



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
MAŠINSKI FAKULTET



Miroslav Dragić

**POVEĆANJE FLEKSIBILNOSTI MALIH I
SREDNJIH PREDUZEĆA OPTIMIZACIJOM
LANACA SNABDIJEVANJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2020



UNIVERSITY OF BANJA LUKA

FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING



Miroslav Dragić

**INCREASING FLEXIBILITY OF SMALL
AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES BY
OPTIMIZING SUPPLY CHAIN**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2020

Mentor: dr Zorana Tanasić, vanredni profesor, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet

dr Goran Janjić, vanredni profesor, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet

Naslov doktorske disertacije: Povećanje fleksibilnosti malih i srednjih preduzeća optimizacijom lanaca snabdijevanja

Rezime: Sposobnost malih i srednjih preduzeća da se prilagode stalnim promjenama u okruženju zavisi od različitih strategija i upravljačkih odluka donijetih od strane rukovodilaca na različitim nivoima upravljanja. Ovaj rad traga za alatom koji bi omogućio menadžerima, na različitim nivoima upravljanja preduzećem, da sagledaju efekte primjene svojih odluka na uspjeh preduzeća kao cjeline. U tom smislu primjenom sistemske dinamike razvijen je jedan modularan simulacioni model lanca snabdijevanja malih i srednjih preduzeća. Razvijen model prepoznaje specifičnosti malih i srednjih preduzeća, kao što su veliki assortiman proizvoda, upotreba velikog broja različitih materijala, proizvodnja u malim serijama i zahjevi za smanjenjem vodećeg vremena (Lead Time). Efekti primjene različitih strategija i upravljačkih odluka su sagledani praćenjem zavisnosti mjera performansi simuliranih procesa od vrijednosti parametara modela. Kroz niz eksperimenta simulirani su efekti promjene politike upravljanja zalihami, povećanja raspoloživosti kapaciteta, skraćenja vremena razvoja i smanjenja veličine serije. Istraživanja su potvrdila značajnu vezu između upravljanja lancem snabdijevanja, fleksibilnosti preduzeća i poslovnih performansi. Time je svrha upravljanja lancem snabdijevanja proširena, tako da je sada, pored postizanja efikasnosti i efektivnosti, za cilj postavljeno i postizanje odgovarajuće fleksibilnosti, koja prestavlja ključ za postizanje konkurenčne prednosti u neizvjesnom okruženju.

Ključne riječi: mala i srednja preduzeća, lanci snabdijevanja, performanse, fleksibilnost, modeli, simulacija

Naučna oblast: Tehničke nauke

Naučno polje: Industrijsko inženjerstvo i menadžment

Klasifikaciona oznaka (prema CERIF-u): T 210

Tip odabrane licence Kreativne zajednice: Autorstvo-nekomercijalno

Mentor: dr Zorana Tanasić, associate professor, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering

dr Goran Janjić, associate professor, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering

Title of the doctoral dissertation: Povećanje fleksibilnosti malih i srednjih preduzeća optimizacijom lanaca snabdijevanja

Summary: The success of small and medium enterprises to adapt to constant changes in the environment largely depends on the different strategies and management decisions taken by managers at the operational level. This dissertation is searching for a tool that would allow managers at all levels to consider the effects of their decisions on the success of the enterprise as a whole. In this sense, the application of system dynamics developed one modular simulation model of business processes of SMEs. Developed model recognizes the specificities of SMEs, such as a large range of products, the use of a wide variety of materials, production in small batches and requests for reduction of lead time. The effects of various strategies and management decisions can be observed by monitoring the dependence of performance measures of simulated process on values of model parameters. Through several experiments the effects of changes in inventory management policies, the availability and size of the lot were simulated. The results of experiments showed that the variation of the model parameters should be oriented simultaneously towards several of the aforementioned directions. Research has confirmed the important link between supply chain management, enterprise flexibility and business performance. The purpose of supply chain management has been expanded, in addition to achieving efficiency and effectiveness, the goal is also to achieve adequate flexibility, which is the key to achieving competitive advantage in an uncertain environment.

Key words: small and medium enterprises, supply chains, performance, flexibility, models, simulation

Scientific area: Technical sciences

Scientific field: Industrial Engineering and Management

Classification mark (according to CERIF): T 210

Tip odabrane licence Kreativne zajednice: CC BY-NC

Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Milošu Soraku, na razumjevanju, nesebičnoj pomoći i podršci tokom dugogodišnje saradnje kao i tokom rada na ovoj disertaciji. U toku godina saradnje, uvijek sam imao punu slobodu da mu se obratim, kada god mi je trebalo i uvijek je pronalazio rješenje. Hvala.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1.1. DEFINISANJE PREDMETA ISTRAŽIVANJA.....	1
1.1.2. SVRHA, CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	2
1.1.3. MATERIJAL I METODE RADA	3
1.1.4. SADRŽAJ I STRUKTURA RADA	4
1.2. MALA I SREDNJA PREDUZEĆA	7
1.2.1. DEFINICIJE I ZNAČAJ.....	7
1.2.2. STRUKTURA MSP U REPUBLICI SRPSKOJ	9
1.2.3. KARAKTERISTIKE MSP-A.....	12
1.3. TREDOVI RAZVOJA I ORGANIZOVANJA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA PROIZVODNE DJELATNOSTI	13
2. LANCI SNABDIJEVANJA	16
2.1. POJAM Lanca SNABDIJEVANJA	18
2.2. UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDIJEVANJA	19
2.3. MJERENJE PERFORMANSI LANCA SNABDIJEVANJA	21
2.3.1. OPŠTE	21
2.3.2. OKVIR ZA MJERENJE PERFORMANSI LANACA SNBDIJEVANJA	25
2.3.3. IZBOR MJERA PERFORMANSI LANCA SNABDIJEVANJA.....	27
2.3.3.1 Mjere resursa	28
2.3.3.2 Mjere izlaza	32
2.3.3.3 Mjere fleksibilnosti.....	34
2.4. FLEKSIBILNOST	35
2.4.1. NEIZVJESNOST U POSLOVANJU PREDUZEĆA.....	35
2.4.2. DEFINICIJE FLEKSIBILNOSTI.....	35
2.4.3. STRATEGIJE POSTIZANJA FLEKSIBILNOSTI.....	38
2.4.4. KVANTITATIVNI PRISTUP MJERENJU FLEKSIBILNOSTI	40
2.4.4.1 Fleksibilnost obima	41
2.4.4.2 Fleksibilnost isporuke.....	45
2.4.4.3 Fleksibilnost proizvodnog miksa.....	45
2.4.4.4 Fleksibilnost novog proizvoda.....	46
2.4.4.5 Fleksibilnost snabdijevanja	47
2.5. LANCI SNABDIJEVANJA U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA	50
2.5.1. ZAHTJEV ZA FLEKSIBILNOŠĆU MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA	52
3. SIMULACIJA.....	56
3.1. POJAM SIMULACIJE	56
3.2. MODELI I MODELIRANJE	59
3.3. MODELI SISTEMSKE DINAMIKE	61
3.3.1. ELEMENTI MODELA	62
3.3.2. POV RATNA DEJSTVA	64

4. RAZVOJ MODELA LANCA SNABDIJEVANJA U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA	67
4.1. OPŠTE PREPOSTAVKE	67
4.1.1. ZAHTJEVI ZA MODEL SIMULACIJE	68
4.1.2. TOK IZGRADNJE MODELA ZA SIMULACIJU	70
4.2. RAZVOJ MODELA ZA SIMULACIJU LANACA SNABDIJEVANJA	73
4.2.1. MODUL M1: PREDVIĐANJE I INICIRANJE ZAHTJEVA KUPACA	73
4.2.1.1 Definisanje problema.....	73
4.2.1.2 Verbalni opis modela.....	73
4.2.1.3 Razvoj modela.....	74
4.2.1.4 Izrada dijagrama toka	75
4.2.1.5 Mjere performansi	75
4.2.1.6 Programiranje modela	75
4.2.2. MODUL M2: UPRAVLJANJE ZAHTJEVIMA KUPACA	77
4.2.2.1 Definisanje problema.....	77
4.2.2.2 Verbalni opis modela.....	77
4.2.2.3 Razvoj modela.....	80
4.2.2.4 Izrada dijagrama toka	82
4.2.2.5 Mjere performansi	82
4.2.2.6 Programiranje modela	84
4.2.3. MODUL M3: PRIPREMA I IZVOĐENJE PROCESA RADA	86
4.2.3.1 Definisanje problema.....	86
4.2.3.2 Verbalni opis modela.....	86
4.2.3.3 Razvoj modela.....	90
4.2.3.4 Izrada dijagrama toka	91
4.2.3.5 Mjere performansi	91
4.2.3.6 Programiranje modela	93
4.2.4. MODUL M4: UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALA	98
4.2.4.1 Definisanje problema.....	98
4.2.4.2 Verbalni opis modela.....	98
4.2.4.3 Razvoj modela.....	102
4.2.4.4 Izrada dijagrama toka	104
4.2.4.5 Mjere performansi	104
4.2.4.6 Programiranje modela	105
5. PLANIRANJE I IZVOĐENJE SIMULACIONOG EKSPERIMENTA	109
5.1. OPŠTI PRISTUP EKSPERIMENTU	109
5.2. STUDIJA SLUČAJA: PREDUZEĆE VIGMELT D.O.O. BANJA LUKA	114
5.2.1. OSNOVNI PODACI O PREDUZEĆU	114
5.2.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA	116
5.2.3. DEFINISANJE ULAZA U PROCES SIMULACIJE	119
5.2.4. PLAN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA	127
5.2.4.1 E.0. Osnovni eksperiment	128
5.2.5. IZVOĐENJE EKSPERIMENTA	134
5.2.5.1 E.1. Varijanta eksperimenta sa povećanim nivoom zaliha gotovih proizvoda	134
5.2.5.2 E.2. Varijanta eksperimenta sa smanjenom veličinom serije	135
5.2.5.3 E.3. Varijanta eksperimenta sa smanjenim vremenom razvoja proizvoda	136
5.2.5.4 E.4. Varijanta eksperimenta sa povećanim raspoloživim kapacitetima	137
5.2.5.5 E.5. Eksperiment sa primjenom pravila prioriteta pri raspoređivanju poslova	139
5.2.5.6 E.6. Varijanta eksperimenta sa opcijom nabavke materijala iz alternativnih izvora	141
5.2.5.7 E.7. Varijanta eksperimenta sa kombinovanim djelovanjem	143

5.3. STUDIJA SLUČAJA: PREDUZEĆE EXCLUSIVE LINGERIE D.O.O. BANJA LUKA	146
.....
5.3.1. OSNOVNI PODACI O PREDUZEĆU	146
5.3.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA.....	147
5.3.3. DEFINISANJE ULAZA U PROCES SIMULACIJE.....	151
5.3.4. PLAN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA	157
5.3.4.1 E.0. Osnovni eksperiment.....	158
5.3.5. IZVOĐENJE EKSPERIMENTA	163
5.3.5.1 E.1. Varijanta eksperimenta sa povećanim nivoom zaliha gotovih proizvoda	163
5.3.5.2 E.2. Varijanta sa skraćenim periodom dopune zaliha gotovih proizvoda.....	164
5.3.5.3 E.3. Varijanta sa optimizovanim instalisanim kapacitetima	164
5.3.5.4 E.4. Varijanta eksperimenta sa opcijom nabavke materijala iz alternativnih izvora	165
5.3.5.5 E.5. Varijanta eksperimenta sa optimizacijom zaliha materijala.....	166
5.3.5.6 E.6. Varijanta eksperimenta sa kombinovanim djelovanjem.....	168
6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA.....	171
6.1. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA.....	171
6.2. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	173
6.3. PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA	175
LITERATURA	177
PRILOZI	186

SPISAK SLIKA

Slika 1. Struktura malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj po djelatnostima (Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske).....	9
Slika 2. Udio zaposlenih u MSP po djelatnostima u 2018. godini (Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske)	11
Slika 3. Preduzeće kao dio mreže lanaca snabdijevanja	17
Slika 4. Lanac snabdijevanja proizvodnog sistema.....	17
Slika 5. Širi okvir za definisanje performansi lanca snabdijevanja.....	24
Slika 6. Strateška dejstva za povećanje fleksibilnosti proizvodnih preduzeća.....	40
Slika 7. Funkcija normalne raspodjele potražnje	42
Slika 8. Fleksibilnost obima za dva proizvoda.....	44
Slika 9. Okvir za istraživanje fleksibilnosti izvora	49
Slika 10. Vrijeme od projektovanja proizvoda i procesa do isporuke kupcu u zavisnosti od izabrane proizvodne strategije	53
Slika 11. Zahtjevi za fleksibilnošću u zavisnosti od proizvodne strategije.....	55
Slika 12. Dijagram toka procesa simulacije	57
Slika 13. Podjela modela prema načinu na koji se prati stanje sistema u vremenu	60
Slika 14. Obilježavanje vremenskih stanja u simulacionom modelu sistemske dinamike	62
Slika 15. Elementi modela sistemske dinamike	63
Slika 16. Model bankovnog računa (pozitivno povratno dejstvo)	65
Slika 17. Model regulisanja zaliha materijala u skladištu (negativno povratno dejstvo).....	65
Slika 18. Modularni prikaz modela za simulaciju lanaca snabdijevanja.....	70
Slika 19. Varijacije u toku pristizanja zahtjeva kupaca	73
Slika 20. Dijagram toka modula M1: Predviđanje i iniciranje zahtjeva kupaca	75
Slika 21. Korisnička forme za podešavanje parametara modela pristizanja narudžbi kupaca.	76
Slika 22. Korisnička forma za tabelarni i grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca	76
Slika 23. Model sa kontinuiranim nadgledanjem zaliha gotovih proizvoda (Q-sistem)	78
Slika 24. Mjesto obrade narudžbi kupaca u lancu snabdijevanja proizvodnih preduzeća	80
Slika 25. Dijagram toka modula M2:Upravljanje zahtjevima kupaca	82
Slika 26. Korisnička forma za podešavanje parametara upravljanja zalihamu gotovih proizvoda	84
Slika 27. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa proizvoda u proizvodnji	84
Slika 28. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa proizvoda u pripremi	85

Slika 29. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa gotovih proizvoda	85
Slika 30. Planiranje u jednakim vremenskim intervalima.....	87
Slika 31. Opšti dijagram postupka raspoređivanja poslova kombinovanjem metode planiranog početka sa lokalnim pravilima prioriteta	89
Slika 32. Dijagram toka modula M3-Priprema i izvođenje procesa rada	91
Slika 33. Korisnička forma za podešavanje raspoloživih kapaciteta u proizvodnji.....	94
Slika 34. Korisnička forma za prikaz termin plana proizvodnje (dio forme).....	94
Slika 35. Korisnička forma za grafički prikaz iskorišćenja kapaciteta	95
Slika 36. Korisnička forma za tabelarni prikaz narudžbi i trebovanja materijala	95
Slika 37. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa poslova koji čekaju na ulazak u proizvodnju	96
Slika 38. Korisnička forma sa prikazom radnih zadataka (uporedni prikaz ugovorenih, planiranih i stvarnih termina završetka)	96
Slika 39. Korisnička forma sa prikazom termina realizacije operacija	97
Slika 40. Korisnička forma sa uporednim prikazom ocjene raspodjele posla.....	97
Slika 41. Raspoložive zalihe prema modelu kontinuiranog praćenja stanja zaliha	99
Slika 42. Sistem periodičnog nadgledanja zaliha repromaterijala	99
Slika 43. Opšti dijagram postupka provjere raspoloživosti radnog naloga za ulazak u process proizvodnje u zavisnosti od raspoloživosti materijala.....	101
Slika 44. Dijagram toka modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala	104
Slika 45. Korisnička forma za podešavanje parametara modela upravljanja zalihami materijala	106
Slika 46. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa zaliha materijala	106
Slika 47. Korisnička forma za uporedni grafički prikaz stvarnog, raspoloživog, rezervisanog i materijala u nabavci	107
Slika 48. Korisnička forma za tabelarni prikaz stanja materijala po terminskim jedinicama	107
Slika 49. Korisnička forma za grafički prikaz modela upravljanja stanjem materijala – količina materijala	108
Slika 50. Grafički prikaz modela upravljanja stanjem materijala (pojedinačan prikaz materijala)	108
Slika 51. Model podataka o zahtjevima kupaca	110
Slika 52. Proizvodni program preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka.....	115
Slika 53. Struktura lanaca snabdijevanja preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka.....	116

Slika 54. Pregled vrijednosti prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine	118
Slika 55. Pregled količinskog udjela prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine	118
Slika 56. ABC analiza udjela klase proizvoda u ukupnoj vrijednosti prodaje preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka, za period 2016-2018. godine	119
Slika 57. Trend potražnje preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka	121
Slika 58. Trend potražnje po kvartalima i klasama proizvoda u preduzeću Vigmelt d.o.o Banja Luka	121
Slika 59. Grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca	124
Slika 60. Korisnička forma za podešavanje osnovnih parametara izvođenja eksperimenta	128
Slika 61. E.0. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	130
Slika 62. E.0. Grafički prikaz iskorištenja kapaciteta	132
Slika 63. E.0. Vrijednost zaliha materijala	132
Slika 64. E.0. Zbirni pregled stanja zaliha materijala	133
Slika 65. E.1. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	134
Slika 66. E.2. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	135
Slika 67. E.3. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	136
Slika 68. E.4. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	137
Slika 69. E.5. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	140
Slika 70. E.6. Zbirni pregled stanja zaliha materijala	141
Slika 71. Struktura lanca snabdijevanja preduzeća Exclusive lingerie d.o.o. Banja Luka	147
Slika 72. ABC analiza udjela klase proizvoda u ukupnoj vrijednosti prodaje preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka, za period 2016-2018. godine	149
Slika 73. Pregled vrijednosti prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	150
Slika 74. Pregled količinskog udjela prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	150
Slika 75. Potražnje po kvartalima i klasama proizvoda u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	151
Slika 76. Grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca	154
Slika 77. E.0. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	159
Slika 78. E.0. Vrijednost zaliha materijala	161
Slika 79. E.1. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda	163

Slika 80. E.3. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda.....	165
Slika 81. E.4. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda.....	166
Slika 82. E.5. Vrijednost zaliha materijala.....	167
Slika 83. E.6. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda.....	169

SPISAK TABELA

Tabela 1. Struktura rada	6
Tabela 2. Uporedna klasifikacija malih i srednjih preduzeća	8
Tabela 3. Struktura MSP za 2018. godinu	10
Tabela 4. Broj zaposlenih u MSP za 2018. godinu	10
Tabela 5. Trendovi razvoja i organizovanja malih i srednjih preduzeća.....	15
Tabela 6. Performanse i mjere performansi lanca snabdijevanja na različitim nivoima odlučivanja	22
Tabela 7. Ciljevi mjeta performansi.....	23
Tabela 8. Veza između strateških ciljeva i mjeta performansi	26
Tabela 9. Okvir za definisanje sistema za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja	28
Tabela 10. Različiti tipovi fleksibilnosti	41
Tabela 11. Snage i slabosti malih i srednjih preduzeća u odnosu na velika preduzeća	51
Tabela 12. Elementi modula M1: Predviđanje i iniciranje zahtjeva kupaca	74
Tabela 13. Elementi modula M2: Upravljanje zahtjevima kupaca	80
Tabela 14. Mjere performansi modula M2: Upravljanje zahtjevima kupaca.....	83
Tabela 15. Elementi modula M3: Priprema i izvođenje procesa rada.....	90
Tabela 16. Mjere performansi modula M3: Priprema i izvođenje procesa rada	93
Tabela 17. Elementi modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala	102
Tabela 18. Mjere performansi modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala	105
Tabela 19. Poslovne mjerne performansi	112
Tabela 20. Mjere fleksibilnosti modela za simulaciju.....	113
Tabela 21. Zbirni pregled prodaje proizvoda preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka u periodu 2016-2018. godine	117
Tabela 22. Chadockova ljestvica ocjene koeficijenta determinacije[103]	120
Tabela 23. Osnovna procjena potražnje po kvartalima i klasama.....	120
Tabela 24. Tabela procjene vrijednosti prodaje za 2019. godinu.....	123
Tabela 25. Model pristizanja narudžbi kupaca.....	125
Tabela 26. Lista materijala sa pridruženim parametrima modela (redukovana lista)	125
Tabela 27. Normativ vremena	126
Tabela 28. Normativ materijala (redukovana lista).....	126
Tabela 29. Okvir za mjerjenje performansi LS preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka	127
Tabela 30. E.0. Vrijednosti mjerne performansi osnovnog eksperimenta	129
Tabela 31. E.0. Iskorištenje kapaciteta	131

Tabela 32. Plan simulacionog eksperimenta za preduzeće Vigmelt d.o.o. Banja Luka.....	133
Tabela 33. E.4. Uporedni prikaz iskorištenosti kapaciteta	138
Tabela 34. E.6. Vrednovanje rasporeda poslova	140
Tabela 35. Uporedne vrijednosti performansi simuliranog sistema.....	142
Tabela 36. Plan izvođenja kombinovanih eksperimenata	143
Tabela 37. E.7. Uporedne vrijednosti mjera performansi kombinovanog i osnovnog eksperimenta.....	145
Tabela 38. Zbirni pregled prodaje proizvoda preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	148
Tabela 39. Osnovna procjena potražnje po mjesecima i klasama.....	149
Tabela 40. Tabela procjene vrijednosti prodaje za 2019. godinu.....	152
Tabela 41. Model pristizanja narudžbi kupaca za IV kvartal 2019. godine	154
Tabela 42. Lista materijala sa pridruženim parametrima modela (redukovana lista)	155
Tabela 43. Normativ materijala (redukovana lista).....	155
Tabela 44. Pregled maksimalno raspoloživih kapaciteta	155
Tabela 45. Lista operacija (redukovana lista)	156
Tabela 46. Okvir za mjerjenje performansi LS preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	157
Tabela 47. E.0. Vrijednosti mjera performansi osnovnog eksperimenta	159
Tabela 48. E.0. Iskorištenje kapaciteta	160
Tabela 49. Plan simulacionog eksperimenta za preduzeće Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	162
Tabela 50. Plan izvođenja kombinovanih eksperimenata za preduzeće Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	168
Tabela 51. Uporedne vrijednosti performansi simuliranog sistema Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka	170

1. UVOD

1.1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1.1. DEFINISANJE PREDMETA ISTRAŽIVANJA

Jedan od glavnih nosilaca razvoja privrede evropskih zemalja su mala i srednja preduzeća. Brojna istraživanja pokazuju konstantno uvećanje udjela malih i srednjih preduzeća u odnosu na velika. Pri tom svakako ne treba umanjivati značaj velikih preduzeća, ali je zavisnost jednih od drugih sve veća. Ipak evidentno je da mala i srednja preduzeća postaju sve više konkurentna velikim preduzećima, a uspješno se uključuju i u savremenu globalizaciju poslovanja. Bez obzira što su i dalje pretežno usmjerena na lokalno tržište, mala i srednja preduzeća dobijaju sve značajniju ulogu i u međunarodnoj razmjeni.

U koncepcijском smislu, upravljanje malim i srednjim preduzećima se ne razlikuje u odnosu na proces upravljanja velikim preduzećima, jer se i od njih očekuje prvenstveno stabilnost poslovanja uz obezbjeđenje dugoročnog razvoja i rasta. Ipak, u odnosu na velike poslovne sisteme, ova preduzeća imaju sposobnost da se brže adaptiraju na stalne promjene i tako zadovolje promjenljive zahtjeve tržišta. Upravo ona u obavljanju svoje djelatnosti pokazuju visok stepen inovativnosti i fleksibilnosti u svom okruženju.

Problem kod malih i srednjih preduzeća je hroničan nedostatak svih vrsta resursa. Ovdje se prvenstveno misli na finansijske resurse, ali i sve druge resurse - znanje, radnu snagu, kapacitete i sl. Posmatrano na navedeni način, upravljanje malim i srednjim preduzećima poprima oblik upravljanja preuzećem u uslovima ograničenih resursa. Tradicionalno, problem promjenljive potražnje i neočekivanih poremećaja u okruženju, preduzeća rješavaju držanjem velikih zaliha i obezbjeđenjem viška kapaciteta. Ovakav prilaz za mala i srednja preduzeća predstavlja veliki rizik sa potencijalno vrlo nepovoljnim posljedicama. Da bi bila konkurentna, mala i srednja preduzeća moraju biti sposobna da neprekidno istražuju tržišta i brzo odgovaraju na njegove zahtjeve. Samo ovakvim pristupom obezbjeđuju kontinuirano kvalitetne proizvode, prilagođene potrebama tržišta.

Sprovedena istraživanja i dostupni radovi, pokazuju da mala i srednja preduzeća, kroz razvoj modela lanca snabdijevanja, mogu povećati svoju konkurentnost kako na domaćem tako i na inostranom tržištu. Potreba za definisanjem modela lanca snabdijevanja malih i

srednjih preduzeća je podstaknuta stalnim zahtjevima potrošača da se proizvodi prilagode njihovim individualnim specifikacijama uz sve kraći životni ciklus proizvoda. Ukoliko kretanje materijala, poluproizvoda i proizvoda kroz lanac snabdijevanja bolje prati potražnju, preduzeće će smanjiti zalihe, poboljšati uslugu prema klijentu i izbjegći neugodna iznenađenja.

Navedeni razlozi ukazuju da fleksibilnost lanaca snabdijevanja postaje značajna osobina koja omogućava preduzećima da svoj poslovni proces prilagođavaju novonastaloj situaciji. Fleksibilnost može biti moćno sredstvo za sticanje konkurentske prednosti, smanjenje troškova i poboljšanje reagovanja u nepredviđenim situacijama.

Osnovni cilj ovog rada je istražiti mogućnost povećanja fleksibilnosti malih i srednjih preduzeća optimizacijom lanaca snabdijevanja. Poseban naglasak daje se mogućim pravcima unapređivanja lanaca snabdijevanja malih i srednjih preduzeća primjenom metoda modeliranja i simulacije.

1.1.2. SVRHA, CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

U radu je dat naglasak na povećanje fleksibilnosti procesa u malim i srednjim preduzećima primjenom metode simulacije. Osnovna svrha istraživanja je ispitati kako različite odluke, doneșene prilikom regulisanja procesa u preduzeću, mogu povećati njegove poslovne performanse i performanse fleksibilnosti.

Za realizaciju predmetnog problema istraživanja polazi se od sljedećih osnovnih hipoteza:

H1. Modeliranje i simulacija različitih varijanti odluka menadžera prilikom regulisanja procesa rada može poslužiti za poređenje različitih alternativa i određivanje vrijednosti varijabli sistema koje daju najpoželjniji nivo performansi.

H2. Povećanjem fleksibilnosti svojih lanaca snabdijevanja, proizvodni sistemi mogu povećati svoju konkurentnost kroz podizanje nivoa performansi sa jedne strane i smanjenje troškova procesa sa druge strane.

H3. Praćenjem i mjeranjem performansi poslovnih procesa preduzeća uz izbor odgovarajućih odluka primjenom tehnike modeliranja i simulacije moguće je podizati efikasnost i efektivnost proizvodnih sistema.

1.1.3. MATERIJAL I METODE RADA

Kompletna istraživanja obuhvaćena ovim radom usmjerena su prema potrebama malih i srednjih preduzeća, čija je osnovna djelatnost proizvodnja. Ovakvih preduzeća u Banjoj Luci i okolini ima veliki broj, a neka od njih su i direktno uključena u istraživanja obuhvaćena ovim radom. Kao polazna osnova istraživanja korišteni se podaci prikupljeni putem integrisanog menadžment informacionog sistema „Nesoft_PG“ instalisanog u više od 20 preduzeća koja su bila potencijalni predmet istraživanja. Navedeni informacioni sistem je autorsko djelo, razvijen je u programskom jeziku Visual Basic. Informacioni sistem je prvi put implementiran prije 20 godina i od tada se konstantno unapređuje.

Podaci koji su korišteni u istraživanjima, pohranjeni su u bazama podataka i sadrže detaljne informacije o: elementima poslovanja preduzeća (materijali, poluproizvodi, proizvodi, normativi, radnici, kupci, dobavljači, kooperanti i sl.), procesima nabavke (planovi, zahtjevi za nabavku, ponude, narudžbe, prijem materijala, reklamacije, ocjene nabavke...), procesima transformacije (planovi, radni nalozi, neusaglašenosti, kontrola, učinak radnika ...) te podatke o prodaji i isporuci gotovih proizvoda (planovi, zahtjevi kupaca, ponude, otpremnice, fakture, naplativost, reklamacije...). Ovi podaci poslužili su kao osnov za izgradnju modela za simulaciju. Za analizu primarnih podataka korištene se deskriptivne statističke metode, metode za testiranje statističkih hipoteza i metode za ispitivanje zavisnosti (korelacije).

Prilikom izrade modela, analize rezultata eksperimenata i donošenja zaključaka korištene su sljedeće naučne metode:

- Analiza rizika
- Sistemska dinamika,
- Modeliranje i simulacija proizvodnih sistema,
- Regresiona analiza,
- ABC (Pareto analiza) i
- Objektno-orientisana analiza sistema.

U praktičnom smislu, ispitivano je kako različite upravljačke odluke utiču na povećanje efikasnosti, efektivnosti i fleksibilnosti lanaca snabdijevanja. Pri tome su korištene metode i tehnike modeliranja i simulacije koje obuhvataju:

- Model dugoročnih procjena potraživanja na osnovu potraživanja u prethodnim periodima,
- Korekciju modela potraživanja u odnosu na vremenske poremećaje i poremećaje u potražnji,

- Dinamički model raspoloživosti i promjena raspoloživosti materijalnih, ljudskih i energetskih resursa,
- Dinamički model stanja i promjena stanja repromaterijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda,
- Korekciju dinamičkog modela prema specifičnim narudžbama, poremećajima u proizvodnji (kašnjenja), nabavci i prodaji i
- Model identifikacije i praćenja ključnih mjera performansi poslovnih procesa i mjera fleksibilnosti, te ispitivanje njihove međusobne korelacijske.

1.1.4. SADRŽAJ I STRUKTURA RADA

Disertacija sadrži šest poglavlja, a svako poglavlje se dijeli na nekoliko potpoglavlja: uvod, lanci snabdijevanja, simulacija, razvoj modela za simulaciju lanaca snabdijevanja, planiranje i izvođenje simulacionog eksperimenta, te zaključna razmatranja i pravci daljeg istraživanja, a jezgro rada čine četvrto i peto poglavlje. Struktura rada grafički je prikazana u tabeli 1.

U prvom poglavlju ovog rada izložena su uvodna razmatranja vezena uz predmet istraživanja, pretpostavljene hipoteze i primjenjene naučne metode. Pored toga, u nastavku poglavlja, pomoću tabela i grafika sa statističkim podacima, opisana je struktura i osobine malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj. Na kraju poglavlja prestavljeni su trendovi u razvoju i organizaciji malih i srednjih preduzeća.

Druge poglavlje sadrži opis različitih pristupa u definisanju pojmove lanca snabdijevanja i upravljanja lancima snabdijevanja. Pored toga, u ovom poglavlju je uspostavljen okvir za mjerjenje performansi lanaca snabdijevanja. Sve performanse su grupisane u tri grupe, i to: performanse izlaza, performanse resursa i performanse fleksibilnosti. Na kraju poglavlja objašnjena je potencijalna korist od primjene modela lanaca snabdijevanja na procese malih i srednjih preduzeća.

U trećem poglavlju date su osnove procesa modeliranja i simulacije. Detaljno je opisana metoda sistemske dinamike koja je korištena u istraživanju. Posebna pažnja je posvećena pojašnjenju uloge povratne sprege u modelima.

Četvrto poglavlje predstavlja opis razvijenog modela za simulaciju lanaca snabdijevanja malih i srednjih preduzeća. Razvijeni model, u skladu sa ciljem istraživanja, prilagođen je zahtjevima i specifičnostima malih i srednjih preduzeća, proizvodne djelatnosti. Isti se sastoji od četiri modula koja su međusobno povezana. Svaki od modula opisan je

verbalno i matematički, te je predstavljen dijagramom toka. Za kreiranje dijagrama toka, u ovom radu, korišten je softver Vensim PLE (<https://vensim.com/>). Za svaki od razvijenih modula definisane su i mjere performansi. Zbog složenosti problema, za potrebe istraživanja, razvijen je sopstveni softver u Visual Basic okruženju. Ovaj softver podržava razvijeni model i u potpunosti automatizuje proces simulacije. Softver posjeduje korisnički interfejs koji omogućava definisanje elemenata sistema (proizvodni program, prognozu potražnje i potražnje, listu i količinu sirovina, normativ sirovina, potreban i instalirani kapacitet, početne uslove, itd.) kao i elemente simulacionog eksperimenta (period simulacije, korak simulacije, veličina serije, politika upravljanja zalihami itd.). Izlazi iz softvera su dijagrami i tabele koji su našli svoje mjesto i u ovom radu.

U petom poglavlju, razvijeni model za simulaciju primjenjen je na realnim proizvodnim sistemima. Tako su ciljevi rada i postavljene hipoteze testirani na primjeru dva proizvodna preduzeća. Prvo posmatrano preduzeće je preduzeće Vigmelt d.o.o. Banja Luka koje se bavi proizvodnjom široke palete sklopova i proizvoda od metala. Preduzeće izrađuje proizvode u uskoj korelaciji sa kupcima, pa stoga pored proizvoda iz standardnog proizvodnog programa, razvija i izrađuje proizvode prema zahtjevima kupaca. Izvođenje simulacionog eksperimenta, sa parametrima usklađenim sa tekućim uslovima poslovanja, pokazalo je da preduzeće, ima velike probleme da pravovremeno odgovori na potražnju kupaca. Drugi eksperiment je urađen u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka koje se bavi proizvodnjom ženskog rublja. Analiza proizvodnog programa preduzeća i izvođenje simulacionih eksperimenta je ukazalo na potrebu usklađivanja parametara upravljanja lancima snabdijevanja sa izraženim sezonskim varijacijama u prodaji. U oba slučaja, višestrukim izvođenjem eksperimenata (varijacijom parametara modela), testirani su različiti prijedlozi za poboljšanje performansi preduzeća. Analizom eksperimenata je testirano kako bi odgovarajuće upravljačke odluke, predložene da poboljšaju performanse izlaza iz lanaca snabdijevanja, uticale na ostale performanse lanaca snabdijevanja.

U posljednjem, šestom poglavlju, dat je sažet prikaz ključnih razmatranja koja su nastala kao rezultat prethodnih teorijskih i praktičnih istraživanja. Takođe, izvršena je analiza postavljenih hipoteza uz detaljno obrazloženje dokaza istih. Na kraju poglavlja dati su prijedlozi daljih istraživanja.

Tabela 1. Struktura rada

Poglavlje 1. UVOD	<ul style="list-style-type: none"> - Uvodna razmatranja - Struktura i osobine malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj - Trendovi razvoja i organizovanja malih i srednjih preduzeća proizvodne djelatnosti
Poglavlje 2. LANCI SNABDIJEVANJA	<ul style="list-style-type: none"> - Pojam lanaca snabdijevanja - Pojam upravljanja lancima snabdijevanja - Mjerenje performansi lanaca snabdijevanja - Fleksibilnost - Lanci snabdijevanja u malim i srednjim preduzećima
Poglavlje 3. SIMULACIJA	<ul style="list-style-type: none"> - Pojam modela i modeliranja - Sistemska dinamika - Elementi modela - Povratna dejstva
Poglavlje 4. RAZVOJ MODELAA LANCA SNABDIJEVANJA U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA	<ul style="list-style-type: none"> - Opšte prepostavke za razvoj modela za simulaciju lanaca snabdijevanja - Definisanje problema - Verbalni opis modela - Razvoj modela - Izrada dijagrama toka - Mjere performansi - Programiranje modela
Poglavlje 5. PLANIRANJE I IZVOĐENJE SIMULACIONOG EKSPERIMENTA	<ul style="list-style-type: none"> - Osnovni podaci o preduzeću - Prikupljanje podataka - Definisanje ulaza u process simulacije - Plan izvođenja eksperimenata - Izvođenje eksperimenata - Prikaz rezultata eksperimenata - Analiza rezultata eksperimenata
Poglavlje 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA	<ul style="list-style-type: none"> - Prikaz ključnih razmatranja - Dokaz prepostavljenih hipoteza - Prijedlozi daljih istraživanja,

1.2. MALA I SREDNJA PREDUZEĆA

1.2.1. DEFINICIJE I ZNAČAJ

Mala i srednja preduzeća su jedan od glavnih nosilaca razvoja privrede u svijetu. Po dominantnom mišljenju u poslovnim krugovima, mala i srednja preduzeća su sinonim za privatni sektor, a u figurativnom smislu i za preduzetništvo. Prednost ovih preduzeća je u tome što su fleksibilna, mogu brzo da se adaptiraju na promjene i da zadovolje zahtjeve tržišta. Od 20 miliona preduzeća, koja postoje u Evropskoj uniji, 99% su mala i srednja preduzeća. Ova preduzeća doprinose bruto domaćem proizvodu Evropske unije sa 60% i obezbeđuju preko 80 miliona radnih mjesta, odnosno zapošljavaju dvije trećine od ukupnog broja zaposlenih u privatnom sektoru. Stoga zakonodavstvo Evropske unije, kao i Vlade članica pojedinačno, donose propise koji su fokusirani na podršku malim i srednjim preduzećima, te stimulisanju njihovog rasta i konkurentnosti. Na taj način u potpunosti je priznat značaj malih preduzeća i preduzetništva za razvoj, konkurentnost i zaposlenost u Evropskoj uniji [1][2].

Prema odredbama EU, MSP imaju manje od 250 zaposlenih, godišnji prihod manji od 40 miliona evra i upravljački su nezavisna. Prema istim odredbama, uzimajući u obzir broj zaposlenih, ukupan prihod i bilans, mala i srednja preduzeća mogu se podjeliti na mikro, mala i srednja.

Mikro preduzeća se definišu kao preduzeća koja imaju manje od 10 zaposlenih radnika i čiji ukupni godišnji prihod ili ukupni bilans ne prelazi 2 miliona eura.

Mala preduzeća se definišu kao preduzeća koje zapošljavaju od 10 do 49 radnika i čiji ukupni prihod ili ukupni bilans ne prelazi 10 miliona eura.

Srednja preduzeća se definišu kao preduzeća koje imaju preko 49, a manje od 250 zaposlenih radnika, čiji je ukupni prihod manji od 50 miliona eura ili čiji je ukupni bilans manji od 43 miliona eura[3].

U Republici Srpskoj, prema *Zakonu o podsticanju razvoja malih i srednjih preduzeća*, ova preduzeća, prema veličini, razvrstavaju se na mala i srednja u zavisnosti od:

- prosječnog broja zaposlenih,
- ukupnog prihoda od prodaje i
- zbiru bilansa aktive.

Cilj Zakona je stvaranje povoljnog poslovnog okruženja, podsticanje osnivanja, rasta i razvoja malih i srednjih preduzeća, povećanje njihove konkurentnosti stvaranjem inovacija i razvijanjem svijesti o značaju MSP i preduzetništva za ekonomski razvoj.

Prema istom Zakonu, mala preduzeća se definišu kao pravna lica koja:

- zapošljavaju od 11 do 50 radnika,
- ostvaruju ukupan godišnji prihod do 4 miliona konvertibilnih maraka ili imaju zbir bilansne aktive u vrijednosti do 2 miliona konvertibilnih maraka.

U okviru malih preduzeća razlikuju se i mikro preduzeća koja zapošljavaju do 10 radnika.

Zakonom o MSP je definisano da su srednja preduzeća pravna lica koja:

- zapošljavaju od 51 do 250 radnika i
- ostvaruju ukupan godišnji prihod do 20 miliona konvertibilnih maraka ili imaju zbir bilansne aktive u vrijednosti do 10 miliona konvertibilnih maraka [3].

Uporedna klasifikacija malih i srednjih preduzeća prikazana je u tabeli 2.

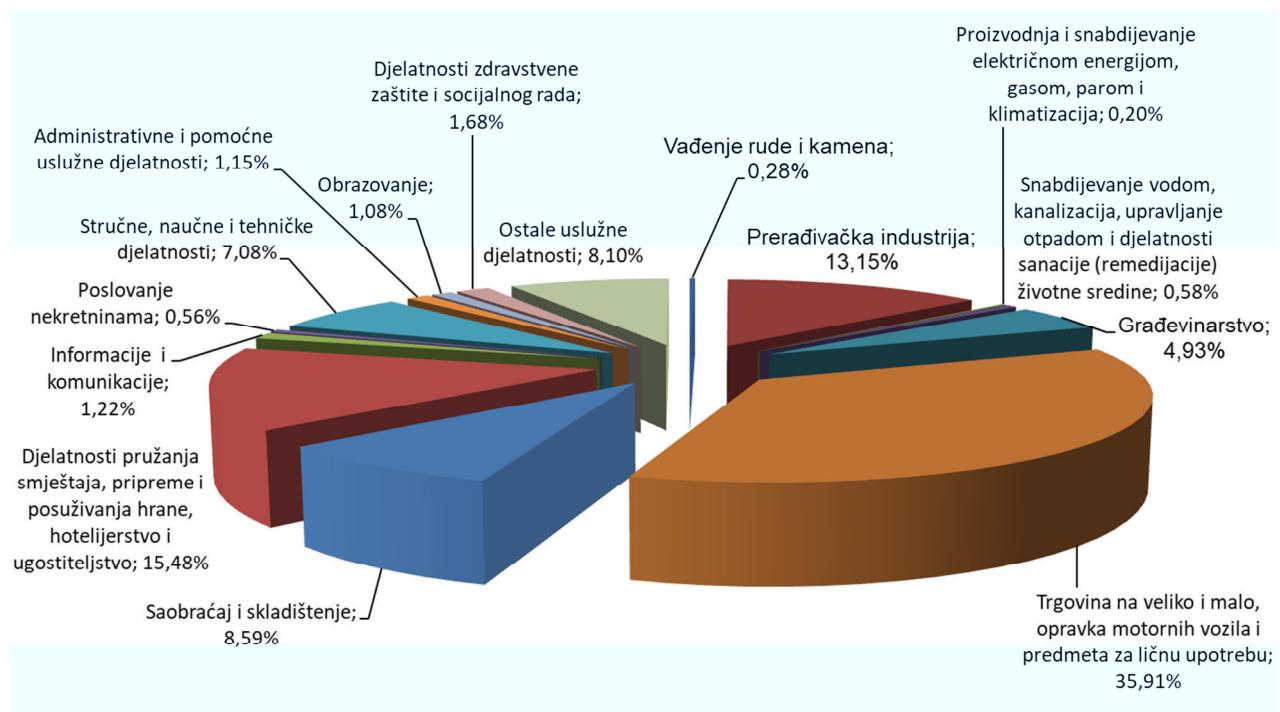
Tabela 2. Uporedna klasifikacija malih i srednjih preduzeća

Definicija EU	Mikro	Mala	Srednja
Broj zaposlenih	< 10	< 50	< 250
Ukupan prihod		< 7 mil €	< 40 mil €
Ukupna sredstva (aktiva)		< 5 mil €	< 27 mil €
Definicija Svjetske banke	Mikro	Mala	Srednja
Broj zaposlenih	< 10	< 50	< 300
Ukupan prihod	< 0.1mi €	< 3 mil €	< 15 mil €
Ukupna sredstva (aktiva)	< 0.1mi €	< 3 mil €	< 15 mil €
Prema našim zakonima	Mikro	Mala	Srednja
Broj zaposlenih	<9	< 50	< 250
Ukupan prihod	-	< 1.65 mil €	< 8.25 mil €
Ukupna sredstva (aktiva)	-	< 1.24 mil €	< 6.2 mil €

1.2.2. STRUKTURA MSP U REPUBLICI SRPSKOJ

Mala i srednja preduzeća predstavljaju oslonac ekonomije Republike Srpske i Bosne i Hercegovine. Kao najpogodniji oblik organizacije privrednog života njihov razvoj pruža mogućnost veće i diverzifikovane proizvodnje i usluga, povećava mobilnost tržišta radne snage, utiče na smanjenje platnog deficitia i ravnomerniji regionalni razvoj, jača materijalnu osnovu za obrazovanje, zdravstvenu zaštitu i mnoge druge društvene djelatnosti.

Na kraju 2018. godine, prema podacima Poreske uprave Republike Srpske, od ukupno registrovanih 40 062 privredna subjekta u Republici Srpskoj, 39 970 su pripadala malim i srednjim preduzećima (pravna lica 17 676, preduzetnici 22 354), a 92 velikim. Prema istim podacima, najveći broj MSP je skoncentrisan u sektorima trgovine na veliko i malo, opravke motornih vozila i predmeta za ličnu upotrebu (33,61%), prerađivačkoj industriji (13,53%), te djelatnosti pružanja smještaja, pripreme i posuživanja hrane, hotelijerstva i ugostiteljstva (11,90%), (Slika 1)[4][5]. Razlog osnivanja manjeg broja MSP u industriji nego u trgovini i uslugama, treba tražiti u znatno većim početnim ulaganjima za proizvodnju nego za usluge.



Slika 1. Struktura malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj po djelnostima (Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske)

U strukturi MSP u Republici Srpskoj su u 2018. godini dominirali mikro subjekti (sa manje od 9 zaposlenih) i to kod pravnih lica sa udjelom od 86,48%, a kod preduzetnika (fizička lica) sa udjelom od 98,49% (Tabela 3).

Tabela 3. Struktura MSP za 2018. godinu

Vrsta subjekta	Pravna lica		Preduzetnici		Zbirno	
MIKRO (do 9 zap.)	15 313	86,93%	22 019	98,49%	37 332	93,39%
MALA (10-49 zap.)	1 853	10,52%	323	1,44%	2 176	5,44%
SREDNJA (50-249 zap.)	450	2,55%	12	0,05%	462	1,16%
UKUPNO	17 616	100%	22 354	100%	39 970	100%

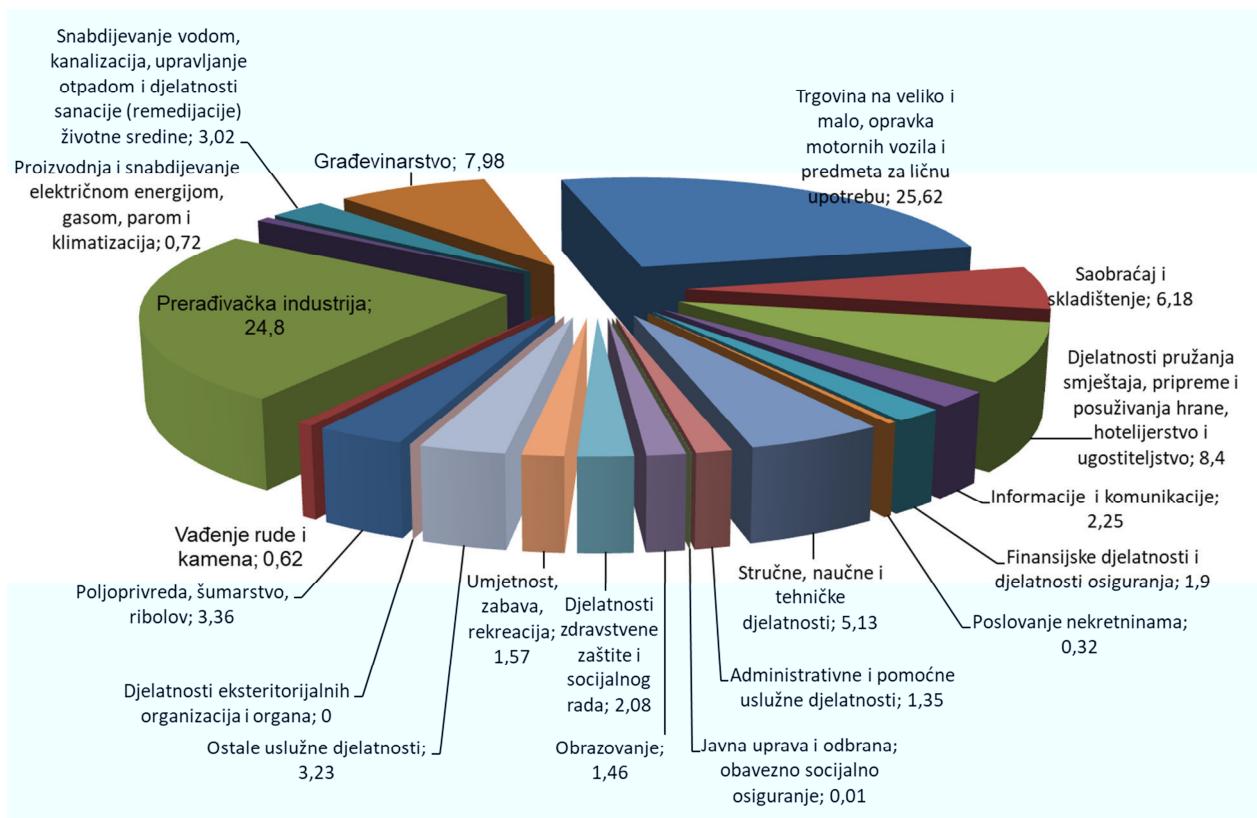
Mala i srednja preduzeća su u 2018. godini zapošljavala ukupno 144 858 radnika, od čega je 103 799 radnika zaposleno u pravnim subjektima, 41 049 kod preduzetnika. Zbirno najveći broj su zapošljavala mikro preduzeća 55 724 ili 38,20%, zatim srednja preduzeća 46 509 ili 31,89% i na kraju mala preduzeća 42 615 ili 29,22% od ukupnog broja zaposlenih u MSP (Tabela 4). Kada su u pitanju pravna lica, najveći broj MSP registrovano je kao duštvo sa ograničenom odgovornošću sa 89,45% udjela, dok ostali čine svega 10,55%[5].

Tabela 4. Broj zaposlenih u MSP za 2018. godinu

Vrsta subjekta	Pravna lica		Preduzetnici		Zbirno	
MIKRO (do 9 zap.)	20 919	20,15%	34 805	82,75%	55 724	38,20%
MALA (10-49 zap.)	37 342	35,88%	5 373	12,77%	42 615	29,22%
SREDNJA (50-249 zap.)	45 638	43,97%	871	2,07%	46 509	31,89%
UKUPNO	103 799	100%	41 049	100%	144 858	100%

Trgovina na veliko i malo, opravka motornih vozila i predmeta za ličnu upotrebu je sektor djelatnosti u kojoj je zaposlen najveći broj radnika u MSP u Republici Srpskoj sa učešćem od 25,62% u ukupnom broju zaposlenih u MSP, dok prerađivačka industrija učestvuje sa 24,80% u ukupnom broju zaposlenih u MSP (Slika 2).

Iz podataka Poreske uprave Republike Srpske, vidljivo je da je u MSP veći broj zaposlenih muškaraca (60,4%) nego žena (39,6%). Slično, isključivo muškarci su vlasnici 65,54% od poslovnih subjekata koji pripadaju MSP, naspram 27,34% ovih subjekata čije su vlasnice isključivo žene [4][5].



Slika 2. Udio zaposlenih u MSP po djelnostima u 2018. godini (Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske)

Ukupan prihod koja su prijavila MSP za 2018. godinu, prema podacima APIF-a, iznose 14 278 096 436 KM. To je učešće sa 72,64% u ukupno ostvarenim prihodima svih poslovnih subjekata u Republici Srpskoj. Najveće učešće u ukupno ostvarenoj neto dobiti MSP ostvareni su u sektorima trgovine na veliko i malo, opravke motornih vozila i predmeta za ličnu upotrebu sa 48,44% te prerađivačkoj industriji sa 20,59% učešća. Pored toga MSP su ostvarila 1 643 782 593KM prihoda od prodaje učinaka na inostranom tržištu, što je čak 70,99% od prodaje svih poslovnih subjekata na inostranom tržištu. Najveći prihod od prodaje na inostranom tržištu ostvarila su MSP iz sektora prerađivačke industrije sa učešćem od 53,90% [5].

Učešće MSP u ukupno ostvarenoj dobiti u 2018. godini iznosi 74,92% naspram učešća velikih preduzeća sa 25,08%. Najveću neto dobit su ostvarila MSP iz trgovine na veliko i malo, opravke motornih vozila i predmeta za ličnu upotrebu sa 31,4136% učešća u strukturi neto dobiti koja su ostvarila MSP, te preduzeća iz sektora prerađivačke industrija sa učešćem od 20,74% [5].

1.2.3. KARAKTERISTIKE MSP-A

Mala i srednja preduzeća razlikuju se od velikih preduzeća u mnogim aspektima, ne samo po broju zaposlenih i veličini kapitala, nego i po načinu na koji su organizovana i načinu prilagođavanja promjenama na tržištu. Ove specifičnosti mogu se svrstati u pet glavnih grupa: organizacija i struktura upravljanja, resursi, marketing aktivnosti, organizacija procesa, i kultura ponašanja [6].

Organizacija i struktura upravljanja

Većina srednjih i gotovo sva mala preduzeća nalaze se u porodičnom vlasništvu, pri čemu vlasnik djeluje i kao generalni menadžer. On je odgovoran za mnoge zadatke i obavlja centralnu ulogu u procesima odlučivanja, te često održava direktnu vezu sa zaposlenima, kupcima i dobavljačima. Stoga, vlasnik obično posjeduje potpuni uvid u sve tehničke, administrativne i organizacione procedure u preduzeću. U želji da kontroliše sopstveni biznis, on obično nije voljan da osnaži moć i autoritet nižih nivoa upravljanja preduzećem. Pored toga, u strukturi upravljanja ovim preduzećima često nedostaju jasno definisani specifični sektori, odnosno postojeći imaju multifunkcionalne uloge. Ovakva organizacija za rezultat ima nizak stepen specijalizacije posla.

Resursi

MSP imaju velika ograničenja u raspoloživim resursima kao što su obrtna sredstva, ljudski resursi i proizvodna oprema. To sputava rad MSP na više načina, kao što su ulaganja u tehnologije, informacione sisteme i druge infrastrukturne projekte u cilju poboljšanja kvaliteta proizvoda i efikasnog upravljanja preduzećem. Oskudni resursi i nedostatak stručnosti u nekim oblastima tehnologije su razlog što MSP rijetko mogu sama postići istraživačke i razvojne aktivnosti. Ovi nedostaci ih čine jako osjetljivim na promjene u okruženju, pa nisu sposobna da se direktno takmiče protiv velikih preduzeća, time ograničavajući njihovu mogućnosti za proširenje poslovanja.

Marketing aktivnosti

MSP obično su fokusirana na ograničena tržišta (lokalna ili regionalna), često zavise od malih kupaca ili su pak strateški vezana za svega nekoliko velikih, glavnih kupaca. U prvom slučaju, MSP imaju tendenciju da se fokusiraju na posebne strategije nastupa na tržištu sa ograničenim linijama proizvoda/usluga, gdje nemaju jake konkurente. U drugom slučaju ona svoje planove i aktivnosti u potpunosti usklađuju sa potrebama velikih kupaca. U oba slučaja vlasnik ili zaposleni obično imaju bliske odnose sa kupcima, tako da specifične zahtjeve kupaca mogu lakše da razumeju. S obzirom da lično znaju svoje klijente, obično su fleksibilni

i u odgovoru na upit kupaca, što može dodatno povećati nivo ispunjenja zahtjeva kupaca i stvaranje povjerenja. Zbog bliskosti sa svojim sadašnjim klijentima, ova preduzeća imaju pristup tačnim i jeftinim tržišnim informacijama, tako da na osnovu njih donose poslovne odluke. Ipak, nedostatak formalnog znanja marketinga, uz gore opisan pasivan marketing odnos sa ograničenim brojem kupaca stvara veliku zavisnost o kupcima. Ovo može lako dovesti do ozbiljnih rizika kada se dese problemi sa jednim ili više glavnih kupaca.

Organizacija procesa

Generalno, MSP nemaju komplikovane procedure i imaju manju standardizaciju procesa. Jednostavni sistemi planiranja i kontrole, neformalna pravila i procedure, te jednostavna i brza interna komunikacija prestavljaju njihovu prednost u odnosu na velika preduzeća i čine ih fleksibilnijim. Većina procesa je prilagodljiva različitim situacijama, a upravljanje istim je više fokusirano na svakodnevni rad, a manje na strateške procese.

Kultura ponašanja

Jednostavnost u procesima i propisima donosi MSP-a otvorenu, neformalanu i jedinstvenu kulturu ponašanja, što zauzvrat podstiče efikasnu komunikaciju i razmjenu znanja. Vlasnici MSP obično definišu cilj i viziju, pravila i kulturu preduzeća, tako da je ponašanje zaposlenih uveliko pod uticajem filozofije i razmišljanja vlasnika preduzeća.

1.3. TRENDJOVI RAZVOJA I ORGANIZOVANJA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA PROIZVODNE DJELATNOSTI

Brojna istraživanja u svijetu tržišne ekonomije pokazuju da se udio MSP-a u odnosu prema velikim preduzećima stalno povećava. Pri tom se svakako ne umanjuje značaj ni velikih preduzeća, ali je zavisnost jednih od drugih sve veća. Novost je u tome što su mala i srednja preduzeća postala sve više konkurentna velikim preduzećima, a uspešno se uključuju i u savremenu globalizaciju poslovanja. Iako većina MSP svoje poslovanje temelji na tradicionalnim tehnikama i tehnologijama, sve je veći broj onih koji prate savremene trendove. U obavljanju svoje delatnosti MSP pokazuju visok stepen inovativnosti i fleksibilnosti u svom okruženju. Iako su i dalje pretežno usmjerena na lokalno tržište, MSP imaju sve značajniju ulogu i u međunarodnoj razmjeni [7].

U BiH mala i srednja preduzeća nemaju dobre prepostavke za uspješan rad na domaćem, odnosno lokalnom tržištu. Poseban problem predstavlja nedovoljan kapacitet za internacionalizaciju poslovanja. Glavni problem ovih preduzeća predstavlja nelojalna

konkurenčija i neuređeno stanje na domaćem tržištu. Sporazum o slobodnoj trgovini otvorio je tržište stranoj robi i uslugama, bez prethodno sprovedenih mjera jačanja i adekvatne zaštite domaće proizvodnje. Pri tome je njihova neadekvatna mobilnost i fleksibilnost posebno došla do izražaja. Iako se fleksibilnost uvijek ističe kao velika prednost ovih preduzeća u odnosu na velike poslovne sisteme, ipak većina njih ima probleme u organizaciji rada, tržišnom nastupu, sporom usvajanju novih proizvoda i tehnologija i neadekvatnim resursima. Problem sa nedostatak resursa je posebno izražen. Ovde se prvenstveno misli na finansijske resurse, kao i resurse u obliku znanja (kvalitet radne snage), nemogućnost nabavke savremene opreme i slično. Svoju šansu na tržištu, kako domaćem tako i na inostranom, mala i srednja proizvodna preduzeća moraju tražiti kroz jačanje konkurenčke sposobnosti. Postizanje konkurenčke prednosti u globalnom okruženju zahtjeva inovativan pristup poslovanju, prevashodno kada se radi o znanju. U tom smislu, upravljanje u MSP mora da bude orijentisano u pravcu ulaganja u znanje i povećanje produktivnosti rada i efekata znanja [8].

S obzirom da MSP karakteriše relativno nizak stepen specijalizacije poslova, upravljačkih i poslovnih funkcija, razvoj menadžment vještina i sposobnosti treba da predstavlja njihov prioritet. Naime, da bi organizacija mogla da funkcioniše, sa njom se mora upravljati i to pravilo važi za MSP. U tom smislu, upravljanje malim i srednjim preduzećima se ne razlikuje u odnosu na proces upravljanja velikim poslovnim sistemima. Ipak mogu se primjetiti neke specifične karakteristike MSP u Republici Srpskoj koje se ogledaju u sljedećem:

- najčešće su u vlasništvu jednog čoveka ili manjeg broja partnera,
- upravljanje je "rezervisano" za vlasnike preduzeća,
- fokusirana su na manje tržišne segmente (lokalnog značaja) ili pak na mali broj velikih (glavnih) kupaca,
- imaju malo tržišno učešće,
- lako se prilagođavaju zahtjevima tržišta,
- fleksibilnost organizacije koja se ogleda u nedostatku jasne podjele rada i strukture,
- veličina preduzeća je mala u odnosu na glavne konkurente u određenoj djelatnosti (prema obimu prodaje, broju zaposlenih i vrijednosti imovine preduzeća) [9].

Na osnovu nevedenog, neophodne su promjene u poslovanju i niz novih prilaza u njihovom razvoju i organizovanju. U osnovi tih prilaza postoji potreba da se preduzeća učine

efikasnijim i efektivnijim. Trendovi razvoja malih i srednjih preduzeća, ciljevi i problemi koji mogu nastati u procesu prilagođavanja, dati su u tabeli 5 [10][11].

Tabela 5. Trendovi razvoja i organizovanja malih i srednjih preduzeća

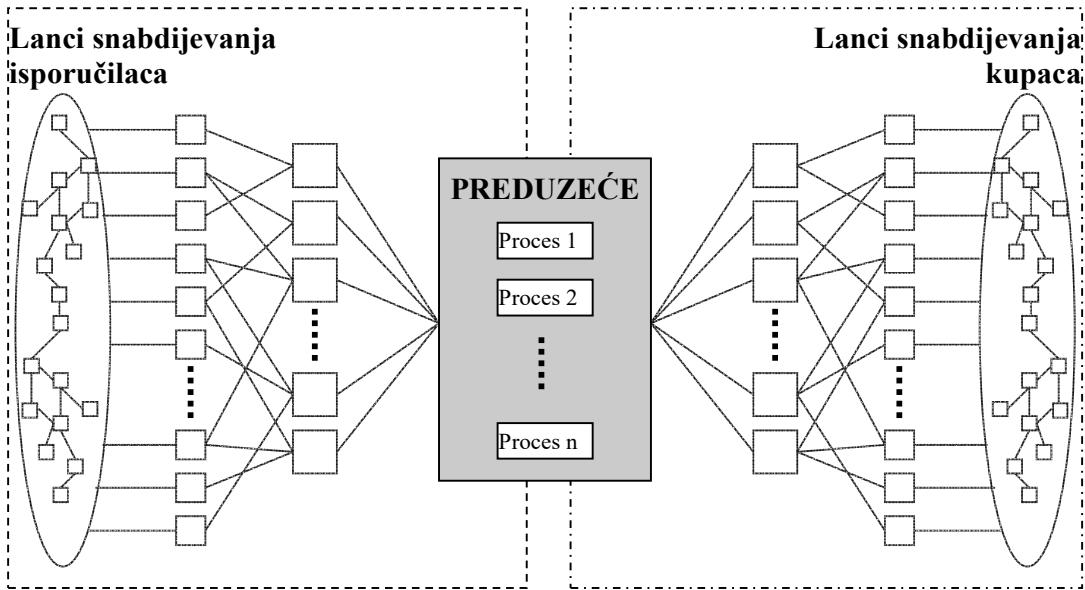
Trend	Cilj	Mogući problemi
Razvoj proizvoda i usluga	Prelaz sa „standardnog“ proizvodnog programa na proizvodni program koji zadovoljava pojedinačne zahtjeve korisnika Povećati razvojni potencijal preduzeća Smanjiti vrijeme od ideje do tržišta	Nestabilnost proizvodnog programa Stalna borba za tržište Pronaći optimalan odnos između kvaliteta programa rada i kvaliteta tehnologija
Razvoj tehnoloških struktura preduzeća	Zamjena radno intenzivnih tehnologija sa novim tehnologijama	Obezbjediti potreban i dovoljan nivo fleksibilnosti tehnoloških struktura preduzeća
Razvoj tokova materijala preduzeća	Smanjenje učešća pripremno završnih vremena Uprošćena mreža tokova materijala Skraćenje ciklusa proizvodnje	Obezbjediti dovoljan stepen iskorišćenosti strukture sistema Uspostaviti kriterijume za podjelu proizvodne strukture na nezavisne cjeline Obezbjediti potreban i dovoljan nivo fleksibilnosti tokova
Razvoj proizvodnih struktura preduzeća	Orijentacija na proizvod, a ne na proces Decentralizacija odgovornosti za učinak, kvalitet i rokove Visoka pogodnost za upravljanje	Obezbjediti multidisciplinarnost umjesto specijalizacije znanja Obezbjediti dovoljan stepen iskorišćenja strukture sistema Obezbjediti potreban i dovoljan nivo fleksibilnosti tokova
Razvoj upravljačkih postupaka	Prelaz sa upravljanja na osnovu dugoročnih predviđanja na upravljanje u kratkim vremenskim intervalima (zasnovano na kratkoročnim predviđanjima i narudžbama kupaca) Nizak nivo zaliha Visok koeficijent obrtaja sredstava Visoka fleksibilnost postupaka upravljanja	Obezbjediti skraćenje vremena podešavanja strukture preduzeća Obezbjediti partnerske odnose sa isporučiocima

2. LANCI SNABDIJEVANJA

U stručnoj literaturi postoji veliki broj radova koji se bave lancima snabdijevanja, ali ih tretiraju s različitih aspekata. Mnogi autori lanac snabdijevanja opisuju kao sistem, mrežu organizacija, niz aktivnosti, integraciju procesa i slično, kroz koji prolaze materijalni, informacioni i finansijski tokovi. Različiti prilazi u definisanju osnovnih elemenata, karakteristika i cilja lanca snabdijevanja postoje zbog različitih shvatanja aktivnosti, procesa i tokova u lancu. Zbog toga, način modeliranja, projektovanja i analize lanca snabdijevanja prije svega zavisi od odgovora na pitanja:

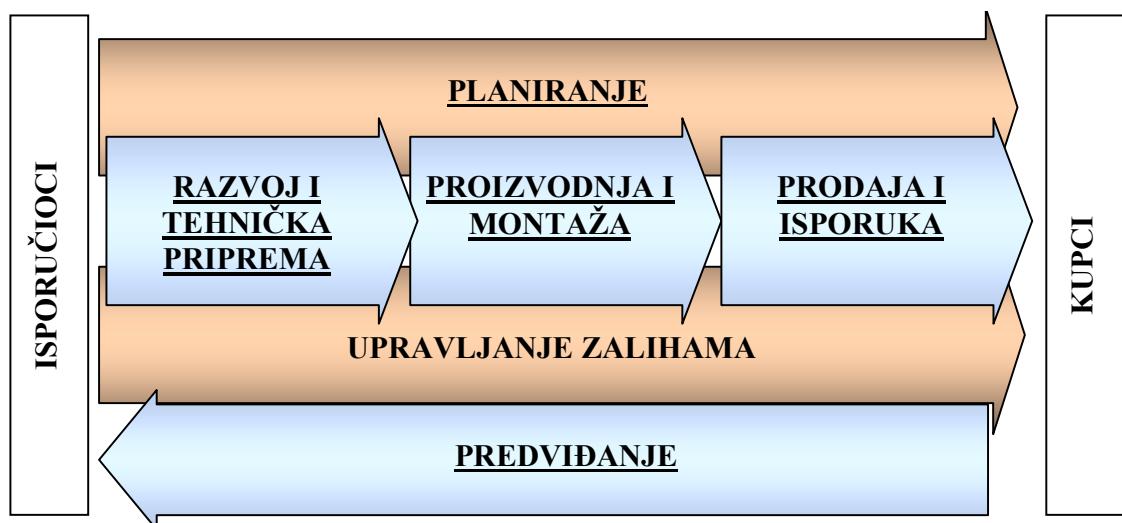
- Šta sačinjava lanac (ko su učesnici, šta su njihovi resursi, gdje se oni nalaze, koji se procesi odvijaju u njemu, na koji način se realizuju materijalni, informacioni i finansijski tokovi i dr.)?
- Na koji način se upravlja lancem (ko donosi odluke, koje upravljačke strategije se koriste, koliki uticaj se može vršiti na pojedine članove lanca i dr.) ?
- Kako odrediti uspješnost funkcionisanja lanca (koje performanse pratiti, kako i gdje izvršiti njihovu kvantifikaciju, kako postaviti ciljne performanse, kako sprovoditi benchmarking i sl.)? [12][13].

U posljednjih nekoliko decenija trend je da se lanac snabdijevanja posmatra kao jedna cjelina sastavljena od više sekvenčionalnih lanaca. Lanac snabdijevanja može biti uspostavljen između različitih organizacija (proizvodnih, uslužnih, trgovinskih i finansijskih), kao i između različitih funkcija ili različitih aktivnosti unutar jedne organizacije. Lanac snabdijevanja koji se sastoji od dvije ili više pravno nezavisnih organizacija, povezane tokovima materijala, informacija i finansija, često se naziva interorganizacioni lanac snabdijevanja. U ovakvom lancu preduzeće predstavlja samo jednu kariku povezanu sa isporučiocima materijala sa jedne strane i kupcima s druge strane (Slika 3). Tako isporučiocci preko svojih lanaca snabdijevanja obezbjeđuju ulaze za lanac snabdijevanja preduzeća, a izlazi iz lanca snabdijevanja preduzeća postaju dio lanca snabdijevanja kupaca.



Slika 3. Preduzeće kao dio mreže lanaca snabdijevanja

Preduzeće integracijom svojih procesa stvara vlastiti lanac snabdijevanja, sa krajnjim ciljem povećanja svoje efikasnosti i efektivnosti. Ovaj lanac predstavlja integriran skup poslovnih procesa, koji usmjeravaju sve aktivnosti preduzeća od predviđanja, preko planiranja, upravljanja zalihami, pa do isporuke gotovih proizvoda krajnjem korisniku (Slika 4). Osnovni ciljevi efektivnog i efikasnog lanca snabdijevanja nalaze se u JIT (Just in Time) konceptu, odnosno u zahtjevu da se isporuči pravi proizvod, u pravo vrijeme, u pravoj količini i na pravom mjestu. Za realizaciju ovih zahtjeva moraju biti preuzete ciljno usmjerene aktivnosti kako bi se osiguralo da svi procesi lanca snabdijevanja funkcionišu efikasno [11].



Slika 4. Lanac snabdijevanja proizvodnog sistema

2.1. POJAM LANCA SNABDIJEVANJA

U cilju boljeg sagledavanja različitih pristupa pri definisanju lanaca snabdijevanja, u nastavku je dat hronološki pregled nekih od najcitanijih definicija pojmove lana snabdijevanja.

Stewart (1995) lanac snabdijevanja definiše kao niz logističkih i informacionih elemenata koji su prožeti zahtjevima tržišta s jedne strane i isporukom određenog proizvoda/usluge korisniku s druge strane [14].

Prema Beamon (1998), lanac snabdijevanja se može definisati kao integrисани proces u kome se nalaze različiti poslovni entiteti (kao što su snabdjevači, proizvođači, distributeri i trgovci) koji rade zajedno u cilju da: (1) nabavljaju sirovine, (2) pretvaraju sirovine u određene gotove proizvode i (3) isporučuju ove gotove proizvode korisnicima. Ovakav lanac je tradicionalno okarakterisan tokom materijala i povratnim tokom informacija [15].

Mentzer i drugi (2001) definišu lanac snabdijevanja kao niz od tri ili više entiteta (organizacionih ili pojedinačnih) koji su direktno uključeni u dvosmjerne tokove proizvoda, usluga, finansijskih i/ili informacija od izvorišta do korisnika [16].

Min i Zhou (2002) posmatraju lanac snabdijevanja kao integrисани sistem koji sinhronizuje niz međuzavisnih poslovnih procesa u cilju da se: (1) nabavljaju sirovine i dijelovi; (2) sirovine i dijelovi transformišu u gotove proizvode; (3) dodaje vrijednost proizvodima; (4) proizvodi distribuiraju i promovišu bilo prodavcima bilo krajnjim korisnicima; (5) olakša razmjena informacija između različitih poslovnih entiteta (kao što su isporučioci, proizvođači, distributeri, logistički davaoci usluga i prodaja) [17].

Chan i drugi (2006) lanac snabdijevanja posmatraju kao mrežu cjeline koje rade zajedno na postizanju globalnih zajedničkih ciljeva, kao što su smanjuje ukupnih troškova, ili smanjenje nivoa zaliha. Kroz ovu mrežu sirovine se nabavljaju, transformišu i isporučuju potrošačima na tržištu. Pri tome upravljanje lancem snabdijevanja prestavlja čin optimizacije svih aktivnosti u lancu snabdijevanja, tako da se proizvodi i usluge pružaju u pravoj količini, u pravo vreme i uz optimalne troškove [18].

Wallace (2007): Lanac snabdijevanja prestavlja ciljno orijentisanu mrežu procesa i skladišta koja se koristi da isporuči dobra i usluge kupcima. U ovoj definiciji, proces

prestavlja individualnu aktivnost uključenu u proizvodnju i distribuciju dobara i usluga. To su obično proizvodne operacije, servisne operacije, operacije razvoja pa čak i pravni postupci [19].

Pienar V. (2009) definiše lanac snabdijevanja kao integraciju procesa od transformacije sirovina u gotove proizvode do isporuke istih krajnjem korisniku [20].

Iz navedenog se može zaključiti da još uvijek ne postoji opšteprihvaćena definicija lanca snabdijevanja, niti njegovog upravljanja. To je posljedica kompleksnosti i raznovrsnosti lanaca snabdijevanja u odnosu na:

- vrstu i karakteristike proizvoda/industrije,
- ciljno tržište,
- politiku i izvore snabdijevanja,
- broj članova lanca i njihov uticaj na rad lanca, njihovu geografsku poziciju, veličinu,
- načine realizacije informacionih tokova i sl.

2.2. UPRAVLJANJE LANCIMA SNABDIJEVANJA

Kako upravljati lancima snabdijevanja tako da organizacioni sistemi permanentno poboljšavaju svoju efikasnost i efektivnost, jedno je od ključnih pitanja u današnjem vremenu globalizacije. U cilju davanja odgovora na ovo pitanje, mnogi istraživači problema upravljanja lancima snabdijevanja su davali svoje definicije ili tumačenja navedenog problema.

Lambert i Cooper (2000) definišu upravljanje lancem snabdijevanja kao integraciju ključnih poslovnih procesa od krajnjeg korisnika do početnih isporučilaca koji obezbjeđuju proizvode, usluge i informacije koje dodaju vrijednost za korisnike i ostale ulagače [21].

Prema Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2003), upravljanje lancem snabdijevanja (SCM) se odnosi na "skup metoda koje se koriste za efikasno koordinisanje dobavljača, proizvođača, skladišta i prodaje, tako da se roba proizvodi i distribuira u ispravnim količinama, na odgovarajuće lokacije, i u pravo vreme, kako bi se smanjili troškovi, a sistem zadovoljio zahtjevani nivo usluge [22].

Hensher i Brewer (2004) smatraju da upravljanje lancem snabdijevanja obuhvata cjelokupan niz poslovnih i upravljačkih aktivnosti koje se koriste za pretvaranje ulaznih resursa u proizvode i usluge [23].

Prema Grantu i saradnicima (2006), upravljanje lancem snabdijevanja se odnosi na integraciju svih poslovnih procesa od dobavljača do krajnjih korisnika, kroz koje se obezbeđuju podaci, dobra i usluge, te koje daju dodatne vrijednosti za kupce [24].

Supply Chain Management Professionals' Council (2009) navodi da upravljanje lancem snabdijevanja (SCM) obuhvata projektovanje i upravljanje svim aktivnostima uključenim u procese snabdijevanja, kupovinu, transformaciju i upravljanje logistikom. U principu, ovo uključuje koordinaciju i partnerstvo između povezanih partnera, koji mogu biti dobavljači, posrednici, pružaoci usluga preko treće strane i potrošači. U osnovi, upravljanje lancem snabdijevanja (SCM) koordinira upravljanje ponudom i potražnjom unutar i među kompanijama [25].

U suštini navedenih definicija navodi se da lanac snabdijevanja mora biti kontrolisan u cilju brzine i pouzdanosti, ekonomičan i dovoljno fleksibilan da zadovolji zahtjeve kupaca. Cilj upravljanja lancem snabdijevanja je podizanje njegove konkurentnosti preko podizanja nivoa usluge korisnika s jedne strane i snižavanja ukupnih troškova lanca s druge strane. Stoga je za postizanje zadatog cilja neophodno izvršiti integraciju i sinhronizaciju aktivnosti i procesa svih učesnika u lancu na svim nivoima od strateškog do operativnog. Iako su svi članovi lanca snabdijevanja ujedinjeni u cilju povećanja ukupnih performansi, svaki član ponaosob iskazuje posebna interesovanja za pojedine procese unutar lanca snabdijevanja. Različita područja interesovanja i različiti ciljevi pojedinaca postavljaju barijere u implementaciji lanca snabdijevanja [13].

