

Vodonepropusne pregrade kod putničkih brodova s osvrtom na pomorske nezgode

Raguž, Dorian

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:961772>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
POMORSKI ODJEL**

DORIAN RAGUŽ

**VODONEPROPUSNE PREGRADE KOD PUTNIČKIH BRODOVA S
OSVRTOM NA POMORSKE NEZGODE**

ZAVRŠNI RAD

Dubrovnik, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
POMORSKI ODJEL
PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ NAUTIKA

VODONEPROPUSNE PREGRADE KOD PUTNIČKIH BRODOVA S
OSVRTOM NA POMORSKE NEZGODE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: izv. prof. dr.sc. Srđan Vujičić

Komentor: Miho Kristić, dipl.ing.

Dubrovnik, rujan 2024.

IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora.

Dorian Raguž

SAŽETAK

U završnom radu se razmatra važnost vodonepropusnog pregrađivanja putničkih brodova u konstrukcijskom smislu te sa aspekta sigurnosti. U posljednjih 10 godina, potražnja za putničkim brodovima je povećana, a posebno za brodovima za kružna putovanja. To povećava potrebu gradnje većih putničkih brodova koji mogu prevoziti veći broj putnika. Zbog većeg broja putnika je bitna sigurnost tih brodova gdje vodonepropusno pregrađivanje od velike važnosti. Glavni cilj rada je objasniti ulogu vodonepropusnog pregrađivanja na putničkim brodovima te naglasiti važnost održavanja stabilnosti broda u oštećenom stanju. Navedene su neke od većih nezgoda putničkih brodova koje ukazuju na važnost vodonepropusnih pregrada na putničkim brodovima.

Ključne riječi: sigurnost, prodor mora, putnici.

ABSTRACT

In this work, the importance of watertight partitioning of passenger ships is considered in terms of construction and safety. In the last ten years, the demand for passenger ships has increased, especially for cruise ships. This increases the need to build larger passenger ships carrying more passengers. Due to the large number of passengers, the safety of these ships is essential, where watertight bulkheads are of great importance. The paper's primary goal is to explain the role of watertight bulkheads on passenger ships and emphasize the importance of maintaining the ship's stability in a damaged state. Some major passenger ship accidents highlighting the importance of watertight bulkheads on passenger ships are listed.

Keywords: safety, flooding, passengers.

SADRŽAJ:

SAŽETAK	I
ABSTRACT	I
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja	2
1.3. Struktura rada.....	2
2. PUTNIČKI BROD I NJEGOVE KARAKTERISTIKE.....	3
2.1. Pomorske nezgode putničkih brodova	3
3. VODONEPROPUSNOST PUTNIČKIH BRODOVA.....	9
3.1. Nepropusno pregrađivanje	10
3.2. Zahtijevani indeks pregrađivanja „R“	13
3.3. Postignuti indeks pregrađivanja „A“.....	13
3.4. Računanje faktora P_i	14
3.5. Računanje faktora s_i	15
3.6. Naplavljivost	16
3.7. Posebni zahtjevi za stabilitet putničkih brodova.....	17
3.8. Klizna vodonepropusna vrata.....	18
3.8.1. Ručni pogon za upravljanje kliznim vodonepropusnim vratima.....	18
3.8.2. Mehanički pogon za upravljanje kliznim vodonepropusnim vratima	19
3.8.3. Opasnosti povezane sa korištenjem kliznih vodonepropusnih vrata	20
3.8.4. Održavanje kliznih vodonepropusnih vrata	21
3.8.5. Radnje i pregledi vodonepropusnih vrata na putničkim brodovima.....	22
4. BROD U OŠTEĆENOM STANJU	23
4.1. Planovi za upravljanje oštećenjem.....	23
4.2. Prevencija i upravljanje prodorom mora.....	24
4.3. Sigurnosni centar na brodu	25
5. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA	28

POPIS SLIKA.....	30
POPIS TABLICA.....	30
POPIS GRAFIKONA.....	30

1. UVOD

Pomorske nezgode kao što su nasukanje, udar, sudar, prodor vode, požar mogu prouzročiti posljedice opasne za ljudske živote, brod i okoliš. Zbog navedenog brodovi se pregrađuju, ojačavaju debljim slojevima lima u područjima brodske kobilice, prostori se odjeljuju sudarnim pregradama, pregradnim palubama i sl. Međunarodna pomorska organizacija (*International Maritime Organization, - IMO*) kroz svoje konvencije i propise je dala pravni okvir za vlasnike brodova i brodograditelje, ali i one koji upravljaju takvim brodovima u cilju zaštite ljudskih života, broda i okoliša. Poznavanje osnovnih načela pregrađivanja, pravovremeno utvrđivanje i otklanjanje nedostataka, te pravilno rukovanje opremom može povećati sigurnost broda.

Osnovna ideja rada je prikazati osnovne značajke u pregrađivanju putničkih brodova. Za ostvarivanje ciljeva rada će se analizirati neke od najznačajnijih pomorskih nezgoda, te će se utvrditi čimbenici koji su doveli do gubitka ili djelomičnog gubitka broda.

Dakle, pregrađivanjem broda omogućuje se poprečna i uzdužna čvrstoća broda. Postupak pregrađivanja je povezan i sa naplavlivanjem broda, a cilj pregrađivanja je stvoriti vodonepropusne odjeljke unutar brodske unutrašnjosti te konstrukcijski ojačati brod kako bi se onemogućilo progresivno naplavlivanje broda, osigurala dovoljna stabilnost te zaštitio okoliš. Osnovni je cilj da u slučaju oštećenja vanjske oplata uslijed pomorskih nezgoda sudara, udara i puknuća oplata samo ograničena količina vode prodre u odjeljak broda, te se osigura plovnost i stabilnost broda. Posljedično okoliš neće biti onečišćen, brod će biti sposoban za plovidbu prema određenoj luci, a posada i putnici neće biti životno ugroženi. Pregrade igraju ključnu ulogu u osiguravanju neophodne čvrstoće broda kako bi podnio sile valova. Dodatno, pružaju čvrstoću i oslonac brodu pri dokovanju te unutarnjim naprezanjima. Pregrade služe i za zaštitu od širenja požara na brodu.

Stoga je važno da svaki član posade poznaje važnost vodonepropusnog pregrađivanja, lokaciju i broj vodonepropusnih odjeljenja na brodu, način rukovanja vodonepropusnim vratima na pregradama koje odjeljuju vodonepropusna odjeljenja. Što se tiče uloge, pregrade služe za dijeljenje broda na više odjeljaka. Ove pregrade mogu biti postavljene vodoravno ili okomito.

Pregrade su ključne za održavanje sigurnosti jer sprječavaju da voda naplavi unutrašnjost broda te da spriječe prekomjerno naplavlivanje. Pregrade također imaju prednosti za okoliš jer smanjuju zagađenje u slučaju oštećenja stjenke spremnika. Štoviše, pregrade pružaju ključnu podršku za razne dijelove broda kao što su potpalublja, dno i bočne strukture, kao i nadgrađe, palubne kućice i palubna oprema.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet rada je vodonepropusno pregrađivanje putničkih brodova. Cilj rada je istražiti i predstaviti namjenu, svrhu i važnost vodonepropusnog pregrađivanja putničkih brodova.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

U radu će se koristiti teorijsko istraživanje kroz analizu dostupnih izvora podataka, uključujući knjige, stručne članke povezane s temom rada, te razne publikacije dostupne na internetu. Tijekom izrade rada primjenjivat će se znanstvene metode indukcije i dedukcije, metoda deskripcije i metoda kompilacije. Analizom pojedinačnih činjenica pomoću induktivne metode doći će se do općeg zaključka, dok će se deduktivnom metodom iz općih sudova izvoditi specifični zaključci. Metoda deskripcije bit će korištena za opisivanje činjenica, procesa i predmeta bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja. Pri preuzimanju tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja, primijenit će se metoda kompilacije.

1.3. Struktura rada

Rad se sastoji od pet poglavlja gdje je u prvom, uvodnom poglavlju, predstavljen predmet i cilj rada, izvori podataka i metode prikupljanja te sadržaj i struktura rada . U drugom poglavlju su predstavljene pomorske nezgode putničkih brodova. Vodnepropusnost putničkih brodova se objašnjava u trećem poglavlju te se ukazuje na određene probleme povezane s nepropusnim pregradama. Četvrto poglavlje opisuje brod u oštećenom stanju i radnje koje se poduzimaju u takvoj situaciji. Peto, zaključno poglavlje, sažima temu ovog rada.

2. PUTNIČKI BROD I NJEGOVE KARAKTERISTIKE

Prema Međunarodnoj konvenciji o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS) iz 1974. godine, putnički brod se smatra svaki brod koji prevozi više od 12 putnika, a putnicima se smatraju sve osobe na brodu koje plaćaju ili ne plaćaju putovanje morem te i članovi posade. Glavna svrha putničkog broda je prijevoz putnika. Putnički brod je na neki način kao hotel u koji spadaju prostori za posadu i putnike te usluga. Izgled i dizajn putničkog broda ovisi o maksimalnom broju putnika koji mogu stati na brod te i duljini putovanja. Kad je putovanje kraće, nema potrebe za kabinama jer se putnici neće dugo zadržati na brodu. Kad je putovanje dulje, na brodu se treba osigurati maksimalna udobnost te više prostora po putniku. Potrebne su kabine na dužim putovanjima kao i restorani, trgovine i sl.. Bez obzira na te sve zahtjeve, putnički brod najprije treba zadovoljiti zahtjeve vezane za sigurnost plovidbe. Zbog sve većeg broja putnika u slučaju nezgode može doći do većih posljedica jer su operacije spašavanja teže prilikom većeg broja ljudi na brodu. Glavne vrste putničkog broda su: preookeanski brod, brod za kružna putovanja, trajekt i obalni brod [20].

