

# Dokovanje

---

**Bilandžić, Marina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:815527>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-26**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**MARINA BILANDŽIĆ**

**DOKOVANJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA**

**DOKOVANJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**dr. sc. Tina Perić**

**STUDENT:**

**Marina Bilandžić**  
**(MB: 0171275564)**

**SPLIT, 2021.**

## SAŽETAK

Ishod automatizacije brodova je sve veća posvećenost održavanju brodova. Iako postoje različiti načini održavanja za različite vrste brodova, dokovanje je zajedničko svim brodovima. U ovom radu su istražene sve radnje i aktivnosti koje se izvršavaju prije i tijekom procesa dokovanja. Zbog što veće transparentnosti, srodne radnje su podijeljene u skupine te je se svaka pojedinačno detaljno opisana. Isto tako, prikazane su sve vrste dokova te oprema potrebna da bi se brod uspješno dokovao. Također, provedeni su i određeni izračuni potkrijepljeni pripadajućim formulama koji donose prikaz stabilnosti broda u doku, odnosno samog procesa dokovanja koji je iznimno važan za sigurnost dokovanja.

**Ključne riječi:** *brod, održavanje broda, dokovanje, vrste doka, stabilnost dokovanja*

## ABSTRACT

The outcome of ship automation is an increasing commitment to ship maintenance. Although there are different ways of maintenance for different types of ships, dry dock is common to all ships. In this paper all actions and activities that are performed before and during the docking process were investigated. Due to greater transparency, related actions were divided into groups, and each was individually described in detail. Also, all types of dry docks and necessary equipment for successful docking were shown. As an example, calculations of a certain ship's stability in the dock were performed using corresponding formulas that show the importance of stability of the ship in the dock and respectively the docking itself.

**Keywords:** *ship, ship maintenance, dry dock, types of dry dock, docking stability*

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PRAVNI OKVIR ODRŽAVANJA BRODOVA</b> .....	<b>2</b>
2.1. KLASIFIKACIJA BRODOVA .....	2
2.2. PREGLEDI BRODOVA .....	3
<b>3. DEFINICIJA I POJAM DOKOVANJA</b> .....	<b>5</b>
<b>4. VRSTE DOKOVA</b> .....	<b>6</b>
4.1. SYNCRO-LIFT .....	6
4.2. PLUTAJUĆI DOK .....	7
4.3. SUHI DOK.....	10
<b>5. OPIS PRIPREME DOKOVANJA</b> .....	<b>13</b>
5.1. GANTOGRAM DOKOVANJA .....	16
<b>6. OPREMA RADNIH POVRŠINA ZA DOKOVANJE BRODA</b> .....	<b>17</b>
6.1. DRVENE POTKLADE .....	17
6.2. KOMBINIRANE POTKLADE .....	18
6.3. BOČNA SEDLA.....	18
6.4. BOČNI PODUPIRAČI.....	18
<b>7. RADOVI U DOKU</b> .....	<b>19</b>
7.1. MALI REMONT.....	20
7.2. VELIKI REMONT .....	20
<b>8. ODRŽAVANJE I PREGLED BRODSKIH SUSTAVA I OPREME U DOKU</b> .....	<b>22</b>
8.1. PREGLED (DEFEKTACIJA) BRODSKOG TRUPA .....	22
8.2. ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA BRODSKOG TRUPA ZAŠTITNIM PREMAZIMA.....	22
8.3. PREGLED BRODSKIH TANKOVA .....	24
8.4. PREGLED I ODRŽAVANJE GLAVNOG MOTORA.....	24
8.5. PREGLED KORMILA .....	24
8.6. PREGLED BRODSKOG VIJKA I OSOVINE.....	25
8.7. PREGLED OPREME ZA SIDRENJE .....	26

8.8.	PREGLED OPLATNIH VENTILA I PRIKLJUČAKA.....	26
8.9.	PREGLED I ČIŠĆENJE BRODSKIH USISNIH KOŠARA.....	26
9.	STABILITET DOKOVANJA .....	28
9.1.	DEFINIRANI KRITERIJI STABILNOSTI .....	29
9.2.	STABILNOST BRODA PRILIKOM PRISTAJANJA U DOK.....	29
9.3.	ISPITIVANJE NAGIBA BRODA PRILIKOM DOKOVANJA.....	31
9.4.	STABILITET PLUTAJUĆEG DOKA .....	32
9.5.	STABILITET BRODA U DOKU .....	35
9.5.1.	Stabilitet broda u doku – primjer .....	35
10.	ZAKLJUČAK .....	37
	LITERATURA .....	38
	POPIS SLIKA.....	39

## 1. UVOD

U svakom poslovnom sustavu, pa tako i u sustavu brodarstva, održavanje zauzima veoma važno i značajno mjesto. To je rezultat novijih shvaćanja o značaju održavanja. Naime, ne tako davno održavanje se shvaćalo kao sporedna djelatnost čiji je utjecaj na efikasnost poslovanja smatran beznačajnim. Održavanje broda se definira kao stalna kontrola nad svim podsistemima broda kao tehničkom sustav kao i izvršavanje određenih popravaka i preventivnih radnji, čiji je cilj stalno funkcionalno osposobljavanje i očuvanje istih. Kvalitetno održavanje i eksploatacija broda značajno doprinose povećanju prihoda i smanjenju troškova, zbog čega se u brodskim poduzećima neprekidno radi na unapređenju kvalitete izvršavanja ovih važnih funkcija. Sam proces dokovanja zahtjeva širok spektar aktivnosti koje uključuje angažman posade, samog poduzeća koje upravlja brodom, brodovlasnika, klasifikacijskog društva, administracije i svih ostalih zainteresiranih stranki koje direktno ili indirektno sudjeluju u procesu dokovanja broda. Razlog izvlačenja broda na kopno je najčešće zakonska obveza, a poslovi koji se pritom obavljaju su: čišćenje i bojanje podvodne oplata; pregledi i popravci podvodnog dijela brodskog korita, kormila i propelera; pregleda podvodnih ventila katodne zaštite i slično. Svrha rada je detaljno objasniti važnost i ulogu dokovanja u održavanju broda. Isto tako, cilj ovog rada je istražiti i objasniti koje vrste doka postoje, koji se pripremni postupci obavljaju prije samog čina dokovanja te detaljno opisati sve dokovinske radove.

Rad je podijeljen osam logički povezanih cjelina, uvod i zaključak. U prvom poglavlju definira se klasifikacija brodova te pregledi kojima brod podliježe tijekom svog životnog vijeka. Točna definicija dokovanja i općepoznate činjenice o dokovanju su objašnjene u drugoj cjelini. Treća cjelina prikazuje podjelu dokova i detaljno se opisuje svaki navedeni dok. Svi postupci koji se obavljaju neposredno prije samog postupka dokovanja broda su objašnjeni u poglavlju četiri. U petoj cjelini se navodi i opisuje sva oprema koja je potrebna da bi se brod dokovao. Radovi u doku, odnosno detaljno opisan mali i veliki remont broda, su definirani u šestoj cjelini. Svi radovi vezani za pregled i održavanje brodskih sustava i opreme broda su detaljno prikazani i potkrijepljeni fotografijama u sedmom poglavlju. U osmom, posljednjem, poglavlju se definiraju formule i provode izračuni koji prikazuju stabilnost broda u doku i stabilnost samog dokovanja.

## **2. PRAVNI OKVIR ODRŽAVANJA BRODOVA**

### **2.1. KLASIFIKACIJA BRODOVA**

Brodovi su klasificirani u skladu s Pravilima i propisima klasifikacijskog društva, te im je dodijeljen razred u Registru brodova. Pod uvjetom da se pregledom i inspekcijom utvrdi da se brodovi održavaju u skladu s Pravilima klasifikacijskog društva, zadržavaju svoju klasu. Svi nedostaci koji se uoče na brodu, trupu ili strojevima, moraju biti prijavljeni Klasifikacijskom društvu iz razloga što mogu dovesti do poništavanja uvjeta koje klasa broda propisuje.

Pod pojmom klasifikacije broda se podrazumijeva sustav ocjenjivanja prema njegovim tehničkim karakteristikama i stupnju očuvanosti koji se izražava klasifikacijskim oznakama. Klasifikacija broda nastala je iz potrebe kako bi svi zainteresirani u pomorskom poslovanju (brodari, osiguratelji i slično) mogu pribaviti pouzdane i stručne podatke o kvaliteti pojedinog broda.

U slučaju kršenja klasifikacijskih pravila i propisa, svjedodžba o klasi broda može biti povučena. Također, u slučaju da brod plovi vodama za koje nije klasificiran, plovi preopterećen teretom ili pogrešno označenim teretom, klasa može biti suspendirana. Odgovornost vlasnika broda je da osigura pregled broda u odgovarajuće vrijeme, obično u skladu s rasporedom pregleda koji se utvrđuje još za vrijeme gradnje samog broda. Obavijest za pregled broda tada izdaje Klasifikacijsko društvo u pisanom obliku ili računalnom ispisu. [4]

Osnovna svrha klasifikacijskih društava je izrada propisa koji se zasnivaju na: postojećim međunarodnim konvencijama; iskustvu i istraživanjima vezanim za nadgledanje izgradnje brodova, materijala koji se koriste u gradnji, ljudi koji sudjeluju u gradnji i primijenjenim strojevima i uređajima koji se koriste u gradnji. Klasifikacijska društva, pored nadgledanja gradnje novih brodova, vrše stalne kontrole na postojećim brodovima kako bi se uvjerali u njihovu ispravnost i sigurnost, odnosno kako bi se uvjerali da brodovi i dalje zadovoljavaju njihove zahtjeve. Klasifikacijska društva su, po definiciji, neprofitne tehničke institucije koje kao neutralne ustanove pored navedenih zadaća obavljaju i određene poslove (npr. baždarenje brodova) na zahtjev pojedinih vlada [2].



Klasa se dodjeljuje plovilu nakon završetka zadovoljavajućeg pregleda nacrtu i pregleda tijekom gradnje poduzete kako bi se provjerilo poštivanje Pravila Društva. Na primjer, Hrvatski registar brodova izdaje svjedodžbu o klasi onog trenutka kada je zadovoljen završetak nadzora. Svjedodžba vrijedi pet godina, ali je potrebno obavljati periodične preglede kako bi se utvrdila sigurnost plovidbe bez opasnosti za brod, ljude, teret i okoliš. Za postojeća plovila, specifični postupci primjenjuju se kada se prenose uz jedne u drugu klasu [7].

