

# Sigurnosna obilježja offshore brodova

---

**Gudelj, Ivica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:615785>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel

Stručni prijediplomski studij

Nautika i tehnologija pomorskog prometa



**Ivica Gudelj**

**Sigurnosna obilježja offshore brodova**

**Završni rad**

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru  
Pomorski odjel - Nautički odsjek  
Sveučilišni prijediplomski studij  
Nautika i tehnologija pomorskog prometa

Sigurnosna obilježja offshore brodova

Završni rad

Student/ica:  
Ivica Gudelj

Mentor/ica:  
Doc. dr. sc. Ana Gundić

Zadar, 2024.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Ivica Gudelj**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom ***Sigurnosna obilježja offshore brodova*** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 4. svibnja 2024.

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Offshori brodovi .....	2
2.1. Offshore industrija.....	2
2.1.1. Povijest i razvoj offshore industrije .....	2
2.1.2. Ekonomski značaj offshore industrije .....	3
2.1.3. Tehnološki napredak i utjecaj na offshore operacije.....	3
2.2. Sigurnosni izazovi u offshore operacijama .....	4
2.2.1. Uobičajeni sigurnosni rizici i izazovi.....	4
2.2.2. Najčešće nesreće i incidenti .....	4
2.3. Klasifikacija offshore brodova .....	5
2.3.1. Platform supply vessels .....	5
2.3.2. Anchor handling tug supply .....	5
2.3.3. Diving support vessels .....	6
2.3.5. Seismic vessels .....	6
2.3.6. Emergency response and rescue vessels .....	7
2.4. Međunarodni propisi i standardi sigurnosti.....	7
2.4.1. Ključni međunarodni propisi (IMO, SOLAS, MARPOL).....	7
2.4.2. Specifični sigurnosni zahtjevi za offshore brodove .....	8
2.4.3. Uloga klasifikacijskih društava u sigurnosti offshore brodova .....	9
3. Sigurnosna obilježja offshore brodova.....	10
3.1. Konstrukcijska obilježja i stabilnost .....	10
3.1.1. Dizajn trupa i stabilnost broda .....	11
3.1.2. Dvostruki trupovi i odvojene prostorije za skladištenje.....	13
3.1.3. Sustavi za kontrolu ispusta vode .....	15
3.2. Sustavi za spašavanje i evakuaciju .....	17
3.2.1. Spasilački čamci i splavi .....	17

3.2.2. Helikopterske palube i oprema za evakuaciju .....	19
3.2.3. Trening i simulacije evakuacije.....	21
3.3. Protupožarna zaštita .....	23
3.3.1. Detekcija požara i sustavi za gašenje .....	23
3.3.2. Protupožarni planovi i protokoli .....	24
3.3.3. Obuka posade za reagiranje u slučaju požara.....	25
4. Upravljanje sigurnošću i protokoli .....	27
4.1. Komunikacijska i navigacijska oprema.....	27
4.1.1. Napredni sustavi za navigaciju i pozicioniranje.....	27
4.1.2. Komunikacijski sustavi za hitne situacije .....	28
4.1.3. Integracija sustava za upravljanje sigurnošću .....	30
4.2. Tehnološki napredak i sigurnost .....	30
4.2.1. Utjecaj tehnološkog razvoja na poboljšanje sigurnosti .....	31
4.2.2. Primjena daljinski upravljanih i autonomnih sustava .....	31
5. Zaključak.....	33
Popis literature.....	34
Popis slika .....	41
Sažetak .....	42
Summary .....	42

## 1. Uvod

*Offshore* industrija ima značajan utjecaj na globalnu ekonomiju budući da omogućava istraživanje i eksploataciju resursa iz morskih dubina, posebno nafte i plina. Ova industrija suočava se s mnogim sigurnosnim izazovima, uključujući ekstremne vremenske uvjete, tehničke kvarove i ljudske pogreške. Sigurnost offshore brodova ključna je za zaštitu života, očuvanje okoliša i ekonomsku održivost operacija [1].

Tema ovog rada su sigurnosna obilježja offshore brodova. Rad će obuhvatiti ključne aspekte sigurnosti, kao što su konstrukcija brodova, sustavi za spašavanje i evakuaciju, protupožarna zaštita, komunikacijska i navigacijska oprema te utjecaj novih tehnologija.

Cilj rada je analizirati sigurnosna obilježja *offshore* brodova i njihovu važnost za sigurno obavljanje operacija na moru. Sekundarni ciljevi uključuju proučavanje međunarodnih propisa i standarda koji utječu na sigurnost *offshore* brodova, istraživanje doprinosa dizajna i opreme sigurnosnim mjerama te ulogu ljudskog faktora kroz obuku posade i sigurnosne protokole.

Rad je organiziran u pet poglavlja. Prvo poglavlje pruža uvod u temu rada, objašnjava osnovni problem i ciljeve istraživanja. Drugo poglavlje bavi se analizom *offshore* industrije. Nadalje, istražuje povijest i razvoj industrije, njen ekonomski značaj, te utjecaj tehnološkog napretka na *offshore* operacije. Posebno se razmatraju sigurnosni izazovi, najčešće nesreće i utjecaj ljudskog faktora. Također, obuhvaća klasifikaciju različitih tipova *offshore* brodova i pregled međunarodnih propisa i standarda sigurnosti. Treće poglavlje fokusira se na sigurnosna obilježja *offshore* brodova. Iznesena su obilježja konstrukcijskih karakteristika, sustava za spašavanje i evakuaciju, protupožarnu zaštitu te komunikacijsku i navigacijsku opremu. Naglasak je na tome kako ove karakteristike doprinose ukupnoj sigurnosti brodova. Četvrto poglavlje razmatra upravljanje sigurnošću i protokole. Analiziraju se napredni sustavi za navigaciju i komunikaciju, integracija sustava za upravljanje sigurnošću, te utjecaj tehnoloških inovacija na sigurnosne mjere. Poseban naglasak stavljen je na primjenu daljinski upravljanih i autonomnih sustava. Peto poglavlje donosi zaključke rada.

## **2. Offshori brodovi**

Industrija *offshore* brodova čini bitan dio globalne energetske infrastrukture, omogućavajući istraživanje i vađenje morskih resursa, osobito nafte i plina. *Offshore* brodovi imaju ključnu ulogu u ovim procesima, pružajući podršku tijekom svih faza operacija, od početnog istraživanja do proizvodnje i transporta. Zbog zahtjevnih uvjeta rada, sigurnosni elementi ovih brodova su od velike važnosti [1].

U nastavku se razmatraju različiti elementi *offshore* industrije, uključujući njezin povijesni razvoj, ekonomski značaj i tehnološki napredak. Istražit će se kako se industrija razvijala kroz vrijeme, koje ekonomske prednosti donose *offshore* operacije, te kako su tehnološke inovacije poboljšale sigurnost i učinkovitost *offshore* brodova.

### **2.1. Offshore industrija**

#### **2.1.1. Povijest i razvoj *offshore* industrije**

*Offshore* industrija započela je sredinom 20. stoljeća s prvim operacijama bušenja na moru. Prve *offshore* bušotine postavljene su uz obalu Kalifornije 1930-ih godina, ali stvarni zamah industrija je dobila tek nakon Drugog svjetskog rata. Ključni trenutak dogodio se 1947. godine kada je tvrtka Kerr-McGee izvela prvo uspješno bušenje u otvorenom moru, udaljeno oko 16 kilometara od obale Louisiane u SAD-u, što je pokazalo da je eksploatacija nafte i plina na moru moguća i ekonomski isplativa [2, 3].

Kasnije, tijekom 1950-ih i 1960-ih godina, tehnologija bušenja je napredovala, omogućujući rad pri većoj dubini i u složenijem okruženju. Također, razvoj plutajućih platformi i poboljšanje sigurnosne opreme omogućili su daljnje širenje operacija. Do 1970-ih godina, industrija je postala globalna te su se operacije razvile u Sjevernom moru, Meksičkom zaljevu, Perzijskom zaljevu i drugim regijama koje su bile bogate naftom i plinom. Tijekom 1980-ih i 1990-ih godina, razvoj podvodnih tehnologija omogućio je eksploataciju resursa na još većim dubinama. Uvođenje tehnologije za podvodno dovršavanje bušotina i napredak u sustavima za upravljanje proizvodnjom značajno su povećali učinkovitost i sigurnost operacija. Danas *offshore* industrija uključuje ne samo bušenje i proizvodnju nafte i plina, već i druge aktivnosti kao što su vjetroelektrane na moru, podvodni cjevovodi i telekomunikacijski kablovi [2, 3].



### **2.1.2. Ekonomski značaj *offshore* industrije**

*Offshore* industrija ima veliki ekonomski značaj budući da osigurava značajan dio globalne energetske opskrbe kroz eksploataciju nafte i plina. Ovi resursi imaju značajnu ulogu u osiguravanju energetske sigurnosti mnogih zemalja. Osim toga, *offshore* operacije stvaraju značajne prihode i zapošljavaju velik broj radnika s visoko specijaliziranim vještinama, čime doprinose ekonomskom rastu i razvoju [4, 5].

Nadalje, bitno je naglasiti da *offshore* industrija doprinosi ekonomskoj stabilnosti kroz nekoliko ključnih elemenata. Prvo, generira značajne prihode putem prodaje nafte i plina, čime osigurava stabilne izvore energije i smanjuje ovisnost o uvozu energije. Drugo, stvara brojna radna mjesta i potiče razvoj povezanih industrija kao što su brodogradnja, proizvodnja opreme, inženjering i pomorske usluge. Ove industrije pružaju potrebne proizvode i usluge za *offshore* operacije, čime dodatno doprinose razvoju ekonomije [4, 5].

### **2.1.3. Tehnološki napredak i utjecaj na *offshore* operacije**

Tehnološki napredak odigrao je iznimno bitnu ulogu u razvoju i sigurnosti *offshore* industrije. Inovacije koje su došle s vremenom su omogućile složenije i učinkovitije operacije smanjujući troškove i povećavajući sigurnost. Razvojem novih vrsta brodova, sofisticiranijom opremom za bušenje i naprednijim sustavima za nadzor i kontrolu značajno se unaprijedila sigurnost svih operacija [6, 7].

Različite vrste platformi, uključujući fiksne, plutajuće i polupotopne, omogućile su rad na različitim dubinama i u različitim uvjetima. Ove strukture su dizajnirane za stabilnost i otpornost na iznimno teške vremenske uvjete, što omogućuje kontinuiranu proizvodnju. Napredak u podvodnim sustavima za bušenje i proizvodnju omogućio je eksploataciju resursa na većim dubinama, smanjujući potrebu za prisustvom ljudi u opasnim uvjetima. Moderni sustavi za nadzor i kontrolu omogućuju praćenje i upravljanje operacijama u stvarnom vremenu, smanjujući rizik od ljudskih pogrešaka i povećavajući učinkovitost. Automatizirani sustavi i daljinsko upravljanje značajno su poboljšali sigurnost operacija. Također, razvoj sigurnosnih sustava, poput sustava za detekciju i gašenje požara, sustava za kontrolu izlivanja nafte i tehnologija za spašavanje, unaprijedili su sigurnost operacija. Tehnološki napredak također je omogućio razvoj *offshore* vjetroelektrana kao i drugih obnovljivih izvora energije [6, 7, 8].

## **2.2. Sigurnosni izazovi u offshore operacijama**

### **2.2.1. Uobičajeni sigurnosni rizici i izazovi**

Što se tiče sigurnosnih rizika, *offshore* industrija suočava se s različitim sigurnosnim rizicima i izazovima koji proizlaze iz prirodnih, tehničkih i ljudskih čimbenika. Ekstremni vremenski uvjeti predstavljaju jedan od glavnih rizika. Oluje, uragani, visoki valovi i jaki vjetrovi mogu ugroziti stabilnost platformi i brodova čime se povećava rizik od nesreća. U uvjetima lošeg vremena, operacije postaju složenije i opasnije, zahtijevajući visoku razinu pripreme i opreza. Treba napomenuti i da tehnički kvarovi predstavljaju ozbiljan sigurnosni izazov. Kvarovi u sustavima za bušenje, navigacijskim uređajima, električnim sustavima ili sustavima za kontrolu tlaka mogu dovesti do ozbiljnih incidenata. Na primjer, kvar na opremi za kontrolu tlaka može rezultirati nekontroliranim izbijanjem nafte ili plina, što može izazvati eksplozije i požare. Redovno održavanje i inspekcija tih sustava ključni su za minimiziranje rizika od tehničkih kvarova. Posljednji faktor predstavljaju ljudske pogreške koje su također čest uzrok sigurnosnih incidenata. Greške u procjeni situacije, nepoštivanje sigurnosnih protokola, nedovoljna obuka ili umor posade mogu dovesti do ozbiljnih nesreća. Zbog složenosti operacija i visokog rizika, ljudski faktor ima ključnu ulogu u održavanju sigurnosti [9, 10].

### **2.2.2. Najčešće nesreće i incidenti**

Nesreće koje se dogode u *offshore* industriji mogu imati devastirajuće posljedice za ljudske živote, okoliš i ekonomiju. Među najčešćim nesrećama su eksplozije, požari i prevrtanje brodova. Eksplozije koje su prisutne često su uzrokovane nekontroliranim izbijanjem nafte ili plina, što dovodi do trenutne i snažne detonacije. Primjer takve nesreće je eksplozija na platformi *Deepwater Horizon* 2010. godine, koja je rezultirala velikim brojem žrtava i jednom od najvećih ekoloških katastrofa u povijesti. Požari su također česti u offshore industriji, a mogu nastati zbog eksplozija, električnih kvarova ili neispravne opreme. Na platformama ili brodovima požari se brzo šire zbog prisutnosti zapaljivih materijala, što otežava gašenje i evakuaciju posade. Prevrtanje brodova, iako rjeđe, predstavlja ozbiljan rizik, posebno za brodove koji operiraju u teškim vremenskim uvjetima ili na otvorenom moru. Ovakvi incidenti mogu rezultirati potonućem broda i gubitkom ljudskih života [11, 12].