2.1. Pomorske nezgode putničkih brodova

Održavanje visoke razine sigurnosti na moru jedan je od preduvjeta zaštite ljudskih života na moru, zaštite broda i sprječavanju onečišćenja morskog okoliša svake pomorske države, članice IMO-a. Razvijen i učinkovit sustav za provođenje sigurnosnih istraga s ciljem utvrđivanja uzroka nesreće i predlaganje mjera za izbjegavanje pomorskih nesreća, upravni izvidi koji se provode radi utvrđivanja počinitelja pomorske nesreće te njegova prekršajna odgovornost svakako su među koracima koji doprinose ostvarenju ovih ciljeva. IMO i EU su uložile napore da uspostave zajednička pravila i metode za provođenje sigurnosnih istraga. Direktiva 2009/18/EZ propisuje da se nacionalna tijela koja obavljaju poslove istraživanja nesreća na moru uspostavljaju kao neovisna, nepristrana i stalna tijela; istražiti nesreće i objaviti izvješća ovisno o ozbiljnosti te obavijestiti Komisiju o europskim pomorskim nesrećama putem Europske pomorske informacijske platforme [1].

Sigurnost putničkih brodova uvelike ovisi o prisutnosti odgovarajućeg broja članova posade koji mogu pomoći putnicima u normalnim i iznimnim situacijama, a putnički brodovi su potencijalno s najnepovoljnijim posljedicama koje mogu proizaći iz pomorske nezgode [2].

Pomorske nezgode su izvanredni događaji koji su izazvali takve štetne posljedice da su neposredno ugroženi ljudski životi i imovina. Uobičajeno se pomorske nezgode dijele na:

- potonuća,
- požari i/ili eksplozije,
- nasukanje broda,
- sudar i udar broda,

- oštećenje trupa i strojeva [9].

Nabrojane nezgode su najčešće vrste nezgoda, međutim, događaju se i nezgode koje se svrstavaju u posebne skupine, a njihovo osnovno obilježje je da su te nezgode najčešće povezane sa pojedinim geografskim područjima kao što su napadi razbojnika (piratstvo), posljedice ratnih djelovanja, prijevare, terorizam i sl. Ono što obilježava pomorske nezgode je situacija da često sadrže višestruke događaja, odnosno da jedna vrsta nezgode slijedi drugu, kao npr. kod sudara dvaju brodova, od kojih je jedan tanker, da nerijetko slijedi požar, odnosno eksplozija tankera [9]. Putnički brod Costa Concordia, kapaciteta više od 4000 mjesta te dužine od 290 metara je potonuo zbog greške zapovjednika. Nakon isplovljenja iz Civitavecchia, brod je nakon par sati skrenuo s kursa po naredbi zapovjednika kako bi se približio otoku Giglio u talijanskoj regiji Toskani i napravi uobičajeni pozdrav. Indonezijski član posade nije dobro razumio naredbu zapovjednika te je učinio krivi manevar. Krivim manevrom, stražnji dio broda je udario od stijenu te se napravio rez od 53 metra na lijevoj strani. Prodor vode je zahvatio 5 vodonepropusnih odjeljaka među ostalim i strojarnicu te je brod ostao bez struje izgubivši mogućnost kretanja. Vjetar i položaj kormila su okrenuli brod prema otoku te se brod nasukao na plićinu. Nasukanjem se brod dodatno nagnuo što je otežalo korištenje brodice za spašavanje te su mnogi putnici morali koristiti skale kako bi se spustili s broda. Zapovjednik je napustio brod prijevremeno te je tako ostavio mnoge ljude da se sami spase. Otežani uvjeti za spašavanje su rezultirali smrću 32 osobe [4].

U nastavku, u Tablici 1., je prikazan broj pomorskih nezgoda putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. godine Kao što se može vidjeti, u razdoblju od 2014. do 2022. godine se kod putničkih brodova dogodilo najviše manje ozbiljnih nezgoda.

Vrlo ozbiljne pomorske nezgode ili vrlo ozbiljna nezgoda označava pomorsku nezgodu koja uključuje potpuni gubitak broda, smrtni slučaj ili ozbiljno onečišćenje koje je uzrokovano ili je u svezi s radom broda. Ozbiljna pomorska nezgoda ili ozbiljna nezgoda označava pomorsku nezgodu koja se ne razvrstava kao vrlo ozbiljna nezgoda, a koja uključuje požar, eksploziju, sudar, nasukavanje, udar, oštećenje od nevremena, oštećenje ledom, napuknuće trupa ili pretpostavljeni nedostatak na trupu ili drugo slično oštećenje ili nedostatak koji ima za posljedicu nemogućnost rada glavnih strojeva, veće oštećenje nadgrađa, ozbiljno oštećenje strukture (kao što je probijanje podvodnog dijela trupa) što čini brod nesposobnim za nastavak plovidbe, onečišćenje pomorskog okoliša (neovisno o količini), i/ili kvar/oštećenje koje zahtijeva tegljenje ili pomoć s obale [12].

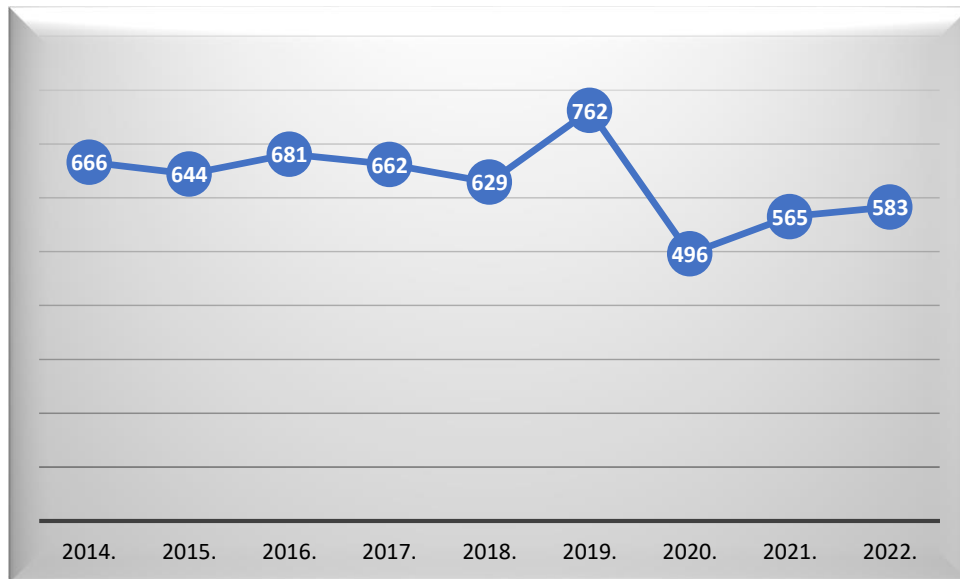
Tablica 1.: Broj pomorskih nezgoda putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. godine

	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
VRLO OZBILJNE POMORSKE NEZGODE	11	5	9	5	10	5	3	2	7
OZBILJNJE POMORSKE NEZGODE	179	145	139	142	120	130	77	105	95

MANJE OZBILJNA POMORSKA NEZGODA	425	426	462	440	409	533	340	343	376
POMORSKI INCIDENT	36	55	54	53	71	63	61	100	95

Izvor: prilagodio autor prema [3].

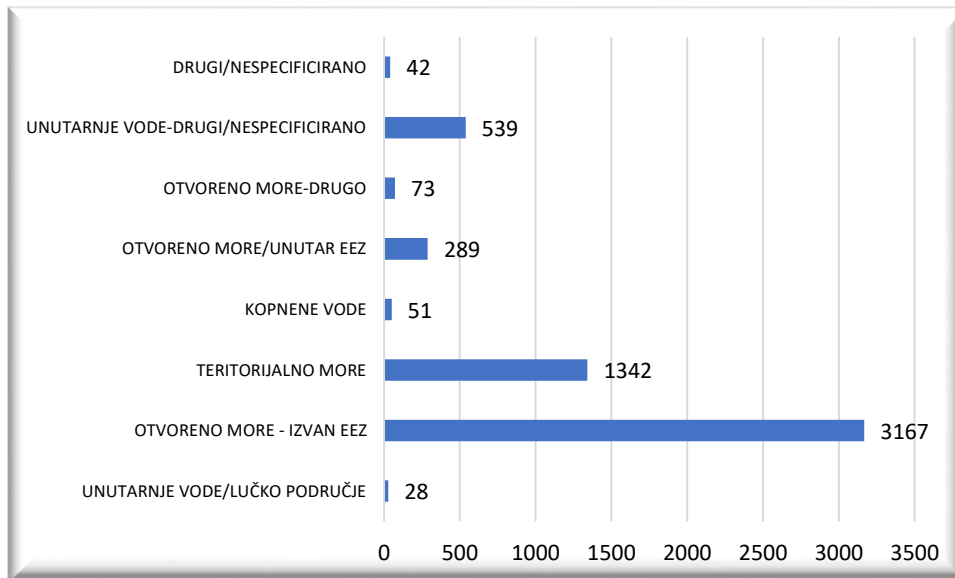
Grafikon 1. prikazuje kretanje broja putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. koji su bili sudionici pomorskih nezgoda. Kao što se može uočiti sa grafikona 1., u 2019. godini je bio nešto veći broj putničkih brodova koji su bili sudionici pomorskih nezgoda.



Grafikon 1.: Broj putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. koji su bili sudionici pomorskih nezgoda

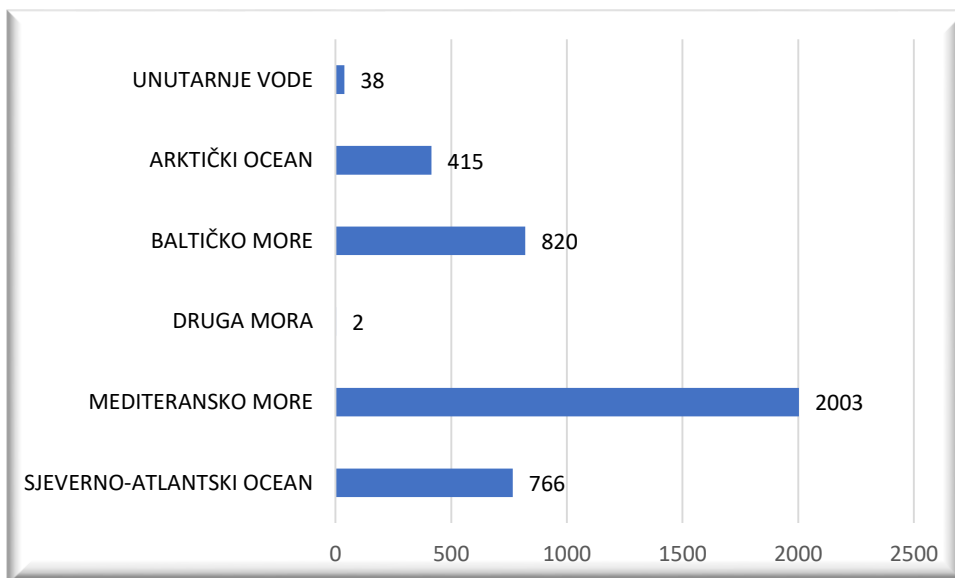
Izvor: prilagodio autor prema [3].

