

OPREMANJE TREĆE PLATFORME STROJARNICE BRODA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Devčić, Toma

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:190:680732>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-21**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE TREĆE PLATFORME STROJARNICE BRODA
ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA**

Rijeka, rujan 2023.

Toma Devčić

0035210690

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE TREĆE PLATFORME STROJARNICE BRODA
ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA**

Mentor: prof. dr. sc. Tin Matulja

Komentor: Doc. Rajko Rubeša, dipl. ing.

Rijeka, rujan 2023.

Toma Devčić

0035210690

Rijeka, 9. ožujka 2023.

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

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Toma Devčić (0035210690)**
Studij: **Sveučilišni diplomski studij brodogradnje**
Modul: **Tehnologija i organizacija brodogradnje**

Zadatak: **OPREMANJE TREĆE PLATFORME STROJARNICE BRODA ZA PRIJEVOZ
KEMIKALIJA / OUTFITTING OF THE THIRD PLATFORM OF THE SHIP'S
ENGINE ROOM FOR THE CHEMICAL TANKER**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu rada potrebno je definirati ulazne informacije potrebne za opremanje odabrane platforme strojarnice (tehnička, tehnološka, planska dokumentacija, liste materijala i dr.). Posebno obraditi sisteme koji se opremanju na zadanoj platformi. Nadalje potrebno je definirati opremu za opremanje zadane platforme strojarnice i angažiranu radnu snagu, te na osnovu toga definirati aktivnosti i nositelje aktivnosti kroz tehnološki redoslijed opremanja. Definirati vremensko trajanje pojedinih aktivnosti, te na temelju toga izraditi gantogram, mrežni dijagram i odrediti kritični put opremanja. Konačno izvršiti analizu postojećeg plana i dati prijedloge za unapređenje.

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

Toma Devčić

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Tin Matulja

Prof. dr. sc. Tin Matulja

Roko Dejhalla

Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Rajko Rubeša

Doc. Rajko Rubeša, dipl. ing. (komentor)

IZJAVA

Izjavljujem, da je ovaj diplomski rad diplomskog studija brodogradnje pod naslovom „Opremanje treće platforme strojarnice broda za prijevoz kemikalija“ samostalno napisan, koristeći znanja i vještine koje sam usvojio tijekom dosadašnjeg školovanja i navedenom literaturom, te uz pomoć i savjete mentora. Svi dijelovi diplomskog rada, nalazi i ideje su konkretno označeni, te su primjereno navedeni u popisu literature.

Student:

Toma Devčić

ZAHVALA

Prije svega, zahvalio bi se mentorima Prof. dr. sc. Tinu Matulji i Doc. dipl. ing. Rajku Rubeši na omogućavanju svih potrebnih materijala te ukazanoj pomoći i pristupačnosti za savjete u vezi zadatka diplomskog rada. Zahvaljujem se obitelji i prijateljima, posebno majci, koji su bili podrška i motivacija tijekom cijelog studija.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POPIS OPREME ZA TREĆU PLATFORMU STROJARNICE ZADANOG BRODA	3
3. OPIS SISTEMA I UREĐAJA ZA TREĆU PLATFORMU STROJARNICE ZADANOG BRODA.....	6
3.1. Proizvodnja dušika.....	6
3.2 Mehanička radiona.....	8
3.3 Kompresori za rashladu.....	9
3.4 Kotao.....	10
3.5 Ulje za podmazivanje statvene cijevi.....	11
3.6 Ulje za podmazivanje motora	12
3.7 Sustav goriva	14
4. POPIS POTREBNE DOKUMENTACIJE.....	15
4.1 Općenito o dokumentaciji	15
4.2 Projektna dokumentacija	15
4.3 Klasifikacijska dokumentacija.....	18
4.4 Radionička dokumentacija	30
4.5 Tehnološka dokumentacija	32
5. POPIS ZANATA	33
6. POPIS AKTIVNOSTI	36
6.1 Mrežni dijagram	36
6.2 Prikaz aktivnosti uz određene varijable	38
6.3 Slučaj zadanih varijabli.....	39
6.4 Gantogram za slučaj zadanih varijabli	42
6.5 Kritični put	44
7. VARIJACIJE PARAMETARA POČETNE METODE.....	45
7.1 Slučaj opremanja s ciljem smanjenja trajanja aktivnosti.....	46
7.2 Slučaj opremanja s ciljem smanjenja troškova	49
8. OPTIMIZACIJA VARIJABLI PROCESA OPREMANJA.....	52
8.1 Optimizacija broja radnika	52
8.2 Rezultati optimizacijskog opremanja.....	53
8.3 Usporedba svih rezultata	56
9. ZAKLJUČAK	59

POPIS LITERATURE	60
POPIS SLIKA.....	61
POPIS TABLICA	62
SAŽETAK	63
ABSTRACT.....	64
PRILOZI.....	65

1. UVOD

Gradnja broda kompleksan je proizvodni proces zbog brojnih razloga. Brodovi su sastavljeni od velikog broja dijelova, montažnih jedinica i proizvoda nižih razina ugradnje, a gotovo svaki projekt ima prototipski karakter. Izgradnja broda uključuje sve vrste tehnoloških procesa koji su karakteristični za preradu metala, a u njoj sudjeluje velik broj proizvodnih zanimanja, dobavljača i kooperanata.

Opremni radovi počinju već kod predmontaže sekcija brodskog trupa i završavaju kod primopredaje broda. Opremni radovi uključuju cjevarsku, mehaničarsku, električarsku, bravarsku, limarsku, stolarsku i izolatersku opremu. Opremni radovi su međusobno ovisni i mora se poštovati tehnološki redoslijed opremanja, kako ne bi došlo do ponavljanja radova. Ukupni obujam opremnih radova potreban za stavljanje u funkciju svakog pojedinog brodskog sistema sastoji se od radova izvršenih u radionici, u predmontaži brodskog trupa, na brodu (na navozu i opremnoj luci) te testiranju i ispitivanju funkcionalnosti instalirane brodske opreme.

Ne moraju svi dijelovi broda biti izrađeni u specijaliziranim radionicama unutar brodogradilišta, već se dio izrade može izvoditi u specijaliziranim kooperantskim tvrtkama izvan brodogradilišta. U tom slučaju, brodogradilište postaje montažnog tipa, s radnim grupama specijaliziranim za montažu određenog brodskog sistema, i obavljanje manjih zahvata i preinaka direktno na brodu.

Moderni način gradnje broda temelji se na predmontaži sekcija brodskog trupa, čime se znatno skraćuje vrijeme gradnje. Veličina i opremljenost sekcija limitirani su nosivošću transportnih sredstava i dizalica. Potrebna je suradnja između brodogradilišta, projektnih timova i znanstvenih institucija radi razmjene i razvijanja projektnih i konstrukcijskih rješenja koja će doprinijeti smanjenju troškova i trajanja gradnje. [1]

U ovom ćemo se radu baviti opremanjem strojarnice, točnije treće platforme strojarnice zadanog broda za prijevoz kemikalija. Navesti ćemo svu opremu koju sadrži treća platforma takvog broda te opisati sisteme i zanate radnika koji sudjeluju u opremanju. Detaljan opis potkrijepiti ćemo slikama i tablicama za lakši prikaz svega navedenog. Zadatak rada je napraviti Ganttov dijagram procesa opremanja sa zadanim varijablama, te isti kroz više slučajeva optimizirati kako bi se došlo do kraćeg i jeftinijeg načina izvedbe opremanja zadane platforme strojarnice.

2. POPIS OPREME ZA TREĆU PLATFORMU STROJARNICE ZADANOG BRODA

U našem zadatku bavimo se opremanjem treće platforme brodske strojarnice koja se sastoji od niza opreme koja omogućava radnicima sve potrebne resurse za održavanje i upravljanje brodskim strojem. Uvid na samu složenost strojarnice broda daje nam širok raspon opreme i sustava koji su ključni za ispravno funkcioniranje plovila. To uključuje glavne motore, generatore, pumpe, ventile, izmjenjivače topline, sustave goriva, sustave hlađenja i još mnogo toga.

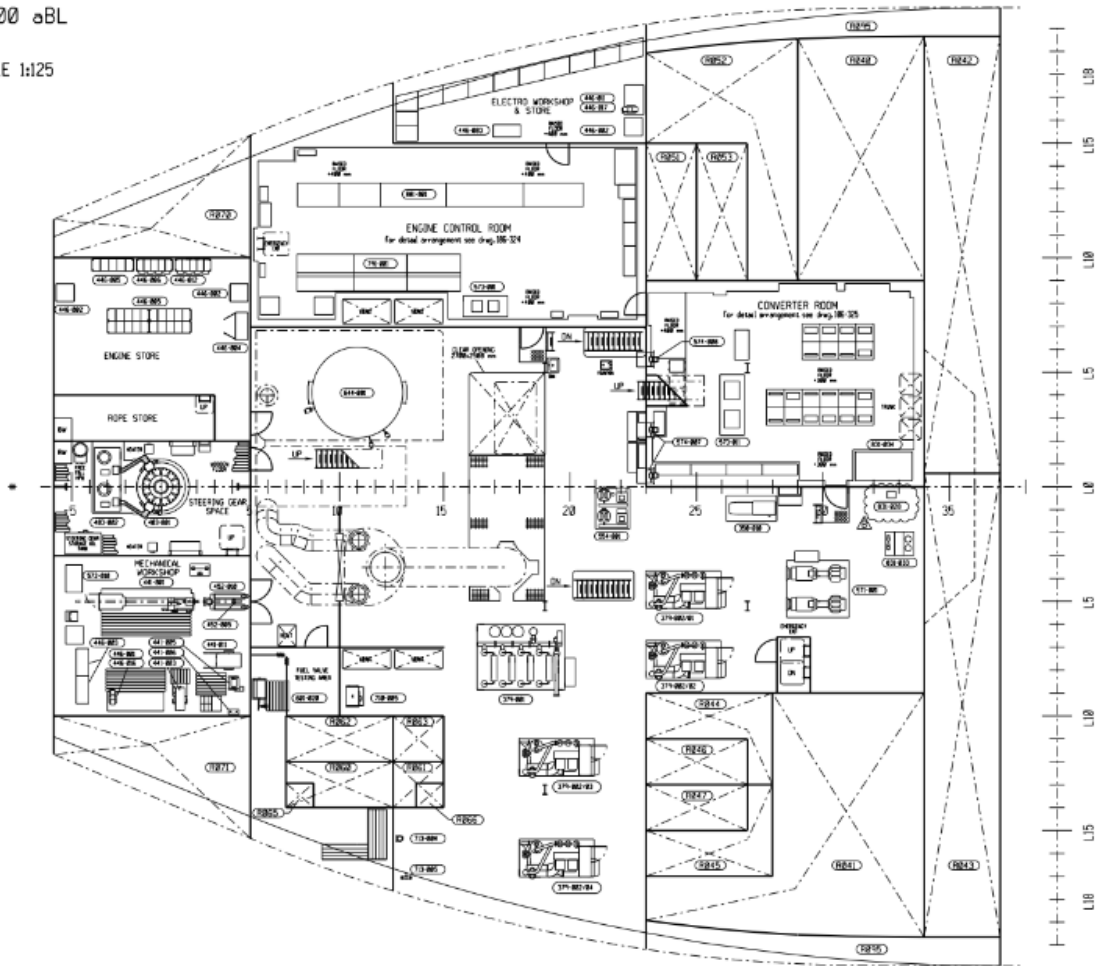
U sljedećoj tablici navesti ćemo svu opremu koju sadrži treća platforma strojarnice našeg broda uz oznake pozicija uređaja i njihove kapacitete.

Tablica 2.1 Popis opreme treće platforme zadanog broda

OZNAKA POZICIJE UREĐAJA	KOL.	NAZIV UREĐAJA	KAPACITET
350-010	1	ELEKTRO HIDRAULIČKA POGONSKA JEDINICA VENTILACIJE TANKOVA TERETA	
379-001	1	GENERATOR DUŠIKA	
379-002/01	1	KOMPRESOR DUŠIKA Br. 1	318 kW 12 bar
379-002/02	1	KOMPRESOR DUŠIKA Br. 2	318 kW 12 bar
379-002/03	1	KOMPRESOR DUŠIKA Br. 3	318 kW 12 bar
379-002/04	1	KOMPRESOR DUŠIKA Br. 4	318 kW 12 bar
403-001	1	POKRETAČ KORMILA	
403-002	1	ELEKTRO HIDRAULIČKA POGONSKA JEDINICA KORMILARSKOG STROJA	
441-001	1	TOKARILICA	
441-003	1	BUŠILICA	
441-005	1	BRUSILICA	
441-006	1	VANJSKA STANICA ZA PLINSKO ZAVARIVANJE	
441-011	1	APARAT ZA ZAVARIVANJE	400 A / 36 V
446-001	1	RADNI STROJ	
446-002	3	ORMAR ZA ALAT	825x600x600 mm

446-003	3	ORMAR ZA ALAT	1980x1000x420 mm
446-004	1	ORMAR ZA KEMIKALIJE	1950x920x420 mm
446-005	5	POLICE	1900x400x1400 mm
446-006	24	METALNE KUTIJE	200x490x305 mm
446-011	1	STOL ZA ZAVARIVANJE	1000x650x850 mm
446-012	2	POLICE	1900x400x1200 mm
446-016	1	ŠKRIP	150 mm
446-017	1	ŠKRIP	100 mm
452-005	5	STAZA DIZALICE	0,5 t
452-010	1	PALETAR	
554-001	1	JEDINICA ZA RASHLADU PROVIJANTA	2 x 10 kW
571-001	1	JEDINICA ZA RASHLADU KLIMA UREĐAJA	2 x 66 m ³ /h 2 x 200 kW
573-001	1	KLIMA JEDINICA KONTROLNE PROSTORIJE STROJARNICE I ELEKTRO RADIONICE	36,5 kW 10 m ³ /h
573-010	1	KLIMA JEDINICA MEHANIČKE RADIONICE	14 kW 3,0 m ³ /h
573-011	1	KLIMA JEDINICA PROSTORIJE KONVERTERA	90 kW 18 m ³ /h
574-007	2	VENTILATORI KONVERTER PROSTORIJE	10440 m ³ /h
574-008	1	VENTILATOR KONVERTNE PROSTORIJE Br. 3	5880 m ³ /h
601-020	1	NAPRAVA ZA TESTIRANJE VENTILA	
644-001	1	KOTAO LOŽEN NAFTOM	20 000 kg/h 7 bar
710-005	1	GRAVITACIJSKI TANK ULJA STATVENE CIJEVI	250 l
713-004	1	TRANSFER PUMPA CILINDARSKOG ULJA	1 m ³ /h 1,5 bar
713-005	1	TRANSFER PUMPA CILINDARSKOG ULJA	
791-001	1	UPRAVLJAČKI PULT KONTROLNE KABINE	
831-028	1	KONTROLNI KABINET VENTILA USISA MORA	
831-033	1	HIDRAULIČKA POGONSKA JEDINICA	
831-034	1	KABINET ZA UPRAVLJANJE VENTILA	
881-001	1	GLAVNA RAZVODNA PLOČA	

UPPER PLATFORM
15100 aBL
SCALE 1:125



Slika 2.1 Opći plan treće platforme strojarnice zadanog broda

Na slici je prikazan presjek treće platforme strojarnice zadanog broda sa svom navedenom opremom, u sljedećem poglavlju opisati ćemo svaki dio opreme kao sistem kojem pripadaju i prikazati pripadno mjesto uređaja u našoj strojarnici.

3. OPIS SISTEMA I UREĐAJA ZA TREĆU PLATFORMU STROJARNICE ZADANOG BRODA

Strojarnica broda kompleksan je spoj raznih komponenti brodskih sistema i uređaja. Povezivanje i integracija ovih različitih komponenti stvaraju složenu mrežu mehaničkih, električnih i hidrauličnih sustava. Svaki sustav ima svoje specifične funkcije, zahtjeve i mehanizme upravljanja. Koordinacija i sinkronizacija rada ovih sustava ključni su za osiguranje nesmetanog funkcioniranja broda.

Glavne sisteme na trećoj platformi strojarnice podijelili smo na:

- proizvodnja dušika,
- mehanička radiona,
- kompresori za rashladu,
- kotao,
- ulje za podmazivanje statvene cijevi,
- ulje za podmazivanje motora,
- sustav komprimiranog zraka i
- sustav goriva.

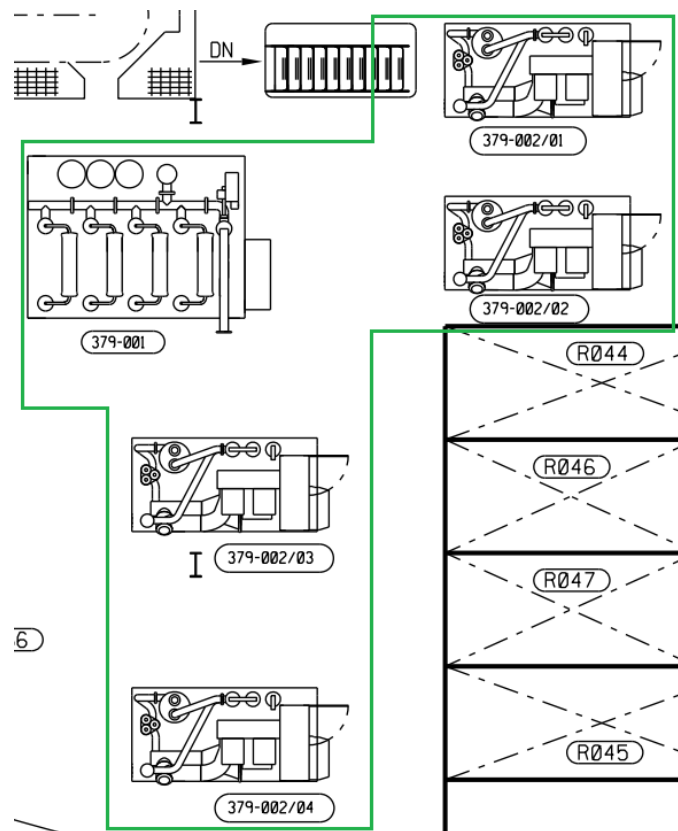
3.1. Proizvodnja dušika

Proizvodnja dušika u brodskoj strojarnici odnosi se na proces stvaranja čistog dušika iz zraka kako bi se zadovoljile potrebe broda za ovim plinom. Dušik je važan za različite svrhe u strojarnici, uključujući zaštitu atmosfere, ispiranje cjevovoda, suzbijanje požara i pojave eksplozivnih plinova u tankovima tereta.