Nadalje, ljudski faktor značajno utječe na sigurnosne incidente. Nesreće su često uzrokovane greškama u procjeni, nedostatnom obukom, nepoštivanjem sigurnosnih mjera i

umorom. Na primjer, greške u navigaciji ili upravljanju opremom mogu dovesti do sudara ili prevrtanja brodova. Nedovoljna obuka posade može rezultirati neadekvatnim reakcijama u hitnim situacijama, čime se povećava rizik od nesreća. Zbog toga je izrazito bitno da se naglasi važnost obuke i striktnih sigurnosnih protokola. Stoga su redovite simulacije hitnih situacija, edukacija posade o sigurnosnim postupcima i jasni protokoli za reagiranje u hitnim slučajevima ključni za minimiziranje ljudskih pogrešaka. Također, praćenje stanja posade i upravljanje njihovim radnim vremenom može smanjiti umor i stres, čime se dodatno povećava sigurnost operacija [11, 12].

### **2.3. Klasifikacija *offshore* brodova**

*Offshore* brodovi su bitan dio pomorske industrije. Svaki tip *offshore* broda ima jedinstvenu ulogu i dizajniran je za rad u izazovnim morskim uvjetima. Stoga različite vrste *offshore* brodova izvršavaju specifične zadatke potrebne za potporu *offshore* operacija.

#### **2.3.1. *Platform supply vessels***

*Platform supply vessels* (PSV brodovi) dizajnirani su za opskrbu *offshore* platformi materijalima i opremom neophodnim za rad. Služe za prijevoz različitih zaliha poput goriva, vode, kemikalija, rezervnih dijelova i hrane. Ovi brodovi obično imaju prostrane palube za prijevoz tereta i specijalizirane spremnike za tekućine i kemikalije. PSV brodovi su ključni za kontinuirano funkcioniranje platformi budući da omogućuju redovnu dostavu potrebnih zaliha, čak i u teškim vremenskim uvjetima. Njihov napredni navigacijski sustav i tehnologija za upravljanje teretom osiguravaju efikasnu i sigurnu opskrbu platformi [13, 14].

#### **2.3.2. *Anchor handling tug supply***

*Anchor handling tug supply* brodovi, poznati kao AHTS brodovi, specijalizirani su za rukovanje sidrima *offshore* platformi. Oni postavljaju i premještaju sidra koja održavaju stabilnost platformi tijekom bušenja ili proizvodnje. Ovi brodovi su opremljeni moćnim vitlima za povlačenje teških sidara i kablova te sustavima za precizno pozicioniranje. Osim rukovanja sidrima, AHTS brodovi često sudjeluju u tegljenju platformi na nove lokacije te pružaju podršku u hitnim situacijama i operacijama spašavanja. Ovi brodovi imaju izrazito čvrstu

konstrukciju i snažne motore koji im omogućuju obavljanje zahtjevnih zadataka u nepovoljnim morskim uvjetima [15, 16].

### **2.3.3. Diving support vessels**

*Diving support vessels* (DSV brodovi) namijenjeni su podršci podvodnim operacijama i istraživanjima. Ovi brodovi imaju specijaliziranu opremu za ronjenje, uključujući komore za dekompresiju, podvodne robote (ROV) te sustave za komunikaciju i nadzor. DSV brodovi igraju važnu ulogu u inspekciji, održavanju i popravcima podvodnih struktura poput cjevovoda, naftovoda i drugih podvodnih instalacija. Njihova sposobnost osiguravanja sigurnog okruženja za ronioce i napredne tehnološke mogućnosti čine ih nezamjenjivima u *offshore* industriji. Osim toga, često se koriste u složenim podvodnim građevinskim projektima, istraživanju morskog dna i operacijama spašavanja [17, 18].

### **2.3.4. Construction vessels**

*Construction vessels* su specijalizirani brodovi koji se koriste za izgradnju i održavanje *offshore* infrastrukture, kao što su naftne i plinske platforme, vjetroelektrane, te podvodni cjevovodi i kablovi. Ovi brodovi su opremljeni raznovrsnim inženjerskim alatima i teškom opremom, uključujući dizalice velike nosivosti, modularne platforme i napredne sustave za precizno pozicioniranje. Imaju prostrane palube za smještaj građevinskog materijala i opreme, te posebne prostore za posadu i tehničare. Njihova upotreba obuhvaća instalaciju novih struktura te popravke i održavanje postojećih postrojenja. Uz to, ovi brodovi su prilagođeni za rad u teškim vremenskim uvjetima, što omogućava kontinuirane operacije [19, 20].

### **2.3.5. Seismic vessels**

*Seismic vessels* su brodovi koji prikupljaju podatke o podmorju potrebne za istraživanje nafte i plina. Opremljeni su naprednim seizmičkim instrumentima i tehnologijama koje omogućuju detaljno mapiranje podzemnih slojeva. Ovi brodovi koriste uređaje za emitiranje zvučnih valova koji se odbijaju od različitih slojeva stijena ispod morskog dna. Reflektirani signali se zatim prikupljaju pomoću senzora na brodu ili plutačama koje brod vuče. Podaci dobiveni ovom metodom omogućuju geolozima i inženjerima precizno određivanje potencijalnih nalazišta nafte i plina. Također, ova vrsta brodova često djeluju u suradnji s drugim brodovima koji im pružaju logističku podršku, uključujući opskrbu i tehničku pomoć.

Njihova sposobnost prikupljanja kvalitetnih seizmičkih podataka čini ih neophodnima u istraživanju i razvoju offshore energetske projekata [21, 22].

### **2.3.6. *Emergency response and rescue vessels***

*Emergency response and rescue vessels*, poznati kao ERRV brodovi, namijenjeni su za pružanje hitne pomoći i spašavanje u slučaju nesreća na moru. Njihov glavni zadatak je brzo reagiranje na hitne situacije, poput nesreća na platformama, požara ili prevrtanja brodova. ERRV brodovi su opremljeni medicinskom opremom, spasilačkim čamcima, opremom za gašenje požara i komunikacijskim sustavima za koordinaciju spasilačkih operacija. Posade ovih brodova su visoko obučene za hitne intervencije, uključujući pružanje medicinske pomoći, evakuaciju i spašavanje u teškim uvjetima. ERRV brodovi često patroliraju blizu *offshore* platformi i drugih važnih objekata kako bi bili spremni za brzo djelovanje u slučaju nesreće [23, 24].

## **2.4. Međunarodni propisi i standardi sigurnosti**

*Offshore* industrija suočava se s brojnim sigurnosnim izazovima zbog složenih operacija i teških radnih uvjeta. Kako bi se osigurala sigurnost zaposlenika i zaštita okoliša, uvedeni su međunarodni propisi i standardi.

Međunarodni propisi i standardi sigurnosti nude smjernice za sigurnost plovila, pravilno upravljanje opremom i protokole za hitne situacije. Ključni međunarodni propisi uključuju one koje je donijela Međunarodna pomorska organizacija (IMO), kao što su Konvencija o sigurnosti života na moru (SOLAS) i Međunarodna konvencija za sprečavanje onečišćenja s brodova (MARPOL).

### **2.4.1. Ključni međunarodni propisi (IMO, SOLAS, MARPOL)**

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) postavlja globalne standarde za sigurnost, zaštitu i ekološku učinkovitost pomorskog prometa. Jedan od najvažnijih propisa IMO-a je Konvencija o sigurnosti života na moru (SOLAS). SOLAS definira minimalne sigurnosne standarde za konstrukciju, opremu i operacije brodova, osiguravajući da su plovila sigurna za

plovidbu. SOLAS pokriva različite aspekte, uključujući sigurnosnu opremu, sustave za detekciju i gašenje požara, te hitne protokole [25, 26].

Još jedan ključni propis koji je uspostavio IMO je Međunarodna konvencija za sprečavanje onečišćenja s brodova (MARPOL). MARPOL ima za cilj minimizirati zagađenje mora brodovima, uključujući izlivanje ulja, ispuštanje kemikalija, otpadne vode i otpad. Sastoji se od šest tehničkih priloga, od kojih svaki obrađuje različite vrste onečišćenja. MARPOL postavlja stroge zahtjeve za konstrukciju i opremu brodova kako bi se spriječilo onečišćenje te zahtijeva redovito praćenje i inspekcije kako bi se osigurala usklađenost [27].

Uz SOLAS i MARPOL, IMO je uspostavio i Međunarodni kodeks za sigurnosnu upravu (ISM Code). ISM Code zahtijeva od brodovlasnika uspostavu sigurnosnog menadžment sustava koji uključuje procedure za sigurno upravljanje brodovima i sprečavanje onečišćenja [28].

#### **2.4.2. Specifični sigurnosni zahtjevi za *offshore* brodove**

*Offshore* brodovi moraju zadovoljiti specifične sigurnosne standarde prilagođene njihovim operacijama i radnim uvjetima. Za razliku od konvencionalnih plovila, *offshore* brodovi često djeluju u ekstremnim uvjetima i moraju biti opremljeni za suočavanje s izazovima poput jakih vjetrova, visokih valova i nepristupačnih lokacija [29, 30].

Stabilnost je jedan od ključnih sigurnosnih elemenata za *offshore* brodove. Ovi brodovi moraju imati posebne konstrukcijske karakteristike koje osiguravaju stabilnost u svim uvjetima. To uključuje dizajn trupa, sustave za balastiranje i raspored tereta. Stabilnost je nužna za sprječavanje prevrtanja brodova, posebno u teškim vremenskim uvjetima [29, 30].

Uz stabilnost, *offshore* brodovi moraju biti opremljeni naprednim sigurnosnim sustavima za detekciju i gašenje požara. Zbog prisutnosti zapaljivih materijala i opasnih tvari, sustavi za detekciju požara moraju biti vrlo osjetljivi i pouzdani. Sustavi za gašenje požara uključuju automatske prskalice, sustave za gašenje pjenom i sustave za gašenje plinom, koji su dizajnirani za brzo i učinkovito suzbijanje požara. Spašavanje i evakuacija su također ključni sigurnosni elementi za *offshore* brodove. Plovila moraju imati dovoljno spasilačkih čamaca i splavi za cijelu posadu te jasno označene evakuacijske rute. Redovite vježbe evakuacije i obuka posade su nužni kako bi se osiguralo da svi znaju svoje uloge i zadatke u slučaju hitne situacije. Osim toga, *offshore* brodovi moraju zadovoljiti zahtjeve za zaštitu okoliša, što uključuje sustave za upravljanje balastnim vodama kako bi se spriječilo unošenje invazivnih vrsta te sustave za

tretman otpadnih voda i otpada. Ovi sustavi moraju biti u skladu s međunarodnim propisima kao što je MARPOL kako bi se minimizirao negativan utjecaj na okoliš [31, 32].

### **2.4.3. Uloga klasifikacijskih društava u sigurnosti offshore brodova**

Klasifikacijska društva imaju važnu ulogu u održavanju sigurnosti *offshore* brodova. Ova neovisna tijela provode inspekcije, izdaju certifikate i osiguravaju da plovila zadovoljavaju međunarodne sigurnosne standarde. Klasifikacijska društva, poput Lloyd's Register, Bureau Veritas, ABS i DNV GL, razvijaju tehničke standarde za dizajn, konstrukciju i održavanje brodova. Prvi korak u procesu klasifikacije je pregled dizajna broda kako bi se osiguralo da zadovoljava sve potrebne sigurnosne standarde. Ovo uključuje analizu konstrukcijskih crteža, specifikacija materijala i tehničkih podataka. Nakon odobrenja dizajna, klasifikacijska društva provode inspekcije tijekom gradnje broda kako bi se osiguralo da se izgradnja provodi u skladu s odobrenim dizajnom i standardima [33, 34].

Kada je brod izgrađen, klasifikacijska društva provode detaljne inspekcije kako bi osigurali da svi sustavi i oprema ispravno funkcioniraju. Ovo uključuje testiranje sustava za stabilnost, detekciju i gašenje požara, spasilačke opreme i drugih sigurnosnih sustava. Nakon uspješne inspekcije, brod dobiva certifikat o klasifikaciji, što potvrđuje da je u skladu sa svim relevantnim sigurnosnim standardima. Klasifikacijska društva također provode redovite inspekcije i preglede tijekom cijelog vijeka trajanja broda kako bi osigurali kontinuiranu usklađenost sa sigurnosnim standardima. Ovo uključuje godišnje preglede, periodične preglede svakih nekoliko godina i specijalne preglede u slučaju značajnih promjena ili popravaka na brodu. Ako brod ne zadovoljava standarde tijekom ovih pregleda, klasifikacijsko društvo može povući njegov certifikat, čime se plovidba zabranjuje dok se ne isprave nedostaci [33, 34].

### 3. Sigurnosna obilježja *offshore* brodova

Sigurnosna obilježja *offshore* brodova iznimno su važna za sigurnu i učinkovitu izvedbu operacija na moru. Zbog teških vremenskih uvjeta, složenih operacija i udaljenosti od obale, ovi brodovi moraju biti opremljeni naprednim sigurnosnim sustavima i konstrukcijskim značajkama koje im omogućuju otpornost na oštećenja i očuvanje okoliša.