Najveći broj nezgoda putničkih brodova se dogodio na otvorenom moru-izvan EEZ, slijede nezgode na teritorijalnom moru, a zatim nezgode u unutarnjim vodama, što se i vidi na grafikonu 2.



Grafikon 2.: Pomorske nezgode putničkih brodova u razdoblju 2014. do 2022. prema području plovidbe
Izvor: prilagodio autor prema [3].

Mediteran je područje na kojemu se dogodio najveći broj nezgoda u razdoblju od 2014. do 2022. godine, kao što se može vidjeti na grafikonu 3.



Grafikon 3.: Broj nezgoda putničkih brodova u razdoblju 2014. do 2022. prema području plovidbe
Izvor: prilagodio autor prema [3].

U nastavku su predstavljene neke od nezgoda putničkih brodova:

- Estonia – navečer 27. rujna 1994. trajekt za krstarenje MS Estonia isplovio je iz luke u Tallinnu prema Stockholmu. Na brodu je bilo 989 putnika i članova posade. U ranim jutarnjim satima 28. rujna, oko 22 nautičke milje od finskog otoka Utö, brod je potonuo. S njim su život izgubile 852 osobe, mnogi od njih zarobljeni unutar broda koji je potonuo za manje od sat vremena. U službenom

izvješću koje je 1997. godine objavilo zajedničko povjerenstvo za istragu nesreća (*Joint Accident Investigation Commission, JAIC*) [9b] zaključuje se da je brod potonuo nakon što je prednja rampa trajekta, namijenjena za izlaz vozila, pala u more zbog vala. Prema izvješću, brod se prevrnuo uslijed ulaska velike količine mora u palubu za vozila i u smještajne palube. Velika količina mora unutar broda je narušila stabilnost broda. Međutim, izvješće i postupanje u vezi s incidentom brzo su se našli pod kritikom mnogih preživjelih i obitelji poginulih koji su smatrali da nikada nisu dobili transparentne odgovore o tome što se stvarno dogodilo te noći. Mnogi su bili skeptični prema nalazima izvješća, uključujući preživjele koji su putovali brodom MS Estonia. Posljednjih godina, otkrića na mjestu olupine također su dovela u pitanje što se stvarno dogodilo na tom ranom jesenskom putovanju. Nakon dodatnih istraživanja dovelo se u pitanje kako je brod mogao brzo potonuti jer za takvu štetu bi brodu trebalo par sati da potone. Istraživanjima je potvrđeno da je na desnoj strani broda pronađena rupa od 4 metra dužine i 1.2 metra širine koja je uzrokovala jaki prodor vode te samim time brzo potonuće. Ostalo je neistraženo kako je nastala rupa na desnoj strani broda gdje su određene sumnje uprte u udar podmornice u trajekt za krstarenje MS Estonia [10].



Slika 1.: Potonuće broda Estonia

Izvor:[13]

- Sea Diamond – brod za kružno putovanje, u vlasništvu Louis Hellenic Cruises, potonuo je 5. travnja 2007. nakon što je udario u greben u blizini otoka Santorini s 1195 putnika i 391 članom posade.

Nakon dodatnih istraživanja, otkriveno je da se posada broda Sea Diamond koristila nautičkim kartama na kojima je greben u kojeg je brod udario bio krivo označen. Na karti s kojom se posada služila, greben je bio označen 57 metara od obale a u stvarnosti je bio 131 metar od obale i dubina na karti je bila označena na 18 – 22 metra, a u stvarnosti je bilo 5 metara dubine u trenutku kad je brod udario u greben [6]. Udar broda u grebena je napravio veliku rupu na brodu te su se probila 4 vodonepropusna odjeljenja. Dodatni problem su napravila vodonepropusna vrata jer su bila otvorena čak 3 minute nakon udarca broda u greben. More je ulazilo kroz vrata te je poplavilo i peto vodonepropusno odjeljenje. Otvori od rupe su uzrokovali ulaz mora u prostorije za putnike i posadu te je velika količina mora uzrokovala nagib od 12° u desnu stranu. Nakon akcije spašavanja, brod je uz pomoć tegljača doveden blizu obale. Smatralo se da je brod van opasnosti od potonuća. U večernjim satima je more počelo ulaziti u prostore koji nisu bili vodonepropusni te je brod potonuo. Potonućem je ispušteno 300 tona benzina što je uzrokovalo veliku ekološku katastrofu [21].

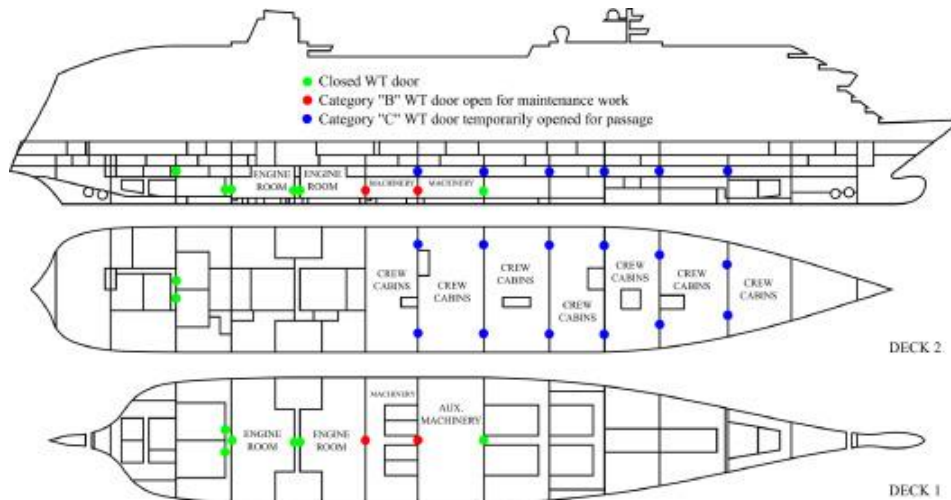


Slika 2.: Potonuće putničkog broda Sea Diamond

Izvor: [6]

3. VODONEPROPUSNOST PUTNIČKIH BRODOVA

Kako bi se održao uzgon i stabilnost broda, kao i spriječilo potonuće u slučaju prodora vode ili širenja požara, vodonepropusne pregrade, *bulkheads*, su postavljene po unutrašnjosti broda [Slika 3]. Ove pregrade učinkovito dijele brod na više odjeljaka koji su vodonepropusni i vatrootporni. Dodatno, u slučaju oštećenja, stjenke spremnika ovih pregrada pomažu smanjiti onečišćenje. Ove pregrade postavljaju se u poprečnom i uzdužnom smjeru.



Slika 3.: Shematski prikaz vodonepropusnih pregrada putničkog broda [7]

Nadalje, njihov značaj leži u njihovoj sposobnosti da funkcioniraju i kao komponente poprečne i uzdužne čvrstoće [7b]:

- oslonci za potpalubne nosače, nosače dna i nosače boka,
- poprečne pregrade posredno sudjeluju u uzdužnoj čvrstoći broda jer održavaju oblik trupa broda kao kutijastog nosača
- podupiru nadgrađa, palubne kućice i opremu na palubi
- važan oslonac i prilikom dokovanja broda.



Slika 4.: Vodonepropusne pregrade [7b]

Tablica 2.: Minimalan broj poprečnih nepropusnih pregrada. Navedeno je koliko ih treba biti na krmi a koliko na drugim mjestima ovisno o dužini broda [7b].

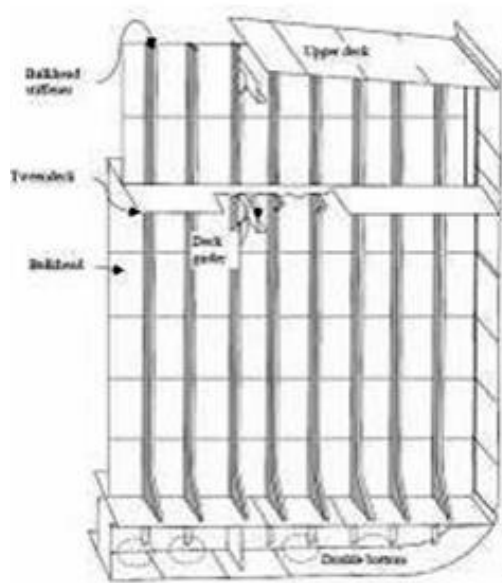
L [m]	Smještaj strojarnice	
	Na krmi	drugdje
$L < 65$	3	4
$65 < L < 85$	4	4
$85 < L < 105$	4	5
$105 < L < 125$	5	6
$125 < L < 145$	6	7
$145 < L < 165$	7	8
$165 < L < 185$	8	9
$L > 185$	Posebno se preračunava	

3.1. Nepropusno pregrađivanje

Da bi se postigla vodonepropusna pregrada, engl. *watertight subdivision*, pregrade se postavljaju od dna do glavne palube. Osim toga, rebra unutar dvostrukog zida ispod pregrade moraju imati vodonepropusna svojstva. Uvjet je da svi brodovi imaju:

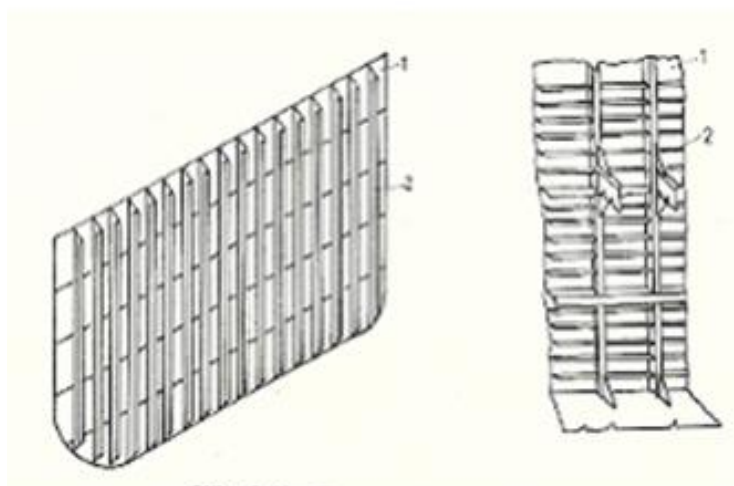
- „sudarnu pregradu na pramcu,“
- „pregradu na krmi,“
- „pregrade na oba kraja strojarnice [7b].“

Izbor metode konstrukcije i materijala za pregrade ovisi o specifičnom mjestu postavljanja i očekivanim vanjskim silama kojima brod može biti izložen. Dizajni pregrada mogu varirati od ravnih površina sa stepenicama do valovitih površina bez stepenica [7b].



