# Održavanja broda

**Poldrugo, Roberta**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:996318

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**ROBERTA POLDRUGO**

# ODRŽAVANJE BRODA

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA**

# ODRŽAVANJE BRODA

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**Izv. prof. dr. sc. Gorana Jelić-Mrčelić**

**STUDENT:**

**Roberta Poldrugo**
**(MB:0171261957)**

**SPLIT, 2017.**

# SAŽETAK

Ovaj rad podijeljen je u 4 poglavlja kojima se obrađuje održavanje broda. Prvo poglavlje opisuje nastanak klasifikacije i ulogu klasa u održavanju broda. Drugo poglavlje opisuje važnost *Međunarodnog kodeksa upravljanja sigurnošć*u. Treće poglavlje opisuje sam proces održavanja zajedno s troškovima održavanja. Četvrto poglavlje opisuje materijale koji se koriste u brodogradnji, a posebna pažnja pridaje se upotrebi čelika i zaštiti od korozije. U ovom radu istaknuto je to da je ulaganje u kvalitetno održavanje broda jednako važno kao i ulaganje u nove tehnologije i u obrazovanje posade. Cilj ovog rada je pružiti viziju kako je održavanje broda ključno za dulji životni vijek tog istog broda, manje ukupne troškove brodovlasnika, veću profitabilnost te veću sigurnost posade, putnika i tereta.



**Ključne riječi**: *Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću*, klasifikacija, proces održavanja broda, materijali



# ABSTRACT

This paper work is divided into 4 chapters showing the ship's maintenance process. The first chapter describes the classification and the role of class when maintaning the ship. The second chapter describes the importance of the International Safety Management Code. Chapter three describes the maintenance process along with maintenance costs. The fourth chapter describes the materials used in shipbuilding with particular attention being paid to the use of steel and corrosion protection. This paper emphasizes that investing in quality ship maintenance is equaly important as investing in new technologies and in crew training. The aim of this paper is to provide a vision that maintaining a ship is crucial to the longer life od the same ship, less total shipowner costs, great profitability and greater crew, passangers and cargo safety.



**Key words**: ISM Code, classification, maintenance, materials

# SADRŽAJ

1. UVOD ..... 1
2. KLASIFIKACIJA BRODOVA ..... 2
2.1. KLASIFIKACIJSKA DRUŠTVA ..... 3
2.2. DODJELA I ODUZIMANJE KLASE ..... 5
3. ISM CODE I ODRŽAVANJE BRODA ..... 10
4. ODRŽAVANJE BRODA ..... 15
4.1 PROCES ODRŽAVANJA BRODA ..... 15
4.3. TROŠKOVI ODRŽAVANJA BRODA ..... 19
4.4. SUSTAVI BRODA ..... 23
5. MATERIJALI U BRODOGRADNJI I ODRŽAVANJE BRODA ..... 25
5.1. ČELIK U BRODOGRADNJI ..... 27
5.2. KOROZIJA I ZAŠTITA OD KOROZIJE ..... 29
6. ZAKLJUČAK ..... 34
7. LITERATURA ..... 35
8. POPIS SLIKA I TABLICA ..... 36

# 1. UVOD

Pod pojmom održavanja podrazumijeva se sprječavanje kvarova na brodskim sustavima, produljenje vremena njihova korištenja te otklanjanje nastalih kvarova na najučinkovitiji način. Glavni cilj održavanja broda je povećanje prihoda uz što manje troškove.

Tijekom stoljeća razvoja upotrebe brodova brodovlasnici su shvatili da su ukupni troškovi broda za života jednako važni kao i početna cijena, a to se pogotovo odnosi na održavanje broda. Ukoliko je brod nekoliko dana izvan pogona, za brodovlasnike to može značiti gubitak milijunskih prihoda. Stoga vlasnici broda inzistiraju na tome da brodovi imaju mogućnost lakšeg održavanja te da su dizajnirani za dugoročnu operativnost. Najvažnije je da brodovlasnik zna predstaviti svoju ideju i probleme brodograditeljima. Kako bi se riješili brojni problemi koji su nastali kao sukob interesa brodograditelja, osnovana su klasifikacijska društva.

Današnja istraživanja, temeljena na iskustvu i novim informacijama, potakla su stvaranje novih ideja i unaprjeđenje starih navika. Plan održavanja je element rutinske operacije na brodu i sastavni je dio mehanizma za održavanje broda. Glavni cilj održavanja broda je obavljanje posla u što kraćem vremenskom roku uz minimalne troškove. Prilikom izrade plana treba uzeti u obzir nekoliko aspekata počevši od vrste broda, stanja broda, starosti broda, smjernica proizvođača i *Međunarodnog kodeksa za upravljanje sigurnošću* (eng. International Safety Management Code - ISM Code).

Dio materijala preuzet je iz neobjavljene skripte *Održavanje i bezbjedost broda* profesora Špira Ivoševića.

# 2. KLASIFIKACIJA BRODOVA

Najvažniji subjekti pomorskog prometa mogu se podijeliti u 4 kategorije:

- Potražitelji usluga broda;
- Brod i vlasnik broda;
- Osiguratelj;
- Organizacije.

Svi subjekti su dužni djelovati u skladu s pomorskim konvencijama koje čine stupove u pomorskom prometu. Konvencije su uvedene od strane Međunarodne pomorske organizacije (eng. *International Maritime Organization* - IMO) kako bi se brodarima olakšala plovidba u stranim zemljama. Svaka strana zemlja ima svoja pravila i propise, a to često predstavlja problem brodarima. Cilj konvencija je povećanje stupnja sigurnosti u plovidbi.

Neke od najvažnijih konvencija u pomorstvu su: [9]

1. Konvencija o sigurnosti života na moru (eng. International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS)

2. Konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (eng. International Convention for the Prevention on Pollution from Ships - MARPOL)

3. Međunarodna konvencija o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca (eng. International Convention on Standards of Training,Certification and Watchkeeping for Seafarers - STCW)

4. Konvencija o međunarodnim pravilima za izbjegavanje sudara na moru (eng. International Regulations for Preventing Collisions at Sea - COLREG)

5. Konvencija o radu pomoraca (eng. Maritime Labour Convention - MLC)

Gradnja brodova ne može se provoditi na pretpostavci sposobnosti proizvođača, stoga su uvedene institucije koje na temelju prakse i teorije postavljaju određene zahtjeve koje svaki subjekt pomorskog prometa mora poštovati. Stručne osobe koje provode provjere sigurnosti života na moru, tereta i okoliša nazivaju se klasifikacijska društva. Naziv klasifikacija potječe od zamišljenih klasa sigurnosnih normi.

## 2.1. KLASIFIKACIJSKA DRUŠTVA

Klasifikacijska društva su društva koja obavljaju inspekciju i pregled brodova u skladu sa međunarodnim regulativama. Njihov cilj je unaprijediti sigurnost života i imovine na moru. Da bi se to postiglo potrebno je provoditi aktivnosti kao što su provjera sposobnosti broda za plovidbu, baždarenje plutajućih objekata, provjera sigurnosti kontejnera, provjera nesreće na moru, klasifikacija brodova, tehnička dokumentacija, izdavanje tehničkih pravila, tehnički nadzor te zaštita od zagađivanja okoliša.

Najvažnija klasifikacijska društva su: [10]

- Lloyd's Register of Shipping (LR),
- Bureau Veritas (BV),
- Registro Italiana Navale e Aeronautica (RINA),
- Det Norske Veritas (DNV),
- Germanisher Lloyd (GL),
- American Bureau of Shipping (ABS),
- Taikoku Kaiji Kyokai (NS),
- China Classification Society (CCS),
- Hrvatski Registar Brodova (HRB).

Djelatnosti klasifikacijskog društva: [10]

- Utvrđivanje sposobnosti brodova za plovidbu i baždarenje brodova,

- Utvrđivanje iskoristivosti i baždarenje plutajućih objekata,
- Utvrđivanje sigurnosti kontejnera,
- Utvrđivanje postupka za sigurno korištenje brodova i za zaštitu od zagađivanja okoliša,
- Istraživanje nezgoda brodova,
- Klasifikacija brodova i plutajućih objekata,
- Aktivnosti vezane za tehničku dokumentaciju, izgradnju, preinake, popravke i korištenje brodova i plutajućih objekata i kontejnera.

Pomorski osiguravatelji su u drugoj polovici 18. stoljeća razvili sustav za tehničku provjeru brodova koji su primjenjivali na brodove koji su im bili dovedeni za osiguranje. 1760. godine osnovan je odbor koji je provodio provjeru brodova, a prvi rezultati njihove ideje zabilježeni su u Lloyd's registru za 1764., 1765. i 1766. godinu. U početku se provjera nastojala provoditi svake godine na trupu i opremi. Na trupu su se provjeravale konstrukcija te trajna čvrstoća materijala, a klasificirali su se kao A, E, I, O ili U. Oprema se klasificirala kao G, M ili B, što je značilo dobro, srednje ili loše. Nakon nekog vremena G, M i B su zamijenjeni s 1, 2 i 3 koji predstavljaju danas svima poznati izraz A1, odnosno prva ili najviša klasa. Nakon nekog vremena sam koncept klasifikacije se počeo širiti na ostatak svijeta. 1828. godine u Antwerpenu je osnovan Bureau Veritas (BV) koji se nedugo zatim preselio u Pariz. Lloydov registar britanskih i inozemnih brodova rekonstruirao se kao samostalno klasifikacijsko društvo, a pravila za gradnju i istraživanje objavljena su iste godine.

