

# Simulacija procesa distributivnog centra

---

**Gudžević, Zeno**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:220264>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Zeno Gudžević**

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Dragutin Lisjak, dipl. ing.

Student:

Zeno Gudžević

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Dragutinu Lisjaku, asistentu mag.ing.mech. Davoru Kolaru na pomoći, savjetima kao i povjerenju tijekom izrade rada.

Također posebno želim zahvaliti svojoj obitelji, kao i svima koji su mi pomogli tijekom studija.

Zeno Gudžević



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

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

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **ZENO GUDŽEVIĆ**

Mat. br.: 0035183617

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Simulacija procesa distributivnog centra**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Processes simulation of distribution center**

Opis zadatka:

Zadaća distributivnih centara je pravovremena opskrba potrošača potrebnom robom. Od ključne je važnosti precizno predviđanje vremena istovara robe te vremena zaprimanja iste na različite lokacije unutar samog skladišta. Procesi istovara i zaprimanja robe dodatno postaju kompleksniji ako distributivni centar ima tzv. prolazna ili privremena skladišta s kojih roba izravno odlazi na prodajna mjesta. Također treba uzeti u obzir vrstu robe koja zbog datuma trajanja (kvarljivosti) prva čeka na otpremu, a pritom se izuzima s različitih lokacija na skladištu. Zbog nemogućnosti točnog predviđanja potreba prodajnih lokacija za robom, u trenutku izuzimanja robe može u skladištu na pojedinim lokacijama doći do pojave "uskih grla", a time i kašnjenja u isporuci. Pretpostavka je, da bi se simulacijom aktivnosti procesa distributivnog centra unaprijed mogla predvidjeti i izbjeći „uska grla“ prilikom otpreme robe na prodajna mjesta. Sukladno navedenom, u radu je potrebno:

1. Mapirati procese istovara i zaprimanja robe u skladište distributivnog centra.
2. Analizirati i vizualizirati pojedine aktivnosti procesa istovara, zaprimanja i dostave robe prodajnim lokacijama.
3. Kreirati simulacijski model predviđanja "uskih grla" unutar distributivnog centra tijekom istovara, zaprimanja i otpreme robe.
4. Na temelju simulacijskog modela, predložiti poboljšanja procesa u cilju izbjegavanja najčešćih "uskih grla".
5. Analizom dobivenih rezultata izvesti zaključke.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
27. rujna 2018.

Rok predaje rada:  
29. studenog 2018.

Predviđeni datum obrane:  
05. prosinca 2018.  
06. prosinca 2018.  
07. prosinca 2018.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Dragutin Lisjak

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	1
POPIS SLIKA .....	3
POPIS TABLICA.....	5
POPIS OZNAKA .....	7
SAŽETAK.....	8
SUMMARY .....	9
1. UVOD.....	10
2. LOGISTIČKO DISTRIBUTIVNI CENTRI.....	12
2.1. Skladišne operacije u logističko distributivnim centrima .....	15
2.1.1. Prijem robe.....	19
2.1.2. Pohrana robe .....	22
2.1.3. Izuzimanje robe.....	24
2.1.4. Otprema robe .....	25
3. MAPIRANJE PROCESA I TEHNIKE MAPIRANJA PROCESA .....	27
3.1. Relacijske mape .....	28
3.2. Međufunkcionalni dijagrami toka.....	31
3.3. Osnovni dijagrami toka.....	39
4. MAPIRANJE PROCESA U KONZUMOVOM LOGISTIČKO DISTRIBUTIVNOM CENTRU ŽITNJAK.....	41
4.1. Zero stock vrsta skladišta.....	41
4.1.1. Mapiranje procesa kod Pre-Packed Cross Docking vrste narudžbe .....	42
4.1.2. Mapiranje procesa kod Brake-Bulk Cross Docking vrste narudžbe.....	44
4.1.3. Mapiranje procesa kod međuskladišnih vrsti narudžbe .....	46
4.2. Depozitno skladište .....	48
5. STATISTIČKA ANALIZA TRAJANJA PROCESA ISTOVARA I PREUZIMANJA ROBE.....	51
5.1. Izrada modela predviđanja trajanja preuzimanja .....	57
5.2. Ukupno trajanje procesa.....	58
6. RAČUNALNE SIMULACIJE .....	59
6.1. Siemens PLM programski paketi .....	60
6.1.1. Tecnomatix Plant Simulation.....	61
6.1.2. Osnove rada u Tecnomatix Plant Simulation.....	64
6.2. Izrada modela .....	67
6.2.1. Statistika i analiza modela.....	75
6.3. Optimizacija modela .....	79
6.4. Simulacija vremena istovara sa izmjerenim vremenima.....	82
7. ZAKLJUČAK.....	92
LITERATURA.....	93

---

PRILOZI..... 95

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Logističko distributivni centar Konzum d.d. u Zagrebu .....	13
Slika 2.	Prijemne zone u logističko distributivnom centru Žitnjak .....	21
Slika 3.	Prikaz istovaranja robe iz dostavnog vozila koje je na rampi .....	22
Slika 4.	Prikaz pohrane robe na skladišno mjesto .....	24
Slika 5.	Prikaz procesa izuzimanja robe od strane zaposlenika .....	25
Slika 6.	Roba spremna za otpremu potrošačima na „roll“ kontejnerima.....	26
Slika 7.	Osnovni predložak za relacijsku mapu.....	28
Slika 8.	Simboli relacijske mape za (A) odnos dio/sve, (B) ulaz/izlaz, (C) dobavljač-kupac .....	29
Slika 9.	Relacijska mapa-ključne značajke: (A) dobavljač-organizacija-kupac komponente, (B) dio/cjelina odnos, (C) dobavljač-kupac odnos .....	30
Slika 10.	Glavne značajke međufunkcionalnog dijagrama toka.....	32
Slika 11.	Simboli za aktivnosti .....	33
Slika 12.	Simboli za ulaze i izlaze.....	33
Slika 13.	Redoslijed konverzije s lijeva na desno .....	34
Slika 14.	Nema presijecanja strelica.....	34
Slika 15.	Simbol za odluku s dvije opcije .....	34
Slika 16.	Prikaz tri entiteta: vozač, prodaja, servis.....	35
Slika 17.	Entiteti a, b i c obavljaju zajedničku aktivnost.....	35
Slika 18.	Entiteti a i c obavljaju zajedničku aktivnost.....	36
Slika 19.	Podjela polja entiteta .....	36
Slika 20.	Paralelne aktivnosti .....	37
Slika 21.	Tijek rada sa serijskim uzorkom .....	37
Slika 22.	Interni odnos dobavljač-kupac, prikazuje i točke prijelaza između dva entiteta...	38
Slika 23.	Vanjski odnos dobavljač-kupac, prikazuje kupčeve točke dodira .....	38
Slika 24.	Osnovni dijagram toka, glavne značajke.....	39
Slika 25.	Simboli za osnovni dijagram toka: A(stvaraju vrijednost), B(ne stvaraju vrijednost).....	40
Slika 26.	Mapiranje procesa za „PPxd“ vrstu narudžbe .....	43
Slika 27.	Mapiranje procesa za „BBxD“ vrstu narudžbe .....	45
Slika 28.	Mapiranje procesa kod međuskladišne vrsta narudžbe .....	47
Slika 29.	Međufunkcionalni dijagram toka za depozitno skladište .....	50
Slika 30.	Prikaz prikupljenih podataka.....	52
Slika 31.	Kretanje broja paletnih mjesta i trajanja procesa istovara.....	53
Slika 32.	Histogram trajanja procesa istovara .....	54
Slika 33.	Izračun statističkih pokazatelja u programu „Microsoft excel“ .....	55
Slika 34.	Izračun broja podataka koji se nalaze unutar standardne devijacije .....	55
Slika 35.	Dijagram rasipanja za broj paletnih mjesta i trajanje procesa istovara .....	56
Slika 36.	Grafičko sučelje Tecnomatix Plant Simulation.....	64
Slika 37.	Pogled iz planning viewa na skladište.....	66
Slika 38.	Pogled iz 3D pogleda na skladište.....	66
Slika 39.	Prikaz nakon otvaranja objekta <i>Warehouse Project</i> .....	67
Slika 40.	Karakteristike skladišta na kojemu je provedena simulacija.....	68
Slika 41.	Karakteristike skladišnih lokacija .....	69
Slika 42.	Karakteristika rampi za utovar i istovar .....	69



