

# PROJEKTIRANJE TEHNOLOGIJE GRADNJE BRODA ZA ODABRANO BRODOGRADILIŠTE

---

Piljić, Saša

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:859447>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**PROJEKTIRANJE TEHNOLOGIJE GRADNJE BRODA ZA  
ODABRANO BRODGRADILIŠTE**

**SHIP CONSTRUCTION TECHNOLOGY DESIGN FOR  
SELECTED SHIPYARD**

Rijeka, svibanj 2024

Saša Piljić  
0069079929

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**PROJEKTIRANJE TEHNOLOGIJE GRADNJE BRODA ZA  
ODABRANO BRODGRADILIŠTE**

**SHIP CONSTRUCTION TECHNOLOGY DESIGN FOR  
SELECTED SHIPYARD**

Mentor: prof. dr. sc. Marko Hadjina

Rijeka, svibanj 2024

Saša Piljić  
0069079929

Rijeka, 9. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Metodologija gradnje plovnih objekata**  
Grana: **2.02.04 tehnologija gradnje i održavanje plovnih i pučinskih objekata**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Saša Piljić (0069079929)**  
Studij: Sveučilišni diplomski studij brodogradnje  
Modul: Tehnologija i organizacija brodogradnje

Zadatak: **PROJEKTIRANJE TEHNOLOGIJE GRADNJE BRODA ZA ODABRANO  
BRODOGRADILIŠTE / SHIP CONSTRUCTION TECHNOLOGY DESIGN FOR  
SELECTED SHIPYARD**

### Opis zadatka:

Definirati osnovne preduvjete i kriterije za projektiranje tehnologije gradnje broda u odabranom brodogradilištu. Definirati osnovnu tehnologiju gradnje trupa i opremanja broda i relevantnu projektnu tehnološku i dokumentaciju, kao i druge relevantne informacije. Pri tome, posebno analizirati podjele tehnoloških grupa i predmontažnih sekcija i montažnih jedinica sa istaknutom prosječnom masom sekcija. Analizirati i objasniti opremanje u fazi izrade sekcije broda i u fazi opremanja nakon porinuća broda. Analizirati specifičnosti montaže broda na navozu posebice glede opremanja broda. Na primjeru odabrane karakteristične sekcije broda opisati relevantne karakteristike tehnologije gradnje i opremanja. Zaključno radu, dati prijedloge poboljšanja procesa gradnje trupa i opremanja broda. Rad popratiti relevantnom dokumentacijom.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.



Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:



Prof. dr. sc. Marko Hadjina

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:



Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

## **IZJAVA**

Ja, Saša Piljić, prema članku 8. Pravilnika o diplomskom radu i diplomskom ispitu na diplomskom sveučilištu i stručnom studiju Tehničkog fakulteta, Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam u periodu od 10.01.2024 do 16.05.2024 godine samostalno izradio diplomski rad s naslovom „Projektiranje tehnologije gradnje broda za odabrano brodogradilište“ koristeći svo stečeno znanje tijekom studiranja te uz pomoć konzultacija s mentorom prof.dr.sc Markom Hadijnom.

---

Saša Piljić

0069079929

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Marku Hadjini na dostupnosti, neizmjernoj pomoći, vodstvu, prenesenom znanju i pomoći u izradi diplomskog rada a i mog cijelokupnog fakultetskog obrazovanja.

Zahvaljujem svojim roditeljima, sestri, šogoru koji su mi bili podrška kada mi je bilo najteže i što su imali strpljenja tokom mog školovanja osnovnoškolskog, srednjoškolskog i sada fakultetskog.

Zahvaljujem se svojim prijateljima koji su bili podrška na fakultetu ali i izvan njega. Uz njih sve je bilo lakše.

## Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	OPĆI PODACI O BRODU .....	3
2.1	Glavne karakteristike .....	3
2.2	Tip i namjena broda.....	3
3.	ODABIR BRODOGRADILIŠTA .....	9
3.1	Osnovne karakteristike proizvodnog procesa gradnje brodova u brodogradilištu „3.Maj“ ...	10
3.2	Odluka o mjestu gradnje broda kroz faze .....	12
4.	TEHNOLOŠKE GRUPE I MONTAŽNE JEDINICE .....	16
4.1	Kriterij za podjelu polarnog kruzera u grupe i montažne jedinice .....	16
5.	TEHNOLOGIJA GRADNJE BRODSKOG TRUPA .....	23
5.1	Materijal za gradnju i opremanje broda .....	23
5.2	Postupci zavarivanja i ravnanja .....	24
5.3	Tehnologija izrade karakterističnih sekcija.....	28
5.4	Redoslijed ukupnjavanja sekcija .....	33
6.	OPREMANJE BRODA U BROGOGRADILIŠTU .....	37
6.1	Opremanje broda na navozu .....	38
6.1.1	Električni sustavi: .....	38
6.1.2	Sustavi za sigurnost: .....	38
6.1.3	Sustavi za kontrolu: .....	39
6.2	Opremanje u opremnoj luci .....	43
6.2.1	Provjera i testiranje:.....	43
6.2.2	Punjenje gorivom i zalihama: .....	43
6.2.3	Završni kozmetički radovi: .....	44
6.3	Problemi i poboljšanja u opremanju broda .....	46
6.4	Opremanje broda na doku.....	49
7.	TEHNOLOGIJA OPREMANJA POLARNOG KRUZERA NA NAVOZU.....	51
8.	TEHNOLOGIJA OPREMANJA POLARNOG KRUZERA NAKON PORINUĆA.....	54
9.	IZRADA I MONTAŽA SEKCIJE 101 POLARNOG KRUZERA.....	56
10.	STROJNA OBRADA SKLOPA S11 (S21).....	62
10.1	Projektiranje tehnologije strojne obrade sklopa .....	65
10.1.1	Varijanta 1 (strojna obrada u radioni SO1) .....	66
10.1.2	Varijanta 2 ( strojna obrada na navozu S03 ) .....	68
11.	MONTAŽA PROPULZIJSKOG SUSTAVA NA SEKCIJU 101.....	72
11.1	Općenito o azimut propulzijskom sustavu .....	72
11.2	Tehnologija montaže upravljačkog modula .....	73
11.3	Montaža upravljačkog modula na sekciju.....	77
11.4	Tehnologija montaže propulzijskog modula .....	81
11.5	Montaža propulzijskog modula na upravljački modul .....	84

12.	DIZEL ELEKTRIČNA PROPULZIJA U ODNOSU NA KLASIČNU PROPULZIJU .....	87
13.	ZAKLJUČAK .....	93
14.	LITERATURA.....	94
15.	SAŽETAK.....	95
16.	SUMMARY .....	96
17.	POPIS SLIKA .....	97
18.	POPIS TABLICA.....	98
19.	POPIS PRILOGA.....	98



## 1. UVOD

U ovom radu projektirati ću tehnologiju gradnje broda za odabrano brodogradilište. Brod koji će se graditi svrstava se u kategoriju luksuznih polarnih kruzera za putovanja svim morima i oceanima na svijetu od sjevernog do južnog pola.

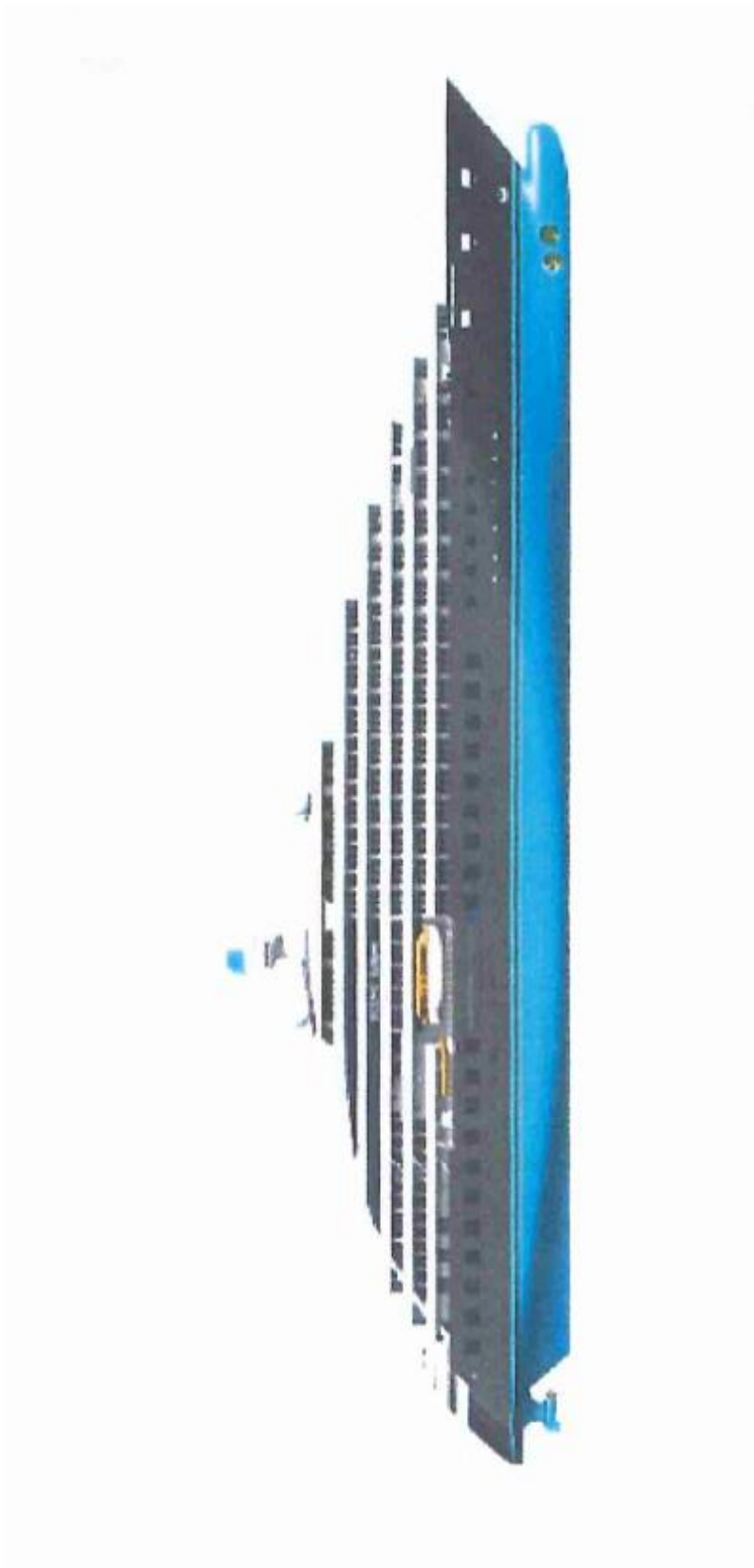
U početku rada odabrati ću brodogradilište u kojem će se graditi polarni kruzer te odrediti preduvjete koje taj brod zahtjeva od brodogradilišta koje će ga graditi. U opisu brodogradilišta usporediti ću zadovoljava li brodogradilište preduvjete za izgradnju takvog tipa broda te koja tehnologija još nedostaje brodogradilištu da bi izgradilo takav brod a zbog čega se brodogradilište mora „okrenuti“ oko sebe i potražiti druge tvrtke koje će mu pomoći za potpunu gradnju takvog tipa broda.

Definirati ću osnovnu tehnologiju gradnje trupa i opremanja broda, podijeliti brod u grupe i montažne jedinice te predmontažne sekcije. Objasniti ću ukрупnjavanje sekcije od predobrade do VT sekcija. Definirati ću kriterije za podjelu broda u grupe i montažne jedinice. Objasniti ću redolijed montaže sekcija na navoz.

U daljnjem radu analizirati ću opremanje broda dok je na navozu i opremanje broda dok je u opremnoj luci sa pažnjom na uranjeno opremanje sekcija broda kako bi gradnja broda bila brža. Analizirati ću specifičnost gradnje broda na navozu posebice glede opremanja broda.

Na kraju rada objasniti ću na primjeru odabrane sekcije relevantne karakteristike tehnologije gradnje i opremanja te specifične sekcije. Sekcija se nalazi na krmenom piku broda te je specifična zbog posebne strojne obrade koja se na njoj vrši te zbog specifičnosti montaže propulzijskog sustava koji se u odabranom brodogradilištu nikada prije nije montirao.

Zaključno radu dati ću prijedloge poboljšanja procesa gradnje i opremanja trupa broda te mogućeg poboljšanja montaže i opremanja specifične sekcije sa posebnim propulzijskim sustavom.



Slika 1. Izgled polarnog kruzera koji će se graditi u odabranom brodogradilištu

## 2. OPĆI PODACI O BRODU

### 2.1 Glavne karakteristike

LOA	Duljina preko svega	165,7	m
LBP	Duljina između perpendikulara	147,30	m
B	Širina	21,5	m
T	Gaz	5,3/5,45	m
TDW	Nosivost	1550	T
	Glavni motor	2 propulziska motora 2x3,000	kW
	Brzina	17	čv

Tablica 1. Glavne karakteristike broda

### 2.2 Tip i namjena broda

Brod će biti izgrađen kao luksuzni, moderni polarni kruzer, namijenjen za plovidbu diljem svijeta uključujući polarno i tropsko područje, te rasponima tem. more od minus 2 do plus 32 stupnjeva celzijusa. Brod je dizajniran kao udoban, efikasan, prostran, siguran, praktičan. Svrstavamo ga u kategoriju POLAR DISCOVERY PASSENGER SHIP.

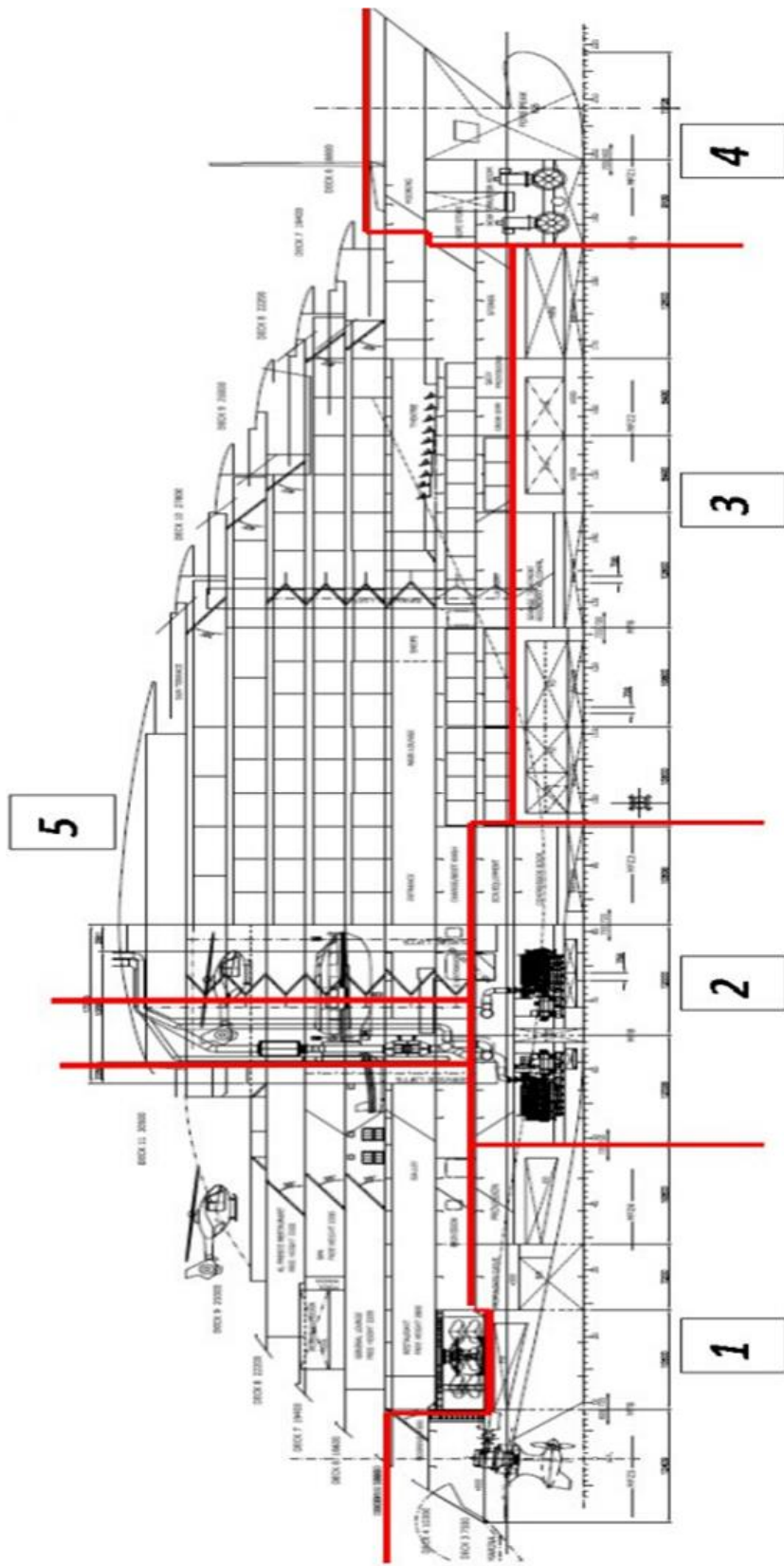
Brod omogućava plovidbu kroz Sueski i Panamski kanal.

Pogonsku snagu dobiva od 4 AC generatora.

Brod ima dva okretna propulzora, dva pramčana propelera, jedan par bočnih stabilizatora, jedan incenerator, dva pomoćna uljna kotla, jedinicu tretiranja balastnih voda, dva hangara za helikopter, vatrogasni helipad, oplatna vrata, tri dizala.

Osnovni elementi brodske forme su:

- nadgrađe, visoko, smješteno po cijeloj dužini broda
- neprekinuta paluba br.5, ukupno 10 paluba
- kaštel, paluba 5 u području od R.186 na pramac ima preluk od 150mm
- pramčana statva s bulbom
- zakrivljena nagnuta (kosa) krma
- strojarnica



Slika 2. Prostor broda podijeljen na glavne prostore

Prostor broda podijeljen je u sljedeće glavne prostore:

- krmeni pik
- strojarnica sa kanalima za liftove i ispuh
- teretni prostor (do palube 3)
- pramčani pik
- prostor nadgrađa

Razmaci rebara na brodu su sljedeći:

Do R.9.....	600 mm
R.9 – R.48.....	720 mm
R.48 – R.81.....	750 mm
R.81 – R.125.....	720 mm
R.125 – R.198.....	700 mm
R.198 prema pramcu.....	600 mm

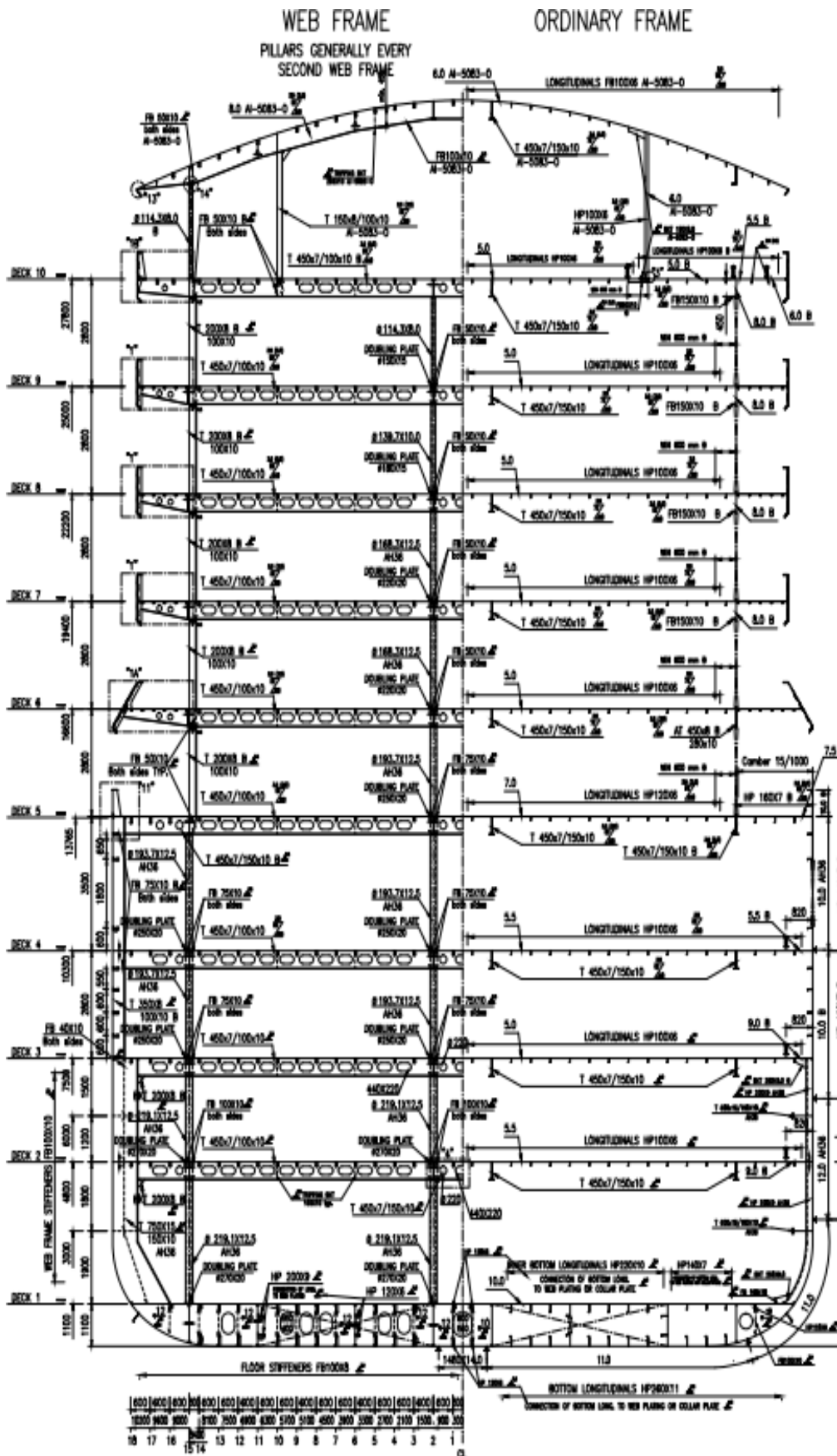
Razmak okvirnih rebara je promjenljiv, od 2-5

razmaka rebara: R.9-R.49.....	3600 mm
R.49 – R.81.....	3000 mm
R.81 – R.126.....	3600 mm
R.126 – R.199.....	2100 mm

Sustav gradnje je uzdužni, razmak uzdužnjaka je 600 mm.

Upore će, generalno, biti postavljene na svakom drugom okvirnom rebru

Obzirom na veliku zastupljenost T-profila isti će se naručiti kao gotov proizvod sa strukturnim izrezima uz strogo poštivanje ravnine profila.



Slika 3. Glavno rebro

**Krmeni dio** broda obuhvaća prostor do R.48, po visini do palube 3 (R.9-R.48), odnosno do

5.palube (do R.9), a sadržava slijedeće prostore:

- tankove balasta, skladišni tankovi goriva, prelivni tank, slatke vode
- suhi prostori
- prostorije krmenog propulzora i pogona propulzije
- radionice sprema
- prostorija priveza

**Strojarnica** se proteže od R.48 do R.96 i do 3.palube i područje grotla do 10.palube (R.61- R.81). Visina dvodna je 1300/1100 mm, klasične gube strukture, a dvije palube su na visini od 4800 mm i 7500 mm, sadržava slijedeće prostore:

- prostorija strojarnice 1 i 2
- prostorija kompresora
- kontrolnu kabinu
- taložne, tankove napojne vode, tehničke vode, tank sive vode, tank otpadne, tank transfera vode
- protunagibne tankove
- tankove balasta
- bio taložni tank, tank masti, sabirni tank otpadne hrane, tank korištenog ulja, urea tankove, tank ulja za podmazivanje
- balastne tankove
- prostorije rasklopne ploče
- prostorija opreme
- prostor bočnih stabilizatora brzine L/D

**Teretni prostor** se nalazi između R.96 i R.186 i do 2.palube (4500/4800 mm). Visina dvodna je 1100 /1300 mm uz poprečne nagibe prema sredini broda do R.129, uzdužna gradnja, poprečne pregrade su ravne, vertikalno ukrepljene, "klasični" donji bočni tankovi do R.124, vanjska oplata od R.141- R.186, sadržava slijedeće prostore:

- tankove balasta
- skladišne tankove goriva

- preljevni tank
- tankove tretiranja fekalija
- suhe prostore
- tank sive vode
- tankove tretiranja otpadnih voda
- bio tank
- tankove slatke vode

**Pramac** obuhvaća područje od R.186 i do 5.palube, sadrži:

- pramčani pik (balast)
- prostor bočnih porivnika L/D
- prostor spreme
- prostor radionice
- prostor za opremu sidrenja i priveza
- 5.paluba (otvoreni dio) ima preluk

**Nadgrađe**, prostor između R.96 i R.186 od između 2.i 3.palube, iznad 4.palube od R.9 do R.186. Nadgrađe obuhvaća 8 paluba. Do 4.palube nalaze se „radni“prostori namijenjeni posadi, paluba 4. obuhvaća javne prostore, prostori od 5.palube na gore namijenjeni su putnicima.

Kapacitet broda je 237 putnika u 147 kabina i 172 člana posade u 145 kabina

<b>Location</b>	<b>Free heights</b>
Passenger cabins*	Minimum 2.10 m
Passenger corridors*	Minimum 2.10 m
Crew areas	Minimum 2.10 m
Galleys	Minimum 2.10 m
Provision rooms	Minimum 2.03 m
Public spaces, deck 3	Minimum 2.10 m
Public spaces, deck 4**	Minimum 2.80 m
Public spaces, deck 5	Minimum 2.20 m
Public spaces, deck 6	Minimum 2.20 m
Public spaces, deck 7	Minimum 2.20 m
Public spaces, deck 8	Minimum 2.20 m

Tablica 2. Visine stambenih prostora



### 3. ODABIR BRODOGRADILIŠTA



Za potrebe gradnje našeg polarnog kruzera odabrali smo brodogradilište „3.Maj“ koje se nalazi u rijeci sa višegodišnjom tradicijom izgradnje brodova. Pri ideji gradnje broda postavljaju se ključna pitanja a to su:

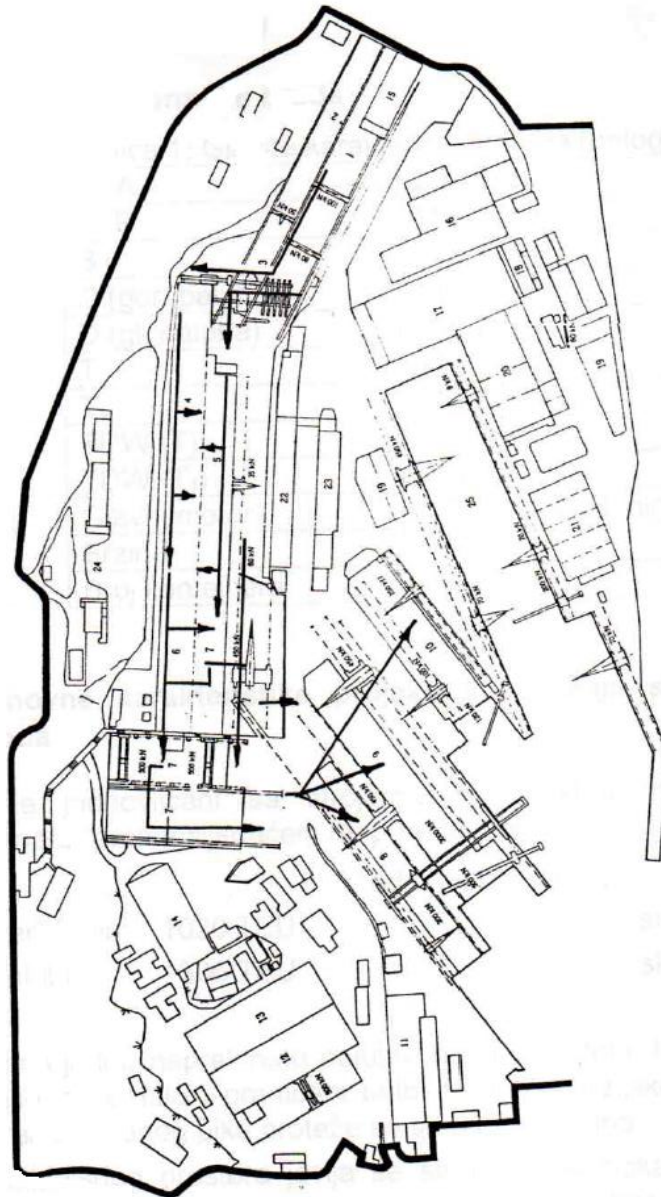
- Kako graditi brod?
  - Definiranje veličina podjele broda u jedinice
  - Koncept izrade takvih jedinica i jedinica opreme
  - Koncept montaže ( slojevita, prestenasta, piramidalna, otočna,...)
  - Koncept ugradnje opreme ( pojedinačno, blokovi, moduli, zone, uranjeno opremanje, ...)
- Gdje graditi brod?
  - Sa stajališta kompatibilnosti broda
  - Sa stajališta tehničko-tehnoloških karakteristika slobodnog navoza
- Kada graditi brod?
  - Kada započeti rezanje limova?
  - Kada porinuti brod?
  - Idealni period za gradnju broda ( finansijski, ekonomski, vremenski, zahtjevani,...)

