

Utjecaj ljudske pogreške kod tehnoloških zahtjevnijih brodova

Jurlina, Stipe

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:164:363632>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**

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](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STIPE JURLINA

**UTJECAJ LJUDSKE POGREŠKE KOD
TEHNOLOŠKI NAPREDNIJIH BRODOVA**

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2018.

	POMORSKI FAKULTET U SPLITU	STRANICA: ŠIFRA:	1/1 F05.1.-DZ
	DIPLOMSKI ZADATAK	DATUM:	22.10.2013.

SPLIT, _____

ZAVOD/STUDIJ: _____

PREDMET: _____

DIPLOMSKI ZADATAK

STUDENT/CA: _____

MATIČNI BROJ: _____

ZAVOD/STUDIJ: _____

ZADATAK:

OPIS ZADATKA:

CILJ:

ZADATAK URUČEN STUDENTU/CI: _____

POTPIS STUDENTA/CE: _____

MENTOR: _____

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

**UTJECAJ LJUDSKE POGREŠKE KOD
TEHNOLOŠKI NAPREDNIJIH BRODOVA**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

Izv. prof. dr. sc. Pero Vidan

STUDENT:

Stipe Jurlina
(MB:0269045662)

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

Ljudske greške najčešći su uzrok pomorskih nesreća, a tehnološkim napretkom sigurnost plovidbe se povećava zahvaljujući uvođenju različitih sustava koji olakšavaju i ubrzavaju različite postupke u plovidbi. Na zapovjednički most uvedeni su „pametni“ automatizirani sustavi koji omogućuju nadzor sustava navigacije i strojarnice, ali i drugih sustava. Na izvođenje krucijalnih aktivnosti na zapovjedničkom mostu izravno utječe i njegova ergonomija te su tako doneseni zahtjevi za poboljšanjem ergonomije ne samo zapovjedničkog mosta, nego i strojarnice broda, da bi se minimalizirala mogućnost nastanka pogreške na brodu. Ovaj rad bavi se razumijevanjem aspekata nastanka ljudskih grešaka u pomorstvu s naglaskom na greške koje se pojavljuju kod tehnološki naprednijih brodova. Cilj rada je otkrivanje propusta koji dovode do nastanka greške i eliminacije istih.

Ključne riječi: *ljudska greška; pomorske nesreće; tehnološki napredak*

ABSTRACT

Human errors are the most common cause of maritime accidents. The safety of navigation is increased due to the technological improvement by using various systems which facilitate and expedite different procedures in navigation. The navigation bridge nowadays is equipped with various automatic systems that enable the control of navigation and machine systems, and the other systems important to ship managing. The ship ergonomics directly affects the crucial activities in the navigation bridge and various conventions for improving ergonomics have been brought to minimize the error possibility. The paper deals with understanding where on the boat the human errors can occur and exploring the lapses which lead to making mistakes, and also with an elimination of those same mistakes.

Keywords: *human error; maritime accidents; technological progress*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. SUVREMENE TEHNOLOGIJE U POMORSKOM PROMETU	3
2.1. NOVIJE TEHNOLOGIJE POMORSKOG PRIJEVOZA	4
2.2. RAZVOJ ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA	6
2.2.1. Dizajn zapovjedničkog mosta	11
2.2.2. Zahtjevi SOLAS konvencije glede izgleda zapovjedničkog mosta	12
2.3. NOVE TEHNOLOGIJE NADZORA STROJARNICE	13
2.3.1. Dizajn suvremenih kontrolnih kabina strojarnice	13
3. ERGONOMIJA	16
3.1. ERGONOMIJA ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA	16
3.2. ERGONOMIJA KONTROLNE KABINE STROJARNICE	18
3.3. ZAHTEVI SOLAS KONVENCIJE U POGLEDU KONCEPCIJE INTEGRIRANOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA	18
4. UČINAK SUVREMENIH SUSTAVA EKSPLOATACIJE BRODA NA LJUDSKU POGREŠKU	20
4.1. UČINAK SUVREMENIH SUSTAVA EKSPLOATACIJE NA SIGURNOST	20
4.2. UTJECAJ LJUDSKE POGREŠKE NA POMORSKE NEZGODE	21
4.3. NAČINI SMANJIVANJA POMORSKIH NEZGODA	26
4.3.1. Načini smanjivanja ljudske pogreške kao uzročnika pomorskih nezgoda	26
5. AUTONOMNI BRODOVI	31
6. PRIJEDLOG POVEĆANJA SIGURNOSTI RADA NA BRODU U UVJETIMA POSTOJEĆIH TEHNOLOGIJA	35
6.1. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE ERGONOMIJE	35
6.2. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI	36
6.3. UTJECAJ NA ORGANIZACIJU RADA NA BRODU	39
6.4. POBOLJŠANE ORGANIZACIJSKE PROMJENE	40
7. ZAKLJUČAK	42
POPIS TABLICA	47

POPIS ILUSTRACIJA _____ **48**

POPIS KRATICA _____ **49**

1. UVOD

Još od davnina pomorski promet prepoznat je kao ekonomičan i siguran način prevoženja putnika i tereta te su kroz povijest zahtjevi prema njemu konstantno rasli. Tehnologija se nalazi u svim sferama pomorske djelatnosti, a smatra se da će se zahtjevi prema pomorskom prometu povećavati i da će ona pronalaziti rješenja za unaprjeđenje broda u skladu sa sve većim zahtjevima [15].

Tehnološki napredak omogućio je razvoj pomorskog sustava kroz nove navigacijske sustave, sustave za komunikaciju, zaštitu i administraciju. Današnja tehnologija na brodovima omogućuje nesmetanu komunikaciju 24 sata dnevno, a napredak tehnologije najbolje se vidi na navigacijskom mostu. Suvremeni navigacijski most opremljen je visokotehnološkim sustavima koji su povezani u cjelinu s glavnom računalnom mrežom i čine tzv. Integrirani navigacijski sustav (eng. *Integrated Navigation System, INS*) koji pruža sve informacije potrebne za plovidbu.

Iako su suvremeni brodovi opremljeni visokom tehnologijom koja osigurava sigurnu plovidbu, pomorske nesreće se i dalje događaju relativno teško. Ipak je veći udio nezgoda uzrokovan ljudskim čimbenikom i to čak između 75 % i 96 % [19]. Analiza 100 pomorskih nesreća koje su se dogodile u vremenu između 1982. i 1985. godine pokazuju da je 35 % nezgoda koje su posredovane ljudskim faktorom rezultat nepoznavanja primjene brodskih sustava i opreme [23], a ipak je požar uzrok čak i do 85 % svih nesreća na brodu [19].

Sve pomorske nezgode su splet više okolnosti, iako se smatra da je ljudski faktor jedan od glavnih uzroka. Umor ili nedostatak pažnje vrlo lako mogu uzrokovati propust u vidu neprimjerene brzine broda ili zakašnjele reakcije na situaciju što vrlo lako može dovesti do nesreće, ali ipak se smatra da su nedovoljna izobrazba i ljudsko neznanje glavni uzroci nesreće [3].

Cilj istraživanja diplomskog rada jest analiza međusobnog odnosa čovjeka i brodske tehnologije te analiza utjecaja ljudskog čimbenika na pogrešku u visoko tehnološki opremljenim brodovima. Doprinos ovog diplomskog rada je uočavanje ljudskih pogreški kod tehnološki naprednijih brodova i davanje smjernica za njihovo izbjegavanje te se dobiveni rezultati mogu primijeniti na trening i obrazovanje pomoraca.

Više metodologija istraživanja korišteno je u ovom radu: metoda analize, metoda deskripcije i statistička metoda. Metoda analize je postupak objašnjavanja pojmova tako da se pojam rastavlja na jednostavnije sastavne elemente i svaki od njih se izučava posebno i u odnosu na cjelinu.

Metoda deskripcije je metoda jednostavnog opisivanja pojmova, ali bez znanstvenog objašnjavanja.

Jedna od najvažnijih metoda naučnog saznanja u današnje vrijeme je statistička metoda. Tom metodom se analiziraju pojmovi, odnosno pojave, pomoću brojčanog izražavanja, grafikona i dr. i to na način da se analiziraju njihove karakteristike, uzročno - posljedične veze između pojava i sl.

2. SUVREMENE TEHNOLOGIJE U POMORSKOM PROMETU

U današnje vrijeme svjedoci smo svakodnevnog tehnološkog rasta čiji se napreci sve češće upotrebljuju i integriraju na modernim brodovima.

Razvoj pomorskog prijevoza započeo je još u drevna vremena kada su ljudi koristili primitivna plovila za vlastiti prijevoz ili prijevoz tereta. Nešto kasnije brodovi su za pogon, osim ljudske snage, počeli koristiti i snagu vjetrova pa su morima sve do 19. stoljeća dominirali jedrenjaci.

Zahvaljujući Jamesu Wattu i njegovom parnom stroju¹, sve industrijske grane su napredovale, a tako i pomorska industrija te je početkom 19. stoljeća Robert Fulton konstruirao prvi parobrod *Clermont*. Prva industrijska revolucija omogućila je korištenje parnog stroja i za lučke dizalice, strojeve za pretovar u lukama i druge strojeve u pomorskoj industriji.

Izum motora s unutarnjim sagorijevanjem omogućio je daljnji napredak pomorske industrije, a upotreba plinskih turbina u brodskom pogonu obilježila je polovicu 20. stoljeća. U to vrijeme brodovi su počeli dobivati opremu koja je omogućavala sigurniju plovidbu.

Tijekom drugog svjetskog rata potreba za brodovima koji će prevoziti velike količine tereta je rasla što je dovelo do značajnog rasta i tehnološkog napretka u proizvodnji brodova.

Povećani zahtjevi u pomorskom prometu u nekoliko posljednjih desetljeća uvjetovali su nagli razvoj tehnologije u pomorstvu. Današnja brodogradnja koristi razne tehnološke inovacije kao što je upotreba robota u izradi dijelova broda, korištenje računalnog sustava za modeliranje i analizu izračuna o stabilnosti broda, hidrodinamici i sl.

Tehnologija omogućuje izvođenje zahtjevnih i složenih radnji sustava za komunikaciju, navigaciju i automatizaciju. Različiti računalni sustavi uvelike su skratili vrijeme i trud koji su prije trebali biti uloženi u razne izračune i analize potrebne za plovidbu. Tako se štedi vrijeme, ali i smanjuje mogućnost pogreške u izračunima. Tehnološki napredak zauzima značajno mjesto u čitavom pomorskom sustavu koji je uvelike unaprijeđen. Automatizacija posebno važnu ulogu ima u najbitnijem dijelu svakog broda – zapovjedničkom mostu.

¹ U 18. stoljeću James Watt izumio je i usavršio parni stroj. Taj izum doveo je do velikog preokreta u proizvodnji, odnosno u svim industrijskim granama. Tako je počela Prva industrijska revolucija. Parni stroj pronašao je primjenu i u brodogradnji pa je uskoro sagrađen prvi parobrod *Clermont*. Za vrijeme Prve industrijske revolucije počela je izgradnja brodova od čelika.

U trgovini i transportu automatizacija je uvelike olakšala, ubrzala i pojeftinila pristup proizvoda proizvođačima. Velik napredak uočen je i kod lučkih sustava gdje je uvođenjem automatizacije došlo do uštede vremena i novca za naručitelje.

2.1. NOVIJE TEHNOLOGIJE POMORSKOG PRIJEVOZA

Pomorski prijevoz prepoznaje se kao relativno siguran i jeftin način prijevoza. Zato se u novije vrijeme sve više grade specijalizirani brodovi da bi što učinkovitije prevozili teret ili putnike. Specijalizirani brodovi su oni koji su luže za prijevoz kontejnera (spremnika), rasutih tereta, ruda, zatim tankeri, brodovi za prijevoz teških tereta i drugi.

Kontejnerski brodovi (slika 1) su teretni brodovi koji sav teret prevoze u kontejnerima. Ta tehnika prijevoza naziva se kontejnerizacija. Prema namjeni se dijele na velike oceanske brodove i male, *feedere*. Postoji više tipova kontejnerskih brodova od kojih su najznačajniji potpuni (eng. *Full Container Ships*) i djelomični (eng. *Partial Container Ship*). Većina kontejnerskih brodova opremljena je dizelskim motorima i mogu doseći brzine od 27 čvorova [8].



Slika 1 Kontejnerski brod MSC Donata

Izvor: <http://maritime-connector.com/ship/msc-donata-9237151/>

Brodovi za rasute terete (slika 2) (eng. *Bulk Carrier*) su brodovi koji su specijalizirani za prijevoz sipkog tereta kao što su neke prehrambene namirnice (npr. pšenica ili riža),

rude, drvene građa i sl. Oni su prepoznatljivi po velikim pražnicama. Problem ovih brodova predstavlja stabilnost jer se ponekad sipki teret ponaša kao tekućina pa brod mora udovoljavati odrednicama konvencije SOLAS 74 [38].



Slika 2 Brod za rasuti teret Sabrina I

Izvor: Upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Sabrina_I_cropped.jpg/1024px-Sabrina_I_cropped

Tankereri su brodovi specijalizirani za prijevoz tekućih tereta. Prostor broda odijeljen je nepropusnim odijeljenima – tankovima. Za iskrcavanje i ukrcavanje robe postoji poseban sustav cijevi. S obzirom na njihovu ulogu dijele se na tankere koji prevoze sirovu naftu, naftne derivate, ukapljeni prirodni plin, kemikalije, pitku vodu i poseban teret. Tankeri za prijevoz tekućeg plina, LNG tankeri (eng. *Liquid Natural Gas*) imaju rezervoar u obliku sfere ispupčen iznad glavne palube (slika 3).



