

Vodonepropusnost i vodonepropusna odjeljenja na putničkim brodovima

Didović, Joško

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:155:343302>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU

POMORSKI ODJEL

JOŠKO DIDOVIĆ

VODONEPROPUSNOST I VODONEPROPUSNA
ODJELJENJA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

ZAVRŠNI RAD

Dubrovnik, 2019.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU

POMORSKI ODJEL

STUDIJ NAUTIKA

VODONEPROPUSNOST I VODONEPROPUSNA
ODJELJENJA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dipl.ing. Ivica Đurđević-Tomaš, kap.

Pristupnik:

Joško Didović

Dubrovnik, 2019.

Republika Hrvatska
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
POMORSKI ODJEL
Preddiplomski sveučilišni studij Nautika
Ur. broj:
Kolegij: Konstrukcija i stabilnost broda
Mentor: dipl.ing.Ivica Đurđević-Tomaš, kap.

Dubrovnik, 2019.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Joško Didović, student ak. 2018./2019. god.

Zadatak: VODONEPROPUSNOST I VODONEPROPUSNA ODJELJENJA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

Zadatak treba sadržavati:

1. Važnost vodonepropusnosti i vodonepropusnih odjeljenja
2. Stabilnost putničkog broda u oštećenom stanju te metode za proračun
3. Tehnički zahtjevi vodonepropusnosti
4. Analiza vodonepropusne cjelovitosti broda „MV Berlin“ te prikaz rješenja tehničkih zahtjeva u slučaju broda MV Berlin

Osnovna literatura:

1. Pravila za staturnu certifikaciju pomorskih brodova NN br181/2004., 146/2008., 61/2011., 56/2013., i 26/2015., Prilog 1 “Opci Zahtjevi” ; Prilog 2 “Pregradjivanje i stabilnost u ostecenom stanju putnickih i teretnih brodova”
2. SOLAS-Consolidated Edition 2018 Chapter II-1 Construction – Structure, subdivision and stability, machinery and electrical installations : Part B – 1, Part B-2, Part B-4
3. Damage Control Plan MV Berlin (ex. Spirit of Adventure)

Zadatak uručen pristupniku: 1.6.2018.

Rok za predaju završnog rada: 1.9.2019.

Mentor:
dipl.ing. Ivica Đurđević-Tomaš, kap.

Pročelnik Pomorskog odjela:
doc. dr. sc. Žarko Koboević

VODONEPROPUSNOST I VODONEPROPUSNA ODJELJENJA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

SAŽETAK

U završnom radu razmatra se važnost vodonepropusnosti i vodonepropusnih odjeljenja na brodu u funkcionalnom, konstruktivnom i sigurnosnom smislu. U posljednje vrijeme povećava se potražnja za putničkim brodovima, a to se posebno odnosi na brodove za kružna putovanja. Zbog toga se grade sve veći i moderniji brodovi za kružna putovanja koji prevoze sve veći broj putnika, a najviše pažnje posvećuje se sigurnosti tih brodova. Cilj ovog rada je pobliže objasniti vodonepropusnost broda i podjelu vodonepropusnih pregrada, način rada te važnost za stabilnost broda u oštećenom stanju. Objasnjen je način održavanja, provjera te vježbe operativnih radnji vodonepropusnih vrata. Prikazan je primjer vodonepropusnih odjeljenja na putničkom brodu „Berlin“ i plan za kontrolu oštećenja.

Ključne riječi:

Brod za kružna putovanja, vodonepropusnost, vodonepropusna odjeljenja i vrata, stabilnost broda u oštećenom stanju.

WATERTIGHT INTEGRITY AND WATERTIGHT COMPARTMENTS ON PASSENGER SHIPS

ABSTRACT

In this work, the importance of watertight integrity and watertight subdivision in functional, constructive and safety meanings is emphasized. Because of an increasing number of passengers there is a need for more cruise ships. For this reason, most attention is paid to the safety of these ships. The purpose of this work is to explain types of watertight doors, their operational mode and their importance for damage stability. The maintenance, testing of watertight doors and drills are described in more details. Watertight integrity and watertight subdivision are explained using information from passenger vessel „Berlin“ and her „Damage Control Plan“.

Keywords:

Cruise ship, watertight integrity, watertight bulkheads and watertight doors, damage stability.

SADRŽAJ:

1. UVOD	8
2. PUTNIČKI BROD I STABILNOST PUTNIČKIH BRODOVA U OŠTEĆENOM STANJU	9
2.1. PRAVILA ZA STABILNOST PUTNIČKOG BRODA	10
2.2. KRITERIJI STABILNOSTI ZA BROD U OŠTEĆENOM STANJU	11
2.3. METODE ZA IZRAČUN STABILNOSTI BRODA U OŠTEĆENOM STANJU	15
2.4. NAPLAVLJIVANJE BRODSKIH PROSTORA	16
2.5. PRVI SLUČAJ : PROSTOR IMA VODONEPROPUSNU PALUBU IZNAD, A VODA ISPUNJAVA CIJELI TAJ PROSTOR	17
2.6. DRUGI SLUČAJ: PROSTOR JE S GORNJE STRANE OTVOREN ILI JE NAPUNJEN VODOM DJELOMIČNO, A NEMA SPOJA SA VANJSKIM IZVOROM VODE	18
2.7. TREĆI SLUČAJ: PROSTOR ZBOG PRODORA VODE ILI OTVORENOG VENTILA IMA STALAN SPOJ SA VANJSKIM IZVOROM VODE I MOŽE SE SLOBODNO ŠIRITI U VISINU	19
3. PREGRAĐIVANJE PUTNIČKIH BRODOVA I VODONEPROPUSNE PREGRADE	20
3.1. PREGRAĐIVANJE PUTNIČKIH BRODOVA	20
3.2. SUDARNA PREGRADA	22
4. VRSTE I POLOŽAJ VODONEPROPUSNIH VRATA	25
4.1. KLIZNA VRATA (ENG. SLIDING DOORS)	26
4.2. OVJEŠENA VRATA (ENGL. HINGED DOORS)	27
4.3. RASPORED VODONEPROPUSNIH VRATA	27
5. KLIZNA VODONEPROPUSNA VRATA	28

5.1. RUČNI POGON ZA UPRAVLJANJE KLIZNIM VODONEPROPUSNIM VRATIMA	28
5.2. MEHANIČKI POGON ZA UPRAVLJANJE KLIZNIM VODONEPROPUSNIM VRATIMA	29
5.3. MOGUĆE OPASNOSTI POVEZANE SA KORIŠTENJEM KLIZNIH VODONEPRUPUSNIH VRATA	30
5.4. REGULACIJE SOLAS-A PO PITANJU RADA KLIZNIH VODONEPROPUSNIH VRATA	31
5.5. ODRŽAVANJE KLIZNIH VODONEPROPUSNIH VRATA	33
5.6. PERIODIČKE RADNJE I PREGLEDI VODONEPROPUSNIH VRATA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA	34
6. „MV BERLIN“ – PLAN ZA KONTROLU OŠTEĆENJA	35
7. ZAKLJUČAK	40
LITERATURA	41
POPIS SLIKA	42

1. UVOD

Posljednih godina dogodilo se nekoliko ozbiljnih nesreća putničkih brodova, koje su rezultirale gubitkom ljudskih života. Iako je postotak nesreća putničkih brodova malen u odnosu na ukupan broj pomorskih nesreća, ozbiljnost je u tome što je u pitanju veliki broj ljudskih žrtava.

Velika pažnja kod projektiranja broda posvećuje se tome da se sačuva stabilnost broda u različitim stanjima što omogućava dodatno vrijeme potrebno za evakuaciju putnika sa broda. Za evakuaciju putnika s većih putničkih brodova, praksa je pokazala, potrebno je više od dva sata i to po dobrim vremenskim uvjetima što nam pokazuje koliko je bitno da brod zadrži stabilnost u oštećenom stanju.

Sigurnost broda u oštećenom stanju ovisi o nepropusnosti vodonepropusnih pregrada.

Vodonepropusna odjeljenja su vertikalno konstruirane vodenopropusne pregrade unutar brodske konstrukcije koje služe da bi izbjegli prodor vode u ostala odjeljenja ako je susjedno odjeljenje poplavljeno u slučaju oštećenja trupa broda.

U drugome poglavlju detaljnije je opisana stabilnost broda u oštećenom stanju te kriteriji, metode i tri primjera naplavlivanja brodskih prostora. Pregrađivanje putničkih brodova i vodonepropusne pregrade te поближе objašnjenje vrste i podjele vodonepropusnih vrata i način njihovog rada, rukovanja, održavanja i regulacija su tema sljedećih poglavlja. U šestom poglavlju, na primjeru putničkog broda „Berlin“, prikazana je vodonepropusnost, podjela vodonepropusnih pregrada i vrata te je analiziran plan za kontrolu oštećenja.

2. PUTNIČKI BROD I STABILNOST PUTNIČKIH BRODOVA U OŠTEĆENOM STANJU

Prema odredbama Međunarodne konvencije za zaštitu ljudskih života na moru (SOLAS) od 1974. godine, putničkim brodom za međunarodni promet smatra se svaki brod koji prevozi više od 12 putnika. Spomenuta konvencija obavezuje sve potpisnice da se pri gradnji putničkih brodova pridržavaju odredbi o stabilnosti, poprečnim i uzdužnim vodonepropusnim pregradama, protupožarnim pregradama i palubama, protupožarnoj opremi, sigurnosti pogona, radiotelegrafskoj i radiotelefonskoj opremi te sredstvima za spašavanje.

Za putničke brodove koji prevoze putnike u domaćem prometu, izdaju se nacionalni propisi za sigurnost brodova i osoba na njima.

U kategoriju putničkih brodova ne spadaju teretni brodovi koji raspolažu s ograničenim kapacitetom ukrcaja putnika, kao teretni brodovi sa smještajem za dvanaest putnika, gdje je prijevoz putnika sporedan u odnosu na prijevoz tereta.

Ponekad se grade i u kombinaciji s brodovima za generalni teret pa tako nastaju putničko-teretni ili teretno-putnički brodovi.

Putnički brodovi mogu se podijeliti na linijske i na izletničke brodove. Linijski brodovi uglavnom povezuju otoke s kopnom, a vrste i karakteristike ovise o području plovidbe. Veliki broj putničkih brodova i trajekata (RO-RO putničkih brodova) plovi većinom između većih gradova sjeverne i zapadne Europe te prevoze milijune putnika svake godine.

