

Kako održavati autonomni brod bez posade

How to Maintain an Unmanned Autonomous Ship

Mate Jurjević^a

^a Sveučilište u Dubrovniku, Pomorski odjel, 20 000 Dubrovnik, ČiraCarića 4, Hrvatska | University of Dubrovnik, Maritime department 20 000 Dubrovnik, ČiraCarića 4, Croatia

corresponding author: mjurjevic@unidu.hr

INFORMACIJE O ČLANKU

Kategorija:
Stručni članak

Ključne riječi:
autonomni brod
održavanje
pouzdanost
učinkovitost
efikasnost
redundirani sustavi

Licenca: CC BY-NC-SA 4.0.

SAŽETAK

Cilj projektantima autonomnih brodova je napraviti brod bez posade koji bi bio jeftiniji, pouzdaniji, sigurniji, efikasniji i učinkovitiji. Projektanti stalno navode prednosti autonomnog broda zbog smanjenog broja posade ili potpuno bez posade na brodu.

Razlog tome je analiza koja pokazuje da ljudski faktor utječe u velikom postotku na: sudar brodova, štete uslijed eksploatacije sustava, ekološke katastrofe, štete na teretu i samom brodu. Ovi razlozi su opravdani, ali nitko od njih nije postavio tri ključna pitanja: Što ako se dogodi slučajni tj. nepredvidljivi kvar i to na oceanu? Tko će ga otkloniti? Koliki će biti troškovi rješenja za smanjivanje kvarova i povećanje pouzdanosti? U radu će se nastojati odgovoriti na sva tri pitanja i pokazati zašto je posada još uvijek na brodu, zašto je nitko dosad nije uspio potpuno zamijeniti ili barem smanjiti na najmanji mogući broj.

ARTICLE INFORMATION

Category:
Professional paper

Keywords:
autonomous ship
maintenance
reliability
efficiency
efficacy
redundant systems

License: CC BY-NC-SA 4.0.



ABSTRACT

Naval architects designing autonomous ships aim to build an unmanned ship that would be cheaper, more reliable, safer, more efficient and more effective. They keep pointing out advantages of autonomous ships due to a reduced number of crew on board or completely unmanned ships.

Their arguments are based on the study indicating the human factor as the major cause of collisions at sea, damages due to system exploitation, environmental disasters, damages to cargo and ship. These arguments are justified, but none has raised the three crucial questions: What if an accidental, i.e. unforeseen failure occurs at open sea? Who will repair it? What would be the costs for finding a solution to reduce failures and increase reliability? The paper aims to offer answers to all three questions and to indicate why ships are still manned, as no adequate substitution for ship's crew has been found or at least a solution offered to reduce crew to a bare minimum.

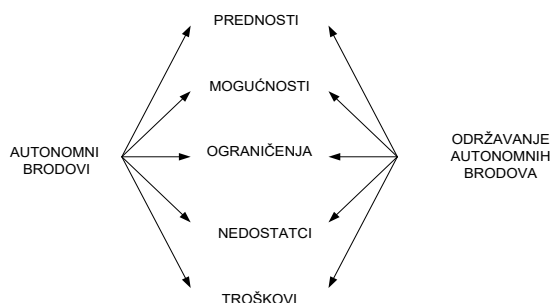
1. Uvod

Autonomni brodovi su brodovi bez posade i sve odluke i operacije odrađuju samostalno bez ičije intervencije. Autonomni brodovi su u stanju voditi plovidbu broda i samostalno donositi odluke vezane za plovidbu bez ljudske intervencije.

Primjena novih tehnologija u pomorstvu rezultira smanjenjem troškova posade i njihovog utjecaja na sigurnost na moru te smanjenje vozarina. Nažalost povećava se trošak projektiranja, konstrukcije i gradnje što rezultira povećanje ukupne cijene autonomnog broda.

Potrebno je da autonomni brodovi zadovolje dvije vrlo važne stavke: pouzdanost i raspoloživost. Klasični brodovi, koji imaju posadu, moraju zadovoljiti zahtjeve registra brodova, IMO (International Maritime Organization) propise i moraju biti sigurni za plovidbu. Autonomni brodovi također moraju zadovoljiti te iste zahtjeve i propise, bez obzira što su bez posade. Naziv za autonomne brodove koju daje Međunarodna pomorska organizacija IMO je pomorski autonomni površinski brodovi (Maritime Autonomous Surface Ships) skraćeno MASS [1][2].

Podjela površinskih autonomnih brodova MASS ide u četiri smjera, a svaki od tih smjerova ima drugačiji utjecaj na upravljanje, održavanje, pouzdanost i trošak izgradnje broda.



Slika 1. Faktori koji utječu na autonomne brodove i njihovo održavanje

Figure 1 Factors affecting autonomous ships and their maintenancesegment [4]

Na slici 2. vidi se MASS i njegova četiri smjera grananja:

1. AAB (Autonomy Assisted Bridge) brodovi sa stalnom posadom koja se nalazi na komandnom mostu i ako je potrebno odmah intervenira.
2. PUB (Periodically Unmanned Bridge) brodovi bez posade na komandnom mostu u određenim vremenskim periodima (bez posade za vrijeme idealnih uvjeta), a u slučaju lošeg vremena ili izvanrednih uvjeta posada se poziva na komandni most. To je moguće jer se posada nalazi na brodu.
3. PUS (Periodically Unmanned Ship) brodovi bez posade za vrijeme plovidbe, a kad se brod približava luci dolazi pilotina s posadom i preuzima upravljanje s brodom.
4. CUS (Continuously Unmanned Ships) brodovi bez posade. Takav tip broda je bez posade i on sve odrađuje autonomno bez ičije pomoći.

