

# Specifičnosti održavanja brodova i brodskih sustava

---

Šanko, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:187:403668>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-07**



**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**

**JOSIP ŠANKO**

**SPECIFIČNOSTI ODRŽAVANJA BRODOVA I BRODSKIH**  
**SUSTAVA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**

**SPECIFIČNOSTI ODRŽAVANJA BRODOVA I BRODSKIH**  
**SUSTAVA**  
**SPECIFITIES OF SHIP'S MAINTENANCE AND SHIP**  
**SYSTEMS**

**ZAVRŠNI RAD**  
**BACHELOR THESIS**

Kolegij: Održavanje broda

Mentor: prof. dr. sc. Renato Ivče

Komentor: doc. dr. sc. Juraj Bukša

Student: Josip Šanko

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112087641

Rijeka, srpanj 2024.

Student: Josip Šanko

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112087641

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Specifičnosti održavanja brodova i brodskih ustava

*(naslov završnog rada)*

izradio/la samostalno pod mentorstvom

prof.dr.sc. Renato Ivče

*(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)*

te komentorstvom doc.dr.sc. Juraj Bukša

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_

*(naziv tvrtke).*

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

Student/studentica

Josip Šanko

*(potpis)*

Josip Šanko

Student/studentica: Josip Šanko

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

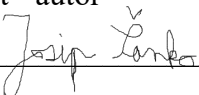
JMBAG: 0112087641

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

## **SAŽETAK**

Suvremeni brodovi su složene tehničke cjeline koje se sastoje od više sustava i podsustava: sustav upravljanja brodom, sustav za sigurnosnu i ostalu zaštitu broda i osoba, sustav poriva, sustav trupa, sustav energetskog napajanja i distribucije, sustav rukovanja teretom i sustav nastambi posade i putnika. Svi ovi sustavi su povezani i utječu na ostvarenje svrhe broda i to se ostvaruje održavanjem. U radu je napravljen uvid na metode održavanja, brodske sustave i u razlike sustava rukovanja teretom suvremenih brodova.

Ključne riječi: brodski sustavi, održavanje, planiranje, rukovanje teretom, suvremeni brodovi.

## **SUMMARY**

Modern ships are complex technical entities that consist of several systems and subsystems: the ship management system, the system for safety and other protection of the ship and people, the propulsion system, the hull system, the energy supply and distribution system, the cargo handling system and the crew and passengers accommodation system. All these systems are connected and affect the fulfillment of the ship's purpose, and this is achieved through maintenance. The paper provides insight into maintenance methods, ship systems and the differences in cargo handling systems of modern ships.

Keywords: cargo handling, maintenance, modern ships, planning, ship systems.

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>I</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>I</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>II</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Općenito o održavanju broda i metodama održavanja</b> .....	<b>2</b>
2.1. Sustav upravljanja vijekom trajanja .....	9
<b>3. Održavanje sustava broda</b> .....	<b>11</b>
3.1. Sustav upravljanja brodom .....	11
3.2. Sustav za sigurnosnu i ostalu zaštitu broda i osoba .....	12
3.3. Sustav poriva .....	13
3.4. Sustav trupa .....	14
3.5. Sustav energetskog napajanja i distribucije .....	14
3.6. Sustav rukovanja teretom .....	15
3.7. Sustav nastambi posade i putnika .....	15
<b>4. Sustav rukovanja teretom</b> .....	<b>15</b>
4.1. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz ukapljenih plinova .....	17
4.2. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz sirove nafte i naftnih produkata .....	22
4.3. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz tereta u rasutom stanju .....	24
4.4. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz kontejnera .....	26
4.5. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz generalnog tereta .....	29
4.6. Specifičnosti održavanja putničkih brodova .....	31
<b>Zaključak</b> .....	<b>34</b>
<b>Literatura</b>	
<b>Popis kratica</b>	

## 1. UVOD

Suvremeni brodovi su složene tehničke cjeline koje se sastoje od više sustava i podsustava: sustav upravljanja brodom, sustav za sigurnosnu i ostalu zaštitu broda i osoba, sustav poriva, sustav trupa, sustav energetskog napajanja i distribucije, sustav rukovanja teretom i sustav nastambi posade i putnika. Što je složeniji sustav to je i zahtjevnije održavanje, ne samo radi produženja uporabe sustava, nego radi i produženja ekonomske iskoristivosti. Produženje korištenja sustava se postiže tehnologijom očuvanja i ovisno o tipu sustava ili komponente i politici brodarka se vrši preventivno i korektivno. U radu su navedeni načini održavanja i objašnjen sustav upravljanja vijekom trajanja koji se kreira prilikom gradnje i projektiranja broda. Svi brodovi imaju zajedničku podjelu na sustave bitne za njegovu uporabu, ali se razlikuju u sustavima rukovanja teretom tj. u svrsi namjene. Objašnjen je sustav rukovanja teretom na brodovima za prijevoz ukapljenog plina, brodovima za prijevoz sirove nafte i naftnih produkata, brodovima za prijevoz tereta u rasutom stanju, brodovima za prijevoz kontejnera, brodovima za prijevoz generalnog tereta i putničkim brodovima. Cilj rada je na jednom mjestu objediniti sve tipove suvremenih brodova i njihove razlike na način da se istaknu specifičnosti održavanja korištenjem nastavne literature, članaka i službene dokumentacije sa brodova.



## 2. Općenito o održavanju broda i metodama održavanja

Terotehnologija je u današnjem modernom svijetu jedna od najbitnijih tehnologija jer kao što nam i sam naziv kaže (tero od grčke riječi tirein što znači brinuti se, nadzirati) radi se o tehnologiji očuvanja ili ti održavanja kao jedne od komponenti i podrazumijeva sprječavanje kvarova na brodskim sustavima, produženje vremena njihova korištenja te otklanjanje kvarova na njima na najučinkovitiji način. Kod broda, koji je jedna zaista tehnički složena i vrlo skupa cjelina za prijevoz tereta i putnika, čini sastavni dio njegovog životnog vijeka i ekonomskog iskorištavanja. Sa terotehnologijom se nastoji optimizirati troškove održavanja projektiranjem i osmišljavanjem, time se nastoji postići tehnologija i organizacija održavanja kod koje je zbroj izravnih (troškovi zahvata) i neizravnih (troškovi zastoja) troškova najmanji, čime bi brodar između ostalih faktora (poput kapaciteta, opreme...) mogao ponuditi nižu vozarinu i time biti konkurentniji na tržištu broskog prostora i ostvariti dobit uz zadovoljavanje postavljenih zahtjeva sigurnosti i sposobnosti broda za plovidbu koje zahtijevaju nadležne vlasti i uvjeta ekonomske iskoristivosti. Vlasnik broda kreira politiku održavanja kroz zahtjeve izbjegavanja štetnog utjecaja na okoliš, učinkovitosti zadržavanja što manjih operativnih troškova, očuvanja vrijednosti kapitala produženjem ekonomske iskoristivosti broda te postizanjem čim veće vrijednosti rabljenog broda i očuvanja broda kao sredstva prijevoza tereta i/ili putnika kroz što duži vremenski period. Dobra politika će mu povećati profitabilnost broda na što isto tako utječe starost broda, uvjeti plovidbe kao i prijašnje održavanje.

Održavanje se na brodovima provodi:

- poslovima na otklanjanju kvarova,
- prema preporukama proizvođača opreme za pojedine brodske sustave,
- ustaljenim načinima održavanja kojima se kontrolira ili usporava propadanje,
- prema zahtjevima klasifikacijskih zavoda i drugih organizacija koje izvode pregled i nadzor brodova .<sup>1</sup>

Nakon pregleda broda klasifikacijski zavodi ili druge ovlaštene organizacije koje djeluju u ime države izdaju svjedodžbe kojima se posvjedočuje da je brod odgovarajuće održavan glede sigurnosti i sposobnosti za plovidbu. Na sljedećoj slici (slika 1.) je prikazana svjedodžba o klasi broda "Srakane". Ovom svjedodžbom se posvjedočuje da je spomenuti brod bio pregledan u svrhu dodjele klase u skladu sa odobrenom dokumentacijom, pravilima Hrvatskog registra brodova, i da udovoljava primjenjivim zahtjevima. Iz slike se

---

<sup>1</sup> Prema udbeniku prof.dr.sc.Renato Ivče za kolegij "Održavanje broda"

može, između ostalog očitati da se radi o brodu za prijevoz generalnog tereta, do kad vrijedi svjedodžba, luka upisa i koje klasifikacijsko društvo ga je klasificiralo, datumi godišnjih pregleda i međupregleda. Zadnji godišnji pregled se izvršio u Durbanu 23. listopada 2000.godine. Zadnja stranica je o odgovornosti registra koja je ograničena prema bilo kojem odštetnom zahtjevu.



Na brod se ne mogu primjeniti opća načela održavanja s obzirom da je složena cjelina od više sustava koji se međusobno razlikuju sa stanovišta sigurnosti te u komercijalnom smislu pa stoga na njih i njihove komponente treba primjeniti metode i pristupi koji ovise o (pod)sustavu i njegovoj važnosti za sigurnost, ekonomsku iskoristivost broda kao i o utjecaju na okoliš u slučaju kvara ili nečega goreg. Utjecaj na odabir metode održavanja imaju isto tako i klasifikacijska društva (koje provode važeće akte).

Postoji više načina sagledavanja pristupa održavanju broda, jedan od njih je sa stanovišta troškova gdje je cilj da su troškovi što manji neovisno o mogućnostima kvara i sa stanovišta pouzdanosti gdje je cilj spriječiti kvar u potpunosti neovisno o troškovima, ali se generalno pristup održavanju može podijeliti na planirano (preventivno) i neplanirano (korektivno). Održavanje se zbog složenosti sustava provodi planirano dok se neki manji dijelovi unutar podsustava broda neplanirano održavaju. Kod planiranog održavanja se vrše unaprijed određene provjere (povremene ili kontinuirane) u određenim vremenskim razmacima kod kojih se nastoji popraviti ili spriječiti kvar prije nego do njega dođe i češće je kod sustava bitnih za ekonomsko iskorištavanje broda, dok kod neplaniranog održavanja se radi o korektivnom održavanju gdje se popravak obavlja nakon kvara i ovaj pristup se koristi najčešće kod (dijelova) sustava koji ne utječu uvelike na ekonomsko iskorištavanje broda, ni na sigurnost.

Preventivno održavanje ima svoje prednosti:

- smanjeni broj zastoja broda zbog kvara
- sustavi imaju manji broj kvarova generalno gledajući
- moguće je usklađivanje poslova održavanja temeljenih na planu ekonomskog iskorištavanja broda
- bolje udovoljavanje zahtjevanim uvjetima sigurnosti i pouzdanosti.

Pristup isto tako ima i svoje nedostatke koji se očituju u većim izravnim troškovima održavanja zbog veće učestalosti zahvata na sustavima i većem utrošku rezervnih dijelova.

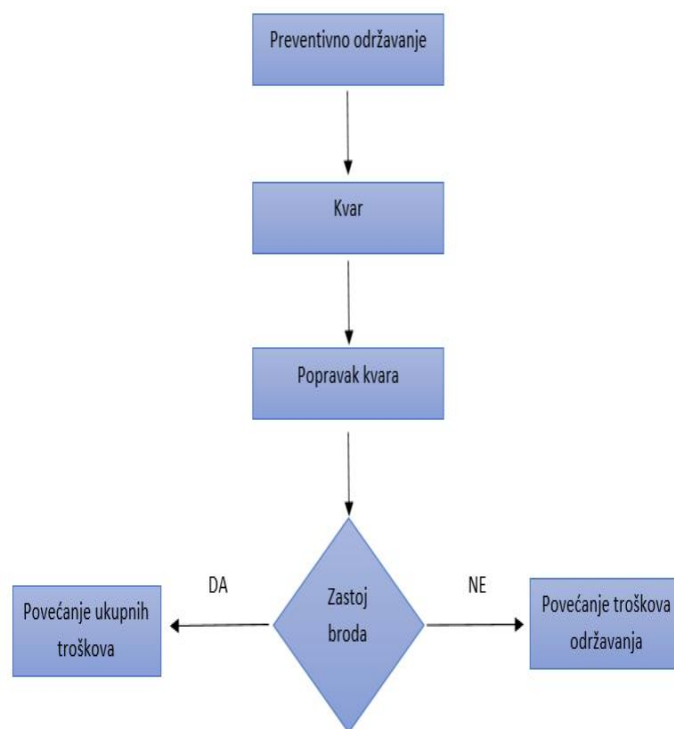
Drugi pristup je korektivno održavanje kod kojeg su prednosti ono što su nedostatci preventivnog održavanja:

- nema troškova održavanja dok komponenta sustava ne zakaže,
- iskoristivost komponenta sustava u cijelosti,
- manji su troškovi rezervnih dijelova.