2.3. MJERENJE PERFORMANSI LANCA SNABDIJEVANJA

2.3.1. OPŠTE

Razvoj, uvođenje, primjena i stalna unapređenja sistema za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja SCPMS (*Supply Chain Performance Measurement System*) predstavljaju neophodan preduslov za uspješno upravljanje i unapređenje lanca snabdijevanja. Ovaj sistem se može definisati kao skup elemenata koji se koriste za kvantifikovanje efektivnosti i efikasnosti akcija, pri čemu se efektivnost odnosi na mjeru ostvarivanja definisanih ciljeva lanca snabdijevanja u cjelini (raditi prave stvari), a efikasnost na mjeru ekonomičnog korišćenja resursa unutar lanca snabdijevanja (raditi na pravi način). Mjerjenje performansi lanca sanbdijevanja koristi se za utvrđivanje efektivnosti i efikasnosti lanca kao i za poređenje različitih alternativa kroz određivanje vrijednosti varijabli lanca koje daju najpoželjniji nivo perfomansi.

U 90-im godinama prošlog vijeka mnogi autori (Kaplan & Norton, Beamon, Lambert i drugi) su počeli isticati nedostatke tradicionalnih sistema mjerjenja organizacionih performansi reprezentovanih isključivo kroz finansijske pokazatelje. Spoznaja da tradicionalne mjere organizacionih performansi nisu dovoljne za upravljanje performansama u poduzećima koja nastupaju na modernim tržištima, kao i spoznaja o važnosti nefinansijske i nematerijalne imovine za stratešku realizaciju, dovele su do formulacije novih pristupa i modela mjerjenja organizacijskih performansi. To je za rezultat imalo razvoj balansiranih ili multidimenzionalnih mjera performansi koja uzimaju u obzir i nefinansijske, eksterne i budućnosti orijentisane mjere performansi [15][21][29].

Generalno, istraživanja sistema za mjerjenje performansi fokusiraju se na analizi sistema koji su već u upotrebi, kategorisanje mjera performansi, proučavanje mjera unutar kategorija i izgradnji pravila i okvira po kojima će sistemi za mjerjenje performansi biti primjenjeni na različite tipove sistema. Ista istraživanja ističu da sistem mjerjenja performansi mora pružiti informacije za sve hijerarhijske nivoe upravljanja i u tom smislu primjenjive mjere performansi svrstavaju u grupe na strateškom, taktičkom i operativnom nivou (Tabela 6) [26][27].

Velik broj objavljenih istraživanja sugerije da finansijski podaci imaju ograničenja kao mjerila performansi preduzeća, i da kao takva ne mogu dati dobru sliku o uspješnosti

sistema. Stoga se predlaže primjena uravnoteženog okvira finansijskih i nefinansijskih mjera performansi [28][29][30][31].

Tabela 6. Performanse i mjere performansi lanca snabdijevanja na razlicitim nivoima odlucivanja

Procesi lanca snabdijevanja	Mjere performansi		
	Strateški nivo	Taktički nivo	Operativni nivo
Planiranje	<ul style="list-style-type: none"> - Nivo prepoznatljivosti vrijednosti proizvoda, - Varijante naspram budžeta - Vrijeme pripreme narudžbi - Troškovi obrade informacija - Vrijeme ciklusa razvoja proizvoda - ... 	<ul style="list-style-type: none"> -Vrijeme obrade zahtjeva kupaca, -Vrijeme ciklusa razvoja proizvoda, -Ciklus planiranja procesa, -Način vođenja narudžbi ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Produktivnost ...
Snabdijevanje	<ul style="list-style-type: none"> - Vrijeme realizacije narudžbi naspram tržišnih normi, - Nivo kvaliteta, - Popusti, - Cijene u odnosu na konkurenčiju ... 	<ul style="list-style-type: none"> -Vrijeme realizacije narudžbi naspram tržišnih normi, -Efikasnost realizacije narudžbi, -Cijene u odnosu na konkurenčiju, -Efikasnost novčanih tokova, -Fleksibilnost kapaciteta -... 	<ul style="list-style-type: none"> - Cijene u odnosu na konkurenčiju, - Pridržavanje usvojenih planova, - Spremnost za prihvatanje primjedbi ...
Proizvodnja / Montaža	<ul style="list-style-type: none"> - Asortiman proizvoda i usluga ... 	<ul style="list-style-type: none"> -Asortiman proizvoda i usluga -Procenat škarta, -Troškovi ciklusa proizvodnje ... -Iskorišćenost kapaciteta -... 	<ul style="list-style-type: none"> - Procenat škarta, - Troškovi ciklusa proizvodnje - Iskorišćenost kapaciteta - Produktivnost ... - ...
Isporuka	<ul style="list-style-type: none"> - Fleksibilnost sistema da ispunji zahtjeve korisnika, - Efektivnost ispunjenja plana prodaje/isporuke - ... 	<ul style="list-style-type: none"> -Fleksibilnost sistema da ispunji zahtjeve korisnika, -Efektivnost ispunjenja plana prodaje/isporuke, -Procenat završene robe u prometu, -Pouzdanost isporuke -... 	<ul style="list-style-type: none"> - Pouzdanost isporuke, - Kvalitet isporučene robe, - Isporuka na vrijeme, - Procenat hitnih isporuka

Prvenstveno imajući u vidu strukturu lanaca snabdijevanja, dosta autora (Stewart, Gunasekaran, Shepherd C & Gunter, te Theeranuphattana & Tang), mjere performansi lanaca snabdijevanja svrstavaju u nekoliko kategorija uključujući planiranje, nabavku, proizvodnju i isporuku (Tabela 6). Ovakav okvir za praćenje mjera performansi lanca snabdijevanja, iako logičan, često vodi tome da menadžeri donose odluke koje najviše odgovaraju dijelu kojim oni upravljaju, istovremeno namjerno ili zbog nedostatka informacija zanemarujući sinergijski efekat lanca snabdijevanja kao cijeline [27][32][33][34][35].

Studija Kaplana i Nortona (1996) o konceptu *Balanced Scorecard* potvrđuje prednosti usvajanja višedimenzionalnih pristupa upravljanju performansama. *Balanced Scorecard* omogućava kompanijama da razmotre mјere koje se mogu izmjeriti i koje mogu značajno uticati na uspjeh poslovanja. U tom smislu razmatrane su četiri perspektive mјera performansi koje predstavljaju okvir za procjenu i kvantitativnih i kvalitativnih mјera učinka, i to: finansijska perspektiva, perspektiva kupca, perspektiva internih procesa i perspektiva učenja i razvoja [37][38].

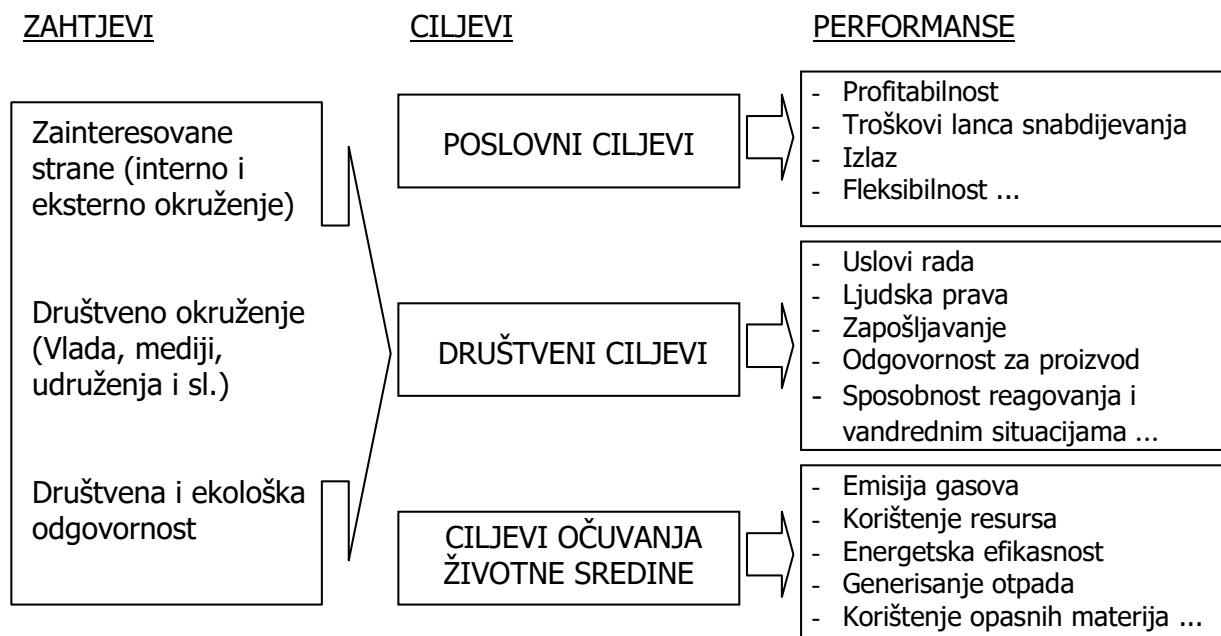
Tabela 7. Ciljevi mјera performansi

Kategorija mјera	Cilj	Namjera (Svrha)
Resursi	Veći nivo efikasnosti	Efikasnja upotreba resursa je od kritičnog značaja za postizanje profitabilnosti
Izlaz	Viši nivo usluge korisnika	Bez prihvatljivih outputa, kupci će se okrenuti ka drugim lancima snabdijevanja
Fleksibilnost	Sposobnost odgovora na promjene u okruženju	U neizvjesnom okruženju, lanci snabdijevanja moraju biti u stanju da odgovore na promjene

Bouman (1998) prema tada dostupnoj literaturi, primjećuje da postojeći modeli lanaca snabdijevanja uglavnom koriste kombinaciju mјera troškova i mјera odgovora na zahtjeve kupaca [15]. Mјere troškova obično obuhvataju troškove zaliha i operativne troškove lanaca snabdijevanja, dok se mјere odgovora na zahtjeve kupaca fokusiraju na vrijeme isporuke, vjerovatnoću i stepen ispunjenja zahtjeva i sl. Pri tom autor naglašava da pored ovih, uglavnom kvantitativnih mјera, sve više autora prepoznaje i druge pogodne mјere performansi, koje zbog svoje kvalitativne prirode nisu adekvatno korištene u istraživanju lanaca snabdijevanja. Kao primjere takvih mјera navodi: zadovoljstvo korisnika, protok informacija, performanse dobavljača, kao i upravljanje rizikom. Autor predlaže novi okvir za klasifikovanje mјera performansi (Tabela 7), pri čemu su korišćenje resursa, željeni izlaz i

fleksibilnost (koliko dobro sistem reaguje na neizvjesnost) identifikovani kao vitalne komponente za uspjeh lanca snabdijevanja [15].

Savremeni pristupi mjerjenju performansi lanaca snabdijevanja sve više uključuju i druge dimenzije koje nisu uvijek direktno povezane sa poslovnim procesima. Tako neki autori (Diabat i Govindan, Varsei i sar., Fletcher i sar.) naglašavaju da je za uspostavljanje i upravljanje održivim lancem snabdijevanja potrebno pored poslovnih procesa sagledati i druge aspekte kao što su društveni uticaji i uticaji na životnu sredinu. Autori sugerisu da razvoj sistema za mjerjenja performansi treba, pored zahtjeva zainteresovanih strana, biti vođen i politikom društveno i ekološki odgovornog poslovanja. Naime, organizacije su primorane da zadovolje interes svogih primarnih zainteresovanih strana kako bi osigurale održivost svoga poslovanja, pa zainteresovane strane mogu uticati na njih da prate ispunjenost specifičnih (njima interesantnih) ciljeva. Društveno okruženje (npr. vlade, mediji i javna udruženja), takođe koriste pritisak da utiču na organizaciono ponašanje i donošenje odluka. Takav pritisak postepeno stvara organizaciona pravila koja podstiču društvenu i ekološku odgovornost preduzeća (Slika 5) [39][40][41].



Slika 5. Širi okvir za definisanje performansi lanca snabdijevanja

2.3.2. OKVIR ZA MJERENJE PERFORMANSI LANACA SNBDIJEVANJA

Za svaki lanac snabdijevanja potrebno je odrediti mjere performansi i njihove ciljne vrijednosti koje odgovaraju prirodi lanca. Prilikom selekcije mjera treba razmotriti važna pitanja kao što su: Šta se mjeri? Kako su pojedinačne mjere integrisane u jedinstven mjerne sistem? Koliko često mjeriti? Kako i kada se mjere preispituju? Da li su i kako mjere povezane sa strategijom i ciljevima upravljanja lancem snabdijevanja?

Efikasan sistem za mjerjenje performansi, prema Beamon (1999), karakteriše inkluzivnost (obuhvata mjerjenje svih relevantnih aspekata), univerzalnost (omogućava poređenje pod različitim uslovima rada), mjerljivost (podaci su mjerljivi) i dosljednost (mjere su usklađene sa ciljevima organizacije) [43].

Imajući u vidu navedeno, okvir za mjerjenje performansi lanaca snabdijevanja treba da prati sljedećih pet smjernica:

1. Koristiti više mjera performansi

Upotreba samo jedne mjere performansi (ili kategorije) izgleda privlačno zbog svoje jednostavnosti. Međutim, teško da jedna mjera performansi (ili jedna kategorija) može adekvatno da opiše ponašanje sistema. Stoga se sveobuhvatnost najčešće identificuje kao najveća slabost sistema mjerjenja performansi sa jednom mjerom performansi [43]. Naime, da bi mjera bila sveobuhvatna, ona mora da mjeri sve relevantne aspekte lanca snabdijevanja. Na primjer, preduzeće može da odluči da prati troškove kao jedinu mjeru performansi svoga lanca snabdijevanja. Mada u većini slučajeva ima smisla upravljati lancem snabdijevanja tako da posluje pod minimalnim troškovima, u isto vrijeme lanac snabdijevanja može da loše reaguje na zahtjeve kupaca ili pak da nema dovoljnu fleksibilnost u prilagođavanju na promjene u potražnji.

2. Preći granice između učesnika u lancu snabdijevanja

Sistem mjerjenja performansi lanca snabdijevanja mora prelaziti granice odjeljenja ili čak granice preduzeća. Za uspostavljanje sistema mjerjenja performansi lanca snabdijevanja neophodno je uzeti u obzir cijeli sistem. Na primjer, nivo zaliha treba biti analiziran u cijelom lancu snabdijevanja, bez obzira ko je vlasnik ili gdje se nalaze zalihe. Praćenje mjera performansi lanca snabdijevanja bazirano isključivo na strukturi lanca, iako logično, često vodi tome da je upravljanje lancem snabdijevanja usmjereno ka lokalnim poboljšanjima, istovremeno zanemarujući sinergijski efekat lanca snabdijevanja kao cjeline [13][35].

3. Izabrani skup mjera performansi treba da bude direktno povezan sa strategijom upravljanja lancem snabdijevanja

Izabrani skup mjera performansi lanca snabdijevanja treba da bude u direktnoj vezi sa strategijom upravljanja lancem snabdijevanja. Izabrane upravljačke strategije proističu iz zahtjeva za podizanjem nivoa efikasnosti (bolje iskorištenje resursa), efektivnosti (poboljšanje usluge korisniku) i fleksibilnosti (sposobnost odgovora na promjene u okruženju) [44]. Strateški ciljevi rijetko podrazumjevaju samo jednu mjeru performansi, oni obično ukazuju na više, i nisu uvijek jasno definisani. Na primjer, kvalitet proizvoda može se mjeriti na različite načine u zavisnosti od izabrane strategije (Tabela 8). Iako može biti teško izabratи pojedinačne mjerne performansi, neophodno je da se mjerne performansi usklade sa strateškim ciljevima organizacije. Maskell (1991) navodi dva glavna razloga za uspostavljanje i održavanje ove veze i to:

- preduzeće može da utvrdi da li njegove performanse ispunjavaju zadane strateške ciljeve i
- ljudi u organizaciji će se koncentrisati na ono što se mjeri, tako da će mjerne performansi usmjeravati buduće aktivnosti preduzeća [28].

Sistem mjerjenja performansi mora biti usko povezan sa ovim aktivnostima. Tako, na primjer, ako je strateško dejstvo brz odgovor na potrebe klijenata kako bi se stekla prednost nad konkurentima, onda bi fleksibilnost lanca snabdijevanja (iskazana kroz brzinu reagovanja i prilagođavanja promjenama) trebala biti osnovni kriterijum za praćenje i ocjenu [45].

Tabela 8. Veza između strateških ciljeva i mjera performansi

Strateški ciljevi	Implementirani sistem mjera performansi
Preduzeće XYZ će obezbjediti kvalitetne po narudžbi razvijene proizvode uz što je moguće manje troškove	<i>Troškovi kvaliteta proizvoda</i>
Preduzeće XYZ će proizvoditi proizvod X i konstantno ga isporučivati kupcima na vrijeme uz minimalne troškove	<i>Troškovi kašnjenja proizvoda</i>
Preduzeće XYZ će proizvoditi visoko kvalitetne proizvode koji će zadovoljiti buduće zahtjeve kupaca	<i>Troškovi fleksibilnosti proizvoda</i>

4. Ne oslanjati se isključivo na troškove kao mjere performansi lanca snabdijevanja

Mjere performansi vezane za troškove često su primjenjene na mnoge modele lanaca snabdijevanja. Iako su troškovi kao mjera resursa vrlo važni, postoje problemi u oslanjanju na troškove kao jedinoj mjeri performansi. Maskell identificira mnoge nedostatke tradicionalnog upravljačkog računovodstva. Ti problemi uključuju nedostatke relevantnosti kategorija troškova, raspodjele troškova (naročito režijski troškovi) i kasnog dostavljanja izvještaja kako bi bili korisni [28]. Li i Bilington (1992) identificiraju mnoge nedostatke u ovakvom upravljanju lancem snabdijevanja, a jedan od identifikovanih problema je i netačna procjena troškova zaliha [46]. Ovaj problem je uvećan praksom primjene metoda obračuna troškova, kao što su režijski troškovi i ostali izostavljeni troškovi zaliha.

5. Primjeniti uravnoteženi skup finansijskih i nefinansijskih mjera performansi

Mnogi autori sugeriraju da finansijski podaci imaju ograničenja kao mjerilo performansi preduzeća, i da kao takvi ne mogu dati dobru sliku uspješnosti sistema. Stoga, oni predlažu kombinaciju finansijskih i nefinansijskih mjera performansi. Oni navode dobre primjere primjene finansijskih mjera u kratkoročnoj analizi, dok istovremeno ukazuju na primjere gdje finansijske mjerne performansi ne daju dobru sliku o dugoročnoj koristi od odluka i radnji koje se donose sada. Kao primjer navode ulaganja u istraživanje i razvoj ili marketing aktivnosti koja su bitna za budući nastup na tržištu, ali po računovodstvenim pravilima ovi troškovi se knjiže u periodu kada su nastali i tako smanjuju profit u sadašnjem periodu [28][29][31][44].

2.3.3. IZBOR MJERA PERFORMANSI LANCA SNABDIJEVANJA

Proces izbora odgovarajućih mjerne performansi lanca snabdijevanja je težak zbog složenosti malih i srednjih preduzeća kao i zbog postojanja velikog broja raspoloživih (u literaturi opisanih) mjerne performansi. Pored toga, različiti pristupi definisanju lanaca snabdijevanja dovode i do različitih koncepata definisanja samih performansi lanaca snabdijevanja [35][47]. Donošenje odluke koji od modela ili kombinaciju modela treba primjeniti i prilagoditi potrebama određenog lanca snabdijevanja otežava činjenica da je svaki lanac snabdijevanja u suštini jedinstven. Zato je neophodno za svaki lanac snabdijevanja posebno razviti i implementirati sistem za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja.

Kao posljedica nedostatka odgovarajućih mjerne performansi u lancu snabdijevanja i/ili pogrešnog načina njihove kvantifikacije dolazi do:

- pojave grešaka u ispunjavanju zahtjeva i očekivanja korisnika,

- lokalne optimizacije performansi (jednog učesnika lanca, jedne cjeline u preduzeću i sl.),
- propuštenih šansi za podizanje konkurentnosti lanca i
- pojave konflikata unutar samog lanca snabdijevanja.

Poređenjem modela opisanih u poglavlju 2.3.1, uvažavajući opšte preporuke za razvoj i projektovanje sistema za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja, navedena u prethodnom poglavlju, proizvodna preduzeća treba da uspostave vlastiti sistem koji treba da bude u direktnoj vezi sa strukturom i strategijom upravljanja lancem snabdijevanja (Tabela 9) [44][48][49].

Tabela 9. Okvir za definisanje sistema za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja

Struktura lanca snabdijevanja	Upravljanje lancem snabdijevanja	Vrsta	Performanse
			Mjere performansi
		Resursi	<ul style="list-style-type: none"> - Angažovana sredstva - Produktivnost - Iskorištenje kapaciteta - Obrt zaliha ...
Učesnici			
Resursi	Ko upravlja lancem snabdijevanja?		<ul style="list-style-type: none"> - Vrijednost realizovanih narudžbi
Procesi		Izlaz	<ul style="list-style-type: none"> - Pravovremenost isporuke
Materijalni tokovi	Koje upravljačke strategije se koriste?		<ul style="list-style-type: none"> - Zadovoljstvo korisnika - Troškovi neusaglašenosti ...
Informacioni tokovi		Fleksibilnost	<ul style="list-style-type: none"> - Fleksibilnost rokova isporuke - Fleksibilnost obima isporuke - Fleksibilnost asortimana proizvoda - Fleksibilnost nabavke ...

2.3.3.1 MJERE RESURSA

Pod resursima lanca snabdijevanja obično se podrazumijevaju materijalni resursi, finansijski resursi, kadrovski resursi, oprema, energija, znanje i slično. Praćenje resursa se vrši u cilju utvrđivanja minimalnih zahtjeva za resursima (kvantitet) i utvrđivanja efikasnosti iskorištenja resursa. Efikasna upotreba resursa je od kritičnog značaja za postizanje profitabilnosti lanca snabdijevanja. Manjak resursa gotovo uvijek negativno utiče na izlaze lanca snabdijevanja. U tom smislu, lanac snabdijevanja se može rekonfigurisati tako da uz

minimalne resurse ispunjava trenutno traženi nivo izlaza i time povećati njegova efikasnost [35][43][48]. Ipak, nepostojanje „viška“ resursa smanjuje fleksibilnost lanca snabdijevanja, odnosno smanjuje njegovu sposobnost da prati dinamičku prirodu potražnje. Na ovaj način resursi su direktno povezani sa performansama izlaza i fleksibilnosti lanca snabdijevanja.

Najčešće u literaturi navođeni primjeri mjera performansi resursa lanca snabdijevanja odnose se na troškove, zalihe, osnovna sredstava i investicije [11][13][43].

Troškovi

Cilj svakog lanca snabdijevanja je sticanje dobiti i podizanje konkurentske prednosti. Jedan od najčešće korištenih načina za postizanje ovog cilja je snižavanje ukupnih troškova lanca snabdijevanja. Troškovi se mogu iskazati preko različitih mera performansi (respektujući različite vrste troškova, različite nosioce troškova i različite načine obračuna troškova). Za lance snabdijevanja potrebno je pratiti ukupne troškove lanca, ali i troškove po poslovnim procesima (koji zavise od strukture lanca snabdijevanja). Tako razlikujemo troškove nabavke, troškove proizvodnje, troškove vezane uz održavanje zaliha, troškove transporta i distribucije, troškove skladištenja, troškove informacionih tehnologija i druge. Pored navedenih grupa troškova, za određene tipove lanaca snabdijevanja relevantno je pratiti i neke druge troškove, kao što su na primjer troškovi marketing aktivnosti, troškovi razvoja, troškovi garancije i drugi [11][15][50].

Uobičajene mjere performansi u domenu troškova su:

- *Troškovi resursa*, koji prestavljaju troškove nabavke, održavanje, eksploataciju i druge troškove vezane uz resurse.
- *Distributivni troškovi*, koji podrazumijevaju troškove distribucije resursa, uključujući prevoz i troškove rukovanja.
- *Troškovi proizvodnje*, koji obuhvataju ukupne troškove proizvodnje (rad, održavanje, troškovi popravke i dr).
- *Troškovi održavanja zaliha*, koji obuhvataju sve troškove u vezi sa održavanjem zaliha ulaznih materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda.

Zalihe

Za određivanje optimalnog nivoa zaliha u lancu snabdijevanja mora se sprovesti odgovarajuća analiza zaliha sa aspekta njihovog mesta u lancu snabdijevanja, funkcije, strukture, vrijednosti, upravljačkih strategija i parametara, troškova i sl. Uobičajene mjere performansi u domenu zaliha su:

- *Obrt zaliha*, koji se definiše kao odnos ukupne potrošnje materijala u određenom vremenskom periodu i srednjeg nivoa zaliha u istom vremenskom intervalu.
- *Starost zaliha*, koja se definiše kao prosječno vrijeme koje proizvodi provedu na zalihamu.
- *Prosječan nivo zaliha* prestavlja prosječnu vrijednost zaliha gotovih proizvoda tokom vremena i predstavlja dobru mjeru performansi pri poređenju funkcionisanja lanca snabdijevanja u različitim scenarijima [11][50].

Osnovna sredstva

Osnovna sredstva obuhvataju širok spektar resursa koji uključuju proizvodne, skladišne, distributivne i prodajne kapacitete. Uobičajene mjere performansi u domenu osnovnih sredstava su:

- *Instalisani kapaciteti*, obično kvantitativno izraženi (tone, radni sati, litri i sl.) po jedinici vremena (dan, mjesec, godina i sl.).
- *Iskorištenost kapaciteta*, koja prestavlja odnos između potrebnih kapaciteta i raspoloživih kapaciteta, najčešće izražen u procentima.
- *Koefficijent protoka* koji pokazuje koliko je stvarni ciklus proizvodnje veći od teoretskog ciklusa proizvodnje [11][12][28][35].

Kadrovi

Broj i sposobnost kadrova na svim nivoima lanca snabdijevanja ima velik uticaj na izlaze i fleksibilnost lanca snabdijevanja. Velik udio radnika usko specijalizovanih za poslove koje obavljaju prestavlja dobar preduslov za postizanje dobrih performansi izlaza lanca snabdijevanja, ali istovremeno smanjuje njegovu sposobnost da se prilagodi promjenama.

Uobičajene mjere performansi u domenu kadrova su:

- *Produktivnost*, koja predstavlja odnos ostvarenog prihoda u odnosu na broj angažovanih radnika.
- *Udio režijskih radnika (neproizvodnih radnika)*, koji predstavlja odnos broja režijskih radnika u ukupnom broju radnika.

- *Udio rada povremeno angažovanih radnika*, koji predstavlja broj radnih sati realizovanih od strane povremeno angažovanih radnika (npr. sezonski radnici) u odnosu na ukupan broj realizovanih sati rada.
- *Iskorištenost radnika*, koja predstavlja odnos između normativno potrebnih radnih sati radnika i raspoloživog broja radnih sati [43][51].

Investicije

Investicije prestavljaju osnov za dugoročnu održivost lanca snabdijevanja. Neophodno je pratiti efekte uticaja investicija na druge performanse lanca snabdijevanja, tj. utvrditi mjeru u kojoj one pomažu da se realizuju ciljevi upravljanja lancima snabdijevanja. Uopšteno posmatrano, poboljšanje znači da se vrijednost performansi povećala, iako je jedna ili više investicija možda izgubila vrijednost. S druge strane, ukoliko investicije u lanac snabdijevanja ne pokazuju poboljšanja, potrebno je odrediti zašto i donijeti odluku o narednim potezima.

Uobičajene mjere performansi u domenu investicija su:

- *Prinos* je jednostavna mjera zasnovana na prihodima. Obično se izražava procentualno i predstavlja mjeru ostvarenog dohotka (proizašlog iz investicije) tokom određenog vremenskog perioda, (obično godišnje), podijeljenu sa vrijednošću investicije.
- *Povrat investicije* mjeri profitabilnost i generalno daje odnos neto profita i ukupne aktive.
- *Kapitalna dobit / gubitak* nastaje prodajom resursa po višoj (dubit) ili manjoj (gubitak) cijeni nego što su kupljeni. Najčešće se radi o prodaji zaliha, osnovnih sredstava ili vrijednosnih papira [51][56].

Ostale mjere

Ostale mjere performansi mogu obuhvatiti velik broj različitih aspekata. U literaturi se najčešće spominju mjere koje se odnose na:

- performanse isporučilaca,
- tokove informacija u lancu snabdijevanja,
- mehanizme koordinacije učesnika u lancima snabdijevanja,
- uticaj na društvenu okolinu i
- uticaj na životnu sredinu [11][12][40][50].

2.3.3.2 MJERE IZLAZA

Performanse izlaza imaju direktni uticaj na prodaju korisnicima, a samim tim i na konkurentnost lanca snabdijevanja. Ove performanse se prije svega mijere kroz odstupanje termina, kvantiteta i kvaliteta isporuke od uslova isporuke koje zahtjeva korisnik. Mnoge mijere performansi izlaza mogu se lako predstaviti brojevima, kao što su npr. broj izrađenih proizvoda, vrijeme koje je potrebno da se proizvede i isporuči određena količina proizvoda ili skup proizvoda, broj pravovremenih isporuka itd. Međutim, postoje mnoge mijere performansi izlaza koje je znatno teže numerički izraziti, kao što su npr. zadovoljstvo kupaca i kvalitet proizvoda.

Upravljanje lancima snabdijevanja vrši se, između ostalog, u cilju obezbjeđenja odgovarajućeg nivoa izlaza (efektivnost), ali je pri tom neophodno pratiti i odnos između troškova (resursa) potrebnih za postizanje tog nivoa nivoa (efikasnost). Tako, resursi utiču na izlaze lanca snabdijevanja, a fleksibilnost lanca snabdijevanja je neophodna da bi se izlaz lanca snabdijevanja prilagodio promjenljivim zahtjevima.

Mjere performansi izlaza ne samo da treba da odgovaraju strateškim ciljevima, one moraju odgovarati i ciljevima i potrebama kupaca, jer strateški ciljevi lanca snabdijevanja uglavnom uključuju i zahtjeve (prioritete) korisnika. Na primer, preduzeće može da prepozna da njegovi kupci preferiraju pouzdanost isporuke u odnosu na brzinu isporuke, pa u ovom slučaju kratki rokovi isporuke imaju sekundarni prioritet. Iako su rokovi izuzetno važni za proizvođača, pravovremenost isporuke je često važnija za kupca. U ovom slučaju, treba koristiti obje od ovih mjeri performansi izlaza [43][48].

U literaturi se mogu naći različite mjeri za performanse izlaza, a najčešće se pojavljuju: nivo usluge, stepen ispunjavanja narudžbi korisnika, pravovremenost isporuke, tačnost predviđanja, ciklus narudžbi, greške isporuke, zadovoljstvo korisnika i druge [11][12][15] [27][50][51].

Nivo usluge (Service level), se može izraziti na tri načina i to kao:

- Mjera koja se bazira na vjerovatnoći kompletног ispunjavanja zahtjeva korisnika, u datom periodu, sa postojećim zaliha, u određenom vremenskom periodu (dan, nedelja, ciklus narudžbine i sl).
- Mjera orijentisana na količinu, koja definiše procenat količine robe koje zahtjevaju korisnici, a koje mogu biti ispunjene sa postojećim zalihama. Ova mjera pruža uvid u nedostatak zaliha, ali isto tako i u broj korisnika koji nisu opsluženi ili su djelimično opsluženi.

- Mjera orijentisana i na vrijeme i količinu, koja se bazira na količinama koje su tražene, a ne mogu se isporučiti sa postojećih zaliha u vremenu potrebnom da se zahtjevi korisnika realizuju.

Vidljivo je postojanje jake korelacije između nivoa zaliha i nivoa usluge, tako da se sa visokim nivoima zaliha postiže i visok nivo usluge korisnika.

Stepen ispunjavanja narudžbine (Order fill rate) predstavlja procenat isporuke traženih proizvoda sa zaliha u toku određenog vremenskog perioda.

Pravovremenost isporuke (On time delivery) je takođe jedna od mjeri performansi isporuke, koja se može tretirati s dva aspekta i to: aspekta korisnika i aspekta isporučioca. Sa korisničkog aspekta, pravovremenost isporuke se definiše kao procenat narudžbi koje se mogu isporučiti prije ili u terminu isporuke koji je zahtijevao korisnik. Pri tome nizak procenat pravovremenih isporuka ukazuje na nesinhronizovanost obećanog roka isporuke sa samim planom realizacije isporuke. Ipak, potrebno je postaviti pitanje – da li prevremena isporuka odgovara i korisniku? Ova situacija je pogodna za isporučioca (ako je to posljedica njegove organizacije i planiranja), a ne mora da znači da odgovara i korisniku.

Sa aspekta isporučioca, pravovremenost isporuke se definiše kao procenat narudžbi koje su ispunjene prije ili po predviđenom rasporedu/obećanom terminu isporuke.

Tačnost predviđanja mjeri tačnost predviđanja budućih zahtjeva. Ona se definiše kao odnos predviđenih količina i stvarno isporučenih količina.

Ciklus narudžbi predstavlja prosječan vremenski interval od termina plasiranja narudžbi do termina isporuke robe korisniku. S obzirom na karakteristike savremenog tržišta, dužina ciklusa narudžbi može u mnogome uticati na konkurentnost lanca snabdijevanja.

Greške isporuke mogu biti izražene na više načina, i to preko:

- broja neispravnih isporuka,
- broja stavki koje su naknadno isporučene,
- troškova popravke,
- prosječnog vremena otklanjanja nedostatka i sl [51][52].

Zadovoljstvo korisnika može se mjeriti na više načina, a neke od predloženih mjera u literaturi su:

- broj žalbi korisnika,
- vrijeme rješavanja žalbi korisnika,
- ocjena zadovoljstva korisnika,
- broj korisnika koji se vraćaju u odnosu na ukupan broj korisnika i sl [52][53][54].

2.3.3.3 MJERE FLEKSIBILNOSTI

Tradicionalni sistemi za merenje performansi lanaca snabdijevanja obično obuhvataju mjere resursa i mjere izlaza. Na osnovu ovih mjera, može se utvrditi u kojoj mjeri lanac snabdijevanja koristi resurse efikasno i proizvodi željeni rezultat. Međutim, lanci snabdijevanja funkcionišu u neizvjesnom okruženju zbog brojnih faktora, kao što su: promjenljiva potražnja, kvarovi opreme, kašnjenja isporuke i oscilacije u procesu proizvodnje. U takvom okruženju, fleksibilnost predstavlja ključ za održavanje efikasnosti i efektivnosti lanca snabdijevanja [15]. Sposobnost da se prilagodi promjenama na tržištu predstavlja jedan od najvažnijih uslova za opstanak lanaca snabdijevanja u poslovnom okruženju. Sama fleksibilnost se sa tog aspekta može posmatrati kao strategija za poboljšanje odziva sistema na promjene. U tom smislu autori fleksibilnost posmatraju sa dva aspekta: raspon fleksibilnosti i odziv fleksibilnosti [11][12][55].

Raspon fleksibilnosti se najčešće iskazuje kao postojanje različitih varijanti (alternativa) preko kojih se sistem može prilagoditi nastalim promjenama. Alternative se mogu odnositi na mogućnosti kako promjene u samim elementima sistema (na primjer, promjena proizvodnog programa, promjene tehnoloških elemenata, promjene u transportu i sl.), tako i u domenu planiranja i upravljanja (promjena termina).

Odziv fleksibilnosti se definiše kao lakoća (u smislu troškova i/ili vremena), sa kojom promjena može biti napravljena [13][56].

Treba imati u vidu da uvijek postoje ograničenja raspona i odziva fleksibilnosti lanca snabdijevanja. Na primer, smanjenje sistemskih resursa može negativno da utiče na fleksibilnost u lancu snabdijevanja. Slično, lanac snabdijevanja može trenutno koristiti efikasno svoje resurse i proizvoditi željeni izlaz, ali pitanje je da li će lanac snabdijevanja biti u stanju da se prilagodi promjenama kao što su: smanjena ili povećana potražnja proizvoda, nedovoljna pouzdanost proizvodnje, potreba za uvođenjem novih proizvoda ili problem dostupnosti resursa od strane dobavljača? Mjere fleksibilnosti se značajno razlikuju od mjera resursa i izlaza. Mnogi autori ukazuju da fleksibilnost mjeri potencijalno ponašanje, dok druge dvije grupe mjera prestavljaju operativne mjerne ponašanja sistema (performanse) [38][43][48][56].

Više o samim mjerama performansi fleksibilnosti, njihovoj kategorizaciji i načinu računanja biće rečeno u poglavljima koja slijede.

2.4. FLEKSIBILNOST

2.4.1. NEIZVJESNOST U POSLOVANJU PREDUZEĆA

Potreba za postizanjem veće fleksibilnosti proizvodnih preduzeća uslovljena je upravo postojenjem neizvjesnosti u njihovom poslovanju. U kontekstu lanca snabdijevanja, neizvjesnost se klasificuje kao uzvodna neizvjesnost (neizvjesnost snabdijevanja), unutrašnja neizvjesnost (procesna neizvjesnost) i nizvodna neizvjesnost (neizvjesnost potražnje) [57].

Neizvjesnost snabdijevanja (supply uncertainty) se odnosi na neizvjesnosti u snabdijevanju materijalom. Ona se manifestuje u obliku neizvjesnosti u pogledu raspoloživosti materijala, cjene materijala i vremena isporuke [57][58].

Procesna neizvjesnost (process uncertainty) se uglavnom veže za dostupnosti i pouzdanost odgovarajućih kapaciteta, razne probleme u procesima rada, nestabilne prihode, obrt kapitala, probleme sa nedostatkom informacija i druge neizvjesnosti [59][60].

Neizvjesnost potražnje (demand uncertainty) se odnosi na odstupanja u pogledu količine potražnje, tipa, vremena i lokacije. Neizvjesnost potražnje može se manifestovati kao greška u predviđanju potražnje, promjene u narudžbi i razni poremećaji proizašli iz okruženja (ekonomski nestabilnosti, prirodne nepogode, konkurenca i sl.) [59][61].

2.4.2. DEFINICIJE FLEKSIBILNOSTI

U uslovima rastuće globalizacije, današnja preduzeća rade pod intenzivnim pritiskom tržišta. Pritisak se prvenstveno ogleda u stalnim zahtjevima za skraćenjem rokova isporuke, smanjenjem troškova i vremena usvajanja novih proizvoda. U ovakovom okruženju, upravljanje malim i srednjim preduzećima se ne razlikuje mnogo u odnosu na proces upravljanja velikim poslovnim sistemima. Ipak, kratak životni vijek proizvoda i stalne promjene potreba i želja kupaca iziskuju raspoloživost značajnih resursa, prvenstveno finansijskih, ali i resursa u obliku znanja, savremene opreme i informacija. Nedostatak ovih resursa nerijetko primorava, posebno manja preduzeća, da ulaze u globalne tokove, često participirajući u složenim mrežama lanaca snabdijevanja [27][44].

U tom smislu neophodne su promjene u poslovanju i niz novih prilaza u njihovom razvoju i organizovanju. U osnovi tih prilaza je potreba da se preduzeća učine efikasnijim i efektivnijim. Koordinacija pod nesigurnim uslovima i fleksibilnost lanca snabdijevanja nameću se kao ključno pitanje u poslovnoj praksi ovih sistema. Suočeni sa neizvjesnom

potražnjom, menadžeri žele više informacija, kako bi smanjili grešku predviđanja potražnje, što na kraju dovodi do nedovoljnog vremena za pravovremenu proizvodnju/isporuku proizvoda kupcu [13][62].

U početku, pažnja istraživača je bila usmjerena na fleksibilnost samo proizvodnih sistema, što je dovelo do razvoja i primjene novih pristupa kao što su fleksibilni proizvodni sistemi (FPS), grupne tehnologije i kompjuterski integrisana proizvodnja (CIM). Tek sa razvojem koncepta upravljanja lancima snabdijevanja istraživači pažnju usmjeravaju i na pitanje uvođenja fleksibilnosti izvan granica preduzeća, uvidjevši da fleksibilnost u lancima snabdijevanja predstavlja potencijalni izvor za poboljšanje efikasnosti preduzeća [63].

Kako su akademska istraživanja lanaca snabdijevanja napredovala, tj. kako su definisane različite dimenzije i komponente lanaca snabdijevanja, tako su se razvili različiti pristupi definisanju fleksibilnosti. Ipak, fleksibilnost se najčešće definiše kao sposobnost sistema da se prilagodi nastalim promjenama i predstavlja jedan od najvažnijih uslova za opstanak preduzeća u poslovnom okruženju. Pored toga, sa aspekta odziva sistema, fleksibilnost se može mjeriti kroz brzinu kojom se može realizovati adaptacija sistema na novonastale uslove [27] [50][62].

Beamon (1999, 2008) kao komparativne prednosti primjene fleksibilnih lanca snabdijevanja navodi:

- smanjenje udjela naknadno finalizovanih isporuka,
- smanjenje udjela izgubljene prodaje,
- smanjenje broja zakašnjelih narudžbi,
- povećano zadovoljstvo kupaca,
- sposobnost preduzeća da reaguju i da se prilagode varijacijama potražnje (npr. sezonske varijacije),
- sposobnost preduzeća da reaguju i da se prilagode nepredviđenim teškoćama u proizvodnom procesu (npr. kvarovi mašina),
- sposobnost preduzeća da reaguju i prilagode se periodima sa problemima u nabavci (npr. kašnjenja isporuka),
- sposobnost preduzeća da reaguju i prilagode se periodima lošeg učinka isporuke (problemi transporta, distributivnih centara...) i
- sposobnost preduzeća da usvoji i prilagodi nove proizvode, usvoji nova tržišta, ili reaguje na pojavu novih konkurenata [15][64].

Stevenson i Spring (2007) navode da su važni aspekti primjene fleksibilnih lanaca snabdijevanja na mala i srednja preduzeća često ignorisani kako u naučnoj literaturi tako i u stručnoj praksi. Iako je evidentno je da se mala i srednja preduzeća uklapaju u lance velikih sistema upravo zahvaljujući svojoj fleksibilnosti, prvenstveno u pogledu količine, assortimana i termina isporuke, s pravom se postavlja pitanje mogućnosti primjene koncepata fleksibilnih lanaca snabdijevanja na iste. Naime, nedostak resursa i znanja, te nerazvijen sistem upravljanja identifikovani su kao glavni razlog ograničene primjene navedenog koncepta u praksi [65].

Troškovi fleksibilnosti su još jedna oblast o kojoj nije urađeno mnogo istraživanja. Jasno je da akcije poput kupovine fleksibilnih mašina, uvođenja efikasnih informacionih sistema (da omoguće razmjenu informacija u realnom vremenu), povećanje kapaciteta (spremnost da se nosi sa zahtjevima za ekstra obimom proizvodnje i smanjenje vremena isporuke), izbor i održavanje pouzdanih dobavljača (tako da se obezbjedi fleksibilnost snabdijevanja), povećanje vozog parka, skladišnih i distribucionih kapaciteta zahtjevaju intezivno ulaganje kapitala [42][66].

U novije vrijeme autori uviđaju značajnu vezu između upravljanja lancem snabdijevanja, njegove fleksibilnosti i poslovnih performansi. U neizvjesnom okruženju, tradicionalni sistemi za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja, koji obično sadrže poslovne mjere performansi, ne pružaju dovoljno informacija [64][67]. Stoga upravljanje lancem snabdijevanja koje pored efikasnosti i efektivnosti za cilj ima i postizanje odgovarajuće fleksibilnosti, prestavlja ključ za postizanje konkurentske prednosti.

Mnogi autori ukazuju na to da fleksibilnost mjeri potencijalno ponašanje, odnosno predstavlja potencijal koji nije vidljiv pod nominalnim uslovima rada. Stoga je mjerjenje fleksibilnosti mnogo teže od mjerjenja efikasnosti i efektivnosti. Kao faktore koji prouzrokuju teškoće u mjerjenju fleksibilnosti, autori najčešće navode:

- fleksibilnost prestavlja mjeru potencijala sistema, a ne mjeru ponašanja sistema,
- fleksibilnosti se može primjeniti na sve elemente lanca snabdijevanja kao što su nabavka, proizvodnja, isporuka i
- višestrukost dimenzije fleksibilnosti (raspon i odziv) [43].

2.4.3. STRATEGIJE POSTIZANJA FLEKSIBILNOSTI

Fleksibilnost je širok pojam i može se posmatrati sa različitih aspekata. Mnogi istraživači sugerišu primjenu širokog spektra različitih strateških dejstava za povećanje fleksibilnosti proizvodnih preduzeća i njihovih lanaca snabdijevanja. Ova dejstva, po prirodi, mogu biti aktivna i reaktivna (Slika 6). Aktivna dejstva omogućavaju preduzeću da svojim akcijama aktivno učestvuje u redefinisanju nivoa neizvjesnosti ili pak utiče na ono što kupci od njega očekuju, dok reaktivna dejstva prestavljuju akcije na ublažavanju posljedica nastale neizvjesnosti [68].

Aktivna dejstva omogućavaju preduzećima da redefinišu neizvjesnosti tako što će unaprijed izgraditi mehanizme (preuzeti inicijativu) kako bi poboljšali fleksibilnost. Na ovaj način kompanije pokušavaju povećati svoju fleksibilnost kroz redizajniranje proizvoda, procesa i mreže lanaca snabdijevanja, kao i aktivno pregovaranje o efikasnijim odnosima sa poslovnim partnerima. Neki od primjera aktivnih strateških dejstava su [57][68]:

- *Korištenje zajedničkih komponenata (unifikacija komponenata)* - Upotreba zajedničkih komponenata može povećati kako efikasnost tako i fleksibilnost preduzeća, posebno u situacijama kada preduzeće nudi široku paletu proizvoda i kada postoji izražena neizvjesnost u potražnji (količine i assortimenta proizvoda).
- *Objedinjavanje rizika* – U uslovima vrlo nesigurne potražnje raspodjela rizika između više učesnika u lancu snabdijevanja ili između nezavisnih preduzeća može prestavljati dobru strategiju za povećanje fleksibilnosti. Naime, korištenjem zajedničkih nabavki ili koordinisanim ulaganjem u kapacitete (proizvodne, skladišne i distributivne) proizvodna preduzeća smanjuju poslovne rizike uz istovremeno stvaranje novih izvora fleksibilnosti. Ovakva dejstva mogu biti posebno od koristi manjim preduzećima koja imaju izražen problem nedostatka vlastitih resursa.
- *Podugovaranje (outsourcing)* - Upotreba eksternih kapaciteta putem podugovaranja može prestavljati dobru strategiju za povećanje fleksibilnosti. Na ovaj način se može povećati fleksibilnost uz znatno smanjenje rizika ulaganja u vlastite kapacitete (nedovoljno iskorištenje kapaciteta, mala stopa amortizacije i dr.). Ova strategija je posebno interesantna preduzećima koja posluju u uslovima izraženo nepravilne potražnje i postojanja privremenih skokova u potražnji.
- *Fleksibilni ugovori o snabdijevanju* - Aktivno pregovaranje o ugovorima o nabavkama radi smanjenja minimalnih količina narudžbe ili za obezbjeđenje

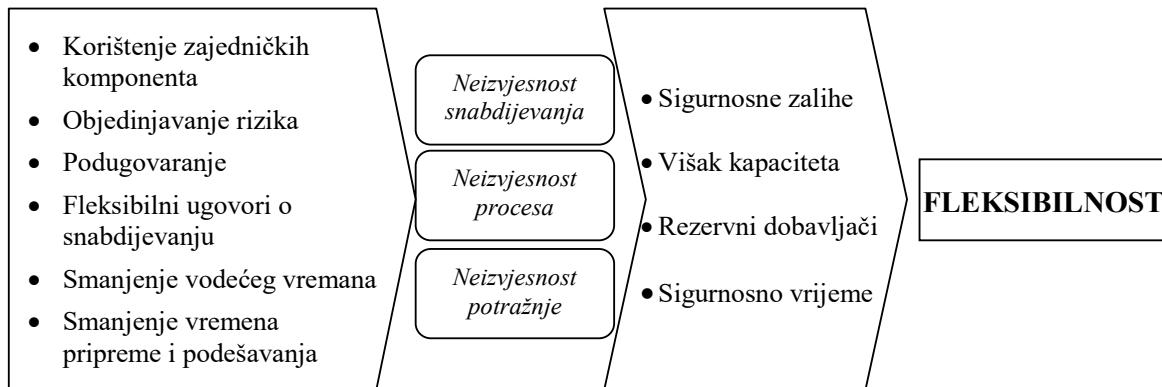
obaveze dobavljača za nabavku materijala ili usluga u slučaju značajnog povećanja potražnje prestavlja još jedan način na koji se može poboljšati fleksibilnost lanca snabdijevanja. Fleksibilni ugovori o nabavkama mogu pružiti fleksibilnost snabdijevanja, osigurati stabilnost za dobavljača i pomoći kupcu da odgovori na fluktuacije potražnje.

- *Smanjenje vodećeg vremena* - Sa kraćim vremenom realizacije poslova, preduzeća će moći bolje reagovati na neizvjesnost potražnje. Smanjenje vremena realizacije može se izvršiti redizajnjem procesa u lancu snabdijevanja preduzeća i to sa fokusom na brzinu odvijanja procesa (vrijeme izrade, vrijeme nabavke i sl.) i/ili bolje upravljanje vremenom (raspoređivanje poslova, optimizacija ruta i sl.).
- *Smanjenje vremena pripreme i podešavanja* – Duga vremena podešavanja proizvodnje su glavni uzrok nemogućnosti stvaranja veće fleksibilnosti količine i asortimana. Značajno smanjenje ovih vremena zahtjeva sistematičan napor u proizvodnom preduzeću (reorganizacija procesa, izmjena tehnologije, zamjena mašina i dr.). Ipak, smanjivanje vremena pripreme i podešavanja će omogućiti ekonomičnu proizvodnju manjih količina, čime će se postići smanjenje troškova i veća fleksibilnost.

Putem reaktivnih dejstava, preduzeća ne pokušavaju uticati na nivo neizvjesnosti, već reagovati na istu u pokušaju da održe nivo usluge klijenata i efikasnost svoga poslovanja. Kao primjeri ovih strategija, u stručnoj literaturi, najčešće se navode [57][59][61]:

- *Postojanje sigurnosnih zaliha* – Ovo je jedan od najčešćih pristupa za povećanje fleksibilnosti u situacijama kada postoji izražena nesigurnost potražnje i snabdijevanja. Sa sigurnosnim zalihama, kompanija može smanjiti vjerovatnoću nedostaka zaliha na prihvatljiv nivo. Pored toga, sigurnosne zalihe gotovih proizvoda, u većini slučajeva, povećavaju brzinu odziva na zahtjeve kupaca.
- *Višak kapaciteta* – U mnogim proizvodnim preduzećima je skupo ili je nemoguće dinamički prilagoditi nivo kapaciteta stvarnim potrebama. Kako bi postigla fleksibilnost, preduzeća mogu instalirati kapacitete veće od prosječne tražnje, kako bi bila u mogućnosti da reaguju na povećanu potražnju.
- *Rezervni dobavljači* - Rad sa jednim dobavljačem je rizičan. Stoga preduzeća često drže više dobavljača, što će u mnogome povećati dostupnost komponenata.

- *Sigurnosno vrijeme realizacije* – Imajući u vidu neizvjesnosti snabdijevanja i neizvjesnost procesa, preduzeća često ugavaraju dodatno vrijeme (vrijeme veće od stvarnog ciklusa realizacije) za realizaciju narudžbi. Ovo vrijeme omogućava preduzećima da uz smanjene troškove održavanja sigurnosnih zaliha odgovore na zahtjeve kupaca.



Slika 6. Strateška dejstva za povećanje fleksibilnosti proizvodnih preduzeća

2.4.4. KVANTITATIVNI PRISTUP MJERENJU FLEKSIBILNOSTI

Fleksibilnost lanca snabdijevanja definisana je tako da obuhvati različite aspekte fleksibilnosti koji direktno utiču na učesnike u lancu, upravljačke odluke i mjere performansi. U literaturi je najčešće obrađeno sljedećih pet dimenzija fleksibilnosti (Tabela 10):

- fleksibilnost obima (*Volume flexibility*) ,
- fleksibilnost isporuke (*Delivery flexibility*),
- fleksibilnost proizvodnog miksa (*Mix flexibility*),
- fleksibilnost snabdijevanja (*Sourcing flexibility*) i
- fleksibilnost novog proizvoda (*New product flexibility*) [42][43][62][67].

Navedeni tipovi fleksibilnosti su primjenljivi za sve lance snabdijevanja, iako njihova primjena nije uvijek podesna za svaki lanac snabdijevanja. Naime, uslovi u kojima opstaju lanci snabdijevanja daju prioritet određenim vrstama fleksibilnosti. Imajući u vidu univerzalnost neizvjesnog okruženja u kojem lanci snabdijevanja postoje, fleksibilnost obima i fleksibilnost isporuke su obično poželjne jer i lanci snabdijevanja sa stabilnom potražnjom ponekad iskuse određene varijacije. Tabela 10 identificira ključne karakteristike lanca snabdijevanja i njegove odgovarajuće tipove fleksibilnosti.

Tabela 10. Različiti tipovi fleksibilnosti

Tip fleksibilnosti	Definicija	Karakteristike lanca snabdijevanja
Fleksibilnost obima	Sposobnost da se promijeni nivo izlaza	U uslovima promjenljive potražnje u kvantitetu
Fleksibilnost isporuke	Sposobnost da se promijene ili prilagode promjenama planirani rokovi isporuke	Varijacije ili česte izmjene termina isporuke, kratki rokovi isporuke
Fleksibilnost proizvodnog miksa	Sposobnost da promijeni asortiman izlaza	Promjenljivi zahtjevi kupaca, kratak životni vijek proizvoda
Fleksibilnost novog proizvoda	Sposobnost da razvije i proizvede novi proizvod (uključujući i modifikaciju postojećih)	Proizvodnja prema kupčevim specifikacijama, kratak životni vijek proizvoda
Fleksibilnost snabdijevanja	Sposobnost nabavke iz više izvora	Nedostatak resursa (materijalni, kapaciteti i dr.)

2.4.4.1 FLEKSIBILNOST OBIMA

Fleksibilnost obima može se definisati kao raspon količine sa kojom sistem profitabilno upravlja, odnosno kao sposobnost da se efikasno poveća ili smanji izlaz iz sistema. Za proizvodne sisteme, mjera fleksibilnosti obima najčešće se veže uz troškove promjene obima. Kod ovih sistema, dostizanje odgovarajućeg nivoa fleksibilnosti može zahtijevati blisku koordinaciju između proizvođača i njegovih partnera (dobavljača, kooperanata, distributera, kupaca i dr.), posebno u slučaju nastanka povećane potražnje [67].

Fleksibilnost obima kao mjeru raspona

Sa aspekta raspona količina, fleksibilnosti obima F_V mjeri procenat potražnje na koju može odgovoriti lanac snabdijevanja. Pod pretpostavkom da za lanac snabdijevanja postoji dovoljno podataka o obimu potražnje, da je veličina potražnje D slučajna promjenljiva sa približno normalnom raspodjelom (Slika 7), onda su parametri raspodjele za $D \approx N_{(\mu, \sigma^2)}$, odgovarajuća srednja potražnja \bar{D} i varijansa potražnje S_D^2 , definisane kao:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{t=1}^T d_t}{T} \text{ i } S_D^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (d_t - \bar{D})^2}{T-1}. \quad (1)$$

gdje je:

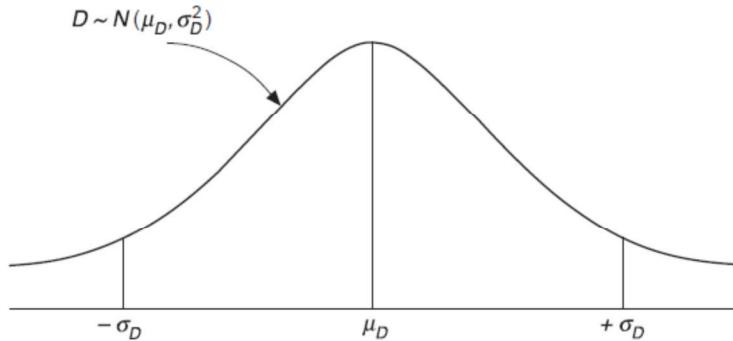
d_t - potražnja u periodu t i

T - broj posmatranih perioda.

Uz definisano O_{min} i O_{max} kao minimalan i maksimalan profitabilan obim proizvodnje u toku bilo kog perioda, fleksibilnost obima (F_V) može se definisati kao:

$$F_V = P\left(\frac{O_{min} - \bar{D}}{S_D} \leq D \leq \frac{O_{max} - \bar{D}}{S_D}\right) \text{ ili } F_V = \Phi\left(\frac{O_{max} - \bar{D}}{S_D}\right) - \Phi\left(\frac{O_{min} - \bar{D}}{S_D}\right) \quad (2)$$

gdje $F_V \in [0,1]$ i predstavlja dugoročni udio potražnje koji može biti postignut u lancu snabdijevanja.



Slika 7. Funkcija normalne raspodjele potražnje

Fleksibilnost obima kao mjeru troškova

Na profitabilan obim proizvodnje, u značajnoj mjeri, utiče odnos između fiksnih i varijabilnih troškova. Tako će preduzeće koje ima veći udio varijabilnih troškova bolje da podnosi pad potražnje i manje je vjerovatno da će tokom krize potražnje npr. morati otpuštati radnike. Fleksibilnost obima zavisi od raspona profitabilnog obima proizvodnje i njegovih granica. Što je veća razlika između granica, veća je fleksibilnost obima proizvodnog sistema. U stručnoj literaturi predlaže se da donja granica obima proizvodnje bude definisana kao „*break-point*“ (količina za koju je prosječan trošak proizvodnje jednak prihodima, odnosno kada je dobit jednaka nuli), a gornja da predstavlja maksimalan kapacitet proizvodnog sistema [69]. U tom slučaju za proizvodni sistem sa jednim proizvodom mjeru fleksibilnosti obima se može definisati kao:

$$F_V = \frac{V_R}{C_{max}} = \frac{C_{max} - aN_B}{C_{max}} \quad (3)$$

gdje je:

V_R - raspon profitabilnosti,

C_{max} - maximalan proizvodni kapacitet,

a - potrebni kapacitet za proizvodnju jedne jedinice,

N_B - donja granica profitabilne proizvodnje.

Na primjer, ako proizvodni sistem ima raspoloživi kapacitet 8 sati dnevno ($C_{max} = 8$), a posmatrani proizvod zahtijeva proizvodnju od 2 sata po komadu ($a = 2$), onda se svaki dan

može napraviti najviše četiri komada. Uzimajući u obzir da postoji ograničenje $ax < C_{\max}$ za izvodljivu proizvodnju (N komada), slijedi da ovako iskazana mjera fleksibilnosti ima teorijski raspon od 0 do 1, gdje nula znači da nema apsolutno nijednog prostora za fluktaciju potražnje, a 1 znači da postoji raspon promjene potražnje u čitavom rasponu kapaciteta.

Donja granica profitabilnosti N_B (*break-point*) prestavlja slučaj kada je profit jednak nuli, te iz jednačine:

$$Prodaja - Fiksni troškovi - Varijabilni troškovi = 0$$

Može se odrediti njena vrijednost (izjednačavanjem $N = N_B$) iz sljedećeg uslova:

$$P_u N_B - C_u N_B - F = 0 \Rightarrow N_B = \frac{F}{P_u - C_u} = \frac{F}{b} \quad (4)$$

gdje je:

P_u - cijena jedinice proizvoda,

C_u - varijabilni (proporcionalni) troškovi po jedinici proizvoda,

N - broj jedinica proizvoda,

F - fiksni troškovi

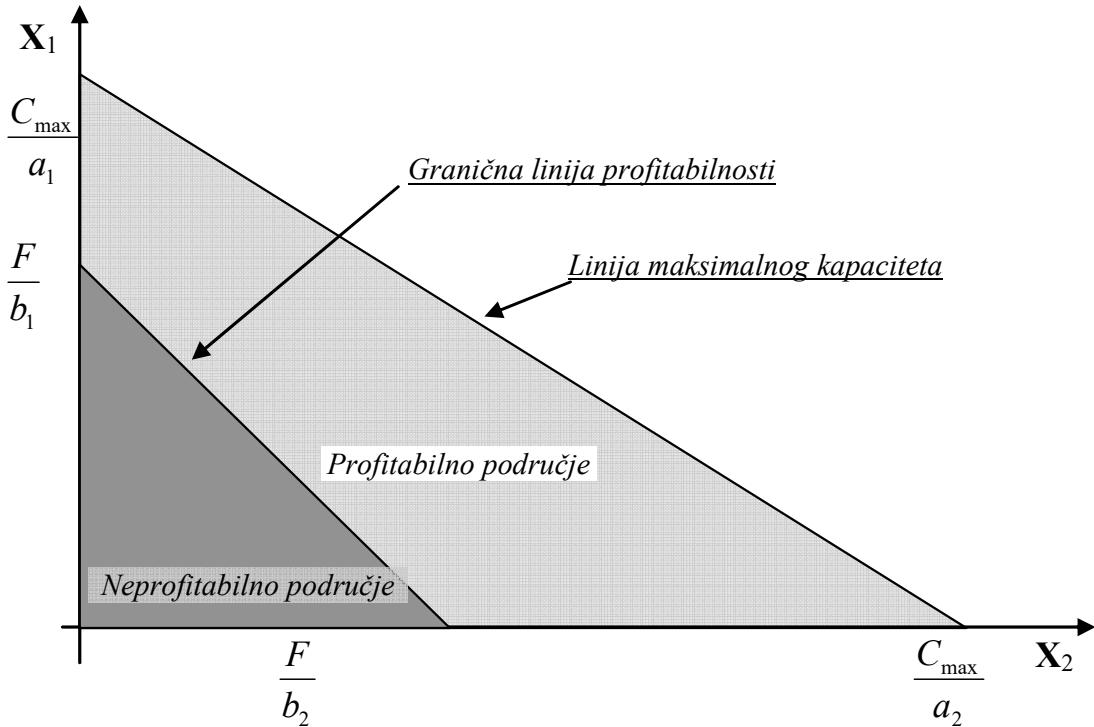
b - marža ($b = P_u - C_u$)

Mjeru fleksibilnosti obima za proizvodni sistem sa jednim proizvodom možemo izraziti kao:

$$F_V = 1 - \frac{aF}{bC_{\max}}. \quad (5)$$

Iz formule se implicitno može pretpostaviti da je stvarna proizvodnja unutar granica raspoloživog kapaciteta, odnosno da je broj graničnih jedinica proizvoda (F/b) uvijek manji ili jednak maksimalnom kapacitetu proizvoda (C_{\max}/a). Kada imamo proizvodnju sa više proizvoda onda je izvodljivost proizvodnog miksa definisana uslovom $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \leq C_{\max}$, a granična linija profitabilnosti sa $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = F$.

Ovi uslovi, za slučaj proizvodnje sa dva proizvoda su grafički prikazani na slici 8.



Slika 8. Fleksibilnost obima za dva proizvoda

Shodno prikazu na slici 8, mjera fleksibilnosti obima u slučaju proizvodnog sistema sa dva proizvoda se može definisati kao:

$$F_V = 1 - \left(\frac{\text{Povrs_manjeg_trougla}}{\text{Povrs_veceg_trougla}} \right)^{1/2} = 1 - \left(\frac{(F/b_1)(F/b_2)(1/2)}{(C_{\max}/a_1)(C_{\max}/a_2)(1/2)} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$F_V = 1 - \frac{F}{C_{\max}} \left(\frac{a_1 a_2}{b_1 b_2} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

odnosno za sistem sa n proizvoda[69][70]:

$$F_V = 1 - \frac{F}{C_{\max}} \left(\prod_{i=1}^n \frac{a_i}{b_i} \right)^{1/n}. \quad (8)$$

2.4.4.2 FLEKSIBILNOST ISPORUKE

Sposobnost promjene planiranih rokova isporuke može biti vrlo važna u upravljanju lancima snabdijevanja. Ova sposobnost omogućava preduzećima i lancima snabdijevanja da prime i realizuju hitne i posebne narudžbe. Fleksibilnost isporuke može biti definisana procentom gubitka vremena za koje vrijeme isporuke može biti redukovano [64][71].

Ako se sa t^* označi trenutni (tekući) vremenski period, sa L_j rok dospjeća za posao j , a sa E_j najraniji vremenski period do kada posao j može biti realizovan, onda je ukupno izgubljeno vrijeme za sve poslove $j = 1, \dots, J$ dato količinom:

$$\sum_{j=1}^J (L_j - t^*), \quad (9)$$

i minimalno vrijeme isporuke je dato sa:

$$\sum_{j=1}^J (E_j - t^*). \quad (10)$$

Tada se trenutna fleksibilnost isporuke F_D može mjeriti kao procenat viška vremena na svim poslovima, odnosno formalno definisati kao:

$$F_D = \frac{\sum_{j=1}^J ((L_j - t^*) - (E_j - t^*))}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)} \text{ ili pojednostavljeno } F_D = \frac{\sum_{j=1}^J (L_j - E_j)}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)}. \quad (11)$$

2.4.4.3 FLEKSIBILNOST PROIZVODNOG MIKSA

Fleksibilnost miksa proizvoda, F_M , koristi se kao sinonim za fleksibilnost procesa i poslova. U suštini, ova fleksibilnost pokazuje mogućnost rukovanja širokim spektrom proizvoda i/ili varijanti proizvoda uz kratko vrijeme podešavanja procesa nakon promjene. Najčešće se mjeri kao raspon različitih tipova proizvoda, vrijeme odziva između promjene miksa proizvoda ili kao trošak prelaska sa jednog proizvodnog miksa na drugi. Tako se fleksibilnost proizvodnog miksa mjeri kao:

- broj različitih proizvoda koji se mogu proizvesti u datom vremenskom periodu (raspon fleksibilnosti proizvodnog miksa),
- vrijeme potrebno da se izradi novi miks proizvoda (odziv fleksibilnosti proizvodnog miksa), i
- troškovi prelaska ili podešavanja kapaciteta specifičnih za jedan proizvodni miks na kapacitete potrebne za drugi proizvodni miks [15][72].

Formalno, raspon fleksibilnosti proizvodnog miksa dat je sa:

$$F_M = N(t), \quad (12)$$

gdje je $N(t)$ broj različitih tipova proizvoda koji mogu biti proizvedeni u određenom vremenskom periodu ($t > 0$).

Odziv fleksibilnosti proizvodnog miksa može biti definisan kao:

$$F_M = T_{ij}, \quad (13)$$

gdje je T_{ij} vrijeme potrebno za prelazak sa proizvodnog miksa i na proizvodni miks j , uz $T_{ij} \geq 0$ i bilo koje $i \neq j$.

Sa aspekta troškova, fleksibilnost proizvodnog miksa može se definisati kao:

$$F_M = \frac{1}{C_S}, \quad (14)$$

gdje su C_S troškovi prelaska.

Sa nultom fleksibilnošću ($F_M = 0$) preduzeće nema mogućnost izmjene proizvodnog miksa, dok u savršenom slučaju ($F_M \rightarrow \infty$) nema troškova prelaska, odnosno svi proizvodi se oslanjaju na iste kapacitete [72][73].

2.4.4.4 FLEKSIBILNOST NOVOG PROIZVODA

Fleksibilnost novog proizvoda, F_N , definiše se kao lakoća sa kojom se uvodi novi ili modifikovani proizvod u sistem. S obzirom da uvođenje novih proizvoda zahtijeva vrijeme i resurse, to mjerjenje fleksibilnosti novih proizvoda obično podrazumijeva mjerjenje vremena i/ili troškova potrebnih da se uvede novi proizvod na postojeće proizvodne operacije [43][71][72].

Vremenski bazirana mjera fleksibilnosti novog proizvoda može se formalno izraziti kao:

$$F_N = T_N, \quad (15)$$

gdje je T_N vrijeme potrebno da se uvede novi proizvod ($T_N \geq 0$).

Na troškovima bazirana mjera fleksibilnosti novog proizvoda može se izraziti kao:

$$F_N = C_N, \quad (16)$$

gdje je C_N vrijednost troškova uvođenja novog proizvoda.

2.4.4.5 FLEKSIBILNOST SNABDIJEVANJA

Fleksibilnost snabdijevanja može se definisati kao sposobnost funkcije nabavke da blagovremeno i troškovno prihvatljivo odgovori na promjenljive zahtjeve za materijalima i komponentama u smislu obezbjedenja odgovarajuće količine, assortimana i vremena isporuke. Slično kao i ostali tipovi fleksibilnosti, fleksibilnost snabdijevanja se mjeri kao raspon (postojanje različitih opcija) i/ili sposobnost prilagođavanja (vrijeme i troškovi promjene) [74]. Shodno tome, istraživači prepoznaju fleksibilnost izvora (*sourcing flexibility*) kao dostupnost niza opcija (postojanje više potencijalnih dobavljača, dostupnost materijala u količini i vremenu, poslovne prakse i sl.) i fleksibilnost nabavke (*purchasing flexibility*) kao sposobnost organizacije da svojim akcijama (ugovaranje, izbor dobavljača, politika održavanja zaliha i sl.) obezbjedi materijale i komponente neophodne za efikasnu proizvodnju koristeći dostupne izvore ili generišući nove [67][75][76]. Rezultati istraživanja ukazuju na to da je svaka dimenzija fleksibilnosti snabdijevanja povezana sa određenom grupom izvora, te da izvori koji se koriste za povećanje određene dimenzije fleksibilnosti snabdijevanja (npr. odziv dobavljača) mogu biti neefikasni za drugu dimenziju (sposobnost prilagođavanja npr.).

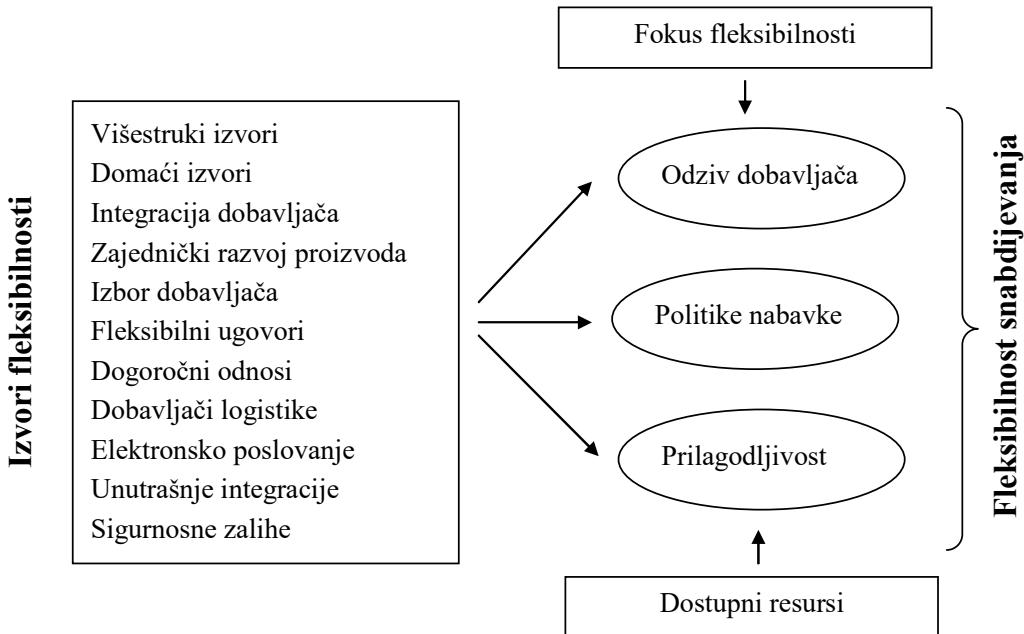
Kao izvori fleksibilnosti snabdijevanja u literaturi se najčešće pominje sljedećih jedanaest izvora:

- *Višestruki izvori* - Postojanje više izvora snabdijevanja ima pozitivan efekat na fleksibilnost snabdijevanja. Velike kompanije često koriste mreže manjih dobavljača kao jedan od načina prenošenja proizvodnih rizika i poboljšanje odziva na iznenadne promjene u potražnji [44][74].
- *Domaći izvori* - U uslovima nestabilne potražnje, korištenje lokalnih dobavljača, posebno proizvođača, može osigurati blagovremenu isporuku i bolji odziv na trendove [74][77][78][79].
- *Integracija dobavljača* - Povjerenje i saradnja između kupaca i dobavljača (npr. zajedničko planiranje, radni timovi, uspostavljanje zajedničkih ciljeva i sl.) poboljšava odziv lanca snabdijevanja u nesigurnim okruženjima [80][81][82].
- *Zajednički razvoj proizvoda* - Rano uključivanje dobavljača u razvoj proizvoda može se koristiti za povećanje odziva dobavljača tokom faze proizvodnje. Tipičan primjer je uključivanje ključnih dobavljača u razvoj automobilskih sistema čime se može značajno povećati modularnost dijelova (tj. iste komponente se koristite u više različitih proizvoda) i time smanjiti potreba fleksibilnosti snabdijevanja [74][80][82].

- *Izbor dobavljača* - Proces selekcije dobavljača treba da bude zasnovan i na fleksibilnosti, a ne samo na troškovima. Stoga sposobnost dobavljača da izvrši izmjene obima i roka isporuke predstavlja važan kriterijum za izbor dobavljača [76][83].
- *Fleksibilni ugovori* - Količinski fleksibilni ugovori, u kojima kupac i dobavljač pregovaraju o količini odstupanja stvarnih porudžbina od predviđanja, predstavljaju efikasan izvor fleksibilnosti snabdijevanja[74][76].
- *Dugoročni odnosi* - Dugoročni odnosi sa ključnim dobavljačima su pozitivno povezani sa fleksibilnošću snabdijevanja. Veće povjerenje prisutno u dugoročnim odnosima omogućava dobavljaču da svoje aktivnosti značajnije fokusira na zahteve kupca [44][74][83].
- *Dobavljači logistike* - Fleksibilnost snabdijevanja zavisi i od integracije procesa sa drugim učesnicima u lancu snabdijevanja kao što su npr. pružaocima logističkih usluga. Ova integracija pored organizacije transporta može i uključivati druge vidove strateške saradnja kao npr. zajedničko korištenja distributivnih centara [74][78][78][84].
- *Elektronsko poslovanje* - Elektronska integracija sa dobavljačima (elektronska razmjena podataka, zajedničko korištenje softvera za planiranje, sinhronizacija aktivnosti i sl.) prestavlja važan izvor povećanja odziva u lancu snabdijevanja. Pored toga, *online* pretraživanje nudi pristup većem broju potencijalnih dobavljača [13][74][85].
- *Unutrašnje integracije* - Unutrašnju integraciju procesa možemo posmatrati kao uklanjanje intraorganizacionih barijera između organizacionih jedinica preduzeća. Ovakva vrsta integracije (npr. između nabavke, marketing službe i službe planiranja) može obezbijediti bolji odziv na zahteve za nabavku materijala, te ujednačavanjem specifikacija (ukoliko je moguće) smanjiti miks zahtjeva za nabavku materijala [11][74][86][87].
- *Sigurnosne zalihe* - Sigurnosne zalihe se često koriste i kao zaštita od neizvjesnosti snabdijevanja. Istraživanja sugerisu da veće zalihe mogu samo djelimično nadoknaditi nedostatak zadovoljavajućeg odziva dobavljača, posebno u situacijama kada postoji velika neizvjesnost u pogledu potrebnih količina i asortimana [35][88].

Na osnovu navedenog, vidljivo je da se istraživanja fleksibilnosti snabdijevanja usmjeravaju ka traženju odgovora na sljedeća dva pitanja:

- kolika je efikasnost različitih izvora fleksibilnosti snabdijevanja i
- da li postoje promjenjive koje mogu usmjeriti odnos između izvora fleksibilnosti snabdijevanja i fleksibilnosti snabdijevanja (Slika 9) [74][89]?