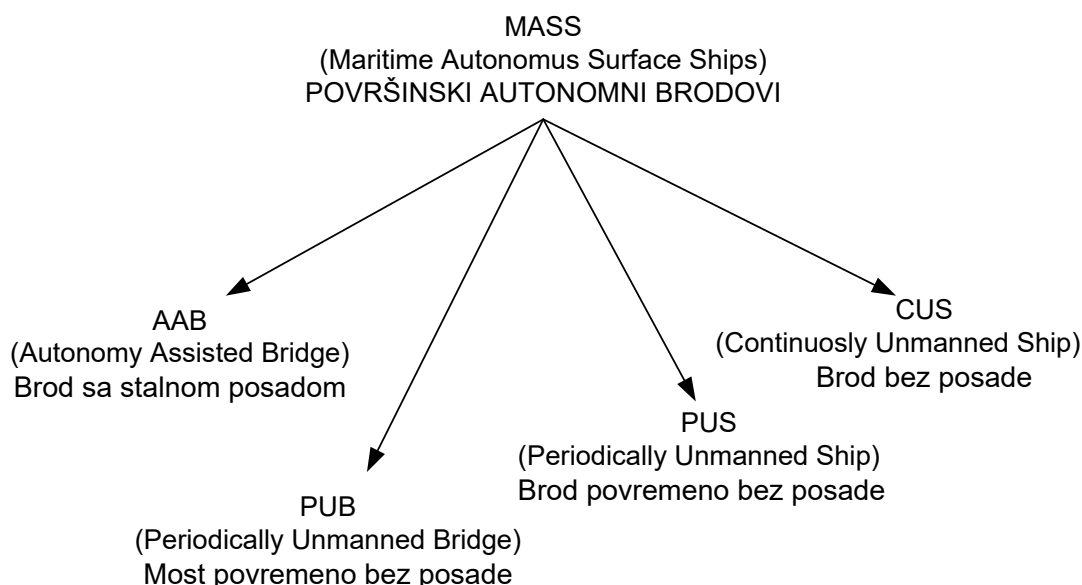
Jedan od najzapaženijih pokretača projekta autonomnih brodova su MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (pomorska besposadna navigacija kroz inteligentne mreže)) i AAWA (Advance Autonomous Waterborne Applications Initiative (inicijativa za naprednu autonomnu pomorsku primjenu))[1][2][3].

Jedna i druga inicijativa MUNIN[4] i AAWA[5] moraju dati odgovore na sljedeća pitanja:

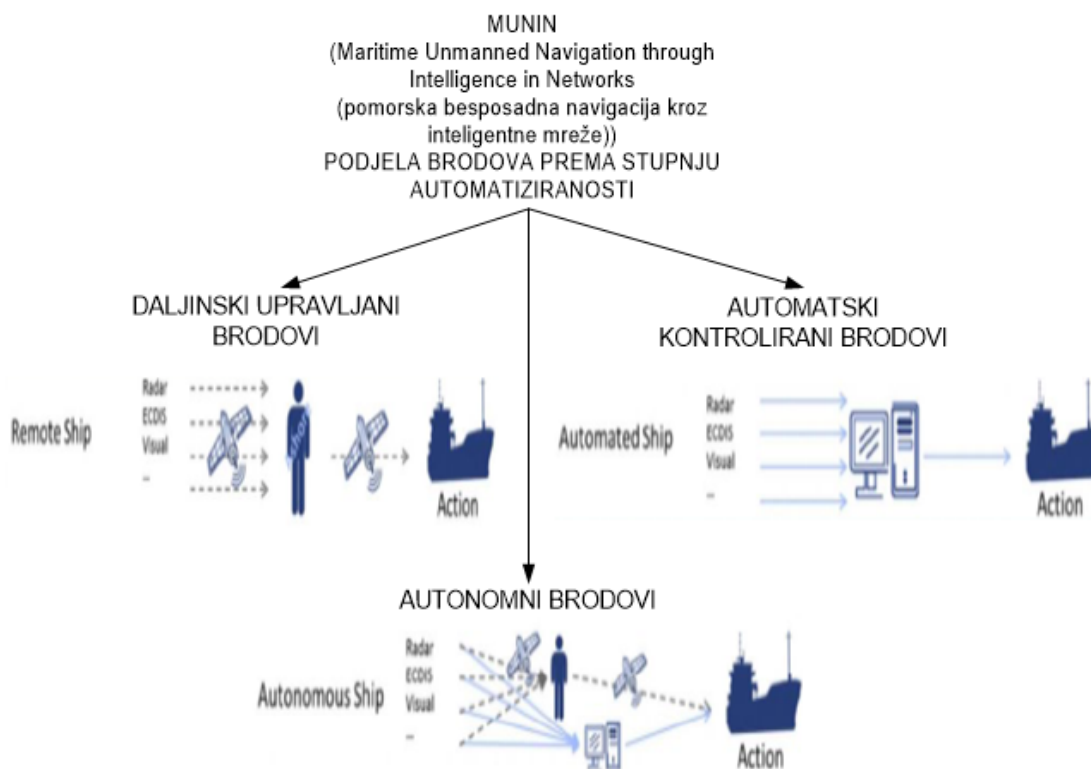
1. Kako odabrati pravu tehnologiju za proizvodnju autonomnih brodova?
2. S obzirom na to da su te tehnologije vrlo zahtjevne i njihov pravi odabir vrlo težak, koji je način implementacije odabrane tehnologije kako bi brod mogao biti autonoman u plovidbi
3. Hoće li se autonomni brodovi isplatiti brodaru i motivirati ga za daljnja ulaganja u poboljšanje funkcionalnosti autonomnih brodova?
4. Kako ima dosta zahtjeva koje treba zadovoljiti, a bez njih brod ne može ploviti, postavlja se pitanje da li brodogradilište to može zadovoljiti?
5. Jedan od tih zahtjeva je održavanje autonomnog broda bez posade na siguran način, kako?
6. Koliki je faktor sigurnosti plovidbe autonomnog broda?

Ovo su neka osnovna i vrlo važna pitanja na koja voditelji projektnog tima moraju dati odgovor i uputstva koje se posebno odnose na točku 5 i 6.

Na slici 3. vidi se u koja tri razvojna smjera ide MUNIN. Prvi smjer je upravljanje autonomnim brodom iz komandne jedinice koja se nalazi na kopnu. Drugi smjer je kombinacija upravljanja autonomnim brodom iz jedinice koja se nalazi na kopnu i automatiziranim brodom koji ima napredni sustav upravljanja na samom brodu. Treći smjer autonomno odlučivanje bez pomoći upravljačke jedinice s kopna.