Za proizvodnju dušika koriste se posebni uređaji koji se nazivaju generatori dušika. Ti generatori koriste različite tehnike, kao što su membranska separacija, adsorpcija ili kemijske reakcije, kako bi izdvojili čisti dušik iz zraka. Proces proizvodnje uključuje uklanjanje drugih plinova i nečistoća iz zraka kako bi se dobio visokokvalitetan dušik. Generator dušika može biti konfiguriran za kontinuiranu proizvodnju dušika ili može biti ugrađen kao mobilni sustav koji se koristi prema

potrebi. Važno je osigurati pravilan rad generatora dušika, redovito provjeravati i održavati uređaje te pratiti kvalitetu proizvedenog dušika. Ovaj proces proizvodnje dušika omogućava brojskoj strojarnici da ima vlastitu opskrbu dušikom bez ovisnosti o vanjskim izvorima. To je od vitalnog značaja za osiguravanje sigurnosti i učinkovitosti rada brodskih sustava tijekom plovidbe.

Uz proizvodnju dušika, također se koriste kompresori dušika koji povećavaju tlak dušika kako bi se osigurala njegova učinkovita upotreba u različitim sustavima. Kombinacija generatora dušika i kompresora dušika osigurava stabilnu opskrbu i korištenje dušika u strojarnici.



Slika 3.1 Oprema sistema za proizvodnju dušika

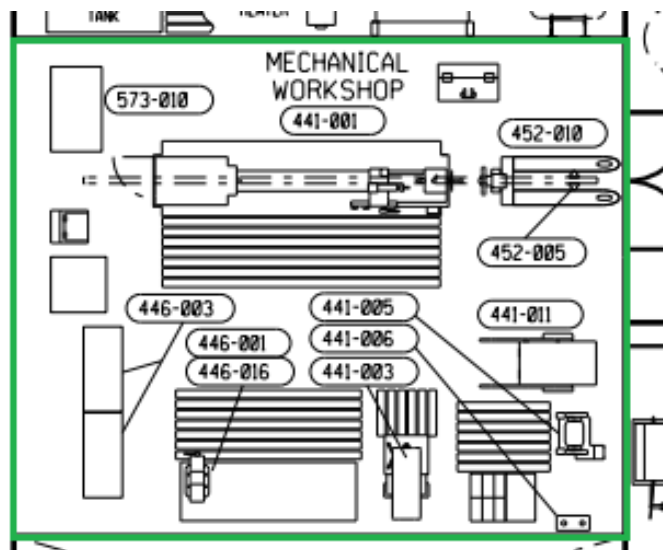
3.2 Mehanička radiona

Mehanička radiona u strojarnici broda predstavlja ključni dio infrastrukture i resursa potrebnih za održavanje, popravak i izgradnju mehaničkih komponenti i sustava u brodskom stroju. Ova radiona je specijalizirano radno područje opremljeno raznovrsnim alatima, strojevima i opremom.

U mehaničkoj radioni obavljaju se različiti poslovi, kao što su strojno obrađivanje, zavarivanje, montaža, popravak i testiranje mehaničkih dijelova brodske opreme. Ovdje se izrađuju ili prilagođavaju dijelovi kako bi se zadovoljile posebne potrebe i zahtjevi brodskih sustava. Radionica je opremljena različitim strojevima kao što su tokarilice, glodalice, brusilice, bušilice i strojevi za zavarivanje. Također su prisutni i mjerni instrumenti poput mikrometara, kalipera i drugih uređaja za provjeru dimenzija i kvalitete izrađenih dijelova.

Mehanička radiona igra ključnu ulogu u održavanju i popravku vitalnih dijelova brodske opreme, uključujući ventile, pumpe, ležajeve, klipove, vratila i druge mehaničke komponente. Osim toga, radiona pruža podršku i servis za izgradnju novih sustava i opreme kada je potrebna prilagodba ili zamjena dijelova.

Radionica se također koristi za izradu posebnih alata i montažnih konstrukcija potrebnih za ugradnju i demontažu komponenti strojnog dijela broda. Mehaničkom radionom koristi se sama posada broda tijekom navigacije.



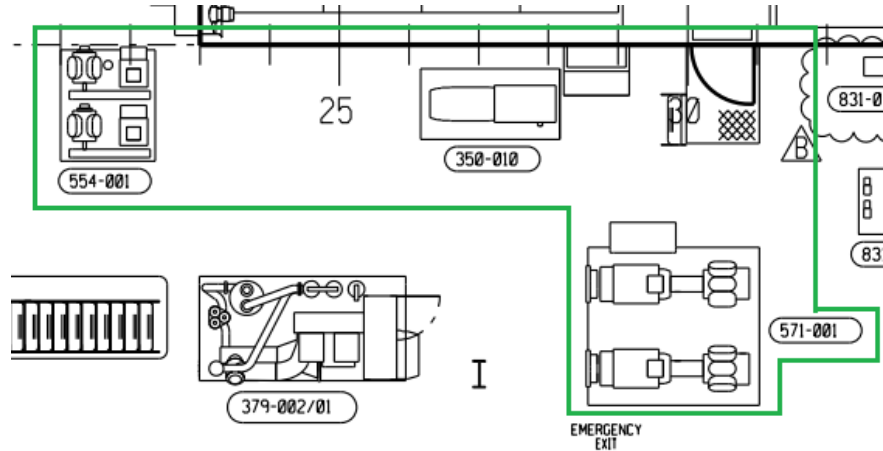
Slika 3.2 Oprema mehaničke radionice

3.3 Kompresori za rashladu

Kompresori za rashladu u strojarnici broda koriste se za održavanje niske temperature i kontrolu toplinskog opterećenja u strojarnici. Njihova osnovna uloga je komprimiranje rashladnog plina kako bi se povećao njegov tlak i temperatura.

Kompresori za rashladu koriste se za stvaranje visokotlačnog plina koji zatim prolazi kroz kondenzator, gdje se taj plin kondenzira u tekuće stanje. Kondenzirani plin zatim prolazi kroz ekspanzijski ventil koji smanjuje njegov tlak i temperaturu. Na kraju, rashladno sredstvo prolazi kroz isparivač gdje apsorbira toplinu iz okoline, čime se postiže željena rashladna funkcija. Mogu biti različitih vrsta, kao što su klipni kompresori, vijčani kompresori ili centrifugalni kompresori, ovisno o konkretnim potrebama i zahtjevima strojarnice broda. Svaki tip kompresora ima svoje prednosti i primjene, a odabir odgovarajućeg kompresora ovisi o faktorima kao što su potrebni protok rashladnog plina, tlak, temperaturni raspon i energetska učinkovitost.

Važno je pravilno održavati kompresore za rashladu kako bi se osigurala njihova pouzdana i učinkovita radna sposobnost. Redovito čišćenje, podmazivanje i provjera komponenti ključni su za optimalno funkcioniranje kompresora i produženje njihovog radnog vijeka.



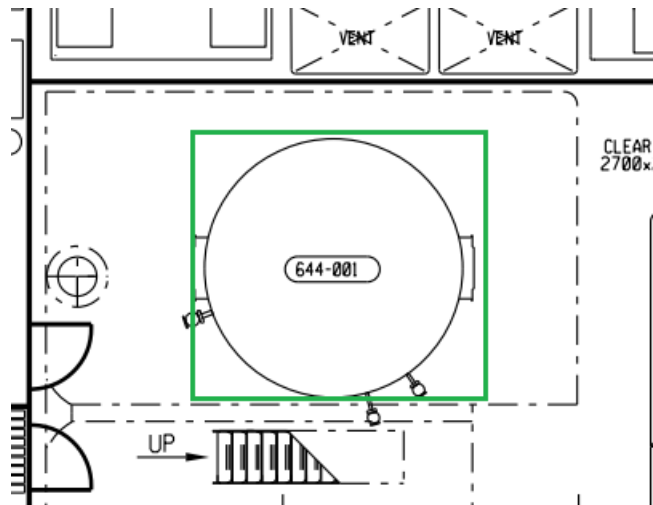
Slika 3.3 Oprema sistema kompresora za rashladu

3.4 Kotao

Kotao u brodskoj strojarnici ima ključnu ulogu u proizvodnji pare koja se koristi za različite svrhe u brodskim sustavima. Koristeći različite vrste goriva, poput ulja, plina ili ugljena, kotao stvara toplinsku energiju sagorijevanjem goriva u komori za sagorijevanje. Ova toplinska energija zatim prenosi toplinu na vodu koja se nalazi unutar kotla. Pod utjecajem visoke temperature, voda se pretvara u paru visokog tlaka.

Kotao također igra važnu ulogu u proizvodnji tople vode, grijanju broda i samih tankova tereta. Topla voda se koristi za opskrbu sanitarnih čvorova, kuhinjskih uređaja, kao i za grijanje unutarnjih prostora broda u hladnim uvjetima.

Važno je održavati kotao u strojarnici redovitim pregledima, čišćenjem i održavanjem kako bi se osigurala njegova pouzdanost i siguran rad.



Slika 3.4 Oprema sistema kotla

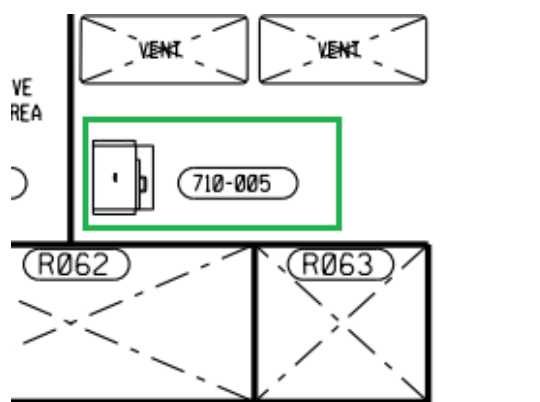
3.5 Ulje za podmazivanje statvene cijevi

Statvena cijev je cilindrična struktura kroz koju prolazi osovinsko vratilo broskog propelera, pružajući mu podršku i omogućujući slobodnu rotaciju. Statvena cijev se proteže od prednje pregrade krmnog pika do kraja krmene statve. Glavna funkcija statvene cijevi je stvaranje vodonepropusne brtve oko osovinskog vratila propelera, sprječavajući ulazak vode u unutrašnjost broda. Statvena cijev je obično izrađena od čvrstih i izdržljivih materijala poput bronce ili čelika, koji mogu podnijeti teške uvjete morskog okruženja i sile koje djeluju na osovinsko vratilo. Da bi se osiguralo glatko funkcioniranje i smanjilo trenje, statvena cijev je opremljena sustavima podmazivanja. Ti sustavi opskrbljuju uljem ili mastima ležajeve statvene cijevi, smanjujući trošenje osovinskog vratila i osiguravajući učinkoviti pogon.

Na manjim brodovima s brzookretnim porivnim strojem, koriste se ležajevi u statvenoj cijevi s brončanom navlakom ili čeličnom oblogom preko koje je nanešena tvrda guma s unutarnjim žljebovima. Guma ima nedostatke kod temperature iznad 20 °C brzo stari, a kod niskih temperatura postaje tvrda i krhka. Ležajevi s bijelim metalom u statvenoj cijevi izrađuju se s posebnim košuljicama od lijevanog željeza ili bronce obloženim bijelim metalom. Podmazuju se uljem iz gravitacijskog tanka koji se postavlja iznad osovinskog voda. Na teretnim brodovima se postavljaju dva tanka za različite urone, s pokazivačem razine ulja i alarmom za nisku razinu ulja. Ulje se širi kroz kanale i rupe do ležišta od bijele kovine, omogućujući podmazivanje ležajeva.

Ulje se hladi u statvenoj cijevi koristeći morskou vodu iz krmenog balastnog tanka. Balastni tank kroz koji prolazi statvena cijev mora uvijek biti djelomično ispunjen morskou vodom kako bi se spriječilo nepoželjno zagrijavanje ulja. Morska voda u tanku se hladi putem strujanja morske vode, koja oplakuje vanjske stijenke tanka tijekom plovidbe broda. Također je moguće hladiti ulje prisilnim tokom uz pomoć posebne sisaljke ulja i rashladnika. Brtvenice se mogu hladiti morskou vodom pomoću cirkulacijske sisaljke. [2]

Održavanje i pregled statvene cijevi su važni kako bi se otkrili i riješili mogući problemi. Redovito se provjeravaju mogući propusti, pretjerano trošenje ili oštećenja, a po potrebi se vrše popravci ili zamjene kako bi se osiguralo ispravno funkcioniranje statvene cijevi.



Slika 3.5 Oprema sistema ulja za podmazivanje statvene cijevi

3.6 Ulje za podmazivanje motora

Ova viskozna tekućina pruža zaštitu od trenja, trošenja i korozije, produžujući vijek trajanja komponenti i osiguravajući njihov pouzdan i učinkoviti rad.

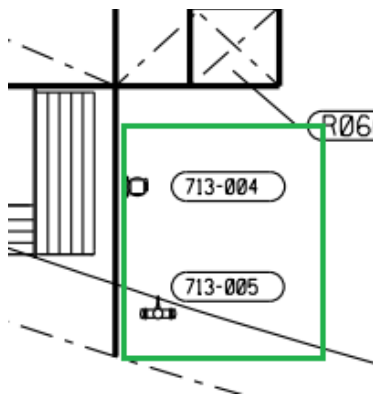
Ulje za podmazivanje ima nekoliko važnih funkcija. Prvo, smanjuje trenje između pokretnih dijelova, čime se smanjuju gubici energije i povećava učinkovitost rada stroja. Također pruža zaštitu od habanja, sprječavajući nepotrebno trošenje dijelova koji se međusobno dodiruju pri visokim brzinama i opterećenjima.

Druga važna funkcija ulja za podmazivanje je hlađenje. Kroz svoje cirkuliranje, ulje apsorbira toplinu koja se generira tijekom rada motora i prenosi je na hladnjake. Na taj način se održava optimalna temperatura radnih dijelova i sprječava pregrijavanje, što može uzrokovati oštećenja i smanjenje performansi.

Također, ulje za podmazivanje ima ulogu u čišćenju. Ono pomaže u uklanjanju nečistoća, čestica i ostataka iz motora, zadržavajući ih u suspenziji ili odvođeći ih u filtere. Ovo je ključno za održavanje čistoće unutarnjih dijelova stroja i sprječavanje začepljenja i taloženja.

U pogonu se koristi ulje pod tlakom kako bi se podmazali prijenosni zupčanci. Ulje se dostavlja preko sapnica koje su smještene na odgovarajućim mjestima u kućištu, a zatim se ubrizgava na kontaktne točke zupčanika. Tlak ulja koji se koristi je obično između 2 i 3 bara. Nakon podmazivanja, ulje se skuplja na dnu kućišta, odakle ga usisna pumpa ulja crpi. Nakon toga prolazi kroz pročistač ulja i rashladnik te se ponovno pumpa kroz sapnice. Pročistač ulja često sadrži magnetske uloške kako bi se iz ulja uklonile metalne nečistoće. [2]

Ulje za podmazivanje mora biti odgovarajuće kvalitete i viskoznosti za određeni strojni sustav. Održavanje odgovarajuće razine ulja, redovita zamjena i ispitivanje njegovih svojstava su bitni dio održavanja u strojarnici broda.



Slika 3.6 Oprema sistema ulja za podmazivanje motora

3.7 Sustav goriva

Sustav goriva može se podijeliti na više ciklusa:

- Ciklus ukrcaja goriva
- Ciklus pripreme goriva za izgaranje u dizel motoru
- Ciklus dobave goriva
- Ciklus grijanja goriva

Pri punjenju skladišnih tankova ukrcaj goriva treba biti moguće obaviti sa obje strane broda. Pri ukrcaju goriva potrebno je provjeriti najbitnija svojstva poput gustoće, viskoznosti i sadržaja vode radi opreza i sprječavanja neželjenih posljedica. Prije ukrcaja novog goriva potrebno je potpuno isprazniti prethodno gorivo iz skladišnih tankova u poseban spremnik, kako nebi došlo do nepodudarnosti i nestabilnosti različitih vrsta teških goriva.

Kvalitetna priprema goriva je izuzetno važna za optimalno sagorijevanje u cilindrima dizel motora. Pročišćavanje goriva je važan dio ciklusa pripreme i ima za cilj postizanje prihvatljive razine čistoće goriva niske kakvoće. Najčešće se pročišćavanje započinje u taložnim tankovima (statično pročišćavanje), koje zahtjeva dovoljno vremena, što nije uvijek moguće. Glavno, neposredno pročišćavanje obavlja se pomoću centrifugalnih čistača (separatora). Pročišćavanje može biti izvedeno u serijskom ili paralelnom ciklusu.

Kod dizel motora koji koriste teško gorivo niske kakvoće, gorivo se mora dobiti motoru pod stalnim tlakom, s primjenom viška goriva. Gorivo pod tlakom od 7-8 bara, veće količine od potrebne za izgaranje, pri temperaturi do 150°C, teče cjevovodom prema dizel motoru. Višak goriva se vraća u zdenac za miješanje ili u tank za dnevnu potrošnju. Međutim, zbog visoke temperature i isparavanja kod takvog goriva, postoji opasnost od pojave kavitacije. [2]

4. POPIS POTREBNE DOKUMENTACIJE

4.1 Općenito o dokumentaciji

Izrada dokumentacije ima ulogu od velike važnosti jer omogućava projektantima i inženjerima precizno komuniciranje i zapisivanje informacija tijekom cijelog procesa projektiranja. Može uključivati detaljne crteže, sheme, izračune i specifikacije koje se koriste kako bi se osigurala sigurna i učinkovita izgradnja i funkcionalnost brodova. Dokumentacija je posebno važna u brodogradnji zbog složenosti i veličine brodskih struktura, koje često zahtijevaju velike timove stručnjaka koji surađuju na različitim aspektima projekta. Učinkovita dokumentacija osigurava da svi uključeni u projekt imaju pristup istim informacijama i mogu besprijekorno surađivati.

