcem prema otvorenom moru.
 - (40) Tijekom prvih godinu dana ili prvih 10 prihvaćanja velikog LNG broda, što ranije nastupi, manevr priveza i odveza obavlja samo tijekom danjeg svijetla. Nakon tog razdoblja, Lučka kapetanija Rijeka može odobriti privez i odvez LNG brodova tijekom cijelog dana uz izradu dodatka maritimne studije.

7 PLAN PRIVEZA LNG BRODA

Privezna oprema pristana i FSRU broda mora u svim pretpostavljenim uvjetima zadovoljavati uvjete sigurnog boravka FSRU broda te uz njega privezanog LNG broda. Pod priveznom opremom podrazumijevaju se:

- privezni konopi FSRU i LNG broda,
- privezna oprema FSRU i LNG broda (bitve, privezna vitla, vodilice konopa),
- obalna oprema - brzo otpuštajuće kuke i obalni odbojnici, te
- brzo-otpuštajuće kuke na FSRU brodu te odbojnici između FSRU i LNG broda.

Sile koje djeluju na FSRU brod odnosno na obalu (odnosno sile na priveznu opremu i odbojnice) jesu:

- sile okoline (vjetra, valova i morskih struja),
- sile kretanja dolaznih FSRU i/ili LNG broda (nastale kretanjem broda i/ili djelovanjem tegljača),
- sile priteznih konopa, vitala i odbojnika.

Siguran privez FSRU i LNG broda ostvaruje se, ako se priveznom opremom odnosno odbojnicima postigne:

- ravnomjeren i postupan prijenos kinetičke energije LNG broda na FSRU brod,
- uravnoteženi odnos svih sila koji djeluju na FSRU brod odnosno pristan tijekom boravka LNG broda.

7.1 PRILAZ BRODA

Prilaz LNG ili FSRU broda je dio plovidbe pri kojem se brod, samostalno ili uz pomoć tegljača približava bokom mjestu priveza te nakon čega prelazi u stanje mirovanja.

S obzirom na uobičajene veličine LNG odnosno FSRU (referentnih) brodova u nastavku se pretpostavlja jedino prilaz korištenjem tegljača koji bočno potiskuju brod prema terminalu. U slučaju kada je LNG ili FSRU brod opremljen s jednim ili više pramčanih porivnika tada dio sile koja pomiče brod prema mjestu priveza mogu stvoriti i ti porivnici. Ova sila rijetko je veća od 250 kN i približno odgovara potisku manjeg tegljača.

Zaustavljanje broda ostvaruje se naslanjanjem:

- FSRU broda na obalni pristan,
- LNG broda na odbojnice koji se nalaze na vanjskoj strani FSRU broda.

Obilježja odbojnika određuje ponajprije vršna energija tijekom priveza odnosno zaustavljanja LNG ili FSRU broda. Ova energija određuje se uobičajeno korištenjem metode koju preporučuje PIANC⁵³ i koja daje zadovoljavajuće rezultate. Izračun u nastavku je napravljen za dvije vrste brodova:

- konvencionalni LNG brod, istisnine 120.000 t, te
- veliki LNG (Q-Max) brod, istisnine 175.000 t.

Sa stajališta sigurnosti brodova meritorni su rezultati za Q-Max brod dok su rezultati konvencionalnog broda ponajprije ilustrativni.

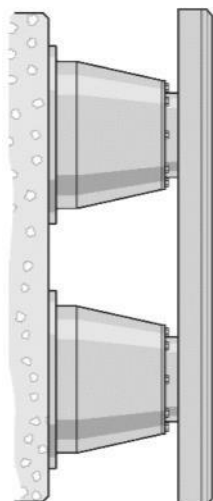
Pretpostavke proračuna jesu vrlo konzervativne jer pretpostavljaju brzine prilaza koje su 33% veće od očekivanih te uz značajan faktor sigurnosti (1.5). Rezultati jesu slijedeći:

⁵³ Permanent International Association of Navigation Congresses.

		LNG	Q-Max
Nosivost	DWT	90,000 t	125,000 t
Istisnina	MD	120,000 t	175,000 t
Dužina	LOA	298.0 m	345.0 m
Dužina između okomica	LBP	285.0 m	333.0 m
Širina	B	46.00 m	53.80 m
Gaz	D	11,80 m	12.30 m
Blok koeficijent	CB	0.76	0.728
PRIVEZ			
Vrst obale		Razvedena obala	
Izračun ekscentričnosti		Potpuni proračun	
Dubina ispod broda	UKC	3.00 m	3.00 m
Točka dodira (od pramca) %	x	25.00 %	25.00 %
Točka dodira (od pramca) m	x	69.28 m	83.00 m
Radius rotacije	K	75.08 m	85.98 m
Točka dodira od težišta	R	73.49 m	87.67 m
Kut prilaza	a	5.00 °	5.00 °
Vektor brzine	F	67.22 °	66.72 °
Koeficijent dodanih težina	CM	1.68	1.68
Koeficijent ekscentričnosti	CE	0.595	0.552
Koeficijent konfiguracije pristana	CC	1.000	1.000
Koeficijent mekoće	CS	1.000	1.000
PRIVEZNA ENERGIJA			
Brzina prilaza	VB	200 mm/s	200 mm/s
Energija priveza	EN	2.272 kNm	3.365 kNm
Faktor sigurnosti	FS	1.25	1.25
Vršna energija	EA	2.840 kNm	4.206 kNm

Tablica 33 Udarne energije sraza

Obalni odbojnici. Obalni odbojnici moraju preuzeti sve sile koje nastaju zaustavljanjem broda. U ovom slučaju pretpostavlja se zaustavljanje Q-Max broda na način kako je to utvrđeno u prethodno prikazanom izračunu.



Slika 58 Uobičajeni panel-odbojnik

Slijedom navedenog, na obalni pristan pretpostavlja se postavljanje panel-odbojnika energije apsorpcije najmanje 4.500 kNm (svaki) te dovoljne površine kako bi se osiguralo da pritisak na trup broda bude unutar dopuštenih ograničenja. Pretpostavlja se površina svakog panela odbojnika najmanje 25 m². Uobičajeno se pretpostavlja da ni u izvanrednim okolnostima tlak na trup broda ne bi trebao prijeći 200 kN/m².

S obzirom na pretpostavljenu konstrukciju pristana pretpostavlja se postavljanje najmanje tri panel-odbojnika opisanih svojstava i to po jedan na svaku priveznu utvrđicu.

Oprema za mjerenje brzine prilaza. Da bi se osigurala prihvatljiva energija nalijeganja broda na odbojnike odnosno na obalu potrebno je:

- ograničiti prilaznu brzinu broda kako opterećenja na obalnu konstrukciju (privezne utvrđice) odnosno odbojnike ne bude preveliko, te
- osigurati ravnomjerno nalijeganje na što sve odbojnike, opet kako bi se energija ravnomjerno prenosila na cjelokupnu konstrukciju.

U tom cilju pretpostavlja se ograničenje prilazne brzine FSRU brodu na 0,15 m/s uz preporuku da brzina bude oko 0,08 m/s, što je uobičajena brzina prilaza vrlo velikih brodova. U slučaju priveza manjih brodova (dužina do 200 m) prilazna brzina može biti i veća, no nikako veća od 0,20 m/s.⁵⁴

Slijedom navedenog terminal mora biti opremljen uređajem za lasersko mjerenje udaljenosti broda od obale te mjerenje brzine približavanja odnosno kuta odstupanja od ravnine pristana. Sustav mora biti u stanju izmjeriti najmanje:

- udaljenost do broda: u rasponu od 0 - 300m
- brzinu prilaženja: do 1,0 m/s
- kut broda: do 15°
- točnost udaljenosti: 25 mm
- točnost brzine: 2,5 cm/s
- točnost kuta: 0,5%

Prikaz podataka mora biti vidljiv danju i noću, u svim uvjetima osvjetljenosti, te prikazivati udaljenost do krme odnosno pramca, brzinu približavanja na krmi i pramcu, te kut broda u odnosu na ravninu pristana.

⁵⁴ S obzirom na predviđena obilježja obalnog pristana, FSRU broda i odbojnika prilazna brzina brodova kraćih od 200 metara ovisi jedino o čvrstoći trupa samog broda.



Slika 59 Obalni sustav za prikaz podataka

Za sve veličine mora biti prikazano najmanje jedno decimalno mjesto izmjerene vrijednosti. Laseri trebaju biti postavljeni na krajnjim rubovima obalnog pristana te moraju slati signal u kontrolnu sobu na FSRU brod. Poželjno je da budu vidljivi i s LNG broda, barem tijekom neposrednog pristajanja. Preporuča se postavljanje ekrana za prikaz podataka na krov upravljačke zgrade terminala na kopnu ili na krajnje utvrđice.

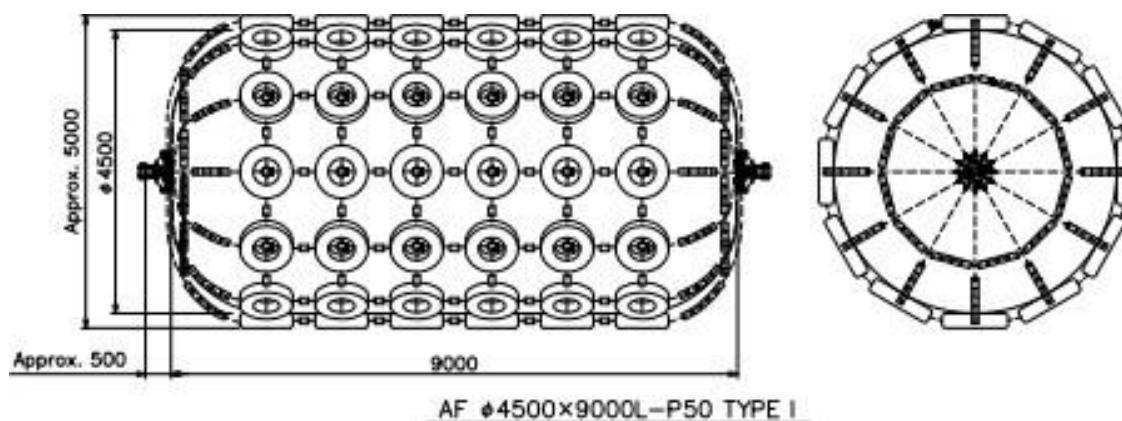
Sustav mora imati mogućnost spremanja podataka o prilazu broda te memoriranje podataka za najmanje 30 dana. Rezolucija mjerenja udaljenosti i izvedenih podataka koji se čuvaju mora biti najviše jedna sekunda.

Druga sigurnosna oprema pristana. Dodatno, pristan mora biti opremljen anemometrom s daljinskim očitavanjem podataka s mjerenjem smjera i brzine vjetera na visini od približno 10 m iznad razine mora. Podatak o brzini vjetera mora biti dostupan zapovjednicima FSRU i LNG broda.

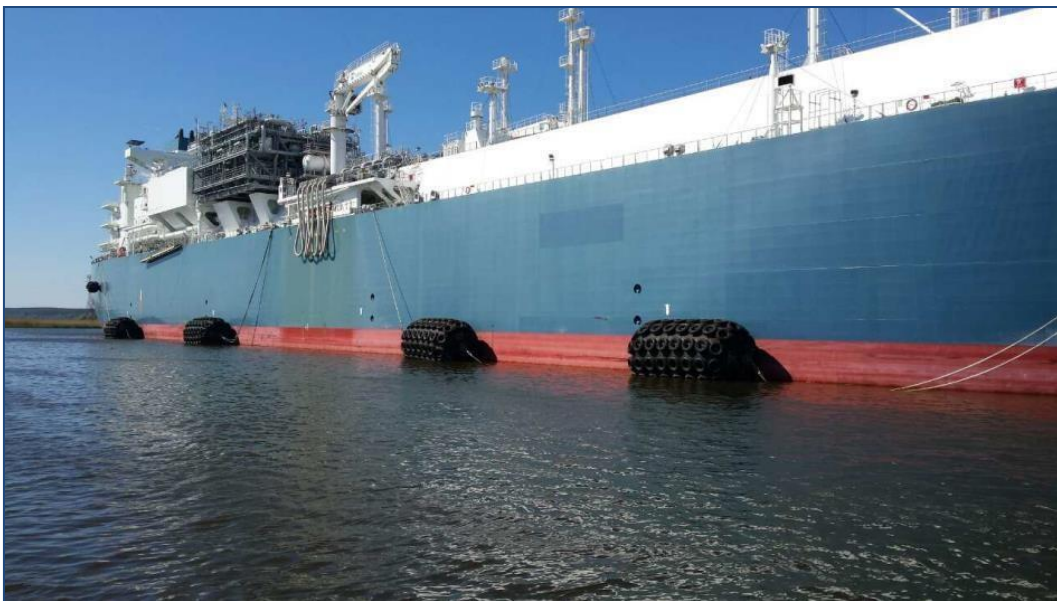
Brodski odbojnici. Brodski odbojnici jesu odbojnici koji apsorbiraju energiju prilaza LNG broda koji se vezuje na FSRU brod. U tu svrhu pretpostavlja se opremanje FSRU broda s četiri pneumatska odbojnika na paralelnom srednjaku te još dva manja na krajnjim točkama mogućeg dodira (tzv. "BabyFenders").

Na FSRU terminalu se stoga pretpostavlja korištenje četiri tzv. "Yokohama" odbojnika slijedećih svojstava:

- veličina 9,0 x 4,5 m
- tlak 50 kPa
- energija apsorpcije 4.600 kNm ili više
- pritisak na trup 150 kN/m² ili manje

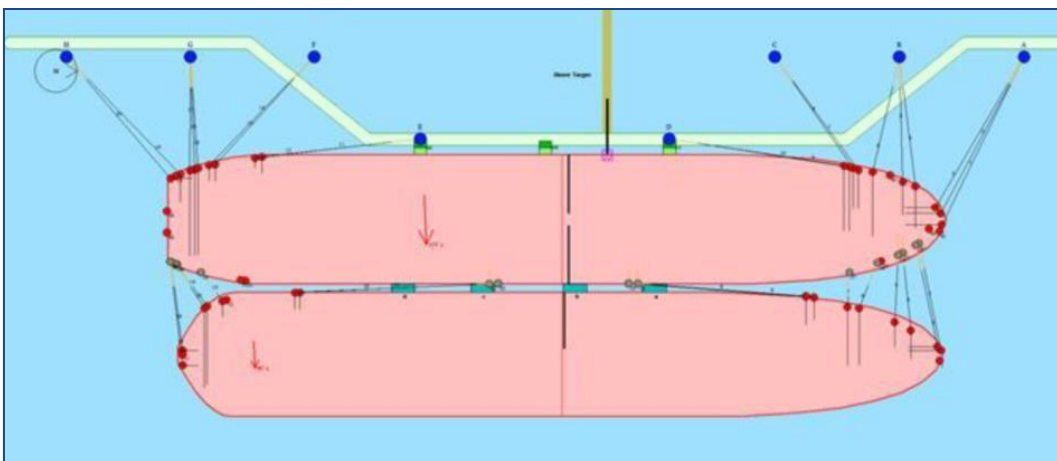


Slika 60. Uobičajeni „Yokohama“ odbojnik



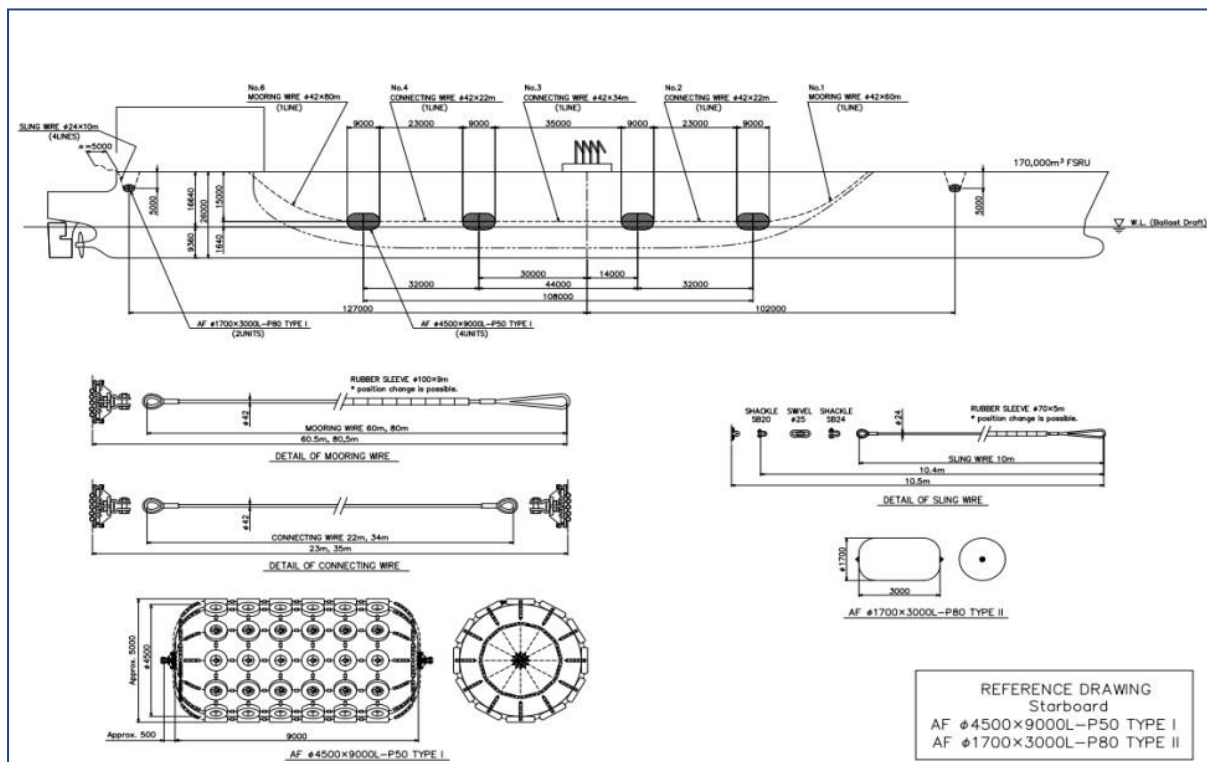
Slika 61 FSRU brod sa „Yokohama“ odbojnicima na strani priveza LNG broda

Brodski odbojnici moraju se postaviti tako da nisu izloženi oštećenjima izazvanim niskim temperaturama ukapljenog plina tijekom prekrcaja odnosno nakon okončanog prekrcaja. Također, pretpostavlja se zaštita gumenim elementima radi osiguranja veće trajnosti.