Za nedostatke korektivnog održavanja vrijedi isto, nedostatci su ono što su prednosti kod preventivnog održavanja u pozitivno smislu:

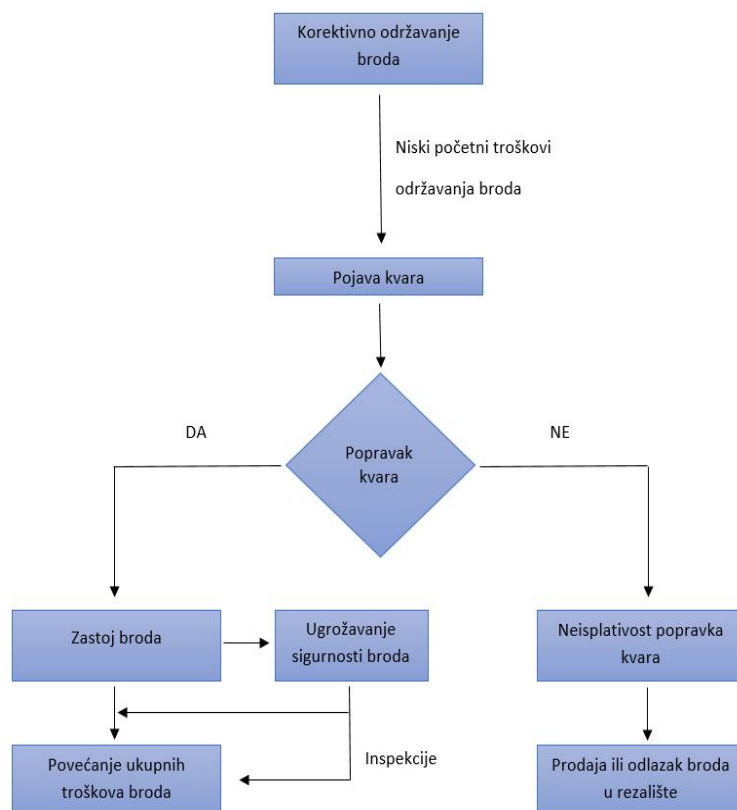
- vrijeme zastoja broda je uobičajeno duže i broj je veći,
- slabija ekonomska iskoristivost broda i manja razina pouzdanosti i sigurnosti,
- posada broda može biti izložena zahtjevima prilikom otklanjanja kvara koji nadilaze njihove radne mogućnosti.

Navedeni su nedostaci i jednog i drugog pristupa ali na kraju sve ovisi o brodaru i njegovoj politici glede održavanja i slobodu ima nakon što je ispoštovan minimum propisan konvencijama (za SOLAS brodove) i zahtjevima državnih vlasti koji se očituje u izdavanju certifikata da je brod siguran i sposoban za plovidbu čiji je primjer prikazan na slici 1. Za pobliže razumijevanje preventivnog i korektivnog održavanja priložena su 2 dijagrama tijekom održavanja na slici 2. i slici 3.



**Slika 2. Dijagram tijeka preventivnog održavanja broda**

Izvor: Mateo Rudan, Strategije planiranja održavanja pojedinih segmenta broda, komparativna analiza te njihov utjecaj na učinkovito poslovanje brodar, diplomski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 2022.



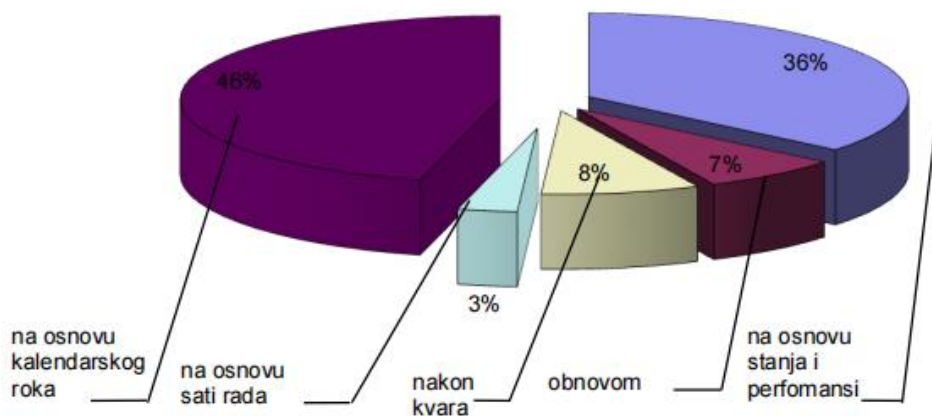
**Slika 3. Dijagram tijeka korektivnog održavanja broda**

Izvor: Mateo Rudan, Strategije planiranja održavanja pojedinih segmenta broda, komparativna analiza te njihov utjecaj na učinkovito poslovanje brodar, diplomski rad, Pomorski fakultet u Rijeci Rijeka 2022.

Objašnjena je uža podjela metoda, ali postoji i šira, detaljnija podjela:

- metoda održavanja obnovom,
- metoda održavanja nakon kvara,
- metoda održavanja na osnovu sati rada,
- metoda održavanja na osnovu stanja i performansi,
- metoda održavanja na osnovu kalendarskog roka.

Na priloženoj slici 4. je prikazan približan udio svake metode u održavanju broda.



**Slika 4. Udio pojedinih metoda u održavanju broda**

Izvor: Josip Lovrić, Osnove brodske terotehnologije, Pomorski fakultet Dubrovnik, Dubrovnik 1989, str 87

Metoda održavanja obnovom spada u korektivni pristup održavanja gdje se komponente sustava obnavljaju kada dođe do zastoja i zamijenjene komponente kojima se sustav nadopunio se ne popravljaju. Ova metoda se koristi kod uređaja čiji popravak nije isplativ i najčešće se radi o uređajima svakodnevne primjene.

Metoda održavanja nakon kvara je temeljena na korektivnom pristupu održavanja na način da se poduzima zahvat nakon što je u sustavu došlo do zastoja, komponente sustava se zamjene sa onima u pričuvu i time sustav vrati u operativno stanje. Metoda se primjenjuje slično kao i metoda obnovom, na sustave koji nemaju bitan utjecaj na sigurnost i ekonomsko iskorištavanje broda.

Metoda na osnovu sati rada spada u preventivni sustav održavanja gdje se planirano, na osnovu sati rada koju definiraju preporuke proizvođača i klasifikacijski zavodi koji izvode nadzor provodi zahvat održavanja na, najčešće, komponentama porivnog stroja, generatorima, pumpama, pomoćnim strojevima i sličnim uređajima.

Metoda na osnovu stanja i performansi je temeljena na planiranom korektivnom održavanju i prema slici 4. sudjeluje u gotovo polovicu udjela u održavanju brodskih sustava. Upotrebom mikroprocesora se prate određene vrijednosti koje se koriste kao pokazatelj stanja sustava. Omogućuje, ukoliko je potrebno, planiranje zahvata održavanja komponente čime je posada ravnomjernije uposlena, ali je izbjegnuta veći trošak ili šteta. Granice vrijednosti koje se prate navodi proizvođač, a propisuje klasifikacijski zavod.

Metoda održavanja na osnovu kalendarskog roka je temeljena na preventivnom održavanju na način da se komponenta sustava zamjeni istekom navedenog roka kojeg je naveo proizvođač, a kod nekih sustava postoje i propisi sa najkraćim rokom trajanja i provodi se najčešće kod komponenta sustava koji su bitni za sigurnost broda poput sredstava za spašavanje, protupožarna oprema i kod komponenata čija se pouzdanost smanjuje tokom vremena poput električnih i hidrauličkih dizalica, većine palubnih uređaja.

## 2.1.Sustav upravljanja vijekom trajanja

Brod kao i svaka druga cjelina, u ovom slučaju tehnički složen sustav ima svoje faze koje su prema terotehnološkom pristupu:

- nabava,
- komisija,
- dekomisija.

Prije nego se izgradi brod i počne stadij komisije ili ti njegova korištenja i njegovi sustavi počnu sa radom, treba razviti ideju za koju svrhu će se brod koristiti, dizajnirati ga u skladu sa tom idejom i potom dati brodogradilištu da je izvrši.

Nakon što je brodogradilište provelo ideju u djelo kreće komisija broda sa probnom vožnjom gdje se otklanjaju eventualni nedostaci koji se prije nisu mogli pronaći jer su različiti indeksi kvarova (učestalosti kvarova) pojedine komponente i tek sada sve rade kao jedan sustav ili dio brodskih sustava. Na kraju komisije, ekonomskog iskorištavanja broda kreće dekomisija, odlaganje, slanje broda u rezalište kada njegova upotreba više nije isplativa.

Sam brod i sve oko njega iziskuje velike napore i financijska sredstva (slika 6.) pa tako i jedna od najbitnih stvari oko njega a to je održavanje i razvijanje sustava upravljanja vijekom trajanja (Life Cycle Management) koji počinje sa nabavom i završava dekomisijom-povlačenjem broda iz uporabe (slika 5.), u kojem je bitna sposobnost održavanja (vjerojatnost da će neki sustav na kojemu se obavlja zahvat održavanja biti za određeno vrijeme ponovo doveden u radno stanje<sup>2</sup>) i da se svi zahvati na sustavima bilježe i čiji je cilj postizanje bolje troškovne učinkovitosti kao i poboljšanje logističkog procesa koji podosta utječe na politiku održavanja sustava. Polazna osnova metode je na analizi logističke podrške koja obuhvaća zadatke koji smanjuju troškove životnog ciklusa broda

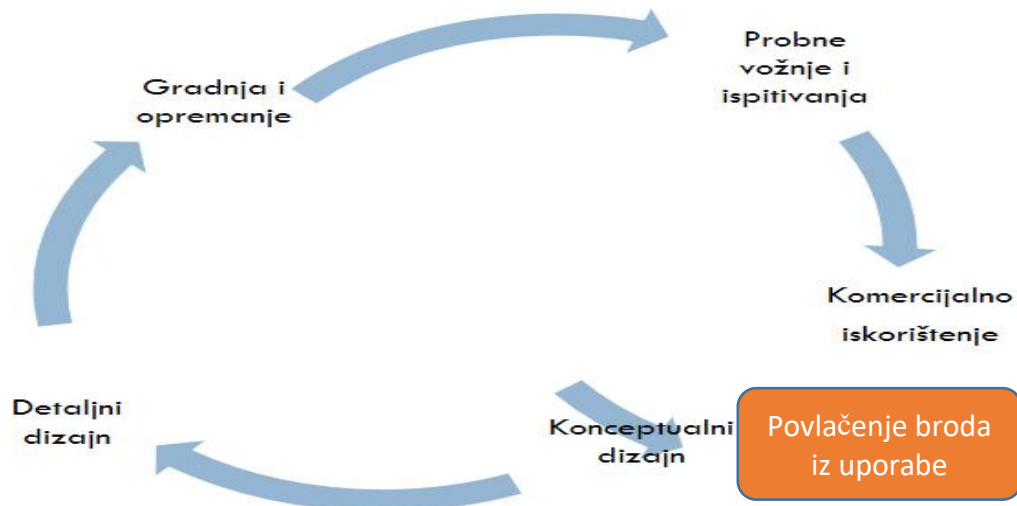
---

<sup>2</sup> Nastavni materijali prof.dr.sc. Renato Ivče za kolegij Održavanje broda.



(Life Cycle Costs) korištenjem operacijskih i potpornih pristupa kao i primjenom određenog dizajna; druga polazna osnova metode je na programiranju zasnovanom na integralnoj logističkoj potpori-selektivna primjena znanstvenih i inženjerskih analiza poduzetih za vrijeme procesa dizajniranja u skladu s mogućnostima održavanja.

Sustav upravljanja vijekom trajanja je samo jedna od metoda terotehnologije kao multidisciplinarnog pristupa i za brod, na kojem brodar rijetko kad uloži više ako nije potrebno i samim time isplativo, značajna.