Slika 2. Površinski autonomni brodovi[1][2]
Figure 2 Autonomous surface ships [1] [2]



Slika 3. Stupanj automatiziranosti broda prema MUNIN-u [4]
Figure 3 Level of ship's automation according to MUNIN [4]

2. Učinkovitost autonomnih brodova i njihovih sustava

Osnovni ciljevi koje treba ispuniti projektant prilikom projektiranja brodskih dizelskih sustava su:

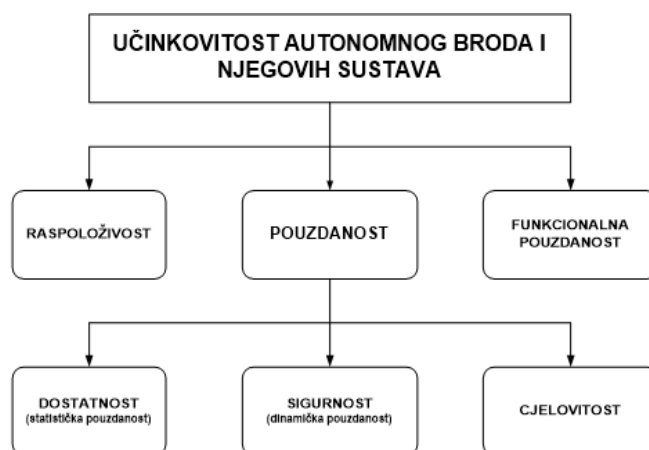
1. omogućiti sposobnost sustava da obavi funkciju za koju je projektiran.
2. stvoriti proceduru rješavanja problema na sustavu koji se javljaju tijekom popravaka i održavanja istih.

Svi ovi zahtjevi rezultiraju učinkovitošću autonomnog broda tj. svih njegovih sustava, a posebno brodskog dizelskog porivnog sustava. Na učinkovitost sustava utječu:

1. projektanti
2. konstruktori
3. tehnolozi
4. proizvodnja
5. montaža
6. timovi za ispitivanje, testiranje i primopredaju sustava
7. timovi za održavanje
8. timovi za sigurnost
9. timovi za zadovoljavanje ekoloških normi

Zahtjev koji je postavljen pred učinkovitost autonomnog broda i njegovih sustava je pouzdanost tj. vjerojatnost da će svaki sustav obaviti zadani zadatak bez kvara.

Prilikom definiranja pouzdanosti potrebno je sagledati i analizirati sve faktore koji djeluju na sustav, a njeno mjerilo je učestalost kvarova. Pouzdan sustav je sustav s rijetkim pojavama kvarova, a nepouzdan s učestalim pojavama kvarova.

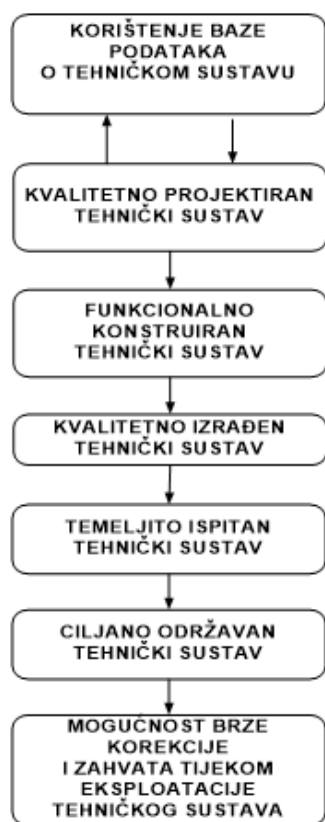


Slika 4. Učinkovitost autonomnih brodova i njihovih sustava[6]
Figure 4 Efficiency of autonomous ships and their systems [6]

Pouzdanost možemo sagledati kroz:

1. sigurnost sustava (odoljeva iznenadnim poremećajima)
2. dostatnost sustava (obavlja funkciju za koju je namijenjen bez obzira na planirane prisilne otkaze u radu pojedinih komponenata)
3. cjelovitost sustava (sposobnost da zadrži zadovoljavajuće radne karakteristike u sprezi s drugim tehničkim sustavima)

Podjela pouzdanosti je prikazana na slici 4 tj. što je potrebno da bi se zadovoljila učinkovitost autonomnih brodova i njihovih sustava. Pored toga je potrebno zadovoljiti niz uvjeta da bi brodski sustav bio pouzdan a taj slijed je prikazan na slici 5.

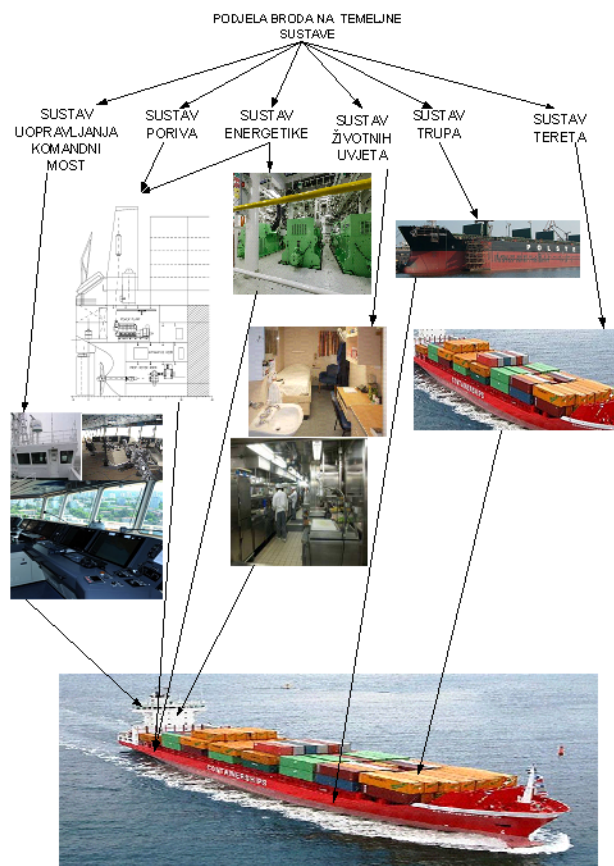


Slika 5. Uvjeti koje treba zadovoljiti pouzdan sustav [6]
Figure 5 Requirements to be met by a reliable system [6]

