Primjena simulacijskog modeliranja u procesu gradnje objekata morske tehnike

Zlopaša, Hinko

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:058058

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Hinko Zlopaša

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Student:

Doc. dr. sc. Jerolim Andrić, dipl. ing. Hinko Zlopaša

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i služeći se navedenom literaturom kao i savjetima doc. dr. sc. Jerolima Andrića i dr. sc. Marka Tomića, kojima se ovom prilikom zahvaljujem. Posebna zahvala doc. dr. sc. Borisu Ljubenkovu bez čijeg magistarskog rada ovaj diplomski rad ne bi bio izvediv. Na kraju najveća hvala mom dragom Bogu što me doveo do ovoga.

Hinko Zlopaša

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove: procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Mat. br.:

Naslov:

Opis zadatka:

Zadatak zadan: Rok predaje rada:

Zadatak zadao: Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
POPIS OZNAKA VII
SAŽETAK VIII
SUMMARY IX
1. UVOD 1
2. ODABIR REFERENTNOG BRODOGRADILIŠTA 3
2.1. Uvod 3
2.2. Faze proizvodnog procesa 3
2.2.1. Ulazno skladište crne metalurgije 3
2.2.2. Predobrada crne metalurgije 4
2.2.3. Skladište predobrađenog materijala 4
2.2.4. Radionica rezanja limova 5
2.2.5. Radionica rezanja profila 6
2.2.6. Transport obrađenih profila 6
2.2.7. Panel linija 7
2.2.8. Mikro panel linija 8
2.2.9. Međuskladišni prostor 8
2.2.10. Predmontažna hala 1 9
2.2.11. Predmontažna hala 2 9
2.2.12. Radionica površinske zaštite 10
2.2.13. Predmontaža i opremanje modula 10
2.2.14. Montaža i opremanje trupa 11
3. SIMULACIJSKI MODEL PROIZVODNJE SAMOPODIZNE PLATFORME 12
3.1. Uvod 12
3.2. Model samopodizne platforme 12
3.3. Model proizvodnje samopodizne platforme 14
3.3.1. Ulazno skladište i predobrada crne metalurgije 14
3.3.2. Skladište predobrađenog materijala 16
3.3.3. Radionica rezanja limova 17
3.3.4. Linija rezanja profila 19
3.3.5. Transport obrađenih profila 22
3.3.6. Panel linija 23
3.3.6.1. Proračun trajanja taktova 24
3.3.7. Mikro panel linija 28
3.3.7.1. Proračun trajanja taktova 28
3.3.8. Međuskladišni prostor 30
3.3.9. Predmontaža i opremanje sekcija i blokova 31
3.3.9.1. Proračun vremena predmontaže i opremanja blokova A3L, A3D i B3 34
3.3.9.2. Proračun vremena predmontaže i opremanja blokova A1, A2L, A2D, A4L, A4D, B1, B2L, B2D, B4L, B4D i B5 36

3.3.10. Radionica površinske zaštite ... 40
3.3.11. Predmontaža i opremanje modula ... 42
3.3.12. Montaža i opremanje trupa ... 45
4. ANALIZA SIMULACIJSKIH MODELA ... 47
4.1. Uvod ... 47
4.2. Prvi eksperiment – osnovni model ... 49
4.2.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme ... 49
4.2.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana ... 52
4.3. Drugi eksperiment – model s povećanjem brojem radnika ... 55
4.3.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri povećanom broju radnika ... 55
4.3.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri povećanom broju radnika ... 58
4.4. Treći eksperiment – model sa smanjenim brojem radnika ... 61
4.4.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri smanjenom broju radnika ... 61
4.4.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri smanjenom broju radnika ... 64
4.5. Četvrti eksperiment – model sa smanjenjim brojem hala za antikorozivnu zaštitu ... 67
4.5.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri smanjenom broju hala za antikorozivnu zaštitu ... 67
4.5.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri smanjenom broju hala za antikorozivnu zaštitu ... 70
5. USPOREDBA DOBIVENIH IZLAZNIH REZULTATA ... 73
5.1. Usporedba izlaznih rezultata na razini proizvodnje jedne samopodizne platforme ... 73
5.2. Usporedba izlaznih rezultata na razini godišnje proizvodnje samopodiznih platformi 74
6. ZAKLJUČAK ... 77
LITERATURA ... 78
PRILOZI ... 79
TEHNOLOŠKA ANALIZA SAMOPODIZNE PLATFORME LEVINGSTON 111 C ... 81

POPIS SLIKA

Slika 1. Shema nastanka trupa samopodizne platforme 13
Slika 2. Cjelokupni model proizvodnje 15
Slika 3. Model skladišta predobrađenog materijala 17
Slika 4. Model dijela radionice za rezanje limova 19
Slika 5. Prvi dio modela dijela radionice za rezanje profila 21
Slika 6. Drugi dio modela dijela radionice za rezanje profila 21
Slika 7. Model transporta obrađenih profila 22
Slika 8. Model panel linije 27
Slika 9. Model mikropanel linije 30
Slika 10. Model predmontaže i opremanja bloka složenije konstrukcije 39
Slika 11. Model predmontaže i opremanja bloka jednostavnije konstrukcije 39
Slika 12. Model radionice za površinsku zaštitu 42
Slika 13. Model montaže i opremanja trupa 46
Slika 14. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta 52
Slika 15. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini 54
Slika 16. Izlazni podaci modela za jedan objekt s povećanim brojem radnika 57
Slika 17. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju s povećanim brojem radnika 60
Slika 18. Izlazni podaci modela za jedan objekt sa smanjenim brojem radnika 63
Slika 19. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju sa smanjenim brojem radnika 66
Slika 20. Izlazni podaci modela za jedan objekt sa smanjenim brojem AKZ hala 69
Slika 21. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju sa smanjenim brojem AKZ hala 72
Slika 22. Samopodizna platforma Levingston 111 C 81
Slika 23. Tehnološka podjela trupa platforme na blokove 85
Slika 24. Tehnološka podjela trupa platforme na module 85

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vrijeme zavarivanja s obzirom na vrstu spoja i postupak zavarivanja, [1]..... 31
Tablica 2. Vrijeme zavarivanja limova debljih od 20 mm, [1] 32
Tablica 3. Trajanje bravarskih aktivnosti s obzirom na poziciju, [1]..... 33
Tablica 4. Trajanje montaže kod cjevarskih radova..... 33
Tablica 5. Duljine cjevovoda samopodizne platforme, [1] 33
Tablica 6. Proračun opremanja bloka, modula i trupa [1]..... 34
Tablica 7. Plošne i volumenske sekcije blokova A3L, A3D i B3, [1] 34
Tablica 8. Proračun vremena predmontaže jedne sekcije, [1]..... 35
Tablica 9. Proračun vremena predmontaže bloka, [1] 35
Tablica 10. Plošne i volumenske sekcije blokova, [1] 36
Tablica 11. Proračun vremena predmontaže plošne sekcije, [1]..... 37
Tablica 12. Proračun vremena predmontaže sekcije, [1] 37
Tablica 13. Proračun vremena predmontaže sekcije, [1] 37
Tablica 14. Vrijednosti trajanja operacija pri površinskoj zaštiti, [1]..... 40
Tablica 15. Površina blokova trupa platforme, [1]..... 40
Tablica 16. Proračun vremena površinske zaštite bloka, [1]..... 41
Tablica 17. Duljina zavarenog spoja blokova modula A, [1]..... 42
Tablica 18. Duljina zavarenog spoja blokova modula B, [1]..... 43
Tablica 19. Proračun predmontaže i opremanja modula, [1] 44
Tablica 20. Duljina zavarenog spoja pri montaži trupa, [1]..... 45
Tablica 21. Proračun montaže i opremanja trupa, [1]..... 45
Tablica 22. Broj radnika na brodogradilištu u jednoj smjeni, [1] 48
Tablica 23. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta..... 49
Tablica 24. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta..... 50
Tablica 25. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini 52
Tablica 26. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini 52
Tablica 27. Izlazni podaci modela za proizvodnju jednog objekta pri povećanom broju radnika..... 55
Tablica 28. Izlazni podaci modela za proizvodnju jednog objekta pri povećanom broju radnika..... 55
Tablica 29. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri povećanom broju radnika.... 58
Tablica 30. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri povećanom broju radnika.... 58
Tablica 31. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju radnika 61
Tablica 32. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju radnika 61
Tablica 33. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju radnika.... 64
Tablica 34. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju radnika.... 64
Tablica 35. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju AKZ hala 67
Tablica 36. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju AKZ hala 67
Tablica 37. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju AKZ hala 70
Tablica 38. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju AKZ hala 70
Tablica 39. Usporedba prema trajanju izrade jedne samopodizne platforme 73
Tablica 40. Usporedba prema broju radnih sati 73
Tablica 41. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka složenije konstrukcije 74
Tablica 42. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka jednostavnije konstrukcije 74

Tablica 43. Usporedba prosječnog trajanja izrade jedne samopodizne platforme 75
Tablica 44. Usporedba prosječnog broja potrebnih radnih sati zaizradu jedne samopodizne platforme 75
Tablica 45. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka složenije konstrukcije tijekom jedne godine 75
Tablica 46. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka jednostavnije konstrukcije tijekom jedne godine 75
Tablica 47. Kemijski sastav i mehanička svojstva čelika povišene čvrstoće 83
Tablica 48. Dimenzije trupa platforme i dva sastavna modula 84
Tablica 49. Specifikacija materijala bloka A1, [1] 86
Tablica 50. Podsklopovi bloka A1, [1] 86
Tablica 51. Paneli bloka A1, [1] 87
Tablica 52. Plošne sekcije bloka A1, [1] 87
Tablica 53. Volumenske sekcije bloka A1, [1] 87
Tablica 54. Redoslijed sastavljanja bloka A1, [1] 88
Tablica 55. Specifikacija materijala bloka A2L i A2D, [1] 88
Tablica 56. Podsklopovi bloka A2L i A2D, [1] 88
Tablica 57. Paneli bloka A2L i A2D, [1] 89
Tablica 58. Plošne sekcije bloka A2L i A2D, [1] 89
Tablica 59. Volumenska sekcija bloka A2L i A2D, [1] 89
Tablica 60. Redoslijed sastavljanja bloka A2L i A2D, [1] 89
Tablica 61. Specifikacija materijala bloka A3L i A3D, [1] 90
Tablica 62. Podsklopovi bloka A3L i A3D, [1] 90
Tablica 63. Paneli bloka A3L i A3D, [1] 91
Tablica 64. Plošne sekcije bloka A3L i A3D, [1] 91
Tablica 65. Volumenska sekcija bloka A3L i A3D, [1] 91
Tablica 66. Redoslijed sastavljanja A3L i A3D, [1] 91
Tablica 67. Specifikacija materijala bloka A5L i A5D, [1] 92
Tablica 68. Podsklopovi bloka A5L i A5D, [1] 92
Tablica 69. Paneli bloka A5L i A5D, [1] 93
Tablica 70. Plošne sekcije bloka A5L i A5D, [1] 93
Tablica 71. Redoslijed sastavljanja bloka A5L i A5D, [1] 93
Tablica 72. Specifikacija materijala bloka B1, [1] 94
Tablica 73. Podsklopovi bloka B1, [1] 94
Tablica 74. Paneli bloka B1, [1] 95
Tablica 75. Plošne sekcije bloka B1, [1] 95
Tablica 76. Volumenske sekcije bloka B1, [1] 95
Tablica 77. Redoslijed sastavljanja bloka B1, [1] 95
Tablica 78. Specifikacija materijala bloka B2L i B2D, [1] 96
Tablica 79. Podsklopovi bloka B2L i B2D, [1] 96
Tablica 80. Paneli bloka B2L i B2D, [1] 97
Tablica 81. Plošne sekcije bloka B2L i B2D, [1] 97
Tablica 82. Volumenske sekcije bloka B2L i B2D, [1] 97
Tablica 83. Redoslijed sastavljanja bloka B2L i B2D, [1] 97
Tablica 84. Specifikacija materijala bloka B3, [1] 98
Tablica 85. Podsklopovi bloka B3, [1] 98
Tablica 86. Paneli bloka B3, [1] 99
Tablica 87. Plošne sekcije bloka B3, [1] 99
Tablica 88. Volumenske sekcije bloka B3, [1] 99
Tablica 89. Redoslijed sastavljanja bloka B3, [1] 99

Tablica 90. Specifikacija materijala bloka B4L i B4D, [1] 100
Tablica 91. Podsklopovi bloka B4L i B4D, [1] 100
Tablica 92. Paneli bloka B4L i B4D, [1] 101
Tablica 93. Plošne sekcije bloka B4L i B4D, [1] 101
Tablica 94. Redoslijed sastavljanja bloka B4L i B4D, [1] 101
Tablica 95. Specifikacija materijala bloka B5, [1] 102
Tablica 96. Podsklopovi bloka B5, [1] 102
Tablica 97. Paneli bloka B5, [1] 102
Tablica 98. Plošne sekcije bloka B5, [1] 103
Tablica 99. Redoslijed sastavljanja bloka B5, [1] 103
Tablica 100. Specifikacija materijala trupa platforme, [1] 104
Tablica 101. Podsklopovi trupa platforme, [1] 104
Tablica 102. Paneli trupa platforme, [1] 105
Tablica 103. Plošne i volumenske sekcije trupa platforme, [1] 105

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
L	[m]	duljina bloka
B	[m]	širina bloka
H	[m]	visina bloka
m	[t]	masa bloka

SAŽETAK

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti primjenu simulacijskog modeliranja procesa gradnje, u ovom slučaju samopodizne platforme, u racionalnim postupcima osnivanja i optimiranja brodograđevnog proizvodnog procesa. Uvodno poglavlje sadrži kratak opis načina primjene simulacijskog modeliranja. U drugom poglavlju opisani su proizvodni procesi i tokovi materijala odabranog referentnog brodogradilišta u kojem se vrši proizvodnja (na temelju proizvodnog programa određenog tehnološkom analizom samopodizne platforme Levingston 111 C koja se nalazi u Prilogu). Treće poglavlje opisuje diskretni simulacijski model odabranog brodogradilišta i način na koji je on preslikan u računalni program „Tecnomatix Plant Simulation 11“. U četvrtom poglavlju navedeni su izlazni rezultati četriju simulacijskih modela uz odgovarajuće tablične i grafičke prikaze. Usporedba i kritički osvrt na rezultate eksperimenata s različitim simulacijskim modelima nalazi se u petom poglavlju. U zaključku diplomskog rada navedena su konačna razmatranja mogućnosti primjene simulacijskog modeliranja u osnivanju, planiranju i optimizaciji brodograđevnog proizvodnog procesa.

Ključne riječi: Simulacijski model
Samopodizna platforma
Tehnologija
Proizvodnja

SUMMARY

The aim of this diploma thesis is to research the application of simulation modelling, in this case offshore platform, in rational procedures of establishing and optimizing shipbuilding production process. Introductary chapter contains short description of the mode of application of simulation modelling. In second chapter production processes and material flows of the referent shipyard, in which production is made, are described. Third chapter describes discrete simulation model of the chosen shipyard and the way how it is entered in computer software „Tecnomatix Plant Simulation 11“. In fourth chapter output results of four simulation models are shown through tables and graphics. Comparison and critical view of output results with different simulation models is written in fifth chapter. In conclusion of this diploma thesis the final views of the possibility of application of simulation modelling in establishing, planning and optimizing the shipbuilding production process.

Key words: Simulation model
Offshore platform
Technology
Production

1. UVOD

Brodograđevni proizvodni proces karakterizira intenzivno međudjelovanje složenih inženjerskih sustava. Matematičko modeliranje složenih tehničkih proizvodnih sustava često rezultira modelima čije rješenje ne postoji ili je postojeće analitičko rješenje vrlo teško odrediti. Rješenje tih problema je računalno simuliranje resursa koji ostvaruju radni proces te njihovog međudjelovanja s ciljem uočavanja područja gdje se javljaju problemi u proizvodnom procesu. Brodograđevni proizvodni proces zadovoljava sve važne kriterije primjene simulacijskog modeliranja poput:

a) složenosti (relativno jednostavne proizvodne procese nije racionalno analizirati simulacijskim modeliranjem)
b) međudjelovanja podprocesa (objedinjavanje većeg broja parcijalnih modela u jedinstveni model proizvodnog procesa)
c) velikog udjela strojeva u proizvodnji (modeli rada strojeva značajno su pouzdaniji i mjerljiviji od modela rada ljudi)
d) potrebe optimiranja (dugotrajnost, intermitentnost i u značajnoj mjeri jedinstvenost gradnje svakog pojedinog broda i objekta morske tehnike zahtijeva složen i sveobuhvatan pristup planiranju i vođenju proizvodnog procesa).

Simulacije proizvodnih sustava mogu biti:

a) temeljene na događajima
b) temeljene na aktivnostima
c) temeljene na procesima.

U ovom diplomskom radu simulacija proizvodnih sustava će bit temeljena na diskretnim događajima (eng. discrete event systems). Kod takvih simulacija prate se informacije da li je određeni zadatak započeo i/ili je završio (modeli sustava s diskretnim događajima imaju konačan i prebrojiv broj mogućih stanja). Svaki događaj izvršava se trenutno te mijenja stanje ukupnog sustava. Postoje dva različita pristupa simulaciji sustava s diskretnim događajima:

a) pristup temeljen na kronološkom rasporedu događaja (prikaz događaja mrežnim dijagramom)
b) pristup temeljen na međudjelovanju procesa.

U ovom radu koristit će se pristup temeljen na mrežnom dijagramu (računalni program „Tecnomatix Plant Simulation 11“). Proizvodni program hipotetskog brodogradilišta

predstavlja proizvodnja samopodizne bušeće platforme Labin. Hipotetsko brodogradilište i pripadajući brodograđevni proizvodni proces temelji se na na magistarskom radu [1] i predstavlja karakterističan tip brodogradilišta kakve susrećemo u Republici Hrvatskoj. Diplomskim radom želi se ukazati na potrebu i korisnost simulacijskog modeliranja u osnivanju (posebice u smislu optimiranja) i praćenje složenih proizvodnih procesa u metaloprerađivačkoj industriji. Proizvodni program odabranog referentnog brodogradilišta temelji se na tehnološkoj analizi samopodizne platforme Levingston 111 C, prema [1], koja se nalazi u Prilogu I.

2. ODABIR REFERENTNOG BRODOGRADILIŠTA

2.1. Uvod

Referentno brodogradilište je izvedeno kao gradilište za proizvodnju različitih tipova metalnih proizvoda kao što su offshore objekti, brodovi specijalne namjene duljine do 140 m ili metalne konstrukcije [8]. Faze/elementi proizvodnog procesa su:

- Ulazno skladište limova i profila
- Radionica izrade elemenata strukture
- Radionica podsklopova i sklopova
- Radionica izrade sekcija
- Radionica izrade volumenskih sekcija i blokova
- Površina za sastavljanje i opremanje modula
- Površina za sastavljanje i opremanje trupa

Za svaku pojedinu navedenu fazu određeni su potrebni strojevi, uređaji i transportna sredstva. U nastavku su opisane faze proizvodnog procesa s popisom i karakteristikama potrebne, odnosno izabrane opreme.

2.2. Faze proizvodnog procesa

2.2.1. Ulazno skladište crne metalurgije

Limovi i profili dostavljaju se cestovnim prijevozom tako da su pod dohvatom poluportalnih dizalica koje materijal slažu u hrpe, odnosno palete. Karakteristike opreme ulaznog skladišta:

1.a) *Poluportalna magnetna dizalica za limove*

Daljinski upravljana dizalica. Duljina staze dizalice je 65 m, raspon 15 m, a visina dizanja 10 m. Oprema za prihvat limova su magnetni hvatači.

1.b) *Poluportalna dizalica za profile*

Daljinski upravljana dizalica. Duljina staze dizalice je 50 m, raspon 15 m, a visina dizanja 6 m. Oprema za prihvat profila su mehanički hvatači.

2.2.2. Predobrada crne metalurgije

Poluportalnim dizalicama limovi i profili se prenose na ulaznu valjčastu stazu automatizirane linije predobrade na kojoj se materijal čisti i konzervira. Čišćenje se obavlja strojno, iz razloga jer se zahtijeva da materijal ima visoki stupanj čistoće (SA 2 ½ - DIN 55928) prema standardima koji su prisutni u brodogradnji [1].

Na liniji predobrade nalaze se komore za:

- Prvo sušenje – sušenje materijala strujom toplog zraka radi učinkovitijeg zrnčenja
- Zrnčenje – strojno odstranjivanje valjaoničke kore i hrđe s limova i profila te se na kraju komore četkama čisti abraziv s površine materijala i otpuhuje prašina
- Konzerviranje – zaštita materijala primarnom bojom
- Drugo sušenje – strujom toplog zraka sušenje primarne boje

Nakon navedenog sušenja i označavanja limovi i profili putuju izlaznom valjčastom stazom do ulaza u brodograđevnu radionicu gdje ulaze pomoću poprečnog lančanog transportera. Linija predobrade crne metalurgije pojednostavljena je i uzima se u obzir samo:

2.a) *Linija predobrade crne metalurgije*

Širina valjčaste staze je 3 m, a duljina 70 m. Brzina kojom se materijal kreće po valjčastoj stazi je 2.3 m/min.

2.2.3. Skladište predobrađenog materijala

Predobrađeni materijal se preuzima s poprečnog transportera pomoću magnetnih kolica. Limovi se slažu na skladište predobrađenih limova, a profili se slažu na međuskladištu predobrađenih profila. Oprema skladišta predobrađenog materijala:

3.a) *Magnetna kolica*

Daljinski upravljana dizalica. Duljina staze dizalice je 44 m, raspon je 14 m, a visina dizanja je 3 m. Oprema za prihvat limova i profila su magnetni hvatači.

,

2.2.4. Radionica rezanja limova

Odlučeno je da je radionica rezanja limova sastavljena od dva dijela. Ukupno je opremljena s tri stroja. Sva tri stroja su numerički upravljana. Jedan stroj koristi plazma postupak rezanja, a dva stroja toplinski postupak rezanja (kisik + acetilen) [1]. Dorađivanje nakon rezanja se obavlja poluautomatima na stolovima za ručno rezanje. Transport limova do strojeva za rezanje se obavlja mosnim magnetnim dizalicama. Nakon obrade dio limova se transportira na panel liniju, dio na mikro panel liniju, dio na stol za ručno rezanje ili se slaže na međuskladišta s kojih se transportiraju na panel liniju ili na predmontažu sekcija i/ili blokova. Oprema u radionici za rezanje limova:

4.a) *NC stroj za paralelno rezanje*

Stroj za paralelno rezanje toplinskim načinom koji je numerički upravljan. Dva radna mjesta se koriste za obradu limova. Dvije glave za rezanje se nalaze na nosaču portalne izvedbe. Dva uzdužna reza se režu istovremeno.

4.b) *NC stroj za koordinatno rezanje*

Stroj za koordinatno rezanje toplinskim načinom koji je numerički upravljan. Na dva radna mjesta se istovremeno obavlja obrada, što je za obradu zrcalno simetričnih elemenata vrlo značajno. Kao i kod stroja za paralelno rezanje nosač portalne izvedbe nosi dvije glave za rezanje.

4.c) *NC stroj za plazma rezanje*

Stroj za plazma rezanje pod vodom koji je numerički upravljan. Dva radna mjesta se koriste za rezanje jer dok se na jednom stolu reže, drugi se priprema za rezanje. Transport lima na radno mjesto i punjenje vode čine pripremu.

4.d) *Stol za ručno rezanje*

Stol za ručno rezanje se koristi za sve doradne radove kao što je rezanje prijelaznih mostića ili priprema rubova za zavarivanje.

4.e) *Mosna magnetna dizalica*

Daljinski upravljana dizalica. Raspon staza dizalice je 26 m, a visina dizanja je 10.5 m. Oprema za prihvat limova su magnetni hvatači.

4.f) *Poluportalna dizalica*

Daljinski upravljana dizalica, raspona 15 m i visine dizanja 6 m. Transportira obrađene limove na mikropanel liniju ili međuskladište s kojeg limovi idu direktno u predmontažnu halu.

2.2.5. Radionica rezanja profila

Radionica rezanja profila je opremljena automatiziranom linijom. Profili na liniji prolaze stanice za:

- Čišćenje rubova – obuhvaća čišćenje rubova profila (oko 1 cm širine) na strani koja je predviđena za zavarivanje
- Označavanje – obavlja se tintom istovremeno s rezanjem
- Rezanje – toplinsko rezanje (acetilen + kisik) robotom

Koriste se valjčaste staze i lančasti poprečni transport za transport između operacija na liniji profila. Izlazni okvir na koji dolaze je pod dohvatom nosača za sortiranje koji profile sortira u veće ili manje palete. Transport paleta se obavlja mosnom magnetnom dizalicom. Oprema radionice za rezanje profila:

5.a) *Linija profila*

5.b) *Gantry za sortiranje profila*

2.2.6. Transport obrađenih profila

Palete s profilima se transportiraju na mikro panel liniju, panel liniju ili na međuskladište sa kojeg idu u predmontažne hale. Transport se obavlja mosnom dizalicom. Oprema transporta obrađenih profila:

6.a) *Mosna dizalica*

Dizalica je daljinski upravljana. Raspon staza dizalice je 26 m, a visina dizanja je 10.5 m. Oprema za prihvat paleta s profilima su mehanički hvatači.

2.2.7. Panel linija

Na automatiziranoj panel liniji koja je opremljena visoko specijaliziranim alatima i uređajima izvodi se predmontaža ukrepljenih panela. Opravdanost korištenja panel linije nalazi se u velikom broju ukrepljenih panela u strukturi samopodizne platforme. Ukrepljeni panel je jednostavni element strukture koji se sastoji od međusobno spojenih ravnih limova na koje se zavaruju ukrepe prvog i drugog reda. Rad panel linije zasniva se na taktnoj proizvodnji. Karakteristika taktne proizvodnje je takva podjela operacije da vrijeme trajanja taktova bude što ujednačenije što je uvjet za postizanje serijske proizvodnje panel linije.

Taktovi panel linije:

- *Jednostrano zavarivanje limova*

  Mosnom magnetnom dizalicom postavlja se lim na ulazni konvejer. Priprema se bakrena podloška koja štiti korijen zavara. Pozicioniraju se limovi, zatim se provjerava točnost i ako je sve u redu hidraulički se priteže. Ovaj postupak se ponavlja za sljedeći lim. Nakon toga slijedi ručno privarivanje limova i zavarivanje pod praškom. Nakon zavarivanja svih limova, panel se transportira na sljedeći takt.

- *Priprema*

  Na ovom se taktu obavlja čišćenje, označavanje, rezanje panela na mjeru, zrnčenje mjesa gdje se postavljaju ukrepe i dorada.

- *Postavljanje ukrepa 1.reda*

  Ukrepe 1.reda se dopremaju u paletama koje se postavljaju iznad panel linije. Uređaj za prihvat profila uzima profil i postavlja ga na panel. Profil se zatim pozicionira i hidraulički pritišće te ručno privaruje.

- *Zavarivanje ukrepa 1.reda*

  Uređaj portalne izvedbe nosi dvije glave za zavarivanje. Zavarivanje ukrepa obavlja se MAG postupkom. Nakon ovog takta panel se transportira van radionice ili na sljedeći takt.

- *Postavljanje ukrepa 2.reda*

  Ukrepe 2.reda postavljaju se pod dohvat nosača za montiranje. Nosač portalnog oblika uzima ukrepu, postavlja je na panel i hidraulički pritišće. Nakon toga se ukrepa ručno privaruje. Nakon privarivanja svih ukrepa panel se transportira na sljedeći takt.

- *Zavarivanje ukrepa 2.reda*

  Nosač portalnog oblika nosi uređaje kojima se obavlja zavarivanje ukrepa 2.reda. Postupak zavarivanja je MAG. Nakon ovog takta panel se transportira izvan radionice ili u predmontažnu halu.

2.2.8. Mikro panel linija

Automatizirana mikro panel linija preuzima ulogu male predmontaže tj. predmontaže podsklopova kao što je rebrenica, uzdužni nosač i sastavljeni T profil. Proizvodi mikro panel linije tehnološki su slični (prolaze iste radne operacije) proizvodima panel linije. Kao i kod panel linije karakteristika rada je taktna proizvodnja i organizacija rada prema serijskoj proizvodnji.

Taktovi mikro panel linije:

- *Takt 1 – transport i postavljanje limova na radnu platformu*
  Mosnom dizalicom limovi se transportiraju na radnu platformu, a zatim se ta platforma pomiče na sljedeći takt.
- *Takt 2 – transport, pozicioniranje, postavljanje i privarivanje ukrepa*
  Paleta s ukrepama se postavlja pokraj radne platforme. Ukrepe manjih dimenzija se na radnu platformu postavljaju ručno, dok se ukrepe velikih dimenzija postavljaju mosnom dizalicom. Pritišću se na lim i ručno privaruju.
- *Takt 3 – zavarivanje ukrepa*
  Dvije glave su na nosaču portalne izvedbe koji nosi uređaj za zavarivanje da bi se mogli zavarivati ukrepe istovremeno s obje strane. MAG postupak se koristi prilikom zavarivanja.
- *Takt 4 – dorada i transport podsklopova u palete*
  Na zadnjem taktu se obavljaju završne radnje zavarivanja te kontrola i otpremanje gotovih podsklopova. Podsklopovi se slažu u palete i transportiraju na panel liniju ili u predmontažne hale.