Postupak klasifikacije podrazumijeva:

- podnošenje zahtjeva za klasifikaciju
- kontrolu i pregled tehničke dokumentacije
- ispitivanje materijala i komponenti
- nadgledanje izgradnje
- obavljanje testova prije i tijekom probne vožnje
- izdavanje klase
- kontrolu broda u službi
- vrijeme trajanja klase
- istek i obnova klase. [4]

## 2.2. PREGLEDI BRODOVA

Tipovi pregleda kojima klasificirani brodovi podliježu su:

1. **Osnovni pregled** se obavlja prije upisa broda u Registar brodova, a u svrhu utvrđivanja sposobnosti broda za plovidbu. Osnovni pregled obuhvaća provjeru strojeva, trupa, opreme i uređaja ugrađenih u brod. Nakon obavljenog osnovnog pregleda brodu se izdaje klasa u trajanju od pet godina, što znači da je osnovni pregled vrlo opsežan jer se njime želi utvrditi je li brod sposoban i siguran obavljati svoju službu u idućih pet godina.
2. **Redovni pregled** je obavezni pregled kojem podliježe postojeći brod u propisanim vremenskim razmacima, te se može obaviti jednom ili postupno tijekom propisanog vremenskog razdoblja. U okviru redovnih pregleda razlikujemo:

- a. Godišnji pregled je opći pregled broda i njegove opreme koji se obavlja svake godine. Godišnji pregled se može obaviti u periodu od tri mjeseca prije do tri mjeseca nakon svake godišnjice dospijeća određene svjedodžbe koja je dodijeljena brodu.
  - b. Međupregled se obavlja unutar određenih rokova, obično na polovini između dva redovna pregleda. To je pregled određenih stavki koje se odnose na pojedinu svjedodžbu, a u svrhu utvrđivanja da se spomenute određene stavke održavaju.
  - c. Periodični pregled je pregled određenih stavki koje se odnose na Svjedodžbu o sigurnosti radio opreme teretnog broda i Svjedodžbu o sigurnosti opreme teretnog broda. Periodični pregled se može obaviti u periodu od tri mjeseca prije do tri mjeseca nakon druge ili treće godišnjice dospijeća pregleda za Svjedodžbu o sigurnosti opreme teretnog broda, te u periodu od tri mjeseca prije do tri mjeseca nakon svake godišnjice pregleda za Svjedodžbu o sigurnosti radio opreme teretnog broda i Svjedodžbe o sigurnosti brzog plovila.
3. **Pregled vezan uz obnovu svjedodžbe** je potpuni pregled svih stavki obuhvaćenih svjedodžbom u trenutku kada je svjedodžbu potrebno obnoviti. Cilj ovog pregleda je utvrditi je li brod u stanju u kojem je bio prvi put kad mu je dodijeljena određena svjedodžba, te hoće li se na temelju toga svjedodžba produžiti.
  4. **Izvanredni pregled** je svaki pregled koji nije osnovni ili redovni, a koji se obavlja u slučaju nekih izvanrednih situacija kao što je sudar, nasukavanje ili slično [4].

### 3. DEFINICIJA I POJAM DOKOVANJA

Od trenutka porinuća, tijekom svih godina eksploatacije, pa sve do kraja vijeka trajanja svaki brod se održava na specifičan način. Ipak, za svaki brod je zajedničko održavanje dokovanjem, bez obzira je li se dokovanje izvodi zbog premazivanja podvodnog dijela broda, izmjene dijela trupa, popravaka u strojnom postrojenju, popravaka u slučaju sudara, nasukanja ili propuštanja vode.

Dokovanje je postupak kojim se brod izvlači izvan doticaja morske vode u svrhu pregleda ili održavanja podvodnog dijela broskog trupa i brodske opreme koja se nalazi uronjena u more. To je, u suštini, preventivan način održavanja ali i način održavanja kada su neki sustavi otkazali ili su u lošem stanju pa ih treba mijenjati ili popravljati. U oba slučaja, sam proces dokovanja je veoma složen i obuhvaća velik broj radnji vezanih za pripremu dokovanja, dokovanje samo po sebi, stanje broda u doku i njegovo održavanje u doku, pripremu za izdokovanje i izdokovanje.

Za proces dokovanja je potreban jako velik broj ljudi te njihova stručnost i odgovornost pri svakoj radnji u doku. Potreban je ronilac koji nadgleda postavljanje potklada i podupirača ispod broda; peljar i ostali koji tegljačima vuču brod u dok; radnici koji su zaduženi za popravke i zamjene i kontrolu; te sam nadzornik. Svi navedeni trebaju dobro znati svoja zaduženja i imati određeni razinu kompetentnosti za obavljanje svojih zadataka.

Dokovanje se obavlja periodično ovisno o klasifikacijskim zahtjevima, starosti broda, potrebnim radovima i postojećim problemima na brodu. Kod putničkih brodova se dokovanje zahtjeva jednom godišnje, dok se kod teretnih brodova dokovanje izvodi dva puta tijekom petogodišnjeg ciklusa broda.

Za vrijeme dokovanja brod nema prihoda, a fiksni i operativni troškovi i dalje teku. Cijena čišćenja i premazivanja u doku obuhvaća troškove (USD/DWT/danu): čišćenja, premaznog materijala, aplikacije, infrastrukturnih i energetske troškova dokovanja (usluga tegljača i slično) [5].

## 4. VRSTE DOKOVA

Postoje tri vrste doka koje se mogu koristiti za samu operaciju dokovanja, a to su:

- syncro-lift (engl. *syncrolift*)
- plutajući dok (engl. *floating dock*)
- suhi dok (engl. *dry dock*).

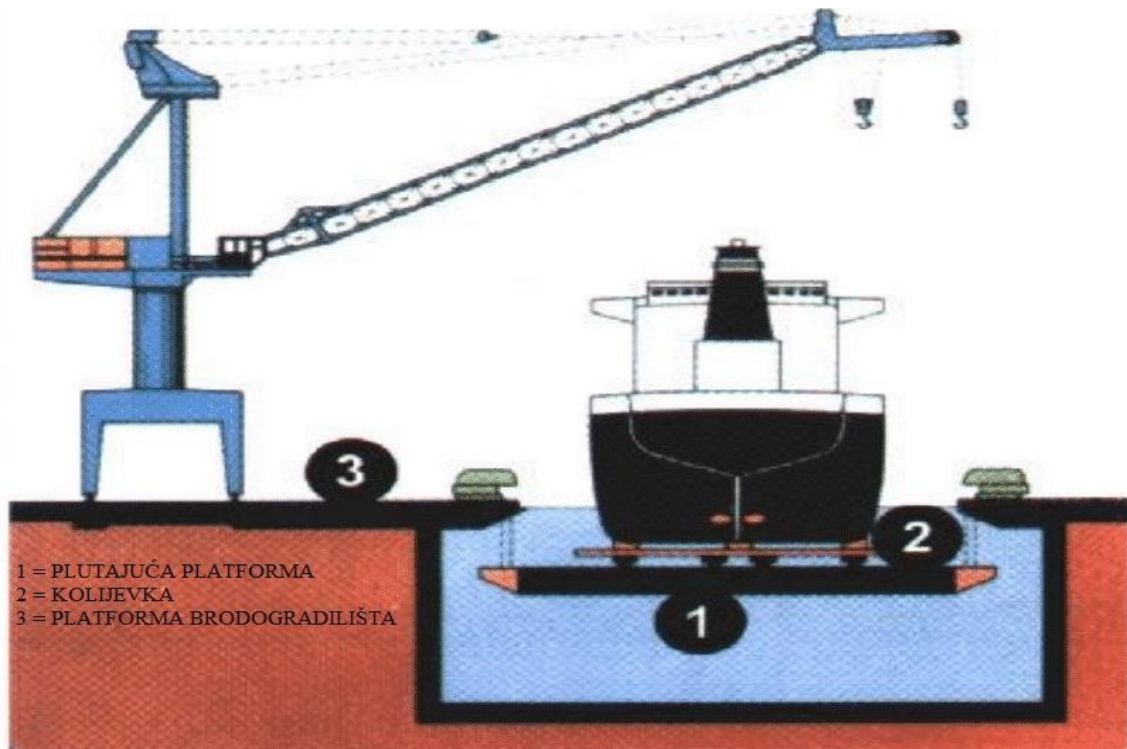
### 4.1. SYNCRO-LIFT

Ova vrsta doka predstavlja sustav dokovanja koji se koristi isključivo za remont manjih plovnih objekata i tegljača. Isto tako, ova vrsta dokovanje se opisuje i kao najmodernija metoda kojom se brod izvlači iz morske vode u suvremenoj pomorskoj tehnologiji. Na slici 1 prikazana je oprema syncro-lifta. Syncro-lift se sastoji od:

- plutajuće platforme
- snažnih vitala koja sinkronizirano dižu i spuštaju plutajuću platformu
- sustava upravljanja i kontrole vitala
- čeličnih užadi.

Plutajuća platforma je s gornje strane obložena drvom i nalazi se između dva međusobno razmaknuta mola. U syncro-lift je ugrađena serija žica koje se postavljaju ispod trupa plovnog objekta te omogućuju njegovo podizanje. Također, syncro-lift je moguće pokrenuti i dovesti do mjesta na kopnu gdje se plovni objekt može postaviti, odnosno spustiti na potklade [6].

Treba naglasiti da se je s ovom vrstom doka lakše pogriješiti nego s plutajućim dokom i suhim dokom te mu je potrebno posvetiti veći stupanj održavanja nego ostalim spomenutim vrstama doka. Sama platforma, brojna vitla za podizanje te vitla za bočno povlačenje zahtijevaju redovite aktivnosti održavanja. Na slici 2 prikazan je brod u syncro-liftu [4].