Slika 62 Shematski prikaz priveza LNG broda na FSRU brod

Dva manja gumena odbojnika se postavljaju na dijelu gdje završava paralelni srednjak FSRU broda na visinu otprilike 2-3 metra ispod glavne palube FSRU broda. Glavna zadaća im je sprječavanje udara LNG broda prilikom manevra dolaska i pristajanja bokom na FSRU brod ukoliko nije usporedan s FSRU brodom.



Slika 63 Primjer plana postavljanja brodskih odbojnika

Prilagođavanje brodskih odbojnika i njihov pregled obavlja se prije svakog priveza LNG brodova. Položaj u pravilu mora biti u skladu sa studijom kompatibilnosti (*Compatibility Study*) odnosno izračunom sila na pojedine privezne konope. Na temelju podataka određuje se i najmanji broj priveznih konopa kako bi se omogućio siguran privez na FSRU brod (*Optimoor Mooring Study*).⁵⁵

U slučaju prihvata LNG brodova u razvozu odbojnici se postavljaju bliže jedan drugom da omoguće pravilnije prislanjanje LNG broda na FSRU brod.

7.2 PRIVEZNI SUSTAV

Privezni sustav, posebice privezni konopi, moraju tijekom cijelog boravka FSRU broda te u svim dopuštenim okolnostima vjetrova, valova, morskih struja ili drugih okolnosti osigurati privez FSRU uz obalni pristan na način da niti jedna bitna funkcija FSRU broda ili obalne opreme nije ugrožena.

U pogledu opreme pretpostavlja se korištenje opreme u skladu sa zahtjevima navedenim u *Mooring Equipment Guidelines* 3. izdanje, OCIMF, te u skladu sa preporukama iz *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*, (ISGOTT), 5. izdanje.

Privezni sustav se može podijeliti:

- FSRU brod – obalni pristan (utvrđice),
- FSRU brod – LNG brod.

FSRU brod se privezuje na utvrđice čeličnim konopima (*Mooring wire*) visoke prekidne čvrstoće, promjera od 42 do 46 mm, ovisno o veličini FSRU broda. Čelik čela su pomoću spojnih karika (*Mandal shackle or Boss link*) spojena sa sintetičkim konopima-repovima (*Tails*) dužine 11 metara.

⁵⁵ Analiza ponašanja FSRU broda samostalno i zajedno s LNG brodom u različitim vremenskim uvjetima boravka na terminalu izrađena je korištenjem Optimoor programa. Analizu je izradila tvrtka Tractebel. Svi prijedlozi u ovoj studiji preuzimaju rješenja iz predmetne studije.

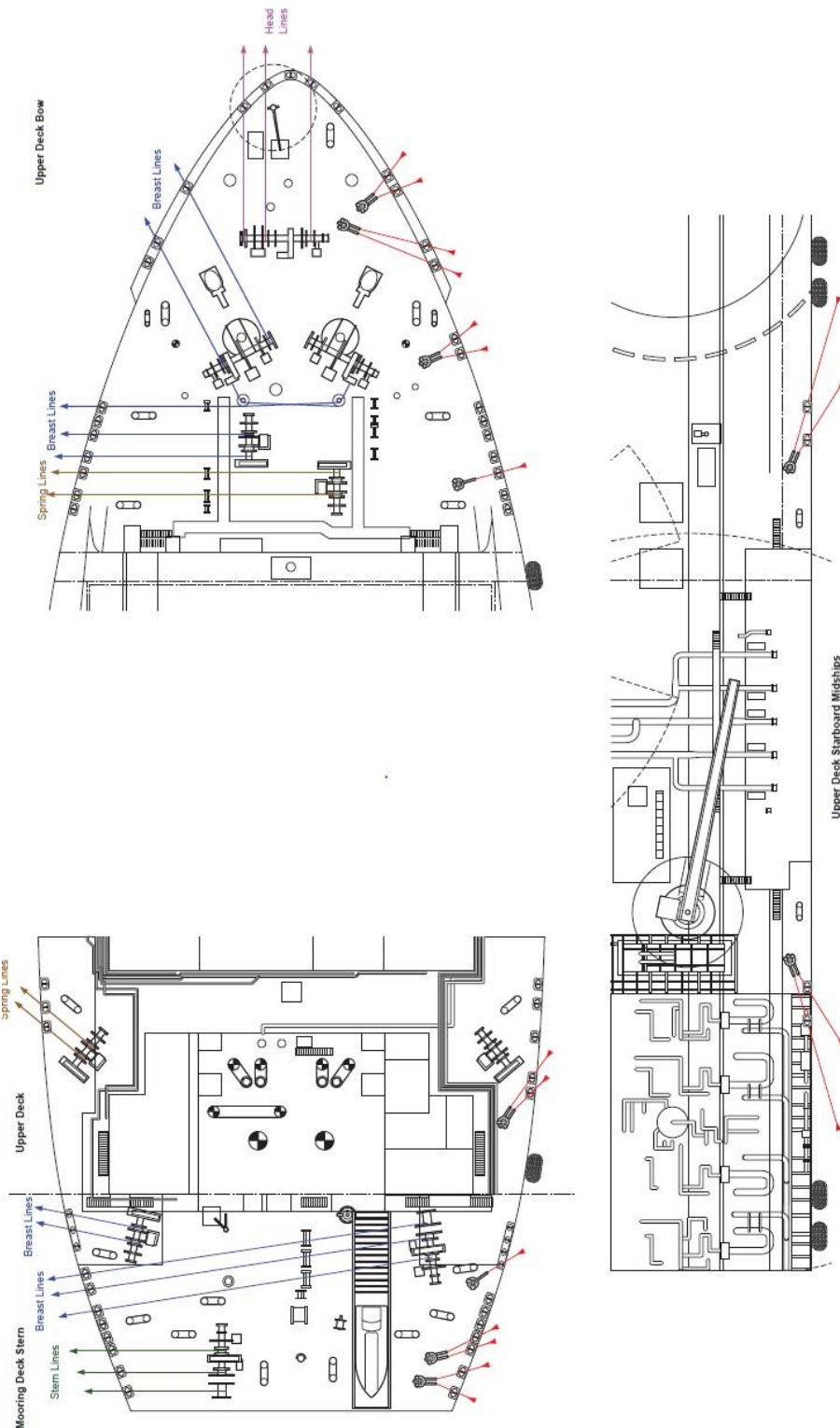


Slika 64 Privez FSRU broda na utvrđice

Kako FSRU brod ima funkciju prihvatnog terminala, na FSRU brodu se nalazi i dodatna oprema koja služi za siguran prihvat i vez LNG broda. U nastavku ovog poglavlja opisana je oprema koja se pretpostavlja na FSRU brodu koji će se koristiti na terminalu Krk.

Uz standardnu obveznu opremu (kao što su vitla, bitve, vodilice konopa (*Fairleads*)), najvažnije dio obvezne opreme predstavljaju brzo-oslobađajuće kuke sličnih izvedba kao što se uobičajeno koriste na obalnom pristanu.

Svrha brzo-oslobađajućih kuka na FSRU broda (na morskoj strani broda) je brzo otpuštanje LNG broda u slučaju izvanrednih okolnosti.



Slika 65 Shematski prikaz opreme za privez na FSRU brodu

FSRU brodovi su uobičajeno opremljeni s brzo-otpuštajućim kukama jednostruke ili dvostruke izvedbe. Za privez springova koriste se jednostruke kuke dok se za ostale privezne konope i/ili čelik čela koriste dvostruke kuke.



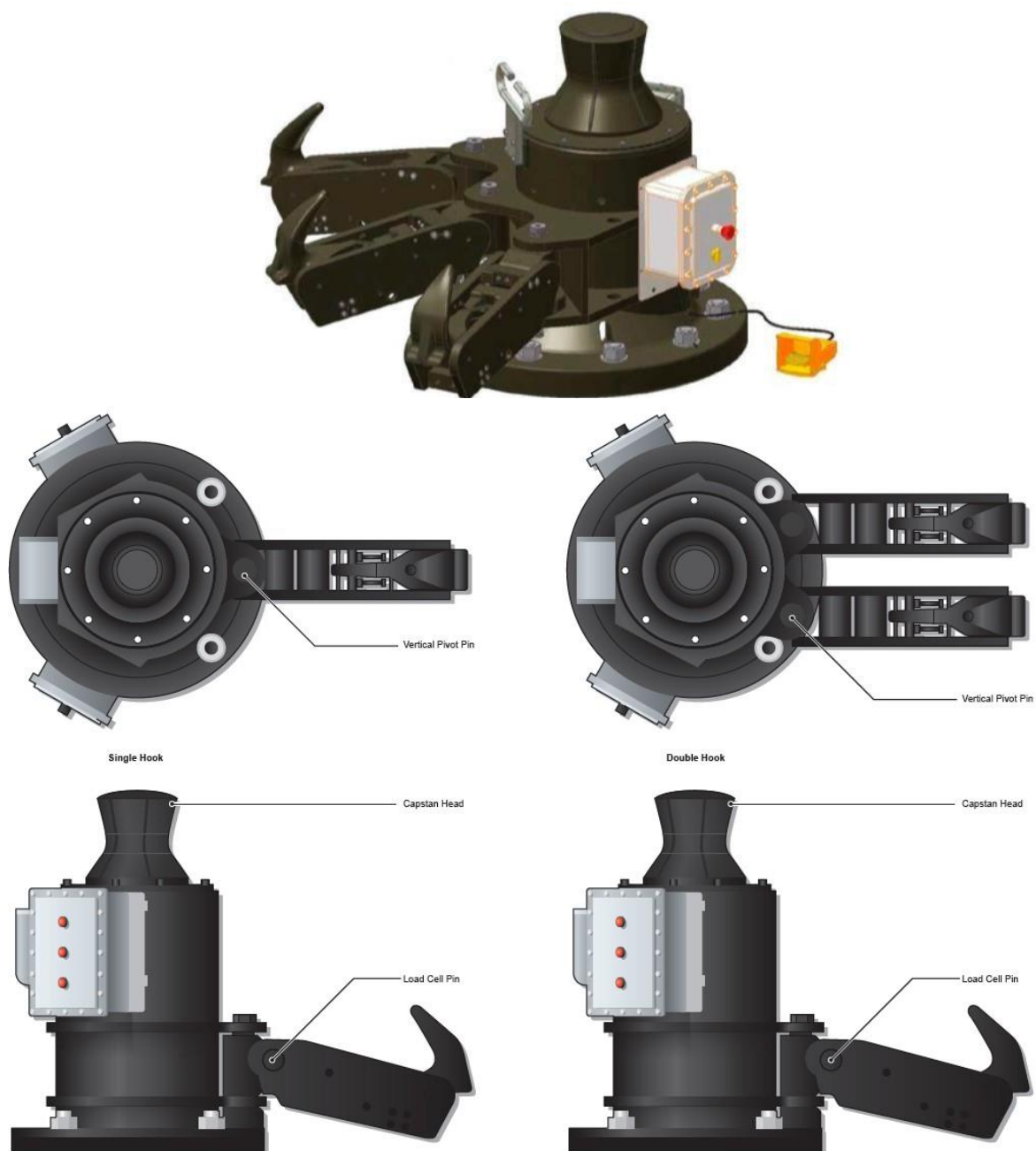
Slika 66 Brzo otpuštajuće kuke na FSRU brodu (jednostruke i dvostruke)

Svaka brzo-otpuštajuća kuka mora biti opremljena dinamometrom te povezana s kontrolnom sobom FSRU broda kako bi se osigurao nadzor opterećenja u konopcima odnosno spriječilo opterećenje koje prelazi dopuštene vrijednosti. Otpuštanje konopa u slučaju nužde mora biti moguće iz kontrolne sobe. Grafički prikaz vrijednosti opterećenja na kukama (za svaku kuku) mora biti dostupan u kontrolnoj sobi terminala, kontrolnoj sobi tereta na FSRU brodu te na svakom priveznom sklopu (lokalno) za svaki konop. Kuke moraju otpustiti konop koji je položen u rasponu od 0° do 25° od osnovne ravnine. Otpuštanje konopa kojima je druga vezna točka ispod ravnine osnove brzo-otpuštajuće kuke mora se osigurati obveznim korištenjem vodilice ili na neki drugi jednako učinkovit način. Privezni sklop mora biti opremljen vitlom za podizanje konopa i postavljanje na svaku kuku.

Pretpostavlja se stalno opterećenje u svakom konopu tijekom boravka broda u iznosu do 150 kN (15 t). U slučaju potrebe ovo opterećenje se može povećati, no nikako više od 300 kN (30 t). Privezna oprema mora posjedovati svjetlosnu i zvučnu uzbunu u slučaju opterećenja od 400 kN.

Izvedba priveznog sklopa, uključujući komunikacijske linije, mora zadovoljavati sigurnosne zahtjeve te moraju biti u stanju izdržati sve vremenske prilike koje se mogu očekivati odnosno temperaturu u rasponu od najmanje -20° do $+60^\circ$ C. Postolje i svaka kuka moraju izdržati opterećenje od najmanje 1.500 kN (150 tona) te biti ispitane uz koeficijent sigurnosti najmanje 1,5.

Kako je LNG brod za vrijeme prekrcaja izložen i vanjskim utjecajima kao što su vjetar, valovi, morske struje, plima i oseka, potrebno je motriti i bilježiti sile svakog pojedinog priveznog konopa. U tu svrhu FSRU brodu mora biti opremljen prijemnikom koji pokazuje sile, uobičajeno izražene u metričkim tonama (t). Uz brojevni, uobičajeno postoji i grafički prikaz sa skalom podjele od minimalnog do maksimalnog dopuštenog opterećenja kuka (na kojem se sustav za automatsko otpuštanje aktivira).



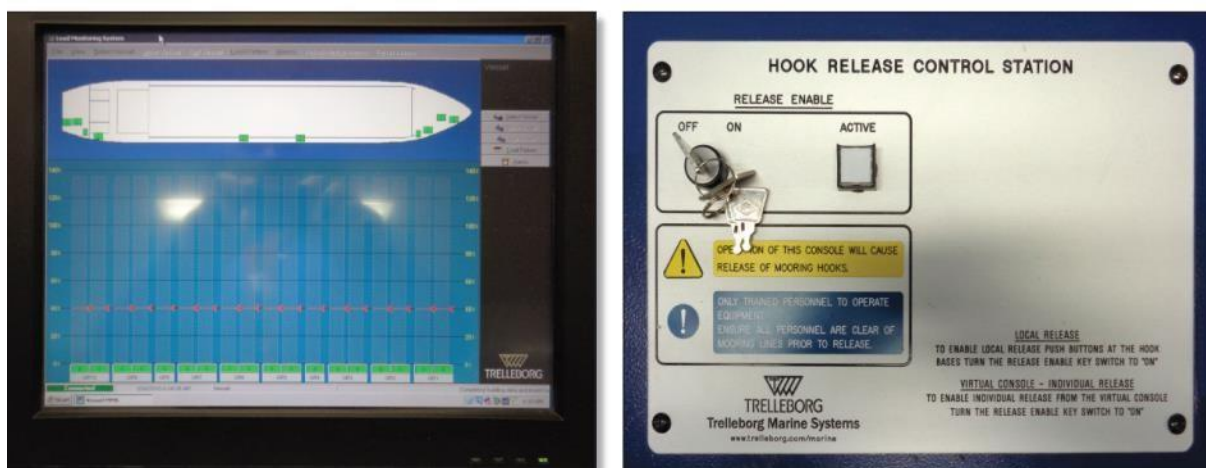
Slika 67 Izvedbe brzo-otpuštajućih kuka

Dodatno, u slučaju izvanrednog događaja kada prijeti neposredna opasnost LNG brodu ili samom FSRU brodu, dežurni časnik u CCR-u mora imati mogućnost ručnog otpuštanja svake pojedine kuke.