U prvom dijelu ovog poglavlja analizirani su ključni elementi dizajna trupa koji osiguravaju stabilnost broda u svim uvjetima. Također, obrazložena je važnost dvostrukih trupova i odvojenih prostorijskih za skladištenje, te sustava za kontrolu ispusta vode. Stabilnost broda u ekstremnim uvjetima mora biti zajamčena, dok dvostruki trupovi pružaju dodatnu sigurnost od oštećenja. Sustavi za kontrolu ispusta vode ključni su za sprječavanje onečišćenja okoliša, osiguravajući održivost operacija. Drugi dio poglavlja usredotočuje se na opremu i protokole za hitne situacije. Obrazložen je značaj spasilačkih čamaca i splavi koji imaju ključnu ulogu u brzom evakuaciji posade u slučaju nesreće, dok helikopterske palube omogućuju hitan transport ozlijeđenih i evakuaciju. Redoviti treninzi i simulacije evakuacija su neophodni kako bi posada bila spremna za hitne situacije, osiguravajući koordiniranu i brzu reakciju. Treći dio poglavlja odnosi se na sustave za otkrivanje i gašenje požara, protupožarne planove i obuku posade. Ovi sustavi za otkrivanje i gašenje požara također su od ključne važnosti za sigurnost broda jer omogućuju rano otkrivanje i brzo suzbijanje požara. Stoga, protupožarni planovi moraju biti dobro osmišljeni kako bi osigurali brzu i učinkovitu reakciju posade na požar. Također, posljednja stavka je obuka posade za reagiranje u slučaju požara, koja se provodi s ciljem da smanji rizik od katastrofalnih posljedica, omogućujući da se brzo i učinkovito ugasi požar prije nego što se proširi.

#### 3.1. Konstrukcijska obilježja i stabilnost

Stabilnost broda mora biti zajamčena u svim uvjetima kako bi se izbjeglo prevrtanje ili ozbiljna oštećenja. Što se tiče dizajna trupa broda, način na koji je konstruiran trup ima ključnu ulogu u njegovoj sposobnosti da izdrži ekstremne uvjete na moru. Trup mora biti projektiran tako da pruža stabilnost i otpornost na sile koje djeluju tijekom operacija [35].

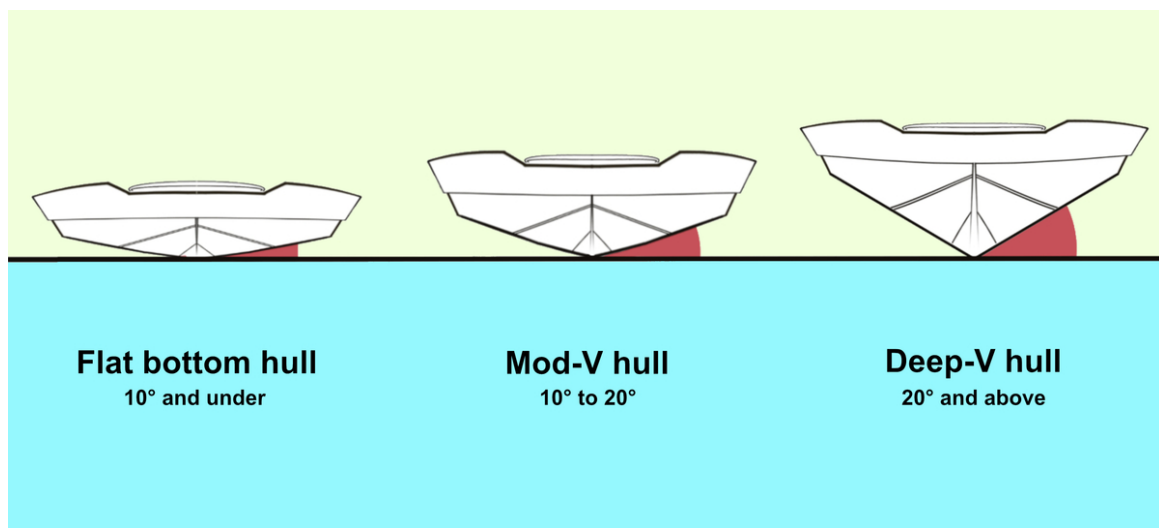
Dvostruki trupovi pružaju dodatni sloj zaštite, smanjujući rizik od proboja i curenja. Pored toga, sustavi za kontrolu ispusta vode imaju važnu ulogu u očuvanju okoliša, sprječavajući izlivanje štetnih tvari u more [35].



### 3.1.1. Dizajn trupa i stabilnost broda

Dizajn trupa mora osigurati stabilnost broda u svim uvjetima, uključujući ekstremne vremenske prilike i velike valove. Zbog toga geometrija trupa značajno utječe na hidrodinamičke performanse i stabilnost broda. Oblik trupa mora biti optimiziran kako bi se smanjio otpor vode i povećala stabilnost tijekom plovidbe. Različiti oblici trupa optimizirani su za specifične operativne uvjete. Na primjer, V-oblikovani trupovi pružaju veću stabilnost u valovima jer njihov oblik omogućuje bolje prodiranje kroz valove, smanjujući potresanje broda. S druge strane, ravni trupovi omogućuju bolju upravljivost i manji otpor, što je korisno u mirnijim vodama ili za specifične operativne zadatke [36].

Slika 1. prikazuje tri vrste trupa broda prema kutu V-oblikovanja. Prva vrsta je *Flat bottom hull* ili trup ravnog dna s kutom do  $10^\circ$ , idealan za mirne vode zbog svoje stabilnosti, ali manje učinkovit u valovitom moru. Druga vrsta je *Mod-V hull* s kutom između  $10^\circ$  i  $20^\circ$ , pružajući bolju stabilnost u valovima i zadržavajući upravljivost. Treća vrsta, *Deep-V hull* s kutom od  $20^\circ$  i više, najbolja je za valovito more jer omogućuje lak prolaz kroz valove, smanjujući potresanje broda. Važno je naglasiti da svaka vrsta trupa ima svoje prednosti i koristi se ovisno o uvjetima plovidbe i namjeni broda [37].



Slika 1. Vrste trupova brodova prema kutu V-oblikovanja

Izvor: [37].

Nadalje, analiza geometrije trupa uključuje detaljno proučavanje hidrodinamičkih karakteristika, kao što su otpor, uzgon i stabilnost, te prilagođavanje dizajna za optimalne performanse u određenim uvjetima. Hidrodinamički otpor ključni je faktor koji utječe na učinkovitost goriva i brzinu broda. Optimiziranjem oblika trupa za smanjenje otpora, brod može

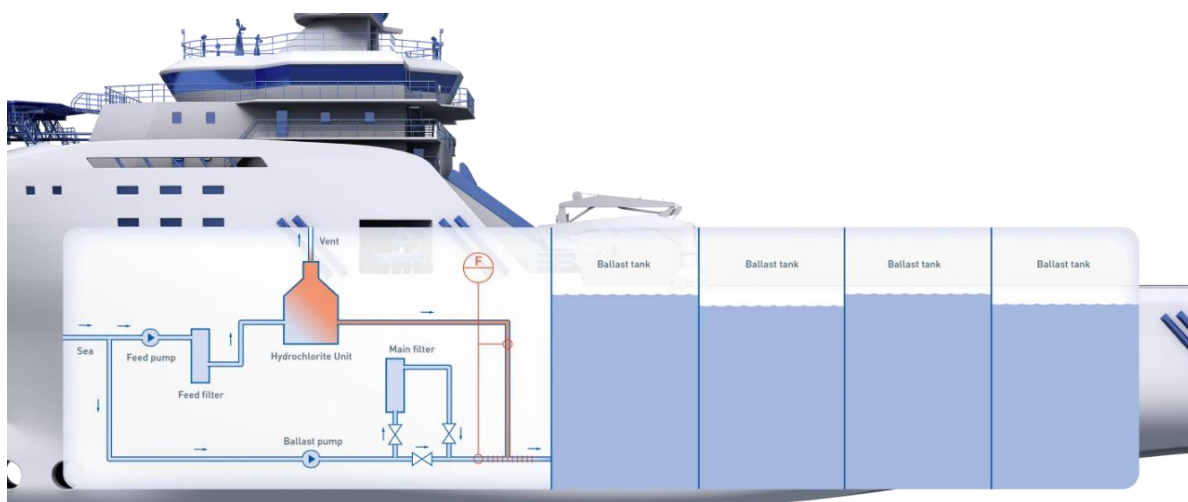
postići veću brzinu i bolju ekonomičnost. Uzgon, koji se odnosi na silu koja drži brod na površini, mora biti pravilno raspoređen kako bi se osigurala stabilnost. Stabilnost broda, koja se odnosi na njegovu sposobnost da se vrati u ravnotežni položaj nakon što je bio nagnut zbog vanjskih sila, također je važan element dizajna trupa [36].

Različite konfiguracije trupa, poput dvostrukog dna ili trupova s povećanom širinom, mogu se koristiti za poboljšanje stabilnosti i sigurnosti broda. Ovi dizajni pomažu u smanjenju rizika od prevrtanja i proboja, čime se povećava sigurnost posade i tereta. Primjena naprednih računalnih simulacija i modeliranja također je važna u procesu dizajna trupa. Ove tehnologije omogućuju inženjerima da testiraju različite dizajne i identificiraju najbolju konfiguraciju za specifične operativne uvjete prije nego što se brod izgradi [36].

Balastni sustavi omogućuju prilagođavanje raspodjele težine unutar broda radi postizanja stabilnosti. Voda se pumpa u balastne tankove kako bi se uspostavila ravnoteža i smanjio rizik od prevrtanja broda. Različite metode i tehnologije koriste se za upravljanje balastnim vodama, uključujući automatske sustave za praćenje i kontrolu balasta. Ovi sustavi omogućuju brzo i učinkovito prilagođavanje težine, što je od posebne važnosti tijekom promjene uvjeta na moru [38, 39].

Upravljanje balastnim vodama obuhvaća niz tehnika koje omogućuju preciznu kontrolu raspodjele težine, čime se postiže optimalna stabilnost broda. Tradicionalni balastni sustavi uključuju ručno upravljanje ventilima i pumpama, što zahtijeva stalnu pažnju posade. Nasuprot tome, moderni automatski balastni sustavi koriste senzore i računalne sustave za praćenje razine vode u balastnim tankovima, omogućujući automatsko prilagođavanje količine vode. Ovi napredni sustavi ne samo da smanjuju potrebu za ljudskom intervencijom, već i povećavaju učinkovitost i sigurnost upravljanja balastnim vodama [38, 39].

Slika 2. prikazuje sustav za upravljanje balastnim vodama na brodu. Na slici je prikazan dijagram koji ilustrira proces punjenja i tretiranja balastnih tankova. Voda iz mora ulazi u sustav putem pumpe za hranjenje, zatim prolazi kroz filter za hranjenje koji uklanja krupne čestice. Nakon toga, voda prolazi kroz jedinicu za obradu hipokloritom, gdje se tretira kako bi se eliminirali štetni organizmi [40]. Pročišćena voda potom ulazi u glavni filter za dodatnu filtraciju prije nego što se pumpa u balastne tankove pomoću balastne pumpe. Ventilacijski sustav osigurava pravilnu izmjenu zraka unutar tankova. Ovaj proces osigurava da balastna voda bude sigurna za ispuštanje u more, smanjujući rizik od unošenja invazivnih vrsta i štetnih organizama u različite morske ekosustave [40].



Slika 2. Sustav za upravljanje balastnim vodama na brodu

Izvor: [40].

Strukturalna čvrstoća je još jedan ključni element dizajna trupa. Materijali i metode konstrukcije trupa osiguravaju da brod može izdržati opterećenja tijekom plovidbe. Trup mora biti izrađen od materijala visoke čvrstoće koji su otporni na koroziju i mehanička oštećenja. Metode konstrukcije uključuju upotrebu naprednih tehnologija zavarivanja i ojačanja, što povećava strukturalni integritet trupa. Strukturalna čvrstoća je presudna za otpornost broda na vanjske sile poput valova i vjetrova, te za osiguranje dugotrajnosti i sigurnosti tijekom operacija. Korištenje kompozitnih materijala i naprednih legura također može značajno poboljšati čvrstoću i trajnost trupa, smanjujući rizik od oštećenja i povećavajući operativnu učinkovitost broda [41].

### 3.1.2. Dvostruki trupovi i odvojene prostorije za skladištenje

Dvostruki trupovi pružaju dodatnu zaštitu broda od proboja i curenja, čime se smanjuje rizik od ozbiljnih oštećenja. Ova konstrukcija sastoji se od dva sloja trupa - vanjskog i unutarnjeg. Vanjski trup djeluje kao prva linija obrane, apsorbirajući udarce i oštećenja koja mogu nastati tijekom plovidbe, sudara ili kontakta s podvodnim objektima. Unutarnji trup pruža dodatnu sigurnost, sprječavajući prodiranje vode u unutrašnjost broda ako vanjski trup bude probijen. Ova slojevitna konstrukcija znatno smanjuje rizik od potonuća broda i povećava ukupnu sigurnost plovidbe. Što se tiče materijala koji se koriste za izgradnju obično se koriste visoko otporne legure čelika i drugi kompozitni materijali koji su otporni na koroziju i mehanička oštećenja. Napredne tehnologije zavarivanja i ojačanja koriste se kako bi se osigurala čvrstoća i integritet oba sloja trupa. Dizajn dvostrukih trupova također uključuje

pažljivo planiranje raspodjele prostora između slojeva, omogućujući optimalnu apsorpciju udaraca i smanjenje rizika od proboja [43, 44].