Slika 1. Oprema syncro-lifta [6]



Slika 2. Brod u syncro-liftu [4]

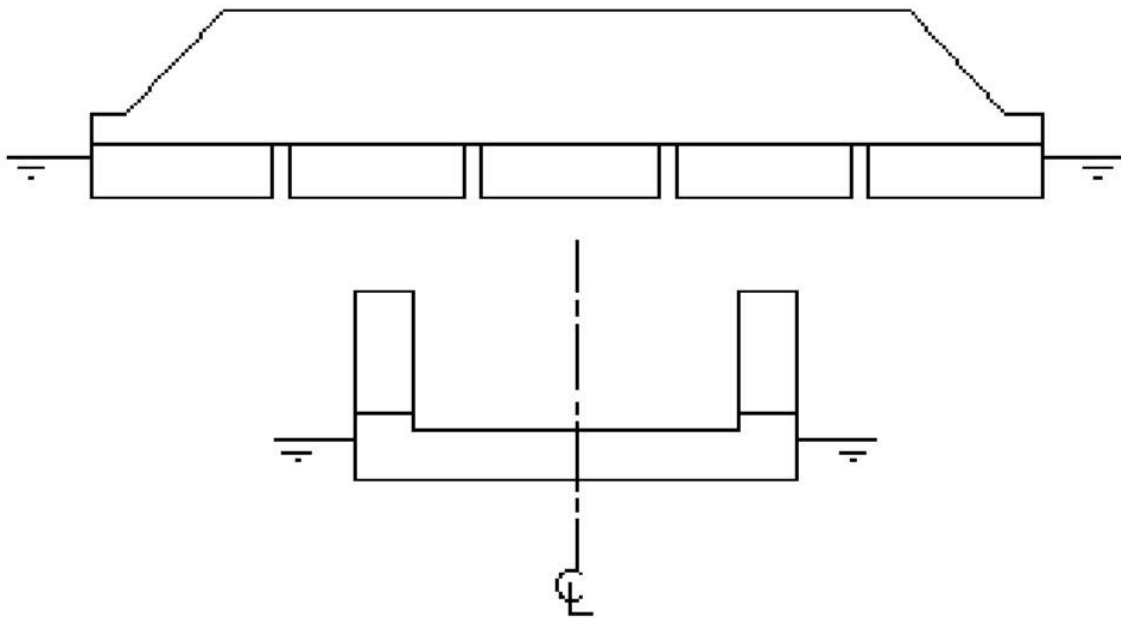
#### 4.2. PLUTAJUĆI DOK

Plutajući dok je plovni objekt s većim dimenzijama i deplasmanom od broda kojeg podiže iz vode putem manevriranja vlastitom zalihom deplasmana.

Konstrukcija ove vrste doka se sastoji od:

- pontona i
- tornjeva.

Pontoni su horizontalni konstruktivni elementi na koje brod nasjeda kad se dokuje. Tornjevi ili nadgrađa su vertikalni konstruktivni elementi koji se nalaze po boku broda i služe za: smještaj pogonskog uređaja za pumpe i ostale drenažne naprave, održavanje potrebnog stabiliteta, podupiranje broda kod dokovanja te održavanje potrebne uzdužne čvrstoće. Na slici 3 prikazana je konstrukcija plutajućeg doka [6].



**Slika 3. Konstrukcija plutajućeg doka: pontoni i tornjevi [8]**

Što se tiče vremena potrebnog za dokovanje, u plutajućim dokovima se dokovanje broda izvodi znatno duže (1-3 sata), nego kod suhih dokova (6-10 sati). S druge strane, što se tiče troškova održavanja doka, godišnji trošak održavanja plutajućih dokova je veći (1-4% početnih troškova), dok je kod suhih dokova manji (1-2% početnih troškova) [5]. Na slici 4 prikazan je brod u plutajućem doku.



**Slika 4. Brod u plutajućem doku [4]**

U opremu plutajućeg doka spada [6]:

**1. Oprema za balastiranje/debalastiranje:**

- balastne pumpe
- cjevovod za balastiranje/debalastiranje
- ventili i oprema za daljinsko upravljanje ventilima.

**2. Cjevovodi opće službe:**

- za protupožarnu zaštitu
- za pranje i čišćenje
- za acetalin, kisik i komprimirani zrak.

**3. Električna energija:**

Najčešće se dovodi s kopna, ali plutajući dokovi mogu biti opskrbljeni i vlastitim dizel-električnim generatorima.

**4. Ostala oprema plutajućeg doka:**

- oprema za sidrenje i vez doka
- oprema za uvlačenje, smještaj i učvršćivanje broda u plutajućem doku.

Pripremni postupak operacije dokovanja ovisi o karakteristikama objekta koji se dokuje, a na samoj realizaciji sudjeluje 15 osoba. Odgovorna osoba u doku je upravitelj doka, a u njegovoj odsutnosti dežurni strojar.

Zapovjednik plovnog objekta treba upravitelju doka dati na uvid potrebnu dokumentaciju:

- osnovne tehničke podatke o plovnom objektu
- podatke o stanju masa na brodu
- gaz na pramcu i krmu broda
- stanje plovnog objekta u pogledu stabilnosti (metacentarska visina broda).

Potapanje plutajućeg doka se sastoji u naplavlivanju tankova broda. S upravljačkog mjesta se prati pramčani i krmni gaz, uzdužni i poprečni nagib te izvijanje i savijanje plutajućeg doka. Kako bi plovni objekt ušao u plutajući dok potrebno je tegliti ga. Nakon toga se vrši pozicioniranje plovnog objekta u uzdužnom i poprečnom smjeru. Zatim slijedi dizanje doka ispuštanjem vode iz njegovih tankova i korekcija pozicioniranja. Završni posao pri izvođenju operacije dokovanja u plutajućem doku je postavljanje bočnih potklada [4].

### **4.3. SUHI DOK**

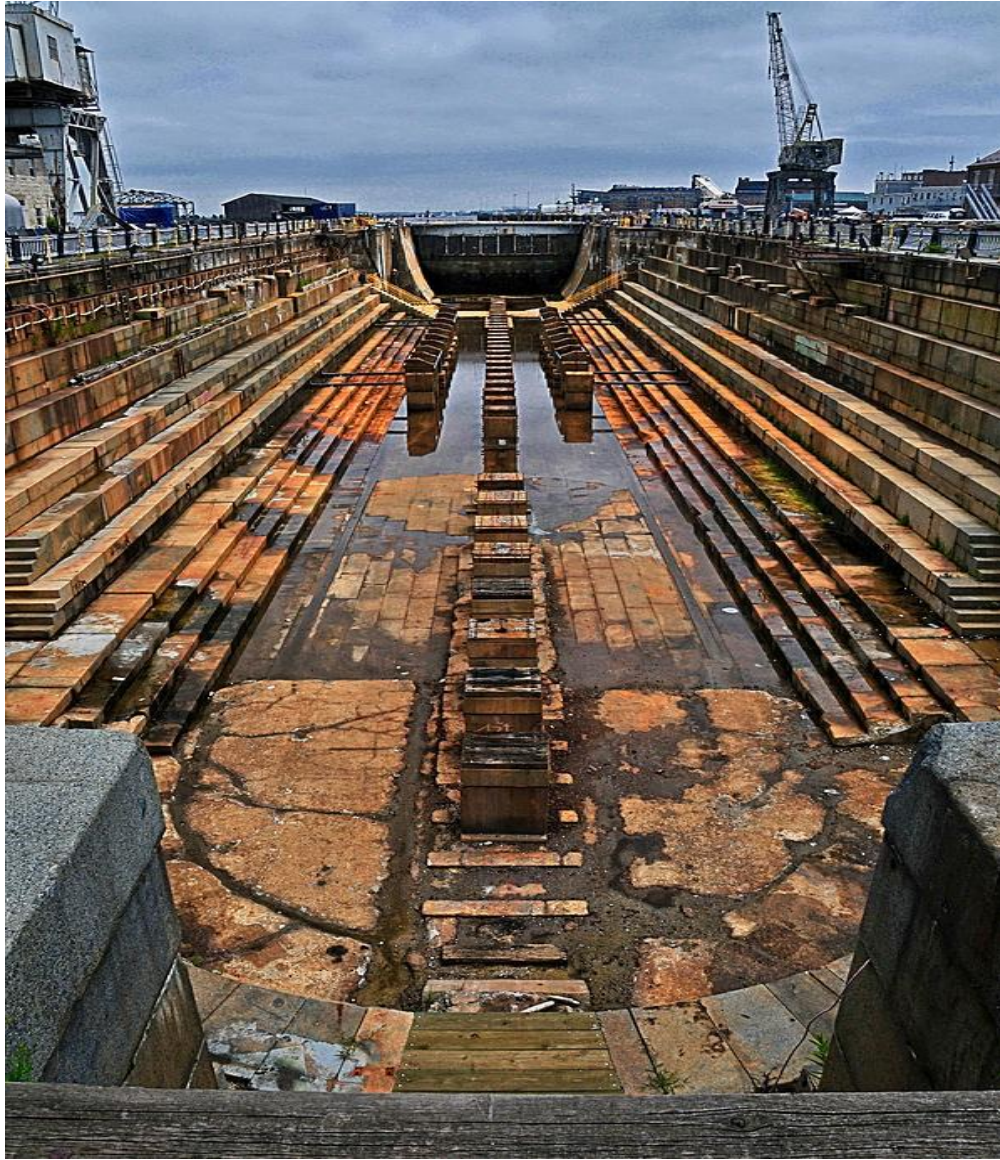
Ova vrsta doka se obično gradi na kopnu u blizini obalnih voda od armiranog betona. Na prednjoj, morskoj strani doka ugrađena je dvokrilna kapija opremljena odvodnim ventilima koji omogućavaju ulazak vode.

Suhi dok se sastoji od [6]:

- ustava (engl. *lock*)
- potklada (engl. *block*)
- zidova i vrata.

Proces dokovanja u suhom doku započinje postavljanjem potklada, tako da se brod može osloniti na njih kada se ispumpa voda iz doka. Na slici 5 prikazano je korito suhog doka. Kao potklade se postavljaju blokovi od čelika, željeza, betona, drveta ili najčešće njihova kombinacija kako bi se što bolje prilagodile trupu broda. Nakon što se potklade postave u određenu formaciju, otvaraju se ventili i dok se naplavljuje vodom. Na slici 6 prikazano je naplavljeno korito suhog doka. Lučki tegljači najčešće asistiraju operaciji dokovanja u suhom doku. Nakon ulaska broda u dok, pomoću hidraulike se zatvaraju velike čelične kapije i tako omogućava odvajanje unutrašnjosti doka od mora.





**Slika 5. Korito suhog doka [4]**

Na slici 7 prikazan je brod u suhom doku. Nakon toga, pokreću se pumpe velikog kapaciteta koje ispumpavaju vodu iz doka nazad u more. Operacija ispumpavanja može potrajati određeni vremenski period, ovisno o snazi i kapacitetu pumpi koje posjeduje suhi dok. Tijekom ispumpavanja, angažira se određena skupina ronilaca koji provjeravaju je li brodski trup “legao” na postavljenu formaciju potklada. Potklade se određuju pomoću dijagrama koji pokazuje oblik trupa broda koji se planira dokovati [4].



**Slika 6. Naplavljeno korito suhog doka [4]**



**Slika 7. Brod u suhom doku [4]**

## 5. OPIS PRIPREME DOKOVANJA

Pripremni postupak, kao i samo dokovanje ovise o karakteristikama dokovanog objekta, a na realizaciji je angažirano više djelatnika raznih zanimanja. Upravitelj doka je odgovorna osoba koja organizira rad.. Pripremni postupak sastoji se od više faza. Upravitelj doka sa zapovjednikom objekta, a po potrebi i sa voditeljem objekta utvrđuje uvjete (eng. *docking condition*), koje objekt treba zadovoljiti za ulazak u dok, prema tehničkim uputama za eksploataciju doka. Zapovjednik je dužan ispuniti tzv. Upitnik koji sadrži osnovne tehničke podatke o objektu, stanje težina (prazan brod, balast, gorivo, voda, ostale težine, ukupna težina), gaz na pramcu i krmi, stanje objekta u pogledu stabiliteta (MG), zahtjevi u odnosu na opskrbu električnom energijom, vodom i drugo.