U brodogradnji, dokumentacija je nužna tijekom svih faza projekta, uključujući planiranje, projektiranje, izgradnju i održavanje. Prilikom planiranja projekta, dokumentacija pomaže u definiranju zahtjeva, ciljeva i ograničenja. Tijekom faze projektiranja, dokumentacija se koristi za razvoj koncepta, izradu detaljnih tehničkih crteža i proračuna, te definiranje specifikacija materijala i opreme. U fazi izgradnje, dokumentacija se koristi za nadzor nad kvalitetom, praćenje napretka i osiguravanje usklađenosti s propisima. Nakon završetka projekta, dokumentacija se koristi za održavanje i popravak plovila tijekom njegovog životnog vijeka.

4.2 Projektna dokumentacija

Projektna ili ugovorna dokumentacija definira tehničke značajke plovnog objekta, služi za upravljanje projektom i osiguravanje uspješne provedbe projekta. Ona osigurava da svi uključeni u projekt imaju jasnu predodžbu o njegovom opisu, troškovima, vremenskim rokovima, specifikacijama i drugim relevantnim detaljima.

U projektnoj dokumentaciji obično se nalaze detaljni tehnički crteži, sheme, proračuni i specifikacije materijala i opreme koje su potrebni za izgradnju plovila. Ove informacije su izuzetno važne za osiguravanje sigurne i učinkovite izgradnje i rada broda, te se moraju temeljito dokumentirati kako bi svi uključeni u projekt mogli razumjeti i koristiti iste informacije.

Primarni dokumenti projektne dokumentacije su:

- tehnički opis broda
- opći plan broda
- osnovne funkcijske sheme
- kapacitetni plan
- plan građevnih rebara

Postoje određeni standardi i propisi koji se moraju poštovati u brodogradnji, a projektna dokumentacija igra ključnu ulogu u osiguravanju usklađenosti s tim standardima i propisima. Primjerice, u Sjedinjenim Državama, SNAME (Society of Naval Architects and Marine Engineers) je organizacija koja je zadužena za razvoj standarda i smjernica za brodograđevnu industriju, a čiji se standardi koriste u većini projekata izrade brodova. [3]

Projektna dokumentacija se koristi tijekom svih faza projekta, od planiranja do izgradnje i održavanja. Tijekom faze planiranja, dokumentacija se koristi za definiranje ciljeva projekta, prikupljanje zahtjeva i ograničenja te procjenu troškova i vremenskih okvira. Tijekom faze projektiranja, projektna dokumentacija se koristi za razvoj i detaljiranje koncepta dizajna, te izradu tehničkih crteža, proračuna i specifikacija materijala i opreme. Tijekom faze izgradnje, koristi se za nadzor nad kvalitetom i praćenje napretka, te za osiguravanje usklađenosti s propisima. Nakon završetka projekta, ona se koristi za održavanje i popravak plovila tijekom njegovog životnog vijeka.

U slučaju našeg zadatka, opremanja treće platforme strojarnice, projektna dokumentacija sadržava sljedeće dokumente:

Tablica 4. 1 Zadana projektna dokumentacija

101102	TEHNIČKI OPIS BRODA	TEHNICAL SPECIFICATION FOR PRODUCT & CHEMICAL TANKER 50 000 DWT
101302	OPĆI PLAN BRODA	GENERAL ARRANGEMENT
101305	LINIJE NADGRAĐA	LINES SUPERSTRUCTURE

101307	KAPACITETNI PLAN- PRELIMINARNI	CAPACITY PLAN-PRELIMINARY
101308	PUTEVI BJEŽANJA IZ STROJARNICE I NASTAMBI	ESCAPES FROM MACH. AND ACCOM. SPACES
101312	LINIJE NADVOĐA	FREEBOARD PLAN
101391	OPĆI PLAN BRODA - KONAČNI	SHIP GEN. ARR. PLAN
101397	KAPACITETNI PLAN - KONAČNI	CAPACITY PLAN - FINAL
101794	TABLICE SONDIRANJA U STROJAR. - KONAČNE	SOUNDING TABLES IN E.R. - FINAL
102102	SPECIFIKACIJA BOJENJA - UPIT	PAINTING SPECIFICATION - INQUIRY
102110	/	DETERMINATION OF SCANTLING OF HULL MEMBERS CARGO AREA - CRS ST. 1
102111	PRORAČUN OSLOKACA MOTORA	MAIN ENGINE TOP BRACING SUPPORT STRUCTURE
102132	/	STRUCTURAL STRENGTH ASSESSMENT
102205	/	LINES INNERHULL
104314	PROSTOR KORM.STROJA - OPĆI PLAN	STEERING GEAR COMPARTMENT- GEN.ARR.
105302	OPĆI PLAN PROTUPOŽARNE ZAŠTITE	FIRE CONTROL PLAN
105304	PLINOOPASNE ZONE	GAS DANGEROUS ZONES
105309	PLAN PROTUPOŽARNE OPREME I SREDSTAVA ZA SPAŠAVANJE	FIRE CONTROL AND LIFE SAVING APPLIANCES PLAN
105401	POŽARNA KATEGORIJA PROSTORA	FIRE CATEGORY OF SPACES
106106	PRORAČUN PADA TLAKA U ODUŠNICIMA TANKOVA GORIVA U STROJARNICI	PRESSURE DROP CALCULATION FOR AIR PIPES OF FO TANKS IN ENGINE ROOM
106108	PROCEDURA POSTROJAVANJA OSOVINSKOG VODA	SHAFT ALIGNMENT CALCULATION & ASSEMBLING PROCEDURE
106109	IZOLACIJA CJEVOVODA I UREĐAJA	INSULATION OF PIPING & EQUIPMENT
106122	AKSIJALNE VIBRACIJE OSOVINSKOG VODA	LINE SHAFT AXIAL VIBRATION CALCULATION
106124	PRORAČUN REAKCIJA OSOVINSKOG VODA	LINE SHAFT ALIGNMENT CALCULATION

106128	PRORAČUN TORZIJSKIH VIBRACIJA OSOVINSKOG VODA	LINE SHAFT TORSIONAL VIBRATION CALCULATION
106304	LISTA STROJNIH I INSTRUMENTNIH SIMBOLA	MACHINERY AND INSTRUMENTATION SYMBOLS
106321	OPĆI PLAN STROJARNICE	ENGINE ROOM GENERAL ARRANGEMENT
106322	OPĆI PLAN STROJARNICE	ENGINE ROOM GENERAL ARRANGEMENT
106324	KONTROLNA KABINA STROJARNICE - OPĆI PLAN	ENGINE CONTROL ROOM - GEN. ARRANGEMENT
106325	PROSTORIJA KONVERTERA-OPĆI PLAN	CONVERTER ROOM GENERAL ARRANGEMENT
106402	POSTUPCI PRI UKRCAJU GORIVA	FUEL OIL BUNKERING PROCEDURE
106427	POPIS PRIKLJUČAKA NA TANKOVIMA U STROJARNICI	LIST OF CONNECTIONS ON ER TANKS
106704	PODACI O STROJNIM UREĐAJIMA	MACHINERY EQUIPMENT TECHNICAL DATA BOOK
106722	STROJARSKA OPREMA - KNJIGA UPUTA	MACHINERY PART - LIST OF INSTRUCTION BOOKS
106804	OZNAČAVANJE SLUŽBI CJEVOVODA	PIPE LINES MARKING
106822	POPIS INVENTARA STROJARSKE OPREME	LIST OF MACHINERY EQUIPMENT - INVENTORY
106922	POPIS REZERVNIH DIJELOVA STROJARSKE OPREME	LIST OF MACHINERY EQUIPMENT - SPARE
109322	PRIRUČNIK ZA POSTUPANJE KOD ISKRCAJA FEKALNIH VODA	SEWAGE DISCHARGE CONTROL MANUAL

4.3 Klasifikacijska dokumentacija

Klasifikacijska dokumentacija koristi se za osiguravanje sigurnosti, pouzdanosti i učinkovitosti plovila. Klasifikacijska društva su organizacije koje se bave provjerom i ocjenjivanjem usklađenosti plovila s međunarodnim standardima i propisima, te izdavanjem certifikata o klasifikaciji. Klasifikacijski certifikati su potvrde o tome da je plovilo ispitano i da udovoljava

standardima i propisima, a obično se zahtijevaju za osiguranje financijske sigurnosti, osiguranje i regulativne svrhe.

Klasifikacijska dokumentacija uključuje opsežne tehničke podatke o plovilu, uključujući detaljne tehničke crteže, izvješća o testiranju, certifikate o materijalima i opremi, te opće podatke o plovilu. Dokumenti koje je potrebno predati klasifikacijskom društvu, su sljedeći:

- funkcionalne sheme brodskih sistema
- funkcijske sheme elektroinstalacija
- klasifikacijski nacrti gradnje broskog trupa
- klasifikacijski nacrti opreme broda
- sistemski nacrti smještaja opreme [3]

Klasifikacijska dokumentacija izrađuje se funkcionalnom raščlanom, kao i projektna dokumentacija te sistemski nacrti i specifikacije materijala za narudžbu. Raščlana se izražava troznamenkastim brojem XYZ, u kojem prvi broj (X) definira broj glavne grupe od predviđenih 10 glavnih grupa 8 ih se koristi, a glavne grupe 0 i 9 se ne koriste. Kombinacija dva broja (XY) definira broj grupe od predviđenih 100 grupa, njih 77 se koristi, dok kombinacija tri broja (XYZ) definira broj podgrupe od predviđenih 1000 podgrupa, njih 364 se koristi. [1]

Sustav funkcionalne raščlane pruža brodogradilištu potrebne informacije o različitim dijelovima broda koje je potrebno proizvesti, o materijalima koji se koriste za proizvodnju, te omogućava praćenje troškova i optimizaciju proizvodnje. To je važno kako bi se postigla efikasna proizvodnja koja osigurava zadovoljstvo klijenata i poslovnih partnera, kao i profitabilnost brodogradilišta.

Tablica 4.2 Popis opreme treće platforme zadanog broda [1]

GLAVNA GRUPA		GRUPA		PODGRUPA	
8	BRODSKI SISTEMI	81	SISTEMI UZBUNE ZA POŽAR ZA SPUŠTANJE ČAMACA ZA SPASAVANJE, PROTUPOŽARNI SISTEMI I SIST. ZA PRANJE	810	-----
				811	Sistemi za otkrivanje požara, uzbunu za požar i spuštanje čamaca za spašavanje
				812	-----
				813	Protupožarni sistemi, sistemi za pranje, pumpe za slučaj nužde, pumpe opće namjene
				814	-----
				815	Protupožarni sistemi s CO ₂
				816	Protupožarni sistem s pjenom
				817	Protupožarni sistemi s parom
				818	Protupožarni sistem s prahom
				819	-----

U našem slučaju klasifikacijsku dokumentaciju čine sljedeći nacrti grupirani prema SFI raščlani:

Tablica 4.3 Popis klasifikacijske dokumentacije trupa

200301	/	MIDSHIP SECTION - PRELIMINARY
200302	GLAVNO REBRO	MIDSHIP SECTION
200303	UZDUŽNI PRESJEK	INNER SKIN BULKHEAD
200304	OPLATA	SHELL EXPANSION
200306	NEPROPUSTNE PREGRADE	TRANSVERSAL BULKHEAD
200325	DVODNO U STROJARNICI	DOUBLE BOTTOM IN E.R.
200335	DVODNO U TK.	DOUBLE BOTTOM IN TANKS
201303	UZDUŽNI PRESJEK U C.L.	LONGITUDINAL SECTION IN C.L.
204300	PLAN TLAČENJA TANKOVA	PRESSING PLAN
207101	DETALJI TRUPA	HULL DETAILS
210312	STRUKT. KRAJA KRME	AFTER END STRUCTURE
226322	PLATF. I TANK. STROJ	ENGINE ROOM STRUCTURE
234332	GORNJA PALUBA	UPPER DECK
262303	USISI MORSKE VODE	SEA WATER INLET CHESTS
262405	OPLATNI PRIKLJUČCI	SHELL PLATE PENETRATIONS ARRANGEMENT
262503	POPIS MATERIJALA SHEME OPLATNIH PRIKLJUČAKA	MATERIAL LIST FOR SHELL PLATE PENETRATIONS ARRANGEMENT
269402	NESTRUKTURALNI TANKOVI	LOOSE TANKS

Tablica 4.4 Popis klasifikacijske dokumentacije korozijske zaštite

270301	OPIS BOJENJA VANJSKIH POVRŠINA	PAINTING DESCRIPTION OF EXTERNAL SURFACES
270303	PLAN UPRAVLJANJA PROTIV OBRAŠTANJA TRUPA	BIOFOULING MANAGEMET PLAN
278201	KATODNA ZAŠTITA TRUPA	CATHODIC PROTECTION OF HULL
278202	KATODNA ZAŠTITA USISNIH KOŠARA	CATHODIC PROTECTION OF SUCTION CHESTS
278305	AKTIVNA KATODNA ZAŠTITA - PROJEKT	IMPRESSED CURRENT CAT. PROTECTION - PROJECT
280102	BOJENJE ELEMENATA IZRADE	PAINTING CONSTRUCTION ELEMENTS
280301	OPIS BOJENJA UNUTARNJIH POVRŠINA	PAINTING DESCRIPTION OF INTERNAL SURFACES
280308	OZNAKE SUSTAVA BOJENJA ZA CIJEVI I NOSAČE	PAINTING SYSTEM MARKINGS FOR PIPES AND SUPPORTS
297101	OSNOVNE UPUTE ZA IZREZIVANJE OTVORA U STRUKTURI TRUPA	INSTRUCTIONS FOR SMALL OUTFITTING OPENINGS IN HULL STRUCTURE
297103	UPUTSTVO ZA MONTAŽU NOSAČA OPREME	INSTRUCTION FOR EQUIPMENT SUPPORTS INSTALLATION

Tablica 4.5 Popis klasifikacijske dokumentacije opreme za teret

379192	SISTEM INERTNOG PLINA - MANUAL	NITROGEN GAS SYSTEM MANUAL
379232	SHEMA CJEVOVODA ODUŠIVANJA I INERTIRANJA TANKOVA TEKUĆEG TERETA	LIQUID CARGO TANKS BREATHING AND INERTING PIPING DIAGRAM
379503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA ODUŠIVANJA I INERTIRANJA TANKOVA TEKUĆEG TERETA	MATERIAL LIST FOR LIQUID CARGO TANKS BREATHING AND INERTING PIPING DIAGRAM

Tablica 4.6 Popis klasifikacijske dokumentacije opreme broda

402212	SHEMA CJEVOVODA PODMAZIVANJA LEŽAJA STRUKA KORMILA	RUDDER STOCK BEARING LUBRICATING PIPING DIAGRAM
402513	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA PODMAZIVANJA LEŽAJA STRUKA KORMILA	MATERIAL LIST FOR RUDDER STOCK BEARING LUBRICATING PIPING DIAGRAM
403313	KORMILARSKI UREĐAJ - UTEMELJENJE	STEERING GEAR FOUNDATION
441402	SHEMA CJEVOVODA ACETILENA I KISIKA	GAS WELDING & CUTTING EQUIPMENT PIPING DIAGRAM
441503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA ACETILENA I KISIKA	MATERIAL LIST FOR GAS WELDING PIPING DIAGRAM
446322	SMJEŠTAJ OPREME U SPREMAMA I RADIONICAMA STROJARNICE	ER STORES & WORKSHOPS ARRANGEMENT
452322	SMJEŠTAJ DIZALICE STROJARNICE	ER OVERHAULING CRANE ARRANGEMENT
452324	TRANSPORTNA OPREMA STROJARNICE	ER TRANSPORT EQUIPMENT

Tablica 4.7 Popis klasifikacijske dokumentacije za posadu i putnike

505303	PLAN PROTUPOŽARNE I OPREME ZA OSOBNU ZAŠTITU	FIREFIGHTING AND PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT ARRANGEMENT
507702	VENTILACIJA IZVAN NADGRAĐA - IZVJEST. MJER.	VENTILAT.OUTSIDE ACCOM.-TEST REPORT
511103	ZVUČNA IZOLACIJA KONTROLNE PROSTORIJE STROJARNICE	SOUND INSULATION OF ENGINE CONTROL ROOM
511323	STROJARNICA IZOLACIJA PROSTORA - PROJEKT	INSULATION IN ENGINE ROOM - PROJECT
511355	PROTUPOŽARNO PREGRAĐIVANJE - PROJEKT	FIRE RET. BULKHEADS - PROJECT
513323	STR. - UNUTARNJA VRATA I POKLOPCI - PROJEKT	E.R.INTERNAL DOORS & COVERS- PROJECT
527323	KOMUNIKAC.STROJ. - IZLAZ U NUŽDI - PROJEKT	ENGINE ROOM EMERGENCY EXIT - PROJECT
571202	RASHL. KLIMA UREĐAJA - SHEMA	AIR.CONDITIONING REFRIGERATING PLANT