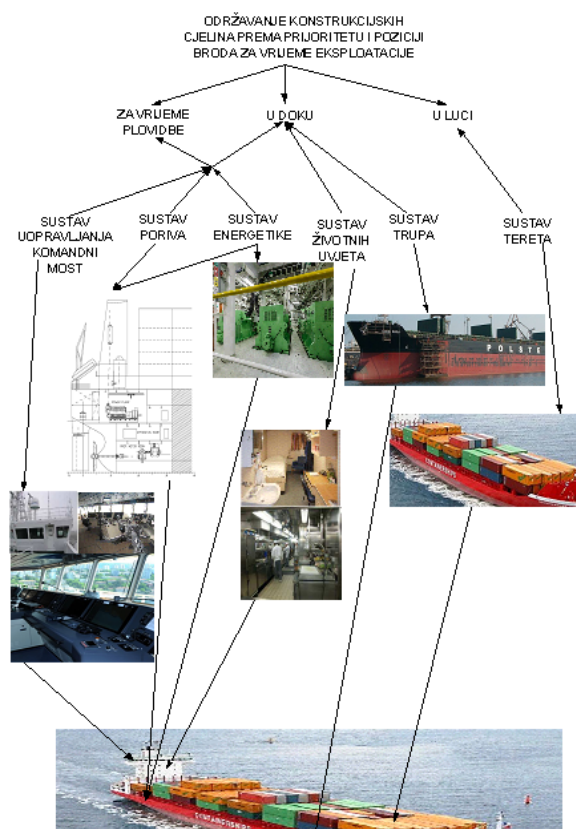
Uz uvjete na slici 5., potrebno je redovito održavanje i postojanje redundiranih sustava. U tom će slučaju autonomni brodovi biti pouzdani i sigurni tijekom cijelog vremena eksploatacije.

3. Brodski temeljni sustavi i njihovo održavanje

Brodski temeljni sustavi se dijele na: sustav upravljanja, sustav poriva, sustav energetike, sustav životnih uvjeta, sustav trupa i sustav tereta kao što je prikazano na slici 6. S gledišta sigurnosti i funkcionalnosti temeljnih brodskih sustava može se reći da bez nekih od sustava, ako nisu u funkciji, brod ne može ploviti i moraju se ponovno u najkraćem vremenskom roku vratiti u stanje funkcionalnosti. Jedan od takvih sustava je porivni sustav. Kvar na takvom sustavu se popravlj dok je brod u eksploataciji, jer se ne može čekati dolazak u luku ili dok zbog sigurnosti broda, posade i tereta.



Slika 6. Podjela broda na temeljne sustave
Figure 6 Autonomous ship main systems



Slika 7 Održavanje konstrukcijskih cjelina prema prioritetu i poziciji broda za vrijeme eksploatacije
Figure 7. Maintenance of constructional units according to the priority and ship's position during exploitation

Slika 7 prikazuje podjelu sustava prema konstrukcijskim cjelinama i mjestu popravka istih i to: za vrijeme eksploatacije, u luci za vrijeme iskrcaja i ukrcaja tereta i u doku ovisno o veličini i dostupnosti oštećenja. Kvar koji se dogodi na sustavima energetike i poriva autonomnog broda bez posade za vrijeme plovidbe jedino se može otkloniti u doku, što je velik trošak za brodara. S ovakvom podjelom na slikama 6 i 7 vrlo lako se vidi da nam je jedini problem kod brodova bez posade ili autonomnih brodova sustav poriva i energetike. Za oba sustava mora netko biti na brodu i održavati ih.

Jedan od takvih sustava je porivni sustav. Kvar na takvom sustavu se popravlja dok je brod u eksploataciji, jer se ne može čekati dolazak u luku ili dok zbog sigurnosti broda, posade i tereta.

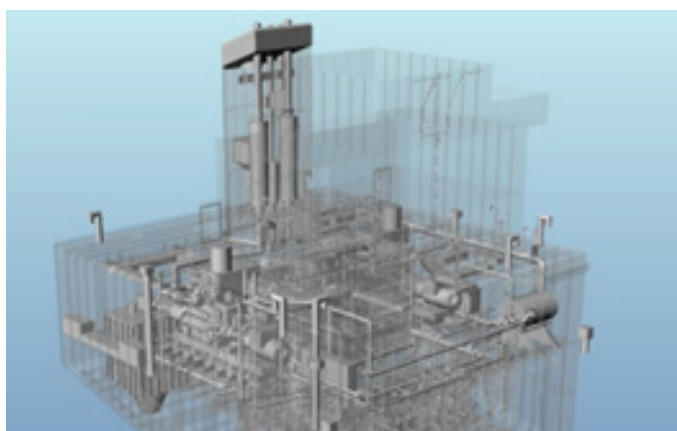
Slika 7 prikazuje podjelu sustava prema konstrukcijskim cjelinama i mjestu popravka istih i to: za vrijeme eksploatacije, u luci za vrijeme iskrcaja i ukrcaja tereta i u doku ovisno o veličini i dostupnosti oštećenja. Kvar koji se dogodi na sustavima energetike i poriva autonomnog broda bez posade za vrijeme plovidbe jedino se može otkloniti u doku, što je velik trošak za brodara.

S ovakvom podjelom na slikama 6 i 7 vrlo lako se vidi da nam je jedini problem kod brodova bez posade ili autonomnih brodova sustav poriva i energetike. Za oba sustava mora netko biti na brodu i održavati ih.

3.1. Brodski dizelski porivni sustav

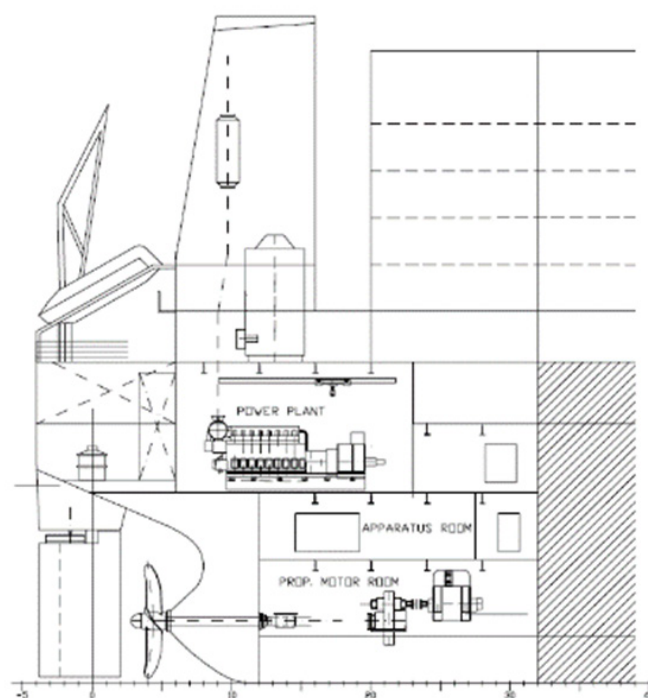
Vrlo složen dio broda je strojarnica što se vidi na slici 8 gdje je trodimenzionalni prikaz strojarnice s energetskim sustavom, sustavom poriva i svim pomoćnim sustavima.