Iako pravila klase obuhvaćaju većinu brodova, postoje aktivnosti koje ne podliježu opsegu klasifikacije, a to su projektiranje i proizvodni procesi, vrsta strojeva i opreme, broj operativnog osoblja, teretni kapacitet broda, rad manevra, vibracije trupa, rezervni dijelovi, uređaji za spašavanje i održavanje. Međutim, ove stavke mogu se uzeti u obzir kada se radi o klasifikaciji vrste broda ili kasnim oznakama. Zadaće klasifikacijskih društava su slijedeće: [11]

1. Tehnički pregled plana dizajna i ostalih dokumenata zbog provjere podudaranosti s ostalim pravilima kojih se treba pridržavati.

2. Prisustvo stručnjaka klasifikacijskog društva pri gradnji broda u brodogradilištu zbog mogućeg odstupanja konstrukcije broda od projektnog plana.

3. Prisustvo mjeritelja klasifikacijskog društva u određenim proizvodnim pogonima (čelik, motor, generatori i odljevci), radi provjere usklađenosti komponenata.

4. Prisustvo mjeritelja ili agenta klasifikacijskog društva na pomorskim ispitivanjima koja se odnose na plovilo i opremu prije isporuke.

5. Razmatranje zahtjeva za izdavanje certifikata klase koji podnosi graditelj ili brodovlasnik.

6. Provjera broda u skladu s programom periodičnih provjera klase kako bi se utvrdilo da brod i dalje ispunjava uvjete za produženje klase.

## 2.2. DODJELA I ODUZIMANJE KLASE

Klasa se dodjeljuje plovilu nakon završetka zadovoljavajućeg pregleda nacrta i pregleda tijekom gradnje poduzete kako bi se provjerilo poštivanje Pravila Društva. Npr. Hrvatski registar brodova izdaje svjedodžbu o klasi onog trenutka kada je zadovoljen završetak nadzora. Svjedodžba vrijedi pet godina, ali je potrebno obavljati periodične preglede kako bi se utvrdila sigurnost plovidbe bez opasnosti za brod, ljude, teret i okoliš. Za postojeća plovila, specifični postupci primjenjuju se kada se prenose uz jedne u drugu klasu.

Postoje situacije zbog kojih brod gubi svoju klasu, a to su: [9]

1. Istek klase;
2. Neobavještavanje registra (o doku, promjeni namjene);

3. Rasprema, prodaja, promjena zastave, havarija;
4. Izbjegavanje pregleda broda;
5. Nepridržavanje ograničenja (područje plovidbe);
6. Neprijavljivanje havarije;
7. Neplaćanje registru;
8. Otkazivanje klase.

Postupak stavljanja broda pod klasu ovisi o tome dali je brod star ili nov. Kod starog broda potrebna je najmanje jedna probna vožnja, a potom se popravljaju neispravne stavke i obavlja se kompletna provjera. Kod novog broda provjeravaju se svi nacrti i dokumentacija te se određuju teret i područje plovidbe. Na temelju toga rade se nacrti i prilažu se u registar. Registar vrši nadzor nad gradnjom i ima pravo ispitivati kemijska svojstva materijala te kontrolirati boju. Kada se sve to obavi, brod mora obaviti probnu vožnju. Na njoj se sve zapisuje i kontrolira. Na prvom pregledu provjeravaju se bijeli materijal i temperatura ležaja. Ukoliko je sve u redu, brod dobiva privremenu svjedodžbu o klasi (6 mjeseci), sve dok se ne ispitaju ostale komponente. Nakon toga brod dobiva Svjedodžbu o klasi broda koja traje 5 godina.

Nakon što klasifikacijsko društvo potvrdi da je brod u skladu s propisima, dodjeljuje mu se oznaka klase koja služi kao dodatno sredstvo identifikacije. Oznaka započinje sa osnovnom oznakom klase na koju se nadovezuju dodatne oznake. Oznake klase se dodjeljuju brodu za trup, strojne uređaje i rashladne uređaje. [10]

1. Osnovna oznaka:
   a. Oznaka nadzora nad gradnjom (+);
   b. Oznaka kakvoće trupa.
2. Dodatne oznake:
   a. Oznaka područja plovidbe;
   b. Oznaka kategorije pojačanja za led;
   c. Oznaka namjene;

d. Oznaka konstrukcijskih osobina broda.

**Tablica 1:** Prikaz osnovnih i dodatnih oznaka klasa [5]

| | |
|---|---|
| 1A1 | Glavna oznaka klase |
| E0 | Služba brodova koji udovoljavaju pravilima za strojarnicu |
| NUAT-B | Služba brodova s povećanom sigurnošću plovidbe |
| ICE 1-A | Služba brodova s pojačanjima za led |
| ICE-C | Služba brodova za lagane ledene uvjete |
| PP3 | Služba za tankere posebno uređene za zaštitu od zagađenja mora |
| HELDK | Služba za brodove sa helikopterskim palubama |
| SUB III | Služba za podmornice |
| CRANE | Službe brodova s trajno postavljenim dizalicama |
| F-AMC | Službe broda s pojačanom zaštitom od požara |
| POSMOOR (ATA) | Službe brodova s automatiziranim sustavom za sidrenje i pozicioniranje s daljinski upravljanim pokretačima |

Klasifikacijski pregled je vizualni pregled koji se obično sastoji od: [10]

- Cjelokupnog pregleda predmeta utvrđenih Pravilima za istraživanje;
- Detaljne provjere odabranih dijelova;
- Mjerenja i ispitivanja.

Kada geodet identificira koroziju, strukturne manjkavosti ili oštećenja trupa, strojeva ili opreme koja na temelju pravila društva i prema mišljenju geodeta utječe na klasu broda, popravne mjere ili odgovarajuće preporuke, potrebno je izvršiti pregled broda. Preporuka i stanje klase su različiti pojmovi koji koriste IACS Societies za istu stvar, tj. zahtjevi po kojima se određene mjere, popravci, zahtjevi za anketama itd., moraju provesti u određenom roku kako bi se zadržala klasa.

Svako klasificirano plovilo podliježe određenom programu periodičnih pregleda nakon isporuke. To se temelji na petogodišnjem ciklusu i sastoji se od godišnjih istraživanja, intervjua i obnove klase. Što je brod stariji, povećavaju se i kriteriji za obnovu klase.

Pregled za obnovu klase uključuje opsežna istraživanja kojima se ispituje funkcionalnost broda na moru, struktura, glavni i bitni pomoćni strojevi, sustavi i oprema broda kako bi se utvrdilo da i dalje zadovoljavaju uvjete koje je postavilo klasifikacijsko društvo. Ispitivanje trupa provodi se mjerenjem ultrazvučne debljine oplate. Istraživanje služi kao procjena dali je strukturni integritet ostao u skladu sa standardima sadržanim u odgovarajućim pravilima te kako bi se identificirala područja na kojima se nalazi korozija, deformacija, prijelom, oštećenja ili druga strukturna pogoršanja. Ovisno o dobi, veličini, vrsti i stanju plovila, posebna provjera može potrajati nekoliko tjedana.

Vanredni pregled je pregled koji nije osnovni niti redovni, a obavlja se u specifičnim situacijama kao štO su sudar, udar, nasukanje isl.

Osnovni pregled prolazi svaki brod prije nego se upiše u upisnik brodova kako bi se utvrdila njegova sposobnost za plovidbu. Osnovni pregled obuhvaća ispitivanje trupa, opreme i uređaja te strojeva. Dokaz o zadovoljavanju svih uvjeta je izdavanje certifikata u trajanju od 5 godina.

Redovni pregledi su pregledi koje je svaki brod dužan obaviti u određenom vremenskom razmaku u skladu s propisima. Pregledi se mogu obaviti odjednom ili nekoliko puta unutar propisanog vremenskom razmaka.

Godišnji pregled obavlja se jednom godišnje, a sastoji se od provjere sustava i opreme kako bi se utvrdilo dali odgovaraju svojoj namjeni. Rok za obavljanje godišnjeg pregleda je razdoblje od 3 mjeseca prije ili 3 mjeseca nakon godišnjice dospijeća certifikata. Izuzetak je teretni uređaj kod kojeg se pregled ne smije obaviti kasnije od 12 mjeseci od datuma prošlog pregleda.

Međupregled je pregled koji se obavlja na polovici između dva redovna pregleda. Pregledavaju se određene stavke kako bi se provjerilo dali održavaju zadovoljavajuće stanje. Međupregled se može obaviti u razdoblju 3 mjeseca prije ili nakon druge ili treće godišnjice dospijeća certifikata umjesto godišnjeg pregleda.

