

Planiranje prijevoza sirove nafte morem

Čičić, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:745751>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



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

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

ANTONIO ČIČIĆ

**PLANIRANJE PRIJEVOZA SIROVE NAFTE MOREM
ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2021.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

PLANIRANJE PRIJEVOZA SIROVE NAFTE MOREM

PLANNING OF CRUDE OIL TRANSPORT BY SEA

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Rukovanje teretom II

Mentor: izv. prof. dr. sc. Renato Ivče

Student: Antonio Čičić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075397

Rijeka, rujan 2021.

Student: Antonio Čičić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075397

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom **PLANIRANJE PRIJEVOZA SIROVE NAFTE MOREM** izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Renato Ivče.

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

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

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:

(zaokružiti jedan ponuđeni odgovor)

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

Student



(potpis)

Ime i prezime studenta: ANTONIO ČIČIĆ

SAŽETAK

Sirova nafta, jedan od glavnih resursa na svijetu, zahtjevan je pomorski teret. Povijest je dala odgovor na mnoge probleme na koje su pomorci nailazili kroz godine. Stalnim usavršavanjem sustava i opreme tankerskih brodova poboljšava se sigurnost posade i tereta.

Da je nafta zaista važna govori i činjenica da se dio pomorstva usko specijalizirao za tankerske brodove koji su drugačiji od ostalih. Tankovi u kojima se nafta skladišti iziskuju posebne metode ukrcaja, iskrcaja tereta i čišćenja istih. Postupanje u skladu s propisima, koje propisuje *Internacional Maritime Organization* (IMO), tankerskoj plovidbi olakšava jedan od najzahtjevnijih pomorskih transporta tereta.

U ovom će se radu pojasniti postupak prijevoza sirove nafte morem te detaljnije opisati etape prijevoza takvog tereta.

Ključne riječi: sirova nafta, tanker, inertni plin, pranje tankova sirovom naftom, ukrcaj tereta

SUMMARY

Crude oil, one of the world's major resource requirements, is maritime cargo. History has provided an answer to many of the problems that sailors have encountered over the years. Continuous improvement of the system and equipment of tankers improves the safety of the crew and cargo.

That oil is really important is also shown by the fact that part of the maritime sector closely specializes in tanker ships that are different from others. Tanks, in which oil is stored, require special methods of loading, unloading cargo and cleaning them. Complying with the regulations prescribed by the *International Maritime Organization* (IMO) facilitates one of the most demanding maritime cargo transports.

This final paper will explain the process of transporting crude oil by sea and describe in more detail the stages of transport of such cargo.

Keywords: crude oil, tanker, inert gas, crude oil washing, cargo loading

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. SIROVA NAFTA KAO TERET	2
2.1. UVOZNICI I IZVOZNICI NAFTE	3
2.2. TANKERSKO TRŽIŠTE.....	4
2.3. POVIJESNI RAZVOJ TANKERA ZA PRIJEVOZ SIROVE NAFTE	6
3. KARAKTERISTIKE TANKERA ZA SIROVU NAFTU I MEĐUNARODNI PROPISI	9
3.1. KARAKTERISTIKE TANKERA ZA SIROVU NAFTU	9
3.2. MEĐUNARODNI PROPISI I IMO	12
3.2.1. IMO (International maritime organization)	12
3.2.2. MARPOL	12
3.2.3. SOLAS (Safety Of Life At Sea)	13
3.2.4. ISGOTT.....	14
4. MANIPULACIJA TERETOM	14
4.1. UKRCAJ TERETA	15
4.2. ISKRCAJ TERETA.....	16
4.3. MJERENJE RAZINE TEKUĆINE U TANKU	17
4.4. GRIJANJE SIROVE NAFTE.....	18
4.5. SUSTAV NADZORA TLAKA U TANKOVIMA	19
5. SUSTAV INERTNOG PLINA	21
5.1. NAČIN DOBIVANJA INERTNOG PLINA	21
5.2. INERTIRANJE TANKOVA TERETA	22
5.2.1. INERTIRANJE TANKOVA POTISKIVANJEM	23
5.2.2. INERTIRANJE TANKOVA MIJEŠANJEM.....	24
6. PRANJE TANKOVA TERETA	25
6.1. PRANJE TANKOVA SIROVOM NAFTOM.....	25
6.2. OPREMA ZA COW	26
7. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA.....	28
7.1. PROCES GORENJA.....	28
7.2. PROTUPOŽARNE MJERE	28
8. ZAKLJUČAK	31
LITERATURA	32
KNJIGE:.....	32
INTERNETSKI IZVORI:.....	32

OSTALI IZVORI:	33
POPIS KRATICA	33
POPIS ILUSTRACIJA	35
POPIS TABLICA.....	35
POPIS GRAFIKONA.....	35
POPIS SLIKA	35

1. UVOD

Iako je danas nafta poznatija po svojim prerađevinama ovo crno zlato u svojem prvotnom obliku nosi naziv sirova nafta. To je naziv za naftu dobivenu iz bušotina. O važnosti nafte svjedoči i bogata povijest uporabe nje same i njenih prerađevina. Bila je poznata još prije nove ere a u Kini, koja je danas jedan od najvećih potrošača nafte, u 1. stoljeću prije Krista se vadila nafta.

Sirovina, bez koje je danas život na svim kontinentima svijeta nezamisliv, obilježila je gotovo čitavu povijest čovječanstva od drevnog Egipta, Rimskog Carstva preko srednjeg vijeka, poznate 1859. i događanja u Pennsylvaniji pa sve do današnjih dana. No, tko je zaslužan da nafta dospije iz država izvoznika u države kojima je potrebna? Pomorski prijevoz, kao jedan od najvažnijih na svijetu, omogućava prijevoz sirove nafte plovidbom jednih od najvećih brodova svijeta-tankera. Tankeri su se kroz vrijeme unaprjeđivali kapacitetom i sigurnošću, a čiji su sastavni dio posade vrlo često i hrvatski kapetani. Naziv za tankere dolazi od engleske riječi tank koju se u hrvatskom jeziku prevodi kao cisterna. To je brod koji prevozi tekući teret u teretnom prostoru (trupu broda). Najčešće je namijenjen za prijevoz sirove nafte i naftnih prerađevina, ali i kemikalija, ukapljenog plina i dr.

Prema veličini danas se tankeri dijele na tri vrste: tankeri tipa Panamax, Suezmax i supertankeri VLCC (*Very Large Crude Carrier*). Tankerske brodove gradilo je i hrvatsko brodogradilište, ono u Splitu. To su tankeri tipa Suezmax nosivosti 166 000 t građeni od 2004. do 2007. godine.¹

U ovom radu biti će riječi o važnosti tankera i potpunom načinu prijevoza sirove nafte morem. Rad će prikazati kratku povijest i značaj sirove nafte i tankera, izvoznike i uvoznike nafte i proces ukrcanja, skladištenja, prijevoza i iskrcanja nafte. U prvom poglavlju rada bit će riječi o sirovoj nafti općenito, kako se prema gustoći dijeli te što je Američki naftni institut. Osim općih informacija bit će navedeni neki veći proizvođači i najveći potrošači sirove nafte na svijetu. Pregled tankerskog tržišta uvod je za sljedeće poglavlje, o povijesti gradnje takvog tipa brodova. Nadovezuje se i poglavlje o karakteristikama tankera i propisima koji u svojim glavama donose pravila koja se odnose na tankere. Manipulacija tereta, odnosno ukrcaj i iskrcaj istog, uz poglavlje o mjerenju razine tekućine u tanku i poglavlje o grijanju sirove nafte detaljno će obraditi temu ovog rada. Specifičnost tankera

¹ Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=60398> (28.08.2021.)

opširnije će biti naglašena u poglavljima koja obrađuju temu inertiranja tankova i svih postupaka koji su za uspješnost postupka potrebni kao što je i pranje tankova sirovom naftom ili poznavanje protupožarnih mjera. Zaključno će biti naglašena problematika ove vrste prijevoza i rukovanja sirovom naftom.

2. SIROVA NAFTA KAO TERET

Nafta, poznatija kao crno zlato, mješavina je ugljikovodika, sumpornih, dušikovih i kisikovih spojeva. Prema kemijskom sastavu najzastupljeniji su ugljikovodici kojih je 75%, a zastupljenost ostalih spojeva varira ovisno o nalazištu i bušotinama. Visina cijene nafte također ovisi o nalazištu i bušotinama.

Nafta se po gustoći dijeli u tri skupine, a to su:

- Lagana (gustoće manje od 870 kg/m³ odnosno više od 31.1° API)
- Srednja (gustoće od 870 do 920 kg/m³ odnosno 31.1° do 22.3° API)
- Teška nafta (gustoće od 920 kg/m³ do 1000 kg/m³ odnosno 22.3° do 10° API)

API (*American Petroleum Institute*) *Gravity* je mjera Američkog naftnog instituta za određivanje relativne gustoće sirove nafte i naftnih produkata u odnosu na vodu te se izražava u stupnjevima. Ukoliko je API veći od 10° nafta će plutati na vodi. Količina prevezene nafte najčešće se izražava u barelima. 1 barel nafte iznosi 158,9872972 litara nafte.²

Početak svjetske naftne industrije smatra se 1859. godina kada je otkriveno prvo veće naftno nalazište u Američkoj saveznoj državi, Pensilvaniji. Od otkrića nafte u Pensilvaniji pa sve do izuma motora sa unutarnjim sagorijevanjem, nafta se koristila samo za dobivanje petroleja koji se koristio u petrolejskim lampama kao glavnom sredstvu. Nakon izuma motora sa unutarnjim sagorijevanjem, koji koristi benzin, i prvih automobila nafta postaje jedan od najbitnijih resursa na svijetu.

² API And Crude Oil Density...A Quick Guide To API Gravity, Attir R., 21.09.2018. <https://www.oea-consulting.ca/post/23-api-and-crude-oil-density-a-quick-guide-to-api-gravity> (28.08.2021.)