571503	RASHL. KLIMA URED. - POPIS MATERIJALA	AIR CONDITIONING REFRIGERATING PLANT - LIST OF MATERIAL
574102	PRORAČUN VENTILACIJE STROJARNICE	ENGINE ROOM VENTILATION CALCULATION
574224	VENTILACIJA STROJARNICE	ENGINE ROOM VENTILATION
581202	SHEMA CJEVOVODA DOBAVE SANITARNE VODE	SANITARY FW SUPPLY SYSTEM PIPING DIAGRAM
581302	RAZVOD CJEVOVODA SANITARNE VODE	SANITARY FRESH WATER SUPPLY PIPING ARRANGEMENT
581503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA DOBAVE SANITARNE VODE	MATERIAL LIST FOR SANITARY FW SUPPLY SYSTEM PIPING DIAGRAM
582202	SHEMA CJEVOVODA SANITARNIH I BRODSKIH IZLJEVA	SCUPPERS AND SANITARY DISCHARGES PIPING DIAGRAM
582503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SANITARNIH I BRODSKIH IZLJEVA	MATERIAL LIST FOR SCUPPERS AND SANITARY DISCHARGES PIPING DIAGRAM

Tablica 4.8 Popis klasifikacijske dokumentacije glavnog pogonskog stroja

644423	POSTOLJA I BOČNE VEZE KOTLOVA	BOILERS FOUNDATIONS & SUPPORTS
--------	----------------------------------	-----------------------------------

Tablica 4.9 Popis klasifikacijske dokumentacije sistema glavnog pogonskog stroja

700202	SHEMA CJEVOVODA GORIVA	FUEL OIL PIPING DIAGRAM
700503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA GORIVA	MATERIAL LIST FOR FUEL OIL PIPING DIAGRAM
701202	SHEMA CJEVOVODA TRANSFERA I PRELJEVA GORIVA	FUEL OIL TRANSFER AND OVERFLOW PIPING DIAGRAM
701222	SHEMA CJEVOVODA DRENAŽE GORIVA I MAZIVOG ULJA	FUEL AND LUB OIL DRAINAGE PIPING DIAGRAM
701503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA TRANSFERA I PRELJEVA GORIVA	MATERIAL LIST FOR FUEL OIL TRANSFER AND OVERFLOW PIPING DIAGRAM
701505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA DRENAŽE GORIVA I MAZIVOG ULJA	MATERIAL LIST FOR FUEL AND LUB OIL DRAINAGE PIPING DIAGRAM

702222	SHEMA CJEVOVODA SEPARACIJE GORIVA	FUEL OIL SEPARATING PIPING DIAGRAM
702503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SEPARACIJE GORIVA	MATERIAL LIST FOR FUEL OIL SEPARATING PIPING DIAGRAM
703222	SHEMA CJEVOVODA GORIVA ZA POMOĆNE MOTORE	FUEL OIL PIPING DIAGRAM FOR AUXILIARY ENGINES
703329	JEDINICA ZA PRIPR.GORIVA - EL.PROJEKT	FUEL OIL UNIT - PROJECT
703503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA GORIVA ZA POMOĆNE MOTORE	MATERIAL LIST FOR FUEL OIL FOR AUXILIARY ENGINES
710202	SHEMA CJEVOVODA MAZIVOG ULJA	LUB OIL PIPING DIAGRAM
710503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA MAZIVOG ULJA	MATERIAL LIST FOR LUB OIL PIPING DIAGRAM
712222	SHEMA CJEVOVODA SEPARACIJE MAZIVOG ULJA	LUB OIL SEPARATING PIPING DIAGRAM
712503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SEPARACIJE MAZIVOG ULJA	MATERIAL LIST FOR LUB OIL SEPARATING PIPING DIAGRAM
713222	SHEMA CJEVOVODA MAZIVOG ULJA STATVENE CIJEVI	STERN TUBE LUB OIL PIPING DIAGRAM
713503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA MAZIVOG ULJA STATVENE CIJEVI	MATERIAL LIST FOR STERN TUBE LUB OIL PIPING DIAGRAM
721122	PRORAČUN ZAŠTITE STROJARNICE OD NAPLAVLJIVANJA	PROTECTION AGAINST FLOODING IN ENGINE ROOM - CALCULATION
721222	SHEMA CJEVOVODA MORSKE RASHLADNE VODE	COOLING SEA WATER PIPING DIAGRAM
721503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA MORSKE RASHLADNE VODE	MATERIAL LIST FOR COOLING SEA WATER PIPING DIAGRAM
722101	BILANCA TOPLINE SUSTAVA SLATKE RASHLADNE VODE	COOLING FRESH WATER SYSTEM HEAT BALANCE
722202	SHEMA CJEVOVODA SLATKE RASHLADNE VODE	COOLING FRESH WATER PIPING
722503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SLATKE RASHLADNE VODE	MATERIAL LIST FOR COOLING FRESH WATER PIPING
731222	SHEMA CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA ZA STARTANJE	STARTING AIR PIPING DIAGRAM

731503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA ZA STARTANJE	MATERIAL LIST FOR STARTING AIR PIPING DIAGRAM
732224	SHEMA CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA OPĆE SLUŽBE U STROJARNICI	ENGINE ROOM GENERAL PURPOSE COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM
732503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA OPĆE SLUŽBE U STROJARNICI	MATERIAL LIST FOR ENGINE ROOM GENERAL PURPOSE COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM
733202	SHEMA CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA OPĆE BRODSKE SLUŽBE ZA PALUBE	GENERAL PURPOSE COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM ON DECKS
733503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA OPĆE BRODSKE SLUŽBE ZA PALUBE	MATERIAL LIST FOR GENERAL PURPOSE COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM ON DECKS
734202	SHEMA CJEVOVODA INSTRUMENTNOG ZRAKA	INSTRUMENT AIR PIPING DIAGRAM
734222	SHEMA CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA ZA BRZOZATVARAJUĆE VENTILE	QUICK CLOSING VALVES COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM
734503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA INSTRUMENTNOG ZRAKA	MATERIAL LIST FOR INSTRUMENT AIR PIPING DIAGRAM
734505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA KOMPRIMIRANOG ZRAKA ZA BRZOZATVARAJUĆE VENTILE	MATERIAL LIST FOR QUICK CLOSING VALVES COMPRESSED AIR PIPING DIAGRAM
740122	PRORAČUN ISPUŠNOG CJEVOVODA	EXHAUST GAS PIPING CALCULATION
740222	SHEMA CJEVOVODA ISPUŠNIH PLINOVA	EXHAUST GAS PIPING DIAGRAM
740503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA ISPUŠNIH PLINOVA	MATERIAL LIST OF EXHAUST GAS PIPING DIAGRAM
751102	BILANCA PARE POTROŠAČA U STROJARNICI	STEAM BALANCE FOR ENGINE ROOM CONSUMERS
751202	SHEMA CJEVOVODA PARE	LIVE STEAM SYSTEM PIPING DIAGRAM
751252	KLIMAT. NAST. - SVJEŽA I POVR. PARA	ACC.AIR COND.SYST.STEAM & CONDENSATE
751503	KLIMAT. NAST. - SVJEŽA I POVR. PARA - POPIS MATERIJALA	ACC.AIR COND.SYST.STEAM & CONDENSATE - LIST OF MATERIAL

751505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA PARE	MATERIAL LIST FOR LIVE STEAM SYSTEM PIPING DIAGRAM
755202	SHEMA CJEVOVODA POVRATA KONDENZATA	CONDENSATE RETURN PIPING DIAGRAM
755503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA POVRATA KONDENZATA	MATERIAL LIST FOR CONDENSATE RETURN PIPING DIAGRAM
756222	SHEMA CJEVOVODA NAPOJNE I CIRKULACIONE VODE KOTLOVA	BOILER FEED & CIRCULATION WATER PIPING DIAGRAM
756503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA NAPOJNE I CIRKULACIONE VODE KOTLOVA	MATERIAL LIST FOR BOILER FEED & CIRCULATION WATER PIPING DIAGRAM
761222	SHEMA CJEVOVODA SUSTAVA PROIZVODNJE SLATKE VODE	FRESH WATER PRODUCTION SYSTEM PIPING DIAGRAM
761503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SUSTAVA PROIZVODNJE SLATKE VODE	MATERIAL LIST FOR FRESH WATER PRODUCTION SYSTEM PIPING DIAGRAM
791222	PULT STROJ. - EL.SHEMA SPAJANJA	ENGINE CONSOLE - CONN.DIA.
791622	PULT STROJARNICE - PROSPEKT	ENGINE CONSOLE - FRONT VIEW
791623	PULT STROJARNICE - PODACI - SKICE	ENGINE CONSOLE - DATA - DIMENSION
791822	PULT STROJ. - NATPISNE PLOČICE	ENGINE CONSOLE - NAME PLATES
792103	POPIS KABELA AUTOMATIKE	CABLES LIST FOR AUTOMATION
792122	POPIS TOČAKA ALARMNOG SISTEMA	ALARM SYSTEM POINTS LIST
792302	DOJAVA STROJARNICE - PROJEKT	E.R.ALARM SYSTEM - PROJECT
792303	ALARMNI SISTEM BRODA - PROJEKT	SHIP ALARM SYSTEM - PROJECT
792304	POMOĆNI UREĐAJI AUTOMATIKE - PROJEKT	AUX.AUTOMATION EQUIPMENT - PROJECT
793302	DALJINSKO UPRAVLJANJE GLAVNIM STROJEM - PROJEKT	MAIN ENGINE REMOTE CONTROL - PROJECT
795322	AUTOMATIKA EL.CENTRALE - PROJEKT	AUTOMATION OF EL.POWER PLANT - PROJECT
797302	DALJINSKO UPRAVLJANJE PUMPAMA, VENTILIMA I KOMPRES. - PROJEKT	REMOTE CONTROL OF PUMPS, VALVES AND COMPRESS. - PROJECT

Tablica 4.10 Popis klasifikacijske dokumentacije brodskih sistema

803202	SHEMA CJEVOVODA KALJUŽE	BILGE PIPING DIAGRAM
--------	-------------------------	----------------------

803503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA KALJUŽE	MATERIAL LIST FOR BILGE PIPING DIAGRAM
804223	SHEMA CJEVOVODA IZLJEVA I ISPUSTA S PLATFORMI STROJARNICE	ENGINE ROOM PLATFORMS SCUPPERS PIPING DIAGRAM
804505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA IZLJEVA I ISPUSTA S PLATFORMI STROJARNICE	MATERIAL LIST FOR ENGINE ROOM PLATFORMS SCUPPERS PIPING DIAGRAM
811302	DOJ.POZARA I OPFI SIST.ALARMA - EL.PROJ.	FIRE DETEC.& GEN.ALARM SYST. - PROJECT
813202	SHEMA CJEVOVODA PRANJA PALUBE I GAŠENJE POŽARA PJENOM I VODOM	DECK WASHING AND FOAM AND FIRE FIGHTING PIPING DIAGRAM
813222	SHEMA CJEVOVODA GAŠENJA POŽARA VODENOM MAGLOM	WATER MIST FIRE EXTINGUISHING PIPING DIAGRAM
813323	SISTEM GAŠENJA VODENOM MAGLOM - EL.PROJEKT	FIRE FIGHTING WATER MIST SYST. - EL.PROJ.
813503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA PRANJA PALUBE I GAŠENJA POŽARA PJENOM I VODOM	MATERIAL LIST FOR DECK WASHING AND FOAM AND FIRE FIGHTING PIPING DIAGRAM
813505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA GAŠENJA POŽARA VODENOM MAGLOM	MATERIAL LIST FOR WATER MIST FIRE EXTINGUISHING PIPING DIAGRAM
815222	SHEMA CJEVOVODA CO2 PLINA ZA GAŠENJE POŽARA U STROJARNICI	ENGINE ROOM CO2 FIRE EXTINGUISHING PIPING DIAGRAM
815302	ALARM PUŠTANJA CO2	CO2 ALARM ARRANGEMENT - PROJECT
815503	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA CO2 PLINA ZA GAŠENJE POŽARA U STROJARNICI	MATERIAL LIST FOR ENGINE ROOM CO2 FIRE EXTINGUISHING PIPING DIAGRAM
816132	PRORAČUN SUSTAVA PJENE ZA GAŠENJE POŽARA NA PALUBI	FIXED DECK FOAM FIRE FIGHTING SYSTEM CALCULATION
821222	SHEMA CJEVOVODA SONDI I ODUŠNIKA TANKOVA U STROJARNICI	SOUNDING & AIR PIPING DIAGRAM OF TANKS IN ENGINE ROOM
821505	POPIS MATERIJALA SHEME CJEVOVODA SONDI I ODUŠNIKA TANKOVA U STROJARNICI	MATERIAL LIST OF SOUNDING & AIR PIPING DIAGRAM OF TANKS IN ENGINE ROOM
831202	SHEMA HIDRAULIČKOG CJEVOVODA DALJINSKI UPRAVLJANIH VENTILA	HYDRAULIC OIL PIPING DIAGRAM FOR REMOTE CONTROLLED VALVES

831503	POPIS MATERIJALA SHEME HIDRAULIČKOG CJEVOVODA DALJINSKI UPRAVLJANIH VENTILA	MATERIAL LIST OF HYDRAULIC OIL PIPING DIAGRAM FOR REMOTE CONTROLLED VALVES
832232	SHEMA HIDRAULIČKOG CJEVOVODA PRENOSNE PUMPE TERETA	PORTABLE CARGO PUMP HYDRAULIC OIL PIPING DIAGRAM
880102	PRORAČUN SABIRNICA U G.R.P.	BUSBAR ELECTROD.STRESS CALCULATION
880108	ANALIZA SELEKTIVNOSTI	DISCRIMINATION ANALYSIS
880121	KABELI - STROJARNICA	CABLES - ENGINE ROOM
880122	KABELI - PALUBA	CABLES - DECKS
880202	JEDNOPOLNA OSNOVNA SHEMA	ELEMENTARY ONE LINE DIAGRAM
880402	GLAVNI RAZVOD - SMJ.EL.UREĐAJA	FEEDERS - EL.EQ.ARRANGEMENT
880702	BILANCA ELEKTRIČNE ENERGIJE AC	AC ELECTRIC ENERGY BALANCE
881203	RAZDJEL.GL.RASVJ. - POP.STR.KRUG.	LIGHT.DISTR.BOARD - CONSUM.LIST
881254	KUTIJA J.B.E.G. - EL.SHEMA DJELOVANJA	EM.GEN. - JUNCTION BOX
881302	RAZDJELNICI SNAGE - EL.PROJEKT	POWER DISTR.BOARDS - PROJECT
881322	GLAVNA RASKLOPNA PLOČA - EL.PROJEKT	MAIN SWITCHBOARD - PROJECT
881352	RASKLOPNA PLOČA U NUŽDI - EL.PROJEK	EMERGENCY SWITCHBOARD - PROJECT
881354	PRIKLJUČAK S KOPNA - EL.PROJEKT	SHORE CONNECTION - PROJECT
881702	RAZDJELNICI SNAGE - MJERNE SKICE	POWER DISTRIBUTION BOARDS DIMENSIONAL DRAWINGS
881722	GLAVNA RASKLOPNA PLOČA - PROSPEKT	MAIN SWITCH BOARD - FRONT VIEW
885101	KABELSKI PROLAZI ZA STRUKTURU - STROJARNICA	CABLE PENETRATIONS FOR STRUCTURE - ENGINE ROOM
890202	SUSTAV DALJINSKOG ISKLUČIVANJA - EL.PROJEKT	EMERGENCY STOP CONTROL - EL. PROJECT
890301	PROJEKT REFLEKTORA	FLOODLIGHTS PROJECT
890320	UREĐAJI ZA LOŽENJE KOTLA -- EL.PROJECT	BOILER FIRING EQUIP.-PROJECT
890403	RASVJETA U NUŽDI - PROJEKT	EMERGENCY LIGHTING PROJECT
890601	TABLICE IZOLACIJE KRUGOVA GRP	INSULATION TABLE - M.S.B.CIRCUITS

890703	MJERENJE INTENZITETA SVJETLOSTI	LIGHT INTENS. - MEASSUR.REPORT
891323	KUTIJE LOKALNOG UPRAVLJANJA - EL.PROJEKT	LOCAL CONTROL BOXES - PROJECT
891325	SNAGA STROJARNICE - EL.PROJEKT	POWER IN E.R. - PROJECT
892323	GRIJANJE S ELEKTRIČNIM KALORIFERIMA - PROJEKT	HEATING BY ELECTRIC CALORIFERS - PROJECT
892422	OSVJETLJENJE STROJARNICE - PROJEKT	E.R.LIGHTING - PROJECT
893353	GRIJANJE S EL.GRIJAL. - PROJEKT	HEATING BY ELECTR.HEATERS - PROJECT
893652	GRIJ. S EL.GRIJAL. - EL.TROSILA	HEATING - ELECTRICAL CONSUMERS

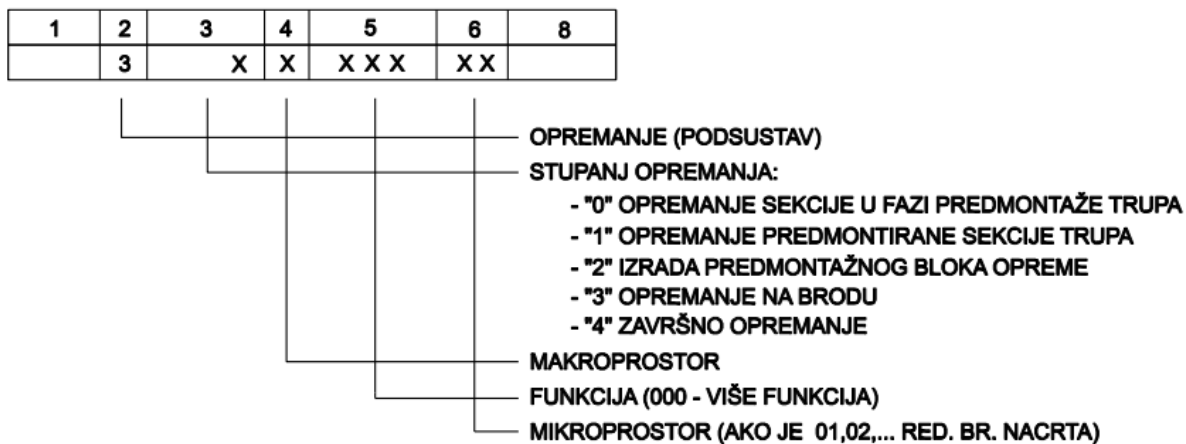
4.4 Radionička dokumentacija

Radionička dokumentacija obuhvaća sve tehničke podatke i crteže koji su potrebni za izgradnju i montažu plovila u radionici. Ova dokumentacija uključuje detaljne planove, tehničke crteže, specifikacije materijala i opreme, te druge tehničke informacije koje su potrebne za proizvodnju kvalitetnog i sigurnog plovila.