Periodični pregled je pregled određenih stavki kao što su radio oprema teretnog broda i sigurnost opreme. On se može obaviti u razdoblju 3 mjeseca prije ili nakon druge ili treće godišnjice dospijeća certifikata umjesto godišnjeg pregleda.

Obnovni pregled je pregled određenih stavki koje se odnose na određeni certifikat, a koji se odnosi na pregled, ispitivanje i provjeru opsega kako bi se utvrdilo da su stavke u zadovoljavajućem stanju. Razlika obnovnog pregleda i drugih pregleda je u tome što se kod obnovnog pregleda dobivaju novi certifikati, a kod ostalih se produžuju već postojeći. Pregled se mora obaviti prije isteka izdanog certifikata. Datum novog certifikata računa se od dana završetka pregleda, bez obzira dali je pregled obavljen prije ili poslije isteka. [3]

# 3. ISM CODE I ODRŽAVANJE BRODA

Još u prošlom stoljeću dokazano je da je većina nesreća na moru uzrokovana ljudskog greškom. Da bi se smanjila količina nesreća bilo je potrebno usavršiti sustav upravljanja. Uzrok može biti sam pojedinac, ali bit problema najčešće leži u lošem načinu održavanja. 1994. godine Međunarodna pomorska organizacija (eng. International Maritime Organization - IMO) usvaja kodeks kao deveto poglavlje.

*Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću* (eng. International Safety Management Code - ISM Code) je kodeks koji određuje minimalan standard za sigurnu plovidbu brodova i za sprječavanje onečišćenja na kopnu i na moru. Njime nije propisano što se mora raditi niti kako doći do ciljeva, već su samo imenovana pravila koja se ostavljaju kompaniji da ih sama uspostavi. Sistem se razlikuje od kompanije do kompanije, ali osnova mu je zaštita broda, posade i morskog okoliša. [14]

ISM kodeks je 1998. godine postao obavezan za 3 vrste plovila:

- Tankeri koji prevoze naftu ili kemiju, brodovi koji prevoze rasuti teret ili plin, teretni hidrogliser od 500 BRT;
- Putnički brodovi i putnički hidrogliseri;
- Ostali teretni brodovi i pokretne platforme od 500 BRT.

Kompanija je dužna: [8]

1. Osigurati prikladnu praksu i sigurnost radne okoline. Potrebno je pridržavati se određenih pravila i obučavati nove kadete koji pomoću prakse stječu nova iskustva.

2. Odrediti mjere predostrožnosti zbog mogućih rizika. Svaki brodar mora biti upoznat sa sustavom i operacijama na brodu. Tek tada se mogu ustanoviti mogući rizici i način njihove eliminacije. Eliminacija se radi

provjerom obuke radnika na brodu, održavanjem broda i opreme i sigurnim vježbama.

3. Stručno usavršiti posadu na brodu i na kopnu. Svakoj kompaniji je u cilju da mu osoblje napreduje kako bi posao bio kvalitetniji. U većini kompanija posada prisustvuje određenim vježbama kako bi poboljšala svoja dosadašnja znanja.

4. Uskladiti sustav upravljanja sigurnošću sa ostalim pravilnicima, zakonima, propisima i standardima.

Održavanje broda mora pokriti sve uvjete međunarodnih konvencija, klasifikacijskih društava i pravila zastave. Kod održavanja se najčešće primjenjuju upute date od strane proizvođača opreme i onda se na njih nadograđuju nova pravila stečena iskustvom. Održavanje broda je prvenstveno vezano uz odgovornost posade, a uloga predstavnika za sigurnost je puno manja od one što ju je predvidio ISM. Zbog te činjenice održavanje broda je najslabija točka u većini sustava.

Procjena rizika, priprema za hitne slučajeve i kontrola tehničkog sustava moraju se obaviti na brodu prije planiranja određenih operacija. Najvažnije je da kompanije uvedu sustav kod kojeg postoji mogućnost unaprjeđenja. Unaprjeđenje se postiže motiviranjem posade i njihovom dodatnom obukom, revizijama, korektivnim i preventivnim mjerama te sposobnošću kompanije za upravljanjem sigurnošću.

Kompanija je dužna u određenim intervalima osigurati pregled broda. Kvalitetnom analizom prethodno prikupljenih izvještaja dobiva se prava slika stanja broda. Na taj način spriječiti će se nepotrebni troškovi, havarije i nesreće.

Obavezni pregledi broda dijele se obzirom na vremenske intervale na: [3]

1. Dnevni pregled:

a. Odlaganje smeća;

b. Zalihe vode i hrane.

2. Tjedni pregled:

   a. Čamci za spašavanje zajedno s motorom;

   b. Vizualni pregled splavi za spašavanje zajedno s vezama i nosačima;

   c. Alarm za opću opasnost;

   d. Kabine, saloni, wc-i, kuhinja i spremište za posteljinu;

   e. Protupožarna vrata, protupožarni aparati, detektori i odušnici, prolazi u slučaju nužde;

   f. Vizualni pregled protupožarne pumpe i pumpe u nuždi.

3. Mjesečni pregled:

   a. Inventar čamaca za spašavanje zajedno s uređajem za spuštanje i splavi za spašavanje zajedno s postoljem;

   b. Protupožarna odjela, crijeva, mlaznice, aparati;

   c. Protupožarne, međunarodne priključnice (eng. International Shore Connection);

   d. Glavni protupožarni cjevovod;

   e. Osobna sredstva za spašavanje;

   f. Pojasevi za spašavanje;

   g. Brodske bolnice, medicinska oprema i lijekovi.

4. Tromjesečni pregledi i testovi:

   a. Uređaji za otkrivanje požara;

   b. Fiksni uređaj za gašenje požara u strojarnici;

   c. Uređaj za gašenje požara u spremištu boje;

   d. Sistem sa inertnim plinom.

5. Šestomjesečni pregledi:

   a. Pirotehnička sredstva.

Interval održavanja određuje se na temelju preporuke proizvođača opreme, iskustvu, namjeni sustava (dali su predviđeni da rade stalno), mogućnosti popravka i pregleda te na temelju intervala određenih od strane klasifikacijskog društva, kompanije ili zastave.

Svaki brod posjeduje opremu čiji izvanredni kvar dovodi do opasnih situacija. Da bi se njihova pouzdanost unaprijedila uveden je Sustav upravljanja sigurnošću (eng. Safety Management System - SMS). Svaki brod mora imati planirani sustav održavanja koji podrazumijeva provjeru zamjenskih uređaja i sklopova koji se ne koriste cijelo vrijeme. Određivanje održavanja kritične opreme ne može se generalno odrediti za sve brodove. Ono ovisi o vrsti broda i poslu koji brod obavlja. Takva vrsta opreme može iznenada otkazati zbog loše izrade ili krivog odabira materijala. Međutim, najveći broj otkazivanja sustava vezan je uz loše održavanje broda i opreme. ISM je uveo "specifične mjere" za kritičnu opremu koje bi se trebale odnositi na planirano održavanje, kontrolu i testiranje, redovnu provjeru rezervnih dijelova i zapošljavanje kvalificirane posade.

U kritične sustave ubrajaju se alarmi, uređaji za sigurnosni pregled rada, sustav rukovanja teretom, sustav za otkrivanje dima i vatre, sustav skladištenja i napajanja, sigurnosni uređaji, uređaji za nuždu i sigurnosne ventile, ostala oprema koja se rijetko koristi. [3]

U tablici je prikazan vremenski interval pregleda kritične opreme i uređaja.

**Tablica 2:** Vremenski interval pregleda kritične opreme i uređaja [3]

| KRITIČNA OPREMA I UREĐAJI | PREGLED |
|---|---|
| Protupožarne pumpe i pumpe za nuždu | Tjedni pregled |
| Motor čamca za spašavanje | Tjedni pregled |
| Protupožarni i generalni alarm | Tjedni pregled |
| Alarm za časnike strojnice | Tjedni pregled |
| Rasvjeta u slučaju nužde | Tjedni pregled |
| Aparati za disanje | Mjesečni pregled |
| Daljinski ventili | Mjesečni pregled |
| Brodska ljekarna | Mjesečni pregled |
| Uređaji u pozornosti | Mjesečni pregled |
| Uređaji s mogućnošću automatskog zaustavljanja | Mjesečni pregled |
| Svi alarmi u strojarnici | Svakih 6 mjeseci |
| Kormilarski uređaji u nuždi | Svaka 3 mjeseca |
| Splavi za spašavanje | Godišnji pregled |
| Sigurnosni ventil kotla | Godišnji pregled |
| Alarmi automatike u strojarnici | Godišnji pregled |
| Kaljužni separatori | Godišnji pregled |
| Poklopci skladišta | Godišnji pregled |
| Teretni uređaji | Godišnji pregled |
| $CO_2$ sustav za gašenje požara | Svake 2 godine |
| Kormilarski uređaj | Prije manevre |
| Pritezna vitla | Prije manevre |
| SATCOM/VHF | Prije manevre |
| Brodska sirena | Prije manevre i dnevno u navigaciji |
| Navigacijska oprema | Prije manevre i dnevno u navigaciji |
| Telegraf | Prije manevre |
| Alarm na komandnom mostu | Dnevno u navigaciji |

# 4. ODRŽAVANJE BRODA

## 4.1 PROCES ODRŽAVANJA BRODA

Pod pojmom održavanja podrazumijeva se sprječavanje kvarova na brodskim sustavima, produljenje vremena njihova korištenja, te otklanjanje nastalih kvarova na najučinkovitiji način.