2.2.9. Međuskladišni prostor

Međuskladišni prostor potreban je prije predmontaže. U tom prostoru se skladište:

- Gotovi podsklopovi s mikro panel linije
- Paneli s ukrepama 1.reda

2.2.10. Predmontažna hala 1

Predmontaža sekcija se odvija u predmontažnoj hali 1. Radne operacije se obavljaju na predmontažnim platformama, a to su:

- Transport materijala (limovi, profili, podsklopovi, paneli)
- Priprema na predmontažnoj platformi
- Pozicioniranje, postavljanje i privarivanje elemenata
- Zavarivanje
- Brušenje
- Okretanje blokova
- Zavarivanje s druge strane
- Brušenje
- Kontrola zavara, dimenzija i geometrije blokova
- Finalizacija i isporuka

Pomoću parternog transporta gotovi blokovi odvoze se izvan hale kroz vrata.

2.2.11. Predmontažna hala 2

Predmontaža i opremanje blokova se odvija u predmontažnoj hali 2. Radne operacije se obavljaju na predmontažnim platformama, a redom su to:

- Transport materijala (limovi, profili, podsklopovi, paneli, sekcije)
- Priprema na predmontažnoj platformi
- Pozicioniranje, postavljanje i privarivanje elemenata
- Zavarivanje
- Brušenje
- Okretanje bloka
- Zavarivanje s druge strane
- Brušenje
- Kontrola zavara, dimenzija i geometrije bloka
- Finalizacija i isporuka

Završeni blokovi parternim transportom odvoze se kroz vrata izvan radionice.

2.2.12. Radionica površinske zaštite

Važan dio tehnološkog procesa gradnje objekata morske tehnike je i površinska zaštita. Da bi se postigli uvjeti za nesmetan i kvalitetan rad površinske zaštite i sprječavanje onečišćenja okoline ona se odvija u zatvorenom prostoru hale. Takve hale su projektirane kao kombinirane radionice za zrnčenje i bojanje.

U halu se dovode predmontirani blokovi i sekcije na paletama pomoću parternog transporta. Radnici odjeveni u zaštitna odjela izvode zrnčenje pomoću pištolja kojima rukuju. Nakon zrnčenja abraziv i nečistoće se skupljaju u kanalima na podu hale i pročišćavaju. Prašina s poda se čisti četkama, a ona u zraku ventilacijskim se sustavom odvodi izvan hale na pročišćavanje. Temperatura i vlažnost održavaju se pomoću klimatizacijskog sustava. Bojanje se obavlja špricanjem zaštitnog premaza pomoću pištolja. Priprema boje se radi u odvojenom prostoru. Brže sušenje premaza postiže se zagrijavanjem zraka unutar hale. Nakon sušenja slijedi transport blokova parternim transportom izvan hale.

2.2.13. Predmontaža i opremanje modula

Predmontaža i opremanje modula obavlja se u prostoru djelovanja velike portalne dizalice. Raspon i karakteristike dizalice određuju veličinu i masu modula. Parterni transport modula obavlja se transporterom za teške terete.

Operacije koje se obavljaju na predmontaži i opremanju modula su:

- Pozicioniranje i postavljanje modula
- Prilagođavanje elemenata strukture modula
- Rezanje viška materijala
- Finalno pozicioniranje modula
- Privarivanje prema redoslijedu
- Opremanje
- Zavarivanje svih strukturnih elemenata
- Kontrola zavarenog spoja, dimenzija i geometrijskih karakteristika
- Preostali radovi na opremanju
- Finalizacija i primopredaja

Oprema predmontaže i opremanja modula:

13.a) *Velika portalna dizalica*

Portalna dizalica raspona staze 70 m, a visine dizanja 36 m. Oprema za prihvat su mehanički hvatači.

2.2.14. Montaža i opremanje trupa

Montaža i opremanje trupa se obavlja izvan područja djelovanja velike portalne dizalice. Aktivnosti koje čine predmontažu i opremanje trupa su:

- Pozicioniranje i postavljanje trupa
- Prilagođavanje elemenata strukture trupa
- Rezanje viška materijala
- Finalno pozicioniranje trupa
- Privarivanje prema redoslijedu
- Opremanje
- Zavarivanje svih strukturnih elemenata
- Kontrola zavarenog spoja, dimenzija i geometrijskih karakteristika
- Preostali radovi na opremanju
- Finalizacija i primopredaja

Transport se obavlja teškim transporterom. Oprema montaže i opremanja trupa:

14.a) *Parterni transporter*

3. SIMULACIJSKI MODEL PROIZVODNJE SAMOPODIZNE PLATFORME

3.1. Uvod

Temelj simulacijskog modeliranja je prethodno upoznavanje s projektnim rješenjem referentnog brodogradilišta, analiza projektne i radioničke tehničke i tehnološke dokumentacije samopodizne platforme te upoznavanje sa Siemensovim simulacijskim programskim paketom „ Tecnomatix Plant Simulation 11“. Tim programskim paketom izradit će se simulacijski model proizvodnog procesa samopodizne platforme.

Naime, model samopodizne platforme osmišljava se prema tehnološkoj i tehničkoj analizi trupa zato jer je jedna od temeljnih stvari napraviti model trupa koji će vjerodostojno predstavljati konstrukciju trupa te samopodizne platforme.

Model proizvodnje u kojem će ta platforma biti izgrađena bit će opisan po fazama proizvodnje sa svim bitnim karakteristikama i popisom korištenih objekata.

3.2. Model samopodizne platforme

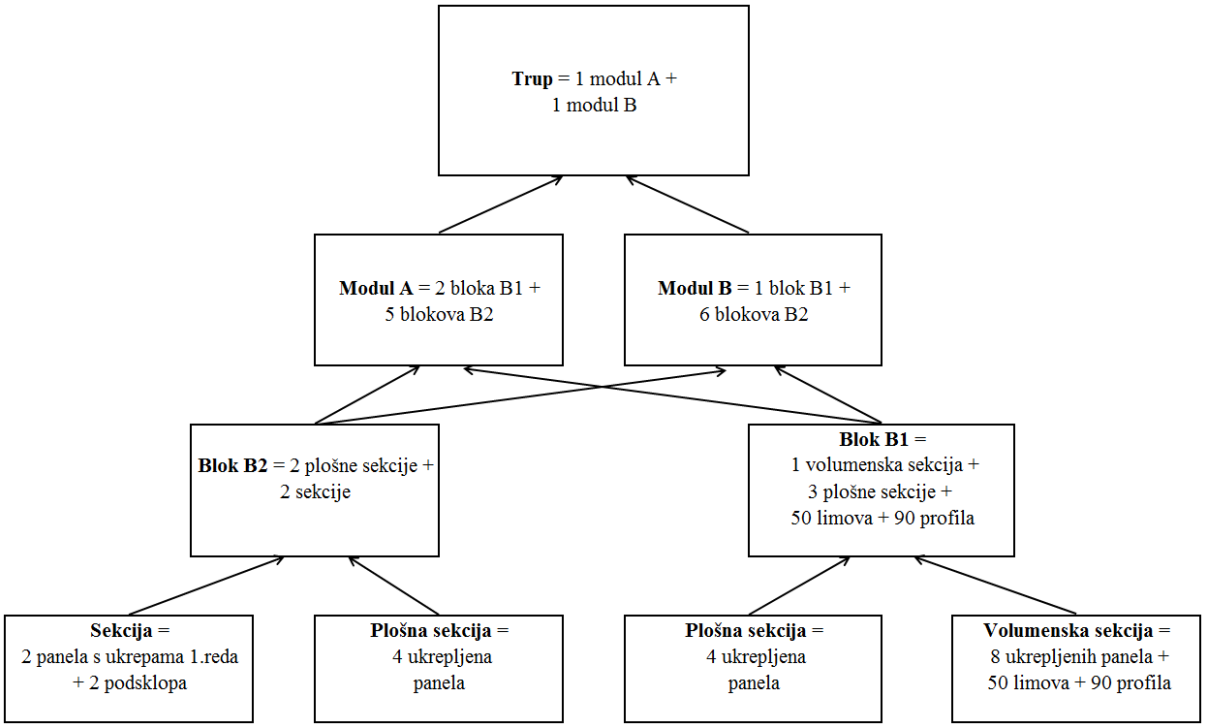
Model trupa samopodizne platforme izrađuje se pomoću podataka iz tablica analize proizvodnog programa trupa iz Priloga I. Potrebno je raščlaniti model trupa platforme na modele manjih brodograđevnih elemenata kao što su moduli, blokovi, volumenske i plošne sekcije pa sve do nivoa baznih elemenata – limova i profila. Raščlana modela trupa je prikazana slikom 1.

Slikom 24 u Prilogu I prikazana je podjela trupa samopodizne platforme na 2 modula. Svaki od tih modula se sastoji od 7 blokova (slika 23, Prilog I). Model trupa platforme ima jednaku podjelu. Blokovi se dijele prema svojoj konstrukciji na složene i jednostavne, a za potrebe modela se definira karakteristični model bloka. Takva 2 modela bloka se definiraju prema tehnološkoj podjeli trupa na volumenske, plošne sekcije, sekcije i ukrepljene panele. Ranije spomenuti blokovi se dijele prema svojoj konstrukciji na:

- Blokove jednostavne konstrukcije koji se najvećim dijelom sastoje od plošnih sekcija i ukrepljenih panela. Zadano je da se karakteristični model ovakvog bloka sastoji od 2 modela plošnih sekcija i 2 modela sekcija. Model plošne sekcije se sastoji od 4 modela ukrepljenih panela. Model ukrepljenog panela je određen tako da

se sastoji od 3 lima, 10 profila i 3 podsklopa. Najveći dio podsklopova trupa platforme su sastavljeni T.

- Blokove složene konstrukcije koji se nalaze oko rova nogu platforme. U tom dijelu strukture izdvajaju se ukrepljeni paneli, ali i segmenti gdje su limovi i profili različitih debljina i dimenzija te se moraju predmontirati pojedinačno element po element. Zadano je da se karakteristični model ovakvog bloka sastoji od 1 modela volumenske sekcije, 3 modela plošne sekcije i 50 limova i 90 profila. Model volumenske sekcije je određen tako da se sastoji od 8 ukrepljenih panela i 50 limova i 90 profila. Model plošne sekcije jednak je kao i model plošne sekcije blokova jednostavne konstrukcije.



Slika 1. Shema nastanka trupa samopodizne platforme

Na kraju, model trupa samopodizne platforme se sastoji od 2 modela modula koji se sastoje od 14 blokova. Modeli blokova se sastoje od 3 modela volumenskih sekcija, 31 modela plošnih sekcija i 22 modela sekcija. Isto tako, modeli sekcija se sastoje od 148 modela ukrepljenih panela i 44 modela panela s ukrepama 1.reda.

3.3. Model proizvodnje samopodizne platforme

Model proizvodnje samopodizne platforme prikazan je slikom 2. Svaka pojedina faza modela proizvodnje bit će detaljno opisana sa svim karakterističnim detaljima bitnim za modeliranje. Za pojedine segmente proizvodnog procesa bit će potrebno napraviti proračun trajanja koji se radi prema dostupnim podacima iz brodogradilišta ili tehničkim podacima proizvođača opreme.

3.3.1. Ulazno skladište i predobrada crne metalurgije

U prvoj, početnoj fazi proizvodnje na ulaznom skladištu se definira ulaz baznih elemenata – limova i profila. Prije samog ulaznog skladišta smješteni su generatori limova i profila – „UlazLimova“ i „UlazProfila“. Pomoću objekata zadaju se elementi kao što su proizvodi, transportna sredstva i strojevi. Transport limova i profila unutar skladišta modelira se dizalicama koje nakon određenog vremena ležanja materijala na ulaznom skladištu uzimaju materijal. Lim napušta skladište nakon odležanih 50 minuta, dok profil napušta skladište nakon 20 odležanih minuta. Linija predobrade modelira se pomoću valjčaste staze. Potrebni tehnički podaci su uzeti iz literature [8] i [9].

Popis i karakteristike objekata:

Lim

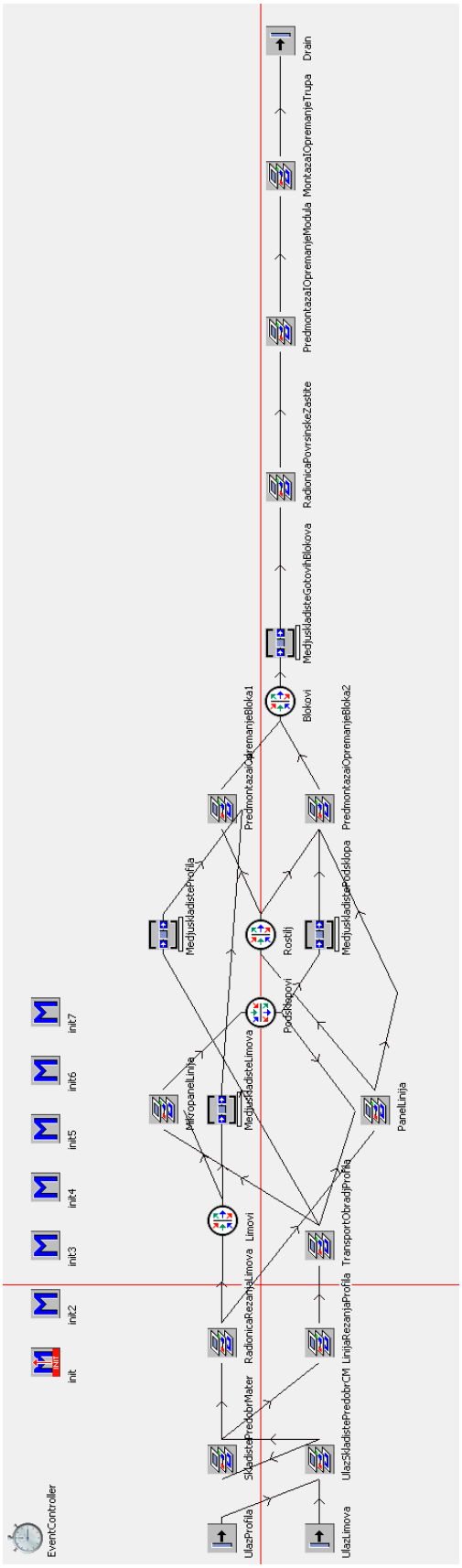
Materijal je modeliran i označen slovom L. Povezuje se na objekt generatora limova.

Skladište limova s dizalicom

Skladište se modelira s 15-ak hrpi limova koje su pravilno raspoređene po skladištu. Vrijeme „ležanja“ lima na skladištu je 50 minuta. Karakteristike dizalice su: raspon staza 15 m, duljina staze 65 m, visina dizalice 10.5 m, prosječna visina dizanja 2 m, brzina dizanja/spuštanja limova 10 m/min, brzina hoda dizalice 60 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Profil

Materijal je modeliran i označen slovom T. Povezuje se na objekt generatora profila.



Slika 2. Cjelokupni model proizvodnje

Linija predobrade crne metalurgije

Linija predobrade se modelira valjčastom stazom duljine 70 m, širine 3.5 m, visine 0.9 m. Prema podacima iz literature brzina kretanja materijala duž linije predobrade je 2.1 m/min.

3.3.2. Skladište predobrađenog materijala

Limovi i profili ulaze u brodograđevnu radionicu poprečnim lančanim tranporterom s linije predobrade. Unutar te radionice preuzima ih mosna magnetna dizalica koja limove slaže u skladište predobrađenih limova, a profili se transportiraju do skladišta predobrađenih profila (slika 3.).

Popis i karakteristike objekata:

Poprečni transporter

Modelira se prijenosnom stanicom koja prihvaća jedan lim sa linije predobrade. Vrijeme prijenosa jednog lima iznosi 60 sekundi.

Mosna magnetna dizalica

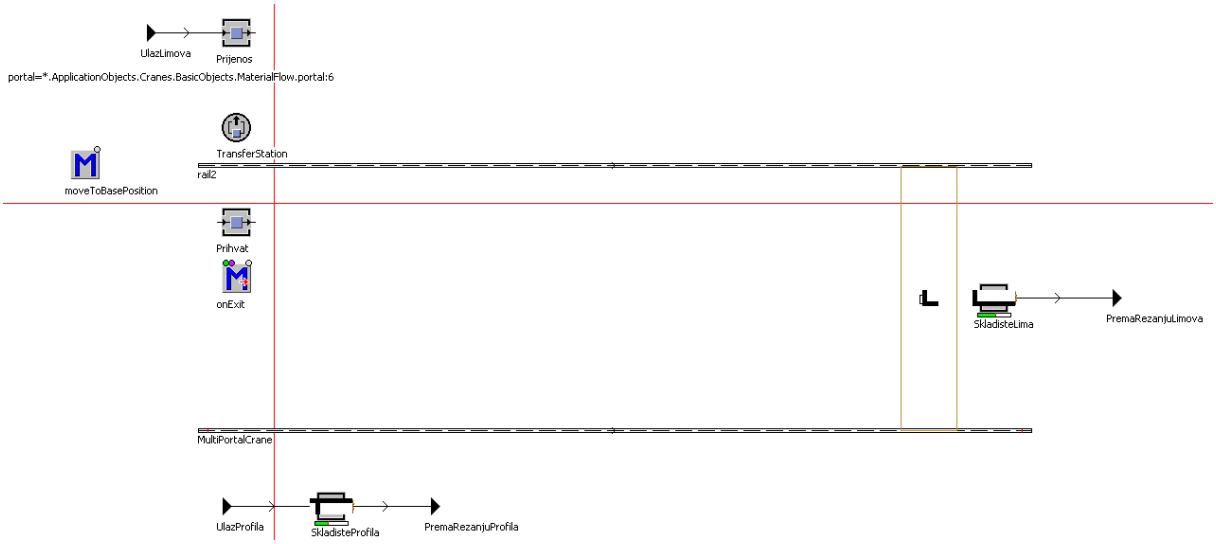
Karakteristike dizalice su: raspon staza 14 m, duljina staze 44 m, visina dizalice 6 m, prosječna visina dizanja 3 m, brzina dizanja/spuštanja limova 10 m/min, brzina hoda dizalice 60 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Skladište predobrađenih limova

Modelira se pomoću „Buffer-a“ čija je maksimalna količina na međuskladištu 50 limova, a određena je tako zbog veličine međuskladišta, dozvoljenim opterećenjem tla i masom limova.

Skladište predobrađenih profila

Modelira se pomoću „Buffer-a“ čija je maksimalna količina na međuskladištu 100 profila, a određena je tako zbog veličine međuskladišta, dozvoljenim opterećenjem tla i masom profila.



Slika 3. Model skladišta predobrađenog materijala

3.3.3. Radionica rezanja limova

Radionica za rezanje limova opremljena je strojevima za plazma, paralelno i koordinatno rezanje te sa stolom za ručno rezanje. Model radionice rezanja limova je podijeljen na 2 tzv. „frame-a“. Prvi „frame“ (slika 4.) sadrži strojeve za plazma, paralelno i koordinatno rezanje, dok drugi „frame“ sadrži stol za ručno rezanje. Distribucija je definirana tako da se limovi koji nakon obrade idu na panel liniju režu na strojevima za paralelno i plazma rezanje. Limovi koji nakon obrade idu na mikro panel liniju režu se na stroju za koordinatno rezanje, a nakon obrade se transportiraju na stol za ručno rezanje. Manji dio obrađenih limova nakon obrade ide na međuskladište obrađenih limova. Prema tehnološkoj podjeli trupa platforme 80% limova nakon obrade ide na panel liniju i reže se na strojevima za plazma i paralelno rezanje. Ostalih 20% limova se reže na stroju za koordinatno rezanje. Potrebni tehnički podaci se nalaze u literaturi [8] i [2].

Popis i karakteristike objekata:

Mosna magnetna dizalica (I)

Karakteristike dizalice su: raspon staza 26 m, duljina staze 36 m, visina dizalice 10.5 m, prosječna visina dizanja 3 m, brzina dizanja/spuštanja limova 10 m/min, brzina hoda dizalice 60 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Stroj za paralelno rezanje

Modelira se „SingleProc“ objektom. Modelu stroja potrebno je odrediti trajanje obrade lima koje se dobije omjerom procijenjene duljine rezanja i brzine rezanja. Dužina reza se procjenjuje prema dimenzijama lima, a iznosi 20 metara. Brzina toplinskog postupka rezanja limova iznosi 1 m/min, a vrijeme obrade 20 minuta. Pripremno vrijeme iznosi 10 minuta, a u tom vremenu se kontroliraju filteri kisika i acetilena, sapnica za rezanje ili se puni prašak za označavanje. Ukupno vrijeme obrade lima je 30 minuta.

Stroj za plazma rezanje

Modelira se „SingleProc“ objektom. Modelu stroja potrebno je odrediti trajanje obrade lima koje se dobije omjerom procijenjene duljine rezanja i brzine rezanja. Procijenjena duljina rezanja iznosi 36 metara, a brzina rezanja plazma postupkom 3 m/min. Vrijeme obrade lima iznosi 12 minuta. Pripremno vrijeme iznosi 10 minuta, a u tom vremenu se kontrolira sapnica i elektroda koje se mijenjaju ovisno o materijalu i jakosti struje. Ukupno vrijeme obrade lima iznosi 22 minute.

Stroj za koordinatno rezanje

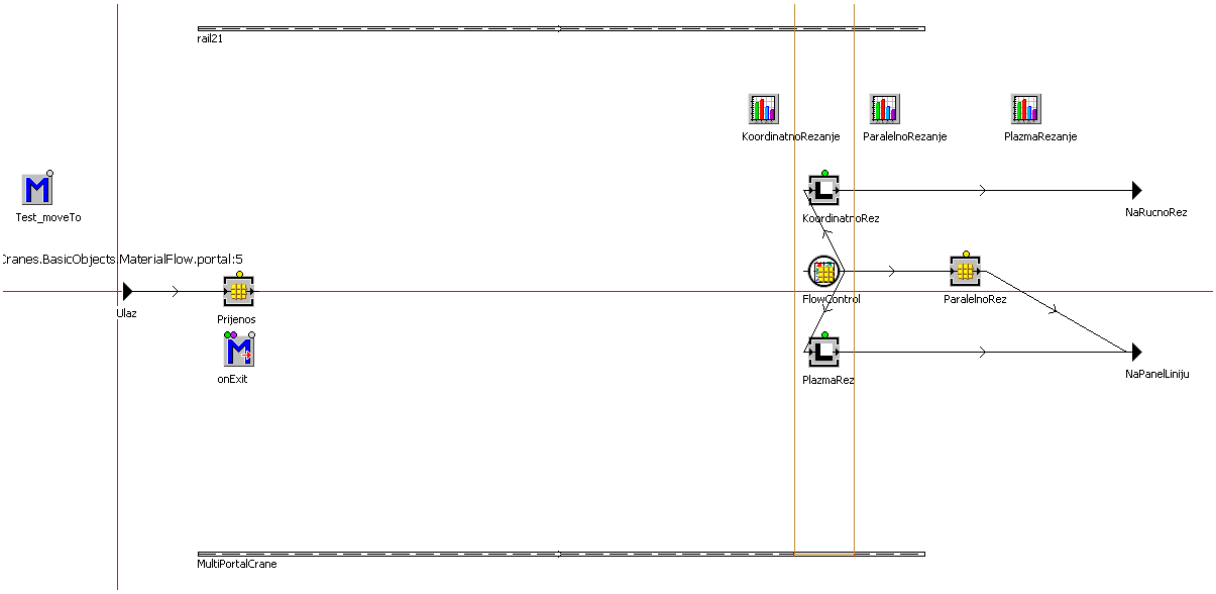
Modelira se „SingleProc“ objektom. Modelu stroja potrebno je odrediti trajanje obrade lima koje se dobije omjerom procijenjene duljine rezanja i brzine rezanja koja iznosi 0.7 m/min. Procijenjena duljina rezanja iznosi 30 metara, a vrijeme obrade 44 minute. Pripremno vrijeme iznosi 10 minuta. Ukupno vrijeme obrade lima iznosi 54 minute.

Mosna magnetna dizalica (II)

Karakteristike dizalice su: raspon staza 26 m, duljina staze 26 m, visina dizalice 10.5 m, prosječna visina dizanja 3 m, brzina dizanja/spuštanja limova 10 m/min, brzina hoda dizalice 60 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Stol za ručno rezanje

Modelira se „SingleProc“ objektom. Vrijeme trajanja ručnog rezanja limova iznosi 15 minuta.



Slika 4. Model dijela radionice za rezanje limova

3.3.4. Linija rezanja profila

Model linije rezanja profila (slika 5. i 6.) napravljen je prema podacima o automatiziranoj liniji rezanja profila iz literature [10].

Popis i karakteristike objekata:

Ulazni lančani transporter

Modelira se prijenosnom stanicom. Profili se slažu na ulazni lančani transporter s kojeg idu na ulaznu valjčastu stazu stanice za čišćenje. Na ulazni lančani transporter istovremeno može stati 7 profila. Vrijeme transporta profila iznosi 60 sekundi.

Ulazna valjčasta staza do stanice za čišćenje ruba

Modelira se valjčastom stazom duljine 12 metara i širine 0.8 metara. Brzina kretanja profila valjčastom stazom iznosi 10 m/min.

Stanica za čišćenje rubova

Modelira se „SingleProc“ objektom. Vrijeme obrade je omjer duljine profila i brzine čišćenja. Duljina profila je 10 metara, a brzina čišćenja je 5 m/min. Ukupno vrijeme čišćenja profila je 2 minute.

Izlazna valjčasta staza do stanice za čišćenje ruba

Modelira se valjčastom stazom duljine 12 metara i širine 0.8 metara. Brzina kretanja profila valjčastom stazom iznosi 10 m/min.

Poprečni transporter profila

Modelira se prijenosnom stanicom koja obavlja transport s izlazne valjčaste staze stanice za čišćenje ruba do ulazne valjčaste staze robota za rezanje. Vrijeme transporta profila iznosi 2 minute.

Ulazna valjčasta staza do robota za rezanje

Modelira se valjčastom stazom duljine 16 metara i širine 0.8 metara. Brzina kretanja profila valjčastom stazom iznosi 10 m/min.

Robot za rezanje

Modelira se „SingleProc“ objektom. Vrijeme operacije rezanja uključuje rezanje tri reza po profilu i pozicioniranje profila. Ukupna duljina reza je 1 metar, a brzina toplinskog rezanja iznosi 0.5 m/min. Transport i pozicioniranje profila traje 8 minuta. Ukupno vrijeme obrade jednog profila iznosi 10 minuta.

Izlazna valjčasta staza od robota za rezanje

Modelira se valjčastom stazom duljine 16 metara i širine 0.8 metara. Brzina kretanja profila valjčastom stazom iznosi 10 m/min.

Poprečni transporter

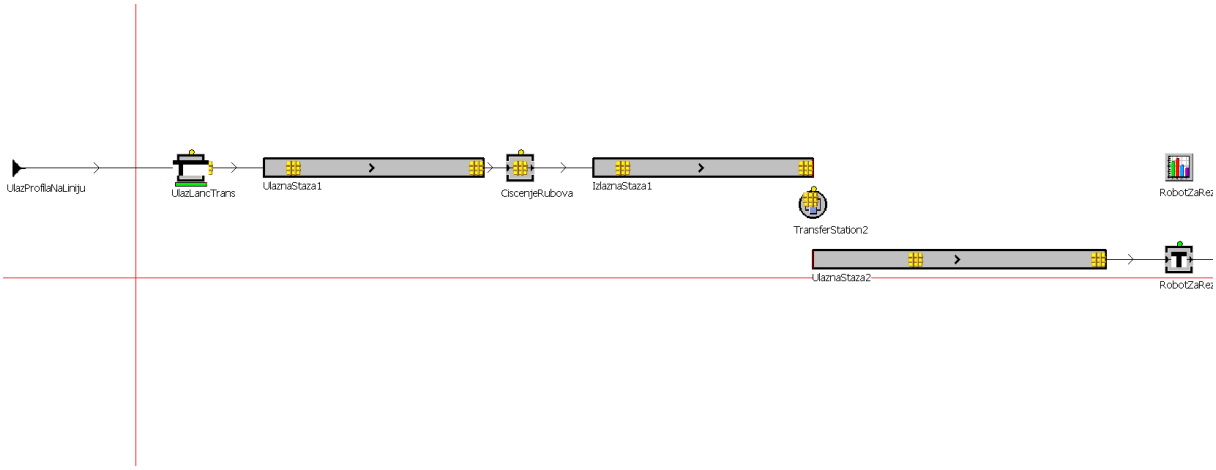
Modelira se prijenosnom stanicom koja obavlja transport s izlazne valjčaste staze pod dohvat nosača za sortiranje. Vrijeme transporta profila iznosi 2 minute.