Porivni sustav tj. strojarnica je smještena na krunoj sekciji broda, slika 9. Brodar zahtjeva da strojarnica bude što manja i da zauzima što manje prostora, bez obzira na njezinu vrlo važnu funkciju. U interesu brodara je da se što više prostora iskoristi za teret.



Slika 8. Trodimenzionalni prikaz broskog porivnog sustava [7]

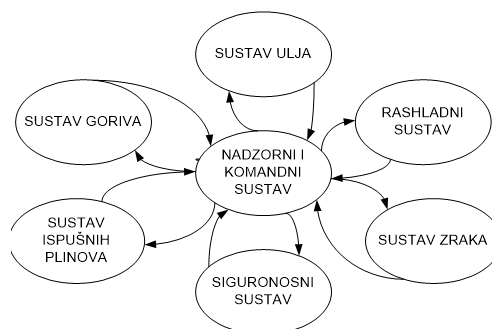
Figure 8 Three-dimensional image of the ship's propulsion system [7] segment [4]



Slika 9. Brodski dizelski porivni sustav [7]
Figure 9 Ship's diesel propulsion system [7]

Brodski dizelski porivni sustav se sastoji od sedam glavnih sustava:

1. sustav goriva,
2. sustav ulja,
3. sustav hlađenja i
4. sustav zraka
5. nadzorni (kontrolni) sustav
6. sigurnosni sustav
7. sustav ispušnih plinova.

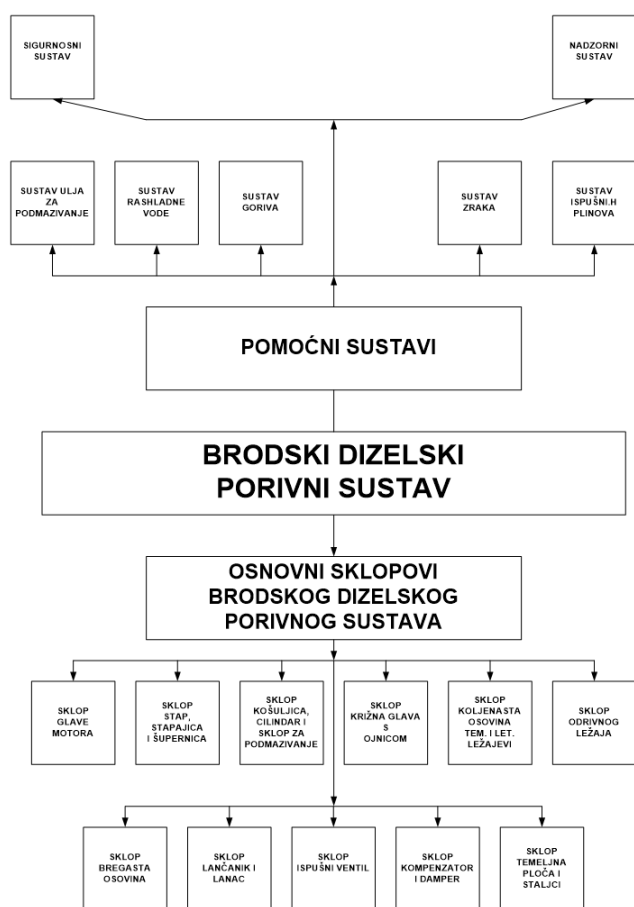


Slika 10. Shematski prikaz nadzornog i komandnog sustava

Figure 10 Schematic diagram of the monitoring and command system

Poradi složenosti ovih sustava potreban je konstantan nadzor i održavanje kako bi bili ispravni, što ovisi o posadi na brodu, koja stalno prati rad sustava i omogućuje da porivni sustav izvršava svoju funkciju.

Svaki sustav, slika 10, je povezan s nadzornim i komandnim sustavom, a povratnom vezom prati i upravlja svakim sustavom ponaosob.

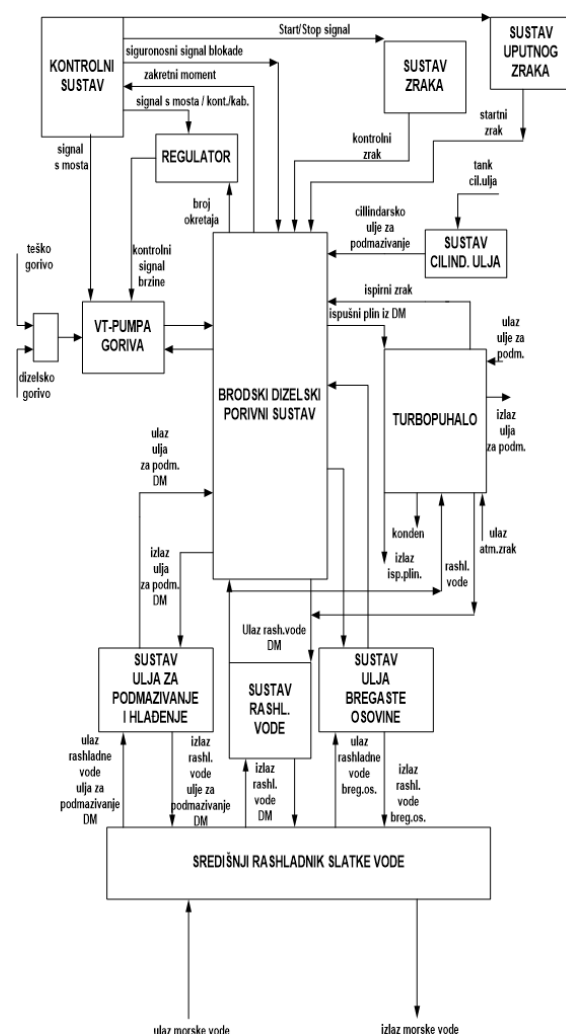


Slika 11. Shematski prikaz brodskoga dizelskog porivnog sustava s pripadajućim sustavima i podsustavima (sklopovima) [6]

Figure 11 Schematic diagram of the ship's diesel propulsion system with the associated systems and subsystems [6]

Ovakav način komunikacije s povratnom vezom omogućuje brzu korekciju na sustavu za vrijeme eksploatacije, što rezultira da sustav u najkraćem mogućem vremenu signalizira da je van pogona (u kvaru). Na ovakav način održavanje bi se svelo na plansko održavanje s mogućnošću predviđanja što će se dogoditi sa sustavom u budućnosti, a što omogućava pravovremeno djelovanje prije kvara na sustavu.