2.1. UVOZNICI I IZVOZNICI NAFTE

Prema podacima preuzetim s *Energy Information Administration* najveći proizvođači nafte su Sjedinjene Američke Države koje proizvode 20% ukupne svjetske nafte. Slijede Saudijska Arabija i Rusija s 11%. Kanada sa 6%, Kina s 5%, Irak, Brazil i Ujedinjeni Arapski Emirati s 4%, Iran i Kuvajt s 3% ulaze uz prije navedene u deset najvećih proizvođača na svijetu. Iz tablice 1. mogu se isčitati i podaci o tome koliko svaka država od deset navedenih proizvodi miliona barela po danu.³

Osim proizvođača valja spomenuti i najveće svjetske potrošače nafte koje prikazuje tablica 2. Sjedinjene Američke Države ponovno zauzimaju prvo mjesto s 21% potrošnje ukupne svjetske nafte. Nešto manje, ali razumljivo troši Kina (14%). Slijede države koje troše od 5 do 2%, a to su redom: Indija (5%), Japan (4%), Rusija (4%), Saudijska Arabija (3%), Brazil (3%), Južna Koreja (3%), Kanada (3%) i Njemačka (2%).⁴

Tablica 1. Deset najvećih proizvođača nafte i njihov udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji za 2020. godinu

Država	Milioni barela po danu	Udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji
SAD	18.60	20%
Saudijska Arabija	10.82	11%
Rusija	10.50	11%
Kanada	5.26	6%
Kina	4.93	5%
Irak	4.16	4%
Brazil	3.79	4%
Ujedinjeni Arapski Emirati	3.79	4%
Iran	3.01	3%
Kuvajt	2.75	3%
Zbir navedenih (10) zemalja	67.60	72%
Svijet	94.20	

³ Oil Production by 2021 <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/oil-production-by-country> (17.08.2021.)

⁴ What countries are the top producers and consumers of oil? <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=60398> (17.08.2021.)

Izvor: Pripremio student prema Oil Producing Countries 2021

<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/oil-producing-countries> (19. 08. 2021.)

Tablica 2., Deset najvećih potrošača nafte i njihov udio u ukupnoj svjetskoj potrošnji za 2018. godinu

Država	Milioni barela po danu	Udio u ukupnoj svjetskoj potrošnji
SAD	20.51	21%
Kina	13.89	14%
Indija	4.77	5%
Japan	3.79	4%
Rusija	3.56	4%
Saudijska Arabija	3.08	3%
Brazil	3.06	3%
Južna Koreja	2.57	3%
Kanada	2.53	3%
Njemačka	2.33	2%
Zbir navedenih (10) zemalja	60.08	60%
Svijet	100.05	

Izvor: Pripremio student prema What countries are the top producers and consumers of oil?

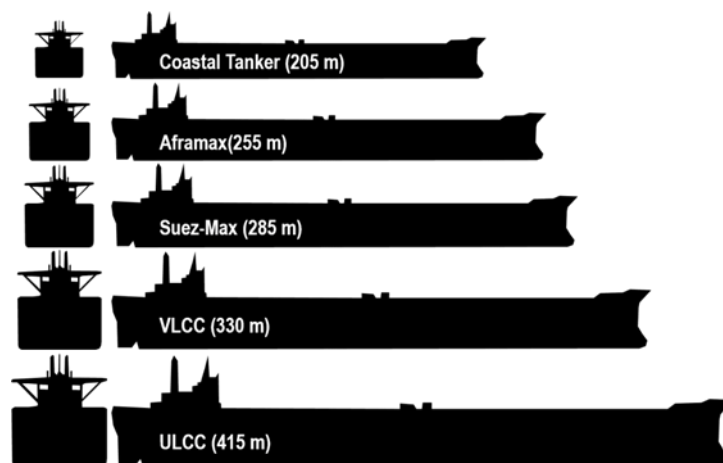
<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=709&t=6> (19. 08. 2021.)

2.2. TANKERSKO TRŽIŠTE

Zbog potrebe da se sirova nafta transportira od proizvođača do potrošača javlja se potreba za brodovima koji prevoze sirovu naftu a takvi brodovi nose naziv- tankereri. Prema definiciji to su brodovi koji obavljaju prijevoz sirove nafte u posebnim prostorima u trupu koji se nazivaju tankovi.

Po veličini tankeri se mogu podijeliti:

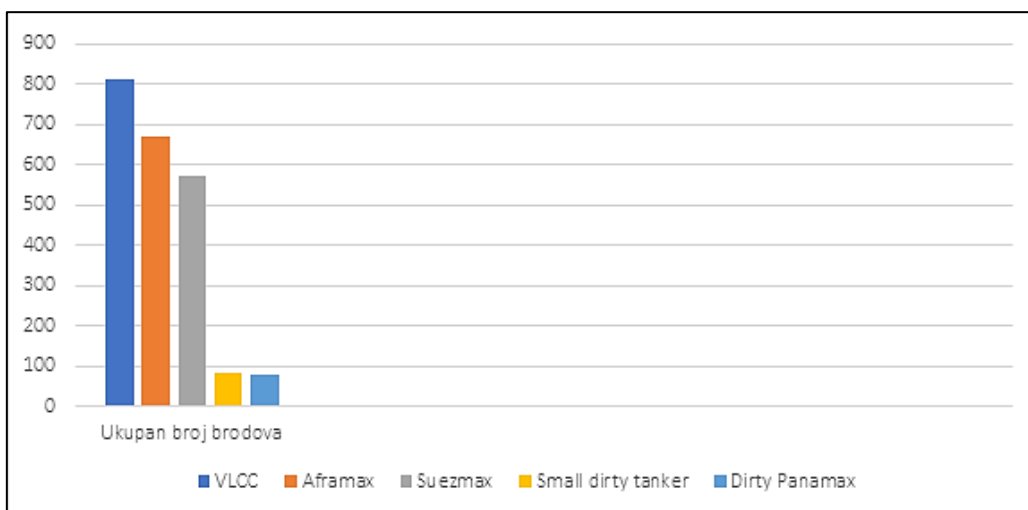
- Panamax(50,000 - 75,000 tona nosivosti)
- Aframax(75,000 - 120,000 tona nosivosti)
- Suezmax(120,000 - 180,000 tona nosivosti)
- VLCC(200,000 - 320,000 tona nosivosti)
- ULCC(320,000 i više tona nosivosti)



Slika 1. Podjela tankera po veličini

Izvor: preuzeto s: <https://porteeconomicmanagement.org/pemp/contents/part8/ports-and-energy/tanker-size/>
(20.08.2021.)

Graf 1. prikazuje stupičastu grafičku projekciju broja tankera po tipu u svijetu. Podaci su iz travnja 2020. godine i svjedoče o tome da je najviše tankera tipa VLCC (810) slijede tankeri tipa Aframax (668), tipa Suezmax (571), tipa Small dirty tanker (83) i Dirty Panamax (78).⁵



Grafikon 1. Broj tankera po tipu na svijetu (2020.)

Izvor: Pripremio student prema Number of crude oil tankers worldwide as of April 2020 by type
<https://www.statista.com/statistics/468405/global-oil-tanker-fleet-by-type/> (19. 08. 2021.)

⁵ Number of crude oil tankers worldwide as of April 2020 by type
<https://www.statista.com/statistics/468405/global-oil-tanker-fleet-by-type/> (17.08.2021.)

2.3. POVIJESNI RAZVOJ TANKERA ZA PRIJEVOZ SIROVE NAFTE

Nakon otkrića većeg broja velikih naftnih nalazišta, javio se problem prijevoza nafte morem. Prijevoz se u počecima odvijao uporabom drvenih bačvi, a prvi brod koji je prevezao sirovu naftu 1861. bio je jedrenjak *Elisabeth Watts* (224 t nosivosti). Drvene bačve nisu se pokazale kao odgovarajući način skladištenja jer je iz njih curila nafta, te se samim time se stvarala mogućnost od zapaljenja ili eksplozije.



Slika 2. Jedrenjak Elisabeth Watts (siječanj 1862., Pennsylvania)

Izvor: Preuzeto s: JANUARY 1862: ELISABETH WATTS EXPORTS FIRST PENNSYLVANIA OIL TO LONDON, 18. 04. 2021. <http://www.energyglobalnews.com/january-1862-elisabeth-watts-exports-first-pennsylvania-oil-to-london/> (20.08.2021.)

Nakon jedrenjaka *Elisabeth Watts*, brod *Charles* bio je opremljen metalnim tankovima koji su bili iskrcavani u određenoj luci. Kod navedenih brodova javljalo se više problema sa strane ekonomičnosti, ali i sigurnosti. Neki takvi problemi bili su: veliki broken stowage (izgubljeni prostor), puno vremena za iskrcaj tereta i sa strane sigurnosti (dilatacija tereta kod promjene temperature, zapaljivi plinovi, požar). Svim zainteresiranim stranama (proizvođači i trgovci nafte, brodovlasnici) trebalo je revolucionarno rješenje koje bi riješilo sve prije navedene probleme.⁶

Prvi namjenski izgrađen brod, 1886., bio je njemački *Glückauf* duljine 92 metra, brzine do 10,4 čvorova, gaza od 6 metara i nosivosti 3000 tona. Najveća prednost ovog broda u odnosu na prethodnike bila je ekonomičnost. Sav teret, koji je bio podijeljen u trupu na 8

⁶ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994., p. 19.

tankova, mogao se iskrcati za nekoliko sati dok je to ranije znalo biti i po nekoliko dana. Za brod *Glückauf* možemo reći da je bio uzor u gradnji današnjim modernim tankerima.

Trend gradnje velikih tankera započeo je radi velike potražnje za sirovom naftom u svijetu. Veliku potrebu za sirovom naftom opravdava činjenica da se ista koristi kao derivat u gotovo svim industrijama poput automobilske i petrokemijske industrije. Povećanje veličine brodova najuočljivije je nakon Drugog svjetskog rata kada se gradi nekoliko supertankera. Supertankere bilo je moguće graditi zahvaljujući tehnologiji japanskih brodograditelja koji su tankere gradili u dva dijela te ih spajali tek nakon porinuća. Jedan od prvih ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*) bio je brod *Globtik Tokyo* kompanije *Globtik Tankers Ltd.* Brod je izgrađen 1972. godine, a stavljen je u službu godinu kasnije. Dimenzije su bile najveće u to vrijeme, nosivost ovog broda bila je 483 662 tone, duljine preko svega 360 metara, širine 62 m i gaza 28 m.⁷



Slika 3. Prvi namjenski sagrađeni tanker (Glückauf, 1886.- 1893.)