**Slika 5. Uobičajeni životni ciklus broda**

Nastavni materijali prof.dr.sc.Renato Ivče za kolegij Održavanje broda

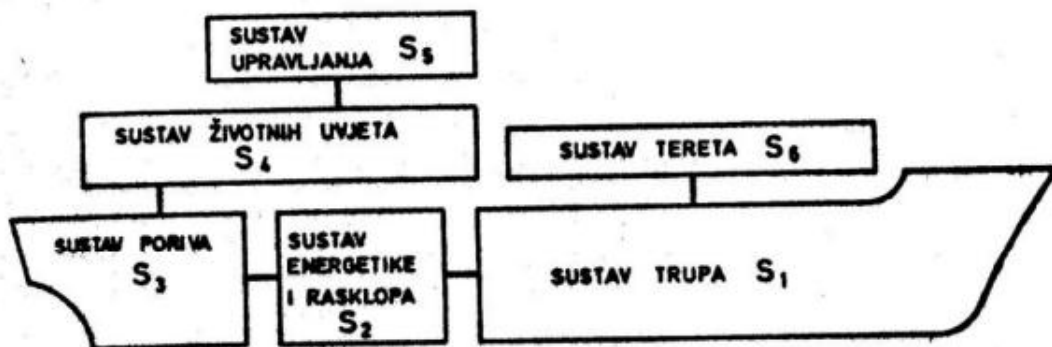


**Slika 6. Uobičajeni troškovi u životnom vijeku poslovno tehničkog sustava**

Izvor: Todorović, J.: Održavanje motornih vozila – osnovi teorije održavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1984., preuzeto iz Luka Perić, Životni ciklus broda s pogleda terotehnologije, Završni rad, Pomorski fakultet u Splitu, Split 2018.

### 3.Održavanje sustava broda

Sljedeća podjela je napravljena sa gledišta iskorištavanja broda kao njegove osnovne namjene sa iznimkom da putnički brod ima još sustava uz navedene jer se tu radi o klasičnom teretnom brodu. Svrha podjele broda je radi lakšeg upravljanja s obzirom da se radi o složenoj pokretnoj tehničkoj cjelini i zato što različiti dijelovi broda drugačije utječe na njegovo funkcioniranje i samim time su drugačije održavani. Na slici 7. prikazana je iz knjige “Osnove brodske terotehnologije” dr.sc. Josipa Lovrića. Pod održavanje možemo svrstati i preglede inspektora koji se obavljaju redovito i koji osim fizičke spremnosti sustava provjeravaju i rukovanje posade sa sustavima.



Slika 7. Brodski sustavi

Izvor: Dr.sc. Josip Lovrić: Osnove brodske terotehnologije, Pomorski fakultet, Dubrovnik, 1989.

#### 3.1. Sustav upravljanja brodom

Sustavom upravljanja brodom se rukovodi sa zapovjedničkog mosta od kuda se uglavnom sve rukovodi i koji je podosta manji u smislu veličine uređaja u odnosu na unazad 20-30 godina, ali su zadaće uređaja koji se tamo nalaze ostale iste samo što su se unaprijedili paralelno sa tehnologijom. Radi se o uređajima za komunikaciju, upravljanje porivom, kormilarenjem i navigaciju.

Uređaji za komunikaciju su regulirani GMDSS sustavom (Global Maritime Distress and Safety System) koji je dio poglavlja 4. Radiokomunikacije SOLAS (Safety Of Life At Sea) konvencije kojom se između ostalog propisuje potrebna oprema za brodove ovisno u kojem području plove kao i zahtjevi koje oprema koja osigurava rad radiokomunikacijskih sredstava mora ispuniti. Komunikacijski uređaji sa kojima ovlašteni članovi posade rade se održavaju preventivno, po unaprijed propisanim načinima koji se nalaze u uputstvima za svaki uređaj. Svaki put kada se provjeri funkcioniranje se zapiše u radio dnevnik a fizička

provjera eventualno u općenite zapise o održavanju ako brodar zahtijeva.

Pod navigacijsku opremu spada ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) uređaji, uređaji za određivanje pozicije i ostali uređaji na zapovjedničkom mostu. I ostala navigacijska oprema (pod koju možemo svrstati i uređaje za komunikaciju) se održava preventivno, službene karte i publikacije moraju biti ažurirane na vrijeme i prije svakoga putovanja, a ostali uređaji prema uputstvima i većina uređaja na mostu je regulirana konvencijama i uvjetima koje moraju zadovoljiti.

### **3.2.Sustav za sigurnosnu i ostalu zaštitu broda i osoba**

Sustav koji je reguliran SOLAS konvencijom i koji možemo podijeliti na:

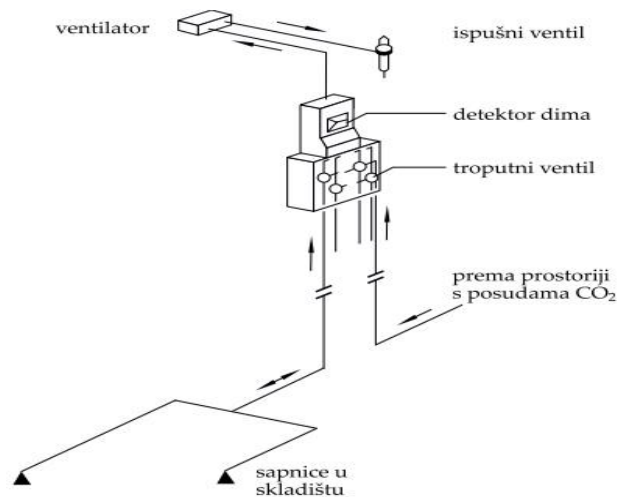
- protupožarna oprema (primjer je slici 8.),
- oprema za napuštanje broda i spašavanje,
- sustav opskrbe i distribucije električne energije u izvanrednim okolnostima.

Protupožarna oprema se sastoji od sredstava za otkrivanje požara - javljači i vatrodojavni sustav i od sredstava za gašenje požara: pjena, prah, osobna i zajednička oprema za gašenje požara, prijenosna oprema za gašenje požara i morska voda (vatrogasne pumpe).

Oprema za napuštanje broda i spašavanje se sastoji od osobnih sredstava za spašavanje (prsluk, pojas, odijelo i sredstva za zaštitu od gubitka topline), brodica za spašavanje, brodica za prikupljanje splavi za spašavanje i signalnih sredstava.

Protupožarna oprema i oprema za napuštanje broda i spašavanje se mora redovito pregledavati (preventivna metoda) i većina opreme mora biti ispravna (zamijenjena ili nadopunjena ovisno o tipu opreme) prije isplovljenja radi dostupnosti u slučaju nezgode i smanjenja štete ako do nje dođe, održavanja se upisuju u predviđeni dnevnik ili brodski dnevnik.

Sustav opskrbe i distribucije električne energije u izvanrednim okolnostima se sastoji od pomoćnog generatora, kabela i ploče sa prekidačima. U izvanrednim okolnostima poput nestanka struje se mora u određenom vremenu upaliti pomoćni generator i sva potrebna rasvjeta kao i uređaji bitni za upravljanje brodom. S obzirom da je i ovo veoma bitan sustav održava se preventivno.



**Slika 8. Primjer protupožarnog sustava**

Izvor: Dr.sc.Damir Zec: Sigurnost na moru, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001

### 3.3. Sustav poriva

Glavna komponenta sustava je porivni stroj (slika 9.) koji može biti jedan ili ih može biti više i s obzirom da ih ima dosta različitih ovisno o namjeni i potrebama broda biti će i različito održavanje. Uz porivni stroj se veže i sustav za prijenos snage, uređaji za dobavu i pripremu goriva i maziva i porivnici koji mogu biti pramčani ili krmeni. Održavanje strojnih komponenti se vrši nadzorom parametara sustava, podmazivanjem, čišćenjem i zamjenom komponenti sustava i u ovom sustavu, ovisno o komponenti, imamo planirano i korektivno održavanje jer neki dijelovi sustava mogu podosta utjecati na iskorištavanja broda, a neki podosta manje i samim time uz dostupnost dijelova najisplativije je da se iskoriste do kraja i zatim poprave.



**Slika 9. Pogled na pogonski stroj odozgor**

Izvor: <https://www.marineinsight.com/case-studies/real-life-accident-engine-room-flooded-10-minutes/>

### 3.4.Sustav trupa

Sustav na kojem se, kao nosećoj plovnoj strukturi, postavljaju svi ostali sustavi i čija se debljina i čvrstoća u remontu posebno provjeravaju od strane klasifikacijskog zavoda i gdje se ne može varati jer direktno utječe na sigurnost broda i osoba na njemu. Održavanje trupa od strane posade u plovidbi je slabo jer ne mogu puno utjecati osim ako brod ima zaštitu trupa od korozije narinutom strujom pa strojari moraju paziti da radi i ako je izvan zadanih parametara da obavijeste zapovjednika. Posada može održavati trup na način da štiti palubu i unutarnji dio trupa od korozije zaštitnim premazima . Ovaj sustav isto tako sačinjava oprema za sidrenje i privez (slika 10.) i podsustavi balasta i kaljuže. Prilikom sidrenja treba paziti da sidreni lanac ne ošteti boju na pramcu jer bi time moglo doći do pojačane korozije, a prilikom balastiranja na postepeno otvaranje ventila i brzine rada pumpe da ne bi došlo do hidrauličkog udara. Sidrene i privezne uređaje treba provjeravati prilikom sidrenja i privezivanja da sve funkcionira kako treba da ne bi došlo do štete po brod ili drugih neželjenih posljedica poput sudara ili udara. Od svih ovih dijelova samo se sidreni uređaj održava korektivno, ali i preventivno (u remontu skupa sa ostalim sustavima).



**Slika 10.Sidrena i privezna vitla**

<https://www.marineinsight.com/marine-safety/10-important-points-ships-mooring-equipment-maintenance/>

### 3.5.Sustav energetskeg napajanja i distribucije

Sustav je indirektno povezan sa sustavom poriva i čine ga uređaji za proizvodnju i distribuciju električne energije, sustav komprimiranog zraka, hidraulike te vode i pare. Indirektno je povezan na način da su njegovi dijelovi potrebni za pokretanje i

funkcioniranje brodskog pogonskog stroja. Sustav se održava preventivno i slično kao i sustav poriva jer utječe na iskorištavanje broda ali i na sigurnost.

### **3.6.Sustav rukovanja teretom**

Sustav se razlikuje od broda do broda ovisno o tome koji teret brod prevozi i koja je namjena broda jer na primjer možemo imati dva ista broda za prijevoz generalnog tereta i jedan može imati svoje dizalice za prekrcaj tereta a drugi ne. Jedan plovi u području gdje nema lučkih sredstava za prekrcaj tereta a drugi ne plovi, pa mu nije potrebno dodatno ulaganje u opremu. Više o ovome sustavu u 4.poglavlju.

### **3.7.Sustav nastambi posade i putnika**

Sustav koji obuhvaća sve one uređaje i dijelove koji utječu na održavanje životnih uvjeta na brodu: kuhinja za spremanje hrane, prostor za čuvanje hrane, ventilacija i klimatizacija, sanitarije... Održavanje se vrši preventivno zbog osiguravanja normalnih životnih uvjeta i da se ne bi dovelo u pitanje normalno funkcioniranje broda koji ne može služiti svojoj svrsi bez posade.

## **4. Sustav rukovanja teretom**

Sustav se razlikuje od broda do broda, ovisno o tome koji teret brod prevozi i za koji tip tereta je specijaliziran što ne znači da ne može biti sličnosti poput brodova za prijevoz tereta u rasutom stanju i brodova za prijevoz generalnog tereta, ali više o njima u poglavljima 4.3. i 4.5. Na sljedećoj slici (slika 11.) je prikazana "svjedodžba o sigurnosnoj opremi teretnog broda" broda "Srakane" kojom se posvjedočuje da je brod bio pregledan i da je sve u skladu sa zahtjevima konvencije SOLAS 1978 sa amandmanima. Svjedodžbu je izdao Lloyds's Register u Cape Town-u 21. srpnja 2000. pod odredbama i uvjetima za svoje usluge za brod "Srakane" uz koji su zapisani podaci o njemu.



Cargo Ship Safety Equipment Certificate

This Certificate shall be supplemented by Record of Equipment (Form E) No. 8509703/003 Issued under the provisions of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended, and as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (hereinafter referred to as 'the Convention') under the authority of the Government of the Republic of Cyprus

Table with 2 columns: Particulars of ship, Name of ship, Distinctive number or letters, Port of registry, Gross tonnage, Deadweight of ship (tonnes), Length of ship (regulation III/3.10), IMO number, Type of ship, Date on which keel was laid.

This is to certify:

- 1. that the ship has been surveyed in accordance with the requirements of regulation 1/8 of the Convention as modified by the 1978 Protocol relating thereto;
2. that the survey showed that:
2.1 the ship complied with the requirements of the Convention as regards fire safety systems and appliances and fire control plans;
2.2 the life-saving appliances and the equipment of the lifeboats, liferafts and rescue boats were provided in accordance with the requirements of the Convention;
2.3 the ship was provided with a line-throwing appliance and radio installations used in life-saving appliances in accordance with the requirements of the Convention;
2.4 the ship complied with the requirements of the Convention as regards shipborne navigational equipment, nautical publications and means of embarkation for pilots;
2.5 the ship was provided with lights, shapes, means of making sound signals and distress signals in accordance with the requirements of the Convention and the International Regulations for Preventing Collisions at Sea in force;
2.6 in all other respects the ship complied with the relevant requirements of the Convention;
3. that the ship operates in accordance with regulation III/26.1.1.1 within the limits of the trade area:

- 1. For Oil tankers, Chemical tankers and Gas carriers only
2. Delete as appropriate
3. Date on which keel was laid or ship was at a similar stage of construction or, where applicable, date on which work for a conversion or an alteration or modification of a major character was commenced.