Slika 3 LNG tanker

Izvor: <https://www.vesselfinder.com/vessels/GALLINA-IMO-9236626-MMSI-564646000>

Ovi brodovi prijevoze plin pod pritiskom za što je potrebno smanjiti volumen plina oko 600 puta i ohladiti ga na temperaturu od -162°C . Iz tog razloga tankeri su opremljeni posebnim kompresorima, kondenzatorima, posebnim ventilima i drugom opremom. Tehnološki napredak na ovakvim brodovima najbolje se može očitovati u upravljačkom sustavu postrojenja za ukapljivanje prirodnog plina. On automatski regulira rad postrojenja s obzirom na stanje plina. Način rada upravljačkog sustava automatski se regulira u ovisnosti o tlaku u tanku [12].

Na prethodnih nekoliko primjera može se uočiti da svaka vrsta broda zahtijeva posebnu opremu i sustave. Tako npr. BIBO brodovi (eng. *Bulk in-Bags out*) moraju imati posebnu opremu koja će rasuti teret koji se ukrcava na brod s njega iskrcati kao teret u vrećama, RORO brodovi (eng. *Rolling on-Rolling off*) imaju posebno konstruirane unutrašnje rampe koje omogućuju prijevoz kotrljajućeg tereta itd.

2.2. RAZVOJ ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA

Zapovjednički most je prostor namijenjen manevriranju brodom i svim aktivnostima na brodu od strane časnika palube. Obično se nalazi na najvišem dijelu nadgrađa, iako to nije pravilo kod nekih vrsta brodova kao što su putnički brodovi i neki brodovi posebne namjene. Most je zatvoren, a prostire se cijelom širinom broda [15].

Do kraja 1970-ih most je imao samo uređaje neophodne za sigurno vođenje navigacije – kompas, nautičke karte, sekstant i kronometar. Uz temeljna navigacijska pomagala kao što su sekstant, nautičke karte, kompas i kronometar koji su prethodno navedeni, na brodu su se tada počela koristiti elektronička pomagala kao što su radari, uređaji za mjerenje brzine i dubine, zvrčni kompas i automatsko kormilo. Kada se počela koristiti GMDSS (eng. *Global Maritime Distress Safety System*) tehnologija, rad komunikacijske opreme je pojednostavljen. Na zapovjedni most uveli su se sustavi nadziranja skladišta i sustavi za dojavu požara.

Kako se razvijala tehnologija, tako su se na zapovjednički most počeli uvoditi „pametni“ automatizirani sustavi. Automatizirani sustavi doveli su do primjene računala na mostu koji mogu nadzirati sustave navigacije, strojarne i druge sustave. Tehnologija je nesumnjivo zauzela najvažnije mjesto u brodskom sustavu.

Moderni zapovjednički most (slika 4) opremljen je suvremenom (eng. *High-tech*) opremom i sustavima. Neki od njih nisu u direktnoj vezi s upravljanjem brodom, npr. balastni sustavi, sustavi za upravljanje glavnim strojem i sl. To samo znači da je mjesto koje je nekad služilo isključivo za navigaciju sada postalo i navigacijsko i operativno središte broda.

Danas su suvremeni brodski sustavi na zapovjedničkom mostu integrirani i zajedno čine tzv. Integrirani navigacijski sustav (eng. *Integrated Navigation System, INS*). INS čine različiti navigacijski sustavi koji su povezani s glavnim računalnom mrežom i pružaju informacije potrebne za plovidbu [5].

Osnovni cilj Integriranog navigacijskog sustava je osigurati dodatnu vrijednost funkcijama i informacijama koje su časniku potrebne za planiranje, nadzor i kontrolu broda. INS pomaže sigurnosti plovidbe. Njegova je uloga procijeniti ulazne podatke različitih nezavisnih senzora da bi se u potpunosti nadzirale i dostavile informacije za sigurnu plovidbu [22].



Slika 4 Moderni navigacijski most

Izvor: <https://www.vollefahrtvoraus.de/news/meyer-werft-liefert-quantum-seas-royal-caribbean-international-ab/>

INS omogućuje obradu, prikaz i ispis podataka koji se pohranjuju (npr. podaci skladišta tereta, strojarne i mosta) i tako se štedi vrijeme potrebno za obradu podataka i uštedeno vrijeme omogućuje časniku obavljanje drugih zadataka. Iako konstrukcija mosta varira i ovisi o brodovlasničkoj kompaniji, svaki most mora ispuniti zahtjeve postavljene SOLAS konvencijom (eng. *International Convention for the Safety of Life at Sea*).

Računalo, procesor i mreža čine podsustav INS-a koji nadzire protok informacija dobiven s navigacijskih sustava, npr. prikupljaju se podaci o poziciji s GPS-a, podaci o kretanjama s gyro kompasa, podaci o brzini s brzinomjera i sl. Svi dobiveni podaci mogu biti integrirani u jedan sustav kao što je elektronički informacijski kartični sustav te su u tom sustavu članu posade dostupni u svakom trenutku.

Suvremena oprema uključuje uređaje kao što je kompas koji je neovisan o magnetskom polju u okruženju te komunikacijsku opremu koja omogućuje stalni kontakt s bilo koje pozicije. Prema SOLAS konvenciji iz 1965. godine, navigacijski radar je obavezan dio opreme, a nedugo nakon toga je na konvenciji uveden i ARPA sustav (eng. *Automatic Radar Plotting Aid*) (slika 5) kao dio obvezne opreme na brodu. Navigacijski i ARPA radar uključeni su u INS koji omogućuje digitaliziranje radarske snimke i emitiranje na sučelje elektronske karte u istom mjerilu [5].



Slika 5 ARPA sustav

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Radar_screen.JPG

GPS² (eng. *Global Positioning System*) sustav za pozicioniranje obvezan je dio navigacijskog mosta i omogućuje precizno određivanje pozicije. Automatsko kormilarenje integrirano je s GPS sustavom i elektroničkim informacijskim kartičnim sustavom (eng. *Electronic Chart Display Information System – ECDIS*) i razvijeno u ATKS (eng. *Automatic Track Keeping System*).

ECDIS (eng. *Electronic Chart Display and Information System*) (slika 6) je sustav elektronske karte koji je nastao po standardima Međunarodne pomorske organizacije (IMO). To je sustav elektroničke karte koji integrira zemljopisne i tekstualne podatke, pozicije nevidljivih opasnosti i raznih objekata. Na ECDIS-u se mogu vidjeti i druge korisne informacije kao što je npr. smjer plovidbe. Po IMO normama i SOLAS V/19 2.1.4. propisu, na brodu moraju biti dva nezavisna ECDIS-a od kojih je jedan uključen, a drugi “hibernira”.

² GPS (eng. *Global Positioning System*) je navigacijski uređaj baziran na informacijama koje osiguravaju sateliti u orbiti. Satelitski sustav mora biti sačinjen od najmanje 24 satelita. GPS sustav u pomorstvu je postao potpuno operativan 1994. godine kada su se u orbiti nalazila 24 satelita. Od 2010. godine rad GPS-a zasniva se na pozicioniranju pomoću 31 satelita. Sateliti u preciznoj orbiti kruže oko Zemlje dva puta dnevno. Svaki satelit prenosi jedinstveni signal i parametre koji omogućuju GPS uređajima da procijene točnu lokaciju.



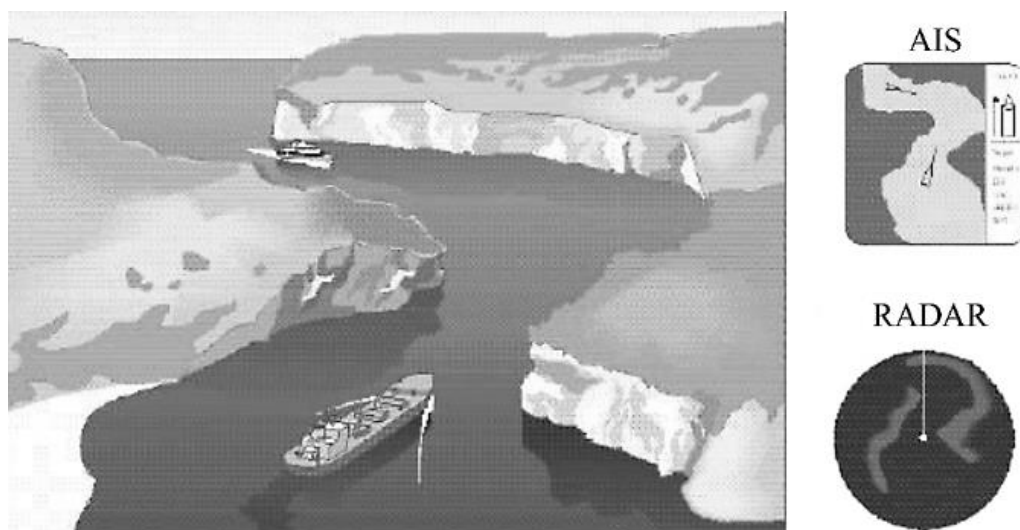
Slika 6 ECDIS sustav

Izvor: www.glasgowmaritimeacademy.com

AIS (automatski identifikacijski sustav) je suvremeni sustav koji koristi VHF³ (eng. *Very High Frequency*) frekvencije za izmjenu podataka i tako omogućuje brodovima i obalnim postajama identifikaciju brodova u blizini. Primljeni i poslani podaci sadržavaju osnovne navigacijske podatke o okolnim brodovima kao što su identifikacijski podaci broda, pozicija kursa i brzina broda. Cilj ovog sustava je unaprjeđenje sigurnosti plovidbe. Sustav funkcionira tako što se podaci s brodskog senzora automatski prebacuju u AIS sustav. U AIS sustavu informacije se oblikuju te se odašilju preko VHF kanala. Drugi brod ili obalna postaja primaju signal, u sustavu se dekodiraju podaci i prikazuju se članu posade. On te podatke može vidjeti u grafičkom (slika 7) i tekstualnom obliku. Ovakva razmjena podataka se odvija automatski, a kod novijih sustava se ažuriraju svakih nekoliko sekundi. AIS nije obavezan za sve brodove (npr. brodovi za sport) pa se tako časnik u straži

³ VHF frekvencije (eng. *Very High Frequency*) predstavljaju područje elektromagnetskog zračenja vrlo visoke frekvencije (od 30 MHz do 300 MHz). U pomorstvu se koriste frekvencije između 156 i 174 MHz (ITU Radio Regulations App. 18). VHF frekvencije omogućuju komunikaciju između brodova vezane uz sigurnost navigacije, komunikaciju brodova i zrakoplova tijekom koordiniranih akcija, rutinske pozive i pozive u hitnim situacijama te digitalno selektivno povezivanje. Kanal 16 smije se koristiti za komunikacije u slučaju hitnoće, sigurnosti i pogibije te za navođenje radnog kanala na kojem će se odvijati daljnja komunikacija. Ova frekvencija treba se koristiti samo za navedene radnje da se što je više moguće izbjegne zauzimanje kanala jer se pri tome neposredno u opasnost mogu dovesti drugi ljudi. Prema IMO rezoluciji A.809(19) VHF radiotelefonski primopredajnik obavezan je za sve teretne brodove veće od 300 BT te za sve putničke brodove na međunarodnim plovidbama.

mora brinuti o tome da brodovi u blizini ne moraju imati AIS. AIS može biti integriran s radarima, ECDIS-om i nekim drugim sustavima [2].



Slika 7 Radarski i AIS prikaz [2]

Osim prethodno navedenih, različiti drugi sustavi kao što su alarmni sustav (eng. *Bridge Alert Management System – BAMS*) i sustavi upravljanja informacijama (eng. *Information Management System – IMS*) mogu se pronaći na brodu.

Svi ovi sustavi i oprema čine navigacijski most središnjim mjestom broda, zbog toga koncept zapovjedničkog mosta treba biti podređen časniku. Od iznimne je važnosti da je rukovanje sustavima, odnosno opremom na navigacijskom mostu jednostavno i podređeno brodskom osoblju, ali uz to njegova kvaliteta i funkcionalnost moraju biti na optimalnoj razini [22].

2.2.1. Dizajn zapovjedničkog mosta

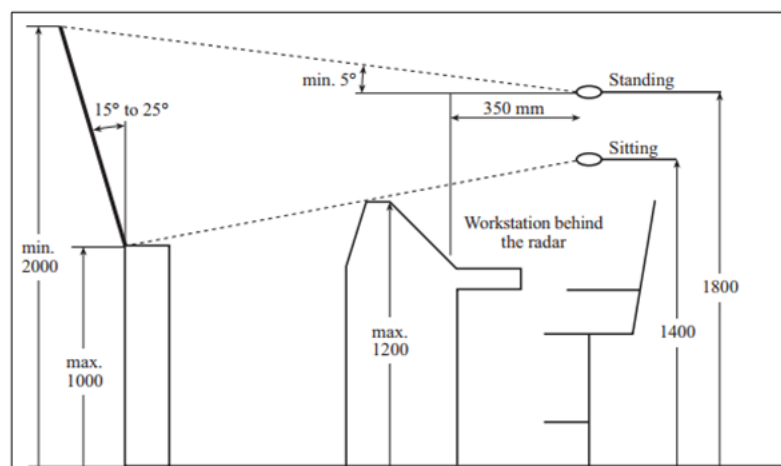
Položaj zapovjedničkog mosta na brodu ovisi o namjeni broda. Tako su npr. kod teretnih brodova most i strojarnica na krmi broda, dok je kod putničkih most na pramcu broda, ali je strojarnica na krmi. Brodske lastavice su izbačene i zatvorene – izbačene radi povećanja preglednosti, a zatvorene da bi se zaštitili upravljački sustavi. Radarske antene obično se postavljaju na najvišu poziciju što smanjuje utjecaj smetnji na radar.