Slika 9. Okvir za istraživanje fleksibilnosti izvora

2.5. LANCI SNABDIJEVANJA U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA

Velik broj malih i srednjih preduzeća čine proizvodna preduzeća koja pružaju podršku u proizvodima i uslugama za velika preduzeća. Tako, pored njihove značajne uloge u stvaranju radnih mjeseta i ekonomskom rastu, ova preduzeća obezbeđuju i uslove neophodne za poslovanje velikih preduzeća. I pored toga što i ona sama na taj način učestvuju u globalnim poslovnim mrežama, neefikasnost njihovih lanaca snabdijevanja je i dalje jedan od najvažnijih problema sa kojima se suočavaju u svom radu [89][90]. Pa ipak, većina ne samo što ne praktikuje upravljanje lancima snabdijevanja, već isti vide kao proces koji ide u jednom pravcu i koji ispoljava moć kupaca. Sa ove tačke gledišta upravljanje lancima snabdijevanja za mala i srednja preduzeća izgleda kao metod velikih kompanija da nametnu svoje proizvode, da iskoriste najbolje cijene i uslove na tržištu te samim tim i da smanje udio proizvoda malih i srednjih preduzeća. Naime, velika preduzeća, upravljujući svojim lancima snabdijevanja, od partnera u lancu stalno očekuju promjene kao što su zahtjevi za smanje cijene, smanjenje minimalne količine narudžbe, skraćenje vremena realizacije narudžbi, smanjenje troškova i slično. Održivost, prilagodljivost i sposobnost malih i srednjih preduzeća da zadovolje promjenljive zahtjeve postaju kritični za opstanak malih i srednjih preduzeća u ovakovom okruženju, jer ona nemaju mnogo slobode, posebno u pogledu postavljanju cijena i rokova, posebno ukoliko im je glavni dobavljač veliko preduzeće. Iz navedenog proizilazi da je i za ova preduzeća bitno da razmotre upravljanje lancima snabdijevanja kao sredstvo za podizanje nivoa poslovnih performansi i povećanje konkurentnosti [91].

Ključne prednosti malih i srednjih preduzeća ogledaju se u naglašenoj kvalitativnoj diferencijaciji i inovaciji. Zaposleni u ovim preduzećima najčešće posjeduju šira znanja, kooperativniji su i brže donose odluke. Mala i srednja preduzeća imaju i bolju internu komunikaciju te bolje koriste unutrašnja znanja. S druge strane, osnovne slabosti malih i srednjih preduzeća su nedostatak finansijskih sredstava, nedovoljna tehnička i infrastruktorna opremljenost (Tabela 11). Osim toga, obim poslovanja je sveden na ograničena tržišta, nekoliko kupaca, mali obim proizvodnje i pri tom ispoljavaju slabe marketinške vještine. Pored toga, ova preduzeća imaju veće troškove kapitala i transakcija, strategije se oslanjaju na predviđanjima top menadžmenta ili pak na globalna predviđanja, a nedostaju im iskustva iz ekonomije, predviđanja i upravljanja [92][93].

Tabela 11. Snage i slabosti malih i srednjih preduzeća u odnosu na velika preduzeća

MALA I SREDNJA PREDUZEĆA		VELIKA PREDUZEĆA	
<u>SNAGA</u>	<u>SLABOST</u>	<u>SNAGA</u>	<u>SLABOST</u>
Dobra fleksibilnost	Sigurnost	Niska fleksibilnost	
Diferencijacija proizvoda	Resursi	Mala diferencijacija proizvoda	
Inovativnost	Marketing sposobnosti	Nedovoljna inovativnost	
Brzo donošenje odluka	Dugoročno planiranje Troškovi kapitala Troškovi transakcija	Sporo donošenje odluka	

Razvoj koncepta upravljanja lancima snabdijevanja u malim i srednjim preduzećima nije moguć bez šire slike okruženja, tj. analize interakcije unutrašnjih procesa preduzeća sa mrežom spoljnih lanaca snabdijevanja. Tako će ova preduzeća steći bolji uvid u potencijal svojih aktivnosti, a samim tim stvoriti prepostavke za smanjenje troškova i poboljšanje usluge. Glavni faktori koji pospješuju njihovu integraciju su partnerstvo, stvaranje saveza i dijeljenje informacija[94].

Kroz razvoj partnerskih odnosa mala i srednja preduzeća prvenstveno poboljšavaju razmjenu znanja, ali na ovaj način mogu npr. da obezbjede neophodnu diferencijaciju proizvoda i/ili dopunu programa proizvodnje, te iskoriste resurse partnera u lancima snabdijevanja. Za mala i srednja preduzeća razvoj partnerskih odnosa zahtijeva neke kritične promjene kao sto su prilagođavanje vlastitih poslovnih procedura, češću komunikaciju, postizanje tehničke i tehnološke kompaktibilnosti.

Pored očiglednih koristi od uspostavljanja partnerstava, partnerstva, posebno sa velikim preduzećima, mogu povećati ranjivost malih i srednjih preduzeća u susretu sa potencijalnim problemima. Prije svega, nedostaci se ogledaju u sljedećem:

- Velika preduzeća koriste lance snabdijevanja, uključujući mala i srednja preduzeća u njima, kako bi, između ostalog, povećali diferencijaciju svojih proizvoda i time smanjuju tržište za ova preduzeća.
- U slučajevima kada lanac snabdijevanja dobro funkcioniše, mala i srednja preduzeća postaju potencijalno mete akvizicije velikih preduzeća.

- Poslovi se prepliću u okviru lanca snabdijevanja, ali će velika preduzeća uvijek imati prednost pri vrednovanju u odnosu na mala i srednja i to može učiniti da ona izgledaju manje atraktivna za druge kupce ili partnere.
- Kada mala i srednja preduzeća participiraju u lancima snabdijevanja velikih preduzeća (kao dobavljači ili kupci), odluka o obimu i uslovima njihove participacije najčešće nije u potpunosti samostalna sa njihove strane. Time velika preduzeća mogu iskoristiti slabosti manjih partnera [94].

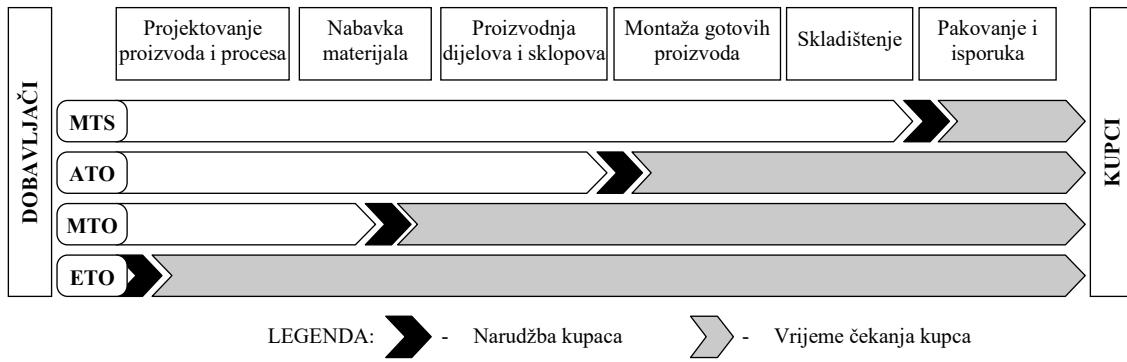
Savez ili mreža preduzeća bi mogla da pomogne malim i srednjim preduzećima da prevaziđu problem veličine i ograničenja resursa. Koristi od saveza se uglavnom ogledaju kroz povećane inovacije, smanjenje troškova i bolje reagovanje na neizvjesnosti, što dovodi do veće stope opstanka malih i srednjih preduzeća.

Djeljenje informacija među partnerima je najkritičniji korak u uspostavljanju povjerenja između partnera. Međutim, prepreke za razmjenu informacija između partnera uključuju konzervativni stav nekih partnera koji žele da djele samo neke informacije, dok druge, npr. komercijalno osjetljive podatke, ne žele uopšte razmjenjivati [13][94].

2.5.1. ZAHTJEV ZA FLEKSIBILNOŠĆU MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA

Različiti unutrašnji i eksterni faktori utiču na sposobnost i želju partnera u lancu snabdijevanja da se prilagode, usklade svoje strategije i podijele odgovornost kako bi dobili odgovarajući i brz odgovor lanca snabdijevanja na promjenljivu potražnju. Kako bi se postigla veća fleksibilnost preduzeća, neophodno je sprovesti mjere za poboljšanje fleksibilnosti koji se odnose na sve elemente lanca snabdijevanja, uključujući kako one izvan, tako i one unutar preduzeća. Ipak, različiti tipovi fleksibilnosti nisu podjednako važni za sve elemente lanca snabdijevanja. Zahtjevi za fleksibilnošću proizvodnih preduzeća prvenstveno zavise od izabrane proizvodne strategije za ispunjavanja zahtjeva kupaca. U zavisnosti od stepena učešća kupaca u karakteristikama proizvoda, te mesta i nivoa zaliha u lancu snabdijevanja, mala i srednja preduzeća primjenjuju sljedeće proizvodne strategije (Slika 10):

- proizvodnja za zalihe (*Make To Stock Production*),
- kompletiranje (montaža) prema narudžbi (*Assemble To Order Production*),
- proizvodnja prema narudžbi (*Make To Order Production*) i
- inženjering (razvoj i proizvodnja) prema narudžbi (*Engineer To Order*).



Slika 10. Vrijeme od projektovanja proizvoda i procesa do isporuke kupcu u zavisnosti od izabrane proizvodne strategije

Kod proizvodnje za zalihe (MTS) proizvodi se završavaju i skladište prije prijema narudžbe kupca. Narudžbe kupaca se, po pravilu, realizuju sa postojećim zaliha gotovih proizvoda čime se obezbjeđuje kratko vrijeme od narudžbe do isporuke. Proizvodi se razvijaju i proizvode na osnovu predviđanja potreba kupaca, a potrebni nivo dostupnih zaliha obezbjeđuje se putem proizvodnih naloga. Time je izvršeno odvajanje proizvodnih procesa od procesa prodaje i isporuke proizvoda. Ovo omogućava preduzeću da organizuje proizvodnju na način koji će minimizovati potrebne skupe promjene proizvodnog miksa i izbjegne neugodne poremećaje. Ipak, postoje ozbiljni rizici povezani sa održavanjem zaliha gotovih proizvoda u skladištu bez čvrstog naloga-ugovora kupca ili jasno utvrđene potrebe. Ako se pri tome ima u vidu da je uticaj kupaca na karakteristike proizvoda veoma mali, razumljiva je tendencija primjene ove strategije samo pri proizvodnji jednostavnih proizvoda, proizvoda široke potrošnje ili pak proizvoda čija se potražnja može lako predvidjeti. Fleksibilnost ovakvog preduzeća primarno podrazumijeva sposobnost njegovog lanca snabdijevanja da lako prilagodi obim proizvodnje kako bi se suočili s fluktuacijom tražnje.

Kompletiranje prema narudžbi (ATO) proizvodna strategija podrazumijeva sastavljanje gotovih proizvoda od prethodno napravljenih komponenata, nakon prijema narudžbe kupca. Ovdje se proizvodnja ključnih komponenata, prije procesa montaže, planira na osnovu predviđanja potražnje i putem proizvodnih naloga proizvodi i skladišti u očekivanju narudžbi kupca. Prijemom narudžbe kupca pokreće se kompletiranje (montaža) finalnog, prilagođenog proizvoda. Ova strategija je posebno korisna kada postoji veliki broj različitih krajnjih proizvoda zasnovanih na izboru opcija i dodatne opreme te isti mogu biti sastavljeni od zajedničkih komponenti. U ovakvom okruženju, proizvodna preduzeća ne mogu da isporučuju proizvode potrošačima brzo kao u MTS okruženju, jer je potrebno dodatno vrijeme za završetak finalnog proizvoda. Efikasan lanac snabdijevanja proizvodnog

preduzeća koje posluje u ovakvom okruženju zahtjeva veliku fleksibilnost proizvodnog miksa uz odgovarajuću fleksibilnost obima proizvodnje.

U MTO okruženjima, proizvodi se proizvode u potpunosti nakon prijema narudžbe kupca. Obično su proizvodi zasnovani na standardnom dizajnu, ali izrada idjelova i izrada finalnog proizvoda je usko povezana sa specifikacijama krajnjeg kupca. Tako se konačan proizvod obično pravi od kombinacije standardizovanih komponenti i komponenti koje je tek potrebno projektovati i izraditi kao nove ili prilagođene kako bi se zadovoljili specifični zahtjevi kupaca. Ova strategija je pogodna u situacijama kada su kupci spremni da čekaju kako bi dobili proizvod sa njima prilagođenim karakteristikama. U ovakvom okruženju preduzeća ispunjavaju zahtjeve kupaca nego u prethodno navedenim, ali postoji manji nivo rizika vezanih uz održavanje zaliha. Naspram potrebe za fleksibilnošću u MTS okruženju, sa fokusom na usklađenosti proizvodnje sa potražnjom, lanci snabdijevanja u MTO okruženju moraju osigurati fleksibilnost procesa kako bi zadovoljili zahtjeve kupaca.

Strategija razvoja i proizvodnje prema narudžbi (ETO) podrazumijeva razvoj i proizvodnju proizvoda u uskoj korelaciji sa kupcem. Svaka narudžba kupca iziskuje jedinstven skup dijelova, materijala i operacija. Ovo okruženje je najsporije u ispunjavanju zahtjeva kupaca što je i razumljivo s obzirom da se preduzeće mora prilagoditi kako bi zadovoljilo jedinstvene zahtjeve kupaca. Lanci snabdijevanja ovih preduzeća moraju osigurati fleksibilnost procesa i fleksibilnost novog proizvoda kako bi se riješila povećana složenost i postigle performanse bitne za kupce [13][89].

Iz navedenog se vidi da u zavisnosti od proizvodne strategije, različita proizvodna preduzeća ispoljavaju različite zahtjeve za fleksibilnošću, kako po vrsti tako i po potrebnom nivou fleksibilnosti (Slika 11). Primarna potreba za fleksibilnošću zasniva se na tome da li je lanac snabdijevanja vođen predviđanjem ili je pak usmjeren na zahtjeve korisnika. Da bi se postigla zadovoljavajuća konkurentnost lanaca snabdijevanja proizvodnih preduzeća, neophodno je da pored proizvođača i ostali partneri u lancu ispoljavaju određenu vrstu i nivo fleksibilnosti. Takođe, u određenoj mjeri neophodna je i fleksibilna struktura samih lanaca snabdijevanja kako bi se lanac snabdijevanja prilagodio promjenljivim izvorima i promjenljivoj potražnji [6][89].

	Zahtjevi za fleksibilnošću partnera u lancu snabdijevanja (interna fleksibilnost)					Zahtjevi za flaksibilnošću lanaca snabdijevanja	
	Fleksibilnost obima	Fleksibilnost isporuke	Fleksibilnost proizvodnog miksa	Fleksibilnost novog proizvoda	Fleksibilnost snabdijevanja	Fleksibilna struktura lanaca snabdijevanja	Glavni cilj upravljanja lancima snabdijevanja
<i>Make to Stock (MTS)</i>							Stabilan i ekonomičan LS
<i>Assemble-to-Order (ATO)</i>							Stabilan i ekonomičan LS
<i>Make-to-Order (MTO)</i>							Fleksibilan i ekonomičan LS
<i>Engineer-to-order (ETO)</i>							Fleksibilan LS

LEGENDA:

	Nizak zahtjev		Srednji zahtjev		Visok zahtjev
--	---------------	--	-----------------	--	---------------

Slika 11. Zahtjevi za fleksibilnošću u zavisnosti od proizvodne strategije

3. SIMULACIJA

3.1. POJAM SIMULACIJE

Pod pojmom simulacije, u širem smislu, podrazumijeva se niz aktivnosti koje su vezane za eksperimentalno određivanje efekata koji nastaju u sistemu, procesu ili na modelu koji ih oponaša. Ako još imamo u vidu da eksperimentisanje sa stvarnim objektima nije uvijek moguće, eksperimentisanje na modelu često predstavlja jedini način da se dođe do informacija o ponašanju stvarnog sistema u različitim uslovima [85][95][96]. Tako, korišćenjem modela za simulaciju može se proučavati ponašanje realnog sistema, ali i ispitati kako bi se taj sistem ponašao kada bi na njega djelovao neki drugi skup okolnosti. Osim što simulacija može biti korisna kao sredstvo za predviđanje efekata promjena postojećih sistema, ona može pomoći i pri proučavanju sistema još u fazi njegovog razvoja.

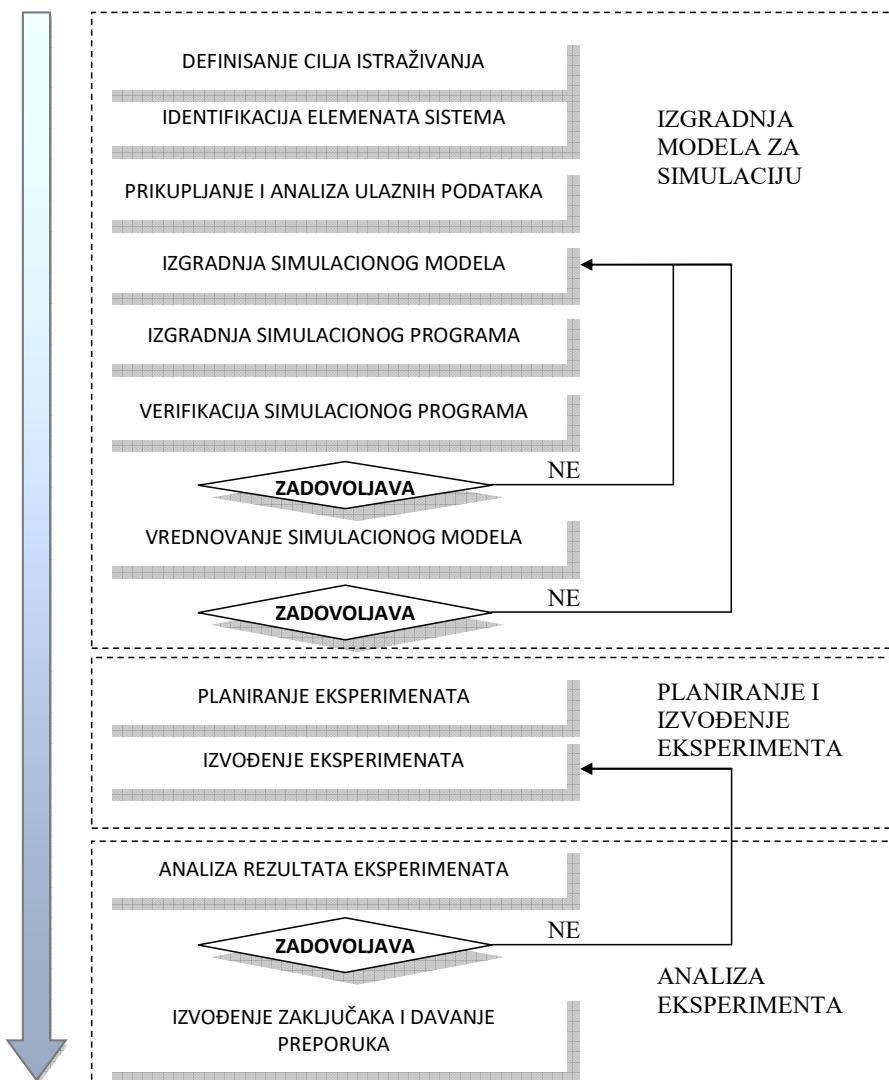
Realni procesi u malim i srednjim preduzećima obuhvataju izuzetno veliki broj međusobno povezanih promjenljivih. Pored toga, materijalni i informacioni tokovi imaju veoma često izrazito stohastičan karakter, te je za njihovo modeliranje potrebno veliko iskustvo i upotreba složenih matematičkih alata. Razumljivo, šira primjena simulacije podstaknuta je razvojem računara. Troškovi korišćenja računara danas su takvi da ponavljanje simulacija može da se izvrši brzo, u dovoljnom broju i jeftino. Autori najčešće navode nekoliko situacija kada je opravdana primjena simulacija u istraživanju ponašanja industrijskih sistema, i to:

- prilikom proučavanja i eksperimentisanja s interakcijama složenih sistema ili podsistema unutar složenih sistema,
- pri analizi efekata promjena u sistemu ili promjena u okruženju,
- pri analizi mogućnosti za poboljšanja, s obzirom da znanje stečeno u procesu izgradnje i simulacije modela može biti od velikog značaja kod poboljšanja sistema koji se ispituje,
- za eksperimentisanje s novim koncepcijama prije nego što se izvrši njihova implementacija, tako da nas pripremi za ono što može nastupiti i
- za verifikaciju analitičkih rješenja [13][48] [96].

Uopšteno, proces simulacije može se prikazati u obliku niza koraka koji opisuju pojedine faze (životni ciklus simulacije). Broj koraka i redoslijed njihovog obavljanja zavisi

od svake konkretnе situacije, ali moguće je definisati jedan opšti postupak simulacije koji obuhvata sljedeće korake:

- Izgradnja modela za simulaciju - Ovaj korak obuhvata: definisanje problema, verbalni opis modela, izgradnju matematičkog modela i programiranje.
- Planiranje simulacionih eksperimenata i njihovo izvođenje – Ovdje se vrši planiranje eksperimenta koji će omogućiti ispunjenje cilja rada (plan promjene parametara modela, ponavljanje eksperimenta zbog analize uticaja slučajnih promjenljivih, i dr.), te izvođenje simulacionih eksperimenata prema usvojenom planu.
- Analiza rezultata eksperimenata – U ovom koraku vrši se statistička obrada i analiza rezultata simulacionih eksperimenata (Slika 12).



Slika 12. Dijagram toka procesa simulacije

Kao osnovne prednosti primjene simulacije u istraživanjima ali i u svakodnevnoj praksi, istraživači najčešće navode sljedeće:

- jednom izgrađen model može se višestruko koristiti,
- simulacione metode mogu se koristiti kao pomoć kod analize, čak i u situacijama kada su ulazni podaci nepotpuni,
- podaci dobijeni simulacijom često su mnogo jeftiniji od sličnih podataka dobijenih na osnovu mjerena u realnom sistemu,
- simulacione metode je lakše primjeniti nego analitičke metode, pa je mnogo više potencijalnih korisnika simulacionih metoda nego onih koji koriste analitičke metode i
- ponekad simulacija predstavlja jedino sredstvo za rješenje određenog problema [13][97][98].

Osim prednosti, postoje i nedostaci primjene simulacije, a koji se moraju uzeti u obzir prije korišćenja simulacije, a to su:

- simulacioni modeli mogu biti skupi i zahtijevati dosta ljudskih resursa i dugo vrijeme za njihovu konstrukciju i validaciju,
- u većini slučajeva za dobre rezultate potrebno je višestruko izvršavanje simulacionog modela, što može da dovede do velikih troškova i
- simulaciju istraživači ponekad koriste čak i u situacijama kada analitičke tehnike daju zadovoljavajuće rezultate. Naime, ponekad korisnici postaju isuviše bliski sa simulacionom metodologijom, te zaboravljaju na potencijalnu mogućnost matematičkog rješavanja problema [13][48][97].

3.2. MODELI I MODELIRANJE

Model je opis realnog sistema s onim karakteristikama koje su relevantne za dano istraživanje, dok se kreativan proces nastajanja modela naziva modeliranjem. Modeli su apstrakcija realnog sistema i zadržavaju samo one karakteristike originala koje su bitne za svrhu njegovog izučavanja. To zapravo znači da se u procesu modeliranja mora izvršiti izbor između onih elemenata i karakteristika sistema koje su od značaja za istraživanje (koje će biti obuhvaćene modelom) i preostalih, za nas irrelevantnih, koje model neće sadržati. Stoga se kaže da model predstavlja uprošćenu sliku realnog sistema. Kao takav, model ne sadrži samo objekte i attribute realnog sistema, već i određene pretpostavke o uslovima njegove validnosti [13][95][97].

Nivo apstrakcije u procesu modeliranja utiče na validnost modela, odnosno na uspješnost predstavljanja realnog sistema modelom. Problem validacije modela javlja se u svakom procesu modeliranja, a proističe iz činjenice da je model uvijek pojednostavljen pogled na realni sistem koji je predmet posmatranja. Sviše složeni ili savršeni modeli koji imaju sposobnost da za isti skup ulaznih veličina proizvode iste izlazne vrijednosti kao i realni sistemi, čak i situacijama kada su ostvarivi, po pravilu su preskupi i neadekvatni za eksperimentisanje. S druge strane, sviše pojednostavljeni modeli ne oslikavaju na pravi način posmatrani sistem, pa rezultati koji se dobijaju njihovom primjenom mogu da budu neadekvatni i pogrešni [11][98].

Za predstavljanje sistema koriste se različiti modeli, kao što su: mentalni (misaoni), verbalni, strukturni, fizički, analogni, matematički, simulacioni i računarski.

Mentalni modeli prestavljaju strukture koje ljudski mozak neprekidno konstruiše kako bi bio u stanju da poveže niz činjenica sa kojima se čovjek susreće, a potom na osnovu toga djeluje.

Verbalni modeli su direktna posljedica mentalnih modela i predstavljaju njihov izraz u govornom jeziku, a uobičajeno se predstavljaju u pisanim oblicima. Verbalni modeli spadaju u klasu neformalnih modela.

Fizički modeli predstavljaju umanjene modele realnog sistema, koji se ponašaju na isti način kao i njihovi originali. Uglavnom se prave na osnovu teorije sličnosti ili, u boljem slučaju, na osnovu fizičkih zakona sličnosti.

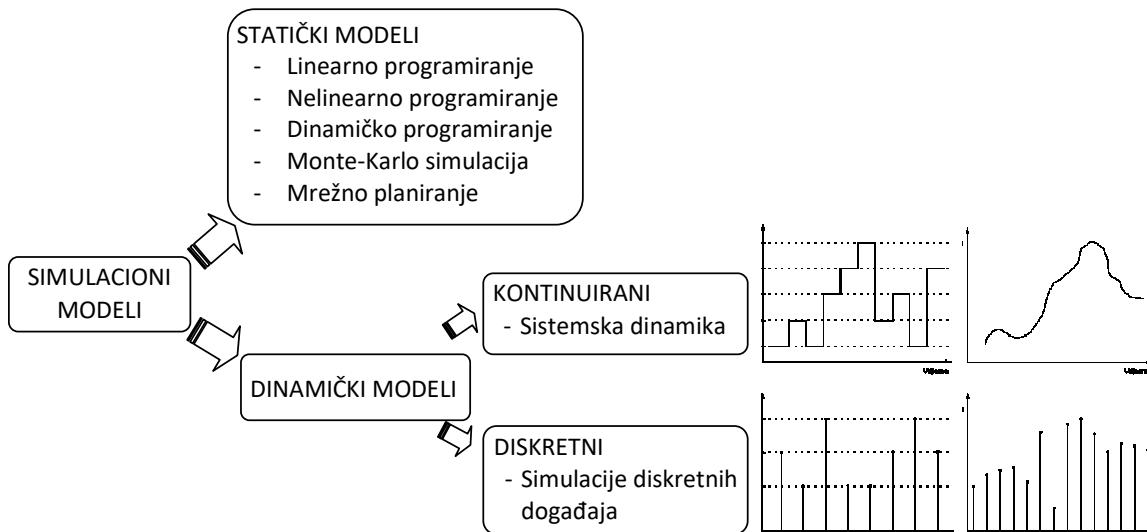
Ukoliko su veze između objekata modela opisane matematičkim (numeričkim) relacijama, tada se radi o *matematičkim modelima*. Fizički objekat koji se koristi za

analizu matematičkog modela drugog objekta, a sa kojim ima isti ili sličan matematički model, naziva se *analogni model*.

Konceptualni modeli se stvaraju na osnovu predstave o strukturi i logici rada sistema ili problema koji se modelira. Oni se prikazuju u obliku čije je značenje precizno definisano (na primjer, dijagrami s tačno definisanim simbolima). Njihova posebna važnost proističe iz činjenice da oni predstavljaju osnovu za izradu *računarskih modela*. Ovi se modeli često nazivaju i strukturni, pošto u grafičkom obliku ukazuju na strukturu (relativno stabilan odnos elemenata) posmatranog sistema [13][35][97].

Prema načinu na koji se mijenjaju i prate stanje sistema u vremenu, modeli se dijele na staticke i dinamičke modele (Slika 13). *Staticki modeli* predstavljaju model stanja realnog sistema u određenom trenutku vremena, dok *dinamički modeli* prate stanje sistema za određeni vremenski period.

Simulacija nad dinamičkim modelom može biti *kontinuirana ili diskretna*. U prvom slučaju stanje sistema je određeno u svim trenucima vremena (unutar perioda simulacije), dok je kod diskretnе simulacije stanje sistema određeno samo u nekim, diskretnim trenucima koji mogu biti međusobno podjednako ili različito udaljeni [98][99].



Slika 13. Podjela modela prema načinu na koji se prati stanje sistema u vremenu

3.3. MODELI SISTEMSKE DINAMIKE

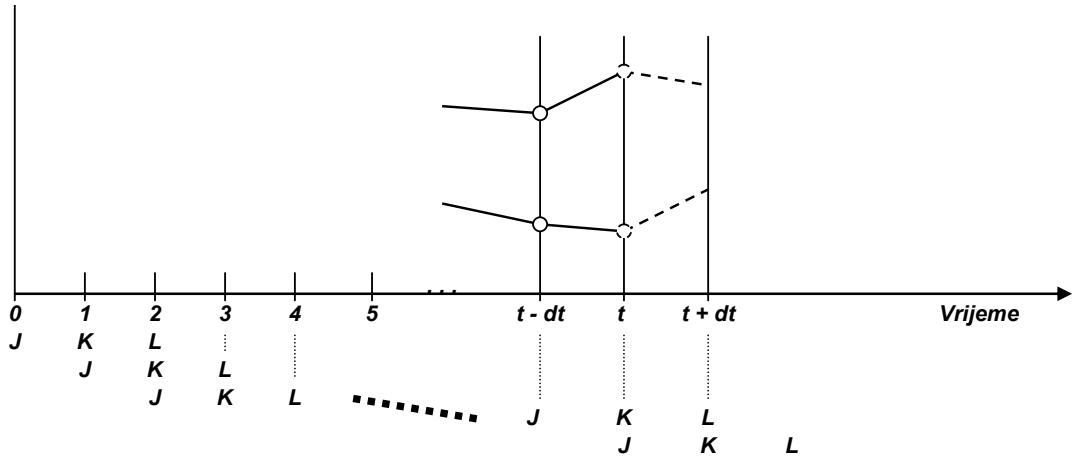
Izbor tipa simulacije, u svakom slučaju, određen je ciljem koji se želi postići i prirodom sistema ili procesa kojeg treba simulirati. U ovom radu predlaže se upotreba sistemskog modeliranja, metoda kontinuirane simulacije sistema s povratnom spregom. Sistemsko modeliranje je akademska disciplina nastala tokom 1960-tih godina na Massachusetts Institute of Technology (MIT) pod rukovodstvom prof. Jay Forrester-a¹. Metoda je posebno efikasna za simulaciono modeliranje složenih dinamičkih sistema i dobro je podržana dostupnim softverskim paketima za simulaciju kao što su *PowerSimStudio* (<http://www.powersim.com>), *AnyLogic* (<https://anylogic.com>), *Vensim PLE* (<https://vensim.com/>), *Simantics System Dynamics* (<http://sysdyn.simantics.org/>), *Simulink* (<http://mathworks.com/products/simulink/>) i drugi [35][95][99][100].

Proces simulacije sastoji se od postupaka proračunavanja stanja sistema po metodi korak po korak (*step by step*) primjenom jednačina promjena koje predstavljaju instrukcije kako dobiti stanje sistema za naredni korak. Prije računanja vrijednosti elemenata sistema (u funkciji vremena) neophodno je standardizovati vremenski interval izračunavanja vrijednosti (dt). Tako npr. za tri uzastopna vremenska momenta obilježena sa J, K i L postoje dva vremenska intervala: JK i KL obavezno iste dužine. Za izračunavanje vrijednosti elemenata stanja u momentu K raspoloživi su podaci iz prethodnih koraka o vrijednostima stanja u momentu J i vrijednostima elemenata promjene stanja u vremenskom intervalu JK. Pomoću ovih raspoloživih podataka izračunavaju se vrijednosti elemenata stanja sistema u momentu K. Izračunate vrijednosti koriste se da se izračunaju vrijednosti elemenata promjene stanja u intervalu KL. Kompletan proces izračunavanja se sad ponavlja, ali za nov vremenski momenat L, kako je u prethodnom koraku to obilježeno (Slika 14) [11][97][99].

Jednačine simulacije predstavljaju ekvivalente ponašanja elemenata sistema, odnosno jednačine kojima se matematički definiše postupak promjene stanja sistema.

¹ Jay Forrester, profesor managementa na Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.

Osnivač sistemskog modeliranja i njegove primjene u obrazovanju u području menadžmenta i u društvenim sistemima



Slika 14. Obilježavanje vremenskih stanja u simulacionom modelu sistemske dinamike

3.3.1. ELEMENTI MODELA

U opštem slučaju model sistemske dinamike sastoji se od elemenata sistema (elementi stanja i promjena), veza između elemenata, povratnih sprega (pozitivnih i negativnih), jednačina promjena, te raznih pomoćnih varijabli (početna stanja, kašnjenja i slično).

Elementi stanja predstavljaju akumulaciju koja se mijenja pod uticajem ulaznih i izlaznih tokova i najčešće ih nazivaju „skladišta“. Skladište „čuva“ tekuće stanje sistema i u potpunosti opisuje stanje sistema u jednom trenutku vremena. Elementi stanja sistema i svi drugi elementi koji na neki način predstavljaju neke akumulacije sistema prikazuju se pravougaonikom (Slika 15). Pravougaonik se nalazi na odgovarajućem toku. Strelicama se prikazuje pravac kretanja toka, odnosno ulaza i izlaza iz stanja sistema.

Tokovi se pojavljuju kao ulazi i izlazi iz elemenata stanja sistema. Prilikom grafičke interpretacije sistema razlikuju se dvije vrste tokova, i to tokovi informacija i tokovi materijala (Slika 15). Ako neki tok izvire ili uvire u stanja koja ne utiču na ponašanje sistema, smatra se da je taj izvor, odnosno ponor, neograničen.

Elementi promjene stanja su posljedica upravljačkih odluka. One određuju protoke na tokovima. Element promjene stanja prima informacije kao ulaze i kontroliše podatak kao svoj izlaz. Ovako opisan element promjene stanja funkcioniše kao ventil koji reguliše protok. Zbog toga se i simbol ventila koristi da bi se grafički prikazao element promjene stanja (Slika 15).

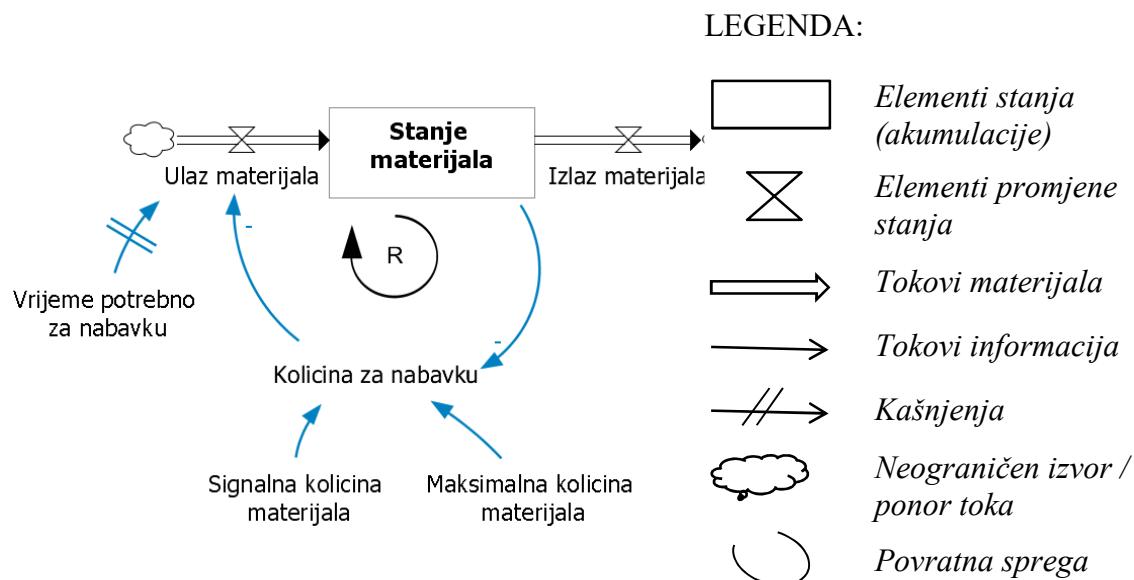
Na tokovima informacija između izvora informacija (elementi stanja sistema) i elemenata odlučivanja (elementi promjene stanja sistema) mogu se naći i *pomoćni elementi*. Oni se kao informacija koriste u elementima promjene stanja. Izdvojeni su zbog toga što imaju svoje nazavisno značenje.

Parametri sistema su vrijednosti koje na neki način utiču na zbijanja u sistemu, ali su nepromjenljive veličine.

U realnim sistemima promjene se ne događaju istovremeno kada su pokrenute, već je za njih potrebno određeno vrijeme (npr. treba neko vrijeme da se izvrši narudžba robe, tj. da naručena roba stigne). Kašnjenja u reakcijama sistema mogu biti materijalna kašnjenja ili kašnjenja informacija.

Materijalna kašnjenja nastaju zbog postojanja vremena potrebnog za realizaciju određene aktivnosti. Tako na primjer, naručivanje materijala ne znači istovremeno i isporuku istog, jer je realno potrebno određeno vrijeme za realizaciju narudžbe.

Informaciona kašnjenja predstavljaju vrijeme koje prođe između vremena prikupljanja (opažanja) informacija i analize i djelovanja na osnovu prikupljenih informacija. Prikupljanjem informacija o dnevnoj prodaji, i prezentovanjem istih u obliku mjesecnog izvještaja o prodaji, predstavlja tipičan primjer informacionog kašnjenja.



3.3.2. POVRATNA DEJSTVA

Za sisteme kod kojih elementi posredno, preko drugih elemenata, utiču sami na sebe kaže se da posjeduju *povratno dejstvo - feedback*. U ovom slučaju, dio sistema koji je u pitanju zove se kolo povratnog dejstva – *feedback loop*.

Dinamičko ponašanje sistema je u najvećoj mjeri određeno postojanjem povratnog dejstva u sistemu. Postojanje kola povratnog dejstva je preduslov za uspješno korištenje metodologije sistemske dinamike.

Sistem bez povratnog dejstva (open-loop system) predstavlja jednostavan (otvoren) lanac uzročno posljedičnih veza.

Sistem s povratnim dejstvom (closed-loop, feedback system) predstavlja kružni (zatvoren) lanac uzročno-posljedičnih veza s povratnim djelovanjem, tako da je svaka promjenljiva istovremeno i uzrok i posljedica.

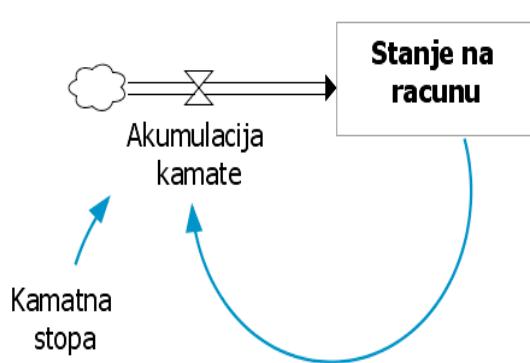
Povratno dejstvo je pozitivno ako povećanje vrijednosti promjenljive, nakon vremenskog perioda vodi ka novom povećanju te promjenljive. Pozitivno povratno dejstvo nastaje kada se inicijalna promjena u sistemu prenosi kroz sistem što ima kao posljedicu nove promjene u istom smjeru.

Pozitivno povratno dejstvo postoji u složenim sistemima čije ponašanje ima eksponencijalni karakter (pojačavajuće ili usložnjavajuće ponašanje). Kao primjer pozitivnog povratnog dejstva može se posmatrati model bankovnog računa koji simulira stanje na računu. Zanemarivanjem ostalih elemenata promjene vidi se kako stanje na računu preko kola povratnog dejstva utiče na samog sebe (Slika 16). Jednačine modela mogu se prikazati na sljedeći način:

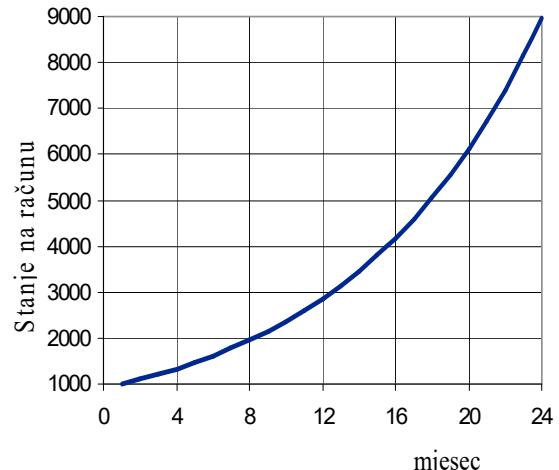
$$\text{Akumulacija kamate } (dt) = \text{Stanje na računu } (t-dt) \times \text{Kamatna stopa}$$

$$\text{Stanje na računu } (t) = \text{Stanje na računu } (t-dt) + \text{Akumulacija kamate } (dt)$$

$$\text{Stanje na računu} = \text{Stanje na računu} + (\text{Stanje na računu } (t-dt) \times \text{Kamatna stopa})$$



a) Dijagram toka



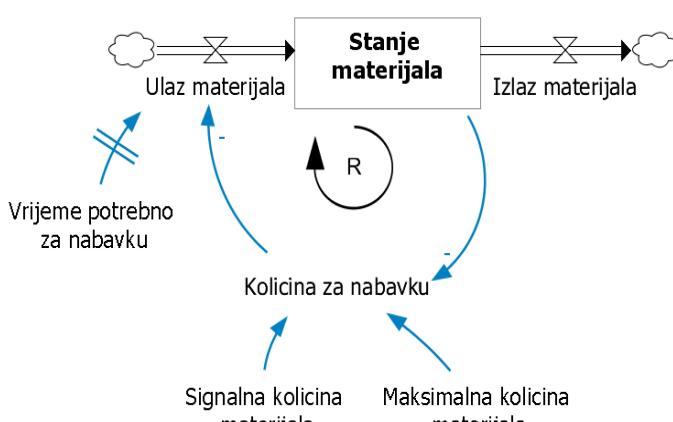
b) Grafik ponašanja sistema

Slika 16. Model bankovnog računa (pozitivno povratno dejstvo)

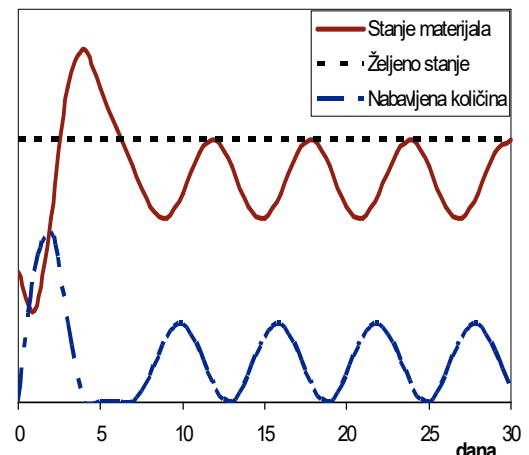
Negativno povratno dejstvo balansira ili stabilizuje sistem, a ponašanje sistema ima asimptotski ili oscilatorni karakter. Povratno dejstvo je negativno ako povećanje vrijednosti promjenljive, nakon vremenskog perioda, vodi ka smanjenju te promjenljive.

Zbog postojanja razlike između tekućeg stanja sistema i željenog stanja, negativno povratno dejstvo se karakteriše ponašanjem koje vodi ka postavljenom cilju (*goal-seeking*).

Kao primjer negativnog povratnog dejstva može poslužiti model regulisanja zaliha materijala prema željenim količinama materijala u skladištu. Dijagram toka ovakvog sistema dat je na slici (Slika 17).



a) Dijagram toka



b) Grafik ponašanja sistema

Slika 17. Model regulisanja zaliha materijala u skladištu (negativno povratno dejstvo)

Prikazani model može se opisati skupom jednačina u opštem obliku:

IF (Stanje materijala($t-dt$) < Signalna količina materijala) THEN

Količina za nabavku (dt) = Maksimalna količina materijala

- Stanje materijala($t-dt$)

ELSE

Količina za nabavku (dt) = 0

END IF

Zalihe materijala(t) = Zalihe materijala($t-dt$) - Izlaz materijala(dt) + Ulaz materijala(dt)

Iz prikazanog se vidi, da što su zalihe materijala u skladištu veće, to je veličina ulaznog toka (ulaz materijala) manja (negativno dejstvo povratne veze).

4. RAZVOJ MODELA LANCA SNABDIJEVANJA U MALIM I SREDNJIM PREDUZEĆIMA

4.1. OPŠTE PRETPOSTAVKE

Prije nego što se krene u modeliranje lanca snabdijevanja potrebno je sagledati šta za proizvodno preduzeće, koje je predmet ovog istraživanja, predstavlja lanac snabdijevanja. To je niz poslovnih procesa koji obično počinje prijemom zahtjeva kupca. Zatim, služba prodaje analizira zahtjev kupca, te ukoliko postoji raspoloživa količina odgovarajućih proizvoda na zalihamu, zahtjev može biti odmah ispunjen. U situacijama kada ne postoji dovoljna količina proizvoda na zalihamu ili je potrebno razviti proizvod prema specifičnim zahtjevima kupca, pokreće se lanac događaja, počevši od naručivanja materijala, razvoja proizvoda, pokretanja proizvodnje sve do konačne isporuke kupcu. Tako sektor razvoja, u skladu sa zatjevima kupaca, razvija nove i modifikuje postojeće proizvode. Funkcija pripreme proizvodnje pravi specifikaciju neophodnog materijala dok služba nabavke kontaktira dobavljače i ugovara isporuke materijala. Skladište skladišti materijal dok ne bude spreman za ulazak u proizvodnu liniju. Nakon procesa proizvodnje proizvodi se pakuju i skladište kao gotova roba u skladištu, a zatim se transportuju do mjesta kupca.

Opisani lanac procesa predstavlja uopšten lanac snabdijevanja jednog proizvodnog preduzeća. Pri tome, osnovna svrha upravljanja ovakvim lancem snabdijevanja je blagovremena isporuka proizvoda odgovarajućeg kvaliteta uz najmanje moguće troškove i najkraće vrijeme reagovanja na zahtjeve kupaca uz maksimalno eliminisanje gubitaka u lancu snabdijevanja. Da bi lanac funkcionisao, svaka veza u lancu mora biti besprijekorno integrisana u cjelokupni lanac snabdijevanja.

Opšti utisak je da većina preduzeća u Republici Srpskoj nisu dobro pripremljena, te nisu u stanju da adekvatno reaguju na promjene u lancu snabdijevanja. Stoga, iako je krajnji cilj koordinacija i optimizacija aktivnosti lanaca snabdijevanja, u praksi često izostaju zajednički napori članova lanaca na uspostavljanju jedinstvenih rješenja. Jedan od razloga za ovakvo stanje je i nedostatak informacija relevantnih za upravljanje lancima snabdijevanja preduzeća. Naime, većina malih i srednjih preduzeća, u kojima sam radio kao konsultant, prije uvođenja računarski podržanog integriranog informacionog sistema nisu održavali ažurne ni najjednostavnije podatke, kao što su rokovi isporuke proizvoda ili minimalni nivoi zaliha, u

svojim informacionim sistemima. Umjesto integrisanog prikupljanja i obrade informacija duž lanca snabdijevanja preduzeća, vlasnik preduzeća je najčešće sam radio mnoge analize podataka prispetih od različitih sektora preduzeća. Međutim, čak i veoma malo preduzeće može da ima velik broj proizvoda, kupaca i dobavljača kojima se mora upravljati svakodnevno, a čovjek može da upravlja samo određenom količinom podataka.

Nedostatak informacija i/ili ograničena primjena informacionih tehnologija u proizvodnim preduzećima ima za posljedicu:

- Otežanu saradnju između organizacionih jedinica preduzeća, posebno na poslovima dizajna i razvoja novih proizvoda i tehnologija.
- Bez dobre razmjene podataka sa kupcima i dobavljačima, preduzeće nije svjesno neiskorišćenog kapaciteta u lancu snabdijevanja te nije u mogućnosti da poveća poklapanje potreba kupaca sa mogućnostima dobavljača.
- Ograničena primjena informaciono – komunikacionih tehnologija čini uspostavljanje kontakta i saradnje sa novim kupcima i dobavljačima izuzetno teškim, što za posljedicu ima neiskorišćene mogućnosti za razvoj poslovanja.
- Odsustvo razmjene informacija može dovesti do proizvodnih grešaka, kašnjenja isporuke i slabijeg kvaliteta proizvoda.
- Neproporcionalne investicije u informacioni sektor kroz lanac snabdijevanja dovode do toga da pojedini elementi lanca postaju slabije karike što ima negativan uticaj na poslovanje cijelog lanca.

4.1.1. ZAHTJEVI ZA MODEL SIMULACIJE

U skladu sa ciljem istraživanja, razvijeni model lanca snabdijevanja mora da obuhvati i specifičnosti malih i srednjih preduzeća, proizvodne djelatnosti, koje se prvenstveno ogledaju u:

- velikom assortimanu proizvoda,
- korišćenju velikog broja različitih materijala,
- visokom stepenu usaglašavanja proizvoda i usluga sa zahtjevima kupaca,
- pripremi i izvođenju procesa proizvodnje u malim serijama,
- potrebi razvoja novih i/ili modifikaciji postojećih proizvoda u vrlo kratkom vremenskom periodu uz ograničene resurse,
- stalnim zahtjevima za smanjenje vremena od prijema zahtjeva kupca do davanja ponude i izrade proizvoda i

- visokoj fleksibilnosti procesa.

Uslovi okoline i poremećaji u poslovnim procesima malih i srednjih preduzeća, nameću potrebu razvoja fleksibilnog modela simulacije lanca snabdijevanja, pred koga se postavljaju specifični tehnički zahtjevi kao što su:

- praćenje različitih trendova potražnje gotovih proizvoda,
- kontinuirano praćenje zaliha materijala, nedovršene proizvodnje i gotovih proizvoda,
- simulacija usaglašavanja distribucije gotovih proizvoda prema zahtjevima kupaca,
- obuhvatnost, tj. simulacijom obuhvatiti, osim transformacionih procesa, i postupake donošenja odluka, planiranja te podešavanja procesa,
- simulacija potencijalnih poremećaja u okruženju (nedostupnost sirovina, poremećeji u potražnji i dr.) kao i odgovora preduzeća na iste,
- simulacija poremećaja u poslovnim procesima preduzeća (neusaglašenosti, otkazi mašina, nedostak resursa i sl.) kao i odgovora preduzeća na iste,
- sistem mjerjenja performansi preduzeća mora biti sastavni dio modela.

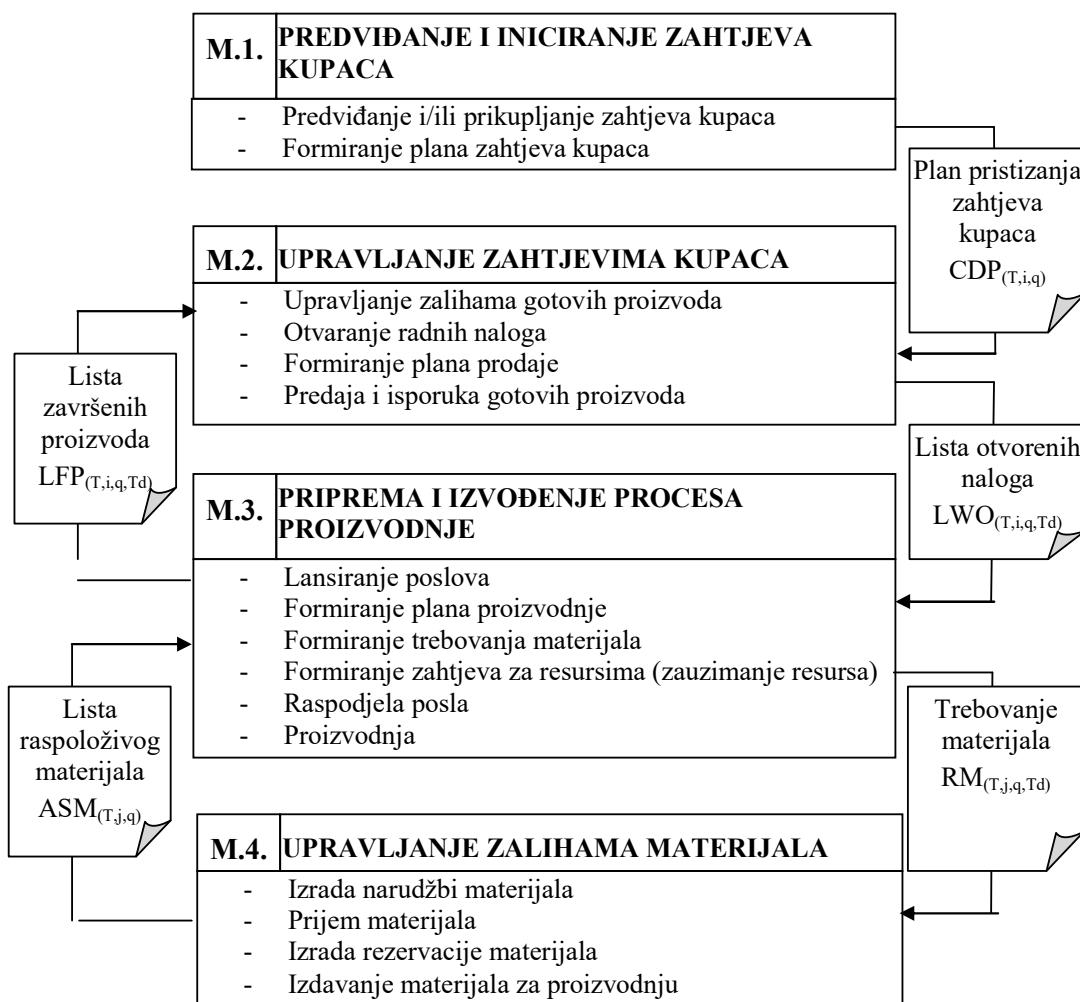
U ovom istraživanju, za potrebe simulacije procesa tokova, primjenjen je modularni pristup za izgradnju modela simulacije. Ovaj pristup podrazumijeva izgradnju modela iz zasebnih cjelina (modula), gdje svaka cjelina ima svoj cilj, pravila odlučivanja i mjere performansi. Prednosti ovog pristupa u izgradnji simulacionog modela ogledaju se u:

- olakšanom definisanju svrhe svakog od modula,
- pojednostavljenom verbalnom, matematičkom i logičkom opisu modela,
- prilagođavanju nivoa detaljnosti modula potrebama simulacionog procesa,
- mogućnosti poboljšanja određenih modula bez potrebe za izmjenama na ostalim modulima,
- mogućnosti angažovanja odgovarajućeg stručnog osoblja za pojedine module,
- lakšem otkrivanju greški modela,
- olakšanom praćenju rezultata simulacionog procesa i
- mogućnosti modularnog pristupa izgradnji simulacionog programa[11][35].

Osnovni model za simulaciju, izgrađen za potrebe ovog rada, sastoji se od četiri modula, i to:

- M.1. Predviđanje i iniciranje zahtjeva kupaca,
- M.2. Upravljanje zahtjevima kupaca,
- M.3. Priprema i izvođenje procesa proizvodnje i

- M.4. Upravljanje zalihamu materijala (Slika 18).



Slika 18. Modularni prikaz modela za simulaciju lanaca snabdijevanja

4.1.2. TOK IZGRADNJE MODELA ZA SIMULACIJU

Postupak izgradnje modela za simulaciju može se predstaviti kao niz aktivnosti koje obuhvataju sljedećih šest koraka:

1. *Definisanje problema* podrazumijeva definisanje željenog cilja i svrhe simulacije, granica sistema i nivoa detaljnosti. Osim toga toga, u ovom koraku, neophodno je definisati sva ograničenja modela i prepostavke koje će se primjenjivati u postupku izvođenja simulacije.
2. *Verbalni opis modela* predstavlja njegov opis u govornom jeziku, pa se uobičajeno predstavlja u pisnom obliku.

3. *Razvoj modela podrazumijeva* definisanje kontrolisanih i nekontrolisanih elemenata modela, njihovo ponašanje i pravila odlučivanja.
4. *Izrada dijagrama toka modela* olakšava kompjutersko programiranje i pomaže da se razumije logika modela. Prilikom izrade dijagrama toka, neophodno je koristiti standardne simbole (isti su objašnjeni u poglavlju 3.3.1.). Za kreiranje dijagrama modela toka, u ovom radu, korišten je softver *Vensim PLE* (<https://vensim.com/>). Vensim PLE je softver za simulaciju koji je razvila kompanija Vantana System Inc. Prvenstveno je namjenjen za kontinuiranu simulaciju sa povratnom spregom (sistemsку dinamiku), uz neke ograničene mogućnosti diskretnе simulacije. Program obezbeđuje grafički interfejs za modelovanje korištenjem simbola elemenata stanja (zaliha), elemenata promjene stanja (protoka), parametara modela i veza. Matematičko modeliranje podržava velik broj operacija, složen sistem jednačina te rad sa nizovima podataka. Ugrađene funkcije, koje se po potrebi mogu proširivati, omogućavaju definisanje ograničenja, kašnjenja i različitih stohastičkih ponašanja. Cijeli sistem omogućava kreiranje vrlo složenih modela koji uključuju višedimenzionalne varijable i modularan pristup izgradnji modela. Rezultati simulacije mogu se analizirati različitim vizuelnim alatima poput tabela i dijagrama. Ovaj alat je korišten u istraživanju radi verifikacije projektovanog modela.
5. *Definisanje mjera performansi* podrazumijeva definisanje jedne ili više mjeri performansi za svaki modul. Definisani skup mjeri performansi mora biti jasno povezan sa kontrolisanim elementima sistema i pravilima odlučivanja, te treba biti u direktnoj vezi sa strategijom upravljanja lancem snabdijevanja. S obzirom da upravljačke strategije imaju za cilj podizanje nivoa efikasnosti (bolje iskorištenje resursa), efektivnosti (poboljšanje usluge korisniku) i fleksibilnosti (sposobnost odgovora na promjene u okruženju), u ovom radu razvijeni i primjenjeni sistem mjerena performansi lanaca snabdijevanja ima fokus na tri odvojene vrste mjeri performansi: mjerne resursa (R), mjerne izlaza (I), i mjerne fleksibilnosti (F).
6. Programiranje modela obuhvata proces izrade korisničkog programa u nekom od programske jezike (C, VisualBasic, Java...) ili se koriste gotova rješenja. Zbog složenosti problema, za potrebe istraživanja, razvijen je sopstveni softver u Visual Basic okruženju. Softver je inicijalno razvijen za prethodna istraživanja [11][13], a zatim unapređen i dodatno nadograđen za potrebe istraživanja u okviru doktorske disertacije. Ovaj softver u potpunosti podržava razvijeni simulacioni model sistemske dinamike i omogućava korisniku simulaciju kroz niz događaja. Korisnički interfejs

omogućava definisanje elemenata sistema (proizvodni program, prognozu potražnje, pristizanje narudžbi, listu i količinu sirovina, normativ sirovina, potreban i instalisani kapacitet, početne uslove, itd.) te elemente simulacionog eksperimenta (period simulacije, korak simulacije, veličina serije, politika upravljanja zalihamama itd.). Putem ODBC (Open Database Connectiviti) interfejsa omogućena je razmjena podataka sa MS Access, MS SQL Server i PostgreSQL bazama podataka. Ovo omogućava djelimičnu integraciju modela sa postojećim informacionim sistemima preduzeća. Softver automatski izračunava predefinisane performanse i rezultate prikazuje kroz niz tabela i grafika.

4.2. RAZVOJ MODELA ZA SIMULACIJU LANACA SNABDIJEVANJA

4.2.1. MODUL M1: PREDVIĐANJE I INICIRANJE ZAHTJEVA KUPACA

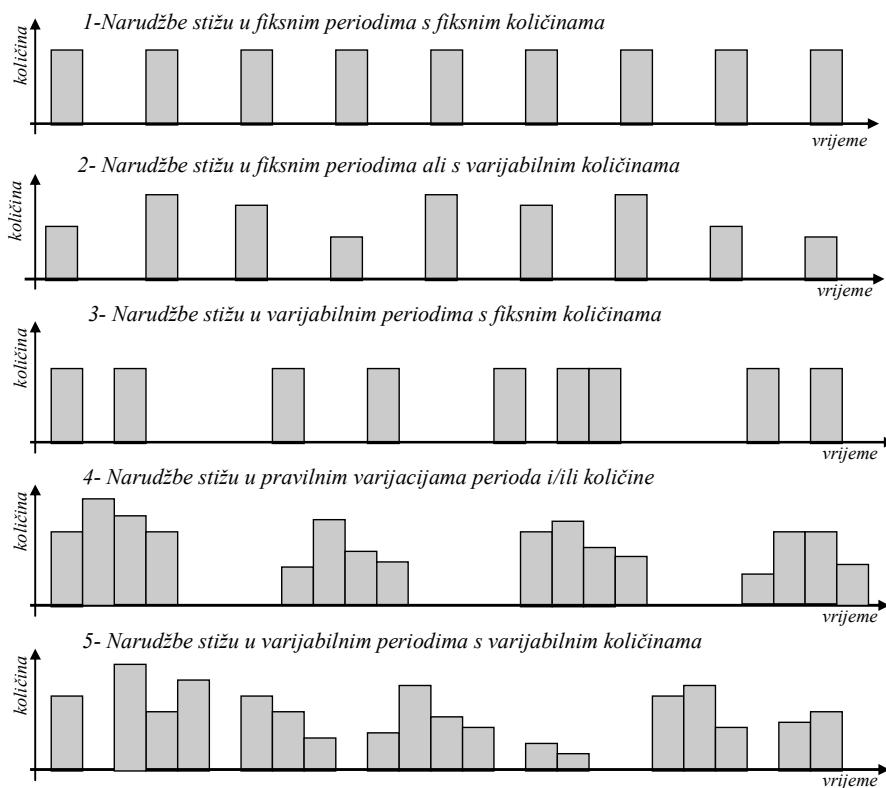
4.2.1.1 DEFINISANJE PROBLEMA

Osnovna svrha ovog modula je simulacija pristizanja zahtjeva kupaca, odnosno kreiranje toka potražnje gotovih proizvoda. Model potražnje treba da bude izražen kao funkcija: vrste proizvoda, vremena narudžbe i naručene količine. Neophodno je da model podržava različite oblike toka pristizanja narudžbi, kao i varijacije u tim tokovima.

Ulaz u modul čine podaci o pristizanju narudžbi u prethodnim vremenskim periodima, procjenjenim trendovima prodaje, ugovorenim poslovima i planovima preduzeća u narednom periodu. Izlaz iz modula je plan pristizanja zahtjeva kupaca.

4.2.1.2 VERBALNI OPIS MODELA

Model iniciranja i pristizanja zahtjeva kupaca treba da obuhvati različite scenarije pristizanja narudžbi, a koji su vezani uz varijacije u količini i terminima isporuke.



Slika 19. Varijacije u toku pristizanja zahtjeva kupaca

Osnovni modeli pristizanja i realizacije narudžbi obuhvataju sljedećih pet scenarija pristizanja narudžbi kupaca:

- narudžbe stižu u fiksnim periodima sa fiksnim količinama,
- narudžbe stižu u fiksnim periodima, ali sa varijabilnim količinama,
- narudžbe stižu u varijabilnim periodima sa fiksnim količinama,
- narudžbe stižu u pravilnim varijacijama perioda i/ili količine (npr. sezonske varijacije) i
- narudžbe stižu u varijabilnim periodima s varijabilnim količinama (Slika 19).

4.2.1.3 RAZVOJ MODELA

Osnovni elementi opisanog modula dati su u tabeli 12. Takođe, u istoj tabeli su prikazane i jednačine simulacije, koje predstavljaju ekvivalente ponašanja elemenata sistema.

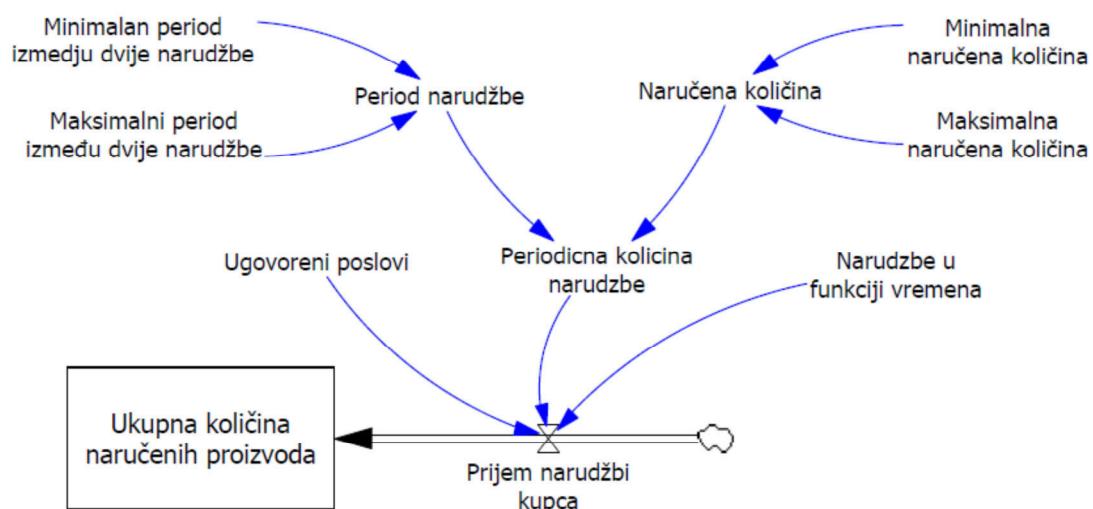
Tabela 12. Elementi modula M1: Predviđanje i iniciranje zahtjeva kupaca

Naziv elementa	Definicija
PARAMETRI SISTEMA	
1 Minimalan period između dvije narudžbe OP_{\min}	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
2 Maksimalan period između dvije narudžbe OP_{\max}	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
3 Minimalna količina narudžbe OQ_{\min}	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
4 Maksimalna količina narudžbe OQ_{\max}	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
5 Ugovorenii poslovi	$[(t1, Q1) \dots (tn, Qn)]$ <i>...definisati prije početka simulacije</i>
6 Narudžbe funkcija vremena t	$=f(t)$ <i>...definisati prije početka simulacije</i>
ELEMENTI STANJA	
1 Ukupna količina naručenih proizvoda (t)	$= \text{Ukupna količina naručenih proizvoda (t-dt)}$ $+ \text{Prijem narudžbi kupaca(dt)}$
ELEMENTI PROMJENE STANJA	
1 Prijem narudžbi kupaca (dt)	$= \text{Periodične narudžbe}$ $+ \text{Ugovorenii poslovi}$ $+ \text{Narudžbe funkcija vremena t}$
POMOĆNI ELEMENTI	
1 Period narudžbe (t)	$= \text{RANDOM}(OP_{\min}, OP_{\max})$
2 Količina narudžbe (t)	$= \text{RANDOM}(OQ_{\min}, OQ_{\max})$
3 Periodična količina narudžbe (t)	$= f(\text{Period narudžbe (t)}, \text{Količina narudžbe (t)})$

Varijacije naručene količine i perioda između pristizanja dvije uzastopne narudžbe definišu se postavljanjem graničnih vrijednosti za količinu (OQ_{min} , OQ_{max}) i period (OP_{min} , OP_{max}). Da bi simulirali nepredvidivost potražnje, posebno izraženu u poslovanju malih i srednjih preduzeća, model za svaki trenutak simulacije (t) pomoću generatora slučajnih brojeva, unutar datih granica, generiše slučajnu količinu $OQ(t)$ i slučajni termin pristizanja narudžbe $OP(t)$.

4.2.1.4 IZRADA DIJAGRAMA TOKA

Logika modela za simulaciju prikazana je na dijagramu toka koji je dat na slici 20. Za kreiranje dijagrama toka korišten je softver Vensim PLE.



Slika 20. Dijagram toka modula MI: Predviđanje i iniciranje zahtjeva kupaca

4.2.1.5 MJERE PERFORMANSI

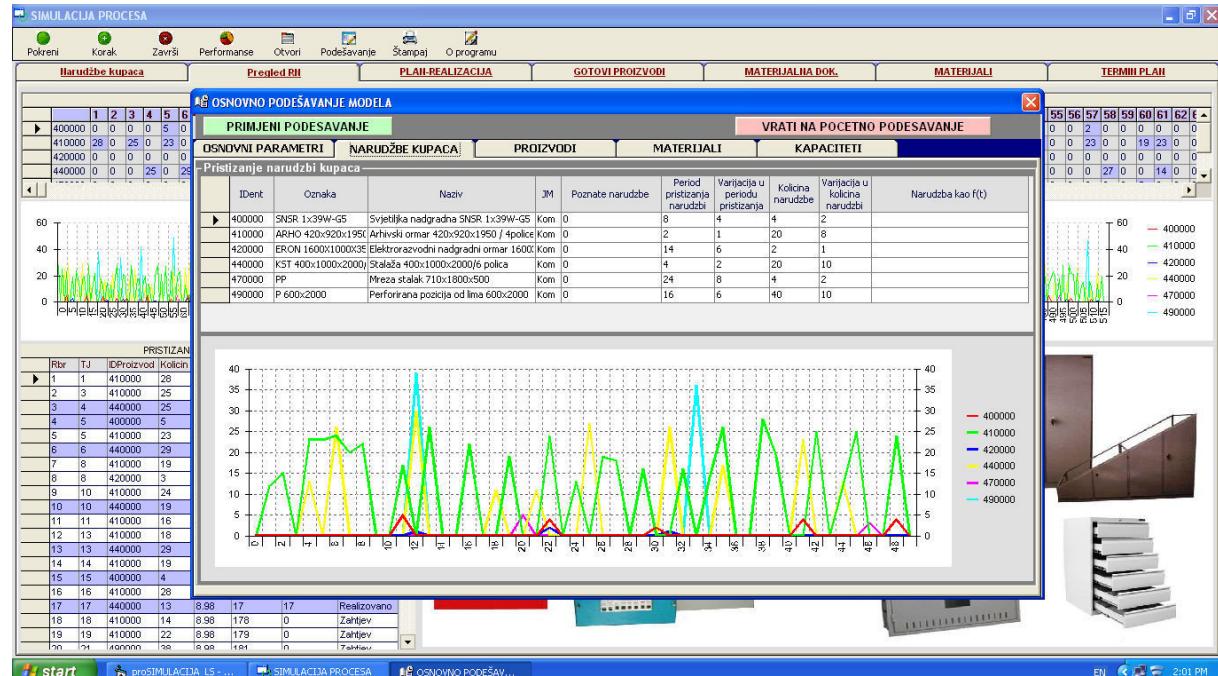
Ovaj modul isključivo služi za generisanje zahtjeva kupaca, te usvojene mjere performansi lanca snabdijevanja treba da prikažu ocjenu odgovora lanca snabdijevanja preduzeća upravo na ove zahtjeve. Stoga nema potrebe definisati mjere performansi za ovaj modul.

4.2.1.6 PROGRAMIRANJE MODELA

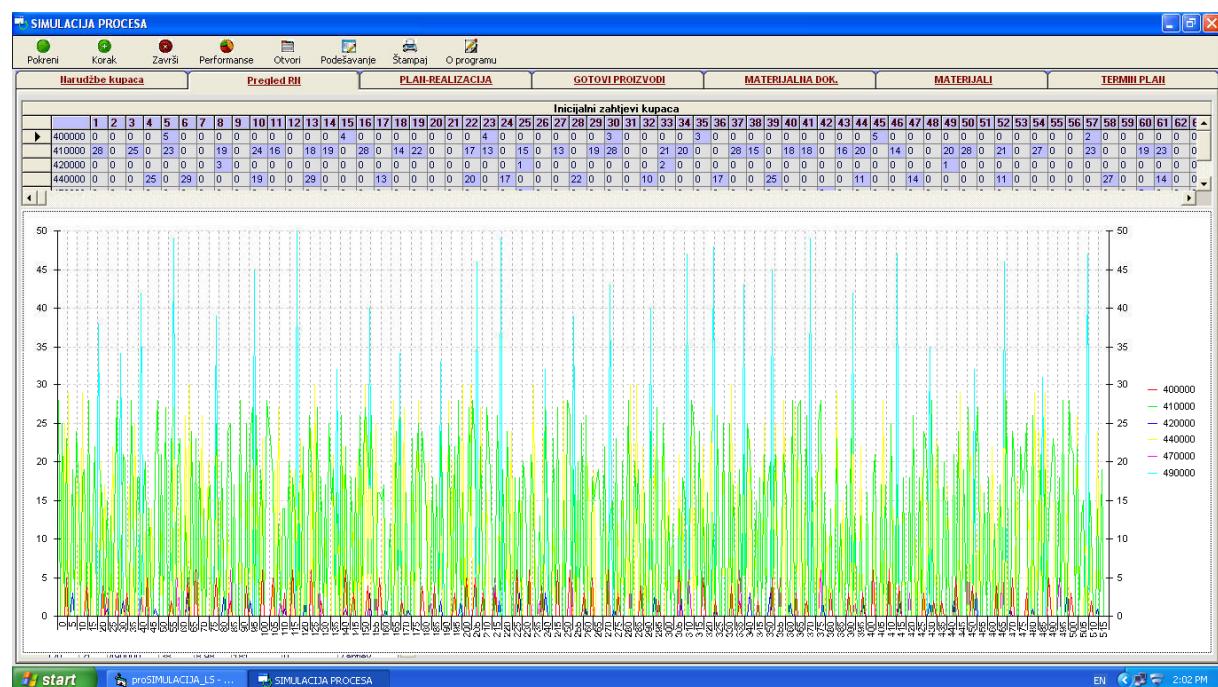
U posljednjem koraku pristupa se izradi korisničnog programa za izvođenje simulacije. Ovaj program mora da obezbijedi interfejs za podešavanje parametra modela, okvir za izvođenje simulacije i odgovarajuće forme za prikaz podataka. Kako je ranije

naglašeno, razvijen je sopstveni softver u Visual Basic okruženju. Teorijski model razvijen i testiran u programu Vensim PLE ver.7.3.5. korišten je za verifikaciju razvijenog softvera.

Izgledi korisničkih formi za podešavanje parametara modela i generisani model pristizanja narudžbi kupaca prikazani su na slikama 21 i 22.



Slika 21. Korisnička forme za podešavanje parametara modela pristizanja narudžbi kupaca



Slika 22. Korisnička forma za tabelarni i grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca

4.2.2. MODUL M2: UPRAVLJANJE ZAHTJEVIMA KUPACA

4.2.2.1 DEFINISANJE PROBLEMA

Proces upravljanja zahtjevima kupaca, koji će biti obrađen u ovom dijelu, predstavlja dio ukupnog upravljanja odnosima sa klijentima. Upravljanje odnosima sa klijentima (*Client/Customer relationship management - CRM*) obuhvata principe, prakse i smjernice koje preduzeće slijedi u interakciji sa svojim klijentima sa ciljem da se zadovolje njihove potrebe i ostvari poslovna korist. Sa stanovišta proizvodnog preduzeća, CRM se može shvatiti kao skup alata za upravljanje poslovanjem i odnosima sa klijentima, koji omogućava potpunu povezanost klijenata sa svim poslovnim procesima preduzeća. Tako CRM obuhvata niz procesa koji se vode od predviđanja i analiza trendova ponašanja klijenata do praćenja realizacije narudžbi, ugovora, radnih zadataka i konačno isporuke gotovih proizvoda i usluga. Pod pretpostavkom da je predviđanje i analiza trendova ponašanja klijenata definisano u prethodnom modulu, potrebno je razviti odgovarajući model zadovoljenja zahtjeva kupaca.

4.2.2.2 VERBALNI OPIS MODELA

Narudžbe kupaca stižu u nepravilnim vremenskim intervalima sa varijacijama u količini i roku isporuke. U zavisnosti od stepena učešća kupaca u karakteristikama proizvoda, te mesta i nivoa zaliha u lancu snabdijevanja, razlikuju se dvije osnovne vrste narudžbi i to:

- narudžbe proizvoda iz standardnog proizvodnog programa, gdje se proizvodi izrađuju i skladište prije prijema narudžbe kupca i
- narudžbe proizvoda sa specifičnim zahtjevima kupca, gdje se proizvodi izrađuju u potpunosti nakon prijema narudžbe kupca.