- Čime graditi brod?
  - Sredstva i postupci koji će se primjeniti

### **3.1 Osnovne karakteristike proizvodnog procesa gradnje brodova u brodogradilištu „3.Maj“**

Osnovne karakteristike:

- Brodovi se grade na navozima iz sekcija težine do 3000 kN. Osnovno obilježje gradnje broda je početi graditi brod u onim prostorima gdje je koncentriran najveći opseg posla
- Dvodimenzionalne i trodimenzionalne sekcije se predmontiraju po principu izvan navoza na platformama čija površina iznosi 17.200 m<sup>2</sup> od čega je natkriveno 11.200 m<sup>2</sup> a natkriveno 6000 m<sup>2</sup>
- Dva su toka za obradu materijala:
  1. Obrada limova
  2. Obrada profila
- Radionica obrade opskrbljena je strojevima za ravnjanje, pjeskarenje, bojenje, rezanje i savijanje limova i profila. Površina iznosi 8000 m<sup>2</sup>
- Materijal za gradnju trupa uskladištuje se u prostoru ispred radionice obrade. Na površinama skladišta čelika koja iznosi 10.300 m<sup>2</sup>
- Prostor na kojem se obrđuju limovi kroz sve faze pa do sklapanja sekcije ima oblik slova „L“ što omogućuje relativno dobar protok materijala kroz proizvodni proces i racionalno iskorištavanje raspoloživih površina
- Brodogradilište raspolaže sa 2 navoza a u prošlosti i sa 3
- Brodogradilište raspolaže sa opremnom lukom gdje se ovisno o veličini brodova može opremiti od 2 do 4 broda istodobno
- Radionice izrade opreme smještene su oko opremne luke i na određenim lokacijama u krugu brodogradilišta. Opremni materijal se iz njih dovozi na platforme predmontaže, navoze i na brodove u opremnoj luci.



Slika 4. Opći plan brodogradilišta „3. MAJ“ s ucrtanim tokovima materijala

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1 SKLADIŠTE LIMOVA                   | 14 STOLARIJA                                     |
| 2 SKLADIŠTE PROFILA                  | 15 KOVAČNICA                                     |
| 3 PREDOBRAĐA LIMOVA                  | 16 LJEVAONICA                                    |
| 4 OBRADA LIMOVA                      | 17 LAKA OBRADA MOTORA                            |
| 5 OBRADA PROFILA                     | 18 CINKARIONA                                    |
| 6 PANEL LINIJA                       | 19 SKALDIŠTE                                     |
| 7 PREDMONTAŽA                        | 20 RADIONICA CJEVARSKJE OBRADJE<br>I PREDMONTAŽE |
| 8 NAVOZ I                            | 21 RADIONICA OPREME                              |
| 9 NAVOZ II                           | 22 POSLOVNA ZGRADA                               |
| 10 NAVOZ III                         | 23 TEHNIČKI URED                                 |
| 11 ZAVARIONA                         | 24 ENERGETIKA                                    |
| 12 MONTAŽNI I ISPITNI STOL<br>MOTORA | 25 OPREMNA LUKA                                  |
| 13 TEŠKA OBRADA MOTORA               |  |

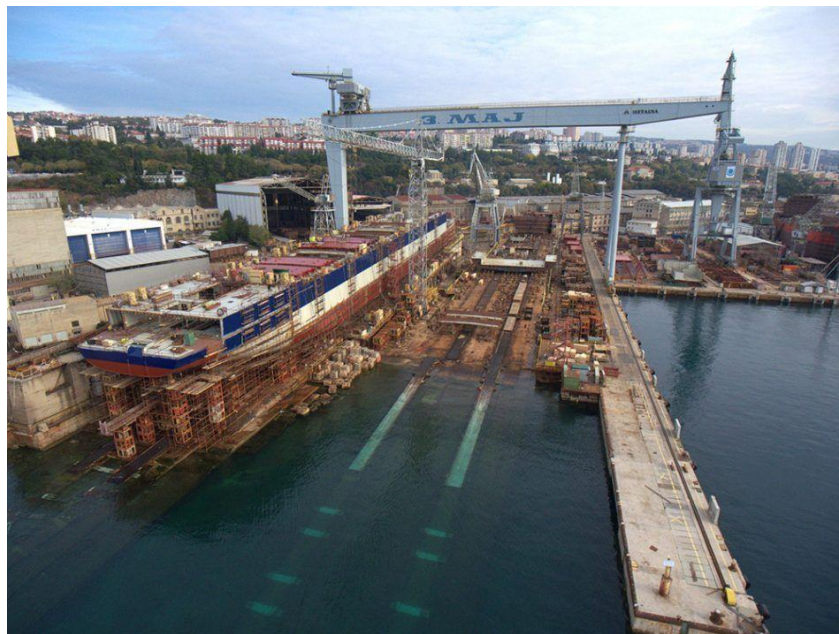
### 3.2 Odluka o mjestu gradnje broda kroz faze

Faze:

1. Kombiniranje mjesta za gradnju broda (navoza) u odnosu na slobodne navoze
2. Uspoređivanje tehničkih karakteristika navoza sa tehničkim karakteristikama broda
3. Uspoređivanje ritma gradnje broda po navozima

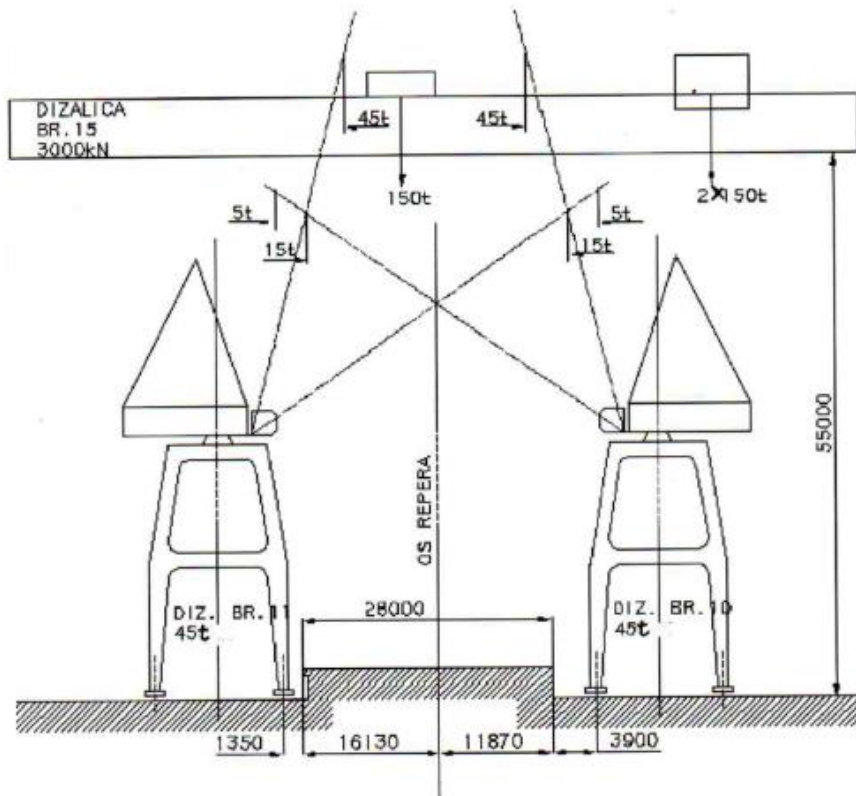
Nakon razmatranja svih triju faza donosi se konačna odluka o mjestu gradnje broda (navoza). U slučaju odabira brodogradilišta i navoza odluka je da se brod gradi u brodogradilištu 3. Maj na navozu broj 2 koji zadovoljava sve karakteristike i mogućnosti za gradnju polarnog kruzera odabranih karakteristika. Navoz broj 2 je slobodan kroz duži period zbog toga što brodogradilište 3. Maj nema u planu korištenje tog navoza u daljnjem razdoblju.

Opremanje broda će se nakon porinuća dovršiti u opremoj luci koja zadovoljava kapacitete za opremanje polarnog kruzera.

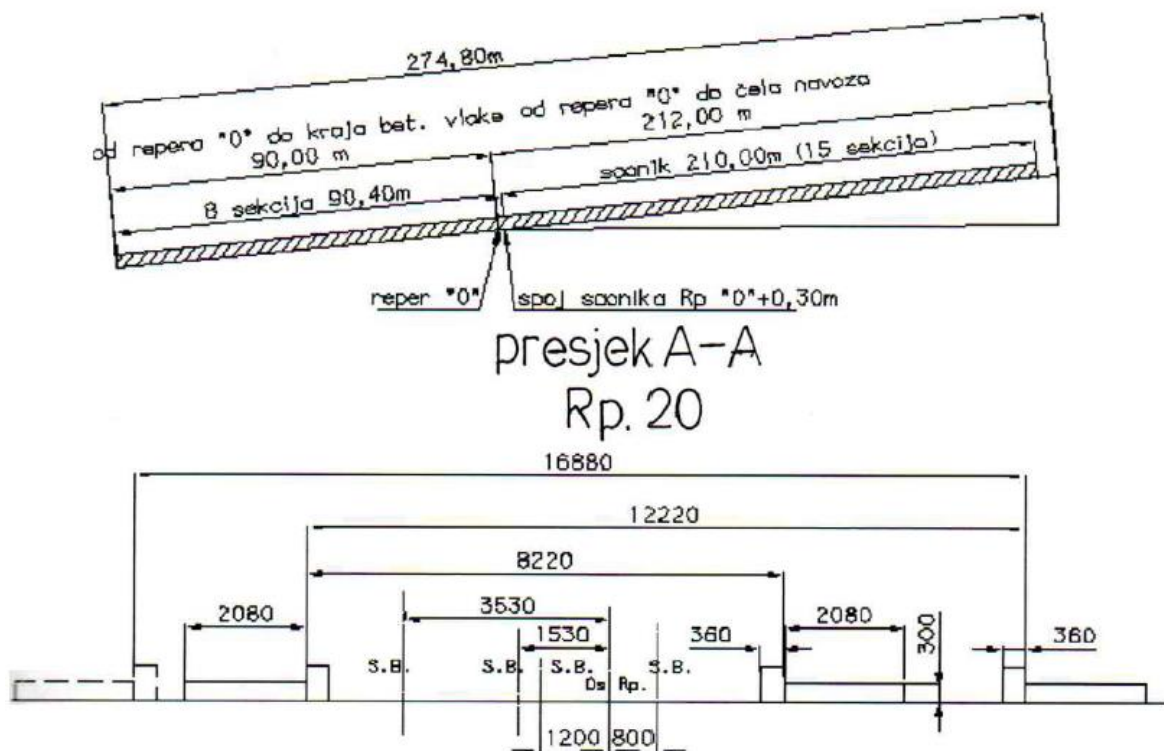


Slika 5. Navoz broj 2 u brodogradilištu 3. maj

NAVOZ 2  
M 1:500



Slika 6. Poprečni presjek kroz navoz 2 s prikazom smještaja pripadnih transportnih sredstava (dizalica)



Slika 7. Uzdužni presjek kroz navoz 2 s prikazom smještaja saonika i saonica

RADIONIČKA OZNAKA DIZALICE	IZVEDBA DIZALICE	NOSIVOST DIZALICE t	DOHVAT DIZALICE m
10	PORTALNA	45	14,5
11	PORTALNA	45	14,5
15	MOSTNA	300	

Tablica 3. Opremljenost navoza 2 dizalicama

STROJARSKA ENERGETIKA		ELEKTROENERGETIKA	
ACETILEN	40 Nm <sup>3</sup> /h	ELEKTRIČNA STRUJA 3X380 V/220 V	1,5-2,5 MW
KISIK	130 Nm <sup>3</sup> /h		
STLAČENI ZRAK 7x10 Pa	9600 Nm <sup>3</sup> /h		
INDUSTRIJSKA VODA	120 m <sup>3</sup> /h		

Tablica 4. Energetska oprema navoza 2

UKUPNA DUŽINA NAVOZA	302,4 m
DUŽINA NADVODNOG DIJELA NAVOZA OD Rp0	212,00 m
DUŽINA PODVODNOG DIJELA NAVOZA (PREDNAVOZA)	90,40 m
ŠIRINA NAVOZA NA Rp0	28,00 m
BROJ REPERA	60
RAZMAK REPERA	5,00 m
POLUMJER ZAKRIVLJENOSTI NAVOZA	9599 m
NAGIB NADVODNOG DIJELA NAVOZA	1:22-2,36'
POVRŠINA NAVOZA	6020 m <sup>2</sup>

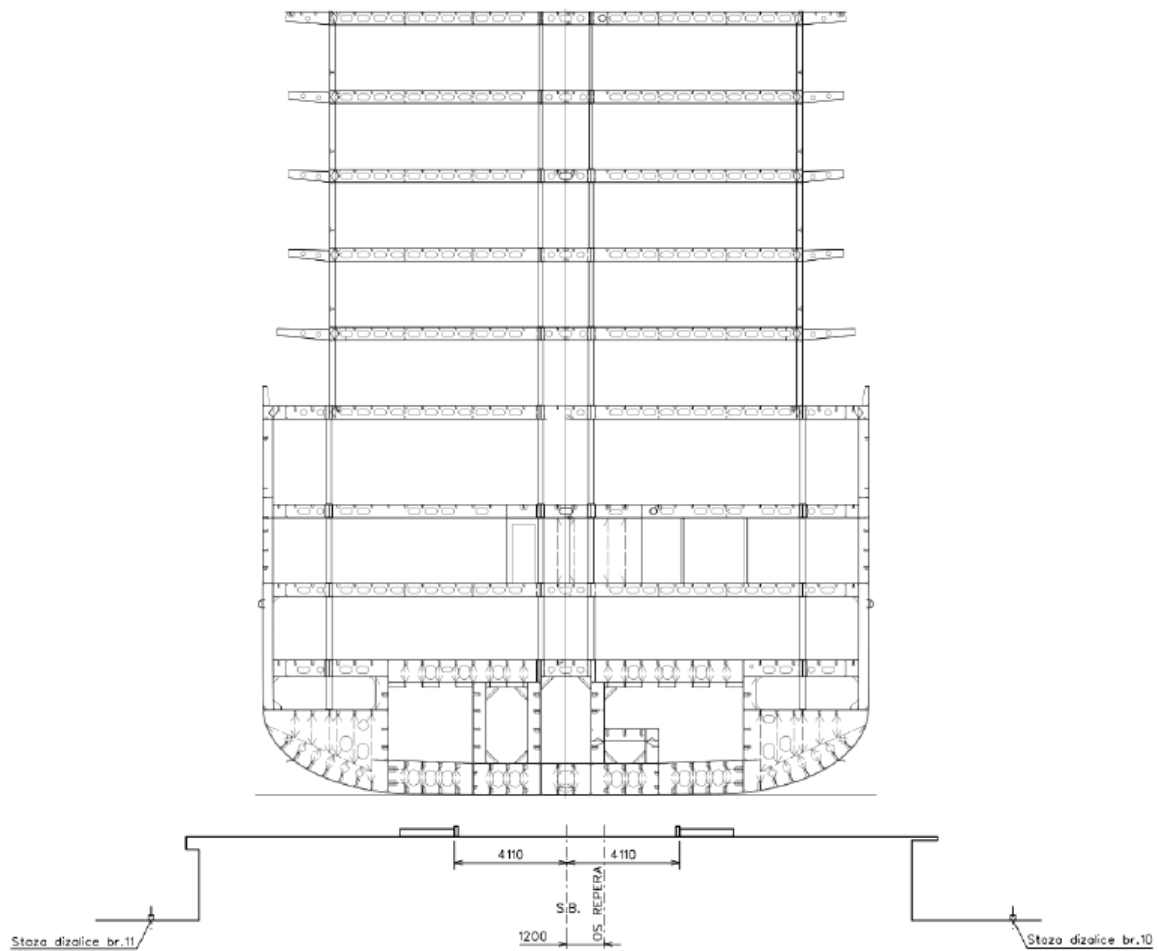
Tablica 5. Geometrijske karakteristike navoza 2

MAKSIMALNE DIMENZIJE		OPTIMALNE DIMENZIJE	
DUŽINA	260 m	DUŽINA	260 m
ŠIRINA	50 m	ŠIRINA	32 m
NOSIVOST	150 000 DWT	NOSIVOST	100 000 DWT

Tablica 6.: Dimenzije brodova koji se mogu graditi na navozu 2

Preliminarni smještaj broda :

po duljini..... R.45 na Rp.1+535  
po širini.....Simetrala broda 1200mm od osi repera prema sjeveru  
Na Rp1. – 2300mm  
po visini .....Na Rp.20 – 1600mm



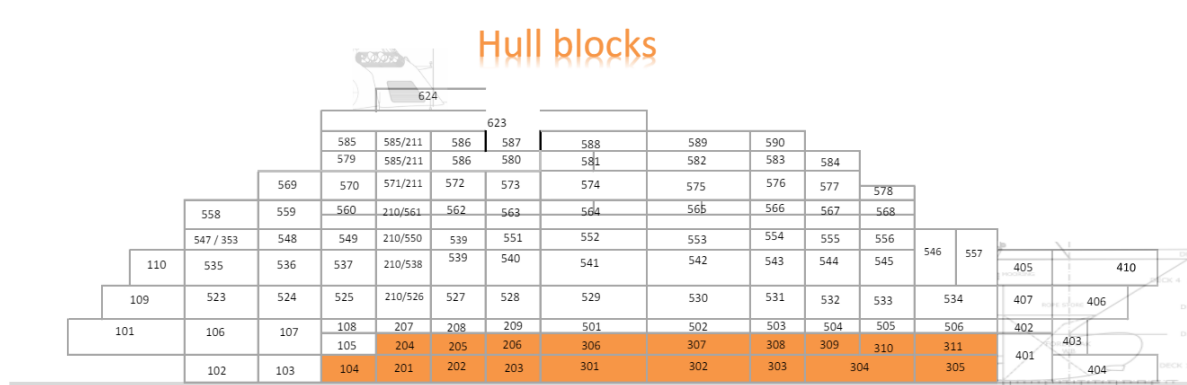
Slika 8. Smještaj broda na navozu

Brod će na navozu biti pokriven dizalicama br. 10,11,15.

Smještaj broda i potklada biti će definiran redovnom tehnološkom dokumentacijom.

## 4. TEHNOLOŠKE GRUPE I MONTAŽNE JEDINICE

### 4.1 Kriterij za podjelu polarnog kruzera u grupe i montažne jedinice



Slika 9. Podjela broda u grupmontažne jedinice

Pri projektiranju tehnologije gradnje broda glavno se pitanje postavlja a to je u koliko ćemo grupa i montažnih jednica podijeliti taj brod. Veliki brodovi kao što je ovaj kruzera od preko 150 metara ne mogu se izgraditi iz jednog „komada“ pa brod treba podijeliti u više dijelova odnosno brodograđevnim rječnikom sekcija ili montažnih jedinica.

Prilikom izrade svake sekcije od obrade limova i profila pa do montaže sekcija na navoz ili u slučaju manjih brodova treba obratiti pozornost na puno faktora koji utječu na veličinu sekcije i stupanj opremljenosti sekcije. Sekcija u što većem stupnju opremljenosti prije porinuća je cilj svakog brodogradilišta kako bi se gradnja broda ubrzala a troškovi smanjili.

Prilikom projektiranja ima puno faktora koji utječu na broj montažnih jedinica i grupa, a puno toga određuje brodogradilište i njegove mogućnosti i kapaciteti.

Preduvjeti za podjelu u grupe i montažne jedinice polarnog kruzera u brodogradilištu „3.Maj“.

Masa sekcija je jedan od prioriteta koji određuje koliko ćemo montažnih jedinica imati. Brodogradilište „3.maj“ posjeduje dizalicu broj 15 ( 300 tona ) koja se nalazi iznad navoza broj 2 na kojem ćemo graditi brod tako da veličina montažnih jedinica ne smije prelaziti 300 tona.



Mogućnost nabave limova i profila određenih dimenzija. Brodogradilište ima kapacitet predobrade limova i profila u tablici 1.

	LIMOVA	PROFILA
Proizvodna moć (t/god)	80 000	21 000
Dimenzije materijala (m)	14 x 3,2	14 x 0,5
Masa ( max t)	10,0	5,0
Maksimalna masa pojedinog elementa s obzirom na nosivost dizalica		

Tablica 6. Proizvodna moć obrade limova i profila

Iako predobrada može primiti duljine limova i do 14 metara u praksi će se naručivati limovi do 12 metara duljine zbog toga što se veći limovi od 12 metara ne mogu saviti na valjku koji je isto jedan od preduvjeta za formiranje montažnih jedinica. Sredstva transporta u procesu obrade su magnetske dizalice br. 84 i br. 69 nosivosti 100 kN.

Dimenzija hale za antikorozivnu zaštitu, brodogradilište „3. Maj ima halu za antikorozivnu zaštitu dimenzija visine. U kriteriju dimenzije hale stoji i još transport do hale za akz a koja će se odrađivati samohodnim transporterom koji ima nosivost od 2500 kN.

Nakon ukрупnjavanja sekcija dolazimo do hale za izradu 2D i 3D sekcija. Geometrijske značajke 2 hale za izradu sekcija ( hala „C“ i hala „D“ ) su širina 29 i 44 metra i visina do kuke dizalice 25 i 30 metara. Površine hala su 2760 m<sup>2</sup> za halu „C“ a za halu „D“ 4520 m<sup>2</sup>. Kapaciteti dizalica u hali za izradu sekcija su 50 kN i 160 kN.

Prilikom podjele u grupe i montaže jedinice obratiti ćemo pažnju najviše opremi. Oprema je taj faktor koji najviše određuje izgled i veličinu montažnih jedinica odmah nakon nosivosti dizalica. Koncentracija je prema krupnoj opremi koja se mora montirati u što ranijoj fazi opremanja.

Primjeri na polarnom kruzaru:

- Grupa 210 i grupa 211 odnosno grupe grotla strojarnice sa liftovima od 3. palube do 10. palube a sastoje se od 3 montažne jedinice.
- Grupa 304 određuje oprema za sewage treatment room

- Grupa 401 određuje bow thruster koji se nalazi na pramčanom piku
- Grupa 301 određuju stabilizatori koji se nalaze na boku broda zajedno sa uređajima za kontrolu stabilizatora unutar oplata broda
- Grupa 410,406 i 403, određuje lančanik koji se nalazi kroz tri montažne jedinice
- Grupa 534 određuje teatar i visina palube broj 4 u području teatra
- Grupa 569 mora se montirati kao jedna montažna jedinica zbog toga što se iznad sekcije nalazi helideck
- Grupa 101 određuje dizel električna propulzija ( 2 azipod propulzora )
- Grupa 624 je grupa koju određuje dimnjak
- Ostale grupe sa početnim brojem 5 odnosno one koje predstavljaju nadgrađa one su određene na temelju broja kabina i rasporeda kabina po brodu
- Grupe 204-209 određuju 4 glavna dizel generatora u dvije strojarnice

Požarni plan je osnovni plan na temelju kojega određujemo grupe nakon što smo odredili mogućnosti brodogradilišta od transporta do nosivosti dizalica. Brod je podijeljen u 5 sigurnosnih zona od požara koje su napravljene na temelju podjele broda u osnovne prostore ( krmeni pik, strojarnica, teretni prostor, pramčani pik, nadgrađe ) te na temelju toga postavljamo osnovne kriterije za podjelu broda u grupe i montažne jedinice.

Vodonepropusni plan je jedan od planova koji definira veličinu grupa i montažnih jedinica zbog vodonepropusnih vrata koja se nalaze na prvoj, drugoj i trećoj palubi. Cilj je rasporediti grupe tako da se montiraju da sve vodonepropusne pregrade budu u kontinuitetu zavarene bez prekida, zbog mogućnosti pucanja i propuštanja vode uslijed velikih naprežanja broda.

Redoslijed montaže određuje se na temelju termina isporuke opreme koji u krajnjem slučaju mogu utjecati na izgled i veličinu grupa i montažnih jedinica.

Svi tankovi koji se nalaze na brodu su smješteni u posebne montažne grupe i jedinice zbog toga da se ne odvajaju na dvije grupe i montažne jedinice radi lakšeg uranjenog opremanja ( tankovi ulja, tankovi goriva, tankovi pitke vode, tankovi balasta,...)

Brodski trup podijeljen u 132+2AL tehnološke grupe sastaviti će se na navozu od ukupno 148 montažnih jedinica+ 2 AL-montažne jedinice, maksimalno opremljenih u fazi predmontaže te korozijski zaštićenih prije montaže.

Montaža trupa započinje u području strojarnice, grupa 202,201,203-dvodna, a nastavlja se sa gr.205,204,206-2.paluba kako bi se osigurali uvjeti za montažu glavnih dizel-generatora (4 komada). Nakon ugradnje istih, montiraju se gr.208 i 207-3.paluba. Istovremeno, montaža napreduje sa dvodnima teretnog prostora (gr.301-304) i prema krmu.

Montaža u području prostora nadgrađa odvija se slijedećim redoslijedom: T-sekcije paluba do 5.palube koje se zatvaraju sa pripadnim sekcijama vanjske oplata (L/D). Iznad 5.palube do 10.palube prisutno je ukрупnjavanje sekcija palube osim u području strojarnice tj.grupe 210 i 211 gdje se vanjske oplata montiraju pojedinačno sa pripadajućim dijelom paluba.

Sekcije pramčanog pika također dolaze na montažu ukрупnjene, 2 sekcije do 3.palube i 3 sekcije između 3.i do 5.palube.

Sekcije u gr.623 i 624 (materijal-aluminij) montiraju se posljednje. Sekcije strojarnice biti će formirane kao VT sekcije dvodna te T-sekcije 2.i 3.palube sa ili bez pripadajuće oplata. Grotlo strojarnice sa liftovima od 3.-7.palube čine dvije VTsekcije, a od 7.do 10.palube čini jedna VTsekcija zajedno sa sekcijama T01 gr.571 i 579.

Dvodna teretnog prostora su VT ili Tsekcije po cijeloj širini broda, kao i VT ili Tsekcije palube 2 ovisno da li sadrže ili ne sadrže vanjsku oplatu.

Palube nadgrađa (od 3.do 5.palube) su Tsekcije po cijeloj širini broda. Palube nadgrađa od 6.do 10. (sa izloženom stijenom) izraditi će se kao T-sekcije i ukрупnjavati.

Oplata nadgrađa do 5.palube su Tsekcije sa pripadajućim dijelom paluba u istoj dužini kao i sekcije palube.