Zadovoljavajući privez uz obalni pristan ostvaruje se postavljanjem dovoljnog broja priveznih konopa odgovarajućih obilježja, a načela koja se pretpostavljaju jesu sljedeća:

- privezni konopi trebaju se postaviti što je više moguće simetrično u odnosu na sredinu broda jer se na taj način osigurava bolji raspored opterećenja po pojedinim konopima;
- pramčane i krmene privezne konope treba postaviti što bliže pramcu i krmu broda te pod kutom od približno 45° u odnosu na obalni rub (ako je to moguće);

- bočni konopi trebaju se postaviti što je više moguće okomito na uzdužnicu broda te što više prema pramcu i krmi broda (horizontalni kut u odnosu na uzdužnicu broda ne bi trebao biti manji od 75°);
- springovi trebaju biti što je više moguće postavljeni usporedno s uzdužnicom broda (horizontalni kut u odnosu na uzdužnicu broda ne bi trebao biti veći od 10°), a treba ih postaviti od priveznih točaka koje su smještene na približno četvrtini duljine broda od pramca ili krme;
- vertikalni kut djelovanja priveznih konopa treba biti što manji; preporuča se da bude manji od 25°, a nikako ne bi trebao prijeći 30°;
- valja koristiti privezne konope iste vrste i čvrstoće na svim priveznim mjestima, a ako to nije moguće tada barem konopi koji se postavljaju u istu svrhu i na isto mjesto, npr. svi springovi, svi bočni konopi, svi pramčani i krmeni konopi bi morali biti istih ili vrlo sličnih svojstava;
- vrsta i čvrstoća sintetičkih nastavaka koji se koriste na čelik-čelima moraju biti jednaka svim priveznim konopima (duljina ovog sintetičkog nastavka je približno 11 m, a prekidna čvrstoća najmanje 25% veća od prekidne čvrstoće čeličnog užeta na koga se postavlja);
- privezni konopi koji se postavljaju u istu svrhu i na isto mjesto trebaju biti približno iste duljine između mjesta priveza na brodu i obali;
- duljina priveznih konopa trebala bi biti između 35 i 50 m.



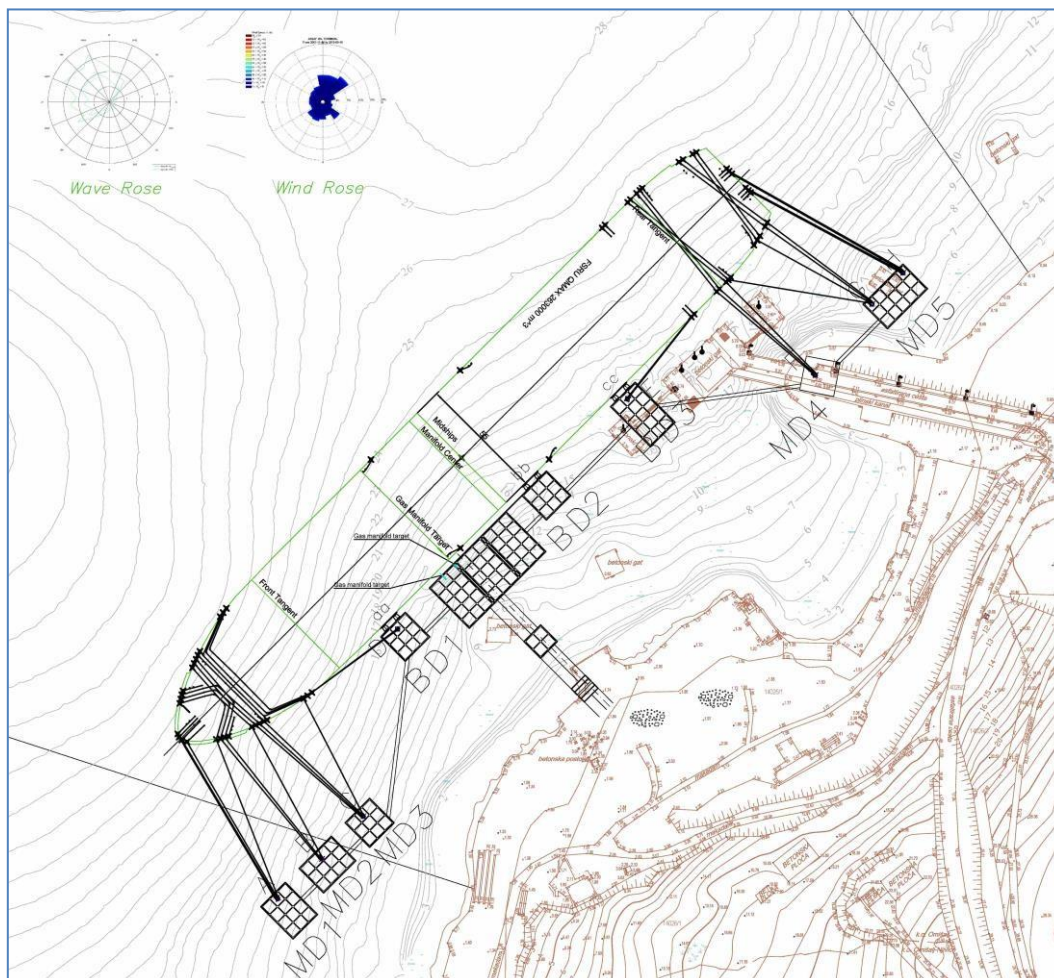
Slika 68 Sustav za motrenje priveza LNG broda na FSRU brodu

Slijedom navedenog, za privez FSRU broda kapaciteta 170.000 m³ predviđa se postavljanje najmanje sljedeći broj priveznih konopa:

- 9 pramčanih konopa,
- 2 pramčana springa,
- 2 krmena springa,
- 9 krmenih konopa,

Za privez FSRU QMax broda predviđa se postavljanje najmanje sljedeći broj priveznih konopa:

- 11 pramčanih konopa,
- 2 pramčana springa,
- 2 krmena springa,
- 11 krmenih konopa.



Slika 69 Privez QMax FSRU broda

Konopi koji se postavljaju na istu utvrđicu moraju imati ista tehnička svojstva sa stajališta elastičnosti i čvrstoće (isti promjer te približno istu prekidnu čvrstoću odnosno stupanj istrošenosti). Kombinacija različitih tipova npr. čeličnih konopa sa sintetičkim nije dozvoljena

U slučaju korištenja čelik-čela svaki konop mora imati rep od fleksibilnog konopa dužine ne manje od 11 m radi osiguranja dovoljne elastičnosti cjelokupnog sklopa. Prekidna čvrstoća repa mora biti odgovarajuća nominalnoj prekidnoj čvrstoći čelik-čela.

Svaki pojedini privezni konop koji se koristi za privez LNG tankera priveznom sustavu mora biti u skladu sa sigurnom dozvoljenom čvrstoćom vodilica konopa na FSRU brodu (prema *OCIMF Mooring Equipment Guidelines*). Evidencija o njihovim redovitim održavanjima sa pripadajućim svjedožbama treba biti dostupna prilikom svakog priveza.

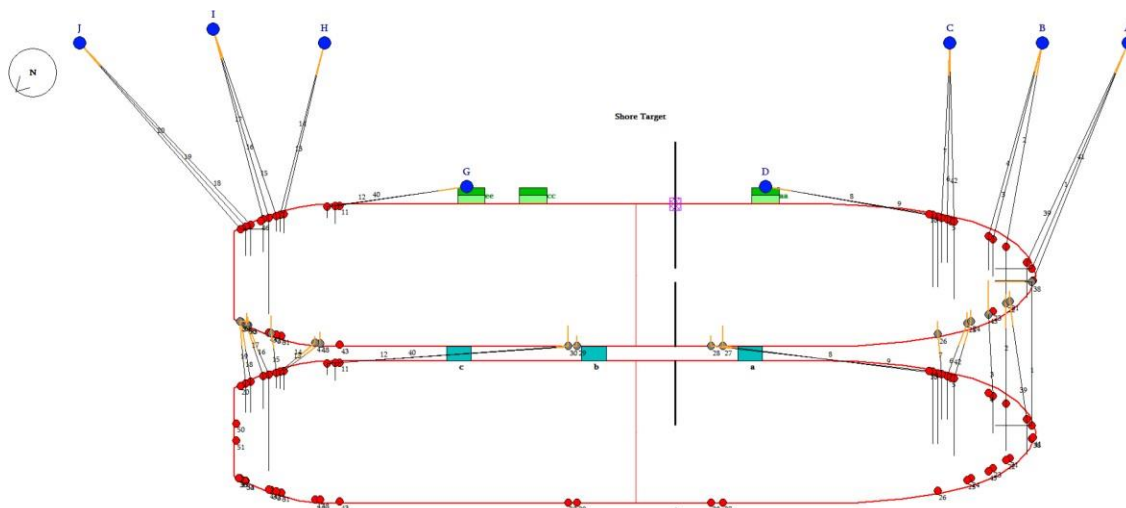
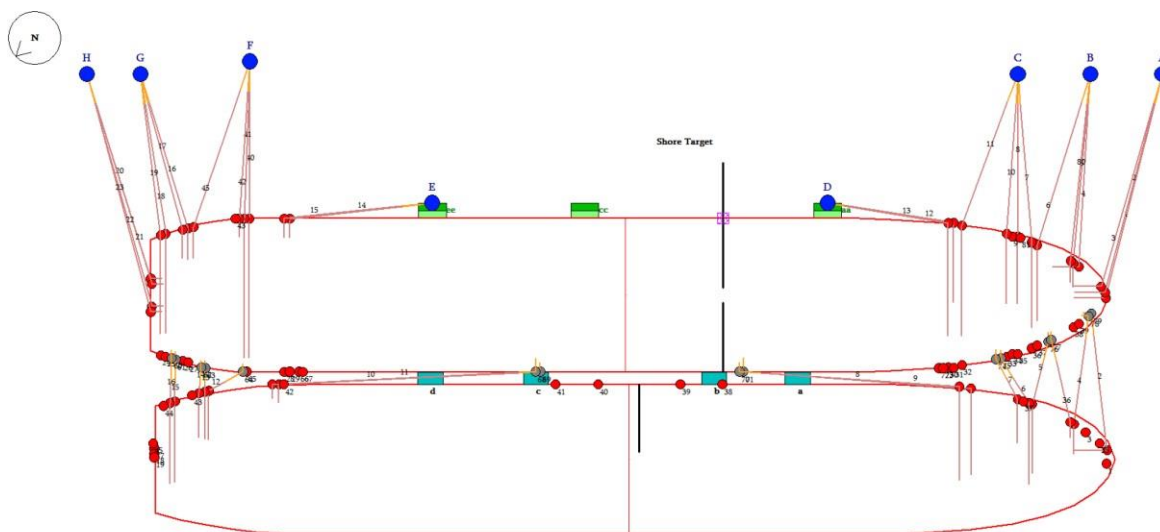
Privezni se konopi sa LNG tankera postavljaju na brzo-otpuštajuće kuke na FSRU brodu prema unaprijed odrađenom i dogovorenom slijedu izmjenom informacija između LNG i FSRU broda karakterističnim za STS operaciju.

Slijedom gore prikazanog, za privez LNG broda na FSRU brod treba koristiti najmanje sljedeći broj priveznih konopa (prekidne čvrstoće ne manje od 1.200 kN) :

za privez LNG broda kapaciteta 170.000 m³ na FSRU broda iste veličine ili FSRU QMax veličine:

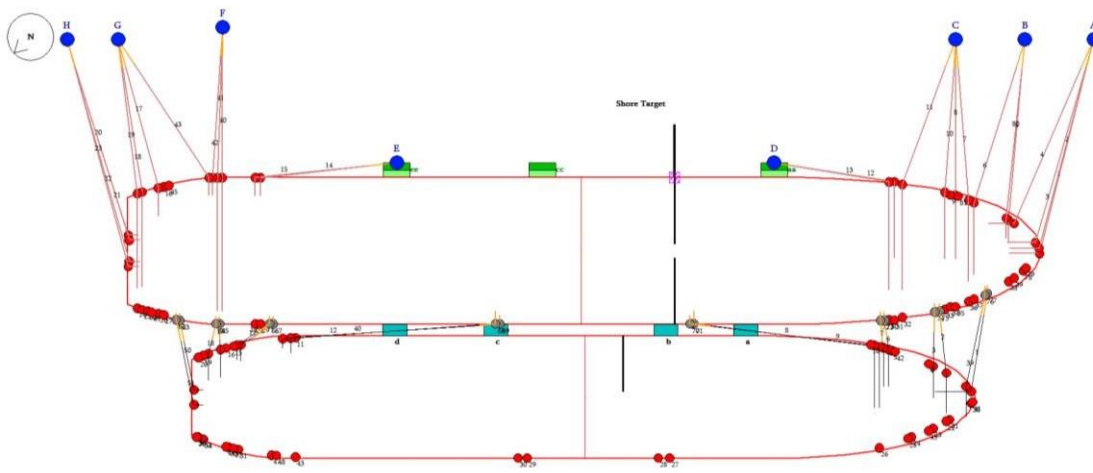
- 6 pramčanih konopa,
- 2 pramčana springa,
- 2 krmena springa,

- 6 krmenih konopa,
- za privez LNG QMax broda na FSRU QMax brod :
- 7 pramčanih konopa,
- 2 pramčana springa,
- 2 krmena springa,
- 7 krmenih konopa,

Slika 70 Privez LNG broda na FSRU brod (oba 170.000 m³)⁵⁶

Slika 71 Privez LNG QMax broda na FSRU QMax brod

⁵⁶ Preuzeto iz FEED dokumentacije, Tractebel,

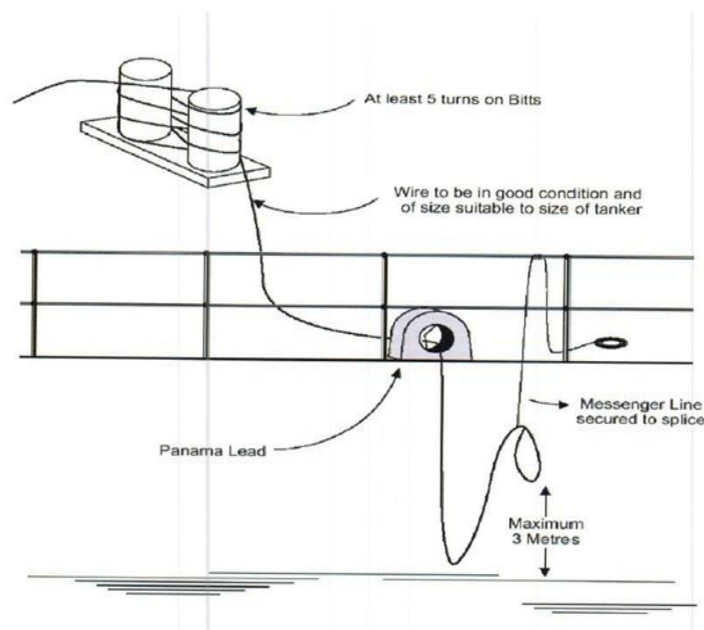


Slika 72 Privez LNG broda 1700.000 m³ na FSRU QMax brod

Pri privezu FSRU broda prvo se postavljaju springovi (korištenjem privezivačkih brodica), a tek nakon toga drugi konopci. Podešavanje broda u uzdužnom smjeru u odnosu na prekrcajne ruke obavlja se u pravilu korištenjem tegljača. Pomicanje broda natezanjem konopa odnosno korištenjem brodskog stroja u redovnim okolnostima nije prihvatljivo.

Korištenje automatskih brodskih vitala za privez nije prihvatljivo.

U slučaju priveza manjih LNG brodova (LNG brod u razvozu) na FSRU brod pretpostavlja se smanjivanje ukupnog broja konopa, pri čemu taj broj ne može biti manji od 6 konopa od kojih 2 moraju biti springovi.



Slika 73 Pozicioniranje čeličnog užeta za tegljenje u nuždi

Tijekom boravka LNG broda na odgovarajućim mjestima na pramcu i krmi moraju biti postavljena užad (*Fire wire-lines*) za privez tegljača u nuždi najmanje prekidne čvrstoće 1.000 kN.

Zaključno:

(41) Potrebno je postaviti tri panel-odbojnika na svaku priveznu utvrđicu po jedan energije apsorpcije (svaki) najmanje 4.500 kNm te dovoljne površine kako bi se osiguralo da pritisak na trup broda bude unutar dopuštenih ograničenja. Površina svakog panel odbojnika treba biti najmanje 25 m².