Slika 5.: Nepropusno pregrađivanje [7b]

Raspored ravnih pregrada uključuje njihovo vodoravno slaganje, što rezultira različitim debljinama pri čemu su donje ploče deblje, a gornje tanje. Međutim, sami limovi nemaju dovoljno čvrstoće, pa je potrebno dodatno pojačanje. Ta pojačanja mogu biti horizontalne ili vertikalne prirode [7b].

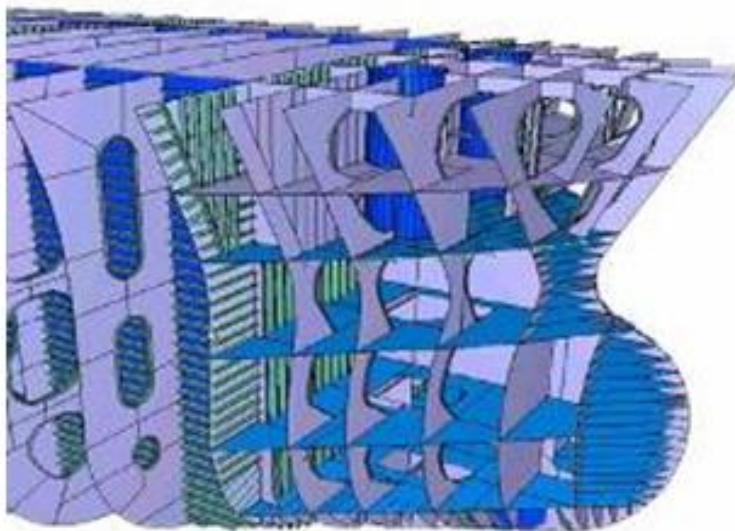


Slika 6.: Ravne pregrade [7b]

Kod valovitih pregrada primarne komponente su poprečne pregrade koje su valovite od vrha prema dolje. Konstrukcija nabora može varirati, a dodatna pojačanja nisu potrebna. Listovi su postavljeni u vertikalnoj orijentaciji, što pridonosi dosljednom debljinom u cijelosti ili blagim sužavanjem u blizini paluba. U kombinaciji s vanjskom oplatom, valovi se pretvaraju u glatku pregradu, s nekoliko dodanih vertikalnih

elemenata. U slučajevima kada su valovite pregrade značajne visine, mogu se ugraditi horizontalna pojačanja [7b].

Kako bi se održao uzgon broda u slučaju sudara, na pramcu broda postavljena je čvrsta i neprobojna pregrada poznata kao sudarna pregrada. To stvara prostor koji se zove prednji vrh, koji se proteže od pramca do sudarne pregrade, koji se još zove pramčani pik (forepeak), a u njemu nastali tank koristi se za balast [7b].



Slika 7.: Sudarna pregrada [7b]

Pregrada stražnjeg boka identična je sudarnoj pregradi i nalazi se na stražnjem dijelu broda od dna broda do palube nadvođa ili do vodonepropusne platforme postavljene iznad vodene linije tereta, tvoreći tako krmeni tank za smještaj balastne vode. Ostale vodonepropusne pregrade dolaze u skladu s tipom broda - one se nastavljaju od palube do vodene linije i u obliku rebara, koliko je to moguće, vodonepropusne pregrade moraju biti postavljene u ravnini s rebrima [7b].

Konvencije SOLAS (*International Convention for the Safety of Life at Sea*), MARPOL (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*) i LOADLINE (*International Convention on Load Lines*) zajedno s drugim propisima i kodeksima, služe kao osnova za određivanje smjernica o tome kako, konstruirati i odrediti broj odjeljaka na brodovima. Klasifikacijski zavodi igraju ključnu ulogu u provedbi ovih propisa pretvarajući zahtjeve konvencija u vlastita tehnička pravila. Hrvatski registar brodova (HRB) je donio Pravilnik o statutarnoj certificiranju pomorskih brodova (u nastavku: Pravila), koji u dijelu 5. sadrži posebne podatke o pregrađivanju brodova, a koji su predstavljeni u nastavku.

Pregrade treba izvesti što je učinkovitije moguće, imajući u vidu uvjete rada broda za koji su pregrade projektirane. Klasa pregrada broda trebala bi izravno ovisiti o duljini pregrada (LS) dotičnog broda i

njegovoj funkciji, tako da najviša klasa pregrada pripada brodovima koji imaju najveću duljinu pregrada (LS) i uglavnom se koriste za prijevoz putnika [8].

3.2. Zahtijevani indeks pregrađivanja „R“

Pregrađivanje broda smatra se zadovoljavajućim ako postignuti indeks pregrađivanja A nije manji od potrebnog indeksa pregrađivanja R kako je obrađeno na dolje naveden način pod uvjetom da čak ni djelomični indeksi A_s , A_p i A_l nisu manji od 0,9 R za putničke brodove. Za sve brodove na koje se primjenjuju kriteriji za stabilitet kod oštećenja, zahtijevani stupanj zapremine izračunava se formulom za traženi indeks zapremine R kako slijedi: [8]:

1. za putničke brodove

$$R = 1 - \frac{5000}{L_s + 2,5 N + 15225} \quad (1)$$

gdje je:

$N = „N_1 + N_2“$

N_1 – „broj osoba za koje su namijenjene brodice za spašavanje“

N_2 – „broj osoba (uključujući i posadu) koji je dozvoljen da se prevozi iznad navedenog broja N_1 .“

L_s – „duljina pregrade“ [8].

3.3. Postignuti indeks pregrađivanja „A“

Ostvareni stvarni indeks pregrađivanja A je rezultat zbrajanja parcijalnih indeksa A_s , A_p i A_l koji se računaju za odgovarajuće gazove d_s , d_p i d_l s time da se treba uzeti u obzir različite jednakosti njihovog utjecaja prema sljedećem izrazu [8]:

$$A = 0,4A_s + 0,4A_p + 0,2A_l$$

Svaki djelomični indeks jednak je sumi udjela svih razmatranih slučajeva oštećenja, a izračunava se na sljedeći način [8]:

$$A = \sum p_i \cdot s_i$$

gdje:

i – „predstavlja svaki pojedini odjeljak ili skup odjeljaka koji se razmatraju,“

p_i – „odgovara vjerojatnosti da će se naplaviti samo pojedini odjeljak ili skup odjeljaka, zanemarujući svako horizontalno pregrađivanje,“

s_i – „odgovara vjerojatnosti preživljavanja koja je izračunata nakon što se naplavi pojedini odjeljak koji se razmatra ili skup odjeljaka, i uključuje učinak postojećeg horizontalnog pregrađivanja.“

„Kad računamo vrijednost A , uzima se u obzir da je brod na ravnoj liniji te da mu je trim jednak nuli kad su slučajevi s najvećim pregradnim gazom i s parcijalnim pregradnim gazom. Za laki operativni gaz treba koristiti stvarnu vrijednost trima koja odgovara tom stanju. Ako razlika trima u nekom operativnom stanju prema izračunatom trimu prelazi 0,5% od vrijednosti L_s , potrebno je priložiti dodatne proračune za vrijednosti A za isti gaz, ali za različite trimove. Na taj način, razlika trima u odnosu na operativni trim korišten za proračun ne smije premašiti 0,5% L_s za sva operativna stanja. Kod određivanja krivulje poluga (GZ) preostalog stabiliteta, treba koristiti istisninu za neoštećeni brod. Dakle, za proračun se koristi metoda konstantne istisnine. Zbrajanje navedeno gornjim izrazom mora se obaviti preko cijele pregradne duljine L_s , za sve slučajeve naplavlivanja koji uključuju jedan ili više susjednih odjeljaka. U slučaju nesimetričnog razmještaja, izračunata vrijednost A treba biti srednja vrijednost onih dobivenih zasebnim izračunima za svaki bok broda. Alternativno, može se uzeti vrijednost za bok broda koji daje nepovoljniji rezultat. Ako su prisutni bočni odjeljci, njihov doprinos u zbroju navedenom u izrazu mora se uzeti u obzir za sve slučajeve naplavlivanja koji uključuju te odjeljke. Također, mogu se uključiti slučajevi istovremenog naplavlivanja bočnog odjeljka ili grupe odjeljaka i susjednog unutarnjeg odjeljka ili grupe odjeljaka, osim ako oštećenje ne prelazi polovinu širine broda B . Pri proračunu naplavlivanja prema Pravilima, pretpostavlja se samo jedno oštećenje trupa broda i jedna pripadajuća slobodna površina. Pretpostavljeni vertikalni doseg oštećenja proteže se od osnovice prema gore do bilo kojeg horizontalnog vodonepropusnog pregrađivanja iznad vodne linije ili još više. Međutim, ako bi neki manji opseg oštećenja dao nepovoljniji rezultat proračuna, mora se računati s tim opsegom oštećenja“ [8].