Zapovjednik treba upravitelju doka dati na uvid i potrebne nacрте. Osnovni nacrt je Plan dokovanja. Na njemu se vidi forma trupa objekta, smještaj armature na trupu (usisne košare, dubinomjer, brzinomjer, čepovi tankova, ljuljne kobilice, stabilizatori), te se na osnovu toga odredi položaj objekta u doku i vrši razmještaj centralnih i bočnih podklada. Iz Plana dokovanja određuje se i položaj Plimsol oznake, koja se koristi za pozicioniranje objekta u doku. Kod određivanja položaja objekta u doku u uzdužnom smislu, osnovni zahtjev odnosi se na položaj težišta objekta u odnosu na težište doka. U idealnom slučaju trebali bi se poklapati. Teži se da razlika bude što manja, osobito kad je istisnina objekta blizu maksimalnoj nosivosti doka. U slučaju dokovanja objekta nespecifičnih veličina u pogledu dužine, širine, istisnine, trima, raspored težina, konzultira se Konstrukcioni ured brodogradilišta. U poprečnom smislu simetrale doka i objekta moraju se poklapati. Svi parametri koji određuju položaj objekta u doku, kao i sve radnje izvršene na pripremi dokovanja upisuju se u Karton koji se koristi prilikom slijedećeg dokovanja istog objekta ili za slične slučajeve. Pripremne radnje za ulazak broda u dok uključuju: potapanje doka na određeni gaz, ovisno o gasu broda, pripremu priteznih vitala, konopa za tegalj, čelik-čela (čeličnih užadi) za pozicioniranje broda u doku. Dok se potapa naplavlivanjem balastnih tankova sa centralnog upravljačkog mjesta. Operater je dežurni strojar pod nadzorom upravitelja doka. Prilikom potapanja prate se instrumenti koji pokazuju pramčani i krmeni gaz, uzdužni i poprečni nagib, izvijanje i savijanje doka. Sve veličine moraju biti u skladu sa tehničkim uputstvima i vrši se stalna korekcija. Za ulazak objekta u dok koriste se pritezna vitla na pramcu doka i konopi za tegalj. Po ulasku, objekt se pozicionira u uzdužnom i

poprečnom smislu na poziciju definiranu u pripremnom postupku. Pozicioniranje se vrši pomoću čelik-čela i priteznih vitla na pramcu i krmi doka.

Uzdužno pozicioniranje određeno je položajem Plimsol oznake u odnosu na oznaku glavnog rebra doka, a poprečno, prema oznakama na centralnim podkladama ili mjerenjem udaljenosti paralelnog srednjaka na pramčanom i krmenom dijelu od tornja doka. Po završetku pozicioniranja diže se dok otvaranjem izlaznih ventila balasta i ventila balastnih tankova te uključivanjem balastnih sisaljki. Do momenta dodira kobilice objekta i centralnih podklada doka vrši se korekcija pozicioniranja. Radom balastnih sisaljki i ventila balasta upravlja dežurni strojar (ili električar doka) prema uputama upravitelja doka. Tijekom dizanja doka stalno se prati stanje sustava objekt-dok i vrši korekcija uzdužnog i poprečnog nagiba i savijanja. Ovisno o formi podvodnog dijela objekta podižu se bočne podklade koje ga osiguravaju od naginjanja budući da izranjanjem postepeno gubi vlastiti stabilitet. Broj upotrebljenih bočnih podklada kao i veličine sila kojima su opterećene bilježe se u poseban formular.

Točno vrijeme svake faze u procesu dokovanja od ulaska objekta u dok do završetka dokovanja upisuje se u Protokol dokovanja koji se pohranjuje u Karton dotičnog objekta. Na slici 8 prikazan je Protokol dokovanja. Neposredno nakon dokovanja pregledava se stanje objekta na doku. Po potrebi izvrši se dodatno podklađivanje. Objekt se upisuje u Knjigu dokovanih brodova, koja sadrži osnovne karakteristike objekta, vrijeme dokovanja i izdokovanja [1].

Brodogradilište  
"VIKTOR LENAC"

IME BRODA \_\_\_\_\_  
 LUKA PRIPADNOSTI \_\_\_\_\_  
 BRT \_\_\_\_\_ NRT \_\_\_\_\_  
 DUŽINA \_\_\_\_\_ ŠIRINA \_\_\_\_\_  
 GAZ pramac: \_\_\_\_\_ krma: \_\_\_\_\_

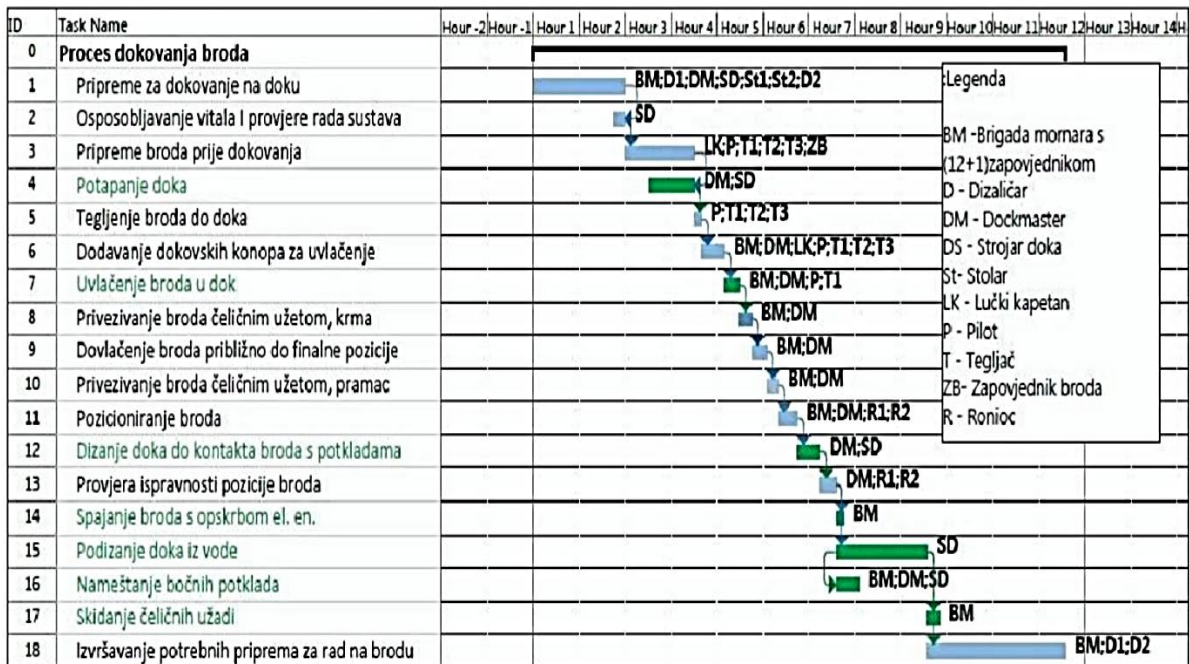
Radni nalog:  
Nalog za dokovanje:

Dokovanje	Vrijeme	Izdokovanje	Vrijeme
Datum:		Datum:	
Vodostaj:		Vodostaj:	
Gaz doka pramac: _____ Krma: _____		Siz sa broda: Početak plavljenja doka:	
Nagib doka:		Voda do vrha potklada:	
Trim doka:		Prestanak plavljenja radi pregleda podvodnog dijela broda	
Brod u doku:		Završen pregled podvodnog dijela broda I nastavak plavljenja	
Pilot sa broda:		Brod pliva:	
Brod centriran:		Iskopčana struja:	
Početak pumpanja:		Raspojen vatrogasni vod:	
Brod sjedi na potkladama:		Raspojena slatka voda:	
Postavljene bočne potklade:		Pogašen agregat za davanje struje brodu:	
Dok na suhom:		Gaz doka pramac: _____ Krma: _____	
Završetak pumpanja:		Nagib doka:	
Gaz doka pramac: _____ Krma: _____		Trim doka:	
Defleksija optičko-hidraulička Konkavno: _____ cm Konveksno: _____ cm		Brod spreman za izdokovanje:	
Postavljen siz:		Pilot na brod:	
Ukopčana struja: _____ V		Defleksija optičko-hidraulička Konkavno: _____ cm Konveksno: _____ cm	
Spojen vatrogasni vod:		Brod iz doka:	
Spojena slatka voda:			
Upućen agregat za davanje struje:			
Oštećenja doka za vrijeme dokovanja:		Oštećenja doka za vrijeme izdokovanja:	
Opaska razlog čekanja dokovanja I drugo:		Opaska razlog čekanja izdokovanja I drugo:	
Dok majstor:		Dok majstor:	

Slika 8. Protokol dokovanja [1]

## 5.1. GANTOGRAM DOKOVANJA

Izrada gantogram dokovanja je od izuzetne važnosti da bi se iz njega mogla uvidjeti moguća poboljšanja u samom dokovanju. Na slici 9 prikazan je gantogram dokovanja. Gantogram je podijeljen u 18 bitnih procesa, i njime su opisani svi radovi koji se vrše na doku ili su usko vezani za radove na doku, u obzir se nije uzelo potrebno vrijeme za izvršavanje administrativnih radova.

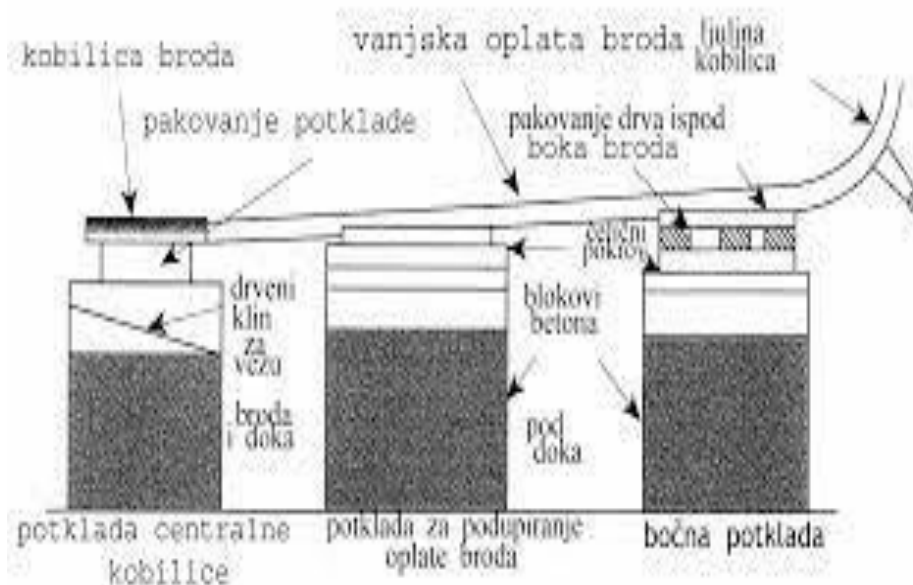


Slika 9. Gantogram dokovanja [1]

U gantogramu se dodavanje novih vrijednosti označava zelenom bojom, dok su procesi koji ne ostvaruju nikakve dodane vrijednosti označeni crnom, odnosno plavom bojom. Različito su označeni jer se pokušava smanjiti količina nedodanih vrijednosti kroz optimiziranje cjelokupnog procesa [1].