Za izradu radioničke dokumentacije, prvo se planira i priprema postupak izrade. Zatim se izrađuju montažni radionički nacrti, mjerne skice i popisi materijala. Nakon toga slijedi verifikacija, pohranjivanje, distribuiranje i kopiranje dokumentacije. Planiranje se temelji na odobrenim dokumentima i podacima o opremi. Mjerne skice izrađuju se za svu opremu, a popis materijala odnosi se na materijal koji se koristi u izradi, predmontaži i montaži. Verifikacija se provodi kako bi se osigurala suglasnost s dokumentacijom, tehnološkim mogućnostima i standardima. Nakon verifikacije, nacrti se registriraju u arhivi i distribuiraju.

Radionička dokumentacija je važna za osiguravanje kvalitete i sigurnosti plovila, jer precizno definira sve tehničke specifikacije i zahtjeve koji su potrebni za izgradnju i održavanje plovila. Klasifikacijska društva provjeravaju i odobravaju radioničku dokumentaciju kako bi osigurala da se plovilo gradi u skladu s međunarodnim standardima i propisima.

Da bi se lakše snalazili u tablici radioničke dokumentacije, sljedeći crtež prikazuje nam značenje svake od znamenki zadanog broja nacrt.



Slika 4.2 Definicija broja nacrt radioničke dokumentacije

Za opremanje treće platforme strojarnice potrebni su nam radionički nacrti iz sljedeće tablice:

Tablica 4.11 Popis radioničkih nacrt potrebnih za opremajne treće platforme strojarnice

D	Br. nacrt	In.	Opis
2	31200001	B	TANKOVI GORIVA LIJEVO R23-37 (GRUPA 2210)
2	31200002	B	TANKOVI GORIVA DESNO R23-37 (GRUPA 2220)
2	31200051	A	GROTLO R5-15 (SEKCIJA 5110 VT01)
2	31200052	A	GORNJA PLATFORMA R6-22 (GRUPA 2540)
2	32200050	0	SKLOPOVI I MODULI NA GORNJOJ PLATFORMI
2	33200001	0	TANKOVI GORIVA LIJEVO
2	33200002	0	TANKOVI GORIVA DESNO
2	33200004	0	TANKOVI ULJA
2	33200051	A	PROSTORIJA KOTLOVA
2	33200052	A	GORNJA PLATFORMA DESNO
2	33200053	B	PROSTORIJA KONTROLNE SOBE I EL. RADIONE
2	33200054	0	PROSTORIJA KONVERTERA
2	33200055	0	PROSTORIJA MEHANIČKE RADIONE I SPREME ST
2	33257450	0	TANKOSTIJENA VENTILACIJA-GORNJA PLATFORM
2	33257453	0	TANKOSTIJENA VENTILACIJA-KONTROLNA KABIN

4.5 Tehnološka dokumentacija

Tehnološka dokumentacija u području brodogradnje odnosi se na sve tehničke podatke i upute koji su potrebni za izradu dijelova plovila, odnosno za njihovu proizvodnju i obradu. Takva bi se dokumentacija obično sastojala od planova, tehničkih crteža i specifikacija materijala i opreme, kao i uputa za izradu i obradu pojedinih dijelova plovila.

Tehnološka dokumentacija je ključna za postizanje kvalitete i efikasnosti u proizvodnji plovila. Ona omogućuje proizvođačima da jasno definiraju postupke proizvodnje, koristeći najbolje tehnike i materijale za izradu dijelova plovila. Također omogućuje proizvođačima da prate napredak proizvodnje, provjeravajući da li se svi koraci izvršavaju prema planu i postižu li se zadani ciljevi u pogledu kvalitete i učinkovitosti proizvodnje.

Tehnološka dokumentacija igra važnu ulogu u održavanju i popravcima plovila. Ona se koristi za izradu ili nabavu zamjenskih dijelova i za popravak oštećenja. Ova dokumentacija također pomaže u identifikaciji potrebnih alata, opreme i radne snage za obavljanje popravaka ili zamjenu dijelova. Klasifikacijska društva također imaju značajnu ulogu u odobravanju tehnološke dokumentacije. Ona provjeravaju jesu li dijelovi plovila izrađeni prema međunarodnim standardima i propisima, kao i da li su svi postupci proizvodnje izvršeni na odgovarajući način. Na taj način, klasifikacijska društva osiguravaju sigurnost plovila i sprječavaju neželjene incidente na moru.

5. POPIS ZANATA

Strojarnica radi u izazovnom okruženju koje karakteriziraju visoke temperature, vibracije, buka i ograničen prostor. Inženjeri i članovi posade moraju prolaziti kroz skućene prostore, poštovati stroge sigurnosne protokole i posjedovati specijalizirano znanje za učinkovito upravljanje i održavanje opreme.

Tijekom faze izgradnje broda i opremanja strojarnice na samom zadatku sudjeluju radnici različitih struka, koji vremenski i prostorno ograničeni, često moraju surađivati i obavljati svoje zadatke istovremeno. Takav način rada zahtjeva veliku pripremu kako bi se iskoristila maksimalna učinkovitost i sve odradilo u skladu sa mjerama sigurnosti.

U slučaju našeg zadatka, opremanja treće platforme strojarnice, popis stručnih zanimanja koja su potrebna za pravilnim obavljanjem takvog zadatka su:

- Cjevvari
- Bravari
- Električari
- Limari
- Izolateri
- Brodski mehaničari
- Stolari
- Zidari
- Ispitivači
- Kontrolori

Cjevvari se bave instalacijom cjevovoda koji prenose različite medije kao što su voda, pare, plinovi ili kemikalije. Također postavljaju ventile, filtre i druge komponente povezane sa cjevovodima. Unutar cjevarskih radionica, specijalizirani cjevvari izrađuju cijevi koristeći strojeve za toplo i hladno savijanje, mehaničke pile za rezanje te opremu namijenjenu zavarivanju i brušenju. Nakon proizvodnje, cijevi se montiraju u strojarnici temeljem montažne sheme ili nacрта. Ova dokumentacija usmjerava selekciju komponenata poput matica, vijaka i brtvi potrebnih za

integraciju u cjevovod. Prije montaže, trasiranje cjevovoda je esencijalno. Srednje i teške cijevi zahtijevaju koordinaciju dvojice radnika, dok postavljanje na predodređenoj trasi završava postupkom ukrućivanja, uz korištenje obujmica i nosača.

Bravari su odgovorni za izradu, instalaciju i održavanje metalnih konstrukcija u strojarnici. Izrađuju i montiraju nosače, stepenice, ograde, platforme i ostale metalne dijelove potrebne za funkcionalnost strojarnice. Bravarski radovi odnose se na izradu i montažu opreme izrađene od lima debljine preko 3 milimetra. Iako se većina komponenti često naručuje kao gotovi proizvodi od vanjskih dobavljača, proces proizvodnje u radionici uključuje trasiranje, privarivanje, zavarivanje i naknadno brušenje zavara, s konačnom kontrolom i primjenom zaštitne boje.

Električari su ključni za instalaciju i održavanje električnih sustava u strojarnici. Odgovorni su za izradu i predmontažu elektroinstalacija, uključujući kableske staze, elektro kutije i nosače svjetlosnih tijela. Rad se temelji na smještajnim nacrtima koji određuju trasu, visinu i širinu staza. Nakon trasiranja i montaže nosača, provodi se ručno polaganje kablova. Ključna faza je spajanje kablova na elektro uređaje, pri čemu se strogo pridržavaju sheme spajanja. Nakon integracije, slijede testiranja opreme pod naponom radi osiguranja ispravnosti i adekvatne snage.

Limari se bave obradom i radom sa metalnim limovima. Limarski radovi obuhvaćaju izradu i montažu komponenata do debljine od 3 milimetra. Ključne intervencije limara u strojarnici uključuju montažu sustava ventilacije, neophodnog za odvodnju topline sa strojarskih komponenata te osiguranje adekvatnog protoka zraka za optimalan rad strojeva. Osim toga, limari izrađuju i postavljaju zaštitne elemente, poput osovine voda u dvodnom prostoru strojarnice i ostale limene zaštitne strukture na plovilu.

Izolateri su odgovorni za izolaciju sustava u strojarnici. Njihov posao uključuje postavljanje izolacijskih materijala poput staklene vune, mineralne vune ili pjene kako bi se smanjio gubitak topline, zaštita od buke ili spriječilo kondenzaciju na cjevovodima, spremnicima ili opremi. Osim toga, izoliraju se i strojevi s visokim toplinskim i akustičkim emisijama. Proces počinje pripremom površine kroz čišćenje, brušenje i premazivanje. Materijali za izolaciju odabiru se na temelju specifičnih zahtjeva, poput tipa izolacije i temperaturnih karakteristika. Pravilno postavljanje izolacije zahtijeva precizno rezanje, savijanje i pričvršćivanje kako bi se osigurala potpuna pokrivenost. Posebna pažnja posvećuje se uporabi materijala otpornih na požar. Završni korak uključuje provjeru ispravne instalacije izolacijskih materijala

Brodski mehaničari su specijalizirani za održavanje i popravak strojeva i opreme na brodovima. U strojarnici broda, oni će ugraditi brodske motore, generatore, pumpe i druge mehaničke sustave.

Stolari će u strojarnici biti uključeni u izradi i montaži drvenih dijelova poput klupa, ormara, namještaja i vrata. Ovaj postupak započinje odabirom i pripremom odgovarajuće vrste drveta. Nakon rezanja i oblikovanja kroz alate poput pila, brusilica i strugova, izrađene komponente se spajaju u konačni proizvod. Završna obrada, koja uključuje brušenje i površinske tretmane poput lakiranja, esencijalna je za estetski i funkcionalni završetak prije montaže.

Ukoliko je potrebno stručno znanje zidara, i oni se uključuju u procesu opremanja, ali to obuhvaća manji obujam radnih sati od ostalih zanata. Također potrebna je suradnja ispitivača i na samom kraju kontrolora, kako bi postojala garancija da će strojarnica biti ispravno izvedena i u funkciji, po pravilima struke. [4], [5], [6]

Točan broj radnika koji će obavljati svoje zanate u ovom zadatku navesti ćemo u sljedećem poglavlju. Kombinacijom faktora radnih sati, cijene radnog sata i broja izvođača određenog dijela posla pokušati ćemo dobiti optimalno rješenje kako bi se opremanje zadane platforme strojarnice odvijalo na što isplativiji način.

6. POPIS AKTIVNOSTI

Popis aktivnosti koje su potrebne da bi se dovršilo opremanje zadanog dijela strojarnice možemo prikazati na više načina, različitim alatima za vremensko planiranje projekta. Najpoznatije metodologije su CPM (Critical Path Method) i PERT (Project Evaluation and Review Technique). Razlika između dviju metodi proizlazi iz toga da PERT metoda opisuje samo ukupno trajanje projekta, a ne i svakog zadatka u projektu kao što je slučaj sa CPM metodom. U našem projektu potrebne su informacije trajanja svake od aktivnosti, te ćemo se koristiti CPM metodom. Kao rezultat metode kritičnog puta dobiti ćemo mrežni dijagram sa svim aktivnostima. U sljedećem poglavlju opisati ćemo svrhu i način izvedbe mrežnog dijagrama, te pojasniti značenje kritičnog puta. [7]

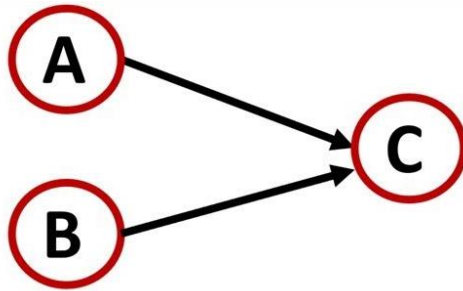
6.1 Mrežni dijagram

Mrežni dijagram je grafički alat koji se koristi za planiranje, koordinaciju i praćenje postupaka i aktivnosti unutar projekta. Prikazujući ovisnosti između zadataka, mrežni dijagram omogućuje menadžerima projekata da jasno vide kako se pojedini zadaci međusobno povezuju i koje posljedice mogu proizaći iz promjena u vremenskim okvirima ili redosljedju tih zadataka. Osim toga, pruža jasnoću svim članovima tima o tome kako se njihovi pojedinačni zadaci uklapaju u širi okvir projekta, potičući tako koordinaciju i suradnju.

Jedna od glavnih funkcija mrežnog dijagrama je identifikacija kritičnog puta. Ovaj put predstavlja niz zadataka koji imaju najveći utjecaj na ukupno trajanje projekta. Svako kašnjenje unutar kritičnog puta direktno rezultira produženjem ukupnog trajanja projekta, stoga je njegova identifikacija i nadzor od primarne važnosti. [8]

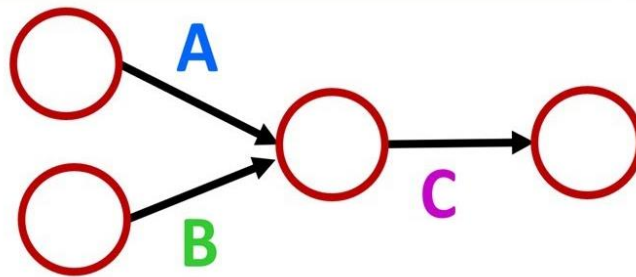
Postoji nekoliko tipova mrežnih dijagrama, ali najčešće korišteni su:

1. **Aktivnost na čvoru (AON, Activity-on-Node):** U ovom tipu dijagrama, čvorovi (ili točke) predstavljaju aktivnosti, dok strelice predstavljaju ovisnosti između aktivnosti.



Slika 6.1 Prikaz aktivnosti na čvoru

2. **Aktivnost na strelici (AOA, Activity-on-Arrow):** Ovdje strelice predstavljaju aktivnosti, dok čvorovi predstavljaju početke ili završetke aktivnosti.



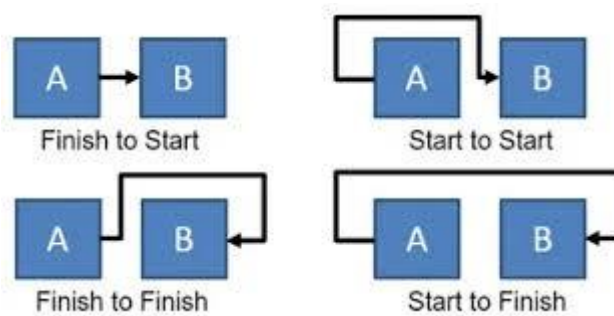
Slika 6.2 Prikaz aktivnosti na strelici

U kontekstu mrežnih dijagrama, postoji nekoliko osnovnih tipova odnosa između aktivnosti. Odnosi između aktivnosti definiraju kako se jedna aktivnost odnosi prema drugoj u pogledu vremena i slijeda. Evo četiri osnovna tipa odnosa:

1. **Finish to Start (FS):** Ovo je najčešći odnos između aktivnosti. Aktivnost B ne može početi dok aktivnost A ne završi.
2. **Start to Start (SS):** Aktivnost B ne može početi dok aktivnost A ne počne. Ovo ne znači da obje aktivnosti moraju početi u isto vrijeme, ali početak aktivnosti B ovisi o početku aktivnosti A.

3. **Finish to Finish (FF)**: Aktivnost B ne može završiti prije nego što aktivnost A završi. Međutim, obje aktivnosti mogu završiti istovremeno.
4. **Start to Finish (SF)**: Ovo je rijedak tip odnosa i znači da aktivnost B ne može završiti dok aktivnost A ne počne.

Najčešće korišteni odnosi su Finish to Start i Start to Start, ali ovisno o specifičnostima projekta, ostali odnosi također mogu biti korisni kako bi se točno prikazala dinamika između aktivnosti. [4]



Slika 6.3 Prikaz osnovnih tipova odnosa između aktivnosti

6.2 Prikaz aktivnosti uz određene varijable

Kako bi prikazali aktivnosti potrebne za opremanje treće platforme strojarnice koristiti ćemo se softverskim programom MS Project. Pomoću takvog alata, uz aktivnosti kojima ćemo odrediti trajanje, trošak i broj sudionika, možemo jednostavno doći do vizualnih prikaza i dijagrama koji će nam olakšati optimizaciju samog procesa opremanja. Cilj nam je izraditi odgovarajući gantov dijagram sa prikazom kritičnog puta, za svaki od slučajeva opremanja. Željene varijacije možemo postići promjenom vrijednosti varijabli, koje čine:

- Trajanje aktivnosti (izraženo u danima)
- Radni sati (izraženo u satima)
- Broj sudionika (količina radnika koji obavljaju određenu aktivnost)
- Trošak (izraženo u dolarima)

Trajanje aktivnosti označava koliko je dana prošlo od početka same aktivnosti do njenog završetka. U taj ciklus spadaju i neradni dani, kao vikend i blagdani. Radni sati opisuju koliko će trajati izvršenje aktivnosti što se tiče samog rada na njoj. Jedan radni dan iznositi će fiksno 8 sati za svakog od radnika dodjeljenog na neku aktivnost. Broj sudionika biti će u jasnoj korelaciji sa troškom koji prikazuje potrošnju na dnevnicu određenih radnika.