Nosač za sortiranje

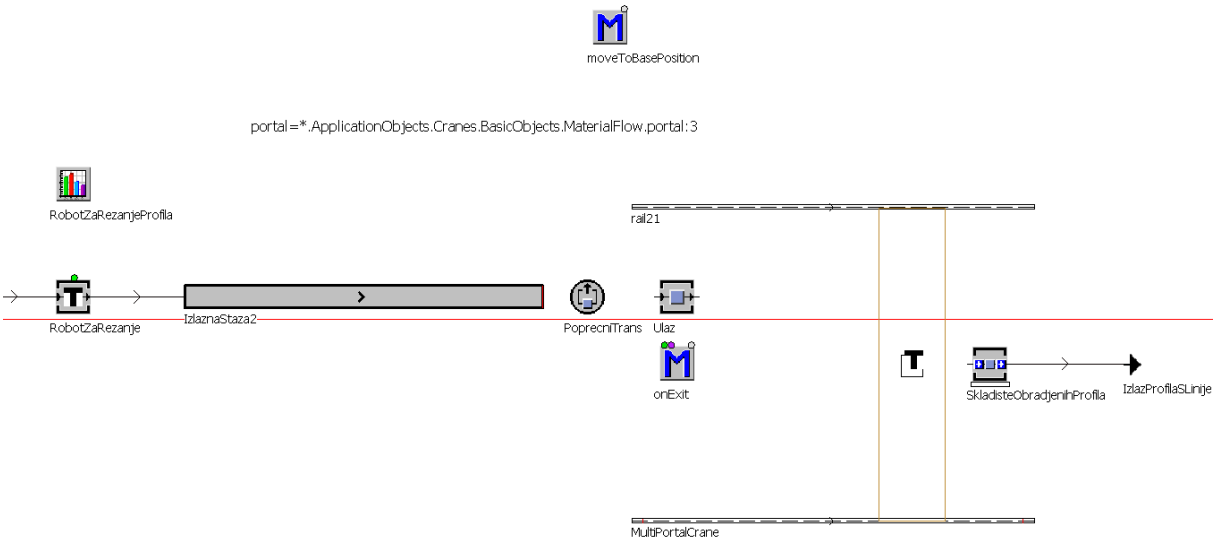
Karakteristike nosača su: duljina tračnica 18 m, raspon staza 14 m, visina nosača 3 m, brzina nosača 60 m/min, brzina spuštanja/dizanja 10 m/min, visina dizanja 2 m.

Skladište obrađenih profila

Modelira se „Buffer-om“ u koji stane maksimalno 100 profila, a određeno je dimenzijama skladišta.



Slika 5. Prvi dio modela dijela radionice za rezanje profila



Slika 6. Drugi dio modela dijela radionice za rezanje profila

3.3.5. Transport obrađenih profila

Transport obrađenih profila unutar brodograđevne radionice (slika 7.) se odvija pomoću mosne dizalice, a obrađeni profili se transportiraju na:

- Međuskladište za panel liniju
- Međuskladište za mikropanel liniju
- Međuskladište za predmontažnu halu

Popis i karakteristike objekata:

Mosna magnetna dizalica

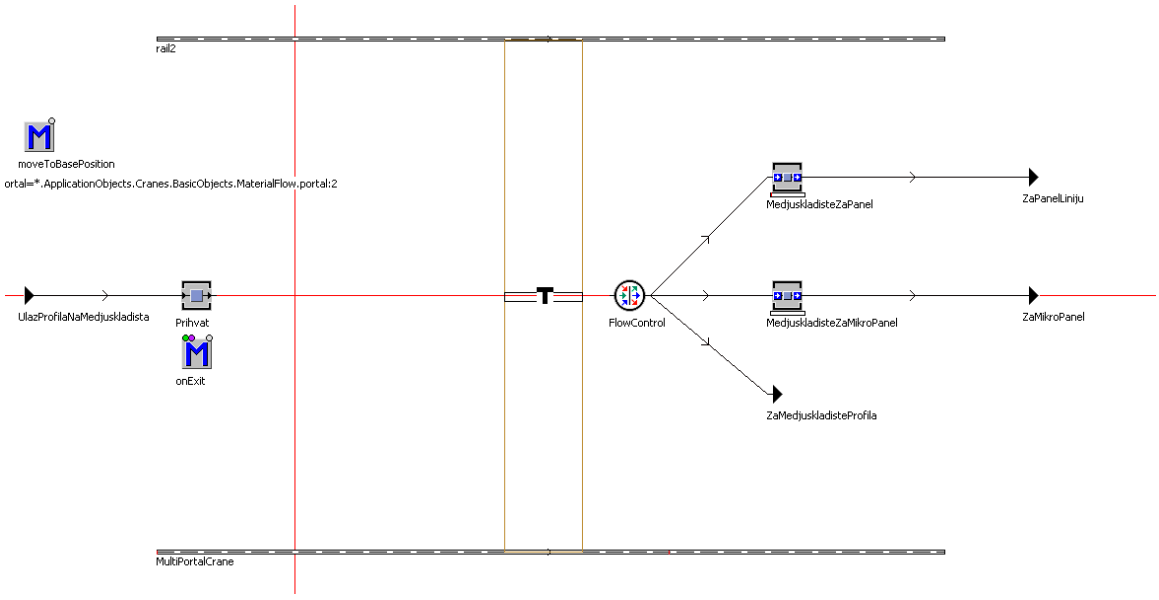
Karakteristike dizalice su: raspon staza 26 m, duljina staze 40 m, visina dizalice 10.5 m, prosječna visina dizanja 3 m, brzina dizanja/spuštanja limova 10 m/min, brzina hoda dizalice 60 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Međuskladište obrađenih profila

Modelira se „Buffer-om“ na koji se transportiraju profili za panel liniju. Maksimalna količina na međuskladištu je 200 profila, a određena je dimenzijama međuskladišta.

Međuskladište obrađenih profila

Modelira se „Buffer-om“ na koji se transportiraju profili za mikropanel liniju. Maksimalna količina na međuskladištu je 50 profila, a određena je dimenzijama međuskladišta.



Slika 7. Model transporta obrađenih profila

3.3.6. Panel linija

Panel linija (slika 8.) se modelira „frame-ovima“ koji predstavljaju 6 taktova linije. Karakteristični za modeliranje su taktovi na kojima postoje aktivnosti sastavljanja kao što su prvi takt – zavarivanje limova, treći takt – postavljanje ukrepa 1.reda i peti takt postavljanje ukrepa 2.reda. Oni sadrže „Assembly“ objekt u kojem se obavlja spajanje više elemenata u novi proizvod. Za rad ovog objekta potrebno je definirati nove proizvode, a u slučaju panel linije to su:

- Panel – montira se na prvom taktu i sastoji se od 3 lima
- Panel s ukrepama 1.reda – montira se na trećem taktu kad se na panel postave profili
- Ukrepljeni panel – montira se na petom taktu kada se na panel s ukrepama 1.reda postave ukrepe 2.reda

Nakon dolaska svih potrebnih elemenata, oni se spajaju i idu na slijedeći takt. Drugi, četvrti i šesti takt se modeliraju kao „frame-ovi“ na kojima se proizvod zadržava onoliko vremena koliko je potrebno proračunom trajanja pojedine faze svakog takta.

Radi potrebe predmontažne hale 2 u kojoj se predmontiraju sekcije u modelu panel linije je definirano da se nakon četvrtog takta 50% panela s ukrepama 1.reda vodi izvan radionice te vraća u radionicu predmontažne hale 2, a 50 % panela odlazi na peti i šesti takt.

Proračun trajanja taktova se radi za karakteristični ukrepljeni panel koji je definiran analizom trupa samopodizne platforme. Dužina karakterističnog ukrepljenog panela je 9.6 metara i širine 7 metara. Sastoji se od 3 lima, 10 ukrepa 1.reda i 3 ukrepe 2.reda. Proračun trajanja taktova se prikazuje tablično. U prvom stupcu tablice je naziv radne operacije, u drugom su potrebni podaci za proračun, a u trećem vrijeme operacije [1]. Zbrojem vremena svih operacija dobije se trajanje takta. Podaci potrebni za proračun uzeti su iz literature [11].

3.3.6.1. Proračun trajanja taktova

Proračun trajanja takta I, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Postavljanje i pozicioniranje limova	- Vrijeme postavljanja i pozicioniranja jednog lima: 5 min - Broj limova panela: 3 kom	15 min
Privarivanje limova	- Ukupna duljina privarivanja: 1 m - Brzina privarivanja 0.4 m/min - Vrijeme pripreme: 2.5 min - Broj spojeva: 2 kom	10 min
Zavarivanje limova	- Duljina zavarivanja jednog spoja: 9.6 m - Brzina zavarivanja: 0.4 m/min - Broj spojeva: 2 kom	48 min
Transport panela na drugi takt	- Brzina transporta lančanim konvejerom: 6 m/min - Duljina transporta: 7 m	2 min
	Trajanje prvog takta:	75 min

Proračun trajanja takta II, [2]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Ocrtavanje ruba panela	- Opseg panela: 33.2 m - Brzina ocrtavanja: 5 m/min	7 min
Rezanje ruba panela	- Opseg panela: 33.2 m - Brzina rezanja toplinskim postupkom: 1 m/min	35 min
Zrnčenje i označavanje položaja ukrepa prvog i drugog reda	- Duljina zrnčenja i označavanja: 117 m - Brzina zrnčenja i označavanja: 5 m/min	24 min
Transport panela na treći takt	- Brzina transporta lančanim konvejerom: 6 m/min - Duljina transporta: 7 m	2 min
	Trajanje drugog takta:	68 min

Proračun trajanja takta III, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Postavljanje i pozicioniranje ukrepa prvog reda	- Vrijeme postavljanja i pozicioniranja jedne ukrepe prvog reda: 5 min - Ukupan broj ukrepa: 10 kom	50 min
Privarivanje ukrepa prvog reda	- Duljina privarivanja jedne ukrepe: 0.9 m - Brzina privarivanja: 0.4 m/min - Ukupan broj ukrepa: 10 kom	22 min
Transport panela na četvrti takt	- Brzina transporta lančanim konvejerom: 6 m/min - Duljina transporta: 7 m	2 min
	Trajanje trećeg takta:	74 min

Proračun trajanja takta IV, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Zavarivanje ukrepa prvog reda	- Duljina kutnog zavara jedne ukrepe: 9.6 m - Brzina zavarivanja: 1.5 m/min - Bodatno vrijeme pripreme: 1 min - Ukupan broj ukrepa: 10 kom	74 min
Transport panela na peti takt	- Brzina transporta lančanim konvejerom: 6 m/min - Duljina transporta: 7 m	2 min
	Trajanje četvrtog takta:	76 min

Proračun trajanja takta V, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Postavljanje i pozicioniranje ukrepa drugog reda	- Vrijeme postavljanja i pozicioniranja jedne ukrepe drugog reda: 15 min - Broj ukrepa drugog reda: 3 kom	45 min
Privarivanje ukrepa drugog reda	- Duljina privara jedne ukrepe: 1 m - Brzina privarivanja: 0.4 m/min - Dodatno vrijeme pripreme: 5 min - Broj ukrepa drugog reda: 3 kom	24 min
Transport panela na šesti takt	- Brzina transporta lančanim konvejerom: 6 m/min - Duljina transporta: 7 m	2 min
	Trajanje petog takta:	70 min

Proračun trajanja takta VI, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Zavarivanje ukrepa drugog reda	- Duljina zavara jedne ukrepe: 14 m - Brzina zavarivanja: 0.4 m/min - Vrijeme pripreme: 15 min - Broj ukrepa: 3 kom - Istovremeno zavaruju 2 zavarivača	75 min
		75 min

<u>Popis i karakteristike objekata:</u>

Panel

Modelira se i označava oznakom P. Sastoji se od 3 lima.

Takt I panel linije

Modelira se „frame-om“ Takt 1 unutar kojeg je i objekt „Assembly“ u kojem se spajaju 3 lima u jedan panel. Trajanje takta iznosi 75 minuta.

Takt II panel linije

Modelira se „frame-om“ Takt2. Trajanje takta iznosi 68 minuta.

Panel s ukrepama 1.reda

Modelira se i označava oznakom P1. Sastoji se od panela i 10 ukrepa 1.reda.

Takt III panel linije

Modelira se „frame-om“ Takt3 unutar kojeg je i objekt „Assembly“ u kojem se spaja panel s 10 ukrepa 1.reda. Trajanje takta iznosi 75 minuta.

Takt IV panel linije

Modelira se „frame-om“ Takt4. Trajanje takta iznosi 75 minuta.

Ukrepljeni panel

Modelira se i označava oznakom R. Sastoji se od panela s ukrepama 1.reda i 3 podsklopa.

Takt V panel linije

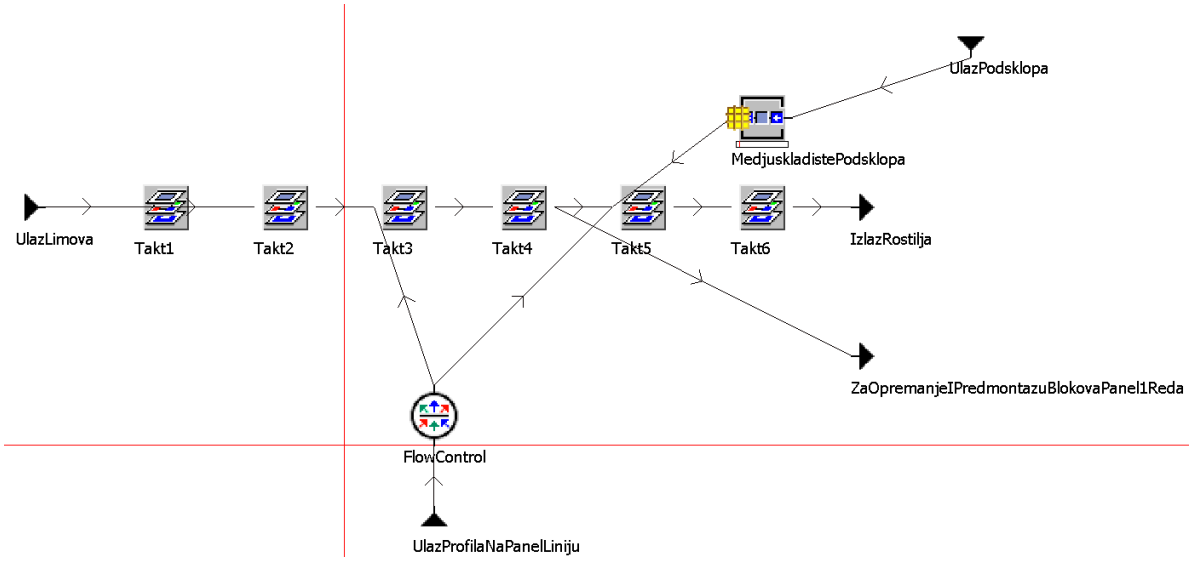
Modelira se „frame-om“ Takt5. Trajanje takta iznosi 75 minuta.

Takt VI panel linije

Modelira se „frame-om“ Takt6. Trajanje takta iznosi 75 minuta.

Međuskladište podsklopa

Modelira se pomoću objekta „Buffer“ na koji se transportiraju podsklopovi potrebni za peti takt panel linije. Maksimalna količina na međuskladištu je 50 podsklopova, a taj broj je određen dimenzijama međuskladišta.



Slika 8. Model panel linije

3.3.7. Mikro panel linija

Mikropanel linija (slika 9.) modelira se „frameovima“ koji predstavljaju 4 takta linije. Prije drugog takta modelira se objekt „Assembly“ u kojem se montiraju T profili. Unutar trećeg takta se limovi spajaju s T profilima. Na četvrtom taktu podsklopovi se zadržavaju koliko je predviđeno s proračunom. Nakon četvrtog takta podsklopovi se transportiraju na:

- Peti takt panel linije
- Međuskladište podsklopova predmontažne hale

Za modeliranje mikropanel linije napravljen je proračun trajanja taktova. Zbrojem svih vremena se došlo do vremena trajanja pojedinog takta. Trajanje taktova je proračunato za predmontažu jedne rebrenice i dva sastavljena T profila. Takav izbor za proračun rezultat je tehnološke analize trupa platforme gdje je broj sastavljenih T profila u strukturi trupa veći od broja rebrenica ili uzdužnih nosača.

Prema specifikaciji materijala za proračun je izabrana rebrenica duljine 7 m i širine 1.5 m koja je ukrijepljena s 10 traka. Duljina jedne takve trake je 1.2 m. Izabrani sastavljeni T profil sastoji se od 2 I profila duljine 7 m. Podaci potrebni za proračun su uzeti iz literature [11].

3.3.7.1. Proračun trajanja taktova

Jedina radna operacija na prvom taktu je transport limova na drugi takt mikropanel linije. Prema tehnološkoj analizi trupa 20% limova ide na mikropanel liniju, a kako se proračun taktnog vremena provodi za jednu rebrenicu i 2 sastavljena T profila, znači da se transport na prvom taktu obavlja za jedan lim. Stoga se ne proračunava vrijeme trajanja prvog takta nego se lim postavlja na predmontažnu platformu i transportira kada je drugi takt slobodan.

Proračun trajanja takta II, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Transport, pozicioniranje i postavljanje struka na pojas T profila	- Transport pojasa T profila: 3 min - Postavljanje i pozicioniranje struka T profila: 5 min - Broj T profila: 2 kom	16 min
Privarivanje sastavljenog T profila	- Duljina privara: 1 m - Brzina privarivanja: 0.4 m/min - Dodatno vrijeme: 2.5 min - Broj T profila: 2 kom	10 min

Transport platforme na slijedeći takt		2 min
	Trajanje drugog takta:	28 min

Napomena: Istovremeno se odvija i privarivanje traka na rebrenicu tako da ne utječu na ukupno vrijeme.

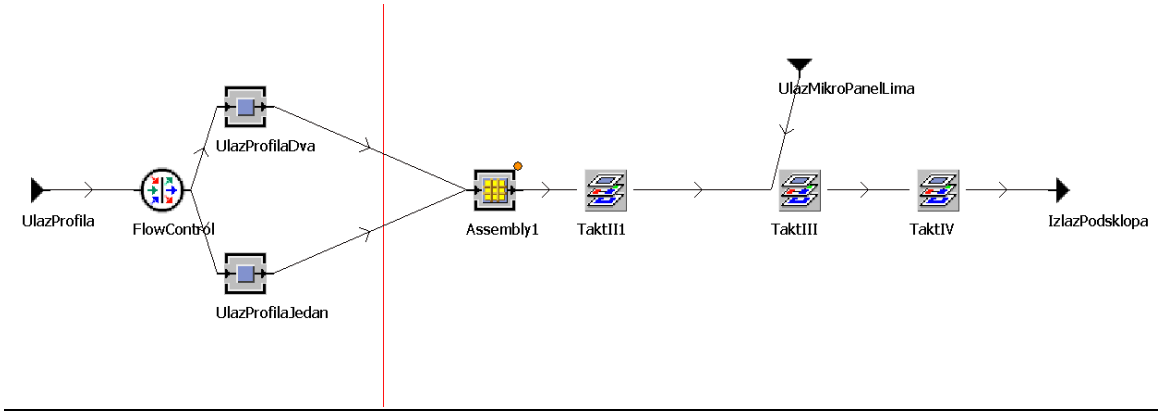
Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Transport, pozicioniranje i postavljanje trake na rebrenicu	- Transport trake: 1 min - Broj traka: 10 kom	10 min
Privarivanje sastavljenog T profila	- Vrijeme privarivanja jedne trake: 3 min - Broj traka: 10 kom - Istovremeno zavaruju 2 zavarivača	15 min
Transport platforme na sljedeći takt		2 min
	Trajanje drugog takta:	27 min

Proračun trajanja takta III, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Zavarivanje podsklopova	- Duljina zavarenog spoja rebrenice i sastavljenih T profila: 26 m - Brzina zavarivanja: 1.5 m/min - Koeficijent dodatnog vremena 1.5	26 min
Transport platforme na treći takt		2 min
	Trajanje trećeg takta:	28 min

Proračun trajanja takta IV, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Popravci zavarenog spoja podsklopova	- Duljina zavara: 3 m - Brzina zavarivanja: 0.4 m/min - Istovremeno se radi s 2 zavarivača	4 min
Slaganje podsklopova u palete	- Transport jednog podsklopa i slaganje u paletu: 5 min - Broj podsklopova: 1 kom	5 min
Transport radne platforme do prvog takta		10 min
	Trajanje takta IV:	19 min



Slika 9. Model mikropanel linije

3.3.8. Međuskladišni prostor

Popis i karakteristike objekata:

Međuskladište podsklopova

Modelira se pomoću objekta „Buffer“ na koji se transportiraju podsklopovi potrebni za predmontažu sekcija u predmontažnoj hali 2. Maksimalna količina na međuskladištu je 50 podsklopova, a taj broj je određen dimenzijama međuskladišta.

Međuskladište limova

Modelira se pomoću objekta „Buffer“ na koji se transportiraju limovi potrebni za predmontažu u predmontažnoj hali 1. Maksimalna količina na međuskladištu je 100 limova, a taj broj je određen dimenzijama međuskladišta.

Međuskladište profila

Modelira se pomoću objekta „Buffer“ na koji se transportiraju profili potrebni za predmontažu u predmontažnoj hali 1. Maksimalna količina na međuskladištu je 100 profila, a taj broj je određen dimenzijama međuskladišta.

3.3.9. Predmontaža i opremanje sekcija i blokova

Kod modela je potrebno definirati podatke za proračun trajanja procesa, dok su za model opremanja to vrste radova i proračun opremanja blokova, modula i trupa.

Predmontaža blokova i sekcija

Predmontaža sekcija i blokova se obavlja u predmontažnoj hali 1 i 2. U predmontažnoj hali 1 se obavlja predmontaža sekcija i blokova za 3 bloka složenije konstrukcije koja su navedena u Prilogu I.

Predmontaža u predmontažnoj hali 1 je organizirana tako da se istovremeno počinje s predmontažom plošne i volumenske sekcije. Nakon toga sekcije idu u drugi dio predmontažne hale gdje se vrši predmontaža blokova oznake B1.

U predmontažnoj hali 2 se vrši predmontaža sekcija i blokova za 11 blokova jednostavnije konstrukcije koji su navedeni u Prilogu I.

Predmontaža u predmontažnoj hali 2 je organizirana tako da se istovremeno počinje s predmontažom sekcije i plošne sekcije. U sljedećoj fazi idu u drugi dio predmontažne hale gdje se vrši predmontaža blokova oznake B2.

Za model predmontaže sekcija i blokova potreban je proračun trajanja koji će biti napravljen za karakterističnu blok prema ranije provedenoj tehnološkoj analizi trupa. Zasebno se proračunava vrijeme predmontaže za blokove složenije konstrukcije, a zasebno za blokove jednostavnije konstrukcije. Svi potrebni podaci uzeti su iz literature [12].

Proračun trajanja predmontaže obuhvaća postupke i brzine zavarivanja, a pri proračunu je potrebno paziti na:

- Postupak zavarivanja – kod zavarivanja limova debljine do 10 mm koriste se postupci ručnog elektrolučnog (REL) zavarivanja i zavarivanja u zaštiti plina (MAG). U tablici 1 se nalaze podaci za vrijeme zavarivanja po metru zavarenog spoja za oba postupka zavarivanja s obzirom na položaj i vrstu spoja [1].

Tablica 1. Vrijeme zavarivanja s obzirom na vrstu spoja i postupak zavarivanja, [1]

	V spoj	Dvostruki kutni zavar	Vršni zavar
MAG	0.75 h/m	0.88 h/m	0.88 h/m
REL	1.06 h/m	Vertikalni položaj 1.3 h/m	Vertikalni položaj 1.35 h/m
		Zavarivanje nad glavom 1.58 h/m	Zavarivanje nad glavom 1.83 h/m

- Debljinu materijala – materijal trupa platforme je čelik povišene čvrstoće. Ako je debljina materijala do 20 mm onda nije potrebno prije zavarivanja predgrijavati materijal. Za veće debljine materijala provodi se predgrijavanje na temperaturi od 150 °C, a nakon postupka zavarivanja potrebno je provesti odžarivanje konstrukcije [6]. Brzina predgrijavanja iznosi 75 °C/h, a brzina odžarivanja 50 °C/h. Prema ovim podacima kod proračuna trajanja predmontaže plošnih sekcija i blokova koji sadrže limove deblje od 20 mm dodaje se vrijeme od 2 sata za predgrijavanje i 3 sata za odžarivanje zavarenih spojeva. Zavarivanje ovakvih limova se obavlja ručnim elektrolučnim (REL) postupkom. Proračun vremena zavarivanja je prikazan tablicom 2, a provodi se prema literaturi [13].

Proračun se radi za debljinu materijala od 20 mm što je prosječna debljina debljih limova prema analizi trupa platforme. Spojevi limova se pripremaju u obliku X, koristi se REL postupak zavarivanja s elektrodom za zavarivanje EVB 50 ϕ5 mm [1].

Tablica 2. Vrijeme zavarivanja limova debljih od 20 mm, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Brzina operacije
Zavarivanje limova	- Količina deponiranog materijala: 1.28 kg/m - Masa rastaljenog materijala: 60 g - Vrijeme izgaranja elektrode: 100 s - Vrijeme promjene elektrode: 15 min - Čišćenje troske: 25 min	1.27 h/m

Uranjeno opremanje blokova

Radi skraćivanja proizvodnog ciklusa uranjeno opremanje u fazi predmontaže trupa platforme je od velike važnosti. Vremena predmontaže i opremanja strukture će se preklapati. Bravarski i cjevarski radovi su također u to uključeni.

Postavljanje ljestava komunikacije, provlaka, montiranje kabelskih staza, nogostupa i rukohvata su uključeni pod nazivom bravarskih radova. Potrebna vremena za montažu, zavarivanje i brušenje ljestava komunikacije te rukohvata, nogostupa i kabelskih staza su prikazana u tablici 3.

Tablica 3. Trajanje bravarskih aktivnosti s obzirom na poziciju, [1]

	Montaža [h/m]	Zavarivanje [h/m]	Brušenje [h/m]	Ukupno vrijeme [h/m]
Ljestve	2	0.66	0.16	2.85
Rukohvati, nogostupi i kabelske staze	0.5	0.33	0.15	1.00

Aktivnosti poput montaže cjevovoda goriva, slatke vode, morske vode, rashladne vode, balasta, kaljuže i isplake nalazimo u cjevarskim radovima, ovisno o prostoru.

Trup samopodizne platforme je opremljen cijevima različitih promjera, a u proračunu vremena opremanja uzima se prosječna vrijednost montaže segmenta cijevi promjera od 100 mm. Prema podacima iz literature [14] napravljena je tablica 4 u kojoj se nalaze vrijednosti montaže segmenta cijevi duljine 4 metra i promjera 100 milimetara opremljene prirubnicama.

Tablica 4. Trajanje montaže kod cjevarskih radova

Aktivnost	Montaža cijevi	Montaža vijaka i brtvi	Montaža ventila	Montaža držača	Ukupno vrijeme
Vrijeme [h/komad]	2.5	0.5	1.5	0.5	5.0

Model opremanja blokova ove samopodizne platforme uključuje proračun vremena koji se radi prema ukupnoj duljini cjevovoda. Duljine cjevovoda su procijenjene po shemama cjevovoda samopodizne platforme [7]. Vrijednosti su dane u tablici 5. Proračun opremanja bloka, modula i trupa nalaze se u tablici 6, a radi se tako da se ukupna duljina cjevovoda podijeli na broj blokova, modula i trupa. Izračunata prosječna duljina cjevovoda koju treba montirati u jedan blok se dijeli na broj brigada koje istovremeno opremaju prostor te na broj segmenata cijevi koje jedna brigada mora montirati. Proračunato vrijeme opremanja će se dodati vremenu potrebnom za predmontažu strukture. Pretpostavka je da se opremanje obavlja nakon kompletiranja bloka, pa se proračunato vrijeme opremanja zbraja s vremenom predmontaže strukture [1].

Tablica 5. Duljine cjevovoda samopodizne platforme, [1]

Naziv	Duljina cjevovoda [m]
Cjevovod morske vode	500
Cjevovod slatke vode	400
Cjevovod goriva	400
Cjevovod kaljuže i balasta	300
Cjevovod industrijske vode	150
Cjevovod komprimiranog zraka	200
Cjevovod isplake	150
Cjevovod mazivog ulja	100
Ukupno:	2200

Tablica 6. Proračun opremanja bloka, modula i trupa [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Opremanje bloka, modula i trupa	- Ukupna duljina cjevovoda: 2200 m - Broj blokova, modula i trupa: 17 - Broj brigada koje istovremeno opremaju prostor: 3 - Broj segmenata cijevi koje montira jedna brigada: 44 m / 4 = 11 - Vrijeme montaže jednog segmenta cijevi: 5 h	55 h

3.3.9.1. Proračun vremena predmontaže i opremanja blokova A3L, A3D i B3

Proračun vremena predmontaže se radi za karakterističan blok definiran u Prilogu I. Karakteristični blok se sastoji od jedne volumenske i 3 plošne sekcije koje se izrađuju u predmontažnoj hali 1. Proračun trajanja predmontaže se radi prema duljini zavarenog spoja, a dijeli se u dvije faze:

1. Proračun trajanja predmontaže plošnih i volumenskih sekcija
2. Proračun vremena kompletiranja bloka

Podaci o duljini zavarenog spoja nalaze se u tablici 7, a podaci o brzinama zavarivanja u tablicama 1 i 2.