## 6. OPREMA RADNIH POVRŠINA ZA DOKOVANJE BRODA

Potklade se, po pravilu, postavljaju ispod svakog drugog rebra. Njihova najmanja visina je 1,2 metra, a za veće brodove 1.5-2 metra, tako da se ispod brodova može raditi stojeći. Potklade se obično postavljaju ispod jakih strukturnih elemenata, prvenstveno ispod kobilice i uzdužnih i poprečnih pregrada. Ukoliko brod nema uzdužne pregrade, onda se potklade postavljaju ispod poprečnih i uzdužnih nosača. Potklade se dijele na: drvene, pješčane, drveno-betonske, drveno-čelične i druge razne vrste. Na slici 10 se nalazi prikaz postavljenih potklada ispod dna broda.



Slika 10. Prikaz postavljenih potklada ispod dna broda [4]

### 6.1. DRVENE POTKLADE

Ova vrste potklada se radi obično za manje brodove na način da se dvije i dvije grede ukrštaju počevši od površine ležaja prema dnu broda. Na gornjem kraju potklada postavljaju se klinovi, a ispod njih tvrde daske, a na samom vrhu daske od mekog drveta. Klinovima se visina potklada postavlja na pravu mjeru, a kod manjih brodova se klinovima brod prenosi na kolijevku saonica.

## **6.2. KOMBINIRANE POTKLADE**

Potklada kombinirana od drva i čelika se upotrebljava pri dokovanju većih brodova. Donji dio potklade je izrađen od rešetkasto spojenih čeličnih profila ili limova u obliku piramide. Gornji dio potklade radi se od drveta.

## **6.3. BOČNA SEDLA**

Osim centralnih potklada, ispod broda se postavljaju sedla sa klinovima ili spravom za izvlačenje klinova. Bočna se sedla ne postavljaju gusto kao potklade, nego samo ispod pregrada i okvirnih rebara.

## **6.4. BOČNI PODUPIRAČI**

Bočni podupirači se sastoje od okruglih balvana od 200 do 300 mm promjera. Njihova dužine se određuje prema obliku broskog dna u odgovarajućem presjeku. Bočni podupirači se obično postavljaju ispod uzdužnih nosača. Kod širokih brodskih trupova namještaju se sa svake strane 2 do 3 reda bočnih podupirača. Prilikom napretka u gradnji bokova broda, bočni podupirači se moraju prilagođavati. [4]



## 7. RADOVI U DOKU

Po potrebi, dokovanje se može obavljati i u kraćim vremenskim razmacima ako je otpor broda porastao do te mjere da brod više ne postiže operativnu brzinu ili je uočeno propadanje broskog trupa zbog nepovoljne zaštite ili nepovoljnih uvjeta na vezu ili na sidrištu; te s obzirom na brojne nepredviđene aktivnosti kao što su sudari, požari, nasukanja ili neki drugi vid oštećenja.

Osnovni radovi koji obuhvaćaju dokovanje su: čišćenje, pregled, otklanjanje i popravak oštećenih ili korodiranih mjesta oplata i brodske konstrukcije; bojanje podvodnog dijela i vodene linije trupa broda, izlazećeg dijela osovine, kormila, usisnih košara, oplatnih priključaka i ventila; kao i zaštita svih ostalih elemenata koji su pristupačni samo na doku [4]. Na slici 11 je prikazan brod na remontu.



Slika 11. Brod na remontu [4]

## **7.1. MALI REMONT**

Mali remont obuhvaća one radove koje posada nije bila u mogućnosti izvršiti dok je brod bio u operativnoj službi, bilo zbog nedostatka vremena, nedovoljnih kvalifikacija ili nedostatka opreme, alata itd. Izvršavanje radova u malom remontu treba osigurati tehničku ispravnost strojeva i opreme, sigurnu eksploataciju broda te sigurnost brodske posade do sljedećeg remonta [5].

Mali remont se izvode kod brodova koji moraju izvršiti radove za koje je potrebno da brod bude u doku, a koji su nastali zbog naglog ispada nekog od brodskih sustava. Radovi se, uglavnom, izvode na samom brodu, bez većih demontaža i prijenosa u radionicu. Radovi, također, obuhvaćaju i zamjenu oslabljenih elemenata. Ipak, demontaže i prijenosi u radionicu se obavljaju ako je to povoljnije za odvijanje radova ili se vrši zamjena na principu zamjene.

Radovi u malom remontu obuhvaćaju i zamjenu oslabljenih elemenata, ali se u načelu oslabljena mjesta oplata i brodske konstrukcije popravljaju krpjenjem, zavarivanjem ili zamjenom pojedinih zakovica. Propuštanje poklopaca, prozora, poklopaca tankova se sanira zamjenom brtava, zavarivanjem polomljenih vijaka ili zavarivanjem polomljenih ili korozijom oštećenih mjesta [4].

## **7.2. VELIKI REMONT**

Veliki remont se obavlja jednom u pet godina eksploatacije, odnosno prije isteka klasifikacijskog certifikata. Prilikom velikog remonta izvodi se zamjena, revizija ili generalni remont glavnih strojeva; zamjena oštećenih čeličnih površina; popravci poklopaca; te detaljno bojanje brodske oplata.

U sklopu velikog remonta, gdje god je to moguće, treba vršiti potpunu zamjenu glavnih i pomoćnih strojeva, opreme i uređaja kako bi se skratilo trajanje velikog remonta. Obujam radova je potrebno prilagoditi za sigurno funkcioniranje i tehničku ispravnost tijekom narednih pet godina. Zamjenu opreme, instalacija, strojeva i uređaja je potrebno bazirati na detaljnim tehničkim kontrolama.

Prije velikog remonta treba obaviti sve radnje programiranja i planiranja izrade tehničke dokumentacije za rekonstrukciju, napraviti specifikaciju za nabavku materijala i opreme, te odrediti obujam radova na bazi preliminarnih nedostataka, pregleda i snimanja izvršenih u posljednjem malom remontu. Prije ulaska broda u veliki remont obavezno je pribaviti izračune za izvršenje tog remonta, te izvršiti ekonomsko-tehničku analizu. Svaki remont sa rekonstrukcijom čija cijena dostiže ili prelazi 50 % nabavne vrijednosti broda treba odbaciti, odnosno ponovno ispitati i naći druga rješenja.

Veliki remont obuhvaća:

- dokovanje
- radove na brodskom trupu i brodskoj konstrukciji
- radove na opremi.

Radovi na brodskom trupu i brodskoj konstrukciji se planiraju i izvode na temelju detaljnog pregleda u posljednjem remontu koji je prethodio velikom remontu. Potrebno je izvršiti kontrolu sumnjivih i, za čvrstoću, vitalnih mjesta i dijelova brodske konstrukcije i oplate. Također, potrebno je isprazniti sve tankove i skladišta tereta te izvršiti njihovo čišćenje i degazaciju zbog kontrole limova i konstrukcije.

Radovi na opremi podrazumijevaju da svu dotrajalu brodsku i strojnu opremu treba detaljno pregledati, popraviti ili zamijeniti, te osigurati njenu trajnost za period do narednog dokovanja ili do rashoda broda.

Radovi na strojevima obuhvaćaju demontažu s broda; prijenos u radionicu; rastavljanje, čišćenje, tehničku kontrolu, defektaciju, reviziju, sastavljanje, ispitivanje u radionici, bojanje, montažu i ispitivanje sidrenog vitla, glavnog impulzivnog stroja ili strojeva, svih izmjenjivača topline, kondenzatora i pripadnih cjevovoda i njihove armature, kompresora, destilatora, pomoćnih kotlova i hidrauličnih motora i pripadnih cjevovoda.

Električni radovi izvode se u namjeri da se sa zamjenom svih sumnjivih elemenata osigura nesmetana eksploatacija broda. Radovi na rekonstrukciji izvode se prema tehničkoj dokumentaciji [4].

## **8. ODRŽAVANJE I PREGLED BRODSKIH SUSTAVA I OPREME U DOKU**

### **8.1. PREGLED (DEFEKTACIJA) BRODSKOG TRUPA**

Defektacijom trupa se naziva pregled i ocjena oštećenja broskog trupa i to mjerenjem deformacija i preostalih debljina elemenata. Smanjenje debljine stjenke brodske strukture od posebnog je interesa inspekcijskog pregleda klasifikacijskog društva. Opseg i mjesta mjerenja utvrđuje inspektor klasifikacijskog društva, u pratnji predstavnika brodovlasnika i brodogradilišta.

Defektacija se prema opsegu može podijeliti na:

- kontrolnu defektaciju koja uključuje nasumice odabrane elemente strukture
- djelomičnu defektaciju za ograničeni broj elemenata u određenom dijelu strukture broskog trupa
- potpunu defektaciju za sustavno ispitivanje svih elemenata broskog trupa.

Uočeni nedostaci kod defektacije se dijele na:

- lomove (moraju se otkloniti)
- oštećenja koja se dijele na: istrošenost (smanjenje dimenzija elemenata broskog trupa zbog korozije, erozije i drugih mehaničkih oštećenja,...) i deformacije.

Potrebno je izrezati i zamijeniti svaki dio oplata broda čija je debljina smanjena za više od 20 % od izvorne. Malo blaži kriterija primjenjuje se na elemente konstrukcije i pojačanja, koji se ne proteže čitavom dužinom broda, a čije je maksimalno dopušteno odstupanje od izvorne debljine do 25 % [6].

### **8.2. ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA BRODSKOG TRUPA ZAŠTITNIM PREMAZIMA**

Brod se od korozije može zaštititi odgovarajućim premazima i katodnom zaštitom. Premazi, osim zaštitne namjene, mogu biti korišteni i kao protuobraštajni, protuklizni, protupožarni premazi. Pogodan sustav premaza se odabire ovisno o: starosti i velični broda, području plovidbe i cijeni.