Glavni cilj održavanja broda je povećanje prihoda uz što manje troškove. Troškove dijelimo na direktne i indirektne. Direktni troškovi su oni troškovi koji ulaze u cijenu održavanja, a to su plaće radnika, najam posade, administrativni troškovi, troškovi opreme, rezervnih dijelova i materijala te troškovi tokom boravka u brodogradilištu. Indirektni troškovi su oni troškovi koji nastaju zbog zaustavljanja broda. Ovise o vremenu koje brod provede u eksploataciji te visini vozarine. Troškovi održavanja broda mogu iznositi od 30 do 35 posto od ukupnih troškova, a ukoliko se radi o izvanrednim troškovima onda se taj postotak povećava.

Proces održavanja može se podijeliti u 5 koraka: [4]

1. Iscrpan popis i opis brodskih uređaja. U današnje vrijeme svaki novi brod koji izađe iz brodogradilišta isporučuje se s potpunim popisom i opisom svih brodskih uređaja. Veoma je bitno bilježiti svaku promjenu kako bi se taj popis održavao kroz cijeli vijek iskorištavanja broda. Proučavanjem knjige s uputama proizvođača o prosječnim intervalima planiranog zahvata, olakšava se i poboljšava održavanje. Uz to potrebno je procijeniti i indeks kvarova te prosječno vrijeme između tih istih kvarova.

2. Utvrđivanje iskorištavanja broda. Iskoristivost broda može se utvrditi na temelju 3 komponente, a to su: vrijeme koje je brod proveo u plovidbi i mirovanju u određenoj godini, zona plovidbe i vrijeme koje je brod proveo u luci i sidrištu.

3. Optimizacija posade. Optimizacija se provodi kako bi se reducirao vremenski sustav. Potrebno je sastaviti proračun radnih sati posade jer je to jedini način za kvalitetno održavanje brodskih sustava. Na temelju toga izračunava se planirani indeks zahvata i njegovo prosječno trajanje. Planirani indeks zahvata je ukupan broj zahvata za svaki brodski uređaj u godini, a održava se prema kalendarskom roku. Takav način održavanja uveden je jer postoje brojni uređaji koji se kvare bez obzira dali su bili u upotrebi ili ne te zbog uređaja kojima se ne zna točan broj pogonskih sati u godini. U uputama proizvođača navedeno je prosječno vrijeme trajanja zahvata za svaki uređaj, međutim kako brodski uređaji stare tako se to vrijeme povećava.

4. Plan održavanja tokom godina. Plan zahvata održavanja brodskih uređaja izrađuje se za petogodišnje razdoblje. Plan za prvu godinu, tzk. Master Plan, je jedini važeći, a nakon što se utvrde korekcije iskoristivosti iz prošle godine, sastavlja se plan za drugu godinu. Pri izradi plana za prvu godinu potrebno je obratiti pažnju na dnevno opterećenje posade. U ovoj fazi održavanje se više se raspoređuje samo po uređajima,već i po mjesecima. Ukoliko se dogodi da je posada stavljena pod veliko opterećenje, određeni zahvati koji se planiraju prema kalendarskom roku će se prebaciti za drugi dan. Nakon što se utvrdi mjesečni plan,on se raspoređuje na tjedne zahvate, a tjedni na dnevne. Pri tome je veoma važno obratiti pažnju na zahvate koji se obavljaju u luci radi produljenja radnog vremena ili uvođenja rada u smjenama.

5. Kontrola izvršenja. Kontrola izvršenja je ključan dio održavanja brodskih uređaja. Ponekad se dogodi da se zaboravi ili preskoči nezahtjevan pregled i to onda dovodi do većih kvarova, a kao posljedica nastaju indirektni troškovi. Stoga, kako bi se smanjio trošak održavanja, potrebno je provoditi kontrolu u skladu s kalendarskim rokovima.

## 4.2. METODE ODRŽAVANJA

Postoje razne metode održavanja. U praksi je uobičajeno korištenje nekoliko različitih metoda koje nisu jednako zastupljene kod održavanja broda. Postotak zastupljenosti ovisi o vrsti broda na kojem se održavanje provodi. Najzastupljenije metode su: [3]

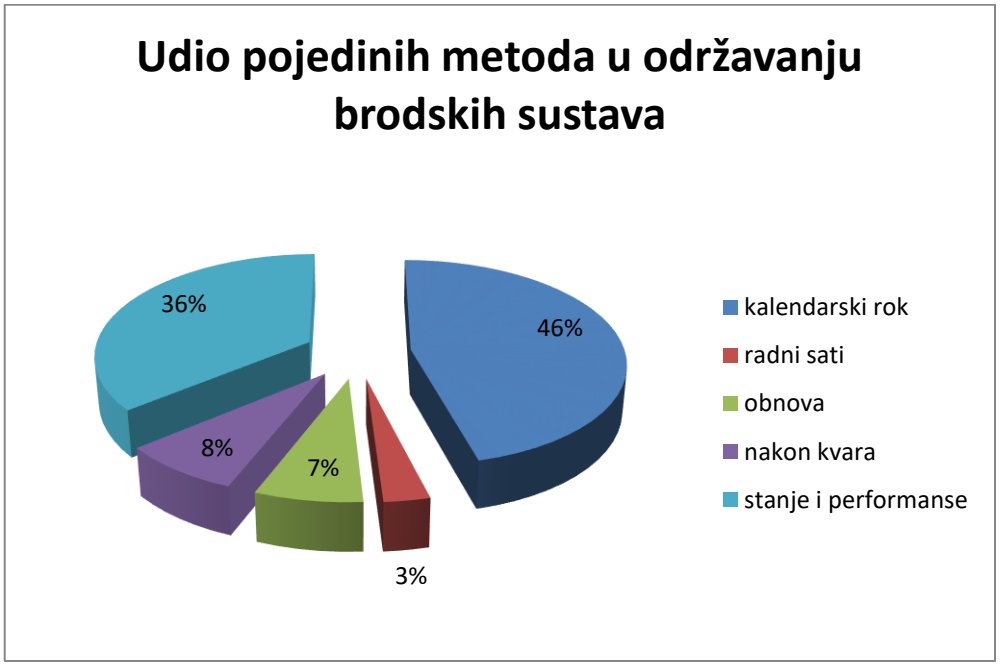
1. Metoda održavanja na osnovi kalendarskog roka. Ova metoda kao što i sam naziv kaže, temelji se na kalendarskim rokovima koji su već unaprijed određeni. Održavanje se provodi u vremenskim intervalima neovisno o radnim satima pojedinog sustava. To se najčešće odnosi na sustave kojima se povećava dotrajalost sustava tokom određenog perioda rada. Uređaji i oprema koji se na taj način održavaju su sva protupožarna oprema, sredstva za spašavanje, električni hidraulični i palubni uređaji.

2. Metoda održavanja na osnovi stanja i performansi. Metoda na osnovu stanja i performansi druga je najzastupljenija metoda održavanja, a temelji se na korektivnom održavanju. Održavanje se obavlja onog trenutka kada rezultati provjere na to upućuju. Napretkom tehnologije i upotrebom mikroprocesora omogućeno je praćenje stanja pojedinog sustava. Ukoliko dođe do pomicanja graničnih vrijednosti, aktivira se alarm. Na taj način se nepravilnost otkriva na vrijeme pa se smanjuje vjerojatnost zastoja i mogućih kvarova. Ova metoda primjenjuje se na sve komponente na kojima je takav način praćenja prihvatljiv, a to su porivni stroj te pomoćni strojevi i generatori.

3. Metoda održavanja na osnovi radnih sati. Ova metoda je preventivni pristup održavanja brodskih sustava, a obavlja se planski na osnovu radnih sati uređaja. U knjižici proizvođača nalaze se podaci o broju sati nakon kojih je potrebno obaviti servis.

4. Metode održavanja nakon kvara. Ova metoda temelji se na korektivnom pristupu održavanja. Nastankom kvara, održavanje se obavlja na način da se određeni dijelovi sustava zamjene s pričuvnim dijelovima. Pokvarene dijelove popravljaju posada ili radnici na kopnu. Ovu metodu moguće je provesti samo na uređajima koji nisu značajni za sigurnost broda i ekonomsku iskoristivost. Zamijenjene komponente popravlja posada broda ili se popravljaju u radionicama na kopnu.

5. Metoda održavanja obnovom. Ova metoda također spada u korektivni pristup održavanja. Održavanje se provodi onog trenutka kada dođe do zastoja. Za razliku od održavanja nakon kvara, dijelovi koji se zamjene kod održavanja obnovom ne popravljaju se jer je njihov popravak najčešće neisplativ.