- 4. that in implementing regulation 1/6(b) the Government has instituted mandatory annual surveys;
5. that an Exemption Certificate has-/ has not been issued;
6. that a Lloyd's Register of Shipping Document of Compliance in accordance with regulation 54 of chapter II-2 for ships carrying dangerous goods has /has not been issued.

This certificate is valid until 20 July 2002

Issued at Cape Town on 21 July 2000

The undersigned declares that Lloyd's Register of Shipping is duly authorised by the said Government to issue this certificate.



Surveyor to Lloyd's Register of Shipping

MANDATORY ANNUAL SURVEY

This is to certify that the ship has been surveyed in accordance with regulation 1/6(b) of the Convention, as modified by the 1978 Protocol and the relevant recommendations of the Organisation.

Mandatory annual survey

Place of survey

Date

Surveyor to Lloyd's Register of Shipping

INTERMEDIATE SURVEY FOR TANKERS OF 10 YEARS OF AGE AND OVER

This is to certify that at an intermediate survey required by regulation 1/8 of the Convention, as modified by the 1978 Protocol, this ship was found to comply with the relevant provisions of the Convention.

Intermediate Survey

Place of survey

Date

Surveyor to Lloyd's Register of Shipping

Under the provisions of regulation 1/14 of the Convention, as modified by the 1978 Protocol, the validity of this certificate is extended until

Place of survey

Date

Surveyor to Lloyd's Register of Shipping

Delete as appropriate

- 4. Reference is made to the Guidelines on surveys required by the 1978 SOLAS Protocol, the International Bulk Chemical Code and the International Gas Carrier Code adopted by the Organisation by resolution A.560(14).
5. An intermediate survey may take the place of a mandatory annual survey.

FORM 1203 (01/96) 2/2

TERMS AND CONDITIONS

The following terms and conditions apply to all services provided by Lloyd's Register of Shipping... 1. LR services do not assess compliance with any standard other than the applicable rules of LR, international conventions, and/or other standards agreed in writing by LR and the client. 2. All invoices issued by LR must be paid by the client within 30 days of the date of the invoice... 3. LR reserves the right to charge for any extra costs which are incurred as a result of delays, cancellations, postponements or suspensions resulting from the client's instructions, lack of instructions or mistakes for which LR is not responsible... 4. Unless stated to the contrary, the fees quoted for LR's services include all costs of inspection, advice visits or the appraisal of drawings... 5. The contract shall continue in force unless terminated by either LR or the client giving the other 30 days prior written notice of termination... 6. If for whatever reason the contract is terminated by either LR or the client before completion of LR's services, LR's charge for the services rendered will be calculated on a pro rata basis up to the date of termination... 7. Any dispute concerning the provision of LR's services and/or the contract under which such services are provided is subject to the exclusive jurisdiction of the English courts and will be governed by English law... 8. In providing services, information or advice, neither LR nor any of its officers, employees or agents warrant the accuracy of any information or advice supplied... 9. Neither LR, nor any of its officers, employees or agents on behalf of each of whom this notice is given shall be under liability or responsibility in negligence or otherwise... 10. No other document purporting to impose additional liability on LR or any of its officers, employees or agents for the provision of LR's services will be effective unless presented to and signed by an authorized LR representative... 11. The client agrees that LR and any of its officers, employees or agents will be awarded under the client's relevant insurance and that full waiver of rights of subrogation are provided by relevant underwriters to LR or any of its officers, employees or agents... 12. Any damage, defect, breakdown or grounding, which could invalidate the conditions for which a class has been assigned, is to be reported to LR without delay... 13. All repairs to hull, equipment and machinery which may be required in order that a ship may retain her class are to be carried out to the satisfaction of LR's surveyors... 14. Plans and particulars of any proposed alterations to the approved scantlings and arrangements of hull, equipment, or machinery are to be submitted to LR for approval... 15. It is the responsibility of the Owner to ensure that all surveys necessary for the maintenance of class are carried out at the proper time and in accordance with the instructions of LR... 16. LR gives timely notice to an Owner about forthcoming surveys by means of Class Direct Live, a letter or a quarterly computer print-out... 17. When the Regulations with regard to surveys on the hull, equipment or machinery have not been complied with and the ship is thereby not entitled to retain class, the class will be suspended or withdrawn, at LR's discretion... 18. When reported defects in the hull, equipment or machinery are found and the Owner fails to repair such defects in accordance with LR's requirements, the class will be suspended or withdrawn, at LR's discretion... 19. LR has the power to withhold or, already granted, to suspend or withdraw any class (or to withhold any certificate or report in any other case), in the event of non-payment of any fee.

Slika 11. Svjedodba o sigurnosnoj opremi teretnog broda

Izvor: autor

#### 4.1. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz ukapljenih plinova

Brodovi za prijevoz ukapljenih plinova koji se mogu prevoziti na tri načina- pothlađeni, stlačeni i kombinacijom tlaka i temperature i od kojih su između ostalih najpoznatije 2 vrste-zemni plin dobiven iz bušotine (eng. LNG-Liquefied Natural Gas) i naftni plin dobiven preradom nafte (eng. LPG-Liquefied Petroleum Gas) su jedni od najosjetljivijih brodova po pitanju održavanja i mogućnosti nezgode koja se može dogoditi vrlo brzo. Zbog zahtjevnosti ovih tipova brodova sustav održavanja je digitaliziran i koristi se neki od softvera sustava planiranog održavanja (eng. PMS-Planned Maintenance System) koji nam svaki dan zadaje zadatke u kojima se navodi što moramo održavati i na koji način, na slici 12. se nalazi primjer liste zadataka. Pod teretni sustav uz ukupni sustav zadržavanja tereta (uključujući barijere, izolacije, koferdame i dodatne strukture koje ih podupiru) možemo uključiti i energetski sustav odnosno strojarnicu jer bez nje i njezinih podsustava i doprinosu prijevoza ukapljenih plinova bi se plinovi teško prevozili u količinama kojima se prevoze danas.

Brodovi za prijevoz ukapljenog naftnog plina (LPG) su najjednostavniji:

- dovoljna je jedna barijera od čelika,
- nema reukapljivanja (osim u slučaju prijevoza pothlađenog tereta),
- teret se može iskrcevati crpkama ili kompresorima,
- strojarnica uz omogućavanje rada pumpe nema drugih zadaća,
- nedostatak je što su ovi brodovi dosta teži u odnosu na druge brodove zbog tankova čija je čelična stijenka dosta debela.

Brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina (LNG) su zahtjevniji jer prevoze prirodni plin koji je ukapljen snižavanjem temperature i čija je temperatura vrenja oko  $-162^{\circ}\text{C}$  (ovisno o kemijskom sastavu), a brodska oplata (čelik) postaje krhka pri temperaturama nižim od  $-55^{\circ}\text{C}$  što zahtijeva bolju izolaciju tanka tereta od trupa broda, dvostruku oplatu kao i veću izolaciju podsustava broskog sustava tereta.



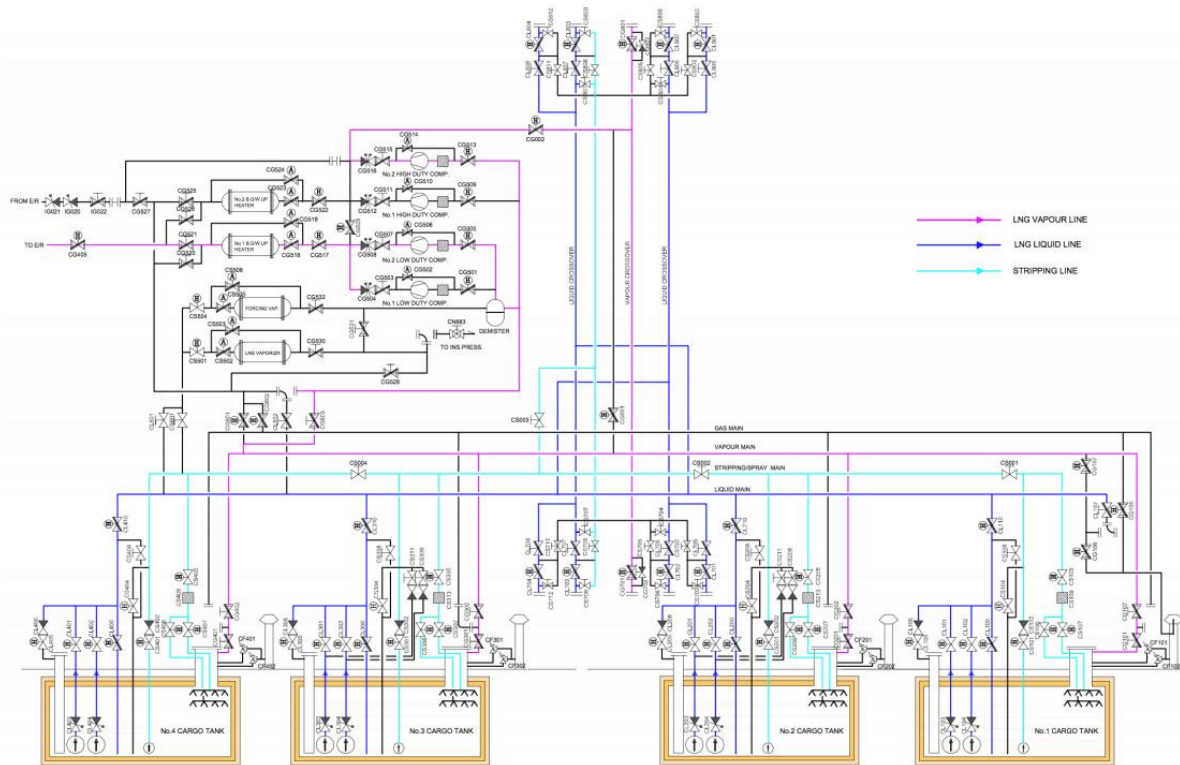
Component Name	Designation	Job Title	STATUS	Due Date	Due Running Hour/Assigned	Last Don	Last Done Planning	Compon...
Ballast Valve		6 Monthly Maintenance for Ballast valve	Scheduled	27/05/2024	0 CHOFF	27/11/2...	0	
Valve Remote Cont...	WB	6 Monthly Maintenance for HPU	Scheduled	11/08/2024	0 GE	11/02/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Cargo Tank	3 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Due	04/04/2024	0 GE	04/01/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Interbarrier Space	3 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Due	05/04/2024	0 GE	05/01/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Insulation Space	3 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Due	05/04/2024	0 GE	05/01/2...	0	
ESD Manifold Valves		3 Monthly Maintenance ESD Manifold Valves	Due	07/04/2024	0 GE	07/01/2...	0	
Cryogenic Butterfly...		3 Monthly Maintenance for Butterfly Valve	Due	07/04/2024	0 GE	07/01/2...	0	
Cryogenic Nr./Globe...		3 Monthly Maintenance for Globe Valve	Due	07/04/2024	0 GE	07/01/2...	0	
Cargo Piping/Liquid...		GC043 DRAIN VALVE SPRAY LINE	Scheduled	10/04/2024	0 GE			
Safety Relief Valve ...		3 Monthly Maintenance for Safety Relief Valve IS	Due	11/04/2024	0 GE	11/01/2...	0	
Valve Remote Cont...	WB	Monthly Maintenance for Filter	Scheduled	11/04/2024	0 GE	11/01/2...	0	
Cryogenic Needle V...		3 Monthly Maintenance for Needle Valves	Due	12/04/2024	0 GE	12/01/2...	0	
Valve Remote Cont...	Cargo	Monthly Maintenance for Filter	Scheduled	15/04/2024	0 GE	15/01/2...	0	
Temp Control Valve...		3 Monthly Maintenance for Temperature Control Valve	Due	17/04/2024	0 GE	17/01/2...	0	
Cryogenic Ball Valve		3 Monthly Maintenance for Ball Valve	Scheduled	19/04/2024	0 GE	19/01/2...	0	
Valve Remote Cont...	WB	Monthly Operational Test for Valve Remote Control System	Scheduled	20/04/2024	0 GE	20/01/2...	0	
Cryogenic Butterf...		Monthly Routine on Master Gas Valves Local Operation	Scheduled	20/04/2024	0 GE	20/01/2...	0	
Valve Remote Cont...	Cargo	Monthly Operational Test for Valve Remote Control System	Scheduled	22/04/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Cargo Tank	12 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Scheduled	18/07/2024	0 GE	18/07/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Interbarrier Space	12 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Scheduled	18/07/2024	0 GE	18/07/2...	0	
Pilot Operated Safe...	Insulation Space	12 Monthly Maintenance for Pilot Operated Safety Valve	Scheduled	18/07/2024	0 GE	18/07/2...	0	
Gas Valve Unit	ME No.2	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	18/07/2024	0 GE	18/01/2...	0	
Gas Valve Unit	ME No.1	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	18/07/2024	0 GE	18/01/2...	0	
Gas Valve Unit	GE No.4	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	22/07/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Gas Valve Unit	GE No.2	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	22/07/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Cryogenic Nr./Globe...		6 Monthly Maintenance for Globe Valve	Scheduled	22/07/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Gas Valve Unit	GE No.3	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	22/07/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Cryogenic Butterfly...		6 Monthly Maintenance for Gearbox	Scheduled	22/07/2024	0 GE	22/01/2...	0	
Valve Remote Cont...	Cargo	6 Monthly Maintenance for HPU	Scheduled	10/08/2024	0 GE	10/02/2...	0	
Valve Remote Cont...	Cargo	6 Monthly Maintenance for Filter	Scheduled	10/08/2024	0 GE	10/02/2...	0	
Gas Valve Unit	GE No.1	6 Monthly Maintenance for Gas Valve Unit	Scheduled	10/08/2024	0 GE	10/02/2...	0	
Valve Remote Cont...	WB	6 Monthly Maintenance for Filter	Scheduled	10/08/2024	0 GE	10/02/2...	0	
Cryogenic Butterf...		12 Monthly Maintenance for Butterfly Valve	Scheduled	25/01/2025	0 GE	25/01/2...	0	
Cryogenic Nr./Globe...		12 Monthly Maintenance for Globe Valve	Scheduled	26/01/2025	0 GE	26/01/2...	0	