Da bi se brže i kvalitetnije pratio rad sustava, brodski dizelski sustav se dijeli na podsustave (sklopove) slika 11. Kvarovi na brodskim dizelskim porivnim sustavima zbog složenosti se ne mogu predvidjeti, ali se pravilnim rukovanjem, praćenjem i održavanjem mogu svesti na najmanju moguću razinu. Povećavanjem snage, dimenzija i stupnja automatiziranosti održavanje brodskog dizelskog sustava postaje sve složenije, što se vidi na detaljnoj shemi slika 12. Pored toga brodski dizelski sustav tijekom eksploatacije mora biti sposoban u svakom trenutku: sigurno raditi u intervalu od 30% do 100% opterećenja, mora startati kako u hladnom tako i u toplom stanju i biti sposoban za preokret (naprijed-nazad).



Slika 12. Detaljna shema broskog porivnog sustava [6]

Figure 12 A detailed schematic diagram of the ship's propulsion system [6]

Zahvati održavanja temelje se na vremenskom razdoblju tj. broju radnih sati komponente ili sustava kao cjeline. Kvalitetan monitoring i pravovremeno održavanje su neki od primarnih zahtjeva ili uvjeta koji se moraju ispuniti radi sigurnosti broda, posade i tereta.

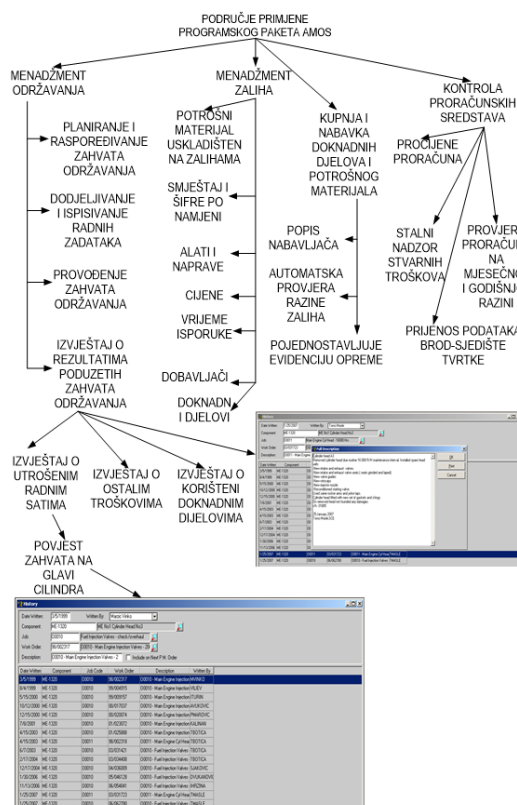
3.2. Održavanje brodskog dizelskog porivnog sustava pomoću programskog paketa za održavanje i monitoring

Svaki brodski sustav potrebno je stalno održavati bilo da je u kontinuiranom radu ili ne i to se ne može izbjeći ako želimo da sustav bude učinkovit i pouzdan.

Zbog specifičnosti, zahtjevnosti i kompleksnosti brodskih sustava, održavanje takvih sustava čini spoj tehničkih, informatičkih i administrativnih zahvata kako bi se sustav vratilo u stanje rada tj. u prvobitnu funkciju eksploatacije. Kod brodskih sustava nastoji se primijeniti plansko održavanje koje je organizirano uz kontrolu i pripadajuću dokumentaciju za brodski

sustav, ali često puta se zna dogoditi neplansko održavanje. Ma koliko se plansko održavanje činilo jednostavno ono to nije, jer se dijeli na preventivno i korektivno. Na autonomnim brodovima za sad je jedino primjenjivo plansko održavanje tj. preventivno koje se provodi prema stanju sustava i po vremenskim periodima koji su već unaprijed određeni. Takav odabir održavanja povećava pouzdanost i učinkovitost sustava, a smanjuje vjerojatnost pojave kvara. Imajući to u vidu održavanju se posvećuje sve veća pažnja tako da se ne pristupa održavanju samo u tijeku održavanja nego i za vrijeme projektiranja broda. To znači da prilikom projektiranja sustava treba voditi računa kako, kada i što održavati i promijeniti ako je potrebno. Održavanje će biti izazov za brodara koji ima autonomne brodove bez posade. Više ne postoje brodovi većih tonaža koji nemaju neki od programskih paketa za održavanje, a ti paketi sadrže vremensko praćenje planskog održavanja, nabavku doknadnih dijelova, administraciju, dijagnostiku i komunikaciju brod kopno. Na brodu najprisutniji program za monitoring i održavanje brodskih dizelskih sustava je AMOS (engl. Administration of Maintenance, Operations and Spares), zbog svoje jednostavnosti, učinkovitosti i svoje baze podataka koja omogućuje u svakom trenutku analizu stanja komponenti i sustava u cjelini utječe na:

1. Smanjenje troškova održavanja,
2. Brzo i lako uhođavanje časnika stroja kod preuzimanja broskog porivnog sustava,
3. Smanjenje gubitaka (zastoj zbog kvara),
4. Planiranje i izvještavanje o stanju zahvata na sustavu,
5. Obavljanje kontrole i pravovremena nabavka doknadnih dijelova.
- 6.



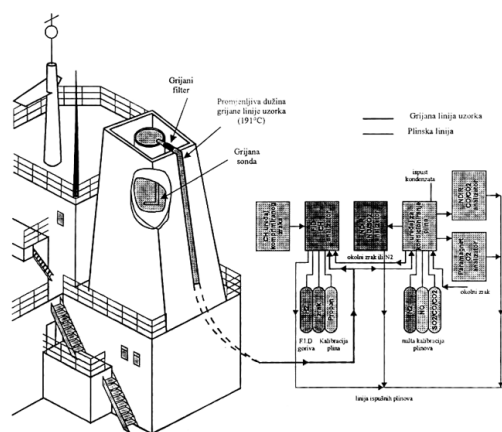
Slika 13. Područje primjene programskog paketa AMOS

Figure 13 The scope of AMOS software application

Područje primjene programskog paketa na brodu je višestruko što se vidi na slici 13. Kao što se vidi na slici 13 sve su funkcije implementirane u programski paket AMOS[6], a to su: menadžment održavanja, menadžment zaliha, kupnja i narudžba doknadnih dijelova, kontrola proračunskih sredstava. Prednost ovog programa se vidi u tome što je prijenos podataka o održavanju između sustava nepotreban jer su svi sustavi međusobno povezani programom tj. umreženi.

