

# Sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu

---

**Butorac, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:187:311460>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-12**



**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**

**IVAN BUTORAC**

**SUSTAVI ZA RAČUNALNO UPRAVLJANJE ODRŽAVANJEM**  
**NA BRODU**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**POMORSKI FAKULTET**

**SUSTAVI ZA RAČUNALNO UPRAVLJANJE  
ODRŽAVANJEM NA BRODU**

**SYSTEMS FOR COMPUTER MANAGMENT OF  
MAINTENANCE ON SHIPS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Brodsko automatsko upravljanje

Mentor: prof. dr. sc. Vinko Tomas

Student: Ivan Butorac

Studijski smjer: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112076310

Rijeka, rujan 2022.

Student: Ivan Butorac  
Studijski program: Brodostrojarstvo  
JMBAG: 0112076310

#### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom *Sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu* izradio samostalno pod mentorstvom *prof. dr. sc. Vinka Tomasa*.

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

Student



---

Ivan Butorac

Student: Ivan Butorac  
Studijski program: Brodostrojarstvo  
JMBAG: 0112076310

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

Održavanje broda predstavlja jedan od najvažnijih procesa i skupova aktivnosti na brodu. Cilj održavanja broda jest održavanje broda i njegove opreme u radnom stanju, preveniranje zastoja radu broda i popravlanje kvarova koji mogu narušiti rad broda. Održavanje se treba provoditi uz minimalne troškove i održavanje maksimalne radne sposobnosti i produljenje vijeka trajanja broda. Postoji nekoliko modela rada broda, od kojih su najvažniji preventivno održavanje koje se sastoji od periodičnog održavanja i održavanja prema stanju, korektivno održavanje i terotehnoško održavanje. Sam proces održavanja broda zasniva se na informiranju o stanju brodskih komponenti, planiranju održavanja, postavljanju zadataka, izvršavanju navedenih zadataka i analize, to jest evaluacije obavljenih zadataka. Održavanje broda se provodi putem nekoliko različitih metoda, od kojih su najvažnije održavanje broda temeljeno na kalendarskom roku, održavanje broda na temelju pogonskih sati rada, održavanje broda nakon kvara, održavanje temeljem provjere stanja i performansi i tekuće održavanje. U suvremenom tehnološkom dobu informacijska i tehnička rješenja se sve više i više upotrebljavaju za poboljšavanje različitih aspekata brodskog funkcioniranja, pa tako i održavanja. Održavanje broda putem računalnih sustava provodi se pomoću ekspertnih sustava koji su programirani tako da sadrže bazu podataka o brodskim komponentama i mogu rješavati složene zadatke i pružati rješenja o održavanju. Najvažniji sustavi za računalno upravljanje brodskim održavanjem su Amos, Bassnet, Titan i Maritime CMMS Software, te se njihove specifikacije i prednosti opisuju u radu.

Ključne riječi: održavanje broda, sustavi za računalno upravljanje održavanjem broda, metode održavanja broda, Amos, Bassnet, Titan

## SUMMARY

Ship maintenance is one of the most important processes and sets of activities on board. The goal of ship maintenance is to keep the ship and its equipment in working condition, prevent downtime and repair malfunctions that may impair the ship's operation. Maintenance should be carried out with minimum costs and maintaining maximum working capacity and prolonging the life of the ship. There are several models of ship operation, the most important of which are preventive maintenance consisting of periodic maintenance and maintenance according to condition, corrective maintenance and terotechnological maintenance. The ship maintenance process itself is based on information about the state of the ship's components, maintenance planning, task setting, execution of said tasks and analysis, that is, evaluation of completed tasks. Ship maintenance is carried out through several different methods, the most important of which are ship maintenance based on a calendar term, ship maintenance based on operating hours, ship maintenance after a breakdown, maintenance based on condition and performance checks, and ongoing maintenance. In the modern technological age, information and technical solutions are used more and more to improve various aspects of ship functioning, including maintenance. Ship maintenance through computer systems is carried out using expert systems that are programmed to contain a database of ship components and can solve complex tasks and provide maintenance solutions. The most important systems for computer management of ship maintenance are Amos, Bassnet, Titan and Maritime CMMS Software, and their specifications and advantages are described in the paper.

Key words: ship maintenance, ship maintenance through computer systems, ship maintenance methods, Amos, Bassnet, Titan

## SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Održavanje broda.....	2
2.1. Definicija održavanja broda.....	2
2.2. Principi održavanja broda.....	4
3. Modeli održavanja broda.....	6
3.1. Preventivno održavanje.....	7
3.2. Korektivno održavanje.....	9
3.3. Terotehnoško održavanje.....	10
4. Proces održavanja broda.....	12
5. Metode održavanja broda.....	15
5.1. Održavanje broda temeljeno na kalendarskom roku.....	16
5.2. Održavanje broda na temelju pogonskih sati rada.....	16
5.3. Održavanje broda nakon kvara.....	18
5.4. Održavanje temeljem provjere stanja i performansi.....	18
5.5. Tekuće održavanje.....	19
6. Uloga sustava za računalno upravljanje održavanjem na brodu.....	20
6.1. Propisi i zahtjevi sustava za računalno upravljanje održavanjem na brodu.....	23
6.2. Najznačajniji sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu.....	25
7. Zaključak.....	30
8. Literatura.....	31
9. Popis slika i grafikona.....	33



## 1. UVOD

Brodovi i dalje predstavljaju jedan od najvažnijih načina transporta i putnika i tereta na svijetu. No, zbog činjenice da su se brodovi kao tehnologija razvili prije mnogo tisuća godina, u njihovu se uporabu trebaju uvoditi različita moderna tehnološka rješenja. Digitalna i tehnološka rješenja revolucionarizirala su korištenje brodova kao načina transporta te pomorstvo u cjelini. Jedno od takvih rješenja jesu i sustavi za računalno upravljanje procesom održavanja na brodu.

Sustavi za računalno upravljanjem procesom održavanja broda predstavljaju način da se kontinuirano i sigurno prati održavanje broda. Cilj ovog završnog rada jest istražiti kako se definiraju sustavi za računalno upravljanje održavanjem broda, prema kojim pravilima operiraju, na koji se način mogu koristiti te koji sve sustavi za računalno upravljanje održavanjem broda postoje. Istraživanje u radu se provodi putem istraživačkih metoda analize i sinteze, to jest proučavanjem relevantne literature u obliku knjiga, članaka i internetskih stranica.

Rad se sastoji od šest poglavlja. Prvo poglavlje je uvod, u kojemu se definiraju tematika i cilj rada, metode koje će se koristiti za izradu rada i kratki sadržaj svakog poglavlja i potpoglavlja. Drugo poglavlje fokusira se na koncept održavanja broda i njegovu definiciju i principe.

U trećem se poglavlju također osvrće i na različite modele održavanja broda, koji mogu biti preventivno, korektivno i terotehnološko održavanje. Četvrto poglavlje bavi se procesom održavanja broda, a četvrto različitim metodama održavanja broda. Naime, održavanje broda se može temeljiti na kalendarskom roku, na pogonskim satima rada, na popravcima nakon kvara, provjeravanju stanja i performansa te na tekućem procesu održavanja. Šesto se poglavlje fokusira na same sustave za računalno upravljanje održavanjem na brodu, a specifično na propise i zahtjeve po kojima oni moraju funkcionirati. Također se navode i najznačajniji sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu. Sedmo je poglavlje zaključak u kojemu se iznose najznačajniji podaci iz rada.

## 2. ODRŽAVANJE BRODA

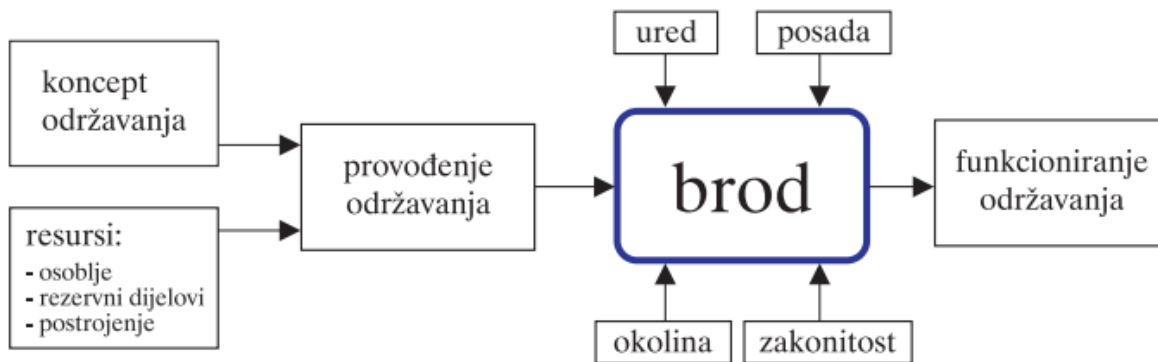
### 2.1. Definicija održavanja broda

Održavanje broda može se definirati kao radnje koje se izvršavaju s ciljem zadržavanja ili obnavljanja jednog sustava u radnom stanju (Šegulja i Bukša, 2006). Cilj održavanja broda predstavlja učinkoviti nadzor tehničkog sustava, to jest broda i svih njegovih dijelova uz niske troškove i tako da se brod održava u skladu sa različitim sigurnosnim zahtjevima. Održavanje broda predstavlja jedinstvenu organizacijsku cjelinu resursa koji su dostupni na brodu, a koje čine osoblje, uređaji i rezervni dijelovi, metoda koje se koriste prilikom održavanja te objekta održavanja, to jest samog broda i njegovog pogona.