Tablica 7. Plošne i volumenske sekcije blokova A3L, A3D i B3, [1]

Blok	Broj plošnih sekcija	Duljina zavarenog spoja plošnih sekcija [m]	Broj volumenskih sekcija	Duljina zavarenog spoja volumenskih sekcija [m]	Duljina zavarenog spoja bloka [m]
A3L	4	385 (110)*	1	340 (250)*	350
A3D	4	385 (110)*	1	340 (250)*	350
B3	2	590	1	350 (250)*	350
Ukupno:	10	1360 (220)*	3	1030 (750)*	1050

*Napomena: Duljina zavarenog spoja limova debljih od 20 mm

Potrebno je odrediti duljinu zavarenog spoja plošnih i volumenskih sekcija u prvoj fazi proračuna. Podaci iz tablice 7 govore da je duljina zavarenog spoja plošnih i volumenskih sekcija zbroj trećeg i petog stupca, a iznosi 2390 m. Od te vrijednosti 1000 metara otpada na zavarivanje limova debljine veće od 20 mm [1]. Duljina zavarenog spoja iznosi 800 m i to je

za jedan blok je trećina ukupne duljine. Određeno je da se svaki blok sastoji od 4 sekcije koje se izrađuju istovremeno tako da duljina zavarenog spoja za jednu sekciju iznosi 200 metara. Od ove vrijednosti 80 metara otpada na REL zavarivanje debelih limova, a 120 metara na automatsko zavarivanje MAG postupkom tanjih limova [1]. Potrebno je još definirati da se predmontaža istovremeno izvodi sa 6 zavarivača [1]. Proračun vremena predmontaže volumenskih i plošnih sekcija je prikazan u tablici 8.

Tablica 8. Proračun vremena predmontaže jedne sekcije, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Proračun vremena zavarivanja tankih limova jedne sekcije	- Duljina zavarenog spoja: 120 m - Brzina zavarivanja: 0.75 h/m - Broj zavarivača: 6	15 h
Proračun vremena zavarivanja debelih limova	- Duljina zavarenog spoja: 80 m - Brzina zavarivanja: 1.27 h/m - broj zavarivača: 6	17 h
Predgrijavanje i odžarivanje zavarenog spoja		20 h
Ukupno vrijeme predmontaže jedne sekcije:		52 h

Druga faza proračuna je okrupnjavanje bloka. Proračun vremena izrade bloka prikazan je u tablici 9, a radi se na osnovu duljine zavarenog spoja. Podatak o duljini zavarenog spoja se nalazi u tablici 7, a podatak o brzini zavarivanja u tablici za zavarivanje kutnog zavara REL postupkom te se istovremeno radi sa 6 zavarivača [1]. Nakon zavarivanja strukture slijedi opremanje bloka, a ono se nalazi u tablici 6.

Tablica 9. Proračun vremena predmontaže bloka, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Zavarivanje bloka	- Duljina zavarenog spoja: 350 m - Brzina zavarivanja: 1.3 h/m - Broj zavarivača: 6	76 h
Opremanje bloka		55 h
Ukupno vrijeme predmontaže bloka:		131 h

3.3.9.2. Proračun vremena predmontaže i opremanja blokova A1, A2L, A2D, A4L, A4D, B1, B2L, B2D, B4L, B4D i B5

Proračun vremena predmontaže radi se za karakterističan blok definiran u Prilogu I. Karakteristični blok sastoji se od 2 plošne sekcije i 2 sekcije koje se izrađuju u predmontažnoj hali 2. Proračun trajanja predmontaže se radi prema duljini zavarenog spoja, a dijeli se u dvije faze:

1. Proračun trajanja predmontaže plošnih sekcija i sekcija
2. Proračun vremena okrupnjavanja bloka

Podaci o duljini zavarenog spoja nalaze se u tablici 10.

Tablica 10. Plošne i volumenske sekcije blokova, [1]

Blok	Broj plošnih sekcija	Duljina zavarenog spoja plošnih sekcija [m]	Broj volumenskih sekcija	Duljina zavarenog spoja volumenskih sekcija [m]	Duljina zavarenog spoja bloka [m]
A1	7	132	2	315	500
A2L	4	26	1	90	240
A2D	4	26	1	90	240
A4L	3	25	-	-	220
A4D	3	25	-	-	220
B1	7	148	1	215	260
B2L	5	134	1	130	160
B2D	5	134	1	130	160
B4L	2	30	-	-	155
B4D	2	30	-	-	155
B5	3	30	-	-	195
Ukupno:	45	740	7	970	2505

Iz tablice 10 uzima se vrijednost ukupne duljine zavarenog spoja svih plošnih sekcija koja iznosi 740 metara. Uzima se da je duljina zavarenog spoja plošnih sekcija koje se predmontiraju 500 metara, a duljina zavarenog spoja sekcija koje se predmontiraju je 240 metara. Proračun trajanja predmontaže plošnih sekcija prikazan je tablicama 11 i 12. Proračun sekcija uključuje i vrijeme montaže podsklopova.

Tablica 11. Proračun vremena predmontaže plošne sekcije, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Predmontaža plošnih sekcija	- Duljina zavarenog spoja plošnih sekcija u sjevernoj hali: 500 m - Broj plošnih sekcija: 22 - Brzina zavarivanja: 0.75 h/m	15 h

Tablica 12. Proračun vremena predmontaže sekcije, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Predmontaža sekcija	- Duljina zavarenog spoja sekcija: 240 m - Broj sekcija: 22 - Brzina zavarivanja: 0.75 h/m	8 h
Montaža podsklopova	- Duljina zavarenog spoja podsklopa: 14 m - Brzina zavarivanja: 0.75 h/m - Broj podsklopova: 2 - Broj zavarivača: 4	5 h
	Ukupno trajanje predmontaže sekcije:	13 h

Druga faza predmontaže je predmontaža i okrupnjavanje bloka. Proračun trajanja predmontaže je prikazan u tablici 13, a radi se preko duljine zavarenog spoja. Podaci se uzimaju iz tablice 10, s tim što se zbrajaju duljine zavarenog spoja za blokove. Ukupna duljina zavarenog spoja svih blokova iznosi 3475 metara, a prosječna duljina za jedan blok iznosi 316 metara. Zavarivanje se izvodi REL postupkom, spojevi su kutni, a istovremeno se radi sa 6 zavarivača [1]. Nakon zavarivanja strukture slijedi opremanje bloka, vrijeme opremanja bloka se nalazi u tablici 6 proračuna opremanja.

Tablica 13. Proračun vremena predmontaže sekcije, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Zavarivanje bloka	- Duljina zavarenog spoja: 316 m - Brzina zavarivanja 1.27 h/m - Broj zavarivača: 6	67 h
Opremanje bloka		55 h
	Ukupno vrijeme predmontaže bloka:	122 h

Popis i karakteristike objekata:

Plošna sekcija

Modelira se i označava oznakom PS. Nastaje sastavljanjem 4 ukrepljena panela. Predmontaža plošnih sekcija se istovremeno odvija u predmontažnoj hali 1 i 2. Trajanje predmontaže traje 15 sati.

Sekcija

Modelira se i označava oznakom S. Nastaje sastavljanjem 2 panela s ukrepama 1.reda i 2 podsklopa. Predmontaža sekcija se odvija u predmontažnoj hali 2. Trajanje predmontaže traje 13 sati.

Volumenska sekcija

Modelira se i označava oznakom VS. Nastaje sastavljanjem 8 ukrepljenih panela i 50 limova i 90 profila. Predmontaža volumenskih sekcija se odvija u predmontažnoj hali 1. Trajanje predmontaže traje 15 sati.

Blok jednostavnije konstrukcije

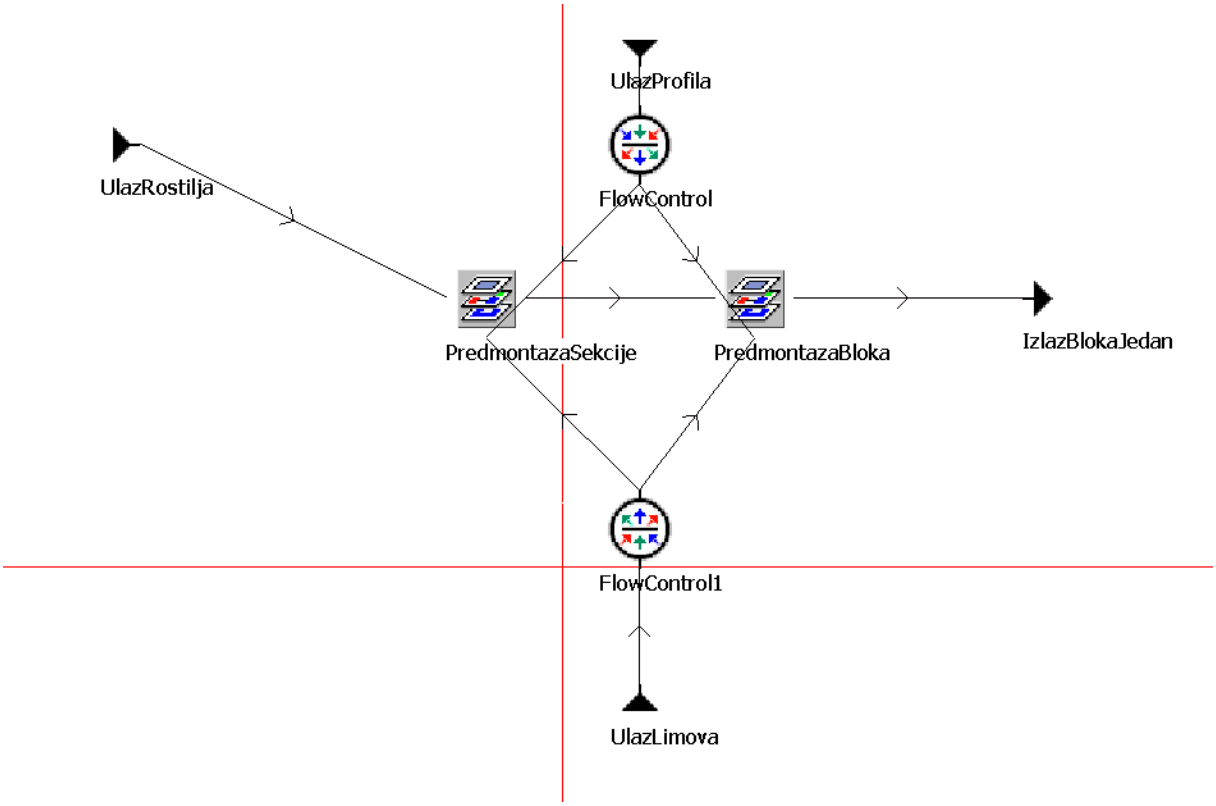
Modelira se i označava oznakom B2. Nastaje sastavljanjem 2 plošne sekcije i 2 sekcije. Predmontaža bloka jednostavnije konstrukcije se odvija u predmontažnoj hali 2. Trajanje predmontaže traje 122 sata.

Blok složenije konstrukcije

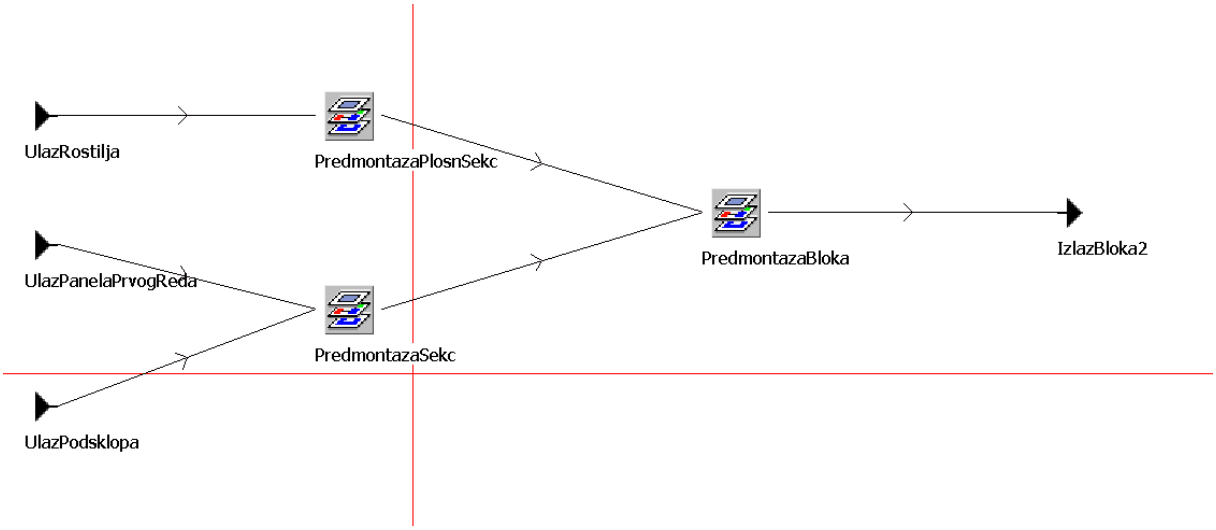
Modelira se i označava oznakom B1. Nastaje sastavljanjem 1 volumenske sekcije, 3 plošne sekcije i 90 profila i 50 limova. Predmontaža bloka složenije konsrukcije se odvija u predmontažnoj hali 1. Trajanje predmontaže traje 131 sat.

Međuskladište gotovih blokova

Međuskladište na koje se slažu gotovi blokovi prije površinske zaštite. Modelira se „Buffer-om“ u koji stane maksimalno 5 blokova, a određeno je dimenzijama skladišta.



Slika 10. Model predmontaže i opremanja bloka složenije konstrukcije



Slika 11. Model predmontaže i opremanja bloka jednostavnije konstrukcije

3.3.10. Radionica površinske zaštite

Hala za antikorozivnu zaštitu (slika 12.) je modelirana s 4 objekta u kojima se vrši priprema površine bloka, zrnčenje bloka, dorada i finalizacija bloka te bojanje i sušenje bloka. Prijevoz blokova u radionicu i izvan nje obavlja se parternim transporterom. Ovakav model zahtijeva proračun trajanja zrnčenja i bojanja koji je prikazan tablicom 16. Potrebni podaci za proračun se uzimaju iz literature [15], a nalaze se u tablicama 14 i 15. U tablici 14 su podaci o trajanju pojedine operacije, a odnose se za radnu brigadu od 4 radnika za aktivnost zrnčenja i konzerviranja [1]. U tablici 15 su podaci o procijenjenoj površini blokova trupa samopodizne platforme te se proračun se provodi za srednju vrijednost površine blokova [1].

Tablica 14. Vrijednosti trajanja operacija pri površinskoj zaštiti, [1]

Operacija	Priprema površine za zrnčenje bloka	Zrnčenje bloka	Dorada i predaja bloka	Nanošenje boje, sušenje, popravci i predaja bloka
Vrijeme [h/m^2]	0.010	0.015	0.010	0.04

Tablica 15. Površina blokova trupa platforme, [1]

Blok	Procijenjena površina bloka [m^2]
A1	3100
A2L	1200
A2D	1200
A3L	2000
A3D	2000
A4L	1200
A4D	1200
B1	2200
B2L	1700
B2D	1700
B3	1200
B4L	800
B4D	800
B5	700
Ukupno:	21000

Tablica 16. Proračun vremena površinske zaštite bloka, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Priprema površine bloka	- Srednja vrijednost površine blokova trupa platforme: 1500 m^2 - Vrijeme pripreme površine bloka: 0.01 h/m^2	15 h
Zrnčenje bloka	- Srednja vrijednost površine blokova trupa platforme: 1500 m^2 - Vrijeme zrnčenja bloka: 0.015 h/m^2	22.5 h
Dorada i finalizacija bloka	- Srednja vrijednost površine blokova trupa platforme: 1500 m^2 - Vrijeme dorade i finalizacije bloka: 0.01 h/m^2	15 h
Bojanje, dorada i sušenje bloka	- Srednja vrijednost površine blokova trupa platforme: 1500 m^2 - Vrijeme bojanja, dorade i sušenja bloka: 0.04 h/m^2	60 h
	Ukupno vrijeme površinske zaštite bloka:	112.5 h

Popis i karakteristike objekata:

AKZ hala 1

Modelira se pomoću „frame-a“ unutar kojeg su sve proračunom utvrđene operacije. Trajanje površinske zaštite jednog bloka iznosi 112.5 sati.

AKZ hala 2

Modelira se pomoću „frame-a“ unutar kojeg su sve proračunom utvrđene operacije. Trajanje površinske zaštite jednog bloka iznosi 112.5 sati.

AKZ hala 3

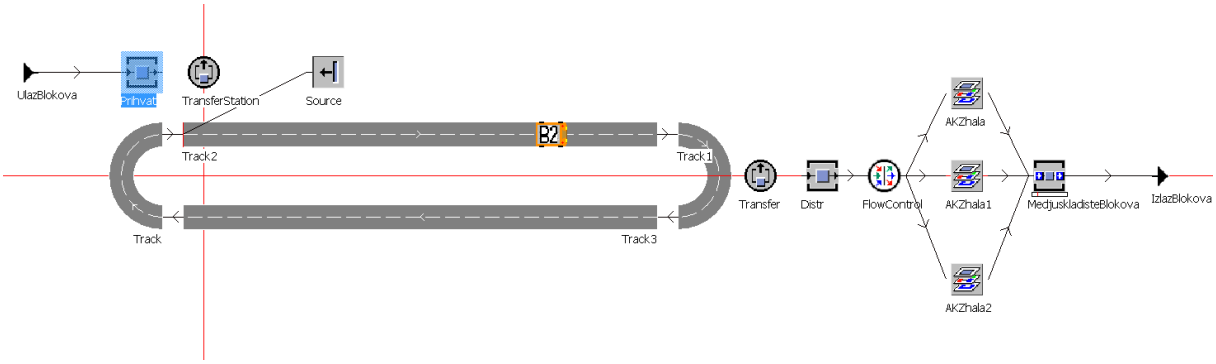
Modelira se pomoću „frame-a“ unutar kojeg su sve proračunom utvrđene operacije. Trajanje površinske zaštite jednog bloka iznosi 112.5 sati.

Parterni transporter

Obavlja prijevoz blokova u radionicu površinske zaštite. Modelira se pomoću objekta „transportera“. Zadana brzina mu je 10 m/min.

Međuskladište blokova

Modelira se pomoću objekta „Buffer“ te mu je maksimalna količina 5 blokova, a određena je dimenzijama skladišta.



Slika 12. Model radionice za površinsku zaštitu

3.3.11. Predmontaža i opremanje modula

Model modula se sastoji od 7 blokova koji se modul ugrađuju prema omjeru 21% blokova složenije strukture naspram 79% blokova jednostavnije strukture koji se ugrađuju u svaki modul. Nakon predmontaže i opremanja završeni modul parternim se transporterom odvodi na mjesto sastavljanja trupa.

Proračun trajanja predmontaže i opremanja je prikazan tablicom 19, a napravljen je prema duljini zavarenog spoja blokova. Podaci o duljini zavarenog spoja uzeti su iz literature [12], a prikazani su u tablicama 17 i 18.

Tablica 17. Duljina zavarenog spoja blokova modula A, [1]

Modul A			
Pozicija zavarenog spoja	Spoj bloka A1 s blokovima A2L/A2D	Spoj blokova A2L/A2D s blokovima A3L/A3D	Spoj blokova A2L/A2D i A3L/A3D s blokovima A4L/A4D
Duljina vodoravnog spoja [m]	75.2	53.2	53.5
Duljina vertikalnog spoja [m]	58.3	56.7	59.1
Duljina spoja „nad glavom“ [m]	49.3	38.4	36.2
Ukupna duljina zavarenog spoja [m]	182.8	148.3	148.8

Tablica 18. Duljina zavarenog spoja blokova modula B, [1]

Modul B				
Pozicija zavarenog spoja	Spoj bloka B1 s blokovima B2L/B2D	Spoj blokova B1 s blokom B3	Spoj blokova B1, B3 i B2L/B2D s blokovima B4L/B4D	Spoj blokova B3 i B4L/B4D s blokom B5
Duljina vodoravnog spoja [m]	75.2	53.2	53.5	20.2
Duljina vertikalnog spoja [m]	58.3	56.7	59.1	39.3
Duljina spoja „nad glavom“ [m]	49.3	38.4	36.2	15.9
Ukupna duljina zavarenog spoja [m]	182.8	148.3	148.8	75.4

Koristeći podatke iz tablica 17 i 18 ukupna duljina zavarenog spoja između svih blokova iznosi 887 metara. Prosječna duljina zavarenog spoja dvaju blokova je omjer ukupne duljine i broja spojeva, a iznosi 75 metara [1]. Proračun sastavljanja napravljen je za spajanje dvaju blokova, jer blokovi dolaze na predmontažu pojedinačno prema redoslijedu predmontaže u predmontažnoj hali i završetku površinske zaštite.

Analizom vrijednosti iz tablica 17 i 18 od prosječne duljine od 75 metara na horizontalni i vertikalni zavareni spoj otpada 60 metara, a na zavareni spoj „nad glavom“ 15 metara [1]. U proračunu se uzimaju podaci o postupcima i brzinama zavarivanja iz tablice 1.

Proračun opremanja je napravljen u tablici 6, a obuhvaća montiranje segmenata cijevi i spajanje većih montiranih segmenata.

Tablica 19. Proračun predmontaže i opremanja modula, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Pozicioniranje blokova	- Duljina rezanja: 20 m - Brzina rezanja toplinskim postupkom: 0.7 m/min - Brušenje spojeva	1 h
Privarivanje	- Duljina privarivanja: 15 m - Brzina privarivanja: 0.1 m/min - Broj zavarivača: 4 - Koeficijent dodatnog vremena: 1.5	1 h
Zavarivanje	- Duljina vodoravnog zavara: 30 m - Brzina vodoravnog zavarivanja: 0.75 h/m - Duljina vertikalnog zavara: 30 m - Brzina vertikalnog zavarivanja: 1.3 h/m - Duljina zavarivanja nad glavom: 15 m - Brzina zavarivanja „nad glavom“: 1.58 h/m - Broj zavarivača: 6	14 h
Opremanje		55 h
Ukupno vrijeme predmontaže i opremanja modula:		71 h

Popis i karakteristike objekata:

Modul

Modelira se i označava oznakom M. Nastaje sastavljanjem 7 blokova. Trajanje predmontaže traje 71 sat.

Velika portalna dizalica

Obavlja transport površinski zaštićenih blokova na mjesto predmontaže u modul. Karakteristike dizalice su: raspon staza 70 m, duljina staze 150 m, visina dizalice 36 m, brzina dizanja/spuštanja limova 5 m/min, brzina hoda dizalice 25 m/min, brzina „mačke“ dizalice 10 m/min. Gibanje dizalice je istovremeno u X, Y i Z smjeru.

Parterni transporter

Modelira se pomoću „Transportera“ i staze po kojoj gotovi modul ide na poziciju montaže trupa. Brzina transporta 5 m/min.

3.3.12. Montaža i opremanje trupa

Model trupa sastoji se od 2 modula. Proračun trajanja montaže i opremanja je prikazan tablicom 21, a napravljen je prema duljini zavarenog spoja modula. Podaci o duljini zavarenog spoja nalaze se u tablici 20, a uzeti iz literature [12]. Proračun opremanja trupa napravljen je u tablici 21, a obuhvaća montiranje segmenata cijevi i spajanje već montiranih segmenata.

Tablica 20. Duljina zavarenog spoja pri montaži trupa, [1]

Pozicija zavarenog spoja	Spoj modula A i modula B
Duljina vodoravnog spoja [m]	88.7
Duljina vertikalnog spoja [m]	43.5
Duljina spoja „nad glavom“ [m]	44.3
Ukupna duljina zavarenog spoja [m]	176.5

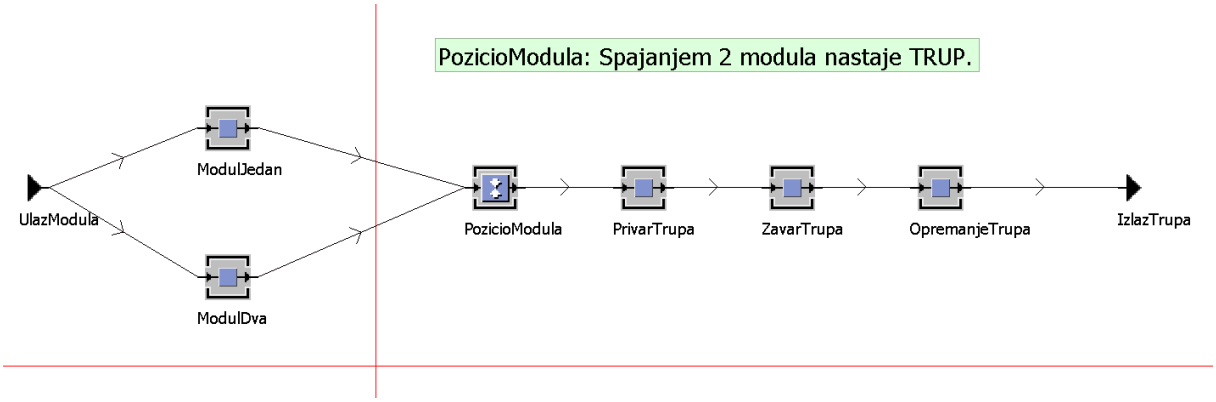
Tablica 21. Proračun montaže i opremanja trupa, [1]

Naziv operacije	Potrebni podaci za proračun	Trajanje operacije
Pozicioniranje modula	- Duljina rezanja: 40 m - Brzina rezanja toplinskim postupkom: 0.7 m/min - Brušenje spojeva	1 h
Privarivanje trupa	- Duljina privarivanja: 40 m - Brzina privarivanja: 0.1 m/min - Koeficijent dodatnog vremena: 1.5 - Broj zavarivača: 6	2 h
Zavarivanje trupa	- Duljina horizontalnog zavara: 88.7 m - Brzina horizontalnog zavarivanja: 0.75 h/m - Duljina vertikalnog zavarivanja: 43.5 m - Brzina vertikalnog zavarivanja: 1.3 h/m - Duljina zavarivanja „nad glavom“: 44.3 m - Brzina zavarivanja „nad glavom“: 1.58 h/m - Broj zavarivača: 8	24 h
Opremanje trupa		55 h
	Ukupno vrijeme montaže trupa:	82 h

Popis i karakteristike objekata:

Trup

Modelira se i označava simbolom platforme. Nastaje spajanjem 2 modula. Trajanje predmontaže je 82 sata.



Slika 13. Model montaže i opremanja trupa

4. ANALIZA SIMULACIJSKIH MODELA

4.1. Uvod

Analiza modela (eksperimentiranje s različitim modelima) u zadanim uvjetima je najvažniji je korak simulacijskog modeliranja. Ulazni parametri se određuju za svaki pojedini eksperiment te se prate prikladni izlazni pokazatelji. To podrazumijeva efektivni rad svakog pojedinog stroja, uređaja i transportnih sredstava. Isto tako, podrazumijeva i praćenje pojedinih faza proizvodnje.

Kroz provedeno eksperimentiranje s različitim modelima pratit će se rad:

- Stroj za koordinatno rezanje – naziv objekta: „KoordinatnoRez“
- Stroj za paralelno rezanje – naziv objekta: „ParalelnoRez“
- Stroj za plazma rezanje – naziv objekta: „PlazmaRez“
- Stroj za rezanje profila – naziv objekta: „RobotZaRezanje“
- Zavarivanje podsklopa na mikropanel liniji – naziv objekta: „Zavar_Podsklopa“
- Zavarivanje ukrepa 1.reda na panel liniji – naziv objekta: „Zavar_1reda“
- Zavarivanje ukrepa 2.reda na panel liniji – naziv objekta: „Zavar_ukre2reda“
- Opremanje bloka složenije konstrukcije – naziv objekta: „OpremanjeBloka2“
- Opremanje bloka jednostavnije konstrukcije – naziv objekta: „OpremanjeBloka“
- Pozicioniranje blokova pri nastanku modula – naziv objekta: „PozicioBlokova“

Zadane količine i distribucija potrebnog materijala određeni su prema konstrukciji trupa koja je analizirana u drugom poglavlju.