Narudžbe proizvoda iz standardnog proizvodnog programa

U ovom slučaju proizvodi se isporučuju direktno iz skladišta gotovih proizvoda (*Make To Stock Production*) ili pak kompletiraju od već proizvedenih komponenata (*Assemble To Order Production*). Ukoliko na zalihamu ne postoji dovoljna količina odgovarajućih gotovih proizvoda i/ili komponenata, narudžba se evidentira kao nerealizovana narudžba kupca, a njena realizacija, ukoliko odgovara kupcu, vrši se nakon dopunjavanja zaliha u skladištu.

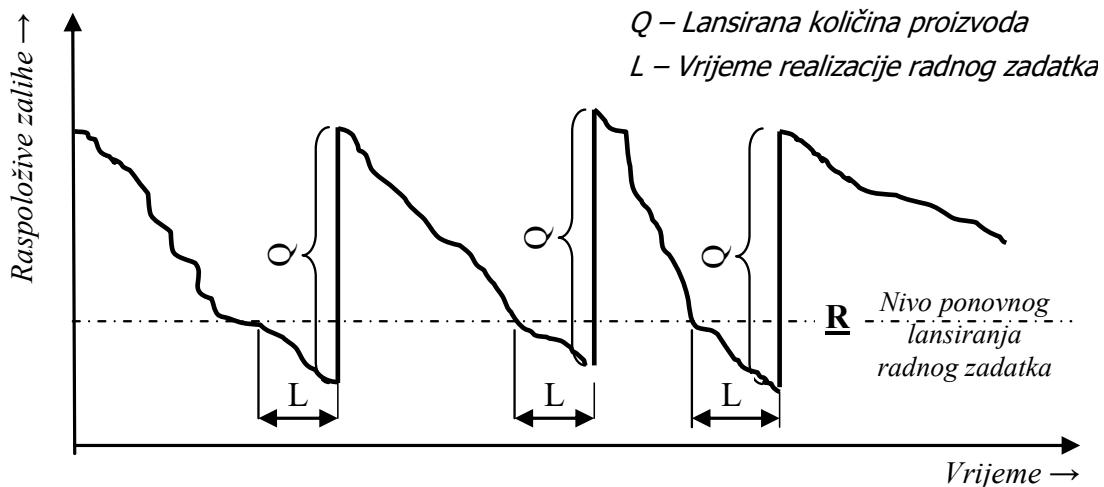
S obzirom da smo u prethodnom modulu uveli pretpostavku potražnje promjenljive po količini i periodu narudžbe, neophodno je u simulacioni model uključiti dovoljno fleksibilan

sistem upravljanja zaliham proizvoda. Stoga se regulisanje stanja zaliha gotovih proizvoda i komponenata vrši sistemom sa kontinuiranim nadgledanjem zaliha (Q-sistem) preko definisanih signalnih i maksimalnih količina. Kada nivo zaliha padne na nivo manji od signalne količine R (*Reorder point*) otvara se radni zadatak za proizvodnju Q jedinica za dopunu zaliha. Dopuna zaliha se vrši nakon isteka perioda realizacije radnog zadatka L (*lead time*) (Slika 23).

Ovaj model je u potpunosti određen s dva parametra Q i R . Prvo se, iz jednačine za ekonomičnu količinu odredi optimalna lansirana količina Q , a zatim se prilazi određivanju vrijednosti nivoa ponovnog lansiranja radnog zadatka R . Postupak određivanja vrijednosti nivoa ponovnog lansiranja R zasniva se na troškovima nedostatka zaliha ili vjerovatnoći nedostatka zaliha. Određivanje troškova nedostatka zaliha je teže procijeniti, pa se stoga, kao osnova za određivanje R , obično koristi vjerovatnoća nedostatka zaliha.

Kad je radni zadatak lansiran, sistem upravljanja zaliham je izložen mogućnosti pojavljivanja nedostatka zaliha, sve dok na stigne naručena količina. Budući da je tačka ponovnog lansiranja (R) obično veća od nule, jedini rizik od nedostatka zaliha je tokom vremena realizacije radnog zadatka (L).

Tačka ponovnog naručivanja uvijek se može staviti dovoljno visoko tako da se vjerovatnoća nadostatka zaliha smanji na željeni nivo. Ipak suviše velik nivo R bi povećao prosječnu količinu zaliha nedovršene proizvodnje, a time i troškove održavanja zaliha.



Slika 23. Model sa kontinuiranim nadgledanjem zaliha gotovih proizvoda (Q-sistem)

Optimalni nivo ponovnog naručivanja može se definisati na sljedeći način:

$$R = m + s \quad (17)$$

gdje je

R = nivo ponovnog naručivanja

m = srednja (prosječna) potražnja tokom vremena trajanja procesa realizacije narudžbe

$s = z\sigma$ - sigurnosna zaliha

gdje je

z = faktor sigurnosti

σ = standardna devijacija potražnje tokom vremena trajanja procesa realizacije narudžbe

U konačnom obliku, jednačina za nivo ponovnog naručivanja glasi:

$$R = m + z\sigma \quad (18)$$

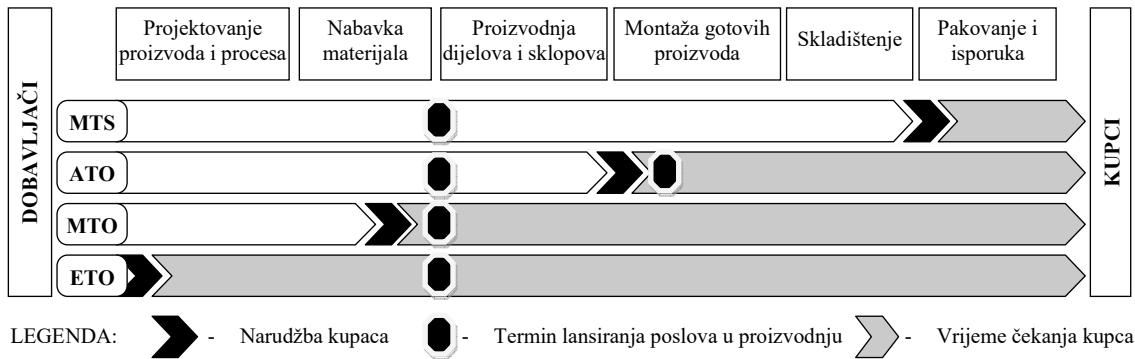
Narudžbe proizvoda sa specifičnim zahtjevima kupca

Kada se radi o narudžbi proizvoda sa specifičnim zahtjevima kupca, ista se evidentira u listu nerealizovanih narudžbi, a zatim se otvara radni zadatak. Otvaranje radnog naloga za dati posao nije moguće dok se ne izradi neophodna tehnička dokumentacija. Vrijeme potrebno za izradu tehničke dokumentacije varira od slučaja do slučaja. Kada se završi proizvodnja naručenih proizvoda oni se isporučuju kupcima, a zatim se evidentira njihova realizacija u listi otvorenih radnih zadataka i listi nerealizovanih narudžbi kupaca.

U ovoj situaciji razlikujemo dva načina odgovora na zahtjev kupca, i to

- Proizvodnja prema narudžbi (*Make To Order Production*), gdje se proizvodi izrađuju u potpunosti nakon prijema narudžbe kupca (proizvodi zasnovani na standardnom dizajnu prilagođenom specifikacijama krajnjeg kupca) i
- Inženjering (razvoj i proizvodnja) prema narudžbi (*Engineer To Order*) koji podrazumijeva razvoj i proizvodnju proizvoda u uskoj korelaciji sa kupcem.

U posljednjem slučaju imamo najduže vrijeme u ispunjavanju zahtjeva kupaca, što je i razumljivo s obzirom da se preduzeće mora prilagoditi kako bi zadovoljilo jedinstvene zahtjeve kupaca. Najkraće vrijeme ispunjenja zahtjeva kupaca imamo u slučaju proizvodnje za zalihe, ali u ovom slučaju postoji rizik da proizvodi ne zadovoljavaju specifikacije kupca (Slika 24).



Slika 24. Mjesto obrade narudžbi kupaca u lancu snabdijevanja proizvodnih preduzeća

4.2.2.3 RAZVOJ MODELA

U tabeli 13 dati su osnovni elementi opisanog modula i prikazane su jednačine simulacije, koje predstavljaju ekvivalente ponašanja elemenata sistema.

Tabela 13. Elementi modula M2: Upravljanje zahtjevima kupaca

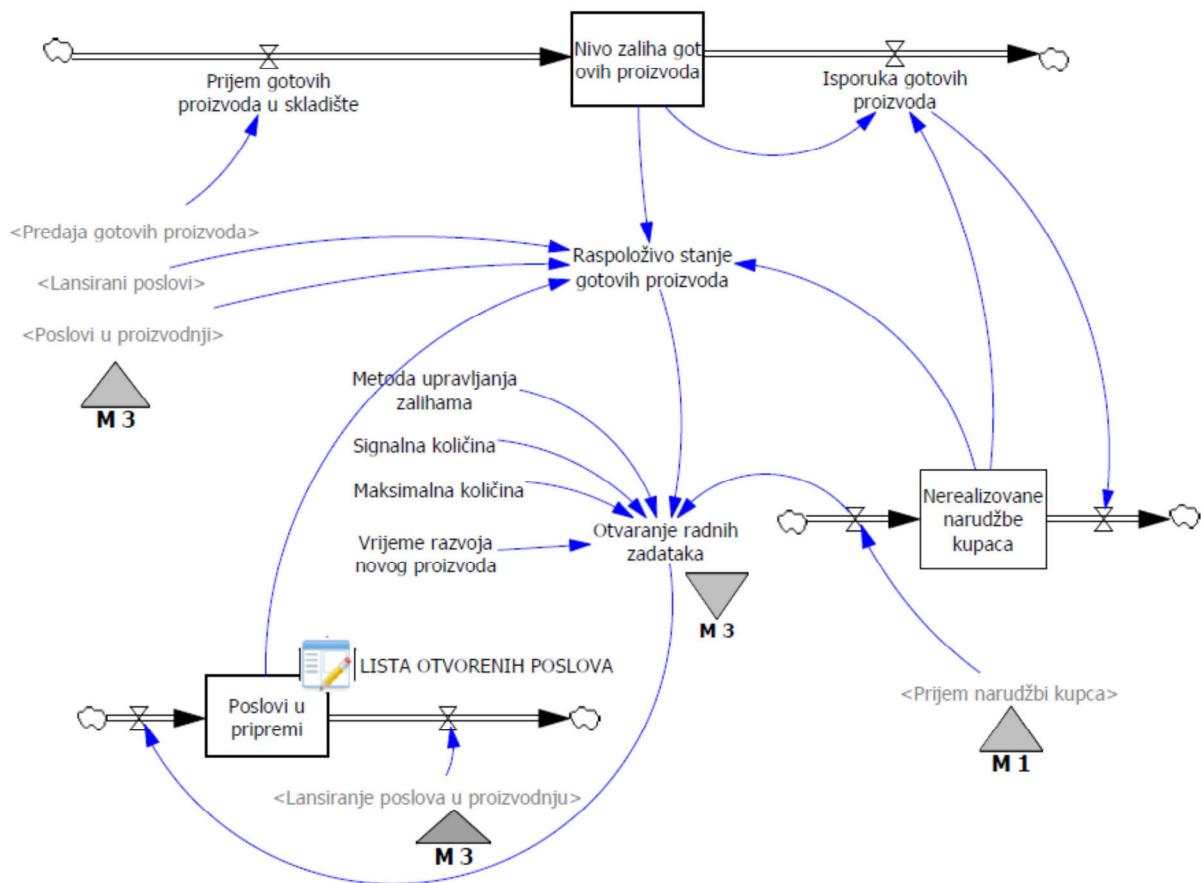
Naziv elementa	Definicija
PARAMETRI SISTEMA	
1 Signalna količina	...definisati prije početka simulacije
2 Maksimalna količina	...definisati prije početka simulacije
3 Metoda upravljanja zalihami	...definisati prije početka simulacije ($MTO=0, MTS=1$)
4 Vrijeme razvoja novog proizvoda	...definisati prije početka simulacije (za proizvode koji se isporučuju po MTO metodi)
5 Period za realizaciju narudžbe	... definisati prije početka simulacije (za proizvode koji se isporučuju po MTO metodi)
ELEMENTI STANJA	
1 Nivo zaliha gotovih proizvoda (t)	= Nivo zaliha gotovih proizvoda ($t-dt$) + Prijem gotovih proizvoda(dt) - Isporuka gotovih proizvoda(dt)
2 Nerealizovane narudžbe kupaca (t)	= Nerealizovane narudžbe kupaca ($t-dt$) + Prijem narudžbi kupaca(dt) - Isporuka gotovih proizvoda(dt)
3 Poslovi u pripremi (t)	= Poslovi u pripremi ($t-dt$) + Otvaranje radnih zadataka(dt) - Lansiranje poslova u proizvodnju (dt)

Tabela 13.Nastavak

ELEMENTI PROMJENE STANJA	
1	Prijem narudžbi kupaca (dt)
	= Modul M1 -> Prijem narudžbi kupaca (dt)
	IF ((Metoda upravljanja zaliham=MTS) THEN
	IF (Raspoloživo stanje gotovih proizvoda (t) <=Signalna količina) THEN
	=Maksimalna količina - Raspoloživo stanje gotovih proizvoda (t)
	ELSE
	=0
	END IF
	ELSE
	=Prijem narudžbi kupca (dt)
	END IF
3	Prijem gotovih proizvoda u skladište (dt)
	= Modul M3 -> Predaja gotovih proizvoda (dt)
	IF (Nivo zaliha gotovih proizvoda (t)>=Nerealizovane narudžbe kupaca (t) THEN
	= Nerealizovane narudžbe kupaca (t)
4	Isporuka gotovih proizvoda (dt)
	ELSE
	= Nivo zaliha gotovih proizvoda (t)
	END IF
POMOĆNI ELEMENTI	
1	Lansirani poslovi (t)
	= Modul M3 -> Lansirani poslovi (t)
2	Poslovi u proizvodnji (t)
	= Modul M3 -> Poslovi u proizvodnji (t)
	= Nivo zaliha gotovih proizvoda(t)
	+ Poslovi u pripremi(t)
3	Raspoloživo stanje gotovih proizvoda (t)
	+ Lansirani poslovi(t)
	+ Poslovi u proizvodnji(t)
	- Nerealizovane narudžbe kupaca (t)

4.2.2.4 IZRADA DIJAGRAMA TOKA

Logika modela za simulaciju prikazana je na dijagramu toka koji je dat na slici 25.



Slika 25. Dijagram toka modula M2:Upravljanje zahtjevima kupaca

4.2.2.5 MJERE PERFORMANSI

Kao kriterijumi optimizacije simuliranih procesa nameću se performanse vezane uz ispunjavanje narudžbi kupaca i nivo zaliha gotovih proizvoda (Tabela 14). Cilj je postići nivo usluge korisnika (efektivnost) uz što manji nivo angažovanja resursa (efikasnost) te zadržati sposobnost odgovora na promjene u okruženju (fleksibilnost).

Sa stanovišta fleksibilnosti proizvodnih preduzeća, ovdje su posebno bitni fleksibilnost isporuke, kao sposobnost prilagođavanja varijacijama u pristizanju narudžbi i fleksibilnost novog proizvoda kao lakoća sa kojom se uvodi novi ili modifikovani proizvod u sistem.

Fleksibilnost isporuke F_D može se mjeriti kao procenat viška vremena na svim poslovima, odnosno formalno definisati kao:

$$F_D = \frac{\sum_{j=1}^J ((L_j - t^*) - (E_j - t^*))}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)} \text{ ili pojednostavljeno } F_D = \frac{\sum_{j=1}^J (L_j - E_j)}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)} \quad (19)$$

Gdje je

t^* - trenutni (tekući) vremenski period,

L_j - rok dospjeća za posao j ,

E_j najraniji vremenski period do kada posao j može biti realizovan

Vremenski bazirana mjera fleksibilnosti novog proizvoda biće formalno izražena kao:

$$F_N = C_N, \quad (20)$$

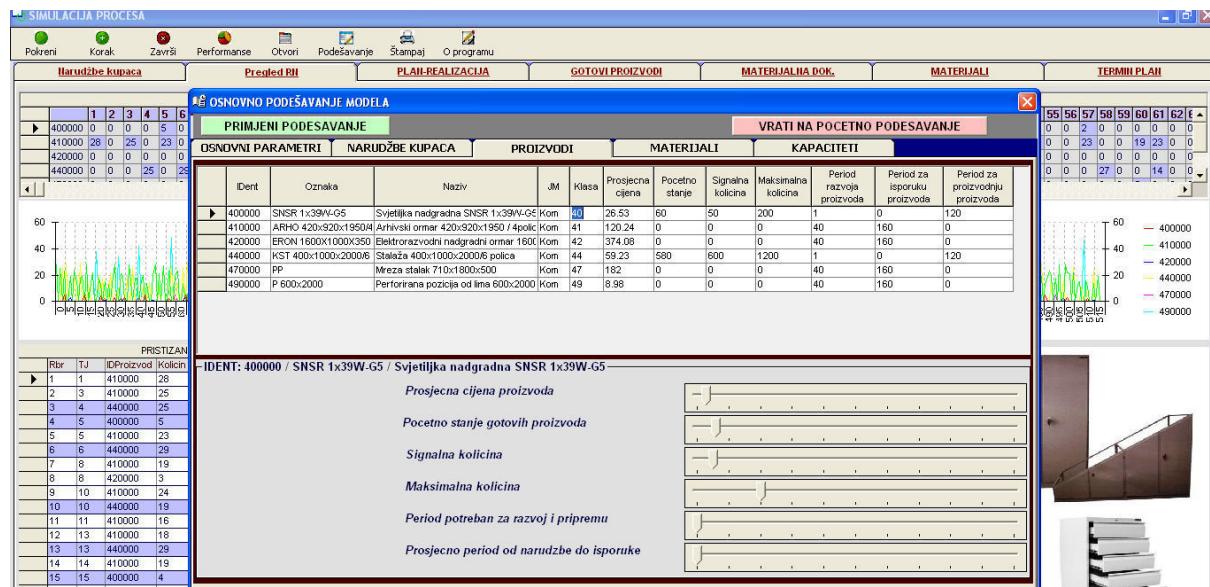
gdje je C_N ukupno vrijeme potrebno za uvođenje novog proizvoda.

Tabela 14. Mjere performansi modula M2: Upravljanje zahtjevima kupaca

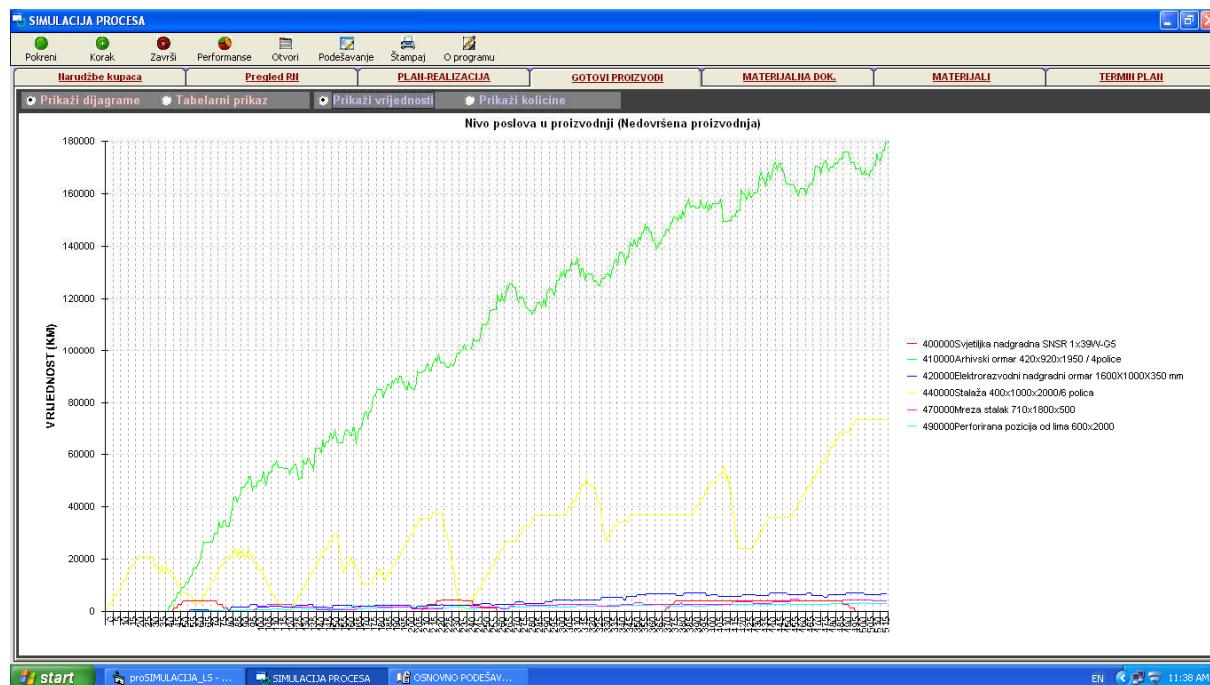
Vrsta	Mjere performansi	Definicija
Resursi	\downarrow Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	Prosječna vrijednost zaliha gotovih proizvoda tokom vremena
	\uparrow Ispunjene narudžbi s postojećih zaliha	Procenat vrijednosti robe tražene od strane kupaca, a koje mogu biti ispunjene sa postojećih zaliha
Izlaz	\uparrow Pravovremenost isporuke	Procenat narudžbi koje su ispunjene prije ili po predviđenom rasporedu/obećanom terminu isporuke.
	\uparrow Vrijednost realizovanih narudžbi	Ukupna vrijednost narudžbi realizovanih u datom periodu.
Fleksibilnost	\uparrow Fleksibilnost isporuke	Procenat viška vremena na realizaciji zahtjeva kupaca
	\downarrow Fleksibilnost novog proizvoda	Vrijeme potrebno da se uvede novi proizvod

4.2.2.6 PROGRAMIRANJE MODELA

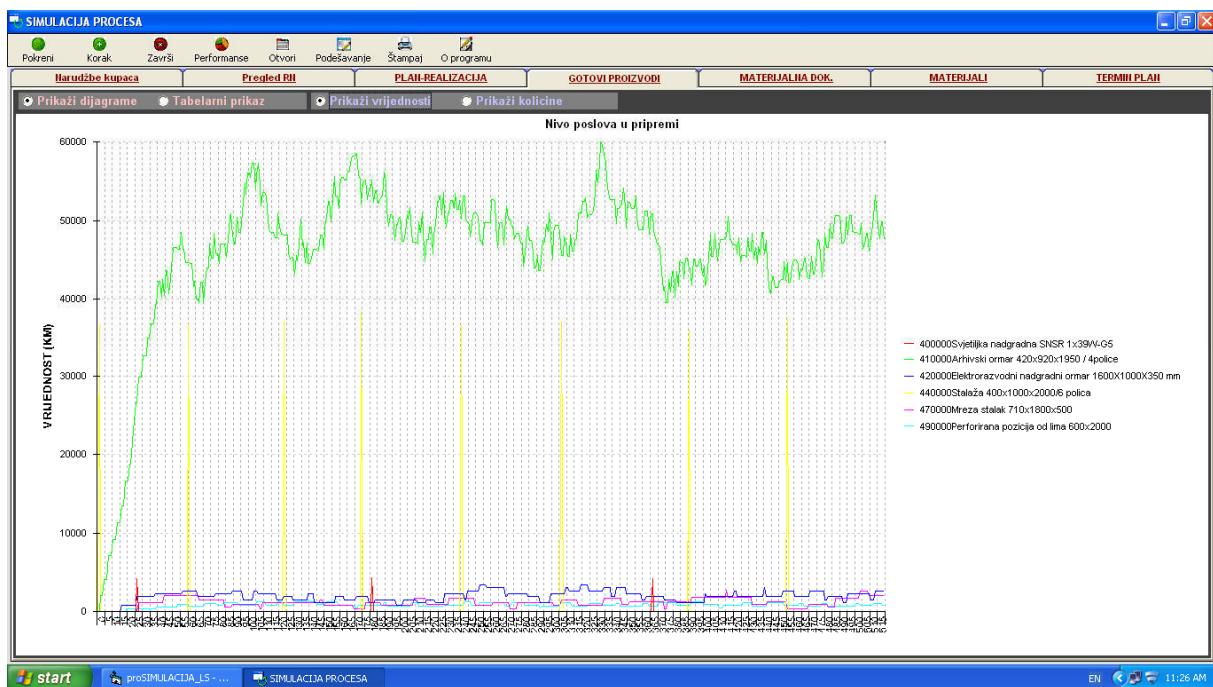
U posljednjem koraku pristupa se izradi korisničnog programa za izvođenje simulacije. Ovaj program mora da obezbijedi interfejs za podešavanje parametra modela i odgovarajuće forme za prikaz podataka. Izgledi korisničkih formi prikazani su na slikama 26,27, 28 i 29.



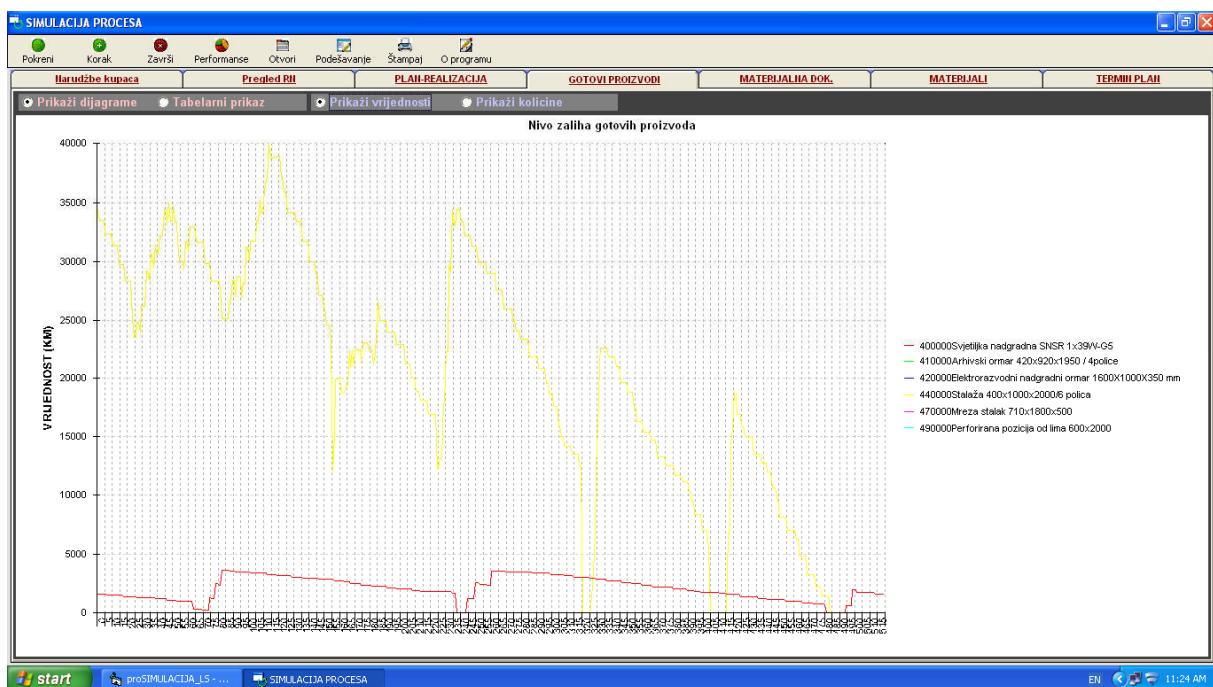
Slika 26. Korisnička forma za podešavanje parametara upravljanja zalihami gotovih proizvoda



Slika 27. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa proizvoda u proizvodnji



Slika 28. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa proizvoda u pripremi



Slika 29. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa gotovih proizvoda

4.2.3. MODUL M3: PRIPREMA I IZVOĐENJE PROCESA RADA

4.2.3.1 DEFINISANJE PROBLEMA

Modul M.3. obuhvata model procesa lansiranja radnih naloga u proizvodnju, raspoređivanja poslova po radnim mjestima, trebovanja materijala i predaju gotovih proizvoda u skladište. Pod pretpostavkom da se radi o prekidnom procesnom tipu tokova, model treba da prati tok poslova od otvaranja radnog zadatka do predaje gotovih proizvoda u skladište. Cilj je povećati iskorišćenost kapaciteta uz smanjenje nivoa nedovršene proizvodnje.

4.2.3.2 VERBALNI OPIS MODELA

Modul M.3. povezan je preko liste otvorenih radnih naloga sa moduloma M.2., a preko trebovanja materijala sa modulom M.4. simulacionog modela.

Sa liste otvorenih radnih naloga (generisane u modelu M.2.) preuzimaju se poslovi i vrši se njihovo lansiranje u proces proizvodnje. Proces lansiranja poslova kasni za procesom otvaranja radnih naloga za period neophodan za razvoj i pripremu.

Prilikom lansiranja poslova u proizvodnju, vrši se provjera raspoloživosti materijala i rezervacija materijala neophodnog za izradu serije gotovih proizvoda (izrada trebovanja na osnovu normativa materijala i veličine serije). Postupak obezbeđenja materijala neophodnog za proces proizvodnje opisan je u modulu M.4. simulacionog modela. Izuzimanje materijala iz skladišta materijala vrši se pri ulasku lansiranog radnog naloga u proces proizvodnje.

Za svaki lansirani radni nalog definišu se planirani termini početka i završetka svake operacije. Isti se unose u operativni plan proizvodnje. Kao osnova za izradu operativnog plana proizvodnje služe podaci o operacijama (lista operacija) i podaci o raspoloživim kapacitetima. Prema usvojenom operativnom planu proizvodnje vrši se zauzimanje kapaciteta, raspoređivanje poslova po radnim mjestima, terminiranje i predaja gotovih proizvoda u skladište.

Problem raspoređivanja poslova po radnim mjestima je posebno složen. Ako posmatramo proizvodni sistem koji sadrži m -radnih mjesta u kojem se izvodi n – poslova i usvojimo da se indeks j odnosi na posao, a i na radno mjesto, za svaki posao dufinišu su sljedeća svojstva:

- P_{ij} - Trajanje izvođenja posla j na radnom mestu i ,
- R_{ij} – Termin raspoloživosti posla j na radnom mestu i ,
- L_j - Vrijeme željenog završetka posla j

Kao funkcija cilja upravljanja procesom proizvodnje postavlja se ispunjenje zadatih rokova završetka proizvodnje uz minimizaciju ciklusa proizvodnje. Kao kriterijumi vrednovanja rasporeda poslova, u ovom modelu, primjenjuju se:

Ukupna dužina rasporeda poslova C_{\max} (completion time), koja prestavlja posljednje vrijeme završetka svih poslova u sistemu, tj.

$$C_{\max} = \max \{C_j\}, \quad (21)$$

gdje C_j prestavlja terminsku jedinicu završetka j-tog posla.

Vremensko kašnjenje poslova Dt (time delay), koje je jednak sumi kašnjenja svih poslova.

$$Dt = \sum_{j=1}^n Dt_j, \quad (22)$$

gdje je Dt_j pozitivna razlika između stvarnog i planiranog termina završetka posla j .

$$Dt_j = \begin{cases} C_j - L_j & C_j > L_j \\ 0 & C_j \leq L_j \end{cases} \quad (23)$$

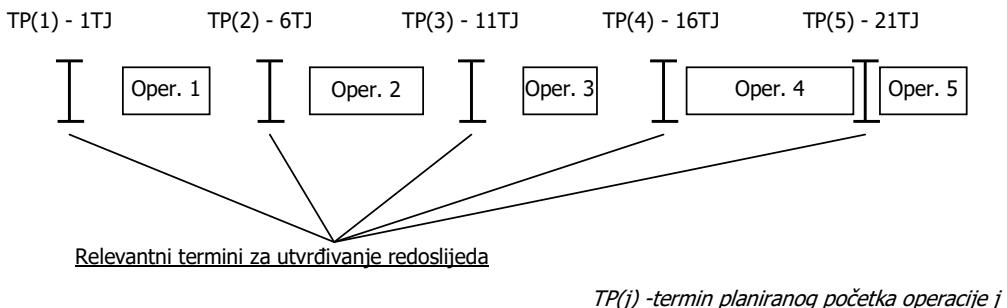
Broj zakašnjelih poslova Dn (number of delays), definiše se kao broj poslova koji nisu završeni na vrijeme.

$$Dn = \sum_{j=1}^n Dn_j \quad Dn = \sum_{j=1}^n Dn_j \quad Dn = \sum_{j=1}^n Dn_j, \quad (24)$$

Gdje je Dn_j informacija da li je neki posao zakasnio ili ne.

$$Dn_j = \begin{cases} 1 & C_j > L_j \\ 0 & C_j \leq L_j \end{cases} \quad Dn_j = \begin{cases} 1 & C_j > D_j \\ 0 & C_j < D_j \end{cases} \quad Dt_j = \begin{cases} 1 & C_j > D_j \\ 0 & C_j < D_j \end{cases} \quad (25)$$

Poslovi se puštaju u proces u malim, jednakim vremenskim intervalima (planiranje u jednakim vremenskim intervalima). Veličina intervala dobija se dijeljenjem perioda između planiranog početka do planiranog završetka posla sa brojem operacija (Slika 30). Tako se za svaku operaciju određuje planirani početak i planirani završetak (operativni plan).



Slika 30. Planiranje u jednakim vremenskim intervalima

U cilju postizanja efikasnosti i efektivnosti upravljanja procesima proizvodnje neophodno je odrediti optimalan ili približno optimalan redoslijed poslova. Određivanje

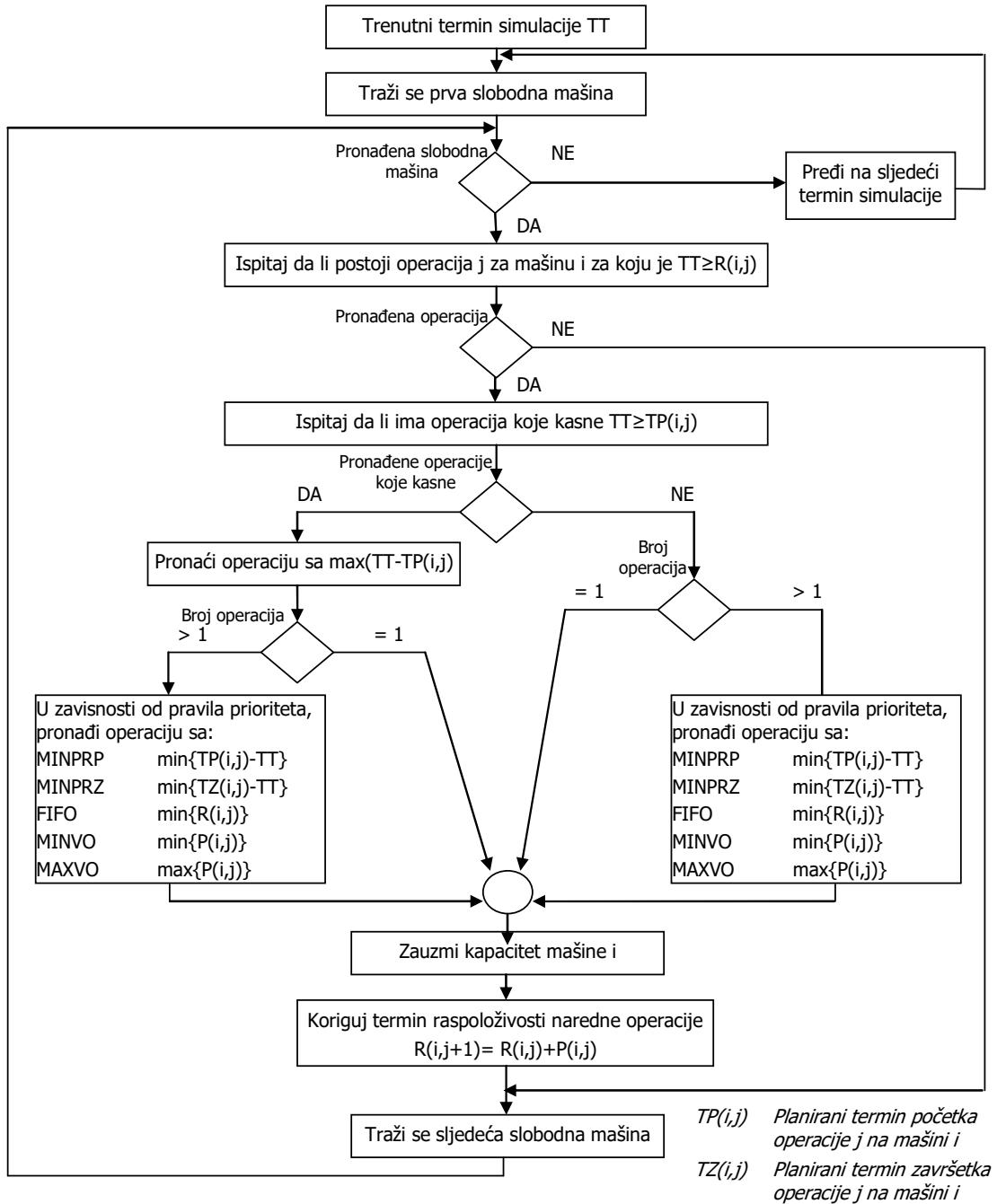
redoslijeda izvršavanja operacija na radnim mjestima vrši se korištenjem jednog ili više pravila prioriteta, i to:

- Lokalnih, kao što su:
 - FIFO (prvi došao, prvi uslužen) – sa liste poslova pred radnim mjestom, kao prvi posao, na obradu se uzima posao sa najdužim vremenom čekanja pred radnim mjestom, tako da se poslovi raspoređuju po redoslijedu pristizanja pred radno mjesto.
 - MINVO (minimalno vrijeme trajanja operacije) – na obradu se prvo uzima posao sa najkraćim vremenom trajanja operacije na tom radnom mjestu.
 - MAXVO (maksimalno vrijeme trajanja operacije) – na obradu se prvo uzima se posao sa najdužim vremenom trajanja operacije na tom radnom mjestu.
- Nelokalnih, i to:
 - MINPRZ (minimalni rok završetka operacije) – prednost se daje poslovima koji imaju najraniji planirani rok završetka.
 - MINPRP (minimalni rok početka operacije) – prednost se daje poslovima koji imaju najraniji planirani rok početka operacije.

Lokalna pravila prioriteta zasnovana su isključivo na karakteristikama poslova pred radnim mjestom i pri određivanju prioriteta ne uzimaju u obzir stanje sistema kao cijeline. Njihova praktična primjena je jednostavna, ali nisu u stanju da prepoznaju kašnjenja nastala u sistemu raspoređivanja poslova.

Nelokalna pravila prioriteta zahtijevaju da se poslije završetka svakog posla na radnom mjestu izračunaju indeksi prioriteta za sve poslove koji čekaju u redu pred radnim mjestom. Na taj način se obezbjeđuje pravovremeno prepoznavanje kašnjenja u realizaciji posla, te se davanjem prioriteta takvim poslovima nastoji izbjegći kašnjenje.

U cilju poboljšanja nevedenih metoda, u ovom modelu se vrši kombinovanje nelokalnih pravila prioriteta (MINPRZ, MIPRP) sa lokalnim pravilima prioriteta (FIFO, MINVO, MAXVO) i na taj način se određuje redoslijed izvršavanja operacija na radnom mjestu. Pri tome se prednost daje nelokalnim pravilima, nad lokalnim, samo u situacijama kada posao počinje kasniti u odnosu na planirani termin početka ili završetka (Slika 31).



Slika 31. Opšti dijagram postupka raspoređivanja poslova kombinovanjem metode planiranog početka sa lokalnim pravilima prioriteta

4.2.3.3 RAZVOJ MODELA

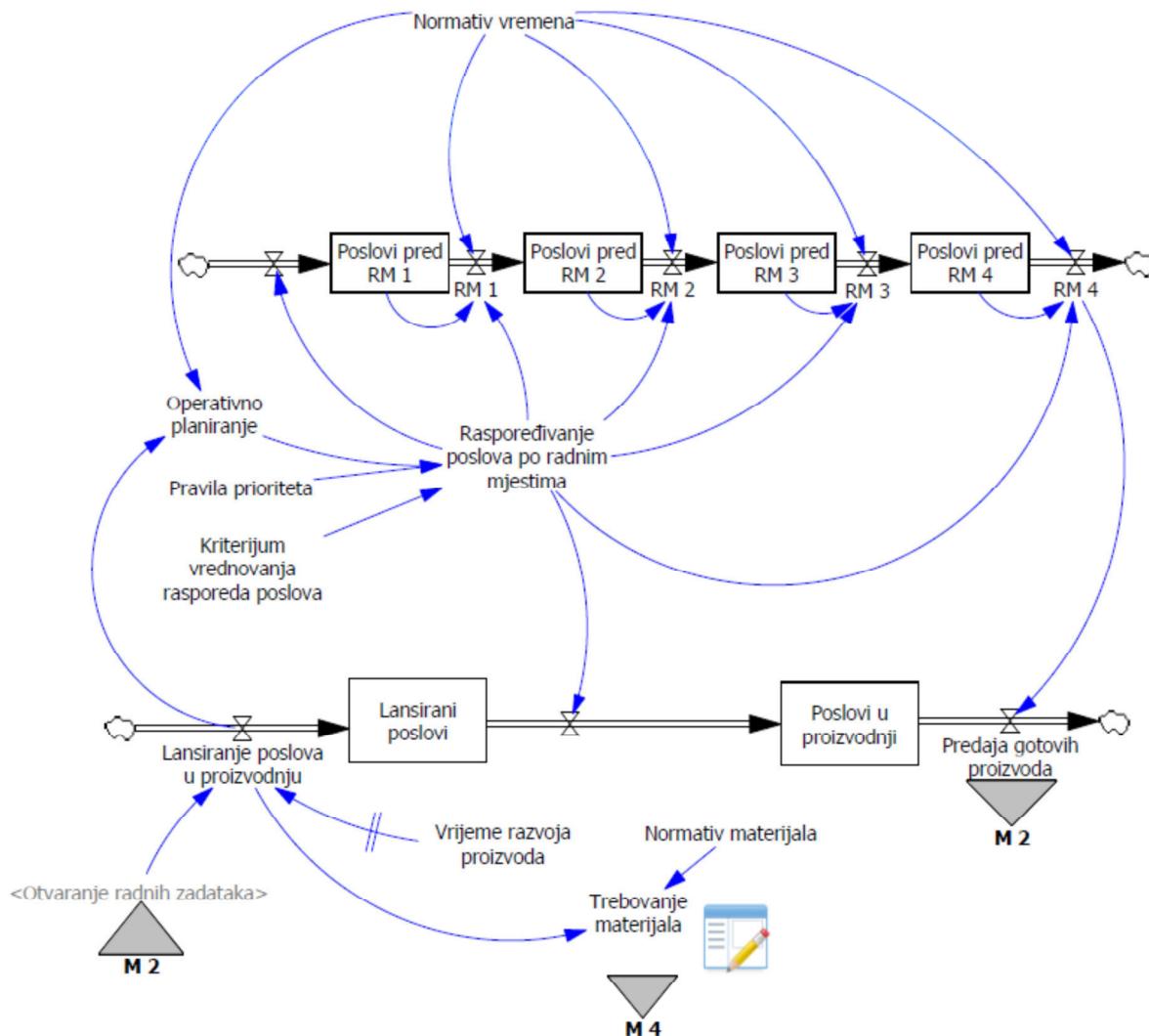
Osnovni elementi opisanog modula dati su u tabeli 15. U istoj tabeli prikazane su i jednačine simulacije, koje predstavljaju ekvivalente ponašanja elemenata sistema.

Tabela 15. Elementi modula M3: Priprema i izvođenje procesa rada

Naziv elementa	Definicija
PARAMETRI SISTEMA	
1 Normativ materijala	...definisati prije početka simulacije
2 Normativ vremena	...definisati prije početka simulacije
3 Vrijeme razvoja novog proizvoda	= Modul M2-> Vrijeme razvoja novog proizvoda
4 Pravila prioriteta	...definisati prije početka simulacije
5 Kriterijum vrednovanja rasporeda poslova	...definisati prije početka simulacije
ELEMENTI STANJA	
1 Lansirani poslovi (t)	$= \text{Lansirani poslovi } (t-dt)$ $+ \text{Lansiranje poslova}(dt)$ $- \text{Raspoređivanje poslova pred radnim mjestima}(dt)$
2 Poslovi u proizvodnji (t)	$= \text{Poslovi u proizvodnji } (t-dt)$ $+ \text{Raspoređivanje poslova pred radnim mjestima}(dt)$ $- \text{Predaja gotovih proizvoda}(dt)$
3 Poslovi pred RM _i (t)	$= \text{Poslovi pred RM}_i (t-dt)$ $+ \text{Rad maštine RM}_{i-1}(dt)$ $- \text{Rad maštine RM}_i(dt)$
ELEMENTI PROMJENE STANJA	
1 Lansiranje poslova u proizvodnju (dt)	=DELAY(Modul M2:Otvaranje radnih zadataka (dt), Vrijeme razvoja proizvoda)
2 Trebovanje materijala (dt)	= Lansiranje poslova u proizvodnju (dt) · Normativ materijala
3 Raspoređivanje poslova po radnim mjestima (dt)	= Prema algoritmu prikazanom na slici 31
4 RM _i – Rad na radnom mjestu i (dt)	= Raspoređivanje poslova po radnim mjestima (dt) · Normativ vremena
5 Predaja gotovih proizvoda (dt)	= RM _m (dt), gdje je m radno mjesto izvođenja zadnje operacije
POMOĆNI ELEMENTI	
1 Operativni plan (t)	= Prema algoritmu u prethodnom poglavljju

4.2.3.4 IZRADA DIJAGRAMA TOKA

Logika modela za simulaciju prikazana je na dijagramu toka koji je dat na slici 32.



Slika 32. Dijagram toka modula M3-Priprema i izvođenje procesa rada

4.2.3.5 MJERE PERFORMANSI

Kao kriterijumi za optimizaciju simuliranih procesa nameću se performanse vezane za iskorišćenost kapaciteta i nivo nedovršene proizvodnje. Tako je poželjno održavati što manji nivo nedovršene proizvodnje (efektivnost), a istovremeno postići odgovarajući protok posla kroz proizvodnju i veće iskorištenje kapaciteta (efikasnost).

Sa stanovišta fleksibilnosti proizvodnih preduzeća, ovdje je značajna fleksibilnost obima proizvodnje F_O , kao sposobnost preduzeća da efikasno poveća ili smanji obim proizvodnje, te se tako prilagodi varijacijama u pristizanju narudžbi.

Fleksibilnost miksa proizvoda, F_M , koristi se kao sinonim za fleksibilnost procesa i poslova. U ovom modelu uvodi se simuliranje sposobnosti preduzeća da dinamički, u toku samog izvođenja poslova, kombinovanom primjenom pravila prioriteta mijenja redoslijed izvođenja operacija u cilju skraćenja proizvodnog ciklusa i ispunjenja planiranih rokova.

S druge strane, proizvodni miks se može izmjeniti i promjenom veličine serije proizvoda. Imajući u vidu da se smanjenjem veličine serije povećava obim pripremno završnih vremena, fleksibilnost proizvodnog miksa može se definisati i kao:

$$F_M = \frac{1}{C_s}, \quad (26)$$

gdje je C_s povećanje vrijednosti potrebnog rada zbog postojanja pripremno završnih radova za svaku seriju proizvoda.

Ako povećanje rada iskaže kao:

$$C_s = \frac{T_i + T_{pz}}{T_i}, \quad (27)$$

gdje je

- T_i ukupno vrijeme izrade proizvoda (vrijeme proporcionalno broju jedinica proizvoda) i
- T_{pz} vrijeme pripremno-završnih radova (proporcionalno broju serija proizvoda), fleksibilnost F_M možemo izračunati kao:

$$F_M = \frac{T_i}{T_i + T_{pz}}. \quad (28)$$

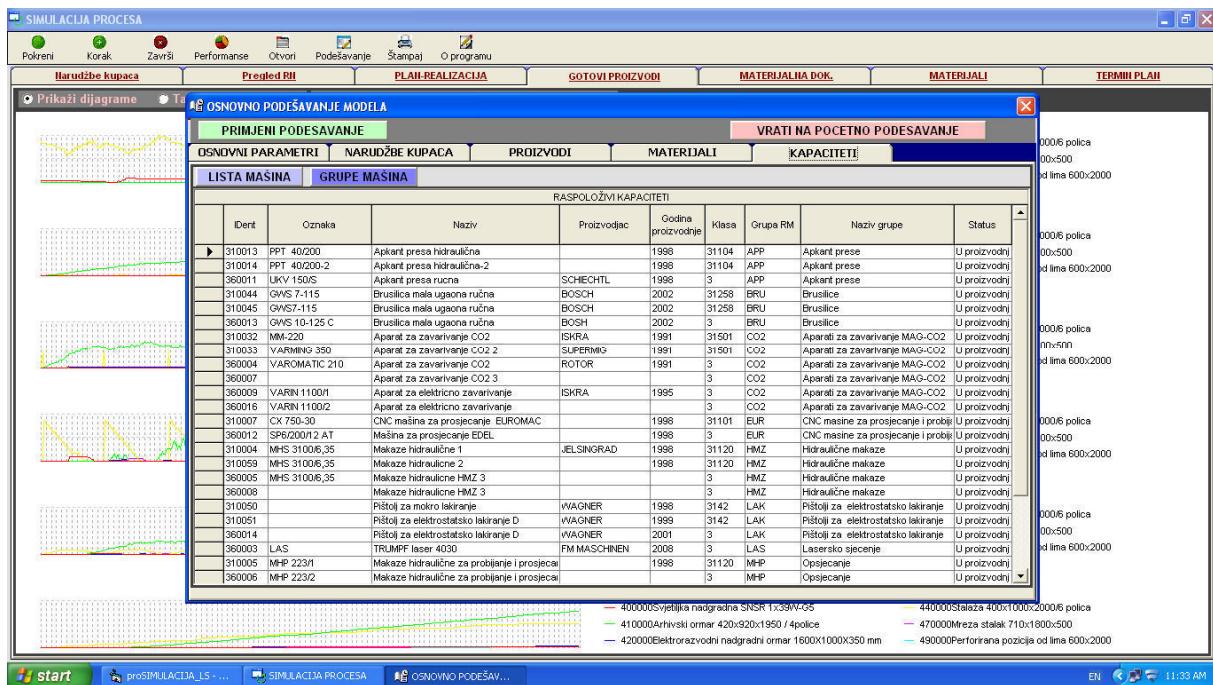
Primjenjene mjere performansi modula M3(Priprema i izvođenje procesa rada) date su u tabeli 16.

Tabela 16. Mjere performansi modula M3: Priprema i izvođenje procesa rada

Vrsta	Mjere performansi	Definicija
Resursi	↑ Koeficijent protoka	Bezdimenzionalan broj, koji pokazuje koliko je stvarni ciklus proizvodnje veći od teoretskog ciklusa proizvodnje pri rednom načinu prelaska serije s operacije na operaciju
	↑ Iskorišćenost kapaciteta	Odnos između iskorišćenog i raspoloživog kapaciteta
Izlaz	↓ Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	Prosječna vrijednost nedovršene proizvodnje tokom vremena
	↓ Trajanje ciklusa proizvodnje	Ukupna dužina rasporeda poslova, odnosno očekivano posljednje vrijeme završetka svih poslova u simuliranom sistemu
Fleksibilnost	↑ Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	Sposobnost dinamičkog upravljanja redoslijedom izvođenja poslova u proizvodnji
	↑ Fleksibilnost veličine serije proizvoda	Recipročna vrijednost povećanje vrijednosti pripremno-završnih radova nakon smanjenja veličine serije

4.2.3.6 PROGRAMIRANJE MODELA

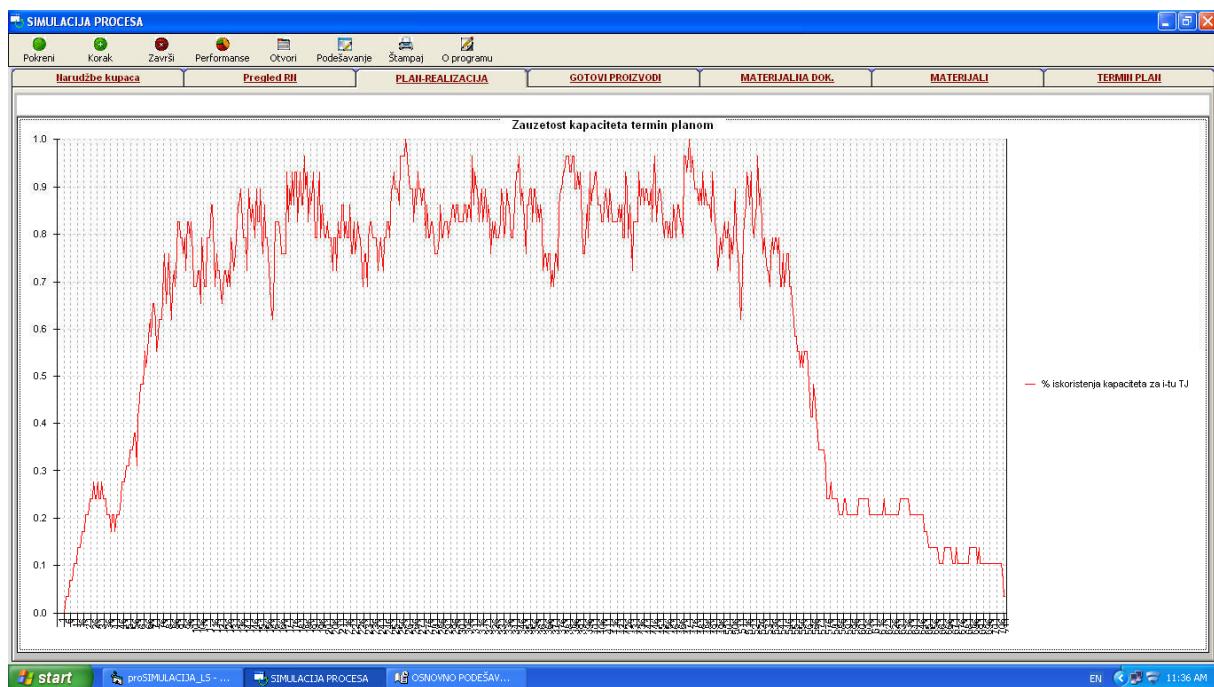
U posljednjem koraku pristupa se izradi korisničnog programa za izvođenje simulacije. Program treba da obezbijedi interfejs za podešavanje parametra modela (kapaciteti, normativi, kriterijumi optimizacije i sl.) i odgovarajuće forme za prikaz podataka. Izgledi korisničkih formi prikazani su na slikama od 33 do 40.



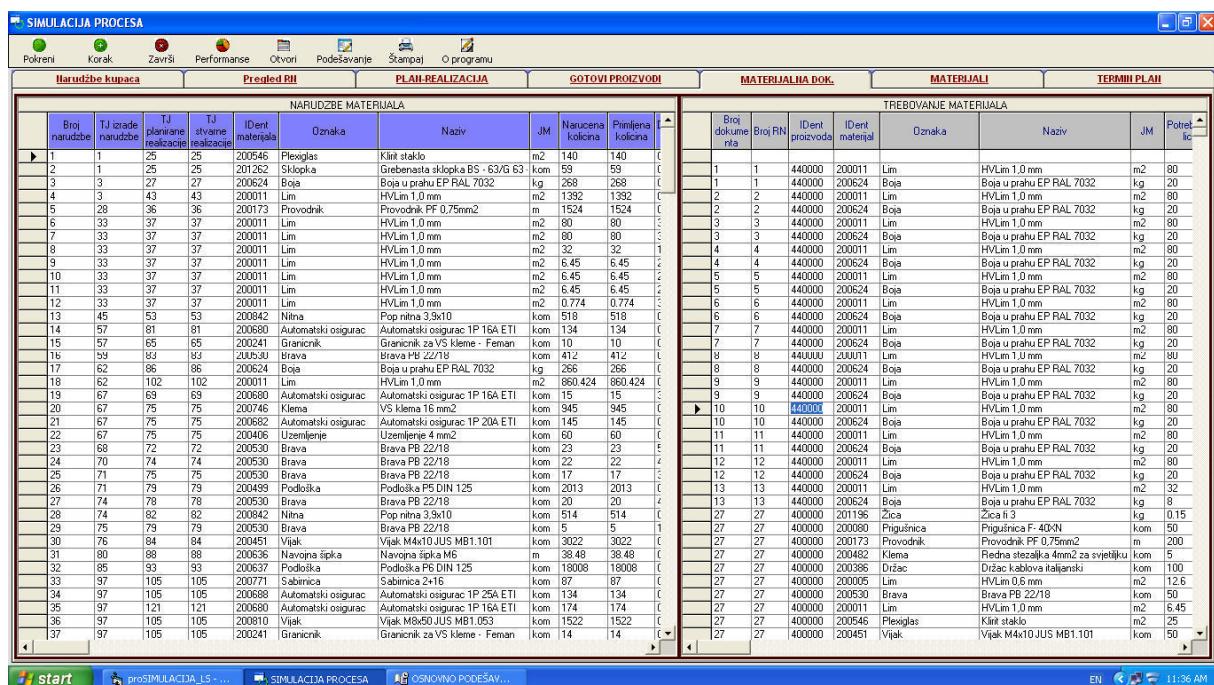
Slika 33. Korisnička forma za podešavanje raspoloživih kapaciteta u proizvodnji

TERMIN PLAN PROIZVODNJE																		
Grupa M	Ident	Oznaka_masine	Naziv_masine	Iiskoristenje %	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
APP	310013	PPT 40/200	Apkant presa hidraulična	91.73%	59/48	56/48	56/40	56/48	57/48	57/40	57/48	58/48	58/40	59/40	59/40	59/48	60/40	
APP	310014	PPT 40/200-2	Apkant presa hidraulična-2	76.35%	29/48	25/40	26/48				32/48	32/40	32/40	32/48	38/48	35/48	35/40	35/48
APP	360011	UKV 150/S	Apkant presa rucna	59.23%	25/40	25/40	25/48				31/48	34/48	34/40	34/48				
BRU	310044	GWS 7-115	Brusilica mala ugaona ručna	85.38%	19/58		55/58	55/58		55/58	55/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58
BRU	310045	GWS7-115	Brusilica mala ugaona ručna	74.23%	54/58	54/58		23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58	23/58
BRU	360013	GWS 10-125 C	Brusilica mala ugaona ručna	61.15%	19/60	19/60	19/58							31/58			24/58	24/58
CO2	310032	MM-220	Aparat za zavarivanje CO2	90.19%	24/58	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50	24/50
CO2	310033	VARMING 350	Aparat za zavarivanje CO2 2	83.46%	55/58	55/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58	25/58
CO2	360004	VAROMATIC 210	Aparat za zavarivanje CO2	84.42%			26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58	26/58
CO2	360007		Aparat za zavarivanje CO2 3	79.04%	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58	21/58
CO2	360009	VARIN 1100/1	Aparat za elektricno zavarivanj	75.96%	23/58	23/58	23/58	56/58	56/58	56/58	57/58	57/58	57/58	57/58	57/58	57/58	57/58	57/58
CO2	360016	VARIN 1100/2	Aparat za elektricno zavarivanj	68.65%														38/58
EUR	310007	CX 750-30	CNC mašina za prosjecanje EL	97.12%	57/20	57/20	58/20	58/20	59/20	59/20	59/20	60/20	60/20	60/20	61/20	61/20	61/20	61/20
EUR	360012	SP6/200/1 AT	Mašina za prosjecanje EDEL	86.08%	32/20	32/20	34/20	34/20	31/20	35/20	35/20	38/20	38/20	38/20	39/20	39/20	37/20	
HMZ	310004	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulične 1	78.46%	33/18		31/18	41/18	41/18	41/18	41/18	41/18	45/18	45/18	45/18	45/18	45/18	45/18
HMZ	310059	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulične 2	66.92%			38/18	43/18	43/18	43/18	43/18	43/18	43/18	43/18				48/18
HMZ	360005	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulične HMZ 3	52.69%			37/18	37/18	37/18	37/18	37/18	44/18	44/18	44/18	44/18	44/18	47/18	

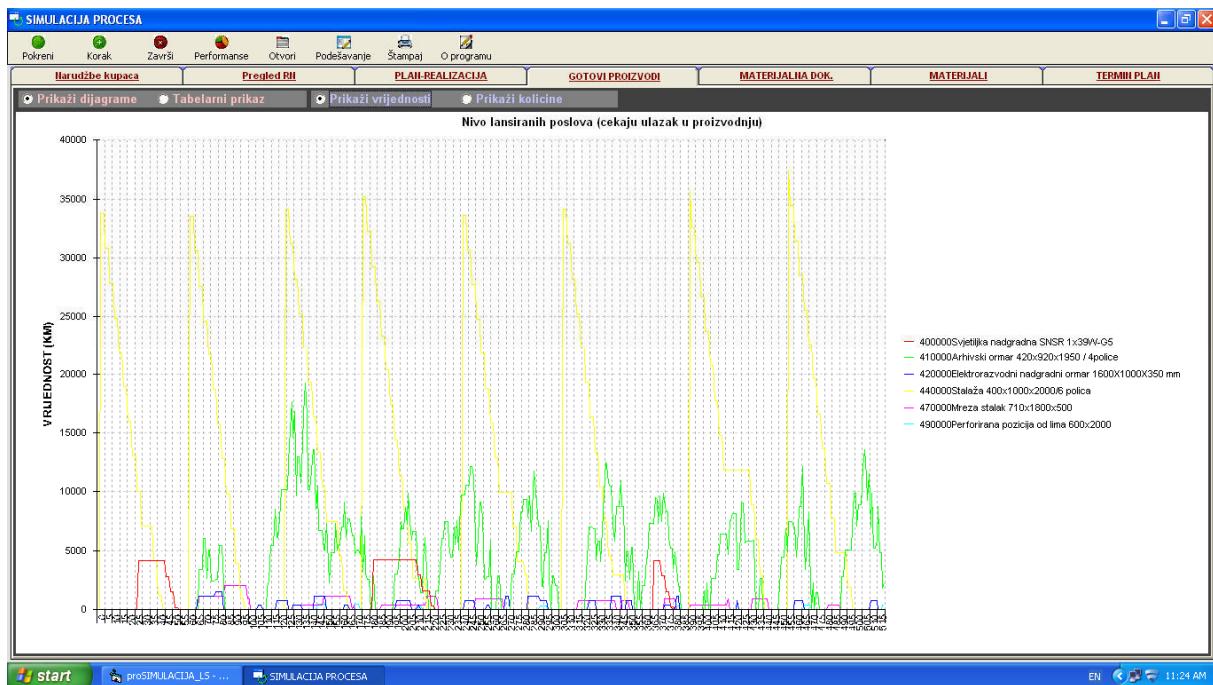
Slika 34. Korisnička forma za prikaz termin plana proizvodnje (dio forme)



Slika 35. Korisnička forma za grafički prikaz iskorišćenja kapaciteta



Slika 36. Korisnička forma za tabelarni prikaz narudžbi i trebovanja materijala



Slika 37. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa poslova koji čekaju na ulazak u proizvodnju

OTVARANJE RADNIH ZADATAKA																
Broj RN	Broj nerudzbe	TJ otvaranje RN	Ident proizvoda	Oznaka	Naziv	JM	TU_min	Kolicina	Cijena	TJ završetka prepremke	TJ Planirani početak prizvodnje	TJ Planirani završetak prizvodnje	Planirani rok završetka	Stvarni završetak RN	Status RN	
1	1	1	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	28	120.24	41	93	177	94	Završen			
2	2	3	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	25	120.24	43	48	95	179	91	Završen		
3	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	26	124	26	Završen		
4	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	26	124	29	Završen		
5	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	26	124	32	Završen		
6	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	26	124	35	Završen		
7	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	8	29	124	38	Završen		
8	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	14	35	124	41	Završen		
9	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	11	32	124	44	Završen		
10	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	13	35	124	47	Završen		
11	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	33	124	50	Završen		
12	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	33	124	53	Završen		
13	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	40	124	61	Završen		
14	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	50	59.23	5	5	33	124	64	Završen		
15	0	4	440000	KST 400x1000x2004	Stalaza 400x1000x2006 po Kom	19.2	20	59.23	5	5	22	124	57	Završen		
16	5	5	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	23	120.24	45	54	100	181	97	Završen		
17	7	8	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	19	120.24	48	60	97	184	99	Završen		
18	6	8	420000	ERON 1600x1000x3	Elektrovezvodni nadgradni ormar	221.55	3	374.08	48	48	63	184	67	Završen		
19	9	10	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	24	120.24	50	65	112	186	105	Završen		
20	11	11	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	16	120.24	51	71	102	187	107	Završen		
21	12	13	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	18	120.24	53	75	111	189	110	Završen		
22	14	14	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	19	120.24	54	80	117	190	116	Završen		
23	16	16	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	28	120.24	56	85	137	192	125	Završen		
24	18	18	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	14	120.24	58	92	121	194	125	Završen		
25	19	19	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	22	120.24	59	96	137	195	128	Završen		
26	20	21	490000	P 600x2000	Perforirana pozicija od lima 60x1 Kom	7.95	39	8.98	81	101	114	197	89	Završen		
27	21	22	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	17	120.24	62	103	137	198	131	Završen		
28	0	23	400000	SNSR 1x39W-G5	Svetiljka nadgradna SNSR 1x Kom	29.03	50	26.53	24	24	53	143	78	Završen		
29	0	23	400000	SNSR 1x39W-G5	Svetiljka nadgradna SNSR 1x Kom	29.03	50	26.53	24	24	53	143	82	Završen		
30	0	23	400000	SNSR 1x39W-G5	Svetiljka nadgradna SNSR 1x Kom	29.03	50	26.53	24	24	53	143	86	Završen		
31	0	23	400000	SNSR 1x39W-G5	Svetiljka nadgradna SNSR 1x Kom	29.03	8	26.53	24	24	32	143	68	Završen		
32	24	23	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	13	120.24	63	107	133	199	130	Završen		
33	26	25	410000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	12	120.24	65	110	141	201	133	Završen		
34	27	25	420000	ERON 1600x1000x3	Elektrovezvodni nadgradni ormar	221.55	1	374.08	65	65	75	201	102	Završen		
35	28	25	470000	PP	Mreza stalak 710x1800x500	85	3	182	65	65	72	201	137	Završen		
36	29	27	490000	ARHO 420x920x195	Arhivski ormar 420x920x195 Kom	101.7	12	120.24	67	144	140	203	126	Završen		

Slika 38. Korisnička forma sa prikazom radnih zadataka (uporedni prikaz ugovorenih, planiranih i stvarnih termina završetka)

SIMULACIJA PROCESA

Pohreni Korak Završi Performanse Otvori Podesavanje Stampaj O programu

Harudžbe kupaca **Pregled RH** **PLAN-REALIZACIJA** **GOTOVI PROIZVODI** **MATERIJALNA DOK.** **MATERIJALI** **TERMINI PLAN.**

OTVARANJE RADNIH ZADATAKA

Broj RN	Broj narudzb e	TJ otvaranj a RH	IDent proizvod a	Kolicina	Cijena	TJ zavrsitka pripreme	TJ Planirani pocetak provodnje	TJ Planirani zavrsetak provodnje	OTVARANJE RADNIH ZADATAKA																									
									49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
15	0	4	440000	20	59,23	5	5	22	20/E	20/M	20/L	20/A	20/C	20/B	20/L	20/L	20/H	20/M	20/L	20/A	20/C	20/B	20/L	20/L	20/H	20/M	20/L	20/A	20/C	20/B	20/L	20/L	20/H	20/M
16	5	5	410000	23	120,24	45	54	100	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
17	7	8	410000	19	120,24	48	60	97	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
18	8	8	420000	3	374,08	48	48	63	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
19	9	10	410000	24	120,24	50	65	112	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
20	11	11	410000	16	120,24	51	71	102	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
21	12	13	410000	18	120,24	53	75	111	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
22	14	14	410000	19	120,24	54	80	117	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
23	16	16	410000	28	120,24	56	85	137	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
24	18	18	410000	14	120,24	58	92	121	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
25	19	19	410000	22	120,24	59	96	137	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
26	20	21	490000	38	8,98	61	101	114	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
27	21	22	410000	17	120,24	62	103	137	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
28	0	23	400000	50	26,53	24	24	53	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
29	0	23	400000	50	26,53	24	24	53	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
30	0	23	400000	50	26,53	24	24	53	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
31	0	23	400000	8	26,53	24	24	32	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
32	24	23	410000	13	120,24	63	107	133	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
33	26	25	410000	15	120,24	65	110	141	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
34	27	25	420000	1	374,08	65	65	75	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
35	28	25	470000	3	182	65	65	72	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
36	29	27	410000	13	120,24	67	114	140	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
37	31	29	410000	19	120,24	69	117	154	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
38	33	30	410000	28	120,24	70	122	174	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
39	35	32	490000	34	8,98	72	129	141	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
40	36	33	410000	21	120,24	73	131	170	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
41	37	33	420000	2	374,08	73	73	89	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
42	38	34	410000	20	120,24	74	136	174	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
43	41	37	410000	28	120,24	77	141	193	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M
44	42	38	410000	15	120,24	78	148	179	10/L	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M	10/L	10/A	10/C	10/B	10/L	10/L	10/H	10/M

Slika 39. Korisnička forma sa prikazom termina realizacije operacija

id_model_bijeg	metoda_raspodejle_character_varying(50)	vremensko_kasnjenje_operacija	broj_kasnjenja_operacija	vremensko_kasnjenje_poslova	broj_kasnjenja_poslova	vremensko_kasnjenje_pocetka_zbog_materijala	broj_kasnjenje_pocetka
1	19100813030	FIFO	8725	455	4723	163	2146
2	19100813031	FIFO	13137	618	6572	189	2008
3	19100813032	FIFO	25670	1037	10867	241	2855
4	19100813033	FIFO	7718	395	3858	155	2054
5	19100813034	FIFO	7619	389	4500	160	1965
6	19100813035	FIFO	1996	208	7	2	168
7	19100813036	FIFO	2372	246	21	3	

4.2.4. MODUL M4: UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALA

4.2.4.1 DEFINISANJE PROBLEMA

Modul upravljanja zalihami materijala treba da obuhvati sve procese pravovremenog obezbjeđenja materijala neophodnog za nesmetano odvijanje procesa proizvodnje. Stoga izgrađeni model procesa mora da obuhvati postupke planiranja, regulisanja stanja u skladištu, nabavke, prijema i izuzimanja materijala.

Potražnja materijala definisana je u prethodnom modulu. Tu je pretpostavljeno da se materijal, potreban za odvijanje procesa proizvodnje, izuzima jednokratno u ukupnoj količini, prilikom ulaska radnog naloga u proces proizvodnje.

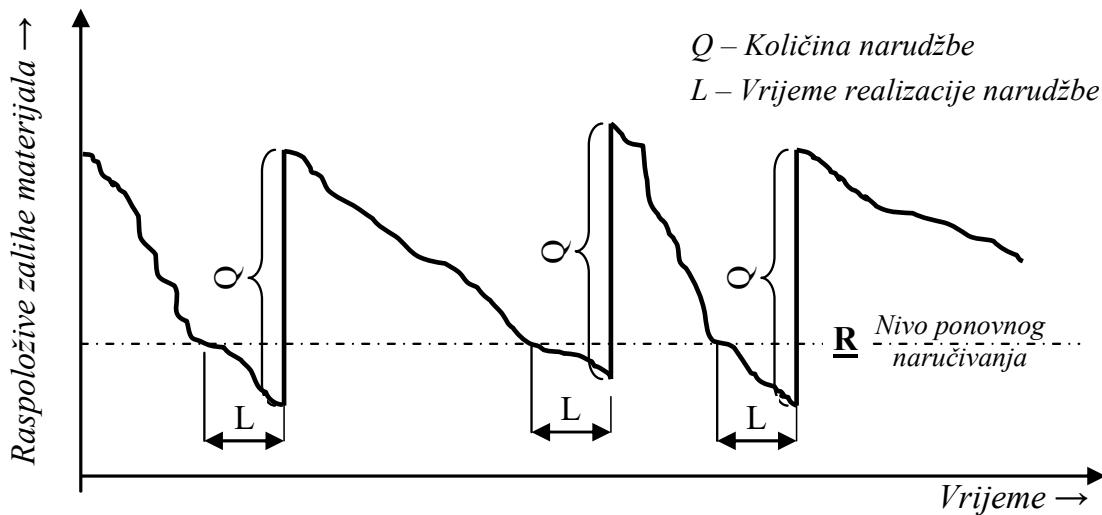
Kao cilj modeliranja i simulacije ovih procesa nameće se težnja za održavanjem što nižeg nivoa zaliha materijala uz zadovoljenje potražnje procesa proizvodnje. Pri tom se pretpostavlja da je poznato vrijeme potrebno za realizaciju narudžbi materijala i da su izvori neograničeni, tj. da na tržištu uvijek postoje dovoljne količine materijala. Ipak, u situacijama kada je evidentno da će proces proizvodnje kasniti zbog nedostatka materijala, potrebno je predvidjeti mogućnost nabavke materijala iz alternativnih izvora.

4.2.4.2 VERBALNI OPIS MODELA

Upravljanje zalihami materijala u skladištu vrši se prema jednom od dva osnovna modela, i to:

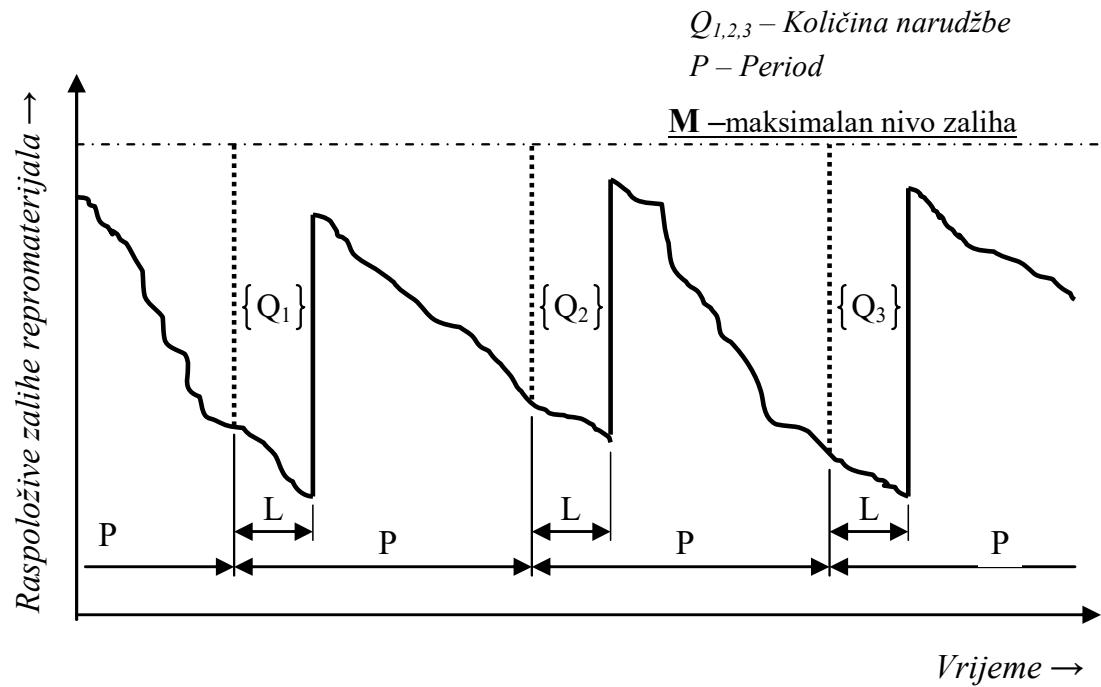
- model kontinuiranog nadgledanja zaliha, poznat kao model sa fiksnom količinom narudžbe (Q-model), ili
- model periodičnog nadgledanja zaliha, poznat kao model sa fiksnim periodom naručivanja (P-model).

U prvom slučaju, materijal se naručuje kada raspoloživa količina materijala u skladištu padne na neki unaprijed definisani nivo (signalna količina). Pri tome se naručena količina (Q) definiše kao razlika između maksimalne i trenutno raspoložive količine materijala (Slika 41). Tačka ponovnog naručivanja određuje se kao i kod istog modela upravljanja zalihami gotovih proizvoda opisanog u modulu M2 (jednačine 17 i 18).