Održavanje se također može definirati i kao „niz postupaka potrebnih za sprječavanje zastoja, odnosno vraćanje sustava iz zastoja u radno stanje u zadanom vremenu i pri propisanim uvjetima okoline“ (Čovo, 2007). Također, jedna od definicija održavanje jest i „kombinacija svih tehničkih i drugih aktivnosti, sprovedenih da bi se jedan sastavni dio sustava zadržao ili vratio u stanje u kojem može vršiti zahtijevanu funkciju u zadanom vremenu i zadanim uvjetima njegove uporabe“ (Lovrić, 1989). U kontekstu ovih definicija sustav označava brod.

Šegulja i Bukša (2006) navode kako postoje četiri faktora koji utječu na funkcionalnost održavanja broda:

- Operater, koji može biti:
  - Direktni – posada
  - Indirektni – pomoćno osoblje smješteno na kopnu
- Okolina, koja se sastoji od broskog prometa, luke u koju brod pristaje, luke u slučaju potrebe, klimatskih uvjeta, uvjeta na moru i ostalih faktora
- Zakonitosti, što podrazumijeva različite propise i odredbe koje brod mora poštovati i zadovoljavati te
- Održavanje.



Slika 1. Sistem brodskog održavanja

Izvor: Šegulja i Bukša, 2006.

Na Slici 1. prikazani su svi aspekti sistema održavanja broda, koji su kompleksni i kojih se svi akteri koji sudjeluju u održavanju broda trebaju pridržavati kako bi brod bio u najboljem mogućem stanju pri plovidbi.

Održavanje se broda tijekom povijesti mijenjalo u kontekstu svoje svrhe i ciljeva, te se mogu opisati tri faze u održavanju brodova. Prva je faza bila fokusirana na samo popravljavanje broda kada se dogodi neki kvar. Druga je faza imala ciljeve povećavanja raspoloživosti, povećavanje životnog vijeka broda, smanjenje troškova iskorištavanja resursa koji su potrebni za održavanje, a također i uvođenje preventivnih aktivnosti kako bi se smanjila mogućnost kvara na brodu.

Treća i najmodernija faza razvoja održavanja broda jest povećanje raspoloživosti i pouzdanosti na brodu, povećanje sigurnosti a samim time i smanjenje postotka događanja kvarova, bolja kvaliteta, zaštita okoliša, produljenje životnog vijeka broda te bolje raspolaganje resursima. Pozitivne promjene koje su se dogodile u trećoj fazi održavanja brodova nastale su kao posljedica uvođenja modernih tehnologija u održavanje (Komar, 2014).

## 2.2. Principi održavanja broda

Kako bi održavanje broda bio proces koji je funkcionalan te konstantan i koji bi mogao u svakoj prilici pružiti slične rezultate, a samim time i ispuniti svoju svrhu preveniranja kvara ili popravljanja kvarova, a također i održavanje broda ispravnim i u dobrom stanju, razvili su se određeni principi koji se moraju poštovati. Neki od tih principa su:

- postizavanje minimalnih zastoja u radu
- postizanje optimalnih troškova održavanja
- održavanje radne sposobnosti i produžavanje vijeka trajanja
- održavanje normalnih uvjeta rada (Čovo, 2007).

Kao što je navedeno, održavanje broda predstavlja niz akcija koje za svrhu imaju preveniranje mogućnosti kvara te popravke kvarova uz najmanje moguće troškove i uz poštivanje sigurnosnih zahtjeva. Kako bi se ova svrha mogla ispuniti, postoje primarni i sekundarni zadaci sustava za održavanje broda. Primarni zadaci su održavanje samog broda, održavanje sustava i instalacija, pregledavanje i podmazivanje elemenata sustava, rekonstruiranje pogona broda i postavljanje nove opreme i instalacija (Čovo, 2007). Sekundarni zadaci jesu briga oko održavanja uvjeta rada i provođenje sigurnosnih mjera. Također, u modernom dobu sustavi za održavanje se sve više automatiziraju i moderniziraju, te je to dovelo i do razvoja sustava za računalno upravljanje održavanjem na brodu, koji su uvelike promijenili sam sistem održavanja broda.

Plan održavanja broda trebao bi uključivati različite zadatke i protokole potrebne za održavanje učinkovitosti i pouzdanosti broda, od kojih su najvažniji:

- Stvaranje popisa svih zadataka koje je potrebno obaviti u objektima broda, kao i učestalosti navedenih zadataka.
- Poboljšavanje učinkovitost broda pri svakoj aktivnosti.
- Održavanje strojeve i opremu na optimalnoj razini učinka.
- Pratiti svaki kvar ili kvar i smanjiti njihovu učestalost i vrijeme potrebno za popravak.

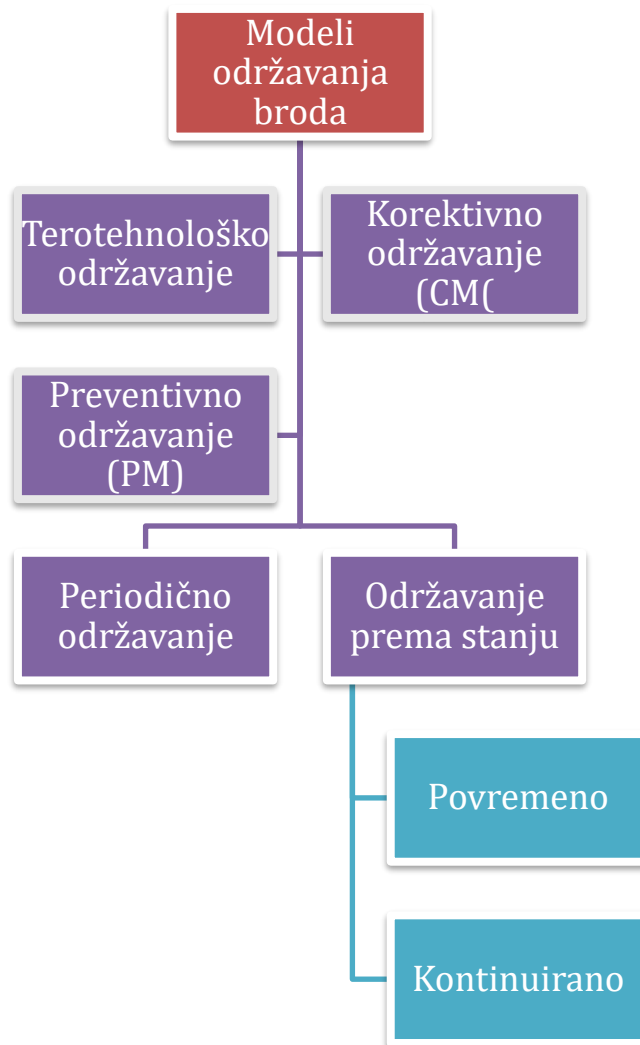
- Spriječiti prisilni zastoj ili prekid rada broda, koji se može pojaviti kao posljedica ozbiljne štete ili kvara (Suisca Group, 2022).

Postoje dvije situacije u kojima se održavanje broda treba provoditi: planirani popravci u kontekstu održavanja te popravci u situaciji nesreće ili oštećenja na brodu. Planirani popravci su popravci koji su svakodnevni dio održavanja broda, jer trup i oprema broda pokazuju određene nedostatke kroz vrijeme koji su posljedica samog korištenja broda, te će neminovno na brodu tijekom vremena doći do velikih ili manjih oštećenja. Kako bi se brod mogao sigurno koristiti, on se mora planski popravljati, što uključuje različite manje popravke. Manji popravci su projekti tvorničkih popravaka koji se provode u skladu s propisanim ciklusima i redovito se moraju kombinirati s periodničnim pregledom, te je njihova svrha eliminacija neizbježnog trošenja koje nastaje tijekom rada broda te osiguranje sigurnog rada broda do sljedećeg planiranog razdoblja popravka (Aquitania Yachts, 2020).

Popravci u slučaju nezgode ili oštećenja na brodu obavljaju se u smislu popravka oštećenih dijelova broda izvan planiranih popravaka, kada se brod ošteti na bilo koji način i u bilo kojem smislu koji bi mogao naštetiti adekvatnom radu broda. Kod ovakvih popravaka treba se analizirati njihova ozbiljnost, način na koji se brod može popraviti i vremenska duljina popravka, a također je ključno da se brod popravi u adekvatnom vremenu kako ne bi bilo prevelikog prekida u njegovom radu, a također i da se ne bi pojavila dodatna oštećenja (Aquitania Yachts, 2020).