Zadatku se može pristupiti na tri načina:

1. Prikaz aktivnosti s fiksnim resursima
2. Prikaz aktivnosti s fiksnim radnim satima
3. Prikaz aktivnosti s fiksnim trajanjem

U ovom radu koristiti ćemo aktivnosti s fiksnim radnim satima kako bi prikazali optimizaciju naših procesa. Na taj način promjenom broja radnika mijenjati ćemo trajanje aktivnosti i troškove. Ukoliko imamo fiksno 16 sati za odrađivanje neke aktivnosti, variranjem između korištenja jednog ili dva radnika, možemo aktivnosti dovršiti u 1 ili 2 dana. Važan parametar u biranju količine radnika biti će međuovisnost različitih aktivnosti. Time ćemo moći razlikovati aktivnosti od važnijeg prioriteta, na kojima će nam biti cilj vremenski uštediti, od onih na kojima možemo potrošiti više radnih dana bez produljivanja ukupnog projekta.


Vremensko trajanje aktivnosti može biti određeno temeljem standarda brodogradilišta ili na osnovu iskustva brodograditelja. Iako se često oslanja na standardnu metodu, ona podrazumijeva pristup standardima te analizu svake pojedine aktivnosti. Za ovaj diplomski rad primijenjen je pristup baziran na iskustvu, uz pomoć konzultacija sa mentorom.

6.3 Slučaj zadanih varijabli

U prvom ćemo slučaju za cilj imati dobivanje gantograma i kritičnog puta iz vrijednosti određenih konzultiranjem sa mentorom. Iz ovog ćemo slučaja dobiti prosječno vrijeme i trošak opremanja treće platforme zadane strojarne, nakon čega ćemo drugim varijantama optimizirati proces na proizvoljan način.

Kao što smo naveli u petom poglavlju, za opremanje strojarnice potreban je širok spektar znanja različitih struka. Na aktivnostima opremanja treće platforme strojarnice sudjelovati će bravari, mehaničari, cjevvari, električari, limari, izolateri, te ispitivači i kontrolori. U MS Project unositi ćemo broj radnika po svakom zanimanju. Zadatku ćemo pristupiti na način da radnici istog zanimanja zajedno sudjeluju na svakoj od aktivnosti, te završetkom iste prelaze na sljedeću. Na taj način neće se u isto vrijeme raditi dvije aktivnosti istog zanata dok se prethodna ne dovrši. Radni tjedan trajati će 5 dana, od kojih u svakome po 8 radnih sati, bez iznimki.

Na sljedećoj slici prikazati ćemo cijene radnih sati po zanimanju, uz prikaz broja radnika za svaku struku, za prvi slučaj opremanja:

		Zanimanje (broj radnika)	Cijena radnog sata
1		Bravari (2)	\$20,00/hr
2		Mehaničari (2)	\$24,00/hr
3		Cjevvari (4)	\$44,00/hr
4		Električari (4)	\$48,00/hr
5		Limari (2)	\$20,00/hr
6		Izolateri (3)	\$30,00/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (1)	\$12,00/hr
8		Ispitivači/cjevvari (2)	\$22,00/hr
9		Kontrolori/Bravari (1)	\$10,00/hr
10		Ispitivači/Električari (2)	\$24,00/hr
11		Kontrolori/Limari (1)	\$10,00/hr
12		Kontrolori/Izolateri (1)	\$10,00/hr

Slika 6.4 Broj radnika i cijene radnih sati za slučaj zadanih varijabli

Sljedeći dio zadatka je opisati aktivnosti svakog od zanimanja sa zadanim brojem radnika:

- Montaža temelja – Bravari (2)
- Montaža strojeva i uređaja – Mehaničari (2)
- Cjevarski radovi – Cjevvari (4)
- Bravarski radovi – Bravari (2)
- Električarski radovi – Električari (4)
- Limarski radovi – Limari (2)

- Izolaterski radovi – Izolateri (3)

Ostale podaktivnosti su:

- Ispitivanje rada strojeva i uređaja – Ispitivači/Mehaničari (1)
- Ispitivanje cjevovoda – Ispitivači/Cjevvari (2)
- Pregled bravarskih radova – Kontrolori/Bravari (1)
- Ispitivanje električarskih radova – Ispitivači/Električari (2)
- Ispitivanje limarskih radova – Kontrolori/Limari (1)
- Ispitivanje izolaterskih radova – Kontrolori/Izolateri (1)

Na sljedećoj slici prikazan je popis aktivnosti sa određenim varijablama; njihovim trajanjem, potrošenim radnim satima i ukupnom cijenom radnih sati:

Naziv aktivnosti	Trajanje	Početak	Kraj	Trošak	Radni sati
☐ OPREMANJE 3. PLATFORME STROJARNICE	135,25 days	Thu 6.7.23	Thu 11.1.24	\$149.792,00	4.652 hrs
⊕ Montaža temelja	31,5 days	Thu 6.7.23	Fri 18.8.23	\$9.840,00	492 hrs
⊕ Montaža strojeva i uređaja	19,5 days	Wed 9.8.23	Tue 5.9.23	\$7.488,00	312 hrs
⊕ Cjevovski radovi	27,75 days	Mon 28.8.23	Wed 4.10.23	\$39.072,00	888 hrs
⊕ Bravarski radovi	26,5 days	Wed 30.8.23	Fri 6.10.23	\$8.480,00	424 hrs
⊕ Električarski radovi	35,25 days	Wed 13.9.23	Wed 1.11.23	\$54.144,00	1.128 hrs
⊕ Limarski radovi	49,5 days	Wed 1.11.23	Wed 10.1.24	\$8.160,00	408 hrs
⊕ Izolaterski radovi	10 days	Wed 6.12.23	Wed 20.12.23	\$7.200,00	240 hrs
⊕ Ispitivanje	85 days	Thu 14.9.23	Thu 11.1.24	\$15.408,00	760 hrs

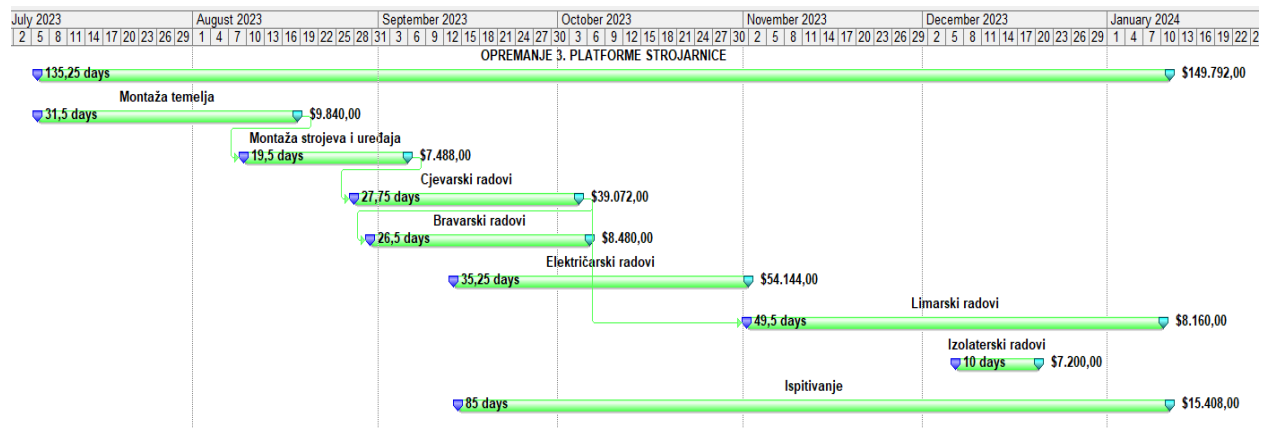
Slika 6.5 Rezultati slučaja zadanih varijabli

Kao što je prikazano u tablici, ovakvom kombinacijom zadanih parametara dobivamo broj potrošenih radnih sati od 4652. Ukupni troškovi zadanih satnica određenih zanimanja za tu količinu radnih sati iznositi će 149.792,00 \$. U ovom bi slučaju sudjelovalo ukupno 25 radnika

različitih struka, te bi im za završetak projekta bilo potrebno 135,25 dana. Kasnije ćemo kroz varijacije pokušati doći do manjeg broja dana za završetak projekta uz cilj da ne dođe do rasta troškova.

6.4 Gantogram za slučaj zadanih varijabli

Kako bi dobili vizualni prikaz projekta u cjelosti koristiti ćemo se Ganttovim dijagramom. Takav dijagram povezati će aktivnosti u mrežu međusobnih ovisnosti i na jednostavan način prikazati kronologiju projekta. Na sljedećoj slici prikazati ćemo gantogram za prvi slučaj, zadanih varijabli:



Slika 6.6 Gantogram rezultata slučaja zadanih varijabli

Na dijagramu vidimo da proces opremanja treće platforme strojarnice kreće montažom temelja za opremu navedenu u drugom poglavlju ovog diplomskog rada. U toj aktivnosti sudjeluje tim od dva bravara, a u dijagramu vidimo i prikaz trajanja i troška navedene aktivnosti. Prije samog završetka montaže temelja, tim mehaničara započinje sa drugom aktivnosti; montaže strojeva i uređaja, za koju će im biti potrebno 19,5 dana. Iz prve dvije aktivnosti vidimo da se neki radovi paralelno izvode kako bi se uštedjelo vrijeme. Na isti način započeti će i cjevarski radovi, koje čine, montaža prolaza, nosača i cijevi. Neposredno nakon početka cjevarskih radova, započinju i bravarski radovi. Tim od dva bravara montirati će podnice, ljestve i skale, za koje će im biti potrebno 26,5 dana. Električarski radovi sastoje se od montaže kabelskih prolaza, staza i provlačenja kabela. Biti

će to najskuplja aktivnost u opremanju, koštajući 54.444,00 \$. U tijeku radova električara, odvijaju se i limarski radovi, koji će trajati 49,5 dana. Tim od dva limara baviti će se montažom ventilacijskih prolaza, kanala te montažom zaštite za strojeve i uređaje. Izolaterski radovi kreću po završetku montaže ventilacijskih kanala, a trajati će 10 dana. Projekt završava s aktivnostima ispitivanja, koje se protežu dugim dijelom projekta, čineći najduži skup aktivnosti u trajanju od 85 dana. U sljedećoj tablici detaljnije ćemo prikazati aktivnost ispitivanja sa svim podaktivnostima, te njihovim trajanjem, troškovima i radnicima.

Tablica 6.1 Popis aktivnosti

ISPITIVANJE	85 dana	\$15.408,00	760 sati	
Ispitivanje rada strojeva I uređaja	3 dana	\$288,00	24 sati	Ispitivači/Mehaničari (1)
Ispitivanje cjevovoda	16,5 dana	\$5.808,00	264 sati	
Pregled strukture cjevovoda	7 dana	\$2.464,00	112 sati	Ispitivači/cjevvari (2)
Tlačenje cjevovoda	6 dana	\$2.112,00	96 sati	Ispitivači/cjevvari (2)
Pregled funkcionalnosti cjevovoda	3,5 dana	\$1.232,00	56 sati	Ispitivači/cjevvari (2)
Pregled bravarskih radova	18 dana	\$640,00	64 sati	
Pregled strukture podnica	4 dana	\$320,00	32 sati	Kontrolori/Bravari (1)
Pregled strukture ljestvi	2 dana	\$160,00	16 sati	Kontrolori/Bravari (1)
Pregled strukture skala	2 dana	\$160,00	16 sati	Kontrolori/Bravari (1)
Ispitivanje električarskih radova	35,75 dana	\$7.872,00	328 sati	
Pregled strukture kabelskih staza	3,5 dana	\$1.344,00	56 sati	Ispitivači/Električari (2)
Pregled montaže kabela	5 dana	\$1.920,00	80 sati	Ispitivači/Električari (2)
Ispitivanje ožičenja kabela	7 dana	\$2.688,00	112 sati	Ispitivači/Električari (2)
Test ispitivanja pod naponom	5 dana	\$1.920,00	80 sati	Ispitivači/Električari (2)

Ispitivanje limarskih radova	25,5 dana	\$560,00	56 sati	
Pregled strukture ventilacije	2 dana	\$160,00	16 sati	Kontrolori/Limari (1)
Pregled funkcionalnosti ventilacije	4 dana	\$320,00	32 sati	Kontrolori/Limari (1)
Pregled strukture zaštite strojeva	1 dan	\$80,00	8 sati	Kontrolori/Limari (1)
Ispitivanje izolaterskih radova	3 dana	\$240,00	24 sati	
Pregled montaže izolacije	3 dana	\$240,00	24 sati	Kontrolori/Izolateri (1)

6.5 Kritični put

Kritični put predstavlja niz uzastopnih aktivnosti u planu projekta koji definira najkraće moguće trajanje projekta. Svako kašnjenje na kritičnom putu izravno utječe na završetak projekta. Identificiranje kritičnog puta ključno je za efikasno upravljanje vremenom projekta i resursima. U Microsoft Projectu, nakon unosa svih aktivnosti, njihovih trajanja i međusobnih ovisnosti, kritični put se automatski izračunava. Korisnici mogu vizualno identificirati kritične aktivnosti pomoću različite boje ili formatiranja. Kritične aktivnosti su one koje, ako kasne, izravno utječu na završetak projekta, ne ostavljajući fleksibilnost u njihovom rasporedu. Razumijevanje kritičnog puta omogućava menadžerima da prioritiziraju resurse i efikasno upravljaju rizicima.

Za prethodni slučaj kritične aktivnosti bile su:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Limarski radovi
5. Ispitivanje limarskih radova

7. VARIJACIJE PARAMETARA POČETNE METODE

U ovom ćemo poglavlju napraviti dvije nove varijante opremanja treće platforme strojarnice koje će nam služiti za lakše optimiziranje procesa kako bi kasnije dobili metodu sa najboljim parametrima. Logika pri izradi dvaju novih slučajeva opremanja ovog poglavlja je prikaz dviju različitih krajnosti. U prvoj varijanti za cilj imamo isključivo skraćivanje vremenskog trajanja početnog slučaja opremanja, bez obraćanja velike pažnje na troškove samog procesa. Za drugu varijaciju napraviti ćemo suprotno. Cilj će biti dobivanje što jeftinijeg procesa opremanja, uz žrtvu ukupnog vremenskog trajanja aktivnosti. Sa takve dvije varijante dobiti ćemo osjećaj o utjecaju tih dvaju parametara. Kako bi mogli manevrirati sa vremenom i troškovima opremanja, potrebno će biti raditi promjene na varijablama broja radnika određenih zanata.

Tablica 7.1 Varijacije broja radnika

	Početni slučaj	Drugi slučaj - cilj smanjiti trajanje opremanja	Treći slučaj - cilj smanjiti troškove opremanja
Montaža temelja	2 radnika	4 radnika	2 radnika
Montaža strojeva i uređaja	2 radnika	3 radnika	2 radnika
Cjevarski radovi	4 radnika	4 radnika	2 radnika
Bravarski radovi	2 radnika	4 radnika	2 radnika
Električarski radovi	4 radnika	4 radnika	2 radnika
Limarski radovi	2 radnika	5 radnika	2 radnika
Izolaterski radovi	3 radnika	3 radnika	2 radnika
ISPITIVANJE			
Ispitivanje rada strojeva i uređaja	1 radnik	1 radnik	1 radnik
Ispitivanje cjevovoda	2 radnika	2 radnika	1 radnik
Pregled bravarskih radova	1 radnik	1 radnik	1 radnik
Ispitivanje električarskih radova	2 radnika	4 radnika	1 radnik

Ispitivanje limarskih radova	1 radnik	4 radnika	1 radnik
Ispitivanje izolaterskih radova	1 radnik	1 radnik	1 radnik

7.1 Slučaj opremanja s ciljem smanjenja trajanja aktivnosti

Prva varijacija početnog slučaja opremanja biti će fokusirana na samo smanjenje tijeka ukupnog procesa opremanja. To ćemo postići povećanjem broja radnika na kritičnim aktivnostima, kao i na ponekim koje imaju duže trajanje od ostalih. U prvom slučaju imali smo ukupno 25 radnika, što se za ovu varijantu povećalo na 36. S povećanjem broja radnika dolazi i do većih ukupnih troškova, prikazani isplaćenim satnicama na sljedećoj slici:

	i	Zanimanje (broj radnika)	Cijena radnog sata
1		Bravari (4)	\$40,00/hr
2		Mehaničari (3)	\$36,00/hr
3		Cjevari (4)	\$44,00/hr
4		Električari (4)	\$48,00/hr
5		Limari (5)	\$50,00/hr
6		Izolateri (3)	\$30,00/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (1)	\$12,00/hr
8		Ispitivači/cjevari (2)	\$22,00/hr
9		Kontrolori/Bravari (1)	\$10,00/hr
10		Ispitivači/Električari (4)	\$48,00/hr
11		Kontrolori/Limari (4)	\$40,00/hr
12		Kontrolori/Izolateri (1)	\$10,00/hr

Slika 7.1 Broj radnika i cijene radnih sati za prvu varijaciju

Svaki od timova radnika raditi će na svakom od zadataka svoje struke zajedno. Za primjer ćemo uzeti montažu temelja za jedan dio opreme. U prvom slučaju imali smo tim od 2 bravara koji su radili na montaži temelja, te im je za jedan dio opreme bilo potrebno 6 sati da ga dovrše. U ovom slučaju tim od 4 bravara isti će posao dovršiti za 3 sata. Na taj način radnici će pristupiti svakom