Unutar dvostrukih trupova nalaze se odvojene prostorije koje služe za sigurnije skladištenje goriva, kemikalija i drugih opasnih materijala. Ove prostorije su dizajnirane tako da izoliraju opasne materijale od ostatka broda, čime se smanjuje rizik od curenja i potencijalnog onečišćenja. Svaka odvojena prostorija ima vlastiti sustav za kontrolu temperature i ventilaciju, što osigurava sigurno skladištenje tvari koje mogu biti podložne promjenama pod utjecajem temperature ili vlage. Sustavi za detekciju i prevenciju curenja postavljeni su unutar ovih prostorija, omogućujući brzu reakciju u slučaju bilo kakvih nepravilnosti. U slučaju curenja, ovi sustavi automatski zatvaraju ventile i aktiviraju protokole za hitne situacije kako bi se spriječilo širenje opasnih tvari. Ova razina sigurnosti nije samo važna za zaštitu posade i broda, već i za očuvanje okoliša, sprječavajući izlijevanje štetnih materijala u more [44, 45].



Slika 3. Primjer konstrukcije s dvostrukim trupom

Izvor: [42].

Konstrukcija s dvostrukim trupovima donosi brojne prednosti, ali i određene nedostatke. Jedna od najvećih prednosti je povećana sigurnost broda, što rezultira smanjenjem rizika od potonuća i drugih ozbiljnih oštećenja. Dvostruki trupovi također poboljšavaju stabilnost broda, budući da dodatni sloj trupa pruža bolju raspodjelu težine i apsorpciju udaraca. Ovo je posebno

važno za brodove koji plove u teškim uvjetima ili nose opasne terete. Međutim, izgradnja i održavanje dvostrukih trupova može biti tehnički složena i skupa. Potrebna je napredna tehnologija za zavarivanje i ojačanje, a materijali koji se koriste moraju biti visokokvalitetni i otporni na koroziju. Redovito održavanje je također presudno kako bi se osiguralo da oba sloja trupa ostanu u dobrom stanju. Ovo uključuje da se provode redovite inspekcije, popravci i preventivno održavanje kako bi se identificirali i otklonili potencijalni problemi prije nego što postanu ozbiljni. Osim toga, dvostruki trupovi mogu povećati težinu broda, što može utjecati na njegovu brzinu i učinkovitost goriva. Dizajneri brodova moraju pronaći ravnotežu između dodavanja sigurnosnih značajki i održavanja operativne učinkovitosti broda. Unatoč ovim nedostacima, prednosti koje donose dvostruki trupovi i odvojene prostorije za skladištenje čine ih važnim elementom u modernoj brodogradnji, posebno za brodove koji prevoze opasne materijale ili plove u izazovnim uvjetima [44, 45].

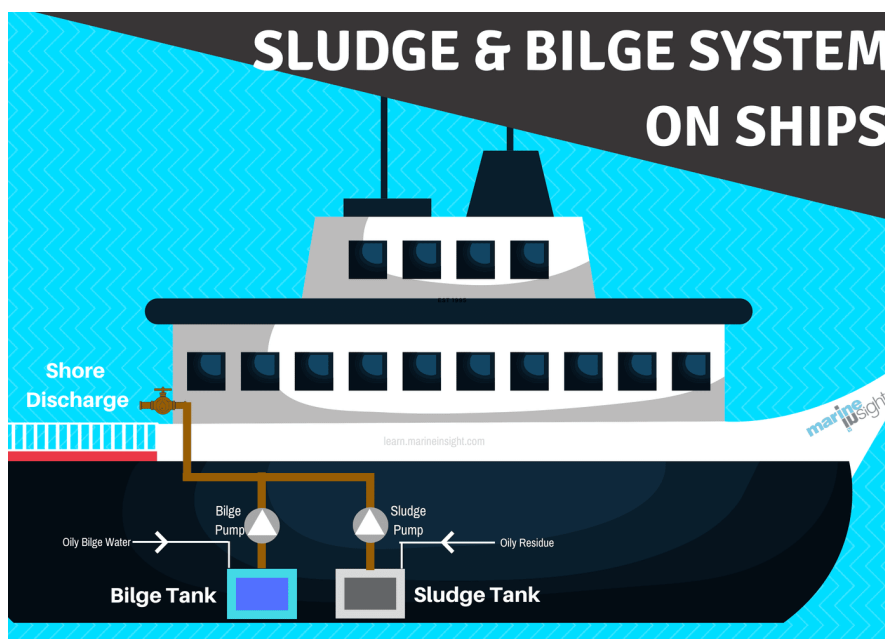
### **3.1.3. Sustavi za kontrolu ispusta vode**

Sustavi za kontrolu ispusta vode od presudne su važnosti za očuvanje okoliša, posebno u kontekstu *offshore* operacija. Ovi sustavi osiguravaju da otpadne i balastne vode ne zagađuju morski ekosustav, čime se smanjuje utjecaj brodova na okoliš. Obrada balastnih voda važna je zbog sprječavanja unošenja invazivnih vrsta u ekosustave. Balastne vode koriste se za održavanje stabilnosti broda, ali prilikom ispuštanja mogu sadržavati organizme koji nisu autohtoni za područje ispuštanja. Ovi organizmi mogu uzrokovati značajne ekološke probleme. Zbog toga su razvijeni različiti sustavi i tehnologije za tretiranje balastnih voda kako bi se eliminirali štetni organizmi prije ispuštanja. Najčešće korištene tehnologije uključuju filtraciju, UV sterilizaciju i kemijske tretmane. Filtracija uklanja veće čestice i organizme iz balastnih voda pomoću finih mreža i filtara. UV sterilizacija koristi ultraljubičasto svjetlo za uništavanje mikroorganizama, dok kemijski tretmani koriste biocide za eliminaciju štetnih organizama [46, 47].

Otpadne vode s brodova mogu sadržavati razne zagađivače, uključujući ulja, kemikalije, fekalije i druge otpadne tvari. Sustavi za tretman otpadnih voda dizajnirani su kako bi se ove tvari uklonile prije ispuštanja u more. Tehnologije za tretman otpadnih voda uključuju sustave za filtriranje, biološku obradu i kemijsku neutralizaciju. Filtracijski sustavi uklanjaju krute čestice i ulja iz otpadnih voda. Biološki tretmani koriste mikroorganizme za razgradnju

organskih tvari, dok kemijska neutralizacija uključuje dodavanje kemikalija koje neutraliziraju štetne tvari [46, 47].

Slika 4. prikazuje sustav za upravljanje muljem i kaljužnim vodama na brodu. Na dijagramu je prikazano kako kaljužne vode i uljni ostaci iz strojnice broda ulaze u zasebne tankove. Kaljužna pumpa prebacuje uljne kaljužne vode u kaljužni tank, dok pumpa za mulj prebacuje uljne ostatke u tank za mulj. Oba tanka su povezana s obalnim sustavom za ispuštanje, gdje se ove zagađene vode i ostaci sigurno odlažu ili obrađuju na kopnu. Kao što je i prethodno navedeno, ovaj sustav je ključan za sprječavanje zagađenja mora i očuvanje okoliša [48].



Slika 4. Prikaz sustava za mulj i kaljužne vode na brodovima

Izvor: [48].

Niz je međunarodnih i lokalnih propisa koji reguliraju ispuste vode s brodova, s ciljem zaštite morskog okoliša. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) razvila je Međunarodnu konvenciju o kontroli i upravljanju brodskim balastnim vodama i sedimentima (BWM Konvencija), koja postavlja standarde za obradu i ispuštanje balastnih voda. Ova konvencija zahtijeva da svi brodovi budu opremljeni sustavima za obradu balastnih voda koji ispunjavaju određene kriterije. Osim međunarodnih propisa, postoje i lokalni zakoni koji dodatno reguliraju ispuste voda s brodova. Ovi zakoni često postavljaju strože standarde kako bi se zaštitili lokalni ekosustavi. Brodovlasnici i operateri moraju osigurati da njihovi brodovi budu u skladu sa svim relevantnim propisima, što uključuje redovite inspekcije i održavanje sustava za obradu voda.

Važno je naglasiti da usklađenost s propisima nije samo zakonska obveza, već i odgovornost prema okolišu [49].

### **3.2. Sustavi za spašavanje i evakuaciju**

Sigurnosni sustavi za spašavanje i evakuaciju od presudne su važnosti za osiguranje zaštite posade i putnika na brodu. U slučaju kada se dogodi nesreća ili neka druga hitna situacija, brza i učinkovita evakuacija može biti od vitalnog značaja.

Svaki od ovih elemenata koji će biti objašnjen ključan je za osiguranje sigurnosti na moru i minimiziranje rizika za ljudske živote.

#### **3.2.1. Spasilački čamci i splavi**

Spasilački čamci i splavi neophodni su za brzu evakuaciju posade i putnika u hitnim situacijama na brodu. Dolaze u raznim oblicima i veličinama, gdje svaki od njih ima svoje specifične prednosti i namjenu. Motorizirani spasilački čamci opremljeni su motorima, što omogućuje brzu evakuaciju i bolju upravljivost u hitnim situacijama. Koriste se za brzi transport posade i putnika daleko od opasnosti, te za izvlačenje osoba iz vode. Ovi čamci često su opremljeni dodatnom opremom kao što su radijski uređaji, GPS sustavi i prva pomoć. S druge strane, nemotorizirani spasilački čamci, iako nemaju motore, lagani su i jednostavni za rukovanje, pružajući osnovnu sigurnost u hitnim situacijama. Ovi čamci se često koriste kao dodatna sigurnosna mjera na manjim brodovima [50, 51].

Automatske splavi su dizajnirane tako da se automatski napuhuju kada su izložene vodi, što omogućuje brzu i jednostavnu upotrebu u hitnim situacijama. Ove splavi obično sadrže osnovnu opremu za preživljavanje, uključujući prsluke za spašavanje, vodu, hranu i signalne uređaje. Ručne splavi, za razliku od automatskih, zahtijevaju ručno napuhivanje. Iako zahtijevaju više vremena za postavljanje, pružaju pouzdanu opciju za evakuaciju kada automatske splavi nisu dostupne [51].

Kapacitet spasilačkih čamaca i splavi mora odgovarati broju posade i putnika na brodu. Međunarodni i lokalni propisi određuju minimalan broj spasilačkih čamaca i splavi koji moraju biti prisutni na brodu, kako bi se osiguralo da svi na brodu imaju pristup sigurnosnoj opremi u hitnim situacijama. Ovisno o veličini broda i broju ljudi na njemu, određuje se broj spasilačkih čamaca i splavi. Primjerice, veliki putnički brodovi često imaju višestruke spasilačke čamce i

splavi raspoređene duž cijelog broda kako bi se osiguralo da su lako dostupni s bilo kojeg dijela broda. Također, spasilački čamci i splavi moraju biti strateški raspoređeni kako bi omogućili brz i jednostavan pristup u slučaju nužde. Raspored uključuje postavljanje čamaca i splavi na različite dijelove broda, uključujući prednji, srednji i stražnji dio, kako bi se osigurao ravnomjeran pristup za sve putnike i posadu [52].

Slika 5. prikazuje *offshore* brod koji je opremljen s nekoliko spasilačkih čamaca. Spasilački čamci vidljivi na brodu obično su motorizirani, što im omogućuje brzu i učinkovitu evakuaciju u hitnim situacijama [53].



Slika 5. Prikaz *offshore* broda koji je opremljen s nekoliko spasilačkih čamaca.

Izvor: [53].

Što se tiče tehnologije i oprema koje posjeduju, moderni spasilački čamci i splavi opremljeni su naprednom tehnologijom koja poboljšava njihove performanse i povećava šanse za preživljavanje. GPS uređaji omogućuju precizno praćenje lokacije spasilačkih čamaca i splavi, olakšavajući koordinaciju s spasilačkim timovima na kopnu i u zraku dok radijski odašiljači osiguravaju stalnu komunikaciju između spasilačkih čamaca i spasilačkih timova, što je od presudne važnosti za koordinaciju spašavanja i pružanje pomoći [52, 54].

Nadalje, svi spasilački čamci i splavi opremljeni su prslucima za spašavanje za sve osobe na brodu. Prsluci za spašavanje dizajnirani su tako da održavaju osobu na površini vode, čak i ako je bez svijesti. Osim toga, spasilački čamci i splavi moraju imati dovoljnu količinu hrane i vode za preživljavanje dok ne stigne pomoć. Ove zalihe osiguravaju osnovne potrebe tijekom evakuacije [52, 54].

Bitno je redovito održavati i provoditi inspekciji nadzor spasilačkih čamaca i splavi kako bi se osigurala njihova funkcionalnost i spremnost za upotrebu u hitnim situacijama. To



uključuje provjeru integriteta čamaca i splavi, ispravnost motora i drugih mehaničkih dijelova, te redovitu zamjenu zaliha hrane i vode. Inspekcije također uključuju provjeru opreme, testiranje funkcionalnosti automatskih sustava i osiguravanje da svi čamci i splavi imaju potrebnu opremu za preživljavanje [51].

### 3.2.2. Helikopterske palube i oprema za evakuaciju

Helikopterske palube na *offshore* brodovima omogućuju brz transport ozlijeđenih i evakuaciju posade u hitnim situacijama. Njihova prisutnost i funkcionalnost mogu značajno utjecati na ishode kriznih situacija na moru. Helikopterske palube dizajnirane su da omoguće sigurno slijetanje i polijetanje helikoptera u zahtjevnim uvjetima morskog okruženja [55].

Postoje dvije glavne vrste helikopterskih paluba. Razlikuju se integrirane i modularne helikopterske palube. Integrirane helikopterske palube su sastavni dio konstrukcije broda. One su ugrađene u osnovnu strukturu broda, što pruža veću stabilnost i sigurnost tijekom operacija helikoptera. Integrirane palube često imaju veći kapacitet nosivosti i mogu podržavati veće helikoptere, što je važno za evakuaciju većeg broja osoba ili transport teže ozlijeđenih osoba. Modularne helikopterske palube, s druge strane, dizajnirane su kao dodatni elementi koji se mogu montirati i demontirati prema potrebi. Ove palube pružaju veću fleksibilnost jer se mogu koristiti na različitim brodovima i prilagoditi specifičnim operativnim potrebama. Iako možda nemaju jednaku nosivost kao integrirane palube, modularne opcije su vrlo korisne za privremene ili specijalizirane misije [55, 56].