### 3. MODELI ODRŽAVANJA BRODA

Modeli održavanja broda ili pristupi brodskom održavanju mogu biti raznoliki, te su se razvijali kao posljedica sve kompleksnijih brodskih porivnih sustava i traženja načina na koji se na najbolji mogući način može omogućiti adekvatno održavanje broda i prevenirati različite zastoje u radu, oštećenja i tako dalje. Šegulja i Bukša (2006) navode kako je osnovni cilj održavanja brodskog pogona održavanje njegove konstantne i kvalitetne učinkovitosti bez različitih zastoja i komplikacija. Ovaj se cilj može postići na različite načine, koji su prikazani na Slici 2.



Slika 2. Modeli održavanja broda

Izvor: Šegulja i Bukša, 2006.

Uz navedene modele održavanja broda na slici 2., modeli održavanja broda su se tijekom modernizacije cijeloga procesa održavanja dodatno razvijali, te trenutno postoje i ovi modeli održavanja broda:

- Održavanje po stanju (Condition based Maintenance)
- Logistički model održavanja (Logistics Engineering)
- Model samoodržavanja
- TPM (Total Productive Maintenance)
- TPEM (Total Productive Equipment Management)
- Planirano održavanje (Scheduled Maintenance)
- RCM (Reliability Centered Maintenance)
- Vanjske usluge (Outsourcing) i
- Ekspertni model (Expert Systems) (Čovo, 2007).

### 3.1. Preventivno održavanje

Preventivno održavanje broda zasniva se na principu nastojanja „da se spriječi kvar pravodobnom zamjenom (obnovom) komponenata. Ono to postiže tako da se svaka komponenta u sustavu zamijeni novom neposredno prije vremena, tj. pri kraju korisnog vijeka komponente, dakle prije nego nastupi period dotrajivosti“ (Lovrić, 1989: 100). Preventivni model održavanja broda za cilj ima da se nikada ne dogodi potpuna dotrajivost neke komponente broda, već da se one na vrijeme popravljaju i zamjenjuju prije nego što postoji mogućnost pojave nekog kvara.

Periodično se održavanje broda sastoji od slijedećih aktivnosti posvećenih održavanju broda:

- Preventivni periodični pregledi
- Traganje za slabim mjestima na sustavu i njihovo otklanjanje
- Kontrolni pregledi kako bi se otkrio kvar i provjerilo stanje brodskih komponenti

- Tehnička dijagnostika te
- Planirani popravci koji mogu biti mali, srednji i veliki (Čovo, 2007).

Preventivno se održavanje broda zasniva na tome da se komponente broda, kada se zamijene ili poprave, percipiraju kao da su jednako kvalitetne kao i kada su bile u sasvim novom stanju. Preventivno održavanje broda može biti periodično, ili može imati oblik preventivnog održavanja prema stanju broda ili komponente (Šegulja i Bukša, 2006). Periodično održavanje temelji se na vremenskom intervalu nakon kojeg se mora provesti održavanje broda, a navedeni vremenski interval se može bazirati ili na kalendaru ili na vremenu rada, to jest vijeku komponente.

Vremenski se interval određuje prema slijedećim kriterijima:

- Preporuke i specifikacije proizvođača
- Tehnike preventivnog održavanja
- Praktično iskustvo inženjera u radu i održavanju broda i svih njegovih strojeva i komponenti
- Povijesni trendovi koji su rezultat rutinskih inspekcija broda i brodske opreme
- Svojstva korištenja opreme, to jest koristi li se određeni dio opreme kontinuirano, povremeno, u stanju pripravnosti ili u nuždi
- Praktična i radna ograničenja (Marine Insight, 2021).

Periodično održavanje prema vremenu rada prikladnije je za kontinuirane operacije, te se ovakav način održavanja, koji se još može definirati i kao održavanje prema periodima održavanja po instrukcijskim knjigama proizvođača, veoma često koristi na brodovima. Preventivno održavanje broda prema stanju također može biti i povremeno, koje se obavlja vizualno ili putem različitih instrumenata, te kontinuirano, koje obuhvaća aktivnosti mjerenja određenih veličina, a različiti se zahvati provode samo ako se utvrdi da je veličina prešla određene granice.

Preventivno održavanje prema stanju sastoji se od dva koraka. Prvi korak predstavlja utvrđivanje samog stanja, koje se obavlja putem pregledavanja komponente kako bi se otkrili ili očekivani, to jest neminovni kvarovi, ili različita pogoršanja koja se nazivaju potencijalni kvarovi



i koja mogu dovesti do stvarnog kvara koji bi mogao narušiti cjelokupno funkcioniranje broda. Drugi korak preventivnog održavanja prema stanju jest izvršavanje održavanja, koje se „događa ako stanje komponente padne ispod stanja u skladu s potencijalnim kvarom. Akcije koje udovoljavaju ovoj politici efikasne su samo, kada se potencijalni kvar može primijetiti (detektirati) bilo monitoring operativnim parametrima ili monitoring opremom koja će prikazati pogoršanje ili inspekcijskim pregledom“ (Šegulja i Bukša, 2006: 108).

### 3.2. Korektivno održavanje

Korektivno održavanje broda se zasniva na tome da se „ne poduzima nikakva zahvata sve dok komponenta ne zakaže. Na taj bi način 50 % komponenta bilo obnovljeno u razdoblju od završetka korisnog vijeka trajanja do prosječnog vijeka trajanja komponente, a 50 % njih u istom vremenskom razdoblju poslije toga“ (Lovrić, 1989: 100).

Korektivno održavanje broda predstavlja najstariji model održavanja brodske opreme, a aktivnosti uključene u ovaj model nastupaju nakon preventivnog održavanja, to jest nakon što je nastupio kvar na opremi, te se sastoje od različitih oblika popravaka broda ili njegovih komponentata. Korektivno održavanje sastoji se od vraćanja opreme iz pokvarenog stanja u stanje u kojemu je bila prije nego što se dogodio kvar.

Kada se na brodu dogodi kvar, tada najčešće dolazi i do zastoja rada broda ili do naglog ispada broskog sustava iz rada. Nakon što se dogodi zastoj, dio opreme koji se pokvario se ili zamjenjuje novim ili se popravljaju. Korektivno održavanje broda razlikuje se od preventivnog modela održavanja broda po tome što se komponente ili dijelovi broda koriste do svoje apsolutne iskorištenosti, to jest do svojeg konačnog oštećenja ili uništenja, a u preventivnom se modelu komponente zamjenjuju ili popravljaju prije nego što nastupi kvar.



Slika 3. Postupak korektivnog održavanja

Izvor: Lazakis i sur., 2009.

Na slici 3. prikazani su različiti postupci koji se moraju provesti u korektivnom održavanju kako bi se postigao adekvatan nastavak rada broda i kako bi se na najbolji mogući način otklonio kvar koji se dogodio na brodu. Važno je napomenuti kako se u suvremenom dobu korektivno održavanje broda sve manje primjenjuje, te se najviše koristi u situacijama kada kvar ili zastoj na komponentama ne uzrokuje teže oštećenje sustava broda i za posljedicu nema havariju ili lom. Ovaj se model održavanja broda najviše primjenjuje u obliku planskih popravaka broda (Šegulja i Bukša, 2006).

### 3.3. Terotehnoško održavanje

Terotehnologija se može definirati kao „multidisciplinarni pristup kojim se osiguravaju optimalni troškovi životnog ciklusa od razvoja i upotrebe opreme i poslovnih sistema i obuhvaća upravljanje sistemom od njegovog stvaranja do odlaganja i povlačenja iz upotrebe“ (Milovanović i Papić, 2007: 360), te označava skup upravljačkih, rukovodećih, menadžerskih, financijskih, inženjerskih i ostalih aktivnosti koje se poduzimaju u kontekstu opreme i kojima je cilj osiguravanje minimiziranja troškova u životnom ciklusu opreme, a procjena stanja sistema se provodi putem provjeravanja pouzdanosti opreme i pogodnosti za održavanje opreme.

Terotehnologija kao oblik održavanja brodova i njihovih sistema koristi se kako bi se procijenio međuodnos između troškova održavanja opreme, produktivnosti i ukupne dobiti.

Terotehnoški model održavanja brodova najviše se fokusira na koncept mogućnosti održavanja, to jest na dizajn opreme te način funkcioniranja opreme kako bi se na najbolji i najefikasniji način mogla popravljati i održavati (Lazakis i Olcer, 2015).

Prednosti terotehnoškog modela održavanja brodova su upravljački, to jest menadžerski okvir, mogućnost održavanja orijentirana na dizajn opreme te mogućnost upotrebljavanja u kompleksnim sustavima. No, nedostaci terotehnoškog modela održavanja su prepoznati kao nedovoljna usmjerenost na održavanje, percipiranje održavanja broda kao nusprodukta cjelokupnog pristupa brodskom radu i nedovoljna tehnološka orijentiranost. Terotehnoški pristup održavanju broda ne promatra održavanje kao dovoljno profitabilni aspekt funkcioniranja broda, te se najčešće koristi kao pristup generalnom funkcioniranju broda.

#### 4. PROCES ODRŽAVANJA BRODA

Proces održavanja broda zasniva se na pet koraka, koji su prikazani na slici 4.