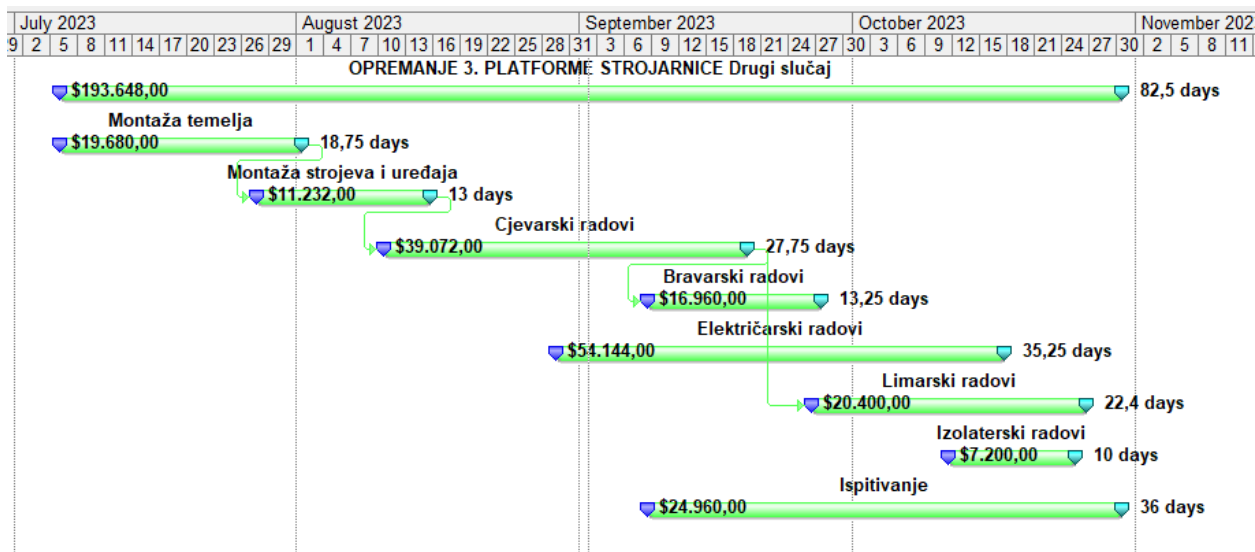
od zadataka i time će proces opremanja biti primjetno kraći. Rezultate će biti prikazani na sljedećoj slici:

Naziv aktivnosti	Trajanje	Početak	Kraj	Trošak	Radni sati
☐ OPREMANJE 3. PLATFORME STROJARNICE	82,5 days	Thu 6.7.23	Mon 30.10.23	\$193.648,00	4.652 hrs
⊕ Montaža temelja	18,75 days	Thu 6.7.23	Tue 1.8.23	\$19.680,00	492 hrs
⊕ Montaža strojeva i uređaja	13 days	Thu 27.7.23	Tue 15.8.23	\$11.232,00	312 hrs
⊕ Cjevarski radovi	27,75 days	Thu 10.8.23	Tue 19.9.23	\$39.072,00	888 hrs
⊕ Bravarski radovi	13,25 days	Fri 8.9.23	Wed 27.9.23	\$16.960,00	424 hrs
⊕ Električarski radovi	35,25 days	Tue 29.8.23	Tue 17.10.23	\$54.144,00	1.128 hrs
⊕ Limarski radovi	22,4 days	Tue 26.9.23	Thu 26.10.23	\$20.400,00	408 hrs
⊕ Izolaterski radovi	10 days	Wed 11.10.23	Wed 25.10.23	\$7.200,00	240 hrs
⊕ Ispitivanje	36 days	Fri 8.9.23	Mon 30.10.23	\$24.960,00	760 hrs

Slika 7.2 Rezultati prve varijacije

Sa slike vidimo da se ukupno trajanje projekta smanjilo sa 135,25 dana na 82,5 dana. Time dobivamo 40% kraće trajanje svih aktivnosti. Usporedivši to sa troškovima koji su se povećali sa 149.792,00 \$ na 193.648,00 \$, što čini porast od otprilike 30%, slučaj je prošao kao što smo mogli očekivati. Takvo povećanje troškova nije optimalno, ali ova bi verzija bila primjer kako se odvijaju troškovi opremanja kada je vrijeme ograničen faktor.

Za vizualni prikaz pomoći će nam Ganttov dijagram sa sljedeće slike:



Slika 7.3 Gantogram rezultata prve varijacije

U ovom je slučaju došlo da ponekih promjena u kritičnom putu. Kao i u početnom slučaju kritične aktivnosti su: montaža temelja, strojeva i uređaja, te cjevarski i limarski radovi. Povećanjem broja limara i ispitivača limarskih radova, uspjeli smo sa liste kritičnih aktivnosti maknuti aktivnost ispitivanja limarskih radova. Nove kritične aktivnosti postaju izolaterski radovi i ispitivanje izolaterskih radova kao odraz ne povećanja broja radne snage na tim pozicijama. Ovakvim postavkama dobivamo kraći kritični put, ali umjesto 5 kritičnih aktivnosti sada imamo 6. Na taj način postoji veći rizik od produljenja projekta jer kašnjenjem jedne od tih aktivnosti povećava se trajanje cijelog projekta.

Samim time kritični put za prvu varijaciju sastoji se od sljedećih aktivnosti:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Limarski radovi
5. Izolaterski radovi
6. Ispitivanje izolaterskih radova

7.2 Slučaj opremanja s ciljem smanjenja troškova

S drugom varijacijom stavljamo fokus na uštedu financijskih sredstava. Do toga dolazimo smanjenjem broja radnika, čime rasterećujemo količinu sredstava usmjerenu na njihove satnice. Samim time dolazi do produljenja trajanja aktivnosti čiji se broj radnika smanjio. Radnu snagu sa ukupnih 25 zadanih radnika iz prvog slučaja smanjiti ćemo na 18.

Sljedećom slikom prikazati ćemo broj radnika i cijene njihovih radnih sati:

	i	Zanimanje (broj radnika)	Cijena radnog sata
1		Bravari (2)	\$20,00/hr
2		Mehaničari (2)	\$24,00/hr
3		Cjevvari (2)	\$22,00/hr
4		Električari (2)	\$24,00/hr
5		Limari (2)	\$20,00/hr
6		Izolateri (2)	\$20,00/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (1)	\$12,00/hr
8		Ispitivači/cjevvari (1)	\$11,00/hr
9		Kontrolori/Bravari (1)	\$10,00/hr
10		Ispitivači/Električari (1)	\$12,00/hr
11		Kontrolori/Limari (1)	\$10,00/hr
12		Kontrolori/Izolateri (1)	\$10,00/hr

Slika 7.4 Broj radnika i cijene radnih sati za drugu varijaciju

Usporedivši ovakav pristup sa prvom varijacijom u kojoj smo imali 36 radnika, rezultati bi trebali biti obrnuto proporcionalni. Na način na koji smo u prvoj varijaciji došli do kratkog vremenskog roka za dovršenje opremanja, ovim pristupom ćemo isti produljiti, ali i uvelike uštedjeti na sredstvima.

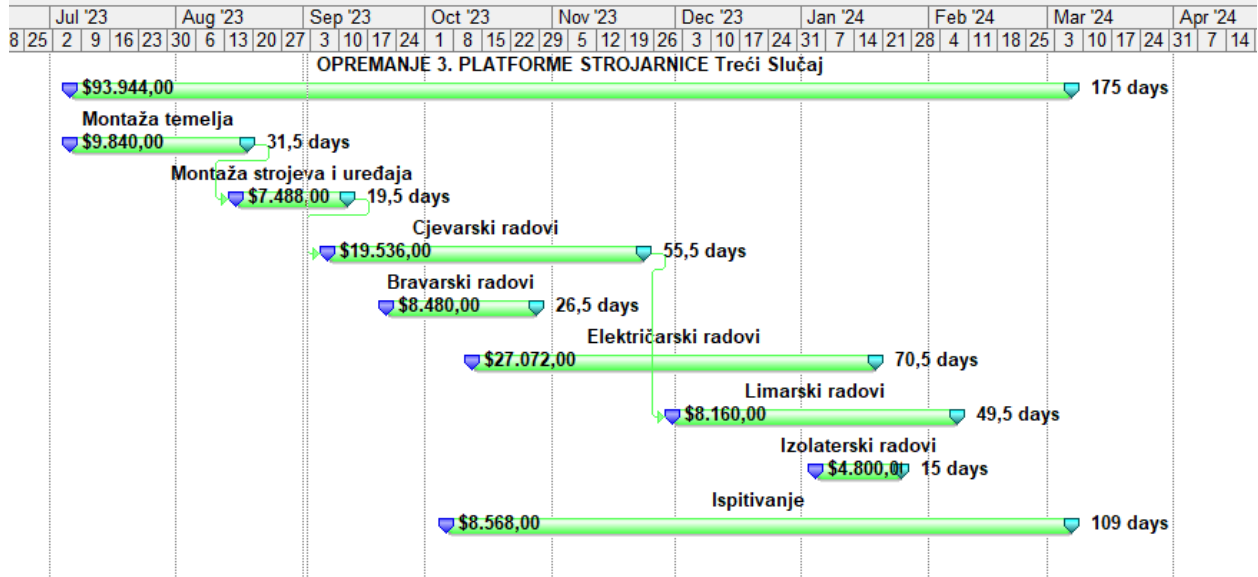
Same rezultate možemo vidjeti na sljedećoj slici:

Naziv aktivnosti	Trajanje	Početak	Kraj	Trošak	Radni sati
☐ OPREMANJE 3. PLATFORME STROJARNICE	175 days	Thu 6.7.23	Wed 6.3.24	\$93.944,00	4.652 hrs
☐ Montaza temelja	31,5 days	Thu 6.7.23	Fri 18.8.23	\$9.840,00	492 hrs
☐ Montaza strojeva i uređaja	19,5 days	Tue 15.8.23	Mon 11.9.23	\$7.488,00	312 hrs
☐ Cjevarski radovi	55,5 days	Thu 7.9.23	Thu 23.11.23	\$19.536,00	888 hrs
☐ Bravarski radovi	26,5 days	Thu 21.9.23	Fri 27.10.23	\$8.480,00	424 hrs
☐ Električarski radovi	70,5 days	Thu 12.10.23	Thu 18.1.24	\$27.072,00	1.128 hrs
☐ Limarski radovi	49,5 days	Thu 30.11.23	Wed 7.2.24	\$8.160,00	408 hrs
☐ Izolaterski radovi	15 days	Thu 4.1.24	Thu 25.1.24	\$4.800,00	240 hrs
☐ Ispitivanje	109 days	Fri 6.10.23	Wed 6.3.24	\$8.568,00	760 hrs

Slika 7.5 Rezultati druge varijacije

Na slici vidimo da se ukupno trajanje projekta povećalo sa 135,25 dana na 175 dana. Time nam se ukupno trajanje svih aktivnosti povećalo za 30%. Vremensko trajanje projekta žrtvovali smo kako bi smanjili troškove, a u tome smo i uspjeli. Ukupni troškovi ovakvom bi varijacijom bili 93.944,00 \$, što je usporedivši sa početnih 149.792,00 \$, ušteda od 37%. Takvim smanjenjem troškova uspjeli smo u našem cilju druge varijacije, ali zbog očitog porasta u ukupnom trajanju projekta još nismo na optimalnim postavkama varijabli.

Za vizualni prikaz slučaja druge varijacije pomoći će nam Ganttov dijagram sa sljedeće slike:



Slika 7.6 Gantogram rezultata druge varijacije

Još jednom dolazi do promjena u kritičnom putu. Kao i u početnom slučaju kritične aktivnosti su montaža temelja, strojeva i uređaja te cjevarski radovi. Trajanje projekta opremanja produžilo je i kritični put, ali ostali smo na istom broju kritičnih aktivnosti, što u prošlom slučaju varijacije nije bio slučaj. Smanjenjem broja električara sa 4 radnika na samo 2 dovodi do povećanja trajanja aktivnosti električarskih radova sa 35,25 dana na 70,5 dana. Na isti način kritična aktivnost postaje i ispitivanje električarskih radova koji su porasli sa trajanja od 35,75 dana na 71,5 dana. Broj limara i ispitivača limarskih radova ostao je isti, čime aktivnosti limarskih radova i ispitivanja limarskih radova više nisu kritične.

Popis kritičnih aktivnosti sada će biti:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Električarski radovi
5. Ispitivanje električarskih radova

8. OPTIMIZACIJA VARIJABLI PROCESA OPREMANJA

Iz prethodnog smo poglavlja vidjeli kako utječu promjene određenih parametara na ukupan proces opremanja platforme strojarnice. Dobili smo dva suprotna slučaja kako bi kombinacijom takvih optimizirali projekt i dobili najbolje od svake varijante. U ovom poglavlju cilj nam je dobiti ukupno trajanje projekta kraće od početnog slučaja, sa manjim troškovima radnih sati.

8.1 Optimizacija broja radnika

Kako bi dobili što kraće ukupno trajanje aktivnosti bez povećanja troškova, povećati ćemo broj radnika na najkritičnijim aktivnostima, a na onima koje ne utječu na ukupni kritični put smanjiti kako bi uštedjeli na sredstvima. Takvom logikom broj bravara i mehaničara ne smije biti manji od početnog slučaja jer su njihove aktivnosti bile kritične u svakom do sad. Uštedjeti ćemo na električarskim i izolaterskim radovima, a ubrzati aktivnosti limarskih radova.

Ukupan broj radnika u ovom slučaju je 26, što je za 1 više nego u početnom slučaju. Drugi i treći slučaj imali su 36 odnosno 18 radnika. U sljedećoj tablici prikazan je ukupan broj radnika svih slučajeva za svako od zanimanja:

Tablica 8.1 Optimizacija broja radnika

	Početni slučaj	Drugi slučaj	Treći slučaj	Optimizacija radne snage
Montaža temelja	2 radnika	4 radnika	2 radnika	3 radnika
Montaža strojeva i uređaja	2 radnika	3 radnika	2 radnika	2 radnika
Cjevarski radovi	4 radnika	4 radnika	2 radnika	4 radnika
Bravarski radovi	2 radnika	4 radnika	2 radnika	3 radnika
Električarski radovi	4 radnika	4 radnika	2 radnika	3 radnika
Limarski radovi	2 radnika	5 radnika	2 radnika	4 radnika
Izolaterski radovi	3 radnika	3 radnika	2 radnika	2 radnika
ISPITIVANJE				
Ispitivanje rada strojeva i uređaja	1 radnik	1 radnik	1 radnik	1 radnik
Ispitivanje cjevovoda	2 radnika	2 radnika	1 radnik	1 radnik

Pregled bravarskih radova	1 radnik	1 radnik	1 radnik	1 radnik
Ispitivanje električarskih radova	2 radnika	4 radnika	1 radnik	1 radnik
Ispitivanje limarskih radova	1 radnik	4 radnika	1 radnik	3 radnika
Ispitivanje izolaterskih radova	1 radnik	1 radnik	1 radnik	1 radnik

Usporedivši broj radnika sa prvim slučajem zadanih vrijednosti za očekivati je da će doći do većih troškova zbog većih cijena radnih sati, ali ako dovoljno smanjimo kritični put to možda i neće biti slučaj.

Na sljedećoj slici prikazan je broj radnika po zanimanjima sa navedenim cijenama radnog sata za svaki zanat:

		Zanimanje (broj radnika)	Cijena radnog sata
1		Bravari (3)	\$30,00/hr
2		Mehaničari (2)	\$24,00/hr
3		Cjevvari (4)	\$44,00/hr
4		Električari (3)	\$36,00/hr
5		Limari (4)	\$40,00/hr
6		Izolateri (2)	\$20,00/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (1)	\$12,00/hr
8		Ispitivači/cjevvari (1)	\$11,00/hr
9		Kontrolori/Bravari (1)	\$10,00/hr
10		Ispitivači/Električari (1)	\$12,00/hr
11		Kontrolori/Limari (3)	\$30,00/hr
12		Kontrolori/Izolateri (1)	\$10,00/hr

Slika 8.1 Broj radnika i cijene radnih sati optimiziranog slučaja

8.2 Rezultati optimizacijskog opremanja

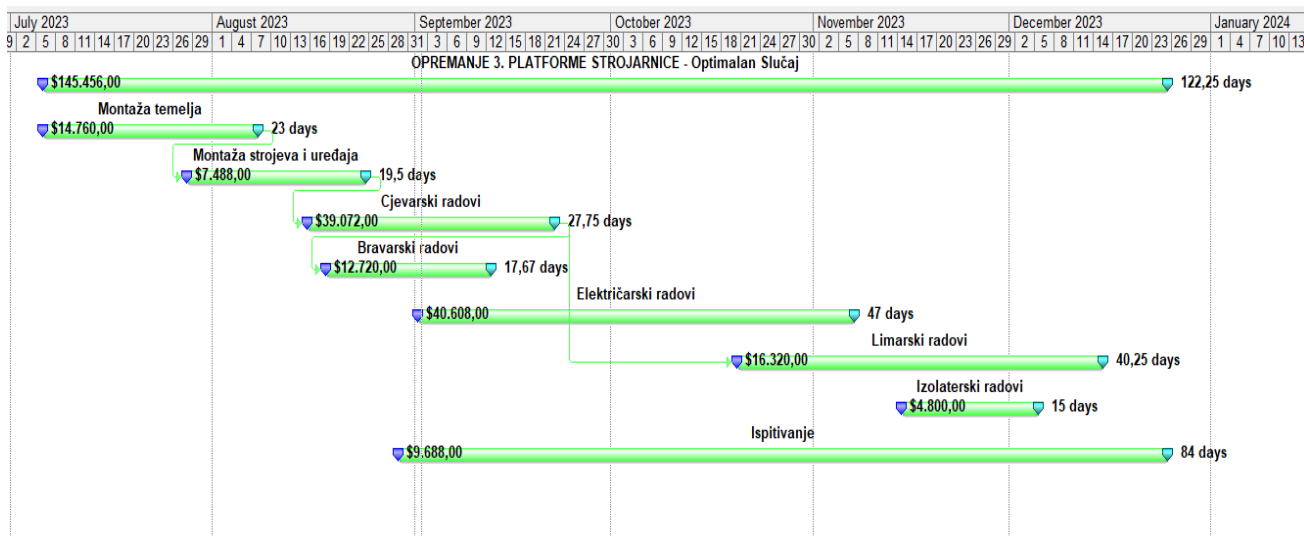
Unosom svih varijabli u MS Project dobivamo tablicu sa ukupnim trajanjem projekta, radnim satima te troškovima. Na sljedećoj slici prikazana je tablica svih rezultata koju ćemo u nastavku analizirati i usporediti sa prethodnim metodama.