Slika 43.	Karakteristike prijemne zone.....	70
Slika 44.	Izgled skladišta u dvodimenzionalnom pregledu .....	70
Slika 45.	Prikaz dodavanja resursa (viličara) u model .....	71
Slika 46.	Karakteristike objekta <i>PalletTruck</i> .....	71
Slika 47.	Izgled objekta <i>Warehouse Managera</i> te prostor za unos podataka.....	72
Slika 48.	Podaci iz seta masterdata.....	72
Slika 49.	Okvir za unošenje podataka kod <i>Start inventorya</i> .....	73
Slika 50.	Izgled skladišta u toku simulacije iz dvodimenzionalnog pregleda .....	74
Slika 51.	Izgled skladišta u toku simulacije iz trodimenzionalnog pregleda.....	74
Slika 52.	Prikaz postavki dobavljača .....	75
Slika 53.	Prikaz odabira vrste skladišne strategije .....	76
Slika 54.	Statistika broja paleta po dostavnom vozilu.....	76
Slika 55.	Statistika dostupnosti rampi za istovar i utovar.....	76
Slika 56.	Prikaz statistike rada <i>PalletTrucka</i> broj 1 .....	77
Slika 57.	Prikaz statistike rada <i>PalletTrucka</i> broj 2 .....	77
Slika 58.	Prikaz statistike prijeđenog puta za objekte <i>PalletTruck</i> .....	77
Slika 59.	Prikaz statistika rada <i>ReachTrucka</i> broj 1 .....	78
Slika 60.	Prikaz statistike rada <i>ReachTrucka</i> broj 2.....	78
Slika 61.	Prikaz statistike prijeđenog puta za objekte <i>ReachTruck</i> .....	78
Slika 62.	Prikaz izbora skladišne strategije .....	79
Slika 63.	Prikaz statistike broja paleta po dostavnom vozilu .....	79
Slika 64.	Prikaz statistike dostupnosti rampi za utovar i istovar .....	79
Slika 65.	Prikaz prijeđenog puta za objekt <i>PalletTruck</i> .....	80
Slika 66.	Prikaz statistike rada objekta <i>PalletTruck</i> .....	80
Slika 67.	Prikaz prijeđenog puta <i>ReachTrucka</i> .....	80
Slika 68.	Prikaz statistike rada objekta <i>ReachTrucka</i> .....	81
Slika 69.	Prikaz atributa objekta <i>PalletTruck</i> .....	82
Slika 70.	Prikaz varijabilnih vremena objekta <i>PalletTruck</i> .....	83
Slika 71.	Prikaz tablice istovara robe .....	83
Slika 72.	Unos podataka u simulaciju tj. <i>Masterdatu</i> .....	84
Slika 73.	Prikaz statistike jedne ulazne rampe nakon osam radnih sati .....	84
Slika 74.	Prikaz statistike za slučaj broj 9. ....	85
Slika 75.	Prikaz statistike za slučaj broj 10. ....	85
Slika 76.	Statistika ulazne rampe.....	85
Slika 77.	Prikaz statistike objekta <i>ReachTruck</i> .....	86
Slika 78.	Prikaz statističke analize za izmjerena vremena i vremena dobivena modelom... 87	
Slika 79.	Prikaz statističke analize za vremena dobivena modelom te računalnom simulacijom .....	88
Slika 80.	Prikaz statističke analize za vremena dobivena modelom te računalnom simulacijom .....	90
Slika 81.	Prikaz statističke analize dobivene izostavljanjem posljednja dva slučaja .....	91

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Usporedba trajanja izmjerenih vremena procesa i vremena dobivenih modelom	86
Tablica 2. Usporedba trajanja vremena procesa dobivenih modelom i računalnom simulacijom .....	88
Tablica 3. Usporedba trajanja izmjerenih vremena procesa i dobivenih računalnom simulacijom .....	89

**POPIS KRATICA**

<b>Naziv</b>	<b>Značenje</b>
BBxD	eng. <i>Brake bulk cross docking</i> –vrsta narudžbe
LDC	Logističko distributivni centar
PLM	eng. <i>Product Lifecycle Management</i> –Upravljanje životnim ciklusom proizvoda
PPxD	eng. <i>Pre Packed cross docking</i> –vrsta narudžbe
SCM	eng. <i>Supply chain management</i> –upravljanje opskrbnim lancem
TSF	Transfer unutar dva skladišta putem međuskladišnice

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
$c$	s	Vremenska konstanta
$n$		Veličina uzorka
$R^2$		Koeficijent determinacije
$s$		Standardna devijacija uzorka
$\sigma^2$		Varijanca uzorka
$X$		Broj paletnih mjesta
$\bar{x}$		Aritmetička sredina uzorka
$Y$	s	Trajanje procesa
$z$		Vrijednost test statistike (z test)

## SAŽETAK

Logističko distributivni centar je sustav koji u fizičkom i organizacijskom smislu predstavlja vezu između proizvodnje odnosno dobavljača i tržišta odnosno potrošača. Njegov osnovni dio je skladište u kojemu su prisutni različiti procesi. Naglasak u radu je na procesima istovara i zaprimanja robe unutar distributivnog skladišta. Na konkretnom primjeru skladišta je odrađeno mapiranje procesa te su prikazane aktivnosti koje najviše utječu na vrijeme trajanja procesa unutar skladišta. Statističkom analizom, na temelju prikupljenih podataka dobiven je model koji opisuje vremena istovara i zaprimanja robe u skladište. Primjenom simulacijskog sustava *Plant Simulation* kreirana je računalna simulacija procesa koji se odvijaju unutar deponitnog skladišta. Provedena je usporedba rezultata dobivenih mjerenjem, statističkom analizom te simulacijom.

Ključne riječi: logističko distributivni centar, skladište, mapiranje procesa, statistička analiza, računalna simulacija

## SUMMARY

The logistic distribution center is a system that in both physical and organizational way represents the link between production centres and the suppliers with the market and final consumers. Basic part of every logistic distribution center is the warehouse. The emphasis in this thesis was on the processes of unloading and receiving products within the distribution warehouse. Mapping of the processes was done on a real example and activities which are influencing the time within a process are shown. The model which defines the times of unloading and receiving products in a warehouse was obtained by statistical analysis. Computer simulation of the processes inside the deposit warehouse was performed by an application *Plant Simulation*. Comparison of results obtained by measurement, statistical analysis and computer simulation was performed.

Key words: logistic distribution center, warehouse, process mapping, statistical analysis, computer simulation

## 1. UVOD

U ovome radu cilj je objasniti te prikazati procese na primjeru logističko distributivnog centra poduzeća Konzum d.d. u Zagrebu. Također bitan element ovog rada je izrada simulacijskog modela koji ima za cilj dobiti rješenje pomoću kojega bi se unaprijed mogla predvidjeti i izbjeći „uska grla“ prilikom procesa istovara i zaprimanja robe unutar skladišta. Rad sadrži općenite informacije o distributivnim centrima kao i tehnike koje se koriste kod mapiranja procesa u proizvodnom ili poslovnom sustavu te razradu u konkretnom primjeru za zadano poduzeće. Poduzeće Konzum d.d ima dva glavna logističko distributivna centra od kojih se jedan nalazi u Splitu a drugi u Zagrebu. Sam Konzumov logističko distributivni centar Žitnjak u Zagrebu koji je i uzet kao model za mapiranje procesa te prikupljanje podataka u diplomskom radu ima dvije vrste skladišta koja će biti analizirana. Te dvije vrste skladišta imaju za cilj pravovremeno opskrbljivati sve prodavaonice poduzeća koje spadaju u kontinentalni dio Hrvatske.

Prva vrsta skladišta je depozitno skladište te je njegova glavna karakteristika da roba u skladištu ostaje dulji period vremena na zalihama. Roba koja se skladišti u depozitnom skladištu je roba koja se najčešće kupuje u trgovinama te je potrebna u velikim količinama na dnevnoj bazi. Druga vrsta skladišta je „zero stock“ skladište, to je skladište gdje sva roba koja stigne u njega u pravilu se do kraja dana šalje prodavaonicama, predstavlja skladište za dnevne potrebe prodavaonica i nema stvaranja dugotrajnih zaliha. Osim čuvanja robe u ovoj vrsti skladišta se odvijaju i „cross-docking“ aktivnosti. S obzirom da je u „cross-dock“ skladištima Konzumovih logističko distributivnih centara glavni cilj svu robu koja taj dan uđe komisionirati za prodavaonice, te utovariti u kamione i proslijediti prema prodavaonicama ili regionalnim skladištima, ova skladišta se još nazivaju i „zero stock“ skladišta, s obzirom da su na kraju dana zalihe u njima nula, odnosno nema ih. Roba u „zero stock“ skladišta dolazi homogeno složena od strane dobavljača na paletama, a za daljnji transport se komisionira na palete i roll-kontejnere.

Nakon određenog vremena provedenog u obje vrste skladišta utvrđeni su i razrađeni tj. mapirani svi procesi cjelokupnog sustava od ulaska robe u skladište do odlaganja. Od ključne važnosti za poslovanje je precizno predviđanje vremena istovara robe iz kamiona za koje nam

je potrebno razumijevanje i predodžba cijelog procesa. Za razumijevanje procesa primijenjene su tehnike mapiranja procesa koje prikazuju sve procese vidljivijima te nam olakšavaju razumijevanje cijelog sustava. Pomoću njih prikazana su zaduženja i odgovornosti za pojedini proces unutar cijelog sustava, također mogu se prikazati i redosljedi procesa. Mapiranjem procesa dobiva se uvid u procese koje najviše utječu na vrijeme trajanja istovara robe, te se potom djelovanjem na njih povećava efikasnost cjelokupnog sustava. Razlikuju se tri tehnike mapiranja procesa: relacijske mape, međufunkcionalne dijagrame tokova i osnovne dijagrame tokova. U radu su sve tri tehnike pobliže opisane te će biti prikazano mapiranje procesa i na samom primjeru tj. kod obje vrste skladišta u Konzumovom logističko distributivnom centru Žitnjak. Nakon dva tjedna provedena u samom skladištu te snimanja vremena istovara i zaprimanja odrađena je statistička analiza prikupljenih podataka. Statistička analiza prikupljenih podataka nakon određenog vremena provedenog u samome skladištu ima za cilj dobiti kvalitetan model koji predviđa vremena istovara i preuzimanja. Što se tiče simulacijskog modela on će se odraditi samo za dio depozitnog skladišta zbog prevelike kompleksnosti procesa u „cross-dock“ skladištu kao i prevelikog broja podataka za cjelokupno depozitno skladište. Cilj simulacijskog modela je rješenje pomoću kojega bi se unaprijed mogla predvidjeti i izbjeći „uska grla“ prilikom procesa unutar skladišta.



