

Idejni projekt predmontažnih radionica brodogradilišta

Domitrović, Tomica

Master's thesis / Diplomski rad

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:271891>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. Dr. sc. Tomislav Zaplatić

Tomica Domitrović

Zagreb, 2008

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, na temelju znanja stečenog za vrijeme studija na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, koristeći se navedenom literaturom, te uz stalni nadzor mentora Prof. Dr. sc. Tomislava Zaplatića.

ZAHVALA

Ovim se putem želim zahvaliti Dr. sc. Borisu Ljubenkoviću na pomoći i savjetima prilikom pisanja ovog rada. Također se želim zahvaliti dipl. ing. Anti Tusunu na stručnim savjetima i pomoći pri prikupljanju literature.

Hvala roditeljima na bezrezervnoj podršci tijekom studija.

Hvala cimerima Igoru, Josipu i Jasenku na strpljenju.

Hvala svim kolegama i profesorima koji su vrijeme studiranja učinili nezaboravnim.

Hvala Silvani za sve što je učinila da bi došao do ovog trenutka.

Matea, hvala ...

Sadržaj

Sadržaj	I
Popis slika	II
Popis tablica	IV
Sažetak diplomskog rada	V
1. Uvod	1
2. Proizvodni program brodogradilišta	3
2.1. <i>Proizvodni program za 2009. i 2010. godinu</i>	4
2.1.1. Osnovni podaci o karakterističnim gradnjama.....	4
2.2. <i>Karakteristične sekcije</i>	8
3. Proizvodni pogon brodogradilišta	12
3.1. <i>Brodograđevne radionice</i>	13
3.1.1. Skladište crne metalurgije.....	14
3.1.2. Radionica obrade crne metalurgije.....	15
3.1.3. Panel linija.....	19
3.1.4. Mala predmontaža i oblikovanje limova i profila.....	24
3.1.5. Predmontažne radionice.....	30
3.1.6. Ukрупnjavanje sekcija.....	32
3.1.7. Antikorozivna zaštita.....	33
3.1.8. Navozi.....	35
3.2. <i>Tok materijala</i>	37
3.3. <i>Parterni transporter</i>	38
4. Definiranje slobodnih prostora	41
4.1. <i>Premještaj strojeva za oblikovanje</i>	42
4.2. <i>Slobodna površina</i>	44
4.3. <i>Nove radionice</i>	45
5. Organizacija proizvodnje u novim radionicama	47
5.1. <i>Proračun kapaciteta radionica</i>	48
5.1.1. Okvirni godišnji proizvodni program radionica.....	48
5.2. <i>Hala I</i>	49
5.2.1. Površine i plan radionice.....	50
5.2.2. Potrebna oprema i uređaji u radionici.....	65
5.2.3. Tok materijala unutar hale I.....	68
5.2.4. Transportna sredstva.....	69
5.3. <i>Hala J</i>	71
5.3.1. Površine i plan radionice.....	72
5.3.2. Potrebna oprema i uređaji u radionici.....	80
5.3.3. Tok materijala unutar hale J.....	82
5.3.4. Transportna sredstva.....	83
6. Zaključak	84
Literatura	86

Popis slika

Slika 1. <i>Brod za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera</i>	4
Slika 2. <i>Dijagram toka izrade montažnih jedinica (gr. 472)</i>	5
Slika 3. <i>Uzdužni presjek broda za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera</i>	6
Slika 4. <i>Brod za iskopavanje morskog dna</i>	7
Slika 5. <i>Dijagram toka izrade montažnih jedinica (gr. 480)</i>	8
Slika 6. <i>Grupa 101 (bez dijela vanjske oplata)</i>	9
Slika 7. <i>Grupa 401</i>	10
Slika 8. <i>Grupa 402 (bez dijela vanjske oplata)</i>	10
Slika 9. <i>Grupa 202, dvodno strojarnice</i>	11
Slika 10. <i>Proizvodni pogon brodogradilišta</i>	12
Slika 11. <i>Radne površine brodogradilišta</i>	13
Slika 12. <i>Skladište crne metalurgije</i>	14
Slika 13. <i>Shema preobrade materijala</i>	15
Slika 14. <i>Shema radionice obrade</i>	17
Slika 15. <i>Međuskladište profila</i>	18
Slika 16. <i>Shema panel linije</i>	20
Slika 17. <i>Uređaj za montažu i pripajanje ukrepa</i>	21
Slika 18. <i>Zakrivljeno opločenje panela</i>	23
Slika 19. <i>Radionica male predmontaže i oblikovanje limova i profila</i>	24
Slika 20. <i>Sklop male predmontaže</i>	25
Slika 21. <i>Preša za oblikovanje profila</i>	27
Slika 22. <i>Poprečni presjek valjaka za savijanje limova</i>	27
Slika 23. <i>Poprečni presjek velike preše za savijanje limova</i>	28
Slika 24. <i>Oblikovanje lima pomoću G preše</i>	29
Slika 25. <i>Predmontaža sekcije</i>	30
Slika 26. <i>Dohavti dizalica iznad hala predmontaže</i>	31
Slika 27. <i>Ukrupnjavanje sekcija</i>	32
Slika 28. <i>Dizalice uz navoze</i>	36
Slika 29. <i>Tok materijala u brodograđevnom procesu</i>	37
Slika 30. <i>Parterni transporter „Cometto“ u svom prirodnom okruženju</i>	38
Slika 31. <i>Dijagram položaja težišta tereta</i>	39
Slika 32. <i>Postojeće radionice u brodogradilištu</i>	41
Slika 33. <i>Novi raspored strojeva za oblikovanje limova i profila</i>	42
Slika 34. <i>Slobodne površine u brodogradilištu</i>	44
Slika 35. <i>Nove hale unutar brodogradilišta</i>	45
Slika 36. <i>Položaj i širina vrata hale I</i>	49
Slika 37. <i>Raspored radnih površina unutar hale I</i>	50
Slika 38. <i>Shema izrade blokova</i>	53
Slika 39. <i>Shema izrade blokova na površini radionice</i>	53
Slika 40. <i>Ukrupnjeni blok donjeg dijela pramca – blok 41</i>	54
Slika 41. <i>Sekcija 403</i>	55
Slika 42. <i>Ukrupnjeni element 400</i>	56
Slika 43. <i>Ukrupnjena sekcija SU 401</i>	56
Slika 44. <i>Ukrupnjena sekcija SU 402</i>	57
Slika 45. <i>Pramčana sekcija 4011</i>	57
Slika 46. <i>Pramčana sekcija 4012</i>	58

Slika 47. <i>Pramčana sekcija 4021</i>	58
Slika 48. <i>Pramčana sekcija 4022 – bulb</i>	59
Slika 49. <i>Blok 301</i>	60
Slika 50. <i>Ukrupnjena sekcija dvodna skladišta SU 301</i>	60
Slika 51. <i>Ukrupnjena sekcija dvoboka i druge palube SU 312</i>	61
Slika 52. <i>Sekcija dvodna 3011</i>	62
Slika 53. <i>Sekcija dvodna 3012</i>	62
Slika 54. <i>Sekcija 3121</i>	63
Slika 55. <i>Sekcija 3122</i>	63
Slika 56. <i>Aparat za zavarivanje MIG postupkom</i>	65
Slika 57. <i>Konzolni nosač dodavača žice</i>	66
Slika 58. <i>Tok materijala unutar hale I</i>	68
Slika 59. <i>Položaj dizalice u hali I</i>	69
Slika 60. <i>Položaj i širina vrata hale J</i>	71
Slika 61. <i>Raspored radnih površina unutar hale J</i>	72
Slika 62. <i>Početne faze ukрупnjavanja blokova</i>	75
Slika 63. <i>Završne faze ukрупnjavanja blokova</i>	76
Slika 64. <i>Blok treće palube sa dvobokom – blok 301</i>	77
Slika 65. <i>Sastavni dijelovi bloka 301</i>	78
Slika 66. <i>Treća paluba bloka 301</i>	78
Slika 67. <i>Dvobok bloka 301</i>	79
Slika 68. <i>Hidraulički podupirač</i>	80
Slika 69. <i>Poluautomatski uređaj za zavarivanje EPP postupkom</i>	81
Slika 70. <i>Tok materijala u hali J</i>	82

Popis tablica

Tablica 1. <i>Proizvodni program 2007. i prvu polovicu 2008. godine</i>	3
Tablica 2. <i>Proizvodni program za 2009. i 2010. godinu</i>	4
Tablica 3. <i>Podaci o brodu za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera</i>	5
Tablica 4. <i>Podaci o brodu za iskopanje morskog dna</i>	7
Tablica 5. <i>Podaci o sekcijama krme i pramca</i>	9
Tablica 6. <i>Dimenzijska ograničenja linije predobrade</i>	16
Tablica 7. <i>Oprema radionice preobrade i obrade</i>	18
Tablica 8. <i>Parametri limova</i>	22
Tablica 9. <i>Uređaji za oblikovanje limova i profila</i>	26
Tablica 10. <i>Oprema radionice F antikorozivne zaštite</i>	33
Tablica 11. <i>Dimenzije F hala</i>	33
Tablica 12. <i>Dimenzije protočne hale</i>	34
Tablica 13. <i>Dimenzije navoza</i>	35
Tablica 14. <i>Dizalice uz navoz</i>	35
Tablica 15. <i>Karakteristike parternog transportera</i>	39
Tablica 16. <i>Dozvoljeni pomak težišta tereta</i>	40
Tablica 17. <i>Dimenzije novih radionica</i>	45
Tablica 18. <i>Udio masa pojedinih grupa u ukupnoj masi čelika trupa</i>	48
Tablica 19. <i>Ulazni elementi hale I</i>	52
Tablica 20. <i>Predmontažni elementi bloka 41</i>	55
Tablica 21. <i>Predmontažni elementi bloka 301</i>	59
Tablica 22. <i>Karakteristike uređaja za zavarivanje</i>	66
Tablica 23. <i>Karakteristike dizalica u hali I</i>	69
Tablica 24. <i>Karakteristike novog parternog transportera</i>	70
Tablica 25. <i>Ulazni elementi</i>	75
Tablica 26. <i>Karakteristike poluautomatskog uređaja za zavarivanje EPP postupkom</i>	81
Tablica 27. <i>Karakteristike dizalica u hali J</i>	83

Sažetak diplomskog rada

Prilikom gradnje broda, brodogradilišta pokušavaju maksimano skratiti vrijeme montaže broda na navozu i opremanje broda nakon porinuća. Zbog skraćanja proizvodnog ciklusa u modernoj brodogradnji teži se cjelovitoj izradi, opremanju i antikorozivnoj zaštiti blokova. Ovaj rad daje jedno idejno rješenje organizacije radionica za izradu velikih montažnih blokova.

Nakon kratkog uvoda prikazan je proizvodni program brodogradilišta, kako onaj u poslijednje vrijeme, tako i planirani proizvodni program u skoroj budućnosti. Dani su podaci o karakterističnim gradnjama brodogradilišta, te su prikazane neke od montažnih sekcija.

U poglavlju Proizvodni pogon brodogradilišta opisano je postojeće stanje u brodogradilištu. Prikazan je raspored radionica na površini brodogradilišta, te je opisana svaka važnija radionica sa svojim važnijim karakteristikama. Također je prikazan tok materijala kroz čitav brodograđevni proces. Na kraju poglavlja opisan je teški parterni transporter kojim raspolaže brodogradilište.

U četvrtom poglavlju definirane su slobodne površine unutar brodogradilišta. Tu je navedeno koji se prostori oslobađaju preseljenjem dijela proizvodnje izvan brodogradilišta, te je dan novi raspored strojeva i uređaja kojima su mijenjani položaji unutar radionica. Kada su definirane slobodne površine, određene su dimenzije i položaji novih radionica.

U petom poglavlju prikazano je idejno rješenje proizvodnje u novim radionicama, definirani su potrebni uređaji, tok materijala i potrebna transportna sredstva za rad. U ovom su poglavlju isto tako pokazani blokovi kakvi bi se trebali izrađivati u novim radionicama.

Na kraju, u zaključku, opisane su prednosti koje donose takve radionice, te su opisane mogućnosti koje se otvaraju njihovim radom.

1. Uvod

Brodogradnja je kompleksna grana industrije čiji finalni proizvod, brod, svojom tehnološkom složenosti nadilazi većinu drugih industrijskih proizvoda. Brodograđevnim procesom nazivamo niz postupaka koji se odvijaju u brodogradilištu da bi se na kraju sagradio brod. Karakteristika postupaka brodograđevnog procesa je njihova isprekidanost u tokovima materijala, tako da se taj proces može nazvati isprekidanim ili intermitentnim. Prema [1] brodograđevni proces se dijeli na sljedeće podprocese, koji se mogu prema potrebi dalje dijeliti:

1. Priprema proizvodnje
2. Obrada metalurgije trupa
3. Izrada brodske opreme
4. Predmontaža sekcije trupa
5. Predmontaža sekcije opreme
6. Montaža trupa i porinuća broda
7. Opremanje broda nakon porinuća
8. Finaliziranje i primopredaja broda

Obim pojedinih podprocesa razlikuje se ovisno o tipu brodova koji se izrađuju u pojedinom brodogradilištu.

Ovaj rad razrađuje poboljšanje dijela brodograđevnog procesa brodogradilšta. U brodogradilištu se brodovi grade tako da se trup na navozu montira od predmontažnih sekcija ili nekoliko sekcija spojenih u veće ukupnjene sekcije. U sekcije koje se montiraju na navoze određenim dijelom, koliko je to moguće, predmontirana je oprema broda (cijevi, nosači kablova i sl.). Cilj je u ovom slučaju povećati obim predmontaže sekcija trupa, a samim time i sekcija opreme, kako bi se mogli veći blokovi izrađeni u brodograđevnim radionicama montirati na navozu. Samim preseljenjem izrade blokova u zatvorene brodograđevne radionice povećava se mogućnost korištenja kvalitetnije opreme i samim time se olakšava rad radnicima uz nezanemarivo povećanje kvalitete konačnog proizvoda. Prilikom izrade velikih blokova trupa povećava se mogućnost ugradnje veće količine brodske opreme, što znači da se sada u takve blokove mogu bolje kompletirati montirane cijevne linije, kabelačke staze, te se

može općenito bolje opremiti prostor. Također se smanjuje broj sekcijskih spojeva i interfaza za sve funkcije. U velike blokove mogu se ugrađivati i veći komadi brodske opreme (pumpe, kotlovi, elektromotori i sl.), ovisno o nosivosti odnosno ukupnoj masi bloka. Pri ugradnji opreme veće vrijednosti potrebno je obratiti pozornost je li ta oprema dovoljno zaštićena da ne dođe do njezina oštećenja u kasnijim fazama procesa. Sve te radnje skraćuju kasnije potrebno vrijeme za podprocesse kao što su montaža trupa i opremanje broda nakon porinuća. Da bi se u brodogradilištu mogli izrađivati takvi blokovi potrebno je izgraditi i opremiti nove brodograđevne radionice.

2. Proizvodni program brodogradilišta

Da bi se mogao izraditi projekt brodograđevnih radionica brodogradilišta za izradu blokova potrebno je odrediti proizvodni program brodogradilišta. U tablici 1. dan je pregled brodova koji su izgrađeni u brodogradilištu tijekom 2007. i prve polovice 2008. godine, prema [2].

Tablica 1. *Proizvodni program 2007. i prvu polovicu 2008. godine*

Gradnja	Ime broda	Tip	TDW	God. isporuke
463	Hoegh Delhi	Pure Car Truck Carrier 7000	16 890	2007
466	Opal Leader	Pure Car Truck Carrier 4900	12 162	2007
464	Hoegh Bangkok	Pure Car Truck Carrier 7000	16 630	2007
467	Istra Ace	Pure Car Truck Carrier 4900	12 167	2007
470	Grande Colonia	Car Truck Carrier - 4900	12 292	2007
468	Morning Menad	Car Truck Carrier - 4900	12 165	2007
471	Emerald	Car Truck Carrier	12 163	2008
472	Grande Angola	Ro/Ro Car Truck Carrier	24 800	2008
477	CSCC Shanghai	Car Truck Carrier - 4900	12 200	2008
478	CSCC Tianjin	Car Truck Carrier - 4900	12 200	2008

Analizom gradnji iz 2007. i prve polovice 2008. godine lako se može zaključiti kako se brodogradilište odlučilo na gradnju nešto složenijeg tipa brodova za prijevoz automobila i kaomiona. Iz tog usmjerenja brodogradilišta može se izdvojiti gradnja 472, Grande Angola, brod koji osim što ima mogućnost prijevoza automobila i kamiona, može prevoziti i kontejnere. Takav brod korak je više prema odluci brodogradilišta da u skorij budućnosti gradi sve sofisticiranije i tehnički zahtjevnije brodove.

2.1. **Proizvodni program za 2009. i 2010. godinu**

Proizvodni program brodogradilišta za 2009. i 2010. godinu prikazan je u tablici 2. U tablici su navedeni tipovi brodova, masa čelika za pojedini tip i broj planiranih komada za izgradnju, prema [2].

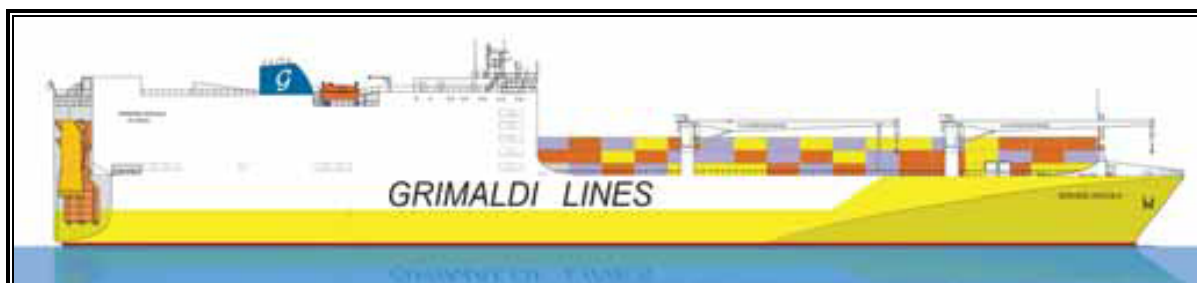
Tablica 2. *Proizvodni program za 2009. i 2010. godinu*

Tip	Masa čelika [t]	Komada
Ro/Ro Car Truck Carrier	11 600	4
Cutter Suction Dredger	5 000	4
Livestock Carrier	8 500	1
Wagon Carrier	2 500	3
$\Sigma =$	82 400	12

Kako je vidljivo iz gornje tablice brodogradilište će u sljedeće dvije godine izgraditi dvanaest brodova ukupne mase čelika 82 400 tona, što znači 42 200 tona godišnje. Osim već navedenog broda za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera, biti će tu brodovi za iskopavanje morskog dna, prijevoz žive stoke i prijevoz željezničkih vagona.

2.1.1. **Osnovni podaci o karakterističnim gradnjama**

U ovom će poglavlju biti dani osnovni podaci o karakterističnim tipovima brodova koji će se graditi u sljedeće dvije godine, također će biti dan njihov prikaz. Biti će prikazani tip broda, Ro/Ro Car Truck Carrier, slika 1., namijenjen za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera, te tip broda Cutter Suction Dredger, namijenjen za iskopavanje morskog dna.



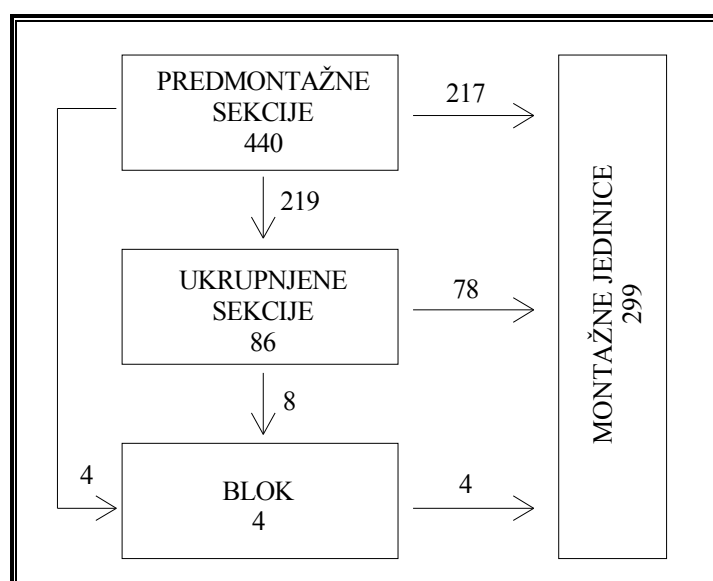
Slika 1. *Brod za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera*

U sljedećoj tablici dani su podaci o brodu za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera, prema [3] i [4].

Tablica 3. Podaci o brodu za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera

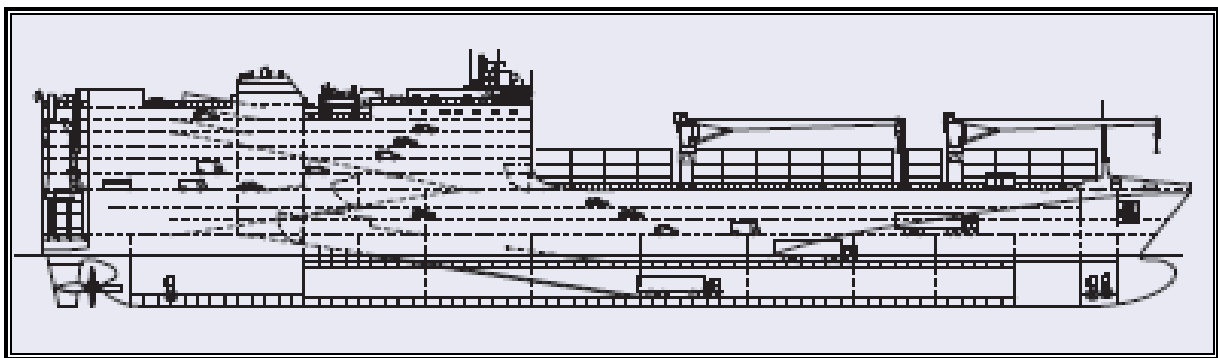
TIP		Ro/Ro Car Truck Carrier
L_{OA}		210,92 m
L_{PP}		196,80 m
B		32,26 m
H		13,35 m
T		9,75 m
Nosivost		24 800 t
Netto masa čelika za trup (planska)		11 600 t
Broj predmontažnih sekcija		440
Broj ukрупnjenih sekcija		86
Broj ukрупnjenih blokova		4
Broj montažnih jedinica (bez pod. paluba)		299
Prosječna jedinična masa	montažna sekcija	37,54 t
	ukрупnjena sekcija	61,65 t
	predmontažna sekcija	26,36 t
	blokova	108,25 t
Kapacitet	površina garaže	~ 38 000 m ²
	broj automobila (4,125 x 1,550)	~ 3 260
	broj kontejnera (TEU)	~ 1 320
	duljina staze (3 m)	~ 3 950 m

U tablici su prikazani podaci o glavnim dimenzijama broda, a navedena je i njegova nosivost. U tablici je navedena i planska masa sekcija, koja je dobivena tijekom projektiranja broda. Broj predmontažnih sekcija je ukupan broj sekcija koje se izrade prilikom gradnje ovakvog broda. Ukрупnjene sekcije nastaju spajanjem dvije ili više sekcija, dok se blokovi izrađuju od ukрупnjenih i predmontažnih sekcija.

**Slika 2.** Dijagram toka izrade montažnih jedinica (gr. 472)

Slikom 2. prikazan je tok izrade montažnih jedinica broda za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera. Vidljivo je da se 299 montažnih jedinica sastoji od 217 predmontažnih sekcija, 78 ukрупnjenih sekcija i četiri bloka. Od ukupno 440 predmontažnih sekcija 219 ih se koristi za izradu 86 ukрупnjenih sekcija, a četiri za izradu blokova. Uz četiri predmontažne sekcije, za izradu četiri bloka koristi se i osam ukрупnjenih sekcija.

Navedeni su u tablici 3. i podaci koji se odnose se na prosječnu težinu sekcija i blokova. Kako ovaj brod prevozi komadni teret, navedeni su i podaci o količini tereta koji je moguće prevesti.



Slika 3. *Uzdužni presjek broda za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera*

Slika 3. prikazuje mogućnosti ukrcanja tereta na brod. Kamioni se mogu ukrcavati na pokrov dvodna, na drugu i na treću palubu. Četvrta i peta paluba su podizne palube, te se na njima mogu ukrcavati automobili, što znači da se tada na treću palubu mogu ukrcavati automobili, ali ne i kamioni. Na treću se palubu također mogu ukrcavati i kontejneri kada su podizne palubice u gornjem položaju. Na trećoj palubi se mogu prevoziti kamioni kada se četvrta paluba zakvači za petu palubu, koja tada nosi automobile. Otvorena šesta paluba služi da se na njoj prevoze kontejneri. Na ostalim palubama (sedma do jedanaesta) prevoze se automobili.



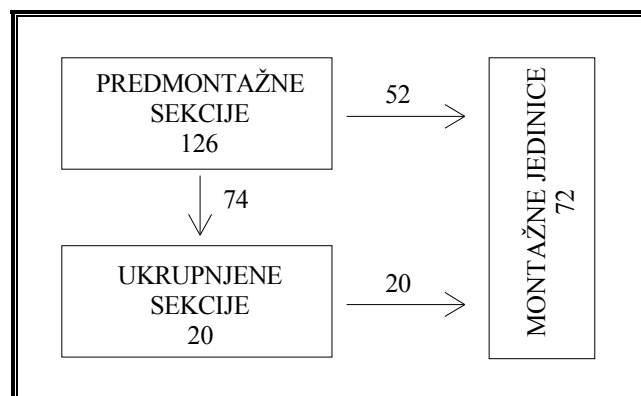
Slika 4. *Brod za iskopavanje morskog dna*

Slikom 4. prikazan je brod za iskopavanje morskog dna. Na pramcu su vidljivi piloni koji služe kao oslonac broda za vrijeme rada, dok se na krmi nalazi ruka kopača za iskopavanje i ukrcaj morskog dna. U tablici 4. dani su osnovni podaci o brodu za iskopavanje morskog dna, prema [5].

Tablica 4. *Podaci o brodu za iskopanje morskog dna*

TIP		Cutter Suction Dredger
L_{OA}		138,50 m
L_{PP}		110,50 m
B		26,00 m
H		8,80 m
T		5,50 m
Netto masa čelika za trup (planska)		5000 t
Broj predmontažnih sekcija		126
Broj ukрупnjenih sekcija		20
Broj montažnih sekcija		72
Prosječna jedinična masa	montažna sekcija	68,49 t
	ukрупnjena sekcija	103,29 t
	predmontažna sekcija	39,68 t

U tablici 4. dani su podaci o dimenzijama broda za iskopavanje morskog dna, podatak o planskoj masi trupa broda, te podaci o sekcijama broda. Sljedećom slikom prikazan je tok izrade montažnih jedinica.



Slika 5. *Dijagram toka izrade montažnih jedinica (gr. 480)*

Slikom 5. prikazan je tok izrade montažnih jedinica broda za iskopavanje morskog dna. Vidljivo je da se 72 montažne jedinice sastoje od 52 predmontažne sekcije i 20 ukрупnjenih sekcija. Od ukupno 126 predmontažnih sekcija 74 ih se koristi za izradu 20 ukрупnjenih sekcija.

Predviđeni proizvodni program brodogradilišta prilikom izrade idejnog projekta brodograđevnih radionica sastojati će se od šest brodova za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera godišnje. Takva godišnja proizvodnja je maksimalna koja se očekuje u budućnosti, te samim time, ako radionica svojim karakteristikama zadovoljava takav proizvodni program, neće biti problema sa proizvodnim programom koji će zahtijevati manju proizvodnju po količini crne metalurgije i dimenzijama sekcija trupa.