Izvor: Preuzeto s: Glückauf - (1886-1893) <http://www.aukevisser.nl/german/id95.htm> (20.08.2021.)

Trend gradnje velikih tankera nastavljen je 1976.godine u Francuskoj izgradnjom ULCC-a *Batillus* duljine 402 m i 553 662 tona nosivosti. Samo dvije godine kasnije izgrađen je najveći brod za prijevoz sirove nafte poznatiji pod imenom *Jahre Viking*. Brod je imao nosivost 564 650 tona, duljinu 458 m, najvećeg gaza 24 m, 46 tankova i 2 parne turbine. Brod je preimenovan više puta, te je kasnije služio kao FSO (*floating storage and offloading unit*). 2010. godine prodan je u rezalište.⁸

⁷ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994., p. 20.

⁸ Komadina P.: Tankeri, Tipograf, Rijeka, 1994., p. 21.- 23.



Slika 4. Jahre Viking

Izvor: Preuzeto s: <https://blog.wor-con.com/tuesdays-marvels-of-engineering-the-seawise-giant/?lang=en>
(20. 08.2021.)

Također jedan od razloga gradnje supertankera je bio zatvaranje Sueskog kanala do kojeg je došlo zbog rata Izraela i Egipta. Brodovi su morali ploviti dužim putem, oko Rta Dobre Nade, a kako bi putovanje bilo ekonomski isplativo trebalo je prevesti što veću količinu tereta po tonskoj milji. Završetkom desetogodišnjeg rata ULCC brodovi postali su neisplativi. Otvaranjem Sueskog kanala veliki brodovi velikog kapaciteta ne mogu prolaziti Suezom te veliki broj brodova odlazi u rezališta ili se koriste kao plutajuća skladišta.⁹

⁹ Koamdina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994., p. 24.

3.KARAKTERISTIKE TANKERA ZA SIROVU NAFTU I MEĐUNARODNI PROPISI

3.1. KARAKTERISTIKE TANKERA ZA SIROVU NAFTU

Uvjete gradnje tankera za sirovu naftu uvjetuju razni nacionalni i međunarodni propisi. Solas definira propise ne samo za tankere nego i za sve ostale brodove čime uvjetuje njihovu gradnju. MARPOL konvencija u svojem prvom dijelu, sprječavanje onečišćenja prilikom prijevoza ulja, propisuje konstrukcijske karakteristike za širinu dvodna i bočnih tankova. Za tankere postoje i posebni propisi i preporuke poput ISGOTT, IACS i INTERTANKO kako bi broj nezgoda bio što manji. Također i područje plovidbe utječe na konstrukcijske karakteristike tankera pa tako tankeri koji plove u hladnijim područjima imaju *ice class* koja služi za sprječavanje zaleđivanja opreme za privez i palubnih sustava.

Nadgrađe, nastambe posade i strojarnica nalaze se na krmi broda. Tankeri se grade u uzdužnom sistemu gradnje te imaju jednu palubu (*single deck ships*) na kojoj se nalaze mali otvori odnosno grotla za ulazak ljudi u tankove. Grotla su kružnog ili eliptičnog oblika i takva da kroz njih može proći osoba sa dišnim aparatom radi inspekcije tankova. Prilikom ulaska u zatvorene prostore važno je ventiliranje skladišta tzv. degazacija kako bi se omogućila dovoljna razina kisika od 21%. Degazacija se provodi pomoću prijenosnog ventilatora čime je osiguran dotok svježeg zraka te je potrebno nadzirati atmosferu(stanje opasnih i otrovnih plinova i postotak kisika).

Tankere za sirovu naftu lako je razlikovati u odnosu na ostale brodove, na palubi imaju cjevovode za manipulaciju teretom, a na lijevom i desnom boku imaju dizalice koje služe za prihvat ukrcajno-iskrcajnih cjevovoda ili cijevi za ukrcaj goriva tzv. bunker. Paluba je napravljena najčešće sa malim pregibom kako bi se poboljšalo otjecanje vode sa palube.¹⁰

Brod je podijeljen uzdužnim i poprečnim pregradama koje dijele brod na sekcije odnosno tankove. Brod uzdužnim i poprečnim pregradama dobiva dodatnu čvrstoću trupa. Sponje idu od boka do boka. Manji brodovi za prijevoz sirove nafte (do 100 000 tona nosivosti) imati će samo centralne tankove, odnosno samo jednu uzdužnu pregradu. Brodovi veći od 100 000 tona imati će dvije uzdužne pregrade te je time teretni prostor podijeljen na središnje tankove, lijeve i desne.

¹⁰ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994., p. 28.-29.

Nakon više nezgoda uočilo se kako se tankeri moraju graditi sa dvostrukom oplatom, dolazilo je do velikih zagađenja mora i morskog okoliša te se ugrozio veliki broj ljudskih života. U slučaju sudara ili nasukavanja broda dvostruka oplata štiti teretni prostor tako da se spriječi bilo kakva mogućnost zagađenja.¹¹

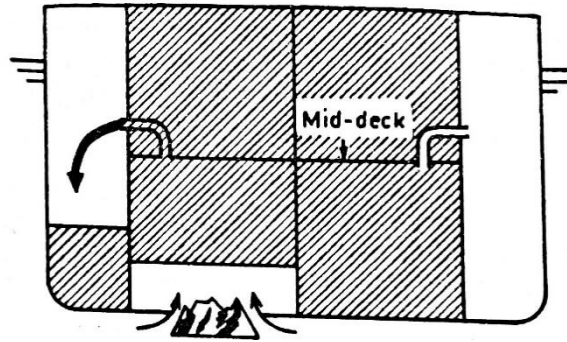


Slika 5. Presjek tankera s dvostrukom oplatom

Izvor: Preuzeto s: <https://www.pinterest.com/pin/485403666074695370/>

Druga izvedba koja je bila konkurent dvostrukoj oplati bila je izvedba tankera sa središnjom palubom. Tankovi su bili podijeljeni horizontalnom pregradom na gornje i donje. Ovakvom izvedbom tankovi tereta štite se bočnim balastnim tankovima u slučaju sudara, a kako nema dvostrukog dna kod nasukavanja stvara se nadtlak te teret sirove nafte ne može iscuriti van broda nego se prelijeva u bočne balastne tankove.

¹¹ Koamdina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994., p. 27.-29.



Slika 6. Shematski prikaz konstrukcije tankera sa središnjom palubom

Izvor: Komadina P., Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994.

Oba sustava imaju svoje prednosti i nedostatke. Kod sustava sa dvostrukom oplatom ne postoji nikakvo curenje dok god se ne probije unutarnja oplata, ali ako je oštećenje veće od širine dvostruke oplata tada dolazi do curenja skoro cijelog tereta. Kod sustava brodova sa središnjom palubom uvijek će doći do izlivanja tereta, ali ne u velikoj količini. Brodovima sa središnjom palubom zabranjen je ulazak Sjedinjene Američke Države od strane Američke Obalne Straže zato je njihov broj danas neznan.¹²

Svi brodovi za prijevoz sirove nafte moraju imati odvojene balastne tankove od tankova tereta kako to propisuje MARPOL konvencija. Prijašnja praksa je bila da se nakon iskrcanja sirove nafte u tankove tereta ukrcava balast, samim time prilikom iskrcanja balasta iskrcalo bi se i dio tereta koji je ostao na brodu odnosno ostatak tereta koji se ne može iskrcati (*remain on board-ROB*). Kapacitet balastnih tankova mora biti takav da brod može sigurno obaviti povratno putovanje u balastu. Najčešće kapacitet balastnih tankova na tankerima za prijevoz sirove nafte iznosi 30-50% ukupnog kapaciteta. Balast je zabranjeno ukrcavati u tankove namijenjene za teret osim u posebnim slučajevima kada je potrebno održati sigurnost broda i plovidbe zbog vremenskih prilika koje se očekuju na putovanju.

Kako bi se strojarica koja je izvor visokih temperatura izolirala od tankova tereta te kako se požar u strojarici ne bi dalje širio, tankeri za sirovu naftu imaju koferdame. Koferdami su prazni prostori koji služe za izolaciju tankova tereta, nalaze se na krmi i na pramcu. U koferdamima na krmi znaju se nalaziti i pumpne stanice kod tankera za prijevoz sirove nafte.

¹² Mid-deck tanker https://en.wikipedia.org/wiki/Mid-deck_tanker (29.08.2021.)

3.2. MEĐUNARODNI PROPISI I IMO

3.2.1. IMO (International maritime organization)

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) specijalizirana je organizacija unutar Ujedinjenih naroda. Broji 166 država članica što čini 98,5% svjetske trgovačke flote. Osnovana je 1948. Konvencijom Ujedinjenih naroda, a stupila je na snagu deset godina kasnije 1958. godine. Sjedište organizacije je London, a njena uloga je isključivo savjetodavna.¹³

Najvažnije konvencije koje su donesene od IMO-a su: Međunarodna konvencija o sigurnosti ljudskih života na moru (SOLAS – Int.conv. for the safety at sea), Konvencija o međunarodnim pravilima o izbjegavanju sudara na moru (COLREG – Int.reg. for preventing collision at sea), Međunarodna konvencija o sprečavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL – Int.conv. for the prevention of pollution from ships), Međunarodna konvencija o teretnim linijama (LOADLINE – Int.conv. on load lines), Međunarodna konvencija o baždarenju brodova (TONNAGE – Int.conv. on tonnage measurement of ships), Međunarodna konvencija o standardima uvježbavanja, stjecanja ovlaštenja i držanja straže (STCW – Int.conv. on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers), Međunarodna konvencija o pomorskom traganju i spašavanju (SAR – Int.conv. on maritime search and rescue). Republika Hrvatska članica je Međunarodne pomorske organizacije od 08. listopada 1992. godine.¹⁴

3.2.2. MARPOL

Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova (MARPOL), međunarodni je ugovor koji za cilj ima sprječavanje onečišćenja mora i morskog okoliša. Konvencija je sadržajno podijeljena na uvodni dio o Konvenciji iz 1973., Protokolu iz 1978., Protokolu I, II i Protokolu iz 1997. godine te šest priloga koji su unutar sebe podijeljeni na potpoglavlja. Prilog I nosi naziv Pravila o sprječavanju onečišćenja uljem, Prilog II- Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tekućim tvarima koje se prevoze u trupu, Prilog III- Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku, Prilog IV- Pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama, Prilog V- Pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima i Prilog VI- Pravila o sprječavanju onečišćenja zraka s brodova. Navedeni prilozi sadrže i

¹³ Brief History of IMO <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx> (29.08.2021.)