## 2. LOGISTIČKO DISTRIBUTIVNI CENTRI

Logističko distributivni centri u sustavu centralne distribucije su zaduženi za združivanje potražnje te je i manja potreba za sigurnosnim zalihama s obzirom na to da bi združena potražnja trebala biti stabilnija od raspršene. Istovremenim naručivanjem veće količine artikala te skladištenjem u takve centre mogu se smanjiti troškovi naručivanja i troškovi transporta u odnosu na slučaj kad svaka poslovnica zasebno naručuje robu za svoje potrebe. Zbog toga je moguće da svaki pojedinačni artikl bude dostavljan u manjim količinama i češće odnosno na vrijeme nego u sustavu direktne distribucije. Logističko distributivni centar definira se kao mjesto na kojem se proizvodi različitih dobavljača privremeno skladište kako bi se kasnije dostavili prodavaonicama tj. krajnjim potrošačima. Dok u kanalu distribucije skladišta predstavljaju mjesto čuvanja robe između proizvođača i dobavljača te između proizvođača i potrošača, kod distributivnih centara naglasak je na brzini protoka proizvoda u distribucijskom kanalu.

Logističko distributivni centar (LDC) je sustav koji u fizičkom i organizacijskom smislu predstavlja vezu između proizvodnje odnosno dobavljača i tržišta odnosno potrošača, a njegove uloge u logističkim lancima mogu biti sljedeće: tokovi makrodistribucije do distributivnih skladišta, prodajnih centara, vlastitih maloprodajnih objekata i većih komitenata u gravitacijskom području, tokovi mikrodistribucije, lokalna distribucija, određivanje tokova izvoza gotovih proizvoda na regionalno odnosno internacionalno tržište, tokovi prihvata i distribucije robe drugih proizvođača. [1]

Logističko distributivni centar predstavlja suvremeni objekt u kojem se dobavlja, skladišti, doručuje i priprema roba za daljnju distribuciju do kupaca. Razvio se iz tradicionalne funkcije skladišta, tako što se povećava broj funkcija, primjenjuju suvremena načela organizacije rada, nove tehnike i tehnologije, omogućuje visoka koncentracija robe i brz protok u distribucijskim kanalima te ravnomjerno, precizno i racionalno napajanje maloprodajnih točaka. Logističko distributivni centar može se definirati kao mjesto s najvećim stupnjem integracije logističkih sustava, logističkih aktivnosti i nositelja logističkih usluga. Zajedničko svim logističkim aktivnostima je težnja da se mjesto izvora robe što efikasnije poveže s točkom njene isporuke potrošačima. Koncept logističko distributivnog centra, kao središnja

institucija distribucijske mreže i glavni infrastrukturni element logističkog lanca, razvio se iz konvencionalnih funkcija skladišnog objekta. Kvalitetan logističko distributivni centar mora raspolagati stručnim kadrom koji posjeduje mnoštvo vještina, znanja i kompetencije za donošenje poslovnih odluka te raspolaže širokim spektrom djelovanja. Osim standardnih funkcija skladišnog objekta, kao što su: nabava, skladištenje, upravljanje zalihama, manipulacije, prijevoz i isporuka, logističko distributivni centar raspolaže i s dodatnim funkcijama koje povećavaju vrijednost robe, čime pružaju potpunu integriranu logističku uslugu klijentima. [2]



**Slika 1. Logističko distributivni centar Konzum d.d. u Zagrebu**

U Logističko distributivnim centrima se obavljaju sljedeće transformacije robnih tokova [1] [3]:

1. Prihvat i otprema robe
2. Konsolidacija / de-konsolidacija pošiljaka
3. Cross docking (skladištenje i otprema robe unutar 24 sata)

4. Prekrcaj robe i transportnih sredstava

5. Skladištenje i čuvanje robe

6. Dorada, pakiranje, etiketiranje proizvoda

7. Izrada prateće dokumentacije

8. Formiranje tovarnih jedinica

9. Povrat robe

10. Lokalna dostava robe

11. Ostale (sporedne) logističke funkcije

12. Niz pratećih usluga vezanih uz transportna sredstva, robu i osoblje.

Poslovni proces je niz logički povezanih aktivnosti koje koriste resurse poduzeća, a čiji je krajnji cilj zadovoljenje potreba kupaca za proizvodima ili uslugama odgovarajuće kvalitete i cijene, u adekvatnom vremenskom roku, uz istovremeno ostvarivanje određene vrijednosti. U proizvodnim i distributivnim procesima značajnu ulogu imaju skladišta i skladišna poslovanja. Stoga pravilno upravljanje skladišnim poslovanjem može uvelike smanjiti vrijeme potrebno da roba dođe do krajnjeg kupca, smanjiti troškove koji se pojavljuju prilikom transporta i manipulacija robom, te je u konačnici skladište odnosno logističko distributivni centar ključno mjesto u opskrbnom lancu za dodavanje vrijednosti proizvodima ili uslugama. Može se zaključiti da o skladišnom poslovanju umnogome ovisi i poslovanje cijele kompanije te je izrazito bitno ozbiljno shvatiti sve procese koji su povezani uz takve aktivnosti. [4]

## 2.1. Skladišne operacije u logističko distributivnim centrima

Skladišna logistika je specifična tercijarna logistika koja pružanjem potpore, podrške pri uskladištenju, smještaju i razmještaju, različitim skladišnim manipulacijama, otpremi materijalnih dobara, omogućuje brzo, sigurno i racionalno upravljanje tokovima materijalnih dobara na brojnim i različitim mjestima: svim vrstama skladišta, terminalima robno transportnih centara, robno trgovinskih centara, robno distribucijskih centara, logističkih centara. Skladišta su osnovni dio svakog opskrbnog lanca. Svaka lokacija na kojoj se drže zalihe materijala i proizvoda tijekom kretanja kroz opskrbni lanac može se definirati kao skladište. S logističkog stajališta može se reći da je skladište čvor ili točka na logističkoj mreži na kojem se roba prije svega prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. U širem smislu to je ograđeni ili neograđeni prostor, zatvoreni ili poluzatvoreni (pokriveni) prostor, za uskladištenje robe i svega onog što je u izravnoj vezi sa skladištenjem, te kao takav predstavlja njegov sastavni dio. S toga gledišta, skladište predstavlja prostor u kojem se roba preuzima, čuva od raznih fizičkih i kemijskih utjecaja, izdaje i otprema. [3]

Svako skladište odnosno logističko distributivni centar ima sljedeće ciljeve i zadatke [3]:

1. Glavna zadaća skladišta je dinamičko uravnoteženje tokova materijala, količinski i prostorno u svim fazama poslovnog procesa. Uz učinkovitu primjenu unutarnjeg transporta, skladište treba osigurati neprekidnost proizvodnje. Taj se kontinuitet osigurava tako da tok materijala teče po unaprijed određenom redu, planski i sustavno, bilo da se radi o ulazu sredstava za proizvodnju u proizvodni sustav, bilo o toku materijala unutar proizvodnog sustava, njegovoj preradi i doradi u procesu proizvodnje, bilo da se radi o izlazu materijala radi prodaje.
2. Proces skladištenja treba pokušati ostvariti uz najniže troškove skladištenja i uz najmanja moguća financijska sredstva angažirana u zalihe.
3. U skladištu se mora održavati stalna kakvoća zaliha materijala čuvanjem, zaštitom i održavanjem fizičko-kemijskih svojstava materijala. Ne smije se dopustiti rasipanje, kvar, lom i ostale gubitke na vrijednosti zaliha.

4. Skladište treba racionalno ubrzavati tok materijala, kako bi se skratio proces poslovanja (npr. ciklus proizvodnje) i time ubrzao koeficijent obrtaja sredstava vezanih uz zalihe.

Tok materijala je vremensko, prostorno i organizacijsko povezivanje svih procesa poduzeća, proizvodnje i distribucije. Obuhvaća sva kretanja materijala unutar zadanog područja i vremena pri čemu brzina kretanja može biti nula. Tok materijala se tako izražava kao količina materijala koja prolazi sustavom u određenom vremenskom razdoblju. Osnovna funkcija skladišta je pohrana robe na određeno vrijeme. To znači da se u skladištu zaprimaju isporuke od dobavljača, obavljaju sve potrebne provjere i razvrstavanje, pohranjuju proizvodi i materijali sve dok nisu potrebni, a zatim se dogovara isporuka daljnjim kupcima i potrošačima. Skladištenje robe zahtijeva kvantitativno i kvalitativno preuzimanje robe i njeno čuvanje do prodaje kupcu. Operacija skladištenja robe zahtijeva i obavljanje poslova kao što su sortiranje, pakiranje, etiketiranje, miješanje te druge usluge dodane vrijednosti. Robu u skladištu treba smjestiti tako da se omogući najbolje iskorištenje skladišnog prostora, pravilno čuvanje i zaštita robe, lako i brzo identificiranje robe, lagan pristup prostoru za razmještaj robe, te postizanje najnižih troškova skladištenja robe. [5] [6]

Osnovni zahtjevi za dobro skladišno poslovanja su sljedeći:

- suvremena organizacija unutarnjega kretanja roba i pravilna tehnološka koncepcija,
- odgovarajući raspored slaganja i pravilan smještaj tereta,
- vođenje točne dokumentacije,
- redovita evidencija ulaska i izlaska robe,
- pregled stanja skladišta s obzirom na količine i vrste roba,
- nadzor i dobro čuvanje, posebice, kod opasnih i pokvarljivih tereta,
- usklađena suradnja s poslovnim partnerima.