Slika 6. Primjer izvedbe helikopterskih paluba

Izvor: [57].

Kako bi evakuacija helikopterom bila učinkovita potrebno je posjedovati specifičnu opremu koja osigurava sigurnost i udobnost ozlijeđenih osoba tijekom transporta. Glavni dio opreme predstavljaju nosila i prsluci za spašavanje [58].

Nosila su neophodna za transport ozlijeđenih osoba koje ne mogu sjediti ili stajati. Moraju biti lagana, ali izdržljiva, te opremljena sigurnosnim pojasevima kako bi se spriječilo pomicanje ozlijeđenih osoba tijekom leta. Sigurnosni pojasevi osiguravaju da su sve osobe u helikopteru sigurno pričvršćene tijekom leta, što je posebno važno za ozlijeđene osobe i medicinsko osoblje koje im pruža pomoć [58].

Prsluci za spašavanje su obavezni za sve putnike u helikopteru kao dodatna mjera sigurnosti, posebno u slučaju prisilnog slijetanja na vodu. Komunikacijski uređaji omogućuju učinkovitu komunikaciju između helikoptera i spasilačkih timova na kopnu, što je ključno za koordinaciju evakuacije i sigurnost svih uključenih [58].

Procedura evakuacije zahtijeva precizno definirane korake i protokole kako bi se osigurala sigurnost svih uključenih. Ključni koraci uključuju koordinaciju s kopnenim službama spašavanja, osiguranje sigurnosti ozlijeđenih osoba te pravilno korištenje opreme [59].

Koordinacija s kopnenim službama spašavanja uključuje uspostavljanje komunikacije prije početka evakuacije kako bi se osigurala podrška i priprema na kopnu. To podrazumijeva dogovor o mjestu slijetanja i pripremu medicinskog osoblja za prihvata ozlijeđenih osoba. Prije podizanja helikoptera, ozlijeđene osobe moraju biti sigurno smještene na nosilima i pričvršćene sigurnosnim pojasevima, a medicinsko osoblje mora osiguravati potrebnu skrb tijekom leta [59].

Pravilno korištenje opreme za evakuaciju uključuje ispravno vezanje nosila, korištenje komunikacijskih uređaja i nošenje prsluka za spašavanje. Nadalje, redovito održavanje i sigurnosne inspekcije helikopterskih paluba i opreme za evakuaciju od presudne su važnosti kako bi se osiguralo da su uvijek spremne za hitnu upotrebu. Helikopterske palube zahtijevaju redovito održavanje kako bi se osiguralo da su u ispravnom stanju. To uključuje provjeru strukturalnog integriteta, ispravnost signalnih uređaja i funkcionalnost svih sigurnosnih sustava [59].

Redovite inspekcije provode se kako bi se osiguralo da helikopterske palube i oprema za evakuaciju zadovoljavaju sve sigurnosne standarde. Inspekcije uključuju provjeru nosivosti palube, ispravnost komunikacijskih uređaja i funkcionalnost nosila i sigurnosnih pojaseva.

Posada mora biti upoznata sa svim sigurnosnim protokolima i spremna brzo i učinkovito reagirati u slučaju potrebe za evakuacijom [59].

### **3.2.3. Trening i simulacije evakuacije**

Trening i simulacije evakuacije osiguravaju da su svi članovi posade spremni za hitne situacije te da znaju kako pravilno koristiti opremu za spašavanje i evakuaciju. Trening posade obuhvaća različite tipove obuke, prilagođene specifičnim potrebama i odgovornostima članova posade. Osnovna obuka za spašavanje uključuje stjecanje osnovnih vještina i tehnika spašavanja koje svaki član posade mora znati. Ova obuka pokriva korištenje prsluka za spašavanje, postupke za napuštanje broda te osnove prve pomoći. Osnovni cilj ovakve obuke je osigurati da svi članovi posade mogu brzo i učinkovito reagirati u hitnim situacijama [60].

Postoje i napredne tehnike evakuacije koje su namijenjene članovima posade s dodatnim odgovornostima tijekom evakuacije. Takva specifična obuka uključuje napredne tehnike spašavanja, koordinaciju evakuacije i upravljanje hitnim situacijama, kao i simulacije složenijih scenarija kako bi se pripremilo posadu za različite moguće situacije. Postoje i specijalizirani treninzi za posadu koja će koristiti helikopterske palube za evakuaciju. Takva obuka uključuje vještine poput sigurnog rukovanja helikopterskom opremom, komunikaciju s pilotima te sigurnosne procedure za slijetanje i polijetanje helikoptera [60].

Simulacijske vježbe ključne su za testiranje spremnosti posade i učinkovitosti evakuacijskih planova. Planiranje i izvođenje ovih vježbi uključuje sudjelovanje cijele posade te procjenu njihove učinkovitosti. Simulacije moraju biti pažljivo planirane kako bi se što bolje simulirale stvarne hitne situacije. Planiranje uključuje definiranje scenarija, dodjelu uloga članovima posade te pripremu potrebne opreme. Scenariji mogu uključivati požare, proboje trupa, ispuštanje opasnih materijala i druge hitne situacije. Vježbe trebaju biti što realističnije kako bi se testirale stvarne reakcije posade i učinkovitost evakuacijskih procedura. Nakon izvođenja simulacija važno je procijeniti njihovu učinkovitost. To uključuje analizu reakcija posade, korištenje opreme te brzinu i koordinaciju evakuacije [61].

Ključna je i evaluacija rezultata treninga i simulacija kako bi se kontinuirano poboljšavale sigurnosne procedure. Proces evaluacije tada uključuje nekoliko koraka. Prvo se analiziraju rezultati treninga i simulacija kako bi se prepoznale slabosti i nedostaci u trenutnim procedurama. Analiza obuhvaća procjenu performansi pojedinih članova posade, korištenje opreme, te ukupnu učinkovitost evakuacije. Na temelju analize identificiraju se specifične

slabosti koje treba poboljšati, što može uključivati dodatnu obuku, unapređenje opreme ili izmjenu evakuacijskih procedura. Nakon prepoznavanja slabosti, poduzimaju se koraci za implementaciju potrebnih poboljšanja. Cilj je osigurati da su sve slabosti riješene i da su evakuacijski planovi što učinkovitiji [61].

Međunarodni i lokalni propisi od izuzetne su važnosti u reguliranju obuke i simulacija evakuacije na brodovima. Oni osiguravaju da svi brodovi zadovoljavaju sigurnosne standarde industrije. Organizacije poput Međunarodne pomorske organizacije (IMO) postavljaju standarde za sigurnost na moru. Konvencija SOLAS (*Safety of Life at Sea*) postavlja zahtjeve za obuku posade, provođenje simulacija te opremu za spašavanje i evakuaciju. SOLAS konvencija posebno ističe važnost redovite obuke posade i održavanja opreme kako bi se osigurala spremnost za hitne situacije. Standardi koje postavlja IMO ne obuhvaćaju samo osnovne zahtjeve za spašavanje, već uključuju i napredne protokole za specijalizirane situacije poput evakuacije helikopterom ili spašavanja u slučaju požara [60, 61].

Pored međunarodnih propisa, postoje i lokalni zakoni i regulative koje se primjenjuju na nacionalnoj razini. Ovi propisi mogu nametati dodatne zahtjeve za obuku i simulacije te osiguravati specifične sigurnosne standarde za određene regije. Na primjer, neke zemlje zahtijevaju češće simulacijske vježbe ili specifične vrste obuke koje nisu pokrivena međunarodnim propisima. Brodovlasnici i operateri moraju osigurati da su njihovi brodovi i posade u skladu sa svim relevantnim propisima. To uključuje redovite inspekcije, održavanje opreme te kontinuiranu obuku i simulacije. Usklađenost s propisima nije samo zakonska obveza, već i odgovornost prema posadi, putnicima i okolišu. Redovite inspekcije omogućuju prepoznavanje potencijalnih problema i njihovo rješavanje prije nego što postanu ozbiljna prijetnja. Kontinuirana obuka i simulacije pomažu posadi da ostane spremna i da reagira brzo i učinkovito u hitnim situacijama, čime se smanjuje rizik od nesreća i povećava sigurnost na brodu [60, 61].

Uz poštivanje međunarodnih i lokalnih propisa, brodovlasnici i operateri trebaju uspostaviti interne politike i procedure koje dodatno podržavaju sigurnost. Ove politike mogu uključivati dodatne treninge, interne inspekcije i redovitu procjenu učinkovitosti sigurnosnih protokola.

### **3.3. Protupožarna zaštita**

Protupožarna zaštita na brodovima važna je za očuvanje sigurnosti posade i putnika, te za zaštitu samog broda i tereta. U složenim uvjetima morskih operacija, mogućnost brzog otkrivanja i učinkovitog gašenja požara može biti razlika između spašavanja života i katastrofe [62].

Svaki element protupožarne zaštite, od dizajna i postavljanja detekcijskih sustava do detaljnih planova za hitne situacije, doprinosi stvaranju sigurnog radnog okruženja na brodu. Kroz redovitu obuku i simulacijske vježbe, posada postaje sposobnija brzo i učinkovito reagirati na pojavu požara, što je od iznimne važnosti za minimiziranje šteta i očuvanje života [62].

#### **3.3.1. Detekcija požara i sustavi za gašenje**

Na brodovima se koriste različite vrste detektora požara. Svaki od njih ima specifičan način rada, svoje prednosti, ali i nedostatke.

Detektori dima koriste različite metode za prepoznavanje prisutnosti dima u zraku. Optički detektori koriste svjetlosne zrake za otkrivanje čestica dima, dok ionizacijski detektori koriste radioaktivni izvor za detekciju dima. Optički detektori su učinkovitiji za prepoznavanje velikih čestica dima koje se stvaraju pri sporom gorenju, dok su ionizacijski detektori osjetljiviji na male čestice koje nastaju pri brzom gorenju. Obje vrste detektora imaju svoje specifične prednosti i koriste se u različitim uvjetima i prostorima na brodu [63].

Detektori topline reagiraju na promjene temperature u okolišu. Postoje dvije glavne vrste detektora topline: termalni detektori koji reagiraju kada temperatura dosegne određeni prag, i diferencijalni detektori koji reagiraju na brzinu porasta temperature. Termalni detektori su prikladni za prostore gdje se ne očekuju brze promjene temperature, dok su diferencijalni detektori korisni u područjima gdje se očekuju nagle promjene temperature [63].

Detektori plamena koriste infracrvene ili ultraljubičaste senzore za prepoznavanje karakterističnog spektra svjetlosti plamena. Infracrveni detektori mogu otkriti plamen na većim udaljenostima i kroz dim, dok ultraljubičasti detektori brže reagiraju na prisutnost plamena. Detektori plamena posebno su korisni u strojarnicama i drugim prostorima s visokom koncentracijom zapaljivih materijala [63].

Opis sustava za gašenje požara koji se koriste na brodovima u nastavku je teksta.

Sustavi za gašenje vodom, kao što su sprinkleri, koriste vodu za gašenje požara. Oni su učinkoviti za većinu vrsta požara, osim onih koji uključuju zapaljive tekućine i električnu opremu. Sprinkler sustavi obično su automatski i aktiviraju se kada detektori dima ili topline prepoznaju požar. Oni su idealni za zajedničke prostorije, smještajne jedinice i kuhinje [62].

Sustavi za gašenje pjenom koriste pjenasto sredstvo koje pokriva površinu požara, isključujući kisik i smanjujući temperaturu. Pjena je učinkovita za požare zapaljivih tekućina i plinova, što je čini pogodnom za skladišta goriva i kemikalija [62].

Kemijski sustavi za gašenje koriste suhe kemikalije za prekidanje kemijskih reakcija koje održavaju gorenje. Primjeri uključuju praškaste sustave i sustave s halonima. Suhi kemijski sustavi učinkoviti su za različite vrste požara, uključujući električne požare, dok su halonski sustavi idealni za osjetljivu elektroničku opremu [62].

Plinski sustavi za gašenje, kao što su CO<sub>2</sub> i halon, koriste plinove za gašenje požara uklanjanjem kisika ili kemijskom reakcijom koja prekida proces gorenja. Sustavi s CO<sub>2</sub> učinkoviti su za električne požare i požare zapaljivih tekućina, dok su halonski sustavi brzi i učinkoviti, ali se njihova upotreba smanjuje zbog negativnih utjecaja na okoliš [62].

### **3.3.2. Protupožarni planovi i protokoli**

Svrha protupožarnih planova i protokola je omogućiti posadi organizirano i koordinirano djelovanje tijekom hitnih situacija, čime se smanjuje rizik od ozljeda i štete na brodu. Prvi korak kod izrade protupožarnih planova je analiza rizika, koja identificira potencijalne izvore požara na brodu. To uključuje pregled svih područja broda gdje postoji opasnost od požara, poput strojarnica, kuhinja i skladišta goriva. Analiza rizika također obuhvaća procjenu mogućih scenarija požara i njihovih posljedica. Nakon analize rizika, potrebno je identificirati specifične izvore požara, kao što su električna oprema, zapaljive tekućine i kuhinjski uređaji. Protupožarni planovi moraju uključivati strategije za sprječavanje požara, kao što su pravilno održavanje opreme, redovite inspekcije i edukacija posade o sigurnosnim postupcima. Kontrola požara obuhvaća mjere poput postavljanja vatrogasne opreme, instalacije sustava za detekciju požara, te uspostave sigurnosnih zona [64, 65].