Slika 12. Lista zadatka planiranog sustava održavanja

Izvor: autor

Na brodovima za prijevoz ukapljenog plina postoji više cjevovoda- cjevovodi za ukapljeni dio tereta (liquid line) i za ispareni dio tereta (vapour line) koji se spajaju sa kopnenima na sredini broda gdje se nalazi manipulativni dio (manifold) i posebni cjevovodi za ispuštanje tereta u atmosferu (gas line), brodovi koji imaju mogućnost reukapljivanja tereta su opremljeni i cjevovodom povrata kondenzata (condensate line), cjevovod za snabdjevanje strojarne isparenim dijelom teretom (fuel gas line) za brodove koji koriste teret kao (pomoćno) pogonsko gorivo ili za pogon pomoćnih strojeva; LNG brodovi uz sve ovo su opremljeni i cjevovodima za pothlađivanje tankova (spray line) zbog smanjivanja termalnog šoka tanka uslijed ukrcanja kriogenog tereta i cjevovodima inertnog plina i dušika. Cjevovodi kojima prolazi teret (ukapljeni ili ispareni) su posebno izolirani kako bi se smanjilo isparavanje tereta izolacijom dizajniranom za temperature od -196°C do +80°C. Najučinkovitiji način održavanja cjevovoda je njihovo poznavanje, a za to koristimo sheme (primjer na slici 13.) kojima upravljamo teretom prilikom ukrcanja ili iskrcanja koji se odvijaju digitalno iz kontrolne sobe tereta (eng. CCR-Cargo Control Room) i koje uzmemo sa sobom na palubu i pratimo kuda koja cijev prolazi i gdje se nalazi ventil ili neka druga komponenta koju iščitavamo sa sheme nalazi i kada nam softver održavanja broda prikaže zadatke (na slici 14. vidimo primjer zadatka povezanog sa cjevovodom) između kojih se nalazi i nešto povezano sa cjevovodom biti će nam lakše to pronaći i pregledati ili

popraviti po uputstvima. Bitno za napomenuti je da se tlačni test cjevovoda ne može provesti jer bi se mogli otvoriti odušni ventili.



**Slika 13. Prikaz sustava cjevovoda shematski**

Izvor: Matthew Sumner: Tehnologija prijevoza ukapljenih plinova morem, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2015.g.

Na slici 14. je prikaz plana održavanja koji je prethodno bio izlistan i prikazan na slici 12. Radi se o tromjesečnom održavanju kugličnog ventila sa uputstvima brodar i proizvođača gdje brodar navodi na početku da se održavanje vrši prema uputama proizvođača. Brodar navodi da se teretni ventili trebaju daljinski i ručno testirati za provjeru operativne efikasnosti, ali isto tako daljinska provjera brzine rada mora biti provjerena i potvrđena da je unutar operativnih zahtjeva kao i gdje se moraju provesti nužni testovi (poput sustava manifolda, glave pothlađivanja tanka...); navodi se i održavanje ručnih mehanizama i linearnih cilindara.

**Scheduled Job**

3 Monthly Maintenance for Globe Valve

Activity Description

Vessel:

Component: Cryogenic Nv./Globe\_Gate\_Valves()

Own Company Description:

Maintenance - As per Maker Instruction Manual

1. Cargo Valves must be remoted and manually tested for their operation efficiency. Moreover the speed of remote operation must be checked and confirmed to be within OPS expectations. Relevant tests must be applied in the following areas:

- Manifold System (for Manifold ESD valves max 30 sec)
- Liquid Header
- Spray Header
- Vapor Header
- Cargo Compressor Room

Manual Mechanism

- a. Full Rinse with fresh water, valve must be at outside temperature
- b. Lubricate nuts rod manoeuvre
- c. Hand Wheel painting Check
- d. In ND 100 disassemble, clean and lubricate the bearing sleeves
- e. Check the condition of clevis pins, check that they are in place and if rusted replace them

Linear Cylinder (Full stainless steel)

- a. Full rinse with fresh water, valve must be in outside temperature

Manufacturer's Description:

**Slika 14. Primjer zadatka održavanja sustava cjevovoda-održavanje ventila**

Izvor: privatna arhiva

Bitan podsustav je ESD (eng. Emergency Shut Down) sustav koji u slučaju izlaska parametara (pomak prekrajnih ruku izvan dosega, prepunjenost tankova...) izvan dopuštenih granica zaustavlja automatski sve operacije sa teretom. Zatvaraju se određeni ventili, crpke tereta te kompresori ako je potrebno i njega se treba testirati prije dolaska broda u luku kao i potvrditi sa strane kopna i broda prije nego se započnu operacije sa teretom. Pumpe koje crpe teret su posebno dizajnirane uronjive električne sa kugličnim ležajevima koji se hlade prolaskom tereta i motorom koji skupa sa pumpom čini cjelinu i zaštitom od kavitacije ili rada na prazno putem podnaponskih releja, zaštićene su i od niske razine tereta u tanku ili niskog tlaka automatskim zaustavljanjem, s obzirom da se radi o kriogenom<sup>3</sup> teretu i održavaju se prema instrukcijama proizvođača koji navodi i kako se pokreću (koliko pokušaja u satu, najmanja razina tereta u tanku potrebna za pokretanje). Grijači se koriste za dovođenje isparenih para plina koji se ispario u isparivaču i gdje treba dobro pregledati sve spojeve cjevovoda nakon početka rada da bi se ustanovilo da nije došlo do propuštanja, na temperaturu potrebnu za korištenje plina za pogon (jedino LNG dopušten), za generatore pare ili za spaljivače tereta. Grijače je potrebno držati unutar optimalne temperature da ne bi došlo do topljenja izolacije. Kompresorima se isparene para tereta dovode prema pogonskom postrojenju ili se šalju na kopno prilikom iskrcaja tereta, snabdjevanje procesa reukapljivanja (posebno važni kod LPG brodova) i za

<sup>3</sup> Kriogeni-sinonim niskotemperaturni. (<https://www.kontekst.io/hrvatski/kriogeni>) Kriogenika-fizika niskih temperatura. (<https://proleksis.lzmk.hr/32742/>)

ispunjavanje tanka parama tereta nakon dokovanja. Kompresore pogoni elektromotor ili motor sa unutrašnjim izgaranjem i prilikom upravljanja treba paziti na nagle promjene tlaka i protoka jer nastale vibracije mogu uzrokovati nepravilnosti poput oštećenja ležajeva, brtvi i osovine čime se smanjuje radni vijek uređaja. Izvor inertnog plina su pročišćeni ispušni plinovi ili generatori dušika, ali se radi očuvanja strojeva koriste pomoćni spremnici u kojima se skladišti dušik nabavljen s kopna. Inertni plin se koristi za ispunjavanje tankova tereta prilikom dokovanja, a dušik nakon dokovanja za pothlađivanje prije ispunjavanja s parama tereta jer inertni plin se kondenzira na temperaturama nižim od  $-55,6^{\circ}\text{C}$ , a dušik ne. Dušik se koristi i za brtvljenje prostora između pogonskog stroja kompresora i samoga kompresora, ispunjavanje međubarijernih prostora na brodovima sa membranskim tankovima gdje sprječava nastanak korozije, za propuhivanja sustava cjevovoda, koristi se i u procesu reukapljivanja za snižavanje temperature parama tereta čime ih dovodi do kondenziranja. Sustav tereta na brodovima je podosta zatvoren sustav pa tako i jedna od bitnih komponenti sustava. Sustav mjerenja razine tereta u tanku koje može biti pomoću radara ili plovka, uređaji su plombirani i posada jednostavno mora vjerovati, ali uspoređivanjem sa kopnom i eventualnim postavljenim uređajima za mjerenje protoka na cjevovode ili praćenjem nekih drugih parametara se može utvrditi odstupanje od dopuštenih granica i u tom slučaju se obavijesti brodar koji pošalje službenog servisera za provjeru i popravak sustava. Prilikom operacija sa teretom treba uključiti sustav oplakivanja oplata morskom vodom da teret u slučaju propuštanja ne dođe u doticaj sa trupom i i uzrokuje pucanje (sustav isprati slatkom vodom da se spriječi nastanak korozije zbog soli), treba držati sve strojne uređaje unutar zadanih granica bez obzira što imamo ESD sustav i otvoriti sve ventile po nužnom redoslijedu. Na kraju operacija sa teretom sve zatvoriti i osigurati za putovanje.

Jedan od najučinkovitijih održavanja prilikom rukovanja sa teretom (ukrcaj ili iskrcaj) je ispunjavanje liste provjere kojom se osiguramo da nam nešto važno nije promaklo s obzirom da se radi o osjetljivom sustavu i kojom sprječavamo nastanak štete ali što ne znači da je moramo slijepo slijediti nego uključiti i naše znanje i iskustvo.

## **4.2. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz sirove nafte i naftnih produkata**

Nafta je sirovina koja pokreće svijet i tehnološkim razvojem nakon 2. svjetskog rata povećala se i potražnja što je i uvjetovalo najbržem razvitku jednih od tipova specijaliziranih brodova, brodova za prijevoz sirove nafte i njenih produkata-”tankera”.

Sustav tereta na brodovima za prijevoz sirove nafte i njenih produkata se sastoji od:

- cjevovoda: inertnog plina, za grijanje tereta, pranje tankova i operacije sa teretom,
- manifolda ili ti priključaka koji se najčešće nalaze na sredini broda sa lijeve i desne strane koji mogu biti i na pramcu i krmi,
- odušnika i P/V ventila,
- opreme za pranje tankova, senzora razine i sastava atmosfere u tanku,
- premazi za tankove na brodu za prijevoz naftnih produkata,
- pumpi za iskrcaj tereta.