3.4. Računanje faktora P_i

„Faktor p_i za pripadni odjeljak ili grupu odjeljaka mora se izračunati prema prethodno predstavljenim izrazima, koristeći slijedeće oznake:“

- j = „broj krajnje krmene zone oštećenja koja je zahvaćena oštećenjem, počevši s brojem 1 na krmi“
- n = „broj susjednih zona oštećenja koje su zahvaćene oštećenjem“
- k = „broj one uzdužne pregrade koja predstavlja zaustavnu granicu poprečnom prodoru u zonu oštećenja, od oplata prema simetrali broda. Za oplatu se uzima $k=0$ “
- x_1 = „je udaljenost od krmene završne točke duljine L_s do krmenog završetka razmatrane zone“
- x_2 = „je udaljenost od krmene završne točke duljine L_s , do pramčanog završetka razmatrane zone,“

- $b =$ „Srednja poprečna udaljenost u metrima mjeri se pod pravim kutom u odnosu na simetralnu ravninu broda na vodenoj liniji najvećeg pregradnog gaza. Mjeri se između vanjske oplata i zamišljene vertikalne ravnine koja se proteže između uzdužnih granica korištenih za proračun faktora π , i koja prolazi kroz, ili je tangenta na, najbliži dio razmatrane uzdužne pregrade. Ova vertikalna ravnina treba biti postavljena tako da je njena srednja udaljenost od vanjske oplata što veća, ali ne smije biti veća od dvostruko najmanje udaljenosti te ravnine od oplata. Ako je gornji rub razmatrane uzdužne pregrade ispod razine vodne linije za najveći pregradni gaz, pretpostavlja se da se vertikalna ravnina proteže do najviše pregradne vodene linije. Međutim, vrijednost b ne smije biti veća od $B/2$ “ [8].

3.5. Računanje faktora s_i

Faktor s_i se mora odrediti za svaki slučaj pretpostavljenog naplavlivanja nekog odjeljka, ili grupe odjeljaka, u skladu sa sljedećim oznakama:

θ_e – „ravnotežni kut nagiba, u bilo kojoj fazi naplavlivanja, u stupnjevima“

θ_v – „kut nagiba, u bilo kojoj fazi naplavlivanja, kod kojeg vrijednost poluge stabiliteta postaje negativna, ili kut kod kojeg uranja otvor kojeg se ne može vremenski nepropusno zatvoriti“

GZ_{max} – „najveća pozitivna vrijednost poluge stabiliteta, u metrima, za područja kutova nagiba do θ_v “

Opseg – „opseg stabiliteta, tj. područje kutova nagiba za koje je vrijednost poluge stabiliteta pozitivna, u stupnjevima, počevši od kuta θ_e . Pozitivni opseg uzima se do kuta θ_v “

Faza naplavlivanja – „svaka jasno odijeljena promjena stanja za vrijeme procesa naplavlivanja, uključivo i fazu prije izravnivanja broda (ako se uopće poduzme), sve dok ne dođe do konačnog stanja ravnoteže nakon naplavlivanja [8].

Faktor s_i za bilo koji slučaj oštećenja i bilo koje početno stanje krcanja, određeno gazom d_i određuje se sljedećim izrazom:

$$s_i = \text{minimum} \{ S_{\text{intermediate},i} \text{ ili } S_{\text{final},i} \cdot S_{\text{mom},i} \}$$

gdje je:

$S_{\text{intermediate},i}$ – „vjerojatnost preživljavanja svih međustanja naplavlivanja do konačnog ravnotežnog stanja“

$S_{\text{final},i}$ – „vjerojatnost preživljavanja u konačnom ravnotežnom stanju nakon naplavlivanja“

$S_{\text{mom},i}$ – „vjerojatnost preživljavanja momenata nagibanja“ [8]

Faktor $S_{intermediate,i}$ primjenjiv je samo za putničke brodove, a jednak je najmanjoj vrijednosti faktora s koja se koristi za svaku fazu naplavljivanja, uključujući i fazu prije nego što brod izroni, ako se isto uopće poduzima, a izračunava se na slijedeći način:“

$$S_{intermediate,i} = \left[\frac{GZ_{max}}{0,05} \cdot \frac{Opseg}{7} \right]^{1/4}$$

gdje GZ_{max} ne smije biti veći od 0,05 m, a $Opseg$ ne smije biti veći od 7° . Također, $S_{intermediate,i}$ mora biti jednak nuli ako kut nagiba za neko međustanje prelazi 15° . Gdje se djelovanje sustava za simetrično naplavljivanje mora koristiti kako bi se izravnao brod, vrijeme izravnavanja mora biti manje od 10 min“ [8].

3.6. Naplavljivost

Za potrebe pregrađivanja i proračuna stabiliteta oštećenog broda prema Pravilima, naplavljivost svakog pojedinačnog općeg odjeljka ili njegovog dijela mora se uzeti u obzir, prema prikazu u tablici 3.“

Tablica 3.: Naplavljivost pojedinih odjeljaka [8]

Prostori	Naplavljivost
Određen za zalihe	0,60
Zauzeto nastambama	0,95
Zauzeto strojevima	0,85
Suhi prostori	0,95
Prostor za suhi teret	0,70
Određen za tekućine	0 ili 0,95*
* Prema tome što rezultira težim zahtjevima	

Za svrhe pregrađivanja i proračuna stabiliteta oštećenog broda prema Pravilima, naplavljivost svakog pojedinačnog odjeljka za teret, ili dijela takvog odjeljka, mora se uzeti kako je prikazano u tablici 4.

Tablica 4.: Naplavljivost pojedinih odjeljaka za teret ili dijela takvog odjeljka [8]

Prostori	Naplavljivost pri gasu ds	Naplavljivost pri gasu dp	Naplavljivost pri gasu dl
Prostori za suhi teret	0,70	0,80	0,95
Prostori za kontejnere	0,70	0,80	0,95
Ro – ro prostori	0,90	0,90	0,95
Tekući tereti	0,70	0,80	0,95

Progressivno naplavljivanje je pritjecanje vode kroz vanjske otvore u odjeljke za koje se pretpostavlja da su neoštećeni [8].

Imamo i 3 česta slučaja naplavlivanja brodskih prostora:

- a) Naplavljeno odjeljenje je u spoju s vodom, a s gornje strane je ograđeno čvrstom palubom koja se nalazi ispod vodene linije“: događa se pri naplavlivanju tankova dvodna, balastnih tankova ili nekog prostora koji se nalazi ispod glavne palube te je svejedno imamo li prodor vode ili namjerno naplavlivanje prostora cjevovodima jer je prostor pun vode te nema kontakta s vanjskim izvorom vode zbog zatvorenih ventila. Vodu tad nije u mogućnosti premješati te nju smatramo kao tvrdi teret.
- b) Prostor otvoren s gornje strane ili je djelomično napunjen a nema kontakta s vanjskim izvorom vode“: voda se može micati te nastaju slobodne površine koje negativno utječu na stabilnost broda te one djeluju na uzdužnu i poprečnu metacentarsku visinu od kojih nam je bitna poprečna metacentarska visina jer je ona glavni pojam stabilnosti broda.
- c) Prostor je zbog prodora vode ili otvorenog ventila spojen sa vanjskim izvorom vode te se može slobodno širiti u visinu“: ovo je najgori slučaj jer dolazi do gubitka rezervnog uzgona. Voda će neprekidno ulaziti u prostore sve dok se ne izjednači visina vode u skladištima (zakon spojenih posuda). Smanjuje nam se poprečna stabilnost zbog promjene položaja plovne vodene linije [16].

3.7. Posebni zahtjevi za stabilitet putničkih brodova

Putnički brod namijenjen za prijevoz 400 ili više osoba mora zadovoljiti sva tri uvjeta opterećenja za izračun indeksa pregradnje $s_i = 1$ $s_i = 1$, uključujući oštećenja koja obuhvaćaju sve odjeljke unutar 0,08L mjereno od pramčane okomice. Putnički brod za prijevoz 36 ili više osoba mora izdržati oštećenje duž bočne oplata prema sljedećim uvjetima:

1. Vertikalni opseg oštećenja: Proteže se od teorijske baze broda do razine 12,5 m iznad vodene linije za najveći pregradni gaz, osim ako manji vertikalni opseg rezultira nižom vrijednošću s_i ; u tom slučaju uzima se manji opseg.
2. Duljina oštećenja: Za brodove koji prevoze 400 ili više osoba, pretpostavlja se duljina oštećenja od 0,03L, ali ne manje od 3 m, na bilo kojoj točki duž boka. Dubina prodiranja mora biti 0,1B, ali ne manja od 0,75 m, mjereno od oplata prema unutra, okomito na simetralu broda u razini vodene linije za najveći gaz.
3. Udaljenost između pregrada: Pretpostavlja se da je brod oštećen bilo gdje duž boka između poprečnih vodonepropusnih pregrada, pri čemu udaljenost između susjednih pregrada ne smije biti manja od pretpostavljene duljine oštećenja kada prevozi manje od 400 osoba. Ako je udaljenost manja, samo jedna od pregrada može se smatrati vodonepropusnom za usklađenost.
4. Duljina oštećenja (36 – 400 osoba) : Mora se pretpostaviti duljina oštećenja od 0,015Ls, ali ne manje od 3 m, s dubinom prodora od 0,05B, ali ne manja od 0,75 m.

5. Interpolacija za brodove između 36 i 400 osoba: Duljine oštećenja i unutarnje dubine prodiranja određuju se linearnom interpolacijom između vrijednosti za brodove koji prevoze 36 osoba i onih za brodove koji prevoze 400 ili više osoba.

Za usklađenost s zahtjevima, potrebno je pokazati da vrijednost s_{ls1s1} nije manja od 0,9 za sva tri stanja krcanja na temelju izračuna indeksa pregradnje [8].