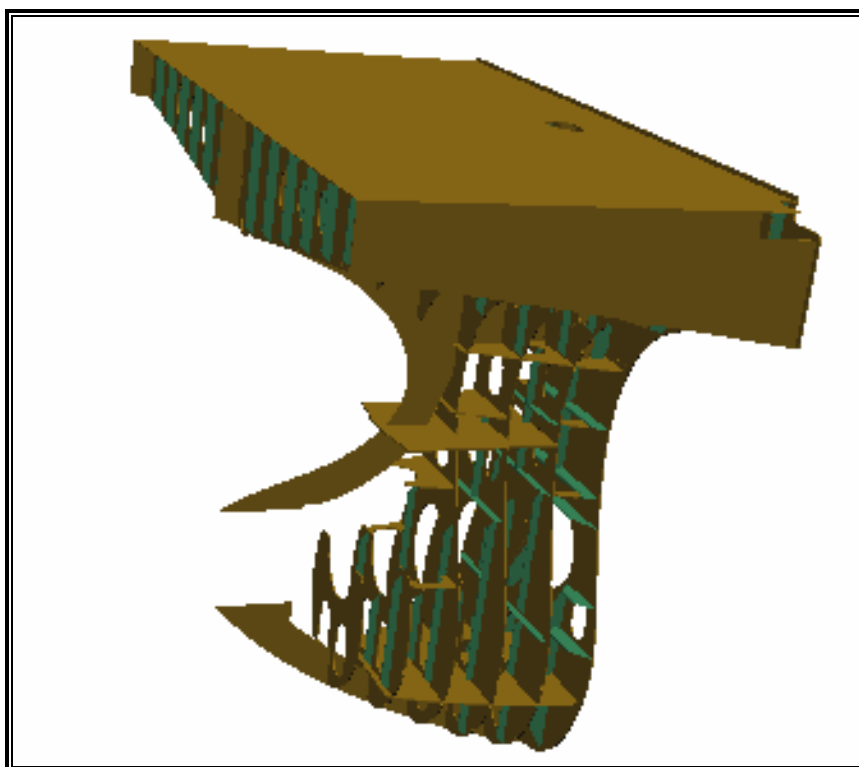
2.2. Karakteristične sekcije

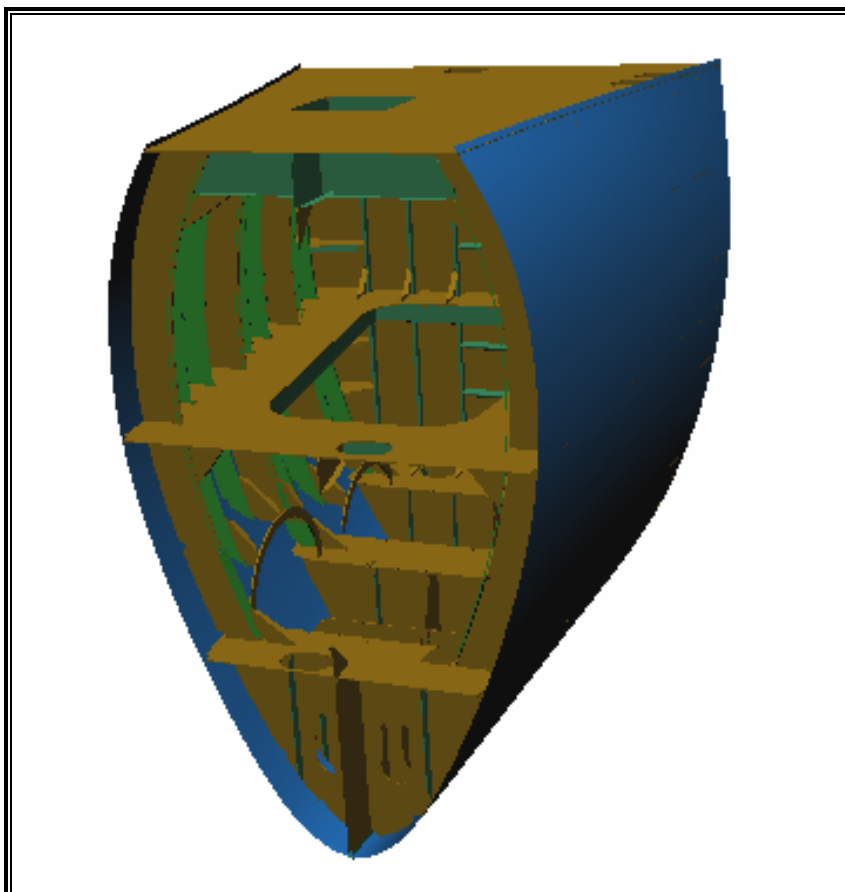
Kako je prikazano u tablici 3, brod za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera sastoji se od 299 montažnih jedinica. Predmontažne sekcije podijeljene su u grupe, pri čemu svaka grupa pripada pojedinom makroprostoru broda. Tako se razlikuju grupe koje pripadaju krmi, strojarnici, teretnom prostoru, pramcu i nadgrađu broda. Razlike u veličini i masi tih sekcija uvjetuju i razliku u složenosti postupka njihove montaže. Zakrivljene sekcije krme i pramca zahtijevaju dulji vremenski period za izradu zbog složenosti strukture tih dijelova broda i samog oblika sekcija. Uz to te sekcije traže veliku preciznost pri montaži. Tablica 5. prikazuje neke podatke o tim karakterističnim grupama sekcija, prema [3].

Tablica 5. *Podaci o sekcijama krme i pramca*

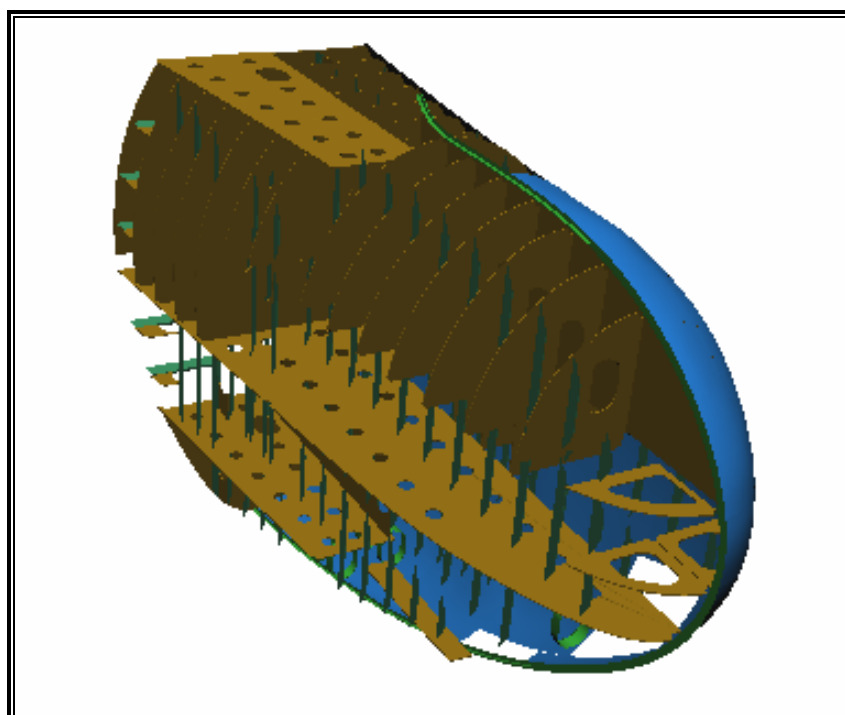
Br. grupe	Naziv grupe	Rebra	Br. sekcija	Dimenzije [m] X x Y x Z	Radionička masa [t]
101	Krma - dolje	R. 9 - 17	1	5,2 x 9,6 x 9,6	60
401	Pramac - dolje	R. 230 - 239	2	6,6 x 6,2 x 8,4	47
402	Pramac - dolje	R. 240 - 256	2	10,4 x 4,7 x 8	75

U tablici 5. dani su podaci o položaju sekcija po duljini broda, njihove dimenzije i radionička masa. Kako je prikazano u gornjoj tablici grupa 101, slika 6., predstavlja jednu predmontažnu sekciju te se tako i montira na navozu. To je sekcija koja sadrži statvenu cijev što je svrstava u grupu vrlo složenih sekcija. Grupe 401 i 402, slika 7. i slika 8., sastoje se od po dvije sekcije. Dvije sekcije iste grupe se međusobno ukрупnjuju u ukрупnjene sekcije SU 401 i SU 402, te se kao ukрупnjene sekcije montiraju na navozu. Ove sekcije su vrlo složene. SU 401 sadrži prostore za pramčane porivnike, dok je SU 402 pramčani bulb sa vrlo složenom strukturom.

**Slika 6.** *Grupa 101 (bez dijela vanjske oplata)*

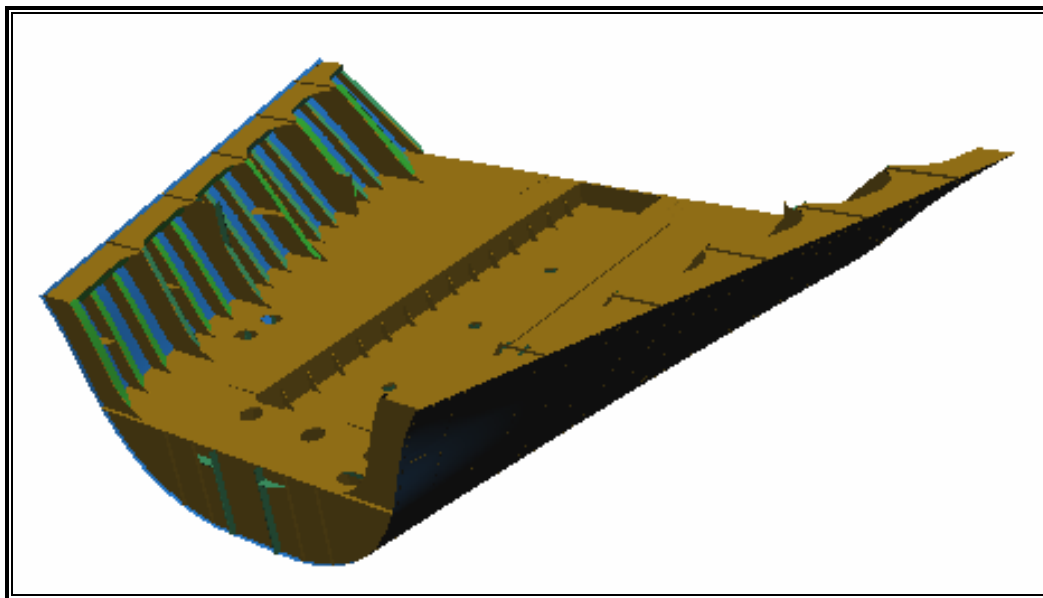


Slika 7. *Grupa 401*



Slika 8. *Grupa 402 (bez dijela vanjske oplata)*

Osim krme i pramca, zakrivljene su sekcije dvodna. Najsloženije od tih sekcija su sekcije dvodna strojarnice. Zbog složenosti strukture na tom dijelu broda te sekcije se ističu svojom masom. Posebno se ističe grupa 202, sekcija čija masa iznosi 106 tona. Ta sekcija prikazana je slikom 9.



Slika 9. *Grupa 202, dvodno strojarnice*

3. Proizvodni pogon brodogradilišta

Proizvodno postrojenje brodogradilišta sastoji se od niza radionica koje se nalaze u zatvorenim objektima, ali isto tako i od radnih površina koje se nalaze na otvorenom. U blizini radionica nalazi se i skladište crne metalurgije. Uz radne površine tu se nalaze transportni putevi kojima se transportira materijal u različitim fazama procesa. Unutar postrojenja također je potrebno odrediti i površine na kojima će se odlagati obrađeni materijal, tj. međuskladišta. Kako bi brodograđevni proces funkcionirao vrlo je važno taj proces isplanirati i organizirati u svim njegovim dijelovima. Na slici 10. prikazano je proizvodno postrojenje brodogradilišta gdje se vidi skladište crne metalurgije, radionice obrade, predmontaže, antikorozivne zaštite i navozi.

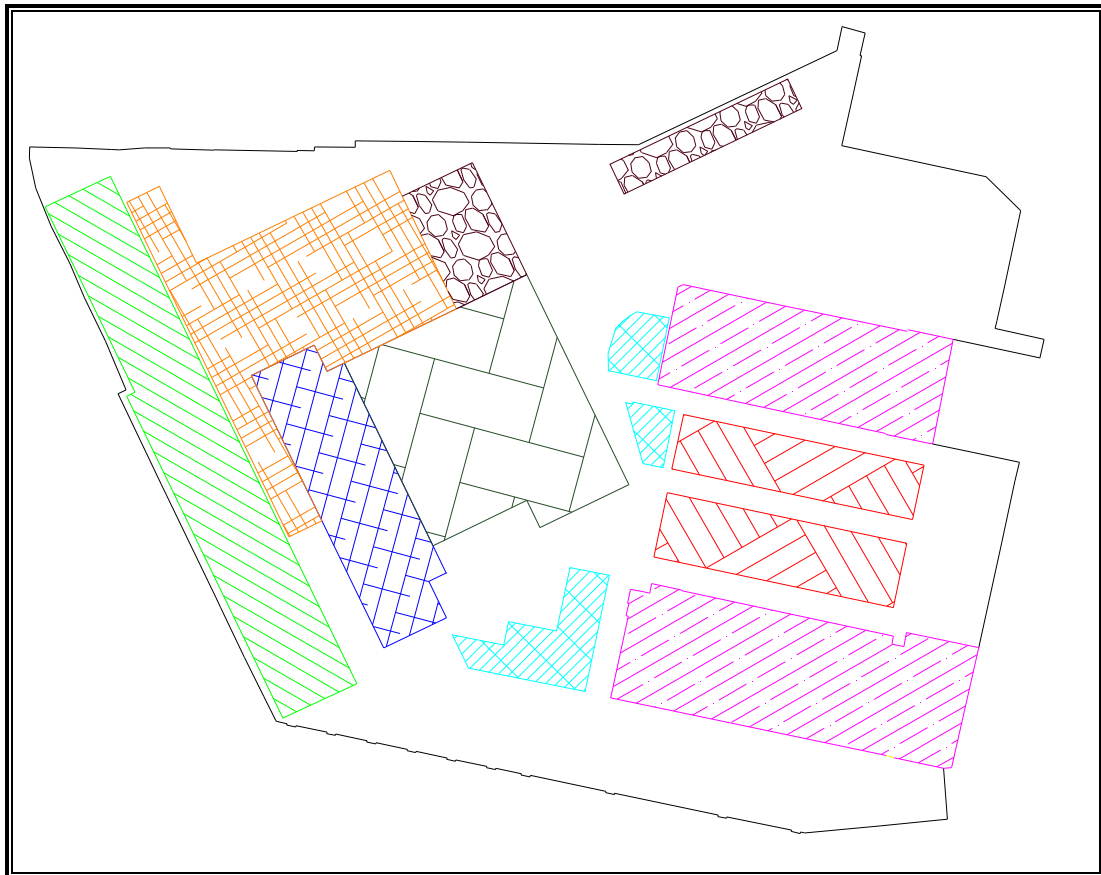


Slika 10. *Proizvodni pogon brodogradilišta*

U ovom poglavlju biti će opisan sadašnji razmještaj radnih prostora u postrojenju brodogradilišta, strojevi koji se u njima nalaze, proizvodne linije, tokovi materijala i transportna sredstva. Slikom 11. prikazan je razmještaj važnijih površina proizvodnog postrojenja brodogradilišta.









3.1. Brodograđevne radionice

Na slici 11. vidljivo su označeni različiti radni prostori na površini brodogradilišta, koje se nalazi na otoku.



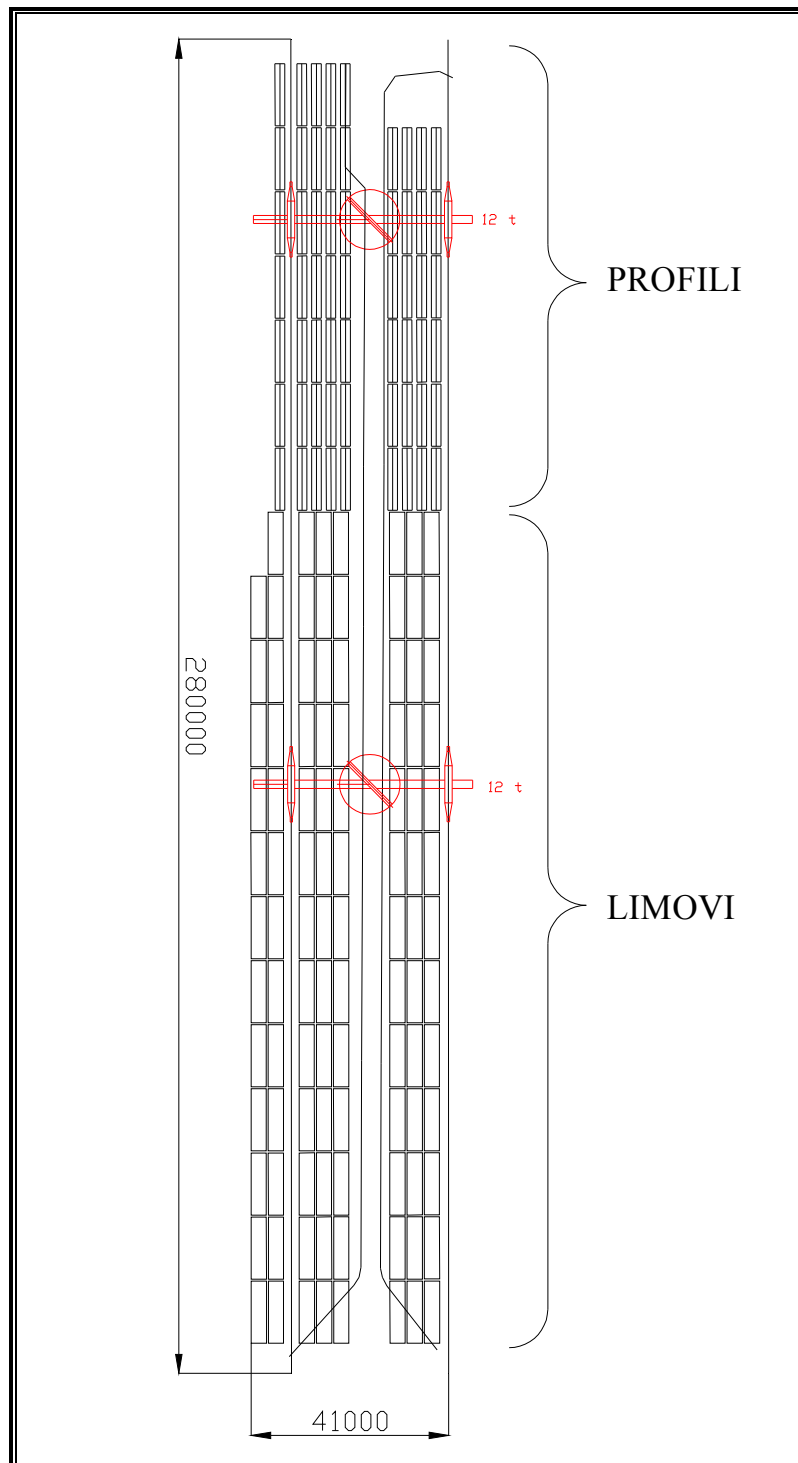
Slika 11. Radne površine brodogradilišta

Može se razlikovati sljedeće prostore sa slike 11.:

-  - skladište crne metalurgije
-  - radionice predobrade i obrade crne metalurgije
-  - panel linija
-  - mala predmontaža i oblikovanje limova i profila
-  - predmontaža
-  - platforme za ukрупnjavanje sekcija
-  - hale za antikoroziivnu zaštitu
-  - navozi

3.1.1. Skladište crne metalurgije

Skladište crne metalurgije, prikazano slikom 12., ima dimenzije 280 x 41 m, i površinu približno 11500 m². Dio površine namijenjen je za skladištenje limova, a dio za skladištenje profila.

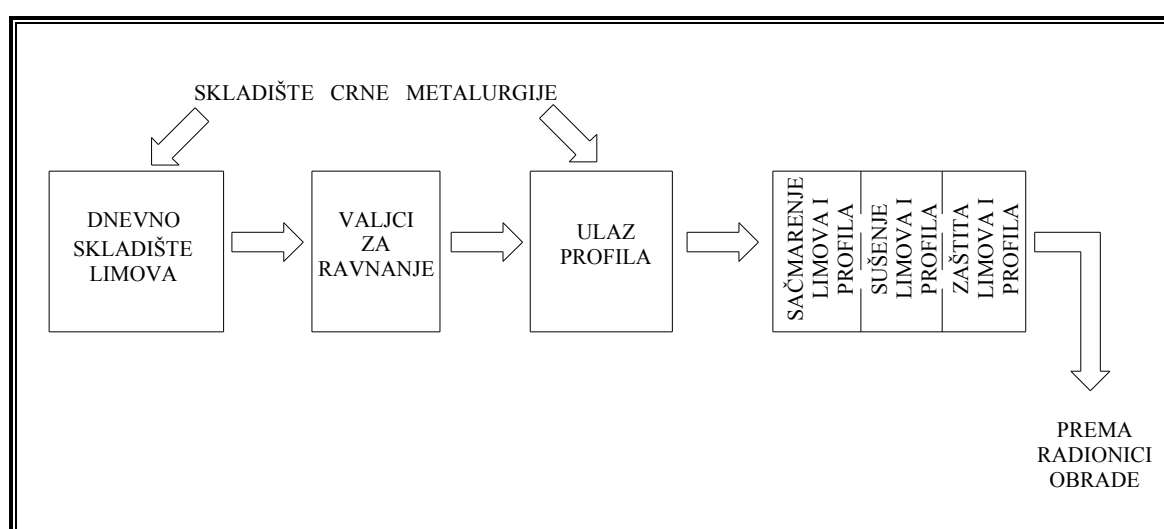


Slika 12. *Skladište crne metalurgije*

Slikom 12. prikazan je raspored slaganja hrpa limova i kupova profila na skladištu. Materijal se na skladište doprema brodovima ili željeznicom. Prilikom dopreme brodovima, materijal se sa broda iskrcava uz pomoć plovne dizalice nosivosti 120 t na dohvat dvije portalne dizalice, kojima se materijal dalje slaže na kupove. Prilikom dopreme materijala željeznicom, vagoni se dovoze na dohvat dizalica pomoću kojih se obavlja istovar limova i profila. Kao što je na slici 12. vidljivo sav transport limova i profila na skladištu obavlja se dvijema portalnim magnetnim dizalicama sa prepustom, svaka nosivosti dvanaest tona. Između kupova limova i profila ostavljen je slobodan prostor za potrebu prolaza sredstava parternog transporta.

3.1.2. Radionica obrade crne metalurgije

Ova radionica se dijeli na prostor predobrade materijala, te prostor njegove obrade. Materijal koji je skladišten na skladištu i izložen vanjskim vremenskim utjecajima mora proći fazu predobrade. Na skladištenim limovima i profilima mogu se javiti razni oblici neravnina i deformiranosti koji kasnije mogu stvarati probleme tokom predmontaže i montaže. Da bi se to izbjeglo limovi se ravnaju prolaskom između valjaka. Slijedeći korak u fazi predobrade je sačmarenje limova i profila. Tim postupkom se sa limova i profila skidaju nepoželjne nečistoće i valjaonička kora. Nakon sačmarenja limovi i profili zaštićuju se antikorozivnim premazom. Takvi zaštićeni limovi i profili spremni su za fazu obrade.



Slika 13. Shema preobrade materijala

Slika 13. prikazuje shemu funkcioniranja faze predobrade materijala. Dnevne potrebe limova sortiraju se i slažu na dnevnom skladištu pomoću dizalica. Pomoću sustava valjčastih staza i valjčastog konvejera limovi sa dnevnog skladišta postavljaju se na valjčastu stazu onim redoslijedom kojim se i obrađuju tako da limovi koji završe predobradu mogu odmah ići u obradu tim redoslijedom. Valjčastom stazom limovi odlaze do valjaka za ravnjanje. Iza valjaka za ravnjanje nalazi se prostor sa kojeg se pomoću valjčastog konvejera profili posloženi prema redu obrade prebacuju na valjčastu stazu. Tom valjčastom stazom ravnani limovi i profili transportiraju se prema uređaju za sačmarenje. Prije uređaja za sačmarenje limovi i profili prolaze kroz uređaj za predgrijavanje. Razlog što se limovi predgrijavaju je povećanje koeficijenta trenja zbog lakšeg skidanja valjaoničke kore. Uređaj za sačmarenje djeluje na limove i profile sa gornje i donje strane istovremeno tako da ih nije potrebno okretati već oni samo nastavljaju po valjčastoj stazi prema sljedećem uređaju za bojanje. Nakon bojanja limovi i profili ponovno se suše, toplinom iz komore za predgrijavanje. Zaštićeni limovi i profili valjčastom stazom odlaze prema radionici obrade. Valjčasta staza opremljena je poprečnom rampom i okretnim stolom pomoću kojih limovi ulaze u radionicu za obradu materijala.

Tablica 6. *Dimenzijska ograničenja linije predobrade*

materijal	veličina	iznos
limovi	max. širina	3200 mm
	max. debljina	50 mm
	min. debljina	4 mm
profili	max. visina profila	350 mm
	min. duljina elementa	2400 mm
	max. masa	1180 kg/m

Tablica 6. prikazuje dimenzijska ograničenja koja se moraju poštovati prilikom predobrade materijala. Ograničenja su proizašla iz tehnoloških karakteristika uređaja.

Profili se označavaju i režu na dva robota. Porezani i označeni profili valjčastom stazom odvoze se od robota do mjesta gdje ih se sa staza skida i odlaže na međuskладиšte pomoću mosne dizalice nosivosti deset tona. Profili se na međuskладиštu sortiraju i slažu na palete na kojima se transportiraju prema radionicama predmontaže.



Slika 15. *Međuskладиšte profila*

Slika 15. prikazuje međuskладиšte profila. Na slici se u prvom planu vidi i valjčasta staza pomoću koje se limovi i profili odvoze prema radionicama predmontaže, dok se u daljini vidi dizalica iznad međuskладиšta profila.

Tablica 7. *Oprema radionice preobrade i obrade*

Radonica	Oprema	Karakteristika
Predobrada	valjčasta staza	- širina: 3200 mm - okretni stol
	valjci za ravanjanje	- pet valjaka
	uređaji za sušenje	- brzina: ~ 3,0 m/min
	uređaj za sačmarenje	- količina sačme: 280 kg/min - brzina sačme: 80 m/s
	uređaj za bojanje	- limovi: 2,5 – 3,5 m/min - profili: 2,0 – 2,5 m/min

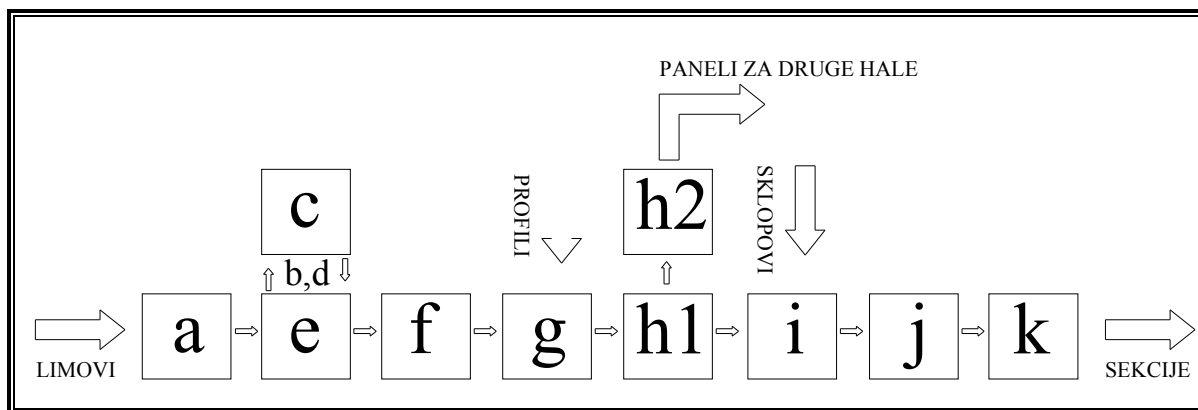
Obrada	valjačasta staza	- širina: 3200 mm - okretni stol - poprečna rampa
	plazma rezačica (3x)	- dvije glave - širina: 8000 mm - duljina: 30000 mm
	oxy – fuel omnimat 8000	- dvije glave - širina: 8000 mm - duljina: 32000 mm
	robot za rezanje profila	- oxy - plasma / oxy
	dizalice	- 12 t (2x) - 5 t (2x) - 10 t

U tablici 7. navedena je oprema radionice za predobradu i obradu crne metalurgije sa svojim važnijim karakteristikama.

3.1.3. Panel linija

Proizvodnja na panel liniji organizirana je pomoću taktova tako da je u jedan takt svrstano nekoliko operacija, a proizvod se kreće od mjesta jedne na mjesto sljedeće operacije. Kod takvog načina organizacije rada u pojedinom taktu ograničen je broj radnji što omogućuje visoku specijalizaciju ljudi uz korištenje specijaliziranog alata i transportnih sredstava. Zbog potrebe za kontinuiranim pomacima proizvoda vremensko trajanje svakog takta mora biti jednako. Da bi taktna proizvodnja bila ekonomična potrebno je proizvoditi velike serije tehnološki sličnih proizvoda kakvih se može naći u strukturi broskog trupa, ili taktna linija mora imati mogućnost proizvodnje međusobno sličnih proizvoda prema:

- veličini, obliku i konturi
- zakrivljenju površine lima
- izvedbi ukrepljenja lima



Slika 16. Shema panel linije

Slikom 16. prikazana je shema rada panel linije, strelicama su prikazani tokovi materijala, dok su slovima označeni taktovi ove proizvodne linije. U daljnjem je tekstu opisan rad panel linije prema [6].

a) *pozicioniranje i zavarivanje prve strane limova panela*

Pojedinačni limovi panela dopremaju se valjčastom stazom, te se zatim lančastim konvejerom i valjcima pozicioniraju. Nakon što su pozicionirani limove je potrebno pripojiti, a nakon toga i zavariti automatom. Nakon što su zavarena prva dva lima panel je potrebno pomaknuti za širinu jednog lima te ponoviti postupak pripajanja i zavarivanja za svaki sljedeći spoj. Opločenje panela se najčešće sastoji od četiri lima. Kada su zavareni svi spojevi, opločenje je potrebno pomaknuti na sljedeću poziciju pomoću podnog transporta.

b) *preokretanje panela*

Opločenje je potrebno pozicionirati na uređaj za njegovo preokretanje. Pozicionirano opločenje se podigne te rotacijom od 180° preokrenuto spusti na prostor označen slovom c na slici 15. Prilikom zavarivanja opločenja s druge strane, pozicija označena slovom e ostaje slobodna.

c) *zavarivanje druge strane limova panela*

Ovaj takt služi zavarivanju opločenja panela s druge strane, korištenjem klasičnog EPP postupka zavarivanja automatima. Prije zavarivanja potrebno je očistiti prostor zavara od neželjenih nečistoća.

d) *preokretanje panela*

Ponavlja se postupak pod b), te se panel vraća u položaj u kojem je bio prije preokretanja.

e) *rotiranje panela*

Rotiraju se oni paneli na koje dolaze ukrepe okomite na šavove opločenja. Okretanje se vrši pomoću instalirane podne transportne opreme.

f) *pozicioniranje, sačmarenje, trasiranje i obrezivanje panela*

Podnim transportom dopremi se zavareno opločenje panela na poziciju iznad koje se nalazi portalna izvedba stroja za sačmarenje i trasiranje položaja ukrepa, te se nakon toga opločenje panela obrezuje na točne dimenzije.

g) *montaža uzdužnih ukrepa i pripajanje*

Podnim transportom opločenje se dovodi ispod portalnog uređaja koji je opremljen opremom potrebnom za postavljanje i pripajanje uzdužnih ukrepa. Portal pomoću magneta uzima profile iz palete, te ga pozicionira na trasiranu oznaku. Pomoću hidrauličkih pritiskivača profil se pritisne uz limove i nakon toga pripoji. Procedura se ponovi za sve profile. Sljedeća slika prikazuje uređaj za montažu uzdužnih ukrepa.