Ekonomičnost je jedan od najvažnijih čimbenika u gradnji i dizajnu zapovjedničkog mosta. On se mora smjestiti da ne pruža otpor strujanju zraka, ali i da se brodski teretni prostor iskoristi optimalno.

2.2.2. Zahtjevi SOLAS konvencije glede izgleda zapovjedničkog mosta

Zapovjednički most je središnje mjesto broda i mora biti dizajnirano i opremljeno tako da omogućuje optimalno donošenje odluka o plovidbi. To znači da mora zadovoljavati zahtjeve koji su postavljeni SOLAS konvencijom u vezi sustava, ali i dizajna mosta.

Prema pravilu III/3.12 SOLAS konvencije, brodovi duljine veće od 45 m konstruirani poslije 1. srpnja 1998. godine moraju zadovoljavati sljedeće uvjete u vezi izgleda zapovjedničkog mosta: teret ili druge konstrukcije na brodu ne smiju ometati pogled na more i stvarati slijepe sektore veće od 10° , dok zbroj njihovih lukova ne smije prijeći 20° . Vidljivost između slijepih sektora treba biti u luku od barem 5° . Horizontalni luk promatranja s lastavice mora biti 225° ili veći, dok horizontalni pogled suprotne strane ne smije biti manji od $22,5^\circ$ po horizontalnom luku. Pogled s lastavice u smjeru naprijed – nazad mora zatvarati luk motrenja od 180° ili više. S lastavice broda mora biti vidljiva oplata broda. Luk promatranja s mjesta za kormilarenje mora se vidjeti od barem 60° u svaku stranu (slika 8).



Slika 8 Shematski prikaz minimalne vidljivosti s navigacijskog mosta

Izvor: http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/gl/maritimerrules2016July/gl_i-1-11_e.pdf

Stakla zapovjedničkog mosta mogu biti nagnuta, no moraju omogućiti nesmetan pregled pučine. Da bi se izbjeglo reflektiranje svjetlosti, prednji prozori moraju biti nagnuti od vertikalne ravnine vrha („od gore prema dolje“) u kutu većem od 10° i manjem od 25° . Okviri prozora moraju biti minimalizirani da ne ometaju vidno polje.

Izvedba mosta ovisi najprije o namjeni broda i arhitekturi, ali svaki suvremeni trgovački brod treba se graditi u skladu s pravilima SOLAS konvencije.

2.3. NOVE TEHNOLOGIJE NADZORA STROJARNICE

Tehnološki napredak i automatizacija omogućili su rad strojarnice bez neposrednog ljudskog nadzora. U neposrednoj blizini strojarnice nalazi se odvojena prostorija (eng. *control room*) iz koje časnik indirektno nadzire rad strojeva pomoću različitih indikatora sustava i alarma. U kontrolnoj sobi nalaze se sustavi kontrole, sustavi dojavljivanja i sustavi upravljanja strojevima.

Svi automatizirani uređaji i sustavi na brodu služe za izvršavanje osnovnih zadaća – automatsko upućivanje u rad, nadzor, signalizacija i alarmi, automatska regulacija i upravljanje i automatska zaštita.

U automatizaciji brodskih sustava i strojeva sudjeluje velik broj različitih sastavnica koji su integrirani u automatizirane sustave. Automatskim uređajima na brodovima dodjeljuje se oznaka AUT 1, AUT 2 ili AUT 3.

AUT 1 odnosi se na brodove na kojima je strojarnica bez nadzora te bez stalne službe na središnjem upravljačkom mjestu – nenadzirana strojarnica. AUT 2 odnosi se na brodove na kojima je strojarnica bez nadzora, ali sa stalnom službom na središnjem mjestu upravljanja – organizirano dežurstvo. AUT 3 se odnosi na brodove na kojima je centralno upravljačko mjesto zapovjednički most. Riječ je uglavnom o manjim plovilima. AUT 1 i AUT 2 odnosi se na strojeve porivne snage iznad 3000 kW, a AUT 3 na strojeve porivne snage do 1500 kW [35].

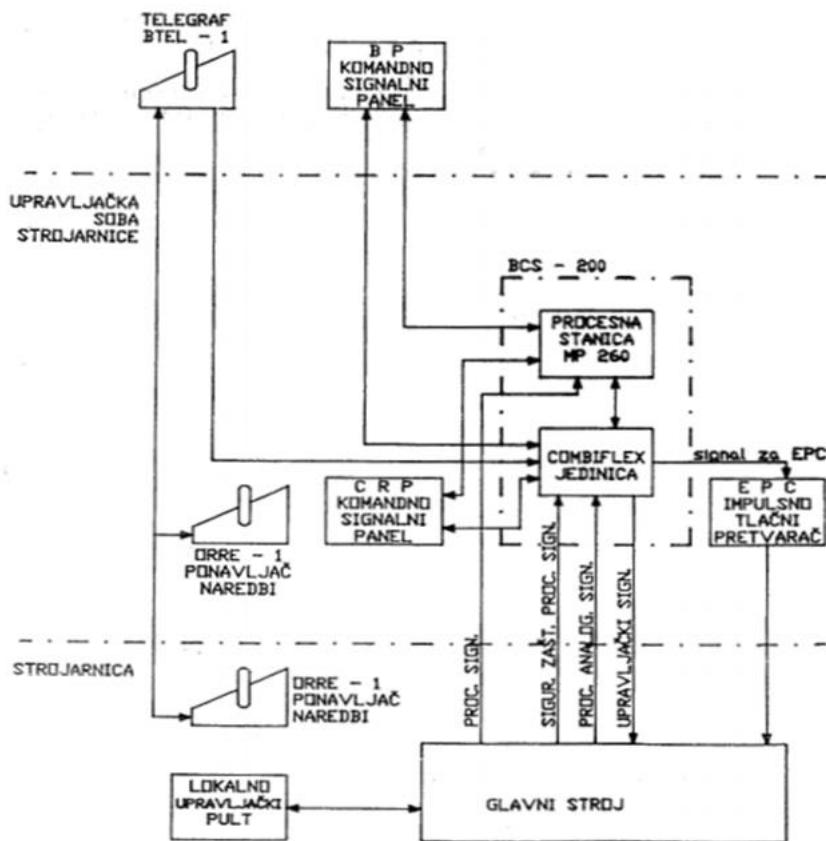
2.3.1. Dizajn suvremenih kontrolnih kabina strojarnice

Moderni sustav automatizacije i upravljanja je u potpunosti integriran sustav čija domena zahvaća brojne aspekte operacije broda – pogon postrojenja, upravljanje energijom na pomoćnim motorima, pomoćni pogon strojeva, navigacija i nadzor strojarnice.

Suvremena kontrolna kabina strojarnice opremljena je BCS 200 sustavom (eng. *Bridge Control System*) koji omogućuje automatsko upravljanje porivnog motora iz upravljačke sobe (eng. *control room*) strojarnice ili sa zapovjedničkog mosta. Na razini upravljačke sobe automatsko upravljanje ostvaruje se posredstvom upravljačke pneumatike koja ujedno osigurava i zaštitne akcije ako se pokaže potreba za istima. Pomoću regulacijske ručice i određenih instrumenata na upravljačkom pultu je moguće daljinsko izvršavanje svih operativnih zahvata.

U osnovne funkcije BCS sustava se ubrajaju automatsko upućivanje i zaustavljanje glavnog stroja, zadavanje postavne vrijednosti brzine stroja, vođenje stroja u određeni

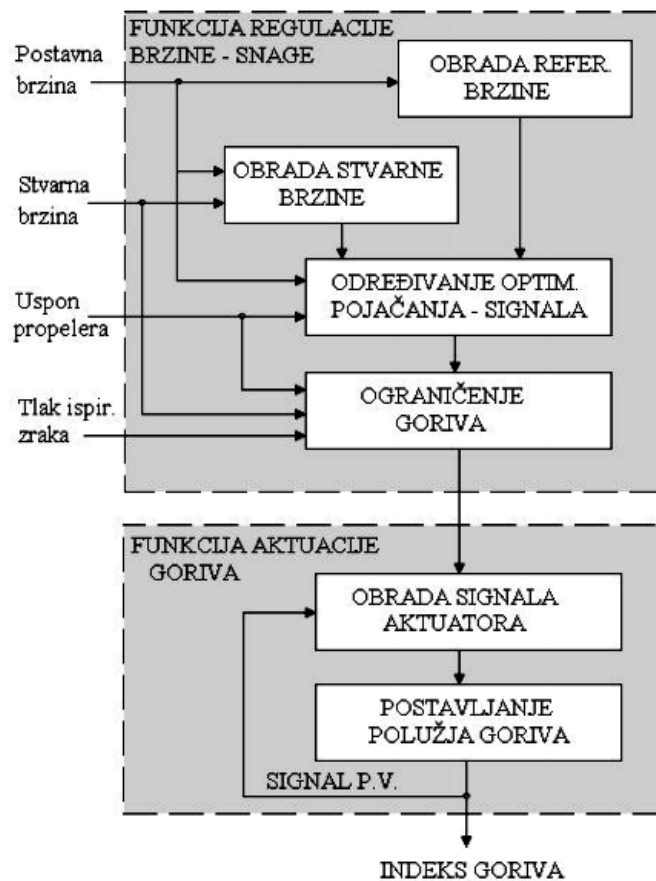
režim, generiranje adekvatnog signala za regulator brzine kao što je npr. Woodward PGA, zaštitne i alarmne funkcije te, naravno, komunikacija između komandnog mosta i kontrolne sobe strojarnice i strojarnice. Na slici 9 shematski je prikazan međuosnos komponenti BCS 200 sustava [1].



Slika 9 Strukturna blok skica sustava BCS 200 [1]

NorControl je sustav upravljanja propulzijom broda. Koristi se za brodske motore s promjenjivim usponom propelera. Ovaj se sustav sastoji od nekoliko podsustava – manevracijski podsustav (eng. *Maneuvering System, MS*), podsustav strojnog telegrafa (eng. *Engine Telegraph System, ETS*), podsustav zaštite (eng. *Safety System Unit, SSU*), digitalni regulator (eng. *Digital Governor System, DGS*), regulator uspona propelera (eng. *Controllable Pitch Propeller, CPP*) i pomoćni uređaji s pisačem (eng. *Order Printer Unit, OPU*).

a brodovima se najčešće koristi regulator brzine motora tipa Woodward. On može biti mehanički, odnosno hidraulički ili, u zadnje vrijeme sve češće, elektronski. Princip upravljanja brzinom i usponom propelera digitalnog regulatora brzine motora prikazan je na slici 10.



Slika 10 Princip regulacije brzine motora [1]

Automatizacija omogućuje kontrolu rada i regulaciju parametara bitnih za održavanje svih strojeva. Tako je automatizirana regulacija tlaka pare, napajanja, temperatura pare, ali i zaštita u slučaju da nastane plamen. Rad pumpi je također automatiziran, kao i rad kompresora zraka i brojnih drugih sustava i podsustava na brodu.

Sustav nadzora tereta tip GL-90 jedan je od najčešće korištenih sustava za nadzor i čuvanje tereta. Njegova oprema je u sigurnoj zoni, a senzori su u opasnoj zoni tereta. Senzori su davači temperature tereta, tlaka plina, pumpi tereta, nivoa balasta i dr. [1]

3. ERGONOMIJA

Ergonomija je disciplina koja se bavi proučavanjem ljudskog organizma i ponašanja (anatomskih, fizioloških, psiholoških i drugih aspekata), ona pruža informacije o prilagodbi predmeta s kojim čovjek dolazi u kontakt. Ergonomija omogućuje bolju kvalitetu rada, povećanu proizvodnju i smanjuje mogućnost profesionalnih oboljenja i mogućnost nastanka pogrešaka u radu [28].

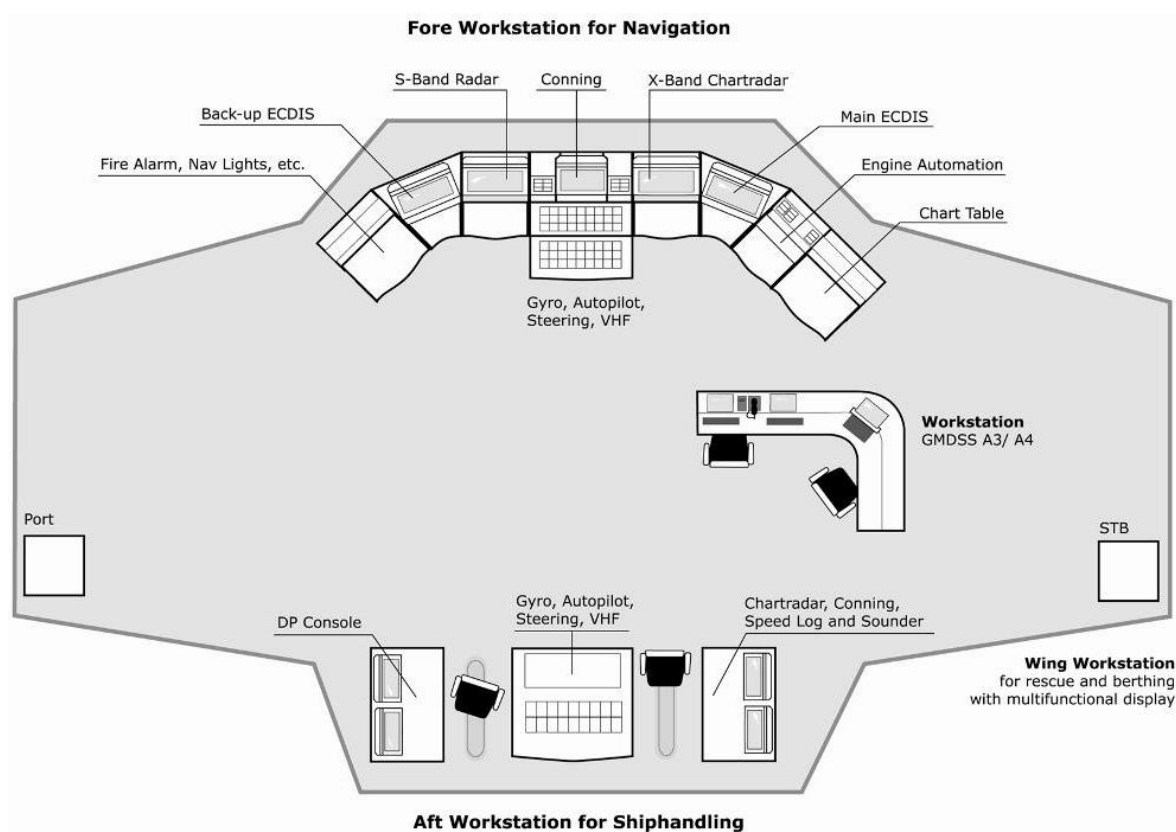
Ergonomija zapovjedničkog mosta je bitna jer poboljšanje ergonomije utječe direktno na izvođenje krucijalnih aktivnosti te povećava sigurnost korištenja različitih objekata na brodu, a isto tako smanjuje mogućnost nastanka nesreća. Povezana je s konstrukcijom i tehničkom proizvodnjom, ali i s dizajnom različite opreme i brodskih sustava [4,22].