Većina tih brodova su tzv. roll-on-roll-off izvedba i prevoze istovremeno i teret i putnike. Neki od njih mogu prevoziti i preko 3.000 putnika. Njihova je karakteristika (i problem gradnje) da je glavna paluba (najduža neprekinuta paluba koja zatvara trup broda od pramca do krme i od boka do boka) vrlo nisko iznad vodene linije. Drugu poteškoću za gradnju broda stvara velika garaža u kojoj može doći do pomaka tereta, tj. vozila pri čemu može doći do ozbiljnog poremećaja stabilnosti.

Za kružna putovanja se koriste tzv. *cruiseri* koji mogu biti raznih veličina. Njih karakterizira udobnost i mnoge mogućnosti za bavljenje raznim aktivnostima za putnike. Neki od njih spadaju među najveće brodove svijeta.

Prema konstrukciji i namjeni postoji nekoliko osnovnih tipova putničkih brodova i to su: prekoceanski, brod za kružna putovanja, trajekt (RO-RO putnički brod) i obalni brod.

2.1. PRAVILA ZA STABILNOST PUTNIČKOG BRODA

Jedno od glavnih svojstava kroz povijest gradnje brodova po kojem se mjerila sigurnost bila je stabilnost. Brodovi u neoštećenom stanju moraju imati dovoljnu stabilnost, moraju biti što efikasnije pregrađeni u svrhu osiguravanja uzgona i stabilnosti nakon sudara ili oštećenja. Na samom početku razvoja brodova, propisani zahtjevi za stabilnost broda od strane odgovarajućih tijela, bili su prilično mali. Danas su zahtjevi veći, a postavljeni su od Međunarodne pomorske organizacije¹.

Prva pravila za oštećeni brod uvedena su kao posljedica konvencije SOLAS koja je održana 1914. god. nakon tragedije RMS "Titanic". Nakon toga krenule su revizije 1929. godine, 1948. godine, 1960. godine te 1974. godine. Ova posljednja je postala i ostala baza za sve buduće promjene i poznatija je kao SOLAS '74. Načelo donošenja novih pravila je u donošenju amandmana koji dolaze na snagu na određeni datum. Prije samog dolaska na snagu, zainteresirane strane moraju provjeriti i odobriti taj amandman. Kao rezultat takvog načina ažuriranja pravila, današnja verzija je i dalje SOLAS '74 s amandmanima.

Prva pravila na osnovi vjerojatnosti za putničke brodove sadržana su u IMO rezoluciji A.265, a uvedena su 1967. godine kao alternativa determinističkim pravilima SOLAS '60. Za većinu RO-RO putničkih brodova ova pravila stroža su od determinističkih zahtjeva sadržanih u SOLAS '60, te se uglavnom nisu primjenjivala kao obavezna.

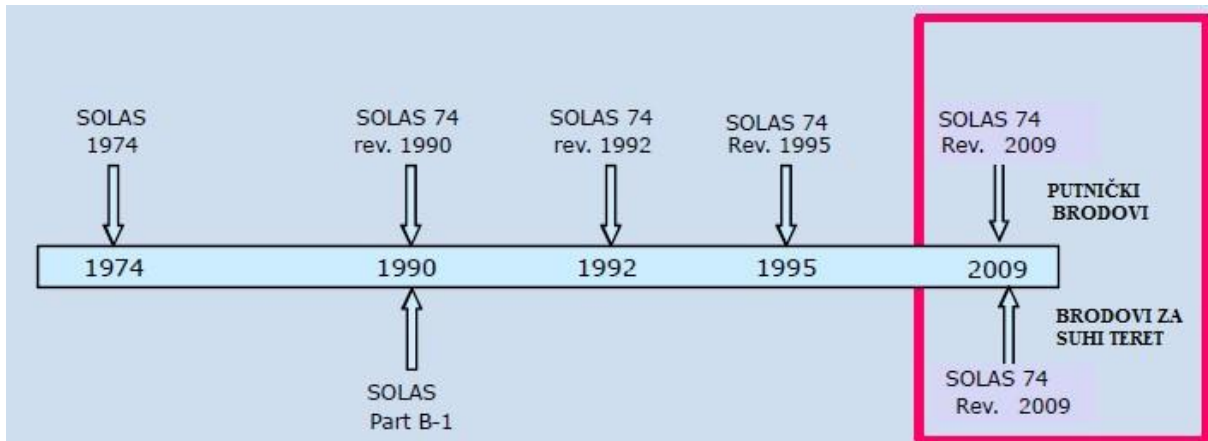
1992. godine uvedena je IMO rezolucije MSC.19(58) u SOLAS kao dio B-1, u poglavlju II-1, koji sadržava standard stabilnosti za teretne brodove na vjerojatnosnoj osnovi preživljavanja broda nakon sudara. Referentna veličina je koeficijent pregrađivanja A.

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) 2006. godine u rezoluciji MSC.216(82) prihvatila je opsežan amandman na SOLAS poglavlje II-1, koji se odnosi na zahtjeve stabilnosti broda u oštećenom stanju te duljinu pregrađivanja za teretne i putničke brodove. Cilj rezolucije je pregrađivanje broda na najučinkovitiji mogući način s obzirom na njegovu namjenu.

Godine 2008. objavljena je rezolucija IMO MSC.281(85) - lista pojašnjenja SOLAS poglavlju II-1, a odnose se na pregradnu dužinu i stabilnost u oštećenom stanju. Pomorski odbor za sigurnost (Maritime safety committee - MSC) u rezoluciji je

¹International Maritime Organization – IMO

predvidio nove dopune i pojašnjenja vjerojatnosnog pristupa stabilnosti oštećenog broda. Filozofija vjerojatnosnog koncepta tvrdi da su dva broda s istim postignutim indeksom pregrađivanja A jednako sigurna, i da stoga nema potrebe za dodatnim zahtjevima ili specijalnim tretmanom određenih dijelova broda. Područja koja se posebno razmatraju su pramac i dno, te oba imaju priložena posebna pravila pregrađivanja za slučajeve bočnog oštećenja i nasukavanja.



Slika 1 . Razvoj SOLAS konvencije kroz godine

2.2. KRITERIJI STABILNOSTI ZA BROD U OŠTEĆENOM STANJU

U svim uvjetima plovidbe mora se osigurati stabilnost u neoštećenom stanju koja će omogućiti da brod izdrži konačnu fazu naplavlivanja bilo kojeg glavnog odjeljenja za koji je propisano da se nalazi unutar naplavljive duljine.

Ako su dva susjedna glavna odjeljenja odvojena stepenastom pregradom, stabilnost u neoštećenom stanju mora biti takav da brod izdrži naplavlivanje ta dva susjedna odjeljenja.

Ako je potrebni faktor pregrađivanja 0,50, stabilnost u neoštećenom stanju mora biti takav da brod izdrži naplavlivanje bilo koja dva susjedna odjeljenja.

1. Stabilnost koja se zahtijeva u konačnom stanju nakon oštećenja i nakon izravnivanja broda, ako je isto predviđeno, određuje se na sljedeće načine:

a) Pozitivni dio krivulje poluga stabilnosti nakon oštećenja mora imati opseg od najmanje 15° iznad kuta ravnoteže. Taj se opseg može smanjiti na najmanje 10° , ako je površina ispod krivulje poluga stabilnosti jednaka onoj određenoj u točki b), pomnoženoj s omjerom 15/opseg, pri čemu je opseg izražen u stupnjevima.

b) Površina ispod krivulje poluge momenta stabilnosti iznosi najmanje 0,015 mrad, mjereno od kuta ravnoteže do manjeg među dalje navedenima:

- i) kut pri kojem dolazi do progresivnog naplavljivanja,
 - ii) 22 stupnja (mjerena od okomice) u slučaju naplavljivanja jednog odjeljenja,
 - iii) 27 stupnjeva (mjerenih od uspravnog položaja) u slučaju istovremenog naplavljivanja dvaju ili više susjednih odjeljenja.
- c) Preostalu vrijednost poluge momenta stabilnosti (GZ), dobije se iz raspona određenog točkom (1)(a), kada se određuje pomoću formule:

$$GZ^{(m)} = \frac{\text{moment poprečnog nagiba (t. m)} + 0.04}{\text{istitnina (t)}}$$

pri čemu se moment poprečnog nagiba uzima kao najveća vrijednost do koje dođe zbog bilo kojeg od sljedećih učinaka:

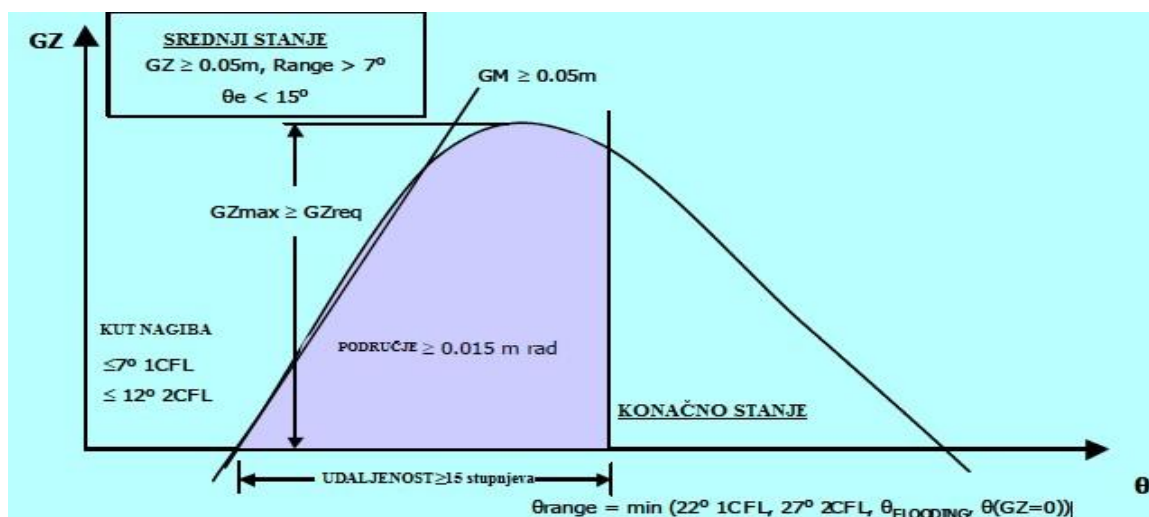
- i) okupljanje svih putnika na jednom boku,
 - ii) spuštanje svih potpuno opterećenih plovila za preživljavanje pomoću soha, na jednom boku,
 - iii) opterećenjem vjetra na jednoj strani broda; pri čemu ni u jednom slučaju tako određena vrijednost GZ neće iznositi manje od 0.10 metara.
- d) U svrhu izračuna momenta poprečnog nagiba u točki (1),(c), potrebno je pretpostaviti sljedeće:

- i) Moment uslijed okupljanja putnika na jednom boku
 - 4 osobe po kvadratnom metru,
 - masa od 75 kg po putniku,
 - putnici se raspoređuju po raspoloživim površinama palube na jednom boku broda, na palubama na kojima se nalaze mjesta okupljanja tako da se ostvari najnepovoljniji moment poprečnog nagibanja.
- ii) Moment zbog spuštanja svih potpuno opterećenih plovila za preživljavanje pomoću soha, na jednom boku.
- iii) Momenti zbog pritiska vjetra: kao površina za proračun primjenjuje se projicirana lateralna površina broda iznad vodene linije koja odgovara neoštećenom stanju.