Slika 17. *Uređaj za montažu i pripajanje ukrepa*

Na slici 17. vidljive su uzdužne ukrepe sortirane na paleti, te hidraulični cilindri koji služe za pritiskanje ukrepa uz lim.

h) zavarivanje uzdužnih ukrepa

Ovaj takt služi za zavarivanje pripojenih ukrepa. Ukrepe se zavaruju istovremeno sa obje strane EPP postupkom. Paneli koji se koriste za izradu sekcija na panel liniji nastavljaju put po liniji prema sljedećoj poziciji, a paneli koji se koriste u drugim halama kompletiraju se na poziciji *h2*, te ih se sa te pozicije transportira izvan hale.

i) montaža i pripajanje poprečnih okvira

U ovom se taktu na panel montiraju sklopovi male predmontaže i pojedinačni elementi korištenjem dizalica u hali. Kada je moguće koristi se portal za montažu okvira.

j) zavarivanje poprečnih okvira

Panel se transportira na poziciju ispod portala koji na sebi ima montiranu pojedinačnu opremu za zavarivanje pomoću koje se zavaruje kompletna struktura sekcije.

k) završna faza izrade sekcije

Sekcija se dalje prenosi na prostor gdje se kompletira. Sekcija se također pregledava, te se vrše potrebni popravci.

Tablica 8. *Parametri limova*

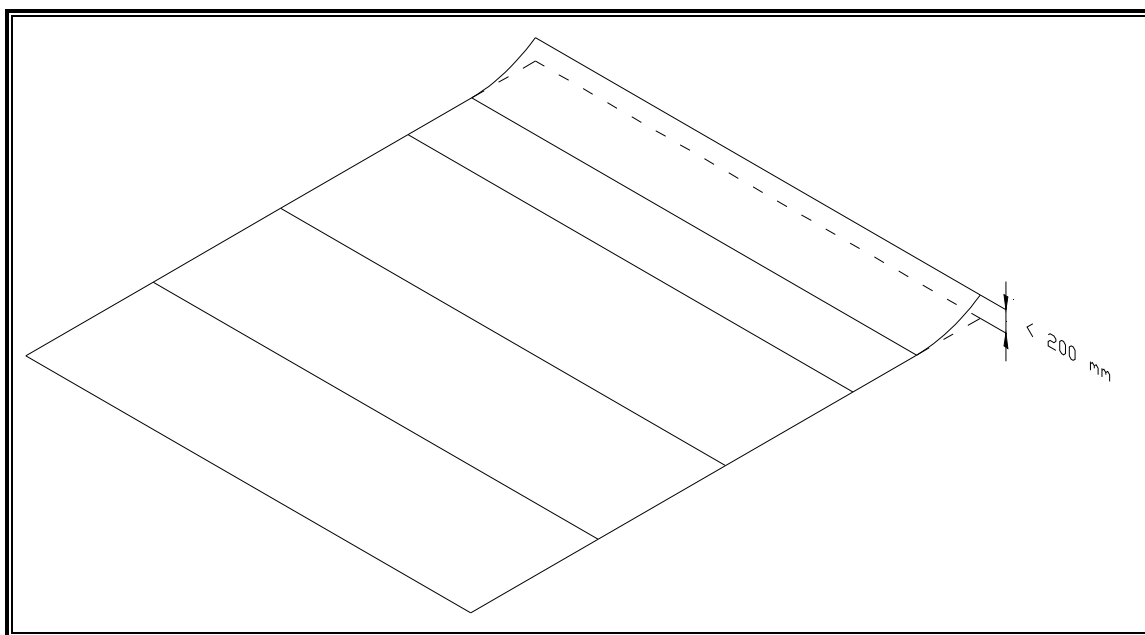
dimenzija	min.	max.
duljina [mm]	4000	13000
širina [mm]	1600	3150
debljina [mm]	5	30
max. masa [kg]	10000	

U tablici 8. navedene su minimalne i maksimalne dimenzije limova opločenja koji se mogu spajati na prvom taktu. Minimalna širina zahtijevana je rasporedom samopodiznih valjaka koji pozicioniraju lim na liniju zavarivanja. Ograničenje po duljini definirano je razmakom staza lančastih konvejera, te zahtjevom da lim mora biti na referentnoj liniji i nadmjerom od 500 mm za osiguranje zahvata transportnog mehanizma. Minimalna i maksimalna debljina lima ograničene su karakteristikama uređaja za zavarivanje koji se nalaze na portalu. Također je dana maksimalna masa lima koja se može transportirati.

Minimalni panel ima duljinu 4000 mm, a širinu 6000 mm. Minimalne dimenzije panela definirane su pozicioniranjem električno pogonjenih kotača za okretanje panela. Maksimalne dimenzije panela ovise o smjeru ukrepa panela u odnosu na smjer zavora. Ako su ukrepe panela paralelne sa šavovima, tada su maksimalne dimenzije panela 13000 x 16000 mm, što je definirano mogućnostima naprave za preokretanje panela. Kada su ukrepe panela

okomite na šavove, panel ima maksimalne dimenzije 11000 x 11000 mm, što je ograničeno poljem za rotaciju panela, na kojem se može rotirati panel maksimalno tih dimenzija.

Maksimalna masa panela od stanice zavarivanja opločenja, do stanice zavarivanja ukrepa panela iznosi 35 t. To je maksimalna masa panela kojeg je moguće prokrenuti na napravi za prokretanje panela. Nakon stanice zavarivanja ukrepa maksimalna masa panela iznosi 150 t. Tih 150 tona se bazira na maksimalnoj nosivosti hidrauličkog transportera sekcija, koji svojom stazom (šinama) pokriva transport na prijelazu panel linije u završnu fazu izrade sekcija (h1 → i).

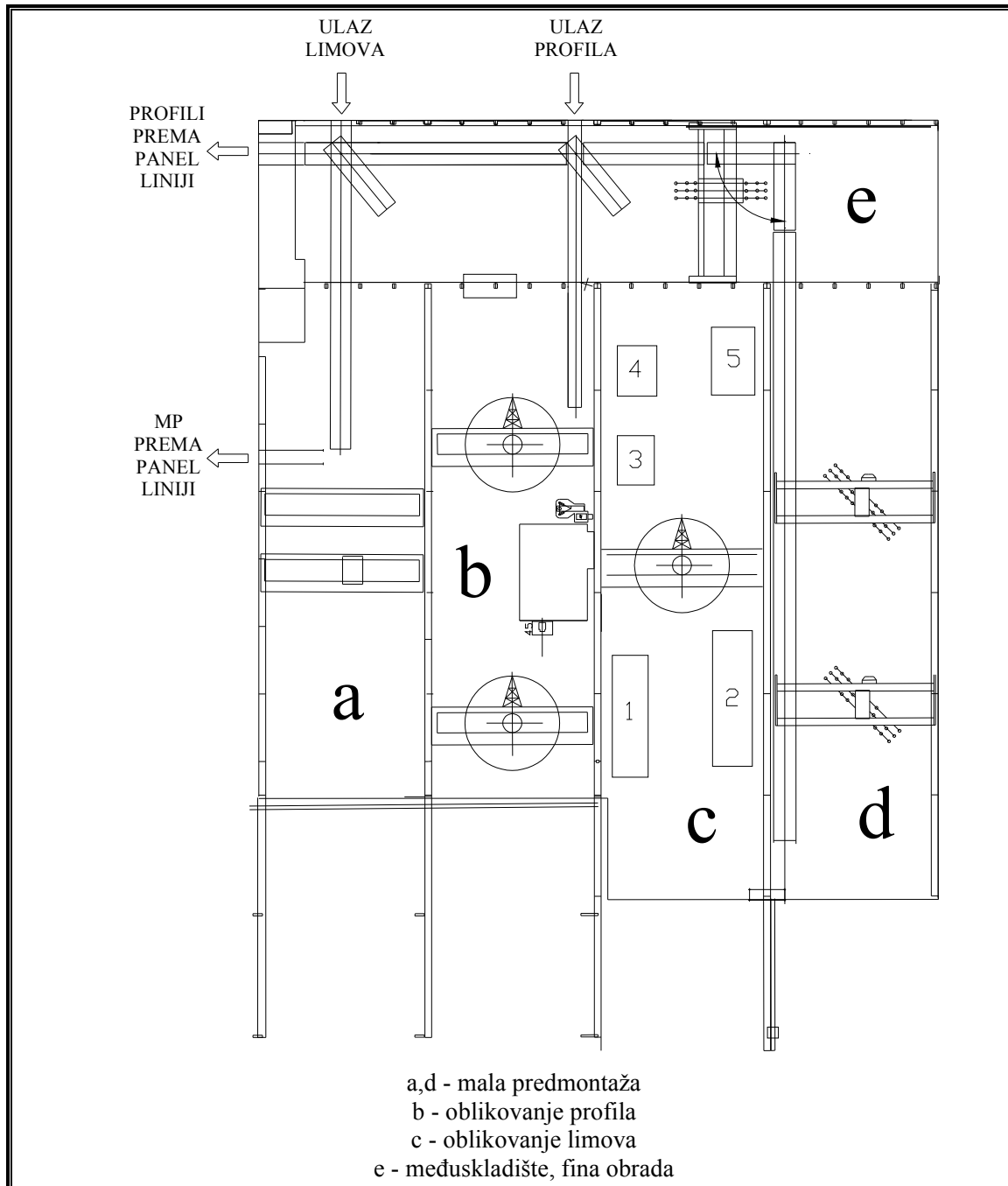


Slika 18. *Zakrivljeno opločenje panela*

Slika 18. prikazuje opločenje panela kod kojeg je jedan lim zakrivljen. Maksimalno dopušteno zakrivljenje lima kod takvog panela, mjereno u vertikalnoj ravnini, iznosi 200 mm.

3.1.4. Mala predmontaža i oblikovanje limova i profila

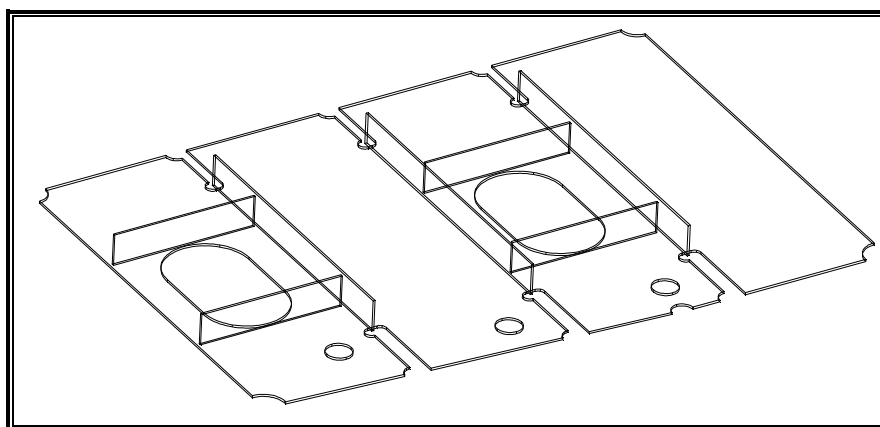
Radionice predmontaže i oblikovanja nalaze se uz radionicu obrade, te su vrlo dobro povezane sa tom radionicom pomoću valjčastih staza. Na sljedećoj slici prikazan je raspored radnih površina radionice.



Slika 19. Radionica male predmontaže i oblikovanje limova i profila

Slikom 19. prikazan je raspored radnih površina i strojeva u ovoj radionici. Osim toga na slici su označena mjesta ulaza i izlaza materijala koji se obrađuje u radionici. Limovi i profili u radionicu ulaze pomoću valjčastih staza. Na isti način se profili transportiraju prema panel liniji (najčešće izravno iz radionice obrade), dok se sklopovi male predmontaže prema panel liniji transportiraju pomoću kolica na šinama. Na slici je vidljivo da je valjčasta staza opremljena sa tri okretna stola koja omogućuju dopremanje materijala u lađe radionice. Za daljnji transport materijala po lađama koriste se mosne dizalice. Prema ostalim radionicama predmontaže elementi se iz ove radionice transportiraju pomoću traktora i prikolica.

Kako je i na slici 19 vidljivo, radionica je podijeljena na pet lađa, četiri uzdužne (označene slovima *a, b c i d*) i jednu poprečnu lađu (označenu slovom *e*). Dio radionice koji je namijenjen maloj predmontaži su lađe *a i d*.



Slika 20. *Sklop male predmontaže*

Slikom 20. prikazan je jedan od sklopova koji se izrađuju u lađi *a*, gdje se izrađuju ravni sklopovi male predmontaže manjih dimenzija, dok se u lađi *d* izrađuju elementi male predmontaže većih dimenzija. Radionica male predmontaže ustvari je velika radna površina na koju se dizalicom postavljaju limovi sklopova. Na svakom je limu označen položaj profila koji se na njega zavaruje, kao i oznaka profila. Profili se dizalicom dopreme sa valjčaste staze u blizinu limova, te se ručno postavljaju na određene pozicije. Prilikom postavljanja na pozicije profile se privaruje. Radionica je opremljena aparatima za ručno elektrolučno zavarivanje pomoću kojih zavarivači zavaruju profile. Radionica u lađi *d* opremljena je i paluautomatskim uređajem za zavarivanje EPP postupkom. Taj uređaj koristi se pri zavarivanju ukrepa većih duljina i dimenzija. Obje su lađe opremljene priključcima za druge energente; kisik, acetilen, komprimirani zrak. Gotovi elementi male predmontaže slažu se u

palette koje se pomoću kolica na šinama prevoze prema panel liniji, ili pomoću traktora i prikolica prema ostalim radionicama predmontaže. Elementi koji su namjenjeni za sekcije koje se izrađuju na panel liniji rade se uglavnom u lađi *a*, dok se elementi za ostale radionice izrađuju u lađi *d*. Obje lađe opremljene su dvjema magnetnim mosnim dizalicama nosivosti šest tona.

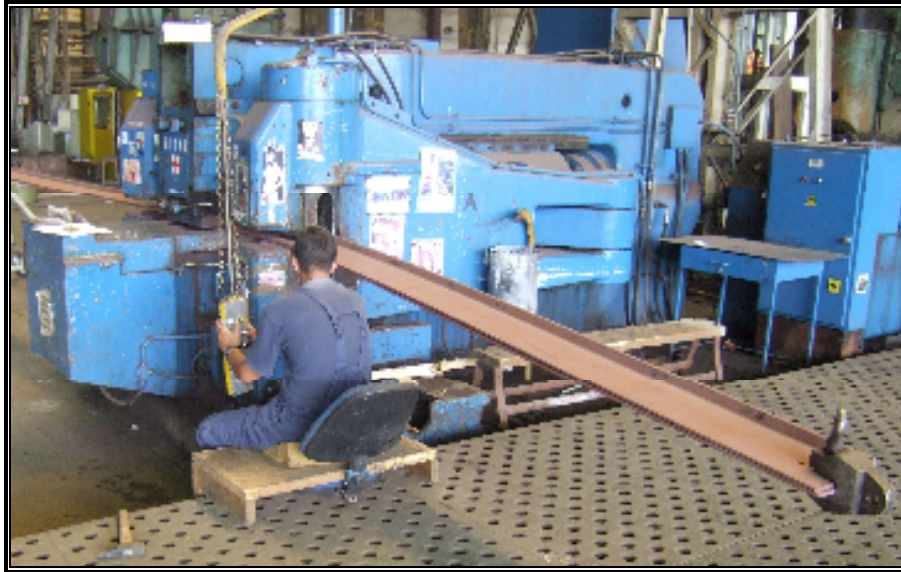
Lađa *e* služi kao međuskladište sastavljenih T profila. Također se u tom dijelu radionice fino obrađuju elementi koji to zahtijevaju, a odnosi se na pripremu oštih rubova za antikorozivnu zaštitu.

Preostale dvije lađe koriste se za oblikovanje limova, lađa *c*, i profila, lađa *b*. Te su lađe opremljene specijaliziranim uređajima za oblikovanje nabrojanim u sljedećoj tablici.

Tablica 9. *Uređaji za oblikovanje limova i profila*

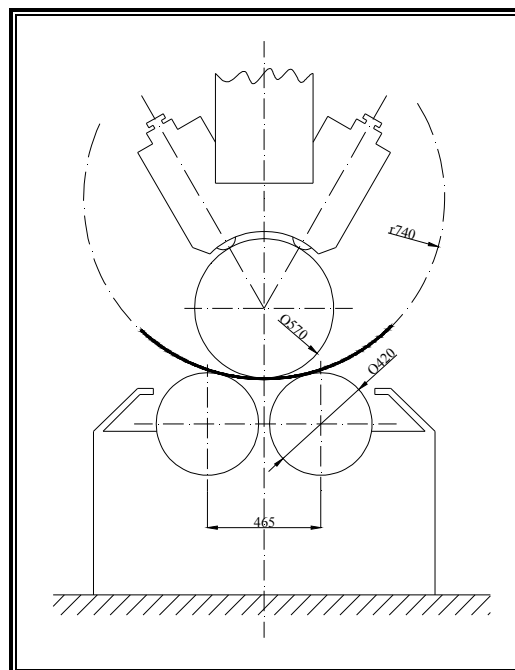
oblikovanje	uređaj
profila	valjci za savijanje
	preša za profile
limova	valjci za savijanje
	velika preša
	mala preša
	velika G preša
	mala G preša

Kao što je navedeno u tablici 9. uređaji koji se koriste pri savijanju profila su valjci za savijanje koji se koriste pri savijanju traka u ravnini okomitoj na ravninu struka, kontinuiranim prolaskom traka između valjaka. Drugi uređaj je preša za oblikovanje profila kojom se oblikuju HP i TZ profili u ravnini struka, prikazana slikom 21. Na slici je vidljivo kako se istovremeno mogu savijati dva zrcalno simetrična HP profila. Preša radi tako da se pomoću dva vertikalno postavljena hidraulična pritiskivača učvrste profili, te tada na njih u horizontalnoj ravnini djeluje treći cilindar koji svojim djelovanjem savija profile. Na slici 21. je također moguće vidjeti dio platforme koja služi za kontrolu oblika i dimenzija savijenih profila. Oblik se kontrolira uspoređivanjem savijenog profila sa linijom povučenom na platformi. Duljine profila koji se savijaju iznose do 13000 mm. Profili se u radionici dopremaju valjčastom stazom. Za transport materijala unutar lađe koriste se dvije mosne dizalice, svaka nosivosti šest tona. Transport savijenih profila prema radionicama predmontaže obavlja se pomoću traktora i prikolica.



Slika 21. Preša za oblikovanje profila

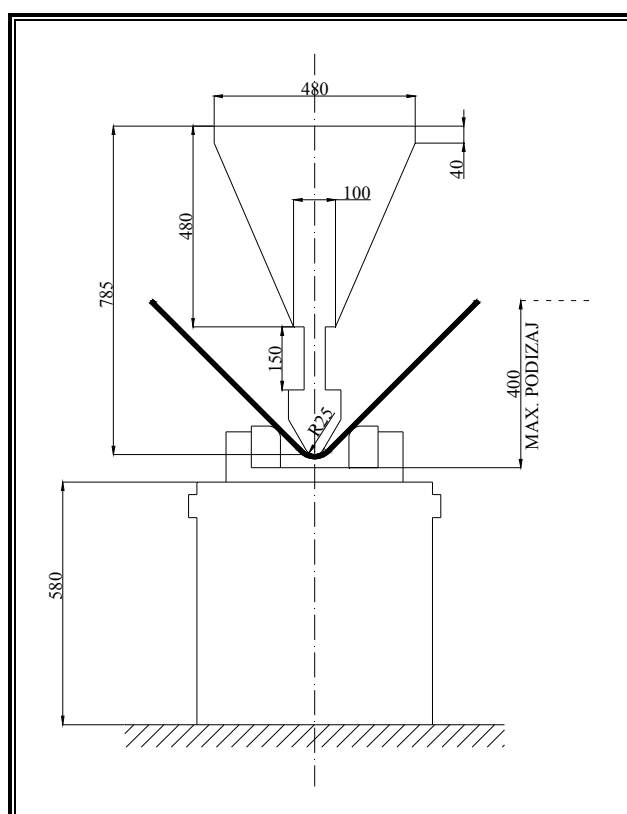
U tablici 9. nabrojani su uređaji koji se koriste za oblikovanje limova. Njihov raspored unutar lađe prikazan je na slici 19. gdje su ti uređaji označeni brojevima od jedan do pet. Istim redosljedom navedeni su u tablici 9.



Slika 22. Poprečni presjek valjaka za savijanje limova

Slikom 22. prikazan je uređaj pomoću kojeg se savijaju limovi. Sila kojom ovaj uređaj pritišće lim iznosi 180 tona. Donji valjci su nepomični, dok je gornji pomičan u vertikalnoj

ravnini. Ovi valjci za savijanje imaju mogućnost savijanja lima u jednom smjeru ili konusnog savijanja lima što omogućuje vertikalno pomicanje gornjeg valjka na samo jednom njegovom kraju. Maksimalna duljina lima koji se savija pomoću ovih valjaka iznosi 10500 mm, dok je maksimalna debljina lima 54 mm. Pri maksimalnoj debljini, duljina lima može biti do 1000 mm, dok za maksimalnu duljinu savijanja, debljina lima može biti do 17 mm. Te se dimenzije odnose na obični brodograđevni čelik, a za čelike povišene čvrstoće, debljine limova se smanjuju. Kontrola oblika savijenih limova obavlja se drvenim šablonama, vizirima. Za dopremanje limova do uređaja, i njihov transport prema međuskладиštu koristi se mosna dizalica nosivosti šest tona.



Slika 23. *Poprečni presjek velike preše za savijanje limova*

Slikom 23. prikazan je poprečni presjek velike preše kojom se limovi mogu savijati i prirubljivati, mogu se izraditi nabori na limu, a uz primjenu odgovarajućih oblika gornjih i donjih alata moguće je izraditi valovite stijene nadgrađa. Sila kojom ovaj uređaj djeluje na lim je 1200 t. Za limove duljine 1 – 2 m, sila se mora smanjiti na 300 t, dok za limove duljine 2 – 3 m, silu je potrebno smanjiti na 600 t. Maksimalna duljina lima, za obični brodograđevni čelik, iznosi 12200 mm za debljine do 37 mm. U slučaju da je lim kraći, debljina lima može biti čak do 64 mm. Te vrijednosti vrijede za maksimalnu širinu kalupa koja iznosi 495 mm.

Smanjenjem širine kalupa smanjuje se i maksimalna debljina lima. Ispred ove preše postavljena su kolica na tračnicama, na koja se postavlja lim koji je potrebno oblikovati pomoću mosne dizalice, te koja omogućuju približavanje lima ka stroju. Također je stroj opremljen vlastitom dizalicom na konzoli pogonjenom elektromotorom koja se koristi kao pomoć pri manipuliranju limom.

Osim što se na njoj oblikuju limovi manjih dimenzija, mala preša ima iste mogućnosti oblikovanja kao i velika. Ova je preša opremljena sa dvije elektromotorne dizalice postavljene na konzolne nosače pomoću kojih se manipulira limovima tijekom oblikovanja. Oblici savijenog lima nakon oblikovanja na maloj i velikoj preši kontrolira se pomoću drvenih dvodimenzionalnih šablona.

Pomoću dvije G preše moguće je postići gotovo svaki potrebni oblik lima. Prilikom oblikovanja lima ovim prešama lim se postavlja na odabrani oblik donjeg alata, dok se na njega djeluje odabranim oblikom gornjeg alata. Gornji alat djeluje na ograničenom području lima, što omogućuje savijanje lima u dva smjera.



Slika 24. *Oblikovanje lima pomoću G preše*

Na slici 24. vidi se lim postavljen na donji alat, dok za to vrijeme na njega djeluje gornji alat. Takav način rada omogućuje djelovanje silom na točno određeno područje na limu, dok preostali dio lima nije pod utjecajem sile.

Premještanje limova i profila unutar radionice za njihovo oblikovanje vrši se pomoću tri mosne dizalice nosivosti po šest tona, od toga dvije u lađi *b*, a jedna u lađi *c*. Transport oblikovanih limova i profila prema radionicama predmontaže obavlja se pomoću traktora i prikolica.

3.1.5. Predmontažne radionice

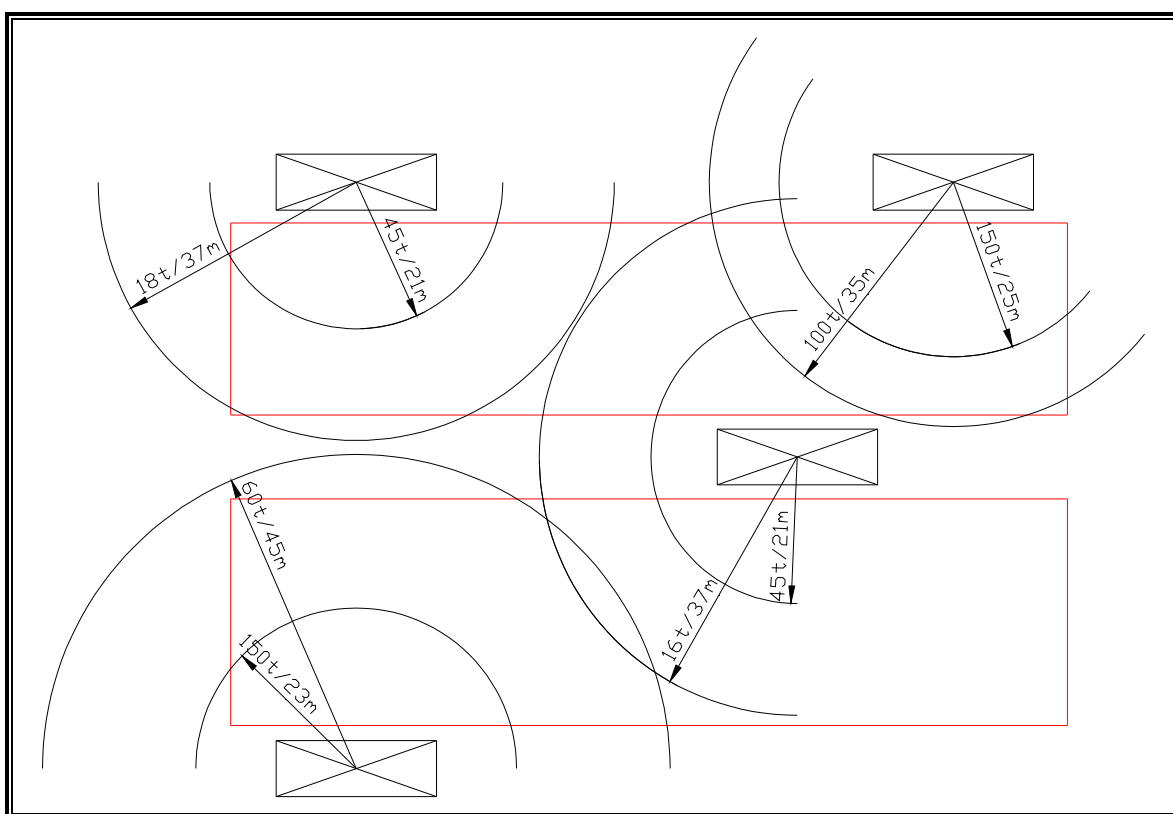
Predmontaža sekcija obavlja se u dvije hale koje su smještene između navoza brodogradilišta. U jednoj od hala izrađuju se zakrivljene sekcije krme, pramca i uzvoja, dok se u drugoj hali izrađuju ravne sekcije. Sklopovi od koji se izrađuju sekcije izrađuju se pak u radionicama male predmontaže i na panel liniji. Paneli se sa panel linije dopremaju pomoću sredstava parternog transporta do dohvata vanjskih dizalica. Dizalice se nalaze između navoza i radionica predmontaže, te jedna dizalica između dvije hale za predmontažu. Kako su hale opremljene pomičnim krovom, pomoću vanjskih dizalica paneli se mogu unijeti u halu. Kroz ulazna vrata jedne od hala prolaze kolica na šinama pomoću kojih se u halu mogu unijeti sklopovi male predmontaže. Sklopovi koji zbog svojih dimenzija ne mogu ući u halu kroz vrata unose se pomoću dizalica kao i paneli.



Slika 25. *Predmontaža sekcije*

Slika 25. prikazuje jednu sekciju boka broda u predmontaži. Vidljivo je na slici da se sekcija nalazi u položaju obrnutom od položaja montaže. Takav položaj sekcije omogućava lakše zavarivanje elemenata koji su u položaju montaže iznad glave. Ova je sekcija postavljena na ravni dio opločenja što olakšava njezinu predmontažu. Zakrivljene sekcije se tokom predmontaže postavljaju na nosače kako bi bile u položaju montaže, ili pak položaju obrnutom od položaja montaže. Na slici se također može primijetiti otvoreni krov hale u pozadini.