Potreban materijal s ulaznog skladišta i linije predobrade crne metalurgije dolazi u skladište predobrađenog materijala gdje se slaže na međuskladišta. Model je definiran na način da se 80% limova reže na strojevima za paralelno i plazma rezanje te se zatim transportira na panel liniju. Ostalih 20% limova se obrađuje na stroju za koordinatno rezanje i stolu za ručno rezanje. Od te količine limova 70% se transportira na mikro panel liniju u svrhu izrade podsklopova, dok se ostalih 30% slaže na međuskladište podsklopova za kasnije potrebe predmontaže. Profili se obrađuju na liniji rezanja profila, a nakon rezanja 60% profila odlazi za potrebe panel linije, 30% profila za potrebe mikro panel linije, dok se 10% transportira na međuskladište profila za kasnije potrebe predmontaže. Nadalje, 80%

podsklopova izrađenih na mikro panel liniji se transportira na 5.takt panel linije, dok se ostatak od 20% podsklopova izašlih s mikro panel linije transportira na međuskladište za kasnije potrebe predmontaže. Paneli s ukrepama 1. i 2.reda koji su izrađeni na panel liniji zajedno s limovima, profilima i podsklopovima s međuskladišta ulaze u predmontažne hale 1 i 2, ovisno o potrebama. Tamo se koriste za izradu blokova, volumenskih i plošnih sekcija.

Dobiveni rezultati nastali su korištenjem programskog paketa „Tecnomatix Plant Simulation 11“ te se prikazuju grafički i tablično.

Vrijeme promatranja se u programskom paketu „Tecnomatix Plant Simulation 11“ prikazuje u danima, satima i sekundama. Isto tako, vrijeme trajanja svakog promatranja se može prikazati preko broja radnih dana ili efektivnim radnim satima cijelog brodogradilišta. Da bi se dobio broj radnih dana potrebno je ukupno trajanje eksperimenta podijeliti s brojem dnevnih radnih smjena, te s brojem radnih sati u toj jednoj radnoj smjeni. Tablicom 22 prikazan je potreban broj radnika u jednoj radnoj smjeni na gradilištu koji će kroz kasnije analize biti podložan promjeni.

Tablica 22. Broj radnika na brodogradilištu u jednoj smjeni, [1]

Faza promatrane proizvodnje	Ukupan broj radnika po fazi
Ulazno skladište i linija predobrade	10
Radionica rezanja limova i profila	15
Panel linija i mikro panel linija	25
Predmontaža i opremanje blokova i sekcija	100
Površinska zaštita	20
Izrada i opremanje trupa i modula	150
Ukupan broj radnika:	320

Podaci koji su bitni za samu analizu proizvodnje samopodizne platforme:

Broj radnih smjena u danu	Broj efektivnih radnih sati u jednoj smjeni	Broj radnih dana u mjesecu	Broj radnih mjeseci u godini	Broj efektivnih radnih sati u godini	Broj radnika na brodogradilištu
2	7	22	12	3696	320

Ranije spomenuti grafički prikaz izlaznih rezultata prikazuje stanje objekta u vremenu trajanja eksperimenta. Naravno, za različite skupine objekata stanje se različito definira.

Stanje strojeva može biti da:

- Radi – stroj obavlja odgovarajuću zadaću
- Blokiran – zadaća je izvršena, ali element čeka transport
- Čeka – stroj ne obavlja zadaću

Stanje prostora skladištenja može biti:

- Pun – nalazi se maksimalna količina odgovarajućih elemenata
- Prazan – nema elemenata
- Djelomično pun – ima elemenata, ali ne maksimalni propisani broj

Eksperimentom dobiveni izlazni rezultati podložni su raznovrsnoj analizi te se uspoređivanjem izlaznih rezultata različitih eksperimenata različitih modela dobivaju uvjeti za što učinkovitije upravljanje i, što je jednako važno, pravovremeno donošenje bitnih odluka u tijeku proizvodnje.

Kod svih analiza se pretpostavlja da se na ulaznom skladištu crne metalurgije nalazi dovoljna količina materijala. Napravljena su 4 modela za 4 eksperimenta. Kod svakog eksperimenta analizirat će se izlazni rezultati dvaju slučajeva:

1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme
2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana

4.2. Prvi eksperiment – osnovni model

4.2.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme

Ulazno skladište crne metalurgije je definirano i modelirano tako da profil napušta svoje ulazno skladište nakon 20 „odležanih“ minuta, dok se za lim pretpostavlja da napušta svoje ulazno skladište nakon „odležanih“ 50 minuta. Za rad pri ovom eksperimentu koristi se ranije propisani broj radnika te činjenica da svi strojevi unutar same proizvodnje rade bez ikakvih kvarova.

Tablica 23. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta

Broj izrađenih trupova	1
Broj izrađenih modula	2
Broj izrađenih blokova	18
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	268
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	346
Broj obrađenih limova	2351
Broj obrađenih profila	7349
Broj predobrađenih elemenata	9872

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnim za proizvodnju jedne samopodizne platforme nalaze se u tablici 24. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 320.

Tablica 24. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta

Radni dani	87
Radni sati	391680
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	87 dana

Slikom 14 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 93.97% vremena te da je 0.15% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 5.88% vremena je blokiran. Stroj je obradio 1281 lim.

Na slici 14 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 14.67% vremena te da je 0.15% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 85.2% vremena blokiran. Stroj je obradio 359 limova.

Slika 14 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 21.28% vremena radi te da je 0.59% u stanju čekanja, odnosno da je čak 78.13% vremena blokiran. Stroj je obradio 711 limova.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 14. Vidljivo je da stroj 99.91% vremena radi te da je 0.09% vremena u stanju čekanja. Stroj je obradio 7355 profila.

Slikom 14 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 20.63% vremena te da je u stanju čekanja 79.37% vremena. Obrađeno je 584 podsklopova.

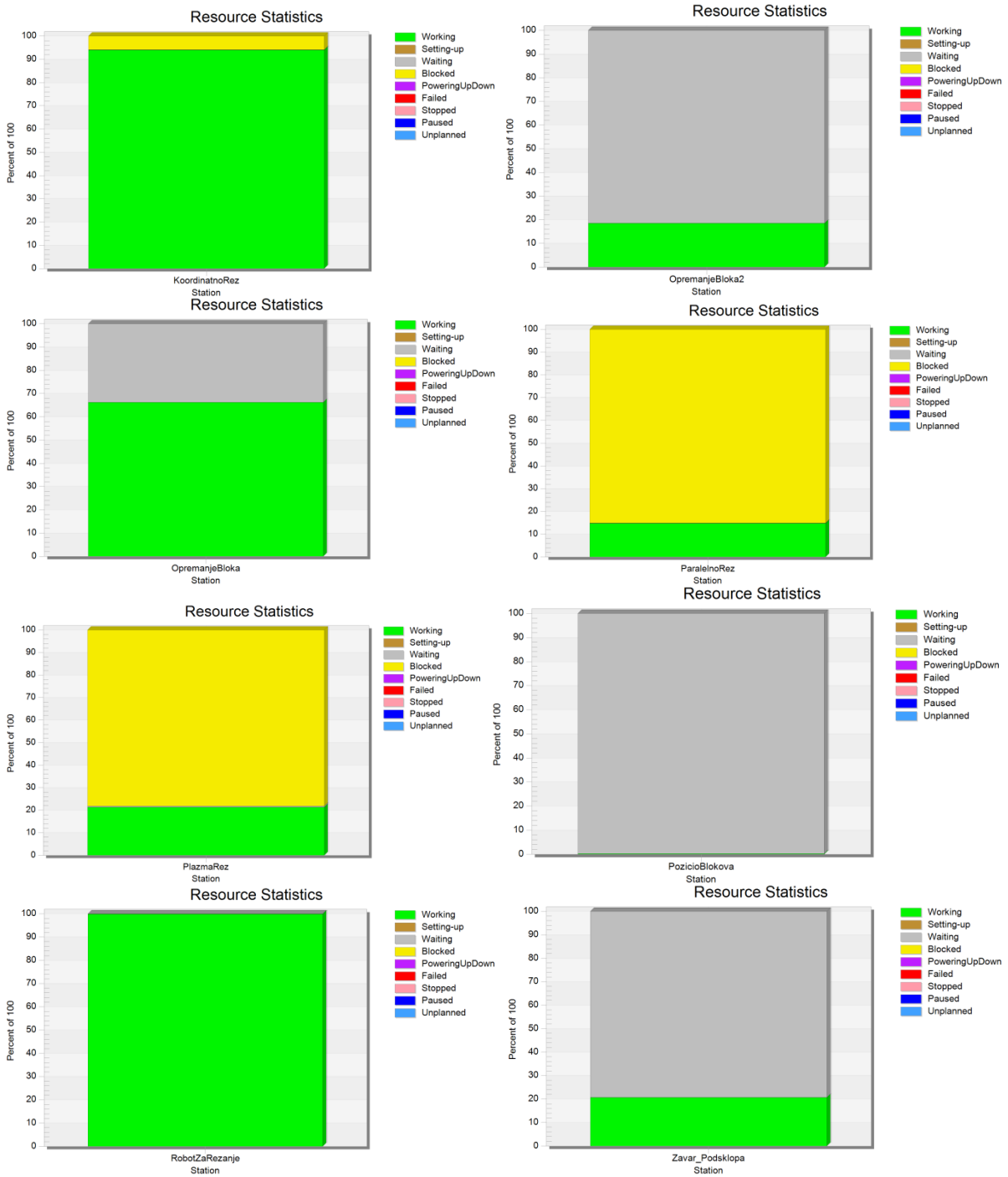
Slikom 14 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 34.78% vremena te da je u stanju čekanja 65.22% vremena. Obrađeno je 346 panela.

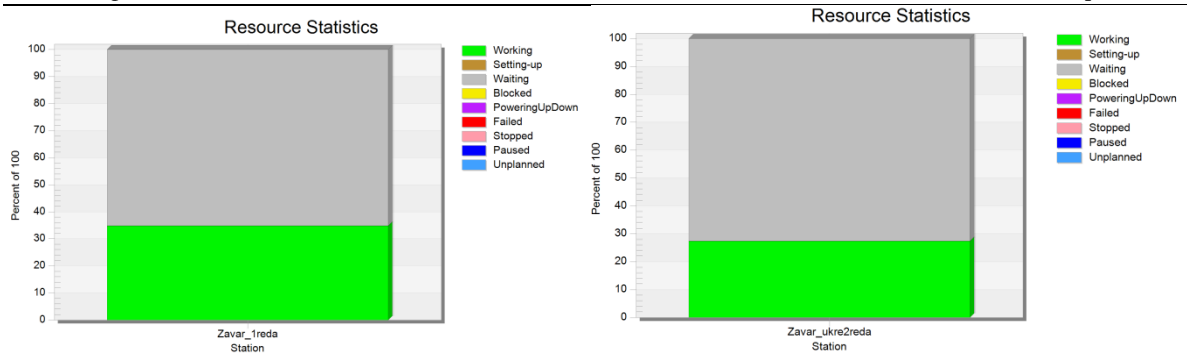
Slikom 14 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 27.3% vremena te da je u stanju čekanja 72.7% vremena. Obrađeno je 268 panela.

Slika 14 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 18.41% vremena te da je 81.59% u stanju čekanja. Opremljeno je 4 bloka.

Slika 14 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 66.18% vremena te da je 33.82% u stanju čekanja. Opremljeno je 14 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 14. Ona prikazuje da se radi 0.16% vremena te da je u stanju čekanja 99.84% vremena. Pozicionirana su 2 modula.





Slika 14. Izlazni podaci osnovnog modela pri izradi jednog objekta

4.2.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana

Kod drugog slučaja eksperiment se zaustavlja nakon 3696 efektivnih radnih sati, odnosno nakon godinu dana u kojoj se radi 264 dana u dvije radne smjene.

Tablica 25. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini

Broj izrađenih trupova	3
Broj izrađenih modula	8
Broj izrađenih blokova	59
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	652
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	880
Broj obrađenih limova	5533
Broj obrađenih profila	18698
Broj predobrađenih elemenata	24403

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnima za serijsku proizvodnju samopodizne platforme na godišnjoj razini nalaze se u tablici 26. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 320.

Tablica 26. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini

Radni dani	264
Radni sati	1182720
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	88 dana

Slikom 15 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 69.52% vremena te da je 0.08% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 30.4% vremena blokiran. Stroj je obradio 2854 limova.

Na slici 15 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 12.12% vremena te da je 0.05% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 87.83% vremena blokiran. Stroj je obradio 895 limova.

Slika 15 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 17.7% vremena radi te da je 0.43% u stanju čekanja, odnosno da je čak 81.87% vremena blokiran. Stroj je obradio 1783 lima.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 15. Vidljivo je da stroj 84.32% vremena radi te da je 0.03% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 15.65% vremena blokiran. Stroj je obradio 18698 profila.

Slikom 15 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 20.51% vremena te da je u stanju čekanja 51.25% vremena, odnosno da je 28.25% vremena blokiran. Obrađeno je 1748 podsklopova.

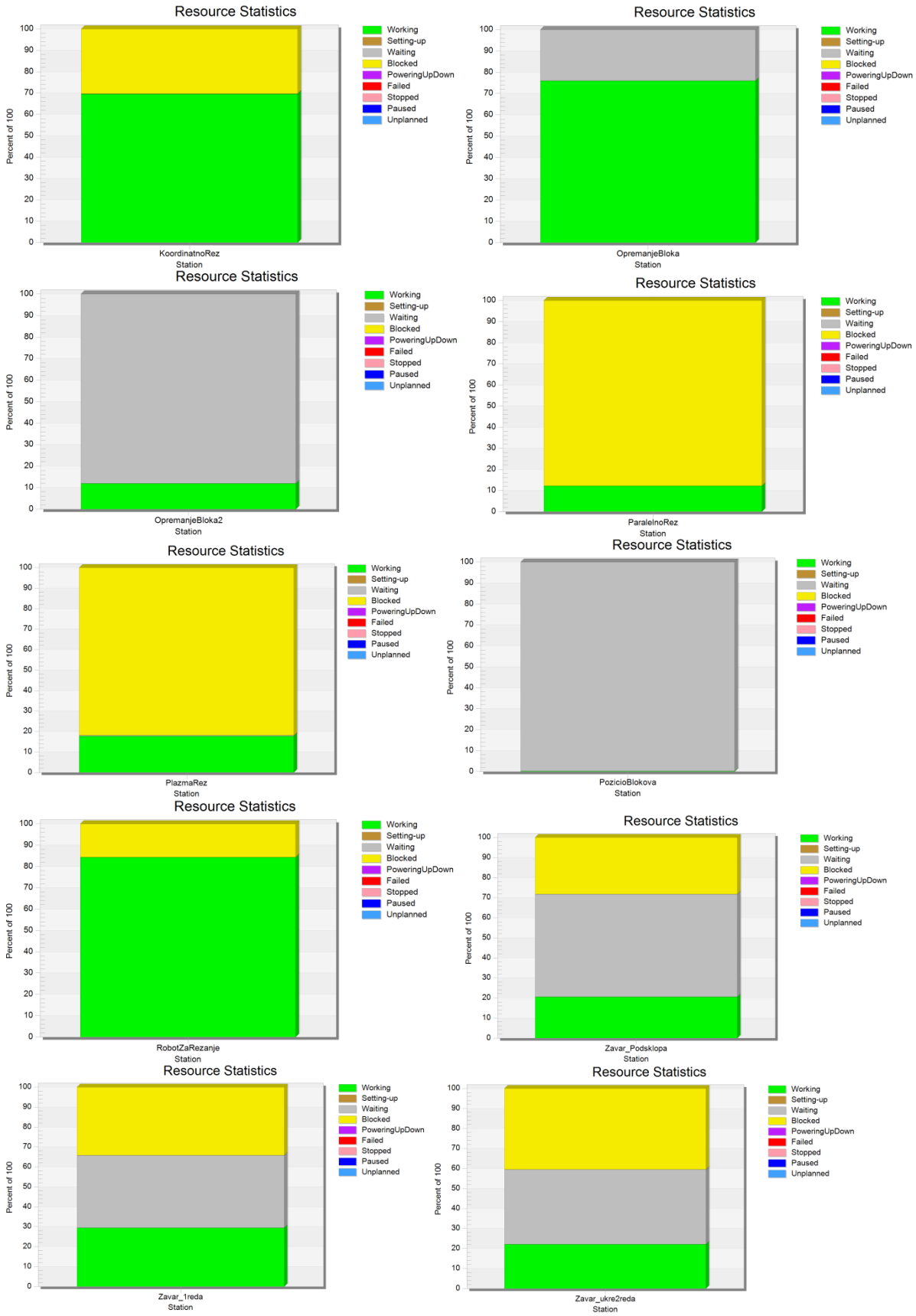
Slikom 15 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 29.37% vremena te da je u stanju čekanja 36.4% vremena, odnosno da je 34.25% vremena blokiran. Obrađeno je 880 panela.

Slikom 15 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 22.05% vremena te da je u stanju čekanja 37.4% vremena, odnosno da je 40.55% vremena blokiran. Obrađen je 651 panel.

Slika 15 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 11.9% vremena te da je 88.1% u stanju čekanja. Opremljeno je 8 blokova.

Slika 15 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 75.89% vremena te da je 24.11% vremena u stanju čekanja. Opremljen je 51 blok.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 15. Ona prikazuje da se radi 0.22% vremena te da je u stanju čekanja 99.78% vremena. Pozicionirana su 4 modula.



Slika 15. Izlazni podaci osnovnog modela na godišnjoj razini

4.3. Drugi eksperiment – model s povećanjem brojem radnika

4.3.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri povećanom broju radnika

Ulazno skladište crne metalurgije je definirano i modelirano tako da profil napušta svoje ulazno skladište nakon 20 „odležanih“ minuta, dok se za lim pretpostavlja da napušta svoje ulazno skladište nakon „odležanih“ 50 minuta. Za rad pri ovom eksperimentuu se uvećava broj potrebnih radnika za 17.5% po jednoj smjeni. To je 56 radnika više po jednoj smjeni.

Tablica 27. Izlazni podaci modela za proizvodnju jednog objekta pri povećanom broju radnika

Broj izrađenih trupova	1
Broj izrađenih modula	2
Broj izrađenih blokova	18
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	258
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	336
Broj obrađenih limova	2273
Broj obrađenih profila	7091
Broj predobrađenih elemenata	9536

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnim za proizvodnju jedne samopodizne platforme nalaze se u tablici 28. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 376.

Tablica 28. Izlazni podaci modela za proizvodnju jednog objekta pri povećanom broju radnika

Radni dani	84
Radni sati	442176
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	84 dana

Slikom 16 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 93.69% vremena te da je 0.15% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 6.16% vremena blokiran. Stroj je obradio 1231 lim.

Na slici 16 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 14.79% vremena te da je 0.14% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 85.07% vremena blokiran. Stroj je obradio 349 limova.

Slika 16 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 21.45% vremena radi te da je 0.59% u stanju čekanja, odnosno da je čak 77.96% vremena blokiran. Stroj je obradio 691 lim.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 16. Vidljivo je da stroj 99.91% vremena radi te da je 0.09% vremena u stanju čekanja. Stroj je obradio 7092 profila.

Slikom 16 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 20.84% vremena te da je u stanju čekanja 79.16% vremena. Obrađeno je 569 podsklopova.

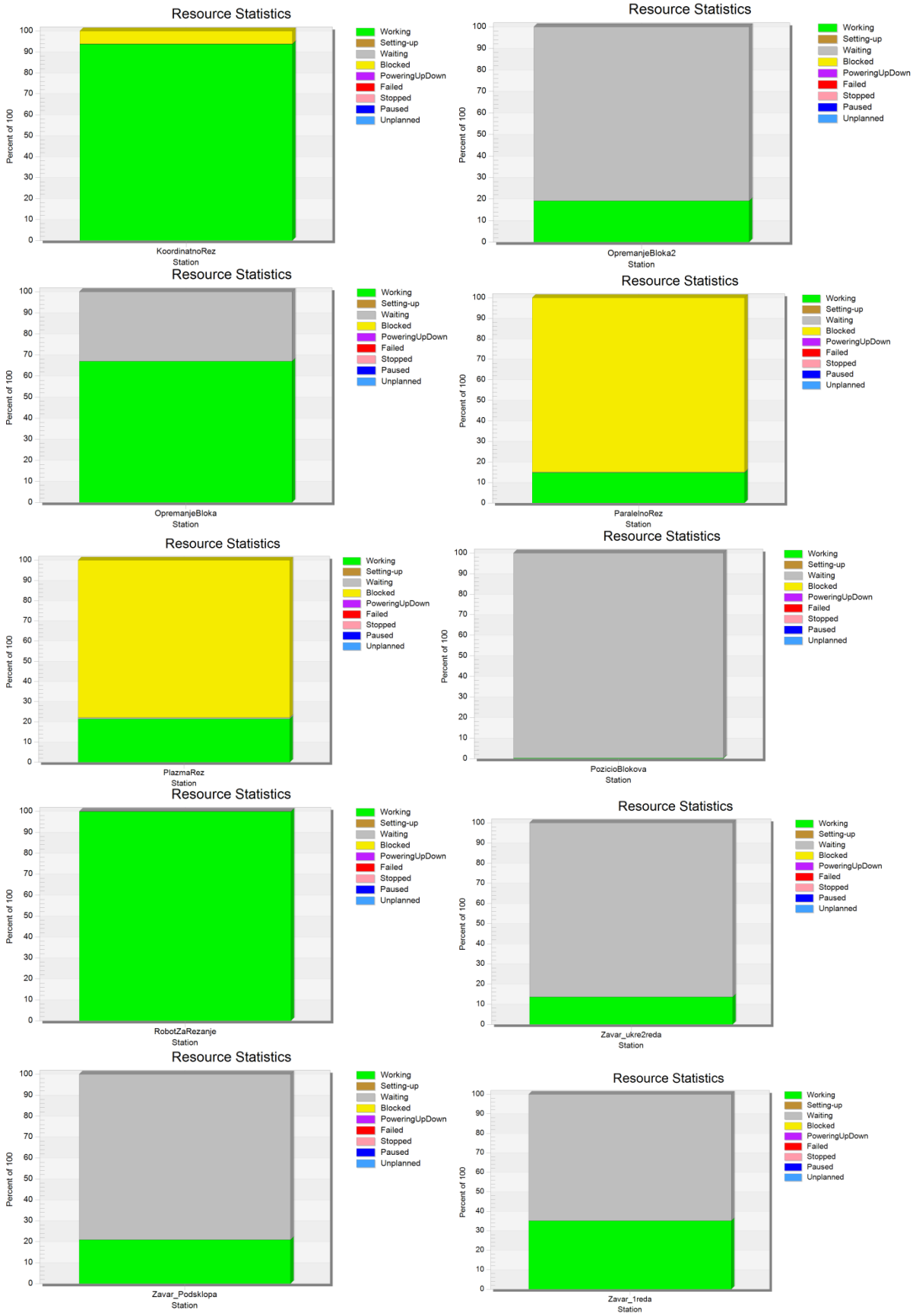
Slikom 16 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 35.03% vremena te da je u stanju čekanja 64.97% vremena. Obrađeno je 336 panela.

Slikom 16 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 13.63% vremena te da je u stanju čekanja 86.37% vremena. Obrađeno je 258 panela.

Slika 16 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 19.1% vremena te da je 80.9% u stanju čekanja. Opremljeno je 4 bloka.

Slika 16 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 67% vremena te da je 33% u stanju čekanja. Opremljeno je 14 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 16. Ona prikazuje da se radi 0.17% vremena te da je u stanju čekanja 99.83% vremena. Pozicionirana su 2 modula.



Slika 16. Izlazni podaci modela za jedan objekt s povećanim brojem radnika

4.3.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri povećanom broju radnika

Kod drugog slučaja eksperiment se zaustavlja nakon 3696 efektivnih radnih sati, odnosno nakon godinu dana u kojoj se radi 264 dana u dvije radne smjene.

Tablica 29. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri povećanom broju radnika

Broj izrađenih trupova	4
Broj izrađenih modula	8
Broj izrađenih blokova	64
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	700
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	952
Broj obrađenih limova	5902
Broj obrađenih profila	19940
Broj predobrađenih elemenata	26113

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnima za serijsku proizvodnju samopodizne platforme na godišnjoj razini nalaze se u tablici 30. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 376.

Tablica 30. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri povećanom broju radnika

Radni dani	264
Radni sati	1389696
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	67 dana

Slikom 17 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 73.25% vremena te da je 0.08% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 26.67% vremena blokiran. Stroj je obradio 3004 lima.

Na slici 17 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 13.1% vremena te da je 0.05% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 86.86% vremena blokiran. Stroj je obradio 895 limova.

Slika 17 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 19.13% vremena radi te da je 0.46% u stanju čekanja, odnosno da je čak 80.41% vremena blokiran. Stroj je obradio 1783 limova.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 17. Vidljivo je da stroj 90.4% vremena radi te da je 0.03% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 9.58% vremena blokiran. Stroj je obradio 20046 profila.

Slikom 17 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 22.3% vremena te da je u stanju čekanja 54.27% vremena, odnosno da je 23.43% vremena blokiran. Obrađen je 1901 podsklop.

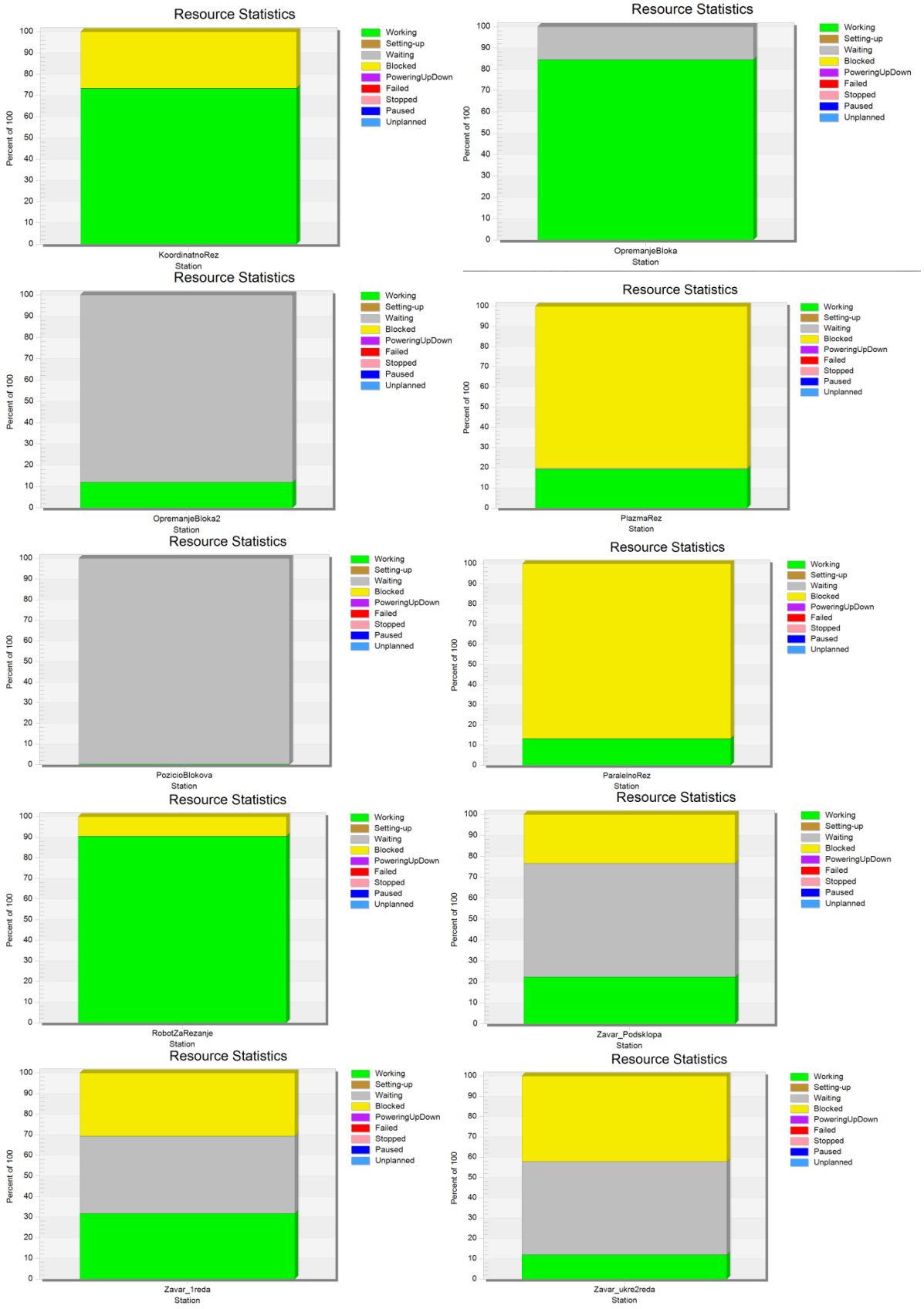
Slikom 17 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 31.77% vremena te da je u stanju čekanja 37.47% vremena, odnosno da je 30.76% vremena blokiran. Obrađeno je 952 panela.

Slikom 17 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 11.84% vremena te da je u stanju čekanja 45.98% vremena, odnosno da je 42.18% vremena blokiran. Obrađeno je 700 panela.

Slika 17 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 11.9% vremena te da je 88.1% u stanju čekanja. Opremljeno je 8 blokova.

Slika 17 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 84.5% vremena te da je 15.5% vremena u stanju čekanja. Opremljeno je 56 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 17. Ona prikazuje da se radi 0.22% vremena te da je u stanju čekanja 99.78% vremena. Pozicionirana su 4 modula.