Kod izvođenja zaštite od iznimne su važnosti sve tri faze premazivanja:

- odgovarajuće pripremiti podlogu
- konkretno nanositi premaz i osigurati dobre radne uvjete
- pregledati kvalitetu stanja površine nakon bojanja.

Nakon svake pojedine faze inspektori brodovlasnika, proizvođača boje i brodogradilišta svojim potpisima na Primopredajnom listu označavaju završetak iste [6].

Prije svega, potrebno je oprati podvodni dio broda mlazovima slatke vode pod visokim tlakom. Nakon toga se piketiranjem otklanjaju deblje naslage slojeva boje i korozije. Površina broskog trupa obično je premazana slojevima ulja i masti te ju je potrebno očistiti otapalima. Nakon svih navedenih postupaka pripreme trupa za premazivanje, slijedi pjeskarenje. Pjeskarenje je tehnološki postupak odstranjivanja raznih nečistoća sa različitih površina uz pomoć abrazivnog sredstva. Pjeskarenje znači zaštitu površine i istovremeno pripremu površina za daljnju obradu, kao što je npr. varenje, bojanje itd. Na slici 12 prikazano je pjeskarenje broskog trupa sodom. Rezultat očišćene površine je ovisan od mnogih faktora: težine čestice abrazivnog sredstva, brzine čestice, udarnog ugla čestice, oblika čestice gustoće udaraca i pokrivenosti  $\text{kg/m}^2$  i sl. Kada je pjeskarenje završeno, slijede brušenje i otprašivanje.



**Slika 12. Pjeskarenje broskog trupa sodom [4]**

Nanošenje premaza (engl. *coatings*) ima ključne čimbenike: uvjeti okoliša tijekom nanošenja, metoda bojenja (vrsta i stanje aplikacijske opreme), stručnost osoba koje izvode proces i kontrola kvalitete premaza. Pri nanošenju zaštitnih premaza, razlikuju se sljedeći premazi [4]:

- antikorozivni premaz: temeljni premazi (radionički premazi) i međupremazi (prvi i drugi sloj sustava zaštite premazima)
- protivobraštajni ili antivegetativni premaz za podvodni dio vanjske oplate.

### **8.3. PREGLED BRODSKIH TANKOVA**

Prije ulaska u sami tank potrebno ga je potpuno isprazniti (degazirati) i ventilirati zbog para i plinova, te zbog nedostatka kisika. Tankovi broda koji se na doku pregledavaju su:

- tankovi tereta
- tankovi goriva i ulja za premazivanje
- tankovi balasta
- tankovi napojne vode i pitke vode.

Priprema za bojanje obuhvaća: provjetravanje tanka u kojem se radi; pranje tanka vodom, deterdžentom i otapalima; mehanička obrada mjesta koja su korodirala i zaglađivanje oštih rubova; te stalno praćenje relativne vlažnosti i temperature [6].

### **8.4. PREGLED I ODRŽAVANJE GLAVNOG MOTORA**

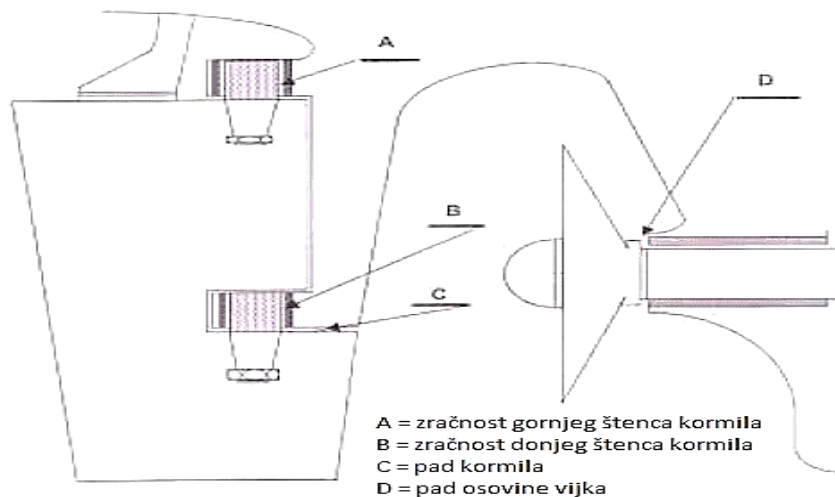
Klasifikacijsko društvo zahtjeva da se svakih pet godina izvrši pregled svih dijelova glavnog motora i sustava bitnih za za sigurnost rada motora u plovidbi. Pojedini dijelovi motora zahtijevaju posebne preglede i prije isteke perioda od pet godina, a to su: rashladnici, klipovi, ležajevi, turbo puhalo i sl. Održavanje dijelova motora koji su preveliki, preteški ili se jednostavno ne mogu izvršiti tijekom plovidbe, izvode se prilikom dokovanja broda [6].

### **8.5. PREGLED KORMILA**

Pregled površine vijka i kormila obavlja stručnjak klasifikacijskog zavoda uz prisutnost zapovjednika ili prvog časnika palube. Prvi postupak u koraku održavanja vijka i kormila je čišćenje slatkom vodom pod tlakom.

Za obnovu svjedodžbe o sigurnoj konstrukciji potrebno je [6]:

- kormilo pjeskariti do površine golog čelika da bi se moglo detaljno pregledati
- popuniti jamičasta oštećenja nakon čega se mjesto popravka brusi te se nanosi sloj epoksidne smole
- premazati temeljnim premazom, međupremazom za zaštitu od korozije i antivegetativnim premazom
- obaviti pregled kormila, osovine i ležajeva koji uključuje i provjeru zračnosti štenca kormila, pada kormila i zračnosti struka kormila (na slici 13 je prikazana kontrola zračnosti kormila i pada osovine broskog vijka)
- sve očitane veličine upisati u tablice u koje se upisuje alat, datum, te zaposlenik brodogradilišta koji je izvodio mjerenja.



**Slika 13. Kontrola zračnosti kormila i pada osovine broskog vijka [4]**

## **8.6. PREGLED BRODSKOG VIJKA I OSOVINE**

Dva su osnovna razloga za demontažu broskog vijka: oštećenja osovine i slabe radne karakteristike. Registri propisuju da se svakih pet godina demontira osovina broskog vijka i izvrši pregled ležajeva i statvene cijevi.

Pri pregledu oštećenja kontrolira se stanje krila broskog vijka i pojava pukotina ili korozije, koji smanjuju učinkovitost i brzinu broda u eksploataciji. U radionici se na broskom vijku izvodi:

- provjeravanje i korekcija manjih istrošenja
- brušenje i poliranje

- kontrola izvedenih radova od strane inspektora klasifikacijskog društva.

Prije izvođenja pregleda i remontnih radova broskog vijka i njegove osovine potrebno je u području broskog vijka očistiti površinu broskog trupa [4].

## **8.7. PREGLED OPREME ZA SIDRENJE**

U opremu za sidrenje spadaju: sidra, sidreni lanci, lančanik, sidrena ždrijela, sidrene niše, sidrena vitla i štoperi. Pregled i održavanje opreme mora se izvršiti najmanje jednom u svakih pet godina u prisustvu predstavnika klasifikacijskog društva (inspektora), brodovlasnika(zapovjednik broda) i brodogradilišta. Pri pregledu se vrši [4]:

- demontaža sidara, sidrenih lanaca i njihovo rastezanje u doku radi pregleda
- mokro i suho čišćenje sidara, sidrenih lanaca i lančanika
- pregled sidara i sidrenih lanaca i označavanje segmenata koje je potrebno zamijeniti
- pregled dodatnog sidrenog lanca u broskom inventaru
- pregled i testiranje sidrenih vitala, provjera kočionog sustava i štopera sidrenih lanaca
- nanošenja premaza i kontrolnih oznaka na sidrenim lancima (25 m).

## **8.8. PREGLED OPLATNIH VENTILA I PRIKLJUČAKA**

Oplatni ventili i priključci služe za izbacivanje iskorištene morske vode i pročišćene otpadne vode van broda. Prilikom pregleda broskih oplatnih ventila provodi se njihova demontaža, transport u radionicu i rastavljanje. Zatim slijedi čišćenje dijelova ventila izloženih korozivnom utjecaju morske vode; brušenje i čišćenje sjedišta ventila; testiranje prijanjanja i brtvljenja; nanošenje zaštitnih premaza i ponovna montaža ventila sa novom brtvom. Kod ponovne montaže ventila posebnu pažnju treba posvetiti provjeri brtvljenja kako prilikom razdokovanja ne bi došlo do propuštanja vode [4].

## **8.9. PREGLED I ČIŠĆENJE BRODSKIH USISNIH KOŠARA**

Pregled broskih usisnih košara se izvodi skidanjem zaštitnih rešetki koje služe za sprječavanje usisavanje nečistoća i morskih organizama u sustav broskih cjevovoda. Na slici 14 je prikazana brodska usisna košara. Nakon toga se pristupa čišćenju i nanošenju



zaštitnog premaza prema uputama proizvođača boje na isti način kao i pri izvođenju radova antikorozivne zaštite kod ostalih podvodnih dijelova broskog trupa [6].



**Slika 14. Brodska usisna košara [6]**

## 9. STABILITET DOKOVANJA

Razmatranje pozitivne stabilnosti broda je ključan element prilikom ulaska ili izlaska broda iz doka. U pomorskom svijetu je prihvaćena praksa po kojoj je glavni časnik palube u potpunosti odgovoran za kriterije stabilnosti. Međutim, i zapovjednik broda bi trebao znati koji je najviši kritični sigurnosni element pristajanja broda.

Kako bi se osigurala stabilnost broda prilikom dokovanja, prva i najvažnija zadaća je pronaći adekvatnu metacentarsku visinu (GM) koja će nadoknaditi virtualni porast težišta broda nakon što brod zauzme blokove. Postoje proračuni koji uzimaju u obzir sve brodske odjeljke i njihove odgovarajuće težine, a moderni brodovi imaju sposobnost umetnuti vrijednosti opterećenja u odgovarajući računalni program kako bi se stvorila prihvatljiva sigurnost marže.

Prava je opasnost, naravno, da će brod postati nestabilan prilikom svog pristizanja ili prolaska, dok se pristanište istovremeno ili poplavljuje ili isušuje. Šteta koja može nastati vezano s klizanjem blokova prilikom ulaska (ili odlaska) može biti znatna, i veoma opasna za osobe na brodu i u neposrednoj blizini pristaništa. Odgovornost za stabilnost broda u potpunosti je na brodskom osoblju, u konačnici zapovjedniku broda.

Propuh i slični faktore koji utječu na brod prilikom njegovog pristajanja i otpuštanja je potrebno pomno pratiti. Isto tako, postoji i rizik uklanjanja kaljuže ili blokova kobilice prije nego što kobilica dođe u kontakt s blokovima centralne linije koji je izuzetno opasna i nepoželjna situacija. Stoga je veoma važno da brodsko osoblje prilikom pristajanja ima u vidu svaki mogući čimbenik koji bi mogao dovesti do naginjanja broda.