Definiranje sigurnosnih zona na brodu omogućuje bolju organizaciju evakuacije i sigurnost posade. Sigurnosne zone su područja posebno opremljena za slučaj požara, uključujući prostorije sa sustavima za gašenje požara, evakuacijske putove i skrovišta za posadu. Protupožarni planovi moraju sadržavati detaljne planove evakuacije, koji definiraju

korake koje posada treba poduzeti u slučaju požara. To uključuje evakuacijske putove, skrovišta i postupke za evakuaciju osoba s posebnim potrebama ili ozljedama [64, 65].

Postupci za hitne situacije uključuju inicijalnu reakciju, gašenje požara, evakuaciju, te koordinaciju s vatrogasnim timovima i kopnenim službama. Prvi korak u slučaju požara je brzo prepoznavanje i obavještanje posade, što uključuje aktiviranje alarmnog sustava i obavještanje nadležnih članova posade o situaciji. Nakon inicijalne reakcije, potrebno je provesti evakuaciju posade i putnika prema definiranim planovima evakuacije, koristeći sigurnosne putove i skrovišta, te osigurati da svi članovi posade znaju svoje dužnosti i zadatke. U slučaju većeg požara, neophodna je koordinacija s vatrogasnim timovima na brodu i kopnenim službama, uključujući uspostavljanje komunikacije, pružanje informacija o situaciji i podršku vatrogasnim timovima u njihovim operacijama [64, 65].

Protupožarni planovi moraju se redovito provjeravati i ažurirati kako bi ostali učinkoviti i relevantni. Redovite procjene pomažu u prepoznavanju novih rizika koji se mogu pojaviti zbog promjena u opremi, operacijama ili drugim faktorima. Ove procjene osiguravaju da planovi ostanu prilagođeni aktualnim uvjetima na brodu. Kako se razvijaju nove tehnologije za detekciju i gašenje požara, potrebno ih je integrirati u protupožarne planove. To uključuje nadogradnju opreme i sustava, te obuku posade za korištenje novih tehnologija. Važno je naglasiti da učenje iz prošlih incidenata može pružiti vrijedne lekcije za poboljšanje protupožarnih planova. Analiza prošlih incidenata omogućuje prilagodbu planova kako bi se izbjegle slične situacije u budućnosti [64, 65].

### **3.3.3. Obuka posade za reagiranje u slučaju požara**

Svaki član posade mora proći temeljnu obuku koja pokriva prepoznavanje različitih vrsta požara, korištenje vatrogasne opreme i osnovne tehnike gašenja požara. Osnovna obuka započinje teorijskim dijelom u kojem se članovi posade upoznaju s osnovama zaštite od požara, različitim klasama požara (A, B, C, D, F) i specifičnostima svakog tipa požara. Nakon teorijskog dijela, članovi posade prolaze praktični dio obuke gdje uče kako pravilno koristiti vatrogasnu opremu. To uključuje rukovanje ručnim aparatima za gašenje požara, hidrantskim sustavima te sustavima za gašenje s vodom, pjenom ili prahom [66, 67].

Neki članovi posade, poput vatrogasnih timova, zahtijevaju dodatnu, specijaliziranu obuku. Ova obuka obuhvaća napredne tehnike i vještine potrebne za učinkovito rukovanje kompleksnim sustavima za gašenje požara. Specijalizirana obuka uključuje detaljno

upoznavanje s različitim vrstama vatrogasne opreme, poput termalnih kamera, sustava za gašenje plinom (na primjer CO<sub>2</sub>, halon) i automatskih sustava za gašenje požara. Specijalizirana obuka također uključuje treninge za rukovanje sustavima za detekciju požara, kao što su detektori dima, topline i plamena [66, 67].

Simulacijske vježbe su od vitalne važnosti za pripremu posade na stvarne hitne situacije. Planiranje i izvođenje simulacijskih vježbi uključuje cijelu posadu i simulira stvarne scenarije požara kako bi se posada uvježbala u koordinaciji, komunikaciji i tehnikama gašenja u kontroliranim uvjetima. Vježbe obuhvaćaju sve faze reakcije na požar, od inicijalnog otkrivanja požara, aktiviranja alarmnog sustava, evakuacije posade i putnika, do konačnog gašenja požara. Kroz ove vježbe, posada vježba korištenje svih dostupnih sredstava i opreme, uključujući hidrante, ručne aparate za gašenje požara i automatske sustave. Evaluacija vježbi omogućuje prepoznavanje slabosti i područja za poboljšanje, što je ključno za kontinuirano unapređenje sigurnosnih procedura [66, 67].



## **4. Upravljanje sigurnošću i protokoli**

Sigurnost na brodovima ovisi o dobro uspostavljenom sustavu upravljanja i učinkovitim protokolima. Integracija naprednih tehnologija i opreme značajno doprinosi povećanju sigurnosti posade i operacija na moru.

Kombinacija moderne navigacijske i komunikacijske opreme, zajedno s kontinuiranim tehnološkim napretkom, omogućava bolju koordinaciju i brže reagiranje u hitnim situacijama. Također, navedeni sustavi se evaluiraju kako bi se prilagodili sve složenijim zahtjevima suvremenih pomorskih operacija, osiguravajući visoke standarde sigurnosti i zaštite.

### **4.1. Komunikacijska i navigacijska oprema**

#### **4.1.1. Napredni sustavi za navigaciju i pozicioniranje**

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) omogućuju dobivanje preciznih podataka o položaju brodova koristeći mrežu satelita u Zemljinoj orbiti. Najpoznatiji GNSS sustavi uključuju GPS (*Global Positioning System*), GLONASS, Galileo i BeiDou [68].

Automatski identifikacijski sustav (AIS), inercijalni navigacijski sustav (INS) i globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) poput GPS-a zajedno čine osnovu za točnu i sigurnu navigaciju na moru. Svaki od ovih sustava obavlja posebne funkcije, ali njihova kombinacija omogućuje sveobuhvatno rješenje za navigaciju, praćenje i komunikaciju [68].

Američki GPS sustav jedan je od najraširenijih i najpouzdanijih navigacijskih sustava na svijetu. Sastoji se od 24 aktivna satelita koji pokrivaju cijelu Zemlju, omogućujući precizne podatke o poziciji, brzini i vremenu. Korištenje GPS sustava omogućava preciznu navigaciju i izbjegavanje prepreka, što značajno povećava sigurnost na moru. S druge strane, Ruski GLONASS sustav sličan je GPS-u i pruža globalnu pokrivenost s visokom točnošću. Koristi se kao dopunski sustav GPS-u, pružajući dodatnu sigurnost i pouzdanost navigacijskih podataka, posebno u područjima gdje GPS signal može biti slab ili ometan. Europski Galileo sustav nudi visoku preciznost i poboljšane usluge za civilnu i komercijalnu upotrebu. Sa svojim naprednim satelitima i zemaljskim segmentima, Galileo pruža točne i pouzdane podatke o poziciji, posebno korisne za precizne pomorske operacije i istraživanja. Kineski BeiDou sustav pruža globalnu pokrivenost i visoku točnost, s posebnim fokusom na azijsko-pacifičku regiju. Kombinacija

BeiDou sustava s drugim GNSS sustavima omogućuje dodatnu sigurnost i takozvanu redundanciju u navigaciji [68].

Inercijalni navigacijski sustavi (INS) koriste žiroskope i akcelerometre za pružanje neovisnih podataka o kretanju broda. Ovi sustavi ne ovise o vanjskim signalima, što ih čini posebno korisnima u situacijama gdje GNSS signali nisu dostupni ili su ometani. INS sustavi koriste senzore za mjerenje ubrzanja i rotacije broda. Integracijom ovih podataka, INS može izračunati promjene u položaju, brzini i smjeru broda. Ova tehnologija omogućuje precizno praćenje kretanja broda u stvarnom vremenu. INS sustavi posebno su korisni u uvjetima smanjene vidljivosti ili tijekom operacija u blizini obale i uskih prolaza. Mogu se koristiti kao primarni sustav navigacije ili kao dopuna GNSS sustavima, pružajući dodatnu sigurnost i pouzdanost. Prednosti INS-a uključuju neovisnost o vanjskim signalima i sposobnost rada u svim vremenskim uvjetima. Međutim, INS sustavi mogu akumulirati pogreške tijekom vremena, stoga se često koriste u kombinaciji s GNSS sustavima za korekciju i kalibraciju podataka [69].

Automatski identifikacijski sustav (AIS) omogućuje brodovima da automatski razmjenjuju informacije o svojoj poziciji, brzini i smjeru s drugim plovilima i obalnim stanicama. AIS sustavi koriste VHF radio frekvencije za prijenos podataka. Svaki brod opremljen AIS-om emitira informacije poput identifikacijskog broja broda, pozicije, brzine, smjera i vrste tereta. Ovi podaci se primaju i obrađuju od strane drugih brodova i obalnih stanica u dometu. AIS tehnologija značajno doprinosi sprječavanju sudara, poboljšanju svijesti o situaciji na moru i optimizaciji navigacijskih ruta. Brodovi mogu pravovremeno reagirati na prisutnost drugih plovila i prilagoditi svoj kurs kako bi izbjegli sudare. Obalne stanice koriste AIS podatke za praćenje prometa i pružanje navigacijskih savjeta. AIS sustavi zahtijevaju redovito održavanje i kalibraciju kako bi osigurali točnost podataka. Također, u područjima s velikom gustoćom prometa može doći do preopterećenja VHF kanala, što može utjecati na kvalitetu i pouzdanost komunikacije [70].

#### **4.1.2. Komunikacijski sustavi za hitne situacije**

Bez odgovarajućih komunikacijskih kanala, koordinacija između brodova, obalnih stanica i spasilačkih timova bila bi gotovo nemoguća, što bi ugrozilo živote posade i putnika.

Globalni pomorski sustav za sigurnost i spašavanje (GMDSS) omogućava globalnu komunikaciju u hitnim slučajevima. Razvijen je s ciljem osiguravanja sigurnosti na moru i

pružanja učinkovitih načina za slanje i primanje poziva u nuždi, sigurnosnih poruka i navigacijskih upozorenja. GMDSS koristi kombinaciju satelitskih i zemaljskih komunikacijskih sustava kako bi osigurao pouzdan prijenos informacija [71].

GMDSS sustav koristi različite frekvencije i tehnologije, uključujući VHF, MF/HF i satelitsku komunikaciju, kako bi osigurao kontinuiranu pokrivenost na svim dijelovima oceana. Ovaj sustav omogućuje brodovima brzo i učinkovito komuniciranje s obalnim stanicama i spasilačkim timovima, što je ključno u hitnim situacijama. Također, GMDSS omogućava automatsko slanje signala za pomoć, čime se smanjuje vrijeme potrebno za reakciju u kriznim situacijama [71].

Satelitska komunikacija je jedan od najpouzdanijih oblika komunikacije na moru, bez obzira na vremenske uvjete i lokaciju. Sustavi poput Inmarsata i Iridiuma omogućuju brodovima da ostanu povezani s obalnim stanicama i drugim brodovima, bez obzira na to koliko su udaljeni. Inmarsat pruža globalnu pokrivenost i visokokvalitetne komunikacijske usluge, uključujući glasovne pozive, podatkovne usluge i usluge slanja poruka. Ovaj sustav koristi geostacionarne satelite koji omogućuju stalnu vezu, što je posebno važno za brodove koji plove u područjima gdje tradicionalne radiokomunikacijske metode nisu učinkovite. Dok s druge strane Iridium sustav koristi mrežu niskoorbitnih satelita koji pružaju globalnu pokrivenost, također uključujući polarne regije. Iridium omogućuje dvosmjernu glasovnu i podatkovnu komunikaciju, što je neophodno za učinkovitu koordinaciju i sigurnost na moru. Kombinacija Inmarsata i Iridiuma osigurava da brodovi imaju uvijek dostupnu pouzdanu komunikacijsku vezu, bez obzira na njihovu lokaciju [72, 73].

Radiokomunikacijski sustavi, kao što su VHF i MF/HF, omogućuju izravnu komunikaciju između brodova i obalnih stanica, što je izuzetno važno u hitnim situacijama. VHF sustavi koriste se za kratke udaljenosti i često se koriste za komunikaciju unutar luka i priobalnih područja. Ovi sustavi omogućuju brzo i učinkovito uspostavljanje kontakta između brodova i obalnih službi. MF/HF sustavi koriste se za komunikaciju na velikim udaljenostima i omogućuju prijenos informacija preko oceana. Ovi sustavi koriste različite frekvencijske opsege kako bi osigurali da komunikacija ostane stabilna i pouzdana čak i u teškim vremenskim uvjetima. Kombinacija VHF i MF/HF sustava osigurava da brodovi mogu uspostaviti komunikaciju s obalnim stanicama i drugim brodovima bez obzira na njihovu udaljenost ili vremenske uvjete [74].

### **4.1.3. Integracija sustava za upravljanje sigurnošću**

Integrirani sustavi za upravljanje brodom (IBMS) predstavljaju naprednu tehnologiju koja spaja navigacijske, komunikacijske i sigurnosne sustave u jednu platformu za centralizirano upravljanje brodskim operacijama. Ova integracija znatno povećava učinkovitost, omogućujući posadi da brže reagira na promjene uvjeta plovidbe i nepredviđene situacije [75].