Cjevovodi za operacije sa teretom (ukrcaj ili iskrcaj) se u odnosu na brodove za prijevoz ukapljenog plina mogu testirati tlačno da se zna koji tlak mogu izdržati u slučaju hidrauličnog udara i to je navedeno na cjevovodu (datum testiranja i tlak). Za grijanje tereta se najčešće koristi suha vodena para i na povratnim cjevovodima su postavljeni senzori kojima se može otkriti ako ima tereta što bi značilo da je došlo do puknuća na dijelu cjevovoda u tanku i taj dio cjevovoda se zatvori da ne bi kontaminirana ohlađena para došla nazad u strojarnicu i uzrokovala požar. Cjevovodi za pranje tankova su manji jer se najčešće koristi sami teret za pranje tankova pod tlakom. Cjevovod inertnog plina se proteže cijelom palubom i osim za inertiranje tankova prilikom iskrcaja tereta koristi se i za posušivanje cjevovoda nakon iskrcaja tereta. Kod inertnog plina pozornost treba biti na vodenoj palubnoj brtvi koja sprječava povratak u strojarnicu jer može biti kontaminiran parama tereta pa da se spriječi požar. Manifoldi ili priključci su spojevi cjevovoda sa kopnom. Najvažniji cjevovodi koji se spajaju s kopnom su cjevovodi za prekrcaj tereta kao i posebni cjevovod povrata para tereta (prilikom ukrcaja pare idu na kopno, a tokom iskrcaja na brod ) i kada nisu priključeni cjevovodi mora se paziti da su slijepe prirubnice čvrsto postavljene i brtve pregledane da ni došlo do kakvih ispuštanja. Odušnici cjevovoda i tankova sprječavaju destrukciju tankova uslijed povećanja tlaka, a P/V (eng.pressure/vacuum -tlak/vakuum) ventili i uslijed smanjenja tlaka na način da se uslijed povećanja ili smanjenja tlaka van granica podigne ili povuče uteg ili opruga čime zrak iz tanka može izaći ili zrak iz atmosfere ući i spriječi se konstruktivna destrukcija tanka. Redovito se

provjerava njihova funkcionalnost, a prilikom plovidbe u hladnim područjima da nije došlo do zaleđivanja što bi moglo spriječiti njihovu ulogu u zaštiti tankova iako uz njih imamo i dodatnu zaštitu-glavni odušnik i P/V breaker (engleski izraz) koji je spojen na glavnu dobavnu cijev i koji ima veću zalihu po pitanju odstupanja nadtlaka i podtlaka se aktivira kad P/V ventil ne može dovoljno brzo izjednačiti razliku tlakova u tanku. Opremu za pranje tankova sačinjava cjevovod kojim dolazi medij za pranje, gornji dio koji je na palubi je pogonska jedinica i gdje se regulira brzina i kut pranja i donja jedinica (cijev i mlaznica). Pogonsku jedinicu pokreće sam medij za pranje jer dolazi pod tlakom čime se cijeli stroj pokrene i obavlja svoju svrhu. Senzori razine tereta u tanku su bitni zbog smanjivanja rate ukrcaja, koju da ne smanjimo bi došlo do izlivanja tereta na palubu i zbog početka vremena pranja tankova prilikom iskrcaja. Senzore za mjerenje sastava atmosfere u tanku koristimo prilikom ulaska u tank radi pregleda ili održavanja i prilikom dokovanja broda pri čemu moraju pokazivati 21% kisika i što manje razine zapaljivih para prethodnog tereta. Uz ulaske u tankove za pregled oštećenja ulazi se i u tankove balasta u plovidbi sa teretom u kojima će senzor atmosfere pokazivati količinu para tereta koji se nalazi u tanku tereta do njega ako je došlo do oštećenja i time do propuštanja. Sve se mora poslikati i zabilježiti kao i prvom prilikom popraviti. Sve je ovo zajedničko na brodovima za prijevoz nafte i naftnih produkata, ali postoje i razlike. Na brodovima za prijevoz naftnih produkata (i kemikalija) je sve najmanje uduplano-postoji više tankova za prijevoz više vrsta tereta i svaki tank ima svoje cjevovode ali i pumpu koja mora biti provjerena prije operacija sa teretom i držana unutar radnih parametara (na brodovima za prijevoz sirove nafte imamo tri, a dovoljne su i dvije). Opremljeni su i sa premazima u rezervi u slučaju da dođe do oštećenja premaza tanka pa da se nužno ne dokuje brod pod uvjetom da je posada dovoljno stručna za izvršenje zadatka i zahtjevniji su uvjeti održavanja zbog tereta koji je najčešće izrazito opasan po okoliš i ljude.

Kao i brodovi za prijevoz ukapljenog plina, brodovi za prijevoz nafte i naftnih produkata mogu ne promptnim održavanje, držanje radnih procedura, praćenje parametara da su unutar granica (okretaji pumpe, rata iskrcaja, proizvodnja inertnog plina, nadtlak i podtlak P/V ventila), pregledani svi ventili, brtve; uzrokovati veliko onečišćenje okoliša, ali im se može smanjiti i ekonomski vijek trajanja.

Na slici 15. je prikazan ventil sa popucalim brtvljenjem i koji propušta, u slučaju da se takav ventil nalazi na manifoldu sa isto tako loše brtvljenom slijepom prirubnicom može doći do ispuštanja tereta ili para tereta iz tanka i time se stvori zapaljiva atmosfera na

manifoldu. Posljedica može biti mala, teret se ispustio u tavu ispod manifolda ili velika, požar i time gubitak broda uz moguće ljudske žrtve.



**Slika 15. Neispravni ventil cjevovoda**

Izvor: Nastavni materijali prof.dr.sc. Igora Rudana za kolegij "Tehnologija prijevoza tekućih tereta"

### **4.3. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz tereta u rasutom stanju**

Brodovi za prijevoz tereta u rasutom stanju su se razvili od brodova za prijevoz generalnog tereta i sa njima dijele dosta sličnosti, razlika je, između ostalog, u tome što su brodovi za prijevoz generalnog tereta duljine do oko 100 metara i nosivosti 10.000 tona, a brodovi za prijevoz tereta u rasutom stanju duljine do oko 360 metara i nosivosti 400.000 tona. Održavanje na brodovima za prijevoz rasutih tereta se vrši preventivno na način da se skladišta i oprema pregledavaju i popravljaju prije svakog ukrcanja tereta. Stanje skladišta za prihvat određenog tereta i sigurnosno izvođenje putovanja je, između ostalih, definirano i IMSBC (International Maritime Solid Bulk Cargo) kodeksom u kojem se nalaze i zahtjevi za čistoću skladišta kojih ima 5 i koji će se primijeniti ovisi o teretu i zahtjevima vlasnika tereta (naručitelj). Planirani sustav održavanja i inspekcija skladišta prije ukrcanja tereta bi trebala uključivati pregled rebara skladišta i bitnih konstrukcijskih dijelova, strukturalnih pristupnih dijelova (ljestve), potpalublja, pražnica grotla i poklopca, sustav kaljuže, svjetla, stanje premaza, cijevi unutar skladišta i fiksnog protupožarnog sustava. Pregled konstrukcijskih dijelova skladišta obuhvaća vanjski pregled tj. da nema udubljenja koji mogu narušiti sigurnost broda i korozije koja napredovanjem može utjecati na sigurnost broda bilo da dođe do reakcije sa teretom ili oslabljenja konstrukcije i na nju se utječe odgovarajućim premazima ovisno o teretu koji se prevozi kao i otklanjanjem kad nastane.



Kod pristupnih dijelova skladišta je bitno da su dovoljno čvrsti da se ljudi mogu sigurno spustiti u tank radi čišćenja i održavanja, ali isto tako zbog tereta ne bi bilo dobro da je korozija prisutna. Kod premaza je bitno da su glatki, da nema mjehurića, da su nanešeni u skladu sa pravilima struke kako bi se zaštitilo skladište jer neki tereti mogu biti veoma nagrizajući i time podosta oštetiti konstrukciju ako premaz nije dobro nanešen. Pregled pražnice grotla, grotla i poklopca se isto tako vrši provjerom vanjskog stanja, stanje premaza i količina korozije i udubljenja, ali se isto tako pregledavaju i njegovi sastavni dijelovi koji omogućavaju rukovanje sa teretom, sprječavanje oštećenja tereta i ovisno o teretu, sprječavanje oštećenja skladišta zbog reakcije tereta sa vanjskom atmosferom; sastavni dijelovi su: brtva poklopca i letva na koju se naslanja, odvodni kanali, sustav za otvaranje skladišta (razlikuje se tehnologija ovisno o veličini i namjeni broda), ventilacijski otvori i pričvršćenja poklopca. Propusnost poklopca grotla se provjera:

- ultrazvukom (zatvori se skladište i iznutra se odašilju ultrazvučni signali koji se osluškiju uređajem izvana),
- kredom (nanese se kredu na brtvu i usmjeri se voda pod tlakom na rub poklopca nakon čega se poklopac podigne i provjeri gdje nema krede)
- usmjeravanjem vode pod tlakom ali po rubovima između poklopaca ili zatvorenih otvora (ako je utvrđeno propuštanje zamjene se ili nadopune dijelovi gdje je utvrđeno propuštanje privremenim zamjenskim ili originalnim trajnim komponentama).

Sustav kaljuže je bitan za operacije s teretom, pogotovo prilikom pranja skladišta (tijekom kojeg se treba paziti na upotrebu sredstava i kemikalija) jer sva zamuljena voda ide u tank kaljuže odakle se dalje ispumpava prema pravilima MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) konvencije, pregleda se usisna košara koja ne smije biti začepljena i ispravnost pumpe a za putovanje se provjeri i cijev za provjeru razine kaljuže u tanku kao i funkcioniranje alarma za previsoku razinu i ako se prevozi nagrizajući teret prekrije se poklopac tanka. Cijevi unutar skladišta se pregledavaju da nisu oštećene, udubljene zato jer se najčešće radi o cijevima u kojima se nalaze električne žice ili sonde. Svjetla unutar skladišta mogu uzrokovati požar ako nije prekinut električni kontakt. Protupožarni sustav se održava propuhivanjem cijevi za analizu zraka i CO<sub>2</sub> sustava da eventualne nečistoće ne bi spriječile djelovanje.

Do udubljenja i oštećenja u skladištu može doći zbog grabilica i bagera kojima se iskrcava teret i na to mora paziti i časnik palube da to bude što manje kako bi bila manja oštećenja boje što može dovesti do korozije i kako bi bili manji i kraći zahvati na održavanju.



#### 4.4. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz kontejnera

Ekonomski razvoj države ili područja se mjeri u broju pretovarenih kontejnera, a time i broju ticanja kontejnerskih brodova koji su jedni od najbrže rastućih tipova brodova od svojega razvitka jer se povećanjem globalnog razvitka razvila potreba za pojednostavljenom i bržom dostavom gotovih proizvoda od proizvođača do potrošača. Brodaru se vozarina obračunava po prevezenom kontejneru, pa prilikom razvoja dizajna kontejnerskih brodova se sve više pazi na kapacitet, a manje na hidrodinamičnost i brzinu (što je i uzrok sve većoj sličnosti oblika broda pravokutniku), a da se pritom ne promijeni značajno dužina broda.

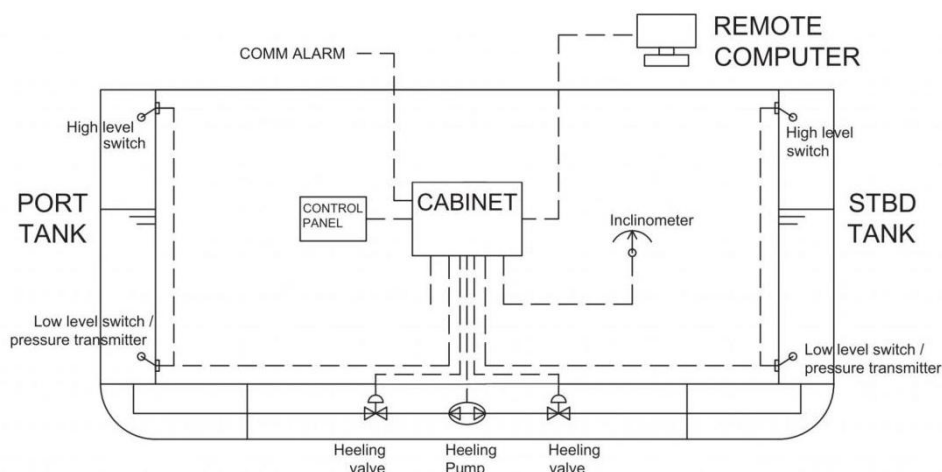
Sustav tereta na brodovima za prijevoz kontejnera se sastoji od skladišta podijeljenih u tzv. bay-eve, vodilica kojima se kontejneri slažu u stupce, električnih priključaka za napajanje rashladnih kontejnera, zračnici za prozračivanje bay-eva, opreme za učvršćenje kontejnera, pramčane pregrade koja štiti kontejnere na pramcu od zapljuskivanja valova, "anti-heeling" odnosno protu-nagibnog sustava. Održavanje električnih priključaka za napajanje frigo kontejnera kojima se prevozi kvarljiva roba koja zahtjeva prijevoz na određenoj temperaturi provode brodski električari prema vlastitom znanju i uputstvima proizvođača, a u slučaju zahtjevnijeg kvara se poziva servisna podrška s kopna. Jedina zadaća časnika palube je da se pobrine da takav kontejner bude složen u poziciju gdje je dostupan električni priključak. Zračnici za prozračivanje bay-eva se sastoje od zračnog otvora na palubi, cijevi koje se protežu do dna bay-a i mogu imati ventilatore za prisilno prozračivanje ako je potrebno. Oprema za učvršćenje se sastoji zakretnih zatvarača koji se postavljaju okomito na uglovnice kontejnera i učvršćuju dva kontejnera u istom stupcu (row); šipki i stezaljki, žica kojima se kontejner učvršćuje za palubu (primjer slika 16.) Sva oprema za učvršćenje se mora pregledati i u slučaju neispravnosti: iskrivljenje, pretjerano izduženje, puknuće; se mora odložiti strane, a u slučaju neispravnosti na opremi koja je učvršćena na kontejnere i zamijeniti. Oprema koja se ne koristi treba biti uredno složena u za to predviđena mjesta da ne bi došlo od gubitka uslijed gibanja broda, a lanci i žice uredno namotani i podmazani. Pramčani vjetrobran umanjuje otpor broda, a ujedno štiti kontejnere od izravnog zapljuskivanja valova čija sila može biti nekoliko tona i čija posljedica može biti totalno ili djelomično oštećenje kontejnera. Održava se nanošenjem premaza radi sprječavanja strukturnog slabljenja zbog korozije. Razmak između vodilica (primjer slika 16.), koje se protežu cijelom dubinom bay-a, je jednak širini kontejnera uz malo odstupanja sa svake strane poradi opreme za zahvat kontejnera radi ukrcaja ili

iskrcaja i dio su opreme koja se redovito ošteti-udubi zbog nestručnosti rukovatelja prekrcajnim tornjem, a nekad dođe do štete zbog nagiba broda-zbog čega su na brodovima ugrađeni protunagibni sustavi (eng. anti-heeling system).