3.8. Klizna vodonepropusna vrata

3.8.1. Ručni pogon za upravljanje kliznim vodonepropusnim vratima

Upravljanje (otvaranje i zatvaranje) mora biti omogućeno s obje strane pregrade, dok zatvaranje s jedne strane treba biti smješteno na lako dostupnom mjestu iznad pregradne palube (Slika 8.). Sustav mora biti pokretan zamašnjakom, polugom ili drugim prikladnim sredstvom. Sila koju treba primijeniti na ručku kolica, polugu ili drugo sredstvo ne smije prelaziti 157 N prilikom otvaranja vrata. Ako pregrada nije vidljiva s kontrolnog položaja iznad nje, potrebno je ugraditi indikator koji će pokazivati položaj kotača ili ručke vrata, odnosno, hoće li vrata biti otvorena ili zatvorena. Ako ploča nema nagib, ukupno vrijeme zatvaranja vodonepropusnih vrata ne smije prelaziti 90 sekundi. Kvače na vratima moraju biti postavljene s obje strane pregrade, najmanje 1,6 m iznad gazišta, kako bi ih osoba koja prolazi kroz vrata mogla držati u otvorenom položaju i spriječiti neželjeno zatvaranje.



Slika 8.: Klizna vodonepropusna vrata [16]

3.8.2. Mehanički pogon za upravljanje kliznim vodonepropusnim vratima

Mehanički pogon mora omogućiti upravljanje vratima (otvaranje i zatvaranje) s kontrolnih točaka s obje strane pregrade. Uz mogućnost zatvaranja s mjesta uz vrata, mehanički pogon također mora omogućiti zatvaranje vrata sa središnjeg upravljačkog mjesta na mostu. Osim toga, mehanički pogon mora osigurati zatvaranje vrata kad je brod bez nagiba u vremenskom okviru od najviše 20 sekundi i ne manje od 40 sekundi, uz istovremeno zatvaranje svih vrata unutar 60 sekundi.

Opskrba mehaničkog pogona energijom može se ostvariti na jedan od sljedećih načina:

Kroz centralni hidraulički sustav: uključuje dva neovisna izvora energije, svaki sa svojim motorom i pumpom, dovoljni za istovremeno zatvaranje svih vrata. Također, akumulatori trebaju biti dovoljnog kapaciteta za uzastopno otvaranje i zatvaranje svih vrata.

Neovisni hidraulički sustav za svaka vrata: Svaka vrata trebaju imati svoj poseban hidraulički sustav, koji se sastoji od motora i pumpe, te treba imati dovoljno kapaciteta za otvaranje i zatvaranje vrata. Uz to, mora se osigurati akumulator dovoljnog kapaciteta za uzastopno zatvaranje, otvaranje i zatvaranje vrata.

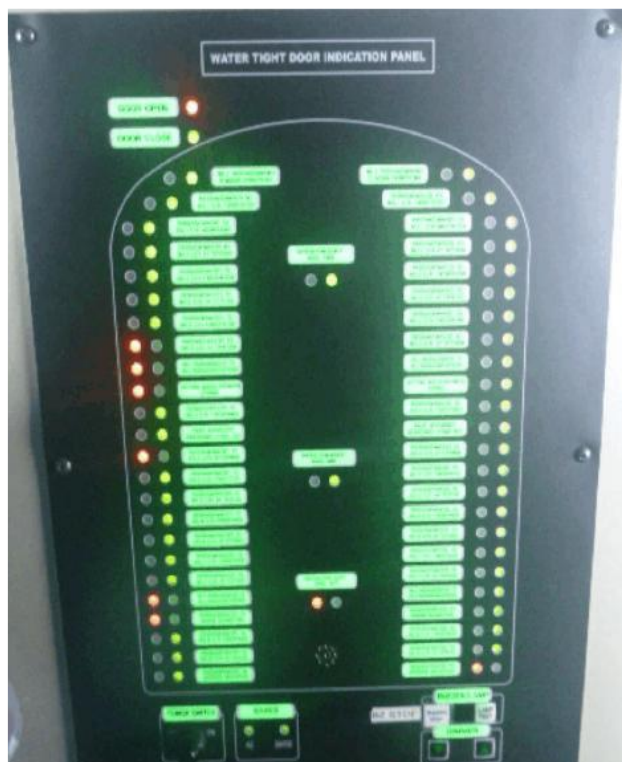
Neovisni električni sustav za svako vrata posebno: Svaka vrata trebaju imati svoj električni sustav, uključujući izvor energije i motor dovoljne snage za otvaranje i zatvaranje vrata. Također, sustav mora imati automatsko napajanje iz privremenog izvora u nuždi, u slučaju kvara glavnog izvora ili nedostatka odgovarajućeg izvora napajanja, kako bi se omogućilo otvaranje i zatvaranje vrata.

Uređaji za upravljanje vratima, hidraulički cjevovodi i električni kabeli moraju biti instalirani što bliže pregradi vrata i što dalje od pretpostavljenog područja oštećenja (0,2 B od boka broda). Ovo je važno kako bi se smanjila vjerojatnost njihovog oštećenja u slučaju oštećenja broda. Svaka vrata u ovom odjeljku trebaju imati zvučno upozorenje koje se razlikuje od drugih. Kada se vrata zatvaraju, daljinski zvučni signal se treba aktivirati 5 do 10 sekundi prije početka zatvaranja i nastaviti se tijekom cijelog procesa zatvaranja. Ako se upravljanje vrši ručno, zvučni signal će se čuti samo dok se vrata pomiču. Također, bit će dostupna dva načina upravljanja na središnjem pultu za upravljanje vratima na mostu:

- režim „LOKALNO UPRAVLJANJE“ koji omogućava upravljanje (otvaranje i zatvaranje) bilo kojih vrata sa lokalnog mjesta upravljanja bez automatskog zatvaranja vrata,“
- režim „VRATA ZATVORENA“ koji omogućava otvaranje vrata s lokalnog mjesta upravljanja i njihovo automatsko zatvaranje nakon isključenja lokalnog mjesta upravljanja. Ovaj režim se koristi samo u slučaju havarije ili ispitivanja sustava.“

Kontrolni pult zapovjedničkog mosta mora sadržavati shemu svjetiljki koja pokazuje sva vrata na plovilu i jesu li zatvorena ili potpuno otvorena. Potpuno otvoren je označen crvenom bojom, a potpuno zatvoren

zelenom bojom (Slika 16.). Za zatvaranje vrata na daljinsko upravljanje, crveno svjetlo treba treperiti tijekom cijele operacije zatvaranja.



Slika 9.: Indikacijska ploča za vodonepropusna vrata [16]

3.8.3. Opasnosti povezane sa korištenjem kliznih vodonepropusnih vrata

Kao i većina instrumenata i uređaja s kojima se ljudi koriste na brodu i prilikom korištenja vodonepropusnih vrata postoji opasnost i određeni postotak nesreća, a neke od njih su:

- nedostatak svijesti o situaciji ili pravilno razumijevanje rada vodonepropusnih vrata može uzrokovati da član posade ostane zarobljen u vratima što uzrokuje izravnom smrću,
- ljudske ozljede - u brodskoj industriji bilo je mnogo izvještaja u kojima su pomorci pretrpjeli ozljede, gubitak prsta zbog lošeg rukovanja vodonepropusnim vratima i nerazumijevanja. Stoga je važno da sva posada bude osposobljena za ispravan postupak rada i održavanja. Uvijek je bolje imati jednu ruku slobodnu za upravljanje kontrolama. Posada bi trebala biti upozorena i obavještena u trenutku kad je na mostu omogućen način rada "Vrata zatvorena". Posada također treba izbjegavati prolazak kroz pokretna vrata te imati na umu da se vodonepropusna vrata zatvaraju velikom snagom. Posada bi trebala proći tek kad su vrata potpuno otvorena,
- olabavljeni ili neosigurani predmeti ostavljeni u blizini vrata mogu uzrokovati operativni kvar vrata,
- gubitak stabilnosti i plovnosti broda u slučaju da nepropusna vrata ostanu otvorena tijekom ulaska vode ili unutarnje poplave, te mogućnost da se dim i vatra mogu širiti kroz brod i uzrokovati ljudske

ozljede ili oštećenja broda ako se ostave otvorena. Stoga je držanje vodonepropusnih vrata zatvorenim uvijek preporučljivo.

3.8.4. Održavanje kliznih vodonepropusnih vrata

Brodski sustav planiranog održavanja mora se pridržavati rutinskih pregleda i održavanja na vodonepropusnim vratima koji bi trebao uključivati ispravan rad cijelog sustava, a posebno:

- uređaja za upozoravanje i alarma,
- električni / hidraulični mehanizmi,
- ventili,
- pokazatelji razine tekućine,
- brtve,
- svjetlosni indikatori.

Potrebno je slijediti upute za održavanje koje je dao proizvođač i objaviti upozorenja prije početka radova na održavanju proizvoda. Vrata i vodilice moraju biti očišćeni od prljavštine i krhotina. Okviri vrata i brtve trebaju se čistiti prema potrebi, kao i u redovitim intervalima. Brtve treba podmazati silikonskim uljem ili mašću. Također, treba provjeriti ima li kotača i ležajeva znakova istrošenosti ili mogućih oštećenja. Tračnice treba očistiti i pregledati zbog eventualnih oštećenja. Povremeno treba provjeravati hidraulički sustav zbog mogućih curenja i obratiti pozornost na stanje pumpi, hidrauličkih cilindara, hidraulične ručne pumpe te spojeva cijevi. Također, treba provjeriti razinu ulja u sustavu i dopuniti ako je potrebno. Hidraulično ulje i filtere treba obnavljati u skladu s sustavom planiranog održavanja broda. Prilikom bojanja vrata ili okolnog područja, treba obratiti pažnju da se ne premazuju gumene brtve ili otvori klipa na cilindru. Podmazivanje mehaničkih dijelova, uključujući pričvršćivanje vijaka, uređaj za zaključavanje, kotače vrata i ručke, također je neophodno. Tijekom rutinskih pregleda provjerava se okvirna strukturna oštećenja poput pukotina, udubljenja ili korozije. Neadekvatno održavanje i rukovanje vodonepropusnim vratima može privući pozornost inspeksijskog nadzora i dovesti do zadržavanja broda. Česti nedostaci uključuju nedostatak dijelova za brtvljenje, curenje hidrauličkog ulja, neispravne alarme i nedostatak indikatora pri daljinskom zatvaranju vrata. Vodonepropusna vrata se ne smiju mijenjati na način koji uključuje isključivanje zvuka alarma prilikom otvaranja i zatvaranja ili podešavanje brzine rada. Stoga, sva posada mora biti upoznata s radom vodonepropusnih vrata na brodu i mjerama opreza koje treba poduzeti. Rad s vodonepropusnim vratima treba biti dio obuke svakog člana posade, bez obzira na to hoće li posada upravljati njima u budućnosti. Vrata se ne smiju ostavljati otvorena osim kad odgovorne osobe odluče i daju dopuštenje za to. Zatvaranje vodonepropusnih vrata mora biti u skladu s "dobrom pomorskom praksom". Sigurnosni obilasci trebaju uključivati provjeru vodonepropusnosti broda.