Slika 4. Proces održavanja broda

Izvor: Suisca Group (2022). *Ship maintenance plan*. Preuzeto s:

<https://www.suiscagroup.com/en/noticias/ship-maintenance-plan/#:~:text=Maintenance%20process,prevents%20severe%20damage%20or%20failure>

(15.9.2022.)

Prvi korak u procesu održavanja broda sastoji se od prikupljanja informacija i podataka o brodskim strojevima i opremi, kao i potrebama održavanja. Navedene podatke mora dostaviti proizvođač opreme, te se moraju sastojati od shema montaže i uputa o popravcima i zamjeni različitih brodskih komponenata i dijelova. Osobe odgovorne za održavanje broda također trebaju i pribaviti informacije o specifičnim protokolima strojeva koji se nalaze na brodu, a također bi se informacije iz dnevnika kvarova na brodu trebale koristiti u procesu održavanja broda jer se mogu

pokazati kao vrlo korisne, jer su to zapravo informacije koje su dobivene iz vlastitog iskustva članova posade (Suisca Group, 2022).

Drugi korak u procesu održavanja broda jest planiranje koraka održavanja i svih aspekata koji su uključeni u održavanje broda. Planirati održavanje zapravo znači rasporediti sve različite zadatke na odgovarajući način, kao i dodijeliti posadu odgovornu za svaki od njih. Određene aktivnosti održavanja i popravaka moraju se odvijati u suhom doku, te se moraju planirati dovoljno unaprijed kako bi se smanjio zastoј plovila. Ključno je rasporediti radno opterećenje posade tako da se održavanje može izvesti kvalitetno i u adekvatnom roku, kao i zatražiti elektroničke ili mehaničke preglede od strane stručnjaka (Suisca Group, 2022). Pri planiranju koraka održavanja moraju se uzeti u obzir slijedeći kriteriji koji mogu utjecati na tijek i način održavanja broda:

- Smjernice za održavanje i specifikacije dane od strane proizvođača
- Povijest opreme, što uključuje kvarove, nedostatke, oštećenja i aktivnosti koje su potrebne za njihovo uklanjanje
- Smjernice navedene u ISM kodu
- Starost broda
- Inspekcije od strane treće stranke
- Posljedice kvara opreme za sigurnost rada broda
- Oprema i sistemi koji su ključni za rad broda
- Intervali održavanja (Marine Insight, 2021).

Treći korak u procesu održavanja broda jest postavljanje zadataka svakom članu posade kako bi se ovaj proces proveo adekvatno i s minimalnim utrošcima vremena i resursa. Za određivanje ispravnog tijeka svih zadataka održavanja bitno je biti svjestan kapaciteta članova posade. U ovom dijelu procesa održavanja broda mehanički rad treba biti odvojen od električnog i svakom se radniku treba dodijeliti zadatak za koji ima odgovarajuća znanja i mogućnosti ispuniti ga. Svaki zadatak koji je pod administrativnom inspekcijom mora imati prioritet. Nakon što su svi poslovi raspoređeni, radnici će svoje poslove obavljati uz pomoć pripadajućih materijalnih sredstava (Suisca Group, 2022).

Četvrti korak procesa održavanja broda jest izvršavanje zadataka. Kod izvršavanja zadataka, glavni inženjer treba nadzirati mjesečno održavanje te je odgovoran za odgođene zadatke, a svaki član posade s dodijeljenim dužnostima održavanja treba se pobrinuti za njih, te će se dužnosti zabilježiti u dnevnik održavanja u kojemu su sadržane sve relevantne informacije, kao što su pronađeni nedostaci ili zamijenjeni dijelovi (Suisca Group, 2022).

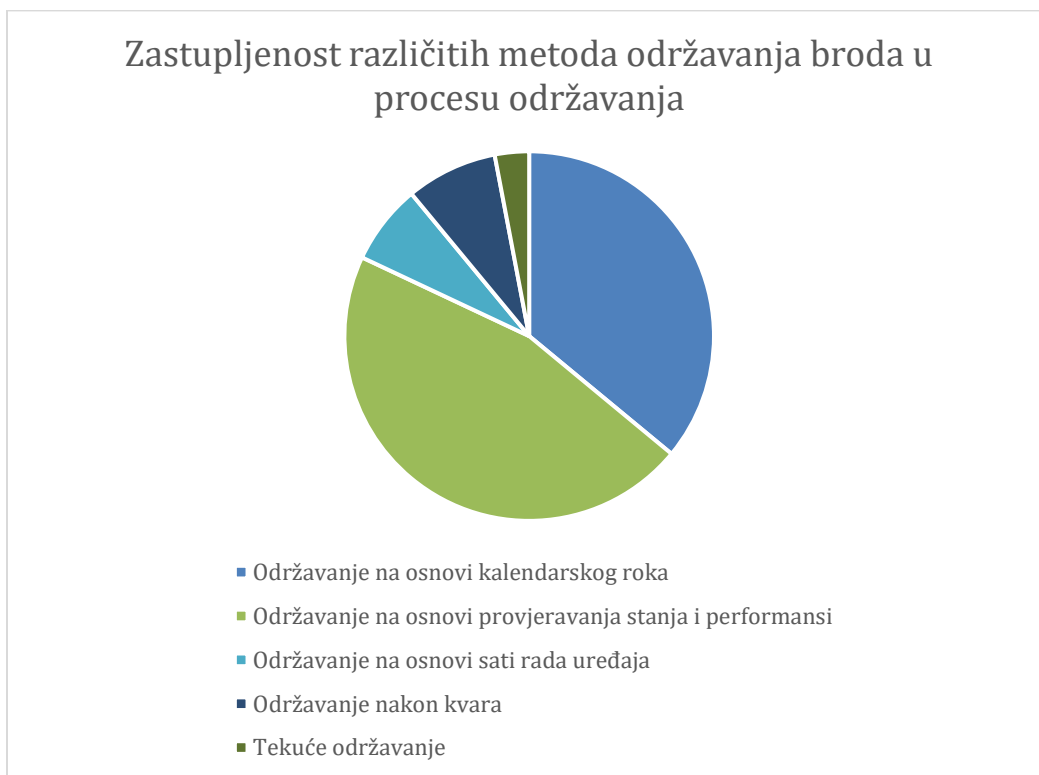
Posljednji korak procesa održavanja broda jest analiza izvršenih zadataka. Svi podaci navedeni u dnevniku održavanja moraju se priopćiti brodovlasniku kako bi mogao imati potpuno razumijevanje stanja broda te voditi dnevnik popravaka broda (Suisca Group, 2022).

## 5. METODE ODRŽAVANJA BRODA

Uz različite modele održavanja broda, također postoje i različite metode održavanja broda, koje opisuju realizaciju različitih postupaka i aktivnosti koje su potrebne kako bi se brod održao u najboljem mogućem stanju te se prevenirali i otklonili kvarovi, što je i cilj održavanja broda. Postoji nekoliko metoda održavanja broda koje će biti obrađene u ovom poglavlju:

- Održavanje broda temeljeno na kalendarskom roku
- Održavanje broda na temelju pogonskih sati rada
- Održavanje broda nakon kvara
- Održavanje temeljem provjere stanja i performansi i
- Tekuće održavanje (Lovrić, 1989).

Ove su metode različito zastupljene u cjelokupnom procesu održavanja broda, kao što je vidljivo na grafikonu 1.



Grafikon 1. Zastupljenost različitih metoda održavanja broda u procesu održavanja

Izvor: Lovrić, 1989.

### 5.1. Održavanje broda temeljeno na kalendarskom roku

Metoda održavanja broda koja se temelji na kalendarskom roku pretpostavlja „plansko održavanje na osnovi protekolog vremena, bez obzira na sate rada uređaja; npr. jedanput ili dvaput u godini ili jednom u dvije godine i sl. Ona se primjenjuje na uređaje koji se podjednako "troše" radili ili ne, ili čak više kad ne rade“ (Lovrić, 1989: 102). Ova se metoda primjenjuje na:

- sve palubne uređaje izložene moru i vremenu;
- električne i hidraulične palubne strojeve i uređaje;
- protupožarne uređaje i sustave;
- uređaje za spašavanje (čamci, splavi...);
- sredstva pristupa (siz, pilotske ljestve...);
- teretni uređaj/palubni;
- čelična užad, konopi, zaštite:
- ograde, rukohvate;
- prijenosne cijevi, crijeva;
- gumeni i plastični elementi (Čovo, 2007).