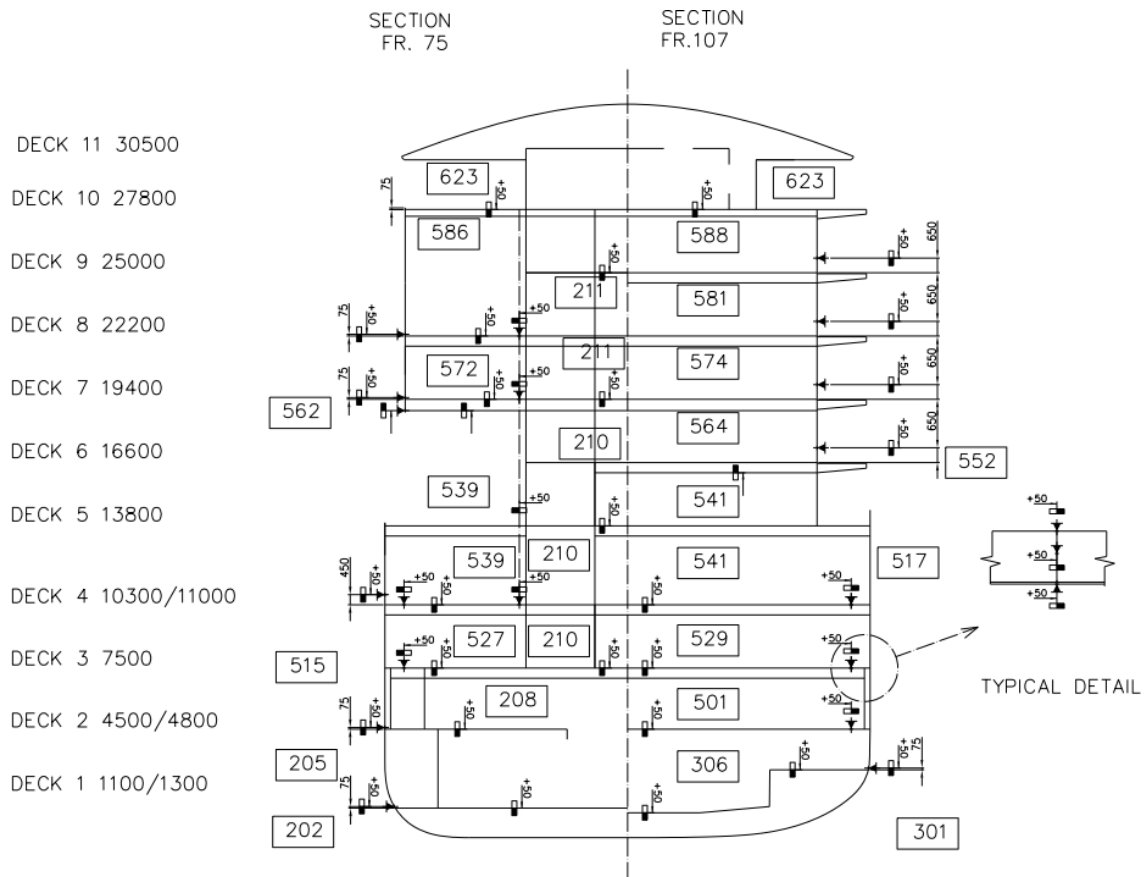
Sekcije krmenog i pramčanog pika biti će formirane tako da omoguće primjenu tehnologiju opremanja sekcija (T, VT ili UVTsekcije).

Obzirom na konstrukciju paluba i njihov broj znatno je povećan i broj panela ili sekcija

sa limovima manjih debljina (5.0, 5.5 ili 7.0 mm) i manjih tipova profila (HP100x6 ili HP120x6) koji će se zavarivati kontinuiranim ili isprekidanim zavarom pa treba strogo voditi računa i pridržavati se uputstva o zavarivanju istih.

Prva grupa na montaži (gr.202) ima montažni višak prema pramcu i prema krmi kao i ostale grupe u tom području po visini. Svi montažni viškovi od R.81 definirani su na granicama grupa prema pramcu, a od R.65 prema krmi (vidi nacrt „Podjela broda u grupe“).

Također, na strukturi broda (panelima) je zastupljen "panelski" višak u vrijednosti od 20mm, kao i "predmontažni" višak ( kod sekcija koje idu na "ukrupnjavanje" u sekcije višeg tehnološkog nivoa).



Slika 10. Montažne jedinice na presjeku glavnog rebra

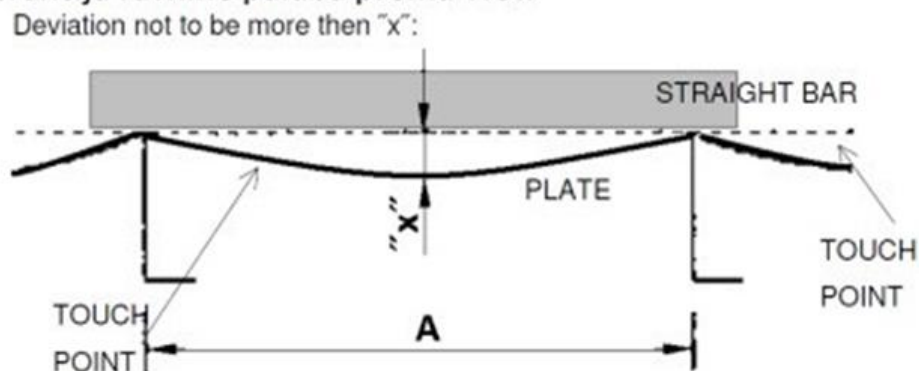
Montažni višak na poprečnom presjeku imaju platforme/palube na lijevoj i desnoj strani. Montažni višak na vanjskim oplatama i strukturi ispod paluba postoji „prema dolje“ .

Na prvom brodu će se uobičajni nivo tehnologije opremanja sekcija, te njihovo bojenje u halama, primjeniti u teretnom prostoru, nadgrađu te pramčanom i krmenom dijelu, dok će se u području strojarnice oprema ugraditi u sekcije gdje je to kasnije tehnološki nemoguće , najveći obim opremanja obaviti će se na navozu.

Na sljedećem brodu opremanje sekcija primjeniti u maksimalnom obimu.

Osim ugradnje opreme u VT ili Tsekcije trebaju biti zadovoljeni svi standardni zahtjevi obrade strukture te dimenzionalne i vizualne kontrole (prema uputstvu QS-D-101.12.1-1) s naglaskom na ravnanju paluba.

#### Zahtijevana tolerancija ravnine paluba prema T.O.:



#### Uncovered parts of decks and bulkheads

A, mm	Max. Deviation "x":
500	3,5
600	4
700	4,5
800	5

#### Covered parts of decks and bulkheads

A, mm	Max. Deviation "x":
500	5
600	6
700	6,5
800	7

Maximal deviation allowed on less than 10% of area.

Slika 11. Dozvoljeno odstupanje ravnine lima

Ovi će se zahtjevi moći realizirati uz poštivanje radne i tehnološke discipline te uz dodatnu edukaciju i maksimalno angažiranje svih sudionika u proizvodnom procesu.

Bojenje sekcija biti će zastupljeno u maksimalno mogućem obimu. Strojarnica treba biti opremljena do stupnja koji omogućava što kraće zadržavanje broda u opremnoj luci.

U Prilogu 1 nalazi se popis tehnoloških grupa i montažnih jedinica za svih pet prostora broskog trupa.

U prilogu 2 nalazi se redoslijed montaže broda.

## **5. TEHNOLOGIJA GRADNJE BRODSKOG TRUPA**

Kako je predviđeno brodski trup podijeljen u 134 tehnološke grupe sastaviti će se na navozu od ukupno 150 montažnih jedinica, maksimalno opremljenih u fazi predmontaže te korozijski zaštićenih prije montaže. Redoslijed montaže definiran je po nivoima i prema piramidalnoj koncepciji gradnje kako bi se u što ranijoj fazi formirali prostori i omogućili početak stvaranja uvjeta za opremanje.

Budući da će se prilikom gradnje broda primjenjivati tehnologija opremanja i bojenja sekcija, potrebno je ispuniti sve uvjete za provođenje iste. Radionička dokumentacija biti će izrađena u skladu sa predviđenom tehnologijom gradnje broda. Sukladno tome, potrebno je pravovremeno definirati dio opreme koja će biti izrađena izvan brodogradilišta. Svu opremu od nehrđajućeg čelika kao i onu obojenu u izradi treba zaštititi od oštećenja prilikom transporta, skladištenja i ugradnje.

Osim ugradnje opreme u VT sekcije trebaju biti zadovoljeni svi standardni zahtjevi obrade strukture te dimenzionalne i vizualne kontrole.

Navedeni zahtjevi moći će se realizirati uz poštivanje radne i tehnološke discipline te maksimalni angažman svih sudionika u proizvodnom procesu.

### **5.1 Materijal za gradnju i opremanje broda**

Struktura broskog trupa biti će izrađena od običnog brodograđevnog čelika i čelika povišene čvrstoće (B, AH36, DH36, EH36). Minimalna debljina limova opločenja paluba iznosi 5 mm dok su minimalne visine HP 100 mm.

U području grupa 623, 624 i balkona koristiti će se aluminij (ENAW-5052 AlMg 2,5). U području pramca tj. sidrenog ždrijela koristiti će se nehrđajući čelika, AISI316 (ST316). Kompletan materijal biti će kontroliran i odobren od strane Klasifikacijskog društva.

Materijal za izradu cjevovoda i opreme biti će standardan, cijevi su od nehrđajućeg čelika AISI 316L (ST316L), bakra, pocinčanog čelika, CuNiFe-ra i stakloplastike (GRP)

Ne hrđajući čelik iziskuje kvalitetnu pripremu proizvodnog procesa u svim fazama izrade i montaže opreme obzirom na stroge zahtjeve koje postavlja upotreba tog materijala. Kako bi se osigurala potrebna kvaliteta i spriječila oštećenja potrebno je osigurati dovoljne količine pomoćnog materijala (guma, rebrasti karton, najloni, aluminijska folija i sl.) za zaštitu ovog materijala u svim fazama gradnje broda.

Zaštiti opreme potrebno je posvetiti puno pažnje kako bi se spriječili naknadni popravci te smanjili dodatni troškovi. Cjevovod balasta biti će izveden od pocinčanog čelika.

## **5.2 Postupci zavarivanja i ravnanja**

Tijekom gradnje broda primjenjivati će se uobičajeni postupci, REL, MAG, EPP. Također, postupak zavarivanja uz primjenu keramičke podloge biti će i nadalje zastupljen.

Prilikom radova na strukturi broda sve pripreme spoja i zavareni spojevi moraju biti izvedeni prema propisima IACS-a („Shipbuilding and Repair Quality Standards“). Posebnu pažnju potrebno je posvetiti redosljedu i parametrima zavarivanja s ciljem da se izbjegnu deformacije zbog unosa topline.

Ravnanje deformacija strukture potrebno je odraditi grijanjem ali bez korištenja vode. Zavareni spojevi će cijelom duljinom biti izvedeni kao kontinuirani, a isprekidani zavar se koristiti na prostorima paluba nadgrađa (uzdužnjaci palube).

Dodatni materijal za zavarivanje mora odgovarati karakteristikama osnovnog materijala. Zavarivanje nehrđajućeg čelika mora se izvoditi prema uputstvima za rad s nehrđajućim čelicima. Atestacija svih postupaka i zavarivača mora biti izvedena u skladu s propisima Klasifikacijskog društva, pod čijim se nadzorom gradi brod.

Rendgenskim i/ili ultrazvučnim postupkom izvoditi će se NDT ispitivanja zavarenih spojeva na pozicijama i u broju točaka definiranim prema zahtjevima Klasifikacijskog društva.



Zavarivanje pod praškom (engl. Submerged Arc Welding – SAW) ili elektrolučno zavarivanje pod zaštitnim praškom (kratica: EPP) je poluautomatska ili automatska vrsta elektrolučnog zavarivanja, gdje se koristi taljiva elektroda u obliku žice ili trake, koja se mehaniziranim načinom dovodi na mjesto gdje gori (pokriven) električni luk u plinovima od mineralnog praška.

Rastaljeni prašak, tj. tekuća troska, štiti električni luk i talinu zavarenog spoja, a skrutnuta troska hladeći se štiti zavareni spoj od okolnog zraka. Električni luk je stalno prekriven i praktički nevidljiv tijekom zavarivanja, što bitno smanjuje izravno djelovanje svjetlosnog i drugih zračenja, kao i rasprskavanje čestica rastaljenog metala i troske, a uz vrlo malo dima.

Nakon što se ohladi, skrutnutu trosku treba odstraniti.



Slika 12. Zavarivanje pod praškom (EPP)

Zavarivanje MIG postupkom (engl. Metal Inert Gas), MIG postupak zavarivanja ili elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštiti neutralnog plina (engl. Gas Metal Arc Welding – GMAW) je vrsta elektrolučnog zavarivanja.

To je poluautomatski ili automatski postupak zavarivanja, koji koristi stalno dovođenje gole žice kao elektrode za zavarivanje, a zaštićen je s inertnom (neutralnom) ili poluinertnom mješavinom zaštitnih plinova (obično argon), da zaštiti zavareni spoj od zagađenja. Postupak je brži od ručnog elektrolučnog zavarivanja.

Elektroda je ujedno i dodatni materijal, koji je obično istorodan s osnovnim materijalom koji se zavaruje.



Slika 13. Zavarivanje MIG/MAG postupkom

Ručno elektrolučno zavarivanje (kratica: REL), točnije izraženo ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom (engl. Manual Metal Arc Welding – MMA) ili elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom (engl. Shielded Metal Arc Welding – SMAW) je postupak zavarivanja koji se najviše koristi.

Električna struja se koristi da pokrene električni luk, između osnovnog materijala i potrošnih elektroda, čija obloga stvara zaštitu zavara od oksidacije i zagađivanja stvaranjem ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>).

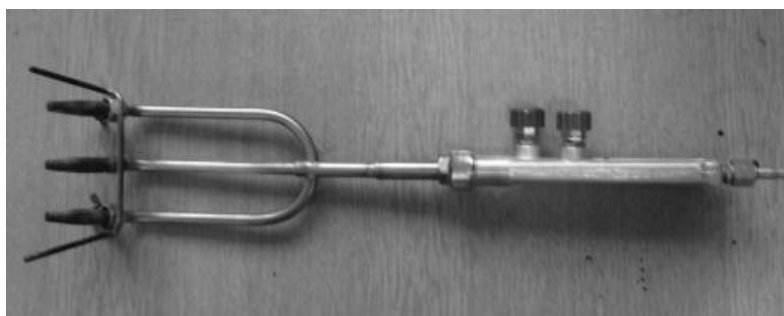
Elektroda služi i kao dodatni materijal za stvaranje zavara. Postupak je vrlo raznovrstan i može se obaviti s relativno jeftinom opremom, tako da se koristi u radionicama i na otvorenim gradilištima.

Zavarivač može postati dovoljno iskusan i sa skromnijom obukom, a vješt majstor postaje s iskustvom. Vrijeme zavarivanja je relativno sporo, jer se elektrode moraju često zamjenjivati i troska se mora čistiti nakon svakog zavara. Taj postupak je uglavnom ograničen na čelične proizvode, iako specijalne elektrode postoje i za lijevano željezo, nikal, aluminij, bakar i ostale metale.



Slika 14. Zavarivanje REL postupkom

Toplinsko ravnanje podrazumijeva korištenje plinskog plamena za otklanjanje deformacija. Plinskim plamenom otklanjaju se deformacije nastale kao posljedica zavarivanja, dok se za otklanjanje ostalih deformacija koriste još i razni drugi brodograđevni alati.



Slika 15. Plinski plamenik sa 3 sapnice

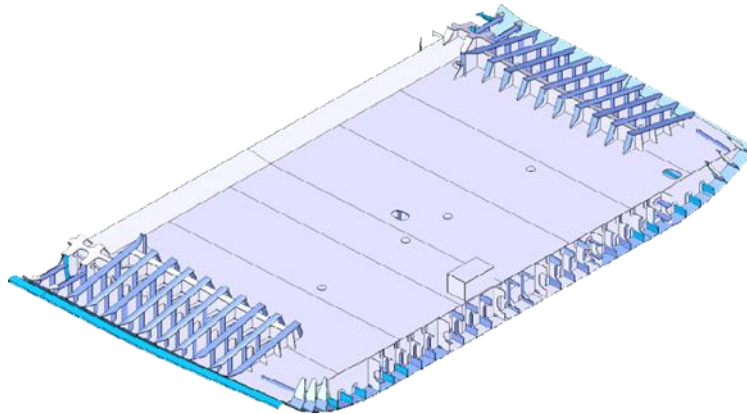
Stezanje do kojeg je došlo na radnom komadu prilikom zavarivanja uvjetovalo je skraćenje radnog komada u području neposredno uz zavareni spoj, dok su na udaljenijim hladnim zonama dimenzije radnog komada ostale iste, što je rezultiralo pojavom deformacija.

Da bi otklonili nastale deformacije, treba na zavarenom elementu ili produžiti skraćene zone ili skratiti produžene zone. Pošto je rastezanje skraćenih zona u većini slučajeva teško izvedivo, ravnanje se svodi na skraćivanje dužih zona radnog komada.

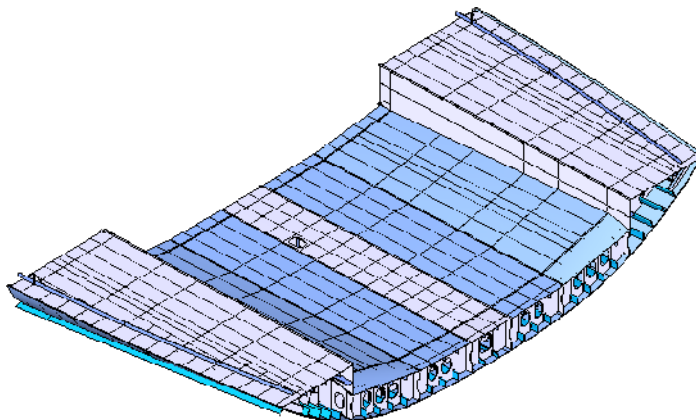
Da bi se skratile produžene zone, koristi se isti onaj efekt koji deformacije i izaziva, a to je stezanje i rastezanje metala koji je podvrgnut lokalnom zagrijavanju.

### 5.3 Tehnologija izrade karakterističnih sekcija

Dvodna (strojarnice i teretnog prostora) predmontirati će se u VT sekcije od boka do boka u duljini jednog lima. Položaj izrade VT sekcija je na krovu dvodna ili u položaju montaže.



Slika 16. Sastav VT sekcije dvodna strojarnice (gr.203)

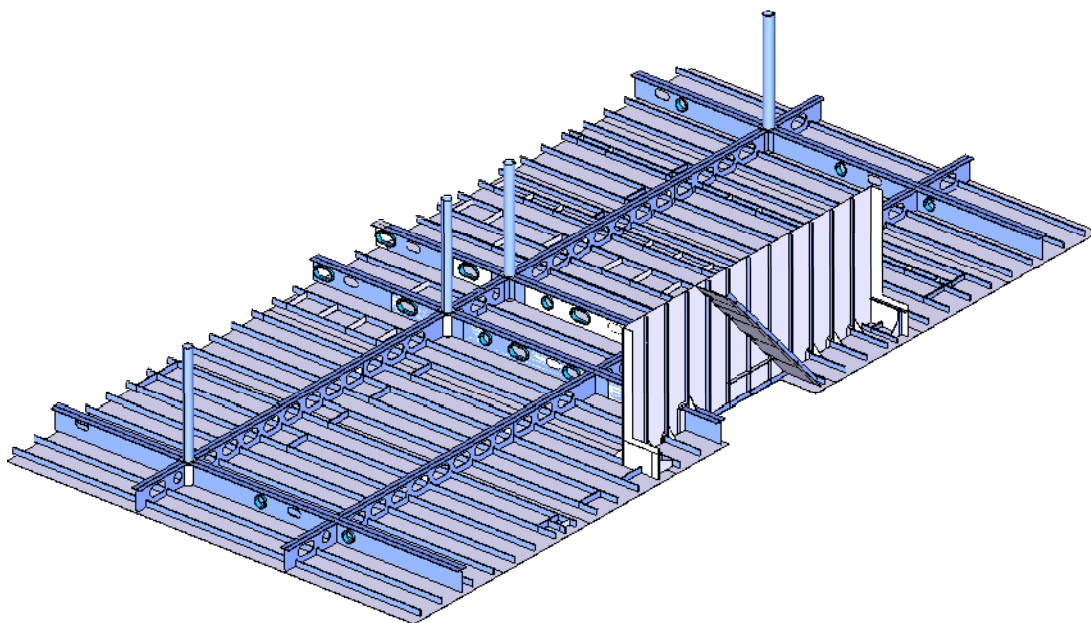


Slika 17. Sastav VT sekcije dvodna teretnog prostora (gr.302)

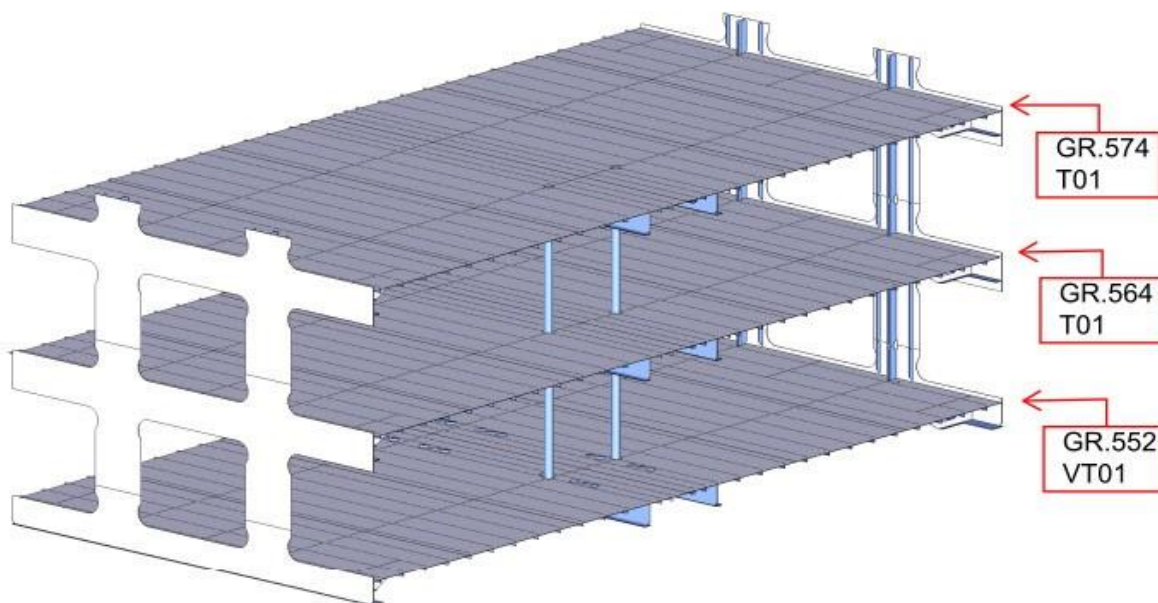
Palube (do 5.) će se predmontirati u Tsekcije od boka do boka u duljini jednog lima sa strukturom ispod. Položaj izrade Tsekcije je na oploćenju palube.

Palube (iznad 5.) će se predmontirati u Tsekcije od boka do boka u duljini jednog lima sa strukturom ispod i nakon toga ukрупniti sa dvije/jednom sekcijom u VTsekciju.

Obzirom na veliki broj sekcija paluba potrebno je predvidjeti i operativno planirati površine za njihovu izradu kako bi se zadovoljio planirani ritam montaže broda.

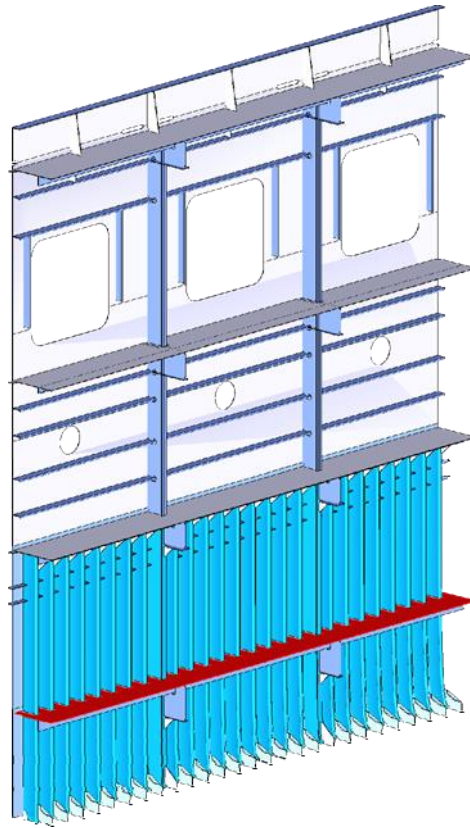


Slika 18. Sastav T sekcije palube (gr.501) u položaju predmontaže



Slika 19. Sastav ukupnjene VT sekcije 6-7-8 palube (gr.552,564,574)

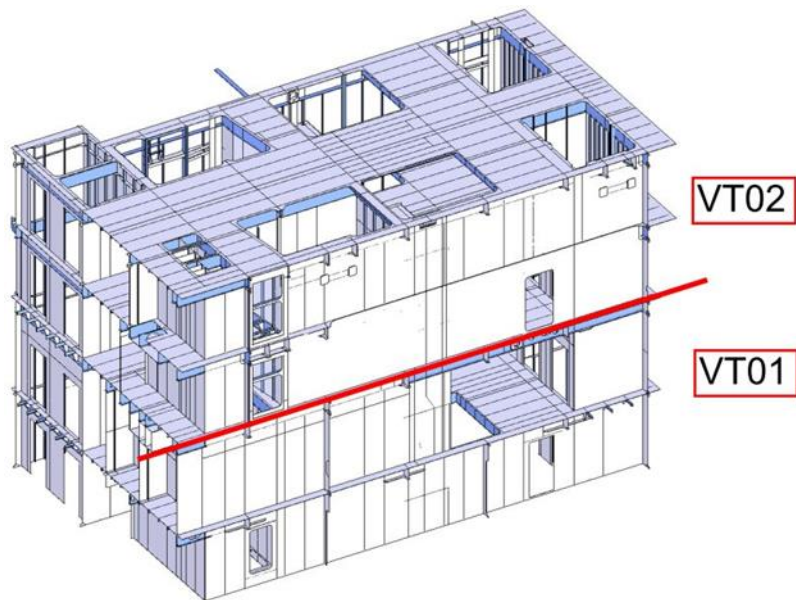
Vanjska oplata (do palube 5) će se predmontirati u Tsekcije (lijevo/desno) po visini i u duljini jednog lima sa pripadajućom strukturom svake palube.



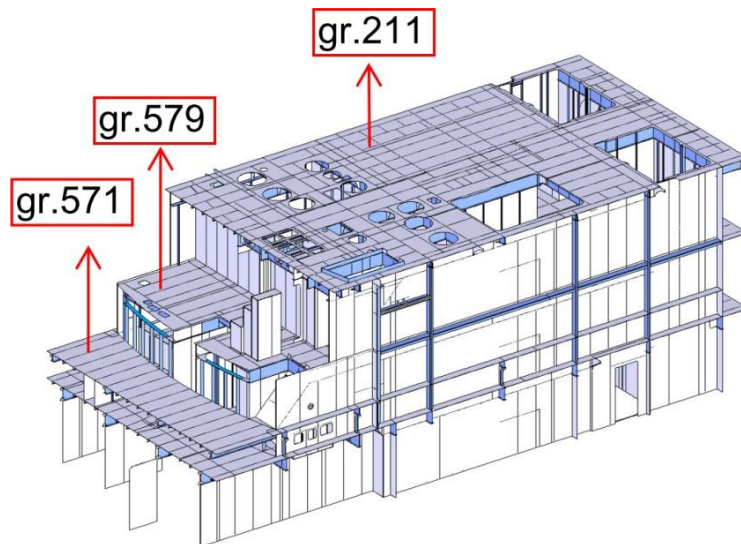
Slika 20. Sastav T sekcije vanjske oplate lijevo (gr.517)

Sekcije strojarnice biti će takve da omogućuju provođenje tehnologije uranjenog opremanja. Montažne sekcije čine VTsekcije dvodna, Tsekcije 2.palube s pripadajućim dijelovima vanjske oplate i strukturom ispod (gr.204,205) te Tsekcije 3.palube sa strukturom ispod. Specifičnost prostora ogleda se u VT sekcijama gr.210 i gr.211 (grotlo strojarnice sa liftovima od 3.do 7. i od 7.do 10.palube).