Općenito, ciljevi skladištenja su podržati logistički sustav kroz pružanje optimalne kombinacije visoke razine usluge i niskih troškova.

Detaljnija analiza ciljeva skladišnih procesa podrazumijeva [7]:

- osiguravanje potrebne razine zaliha u ključnim točkama lanca opskrbe
- davanje sigurne zalihe potrebne vrste robe
- održavanje robe u dobrom stanju i s minimalnim oštećenjima
- pružanje visoke razine usluge za korisnike
- obavljanje svih potrebnih aktivnosti učinkovito i uz niske troškove
- osiguravanje visoke produktivnosti i upotrebe resursa
- učinkovito i bez pogrešaka kontrolirati sva kretanja materijala
- sortiranje robe koja dolazi i brzo smještanje na skladišne lokacije
- sakupljanje robe koja se isporučuje i konsolidiranje isporuka
- mogućnost pohrane cijelog niza robe za kojom postoji potražnja
- biti fleksibilni da se učinkovito održavaju različite razine zaliha
- osiguravanje posebnih uvjeta, rotacije zaliha i sl.
- omogućiti sigurne uvjeta rada i poštivati propise.

U nastavku su navedene aktivnosti koje su uključene u sami proces skladištenja [7]:

- zaprimanje robe od dobavljača,
- identificiranje robe,
- usklađivanje s narudžbama i pronalaženje namjeravanog korištenja,
- istovar robe s vozila za isporuku,
- obavljanje potrebne provjere količine, kvalitete i stanja robe,
- označavanje materijala (najčešće s bar kodovima) kako bi se mogli identificirati,
- sortiranje robe po potrebi,
- prebacivanje robe na unaprijed određene skladišne lokacije,
- držanje robe na zalihama dok se ne pojavi potreba za izdavanjem,
- prebacivanje robe s viših pozicija na pozicije za komisioniranje na nultoj razini,
- prikupljanje (komisioniranje) robe iz skladišta radi ispunjavanja narudžbi,
- premještanje robe u otpremne zone,
- sastavljanje robe u teretne jedinice prema narudžbama,
- pakiranje i ambalažiranje po potrebi,
- utovar vozila za isporuku i slanje naručene robe,

- kontroliranje svih komunikacija i povezanih sustava, kao što su kontrola zaliha i financije.

Prva skladišna operacija u procesu je zaprimanje pristiglih pošiljaka u skladište. Nakon zaprimanja, roba se pohranjuje u skladište na određene skladišne lokacije, a u slučaju „Cross Dockinga“ roba se nakon zaprimanja bez dugotrajnog zadržavanja najčešće unutar jednog dana u skladišnom prostoru sortira i pakira u dostavna vozila za daljnju distribuciju. Kad skladištar zaprimi nalog za komisioniranje, potrebno je dohvatiti naručene stavke sa skladišnih pozicija. Posljednja faza u skladišnom poslovanju je slaganje robe prema narudžbi kupca u otpremnu zonu te otprema pošiljke iz skladišta prema potrošačima.

### **2.1.1. Prijem robe**

Prijem je prva skladišna operacija i započinje najavom i fizičkim prijemom robe. Najava dostave robe omogućuje usklađivanje prijema i otpreme te učinkovito koordiniranje s drugim aktivnostima unutar skladišta. Kada pošiljka stigne, ona se najprije istovari i svaki proizvod se skenira kako bi sustav registrirao njihov prijem u skladište. Nakon toga proizvodi se moraju pregledati kako bi se utvrdilo ima li roba vidljivih oštećenja, te odgovara li stvarna količina količini na otpremnici. Miješane palete moraju se rastaviti što produžuje i sam proces zaprimanja robe. Prijem uzrokuje oko 10 % ukupnih troškova u distribucijskim skladištima. Aktivnosti pri prijemu robe su sljedeće [1]:

- definiranje zone istovara
- bilježenje podataka o dolasku vozila i provjera dokumentacije
- provjera stanja i količine robe
- dodjeljivanje skladišne lokacije
- osiguranje vozila za iskrcaj



- iskrcaj robe iz vozila i slaganje robe u zoni prijema
- premještanje robe iz prijemne zone skladišta na unaprijed definiranu skladišnu lokaciju.

Načini prijema različiti su ovisno o vrsti skladišnog poslovanja te mogućnostima koje ima određeno skladište. Načini prijema mogu biti sljedeći:

- prijem 'naslijepo' - osoba na prijemu ispisuje stvarno zaprimljenu količinu roba bez obzira na dokumentaciju koja kvantificira robu
- prijem pomoću očitavanja „bar code“ - svako ulazno pakiranje skenira se pomoću bar-code čitača na posebnom skeneru
- izravan prijem - izravno slanje zaprimljene robe u prostor skladišta, tako se štedi vrijeme i prostor za sortiranje ulazne robe
- „cross docking“ - slaganje ulazne robe na način da je već spremna za izlaz i njezina otprema bez dugotrajne vremenske pohrane.

Veličina prijemne zone ovisi o količini i intenzitetu dolaska roba. Na učinkovitost rada bitno utječe položaj i smještaj prijemnih rampi. Pri prijemu roba obično se nastoji odabrati ona rampa koja je najbliža lokaciji gdje će se roba smjestiti unutar skladišta.

Zahtjevi pri opremanju rampi su sljedeći [8]:

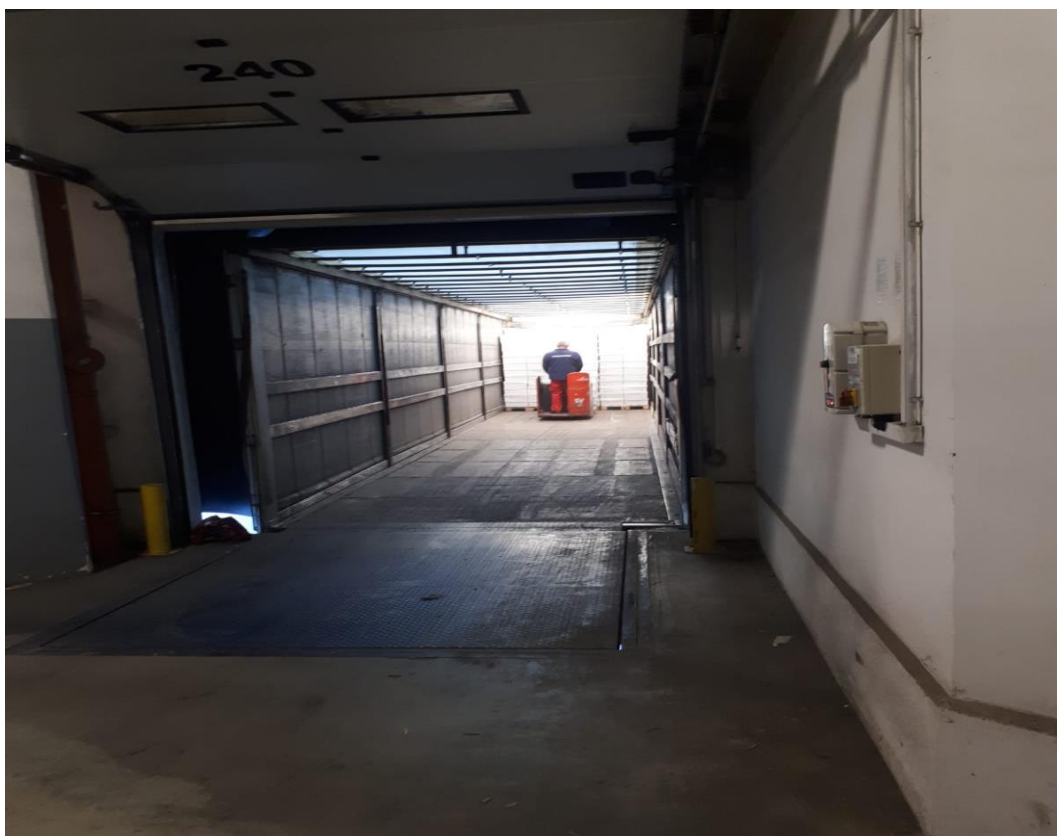
- mogućnost prilagodbe razine rampe s visinom vozila
- zaštita od vremenskih nepogoda
- rasvjeta na rampi koja može osvijetliti unutrašnjost vozila, čime se smanjuje vjerojatnost nesreće



**Slika 2. Prijemne zone u logističko distributivnom centru Žitnjak**

U najviše slučajeva prijemna zona u logističko distributivnim centrima se smješta na suprotnom kraju skladišta u odnosu na otpremnu zonu. Za skladišta koja nisu u funkciji proizvodnog procesa, odvajanje prijemne i otpremne zone ne moraju biti toliko udaljene. Primjerice, ako se prijemne i otpremne rampe nalaze jedne pokraj drugih, prostor na rampama se može koristiti tako da omogućuje prilagodbu prijemnih i otpremnih operacija prema potražnji korisnika (ako je u jednom trenutku potražnja veća, tada se veći broj rampi koristi za otpremu roba). Ako su prijemne i otpremne rampe smještene jedna do druge, tada se štedi prostor i vrijeme potrebno za rukovanje materijalom. Druga mogućnost je smještaj rampi na dva susjedna zida zgrade, što smanjuje udaljenost između dvije rampe. Postoje i modeli u kojima skladište može biti decentralizirano, s odvojenim funkcionalnim cjelinama unutar skladišta. Tada su prijemni i

otpremni dio također decentralizirani, ali se smještaju što bliže lokaciji predviđenoj za pohranu roba. U slučaju da su rampe raštrkane, tada se rasporedom prijemne ili otpremne zone nastoji smanjiti udaljenost od istovarnih rampi do mjesta gdje se roba pohranjuje da bi se smanjili povratni putevi vozila za pohranu i skladištenje.