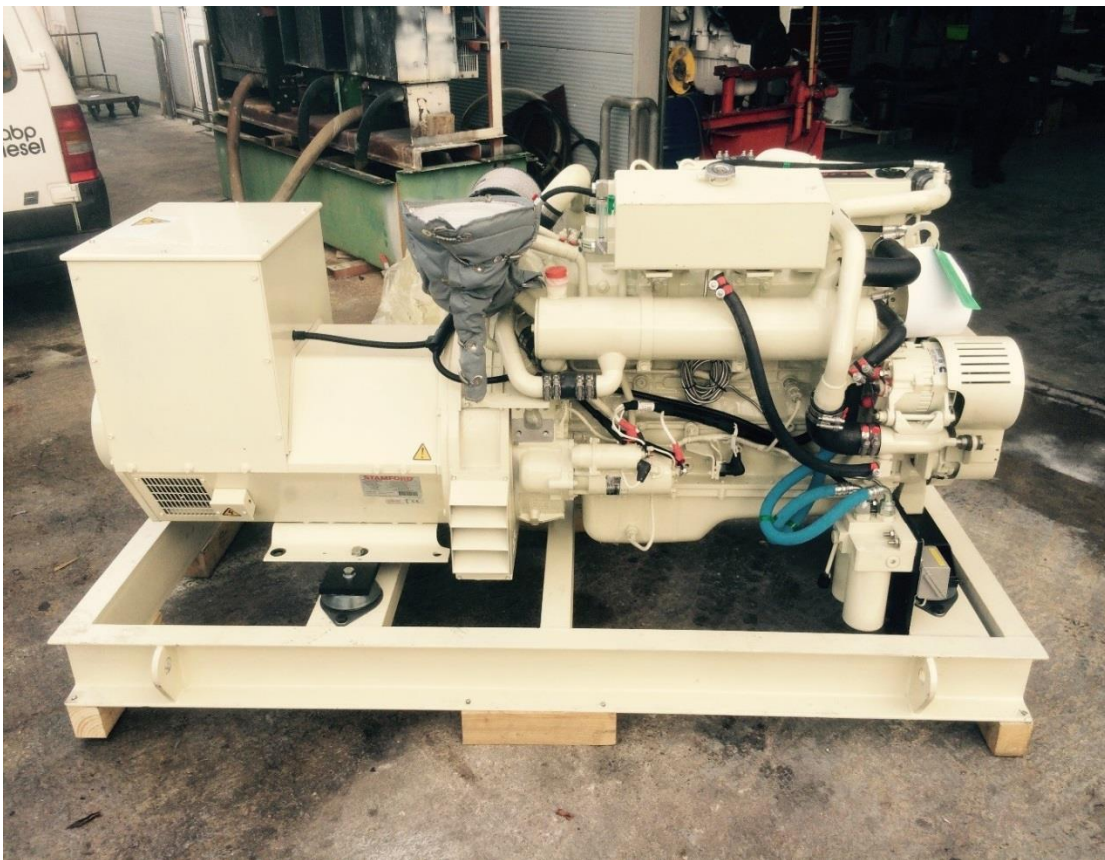
### 5.2. Održavanje broda na temelju pogonskih sati rada

Metoda održavanja broda koja se temelji na pogonskim satima rada bazira se na planskom održavanju broda i njegovih komponenti na principu sati rada određenog uređaja ili dijela opreme. Ova se metoda najčešće primjenjuje na slijedećim dijelovima brodske opreme:

- Električnim generatorima
- Većim elektromotorima
- Važnim elektromotorima
- Kompresorima



- Važnijim pumpama
- Važnijim pomoćnim strojevima i uređajima (Lovrić, 1989)
- Diesel generatorima
- Osovinskim generatorima
- Kompresorima
- Kotlovima i
- Separatorima i filtrima.



Slika 5. Brodski dizel generator koji se održava na temelju pogonskih sati rada

Izvor: Cummins (2022). Generatori od 80 kWe do 1800 kWe. Preuzeto s:

<http://www.cummins.hr/proizvodaci/cummins/brodski-program/diesel-generatori/generatori-od-80-kwe-do-1800-kwe> (25.9.2022.).

### 5.3. Održavanje broda nakon kvara

Održavanje broda nakon kvara događa se nakon što se pojedino oštećenje ili kvar koji bi mogao uzrokovati zastoj broda dogodi, te se najčešće primjenjuje na manje važnim uređajima koji nisu toliko ključni za cjelokupan rad i funkcionalnost broda, kao što su to na primjer pumpe hidrofora i tako dalje. Održavanje broda nakon kvara odvija se u dva koraka.

Prvo se uređaj koji se pokvario treba zamijeniti s novim uređajem iz brodske zalihe koja uvijek treba sadržavati dovoljno zamjenskih uređaja, a zatim se pokvareni uređaj popravlja u brodskoj ili kopnenoj radionici. Održavanje broda nakon kvara predstavlja ekonomičnu metodu održavanja broda, koja bi se mogla dodatno ekonomizirati putem unifikacije komponenti i međuzamjenjivosti dijelova.

### 5.4. Održavanje temeljem provjere stanja i performansi

Održavanje temeljem provjere stanja i performansi odvija se tako da se zahvat „održavanja poduzimlje kad sustavi za provjeravanja stanja i/ili performansi upute na takvu potrebu. Ova se metoda primjenjuje na porivni stroj i, općenito, na svaki uređaj na koji se isplati ugraditi sustav za provjeru stanja i/ili performansi“ (Lovrić, 1989: 103). Ova se metoda održavanja također može primjenjivati putem sustava stalnog nadzora, to jest ekspertnih sustava, koji nadziru komponente broda kao što su:

- Glavni stroj
- Osovinski vod ili reduktor
- Trup
- Sustav balasta (Čovo, 2007).

## 5.5. Tekuće održavanje

Tekuće ili rutinsko održavanje predstavlja specifičnu metodu održavanja broda jer ono nije u direktnoj korelaciji s nekom od već navedenih metoda, te se zapravo niti ne može u potpunosti smatrati metodom održavanja broda. Naime, tekuće održavanje nije metoda održavanja broda u punom smislu jer je njegova glavna funkcija prevencija nastanka kvarova i oštećenja koji bi mogli uzrokovati zastoj rada broda. Tekuće ili rutinsko održavanje se sastoji od aktivnosti kao što su:

- Povremena podmazivanja
- Pritezanja
- Provjere
- Čišćenja
- Omogućavanje dotoka goriva
- Omogućavanje dotoka vode za rashlađivanje
- Automatsko podmazivanje i tako dalje (Lovrić, 1989).

## 6. ULOGA SUSTAVA ZA RAČUNALNO UPRAVLJANJE ODRŽAVANJEM NA BRODU

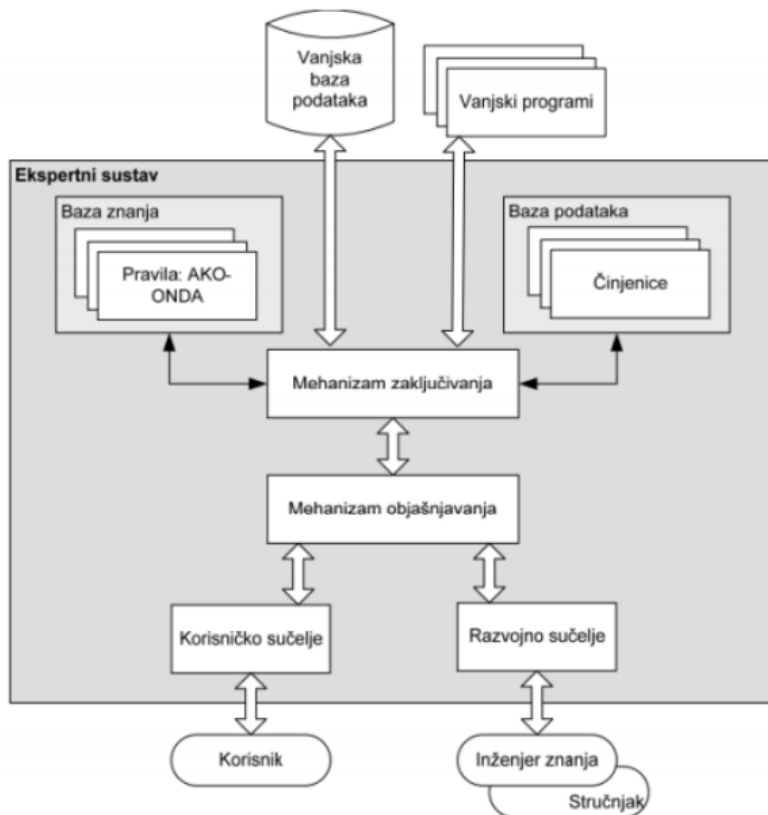
U kontekstu održavanja broda brodovlasnici i brodska posada se u suvremenom tehnološkom dobu sve više i više oslanjaju na različite računalne sustave kako bi mogli upravljati održavanjem te unaprijediti sam proces održavanja, te kako bi taj proces mogao biti što učinkovitiji. Suvremeni računalni sustavi broskog održavanja razvili su se iz tradicionalnih sustava održavanja, te imaju različite funkcije, a temelje se na informacijskoj tehnologiji koja povećava funkcionalnost samog procesa održavanja broda (Algelin, 2010). Sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu jedan su od mogućih oblika ekspertnih sustava.

Ekspertni sustav predstavlja vrstu „računalnih informacijskih sustava zasnovanih na upravljanju znanjem, sastoji se od programa napisanih pomoću metoda umjetne inteligencije, te može oponašati ulogu stručnjaka na nekom specifičnom polju, i to tako da ima sposobnost zaključivanja i korištenja znanjem iz baze znanja“ (Pavlič, 2011).