3.1. ERGONOMIJA ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA

Tehnološki napredak doveo je do automatizacije brodskih sustava, ali ne smije se zaboraviti činjenica da tehnologija pomaže čovjeku, no ipak je on taj koji upravlja njome. Ona je omogućila manje opterećenje časnika u straži jer je omogućeno bolje motrenje, dobivanje informacije i sl.

Nekad su na zapovjedničkom mostu bili časnik straže i kormilar, a u novije vrijeme na mostu je najčešće samo časnik straže. Takvo obavljanje straže naziva se OMBO sustav (eng. *One Man Bridge Only*) i on zahtijeva promjene u konstrukciji broda. Ovaj sustav pokazao se nesigurnim za navigaciju, a i često je postojala potreba da se na mostu u određenim prilikama nalazi više ljudi što je zahtijevalo dodatne troškove opreme [32].

U dizajnu navigacijskog mosta postoji podjela na radne postaje. Svaka od njih sastoji se od određenih instrumenata i ima jasno definirane funkcije (slika 11). SOLAS konvencija propisuje minimalne uvjete brodskih sustava i opreme, no ne propisuje dizajn. Tako dizajn ovih postaja ovisi o proizvođaču, ali postoji mogućnost instaliranja dodatne opreme ako postoji potreba za to. INS omogućuje dobivanje svih potrebnih informacija o plovidbi, no ipak se sve informacije ne mogu dobiti s jedne konzole, a raspored radnih postaja mora omogućiti neometano promatranje ako časnik stoji za jednom od njih.



Slika 11 Shematski prikaz ergonomije INS-a i zapovjedničkog mosta

Izvor: <http://www.openpr.com/news/79628/Integrated-Navigation-System-for-BOA-GALATEA.html>

Manevarski pult ima više dijelova od kojih je najvažniji njegov središnji dio. Tu se nalazi središnje mjesto upravljanja (eng. *conning position*) koji se koristi za nadgledanje plovidbe. Opremljeno je suvremenim računalima koji pružaju podatke o poziciji i kursu broda, brzini kojom se kreće i njegovoj ruti. Također pruža i vanjske informacije kao što je npr. okolna temperatura i vrijeme. Raspored je napravljen tako da osoba sjedi u fotelji odakle su joj dostupni svi bitni uređaji u radijusu 80 – 100 cm, a pogled na morski obzor je nesmetan.

Brodski teret i konstrukcija broda izvan zapovjedničkog mosta ponekad predstavljaju zapreku pa je teško postići preglednost obzora u potpunosti. Iz tog razloga se teži drugim rješenjima i tako se npr. može izgraditi zapovjednički most sa izbačenim središtem ili kod nekih brodova dimnjak može ometati pogled unatrag pa manevarski pult može biti lociran izvan središnje crte prema suprotnoj strani od dimnjaka da bi se sa središnjeg upravljačkog mjesta dobila optimalna preglednost [35,22].

3.2. ERGONOMIJA KONTROLNE KABINE STROJARNICE

Kontrolna kabina strojarnice mora biti opremljena tako da operateru pruži okolinu u kojoj će nesmetano raditi. Često se ona oprema tako da nalikuje uredu kao što je prikazano na slici 12.

Kabina se oprema tako da se maksimalno izoliraju buka i vibracije. Kontrolna kabina strojarnice opremljena je visokotehnološkim računalima, a za optimalan rad površina stola na kojem je računalo mora biti tanka (manje od 50 mm) i mora biti dovoljno prostora za noge.

Sustavi, odnosno instrumenti moraju biti grupirani po funkcionalnosti. Mora se jasno razabirati koja ručica, sklopka i indikator svjetla pripada kojem dijelu opreme. Operateri moraju imati mogućnost pristupu informacijama na jednostavan način u svakom trenutku.



Slika 12 Izgled kontrolne kabine strojarnice

Izvor: <https://www.maritime-ergonomics.com/ships/ecr/>

3.3. ZAHTJEVI SOLAS KONVENCIJE U POGLEDU KONCEPCIJE INTEGRIRANOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA

Pravilo 15 SOLAS konvencije odnosi se na *Osnove za izgled zapovjedničkog mosta, izgled i sadržaj navigacijskog sustava i opreme te postupke na zapovjedničkom mostu*. Prema stavkama ovog pravila, integrirani navigacijski sustav mora biti koncipira tako da se

u svakom trenutku može prebaciti kormilarenje s automatskog na ručni način rada. Iako se u zadnje vrijeme sve češće koristi automatsko kormilarenje, kormilar mora biti u svakom trenutku, na zahtjev zapovjednika, sposoban preuzeti ručno kormilarenje. To je naročito važno u slučaju opasnosti ili u područjima velikog prometa. Ručno kormilarenje mora se redovito testirati (SOLAS V/74, Pravilo 19).

Svi elektronički instrumenti moraju biti standardizirani prema ISO standardima – ISO 8468 i ISO 14642. Oprema se ergonomski mora slagati s IEC 60945 standardima.

Prema Pravilu 19 SOLAS konvencije INS mora biti konstruiran tako da svjetlosnim ili zvučnim signalom upozori časnika na straži na grešku ili kvar nekog podsustava, a njegov kvar ne smije ometati rad ostatka sustava.

Prema SOLAS konvenciji sustav elektroničke karte ECDIS je priznat kao standardna papirnata karta. Po IMO normama i SOLAS V/19 2.1.4. propisu, na brodu moraju biti dva nezavisna ECDIS-a od kojih je jedan uključen, a drugi služi kao *back-up* u slučaju kvara na prvom.

4. UČINAK SUVREMENIH SUSTAVA EKSPLOATACIJE BRODA NA LJUDSKU POGREŠKU

Suvremena tehnologija omogućila je automatizaciju brodskih sustava. To ne znači da je čovjekova uloga izgubila značaj, već je ona izmijenjena i prilagođena tehnološkom napretku. Brodski tehnički sustavi mogu biti srednje, visoko ili potpuno automatizirani. Srednje automatizirani sustavi u središte zbivanja stavljaju čovjeka koji ima potpunu kontrolu. Visoko automatizirani i potpuno automatizirani sustavi u središte zbivanja stavljaju automatizaciju koja regulira određene procese, čovjek ima pasivnu ulogu i kontrolira realizaciju procesa [4].

4.1. UČINAK SUVREMENIH SUSTAVA EKSPLOATACIJE NA SIGURNOST

Nove tehnologije u pomorskom sustavu omogućile su veću sigurnost plovidbe te veću efikasnost i produktivnost prijevoza. Bez obzira na to, broj pomorskih nesreća i dalje je razmjerno velik. Dominantan uzrok nesreća je uzrokovan ljudskim faktorom pa se velika pažnja pridodaje odnosu čovjek – stroj. U tablici 1 prikazane su moguće pogreške suvremenih eksploatacijskih sustava.

Sam raspored uređaja na mostu i manevarskom pultu mora biti takav da omogući što veće vidno polje i što lakše rukovanje uređajem (s minimalno uloženim naporom).

Data Bridge je jedna od konfiguracija INS-a koja se sastoji od niza radnih postaja koje olakšavaju kontrolu navigacije i prometa, planiranje rute i ručno kormilarenje, komunikaciju unutar broda, pristajanje broda u luku i sl.

Tablica 1 Prikaz udjela najčešćih pogrešaka suvremenih sustava

UZROK	UDIO
Nedovoljni tehnički podaci	40 %
Pogrešan dizajn i prilagodba	20 %
Pogrešno održavanje i rukovanje	17 %
Pogrešno modificiranje	17 %
Pogrešna ugradba	6 %

Radne postaje su povezane LAN (eng. *Local Area Network*) mrežom u jedan sustav. Problem može nastati ako okolina ometa normalan prijenos podataka, dolazi do pogrešnog preračunavanja podataka i nastaje pogreška. Da bi se to izbjeglo dodao se poseban kod kojim se uređaju omogućuje primanje informacija u obliku u kojem je poruka bila poslana, bez obzira na grešku.

Uređaj za automatsko upravljanje pogonskim postrojenjem je sastavni dio brodskog sustava i omogućuje točno određivanje svake sljedeće pozicije – podaci koje prenose brodska osjetila statistički se uspoređuju s onima koji su se unijeli u memoriju računala, optimalna trenutačna zbrojena pozicija broda obrađuje se odabirom statističkih podataka.

NORCONTROL sustav koristi sustave i podsustave kao što su *Data Bridge INS*, *Data Master Integrated Alarm, Monitoring and Control System for Cargo*, *Data Chief Integrated Alarm, Monitoring and Control System for Machinery* i *Auto Chief, Propulsion Control System* i optimizira putovanje broda s obzirom na učinkovitost i ekonomičnost te sigurnost.

INS omogućuje smanjenje opsega posla na mostu i do 50 %. Prema norveškim istraživanjima došlo je do zaključka da je moguće obavljati stražu bez pomoći kormilara. Časnici oko 80 % vremena provedu u motrenju, ali se zbog toga ne zanemaruju ostale funkcije, već je opseg posla smanjen zahvaljujući tehnološkom napretku.

4.2. UTJECAJ LJUDSKE POGREŠKE NA POMORSKE NEZGODE

Nekada su pomorske nesreće bile puno češće zbog tehničkih razloga kao što je npr. loša tehnološka opremljenost broda. Danas to nije opravdanje jer je tehnološki napredak zaista povećao sigurnost plovidbe. No najbolji primjeri kako ljudski faktor može prouzročiti katastrofe većih razmjera su suvremene pomorske nesreće.

Tipičan primjer ljudske pogreške predstavlja nasukavanje tankera *Torrey Canyon* (slika 13) 18. ožujka 1967. godine. Tanker nosivosti 120 000 tona prevezio je pune tankove nafte na ruti iz Kuvajta prema Velikoj Britaniji. *Torrey Canyon* udario je u hrid Pollard's Rock i u more se izlilo 120 000 tona nafte. Pogreška je nastala ne samo u izboru puta, već i zbog nedovoljne točnosti pozicije i planiranja rute, korištenja autopilota, ali i poslovanja brodske kompanije (opskrba broda potrebnim kartama, neiskustvo kadeta, vremenski pritisak i sl.). Važna činjenica je i da je kapetan u tom trenutku na brodu bio ukrcan više od godinu dana bez prekida pa je u pitanje dovedena i njegova moć objektivnog rasuđivanja. [26,37].



Slika 13 Nasukavanje broda Torrey Canyon rezultiralo je izlivanjem 120 000 tona nafte u more i velikom ekološkom katastrofom

Izvor: <https://www.shipwrecklog.com/uk/infamous-shipwrecks/torrey-canyon/>

Tanker *Amoco Cadiz* (slika 14) je 1978. godine prevezio 230 000 tona nafte, a na plovidbi iz Arapskog zaljeva u Le Havre (Francuska) nasukao se na hrid Portsall Rock na obalama Bretanje. Nakon što mu se pokvario kormilarski uređaj, plutao je u oluji prema luci Portsall i nasukao se. Od udarca tanker je puknuo na dva dijela, a sva nafta izlila se u more. Uzroka ove nesreće je nekoliko – pogreška na kormilarskom uređaju, pogreška zapovjednika i nemogućnost povezivanja s tegljačem. Zapovjednik nije slijedio procedure za hitne situacije, već osobno iskustvo, stoga je izostavio postupke koji su uobičajeni u tim procedurama [26,36].



Slika 14 Amoco Cadiz

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Amoco_Cadiz_1_edit1.jpg

Sudar koji se 2004. godine dogodio između dva kontejneraša, broda *Hyundai Dominion* (slika 15) i *Sky Hope* (slika 16) primjer je nesreće koji se dogodio zbog zabune u korištenju AIS sustava. AIS sustav ne mora nužno imati zvučni alarm koji bi imao funkciju da obavijesti o primitku poruke pa je tako nastala situacija gdje je časnik na straži broda *Hyundai Dominion* poslao poruku brodu *Sky Hope* (tekstualna poruka sadržaja „PLS KEEP CLEAR“), no časnik na straži dotičnog broda tvrdi da poruku nije primio. Postoji mogućnost da bi sudar bio izbjegnut da se alarm uključio kad je *Sky Hope* primio poruku, no ipak AIS sustav zbog istog razloga nije adekvatan za ovakve i slične probleme. Nasreću u ovoj nezgodi nitko nije nastradao, iako je brod *Sky Hope* pretrpio štetu [34].