2. Konačno stanje broda nakon oštećenja i, u slučaju asimetričnog naplavljivanja, nakon što se poduzmu mjere izjednačavanja bit će sljedeće:

- a) u slučaju simetričnog naplavljivanja ostat će pozitivna rezervna metacentarska visina od najmanje 50 milimetara, što je izračunato metodom konstante istisnine.

- b) u slučaju asimetričnog naplavlivanja kut nagiba pri naplavlivanju jednog odjeljenja neće biti veći od 7 stupnjeva. Kod istovremenog naplavlivanja dvaju ili više susjednih odjeljenja dozvoljen je nagib od 12 stupnjeva.
- c) ni u jednom slučaju ne smije doći do potonuća granične linije urona u zadnjem stadiju naplavlivanja.



Slika 2. Rezerva stabilnosti putničkog broda u oštećenom stanju nakon 29. 4. 1990.

3. U srednjem stadiju naplavlivanja ne smije doći do potonuća granične linije urona osim u slučaju djelomične podjele broda na vodonepropusne pregrade iznad granične linije urona (poput djelomičnih pregrada ili okvirnih rebara) koja u dovoljnoj mjeri ograničava protok vode duž palubne pregrade i rezultira kutom nagiba ne većim od 15 stupnjeva. U slučaju da brod na pregradnoj palubi prevozi vozila, kut nagiba u srednjem stadiju naplavlivanja neće biti veći od onog koji će uzrokovati uronuće granične linije urona

- a) kada dođe do velikog progresivnog naplavlivanja, odnosno kad ono uzrokuje brzo smanjivanje poluge momenta stabilnosti od 0,04 metra ili više, smatra se da se krivulja poluge momenta stabilnosti prekida pod kutom pri kojem dolazi do progresivnog naplavlivanja, a raspon i područje o kojima se govori u točkama (1)(a) i (b) treba mjeriti do tog kuta.
- b) u slučajevima kada je progresivno naplavlivanje ograničeno i koje ne traje neprekinuto i uzrokuje prihvatljivo polagano umanjivanje poluge momenta stabilnosti na

manje od 0,04 metra, ostatak ove krivulje biti će djelomično smanjenog nagiba zbog pretpostavke da je progresivno naplavljen prostor tako naplavljen od početka.

c) U međufazama naplavlivanja, maksimalna poluga stabilnosti mora biti najmanje 0,05 metara, a opseg pozitivnih poluga stabilnosti mora biti najmanje 7 °. U svakom slučaju, treba pretpostaviti samo jedno oštećenje trupa i samo jednu slobodnu površinu.

U proračunima stabilnosti broda u oštećenom stanju primjenjuju se ove vrijednosti prostorne i površinske naplavlivosti:

Tablica 1. Prostori i njihova naplavljivost

Prostor	Naplavljivost (%)
Predviđen za teret ili zalihe	60
Zauzet nastambama; Zauzet strojevima	95
Namijenjen za tekućine	85
	0 ili 95 (*)
(*) ovisno o tome što uzrokuje strože zahtjeve.	

Pretpostavljeni opseg oštećenja jest:

1. u uzdužnom smjeru: 3,0 metra uvećana za 3 % duljine broda ili 11,0 metara ili 10 % duljine broda, ovisno o tome koja vrijednost manja.
2. u poprečnom smjeru (mjereno od boka broda prema unutra, okomito na ravninu središnjice broda na visini najviše pregradne teretne linije): udaljenost jednaka petini širine broda.
3. u vertikalnom smjeru: od osnovice neograničeno prema gore.
4. ako bi bilo koje oštećenje manjih razmjera od onih navedenih u točkama 1., 2., 3. moglo uzrokovati teže uvjete u pogledu poprečnog nagiba ili smanjenja metacentarske visine, takvo oštećenje treba uzeti u obzir prilikom proračuna.

Granična linija urona (eng. Margin Line) je crta označena najmanje 76 mm ispod gornjeg ruba pregradne palube na boku broda.

Pregradna paluba (eng. Bulkhead Deck) je najviša paluba do koje sežu poprečne vodonepropusne pregrade.

Najveća dopuštena duljina odjeljenja, sa središtem u bilo kojoj točki duljine broda, dobiva se tako da se duljina naplavlivanja pomnoži s odgovarajućim faktorom, koji se naziva faktor pregrađivanja (eng. Factor of Subdivision).

2.3. METODE ZA IZRAČUN STABILNOSTI BRODA U OŠTEĆENOM STANJU

Dvije glavne kategorije regulatornih koncepata i metoda za procjenu stabilnosti brodova u oštećenom stanju danas su u upotrebi, a to su deterministička i vjerojatnosna (probabilistička) metoda, koje dovode do odgovarajućih regulatornih standarda preživljavanja.

Deterministički pristupi - stabilnost broda u oštećenom stanju temelji se na propisanim, polu-empirijskim pravilima i kriterijima koji su izvedeni iz statističke analize povijesnih podataka oštećenja i praktičnog iskustva. Zbog polu-empirijskog načina izvođenja primjenjenih kriterija, ove metode ne mogu osigurati pouzdanu minimalnu potrebnu razinu preživljavanja u slučaju novog broda čiji dizajn odstupa od prošlosti niti ima poznatu razinu sigurnosti.

Vjerojatnosni pristup - oštećenje stabilnosti oslanja se na racionalnoj statističkoj procjeni povijesnih slučajnih podataka i kombinira ove statističke podatke s polu-empirijskim kriterijima za racionalniju procjenu preživljavanja broda upotrebom vjerojatnosnog koncepta koji uzima u obzir veliku količinu mogućih scenarija oštećenja s odgovarajućom težinom.

Probabilistička procjena omogućuje određivanje specifične razine brodskog preživljavanja u slučaju prevrtanja broda zbog poplave nastale oštećenjem od sudara kroz postignuti index pregrađivanja (vjerojatnost preživljavanja sudara štete), dok deterministički standardi stabilnosti štete ne odgovaraju kvalificiranoj razini sigurnosti.

Determinističkim pristupom izrađuje se skupina slučajeva oštećenja (eng.: Damage cases), čiji broj, kao i broj odjeljaka uključenih u svaki od slučajeva, ovisi o dimenzijama broda i unutrašnjem rasporedu. Za svako stanje krcanja razmatra se svaki slučaj oštećenja. Vjerojatnosni pristup uzima vjerojatnost preživljavanja nakon sudara kao mjeru sigurnosti

broda u oštećenom stanju (eng.: "attained subdivision index A"). Proračuni se vrše pri određenim gazovima i vrijednostima GM kako bi se dobila najmanja GM krivulja pri kojoj postignuti indeks pregrađivanja A udovoljava minimalnoj razini sigurnosti, tj. zahtijevanom indeksu pregrađivanja R (eng.: "required subdivision index R").

2.4. NAPLAVLJIVANJE BRODSKIH PROSTORA

Pod naplavlivanjem brodskih odjeljenja podrazumijeva se ulazak vode u neki brodski prostor, bez obzira na to puni li se vodom namjerno cjevovodom ili voda ulazi zbog nastalog prodora na broskom trupu.

Kod prodora vode imamo tri slučaja:

- a) Naplavljeno odjeljenje je u spoju s vodom, a s gornje strane je ograđeno čvrstom palubom koja se nalazi ispod plovne vodne linije.
- b) Naplavljeno odjeljenje nije u spoju s vodom niti je s gornje strane ograđeno čvrstom palubom.
- c) Naplavljeno odjeljenje je u spoju s vodom, a s gornje strane nije ograđeno čvrstom palubom.

Prodor vode posljedica je nastalih oštećenja na vanjskoj oplati broda zbog nasukanja, sudara, dotrajalosti brodske konstrukcije ili njezina preopterećenja, dok u ratnim uvjetima takva oštećenja mogu nastati zbog udara različitih oružja, kao što su mine, bombe, rakete ili torpeda.

Pri prodoru vode u brod može doći do osjetnog smanjenja stabilnosti, a u težim slučajevima i do potonuća broda. Zbog prodora vode koja je ušla u brod gubi dio istisnine broda, jer je voda koja je ušla u neki brodski prostor ostaje u vezi s vanjskom vodom u kojoj brod plovi.

Izgubljena istisnina mora se nadoknaditi većim uronjavanjem broda, tako da novi uronjeni volumen neoštećenog dijela broda bude jednak prijašnjem volumenu podvodnog dijela broda prije nastalog prodora vode.

Težine se, dakle, na brodu nisu promijenile, pa prema tome ni uzgon. Ako se s povećanim utonućem ili odgovarajućim trimom broda može nadoknaditi izgubljena istisnina, tj. nova dodatna masa vode koja je prodrla u brod, brod će i nadalje ploviti u

novom položaju. Ako je prodor vode bio toliki da ga rezervna istisnina ne može kompenzirati, brod će potonuti.

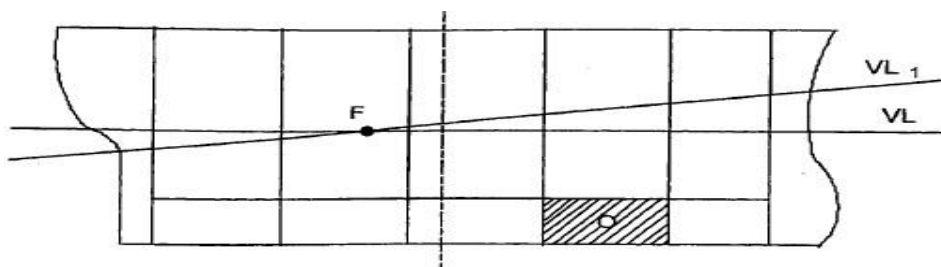
Radi lokaliziranja prodora vode, da bi se on ograničio samo na prostor između dviju susjednih pregrada, čitava je unutrašnjost broda podjeljena sistemom poprečnih, a ponekad i uzdužnih pregrada u više vodonepropusnih prostora (odjeljenja) broda.

Napomenimo da nova vodena linija koju treba izračunati za slučaj prodora vode u bilo koji prostor broda, ne smije prelaziti preko tzv. pregradne palube, tj. do one palube do koje dopiru vodonepropusne pregrade.