Ekspertni se sustavi također mogu definirati i kao inteligentni računalni programi koji se baziraju na tome da koriste znanje i postupke zaključivanja kako bi riješili određeni problem za čije je rješavanje, prije postojanja ekspertnih sustava, inače bilo potreban visoki stupanj stručnosti i iskustva neke osobe iz područja za koje je ekspertni sustav namijenjen. Iz ove je definicije vidljivo kako se ekspertni sustavi mogu upotrebljavati pri gotovo svim aspektima održavanja broda, od prevencije nastanka kvarova i dijagnosticiranja različitih stanja i oštećenja brodske opreme do osiguravanja ispravnog postupka održavanja neke brodske komponente.

Ekspertni se sustavi baziraju na posebnom softwreu koji se temelji na zaključivanju, prosuđivanju, odlučivanju na osnovi nepouzdanih i nepotpunih podataka te tumačenju vlastitog ponašanja kako bi se brzo i točno obavila određena aktivnost, a u ovom kontekstu aktivnost povezana s održavanjem broda. Ekspertni su sustavi iznimno korisni i za upravljanje održavanjem broda jer imaju mogućnost izravnog informiranja svojeg korisnika koji im može postavljati pitanja, te se tako, na primjer, ekspertni sustav za dijagnostiku stanja broskog motora temelji na podacima

koji su dobiveni mjerenjem relevantnih značajki brodskog motora i kontinuiranim praćenjem njegovog rada, te član posade može postaviti zahtjev sustavu kako bi došao do određenih podataka o održavanju navedenog motora (Jurić, Račić i Radica, 2005).



Slika 6. Prikaz ekspertnog sustava

Izvor: Gold, 2010.

Na slici 6. prikazana je shema prema kojoj funkcioniraju ekspertni sustavi koji se koriste u različitim kontekstima, pa tako i na brodu. Ekspertni se sustavi sastoje od komunikacijskih veza između različitih sklopova, mehanizma zaključavanja, baze podataka i baze znanja. Najvažniji aspekti ekspertnih sustava su upravo baza podataka i baza znanja, koje pri izradi ekspertnog sustava za neko polje moraju biti posebno specificirane kako bi se korisnicima ekspertnih sustava osigurala adekvatna konačna primjena ekspertnih sustava.

Baza znanja je zapravo baza činjenica i logičkih sklopova koji se tiču područja u kojemu se ekspertni sustav primjenjuje. Mehanizam zaključavanja ili *Inference Mechanism* u ekspertnim sustavima predstavlja software koji prema pravilima iz baze znanja razumije informacije iz baze znanja, te iz njih može stvarati zaključke. Kada se aktivira mehanizam zaključavanja, informacije iz baze znanja i informacije dobivene od strane korisnika se kombiniraju kako bi se dobili zaključci (Blažek i Meštrović, 2015).

Kao što je vidljivo iz navedenih podataka o ekspertnim sustavima, moderna tehnologija je pronašla mnogo načina primjene u mnogim područjima, pa tako i u sustavima za upravljanje održavanjem brodova. Ekspertni se sustavi u kontekstu održavanja brodova najviše primjenjuju u prikupljanju podataka o opremi i komponentama broda, kao i za dijeljenje tih informacija s korisnicima sustava, to jest posadom broda. Glavni ciljevi ekspertnih sustava za upravljanje održavanjem broda jesu:

- Povećavanje efikasnosti resursa koji su potrebni za održavanje broda
- Povećavanje efikasnosti samog održavanja kroz brži odziv i minimizaciju vremena koje je potrebno za izvršavanje popravaka na opremi
- Povećavanje kontrole upravitelja i posade nad kvalitetom održavanja
- Povećavanje kontrole upravitelja i posade nad funkcijama održavanja (Algelin, 2010).

Računalni sustavi u pomorstvu omogućili su brzu razmjenu informacija i dodatan aspekt stručnosti u svim područjima broda, pa tako i u održavanju sistema i opreme samog broda. Kada se na brod poželi implementirati računalni sustav koji bi upravljao održavanjem broda, stručnjaci moraju razmisliti o različitim aspektima samog računalnog sustava i toga je li profitabilno ukomponirati računalni sustav održavanja na brod.

Važno je sagledati postoji li dovoljno resursa u kontekstu vremena, novca i interesa za detaljnu manualnu analizu svih aspekata održavanja kako bi se mogla stvoriti baza znanja i baza podataka putem koje bi ekspertni sustav koji upravlja održavanjem mogao funkcionirati, a također je važno i uzeti u obzir da se članovi posade moraju educirati o korištenju računalnog sustava

upravljanja održavanjem te da trebaju biti i voljni koristiti takav sustav kada se on instalira na brod (Čovo, 2007).

Kod postavljanja računalnog sustava upravljanja brodom također je ključno i pitanje lakog pristupa članova posade računalima i tehnologiji koja omogućuje i unos podataka u ekspertni sustav, ali i laki pristup podacima kada su oni potrebni za održavanje broda. Također, važno je i odabrati sustav koji će moći prepoznati lažne podatke, adekvatno obavljati mjerenja i kontrole te posadi pokazivati samo realistične i točne podatke.

Računalni sustav upravljanja održavanjem na brodu mora biti takav da ga se s lakoćom, jednostavno i brzo koristi, treba biti lako zamjenjiv u slučaju kvara, treba imati program koji bilježi povijest i raspored održavanja opreme na brodu te nadasve treba adekvatno, brzo i precizno prepoznati kvarove ili potencijal za kvarenje opreme na brodu (Čovo, 2007).

#### 6.1. Propisi i zahtjevi sustava za računalno upravljanje održavanjem na brodu

Svi sustavi koji upravljaju održavanjem na brodu moraju biti izrađeni i osmišljeni po propisima koji su zadani u Međunarodnom kodeksu upravljanja sigurnošću, to jest International Safety Management Code ili ISM Code (Međunarodna pomorska organizacija, 2018). ISM kodeks predstavlja kodeks napisan od strane Međunarodne pomorske organizacije 1994. godine koji određuje minimalni standard za sigurnu plovidbu brodova, kao i za sprječavanje onečišćavanja na kopnu i na brodu.

ISM kodeks predviđa i određene propise i zahtjeve računalnih sustava održavanja broda koji moraju biti osigurani kako bi se moglo spriječiti pojavljivanje kvarova, a također i povećati sigurnost na moru. Kako su se računalni sustavi za upravljanjem održavanja na brodu sve više i više popularizirali zbog toga što se pokazalo da takvi sustavi osiguravaju smanjenje oštećenja na brodovima, bilo je potrebno razviti odrednice po kojima oni trebaju funkcionirati.

ISM kodeks navodi da je brodski operater, to jest tvrtka koju predstavlja brodski operater, odgovorna za osiguravanje sigurnog rada broda, te se to može postići jedino preko poštovanja pravila zadanih u ISM kodeksu. Konkretno, od broskog se operatera zahtijeva da operira prema ISM-u kako bi se osiguralo održavanje trupa, strojeva i opreme broda u skladu s važećim pravilima i propisima i svim dodatnim zahtjevima.

Navedeno će biti moguće postići samo ako je više rukovodstvo tvrtke, to jest broskog operatera, voljno upotrijebiti svoje resurse u primjenjivanju ISM kodeksa, a posebno u njegovoj primjeni u kontekstu održavanja broda i svih njegovih komponenti. Dobro osmišljen i učinkovito implementiran sustav upravljanja održavanjem ne samo da pomaže broskom operateru da ispuni ciljeve sigurnosti i sprječavanja onečišćenja utvrđene od strane ISM kodeksa, nego također predstavlja razumno ulaganje u zaštitu vrlo vrijedne imovine koju predstavlja brod.

ISM kodeks propisuje kako bi sustav održavanja koji je baziran na računalnoj tehnologiji koji upravlja održavanjem na brodu treba sadržavati:

- Opis i dokumentiranje sustava planiranog održavanja moraju biti na engleskom jeziku
- Izvješća u sustavu planiranog održavanja trebaju biti na engleskom jeziku, osim ako engleski nije jezik na kojemu posada priča, te tada mogu biti na materinjem jeziku posade; no, svejedno treba postojati i kratki sažetak svakog izvješća na engleskom jeziku
- Program održavanja mora sadržavati zahtjeve proizvođača opreme
- Sadržaj zaliha, odnosno predmeti ili sustavi moraju biti uključeni u program održavanja
- Održavanje u vremenskim intervalima, odnosno moraju se postaviti vremenski rokovi u kojima se poslovi održavanja izvršavaju
- Upute za održavanje, odnosno postupke održavanja treba slijediti
- Dokumentacija održavanja i povijest održavanja, to jest, trebaju postojati dokumenti koji navode poslove održavanja koji se provode te rezultate tih poslova