- (42) U izvanrednim okolnostima tlak na trup broda ne bi trebao prijeći 200 kN/m².
- (43) Prilazna brzina LNG broda terminalu ne smije biti veća od 0,15 m/s. U slučaju priveza manjih brodova (dužina do 200 m) prilazna brzina može biti i veća, no nikako veća od 0,20 m/s.
- (44) Predlaže se opremanje pristana uređajem za lasersko mjerenje udaljenosti broda od obale te mjerenje brzine približavanja odnosno kuta odstupanja od ravnine pristana. Ekran na kojem će se prikazivati navedene vrijednosti mora biti postavljen tako da ga zapovjednik, odnosno peljar LNG broda mora jasno vidjeti.
- (45) Predlaže se opremanje pristana anemometrom s daljinskim očitavanjem podataka u kontrolnoj sobi terminala s mjerenjem smjera i brzine vjetera na visini od 10 m iznad razine mora.
- (46) Predlaže se opremanje pristana s: 1) priveznim sklopovima (utvrđivač za privezivanje) kako je navedeno u studiji opremljenih s četverostrukim brzo-otpuštajućim kukama za postavljanje pramčanih i bočnih konopa, 2) dva privezna sklopa opremljena s dvostrukim brzo-otpuštajućim kukama za springove.
- (47) Brzo-otpuštajuće kuke moraju biti opremljene dinamometrom te povezane s kontrolnom sobom terminala i broda. Postolje i svaka kuka moraju izdržati opterećenje od najmanje 1.500 kN te biti ispitane uz koeficijent sigurnosti najmanje 1,5. Privezni sklop mora biti opremljen vitlom za podizanje konopa i postavljanje na svaku kuku.
- (48) Najveći FSRU brod QMax veličine mora se privezati na obalni pristan s najmanje jedanaest pramčanih konopa, jedanaest krmernih konopa, te dva pramčana i dva krmerna springa. Usporedni konopi moraju biti istih svojstava. Za manje brodove dopušten je manji broj konopa kako je navedeno u studiji.
- (49) Privez LNG broda na FSRU brod mora se izvršiti s najmanje 6 pramčanih konopa, 6 krmerna konopa, dva krmerna springa i dva pramčana springa. Usporedni konopi moraju biti istih svojstava. Za manje brodove dopušten je manji broj konopa kako je navedeno u studiji dok kod priveza LNG QMax broda treba povećati broj pramčanih i krmernih konopa za jedan.
- (50) Za privez će se koristiti čelične užadi (s repom) ili konopi visoke prekidne čvrstoće.
- (51) Pretpostavlja se najveće stalno opterećenje u svakom konopu tijekom boravka broda na terminalu od 150 kN odnosno najviše 300 kN (30 t).
- (52) Tijekom boravka broda na pramcu i krmu moraju biti postavljena privezna užad za privez tegljača u nuždi prekidne čvrstoće najmanje 1.000 kN.

8 MJERE MARITIMNE SIGURNOSTI TIJEKOM BORAVKA LNG BRODOVA NAMJESTU PRIVEZA

Mjerama maritimne sigurnosti tijekom boravka broda na terminalu smatraju se sva ona obilježja okoline ili predmetnog tehnološkog postupka zbog kojih može doći do opasnosti za ljude, brod ili terminal i njegova postrojenja. U nastavku su obrađeni najvažniji zahtjevi u pogledu najvažnijih mjera maritimne sigurnosti.

Dubine. Dubina predstavlja jedan od ograničavajućih elemenata sigurnosti plovidbe i boravka plovila na nekom plovnom putu odnosno tijekom boravka uz obalu. Osnovni odnos koji opisuje razinu sigurnosti plovidbe je odnos trenutne dubine i gaza broda, odnosno slobodni prostor ispod kobilice (*UKC – Under Keel Clearance*).

Na potrebnu dubinu vode za sigurnu plovidbu i manevriranje utječu mnogi čimbenici od kojih su najznačajniji gaz broda (za trenutnu gustoću vode), plima i oseka, gibanje broda na valovima, trim, dodatni zagažaj, atmosferski tlak, vrsta dna, pogreške u mjerenju dubine kao i pogreške u jaružanju i zamuljivanje između dva jaružanja, ako je ono izgledno.

Potrebna dubina mora za sigurnu plovidbu i manevriranje plovila određenog gaza može se odrediti koristeći slijedeći izraz:

$$D = T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

gdje su:

- D dubina u području manevriranja odnosno na mjestu priveza (hidrografska izmjera),
- T gaz broda (najveći) uzimajući u obzir i gustoću vode,
- Z_1 promjena gaza broda (zbog utjecaja valova, dodatnog zagažaja, promjena trima, bočnog nagiba),
- Z_2 neto slobodni prostor ispod kobilice (ovisi o vrsti dna),
- Z_3 promjene razine mora (uslijed promjene atmosferskog pritiska i drugih nepovoljnih meteoroloških i oceanoloških uvjeta),
- Z_4 promjene u razini dna (zbog zamuljivanja, pogrešaka u jaružanju ili mjerenju dubine).

Na plovnom putu do područja manevriranja, neposredno ispred terminala, dubine mora iznose više od 40 m te ne ograničavaju sigurnu plovidbu i najvećih brodova. Međutim, za sigurno manevriranje i boravak najvećih LNG brodova na terminalu potrebno je osigurati najmanju sigurnu dubinu D na području veza. To se posebno odnosi na pličinu (13,7 m) koja se nalazi oko 250 m od obalnog ruba terminala u smjeru sjeverozapada.

Vrijednost najvećeg očekivanog gaza broda (T) iznosi 12,2 m što predstavlja najveći dopušteni gaz Q-Max broda.

Vrijednost faktora Z_1 izravno je vezana za značajke broda. Vertikalno kretanje broda zbog utjecaja valova može se procijeniti izrazom $0,5 \times h$ gdje h predstavlja visinu vala. Za slučaj najvećih dopuštenih signifikantnih visina valova za boravak broda na terminalu (1,5 m) vertikalno kretanje broda može iznositi do 0,75 m. Za velike brodove utjecaj valova sa periodom gibanja kraćim od 10 sekundi može se zanemariti. Također, valja istaći da je vjerojatnost takvog vertikalnog gibanja velikog LNG broda izuzetno malo vjerojatna.

Dodatni zagažaj i promjena trima javlja se zbog ubrzanog strujanja vode ispod kobilice kad se brod kreće u plitkoj vodi, što uzrokuje promjene hidrodinamičkog tlaka vode oko trupa broda te konačno pojavu dodatnog urona. Ovaj efekt se može procijeniti različitim empirijskim formulama. Dodatni zagažaj se povećava približno proporcionalno s kvadratom brzine broda. Obično je potrebna brzina veća od 6 čv da

nastupi dodatni zagažaj tako da je njegov učinak pri manjim brzinama zanemariv. S obzirom da će LNG brodovi u neposrednoj blizini terminala manevrirati znatno manjim brzinama, ovaj efekt se zanemaruje.

Bočni nagib broda može nastati uslijed djelovanja vjetrova na nadvodne površine, zbog djelovanja tegljača, okreta broda uslijed manevriranja, pogrešnog rada s balastom, i dr., što za posljedicu ima povećanje gaza broda. Nagnuće od 1° se smatra realnim očekivanjem za LNG brodove tijekom manevriranja (male brzine prilaza) te za vrijeme dopuštenih vremenskih uvjeta. Iznimno, za vrijeme nepovoljnih vremenskih uvjeta može doći do nagnuća od 2°. Povećanje gaza zbog nagiba broda od 1° odnosno 2° oko uzdužne osi za referentne LNG brodove iznosi kako slijedi:⁵⁷

Bočni nagib broda	Konvencionalni LNG (B=43m)	Q-Max LNG (B=55m)
1°	0,34 m	0,43 m
2°	0,67 m	0,86 m

U nastavku, radi određivanja sigurne dubine, pretpostaviti će se nagib broda ne veći od 2°.

Temeljem navedenog ukupna vrijednost faktora Z_1 iznosi 1,61 za Q-Max brod.

Neto dubina ispod kobilice (Z_2) ovisi o vrsti dna. Za muljevita dna ova vrijednost iznosi 0,3 – 0,5 m, za pjeskovita 0,5 m, dok za stjenovita dna iznosi najmanje 1,0 m. Na području manevriranja i priveza kod LNG FSRU terminala na Krku, morsko dno je dijelom stjenovito i djelom pjeskovito. Međutim, navedene vrijednosti se koriste pri plovidbi broda te su za boravak broda na vezu prestroga ograničenja. Zbog navedenog neto dubina ispod kobilice za LNG terminal može se uzeti 0,5 m.

Promjena razine mora (Z_3) uslijed promjene atmosferskog pritiska i drugih nepovoljnih meteoroloških i oceanoloških uvjeta na području terminala je moguća i izvjesna. U slučaju dugotrajnog visokog pritiska i puhanja bure snižavanje razine vode procjenjuje se na do 0,30 m.

Promjene u razini dna (Z_4) obuhvaćaju zamuljivanje između dva jaružanja, pogreške u jaružanju i pogreške u mjerenju dubine. Zamuljivanje između dva jaružanja ovisi o vrsti dna kao i jačini lokalnih struja, a vrijednost se dobiva stalnim praćenjem i mjerenjem dubine. Za promatrano područje iskustveno se može zaključiti da ne postoji izrazita mogućnost zamuljivanja. Kakogod, stvarna veličina zamuljivanja može se utvrditi tek nakon proteka dužeg razdoblja od izgradnje terminala, kada će se sa sigurnošću moći ustvrditi u kojoj mjeri dužobalne struje dopremaju i ostavljaju materijal uz samu obalnu strukturu terminala. Glede pogreške pri jaružanju ili mjerenju dubine te uzimajući u obzir nepoznavanje brzine zamuljivanja, najmanja preporučena vrijednost koju valja uzeti u obzir je 0,3 m.

LNG Brod	T (m)	Z_1 (m)	Z_2 (m)	Z_3 (m)	Z_4 (m)	D (m)
Q-Max	12,20	1,61	0,50	0,30	0,30	14,91

Na osnovu prije navedenih vrijednosti, neophodna najmanja dubina područja manevriranja i pristana terminala za prihvat FSRU-a i LNG broda sa najvećim očekivanim gazom (pri gustoći morske vode 1,025 t/m³) iznosi 15 metara.

Radovi. Tijekom boravka broda na terminalu zabranjeni su radovi na brodskom porivu zbog kojih bi brod mogao biti nesposoban za isplovljenje u nuždi uz korištenje vlastitog poriva. U slučaju potrebe obavljanja

⁵⁷ Pri izračunu uzet je najkonzervativniji koeficijent zakrivljenja ljuljne kobilice (0,9), sukladno PIANC Report N°121 *Harbour Approach Channel Design Guidelines*.

takvih radova nakon završetka prekrcaja tereta i osiguranja obalnog prekrcajnog sustava zahtjev za odobrenjem obavljanja ovih radova može se uputiti Lučkoj kapetaniji Rijeka. Drugi radovi na održavanju broda, koji ne stvaraju opasnost od požara ili drugih nezgoda niti onemogućuju pokretanje stroja ili drugih dijelova opreme bitnih za sigurno isplavljanje u nuždi su dopušteni, uz prethodno obavještanje i suglasnost odgovorne osobe terminala.

Pogonski stroj. Nakon priveza pogonski stroj LNG broda se mora isključiti i o tome se mora obavijestiti odgovorna osoba terminala. Time se sprečava njegovo nekontrolirano upućivanje (tzv. *Main Engine Disengaged* ili *Steam off main engine*). Navedeni postupak prethodi bilo kakvoj komunikaciji brod-terminal uključujući postavljanje siza, kabela za uzemljenje ili iskrcajnih ruku. Slični postupak je obavezan i kod isplavljenja kada vrijedi pravilo da se pogonski stroj ne priprema prije odvajanja sve opreme koja je bila spojena na brod.

Sigurnosno područje. Sigurnosno područje (*Safety zone*) jest područje oko LNG FSRU terminala u veličini od 500 m od krajnjih točaka FSRU i/ili LNG broda unutar kojega je zabranjena plovidba svih plovila, sidrenje i ribarenje, izuzev plovila koja imaju dozvolu terminala. Pristup i ulazak u sigurnosno područje dozvoljeno je isključivo LNG brodovima koji prilaze privezu, tegljačima koji sudjeluju u manevru broda, tegljačima u pripravnosti, privezivačkim brodicama terminala te ostalim plovilima kao podrška LNG brodu ili terminalu koji dobiju dozvolu odgovorne osobe terminala.

Tegljači. Za vrijeme cjelokupnog boravka broda na terminalu najmanje jedan tegljač mora neprekidno biti u stanju pripravnosti (*Stand by*). Privez tegljača mora biti na takvoj udaljenosti od FSRU broda da po pozivu zapovjednika broda ili odgovorne osobe terminala u slučaju potrebe može biti na raspolaganju brodu u punoj spremi unutar najviše 10 minuta. Temeljna svrha tog tegljača jest pružanje pomoći brodu u slučaju bilo kakvih izvanrednih okolnosti, a ponajviše u slučaju požara ili nastanka nepovoljnih vremenskih uvjeta pri čemu je moguće iznenadno napuštanje veza. Dodatna dužnost tegljača može biti, ukoliko je dogovorena i utvrđena, nadzor sigurnosnog područja oko terminala radi provedbe sigurnosne zaštite. Dužnost zapovjednika tegljača jest neprekidno slušanje utvrđenog komunikacijskog VHF kanala koji se koristi za komunikaciju s terminalom ili brodom. Tegljač u stanju pripravnosti obvezno mora imati ugrađen sustav za gašenje požara koji zadovoljava najmanje sljedeće uvjete:

Obvezni uvjeti jesu:

- najmanje dva monitora,
- najmanje 1.200 m³ vode na sat po monitoru,
- najmanje 2.400 m³ tlačnog kapaciteta protupožarnih crpki,
- najmanje 24 sata neprekinutog rada,
- najmanje 120 m vodoravnog dosega mlaza,
- najmanje 45 m okomitog dosega mlaza,
- sustav vodene samozaštite.

Sigurnosna zaštita. LNG FSRU terminal je objekt visokog sigurnosnog rizika. Slijedom odredbi Zakona o sigurnosnoj zaštiti pomorskih brodova i luka i ISPS kodeksa, koncesionar terminala dužan je izraditi Procjenu sigurnosne zaštite te na temelju nje i Plan sigurnosne zaštite. Pretpostavlja se potpuna primjena mjera sigurnosne zaštite navedenih u odobrenom Planu sigurnosne zaštite.

Studija usklađenosti. Izrada studije usklađenosti (*Compatibility study*) jest postupak kojim se utvrđuju posebnosti i ograničenja terminala i broda odnosno kojom se provjerava može li određeni LNG brod (ili više brodova istih svojstava) u fizičkom, tehničkom, radnom i sigurnosnom pogledu pristati te izvršiti prekrcaj tereta na FSRU. Studija usklađenosti se provodi za svaki pojedini brod za kojeg se planira dolazak.

Temeljne odrednice koje se uzimaju u obzir pri izradi studije jesu:

- fizičke dimenzije i ograničenja broda i FSRU-a,
- mogući utjecaj vanjskih sila te broj i raspoloživost tegljača,
- konfiguracija, značajke i ograničenja priveznog sustava na FSRU i na brodu,
- broj, dimenzije i ograničenja fleksibilnih cijevi, crpki tereta, kompresora i ostale opreme bitne za prekrcaj.
- vrsta i mogućnost spajanja sustava za prekid prekrcaja tereta u nuždi (ESD),
- temeljene značajke tereta (sastav, temperatura, količina i dr.),
- vrsta, dimenzije i smještaj ukrcajne platforme,
- protupožarna oprema i alarmi za izvanredne okolnosti na FSRU i brodu,
- mogućnost uspostavljanja izravne komunikacijske veze te usklađivanje komunikacije u slučaju izvanrednih okolnosti,
- usporedba postupaka u slučaju izvanrednih okolnosti.

Nakon izmjene svih neophodnih podataka te po dovršetku studije usklađenosti odgovorne osobe terminala izdaju brodaru potvrdu kojom se dozvoljava dolazak i privez LNG broda. Dozvola za svaki pojedini brod vrijedi do tri godine.

Dodatno, pojedini brodari, sukladno svojim obveznim postupcima, zahtijevaju prije svakog uplovljavanja LNG broda na terminal dostavljanje svih relevantnih podataka vezanih za sigurnost plovidbe i predviđene postupke za vrijeme boravka broda na terminalu (npr. podaci o obilježjima predviđenih tegljača za korištenje, i sl.).

Komunikacija. Sva komunikacija između broda i terminala mora biti na engleskom jeziku. Osnovna komunikacija vezana za rad s teretom ostvaruje se komunikacijskim vezom (*Ship to Shore Communication Link - SSL*) korištenjem optičke ili električke tehnologije. Obje vrste se koriste za ostvarivanje telefonske i podatkovne veze te slanje signala za prekid prekrcaja tereta u nuždi (ESD). U studiji usklađenosti obvezno je utvrditi kompatibilnost brodskih i kopnenih sustava SSL-a te vrste i ograničenja priključaka. Telefonski uređaji spojeni putem kabela nalaze se u kontrolnim stanicama za tad s teretom odnosno na LNG brodu u *CCR – Cargo Control Room*, u odgovarajućoj prostoriji FSRU-a te u kontrolnoj sobi terminala. Zasebno za ESD sustav se postavlja dodatna sigurnosna veza pneumatskim sustavom. Komunikacijski kabeli se postavljaju i provjeravaju odmah nakon priveza i postavljanja brodskog siza, a odvajaju se neposredno prije uklanjanja brodskog siza prije odveza broda.

Osnovna radio veza između broda i kopna jest na UHF frekvencijama koje daje na raspolaganje terminal. Alternativno, komunikacija se može odvijati putem VHF veze na dogovorenom kanalu.