**Slika 3. Prikaz istovaranja robe iz dostavnog vozila koje je na rampi**

Kao što je vidljivo na slici broj 3. istovaranje robe iz dostavnog vozila je početak prijema robe u samo skladište te se nakon njega odvija provjera te robe i zaprimanje u sustav pomoću skenera i očitavanja bar codeova proizvoda. Nakon istovara robe na prijamne zone i provjere da li je sve u redu što se tiče količina i stanja svih proizvoda može započeti slijedeća operacija a to je pohrana robe u skladišne lokacije.

### **2.1.2. Pohrana robe**

Pohrana podrazumijeva fizičko premještanje robe iz prijemne zone do skladišne lokacije unutar skladišta i pohranu robe na određenu lokaciju. Smještaj robe ovisi o značajkama robe. Principi prostornog smještaja ovise o strategiji koja se koristi pri skladištenju, pri čemu se roba može smjestiti na unaprijed određeno mjesto ili na prvo slobodno mjesto. Ovaj proces uključuje identifikaciju proizvoda, skeniranje barkoda proizvoda, pronalazak lokacije unutar skladišta, i premještanje proizvoda na određenu lokaciju. Pohrana robe je jedna od najvažnijih skladišnih aktivnosti jer ako nije obavljena kako treba sve skladišne aktivnosti nakon nje će duže trajati. Nakon što se roba pohrani na određenu skladišnu lokaciju, skladišna lokacija treba se zabilježiti kako bi se u sustav unijelo gdje je roba pohranjena. Skladišna aktivnost pohrane čini 15 % operativnih troškova skladištenja. Znanstveni pristup manipulaciji robom temelji se na motrištu koje potiče na razumijevanje principa kretanja unutar skladišta, unutarnjeg uređenja i rasporeda opreme i njene uporabe u skladištu. Znanstveni pristup operacijama manipulacije robom treba rezultirati povećanjem proizvodnosti i smanjenjem troškova. [6]

Pri uvođenju i optimizaciji sustava za lociranje nužno je ispuniti određene preduvjete kao što su [1]:

- stupanj iskoristivosti prostora
- iskoristivost opreme
- iskorištenje radne snage
- dostupnost svih elemenata sustava
- zaštita
- mogućnosti pozicioniranja unutar objekta
- fleksibilnost/prilagodljivost
- smanjenje troškova



**Slika 4. Prikaz pohrane robe na skladišno mjesto**

### **2.1.3. Izuzimanje robe**

Komisioniranje ili izuzimanje robe je operacija koja predstavlja jednu od najkritičnijih skladišnih operacija. Ova operacija predstavlja središnji dio protoka robe od dobavljača do kupca, a to je ujedno i točka na kojoj je najviše vidljiva razina profesionalnosti i preciznosti rada pojedinog skladišta. Izuzimanje robe (komisioniranje) operacija je tijekom koje se prema zahtjevima korisnika prikuplja roba iz skladišnih lokacija u skladištu i formira pošiljka spremna za otpremu. Izuzimanje robe čini oko 55% operativnih troškova skladišta. Nakon zaprimanja zahtjeva slijedi izuzimanje robe sa skladišta. Prema zahtjevu korisnika, u skladištu se najprije nastoji utvrditi mogućnost isporuke tražene robe prema vrsti i količini. Nakon toga slijedi organizacija redoslijeda izuzimanja robe, i izrada potrebne dokumentacije. [5]

Važni elementi pri izuzimanju robe su [5]:

- vrijeme putovanja (ručno, mehanizacija)
- planiranje

- razina usluge
- lokacija i kategorizacija robe
- točnost.



**Slika 5. Prikaz procesa izuzimanja robe od strane zaposlenika**

#### **2.1.4. Otprema robe**

Otprema robe sastoji se od različitih aktivnosti, no primarna funkcija je izlaz robe iz skladišta. Predstavlja zadnji korak aktivnosti koje se obavljaju unutar skladišta. Otpremna zona predstavlja također jednu od kritičnih točaka unutar skladišta, jer ako nalog za otpremu nije točno ispunjen, lančano uzrokuje poremećaj u cijelom opskrbnom lancu, te generira dodatne troškove poput povrata robe, otpisa, itd... Dobro organizacijski osmišljen otpremni sustav jedan je od najvažnijih segmenata za učinkovitost skladišta.

Dobro zamišljen otpremni sustav za moderno skladište predstavlja značajnu organizacijsku prednost i pozitivno utječe na ukupnu učinkovitost skladišta. Da bi takav sustav i u budućnosti ostao konkurentan nužno je izraditi strateški plan razvitka sustava otpreme koji obuhvaća sljedeće elemente [1]:

- definiranje i razumijevanje trenutnih zahtjeva korisnika i budućih trendova u poslovanju određenih korisnika kao i globalnih situacija u budućnosti
- odabir optimalnog načina ukrcanja robe u dostavna vozila, koji se temelji na zahtjevima korisnika i mogućnostima prijevoza
- odabir najpogodnijeg oblika za prijevoz robe
- projektiranje zone za otpremu prikupljene robe, koja se temelji na načinu ukrcanja vozila i analizi roba koja se otprema
- uvođenje i korištenje informatičkih sustava pri optimizaciji i kontroli sustava.



**Slika 6. Roba spremna za otpremu potrošačima na „roll“ kontejnerima**

### 3. MAPIRANJE PROCESA I TEHNIKE MAPIRANJA PROCESA

Proces se može definirati kao niz logički povezanih aktivnosti od kojih se i sastoji, uz jasno određene ulaze i izlaze iz procesa. U kontekstu poslovanja, poslovni proces sa svojim aktivnostima koristi određene poslovne resurse (ljudske, materijalne, financijske, vremenske, informacijske i dr.) s ciljem zadovoljenja potreba korisnika u najširem smislu. Izlaz iz procesa ostvaruje taj cilj, uz istodobno ostvarivanje "nove vrijednosti".

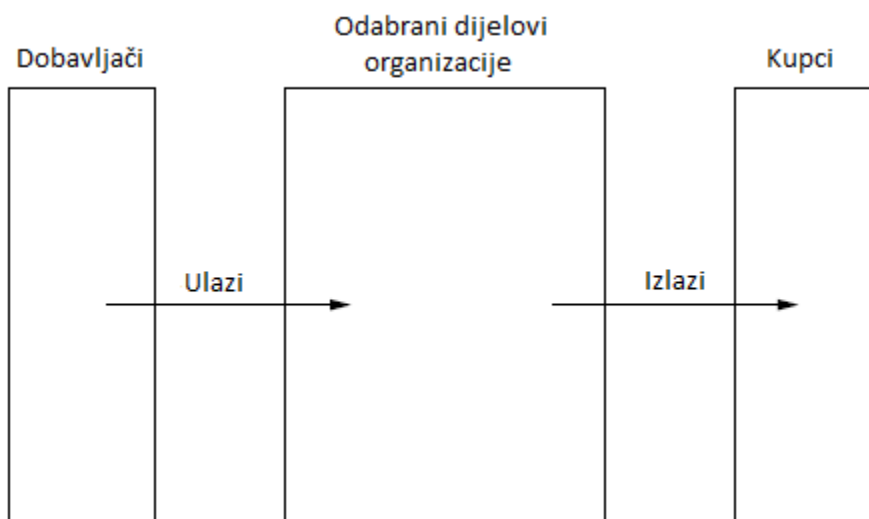
Kao što je u uvodu rečeno mapiranje procesa je vrsta tehnike koja omogućuje razumijevanje svih procesa unutar određenog poslovnog ili proizvodnog sustava. Olakšava preglednost te shvaćanje tko ima određenu odgovornost u svakom dijelu procesa, time dolazimo do jednostavnije predodžbe gdje se može doći do uštede vremena i na taj način možemo povećavati efikasnost cjelokupnog sustava. Sve u svemu glavni cilj mapiranja je doći do kvalitetnog razlikovanja aktivnosti koje stvaraju vrijednost od onih koje predstavljaju nepotrebne troškove. Mapiranje procesa se koristi za vizualni prikaz procesa. Postoje tri tehnike mapiranja poslovnih procesa: relacijske mape, međufunkcionalne mape i dijagrami toka. Relacijske mape prikazuju relacije isporučitelj-kupac, međufunkcionalne mape prikazuju funkcije, korake, niz koraka, ulaze i izlaze za određeni dio procesa, a dijagrami toka prikazuju aktivnosti, niz aktivnosti, ulaze i izlaze za određeni dio procesa. Osnovna upotreba mapa jest prikaz kako se obavlja ili kako bi se trebao obavljati tekući proces. U nastavku rada su pobliže objašnjene tri tehnike mapiranja procesa, relacijske mape, međufunkcionalni dijagrami toka i osnovni dijagrami toka. [9]