¹⁴ Conventions <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Default.aspx> (29.08.2021.)

odatke, a izvorni oblik priloga i njihovih dodataka mogu se pronaći u knjizi MARPOL Consolidated edition 2006 koju je objavila Međunarodna pomorska organizacija.¹⁵

MARPOL propisuje razne propise vezano za tankere za prijevoz sirove nafte, a neki od njih su:

- Odvojeni balastni tankovi (Segregated Ballast Tanks-SBT) za sve tankere, nove i postojeće, (veće od 20 000 dwt) isporučene nakon 1. lipnja 1982. godine (kapacitet takvih tankova mora biti takav da tanker može obaviti sigurno povratno balastno putovanje)
- Dvostruka oplata za sve tankere nove i postojeće veće od 5 000 dwt
- Minimalna visina dvodna (H) za tankere veće od 5 000 mora biti $H = B/15$ (petnaestina širine (B) broda)
- Minimalna širina bočnog tanka (W) za tankere 30 000 dwt i veće mora biti 2 m.¹⁶

3.2.3. SOLAS (Safety Of Life At Sea)

Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS), najvažnija je međunarodna konvencija iz područja sigurnosti plovidbe. Pomorska nesreća broda Titanik 1912. godine bila je povod za donošenje ovakve Konvencije. Međunarodna konferencija sazvana je 1913. godine te je donesena prva Konvencija o zaštiti ljudskih života na moru prema Titaniku poznata i kao Titanik konvencija. Danas je na snazi SOLAS konvencija iz 1974. godine s Protokolima iz 1978. i 1988. godine. Konvencija je podijeljena na četrnaest poglavlja, a posljednje poglavlje doneseno je 1. siječnja 2017. godine.¹⁷

SOLAS regulira propise o konstrukcijskim karakteristikama tankera, o uređajima za sprječavanje i gašenje požara te o sredstvima za gašenje požara. SOLAS propisuje obvezu posjedovanja inertnog plina za nove i postojeće tankere veće od 20 000 dwt. Također propisuje Crude oil washing za tankere veće od 20 000 dwt. Propisuje kapacitet i broj slop tankova za odlaganje zauljenih voda nakon pranja tankova ili tijekom radnih operacija u

¹⁵ MARPOL

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180227_184444_zec_ZMMO_Marpol_v20.pdf (29.08.2021.)

¹⁶ Tanker safety - preventing accidental pollution

<https://www.imo.org/fr/OurWork/Safety/Pages/OilTankers.aspx> (29.08.2021.)

¹⁷ SOLAS <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx> (29.08.2021.)

prostorijama brodske strojarnice. Od 1. siječnja 1996. SOLAS propisuje obvezu posjedovanja opreme za tegljenje u slučaju nužde za tankere (20 000 dwt i veće).¹⁸

3.2.4. ISGOTT

Priručnik s preporukama za tankere i osoblje terminal za prijevoz i rukovanje teretom sirove nafte. ISGOTT ne propisuje konstrukcijske karakteristike nego samo izdaje preporuke za radne postupke. Neki od njih su: postupke ulaska u zatvorene prostore i prostore crpki, razmjena podataka brod- terminal i dr. Zabranjuje rad s otvorenim plamenom na palubi, upotrebu nezaštićenih svjetala, a pušenje na tankerima dozvoljeno je na određenim mjestima.¹⁹

4.MANIPULACIJA TERETOM

Tankeri za prijevoz sirove nafte jedni su od najvećih, ako ne i najveći brodovi koji danas plove svjetskim morima. Zbog ekonomske učinkovitosti tankeri moraju imati cjevovode dovoljnog kapaciteta kako bi se manipulacija teretom obavila u što kraćem vremenu. Kapacitet teretnih pumpi najčešće je oko 5% ukupnog kapaciteta na sat te je time omogućen ukrcaj ili iskrcaj za manje od 24 sata. Kako bi se to zadovoljilo potrebni su odgovarajući promjeri cijevi cjevovoda pa je tako promjer cijevi kod manjih tankera 150-200 mm, a kod većih 300 mm ili više.

Sustavi tereta idu od pumpne stanice do sredine broda gdje se nalazi manifold. Priključak cjevovoda za manipulaciju teretom (*manifold*) uobičajeno se nalazi na sredini broda sa lijeve i desne strane broda i omogućuje mu da se priveže lijevim ili desnim bokom ovisno o terminalu. Manifold se može nalaziti na krmu ili pramcu. Ukoliko brod ima krmenu liniju tereta nikakve cijevi tereta ne smiju prolaziti kroz nadgrađe broda ili kroz strojarnicu. Ovakvi brodovi imaju tri linije tereta što znači da mogu prevoziti tri vrste tereta, ali u pravilu prevoze samo jednu vrstu tereta tj. sirovu naftu. U tankovima linije tereta nalaze se na dnu tanka i protežu se od pumpne stanice do prvog tanka na pramcu. Kako se prevozi stalno isti teret sve tri linije tereta spojene su mostovima (*crossover*) i na palubi i ispod palube tj. u

¹⁸ Tanker safety - preventing accidental pollution

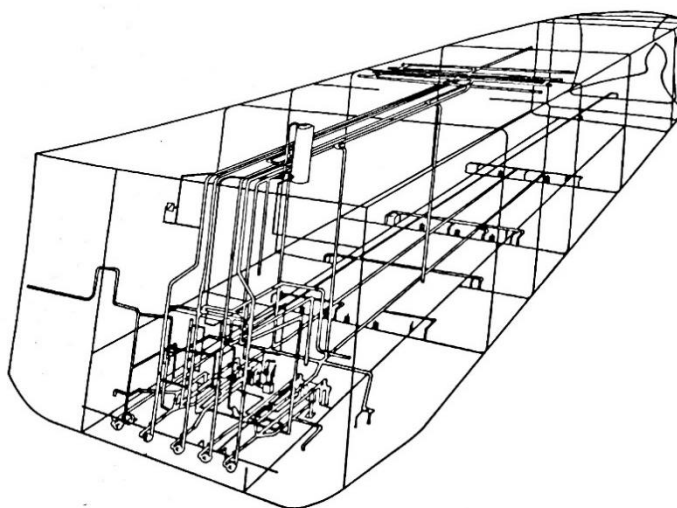
<https://www.imo.org/fr/OurWork/Safety/Pages/OilTankers.aspx> (29.08.2021.)

¹⁹ International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, 5. izdanje, ICS/OCIMF/IAPH, 2006.

<https://slcprdwordpressstorage.blob.core.windows.net/wordpressdata/2018/12/MOTEMS-2019-referece-8.2-10.20.pdf> (29.08.2021.)

tankovima. Otvaranjem odgovarajućih ventila prilikom ukrcaja ili iskrcaja tereta moguće je iskrcati cijeli brod pomoću samo jedne linije tereta.

Upotreba inertnog plina prilikom operacija ukrcaja i iskrcaja biti će objašnjena u poglavlju 5.2. *Inertiranje tankova tereta.*



Slika 7. Prikaz sustava cjevovoda

Izvor: Komadina P., Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994.

4.1. UKRCAJ TERETA

Pripremu za ukrcaj tereta sirove nafte izvršava prvi časnik palube prije dolaska u luku ukrcaja. Od terminala potrebno je dobiti određene podatke o teretu poput njegovih obilježja i rasporeda ukrcaja kako bi prvi časnik mogao napraviti plan ukrcaja.

U planu ukrcaja važne su sekvence po kojima se ukrcava teret. Paralelno sa ukrcajem ide operacija debalastiranja tankova te je prilikom debalastiranja bitno da brod bude zatežan jer se usisi pumpi za iskrcaj balasta nalaze u krmenom dijelu tanka. Nakon svake sekvence potrebno je očitati gazove na pramcu, krmi i sredini broda kako bi se utvrdilo odgovaraju li naprezanja brodske konstrukcije planu ukrcaja.

Sa terminalom je potrebno dogovoriti ratu ukrcaja (količina tereta po jedinici vremena). Potrebno je također dogovoriti način komunikacije te način zaustavljanja operacije ukrcaja ukoliko dođe do neke izvanredne okolnosti. U luci ukrcaja potrebno je

istaknuti odgovarajuća navigacijska svjetla kako bi okolni brodovi bili upoznati da se obavlja operacija sa opasnim teretom.

Oprema za moguće onečišćenje oko samih priključaka cjevovoda mora biti pripremljena kao i sustav za prihvatanje zauljenih voda koje odlaze u slop tank. Također vrlo bitna stavka je ta da protupožarna oprema mora biti spremna za slučaj nezgode.

Kod ukrcaja tereta koriste se pumpe sa ukrcajnog terminala. Ukrcaj tereta počinje sa manjom prekrcajnom ratom kako bi se utvrdilo da je sve spojeno na odgovarajući način te da nema curenja ili propuštanja tereta po palubi broda. Nakon što se utvrdi da ukrcaj sirove nafte odgovara prethodno napravljenom planu ukrcaja te da se teret ukrcava u predviđene tankove, rata se povećava do najveće dogovorene. Prilikom ukrcaja vrši se nadzor raznih elemenata u kontrolnoj kabini tereta (*cargo control room*). Tankovi se krcaju do razine od 98% nakrcanosti zbog više razloga koji kasnije utječu na sigurnost plovidbe. Prvi razlog je zašto je potrebno pustiti određeni dio prostora ne ispunjen zbog dilatacije tereta promjenom temperature i kako se tankovi tereta ne bi prekricali. Drugi razlog je sprječavanje nastanka slobodnih površina koje negativno utječu na stabilnost broda. Upravo se u kontrolnoj kabini tereta prati stanje nakrcanosti brodskih tankova kao i kontrola tlaka u tankovima u koje se ukrcava teret. Kada se dostigne razina od 98% u kontrolnoj kabini tereta upaliti će se alarm visoke razine tereta koji daje zvučne i svjetlosne signale.