Ukoliko za vrijeme prekrcaja tereta dođe do prekida telefonske veze putem kabela, sva komunikacija se odmah preusmjerava na UHF uređaje. U tom slučaju prekrcaj tereta se prekida dok se ne otkloni kvar na vezi ili dok se ne postigne dogovor između odgovornih osoba terminala i broda da se prekrcaj može sigurno nastaviti koristeći samo radio vezu.

Ukoliko za vrijeme rada s teretom dođe do prekida i telefonske veze putem kabela i radio veze, odmah se prekida prekrcaj tereta. Ukoliko je kvar otkriven s brodske strane, LNG brod je dužan odmah dati dogovoreni zvučni signal brodskom sirenom, a ukoliko je kvar otkriven na FSRU tada je on dužan dati dogovoreni signal putem razglasa za prekid rada s teretom LNG brodu i terminalu.

Nakon prekida prekrcaja rad s teretom može se nastaviti tek nakon uspostavljanja i provjere učinkovitosti komunikacijske veze.

Zaključno:

- (53) Neophodna najmanja dubina na području manevriranja i pristana terminala za prihvat LNG brodova sa najvećim očekivanim gazom iznosi 15,0 m.
- (54) Tijekom boravka broda na terminalu zabranjeni su radovi na brodskom porivu zbog kojih bi brod mogao biti nesposoban za isplovljenje u nuždi uz korištenje vlastitog poriva. Drugi radovi na održavanju broda, koji ne stvaraju opasnost od požara ili drugih nezgoda niti onemogućuju pokretanje stroja ili drugih dijelova opreme bitnih za sigurno isplovljavanje u nuždi su dopušteni, uz prethodno obavještanje i suglasnost odgovorne osobe terminala.
- (55) Potrebno je uspostaviti sigurnosno područje (*Safety zone*) oko LNG FSRU terminala u veličini od 500 m od krajnjih točaka FSRU i/ili LNG broda unutar kojega je zabranjena plovidba svih plovila, sidrenje i ribarenje, izuzev plovila koja imaju dozvolu terminala.
- (56) Za vrijeme cjelokupnog boravka LNG broda na terminalu jedan tegljač sa ugrađenim sustavom za gašenje požara dužan je neprekidno biti u stanju pripravnosti (*Stand by*) te po pozivu biti na raspolaganju FSRU i LNG brodu unutar najviše 10 minuta.
- (57) Terminal mora imati odobrenu Procjenu sigurnosne zaštite lučkog operativnog područja i Plan sigurnosne zaštite.
- (58) Za prihvat pojedinog LNG brod(ov)a prvi put mora biti izrađena studija usklađenosti kojom se potvrđuje usklađenost opreme i postupaka broda s odnosnom opremom i postupcima terminala radi sigurnog pristajanja i rada s teretom.
- (59) Osnovna komunikacijska veza (telefonska, podatkovna i ESD) između broda i terminala ostvaruje se komunikacijskom vezom koja može biti ostvarena korištenjem optičkog i/ili električkog kabela. Zasebno za ESD postavlja se dodatna sigurnosna veza pneumatskim sustavom.
- (60) Osnovna radio veza između broda i kopna jest UHF radio uređaj koje daje na raspolaganje FSRU. Alternativno, komunikacija se može odvijati putem VHF veze na dogovorenom kanalu.

9 MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE OKOLIŠA S POSTUPCIMA U SLUČAJU OPASNOSTI ILI POMORSKIH NEZGODA

Izvanrednim okolnostima smatraju se sve okolnosti zbog kojih, tijekom prihvata ili boravka broda uz obalu, može doći u opasnost FSRU, privezani LNG brod, brodovi u blizini, terminal i postrojenje na kopnu ili neposredni okoliš. Izvanrednost događaja znači da događaj nije bio predviđen odnosno svjesno i namjerno proveden i/ili odobren od strane posade broda i/ili odgovornih osoba na terminalu povezanih s priveznim ili ukrcajno/iskrcajnim radnjama na brodu.

Izvanrednim okolnostima ne smatraju se radne nezgode u kojima nije ugrožena sigurnost broda, drugih brodova, objekata na kopnu ili morskog okoliša. U slučaju takvih radnih nezgoda primjenjivati će se uobičajeni postupci propisani sustavom zaštite na radu LNG terminala odnosno propisani ISM sustavom FSRU-a i LNG broda.

Sukladno Zakonu o sigurnosnoj zaštiti pomorskih brodova i luka, obveza luke otvorene za međunarodni promet je izraditi procjenu sigurnosne zaštite vodeći računa o posebnosti pojedinih dijelova lučkih operativnih područja kao i područjima izvan luke. Temeljem procjene donosi se Plan sigurnosne zaštite luke. Slijedom navedenog, izvanredne okolnosti vezane uz ratna djelovanja, sabotazu i druge namjerne kriminalne radnje u nastavku se neće razmatrati jer su obvezni sadržaj Plana sigurnosne zaštite luke.

Općenito, pretpostavlja se da su na FSRU-u i na LNG brodu provedene opće mjere radne sigurnosti određene pravilima njihovih brodara na temelju međunarodnih standarda⁵⁸ te opće mjere radne sigurnosti određene propisima o zaštiti na radu i odredbama odnosnih pravilnika i planova LNG terminala.

Osobe ovlaštene za izdavanje naloga prekida prekrcaja tereta ili napuštanja luke ili obavještanje Lučke kapetanije Rijeka ili MRCC Rijeka u slučaju nezgode jesu ravnopravno:

- odgovorna osoba LNG FSRU terminala,
- zapovjednik FSRU-a
- zapovjednik LNG broda.

Komunikacijski kanali, koji se koriste u slučaju nezgoda, su VHF kanal 10 ili 16 na radio uređaju te mobilni telefoni za izravnu vezu između odgovornih osoba. Obavještanje drugih javnih službi koje mogu biti uključene u pružanje pomoći mora biti propisano odnosnim pravilnicima terminala.

Slijedom navedenog, u ovoj studiji se izvanrednim okolnostima smatraju:

- vremenske nepogode - vjetar brzine 13,8 m/s ili više odnosno valovi signifikantne visine 1,5 m (max. visina vala od 3 m) ili veće;
- ispuštanje ukapljenog plina (s FSRU-a, LNG broda ili s terminala);
- požar i/ili eksplozija (na FSRU-u, LNG brodu ili kopnenom dijelu terminala);
- udar drugog broda ili plovila u FSRU ili LNG brod;
- ispuštanje veće količine ulja, zauljenih voda ili drugih nedopuštenih tvari u more;
- nagib LNG broda zbog prevrtanja tereta ili bilo kojeg drugog razloga.

Načelno, u slučaju izvanrednih okolnosti, koliko god to nastala situacija dopušta, FSRU odnosno LNG brod ostaju privezani uz obalu odnosno jedan uz drugog. Na taj način omogućuje se izravan i brz pristup te lakše uklanjanje uzroka nezgode i posljedica.

Napuštanje veza, bilo LNG broda ili FSRU-a ili oboje, smatra se mjerom u krajnjoj nuždi i poduzima se samo ako nema nikakvih drugih mogućnosti djelovanja te u slučaju neposredne opasnosti. Ukoliko se vez ipak napušta u nepovoljnim okolnostima, to se mora učiniti uz obavještanje Lučke kapetanije Rijeka te

⁵⁸ Pravila brodara objedinjena su u brodskom Sustavu za upravljanje sigurnošću i zaštitu morskog okoliša (ISM) temeljem Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS '74).

uz prisutnost peljara i tegljača prema dogovoru zapovjednika i peljara. Nakon napuštanja veza i FSRU i LNG brod se u pravilu usmjeravaju na obližnje sidrište ili drugo prikladno mjesto na području Riječkog zaljeva.

Konačno, ako zapovjednik LNG broda ili FSRU-a ocijene da daljnje čekanje peljara ili dovoljnog broja tegljača nije moguće te ako ocijene da brodu kojim zapovijedaju prijeti manja opasnost tijekom isplavljanja u nuždi nego u slučaju ostanka uz obalu od njih se očekuje da poduzmu manevar napuštanja veza u nuždi na najsigurniji način u zadatim okolnostima.

Nakon izgradnje terminala i postavljanja FSRU broda, sve mjere maritimne sigurnosti te mjere i postupci u slučaju nužde biti će objedinjene u poseban pravilnik (uputu) za zapovjednike LNG brodova i sve druge zainteresirane osobe. Sadržaj pravilnika (upute) mora uključiti najmanje sve stavke koji se navode u *SIGTTO Ship/Shore Interface Communications*.

9.1 VREMENSKE NEPOGODE

S obzirom na prikazana meteorološka i oceanološka obilježja promatranog područja posebnu pažnju valja posvetiti slučajevima nagle lokalne oluje iz smjera W-SW, posebice tijekom ljetnih razdoblja. Referentnim vrijednostima smatraju se 30-sekundni srednjaci.

Tijekom boravka broda na terminalu zapovjednik broda i zapovjednik FSRU-a te odgovorna osoba terminala moraju primati i pratiti meteorološka izvješća Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) najmanje dva puta dnevno te podatke lokalne mjerne postaje. Svojevremeno lokalnom reljefu, olujno nevrijeme iz W-SW i bura iz NE dolaze naglo sa znatno manje vremena za pripravnost, za razliku od južnih vjetrova. Stoga ukoliko su bura ili olujna nevremena u prognozi, razborito je češće pratiti meteorološka izvješća, barem svakih 6 sati, te pratiti prirodne naznake nailaska vjetra. Poželjno je uspostaviti ugovornu obvezu sa DHMZ za primanje upozorenja o pojavi električnih pražnjenja iz naoblake u promjeru od 10 M od terminala.

Jačanjem vjetra preko 6 Beauforta (> 10,8 m/s) ili pojavom valova visine veće od 1 metra (odnosno valovi signifikantne visine 1,5 m ili veće) odgovorna osoba terminala ili zapovjednik FSRU-a trebaju proglasiti stanje pripravnosti za moguću izvanrednu okolnost, te o tome obavijestiti zapovjednika LNG broda i Lučku kapetaniju Rijeka. U ovom slučaju razmatra se prekid prekrcaja tereta, a u slučaju izglednog pojačanja vjetra obavještavaju se tegljači o potrebi pripravnosti i mogućem napuštanju veza LNG broda.⁵⁹

LNG FSRU terminal i posada FSRU-a dužni su neprekidno motriti stanje broda i opterećenja na priveznim kukama i u užadi. Neprekidno se moraju pratiti meteorološka izvješća i instrumenti. Stanje pripravnosti mora biti na snazi sve dok vjetar ne oslabi ispod 6 Beauforta (< 10,8 m/s), a prognoza ne pokazuje pogoršanje vremena.

Najavom jačanja vjetra preko 7 Beauforta (>13,8 m/s) poduzimaju se daljnje radnje za sprječavanje nezgode koje uključuju pripremu za odvajanje prekrcajnih cijevi između LNG broda i FSRU-a, pripremu iskrcaja s LNG broda svih osoba FSRU terminala. Nastupom vjetra preko 7 Beauforta (> 13,8 m/s) na snagu nastupaju izvanredne okolnosti, poziva se peljar i tegljači i zapripravnost koji trebaju postaviti teglenu užad na LNG brod, jedan na krmi i jedan na pramcu, što bliže krajnjim točkama broda. Ako se brod gura tada se tegljači postavljaju na dijelu broda označenom za guranje od strane tegljača. U slučaju prognoze jačanja vjetra preko 20,0 m/s LNG brod započinje pripremu napuštanja veza i, ovisno o okolnostima te nakon povećanja brzine vjetra na 25 m/s, napušta vez i odlazi na sidrište. U slučaju daljnjeg pojačanja vjetra te nakon odlaska LNG broda te nakon zaustavljanja proizvodnje, FSRU brod će se uz pomoć najmanje 2 tegljača pokušati, ovisno o okolnostima, održati na privezu. U slučaju da se utvrdi da

⁵⁹ Ograničenje rada zbog utjecaja vjetra na dizalicu koja se koristi za prijenos prekrcajnih cijevi ne smatra se izvanrednim okolnostima.

je održavanje FSRU broda na privezu nemoguće, pozvati će se dodatni tegljač, te će FSRU brod isploviti uz pomoć najmanje 3 tegljača.

Općenito, ovisno o predviđenoj odnosno izmjerenoj brzini vjetra (podrazumijevaju se 30-sekundni srednjaci izmjereni na terminalu na visini od približno 10 m) potrebno je poduzeti sljedeće radnje:

- >10 m/s utvrđuje se stanje pripravnosti,
- >13 m/s obavještavaju se peljari i tegljači o mogućoj potrebi pružanja pomoći,
- >20 m/s peljar na brodu, tegljači pružaju pomoć LNG brodu,
- >25 m/s LNG brod napušta vez,

Odgovorne osobe terminala, zapovjednik FSRU-a ili zapovjednik LNG broda mogu donijeti odluku o prekidu prekrcaja tereta, odvajanju prekrcajnih ruku odnosno cijevi i napuštanju veza i u slučaju drugačijih okolnosti odnosno u bilo kojem trenutku, ako ocijene da je ugrožena sigurnost bilo koje jedinice.

S obzirom da fronta oluje iz SW dolazi izuzetno naglo, u slučaju njezina nailaska potrebno je tegljače postaviti u tegalj te poduzeti ostale mjere što prije odnosno prije nego što fronta s jakim vjetrom dođe do područja terminala.

Stanje izvanrednih okolnosti je na snazi dok vjetar ne oslabi ispod 7 Beauforta ili signifikantna visina vala ne padne ispod 1,0 metra.

Pojavom električnih pražnjenja u promjeru manjem od 10 M neophodno je neprekidno motriti kretanje naoblake i učestalost munja te u slučaju približavanja terminalu, na temelju odluke odgovorne osobe terminala, zapovjednika FSRU-a ili zapovjednika LNG broda, prekinuti prekrcaj tereta.

9.2 ISPUŠTANJE UKAPLJENOG PLINA

Ukapljeni plin se s LNG broda na FSRU prekrcava u zatvorenom sustavu cjevovoda i tijekom redovnog rada nema ispuštanja plina. U slučaju izvanrednih okolnosti do ispuštanja LNG-a može doći iz:

- brodskih tankova i cjevovoda,
- prekrcajnih cijevi,

spoja prekrcajnih ruku, Uzroci nekontroliranog ispuštanja LNG-a na brodu mogu biti:

- strukturno oštećenje (puknuće) cjevovoda ili spoja manifolda uslijed nepravilnog održavanja, ispitivanja ili radnog postupka;
- sudar, udar ili nasukavanje broda u mjeri da dolazi do puknuća stjenke tanka tereta ili
- neovlaštenog i namjernog djelovanja (sabotaža ili teroristički čin).

Najčešći uzroci ispuštanja su oštećenje cjevovoda ili spoja manifolda čime u pravilu dolazi do ispuštanja manjih razmjera. U slučaju ostalih uzroka ispuštanja mogu biti vrlo velikih razmjera. Ispuštanje LNG-a ne predstavlja primarno opasnost od onečišćenja okoliša već od:

- pojave požara ili eksplozije,
- oštećenja brodske strukture i
- ozljeda ljudi.

Ukapljeni plin (LNG) prilikom nekontroliranog ispuštanja u okolinu naglo se pretvara u hladan oblak para (aerosol) koji je teži od zraka. Kapljice ukapljenog plina uglavnom isparavaju u potpunosti, međutim dio njih može još u tekućem stanju doći u kontakt s podlogom ispod ili u blizini mjesta ispuštanja stvarajući manje bazene koji isparavaju. Oblak aerosola zagrijavanjem na temperaturu okoline i miješanjem sa zrakom postaje lakši od zraka te se postupno diže u visine. Oblak aerosola, u početnoj fazi dok je teži od zraka, ponaša se slično kao tekućina odnosno njegovo širenje ponajviše ovisi o smjeru i jačini vjetra, a zatim i o konfiguraciji podloge (brodski trup, more ili kopno sa raznim zaprekama). Plin se uvijek kreće niz vjetar te se pri jačem vjetru brže miješa sa zrakom i razrjeđuje.

Do zapaljenja može doći ukoliko se u isto vrijeme dogodi: nekontrolirano ispuštanje LNG-a, koncentracija metana u mješavini sa zrakom od 5 – 15 % te dodir navedne koncentracije s izvorom zapaljenja. Ako dođe do zapaljenja, požar može poprimiti razna obilježja kao što je gorenje mlaza plina pod tlakom iz cjevovoda, gorenje para iznad bazena ukapljenog plina na otvorenoj podlozi, naglo izgaranje raspršenog oblaka para i sl.