Slika 17. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju s povećanim brojem radnika

4.4. Treći eksperiment – model sa smanjenim brojem radnika

4.4.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri smanjenom broju radnika

Ulazno skladište crne metalurgije je definirano i modelirano tako da profil napušta svoje ulazno skladište nakon 20 „odležanih“ minuta, dok se za lim pretpostavlja da napušta svoje ulazno skladište nakon „odležanih“ 50 minuta. Za rad pri ovom promatranju smanjuje se broj potrebnih radnika za 8.75% po jednoj smjeni. To je 28 radnika manje po jednoj smjeni.

Tablica 31. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju radnika

Broj izrađenih trupova	1
Broj izrađenih modula	2
Broj izrađenih blokova	18
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	316
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	384
Broj obrađenih limova	2993
Broj obrađenih profila	7091
Broj predobrađenih elemenata	9585

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnim za proizvodnju jedne samopodizne platforme nalaze se u tablici 32. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 292.

Tablica 32. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju radnika

Radni dani	121
Radni sati	494648
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	121 dan

Slikom 18 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 95.81% vremena te da je 0.1% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 4.09% vremena blokiran. Stroj je obradio 1802 lima.

Na slici 18 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 11.81% vremena te da je 0.1% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 88.09% vremena blokiran. Stroj je obradio 399 limova.

Slika 18 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 17.15% vremena radi te da je 0.47% u stanju čekanja, odnosno da je čak 82.38% vremena blokiran. Stroj je obradio 791 lim.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 18. Vidljivo je da stroj 94.43% vremena radi te da je 0.06% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 5.5% vremena blokiran. Stroj je obradio 9592 profila.

Slikom 18 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 21.73% vremena te da je u stanju čekanja 69.51% vremena, odnosno da je blokiran 8.76% vremena. Obrađeno je 848 podsklopova.

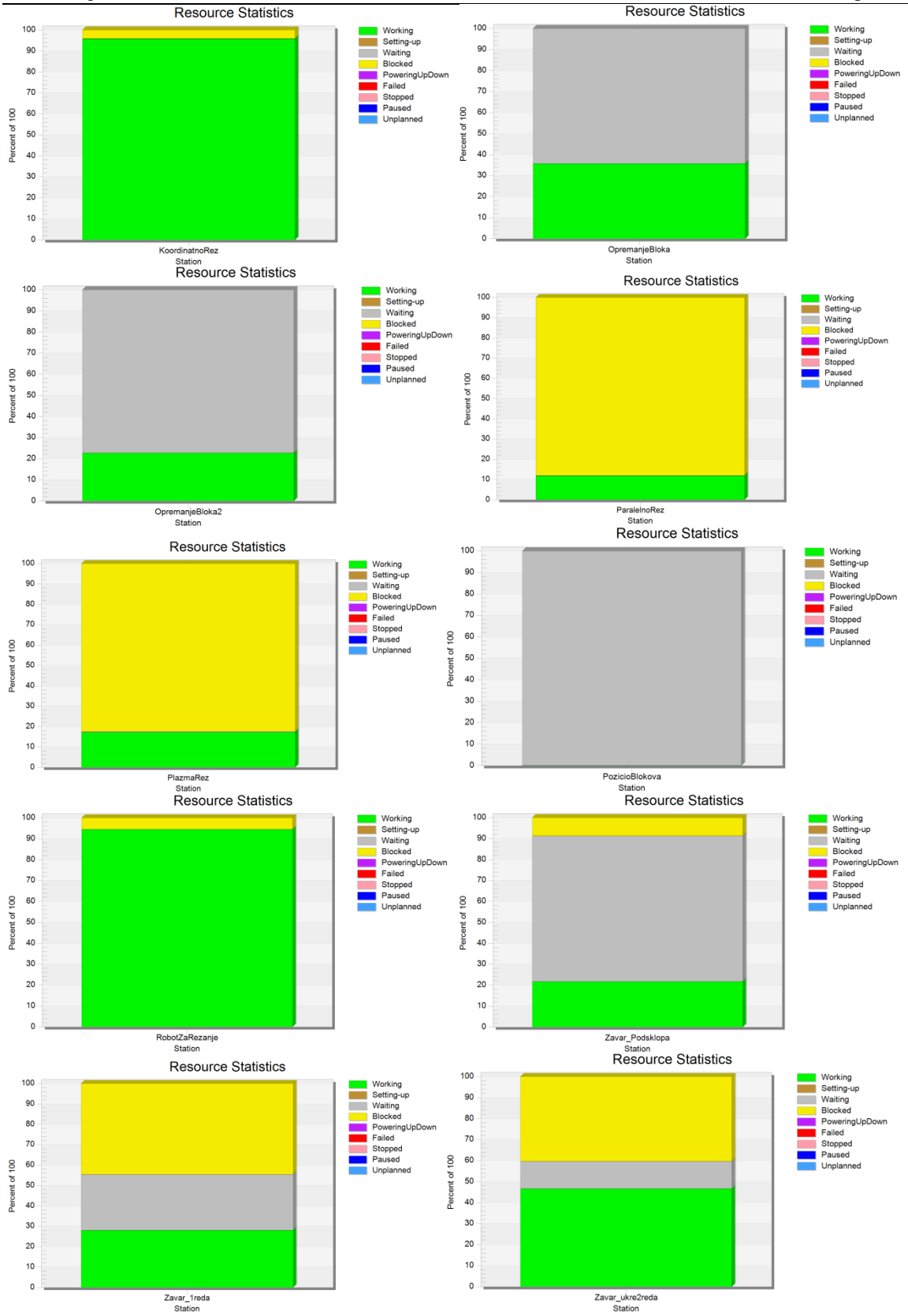
Slikom 18 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 27.98% vremena te da je u stanju čekanja 27.44% vremena, odnosno da je 44.58% vremena blokiran. Obrađeno je 383 panela.

Slikom 18 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 46.67% vremena te da je u stanju čekanja 12.96% vremena, odnosno da je blokiran 40.37% vremena. Obrađeno je 316 panela.

Slika 18 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 22.74% vremena te da je 77.26% u stanju čekanja. Opremljeno je 7 blokova.

Slika 18 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 35.74% vremena te da je 64.26% vremena u stanju čekanja. Opremljeno je 11 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 18. Ona prikazuje da se radi 0.12% vremena te da je u stanju čekanja 99.88% vremena. Pozicionirana su 2 modula.



Slika 18. Izlazni podaci modela za jedan objekt sa smanjenim brojem radnika

4.4.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri smanjenom broju radnika

Kod drugog slučaja eksperiment se zaustavlja nakon 3696 efektivnih radnih sati, odnosno nakon godinu dana u kojoj se radi 264 dana u dvije radne smjene.

Tablica 33. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju radnika

Broj izrađenih trupova	2
Broj izrađenih modula	4
Broj izrađenih blokova	34
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	452
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	580
Broj obrađenih limova	4201
Broj obrađenih profila	13597
Broj predobrađenih elemenata	18075

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnima za serijsku proizvodnju samopodizne platforme na godišnjoj razini nalaze se u tablici 34. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 292.

Tablica 34. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju radnika

Radni dani	264
Radni sati	1079232
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	132 dana
Broj radnih sati po jednoj platformi	539616

Slikom 19 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 59% vremena te da je 0.07% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 40.93% vremena blokiran. Stroj je obradio 2423 lima.

Na slici 19 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 8.06% vremena te da je 0.05% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 91.89% vremena blokiran. Stroj je obradio 596 limova.

Slika 19 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 11.75% vremena radi te da je 0.3% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 87.95% vremena blokiran. Stroj je obradio 1183 lima.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 19. Vidljivo je da stroj 61.79% vremena radi te da je 0.03% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 38.18% vremena blokiran. Stroj je obradio 13703 profila.

Slikom 19 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 15.44% vremena te da je u stanju čekanja 34.22% vremena, odnosno da je 50.33% vremena blokiran. Obrađeno je 1317 podsklopova.

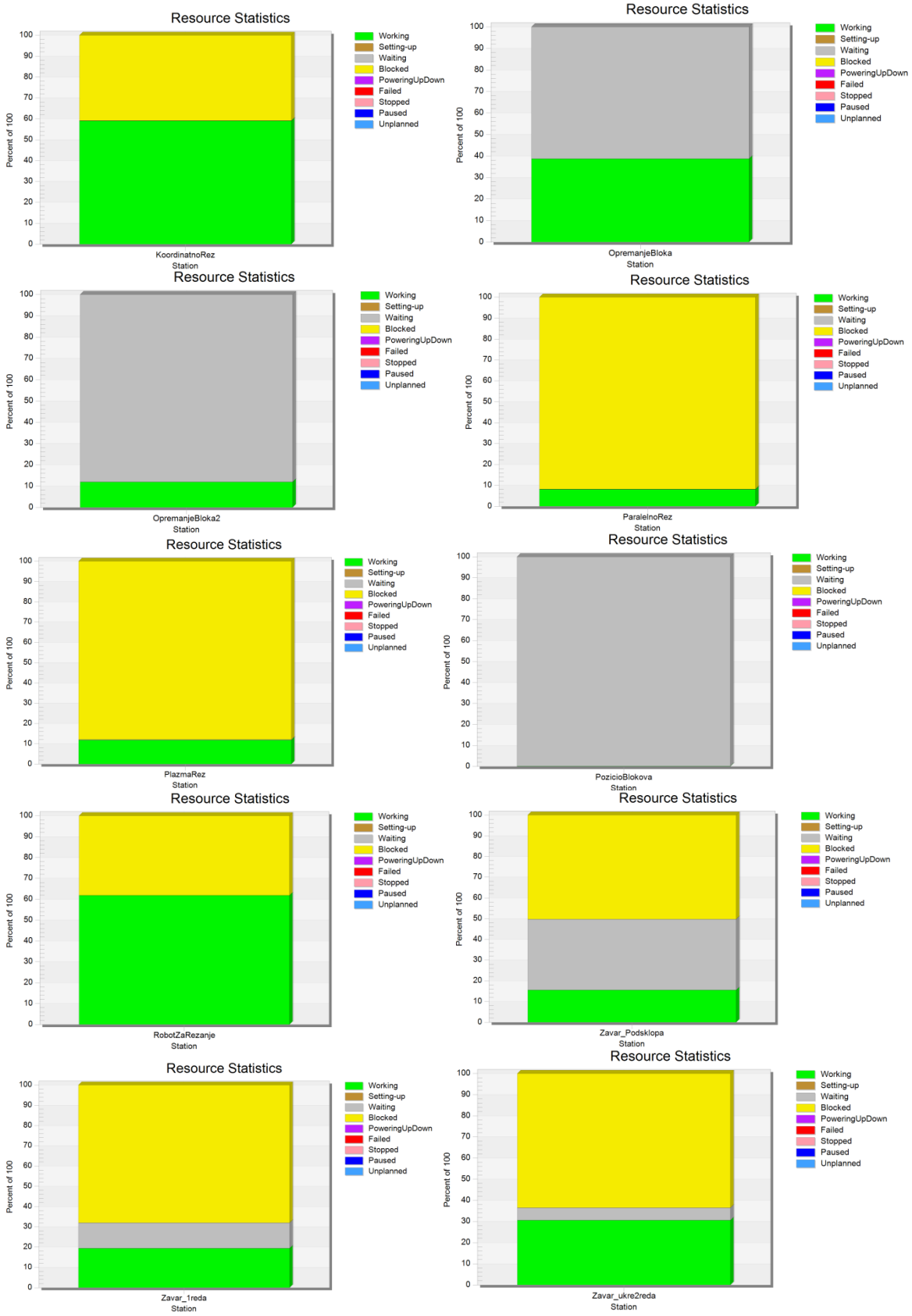
Slikom 19 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 19.35% vremena te da je u stanju čekanja 12.57% vremena, odnosno da je 68.08% vremena blokiran. Obrađeno je 580 panela.

Slikom 19 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 30.57% vremena te da je u stanju čekanja 5.94% vremena, odnosno da je 63.49% vremena blokiran. Obrađeno je 452 panela.

Slika 19 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 11.9% vremena te da je 88.1% u stanju čekanja. Opremljeno je 8 blokova.

Slika 19 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 38.69% vremena te da je 61.31% vremena u stanju čekanja. Opremljeno je 26 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 19. Ona prikazuje da se radi 0.11% vremena te da je u stanju čekanja 99.89% vremena. Pozicionirana su 4 modula.



Slika 19. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju sa smanjenim brojem radnika

4.5. Četvrti eksperiment – model sa smanjenjim brojem hala za antikorozivnu zaštitu

4.5.1. Izrada trupa jedne samopodizne platforme pri smanjenom broju hala za antikorozivnu zaštitu

Ulazno skladište crne metalurgije je definirano i modelirano tako da profil napušta svoje ulazno skladište nakon 20 „odležanih“ minuta, dok se za lim pretpostavlja da napušta svoje ulazno skladište nakon „odležanih“ 50 minuta. Za rad pri ovom eksperimentu smanjuje se broj hala za antikorozivnu zaštitu s tri na jednu (to znači i 8 radnika manje).

Tablica 35. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju AKZ hala

Broj izrađenih trupova	1
Broj izrađenih modula	2
Broj izrađenih blokova	20
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	286
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	369
Broj obrađenih limova	2509
Broj obrađenih profila	7829
Broj predobrađenih elemenata	10509

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnim za proizvodnju jedne samopodizne platforme nalaze se u tablici 36. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu po 7 efektivnih sati po svakoj smjeni. Broj radnika je 312.

Tablica 36. Izlazni podaci modela za jedan objekt pri smanjenom broju AKZ hala

Radni dani	92
Radni sati	401856
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	92 dana

Slikom 20 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 94.34% vremena te da je 0.14% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 5.52% vremena blokiran. Stroj je obradio 1370 limova.

Na slici 20 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 14.66% vremena te da je 0.13% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 85.21% vremena blokiran. Stroj je obradio 382 lima.

Slika 20 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 21.28% vremena radi te da je 0.58% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 78.14% vremena blokiran. Stroj je obradio 757 limova.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 20. Vidljivo je da stroj 99.92% vremena radi te da je 0.08% vremena u stanju čekanja. Stroj je obradio 7830 profila.

Slikom 20 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 20.67% vremena te da je u stanju čekanja 79.33% vremena. Obrađeno je 624 podsklopova.

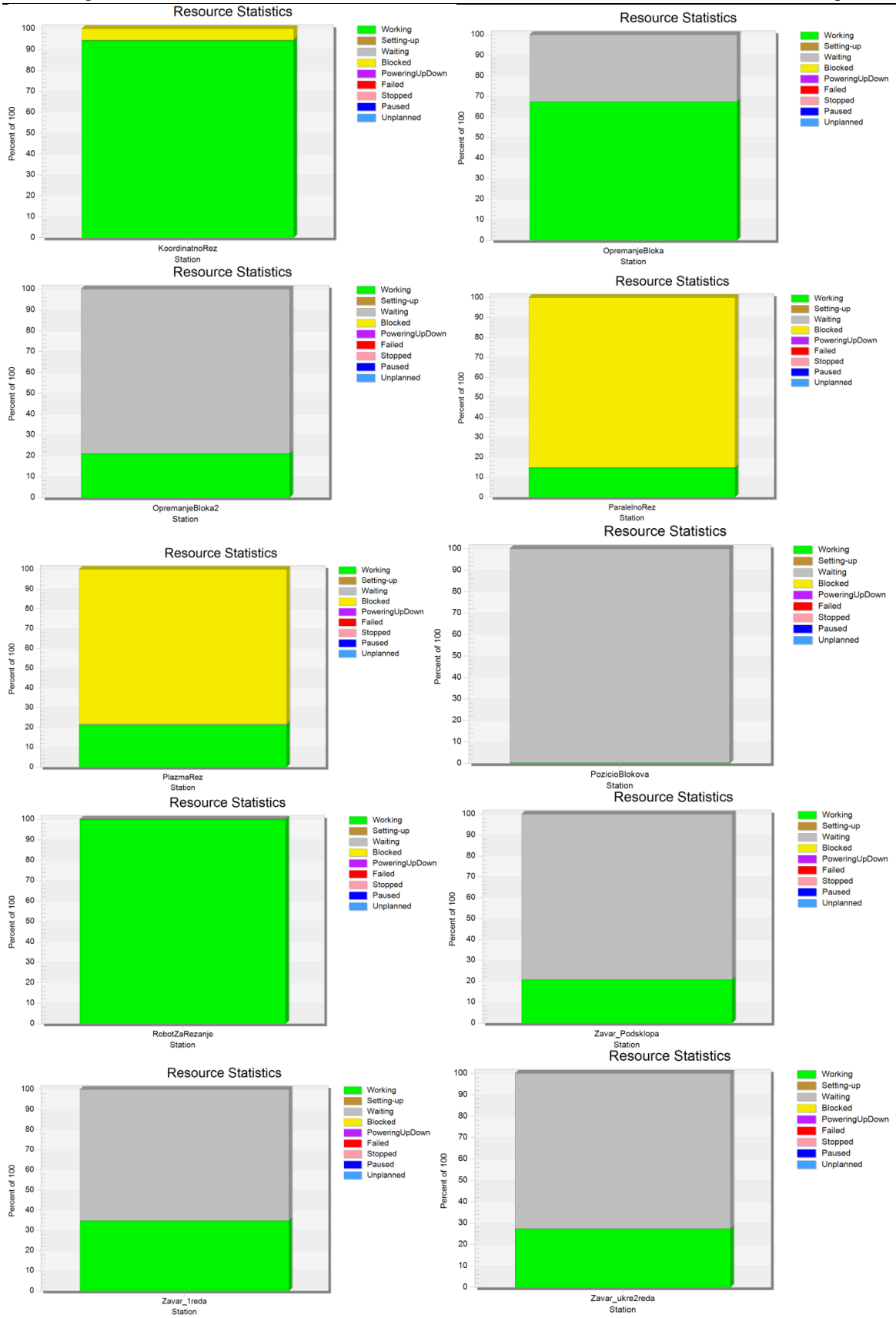
Slikom 20 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 34.85% vremena te da je u stanju čekanja 65.15% vremena. Obrađeno je 369 panela.

Slikom 20 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 27.37% vremena te da je u stanju čekanja 72.63% vremena. Obrađeno je 286 panela.

Slika 20 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 21.06% vremena te da je 78.94% vremena u stanju čekanja. Opremljeno je 5 blokova.

Slika 20 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 67.31% vremena te da je 32.69% vremena u stanju čekanja. Opremljeno je 15 blokova.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 20. Ona prikazuje da se radi 0.15% vremena te da je u stanju čekanja 99.85% vremena. Pozicionirana su 2 modula.



Slika 20. Izlazni podaci modela za jedan objekt sa smanjenim brojem AKZ hala

4.5.2. Količina izrađenih samopodiznih platformi u periodu od godinu dana pri smanjenom broju hala za antikorozivnu zaštitu

Kod drugog slučaja eksperiment se zaustavlja nakon 3696 efektivnih radnih sati, odnosno nakon godinu dana u kojoj se radi 264 dana u dvije radne smjene.

Tablica 37. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju AKZ hala

Broj izrađenih trupova	3
Broj izrađenih modula	8
Broj izrađenih blokova	59
Broj izrađenih ukrijepljenih panela	652
Broj izrađenih panela s ukrepama 1.reda	880
Broj obrađenih limova	5537
Broj obrađenih profila	18699
Broj predobrađenih elemenata	24403

Izlazni podaci koji govore o radnim danima i satima potrebnima za serijsku proizvodnju samopodizne platforme na godišnjoj razini nalaze se u tablici 38. Uzima se u obzir dvije radne smjene u danu (7 efektivnih sati po svakoj smjeni). Broj radnika je 312.

Tablica 38. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju pri smanjenom broju AKZ hala

Radni dani	264
Radni sati	1153152
Prosječno vrijeme potrebno za jednu platformu	88 dana
Broj radnih sati po jednoj platformi	384384

Slikom 21 prikazano je stanje stroja za koordinatno rezanje. Iz nje je vidljivo da stroj radi 69.52% vremena te da je 0.08% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 30.4% vremena blokiran. Stroj je obradio 2854 limova.

Na slici 21 vidljivo je stanje stroja za paralelno rezanje. Ona prikazuje da stroj radi 12.12% vremena te da je 0.05% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 87.83% vremena blokiran. Stroj je obradio 896 limova.

Slika 21 prikazuje stanje stroja za plazma rezanje. Iz nje se može očitati da stroj 17.7% vremena radi te da je 0.43% vremena u stanju čekanja, odnosno da je čak 81.87% vremena blokiran. Stroj je obradio 1783 lima.

Stanje stroja za rezanje profila je prikazano na slici 21. Vidljivo je da stroj 84.32% vremena radi te da je 0.03% vremena u stanju čekanja, odnosno da je 15.65% vremena blokiran. Stroj je obradio 18698 profila.

Slikom 21 prikazano je praćenje 3.takta mikro panel linije. Može se isčitati da stroj za zavarivanje podsklopova radi 20.51% vremena te da je u stanju čekanja 51.25% vremena, odnosno da je 28.25% vremena blokiran. Obrađeno je 1748 podsklopova.

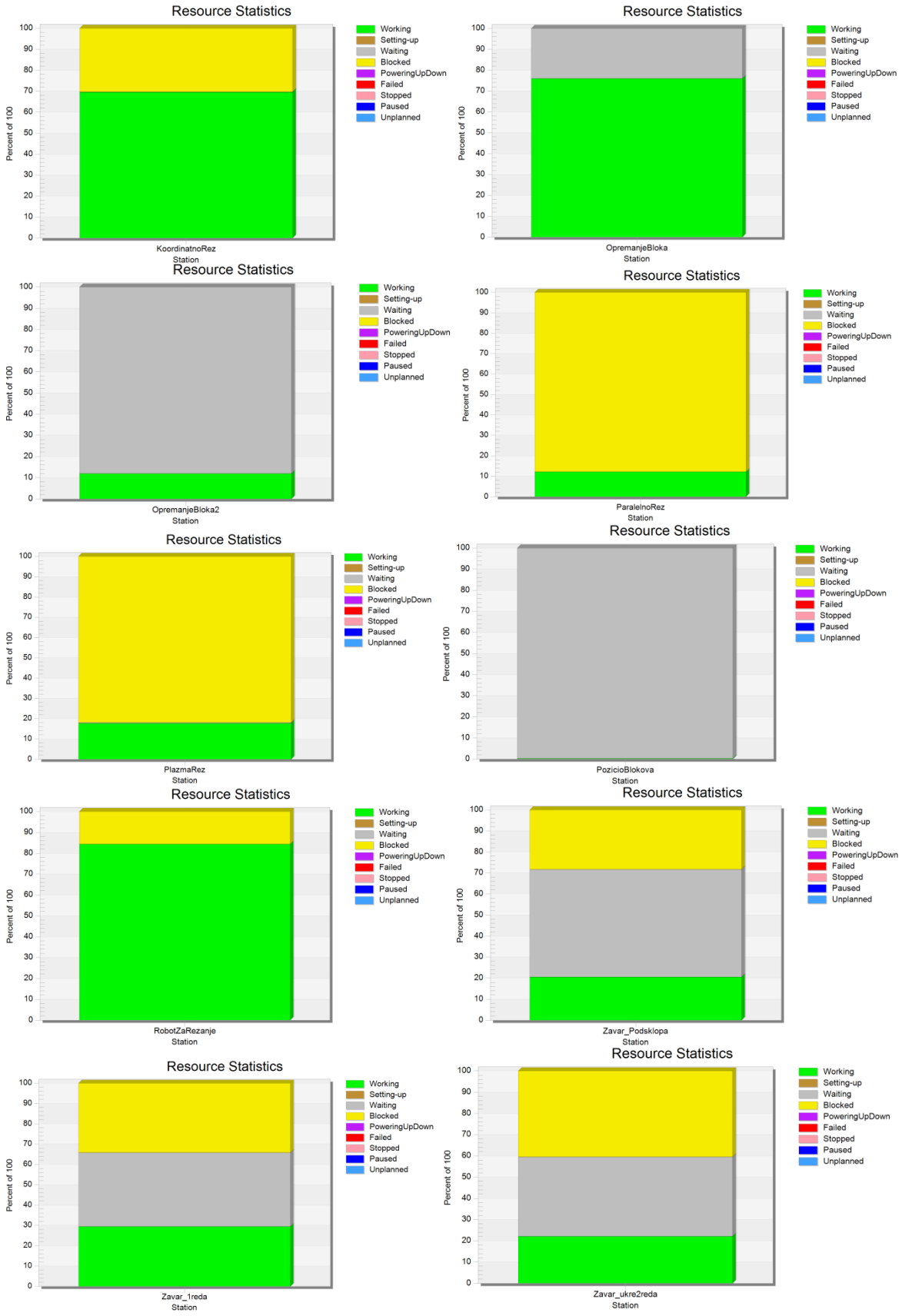
Slikom 21 prikazano je praćenje 4.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 1.reda radi 29.37% vremena te da je u stanju čekanja 36.4% vremena, odnosno da je 34.23% vremena blokiran. Obrađeno je 880 panela.

Slikom 21 prikazano je praćenje 6.takta panel linije. Vidljivo je da stroj za zavarivanje ukrepa 2.reda radi 22.05% vremena te da je u stanju čekanja 37.4% vremena, odnosno da je 40.55% vremena blokiran. Obrađeno je 652 panela.

Slika 21 prikazuje stanje opremanja bloka složenije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 11.9% vremena te da je 88.1% u stanju čekanja. Opremljeno je 8 blokova.

Slika 21 prikazuje stanje opremanja bloka jednostavnije konstrukcije. Iz nje se može očitati da se opremanje radi 75.89% vremena te da je 24.11% vremena u stanju čekanja. Opremljen je 51 blok.

Stanje procesa pozicioniranja blokova je vidljivo na slici 21. Ona prikazuje da se radi 0.22% vremena te da je u stanju čekanja 99.78% vremena. Pozicionirana su 8 modula.



Slika 21. Izlazni podaci modela za godišnju proizvodnju sa smanjenim brojem AKZ hala

5. USPOREDBA DOBIVENIH IZLAZNIH REZULTATA

Kroz peto poglavlje opisani su eksperimenti s različitim modelima proizvodnje samopodizne platforme. Bilježeno je kako promjene modela utječu na krajnji proizvod i da li bi koji od tih opcijskih modela bio bolji i učinkovitiji od osnovnog modela. Usporedba koja će se osvrnuti na sve glavne izlazne rezultate promatranja bit će obavljena na razini izrade jedne platforme i na razini serijske proizvodnje takve samopodizne platforme kroz razdoblje od jedne godine. Usporedba će se izvršiti između:

- Model 1 – osnovni model proizvodnje
- Model 2 – uvećani broj radnika unutar proizvodnje
- Model 3 – umanjeni broj radnika unutar proizvodnje
- Model 4 – proizvodnja s jednom halom s antikorozivnom zaštitom

5.1. Usporedba izlaznih rezultata na razini proizvodnje jedne samopodizne platforme

Prvo i najvažnije što se uspoređuje je samo trajanje izrade jedne samopodizne platforme. S obzirom da su bili zadani različiti modeli brodograđevnog proizvodnog procesa, sada treba usporediti kojem modelu je trebalo najmanje radnih dana da izradi gotov trup samopodizne platforme. Rezultati su prikazani u tablici 39.

Tablica 39. Usporedba prema trajanju izrade jedne samopodizne platforme

Model	1	2	3	4
Trajanje izrade jedne samopodizne platforme	87 dana	84 dana	121 dan	92 dana

Drugi podatak koji veže se uz financijski plan samog brodogradilišta i odnosi se na broj radnih sati radnika koji rade u proizvodnji. Rezultati su prikazani u tablici 40.

Tablica 40. Usporedba prema broju radnih sati

Model	1	2	3	4
Broj radnih sati	391680	442176	494648	401856

Zadnji podatak koji će se ovdje uspoređivati je aktivnost radnog mjesta za opremanje blokova. Naime, radni dio proizvodnje u kojem se izvršava opremanje blokova može biti vrlo dobar pokazatelj usklađenosti same proizvodnje jer se kod nastanka blokova spajaju građevne jedinice koje ovise o svim ranijim fazama gradnje. Samim time mogu dati dobru ocjenu optimizacije proizvodnje. U tablicama su prikazani postoci koji otpadaju na moguće statuse radnog mjesta opremanja bloka. Rezultati opremanja bloka složenije konstrukcije prikazani su u tablici 41. Rezultati opremanja bloka jednostavnije konstrukcije prikazani su tablicom 42.

Tablica 41. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka složenije konstrukcije

Opremanje bloka složenije konstrukcije				
Model	1	2	3	4
„Radi“	18.41%	19.1%	22.74%	21.06%
„Čeka“	81.59%	80.9%	77.26%	78.94%
„Blokiran“	0%	0%	0%	0%

Tablica 42. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka jednostavnije konstrukcije

Opremanje bloka jednostavnije konstrukcije				
Model	1	2	3	4
„Radi“	66.18%	67%	35.74%	67.31%
„Čeka“	33.82%	33%	64.26%	32.69%
„Blokiran“	0%	0%	0%	0%

5.2. Usporedba izlaznih rezultata na razini godišnje proizvodnje samopodiznih platformi

U ovom dijelu usporedit će se izlazni podaci dobiveni za razdoblje od godinu dana, odnosno za 264 radna dana. Uzeto je da se svaki dan radilo u dvije smjene po 7 radnih sati te s promjenjivim brojem radnika u smjeni, ovisno o modelu. Kod osnovnog modela je zaposleno 320 ljudi u jednoj smjeni, kod modela 2 je zaposleno 376 ljudi, kod modela 3 su 292 zaposlenika, te kod modela 4 je 312 zaposlenih.