Hale predmontaže sekcija opremljene su sa po tri mosne dizalice nosivosti deset tona. Pomoću tih dizalica prenose se elementi male predmontaže, ali i drugi elementi koje je potrebno premjestiti, od mjesta gdje su dopremljeni kolicima ili vanjskim dizalicama, do pozicija gdje će biti ugrađeni u sekcije. Okretanje sekcija vrši se pomoću vanjskih dizalica kroz otvoreni krov hale.



Slika 26. Dohvati dizalica iznad hala predmontaže

Slika 26. pokazuje nosivost vanjskih dizalica obzirom na daljinu dohvata. Iako je maksimalna nosivost jedne dizalice 150 t, radeći u paru dizalice mogu podići i veću masu, čak do 195 t.

Hale za predmontažu opremljene su svim potrebnim uređajima za predmontažu sekcija, kao što su aparati za ručno zavarivanje REL postupkom i MIG postupkom. Hala je opremljena i uređajima za ventilaciju prostora u kojima borave zavarivači prilikom zavarivanja. Kada je to moguće koristi se za zavarivanje poluautomatski uređaj za zavarivanje EPP postupkom.

3.1.6. Ukрупnjavanje sekcija

Ukрупnjavanje sekcija odvija se na otvorenim površinama koje se nalaze u blizini navoza kako bi se mogle koristiti dizalice koje opslužuju navoz. Ukрупnjene sekcije izrađuju se od dvije ili više predmontažnih sekcija koje se međusobno zavaruju.



Slika 27. *Ukрупnjavanje sekcija*

Na slici 27. prikazano je ukрупnjavanje sekcije dvodna i sekcije uzvoja u jednu ukрупnjenu sekciju. Vidljivo je da se sekcije pozicioniraju u položaju montaže, te ih se tada zavaruje. Da bi se pozicionirale sekcije koje se ukрупnjavaju koriste se pomoćne naprave koje zadržavaju sekcije u poziciji u kojoj je moguće zavariti spojeve opločenja i strukturne elemente. Ukрупnjene sekcije bojaju se u halama za antikorozivnu zaštitu.

3.1.7. Antikorozivna zaštita

Antikorozivna zaštita obavlja se u dvije radionice. Jedna radionica podijeljena je u tri hale; F1, F2 i F3, dok je druga radionica protočnog tipa. Radionice su u mogućnosti godišnje zaštititi između 960000 i 1000000 m² površine, od čega 60% otpada na F radionicu, a preostalih 40% na protočnu radionicu. Takav odnos posljedica je različitih karakteristika hala.

Radionica F, podijeljena je tako da se u hali F1 obavlja čišćenje sekcija, dok se u halama F2 i F3 vrši bojanje sekcija. Između tih radionica smjestili su se prostori strojarne i mješaone boja.

Tablica 10. *Oprema radionice F antikorozivne zaštite*

radionica	oprema	kom.
F1	vakumsko povratni uređaj	2
	filter za pročišćavanje zraka	2
	odvajač sitne sačme	1
	tlačni spremnik – 200 l	6
	sušać komprimiranog zraka	2
	mlaznice za pjeskarenje	6
	odvalživač zraka	2
	akvamat	1
F2 i F3	ventilator za pročišćavanje zraka	3
	cirkulaciona pumpa vode	1
	izmjenjivač topline	1
	sapnice za usmjeravanje zraka	18
	mobilni ventilator	2

U tablici 10. nabrojani su uređaji koji su potrebni da bi se u pojedinim halama odvijale zamišljene operacije. Antikorozivna zaštita sekcija odvija se u halama iza zatvorenih vrata, pri kontroliranim uvjetima.

Tablica 11. *Dimenzije F hala*

dimenzija	iznos [m]
duljina	36
širina	17
visina	17
radna širina	16,2

U tablici 11. navedene su dimenzije za sve tri hale za antikorozivnu zaštitu. Najkritičnija dimenzija hala je njihova širina, koja određuje maksimalnu širinu sekcija koje se mogu izrađivati u predmontaži ili ukрупnjavati. Gledajući duljinu hala može istovremeno primiti dvije sekcije, dok je visina definirana potrebom bolje ventilacije hale. Sekcije se u halu F1, kao i iz te hale u hale F2 i F3 transportiraju na paletama pomoću parternog transportera „Cometto“. Nosivost parternog transportera je 180 t. Pomoću njega sekcije se nakon antikorozivne zaštite odvoze prema navozu ili na međuskladište gdje čekaju montažu. Nedostatak ovakvog tipa hala je ovisnost o vanjskim vremenskim uvjetima prilikom transportiranja sekcija iz hale za pripremu u hale za bojanje.

Protočna hala podijeljena je u dvije radionice, radionicu za pripremu i radionicu za bojanje. Vanjski vremenski uvjeti ne utječu na transport sekcije između ove dvije radionice. Hala je opremljena vlastitim tračnim transporterom što je još jedna velika njezina prednost u odnosu na halu F.

Tablica 12. *Dimenzije protočne hale*

dimenzija	priprema	bojanje
duljina [m]	30	60
širina [m]	16	16
visina [m]	18	18
radna širina [m]	13,2	13,2

Tablica 12. pokazuje dimenzije protočne hale za antikorozivnu zaštitu. Zbog njezine manje širine, sekcije koje se zaštićuju u ovoj hali manje su od onih koje se zaštićuju u F hali. Oprema protočne hale jednaka je opremi F hala što omogućuje jednaku kvalitetu rada ove dvije hale.

3.1.8. Navozi

Montaža trupa broda odvija se na dva navoza. Sekcije se montiraju piramidalnim načinom kako bi se prvo zatvorili brodski prostori u koje je potrebno montirati više opreme. U tablici 12. navedene su približne dimenzije navoza. Dimenzije navoza ograničavaju veličinu brodova koji se mogu na njima graditi.

Tablica 13. *Dimenzije navoza*

dimenzija	navoz 1	navoz 2
duljina [m]	170	140
širina [m]	60	52

Podaci iz tablice 13. su dimenzije mjerene od ruba navoza na vrhu do linije morske razine. Duljina navoza povećava se postavljanjem dijela potklada na površinu navoza ispod razine mora, te postavljanjem platformi ispred navoza.

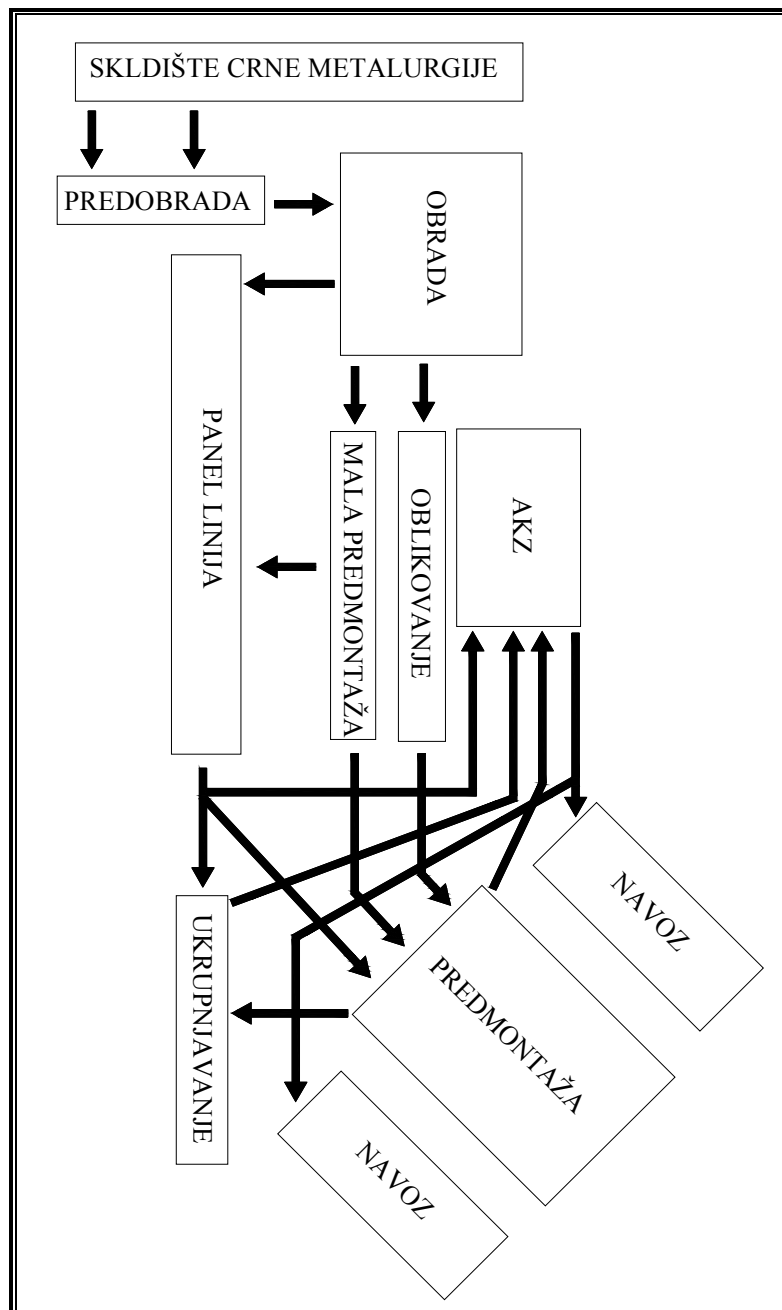
Uz navoz nalaze se okretne dizalice pomoću kojih se montiraju sekcije. Nosivost tih dizalica ograničavajuća je činjenica pri određivanju mase predmontiranih sekcija.

Tablica 14. *Dizalice uz navoz*

navoz	strana	br. dizalica	nosivost / radijus
navoz 1	lijevo	1	200 t / 28 m
			150 t / 35 m
		2	100 t / 52 m
			45 t / 21 m
	desno	1	10 t / 37 m
			150 t / 23 m
navoz 2	lijevo	1	60 t / 45 m
			150 t / 25 m
		2	100 t / 35 m
			45 t / 21 m
	desno	1	18 t / 37 m
			150 t / 25 m
		2	85 t / 40 m
			20 t / 45 m
desno	1	45 t / 21 m	
		18 t / 37 m	

3.2. Tok materijala

Slika 29. prikazuje tok materijala od skladišta crne metalurgije do montaže na navozu. Tok materijala pravilan je do faze predmontaže. Nakon te faze dolazi do presjecanja tokova materijala, što se dobrom organizacijom transporta može riješiti. Strelicama je označen put materijala iz jedne u drugu radionicu. Kao što je na slici vidljivo, materijal se ne vraća na mjesto na kojem je već bio.



Slika 29. Tok materijala u brodograđevnom procesu

3.3. Parterni transporter

Sav transport sekcija od radionica predmontaže i prostora ukрупnjavanja sekcija prema radionicama za antikoroziivnu zaštitu, te transport od radionica antikoroziivne zaštite do navoza i međuskладиšta obojanih sekcija obavlja se pomoću teškog parternog transportera. Pomoću ovog transportera također se odvija premještanje sekcija iz hale F1 za pripremu u hale F2 i F3 za bojanje sekcija.



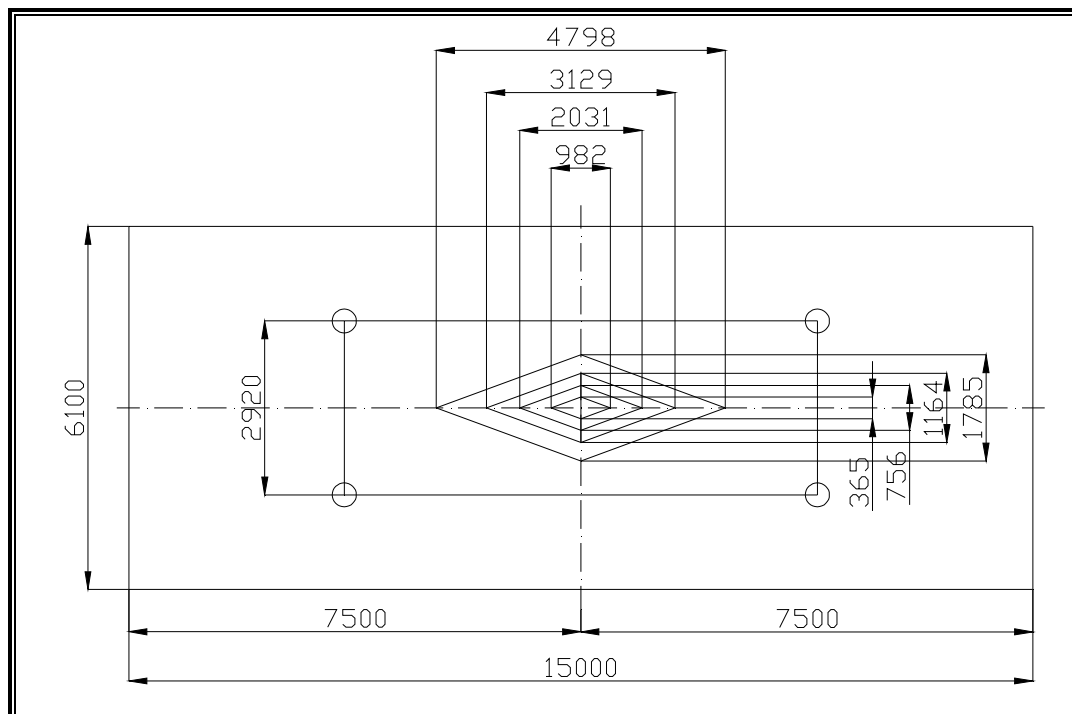
Slika 30. *Parterni transporter „Cometto“ u svom prirodnom okruženju*

Slikom 30. prikazan je parterni transporter „Cometto“ prilikom pripreme prijevoza ukрупnjene sekcije dvodna skladišnog prostora iz radionice antikoroziivne zaštite prema navozu. Na slici se može vidjeti kako transporter vozi sekciju koja je postavljena na specijalno konstruiranu paletu za prijevoz takvih tereta. Transporter je opremljen sa dvije upravljačke kabine, po jedna na svakom kraju vozila, što omogućuje prijevoz tereta u dva smjera bez okretanja. U tablici 15. dane su važnije karakteristike parternog transportera prema [7].

Tablica 15. *Karakteristike parternog transportera*

karakteristika	vrijednost
dužina	15000 mm
širina	6100 mm
min. opterećena visina	1600 mm
radna opterećena visina	1950 mm
max. opterećena visina	2300 mm
broj osovina	8
staza kotača	5600 mm
broj guma	32
vlastita težina	45 t
nosivost	179 t
max. brzina sa teretom	6 km/h
max. brzina bez teretom	15km/h
max. svladiva kosina sa teretom	6%
radijus okretanja	9650 mm

Tablicom 15. dane su dimenzijske i radne karakteristike ovog parternog transportera. Najvažniji podatak je nosivost transportera, koja iznosi 179 t. Treba uzeti u obzir da je masa palete na kojoj se nosi teret jedanaest tona, tako da je maksimalna masa sekcije koju transporter može nositi 168 t.

**Slika 31.** *Dijagram položaja težišta tereta*

Na slici 31., prema [7], prikazani su prostori u obliku romba na platformi tereta transportera iznad kojih se mora nalaziti težište tereta. Nosivost transportera određuje se

ovisno o položaju točke težišta tereta iznad romba. Transporter postiže svoju maksimalnu nosivost samo u slučaju kada težište tereta pada unutar najmanjeg romba. Ako težište pada izvan tog područja, nosivost transportera se smanjuje.

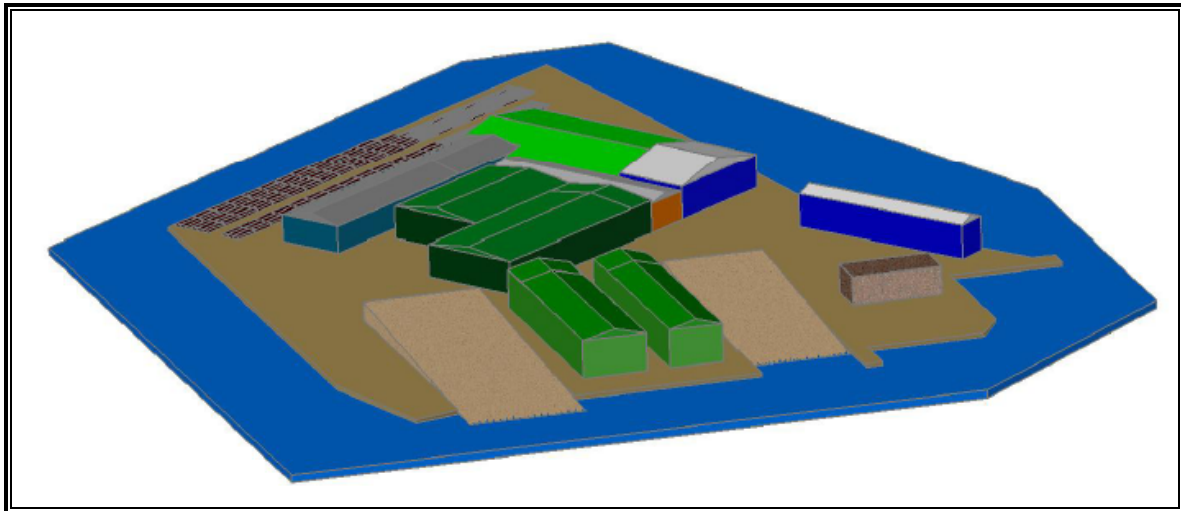
Tablica 16. *Dozvoljeni pomak težišta tereta*

romb	uzdužni pomak [mm]	poprečni pomak [mm]	nosivost [t]
1	491	182,5	179
2	1015,5	378	160
3	1564,5	582	144
4	2399	892,5	125

U tablici 16. navedeni su, prema [7], podaci o dozvoljenom pomaku težišta tereta za određenu nosivost. Rombovi su označeni brojevima od jedan do četiri, od najmanjeg do najvećeg prema slici 31. Ako se želi prevoziti teret mase veće od 160 t, a manje od 179 t, tada njegovo težište mora biti unutar najmanjeg romba, romba jedan. To znači da je dozvoljeni pomak težišta mase tereta od središta platforme tereta u uzdužnom smjeru 491 mm, prema prednjem ili prema stražnjem kraju, dok je dozvoljeni pomak težišta u poprečnom smjeru 182,5 mm, lijevo ili desno od središta platforme. Ako je težište tereta pomaknuto već u uzdužnom smjeru, tada ga nije dozvoljeno pomicati u poprečnom smjeru za maksimalnu dozvoljenu udaljenost, već treba paziti da točka težišta ostane iznad dozvoljenog područja, u ovom slučaju, romba jedan. Ako je masa tereta manja, dozvoljeno pomicanje točke težišta tereta je veće.

4. Definiranje slobodnih prostora

Proizvodni pogon brodogradilišta nalazi se na skučenom prostoru koji onemogućuje izgradnju novih objekata uz već postojeće. Da bi se mogli izgraditi novi objekti potrebno je osloboditi dio površine unutar brodogradilišta.

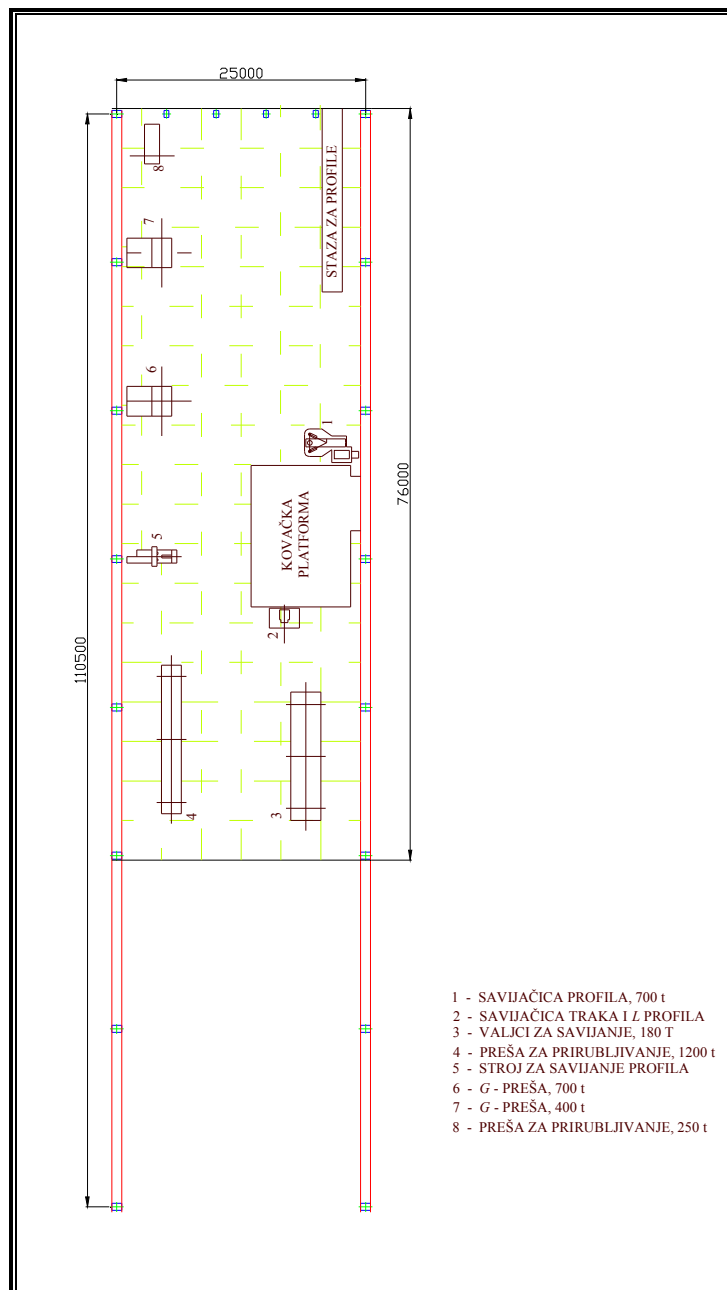


Slika 32. *Postojeće radionice u brodogradilištu*

Slikom 32. prikazane su radionice koje se nalaze unutar brodogradilišta u svojem stvarnom odnosu prema okolini. Vidljivo je da nema slobodnog prostora za izgradnju novih objekata. Zbog oslobađanja prostora brodogradilište je izgradilo pogon za izradu elemenata male predmontaže na lokaciji izvan matičnog brodogradilišta. Premještanjem proizvodnje male predmontaže iz radionica predmontaže dobiven je određeni slobodni prostor, tj. oslobođene su lađe *a* i *d* u radionici za malu predmontažu i oblikovanje limova i profila, slika 19. Kako su te dvije lađe odvojene, potrebno je reorganizirati proizvodnju u toj radionici da bi se dobila veća površina u jednom komadu. U tu svrhu doći će do preseljenja pojedine opreme unutar radionice, te samim time do oslobođenja prostora. Preseljenjem dijela skladišta crne metalurgije na prostor proizvodnog pogona male predmontaže dolazi do smanjenja potrebne površine skladišta tako da će se na tom dijelu proizvodnog pogona također osloboditi dio prostora za izgradnju novih objekata.

4.1. Premještaj strojeva za oblikovanje

Zbog dobivanja veće jedinstvene slobodne površine nužno je preseliti pojedine uređaje za oblikovanje limova na druge pozicije unutar radionice. Oblikovanje limova obavlja se na ukupno pet strojeva, kako je ranije navedeno. Te strojeve potrebno je premjestiti iz lađe *c* u lađu *b*, prema slici 19., pazeći da se ostavi dovoljno prostora za manevriranje limovima i profilima prilikom oblikovanja.

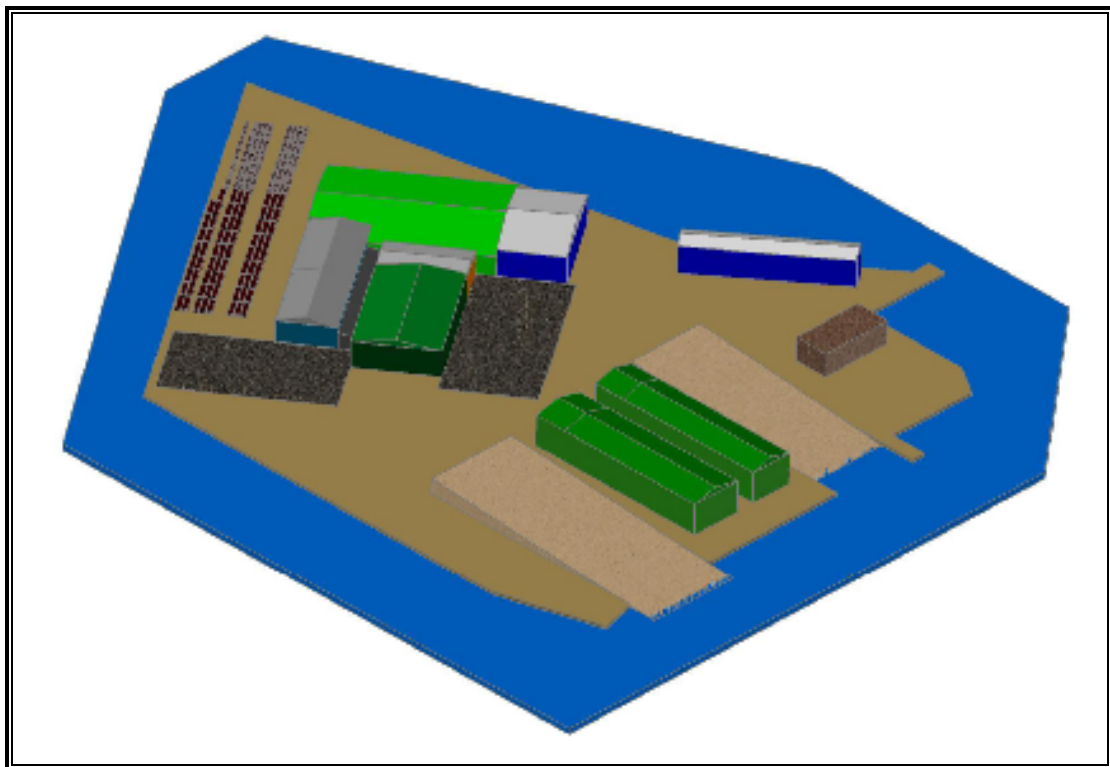


Slika 33. Novi raspored strojeva za oblikovanje limova i profila

Slikom 33. prikazan je novi raspored strojeva za oblikovanje limova i profila, prostor na kojem se nalazi kovačka platforma i mjesto ulaza valjačaste staze po kojoj se dopremaju profili iz radionice obrade. Sada se svi strojevi nalaze u lađi *b* prema slici 19. Na slici su prikazane dimenzije natkrivenog dijela radionice, te je dana duljina staza mosnih dizalica. Kako je vidljivo, staze mosnih dizalica protežu se i izvan hale tako da se dizalicom mogu unijeti elementi koji su odloženi na međuskладиšte ispred hale. Isprekidane linije na slici 33. definiraju površinu radnog prostora oko strojeva zbog potrebe za manipuliranjem elementima većih dimenzija. Linije su međusobno udaljene četiri metra, od rubova lađe također su udaljene četiri metra. Premještanje strojeva iziskuje obavljanje određenih građevinskih radova koje će biti potrebno obaviti zbog utemeljenja teških strojeva. U lađi *a*, prema slici 19, koja je oslobođena izmještanjem male predmontaže, nalaziti će se radni stolovi za rezanje zakrivljenih profila i prostori za odlaganje savijenih profila. Zbog reorganizacije ove radionice, dio valjačaste staze iz lađe *e* će biti uklonjen jer više neće biti potreban.

4.2. Slobodna površina

Preseljenjem male predmontaže na lokaciju izvan matičnog brodogradilišta i reorganizacijom proizvodnje u radionici male predmontaže i oblikovanja limova i profila dobiven je jedinstvena slobodna površina. Na toj površini nalazi se hala koja svojom opremom i rasporedom radnih površina ne zadovoljava uvjete koji se zahtijevaju, te će ona biti srušena i na njezinom mjestu izgrađena nova hala. Osim te površine, preseljenjem dijela skladišta crne metalurgije oslobođena je i površina na tom dijelu brodogradilišta. Obzirom da se skladište crne metalurgije nalazi uz radionicu gdje je smještena panel linija, da bi dobili veću slobodnu površinu dio panel linije iza pozicija h1 i h2, prema slici 16., će biti uklonjen. Na oslobođenoj površini izgraditi će se još jedna nova hala.



Slika 34. Slobodne površine u brodogradilištu

Na slici 34. prikazane su oslobođene površine na prostoru brodogradilišta. Vidljivo je u odnosu na sliku 32. da je oslobođena površina na mjestu gdje se nalazio dio radionice za oblikovanje limova i mala predmontaža (velika zelena hala na slici 32.), te površina na kojoj se nalazio kraj panel linije zajedno sa dijelom skladišta crne metalurgije. Na tim površinama biti će izgrađene nove hale.