Do eksplozije dolazi ukoliko prethodno dođe do zapaljenja, a za što je preduvjet nekontrolirano ispuštanje LNG-a, koncentracija metana u mješavini sa zrakom od 5 – 15 % te dodir navedne koncentracije s izvorom zapaljenja. Eksplozija plina na otvorenom, a što je područje terminala, nije vjerojatna. Općenito eksplozija zapaljivih plinova se može podijeliti na detonaciju i deflagraciju. Detonacija je izrazito razorna pojava izgaranja plinova pri kojoj nastaje udarni val koji se kreće brzinom većom od zvuka (često i više od 1.500 m/s). Detonacije mogu nastati izgaranjem vrlo reaktivnih plinova poput acetilena ili vodika, ali ne i prirodnog plina. Pri deflagraciji udarni val se kreće sporije od brzine zvuka (uobičajeno manje od 250 m/s) te nema veliku razornu moć. Do deflagracije prirodnog plina može doći u zatvorenim prostorima ili na otvorenom gdje postoji niz zapreka koje sprječavaju njegovo širenje i razrjeđivanje sa zrakom.

Osim požara ukapljeni plin (mlaz kapljica ili nakupljeni bazeni ukapljenog plina) može znatno oštetiti čeličnu brodsku strukturu (palubu, ostali cjevovod, opremu i sl.) u neposrednoj blizini ispuštanja. Brodski čelik ispod -40°C postaje krhak, a posebice u kontaktu s ukapljenim plinom (-160°C) pri čemu mogu nastati lokalizirana puknuća. Stoga se pretpostavlja korištenje vodene zavjese za zaštitu trupa od niskih temperatura u području manifolda prije, tijekom i nakon okončanog iskrcaja.

Prirodni plin predstavlja opasnost za ljude u slučaju udisanja i kontakta s aerosolom ili pothlađenim čelikom. Udisanje prirodnog plina može prouzročiti štetne posljedice iznad koncentracije (Mol) od 6,7%, a gušenje i smrt iznad 71,3%. Koncentracije plina opasne za udisanje mogu se proširiti i do nekoliko desetaka metara, ovisno o tlaku i mjestu ispuštanja. Direktni kontakt dijelova tijela s pothlađenim čelikom (primjerice dodir rukohvata brodskog siza, cjevovoda i sl. prilikom evakuacije broda) može znatno oštetiti kožu i druga tkiva te prouzročiti ozeblina i ozbiljne ozljede.

U cilju prevencije širenja oblaka ispuštenog plina, sprječavanja nastanka požara i oštećenja brodske strukture uslijed niskih temperatura ispuštenog tereta u pravilu se koriste fiksni sustavi za gašenje požara vodom na FSRU-u, LNG brodu i LNG FSRU terminalu (vodeni topovi).

Pri otkrivanju ispuštanja ukapljenog plina na brodu ili terminalu neposredni postupci moraju obuhvatiti sljedeće:

- oglašavanje dogovorene uzbune,
- prekid operacija s teretom ili ukoliko je potrebno pokretanje postupka prekida prekrcaja tereta u nuždi (*ESD - Emergency Shut Down*),
- obavještanje odgovorne osobe na terminalu/brodu,
- okupljanje posade broda/osoblja na zbornom mjestu,
- osiguravanje/otklon svih mogućih izvora zapaljenja i u potpunosti proglašenje zabrane pušenja na bilo kojem mjestu na brodu, terminalu, tegljačima ili bilo kojem drugom pomorskom ili kopnenom objektu unutar sigurnosne zone,

te dodatno, ukoliko je potrebno, pri većim ispuštanjima:

- evakuaciju prisutnih osoba na pristanu,
- pokretanje palubnog sustava za gašenje raspršenom vodom (*Deluge system, Deck water spray*),
- pokretanje fiksnog protupožarnog sustava na LNG FSRU terminalu,
- poziv tegljaču u pripravnosti za pokretanje protupožarnog sustava.

Tegljači po dolasku i pružanju pomoći moraju biti postavljeni s privjetrinske strane mjesta ispuštanja, koliko je to moguće, da se otkloni mogućnost zapaljenja plina.

Prekrcaj tereta se može nastaviti isključivo nakon otkrivanja uzroka ispuštanja plina te otklanjanja mogućnosti da se ispuštanje ponovi.

Mjere sigurnosti za sprječavanje ispuštanja plina prije početka i za vrijeme prekrcaja tereta s LNG broda na FSRU moraju uključivati najmanje:

- provjeru fleksibilnih prekrcajnih cijevi između LNG broda i FSRU-a, prekrcajnih ruku između FSRU-a i priključnog plinovoda na kopnu i spoja manifolda, dušikom s FSRU-a pod odgovarajućim tlakom te vanjskim nanošenjem otopine vode i sapunice na spoj prije početka prekrcaja tereta (*Leak test*),
- provjeru ispravnosti detektora plinova na LNG brodu, FSRU-u i kopnu,
- provjeru ESD sustava i komunikacijskog sustava između FSRU-a, LNG broda i obalnog dijela terminala;
- neprekidni nadzor palube i prekrcajnih ruku članova posade LNG broda i FSRU-a,
- redovitu provjeru i nadzor svih zatvorenih i nekorištenih manifolda na LNG brodu.

Degazacija tankova tereta u atmosferu nije dopuštena.

9.3 POŽAR ILI EKSPLOZIJA

Požar na plovilu je nekontrolirano gorenje cijelog plovila ili njegovih dijelova. Eksplozijom se smatra trenutno izgaranje dijela tereta odnosno zapaljivih plinova i para tekućih tereta ili pogonskog goriva plovila. Nerijetko eksplozija prethodi požaru kao i obrnuto. Požar ili eksplozija vrlo često nastupaju kao posljedica neke druge nezgode ili kao posljedica nepoštivanja propisanih radnih postupaka posade ili posjetitelja odnosno propuštanja obavljanja propisanih mjera sigurnosti, a rjeđe kao posljedica tehničkog kvara, otkaza uređaja ili opreme.

Do požara ili eksplozije može doći na FSRU-u, LNG brodu ili na kopnenom objektu LNG FSRU terminala. U oba slučaja neposredni postupci jesu:

- otkrivanje požara, uzbunjivanje i neposredno gašenje požarnim aparatima (ako je moguće),
- pokretanje postupka prekida prekrcaja tereta u nuždi,
- izvješćivanje odgovornih osoba, procjena rizika, obima požara te određivanje mjera gašenja,
- gašenje požara, samostalno ili u suradnji s javnim vatrogasnim postrojbama,
- završetak, pregled i nadzor požarišta.

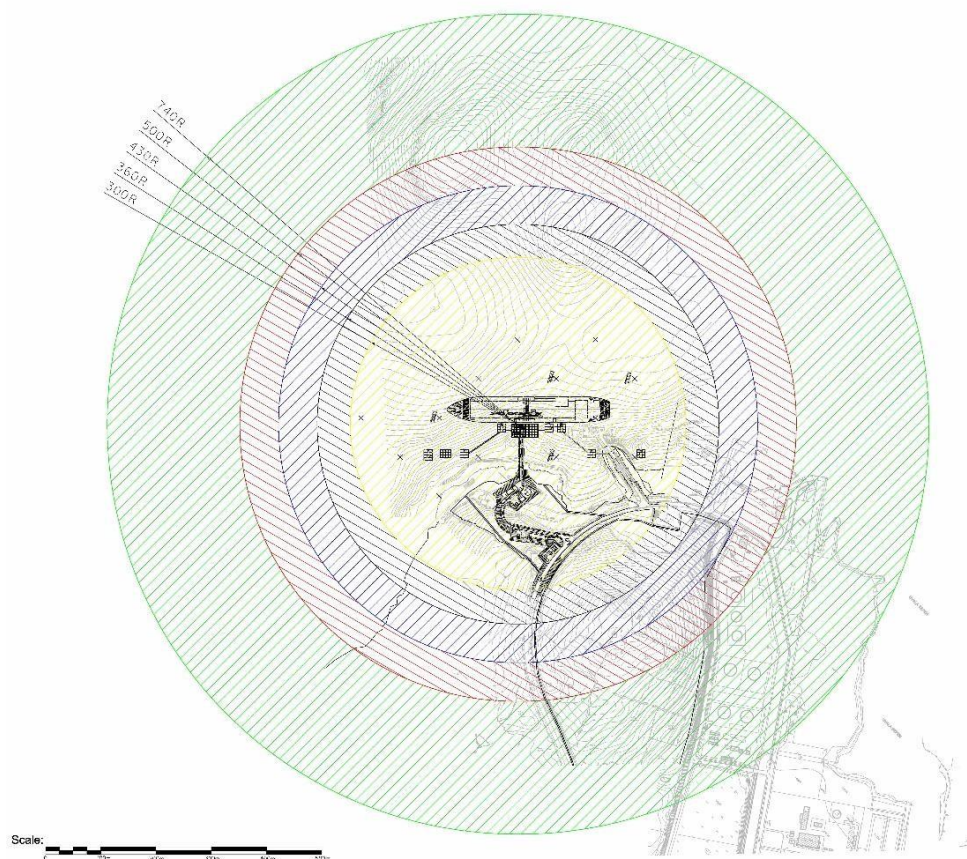
U slučaju požara na FSRU-u ili LNG brodu zapovjednik je odgovoran za pravovremenu provedbu svih bitnih postupaka sukladno Brodskom protupožarnom planu i Pravilniku terminala, a obvezno uključuje:

- oglašavanje protupožarne uzbune i odgovarajući dogovorni signal brodskom sirenom,
- prekid prekrcaja tereta u nuždi,
- obavješćivanje drugih odgovornih osoba,
- okupljanje posade na zbornom mjestu,
- pripremu za odvajanje prekrcajnih ruku i/ili prekrcajnih cijevi,
- postupak gašenja požara sukladno Brodskom protupožarnom planu,
- poziv tegljaču u pripravnosti odnosno tegljačima radi gašenja požara s morske strane, ukoliko je potrebno.

Po primitku obavijesti o izvanrednoj okolnosti na LNG brodu, postupak odgovorne osobe na FSRU terminalu uključuje:

- ,
- pokretanje radnji sukladno Planu gašenja požara terminala,
- uspostavljanje komunikaciju sa tegljačima u pripravnosti,
- uspostavljanje komunikaciju za odgovornom osobom FSRU-a odnosno LNG broda.

Zapovjednik FSRU-a, LNG broda ili odgovorna osoba terminala dužni su izvijestiti Županijski centar Državne uprave za zaštitu i spašavanje (DUZS) pozivom na broj 112 i Lučku kapetaniju Rijeka VHF radio stanicom (kanal 10 ili 16). Dužnost DUZS-a je, obzirom na dobivenu informaciju i procjenu opasnosti, dalje obavijestiti i uputiti na požarište Javnu vatrogasnu postrojbu (JVP), policijsku upravu i hitnu pomoć. Prema potrebi treba uputiti dodatne tegljače radi gašenja požara morskim putem. Dodatno, upućuje se i peljari u slučaju da bude potreban odvez broda ili nekog drugog broda.



Slika 74 Područje utjecaja u slučaju požara (toplinski tok od 1,5, 5, 8, 15 i 32 kW/m²)

U slučaju požara većih razmjera zapovjednik JVP-a na požarištu u pravilu preuzima zapovjedništvo nad svim protupožarnim postupcima. Ukoliko je požar takvih razmjera da ugrožava pomorske ili kopnene objekte na području terminala te prijeti širenju, treba razmotriti odvez ili premještanje broda. Odluka o napuštanju veza donosi se istim postupkom odnosno slijedeći ista načela kao i u slučaju vremenskih neprilika.

FSRU i LNG brod napuštaju sve osobe koji nisu nužne za postupak gašenja požara. Prilikom okupljanja posade broda i osoblja terminala na zbirnom mjestima obavlja se prebrojavanje. Ukoliko netko nedostaje, mora se o tome izvijestiti odgovorne osobe te odrediti tim za traganje i spašavanje nestalih osoba.

Nakon gašenja požara obavezno se mora postaviti straža za nadgledanje požarišta u slučaju da dođe do ponovnog zapaljenja. Odgovorne osobe terminala, zapovjednik FSRU-a i LNG broda te zapovjednik JVP-a dužni su sastaviti izvještaj o nastaloj izvanrednoj okolnosti.

Protupožarne mjere moraju biti provedene i provjerene sukladno listi provjere sigurnosnih mjera između LNG broda i FSRU-a (*Ship to ship safety check list*) te FSRU-a i kopna (*Ship/Shore Safety Check List*), a moraju uključivati:

- Plan protupožarne opreme i Plan sigurnosne opreme mora biti postavljen na glavnoj palubi pored broskog siza;

- glavni palubni protupožarni sustavi moraju biti pod tlakom za vrijeme boravka broda na terminalu te protupožarne cijevi sa mlaznicama moraju biti spremne za upotrebu;
- prijenosni aparati za gašenje požara prahom moraju biti postavljeni pored manifolda, a fiksni sustav gašenja požara prahom mora biti spreman za upotrebu i kontrolni panel za aktivaciju mora biti otključan;
- fiksni sustav gašenja suhim kemijskim prahom na palubi mora biti u stalnoj pripravnosti;
- svi vanjski otvori (ulazi u nadgrađe i prozori) moraju biti zatvoreni, a ventilacija/klimatizacija postavljena na djelomičnu recirkulaciju na način da svi otvori okrenuti prema tankovima tereta moraju biti zatvoreni;
- brodska radio oprema može biti korištena samo za zaprimanje informacija; sve predajne antene moraju biti isključene i uzemljene za vrijeme spajanja prekrcajnih ruka;
- upotreba brodskih radara za vrijeme prekrcaja tereta nije dopuštena;
- svi fiksni i prijenosni električni i elektronički uređaji koji se koriste na palubi broda moraju biti sigurnosne izvedbe i odobrene od strane odgovorne osobe terminala;
- pušenje na brodu i terminalu je zabranjeno, osim u dozvoljenim prostorijama koje su posebno označene;
- posjedovanje i nošenje upaljača za cigarete (osim sigurnosnih šibica) na brodu i terminalu strogo je zabranjeno;
- radovi kojima se može nastati iskra, otvoreni plamen ili toplina (*Hot work*) su zabranjeni za vrijeme boravka broda na terminalu.

U slučaju požara i eksplozija na području FSRU terminala, osoblje terminala postupuje po Planu gašenja požara terminala. Slijed obavještanja je vrlo sličan prethodnom slučaju, samo obratnim smjerom. Nakon oglašavanja protupožarne uzbune terminala, pod vodstvom voditelja provjerava se vjerodostojnost, mjesto i obim nastalog požara. Koristeći ranije navedena sredstva uzbunjivanja i komunikacije slijedi obavještanje odgovornih osoba terminala te ostalih plovila koja su zatečena na pristanima. Ovim postupkom obavještava se i zapovjednik broda koji stavlja posadu i glavni stroj broda u stanje pripravnosti. Nakon okupljanja i provjere broja radnika terminala ustanovljuje se nedostaje li netko te sukladno tome započinje traganje i spašavanje nestale osobe. Odgovorne osobe terminala utvrđuju obim požara te procjenjuju potrebu za obavještanje DUZS-a i Lučke kapetanije. Dolazak i prihvaćanje kopnene vatrogasne, medicinske i policijske pomoći, kao i pomoći tegljača morskim putem je jednako kao i u prethodnom slučaju.

Nakon uspješnog gašenja požara, odgovorne osobe terminala, dužne su izvjestiti zapovjednika broda o prestanku izvanredne okolnosti.

9.4 UDAR DRUGOG BRODA ILI PLOVILA

Sudar i udar po svojim obilježjima mogu se svrstati u istu vrstu pomorskih nezgoda. Razlog tome su okolnosti pri kojim se javljaju, a obilježava ih fizički dodir plovila sa stranim objektom pri čemu se uvijek javljaju materijalne štete. Sudar ili udar LNG broda za posljedicu može imati požar, eksploziju, naplavlivanje ili ispuštanje ukapljenog plina.

Načelno, sudarom se smatra sraz plovila s drugim plovilom u plovidbi, na sidrištu ili privezu, dok se udarom plovila smatra sraz s objektom koji nije plovilo. Sudar se u najvećem broju slučajeva događa pri putnoj brzini obaju ili jednog plovila zbog čega su oštećenja trupova razmjerno velika te može doći do stvaranja velikih otvora i prodora vode.

Ukoliko dođe do sudara tijekom boravka FSRU-a, LNG broda na terminalu ili unutar sigurnosnog područja terminala (*Safety zone*), početni postupci uključuju obavještanje odgovornih osoba terminala, prekid prekrcaja tereta, odvajanje prekrcajnih ruku i/ili prekrcajnih cijevi, poziv tegljačima i te obavještanje Lučke kapetanije Rijeka o nastalom događaju jednak je kao i pri nastanku požara. Kao i pri svakoj

izvanrednoj okolnosti slijedi ustanovljavanje ima li nestalih ili povrijeđenih osoba. Na brodu se čim prije mora ustanoviti obim štete, je li došlo do probijanja trupa i naplavlivanja, ispuštanja ukapljenog plina, ulja ili štetnih tekućina te opće stanje priveza. Neophodno je pravovremenom komunikacijom ustanoviti i stanje drugog broda, posebice broj i stanje ozlijeđenih te pružiti pomoć prema potrebi.

Na temelju prikupljenih informacija o stanju vlastitog broda, posebice na temelju izvještaja ronioca, zapovjednik broda i odgovorna osoba terminala procjenjuju rizik te obavještavaju Lučku kapetaniju Rijeka o stanju.