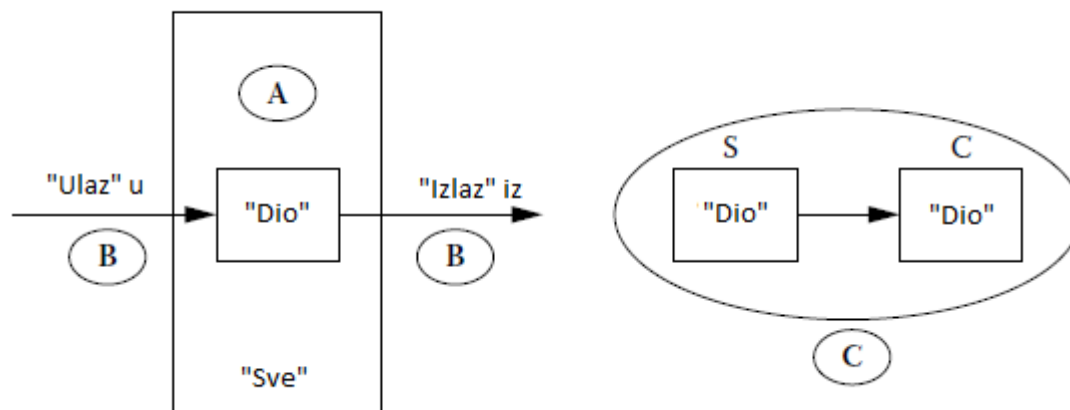
### 3.1. Relacijske mape

Relacijske mape vizualno opisuju dijelove organizacije te unutarnje ili vanjske odnose između dobavljača i kupaca među tim dijelovima. Općenito prate redoslijed s lijeva na desno (konverzija resursa ili propusnosti). Taj redoslijed predstavljaju iste tri komponente: dobavljač, organizacija i kupac; taj skup podataka predstavlja obrazac ili predložak za ovu vrstu mape.

Relacijska mapa pomaže da se sagleda rad na razini organizacije, tako da ne izričito prikazuju radne aktivnosti. Umjesto toga, prikazuje ulazno / izlazne veze između odabranih dijelova organizacije. (Simbol pravokutnika predstavlja dio organizacije, taj dio se može zamisliti kao "kanta" resursa i aktivnosti koje postaju građevni blok organizacijske strukture, kao što su odjel, funkcija, tim, projekt itd.) [10]



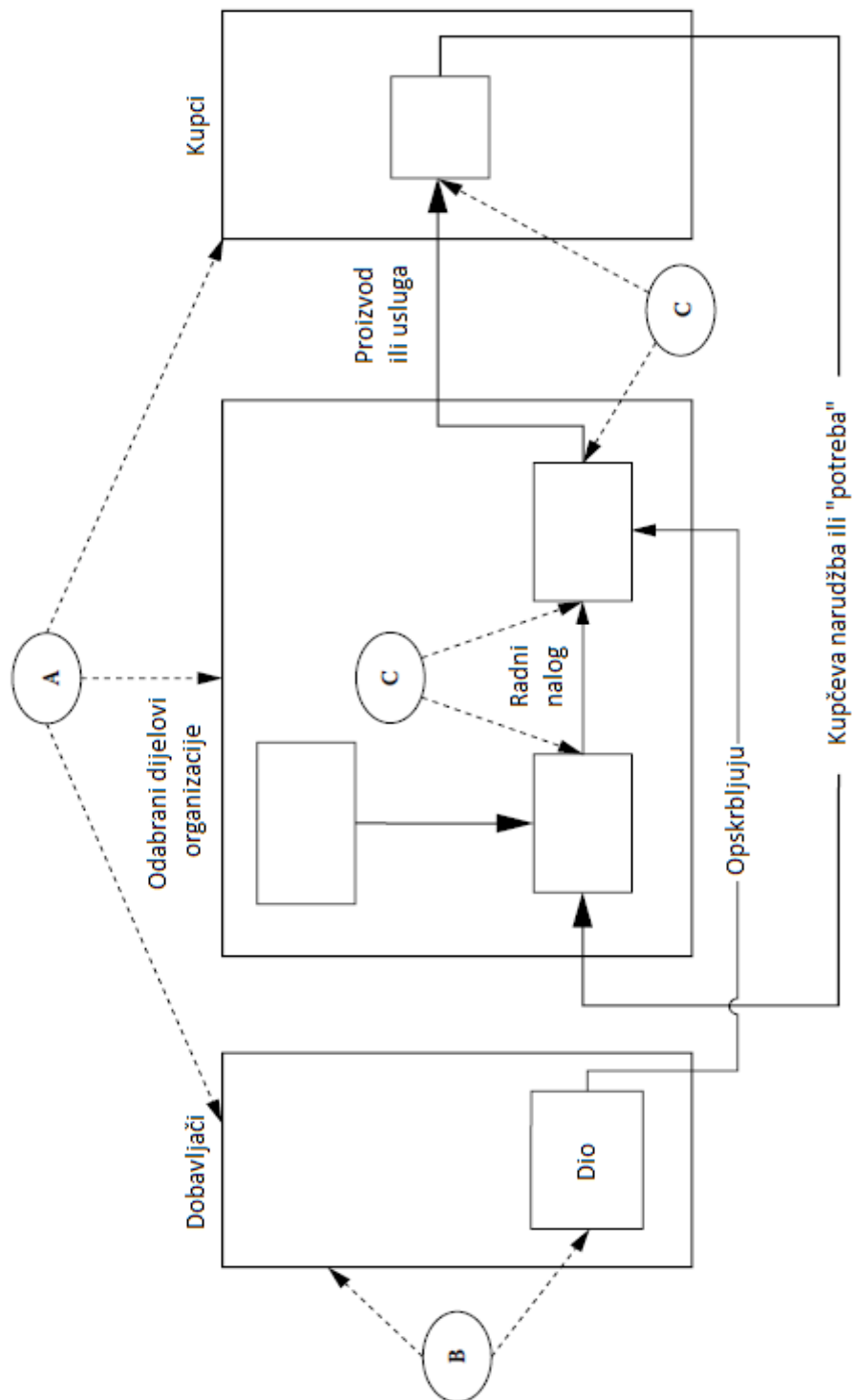
Slika 7. Osnovni predložak za relacijsku mapu



Slika 8. Simboli relacijske mape za (A) odnos dio/sve, (B) ulaz/izlaz, (C) dobavljač-kupac

Razlozi zašto koristiti relacijske mape [10]:

- Prikazuju što organizacija preuzima (ulazni resursi) i ono što proizvodi (izlazi ili pretvoreni resursi) to jest njegove stavke, proizvode ili usluge
- Prikazuju komponentu dijelovi koji čine organizacijsku cjelinu povezanu s određenom stavkom
- Označavaju što svaki dio pridonosi (koji su ulazi i izlazi povezani s kojim dijelovima organizacije)
- Prikazani su vidljivima odabrani unutarnji i vanjski odnosi dobavljač-kupac
- Ilustriraju organizacijske granice koje rad mora proći kako se stvara vrijednost
- Osiguravaju kontekst rada; pomažu orijentirati zaposlenike, dobavljače ili druge dionike kako bi razumjeli kako se njihov rad uklapa u rad organizacije
- Označavaju dijelove i veze na koje utječe određena strategija, inicijativa ili predložena organizacijska promjena



**Slika 9. Relacijska mapa-ključne značajke: (A) dobavljač-organizacija-kupac komponente, (B) dio/cjelina odnos, (C) dobavljač-kupac odnos**

### 3.2. Međufunkcionalni dijagrami toka

Međufunkcionalni dijagrami toka ilustriraju tijek rada u organizacijama. Tijek rada se sastoji od niza međusobno povezanih radnih aktivnosti i resursa koje slijede različit put, budući da se radni ulazi (resursi) pretvaraju u izlaze koji predstavljaju određenu vrijednost za korisnika. Naziv međufunkcionalni dijagram toka znači da cijeli radni proces (od početka do kraja) „križa“ više funkcija ili drugih organizacijskih entiteta. Još se naziva i „swimlane diagram“, što bi u prijevodu značilo dijagram u obliku staze za plivanje. Razlog tome je što uzorak horizontalni polja dijagrama je sličan stazama olimpijskog bazena gledanog iz zraka.

Dok relacijske mape prikazuju samo dijelove organizacije, međufunkcionalni dijagrami toka prikazuju rad koji se odvija unutar svakog dijela. Pravokutnici koji predstavljaju dijelove organizacije na relacijskim mapama, postaju horizontalna polja u međufunkcionalnim dijagramima tokova.