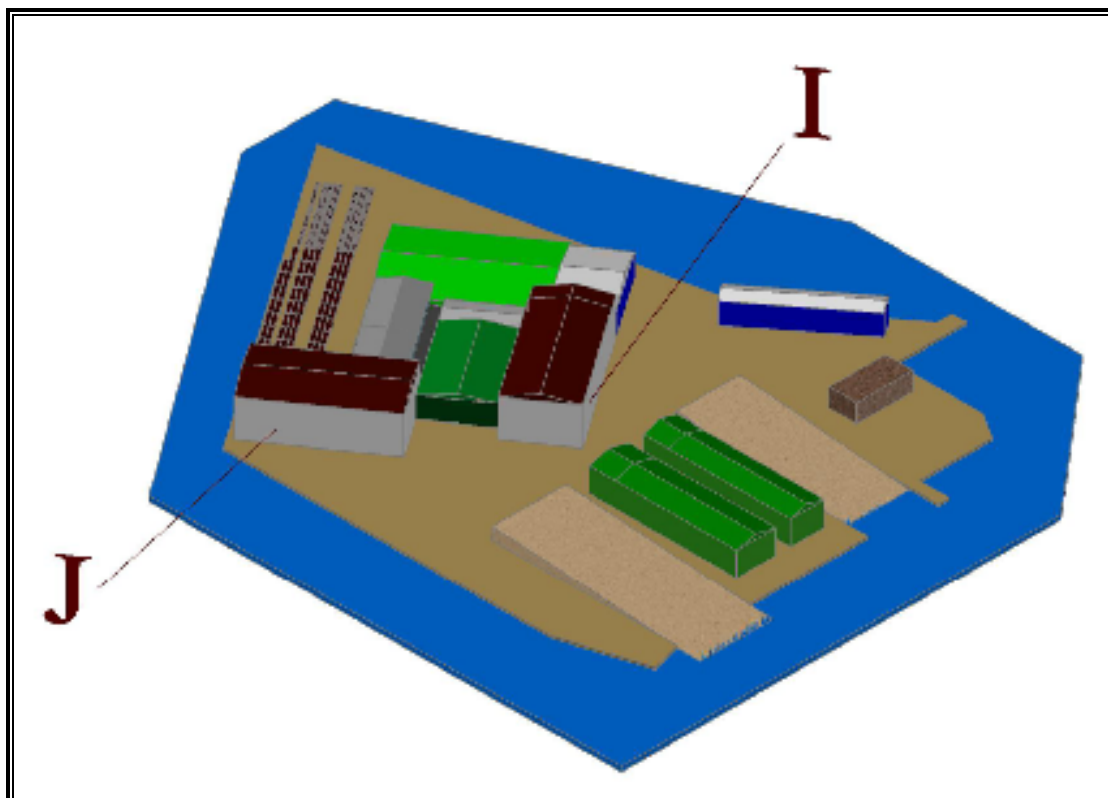
4.3. Nove radionice

U ovom će poglavlju biti definirane dimenzije novih radionica. Radionica na prostoru gdje se prije nalazila mala predmontaža i oblikovanje limova biti će nazvana *Hala I*, dok će se radionica na mjestu gdje je prije bio završetak panel linije i dio skladišta crne metalurgije nazvati *Hala J*.

Tablica 17. *Dimenzije novih radionica*

	hala I	hala J
širina	49 m	55 m
duljina	113 m	103,2 m
visina	35 m	35 m
površina	5537 m ²	5676 m ²

U tablici 17. dane su vanjske dimenzije hala, kao i njihova površina. Dane dimenzije novih hala definirane su prema slobodnom prostoru.



Slika 35. *Nove hale unutar brodogradilišta*

Slikom 35. prikazan je položaj novih hala i njihov odnos prema ostalim radnim površinama i prostorima u brodogradilištu.

Hala I namijenjena je za izgradnju zakrivljenih blokova krme i pramca, te blokova koji će se sastojati od dvodna, dvoboka do druge palube i same druge palube u punoj širini broda. Uz to u ovoj hali izrađivati će se blokovi koji obuhvaćaju prostor strojarnice.

Hala J namijenjena je izgradnji blokova od ravnih sekcija kao što su, dvobok od druge do treće palube sa trećom palubom, oplata boka od treće do šeste palube sa šestom palubom i blokove od kojih će se sastojati nadgrađe broda.

5. Organizacija proizvodnje u novim radionicama

U novim radionicama odvijati će se ukрупnjavanje predmontažnih sekcija u veće montažne jedinice, blokove. Organizacija radionica ovisi o proizvodnom programu brodogradilišta. Kako je navedeno u poglavlju 2., godišnji proizvodni program brodogradilišta sastoji se od šest brodova za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera, što znači 69600 t crne metalurgije godišnje. U ovom će poglavlju biti određene sljedeće karakteristike novih radionica:

- raspored radnih površina
- tokovi materijala
- potrebni strojevi i uređaji
- proizvodne linije
- transportna sredstva

Prilikom definiranja rasporeda radnih površina bit će definirane površine koje će se koristiti kao radne površine, ali isto tako će biti definirane pomoćne površine, npr. za ulaz i izlaz transportnog sredstva. Prilikom definiranja tokova materijala potrebno je odrediti put materijala od njegovog ulaza do izlaza pazeći da ne dođe do presjecanja puteva i vraćanja materijala na položaje na kojima se već nalazio. Ovisno o operacijama koje će obavljati, potrebno je radionice opremiti proizvodnim linijama, strojevima i uređajima i transportnim sredstvima. Proizvodnim linijama smatraju se linije koje omogućuju, u većem dijelu, automatiziranu proizvodnju tehnološki sličnih proizvoda. Potrebno je definirati transportna sredstva unutar radionice, ali isto tako i transportna sredstva koja će dovoziti predmontažne sekcije, te odvoziti blokove.

5.1. Proračun kapaciteta radionica

Prije određivanja karakteristika novih radionica potrebno je odrediti kapacitet radionica izrade blok sekcija. U poglavlju dva definiran je planirani godišnji program brodogradilišta od šest brodova za prijevoz automobila, kamiona i kontejnera, ukupne radioničke mase čelika, prema [3], od 11075 t, bez podiznih palubica i upora.

Tablica 18. *Udio masa pojedinih grupa u ukupnoj masi čelika trupa*

grupa	masa [t]	udio u ukupnoj masi [%]
krma	347	3,13
strojarnica	1164	10,51
skladište	8848	79,89
pramac	538	4,86
nadgrađe	178	1,61
ukupno	11075	

U tablici 18. navedeni su podaci o masi pojedinih makro prostora broskog trupa, te njihov udio u ukupnoj masi čelika broskog trupa.

5.1.1. Okvirni godišnji proizvodni program radionica

Podloga za određivanje okvirnog godišnjem proizvodnog programa radionica biti će asortiman i količina proizvoda koji će se izrađivati u radionici. Asortiman proizvoda koji će se izrađivati u pojedinoj radionici naveden je u poglavlju 4.3. Prema odabranom asortimanu proizvoda i prema [3] određen je udio mase blokova u ukupnoj masi čelika broda. Blokovi koji će se izrađivati u hali I obuhvaćaju 43,23% mase čelika trupa, dok blokovi koji će se izrađivati u hali J iznose preostalih 56,77%. Prema [8], godišnji proizvodni program radionice računa se kako slijedi:

$$Q_{\text{hala I}} = Q \cdot k_{\text{hala I}} \quad - \text{ godišnji proizvodni program hale I}$$

$$Q = 66450 \text{ t/god} \quad - \text{ ukupni godišnji proizvodni program brodogradilišta}$$

$$k_{\text{hala I}} = 0,4323 \quad - \text{ udio čelika koja prođe kroz halu I tokom godine}$$

$$Q_{\text{hala I}} = 66450 \cdot 0,4323 = 28728 \text{ t/god} \approx 28750 \text{ t/god}$$

$Q_{\text{hala J}} = Q \cdot k_{\text{hala J}}$ - godišnji proizvodni program hale J

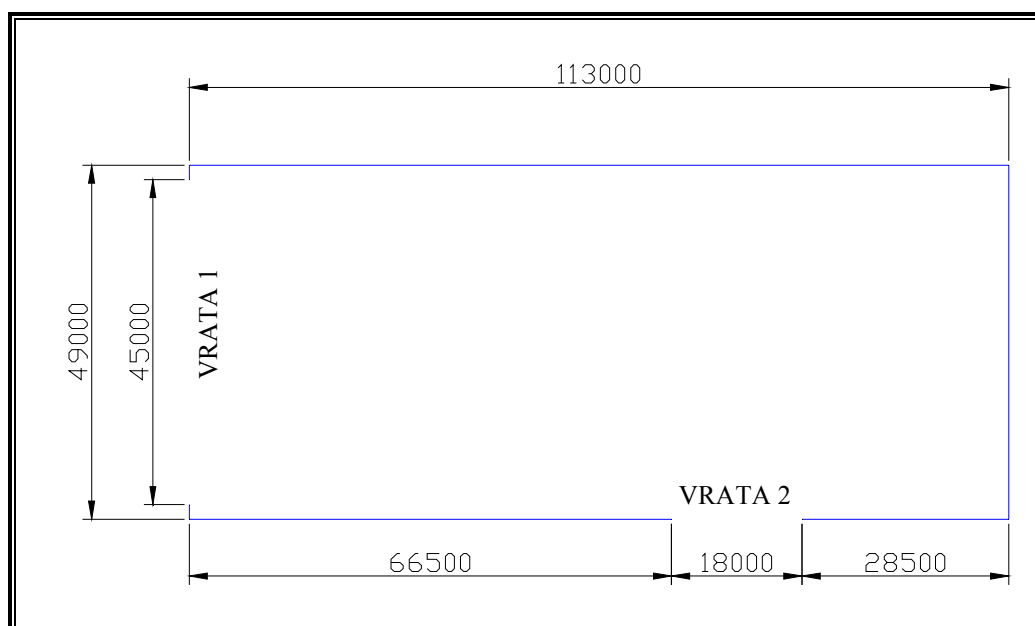
$Q = 66450 \text{ t/god}$ - ukupni godišnji proizvodni program brodogradilišta

$k_{\text{hala J}} = 0,5677$ - udio čelika koja prođe kroz halu J tokom godine

$Q_{\text{hala J}} = 66450 \cdot 0,5677 = 37724 \text{ t/god} \approx 37700 \text{ t/god}$

5.2. Hala I

U ovoj će radionici biti organizirana proizvodnja blokova od zakrivljenih sekcija pramca i krme. Osim krme i pramca, u radionici će se izrađivati blokovi koji će obuhvaćati dvodno broda u njegovoj punoj širini i dio strukture broda iznad visine dvodna, te blokovi od kojih se sastoji makro prostor strojarnice. Prilikom izgradnje velikih blokova potrebno je odrediti dimenzijska ograničenja ako ona postoje. U ovom slučaju, ta ograničenja definirana su veličinom hala antikorozivne zaštite.



Slika 36. Položaj i širina vrata hale I

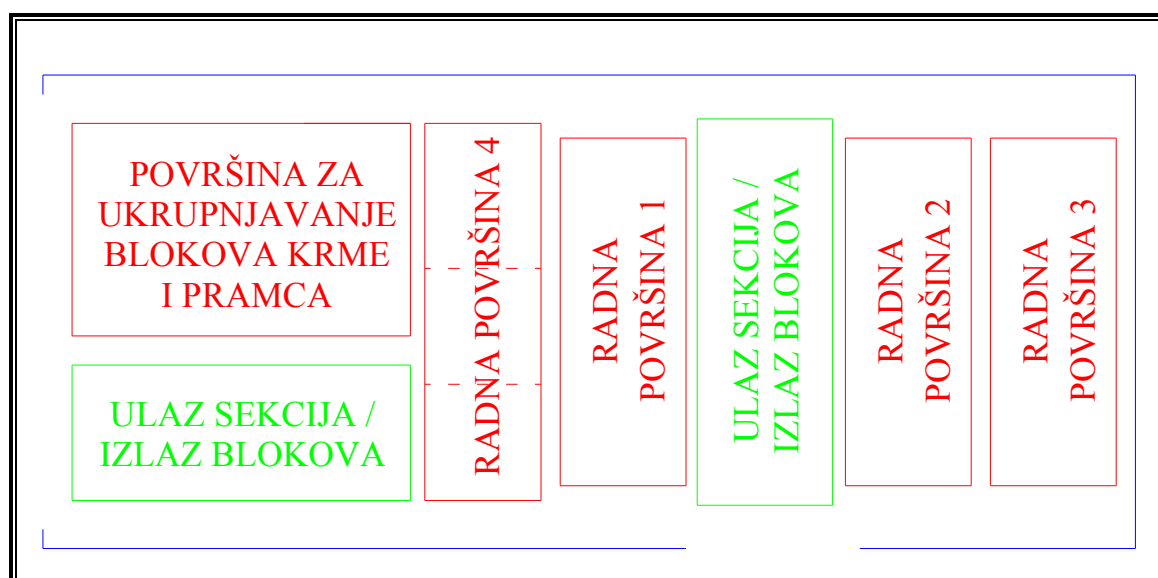
Slikom 36. prikazani su položaji vrata hale, te njihova širina. Visina vrata, i jednih i drugih, iznosi 20 m. Može se primijetiti da su vrata hale dimenzijama veća od vrata hala za bojanje, koja su 16,2 m širine i 17 m visine, za halu F, te 13,2 m širine i 18 m visine kod protočne hale. Ti podaci daju maksimalne dimenzije širine i visine koje mogu imati izrađeni blokovi.

5.2.1. Površine i plan radionice

Radnim površinama nazivamo dijelove ukupne površine radionice koji su namijenjeni za odvijanje određenog dijela brodograđevnog procesa. Ukupna površina hale I iznosi 5537 m², što je ukupni raspoloživi prostor, međutim, prostor na kojem se mogu odvijati osnovne radnje u ovoj radionici, a to je ukрупnjavanje velikih blokova, je ipak nešto manji zbog mogućnosti manipuliranja teretom sa dizalicama. Kako bi se sa dizalicama mogao uhvatiti teret na ispravan način, potrebno ga je odmaknuti od rubova hale. Slobodna procjena udaljenosti na kojoj je dizalica od rubova hale iskoristiva, je sljedeća:

- pet metara od ruba hale uz dulje stranice (ispod staza dizalica)
- dva metra od ruba hale uz kraću stranu
- tri metra od vrata hale

Ovakve mogućnosti dizalica smanjile su raspoloživu radu površinu hale na 4212 m², ali to ne znači da će površina koja nije pokrivena sa dizalicama ostati neiskorištena. Na toj će se površini smjestiti oprema potrebna za rad, te prostori namijenjeni za održavanje opreme kao i službeni i društveni prostori.



Slika 37. Raspored radnih površina unutar hale I

Slikom 37. prikazan je raspored radnih površina unutar hale. Prema slici je vidljivo kako je hala podijeljena na nekoliko radnih površina različitih površina i namjena. Dimenzije površina u radionici određene su prema dimenzijama blokova koji će se izrađivati u ovoj radionici. Također se pazilo da ostane dovoljno prostora za rad radnicima i za potrebno pozicioniranje sekcija prilikom izrade blokova.

a) ulaz sekcija / izlaz blokova

U ovoj radionici predviđena su dva prostora za ulaz sekcija, odnosno izlaz blokova. Po jedan prostor nalazi se kod svakih vrata. Prostor kod većih vrata dimenzija je 35x14 m, dok je prostor kod manjih vrata nešto veći sa dimenzijama 40x14 m. Ovaj prostor dovoljne je duljine da se na njemu mogu smjestiti oba parterna transportera zajedno prilikom rada u paru, a isto je tako dovoljno širok za smještaj blokova širine do 12 m.

b) radna površina 1 – 3

Ove površine namijenjene su ukрупnjavanju sekcija u veće ukрупnjene sekcije ili blokove. Dimenzije tih površina su 13x36 m, što omogućuje da se njima sklapaju blokovi koji obuhvaćaju čitavu širinu broda, te do 12 m duljine broda. Prilikom izrađivanja blokova na ovim površinama potrebno je paziti da se konačni blok u obliku u kojem se transportira izvan hale izrađuje na radnim površinama 1 ili 2 kako bi bio bliže površini za utovar na transportere.

c) radna površina 4

Kao što je na slici 37. vidljivo, ova površina dimenzija 39x12 m, podijeljena je na tri manje površine, dvije dimenzija 12x12 m i jednu dimenzija 12x15 m. Na tim manjim površinama ukрупnjavati će se nekoliko manjih sekcija krme ili pramca u veće ukрупnjene sekcije.

d) površina za ukрупnjavanje blokova krme i pramca

Kako i sam naslov kaže, ova je površina namijenjena za ukрупnjavanje blokova krme i pramca od ukрупljenih sekcija koje će se izrađivati na radnoj površini 4. Dimenzije ove

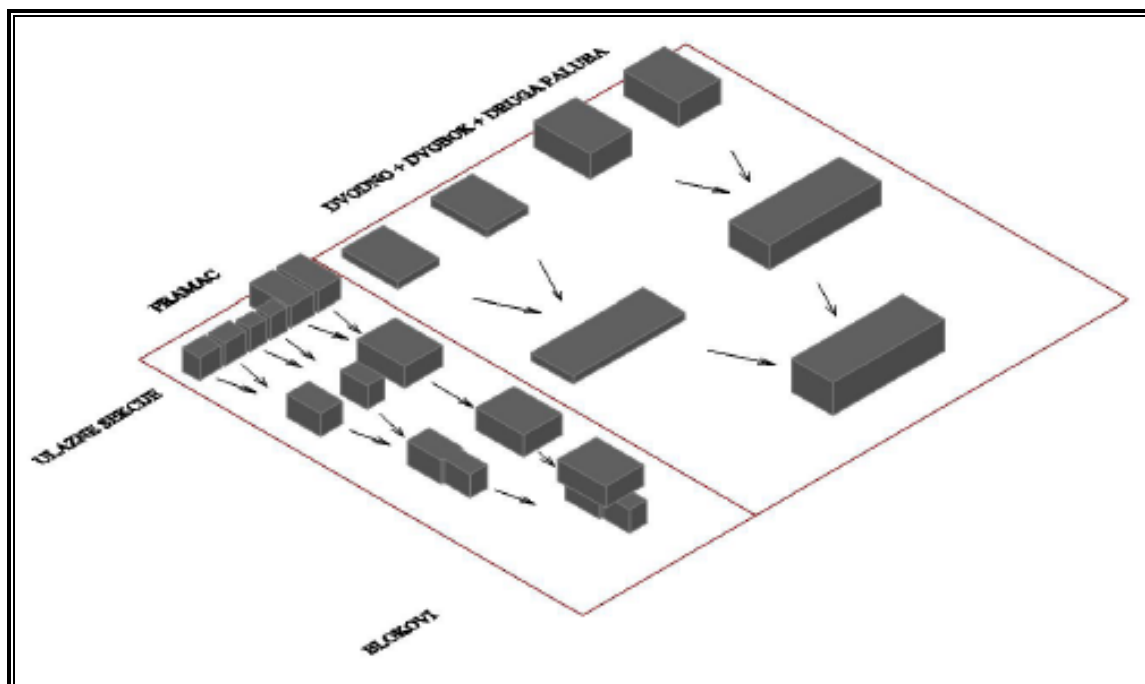
površine su 35x22 m. Ova površina najvećih je dimenzija jer će se na njoj sklapati blokovi vrlo velike zakrivljenosti koji će zahtijevati izradu posebnih kolijevki na kojima će se oni moći izrađivati, pa kasnije i transportirati prema halama za antikorozivnu zaštitu i prema navozu.

Iz rasporeda radnih površina unutar radionice vidljivo je da je radionica podijeljena na dvije skupine radnih površina, jedna je grupirana oko velikih vrata, dok je druga grupirana oko malih vrata. To ne znači da se prema potrebi raspored, veličina i namjena tih radnih površina ne može mijenjati sukladno potrebama brodograđevnog procesa ovisno o proizvodnom programu brodogradilišta. Kako bi mogli opisati način rada ove radionice u tablici 19. biti će nabrojani ulazni elementi za ovu radionicu.

Tablica 19. *Ulazni elementi hale I*

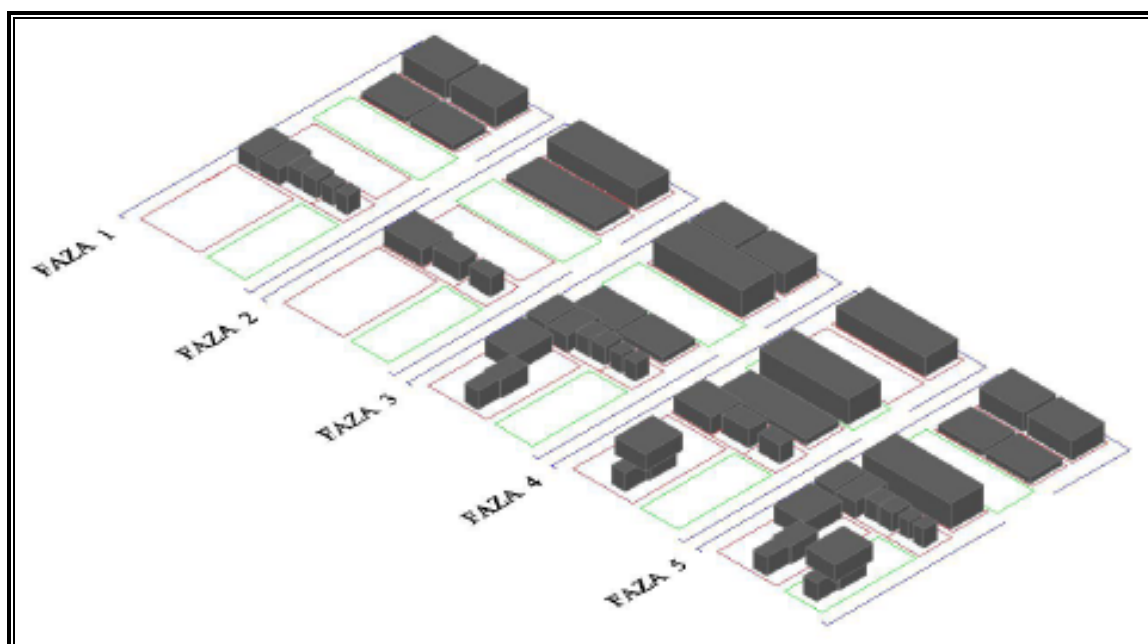
ulaz	dimenzije [m]	masa [t]
dvodno	12,2x16,5x2,0	100
dvobok	12,2x16,5x6,4	80
paluba	12,2x16,5x1,5	75
sekcije pramca	12,0x7,0x6,0	70
sekcije krme	10,0x3,0x5,0	115
strojarnica	12,0x16,5x7,0	115

U tablici 19. nabrojani su ulazni elementi za ovu radionicu. Za ulazne elemente dane su okvirne dimenzije i mase. Navedene dimenzije i mase odgovaraju trenutnoj mogućnosti izrade elemenata u predmontažnim radionicama.



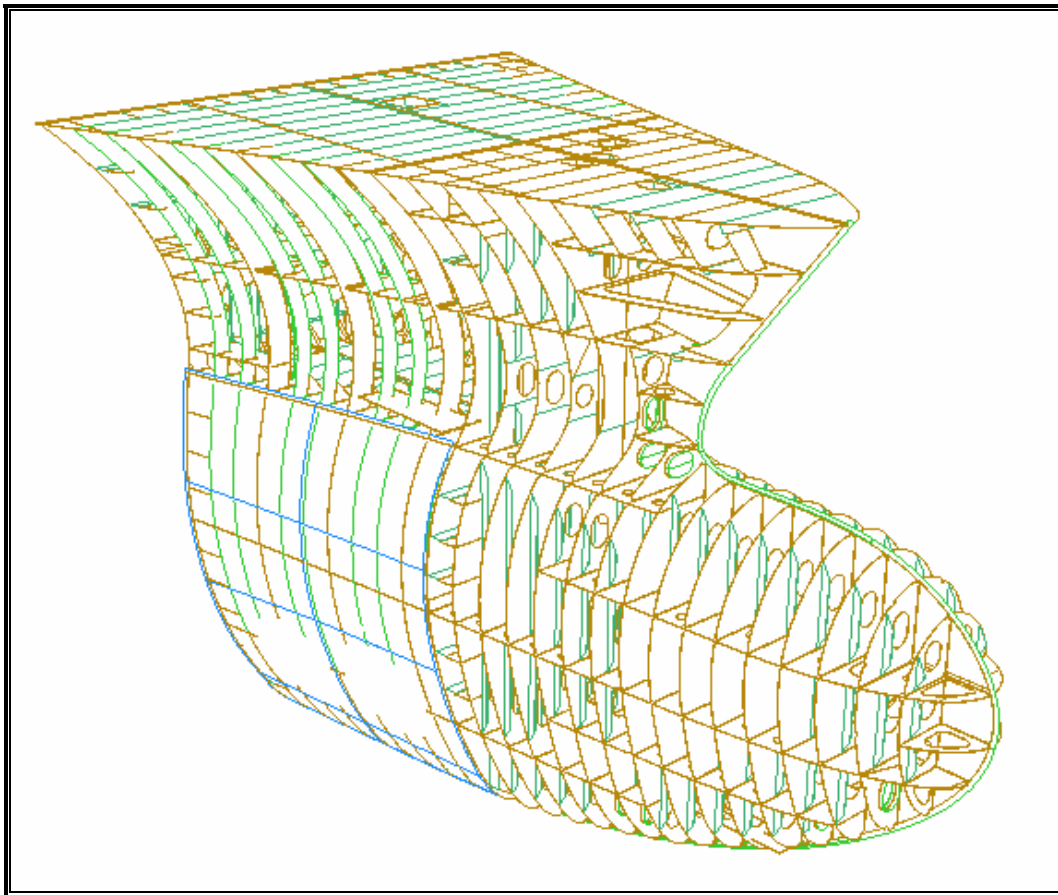
Slika 38. *Shema izrade blokova*

Slikom 38. prikazana je principijelna shema izrade blokova iz predmontiranih elemenata. Blokovi će se izrađivati od više predmontažnih sekcija, ovisno o njihovoj masi i složenosti strukture. Na gornjoj je slici shematski prikazana izrada dva bloka, bloka pramca na lijevoj strani, i bloka dvodna sa dvobokom i drugom palubom u punoj širini broda na desnoj strani. Pomoću strelica označene su faze ukрупnjavanja manjih u veće elemente.



Slika 39. *Shema izrade blokova na površini radionice*

Slikom 39. prikazana je shema izrade blokova na površini radionice, te je prikazano kretanje elemenata unutar radionice po fazama. Bitno je napomenuti da vremenski razmak između dvije faze izrade blokova prikazane na slici nije jednak za različite tipove blokova koji se izrađuju u radionici, npr. vremenski razmak između faze jedan i faze dva prilikom izrade bloka pramca različit je od vremenskog razmaka između faze jedan i faze dva prilikom izrade bloka dvodna sa drugom palubom. U ovom će poglavlju biti prikazana izrada dva tipa karakterističnih blokova za ovu radionicu.



Slika 40. *Ukrupnjeni blok donjeg dijela pramca – blok 41*

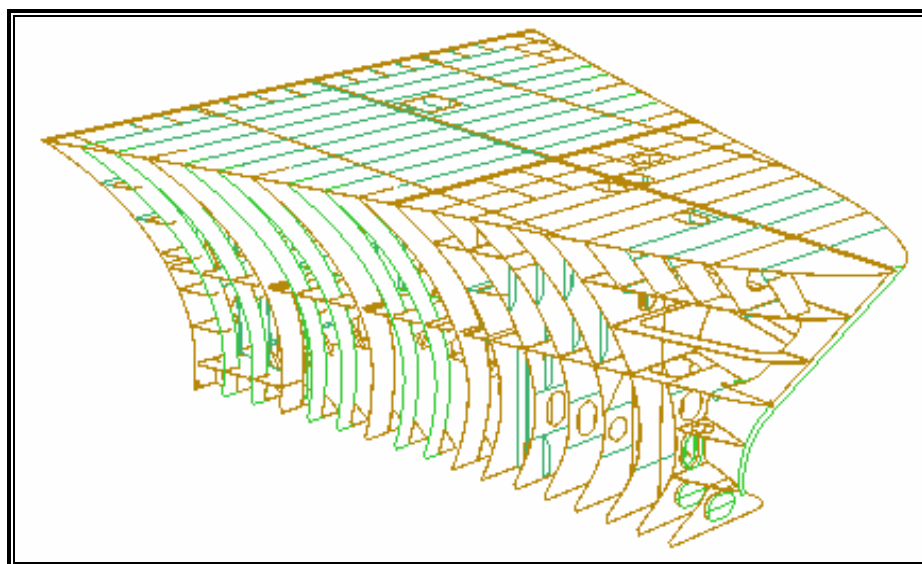
Slika 40. prikazuje čitavi blok pramca, kakav će se izrađivati u ovoj radionici. Ovakav blok ima masu od 177 t, duljine je 16,90 m, širine 11,20 m na svojem najširem dijelu, te je visine 13,60 m.