4. Ekološki zahtjevi za brodski dizelski porivni sustav

Proizvođači brodskih dizelskih porivnih sustava moraju zadovoljiti zakonske odredbe u pogledu smanjenja i onečišćenja atmosfere i okoliša emisijom ispušnih plinova. Kao rezultat razvijeni su uređaji za praćenje tj. monitoring ispušne emisije koji ispuštaju brodski dizelski porivni sustavi. Postupci mjerenja elemenata u emisiji ispušnih plinova, mjerna oprema (analizatori) i tehnika tj. protokol uzimanja uzoraka definirani su ISO 8178 normama, kako bi rezultati mjerenja bili pouzdani i točni.



Slika 14. Uzimanje uzoraka za mjerenje emisije ispušnih plinova prema ISO 8178 normi [6][8]

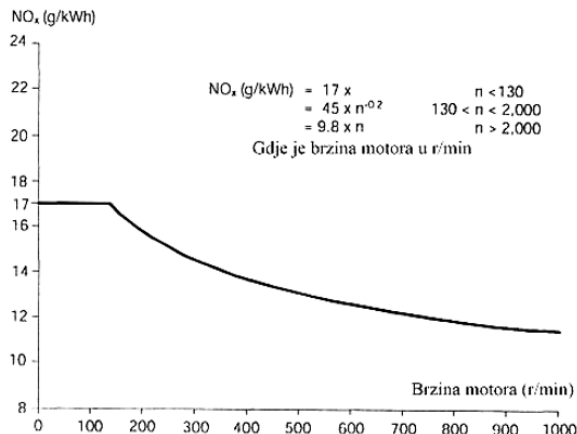
Figure 14 Sampling for measurement of exhaust emission according to ISO 8178 [6] [8]

Mjerenje se vrši za vrijeme: manevriranja brodom, upućivanja, ulaska i izlaska broda iz luke i u ostalim prelaznim operacijama s brodom gdje se sumnja da će ispušna emisija biti povećana. Slika 14 prikazuje mjerna mjesta za uzimanje uzoraka i opremu za analizu ispušnih plinova (ISO 8178).

Sustavnim praćenjem vrijednosti ispušne emisije potrebno je uzimati podatke o broskom porivnom sustavu i njegovim radnim karakteristikama:

1. protok ispušne emisije njena količina
2. zakretni moment propeler
3. broj okretaja broskog dizelskog porivnog sustava
4. broj okretaja propeler
5. postavljena točka na ručici goriva
6. postavljena točka na prekretnom propeleru
7. tlak ispiranog zraka
8. barometarski tlak
9. temperatura ispiranog zraka
10. vlažnost ispiranog zraka

Dobivena specifična masa emisija ispušnih plinova izračunata je (kilogramima onečišćenja po toni izgorjenog goriva) u gramima po kilovat satu [g/kWh].



Slika 16. Krivulja ovisnosti opterećenja i NOx, za brodski porivni stroj MAN B&W 6L60MC[6][7]
Figure 16 Load-dependent curve and Nox curve for marine propulsion engine MAN B&W 6L60MC [6] [7]

Bazni podaci koji se kasnije koriste za usporedbu (kontrolu) dobiveni su mjerenjem NOx u ispušnoj emisiji i opterećenju brodskog dizelskog porivnog sustava na probnom stolu. Propisi ISO 81781 norme za NOx opisuju protokol mjerenja pri različitim opterećenjima. NOx ispušna emisija je dana IMO propisima: Tier I, Tier II i Tier III. Tipična NOx krivulja prikazana je na slici 16. s IMO-NOx vrijednostima izračunatih za 19,5 g/kWh. Vidljivo je da je relativno blizu dopuštene granice IMO-a od 17 g/kWh za motore s MCR od 91 okretaja u minuti.

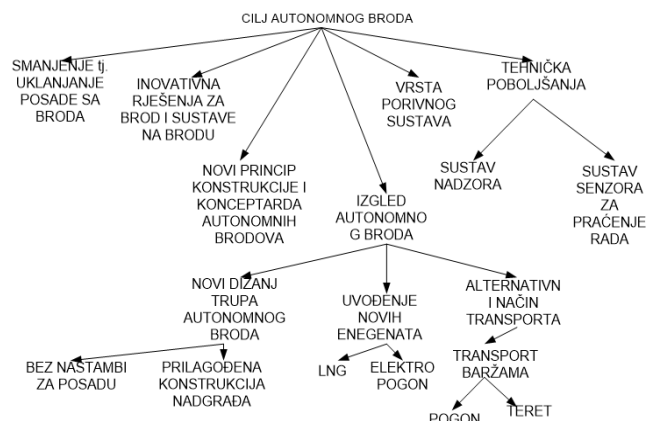
5. Autonomni brodovi sutra

U brodarstvu se promjene događaju jako sporo posebno u sferi eksploatacije brodskih sustava i posade koja opslužuje te brodske sustave. Glavni cilj svakog brodarka je:

1. dobra organizacija,
2. kvalitetno održavanje,
3. sigurna plovidba u skladu sa svim međunarodnim i lokalnim sigurnosnim pravnim regulativama,
4. zadovoljavanje uvjeta zaštite okoliša,
5. učinkovitost postrojenja,
6. smanjivanje troškova,
7. povećanje prihoda.