Slika 15 Hyundai Dominion

Izvor: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=878670>



Slika 16 Sky Hope

Izvor: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=2098402>

U siječnju 2012. godine putnički brod *Costa Concordia* (slika 17) nasukao se na kamenja u blizini istočne obale otoka Giglio u Tiranskom moru. U toj prometnoj nesreći stradala su 32 putnika.

Ova pomorska nezgoda može se iskoristiti kao primjer manjkavosti na relaciji čovjek – stroj, ali i greške u dizajnu tehničke opreme. Zapovjednički most broda bio je opremljen sustavom NACOS (*Navigation and Command System*) koji integrira podatke s GPS-a, radara, AIS-a, dubinomjera i brzinomjera, žirokompasa, anemometra i ECDIS-a. Na elektronskim nautičkim kartama je postojao tzv. *guard sector* koji ima parametre u smjeru stvarnog kursa broda. Alarm se uključi ako *guard sector* presiječe neku kartografsku karakteristiku koja dijeli prostor sigurne plovidbe od prostora s dubinom manjom od one koja je naznačena kao donja granica. Problem je nastao u tome što na zaslonu integriranog navigacijskog sustava broda na ekranu nije bio vidljiv *guard sector*. Praćenje parametara koje je on imao tako je bilo otežano i alarm se nije oglasio te časnik na straži nije bio upozoren na prisustvo oznake *safety contour* i prisustvo oko 7 metara dubokog kamenja na koje se *Costa Concordia* nasukala [9,39].



Slika 17 Costa Concordia

Izvor: <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/italy/9014747/The-Costa-Concordia-in-numbers.html>

4.3. NAČINI SMANJIVANJA POMORSKIH NEZGODA

Današnji brodovi tehnološki su vrlo napredni i omogućuju relativno sigurnu plovidbu, a uz to i postoje norme kojima brodovi moraju udovoljiti, a odnose se na plovne putove i luke, plovidbu, posadu i nadzor nad provođenjem odredaba sigurnosti plovidbe i dr. [33]

Ljudske pogreške mogu biti pogreške upravljanja i operativne pogreške. Pogreške upravljanja mogu nastati zbog previda i zabune.

Prema J. Reasonu previd (eng. *slip*) je rezultat neuspjeha u fazi pripreme ili u izvršavanju slijeda određenih akcija, neovisno o tome je li plan provedbe tih akcija bio adekvatan za postizanje ciljeva [17]. Previd se u većini slučajeva može prepoznati na vrijeme i lako se ispraviti, no nekad zbog previda mogu nastati veće nezgode.

Primjer previda je korištenje ECDIS elektroničke karte na brodu – na ekranu je pomorska karta prikazana u znatno manjim proporcijama od konvencionalne pomorske karte. Operater ne može sagledati cijelu kartu i stoga sam mora procesuirati određenu količinu informacija da bi dobio predodžbu o odnosu određenog područja i preostalog dijela karte. Jasno je da će operater koji posjeduje više vještina, odnosno iskusniji član posade, imati bolju sposobnost procesuiranja informacija i manju mogućnost pogreške, odnosno previda [4].

Zabuna (eng. *mistake*) je pogreška koja se događa zbog krivog odabira plana aktivnosti koji naposljetku ne dovodi do ostvarivanja cilja i željenog ishoda [25]. Ono što se može dogoditi je provođenje aktivnosti po planu (ispravno), no željeni rezultat se u konačnici ne postigne i/ili rezultat tih aktivnosti bude nesreća. To se događa zbog pogrešnog prosuđivanja informacija koje su dostupne operateru.

Zabuna na brodu je opasna zato što su greške dugo vrijeme neopažene, a nakon što se uoče, zbog njihove kompleksnosti postavlja se pitanje je li uočeno djelovanje uistinu pogrešno [17].

Da bi se smanjile pomorske nezgodne, potrebno je utjecati na sve čimbenike koji mogu dovesti do nesretnog ishoda. Na neke se, naravno, ne može djelovati (pri tome se prvenstveno misli na vremenske neprilike), ali na neke kao što je ljudska pogreška se na različite načine može djelovati s ciljem smanjenja broja nesreća.

4.3.1. Načini smanjivanja ljudske pogreške kao uzročnika pomorskih nezgoda

Jako često pogreške nastaju na relaciji čovjek – stroj. Iz tog razloga bi se dizajn trebao prilagoditi čovjeku (npr. radno sučelje nekog sustava treba biti jednostavno za korištenje s

jednostavnim pristupom informacijama, a poruke i hitne obavijesti trebaju biti zvučno praćene da se izbjegne mogućnost nastanka nesreće radi neprimanja obavijesti).

Da sama tehnologija ne bi pomorcu predstavljala problem, mora stalno obnavljati znanja o sustavima [7]. Da bi se smanjile greške u korištenju tehnologije, danas se sve više uvodi antropocentrični pristup dizajnu što znači da se u izradu sustava uključuju i korisnici koji pružaju povratnu informaciju proizvođačima. Na taj način se sustav prilagođava sposobnostima korisnika, a sam pomorac tako može postati svjestan svojih pogrešaka u određenim situacijama i sam ih može ispraviti [14].

Kad je riječ o uzrocima ljudske greške najveći problemi su umor, loša komunikacija među članovima posade i nedovoljna tehnička znanja. Prema ILO (eng. *International Labour Organization*) svaki zaposlenik mora imati najmanje 11 od 24 sata slobodnog vremena. Tih 11 sati mogu biti razdijeljeni u najviše dva dijela od kojih jedan dio mora imati barem 6 uzastopnih slobodnih sati, a razmak između dva intervala sati odmora ne smije biti veći od 14 sati. Prema ovim smjernicama pomorcu se omogućuje smanjenje umora, a to znači i smanjenje mogućnosti nastanka greške.

Na smanjenje utjecaja ljudskog faktora u nastanku greške može se utjecati poboljšanjem komunikacije među članovima posade, ali i poboljšanjem komunikacije između posade broda i brodske kompanije.

Da bi se smanjila mogućnost pogreške, pomorci se trebaju konstantno educirati (o tehnologiji, ali i obnavljati osnovna znanja koja mogu pomoći u izbjegavanju nesreće), održavati sve sustave na brodu (da se izbjegnu požar i eksplozije), ali i pridržavati se svih odredbi o sigurnosti pripisanih od strane međunarodnih organizacija [31].

Mogućnost ljudske pogreške može se smanjiti tako što se sustavi prilagođavaju tipičnom ljudskom ponašanju i očekivanjima ljudi, kao što je navedeno u tablici 2.

Tablica 2 Primjeri tipičnog ljudskog ponašanja i moguća rješenja

PRIMJER LJUDSKOG PONAŠANJA	TEHNOLOŠKA PRILAGODBA SUSTAVA LJUDSKOM PONAŠANJU
Ljudi su skloni žurbi.	Razvijanje sustava koji u obzir uzima žurbu ljudi (npr. smanjiti broj koraka u postupku korištenja određenog programa).
Ljudi često koriste osjet dodira za istraživanje nepoznatog.	Dizajniranje opreme koja uzima u obzir ovu činjenicu.
Ljude lako zbune nepoznati predmeti.	Izbjegavanje dizajniranja u potpunosti nepoznatih predmeta.
Ljudi se prema proizvedenim predmetima odnose s potpunom sigurnošću.	Dizajniranje jednostavne opreme i sustava u kojima je mogućnost pogrešnog korištenja svedena na minimum.
Ljudi su navikli na značenje pojedinih boja.	Standardizacija boja u proizvodnji različite opreme i sustava.
Ljudi su navikli da se tipka za uključivanje pomiče prema gore ili prema desno.	Dizajniranje sklopki koje se pri uključivanju pomiču prema gore ili desno.
Ljudi očekuju da se protok povećava okretanjem obrnuto od kazaljke na satu.	Dizajniranje opreme u skladu s ljudskim očekivanjima.

Za ukrcaj na brod potrebno je položiti određene tečajeve za izbjegavanje ljudskih nezgoda, odnosno za sigurnost na brodu. Kao uvjerenje o osposobljenosti pomorcu se dodjeljuje svjedodžba o osposobljenosti. Pojedine svjedodžbe su obvezne, a pojedine ovise o vrsti broda. Svjedodžba D45 dobije se nakon odslušanog BRM tečaja (eng. *Bridge Resource Management*) i on omogućuje polaznicima stjecanje znanja o raspodjeli i određivanju prioriteta među resursima, učinkovitu komunikaciju, kvalitetno rukovođenje, stvaranje i održavanje svijesti o stanju na brodu. Tečaj traje 20 sati (2 dana), a svjedodžba ima valjanost bez vremenskog ograničenja. Tečaj za dobivanje svjedodžbe BTM (eng. *Bridge Team Management*) traje 40 sati i namijenjen je časnicima palube i stroja. Tečaj uključuje vježbe na simulatoru i studije slučaja te omogućuje polaznicima stjecanje znanja o rukovodstvu, timskom radu, stresu i umoru, odlučivanju, naredbama i sl. Tečaj za svjedodžbu D46 - upravljanje ljudskim potencijalima u strojarnici (eng. *Engine Room Resource Management*, ERM) traje 20 sati (2 dana) i cilj tog tečaja je poboljšanje

sigurnosti plovidbe timskim radom u strojarnici. HELM tečaj (eng. *Human Element, Leadership and Management*) namijenjen je za posadu na zapovjedničkom mostu i u strojarnici i omogućuje im stjecanje znanja i vještina o standardima rada i ponašanja na brodu, planiranju operacija i donošenju najučinkovitijih odluka u određenim situacijama. Tečaj traje 5 dana i održava se na radnoj i upravljačkoj razini. Tečajevi se sve više baziraju na ljudski element, odnosno na razvijanje kognitivnih i socijalnih vještina članova posade, a cilj im je povećanje sigurnosti na brodu.

Da bi se smanjio utjecaj ljudske greške na nastanak nesreće na brodu i da bi se povećala sigurnost plovidbe, svaki pomorac trebao bi proći određenu obuku na simulatorima. On omogućuje savladavanje načina rada na navigacijskom mostu i kontrolnoj sobi strojarnice, GMDSS simulatoru i dr. (slike 18 i 19). Ovakva suvremena nastavna pomagala imaju značajnu ulogu u povećanju sigurnosti na brodu tako što pomorcima, sadašnjim i budućim, omogućuju učenje rada na sustavima kao što su ECIDS, AIS-u, radarima i brojnim drugim sustavima neophodnim za upravljanje velikim brodovima. Simulacija upravljanja brodom u različitim uvjetima (npr. u ledu) pruža korisnicima predodžbu o plovidbi, osnovno znanje o različitim sustavima i sigurnost u plovidbi. Potonje omogućuje neiskusnom pomorcu korištenje znanja i primjenjivanje istog na donošenje odluka u kritičnom trenutku.



Slika 18 Simulator navigacijskog broda, fotografija simulatora PFST



Slika 19 Fotografija nautičkog simulatora Pomorskog fakulteta u Splitu.

5. AUTONOMNI BRODOVI

Implementacija umjetne inteligencije se događa u svim granama gospodarstva pa tako i u pomorstvu gdje se razvija projekt izrade autonomnih brodova za čije upravljanje nije potreban čovjek. Autonomni i bespilotni brodovi su novi koncepti koji će izazvati konvencionalne metode za projektiranje, ispitivanje i odobravanje brodova i njihovih sustava. U određenoj će mjeri zahtijevati i novi način razmišljanja.

Autonomni brod je brod koji ima određenu razinu automatizacije i samoupravljanja. Automatizacija se koristi kao opći pojam za procese, često kompjuterizirane, koji čine brod sposobnim za obavljanje određenih operacija bez da ih čovjek kontrolira. Autonomija je rezultat primjene napredne automatizacije na brodu tako da se provodi neki oblik samoupravljanja.

Pojmovi "autonomni" i "bespilotni" upotrebljavaju se u različitim tekstovima, a ponekad se pojmovi poistovjećuju, a ponekad se pojedinačno koriste s različitim značenjima.

Autonomno znači da brod može obavljati skup definiranih operacija bez posade ili sa smanjenim brojem posade na mostu.

Pod pojmom bespilotni brod odnosno brod bez posade znači da na mostu nema posade koja bi nadzirala ili izvršavala određene operacije.

Komercijalni razlozi za izgradnju autonomnih brodova odavno su jasni. Američka obalna straža procijenila je da 96 posto svih pomorskih nezgoda uzrokuje ljudska pogreška. Industrija je suočena s kroničnim nedostatkom kvalificirane radne snage.

Najveći napredak po pitanju proizvodnje autonomnih brodova postigao je do sada Rolls-Royce Holdings, koji je 2014. u virtualnoj stvarnosti napravio prototip autonomnog broda. Kada ovi brodovi budu dovršeni, na početku će se koristiti ljudska posada koja će nadgledati operacije na brodu, no plan je vremenom razviti potpuno autonoman sustav tako da na brodovima neće biti posade, već bi računala i umjetna inteligencija trebali preuzeti nadzor nad brodom.

Projekt potpune automatizacije brodova je podijeljen u četiri faze:

Brodovi na telemetriju s nadzorom posade - Telemetrija (telematika) je tehnologija koja omogućuje daljinsko mjerenje i prijenos informacija s udaljene lokacije do operatera. Telemetrija ima široku primjenu na raznim područjima, tako i u pomorstvu

[29]. Ovakav oblik upravljanja brodom odgovara današnjim i budućim naprednim vrstama brodova sa relativno naprednim sustavima na brodu kao što su sustavi za izbjegavanje sudara i autopilot. U ovom obliku upravljanja brodom posada je prisutna te donosi odluke i nadgleda sve operacije. U ovoj razini upravljanja brodom nema autonomije.