Sekcija dvodna VT01 gr.202 biti će prva sekcija na montaži – kobilica.



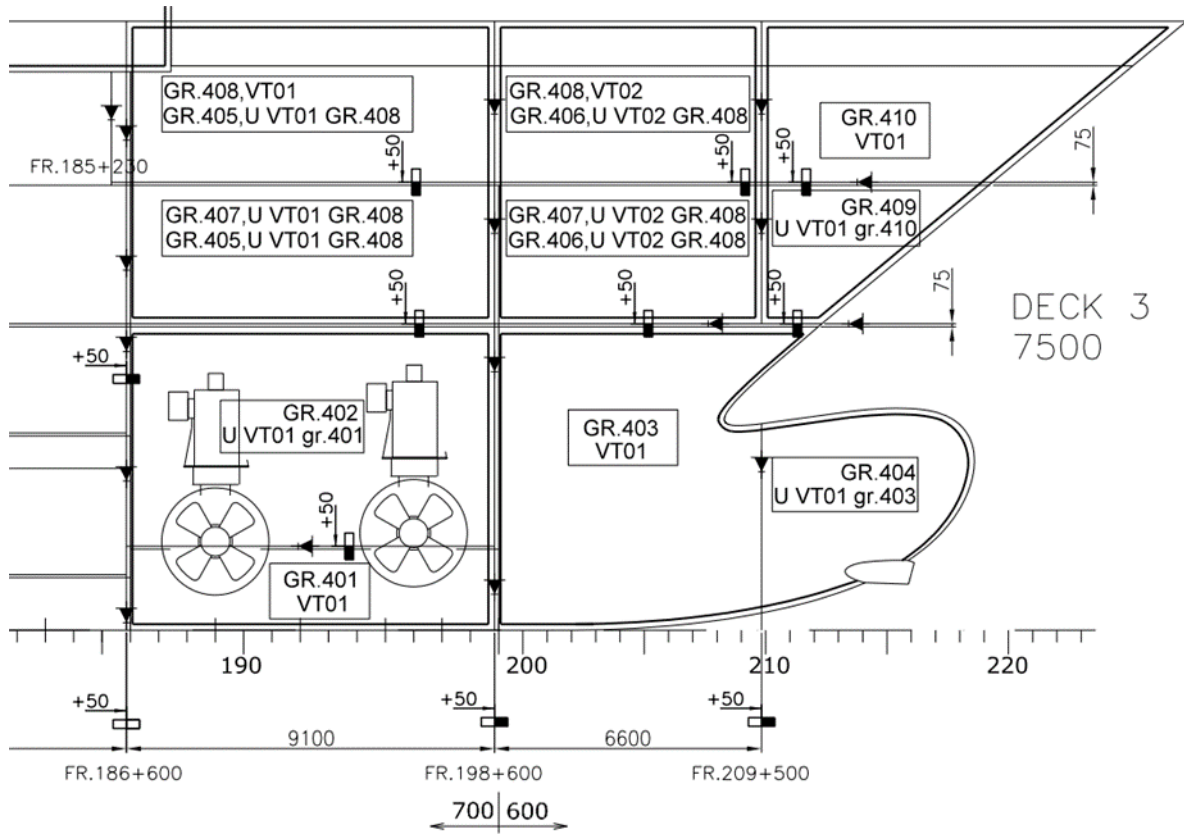
Slika 21. Sastav VT sekcije grotla strojarnice (gr.210)



Slika 22. Sastav ukрупnjene VT sekcije grotla strojarnice (gr.211)

Sekcije krmenog prostora (VT ili Tsekcije) biti će izvedene tako da omogućavaju primjenu tehnologije uranjenog opremanja (azipodi). Sekcija krmenog prostora VT101 će se detaljno opisati u ovom radu, od izrade,opremanja do montaže sekcije odnosno azipoda na na navozu broj 2.

Sekcije pramčanog prostora biti će izvedene tako da omogućavaju primjenu tehnologije uranjenog opremanja (pramčani propeleri, lančanici, sidra, oprema za vez i sidrenje). postupkom ukрупnjavanja.



Slika 23. Ukрупnjavanje sekcija pramčanog pika

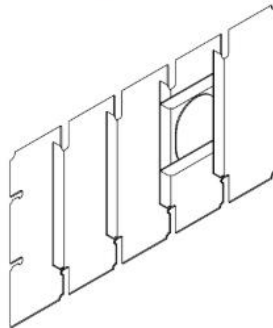


## 5.4 Redoslijed ukрупnjavanja sekcija

Sastavljanje dvaju ili više pojedinačnih elemenata u sklopove na prostoru i vremenski neovisno o predmontaži sekcija čini malu predmontažu. Prednosti male predmontaže su:

- Ubrzava se predmontaža sekcija, čime se bolje iskorištava skupocjeni prostor i time povećava proizvodnja i produktivnost.
- Mjesto izrade sklopova nije ovisno o mjestu izrade sekcija
- Smanjuje se gomilanje većeg broja manjih pojedinačnih elemenata u skladištu obrađenog materijala i prostorima za izradu sekcija.
- Zbog manjeg broja komada olakšan je transport.

С13410-Х155Л-1Б	518	mm	1	12 00	УН100	800 0
С13410-Х155Л-2	209	mm	4	LB10-120*15 0 Г=1200 00	У	81 3
С13410-Х155Л-3	211	mm	5	FB10-120*15 0 Г=1200 00	У	81 3
ОСНОВКА	БВД ППРК	УСЛ	ВВ01	ДИМЕНСИЕ	КА	УУВЗ ПР



СВ043

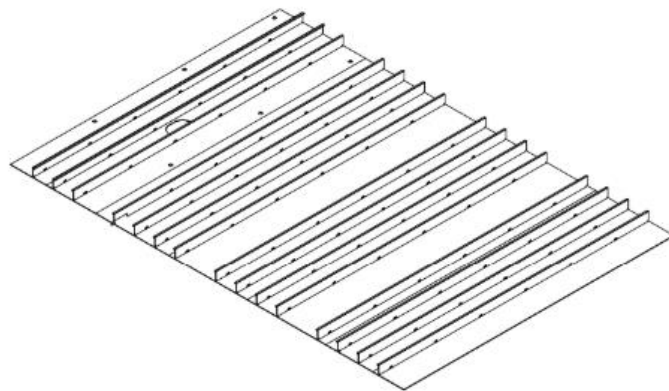
Slika 24. Sklop u maloj predmontaži

Počinja se sa sortiranjem limova i profila koji su potrebni za izradu sekciju. Bitno je imati pojedinačne elemente jer upravo oni tvore ostale dijelove odnosno sklopove, panele, 2D sekcije, 3D sekcije i prstenaste sekcije. Izrada sklopova se vrši na više osnovnih načina:

- Prenošnja, pritezanja i držanja elemenata
- Međusobnog privarivanja elemenata
- Ravnanja
- Zavarivanja

Ravni lim se postavlja poleanut, dok se uzdužnjak postavlja pod određenim kutom i pridržava dizalicom. Zatim se elementi međusobno privare zavarima duljine 30-50 mm, razmaknutim najmanje 300 mm, što osigurava da se dva elementa ne pomaknu i pogrešno zavare. Nakon toga zavaruju se elementi međusobno. Poslije zavarivanja, sklop se izravna do granice koje su tolerantne. Ravnati se može na hladno ili na vruće. Isti postupak se vrši i za rebrenice i bočne nosače koji se privaruju zavarima duljine 30-50 mm te se onda do kraja zavare međusobno.

Panel je sklop dvaju ili više limova međusobno spojenih u jednu plohu. Spajanje limova u ravni panel obavlja se tako da se uzimaju limovi za određenu sekciju, priljube se limovi, pa se međusobno privare. Kod zakrivljenih limova se radi drugačije. Zakrivljeni paneli se rade na uređajima koji se daju prilagoditi obliku panela. Jedan panel s profilima i limovima prikazan je na slici ispod.



OZNAKA	RAD. MARKA	NAZIV	BROJ	DIMENZJE	KV. MAT.	MAŠA (kg)
CT3410-Z2150-375P	673	profil	1	HP20: 320x13.0 L=10240 B8	AH36	464.9
CT3410-Z2150-S*	667	profil	12	HP20: 320x13.0 L=10240 B8	AH36	5578.6
CT3410-Z2150-357P	669	profil	1	HP20: 320x13.0 L=10240 B8	AH36	459.1
CT3410-Z2150-53S	673	profil	1	HP20: 320x13.0 L=10240 B8	AH36	464.9
CT3410-Z2150-265P	253	lim	1	20.50	AH36	1059.1
CT3410-Z2150-185P	250	lim	1	15.00	AH36	204.5
CT3410-Z2150-185P	247	lim	1	15.00	AH36	3629.6
CT3410-Z2150-175P	345	lim	1	15.00	AH36	3029.6
CT3410-Z2150-185P	242	lim	1	15.00	AH36	3372.9
CT3410-Z2150-155P	237	lim	1	15.00	AH36Z25	2228.3
CT3410-Z2150-145P	239	lim	1	15.00	AH36Z25	1862.9

Slika 25. Panel

Nakon izrade panela počinje tehnološki postupak izrade 2D ravne sekcije.

Izrada 2D sekcije ide ovim redoslijedom:

1. Trasiranja i obilježavanja položaja elemenata sekcije
2. Obrezivanje rubova sekcije i eventualnih otvora
3. Postavljanja i privarivanja ukrepnih elemenata manje visine na panel
4. Postavljanja i privarivanja ukrepnih elemenata veće visine na panel

5. Postavljanja elemenata za spajanje i kompoziciju čvrstoće konstrukcije
6. Zavarivanja elemenata strukture međusobno i svaki element za panel prema propisanoj tehnologiji zavarivanja
7. Ravnanja deformacija nastalih na sekciji pri zavarivanju
8. Brušenja ravnanja rubova sekcije i uklanjanja svih zaostalih privara
9. Kontrole sekcija i eventualno uklanjanja nedostataka
10. Zavarivanja uški za transport i montažu te priprema sekcije za transport do skladišta sekcije.

Ovisno o tehnologiji u samom brodogradilištu i o stanju u proizvodnji pojedine od navedenih radnji mogu se izvoditi na skladištu sekcija kao što su uklanjanje nedostataka i brušenje. Posebno se izrađuju zakrivljene sekcije.

Tehnološki postupak izrade zakrivljenih sekcija donekle se razlikuje od onog primijenjenog za izradu ravnih sekcija. Osnovna razlika je u kretanju sekcije i načinu zavarivanja.

Zakrivljena sekcija izrađuje se u kolijevci i to do početka slaganja limova zakrivljenog panela do okretanja sekcije ona se diže s kolijevke i odlaže na drugu radnu površinu. Na izrađeni panel u kolijevci, prema označenim teoretskim linijama strukture, postavljaju se ukrepni elementi panela, i to najprije niži, a zatim viši, uz ugradnju spojenih elemenata.

Nakon kontrole montaže, zavarivanje se obavlja isključivo ručnim postupkom prema tehnologiji zavarivanja. Brušenje, uklanjanje privara i kontrola sekcije izvodi se kao i kod ravnih sekcija. Zavarivanje uški za okretanje i montažu izvodi se prema dokumentaciji koja za takve sekcije mora biti posebno pažljivo izrađena.

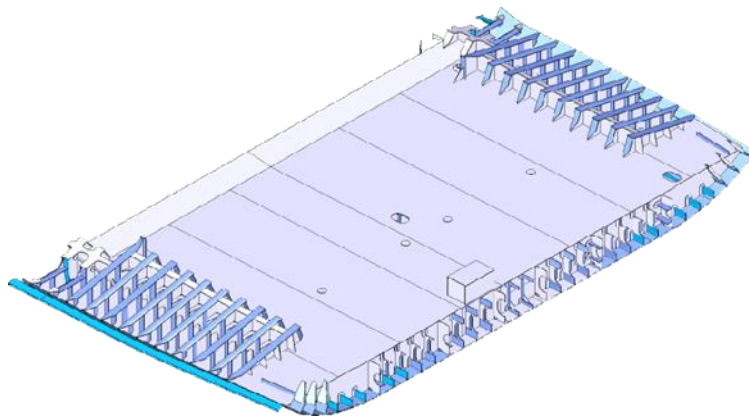
Okretanja sekcije izvodi se dvjema dizalicama i mnogo je kompliciranije od okretanje ravnih sekcija. Nakon okretanja zakrivljenih sekcija odloži se izvan kolijevke radi zavarivanja s druge strane. Zavarivanje s vanjske strane izvodi se ručno, uz prethodno kapanje korijenskog zavara.

Daljnji stupanj izgradnje trupa jest izrada 3D sekcija. Manje 3D sekcije izrađuju se uglavnom u zatvorenoj hali predmontaže, a veće sekcije se često montiraju na čelu navoza ili doka i to na dohvata dizalica. Težina 3D sekcija definirana je nosivošću dizalica navoza ( u slučaju brodogradilišta 3.Maj to je 300 tona ), a ne ovisi o dizalicama u hali predmontaže.

Gradnja trupa broda u trodimenzionalnim sekcijama ima sljedeće prednosti:

- Radovi montaže elemenata u sekcije obavljaju se u povoljnim uvjetima i na ravnoj površini.
- Smanjuje se opseg rada na visini
- Moguće je u većem opsegu opremiti sekcije
- Skraćuje se vrijeme ležanja broda na navozu, čime se povećava kapacitet porinjavanja brodogradilišta
- Zavarivanje je moguće maksimalno izvesti u povoljnom položaju
- Povećana je krutost sekcije za transport

Te prednosti dolaze sve više do izražaja što je veličina sekcije veća, iako postoje i neki problemi koji se javljaju prilikom sekcija većih dimenzija.



Slika 26. Ukрупnjena sekcija dvodna strojarnice grupa (203.)

## **6. OPREMANJE BRODA U BROGOGRADILIŠTU**

Opremanje se može podijeliti na više načina a osnovna podjela je na opremanje na navozu i opremanje u opremnoj luci nakon porinuća broda. Isto tako analizirati ću koji dio se može uranjeno opremiti i kada te objasniti zašto se određeni dio uranjenog opremanja izvodi u određenoj fazi gradnje broda.

U brodogradnji se za opremu broda koriste tri metode: prema zanimanjima, sistemsko i prostorno opremanje. Sve su tri metode još uvijek u upotrebi, ali se u velikoj brodogradnji ipak najčešće primjenjuje prostorno opremanje. Metoda koja će se koristiti u brodogradilištu ovisi o raznim čimbenicima poput kompleksnosti sistema, proizvodnog programa, tehnologiji brodogradilišta i strukturi radne snage.

Opremanje broda na navozu i opremanje broda u opremnoj luci su ključni procesi u brodogradnji koji osiguravaju da plovilo bude potpuno funkcionalno i spremno za plovidbu. Ovi procesi obuhvaćaju instalaciju različitih sustava, opreme i komponenti na brodu kako bi se osigurala sigurnost, učinkovitost i udobnost tijekom plovidbe.

## 6.1 Opremanje broda na navozu

Opremanje broda na navozu je ključna faza u procesu brodogradnje koja se odvija dok je trup broda još uvijek na suhom tlu, prije nego što se spusti u vodu. Ova faza uključuje detaljnu instalaciju raznih sustava, opreme i komponenti kako bi se osigurala funkcionalnost, sigurnost i udobnost broda tijekom plovidbe. Evo detaljnijeg pregleda procesa opremanja broda na navozu:

### 6.1.1 Električni sustavi:

Instalacija električne opreme: Ovo uključuje postavljanje električnih kabela, prekidača, utičnica, svjetala, alarma i drugih komponenti.

Navigacijski sustavi: Postavljanje i povezivanje GPS-a, radara, kompasa i drugih navigacijskih uređaja.

Komunikacijski sustavi: Instalacija uređaja za radio komunikaciju, satelitske telefone, radijske stanice i druge komunikacijske uređaje.

Hidraulički sustavi:

Postavljanje hidrauličkih pumpi, cijevi, ventila i cilindara potrebnih za različite funkcije na brodu.

Instalacija sustava za upravljanje kormilom, dizalicama, pričvrsnim sustavima i drugim hidrauličkim uređajima.

### 6.1.2 Sustavi za sigurnost:

Montaža detektora dima, plinskih detektora, protupožarnih aparata i drugih uređaja za detekciju i gašenje požara.

Postavljanje sigurnosnih kamera, alarmnih sustava, sustava za detekciju ulijevanja vode i drugih sigurnosnih uređaja.

Propulzijski sustavi - instalacija glavnog motora ili motora, propelera, reduktora i drugih komponenti potrebnih za pogon broda.

Povezivanje sustava za upravljanje motorima, gasnim paljenjem, hlađenjem i drugim dijelovima propulzijskog sustava.

### 6.1.3 Sustavi za kontrolu:

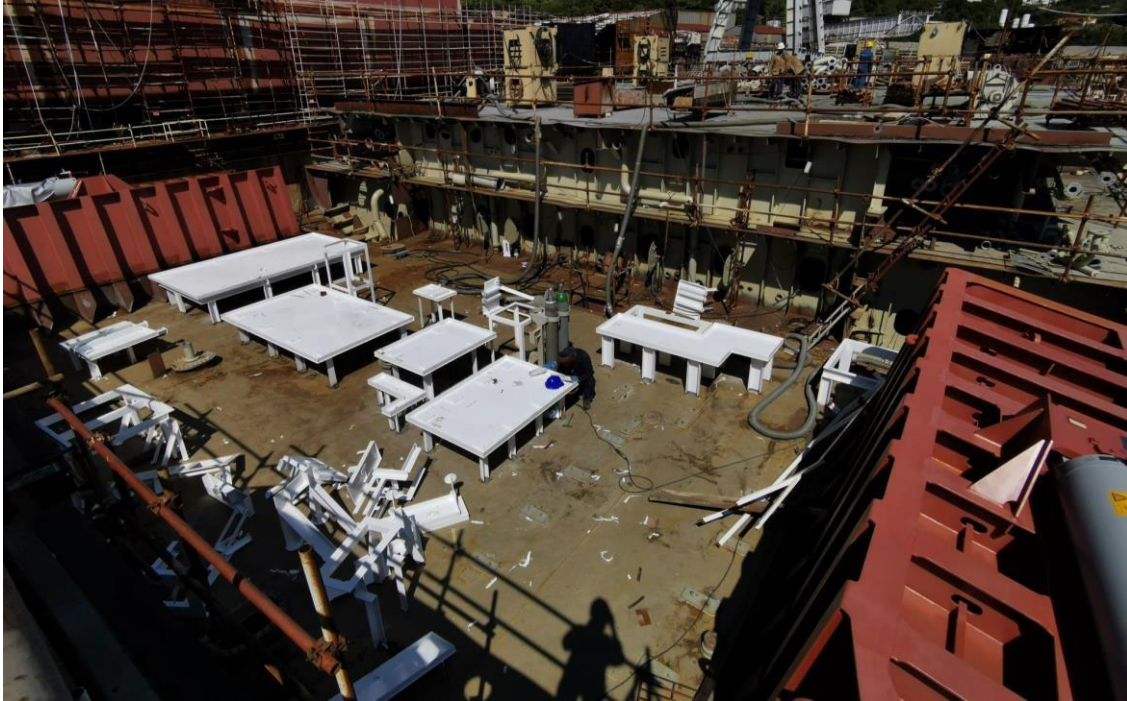
Montaža komandnih ploča, kontrolnih sustava, senzora i indikatora potrebnih za nadzor i upravljanje svim sustavima na brodu.

Integracija računalnih sustava za nadzor i upravljanje koji omogućuju automatsko upravljanje određenim funkcijama broda.



Slika 27.Sewage treatment room

Priprema za pokrivanje i montažu sekcije sewage treatment rooma. Nakon pripreme sekcija se montira iznad sve opreme i nakon skidanja montažnog viška zavaruje i „pokriva“ cijeli sewage treatment room.



Slika 28. Compressor room

Na slici iznad možemo vidjeti uranjeno opremanje na navozu u sekciji Compressor rooma. Kao što vidimo na slici imamo montažu temelja i nosača na krov dvodna odnosno na lim palube 2.

Osim navedenih sustava, opremanje broda na navozu može uključivati i instalaciju drugih komponenti poput sistema za klimatizaciju, sustava za obradu otpadnih voda, sistema za pričvršćivanje tereta, te opreme za udobnost putnika i posade. Ovaj proces zahtijeva pažljivo planiranje, koordinaciju i suradnju između različitih timova kako bi se osiguralo da sve komponente budu ispravno instalirane i integrirane prije spuštanja broda u vodu.





Slika 29. Oprema u sewage treatment roomu

Na slici iznad je prikaz sewage treatment room-a i montaže sve opreme u taj prostor. Kao što se vidi na slici opremanje se vrši na navozu broda iznad sekcije dvodna.

Sva velika oprema se montira na navozu jer se nebi mogla montirati nakon porinuća i zatvaranja sekcija sa palubom iznad, moglo bi se pristupiti na drugačiji način da se režu tehnološki otvori na oplati broda ali to bi smanjilo kvalitetu strukture broda pa se to praktički nikada ne radi pogotovo za velike uređaje i dijelove opreme.

Pogonski strojevi,propulzori i slični veliki dijelovi opreme su baza za opremanje broda na navozu, laički rečeno na njih se opremanje fokusira i kada se taj dio opreme ugradi na navozu cilj brodogradilišta je što prije porinuti brod kako bi se oslobio prostor na navozu kako bi se novi brod mogao početi graditi.



Slika 30. Montaža prouplzijskog sustava na navozu



Slika 31. Montaža motora dok je brod na navozu

Ovo su glavni preduvjeti da bi brod mogli porinuti uz krcanje i montažu što više moguće opreme, ali proritet su uvijek motori i pogonski strojevi.

## 6.2 Opremanje u opremnoj luci



Slika 32. Polarni kruzer u opremnoj luci brodogradilišta 3. Maj

Opremanje broda u opremnoj luci odvija se nakon što je brod izgrađen i porinut te se nalazi u luci prije nego što krene na prvu plovidbu. Ova faza uključuje niz koraka kako bi se osiguralo da brod bude potpuno funkcionalan, siguran i spreman za svoju namjenu.

Procesi opremanja broda u opremnoj luci:

### 6.2.1 Provjera i testiranje:

Svi sustavi, oprema i komponente na brodu provjeravaju se temeljito kako bi se osiguralo da su ispravni i funkcionalni.

Provjerava se električna instalacija, hidraulički sustavi, sustavi za sigurnost, propulzijski sustavi i drugi važni dijelovi opreme.

Testiraju se svi sustavi kako bi se osiguralo da rade ispravno i u skladu s propisima i standardima.

### 6.2.2 Punjenje gorivom i zaliham:

Brod se puni gorivom prema propisanim standardima i zahtjevima.

Također se puni voda za piće, pitka voda za upotrebu posade, kao i druge potrebne tekućine. Hrana i druge zalihe potrebne za putovanje također se utovaruju na brod.

Isprobavanje plovnih karakteristika:

Nakon što su sve komponente instalirane i provjerene, brod se testira kako bi se provjerile njegove plovne karakteristike.

Testira se brzina, okretnost, stabilnost i druge performanse broda u vodi.

Ovo isprobavanje može uključivati probne vožnje ili testiranje na mjestu, ovisno o uvjetima i zahtjevima.

### 6.2.3 Završni kozmetički radovi:

Nakon što su sve tehničke provjere i testiranja završeni, obavljaju se završni kozmetički radovi na brodu.

To može uključivati farbanje vanjskog trupa broda, čišćenje unutrašnjosti, poliranje površina i slično.

Cilj je osigurati da brod izgleda uredno i privlačno prije nego što krene na plovidbu.

Certifikacija:

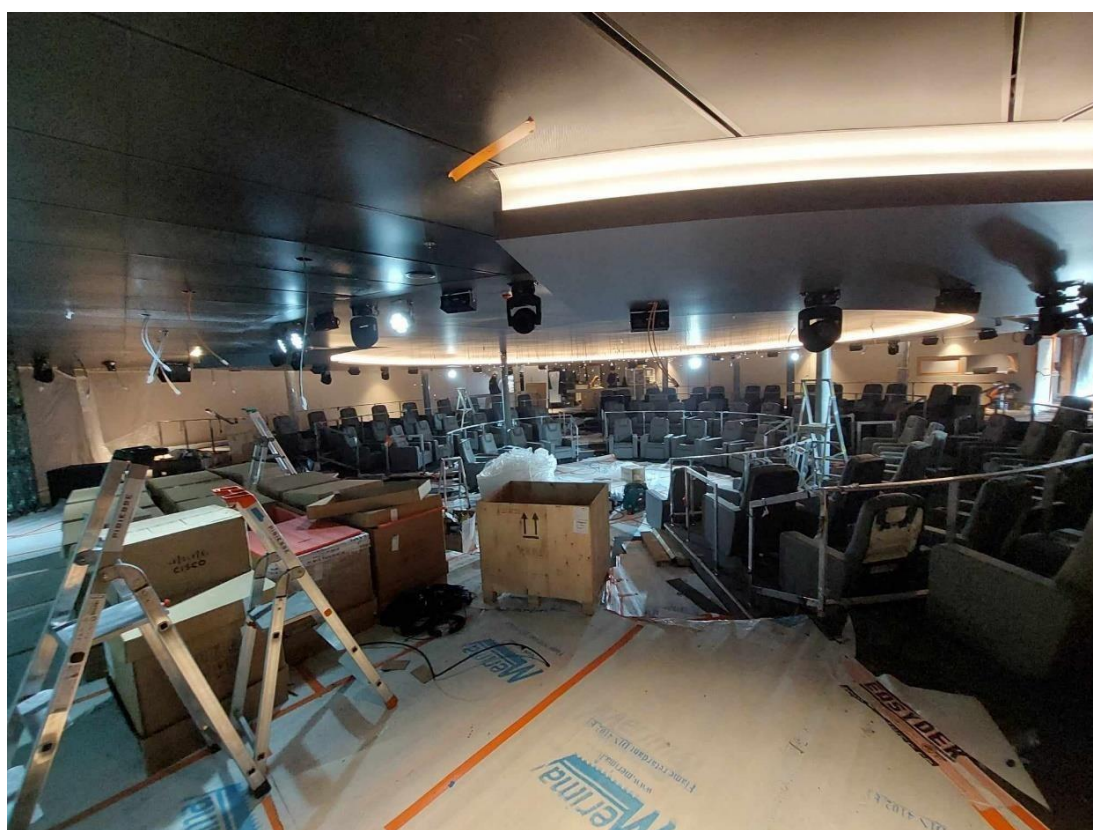
Konačno, nakon što su sve provjere, testiranja i korekcije završeni, brod se podvrgava procesu certificiranja.

Ovo uključuje pregled i odobrenje od strane nadležnih vlasti ili klasifikacijskih društava kako bi se osiguralo da brod zadovoljava sve sigurnosne standarde i propise.

Opremanje broda u opremnoj luci ključna je faza u procesu pripreme broda za plovidbu. Ovaj proces osigurava da brod bude potpuno funkcionalan, siguran i spreman za svoju namjenu prije nego što krene na svoje putovanje. Pažljivo planiranje, nadzor i suradnja svih relevantnih strana ključni su za uspješno opremanje broda u opremnoj luci.



Slika 33. Opremanje interijera yacht club-a na 7. palubi



Slika 34. Opremanje teatra po principu "ključ u ruke"

### **6.3 Problemi i poboljšanja u opremanju broda**

Opremanje broda na navozu može se suočiti s raznim izazovima i problemima koji mogu utjecati na proces izgradnje, sigurnost plovila i kvalitetu završnog proizvoda. Evo nekoliko uobičajenih problema koji mogu nastati tijekom opremanja broda na navozu:

Logistički problemi - koordinacija dostave i instalacije različitih komponenti i opreme može biti izazovna. Problemi u logistici mogu dovesti do kašnjenja u izgradnji i povećati troškove.