4.2. ISKRCAJ TERETA

Za razliku od ukrcaja tereta sirove nafte gdje su se koristile pumpe terminala, kod iskrcaja koriste se brodske pumpe. Paralelno sa operacijom iskrcaja tereta u balastne tankove ukrcava se balast. Operacije koje idu paralelno uz iskrcaj navedene su u planu iskrcaja tereta kojeg sastavlja časnik zadužen za teret, najčešće je to prvi časnik palube. Potrebno je dogovoriti iskrcajnu ratu ovisno o kapacitetu brodskih pumpi kao što je to bio slučaj i kod ukrcaja. Kapacitet brodskih pumpi mora biti takav da se brod iskrcava što prije kako bi se smanjilo vrijeme zadržavanja u luci.

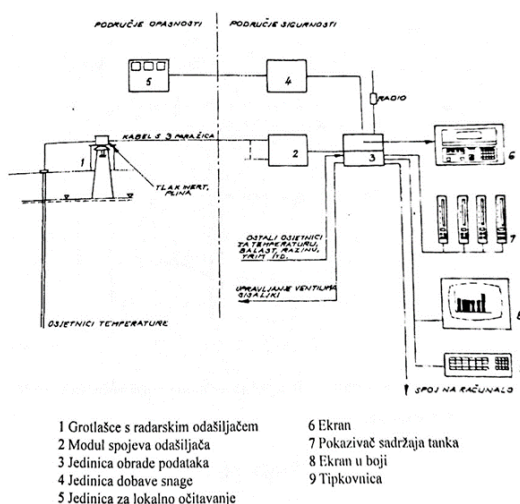
Prije početka iskrcaja potrebno je ispuniti listu provjere spremnosti broda i terminala (*ship shore safety checklist*). Listom provjere provjerava se ispravnost brodskih sustava poput protupožarne opreme, tlaka inertnog plina, postotka kisika u tankovima te postupke u slučaju nužde. Za slučaj nužde potrebno je dogovoriti *emergency* signal i ESD (*Emergency shutdown*) koji kada se aktivira zaustavlja operaciju iskrcaja. Aktivirati ga može brod ili

terminal u slučaju kada iskrcaj ne ide po planu (propuštanje tereta, visoki ili niski tlak). Kako bi se postiglo da brod bude zatežan iskrcaj počinje iz tankova na pramcu, time se omogućuje bolji i lakši proces iskrcaja jer se usisi pumpi nalaze po krmu u tankovima. Brodske pumpe u pravilu su centrifugalne stoga je potrebno da budu uronjene u tekućinu.²⁰

4.3. MJERENJE RAZINE TEKUĆINE U TANKU

Završetkom ukrcaja i iskrcaja potrebno je izmjeriti razinu tekućine u tankovima (*ullage*) kako bi se znalo je li kompletno ukrcan ili iskrčan teret. *Ullage* je slobodni prostor od razine tekućine do vrha tanka. Nakon izmjerene količine tekućine u tanku ulazi se u odgovarajuće tablice koje nam služe za proračun stabilnosti broda i brodskih naprezanja.

Neki od načina mjerenja su mjerenje pomoću sonde, radarom ili elektromagnetskim valovima. Prilikom mjerenja razine tekućine u tanku brod mora biti na ravnoj kobilici (*even keel*). Kod tankera za prijevoz sirove nafte ovaj sustav je u potpunosti zatvoren kako u tank tereta ne bi ulazio kisik, ali i izlazile otrovne pare u atmosferu. Radarski sustav mjerenja radi na principu mjerenja vremena koje je potrebno da odaslani radarski impuls dođe do nivoa tekućine te se odbija od razine tekućine natrag do antene. Značajka radarskih sustava mjerenja ullage je velika razina točnosti mjerenja.²¹



Slika 8. Saab tank radar sustav za mjerenje razine

Izvor: Ozretić V., Brodski pomoćni strojevi, 4. izdanje, Split Ship Management Ltd., Split, 2004.(20.08.2021.)

²⁰What is Ship Shore Safety checklist for tankers? 12.04.2017. <https://marinegyaan.com/what-is-ship-shore-safety-checklist-for-tankers/> (29.08.2021.)

²¹ Ozretić, V.: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, 4. izdanje, Split Ship Management Ltd., Split, 2004. p. 757.-758.

Često se koriste i UTI (*ullage temperature interface*) uređaji, koji osim mjerenja nivoa tekućine u tanku mogu izmjeriti i temperaturu tereta. Temperatura se očitava na tri razine tanka: pri dnu tanka, na sredini i pri vrhu tanka. Nakon tri očitane vrijednosti uzima se aritmetička sredina očitanih temperatura i dobije se referentna temperatura za određeni tank tereta. UTI uređaj postavlja se na mjesto predviđeno za sondiranje tanka nakon čega se otvaranjem ventila omogućuje spuštanje sonde u tank. Mjerenje nivoa tekućine obavlja se spuštanjem sonde uređaja koja na vrhu ima senzor, u trenutku doticaja senzora s tekućinom javlja se zvuk koji nam označava nivo tekućine te se tada zaustavlja spuštanje sonde i očitava se vrijednost ullage. Sustav je potpuno zatvoren kako ne bi došlo do mogućnosti ispuštanja u atmosferu opasnih plinova čime bi se ugrozila sigurnost osobe koja izvodi sondiranje.



Slika 9. Ullage Temperature Interface (UTI) uređaj

Izvor: Wankhede A., What Are Interface Detectors On Ships? 28.05.2021.

<https://www.marineinsight.com/tech/how-interface-detectors-on-ships-work/> (20.08.2021.)

4.4. GRIJANJE SIROVE NAFTE

Teret sirove nafte prevozi se u razne dijelove svijeta, a samim time i u razna klimatska područja što dovodi do promjena temperature okoline. Temperatura okoline značajno utječe na teret sirove nafte i njegovu viskoznost. Ukoliko je temperatura tereta niska postoji mogućnost pojave skrućivanja tereta zbog čega dolazi do nemogućnosti iskrcaja. Kako bi se spriječila pojava skrućivanja sirovu naftu je potrebno povremeno zagrijavati.

Postoji nekoliko sredstava kojima se sirova nafta može zagrijavati poput niskotlačne zasićene pare, tople vode ili pomoću vrućeg ulja. Temperatura sredstva kojim će se grijati sirova nafte ne smije prelaziti 220°C kako sredstvo ne bi postalo izvor zapaljenja unutar tanka. Grijanje tereta izvodi se pomoću palubnih grijača za određeni tank ili više tankova ili pomoću serpentina položenih pri samom dnu tanka. Prilikom grijanja tereta potrebno je temperaturu dovesti od 44°C na 66°C u periodu od 4 dana te nakon toga održavati tu temperaturu. Grijanje je potrebno stalno nadzirati te pratiti temperature svakog pojedinog tanka. Alarm će se javiti i upozoriti časnike u slučaju previsoke temperature. Uređaji koji mjere temperaturu u tankovima postavljeni su na tri razine (na sredini, pri dnu i pri vrhu tanka).²²

4.5. SUSTAV NADZORA TLAKA U TANKOVIMA

Prilikom ukrcaja i iskrcaja tekućine sirove nafte iz tankova, koji se dosta brzo odvija, zbog velikog kapaciteta pumpi, dolazi do promjene tlaka. Zbog promjene tlaka u tankovima dolazi do predtlaka ili podtlaka (vakuum) što može uzrokovati širenje ili sužavanje stijenki tanka. Širenje ili sužavanje stijenki tanka može značajno deformirati brodsku konstrukciju. Kako bi se spriječile deformacije brodske konstrukcije prilikom ukrcaja odnosno iskrcaja u tank se uvodi ili ispušta inertni plin koji će biti objašnjen u poglavlju 5. *Sustav inertnog plina*.

Do promjene tlaka u tankovima može doći i prilikom prijevoza tereta zbog povećanja temperature što će prouzrokovati širenje tereta ili skrućivanja tereta. Ključnu ulogu u kontroli tlaka u tankovima imaju odušnici odnosno P/V ventili (*Pressure/Vacuum ventil*). Mogu se otvarati ručno ili automatski (tlak pri kojem će se automatski aktivirati unaprijed je određen u mmWg). Nastankom prevelikog tlaka u tanku P/V ventil izbacivati će pare u atmosferu prema gore kako se ne bi ugrozilo zdravlje posade. P/V ventili najčešće su postavljeni na visini od 6 metara iznad glavne palube ili 4 metra iznad prijelaznog palubnog mosta. U slučaju vakuuma u tanku P/V ventil će usisati određenu količinu atmosferskog zraka u tank kako bi izjednačio tlakove i spriječio deformaciju konstrukcije tanka. Ukoliko P/V ventili nisu dovoljni za regulaciju tlaka u tankovima te dolazi do daljnje promjene tlaka aktivirati će se P/V Breaker.²³

²² Ozretić V.: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, 4. izdanje, Split Ship Management Ltd., Split, 2004. p. 752.-757.

²³ Martinović D. st., Martinović D. ml.: Strojarski priručnik za časnike palube, 2. izdanje, Žagar, Rijeka, 2005. p. 268-269.

P/V breaker je brtva ispunjena najčešće mješavinom vode i glikola kako se ne bi zaledio u hladnijim područjima plovidbe. Breaker je povezan sa svim tankovima tereta preko glavne cijevi inertnog plina. Rastom tlaka u tankovima dolazi do povećanog pritiska i izbacivanja tekućine kojom je ispunjen P/V Breaker na palubu. Kod prevelikog pada tlaka u tankovima odnosno pojave vakuuma doći će do usisavanja tekućine kojom je ispunjen P/V Breaker u najbliži tank čime će se riješiti problem vakuuma. Nakon izbacivanja tekućine na palubu ili uvlačenjem u tank posudu breakera je potrebno ponovno napuniti mješavinom vode i glikola.