Glavne značajke međufunkcionalnih dijagrama toka (slika 10) [10]:

A. „Swimlane“ (horizontalno polje)

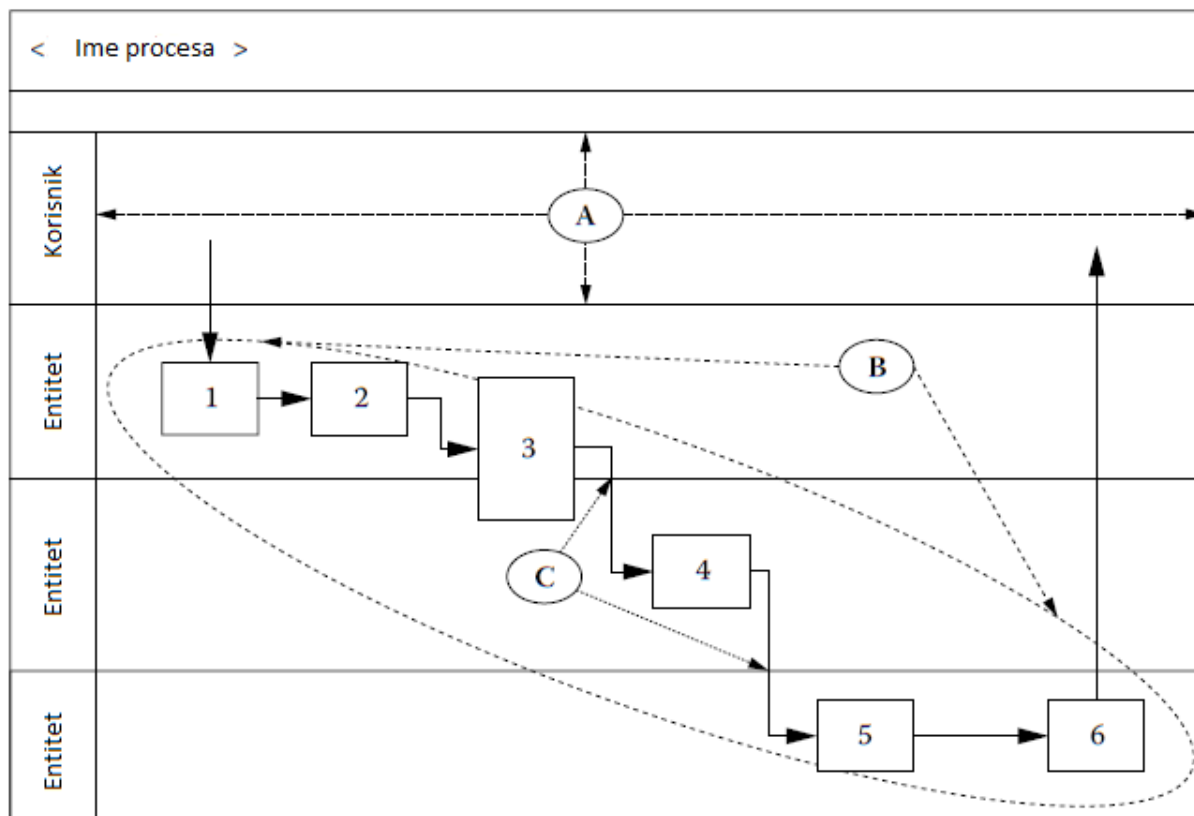
- Horizontalno polje pokazuje radne aktivnosti u kontekstu organizacijskog dijela ili drugog "entiteta" koji drži ili obavlja te aktivnosti

B. Tijek rada

- Skup međusobno povezanih aktivnosti i resursa razmještenih na jedinstven način
- Ovo je mehanizam koji stvara i donosi vrijednost

C. Odnosi između dobavljača i korisnika

- Prijenos radne aktivnosti između dva različita entiteta
- Gledano na razini sustava predstavlja vezu između dvije komponente



Slika 10. Glavne značajke međufunkcionalnog dijagrama toka

Razlozi zašto koristiti međufunkcionalne dijagrame toka [10]:

- Prikazuju granice (početak i kraj) i cjelokupni tijek rada na prvi pogled
- Ističu korisnikove točke dodira sa proizvodima ili uslugama
- Istodobno prikazuju aktivnosti i gdje se ne organizacijskoj razini one odvijaju
- Prikazuju odnose između dobavljača i korisnika koji su prisutni tijekom cijelog procesa
- Ilustriraju prijelaze između entiteta (organizacijskih dijelova)
- Utvrđuju uzorke u tijeku rada (serijski, suradnički, paralelni, ili kombinacija)

Obično se u ovakvim dijagramima korisnici stavljaju na vrh, jer to označava kontekst u kojem aktivnosti koje su povezane s njima predstavljaju za njih određenu vrijednost. No nije nužno da se uopće nalaze u dijagramima jer ponekad sve aktivnosti unutar cjelokupnog procesa nisu direktno vezane za njih.

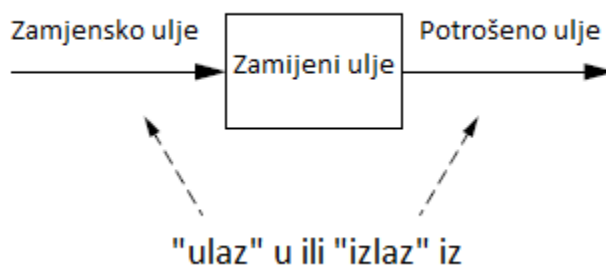
Pravila kod mapiranja [10]:

- Okviri u obliku pravokutnika koriste se za prikaz aktivnosti unutar tijeka rada ili procesa. Zatamnjen pravokutnik se koristi ako postoji zasebna mapa ili dijagrama toka ove aktivnosti.



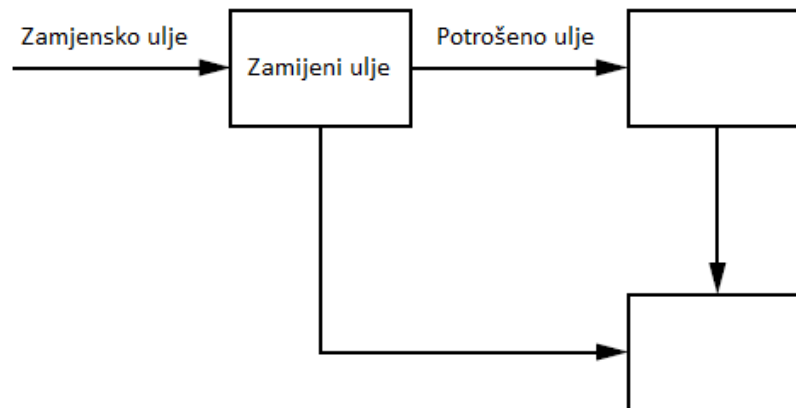
Slika 11. Simboli za aktivnosti

- Linija sa strelicom prikazuje ulaz ili izlaz povezan sa svakom aktivnošću. Označite ulaze i izlaze. To pomaže kod naknadnog tumačenja dijagrama. Ulaz treba biti resurs koji se određenom aktivnosti transformira, a stvaranje vrijednosti bi se trebalo vidjeti progresijom izlaza tijekom radnog tijeka. Smjer strelice je smjer tijeka rada.



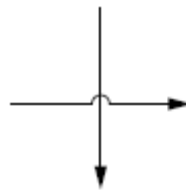
Slika 12. Simboli za ulaze i izlaze

- Redoslijed konvertiranja ulaza u izlaze je s lijeva na desno.



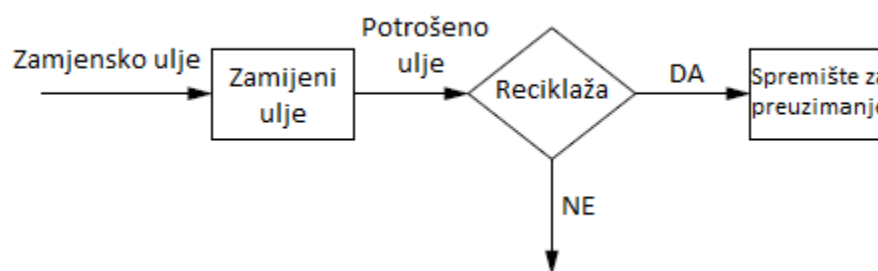
Slika 13. Redosljed konverzije s lijeva na desno

- Strelice koje predstavljaju ulazi i izlaze bi trebale prolaziti jedne ispod drugih, a ne se presijecati.