Tehnički problemi- neispravna instalacija ili integracija različitih sustava i opreme može dovesti do tehničkih problema. To može uključivati problem s električnom instalacijom, hidrauličkim sustavima, propulzijskim sustavima ili drugim vitalnim dijelovima plovila.

Nedostatak kvalificirane radne snage- nedostatak kvalificiranih radnika ili tehničkog osoblja može otežati ispravnu instalaciju i konfiguraciju različitih sustava i opreme na brodu.

Ograničeni resursi - nedostatak potrebnih resursa poput alata, opreme ili materijala može otežati opremanje broda na navozu. To može uzrokovati kašnjenja i povećati troškove proizvodnje.

Prilagodba promjenama - tijekom procesa opremanja broda, mogu se pojaviti promjene u dizajnu ili zahtjevima klijenta. Prilagođavanje tim promjenama može biti složeno i zahtijevati dodatno vrijeme i resurse.

Kvaliteta opreme - kvaliteta opreme i komponenti koje se koriste tijekom opremanja broda može varirati. Korištenje loše kvalitetne opreme može dovesti do problema s performansama, pouzdanošću i sigurnošću broda.

Pravni i regulatorni problemi - nepridržavanje pomorskih propisa, standarda ili sigurnosnih normi može dovesti do pravnih problema i kazni. Stoga je važno osigurati da se sve instalacije i radovi provode u skladu s relevantnim propisima.

Financijski problemi - opremanje broda na navozu može biti skup proces. Neplanirani troškovi ili nedostatak financijskih sredstava mogu otežati uspješno završavanje projekta.

Rješavanje tih problema zahtijeva pažljivo planiranje, nadzor i suradnju svih relevantnih strana u procesu izgradnje broda. Redovita komunikacija između svih uključenih strana ključna je za prepoznavanje problema i njihovo rješavanje prije nego što dovedu do ozbiljnijih posljedica.

A neki od problema koji se javljaju kod opremanja broda u opremnoj luci su:

Ograničen pristup opremi- u opremnoj luci može nedostajati određena oprema ili alati potrebni za završetak opremanja broda. To može dovesti do kašnjenja dok se ne osigura potrebna oprema.

Logistički izazovi - transportiranje opreme i materijala do luke može biti složeno, posebno ako su potrebni specijalni tereti ili velike komponente. Ograničen pristup luke ili prometni problemi također mogu uzrokovati kašnjenja u opremanju broda.

Kvaliteta opreme - kvaliteta opreme i materijala koji se koriste za opremanje broda može varirati. Korištenje loše kvalitetne opreme može dovesti do problema s performansom i pouzdanošću broda.

Tehnički problemi - pri instalaciji opreme može doći do tehničkih poteškoća kao što su problemi s povezivanjem, neispravni dijelovi ili nekompatibilnost sustava. Rješavanje takvih problema može zahtijevati dodatno vrijeme i resurse.

Financijski izazovi - opremanje broda u luci može biti skup proces. Neplanirani troškovi ili nedostatak financijskih sredstava mogu otežati završetak opremanja i dovesti do prekoračenja proračuna.

Sigurnosni aspekti -radovi na opremanju broda u luci mogu biti opasni za radnike i okolinu. Pravilna primjena sigurnosnih mjera i procedura ključna je za sprječavanje nesreća ili ozljeda.

Koordinacija različitih timova - u opremnoj luci mogu biti prisutni različiti timovi koji rade na različitim aspektima opremanja broda. Koordinacija između tih timova može biti izazovna i

zahtijevati učinkovitu komunikaciju i upravljanje projektom.

Rješavanje tih problema zahtijeva pažljivo planiranje, nadzor i suradnju između različitih dionika u procesu opremanja broda. Redovita procjena rizika i pravodobno rješavanje problema ključno je za osiguranje uspješnog završetka projekta opremanja broda u luci.

Opremanje na navozu i opremanje u opremnoj luci se svodi na što brže opremanje sekcija kako bi brod bio gotov za isporuku brodovlasniku što prije.

Opremanje na navozu se vrši na način da što više opreme ugradimo prije samog proinuća broda, u ovisnosti o glavnim problemima s kojima se možemo suočiti prilikom opremanja kao što su kašnjenje materijala, nedostatak radioničke dokumentacije, problem sa nedostatkom radne snage i slično. Sve to se treba u pripremi gradnje broda predvidjeti i pronaći rješenje za sve probleme kako bi gradnja tekla što lakše i brže.

Opremanje na navozu se sastoji od svi velikih uređaja i dijelova opreme koji se mogu ukracati na brod i montirati. Glavni dijelovi su pogonski strojevi, propulzori ,motori,...

Sva ostala oprema se pokušava ugraditi što prije na brod dok je na navozu a ako to nije moguće onda prelazimo na drugu fazu odnosno opremanje u opremoj luci gdje vršimo završne radove broda kako bi brod bio funkcionalan i uredan te spreman za isporuku brodovlasniku.



## 6.4 Opremanje broda na doku



Slika 35. AKZ vanjske oplata broda u doku

Brod u opremnoj luci često nije potpuno opremljen i spreman za plovidbu. Najčešći završetak opremanja broda je nanošenje antikorozivne zaštite na brod prije pokusne plovidbe.

Brod se naravno ne može bojati dok je u moru ili vodi te onda zahtjeva tegljenje do doka gdje se onda u doku brod antikorozivno premazuje završnim premazima. Antikorozivna zaštita se najčešće radi dok je brod u predmontaži ali završni premazi se rade po završetku opremanja broda zbog mogućih oštećenja premaza prilikom opremanja broda u opremnoj luci.

Antikorozivna zaštita broda u doku je ključna mjera održavanja koja se primjenjuje kako bi se spriječila korozija metalnih dijelova broda koji su izloženi morskoj vodi i ostalim elementima. Korozija može biti ozbiljan problem jer može uzrokovati oštećenje strukture broda, smanjiti njegovu trajnost i sigurnost, te povećati troškove održavanja.

Nekoliko uobičajenih metoda antikorozivne zaštite broda u doku:

Čišćenje i priprema površine - prije nego što se primijeni bilo kakva antikorozivna zaštita, površina metala mora biti temeljito očišćena od nečistoća, hrđe i ostataka stare boje. Brušenje ili pijeskanje površine može biti potrebno kako bi se osiguralo dobro prianjanje zaštitnog premaza.

Primjena antikorozivnog premaza - nakon pripreme površine, nanosi se antikorozivni premaz ili zaštitna boja. Ovi premazi obično sadrže aktivne tvari poput cinka ili epoksida koje sprječavaju koroziju stvaranjem zaštitnog sloja na površini metala.

Korištenje anodnih zaštita - anodna zaštita je tehnika koja se koristi za sprečavanje korozije metalnih dijelova pomoću anodnih materijala koji se elektrokemijski korodiraju umjesto glavnih strukturalnih komponenti broda. Anode se često postavljaju na metalne dijelove broda poput propelera, oslonaca i elisa.

Korištenje katodne zaštite - katodna zaštita je još jedna metoda zaštite od korozije koja koristi struju za zaštitu metalnih dijelova broda. Električna struja se dovodi na metalne dijelove broda putem katodnih anoda, što stvara negativni naboj koji sprječava koroziju.

Redovito održavanje - redovito praćenje stanja antikorozivne zaštite i popravak oštećenja ili nedostataka ključni su za očuvanje učinkovitosti antikorozivnih mjera. Oštećenja premaza ili pukotine u anodama treba popraviti što je prije moguće kako bi se spriječilo daljnje korozije.

Antikorozivna zaštita broda u doku igra ključnu ulogu u održavanju njegove strukture i sigurnosti tijekom dugotrajne uporabe. Redovito održavanje i primjena odgovarajućih antikorozivnih metoda ključni su za produženje životnog vijeka broda i smanjenje troškova održavanja.

## 7. TEHNOLOGIJA OPREMANJA POLARNOG KRUZERA NA NAVOZU

- Krma:

- završno opremanje tankova kaljuže, goriva i pitke vode
- montaža pogona propulzije
- montaža okretnih propulzora
- montaža priteznih vitala

- Strojarnice 1 i 2:

- montaža glavnih genset-ova
- montaža svih strojeva i uređaja
- početak opremanja sprema
- završetak montaže sondi i odušnika
- završno opremanje strukturnih tankova
- montaža preostalog cjevovoda
- ukrcaj rasklopa u pr. rasklopa 2
- montaža bravarskih i mehaničarskih sklopova
- tlačenje cjevovoda kaljuže, balasta, morske vode, protupožara, sondi i
- montaža nestrukturnih tankova
- montaža osnovnih komunikacija
- početak montaže završnih komunikacija
- montaža tankostijene ventilacije
- početak polaganja kabela
- montaža transportne opreme
- ukrcaj ispuha
- početak izoliranja prostora
- montaža čeličnih vrata

- Pogonski prostor:

- montaža o-speed stabilizatora
- montaža svih ostalih strojeva i uređaja
- montaža rasklopa u p. rasklopa 1
- montaža pultova u kontrolnu kabinu
- završno opremanje strukturnih tankova
- montaža nestrukturnih tankova

- početak polaganja kabela
- montaža komunikacija
- montaža svih cjevovoda
- montaža bravarske opreme
- početak opremanja sprema
- početak izoliranja prostora
- montaža čeličnih vrata
- istlačiti cjevovod balasta u WB tankovima 4 PS/SB

• Prostor tretiranja otpadnih voda:

- završno opremanje strukturnih tankova
- montaža BIO tanka i tanka MBR BIO taloga
- montaža svih ostalih strojeva i uređaja
- montaža preostalog cjevovoda
- montaža komunikacija
- montaža svih cjevovoda
- montaža bravarske opreme
- početak izoliranja

• Pramac:

- završno opremiti pramčani pik
- montaža motora pramčanih porivnika
- montaža opreme za sidrenje i privez

• Nadgrađe:

- izrezivanje prolaza kroz palube
- montaža cijevnih i kablskih prolaza
- montaža metalne opreme podova
- osnovno oblaganje podova
- opremanje ispod paluba – sve što je pod izolacijom
- izoliranje
- postavljanje modularnog sustava ovješnja opreme ( osnovni GRID )
- montaža glavnih kablskih staza

montaža cjevovoda i provodnika:

- palubni odljevi
- sonde i odušnici

- dovodna sanitarna voda
- sive i crne vode
- protupožar morskom vodom
- protupožar vodenom maglom
- visokotlačne pranje
- montaža okna
- početak izolacije cjevovoda
- montaža pomoćnih kablskih staza
- početak polaganja kabela
- postavljanje sanitarnih kabina na 2. palubi na pozicije
- početak pregrađivanja na 2. palubi

## 8. TEHNOLOGIJA OPREMANJA POLARNOG KRUZERA NAKON PORINUĆA

- kompletiranje cjevovoda
- tlačenje cjevovoda
- završetak montaže završnih komunikacija
- završetak opremanja sprema
- montaža svih liftova
- izolacija prostora
- izolacija provodnika
- završetak elektroinstalacija i spajanje
- opremanje nacrtima SO"4"
- ispitivanje sustava
- montaža metraže
- montaža rasvjetnih tijela i elektroopreme
- elektroinstalacije i spajanje
- završna montaža preostale palubne opreme
- helikopterska platforma i specifičnost sustava goriva - kerozinom
- ispitivanje sustava
- Nadgrađe:
  - završetak montaže preostalog cjevovoda
  - završetak izolacije cjevovoda
  - tlačenje cijevnih sustava
  - završetak izolacije
  - montaža preostalih sanitarnih kabina
  - polaganje kabela
  - pregrađivanje i oblaganje
  - montaža stropova
  - montaža vratiju
  - mongtaža bočnih prozora
  - montaža interijera:
    - namještaj
    - elektrooprema

SS-namještaj barova i o smočnica i opema

SS-namještaj kuhinje i oprema

- spajanje

- završno opremanje interijera

- primopredaja

## 9. IZRADA I MONTAŽA SEKCIJE 101 POLARNOG KRUZERA

U fazi izrade sekcije krme zavarivanje elemenata strukture izvršiti standardnim redosljedom:

1. Vertikalni sučeljeni zavar
2. Vertikalni kutni zavar
3. Horizontalni sučeljeni zavar
4. Horizontalni kutni zavar
5. Nadglavni zavar

(krajeve sekcija ostaviti nezavarene 500 mm osim u području uški zavariti do kraja) Nadzor i kontrolu parametara zavarivanja obaviti će specijalistička grupa za zavarivanje Prilog br.3 obrađuje zavarivanje temeljne ploče za azipod

### FAZA I

#### IZRADA SEKCIJE S01

- Na ravnu platformu postaviti opločenje palube 3 (6900 iznad osnove)
- Na opločenje montirati redom:
  - Rebrenice od R.-14 do R.3 u području 900 mm L/D od S.B.
  - Presjek na 5200/4700 mm od osnove (R.M.287)
  - Sklop na 4700 mm od osnove sa sklopovima ispod (R.4,5,6,7)
  - Sklop rebrenice na R.8 (MP020)
  - Bočni nosač na 900/1500 mm L/D
  - Rebrenice od R.-14 do R.8 u području od 900 do 2700 mm L/D
  - Sklop na 2570 mm od osnove sa sklopovima ispod (R.6,7)
  - Sklop rebrenice na R.5 (CR006)
  - Sklop rebrenice na R.9 (MP021)
  - Lim u osnovici (R.M.409) sa sklopovima rebrenica na R.7 i R.8
  - Ostale sklopove/elemente strukture prema sastavu sekcija, tehnološkoj i radioničkoj dokumentaciji
- Zavariti strukturu međusobno standardnim redosljedom od sredine prema krajevima
- Postaviti i zavariti uške za montažu sekcije S01 na mjesto izrade VT01
- Sekciju očistiti od privara i otkloniti eventualne deformacije
- Ugraditi dio opreme prema popisu materijala



## FAZA II

### **S12,S22**

- Sekcije izraditi na ravnoj platformi standardnim postupkom

### **T12, T22**

- Na povišenu platformu postaviti sekciju S12, S22
- Montirati limove vanjske oplata, R.M.2, 3, 4, 5 i limove krmenog zrcala do 2700 L/D od S.B.
- Vanjsku oplatu zavariti međusobno i jače privariti za unutarnju strukturu
- Postaviti i zavariti uške za okretanje i montažu u VT01
- Okrenuti sekciju i zavariti strukturu i vanjsku oplatu sa unutrašnje strane
- Sekciju očistiti od privara i otkloniti eventualne deformacije
- Ugraditi dio opreme prema popisu materijala
- Izvršiti vizualnu i dimenzionalnu kontrolu prema uputstvu QS-D-101.12.1-1

## FAZA III

### **IZRADA SEKCIJE S13, S23**

- Sekcije izraditi na ravnoj platformi standardnim postupkom
- Postaviti i zavariti uške za transport i montažu u sekciju VT01
- Ugraditi dio opreme prema popisu materijala

FAZA IV  
IZRADA SKLOPA TEMELJA AZIPODA

*NAPOMENA: geometrijsku točnost, parametre zavarivanja i temperaturu predgrijavanja nadzirati ćedimenzionalna kontrola i specijalistićka grupa za zavarivanje (propisano UZZ-2020-01)*

1. FORMIRATI "Ω" PRSTEN PLATFORME (**SKLOP A**)

Na ravnoj platformi postaviti, regulirati i međusobno zavariti limove R.M.214,225, 298 i 299

2. Na "Ω" prsten postaviti, regulirati i privariti elemente "lijevka" (R.M.42,43,44,45)

3. SPostaviti, regulirati i privariti prsten temelja (SKLOP B, R.M.229,281)

PRSTEN TEMELJA

– Na krajevima pripreme zavara na limovima R.M.229 i 281 postaviti i zavariti pločice 50X50db.min.10 mm (izrezati 32 komada) prema skici br.1na listu br.9, *Detalj za „x“ pripremu*

– Nakon zavarivanja pločice ukloniti i pobrusiti

– Na limove prstena postaviti i zavariti ukrućenja („noge“) prema skici br.2 na listu br.9,

*Ukrućenja za zavarivanje prstena (HP200X9, l=500mm, izrezati 12 komada)*

– Krajeve profila nakon odreza **strojno** obraditi na krajnju dimenziju od 490mm

– Prsten okretati u smjeru zavarivanja sa platnenim bragama, prethodno limove omotati sastaklenim platnom (temperatura površine staklenog platna ne smije biti veća od 80<sup>0</sup>C)

4. **SKLOP C**, sklop cijevi (R.M.40,41)

5. **SKLOP B** podignuti minimalno na visinu h=600mm, na njega postaviti i zavariti **SKLOP C** i koljena po presjecima (R.M.212,296-presjek A-A; R.M.192,320-presjek B-B; R.M.193,319-presjek C-C; R.M.213,297-presjek D-D; R.M.190,321-presjek 4800; R.M.240-presjek na R.0; R.M.254-presjek na R.0+300; R.M.270-presjek na R.1)

6. **SKLOP B-C-KOLJENA** postaviti na **SKLOP A-LIJEVAK** te limove "lijevka" prilagoditi prema koljenima i zavariti na konačne pozicije.

7. Izrađeni sklop temelja azipoda postaviti na koljevku za S11,S21

## FAZA V

### IZRADA S11, S21 I OSTALE UNUTRAŠNJE STRUKTURE ZA T11, T21

- Na ravnu platformu postaviti elemente koljevke (prema skici na listu br.10) na pozicijama:
    - Na 3600, 4600, 6000, 6900 i 8400 L/D od S.B. između R.-4 i R.5
    - Na R.-3, R.-1, R.2, R.4 (između 6900 i 8400 mm od S.B.)
  - Na koljevku predmontirati:
  - Limove opločenja platforme azipoda, R.M.181, 337, 246
  - Sklop temelja azipoda iz FAZE IV
  - Opločenje na 6900 mm od osnovice:
    - R.M.205,252,317,258,259-za S11;
    - R.M.206,253,318,257,260-za S21
    - lim platforme azipoda R.M.250
  - Bočne nosače na 6900 (MP035), 2700 (MP101) te na 8400 (R.M.261) i 9300 (R.M.265) od S.B.
  - R.-4 (MP024-za S11,S21 i CA077)
  - R.-3 (MP027-za S11,S21 i MP042,CA078,CA079)
  - R.-2 (MP028 i MP029-za S11,S21 i MP043, CA078 CA081)
  - R.-1 (MP044, CA082, CA083-za T11,T21)
  - R.0 (R.M.240,241-za S11,S21 i MP045, CA084, CA085)
  - R.0+300 (R.M.254)
  - R.1 (R.M.270-za S11,S21 i MP046, CA086, CA087)
  - R.2 (MP047, CA088, CA089-za T11,T21)
  - R.3 (MP030, MP031-za S11,S21 i MP048, CA090, CA091)
  - R.4 (MP032 za S11,S21 i CA092, CA093 i CA094)
  - R.5 (CA038 za S11,S21 i CA095)
- Izvršiti zavarivanje standardnim redoslijedom od sredine prema krajevima.  
**Kontrolirati geometrijsku točnost sekcije**
- Na zavarene sekcije S11, S21 i ostalu strukturu postaviti, regulirati i privariti limove vanjske oplata R.M.9, 10, 11, 12 međusobno i za strukturu
- VARIJANTA I - strojna obrada na navozu:
  - Vanjsku oplatu zavariti međusobno i jače privariti za unutarnju strukturu
  - Postaviti i zavariti uške za okretanje T11, T21 i montažu u VT01
  - Okrenuti sekciju i zavariti strukturu i vanjsku oplatu sa unutrašnje strane

- Sekciju očistiti od privara i otkloniti eventualne deformacije
- Ugraditi dio opreme prema popisu materijala
- Izvršiti vizualnu i dimenzionalnu kontrolu prema uputstvu QS-D-101.12.1-1
- VARIJANTA II - strojna obrada u radioni:
  - NE ZAVARITI:
    - *Spoj sekcije S11, S21 sa rebrenicom na R.-4, R.5, nosačem na 2700 mm od S.B.*
    - *Spoj opločenja na 7400 mm od S.B.*
    - *Limove vanjske oplate R.M.10 i 11 međusobno i sa rebrenicama na R.-4 i R.5 i sa bočnim nosačem na 2700 mm*
  - Postaviti i zavariti uške za izvlačenje dijela sekcije S11, S21 (list br.10 i prilog br.2)
  - Dio sekcije S11, S21 izvući i poslati na strojnu obradu. Nakon obrade dio sekcije S11, S21 insertrirati na isto mjesto
  - Izvršiti zavarivanje spoja na 7400 mm od S.B. te spoj na R.-4, R.5 i sa bočnim nosačem na 2700mm od S.B. **KONTROLIRATI**
  - GEOMETRIJSKO ODSUPANJE TOKOM ZAVARIVANJA**
  - Postaviti i zavariti uške za okretanje T11,T21 i montažu u VT01
  - Okrenuti sekciju i zavariti strukturu i vanjsku oplatu sa unutrašnje strane
  - Sekciju očistiti od privara i otkloniti eventualne deformacije
  - Ugraditi dio opreme prema popisu materijala

## FAZA VI

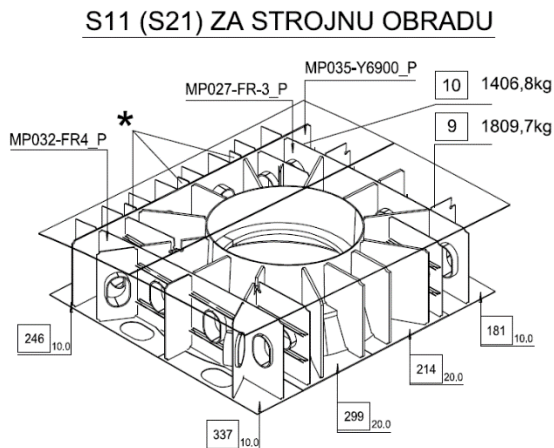
### IZRADA SEKCIJE VT01

- Na raspoređene i nivelirane potklade visine 1000 mm (prema skici na listu br.11) montirati sekciju S01 (sekciju dodatno podignuti za 300mm)
- Ispod S01 "podvući" sekcije:
  - T11, T21
  - S13, S23
  - T12, T22
- Sekcije međusobno regulirati i zavariti

*NAPOMENA – posebnu pozornost obratiti na geometrijski položaj sekcije T11, T21 unutar VT01 (skica na listu br.11)*

- Montirati preostalu strukturu, limove vanjske oplata (R.M.1, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) i oplatu zrcala unutar +/-2700mm od S.B. (R.M.21)
- Zavariti limove vanjske oplata međusobno i sa unutrašnjom strukturom u nadglavnom položaju
- Na vanjskoj oplati zavariti temelje T4 prema podacima na listu br.12
- Montirati opremu opremu prema popisu materijala.
- Bokoštitnik montirati i zavariti za vanjsku oplatu **nakon** montaže sekcije na navozu
- Montirati uške za transport, okretanje i montažu sekcije VT01
- Sekciju očistiti od privara i otkloniti eventualne deformacije
- Izvršiti vizualnu i dimenzionalnu kontrolu

## 10. STROJNA OBRADA SKLOPA S11 (S21)



Slika 36. Sklop S11 za strojnu obradu

Postoje dvije varijante strojne obrade sklopa S11(S21) koje ovisno o tehnologiji i mogućnosti brodogradilišta će se vršiti za izrađeni sklop. Jedna varijanta je varijanta strojne obrade na navozu a druga u radioni. Brodogradilište 3. Maj ne posjeduje tehnologiju i mogućnosti za strojnom obradom ovako kompleksnog sklopa niti na navozu niti u predmontaži pa će se strojna obrada vršiti preko drugih tvrtki koje posjeduju tu mogućnost za obradom sklopa. Strojna obrada se vrši na ovom sklopu iz razloga što je to sklop na koji se montira „azipod“ propulzor.

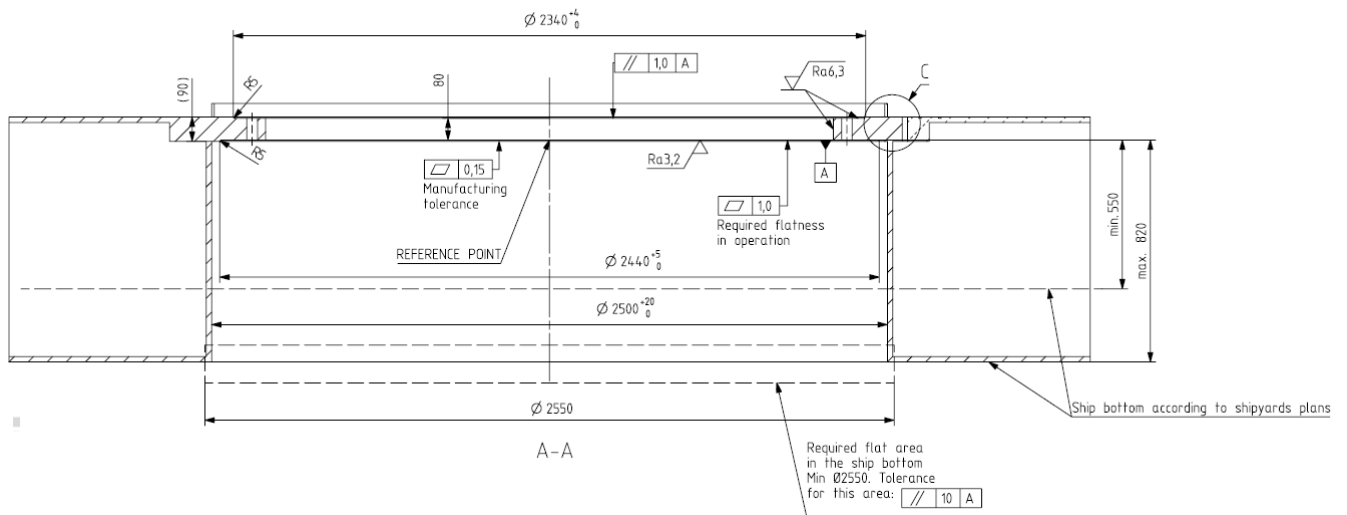
Općenito o strojnoj obradi:

Strojna obrada je proces mijenjanja oblika ili performansi obratka pomoću mehaničkog uređaja. U strojnoj obradi, proizvodna tvrtka koristi stroj za uklanjanje materijala s izratka dok se ne postigne željena veličina i oblik. Strojna obrada je proces izrade prototipova i proizvodnje koji stvara željeni konačni oblik uklanjanjem neželjenog materijala iz većeg komada materijala.

Radnici u proizvodnji koji su specijalizirani za strojnu obradu nazivaju se strojari i imaju vještine i znanja potrebna za izvođenje procesa na izratku.

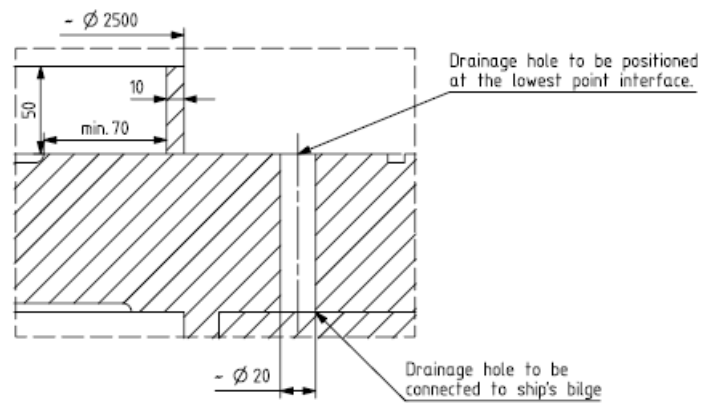
Procesi obrade mogu se podijeliti u tri glavne kategorije: tokarenje, glodanje i bušenje. Tokarenje je proces koji koristi fiksni alat za uklanjanje materijala s rotirajućeg obratka. Glodanje je, s druge strane, proces strojne obrade koji koristi rotirajući alat za uklanjanje

materijala sa nepokretnog obratka. Bušenje je mehanički proces koji koristi rotirajući alat koji se zove svrdlo za izrezivanje rupa s navojem u izratku. Prilikom obrade ovog sklopa koristit će se u najvećoj mjeri ove tri kategorije.



Slika 37. Pogled A-A odnosno poprečni pogled na sklop i njegove oznake za strojnu obradu.