Isto tako kutovi nagiba broda pri nesimetričnom prodoru ne smiju biti toliki da pod vodu dođu otvori koji se ne mogu nepropusno zatvoriti. Nadalje, stabilnost broda mora biti tolika da se brod ne prevrne zbog djelovanja vjetrova i valova.

2.5. PRVI SLUČAJ : PROSTOR IMA VODONEPROPUSNU PALUBU IZNAD, A VODA ISPUNJAVA CIJELI TAJ PROSTOR

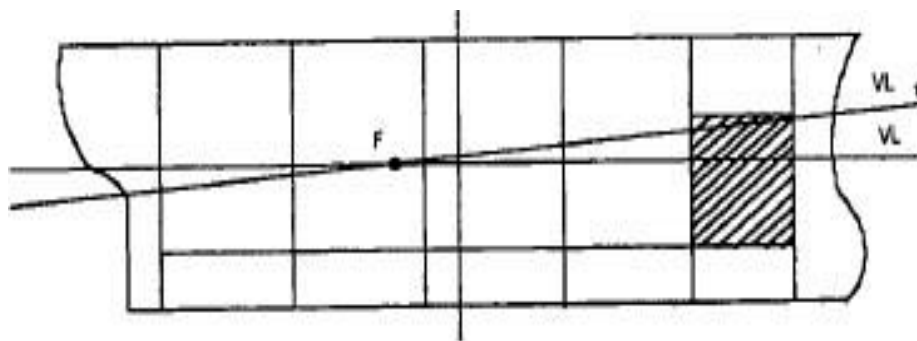
To se događa pri naplavlivanju tankova (ćelija) dvodna, balastnih tankova ili bilo kojeg prostora pod glavnom palubom. U tim slučajevima svejedno je je li poplava nastala zbog prodora ili je prostor namjerno napunjen vodom pomoću cjevovoda i ventila na dnu prostora koji se nakon naplavlivanja zatvore. U svakom slučaju naplavljeni prostor je sada pun do vrha i nema spoja s vanjskom vodom, jer su ventili za naplavlivanje zatvoreni, odnosno zatvorena je rupa kroz koju je naplavljivala voda u brod. U ovim slučajevima voda se ne može premještati i treba je smatrati kao tvrdi teret mase $p = v \cdot \rho$ kojemu se težište nalazi u središtu volumena (v) prostora.



Slika 3. Naplavljeno odjeljenje u spoju s vodom, ograđeno s gornje strane čvrstom palubom

2.6. DRUGI SLUČAJ: PROSTOR JE S GORNJE STRANE OTVOREN ILI JE NAPUNJEN VODOM DJELOMIČNO, A NEMA SPOJA SA VANJSKIM IZVOROM VODE

U ovom slučaju voda u prostoru može se slobodno premještati, zbog toga se javlja slobodna površina koja smanjuje početnu stabilnost broda. Moment tromosti slobodne težine, s obzirom na veliku površinu prostora bez pregrade, jako će djelovati na gubitak metacentarske visine, bez obzira na koliko se sustavno težište broda pomaknulo prema dolje, s obzirom na ukrcanu težinu vode.



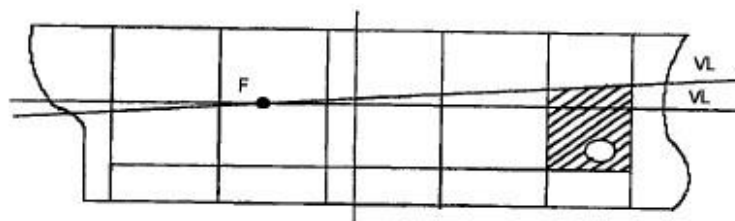
Slika 4. Naplavljeno odjeljenje nije u spoju s vodom niti je s gornje strane ograđeno čvrstom palubom

Svi proračuni promjene gaza broda, sustavnog težišta i eventualnog nagiba broda te gubitak rezervnog uzgona, isti su kao u prethodnom slučaju. Poteškoću će predstavljati proračun momenta tromosti slobodne površine. S obzirom na uzdužnu i poprečnu os nagibanja broda, javit će se utjecaj slobodnih površina na uzdužnu i poprečnu metacentarsku visinu. Zbog toga što je uzdužna metacentarska visina dovoljno velika, njezino smanjenje, s obzirom na uzdužni moment tromosti slobodne površine, u praksi je zanemarivo. Poprečni moment tromosti slobodne površine je bitan i može se izračunati prema poznatim izrazima, jer je poprečna metacentarska visina glavno mjerilo stabilnosti broda.

2.7. TREĆI SLUČAJ: PROSTOR ZBOG PRODORA VODE ILI OTVORENOG VENTILA IMA STALAN SPOJ SA VANJSKIM IZVOROM VODE I MOŽE SE SLOBODNO ŠIRITI U VISINU

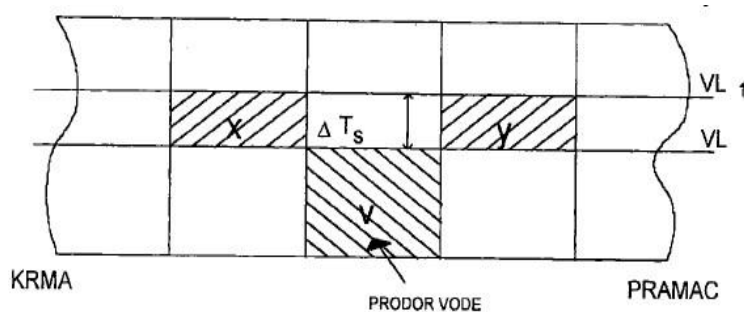
Najteži je slučaj, zbog toga što brod gubi rezervni uzgon koji je činilo odjeljenje gdje je došlo do prodora vode. Prodorom vode koji je nastao ispod vodene linije dolazi do toga da će voda prodirati u skladište sve dok se zakonom o spojenim posudama ne izjednači nivo vode u skladištu s novonastalom vodnom linijom.

Nova vodena linija tj. novi deplasman broda, povećao se za odgovarajuću težinu nadošle vode. Nastaje smanjenje poprečne stabilnosti zbog smanjenja površine plovne vodne linije kao i zbog utjecaja momenta tromosti slobodne površine u naplavljenim prostorima.



Slika 5. Naplavljeno odjeljenje je u spoju s vodom a s gornje strane nije ograđeno čvrstom palubom

Gaz se povećao i brod pluta na novoj vodenoj liniji VL_1 s novim deplasmanom u koji je uključena težina prodrle vode. Volumen v predstavlja količinu izgubljenog uzgona zbog prodora vode. Gubitak rezervnog uzgona iznad VL do volumena $(X+Y)$, a volumen $(X+Y)$ predstavlja umnožak neoštećenog dijela površine vodene linije i debljine sloja ΔT_s . Debljina sloja ΔT_s predstavlja povećanje gaza zbog prodora vode (paralelno uronuće). Iz toga se dobije da je volumen $(X+Y) = \text{volumen } v$.



Slika 6. Gubitak uzgona kod prodora

3. PREGRADIVANJE PUTNIČKIH BRODOVA I VODONEPROPUSNE PREGRADE

Pregrađivanje je u najužoj vezi s naplavlivanjem broda, a svrha mu je da se brodski prostor podjeli nepropusnim stijenkama u vodonepropusne prostore ili ćelije. Time se postiže da u slučaju oštećenja vanjske oplata u brod uđe ograničena količina vode, a brod i dalje zadržava sposobnost plovljenja.

3.1. PREGRADIVANJE PUTNIČKIH BRODOVA

Pregrade daju brodu potrebnu poprečnu i uzdužnu čvrstoću pri naprezanju na valovima, pri dokovanju i pri naprezanjima unutrašnjosti broda. Stoga se vodonepropusne pregrade još pojačavaju (ukrepljuju) okomitim, a katkad i vodoravnim ukrepama. Pregrade se spajaju s oplatom broda zavarivanjem. Poprečne i uzdužne pregrade omogućuju da se na brodu dobiju razni tankovi, na primjer, tankovi za gorivo, balast, pitku vodu, biljna ulja i dr.

U funkcionalnom smislu pregrade dijele brod u više prostora. Po orijentaciji pregrade mogu biti poprečne ili uzdužne.

U sigurnosnom smislu pregrade sprečavaju potonuće u slučaju prodora vode u neki prostor, kao i širenje vatre u slučaju požara.

U ekološkom smislu pregrade smanjuju zagađenje u slučajevima oštećenja stijenki tankova.

U konstruktivnom smislu pregrade služe kao elementi poprečne i uzdužne čvrstoće. Pregrade su oslonci za potpalubne nosače, nosače dna i nosače boka. Podupiru nadgrađa, palubne kućice i opremu na palubi. Važan su oslonac kod dokovanja.

U smislu pregrađivanja svi brodovi moraju imati sudarnu pregradu, pregradu statvene cijevi i pregrade na oba kraja strojarnice. Ako je strojarnica smještena na krmu, pregrada statvene cijevi se može smatrati krmenom pregradom strojarnice.

Osim ovih pregrada mora se odrediti dodatni broj pregrada raspoređenih da se osigura dovoljna poprečna čvrstoća broda kako je navedeno u tablici 2.

Na brodovima za koje se zahtijeva provjera plovnosti u oštećenom stanju broj nepropusnih pregrada se određuje na osnovi proračuna stabilnosti u oštećenom stanju.

Tablica 2. Minimalan broj poprečnih nepropusnih pregrada

L [m]	Smještaj strojarnice	
	na krmi	drugdje
$L \leq 65$	3	4
$65 < L \leq 85$	4	4
$85 < L \leq 105$	4	5
$105 < L \leq 125$	5	6
$125 < L \leq 145$	6	7
$145 < L \leq 165$	7	8
$165 < L \leq 185$	8	9
$L > 185$	posebno se razmatra	

Pri određivanju broja vodonepropusnih pregrada na trgovačkim brodovima treba zadovoljiti tri važna uvjeta:

- a) ekonomsku iskoristivost broskog prostora
- b) čvrstoću broskog trupa
- c) održavanje sposobnosti plovljenja.

Opća pravila o sigurnosti brodova dopuštaju da brod može uroniti do pregradne palube (paluba do koje pregrade dopiru u visinu) ako mu je naplavljen jedan, dva ili tri bilo koja susjedna odjeljenja. Svakom gazu broda odgovara jedna pregradna krivulja. Stoga se ta krivulja konstruira tako da se duljina broda podjeli u 20 dijelova i za svaki takav dio izračuna masa tereta koji bi, kad bi bio ukrcan, uronio do pregradne palube.

Ta se masa zatim pretvara u volumen vode čije se središte nalazi u određenoj točki, a visina te točke uzima se za ordinatu krivulje.