Treba naglasiti kako je problem vakuuma značajniji od pojave visokog tlaka jer je vakuumu potrebna manja sila kako bi deformirao tank. Što znači da će kod vakuuma manja vrijednost mmWg biti potrebna za aktivaciju P/V ventila/breakera nego kod pojave visokog tlaka.²⁴



Slika 10. P/V Breaker

Izvor:Preuzeto sa: <https://preventionatsea.com/sites/default/files/2017-12/DCP-Circular%2010-2017%20-%20PV%20VALVES%20%26%20AIR%20VENTS%20-%20EASY%20TO%20CHECK%2C%20SIMPLE%20TO%20MAINTAIN.pdf> (20.08.2021.)

²⁴ Ozretić, V.: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, 4. izdanje, Split Ship Management Ltd., Split, 2004. p. 749.-752.

5.SUSTAV INERTNOG PLINA

Sirova nafta mješavina je raznih kemijskih spojeva poput metana(10%), propana(35%), butana(22%), etana(18%), pentana(10%) i heksana(5%). Volumni udio svakog navedenog plina može varirati ovisno o vrsti nafte, naftnoj bušotini i stupnju isparavanja. Propan i butan koji su najviše zastupljeni opasni plinovi u sirovoj nafti imaju i najviši stupanj zapaljivosti. Kisik koji je sastavni dio zraka, približno 21%. Ukoliko postoji izvor paljenja poput otvorenog plamena, mehaničke ili električne iskre, zagrijane površine ili statičkog elektriciteta ispunjeni su svi uvjeti za eksploziju ili zapaljenje. Kako bi se eliminirala mogućnost požara ili eksplozije mora se ukloniti jedan element iz trokuta gorenja (kisik u odgovarajućem količinskom omjeru, goriva tvar, izvor zapaljenja). Jedini element trokuta gorenja na koji se može utjecati je kisik pošto se goriva tvar nalazi u tankovima, a izvor paljenja može biti statički elektricitet na koji je teško ili gotovo nemoguće utjecati. Eliminacijom ili kontrolom postotka kisika u tanku sirove nafte stvara se atmosfera kod koje nije moguća mogućnost zapaljenja ili eksplozije. Važnu ulogu u kontroli postotka kisika u tankovima ima sustav inertnog plina(IGS-*Inert Gas System*).

Inertni plin je plin ili smjesa plinova koji ne gore niti podržavaju gorenje. Uvjete korištenja inertnog plina na tankerima propisuje SOLAS konvencija kao i pravila raznih klasifikacijskih zavoda. Prema SOLAS konvenciji postotak kisika u tankovima ne smije biti veći od 8%. Razni obalni terminali odnosno većina obalnih terminala zahtjeva maksimalno 5% kisika unutar tankova.²⁵

5.1. NAČIN DOBIVANJA INERTNOG PLINA

Više je načina proizvodnje i dobivanja inertnog plina na tankerima, a ovise o sustavu propulzije i pomoćnim brodskim uređajima. Najčešći način proizvodnje inertnog plina je pomoću ispušnih plinova dizelskih pomoćnih motora, parnih kotlova i plinskih turbina. Moguća je ugradnja generatora inertnog plina te je posebno učinkovit čisti dušik zbog proizvodnje sa malim postotkom kisika. Zbog skupe ugradnje i proizvodnje na tankerima za sirovu naftu generator inertnog plina ne koristi se često.

Ispušne plinove dobivene na navedene načine potrebno je pročititi i obraditi kako bi bio zadovoljavajućih karakteristika prije upotrebe. Za ovu svrhu koristi se pročištač dimnih plinova, možda i najvažniji dio sustava, koji hladi ispušne plinove na potrebnu temperaturu, pročišćuje ispušne plinove od čađe, pepela i krutih čestica i smanjuje količinu sumpora na

²⁵ Martinović D.st.: Sigurnost na tankerima, 7. izdanje, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1995. p. 16-28.

potrebni postotak. Postupak čišćenja i hlađenja obavlja se pomoću morske vode zbog čega mora biti otporan na koroziju. Nakon prolaska kroz proces hlađenja i pročišćavanja inertni plin biti će zasićen vodenim kapljicama te ih je potrebno odstraniti u demisteru. Ispušni plinovi pročišćuju se i hlade u više faza dok se ne dobiju zahtijevani parametri.²⁶

Prije obrade ovi plinovi imaju temperaturu od oko 450°C, kisika ne više od 5%, krutih čestica 300 mg/m³ i sumpornih oksida 0,3% vol. Nakon obrade u pročištaču plinovi moraju imati sljedeće karakteristike:

- Postotak kisika manje od 5% (često 2-3%)
- Postotak ugljikovog dioksida(CO₂) od 12,5% do 14%
- Sumporni oksid(SO₂) do 0,02% vol.
- Krute čestice manje od 8 mg/m³
- Temperatura plina maksimalno 50°C i veće za 5°C od temperature vode koja se upotrebljava za hlađenje u pročištaču

Prema propisima registra u sustav inertnog plina moraju se ugraditi dva ventilatora otporna na koroziju i eroziju odgovarajućeg kapaciteta. Kapacitet sustava inertnog plina mora biti 125% ukupnog teretnog kapaciteta odnosno 25% veći od kapaciteta pumpi tereta sirove nafte. Glavni zaporni ventil sustava inertnog plina nalazi se u strojarnici, a upravljanje se vrši pomoću hidraulike i pneumatike. Ukoliko dođe do pada tlaka ventilatora, povećanja temperature inertnog plina iznad 50°C i povećanja kisika upaliti će se alarm te će se glavni zaporni ventil automatski zatvoriti. Smještaj glavnog zapornog ventila, njegov pravilan rad i odražavanje tijekom eksploatacije propisan je zahtjevima raznih klasifikacijskih zavoda. Sustav koji sprječava povratak plinova iz tankova tereta natrag u strojarnicu sastoji se od nepovratnog ventila i palubne vodene brtve. Svrha ovog sustava je prvenstveno zaštita od požara i zaštita od pada tlaka kada ventilatori prestanu raditi.²⁷

5.2. INERTIRANJE TANKOVA TERETA

Tijekom manipulacija sa teretom sirove nafte tankove potrebno je napraviti određene operacije vezano uz sustav inertnog plina. Prije početka ukrcaja potrebno je prekinuti opskrbu inertnim plinom, ugasiti ventilatore i zatvoriti glavni zaporni ventil. Ukrncani teret

²⁶ Martinović D.st.: Sigurnost na tankerima, 7. izdanje, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1995. p. 16-28.

²⁷ Martinović D. st., Martinović D. ml.: Strojarski priručnik za časnike palube, 2. izdanje, Žagar, Rijeka, 2005. p. 335-336.

potiskivati će inertni plin te je potrebno otvoriti ventile na glavnoj palubi kako bi se omogućio izlazak inertnog plina u atmosferu i spriječio porast tlaka u tanku.

Kod prijevoza tereta važno je da u tankovima uvijek vlada predtlak. Daljnje inertiranje tankova nije potrebno osim u slučajevima pada tlaka ispod 0,02 bara. Tlak u tankovima tereta mijenja se ovisno o temperaturi i izmjeni dana i noći.

Prilikom iskrcaja tereta potrebno je nadomjestiti volumenski prostor iskrceanog tereta inertnim plinom kako ne bi došlo do vakuuma u tanku. Prazan prostor bitno je ispuniti plinom bez prisustva kisika pri odgovarajućem tlaku koji se mora nadzirati u kontrolnoj kabini tereta(CCR) kao i na zapovjedničkom mostu. Važno je naglasiti da prilikom maksimalne rate iskrcaja tereta sustav inertnog plin mora raditi kapacitetom 25% većim od maksimalnog iskrcajnog kapaciteta teretnih pumpi.²⁸

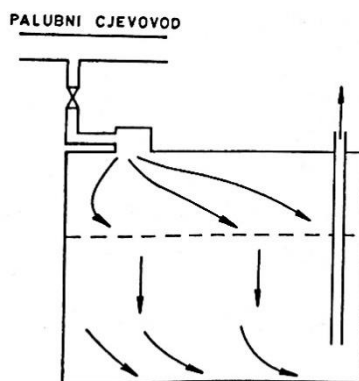
5.2.1. INERTIRANJE TANKOVA POTISKIVANJEM

Jedan od načina kojim se tankovi mogu inertirati je inertiranje tankova potiskivanjem zapaljivih i eksplozivnih para. Inertni plin se pomoću ventilatora uvodi u cjevovod inertnog plina. Pri odgovarajućem tlaku inertni plin malom brzinom u tankove tereta te potiskuje eksplozivne i zapaljive pare tereta. Inertni plin lakši je od para tereta te se zadržava iznad njih čime ih potiskuje prema dnu. Pare tereta izlaze u atmosferu kroz otvore za ventilaciju gdje se mjeri količina kisika. Ukoliko je količina kisika manja od 5% smatra se da je tank zadovoljavajuće i pravilno inertiran prema međunarodnim propisima i zahtjevima.

Prednost ovog sustava je mala potrebna količina inertnog plina, čime se održava odgovarajući tlak, pa se može inertirati veći broj tankova.²⁹

²⁸ Ozretić, V.: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, 4. izdanje, Split Ship Management Ltd., Split, 2004. p. 561.-571.

²⁹ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994. p.47.

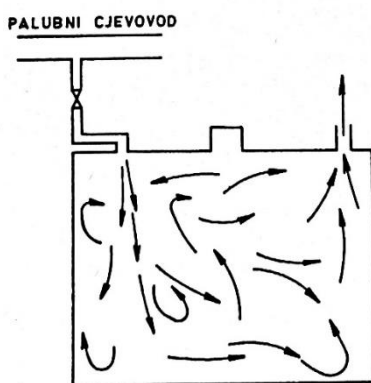


Slika 11. Inertiranje tankova potiskivanjem

Izvor: Komadina P., Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994.

5.2.2. INERTIRANJE TANKOVA MIJEŠANJEM

Miješanjem inertnog plina i zapaljivih i eksplozivnih para stvara se homogena smjesa koja izlazi iz tankova tereta kroz otvore za ventilaciju smještene na vrhu tanka. Inertni plin u tankove ulazi velikom brzinom zbog čega dolazi do dna tanka te se miješa sa parama tereta sirove nafte. Za potrebe inertiranja tankova miješanjem potrebna je veća količina inertnog plina nego kod inertiranja tankova potiskivanjem stoga se zbog pada tlaka u sustavu inertnog plina može inertirati manji broj tankova.³⁰



Slika 12. Inertiranje tankova miješnjem

Izvor: Komadina P., Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994.