- Hrapavost površine donje plohe prstena azipoda mora biti N8 stupanj i razred 9 (Ra 3,2) hrapavosti površine dok gornja ploha prstena mora biti N9 stupanj i razred 10 (Ra 6,3) hrapavosti površine. Unutarnji cilindar prstena mora biti isto po toleranciji Ra 6,3 a koji je duljine 80 mm (odnosno debljina prstena je 80 mm)
- Strojna obrada će se odraditi na glodalici
- Ravnost donje plohe prstena mora biti unutar 1,0 mm tolerancija i 0,15 mm tolerancija odraditi će se na valjku za ravnjanje
- Paralelnost gornje plohe mora biti unutar 1,0 mm tolerancije u odnosu na referentnu A ravninu odraditi će se na valjku za ravnjanje



Slika 38. Nacrt pozicije rupe za drenažu

Pozicija 4 rupe za drenažu prilikom testiranja za provjeru vodonepropusnosti.

Rupa za drenažu mora biti povezana sa sustavom za kaljužu na brodu.

Pozicije svih rupa na prstenu azipoda i promjeri rupa su označeni na nacrtu po kojemu se vrši strojna obrada sa bušilicom.



## 10.1 Projektiranje tehnologije strojne obrade sklopa

Prilikom projektiranja tehnologije gradnje grupe 101 odnosno krme moramo obratiti pozornost na sklop koji nije dovoljno samo u predmontaži izraditi, zavariti i ugraditi u brod na navozu. Poseban sklop koji zahtjeva strojnu obradu kako bi na njega se montirao azipod propulzijski sustav koji zahtjeva određene tolerancije na limu zbog funkcionalnosti i vodonepropusnosti cijelog propulzijskog sustava.

3.Maj brodogradilište ne posjeduje takav stroj za strojnu obradu koji bi tako veliki sklop (22 tone težine, promjera 2100 mm unutarnjeg prstena te veliki broj rupa za bušenje) mogao obraditi pa će se tražiti druge mogućnosti za odrađivanjem strojne obrade na sklopu. U dvije varijante strojne obrade sklopa tražiti ćemo najoptimalniju za brodogradilište gdje ćemo na temelju aktivnosti koje su potrebne na strojnu obradu sklopa odabrati onu koja najviše odgovara brodogradilištu. Ono što najviše odgovara brodogradilištu je naravno što brža obrada sklopa te mogućnost što manjeg zauzimanja prostora i vremena. Obraditi ćemo varijantu strojne obrade u radioni i strojne obrade na navozu te ćemo dati prijedlog za poboljšanje i bržu izvedbu u budućnosti.

Svaka aktivnost koja se događa u nekoj fazi gradnje broda se označava specifičnim oznakama za određeno brodogradilište zbog lakšeg praćenja izrade i montaže trupa i opreme broda.

SO-oznake stupnjeva opremanja odnosno faza u kojoj se neki prostor oprema

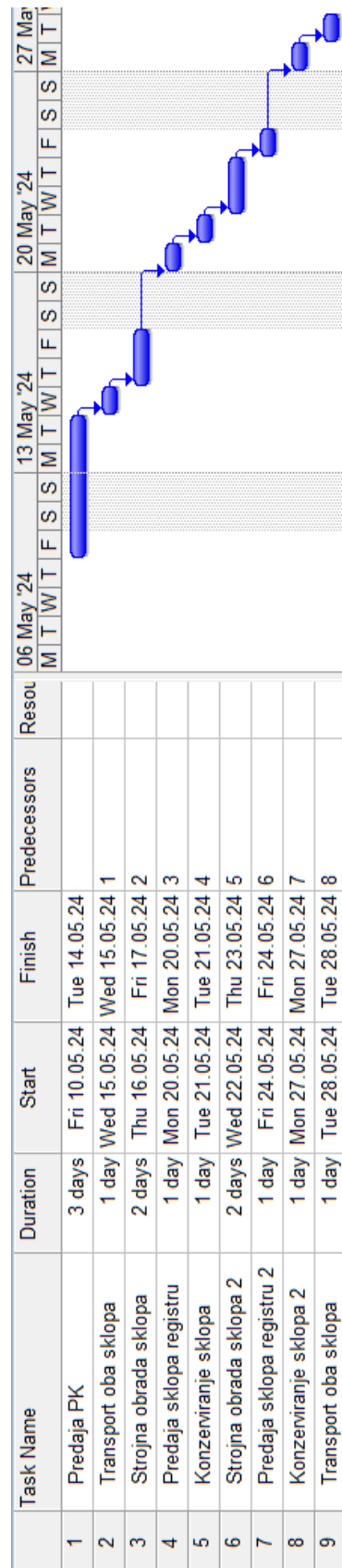
SO1-oznaka koja znači da se neka aktivnost odrađuje u fazi predmontaže odnosno radioni u slučaju strojne obrade

SO2-oznaka koja znači da se neka aktivnost odrađuje u fazi ukрупnjavanja VT sekcija

SO3-oznaka koja znači da se neka aktivnost odrađuje u fazi na navozu

SO4-oznaka koja znači da se neka aktivnost odrađuje u fazi kada je brod u opremnoj luci

10.1.1 Varijanta 1 (strojna obrada u radioni SO1)



Slika 39. Gantogram strojne obrade u radioni (SO1)

Prilikom projektiranja tehnologije izrade sklopa uzeli smo u obzir aktivnosti koje će se odrađivati u slučaju da sklop odlučimo strojno obraditi u radioni u fazi predmontaže. Kao što je navedeno sklop se neće strojno obraditi u brodogradilištu zbog ne posjedovanja tehnologije odnosno stroja koji bi odradio strojnu obradu u brodogradilištu tako da će se strojna obrada odraditi sa vanjskom tvrtkom koja posjeduje takvu tehnologiju.

Prije strojne obrade moramo odraditi aktivnosti predaje sklopa nakon izrade koje kontrolira registar te nakon toga možemo pripremiti sklop za transport vanjskoj firmi. Ove aktivnosti će oduzeti 4 radna dana ( 3 dana predaja sklopa i 1 dan transport ).

Nakon dolaska sklopa na stroj koji je fiksiran kreće obrada sklopa koja traje 2 dana ( glodanje, bušenje). Odmah po završetku predaje se sklop registru koji ga odobrava ( 1 dan ) te se sklop konzervira. Konzerviranje znači premazivanje sklopa tekućinama i uljima kako bi sklop bio zaštićen od korozije i vanjskih utjecaja prilikom transporta koje traje 1 radni dan. Po završetku konzerviranja kreće transport sklopa nazad u brodogradilište (1 dan transport).

Ova varijanta trajati će **9 radnih dana** za strojnu obradu ovog sklopa u sklopu jednog sklopa, ali u slučaju polarnog kruzera postoje dva sklopa koja se moraju strojno obraditi.

Transport i predaja sklopa zahtjeva isto vremena (4 dana) kao i sklop broj 1 i vršiti će se u isto vrijeme kao i sklop broj 2 samo što će biti 2 predstavnika registra koji će potvrditi predaju sklopa.

Razlika je samo da po završetku strojne obrade sklopa broj 1 odmah krećemo sa strojnom obradom sklopa 2 koje ukupno traje 4 dana te po završetku strojne obrade sklopa broj 2 odmah zajedno transportiramo u brodogradilište.

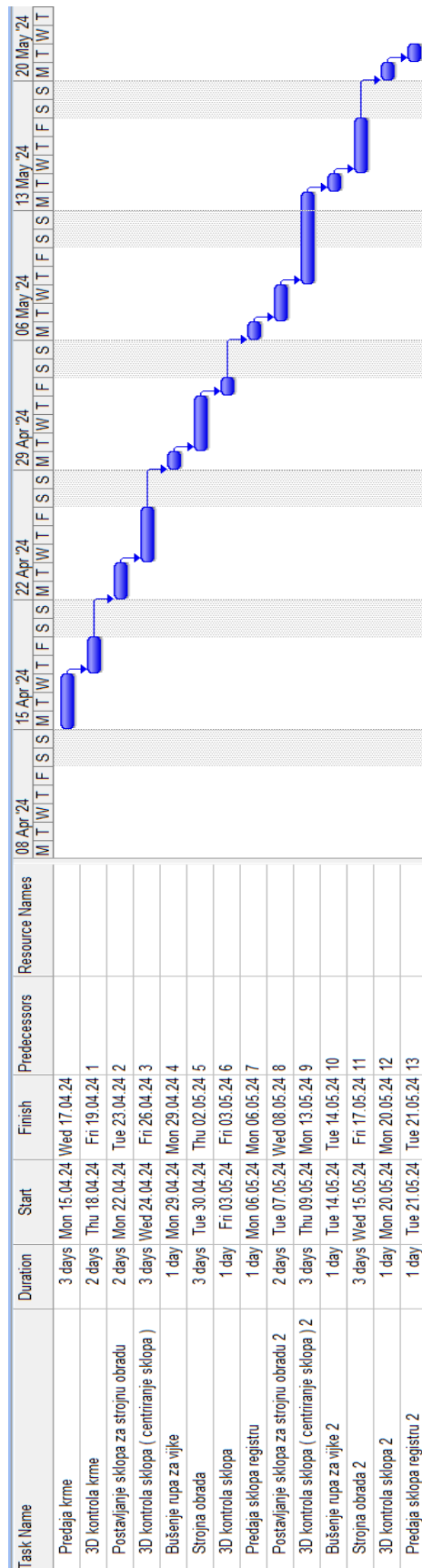
U ovom slučaju strojna obrada dva sklopa koje će se odrađivati u radioni trajati će **13 radnih dana** ( 4 više nego da smo imali samo jedan sklop ).

Prednost ovog procesa strojne obrade je taj da u bilo kojem trenutku nakon predaje sklopa registru brodogradilište može poslati sklop na strojnu obradu. Ovisno terminu montaže krme na navozu.

Jedna mogućnost je da se sklop izradi u ranoj fazi predmontaže, pošalje na strojnu obradu, vrati i skladišti do trenutka ugradnje u sekciju 101 mjesecima ranije.

U ovom slučaju brodogradilište je fleksibilno što se tiče strojne obrade u radioni te u bilo kojem trenutku nakon izrade može poslati sklop na obradu.

10.1.2 Varijanta 2 ( strojna obrada na navozu S03 )



Slika 40. Gantogram strojne obrade na navozu (SO2)

Varijanta 2 odnosi se na projektiranje tehnologije izrade sklopa u slučaju strojne obrade sklopa na navozu. Brodogradilište ne posjeduje tehnologiju za strojnu obradu sklopa kao što je već navedeno, međutim brodogradilište ima opciju da od vanjskih tvrtki transportira stroj za strojnu obradu te strojnu obradu odradi na navozu. U tom slučaju aktivnosti strojne obrade će izgledati drugačije od strojne obrade u radioni.

Prije strojne obrade moramo predati krmu odnosno završiti zavarivanje krme sa ostatkom trupa broda te nakon toga predajemo krmu ( zajedno sa sklopom ) registru koji nakon 3 dana aktivnosti odobrava.

Nakon toga slijedi 3D kontrola sekcije prije postavljanja stroja na krmu zbog mogućih deformacija prilikom strojne obrade što traje 2 radna dana. Posljedično tome slijedi postavljanje sklopa zajedno sa centriranjem sklopa i 3D kontrolom centriranja sklopa ( 2 dana postavljanja, 2 dana centriranja sklopa ).

Kada su preduvjeti zadovoljeni krećemo sa bušenjem rupa koje traje 1 dan te nakon rupa krećemo sa strojnom obradom sklopa koje traje duže nego u radioni zbog brzine prijenosnog stroja za obradu od fiksnog stroja koji se koristi u radioni. Nakon strojne obrade slijedi 3D kontrola sklopa i krme te predaja registru sklopa ( ukupno 2 dana ).

Po završetku prvog sklopa ponavljamo aktivnosti 3D kontrole sekcije, postavljanje sklopa, centriranje sklopa te 3D kontrola stroja za poziciju broj 2 odnosno poziciju drugog sklopa na navozu. Strojna obrada se istim principom vrši i na drugom sklopu ( bušenje 1 dan, strojna obrada 3 dana).

Kada je završena i strojna obrada drugog sklopa vrši se 3D kontrola drugog sklopa i krme te predaja registru ( ukupno 2 dana ). U oba slučaja se mora vršiti 3D kontrola krme zbog mogućih deformacija prilikom strojne obrade koja se vrši na krmu.

Strojna obrada oba dva sklopa ukupno se odrađuje **27 radnih dana**.

Na temelju objašnjenja dvije varijante brdogradilište odlučuje koja opcija im više odgovara. Razlika između strojne obrade na navozu i u radioni razlikuje se osim u radnim danima potrebnim za strojnu obradu ( varijanta 1=13 radnih dana, varijanta 2=27 radnih dana) i u tome da prilikom strojne obrade na navozu sve aktivnosti vezano za izradu i opremanje sekcije 101 STOPIRAJU.

U objašnjenju koristeći gantograme vidljivo je da će nam strojna obrada u radioni uštediti **27 radnih dana** opremanja i izrade sekcije. Strojna obrada u radioni uopće se ne dotiče navoza i onih aktivnosti koje se provode u tom trenutku na navozu dok se prilikom strojne obrade na navozu sve aktivnosti moraju „pauzirati“ dok se ne odradi strojna obrada. Brodogradilište na strojnu obradu može poslati sklop u kojem god trenutku želi te može vremenski odrediti kada će im biti potrebno kako bi se sklop montirao nazad u VT sekciju te onda da se sekcija 101 montira na brod.

Prednost je ta što kada se odradi zavarivanje krme i preda sekcija registru, završno opremanje sekcije može početi istog radnog dana. U slučaju strojne obrade na navozu nakon zavarivanja krme i predaje sekcije registru počinje strojna obrada sklopa na navozu koje traje 27 radnih dana.

Zaključno brodogradilište zahtjeva da se što manje opremanja vrši na navozu te da se što više opremanja vrši u fazi predmontaže ( uranjeno opremanje), u ovom slučaju praktičnije odabire varijantu 1 za strojnu obradu sklopa.

Na gantogramu broj 2 proces strojne obrade sklopa 1 i 2 je stavljen 5 dana nakon početka izrade sekcije. Pojašnjeno to znači da 5 dana nakon što se sklop izradi brodogradilište može poslati sklop na strojnu obradu ( može poslati i 10 dana nakon izrade sklopa ), što je prednost da se što prije strojna obrada izvrši te bude spremno za ugradnju u sekciju 101 te montažu sekcije 101 na navoz ( 45 dana nakon početka izrade sekcije kao što je u gantogramu navedeno).

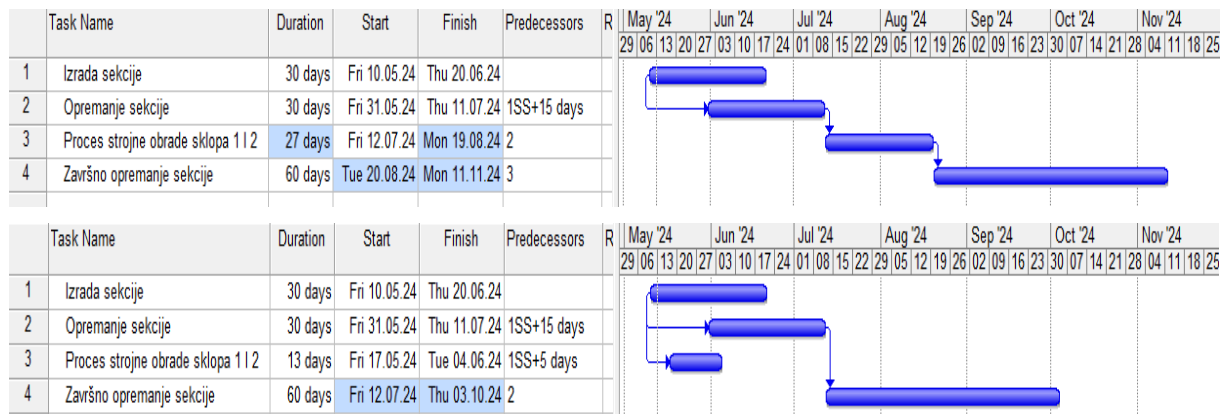
**Prednosti:**

- Strojna obrada u radioni je 14 dana kraća od obrade na navozu
- Ne zauzima se navoz 27 dana te se ostalo opremanje može vršiti za to vrijeme
- Jeftinija je obrada na fiksnom stroju nego na prijenosnom stroju
- Brodogradilište u razmaku od 30+15 dana izrade i opremanja sekcije može birati koji dan će poslati sklop na strojnu obradu nakon što je sklop izrađen ( može poslati 22 radni dan od 45 a može i 31 radni dan od 45 pa će se sklop vratiti dan prije montaže sekcije 101 na brod)

Strojna obrada u radioni je odličan tehnološki plan te se može u sitnim stvarima poboljšati.

Poboljšanja mogu biti ta da brodogradilište posjeduje stroj za strojnu obradu te da se uštedi vrijeme transporta sklopa do vanjske tvrtke ( 2 dana ukupno ).

Skratiti vrijeme strojne obrade tako da nadmjera prstena koji ide na strojnu obradu ne bude 10 mm ( lim koji se skida prilikom strojne obrade ) nego manje od 10 mm kako bi se ubrzala strojna obrada.



Slika 41. Prikaz razlike aktivnosti strojne obrade na navozu i u radioni

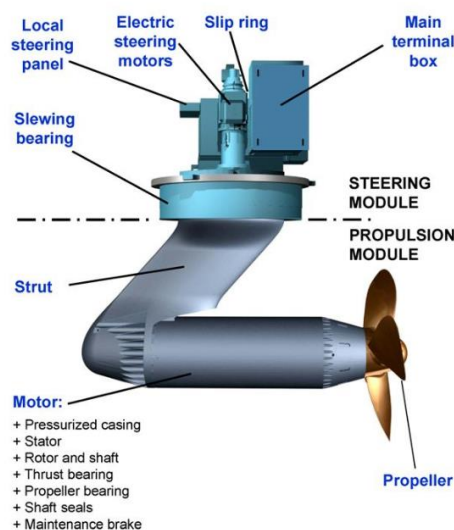
## 11. MONTAŽA PROPULZIJSKOG SUSTAVA NA SEKCIJU 101

Po završetku strojne obrade i montaže sekcije 101 u trup putničkog kruzera slijedi dio opremanja te sekcije na navozu i u opremoj luci.

Najzahtjevnije opremanje sekcije 101 je upravo montaža azipod propulzora na sekciju koja treba biti odrađena u roku zbog nemogućnosti porinuća broda bez montaže azipoda u trup broda ( azipod se ne može montirati onda kada je brod porinut nego se mora montaža vršiti na navozu ).

### 11.1 Općenito o azimut propulzijskom sustavu

Azimut propulzijski sustav je upravljivi propulzijski sustav bez zupčanika gdje je električni pogonski motor smješten unutar kapsule izvan trupa broda. Azimut jedinice mogu se okretati za 360 stupnjeva, povećavajući manevarsku sposobnost i radnu učinkovitost plovila, istovremeno smanjujući potrošnju goriva do 20 posto u usporedbi s konvencionalnim sustavima osovinskih linija. Od svog nastanka prije tri desetljeća do svoje vodeće pozicije na tržištu u globalnom brodarstvu danas, Azimut pogon je revolucionirao pomorski transport svojim neusporedivim performansama, učinkovitošću, održivošću i pouzdanošću.



Slika 42. Opis azimut propulzijskog sustava

Azimut propulzijski sustav se dijeli na dva dijela. Prvi dio je upravljački modul koji se nalazi u unutrašnjosti broskog trupa a sastoji se od glavne upravljačke ploče, dva elektromotora za pokretanje broskog vijka, kliznog prstena i glavne priključne kutije.



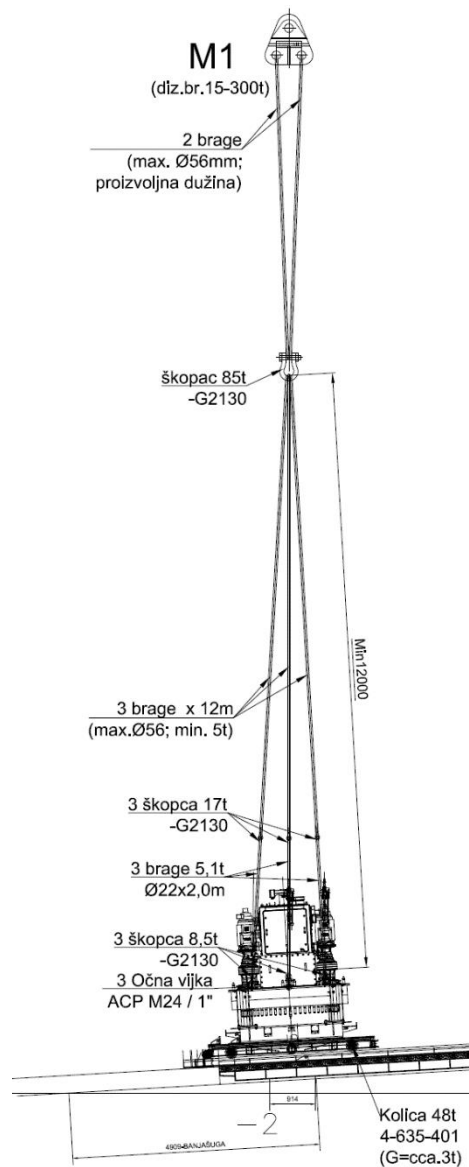
Drugi dio je propulzijski modul koji se nalazi izvan broskog trupa ovješena na vanjskoj oplati broda.

Sastoji se od broskog vijka, motora i podupirača. Unutar strukture azimuta nalazi se motor. Motor se sastoji od statora, rotora i zupčanika, aksijalnog ležaja, ležaja broskog vijka, brtve vratila, kočnice za održavanje te tlačnog ležaja.

## **11.2 Tehnologija montaže upravljačkog modula**

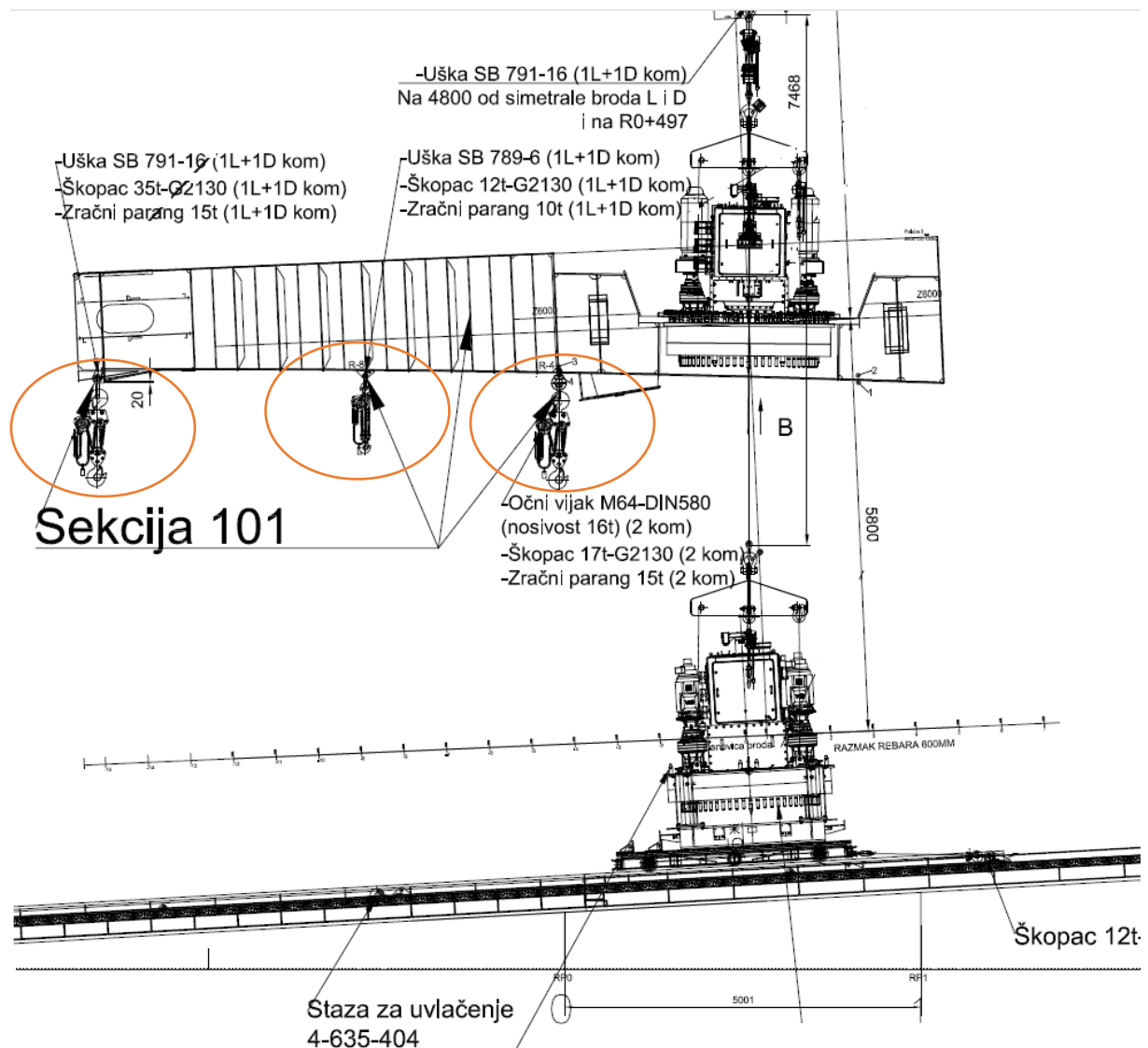
Montaža upravljačkog modula će se vršiti u više koraka neposredno nakon montaže sekcije 101 i svih priprema za montažu upravljačkog modula. Zahtjev za montažom je kvalitetna i precizna strojna obrada sklopa sekcije na koji će se montirati upravljački modul.

Prije svega moramo projektirati zavješene upravljačkog modula i tehnologiju iza toga kako prenijeti modul iz skladišta na navoz.



Slika 43. Zavješanje upravljačkog modula i transport na navoz dizalicom 15 ( 300 t)

Za zavješanje koristit će se dizalica 15 ( 300 t nosivosti) u 3. Maj brodogradilištu. Oprema koja je potrebna za zavješanje je 5 braga promjera 56 mm ( 3 brage proizvoljne dužine i 2 brage 15 m dužine ), 3 brage promjera 22 m od 2 metra dužine svaka, 1 škopac od 85 tona nosivosti ( G2130 ), 3 škopca 8,5 tona nosivosti te tri očna vijka. Modul će se prenijeti na kolica nosivosti 48 tona koja se nalaze na stazi za uvlačenje gdje će se vršiti povlačenje kolica sa parangom od 5 tona a dužine lanca od 15 metara.