Tablica 20. *Predmontažni elementi bloka 41*

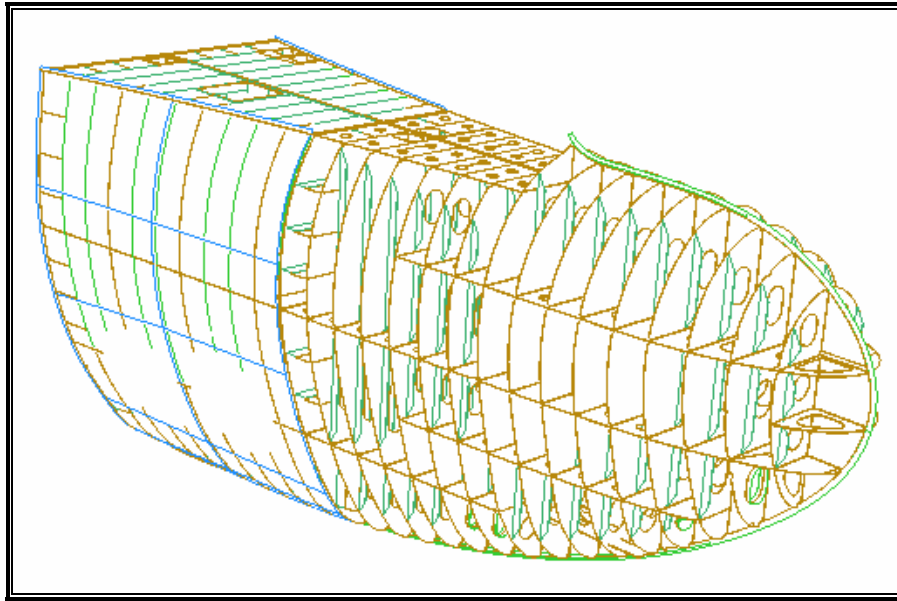
blok 41	SU	sekcija	naziv	položaj	masa [t]
ukrupnjeni element 400	SU 401	4011	pramac dolje	R. 230 - 239	22
		4012	pramac 2. paluba	R. 230 - 239	25
	SU 402	4021	pramac dolje	R. 240 - 256	38
		4022	bulb	R. 240 - 256	37
403	403	403	pramac 3. paluba	R. 230 - 251	55

U tablici 20. nabrojani su elementi od kojih se sastoji ukрупnjen blok 41. U završnoj fazi blok 41 se ukрупnjava od sekcije 403 i ukрупnjenog elementa 400. Ukрупnjeni element 400 izrađuje se od ukрупnjenih sekcija SU 401 i SU 402. Ukрупnjene sekcije izrađuju se od predmontažnih sekcija, i to SU 401 od 4011 i 4012, te SU 402 od 4021 i 4022. U tablici su također dani nazivi, položaj i masa predmontažnih sekcija. Sve predmontažne sekcije izrađuju se u radionicama predmontaže.

Ukрупnjavanje blokova od podsekcija prilikom izrade zakrivljenih blokova odvijati će se na radnoj površini koja je za to namijenjena prema slici 37. Ta je površina dovoljno velika da se na njoj mogu privremeno uskladišti elementi izrađeni na radnoj površini četiri.

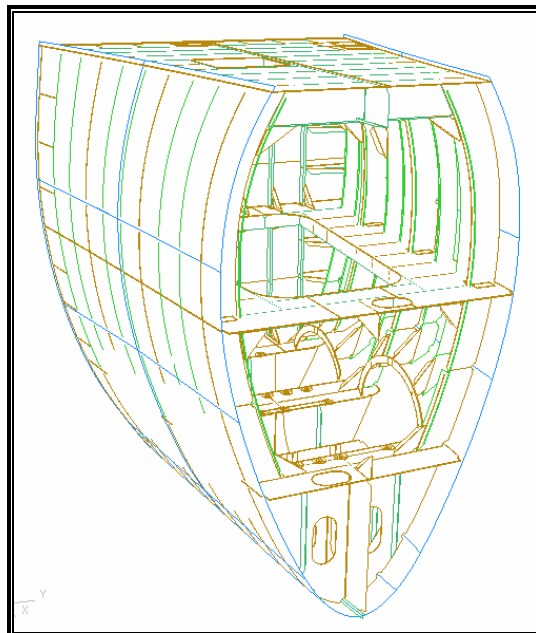
**Slika 41.** *Sekcija 403*

Slikom 41 prikazana je predmontažna sekcija. Duljina ove sekcije je 13,65 m, širina 11,60 m na njenom najširem dijelu, te visina 5,20 m, dok joj je masa 55 t. Ova sekcija se izrađuje u predmontažnim radionicama.



Slika 42. *Ukrupljeni element 400*

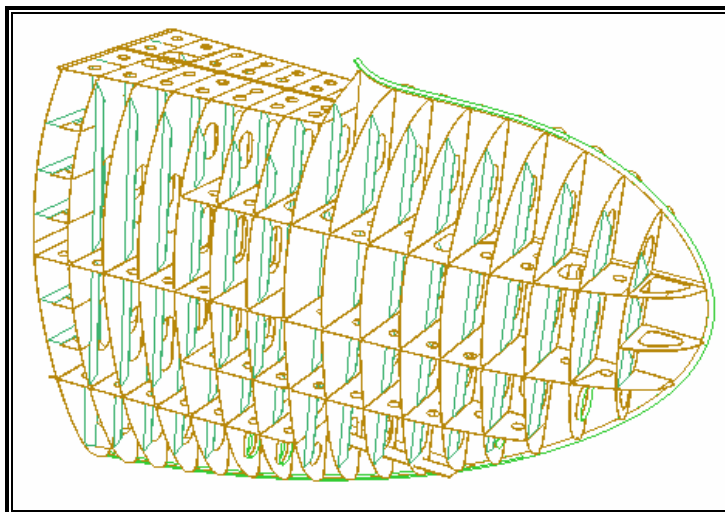
Slikom 42. prikazan je ukрупljeni element 400, duljine 16,90 m, širine 6,40 m na svojem najširem dijelu, visine 9,20 m u svojoj najvišoj točki kada je postavljen u vodoravan položaj i mase 122 t. Ukрупnjavanje ovog elementa obavlja se na površini za ukрупnjavanje blokova krme i pramca od dvije ukрупnjene sekcije, SU 401 i SU 402.



Slika 43. *Ukrupnjena sekcija SU 401*

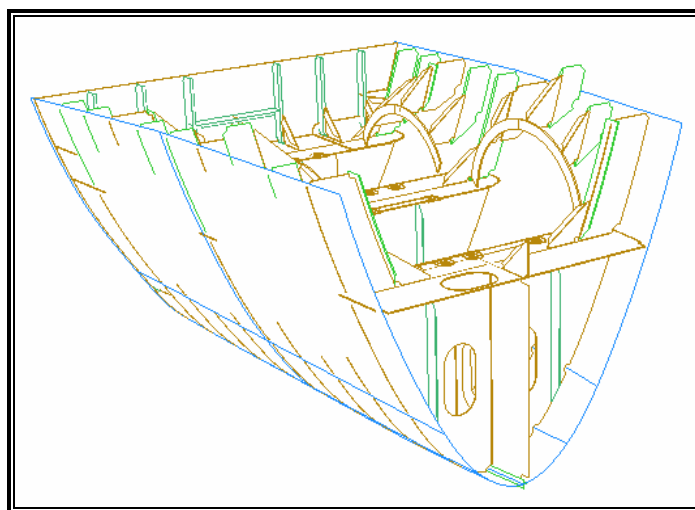
Slikom 43. prikazana je ukрупnjena sekcija SU 401. Duljina ove ukрупnjene sekcije je 6,20 m, širina 6,40 m na najširem dijelu, te visina 8,40 m i masa 47 t. Ova ukрупnjena sekcija

nastaje ukрупnjavanjem dvije predmontažne sekcije, 4011 i 4012 prikazane slikama 45. i 46., na jednoj od manjih platformi radne površine četiri. Ukрупnjavanje ove sekcije odvija se u položaju obrnutom od položaja montaže. Nakon ukрупnjavanja sekcija se okreće u položaj montaže.

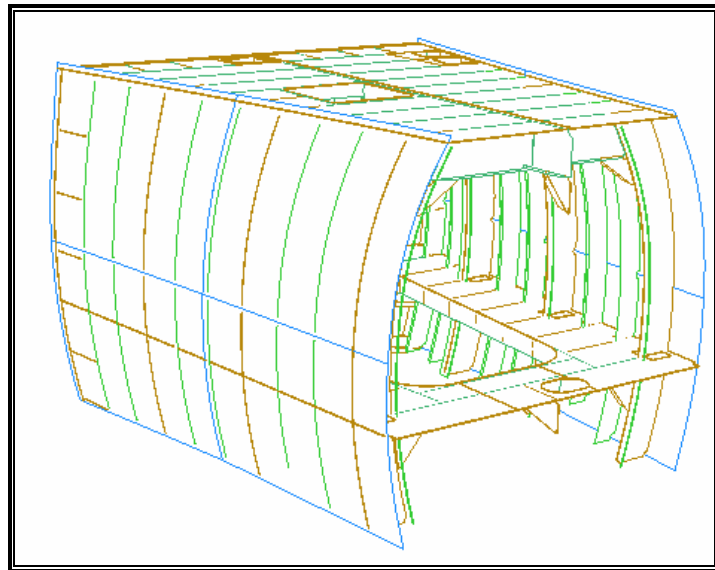


Slika 44. Ukрупnjena sekcija SU 402

Slikom 44. prikazana je ukрупnjena sekcija SU 402 koja nastaje ukрупnjavanjem dvije predmontažne sekcije, 4021 i 4022 prikazane slikama 47. i 48., na drugoj manjoj platformi radne površine četiri. Duljina ove ukрупnjene sekcije je 10,70 m, širina je 3,60 m na njenom najširem dijelu, njezina visina je 8,80 m kada se nalazi u vodoravnom položaju i ima masu od 75 t. Ukрупnjavanje ove sekcije odvija se u položaju montaže u kolijevci koja će se izraditi u tu svrhu.

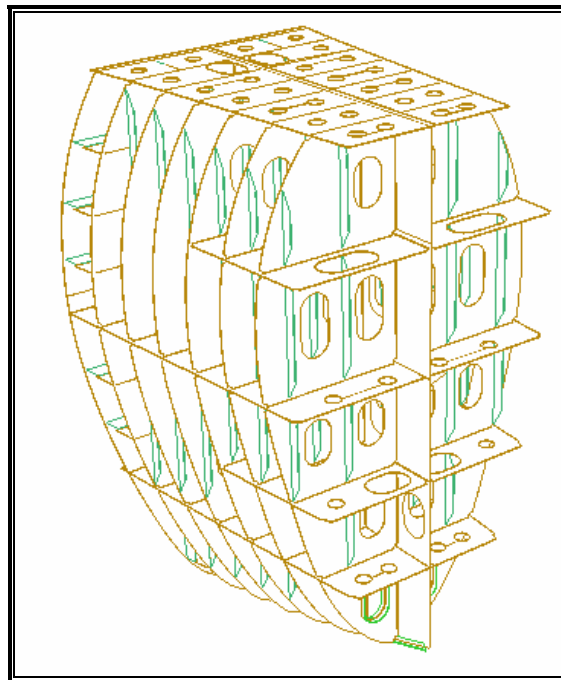


Slika 45. Pramčana sekcija 4011

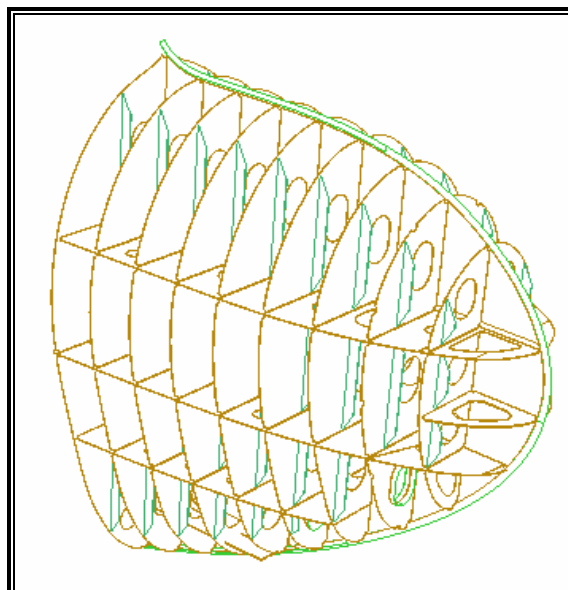


Slika 46. *Pramčana sekcija 4012*

Slikama 45. i 46. prikazane su predmontažne sekcije od koji se sastoji ukрупnjena sekcija SU 401. Pramčana sekcija 4011 duljine je 6,20 m, širine 4,80 m na svojem najširem dijelu, visine 4,40 m, te ima masu od 22 t. Pramčana sekcija 4012 duljine je 6,20 m, širine 6,40 m na svojem najširem dijelu, visine 4,40 m, te ima masu od 25 t.



Slika 47. *Pramčana sekcija 4021*



Slika 48. *Pramčana sekcija 4022 – bulb*

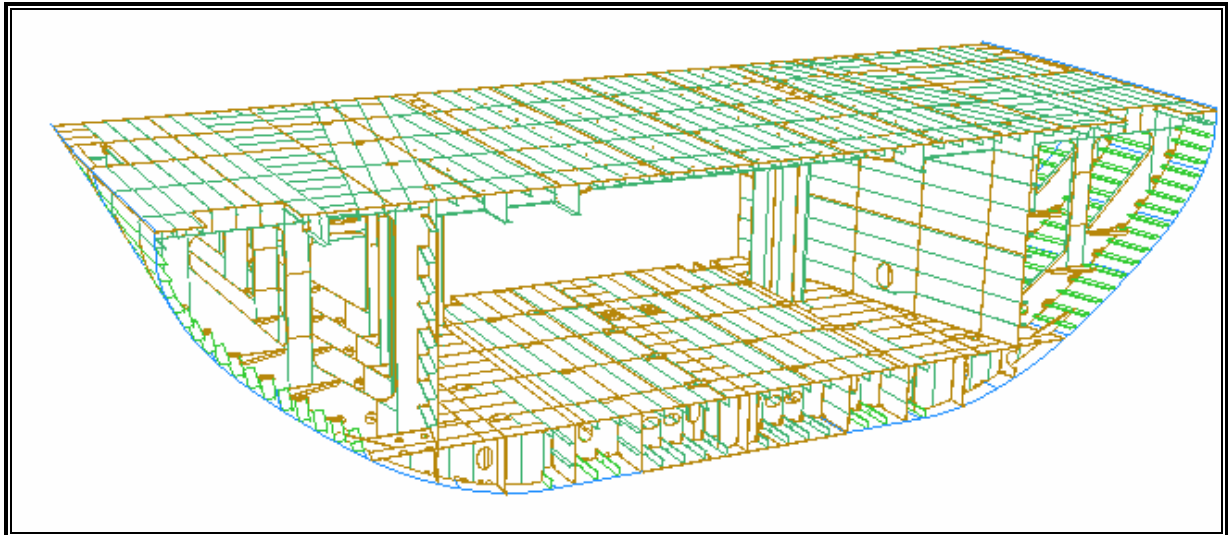
Slikama 47. i 48. prikazane su dvije pramčane sekcije, ukрупnjavanjem kojih nastaje ukрупnjena sekcija SU 402. Pramčana sekcija 4021 ima duljinu 4,50 m, širinu 3,60 m i visinu 8,00 m u vodoravnom položaju, dok je njena masa 38 t. Pramčana sekcija 4022 ima duljinu 6,20 m, širinu 3,00 m i visinu 8,00 m u vodoravnom položaju, dok je njena masa 37 t.

Nakon što je prikazana izrada jednog karakterističnog bloka, na sljedećih će nekoliko slika biti prikazana izrada bloka koji obuhvaća dvodno, dvobok do druge palube i drugu palubu.

Tablica 21. *Predmontažni elementi bloka 301*

SU	sekcija	naziv	položaj	masa [t]
SU 301	3011	dvodno lijevo	R. 57 – 69	58
	3012	dvodno desno	R. 57 – 69	45
SU 312	3121	dvobok + 2. paluba lijevo	R. 57 – 69	74
	3122	dvobok + 2. paluba desno	R. 57 – 69	71

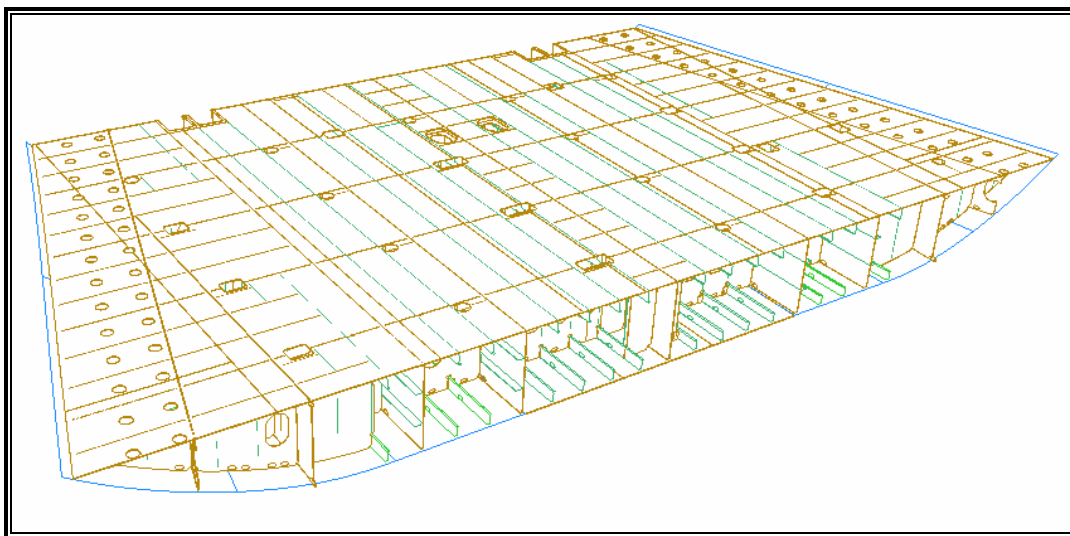
U tablici 21. navedeni su predmontažni elementi od kojih se izrađuje blok 301. Blok 301 izrađuje se ukрупnjavanjem ukрупljenih sekcija SU 301 i SU302. Ukрупnjene sekcije izrađuju se ukрупnjavanjem predmontažnih sekcija, i to SU 301 od 3011 i 3012, te SU 312 od 3121 i 3122. Sve predmontažne sekcije izrađuju se u radionicama predmontaže i kompletirane se dovoze u radionicu za izradu blokova.



Slika 49. *Blok 301*

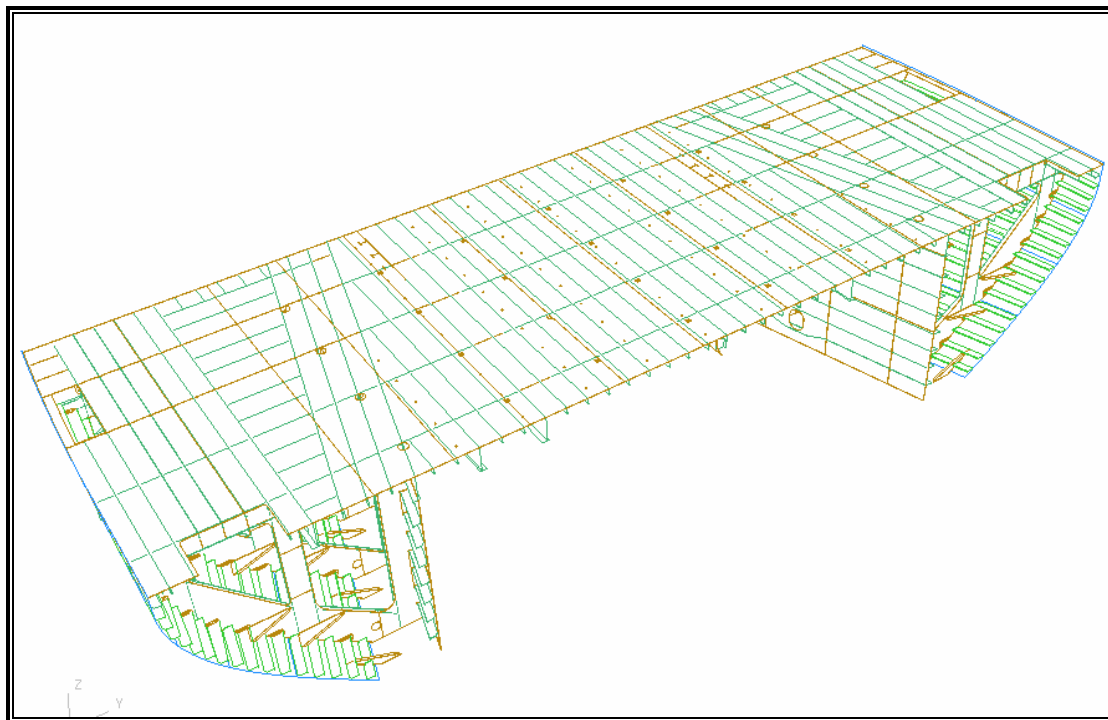
Slikom 49. prikazan je blok 301. koji obuhvaća dvodno, dvobok i drugu palubu u čitavoj širini broda i određenom dijelu duljine. Duljina ovog bloka je 10,40 m, njegova širina iznosi 32,26 m i visina mu je 8,40 m. Masa ovakvog bloka je 248 t.

Blok prikazan slikom 49. izrađuje se na radnoj površini jedan ili dva prema slici 37. Ukрупnjavanje ovog bloka odvija se na podkladama u položaju montaže trupa na način da se na ukрупnjenu sekciju dvodna postavljena na podklade pozicionira ukрупnjena sekcija dvoboka i druge palube.



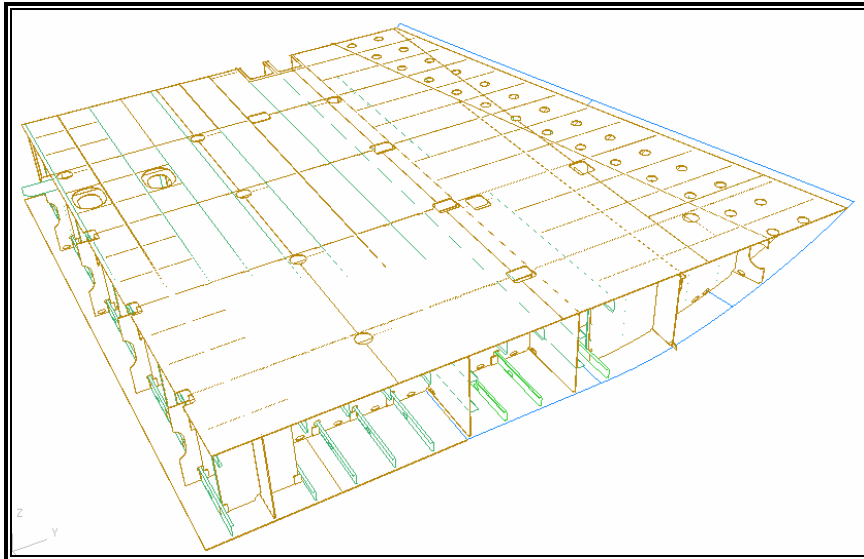
Slika 50. *Ukрупnjena sekcija dvodna skladišta SU 301*

Slika 50. prikazuje je dvodno broda, duljine 10,40 m, širine 22,00 m i visne 1,80 m, mase 103 t. Ovakva ukрупnjena sekcija izrađuje se od predmontažnih sekcija 3011 i 3012, prikazanih slikama 52. i 53., na radnoj površini jedan ili dva prema slici 37. Ukрупnjavanje ove i sličnih sekcija odvija se u položaju montaže na navozu.

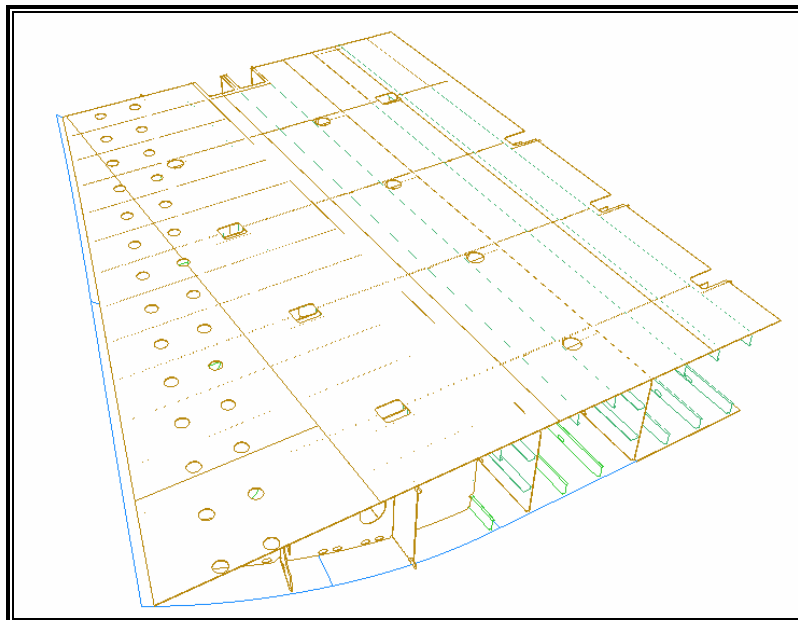


Slika 51. *Ukрупnjena sekcija dvoboka i druge palube SU 312*

Slikom 51. prikazan je oblik ukрупnjene sekcije dvoboka i druge palube, duljine 10,40 m, širine 32,26 m na svojem najširem dijelu, visine 6,60 m, te mase 145 t. Ova ukрупnjena sekcija sastoji se od dvije predmontažne sekcije, 3121 i 3122 prikazane slikama 54. i 55., koje se međusobno ukрупnjavaju na radnoj površini tri. Njihovo ukрупnjavanje obavlja se u položaju obrnutom od položaja montaže na navozu zbog lakšeg postavljanja sekcija na ravnu palubu. Nakon ukрупnjavanja potrebno je ovu ukрупnjenu sekciju okrenuti u položaj montaže pomoću mosnih dizalica u hali.

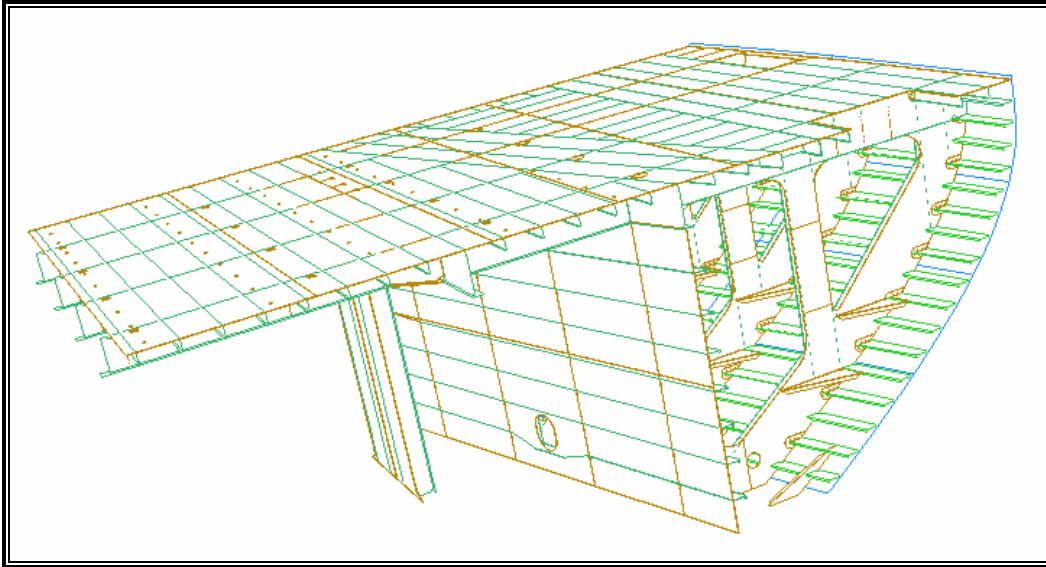


Slika 52. *Sekcija dvodna 3011*

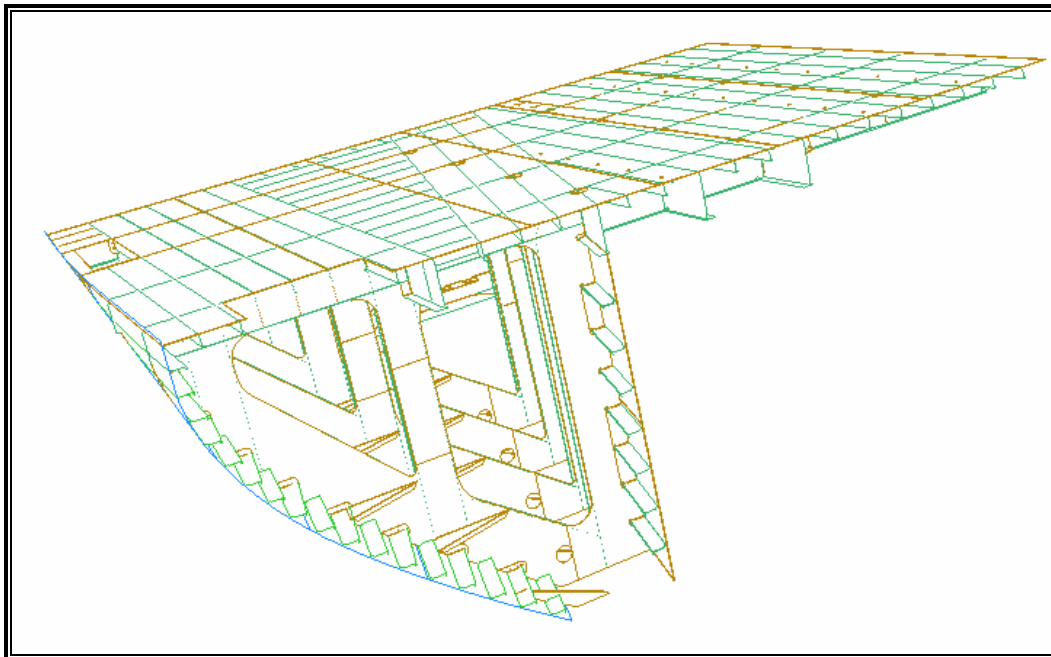


Slika 53. *Sekcija dvodna 3012*

Na slikama 52. i 53 prikazane su predmontažne sekcije dvodna čijim ukupnjavanjem nastaje dvodno skladišta prikazano slikom 50. Sekcija dvodna 3011 prikazana slikom 52. ima duljinu 10,40 m, njezina širina iznosi 12,00 m, visine je 1,80 m i ima masu od 58 t. Na slici 53. prikazana je predmontažna sekcija dvodna 3012, koja ima duljinu 10,40 m, njezina širina iznosi 10,20 m, visine je 1,80 m i ima masu od 45 t.