Prvo će se usporediti prosječno vrijeme potrebno za izgradnju jedne samopodizne platforme, dobiveno na bazi godišnjeg rada. Rezultati su prikazani u tablici 43.

Tablica 43. Usporedba prosječnog trajanja izrade jedne samopodizne platforme

Model	1	2	3	4
Prosječno trajanje izrade jedne samopodizne platforme	88 dana	67 dana	132 dana	88 dana

Zatim će se prikazati koliko je u prosjeku, na temelju godišnje proizvodnje, ukupno potrebno radnih sati da bi se proizvela jedna samopodizna platforma. Ovakav podatak može biti vrlo koristan gledajući ga s ekonomskog gledišta. Rezultati su prikazani u tablici 44.

Tablica 44. Usporedba prosječnog broja potrebnih radnih sati zaizradu jedne samopodizne platforme

Model	1	2	3	4
Prosječni broj potrebnih radnih sati za jednu samopodiznu platformu	394240	347424	539616	384384

Zadnji podatak koji će se usporediti je postotak statusa na radnom mjestu opremanja bloka upravo jer može poslužiti kao dobar pokazatelj cjelokupne optimizacije i usklađenosti proizvodnje tijekom jedne godine.

Rezultati opremanja bloka složenije konstrukcije prikazani su u tablici 45. Rezultati opremanja bloka jednostavnije konstrukcije su prikazani tablicom 46.

Tablica 45. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka složenije konstrukcije tijekom jedne godine

Opremanje bloka složenije konstrukcije				
Model	1	2	3	4
„Radi“	11.9%	11.9%	11.9%	11.9%
„Čeka“	88.1%	88.1%	88.1%	88.1%
„Blokiran“	0%	0%	0%	0%

Tablica 46. Usporedba aktivnosti radnog mjesta za opremanje bloka jednostavnije konstrukcije tijekom jedne godine

Opremanje bloka jednostavnije konstrukcije				
Model	1	2	3	4
„Radi“	75.89%	84.5%	38.69%	75.89%
„Čeka“	24.11%	15.5%	61.31%	24.11%
„Blokiran“	0%	0%	0%	0%

Proizvodni procesi i tokovi materijala referentnog brodogradilišta, u izradi definiranog proizvodnog programa samopodizne platforme Levingston 111 C, modelirani su s 4 simulacijska modela. Razlike između simulacijskih modela odabrane su u svrhu analize mogućih poboljšanja brodograđevnog proizvodnog procesa. Numeričkom analizom rezultata najučinkovitiji i najbrži u isporuci je očekivano model 2, s najvećim brojem zaposlenika. Vidljivo je iz izlaznih rezultata simulacije da drastično smanjivanje broja zaposlenih nije uvijek najjeftinije rješenje. Čak štoviše, u ovoj usporedbi ono se pokazalo kao najskuplje rješenje za samo brodogradilište ako se gleda koliko je radnih sati potrebno uložiti za izradu samo jedne samopodizne platforme. Ako bi se uzelo da je model 1 početno stanje, stanje koje bi se na neki način trebalo poboljšati, a da s druge, ekonomske, strane ta promjena ne bude drastična model 4 je najbolji prijedlog. Uz zatvaranje dviju hali za antikorozivnu zaštitu, gubi se potreba za ukupno 16 ljudi, a da se praktički to ni ne osjeti na godišnjoj proizvodnosti pogona. Na taj način se ostvaruju uštede na godišnjim plaćama tih 16 ljudi te na trošku održavanja čak dviju hali za antikorozivnu zaštitu.

6. ZAKLJUČAK

Suvremeno tehnološko projektiranje i planiranje složenih intermitentnih proizvodnih procesa poput brodogradnje sve više se zasniva na izravnim proračunskim modelima, s naglaskom na simulacijskom modeliranju diskretnim događajima. Ovim diplomskim radom istražena je primjena simulacijskog modeliranja u procesu gradnje samopodizne platforme Levingston 111 C. Modelom diskretnih događaja u Siemensovom računalnom programu Tecnomatix Plant Simulation 11 modelirani su proizvodni procesi i tokovi materijala odabranog referentnog brodogradilišta. Karakteristike materijala, svakog radnog stroja, prijevoznog sredstva, (grupnog) radnog mjesta, definirani su u simulacijskom modelu kao objekti s određenim značajkama i pripadajućim međusobnim vezama. Međudjelovanjem niza parcijalnih modela (sastavljenih od diskretnih događaja) racionalno je opisan složen sustav brodograđevne proizvodnje. Zaključak diplomskog rada sadržan je u analizi eksperimenata s različitim simulacijskim modelima gdje je prikazana moguća primjena simulacijskog modeliranja (s dovoljno pouzdanim modelima diskretnih događaja) u racionalnom osnivanju i poboljšanju brodograđevnog proizvodnog procesa. Mogući nastavak diplomskog rada primjena je optimizacijskih metoda u osnivanju i planiranju proizvodnih procesa.

Zaključci o primjeni simulacijskog modeliranja koji su navedeni u ovom diplomskom radu ne moraju biti nužno točni (ne treba smetnuti s uma činjenicu da točnost simulacijskog modela neke industrijske proizvodnje nužno ovisi o točnosti prikupljenih podataka o proizvodnim procesima i tokovima materijala u proizvodnji koje nije uvijek jednostavno točno odrediti), no mogu biti pokazatelj smjera u kojem bi se trebalo razvijati suvremeno tehnološko projektiranje (eng. Simulation Based Production Planning). Računalni program kojim je izrađen ovaj diplomski rad koristi se u svjetski poznatim brodogradilištima kao što su njemački Meyer Werft Papenburg te ThyssenKrupp Marine Systems. Osnivanje, planiranje i predviđanje „ponašanja“ jednog složenog sustava kakav je brodogradilište treba imati veću važnost, posebno ako se gleda dugoročna dobrobit velike brodogradnje u Hrvatskoj. U svakom slučaju treba izbjegavati situacije gdje se „brod dogodi“, a jedan od suvremenih alata brodograđevnih tehnologa simulacijsko je modeliranje diskretnim događajima.

LITERATURA

[1] Ljubenkov, B.: Simulacija upravljanja procesom gradnje samopodizne platforme – magistarski rad, FSB, Zagreb, 2002.

[2] Večerina, A.: „Labin“ – projekt od zamisli do ostvarenja, Zbornik radova simpozija SORTA, str. 1302 – 1314.

[3] Vrhovnik, D.; Bilić, D.; Orešković, B.; Srdoč, A.: Tehnologija i organizacija gradnje platforme „Labin“, Brodogradnja br.33, str. 302-308, Zagreb, 1985.

[4] Seferijan, D.: Metalurgija zavarivanja (prijevod s francuskog), Građevinska knjiga, Beograd, 1969.

[5] Puchaczewski, N.: Primjena termomehanički obrađenih čelika povišene čvrstoće za izradu brodskog trupa i pomorskih konstrukcija, Zbornik radova Međunarodnog savjetovanja za zavarivanje u brodogradnji, str. 38 – 46, Split, 1986.

[6] Radošević, B.; Stanišić, L.; Pacak, M.: Primjena zavarivanja tijekom nadogradnje i generalnog popravka platforme „Zagreb 1“, Zbornik radova savjetovanja „Zavarivanje u pomorstvu“, str. 319 – 326, Haludovo, 1998.

[7] Radionički nacrti i sheme cjevovoda samopodizne platforme „Labin“, Crosco, Zagreb

[8] Sladoljev, Ž.; Zaplatić, T.: Radilište metalnih konstrukcija – razvojni projekt brodogradilišta „Viktor Lenac“, Zagreb, 1999.

[9] Sladoljev, Ž.: Proizvodna strategija brodogradilišta – interno izdanje, FSB, Zagreb, 1995.

[10] TTS: Technical Specification for Profile Cutting Line, Bergen, 1999.

[11] Ogden Engineering Corporation (Europe): Proposals for Steel Fabrication and Section Building Facilities, Alicante, 1998.

[12] Macut, Z.: Tehnologija montaže samopodizne platforme tipa Levingston 111 C – diplomski rad, FSB, Zagreb, 1999.

[13] Vuletić, S.: Normativ REL zavarivanja, Brodogradilište Split, 1987.

[14] Čulić, M.: Projekt radionice za površinsku zaštitu čelika u brodogradnji – diplomski rad, FSB, Zagreb, 1999.

[15] Normativ rada radionice površinske zaštite, Brodogradilište Split, 1999.

PRILOZI

I. Tehnološka analiza samopodizne platforme Levingston 111 C

II. CD – R disc

PRILOG I

TEHNOLOŠKA ANALIZA SAMOPODIZNE PLATFORME LEVINGSTON 111 C

Uvod

Projekt američke tvrtke „Levingston Marine Corporation“, samopodizna platforma Levingston 111 C, prikazan je slikom 22.



Slika 22. Samopodizna platforma Levingston 111 C

Osnovne funkcije samopodizne platforme su:

- Postavljanje na lokaciju, tzv. „jacking“
- Istražna bušenja i preliminarna analiza podmorskih ležišta ugljikovodika
- Preseljenje na lokaciju (mokrim ili suhim teglenjem)

Karakteristike odabrane samopodizne platforme su [1]:

- Pomična konzolna podkonstrukcija tornja omogućava uzdužno i poprečno pomicanje tornja za bušenje – u svrhu izrade podmorskih bušotina

- Nepomičnost platforme na radnom mjestu
- Mogućnost postavljanja opreme za bušenje na stabilnu radnu palubu platforme izdignute iznad razine mora – na dubinama oko 100 metara moguće je uspješno izvoditi radove istražnog bušenja, remonta ili proizvodnje nafte i plina
- Samopodizne platforme su jeftinije od poluuronjivih platformi

Konstrukcija samopodizne platforme

Čelični trup samopodizne platforme oblika je trokutnog pontona [2]. Oslonjen je na rešetkaste konstrukcije triju noga. Rovovi u trupu koji se protežu po cijeloj visini trupa služe kao vodilice kroz koje prolaze noge. Četiri glavne cijevi koje su spojene poprečnim cijevima su glavni sastavni dijelovi svake noge. Na dvije dijagonalno suprotne glavne cijevi zavaruju se zupčaste letve po kojima se vertikalno pomiče trup pomoću podiznog elektromotornog uređaja [1]. Montiraju se stope, koje služe za bolje sidrenje nogu prilikom pozicioniranja platforme, na dnu nogu.

Konstrukcija samopodizne platforme je zavarene izvedbe, trup platforme se radi od čelika povišene čvrstoće klase ABS AH 36 i ABS DH 36 [3].

Nadgrađe se nalazi na pramčanom dijelu trupa, a helikopterska paluba ispred pramčanog dijela. Konzolna potkonstrukcija nalazi se na krmenom dijelu. Sastoji se od čelika povišene čvrstoće i zavarene je konstrukcije. Opremljena je hidrauličkim uređajima za pomicanje potkonstrukcije.

Materijal trupa samopodizne platforme

Konstrukcija platforme trpi različita opterećenja koja mogu zavisiti o dubini mora i vremenskim uvjetima. Nastaju i dodatna dinamička opterećenja koja nastaju djelovanjem vjetra i potresa.

Čelik povišene čvrstoće koji se koristi kao materijal trupa radi povećanja sigurnosti, koristi se i radi smanjenja debljina građevnih elemenata strukture. To rezultira smanjenjem mase trupa, a samim time i posljedičnim opterećenjem četriju nogu platforme.

U pravilu se koriste ugljično-manganski čelici ili čelici mikrolegirani vanadijem i takvi čelici su osjetljivi na toplinske cikluse i imaju ograničenja kod tehnologije zavarivanja [1].

Metodom termomehaničkog valjanja proizvode se čelici s finim feritnim zrnom, niskim sadržajem ugljika, većom čvrstoćom uz isti kemijski sastav te nižom vrijednosti (C-

ekvivalenta kojim se ocjenjuje zavarljivost materijala s obzirom na utjecaj legirnih elemenata [4]).

Materijal je zavarljiv za vrijednosti $C_{ekv} < 0.4$ što znači da kod zavarivanja materijala nije uvjetovan specijalni pristup kojim bi se spriječila pojava hladnih pukotina. One nastaju na rubovima zone utjecaja topline pri zavarivanju čelika povišene čvrstoće pri ćemu je ključna koncentracija vodika u atmosferi električnog luka i brzina hlađenja materijala. Problem je što slojevi vodika ostaju zarobljeni u materijalu i formiraju pukotinu ako se materijal nakon zavarivanja brzo ohladi. U tablici 1 su prikazani kemijski sastav i mehanička svojstva čelika povišene čvrstoće [5].

Tablica 47. Kemijski sastav i mehanička svojstva čelika povišene čvrstoće

Vrsta čelika	Debljina lima [mm]	Kemijski sastav [%]						Rastezna čvrstoća [MPa]	
		C	Si	Mn	P	S	C_{ekv}	R_e	R_m
AH 36	12	0.15	0.17	0.58	0.016	0.011	0.25	379	515
	25	0.15	0.17	0.58	0.016	0.011	0.25	384	517
	30	0.15	0.17	0.58	0.016	0.011	0.25	382	508
	35	0.16	0.19	1.02	0.022	0.011	0.33	370	511
DH 36	25	0.13	0.20	0.90	0.016	0.006	0.28	384	518
	30	0.14	0.18	0.91	0.018	0.008	0.29	405	528
	35	0.14	0.18	0.86	0.014	0.007	0.28	401	529
	38	0.15	0.19	0.89	0.020	0.008	0.30	396	534

Tehnologija zavarivanja je bitan segment pri radu s čelicima povišene čvrstoće. Ako su debljine materijala do 20 milimetara ne zahtjeva se predgrijavanje. Za veće debljine potrebno je materijal predgrijati na 150 °C [6]. Gorivi plin (acetilen) ili elektrootporni grijači služe za predgrijavanje. Brzina predgrijavanja materijala je 75 °C/h. Temperatura se provjerava termokredama ili digitalnim termometrom [1]. Nakon zavarivanja potrebno je odžariti konstrukciju odnosno kontrolirano hladiti izoliranjem zavarenog spoja mineralnom vunom i staklenim platnom da bi se izbjegla pojava hladnih pukotina. Brzina hlađenja materijala je 50 °C/h [1].

Tehnološka podjela trupa platforme

Tehnološka podjela trupa zahtijeva planiranje svih faza procesa gradnje kao i kasnije kreiranje simulacijskog modela samopodizne platforme. Trup platforme se podijelio na manje brodograđevne jedinice – module, blokove, sekcije, sklopove i elemente. Osnova za podjelu trupa je radionička tehnička dokumentacija [7] već izgrađene platforme.

Slikom 23 i 24 prikazana je podjela trupa platforme na blokove i module. Trup je podijeljen na 2 modula – A i B. Svaki od tih modula je podijeljen na blokove:

- Modul A – sastoji se od blokova A1, A2L, A2D, A3L, A3D, A4L i A4D
- Modul B – sastoji se od blokova B1, B2L, B2D, B3, B4L, B4D i B5

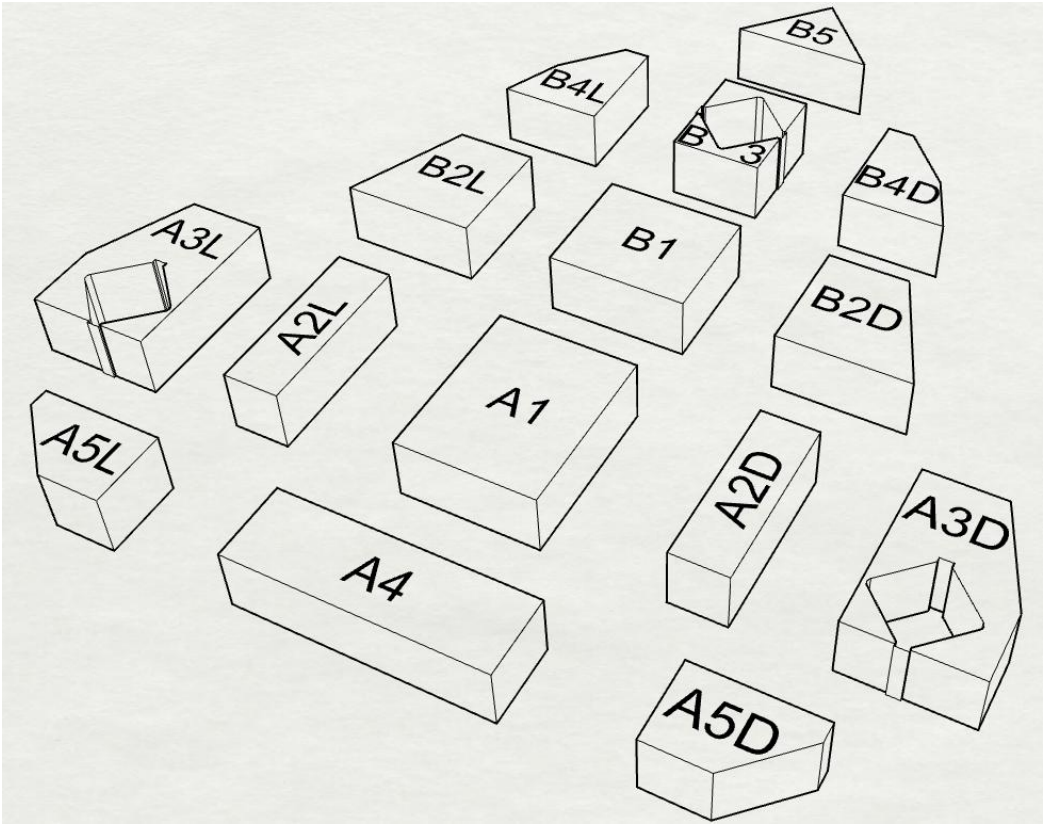
Tablica 48. Dimenzije trupa platforme i dva sastavna modula

	Trup	Modul A	Modul B
Duljina [m]	57	57	44.2
Širina [m]	60	25	35
Visina [m]	7	7	7

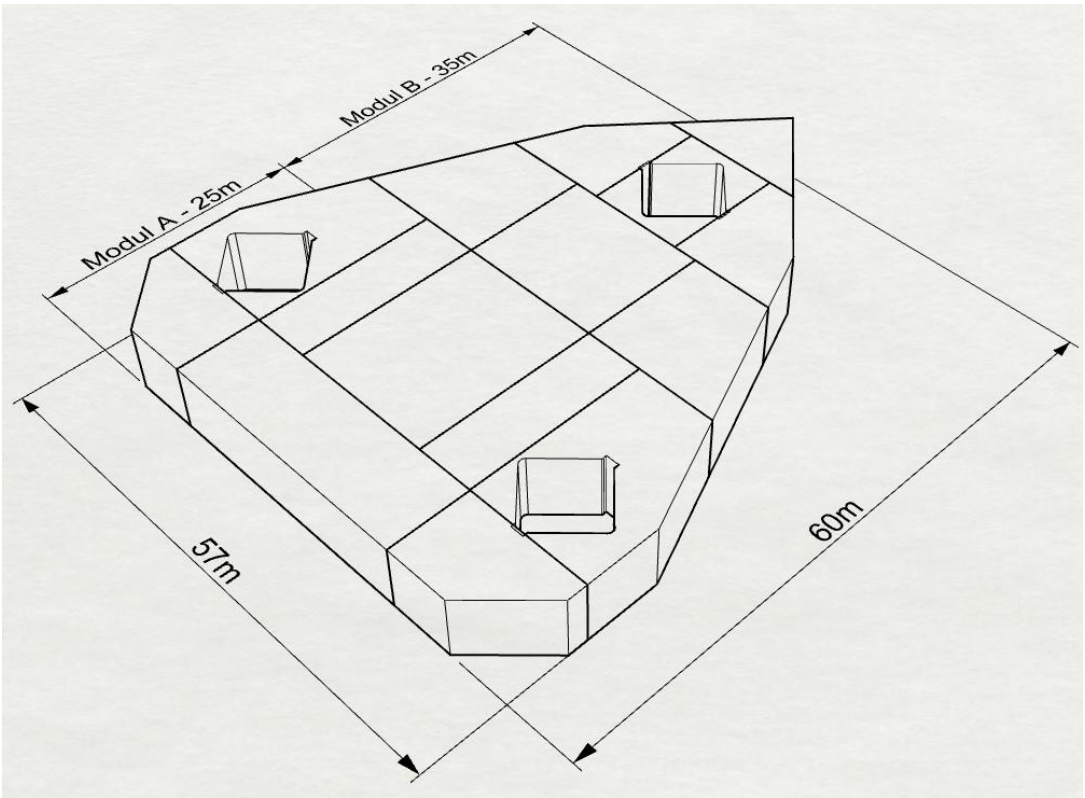
Slijedi tehnološka analiza blokova napravljena u sljedećim poglavljima. Napravljena je podjela na volumenske i plošne sekcije, panele, podsklopove i elemente za svaki blok pojedinačno u obliku tablica. Analiza je potrebna jer će se koristiti za izradu simulacijskog modela samopodizne platforme i za proračune trajanja izrade pojedinih dijelova konstrukcije. Podaci za definiranje toka i količina materijala kroz proizvodni proces su sažeti u završnom dijelu analize crne metalurgije.

Analiza crne metalurgije pojedinog bloka sadrži:

1. Tablicu specifikacije materijala – geometrijske karakteristike limova i profila te njihove mase i broj
2. Tablicu podsklopova – vrste podsklopa, broj i masu potrebnih limova i profila te duljinu zavarenog spoja
3. Tablicu panela – dimenzije i broj panela te masu i broj limova i profila potrebnih za izradu panela
4. Tablicu plošnih sekcija – broj panela i podsklopova od kojih su plošne sekcije sastavljene, masu plošnih sekcija te daje podatak o duljini zavarenog spoja koji služi za proračun trajanja izrade plošnih sekcija
5. Tablicu volumenskih sekcija (navedena ako je to za pojedini blok predviđeno) – broj plošnih sekcija i panela potrebnih za izradu volumenske sekcije te njenu masu
6. Tablicu sastavljanja bloka – redoslijed sastavljanja bloka i daje podatak o duljini zavarenog spoja koji služi za proračun trajanja izrade bloka



Slika 23. Tehnološka podjela trupa platforme na blokove



Slika 24. Tehnološka podjela trupa platforme na module

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka A1

Dimenzije bloka A1 su L = 19.2 m, B = 15.2 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{A1} = 145 t.

Tablica 49. Specifikacija materijala bloka A1, [1]

BLOK A1	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	9.6*2.54*0.008	12	18.24	L 100*75*6.5 T 180*12/455*9.5 T 305*16/760*12.5	44 12 2	7300 7620 9600	2.86 4.32 2.15
Pokrov dvodna	9*2.54*0.0075	12	16	L 150*100*9.5	44	9000	7.3
Dno	9.6*2.54*0.008 7.3*2.54*0.0085 2.3*7.62*0.028	6 6 2	9.7 7.36 7.66	L 150*100*9.5	44	9600	7.83
Hrptenica	9*1.52*0.0095	2	2.02	L 90*65*6.5	22	1520	0.15
Rebrenica	7.6*1.52*0.008	14	10.08	Traka 80*6	154	1220	0.71
Uzdužna pregrada	9.6*2.33*0.0075 7.3*2.33*0.0075 2.33*7*0.008	6 6 2	7.86 4.56 2	L 125*90*6.5 L 100*75*6.5 L 90*65*6.5 T 150*9.5/455*9.5	12 12 12 12	9600 9600 9600 5470	1.38 1.02 0.53 2.94
Krmena oplata	7.62*2.33*0.0085	6	7.06	L 130*75*8 L 150*90*8.5	8 12	7620 7620	0.78 1.45
Pregrade tankova	1.22*7*0.008	5	2.66	Traka 100*6.5	50	1220	0.31
Bočna pregrada tankova	7.62*2.33*0.0075	6	6.23	L 100*75*6.5 L 125*75*8 L 150*90*9.5	4 4 10	7620 7620 7620	0.27 0.38 1.35
Poprečna pregrada	7.62*2.33*0.0075	4	4.87	L 150*90*9.5 L 100*90*6.5 L 90*75*6.5 T 150*9.5/455*9.5	4 4 6 5	7620 7620 7620 5470	0.38 0.29 0.54 1.23
Upore				I 254*12.5/234*14.5	2	4677	0.5
	Ukupno:	89	106	Ukupno:	479		39

Tablica 50. Podsklopovi bloka A1, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	31	-	-	62	10.63	480
Upore	2	-	-	6	0.5	40
Hrptenica	2	2	2.02	22	0.15	70
Rebrenice	14	14	15	154	0.77	375
Pregrade tankova	5	5	2.65	50	0.3	125
Ukupno:	54	21	19.67	294	12.35	1090

Tablica 51. Paneli bloka A1, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	9.6*7.62	4	12	18.25	44	3.75	22
Pokrov dvodna	9*7.62	4	12	16	44	7.3	23.3
Dno	9.6*7.62	4	12	16.8	44	5.75	22.55
Uzdužne pregrade	9.6*6.7	4	12	15.6	36	1.7	17.3
Krmena oplata	7.62*6.7	2	6	7	20	2.3	9.3
Poprečna pregrada tankova	7.62*6.7	2	6	6.25	18	2	8.25
Poprečna pregrada	7.62*6.7	2	4	4.9	14	1.20	6.1
	Ukupno:	22	64	84.8	220	24	108.8

Tablica 52. Plošne sekcije bloka A1, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Pokrov dvodna	4	16	36.34	35
Dno	4	-	25.55	35
Glavna paluba	4	14	28.45	35
Uzdužna pregrada lijeva	2	6	10.14	7
Uzdužna pregrada desna	2	6	10.14	7
Poprečna pregrada	2	5	7.32	6
Krmena oplata	2	5	12.25	7
Ukupno:	20	52	130.19	132

Tablica 53. Volumenske sekcije bloka A1, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Dvodno	2	-	68.88	235
Krmeni tankovi	1	2	20.50	80
Ukupno:	3	2	89.38	315

Tablica 54. Redoslijed sastavljanja bloka A1, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Volumenska sekcija krmenih tankova i volumenska sekcija dvodna	100
Poprečna pregrada i volumenska sekcija dvodna	30
Uzdužna pregrada desna i volumenske sekcije (dvodno i krmeni tankovi)	100
Uzdužna pregrada lijeva i volumenske sekcije (dvodno i krmeni tankovi)	100
Glavna paluba s uzdužnim pregradama, poprečnom pregradom i volumenskom sekcijom krmenih tankova	170
Ukupno:	500

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka A2L i A2D

Dimenzije bloka A2L i A2D su: L = 19.2 m, B = 6.1 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{A2L} = 58 t.

Tablica 55. Specifikacija materijala bloka A2L i A2D, [1]

BLOK A2L i A2D	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	9.6*3.04*0.008	4	7.3	L 100*75*6.5 T 180*12.5/508*9.5 T 300*20/914*12.5	18 6 1	9600 6100 6100	1.53 2.01 0.83
Pokrov dvodna	9.6*3.05*0.007	4	6.4	L 150*100*9.5	18	9600	3.2
Dno	9.6*3.05*0.007	4	7.75	L 150*100*9.5	18	9600	3.2
Rebrenica	6.08*1.52*0.008	8	4.6	Traka 80*6	72	1220	0.33
Uzdužna pregrada	9.6*2.33*0.008	6	8.36	L 125*90*6.5 L 100*75*6.5 L 150*90*8 T 150*9.5/455*9.5	4 4 10 4	9600 9600 9600 5470	0.42 0.34 1.44 0.98
Poprečne pregrade	6.1*2.73*0.0075 7.3*2.33*0.0145	3 3	1.95 4.82	L 150*90*6.5 L 125*75*7.5 L 90*75*6.5 T 150*9.5/455*9.5 T 150*12.5/660*9.5	5 5 6 2 2	6100 6100 6100 5470 7000	0.54 0.35 0.31 0.49 0.88
	Ukupno:	32	41	Ukupno:	173		17

Tablica 56. Podsklopovi bloka A2L i A2D, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	15			30	5.2	180
Rebrenice	8	8	4.6	72	0.33	180
Ukupno:	23	8	4.6	102	5.53	360

Tablica 57. Paneli bloka A2L i A2D, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	9.6*6.1	2	4	7.3	18	1.55	8.85
Pokrov dvodna	9*6.1	2	4	6.4	18	3.2	9.6
Dno	9.6*6.1	2	4	7.8	18	3.2	11
Uzdužne pregrade	9.6*7	2	6	8.4	18	2.2	10.6
Poprečna pregrada R – 18	6.1*5.47	1	2	1.85	7	0.65	2.5
Poprečna pregrada R – 24	6.1*7	1	3	4.82	9	0.68	5.5
	Ukupno:	10	23	36.57	86	11.48	48.05

Tablica 58. Plošne sekcije bloka A2L i A2D, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Pokrov dvodna	2	7	14.56	6
Dno	2	-	7.8	6
Glavna paluba	2	6	11.66	7
Uzdužna pregrada	2	6	11.54	7
Poprečna pregrada R – 18	1	2	2.95	-
Poprečna pregrada R – 24	1	2	6.4	-
Ukupno:	8	23	54.91	26

Tablica 59. Volumenska sekcija bloka A2L i A2D, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Dvodno	2	-	25.5	90
Ukupno:	2	-	25.5	90

Tablica 60. Redoslijed sastavljanja bloka A2L i A2D, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Volumenska sekcija dvodna i poprečna pregrada R – 18	15
Volumenska sekcija dvodna i poprečna pregrada na R – 24	30
Uzdužna pregrada s dvodnom i poprečnim pregradama	125
Glavna paluba s uzdužnom pregradom i poprečnim pregradama	70
Ukupno:	240

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka A3L i A3D

Dimenzije bloka A3L i A3D su: L = 19.2 m, B = 13.3 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{A3L} = 126 t.