Slika 44. Transport po stazi za uvlačenje

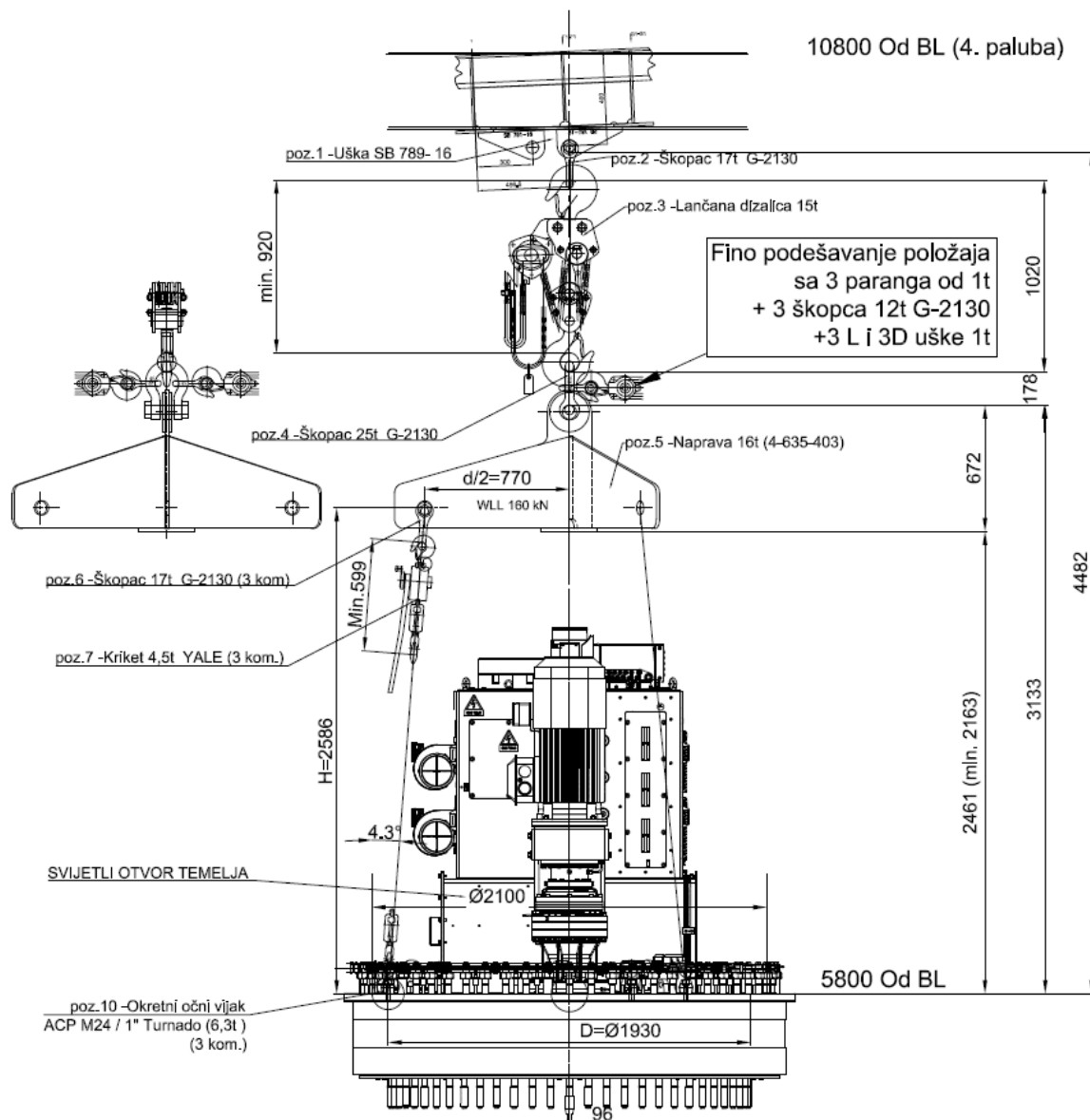
Transport upravljačkog modula do određene pozicije na navozu će se vršiti na kolicama po stazi za uvlačenje a na vrhu staze se nalazi parang od 5 tona koji će povlačiti kolica, dok će se pridržavanje modula vršiti preko uški (oznaka na slici iznad narančasta) zavarenih na krmi broda na tri pozicije ( na rebru -4, rebru -8, i 20 mm od kraja krme). Sve tri pozicije se nalaze točno 5100 lijevo i desno od CL iznad staze za uvlačenje.

Upravljači modul u trenutku kada se nalazi okomito iznad pozicije montaže zahtjeva neke pripreme prije podizanja.

- Zahtjeva se da elektromotori koji su nacrtani na skici iznad se ubace u prostor opremanja azipoda prije zatvaranja sekcije 101 sa sekcijom 109, zbog toga što elektromotori ne dolaze u sklopu upravljačkog modula kao što je skicirano nego posebno

- Prije ovješnje osloboditi modul od transportne podloge ( kolica )
- Očistiti spojnu površinu i utor brtve te montirati glavnu brtvu
- Provjeriti da nisu oštećeni svorni vijci i položaj 6 vodilica
- Provjeriti zategnutost vodilica ( 150 kn )

Nakon odrađenih zahtjeva pristupa se podizanju i montaži upravljačkog modula.

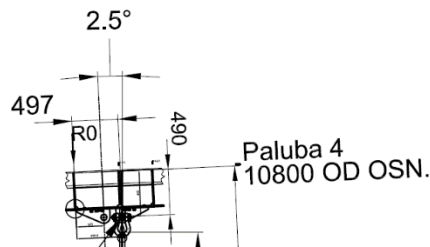


Slika 45. Podizanje upravljačkog modula

Masa upravljačkog modula će se prenijeti na razvodnik tereta nosivosti 16 tona što zadovoljava masi upravljačkog modula koja je 12 tona. Podizanje će se vršiti pomoću lančane dizalice nosivosti 15 tona. Iz razloga što prilikom podizanja upravljačkog modula imati ćemo ljuľljanje zbog zamaknosti i to 133 mm na lančanu dizalicu stavljamo 3 paranga od 1 tone

nosivosti sa 3 škopca 12 tona nosivosti i 3 uške od 1 tone nosivosti, kako bi lakše pozicionirali upravljački modul nakon podizanja.

Obavezno prilikom podizanja upravljački modul pridržavati i sporo podizati zbog zamaknutosti od 133 mm. Kako bi podigli modul paluba 4 odnosno sekcija 109 mora biti zatvorena kako bi se na palubu 4 mogla zavariti uška koja će služiti za podizanje upravljačkog modula.



Slika 46. pozicija uške na R0 ispod 4.palube.

### 11.3 Montaža upravljačkog modula na sekciju

Za montažu modula biti će potrebni:

- Zavarivači
- Brodomonteri
- Skelari

Dijelovi koji su potrebni za montažu:

- Glavna brtva između plovila i upravljačkog modula ( ravni brtveni prsten i O prsten ili 2 komada ravnih brtvenih prstenova)
- Masa za brtvljenje ili masna pasta za prirubnice
- Vijci, podloške i matice za spoj plovila i upravljačkog modula
- Stakleno platno za zaštitu
- Ostali potrošni materijal

Alat koji će biti potreban za montažu:

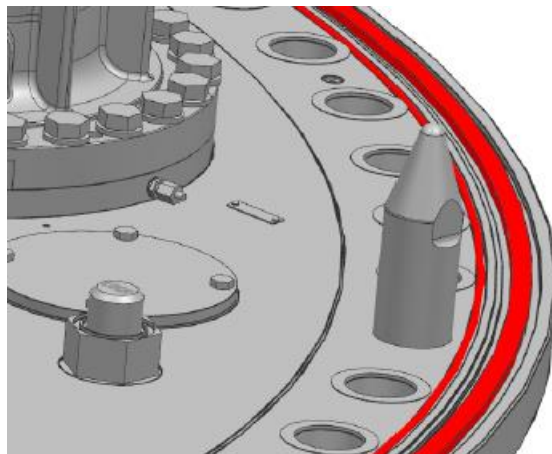
- Okasti ključ 8-30 mm ( francuski ključ )
- Komplet nasadnih ključeva (M6-M20) (gedore)
- Ekstruder za brtvenu masu (tuba od 300 ml) (silikon)
- Metar za mjerenje
- Klješta i četka

### Specijalni alat za montažu:

- Hidraulički alat za zatezanje vijaka ( paziti da odgovara veličini vijka na upravljačkom modulu)
- Hidraulički momentni ključ za vijke sa šesterokutnom glavom i utičnicom
- Oprema za tlačenje sa čepovima i priključcima
- Struja ( unutar i izvan plovila )
- Kompresirani zrak
- Oprema za dizanje osim dizalica ( hvataljke,škopci,uške, parangci,..)
- Oprema za tegalj
- Radne platforme

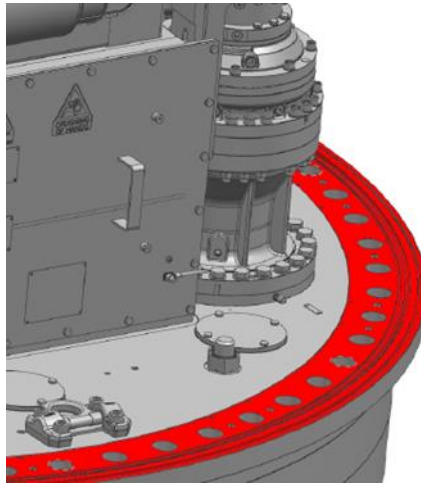
### Montaža upravljačkog modula na sekciju:

1. Provjeriti jesu li glavne brtve zalijepljene u sredini utora na platformi stroja



Slika 47. O prsten (unutarnji) i ravni brtveni prstena (vanjski)

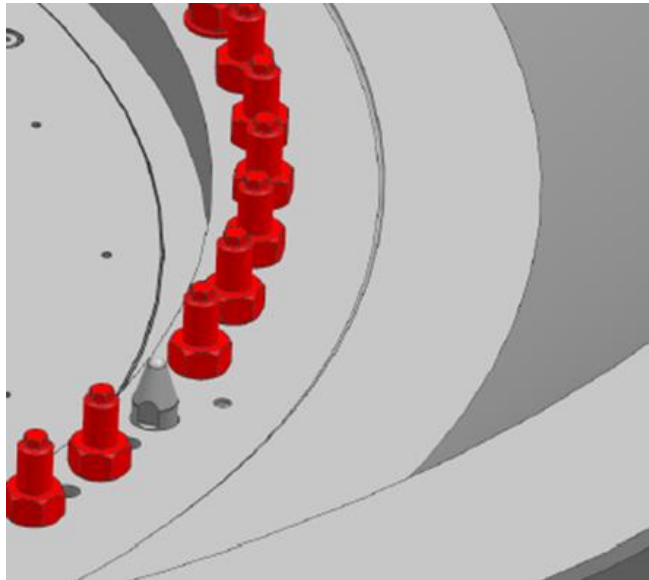
2. Provjeriti je li poklopac za prašinu na dnu modula instaliran u tvornici, ako nije prekriti dno modula sa staklenim platnom ili ceradom
3. Provjera orijentacije komponenti unutarnjeg prstena prije instalacije
4. Provjeriti strojno obrađene površine platforme strojeva (azipod prstena) , glavne brtve, vodilice, rupe za navođenje sa vodilicama, otvori s navojem moraju biti zaštićeni od korozije sa visokotehnoškom masnom pastom
5. Provjeriti je li montažni blok i strojno obrađene površine čiste i bez ulja, bez prašine i bez krhotina. Uvjeriti se da u izbušenim rupama nema neravnina.



S

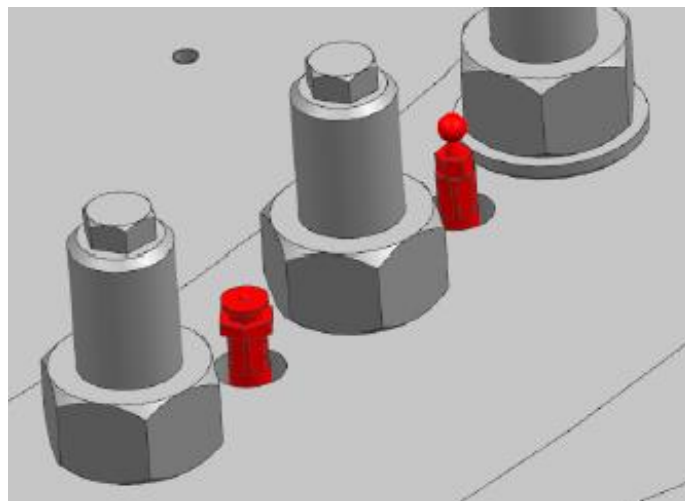
Slika 48. Površina strojne obrade

6. Provjeriti jesu li montažni blok i upravljački modul ispravno poravnati ( provjeriti preko oznake za CL na nosaču upravljačkog modula ). POČETI DIZATI POLAKO UPRAVLJAČKI MODUL DO 300 MM OD MONTAŽNOG BLOKA.
7. Nanijeti mast na brtvu i na utor za brtvu te namjestiti brtvu na svoju poziciju. Obraditi brtvenu površinu sa smjesom za brtvljenje ( provjeriti da na tom području nema mase za brtvljenje glavnog brtvila. Ako postoje čepovi za ispitivanje tlaka na brtvi upravljačkog modula otvoriti ih ( na taj način svaki višak brtvene mase će izaći iz otvora između brtve i O-prstena )
8. Nastaviti podizati upravljački modul i provjeriti jesu li vodilice odnosno klinovi za navođenje poravnati sa montažnim blokom. PODIGNUTI UPRAVLJAČKI MODUL DO 10 MM OD MONTAŽNOG BLOKA.
9. SPOJITI UPRAVLJAČKI MODUL SA MONTAŽNIM BLOKOM.
10. Ne uklanjati vodilice prije ugradnje vijaka. Ugraditi vijke, podloške i matice svornjaka na točnu vrijednost zategnutosti.



Slika 49. Spoj upravljačkog modula i montažnog bloka sa vijcima i maticama

11. Ukloniti vodilice ( 8 kom ) , preostale vijke, podloške i matice pomoću hidrauličkog alata za zatezanje, zategnuti vijke na ispravnu vrijednost ( 150 kN )
12. Nakon ugradnje upravljačkog modula ide test tlačenja koji provjerava je li postoji negdje neko curenje između montažnog bloka i upravljačkog modula
13. Očistiti čepove rupa za podmazivanje i provjeriti ako ima brtvene mase u njima, ako ima očistiti. Montirati mazalice na za to predviđeno mjesto.



Slika 50. Mazalice montaža

14. Dovedi tlak na 0,2 bara, ako tlak ne padne za 15 minuta, nigdje ne curi te je upravljački modul ispravno montiran. Ako test ne uspije treba se pronaći curenje ( sapunicom ), popraviti i ponovno testirati.





Slika 51. Tlačenje upravljačkog modula

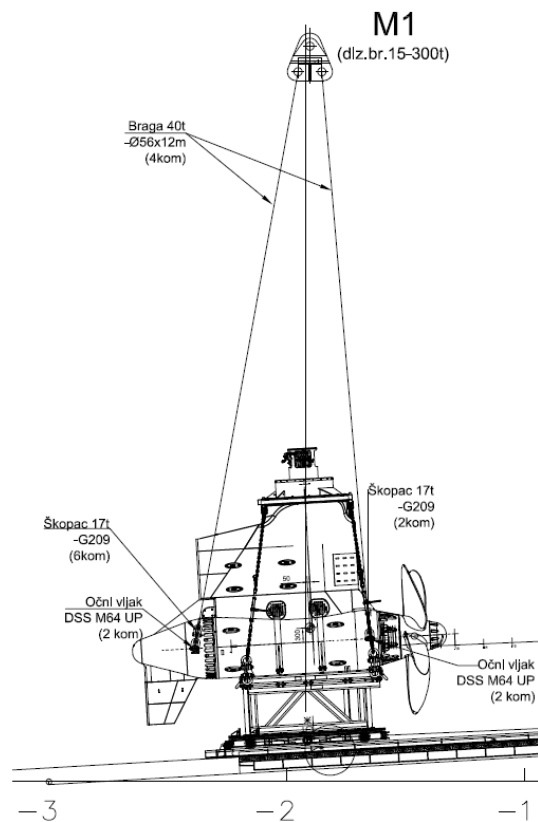
15. Glave vijaka moraju biti premazane zaštitom od korozije

16. Predati montažu upravljačkog modula kako bi se krenulo u montažu pogonskog modula.

#### 11.4 Tehnologija montaže propulzijskog modula

Nakon montaže upravljačkog modula prelazimo na proces montaže propulzijskog modula.

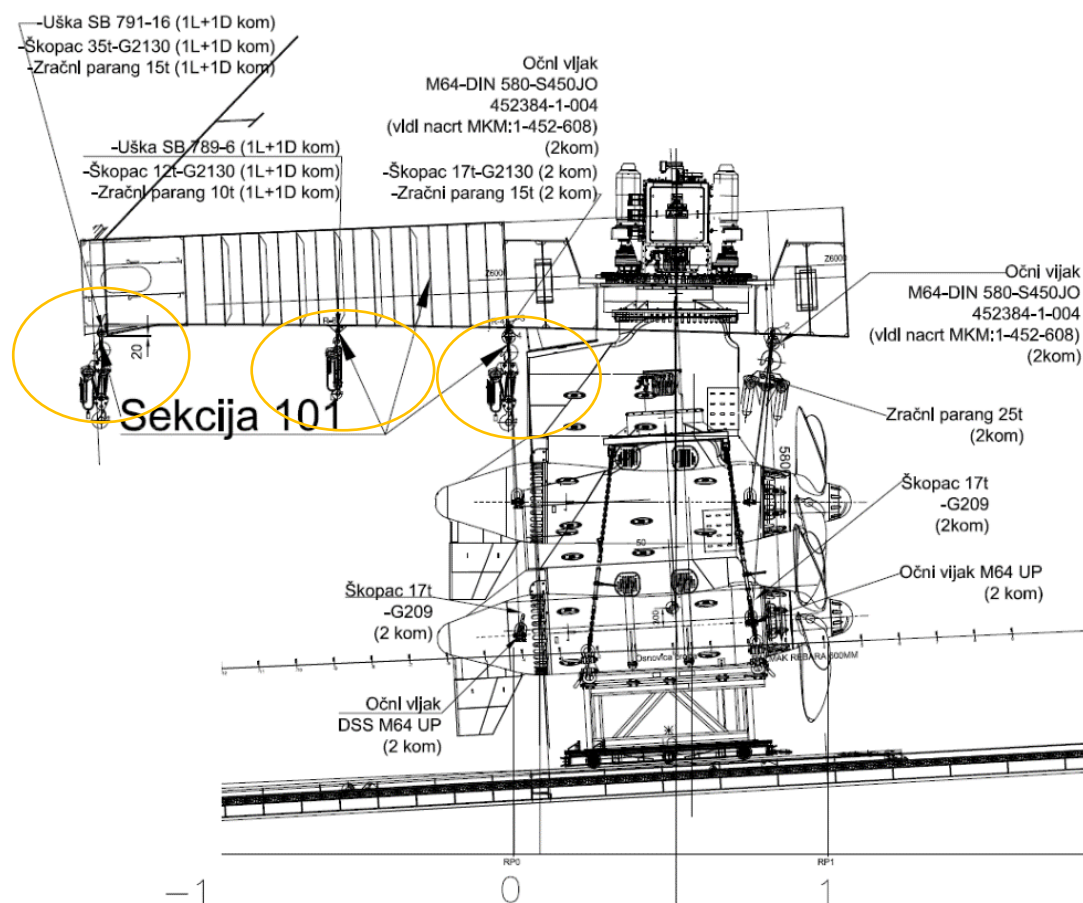
Prije svega moramo projektirati zavješanje propulzijskog modula i transport istoga iz skladišta na navoz. Za to će nam biti potrebna kao i kod upravljačkog modula dizalica br. 15 sa nosivosti 3000 kN.



Slika 52. Zavješanje propulzijskog modula i transport dizalicom br. 15

Težina propulzijskog modula sa paletom je 47 tona a bez palete 42 tone.

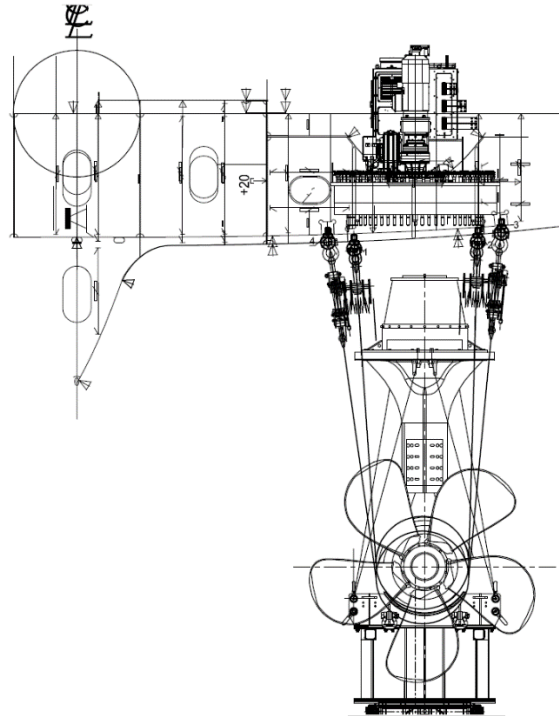
Za zavješanje će se kao i kod upavljačkog modula koristiti dizalica br. 15 od 3000 kN nosivosti. Oprema koja je potrebna za transport propulzijskog modula jesu 4 brage promjera 56 mm i dužine 12 metara. 8 komada škopca od 17 tona nosivosti te 4 očna vijka. Zavješanje na 4 očna vijka gdje je nosivost svakog vijka 32 tone ( max nosivost svih zajedno je 67 tona) . Propulzijski modul dolazi sa svojom paletom s kojom je povezan do kraja montaže. Tako da na kolica naliže postolje.



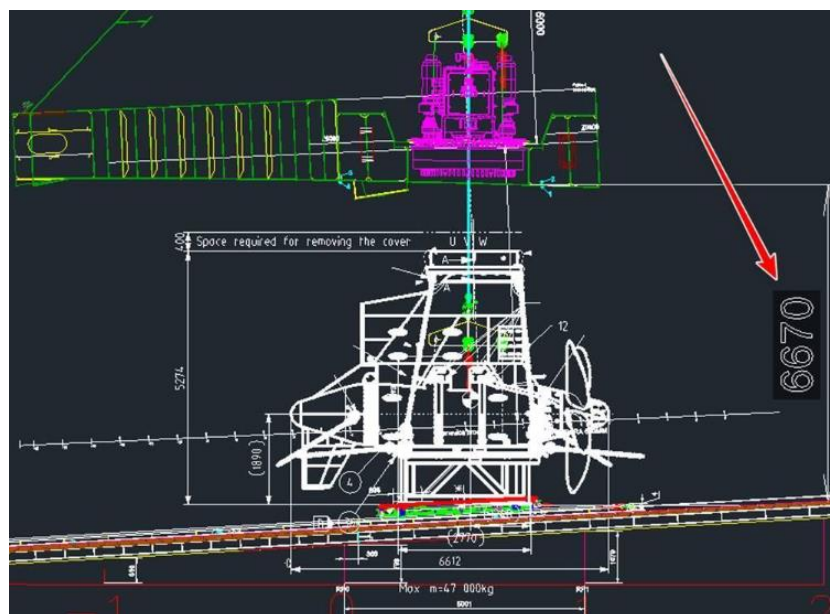
Slika 53. Transport propulzijskog modula do pozicije ispod upavljačkog modula

Transport propulzijskog modula će se vršiti na isti način kao i od upavljačkog modula na kolicama po stazi za uvlačenje a na vrhu staze se nalazi paranag od 5 tona koji će povlačiti kolica, dok će se pridržavanje modula vršiti preko uški (oznaka na slici iznad narančasta) zavarenih na krmu broda na tri pozicije ( na rebu -4, rebu -8, i 20 mm od kraja krme). Sve tri pozicije se nalaze točno 5100 lijevo i desno od CL iznad staze za uvlačenje.

Nakon povlačenja modula na poziciju podizanja započinjemo sa podizanjem modula. Pozicije škopaca očnih vijaka i uški su opisane na slici ispod. Oprema za podizanje sastojati će se od već montiranih 4 komada škopaca i 4 komada očnih vijaka na propulzijskom modulu. Dok će na oplati broda biti montirani 2 očna vijka i 2 zračna paranga nosivosti 25 tona.



Slika 54. Pozicija podizanja propulzijskog modula



Slika 55. Provjera slobodnog prostora za montažu

Kao na skici iznad modul će doći sa montiranim brodskim vijkom ( što u nekim slučajevima montaže nije slučaj ) kako bi se smanjilo vrijeme montaže vijka na navozu i ubrzao proces opremanja broda pošto je montaža azipod propulzijskog sustava ključan faktor za porinuće broda. Potrebna visina između staze i krme broda je 5274 mm ( visina modula sa paletom ) dok smo izračunali da ima 6670 mm slobodnog prostora tako da možemo montirati propulzijski modul zajedno sa brodskim vijkom te znatno smanjiti vrijeme opremanja broda na navozu.



Slika 56. Primjer podizanja i montaže modula sa parancima, uškama i škopcima

### 11.5 Montaža propulzijskog modula na upravljački modul

Za montažu propulzijskog modula biti će potrebna ova zanimanja:

- Električari
- Strojarski tehničari
- Specijalisti

Alat koji je potreban za montažu:

- Okasti ključevi ( francuski ključevi )
- Nasadni ključevi ( gedore )
- Ekstruder za brtvenu masu ( silikon )
- Klješta za kabele i četka za čelične žice
- Markeri, metar za mjerenje, oprema za bojanje

#### Specijalni alati:

- Vijci za rezanje navoja
- Hidraulički alati za zatezanje
- Momenti ključ ( do 1000 Nm )
- Hidraulički moment ključ sa adapterima ( potrebna šesterokutna glava i nasadna glava )
- Regulator tlaka i mjerač tlaka

#### Ostali zahtjevi potrebni za montažu:

- Struja na navozu i u brodu
- Kompresirani zrak
- Dizalice sa kapacitetom sa opremom za dizanje ( hvataljke, škopci, paranci,...)
- Skela

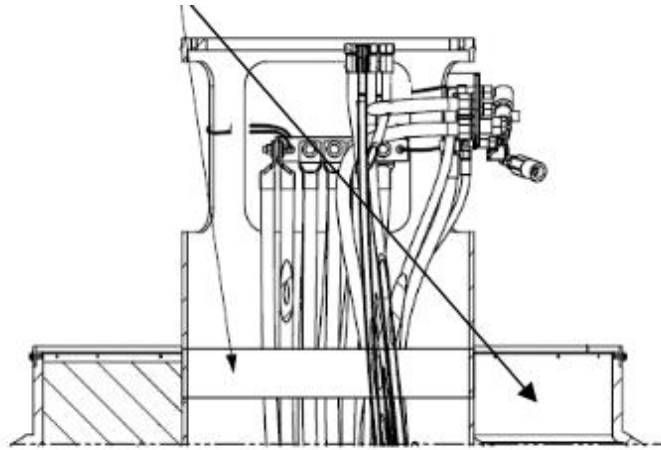
#### Dijelovi koji su potrebni i moraju biti u odličnom stanju za montažu:

- Matice za vijke između upravljačkog modula i propulzijskog modula ( 60 kom. )
- O-prstenovi ( 2 kom. )
- Poklopac protoka modula upravljanja
- Vijci, podloške i matice za spajanje glavnog kabela i kliznog prstena te za ugradnju poklopca protoka

#### Faze montaže propulzijskog modula:

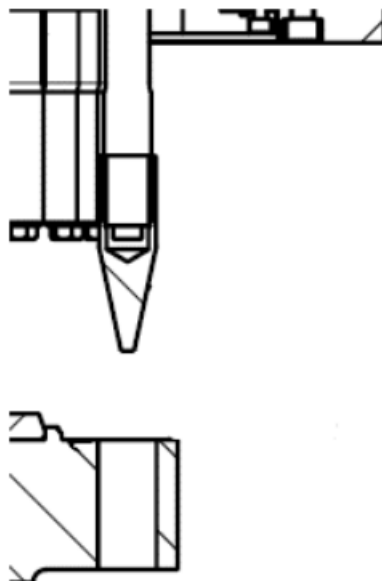
1. Modul osloboditi od gornjeg transportnog poklopca u skladištu i zaštititi sa vatrootpornom i vodonepropusnom zaštitom.
2. Dopremiti modul transporterom na dohvatač dizalice 15 ( 300 t ) i prebaciti na kolica staze te osloboditi modul od dizalice
3. Skinuti zaštitni poklopac provjeriti položaj 6 vodilica i moguća oštećenja svornih vijaka, očistiti naležnu površinu
4. Dovući modul ispod pozicije montaže te spojiti sa zračnim paranzima za dizanje te osloboditi od palete koja je služila za transport
5. Osloboditi kablove i instalaciju od nosača, povezati ih i pripremiti za montažu ( princip kontroliranog uvlačenja ). Skinuti brtvu zaštitnog poklopca, očistiti utore brtvi i prirubnicu, provjeriti O-prestenove ako su oštećeni i jesu li ispravne veličine i dužine Označiti na obodu prirubnice položaj vodećih rupa ( rupa koje su smjernice za

spajanje modula ).