Osim što obuhvaća ključne sustave poput radara, GPS-a, AIS-a, GMDSS-a i sustava za nadzor, IBMS pruža sveobuhvatan pregled stanja na brodu, čime se osigurava bolje donošenje odluka zahvaljujući centraliziranom pristupu svim relevantnim informacijama. Važna komponenta IBMS-a su sustavi za nadzor i kontrolu koji uključuju CCTV kamere za vizualni nadzor, senzore za detekciju požara, sustave za nadzor balastnih voda i druge senzore koji kontinuirano prate vitalne parametre toga broda. CCTV kamere omogućuju kontinuirani vizualni nadzor svih segmenata broda, dok senzori za detekciju požara i sustavi za nadzor balastnih voda pomažu u očuvanju sigurnosti broda, posade i naposljetku okoliša [75].

Dodatno, primjena automatizacije i tehnologija umjetne inteligencije (AI) unutar IBMS-a omogućava prediktivnu analitiku koja prepoznaje potencijalne sigurnosne prijetnje te automatizira procese donošenja odluka. Razvojem AI posljednjih nekoliko godina, ovakva tehnologija doživljava znatan napredak. Automatizirani sustavi u sadašnjem vremenu mogu detektirati abnormalne situacije i pokrenuti odgovarajuće protokole za njihovo rješavanje, dok AI tehnologije omogućuju dubinsku analizu velikih količina podataka iz različitih izvora za identifikaciju obrazaca koji mogu ukazati na potencijalne opasnosti. Na primjer, AI može analizirati podatke o meteorološkim uvjetima, stanju broda i ponašanju posade kako bi se predvidio rizik i preporučila strategija za njihovo ublažavanje, čime se dodatno povećava sigurnost na brodu [75].

## **4.2. Tehnološki napredak i sigurnost**

Razvoj tehnologije ima značajan utjecaj na unapređenje sigurnosnih mjera i protokola na brodovima. Implementacija ovih novih tehnologija omogućuje bolje upravljanje sigurnosnim rizicima, povećava operativnu učinkovitost i poboljšava ukupnu sigurnost broda.

#### **4.2.1. Utjecaj tehnološkog razvoja na poboljšanje sigurnosti**

Jedan od ključnih elemenata napretka suvremenih tehnologija je primjena naprednih senzora i sustava za praćenje. Senzori se koriste za kontinuirano praćenje ključnih parametara broda, kao što su temperatura, tlak, razina goriva i status opreme. Ovi senzori omogućuju rano otkrivanje potencijalnih problema, što omogućuje pravovremenu reakciju i sprječavanje da se dogode ozbiljniji kvarovi ili nesreće. Na primjer, senzori temperature i tlaka mogu otkriti anomalije u radu motora ili drugih sustava, čime se sprječava nastanak opasnih situacija [76].

Digitalizacija i analiza velikih podataka (*Big Data*) također igraju važnu ulogu u poboljšanju sigurnosnih protokola. Digitalne platforme za upravljanje sigurnošću i održavanjem omogućuju detaljno praćenje i analizu operativnih uvjeta broda. Analiza velikih količina podataka omogućuje bolje razumijevanje performansi broda, identifikaciju potencijalnih rizika i optimizaciju sigurnosnih mjera. Na primjer, podaci o vremenskim uvjetima, stanju mora i performansama broda mogu se analizirati kako bi se unaprijed identificirali potencijalni problemi i poduzele preventivne mjere [76].

Također, još jedan oblik tehnologije je takozvana blockchain tehnologija, koja može značajno poboljšati sigurnost i transparentnost u lancu opskrbe. Ona omogućuje sigurno pohranjivanje i praćenje podataka, čime se jamči integritet i nepromjenjivost informacija. U pomorskoj industriji, *blockchain* može pomoći u sprječavanju prevara, osiguravanju usklađenosti s propisima i povećanju transparentnosti u opskrbnom lancu. Na primjer, podaci o teretu mogu se sigurno pohraniti u *blockchain*, što omogućuje svim sudionicima u lancu opskrbe da u stvarnom vremenu prate kretanje robe i status tog tereta [77].

#### **4.2.2. Primjena daljinski upravljanih i autonomnih sustava**

Još jedan oblik implementacije nove tehnologije je korištenje daljinski upravljanih i autonomnih sustava u pomorskoj industriji koji može značajno povećati sigurnost operacija. Autonomni brodovi, opremljeni naprednim sustavima za navigaciju, detekciju i izbjegavanje prepreka, smanjuju rizik od ljudskih pogrešaka i poboljšavaju sigurnost. Ovi brodovi koriste tehnologije poput umjetne inteligencije (AI) i strojnog učenja za analizu okruženja i donošenje odluka u stvarnom vremenu. Prednosti uključuju smanjenje operativnih troškova, povećanje učinkovitosti i smanjenje rizika za posadu. Međutim, postoje određeni tehnički i regulatorni

izazovi koji još trebaju biti riješeni kako bi se omogućila šira primjena ovih tehnologija [78, 79].

Daljinski upravljani sustavi omogućuju izvođenje operacija u opasnim okruženjima bez potrebe za fizičkom prisutnošću posade. To uključuje daljinski upravljana podvodna vozila (ROV), bespilotne letjelice (dronovi) i robotske sustave za inspekciju i održavanje. Na primjer, ROV-ovi se koriste za inspekciju podvodnih struktura, smanjujući potrebu za ronionicima i smanjujući rizik od nesreća. Dronovi se koriste za inspekciju teško dostupnih dijelova broda, poput jarbola i trupa, omogućujući brzo i sigurno prikupljanje podataka. Robotski sustavi za održavanje mogu obavljati rutinske zadatke održavanja i popravke, smanjujući potrebu za ljudskom intervencijom u opasnim uvjetima [78, 79].

Integracija navedenih autonomnih i daljinski upravljanih sustava s postojećim brodskim sustavima može dodatno poboljšati sigurnost i efikasnost operacija. Kombinacija ovih tehnologija omogućuje sveobuhvatan pristup upravljanju sigurnošću, omogućujući posadi da se usredotoči na strateške zadatke, dok automatizirani sustavi preuzimaju rutinske i opasne zadatke. Primjerice, autonomni sustavi mogu pratiti performanse broda i automatski prilagođavati operativne parametre kako bi optimizirali sigurnost i učinkovitost, dok daljinski upravljani sustavi mogu pružiti podršku u stvarnom vremenu, omogućujući posadi da donosi informirane odluke na temelju preciznih podataka [78, 79].

## 5. Zaključak

Za sigurne i učinkovite aktivnosti na moru, od presudne je važnosti implementacija sigurnosnih značajki na *offshore* brodovima. U ovome radu istraženi su različiti elementi sigurnosti, uključujući konstrukcijske karakteristike brodova, sustave za spašavanje i evakuaciju, protupožarnu zaštitu, upravljanje sigurnošću i tehnološki napredak. Svaki od ovih elemenata ima važnu ulogu u smanjenju rizika i zaštiti posade, broda i okoliša.

Konstrukcija brodova, posebice dizajn trupa i sustavi za kontrolu ispusta vode, osnova su stabilnosti i sigurnosti na moru. Dvostruki trupovi i odvojene prostorije za skladištenje dodatno povećavaju otpornost brodova na oštećenja. Sustavi za spašavanje, poput spasilačkih čamaca, splavi i helikopterskih paluba, te redoviti treninzi i simulacije evakuacije, osiguravaju brzu i učinkovitu reakciju u hitnim situacijama. Protupožarna zaštita, uključujući sustave za detekciju i gašenje požara, kao i dobro osmišljeni protupožarni planovi i obuka posade, minimiziraju rizik od katastrofa.

Upravljanje sigurnošću na brodovima obuhvaća napredne komunikacijske i navigacijske sustave koji osiguravaju pouzdanu koordinaciju i reakciju u hitnim situacijama. Integracija različitih sustava za upravljanje sigurnošću omogućuje centralizirano upravljanje i poboljšava ukupnu učinkovitost i sigurnost operacija. Tehnološki napredak, uključujući primjenu naprednih senzora, digitalizaciju, *blockchain* tehnologiju, te razvoj autonomnih i daljinski upravljanih sustava, značajno doprinosi unapređenju sigurnosnih mjera i protokola.

Na temelju istraženih elemenata sigurnosti *offshore* brodova, moguće je zaključiti da kontinuirano unapređenje tehnologije i stalna edukacija posade imaju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti na moru. Uvođenje suvremenih tehnologija, poboljšanje protokola i redovita obuka posade osiguravaju da su brodovi spremni odgovoriti na sve izazove i rizike koje donose *offshore* operacije. U budućnosti, daljnji tehnološki razvoj i usklađenost s međunarodnim i lokalnim propisima bit će od iznimne važnosti za postizanje još većih razina sigurnosti i učinkovitosti u pomorskoj industriji.

## Popis literature

- [1] Skoko, I., Lušić, Z., & Pušić, D. (2020.) Commercial and strategic aspects of the offshore vessels market. *Brodogradnja*, 62: 18-25.
- [2] Coastal Review Online. (2015). A very brief history of offshore drilling. <https://coastalreview.org/2015/06/a-very-brief-history-of-offshore-drilling/> (pristupljeno: 5.4.2024.)
- [3] Schmidt, V. A., Crager, B., & Rodenbusch, G. (2017). Historical development of the offshore industry. U: *Encyclopedia of maritime and offshore engineering*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 1-17.
- [4] Atlantic Council. (2020). The role of oil and gas companies in the energy transition. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/the-role-of-oil-and-gas-companies-in-the-energy-transition/> (pristupljeno: 6.4.2024.)
- [5] Heritage Foundation. (2018). How offshore oil and gas production benefits the economy and the environment. <https://www.heritage.org/environment/report/how-offshore-oil-and-gas-production-benefits-the-economy-and-the-environment> (pristupljeno: 6.4.2024.)
- [6] Chen, A. (2023). Offshore Platforms: Classification, Technologies, Architectures, and Applications. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 72: 492-497.
- [7] Energy Career Magazine. (2023). Innovations in offshore platform technology: Pioneering progress in engineering and energy. <https://energycareermagazine.com/article/innovations-in-offshore-platform-technology-pioneering-progress-in-engineering-and-energy/> (pristupljeno: 7.4.2024.)
- [8] Díaz, H., & Soares, C. G. (2020). Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. *Ocean Engineering*, 209: 107381.
- [9] Forte, K., & Ruf, D. (2017). Safety challenges of LNG offshore industry and introduction to risk management. U: *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* (Vol. 57663, p. V03BT02A016). American Society of Mechanical Engineers.
- [10] Abbas, M., & Bakr, K. (2024). Mechanical Failures Risk Analysis and Implementation of Procedures to Reduce Incidents Onboard Offshore Supply Vessels. U: *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. American Society of Mechanical Engineers.
- [11] Maritime Injury Guide. (2022). Offshore maritime injuries. <https://www.maritimeinjuryguide.org/maritime-accidents-injuries/types-maritime-injuries/offshore-maritime-injuries/> (pristupljeno: 9.4.2024.)



- [12] Visser, R. C. (2011). Offshore accidents, regulations and industry standards. U: SPE Western Regional Meeting (pp. SPE-144011). Society of Petroleum Engineers.
- [13] Marine Insight. (2019). What are Platform Supply Vessels (PSVs)? <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-platform-supply-vessels-psvs/> (pristupljeno: 9.4.2024.)
- [14] VARD Marine. (2021). VARD 1 Series Platform Supply Vessels. <https://vardmarine.com/vessels/vard-1-series-platform-supply-vessels/> (pristupljeno: 9.4.2024.)
- [15] Marine Insight. (2019). What are Anchor Handling Tug Vessels (AHTS)? <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-anchor-handling-tug-vessels-ahs/> (pristupljeno: 10.4.2024.)
- [16] Royal IHC. (2021). Anchor Handling Tug Supply Vessel (AHTS). <https://www.royalihc.com/offshore-energy/offshore-vessels/anchor-handling-tug-supply-vessel-ahts> (pristupljeno: 10.4. 2024.)
- [17] Marine Insight. (2019). What is a Diving Support Vessel? <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-is-a-diving-support-vessel/> (pristupljeno: 12.4.2024.)
- [18] ST Engineering. (2023). Diving Support Vessel. <https://www.stengg.com/en/marine/products-and-solutions/diving-support-vessel/> (pristupljeno: 12.4.2024.)
- [19] MAURIC. (2023). Construction Support Vessel. <https://www.mauric.ecagroup.com/construction-support-vessel> (pristupljeno: 12.4.2024)
- [20] SCHOTTEL. (2024). Offshore Construction Vessels (OCV). <https://www.schottel.de/en/portfolio/new-builds/vessel-types/offshore-construction-vessels-ocv> (pristupljeno: 12.4.2024.)
- [21] Offshore Fleet. (2017). Seismic Vessel. <http://offshore-fleet.com/data/seismic-vessel.htm> (pristupljeno: 13.4.2024.)
- [22] Marine Insight. (2021). What are Seismic Vessels? <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-seismic-vessels/> (pristupljeno: 13.4. 2024.)
- [23] Wärtsilä. (2024). Emergency Response and Rescue Vessel (ERRV). [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/emergency-response-and-rescue-vessel\(ervv\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/emergency-response-and-rescue-vessel(ervv)) (pristupljeno: 13.4.2024.)