Potpunoautomatizirani brodovi s nadzorom posade – Brodovi sa naprednijim automatiziranim sustavima koji mogu sami dovršiti određene zahtjevne operacije bez posade, npr. dinamično pozicioniranje ili automatsko pristajanje. Ove operacije su programirane da izvršavaju zadatke uvijek po istom redoslijedu i planu no ukoliko se dogode neplanirani događaji potrebno je da posada dovrši započetu operaciju kako bi se uspješno obavila. Dakle, ovakav oblik upravljanja također zahtjeva nadzor posade pri obavljanju operacija te donošenje odluka i preuzimanje kontrole u neočekivanim situacijama zbog toga što programi nisu sposobni prepoznati problem i riješiti isti.

Poluautonomni brodovi sa smanjenom posadom- Brodovi koji će većinu operacija obavljati automatizirano odnosno autonomno. Mogućnosti u kojima je brod autonoman su ograničene te u izvršavanju određenih operacija se automatski poziva osoblje Obalnog kontrolnog centra ili posada broda koja kontinuirano nadgleda radnje i kada sustav zatraži kontrolu, izvršavanje operacija će se prebacivati na Obalni kontrolni centar ili posadu broda. U slučaju kada sustav radi samostalno bez aktiviranja alarma smatra se da sustav radi sigurno.

Autonomni brodovi bez ljudi- Ovakvi tipovi brodova će samostalno upravljati svim situacijama odnosno neće biti obalnog kontrolnog centra i posade na brodu. Ovakav način upravljanja brodom se planira za vrlo kratke relacije i u iznimno kontroliranom okruženju. Ovakav oblik upravljanja brodom zahtjeva visoku složenost brodskih sustava i visoke rizike. U bližoj budućnosti ovakvi brodovi bez ljudske aktivnosti uopće na brodu vrlo vjerojatno neće biti mogući zbog toga što tehnologija nije još uvijek toliko dovoljno sofisticirana da bi se mogli izraditi brodovi koji će moći riješiti svaki problem na koji se nađe bez ljudske pomoći. [40]

Kada automatizacija postane održiva, industrija ne planira samo napraviti iste teretne brodove koji nego se planira izraditi cijela nova klasa plovila.

Smanjenje rizika piratstva je prednost autonomnih brodova jer bez ljudske posade kojoj bi se prijetilo ili ih se držalo kao taoce, pitanje piratstva na određenim trgovačkim rutama također bi se vjerojatno smanjilo ili uglavnom eliminiralo.

Autonomni brodovi suočavaju se s različitim izazovima koji tehničke zahtjeve teže ispunjavaju na neki način, ali lakše u drugim zahtjevima. Autonomni brodovi, trebaju raditi bez ljudske interakcije većinu vremena kako bi se dogodile značajne promjene u pomorskoj industriji. Za razliku od autonomnih automobila, pomorska industrija ne predviđa da umjetna inteligencija na brodu treba potpuno kontrolirati brod u svakoj situaciji.

Glavni cilj pomorske industrije u unošenju automatizacije u upravljanje brodom nije potpuno uklanjanje ljudi iz procesa donošenja odluka.

Vizija tvrtki poput Rolls-Roycea je povećati uglavnom autonomni sustav s daljinskim upravljanjem. Na primjer, brodski sustav kontrolira plovilo tijekom dugih dana na moru, koji prolaze u većini slučajeva bez poteškoća. Operatori na obali u kontrolnom centru će biti pozvani da provode višu razinu izvršnih operacija. Kada se obavljaju teži zadaci, poput ulaska u luku, brodom bi trebali daljinski upravljati operatori na kopnu.

Kratkoročno, to bi bili tegljači kojima bi se moglo daljinski upravljati iz obližnjeg kontrolnog centra. Dugoročno, Rolls-Royce predviđa budućnost u kojoj će obalni kontrolni centar sa samo 7 do 14 ljudi moći nadgledati i kontrolirati cijelu flotu velikog broda na moru diljem svijeta. [40]

Rolls Royce je razvio koncept „pametnih“ autonomnih brodova koji omogućuju sigurnu plovidbu i izbjegavanje sudara. Visoka tehnologija autonomnih brodova omogućuje njihovu plovidbu bez posade tako što postoji set elektronskih senzora koji šalju informacije operativnom dijelu broda („mozgu“) koji odašilje informacije „pametnim“ sustavima i tako se osigurava sigurna plovidba. Ovi brodovi bi koristili tzv. *Equipment Health Management*, EHM sustav koji bi omogućio nadgledanje brodske opreme i pružanje informacija o njezinoj situaciji i održavanju. Cilj je integrirati EHM s plovilom i komunikacijskim centrom na obali da bi podaci koje on prikuplja pomogli donošenju važnih odluka na brodu. Sustav *Energy Management*, EM omogućuje analizu potrošnje goriva tijekom različitih operativnih načina rada broda. Od 2005. godine, kada je Rolls Royce započeo s razvijanjem koncepta autonomnih brodova, do danas je razvijeno više sustava zasnovanih na umjetnoj inteligenciji i prikupljanju podataka o različitim aspektima plovidbe, a 2015. godine je umreženo više brodova da bi se prikupilo više podataka i time se povećala sigurnost plovidbe.

Ljudske greške najčešći su uzrok pomorskih nesreća. Različite situacije koje utječu na posadu na brodu (npr. zamor ili psihološki čimbenici) mogu dovesti do nastanka greške. Autonomni brodovi omogućuju „postavljanje“ čovjeka na sigurnije radno mjesto na obali, no ni to ne isključuje mogućnost nastanka greške jer ona može nastati na relaciji čovjek – udaljeni brod. Bez obzira na tu mogućnost greške, autonomni brodovi ipak označavaju relativno sigurniji način putovanja iz jednostavnog razloga – na brodu nema ljudi.

Uz tehničke, trebati će se riješiti i brojna druga pitanja, od sigurnosnih do pravnih koji vrlo precizno određuju ovlasti i ulogu zapovjednika broda. Pravila razvijana stotinama godina morati će se promijeniti u samo nekoliko godina.

Iako se navode brojne prednosti autonomnih i poluautonomnih brodova na vrlo bitna pitanja još nisu dani odgovori te se planovi za uspostavljanje ovakvih velikih promjena u pomorskoj industriji trebaju razraditi do najsitnijeg detalja kako bi se uspješno implementirale ovako sofisticirane tehnologije u pomorstvu.

Rolls Royce kao vodeća tvrtka u izradnji planova i prototipa ovakvih brodova nema odgovore na sva pitanja koja se tiču uvođenja autonomnih brodova u pogon. Postoji niz problema s kojima bi se jedna autonomna flota brodova mogla suočiti kao što su npr. hakeri ili kvarovi na sustavu.

Nisu definirani odgovori na pitanja poput načina na koji će autonomni brodovi ploviti kada budu ulazili u promet, na koji način će časnik pozvati autonomni brod i zatražiti ga da promijeni kurs, kako će funkcionirati održavanje broda, plovidba po nevremenu, ulazak brodova u luke i brojna druga pitanja nemaju još uvijek odgovore.

Prije unošenja novih tehnologija u pomorstvo i izbacivanja ljudi iz donošenja odluka i sudjelovanja u provedbi određenih operacija na brodu potrebno je dati odgovore na brojna pitanja kako bi razvoj pomorske industrije mogao ići u pravom smjeru.

6. PRIJEDLOG POVEĆANJA SIGURNOSTI RADA NA BRODU U UVJETIMA POSTOJEĆIH TEHNOLOGIJA

Tehnologija uvelike doprinosi poboljšanju sigurnosti na brodu, no samo ako se ispravno koristi. Prema SOLAS konvenciji postoje norme koji proizvođači opreme moraju iskoristiti za proizvodnju sigurne opreme i/ili sustava, a isto tako postoje i STCW standardi za edukaciju i osposobljavanje svih članova posade [11]. Ipak se, i s tim na umu, nesreće i dalje događaju pa je potrebno uvoditi promjene koje će rezultirati povećanjem sigurnosti.

6.1. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE ERGONOMIJE

Uloga ergonomije u sigurnoj plovidbi nije upitna. Za razumijevanje pogreške koja nastaje na relaciji čovjek – stroj važno je razumjeti moguće pogrešne postupke na INS-u. Pogreške koje se mogu dogoditi su nerazumijevanje stanja sustava (npr. pogreška u prepoznavanju alarma), pogreške u promatranju i dijagnozi određenog cilja radnje, pogrešno tumačenje informacija o sustavu i sl.

Kod korištenja visokotehnološke opreme bitno je predvidjeti i prevenirati pogreške. Za to se koristi metoda *Poka Yoke* [18]. Metoda je bazirana na razumijevanju i shvaćanju činjenice da ne postoje sustavi i ljudi koji mogu u potpunosti spriječiti slučajne pogreške. Kod ove metode koriste se jednostavni sistemi i sprječava se da se pogreška u radu i djelovanju u određenom procesu prenese na cilj akcije. Metoda se bazira na tome da pogreška (defekt) mora biti otkrivena i korektivni rezultati moraju biti poduzeti. Za pravilno postavljanje *Poka Yoke* sustava potrebno je proći nekoliko koraka – definirati potencijalne greške, uočiti izvor grešaka, razviti način za sprječavanje grešaka i način za detektiranje grešaka, odabrati i testirati rješenje te to rješenje implementirati.

Sigurnost rada na brodu može se povećati u svim sferama djelatnosti. Npr. zapovjednički most može se prilagoditi korisnicima na više načina. Da bi se izbjegla mogućnost zabune (npr. slučajan pritisak krive tipke koji se dogodio zabunom i prošao nezapaženo) mogu se uvesti glasovne poruke uz određene radnje koje bi predstavljale dodatno upozorenje, odnosno obavijest o poduzetom činu. SOLAS propisuje izvedbe, ali ne i dizajn mosta. No sam dizajn ponekad je uzrok nesreće i trebao bi se prilagoditi operateru te se izgled sustava opreme na mostu ne bi se smio previše razlikovati od proizvođača do proizvođača. Boja uređaja, koja je vrlo važan čimbenik, trebala bi se prilagoditi časniku i dijelovima INS-a. Tako bi za dijelove koji se tiču navigacije trebala

biti plava, za komunikaciju bijela, strojarnicu smeđa, teret zelena, sigurnost crvena, sporedne sustave i administraciju žuta.

6.2. PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI

U prethodnim poglavljima već je zaključeno da tehnologija omogućuje sigurnu plovidbu, a da pogreške u njenom korištenju ili drugi ljudski faktori najčešće kompromitiraju sigurnost i dovode do nezgode. Jedan od glavnih uzroka lošeg prosuđivanja situacija i neadekvatnih reakcija na njih je umor/zamor pomorca (*eng. fatigue*).

Zamor je stanje osjećaja umora, klonulosti ili pospanosti koje proizlazi iz dugotrajnog mentalnog i fizičkog obavljanja rada, izloženosti teškim uvjetima ili izostanku sna koje vodi do pogoršanja izvođenja rada i smanjenja budnosti [13].

Zamor negativno utječe na rješavanje problema i na donošenje odluka. Prvenstveno se očituje kao poremećaj pamćenja (član posade zaboravlja informacije ili korake u nekim procedurama), ali izostaje i pravovremeno i racionalno reagiranje na situacije koje zahtijevaju potpunu spremnost. Nekad se smatralo da na pojavu zamora utječe loš životni stil i navike pomoraca, no u novije vrijeme kao uzroci nastanka zamora navode se čimbenici kao što su izoliranost od vlastitog doma i obitelji, nedovoljna odvojenost rada od odmora, kulturološke razlike na brodu, nepredvidivi vremenski uvjeti, uvjeti na brodu koji uključuju buku i vibracije, zatim promjena vremenskih zona, monotonost posla koja izaziva nisku razinu budnosti itd. [13] Rješavanju ovog problema treba se pristupiti individualno pa je preporučljivo prije svega omogućiti članovima posade dovoljno vremena za odmor (opisano u poglavlju 4.3.1.). Smanjenje umora može se postići i tako da se poveća broj članova posade, prijedlog za to je uvođenje standarda za minimalan broj članova posade. Tako će se opseg posla svakog člana posade smanjiti i sukladno tome on će imati više vremena za odmor. Predugo vrijeme na brodu bez prekida treba se izbjegavati jer može smanjiti moć objektivnog rasuđivanja i dovesti do nastanka pogreške. Smatra se da se takva situacija odvijala kapetanu broda *Torrey Canyon* koji se nasukao i uzrokovao pomorsku havariju. Zapovjednik je na brodu bio preko godinu dana bez prekida.

Istraživanja koja je provela CTSB (*Canadian Transportation and Safety Board*) pokazala su da je 42 % pomorskih nesreća povezano s lošom komunikacijom između pilota, zapovjednika i časnika na straži [10]. Važnost suradnje najuočljivija je kod plovidbe uskim kanalima, područjima gdje je promet gust i vidljivost smanjena. U tim okolnostima navigaciju ne treba preuzeti pojedinac sam, već grupa pojedinaca koja mora imati

efektivnu komunikaciju. Tada je vrlo bitno da se piloti pobrinu da se njihove zapovijedi jasno shvate. Istraživanja CTSB-a pokazuju da se samo 50 % zapovjednika i isto toliko časnika na straži izjasnilo da su se piloti pobrinuli da njihove zapovijedi budu jasne i razumljive [10]. Rad na brodu mora biti timski rad članova posade, a zato se trebaju poboljšati organizacija i komunikacija.

Izobrazba svih članova posade je važna jer često pomorske nesreće nastanu zbog nedovoljnog poznavanja vlastitog brodskog sustava. Poboljšanje edukacijskog sustava posade povećava sigurnost plovidbe.