Slika 41. Raspoložive zalihe prema modelu kontinuiranog praćenja stanja zaliha

Drugi slučaj predstavlja situaciju kada se materijal naručuje u pravilnim vremenskim intervalima (P). Naručena količina definiše se kao razlika između maksimalnog nivoa zaliha materijala i trenutno raspoložive količine materijala u skladištu (Slika 42).



Slika 42. Sistem periodičnog nadgledanja zaliha repromaterijala

U oba slučaja treba imati u vidu da raspoloživa količina materijala ne predstavlja samo količinu materijala koja se fizički nalazi u skladistu. Tako na ovu količinu treba dodati i količinu materijala koja se nalazi u fazi nabavke (naručena količina), a oduzeti količinu materijala potrebnu za realizaciju već lansiranih radnih naloga (rezervisana količina materijala).

Ovaj sistem je u potpunosti definisan parametrima P i T. Optimalna vrijednost vremena između narudžbi P može se dobiti korišćenjem formule ekonomične količine narudžbe. Budući da je P vrijeme između narudžbi, ono je sa ekonomičnom količinom narudžbe povezano na sljedeći način:

$$P = \frac{Q}{D} \quad (29)$$

Tada se uvrštavanjem formule ekonomične količine narudžbe za Q dobija:

$$P = \frac{Q}{D} = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{2DS}{iC}} = \sqrt{\frac{2S}{iCD}} \quad (30)$$

gdje je:

D - godišnja količina potražnje

S - troškovi po plasiranoj narudžbi

C - jedinični troškovi po jedinici

i - kamatna stopa za održavanje zaliha

Ova jednačina daje približno optimalan interval provjere P.

Ciljne zalihe treba da »zadovolje« potražnju tokom vremena trajanja procesa realizacije narudžbe plus interval nadzora. Prema tome, ciljni nivo zaliha može se računati kao:

$$T = m' + s' = m' + z\sigma' \quad (31)$$

gdje je

T - ciljani nivo zaliha

m' - prosječna potražnja tokom vremena P + L

s' = zσ' - sigurnosna zaliha

σ' - standardna devijacija tokom vremena P + L

z - faktor sigurnosti

Iz navedenog se vidi da je, bez obzira na koji od navedenih načina vršili upravljanje zalihami materijala, model upravljanja zalihami u potpunosti određen sa sljedeća četiri parametra:

Q – Količina narudžbe,

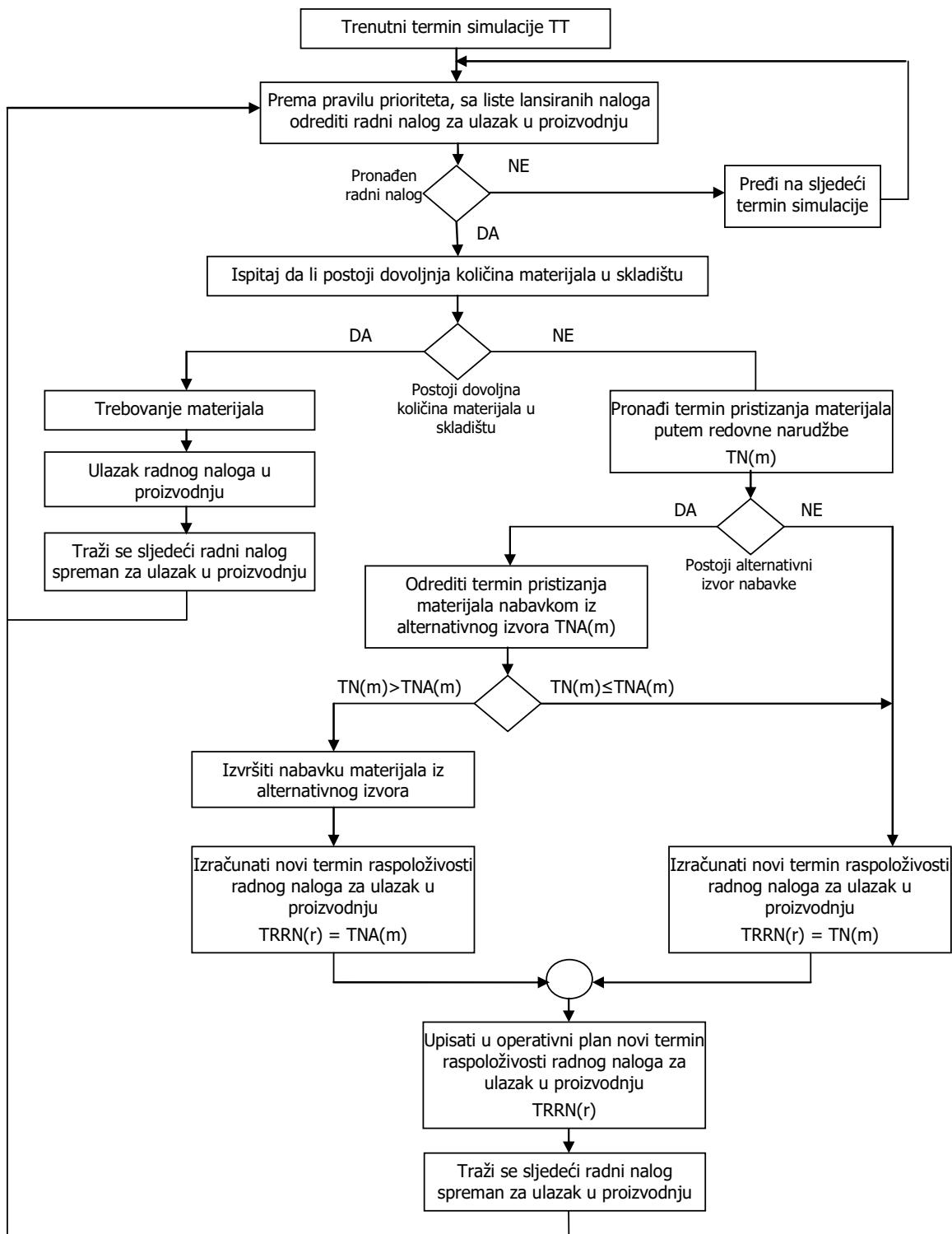
P – Period naručivanja i

R – Nivo zaliha kod ponovnog naručivanja.

M – Maksimalan nivo zaliha

Materijal se po pravilu izuzima jednokratno, putem trebovanja materijala, prilikom ulaska radnog naloga u proizvodnju. Ipak, ukoliko sistem upravljenja zalihami ne obezbijedi

blagovremeno dostupnost materijala neophodnih za pokretanje proizvodnje, početak radnog naloga se odlaže minimalno za vrijeme potrebno za dopunu zaliha materijala (Slika 43). To praktično znači da pored pravila prioriteta (opisanih u prethodnom poglavlju) na redoslijed izvođenja poslova na radnom mjestu utiče i raspoloživost materijala.



Slika 43. Opšti dijagram postupka provjere raspoloživosti radnog naloga za ulazak u process proizvodnje u zavisnosti od raspoloživosti materijala

Nabavka materijala vrši se po pravilu od poznatog dobavljača, pouzdanog, sa poznatim cijenama i rokovima isporuke. Ipak u situacijama kada je evidentno da će početak proizvodnje kasniti zbog nedostatka raspoloživog materijala, opcionalno treba predvidjeti nabavku iz drugog izvora (sa kraćim vremenom nabavke). Ovo je situacija tipična za proizvodna preduzeća koja imaju stalne dobavljače za većinu bitnih materijala, materijale nabavljuju uglavnom u većim količinama, uz dogovorene povoljnije cijene i uslove plaćanja. Ipak u hitnim situacijama, iste materijale, u manjim količinama nabavljuju najčešće od lokalnih dobavljača, po nešto višim cijenama, ali uz znatno kraće vrijeme isporuke (najčešće isporuka u istom danu). Ovo je važno radi postizanja fleksibilnosti snabdijevanja.

4.2.4.3 RAZVOJ MODELA

Osnovni elementi opisanog modula dati su u tabeli 17. U istoj tabeli prikazane su i jednačine simulacije, koje predstavljaju ekvivalente ponašanja elemenata sistema.

Tabela 17. Elementi modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala

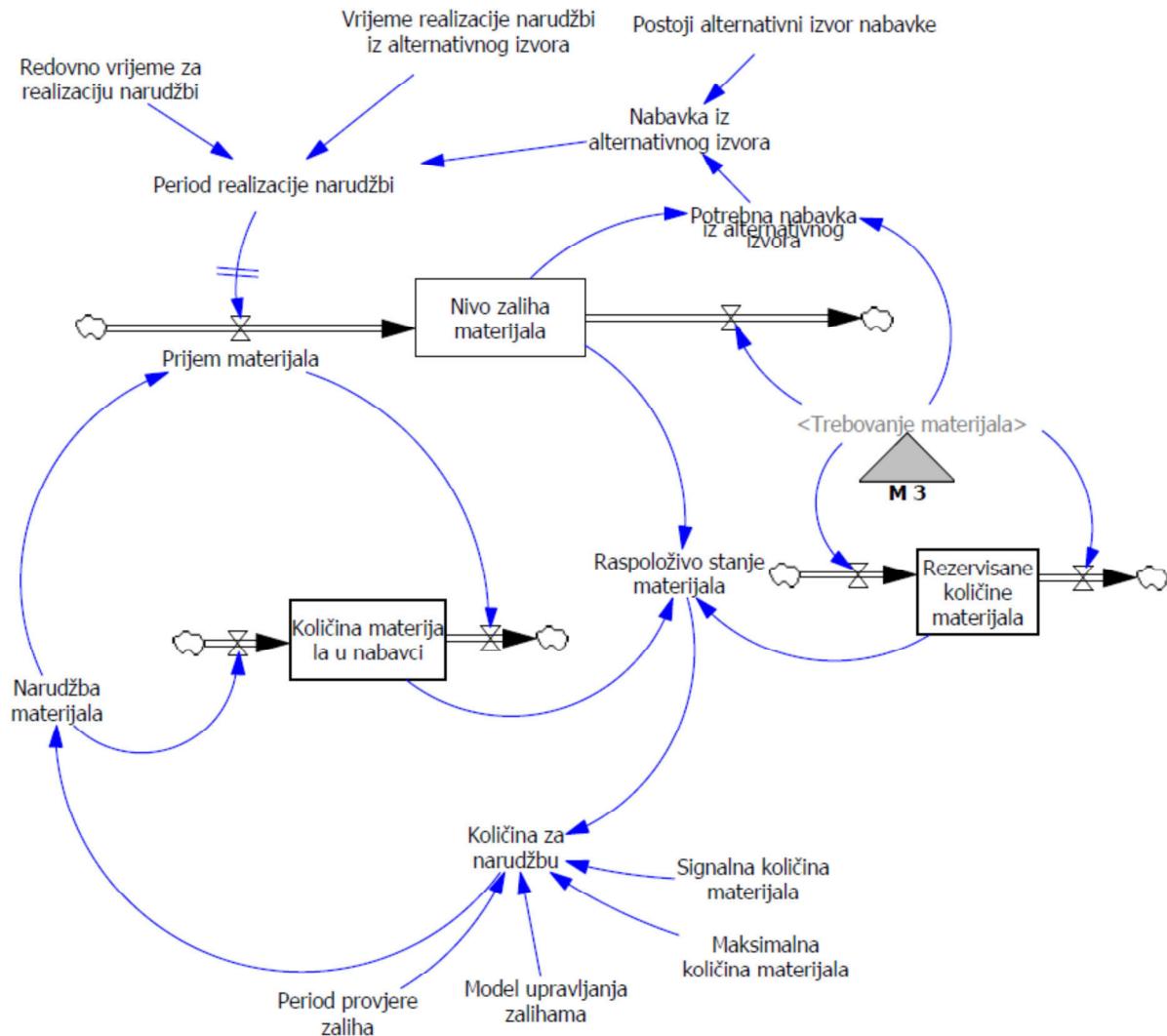
Rbr	Naziv elementa	Definicija
PARAMETRI SISTEMA		
1	Signalna količina materijala	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
2	Maksimalna količina materijala	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
3	Period provjere zaliha	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
4	Redovno vrijeme za realizaciju narudžbi	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
5	Postoji alternativni izvor nabavke	<i>...definisati prije početka simulacije (DA/NE)</i>
6	Vrijeme realizacije narudžbe iz alternativnog izvora	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
7	Povećanje nabavne cijene u slučaju nabavke iz alternativnog izvora	<i>...definisati prije početka simulacije</i>
8	Model upravljanja zalihami repromaterijala	<i>...definisati prije početka simulacije (Q ili P)</i>
ELEMENTI STANJA		
1	Nivo zaliha materijala (t)	$= Nivo zaliha materijala (t-dt)$ + Prijem materijala(dt) – Trebovanje materijala(dt)
2	Količina materijala u nabavci (t)	$= Količina materijala u nabavci (t-dt)$ + Narudžba materijala(dt) – Prijem materijala(dt)
3	Rezervisane količine materijala (t)	$= Rezervisane količine materijala (t-dt)$ + Trebovanje materijala(dt) – Trebovanje materijala(dt)
4	Ukupni dodatni troškovi nabavke materijala iz alternativnih izvora (t)	$= Ukupni dodatni troškovi nabavke materijala iz alternativnih izvora (t-dt)$ + Dodatni troškovi nabavke materijala (dt)

Tabela 17. Nastavak

ELEMENTI PROMJENE STANJA	
1	Prijem materijala (dt) = $\text{DELAY}(\text{Narudžba materijala (dt)}, \text{Period realizacije narudžbi})$
2	Trebovanje materijala (dt) = $\text{Modul M3} \rightarrow \text{Trebovanje materijala (dt)}$
3	Narudžba materijala (dt) $\text{IF } ((\text{Količina materijala za narudžbu (t-dt)} > 0) \text{ THEN}$ = $\text{Količina materijala za narudžbu (t-dt)}$ ELSE = 0 END IF
POMOĆNI ELEMENTI	
1	Raspoloživo stanje materijala (t) = $\text{Nivo zaliha materijala (t-dt)}$ + $\text{Količina materijala u nabavci (t)}$ - $\text{Rezervisane količine materijala (t)}$
2	Količina materijala za narudžbu (t) $\text{IF } ((\text{Model upravljanja zalihami}=Q) \text{ THEN}$ $\text{IF } (\text{Raspoloživo stanje materijala (t)} \leq \text{Signalna količina materijala}) \text{ THEN}$ = $\text{Maksimalna količina materijala - Raspoloživo stanje materijala (t)}$ ELSE = 0 END IF
3	Potrebna nabavka iz alternativnog izvora (t) $\text{IF } (\text{Nivo zaliha materijala (t-dt)} - \text{Trebovanje materijala (dt)} < 0) \text{ THEN}$ = $\text{Trebovanje materijala (dt)} - \text{Nivo zaliha materijala (t)}$ ELSE = 0 END IF
4	Nabavka iz alternativnog izvora (t) $\text{IF } (\text{Potrebna nabavka iz alternativnog izvora (t)} > 0 \text{ AND Postoji alternativni izvor nabavke =DA}) \text{ THEN}$ = $\text{Potrebna nabavka iz alternativnog izvora (t)}$ ELSE = 0 END IF
5	Period realizacije narudžbi (t) $\text{IF } (\text{Nabavka iz alternativnog izvora (t)} > 0) \text{ THEN}$ = $\text{Vrijeme realizacije narudžbi iz alternativnog izvora}$ ELSE = $\text{Redovno vrijeme za realizaciju narudžbi}$ END IF

4.2.4.4 IZRADA DIJAGRAMA TOKA

Logika modela za simulaciju prikazana je na dijagramu toka koji je dat na slici 44.



Slika 44. Dijagram toka modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala

4.2.4.5 MJERE PERFORMANSI

Kao kriterijumi za optimizaciju simuliranih procesa nameću se performanse vezane uz pravovremeno obezbjeđenje materijala i nivo zaliha materijala (Tabela 18).

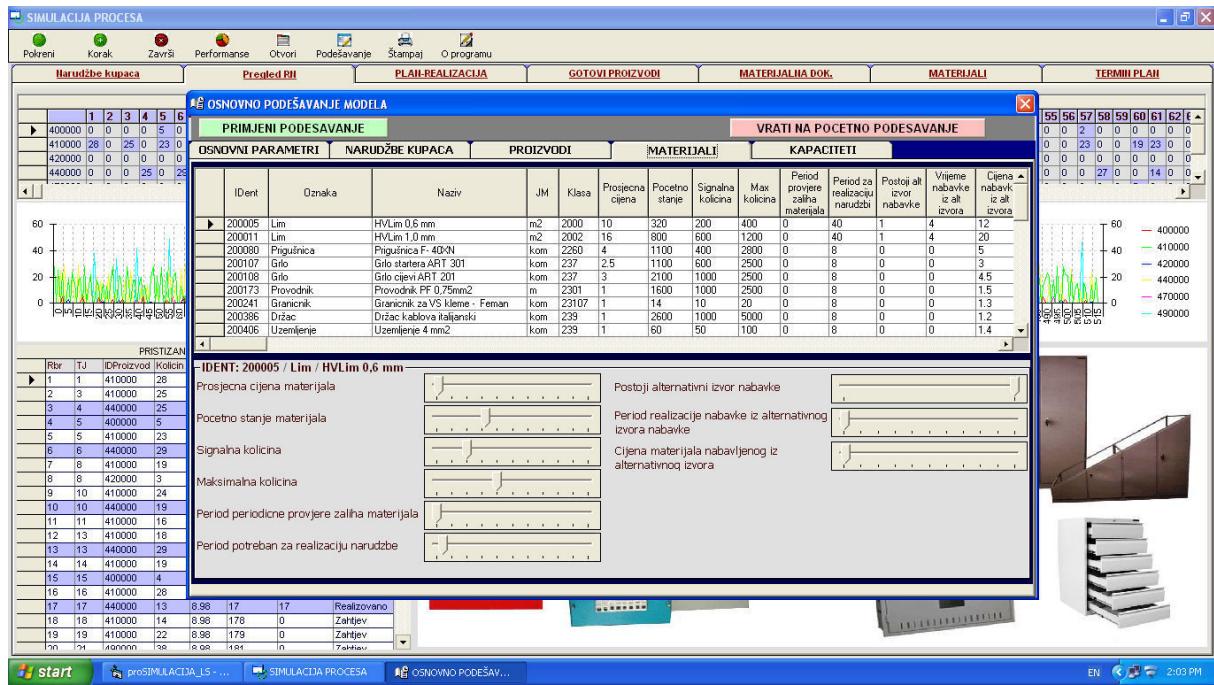
Fleksibilnost snabdijevanja biće mjerena kroz postojanje različitih opcija nabavke i troškove promjene izvora nabavke. Sigurnosne zalihe će takođe biti korištene kao mjeru fleksibilnosti, jer će se koristiti kao zaštita od neizvjesnosti snabdijevanja.

Tabela 18. Mjere performansi modula M4: Upravljanje zalihami repromaterijala

Vrsta	Mjere performansi	Definicija
Resursi	↓ Prosječan nivo zaliha materijala	Prosječna vrijednost zaliha repromaterijala tokom simuliranog vremenskog perioda
	↑ Obrt zaliha	Odnos ukupne potrošnje materijala u određenom vremenskom periodu i srednjeg nivoa zaliha u istom vremenskom intervalu
Izlaz	↓ Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	Odnos između broja radnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala i ukupnog broja lansiranih radnih naloga
	↑ Alternativni izvori snabdijevanja	Procenat materijala koji imaju alternativni izvor snabdijevanja
Fleksibilnost	↓ Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	Procentualno povećanje troškova nabavke nastalo zbog nabavke materijala iz alternativnih izvora
	↑ Nivo sigurnosnih zaliha	Definisan je vrijednošću minimalne količine materijala preostale u skladištu kao sigurnost u slučaju nepredviđenih troškova

4.2.4.6 PROGRAMIRANJE MODELA

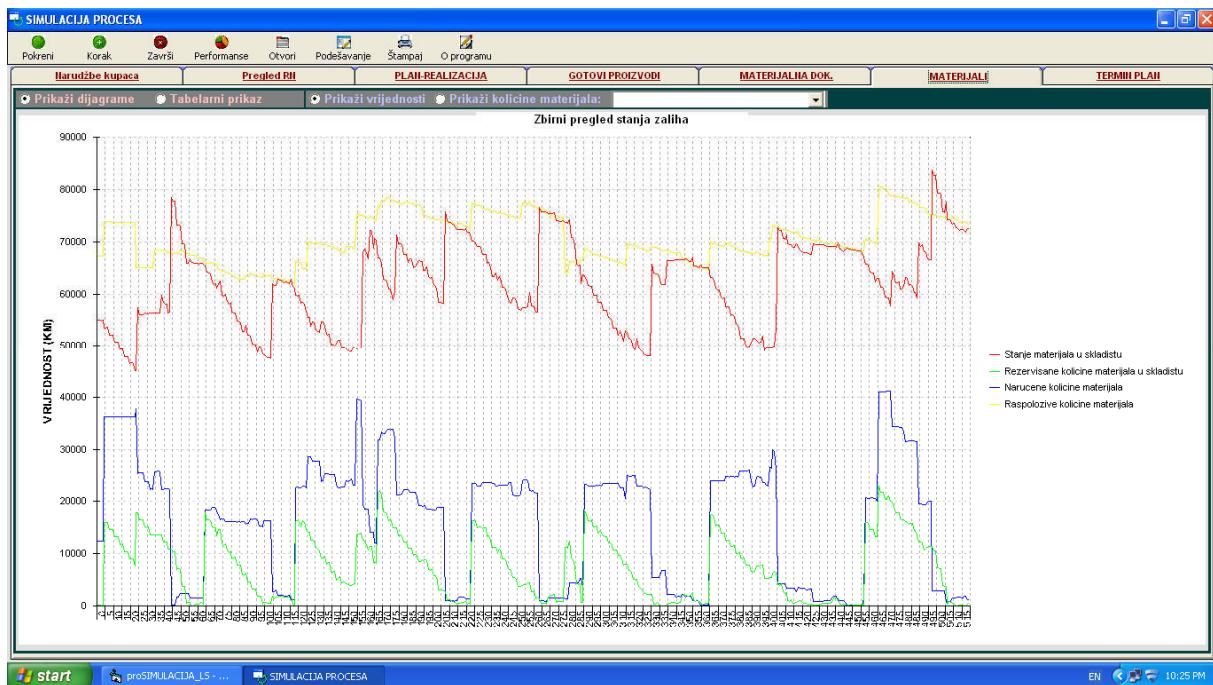
Kao i u prethodnim modulima, korisnički program izgrađen je u programskom jeziku VisualBasic. Izgledi korisničkih formi za podešavanje parametara modela i grafički prikaz ponašanja sistema dati su na slikama 45 - 50.



Slika 45. Korisnička forma za podešavanje parametara modela upravljanja zalihami materijala



Slika 46. Korisnička forma za grafički prikaz nivoa zaliha materijala



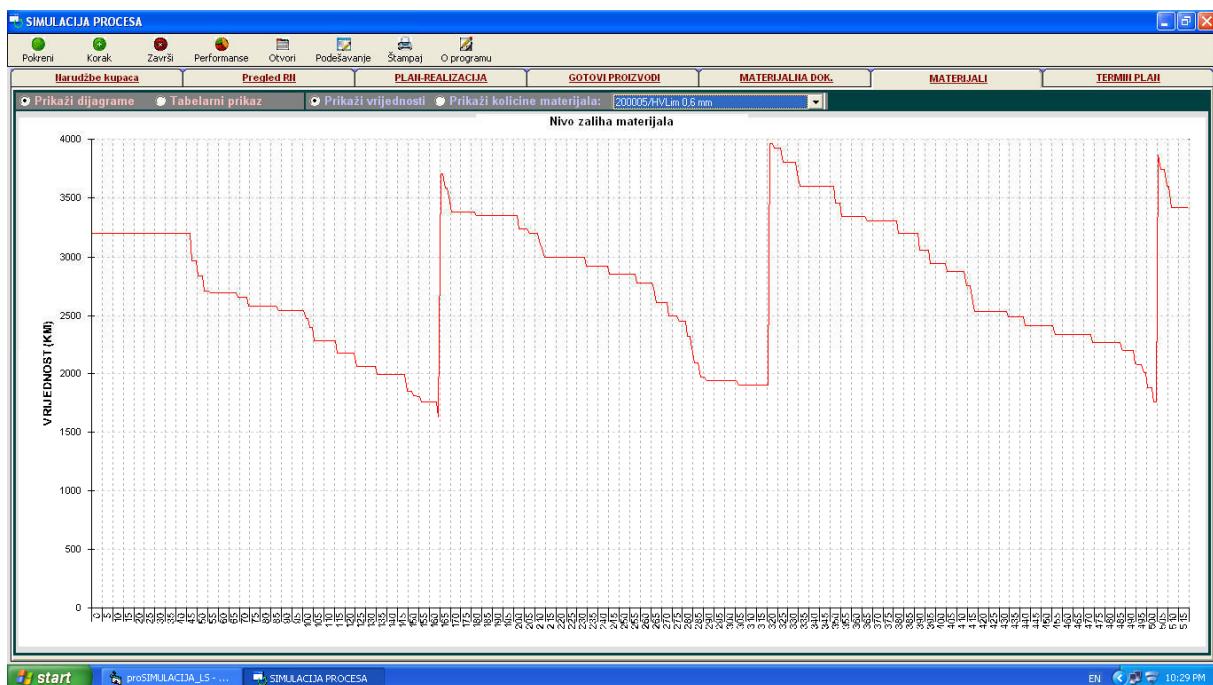
Slika 47. Korisnička forma za uporedni grafički prikaz stvarnog, raspoloživog, rezervisanog i materijala u nabavci

TABELARNI PREGLED:									
STANJE MATERIJALA (Kolicina)									
TJ	IDent	Oznaka	Naziv	JM	Cijena	Stanje	Rezervisan	koli	Naruceno
►	1	200771	Sabrnica	Sabrnica 2x16	kom 3	40	0	0	0
1	200107	Giro	Giro startera ART 301	kom 2,5	1100	0	0	0	0
1	200688	Automatski osigurac	Automatski osigurac 1P 25A	kom 4	120	0	0	0	0
1	200746	Klema	VS klema 16 mm2	kom 1	320	0	0	0	0
1	200648	Guma	Guma 12x6	m 1	240	0	0	0	0
1	200451	Vijak	Vijak M4x10 JUS MB1.101	kom 0,15	2100	0	0	0	0
1	200636	Navojna šipka	Navojna šipka M6	m 1	24	0	0	0	0
1	200005	Lim	HVLim 0,6 mm	m2 10	320	0	0	0	0
1	200842	Nitna	Pop nitna 3,9x10	kom 0,1	550	0	0	0	0
1	200202	Izolator	Izolator 30mm	m 2	120	0	0	0	0
1	200530	Bračna	Bračna PB 22/18	kom 2	400	0	0	0	0
1	200624	Boja	Boja u prahu EP RAL 7032	kg 6	280	0	0	0	0
1	200990	Vijak	Vijak M6x16 JUS MB1.053	kom 0,2	240	0	0	0	0
1	200680	Automatski osigurac	Automatski osigurac 1P 16A	kom 4	120	0	0	0	0
1	201196	Žica	Žica i li 3,9x10	kg 28	8	0	0	0	0
1	202945	Bračna	Bračna 201-P pekar	kom 1,2	32	0	0	0	0
1	200546	Pleoglas	Klini staklo	m2 70	100	0	0	140	0
1	200621	Boja	Boja u prahu EP RAL 9016	kg 8	180	0	0	0	0
1	200482	Klema	Redna stezalka 4mm2 za sv	kom 1	120	0	0	0	0
1	200011	Lim	HVLim 1,0 mm	m2 16	800	0	0	0	0
1	200682	Automatski osigurac	Automatski osigurac 1P 20A	kom 4	120	0	0	0	0
1	200910	Vijak	Vijak M8x50 JUS MB1.053	kom 0,35	550	0	0	0	0
1	200241	Grančnik	Grančnik za VS kle - Fen	kom 1	14	0	0	0	0
1	200173	Provodnik	Provodnik PF 0,75mm2	m 1	1600	0	0	0	0
1	200495	Navrtka	Navrtka M4 JUS MB1.601	kom 0,15	8000	0	0	0	0
1	200108	Giro	Giro cijevi ART 201	kom 3	2100	0	0	0	0
1	200886	Dizajn	Dizajn kablove italijanski	kom 1	2600	0	0	0	0
1	201424	Slagolak	Grebenčica M5x16 BS - 63	kom 43	13	0	0	59	0
1	200468	Navojna	Navojna šipka M5x16 MB1.601	kom 0,2	12000	0	0	0	0
1	200529	Baglana	Baglana i 10x50mm	kom 3	800	0	0	0	0
1	200406	Uzelenjene	Uzelenjene 4mm2	kom 1	60	0	0	0	0
1	200499	Podloška	Podloška P5 DIN 125	kom 0,08	1800	0	0	0	0
1	200637	Podloška	Podloška P5 DIN 125	kom 0,06	2200	0	0	0	0
1	200080	Pružaćica	Pružaćica F-40xN	kom 4	1100	0	0	0	0
2	200771	Sabrnica	Sabrnica 2x16	kom 3	40	0	0	0	0
2	200107	Giro	Giro startera ART 301	kom 2,5	1100	0	0	0	0

Slika 48. Korisnička forma za tabelarni prikaz stanja materijala po terminskim jedinicama



Slika 49. Korisnička forma za grafički prikaz modela upravljanja stanjem materijala – količina materijala



Slika 50. Grafički prikaz modela upravljanja stanjem materijala (pojedinačan prikaz materijala)

5. PLANIRANJE I IZVOĐENJE SIMULACIONOG EKSPERIMENTA

5.1. OPŠTI PRISTUP EKSPERIMENTU

Postupak planiranja i izvođenja simulacionog eksperimenta može se predstaviti kao niz aktivnosti koje obuhvataju:

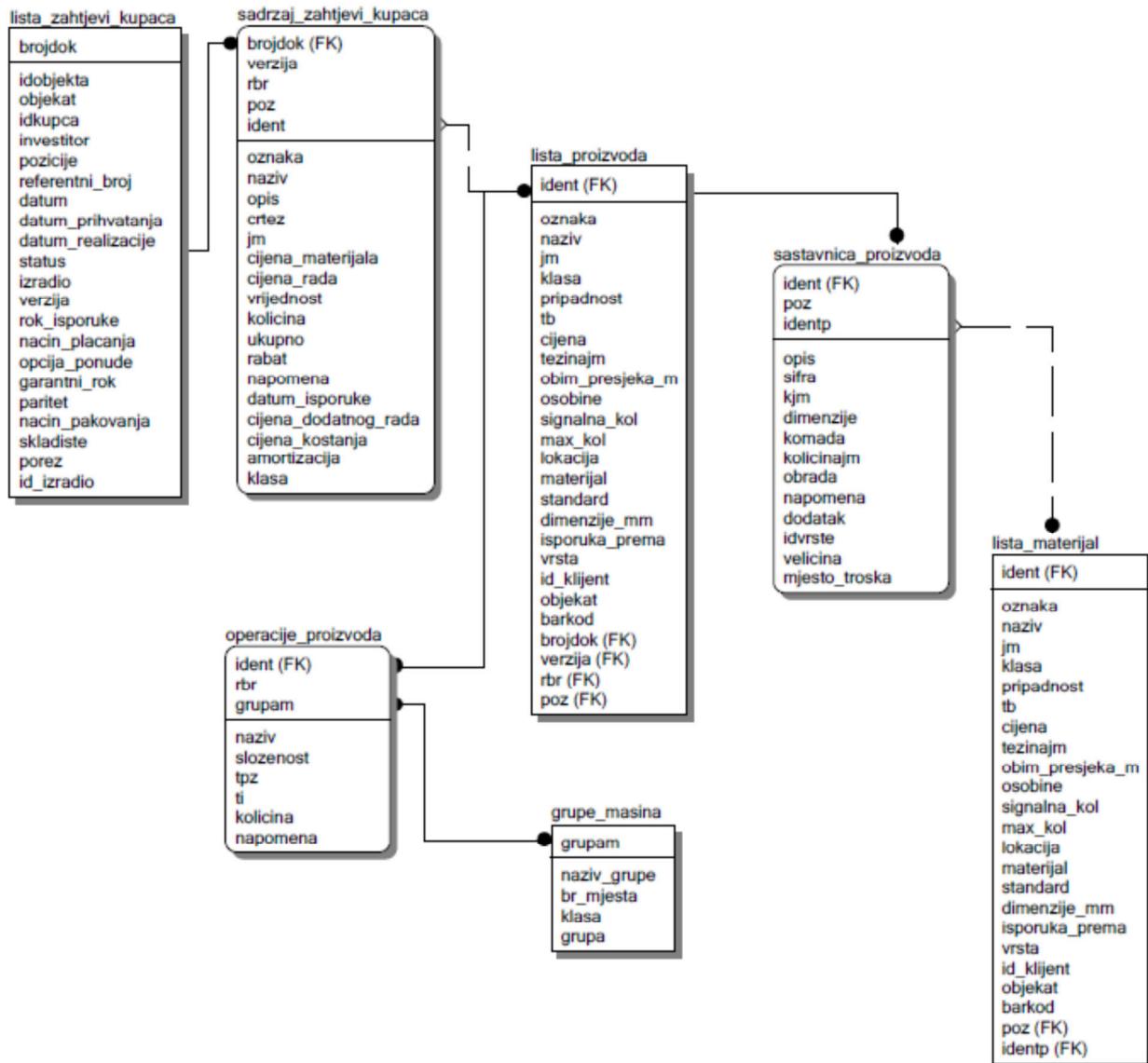
- izbor proizvodnog sistema (objekta istraživanja),
- definisne cilja istraživanja,
- prikupljanje informacija neophodnih za izvođenje simulacionog eksperimenta,
- definisanje parametara simulacionog modela,
- definisanje ulaza u proces simulacije,
- definisanje plana izvođenja eksperimenta,
- izvođenje eksperimenta (s potrebnim brojem ponavljanja),
- prikaz rezultata eksperimenta i
- izvođenje zaključaka i davanje preporuka.

Istraživanje parametara procesa lanaca snabdijevanja u malim i srednjim preduzećima izvršeno je na primjerima realnih preduzeća proizvodne djelatnosti. Prilikom izbora preduzeća koja će biti objekat istraživanja, vodilo se računa o specifičnostima ovih preduzeća sa aspekta djelatnosti, veličine i načina ispunjenja zahtjeva kupaca. Detaljniji opis preduzeća dat je u sljedećim poglavljima.

Cilj izvođenja eksperimenata je istraživanje mogućnosti povećanja fleksibilnosti posmatranih preduzeća optimizacijom njihovih lanaca snabdijevanja. Istraživanja su usklađena sa strateškim opredjeljenjima posmatranih preduzeća.

Kao polazna osnova istraživanja korišteni se podaci prikupljeni putem integrisanog menadžment informacionog sistema „Nesoft_PG“ implementiranog u preko 40 preduzeća koja su bila potencijalni predmet istraživanja ovog rada. Navedeni informacioni sistem je vlastito autorsko djelo, razvijen je u programskom jeziku Visual Basic i u upotrebi je već 20 godina. Za to vrijeme sistem je stalno nadograđivan. Prikupljeni podaci pohranjeni u baze podataka (MSSQL Server, PostgreSQL server i MS Access) sadrže detaljne informacije o elementima poslovanja preduzeća (materijali, poluproizvodi, proizvodi, normativi, radnici, kupci, dobavljači, kooperanti i sl.), procesima nabavke (planovi, zahtjevi za nabavku, ponude,

narudžbe, prijem materijala, reklamacije, ocjene nabavke...), procesima transformacije (planovi, radni nalozi, neusaglašenosti, kontrola, učinak radnika ...), te podatke o prodaji i isporuci gotovih proizvoda (planovi, zahtjevi kupaca, ponude, otpremnice, fakture, naplativost, reklamacije...). Podaci iz posmatranih preduzeća poslužili su i kao osnova za izgradnju modela za simulaciju koji je u naučnom smislu poslužio kao osnova za izvođenje eksperimenata, a samim tim i za dokazivanje postavljenih hipoteza ovog rada (Slika 51).



Slika 51. Model podataka o zahtjevima kupaca

Definisanje parametara simulacionog modela vršeno je analizom prethodno prikupljenih podataka. Na osnovu analize prikupljenih podataka dobijene su informacije o elementima poslovanja posmatranih preduzeća (podaci o materijalima, proizvodima, kapacitetima, normativima, potražnji gotovih proizvoda i drugi), te uobičajenim ponašanjima

posmatranih preduzeća (upravljanje zahtjeva kupaca, politika upravljanja zalihami, lansiranje i praćenje proizvodnje i drugo). Ipak, realna preduzeća rade sa velikim brojem elemenata poslovanja pa bi simulacioni model koji bi uključivao sve navedene elemente bio isuviše obiman i nepraktičan za ova istraživanja. Zbog toga su svi elementi poslovanja preduzeća, prije svega proizvodi i materijali, za potrebe ovog istraživanja, klasifikovani i predstavljeni kroz predstavnike klase.

Osim potrebe definisanja elemenata modela, neophodno je definisati i parametre izvođenja simulacije kao što su korak i trajanje koraka simulacije, dužina trajanja eksperimenta i drugi uslovi izvođenja eksperimenta.

Ulaz u simulacioni model predstavljaju narudžbe kupaca, definisane modulom M.1. simulacionog modela. Osnovu za definisanje parametara modela potražnje predstavlja procjena potražnje za vremenski period obuhvaćen eksperimentom. Procjena trenda potražnje vršena je regresionom analizom. Da bi se pojednostavio postupak simulacije, umjesto simulacije pristizanja narudžbi za široku paletu proizvoda (cjeloukupan proizvodni program), definisan je adekvatan model pristizanja narudžbi prema klasama proizvoda, koristeći se proizvodom predstavnikom klase.

Planom izvođenja eksperimenta je, prije svega potrebno, odrediti vremenske parametre izvođenja simulacije, te odrediti parametre modela koji će biti mijenjani u toku izvođenja eksperimenta radi postizanja postavljenog cilja eksperimenta. Osnovne varijante eksperimenta dobijene su podešavanjem parametara modela prema stvarnim podacima navedenog proizvodnog sistema. Ponavljanje eksperimenta pod drugim uslovima, tj. različite varijante eksperimenta dobijaju se promjenom (na više i manje) parametara modela. Ipak, treba imati u vidu da nisu svi parametri sistema podložni izmjenama ili njihova izmjena neće uvijek biti predmet istraživanja. U tom smislu, postoji velik broj mogućih varijanti izvođenja eksperimenta. Ipak, broj varijanti izvođenja eksperimenta biće smanjen ciljanim variranjem parametara modela, odnosno variranjem parametara modela usmjerenim na direktno poboljšanje jedne ili više mjera performansi.

Cilj višestrukog izvođenja eksperimenta je pronaći parametre sistema koji će dovesti do zadovoljavajućeg nivoa performansi simuliranog sistema.

Ponašanje simuliranog sistema može biti predstavljeno grafikonima, tabelama i preko tabele mjera performansi (Tabela 19 i Tabela 20).

Tabela 19. Poslovne mjere performansi

POSLOVNE PERFORMANSE		
	Naziv mjere	Definicija
↓ R	Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	Prosječna vrijednost zaliha gotovih proizvoda tokom vremena
↑ I	Ispunjene narudžbi s postojećih zaliha	Procenat vrijednosti robe tražene od strane kupaca, a koje mogu biti ispunjene sa postojećih zaliha
↑ I	Pravovremenost isporuke	Procenat narudžbi koje su ispunjene prije ili po predviđenom rasporedu/obećanom terminu isporuke.
↑ I	Vrijednost realizovanih narudžbi	Ukupna vrijednost narudžbi realizovanih u datom periodu.
↑ R	Koeficijent protoka	Bezdimenzionalan broj, koji pokazuje koliko je stvarni ciklus proizvodnje veći od teoretskog ciklusa proizvodnje pri rednom načinu prelaska serije s operacije na operaciju
↑ R	Iskorišćenost kapaciteta	Odnos između iskorišćenog i raspoloživog kapaciteta
↓ I	Pronočan nivo nedovršene proizvodnje	Pronočna vrijednost nedovršene proizvodnje tokom vremena
↓ I	Trajanje ciklusa proizvodnje	Ukupna dužina rasporeda poslova, odnosno očekivano posljednje vrijeme završetka svih poslova u simuliranom sistemu
↓ R	Pronočan nivo zaliha materijala	Pronočna vrijednost zaliha repromaterijala tokom simuliranog vremenskog perioda
↑ R	Obrt zaliha	Odnos ukupne potrošnje materijala u određenom vremenskom periodu i srednjeg nivoa zaliha u istom vremenskom intervalu
↓ I	Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	Odnos između broja radnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala i ukupnog broja lansiranih radnih naloga

Tabela 20. Mjere fleksibilnosti modela za simulaciju

PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI	
Naziv	Definicija
↑ Fleksibilnost isporuke	Procenat viška vremena na realizaciji zahtjeva kupaca
↓ Fleksibilnost novog proizvoda	Vrijeme potrebno da se uvede novi proizvod
↑ Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	Sposobnost dinamičkog upravljanja redoslijedom izvođenja poslova u proizvodnji
↑ Fleksibilnost veličine serije proizvoda	Recipročna vrijednost povećanje vrijednosti pripremno završnih radova nakon smanjenja veličine serije
↑ Alternativni izvori snabdijevanja	Procenat materijala koji imaju alternativni izvor snabdijevanja
↓ Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	Procentualno povećanje troškova nabavke nastalo zbog nabavke materijala iz alternativnih izvora
↑ Nivo sigurnosnih zaliha	Definisan je vrijednošću minimalne količine materijala preostale u skladištu kao sigurnost u slučaju nepredviđenih troškova

5.2. STUDIJA SLUČAJA: PREDUZEĆE VIGMELT D.O.O. BANJA LUKA

5.2.1. OSNOVNI PODACI O PREDUZEĆU

Naziv preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka

Uprava

Veljka Mlađenovića b.b.78000 Banja Luka

Sjedište preduzeća Republika Srpska, BiH

Proizvodni pogon

Krupa na Vrbasu

Tel.:++387 51 450 230, 450 232

Kontakt e-mail: vigmelt@blic.net

Godina osnivanja 1981.

Broj zaposlenih 30

Preduzeće "VIGMELT" je osnovano 1981. godine. Firma se razvijala samostalno i osvajala nove proizvode i proizvodnju. Prvi proizvodi rađeni su za potrebe izvođenja elektroinstalaterskih radova i građevinske bravarije. Daljim razvojem osvojena je proizvodnja metalnih ormara, gromobranske opreme, građevinske limarije i skladišnih regala. Tokom vremena, uvodi se i proizvodnja fluoroscentnih svjetiljki, metalnih nosača kablova, upravljačkih pultova i drugih elektro i metalnih proizvoda široke potrošnje (Slika 52). Paralelno s uvođenjem novih proizvoda firma "VIGMELT" proširuje i proizvodne kapacitete. Izgrađena je proizvodna hala površine 1000m², nabavljena je nova savremena proizvodna oprema s numeričkim upravljanjem za proizvodnju proizvoda od lima, alati za obradu lima i tehnološke linije za površinsku zaštitu proizvoda.



Metalni namještaj



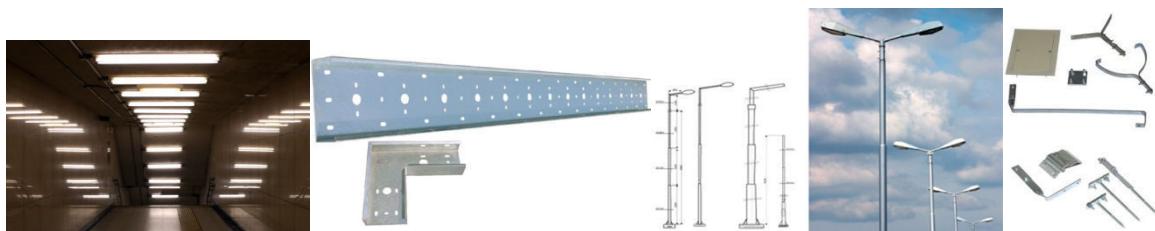
Metalni ormari



Elektro ormari



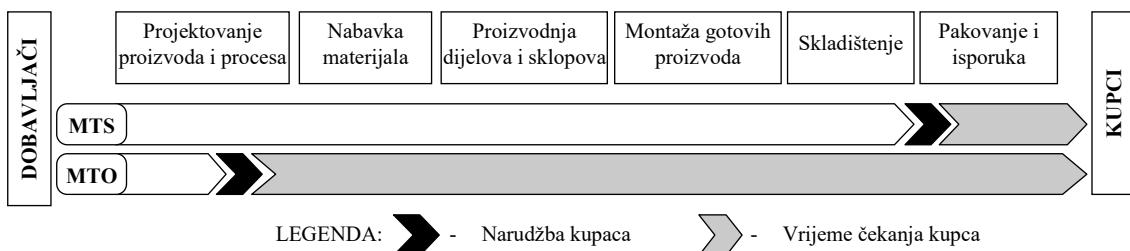
Stalaže



Rasvjeta, gromobranska oprema, perforirani nosači i ostalo

Slika 52. Proizvodni program preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka

Preduzeće u procesu projektovanja svojih proizvoda koristi najsavremenije metode projektovanja pomoću računara. Za projektovanje tehnologije koriste se specijalizovani namjenski softveri za upravljanje procesima sječenja lima, ugaono savijanje lima i prosijecanje. Danas je "VIGMELT" moderno preduzeće sa proizvodnim pogonom u Krupi na Vrbasu i oko 30 zaposlenih, raznih profila zanimanja.



Slika 53. Struktura lanaca snabdijevanja preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka

Preduzeće izrađuje proizvode u uskoj korelaciji sa kupcima, pa stoga pored proizvoda iz standardnog proizvodnog programa, razvija i izrađuje proizvode prema zahtjevima kupaca. Lanac snabdijevanja preduzeća obuhvata sve interne procese preduzeća, uključujući i koordinaciju između prodajnog objekta u Banja Luci i proizvodnog pogona u Krupi na Vrbasu), te procese koordinacije nabavke i isporuke sa kupcima i dobavljačima (Slika 53). Poseban izazov za upravljanje lancima snabdijevanja ovog preduzeća predstavlja upravljanje zalihami gotovih proizvoda i reprometerijala u uslovima ograničenih finansijskih i materijalnih resursa. Pored optimizacije zaliha, produktivnost, te iskorištenje i uravnoteženje kapaciteta predstavljaju primarni cilj upravljanja lancima snabdijevanja ovog preduzeća.

5.2.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Prije početka izvođenja simulacionog eksperimenta izvršeno je prikupljanje podataka neophodnih za definisanje početnog stanja, ulaza i parametara procesa simulacije. Ovi podaci obuhvataju podatke o kapacitetima, normativima materijala i vremena, potražnji gotovih proizvoda i druge.

S obzirom da u preduzeću postoji razvijen integralni informacioni sistem za podršku procesima upravljanja preduzećem, svi podaci neophodni za pripremu procesa simulacije nalaze se u bazi podataka informacionog sistema. Zbog obimnosti podataka prikupljenih na ovaj način, i zbog zaštite informacija, u radu će biti prikazani samo podaci neophodni za proces simulacije i dokazivanje postavljenih hipoteza.

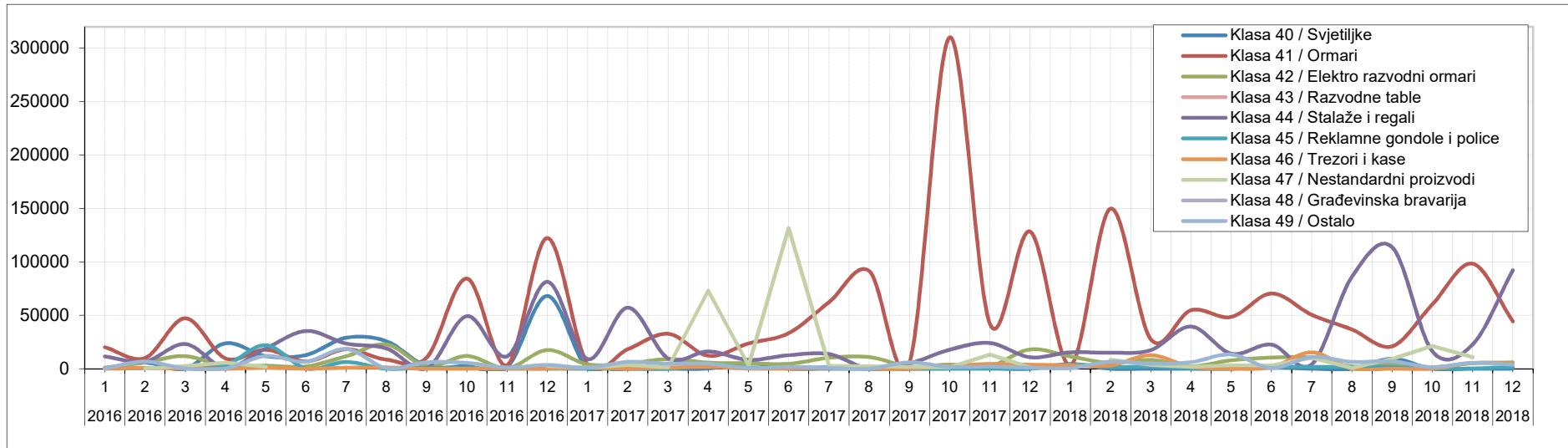
Imajući u vidu da preduzeće ima širok proizvodni program, te da se velik broj proizvoda radi isključivo po specifikacijama kupaca, proizvodni program preduzeća klasifikovan je u deset osnovnih klasa (Tabela 21). U tabeli su prikazani i podaci o prodaji za posmatrani period od tri godine (od 2016. do 2018. godine). Detaljan pregled prodaje proizvoda sortiran po godinama, mjesecima i klasama prikazan je grafički na slikama 54 i 55.

Tabela 21. Zbirni pregled prodaje proizvoda preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka u periodu 2016-2018. godine

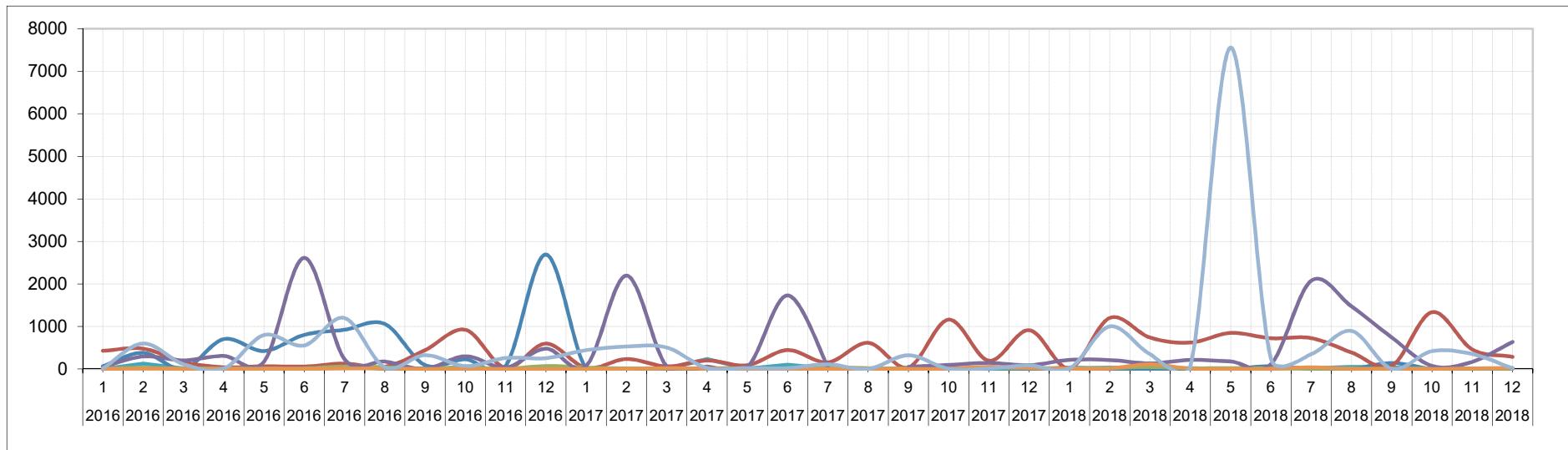
Klasa	Naziv klase	Količina	Vrijednost	Prosječna cijena
40	Svjetiljke	7709	204504	26,53
41	Ormari	14867	1787644	120,24
42	Elektro razvodni ormari	661	247267	374,08
43	Razvodne table	180	7112	39,51
44	Stalaže i regali	15601	924042	59,23
45	Reklamne gondole i police	777	59192	76,18
46	Trezori i kase	336	66347	197,46
47	Nestandardni proizvodi	1778	324463	182,49
48	Građevinska bravarija	101	11028	109,19
49	Ostalo	17501	157206	8,98
	490 Gromobranska oprema			
	491 Ploče stola			
	492 Šelne			
	493 En-tech			
	494 EZN letve			
	495 Grejna tijela			
	496 Usluge			

Podaci o instalanim kapacitetima prikazani su u tabeli 31, dok su podaci o normativima materijala i normativima vremena, zbog obimnosti podataka, prikazani samo djelimično. Svi navedeni podaci nalaze se u obliku baze podataka u prilogu 2 ovog rada (db_simulacija_vigmelt.backup).

Osim prikupljanja podataka o elementima poslovanja (proizvodi, materijali, kapaciteti i sl.) u ovoj fazi su prikupljeni i analizirani podaci o načinu pristizanja narudžbi kupaca, načinu rješavanja narudžbi, vremenu potrebnom za razvoj proizvoda po narudžbi, politici upravljanja zalihami gotovih proizvoda i repromaterijala, načinu upravljanja proizvodnjom i svi drugi neophodni podaci.



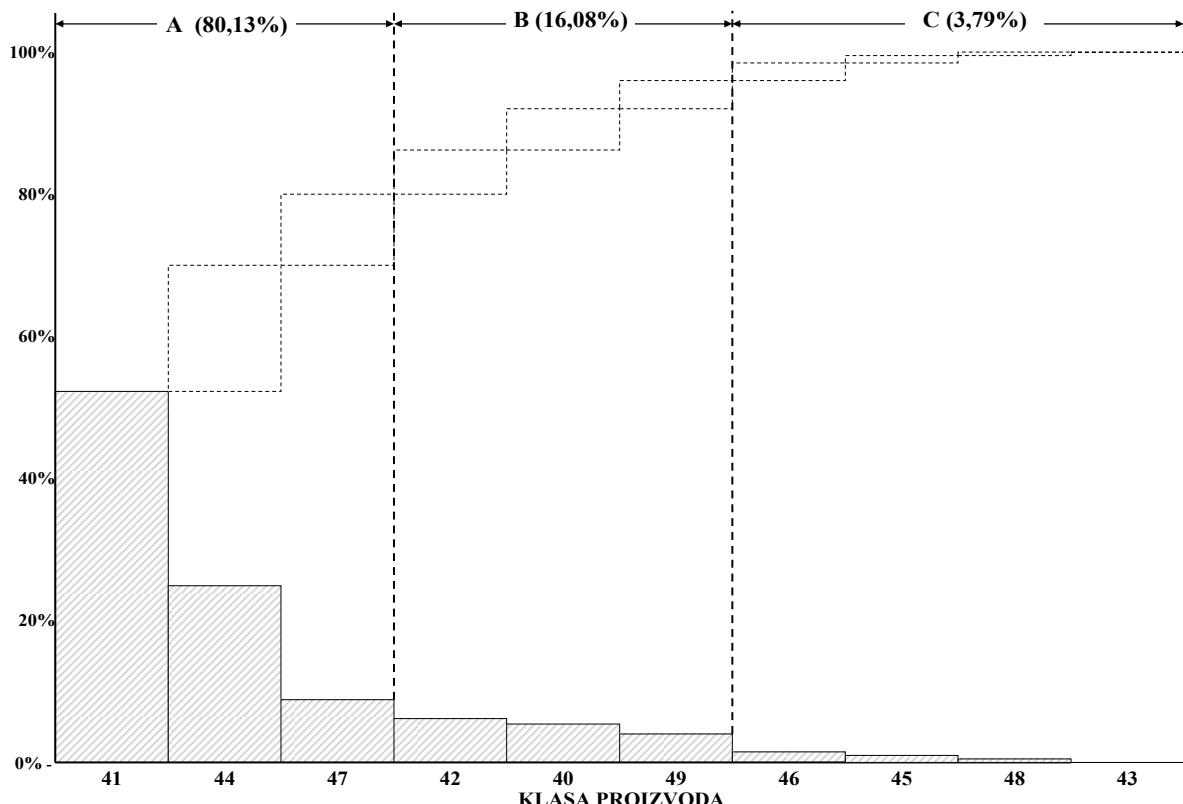
Slika 54. Pregled vrijednosti prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine



Slika 55. Pregled količinskog udjela prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine

5.2.3. DEFINISANJE ULAZA U PROCES SIMULACIJE

Ulas u simulacioni model predstavljaju narudžbe kupaca, definisane modulom M.1. simulacionog modela. Osnovu za definisanje parametara modela potražnje predstavlja procjena potražnje za analizirani vremenski period u trajanju od 3 godine. Procjena trenda prodaje vršiće se samo za klase proizvoda koje pripadaju području A i B izvedene ABC analize proizvodnog programa (Tabela 21). Slika 56 prestavlja grafičku interpretaciju navedene analize.



Slika 56. ABC analiza udjela klase proizvoda u ukupnoj vrijednosti prodaje preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka, za period 2016-2018. godine

Procjena potražnje urađena na osnovu podataka o potražnji u periodu od tri godine prikazana je na slici 57. S obzirom da je linearni regresioni model procjene potražnje po mjesecima (Slika 57a) pokazao mali koeficijent determinacije $R^2=0,1003$, pristupilo se procjeni potražnje po kvartalima (Slika 57b). Kvartalna procjena potražnje pokazala je veće poklapanje regresionog modela koji je imao koeficijent determinacije $R^2=0,2614$.

Prema Chadockovoj ljestvici (Tabela 22), regresioni model procjene potražnje po mjesecima pokazuje slabu vezu sa stvarnom potražnjom, dok model procjene po kvartalima pokazuje vezu srednje jačine [103]. Ovo je dovoljan razlog da se dalja procjena potražnje vrši analizom potražnje po kvartalima umjesto analize po mjesecima.

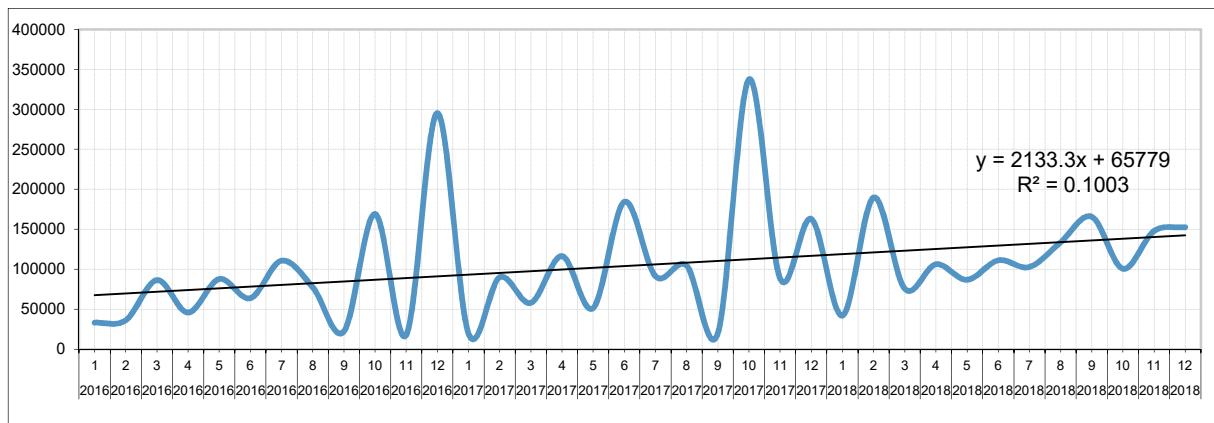
Tabela 22. Chadockova ljestvica ocjene koeficijenta determinacije[103]

R²	Ocjena postojanja veze
0	Potpuna odsutnost veze
0,00 – 0,25	Slaba veza
0,25 – 0,64	Veza srednje jačine
0,64 – 1,00	Čvrsta veza
1	Potpuna veza

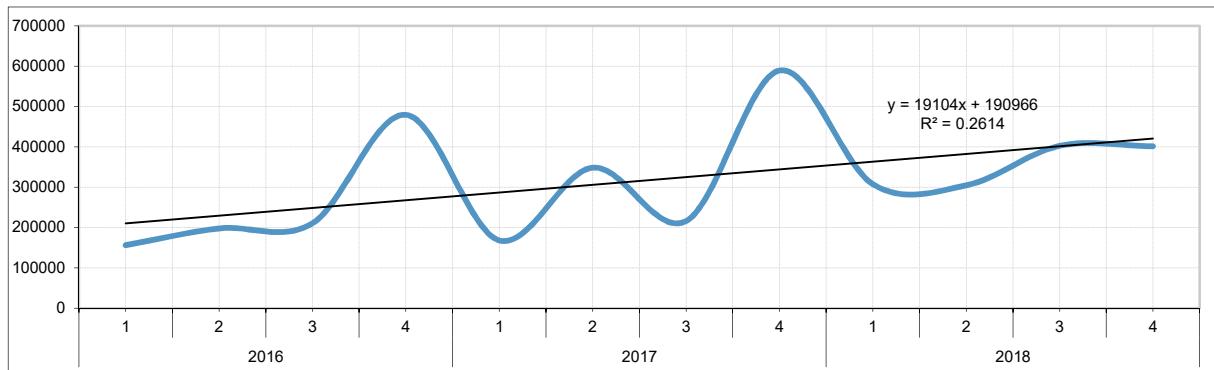
Slika 58 prikazuje analizu potražnje po kvartalima za proizvode iz područja A izvedene ABC analiza (klase 40,41,42,44,47 i 49). Tabela 23 prikazuje osnovnu procjenu potražnje za klase proizvoda.

Tabela 23. Osnovna procjena potražnje po kvartalima i klasama

Klasa	Naziv klase	Osnovna procjena trenda prodaje (x_i – redni broj kvartala)
40	Svjetiljke	$\hat{y}_{Ti} = 34465 - 2519 \cdot x_i$
41	Ormari	$\hat{y}_{Ti} = 21913 + 16514 \cdot x_i$
42	Elektro razvodni ormari	$\hat{y}_{Ti} = 15968 + 436,15 \cdot x_i$
44	Stalaže i regali	$\hat{y}_{Ti} = 14929 + 8021,6 \cdot x_i$
47	Nestandardni proizvodi	$\hat{y}_{Ti} = 12178 + 1825,8 \cdot x_i$
49	Ostalo	$\hat{y}_{Ti} = 8332 + 537,2 \cdot x_i$

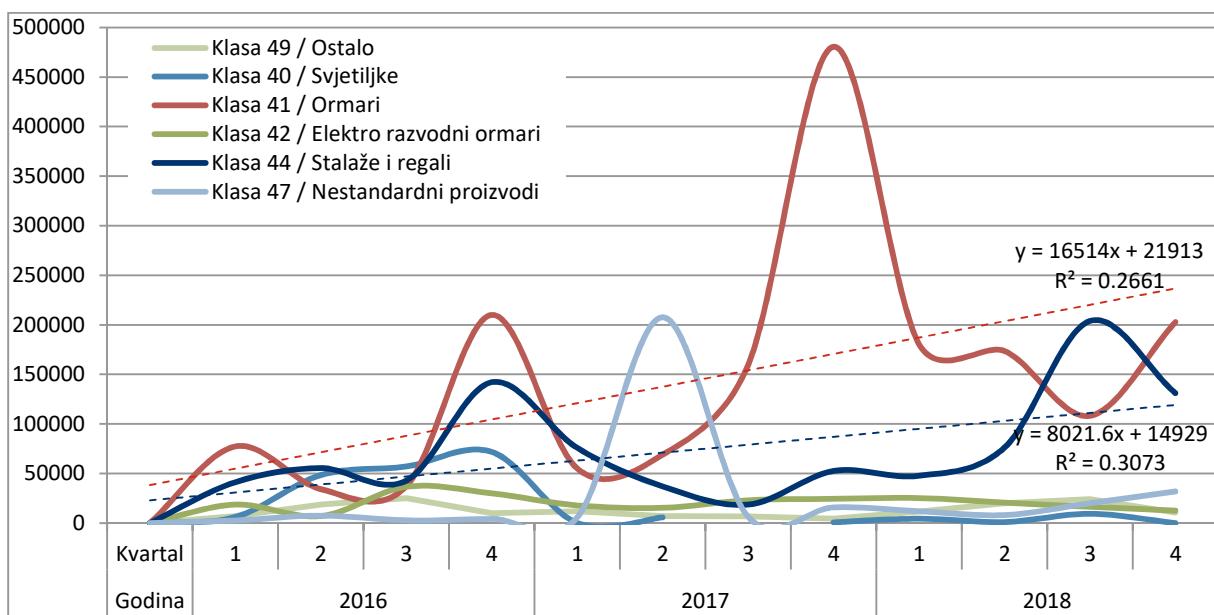


a) Trend potražnje u odnosu na mjesecce potražnje



b) Trend potražnje u odnosu na kvartale potražnje

Slika 57. Trend potražnje preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka



Slika 58. Trend potražnje po kvartalima i klasama proizvoda u preduzeću Vigmelt d.o.o Banja Luka

Iz navedenih analiza potražnje u periodu tri godine (Slika 54, Slika 55, Slika 57 i Slika 58), a zbog specifičnosti proizvodnje, vrijednost prodaje varira u toku godine. S obzirom da je

analiza procjene potražnje i dalje pokazivala mali koeficijent korelacije modela potražnje po kvartalima ($R^2=0,2614$), dalje istraživanje je usmjereno na ispitivanje postojanja dosljednosti u navedenim varijacijama. Tako je primjetna tendencija porasta u vrijeme pojačanih radova («živa sezona») i opadanja u vremenu smanjenih radova («mrta sezona»). Promjene koje se dešavaju periodično svake godine u isto vrijeme nazivaju se sezonske varijacije.

Ovdje treba razlikovati sezonske varijacije koje se tokom više godina ne mijenjaju i nazivaju se stabilnim varijacijama, nasuprot nestabilnim varijacijama koje pokazuju promjene. U oba slučaja intenzitet sezonskog varijabiliteta mjeri se sezonskim indeksima, koji mogu biti specifični (pokazuju sezonske varijacije u toku jedne godine) i tipični (predstavljaju intenzitet sezonskog varijabiliteta za duži vremenski period).

Ukoliko se prepostavi da se radi o stabilnim sezonskim varijacijama, onda se problem svodi na određivanje sezonske korekcije modela (Tabela 23) za duži vremenski period u obliku:

$$\tilde{y}_{Ti} = \hat{y}_{Ti} \cdot S_{Ti} \quad (32)$$

gdje je:

\hat{y}_{Ti} - procjena trenda prodaje osnovnim modelom (Tabela 23),

S_{Ti} - tipični sezonski indeks i

\tilde{y}_{Ti} - trend prodaje korigovan za uticaj sezone.

Dakle, postupak procjene trenda prodaje se sastoji od osnovne procjene trenda po obrascu datom u osnovnom modelu (Tabela 23) i korekcija osnovnog modela kako je prikazano u tabeli 24. Detaljan postupak određivanja specifičnih, a zatim i tipičnih sezonskih indeksa dat je u prethodno objavljenim radovima, te ovdje neće biti prikazavan [11][102][105]. Iz ocjene korigovanog modela trenda prodaje (R^2), koja je znatno veća od ocjene osnovnog modela, vidi se opravdanost analiza sezonskih varijacija u prodaji za ovo preduzeće. Naime, ocjena korigovanog modela nalazi se u intervalu između 0,33 (korelacija srednje jačine) do 0,88 (čvrsta korelacija), a što je znatno veće od ocjene osnovnog modela (0,16 do 0,32).

Tabela 24. Tabela procjene vrijednosti prodaje za 2019. godinu

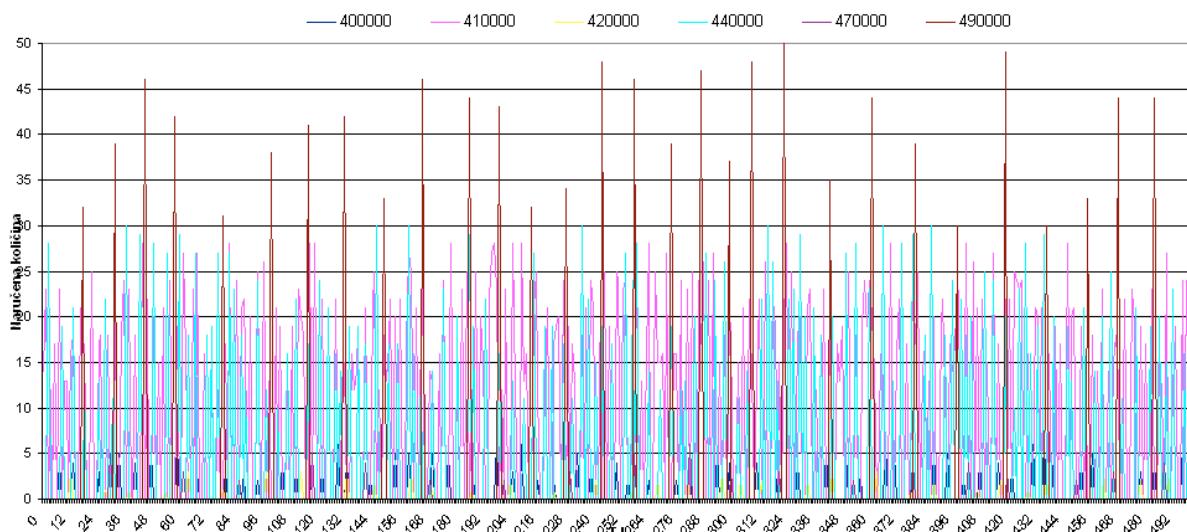
Godina	Kvartal	x – redni broj kvartala	Osnovna procjena trenda prodaje			Korigovana procjena		
			Model trenda prodaje $\hat{y}_{Ti} = b_0 + b_1 \cdot x_i$	\hat{y}_{Ti} Vrijednost osnovne procjene	R^2	$\tilde{y}_{Ti} = \hat{y}_{Ti} \cdot S_{Ti}$ S_{Ti} tipični sezonski indeksi	\tilde{y}_{Ti} Korigovana vrijednost	R^2
KLASA 40								
2019	I	13		10818,00			0,82	8902,71
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 34465 - 2519 \cdot x_i$	8999,00	0,16		0,41	3694,28
	III	15		7180,00			0,63	4546,16
	IV	16		5361,00			1,07	5750,93
KLASA 41								
2019	I	13		236595,00			0,63	148424,95
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 21913 + 16514 \cdot x_i$	253109,00	0,26		0,65	164864,01
	III	15		269623,00			0,60	161523,98
	IV	16		286137,00			2,21	631749,05
KLASA 42								
2019	I	13		21637,95			0,94	20419,80
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 15968 + 436,15 \cdot x_i$	22074,10	0,23		0,88	19337,84
	III	15		22510,25			1,34	30262,05
	IV	16		22946,40			1,17	26774,05
KLASA 44								
2019	I	13		119209,80			0,86	102850,82
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 14929 + 8021,6 \cdot x_i$	127231,40	0,31		0,69	87320,31
	III	15		135253,00			0,50	68302,18
	IV	16		143274,60			1,53	218519,03
KLASA 47								
2019	I	13		35913,40			0,54	19289,34
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 12178 + 1825,8 \cdot x_i$	37739,20	0,32		2,06	77754,44
	III	15		39565,00			0,35	13665,11
	IV	16		41390,80			0,29	12140,69
KLASA 49								
2019	I	13		7521,50			0,98	7390,58
	II	14	$\hat{y}_{Ti} = 8332 + 537,2 \cdot x_i$	15853,50	0,11		1,06	16792,87
	III	15		16390,75			1,24	20299,77
	IV	16		16928,00			0,58	9821,73

U daljem postupku, umjesto simulacije pristizanja narudžbi za široku paletu proizvoda (cjeloukupan proizvodni program), pretpostavljen je adekvatan model pristizanja narudžbi sa proizvodom predstavnikom klase. Za proizvode predstavnike pretpostavljene su karakteristike koje odgovaraju prosječnim vrijednostima karakteristika proizvoda realizovanih u periodu od 2016 do 2018. godine (3 godine). Na taj način su za proizvod predstavnik klase pretpostavljeni sljedeći parametri:

- proizvodna strategija ispunjavanja zahtjeva kupaca,
 - prosječna cijena,
 - učestalost narudžbi i prosječna veličina narudžbe,
 - normativi materijala i vremena i
 - varijacije u učestalosti i veličini narudžbe.

Širok proizvodni program preduzeća u stvarnosti podrazumijeva proizvodnju široke palete proizvoda, od kojih se dio prodaje sa zaliha, a dio proizvodi isključivo po narudžbi kupca. Ipak, da bi pojednostavili model, za dvije klase proizvoda (40 i 44) usvojen je sistem proizvodnje za zalihe (MTS), a za ostale klase (41,42,47 i 49) usvojen je sistem proizvodnje po narudžbi.

Imajući u vidu navedeno, parametri modela pristizanja narudžbi definisani su na osnovu predviđanja potražnje definisane u tabeli 24. Za predviđeno vrijeme simulacionog eksperimenta (četvrti kvartal 2019. godine) parametri modela pristizanja narudžbi prikazani su u tabeli 25. Grafička interpretacija pristizanja narudžbi kupaca, prema usvojenim parametrima modela, prikazana je na slici 59.



Slika 59. Grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca

Tabela 25. Model pristizanja narudžbi kupaca

PROIZVOD PREDSTAVNIK					PARAMETRI MODELA						
Klasa	Ident	Naziv	JM	Prosječna cijena	Način upravljanja zalihvima kupaca	Signalna količina	Maksimalna količina	Vrijeme razvoja proizvoda (Rh)	Rok isporuke (Rh)	Period pristizanja narudžbi +/- varijacija perioda	Količina na narudžbi +/- varijacija količine
40	400000	Svjetiljka nadgradna SNSR 1x39w-G5	kom	26,53	MTS	50	200	0	0	8 +/-4	4 +/-2
41	410000	Arhivski ormar 420x920x1950 / 4police	kom	120,24	MTO	0	0	40	160	2 +/-1	20 +/-8
42	420000	Elektrorazvodni nadgradni ormar 1600X1000X350 mm	kom	374,08	MTO	0	0	40	120	14 +/-6	2 +/-1
44	440000	Stalaža 400x1000x2000/6 polica	kom	59,23	MTS	100	250	0	0	4 +/-2	20 +/-10
47	470000	Mreza stalak 710x1800x500	kom	182,49	MTO	0	0	40	160	24 +/-8	4 +/-2
49	490000	Perforirana pozicija od lima 600x2000	kom	8,98	MTO	0	0	40	120	16 +/-6	40 +/-10

Zbog obimnosti podataka, u tabeli 26 prikazana je samo djelimična lista materijala. Tabela pored osnovnih podataka o materijalu (ident, naziv, jedinica mjere i nabavna cijena) sadrži podatke o definisanim parametrima modela, a koji su povezani sa modulom upravljanja zalihami materijala.

Tabela 26. Lista materijala sa pridruženim parametrima modela (redukovana lista)

PODACI O MATERIJALIMA				PARAMETRI MODELA						
ident	naziv	Jedinica mjere	Nabavna cijena [KM]	Signalna količina	Maksimalna količina	Vrijeme nabavke [h]	Postoji alternativni izvor nabavke	Vrijeme nabavke iz alt. izvora [h]	Nabavna cijena iz alternativnog izvora [KM]	
200005	HVLim 0,6 mm	m2	10.00	200	400	40	DA	4	12.00	
200011	HVLim 1,0 mm	m2	16.00	600	1200	40	DA	4	20.00	
200080	Prigušnica F- 40XN	kom	4.00	400	2800	8	NE			
200107	Grlo startera ART 301	kom	2.50	600	2500	8	DA	2	3.00	
200108	Grlo cijevi ART 201	kom	3.00	1000	2500	8	DA	2	4.50	
200173	Provodnik PF 0,75mm2	m	1.00	1000	2500	8	NE			
200386	Držac kablova italijanski	kom	1.00	1000	5000	8	NE			
200406	Uzemljenje 4 mm2	kom	1.00	50	100	8	DA	2	1.40	
200409	Izolator 30mm	kom	2.00	50	200	8	DA	2	2.80	
200451	Vijak M4x10 JUS MB1.101	kom	0.15	1000	4000	8	DA	2	0.22	
200485	Navrtka M4 JUS MB1. 601	kom	0.15	5000	30000	8	DA	2	0.20	
200486	Navrtka M6 JUS MB1. 601	kom	0.20	2000	20000	8	DA	2	0.25	

Normativ vremena predstavlja specifikaciju vremena, razloženu po radnim mjestima, potrebnu za izradu jedinice proizvoda. U tabeli 27, pored normativa vremena, prikazan je i redoslijed izvođenja operacija, te pripadajuće pripremno završno vrijeme.