**Slika 16.Primjer vodilica i palubnog mosta**

Izvor: prof.dr.sc. Renato Ivče, prezentacije za nastavu iz kolegija “Tehnologija prijevoza kontejnera i RO-RO tehnologija”



**Slika 17.Shema protu-nagibnog sustava**

Izvor: <https://www.xtronica.no/en/solutions/fluid-control-management/anti-heeling-system/>

Nagnuće broda za 1° nije vidljivo za čovjeka, ali je vidljiva promjena gaza na desnoj i lijevoj strani broda kao i smanjenost brzine prilikom ukrcaja kontejnera. Operater prekrcajnog tornja mora biti dovoljno precizan da zahvati uglovnice kotejnera i da kontejner spusti u bay i svaki put kada brod nije uspravan oštete se vodilice prilikom ukrcaja ili iskrcaja kontejnera. Zbog toga razloga je ugrađen protu-nagibni sustav kojim se sprječava nagnuće broda više od dopuštenog kuta nagiba i olakšavaju operacije, ali i štite vodilice. Sustav, čija shema je prikazana na slici 17., možemo podijeliti u 3 osnovne cjeline- upravljačka stanica, radna jedinica i glavna razvodna kutija.

Upravljačka stanica se sastoji od glavnog korisničkog sučelja za upravljanje sustavom i ,ovisno o izvedbi, pomoćnog sučelja koji se nalazi na prikladnijem mjestu od glavnog i na kojem se samo automatski ponavljaju radnje kada se koristi glavno sučelje. Na korisničkom sučelju odabiremo jedan od 3 načina rada sustava:

- automatsko- sustav sam nagiba brod i drži unutar zadanih granica nagibanja,
- ručno-sami pritiskom na ikonu na ekranu ili tipku naginjemo ili upravljamo brod,
- prednagibanje-podesimo nagib broda za određeni kut prije nego što dođe do operacije sa teretom.

Glavna razvodna kutija je poveznica između upravljačke stanice i radne jedinica sustava-u njoj se isprepliću svi kabeli sustava i nalaze svi prekidači. Prilikom alarma na korisničkom sučelju o nekom kvaru provjere se prvo svi elektronički spojevi-počevši od glavne razvodne kutije, a zatim komponenta na kojoj je kvar. Radna jedinica se sastoji od pumpe (reverzibilna ili centrifugalna, jedna ili više njih), ventila, senzor razine (visoke i niske) vode u tanku i tankova (2 u paru ili više parova). Pumpa sa pogonskim motorom (najčešće elektromotor postavljenim okomito) se održava prema uputama proizvođača koji propisuje intervale pregleda motora, izmjene ulja, provjera propelera pumpe. Osim što se održava preventivno prema uputama proizvođača, treba isto tako redovito provjeravati razine ulja za podmazivanje kao i podmazanost ležajeva. Pogonski motor treba biti čist i omogućeno slobodno prozračivanje. Kod ventila se u određenim intervalima provjeri rad aktuatora uspoređujući brzinu rada navedenu u uputama i koju smo izmjerili. Prekidači razine vode u tanku se održavaju prema uputama proizvođača.

Prije nego pokrenemo sustav jer je došlo do nagnuća broda provjerimo da u tankovima ima dovoljno vode jer u pumpi zbog smanjenja kavitacije i vibracija mora biti dovoljno vode, a tu obavijest nam daje senzor niske razine vode u tanku. Provjerimo vrijeme potrebno za zatvaranje ventila u uputama proizvođača da u slučaju hitnog zatvaranje ne bi došlo do hidrauličnog udara i samim time oštećenja na ventilima. Kada smo sve provjerili pokrenemo sustav i ako se brod nagnuo u desnu stranu radna jedinica prebacuje vodu iz desnog tanka u lijevi sve dok se ne ispravi brod. Prilikom rada sa sustavom preventivno se prati vrijeme potrebno za određene radnje i ako je moguće mjeru se vibracije pumpe i osluškuje rad pumpe poradi sprječavanja oštećenja.

#### 4.5. Specifičnosti održavanja brodova za prijevoz generalnog tereta

Brodovi za prijevoz generalnog tereta su dosta slični brodovima za prijevoz tereta u rasutom stanju. Ovi tipovi brodova su višenamjenski koji mogu prevoziti rasuti i generalni teret, nosivosti 3.000-24.000 tona, duljine preko svega do 130 metara, gaza do 10 metara, imaju 1-3 skladišta i u većini slučajeva vlastite dizalice. U poglavlju 3.3. se pisalo o skladištu i te stvari vrijede za brodove za prijevoz generalnog tereta kad prevoze teret u rasutom stanju i općenito kada se pregledavaju strukturni dijelovi, a u ovom poglavlju će se dati osvrt na ostali dio sustava tereta: dizalice. Za njih svjetska organizacija za standarde (ISO-International Standard Organization) ima standard "ISO 4309:2017-Dizalice-čelična užadi (briga i održavanje, kontroliranje i povlačenje iz upotrebe)" koji postavlja:

- generalne principe za brigu oko čelične užadi (čelik-čela),
- načine održavanja, kontroliranja i kriterije za zamjenu užadi,
- uputstva vezano za skladištenje, rukovanje i ugradnju čelik-čela.

Dizalice uz ostalu opremu koja služi za rukovanje teretom je nadležnost ILO (International Labour Organization-Međunarodna Organizacija Rada) konvencije 152 koja zahtjeva da na brodu bude knjiga sa zapisima o brodskoj opremi i definira način ispitivanja koji se vrši svako 5 godina i godišnje i njega izvršava inspektor nadležnog registra brodova. Sva ispitivanja opreme se bilježe, bilo rutinska, generalna ili temeljita. Uz to važna je i potvrda o ispitivanju čelične užadi u kojoj je navedeno:

- datum proizvodnje,
- uzorak testa prekidne čvrstoće,
- jačina materijala,
- način usukavanja užadi.

Na dizalicama se radi produljenja vijeka trajanja i održavanja ekonomskog iskorištavanja vrši planirano održavanje:

- zapisivanje svih pregleda, zahvata održavanja (što uključuje i obnavljanje čelik-čela) i razloga kvarova,
- vođenje zapisa o stanju opreme i rezervnih dijelova čiji broj ovisi o vrsti ekonomskog korištenja broda (linijski ili tramper) i moramo ih imati jer uvijek postoji mogućnost kvara, a zapise poradi upućivanja kada se dogodi sličan kvar.

Dijelovi dizalice su:

- postolje na koje je dizalica montirana i unutar kojeg se nalaze zupčanici (okretni prsten) koji okreću dizalicu i mogu se nalaziti graničnici koji ograničavaju luk okretanja,

- toranj (stup) i kućište uključujući sve strukture čvrstoće unutar kućišta i svih utora te njihove nosače, na vrhu i na bilo kojem drugom mjestu tornja koji preuzima sva naprezanja koja nastaju pri radu dizalice i na čijem vrhu se nalazi kabina za rukovanje dizalicom i koji svojom zatvorenošću štiti strojeve od prašine i korozije,
- grana dizalice (šuplji nosač dizajniran na veliku krutost uz minimalnu moguću masu poradi što većeg sigurnosnog radnog opterećenja),
- Strojevi (električni ili dizel motori za pokretanje pumpi hidraulike ili pneumatike, električni dijelovi, sklopke).

U skladu sa planiranim režimom održavanja treba pregledati sve temeljne konstrukcijske dijelove i nosače za utvrđivanje šteta:

- glavne dijelove strukture treba pregledati za prijelome ili koroziju i popravak ili obnovu izvesti prikladno,
- koloturnici, ležajevi i ostali pomični dijelovi bi trebali biti pregledani poradi istrošenja ili deformacija i prilikom zamjene testirani i pravilno podmazani odgovarajućom mašću.

Čelična užad je uz strukturne dijelove jedna od najbitnijih komponenti i treba imati takva svojstva koja će omogućiti zaštitu od jedne ili više sljedećih stvari:

- rotacije (prilikom rukovanja sa teretom),
- abrazivnog trošenja (trenje između užadi i koloturnika ili užadi međusobno),
- zamora (pogoršanje kvalitete uslijed upotrebe),
- nagnječenje (uslijed namotavanja na bubnju),
- korozije (uslijed doticaja sa morskom vodom).

Na otpornost čelične užadi na rotaciju, koroziju i abrazivno trošenje se utječe načinom usukavanja vanjskog struka koji su napravljeni od žica takvog poprečnog presjeka koji stvara glatku površinu užadi. Planirano održavanje zahtjeva inspekcije u redovitim intervalima sa podmazivanjem u istim ili različitim intervalima. Prilikom rutinskih inspekcija i održavanja se pregleda cijela dužina čelik-čela i povezana oprema (koloturnici, okretne spojke) i oštećenja na koja treba obratiti pozornost su:

- broj puknutih žica,
- slomljeni strukovi,
- unutarnje ili vanjsko trošenje i korozija,
- smanjenje elastičnosti i mehaničke štete.

Stanje takvih oštećenja će ovisiti o tome da li će se obaviti popravak ili zamjena. I uz strukturne (konstrukcija) i pomične (čelik-čela) dijelove dizalice bitna nam je i pokretačka snaga, strojevi, čiji su dijelovi:

- filteri ulja, zraka ili goriva (ovisno o motoru koji pokreće pumpe hidromotora za rad dizalice), periodično čišćenje i kad parametri (količina dotoka medija, rad stroja) ukažu da je potrebno
- ulje (ako je hidraulički pokretana dizalica), promjena i održavanje razine je ovisno o upotrebi dizalice i vrši se prema uputama proizvođača i kad analiza uzorka koja se vrši periodično ukaže da je potrebno,
- granične sklopke (da bi se osiguralo ispravno korištenje i da bi svaki neispravni dio bio zamijenjen trebaju biti redovito pregledane i testirane),
- sustav elektronike (redovito provjeren i obnovljen),
- motori, pumpe, vitla i njihovi zaustavni mehanizmi trebaju biti kako i sve ostalo, provjereni i testirani u redovitim ili ako nije moguće u prikladnim intervalima i kad se pronađu neispravnosti otkloniti ih pravilno, analiza ulja koje se koristi za podmazivanje može ukazati na unutarnje trošenje s obzirom na broj nečistoća u uzorku.

Pregled i održavanje je konstantan posao koji se vrši prije, tijekom i nakon rada sa dizalicom. Prije rada sa dizalicom treba pregledati da sve prije spomenuto ispravno radi i da je u skladu sa navedenim, tijekom operacija sa teretom se više vrši pažnja na bitne parametre i dijelove opreme koji mogu uzrokovati prestanak rada ako se opterete ispod ili iznad dopuštenih granica (što se vrši u posebnim slučajevima). Nakon rukovanja se vrši rutinski pregled i ako nije bilo nepravilnosti dizalica se osigura u zadani položaj i ugasi do sljedećeg rada. U slučaju da dođe do nepravilnosti prije, tijekom ili nakon rada sa dizalicom treba što prije reagirati i poduzeti potrebne radnje za otklanjanje nastale nepravilnosti.

Period sigurnog korištenja ovisi o načinu održavanja o čemu bi najviše trebali biti upoznati zapovjednik, prvi časnik i neki članovi posade koji se brinu o stanju, zamjeni ili popravku neispravne opreme.