Međunarodni sustav sigurnosti, ISM (eng. *International Safety Management Code*) propisao je obvezna pravila za unaprjeđenje sigurnosti i smanjenje ozljeda, ljudskih žrtava i ekoloških katastrofa. Taj pravilnik obavezan je od strane SOLAS konvencije za brodove na međunarodnim putovanjima.

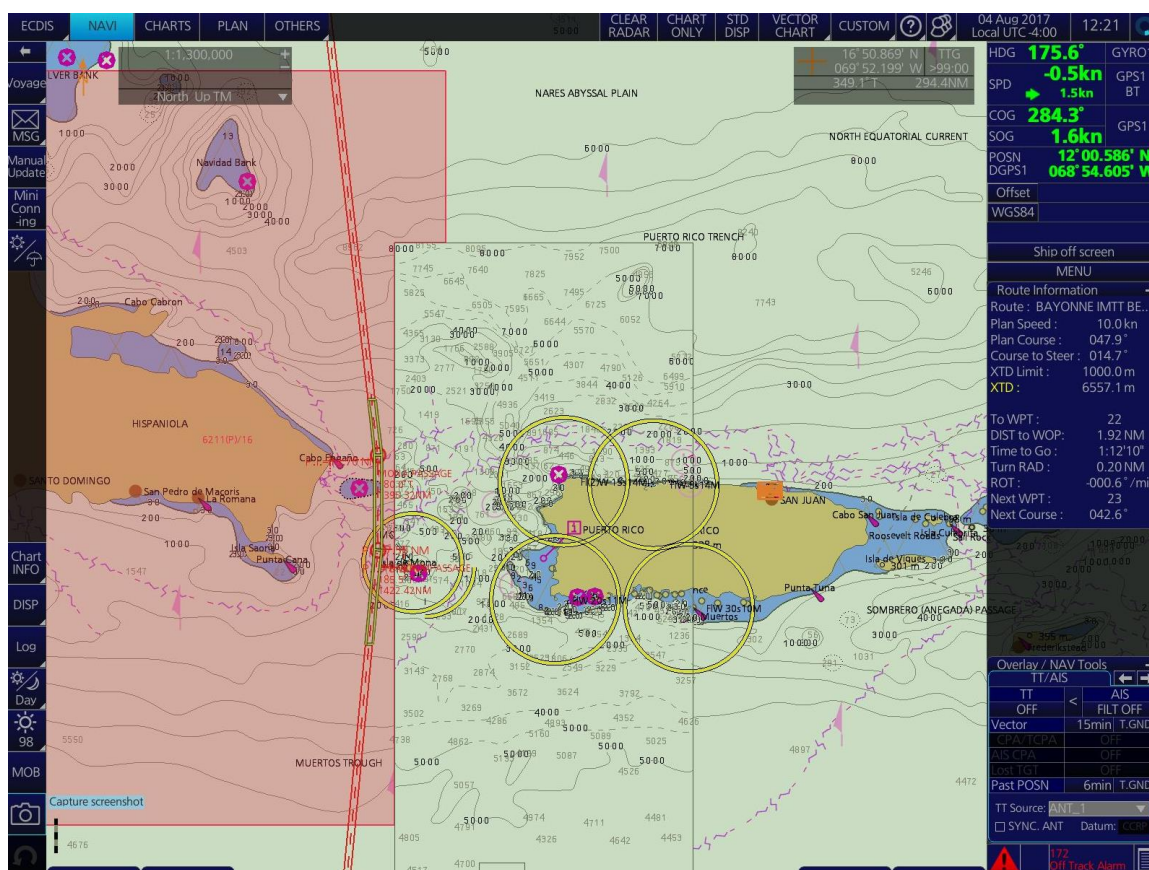
Ljudsko tijelo ima velika ograničenja pa bi tako trebalo poboljšati sustave koji će smanjiti ili ukloniti opasnost. Prebrz napredak tehnologije dovodi do problema implementacije iste na brodove. Jedan od primjera problema je ECDIS sustav koji je glavni dio integriranog navigacijskog sustava.

Za primjer je objašnjen ECDIS sustav Furuno 3200 koji je ugrađen na Tankeru *Vukovar*. Najveći problem predstavlja veličina zaslona. Širina zaslona na tom sustavu je 47 cm, dok je visina 35,5 cm i pokriva površinu od 1668,5 cm². Kada se odbije površina koju zauzimaju ikone koje su neophodne za rad sustava, operateru na raspolaganju ostaje širina karte od 38,5 cm i visina karte od 34,3 cm te površina radnog dijela karte od 1320,55 cm², dakle sustav pruža relativno malu preglednu površinu (slika 20). Standardne dimenzije pomorskih karata u centimetrima su A0 (118,9 x 84,1), A1 (84,1 x 54,9), A2 (59,4 x 42), B1 (100 x 70,7) i B2 (70,7 x 50) [30]. Prema navedenom se može vidjeti da je površina karte dimenzije A1 (što ne predstavlja najveću papirnatu kartu!) 4617 cm², što je trostruko više od površine karte na zaslonu Furuno ECDIS 3200 sustava ugrađenog na Tankeru *Vukovar*. Veće dimenzije papirnate karte mogu biti i četiri puta veće površine od onih na ECDIS-u. Jedini način rješavanja ovog problema je da se povećaju standardi za veličinu zaslona ECDIS sustava.

Na slici 20 vidljiv je prikaz *Maritime Safety Information* koji se automatski ispisuje na kartu po primitku poruke preko Navtex uređaja. Poruka je točno prikazana, ali tako da nam u potpunosti odvraća pažnju pa vidimo samo poruku, ali ne i ostale bitne dijelove navigacijske karte. Taj problem pokušao se riješiti tako što sustav ima mogućnosti Standardnog i Dodatnog prikaza. Standardni prikaz se ne može mijenjati, dok se Dodatni

prikaz koji uključuje, *Spot Soundings, Submarine Cables and Pipelines, All Isolated Dangers, Magnetic Variation, Depth Contours, Seabed, Tidal, Natural And Man - Made Features, Port Features, Navtex, T/P Notices, Miscellaneous*, može mijenjati. Isključivanjem nekih od gore navedenih opcija mičemo prikazivanje istog sa zaslona. Nama su potrebne sve informacije na Navigacijskoj karti, bila ona elektronska ili papirnata. Papirnata karta prikazuje sve ono što je pomorcu neophodno za navigaciju i svaki časnik po primitku navigacijske obavijesti ucrtava sve što se tiče dijela na kojem se plovi, tako da su nam u svakom trenutku dostupne sve informacije neophodne za sigurnu navigaciju. Elektronska karta ima mogućnost micanja veoma bitnih informacija sa zaslona što može dovesti do katastrofalnih pogrešaka navigacijskog časnika. Ovaj se problem može se riješiti na način da se onemogući manipuliranjem prikaza i da se prikazivanje što više približi onome na papirnatoy karti.

Isto tako tehnički je loše izvedeno preklapanje karata, odnosno prijelaz s jedne na drugu kartu, pogotovo u slučajevima kada se prelazi s karte većeg na kartu manjeg mjerila i obrnuto što je prikazano na slici 21. Rješenje ovog problema je konstruiranje jedne karte koja pokriva cijeli svijet. Posljednje je, nažalost, u sukobu s ekonomskim aspektom, odnosno profitom proizvođača elektronskih karata.



Slika 20 Prikaz elektroničke navigacijske karte na sustavu ECDIS (tanker Vukovar)

Izvor: autor

6.3. UTJECAJ NA ORGANIZACIJU RADA NA BRODU

STCW 95, poglavlje B VII/2 preporučuje organizaciju ljudi prema poslovima s ciljem što boljeg konačnog učinka – BTM (eng. *Bridge Team Management*) ili BRM (eng. *Bridge Resource Management*). BTM se primjenjuje kod planiranja putovanja i rada posade, u hitnim slučajevima, kod preuzimanja dužnosti zapovjednika i sl. [27]

Kod organizacije rada potrebno je složiti tim koji može riješiti problem za koji je zadužen. Ako se pojavi pogreška, potrebno je utvrditi propuste koje su pojedinci učinili, ali često je problem baš organizacija tima jer loša organizacija često dovodi do ljudske pogreške.

U radu na brodu bitno je prepoznavati i nagrađivati ljude koji dobro obavljaju posao. Ta nagrada može biti dodatak na plaći, ali može biti i osobna pohvala. Takvo prepoznavanje vodi do pozitivne motivacije članova posade i boljih rezultata rada (pozitivna povratna sprema).

Nezadovoljni radnici često ne daju dobre rezultate rada, a mogu i negativno utjecati na ostale članove posade. Bilo bi dobro organizirati tim tako da ne postoji prevelika želja u natjecanju među njima (iako konkurentnost donekle mora postojati jer može pozitivno utjecati na suradnju), a da postoji empatija i želja za timskim radom. Takva organizacija je siguran pokazatelj uspjeha [32].

Brojni su čimbenici koji utječu na zadovoljstvo poslom. Neki od njih su plaća, radni odnosi, interes prema području djelovanja, status u društvu i slično. Zadovoljstvo plaćom odnosi se u maloj mjeri na zadovoljstvo poslom. Zadovoljstvo poslom raste ako posao zahtijeva izazovno zanimanje i korištenje vlastitih vještina i znanja. Tako je npr. posada palube najmanje zadovoljna zanimanjem i dohotkom, dok su zapovjednici najviše zadovoljni [31].

Naime, kako bi se u određenoj mjeri poboljšao rezultat rada posade na brodu odnosno kako bi došlo smanjenje postotka ljudske greške potrebno je stimulirati posadu kako bi bili zadovoljni poslom koji obavljaju i nagrađeni za trud i dobro obavljen posao. Takav način poslovanja bi dodatno stimulirao posadu da obavlja svoj posao bolje i sa većim zanimanjem i iskorištavanjem svojih vještina dok sa ignoriranjem truda posade i ne davanjem stimulacije za dobro obavljen posao izaziva se nezadovoljstvo i nezainteresiranost te pad motivacije što u krajnjem slučaju izaziva veću mogućnost donošenja pogrešne odluke zbog ne razmišljanja i nezadovoljstva.

6.4. POBOLJŠANE ORGANIZACIJSKE PROMJENE

Učinkovitost brodske posade može se povećati ako se organizacija poboljša. Poboljšana organizacija omogućit će iskorištavanje ljudskih potencijala kroz nove izazove. Međutim da bi se postigli optimalni rezultati, potrebno je temeljito rekonstruirati organizaciju ne samo broda, već i brodske kompanije. Organizacija se može poboljšati ako se reorganizira hijerarhija između broda i brodske kompanije, ali problem nastaje u tome što je mala mogućnost da će brodska kompanija promijeniti način rada s obzirom na činjenicu da je oduvijek ona bila ta koja je imala glavnu riječ.

Strategija Smitha i Roggema odredila je nekoliko smjernica za organizacijske promjene. Cilj tih promjena je prilagodba pomorskog sustava tehnološkom napretku i povećanje tehnološke raznovrsnosti koja će privući i zadržati kvalificirano brodsko osoblje. Te smjernice su matriks organizacija koja ide od hijerarhije i odjela prema fleksibilnijoj podjeli funkcija i ovlasti, stratificiranost te stabilnost posade i decentralizacija koja da bi u

donošenju odluka trebali sudjelovati brod i brodska kompanija. Stabilnost posade je bitan čimbenik za radnu povezanost posade i povećanje učinkovitosti u obavljanju posla [21].

Kontinuirana izobrazba časnika i posade od strane obučenih časnika je dobar način organizacije koji će omogućiti dobru edukaciju posade. Da bi se uštedjelo vrijeme potrebno za prilagodbu novim strojevima i sustavima, predlaže se ukrcavanje istih posada na iste brodove.

Brodovi bi trebali biti opremljeni raznovrsnim sadržajem za provođenje slobodnog vremena. Na taj način lakše se prevladava odvojenost od doma, život na brodu i navika na rad.

STCW je propisao sustav naobrazbe i dodjelu posebnih svjedodžbi, no organizacija na tom području može se promijeniti tako što bi se uveo novi sustav ocjenjivanja prilagođen novoj organizaciji. Ocjenjivanje na različitim razinama može dovesti do ulaganja većeg truda jer će posada znati da se sve sfere rada na brodu ocjenjuju. To se ne odnosi samo na napredovanje u izobrazbi, već i u osnovnim komunikacijskim vještinama i sl. Komunikacija je područje koje zahtijeva poboljšanje jer često greške nastaju zbog loše komunikacije. Prijedlog je da se na neki način izjednači komunikacija između časnika i posade te posade broda i brodske komunikacije.

Na ovaj način bi se poboljšala efektivnost rada posade zbog toga što bi posada imala veću motivaciju za rad i pretpostavka je da bi se umanjile greške jer boljom komunikacijom se postiže veća upućenost u situacije i smanjuje se prostor za učiniti pogreške koje su vrlo često posljedica loše komunikacije i razumijevanja.

7. ZAKLJUČAK

Napredak tehnologije omogućuje sigurniju plovidbu, no bez obzira na sva tehnološka dostignuća, pomorske nesreće i dalje se često događaju. Na neke uzroke nezgoda ne može se utjecati, kao npr. na vremenske nepogode, no ipak je većina njih nastala kao posljedica ljudske greške.

Novi tehnološki sustavi sposobni su vršiti akcije koje nisu u domeni čovjeka, no „nadmoć“ pomorca temelji se ne samo na znanju upravljanja novim tehnologijama, već i na osnovnim znanjima koja su uvelike korisna ako tehnologija zakaže. Ljudske pogreške događaju se na relaciji čovjek – stroj, a iste mogu uzrokovati katastrofalne posljedice. Zato je važno razumjeti gdje u tom odnosu postoji prostor za grešku. Da bi se izbjegle eventualne greške, s jedne strane sustavi i oprema moraju se što više prilagoditi članovima posade, dok se s druge strane pomorci moraju educirati i usavršavati kako bi se reducirala vjerojatnost greške i u tom smjeru.