Slika 54. *Sekcija 3121*



Slika 55. *Sekcija 3122*

Slikama 54. i 55 prikazane su sekcije koje obuhvaćaju dvodno, dvobok i drugu palubu, te čijim ukupnjavanjem nastaje ukupnjena sekcija prikazana slikom 51. Sekcija 3121 prikazana slikom 54. ima duljinu 10,40 m, njezina je širina 16,60 m na najširem dijelu, visina joj je 6,60 m i ima masu 74 t. Sekcija 3122 prikazana slikom 55. ima duljinu 10,40 m, njezina je širina 15,66 m na najširem dijelu, visina joj je 6,60 m i ima masu 71 t.

Izgradnja blokova kakvi su prikazani slikama 40. i 49. omogućuju ugradnju veće količine opreme u ovoj fazi brodograđevnog procesa. U blok pramca može se ugraditi i oprema veće vrijednosti jer je prostor unutar bloka zaštićen sa svih strana, npr. mogu se ugraditi elektromotori koji služe za pogon pramčanih porivnika. U blok dvodna sa dvobokom i drugom palubom možemo ugraditi sve potrebne kabelske staze, cijevi u dvodnu, grijače goriva i sl. Prilikom izgradnje blokova mase približno 250 t, može se ugraditi i do 20 t opreme. Ugradnja opreme u ovoj fazi bitno pojednostavljuje i pojeftinjuje kasnije faze brodograđevnog procesa.

5.2.2. Potrebna oprema i uređaji u radionici

Izrada velikih blokova zakrivljenih sekcija zahtijeva dobru opremljenost radionice. To su blokovi koji se izrađuju od elemenata vrlo nepravilnog oblika, koji su međusobno različiti. Te karakteristike elemenata odbacuju mogućnost izrade blokova na nekoj automatiziranoj liniji, već se takvi blokovi izrađuju na ravnim površinama na podkladama. Također nije moguće izrađivati takve velike blokove u položaju obrnutom od položaja montaže na navozu jer ih je zbog njihove mase teško kasnije okretati.

Prilikom izrade velikih blokova veći dio radnih sati potroši se na zavarivanje spojeva sekcija. Zbog toga aparati za zavarivanje spadaju u važniju opremu u radionici.



Slika 56. *Aparat za zavarivanje MIG postupkom*

Na slici 51. prikazan je jedan od mogućih aparata za zavarivanje kakvim će biti opremljena radionica. Predviđeni su aparati za zavarivanje MIG/MAG postupkom zbog veće brzine zavarivanja od zavarivanja REL postupkom. Prikazan je aparat za zavarivanje *Origo MIG L405*, proizveden od tvrtke *Esab*. Ovaj aparat opremljen je i uređajem za automatsko dodavanje žice za zavarivanje, istog proizvođača, tipa *Origo Feed L304*.

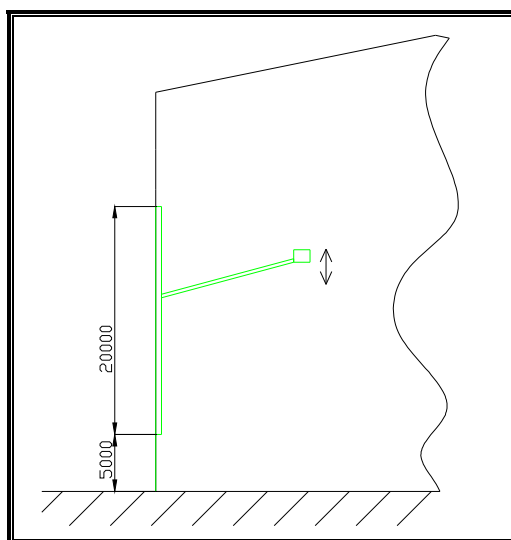
Za popunu zavara spojeva opločenja palube i pokrova dvodna potrebno je radionicu opremiti poluautomatskim uređajem za EPP zavarivanje sa tri žice.

Tablica 22. *Karakteristike uređaja za zavarivanje*

karakteristika	
iskoristivost pri maksimalnoj jakosti struje	71%
dimenzije aparata [mm]	812x552x925
masa aparata	156 kg
radna temperatura	-10 do 40 °C
kapacitet nosača žice	18 kg
brzina dodavanja žice	1,5 – 22 m/min
dimenzije dodavača žice [mm]	569x259x355
masa dodavača žice	13,2 kg
promjer čelične žice	0,6 – 1,6 mm

U tablici 22. dani su osnovni podaci o aparatu za zavarivanje i dodavaču žice prikazanom na slici 56.

Dodavač žice ne mora biti postavljen uz aparat za zavarivanje. Ta činjenica može se iskoristiti tako da se dodavač žice postavi na konzolu postavljenu na zid hale pomoću koje bi se dodavač žice približio radnom mjestu.

**Slika 57.** *Konzolni nosač dodavača žice*

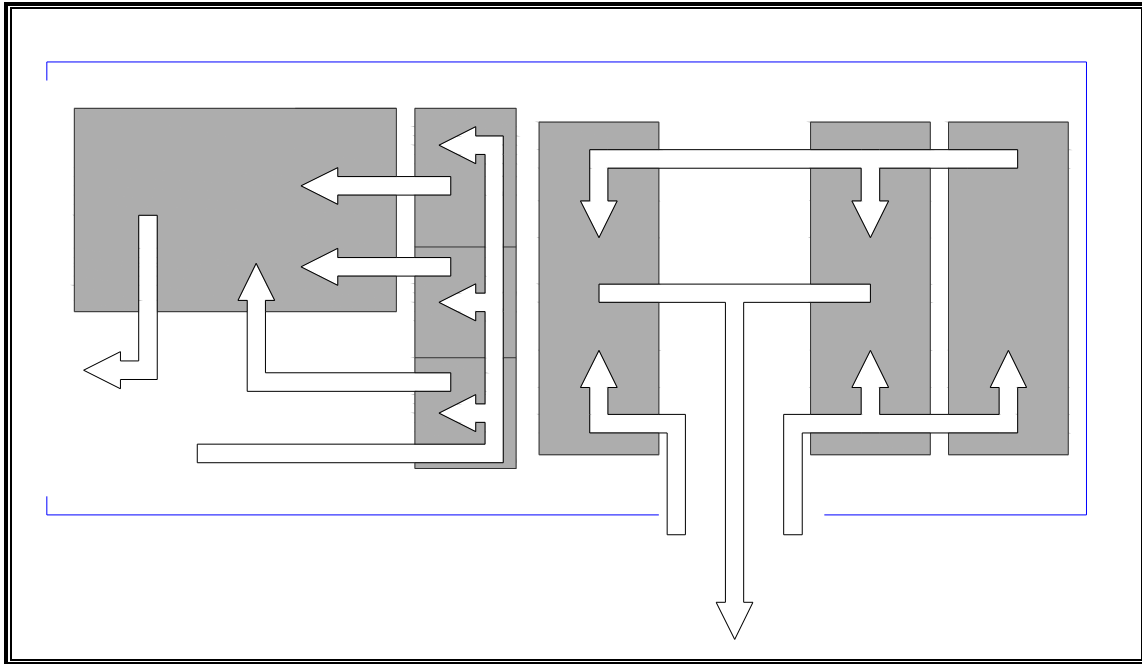
Slika 57. pokazuje konzolni nosač u hali koji na sebi nosi dodavač žice. Konzolni nosač oslonjen je na nosač na zidu hale po kojem se može gibati u vertikalnom smjeru, te oko čije se osi može zakretati. Nosač ima vertikalni pomak od 20 m što mu omogućuje dizanje dodavača žice iznad blokova. Ovakvo rješenje omogućuje smještanje energetskih kablova uvijek iznad blokova što olakšava rad i omogućuje lakši pristup do radnih mjesta.

Prilikom zavarivanja strukturnih elemenata unutar sekcija zavarivači rade u skučenom i zatvorenom prostoru u kojem se nakupljaju plinovi koji nastaju prilikom zavarivanja. Zbog zaštite zdravlja zavarivača potrebno je opremiti radionicu sa prenosivim uređajima za ventilaciju zatvorenih prostora unutar strukture sekcije. Također je potrebno opremiti radionicu velikim uređajima koji će iz radionice izbacivati štetne plinove, a u radionicu ubacivati svježi zrak.

Osim aparatima za zavarivanje, radionicu je potrebno opremiti i aparatima za rezanje čelika i brusilicama. Prilikom pozicioniranja sekcija brodomonteri se služe pomoćnim napravama u obliku hidrauličkih potiskivača koji se moraju nalaziti u radionici. Također je potrebno osigurati dovoljnu količinu pomoćnih elemenata za pozicioniranje sekcija.

5.2.3. Tok materijala unutar hale I

Tok materijala unutar radionice potrebno je organizirati pazeći da se materijal ne vraća na pozicije na kojima je već bio. Postojeće presjecanje tokova materijala može se riješiti dobrom organizacijom transporta materijala.



Slika 58. Tok materijala unutar hale I

Na slici 58. prikazan je tok materijala unutar hale. Strelicama je prikazan ulaz materijala na radne površine, te njegov transport na druge površine. Vidljivo je da se završni blokovi izrađuju na radnim površinama koje su najbliže vratima zbog lakšeg postavljanja završnih blokova na sredstva transporta.

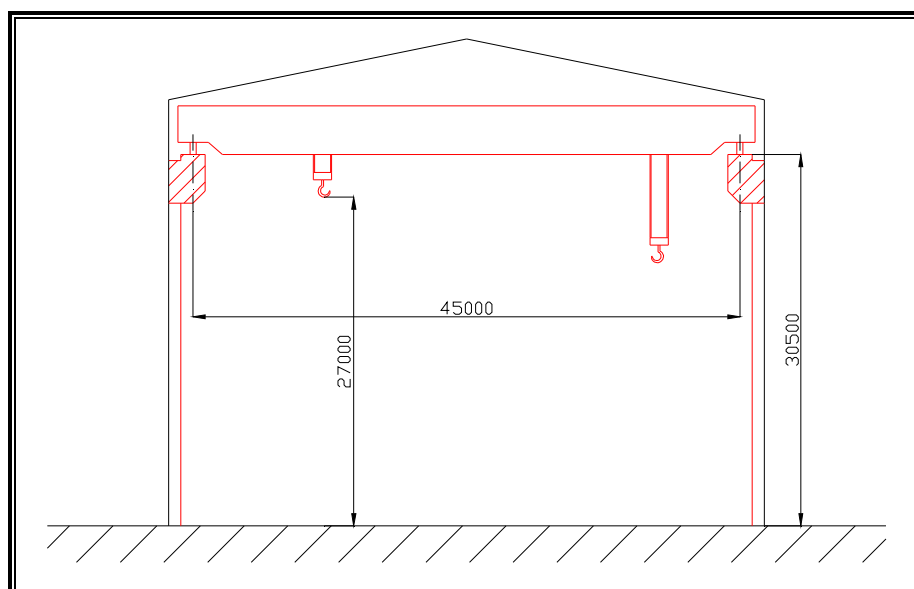
5.2.4. Transportna sredstva

Nakon definiranja opsega rada unutar radionice potrebno je definirati transportna sredstva unutar radionice i transportna sredstva koja će povezivati ovu radionica sa ostalim radionicama. Transport sekcija i blokova unutar radionice odvijati će se pomoću mosnih dizalica. Radionica će biti opremljena sa tri dizalice čije su karakteristike navedene u sljedećoj tablici.

Tablica 23. *Karakteristike dizalice u hali I*

broj kuka jedne dizalice	2
nosivost jedne kuke	80 t (160 t)
dizanje u paru	320 t
okretanje	160 t

U tablici 23. navedeni su podaci o nosivosti dizalica. Dizalice su opremljene sa po dvije kuke nosivosti 80 t, osim središnje dizalice koja je opremljena jednom kukom od 80 t i jednom od 160 t. Kuka nosivosti 160 t omogućuje okretanje tereta takve mase oko vertikalne osi. Dizalice su u mogućnosti okrenuti 160 t iz položaja obrnutog od položaja montaže, u položaj montaže, radeći u paru.



Slika 59. *Položaj dizalice u hali I*

Slikom 59. prikazan je položaj dizalice u hali. Sa slike je vidljivo da je raspon staza dizalice 45 m, te da je visina staza dizalice 30,5 m. Maksimalna visina dizanja tereta iznosi 27 m od poda radionice.

Nakon definiranja karakteristika dizalica unutar radionice, potrebno je odrediti kako će se u radionicu dopremiti predmontirane sekcije iz radionica predmontaže, te kako će se iz radionice odvoziti blokovi. U poglavlju 3.3. opisan je parterni transporter koji brodograđilište koristi za transport sekcija. Karakteristike postojećeg transportera zadovoljavaju sve uvjete za dopremu predmontažnih sekcija u novu radionicu, ali ne i za transport blokova iz radionice prema halama za antikorozivnu zaštitu i kasnije na dohvat dizalica na navozima. Zbog dimenzija platforme transportera on nije u mogućnosti prevoziti terete koji su dimenzijama puno veći od njegove platforme. Kako bi brodograđilište moglo prevoziti blokove koji obuhvaćaju čitavu širinu broda, potrebno je u brodograđevni proces uključiti još jedan parterni transporter. U tablici 23. dane su karakteristike novog transportera koji se trenutno nalazi na tržištu. U slučaju potrebe proizvođač je voljan proizvesti transporter prema zahtjevima naručitelja.

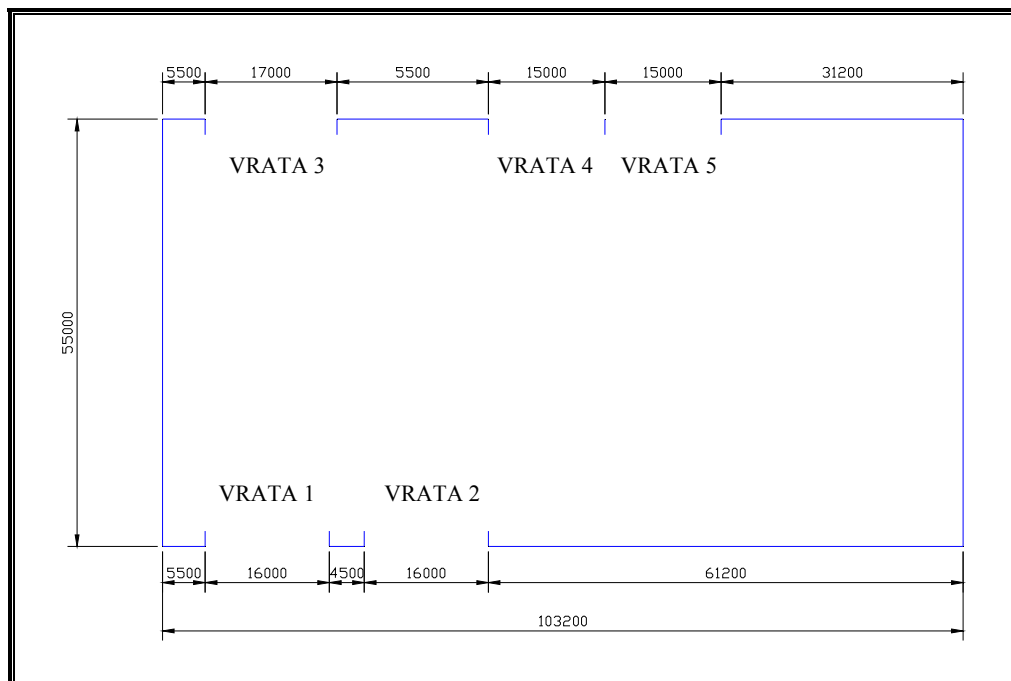
Tablica 24. *Karakteristike novog parternog transportera*

karakteristika	vrijednost
broj osovina	6
maksimalna nosivost	277 t
duljina platforme	16000 mm
širina platforme	6000 mm
min. opterećena visina	1600 mm
max. opterećena visina	2300 mm
maksimalna brzina bet tereta	16 km/h
vanjski radijus okretanja	9900 mm

Uspoređujući karakteristike postojećeg i novog transportera može se vidjeti da se oni ne razlikuju mnogo u dimenzijama platforme, imaju jednaku minimalnu i maksimalnu opterećenu visinu, te se mogu kretati jednakom brzinom. Zbog vrlo sličnih dimenzija platforme, novi transporter moći će se koristiti istim paletama kojima se koristi postojeći transporter. Radeći u paru, ova dva transportera imat će mogućnost nošenja tereta ukupne mase 360 t, što je ograničeno zbog nosivosti starog transportera, ako je masa tereta jednako raspoređena na oba transportera. Zajedno će također biti u mogućnosti prevoziti teret dulji od 30 m, što omogućuje prijevoz blokova koji obuhvaćaju čitavu širinu broda, prema planiranom proizvodnom programu. Nabavkom novog transportera otvara se mogućnost transportiranja tereta koji svojim dimenzijama može stati i na stari transporter, ali ga on nije mogao do sada prevoziti zbog ograničenja nosivosti.

5.3. Hala J

Hala J namijenjena je izradi blokova od ravnih sekcija, kao što su palube, oplata boka i nadgrađe. Blokovi izrađeni u ovoj radionici sastojati će se od palube, te dvoboka ili opločenja boka između pripadajuće palube i palube ispod nje. Pri izgradnji blokova koji će obuhvaćati opločenje boka i palube iznad šeste palube, blok će se sastojati od više paluba i opločenja između njih.



Slika 60. *Položaj i širina vrata hale J*

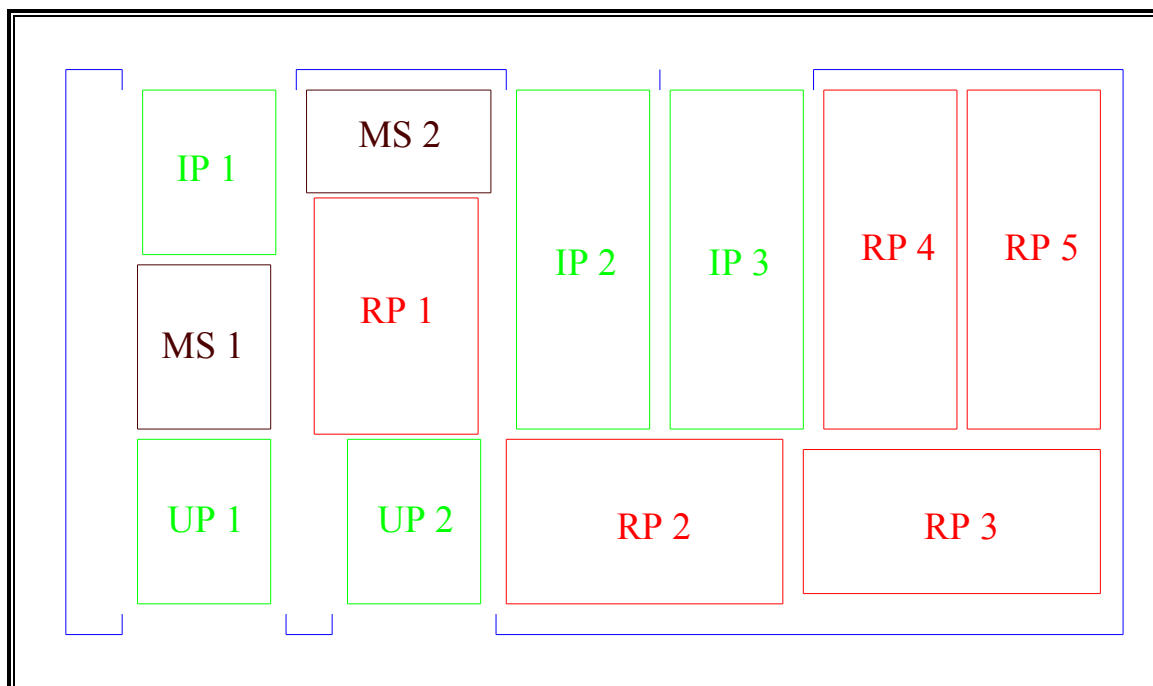
Na slici 54. prikazan je položaj vrata hale. Vrata jedan i dva su ulazna vrata iz radionice panel linije, dok su preostala troja vrata izlazna vrata. Visina ulaznih vrata iznosi 10 m, dok visina izlaznih vrata iznosi 20 m.

5.3.1. Površine i plan radionice

Osim radnih površina unutar radionice potrebno je smjestiti međuskladište panela koji se izrađuju na panel liniji, kako za izradu blokova unutar radionice, tako i za one panele koji će se koristiti za izradu sekcija u ostalim radionicama za predmontažu. Unutar radionice potrebno je organizirati prostor koji će se koristiti za utovar panela i blokova na transportere. Veličine prostora unutar radionice odrediti će se prema dimenzijama panela koji ulaze u radionicu i blokova koje se u radionici izrađuju. Ukupna raspoloživa površina radionice je 5676 m². Područje dohvata dizalica udaljeno je od zida hale za sljedeće udaljenosti:

- pet metara o duljeg zida hale
- dva metra od kraćeg zida hale

Pri transportu blokova i sekcija pomoću dizalica oni se prenose uhvaćeni u četiri točke, razmaknute od same kuke dizalice. Obzirom na takav način prenošenja radne površine mogu biti smještene malo bliže zidu hale. Na prostor koji neće biti zauzet radnim površinama smjestiti će se potrebni uređaji i oprema, te službene i društvene prostorije.



Slika 61. *Raspored radnih površina unutar hale J*

Slikom 61. prikazan je raspored radnih površina unutar hale J. Veličina radnih površina određena je prema veličini elemenata koji će se na njima izrađivati. Uz radne površine ostavljeno je dovoljno prostora za rad i pozicioniranje sekcija prilikom izrade blokova. Osim radnih površina unutar hale su i površine za ulaz i izlaz panela i blokova, te potrebna međuskladišta.

a) ulazna površine – UP 1 i UP 2

Ulazne površine smještene su uz ulazna vrata iz radionice panel linije. Ulazne površine dimenzija su 16x13 m, što su dimenzije maksimalnih panela koji se mogu izraditi na panel liniji. Površina UP 1 namijenjena je za ulaz panela namijenjenih za radionice predmontaže, te panela palube, sa postavljenim i privarenim jakim nosačima. Površina UP 2 namijenjena je za ulaz panela opločenja i panela dvoboka sa panel linije. Transport panela na površinu UP 2 obavlja se pomoću hidrauličkog nosača koji se nalazi u sklopu panel linije. Identičan nosač potrebno je postaviti za ulaz panela na površinu UP 1.

b) izlazne površine – IP 1, IP 2 i IP 3

Izlazne površine smještene su kod svakih izlaznih vrata hale. Dimenzije izlaznih površina su 16x13 m za IP 1, te 33x13 m za IP 2 i IP 3. IP 1 predviđena je za izlaz panela za radionice predmontaže, dovoljno je velika da se nju smjesti parterni transporter pomoću kojeg će se paneli odvoziti. IP 2 i IP 3 predviđene su za utovar blokova na transportere. Dovoljne su duljine da se na njih smjeste dva transportera, jedan iza drugog, prilikom odvoženja bloka. Ispred vrata hale dovoljno je slobodnog prostora za manevriranje dva transportera koji prevoze blok.

c) međuskladište – MS 1 i MS 2

Međuskladišta su predviđena za privremeno odlaganje panela za radionice predmontaže, MS 1, i za privremeno odlaganje jakih okvirnih nosača i ostalih elemenata koji će se koristiti u ovoj radionici, MS 2, a izrađuju se u radionicama male predmontaže. Ti elementi biti će dopremljeni u radionicu pomoću viljuškara. Dimenzije MS 1 su 16x13 m, a MS 2 ima dimenzije 10x18 m.

d) radna površina 1 – RP 1

Ova radna površina namijenjena je za kompletiranje sekcija opločenja boka iznad treće palube. Dimenzije ove radne površine su 23x16 m, što omogućava istovremeno kompletiranje dvije sekcije opločenja boka. Sekcija opločenja boka kompletira se tako da se na panel opločenja boka postavljaju i zavaruju uzdužni i poprečni elementi strukture, te dio palube. Na dijelu palube koji se zavaruje za opločenje boka potrebno je obaviti zavarivanje jakih strukturnih nosača, što će se također obaviti na ovoj radnoj površini.

e) radna površina 2 – RP 2

Radna površina 2 namijenjena je predmontaži sekcija dvoboka između druge i treće palube. Dimenzije su joj 17x27 m, što je dovoljno prostora da se za vrijeme predmontaže sekcije može pripremati predmontaža druge. Predmontaža sekcije dvoboka obavljati će se na ravnoj površini opločenja palube u položaju obrnutom od položaja montaže. Ova radna površina koristiti će se također za kompletiranje panela opločenja boka iznad šeste palube.

Zakrivljene sekcije dvoboka izrađivati će se u radionicama predmontaže, te će se kao takva dopremiti u radionicu za izradu blokova.

f) radna površina 3 – RP 3

Ova je radna površina namijenjena za ukрупnjavanje dvije sekcije palube. Dimenzije RP 3 su 14x29 m. Pomoću dizalice na ovu će se površinu dopremiti i pozicionirati za ukрупnjavanje dvije sekcije palube. Potrebno ih je prvo postaviti u položaj obrnut od položaja montaže na navozu da bi se zavarili svi strukturni elementi i opločenje s donje strane. Također je potrebno zavariti jake nosače za opločenje palube. Nakon toga sekcije je potrebno okrenuti u položaj montaže i zavariti opločenje palube s gornje strane.

g) radne površine 4 i 5 – RP 4 i RP 5

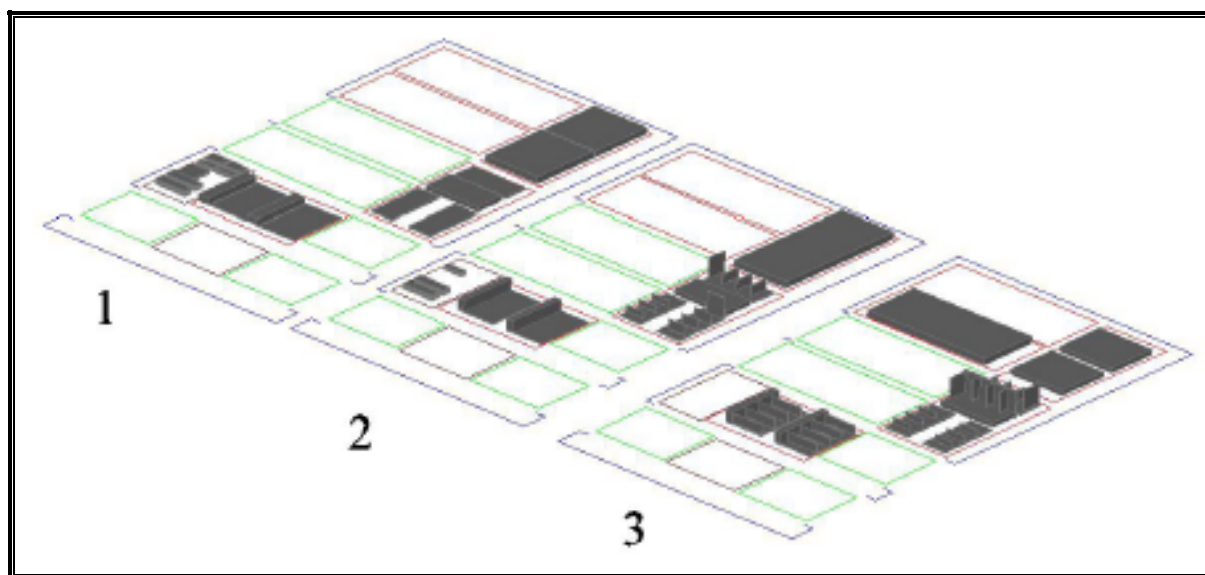
Dimenzije ovih radnih površina su 33x13 m. Ovdje će se ukрупnjavati blokovi koji će obuhvaćati opločenje boka između treće i šeste palube i šestu palubu, blokovi koji će

obuhvaćaju dvobok između druge i treće palube i treću palubu, te blokovi koji će obuhvaćati opločenje boka i palube iznad šeste palube. Svi ti blokovi obuhvaćati će punu širinu broda.

Tablica 25. *Ulazni elementi*

tip	dimenzije [mm]	masa [t]
panel 3. palube	12,2x10,8x1,0	35
panel 6. palube	12,2x14,4x1,3	50
panel 7. – 11. palube	12,2x14,4x0,4	15
panel opločenja dvoboka 2. – 3. paluba	12,2x5,2x0,3	15
panel opločenja boka 3. – 6. paluba	12,2x8,2x0,15	20
panel opločenja boka iznad 6. palube	12,2x13,5x0,3	20

U tablici 25. nabrojani su ulazni elementi koji će u radionicu ulaziti sa panel linije. Dane su približne dimenzije i mase ulaznih panela. Osim panela u radionicu će ulaziti dijelovi paluba koji će se zavarivati na dvobok ili opločenje boka, te ostali elementi male predmontaže koji će se koristiti za kompletiranje opločenja boka ili sekcija dvoboka.