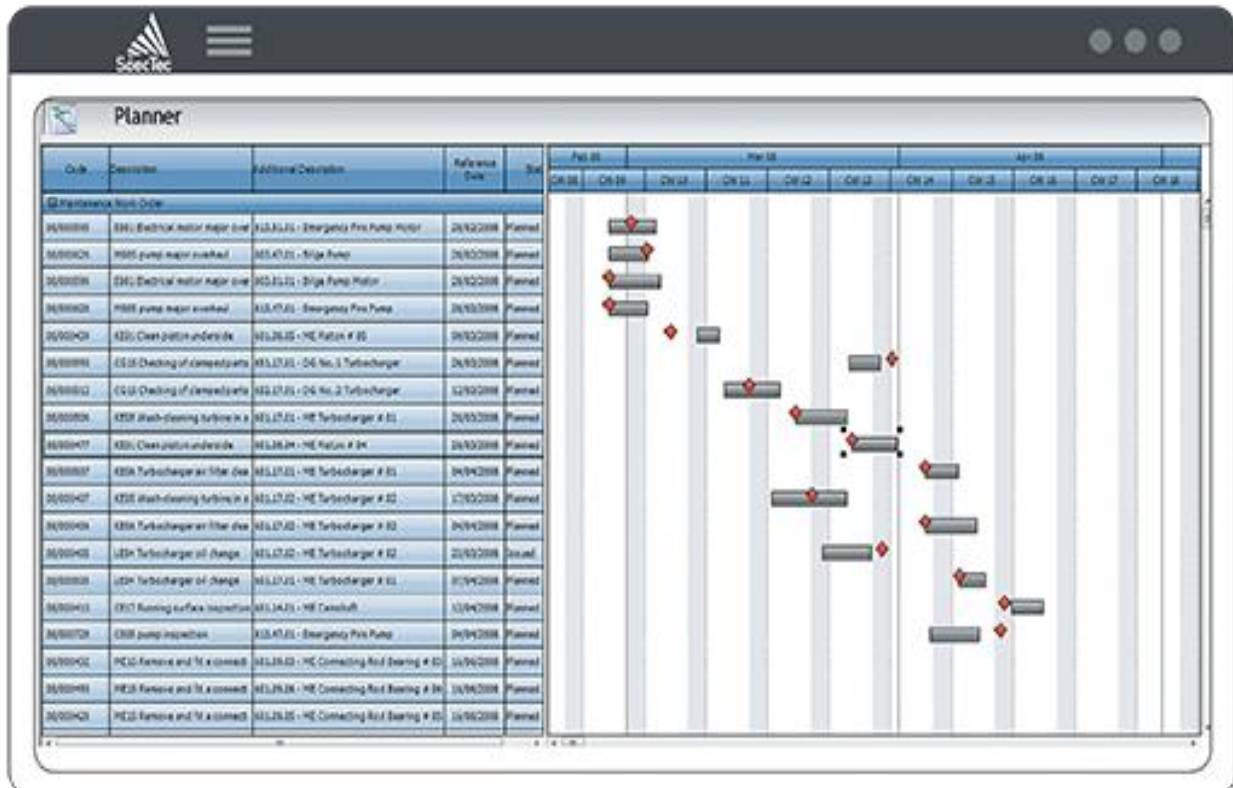
- Referentna dokumentacija, odnosno rezultati održavanja i mjere poduzete u određenim intervalima trenda istraživanja iz faze isporuke
- Dijagram toka dokumenata, odnosno grafikon koji prikazuje protok i popunjavanje dokumentacije za održavanje, planiranje kartice, kartice za posao i tako dalje
- Upute za potpisivanje, to jest upute tko potpisuje dokumente za provjeru izvršenih radova održavanja (ISM Code, 2015).

Također, kada se sustav za računalno upravljanje održavanjem na brodu primjenjuje na brodu, ključno je da svaka osoba koja ima pristup sustavu posjeduje jedinstveni autentikacijski i autorizacijski račun preko kojega se može prijaviti u sustav, kako pristup ovom krucijalnom sistemu ne bi bio omogućen svakome, već samo autoriziranim članovima posade.

Ključno je i da računalni sistem upravljanja održavanjem na brodu ima sigurnosne kopije kako podaci o rasporedu i učincima održavanja, kao i podaci o stanju opreme i brodskih komponenti ne bi bili izgubljeni u slučaju kvara računalnog sistema. Sigurnosne kopije također služe i za redovitu razmjenu podataka između broda i ureda. Glavni upravitelj stroja treba potpisati svu dokumentaciju o održavanju koja se zahtijeva od strane klasifikacijskog društva, a upravitelj također predstavlja i jedinu osobu koja ima pravo mijenjati dokumentaciju ako je to omogućeno putem računalnog sustava za upravljanje održavanjem broda.

## 6.2. Najznačajniji sustavi za računalno upravljanje održavanjem na brodu

Jedan od najpoznatijih sustava za računalno upravljanje održavanjem na brodu jest Amos, koji je dizajniran od strane SpecTec kompanije iz Norveške. Amos software predstavlja jedan od vodećih svjetskih sustava upravljanja održavanjem na brodovima, te je zasnovan na sustavu Windows, što ga čini jako pristupačnim. Amos kao računalni sustav ima mogućnost upravljanja dnevnim funkcijama održavanja i na brodu i u uredu na više lokacija. Amos računalni sistem, uz model upravljanja održavanjem, također sadrži i module koji upravljaju kupnjom, kvalitetom i sigurnošću, osobljem, poštom te upravljanjem putovanjem (Gašpar, Poljak i Orović, 2018).



Slika 7. Primjer jednog od prozora u sustavu Amos koji upravlja održavanjem

Izvor: SpecTec (2022). Maintenance, materials management. Preuzeto s:

<https://www.spectec.net/maintenance-materials-management> (25.9.2022.).

Kako bi se Amos sustav upravljanja održavanjem pokrenuo, potrebna je autentikacija i lozinka, što je u skladu s ISM propisima o računalnim sustavima na brodovima. Neke od najznačajnijih opcija Amos softwarea su:

- Redovito izvođenje radova i planova održavanja
- Aktivnosti održavanja koje bi se trebale obaviti u bliskoj budućnosti mogu biti ili tiskane kao popisi za ispis ili popisi za provjeru s potpunim detaljima
- Mogućnost planiranja izvanrednih aktivnosti održavanja
- Ručno ili poluautomatsko izvješćivanje o planiranom održavanju
- Vođenje evidencije o nadzorima nadležnih tijela
- Jednostavan prikaz ili ispis zapisa o održavanju opreme

- Mogućnost prijavljivanja rutinskih provjera, kao i neočekivanih aktivnosti održavanja
- Kreiranje radnih naloga (Gašpar, Poljak i Orović, 2018).

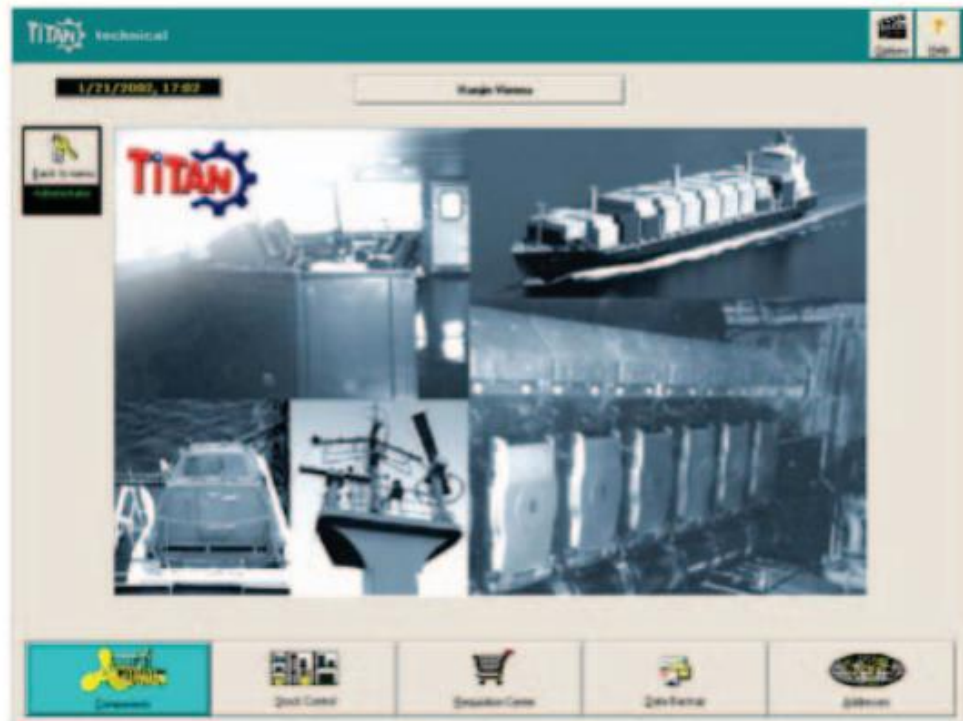
Drugi sustav za računalno upravljanje održavanjem na brodu koji je također vrlo popularan jest i Bassnet, koji je također stvoren od strane norveške kompanije 1997. godine. Software paket za računalno upravljanje održavanjem na brodu Bassnet temelji se na Microsoft NET-u te je specifičan po tome što se temelji na izrađivanju integriranih rješenja koja su fokusirana na glavna područja pomorskih operacija. Bassnet predstavlja modularni software koji je zamišljen tako da svojim korisnicima pruža fleksibilnost dok ga koriste, a također pruža i mogućnost definiranja vlastitih procesa održavanja od strane svakog brodskeg operatera kako bi se izbjeglo dupliciranje procesa održavanja.