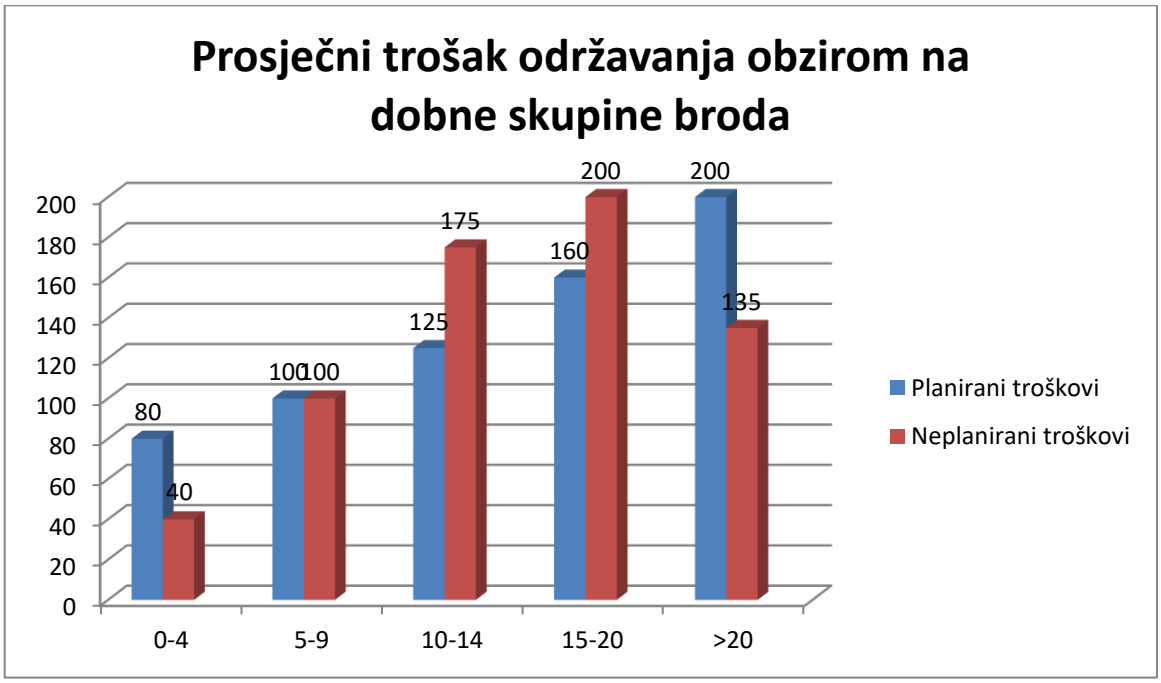



**Slika 1:** Udio pojedinih metoda u održavanju brodskih sustava [10]

Na grafu je vidljivo da je metoda održavanja broda na osnovi kalendarskog roka najzastupljenija metoda sa 46% udjela u ukupnom udjelu načina održavanja brodskih sustava. Slijedi ju metoda održavanja na osnovi stanja i performansi sa 36%. Metoda održavanja nakon kvara, metoda održavanja nakon obnove i metoda održavanja na osnovi radnih sati imaju znatno manji udio.

## 4.3. TROŠKOVI ODRŽAVANJA BRODA

Svrha broda kao prijevoznog sredstva je zarada. Učinkovitost broda mjeri se visinom dobiti, međutim da bi se brod mogao kvalitetno održavati potrebno je podmiriti određene troškove. Visina troškova održavanja ovisi o brodarskom društvu, a temelji se na ispunjavanju zahtjeva održavanja sigurnosti broda i očuvanju morskog okoliša. Ne postoji zakonom određen novčani iznos koji se mora uložiti u održavanje broda, već on ovisi o stanju na pomorskom tržištu. Trošak održavanja broda raste proporcionalno sa starošću broda.




**Slika 2:** Indeksni pokazatelj prosječnog troška održavanja [13]

Na slici su prikazane dobne skupine brodova na temelju planiranih i neplaniranih troškova održavanja obzirom na kvarove. Za dobnu skupinu 5-9 godina uzet je indeks 100.

Kod dobne skupine od 0-4 planirani troškovi su znatno manji od neplaniranih. Razlog tome je što je brod tek izašao iz brodogradilišta i započeo je početnu fazu iskorištavanja.

Kod dobne skupine 5-9 planirani troškovi se izjednačavaju s neplaniranim troškovima. U tome periodu se brod još uvijek uhodava pa postotak kvarova raste, a uz njega i neplanirano održavanje.

Kod dobnih skupina 10-14 i 15-20 vidi se linearan trend rasta troškova održavanja proporcionalno s rastom starosti broda. Neplanirani troškovi održavanja kod dobne skupine 10-14 naglo se povećavaju i indeksni pokazatelj se pomiče za 75, a kod dobne skupine 15-20 se pomiče za 25.

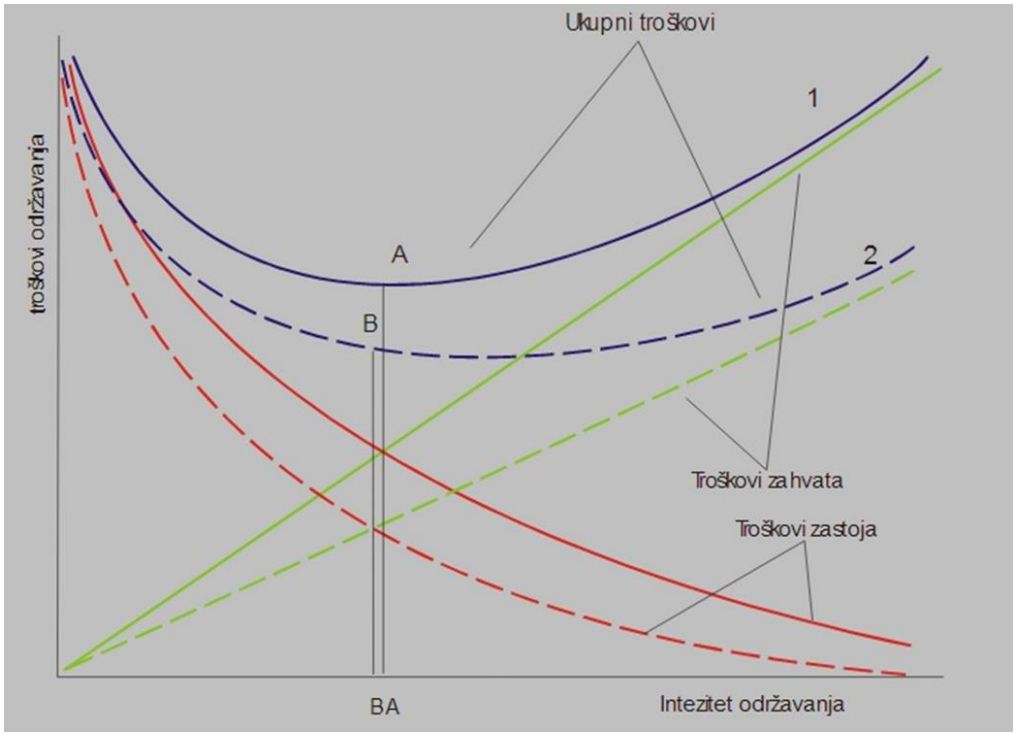
Za razliku od prethodnih dobnih skupina, kod skupine iznad 20 godina, indeksni pokazatelj se smanjuje za 65. Starenjem broda brojne komponente brodskog sustava se mijenjaju pa se može pretpostaviti da će u toj dobnoj skupini pasti broj neplaniranih troškova održavanja.

Troškovi održavanja zauzimaju jednu trećinu ukupnih troškova, a dijele se na izravne i neizravne. Pod izravne troškove podrazumijevaju se svi troškovi održavanja brodskih sustava, a to su:

- Popravci, dokovanja i pričuvni dijelovi;
- Potrošni materijali (zaštitne prevlake, alati, kemikalije, razni plinovi, maziva);
- Plaće i ostali izdatci posade;
- Rad ljudi u službi brodara na kopnu, usluge trećih lica na radovima održavanja te trošak pregleda od strane klasifikacijskog zavoda.

Visina izravnih troškova nastoji se smanjiti od strane brodarskih društava, ali to je moguće samo do određene granice. Kad se ta granica pređe, dolazi do negativnih posljedica koje rezultiraju zastojem broda i još većim troškovima. [13]

Ukoliko se brodski sustavi ne održavaju pravilno, dolazi do neizravnih troškova. Uzrokuju ih kvarovi ili zahvati održavanja zbog kojih je brod prisiljen stati s radom. Neizravni troškovi promatraju se kroz izmaklu dobit, tj. novčani gubitak brodara. Rad broda iskazuje se visinom vozarine. Gubitak nastaje kada brod stoji, a troškovi iskorištavanja ostaju isti. Za vrijeme stajanja broda radi njegovog održavanja, unajmitelj nije dužan plaćati najam brodaru. Međutim, postoje određene situacije u kojima se unajmitelj može teretiti za dodatne troškove koji proizlaze zbog stajanja broda. U situacijama kada brod kasni, također se povećavaju troškovi jer brod gubi mjesto za privez. Povećanjem fiksnih troškova automatski se povećavaju izmakla dobit, i utrošeno vrijeme za obavljanje korektivnih radnji. Izravni i neizravni troškovi gledaju se kao jedna cjelina. Njihov odnos ovisi o načinu i kvaliteti obavljanja održavanja brodskih sustava.