Određeni brodovi, posebno oni koji imaju visoki gaz ili oni s izloženim nadgrađem, se mogu lako nagnuti djelovanjem sile jakog vjetra. Isto tako, djelovanje valova u neposrednoj blizini pristaništa bi moglo uzrokovati kotrljanje na ulazu u dok. Također, pretjerano kretanje kormila može uzrokovati kotrljanje koje će imati utjecaj na brod prilikom manevriranja.

U suštini, osnovni cilj je postići maksimalno sigurno pristajanje, odnosno odlazak broda iz doka. U tu svrhu, posada broda koja je zadužena za izračune stabilnosti treba

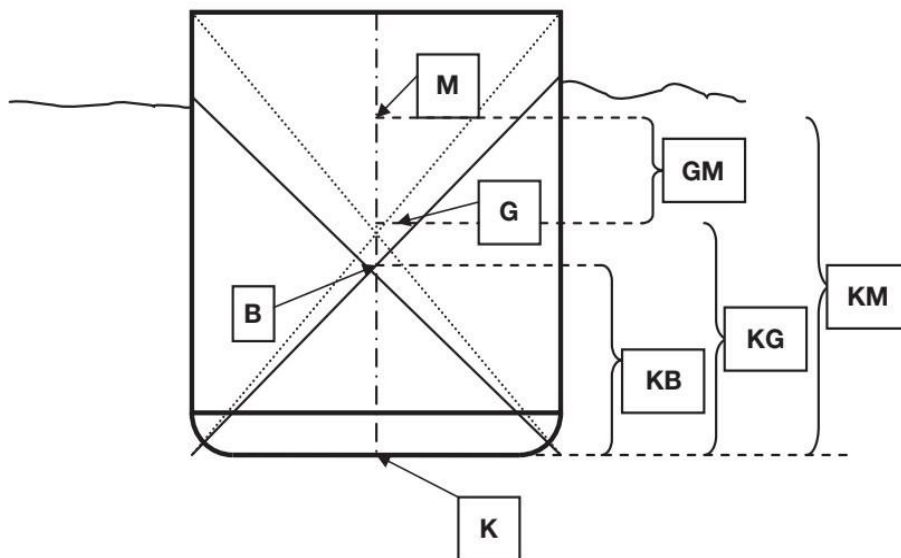
pažljivo provjeriti jesu li podaci koji se unose točni i pouzdani kako bi se dobili točni rezultati proračuna [3].

## 9.1. DEFINIRANI KRITERIJI STABILNOSTI

Pod pretpostavkom da je brod uspravan i ima ravnu kobilicu:

- G predstavlja brodsko težište (engl. *centre of gravity*): položaj kroz koji se smatra da djeluje ukupna težina broda;
- B predstavlja središte plovnosti, (engl. *centre of buoyancy*): položaj definiran kao središte podvodnog volumena;
- M predstavlja metacentar: položaj na kojem se okomice kroz središte plovnosti pod dva uzastopna kuta od nagiba presijecaju.

Kada se G i M podudaraju, brod je u neutralnoj ravnoteži Na slici 15 su prikazani definirani kriteriji stabilnosti [3].



Slika 15. Definirani kriteriji stabilnosti [3]

## 9.2. STABILNOST BRODA PRILIKOM PRISTAJANJA U DOK

Za brod koji namjerava pristati u dok je obavezni da ima pozitivnu metacentarsku visinu te mali trim uz krmu. Količinu trima obično savjetuje upravitelj suhog doka. Od trenutka kada kobilica prvi put dodirne blokove, težina koju nose blokovi je razlika između istisnine broda kada je potpuno u vodi i istisnine do vodene linije u nasukanom stanju.

Učinak oduzimanja broda izravno utječe na vrijednost metacentarske visine broda i može se usporediti s težinom koja je uklonjena s područja kobilice broda. Trenutak kada se brod prišije za blokove je najkritičnija faza pristajanja broda u dok; dio težine broda nose blokovi, a dio preostala voda oko trupa. Kako se pumpanje nastavlja i trup suši, blokovi preuzimaju punu težinu broda. Tijekom ove kritične faze, prije nego što blokovi kobilice preuzmu svu težinu broda i dogodi se maksimalan gubitak metacentarske visine, idealno je postaviti klizni kaljužni blok.

Opasnost koja prijete prilikom pristajanja broda nastaje kada brod ima malu vrijednost metacentarske visine, ili čak može doći do negativne vrijednosti metacentarske visine u kritičnom trenutku. Ovakve situacije se smatraju krajnje nepoželjnim.

Prilikom pristajanja, brod će se susresti s potiskivanjem na mjestu kontakta s blokom, poznat kao sila „P“. Postoje dvije metode izračuna za dobivanje virtualnog gubitka GM-a prilikom uzimanja blokova. [3]

Virtualni gubitak predstavlja razliku metacentarske visine broda i njegove metacentarske visine u kritičnom trenutku pri kritičnom momentu:

$$\text{Virtualni gubitak} = GM - GM_{KR} \quad (1)$$

Formula A:

$$\text{Virtualni gubitak} = \frac{P \cdot KM}{D} \quad (2)$$

Formula B:

$$\text{Virtualni gubitak} = \frac{P \cdot KG}{D - P} \quad (3)$$

gdje je:

- $P$  potisak na krmi,
- $D$  istisnina broda,
- $KG$  visina težišta,
- $KM$  visina početnog metacentra.

Da bismo pronašli potisak na krmi P koristimo sljedeću formulu:

$$P = \frac{t \cdot MCTC}{I} \quad (4)$$

gdje je:

t promjena trima [cm]

MCTC jedinični moment [tm/cm]

I uzdužni centar plutanja.

### 9.3. ISPITIVANJE NAGIBA BRODA PRILIKOM DOKOVANJA

Izračuni stabilnosti broda ne oslanjaju se samo na geometriju broda, već i na spoznaju gdje je brodsko težište (G) pozicionirano. Iako se udaljenost broskog težišta od kobilice može utvrditi za različite uvjete u kojima se brod nalazi, presudno je da bude utvrđena za jedno određeno stanje broda. U tu svrhu je potreban eksperiment nagiba i iz njega bi trebale postati poznate dvije stvari:

1. istisnina,  $t_e$
2. položaj broskog težišta(G) u poznatom broskom stanju.

Okruženje doka je idealno za izvođenje takvih provjera stabilnosti. Ispitivanje uključuje pomicanje težina preko broda kada je u mirnoj vodi. Dok je brod u pristaništu, uvjeti su lagani, voda je mirna, a sadržaji za pomicanje znanih težina su pri ruci.

Uvjeti koji trebaju biti zadovoljeni kako bi se provelo ispitivanje nagiba broda su:

1. Brod bi trebao biti uspravan.
2. Konopi za vezanje bi trebali biti labavi, da omoguće brodu da bude nagnut.
3. Brod bi trebao biti u uvjetima mirne vode.
4. Treba biti poznata gustoća vode.
5. U broskom spremnicima ne bi trebalo biti slobodnog, površinskog djelovanja.
6. Trebaju biti poznati sadržaji i težine svih broskih odjeljaka.
7. Trebali bi prevladavati mirni vremenski uvjeti.
8. Na brodu ne bi trebala biti posada koja nije potrebna.
9. Stanje istisnine bi trebalo biti poznato graditelju.
10. Pramčani, krmeni i srednji gaz bi trebali biti poznati.

Ispitivanje nagiba se provodi kako bi se pronašao KG broda. Provođenjem ispitivanja pomoću cijelog niza težinskih pomaka može se utvrditi i GM broda. Dobivena GM broda se tada može usporediti s KM broda kako bi se dobila vrijednost KG [3].

$$KM - GM = KG \quad (5)$$

#### 9.4. STABILITET PLUTAJUĆEG DOKA

Eventualni nagibi plutajućeg doka ne smiju biti veći od  $15^\circ$  da brod ne bi pao sa potklada, da morska voda ne naplavi radnu palubu pontona ili da se zbog visokog težišta po visini dizalica ne prevrne. Početni stabilitet prvi vrlo malim nagibima jednak je [8]:

$$M_{st_0} = D \left[ \frac{I_B - i_B}{V} - FG \right] \cdot \sin \varphi$$

$$M_{st_U} = D \left[ \frac{I_L - i_L}{V} - FG \right] \cdot \sin \varphi \quad (6)$$

gdje je:

$M_{st_0}$  moment početnog poprečnog stabiliteta pri malim kutovima

$M_{st_U}$  moment početnog uzdužnog stabiliteta pri malim kutovima

D istisnina plutajućeg doka

V volumen plutajućeg dok

$I_B$  poprečni moment tromosti plovne vodene linije plutajućeg doka

$i_B$  ukupni poprečni moment tromosti svih slobodnih površina balastne vode u plutajućem doku

$I_L$  uzdužni moment tromosti plovne vodene linije plutajućeg doka

$i_L$  ukupni uzdužni moment tromosti svih slobodnih površina balastne vode u plutajućem doku

FG udaljenost težišta istisnine od težišta sustava (težište čitave konstrukcije sustava)

$\varphi$  kut nagiba.

Ovdje možemo izostaviti specifične težine kraj momenta tromosti, jer je specifična težina naplavljene vode jednaka vanjskoj vodi. Čim voda naplavi u ponton stvaraju se slobodne površine s momentom tromosti ( $i_B$ ,  $i_L$ ). Ako plovni dok ne bi imao nikakvih pregrada, onda bi moment tromosti ovih slobodnih površina bio praktički jednak momentu tromosti plovne vodene linije ( $I_B = i_B$ ,  $I_L = i_L$ ), što znači da bi dok imao negativan početni poprečni i uzdužni stabilitet [8]:

$$M_{st_0} = D \cdot -FG \cdot \sin \varphi$$

$$M_{st_U} = D \cdot -FG \cdot \sin \varphi \quad (7)$$

U tom slučaju dok bi se nagnjao sve dotle, dok se zbog nagiba ne bi smanjila i slobodna površina, ali bi se kod nekog položaja težišta sustava moglo dogoditi da se i prevrne. Zbog toga se u doku moraju ugraditi i poprečne i uzdužne pregrade, kako bi omogućili pozitivan početni stabilitet i to uzdužni kao i poprečni.

Poprečni moment tromosti plovne vodne linije iznosi [8]:

$$I_B = \frac{L \cdot B^3}{12} \quad (8)$$

Uzdužni moment tromosti plovne vodne linije iznosi [8]:

$$I_L = \frac{B \cdot L^3}{12} \quad (9)$$

gdje su:

$B$       širina plutajućeg doka (m),

$L$       duljina plutajućeg doka (m).