Bassnet sustav za računalno upravljanje održavanjem na brodu u svojem modulu za održavanje nudi slijedeće značajke:

- Popis glavnih komponenti
- Popis podkomponenti
- Održavanje
- Materijali
- Upravitelj lokacije
- Rutinski zadatak
- Upravitelj kvarova
- Pregled trupa
- Adapter brojača
- Stvaranje baze sestrijskog plovila i tako dalje (Gašpar, Poljak i Orović, 2018).

Treći najpoznatiji software koji ima funkciju računalnog upravljanja održavanjem na brodu jest Titan, stvoren od strane njemačke tvrtke AVECS Corporation AG 1994. godine. Titan kao

program za upravljanje održavanjem ima tri temeljna modula: Komponente, Kontrola zaliha i Centar za rekviziciju (Gašpar, Poljak i Orović, 2018). Ovaj je software prikazan na slici 8.



Slika 8. Glavni izbornik softwarea Titan

Izvor: Gašpar, Poljak i Orović, 2018

Glavne usluge koje pruža sustav za računalno održavanje broda Titan jesu:

- Izvješćavanje o planiranom i neplanskom održavanju
- Izrada popisa održavanja s detaljima i radom
- kašnjenja
- Komponente koje se nalaze u cirkulaciji opreme na brodu
- Uvid i dokumentiranje postojećih izvještaja o održavanju
- Rad s brojačima / ažuriranjima
- Pregled jedinica opreme i podešavanja
- Lokacije rezervnih dijelova i njihova dodjela

- Procjena stanja
- Košarica za kupovinu
- Aktiviranje i zaprimanje zahtjeva
- Dodavanje i povezivanje rezervnih dijelova
- Promjena radnih parametara
- Rad s vanjskim obrascima
- Upravljanje korisnicima: dodavanje novih korisnika i promjena prava korisnika (Gašpar, Poljak i Orović, 2018).

Još jedan značajan sustav računalnog upravljanja održavanjem broda jest Maritime CMMS Software proizveden od strane kompanije SERTICA. Maritime CMMS Software svojim korisnicima pruža mogućnost preventivnog održavanja putem planiranja aktivnosti održavanja, a planiranje se provodi putem jednostavne aplikacije u kojoj se mogu bilježiti dnevni zadaci te se izvješćivati o njima.

Aplikacija pruža mogućnost čuvanja podataka, povijesti održavanja i zadataka održavanja kako bi se održavanje moglo efektivnije provoditi, a također se mogu postaviti i okidači za preventivno održavanje na kritičnoj opremi te praćenje rada do situacije kvara na nekritičnoj opremi (SERTICA, 2022). Prednosti korištenja Maritime CMMS Software-a, to jest njegove najznačajnije karakteristike, su:

- Strukturirani podaci o održavanju
- Učinkoviti interni tijek rada
- Smanjeno vrijeme zastoja uz preventivno održavanje voznog parka
- Produženi životni vijek opreme u cijeloj floti
- Čuvanje znanja o opremi i strojevima
- Potpuna kontrola zaliha s računalnim sustavom upravljanja održavanjem
- Poboljšano radno okruženje, uključujući upravljanje zadacima i mjerenje vremena
- Sigurna razmjena podataka između plovila, na obali i na suhom doku (SERTICA, 2022).

## 7. ZAKLJUČAK

Održavanje brodova, brodske opreme i različitih komponenti broda predstavlja iznimno važan aspekt plovidbe putem broda, te je ključno razumjeti različite aspekte održavanja broda kako bi putovanje brodom za bilo koju svrhu bilo što sigurnije i što efektivnije.

Iz ovih se razloga održavanje broda mora provoditi na najefikasniji mogući način, te je za to potrebna iznimno velika razina stručnosti. Tu je razinu stručnosti, to jest sažimanja svih znanja, podataka i informacija o održavanju, kao i zapisa o procesima održavanja, načinima održavanja, povijesti održavanja i podataka o brodskoj opremi bilo teško postići do modernog doba i razvoja tehnologije.

Razvojem tehnologije održavanje brodova počelo se provoditi putem sustava za računalno održavanje brodova, koji su učinili ove aktivnosti mnogo lakšima i pouzdanijima. U radu su navedeni različiti principi i modeli održavanja broda, kao i metode putem kojih se brod može održavati po različitim kriterijima, te su svi ovi aspekti održavanja učinjeni iznimno lakšima, jednostavnijima, bržima i sigurnijima putem tehnologija kao što su Amos, Bassnet, Titan, Maritime CMMS Software i drugi računalni programi za održavanje brodova.

Sustavi za računalno upravljanje održavanjem brodova pružili su nove mogućnosti u preveniranju zastoja rada brodova, kao i brzom pronalaženju kvara, zamjenjivanju pokvarenog dijela opreme i instaliranju novog dijela opreme ako za to postoji nužnost. Ovi sustavi uvelike su olakšali sam proces održavanja broda, kao i uvid u stanje obavljenih aktivnosti, količine zaliha i tako dalje. Mnogi navedeni sustavi za računalno upravljanje održavanjem brodova isprogramirani su prije nekoliko desetljeća, te postoji potreba za novim značajkama koje su prikladnije suvremenom tehnološkom napretku, no ne može se poreći korist koju su donijeli u pomorstvo i održavanje brodova.

## 8. LITERATURA

1. Algelin, G. (2010), *Maritime Management Systems*. Department of Shipping and Marine Technology, Chalmers university of technology, Sweden.
2. Aquitalia Yachts (2020). *Basic knowledge of ship repair and maintenance*. Preuzeto s: <https://www.aquitaliayachts.com/news/basic-knowledge-of-ship-repair-and-maintenance-34757834.html> (25.9.2022.)
3. Blažek, Ž. i Meštrović, K. (2015). *Inteligentni i ekspertni sustavi u elektroenergetici*. Zagreb: Tehničko veleučilište u Zagrebu.
4. Čovo, P. (2007). *Održavanje broda*. Zadar: Sveučilište u Zadru.
5. Gašpar, G., Poljak, I. i Orović, J. (2018). Computerized Planned Maintenance System Software Models. *Multidisciplinarni znanstveni časopis Pomorstvo*, 32, 141-145.
6. Gold, H. (2010). *Ekspertni sustavi u prometu*, nastavni materijali. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.
7. ISM Code (2015). *International Management Code for the Safe Pollution Operation of Ships and for Prevention (The ISM Code)*, Maritime & Coastguard Agency.
8. Jurić, Z., Račić, N. i Radica, G. (2005). Ekspertni sustav inteligentnoga dizelskog motora. *Naše more*, 52(1-2).
9. Komar, I. (2014). *Menadžment održavanja*. Split: Pomorski fakultet.
10. Lazakis, I. i Olcer, A. (2015). Selection of the best maintenance approach in the maritime industry under fuzzy multiple attributive group decision-making environment. *Proc IMechE Part M: J Engineering for the Maritime Environment*.
11. Lazakis, I., Turan, O., Alkaner, S. i Olcer, A. (2009). Effective ship maintenance strategy using a risk and criticality based approach. *13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean IMAM, İstanbul, Turska*.
12. Lovrić, J. (1989). *Osnove brodske tehnologije*. Dubrovnik: Pomorski fakultet.
13. Marine Insight (2021). *How the maintenance plan of ship is made?* Preuzeto s: <https://www.marineinsight.com/guidelines/how-the-maintenance-plan-of-ship-is-made/> (25.9.2022.)

14. Međunarodna pomorska organizacija (2018). *ISM kodeks*. Preuzeto s: <https://www.dohle-yachts.com/wp-content/uploads/2021/05/ISM-Code-2018.pdf> (25.9.2022.)
15. Milovanović, Z. i Papić, Lj. (2007). Održavanje i pouzdanost. U *Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema*. Čačak: Istraživački centar DQM.
16. Pavlić, M. (2011). *Informacijski sustavi*. Zagreb: Školska knjiga, Zagreb.
17. SERTICA (2022). *Ship maintenance system*. Preuzeto s: <https://www.sertica.com/products/ship-maintenance-system/#gref> (25.9.2022.)
18. Suisca Group (2022). *Ship maintenance plan*. Preuzeto s: <https://www.suiscagroup.com/en/noticias/ship-maintenance-plan/#:~:text=Maintenance%20process,prevents%20severe%20damage%20or%20failure> (25.9.2022.)
19. Šegulja, I. i Bukša, A. (2006). Održavanje brodskog pogona, *Pomorstvo*, 20(2), 105-118.



## 9. POPIS SLIKA I GRAFIKONA

### POPIS SLIKA

Slika 1. Sistem brodskog održavanja.....	3
Slika 2. Modeli održavanja broda.....	6
Slika 3. Postupak korektivnog održavanja.....	9
Slika 4. Proces održavanja broda.....	11
Slika 5. Brodski dizel generator koji se održava na temelju pogonskih sati rada.....	16
Slika 6. Prikaz ekspertnog sustava.....	20
Slika 7. Primjer jednog od prozora u sustavu Amos koji upravlja održavanjem.....	24
Slika 8. Glavni izbornik softwarea Titan.....	26

### POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Zastupljenost različitih metoda održavanja broda u procesu održavanja.....	14
--	----