3.8.5. Radnje i pregledi vodonepropusnih vrata na putničkim brodovima

Vježbe operativnih radnji s vodonepropusnim vratima, bočnim oknima, ventilima i uređajima za zatvaranje odvodnih kanala, kao i otvora za pražnjenje pepela i smeća, moraju se održavati tjedno. Za brodove na kojima trajanje putovanja prelazi jedan tjedan, cjelovita vježba mora se izvesti prije početka plovidbe. Nakon toga, potrebno je održavati ostale vježbe barem jednom tjedno tijekom putovanja. Dnevno se treba provjeravati rad svih vodonepropusnih vrata i pregrada, koja se koriste tijekom plovidbe. Također, treba se provoditi periodični pregled na moru koji uključuje provjeru vodonepropusnih vrata i svih uređaja i indikatora povezanih s njima, kao i svih ventila čije je zatvaranje nužno za osiguranje vodonepropusnosti odjeljaka te ventila koji su ključni za kontrolu oštećenja i izravnavanje. Sve potrebne bilješke o vježbama i pregledima moraju se upisivati u brodski dnevnik, pri čemu je potrebno izričito navesti sve uočene nepravilnosti [8].

4. BROD U OŠTEĆENOM STANJU

4.1. Planovi za upravljanje oštećenjem

Planovi moraju biti izloženi ili dostupni na mostu i jasno prikazivati granice vodonepropusnih odjeljaka za svaku palubu i skladište. Također, trebaju pokazivati otvore sa sredstvima za zatvaranje u tim odjeljcima, mjesto s kojeg posada kontrolira sredstva, te uređaj za ispravljanje bočnog nagiba uslijed naplavlivanja. Uz to, knjiga trima i stabiliteta također treba biti dostupna. Za putničke brodove, u informacijama o stabilnosti za brodske časnike mora se posebno naznačiti sva vodonepropusna vrata koja mogu ostati otvorena tijekom plovidbe. Planovi moraju biti izloženi ili dostupni na mostu časniku na dužnosti i trebaju jasno pokazivati granice vodonepropusnih odjeljaka. Također, trebaju prikazivati otvore s sredstvima za zatvaranje u tim odjeljcima, položaj sredstava za kontrolu tima unutar odjeljka, te uređaj za korekciju bočnog nagiba uslijed plavljenja. Na putničkim brodovima, sva vodonepropusna vrata koja mogu ostati otvorena tijekom plovidbe moraju biti jasno označena u informacijama o stabilnosti broda. Priručnik za časnike, koji sadrži ove informacije, također mora biti dostupan članovima posade [8].

Kako bi sigurnost broda bila na adekvatna, ISM kodeks brine o osnovnim stavkama za funkcioniranje broda te za održavanje brodskih strojeva te to uključuje:

- Inspekcija brodskih strojeva u redovitim vremenskim intervalima
- Poduzimanje pravih radnji u slučaju nesukladnosti
- Vođenje zapisa o uzrocima i aktivnostima održavanja za buduće potrebe
- Redovita testiranja opreme i sustava
- Obuka brodskog osoblja i njihovo upoznavanje s najnovijim dostignućima u industriji [17].

Također imamo i SMS (engl. *safety management system*) koji je organizirani plan brodskih kompanija za sigurnost broda i okoliša. On je važan dio ISM kodeksa. SMS osigurava da svaki brod bude u skladu s obveznim sigurnosnim pravilima i propisima i da slijedi kodekse, smjernice i standarde koje preporučuju IMO, klasifikacijska društva te dotične pomorske organizacije. U SMS-u se nalazi:

- Postupak i smjernice za djelovanje u izvanrednoj situaciji
- Politika sigurnosti i zaštite okoliša
- Postupak i smjernice za prijavljivanje nesreća ili bilo kojeg drugog oblika nesukladnosti
- Jasne informacije o razini ovlasti i komunikacijskim linijama među članovima posade broda te između kopnenog i brodskog osoblja
- Postupci i smjernice za osiguravanje sigurne plovidbe brodova i zaštite morskog okoliša u skladu s relevantnim međunarodnim zakonodavstvom i zakonodavstvom države zastave

- Postupci za unutarnje revizije i preispitivanja uprave
- Podaci o plovidbi [19].

4.2. Prevencija i upravljanje prodorom mora

Sva vodonepropusna vrata moraju biti zatvorena tijekom plovidbe. Određena vrata mogu dobiti izuzeće da budu zatvorena, ali takva izuzeća mogu dati ovlaštena klasifikacijska društva, a njihove lokacije moraju biti jasno izložene na zapovjedničkom mostu, a stanje vrata uneseno u brodski dnevnik. Vrata u sudarnoj pregradi palubne kućice i svi svjetlosni otvori moraju biti vodonepropusno zatvoreni. Vrata na položaju radilice motora i vrata pristupnih odjeljaka ne moraju biti potpuno nepropusna za vremenske uvjete prilikom ukrcaja na brod. Vodonepropusna vrata mogu se otvoriti dok je brod na moru radi prolaska putnika i članova posade ili za radove u blizini vrata. Međutim, vrata treba zatvoriti odmah nakon završetka aktivnosti zbog kojih su otvorena. Izuzeci, osim ako su apsolutno nužni, ne smiju uključivati ostavljanje vodonepropusnih vrata otvorenima dok ste na moru, osim ako su neophodni za siguran i učinkovit rad brodskih strojeva ili slobodno kretanje putnika u nastambama. Prijenosni uređaji za zatvaranje na pregradama moraju biti postavljeni na svim mjestima koja se mogu zatvoriti prije isplovljavanja broda i ne smiju se uklanjati tijekom plovidbe, osim u hitnim slučajevima kada to zahtijeva zapovjednik. Mjere predostrožnosti trebaju uključivati pravovremenu zamjenu ovih poklopaca kako bi se osigurala vodonepropusnost spojeva. Mehanički pogonjena klizna vodonepropusna vrata u prostorijama strojeva moraju se zatvoriti prije isplovljavanja broda i ostati zatvorena za vrijeme plovidbe, osim u slučaju iznenadne nužnosti. Vodonepropusna vrata koja su ugrađena na vodonepropusnim pregradama koje dijele prostorije za teret moraju biti zatvorena prije isplovljavanja broda i ostati zatvorena tijekom plovidbe. Vrijeme otvaranja takvih vrata u luci i njihovo zatvaranje prije isplovljavanja treba biti evidentirano u brodskom dnevniku. Prolazni otvori, otvori za teret i otvori za gorivo ispod pregradne palube moraju biti zatvoreni i učinkovito osigurani prije isplovljavanja broda i ostati zatvoreni tijekom cijelog putovanja. Vrata koja se ne mogu otvoriti ili zatvoriti dok je brod u luci mogu se otvoriti kada brod pristaje obali ili ostaviti otvorena kada se udaljava, ali samo onoliko dugo koliko je potrebno za te radnje. Unutarnja pramčana vrata moraju biti zatvorena u svakom slučaju. Zapovjednik mora osigurati učinkovitu metodu praćenja i izvještavanja o radnjama otvaranja i zatvaranja vrata. Prije nego brod krene na plovidbu, zapovjednik mora unijeti službeno propisanu ispravu s vremenom zadnjeg zatvaranja vrata i satom svakog otvaranja pojedinih vrata. Prijenosni poklopci, bočna okna, otvori prolaza, otvori za teret i zalihe, te drugi otvori koji se prema ovom poglavlju zahtijeva da budu zatvoreni za vrijeme plovidbe, moraju biti zatvoreni prije nego što brod isplovi iz luke. Vremena zatvaranja i otvaranja moraju biti upisana u službeno propisani dokument [8].

Poglavlje II-1 SOLAS-a od 1. siječnja 2009. godine uključuje odredbe namijenjene usklađivanju pravila za zahtjeve stabilnosti pri oštećenju za teretne i putničke brodove. Nakon izmjena i dopuna iz 2009. godine,

pojavi se potreba za revizijom niza odredbi SOLAS-a u poglavlju II-1. Rezultati revizije uključeni su u MSC.421(98). Promjene SOLAS poglavlja II-1, kao rezultat MSC.421(98), primjenjuju se na dio A Općenite odredbe, dio B-1 Stabilnosti, dio B-2 Podjela, otpornost na vodu i vremenske uvjete i dio B-4 upravljanje stabilnošću [14]. „Ovo pravilo se bazira na skicu koja uzima vjerojatnost preživljavanja nakon sudara kao mjera sigurnosti broda u oštećenom stanju te se razmatra indeks A. Filozofija koja stoji iza skice je da dva različita broda koji imaju isti indeks su jednako sigurni i bespotreban je posebni tretman određenih dijelova broda. Jedina područja kojima se u propisima posvećuje posebna pažnja su prednja i donja područja, koja su obrađena posebnim pravilima o podjeli predviđenim za slučajeve nabijanja i nasukavanja. Lako je prepoznati da postoji mnogo čimbenika koji će utjecati na konačne posljedice oštećenja trupa broda. Ti su čimbenici slučajni i njihov je utjecaj različit za brodove s različitim karakteristikama. Na primjer kod brodova slične veličine koji prevoze različite količine tereta, na njima slična oštećenja mogu dovesti do različitih rezultata zbog razlika u rasponu propusnosti i gaza tijekom plovidbe. Prilikom nastale štete moramo odrediti: koji je prostor poplavljen, gaz, trim i metacentarska visina prilikom nastanka štete, stanje mora pri nastanku štete, ostali faktori poput momenta nagiba i sl.. Najveća revizija uključuje stabilitet za nove putničke brodove“ [18].