Naziv aktivnosti	Trajanje	Početak	Kraj	Trošak	Radni sati
☐ OPREMANJE 3. PLATFORME STROJARNICE	122,25 days	Thu 6.7.23	Mon 25.12.23	\$145.456,00	4.652 hrs
☒ Montaža temelja	23 days	Thu 6.7.23	Mon 7.8.23	\$14.760,00	492 hrs
☒ Montaža strojeva i uređaja	19,5 days	Fri 28.7.23	Thu 24.8.23	\$7.488,00	312 hrs
☒ Cjevarski radovi	27,75 days	Tue 15.8.23	Fri 22.9.23	\$39.072,00	888 hrs
☒ Bravarski radovi	17,67 days	Fri 18.8.23	Tue 12.9.23	\$12.720,00	424 hrs
☒ Električarski radovi	47 days	Fri 1.9.23	Tue 7.11.23	\$40.608,00	1.128 hrs
☒ Limarski radovi	40,25 days	Fri 20.10.23	Fri 15.12.23	\$16.320,00	408 hrs
☒ Izolaterski radovi	15 days	Tue 14.11.23	Tue 5.12.23	\$4.800,00	240 hrs
☒ Ispitivanje	84 days	Tue 29.8.23	Mon 25.12.23	\$9.688,00	760 hrs

Slika 8.2 Rezultati optimiziranog slučaja

Kao što vidimo ukupno trajanje svih aktivnosti je 122,25 dana. Usporedivši to sa početnim postavkama, u prvom slučaju aktivnosti su trajale 135,25 dana. Ukupni troškovi sada iznose 145.456,00 \$, a u početnom slučaju radilo se o 149.792,00 \$. Metoda optimiziranja pokazala se uspješnom, ubrzali smo proces opremanja za 13 dana i uz to uštedjeli oko 4000 \$. Izrazimo li to u postotcima vidimo da smo smanjili ukupno trajanje početnih aktivnosti za 7,56% te uštedjeli na troškovima 2,9 % početne vrijednosti.

Ganttovim dijagramom detaljnije ćemo prikazati aktivnosti četvrtog slučaja sa dobivenim rezultatima trajanja i troškova.



Slika 8.3 Gantogram rezultata slučaja optimiziranih varijabli

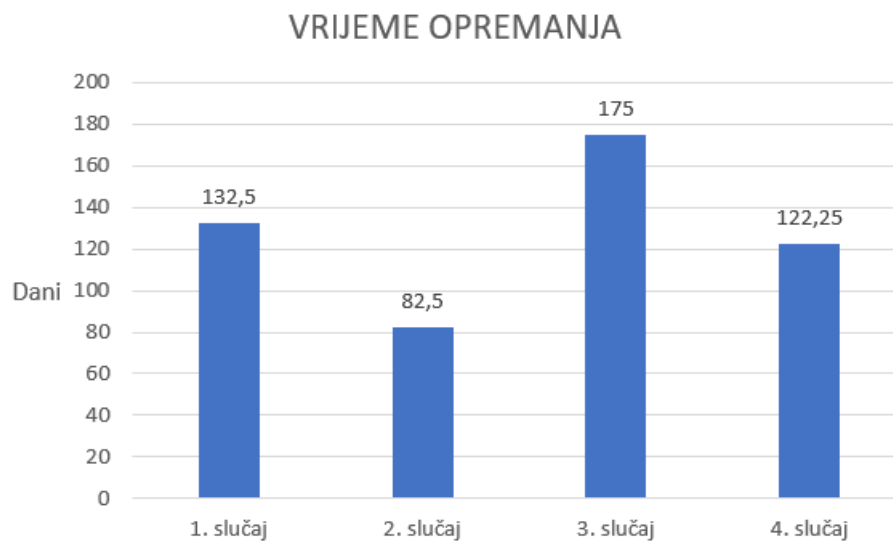
Naš će kritični put izgledati kao u prethodnom slučaju u kojem je cilj bio ušteda troškova. Zbog smanjenja broja radnika na električarskim radovima i ispitivanju električarskih radova, to će nam biti jedne od kritičnih aktivnosti. Smanjenjem broja električara sa 4 na 3 radnika produžili smo period električarskih radova sa 35,25 na 47 dana. Isto tako broj ispitivača električarskih radova smanjen je sa 2 na 1, čime smo produžili tu aktivnost sa 35,75 na 59 dana. Ukupni kritični put uspjeli smo smanjiti variranjem broja radnika na limarskim radovima i ispitivanjima limarskih radova. Broj limara povećan je sa 2 na 4 radnika, a broj ispitivača sa 1 na 3 radnika.

Kritične aktivnosti u optimiziranom slučaju opremanja biti će nam biti redom:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Električarski radovi
5. Ispitivanje električarskih radova

8.3 Usporedba svih rezultata

U ovom ćemo poglavlju kroz grafove prikazati sva 4 slučaja kako bi lakše usporedili optimalan proces opremanja sa ostala tri. Prvi primjer biti će usporedba ukupnog vremena opremanja treće platforme strojarnice na svaki od načina predstavljenih u prethodnim poglavljima.



Slika 8.4 Usporedba vremenskog trajanja opremanja svih slučajeva

Kao što vidimo sa slike drugi slučaj ima uvjerljivo najmanje trajanje svih aktivnosti opremanja. Zadani slučaj uspjeti smo nadmašiti i u zadnjoj varijanti, dok je treći slučaj 42,5 dana dugotrajniji od prvog. Kad ne bi obraćali pažnju na troškove, optimalan izbor za opremanje bio bi na način drugog slučaja sa ukupnim brojem od 36 radnika.

Drugim grafom prikazati ćemo ukupne troškove svakog od procesa opremanja:



Slika 8.5 Usporedba troškova opremanja svih slučajeva

Iz grafa jasno vidimo da je treći slučaj najoptimalniji što se tiče uštede kapitala. Usporedimo li ga s prvim slučajem opremanja, uštedeno je 43.856,00 \$. Drugi slučaj koji je imao najkraće vrijeme opremanja sada je najnepovoljniji. Jasno vidimo kako smo zadnjom varijantom još jednom nadmašili zadane početne vrijednosti prvog slučaja.

Kako bi jasnije usporedili sva 4 slučaja poslužiti će nam sljedeća tablica:

Tablica 8.2 Završni rezultati

Varijante opremanja	Ukupan broj radnika	Vrijeme trajanja opremanja	Postotak promjene ukupnog vremena	Ukupni troškovi	Postotak promjene ukupnih troškova
1. Slučaj	25	132,25 dana	/	149.792,00 \$	/
2. Slučaj	36	82,5 dana	-37,62%	193.648,00 \$	+29,27%
3. Slučaj	18	175 dana	+32,33%	93.944,00 \$	-37,29%
4. Slučaj	26	122,25 dana	-7,56%	145.456,00 \$	-2,90%

Iz tablice jasno vidimo prednosti i mane drugog i trećeg slučaja. Svaki od njih ima obrnuto proporcionalan rast vrijednosti trajanja opremanja i ukupnih troškova usporedivši ih sa prvim slučajem. Iako je drugim slučajem postignuto smanjenje ukupnog vremena opremanja za čak 37,62%, samim time troškovi su se povećali za 29,27%. Takvo povećanje troškova nije optimalno prilikom opremanja strojarne, i taj bi se slučaj koristio samo u kritičnim vremenima isporuke kada bi možda prihvatili veće troškove u zamjenu za uštedu ukupnog vremena opremanja. Treći slučaj bilježi uštedu u sredstvima od 37,29%, ali samim time tijekom trajanja svih aktivnosti opremanja povećao se za 32,33%. Taj bi se slučaj koristio kad bi za cilj imali uštedu sredstava i vrijeme nam nebi bilo od velike važnost za sav proces.

Jasno je da je optimalna varijanta unapređenja prvog slučaja upravo četvrti slučaj, koji nudi ujedno i smanjenje ukupnog vremena opremanja za 7,56%, pritom ne povećavajući troškove kao što je slučaj kod druge varijante, već bi na troškovima uštedjeli 2,90%. Ovi postotci nisu veliki kao kod drugog i trećeg slučaja, s kojima smo prikazali opcije dvije različite krajnosti, ali su primjer izvedbe prave optimizacije početnog slučaja sa zadanim varijablama.

9. ZAKLJUČAK

Proces opremanja strojarnice spoj je različitih znanja i struka, u kojem se na jednom od važnijih dijelova broda radi u ne tako povoljnim uvjetima kada se više vrsta radova odvija u isto vrijeme, na ne tako velikom prostoru. U ovom smo radu naveli svu opremu koju sadži treća platforma strojarnice, te opisali pripadajuće sisteme sa zanatima radnika koji rade na opremanju strojarnice takvom opremom. Opisali smo zadane aktivnosti opremanja strojarnice sa slučajem kada u opremanju sudjeluje 25 radnika određenih struka. Kako bi optimizirali takav proces opremanja napravili smo 3 varijacije na prvu metodu. U prethodnim poglavljima svaku smo od metodi prikazali gantogramima i tablicama sa svim podacima, i na taj način došli do optimalnog slučaja. Temelj svih triju varijacija bio je prvi slučaj sa zadanim varijablama, koji smo odredili uz pomoć mentora. Cilj je bio proučiti utjecaj određenih varijabli kako bi se došlo do optimalnog. Prva i druga varijacija bile su pokušaj prikaza dviju krajnosti, dva suprotna slučaja u kojem je cilj prvog slučaja bio postići proces opremanja sa što kraćim ukupnim vremenskim trajanjem aktivnosti, a drugog dobivanje što jeftinijeg procesa. Tek sa zadnjim slučajem krenula je optimizacija zadanih varijabli na način da pokušamo smanjiti i troškove i trajanje aktivnosti, u čemu smo i uspjeli.

POPIS LITERATURE

- [1] Perić Zoran: Opremni radovi u brodogradnji, Split, 2016.
- [2] Ozretić Velimir: Brodski pomoćni strojevi i uređaji, Split, 1996.
- [3] Durbešić Morana: Izrada detaljne dokumentacije trupa broda, Rijeka, 2019.
- [4] Čosić Matej: Opremanje krova dvodna strojarnice broda za prijevoz kemikalija, Rijeka, 2023.
- [5] Matulja, T.: „Cjevarski radovi“ , predavanja iz kolegija „Opremanje i remont broda“, Rijeka, 2023.
- [6] Malić, M.: “Bravarska i limarska radionica u procesu opremanja broda“, završni rad, Tehnički fakultet, Rijeka, 2016.
- [7] Vukoša Luka: Računanje trajanja projekta CPM i PERT metodama, Zadar, 2016.
- [8] Mladineo, M.: “Tehnike mrežnog planiranja u upravljanju projektima“, predavanje, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 2020.

POPIS SLIKA

<i>Slika 1.1 Poprečni presjek strojarnice zadanog broda</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2.1 Opći plan treće platforme strojarnice zadanog broda.....</i>	<i>5</i>
<i>Slika 3.1 Oprema sistema za proizvodnju dušika.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 3.2 Oprema mehaničke radione</i>	<i>9</i>
<i>Slika 3.3 Oprema sistema kompresora za rashladu.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 3.4 Oprema sistema kotla</i>	<i>11</i>
<i>Slika 3.5 Oprema sistema ulja za podmazivanje statvene cijevi.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 3.6 Oprema sistema ulja za podmazivanje motora</i>	<i>13</i>
<i>Slika 4.1 Shematski prikaz funkcionalne raščlane broda.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 4.2 Definicija broja nacрта radioničke dokumentacije.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 6.1 Prikaz aktivnosti na čvoru.....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 6.2 Prikaz aktivnosti na strelici.....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 6.3 Prikaz osnovnih tipova odnosa između aktivnosti.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 6.4 Broj radnika i cijene radnih sati za slučaj zadanih varijabli.....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 6.5 Rezultati slučaja zadanih varijabli.....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 6.6 Gantogram rezultata slučaja zadanih varijabli</i>	<i>42</i>
<i>Slika 7.1 Broj radnika i cijene radnih sati za prvu varijaciju</i>	<i>46</i>
<i>Slika 7.2 Rezultati prve varijacije.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 7.3 Gantogram rezultata prve varijacije</i>	<i>48</i>
<i>Slika 7.4 Broj radnika i cijene radnih sati za drugu varijaciju</i>	<i>49</i>
<i>Slika 7.5 Rezultati druge varijacije.....</i>	<i>50</i>
<i>Slika 7.6 Gantogram rezultata druge varijacije</i>	<i>51</i>
<i>Slika 8.1 Broj radnika i cijene radnih sati optimiziranog slučaja</i>	<i>53</i>
<i>Slika 8.2 Rezultati optimiziranog slučaja.....</i>	<i>54</i>
<i>Slika 8.3 Gantogram rezultata slučaja optimiziranih varijabli.....</i>	<i>55</i>
<i>Slika 8.4 Usporedba vremenskog trajanja opremanja svih slučajeva</i>	<i>56</i>
<i>Slika 8.5 Usporedba troškova opremanja svih slučajeva</i>	<i>57</i>

POPIS TABLICA

<i>Tablica 2.1 Popis opreme treće platforme zadanog broda.....</i>	<i>3</i>
<i>Tablica 4.1 Zadana projektna dokumentacija</i>	<i>16</i>
<i>Tablica 4.2 Popis opreme treće platforme zadanog broda.....</i>	<i>21</i>
<i>Tablica 4.3 Popis klasifikacijske dokumentacije trupa</i>	<i>21</i>
<i>Tablica 4.4 Popis klasifikacijske dokumentacije korozijske zaštite</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 4.5 Popis klasifikacijske dokumentacije opreme za teret.....</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 4.6 Popis klasifikacijske dokumentacije opreme broda</i>	<i>23</i>
<i>Tablica 4.7 Popis klasifikacijske dokumentacije za posadu i putnike.....</i>	<i>23</i>
<i>Tablica 4.8 Popis klasifikacijske dokumentacije glavnog pogonskog stroja.....</i>	<i>24</i>
<i>Tablica 4.9 Popis klasifikacijske dokumentacije sistema glavnog pogonskog stroja</i>	<i>24</i>
<i>Tablica 4.10 Popis klasifikacijske dokumentacije brodskih sistema.....</i>	<i>27</i>
<i>Tablica 4.11 Popis radioničkih nacрта potrebnih za opremajne treće platforme strojarnice</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 6.1 Popis aktivnosti.....</i>	<i>43</i>
<i>Tablica 7.1 Varijacije broja radnika</i>	<i>45</i>
<i>Tablica 8.1 Optimizacija broja radnika</i>	<i>52</i>
<i>Tablica 8.2 Završni rezultati</i>	<i>57</i>

SAŽETAK

Brodsko strojarnica sadrži širok raspon opreme i sustava kao što su glavni motori, generatori, pumpe, ventili, izmjenjivači topline, sustavi goriva, sustavi hlađenja i još nekolicine sličnih sistema. Takav raspon opreme iziskuje suradnju radnika raznih struka prilikom opremanja same strojarnice. Samim time na opremanju strojarnice sudjeluju: cjevvari, bravari, električari, limari, izolateri, brodski mehaničari, stolari, zidari, ispitivači te kontrolori. Kako bi provedli opremanje treće platforme strojarnice broda za prijevoz kemikalija, u ovom smo radu kroz četiri različita slučaja došli do optimalne verzije opremanja. Svaki slučaj sastojao se od istih aktivnosti: montaža temelja, montaža strojeva i uređaja, bravarski radovi, cjevarski radovi, električarski radovi, limarski radovi, izolaterski radovi te ispitivanja i kontrola istih. Glavna varijabla koju smo mijenjali bila je broj radnika na svakoj od aktivnosti. Time smo dobivali različite rezultate vremenskog trajanja i troškova opremanja. Cilj je bio proučiti utjecaj određenih varijabli kako bi se došlo do optimalnog. Počeli smo sa zadanim vrijednostima dobivenih konzultiranjem sa mentorom i time napravili prvi slučaj opremanja. Prva i druga varijacija bile su pokušaj prikaza dviju krajnosti, dva suprotna slučaja u kojem je cilj prvog slučaja bio postići proces opremanja sa što kraćim ukupnim vremenskim trajanjem aktivnosti, a drugog dobivanje što jeftinijeg procesa. Tek sa zadnjim slučajem krenula je optimizacija zadanih varijabli na način da pokušamo smanjiti i troškove i trajanje aktivnosti, u čemu smo i uspjeli.

Ključne riječi: opremanje, strojarnica, oprema, optimizacija

ABSTRACT

The ship's engine room contains a wide range of equipment and systems such as main engines, generators, pumps, valves, heat exchangers, fuel systems, cooling systems, and more similar systems. Such a range of equipment requires the cooperation of workers from various professions when equipping the engine room itself. Therefore, the engine room fitting involves: pipefitters, welders, electricians, sheet metal workers, insulators, ship mechanics, carpenters, masons, inspectors, and controllers. To carry out the outfitting of the third platform of the ship's engine room for chemical transportation, in this work, we have come to the optimal version of outfitting through four different cases. Each case consisted of the same activities: foundation assembly, machinery and equipment assembly, welding, pipefitting, electrical work, sheet metal work, insulation work, and testing and control of the same. The main variable we changed was the number of workers on each activity. This gave us different results in terms of duration and equipment costs. The aim was to study the impact of certain variables in order to reach the optimum. We started with the given values obtained by consulting with the mentor and thus made the first case of equipping. The first and second variations were attempts to show two extremes, two opposite cases in which the goal of the first case was to achieve an outfitting process with the shortest total activity duration, and the second to get a cheaper process. Only with the last case did the optimization of the given variables begin in an attempt to reduce both costs and activity duration, which we succeeded in.

Keywords: outfitting, engine room, equipment, optimization.

PRILOZI

Prilog 1 – Prvi slučaj

Prilog 2 – Drugi slučaj

Prilog 3 – Treći slučaj

Prilog 4 – Četvrti slučaj