**Slika 3:** Optimizacija troškova održavanja [13]

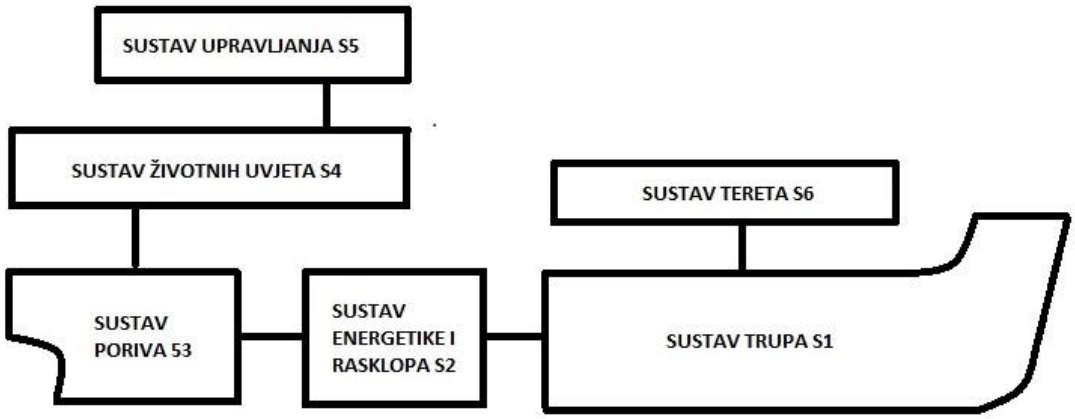
Na slici je prikazan odnos troškova i intenziteta održavanja. Porastom troškova održavanja povećava se intenzitet održavanja. Ukoliko se brod ne održava, troškovi se eksponencijalno povećavaju. Brodarima je u interesu postići optimalno održavanje radi smanjenja ukupnih troškova. Punim linijama prikazano je kretanje troškova održavanja brodarskog društva s prosječnim uspjehom održavanja broda.

Krivuljom 1 prikazani su ukupni troškovi za prosječno održavani brod. Krivuljom 2 prikazani su brodovi kod kojih je optimiziran pristup održavanju. Minimum krivulje 1 nalazi se iznad presjecišta krivulja direktnih i indirektnih troškova presjecišta optimiziranih krivulja direktnih i indirektnih troškova. Cilj je postići minimum na krivuljama ukupnih troškova.

Ukupni troškovi mogu se smanjiti već u samom početku. Potrebno je predvidjeti troškove održavanja broda u eksploataciji i to uzeti u obzir prilikom projektiranja i gradnje broda. Redovitom edukacijom posade postižu se kvalitetna razrada plana i primjena održavanja brodskih sustava.

## 4.4. SUSTAVI BRODA

Svaki brod dijeli se na sustave. Kada se govori o sigurnosti, sustavi se dijele na one bitne i manje bitne. Kada se govori o pouzdanosti, onda se ta podjela ne prihvaća u potpunosti, ali nije ju potrebno ukloniti. Održavanjem broda ne postiže se samo veća sigurnost, već i veća iskoristivost samog broda.




**Slika 4:** Osnovni sustavi broda [10]

Sustav trupa S1 je nosač svih uređaja. On je statičan. Zbog gibanja i pružanja otpora ima i karakteristike mehaničkog sustava. Njegovo održavanje mora se prilagoditi njegovim karakteristikama i uvjetima iskorištavanja (kaljuže, balast, uređaj za sidrenje i vezivanje).

Sustav energetike i rasklopa S2 sačinjavaju uređaji za proizvodnju (energija koja nije namijenjena porivu).

Sustav poriva S3 sastoji se od porivnog stroja zajedno sa svim uređajima koji ga opslužuju (uređaj goriva, maziva i hlađenje).

Sustav životnih uvjeta S4 sačinjavaju uređaji koji omogućavaju preživljavanje na brodu (sanitarni uređaji, klimatizacija, protupožarni uređaji, uređaji za spašavanje, uređaji za čuvanje i pripremanje namirnica).

Sustav upravljanja S5 sačinjavaju uređaji za kormilarenje, orijentaciju, motrenje te vanjsku i unutarnju komunikaciju.

Sustav tereta S6 sačinjavaju uređaji koji služe za čuvanje i upravljanje teretom (teretni uređaj, poklopci grotla, uređaj za odvlaživanje i provjetravanje skladišta te uređaj za rashlađivanje). [5]

# 5. MATERIJALI U BRODOGRADNJI I ODRŽAVANJE BRODA

Materijali su čvrsta tvar koja ima masu i zauzima prostor. Materijali koji se koriste u brodogradnji moraju imati veliku čvrstoću, otpornost na koroziju, trajnost, malu specifičnu težinu, dobru obradivost, nezapaljivost i pristupačnu cijenu. Ne postoji niti jedan materijal koji sadrži sve osobine pa se odabire onaj materijal koji zadovoljava određene uvjete, a taj kompromis se najčešće postiže kombinacijom nekoliko različitih materijala.

Osnovni materijali koji se koriste u brodogradnji su:

- Metali (čelik, obojeni metali);
- Drvo i umjetni materijali (plastika);
- Nemetali (cement). [10]

**Tablica 3:** Primjena materijala u brodogradnji ovisno o dijelu broda

| | |
|---|---|
| Trup | Drvo, aluminij, stakloplastika, ferocement, armirani beton, čelični lim |
| Strojevi | Čelici i slitine (bakar+kositar, bakar+cink) |
| Nadgrađe | Aluminijski valjani materijal |
| Fiksni okovi | Zavareni lim |
| Manji okovi | Aluminij, bronca, nehrđajući čelik |
| Masivni dijelovi | Lijevani ili kovani čelik |

Brodovi su specifična prijevozna sredstva čija je konstrukcija konstantno izložena naprezanju pod utjecajem valova i drugih vanjskih sila. Da bi se brod suprotstavio tim silama potrebna je dobra čvrstoća strukture. Svaka struktura ima svojstva koja se mogu podijeliti na: [1]

1. Mehanička svojstva:

a. Čvrstoća je otpornost na deformacije i kidanje. Sile se dijele na vanjske i unutarnje. Vanjske sile su sile koje djeluju izvana (valovi, vjetar). Kada je tijelo pod utjecajem vanjske sile kažemo da je opterećeno. Unutrašnje sile su sile koje djeluju iznutra, tj. djeluju između čestica. Sila kojom se tijelo odupire opterećenju naziva se čvrstoća tijela. Opterećenja na brodu ovise o smjeru dolaska opterećenja koja mogu biti istezanje, torzija, savijanje, tlačenje i odrez. U trenutku kada je brod svojim trupom na brijegu vala kažemo da je paluba opterećena na istezanje. Kada su krma i pramac na brjegovima kažemo da su opterećeni na tlačenje. Za upore kažemo da su opterećeni tlačenjem posebno kada se na palubu krca teži teret. Torzijom su opterećene osovine kormila, a sohe savijanjem.

b. Tvrdoća je otpornost na trošenje. Mjeri se pomoću kuglice ili šijaka koji se utiskuju i na taj način pokazuju veličinu udubine.

c. Žilavost je otpornost na udarna oštećenja. Veoma je bitno da se takva vrsta materijala upotrebljava za gradnju brodova koji su tijekom plovidbe stalno izloženi valovima te silama istezanja i tlačenja. Materijal mora podnositi nagle i dugotrajne promjene oblika bez da izgubi svoju formu.

d. Elastičnost je sposobnost vraćanja u prvobitno stanje. Za materijal kažemo da je elastičan onda kada je u mogućnosti vratiti se u prvotni oblik čim prestane djelovati sila zbog koje je izgubio svoju formu. U trenutku kada izobličenje pređe tkz. granicu elastičnosti, ne može se više vratiti u prvobitan oblik. Što je materijal stariji i opterećenje veće, to se elastičnost materijala smanjuje.

2. Tehnološka svojstva:

a. Obradivost - deformacija (kovanje, savijanje, prešanje) i skidanje strugotine (bušenje, piljenje, turpijanje).

b. Toplinska obradivost - žarenje, cementiranje, kaljenje.

3. Fizikalna svojstva iskazuju se pomoću ponašanja tvari dok je pod vanjskim utjecajem (kiselina, lužina, sol, vlaga).

4. Kemijska svojstva su sve karakteristike tvari uz pomoć kojih se mogu promatrati promjene stanja bez promjene tvari (isparavanje, specifična težina, elastična vodljivost, boja, ukapljivanje).