³⁰ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994. p.48.

6. PRANJE TANKOVA TERETA

Pranje tankova tereta bitna je operacija koja se mora obaviti pri kraju iskrcaja tereta. Sastavni dio sirove nafte su parafinski i asfaltni ostatci odnosno talog koji se tijekom putovanja nataložio na dnu i stijenkama tanka. Ako bi talog ostao u tankovima pri sljedećem ukrcaju mogla bi se ukrcati manja količina tereta, smanjila bi se učinkovitost iskrcaja, kvaliteta iskrceanog tereta i povećala bi se mogućnost začepljenja i oštećenja teretnih pumpi.³¹

Tankovi tereta u počecima su se prali morskom vodom, a ispirali slatkom vodom. To je imalo prednosti i nedostatke, ali zbog rasta tankera i većih količina tereta veća je bila i količina zauljenih masa. Danas se na tankerima koristi sustav pranja sirovom naftom (COW-*Crude Oil Washing*).³²

6.1. PRANJE TANKOVA SIROVOM NAFTOM

Pranje tankova sirovom naftom počinje krajem iskrcaja tereta, a radi na principu da se teret koji iskrcevamo provede kroz sustav za pranje tankova pod tlakom. COW sustav je vrlo učinkovit u uklanjanju taloga stoga nije potrebno dodatno ispiranje. Prednosti COW sustava u odnosu na prijašnje pranje tankova morskom vodom su mnogobrojni, a neke od prednosti su smanjeno zagađenje mora, smanjen fizički rad posade, smanjeno vrijeme pranja i povećana količina iskrceanog tereta. Naravno, COW sustav ima i svoje nedostatke jer nisu svi tereti zbog svojeg viskoziteta i skrućivanja prikladni za pranje tankova, a dolazi i do isparavanje lakših frakcija nafte.

Prije početka pranja potrebno je ispuniti listu provjere i provjeriti sve stavke koje su tamo navedene. Potrebno je obavijestiti terminal prije početka COW-a, provjeriti sustav inertnog plina, ispravnost opreme za pranje, otvoriti sve potrebne ventile, komunikaciju između zapovjedničkog mosta i kontrolne kabine tereta te kontrolne kabine tereta i obale. Tokom operacije pranja tankova IGS sustav mora pravilno i pouzdano raditi te se tlak i postotak kisika moraju kontrolirati u odgovarajućim vremenskim periodima.³³

Kako bi se spriječila mogućnost stvaranja statičkog elektriciteta iz svih tankova potrebno je iskrcati vodu koja se nataložila na dnu, a to se postiže iskrcajem barem 1-2 metra tereta. Pranje sirovom naftom može biti jednostupanjsko ili višestupanjsko pranje. Pranje

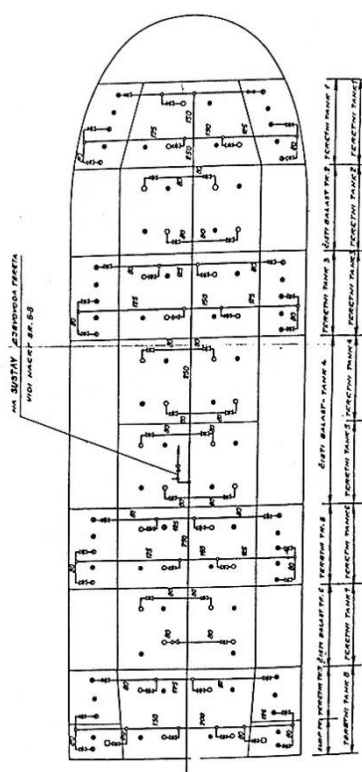
³¹ Martinović D. st.: Sigurnost na tankerima, . izdanje, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1995. p. 30-40.

³² Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994. p. 35.-37.

³³ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994. p. 35.-37.

može početi nakon što se iskrca 2/3 tereta odnosno kad ostane 1/3 tereta sirove nafte u tanku. Tlak tijekom pranja mora biti 10 do 12 bara i potrebno ga je održavati.

Pranje počinje pranjem stijenki tanka, a završava se pranjem dna kada je na dnu ostalo 10 cm tereta. Kako ne bi došlo do pada tlaka prilikom pranja najčešće se mogu prati samo dva tanka istovremeno. Operacija pranja završava se pranjem dna tanka nakon što se spoje ejektori ili neki drugi način posušivanja tankova. Kapacitet sustava za posušivanje mora biti 25% veći od kapaciteta strojeva za pranje. Zauljene mase po završetku ciklusa pranja odlaze u slop tankove koji moraju biti zadovoljavajućeg kapaciteta(2-3% ukupnog teretnog kapaciteta) i odgovarajućeg broja(najmanje 2 slop tanka).³⁴



Slika 13. Sustav cjevovoda za pranje tankova

Izvor: Martinović D. st., Martinović D. ml., Strojarski priručnik za časnike palube, Žagar, Rijeka, 2005.

6.2. OPREMA ZA COW

Proces pranja sirovom naftom (COW) iziskuje određenu opremu, a to su propisani strojevi i cjevovodi. Strojevi se mogu podijeliti u dvije skupine: strojevi na palubi i strojevi u tankovima. Strojevi koji su smješteni na palubi mogu biti fiksni ili prenosivi. Kapacitet

³⁴ Martinović D. st.: Sigurnost na tankerima, . izdanje, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1995. p. 30-40.

strojeva koji se rabe pri pranju tankova kreće se od $18 \text{ m}^3/\text{h}$ do $160 \text{ m}^3/\text{h}$ što ovisi o strukturi samog tanka i broju strojeva u tanku. Iako broj i raspored strojeva za pranje reguliraju propisi IMO-a stariji tankeri mnogo su složenijih konstrukcija pa su kod njih dozvoljena odstupanja. No, ukupni postotak očišćenih površina svih tankova ne smije biti manji od 85-90%.

Iznad palube je smješten pogonski dio stroja čija je ulazna cijev dugačka cca. 3,5 m ispod palube. Strojevi mogu biti jednostruke ili dvostruke mlaznice. Strojovima koji imaju jednostruku mlaznicu potrebno je kraće vrijeme i manja potrošnja nafte. Cijevi sustava su izrađene od čelika ili drugih materijala koji zadovoljavaju potrebnu čvrstoću kako bi izdržali naprezanja kojima su izloženi. Cjevovod dovoda sirove nafte mora imati zaporni ventil i manometar za mjerenje tlaka (ne smije biti manji od 8 bara).

Dvije najčešće tehnike pranja tankova su jednostupnjevito pranje i višestupnjevito pranje. Kada je tank sasvim prazan može se primijeniti metoda jednostupnjevitog pranja. Višestupnjevito pranje započinje od vrha tanka, a u tanku se još nalazi 1/3 tereta. Nakon pranja vrha tanka prelazi se na pranje bočnih stijenki, a nakon potpunog iskrcaja slijedi pranje čitavog tanka od dna na gore. Prednost ove tehnike je u tome što skraćuje vrijeme pranja, a samim time i boravak broda u luci jer se tankovi peru za vrijeme dok se u njima još nalazi teret. Na kraju pranja tankova brod treba imati dovoljan krmeni trim kako bi se osiguralo odgovarajuće pražnjenje tanka jer se usisi nalaze na krmenom dijelu tanka.³⁵



Slika 14. Dvostruka mlaznica za COW

Izvor: Preuzeto sa: <https://www.victormarine.com/portfolio/vp-major-fixed/> (20.08.2021.)

³⁵ Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994. p. 38.-44.

7. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

7.1. PROCES GORENJA

„Gorenje je kemijski proces u kojem se spaja goriva tvar i kisik(tvar koja podržava gorenje) uz oslobađanje topline i pojavu svjetlosti- plamena. Sukladno tome, požar se može definirati kao nekontrolirani proces gorenja.“- Zec D., **Sigurnost na moru**, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 2001.

Brod je sam po sebi poseban objekt na kojem je prisutna velika vrijednost samog broda i tereta koji prevozi. Budući da se radi o tankerima za prijevoz sirove nafte koji prevoze desetke ili čak stotine tisuća tona zapaljivog tereta, može se reći da je mogućnost od zapaljenja ili eksplozije vrlo velika. Kako bi se smanjila mogućnost požara ključnu ulogu imaju preventivne mjere. Ukoliko do požara ipak dođe važno je brzo otkrivanje pomoću vatrodajavnih sustava, poduzimanje potrebnih protupožarnih mjera kao i poznavanje karakteristika tvari koje gore.

Zapaljive tekućine u procesu gorenja mijenjaju svoje agregatno stanje iz tekućeg stanja te izgaraju kao plinovi i pare. Za proces gorenja mora se iznad tereta stvoriti potrebna količina zapaljivih plinova i para. Do zapaljenja neće doći ukoliko se iznad tereta tekućine nije stvorila odgovarajuća količina para i plinova čak ni u prisustvu velikih izvora topline. U pomorskom prometu zapaljive tekućine dijele se u tri grupe:

- Visokozapaljive tekućine(temperatura paljenja niža od -18°C)
- Srednje zapaljive tekućine(temperatura paljenja između -18°C i 23°C)
- Teškozapaljive tekućine(temperatura paljenja između 23°C i 61°C)³⁶

7.2.PROTUPUŽARNE MJERE

Požari se mogu gasiti na više načina:

- Hlađenjem (spuštanjem temperature tvari koja gori ispod temperature paljenja)
- Odvajanjem (uklanjanjem gorive tvari koja još nije počela gorjeti)
- Gušenjem (oduzimanjem kisika gorivoj tvari)
- Direktnim djelovanjem na kemijski proces

³⁶ Zec D.: Sigurnost na moru, Žagar, Rijeka, 2001. p. 227-230.

Kada dođe do požara važno je brzo i pravilno reagirati odnosno što prije obavijestiti svu posadu. Jedan od načina obavještanja je ručnim javljačima požara smještenih u crvena kućišta. Za aktivaciju je potrebno ukloniti plastičnu ili staklenu zaštitu te aktivirati ručni javljač koji mora ostati u aktiviranom položaju određeni period da bi se detektiralo koji javljač je aktiviran.