Tablica 61. Specifikacija materijala bloka A3L i A3D, [1]

BLOK A3L i A3D	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	5.9*2.6*0.008 5.1*2.1*0.0145 5.5*0.65*0.0175 2.72*2.5*0.0175 2.65*2.8*0.02 2.8*1.7*0.0145 4*0.6*0.0145 3*2.75*0.0145 4.5*1*0.0145	3 3 1 3 1 1 1 2 2	2.85 3.66 0.48 2.8 1.15 0.54 0.27 1.86 2	L 100*75*6.5 T 180*11/455*8 T 300*22/760*12.5	56 9 5	4735 5555 7200	2.35 2.2 4.55
Dno	6.5*2.44*0.0095 6.72*1.76*0.016 6.1*0.66*0.022 4.45*0.66*0.022 2.3*2.2*0.019 2.54*1.9*0.0095 5*2.6*0.016	3 2 1 1 2 1 2	3.5 2.95 0.7 0.5 1.5 0.36 3.3	L 150*100*9.5 T 180*12.5/455*9.5 T 205*16/560*12.5	56 10 5	4735 5000 4000	4.93 2.56 1.6
Bočna oplata	7.5*2.33*0.0095 11.9*2.33*0.0085	3 3	3.45 5.55	L 150*100*9.5 L 125*90*9.5 L 150*100*9.5 L 125*90*9.5 T 180*16/760*11	6 4 6 4 5	11970 11970 7500 7500 6000	1.33 0.77 0.78 0.5 2.6
Poprečne pregrade nogu	7.08*2.25*0.0095	2	2.3	L 150*100*8 T 130*12.5/330*9.5 T 150*9.5/455*9.5 T 255*12.5/535*12 T 150*9.5/460*9.5	32 4 8 2 4	7000 7000 5000 3000 2250	3.52 1.04 1.76 0.26 0.4
Rov nogu	6*2.16*0.0125 6.74*1.23*0.0255 0.9*0.9*0.0255 6.74*0.93*0.032	12 4 32 4	15.17 6.6 5.12 6.24	L 150*100*9.5 L 125*75*7.5 T 150*12.5/660*9.5	16 5 2	6070 6070 6070	1.76 0.35 0.88
	Ukupno:	103	90	Ukupno:	258		38

Tablica 62. Podsklopovi bloka A3L i A3D, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	76	-	-	152	20.85	845
Rebrenice	6	-	-	18	1.86	155
Ukupno:	82	-	-	170	22.71	1000

Tablica 63. Paneli bloka A3L i A3D, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	10*6.7	4	18	16.65	56	2.35	19
Dno	10*6.7	4	12	12.75	56	4.95	17.7
Bočna oplata	12*7 7.5*7	1 1	3 3	5.55 3.45	10 10	2.1 1.25	7.65 4.7
Poprečna pregrada R – 20	6.8*7	2	6	7	16	4.1	11.1
Poprečna pregrada nogu R – 24	6.8*7	2	6	7	16	4.1	11.1
Rov nogu	6*7.7	4	16	22	20	2	24
	Ukupno:	18	64	74.4	184	20.85	95.25

Tablica 64. Plošne sekcije bloka A3L i A3D, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Glavna paluba	4	14	25.72	35
Dno	4	15	21.88	35
Bočna oplata	1 1	2 3	8.7 5.45	-
Poprečna pregrada R – 20	2	13	13.87	90
Poprečna pregrada R – 24	2	13	13.87	90
Ukupno:	14	60	89.5	250

Tablica 65. Volumenska sekcija bloka A3L i A3D, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Rov nogu	6	-	65.74	90
Ukupno:	6	-	65.74	90

Tablica 66. Redoslijed sastavljanja A3L i A3D, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Plošna sekcija dna i volumenska sekcija rova nogu	110
Plošna sekcija dna i plošne sekcije bočne oplate	90
Glavna paluba i volumenska sekcija rova nogu + plošne sekcije bočne oplate	150
Ukupno:	350

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka A5L i A5D

Dimenzije bloka A5L i A5D su: L = 8.6 m, B = 18.1 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{A5L} = 62 t.

Tablica 67. Specifikacija materijala bloka A5L i A5D, [1]

BLOK A5L i A5D	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	8.56*2.26*0.008	8	9.65	L 100*75*6.5 T 180*12.5/508*9.5 T 180*12.5/508*9.5	28 3 3	8560 9750 6100	2.13 1.61 1
Dno	8.56*2.26*0.0095	8	11.5	L 150*100*9.5 T 180*11/455*8 T 180*11/455*8	28 3 3	8560 9750 6100	4.25 1.3 0.8
Uzdužna pregrada	8.56*2.33*0.008	3	3.73	L 125*75*6.5 L 150*90*6.5 L 75*65*6.5 T 180*11/455*9.5	3 4 3 3	8560 8560 8560 5470	0.18 0.26 0.41 1.03
Krmena oplata	6.25*2.33*0.0085 6.1*2.33*0.0085	3 3	2.98 2.82	L 125*90*9.5 L 150*100*9.5 L 125*90*9.5 L 150*100*9.5 T 180*11/455*9.5	4 6 4 6 4	6250 6250 6100 6100 7000	0.4 0.7 0.38 0.68 1.37
Bočna oplata desna	8.56*2.33*0.0085	3	3.96	L 100*75*6.5 L 125*90*6.5 L 150*90*6.5 T 180*11/455*9.5	3 3 4 3	8560 8560 8560 7000	0.23 0.28 0.41 1.03
Bočna oplata lijeva	10.3*2.33*0.0085	3	4.77	L 150*100*9.5 L 125*90*9.5 T 180*11/760*11	4 6 3	10300 10300 7000	0.65 1.14 1.84
Upore				I 254*12.5/234*14.5	10	6535	5
	Ukupno:	31	40	Ukupno:	141		27

Tablica 68. Podsklopovi bloka A5L i A5D, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	25	-	-	50	10	375
Upore	10	-	-	30	5	260
Ukupno:	23	-	-	80	15	635

Tablica 69. Paneli bloka A5L i A5D, [1]

Naziv	Dimenzije (m)	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	8.5*9	2	8	9.6	28	2.2	11.8
Dno	8.5*9	2	8	11.4	28	4.3	15.7
Uzdužna pregrada	8.5*7	1	3	3.75	10	0.85	4.6
Krmena oplata	6.25	2	6	6	20	2	8
Bočna oplata desna	8.56*7	1	3	3.95	10	0.95	4.9
Bočna oplata lijeva	10.3*7	1	3	4.8	10	1.8	6.6
	Ukupno:	9	31	39.5	106	12.1	51.6

Tablica 70. Plošne sekcije bloka A5L i A5D, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Glavna paluba	2	6	14.4	9
Dno	2	6	17.8	9
Krmena oplata	2	4	9.34	7
Uzdužna pregrada	1	3	5.63	-
Bočna oplata desna	1	3	5.92	-
Bočna oplata lijeva	1	3	8.41	-
Ukupno:	9	25	61.5	25

Tablica 71. Redoslijed sastavljanja bloka A5L i A5D, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Plošna sekcija dna, upore, bočna oplata desna i uzdužna pregrada	60
Plošna sekcija dna, krmena oplata i bočna oplata lijeva	50
Glavna paluba, bočne oplate, uzdužna pregrada i krmena oplata	110
Ukupno:	220

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka B1

Dimenzije bloka B1 su: L = 13.4 m, B = 15.2 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{B1} = 95 t.

Tablica 72. Specifikacija materijala bloka B1, [1]

BLOK B1	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila (mm)	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	6.7*2.54*0.008	12	12.75	L 100*75*6.5 T 130*15/455*9.5	44 6	6700 7620	2.6 2.25
Pokrov dvodna	6.7*2.54*0.007	12	11.2	L 150*90*9.5	44	6700	5.23
Dno	6.7*2.54*0.0085	12	13.55	L 150*90*9.5	44	6700	5.23
Hrptenica	6.7*1.52*0.0095	2	1.5	L 100*75*6.5	18	1520	0.23
Rebrenica	7.6*1.52*0.008	12	8.64	Traka 80*6	132	1220	0.6
Uzdužne pregrade	6.7*2.54*0.0065	12	9.5	L 125*75*6.5 L 100*50*6.5 L 90*75*6.5 T 150*9.5/455*9.5	12 12 12 10	6700 6700 6700 5470	0.81 0.5 0.67 2.45
Poprečne pregrade	7.62*2.33*0.008 7.62*2.73*0.008	6 4	6.65 5.2	L 90*75*6.5 L 125*90*8 L 150*90*9.5 T 150*9.5/455*9.5	12 12 8 10	7620 7620 7620 5470	0.77 1.22 1.1 2.45
Upore				I 254*12.5/234*14.5	2	4677	0.5
	Ukupno:	72	69	Ukupno:	378		27

Tablica 73. Podsklopovi bloka B1, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	26	-	-	52	7.15	315
Upore	2	-	-	6	0.5	40
Hrptenica	2	2	1.5	18	0.24	55
Rebrenice	12	12	8.65	132	0.65	325
Ukupno:	5	14	10.15	208	8.54	735

Tablica 74. Paneli bloka B1, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	6.7*7.62	4	12	12.75	44	2.75	15.5
Pokrov dvodna	6.7*7.62	4	12	11.1	44	5.3	16.4
Dno	6.7*7.62	4	12	13.55	44	5.25	18.8
Uzdužne pregrade	6.7*6.7	4	12	9.6	36	1.9	11.5
Poprečna pregrada R – 10	7.62*5.47	2	4	2.6	14	3.9	6.5
Poprečna pregrada R – 16	7.62*7	2	6	6.6	18	1.9	8.5
	Ukupno:	20	58	56.2	200	21	77.2

Tablica 75. Plošne sekcije bloka B1, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Pokrov dvodna	4	14	27.44	60
Dno	4	-	18.8	30
Glavna paluba	4	6	17.6	30
Uzdužna pregrada lijeva	2	5	7	7
Uzdužna pregrada desna	2	5	7	7
Poprečna pregrada R – 10	2	5	7.7	7
Poprečna pregrada R – 16	2	5	9.7	7
Ukupno:	20	40	95.24	148

Tablica 76. Volumenske sekcije bloka B1, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Dvodno	2	-	46.11	215
Ukupno:	2	-	46.11	215

Tablica 77. Redoslijed sastavljanja bloka B1, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Volumenska sekcija dvodna i poprečne pregrade	70
Volumenska sekcija dvodna i uzdužne pregrade	60
Glavna paluba s uzdužnim pregradama, poprečnim pregradama i volumenskom sekcijom dvodna	130
Ukupno:	260

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka B2L i B2D

Dimenzije bloka B2L i B2D su: L = 13.4 m, B = 14.5 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{B2L} = 75 t.

Tablica 78. Specifikacija materijala bloka B2L i B2D, [1]

BLOK B2L i B2D	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	7.27*2.23*0.008	12	12.1	L 100*75*6.5 T 180*12.5/455*9.5	44 12	6700 7277	2.06 4.47
Pokrov dvodna	7.27*2.23*0.0085	12	12.9	L 150*100*8	44	6700	4.62
Dno	7.27*2.23*0.008	12	12.1	L 150*100*9.5	44	6700	5.45
Hrptenica	6.7*1.52*0.0095	2	1.5	L 100*75*6.5	18	1520	0.23
Rebrenica	4.14*1.52*0.008	12	4.7	Traka 80*6	108	1220	0.5
Bočna oplata	7.3*2.33*0.0095	6	7.6	L 125*90*9.5 L 150*100*9.5 T 150*15/455*9.5	8 12 12	7300 7300 5470	0.94 1.62 2.94
Poprečna pregrada R – 10	8.7*2.7*0.008	2	3	L 125*90*8 T 150*15/455*9.5	7 4	8700 5470	0.82 1
Poprečna pregrada R – 16	7.3*2.33*0.0075	6	6	L 100*75*6.5 L 150*100*8 T 150*9.5/455*9.5	14 4 7	7300 7300 5470	0.9 0.45 1.71
Upore				I 254*12.5/234*14.5	2	4677	0.5
	Ukupno:	64	60	Ukupno:	340		28

Tablica 79. Podsklopovi bloka B2L i B2D, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	28	-	-	56	8.65	350
Upore	2	-	-	6	0.5	40
Hrptenica	2	2	1.5	18	0.24	55
Rebrenice	12	12	4.8	108	0.45	265
Ukupno:	44	14	6.3	188	9.84	710

Tablica 80. Paneli bloka B2L i B2D, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	6.7*7.3	4	12	9.72	44	2.14	11.86
Pokrov dvodna	6.7*7.3	4	12	8.52	44	4.62	13.14
Dno	6.7*7.3	4	12	10.3	44	5.5	15.8
Bočna oplata	7.3*7	2	6	7.56	20	2.57	10.1
Poprečna pregrada R – 10	8.7*5.47	1	2	3	7	0.8	3.8
Poprečna pregrada R – 16	7.3*7	2	6	6	18	1.32	7.3
	Ukupno:	17	50	45.1	177	16.9	62

Tablica 81. Plošne sekcije bloka B2L i B2D, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Pokrov dvodna	4	14	20.14	60
Dno	4	-	15.8	30
Glavna paluba	4	12	16.33	30
Bočna oplata	2	5	11.6	7
Poprečna pregrada R – 10	1	4	4.8	-
Poprečna pregrada R – 16	2	7	9	7
Ukupno:	17	42	77.67	134

Tablica 82. Volumenske sekcije bloka B2L i B2D, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Dvodno	2	-	36	130
Ukupno:	2	-	36	130

Tablica 83. Redoslijed sastavljanja bloka B2L i B2D, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Volumenska sekcija dvodna i poprečna pregrade	50
Volumenska sekcija dvodna i bočna oplata	30
Glavna paluba s bočnom oplatom, poprečnim pregradama i volumenskom sekcijom dvodna	80
Ukupno:	160

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka B3

Dimenzije bloka B3 su: L = 13 m, B = 10.1 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{B3} = 78 t.

Tablica 84. Specifikacija materijala bloka B3, [1]

BLOK B3	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	5.8*2.78*0.008 3.9*1*0.0145 2.7*2.85*0.0145 1.65*0.87*0.0145	2 4 4 4	2.01 1.76 3.5 0.65	L 100*75*6.5 T 125*8/254*6.5	28 4	3000 3300	0.75 0.36
Dno	5.84*2.41*0.0095 3.4*0.92*0.016 2.2*2.27*0.019 1.7*1.7*0.016	2 2 1 1	2.1 0.8 0.73 0.35	L 150*100*9.5 T 180*11/455*8	28 4	3000 2600	1.57 0.45
Uzdužna pregrada u CL	7*2.25*0.0095	2	2.32	L 150*100*8 T 150+9.5/460*9.5	4 4	7000 6000	0.44 0.4
Bočne uzdužne pregrade	6.05*2.33*0.0095	12	12.54	L 150*100*8 T 150*9.5/455*9.5	32 8	7000 5000	3.52 1.76
Pregrada R – 6	7*1.87*0.008	2	1.62	L 150*100*8 T 100*9.5/300*9.5	4 2	7000 1600	0.44 0.1
Pregrada R – 8	7*1.87*0.008	2	1.62	L 150*100*8 T 100*9.5/300*9.5	4 2	7000 1600	0.44 0.1
Rov nogu	6*2.16*0.0125 6.74*1.23*0.0255 0.9*0.9*0.0255 6.74*0.93*0.032	12 4 32 4	15.17 1.7 5.12 6.24	L 150*100*9.5 L 585*100*9.5 T 180*8/190*6.5	16 4 16	6070 6070 6070	1.76 1.2 1.76
	Ukupno:	90	63	Ukupno:	160		15

Tablica 85. Podsklopovi bloka B3, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	40	-	-	80	4.93	300
Uzdužna pregrada CL	2	2	2.32	4	0.44	60
Poprečna pregrada R – 6 i R – 8	4	4	3.2	8	0.9	120
Ukupno:	46	6	5.52	92	6.27	510

Tablica 86. Paneli bloka B3, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Bočna uzdužna pregrada	6*7	4	12	12.6	32	3.4	16
Rov nogu	6*7.7	4	16	22	20	2	24
	Ukupno:	8	28	34.6	52	5.4	40

Tablica 87. Plošne sekcije bloka B3, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Glavna paluba	-	4	8.74	330
Dno	-	4	6	260
Uzdužna pregrada - lijeva	2	4	8.9	-
Uzdužna pregrada - desna	2	4	8.9	-
Ukupno:	4	16	32.54	590

Tablica 88. Volumenske sekcije bloka B3, [1]

Naziv	Broj plošnih sekcija	Broj panela	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Rov nogu	6	-	65.74	90
Ukupno:	6	-	65.74	90

Tablica 89. Redoslijed sastavljanja bloka B3, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Plošna sekcija dna i volumenska sekcija rova nogu	110
Plošna sekcija dna i plošne sekcije bočne oplate	90
Glavna paluba i volumenska sekcija rova nogu + plošne sekcije bočne oplate	150
Ukupno:	350

Dimenzije bloka B4L i B4D su: L = 13 m, B = 11.3 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{B4L} = 48 t.

Tablica 90. Specifikacija materijala bloka B4L i B4D, [1]

BLOK B4L i B4D	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	6.4*2.44*0.008 4*0.86*0.0145 3.3*2.1*0.0145 3.5*2.2*0.008 2.6*0.86*0.0145	3 3 2 3 1	2.92 1.17 1.57 1.43 0.25	L 90*75*6.5 L 90*75*6.5 T 125*8/305*8.5 T 100*8/254*6.5 T 200*12/356*9.5	16 11 4 4 1	5920 4130 4130 2540 6300	0.8 0.4 0.44 0.2 0.28
Dno	6.4*2.44*0.0095 4.85*0.95*0.016 2.26*2.47*0.019 4*2.14*0.0095 2.64*0.95*0.016 2.26*2.47*0.019	3 2 1 3 1 1	3.47 1.15 0.83 1.9 0.31 0.83	L 150*90*9.5 L 150*90*9.5 T 130*12.5/405*8 T 200*12/508*9.5 T 180*11/455*8	11 16 4 1 4	4650 5920 2540 6300 4130	0.91 1.68 0.38 0.35 0.72
Bočna oplata desna	8.35*2.33*0.0085 7.4*2.33*0.0085	3 3	3.87 3.42	L 150*100*8 L 150*100*8 L 150*100*12.5 L 200*100*12.5 T 180*11/455*9.5 T 150*12.5/585*9.5	4 3 7 6 2 2	7400 8350 8350 7400 7000 7000	0.46 0.4 1.43 1.3 0.71 0.81
Poprečna pregrada	8.36*2.33*0.0095	3	4.33	L 150*90*8 T 200*12/710*8	11 2	7000 7850	1.15 1.05
Uzdužna pregrada	6.77*2.33*0.0095	3	3.51	L 75*50*6.5 L 90*75*6.5 L 100*75*6.5 T 180*11/480*9.5	3 3 4 2	6770 6770 6770 7000	0.33 0.9 0.44 0.71
Upore				I 254*12.5/234*14.5	4	6500	1.33
	Ukupno:	35	31	Ukupno:	125		17

Tablica 91. Podsklopovi bloka B4L i B4D, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	26	-	-	52	5.66	250
Upore	4	-	-	12	1.34	110
Ukupno:	30	-	-	64	7	360

Tablica 92. Paneli bloka B4L i B4D, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	6.4*7.3 3.5*6.5	1 1	3 3	3 1.5	10 8	0.5 0.3	3.5 1.8
Dno	6.4*7.3 4*6.5	1 1	3 3	3 1.9	10 8	0.85 0.65	3.85 2.55
Bočna oplata	7.4*7 8.35*7	1 1	3 3	3.4 3.9	10 10	1.8 1.8	5.2 5.7
Poprečna pregrada	8.36*7	1	3	4.3	11	1.2	5.5
Uzdužna pregrada	6.77*7	1	3	3.5	10	0.55	4.05
	Ukupno:	8	24	24.5	77	7.65	32.15

Tablica 93. Plošne sekcije bloka B4L i B4D, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Glavna paluba	2	9	9.4	15
Dno	2	9	13.2	15
Bočna oplata – krmena	1	2	5.9	-
Bočna oplata – pramčana	1	2	6.5	-
Poprečna pregrada	1	2	6.5	-
Uzdužna pregrada	1	2	4.8	-
Ukupno:	8	26	46.3	30

Tablica 94. Redoslijed sastavljanja bloka B4L i B4D, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Plošna sekcija dna i uzdužna pregrada	15
Plošna sekcija dna i poprečna pregrada	20
Plošna sekcija dna, poprečna pregrada i bočna oplata	50
Glavna paluba, bočne oplate, uzdužna pregrada i poprečna pregrada	70
Ukupno:	155

Analiza crne metalurgije, strukture i predmontaže bloka B5

Dimenzije bloka B5 su: L = 9.1 m, B = 15.9 m, H = 7 m. Masa bloka je m_{B5} = 46 t.

Tablica 95. Specifikacija materijala bloka B5, [1]

BLOK B5	Limovi			Profili			
	Dimenzije [m]	Kom	Ukupna masa [t]	Dimenzije [mm]	Kom	Duljina profila [mm]	Ukupna masa [t]
Glavna paluba	4.57*2.65*0.0095	6	5.4	L 90*65*6.5 T 100*10/380*8 T 200*15/279*8 T 200*15/279*8 T 200*15/279*8	24 1 1 1 1	4200 9140 7620 3175 11430	0.8 0.3 0.17 0.13 0.46
Dno	4.57*2.65*0.0095	6	5.4	L 150*100*9.5 T 130*12.5/405*8 T 180*12.5/455*9.5 T 200*11/508*9.5 T 200*12/508*9.5	24 1 1 1 1	4200 3175 11430 9140 7620	1.85 0.12 0.58 0.5 0.43
Bočna oplata	12*2.33*0.0085	6	11.2	L 150*90*9.5 L 150*75*8 T 150*12.5/610*12	12 8 6	12000 12000 7000	2.57 1.35 2.45
Poprečne pregrada	7.95*2.33*0.008	6	6.94	L 125*75*7.5 L 150*90*9.5 T 200*12/508*9.5	8 12 2	7950 7950 7000	0.75 1.7 0.8
Upore				I 254*12.5/234*9.5	5	6100	1.63
	Ukupno:	24	29	Ukupno:	109		17

Tablica 96. Podsklopovi bloka B5, [1]

Naziv	Broj komada	Broj komada limova	Masa limova [t]	Broj komada profila	Masa profila [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
T profili	16	-	-	32	6	250
Upore	5	-	-	15	1.63	125
Ukupno:	21	-	-	47	7.63	375

Tablica 97. Paneli bloka B5, [1]

Naziv	Dimenzije [m]	Broj komada	Ukupan broj limova	Masa limova [t]	Ukupan broj profila	Masa profila [t]	Masa svih panela [t]
Glavna paluba	9.1*7.95	2	6	4.5	24	0.83	5.32
Dno	9.1*7.95	2	6	5.4	24	1.83	7.23
Bočna oplata	12*7	2	6	11.2	20	3.95	15.15
Poprečna pregrada	7.95*7	2	6	6.9	20	2.5	9.4
	Ukupno:	8	24	28	88	9.1	37.1

Tablica 98. Plošne sekcije bloka B5, [1]

Naziv	Broj panela	Broj podsklopova	Masa sekcije [t]	Duljina zavarenog spoja [m]
Glavna paluba	2	4	8.9	9
Dno	2	4	6.5	9
Bočna oplata – lijeva	1	6	10	-
Bočna oplata – desna	1	6	10	-
Poprečna pregrada	2	2	10.2	7
Ukupno:	8	22	45.6	25

Tablica 99. Redoslijed sastavljanja bloka B5, [1]

Spoj	Duljina zavarenog spoja [m]
Plošna sekcija dna i poprečna pregrada	35
Plošna sekcija dna, poprečna pregrada i bočna oplata (lijeva i desna)	80
Glavna paluba, bočne oplate i poprečna pregrada	80
Ukupno:	195

Zaključna tehnološka analiza trupa platforme

Ovo poglavlje sadrži tablice sa radioničkom i narudžbenom specifikacijom materijala, podsklopovima, panelima, plošnim i volumenskim sekcijama trupa platforme. Podaci iz tablica će se koristiti za definiranje simulacijskog modela samopodizne platforme i za proračun trajanja izrade manjih građevnih jedinica.

Tablica 100 sadrži sažetu radioničku specifikaciju koja je osnova za određivanje narudžbene specifikacije crne metalurgije.

Tablica 100. Specifikacija materijala trupa platforme, [1]

	Radionička specifikacija					Narudžbena specifikacija	
Blok	Broj limova	Masa limova [t]	Broj profila	Masa profila [t]	Ukupna duljina profila [m]	Broj limova	Broj profila
A1	89	106	479	39	2600	70	320
A2L	32	41	173	17	1060	30	130
A2D	32	41	173	17	1060	30	130
A3L	103	90	258	38	1640	45	205
A3D	103	90	258	38	1640	45	205
A4L	31	40	141	27	1440	30	200
A4D	31	40	141	27	1440	30	200
B1	72	69	378	27	1900	65	255
B2L	64	60	340	28	1840	60	230
B2D	64	60	340	28	1840	60	230
B3	90	63	160	15	980	45	140
B4L	35	31	125	17	920	20	130
B4D	35	31	125	17	920	20	130
B5	24	29	109	17	930	20	110
Ukupno:	805	791	3200	352	19210	570	2615

Tablica 101. Podsklopovi trupa platforme, [1]

Blok	Broj podsklopova	Broj limova	Broj profila	Duljina zavarenog spoja [m]
A1	54	21	294	1090
A2L	23	8	102	360
A2D	23	8	102	360
A3L	82	-	170	1000
A3D	82	-	170	1000
A4L	35	-	80	635
A4D	35	-	80	635
B1	42	14	208	735
B2L	44	14	188	710
B2D	44	14	188	710
B3	46	6	92	510
B4L	30	-	64	360
B4D	30	-	64	360
B5	21	-	47	375
Ukupno:	591	85	1849	8840

Tablica 102. Paneli trupa platforme, [1]

Blok	Dimenzije karakterističnog panela [m]	Masa karakterističnog panela [t]	Ukupan broj panela	Ukupan broj limova	Ukupan broj profila
A1	9.6*7.62	5.5	22	64	220
A2L	9.6*7	5.3	10	23	86
A2D	9.6*7	5.3	10	23	86
A3L	10*6.7	4.75	18	64	184
A3D	10*6.7	4.75	18	64	184
A4L	8.5*9	5.9	9	31	106
A4D	8.5*9	5.9	9	31	106
B1	7.62*6.7	4.1	20	58	200
B2L	7.3*6.7	4.3	17	50	177
B2D	7.3*6.7	4.3	17	50	177
B3	7.7*6	6	8	28	52
B4L	7.4*7	5.2	8	24	77
B4D	7.4*7	5.2	8	24	77
B5	9.1*8	3.6	8	24	88
		Ukupno:	182	558	1720

Tablica 103. Plošne i volumenske sekcije trupa platforme, [1]

Blok	Broj plošnih sekcija	Duljina zavarenog spoja plošnih sekcija [m]	Broj volumenskih sekcija	Duljina zavarenog spoja volumenskih sekcija [m]	Duljina zavarenog spoja bloka [m]
A1	7	132	2	315	500
A2L	4	26	1	90	240
A2D	4	26	1	90	240
A3L	4	385 (110)	1	340 (250)	350
A3D	4	385 (110)	1	340 (250)	350
A4L	3	25	-	-	220
A4D	3	25	-	-	220
B1	7	148	1	215	260
B2L	5	134	1	130	160
B2D	5	134	1	130	160
B3	2	590	1	350 (250)	350
B4L	2	30	-	-	155
B4D	2	30	-	-	155
B5	3	30	-	-	195
Ukupno:	55	2100 (220)*	10	2000 (750)*	3555

*Napomena: U zagradama je duljina zavarenog spoja limova debljih od 20 mm. Spoj je potrebno predgrijati prije zavarivanja i odžariti nakon.