Na pojavnost ljudske greške ne utječe samo tehnologija, već i drugi aspekti pomorskog sustava. Puno nesreća dogodilo se zbog nesporazuma u komunikaciji. Zato je za smanjenje broja nezgoda bitno poboljšati komunikaciju među članovima posade, ali i između posade na brodu i brodske kompanije. Smanjenju nesreća doprinosi i dobra organizacija i timski rad, kao i, naravno, individualne sposobnosti i vještine svakog člana posade.

Tehnološki napredak na globalnoj razini donosi mnoge prednosti kao što je skraćivanje vremena obavljanja određenih radnji, preciznije obavljanje određenih poslova te olakšano obavljanje raznih poslova. Svakim danom tehnologija postaje sofisticiranija te se polako u određenim poslovima ljudska radna snaga zamjenjuje jeftinijom radnom snagom odnosno robotima. Umjetna inteligencija se smatra pouzdanijom radnom snagom od čovjeka, no u obavljanju određenih poslova gdje je potrebno donositi odluke odnosno izvršavati radnje koje nisu automatske roboti ne mogu zamijeniti čovjeka.

Nove tehnologije u razvoju poput pojave autonomnih brodova predstavljaju prijetnju posadi na brodu, no ipak iako ljudske pogreške su najveći uzrok pomorskih nezgoda, u određenim situacijama računala ne mogu donijeti odluku koja zahtijeva odstupanje od određenih pravila kako bi se izbjegle negativne posljedice.

Stroj nikada ne može u potpunosti zamijeniti čovjeka, no čovjek i stroj bi trebali zajedno funkcionirati te bi čovjek trebao ići u korak sa razvojem tehnologije iako je to

ponekad teško pratiti zbog toga što se tehnološki napredak događa svaki dan u sve većim i ubrzanijim tempom.

LITERATURA

- [1] Antonić R: *Brodsko automatsko upravljanje*, Split, 2010. [Online] URL: <http://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/brodsko-automatsko-upravljanje.pdf> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [2] Badurina E: *Automatski identifikacijski sustav (AIS)*, Pomorski zbornik, 40(1), 2002, str.79-94.
- [3] Beesley C: *Radar Assisted Collisions*, NE O. and I. Seminar. 1993.
- [4] Bielić T: *Utjecaj ergonomskih čimbenika na upravljanje brodom*, Naše more, 51(5-6), 2004, str.172-177.
- [5] Bowditch N: *The American Practical Navigator*, National Imagery and Mapping Agency, 2002.
- [6] Burneister HC, Bruhn W, Rodseth OJ, Porathe T: Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective. J Navigation and Maritime Economy, 1 (2014) str. 1 – .
- [7] Boy GA, Millot P: *Human-machine cooperation: a solution for life-critical Systems?*, J Of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41(2012), str. 4 52-4559.
- [8] Cudahy, Brian J: *The Containership Revolution: Malcom McLean's 1956 Innovation Goes Global* [Online], URL: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews246.pdf> , (pristupljeno 10.8.2017.)
- [9] Di Lieto A: *Costa Concordia Anatomy of an organisational accident*, eNAV International [Online], URL: <https://maddenmaritime.files.wordpress.com/2012/07/costaconcordiaaato> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [10] Flin R, Hetherington C, Mearns K: *Safety in shipping: The human element*, J Of Safetey Research, 37(2006), str. 401-411.
- [11] Grabovac I: *Doprinos nekih međunarodnih konvencija sigurnosti plovidbe*, Pomorski zbornik, 40(1), 2002, str. 429-444.
- [12] Kukuljan D, Bernecic D, Orovic J: *Opravdanost ugradnje i princip rada uređaja za ponovno ukapljivanje prirodnog plina na brodu*. Sci J Of Maritime Research; 26/1(2012), str. 215-226.
- [13] Lapa K, Xhelilaj J: *The role of human fatigue factor towards maritime casualties*, Maritime Transport & Navigation Journal, 13(2010), str. 23-29.
- [14] Lee JD, McCallum MC, Rothblum AM, Sanquist TF: *Evaluating Shipboard Automation: Application to Mariner Training, Certification, and Equipment Design*,

Prepared for the National Transportation Safety Board Forum on Integrated Bridge System, 1996.

- [15] Macneil I: *21st Century Seamanship*, Witherby Publishing Group, Edinburgh, 2015.
- [16] Rasmussen J: *Skills, Rules and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinction in Human Performance Models, Man and Cybernetics*, 1983.
- [17] Reason J: *Human Error*, Cambridge University Press, New York, 2009.
- [18] Robinson H: *Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection*. 2009.
- [19] Rohtblum AM: *Human Error and Marine Safety, US Coast Guard Research and Development Center*, Prepared for Maritime Human Factors Conference, Linthicum, 2000.
- [20] Rødseth OJ, Tjora A: *A system architecture for an unmanned ship*. [Online]. URL: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents>, (pristupljeno 10.8.2017.)
- [21] Smith MH, Roggema, J: *Emerging organizational values in shipping: Part 1. Crew stability., Part 2. Towards a redistribution of responsibility on board ship*. Maritime Policy Management. 1979, str. 129-156.
- [22] Vidan P, Stanivuk T, Bielic T: *Effectiveness and Ergonomic of Integrated Navigation System*, Trans Marit Sci, 2012, 01:17-21.
- [23] Wagenaar WA, Groeneweg J: *Accident at Sea: Multiple Causes and Impossible Consequences*, Man – Machine Studies, Leiden University. 1987.
- [24] Vanessa Katanović: *Rolls-Royce: Prve flote brodova bez posade do 2020. godine*, URL: <https://lider.media/aktualno/rolls-royce-planirapredstaviti-crewless-brodove-2020-godine/>, (pristupljeno 20.02.2018.)
- [25] Blanding HC: *Automation of Ships and the Human Factor*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Philadelphia, 1987, str. 27-30.
- [26] *Dalmatinski portal. Bilic M: EKOLOGIJA MORA: Havarije koje su mijenjale svijet pomorskog prometa*. URL: <http://dalmatinskiportal.hr/energija-i-ekologija/havarije-koje-su-mijenjale-svijet-pomorskog-prometa/3469>, (pristupljeno 10.8.2017.)
- [27] *Focus on Bridge Resource Management*. [Online] URL: <https://fortress.wa.gov/ecy/publications/documents/991302.pdf> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [28] *Hrvatski leksikon*. URL: <http://www.hrleksikon.info/definicija/ergonomija.html> , (pristupljeno 10.8.2017)
- [29] *ITC*. URL: <http://www.telemetry.org/> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [30] *Katalog pomorskih karata i nautičkih publikacija*. 2013. [Online] URL: <http://www.hhi.hr/uploads/publications/Katalog2013.pdf> (pristupljeno 18.8.2017.)

- [31] Motivation, Organization and Satisfaction Aboard Ship. URL: <http://www.dieselduck.ca/library/01%20articles/motivation.htm> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [32] OMBO - One man bridge operation or one more banned operation? URL: <http://www.gard.no/web/updates/content/52615/ombo-one-man-bridge-operation-or-one-more-banned-operation-> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [33] Pomorska enciklopedija, svezak 7, Jugoslavenski leksikografski zavod «Miroslav Krleža», Zagreb 1985., str. 733.
- [34] *Report of the investigation of the collision between Hyundai Dominion and Sky Hope in the East China Sea 21 June 2004.* URL: <https://www.gov.uk/maib-reports/collision-between-container-vessels-hyundai-dominion-and-sky-hope-in-the-east-china-sea>, (pristupljeno 10.8.2017.)
- [35] *Rules for Classification and Construction Ship Technology. Germanischer Lloyd SE.* URL: http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/gl/maritimerrules2016July/gl_i-1-11_e.pdf (pristupljeno 10.8.2017.)
- [36] *Shipwreck Log. Amoco Cadiz.* URL: <https://www.shipwrecklog.com/log/history/amoco-cadiz/> (pristupljeno 10.8.2017.)
- [37] *Shipwrecks of the British Isles.* URL: <https://www.shipwrecklog.com/uk/infamous-shipwrecks/torrey-canyon/>, (pristupljeno 10.8.2017.)
- [38] *The world merchant fleet in 2012.* Statistics from Equasis. Retrieved 2014-08-25.
- [39] *Terror at Sea: The Sinking of the Concordia* (documentary). Channel 4. 2012.
- [40] Rolls-Royce, URL: <https://www.rolls-royce.com/>, (pristupljeno 20.02.2018.)
- [41] URL;<https://distra.me/4.-industrijska-revolucija.html>, (pristupljeno 20.02.2018.)

POPIS TABLICA

Tablica 1 Prikaz udjela najčešćih pogrešaka suvremenih sustava	20
Tablica 2 Primjeri tipičnog ljudskog ponašanja i moguća rješenja	28

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1 Kontejnerski brod MSC Donata	4
Slika 2 Brod za rasuti teret Sabrina I	5
Slika 3 LNG tanker	6
Slika 4 Moderni navigacijski most	8
Slika 5 ARPA sustav	9
Slika 6 ECDIS sustav	10
Slika 7 Radarski i AIS prikaz [2].....	11
Slika 8 Shematski prikaz minimalne vidljivosti s navigacijskog mosta.....	12
Slika 9 Strukturna blok skica sustava BCS 200 [1]	14
Slika 10 Princip regulacije brzine motora [1]	15
Slika 11 Shematski prikaz ergonomije INS-a i zapovjedničkog mosta.....	17
Slika 12 Izgled kontrolne kabine strojarnice.....	18
Slika 13 Nasukavanje broda Torrey Canyon rezultiralo je	22
Slika 14 Amoco Cadiz	23
Slika 15 Hyundai Dominion	24
Slika 16 Sky Hope	24
Slika 17 Costa Concordia	25
Slika 18 Simulator navigacijskog broda, fotografija simulatora PFST	29
Slika 19 Fotografija nautičkog simulatora Pomorskog fakulteta u Splitu.	30
Slika 20 Prikaz elektroničke navigacijske karte na sustavu ECDIS (tanker Vukovar)..	39

POPIS KRATICA

ABS	<i>American Bureau of Shipping</i>	Američki špediterski zavod
AIS	<i>Automatic Identification System</i>	Automatski identifikacijski sustav
ARPA	<i>Automatic Radar Plotting Aid</i>	Kompjuterizirani radarski sustav za automatsko ucrtavanje i izbjegavanje sudara
ATKS	<i>Automatic Track Keeping System</i>	Sustav za automatsko praćenje
BAMS	<i>Bridge Alert Management System</i>	Alarmni sustav navigacijskog mosta
BCS	<i>Bridge Control System</i>	Sustav kontrole mosta
CPP	<i>Controllable Pitch Propeller</i>	Regulator uspona propelera
CTSB	<i>Canadian Transportation and Safety Board</i>	Kanadski odbor za transport i sigurnost
DGS	<i>Digital Governor System</i>	Digitalni regulator
DOC	<i>Document of Compliance</i>	Potvrda o sigurnosnom vođenju broda
ECDIS	<i>Electronic Chart Display Information System</i>	Elektronički informacijski kartični sustav
EHM	<i>Equipment Health Manager</i>	Sustav korišten na autonomnim brodovima za prikupljanje podataka
EM	<i>Energy Management</i>	Sustav korišten na autonomnim brodovima za kontrolu potrošnje goriva
ETS	<i>Engine Telegraph System</i>	Sustav strojnog telegrafa
GPS	<i>Global Positioning System</i>	Globalni sustav za pozicioniranje
GMDSS	<i>Global Maritime Distress Safety System</i>	Svjetski pomorski sustav za uzbunjivanje, traganje i spašavanje
HELM	<i>Human Element, Leadership and</i>	Tečaj upravljanja ljudskim

	<i>Management</i>	elementom na brodu
ILO	<i>International Labour Organization</i>	Međunarodna organizacija rad
IMCO	<i>Inter-governmental Maritime Consultative Organization</i>	Međunarodna pomorska savjetodavna organizacija
IMS	<i>Information Management System</i>	Sustav upravljanja informacijama
IMO	<i>International Maritime Organization</i>	Međunarodna pomorska organizacija
ISM	<i>International Safety Management</i>	Međunarodni kodeks o sigurnom vođenju broda i sprječavanju onečišćenja
INS	<i>Integrated Navigation System</i>	Integrirani navigacijski sustav
LAN	<i>Local Area Network</i>	Lokalna mreža
LNG	<i>Liquid Natural Gas</i>	Ukapljeni prirodni plin
MARPOL	<i>Marine Pollution; International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i>	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova
MS	<i>Maneuvering System</i>	Manervacijski sustav
NACOS	<i>Navigation and Command System</i>	Sustav za navigaciju i upravljanje
OMBO	<i>One Man Bridge On</i>	Zapovjednički most opremljen za navigaciju samo s jednim čovjekom
OPU	<i>Order Printer Unit</i>	Pomoćni uređaji s pisačem
SMC	<i>Safety Management Certificate</i>	Svjedodžbe o sigurnom vođenju broda
SOLAS konvencija	<i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru

SSU	<i>Safety System Unit</i>	Podsustav zaštite
STCW	<i>Standards of Training, Certification and Watchkeeping</i>	Međunarodna konvencija o standardima treniranja, svjedodžbi i držanja straže
VHF	<i>Very High Frequency</i>	Vrlo visoke frekvencije (30-300 MHz)
VTIS	<i>Singapore Vessel Traffic Information System</i>	Singapurski informacijski sustav o pomorskim plovilima