Uz ručne javljače postoje i automatski koji se samostalno aktiviraju kada jedan od elemenata koji se nadziru (toplina, temperatura, prisutnost dima) prijeđe određenu granicu čime se smatra da postoji opasnost od požara. Toplinski javljači požara smješteni su u dijelove broda gdje se očekuje znatan porast temperature te javljaju mogućnost požara prilikom prelaska granične vrijednosti, dok dimni javljači požara su postavljeni u dijelove broda gdje se očekuju značajne količine dima u slučaju gorenja.³⁷

Kao i kod većine brodova tako se i kod tankera brodska strojarnica smatra visokorizičnim mjestom za nastanak požara. U brodskoj strojarnici zbog pogonskih i pomoćnih strojeva česta je pojava visokih temperatura što može dovesti do požara. Ručni, automatski, toplinski i dimni javljači požara smješteni su u strojarnici, ali se senzori nalaze i na zapovjedničkom mostu budući da brodska strojarnica nije mjesto stalne straže časnika stroja. Za gašenje požara u strojarnici, ali i u drugim brodskim zatvorenim prostorima koristi se ugljični dioksid (CO_2). Ugljični dioksid je plin bez boje, okusa i mirisa te u određenim koncentracijama i dužem vremenu izloženosti može izazvati velike probleme po zdravlje posade i smrt. Za gašenje požara u strojarnici mogu se nalaziti još i sustav pjene visoke ekspanzije i sustav vode pod tlakom.

Za gašenje požara zapaljivih tekućina koristi se pjena koja se može podijeliti na:

- Teške pjene
- Srednje teške pjene
- Lake pjene

Požar se gasi gušenjem odnosno eliminacijom kisika od tvari koja gori. Po načinu proizvodnje dijele se na kemijsku i zračnu pjenu. Palubni prostori tankera opremljeni su sustavom za gašenje pjenom, prostor teretnih crpki gasi se pomoću CO_2 , pjenom visoke ekspanzije ili sustavom za gašenje vodom pod tlakom. Kao prevencija od širenja požara koriste se i protupožarne pregrade. Svaki član posade prilikom dolaska na brod mora proći

³⁷ Zec D.: Sigurnost na moru, Žagar, Rijeka, 2001., p. 236-242; 251-266; 270-274.

familijarizaciju sa brodskom opremom za gašenje požara, smještajem vlastite protupožarne opreme, smještajem brodskih prijenosnih aparata za gašenje kako bi mogao reagirati pravodobno i pravilno. Uz svu opremu kojom se može ugasiti požar i spriječiti požar, bitna preventivna mjera kako do požara ne bi uopće došlo je inertni plin.³⁸

³⁸ Matković M.: Protupožarna zaštitna na brodovima, 4. izdanje, Tipograf d.d., Rijeka, 1996. p. 45-61.

8. ZAKLJUČAK

Nakon kraćeg istraživanja o sirovoj nafti i transportu iste morskim putem potrebno je naglasiti da je nafta jedna od važnih karika svjetskog gospodarstva. Različite svjetske krize koje se u svijetu događaju, kao trenutna uzrokovana COVID-19 situacijom, mogu se pratiti i na tržištu nafte.

Zbog velike potrebe za prijevozom sirove nafte stvorena je posebna flota brodova-tankera. Takvi brodovi danas plove najvećim svjetskim morima i opskrbljuju čitav svijet ovom bitnom sirovinom. Zahvaljujući propisima International Maritime Organisation postiže se značajna razina i unaprjeđenje sigurnosti čime se izravno utječe na smanjenje onečišćenja mora i morskog okoliša. Sve veća potreba za naftom u gotovo svim dijelovima svijeta za posljedicu je imala izgradnju sve većih brodova namjenjenih tankerskom prijevozu sirove nafte. Unaprjeđenjem propisa, obrazovanja posade i konstrukcijskih karakteristika tankeri su želje mnogim pomorcima da upravo na njima izgrade svoju karijeru i zaplove svjetskim morima.

Pišući ovaj završni rad došao sam do spoznaje posebne važnosti kontrole atmosfere (kisika) u tankovima, a posada posebnu pažnju mora posvetiti ispunjavanju ispitnih lista prilikom ulaska u zatvorene prostore koji može biti poguban po zdravlje i živote posade broda.

LITERATURA

KNJIGE:

Komadina P.: Tankeri, Tipograf d.d., Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1994.

Martinović D. st.: Inertni plin i pranje tankova na tankerima, 7. izdanje, Linija Rijeka, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1995.

Martinović D. st., Martinović D. ml.: Strojarski priručnik za časnike palube, 2. izdanje, Žagar, Rijeka, 2005.

Matković M.; Protupožarna zaštita na brodovima, 4. izdanje, Tipograf d.d., Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 1996.

Ozretić V.: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, 4. izdanje, Dalmacija papir, Split Ship Management, Ltd- Split, Split, 2004.

Zec D.: Sigurnost na moru, Žagar, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka 2001.

INTERNETSKI IZVORI:

History of oil transportation at sea, <https://cultofsea.com/general/history-of-oil-transportation-at-sea/> (16. 08. 2021.)

International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx) (16. 08. 2021.)

Brief history of IMO <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx> (16. 08. 2021.)

Oil Production by 2021 <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/oil-production-by-country> (17.08.2021.)

What countries are the top producers and consumers of oil? <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=60398> (17.08.2021.)

Number of crude oil tankers worldwide as of April 2020 by type <https://www.statista.com/statistics/468405/global-oil-tanker-fleet-by-type/> (17.08.2021.)

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=60398> (28.08.2021.)

API And Crude Oil Density...A Quick Guide To API Gravity, Attir R., 21.09.2018.
<https://www.oea-consulting.ca/post/23-api-and-crude-oil-density-a-quick-guide-to-api-gravity> (28.08.2021.)

Brief History of IMO <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>

Mid-deck tanker https://en.wikipedia.org/wiki/Mid-deck_tanker (29.08.2021.)

Conventions <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Default.aspx> (29.08.2021.)

Tanker safety - preventing accidental pollution
<https://www.imo.org/fr/OurWork/Safety/Pages/OilTankers.aspx> (29.08.2021.)

SOLAS

<https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx>
(29.08.2021.)

Tanker safety - preventing accidental pollution
<https://www.imo.org/fr/OurWork/Safety/Pages/OilTankers.aspx> (29.08.2021.)

<https://slcprdwordpressstorage.blob.core.windows.net/wordpressdata/2018/12/MOTEMS-2019-referece-8.2-10.20.pdf> (29.08.2021.)

What is Ship Shore Safety checklist for tankers? 12.04.2017. <https://marinegyaan.com/what-is-ship-shore-safety-checklist-for-tankers/> (29.08.2021.)

OSTALI IZVORI:

Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (International Convention for the Prevention of Pollution from ships- MARPOL)
https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180227_184444_zec_ZMMO_-_Marpol_v20.pdf (16. 08. 2021.)

International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, 5. izdanje, ICS/OCIMF/IAPH, 2006.

POPIS KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
API	American Petroleum Institute	Američki institut za naftu

CCR	Cargo Control Room	Kontrolna kabina tereta
COLREG	International Regulations for Preventing Collisions at Sea	Međunarodna pravila za izbjegavanje sudara na moru
COW	Crude Oil Washing	Pranje sirovom naftom
FSO	Floating storage and offloading unit	Pomorski objekt za proizvodnju, skladištenje i istovar
ESD	Emergency shutdown	Automatski prekid manipulacije u slučaju nužde
IACS	Internacional Association of Classification Societies	Međunarodno udruženje klasifikacijskih društava
IGS	Inert Gas System	Sustav inertnog plina
IMO	International Maritime Organisation	Međunarodna pomorska organizacija
INTERTANKO	The International Association of Independent Tanker Owners	Međunarodni savez nezavisnih vlasnika tankera
ISGOTT	International Safety Guide for Oil Tankers & Terminals	Međunarodni priručnik za Tankere za sirovu naftu i tankerske terminale
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from ships	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova
P/V breaker	Pressure/Vacuum breaker	
P/V ventil	Pressure/Vacuum ventil	
ROB	Remain on bord	Ostatak tereta na brodu nakon iskrcaja
SAR	International Convention on Maritime Search and Rescue	Međunarodna konvencija o traganju i spašavanju
SBT	Segregated Ballast Tanks	
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru

STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	Međunarodna konvencija o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca
TONNAGE	International Convention on Tonnage Measurement of Ships	Međunarodna konvencija o baždaranjenu broda.
ULCC	Ultra Large Crude Carrier	Ultra velik tanker za sirovu naftu
UTI	Ullage Temperature Interface	Uređaj za mjerenje slobodnog prostora od razine tereta do mjerne postaje i temperature
VLCC	Very Large Crude Carrier	Jako veliki tanker za sirovu naftu

POPIS ILUSTRACIJA

POPIS TABLICA

Tablica 1. Deset najvećih proizvođača nafte i njihov udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji za 2020. godinu.....

Tablica 2. Deset najvećih potrošača nafte i njihov udio u ukupnoj svjetskoj potrošnji za 2018. godinu.....

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Broj tankera po tipu na svijetu (2020.).....6

POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela tankera po veličini.....5

Slika 2. Jedrenjak Elisabeth Watts (siječanj 1862., Pennsylvania).....7

Slika 3. Prvi namjenski sagrađeni tanker (Glückauf, 1886.- 1893.).....8

Slika 4. Jahre Viking.....9

Slika 5. Presjek tankera s dvostrukom oplatom.....11

Slika 6. Shematski prikaz konstrukcije tankera sa središnjom palubom.....	11
Slika 7. Prikaz sustava cjevovoda.....	16
Slika 8. Saab tank radar sustav za mjerenje razine.....	18
Slika 9. Ullage Temperature Interface (UTI) uređaj.....	19
Slika 10. P/V Breaker.....	21
Slika 11. Inertiranje tankova potiskivanjem.....	24
Slika 12. Inertiranje tankova miješnjem.....	25
Slika 13. Sustav cjevovoda za pranje tankova.....	27
Slika 14. Dvostruka mlaznica za COW.....	28