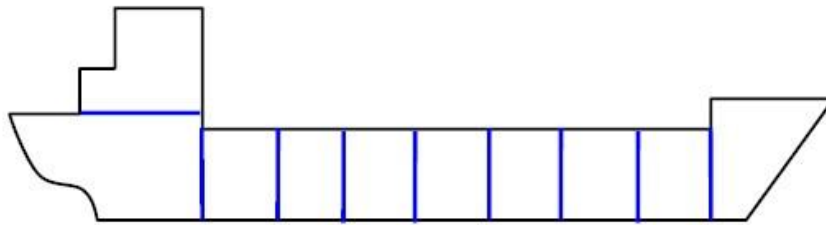
Kad se te točke spoje dobije se **pregradna krivulja** koja odgovara određenom gazu broda. Pomoću krivulje pregrada može se odrediti položaj pregrada pri projektiranju broda, odnosno može se kontrolirati njihov razmještaj na već sagrađenim brodovima.

Prema SOLAS konvenciji o pregrađivanju trgovačkih brodova, pregradna teretna linija je vodena linija prema kojoj je određena podjela broda na pregrade, a pregradna paluba najviša paluba do koje dopiru poprečne vodonepropusne pregrade, dok je naplavljenost jednog prostora (odjela) izražena postotkom volumena tog prostora koji voda može ispuniti.

Za svako mjesto na brodu duljina broda koja može biti naplavljena treba biti određena takvom računskom metodom koja uzima u oblik gaz i ostale karakteristike broda.

Stupanj pregrađivanja mijenja se prema duljini i namjeni broda, a najpotpunije pregrađivanje imaju najveći brodovi namjenjeni prijevozu putnika. Najveća dopuštena duljina odjeljenja, kojemu je središte na bilo kojem mjestu brodske duljine, dobije se ako se duljina koja može biti naplavljena pomnoži sa jednim brojem koji se zove pregradni faktor.(engl. factor of subdivision).

Vrlo je važna odredba Konvencije u kojoj je naglašeno da brod mora biti sposoban izdržati potpuno naplavlivanje bilo kojeg odjela koji je u granicama propisane naplavljive duljine.
[1]



Slika 7. Dodatne poprečne pregrade

Kako bi se osiguralo dostatno preživljavanje brodova koji se sudare u bok, područje između navedenih pregrada podijeljeno je na vodonepropusne odjeljke.

Očekuje se da će putnički brodovi podnijeti oštećenje nultog, 1 ili 2 takvog odjeljenja, ovisno o njihovoj veličini i drugim čimbenicima, tako da se takvi brodovi nazivaju brodovi sa nultim, jednim ili dvama odjeljenjima.

Svaki trgovački brod mora imati **pramčanu sudarnu pregradu** koja mora biti nepropusna sve do pregradne palube.

3.2. SUDARNA PREGRADA

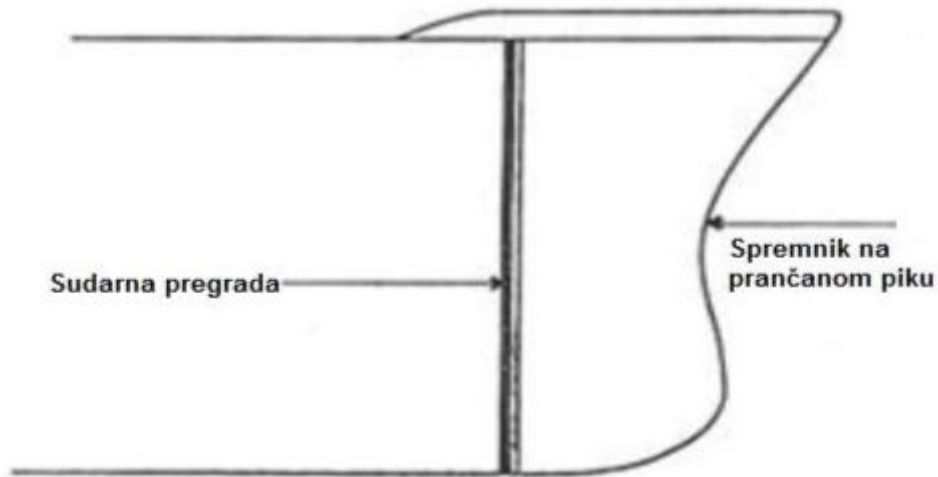
Sudarna pregrada na teretnim brodovima duljine $L_c < 200$ m, mora se nalaziti na udaljenosti ne manjoj od $0.05 L_c$ od pramčane okomice, a na brodovima duljine $L_c > 200$ m, sudarna pregrada se mora nalaziti na udaljenosti ne manjoj od 10 m od pramčane okomice.

Sudarna pregrada na teretnim brodovima ne smije biti na udaljenosti većoj od $0.08 L_c$ od pramčane okomice.

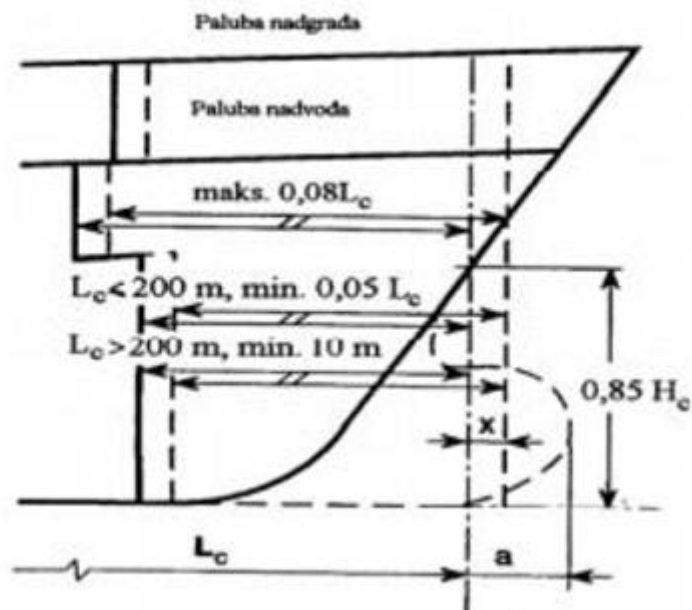
Ako se bili koji dio podvodnog trupa nalazi ispred pramčane okomice, kao npr. pramčani bulb, zahtijevana udaljenost se mjeri od okomice prema slici 53. a uzima se najmanja vrijednost prema izrazima:

$$x = a/2; \quad x=0.015 L_c; \quad x = 3.0 \text{ m}$$

Sudarna pregrada se mora protezati do palube nadvođa. Stepeničasti ili upušteni oblici sudarne pregrade se dopuštaju ako zadovoljavaju navedene uvjete minimalne i maksimalne udaljenosti. Na sudarnoj pregradi između palube nadvođa i pokrova dvodna ne smiju se postaviti vrata, provlake, prilazni otvori ili ventilacijski kanali. Otvori sa nepropusnim zatvaranjem mogu se nalaziti na sudarnoj pregradi iznad palube nadvođa.



Slika 8. Sudarna pregrada



Slika 9. Položaj sudarne pregrade

Ostale nepropusne pregrade, ovisno o vrsti broda, moraju se također protezati do palube nadvođa (pregradne palube). Nepropusne pregrade se, gdje je god to moguće, postavljaju u ravnini rebara. Ako se izvede stepeničasto, svi dijelovi moraju biti nepropusni.

Ostale nepropusne pregrade mogu imati nepropusna vrata. Ispod najdublje vodene linije, vrata trebaju biti klizna samo izuzetno se odobravaju i ovješena vrata. Nepropusna vrata moraju biti dovoljno čvrsta i odgovarajuće izvedbe. Otvori za nepropusna vrata moraju biti odgovarajuće ukrepljena.

4. VRSTE I POLOŽAJ VODONEPROPUSNIH VRATA

Primarni cilj vodonepropusnih pregrada je da bi se održala vodonepropusnost broda. Kod većine brodova postoje neizbježne situacije gdje je pristup iz jednog odjeljenja u drugi nužan, npr. pristup tunelu osovine. Ova je potreba riješena upotrebom vodonepropusnih vrata.

Pregradna ploča obično je izrezana u pravokutni oblik koji služi za vodonepropusna vrata i dimenzije otvora su minimalne. Da bi se održala razina naprezanja ispod sigurnosnih granica, otvor se ojača dvostrukim pločama kako bi se povećala debljina ploče pregrade oko otvora.

Vodonepropusna vrata obično su upravljana hidrauličkim ili električnim putem i vrata su horizontalno ili vertikalno klizna. Razlog zašto se ovješena vrata ne koriste u vodonepropusnim pregradama je zato što bi bilo nemoguće zatvoriti takva vrata u slučaju poplave.

Upravljanje mora biti lagano čak i kada je brod nagnut 15 stupnjeva na jednu ili drugu stranu, a upravljački sustav treba biti tako dizajniran da se vratima može upravljati iz blizine i daljinski, tj. s mjesta iznad pregradne palube. Na svim brodovima nalaze se vizualni pokazivači na mjestu za daljinsko upravljanje kako bi označili jesu li vrata otvorena ili zatvorena.

Vodonepropusna vrata podvrgavaju se ispitivanju tlaka nakon ugradnje kako bi provjerili njihovu strukturnu cjelovitost dizajna pri hidrostatskom tlaku u slučaju potpune poplave do pregradne palube. Ispod najdublje vodene linije, vrata trebaju biti klizna, samo u izuzetnim prilikama se odobravaju i ovješena vrata.

Nepropusna vrata moraju biti dovoljno čvrsta i odgovarajuće izvedbe. Otvori za nepropusna vrata moraju biti odgovarajuće ukrepljena.