Tabela 27. Normativ vremena

<i>Grupa mašina</i>	HMZ	LAS	EUR	MHP	APP	CO2	BRU	LAK	MON	MONE	<i>Ukupno vrijeme izrade (min)</i>
<i>Redni broj operacije</i>	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
<i>Pripremno završno vrijeme</i>	15min	15min	20min	20min	15min	15min	10min	30min	20min	30min	
Proizvod	<i>Vrijeme izrade (min)</i>										
400000	0.00	2.80	2.83	2.00	3.40	3.00	2.00	3.00	6.00	4.00	29.03
410000	12.50	0.00	5.00	7.60	8.00	28.00	10.00	12.60	18.00	0.00	101.70
420000	10.83	0.00	0.72	7.00	14.00	16.00	3.00	10.00	10.00	150.00	221.55
440000	0.00	3.00	2.4	0.00	3.20	2.00	2.00	4.60	1.00	0.00	19.20
470000	0.00	15.00	0.00	0.00	25.00	30.00	10.00	5.00	0.00	0.00	85.00
490000	1.60	0.00	1.50	0.00	1.60	3.00	0.00	0.25	0.00	0.00	7.95

Zbog obimnosti podataka, u tabeli 28 prikazan je samo dio pripadajućeg normativa materijala za proizvode predstavnike.

Tabela 28. Normativ materijala (redukovana lista)

PROIZVOD	MATERIJAL								
	200005	200011	200080	200107	200108	...	201196	201262	202845
400000	0.25	0.13	1.00	2.00	2.00	...	0.00		
410000		0.40				...	0.01		
420000	3.67	0.17				...		1.00	
440000		1.60				...			
470000	2.40	1.20				...			1.00
490000		0.12				...			

5.2.4. PLAN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Simulacioni eksperiment odnosi se na simulaciju četvrtog kvartala 2019. godine. Kao osnovna terminska jedinica usvojen je period od jednog radnog sata, gdje jednoj terminskoj jedinici eksperimenta odgovara jedan radni sat. Pod pretpostavkom da preduzeće radi 5 dana u sedmici, po 8 radnih sati, ukupno vrijeme obuhvaćeno simulacionim eksperimentom iznosi 65 radnih dana, odnosno 520 terminskih jedinica (Slika 60).

Osnovna varijanta eksperimenta izvedena je prema parametrima modela usklađenim sa stvarnim podacima posmatranog preduzeća. Rezultati simulacionog eksperimenta biće iskazani kroz mjere performansi lanca snabdijevanja simuliranog sistema (Tabela 19 i Tabela 20). Cilj izvođenja eksperimenata je definisati parametre sistema koji će dovesti do zadovoljavajućeg nivoa performansi lanca snabdijevanja. Zavisnost mjera performansi lanca snabdijevanja od parametara modela sistema nije definisana jednoznačno, te je neophodno izvesti više puta eksperiment uz variranje parametara modela.

Različite varijante izvođenja eksperimenta dobijaju se promjenom (na više ili manje) parametara modela. Iako postoji velik broj mogućih varijanti izvođenja eksperimenta (zbog velikog broja parametara modela), broj izvođenja eksperimenta može se smanjiti ciljanim variranjem parametara modela, odnosno variranjem usmjerenim na direktno poboljšanje jedne ili više mjera performansi lanca snabdijevanja. Izabrani skup mera za poboljšanje performansi lanca snabdijevanja treba da bude u direktnoj vezi sa strategijom upravljanja lancima snabdijevanja (Tabela 29). S obzirom da izabrane upravljačke strategije proističu iz zahtjeva za podizanjem nivoa efikasnosti, efektivnosti i fleksibilnosti, varijacije izvođenja eksperimenata treba da budu usmjerene na poboljšanje sve tri vrste mera performansi: mjeru resursa (R), mjeru izlaza (I), i mjeru fleksibilnosti (F).

Tabela 29. Okvir za mjerjenje performansi LS preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka

Strategija upravljanje lancem snabdijevanja	Mjere performansi		
	Tip	Naziv	Željeni znak
Preduzeće će pravovremeno obezbijediti kvalitetne po narudžbi izrađene proizvode uz što je moguće manje troškove	R	Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	↓
		Prosječan nivo zaliha materijala	↓
	I	Ispunjenošć narudžbi sa postojećih zaliha	↑
		Pravovremenost isporuke	↑
	F	Fleksibilnost isporuke	↑
		Fleksibilnost novog proizvoda	↑

5.2.4.1 E.0. OSNOVNI EKSPERIMENT

Prije izvođenja osnovnog (početnog) eksperimenta, parametri modela su usklađeni sa podacima dobijenim analizom stvarnog stanja posmatranog preduzeća. Pored prethodno opisanih osnovnih podešavanja sistema, za izvođenje osnovnog eksperimenta prepostavljeno je nekoliko dodatnih uslova, i to:

- Maksimalna veličina serije proizvoda u proizvodnji iznosi 200 jedinica.
- Simulirani sistem prilikom rasporeda poslova u proizvodnji primjenjuje FIFO pravilo (*First In First Out*), odnosno poslovi se na radnim mjestima preuzimaju u rad prema redoslijedu pristizanja na radno mjesto.
- Simulirani sistem dopunu zaliha materijala vrši redovnom nabavkom, prema usvojenom sistemu regulisanja stanja zaliha, od poznatih dobavljača, bez alternativnih izvora snabdijevanja (Slika 60).

Mjere performansi dobijene izvođenjem simulacionog eksperimenta s ovim podešavanjem parametara date su u tabeli 30. Da bi se stekla što bolja slika o ponašanju simuliranog sistema, stanje sistema tokom vremena se može pratiti putem niza grafika i tabela.



Slika 60. Korisnička forma za podešavanje osnovnih parametara izvođenja eksperimenta

Tabela 30. E.0. Vrijednosti mjera performansi osnovnog eksperimenta

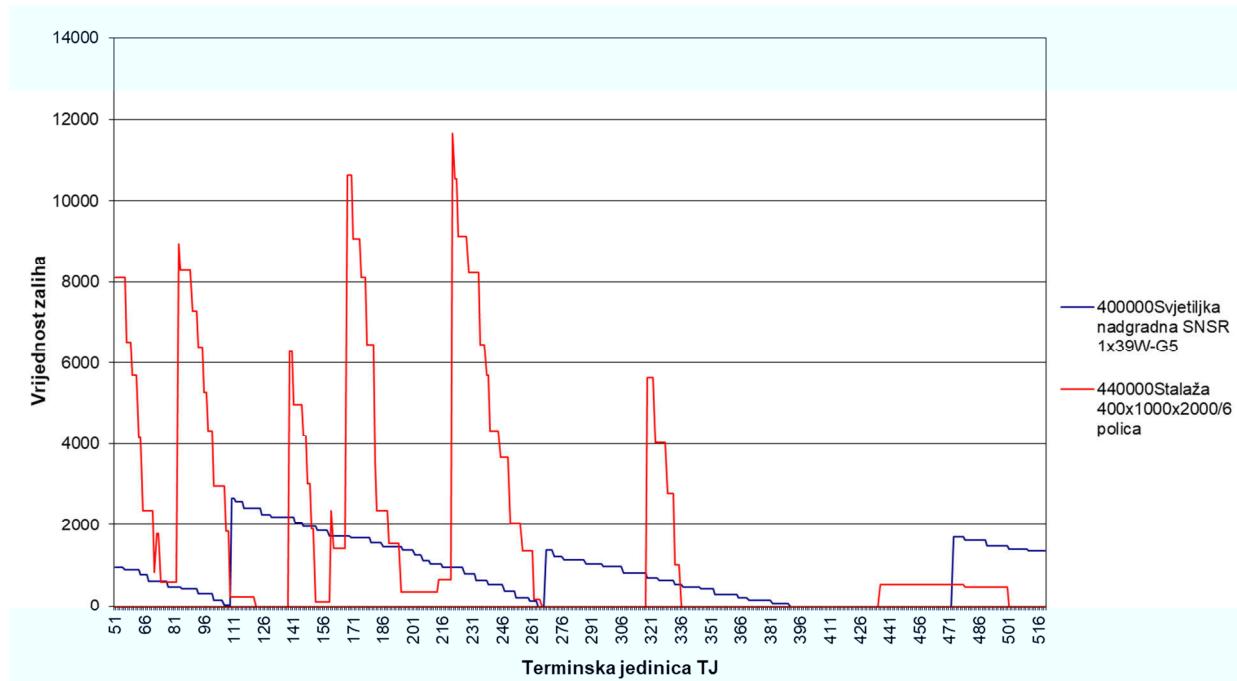
POSLOVNE PERFORMANSE		VRIJEDNOST
↓	R Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	4673.20KM
↑	I Ispunjene narudžbi s postojećih zaliha	46.30%
↑	I Pravovremenost isporuke	67.87%
↑	I Vrijednost realizovanih narudžbi	695410.27KM
↑	R Koeficijent protoka	1.17
↑	R Iskorišćenost kapaciteta	73.37%
↓	I Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	151160.45KM
↓	I Trajanje ciklusa proizvodnje	689h
↓	R Prosječan nivo zaliha materijala	58684.94KM
↑	R Obrt zaliha	4.05
↓	I Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	44.81%
PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI		
↑	F Fleksibilnost isporuke	11.20%
↓	F Fleksibilnost novog proizvoda	9960.00h
↑	F Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	NE
↑	F Fleksibilnost veličine serije proizvoda	94.60%
↑	F Alternativni izvori snabdijevanja	0.00%
↓	F Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	0.00%
↑	F Nivo sigurnosnih zaliha	31618.11KM

Grafički prikaz kretanja nivoa zaliha gotovih proizvoda (Slika 61) jasno pokazuje razloge niskog procenta ispunjenja narudžbi s postojećih zaliha (44,99%), a samim tim i nizak procenat pravovremeno realizovanih narudžbi (67,87%). Nivo zaliha pojedinih proizvoda povremeno pada na nulu, tako da velik broj narudžbi nije moguće ispuniti sa postojećih zaliha. Pri tome se otvaranje radnih zadataka za dopunu zaliha materijala vrši kasno da bi na vrijeme ispunili zahtjeve kupaca, a što direktno izaziva kašnjenja u realizaciji otvorenih radnih zadataka.

U skladu sa izabranom strategijom upravljanja lancima snabdijevanja preduzeća (Tabela 29), u daljim eksperimentima, traže se bolji načini za poboljšanje performansi izlaza lanaca snabdijevanja (ispunjene narudžbi s postojećih zaliha i pravovremenost isporuke).

U tom smislu, predložene su sljedeće akcije koje potencijalno vode poboljšanju performansi posmatranog lanca snabdijevanja:

- E.1. Povećanjem nivoa zaliha gotovih proizvoda povećati nivo ispunjenja narudžbi sa postojećih zaliha;
- E.2. Smanjenjem veličine serije proizvoda u proizvodnji, obezbijediti češću dopunu zaliha standardnih proizvoda, a samim tim uticati i na povećanje nivoa ispunjenja narudžbi kupaca sa zaliha;
- E.3. Smanjenjem vremena potrebnog za razvoj proizvoda (proizvodi koji se rade po narudžbi kupaca) povećati pravovremenost isporuke;



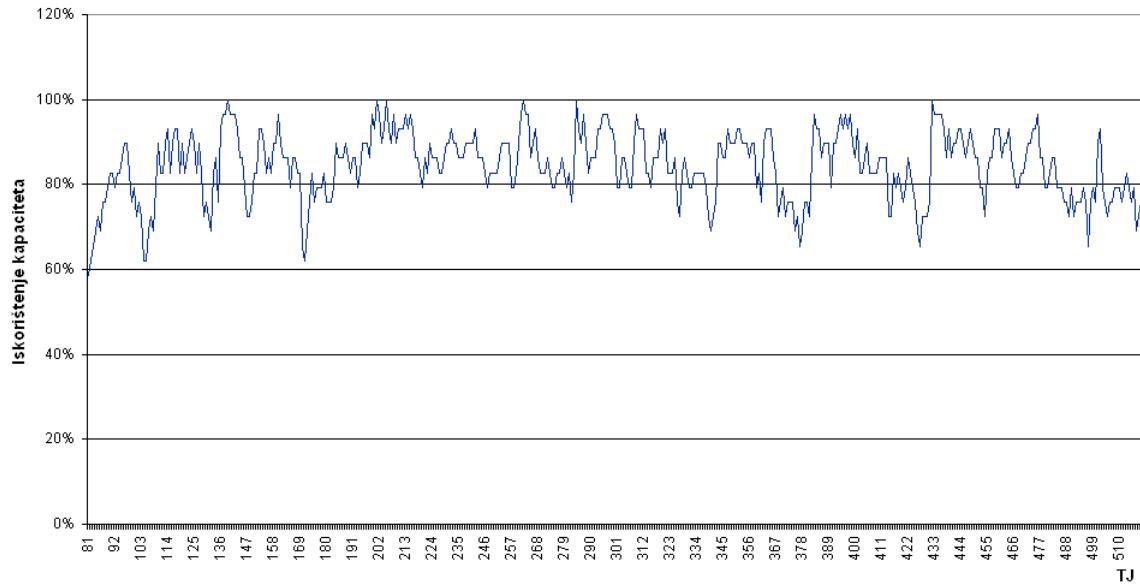
Slika 61. E.0. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

S obzirom da na performanse izlaza utiče i prohodnost radnih naloga kroz proizvodnju, rezultati početnog eksperimenta analizirani su i sa tog aspekta. Može se primjetiti da je iskorištenje kapaciteta izuzetno veliko za ovaj tip proizvodnje (73,63%), pa u nekim terminskim jedinicama ima vrijednost od 100% (Slika 62, Tabela 31). Ovo za posljedicu ima i visok nivo nedovršene proizvodnje (Tabela 30). Imajući u vidu navedeno, u cilju poboljšanja performansi izlaza lanca snabdijevanja, u nastavku istraživanja, predložene su sljedeće akcije:

- E.4. Povećanjem kapaciteta (dodavanjem novih radnih mjesto) uticati na bolji izlaz iz lanca snabdijevanja;
- E.5. Optimizacijom rasporeda poslova po radnim mjestima, primjenom pravila prioriteta, poboljšati iskorištenje kapaciteta i pravovremenost realizacije radnih naloga;

Tabela 31. E.0. Iskorištenje kapaciteta

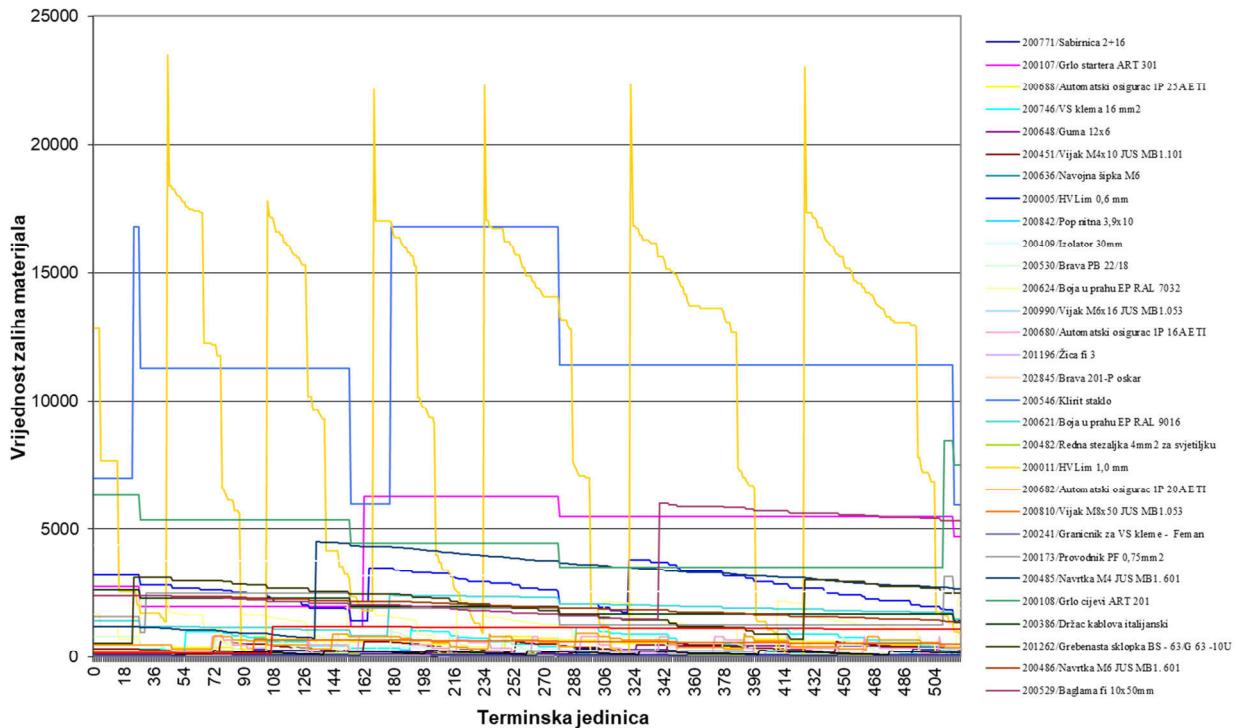
Grupa	IDent	Oznaka mašine	Naziv mašine	Iskorištenje kapaciteta	
RM				Mašine	Grupe
APP	310013	PPT 40/200	Apkant presa hidraulična	90.96%	
APP	310014	PPT 40/200-2	Apkant presa hidraulična-2	85.96%	85.32%
APP	360011	UKV 150/S	Apkant presa rucna	79.04%	
BRU	310044	GWS 7-115	Brusilica mala ugaona ručna	74.81%	
BRU	310045	GWS7-115	Brusilica mala ugaona ručna	61.73%	62.95%
BRU	360013	GWS 10-125 C	Brusilica mala ugaona ručna	52.31%	
CO2	310032	MM-220	Aparat za zavarivanje CO2	91.15%	
CO2	310033	VARMING 350	Aparat za zavarivanje CO2 2	88.08%	
CO2	360004	VAROMATIC 210	Aparat za zavarivanje CO2	87.88%	
					87.92%
CO2	360007		Aparat za zavarivanje CO2 3	86.54%	
CO2	360009	VARIN 1100/1	Aparat za elektricno zavarivanje	86.92%	
CO2	360016	VARIN 1100/2	Aparat za elektricno zavarivanje	86.92%	
EUR	310007	CX 750-30	CNC mašina za prosjecanje EUROMAC	94.04%	
					90.77%
EUR	360012	SP6/200/12 AT	Mašina za prosjecanje EDEL	87.50%	
HMZ	310004	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulične 1	70.38%	
HMZ	310059	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulicne 2	65.58%	
HMZ	360005	MHS 3100/6,35	Makaze hidraulicne HMZ 3	62.88%	64.37%
HMZ	360008		Makaze hidraulicne HMZ 3	58.65%	
LAK	310050		Pištolj za mokro lakiranje	88.27%	
LAK	310051		Pištolj za elektrostatsko lakiranje D	87.12%	88.27%
LAK	360014		Pištolj za elektrostatsko lakiranje D	84.42%	
LAS	360003	LAS	TRUMPF laser 4030	55.58%	55.58%
MHP	310005	MHP 223/1	Makaze hidraulične za probijanje i prosjecanje lima	80.58%	
MHP	360006	MHP 223/2	Makaze hidraulične za probijanje i prosjecanje lima	64.81%	58.59%
MHP	360015	MHP 223/3	Makaze hidraulične za probijanje i prosjecanje lima	30.38%	
MONT	350000	MONT RM1	Montaža RM1	84.62%	
MONT	350001	MONT RM2	Montaža RM2	83.85%	83.40%
MONT	360010	MONT RM2	Montaža RM3	81.73%	
MONTe	360000	MONT E RM1	Montaža elektro opreme RM1	33.85%	33.85%



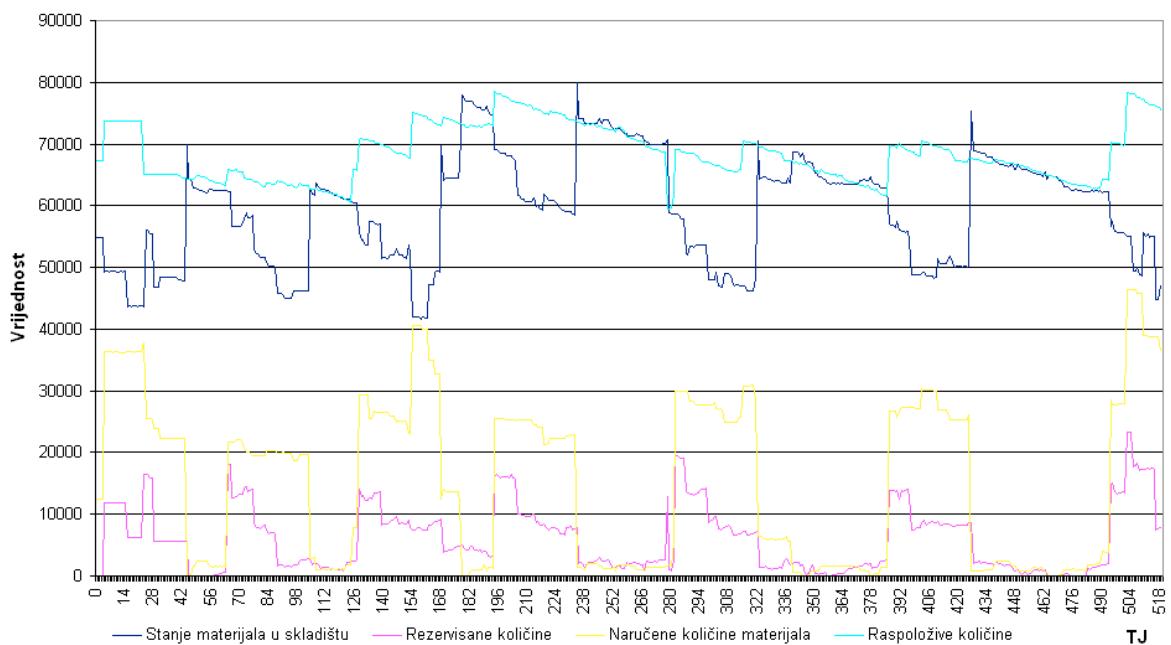
Slika 62. E.0. Grafički prikaz iskorištenja kapaciteta

Slike 63 i 64 pokazuju da u finansijskom udjelu zaliha materijala veliki uticaj ima nekoliko vrsta materijala. Pored toga, pri postojećoj politici upravljanja zalihami materijala, iz rezultata eksperimenta vidljivo je da 46,78% radnih nalogi kasni sa početkom zbog nedostatka materijala (Tabela 30). U cilju poboljšanja izlaza iz lanaca snabdijevanja simuliranog preduzeća, predložena je sljedeća akcija:

E.6. Simulacijom nabavke materijala iz alternativnih izvora (sa kraćim vremenom nabavke), uticati na smanjenje udjela radnih nalogi čiji početak kasni zbog nedostatka materijala;



Slika 63. E.0. Vrijednost zaliha materijala



Slika 64. E.0. Zbirni pregled stanja zaliha materijala

U nastavku su razmatrani efekti primjene različitih strategija u cilju poboljšanja usluge kupca. Usvojeni plan višestrukog izvođenja eksperimenta s planom promjena parametara modela dat je u tabeli 32.

Tabela 32. Plan simulacionog eksperimenta za preduzeće Vigmelt d.o.o. Banja Luka

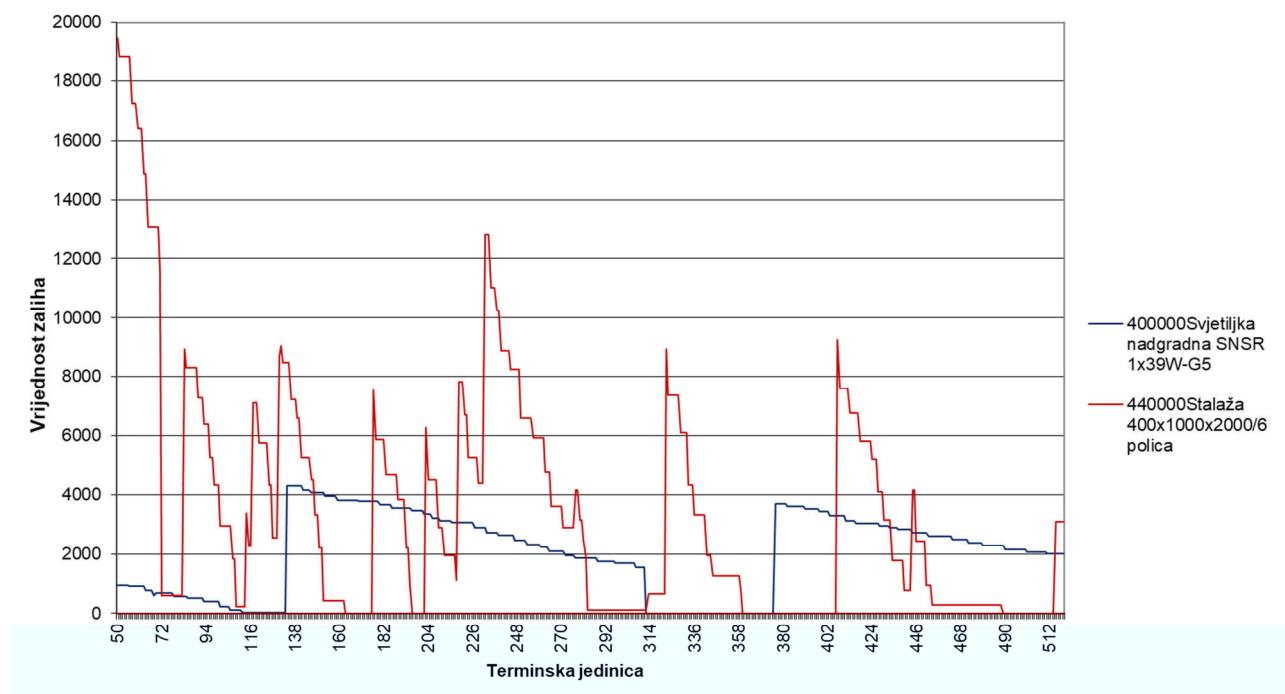
E.1.	<u>Varijanta sa povećanim nivoom zaliha gotovih proizvoda</u> Povećati nivo zaliha za proizvode 400000 i 440000.
E.2.	<u>Varijanta sa smanjenom veličinom serije</u> Za proizvode 400000 i 440000 smanjiti veličinu serije sa 200 komada na 50 komada.
E.3.	<u>Varijanta sa smanjenim vremenom razvoja proizvoda</u> Za proizvode 410000, 420000, 470000 i 490000 smanjiti vrijeme razvoja proizvoda.
E.4.	<u>Varijanta sa povećanjem raspoloživim kapacitetima</u> Povećanjem raspoloživih kapaciteta treba izvršiti na grupama radnih mesta koje imaju najveću iskorišćenost kapaciteta kao što su APP, CO2, MONT i EUR (Tabela 31).
E.5.	<u>Varijanta sa primjenom pravila prioriteta pri raspoređivanju poslova</u> Testirati efekte primjene različitih pravila prioriteta prilikom raspoređivanja poslova na radna mesta.
E.6.	<u>Varijanta sa opcijom nabavke materijala iz alternativnih izvora</u> Definisati opciju nabavke materijala iz alternativnih izvora (sa kraćim vremenom nabavke) i tako uticati na smanjenje udjela radnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala.
E.7.	<u>Vrijanta sa kombinovanim djelovanjem</u> U zavisnosti od rezultata prethodnih eksperimenata, varijacije parametara modela će biti usmjerene na više gore navedenih pravaca.

5.2.5. IZVOĐENJE EKSPERIMENTA

Nivo zaliha proizvoda koji se proizvode za isporuku iz skladišta u određenim intervalima vremena ima vrijednost nula (Slika 63), tako da se oko polovine narudžbi kupca ne može realizovati direktno sa zaliha. Ovo ima za posljedicu da kupci čekaju isporuku, ali veći problem je potencijalno odustajanje kupaca od narudžbi. U tom smislu, u naredna dva eksperimenta, testirana su dva prijedloga akcija za poboljšanje performansi isporuke.

5.2.5.1 E.1. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA POVEĆANIM NIVOOM ZALIHA GOTOVIH PROIZVODA

Osnovna ideja vodilja ovog eksperimenta je pokušaj da se povećanjem signalne i maksimalne količine zaliha gotovih proizvoda postigne povećanje nivoa zaliha gotovih proizvoda. Povećanje nivoa zaliha odnosi se samo na proizvode koji se proizvode za zalihe (400000 i 440000). Time se direktno utiče na povećanje udjela isporuke proizvoda sa postojećih zaliha.



Slika 65. E.1. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

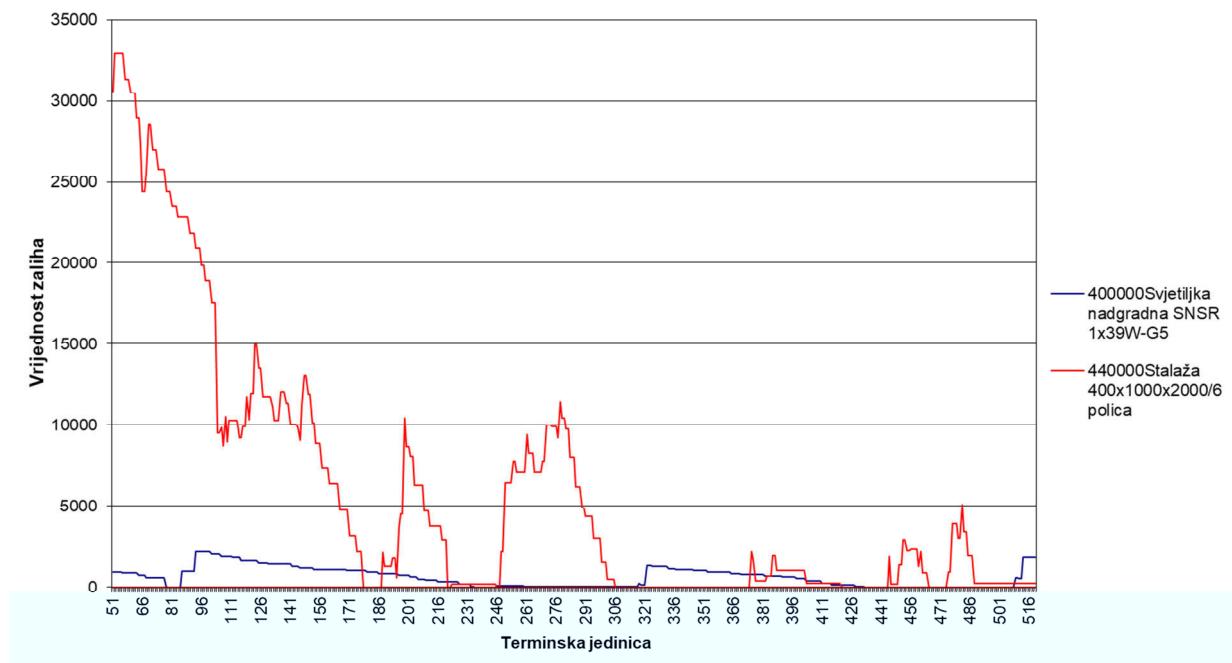
Analiza kretanja nivoa zaliha gotovih proizvoda pri ovakovom podešavanju (Slika 65) pokazuje smanjenu učestalost nestanka zaliha gotovih proizvoda u odnosu na osnovni eksperiment (Slika 61). Ovo je imalo pozitivan efekat na povećanje procenata ispunjenja narudžbi s postojećih zaliha (sa 46,30% na 62,98%) ali je istovremeno dovelo do pada performansi izlaza proizvoda koji se rade po narudžbi kupaca. Tako je pravovremenost

isporuke ovih proizvoda pala sa 67,87% na 61,04%, te fleksibilnost isporuke sa 15,20% na 10,50%. Ostale performanse ostale su u sličnim vrijednostima. Razlog povećanog kašnjenja isporuke proizvoda po narudžbi vjerovano leži u činjenici da obezbjeđenje većeg nivoa zaliha standardnih proizvoda iziskuje veće angažovanje resursa (proizvodni kapaciteti i materijali).

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 35.

5.2.5.2 E.2. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA SMANJENOM VELIČINOM SERIJE

U ovoj varijanti eksperimenta se smanjenjem maksimalne veličine serije proizvoda u proizvodnji nastoji obezbijediti češća dopuna zaliha gotovih proizvoda, a time direktno uticati na poboljšanje performansi isporuke proizvoda sa zaliha. Ipak, smanjenje veličine serije za posljedicu ima povećanje pripremno-završnih vremena, a samim tim se očekuju povećani zahtjevi za kapacitetima.



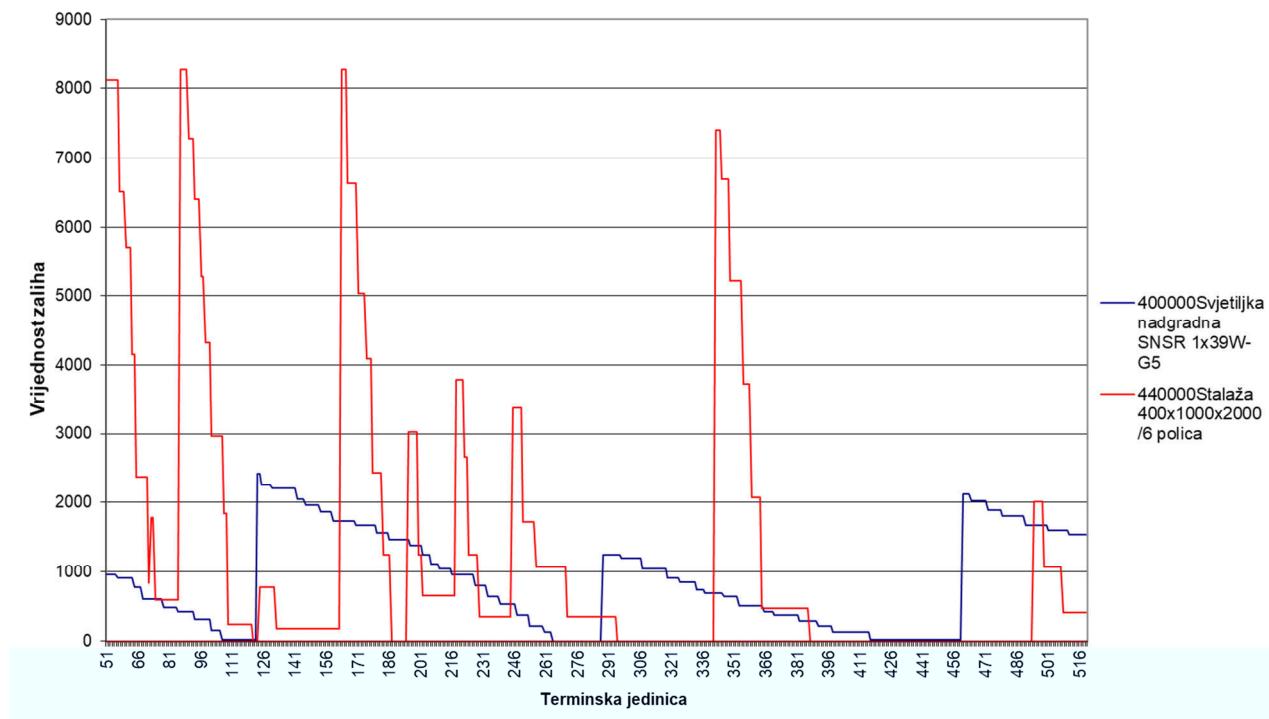
Slika 66. E.2. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

Očekivano, akcije preduzete u ovom eksperimentu dale su pozitivne rezultate na performanse isporuke standardnih proizvoda, čak i nešto bolje nego u prethodnom slučaju (Slika 66). Međutim, evidentan je velik pad performansi isporuke proizvoda izrađenih po narudžbi. Tako je pravovremenost isporuke pala na svega 52,40%, a fleksibilnost isporuke na tri puta manju vrijednost od prvobitne (sa 15,20% na 4,25%). Ipak, ovom prilikom je došlo do manjih poboljšanja vezanih uz zalihe materijala (prosječan nivo zaliha i nivo sigurnosnih

zaliha) i iskorištenost kapaciteta je porasla. Mala promjena fleksibilnosti serije proizvoda (mjerena udjelom pripremno završnih vremena) pokazuje da su troškovi promjene veličine serije skoro pa zanemarivi. Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 35.

5.2.5.3 E.3. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA SMANJENIM VREMENOM RAZVOJA PROIZVODA

Vrijeme razvoja proizvoda, koji se rade isključivo po narudžbi kupaca, predstavlja značajan dio ukupnog vodećeg vremena (lead time), odnosno vremena između narudžbe kupca i realizacije narudžbe. Pretpostavka ovog eksperimenta je da će se skraćenjem ovog vremena, tj. poboljšanjem fleksibilnosti novog proizvoda, značajno povećati udio narudžbi realizovanih na vrijeme. Ovdje je potrebno naglasiti da, u ovom slučaju, vrijeme razvoja proizvoda prestavlja vrijeme koje je uobičajeno potrebno preduzeću da nakon utvrđivanja zahtjeva kupca i dobijanja narudžbe) pripremi neophodne tehničke podloge za početak proizvodnje (crteži, specifikacije, programi i sl.). U skladu sa ciljem eksperimenta, vrijeme razvoja proizvoda 410000, 420000, 470000 i 490000 smanjeno je za 30%.



Slika 67. E.3. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

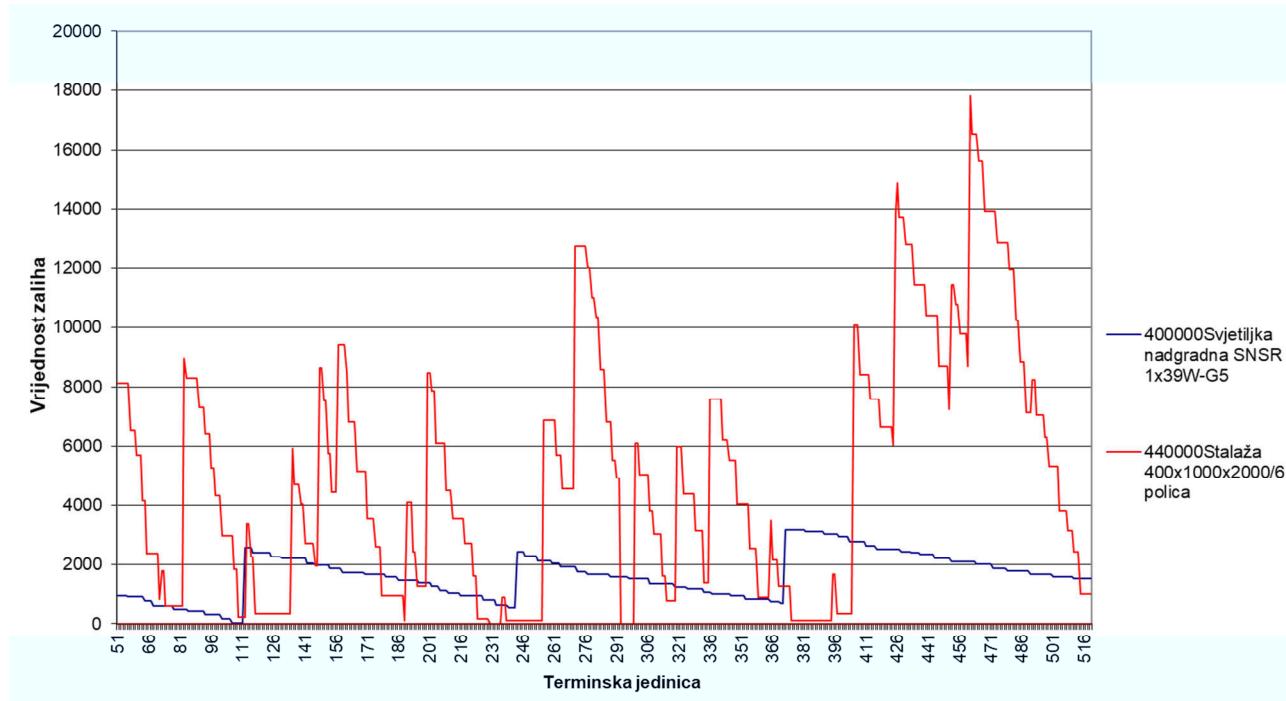
Očekivano, pravovremenost isporuke je značajno porasla (sa 67,87% na 76,31%) kao i fleksibilnost isporuke (sa 15,20% na 24,14%). Ono što je manje očekivano je pozitivno djelovanje smanjenja vremena razvoja proizvoda na performanse zaliha materijala. Naime iz

tabele 35 je vidljivo da su prosječan nivo zaliha materijala i nivo sigurnosnih zaliha porasli. Nešto slabiji procenat ispunjenja narudžbi sa zaliha (Slika 67) nastao je vjerovatno kao posljedica činjenice da su sada nalozi sa proizvodima po narudžbi prije spremni za proizvodnju, a samim tim potiskuju u redu pred radnim mjestima naloge za standardne proizvode.

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 35.

5.2.5.4 E.4. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA POVEĆANIM RASPOLOŽIVIM KAPACITETIMA

Povećavanje raspoloživih kapaciteta izvršeno je na grupama radnih mesta koje imaju najveću iskorišćenost kapaciteta (Tabela 31). i to dodavanjem po jednog radnog mesta na grupe radnih mesta APP, CO2, LAK, EUR i MONT.



Slika 68. E.4. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

Povećanje kapaciteta je pozitivno uticalo na poboljšanje skoro svih performansi izlaza. Tako je ispunjenje narudžbi sa postojećih zaliha poraslo sa 46,30% na 83,92% (Slika 68), pravovremenost isporuke porasla sa 67,87% na cijelih 100%, vrijednost narudžbi realizovanih u simuliranom periodu porasla za 25%, trajanje ciklusa proizvodnje smanjeno za 81 terminsku jedinicu, a prosječan nivo nedovršene proizvodnje se smanjio za oko 40% (Tabela 35).

Kada su u pitanju mjere resursa, očekivano, zbog rada sa većim brojem radnih mesta iskorištenost kapaciteta je opala sa 73,37% na 67,73% (Tabela 33), dok je prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda skoro uduplan. Ostale mjere resursa ostale su u sličnim granicama.

Povećanje raspoloživih kapaciteta imalo je pozitivan uticaj i na performanse fleksibilnosti. Tako je fleksibilnost isporuke porasla na 68,39%, čime se potvrđuje sposobnost preduzeća da pri ovim uslovima ispoštuje zadate rokove za isporuku proizvoda. Takođe, povećan nivo sigurnosnih zaliha materijala daje veću sigurnost da će isporuke proizvoda biti pravovremeno realizovane.

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 35.

Tabela 33. E.4. Uporedni prikaz iskorištenosti kapaciteta

Grupa RM	Naziv grupe	Eksperiment E.0.		Eksperiment E.4.	
		Br.mjesta	Iskorištenje	Br.mjesta	Iskorištenje
APP	Apkant prese	3	85.32%	4	57.31%
BRU	Brusilice	3	62.95%	3	75.13%
CO2	Aparati za zavarivanje	6	87.92%	7	72.28%
EUR	CNC mašine za probijanje	2	90.77%	3	58.59%
HMZ	Hidraulične makaze	4	64.37%	4	56.35%
LAK	Pištolji za lakiranje	3	86.60%	4	74.76%
LAS	Laser	1	55.58%	1	66.92%
MHP	Makaze hidraulične za probijanje	3	58.59%	3	59.68%
MONT	Montaža bravarska	3	83.40%	4	79.23%
MONTE	Montaža elektro komponenata	1	33.85%	1	45.77%
ZBIRNO:		29	73,37%	34	67,73%

Iz analize rezultata ovog eksperimenta, jasno se vidi da se proširivanjem kapaciteta značajno poboljšavaju skoro sve performanse. Ipak treba imati u vidu da preduzeće u skorijoj budućnosti vjerovatno neće biti u mogućnosti da obezbijedi proširenje kapaciteta. Do tada će, ukoliko želi da obezbijedi pravovremenu isporuku, ovaj jaz između trenutno raspoloživih i poželjnih kapaciteta biti premošćen prekovremenim radom na određenim radnim mjestima.

5.2.5.5 E.5. EKSPERIMENT SA PRIMJENOM PRAVILA PRIORITETA PRI RASPOREDIVANJU POSLOVA

U cilju postizanja efikasnosti i efektivnosti upravljanja procesima proizvodnje, u ovom eksperimentu je testirana primjena različitih pravila prioriteta prilikom raspoređivanja poslova na radna mjesta. Osnovni eksperiment (E.0) je izveden primjenom FIFO pravila, dok su u ovom eksperimentu testirane kombinacije nelokalnog pravila prioriteta MINPRP (minimalan planirani rok početka operacije) sa lokalnim (FIFO, MINVO, MAXVO) i nelokalnim (MINPRP i MINPRZ) pravilima prioriteta. U skladu sa primarnim pravilom prioriteta (MINVRP), pri raspoređivanju poslova, prednost je data poslovima čiji planirani početak kasni (ukoliko ima takvih poslova), a zatim se poslovi raspoređuju prema izabranom sekundarnom pravilu prioriteta. Ponavljanjem eksperimenta primjenom različitih kombinacija pravila prioriteta nastoji se dobiti optimalan ili bar dovoljno optimalan redoslijed poslova pri datim uslovima simulacije. Kao kriterijumi vrednovanja rasporeda poslova, u skladu sa izabranom strategijom upravljanja lancima snabdijevanja, koriste se:

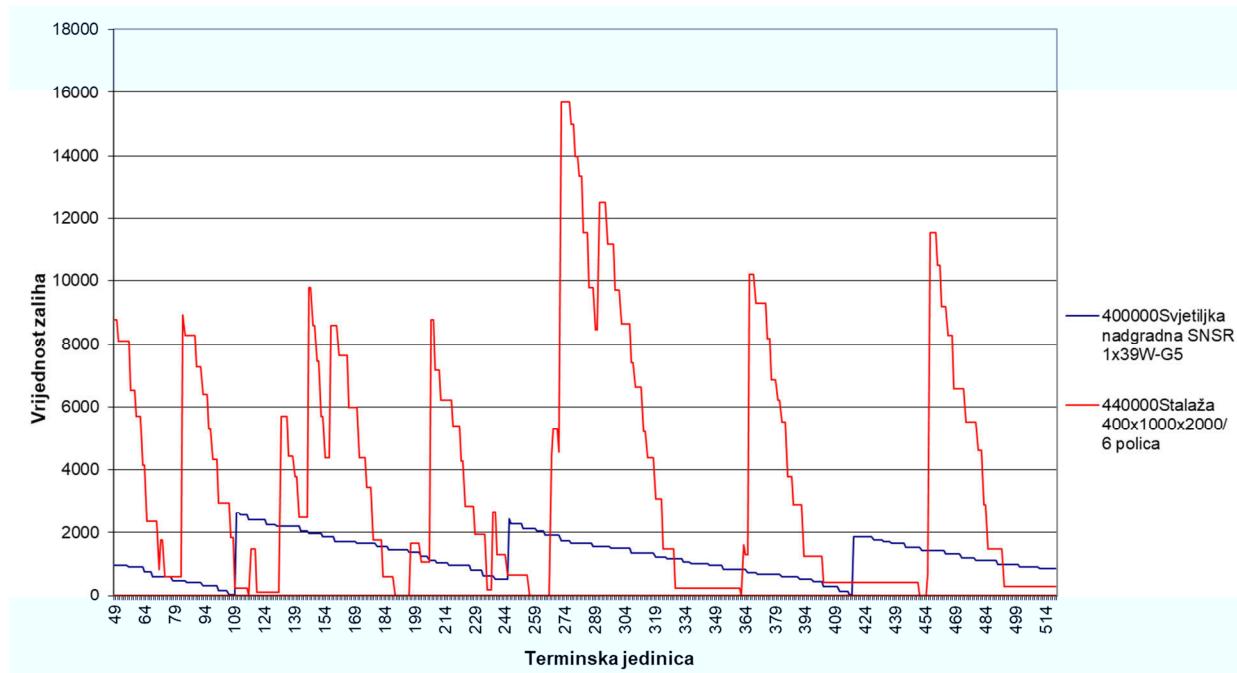
- Parametri ocjene rasporeda :
 - broj poslova čiji završetak kasni,
 - ukupno vrijeme kašnjenja poslova i
 - trajanje ciklusa proizvodnje
- Postignute performanse izlaza:
 - ispunjenje narudžbi sa postojećih zaliha i
 - pravovremeno isporuke
- Fleksibilnost isporuke.

Rezultati ocjene primjene 6 različitih pravila prioriteta, prilikom raspoređivanja poslova na radnim mjestima, dati su u tabeli 34. Iz tabele se vidi da je raspoređivanje poslova po pravilima prioriteta uglavnom pozitivno uticalo na ispunjenje narudžbi sa zaliha (Slika 69), dok je nešto slabije rezultate imalo na ispunjenje narudžbi na vrijeme. Imajući u vidu i ostale paremetre ocjene, kao izbor optimalne metode rasporeda poslova predlažu se kombinovane metode MINPRP –MINVO (minimalni planirani početak proizvodnje – minimalno vrijeme obrade) i MINPRP –MINPRZ (minimalni planirani početak proizvodnje – minimalni planirani završetak obrade).

Tabela 34. E.6. Vrednovanje rasporeda poslova

Pravilo prioriteta	Vremensko kašnjenje poslova	Broj zakašnjelih poslova	Trajanje ciklusa proizvodnje	Ispunjene narudžbi sa postojećih zaliha	Pravovremenost isporuke	Fleksibilnost isporuke
FIFO	5266	183	689	46.57%	67.87%	15.45%
MINPRP - FIFO	5327	182	695	67.54%	60.64%	11.02%
MINPRP - MINVO	5013	181	694	65.03%	62.85%	15.61%
MINPRP - MAXVO	5408	185	696	67.64%	60.64%	6.14%
MINPRP - MINPRP	5979	188	697	72.29%	58.63%	6.59%
MINPRP - MINPRZ	5553	183	695	72.90%	62.24%	12.17%

Kompletne mјere performansi u slučaju primjene pravila prioriteta MINPRP – MINPRZ prikazana su u tabeli 35. Iz navedene tabele je vidljivo da pored značajno uvećanog udjela realizacije proizvoda sa zaliha (sa 46,75% na 72,90%), raspoređivanje poslova po pravilu prioriteta je pozitivno uticalo i na zalihe materijala. Tako je obrt zaliha povećan sa 4,05 na 4,43, a nivo sigurnosnih zaliha je povećan za oko 30%.

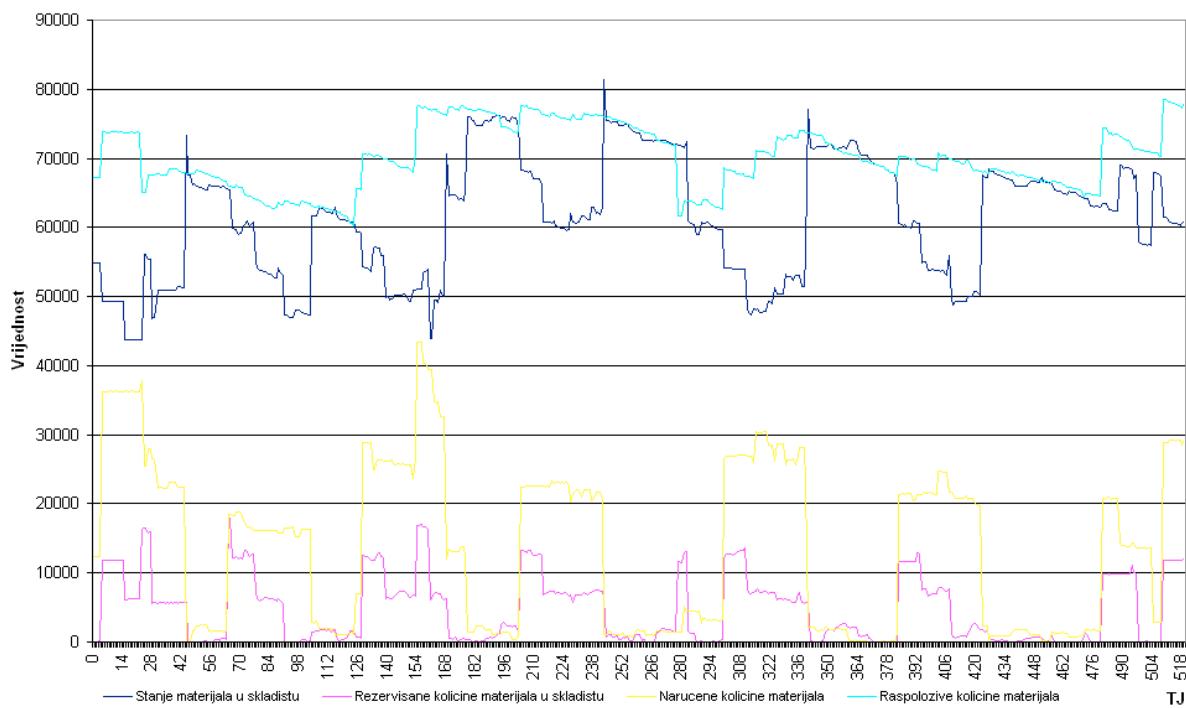


Slika 69. E.5. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

5.2.5.6 E.6. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA OPCIJOM NABAVKE MATERIJALA IZ ALTERNATIVNIH IZVORA

Pri dosadašnjim uslovima izvođenja eksperimenta, nabavka materijala je isključivo vršena od jednog dobavljača, sa poznatim cijenama i rokovima isporuke. Pri takvoj politici upravljanja zalihami materijala, iz rezultata prethodno izvedenih eksperimenta, vidljivo je da oko 45% radnih naloga kasni sa početkom zbog nedostatka materijala. Zbog toga je ovom eksperimentu prepostavljeno da preduzeće, u situacijama kada je evidentno da će početak proizvodnje kasniti zbog nedostatka raspoloživog materijala, može izvršiti nabavku neophodnih količina iz drugog izvora, po nešto višim cijenama, ali uz znatno kraće vrijeme isporuke.

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 35. Iz tabele se vidi da mjere nisu dale očekivani nivo poboljšanja performansi izlaza iz lanaca snabdijevanja, odnosno poboljšanja ispunjenja narudžbi s postojećih zaliha i poboljšanje pravovremenosti isporuke su zanemariva. Značajna poboljšanja su ostverena jedino u domenu upravljanja zalihami materijala (Slika 70), pa je tako nivo sigurnosnih zaliha povećan za preko 30%. Ipak dodatni troškovi snabdijevanja (11,56%), nastali zbog nabavke iz alternativnih izvora, dovode u pitanje efikasnost primjene ove mjere.



Slika 70. E.6. Zbirni pregled stanja zaliha materijala

Tabela 35. Uporedne vrijednosti performansi simuliranog sistema

POSLOVNE PERFORMANSE	E.0.	E.1.	E.2.	E.3.	E.4.	E.5.	E.6.
↓ R Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	4673.20KM	7563.90KM	8424.21KM	4321.22KM	8220.54KM	6733.51KM	4591.32KM
↑ I Ispunjenoje narudžbi s postojećih zaliha	46.30%	62.98%	64.62%	41.98%	83.92%	72.90%	47.88%
↑ I Pravovremenost isporuke	67.87%	61.04%	52.40%	76.31%	100.00%	59.24%	68.47%
↑ I Vrijednost realizovanih narudžbi	695410.27KM	716226.32KM	687546.09KM	692776.05KM	867177.30KM	711614.04KM	695396.77KM
↑ R Koeficijent protoka	1.17	1.17	1.3	1.18	1.17	1.17	1.17
↑ R Iskorišćenost kapaciteta	73.37%	75.32%	76.80%	75.09%	67.73%	74.85%	74.48%
↓ I Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	151160.45KM	167841.78KM	155959.91KM	157841.09KM	96891.03KM	154766.67KM	159979.56KM
↓ I Trajanje ciklusa proizvodnje	689h	698h	716h	694h	606h	695h	687h
↓ R Prosječan nivo zaliha materijala	58684.94KM	59388.79KM	61898.46KM	59821.96KM	59036.22KM	58679.81KM	61058.11KM
↑ R Obrt zaliha	4.05	4.44	4.02	3.76	4.55	4.43	3.86
↓ I Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka reprocematerijala	44.81%	43.91%	43.66%	47.99%	46.61%	47.44%	34.10%
PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI							
↑ F Fleksibilnost isporuke	11.20%	10.50%	4.25%	24.14%	68.39%	12.17%	15.81%
↓ F Fleksibilnost novog proizvoda	9960.00h	9960.00h	10000.00h	6972.00h	9960.00h	9960.00h	9960.00h
↑ F Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	NE	NE	NE	NE	NE	DA	NE
↑ F Fleksibilnost veličine serije proizvoda	94.60%	94.66%	93.43%	94.60%	94.68%	94.65%	94.60%
↑ F Alternativni izvori snabdijevanja	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	60.00%
↓ F Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	11.56%
↑ F Nivo sigurnosnih zaliha	31618.11KM	32863.99KM	36467.06 KM	40488.11 KM	45390.87 KM	44350.29 KM	42204.34 KM

5.2.5.7 E.7. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA KOMBINOVANIM DJELOVANJEM

Pri dosadašnjim uslovima izvođenja eksperimenta, varijacija parametara modela bila je usmjereni samo u jednom pravcu. Rezultati izvedenih eksperimenata su pokazali ograničena poboljšanja performansi lanaca snabdijevanja uz, po pravilu, uvijek prisutne i negativne uticaje na performanse. Pored toga određene mjere zahtijevaju značajna ulaganja u resurse, što je trenutno neizvodljivo.

Ideja ovog eksperimenta je da se kombinacije prethodnih eksperimenata, tj. varijacijom parametara u više smjerova postignu bolji rezultati. Izbor kombinacija vršen je na osnovu rezultata prethodnih eksperimenata (Tabela 35), ali se vodilo računa da preduzete akcije zahtijevaju minimalna ili nikakva ulaganja. Tako je izabrana i testirana kombinacija sljedeće tri akcije:

- smanjenje veličine serije
- nabavke materijala iz alternativnih izvora i
- primjena pravila prioriteta pri raspoređivanju poslova (Tabela 36).

Tabela 36. Plan izvođenja kombinovanih eksperimenata

E.7.	<u>Smanjiti veličinu serije</u> Za proizvode 400000 i 440000 smanjiti veličinu serije sa 200 komada na 50 komada.
	<u>Primjeniti pravilo prioriteta pri raspoređivanju poslova</u> MINPRP –MINPRZ (minimalni planirani početak proizvodnje – minimalni planirani završetak obrade).
	<u>Predvidjeti mogućnost materijala iz alternativnih izvora</u> Za određen broj materijala definisati mogućnost nabavke iz alternativnih izvora, te definisati vrijeme nabavke i vrijednost dodatnih troškova

Smanjenje veličine serije, trebalo bi da poboljša performanse isporuke standardnih proizvoda (proizvoda sa zaliha), ali je iz rezultata eksperimenta E.2. vidljivo da je došlo do pada performansi isporuke proizvoda koji se rade po narudžbi, odnosno kašnjenja u isporuci istih. Kako je do ovoga došlo zbog toga što je sada lansiran veći broj naloga standardih proizvoda, koji su prije stizali pred radna mjesta. Stoga se sada primjenom pravila prioriteta naloga sa minimalnim planiranim rokom završetka pokušava dati prioritet poslovima koji

kasne. Na kraju primjenom nabavke iz alternativnih izvora (koja je brža) pokušava se obezbijediti da početak posla ne kasni zbog nedostatka materijala.

Rezultati sprovedenog eksperimenta E.7.1. (Tabela 37) pokazuju značajna poboljšanja ispunjenja zahtjeva kupaca sa postojećih zaliha. Pored poboljšanog iskorištenja kapaciteta, vidljivo je poboljšanje performansi zaliha (povećan obrt zaliha i veći nivo sigurnosnih zaliha materijala).

Nešto slabiji rezultati eksperimenta E.7.1. dobijeni za performanse izlaza proizvoda po narudžbi (manja pravovremenost isporuke i manja fleksibilnost isporuke), eksperiment su usmjerili u još jednom pravcu. Naime, mjera skraćenja vremena razvoja proizvoda (E.3.) je dala izuzetno dobre rezultate kada je u pitanju pravovremenost isporuke, ali ova mjera zahtijeva dodatno zapošljavanje radnika. Iz navedenog može se zaključiti da preduzeće ugovara nerealno kratke rokove isporuke proizvoda koji se rade po narudžbi u odnosu na svoje realne mogućnosti. U narednom eksperimentu, uz mjere uvedene u eksperimentu E.7.1., analizirani efekti ugovaranja roka isporuke uvećanog za 10% u odnosu na postojeće. U praksi ovo uvećanje iznosi prosječno 2 radna dana.

Rezultati eksperimenta E.7.2. pokazuju značajno poboljšanje pravovremenosti isporuke i fleksibilnosti isporuke u odnosu na eksperiment E.7.1, iako je vrijeme isporuke povećano za svega 2 dana (Tabela 37).

Generalno, pitanje kratkog roka isporuke je stvar marketing politike preduzeća, ali opšte je mišljenje da je bolje ugovarati duže rokove isporuke nego doći na „loš glas“ zbog neblagovremene isporuke. U posmatranom periodu od tri godine, preduzeće je, u cilju poboljšanja pravovremenosti isporuke, obezbjeđivalo dodatne raspoložive resurse putem prekovremenog rada i rada subotom. U današnjim uslovima poslovanja, gdje je izražen nedostatak odgovarajuće radne snage, ovakva politika više nije održiva.

Tabela 37. E.7. Uporedne vrijednosti mjera performansi kombinovanog i osnovnog eksperimenta

POSLOVNE PERFORMANSE		E.0.	E.7.1.	E.7.2.
↓ R	Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	4673.20KM	9768.16KM	12061.78KM
↑ I	Ispunjene narudžbi s postojećim zaliham	46.30%	73.17%	75.71%
↑ I	Pravovremenost isporuke	67.87%	62.40%	67.14%
↑ I	Vrijednost realizovanih narudžbi	695410.27KM	690132.95KM	706871.50KM
↑ R	Koeficijent protoka	1.17	1.3	1.3
↑ R	Iskorišćenost kapaciteta	73.37%	77.18%	77.07%
↓ I	Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	151160.45KM	163026.89KM	166437.18KM
↓ I	Trajanje ciklusa proizvodnje	689h	713h	726h
↓ R	Prosječan nivo zaliha materijala	58684.94KM	60937.47KM	61866.43KM
↑ R	Obrt zaliha	4.05	4.33	4.28
↓ I	Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	44.81%	32.10%	32.91%
PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI				
↑ F	Fleksibilnost isporuke	11.20%	8.52%	13.66%
↓ F	Fleksibilnost novog proizvoda	9960.00h	10000.00h	9520.00h
↑ F	Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	NE	DA	DA
↑ F	Fleksibilnost veličine serije proizvoda	94.60%	93.41%	93.41%
↑ F	Alternativni izvori snabdijevanja	0.00%	50.00%	50.00%
↓ F	Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	0.00%	8.78%	9.68%
↑ F	Nivo sigurnosnih zaliha	31618.11KM	48369.40 KM	48122.26 KM

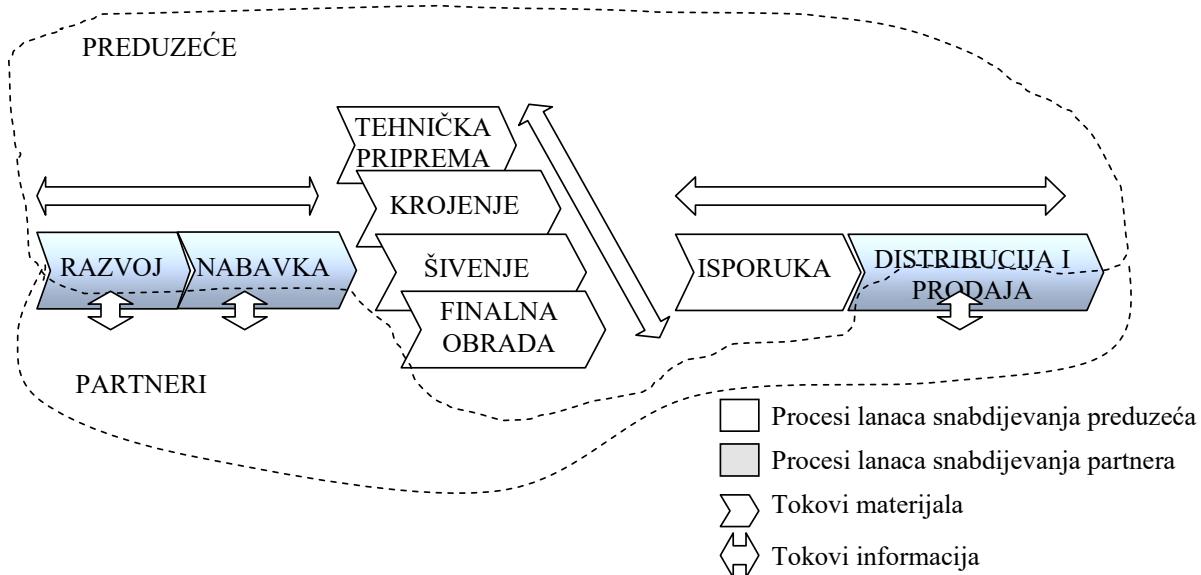
5.3. STUDIJA SLUČAJA: PREDUZEĆE EXCLUSIVE LINGERIE D.O.O. BANJA LUKA

5.3.1. OSNOVNI PODACI O PREDUZEĆU

<i>Naziv preduzeća</i>	Exclusive lingerie d.o.o. Banja Luka
<i>Sjedište preduzeća</i>	<u>Uprava</u> Put Srpskih branilaca 186,78000 Banja Luka Republika Srpska, BiH
<i>Kontakt</i>	Tel.:+387 51 385 500, 385 400 e-mail: boris.tolimir@exclusive-lingerie.rs.ba
<i>Godina osnivanja</i>	1988.
<i>Broj zaposlenih</i>	60

Preduzeće "Exclusive lingerie" osnovano je 1988. godine sa sjedištem u Banjaluci. Niz kompleksnih poslovnih i drugih faktora usmjerilo je razvoj preduzeća u pravcu proizvodnje ženskog intimnog rublja. To je, pored proizvodnje ženskih kupačih kostima, postalo osnovna djelatnost preduzeća, koja je do danas zadržana. Preduzeće trenutno zapošljava 60 radnika, najvećim dijelom ženske radne snage. Proizvodni program preduzeća čine vlastiti proizvodi i proizvodi po ugovoru (integrisana *lon* proizvodnja) sa konstantnom tendencijom smanjenja udjela ove druge. Vlastite proizvode preduzeće distribuiraju preko vlastitog prodajnog objekta i konsignacionih skladišta u većini trgovačkih lanaca u Bosni i Hercegovini (Konzum, Tropic, FIS ...). Početkom 2008. godine u Beogradu je otvoren ogrank preduzeća, čija je osnovna djelatnost distribucija vlastitog proizvodnog assortimenta na teritoriji Republike Srbije.

Exclusive lingerie je preduzeće koje nastoji kroz sopstveni razvoj i unapređenje procesa proizvodnje prepoznati i zadovoljiti potrebe savremenih kupaca. Zato ima intenzivnu komunikaciju sa svojim okruženjem, osluškujući primjedbe, potrebe, trendove i sva druga tržišna kretanja, kako bi uvijek bili korak bliže ostvarenju svojih ciljeva [85].



Slika 71. Struktura lanca snabdijevanja preduzeća Exclusive lingerie d.o.o. Banja Luka

Lanac snabdijevanja preduzeća čine svi interni procesi preduzeća, razmjena podataka između preduzeća i prodajnih objekata (uključujući i objekte sa konsignacionim skladištim), te procese nabavke i isporuke sa kupcima (Slika 71). Zbog širokog assortimenta proizvoda (diversifikacija po bojama i veličinama) i velikog broja konsignacionih skladišta (cca 60), upravljanje zalihami gotovih proizvoda predstavlja primarni cilj upravljanja lancima snabdijevanja ovog preduzeća. Pored optimizacije zaliha, kao ciljevi upravljanja lancima snabdijevanja ovog preduzeća, nameću se produktivnost te iskorištenje i uravnoteženje kapaciteta.

5.3.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Kao i u slučaju prethodnog preduzeća, prije početka izvođenja simulacionog eksperimenta izvršeno je prikupljanje podataka neophodnih za definisanje parametara procesa simulacije (podaci o kapacitetima, normativima materijala, normativima vremena, potražnji gotovih proizvoda, načinu upravljanja zalihami i drugi). U preduzeću postoji razvijen integrisani informacioni sistem za podršku procesima upravljanja preduzećem, pa se svi podaci neophodni za pripremu procesa simulacije nalaze se u bazi podataka informacionog sistema NESoft_PG. Zbog obimnosti podataka i zbog zaštite informacija, u radu će biti prikazani samo podaci neophodni za proces simulacije i dokazivanje postavljenih hipoteza.

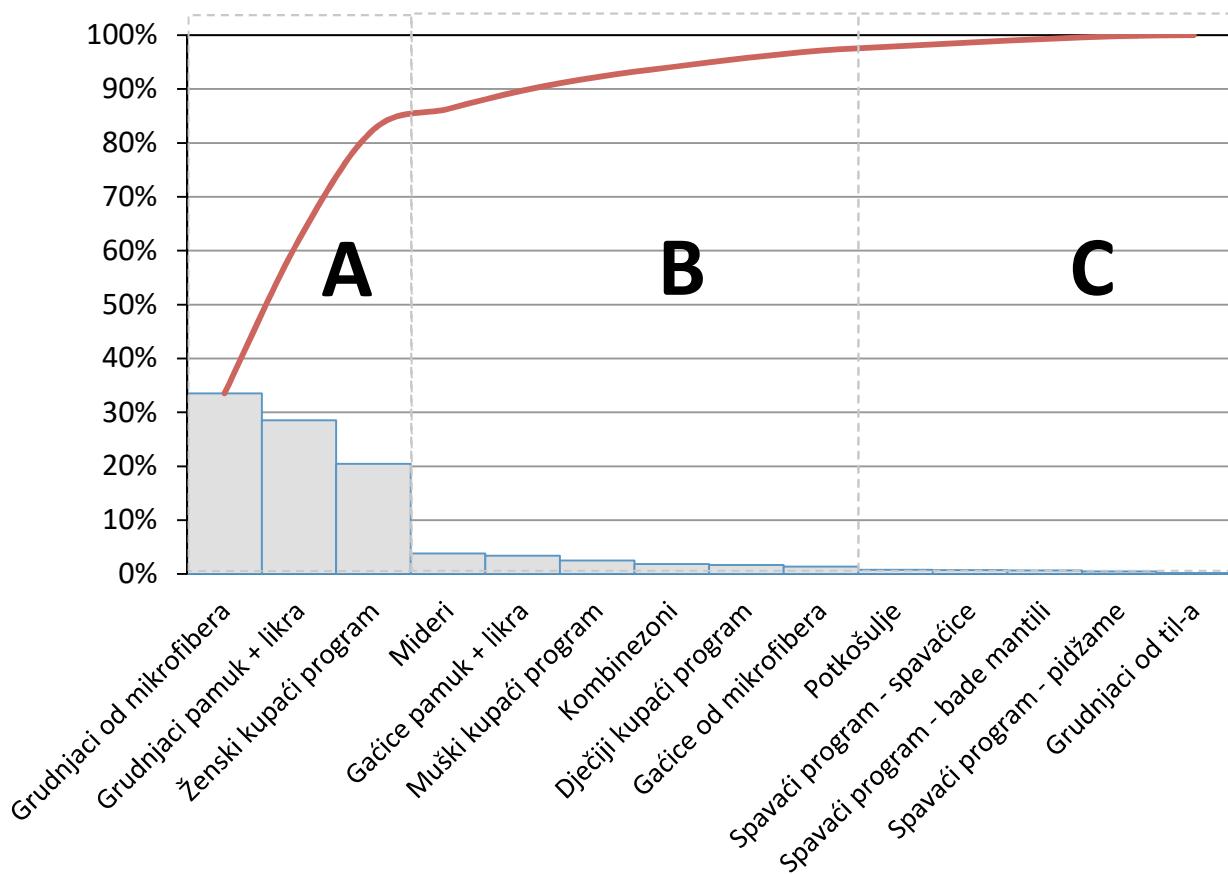
Preduzeće ima širok proizvodni program koji se prije svega postiže putem diversifikacije po bojama i veličinama. Proizvodi se većinom proizvode za zalihe (MTS), dok vrlo mali udio imaju proizvodi koji se razvijaju i proizvode prema zahtjevima kupaca (MTO).

U tabeli 38 prikazani su podaci o prodaji za period od tri godine (od 2016. do 2018. godine), grupisani po četvrtom nivou klase proizvoda.

Tabela 38. Zbirni pregled prodaje proizvoda preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

Klasa	Naziv klase	Broj pristiglih narudžbi	Ukupno naručena količina	Ukupna vrijednost narudžbi	Prosječna veličina narudžbe	Prosječna cijena jedinice proizvoda
4000	Grudnjaci od mikrofibera	4230	123286	1740308	29	14.12
4001	Grudnjaci pamuk + likra	2888	124997	1481571	43	11.85
4002	Grudnjaci od til-a	88	699	9821.4	8	14.05
4010	Gaćice od mikrofibera	532	14913	71069.1	28	4.77
4011	Gaćice pamuk + likra	1577	38958	177479.3	25	4.56
4031	Potkošulje	198	6972	40902	35	5.87
4040	Ženski kupaći program	2445	50314	1061390	21	21.10
4041	Muški kupaći program	490	12110	129575.7	25	10.70
4042	Dječiji kupaći program	433	11630	87082	27	7.49
4050	Mideri	378	15107	198551.4	40	13.14
4060	Kombinezoni	409	9410	96613	23	10.27
4070	Spavaći program - spavaćice	391	1993	36564	5	18.35
4071	Spavaći program - pidžame	269	1140	26240.55	4	23.02
4072	Spavaći program - bade mantili	364	1853	35508	5	19.16

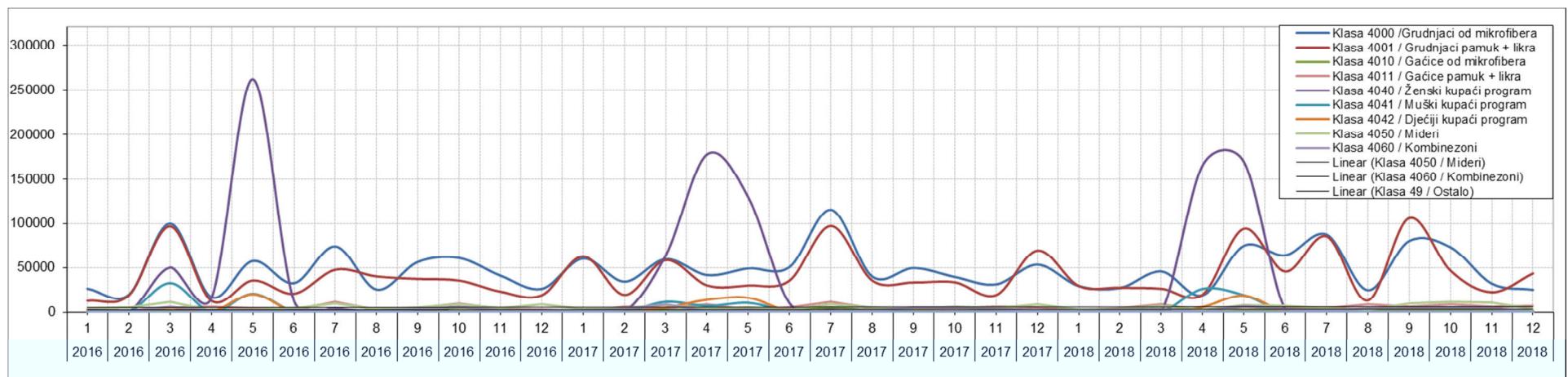
Zbog velikog broja podataka, u nastavku su posmatrani samo proizvodi koji pripadaju klasama iz područja A i B sprovedene ABC analize (Slika 72). Detaljan pregled prodaje proizvoda iz navedenih klasa, sortiran po godinama, mjesecima i klasama prikazan je grafički na slikama 73 i 74. Tabela 39 prikazuje osnovnu procjenu potražnje po mjesecima za izabrane klase proizvoda.