4.3. Sigurnosni centar na brodu

SOLAS konvencija u svom poglavlju II-2, Pravilo 23 nalaže da svi putnički brodovi izgrađeni nakon 01.07. 2010. godine moraju uspostaviti sigurnosni centar. Razlog tome je omogućiti mjesto iz kojeg će se moći upravljati mjerama oštećenja, uspostaviti sve komunikacijske veze s timovima i značajnim prostorijama koji upravljaju oštećenjem na brodu. Centar treba biti smješten na zapovjedničkom mostu ili u njegovoj neposrednoj blizini, ali ne smije ometati časnika u navigacijskoj straži. Kontrolni nadzorni uređaji koji se koriste u centru omogućuju stalni nadzor unutrašnjosti broda i pomažu časnicima u izvršenju zahtjevnih zadaća. Jedan takav primjer je NAPA, vodeći dobavljač softverskih i podatkovnih usluga za pomorsku industriju, specijalizirana za projektiranje i operativne aspekte brodova, s ciljem unapređenja sigurnosti i održivosti u brodskom prijevozu. Smještena u Finskoj, tvrtka zapošljava 200 stručnjaka, koji kombiniraju znanje iz pomorske arhitekture, flote i digitalnih usluga.



Slika 10.: Sigurnosni centar na brodu [osobna komunikacija]

NAPA je prisutna globalno, s uredima u Japanu, Koreji, Kini, Singapuru, SAD-u, Njemačkoj, Grčkoj, Rusiji i Indiji. S više od 90% novih plovila koja godišnje grade kupci NAPA-e, njezin softver za projektiranje brodova postao je globalni "de facto" standard u brodogradnji. Osim toga, NAPA je tržišni lider u upravljanju stabilnošću brodova i sigurnosnim podacima za putničke brodove. Njezina rješenja temeljena na oblaku za praćenje performansi brodova i optimizaciju putovanja doprinose dekarbonizaciji brodova [15].

5. ZAKLJUČAK

Putnički brodovi kao posebna kategorija plovila moraju ispunjavati stroge i sveobuhvatne tehničke zahtjeve sigurnosti plovidbe, koji općenito podrazumijeva višu razinu sigurnosti u odnosu na druge vrste brodova. Stalno povećanje broja putnika i veličine putničkih brodova dovodi do veće opasnosti za ljude u slučaju pomorske nezgode. Stoga, poznavanje konstruktivnih značajki broda, njihovih osnovnih namjena prednosti i ograničenja te osposobljenost članova posade u izvanrednim situacijama pridonose većoj sigurnosti svih ljudi na brodu, sigurnosti samog broda i veće zaštita okoliša.

Pomorska nezgoda obuhvaća svaki izvanredan događaj koji dovodi do štetnih posljedica, predstavlja izravnu prijetnju ljudskim životima, imovini ili okolišu. Pomorske nezgode obično se kategoriziraju prema vrstama opasnosti kao što su potonuće, požar i/ili eksplozija, nasukavanje, sudar, oštećenje trupa i motora, teroristički čin i slično. Međutim, važno je napomenuti da se pomorske nezgode događaju i događati će se stoga je važno pravovremeno djelovati. Nakon potonuća Coste Concordije IMO odbor za pomorsku sigurnost je donio nova pravila za putničke brodove. Tako govorimo o rezoluciji MSC-a 421(98) s punim nazivom « Ch II-1, Reg 19-1 *Damage Control Drills for Passenger ships*» prema kojemu se posada broda zadužena za upravljanje oštećenjem na brodu mora uvježbati. Osim navedenog, posada broda pristupa i drugim vježbama kojima se ispituje njihova sposobnost u izvanrednim situacijama.

Veliki izazov u brodograđevnoj industriji leži u stvaranju broda koji je dovoljno otporan da izdrži teške vremenske uvjete, posebno kada se suoči s velikim valovima. Kako bi se održao uzgon i održala pozitivna stabilnost broda, spriječilo potonuće u slučaju prodora vode ili širenja požara, vodonepropusne pregrade su važan element konstrukcije broda. Ove pregrade učinkovito dijele brod na više odjeljaka koji su vodonepropusni i vatrootporni, a prostor među njima je odijeljen vodonepropusnim vratima.

LITERATURA

- [1] Rukavina, B., Luttenberger, A.: Investigations of maritime accidents involving passenger ships in the Republic of Croatia, PPP god. 60 (2021), 175, str. 139-156, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/386278> (29.05.2024.)
- [2] Frančić, V., Njegovan, M., Maglic, L.: Analiza sigurnosti putničkih brodova u nacionalnoj plovidbi, Pomorstvo, god. 23, br. 2 (2009), str. 539-555., dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/70360> (29.05.2024.)
- [3] European Maritime Safety Agency: Annual Overview of marine casualties and incidents 2023, dostupno na: <https://www.emsa.europa.eu/emcip/items.html?cid=141&id=5052> (30.05.2024.)
- [4] Britannica: Costa Concordia disaster | Collision, Rescue, Salvage, & Facts, dostupno na: <https://www.britannica.com/event/Costa-Concordia-disaster> (15.09.2024.)
- [5] MaritimeCyprus: Flashback in history: Philippines – The Sinking of the Princess of the Stars, 21 June, 2008, dostupno na: <https://maritimecyprus.com/2016/06/26/flashback-in-history-philippines-the-sinking-of-the-princess-of-the-stars-21-june-2008/> (01.06.2024.)
- [6] MaritimeCyprus: Flashback in maritime History: Sea Diamond sinking at Santorini 5 April 2007, 2022., dostupno na: <https://maritimecyprus.com/2022/04/02/flashback-in-maritime-history-sea-diamond-sinking-at-santorini-5-april-2007-5/> (01.06.2024.)
- [7] Pekka Ruponen, Jakub Montewka, Markus Tompuri, Teemu Manderbacka, Spyros Hirdaris, A framework for onboard assessment and monitoring of flooding risk due to open watertight doors for passenger ships, Reliability Engineering & System Safety, Volume 226, 2022, 108666, ISSN 0951-8320
- [7b] Srednja škola Ambroza Haračića: Osnove brodogradnje, dostupno na: <https://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/> (03.06.2024.)
- [8] Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, pregrađivanje, Narodne novine 54/2015, dostupno na: <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/435970.pdf> (05.06.2024.)
- [9] Zec, D.: Sigurnost na moru, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.
- [9b] JAIC. Final Report on the capsizing on 28 september 1994 in the Baltic Sea of the Ro-Ro Passenger Vessel MV Estonia.

- [10] Girgis, C.L.: Mystery at the Bottom of the Baltic Sea: Searching for Answers to Explain the 1994 Sinking of the MS Estonia, YSI, 2023., dostupno na: <https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2023/03/exploring-the-mysterious-sinking-of-the-ms-estonia> (12.07.2024.)
- [11] Direktiva 2009/18/EZ Europskog parlamenta i vijeća, EUR-Lex, 2009., dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32009L0018> (12.07.2024.)
- [12] Uredba o načinu i uvjetima za obavljanje sigurnosnih istraga pomorskih nesreća i nezgoda, Narodne novine broj 122/2015, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_11_122_2310.html (31.08.2024.)
- [13] Encyclopedia Historica: Sinking of the MS Estonia, dostupno na: https://history.fandom.com/wiki/Sinking_of_the_MS_Estonia (31.08.2024.)
- [14] Sjøfartsdirektoratet: Amendments to the Regulations on the construction of ships and the Regulations on safety measures, etc. dostupno na: <https://www.sdir.no/en/shipping/legislation/directives/amendments-to-the-regulations-on-the-construction-of-ships-and-the-regulations-on-safety-measures-etc/> (31.08.2024.)
- [15] NAPA: About us, dostupno na: <https://www.napa.fi/about-napa/> (05.09.2024.)
- [16] Vodonepropusnost i vodonepropusna odjeljenja na putničkim brodovima, dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unidu%3A1207/datastream/PDF/view> (15.09.2024.)
- [17] Marine insight : How is ISM CODE implemented on ships?, dostupno na: <https://www.marineinsight.com/marine-safety/how-is-ism-code-implemented-on-ships/> (15.09.2024.)
- [18] SOLAS poglavlje II-1, kao rezultat MSC.421(98), dostupno na: https://imorules.com/MSCRES.429_98R2_ANN.html (15.09.2024.)
- [19] Marine insight: What Is Safety Management System (SMS) On Ships, dostupno na: <https://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-safety-management-system-sms-on-ships/> (15.09.2024.)
- [20] Putnički brodovi, dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfst%3A747/datastream/PDF/view> (16.09.2024.)
- [21] The story of the sea diamond, dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=cIELIzvjiWA> (17.09.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1.: Potonuće broda Estonia [13]	7
Slika 2.: Potonuće putničkog broda Sea Diamond [6].....	8
Slika 3.: Putnički brod [7].....	9
Slika 4.: Vodonepropusne pregrade [7]	10
Slika 5.: Nepropusno pregrađivanje [7].....	11
Slika 6.: Ravne pregrade [7]	11
Slika 7.: Sudarna pregrada [7]	12
Slika 8.: Klizna vodonepropusna vrata [16]	18
Slika 9.: Indikacijska ploča za vodonepropusna vrata [16]	20
Slika 10.: Sigurnosni NAPA centar na brodu [osobna komunikacija] Error! Bookmark not defined.	

POPIS TABLICA

Tablica 1.: Broj pomorskih nezgoda putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. godine	4
Tablica 2.: Minimalan broj poprečnih nepropusnih pregrada [7].....	10
Tablica 3.: Naplavlјivost pojedinih odjeljaka [8]	16
Tablica 4.: Naplavlјivost pojedinih odjeljaka za teret ili dijela takvog odjeljaka [8].....	16

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1.: Broj putničkih brodova u razdoblju od 2014. do 2022. koji su bili sudionici pomorskih nezgoda	5
Grafikon 2.: Pomorske nezgode putničkih brodova u razdoblju 2014. do 2022. prema području plovidbe	6
Grafikon 3.: Broj nezgoda putničkih brodova u razdoblju 2014. do 2022. prema području plovidbe	6