Kod ugradnje jedne uzdužne pregrade, ukupni poprečni moment tromosti obiju slobodnih površina iznosi [8]:

$$i_B = \frac{L \times \left(\frac{B}{2}\right)^3}{12} \cdot 2 = \frac{1}{4} \cdot I_B \quad (10)$$

Kod ugradnje dvije uzdužne pregrade, dakle kada imamo tri jednaka odjeljka, ukupni poprečni moment tromosti slobodnih površina iznosi [8]:

$$i_B = \frac{L \times \left(\frac{B}{3}\right)^3}{12} \cdot 3 = \frac{1}{9} \cdot I_B \quad (11)$$

Kako vidimo moment tromosti slobodnih površina u doku opada pada sa kvadratom broja odjeljaka. U slučaju da imamo  $n$  broja odjeljaka ukupni moment tromosti slobodnih površina jednak je [8]:

$$i_B = \frac{L \times \left(\frac{B}{n}\right)^3}{12} \cdot n = \frac{1}{n^2} \cdot I_B \quad (12)$$

Prema tome je početni poprečni stabilitet doka sa  $n$  uzdužnih pregrada [8]:

$$M_{st_0} = D \left[ \frac{I_B \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)}{V} - FG \right] \cdot \sin \varphi \quad (13)$$

Na taj način može se odrediti momente tromosti a iz njih onda, uz poznatu udaljenost  $FG$ , početni stabilitet doka ako on pliva tako da mu razina vode ne dosiže palubu pontona.

Navedene formule vrijede za sam plovni dok, no mogu se primijeniti i onda kada je u njemu brod, samo je tada:

- $D$  istisnina plovnog doka i broda,
- $V$  volumen plovnog doka i broda,
- $I_B$  poprečni moment tromosti plovne vodne linije plovnog doka i broda,
- $i_B$  ukupni moment tromosti slobodnih površina u plovnom doku i brodu,
- $FG$  udaljenost težišta sustava od težišta istisnine plovnog doka i broda, sve za stanovitu plovnu liniju na kojoj se nalaze plovni dok i brod.

Poprečni moment tromosti plovne vodene linije tornjeva možemo odrediti pomoću sljedećeg izraza [8]:

$$I_T = \frac{\acute{L} \cdot B^3}{12} - \frac{\acute{L} \cdot B_1^3}{12} = \frac{\acute{L}}{12} \cdot (B^3 - B_1^3) \quad (14)$$

gdje su:

- $B$  širina plutajućeg doka (m),
- $B_1$  unutarnji razmak tornjeva plutajućeg doka (m),
- $\acute{L}$  duljina uronjenog dijela tornja plutajućeg doka (m).

Ukupni poprečni moment tromosti slobodnih površina vode u tornjevima jednak je [8]:

$$i_T = \left[ \frac{\acute{L} \cdot B^3}{12} - \frac{\acute{L} \cdot B_1^3}{12} \right] \cdot 2 = \frac{\acute{L}}{6} \cdot (B^3 - B_1^3) \quad (15)$$



Najkritičnije stanje za stabilitet doka pri dizanju broda nastaje od momenta kad brod izgubi svu istisninu, tj. kad se razina vode nalazi na gornjoj liniji potklada na kojima leži brod, taj se kritični period ponavlja pri uronjavanju.

Pri projektiranju plovnog doka ima se na umu da stabilitet ne bude u toj kritičnoj fazi ispod stanovitog minimuma. Redovito se uzima povećana rezerva jer je teško predvidjeti u kakvom stanju brod može doći u plovni dok. Preporuka je da se računa s takvom metacentarskom visinom koja dopušta povišenje težišta sistema broda za 50 % a da pri tom stabilitet još ne postane jednak nuli.

Za postizanje tog stabiliteta potrebno je da se pri uronjavanju i izranjanju podijele pontoni plovnog doka u što više poprečnih odjela. Ta se podjela ponekad koristi i za to da se radnja ispumpavanja plovnog doka svela na što manju mjeru. Tako su nastali razni tipovi dokova. Najjednostavniji je onaj s jednom uzdužnom pregradom [8].

## 9.5. STABILITET BRODA U DOKU

Prije nego što se krene sa zadacima u kojima se izračunava stabilnost broda u doku, potrebno je poznavati stručnu terminologiju, odnosno simbole koji se koriste u formulama i zadacima. Ukoliko nije navedeno drugačije, simboli koji se koriste su:

KM visina početnog metacentra [m],

KG visina težišta [m],

MCTC jedinični moment [tm/cm],

TPC vrijednost uranjanja [t/cm],

LFC uzdužna lokacija težišta površine vodne linije [m].

### 9.5.1. Stabilitet broda u doku – primjer

Brod A treba napustiti dok s:

Gazom na pramcu	= 5.5 m
Gazom na krmi	= 6.5 m
Duljinom broda između perpendikulara	= 140 m
KG broda	= 8.35 m.

S hidrostatičkim podacima dobivenim za brod A treba izračunati GM pri kritičnom momentu:

Gaz na sredini	= 6.0 m,
Trim	= 100 cm (iz hidrostatičkih podataka),
Uzdužni centar plutanja	= 68.39 m,
Istisnina	= 12323 t (iz interpolacijskih hidrostatičkih podataka),
MCTC	= 169.95 (iz interpolacijskih hidrostatičkih podataka),
LFC	= 68.38 (iz interpolacijskih hidrostatičkih podataka).

Potisak na krmi prema (4) iznosi:

$$P = \frac{t \cdot MCTC}{l}$$
$$P = \frac{100 \cdot 169.95}{68.38}$$
$$P = 248.5 \text{ t}$$

Istisnina pri kritičnom momentu:

$$D_{KM} = D - P$$
$$D_{KM} = 12323 - 248.5$$
$$D_{KM} = 12074.5 \text{ t}$$

Stoga:  $KM = 8.55 \text{ m}$  (iz hidrostatičkih podataka).

Gubitak pri kritičnom momentu prema (2):

$$\text{Virtualni gubitak} = \frac{P \cdot KM}{D}$$
$$\text{Virtualni gubitak} = \frac{248.5 \cdot 8.55}{12323}$$
$$\text{Virtualni gubitak} = 0.1724 \text{ m}$$

GM prema (5) iznosi:

$$GM = KM - KG$$
$$GM = 8.55 - 8.35$$
$$GM = 0.2 \text{ m}$$

GM pri kritičnom momentu prema (1) iznosi:

$$GM_{KR} = GM - \text{Virtualni gubitak}$$
$$GM_{KR} = 0.2 - 0.1724$$
$$GM_{KR} = 0.0276 \text{ m}$$

## 10. ZAKLJUČAK

Održavanje je jedna bitna stavka koja omogućuje nesmetan rad broda i brodske opreme. Nije bitno radi li se o malom stroju ili velikoj konstrukciji, bitno je da se svaki dio broda održava onako kako je to i propisano. Jedino se na taj način produljuju vijek trajanja broda i opreme. Dokovanje je složen postupak koji zahtjeva velik broj ljudi te širok spektar aktivnosti prije i tijekom samog čina dokovanja. Kako bi se dokovanje pravilno i uspješno izvršilo veoma je važno da se prije ulaska broda u dok utvrde uvjeti koji trebaju biti zadovoljeni te se prikupe određeni podaci kako bi se izradili nacrti po kojima će se dokovanje izvoditi. Isto tako, vrlo je važno odrediti koja vrsta doka je najpovoljnija za brod koji se dokuje. Kada je brod konačno u doku, moguće je izvršiti niz pregleda i poslova održavanja koje je nemoguće izvesti dok je brod u plovidbi. Iz toga proizlazi da je dokovanje s razlogom strogo zakonski obvezno. Veoma je važno imati svu ispravnu opremu koja je potrebna za dokovanje, kao i stručno osposobljene radnike koji će obavljati preglede, popravke te radove održavanja broda. Važno je i da potrebna oprema, kao na primjer potklade, bude pravilno postavljena kako bi brod pravilno ušao u dok. Prilikom pristajanja ili prolaska broda kroz dok brod može postati nestabilan i postoji rizik da bude oštećen. Isto tako, propuh i slični nepovoljni uvjeti mogu spriječiti siguran prolazak broda kroz dok. Zbog toga se izvode proračuni stabilnosti kako bi se utvrdila sigurnost broda u doku i svih uključenih u process dokovanja. Iako izgleda dosta jednostavno, postupak dokovanja je itekako složen i ukoliko izostane pravilna priprema i organizacija može doći do određenih poteškoća i rizika za brod i sve uključene osobe.

## LITERATURA

- [1] Beričević, A; Kolić, D; Matulja, T: *Izrada gantograma dokovanja na plutajućem doku*, Tehnički fakultet Rijeka, 2010.
- [2] *Hrvatski registar brodova: Pravila za klasifikaciju brodova*, 2020., <http://www.crs.hr/hr-hr/linkovi/pravilazaklasifikaciju.aspx>, (pristupljeno 02.05.2021.).
- [3] House, D: *Dry docking and shipboard maintenance*, Routledge, London, 2015.
- [4] Ivošević, Š: *Održavanje i bezbjednost broda*, Fakultet za pomorstvo, Kotor, 2016.
- [5] Lovrić, J: *Osnove brodske terotehnologije*, Pomorski fakultet u Dubrovniku, 1989.
- [6] Perić, T: *Pregledi i dokovanje*, Pomorski fakultet u Splitu, 2020. (nastavni materijali)
- [7] Poldrugo, R: *Održavanje broda*, Pomorski fakultet u Splitu, 2017.
- [8] *Plutajući (plovni) dokovi*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, <https://www.fsb.unizg.hr/zbrodo/pokus/upload/others/OB-P7-1-Plovni-dokovi.pdf>, (pristupljeno 22.04.2021.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Oprema syncro-lifta [6] .....	7
Slika 2. Brod u syncro-liftu [4].....	7
Slika 4. Brod u plutajućem doku [4].....	9
Slika 5. Korito suhog doka [4] .....	11
Slika 6. Naplavljeno korito suhog doka [4].....	12
Slika 7. Brod u suhom doku [4].....	12
Slika 8. Protokol dokovanja [1].....	15
Slika 9. Gantogram dokovanja [1].....	16
Slika 10. Prikaz postavljenih potklada ispod dna broda [4] .....	17
Slika 11. Brod na remontu [4] .....	19
Slika 12. Pjeskarenje brodskog trupa sodom [4] .....	23
Slika 13. Kontrola zračnosti kormila i pada osovine brodskog vijka [4] .....	25
Slika 14. Brodska usisna košara [6] .....	27
Slika 15. Definirani kriteriji stabilnosti [3] .....	29