#### **4.6.Specifičnosti održavanja putničkih brodova**

Međunarodni sustav normi i pravila je popriličnom osjetljiv kada se radi o sigurnosti ljudskih života na moru, bilo da se radi o teretnom ili putničkom brodu. Sustav se, počevši

od potonuća RMS Titanica 1912. koji je poveo prekretnicu u međunarodnim pravilima i normama za sigurnost ljudskih života na moru pa do Coste Concordie 2012. koja je uvela promjene u inspekcijama putničkih brodova, stalno dopunjava. SOLAS 1974. s izmjenama i dopunama je jedna od najznačajnijih konvencija i kodeksa koji se vežu uz pomorstvo. “Poglavlje III-Sredstva za spašavanje” je jedno od značajnih poglavlja, posebice za putničke brodove koji uz pažnju da se putnici dobro provedu moraju se prvotno pobrinuti za njihovu sigurnost, kako tijekom putovanja tako i u slučaju nezgode i napuštanja broda. Trećim (3.) poglavljem su propisani načini ispitivanja i zahtjevi sredstava za spašavanje koje moraju ispunjavati brodovi na koje se konvencija primjenjuje. Jedan od zahtjeva je i održavanje kojim se osigurava ispravnost sredstava za spašavanje i njihove opreme i koje se od strane posade na brodu provodi djelomično, a za temeljito dolazi ovlašteni serviser od strane proizvođača jednom godišnje i svako pet godina prilikom dokovanja broda. Prije nego se navedu periodične inspekcije sredstava, treba početi od instrukcija (uputa). SOLAS “Glava IV-Sredstva za spašavanje i zahtjevi za uređenjem”, “Pravilo 36-Instrukcije za održavanjem na brodu “ propisuje da instrukcije za održavanjem na brodu moraju biti jasno razumljive, po prilici ilustrirane i uključivati:

- listu provjere za korištenje prilikom provedbe inspekcije
- instrukcije za održavanje i popravak
- raspored periodičnih održavanja
- dijagram točaka podmazivanja sa preporučenim mazivom
- popis zamjenjivih dijelova
- popis izvora rezervnih dijelova
- zapis inspekcija i održavanja.

Sa ovim uputama se obavljaju inspekcije koje su, prema (uz prilagodbu temi) SOLAS “Pravilo 20-Operativna spremnost, održavanje i inspekcije”:

- tjedne (vizualna provjera splavi i brodica za spašavanje da bi se potvrdilo da su spremne za korištenje i uz to se mogu provjeriti kuke i da je oprema za otpuštanje resetirana; motori brodica za spašavanje moraju biti upaljeni pri temperaturi okoline višoj od potrebne za pokretanje najmanje tri minute i tokom tog vremena se treba provjeriti sam pogonski uređaj i utvrditi spremnost; testiranje generalnog alarma )
- mjesečne (svi čamci za spašavanje bi trebali biti pomaknuti iz svoje pozicije u kojoj su smješteni bez osoba u njima ako stanje mora i vrijeme dozvoljavaju, a svako 3 mjeseca spuštenu u more; inspekcija svih sredstava za spašavanje korištenjem lista za provjeru.

Ove inspekcije obavlja posada u mjeri koliko je to moguće i prema uputama proizvođača čiji ovlašteni serviseri najmanje jednom godišnje temeljito sve pregledaju, uključujući splavi i prsluke, sustav za brzu evakuaciju (MES-Marine evacuation system) i po potrebi dio opreme pregledaju na brodu i poprave, a dio u radioni na kopnu. Tjedne i mjesečne inspekcije mogu uključivati i provjeru podmazanosti opreme za otpuštanje i sve ostale opreme ako je potrebno. Konvencija je propisala najmanje potrebne zahtjeve za periodične inspekcije i na nju se nadovezuje LSA (Life-saving appliances and Arrangements-Sredstva za spašavanje) kodeks koji propisuje koji se sve testovi (zajednički svim sredstvima neovisno o proizvođaču) radi osiguranja spremnosti sredstava za spašavanje trebaju provoditi i kako. Sredstva se uglavnom testiraju na kopnu.

Na slikama 18. i 19. vidimo opremljenost putničkog i teretnog broda. Putnički brod (na slici za kružna putovanja) ima, ovisno o veličini, određen broj čamaca za spašavanje na obje strane broda. Teretni samo jedan sa slobodnim padom.



**Slika 18. Putnički brod**

Izvor: autor



**Slika 19. Teretni brod**

Izvor: autor



## Zaključak

Održavanje broda se planira jednim od načina sustava upravljanja vijekom trajanja prilikom planiranja i gradnje broda čija namjena može biti prijevoz tereta ili/i putnika. Samim planiranjem se postiže produženje uporabe broda za njegovu namjenu kreiranjem planiranog sustava održavanja kojeg propisuje i sami ISM kodeks (International Safety Management Code- Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću). Održavanje sustava broda se može vršiti na osnovu kalendarskog roka, na osnovu sati rada, na osnovi stanja i performansi, nakon kvara i obnovom. Nakon kvara i obnovom se održavanju komponente i sustavi koji neće uzrokovati velike ekonomske ili funkcionalne gubitke, ali se zato sustavi rukovanja teretom i sustavi sigurnosne zaštite održavaju na osnovu sati rada i kalendarskog roka. Brod je podijeljen na sustave radi lakšeg planiranja održavanja i davanja zaduženja posadi jer se različiti sustavi održavaju na različit način i u različitim razdobljima uporabe broda radi čega se i sastavi sustav planiranog održavanja. Planiranje održavanja je isto za sve tipove brodova u svim sustavima osim u sustavu rukovanja teretom.

Brodovi za prijevoz ukapljenog plina i brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih produkata se zajednički nazivaju „tankeri“ (brodovi za prijevoz tekuće tereta), ali se razlikuju i tehnologiji opreme potrebnoj za njihov prijevoz. Brodovi za prijevoz ukapljenog plina zahtijevaju ili deblje stijenke tankova ili deblju izolaciju i posebne pumpe kao i dodatne sustave po potrebi za prijevoz poput sustava reukapljivanja i sustave mjerenja razine u tankovima. Brodovi za prijevoz naftnih produkata zahtijevaju posebne premaze za tankove ovisno o teretu koji se prevozi, zasebne cjevovode i pumpe za svaki tank, a nekima usgrađeni i koferdami između tankova radi sigurnosti da ne dođe do reakcije susjednih tereta u slučaju puknuća stijenke tanka. Brodovi za prijevoz nafte su najjednostavniji tankeri, imaju dvostruki trup radi sprječavanja onečišćenja u slučaju sudara ili nasukanja, tri pumpe i cjevovoda za tankove kojih može biti deset i više ovisno o veličini

Brodovi za prijevoz kontejnera kao i brodovi za prijevoz tereta u rasutom stanju su nastali od brodova za prijevoz generalnog tereta. Brodovi za prijevoz kontejnera imaju skladišta koja su konstruirana za slaganje kontejnera (oblika pravokutnika) čije su veličine standardizirane i u kojima se nalaze vodilice poradi boljeg slaganja. Sustav rukovanja teretom se sastoji i od protu-nagibnog podsustava kojim se održava brod uspravnim čega nema na ostalim brodovima. Brodovi za prijevoz tereta u rasutom stanju su jednostavni,

sastoje se od skladišta kod kojih treba paziti da nema korozije i da su poklopci grotala vodo nepropusni da ne dođe do oštećenja tereta i da zračnici za prozračivanje nisu začepljeni jer se koriste za prozračivanje tankova po potrebi, ovisno o teretu koji se prevozi. Brodovi za prijevoz generalnog tereta su malo složeniji od brodova za prijevoz tereta u rasutom stanju jer uz skladišta se održavaju i dizalice potrebne za rukovanje teretom prilikom ukrcaja ili iskrcaja. Dizalice su strojno-električne i na njih se obraća posebna pažnja zbog velike izloženosti morskoj soli i u dosta slučajeva neiskusnim rukovateljima.

Putnički brodovi iziskuju veliku opreznost svih članova posade jer i najmanje nezgoda može prouzrokovati paniku i strah kod putnika. Na svim brodovima se obraća pažnja na sigurnosnu opremu i ostalu zaštitu broda i posade, ali na njima je ima najviše. Uz osiguranje udobnosti u plovidbi, posada stroja je zadužena za redovito i sigurno održavanje opreme za napuštanje, protupožarnih sredstava i ostale opreme koja se može koristiti za sigurnost putnika, posade.

## LITERATURA

1. Josip Lovrić, Osnove brodske terotehnologije, Pomorski fakultet Dubrovnik, Dubrovnik 1989
2. [https://www.unizd.hr/portals/1/nastmat/Terotehnologija/TEROTEHNOLOGIJA%20PR  
EDAVANJA%20PREZENTACIJA.pdf](https://www.unizd.hr/portals/1/nastmat/Terotehnologija/TEROTEHNOLOGIJA%20PR<br/>EDAVANJA%20PREZENTACIJA.pdf)
3. [https://www.marineinsight.com/case-studies/real-life-accident-engine-room-flooded-10-  
minutes/](https://www.marineinsight.com/case-studies/real-life-accident-engine-room-flooded-10-<br/>minutes/)
4. [https://www.youtube.com/watch?v=os\\_B5dzQFCU](https://www.youtube.com/watch?v=os_B5dzQFCU)
5. Luka Perić :Životni ciklus broda s pogleda terotehnologije, Završni rad, Split, 2018.
6. Mateo Rudan: Strategije planiranja održavanja pojedinih segmenta broda, komparativna analiza te njihov utjecaj na učinkovito poslovanje broдача, Diplomski rad, Rijeka, 2022.  
<https://www.xtronica.no/en/solutions/fluid-control-management/anti-heeling-system/>
7. SOLAS 2020 Consolidated Edition
8. ISM Code 2010 Edition, Electronic edition
9. [https://www.westpandi.com/getattachment/d6832313-5d4c-492e-  
872ba4dd3254fe52/loss-prevention-bulletin-cargo-hold-cleaning.pdf](https://www.westpandi.com/getattachment/d6832313-5d4c-492e-<br/>872ba4dd3254fe52/loss-prevention-bulletin-cargo-hold-cleaning.pdf)
9. [https://britanniapandi.com/wp-content/uploads/2024/01/Loss-Prevention-Guidance-  
Cargo-Hold-Cleaning-Standards.pdf](https://britanniapandi.com/wp-content/uploads/2024/01/Loss-Prevention-Guidance-<br/>Cargo-Hold-Cleaning-Standards.pdf)
10. [https://www.skuld.com/contentassets/e2d486e683a84d7582fa1b867d18f8ac/preparing-  
cargo-holds\\_-\\_loading-solid-bulk-cargoes.pdf](https://www.skuld.com/contentassets/e2d486e683a84d7582fa1b867d18f8ac/preparing-<br/>cargo-holds_-_loading-solid-bulk-cargoes.pdf)
11. [https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2018/04/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.36-  
Light.pdf](https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2018/04/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.36-<br/>Light.pdf)
12. <https://www.londonpandi.com/media/2177/5608lpreviewissuel february2016f.pdf>
13. Nastavni materijali prof.dr.sc. Renato Ivče za kolegij “Održavanje broда”
14. Nastavni materijali prof.dr.sc. Đani Mohović za kolegij “Tehnologija prijevoza rasutih i specijalnih tereta”
15. Nastavni materijali prof.dr.sc. Igor Rudan za kolegij “Tehnologija prijevoza tekućih tereta”
16. Matthew Sumner: Tehnologija prijevoza ukapljenih plinova morem , Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2015.
17. <https://www.kontekst.io/hrvatski/kriogeni>
18. <https://proleksis.lzmk.hr/32742/>

19. Nastavni materijali prof.dr.sc. Renato Ivče za kolegij „Tehnologija prijevoza kontejnera i ro-ro tehnologija”
20. Dr.sc. Damir Zec: Sigurnost na moru, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.
21. Todorović, J.: Održavanje motornih vozila – osnovi teorije održavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1984., preuzeto iz Luka Perić, Životni ciklus broda s pogleda terotehnologije, Završni rad, Pomorski fakultet u Splitu, Split 2018.

## POPIS KRATICA

Kratika	Puni naziv na engleskom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid	Sredstvo za navigaciju
ECDIS	Electronic Chart and Display Information System	Elektronički kartografski i informacijski sustav
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System	Svjetski pomorski sustav za pomoć i sigurnost na moru
LNG	Liquefied natural gas	Ukapljeni prirodni plin
LPG	Liquefied product gas	Ukapljeni naftni plin
ISM	International Safety Management	Upravljanje sigurnošću
MARPOL	Maritime Pollution	Sprječavanje onečišćenja s brodova
SOLAS	Safety of Life at Sea	Zaštita života na moru