Vodonepropusna vrata trebaju stajati zatvorena u situaciji:

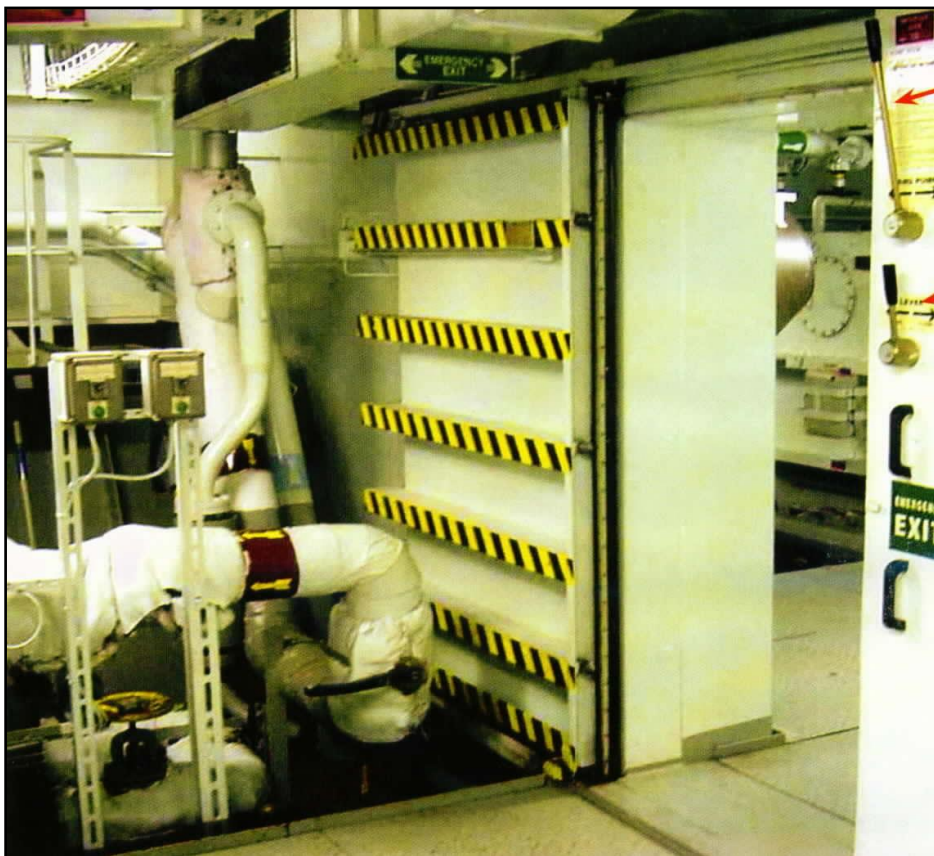
- Kada je ograničena vidljivost
- Prilikom boravka u luci ili pilotaže i u slučaju da lučke vlasti ili peljar to zahtjevaju
- Kada je dubina vode manja od umnoška gaza $\times 3$
- Velika gustoća prometa
- Bilo koji ostali utjecaji za koje kapetan smatra da su opasni po plovidbu

Podjela vodonepropusnih vrata s obzirom na pravila za njihovo operativno stanje:

- a) Klasa „A“ - Ova vrata mogu stati otvorena i moraju se zatvarati samo u hitnim slučajevima.
- b) Klasa „B“ - Ova vrsta vodonepropusnih vrata trebaju biti zatvorena i mogu biti otvorena samo kad osoblje radi u okolnim odjeljcima uz dopuštenje i informiranje odgovornih osoba.
- c) Klasa „C“ - Ovu vrstu vodonepropusnih vrata stalno treba držati zatvorena. Mogu se otvoriti samo za određenu količinu vremena dovoljno da posada prođe kroz vrata do drugog odjeljenja uz prethodno informiranje i dopuštenje od odgovornih osoba.

4.1. KLIZNA VRATA(ENG. SLIDING DOORS)

Klizna vrata se moraju detaljno postaviti da su ispravno vođena u svim položajima. Mehanizam za zatvaranje mora bit u mogućnosti za pouzdano rukovanje s obje strane pregrade i sa palube nadvođa. Ukoliko se zatvorenost vrata ne može utvrditi neposrednim opažanjem, mora se ugraditi indikator na mjestu odakle se rukuje vratima.



Slika 10. Klizna vodonepropusna vrata ispod vodene linije

Uređaji za zatvaranje vrata moraju osigurati zatvaranje vrata pri nagibu broda do 15° na svaku stranu i pri trimu od 5°. Nisu dopušteni sustavi zatvaranja s pomoću vlastite težine ili sustavi koji rade isključivo s pomoću utega. Isto tako nisu dopuštena ni skidljiva vrata pričvršćena vijcima.

4.2. OVJEŠENA VRATA (ENGL. HINGED DOORS)

Ovješena vrata moraju imati odgovarajuće brtve koje osiguravaju potpunu vodonepropusnost. Šarniri trebaju biti od materijala otpornih na koroziju. Vrata se moraju moći otvarati i zatvarati s obje strane pregrade. Mora se vidno istaknuti upozorenje da se vrata moraju zatvoriti za vrijeme boravka broda na moru.



Slika 11. Ovješena nepropusna vrata

4.3. RASPORED VODONEPROPUSNIH VRATA

Vrata se ne smiju nalaziti u sudarnoj pregradi ispred pregradne palube niti u nepropusnim pregradama glavne podjele broda osim ako one odvajaju dva teretna prostora (osim ako Registar tako ne odobri).

U prostorima gdje se nalaze glavni porivni strojevi, kotlovi i pomoćni strojevi na svakoj pregradi mogu biti samo jedna vrata. Ako na brodu postoje dva ili više osovinskih vodova njihovi tuneli moraju biti međusobno povezani prolazom. Ti tuneli moraju biti spojeni sa strojarnicom samo jednim vratima ako je brod dvoosovinski, a samo preko dvaju vrata ako brod ima više od dva osovinska voda. Ručni uređaj za upravljanje ovim vratima s položaja iznad pregradne palube, kao i na ulazu u tunel, mora se nalaziti iznad strojarnice.

5. KLIZNA VODONEPROPUSNA VRATA

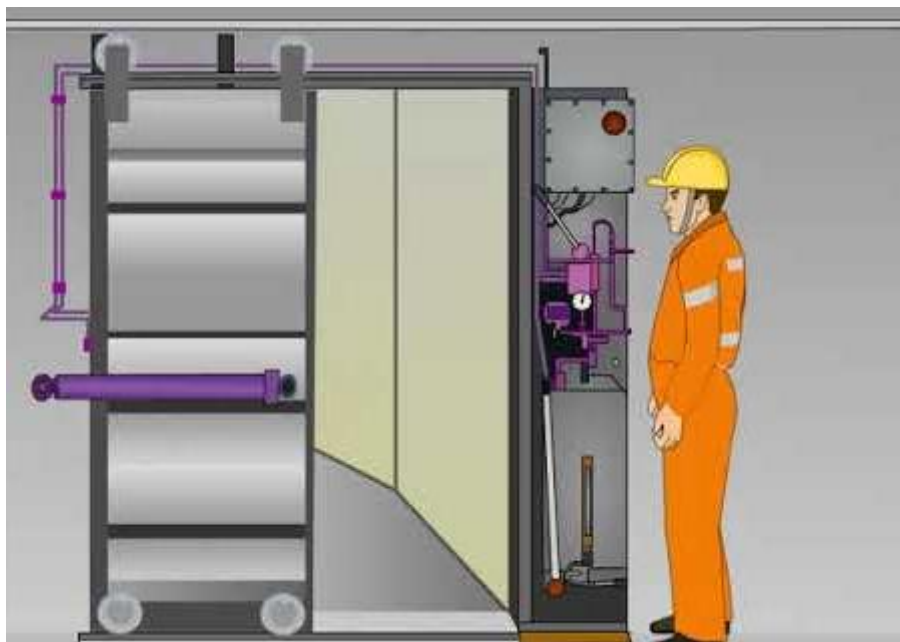
5.1. RUČNI POGON ZA UPRAVLJANJE KLIZNIM VODONEPROPUSNIM VRATIMA

Ručni pogon za upravljanje vodonepropusnim vratima mora osigurati upravljanje (otvaranje i zatvaranje) vrata s obje strane pregrade i zatvaranje vrata s jednog lako pristupačnog mjesta iznad pregradne palube.

Pokretanje se izvodi preko zamašnog kola, poluge ili nekog drugog prikladnog uređaja. Sila na ručki kola, poluzi ili drugom odgovarajućem uređaju ne smije u vrijeme pokretanja vrata biti veća od 157 N.

Ako s upravljačkog mjesta iznad pregradne palube vodonepropusna vrata nisu vidljiva, potrebno je postaviti indikator koji pokazuje pri kojem položaju kola ili ručke su vrata otvorena a pri kojem zatvorena. Ako brod nema nagiba vrijeme potrebno za potpuno zatvaranje vodonepropusnih vrata ne smije biti dulje od 90 sekundi.

Ručke za upravljanje vratima moraju biti postavljene s obje strane pregrade na visini ne manjoj od 1,6 m iznad gazišta i na takav način da ih osobe koje prolaze kroz vrata mogu držati u otvorenom položaju tako da je isključena mogućnost neželjenog zatvaranja.



Slika 12. Klizna vodonepropusna vrata

5.2. MEHANIČKI POGON ZA UPRAVLJANJE KLIZNIM VODONEPROPUSNIM VRATIMA

Mehanički pogon mora omogućiti upravljanje vratima (otvaranje i zatvaranje) s mjesta upravljanja smještenih s obje strane pregrade. Osim upravljanja s mjesta neposredno uz vrata mehanički pogon mora imati mogućnost zatvaranja vrata sa središnjeg mjesta upravljanja smještenog na zapovjedničkom mostu. Mehanički pogon mora omogućiti , kad je brod bez nagiba, zatvaranje vrata u roku ne kraćem od 20 sekundi, ne duljem od 40 sekundi, kao i istovremeno zatvaranje svih vrata u roku od 60 sekundi.

Napajanje energijom mehaničkog pogona mora biti izvedeno na jedan od sljedećih načina:

- a) preko središnjeg hidrauličkog sustava s dva neovisna izvora energije, od kojih svaki ima motor i pumpu, dovoljnog kapaciteta da omogućuje istovremeno zatvaranje svih vrata. Osim toga moraju biti predviđeni hidraulički akumulatori dovoljnog kapaciteta da omogućuju uzastopno otvaranje i zatvaranje svih vrata.
- b) preko neovisnog hidrauličkog sustava za svaka vrata posebno s izvorom energije, koji se sastoji od motora i pumpe, i dovoljnog kapaciteta da omogućuje otvaranje i zatvaranje vrata. Osim toga mora biti predviđen hidraulički akumulator kapaciteta dovoljnog za uzastopno zatvaranje, otvaranje i zatvaranje vrata.
- c) preko neovisnog električnog sustava za svaka vrata posebno s izvorom energije i motorom dovoljne snage za otvaranje i zatvaranje vrata. Osim toga mora postojati mogućnost automatskog napajanja od prelaznog izvora električne energije u nuždi u slučaju kvara na glavnom izvoru ili izvoru električne energije u nuždi dovoljnog da omogućuju operaciju otvaranja i zatvaranja vrata.

Uređaji za upravljanje vratima, uključujući cjevovod hidraulike i električne kabele moraju biti smješteni što je moguće bliže pregradi na kojoj su vrata smještena i što dalje od pretpostavljenog oštećenja (0,2 B od boka broda) u cilju smanjenja vjerojatnosti njihovog oštećenja u slučaju oštećenja broda.

Na svakim vratima mora bit predviđen zvučni signal upozorenja drugačiji od ostalih u tom dijelu broda. Ako se vrata zatvaraju daljinski signal se mora čuti 5 do 10 sekunda prije

početka pokretanja i trajati cijelo vrijeme u procesu zatvaranja vrata. Ako se upravljanje izvodi ručno zvučni signal se mora čuti samo za vrijeme pomicanja vrata.