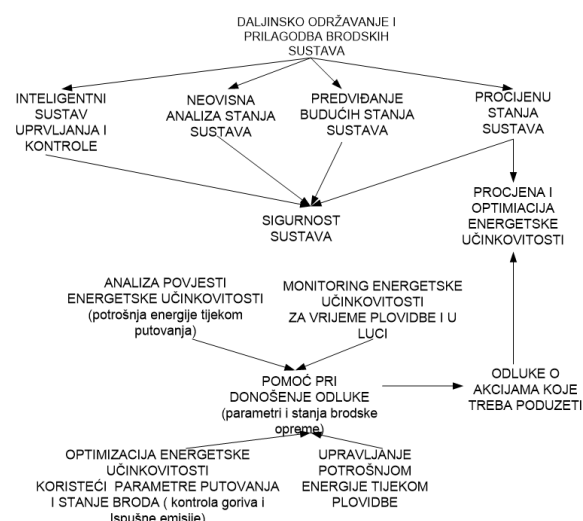
Kod autonomnih brodova vrlo važan čimbenik je gorivo koje nas usmjerava u razmišljanju o budućnosti tih brodova. Pogon na teško gorivo, koje je cijenom prihvatljivo, zahtijeva složen pogon, konstantno održavanje i monitoring. Tako da je u budućnosti ovo veoma isplativo gorivo potrebno mijenjati. Danas se polako prelazi na porivni sustav koji koristi plin

LNG. Takav pogon je jednostavniji za održavanja i ekološki je prihvatljiv. Autonomni brodovi bez posade svrstavaju se u brodove sa poboljšanim i inovativnim tehničkim rješenjima što se vidi na slici 17.



Slika 17. Cilj autonomnog broda
Figure 17 Autonomous ship goal

Periodično održavanje, koje podrazumijeva troškove dokovanja i pregleda sustava, je unaprijed poznato i uhodano. Međutim kako ljudski faktor ima veliki utjecaj na održavanje pa tako i na periodično održavanje uvijek postoji mogućnost da se potkrade greška i da radovi obavljani u doku ne budu kvalitetni što rezultira smanjivanjem pouzdanosti sustava tj. samog broda. Kao i sve u pomorstvu tako i ova vrsta brodova prvo će ići u implementaciju po fazama. Neće se moći odmah izbaciti posadu već postepeno će se uklanjati posada, pa onda kapetan i upravljanje će preuzeti računalo i umjetna inteligencija. Zapovjednik broda i nadzor će biti s kopna tj. daljinsko upravljanje, a isto tako će biti daljinsko održavanje s prilagođenim, nadograđenim i poboljšanim sustavima slika 18.



Slika 18. Daljinsko održavanje i poboljšanje brodskih sustava
Figure 18 Ship remote maintenance and systems upgrade

5.1. Redundirani sustavi

Da bi autonomni brod mogao zadovoljiti sve zahtjeve za sigurnom plovidbom u skladu sa svim međunarodnim i lokalnim sigurnosnim pravnim regulativama, uvjetima zaštite okoliša i zahtjevima osiguravajućeg društva, potrebno je da sustavi budu redundirani tj. međusobno neovisni. Kod redundiranih sustava, ako jedan sustav otkáže drugi sustav preuzima njegovu funkciju. Kada ostane samo jedan sustav, onda kompletni brod prelazi u kritično stanje, jer u slučaju kvara na zadnjem sustavu brod staje. Jedan od primjera su senzori na sustavima, ako se senzor pokvari sustav će i dalje raditi, ali što ako se sustav pokvari, tko će ga popraviti? Iz ovog se da zaključiti da svi sustavi moraju biti udvostručeni, tako da otkazivanje jednog sustava ne utječe na rad drugog sustava koji preuzima njegovu funkciju. Na autonomnom brodu to bi bili: svi porivni sustavi, energetski sustavi, upravljački sustavi tj. svi sustavi nužni za funkcioniranje broda. Redundirani sustavi znatno povećavaju kapitalne i operativne troškove brodaru.

6. Zaključak

Prvo i osnovno pitanje je da li za brodove s klasičnim brodskim dizelskim porivnim sustavom postoji sutra? Može li brod ploviti bez posade? Što ako se dogodi požar na brodu, tko će rukovati sredstvima za gašenje požara? Da bi brod bio autonoman prvo i osnovno treba znati da porivni sustav na autonomnom brodu ne može imati konstantno održavanje, ostali sustavi moraju biti redundirani, sustav mora imati na sebi veliki broj senzora i sve to povezano brzim internetom. Senzori i brzi internet je potreban jer se sve nadzire i provjerava, a zamjena komponenti ili bilo koja korekcija na sustavu se vrši u luci. Sve se mora napraviti da ne dođe do kvara dok je autonomni brod na moru tj. da ne pluta i čeka pomoć. Na kraju ostaju tri problema koja imaju rješenje, a to je hakiranje sustava, za što postoji kvantni čip kojeg hakeri ne mogu hakirati, pravne regulative koje treba prilagoditi autonomnom brodu i redundirani sustavi koji olakšavaju održavanje i povećavaju pouzdanost. Sve to za nekoliko puta povećavaju ukupnu cijenu broda, pa se iz toga da zaključiti da će posada broda još dugo, dugo vremena sama održavati brod koji je u plovidbi.

Literatura

- [1] Baladauf, M., Mehdi, RA., Fonseca, T., Kitada, M., (2018), Conventional Vessels and Marine Autonomous Surface Ships – A Love Marriage? World Maritime University, Geneva, Switzerland
- [2] Rødseth, Ø.J., Nordahl, H., (2017), Definition for Autonomous Merchant Ships. Norwegian Forum for Autonomous Ships
- [3] Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, (2018), <http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- [4] Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, (2018), <http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- [5] AAWA., (2016), Remote and Autonomous Ship- The next steps. London, UK
- [6] Jurjević, M., (2009), Simulacijsko modeliranje pouzdanosti tehničkog sustava primjenom sustavne dinamike. Doktorska disertacija, FESB, Split
- [7] BI-Uljanik- Brodogradilište i Strojogradnja, (2015), CAD-CAM MAN B&W 6L60MC instrukcijska knjiga, Pula
- [8] Međunarodne ISO 8178 norme
- [9] IMO Maritime Safety Committee, (2018), 100th Session Report, London
- [10] Rolls Royce Marine, (2016), Remote and Autonomous Ship- The next steps. London, UK,
- [11] Öhland, S., Stenman, A., (2017), Interaction Between Unmanned Vessels and COLREGS, Aboa Mare Academy and Training Centre Turku, Finland
- [12] Lee, Tuan Khee, (2016), Liability of Autonomous Ship: The Scandinavian perspective. How the liability regimes shall be regulated in the Scandinavian region?, University of Oslo, Norway
- [13] Höyhty, M., Huusko, J., Kiviranta, J., Solberg K., Rokka, J., (2017), Connectivity for Autonomous Ships: Architecture, Use Cases, and Research Challenges, Finland