## 5.1. ČELIK U BRODOGRADNJI

Upotreba čelika u brodogradnji započela je krajem 19. stoljeća. U to vrijeme cijena mu je bila znatno veća od željeza jer se smatralo da ga je teže obrađivati. Nakon pojave novih peći 1890. Godine, čelik je u potpunosti zamijenio željezo. [8] Njihova zamjena olakšala je gradnju brodova velikih dimenzija jer su se smanjile dimenzije materijala koji je uz to bio puno čvršći i prikladniji. Kod gradnje brodova najvažnije je da čelik ima određenu kvalitetu. Čelik se dostavlja u obliku ploča ili cijevi. Najisplativije je naručiti ga 6 mjeseci unaprijed jer se na taj način može postići niža cijena (i do 50%). Jedina mana je što se na taj način brodogradilište izlaže riziku gomilanja zaliha. Čelik je kvalitetan materijal koji zahtjeva odgovarajuće održavanje. Svi čelični dijelovi brodske konstrukcije moraju se zaštititi od korozije i vegetacijskih naslaga što predstavlja otežano održavanje broda.

Svaka strana u pomorskom poslu zahtjeva da roba koja se prevozi bude sigurno dostavljena. Da bi se postigla ta sigurnost osnovana su klasifikacijska društva. Klasifikacijska društva su izdala brojna pravila kojih se brodovlasnici moraju pridržavati, a jedno od njih je kontrola kvalitete čelika. Brod se može graditi u bilo kojem dijelu svijeta samo ako se gradi u skladu s odredbama klasifikacijskog društva. Jedno od najstarijih osiguranja je Lloyd's Register of Shipping. Svi brodovi koji su građeni u skladu s Lloydsovim pravilima upisuju se u Registracijsku knjigu i tamo ostaju sve do trenutka prestanka pridržavanja pravila. Hrvatska kopija

Lloydsovog pravilnika je Hrvatski registar brodova. U njemu su navedeni načini nadzora kod proizvođača i tehničke dokumentacije. Čelik koji se koristi u gradnji broda mora biti odobren od strane klasifikacijskog društva, tj. željezara koja isporučuje čelik mora biti predmet kontrole prije isporuke materijala. Brodograditelji se ne smiju oslanjati samo na stanje navedeno u Registru jer postoje situacije u kojima naručitelju dostave materijal koji ne odgovara po dimenzijama i širini ili ima greške koje mogu dovesti do većih troškova. Svi materijali koji tokom primjene ne zadovolje određene uvjete ili se pokažu neispravnima bacaju se iako su prethodno zadovoljili uvjete. [3]

Čelik je slitina ili legura željeza i ugljika. [6] U današnje vrijeme predstavlja najvažniji tehnološko-konstrukcijski materijal na svijetu. Udio ugljika osnovni je čimbenik koji utječe na kvalitetu i mogućnost obrade čelika, a kreće se od 0,05% do 2,06%. Čelik je odličan materijal, širokog spektra upotrebe. Moglo bi se reći da je podigao uporabu željeza za veću razinu.

Vrste čelika koje se koriste u brodogradnji:

- Čelik normalne čvrstoće i povišene čvrstoće debljine do 50 mm;
- Čelik normalne čvrstoće i povišene čvrstoće debljine od 50-100 mm;
- Čelik povišene čvrstoće s najnižom granicom razvlačenja od 390 $N/mm^2$;
- Čelik za primjenu na niskim temperaturama;
- Nelegirani konstrukcijski čelici za zavarene konstrukcije;
- Poboljšani čelici visoke čvrstoće za zavarene konstrukcije;
- Čelici otporni na visoke temperature;
- Čelici žilavi na niskim temperaturama;
- Nehrđajući čelici;
- Platirani limovi;
- Čelici s posebnim zahtjevima u smjeru debljine. [1]

Čelik se u brodogradnji dijeli u skupine ovisno o njegovom kemijskom sastavu i mehaničkim sposobnostima. Skupine se označavaju slovima abecede A,

B, D i E, a pokazuju povećanje čvrstoće i otpornost na lomove. Postoji i skupina F, ali ona se odnosi na čelike koji se koriste pri vrlo niskim temperaturama.

Obzirom na kemijski sastav čelici mogu biti: [8]

- Ugljični čelik - glavni utjecaj na njegova svojstva ima količina ugljika;
- Legirani čelik - glavni utjecaj na njegova svojstva imaju legirani elementi. Legirani elementi su kemijski elementi koji se namjerno dodaju čeliku kako bi se dobila određena svojstva. Čelici koji su visokolegirani imaju oko 5% dodatnih elemenata, a visokolegirani više od 5%.

Obzirom na namjenu čelici mogu biti:

- Konstrukcijski čelik - ugljični čelik (<6% ugljika) ili legirani čelik. Njihova glavna primjena je za izradu čeličnih konstrukcija, aparata i uređaja. Postoje dvije vrste konstrukcijskog čelika, a to su obični čelici (opća masovna upotreba) i plemeniti čelici (dijelovi strojeva);
- Alatni čelik - plemeniti ugljični čelik ili legirani čelik koji se koristi za izradu alata (0,6% - 2,06% ugljika);
- Specijalni čelik.

## 5.2. KOROZIJA I ZAŠTITA OD KOROZIJE

Korozija predstavlja veliki problem jer nanosi štetu gospodarstvu. Šteta se izražava preko izravnih i neizravnih troškova. Izravni troškovi su svi troškovi koji su nastali zamjenom materijala koji je bio zahvaćen korozijom te troškovi održavanja radi sprječavanja nastanka korozije. Neizravni troškovi su svi troškovi nastali kao posljedica korozije koji mogu zgroziti ljude, morski okoliš, načiniti materijalnu štetu i umanjiti učinkovitost. Prema istraživanju SAD-a, Japana i država Europske unije, korozija predstavlja veliki trošak, približno 4,5% bruto nacionalnog dohotka, dok neizravne štete prelaze taj postotak. Države potiču ulaganje velike količine

novčanih sredstava kako bi otkrile najdjelotvorniji način usporavanja i sprječavanja procesa korozije. [13]

Korozija dolazi od latinske riječi corrodere što znači nagrizati. [7] Korozija predstavlja proces razaranja metala pod utjecajem fizikalnih i kemijskih procesa. Fizikalni procesi ovise o brzini strujanja tekućine, zračnim mjehurićima, te vrijednostima temperature i tlaka. Kemijski procesi ovise o količini otopljenih plinova ($O_2$, $SO_2$, $H_2S$, $CO_2$), količinom soli i karbonata u tekućini i pH vrijednošću tekućine.

Drugi čimbenici koji utječu na ubrzanje korozije su:

- Abrazija - trošenje materijala zbog međusobnog trenja čvrstih materijala;
- Erozija - trošenje materijala zbog trenja čvrstog materijala i fluida;
- Mehanički zamor - periodično opterećenje krutog materijala koje ide preko granice elastičnosti;
- Kavitacija - trošenje materijala zbog kontakta s kapljevinom u turbulentnom kretanju;
- Biološki - obraštanje, potrošnja (oslobađanje kisika i ugljičnog dioksida);
- Električni - galvanske struje.

Korozija se razlikuje prema razdiobi na površini metala, prema mehanizmu procesa, prema materijalu koji koridira, prema vremenskom tijeku i prema korozivnom mediju. Najvažnija podjela je prema mehanizmu procesa, a u nju ubrajamo: [2]

1. Kemijska korozija - reakcija između metala i medija. Tom reakcijom nastaju različiti spojevi koji su najčešće oksidi i sulfidi. Brzina korozije ovisi o metalu koji koridira, korozijskim produktima, agresivnoj okolini koja ga okružuje, brzini gibanja okoline i fizikalnim uvjetima. Nastaje u medijima koji ne provode električnu struju bez kapljevine vode u vrućim plinovima (vrući zrak) i u organskim kapljevinama (nafta). Ova vrsta korozije najzastupljenija je u motornim postrojenjima na brodu.