Slika 57. Spajanje kablova upravljačkog modula i propulzijskog modula

6. **PODIZANJE MODULA.** Pripaziti zbog zamak simetrale kolica u odnosu na simetralu temelja od 133 mm ( isto kao i kod upravljačkog modula ). Iz tog razloga podizanje započeti sa parancima na boku broda.
7. 300 mm od nalijeganja prirubnica nanijeti na površinu sredstvo za brtvljenje
8. **KONTORLIRANO** podizati dalje te namjestiti prirubnicu da legne na vijke na upravljačkom modulu. Upozorenje! Čim se pojave svornjaci i prije nego što se spoje pogonski i upravljački modul, matice i podloške odmah staviti i zategnuti što je više moguće. Dizanje ne provesti do kraja, ostaviti oko 3 mm zračnosti.



Slika 58. Nalijeganje vijaka na prirubnicu upravljačkog modula

9. Stezanje matica provesti hidrauličkim alatom na određenu silu zategnutosti.

## 12. DIZEL ELEKTRIČNA PROPULZIJA U ODNOSU NA KLASIČNU PROPULZIJU

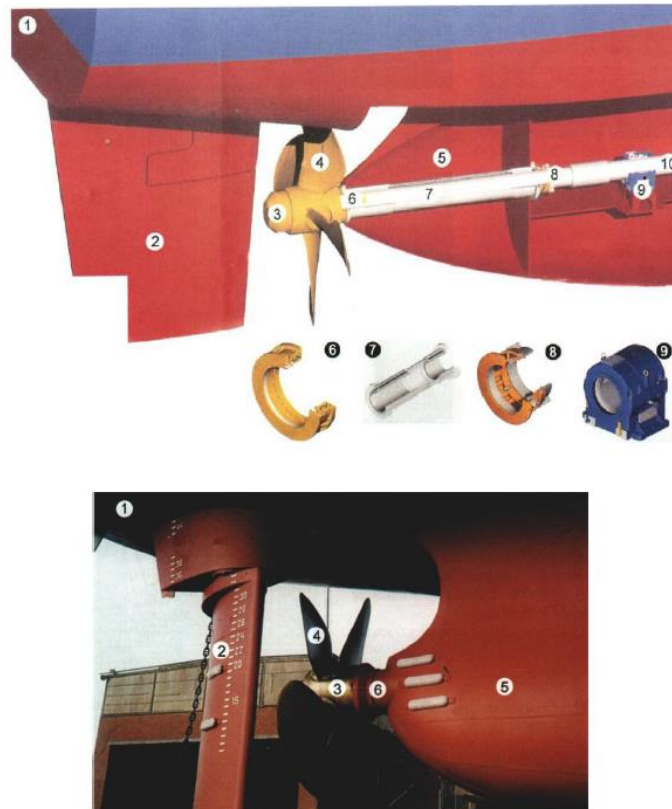
Električna propulzija je vrsta pogona u kojoj su glavni pokretači najčešće dizel motor, parna ili plinska turbina, spojeni na generator. Generator pretvara mehaničku energiju u električnu, električnim sklopovima se postižu određeni napon i frekvencija, te se preko razvodne ploče, transformatora i pretvarača frekvencije putem električnih kabela napaja električni motor odnosno propulzijski stroj broda. U električnom motoru dolazi do obratne pretvorbe (iz električne u mehaničku energiju), koja se prenosi na brodski vijak, te u konačnici ostvaruje poriv broda.

Kod svakog broskog elektroenergetskog sustava postoje proizvodnja, rasklop, distribucija, potrošnja i upravljanje. U sustavu električne propulzije nije ništa drugačije, ali za predmet razmatranja uzeti ćemo slijedeće elemente, a to su:

- izvori električne energije
- propulzijski pretvarači frekvencije
- elektromotorni pogoni
- propulzori (potisnici)

Za proizvodnju električne energije konvencionalno se koriste dizel motori, plinske i parne turbine, te kombinirani sustavi, spojeni na generator. U bilo kojoj od navedenih inačica polucija okoliša je znatno manja u odnosu na mehanički poriv. Broj i vrsta generatora na brodu ovisiti će o broju potrošača odnosno potrošnji električne energije, dostupnosti i mogućnosti nabave, pravilima klasifikacijskih zavoda i želji samog naručitelja. Također, izvori električne energije mogu biti i akumulatorske baterije, gdje je emisija štetnih plinova jednaka nuli. Međutim, takav sustav ima višestrukih mana: velika težina akumulatorskih baterija u odnosu na energiju koju mogu dati, baterije se trebaju nadopunjavati, trebaju biti u dobro zaštićenom i ventiliranom prostoru, sam rad pogona ograničen je kapacitetom baterija. Funkcija samog generatora je da iskoristi mehaničku energiju i pretvori je u električnu, kako bi preko razvodnih i pretvaračkih sklopova mogla opskbljivati električnom energijom glavni potrošač - propulzijski elektromotor i ostale sustave neophodnim za rad, te sve ostale (sekundarne) potrošače.

Klasična propulzija sa osovinskim vodom sastoji se od odljevka statvene cijevi, ležajeva statvene cijevi, brodskog vijka, osovine brodskog vijka, meduosovine, nosivog ležaja (ležaja meduosovine), te prednje i stražnje brtvenice. On prenosi zakretni moment pogonskog stroja na brodski vijak. Sila i moment pogonskog stroja djeluje okomito na smjer gibanja broda. Stoga je potreban brodski vijak s koso položenim krilima u odnosu na os broda, koji će okomitu silu i moment pretvoriti u silu i moment koji djeluju u smjeru gibanja broda. Pritom prijenos momenta treba izvesti s što manje gubitka energije.



Slika 59. Krmena statva sa detaljima osovinskog voda

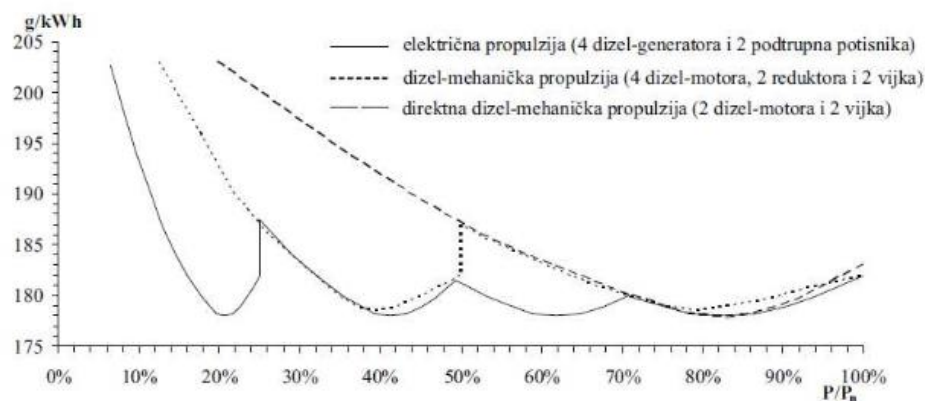
- 1- KRMA
- 2- KORMILO
- 3- GLAVČINA BRODSKOG VIJKA
- 4- BRODSKI VIJAK
- 5- KRMENA STATVA
- 6- STRAŽNJA BRTVENICA
- 7- ODLJEVAK STATVENE CIJEVI S PREDNJIM I STRAŽNJIM LEŽAJEM
- 8- PREDNJA BRTVENICA
- 9- LEŽAJ MEĐUOSOVINE
- 10- MEĐUOSOVINA



Prilikom odabira propulzije za određeni brod moramo uzeti više faktora koji nam govore koji sustav propulzije će nam biti profitabilniji, ekonomičniji, jednostavniji za izvedbu i montažu te na temelju tih parametara određujemo koji sustav ćemo ugraditi u putnički brod naš.

Parametri koje uzimamo za usporedbu su:

- Potrošnja goriva
- Utjecaj na okoliš
- Raspoloživi brodski prostor
- Manevarske sposobnosti
- Raspoloživost poriva



Slika 60. Specifična potrošnja goriva dizelskih motora u odnosu na razvijenu snagu

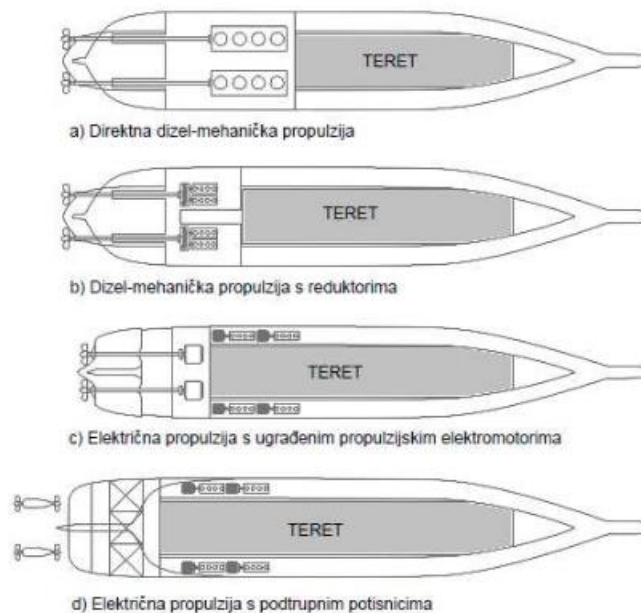
Slika 58 nam pokazuje specifičnu potrošnju goriva za 3 vrste pogona. U području iznad 70 % instalirane snage nema većih odstupanja, dok u rasponima od 25% do 50% dizel mehanička propulzija sa reduktorima i električna propulzija imaju slične vrijednosti dok direktna dizel mehanička propulzija ima veću potrošnju. U području ispod 25% instalirane snage imamo najnižu potrošnju kod električne propulzije ( taj podatak još više možemo smanjiti sa dodavanjem još više dizel generatora ). Električna propulzija ima najmanju potrošnju goriva i najprofitabilnija je opcija za brodovlasnika.

Već je poznato da je po pitanju potrošnje goriva i emisije štetnih plinova električna propulzija očit izbor, ali dosta pozitivnih ekoloških učinaka budu slojeviti i prikriveni, a to su:

- smanjena buka i vibracije
- povećana sigurnost broda
- izbjegavanje sidrenja
- produljen eksploatacijski vijek broda

Korištenjem električne propulzije postižu se dvije osnovne prednosti u odnosu na dizel mehaničku propulziju:

1. strojarnice postaju manje radi odbacivanja korištenja sporohodnih motora kao glavni pogon, te smještanja manjih motora i/ili turbina
2. dobiva se potpuna sloboda proizvoljnog smještanja pogonskih strojeva u jednu ili više manjih strojarnica



Slika 61. Iskoristivost prostora kod različitih propulzijskih sustava

Veliki sporohodni motori moraju se postaviti tako da se omogući adekvatno strujanje na brodski vijak te su zbog toga osovinski vodovi dugački, te nema puno izbora kod odabira njihovog smještaja. Ukoliko se upotrebljava kraći vratilni vod, povećava se njegov nagib, brodski vijak dolazi u nepovoljniji hidrodinamički položaj, te se podiže položaj glavnog motora.

Najbolja opcija i najviše korisnog prostora za smještaj tereta je električna propulzija sa podtrupnim potisnicima. Nema vratilnih vodova ni reduktora; generatori, transformatori i pretvarači mogu se smjestiti u male krmene ili bočne prostorije; zakretni podtrupni potisnici su smješteni ispod trupa broda, eliminira se potreba za kormilom, a hlađenje propulzora se u novijim generacijama vrši uz pomoć mora dodatno oslobađajući prostor. Svi energetske sustavi pomaknuti su maksimalno prema krmu, omogućavajući središnjem dijelu broda velik prostor za smještaj tereta. Treba težiti na što kraćoj udaljenosti između potisnika i generatora, da bi energetske kablovi koji ih povezuju bili što kraći i time što lakši.

Primjenom električne propulzije na brodovima očita su bolja dinamička svojstva i manevarske sposobnosti broda u odnosu na dizel mehaničku:

- korištenjem električnih motora imamo konstantan maksimalni moment
- brži je odziv kod dinamičkih promjena zahvaljujući manjim zamašnim masama izloženim promjeni brzine
- pogonski strojevi rade konstantnom brzinom
- instalacija sustava dinamičkog pozicioniranja je jednostavno
- mogu se jednostavno instalirati snažni bočni potisnici

Raspoloživost poriva je jedna od bitnih komponenti prednosti električne propulzije u odnosu na klasičnu propulziju. Bez obzira na kojoj komponenti je došlo do kvara, brod će ostati bez dijela snage, ali će moći nastaviti providbu sa smanjenom brzinom, što povećava sigurnost broda i maksimalno smanjuje gubitke zbog potencijalnog kašnjenja. Najvjerojatnije mjesto kvara, ukoliko dođe do njega, su frekvencijski pretvarač i dizel motor.

Sigurnost električnog poriva osigurava i koncepcija broda sa većim brojem manjih strojarnica, čime se pri pojavi požara u bilo kojoj strojarnici osigurava proizvodnja i poriv u ostalima.

### **Prednosti i nedostaci električne propulzije**

Diesel-električna propulzija sa porivom okretni propulzorom (Azimut i POD potisnici) u usporedbi sa klasičnom propulzijom (osovinski vod sa glavnim porivnim strojem tzv. Glavni motorom i reduktorom) je unaprjeđenje tehnologije u brodograđevnoj i pomorskoj industriji. Od početka razvoja električne propulzije do današnjih dana vidljiv je sve veći napredak, novih ideja i poboljšanja sustava. Kako upotreba električne propulzije postaje sve popularniji izbor pri izgradnji brodova različitih eksploatacijskih karakteristika, tako se početni visoki investicijski troškovi ipak smanjuju zbog sve veće proizvodnje i dostupnosti električne opreme i motora.

U pogledu tehnologije gradnje broda i operiranja. Električna propulzija sadrži puno manje opreme od klasične propulzije te se samim time smanjuje broj radnih sati operiranja zbog dužeg perioda operiranja. Strojna obrada propulzijskog sustava se može odrađivati na licu mjesta dok prilikom klasične propulzije osovinski vod zahtjeva puno više specifične strojne obrade od električne propulzije.

Upotreba električne propulzije na brodovima donosi dosta tehnoloških i ekoloških prednosti:

- manja potrošnja goriva
- manja emisija štetnih plinova
- velika snaga centrale za napajanje ostalih sustava
- veće i povoljnije iskorištavanje brodskog prostora zbog slobodnijeg smještanja elektroopreme
- manja opasnost od nastanka potpunog kvara zahvaljujući redundantnosti sustava
- bolje manevarske sposobnosti korištenjem azimut i POD potisnika
- trajnija konstrukcija broda zbog smanjenih vibracija i radom motora sa konstantnom brzinom vrtnje

Kako niti jedan sustav nije savršen, nerealno je očekivati da je električna propulzija idealna:

- početni investicijski troškovi izgradnje broda su visoki
- velika količina električne opreme kao što su generatori, ormari, transformatori, elektromotorni pogoni
- rad na ovakvim sustavima zahtijeva kvalificirano ljudstvo tokom korištenja i održavanja

### 13. ZAKLJUČAK

Brodogradnja je vrlo složen proces prilikom kojeg sudjeluje veliki broj zanimanja koji zajedno moraju funkcionirati i odraditi svoje zadatke kako bi izgradili jedan plovni objekt kao što je brod. Cilj svakog brodogradilišta je u što kraćem roku uz što manje troškove izgraditi brod kako bi ga prodali po što većoj cijeni te maksimalno zaradili.

Projektiranje tehnologije gradnje jedan je od preduvjeta za gradnju broda. U tehnologiji određujemo kako, gdje i kada ćemo graditi brod. Sve važne činjenice su sažete u tehnologiji gradnje broda koji određuje u kojem smjeru, sa kojim ljudima, sa kojim materijalima i u kojem vremenskom periodu ćemo odrađivati bilo koju aktivnost vezanu za gradnju broda u odabranom brodogradilištu. Sa kvalitetnim projektom tehnologije gradnje broda osiguravamo glatku i preciznu izradu broda od predobrade materijala do predaje broda brodovlasniku nakon pokusne plovidbe.

Prilikom projektiranja tehnologije gradnje broda u diplomskom radu obratili smo pozornost na osnovne preduvjete i kriterije za gradnju broda u odabranom brodogradilištu. U slučaju da neki kriteriji nisu zadovoljavali morali bi se odlučiti graditi brod u nekom drugom brodogradilištu koje bi zadovoljilo kriterije za gradnju putničkog broda polarne klase. Najveća prednost ovog brodogradilišta je dizalica broj 15 sa 300 tona nosivosti koja nam omogućuje sklapanje većih grupa i montažnih jedinica te brže uranjeno opremanje i montažu na navoz.

Uranjeno opremanje je najbitniji faktor zarade brodogradilišta gdje je brodogradilištu cilj što više opreme ugraditi na brod u fazi predmontaže i na navozu a što manje opreme ugraditi u opremnoj luci. Razlog je taj što ugradnja neke opreme u predmontaži košta jednu cijenu, a ugradnja te iste opreme na navozu košta 4 puta više od predmontaže dok opremanje iste opreme u opremnoj luci košta 28 puta više nego u predmontaži. Na temelju toga svakom brodogradlištu je u interesu što više opreme ugraditi u fazi predmontaže a samo onu nužnu opremu ugraditi u opremnoj luci kao što je objašnjeno u diplomskom radu.

Brodogradnja se iz dana u dan unaprijeđuje te se traže nova rješenja za poboljšanje gradnje broda i plovnih objekata širom svijeta. To je znanost koja se stoljećima proučavala i unaprijeđivala te će tako se i u budućim stoljećima unaprijeđivati i poboljšavati na interes svih onih koji su vezani za brodogradnju.

## 14. LITERATURA

1. <https://www.unirepository.svkri.uniri.hr/islandora/object/riteh%3A3140/datastream/PDF/view>
2. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/riteh%3A4159/datastream/PDF/view>
- 4: Izvor slika brodogradilište 3.Maj
5. Gr. 530 - Tehnologija gradnje broda 1-101-319-A
6. <https://www.youtube.com/watch?v=-pONdBwSZsk>
7. <https://www.epowermetals.com/hr/machining-beginners-guide-to-machining.html>
8. <https://library.e.abb.com/public/e0da7f3b33ef0a4ac1257b1a005b7907/Azipod%20C%20%20Basic.pdf>
9. <https://repositorij.unizd.hr/islandora/object/unizd%3A3111/datastream/PDF/view>
10. 201776430-mehanicarski-radovi
11. 1-101-319 TEHNOLOGIJA GRADNJE BRODA
12. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/riteh:3140/datastream/PDF/view>
13. Gr. 734 4-635-402 T.U. Za montažu azipoda na navozu br. 2
14. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Zavarivanje\\_MIG\\_postupkom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zavarivanje_MIG_postupkom)
15. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ru%C4%8Dno\\_elektrolu%C4%8Dno\\_zavarivanje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ru%C4%8Dno_elektrolu%C4%8Dno_zavarivanje)
16. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Zavarivanje\\_pod\\_pra%C5%A1kom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zavarivanje_pod_pra%C5%A1kom)
17. Određivanje koncepta gradnje broda, Rijeka, svibanj 1997. , Mario Crepulja 22204571
18. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Strojna\\_obrada](https://hr.wikipedia.org/wiki/Strojna_obrada)

## 15. SAŽETAK

U ovom diplomskom radu objašnjeno je projektiranje tehnologije gradnje putničkog broda za odabrano brodogradilište. Tehnologija je važan faktor u brodogradnji koja odlučuje kako, gdje i kada će se napraviti brod. Općenito je bio fokus na tehnologiju opremanja putničkog krucera koja je poprilično zanimljiva za prezentirati u diplomskom radu dok je sama tehnologija izrade sekcija od predobrade do navoza objašnjena u osnovnim crtama.

U prvom dijelu rada općenito je definirano brodogradilište u kojem će se graditi brod te svi kriteriji koji su zadovoljeni za početak gradnje broda. Brod je podijeljen u tehnološke grupe i jedinice uz relevantnu projektnu dokumentaciju.

U drugom dijelu rada objašnjeno je razlika u opremanju broda na navozu i opremanju u opremnoj luci te koje su prednosti i nedostaci prilikom opremanja broda te je analizirano specifičnost opremanja putničkog broda u opremnoj luci i na navozu, još je tu dodan fokus na uranjeno opremanje u fazi predmontaže.

Treći dio rada objašnjava izradu i opremanje jedne karakteristične sekcije putničkog broda. Radi se o sekciji 101 odnosno krmi broda koja je specifična zbog opreme koja se nalazi na njoj ( propulzijskog sustava ). Objašnjena je izrada i strojna obrada sklopa sekcije do montaže na navoz.

Zadnji dio rada objašnjava nam tehnologiju montaže i opremanja sekcije sa propulzijskim sustavom. Obajšnjena je razlika između modernog propulzijskog sustava sa električnom propulzijom u odnosu na klasični propulzijskih sustav. Prednosti i nedostaci jednog odnosno drugog sustava su deifinirani na kraju rada.

Ključne riječi: dizel električna propulzija, montaža, uranjeno opremanje, brod, tehnologija, sekcija

## 16. SUMMARY

In this thesis, the design of construction technology for a passenger ship at a selected shipyard is explained. Technology is a crucial factor in shipbuilding that determines how, where, and when a ship will be built. The focus was generally on the outfitting technology of a passenger cruise ship, which is quite interesting to present in a thesis, while the technology of section fabrication from preprocessing to launching is explained in basic terms.

The first part of the thesis generally defines the shipyard where the ship will be built and all the criteria that were met to commence ship construction. The ship is divided into technological groups and units along with the relevant project documentation.

The second part of the thesis explains the difference between outfitting the ship on the slipway and outfitting in the outfitting port, the advantages and disadvantages of ship outfitting are analyzed, and the specifics of outfitting a passenger ship in the outfitting port and on the slipway are examined. Additionally, there is a focus on early outfitting during the pre-assembly phase.

The third part of the thesis describes the fabrication and outfitting of a characteristic section of the passenger ship. This involves section 101, or the stern of the ship, which is unique due to the equipment it contains (the propulsion system). The fabrication and machining of the section assembly up to its installation on the slipway are explained.

The final part of the thesis explains the technology of assembly and outfitting of the section with the propulsion system. It clarifies the difference between a modern propulsion system with electric propulsion and a classic propulsion system. The advantages and disadvantages of each system are defined at the end of the thesis.

Keywords: diesel-electric propulsion, assembly, early outfitting, ship, technology, section



## 17. POPIS SLIKA

Slika 1. Izgled polarnog kruzera koji će se graditi u odabranom brodogradilištu .....	2
Slika 2. Prostor broda podijeljen na glavne prostore .....	4
Slika 3. Glavno rebro .....	6
Slika 4. Opći plan brodogradilišta „3. MAJ“ s ucrtanim tokovima materijala .....	11
Slika 5. Navoz broj 2 u brodogradilištu 3. maj .....	12
Slika 6. Poprečni presjek kroz navoz 2 s prikazom smještaja pripadnih transportnih sredstava ( dizalica) .....	13
Slika 7. Uzdužni presjek kroz navoz 2 s prikazom smještaja saonika i saonica .....	13
Slika 8. Smještaj broda na navozu .....	15
Slika 9. Podjela broda u grupmontažne jedinice .....	16
Slika 10. Montažne jedinice na presjeku glavnog rebra .....	20
Slika 11. Dozvoljeno odstupanje ravnine lima .....	21
Slika 12. Zavarivanje pod praškom (EPP) .....	25
Slika 13. Zavarivanje MIG/MAG postupkom .....	26
Slika 14. Zavarivanje REL postupkom .....	27
Slika 15. Plinski plamenik sa 3 sapnice .....	27
Slika 16. Sastav VT sekcije dvodna strojarnice (gr.203) .....	28
Slika 17. Sastav VT sekcije dvodna teretnog prostora (gr.302) .....	28
Slika 18. Sastav T sekcije palube (gr.501) u položaju predmontaže .....	29
Slika 19. Sastav ukрупnjene VT sekcije 6-7-8 palube (gr.552,564,574) .....	29
Slika 20. Sastav T sekcije vanjske oplata lijevo (gr.517) .....	30
Slika 21. Sastav VT sekcije grotla strojarnice (gr.210) .....	31
Slika 22. Sastav ukрупnjene VT sekcije grotla strojarnice (gr.211) .....	31
Slika 23. Ukрупnjavanje sekcija pramčanog pika .....	32
Slika 24. Sklop u maloj predmontaži .....	33
Slika 25. Panel .....	34
Slika 26. Ukрупnjena sekcija dvodna strojarnice grupa (203.) .....	36
Slika 27. Sewage treatment room .....	39
Slika 28. Compressor room .....	40
Slika 29. Oprema u sewage treatment roomu .....	41
Slika 30. Montaža prouplzijskog sustava na navozu .....	42
Slika 31. Montaža motora dok je brod na navozu .....	42
Slika 32. Polarni kruzer u opremnoj luci brodogradilišta 3. Maj .....	43
Slika 33. Opremanje interijera yacht club-a na 7. palubi .....	45
Slika 34. Opremanje teatra po principu "ključ u ruke" .....	45
Slika 35. AKZ vanjske oplata broda u doku .....	49
Slika 36. Sklop S11 za strojnu obradu .....	62
Slika 37. Pogled A-A odnosno poprečni pogled na sklop i njegove oznake za strojnu obradu .....	63
Slika 38. Nacrt pozicije rupe za drenažu .....	64
Slika 39. Gantogram strojne obrade u radioni (SO1) .....	66
Slika 40. Gantogram strojne obrade na navozu (SO2) .....	68
Slika 41. Prikaz razlike aktivnosti strojne obrade na navozu i u radioni .....	71
Slika 42. Opis azimut propulzijskog sustava .....	72
Slika 43. Zavješanje upravljačkog modula i transport na navoz dizalicom 15 ( 300 t) .....	74
Slika 44. Transport po stazi za uvlačenje .....	75
Slika 45. Podizanje upravljačkog modula .....	76
Slika 46. pozicija uške na R0 ispod 4.palube .....	77
Slika 47. O prsten (unutarnji) i ravni brtveni prstena (vanjski) .....	78
Slika 48. Površina strojne obrade .....	79
Slika 49. Spoj upravljačkog modula i montažnog bloka sa vijcima i maticama .....	80
Slika 50. Mazalice montaža .....	80
Slika 51. Tlačenje upravljačkog modula .....	81

Slika 52. Zavješanje propulzijskog modula i transport dizalicom br. 15 .....	81
Slika 53. Transport propulzijskog modula do pozicije ispod upravljačkog modula.....	82
Slika 54. Pozicija podizanja propulzijskog modula .....	83
Slika 55. Provjera slobodnog prostora za montažu .....	83
Slika 56. Primjer podizanja i montaže modula sa parancima, uškama i škopcima .....	84
Slika 57. Spajanje kablova upravljačkog modula i propulzijskog modula.....	86
Slika 58. Nalijeganje vijaka na prirubnicu upravljačkog modula .....	86
Slika 59. Krmena statva sa detaljima osovinskog voda .....	88
Slika 60. Specifična potrošnja goriva dizelskih motora u odnosu na razvijenu snagu .....	89
Slika 61. Iskoristivost prostora kod različitih propulzijskih sustava .....	90

## 18. POPIS TABLICA

Tablica 1. Glavne karakteristike broda .....	3
Tablica 2. Visine stambenih prostora .....	8
Tablica 3. Opremljenost navoza 2 dizalicama .....	14
Tablica 4. Energetska oprema navoza 2 .....	14
Tablica 5. Geometrijske karakteristike navoza 2.....	14
Tablica 6. Proizvodna moć obrade limova i profila.....	17

## 19. POPIS PRILOGA

Prilog 1. Popis tehnoloških grupa i montažnih jedinica
Prilog 2. Redoslijed montaže broda
Prilog 3. Faza 1 izrade grupe 101
Prilog 4. Faza 2 izrade grupe 101
Prilog 5. Faza 3 izrade grupe 101
Prilog 6. Faza 4 izrade grupe 101
Prilog 7. Faza 5 izrade grupe 101
Prilog 8. Faza 6 izrade grupe 101
Prilog 9. Prsten azipoda sa oznakama strojne obrade