Ovisno o opsegu štete zavisi hoće li se pozvati u pomoć i vanjske spašavatelje. Ukoliko dođe do prodiranja vode, mora se odmah započeti s pražnjenjem naplavljenog dijela brodskim crpkama, a terminal treba pripremiti pomoć svojim raspoloživim prijenosnim crpkama. Odgovorne osobe terminala dužne su pozvati dodatne tegljače, a putem DUSZ pozvati JVP grada Rijeke. Tegljači raspolažu reverzibilnim protupožarnim crpkama kojima mogu prazniti naplavljena plovila. Prijenosne crpke imaju i vatrogasne postrojbe pa s kopna mogu također pomoći pri pražnjenju. Posada je dužna, u mjeri u kojoj je to tehnički izvedivo, pokušati smanjiti prodor vode. Ukoliko je kapacitet pražnjenja veći od prodora mora te brod zadržava uzgon, treba hitno pristupiti popravcima štete.

Radi smanjivanja vjerojatnosti od udara drugih brodova i plovila odnosno približavanja potencijalnih nenadziranih izvora požara u blizini FSRU-a, LNG broda odnosno terminala predlaže se uspostavljanje područja zabrane plovidbe za sve brodove, brodice i jahte odnosno ronioce na udaljenosti od najmanje 1.000 m od terminala

9.5 ISPUŠTANJE VEĆE KOLIČINE ULJA, ZAULJENIH VODA ILI DRUGIH NEDOPUŠTENIH TVARI U MORE

Mjere za sprečavanje onečišćenja mora ovise o svojstvima tereta, goriva i ostalih onečišćujućih tvari i primijenjenoj tehnologiji prijevoza i prekrcaja. S obzirom da prirodni plin ne predstavlja posebnu opasnost za okoliš, moguća onečišćenja okoliša sa FSRU-a i LNG brodova jesu prvenstveno izlivanje pogonskog goriva ili zauljenih tekućina iz strojarne. Konvencionalni GTT (Gaz Transport & Technigaz) LNG brodovi mogu imati do 6.000 tona goriva, a Q-Max LNG brodovi do 10.000 tona teškog goriva s niskom razinom sumpora (*Low sulphur Heavy Fuel Oil*).

Pretežno otvoreni morski prostor ispred LNG FSRU terminala Krk, može pogodovati onečišćenju većih razmjera u slučaju znatnih istjecanja goriva.

Onečišćenja s LNG brodova kakvi se očekuju mogu se podijeliti :

- kao posljedica redovnog rada (radna onečišćenja),
- koja su posljedica pomorskih nezgoda.

Osnovni uzrok onečišćenja iz prve skupine jesu manje nezgode za vrijeme boravka broda na terminalu i to uglavnom uslijed lošeg održavanja čistoće broda. Temeljna obilježja ovakvih onečišćenja jest da su razmjerno malog obima, a nastale štete mogu se prikladnim mjerama održati pod kontrolom. Temeljna mjera zaštite od onečišćenja u tom slučaju jest zatvaranje svih otvora na palubi broda (*Scupper Plugs*) i održavanje čistoće. Ne pretpostavlja se opasivanje LNG broda plutajućom zaštitnom branom za trajanja prekrcaja. Predlaže se nabavka zaštitnih lučkih brana (ili drugih jednakovrijednih sredstava ograničavanja onečišćenja) ili osiguranje njihove dopreme u primjerenom vremenu u duljini dovoljnoj da se opašu i FSRU i LNG brod te odnosi dio terminala. Opasivanje je obvezno samo u slučaju ukrcaja ili iskrcaja tekućih goriva s drugog broda odnosno iskrcaja zauljenih voda na drugi brod.

Onečišćenja koja su posljedica drugih nezgoda, prvenstveno nasukanja, požara i eksplozija, spadaju najčešće u velike ekološke nezgode. U slučaju takvih onečišćenja, prilikom istjecanja velike količine goriva ili zauljenih voda jedina moguća mjera sprečavanja ekoloških šteta je višestruko opasivanje broda prikladnim plutajućim branama. Općenito mjere zaštite od onečišćenja mora potrebno je unaprijed

dogovoriti između broda i FSRU-a te terminala i FSRU-a putem liste provjere (*Ship/ship* i *Ship/Shore Safety Check List*).

Tijekom prve godine dana od početka rada pretpostavlja se zabrana ukrcaja goriva na brodove privezane na terminalu. U slučaju potrebe, ukrcaj goriva može se obavljati na obližnjem sidrištu namijenjenom brodovima za prijevoz ukapljenih plinova. Nakon isteka prve godine rada predlaže se razmotriti dopuštanje ukrcaja goriva dok je LNG brod na terminalu, no ne za vrijeme prekrcaja tereta. U tom slučaju brod koji je dopremio gorivo i s kojeg se gorivo prekrca, FSRU te LNG brod moraju biti opasani zaštitnim branama.

U slučaju da je tijekom boravka LNG broda na terminalu došlo do nekontroliranog istjecanja štetnih tekućina po palubi broda ili u more, zapovjednik FSRU-a i/ili LNG broda dužni su djelovati po brodskom Planu za onečišćenje mora. Neposredni postupci broda i terminala moraju obuhvatiti sljedeće postupke:

- obavijestiti odgovorne osobe terminala;
- prekinuti prekrcaj tereta;
- poduzeti mjere sprečavanja daljnjeg ispuštanja tekućina u more;
- osigurati sve moguće izvore zapaljenja;
- organizirati u što kraćem vremenu čišćenje palube te uklanjanje zauljenih ili zamašćenih materijala s broda na prikladno mjesto na kopnu;
- izvijestiti Lučku kapetaniju Rijeka o uzrocima, količini tvari ispuštene u more, njezinim svojstvima i poduzetim mjerama zaštite te izvoru onečišćenja;
- ako se radi o većim količinama odnosno ako je došlo do širenja onečišćenja izvan zaštićenog područja jedne brane, izvijestiti organizaciju osposobljenu za uklanjanje onečišćenja o količini tvari ispuštene u more, njezinim svojstvima i poduzetim mjerama te dogovoriti dopremu dopunskih količina zaštitnih brana;
- započeti s pripremama za ograničavanje onečišćenja i njegovo čišćenje uključujući prikupljanje potrebnih ljudi i sredstava, izvješćivanje nadležnih osoba, prikupljanje tekućina koje su dospjele u more i dr.

Ukoliko se radi o procijenjenoj količini do 2.000 m³ uzbuđuje se Županijski operativni centar (ŽOC). ŽOC je nadležan za sva onečišćenja uljem ili smjesom ulja razmjera manjeg od 2.000 m³ te se u tim slučajevima primjenjuje županijski Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora. Nadzor nad djelovanjem po Planu intervencija na mjestu onečišćenja provode nadležni inspektor Lučke kapetanije Rijeka i inspektor zaštite okoliša. Zapovjednik ŽOC-a je lučki kapetan, a sjedište mu se nalazi u Lučkoj kapetaniji Rijeka. U slučaju izlivanja količine veće od 2.000 m³ ulja ili drugih onečišćujućih tvari primjenjuje se državni Plan intervencije kod iznenadnog onečišćenja mora. Za taj plan nadležan je Stožer za provedbu Plana intervencija čije je sjedište u središnjem tijelu državne uprave nadležnom za more. Koordinativne aktivnosti za informacije Stožera obavlja Nacionalna središnjica za usklađivanje traganja i spašavanja na moru u Rijeci (MRCC).

U cilju smanjivanja i uklanjanja opasnosti od onečišćenja mora na razini ŽOC-a poduzimaju se sljedeće mjere:

- stavljanje u stanje pripravnosti tegljača ili plovila s dostatnim kapacitetom tegljenja i sposobnosti pružanja podrške na uklanjanju onečišćenja;
- stavljanje u stanje pripravnosti brodova čistača, prikladne opreme i osoblja za reagiranje u slučaju onečišćenja;
- stavljanje Civilne zaštite u stanje pripravnosti;
- stavljanje u stanje pripravnosti vatrogasne službe, hitne medicinske pomoći i Gorske službe spašavanja;

- poduzimanje drugih mjera primjerene zamijećenoj opasnosti od onečišćenja.

Poduzimanje mjera za smanjenje i uklanjanje opasnosti od onečišćenja mora nalaže zapovjednik Stožera ili ŽOC-a, ovisno o razmjeru onečišćenja, a time i nadležnosti.

9.6 OSTALE NEZGODE

Pod ostalim nezgodama podrazumijevaju se sve ostale izvanredne okolnosti u kojima mogu biti u opasnost ljudi, privezani brod, brodovi u blizini ili terminal. Ostale nezgode mogu uključivati:

- **Čovjek u moru** – Nezgoda podrazumijeva nenadani pad člana posade broda i osoblja terminala u more koji se pritom može utopiti, može biti ozlijeđen prilikom pada (udar glavom ili tijelom) ili dok je u moru (pod utjecajem valova i morske struje) te doživjeti pothlađivanje.
- **Pomak LNG broda i/ili FSRU-a na vezu** – Brod i FSRU moraju biti vezani sukladno dogovorenom planu priveza, a sile na priveznim vitlima nadzirane tako da uzdužni pomak plovila bude unutar tehničkih značajki visokotlačnih prekrcajnih ruku za FSRU odnosno najvećeg dopuštenog pomaka fleksibilnih prekrcajnih cijevovoda za LNG brod. U slučaju prevelikog pomicanja dolazi do uključivanja ESD sustava, što treba izbjegavati koliko je to moguće. Slijedom toga zabranjeno je pokretanje stroja LNG broda dok je privezan uz FSRU.
- **Roll-over efekt** – U pojedinim iznimnim slučajevima, u pravilu tijekom ukrcaja LNG-a u tankove gdje se već nalazi prethodno ukrcani plin može doći do stratifikacije (podjele tereta na dva sloja uslijed razlike u gustoći). Prijenosom topline i izjednačavanjem gustoća dolazi do naglog miješanja i isparavanja plina što može uzrokovati neželjeno povećanje tlaka u tanku, njegovo oštećenje te u konačnici ispuštanje plina. Posljedica je nagli rast tlaka u tanku s mogućim ispuštanjem plina u atmosferu.
- **Nagruće broda** – Nagruće broda za vrijeme boravka na vezu može se dogoditi uslijed nepravilnog rada s balastnim sustavom na brodu ili provođenjem pogrešnog plana balastiranja. Neposredni uzrok naginjanja je konstrukcija centralnih balastnih tankova, uobičajeno kod starijih izvedbi LNG brodova, gdje su bočni tankovi spojeni na sredini broda necjelovitom pregradom približne visine do 3 m koja omogućava nekontroliran poprečan protok balastne vode te posljedično nekontrolirani nagib broda. Uobičajeno je da se u slučaju nagiba broda većeg od 1.5° ili naglog povećanja nagiba broda uključuju sustavi sigurnosti brod-terminal odnosno pokreće ESD postupak.



Slika 75 Nagruće broda LNG EDO uslijed nepravilnog balastiranja broda

Kao što su za izvanredne okolnosti iz prethodnih poglavlja navedeni očekivani postupci, tako je i za ostale nezgode neophodno imati jasan postupak djelovanja. Koliko detaljno će se postupci opisati u službenim priručnicima broda ili terminala ovisi o politici sigurnosti brodara odnosno koncesionara terminala.

Općenito, postupci u slučaju bilo koje ostale nezgode koja nastane na području terminala i koja može (u bilo kojoj mjeri) ugroziti sigurnost broda moraju uključivati sljedeće:

- oglašavanje dogovorene uzbune,
- pokretanje postupka prekida prekrcaja tereta u nuždi (ESD),
- informiranje odgovornih osoba na LNG i FSRU brodu (te po potrebi i drugih osoba, ponajprije nadležne lučke kapetanije) o nastalim okolnostima,
- pokretanje sigurnosne mjere na sučelju brod-kopno prema potrebi (odvajanje prekrcajnih ruku, preventivno pokretanje protupožarnih sustava, odlazak sa veza i dr.),
- djelovanje prema propisanim postupcima Plana sigurnosti terminala.

Na isti način u slučaju bilo koje ostale nezgode koja nastane na brodu i koja može u bilo kojoj mjeri ugroziti sigurnost broda ili terminala zapovjednik odnosno posada broda moraju razmotriti:

- pokretanje postupka prekida prekrcaja tereta u nuždi (ESD),
- informiranje odgovornih osoba na terminalu odnosno na FSRU i LNG brodu o nastalim okolnostima,
- pokretanje sigurnosne mjere na sučelju FSRU-kopno i LNG brod-FSRU prema potrebi (odvajanje prekrcajnih ruku ka FSRU i/ili odvajanje fleksibilnih prekrcajnih cjevovoda ka LNG brodu preventivno pokretanje protupožarnih sustava, odlazak sa veza i dr.),
- djelovanje prema propisanim postupcima Plana sigurnosti broda.

Zaključno:

- (61) Izvanrednim okolnostima na terminalu valja smatrati: 1) vjetar snage 7 Beauforta (>13,8 m/s) ili više odnosno valovi signifikantne visine 1,5 m ili veće; 2) ispuštanje ukapljenog plina (s broda ili s terminala); 3) požar i/ili eksplozija (na LNG ili FSRU brodu ili kopnenom objektu terminala); 4) udar drugog broda ili plovila; 5) ispuštanje veće količine ulja, zauljenih voda ili drugih nedopuštenih tvari u more; 6) druge opasne okolnosti za koje odgovorna osoba terminala ili broda ocijeni da mogu predstavljati opasnost za brod ili terminal.
- (62) U slučaju vremenskih nepogoda proglašava se stanje pripravnosti u slučaju vjetra od 6 Beauforta (>10,8 m/s) ili valova signifikantne visine veće od 1 metra (max. visina vala od 2 m).
- (63) Odgovorne osobe terminala, zapovjednik FSRU-a ili zapovjednik LNG broda mogu donijeti odluku o prekidi prekrcaja tereta, odvajanju prekrcajnih ruku odnosno cijevi i napuštanju veza i u slučaju drugačijih okolnosti od predviđenih odnosno u bilo kojem trenutku, ako ocijene da je ugrožena sigurnost bilo koje jedinice.
- (64) U slučaju izvanrednih okolnosti pored radnji kojima se sprječavaju nepovoljne posljedice odvajaju se ruke za prekrcaj tereta i/ili prekrcajne cijevi, s FSRU-a i LNG broda se iskrcavaju sve osobe terminala, poziva se peljar, a tegljač u pripravnosti postavlja tegleno uže.
- (65) Načelno, u slučaju izvanrednih opasnosti, koliko god to nastale okolnosti dopuštaju, LNG brod ostaje privezan uz FSRU. Na taj način omogućuje se izravan i brz pristup te lakše uklanjanje uzroka nezgode i posljedica.
- (66) Granična vrijednost za napuštanje veza od strane LNG broda u pravilu je 25 m/s.
- (67) Napuštanje veza od strane LNG broda ili FSRU broda smatra se mjerom u krajnjoj nuždi i poduzima se samo ako nema nikakvih drugih mogućnosti djelovanja te u slučaju neposredne opasnosti. Ukoliko se vez ipak napušta, to se mora učiniti u uz obavještanje Lučke kapetanije Rijeka te uz prisutnost peljara i tegljača te prema dogovoru zapovjednika i peljara.

- (68) U slučaju pojedinih izvanrednih okolnosti provode se postupci predviđeni ovom studijom te svi drugi postupci, kako to bude propisano pravilima terminala, FSRU-a i pojedinog LNG broda, odnosno kako je to primjereno okolnostima.
- (69) U slučaju da stvarni uvjeti budu različiti od onih pretpostavljenih u ovoj studiji zapovjednik FSRU-a, LNG broda i odgovorne osobe terminala dogovorno mogu izmijeniti neke od predviđenih (propisanih) postupaka i sigurnosnih mjera ili uvjeta. Svi unaprijed utvrđeni postupci i sigurnosne mjere moraju biti navedeni u odnosnoj studiji usklađenosti.
- (70) Predlaže se praćenje svih predloženih mjera sigurnosti plovidbe tijekom prve godine dana rada terminala te, protekom tog vremena, ponovno preispitivanje predloženih mjera sigurnosti.