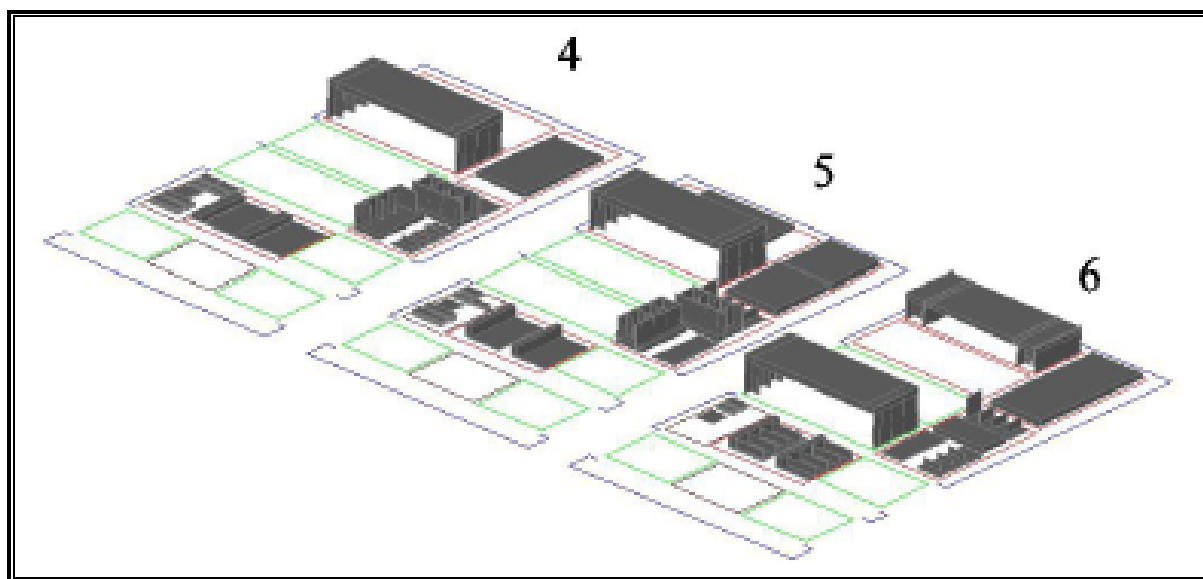


Slika 62. *Početne faze ukрупnjavanja blokova*

Slikom 62. prikazane su početne faze ukрупnjavanja blokova u ovoj radionici. U fazi jedan na MS 2 postavljeni su potrebni elementi male predmontaže. Na RP 1 postavljena su dva panela opločenja boka između treće i šeste palube i paneli palube koji se ukрупnjavaju sa opločenjem boka. Na RP 2 postavljeni su paneli opločenja dvoboka i paluba koja se ukрупnjuje sa dvobokom. Dva panela šeste palube postavljene su na RP 3.

U drugoj fazi na RP 1 ukрупnjeni su paneli oploćenja boka sa pripadajućim panelom šeste palube. U isto vrijeme na RP 2 se na panele oploćenja dvoboka postavljaju jaki poprečni nosači. Na RP 3 ukрупnjavaju se dva panela šeste palube.

Tokom treće faze postavljeni su poprečni nosači na oploćenje boka između treće i šeste palube. Na RP 3 počinje ukрупnjavanje jedne sekcije dvoboka, dok se na druga oploćenja dvoboka postavljaju poprečni nosači. Ukрупnjene sekcije šeste palube prebačene su na RP 4, dok su na RP 3 postavljena dva panela treće palube koje je potrebno ukрупniti.



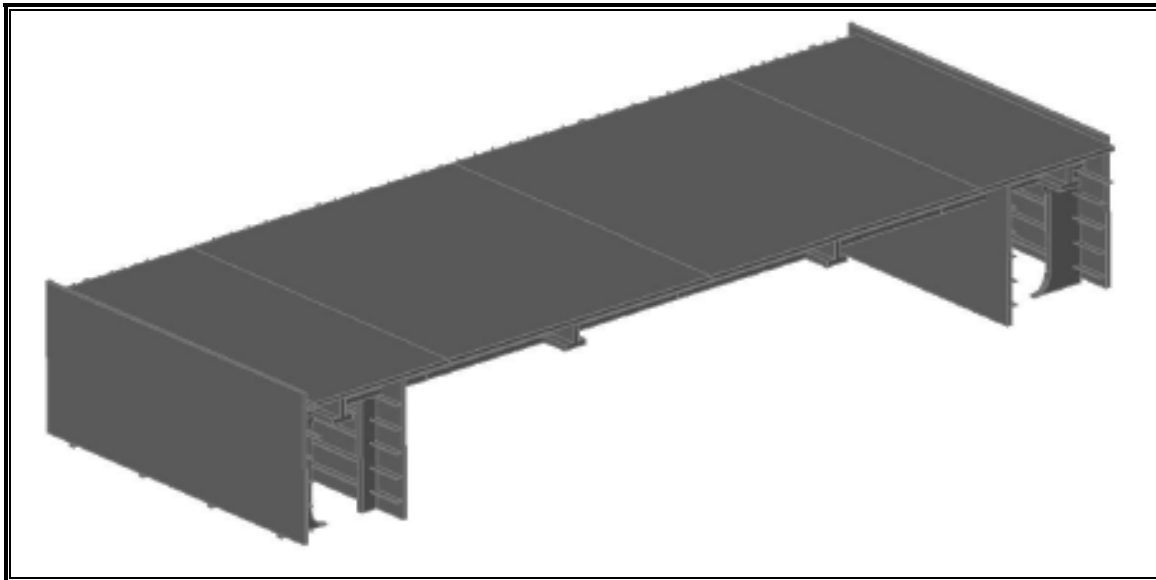
Slika 63. *Završne faze ukрупnjavanja blokova*

Na slici 63. prikazane su završne faze ukрупnjavanja blokova. Tokom faze 4 na međuskladište dva su ponovno dopremljeni potrebni elementi male predmontaže. Sa RP1 su gotove sekcije oploćenja boka između treće i šeste palube prebačene na RP 4, te su ponovno postavljeni paneli oploćenja boka i paneli šeste palube. Na RP 2 nastavljeno je ukрупnjavanje prve sekcije dvoboka i dopremljen je panel palube za drugu sekciju dvoboka, kao i sljedeći panel oploćenja dvoboka. Završeno je ukрупnjavanje panela treće palube na RP 3. Na RP 4 pozicionirane su sekcije za izradu bloka šeste palube sa oploćenjem boka od treće do šeste palube.

Tokom faze pet na RP 1 ukрупnjeni su paneli oploćenja boka sa panelima šeste palube. Na RP 2 završena je predmontaža sekcija dvoboka, te je počelo postavljenje poprečnih nosača na panele oploćenja dvoboka za nove sekcije. Ukрупnjeni paneli treće palube prebačeni su na

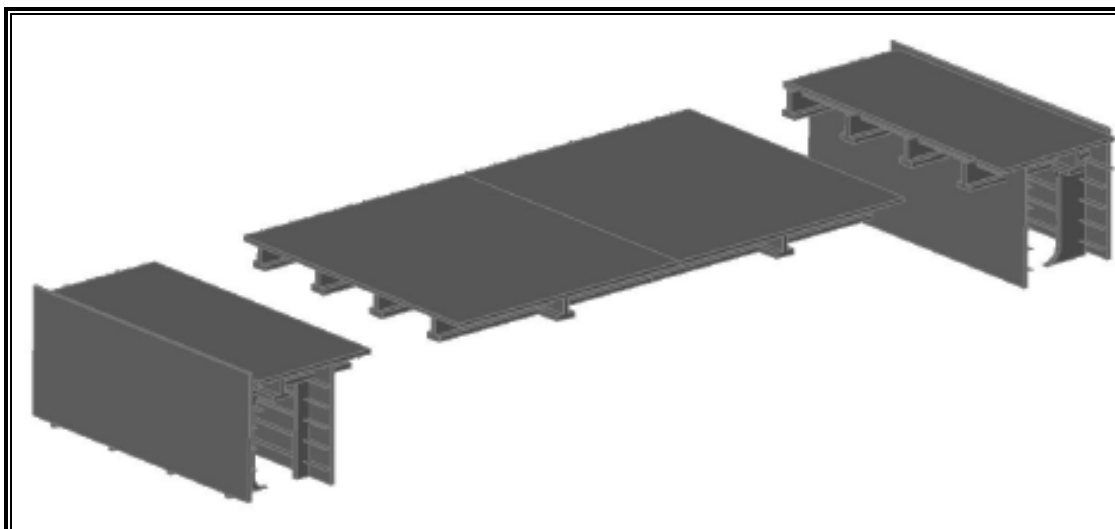
RP 5, dok su na RP 3 postavljeni novi paneli šeste palube. Na RP 4 se ukрупnjava blok šeste palube sa opločenjem boka od treće do šeste palube.

Tokom šeste faze postavljeni su poprečni nosači na panele opločenja boka od treće do šeste palube. Nastavljena je izrada sekcija dvoboka na RP 2 daljnim postavljanjem poprečnih nosača na panele opločenja dvoboka, te je dopremljen panel palube. Na RP 3 ukрупnjeni su paneli šeste palube. Sekcije dvoboka i ukрупnjeni paneli treće palube pozicioniraju se na RP 5 kako bi se mogli ukрупnjiti u blok. RP 4 oslobođena je premještanjem bloka šeste palube sa opločenjem boka između treće i šeste palube na površinu IP 2 od kuda će se blok pomoću transportera odvesti prema radionicama za antikorozivnu zaštitu.



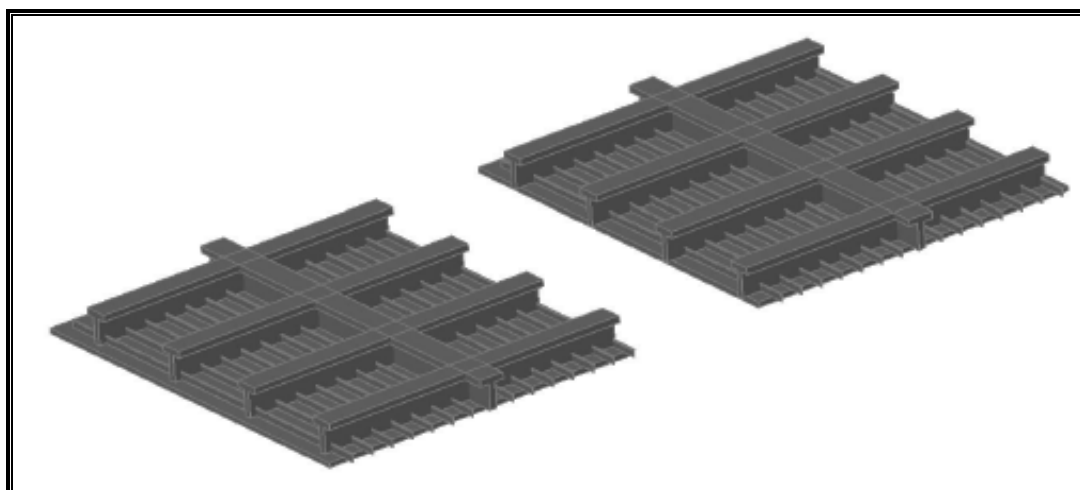
Slika 64. Blok treće palube sa dvobokom – blok 301

Slika 64. prikazuje blok treće palube sa dvobokom u punoj širini broda kakav će se izrađivati u ovoj radionici. Ovakav blok izrađivati će se na radnim površinama četiri ili pet. Duljina ovog bloka je 12,20 m, širina mu je 32,26 m, te visina 5,20 m. Masa ovakvog bloka iznosi približno 160 t. Ukрупnjavaње ovakvog bloka izvodi se u položaju montaže pomoću hidrauličkih upora.



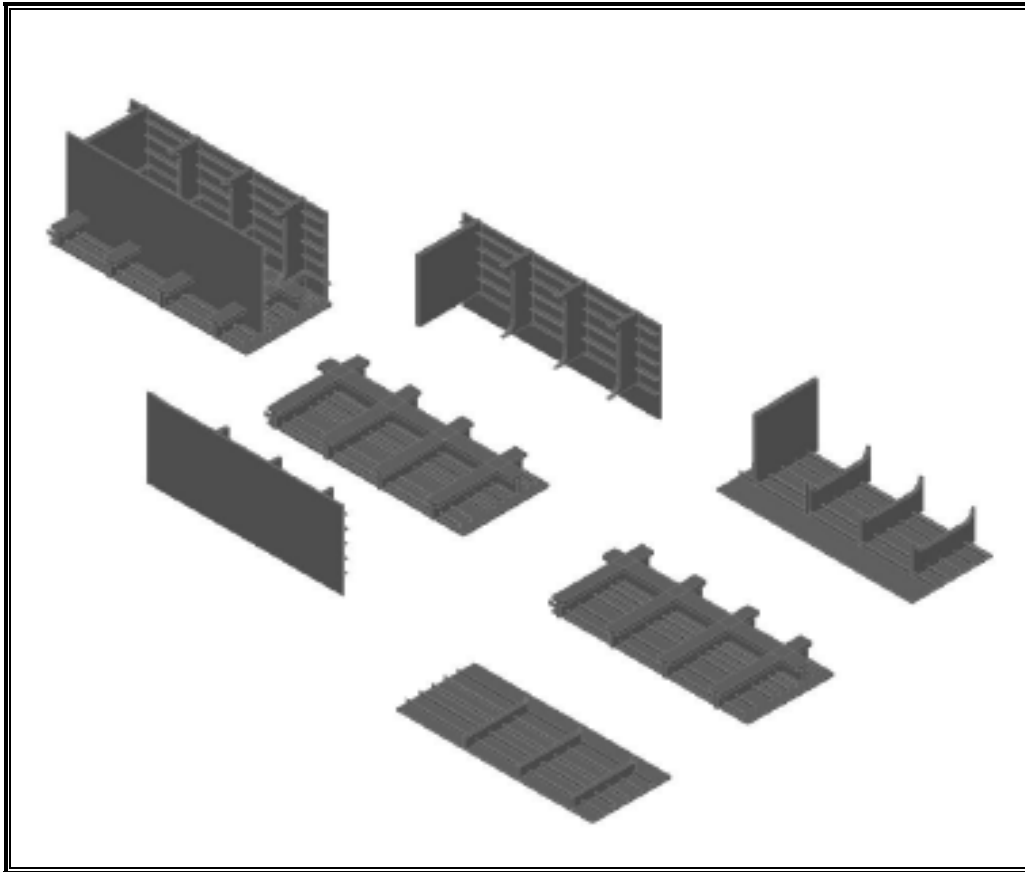
Slika 65. *Sastavni dijelovi bloka 301*

Na slici 65. prikazani su sastavni dijelovi bloka 301. Kao što je vidljivo, blok 301, sastoji se od dvije sekcije dvoboka i ukрупnjene sekcije treće palube. Duljina svake od ovih sekcija je 12,20 m, širina sekcija dvoboka je 5,48, te je njihova visina 5,20 m. Širina ukрупnjene sekcije palube iznosi 21,30 m, te ima visinu 1,15 m. Masa ukрупnjene sekcije palube iznosi približno 65 t, dok je masa jedne sekcije dvoboka približno 47 t.



Slika 66. *Treća paluba bloka 301*

Na slici 66. prikazane su dvije sekcije treće palube u položaju obrnutom od položaja montaže. Ukрупnjavanje ovih sekcija obavlja se u položaju kao na slici na RP 3. Duljina ovih sekcija je 12,20 m, a njihova visina je 1,15 m. Širina lijeve sekcije iznosi 10,80 m, dok je širina desne 10,50 m. Masa lijeve sekcije iznosi približno 35 t, a masa desne sekcije približno 30 t.



Slika 67. *Dvobok bloka 301*

Na slici 67. prikazana je jedna sekcija dvoboka bloka 301. Na slici možemo vidjeti cijelu sekciju dvoboka u položaju obrnutom od položaja montaže, te kako se ona rastavlja na panel palube i panele opločenja dvoboka. Duljina panela od koji se sastoji sekcija dvoboka je 12,20 m. Širina panela palube je 5,35 m, visina mu je 1,15 m, te ima masu od približno 20 t. Širine panela opločenja dvoboka je 5,2 m, te imaju visinu 0,35 m, bez poprečnih nosača. Masa panela vanjskog opločenja dvoboka sa poprečnim elementima približno iznosi 16 t, dok je masa unutarnjeg opločenja približno 11 t.

Prilikom izrade blokova koji će se izrađivati u ovoj radionici potrebno je u njih ugraditi što veću količinu opreme kako bi se skratilo kasnije potrebno vrijeme za opremanje broda.

5.3.2. Potrebna oprema i uređaji u radionici

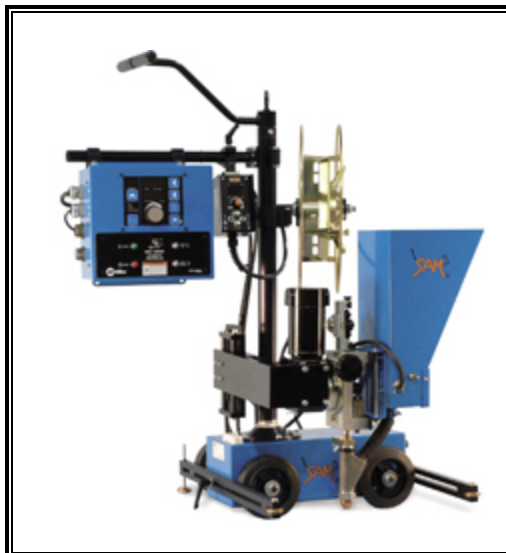
U ovoj će se radionici izrađivati ravni blokovi koji obuhvaćaju palubu i bok broda između te palube i one ispod nje. Da bi se izbjeglo okretanje, blokovi će se izrađivati u položaju montaže, što zahtijeva opremanje radionice sa hidrauličkim podupiračima koji će moći podizati i spuštati palubu prilikom ukрупnjavanja blokova.



Slika 68. *Hidraulički podupirač*

Slikom 68. prikazan je hidraulički podupirač koji se koristi za podizanje i nošenje aviona. Njegova nosivost je 12 t, dok mu je maksimalna visina dizanja 2,41 m. Nedostatak ovakvog podupirača je premala visina dizanja. Sa nizom podupirača nosivosti 12 t koji mogu podići palube na potrebnu visinu olakšala bi se izrada bloka.

Radionicu je potrebno opremiti uređajima za zavarivanje. Osim uređaja za zavarivanje MIG postupkom opisanog u poglavlju 5.2.2., ovu je radionicu potrebno opremiti i poluautomatskim uređajem za zavarivanje EPP postupkom.



Slika 69. *Poluautomatski uređaj za zavarivanje EPP postupkom*

Slikom 69. prikazan je jedan od mogućih uređaja za zavarivanje EPP postupkom kojim će biti opremljena ova radionica. Ovakav uređaj može zavarivati poprečne nosače na opločenje boka između treće i šeste palube. Uređaj prikazan gornjom slikom zavaruje samo sa jednom žicom. Prilikom zavarivanja opločenja palube, korijen zavora zavaruje se MIG postupkom, dok se popuna zavora izvodi EPP postupkom zavarivanja. Za popunu zavora može se koristiti i uređaj sa slike 69., ili sličan uređaj koji zavaruje sa tri žice, kojim bi se pak skratilo potrebno vrijeme za rad. U tablici 26. navedene su važnije karakteristike aparata za poluautomatsko zavarivanje EPP postupkom prikazanog na slici 69.

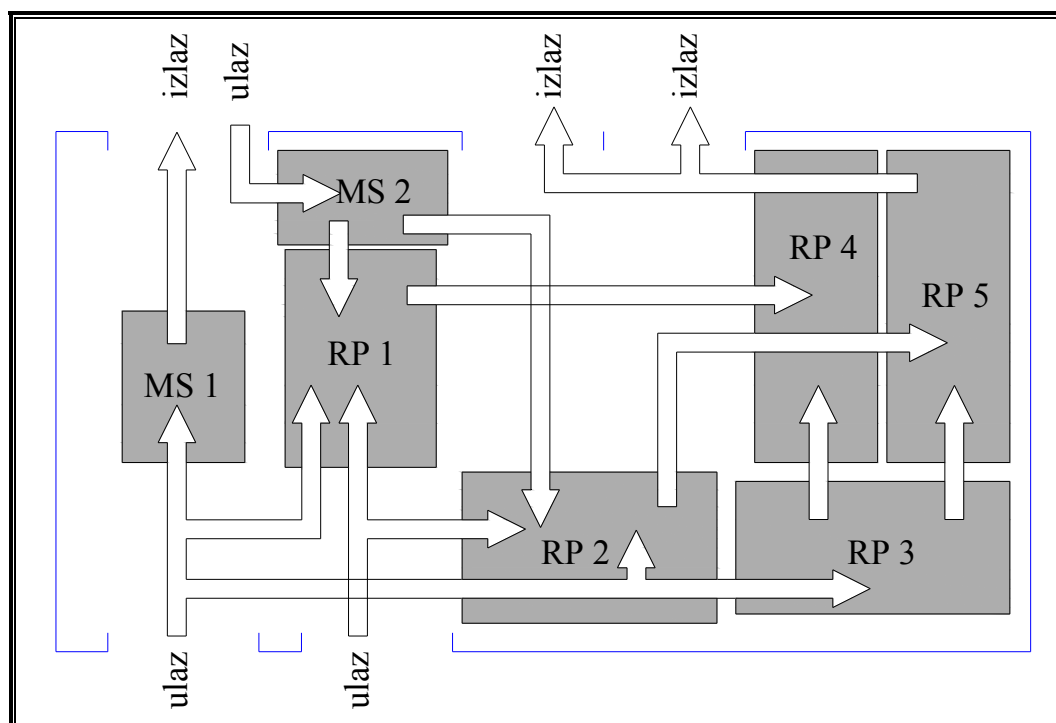
Tablica 26. *Karakteristike poluautomatskog uređaja za zavarivanje EPP postupkom*

brzina zavarivanje	10 – 168 cm/min
promjer žice	2,4 – 4,0 mm
brzina dodavanja žice	51 – 1016 cm/min

Osim navedenih podupirača i opreme za zavarivanje radionicu je potrebno opremiti uređajima za ventilaciju, kako lokalnu, tako i ventilaciju čitave radionice, te opremom za plinsko rezanje i brusilicama. Brodomonterima je potrebno osigurati sve potrebne naprave za regulaciju sekcijskog spoja kako bi mogli pozicionirati sekcije prilikom izrade blokova.

5.3.3. Tok materijala unutar hale J

Pri organizaciji toka materijala potrebno je paziti da se materijala ne vraća na radne površine na kojima je već bio, te da se tokovi materijala međusobno ne presjecaju. U slučaju da dođe do presjecanja tokova materijala, problem se može riješiti dobrom organizacijom transporta.



Slika 70. Tok materijala u hali J

Slika 70. prikazuje tokove materijala unutar hale J. Paneli palube i paneli za radionice predmontaže ulaze na UP 1, na UP 2 ulaze paneli opločenja boka, a na MS 2 ulaze elementi male predmontaže. Sa UP 1 na MS 1 odlaze paneli za radionice predmontaže, odakle se prebacuju na IP 1 i odvoze iz radionice. Također sa UP 1 paneli palube odlaze na radne površine jedan, dva i tri. Sa UP 2 paneli opločenja boka odlaze na RP 1 i 2. Elementi male predmontaže sa MS 2 odlaze RP 1 i 2. Na RP 4 dolaze sekcije dvoboka sa RP 2 i ukрупnjene sekcije palube sa RP 3, dok na RP 5 dolaze kompletirana opločenja boka sa RP 1 i ukрупnjene sekcije sa RP 3. Sa RP 4 i 5 izrađeni blokovi se transportiraju na IP 2 i 3 te se odvoze iz radionice. Vidljivo je da neki tokovi materijala prelaze preko radnih površina. Također dolazi do križanja dva toka materijala. Kako tokovi u ovoj radionici nisu kontinuirani, već se javljaju u određenim vremenskim intervalima, te kako ne postoje parterna sredstva transporta kao što su valjčaste staze, dobrom organizacijom transporta mogu se izbjeći problematične situacije.

5.3.4. Transportna sredstva

Kako bi se unutar radionice mogli izrađivati predviđeni blokovi, radionicu je potrebno opremiti transportnim sredstvima koja mogu odgovoriti zahtjevima proizvodnje. Cjelokupni transport materijala unutar radionice odvijati će se pomoću dvije mosne dizalice.

Tablica 27. *Karakteristike dizalica u hali J*

broj dizalica	2
broj kuka dizalice 1	3
broj kuka dizalice 2	1
nosivost kuke	80 t (160 t)
dizanje dizalice 1	240 t
okretanje dizalice 1	160 t

U tablici 27. navedene su karakteristike dviju dizalica u hali J. Raspon staza ovih dizalica iznosi 51 m, visina staza dizalica je 30,5 m, dok im je maksimalna visina dizanja 27 m. Navedena nosivost od 160 t za jednu kuku odnosi se na jednu od tri kuke dizalice 1.

Za ulaz panela u halu na površinu UP 2 koristiti će se hidraulički nosač sekcija nosivosti 150 t, kojim je opremljena panel linija. Radi se o šest vozničkih postolja pojedinačne nosivosti 25 t, poredanih u dva niza po tri postolja, na razmaku od 3480 mm. Ovakav sustav transporta biti će potrebno postaviti i za ulaz panela na površinu UP 2.

Dopremanje elemenata male predmontaže obavljati će se pomoću bočnog viljuškara kojima se brodogradilište koristi u svom radu.

Transport zakrivljenih sekcija boka u radionicu odvijati će se na jednom od dva parterna transporterata, dok će se gotovi blokovi odvoziti iz radionice zajedničkim radom oba transporterata.

6. Zaključak

Brod kao finalni proizvod brodograđevnog procesa od kapitalne je vrijednosti, kako za brodovlasnika, tako i za brodogradilište. Zbog konkurentnosti na tržištu gradnje brodova potrebno je unapređivati brodograđevni proces kako bi se moglo odgovoriti zahtjevima tržišta u pogledu cijene, brzine i kvalitete izrade. Samim razvojem tehnologije i načina rada postiže se veća brzina i kvaliteta gradnje. Ulaganjem u tehnologiju povećava se cijena rada jer se povećava amortizacija, a time se povećava i cijena radnog sata, ali će ih se trošiti manje, što može smanjiti ukupnu cijenu rada u odnosu na staru tehnologiju, gdje se troši veći broj jeftinih sati rada. Smanjenjem broja potrebnih radnih sati skraćuje se vrijeme gradnje broda.

Hrvatska brodogradilišta brodove grade na klasičan način, montažom sekcija trupa na navozu. Montaža se vrši od velikog broja sekcija što zahtijeva izvedbu velikog broja sekcijских spojeva. Takav način gradnje iznimno je dugotrajan i zahtijeva puno vremena za centriranje sekcija, rezanje viškova i pripremu zavara. Valja znati da je navoz kosa površina što također otežava rad. Još jedan od nedostatka takvog načina rada je i veliki utjecaj vremenskih uvjeta koje je nemoguće kontrolirati.

Da bi unaprijedilo svoju proizvodnju brodogradilište se odlučilo na investiciju za izgradnju dvije hale za izradu velikih blokova. Izgradnja velikih blokova u zatvorenim prostorima donosi niz prednosti za brodogradilište kao što su smanjenje vremena potrebnog za montažu trupa na navozu i prijevremena ugradnja veće količine opreme, što rezultira i smanjenjem troškova gradnje. Izgradnjom blokova, te njihovom antikorozivnom zaštitom prije montaže smanjuje se količina potrebnih popravaka boje nakon montaže. Osim toga, preseljenjem izrade blokova u zatvorene prostore smanjuje se utjecaj vremenskih uvjeta, te se povećava kvaliteta konačnog proizvoda.

Načinom na koji je sada organiziran proces montaže trupa, jedan prsten ograničene duljine, a pune visine i širine broda, montira se od devet montažnih jedinica. Takav isti prsten prema novom načinu montaže trupa od blokova montirao bi se od tri bloka.

Povećanje nosivosti dizalica i parternog transporta u predmontaži zahtijeva i povećanje nosivosti dizalica na navozu. Zbog trenutne nosivosti dizalica na navozu blokovi

koji se izrađuju u novim radionicama moraju obuhvaćati punu širinu broda da bi ih se moglo montirati na navozu. Postavljanjem velike portalne dizalice iznad navoza, brodogradilište će u kombinaciji sa novim radionicama za ukрупnjavanje blokova otvoriti nove mogućnosti unapređenja brodograđevnog procesa. U tom slučaju neće se morati izrađivati veliki blokovi u punoj širini broda, već će se moći izrađivati blokovi koji će obuhvaćati dio širine, ali i puno veći dio duljine broda. Takav način gradnje omogućiti će izbjegavanje neravnina opločenja paluba koje se javljaju kod poprečnih spojeva blokova.

Na kraju možemo zaključiti da bi izgradnja velikih blokova u zatvorenim radionicama uvelike unaprijedila brodograđevni proces brodogradilišta u smislu smanjenja troškova rada, smanjenju vremena potrebnog za gradnju broda i povećanju kvalitete finalnog proizvoda, broda.

Literatura

- [1] Sladoljev Ž.: Skripta iz kolegija „Tehnologija brodogradnje“
- [2] Brodogradilište „Uljanik“: Proizvodni program brodogradilišta
- [3] Brodogradilište „Uljanik“: Plan sekcija – gradnja 472
- [4] Brodogradilište „Uljanik“: Katalog
- [5] Brodogradilište „Uljanik“: Plan sekcija – gradnja 480
- [6] Brodogradilište „Uljanik“: Tehnološka razrada panel linije
- [7] Brodogradilište „Uljanik“: Specifikacija parternog transportera SYT 4/2 – F
- [8] Mavrić I.: Skripta iz kolegija „Osnivanje brodogradilišta“