Na središnjem pultu upravljanja vratima na zapovjedničkom mostu mora postojati mogućnost sa dva režima upravljanja:

- a) režim „LOKALNO UPRAVLJANJE“ koji omogućava upravljanje (otvaranje i zatvaranje) bilo kojih vrata sa lokalnog mjesta upravljanja bez automatskog zatvaranja vrata
- b) 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.

Na središnjem pultu upravljanja na zapovjedničkom mostu mora se nalaziti shematski prikaz s rasporedom svih vrata na brodu sa svjetlosnom indikacijom koja pokazuje jesu li vrata otvorena ili zatvorena. Crvena boja označava potpuno otvorena vrata a zelena boja potpuno zatvorena vrata (pogledati sliku 13.) . Kad se zatvaranje vrata izvodi daljinskim upravljanjem crveno svjetlo mora treperiti za cijelo vrijeme trajanja operacije zatvaranja vrata.

5.3. MOGUĆE OPASNOSTI POVEZANE SA KORIŠTENJEM KLIZNIH VODONEPRUPUSNIH 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.

5.4. REGULACIJE SOLAS-A PO PITANJU RADA KLIZNIH VODONEPROPUSNIH VRATA

1. Sva vrata koja se pokreću na pogon moraju se moći istovremeno zatvoriti s mosta i sa stanice za zatvaranje koja se nalazi iznad vodonepropusne palube, te vrijeme zatvaranja ne smije biti duže od 60 sekundi kada je brod u uspravnom stanju.
2. Vrata moraju imati približno jednaku brzinu zatvaranja pod napajanjem. Vrijeme zatvaranja, od trenutka kad se vrata počnu zatvoriti do vremena kada se potpuno zatvore, ne smije biti ni u kojem slučaju kraće od 20 sekundi ili više od 40 sekundi, dok je brod u uspravnom stanju.
3. U slučaju ručnog zatvaranja/otvaranja vrata, za vrijeme nestanka struje, vrata se moraju zatvoriti u roku od 90 sekundi.
4. Klizna vrata s pogonom na struju moraju se moći zatvoriti prilikom nagiba broda od 15 stupnjeva na bilo koju stranu.
5. Klizna vrata s pogonom na napajanje trebaju imati lokalni zvučni alarm različit od bilo kojeg drugog alarma u tom području koji će se oglasiti najmanje 5 sekundi prije nego što se vrata počnu zatvarati, ali ne više od 10 sekundi prije nego što se vrata počnu pomicati. Zvuk bi se trebao čuti istom glasnoćom sve dok se vrata potpuno ne zatvore.
6. Kontrole za otvaranje i zatvaranje vrata trebaju biti dostupne na obje strane vrata kao i na centralnoj radnoj konzoli na mostu. Upravljačke ručke smještene su najmanje 1,6 m iznad poda na putničkim brodovima.
7. Jedinice za daljinsko upravljanje vodonepropusnim vratima na navigacijskom mostu moraju imati vizualni prikaz da li su vrata otvorena ili zatvorena. Crveno svjetlo označava da su vrata potpuno otvorena, a zeleno svjetlo da su vrata potpuno zatvorena.
8. Smjer kretanja treba biti jasno naznačen i prikazan na svim operativnim djelovima kao što su poluge, ručke i slično.

9. Postoji i sekundarna kontrolna stanica, koja se nalazi iznad pregradne palube, tako da se napajana vodootporna vrata mogu zatvoriti daljinskim putem u slučaju da požar ili poplava spriječi pristup i mogućnost da ih netko dosegne da upravlja lokalnom kontrolom.



Slika 13.Indikacijska ploča za vodonepropusna vrata

5.5. 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 / hidraulički mehanizmi
- Ventili
- Pokazatelji razine tekućine
- Brtve
- Svjetlosni indikatori

Također je važno pridržavati se uputa za održavanje napisanih od strane proizvođača. Prije izvođenja bilo kakvih radova na održavanju, trebaju se postaviti obavijesti o upozorenju.

Vrata i vodilice ne bi smjele sadržavati prljavštinu i otpale čestice. Okvir vrata i brtvilo treba čistiti redovito i prema potrebi. Brtve se mogu podmazivati silikonskim uljem ili mašću.

Kotači i ležajevi moraju biti provjereni radi prevelike potrošnje i mogućih oštećenja. Tračnice treba očistiti i provjeriti ima li oštećenja.

Hidraulički sustav treba povremeno provjeravati radi mogućeg curenja. Posebnu pozornost treba posvetiti stanju crpki, hidrauličnih cilindara, hidrauličke ručne pumpe, cijevnih spojeva. Razina ulja mora se provjeriti i po potrebi dopuniti. Hidraulično ulje i filteri moraju biti zamijenjeni prema brodskom PMS-u (Planned Maintenance System). Posebno treba paziti na bojanje vrata ili područja u blizini vrata i izbjegavati bojanje gumenih brtvi i klipnih otvora na cilindrima.

Treba obaviti podmazivanje mehaničkih dijelova, uključujući vijke za učvršćivanje, uređaj za zaključavanje te kotače i ručice na vratima. Tijekom rutinskih pregleda treba provjeriti konstrukcijska oštećenja okvira i čelične konstrukcije - pripaziti na pukotine, udubljenja ili koroziju.

Neuspjeh u pravilnom održavanju i funkcioniranju vodonepropusnih vrata može privući pažnju inspektora „Port State Control“-a i može biti uzrok zadržavanja broda.

Nedostak dijelova brtvila, curenje hidrauličkog ulja, neispravni alarmi, nedostatak indikatora prilikom zatvaranja vrata daljinskim putem samo su neki od nedostataka koji su često uočeni tijekom inspekcije.

Vodonepropusna vrata se ne smiju ni pod kojim uvjetima modificirati, kao na primjer da se izgasi zvuk alarma prilikom otvaranja/zatvaranja ili da se prilagodi brzina rada.

Stoga bi svi članovi posade trebali biti upoznati s radom vodonepropusnih vrata na brodu i sigurnosnim mjerama koje treba usvojiti. Djelovanje vodonepropusnih vrata trebalo bi biti dio obuke svakog člana posade na brodu i svaki član posade bi trebao biti uvježban neovisno o tome da li će član posade u budućnosti rukovati njima ili ne.

Vrata se ne smiju ostavljati otvorena osim ako su odgovorne osobe odlučile i dale dopuštenje za to. Držanje vodonepropusnih vrata zatvorenim bi trebala biti „dobra mornarska praksa“. Sigurnosne runde moraju osigurati cjelovitost smještaja i vodonepropusnih zona oko smještaja.

5.6. PERIODIČKE RADNJE I PREGLEDI VODONEPROPUSNIH VRATA NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

Vježbe operativnih radnji s vodonepropusnim vratima, bočnim oknima, ventilima i uređajima za zatvaranje odvodnih kanala, te otvora za pražnjenje pepela i smeća, moraju se održavati na tjednoj osnovi. Kod brodova kod kojih je vrijeme trajanja putovanja dulje od jednog tjedna, cjelovita vježba se mora izvesti prije polaska na plovidbu, a ostale potom barem jednom tjedno za vrijeme trajanja putovanja.

Rad sa svim vodonepropusnim vratima vodonepropusnih pregrada, bilo da su ovješena na šarnirima, bilo da su mehanički pokretana, a koja se koriste tijekom plovidbe, mora se provjeravati na dnevnoj osnovi.

Vodonepropusna vrata i svi uređaji i pokazivači povezani s njima, svi ventili čije je zatvaranje neophodno za osiguranje vodonepropusnosti odjeljaka, te svi ventili čiji je rad neophodan za kontrolu oštećenja i izravnavanje, moraju se periodički pregledati na moru barem jednom tjedno.

Zabilješke o svim vježbama i pregledima zahtjevanima ovim poglavljem moraju se uvoditi u službeni brodski dnevnik, s izričitim navođenjem bilo koje neriješene nepravilnosti.

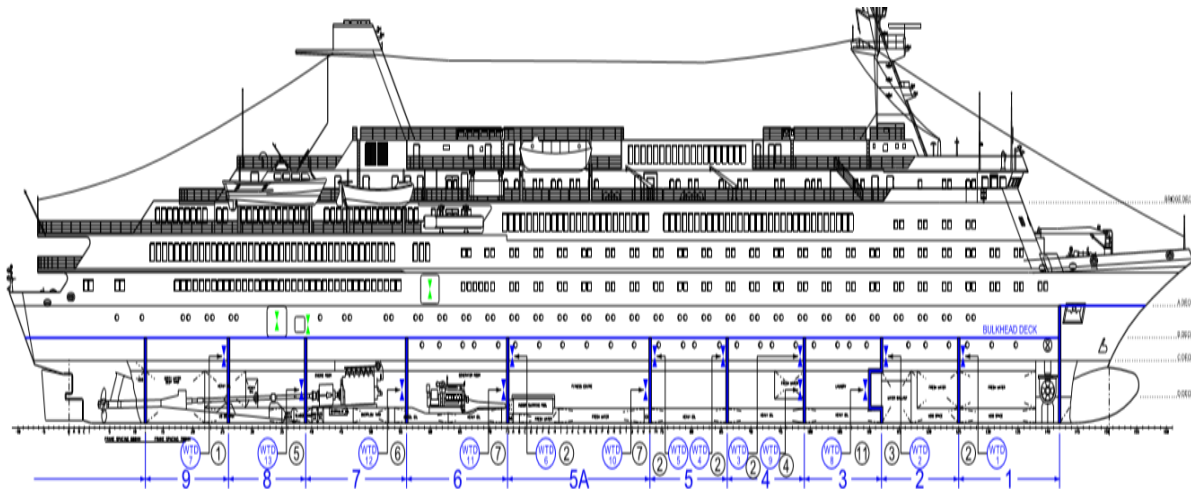
6. „MV BERLIN“ –PLAN ZA KONTROLU OŠTEĆENJA

Prema Solas konvenciji, „MV Berlin“ ima status broda koji može izdržati naplavlivanje jednog odjeljenja (engl. *one compartment ship*).

Podjela je izvršena na način da je brod podjeljen sa 12 poprečnih pregrada što rezultira u 12 vodonepropusnih odjeljenja. „B-paluba“ je definirana kao pregradna paluba i proteže se od krme do rebra broj 142 i visoka je 6.5 m iznad kobilice. Prednji dio nepropusne pregrade proteže se od 142. rebra prema pramcu u visini od 9 m iznad kobilice.

Prema izračunima za kontrolu štete najveći dozvoljeni gaz je 4.80 m.