- [24] Pitsc, J. (2024). Emergency Response and Rescue Vessel (ERRV). LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/emergency-response-rescue-vessel-errv-pitsc> (pristupljeno: 15.4.2024.)
- [25] Harrison, J. (2009). International Maritime Organization. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 24, 727.
- [26] Joseph, A., & Dalaklis, D. (2021). The international convention for the safety of life at sea: highlighting interrelations of measures towards effective risk mitigation. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 5(1), 1-11.
- [27] Fitzmaurice, M. (2023). *The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. U: *Research Handbook on Ocean Governance Law* (str. 91-108). Edward Elgar Publishing.
- [28] Karakasnaki, M., Vlachopoulos, P., Pantouvakis, A., & Bouranta, N. (2018). ISM Code implementation: an investigation of safety issues in the shipping industry. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 17, 461-474.
- [29] IDENTEC Solutions. (2024). EHS Risk Management: Calculating Offshore Risks. <https://www.identecsolutions.com/news/ehs-risk-management-calculating-offshore-risks> (pristupljeno: 18.4.2024.)
- [30] Maritime New Zealand. (2019). Vessel Stability. <https://www.maritimenz.govt.nz/commercial/safety/vessel-stability/> (pristupljeno: 18.4.2024.)
- [31] International Maritime Organization. (2012). History of fire protection requirements. <https://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/History-of-fire-protection-requirements.aspx> (pristupljeno: 18.4.2024.)
- [32] Maritime New Zealand. (2024). Vessel Stability. <https://www.maritimenz.govt.nz/commercial/safety/vessel-stability/> (pristupljeno: 20.4.2024.)
- [33] Croatian Register of Shipping. (2024). Rules for the Classification of Ships. <https://www.crs.hr/rules-imo-and-eu-regulations/crs-rules-and-standards/rules-for-the-classification-of-ships> (pristupljeno: 20.4.2024.)
- [34] International Association of Classification Societies. (2022). Classification: What, Why and How. <https://iacs.s3.af-south-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/05/09132251/classification-what-why-how.pdf> (pristupljeno: 20.4.2024.)
- [35] Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). *Ship construction*. Butterworth-Heinemann.

- [36] Ang, J., Goh, C., & Li, Y. (2015). Hull Form Design Optimisation for Improved Efficiency and Hydrodynamic Performance of 'Ship-Shaped' Offshore Vessels. Proceedings of the International Conference on Computer Applications in Shipbuilding.
- [37] Boats.net. (2018). Boat Hull Types: A Complete Guide. <https://www.boats.net/blog/boat-hull-types-guide> (pristupljeno: 21.4.2024.)
- [38] Lakshmi, E., Priya, M., & Achari, V. S. (2021). An overview on the treatment of ballast water in ships. *Ocean & Coastal Management*, 199, 105296.
- [39] Marine Insight. (2024). Vodič za balastne tankove na brodovima. <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/a-guide-to-ballast-tanks-on-ships/> (pristupljeno: 23.4.2024.)
- [40] KROHNE. (2021). Ballast Water Treatment for Supply Ships. <https://krohne.com/en/industries/marine-industry/supply-ships/ballast-water-treatment-supply-ship> (pristupljeno: 23.4.2024.)
- [41] TensileMill CNC. (2023). Jačina broda u proizvodnim procesima. <https://www.tensilemillcnc.com/blog/ship-strength-in-manufacturing-processes> (pristupljeno: 24.4.2024.)
- [42] Quora. (2023). What is a double bottom hull? Do all large ships have them, not counting oil tankers? If so, why?. <https://www.quora.com/What-is-a-double-bottom-hull-Do-all-large-ships-have-them-not-counting-oil-tankers-If-so-why> (pristupljeno: 26.4.2024.)
- [43] Garside, J. F., Horn, G. E., & Kotte, E. H. (1992). Double Hull Tanker Design And Structural Integrity. In ISOPE International Ocean and Polar Engineering Conference (pp. ISOPE-I). ISOPE.
- [44] Okumoto, Y., Takeda, Y., Mano, M., & Okada, T. (2009). Double Hull Structure. In *Design of Ship Hull Structures: A Practical Guide for Engineers* (pp. 475-481). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [45] Clear Seas. (2022). Double Hulls. <https://clearseas.org/insights/double-hulls/> (pristupljeno: 27.4.2024.)
- [46] CIRSPB. (2021). Drainage System. <https://cirspb.ru/en/blog/ustroystvo-sudov/drainage-system/> (pristupljeno: 27.4.2024.)
- [47] Carver Pump. (2020). Marine Bilge Pumps: The Ultimate Guide for Ships. <https://www.carverpump.com/marine-bilge-pumps-the-ultimate-guide-for-ships/> (pristupljeno: 27.4.2024.)

- [48] Marine Insight. (2021). Sludge and Bilge Management Onboard Ships.  
<https://www.marineinsight.com/tech/sludge-and-bilge-management-onboard-ships/>  
(pristupljeno: 29.4.2024.)
- [49] ClassNK. (2024). Ballast Water Management.  
<https://www.classnk.or.jp/hp/en/activities/statutory/ballastwater/index.html> (pristupljeno:  
29.4.2024.)
- [50] North Atlantic Treaty Organization, Research and Technology Organization. (2008). Survival at sea for mariners, aviators and search and rescue personnel (RTO AGARDograph AG-HFM-152). NATO RTO.
- [51] Marine Insight. (2024). Life Raft on Ships: A General Overview.  
<https://www.marineinsight.com/marine-safety/life-raft-on-ships-a-general-overview/>  
(pristupljeno: 30.4.2024.)
- [52] The Points Guy. (2023). Cruise Ship Life Boats and Rafts.  
<https://thepointsguy.com/guide/cruise-ship-life-boats-rafts/> (pristupljeno: 30.4.2024.)
- [53] Crewlinker. (2023). An In-Depth Guide to Offshore Vessels.  
<https://www.crewlinker.com/blog/an-in-depth-guide-to-offshore-vessels> (pristupljeno:  
30.4.2024.)
- [54] LinkedIn. (2024). Rescue Boats: Regulations and Equipment Essentials.  
<https://www.linkedin.com/pulse/rescue-boats-regulations-equipment-essentials-alsafwanmarine-cvicf> (pristupljeno: 4.5.2024.)
- [55] Augmentias. (2024). Projects. <https://www.augmentias.com/projects3.html> (pristupljeno:  
4.5.2024.)
- [56] Wai Lin, T. (2013). Structural Design of Helicopter Landing Platform on Offshore Ship.
- [57] Vard Marine. (2022). Vard 3 Series Offshore Construction Vessels.  
<https://vardmarine.com/vessels/vard-3-series-offshore-construction-vessels/> (pristupljeno:  
5.5.2024.)
- [58] Primonautic. (2024). Sea Helicopter Rescue. <https://primonautic.com/blog/sea-helicopter-rescue/> (pristupljeno: 5.5.2024.)
- [59] Safe Transport Victoria. (2024). Emergency Procedures.  
<https://handbook.safetransport.vic.gov.au/boating-essentials/emergency-procedures/>  
(pristupljeno: 6.5.2024.)
- [60] Liou, C., & Chu, C.-W. (2016). A system simulation model for a training ship evacuation plan. *Journal of Marine Science and Technology*, 24(1), 107-124

- [61] Lundh, M., Lützhöft, M., Rydstedt, L., & Dahlman, J. (2010). Evacuation in practice. Observations from five full scale exercises. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 9(2), 137-151.
- [62] Matković, M. (1992). *Protupožarna zaštita na brodovima*. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.
- [63] Marine Insight. (2019). Basics of Fire Prevention on Board Ships. <https://www.marineinsight.com/marine-safety/basics-of-fire-prevention-on-board-ships/> (pristupljeno: 8.5.2024.)
- [64] Danish Maritime Authority. (2007). Deterministic Damage Stability Requirements. <https://www.dma.dk/Media/637743812057277254/D-II-2A-01052007.pdf> (pristupljeno: 10.5.2024.)
- [65] MAPFRE Global Risks. (2022). Fire prevention in new maritime transport. <https://www.mapfreglobalrisks.com/en/risks-insurance-management/article/fire-prevention-in-new-maritime-transport/> (pristupljeno: 10.5.2024.)
- [66] United States Fire Administration. (2006). Developing a fire department aerial apparatus replacement plan. <https://apps.usfa.fema.gov/pdf/efop/efo39107.pdf> (pristupljeno: 12.5.2024.)
- [67] Marine Fire Prevention, Firefighting and Fire Safety: A Comprehensive Training and Reference Manual. (1994). United States: DIANE Publishing Company.
- [68] NovAtel. (2022). An introduction to GNSS: What are global navigation satellite systems (GNSS). <https://novatel.com/tech-talk/an-introduction-to-gnss/what-are-global-navigation-satellite-systems-gnss> (pristupljeno: 13.5.2024.)
- [69] Point One Navigation. (2024). INS (Inertial Navigation System). <https://pointonenav.com/news/ins-inertial-navigation-system/> (pristupljeno: 13.5.2024.)
- [70] Marine Insight. (2024). Automatic Identification System (AIS): Integrating and identifying marine communication channels. <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/automatic-identification-system-ais-integrating-and-identifying-marine-communication-channels/> (pristupljeno: 14.5.2024.)
- [71] Federal Communications Commission. (2023). Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/maritime-mobile/ship-radio-stations/global-maritime> (pristupljeno: 14.5.2024.)
- [72] OSAT. (2023). Comparison between Iridium and Inmarsat satellite phones. <https://osat.com/blogs/blog/comparison-between-iridium-and-inmarsat-satellite-phones> (pristupljeno: 15.5.2024.)

- [73] GlobalCom. (2022). Enhancing maritime safety: Utilizing Iridium satellite phones for obtaining GRIB files. <https://globalcomsatphone.com/item/enhancing-maritime-safety-utilizing-iridium-satellite-phones-for-obtaining-grib-files/> (pristupljeno: 15.5.2024.)
- [74] BoatUS Foundation. (2021). Communication. <https://www.boatus.org/study-guide/equipment/communication> (pristupljeno: 18.5.2024.)
- [75] Lagouvardou, S. (2018). Exploiting the synergies of Blockchain and Internet of Things in shipping. (Master's thesis, Technical University of Denmark).  
[https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/156025857/Lagouvardou\\_MScThesis\\_FINAL.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/156025857/Lagouvardou_MScThesis_FINAL.pdf) (pristupljeno: 18.5.2024.)
- [76] Prabowo, A. R., Tuswan, T., & Ridwan, R. (2021). Advanced development of sensors' roles in maritime-based industry and research: From field monitoring to high-risk phenomenon measurement. *Applied Sciences*, 11(9), 3954.
- [77] Gerakoudi-Ventouri, K. (2022). Review of studies of blockchain technology effects on the shipping industry. *Journal of Shipping and Trade*, 7(2).
- [78] Bratić, K., Pavić, I., Vukša, S., & Stazić, L. (2019). Review of autonomous and remotely controlled ships in maritime sector. *Transactions on Maritime Science*, 8(2), 253-265.
- [79] International Maritime Organization. (2022). Autonomous shipping. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx> (pristupljeno: 20.5.2024.)

## **Popis slika**

Slika 1. Vrste trupova brodova prema kutu V-oblikovanja.	Str. 11
Slika 2. Sustav za upravljanje balastnim vodama na brodu	Str. 13
Slika 3. Primjer konstrukcije s dvostrukim trupom.	Str. 14
Slika 4. Prikaz sustava za mulj i kaljužne vode na brodovima.	Str. 16
Slika 5. Prikaz offshore broda koji je opremljen s nekoliko spasilačkih čamaca.	Str. 18
Slika 6. Primjer izvedbe helikopterskih paluba	Str. 19

## Sažetak

Ovaj završni rad bavi se analizom sigurnosnih obilježja offshore brodova kako bi se osigurale sigurne operacije na moru. Offshore industrija ima ključnu ulogu u globalnoj ekonomiji, ali suočava se s mnogim sigurnosnim izazovima. Rad obuhvaća pregled povijesti i razvoja offshore industrije, njenog ekonomskog značaja i utjecaja tehnološkog napretka na sigurnost operacija. Razmatraju se sigurnosni rizici i izazovi, uobičajeni incidenti, te utjecaj ljudskih čimbenika na sigurnosne događaje. Klasifikacija offshore brodova uključuje različite tipove, kao što su brodovi za opskrbu platformi (PSV), tegljači za rukovanje sidrima (AHTS), brodovi za podršku ronjenju (DSV), građevinski brodovi, seizmički brodovi i brodovi za hitne intervencije i spašavanje (ERRV).

Pregledani su ključni međunarodni propisi (IMO, SOLAS, MARPOL) i specifični sigurnosni zahtjevi za offshore brodove, kao i uloga klasifikacijskih društava. Sigurnosna obilježja obuhvaćaju konstrukcijske karakteristike, sustave za spašavanje i evakuaciju, protupožarnu zaštitu, komunikacijsku i navigacijsku opremu te tehnološke inovacije. Zaključci ističu važnost stalnog unapređenja sigurnosnih standarda, obuke posade i primjene naprednih tehnologija kako bi se osigurala sigurnost na moru.

Ključne riječi: *offshore brodovi, sigurnosna obilježja, sigurnosni rizici, međunarodni propisi i tehnologija*

## Summary

### **Safety features of offshore ships**

This thesis explores the safety features of offshore vessels to ensure safe operations at sea. The offshore industry is vital to the global economy but faces numerous safety challenges. The paper reviews the history and development of the offshore industry, its economic importance, and the impact of technological advancements on safety operations.

It examines safety risks and challenges, common incidents, and the role of human factors in safety events. The classification of offshore vessels includes various types, such as Platform Supply Vessels (PSV), Anchor Handling Tug Supply (AHTS) vessels, Diving Support Vessels (DSV), Construction Vessels, Seismic Vessels, and Emergency Response and Rescue Vessels (ERRV).

Key international regulations (IMO, SOLAS, MARPOL) and specific safety requirements for offshore vessels are reviewed, as well as the role of classification societies. Safety features



encompass construction characteristics, rescue and evacuation systems, fire protection, communication and navigation equipment, and technological innovations. Conclusions emphasize the importance of continuously improving safety standards, crew training, and the application of advanced technologies to ensure safety at sea.

Key words: *offshore vessels, safety features, safety risks, international regulations and technology*