10 ZAKLJUČAK

Najvažniji zaključci ove studije jesu:

- (1) Plovni put od otvorenog dijela Jadrana do područja neposredno ispred LNG FSRU terminala omogućuje sigurnu plovidbu LNG brodova predviđene veličine i ne zahtjeva uvođenje posebnih mjera sigurnosti plovidbe zbog predviđenog povećanja prometa.
- (2) Orijentacijske točke i oznake plovnog puta od otvorenog dijela Jadrana do područja neposredno ispred LNG FSRU terminala omogućuju sigurnu plovidbu LNG brodova. Nema potrebe za uvođenjem novih oznaka plovnog puta.
- (3) Postojeća navigacijska i komunikacijska podrška omogućuju siguran prilaz LNG brodova do LNG FSRU terminala. Mjere upravljanja plovidbom (VTS) su primjerene postojećem prometu.
- (4) Ukupni postojeći promet brodova Riječkim zaljevom odnosno prema lukama u Riječkom zaljevu jest male do osrednje gustoće i ne iziskuje dodatne mjere sigurnosti plovidbe.
- (5) Područje prilaznog plovnog puta koje iziskuje posebnu pažnju jest područje Velih Vrata.
- (6) Vjerojatnost nasukanja bilo kojeg broda na prilaznom plovnom putu iznosi približno 0,50 nasukanja godišnje. Najveća je u području Velih vrata. Vjerojatnija su nasukanja zbog otkaza poriva nego nasukanja zbog greške u provedbi navigacijskih odluka. Od početka vođenja statistike pa do sada nije zabilježeno nasukanje tankera na području prilaznog plovnog puta.
- (7) Vjerojatnost sudara brodova na prilaznom plovnom putu je na razini zanemarivosti. U najvećoj mjeri izloženi su putnički brodovi.
- (8) Vremenske prilike na prilaznom plovnom putu ne ograničavaju bitno plovidbu većih brodova.
- (9) Visine valova i udari vjetra pri najjačim olujama mogu odgoditi pristajanje LNG brodova odnosno odgoditi prekrcaj tereta. Najveće visine valova valja očekivati za vrijeme vjetrova iz sjeverozapadnih i zapadnih smjerova i ne bi trebali utjecati na siguran boravak brodova na terminalu dok mogu ograničiti manevriranje broda.
- (10) LNG FSRU terminal je djelomično zaštićen od vjetrova iz sjevernih, sjeveroistočnih te južnih i jugoistočnih smjerova.
- (11) Vjerojatnost značajnih visina valova većih od 1,5 m u području terminala ocjenjuje se vrlo malom, isključivo iz zapadnih smjerova.
- (12) Odgoda pristajanja LNG broda odnosno prekid prekrcaja tereta mogu se očekivati tijekom puhanja jakih vjetrova iz NE kvadranta. Takve nepovoljne vremenske prilike značajno su vjerojatnije tijekom zimskog razdoblja.
- (13) Lokalne nevere mogu imati utjecaj na razmatranje prekida prekrcaja tijekom cijele godine.
- (14) Na LNG FSRU terminalu mogu se očekivati LNG brodovi kapaciteta većih od 10.000 m³, odnosno LNG *Feeder* brodovi.
- (15) Procjenjuje se da će najučestaliji brodovi biti oni kapaciteta od 140.000 do 180.000 m³. Vjerojatnost prihvata najvećih LNG brodova (260.000 m³) je razmjerno manja.
- (16) Na LNG FSRU terminalu valja očekivati prihvata LNG brodova opremljenih svim postojećim tehnologijama brodskih tankova ukapljenog plina.
- (17) Na LNG FSRU terminalu valja očekivati LNG brodove opremljene svim danas poznatim sustavima poriva. Slijedom navedenog manevarska svojstva očekivanih LNG brodova mogu biti značajno različita.

- (18) Svojstva LNG brodova koja presudno određuju njihova manevarska svojstva jesu: velika nadvodna lateralna površina izložena vjetru, manji zagažaj broda odnosno manji otpor lateralnom kretanju broda, smanjeni opseg vidljivosti sa zapovjedničkog mosta, te stanovita sporost pokretanja stroja pri pojedinim izvedbama porivnog sustava.
- (19) Sigurnost rada na LNG brodovima iziskuje strogo pridržavanje svih propisanih mjera sigurnosti.
- (20) LNG FSRU terminal planira se smjestiti na sjeverozapadni dio otoka Krka na rtu Zaglav, na lokaciji približno 1,5 km jugozapadno od mjesta Omišalj i oko 2 km sjeverno od mjesta Njivice.
- (21) Osnovne sastavnice LNG FSRU terminala su obalni pristan (uključuje platformu, utvrđice za vezivanje te privezne utvrđice) za prihvat FSRU broda kapaciteta od 160.000 m³ do 265.000 m³ te FSRU brod koji će omogućiti privez LNG broda kapaciteta od 125.000 m³ do 265.000 m³.
- (22) Planirani najveći godišnji kapacitet terminala iznosi 8,3 milijardi m³ plina, odnosno prosječni u prvim godinama rada terminala iznosi do 2,6 milijarde m³ plina s povećanjem ovisno o razvoju plinske mreže.
- (23) Predviđeni godišnji promet LNG brodova u dopremi plina u prvim godinama rada procjenjuje se na 25 do 35 brodova za iskrcaj tereta. Promet LNG brodova za najveći kapacitet FSRU broda procjenjuje se na 50 do 70 LNG brodova godišnje za iskrcaj plina.
- (24) Predviđa se ukrcaj plina na brodove u razvozu kapaciteta od 3.500 m³ do 35.000 m³. Broj LNG brodova u razvozu nije moguće procijeniti s obzirom da ovisi o daljnjem razvoju obalne distributivne mreže.
- (25) Predviđeno vrijeme iskrcaja LNG brodova u dopremi procjenjuje se na 24 sata ovisno o trenutnoj količini tereta na FSRU brodu te o kapacitetu uplinjavanja i potrošnje samog prirodnog plina od krajnjih korisnika. Ukupno vrijeme boravka LNG brodova procjenjuje se na do 50 sati.
- (26) Prekrcajna oprema terminala na obali uključuje dvije prekrcajne ruke (12") za isporuku plina sa FSRU broda na kopno i njegovo otpremanje u plinsku mrežu. Prekrcaj LNG-a s LNG broda na FSRU brod predviđa se obavljati korištenjem fleksibilnih cijevi.
- (27) Predviđena dubina za pristanu kao i na cijelom plovnom području ispred terminala iznosi 15 metara.
- (28) Granični uvjeti za pristajanje LNG broda uz FSRU brod su stalna brzina vjetra od 25 čvorova (≈ 13 m/s) i signifikantna visina vala od 1,0 m (max. visina vala od 2 m). Za izvođenje manevra isplovljenja, ovisno o smjeru djelovanja, brzina vjetra može biti i do 25% veća u odnosu na granične brzine koje se primjenjuju za manevar pristajanja.
- (29) Predviđa se uobičajeni postupak najave dolaska LNG broda.
- (30) Predlaže se provođenje pojačanog nadzora plovidbe LNG broda od strane nadležne VTS službe tijekom plovidbe kroz teritorijalno more Republike Hrvatske.
- (31) Predlaže se uvođenje sigurnosne domene oko LNG brodova odnosno osiguranje slobodnog prostora od strane VTS-a za vrijeme plovidbe kroz sustav usmjerene plovidbe Vela vrata do pristana odnosno sidrišta. Predlaže se veličina slobodnog prostora od 1.000 m po pramcu i krmi broda te 500 m sa svake strane.
- (32) Predlaže se uvođenje sigurnosne mjere ograničenja brzine na 15 čvorova za sve brodove koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju u prolazu Vela vrata.
- (33) Predlaže se uvođenje obveznog peljarenja kroz prolaz Vela vrata do mjesta priveza za sve brodove koji prevoze opasne ili onečišćujuće tvari u tekućem stanju duže od 250 m. Predlaže se uspostavljanje peljarske stanice južno od prolaza Vela vrata za ukrcaj odnosno iskrcaj peljara.

- (34) Predlaže se tijekom prve godine od puštanja terminala u rad koristiti dva peljara. Ukoliko iskustvo pokaže da je jedan peljar dovoljan obvezu korištenja dva peljara može se nakon stjecanja dovoljno iskustva izmijeniti. Također, predlaže se izuzeti LNG brodove od izuzeća od obveznog peljarenja.
- (35) Predlaže se obvezno korištenje peljarskog računala čija svojstva odgovaraju onima navedenim u tekstu studije.
- (36) Ne predviđa se izmjena postojećeg sidrišta za brodove koji prevoze ukapljene plinove.
- (37) Za siguran manevar iz bilo kojeg smjera i boravak najvećih LNG brodova pretpostavlja se jaružanje pličine (13,7 m) koja se nalazi oko 250 m od obalnog ruba novog LNG FSRU terminala u smjeru sjeverozapada na dubinu najmanje 15 m (mjereno od hidrografske nule).
- (38) Tijekom manevriranja potrebno je koristiti korištenje 4 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN svaki pri manevru pristajanja i 2 ili više tegljača vučne sile ne manje od 500 kN svaki pri manevru isplovljenja.
- (39) LNG Brod se u pravilu privezuje lijevim bokom, s pramcem prema otvorenom moru.
- (40) Tijekom prvih godinu dana ili prvih 10 prihvaćanja velikog LNG broda, što ranije nastupi, manevar priveza i odveza obavlja samo tijekom danjeg svijetla. Nakon tog razdoblja, Lučka kapetanija Rijeka može odobriti privez i odvez LNG brodova tijekom cijelog dana uz izradu dodatka maritimne studije.
- (41) Potrebno je postaviti tri panel-odbojnika na svaku priveznu utvrdicu po jedan energije apsorpcije (svaki) najmanje 4.500 kNm te dovoljne površine kako bi se osiguralo da pritisak na trup broda bude unutar dopuštenih ograničenja. Površina svakog panel odbojnika treba biti najmanje 25 m².
- (42) U izvanrednim okolnostima tlak na trup broda ne bi trebao prijeći 200 kN/m².
- (43) Prilazna brzina LNG broda terminalu ne smije biti veća od 0,15 m/s. U slučaju priveza manjih brodova (dužina do 200 m) prilazna brzina može biti i veća, no nikako veća od 0,20 m/s.
- (44) Predlaže se opremanje pristana uređajem za lasersko mjerenje udaljenosti broda od obale te mjerenje brzine približavanja odnosno kuta odstupanja od ravnine pristana. Ekran na kojem će se prikazivati navedene vrijednosti mora biti postavljen tako da ga zapovjednik, odnosno peljar LNG broda mora jasno vidjeti.
- (45) Predlaže se opremanje pristana anemometrom s daljinskim očitavanjem podataka u kontrolnoj sobi terminala s mjerenjem smjera i brzine vjetera na visini od 10 m iznad razine mora.
- (46) Predlaže se opremanje pristana s: 1) priveznim sklopovima (utvrdica za privezivanje) kako je navedeno u studiji opremljenih s četverostrukim brzo-otpuštajućim kukama za postavljanje pramčanih i bočnih konopa, 2) dva privezna sklopa opremljena s dvostrukim brzo-otpuštajućim kukama za springove.
- (47) Brzo-otpuštajuće kuke moraju biti opremljene dinamometrom te povezane s kontrolnom sobom terminala i broda. Postolje i svaka kuka moraju izdržati opterećenje od najmanje 1.500 kN te biti ispitane uz koeficijent sigurnosti najmanje 1,5. Privezni sklop mora biti opremljen vitlom za podizanje konopa i postavljanje na svaku kuku.
- (48) Najveći FSRU brod QMax veličine mora se privezati na obalni pristan s najmanje jedanaest pramčanih konopa, jedanaest krmernih konopa, te dva pramčana i dva krmerna springa. Usporedni konopi moraju biti istih svojstava. Za manje brodove dopušten je manji broj konopa kako je navedeno u studiji.
- (49) Privez LNG broda na FSRU brod mora se izvršiti s najmanje 6 pramčanih konopa, 6 krmerna konopa, dva krmerna springa i dva pramčana springa. Usporedni konopi moraju biti istih svojstava.

- Za manje brodove dopušten je manji broj konopa kako je navedeno u studiji dok kod priveza LNG QMax broda treba povećati broj pramčanih i krmenih konopa za jedan.
- (50) Za privez će se koristiti čelične užadi (s repom) ili konopi visoke prekidne čvrstoće.
- (51) Pretpostavlja se najveće stalno opterećenje u svakom konopu tijekom boravka broda na terminalu od 150 kN odnosno najviše 300 kN (30 t).
- (52) Tijekom boravka broda na pramcu i krmi moraju biti postavljena privezna užad za privez tegljača u nuždi prekidne čvrstoće najmanje 1.000 kN.
- (53) Neophodna najmanja dubina na području manevriranja i pristana terminala za prihvat LNG brodova sa najvećim očekivanim gazom iznosi 15,0 m.
- (54) Tijekom boravka broda na terminalu zabranjeni su radovi na brodskom porivu zbog kojih bi brod mogao biti nesposoban za isplovljenje u nuždi uz korištenje vlastitog poriva. Drugi radovi na održavanju broda, koji ne stvaraju opasnost od požara ili drugih nezgoda niti onemogućuju pokretanje stroja ili drugih dijelova opreme bitnih za sigurno isplovljavanje u nuždi su dopušteni, uz prethodno obavješćavanje i suglasnost odgovorne osobe terminala.
- (55) Potrebno je uspostaviti sigurnosno područje (*Safety zone*) oko LNG FSRU terminala u veličini od 500 m od krajnjih točaka FSRU i/ili LNG broda unutar kojega je zabranjena plovdba svih plovila, sidrenje i ribarenje, izuzev plovila koja imaju dozvolu terminala.
- (56) Za vrijeme cjelokupnog boravka LNG broda na terminalu jedan tegljač sa ugrađenim sustavom za gašenje požara dužan je neprekidno biti u stanju pripravnosti (*Stand by*) te po pozivu biti na raspolaganju FSRU i LNG brodu unutar najviše 10 minuta.
- (57) Terminal mora imati odobrenu Procjenu sigurnosne zaštite lučkog operativnog područja i Plan sigurnosne zaštite.
- (58) Za prihvat pojedinog LNG brod(ov)a prvi put mora biti izrađena studija usklađenosti kojom se potvrđuje usklađenost opreme i postupaka broda s odnosnom opremom i postupcima terminala radi sigurnog pristajanja i rada s teretom.
- (59) Osnovna komunikacijska veza (telefonska, podatkovna i ESD) između broda i terminala ostvaruje se komunikacijskom vezom koja može biti ostvarena korištenjem optičkog i/ili električkog kabela. Zasebno za ESD postavlja se dodatna sigurnosna veza pneumatskim sustavom.
- (60) Osnovna radio veza između broda i kopna jest UHF radio uređaj koje daje na raspolaganje FSRU. Alternativno, komunikacija se može odvijati putem VHF veze na dogovorenom kanalu.
- (61) Izvanrednim okolnostima na terminalu valja smatrati: 1) vjetar snage 7 Beauforta (>13,8 m/s) ili više odnosno valovi signifikantne visine 1,5 m ili veće; 2) ispuštanje ukapljenog plina (s broda ili s terminala); 3) požar i/ili eksplozija (na LNG ili FSRU brodu ili kopnenom objektu terminala); 4) udar drugog broda ili plovila; 5) ispuštanje veće količine ulja, zauljenih voda ili drugih nedopuštenih tvari u more; 6) druge opasne okolnosti za koje odgovorna osoba terminala ili broda ocijeni da mogu predstavljati opasnost za brod ili terminal.
- (62) U slučaju vremenskih nepogoda proglašava se stanje pripravnosti u slučaju vjetra od 6 Beauforta (>10,8 m/s) ili valova signifikantne visine veće od 1 metra (max. visina vala od 2 m).
- (63) Odgovorne osobe terminala, zapovjednik FSRU-a ili zapovjednik LNG broda mogu donijeti odluku o prekidu prekrcaja tereta, odvajanju prekrcajnih ruku odnosno cijevi i napuštanju veza i u slučaju drugačijih okolnosti od predviđenih odnosno u bilo kojem trenutku, ako ocijene da je ugrožena sigurnost bilo koje jedinice.

- (64) U slučaju izvanrednih okolnosti pored radnji kojima se sprječavaju nepovoljne posljedice odvajaju se ruke za prekrcaj tereta i/ili prekrcajne cijevi, s FSRU-a i LNG broda se iskrcavaju sve osobe terminala, poziva se peljar, a tegljač u pripravnosti postavlja tegleno uže.
- (65) Načelno, u slučaju izvanrednih opasnosti, koliko god to nastale okolnosti dopuštaju, LNG brod ostaje privezan uz FSRU. Na taj način omogućuje se izravan i brz pristup te lakše uklanjanje uzroka nezgode i posljedica.
- (66) Granična vrijednost za napuštanje veza od strane LNG broda u pravilu je 25 m/s.
- (67) Napuštanje veza od strane LNG broda ili FSRU broda smatra se mjerom u krajnjoj nuždi i poduzima se samo ako nema nikakvih drugih mogućnosti djelovanja te u slučaju neposredne opasnosti. Ukoliko se vez ipak napušta, to se mora učiniti u uz obavještanje Lučke kapetanije Rijeka te uz prisutnost peljara i tegljača te prema dogovoru zapovjednika i peljara.
- (68) U slučaju pojedinih izvanrednih okolnosti provode se postupci predviđeni ovom studijom te svi drugi postupci, kako to bude propisano pravilima terminala, FSRU-a i pojedinog LNG broda, odnosno kako je to primjereno okolnostima.
- (69) U slučaju da stvarni uvjeti budu različiti od onih pretpostavljenih u ovoj studiji zapovjednik FSRU-a, LNG broda i odgovorne osobe terminala dogovorno mogu izmijeniti neke od predviđenih (propisanih) postupaka i sigurnosnih mjera ili uvjeta. Svi unaprijed utvrđeni postupci i sigurnosne mjere moraju biti navedeni u odnosnoj studiji usklađenosti.
- (70) Predlaže se praćenje svih predloženih mjera sigurnosti plovidbe tijekom prve godine dana rada terminala te, protekom tog vremena, ponovno preispitivanje predloženih mjera sigurnosti.