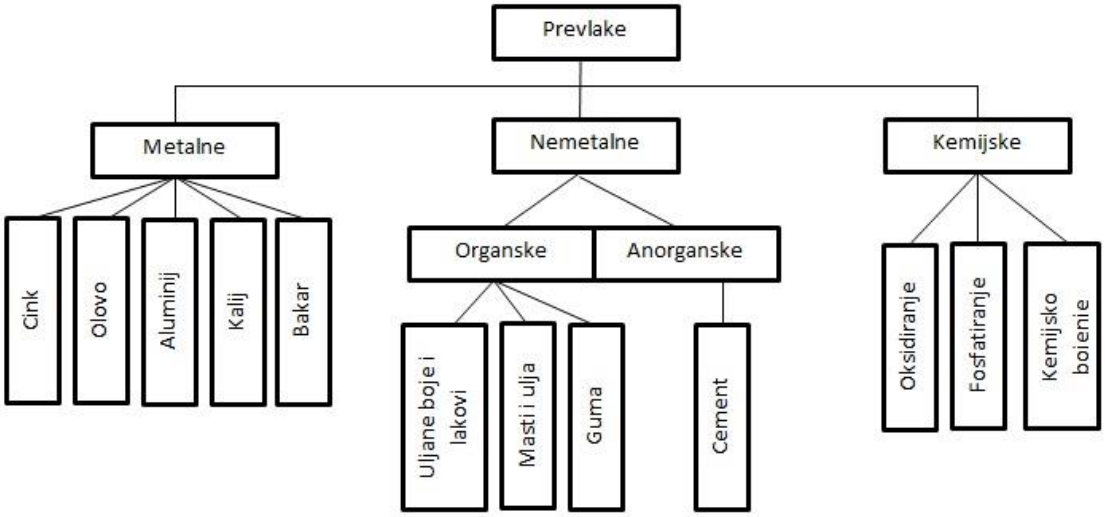
2. Elektrokemijska korozija - reakcija između metala i legura s elektrolitima kao što su voda, lužina, sol i vodene otopine kiselina. U tom procesu dolazi do oksidacije (oslobađanjem elektrona nastaje druga tvar) i redukcije (vezivanjem elektrona nastaje druga tvar) i to je najčešći oblik korozije na brodu.

3. Korozija nemetala - degradacija kemijskim djelovanjem medija. Klasificira se prema vrsti materijala koji mogu biti organski, anorganski i kompoziti.

U prošlosti je zaštita od korozije bila sporedna stvar u održavanju broda iako su svi brodograditelji znali za taj problem. Slabo ulaganje u održavanje broda i antikorozivnu zaštitu dovode do skraćenog vijeka trajanja broda. U svijetu je u razdoblju od 1990. do 1991. godine izgubljeno oko 30 brodova za rasuti teret i oko 300 života. Jedan od glavnih uzroka bila je korozija. Istraživanje Lloyd's registra pokazalo je da loša briga o zaštiti od korozije, već nakon prvog desetljeća korištenja broda dovodi do gubitka količine materijala koji rezultira propašću konstrukcije (debljina lima se stanjuje).

Postoji pet načina sprječavanja nastanka korozije: [3]

1. Zaštita prevlačenjem je jedna od najstarijih metoda, jednostavno i brzo se primjenjuje i ima nižu cijenu od ostalih metoda. Temelji se na izolaciji metala. U brodogradnji se najčešće koriste organski premazi, a ovisno o dijelu konstrukcije, premazi mogu imati i druge namjene osim zaštite.




**Slika 5**: Klasifikacija zaštitnih prevlaka [3]

2. Zaštita inhibitorima je metoda zaštite kod koje tvari anorganskog ili organskog podrijetla u vrlo malim koncentracijama smanjuju brzinu korozije do tehnološki prihvatljivih vrijednosti. Inhibitori mogu biti katodni, anodni, miješani, obzirom na kočenje ionizacije (anodna reakcija), depolarizacije (katodna reakcija) ili oba procesa te hlapljivi koji štite metale od atmosferske korozije.

3. Katodna zaštita je uz zaštitu prevlačenjem najčešća metoda zaštite od korozije. To je način uklanjanja ili smanjivanja korozije s metalnih površina na način da se konstrukcija broda učini električni negativnom u odnosu na korozivni medij (katoda). Druga elektroda u strujnom krugu postaje električki pozitivna (anoda). U kombinaciji sa premazima daje najbolje rezultate. Zaštitni sloj premaza odvaja okolinu od materijala, a katodna zaštita mijenja vanjske činitelje oštećivanja tako što smanjuje pokretne sile oštećivanja. Vrste katodne zaštite su katodna zaštita s galvanskom anodom i katodna zaštita s vanjskim izvorom struje.

4. Konstrukcijsko-tehnološke mjere mogu usporiti korozijski proces, ali i produžiti vijek trajanja. One se temelje na kreativnoj primjeni teorije zaštite od korozije. Kod odabira konstrukcijskog materijala treba obratiti pažnju na korozijsko

ponašanje u predvidivim okolnostima. Također treba uzeti u obzir smanjenje dimenzija tokom životnog vijeka trajanja i treba predvidjeti što je moguće glađe plohe koje će biti u dodiru s korozivnim sredinama. Prilikom određivanja oblika i položaja elemenata treba odabrati rješenja koja smanjuju afinitet na koroziju i povećavaju otpor njegovu djelovanju.

Primjena korozijski postojanih metala smanjuje mogućnost nastanka korozije. Najvažnije je odabrati odgovarajući materijal, a to ovisi o očekivanom vijeku trajanja, mehaničkim svojstvima, estetskom izgledu, korozijskoj postojanosti i cijeni. Danas se u brodogradnji koriste korozijski postojani konstrukcijski materijali kao što su nehrđajući čelici, legure aluminija, bakra i nikla. Ti materijali imaju visoku korozijsku postojanost, ali u određenim eksploatacijskim uvjetima skloni su korozijskom oštećenju. [2]

# 6. ZAKLJUČAK

Brod je složeno prijevozno sredstvo tereta i putnika morem te unutrašnjim morskim vodama. Za njegovu izradu potrebno je uložiti mnogo materijala, vremena, znanja, rada i iskustva. Glavni cilj u brodogradnji je zadovoljavanje uvjeta kao što su ostvarivanje financijske dobiti, mali troškovi, kratki rokovi isporuke, kvaliteta i zadovoljstvo korisnika. Također, kod gradnje broda velika se pozornost obraća na dizajn i estetiku kako bi se kupci zainteresirali za proizvod. Uspješnost poslovanja ovisi o prilagodbi brodara specifičnim ekonomskim zakonitostima. Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na ekonomičnost poslovanja i konkurentnost na tržištu je kvalitetno održavanje broda. Održavanje je jedna bitna stavka koja omogućuje nesmetan rad broda i brodske opreme. Nije bitno dali se radi o malom stroju ili velikoj konstrukciji, bitno je da se svaki dio broda održava onako kako je to i propisano. Jedino se na taj način produljuju vijek trajanja broda i opreme. Dobrom politikom održavanja povećava se profitabilnost broda i smanjuju se nepotrebni troškovi. Održavanje broda može se sagledati sa stajališta troškova i pouzdanosti. Brodari nastoje smanjiti troškove održavanja, a da pritom ne uzimaju u obzir moguću pojavu kvarova. Gledajući sa strane pouzdanosti, troškovima se ne pridaje veliki značaj jer se novac ulaže u potpuno sprječavanje kvarova. Brod je složena jedinica koja se sastoji od nekoliko sustava, a svaki sustav ne zahtjeva isto održavanje tako da ne postoji opće načelo održavanja broda.

# 7. LITERATURA


[1] Dvornik J.; Dvornik S.: *Konstrukcija broda*, Split, 2013.

[2] Esih I.; Dugi Z.: *Tehnologija zaštite od korozije*, Školska knjiga, Zagreb, 1990.

[3] Ivošević, Š.: *Održavanje i bezbjednost broda*, Kotor, 2016. (interna skripta)

[4] Jelić-Mrčelič, G.: Planiranje zahvata održavanja - izrada plana održavanja, Split, 2016. (interna skripta)

[5] Lovrić J.: *Osnove brodske terotehnologije*, Dubrovnik, 1989.

[6] Matejak S.: *Što je čelik*, E-metallicus, 25.svibnja 2015.
URL: http://e-metallicus.com/hr/metal/celik/sto-je-celik.html (pristupljeno 25. ožujka 2017.)

[7] https://bs.wikipedia.org/wiki/Korozija (pristupljeno 3. travnja 2017.)

[8] https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Celik (pristupljeno 13. ožujka 2017.)

[9] http://www.crs.hr/hr-hr/naslovna.aspx (pristupljeno 5. svibnja 2017.)

[10]https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/3registri.pdf (pristupljeno 13. ožujka 2017.)

[11]http://www.iacs.org.uk/document/public/explained/class_whatwhy&how.pdf (pristupljeno 3. travnja 2017.)

[12] http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/Default.aspx (pristupljeno 25. ožujka 2017.)

[13] http://www.pfri.uniri.hr/~mbaric/Drugi%20materijali/ODR%C5%BDAVANJA%20BROD%20-%20DRAFT%20(2).pdf (pristupljeno 03. travnja 2017.)

[14] https://www.tc.gc.ca/eng/marinesafety/dvro-4066.htm (pristupljeno 3. travnja 2017.)

# 8. POPIS SLIKA I TABLICA

Tablica 1: Prikaz osnovnih i dodatnih oznaka klasa [5] ..... 7
Tablica 2: Vremenski interval pregleda kritične opreme i uređaja [3] ..... 14
Tablica 3: Primjena materijala u brodogradnji ovisno o dijelu broda..... 25

Slika 1: Udio pojedinih metoda u održavanju brodskih sustava [10]..... 18
Slika 2: Indeksni pokazatelj prosječnog troška održavanja [13] ..... 19
Slika 3: Optimizacija troškova održavanja [13] ..... 21
Slika 4: Osnovni sustavi broda [10] ..... 23
Slika 5: Klasifikacija zaštitnih prevlaka [3] ..... 32