Da bi se ostvarilo bolje simetrično naplavlivanje odjeljenja i bolja stabilnost u oštećenom stanju ugrađeni su „*Cross flooding valves*“ i „*Cross flooding openings*“. Ovi otvori i ventili su ugrađeni u odjeljenjima 3, 4, 5/5A, 6, 7, 8 i 9 te ne smiju biti blokirani i služe za smanjivanje nagiba broda nakon naplavlivanja.



Slika 14. Vodonepropusno pregrađivanje broda M/V Berlin

Radi smanjivanja nagiba broda nakon naplavlivanja, balastni tankovi u dvodnu (WB DBTs 5A PS/SB, 6 PS/SB i 7 PS/SB) su spojeni cijevima, svaki tank svome paru. Da bi izbjegli utjecaj slobodnih površina, koje utječu na stabilnost u negativnom smislu, ovi tankovi smiju biti ili potpuno prazni ili potpuno puni dok je brod u plovidbi.

To se pogotovo odnosi na tank 5A PS/SB. Ovaj tank ima GM korekciju od čak 80 cm. Da bi se izbjegle prevelike minimalne GM vrijednosti zbog asimetrije prilikom oštećenja balastnih tankova ili prilikom oštećenja bočnih tankova dizel ulja u odjeljenju br. 6 su ugrađeni ventili i

cijevi za poravnavanje između lijeve i desne strane. Ti ventili moraju uvijek biti zatvoreni osim u slučaju oštećenja ili će u suprotnom utjecaj nekontrolirane slobodne površine umanjiti stabilnost.

Preporuča se da svi balastni tankovi izuzevši „*Forepeak tank*“ budu u potpunosti prazni ili u potpunosti napunjeni za vrijeme plovidbe.

Nagib broda zbog pritiska tlaka vjetrovože izazvati nagib broda od 12 stupnjeva i zapovjednik mora poduzeti odgovarajućemjere da smanji taj negativan učinak. sustav nadzora vodonepropusnih vrata sastoji se od 13 vodonepropusnih kliznih vrata, dvostruke pumpe povezane sa centralnim upravljačkim sustavom na mostu i ručnom pumpnom stanicom za upravljanje u hitnim slučajevima koja se nalazi iznad vodonepropusne palube na palubi „B“.



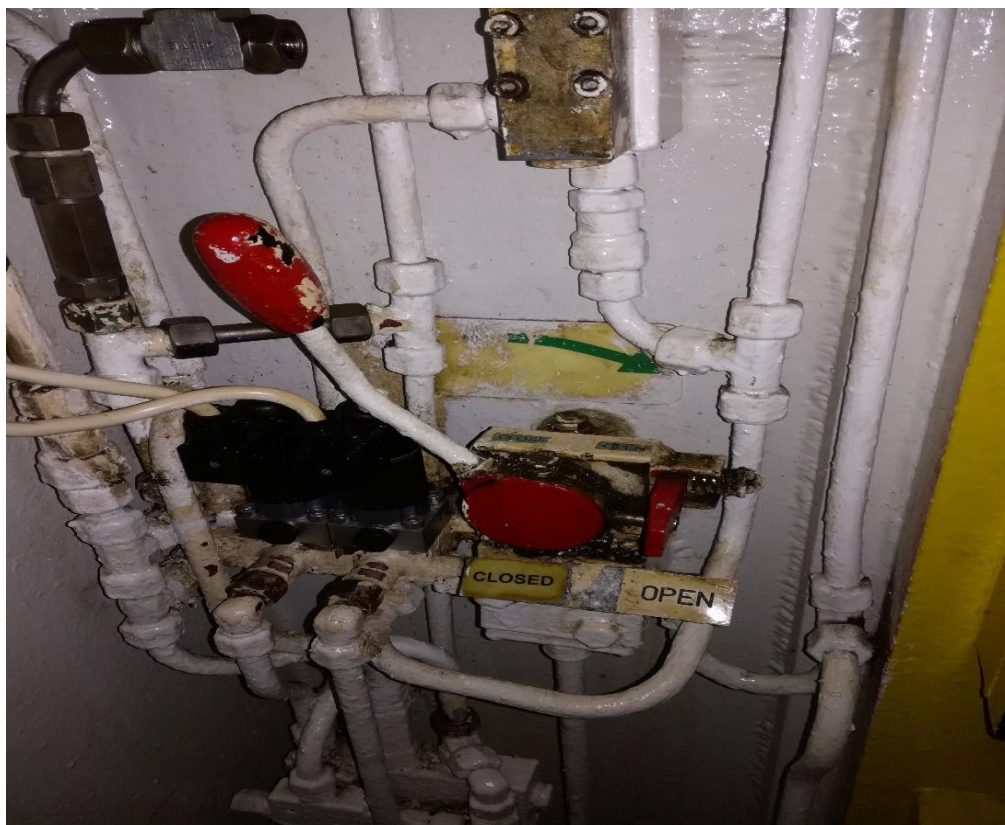
Slika 15. Primjer sustava za upravljanje vodonepropusnim vratima u slučaju nužde iznad vodonepropusne palube na putničkom brodu „Berlin“

Vodonepropusnim kliznim vratima se može upravljati sa tri lokacije a to su:

1. Sa mosta jednostavnim funkcijama zatvaranja/otvaranja vrata pojedinačno ili zatvaranjem/otvaranjem svih vrata zajedno.
2. Na lokaciji vrata, sa svake strane pregrade uz pomoć hidraulike ili u slučaju nužde, ručno pomoću poluge.
3. Hidraulične stanice za hitne slučajeve koja se nalazi iznad vodonepropusne palube na palubi „B“ u slučaju nemogućnosti prilaska vratima, pomoću ručnog aktiviranja svakih vrata pojedinačno.



Slika 16. Upute za korištenja vodonepropusnih kliznih vrata pomoći hidraulike i ručno na putničkom brodu „Berlin“



Slika 17. Ručka za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih kliznih vrata pomoću hidraulike na putničkom brodu „Berlin“



Slika 18. Prikaz ručne pumpe za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih vrata u slučaju nužde na putničkom brodu „Berlin“



Slika 19. Prikaz poluge za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih vrata u slučaju nužde na putničkom brodu „Berlin“

7. ZAKLJUČAK

Danas se javlja sve veća potreba za vodonepropusnim, to jest sigurnim putničkim brodovima čija uloga više nije samo prevoziti putnike od točke A do točke B, nego su to „plutajući hoteli“ namjenjeni turističkim svrhama. Svake godine broj putničkih brodova i kapacitet istih raste te će u slučaju nesreće isto tako rasti i broj žrtava.

Cilj završnog rada je prikazati važnost vodonepropusnosti putničkih brodova. Jednostavnom uporabom ovog sustava te redovnim održavanjem i kontrolama istog smanjuje se rizik. IMO i ostale organizacije donijele su niz propisa vezanih za sigurnost na putničkim brodovima, te je nužno pratiti njihove naputke kako bi se smanjio broj nesreća putničkih brodova.

Premda Međunarodna pomorska organizacija (IMO) konstantno radi na poboljšanju sigurnosti putničkih brodova, iskustvo je pokazalo kako se sigurnost ne može ostvariti samo usvajanjem propisa. Nužno je osigurati provođenje propisa i nadzor nad provođenjem propisa u svakodnevnom pogledu da bi se smanjio broj pomorskih nesreća.

LITERATURA

Pisani izvor:

1. Pravila za staturnu certifikaciju pomorskih brodova NN br181/2004., 146/2008., 61/2011., 56/2013., i 26/2015., Prilog 1 “Opci Zahtjevi” ; Prilog 2 “Pregradjivanje i stabilnost u ostecenom stanju putnickih i teretnih brodova”
2. SOLAS-Consolidated Edition 2018 Chapter II-1 Construction – Structure, subdivision and stability, machinery and electrical installations : Part B – 1, Part B-2, Part B-4
3. Damage Control Plan MV Berlin (ex. Spirit of Adventure)
4. IMO rezolucija A.265 (VIII), Regulations on Subdivision and Stability of Passenger Ships as Equivalent to Part B of Chapter II of International Convention for the Safety of Life at Sea, 1939., London, 1974.
5. IMO rezolucija MSC.216(82), Adoptin of Amendments to the International Convention for the Safety of Lifea at Sea, 1974, as amended
6. Damage Stability of Dry Cargo and Passenger Ships
7. IMO rezolucija MSC.281(85), Explanatory notes to the SOLAS chapter II-1 Subdivision and Damage Stability regulations

Internet izvor:

1. <http://www.marineinsight.com/naval-architecture/water-tight-bulkheads-on-shipsconstruction-and-arrangement/>
2. <https://www.marineinsight.com/marine-safety/watertight-doors-on-ships-a-general-overview/>
3. <http://www.narodnenovine.hr>
4. <http://www.joskodvornik.com/konstrukcija/konstrukcija-broda.pdf>

POPIS SLIKA

Slika 1 . Razvoj SOLAS konvencije kroz godine	11
Slika 2. Rezerva stabilnosti putničkog broda u oštećenom stanju nakon 29. 4. 1990.....	13
Slika 3. Naplavljeno odjeljenje u spoju s vodom, ograđeno s gornje strane čvrstom palubom	17
Slika 4. Naplavljeno odjeljenje nije u spoju s vodom niti je s gornje strane ograđeno čvrstom palubom.....	18
Slika 5. Naplavljeno odjeljenje je u spoju s vodom a s gornje strane nije ograđeno čvrstom palubom.....	19
Slika 6. Gubitak uzgona kod prodora.....	19
Slika 7. Dodatne poprečne pregrade.....	22
Slika 8. Sudarna pregrada.....	23
Slika 9. Položaj sudarne pregrade	24
Slika 10. Klizna vodonepropusna vrata ispod vodene linije	26
Slika 11. Ovješena nepropusna vrata	27
Slika 12. Klizna vodonepropusna vrata.....	28
Slika 13. Indikacijska ploča za vodonepropusna vrata	32
Slika 14. Vodonepropusno pregrađivanje M/V Berlin.....	35
Slika 15. Primjer sustava za upravljanje vodonepropusnim vratima u slučaju nužde iznad vodonepropusne palube na putničkom brodu „Berlin“	37
Slika 16. Upute za korištenja vodonepropusnih kliznih vrata pomoći hidraulike i ručno na putničkom brodu „Berlin“	37
Slika 17. Ručka za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih kliznih vrata pomoću hidraulike na putničkom brodu „Berlin“	38
Slika 18. Prikaz ručne pumpe za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih vrata u slučaju nužde na putničkom brodu „Berlin“	38
Slika 19. Prikaz poluge za otvaranje/zatvaranje vodonepropusnih vrata u slučaju nužde na putničkom brodu „Berlin“	39