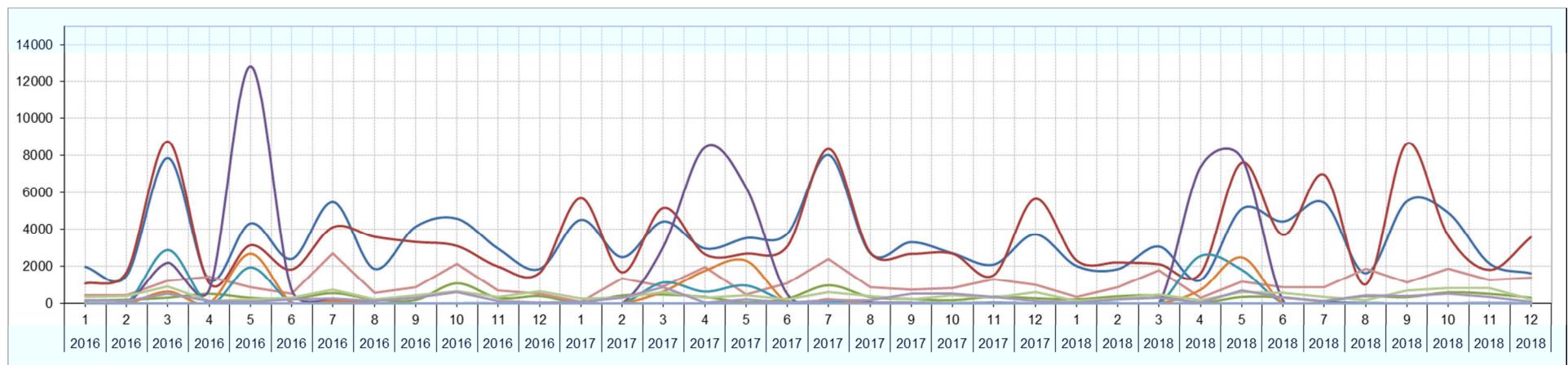
Slika 72. ABC analiza udjela klase proizvoda u ukupnoj vrijednosti prodaje preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka, za period 2016-2018. godine

Tabela 39. Osnovna procjena potražnje po mjesecima i klasama

Klasa	Naziv klase	Osnovna procjena trenda prodaje (x_i – redni broj mjeseca)	R ²
4000	Grudnjaci od mikrofibera	$\hat{y}_{Ti} = 45096 + 175,29 \cdot x_i$	0,0060
4001	Grudnjaci pamuk + likra	$\hat{y}_{Ti} = 31265 + 534,56 \cdot x_i$	0,0467
4010	Gaćice od mikrofibera	$\hat{y}_{Ti} = 1454 + 8,55 \cdot x_i$	0,0076
4011	Gaćice pamuk + likra	$\hat{y}_{Ti} = 3785 - 61,856 \cdot x_i$	0,0534
4040	Ženski kupaći program	$\hat{y}_{Ti} = 40157 - 564,4 \cdot x_i$	0,0084
4041	Muški kupaći program	$\hat{y}_{Ti} = 5626 - 106,62 \cdot x_i$	0,0189
4042	Dječiji kupaći program	$\hat{y}_{Ti} = 3318,7 - 48,31 \cdot x_i$	0,0085
4050	Mideri	$\hat{y}_{Ti} = 4886,1 + 34,01 \cdot x_i$	0,0157
4060	Kombinezoni	$\hat{y}_{Ti} = 2050 + 34,236 \cdot x_i$	0,0304



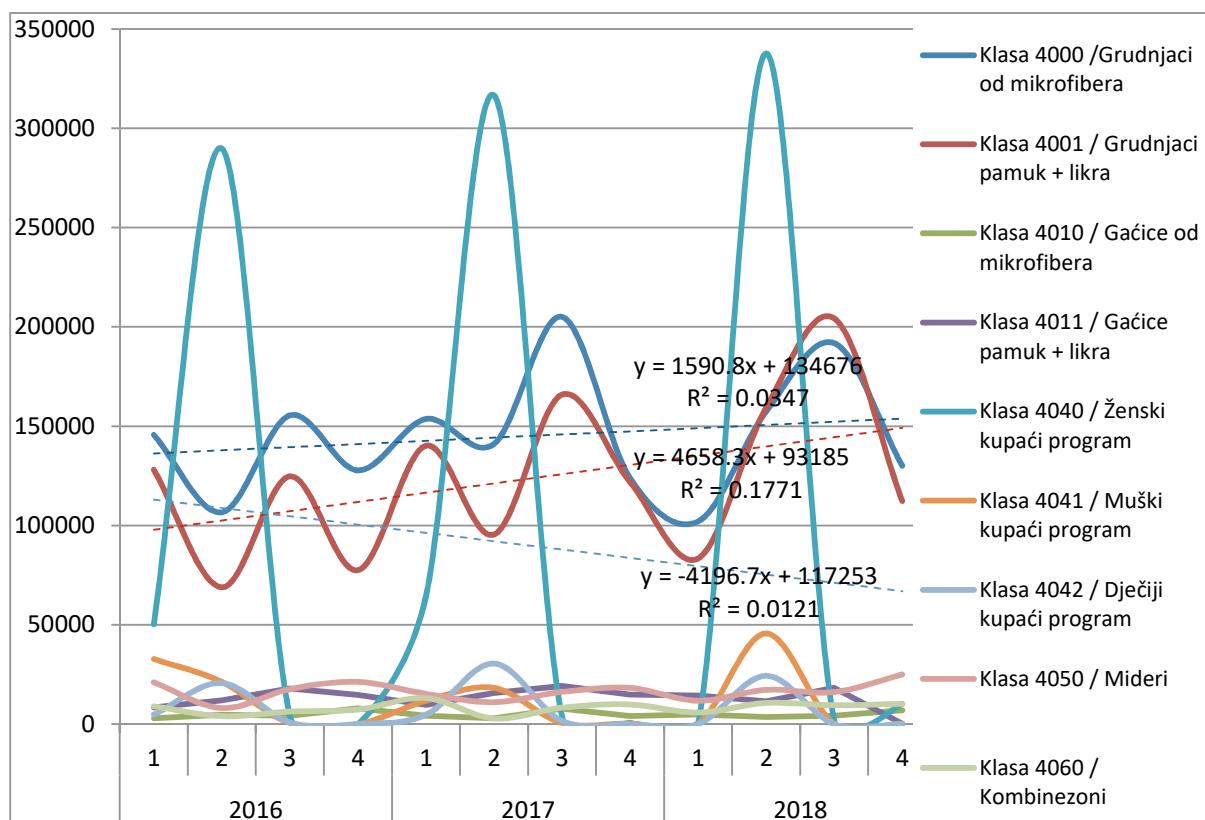
Slika 73. Pregled vrijednosti prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka



Slika 74. Pregled količinskog udjela prodaje proizvoda po mjesecima u periodu 2016-2018. godine u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

5.3.3. DEFINISANJE ULAZA U PROCES SIMULACIJE

Ulaz u simulacioni model predstavljaju narudžbe kupaca, definisane modulom M.1. simulacionog modela. Osnovu za definisanje parametara modela potražnje predstavlja procjena potražnje za analizirani vremenski period u trajanju od 3 godine. Procjena potražnje po mjesecima, urađena na osnovu podataka o potražnji u periodu od tri godine (Tabela 39), je pokazala veoma mali koeficijent determinacije ($0,0060 \leq R^2 \leq 0,0534$). Zbog toga se pristupilo procjeni potražnje po kvartalima (Slika 75). U ovom slučaju, kvartalna procjena potražnje pokazala je veće poklapanje regresionog modela ($0,0143 \leq R^2 \leq 0,2978$) nego u prethodnom slučaju, ali je je i dalje, prema Chadockovoj ljestvici (Tabela 22) u granicama slabe veze.



Slika 75. Potražnje po kvartalima i klasama proizvoda u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o Banja Luka

Iz analize dijagrama potražnje proizvoda po klasama proizvoda i kvartalima (Slika 75) primjetne su velike varijacije u odstupanjima od osnovne procjene trenda prodaje, pa su dalja istraživanja usmjerena na ispitivanje postojanja dosljednosti u navedenim varijacijama. S obzirom da su najveća odstupanja procjene trenda prodaje zabilježena kod proizvoda koji imaju izraženu sezonsku varijaciju (proizvodi iz kupaćeg proizvodnog programa), u nastavku

istraživanja ispitano je postojanje sezonskih varijacija. Postupak je izведен na identičan način kao i u slučaju prethodnog preduzeća.

Iz ocjene korigovanog modela trenda prodaje (R^2), koja je mnogo veća od ocjene osnovnog modela, vidi se opravdanost analiza sezonskih varijacija u prodaji za ovo preduzeće (Tabela 40). Naime, ocjena korigovanog modela nalazi se u intervalu između 0,2814 (korelacija srednje jačine) do 0,9092 (čvrsta korelacija), a što je znatno veće od ocjene osnovnog modela ($0,0143 \leq R^2 \leq 0,2978$).

Tabela 40. Tabela procjene vrijednosti prodaje za 2019. godinu

Godina	Kvartal	Osnovna procjena trenda prodaje			Korigovana procjena		
		Model trenda prodaje $\hat{y}_{Ti} = b_0 + b_1 \cdot x_i$	\hat{y}_{Ti}	Vrijednost osnovne procjene	R^2	$\tilde{y}_{Ti} = \hat{y}_{Ti} \cdot S_{Ti}$	\tilde{y}_{Ti}
		S_{Ti} tipični sezonski indeksi				Korigovana vrijednost	R^2
2019	KLASA 4000						
	I 13		155355,69			0,86	133709,35
	II 14	$\hat{y}_{Ti} = 134676,67 + 1590,77 \cdot x_i$	156946,46	0,0347		1,00	156259,80
	III 15		158537,23			1,26	200125,54
2019	IV 16		160128,00			0,88	141298,12
	KLASA 4001						
	I 13		153743,09			0,91	140671,69
	II 14	$\hat{y}_{Ti} = 93185,34 + 4658,29 \cdot x_i$	158401,38	0,1771		0,95	149796,25
2019	III 15		163059,67	0,1771		1,29	209685,28
	IV 16		167717,96			0,85	143197,55
2019	KLASA 4010						
	I 13		5417,33			0,93	5059,40
	II 14	$\hat{y}_{Ti} = 4257,94 + 89,18 \cdot x_i$	5506,51	0,0344		0,67	3691,37
	III 15		5595,70	0,0344		1,22	6820,21
2019	IV 16		5684,88			1,19	6740,47
2019	KLASA 4011						
	I 13		18648,68			0,81	15189,08
	II 14	$\hat{y}_{Ti} = 10931,19 + 593,65 \cdot x_i$	19242,33	0,2978		0,89	17213,64
	III 15		19835,99	0,2978		0,29	25593,59
2019	IV 16		20429,64			1,00	20488,60
2019	KLASA 4040						
	I 13		59385,36			0,34	19999,46
	II 14	$\hat{y}_{Ti} = 118909,31 - 4578,77 \cdot x_i$	54806,59	0,0143		3,63	198869,74
	III 15		50227,82	0,0143		0,05	2301,23
2019	IV 16		45649,06			0,00	180,05

Tabela 40 – Nastavak tabele

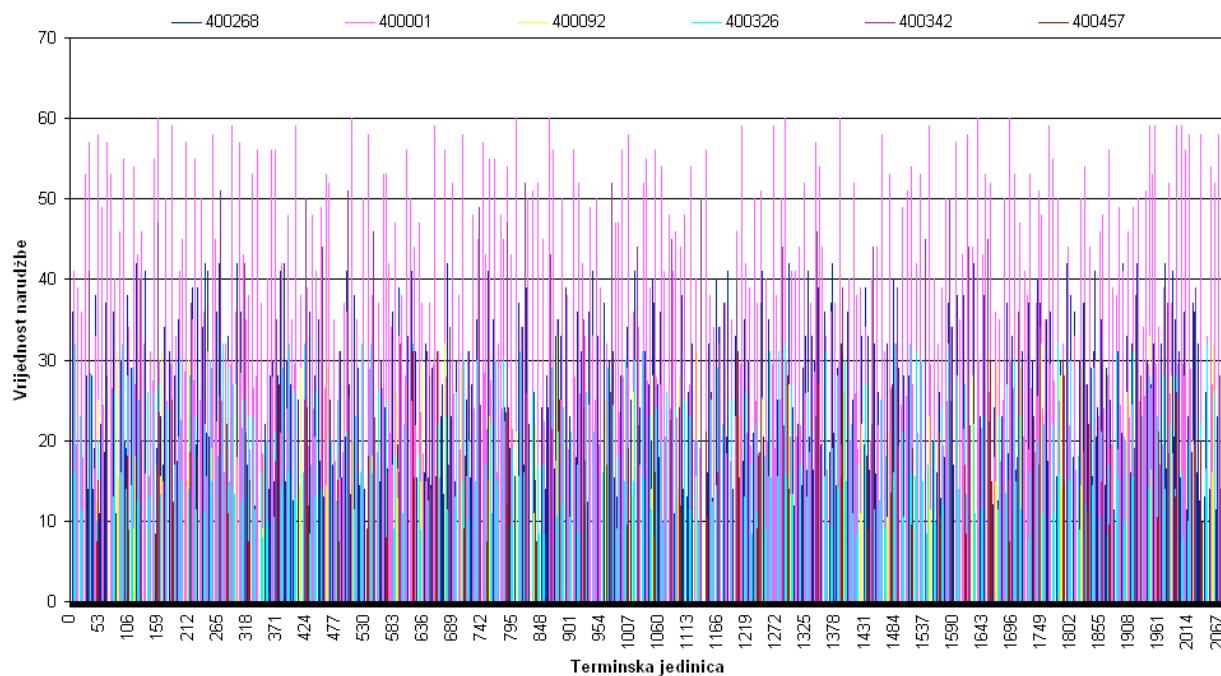
KLASA 4041						
2019	I	13	4514,60	0,78	3499,33	
	II	14	3522,50	3,16	11148,28	
	III	15	2530,40	0,07	178,08	0,3359
	IV	16	1538,30	0,02	26,55	
KLASA 4042						
2019	I	13	4609,80	0,26	1195,61	
	II	14	4199,82	3,66	15368,82	
	III	15	3789,84	0,15	580,03	0,8552
	IV	16	3379,87	0,00	0,00	
KLASA 4050						
2019	I	13	18383,52	0,84	15489,47	
	II	14	18666,22	0,87	16268,42	
	III	15	18948,92	1,09	20693,64	0,3694
	IV	16	19231,63	1,27	24479,73	
KLASA 4060						
2019	I	13	9906,72	1,19	11778,79	
	II	14	10192,20	0,77	7799,76	
	III	15	10477,68	0,98	10283,93	0,2991
	IV	16	10763,17	1,13	12149,50	

U daljem postupku, umjesto simulacije pristizanja narudžbi za široku paletu proizvoda, pretpostavljen je adekvatan model pristizanja narudžbi sa proizvodom predstavnikom klase. Za proizvode predstavnike pretpostavljene su karakteristike koje odgovaraju prosječnim vrijednostima karakteristika proizvoda realizovanih u periodu od 2016 do 2018. godine (3 godine). Na taj način su za proizvod predstavnik klase pretpostavljeni sljedeći parametri: proizvodna strategija ispunjavanja zahtjeva kupaca, prosječne cijene, učestalost narudžbi, prosječna veličina narudžbe, normativi materijala, vremena, varijacije u učestalosti narudžbe i varijacije u veličini narudžbe.

Za sve proizvode pretpostavljeno je da se proizvode isključivo za zalihe (MTS). Nakon analize razvijenog modela predviđanja (Tabela 40) donesena je odluka da se u 3. i 4. kvartalu ne predviđa potražnja za proizvode koji pripadaju kupaćem proizvodnom programu (klase 4040, 4041 i 4042). Naime, ovi proizvodi imaju izraženu sezonsku varijaciju tako da su u prethodnom periodu u četvrtom kvartalu prodane zanemarive količine. Tu se vjerovatno radi o količinama koje su prodane sa starih zaliha u skladištu. Za predviđeno vrijeme simulacionog eksperimenta (četvrti kvartal 2019. godine) parametri modela pristizanja narudžbi prikazani su u tabeli 41. Grafička interpretacija pristizanja narudžbi kupaca, prema usvojenim parametrima modela, prikazana je na slici 76.

Tabela 41. Model pristizanja narudžbi kupaca za IV kvartal 2019. godine

PROIZVOD PREDSTAVNIK					PARAMETRI MODELA			
Klasa	Ident	Naziv	JM	Prosječna cijena	Nacin upravljanja zahtijevima kupaca	Maksimalna količina	Period pristizanja narudžbi +/- varijacija perioda	Količina na narudžbi +/- varijacija količine
4000	400268	Ženski grudnjak LARISA	kom	14,12	MTS	50	200	7 ^{+/-3} 34 ^{+/-10}
4001	400001	Ženski grudnjak GOGA	kom	11,85	MTS	0	0	6 ^{+/-3} 42 ^{+/-12}
4010	400092	Ženski bokser LEONA	kom	4,77	MTS	0	0	40 ^{+/-10} 26 ^{+/-8}
4011	400326	Ženski slip GLORIJA	kom	4,56	MTS	100	250	13 ^{+/-4} 24 ^{+/-8}
4050	400342	Ženski mider NEDA	kom	13,14	MTS	0	0	45 ^{+/-15} 40 ^{+/-12}
4060	400457	Ženski kombinezon INGA	kom	10,27	MTS	0	0	42 ^{+/-15} 23 ^{+/-8}



Slika 76. Grafički prikaz pristizanja narudžbi kupaca

Djelimičan prikaz podešavanja parametara upravljanja zalihami repromaterijala prikazan je u tabeli 42. Zbog obimnosti podataka, u tabelama 43 i 45 prikazan je samo dio podataka o normativima materijala i normativima rada. Pregled maksimalno raspoloživih kapaciteta dat je zbirno po grupama radnih mjesta (Tabela 44) umjesto tabelarnog prikaza svake instalisane mašine posebno. Kompletni podaci nalaze se u prilogu ovoga rada.

Tabela 42. Lista materijala sa pridruženim parametrima modela (redukovana lista)

PODACI O MATERIJALIMA				PARAMETRI MODELA					
Ident	naziv	Jedinica mjere	Nabavna cijena [KM]	Signalna količina	Maksimalna količina	Vrijeme nabavke [TJ]	Postoji alternativni izvor nabavke	Vrijeme nabavke iz alt. izvora [TJ]	Nabavna cijena iz alternativnog izvora [KM]
200039	Usivna etiketa	Kom	0,15	15000	40000	320	NE	64	0,18
200128	MONACO-bijelo	m	6,75	400	1000	320	NE	64	8,1
200196	Regulator plasticni-bijelo	Kom	0,013	10000	30000	320	DA	64	0,0156
200288	Zica za grudnjak - 80	par	0,09	4000	12000	320	DA	64	0,108
200545	Muska i zenska kopča za gru.	kom	0,075	14000	30000	320	DA	64	0,09
200559	Regulator plasticni-bijelo	Kom	0,016	20000	50000	320	DA	64	0,0192
200678	10 mm guma bijela	m	0,085	12000	30000	320	NE	64	0,102
200725	Tunel traka 11mm bijela	m	0,18	6000	16000	320	NE	64	0,216
200727	Plasticna vjesalica za grudnjak	Kom	0,12	2400	6000	320	NE	64	0,144

Tabela 43. Normativ materijala (redukovana lista)

PROIZVOD	MATERIJAL								
	200039	200128	200727	200958	201053	...	201261	201262	201956
400268	1,00	0,06				...	1,00		0,02
400001	1,00			0,12	0,03	...	1,00		0,02
400092	1,00	0,10	1,00		0,01	...		1,00	
400326	1,00			0,17	0,01	...		1,00	0,02
400342	1,00				0,04	...	1,00		0,02
400457	1,00		1,00	0,31		...	1,00		

Tabela 44. Pregled maksimalno raspoloživih kapaciteta

Grupa radnih mesta	Naziv grupe	Broj raspoloživih mesta
2H4.8	Tunel traka 4.8	2
2H6.4	Tunel traka 6.4	2
3CC	3 cik-cak	8
AA	Ringl automat	4
CC	Cik-cak	5
H	Šteperica	9
KR	Ručno krojenje	3
OW	Owerloh jednoigleni	6
OW-2	Owerloh dvoigleni	2
OW-R	Owerloh raslja	2
PP	Prese za oblikovanje korpica	1
RR	Ručni rad	11
SBN	Iberdek	5
UKUPNO:		60

Tabela 45. Lista operacija (redukovana lista)

Proizvod: 400268 / Ženski grudnjak LARISA			
R.br.	Naziv operacije	Grupa radnih mesta	Vrijeme izrade (min)
10	Kompletiranje	KR	0.50
11	Sjećenje tregera za zadnju stranu na mjeru (31cm x 2)	RR	0.10
12	Sjećenje tregera za prednju stranu na mjeru	RR	0.10
20	Provuci treger kroz regulator	RR	0.25
30	Zaringlati treger	AA	0.20
40	Čišćenje tregera	RR	0.10
50	Provuci treger kroz regulator i alkumu	RR	0.30
60	Oblikovanje korpica za presvlačenje sunđerastih korpica (jedan sloj materijala)	PP	0.90
61	Oblikovanje korpica za presvlačenje sunđerastih korpica (dva sloja materijala)	PP	0.50
70	Sjeći vrh korpice na širinu tregera	RR	0.20
80	Našivanje tregera na korpicu	CC	0.60
90	Sastaviti sredinicu sa gornje strane, proštepati sa unutrašnje strane, okrenuti i zatvoriti okolo	H	0.80
100	Sastaviti sredinicu i pojasa (prostepati)	H	0.70
110	Našiti gumeni pojasi i ubaciti treger	3CC	0.80
120	Cvikanje i mjerjenje pojasa	RR	0.30
130	Našivanje korpe na sunđer	H	2.50
140	Obrezivanje viška materijala na korpi (obraditi korpu, boja konca kao boja čipke)	OW	0.90
150	Obrezivanje viška materijala na korpi	RR	1,00
160	Paspuliranje dekoltea i napustanje paspula po 18 cm (75B,80B,70C,75C), a ostale velicine se paspuliraju preko tregera + cvikanje	CC	0.80
170	Obiljeziti korpe za nasivanje pojasa i sredinice	RR	0.40
180	Našivanje korpe na pojasa, proštepati čipku na pojasu drugi put	H	2.30
190	Paspulirati pojasa i oko ruku	CC	1.10
200	Cvikanje	RR	0.20
210	Našiti tunel traku + cvikanje	2H6.4	1,00
220	Uvući žice	RR	0.80
230	Našiti mušku i zensku kopcu	CC	0.70
240	Nasivanje masne	AA	0.25
250	Zaringlati tunel traku 2x2	AA	0.50
260	Zaringlati treger na pojusu 1x2	AA	0.30
270	Provuci i zaringlati treger na prednjoj strani 1x2	AA	0.40
280	Ciscenje konca	RR	0.60
290	Kontrola	RR	0.50
300	Otkinuti i splintati etiketu na grudnjak	RR	0.20
310	Staviti karton na vjesalicu Micro line	RR	0.20
320	Učvrstiti karton na vješalici providnom naljepnicom	RR	0.10
330	Staviti veličinski broj na vješalicu	RR	0.10
340	Staviti grudnjak na vješalicu	RR	0.30
350	Pakovanje u kesu	RR	0.20
360	Naljepiti samoljepljivu naljepnicu na kutiju	RR	0.10
370	Napraviti kutiju	RR	0.15
380	Motanje i pakovanje	RR	0.30

5.3.4. PLAN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Simulacioni eksperiment odnosi se na simulaciju četvrtog kvartala 2019. godine. Kao osnovna terminska jedinica usvojen je period od 15 minuta, tako da se period od jednog radnog sata sastoji od četiri terminske jedinice. Manja terminska jedinica, je usvojena zbog kraćeg vremena izvođenja operacija, gdje se moralo imati u vidu da veličina partije ne prelazi 50 komada. Pod pretpostavkom da preduzeće radi 5 dana u sedmici, po 8 radnih sati, ukupno vrijeme obuhvaćeno simulacionim eksperimentom iznosi 65 radnih dana, odnosno 2080 terminskih jedinica.

Osnovna varijanta eksperimenta izvešće se prema parametrima modela usklađenim sa stvarnim podacima posmatranog preduzeća. Različite varijante izvođenja eksperimenta dobijaju se promjenom (na više ili manje) parametara modela, odnosno variranjem parametara modela usmjerenim na direktno poboljšanje jedne ili više mjera performansi lanca snabdijevanja. Izabrani skup mjera za poboljšanje performansi lanca snabdijevanja treba da bude u direktnoj vezi sa strategijom upravljanja lancima snabdijevanja ovog preduzeća (Tabela 46).

Tabela 46. Okvir za mjerjenje performansi LS preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

Strategija upravljanje lancem snabdijevanja	Mjere performansi		
	Tip	Naziv	Željeni znak
Preduzeće će kupcima obezbijediti stalnu dostupnost široke palete proizvoda iz svog proizvodnog asortimana.	R	Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	↓
	R	Prosječan nivo zaliha materijala	↓
		Iskorištenost kapaciteta	↑
Optimizacijom resursa, preduzeće će stalno nastojati da smanji troškove proizvodnje i održavnja zaliha	I	Ispunjenošt narudžbi sa postojećih zaliha	↑
	F	Fleksibilnost isporuke Nivo sigurnosnih zaliha	↑ ↑

Kao i u prethodnom slučaju, rezultati simulacionog eksperimenta biće iskazani kroz mjere performansi lanca snabdijevanja simuliranog sistema. Ipak, prethodno prikazana lista mjera performansi (Tabela 19 i Tabela 20) je nešto redukovana (Tabela 47). Tako, u ovom slučaju neće biti mjerena pravovremenost isporuke jer preduzeće proizvode isporučuje isključivo sa zaliha, pa pravovremeno ispunjenje narudžbi sa postojećih zaliha predstavlja

imperativ za ovo preduzeće. Iz istih razloga neće biti razmatrana ni fleksibilnost novog proizvoda. Fleksibilnost veličine serije proizvoda takođe neće biti posmatrana. Naime, iz praktičnih razloga (kompletna serija proizvoda staje u kutiju), u preduzeću je usvojena fiksna veličina serije (partije) od 50 komada za sve proizvode. Kako je veličina serije izuzetno mala u odnosu na količinu obično lansiranu radnim nalogom (više od 1000 komada), nema mnogo smisla pokušavati smanjiti njenu veličinu.

5.3.4.1 E.0. OSNOVNI EKSPERIMENT

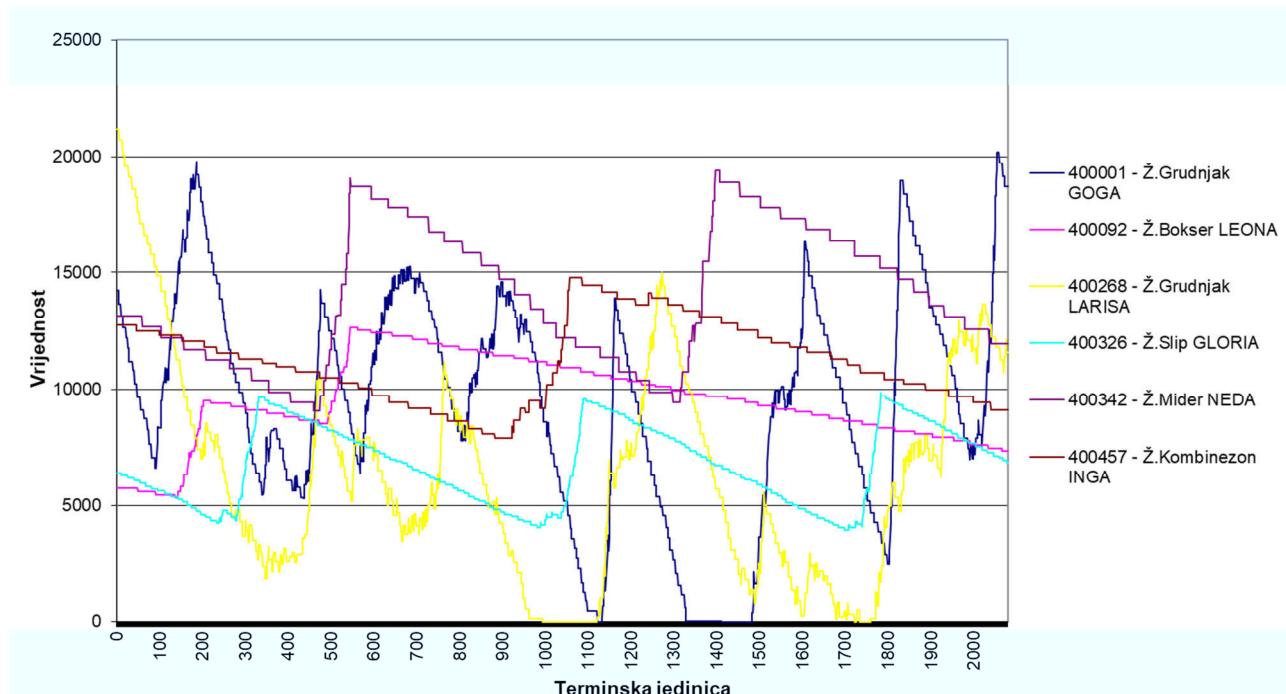
Za izvođenje osnovnog eksperimenta pretpostavljeno je nekoliko dodatnih uslova, i to:

- Maksimalna veličina serije (partije) proizvoda u proizvodnji iznosi 50 jedinica.
- Simulirani sistem prilikom rasporeda poslova u proizvodnji primjenjuje FIFO pravilo (First In First Out), odnosno poslovi se na radnim mjestima preuzimaju u rad prema redoslijedu pristizanja na radno mjesto.
- Simulirani sistem dopunu zaliha materijala vrši redovnom nabavkom, prema usvojenom sistemu regulisanja stanja zaliha, od poznatih dobavljača, bez alternativnih izvora snabdijevanja.

Mjere performansi dobijene izvođenjem simulacionog eksperimenta s ovim podešavanjem parametara date su u tabeli 47. Bolja slika o ponašanju simuliranog sistema tokom vremena se može dobiti analizom niza grafika i tabela. Tako grafički prikaz kretanja nivoa zaliha gotovih proizvoda (Slika 77) jasno pokazuje razloge zašto sa ovim podešavanjem sistema nije postignuto potpuno ispunjenje narudžbi s postojećih zaliha (92,07%). Naime, nivo zaliha pojedinih proizvoda (Ž.grudnjak GOGA i Ž.grudnjak LARISA) povremeno pada na nulu, tako da određeni broj narudžbi nije moguće ispuniti sa postojećih zaliha. Iako je ispunjenost narudžbi dosta visoka, uz relativno kratke vremenske intervale nedostatka zaliha ovih proizvoda, u stvarnosti je problem dosta složeniji. Naime, svi proizvodi se proizvode u kombinaciji nekoliko boja i veličina, tako da čak i situacija kada postoji dovoljna količina proizvoda ne predstavlja garanciju da postoje i dovoljne količine u odgovarajućim bojama i veličinama. Olakšavajuća okolnost za ovo preduzeće je to što većinu proizvoda plasiraju poznatim kupcima, koji su obično spremni da prihvate djelimičnu isporuku, uz naknadnu dopunu.

Tabela 47. E.0. Vrijednosti mjera performansi osnovnog eksperimenta

POSLOVNE PERFORMANSE		VRIJEDNOST
↓	R Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	56909,14KM
↑	I Ispunjenoje narudžbi s postojećih zaliha	92,07%
↑	I Vrijednost realizovanih narudžbi	379788,07KM
↑	R Iskorišćenost kapaciteta	53,57%
↓	I Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	40299,99KM
↓	I Trajanje ciklusa proizvodnje	2284h
↓	R Prosječan nivo zaliha materijala	89682,95KM
↑	R Obrt zaliha	1,38
↓	I Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	8,77%
PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI		
↑	F Fleksibilnost isporuke	0,00%
↑	F Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	NE
↑	F Alternativni izvori snabdijevanja	0,00%
↓	F Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	0,00%
↑	F Nivo sigurnosnih zaliha	65429,94 KM



Slika 77. E.0. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

U skladu sa izabranom strategijom upravljanja lancima snabdijevanja preduzeća (Tabela 46), u daljim eksperimentima, traže se načini da se podigne nivo ispunjenja narudžbi s postojećih zaliha. U tom smislu, predložene su sljedeće akcije koje potencijalno vode poboljšanju performansi posmatranog lanca snabdijevanja:

- E.1. Povećanjem nivoa zaliha gotovih proizvoda povećati nivo ispunjenja narudžbi sa postojećih zaliha;
- E.2. Za proizvode kod kojih povremeno dolazi do nedostatka zaliha, definisati kraći rok za dopunu zaliha, samim tim dati prioritet ovim poslovima u proizvodnji nad ostalim, te na taj način obezbijediti bržu dopunu zaliha;

S obzirom da na performanse izlaza utiče i prohodnost radnih naloga kroz proizvodnju, rezultati početnog eksperimenta analizirani su i sa tog aspekta. Može se primjetiti da je ukupno iskorištenje kapaciteta relativno malo (53,57%), dok je za neke grupe radnih mjesta izuzetno veliko (Tabela 48). Preduzeće raspolaže dodatnim kapacetetima (Tabela 44), u odnosu na ove, trenutno instaliseane, kako bi bilo u stanju da se prilagodi sezonskim promjenama u programu proizvodnje. Imajući u vidu da lako mogu napraviti izmjene u konfiguraciji proizvodnih linija, pretpostavlja se da je moguće napraviti bolji miks radnih mjesta, koji bi obezbijedio bolje uravnoteženje kapaciteta. U tom smislu, u nastavku istraživanja, predložena je sljedeća akcija:

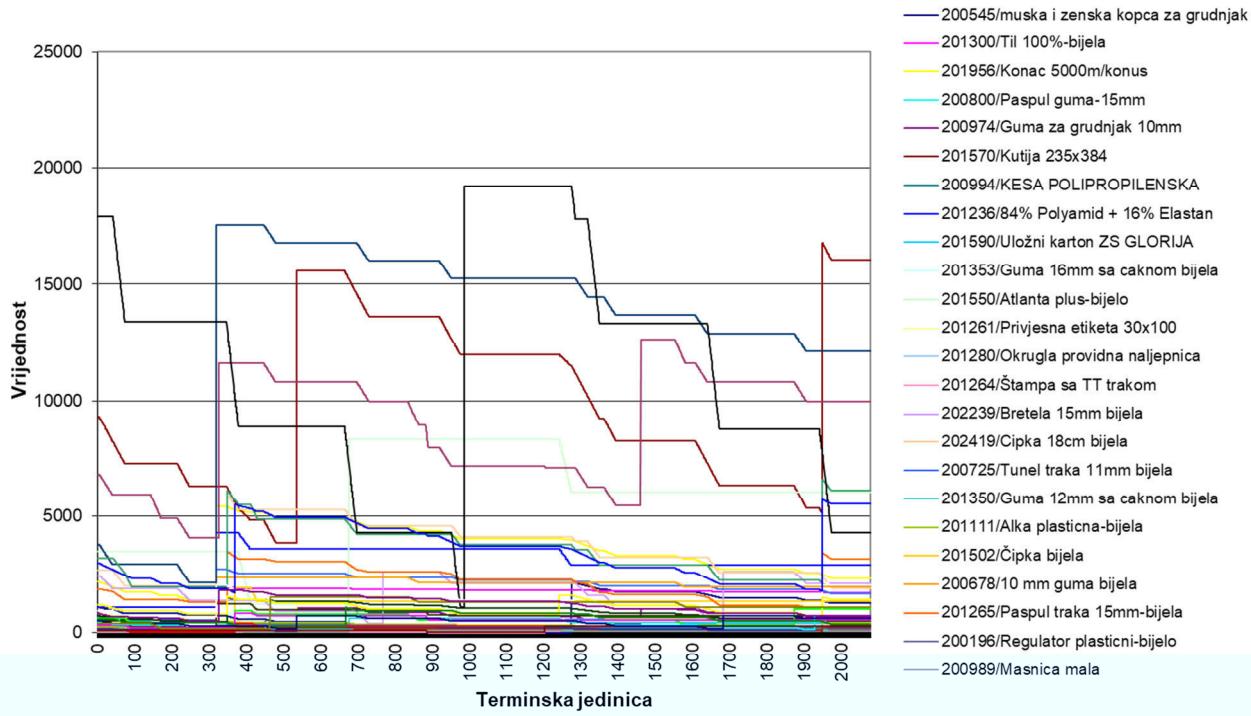
- E.3. Boljim iskorištenjem kapaciteta (promjenom konfiguracije proizvodne linije) obezbijediti bolji protok proizvoda kroz proizvodnju, a samim tim i bržu dopunu zaliha;

Tabela 48. E.0. Iskorištenje kapaciteta

Grupa radnih mesta	Naziv grupe	Broj raspoloživih mesta	Stepen iskorištenja kapaciteta
2H4.8	Tunel traka 4.8	2	28.49%
2H6.4	Tunel traka 6.4	1	38.51%
3CC	3 cik-cak	5	33.07%
AA	Ringl automat	3	48.04%
CC	Cik-cak	5	64.35%
H	Šteperica	9	63.54%
KR	Ručno krojenje	2	34.71%
OW	Owerloh jednoigleni	4	29.15%
OW-2	Owerloh dvoigleni	2	19.11%
OW-R	Owerloh raslja	2	28.49%
PP	Presa za oblikovanje korpica	1	62.21%
RR	Rucni rad	10	87.95%
SBN	Iberdek	2	19.64%
UKUPNO:		48	53,57%

Slika 78 pokazuje da u finansijskom udjelu zaliha materijala veliki uticaj ima nekoliko vrsta materijala. Pored toga, pri postojećoj politici upravljanja zalihamu materijala, iz rezultata eksperimenta vidljivo je da 8,77 % radnih naloga kasni sa početkom zbog nedostatka materijala (Tabela 47). U cilju poboljšanja izlaza iz lanaca snabdijevanja simuliranog preduzeća, predložena je sljedeća akcija:

- E.4. Simulacijom nabavke materijala iz alternativnih izvora (sa kraćim vremenom nabavke), uticati na smanjenje udjela radnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala;
- E.5. Promjenom politike upravljanja zalihamu materijala smanjiti nivo zaliha, vodeći računa da se ne poveća udio proizvodnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala;



Slika 78. E.0. Vrijednost zaliha materijala

Usvojeni plan višestrukog izvođenja eksperimenta s planom promjena parametara modela dat je u tabeli 49.

Tabela 49. Plan simulacionog eksperimenta za preduzeće Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

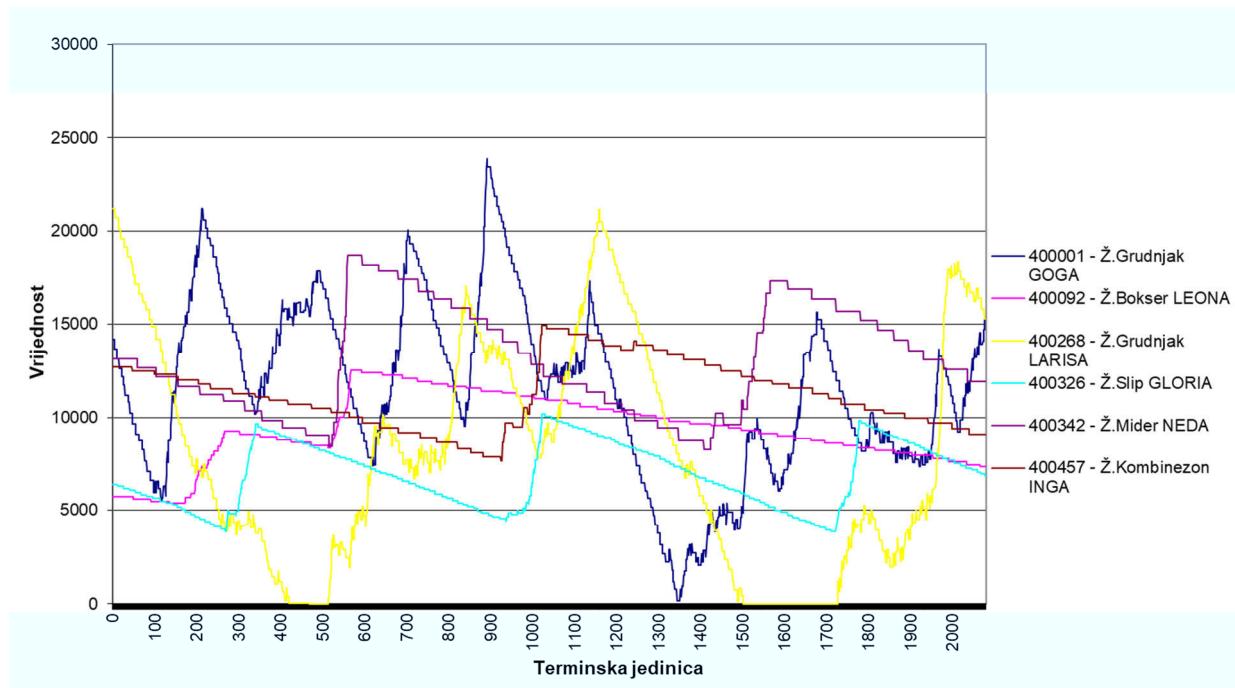
E.1.	<u><i>Varijanta sa povećanim nivoom zaliha gotovih proizvoda</i></u> Povećati nivo zaliha za proizvode 400001-Ž.grudnjak GOGA i 400268-Ž.grudnjak LARISA
E.2.	<u><i>Varijanta sa skraćenim periodom dopune zaliha gotovih proizvoda</i></u> Za proizvode 400001-Ž.grudnjak GOGA i 400268-Ž.grudnjak LARISA smanjiti planirani peiod dopune zaliha sa trenutnih 640 TJ na 480 TJ. Pri tome primjeniti i pravilo prioriteta MINPRP -FIFO koje će dati prednost poslovima čiji početak kasni
E.3.	<u><i>Varijanta sa optimizovanim instalisanim kapacitetima</i></u> Izvršiti rekonfiguraciju miksa kapaciteta u proizvodnji, tako što će se broj radnih mesta za grupe RR, H i CC povećeti za jedno mjesto, a istovremeno smanjiti za jedno mjesto grupe 2H4.8, SBN i OW-2.
E.4.	<u><i>Varijanta sa opcijom nabavke materijala iz alternativnih izvora</i></u> Definisati opciju nabavke materijala iz alternativnih izvora (sa kraćim vremenom nabavke) za materijale čiji nedostatak utiče na kašnjenje početka poslova;
E.5.	<u><i>Varijanta sa smanjenim nivoom zaliha materijala</i></u> Smanjiti prosječan nivo zaliha materijala vodeći računa da se ne poveća udio proizvodnih naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala. Izmjenju politike upravljanja zalihami za materijale koji imaju značajan udio u vrijednosti zaliha.
E.6.	<u><i>Vrijanta sa kombinovanim djelovanjem</i></u> U zavisnosti od rezultata prethodnih eksperimenata, varijacije parametara modela će biti usmjerene na više gore navedenih pravaca.

5.3.5. IZVOĐENJE EKSPERIMENTA

5.3.5.1 E.1. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA POVEĆANIM NIVOOM ZALIHA GOTOVIH PROIZVODA

Nivo zaliha proizvoda 400001-Ž.grudnjak GOGA i 400268-Ž.grudnjak LARISA u određenim intervalima vremena ima vrijednost nula (Slika 77), tako da se određen broj narudžbi kupca ne može realizovati odmah po dospjeću narudžbe. Ovo ima za posljedicu da kupci čekaju kompletiranje isporuke. Iako je većina kupaca spremna da prihvati dodatno vrijeme za kompletiranje narudžbe, uvijek postoji potencijalni problem odustajanje kupaca od narudžbi. U tom smislu, u naredna dva eksperimenta, testirana su dva prijedloga akcija za poboljšanje performansi isporuke.

Osnovna ideja vodilja ovog eksperimenta je pokušaj da se povećanjem signalne i maksimalne količine proizvoda 400001 i 400268 postigne povećanje nivoa zaliha gotovih proizvoda, a time se direktno utiče na povećanje udjela isporuke proizvoda sa postojećih zaliha.



Slika 79. E.1. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

Analiza kretanja nivoa zaliha gotovih proizvoda pri ovakovom podešavanju (Slika 79) pokazuje smanjenu učestalost nestanka zaliha gotovih proizvoda u odnosu na osnovni eksperiment (Slika 77). Ovo je imalo značajan pozitivan efekat na povećanje procenta ispunjenja narudžbi s postojećih zaliha (sa 92,07% na 96,22%), posebno ako se ima u vidu da je pri tom povećanje prosječnog nivoa zaliha gotovih proizvoda svega oko 3 000 KM.

Pozitivni efekti primjetni su na skraćenje ciklusa proizvodnje i nivo sigurnosnih zaliha gotovih proizvoda. S druge strane može se primjetiti nepoželjno povećanje nivoa nedovršene proizvodnje, nivoa zaliha re prometerijala i udjela naloga čiji početak kasni zbog nedostatka materijala. Ostale performanse ostale su u sličnim vrijednostima.

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51.

5.3.5.2 E.2. VARIJANTA SA SKRAĆENIM PERIODOM DOPUNE ZALIHA GOTOVIH PROIZVODA

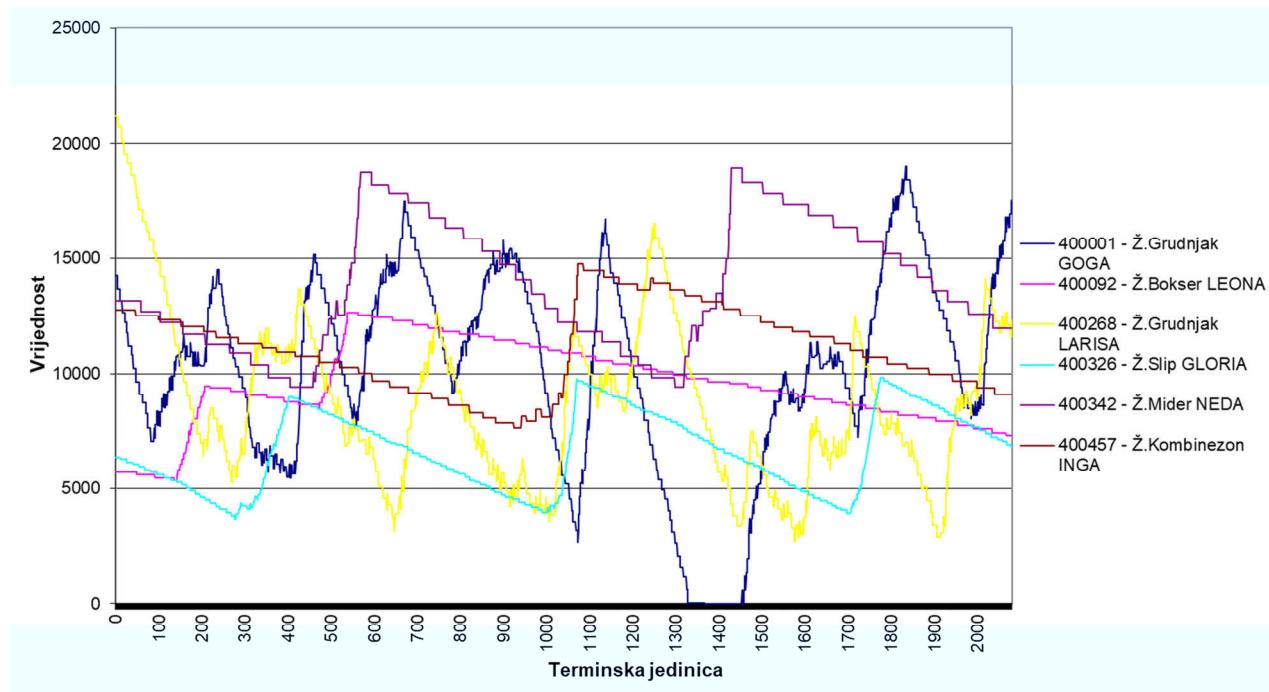
U ovom eksperimentu, za proizvode 400001-Ž.grudnjak GOGA i 400268-Ž.grudnjak LARISA smanjen je planirani period dopune zaliha sa početnih 640 TJ (20 radnih dana) na 384 TJ (12 radnih dana). Da bi ovi nalozi imali obezbijeđen prioritet u proizvodnji, pri raspodjeli posla po radnim mjestima primjenjivana su dva pravila prioriteta: MINPRP-FIFO (minimalni planirani početak proizvodnje – prvi stigao, prvi uslužen) i MINPRP-MINPRZ (minimalni planirani početak proizvodnje – minimalni planirani završetak obrade), od kojih se očekuje da će dati prednost ovim poslovima. Međutim, rezultati eksperimenta su pokazali da preduzete akcije nisu dale očekivane rezultate (Tabela 51). Štaviše, rezultati sprovedenih eksperimenata su skoro identični rezultatima osnovnog eksperimenta. Razlog ovakvih rezultata leži u činjenici da su instalirani kapaciteti značajno veći od teoretski potrebnih, pa ne postoji izražen problem prona laska slobodne mašine.

5.3.5.3 E.3. VARIJANTA SA OPTIMIZOVANIM INSTALISANIM KAPACITETIMA

Ovdje je izvršena rekonfiguracija miksa instaliranih kapaciteta u proizvodnji, tako što je broj radnih mesta za grupe RR, H i CC povećan za jedno mjesto, a istovremeno je smanjen kapacitet grupa 2H4.8, SBN i OW-2 za po jedno mjesto. U praksi ovu mjeru nije teško sprovesti u dijelu, jer preduzeće posjeduje izvjesan višak kapaciteta koji mu obezbjeđuje mogućnost konfigurisanja proizvodnih linija u skladu sa proizvodnim miksom.

Rezultati sprovedenog eksperimenta (Tabela 51) pokazuju pozitivan uticaj pokrenutih akcija na ispunjenje narudžbi sa postojećih zaliha (porast sa 92,07% na 97,62%) i smanjenje nivoa nedovršene proizvodnje (Slika 80). Ovo ja za posljedicu imalo podizanje prosječnog nivoa zaliha gotovih proizvoda. Ostale performanse ostale su u sličnim vrijednostima kao kod

osnovnog eksperimenta. Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51.



Slika 80. E.3. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

5.3.5.4 E.4. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA OPCIJOM NABAVKE MATERIJALA IZ ALTERNATIVNIH IZVORA

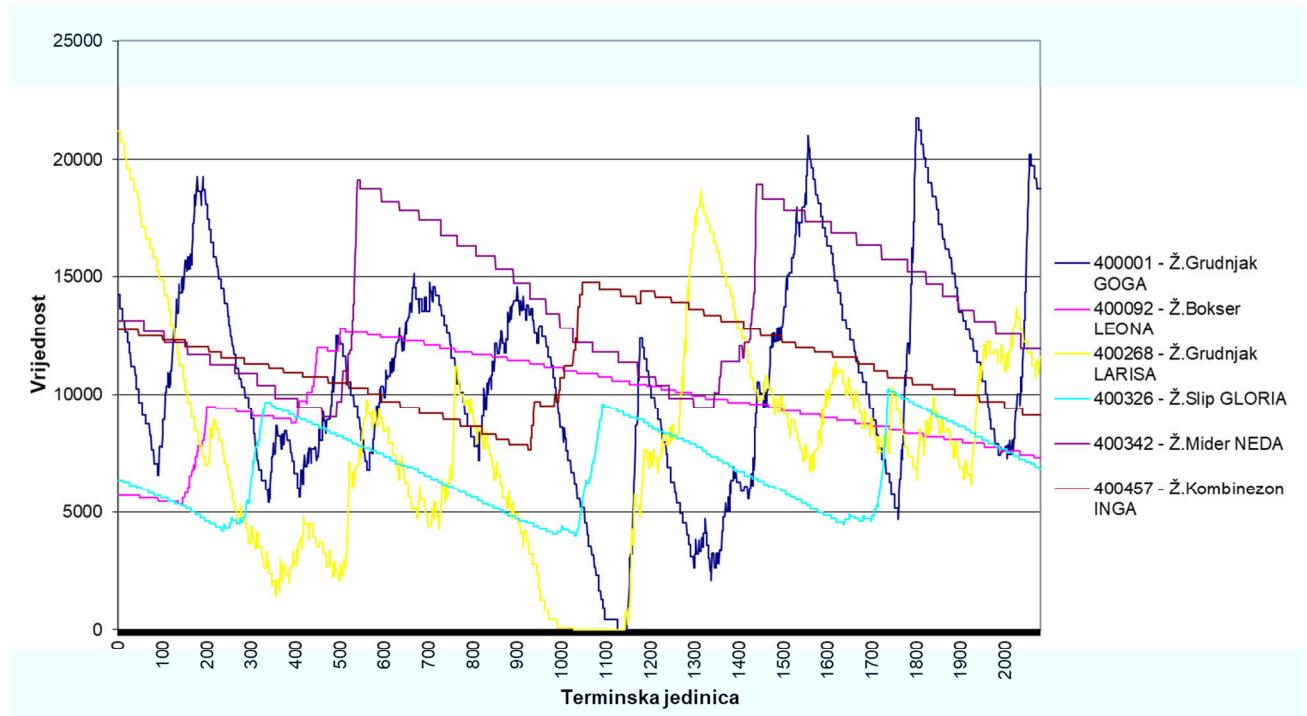
Pri dosadašnjim uslovima izvođenja eksperimenta, nabavka materijala je isključivo vršena od jednog dobavljača, sa poznatim cijenama i rokovima isporuke. Pri takvoj politici upravljanja zalihami materijala, iz rezultata prethodno izvedenih eksperimenta, vidljivo je da oko 8,77% radnih naloga kasni sa početkom zbog nedostatka materijala. Zbog toga je u ovom eksperimentu prepostavljeni da preduzeće, u situacijama kada je evidentno da će početak proizvodnje kasniti zbog nedostatka raspoloživog materijala, može izvršiti nabavku neophodnih količina iz drugog izvora.

Eksperimentom je predviđena nabavka iz alternativnih izvora uglavnom materijala koji su bili razlog kašnjenja početka radnih naloga. Naime, analizom vrijednosti stanja materijala po terminskim jedinicama (Slika 78) izabrani su materijali za koje će biti predviđen alternativni izvor snabdijevanja. Podešavanjem parametara modela prepostavljeni je povećanje cijene nabavke za 25% u odnosu na nabavku iz redovnih izvora. Radi se uglavnom

o pomoćnim materijalima, manje vrijednosti, čija nabavka iz alternativnih izvora ne bi trebala značajno povećati cijenu nabavke.

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51. Iz tabele se vidi da je, u ovom slučaju, vrlo malo povećanje ukupnih troškova nabavke od svega 0,10% podstaklo značajno poboljšanje ispunjenosti narudžbi sa postojećih zaliha (sa 92,07% na 96,73%). Pored toga, primjetan je nešto veći nivo sigurnosnih zaliha, dok su negativni efekti zanemarivi.

Slika 81 pokazuje kretanje nivoa zaliha gotovih proizvoda pri uslovima eksperimenta, a kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51.



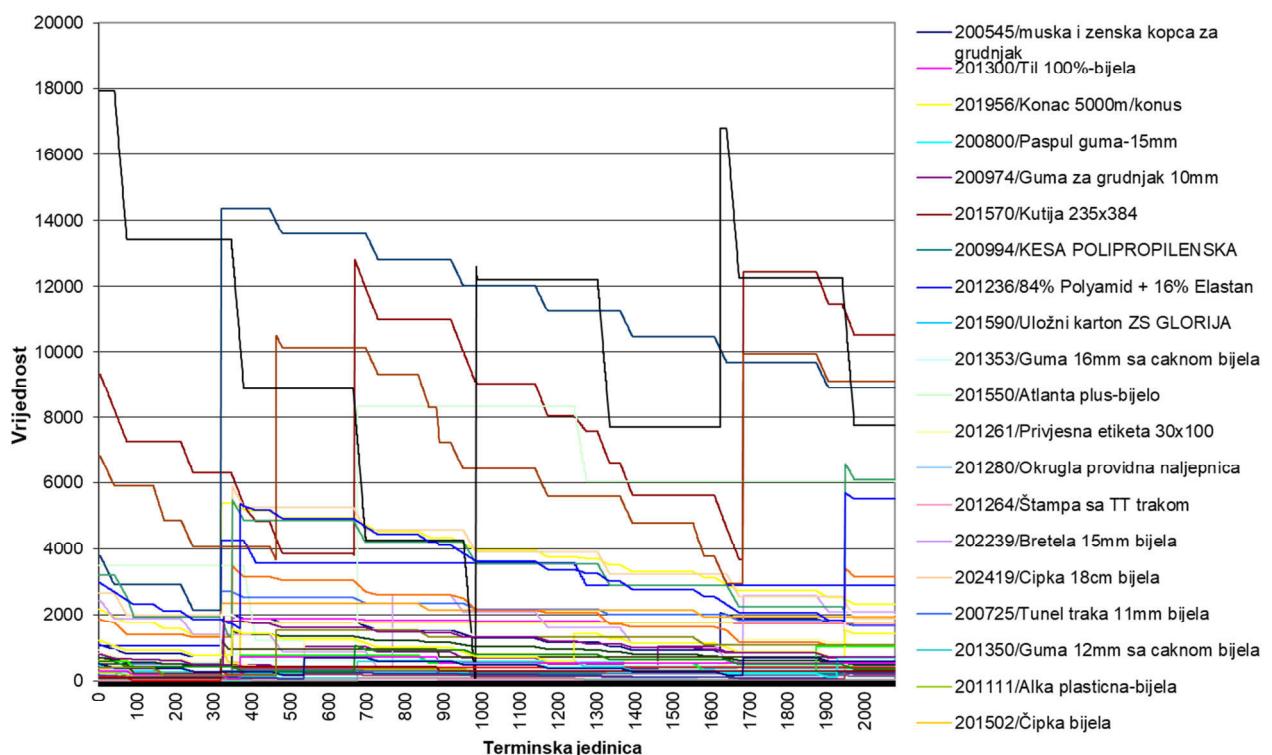
Slika 81. E.4. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

5.3.5.5 E.5. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA OPTIMIZACIJOM ZALIHA MATERIJALA

Slika 78 pokazuje da nivo zaliha pojedinih materijala u određenim intervalima vremena ima izrazito visoku vrijednost. S druge strane, nivo zaliha pojedinih materijala povremeno spada na nulu, što izaziva kašnjenje početka pojedinih naloga. Imajući u vidu navedeno, ovim se eksperimentom nastoji smanjiti nivo zaliha materijala (samo materijali sa značajnim udjelom u ukupnim zalihamama), te povećati nivo materijala zbog kojih kasni početak proizvodnje. Tako je smanjen ciljni nivo zaliha materijala 200784, 200958, 201435 i 201570,

čiji zbirno prosječan nivo zaliha iznosi 42 767,57KM ili 48% ukupnog nivoa zaliha. S druge strane, povećan je ciljni nivo zaliha materijala 200545, 20800, 201262, 201264, 201502 i 201587, čiji zbirno prosječan nivo zaliha iznosi svega 2 528,73KM, odnosno 3% ukupnog nivoa zaliha.

Rezultati eksperimenta (Tabela 51) pokazuju da je, pri ovakvoj postavci eksperimenta, postignuto značajno poboljšanje ispunjenosti narudžbi sa zaliha (sa 92,07% na 96,57%) i to bez nabavke iz alternativnih izvora. Ovo posebno dobija na značaju ako se ima u vidu da je to postignuto sa smanjenim nivoom zaliha repromaterijala (Slika 82). Iz iste tabele se vidi da je smanjen i udio radnih naloga koji kasne sa početkom zbog nedostatka materijala (2,97%), te da je značajno povećan obrt zaliha. Jedine vidljive negativne posljedice pokrenutih akcija ogledaju se u smanjenom nivou sigurnosnih zaliha.



Slika 82. E.5. Vrijednost zaliha materijala

Slika 82 pokazuje kretanje nivoa zaliha materijala pri uslovima eksperimenta, a kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51.

5.3.5.6 E.6. VARIJANTA EKSPERIMENTA SA KOMBINOVANIM DJELOVANJEM

Ideja ovog eksperimenta je da se kombinacijom prethodnih eksperimenata, tj. varijacijom parametara u više smjerova postignu bolji rezultati. Izbor kombinacija vršen je na osnovu rezultata prethodnih eksperimenata (Tabela 51), ali se vodilo računa da preduzete akcije zahtijevaju minimalna ili nikakva ulaganja. Tako je izabrana i testirana kombinacija sljedeće tri akcije:

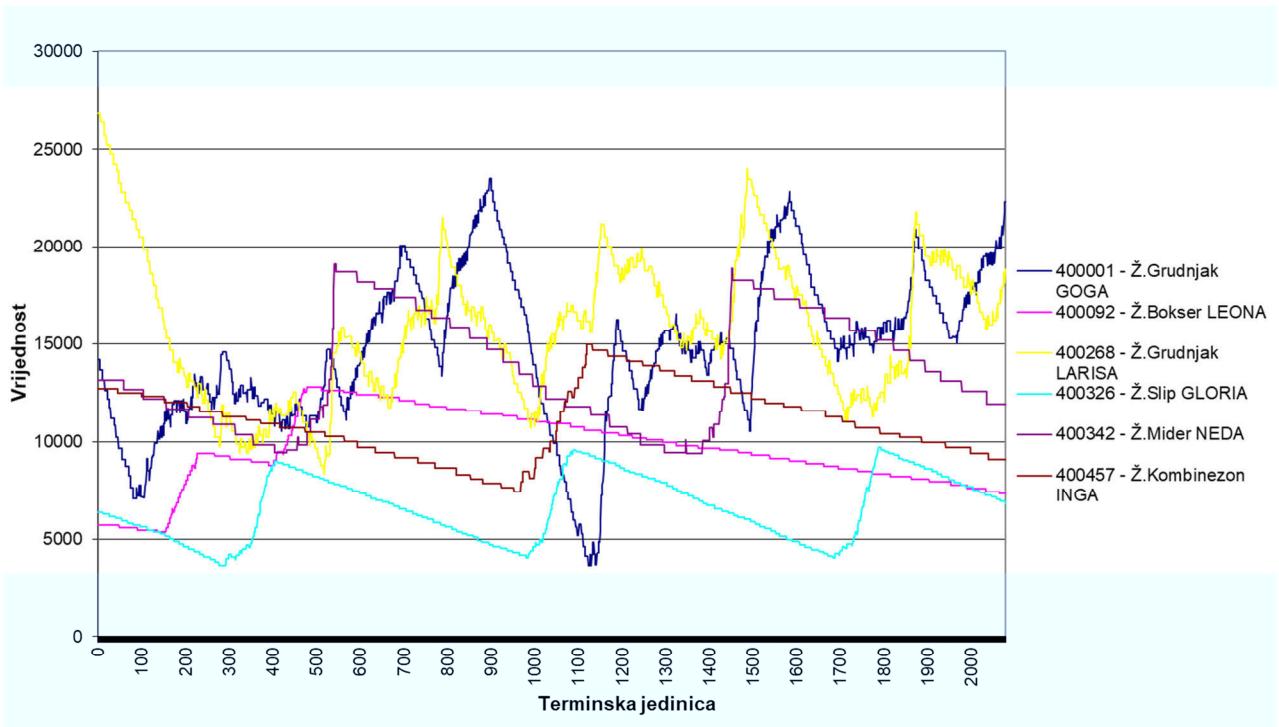
- promjena miksa proizvodne linije,
- povećanje nivoa zaliha gotovih proizvoda i
- optimizacija zaliha materijala (Tabela 50).

U praksi, lako je zamisliti ovakav scenario. Naime, proizvodni program preduzeća ima izuzetno velike sezonske varijacije, tako da bi uvijek prije početka sezone tebalo prilagoditi politike upravljanja zalihamama gotovih proizvoda i zalihamama materijala, te u okviru raspoloživih kapaciteta prilagoditi miks mašina na proizvodnim linijama.

Tabela 50. Plan izvođenja kombinovanih eksperimenata za preduzeće Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

E.6.	<u>Promjeniti miks proizvodne linije</u> Kao u eksperimentu E.3..
	<u>Povećati ciljani nivo zaliha gotovih proizvoda</u> Kao u eksperimentu E.1.
	<u>Izvršiti optimizaciju zaliha materijala</u> Kao u eksperimentu E.5.

Rezultati sprovedenog eksperimenta (Tabela 51) pokazuju da pri ovim uslovima preduzeće može postići potpuno ispunjenje zahtjeva kaupaca sa postojećih zaliha. Zbog optimizovanog sistema upravljanja zalihamama materijala, očekivano, došlo je do smanjenja prosječnog nivoa zaliha materijala i boljeg obrta zaliha. Djelimično poboljšanje iskorištenosti kapaciteta i smanjenje trajanja ciklusa proizvodnje rezultat su optimizacije miksa proizvodne linije. Ipak, najveće poboljšanje postignuto je potpunim ispunjenjem zahtjeva kupaca sa postojećih zaliha, što je direktna posljedica većeg prosječnog nivoa zaliha proizvoda (Slika 83). Naime, prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda viši je za 26% od nivoa postignutog u eksperimentu E.2. pri istoj politici upravljanja zalihamama gotovih proizvoda. Ova činjenica potvrđuje neophodnost djelovanja u više smjerova kako bi se postigla značajnija poboljšanja ponašanja sistema.



Slika 83. E.6. Vrijednost zaliha gotovih proizvoda

Kompletne mjere performansi dobijene izvođenjem ovog simulacionog eksperimenta date su u tabeli 51.

Tabela 51. Uporedne vrijednosti performansi simuliranog sistema Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

POSLOVNE PERFORMANSE	E.0.	E.1.	E.2.	E.3.	E.4.	E.5.	E.6.
↓ R Prosječan nivo zaliha gotovih proizvoda	56909,14KM	59925,39KM	56355,18KM	59836,95KM	59764,72KM	59138,46 KM	71377,85KM
↑ I Ispunjenoje narudžbi s postojećim zaliha	92,07%	96,22%	93,84%	97,62%	96,73%	96,57%	100,00%
↑ I Vrijednost realizovanih narudžbi	379788,07KM						
↑ R Iskorišćenost kapaciteta	53,57%	54,82%	53,73%	53,56%	53,55%	53,50%	55,25%
↓ I Prosječan nivo nedovršene proizvodnje	40299,99KM	48717,25KM	40280,88KM	36975,91KM	39044,50KM	40646,24 KM	42052,94KM
↓ I Trajanje ciklusa proizvodnje	2284h	2213h	2223h	2277h	2284h	2286h	2160h
↓ R Prosječan nivo zaliha materijala	89682,95KM	93520,37KM	89793,48KM	89683,38KM	89671,09KM	83025,84 KM	83324,75KM
↑ R Obrt zaliha	1,38	1,34	1,38	1,38	1,38	1,5	1,48
↓ I Procenat radnih naloga koji kasne zbog nedostatka repromaterijala	8,77%	13,13%	8,77%	8,77%	8,17%	2,97%	2,54%
PERFORMANSE FLEKSIBILNOSTI							
↑ F Fleksibilnost isporuke	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
↑ F Fleksibilnost rasporeda poslova u proizvodnji	NE	NE	DA	NE	NE	NE	NE
↑ F Alternativni izvori snabdijevanja	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%
↓ F Dodatni troškovi snabdijevanja iz alternativnih izvora	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%
↑ F Nivo sigurnosnih zaliha	65429,94 KM	84922,08 KM	65833,14 KM	65429,94 KM	67034,39 KM	61038,73 KM	65037,06 KM

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

6.1. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Preduzeće Vigmelt d.o.o. Banja Luka

Posmatrano preduzeće, iako male veličine, posluje u izuzetno složenim uslovima. Sa vrlo malim brojem radnika, uz vrlo ograničena materijalna i finansijska sredstva, nastoji zadovoljiti zahtjeve kupaca ponudom proizvoda iz širokog proizvodnog programa. Izvođenje simulacionog eksperimenta, sa parametrima usklađenim sa tekućim uslovima poslovanja, pokazalo je da preduzeće, u stvarnosti, ima velike probleme da pravovremeno odgovori na potražnju kupaca. Problem je izražen kako kod proizvoda iz standardnog proizvodnog programa tako i kod proizvoda koji se izrađuju po narudžbi.

Varijacijom parametara modela i izvođenjem eksperimenata, testirani su različiti prijedlozi za poboljšanja performansi preduzeća. Analizom eksperimenata je testirano kako bi odgovarajuće upravljačke odluke, predložene da poboljšaju performanse izlaza iz lanaca snabdijevanja, uticale na ostale performanse lanaca snabdijevanja. Rezultati izvedenih eksperimenata pokazali su ograničena poboljšanja performansi lanaca snabdijevanja uz, po pravilu, uvijek prisutne i negativne uticaje na druge performanse (Tabela 35 i Tabela 37).

Prijedlozi koji su dali najbolje rezultate, nažalost zahtjevaju i najveća ulaganja u resurse. Na primjer, povećanjem kapaciteta (E.4.) postignute su najbolje performanse, ali bi sprovođenje ove mjere iziskivalo značajna finansijska sredstva (nabavka mašina, proširenje proizvodnog pogona i zapošljavanje dodatnih radnika). Slično, eksperimenti su pokazali da bi se skraćenjem vremena razvoja proizvoda (E.3.) značajno poboljšale performanse izlaza iz lanaca snabdijevanja, ali bi sprovođenje ove mjere u praksi zahtjevalo zapošljavanje dodatnih radnika. Na kraju, mjera povećanja zaliha gotovih proizvoda (E.1.), povećanjem signalne i maksimalne količine u skladištu, koja je takođe pokazala dobre rezultate, ima za posljedicu povećane troškove održavanja tih zaliha (dodatni skladišni prostori, obrtna sredstva zamrzнута u obliku zaliha i slično). U svakom slučaju ovo nisu kratkoročne mjere, već su ovo mjere koje bi preduzeće trebalo razmotriti pri dugoročnom planiranju svoga poslovanja.

Eksperimenti su pokazali da prijedlozi koji ne zahtjevaju velika ulaganja daju i skromnija poboljšanja. Tako su eksperimenti sa smanjenjem veličine serije (E.2.), primjenom

pravila prioriteta (E.5.) i sa nabavkom iz alternativnih izvora (E.6.) pokazali manja, uglavnom lokalna poboljšanja. Tek njihovom kombinacijom (E.7.) dobijeni su nešto bolji rezultati. Ipak treba imati u vidu da su predložene mjere relativno jednostavne za sprovođenje u praksi, i kao takve spadaju u grupu kratkoročnih mjer za poboljšanje.

Preduzeće Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka

Drugi primjer je pokazao da je moguća primjena razvijenog modela upravljanja lancima snabdijevanja i u tekstilnim preduzećima, bez obzira na značajne razlike u načinu organizaovanja i primjenjenim tehnologijama u odnosu na preduzeća iz oblasti prerade metala. Tako je u ovom radu, na primjeru preduzeća Exclusive-lingerie, pokazano da primjenom koncepta upravljanja lancima snabdijevanja tekstilna preduzeća potencijalno mogu poboljšati partnerske odnose sa klijentima, smanjiti troškove i generalno efikasnije uslužiti kupca. Iako je fokus istraživanja bio na samom preduzeću, jasno je da i spoljašnji faktori igraju značajnu ulogu u oblikovanju konačnih rješenja koja će biti primjenjena.

Osnovni cilj upravljanja lancima snabdijevanja, za posmatrano preduzeće, prestavlja zahtjev za ispunjenja narudžbi kupaca sa postojećih zaliha. Izvođenje eksperimenta sa trenutnim postavkama preduzeća pokazalo je da je preduzeće u stanju da to izvrši u 92% slučajeva. Iako na prvi pogled ovaj rezultat izgleda dobro, u stvarnosti ovo može značiti gubitak prodaje pa čak i trajni gubitak kupca. Zato su testirani različiti prijedlozi za poboljšanje prije svega ove performanse preduzeća. Testirani prijedlozi ne zahtijevaju značajna ulaganja preduzeća u resurse, lako su sprovodivi u djelo, ali su i rezultati simulacije pokazali skromna poboljšanja uz, po pravilu, uvijek prisutne i negativne uticaje na druge performanse (Tabela 51). Tako su prvo testirane mjere povećanja nivoa zaliha gotovih proizvoda, optimizacije miksa proizvodne linije, nabavke iz alternativnih izvora i optimizacije zaliha materijala. Ove mjere su podigle nivo ispunjenosti narudžbi sa zaliha, ali i dalje ne na prihvatljiv nivo (najviše 97,62% sa optimizacije miksa proizvodne linije). Tek kombinacijom mjer (varijanta eksperimenta sa kombinovanim djelovanjem) postignuto je potpuno ispunjenje narudžbi sa zaliha. Rezultati eksperimenta ukazuju da, s obzirom da su predložene mjere jednostavne za sprovođenje u praksi, preduzeće uvijek može prilagoditi miks proizvodne linije i politike upravljanja prema predviđenim sezonskim varijacijama.

Na osnovu navedenog, te analizom sprovedenih eksperimenata, može se zaključiti da nije uvijek moguće pronaći skup promjena parametara modela koji će rezultovati istovremenim poboljšanjem svih mjeri performansi preduzeća. Stoga je moguće pronaći samo onaj skup promjena koji će performanse lanca snabdijevanja usmjeriti prema željenom

(ciljnom) nivou. Izbor varijante parametara lanca snabdijevanja treba da uzme u obzir i mogućnosti preduzeća (npr. da proširi kapacitete) kao i finansijske, kadrovske i marketinške politike preduzeća. Stoga, tabele 35, 37 i 51 daju samo smjernice za poboljšenje mjera performansi, kako bi se one dovele bar na prihvatljiv nivo.

6.2. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Istraživanja obuhvaćena ovim radom imala su za cilj ispitati moguće pravce unapređenja performansi malih i srednjih preduzeća proizvodne djelatnosti primjenom metoda simulacije njihovih lanaca snabdijevanja. Pri tome je pored poslovnih performansi, posebna pažnja posvećena performansama fleksibilnosti malih i srednjih preduzeća. Naime, potreba za postizanjem fleksibilnosti proizvodnih preduzeća uslovljena je postojanjem neizvjesnosti u njihovom poslovanju. Dalja istraživanja su potvrdila značajnu vezu između upravljanja lancem snabdijevanja, fleksibilnosti preduzeća i poslovnih performansi. Pri tom je utvrđeno postojanje velike korelacije između poslovnih performansi preduzeća i performansi fleksibilnosti. Pokazalo se da u neizvjesnom okruženju, tipičnom za proizvodna mala i srednja preduzeća, tradicionalni sistemi za mjerjenje performansi, koji obično sadrže samo finansijske mjere performansi, ne pružaju dovoljno informacija neophodnih za upravljanje. U radu je razvijen složen sistem mjerjenja performansi koji u sebi sadrži mjere izlaza, mjere resursa i mjere flaksibilnosti. Time je svrha upravljanja lancem snabdijevanja proširena, tako da je sada, pored postizanja efikasnosti i efektivnosti, za cilj postavljeno i postizanje odgovarajuće fleksibilnosti koja prestavlja ključ za postizanje konkurentske prednosti u neizvjesnom okruženju.

Odabrani pristup problemu i sprovedeni eksperimenti potvrđili su postavljene hipoteze ovog rada, i to:

H1. Modeliranje i simulacija različitih varijanti odluka menadžera prilikom regulisanja procesa rada može poslužiti za poređenje različitih alternativa i određivanje vrijednosti varijabli sistema koje daju najpoželjniji nivo performansi.

Predstavljeni model izrađen je kao dinamična i čvrsto povezana cjelina s jasno definisanim odnosima s okolinom. Kao takav, pored osnovnih elemenata procesa lanca snabdijevanja, model sadrži i pravila ponašanja i odlučivanja te jasno definisane mjere performansi. Jednostavnom promjenom parametara modela, moguće je simulirati ponašanje posmatranog sistema, a praćenjem rezultata simulacije predvidjeti

ponašanje sistema pod određenim uslovima. Tako se u praksi primjenjena metodologija može koristiti za iznalaženje rješenja različitih problema pri upravljanju preduzećima i njihovim lancima snabdijevanja. Ipak da bi to bilo moguće, neophodno je izvršiti integraciju modela predviđanja potražnje sa modelom za simulaciju. Neophodno je da model predviđanja potražnje podržava različite oblike trenda potražnje, kao i elemente varijacija u poslovnom okruženju. Kao osnova za izgradnju ovakvog modela uvijek mogu da posluže podaci o prodaji u prethodnim vremenskim periodima, procjenjenim trendovima prodaje, ugovorenim poslovima i planovima preduzeća.

H2. Povećanjem fleksibilnosti svojih lanaca snabdijevanja, proizvodni sistemi mogu povećati svoju konkurentnost kroz podizanje nivoa performansi sa jedne strane i smanjenje troškova procesa sa druge strane.

Tradicionalno, cilj upravljanja lancima snabdijevanja je postizanje njihove efikasnosti i efektivnosti, pa su i sistemi za merenje performansi lanaca snabdijevanja obično obuhvatili samo mjere resursa i mjere izlaza. Zaista, na osnovu ovih mjeru, može se utvrditi u kojoj mjeri lanac snabdijevanja koristi resurse efikasno i proizvodi željeni rezultat. Međutim, lanci snabdijevanja funkcionišu u neizvjesnom okruženju (promjenljiva potražnja, otkazi opreme, kašnjenja isporuke, oscilacije u procesu proizvodnje i sl.), te u takvom okruženju, fleksibilnost prestavlja ključ za održavanje efikasnosti i efektivnosti lanca snabdijevanja. Stoga, sposobnost da se prilagodi promjenama na tržištu predstavlja jedan od najvažnijih uslova za opstanak lanaca snabdijevanja u poslovnom okruženju. U ovom radu je analitički, kroz sprovedene eksperimente, pokazana velika korelacije između poslovnih performansi preduzeća i performansi fleksibilnosti. Kroz eksperimente je posebno pokazana korelacija poslovnih performansi sa performansama fleksibilnosti isporuke, fleksibilnosti novog proizvoda i fleksibilnosti snabdijevanja.

H3. Praćenjem i mjeranjem performansi poslovnih procesa preduzeća uz izbor odgovarajućih odluka primjenom tehnike modeliranja i simulacije moguće je podizati efikasnost i efektivnost proizvodnih sistema.

U zavisnosti od vremenskog horizonta, razvijeni model se može koristiti za iznalaženje rješenja različitih problema upravljanja procesima malih i srednjih preduzeća i time podizati nivo efikasnosti i efektivnosti istih. Izvođenje eksperimenta nad realnim sistemom može da posluži kao podrška procesu donošenja odluka. Pri tom

se prepostavljena podrška odnosi kako na dugoročne odluke (proširenje kapaciteta, politika upravljanja zalihami, izmjena i proširenje proizvodnog programa, nova zapošljavanja, definisanje dugoročnih odnosa sa kupcima i dobavljačima, outsourcing i druge), tako i na kratkoročne odluke (izmjena rasporeda poslova, alternativna rješenja, raspoređivanje zaliha i slično).

6.3. PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

Razvoj modela za simulaciju izvršen je primjenom standardne metodologije (sistemska dinamika) koja čini model otvorenim u smislu dalje nadogradnje. Programska aplikacija je urađena u poznatom razvojnem okruženju, tako da postoje dobre mogućnosti za njenu nadogradnju i proširenje. Pored toga, moguće je ostvariti vezu i s drugim programskim paketima (import podataka iz različitih baza podataka, prezentacija i eksport podataka i sl.). Modularni pristup izgradnji modela koji podrazumijeva izgradnju modela iz zasebnih cjelina (modula), gdje svaka cjelina ima svoj cilj, pravila odlučivanja i mjere performansi, uveliko olakšava dalji razvoj predstavljenog modela.

Izvršeni eksperimenti su dali smjernice za moguću primjenu razvijenog metoda modeliranja i simulacije u malim i srednjim preduzećima i to na prihvatljiv način. Ipak, razvijeno rješenje je ukazalo i na potrebu daljeg poboljšanja modela. Dalja istraživanja trebalo bi da se usmjere u nekoliko pravaca, i to:

- Integracija menadžment informacionih sistema i simulacionih modela kako bi se omogućila veća primjena simulacije pri donošenju odluka zasnovanih na informacijama (prikljjenim iz informacionog sistema) i predviđanjima zasnovanim na rezultatima simulacionog postupka;
- Mogućnostima unapređenja razvijenog modela, povećanjem nivoa detaljnosti modela (uključivanjem većeg broja parametara poremećaja kao što su kašnjenja narudžbi, otkaz maštine, škart u proizvodnji i problemi u isporuci) i praćenjem dodatnih mjera performansi (troškovi, mjere isporučilaca, zadovoljstvo kupaca i sl.).
- Ispitivanje fleksibilnosti radne snage postaje sve više važno. Naime, u vrijeme definisanja i sprovođenja istraživanja, proizvodna preduzeća u Republici Srpskoj nisu imala bitno izražen problem nedostatka radne snage. Međutim, današnji trend masovnog odlaska radne snage u inostranstvo pred ova preduzeća postavlja novi izazov. Tako da, čak i kada su u mogućnosti da obezbjede proširenje kapaciteta radi

zadovoljenja zahtjeva kupaca, nedostatak i fluktuacija radne snage izuzetno negativno utiču na postignute poslovne performanse.

LITERATURA

- [1] Eurobarometer Team of the European Commission, (2007). Observatory of European SMEs, *Flash Eurobarometer*, No. 196, Budapest, European Comission
- [2] Vlada Republike Srpske, (2016). *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj za period 2016-2020*, Banja Luka
- [3] *Zakon o podsticanju razvoja malih i srednjih preduzeća* (Službeni glasnik RS, broj 50/13)
- [4] *Statistički godišnjak Republike Srpske*, (2018). Republika Srpska, Republički zavod za statistiku, Banja Luka, preuzeto sa <http://www.rzs.rs.ba/> (14.06.2018)
- [5] *Godišnji izvještaj o stanju MSP u Republici Srpskoj za 2018. godinu*, (2019) Vlada Republike Srpske, Banja Luka, preuzeto sa <http://www.rars-msp.org/sr-Cyrillic/publikacije/izvjestaj/> (14.06.2018)
- [6] Thoo, A. C.; Abu Bakar, A.H.; Amran, R.; Rohaizat, B. (2012). Adoption of supply chain management in SMEs, *International Congress on Interdisciplinary Business and Social Science, ICIBSoS 2012, Procedia - Social and Behavioral Sciences* 65, 614 – 619
- [7] Pavlović, N. (2009). Uticaj malih preduzeća na privredni rast, *Razvoj i upravljanje*, br. 3, 40–43
- [8] Ožegović, L., Pavlović, N. (2012). Menadžment malih i srednjih preduzeća nosilac razvoja privrede, *Škola biznisa*, Broj 1/2012, 74-84
- [9] Drugi naučno-stručni skup "Menadžment u industriji", Kruševac, preuzeto sa <http://www.indmanager.edu.rs/site/pdf/b-2.pdf> (12.05.2017)
- [10] Mitrović, V. (2007). *Istraživanje karakteristika procesa u malim i srednjim preduzećima i razvoj modela za ocjenu parametara njihove uspješnosti*, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [11] Dragić, M. (2010). *Optimizacija lanaca snabdijevanja proizvodnih sistema primjenom metoda simulacije*, Magistarski rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina
- [12] Vlajić, J.; Vidović, M.; Miljuš, M. (2005). Supply chains –defining and performances, *The International Journal of TRANSPORT & LOGISTICS*, 09/05, 85-112
- [13] Sorak, M.; Dragic M. (2013). Supply Chain Management of Small and Medium-Sized Enterprises, Katalinic, B., Tekic, Z. (Eds.), *DAAAM International Scientific Book 2013*, DAAAM International, Vienna, 951-968, doi:10.2507/daaam.scibook.2013.59

- [14] Stewart, G. (1995). Supply chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence, *Logistics Information Management*, Vol. 8, No. 2, pp. 38-44.
- [15] Beamon, M. B. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55, 281 – 294
- [16] Mentzer, J.T.; DeWitt, W.; Keebler, J. S.; Min, S. (2001). Defining supply chain management, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, 1 – 26
- [17] Min, H.; Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future, *Computers & Industrial Engineering*, 43, 231-249
- [18] Chan,F. T. S.; Chan, H. K. (2006). A simulation study with quantity flexibility in a supply chain subjected to uncertainties, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19, No. 2, 148 – 160
- [19] Wallace J.H. (2007). *Supply Chain Science*, 3th edition, McGraw-Hill Education
- [20] Pienaar, W. (2009). *Introduction to Business Logistics*, 1th edition, Oxford University, Southern Africa
- [21] Lambert, D. M.; Cooper, M.C.; Pagh, J.D. (1998). Supply Chain Management: Implementation issues and research opportunities, *International Journal of Logistics Management*, 9 (2): 1-19 DOI:10.1108/09574099810805807
- [22] Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E. (2003). *Designing and Managing the supply chain Concepts, Strategies and Case studies*, McGraw-Hill Publishing, New York
- [23] Hensher, D. A.; Brewer, A. M. (2004). *Transport and economics and management perspective*, Oxford University Press.
- [24] Grant, D.; Lambert, D.; Stock, J.; & Ellram, L. (2006). *Fundamentals of Logistics Management*, european Edn. Berkshire: McGraw-Hill Book Co.
- [25] Council of Supply Chain Management Professionals. CSCMP's Definition of Supply Chain Management, preuzeto sa <https://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions> (12.05.2017)
- [26] Rushton, A.; Oxley, J. (1989). *Handbook of Logistics and Distribution Management*, Kogan Page Ltd., London
- [27] Gunasekaran A.; Patelb C.; Ronald E. M. (2004). A framework for supply chain performance measurement, *Int. J. Production Economics*, Vol. 87, 333–347.
- [28] Maskell, B.H. (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing*, Productivity Press, Inc., Portland

- [29] Kaplan, R. S.; Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard - measures that drive performance, *Harvard Business Review*, 70(January-February), 71–79
- [30] Hofmann, C. (2001). *Balancing Financial and Non-Financial Performance Measures*, University of Hanover , Hanover, Germany
- [31] Christopher D. I.; David F. L. 2003, Coming Up Short on Nonfinancial Performance Measurment and What Doesn't, *Harvard Business Review*, November 2003
- [32] Stewart, G.; (1995). Supply chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence, *Logistics Information Management*, 8 (2), 38–44
- [33] Shepherd, C.; Gunter, H. (2006). Measuring supply chain performance: current research and future directions, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4): 242-258
- [34] Theeranuphattana, A.; Tang, J.C.S. (2008). A conceptual model of performance measurement for supply chains: Alternate considerations, *Journal of Manufacturing Technology Management* , 19(1): 125-148
- [35] Dragić, M.; Sorak, M. (2016). Simulation for Improving the Performance of Small and Medium Sized Enterprises, *International Journal of Simulation Modelling*, 15 (4), 581-770
- [36] Kaplan, R.; Norton, D. (1996). *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System*, Harvard Business Review
- [37] Kaplan, R.; Norton. D. (2003). *The Strategy Focused Organization*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts
- [38] Hubbard, G. (2009). Measuring organizational performance: beyond the triple bottom line, *Business Strategy and the Environment*, Vol.18 No. 3, 177-191
- [39] Diabat, A.; Govindan, K. (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.55 No. 6, 659-667
- [40] Varsei, M.; Soosay, C.; Fahimnia, B.; Sarkis, J. (2014). Framing sustainability performance of supply chains with multidimensional indicators, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 19 No. 3, 242-257
- [41] Fletcher, G.; Greenhill, A.; Griffiths, M.; McLean, R. (2016). The social supply chain and the future high street, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 21 Issue: 1, pp.78-91, <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2014-0154>

- [42] Shukla, A. C.; Deshmukh, S. G.; Kanda A. (2010). Flexibility and Sustainability of Supply Chains: Are They Together? *Global Journal of Flexible Systems Management*, Vol.11, Nos.1 & 2, 25-38
- [43] Beamon, B.M. (1999). Measuring supply chain performance, *International Journal of Operations and Production Management*, 19(3), 275-292
- [44] Dragić, M.; Sorak, M.; Tanasić, Z.; Stančić, M.; Ružičić, B. (2015). Lanci snabdijevanja domaćih tekstilnih preduzeća: Struktura lanca, *Zbornik radova - V Međunarodni kongres: Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji*, Jahorina, 1666 – 1679
- [45] Tarasewicz, R. (2016). Integrated aproach to supply chain performance measurement – results of the study on Polish market, *Transportation Research Procidia*, 14, 1433-1442
- [46] Lee, H.L.; Billington, C., (1992). Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities, *Sloan Management Review*, Spring 1992, 65-73
- [47] Cvetić, B.; Vasiljević, D.; Ilić, O. (2011). Poređenje tri modela za mjerjenje performansi lanca snabdijevanja, *SPIN'11 VIII Skup privrednika i naučnika*, Beograd, 350-357
- [48] Dragić, M.; Sorak, M. (2017). The Simulation Process in Small and Medium Enterprises: Decision-making Support, *Proceedings of the IX International Conference "Heavy Machinery-HM 2017"*, Zlatibor, B.29 – B.35
- [49] Macchion, L.; Fornasiero, R.; Vinelli, A. (2017). Supply chainconfigurations: a model to evaluate performance in customised productions, *International Journal of Production Research*, Vol. 55 (5), 1386-1399, doi:10.1080/00207543.2016.1221161
- [50] Stadler, H.; Kilger, C. (2002). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Cocepts, Models, Software and Case Studies*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- [51] Ilkka Sillanpää, Pekka Kess, (2011). Supply Chain Performance Measurement Framework for Manufacturing Industries – A theoretical approach, *Proceedings of the 12th Management International Conference*, Portorož, Slovenia, 23–26 November 2011, 801-823
- [52] Sayedeh, P. S.; Saudah S.; Parvan, S. (2015). How does corporate social responsibility contribute to firm financial performance? The mediating role of competitive advantage, reputation, and customer satisfaction, *Journal of Business Research*, 68(2), 341-350, doi: 10.1016/j.jbusres.2014.06.024

- [53] Mathe, K.; Scott-Halsell, S.; Roseman, M. (2016). The Role of Customer Orientation in the Relationship Between Manager Communications and Customer Satisfaction, *Journal of Hospitality & Tourism Research*, Vol 40, Issue 2, 198–209
- [54] Rubera, G.; Kirca, A.H. (2017). You gotta serve somebody: the effects of firm innovation on customer satisfaction and firm value, *Journal of the Acad. Mark. Sci.*, Volume 45, Issue 5, 741–761. <https://doi.org/10.1007/s11747-016-0512-7>
- [55] Esmaeilikia, M.; Fahimnia, B.; Sarkis, J. (2016). Tactical supply chain planning models with inherent flexibility: definition and review, *Annals of Operations Research*, Volume 244, Issue 2, 407–427. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1544-3>
- [56] Yueru, Z. (2015). *Flexibility assessment and management in supply chain: a new framework and applications*, doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris, preuzeto sa <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01157143> (12.07.2018)
- [57] Angkiriwang, R.; Pujawan, N. I.; Santosa, B. (2014). Managing uncertainty through supply chain flexibility: reactive vs. proactive approaches, *Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal*, Vol. 2:1, 50-70, <http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2014.882804>
- [58] Osman, H.; Demirli, K. (2012). Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time, *International Journal of Production Economics*, 135, 299–307
- [59] Van Kampen, T. J.; Van Donk, D. P.; Van der Zee, D.J. (2010). Safety stock or safety lead time: Coping with unreliability in demand and supply, *International Journal of Production Research*, 48, 7463–7481
- [60] Wang, C.; Liu, X. B.; Zhao, G. Z.; Chin, K. O. (2014). Multi-objective integrated production planning model and simulation constrained doubly by resources and materials, *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 13, No. 2, 243-254, doi:10.2507/IJSIMM13(2)CO10
- [61] Pujawan, I. N., & Smart, A. U. (2012). Factors affecting schedule instability in manufacturing companies, *International Journal of Production Research*, 50, 2252–2266
- [62] Seebacher, G.; Winkler, H. (2013). A Citation Analysis of the Research on Manufacturing and Supply Chain Flexibility, *International Journal of Production Research*, 51-11, 3415-3427, doi:10.1080/00207543.2013.774483
- [63] Vickery S.; Calantone, R.; Droke, C. (1999). Supply Chain Flexibility: An Empirical Study, *Journal of Supply Chain Management*, 35(3):16-24

- [64] Beamon, M. B. (2008). Sustainability and the Future of Supply Chain Management, *Operations And Supply Chain Management*, Vol. 1, No. 1, 4-18
- [65] Stevenson, M.; Spring, M. (2007). Flexibility from a supply chain perspective: definition and review, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 27 Iss: 7, 685 – 713
- [66] Li Quanxi, Qi Yibing and Zhao Wanchen (2011). Research on Measurement and Evolutionary Mechanisms of Supply Chain Flexibility, Prof. Dr. Md. Mamun Habib (Ed.), *Supply Chain Management - Applications and Simulations*, ISBN: 978-953-307-250-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/supplychain-management-applications-and-simulations/research-on-measurement-and-evolutionary-mechanisms-of-supply-chain-flexibility> (12.05.2017.)
- [67] Arawati A. (2011). Supply Chain Management, Supply Chain Flexibility and Business Performance, *Journal of Global Strategic Management* , 09 / 2011, 134-145
- [68] Zhigang,F.; Dong, W.; Xiaobo, Wu. (2013). Proactive and reactive strategic flexibility in coping with environmental change in innovation, *Asian Journal of Technology Innovation*, 21:2, 187-201, doi: 10.1080/19761597.2013.866316
- [69] Parker, R.P.; Wirth, A. (1999). Manufacturing flexibility: Measures and relationships, *European Journal of Operational Research*, 118 (3), 429–449
- [70] Metternich, J.; Bolhof, J.; Seifermann, S.; Beck, S. (2013). Volume and Mix Flexibility Evaluation of Lean Production Systems. *Procedia CIRP* 9 (2013), 79 – 84, doi: 10.1016/j.procir.2013.06.172
- [71] Farok, G. M. G. (2015). Mathematical Modeling for Measures of Supply Chain Flexibility, *Journal of Mechanical Engineering*, Vol 45, No 2 (2015), 96-117 doi:10.3329/jme.v45i2.28977
- [72] Karuppan, C.M., Kepes, S. (2006). The strategic pursuit of mix flexibility through operators' involvement in decision making, *International Journal of Operations & Production Management*, 26(9), 1039-1064
- [73] Jiri, C.; Nils, R.; Mieghem, V.; Jan, A. (2012). Mix, Time, and Volume Flexibility: Valuation and Corporate Diversification, *Review of Business and Economic Literature*, 57 (3), 262-282, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1445629>
- [74] Tachizawa, E.M.; Cristina Gimenez, C. (2009). Assessing the effectiveness of supply flexibility sources: An empirical research, *International Journal of Production Research*, 47 (20), 5791-5809

- [75] Gosling, J. (2009). Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection, *International Journal of Production Economics*, 1/09, doi:10.1016/j.ijpe.2009.08.029
- [76] Pei, P. P.-E.; D. Simchi-Levi, D.; Tunca, T.I. (2011). Sourcing Flexibility, Spot Trading, and Procurement Contract Structure, *Operations Research*, 59.3, 578–601
<https://doi.org/10.1287/opre.1100.0905>
- [77] Anderson, E.; Chen, B.; Shao, L. (2017). Supplier Competition with Option Contracts for Discrete Blocks of Capacity, *Operations Research*, 65(4), 952-967.
[https://doi.org/10.1287/opre.2017.1593.](https://doi.org/10.1287/opre.2017.1593)
- [78] Shakeel, M.; Jajja, S.; Kannan, V. R.; Shaukat, A. B.; Syed, Z. H. (2017). Linkages between firm innovation strategy, suppliers, product innovation, and business performance: Insights from resource dependence theory, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 37 Issue: 8, 1054-1075,
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2014-0424>
- [79] Stratton, R; Warburton, R.D.H. (2003). The strategic integration of agile and lean supply, *International Journal of Production Economics*, 85(2), 183-198
- [80] J. Petersena, K. J.; Handfieldb, R. B.; Ragatz, G. L. (2005). Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design, *Journal of Operations Management*, 23/2005, 371–388
- [81] Committee on Supply Chain Integration, Surviving Supply Chain Integration, Strategies for Small Manufacturers, National Academy Press 2011 Constitution Avenue, N.W. Washington, DC, from <https://www.nap.edu/read/6369/chapter/1> (17.11.2017.)
- [82] Kirst, F. (2008). *Switching integrated suppliers: a multiple case analysis of supplier switches in an industrial context*, doctoral dissertation, Universität St. Gallen, from <http://www.worldcat.org/title/switching-integrated-suppliers-a-multiple-case-analysis-of-supplier-switches-in-an-industrial-context/oclc/268835574> (17.11.2017.)
- [83] Lavastre, O.; Gunasekaran, A.; Spalanzani, A. (2014). Effect of firm characteristics, supplier relationships and techniques used on Supply Chain Risk Management (SCRM): an empirical investigation on French industrial firms, *International Journal of Production Research*, 52(11), 3381-3403
- [84] Lee, H.L. (2002). Aligning supply chain strategies with product uncertainties, *California Management Review*, 44(3), 105-119

- [85] Dragić, M.; Sorak, M. (2017). Informacioni sistemi u lancima snabdijevanja tekstilnih preduzeća, *Zbornik radova sa XI Savjetovanje hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, Banja Luka, 466-474
- [86] Topolsek, D.; Lipicnik, M.; Gajsek, B. (2009). The Importance of Internal Integration for a Successful External Integration of the Supply Chain, *Business Logistics in Modern Management*, vol. 9, 45-54
- [87] Aishah1, T. N.; Pyeman, J.; Tajuddin, R. M. (2013). Integration of the Internal Supply Chain Management (SCM) towards Long Run Competitiveness, *Management 2013*, 3 (1), 12-15, doi: 10.5923/j.mm.20130301.03
- [88] Arts, J.; Basten, R.; Van Houtum G.-J. (2016). Repairable Stocking and Expediting in a Fluctuating Demand Environment: Optimal Policy and Heuristics, *Operations Research*, 64(6), 1285–1301. <http://dx.doi.org/10.1287/opre.2016.1498>
- [89] Winkler, H.; Seebacher, G. (2011). The Flexible Design of Supply Chains, Editors: W. Kersten, T. Blecker, C. Jahn, In book: *International Supply Chain Management and Collaboration Practices*, Publisher: EUL Verlag, 213-235
- [90] Quayle, M. (2003). A study of supply chain management practices in UK industrial SMEs, *Supply Chain Management – An International Journal*, Vol. 8 No. 1, 79-86
- [91] Thakkar, J.; Kanda, A.; Deshmukh, S. (2008). Supply chain management in SMEs: development of constructs and propositions, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Vol. 20 No. 1, 97-131, <http://dx.doi.org/10.1108/13555850810844896>
- [92] O’Gorman, C. (2001). The sustainability of growth in small- and medium-sized enterprises, *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, Vol. 7 No. 2., 60-70
- [93] Meehan, J.; Muir, L. (2008). SCM in Merseyside SMEs: benefits and barriers, *The TQM Journal*, Vol. 20 No. 3, 223-232
- [94] Ritchie, B.; Brindley, C. (2000). Disintermediation, disintegration and risk in the SME global supply chain, *Management Decision*, Vol.38/No.8, 575-583. <https://doi.org/10.1108/00251740010378309>
- [95] Hall, J. S. B. (2010). *Corporate Cartooning: The Art, Science and Craft of Computer Business Simulation Design*, Hall Marketing, London (England), from <http://www.simulations.co.uk> (25-07-2017)
- [96] Tako, A.A.; Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context, *Decision Support Systems*, Vol. 52 (4), 802–815

- [97] Rajkov, M.; Radenković, B. (1995). *Simulacija u poslovnom odlučivanju*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
- [98] Jeremy,J.S.B. (2010). *Corporate Cartooning: The Art, Science and Craft of Computer Business Simulation Design*, from <http://www.simulations.co.uk> (12.09.2017)
- [99] Özbayrak, M.; Papadopoulou, T.C.; Akgun, M. (2007). Systems dynamics modelling of a manufacturing supply chain system, *Simulation Modelling Practice & Theory*, Vol. 15 (10), 1338-1355
- [100] Špicar, R. (2014). System Dynamics Archetypes in Capacity Planning, *Procedia Engineering*, Volume 69, 1350-1355, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.128>
- [101] <http://sysdyn.simantics.org/>
- [102] <http://vigmelt.com>
- [103] Skakić, N. (2001). *Teorija vjerovatnoće i matematička statistika*, Naučna knjiga, Beograd
- [104] Dragić, M.; Sorak, M.; Gojković, P. (2004). Istraživanje problema upravljanja potražnjom u industrijskim sistemima. *Zbornik radova sa IPOM 2004*, Doboј, BiH, 93-97
- [105] Sorak, M.; Dragić, M. (2005). Istraživanje problema procjene trenda prodaje u industrijskim sistemima. *Lider*, 1-2.2005, 45-79
- [106] <http://www.exclusive-lingerie.rs.ba>

PRILOZI

Svi prilozi se nalaze u elektronskom obliku, na CD-u koji je priložen uz ovaj rad.

Prilog 1: PG SQL Baza podataka (db_simulacija_vigmelt.backup)

Prilog 2: PG SQL Baza podataka (db_simulacija_exclusive.backup)

Prilog 3: Termin plan pristizanja narudžbi kupaca preduzeća Vigmelt d.o.o. Banja Luka
(Termin_plan_pristizanja_narudzbi_kupaca_Vigmelt.xls)

Prilog 4: Termin plan pristizanja narudžbi kupaca preduzeća Exclusive-lingerie d.o.o. Banja Luka (Termin_plan_pristizanja_narudzbi_kupaca_Exclusive.xls)

Prilog 5: Rezultati eksperimenata u preduzeću Vigmelt d.o.o Banja Luka

- Termin plan proizvodnje (E#_termin_plan.xls)
- Iskorištenje kapaciteta po terminskim jedinicama (E#_iskoristenje_kapaciteta.xls)
- Zalihe materijala (pojedinačno) po terminskim jedinicama (E#_ZaliheMAT.xls)
- Zalihe materijala (zbirno) po terminskim jedinicama (E#_ZaliheMAT_zbirno.xls)
- Zalihe gotovih proizvoda po terminskim jedinicama (E#_ZaliheGP.xls)

Prilog 6: Rezultati eksperimenata u preduzeću Exclusive-lingerie d.o.o Banja Luka

- Termin plan proizvodnje (E#_termin_plan.xls)
- Iskorištenje kapaciteta po terminskim jedinicama (E#_iskoristenje_kapaciteta.xls)
- Zalihe materijala (pojedinačno) po terminskim jedinicama (E#_ZaliheMAT.xls)
- Zalihe materijala (zbirno) po terminskim jedinicama (E#_ZaliheMAT_zbirno.xls)
- Zalihe gotovih proizvoda po terminskim jedinicama (E#_ZaliheGP.xls)

BIOGRAFIJA

Miroslav Dragić je rođen 08.02.1973. u Sarajevu. Osnovnu školu je završio u Ilijašu, a Srednju tehničku školu u Sarajevu. Mašinski fakultet u Banjoj Luci, smjer Proizvodno mašinstvo upisao je 1994. godine, a završio 2001. godine sa prosjekom ocjena 8,26. Iste godine dobio je Zlatnu plaketu, nagradu Univerziteta u Banjoj Luci, za rezultate postignute u toku studiranja. Postdiplomske studije završio je 2010. godine na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci, sa prosjećnom ocjenom u toku studija 10,00 i odbranjenim međistarskim radom pod nazivom „Optimizacija lanaca snabdijevanja primjenom metoda simulacije“.

Od 2001. godine zaposlen je na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci na radnim mjestima asistenta i višeg asistenta. U periodu od 2006. do 2010. godine vodio je Kancelariju za osiguranje kvaliteta na Univerzitetu u Banjoj Luci.

Više od 20 godina je aktivan kao konsultant za sisteme upravljanja u mnogim malim i srednjim preduzećima u Bosni i Hercegovini. Autor je integrisanog informacionog sistema „NESOFT_PG“ koji je implementiran u velikom broju proizvodnih preduzeća. Sopstveno preduzeće za pružanje usluga projektovanja, implementacije i održavanja informacionih sistema osnovao je 2018 godine.

Učestvovao je u realizaciji velikog broja nacionalnih i međunarodnih projekata. Autor i koautor je 30 naučnih i stručnih radova, od kojih su tri objavljena u indeksiranim naučnim časopisima koji se nalaze u bibliografskoj i citatnoj bazi podataka Web of Science (WoS).

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

ФАКУЛТЕТ: МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Univerzitet U Banjoj Luci
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ БАНЈА ЛУКА

Broj: 16/3.2109/19

Dana: 30.12.2019.

ИЗВЈЕШТАЈ

о оцјени урађене докторске дисертације

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

На основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, ННВ-е Машинског факултета, је на својој 10. сједници, одржаној дана 20.12.2019. године, донијело Одлуку број 16/3.2063/19, о именовању Комисије за оцјену докторске дисертације под називом: **Повећање флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдијевања**, кандидата мр Мирослава Драгића, у саставу:

1. Др Илија Ђосић, професор емеритус, ужа научна област Производни и услужни системи, организација и менаџмент, Универзитет у Новом Саду; Факултет техничких наука – предсједник;
2. Др Зорана Танасић, ванредни професор, ужа научна област Индустриско инжењерство и менаџмент, Универзитет у Бањој Луци; Машински факултет – ментор и члан;
3. Др Горан Јањић, ванредни професор, ужа научна област Индустриско инжењерство и менаџмент, Универзитет у Бањој Луци; Машински факултет – коментор и члан;
4. Др Симо Јокановић, редовни професор, ужа научна област Производно машинство, Универзитет у Бањој Луци; Машински факултет – члан.
5. Др Стево Боројевић, доцент, ужа научна област Производно машинство, Универзитет у Бањој Луци; Машински факултет – члан.

- 1) Навести датум и орган који је именовао комисију;
- 2) Навести састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, научно-наставног звања, назива у же научне области за коју је изабран у звање и назива универзитета/факултета/института на којем је члан комисије запослен.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- 1) Име, име једног родитеља, презиме: Мирослав, Рајко, Драгић
- 2) Датум рођења, општина, држава: 08.02.1973. године, Сарајево, Центар, БиХ
- 3) Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет; студијски програм: Индустриско инжењерство, смјер: информационо-управљачки системи; стечено звање: Магистар техничких наука из области индустриског инжењеринга
- 4) Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет; Назив магистарске тезе: **Оптимизација ланца снабдијевања производних система примјеном метода симулације**; Датум одбране: 12.03.2010. године; Стучено звање: Магистар техничких наука из области индустриског инжењеринга

- 5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука: Машиностројство
- 6) Кандидат није похађао докторске студије. Сенат Универзитета у Бањој Луци је дана 30. 10. 2014. донио Одлуку број: 02/04-3.3764-42/14 и дао сагласност на Извјештај о оцјени теме и кандидата за израду докторске дисертације, под називом: Повећање флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдевања, кандидата мр Мирослава Драгића. Дане 27.06.2019. год. Сенат Универзитета у Бањој Луци је на 38. сједници донио Одлука о продужењу року за одбрану докторске дисертације бр. 02/04-3.1512-36/19 до 30. 9. 2020. год.
- 7) Mr Мирослав Драгић је аутор 30 научних и стручних радова, од којих су 3 рада објављена у индексираним научним часописима који се налазе у библиографској и цитатној бази података Web of Science (WoS).

Радови са тематиком уско везаном за докторску дисертацију обухватају:

- Рад у индексираном часопису

Dragić, M., Sorak M.(2016). Simulation for Improving the Performance of Small and Medium Sized Enterprises.. *International Journal of Simulation Modelling*, 15 (4), 581-770. **IF 2016: 1.77**

- Поглавље у монографији међународног значаја

Sorak, M., & Dragic, M. (2014). *Challenges for the Future – Engineering Management: Supply Chain Management of Small and Medium-Sized Enterprises, Chapter 15*. Editors: Hans-Jörg Bullinger and Dieter Spath. Published by: Faculty of Technical Sciences (Novi Sad, Serbia), Fraunhofer IAO(Stuttgart, Germany) and DAAAM International (Vienna, Austria).ISBN 978-3-902734-01-3

- Рад у научном часопису националног значаја

Dragić, M. R., & Sorak, M. M. (2013). Optimizacija lanaca snabdijevanja malih i srednjih preduzeća primjenom simulacije u operativnoj pripremi. *Tehnika*, 68(4), 761-767.

- Радове са научних скупова штампане у целини

Сорак, М., & Драгић, М. (2013). Истраживање могућности повећања ефективности и ефикасности текстилних предузећа примјеном метода симулације приликом доношења управљачких одлука. *Симпозијум „Савремене технологије и привредни развој“*, Лесковац, Србија, 10/2013, стр. 216-224.

Драгић, М., & Сорак, М. (2017). ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ У ЛАНЦИМА СНАБДИЈЕВАЊА ТЕКСТИЛНИХ ПРЕДУЗЕЋА, XI Савјетовање хемичара, технologa и екологa Републике Српске, Бања Лука 2016, стр. 466-474

Драгић, М., Сорак, М., Танасић, З., Станчић, М., Ружичић, Б. (2017). ЛАНЦИ СНАБДИЈЕВАЊА ДОМАЋИХ ТЕКСТИЛНИХ ПРЕДУЗЕЋА: СТРУКТУРА ЛАНЦА, V Међународни конгрес: *Инжењерство, екологија и материјали у процесној индустрији*, Јахорина, БиХ, март 2017, стр. 1666 - 1679

Dragić, M., Sorak, M., (2017). The Simulation Process in Small and Medium Enterprises: Decision-making Support, IX International Conference "Heavy Machinery-HM 2017", Zlatibor, 28 June – 1 July 2017, B.29 – B.35

1) Име, име једног родитеља, презиме;

2) Датум рођења, општина, држава;

3) Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно послиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање;

4) Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одbrane магистарског рада;

5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера;

6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма.

III УВОДНИ ДИО ОЦЛЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1.) Наслов докторске дисертације

Повећање флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдијевања

2.) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације

Сенат Универзитета у Бањој Луци је дана 30. 10. 2014. донио Одлуку број: 02/04-3.3764-42/14 и дао сагласност на Извјештај о оцјени теме и кандидата за израду докторске дисертације, под називом: Повећање флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдијевања, кандидата mr Мирослава Драгића. Дана 27.06.2019. год. Сенат Универзитета у Бањој Луци је на 38. сједници донио Одлука о продужењу року за одбрану докторске дисертације бр. 02/04-3.1512-36/19 до 30. 9. 2020. год.

3.) Садржај докторске дисертације

Докторска дисертација је подијељена на сљедећа поглавља:

- (1) Увод (стр. 1-14)
- (2) Ланци снабдијевања (стр. 16-55)
- (3) Симулација (стр. 56-66)
- (4) Развој модела ланца снабдијевања у малим и средњим предузећима (стр. 67-108)
- (5) Планирање и извођење симулационих експеримената (стр. 109-170)
- (6) Закључна разматрања и правци даљег истраживања (стр. 171-176)
- (7) Литература (стр. 177-185)
- (8) Прилози (стр. 186)

Свако наведено поглавље обухвата више потпоглавља. Због обима и структуре података који су непрактични за штампу, прилози (базе података и excell фајлови са полазним подацима и детаљним резултатима експеримената) су дати на пратећем CD-у.

4.) Основни подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација mr Мирослава Драгића написана је латиничним писмом (фонт *Times New Roman*, величина слова 12 и проред 1,5) на 186 нумерисаних страна. На почетку дисертације налази се 14 страна су нумерисане римским бројевима, а које садрже насловне стране, захвалнице, садржај, списак слика и табела.

Дисертација је написана јасно и језички исправно, а поред текста садржи 83 слике и 51 табелу. У дисертацији је кориштено 108 литературних навода.

У *првом поглављу* овог рада изложена су уводна разматрања везена уз предмет истраживања, хипотезе и примјењене научне методе. Поред тога, у наставку поглавља, дати су статистички подаци којима је описана је структура и особине малих и средњих предузећа у Републици Српској. На крају поглавља представљени су трендови у развоју и организацији малих и средњих предузећа.

Друго поглавље садржи опис различитих приступа у дефинисању појмова ланца снабдијевања и управљања ланцима снабдијевања. Поред тога, у овом поглављу је успостављен оквир за мјерење перформанси ланаца снабдијевања. Све перформансе су груписане у три групе, и то: перформансе излаза, перформансе ресурса и перформансе флексибилности. На крају поглавља објашњена је потенцијална корист од примјене модела ланаца снабдијевања на процесе малих и средњих предузећа.

У *трећем поглављу* дате су основе процеса моделирања и симулације. Детаљно је описана метода системске динамике која је кориштена у истраживању. Посебна пажња је посвећена

појашњењу улоге повратне спреге у моделима.

Четврто поглавље представља опис развијеног модела за симулацију ланаца снабдијевања малих и средњих предузећа. Развијени модел, у складу са циљем истраживања, прилагођен је захтјевима и специфичностима малих и средњих предузећа производне дјелатности. Исти се састоји од четири модула који су међусобно повезани. Сваки од модула описан је вербално и математички, те је представљен дијаграмом тока. За креирање дијаграма тока, у овом раду, кориштен је софтвер *Vensim PLE*. За сваки од развијених модула дефинисане су и мјере перформанси. Због сложености проблема, за потребе истраживања, кандидат је развио сопствени софтвер у *Visual Basic* окружењу. Овај софтвер подржава развијени модел и у потпуности аутоматизује процес симулације. Софтвер посједује кориснички интерфејс који омогућава дефинисање елемената система (производни програм, прогнозу, листу и количину сировина, норматив сировина, потребан и инсталисани капацитет, почетне услове, итд.) као и елементе симулационог експеримента (период симулације, корак симулације, величина серије, политика управљања залихама итд.). На основу спроведених анализа, уз помоћ софтвера, у раду су приказани бројни дијаграми и табеле, а у сврху доказивања постављених хипотеза.

У *петом поглављу*, развијени модел за симулацију примјењен је на реалним производним системима. Тако су циљеви рада и постављене хипотезе тестирани на примјеру два производна предузећа. Прво посматрано предузеће је предузеће Вигмент д.о.о. Бања Лука које се бави производњом дијелова и сложених производа од метала. Предузеће израђује производе из стандарданог производног програма, али због специфичних захтјева купаца често развија и израђује производе према њиховим специфичним захтјевима. Извођење симулационог експеримента, са параметрима усклађеним са текућим условима пословања, показало је да предузеће, има велике проблеме да правовремено одговори на потражњу купаца. Други експеримент је урађен у предузећу Exclusive-lingerie д.о.о. Бања Лука које се бави производњом женског рубља. Анализа производног програма предузећа и извођење симулационих експеримента је указало на потребу усклађивања параметара управљања ланцима снабдијевања са израженим сезонским варијацијама у продаји. У оба случаја, вишеструким извођењем експеримената (варијацијом параметара модела), тестирани су различити приједлози за побољшање перформанси предузећа. Анализом експеримената је тестирано како би одговарајуће управљачке одлуке, предложене да побољшају перформансе излаза из ланаца снабдијевања, утицале на остале перформансе ланаца снабдијевања.

У последњем, *шестом поглављу*, дат је сажет приказ кључних разматрања која су настала као резултат претходних теоријских и практичних истраживања. Такође, извршена је анализа постављених хипотеза уз детаљно обrazloženje доказа истих. На крају поглавља дати су приједлози даљих истраживања.

На крају дисертације налазе се страница који нису нумерисане, а које садржи биографију аутора и три изјаве аутора (према Правилнику о дигиталном репозиторијуму).

- 1) Наслов докторске дисертације;
- 2) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације
- 3) Садржај докторске дисертације са страничењем;
- 4) Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графика, број цитиране литературе и навести поглавља.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Разлози због којих су истраживања предузета, проблем, предмет, циљеви и хипотезе

Мала и средња предузећа разликују се од великих предузећа у многим аспектима, не само по броју запослених и величини капитала, него и по начину на који су организована и начину прилагођавања промјенама на тржишту. Истраживања показују да се удио малих и средњих предузећа у односу према великим предузећима стално повећава. При том се свакако не умањује значај великих предузећа, али је евидентно да је зависност једних од других све већа. Мала и средња предузећа постају све више конкурентна великим предузећима, а успешно се укључују и у савремену глобализацију пословања. Иако већина малих и средњих предузећа своје пословање темељи на традиционалним техникама и технологијама, све је већи број оних који прате савремене трендове. У обављању своје делатности мала и средња предузећа показују висок степен иновативности и флексибилности у свом окружењу. Иако су и даље претежно усмјерена на локално тржиште, мала и средња предузећа имају све значајнију улогу и у међународној размјени.

Мала и средња предузећа обично имају низак степен специјализације послова и неразвијене управљачке функције, па би развој менаџмент вјештина требао да представља њихов приоритет. Наиме, да би организација могла да функционише, са њом се мора управљати и то правило важи за мала и средња предузећа. У концепцијском смислу, управљање малим и средњим предузећима се не разликује у односу на процес управљања великим предузећима, јер се и од њих очекује првенствено стабилност пословања уз обезбеђење дугорочног развоја и раста. Ипак, у односу на велике пословне системе, ова предузећа имају способност да се брже адаптирају на сталне промјене и тако задовоље промјенљиве захтјеве тржишта. Управо она у обављању своје дјелатности показују висок степен иновативности и флексибилности у свом окружењу.

Проблем код малих и средњих предузећа је хроничан недостатак свих врста ресурса. Овдје се првенствено мисли на финансијске ресурсе, али и све друге ресурсе - знање, радну снагу, капацитете и сл. Посматрано на наведени начин, управљање малим и средњим предузећима поприма облик управљања предузећем у условима ограничених ресурса. Традиционално, проблем промјенљиве потражње и неочекиваних поремећаја у окружењу, предузећа рјешавају држањем великих залиха и обезбеђењем вишког капацитета. Овакав прилаз за мала и средња предузећа представља велики ризик са потенцијално врло неповољним посљедицама. Да би била конкурентна, мала и средња предузећа морају бити способна да непрекидно истражују тржишта и брзо одговарају на његове захтјеве. Само оваквим приступом обезбеђују континуирано квалитетне производе, прилагођене потребама тржишта. Ипак, лимитирани временом, менаџери тешко доносе одговарајуће одлуке. У таквим ситуацијама, симулација може бити користан алат који омогућава менаџерима да испитују како различите акције утичу на укупне перформансе предузећа. Тако би, примјеном метода симулације, у релативно кратком времену, менаџери могли преиспитати различите одлуке и сагледати утицај истих на укупне перформансе пословања. Тиме су у могућности да доносе одлуке које су тренутно најприхватљивије за предузеће.

Спроведена истраживања и доступни радови, показују да мала и средња предузећа, кроз развој модела ланца снабдијевања, могу повећати своју конкурентност како на домаћем тако и на иностраном тржишту. Потреба за дефинисањем модела ланца снабдијевања малих и средњих предузећа је подстакнута сталним захтјевима потрошача да се производи прилагоде њиховим индивидуалним спецификацијама уз све краћи животни циклус производа. Уколико кретање материјала, полу производа и производа кроз ланац снабдијевања боље прати потражњу, предузеће ће смањити залихе, побољшати услугу према клијенту и избеги неугодна изненађења. Наведени разлози указују да флексибилност ланаца снабдијевања постаје значајна особина која омогућава предузећима да свој пословни процес прилагођавају новонасталој ситуацији. Флексибилност може бити моћно средство за стицање конкурентске предности, смањење трошкова и побољшање

реаговања у непредвиђеним ситуацијама.

Основни циљ овог рада је истражити могућност повећања флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдијевања. У раду је дат нагласак на повећање флексибилности процеса у малим и средњим предузећима примјеном методе симулације. Основна сврха истраживања је испитати како различите одлуке, донесене приликом регулисања процеса у предузећу, могу повећати његове пословне перформансе и перформансе флексибилности.

За реализацију предметног проблема истраживања полази се од следећих основних хипотеза:

- X1. Моделирање и симулација различитих варијанти одлука менаџера приликом регулисања процеса рада може послужити за поређење различитих алтернатива и одређивање вриједности варијабли система које дају најпожељнији ниво перформанси.
- X2. Повећавањем флексибилности својих ланаца снабдијевања, производни системи могу повећати своју конкурентност кроз подизање нивоа перформанси са једне стране и смањење трошкова процеса са друге стране.
- X3. Праћењем и мјерењем перформанси пословних процеса предузећа уз избор одговарајућих одлука примјеном технике моделирања и симулације могуће је подизати ефикасност и ефективност производних система.

Преглед претходних истраживања

Ланци снабдијевања данас се дефинишу са различитим степеном обухватности, а за њихово дефинисање користе се различити прилази. У литератури је могуће наћи велики број радова који се баве ланцима снабдијевања, а који ланац снабдијевања описују као систем, мрежу организација, низ активности, интеграцију процеса и слично, кроз који пролазе материјални, информациони и финансијски токови. Зато је веома битно приказати неке од дефиниција ланаца снабдијевања примјенљивих на проблематику која ће се обраћивати овим радом.

Lummus и Vokurka (1999) сматрају да се ланац снабдијевања може дефинисати кроз све активности које се односе на испоруку производа до корисника, а у њих спада снабдијевање сировинама и дијеловима, производња и монтажа, складиштење и праћење залиха, унос наруџбина и управљање реализацијом наруџбине, дистрибуција дуж свих канала, испорука корисницима и размјена информација неопходних за праћење свих ових активности. Управљање ланцем снабдијевања координира и интегрише све ове активности у један процес. Оно повезује све партнere у ланцу укључујући одјељења унутар организације и спољне партнere.

Chan и други (2006) ланац снабдијевања посматрају као мрежу целина које раде заједно на постизању глобалних заједничких циљева (смањење укупних трошкова, смањење нивоа залиха итд), кроз које се материјали и производи добијају, трансформишу и испоручују потрошачима на тржишту. При томе управљање ланцем снабдијевања представља чин оптимизације свих активности у ланцу снабдијевања, тако да се производи и услуге пружају у правој количини, у право вријеме и уз оптималне трошкове.

Supply Chain Management Professionals' Council наводи да управљање ланцем снабдијевања (Supply Chain Management - SCM) обухвата пројектовање и управљање свим активностима укљученим у процесе снабдијевања, куповину, трансформацију и управљање логистиком. У принципу, ово укључује координацију и партнерство између повезаних партнера, који могу бити добављачи, посредници, пружаоци услуга преко треће стране и потрошачи. У основи, управљање ланцем снабдијевања (SCM) координира управљање понудом и потражњом унутар и међу компанијама.

Различити прилази дефинисању основних елемената, карактеристика и циља ланца снабдијевања постоје због различитих схватања активности, процеса и токова у ланцу. Зато

начин моделирања, пројектовања и анализе ланца снабдијевања прије свега зависи од одговора на питања (Lambert & Pohlen 2001, Sorak & Dragic 2013, Fletcher и други 2016):

- шта сачињава ланац (ко су учесници, шта су њихови ресурси, где се они налазе, који се процеси одвијају у њему, на који начин се реализују материјални, информациони и финансијски токови и др.),
- на који начин се управља ланцем (ко доноси одлуке, које управљачке стратегије се користе, колики утицај се може вршити на поједиње чланове ланца и др.) и
- како одредити успешност функционисања ланца (које перформансе пратити, како и где извршити њихову квантификацију, како поставити циљне перформансе како спроводити *benchmarking* и сл.).

Развој концепта ланца снабдијевања омогућен је убрзаним развојем информационе и комуникационе технологије. Истовремено, глобализација тржишта и конкуренција ланца снабдијевања захтијевала је много флексибилности у одговору на изазове неизвјесности на тржишту. Такође, све чешће измјене захтјева купаца наметнуле су потребу за изналажење начина за масовно прилагођавање захтјевима, брз одзив и повећање нивоа услуга (Shukla и други 2010, Kimberly и други 2016). У почетку, пажња је усмјерена на флексибилност само производних система што је довело до развоја и примјене нових приступа као што су флексибилни производни системи (FPS), групне технологије и компјутерски интегрисана производња (CIM). Са развојем концепта управљања ланцима снабдијевања истраживачи су посебну пажњу усмјерили и на питање увођења флексибилности изван граница предузећа, увидјевши да флексибилност у ланцима снабдијевања представља потенцијални извор за побољшање ефикасности предузећа (Angkiriwang & Puwan 2015).

Како су напредовала научна истраживања ланца снабдијевања, тј. како су дефинисане различите димензије и компоненте ланца снабдијевања, тако су се развили и различити приступи у дефинисању флексибилности ланца снабдијевања. Међутим, најчешће се фексибилност ланца снабдијевања дефинише као способност ланца снабдијевања да се прилагоди насталим промјенама, а што представља један од најважнијих услова за опстанак ланца снабдијевања у пословном окружењу (Quanxi и други 2011, Versei и други 2014). Тако дефинисана флексибилност најчешће се исказује као постојање различитих варијанти (алтернатива) преко којих се систем може прилагодити насталим промјенама. Алтернативе се односе на могућности како промјене у самим елементима система, тако и у домену планирања и управљања. Поред тога, са аспекта одзива система, флексибилност се може мјерити кроз брзину којом се може реализовати адаптација система на новонастале услове (Arawati 2011, Seebacher & Winkler 2013, Angkiriwang & Puwan 2015).

Beamon (2008) као компаративне предности примјене флексибилних ланца снабдијевања наводи:

- смањење удјела накнадно финанализованих испорука,
- смањење удјела изгубљене продаје,
- смањење броја закашњелих наруџби,
- повећано задовољство купаца,
- способност да реагују и да се прилагоде варијацијама потражње (нпр. сезонске варијације),
- способност да реагују и да се прилагоде непредвиђеним тешкоћама у производном процесу (нпр. кварови машина),
- способност да реагују и прилагоде се периодима са проблемима у набавци (нпр. кашњења испорука),
- способност да реагују и прилагоде се периодима лошег учинка испоруке (проблеми транспорта, дистрибутивних центара...) и
- способност да усвоји и прилагоди нове производе, усвоји нова тржишта, или реагује на појаву нових конкурентата.

Stevenson и Spring (2007) наводе да су важни аспекти примјене флексибилних ланца снабдијевања на мала и средња предузећа често игнорисани како у научној литератури тако и у стручној пракси. Иако је евидентно је да се ова предузећа уклапају у ланце великих

система управо захваљујући своју флексибилности, првенствено у погледу количине, асортимана и термина испоруке, с правом се поставља питање могућности примјене концепта флексибилних ланаца снабдијевања на исте (Sorak & Dragic 2013, Zhong 2015). Наиме, недостак ресурса и знања, те неразвијен систем управљања идентификовани су као главни разлог ограничени примјене наведеног концепта у пракси (Shukla и други 2010, Wang и други 2010, Tarasewicz 2016).

Трошкови флексибилности су још једна област о којој нема много истраживања. Јасно је да акције попут куповине флексибилних машина (Silanpaa & Kees 2011), увођења ефикасних информационих система (да омогуће размјену информација у реалном времену), повећање капацитета (спремност да се носи са захтјевима за екстра обимом производње и смањење времена испоруке), избор и одржавање поузданних добављача (тако да се обезбеди флексибилност снабдијевања), повећање возног парка, складишних и дистрибуционих капацитета захтијевају интезивно улагање капитала (Shukla и други 2010, Osman & Demirli 2012, Fan & Wu 2013).

С обзиром да реални процеси у малим и средњим предузећима обухватају изузетно велики број међусобно повезаних промјенљивих, њихово моделирање захтијева велико искуство и употребу математичких алата. Савремена истраживања у области рачунарског моделирања и симулације су у непрекидном трагању за новим и бољим прилазима за спецификацију и имплементацију симулационих модела у производним системима. Тако су се, с развојем рачунара, отвориле неке нове перспективе у том погледу и створени су услови за ширу примјену техника моделирања и симулације (Quanxi и други 2011, Spicar 2014, Farok 2015).

Од цјелокупно наведених литературних навода у овој дисертацији, у наставку су наведени само извори новијег датума на које се кандидат најчешће позивао у дисертацији:

- [1] Thoo, A. C.; Abu Bakar, A.H.; Amran, R.; Rohaizat, B. (2012). Adoption of supply chain management in SMEs, *International Congress on Interdisciplinary Business and Social Science, ICIBSoS 2012, Procedia - Social and Behavioral Sciences* 65, 614 – 619
- [2] Sorak, M.; Dragic M. (2013). Supply Chain Management of Small and Medium-Sized Enterprises, Katalinic, B., Tekic, Z. (Eds.), *DAAAM International Scientific Book 2013*, DAAAM International, Vienna, 951-968, doi:10.2507/daaam.scibook.2013.59
- [3] Beamon, M. B. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55, 281 – 294
- [4] Chan,F. T. S.; Chan, H. K. (2006). A simulation study with quantity flexibility in a supply chain subjected to uncertainties, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19, No. 2, 148 – 160
- [5] Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E. (2003). *Designing and Managing the supply chain Concepts, Strategies and Case studies*, McGraw-Hill Publishing, New York
- [6] Gunasekaran A.; Patelb C.; Ronald E. M. (2004). A framework for supply chain performance measurement, *Int. J. Production Economics*, Vol. 87, 333–347.
- [7] Shepherd, C.; Gunter, H. (2006). Measuring supply chain performance: current research and future directions, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4): 242-258
- [8] Dragić, M.; Sorak, M. (2016). Simulation for Improving the Performance of Small and Medium Sized Enterprises, *International Journal of Simulation Modelling*, 15 (4), 581-770
- [9] Diabat, A.; Govindan, K. (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.55 No. 6, 659-667
- [10] Varsei, M.; Soosay, C.; Fahimnia, B.; Sarkis, J. (2014). Framing sustainability performance of supply chains with multidimensional indicators, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 19 No. 3, 242-257
- [11] Fletcher, G.; Greenhill, A.; Griffiths, M.; McLean, R. (2016). The social supply chain and the future high street, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 21 Issue: 1, pp.78-91, <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2014-0154>
- [12] Shukla, A. C.; Deshmukh, S. G.; Kanda A. (2010). Flexibility and Sustainability of Supply Chains: Are They Together? *Global Journal of Flexible Systems Management*,

- Vol.11, Nos.1 & 2, 25-38
- [13] Dragić, M.; Sorak, M.; Tanasić, Z.; Stančić, M.; Ružičić, B. (2015). Lanci snabdijevanja domaćih tekstilnih preduzeća: Struktura lanca, *Zbornik radova - V Međunarodni kongres: Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji*, Jahorina, 1666 – 1679
- [14] Tarasewicz, R. (2016). Integrated aproach to supply chain performance measurement – results of the study on Polish market, *Transportation Research Procidia*, 14, 1433-1442
- [15] Dragić, M.; Sorak, M. (2017). The Simulation Process in Small and Medium Enterprises: Decision-making Support, *Proceedings of the IX International Conference "Heavy Machinery-HM 2017"*, Zlatibor, B.29 – B.35
- [16] Macchion, L.; Fornasiero, R.; Vinelli, A. (2017). Supply chainconfigurations: a model to evaluate performance in customised productions, *International Journal of Production Research*, Vol. 55 (5), 1386-1399, doi:10.1080/00207543.2016.1221161
- [17] Ilkka Sillanpää, Pekka Kess, (2011). Supply Chain Performance Measurement Framework for Manufacturing Industries – A theoretical approach, *Proceedings of the 12th Management International Conference*, Portorož, Slovenia, 23–26 November 2011, 801-823
- [18] Sayedeh, P. S.; Saudah S.; Parvan, S. (2015). How does corporate social responsibility contribute to firm financial performance? The mediating role of competitive advantage, reputation, and customer satisfaction, *Journal of Business Research*, 68(2), 341-350, doi: 10.1016/j.jbusres.2014.06.024
- [19] Mathe, K.; Scott-Halsell, S.; Roseman, M. (2016). The Role of Customer Orientation in the Relationship Between Manager Communications and Customer Satisfaction, *Journal of Hospitality & Tourism Research*, Vol 40, Issue 2, 198–209
- [20] Rubera, G.; Kirca, A.H. (2017). You gotta serve somebody: the effects of firm innovation on customer satisfaction and firm value, *Journal of the Acad. Mark. Sci.*, Volume 45, Issue 5, 741–761. <https://doi.org/10.1007/s11747-016-0512-7>
- [21] Esmaeilikia, M.; Fahimnia, B.; Sarkis, J. (2016). Tactical supply chain planning models with inherent flexibility: definition and review, *Annals of Operations Research*, Volume 244, Issue 2, 407–427. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1544-3>
- [22] Yueru, Z. (2015). *Flexibility assessment and management in supply chain: a new framework and applications*, doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris, preuzeto sa [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01157143 \(12.07.2018\)](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01157143)
- [23] Angkiriwang, R.; Pujawan, N. I.; Santosa, B. (2014). Managing uncertainty through supply chain flexibility: reactive vs. proactive approaches, *Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal*, Vol. 2:1, 50-70, <http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2014.882804>
- [24] Osman, H.; Demirli, K. (2012). Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time, *International Journal of Production Economics*, 135, 299–307
- [25] Wang, C.; Liu, X. B.; Zhao, G. Z.; Chin, K. O. (2014). Multi-objective integrated production planning model and simulation constrained doubly by resources and materials, *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 13, No. 2, 243-254, doi:10.2507/IJSIMM13(2)CO10
- [26] Pujawan, I. N., & Smart, A. U. (2012). Factors affecting schedule instability in manufacturing companies, *International Journal of Production Research*, 50, 2252–2266
- [27] Seebacher, G.; Winkler, H. (2013). A Citation Analysis of the Research on Manufacturing and Supply Chain Flexibility, *International Journal of Production Research*, 51-11, 3415-3427, doi:10.1080/00207543.2013.774483
- [28] Beamon, M. B. (2008). Sustainability and the Future of Supply Chain Management, *Operations And Supply Chain Management*, Vol. 1, No. 1, 4-18
- [29] Li Quanxi, Qi Yibing and Zhao Wanchen (2011). Research on Measurement and Evolutionary Mechanisms of Supply Chain Flexibility, Prof. Dr. Md. Mamun Habib (Ed.), *Supply Chain Management - Applications and Simulations*, ISBN: 978-953-307-250-0, InTech, Available from: [http://www.intechopen.com/books/supply-chain-management-applications-and-simulations/research-on-measurement-and-evolutionary-mechanisms-of-supply-chain-flexibility \(12.05.2017.\)](http://www.intechopen.com/books/supply-chain-management-applications-and-simulations/research-on-measurement-and-evolutionary-mechanisms-of-supply-chain-flexibility)
- [30] Arawati A. (2011). Supply Chain Management, Supply Chain Flexibility and Business

- Performance, *Journal of Global Strategic Management*, 09 / 2011, 134-145
- [31] Zhigang,F.; Dong, W.; Xiaobo, Wu. (2013). Proactive and reactive strategic flexibility in coping with environmental change in innovation, *Asian Journal of Technology Innovation*, 21:2, 187-201, doi: 10.1080/19761597.2013.866316
- [32] Metternich, J.; Bolhof, J.; Seifermann, S.; Beck, S. (2013). Volume and Mix Flexibility Evaluation of Lean Production Systems. *Procedia CIRP* 9 (2013), 79 – 84, doi: 10.1016/j.procir.2013.06.172
- [33] Farok, G. M. G. (2015). Mathematical Modeling for Measures of Supply Chain Flexibility, *Journal of Mechanical Engineering*, Vol 45, No 2 (2015), 96-117 doi:10.3329/jme.v45i2.28977
- [34] Jiri, C.; Nils, R.; Mieghem, V.; Jan, A. (2012). Mix, Time, and Volume Flexibility: Valuation and Corporate Diversification, *Review of Business and Economic Literature*, 57 (3), 262-282, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1445629>
- [35] Pei, P. P.-E.; D. Simchi-Levi, D.; Tunca, T.I. (2011). Sourcing Flexibility, Spot Trading, and Procurement Contract Structure, *Operations Research*, 59.3, 578–601 <https://doi.org/10.1287/opre.1100.0905>
- [36] Anderson, E.; Chen, B.; Shao, L. (2017). Supplier Competition with Option Contracts for Discrete Blocks of Capacity, *Operations Research*, 65(4), 952-967. <https://doi.org/10.1287/opre.2017.1593>.
- [37] Shakeel, M.; Jajja, S.; Kannan, V. R.; Shaukat, A. B.; Syed, Z. H. (2017). Linkages between firm innovation strategy, suppliers, product innovation, and business performance: Insights from resource dependence theory, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 37 Issue: 8, 1054-1075, <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2014-0424>
- [38] Lavastre, O.; Gunasekaran, A.; Spalanzani, A. (2014). Effect of firm characteristics, supplier relationships and techniques used on Supply Chain Risk Management (SCRM): an empirical investigation on French industrial firms, *International Journal of Production Research*, 52(11), 3381-3403
- [39] Dragić, M.; Sorak, M. (2017). Informacioni sistemi u lancima snabdijevanja tekstilnih preduzeća, *Zbornik radova sa XI Savjetovanje hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, Banja Luka, 466-474
- [40] Aishah1, T. N.; Pyeman, J.; Tajuddin, R. M. (2013). Integration of the Internal Supply Chain Management (SCM) towards Long Run Competitiveness, *Management 2013*, 3 (1), 12-15, doi: 10.5923/j.mm.20130301.03
- [41] Arts, J.; Basten, R.; Van Houtum G.-J. (2016). Repairable Stocking and Expediting in a Fluctuating Demand Environment: Optimal Policy and Heuristics, *Operations Research*, 64(6), 1285–1301. <http://dx.doi.org/10.1287/opre.2016.1498>
- [42] Jeremy,J.S.B. (2010). *Corporate Cartooning: The Art, Science and Craft of Computer Business Simulation Design*, from <http://www.simulations.co.uk> (12.09.2017)
- [43] Özbayrak, M.; Papadopoulou, T.C.; Akgun, M. (2007). Systems dynamics modelling of a manufacturing supply chain system, *Simulation Modelling Practice & Theory*, Vol. 15 (10), 1338-1355
- [44] Špicar, R. (2014). System Dynamics Archetypes in Capacity Planning, *Procedia Engineering*, Volume 69, 1350-1355, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.128>

Комплетна листа литературних извора и преглед досадашњих истраживања дат је у докторској дисертацији.

Допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања

Основни допринос тезе састоји се у дефинисању новог оквира за мјерење перформанси малих и средњих предузећа производне дјелатности. Специфичност предложеног рјешења огледа се у чињеници да развијени оквир за мјерење перформанси није ограничен на финансијске мјере пословања (које су нејчешће кориштene у пракси), та да поред мјера пословних перформанси садржи и мјере флексибилности предузећа. Такође, развијени оквир за мјерење перформанси, усклађен са стратегијом управљања ланцима снабдijевања и прелази границе предузећа како би се искористио синергијски ефект ланца снабдijевања.

Истраживања су захтијевала нови приступ изградњи симулационих модела који омогућава

ефикасно моделирање сложених реалних система, као и њихову имплементацију у реалним производним системима. У наведеном смислу, развијени модел за симулацију ланца снабдијевања треба да обухвати специфичности малих и средњих предузећа, производне дјелатности, које се првенствено огледају у: великим асортиману производа, коришћењу великог броја различитих материјала, високом степену усаглашавања производа и услуга са захтевима купца, припреми и извођењу процеса производње у малим серијама, потреби развоја нових и/или модификацији постојећих производа у врло кратком временском периоду уз ограничene ресурсе, сталним захтевима за смањење времена од пријема захтјева купца до давања понуде и израде производа и високој флексибилности процеса.

У практичном смислу, развијени модел и спроведени експерименти указују на оправданост примјене метода моделирања и симулације у малим и средњим предузећима. При томе, спроведена методологија извођења експеримената над реалним предузећима даје смјернице за примјену исте приликом доношења менаџерских одлука на различитим нивоима управљања предузећем.

- 1) Укратко истаћи разлог због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе;
- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);
- 3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;
- 4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Комплетна истраживања обухваћена овим радом усмјерена су према потребама малих и средњих предузећа, чија је основна дјелатност производња. У регији Бања Лука и окружењу постоји велики број малих и средњих предузећа, а одређен број тих предузећа су дио истраживања у овом раду. Као полазна основа истраживања кориштени су подаци прикупљени путем интегрисаног менаџмент информационог система „NESOFT PG“, који је инсталисан у више од 20 предузећа који су били потенцијални предмет истраживања. Наведени информациони систем је ауторско дјело кандидата, развијен у програмском језику *Visual Basic* и већ 20 година се континуирало унапређује.

Подаци који су кориштени у истраживањима, похрањени су у базама података и садрже детаљне информације о свим: елементима пословања предузећа (материјали, полу производи, производи, нормативи, радници, купци, добављачи, кооперанти и сл.), процесима набавке (планови, захтјеви за набавку, понуде, наруџбе, пријем материјала, рекламије, оцјене набавке...), процесима трансформације (планови, радни налоги, неусаглашености, контрола, учинак радника ...) те податке о продаји и испоруци готових производа (планови, захтјеви купца, понуде, отпремнице, фактуре, наплативост, рекламије...). Наведени подаци су чинили основу за изградњу и развој модела за симулацију. За анализу примарних података кориштене су дескриптивне статистичке методе, методе за тестирање статистичких хипотеза и методе за испитивање зависности (корелације).

Приликом развоја модела, анализе резултата експеримената и доношења закључака кориштене су следеће научне методе:

- Анализа ризика
- Системска динамика,
- Моделирање и симулација производних система,
- Регресиона анализа,
- АБЦ (Парето анализа) и
- Објектно-оријентисана анализа система.

У практичном смислу, истраживање се заснивало на томе како различите управљачке одлуке утичу на повећање ефикасности, ефективности и флексибилности ланаца

снабдијевања. При томе су кориштене методе и технике моделирања и симулације које обухватају:

- Модел дугорочних пројекта потраживања на основу потраживања у претходним периодима,
- Корекцију модела потраживања у односу на временске поремећаје и поремећаје у потражњи,
- Динамички модел расположивости и промјена расположивости материјалних, људских и енергетских ресурса,
- Динамички модел стања и промјена стања репроматеријала, полу производа и готових производа,
- Корекцију динамичког модела према специфичним наруџбама, поремећајима у производњи (кашњења), набавци и продaji и
- Модел идентификације и праћења кључних мјера перформанси пословних процеса и мјера флексибилности, те испитивање њихове међусобне корелације.

Због сложености проблема истраживања у докторској дисертацији, како је већ раније наведено, развијен је сопствени софтвер за симулацију у *Visual Basic* развојном окружењу. Овај софтвер у потпуности подржава развијени симулациони модел системске динамике и омогућава кориснику симулацију кроз низ догађаја. Кориснички интерфејс омогућава дефинисање елемената система (производни програм, прогнозу потражње, листу и количину сировина, норматив сировина, потребан и инсталисани капацитет, почетне услове, итд.) те елементе симулационог експеримента (период симулације, корак симулације, величина серије, политика управљања залихама итд.). Путем ODBC (*Open Database Connectivity*) интерфејса омогућена је размјена података са MS Access, MS SQL Server и PostgreSQL базама података. Ово је омогућило интеграцију модела са постојећим информационим системима предузећа. Софтвер аутоматски израчујава предефинисане перформансе и резултате приказује кроз низ табела и графика.

- 1) Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзор за избор материјала;
- 2) Дати кратак увид у примијењени метод истраживања при чemu је важно оцијенити слједеће:
 1. Да ли су примијењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетским нивоима;
 2. Да ли је дошло до промјене у односу на план истраживања који је дат приликом пријаве докторске тезе, ако јесте зашто;
 3. Да ли испитивани параметри дају довољно елемената или је требало испитивати још неке, за поуздано истраживање;
 4. Да ли је статистичка обрада података адекватна.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Анализом експеримената спроведених на реалним предузећима, може се закључити да није увијек могуће пронаћи скуп пословних одлука који би имао за резултат истовремено побољшање свих мјера перформанси предузећа. На основу тога, могуће је пронаћи само онај скуп промјена који ће перформансе ланца снабдијевања усмерити према жељеном (циљаном) нивоу. При чemu, избор параметара ланца снабдијевања увијек треба да узме у обзор и могућности предузећа (нпр. да прошири капацитете) као и финансијске, кадровске и маркетингове политике предузећа. Резултати експеримента дају добре смјернице за побољшање мјера перформанси, како би се оне довеле, ако не на идеалан, онда сигурно на прихватљив ниво.

Спроведена истраживања су потврдила значајну везу између управљања ланцем снабдијевања, флексибилности предузећа и пословних перформанси. При том је утврђено постојање велике корелације између пословних перформанси предузећа и перформанси флексибилности. Доказало се да у неизвјесном окружењу, типичном за производна мала и средња предузећа, традиционални системи за мјерење перформанси, који обично садрже само финансијске мјере перформанси, не пружају довољно информација неопходних за

управљање. У раду је развијен сложен систем мјерења перформанси који у себи садржи, поред пословних мјера перформанси (мјере излаза и мјере ресурса) и мјере флексибилности. Тиме је сврха управљања ланцем снабдијевања проширена, тако да је, поред постизања ефикасности и ефективности, за циљ постављено и постизање одговарајуће флексибилности која представља кључ за постизање конкурентске предности.

У практичном смислу, при извођењу симулације на развијеном моделу, могуће је испитати како различите управљачке одлуке које доносе менаџери приликом регулисања процеса рада у малим и средњим предузећима утичу на пословне перформансе предузећа и флексибилност његовог ланца снабдијевања. Експерименти су показали свеобухватност примјене развијеног симулационог модела на различита предузећа. Развијени алат, са једноставним корисничким интерфејсом, може значајно побољшати процесе управљања малим и средњим предузећима. Тако, извођењем симулације на моделу може се предвидјети способност предузећа да се носи с промјенама у окружењу. Поред тога, могу се предвидјети и ефекти покретања различитих акција, у циљу повећања способности предузећа да задовољи захтјевима купаца, на његову ефикасност и ефективност. При томе се претпостављена подршка односи како на дугорочне одлуке (проширење капацитета, политика управљања залихама, измјена и проширење производног програма, нова запошљавања, дефинисање дугорочних односа са купцима и добављачима, оутсоурсинг и друге), тако и на краткорочне одлуке (измјена распореда послова, алтернативна рјешења, распоређивање залиха и слично).

Модуларни приступ развоју модела који подразумијева изградњу модела из одвојених целина (модула), где свака целина има свој циљ, правила одлучивања и мјере перформанси, у велико олакшава даљи развој представљеног модела. Ипак, развијено рјешење је указало и на потребу даљег побољшања модела, која би требало да се усмјере у неколико правца, и то:

- Интеграција менаџмент информационих система и симулационих модела како би се омогућила већа и бржа примјена симулације при доношењу одлука заснованих на информацијама (прикупљеним из информационог система) и предвиђањима заснованим на резултатима симулационог поступка;
- Могућностима унапређења развијеног модела повећањем нивоа детаљности модела (укључивањем већег броја параметара поремећаја као што су кашњења наруџби, кварт машине, шкарт у производњи и проблеми у испоруци) и праћењем додатних мјера перформанси (трошкови, мјере испоручилаца, задовољство купаца и сл.).
- Испитивање флексибилности радне снаге које постсије све важније. Наиме, у вријеме дефинисања и спровођења истраживања, производна предузећа у Републици Српској нису имала битно изражен проблем недостатка радне снаге. Међутим, данашњи тренд масовног одласка радне снаге у иностранство пред ова предузећа поставља нови изазов. Тако да, чак и када су у могућности да обезбједе проширење капацитета ради задовољења захтјева купаца, недостатак и флукутација радне снаге изузетно негативно утичу на постигнуте пословне перформансе.

- 1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;
- 2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао доволно критичности;
- 3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

Кандидат Мирослав Драгић је у свом раду свеобухватно и систематично обрадио актуелну и врло популарну тему. Главни допринос рада огледа се у дефинисању новог прилаза при дефинисању флексибилности производних предузећа, те примјени метода симулације у пословном одлучивању. Предметна дисертација је самостални научноистраживачки рад кандидата.

Циљеви изrade ове дисертације су остварени у потпуности, а постављене хипотезе доказане. Резултати истраживања су валидовани на практичним примјерима кроз употребу развијеног модела у два производна предузећа. Посебно је значајно истаћи да се ради о два потпuno различита предузећа, која послују у различитим привредним гранама (прерада метала и текстилна индустрија) и на специфичне начине испуњавају захтјеве купца.

Дисертација је јасно написана и логично документована. Резултати су добро документовани и приказани помоћу бројних табела и графика.

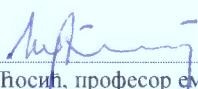
На основу изнесених закључака, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију „Повећање флексибилности малих и средњих предузећа оптимизацијом ланаца снабдијевања“ кандидата mr Мирослава Драгића и са задовољством предлаже Наставно-научном вијећу Машинског факултета и Сенату Универзитета у Бањој Луци да прихвати **позитивну оцјену** докторске дисертације, те одобри јавну одбрану.

- 1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;
- 2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:
 - да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
 - да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се докторска дисертација одбија.

Бања Лука, Нови Сад, 27. 12. 2019. год.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1.


Др Илија Ђосић, професор емеритус, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, предсједник

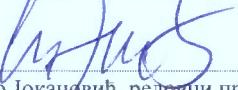
2.


Др Зорана Танасић, ванредни професор, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, ментор

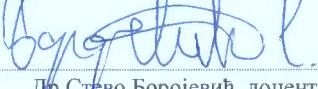
3.


Др Горан Јањић, ванредни професор, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, коментор

4.


Др Симо Јокановић, редовни професор, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, члан

5.


Др Стево Боројевић, доцент, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложение, односно разлог због којих не жели да потпише извјештај.

Прилог 3.

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем

да је докторска дисертација

Наслов рада: ПОВЕЋАЊЕ ФЛЕКСИБИЛНОСТИ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА
ОПТИМИЗАЦИЈОМ ЛАНАЦА СНАБДИЛЕВАЊА

Наслов рада на енглеском језику: INCREASING FLEXIBILITY OF SMALL AND
MEDIUM-SIZED ENTERPRISES BY OPTIMIZING SUPPLY CHAIN

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да докторска дисертација, у целини или у дијеловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци, дана 16.01.2020

Потпис докторанта



Мирољуб Драгић

Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Универзитет у Бањој Луци да докторску дисертацију учини јавно доступном

Овлашћујем Универзитет у Бањој Луци да моју докторску дисертацију под насловом
**ПОВЕЋАЊЕ ФЛЕКСИБИЛНОСТИ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА
ОПТИМИЗАЦИЈОМ ЛАНАЦА СНАБДИЛЕВАЊА**

која је моје ауторско дјело, учини јавно доступном.

Докторску дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату
погодном за трајно архивирање.

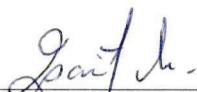
Моју докторску дисертацију похрањену у дигитални репозиторијум Универзитета у
Бањој Луци могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу
лиценце Креативне заједнице (*Creative Commons*) за коју сам се одлучио/ла.

- Ауторство
- Ауторство – некомерцијално**
- Ауторство – некомерцијално – без прераде
- Ауторство – некомерцијално – дијелити под истим условима
- Ауторство – без прераде
- Ауторство – дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци
дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци, дана 16. 01. 2020.

Потпис докторанта



Мирољав Драгић

Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора Мирослав Драгић
Наслов рада ПОВЕЋАЊЕ ФЛЕКСИБИЛНОСТИ МАЛИХ И СРЕДЊИХ
ПРЕДУЗЕЋА ОПТИМИЗАЦИЈОМ ЛАНАЦА
СНАБДИЈЕВАЊА
Ментор др Зорана Танасић, др Горан Јањић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације идентична електронској
верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци, дана 16.04.2020.

Потпис докторанта



Мирослав Драгић