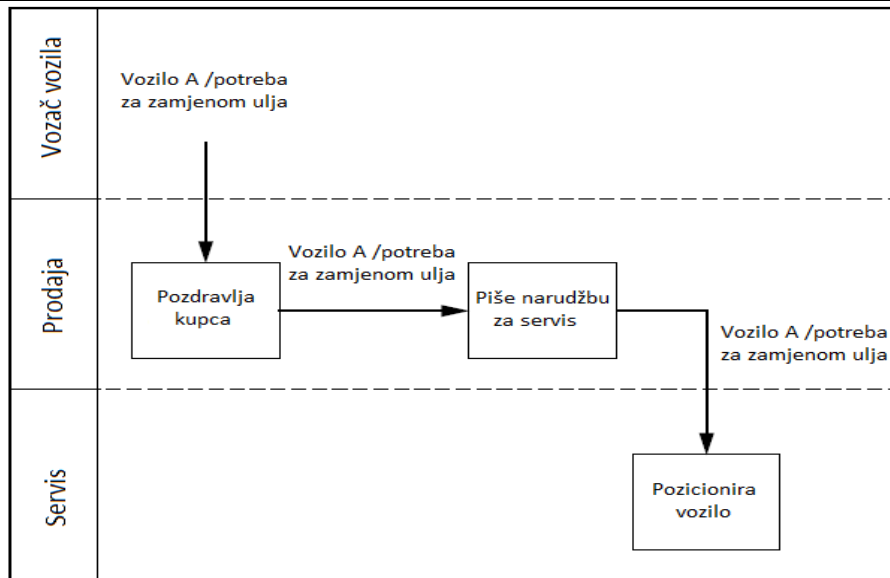
Slika 14. Nema presijecanja strelica

- Okvir u obliku romba predstavlja odluku unutar nekog procesa. Često postoji više mogućih opcija, primjer u nastavku (slika 15).



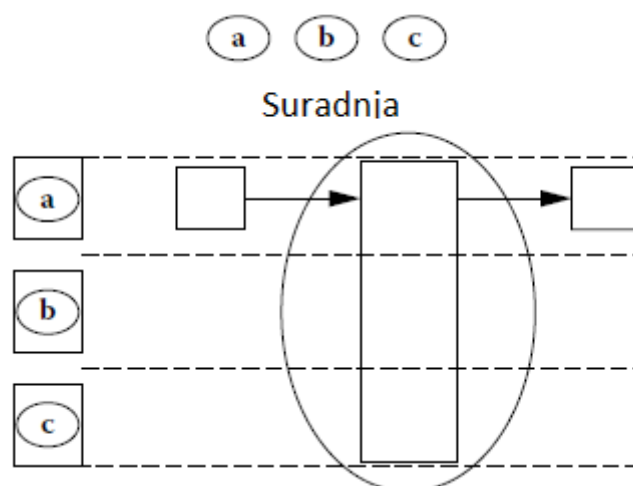
Slika 15. Simbol za odluku s dvije opcije

- Horizontalna polja („swimlanes“) predstavljaju entitete koji obavljaju neki posao. Ulazi i izlazi prolaze kroz ta polja. Entitet može predstavljati nečiju titulu, ulogu ili funkciju unutar organizacije. Debele linije predstavljaju granice između dva entiteta.



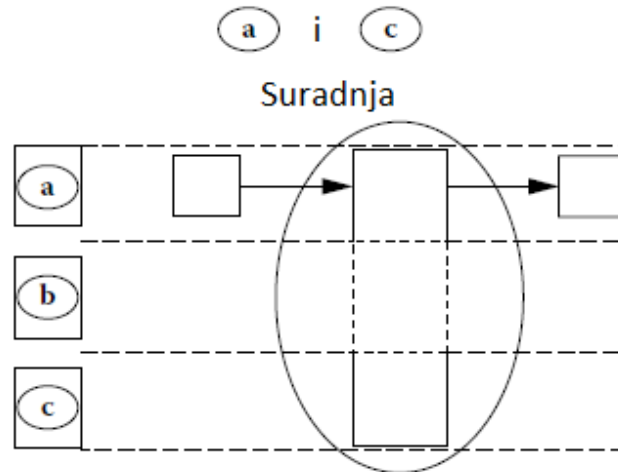
**Slika 16 Prikaz tri entiteta: vozač, prodaja, servis**

- Kada nekoliko entiteta zajednički obavlja određenu aktivnost, potrebno je nacrtati okvire za aktivnosti tako da uključuju sve zajedničke entitete. Pune linije pokazuju zajedničku angažiranost i suradnju više entiteta, dok crtkane linije pokazuju da jedan ili više entiteta nisu uključeni u tu aktivnost.



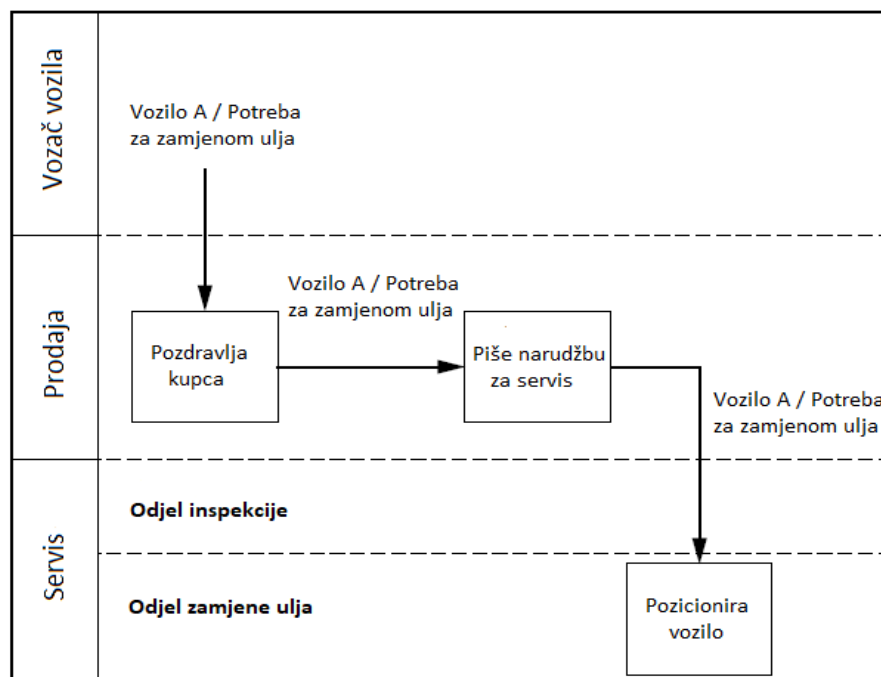
**Slika 17. Entiteti a, b i c obavljaju zajedničku aktivnost**





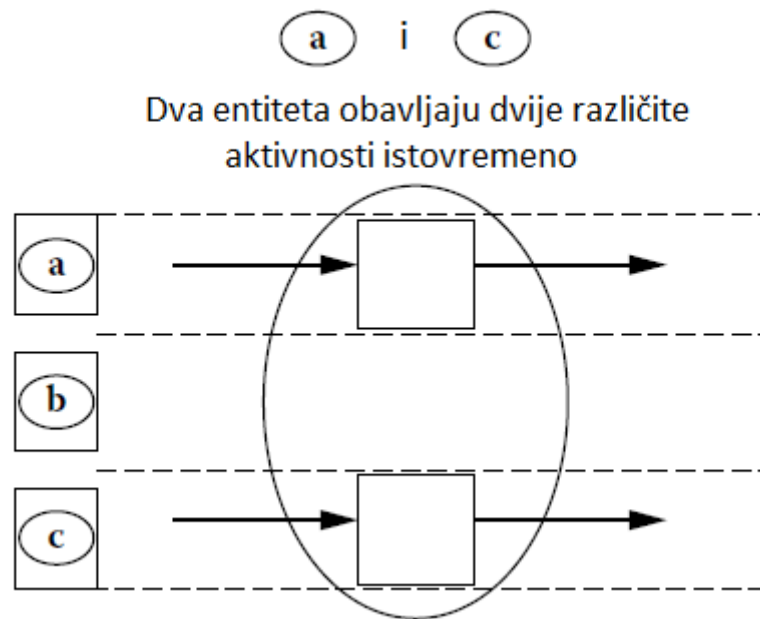
**Slika 18.** Entiteti a i c obavljaju zajedničku aktivnost

- Ako se želi prikazati podskup sličnog rada unutar istog entiteta potrebno je podijeliti polje entiteta (slika 19).



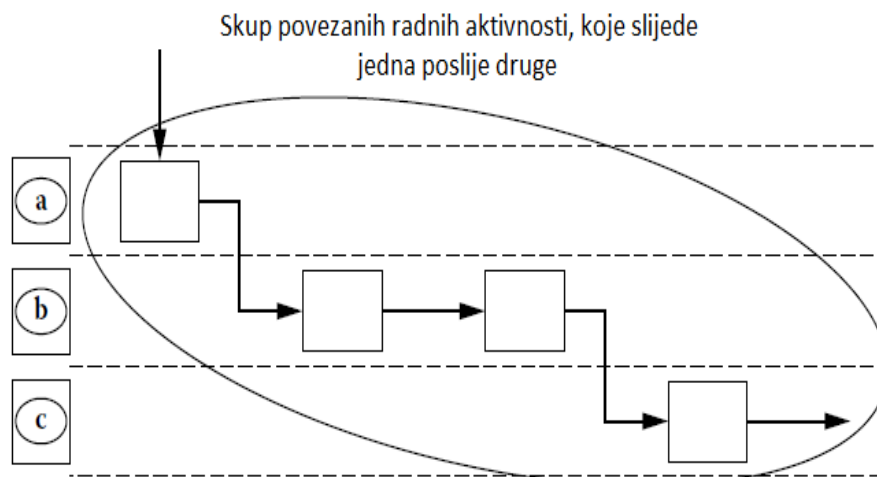
**Slika 19.** Podjela polja entiteta

- Često se može dogoditi da dva različita entiteta paralelno izvode različite aktivnosti. (slika 20)



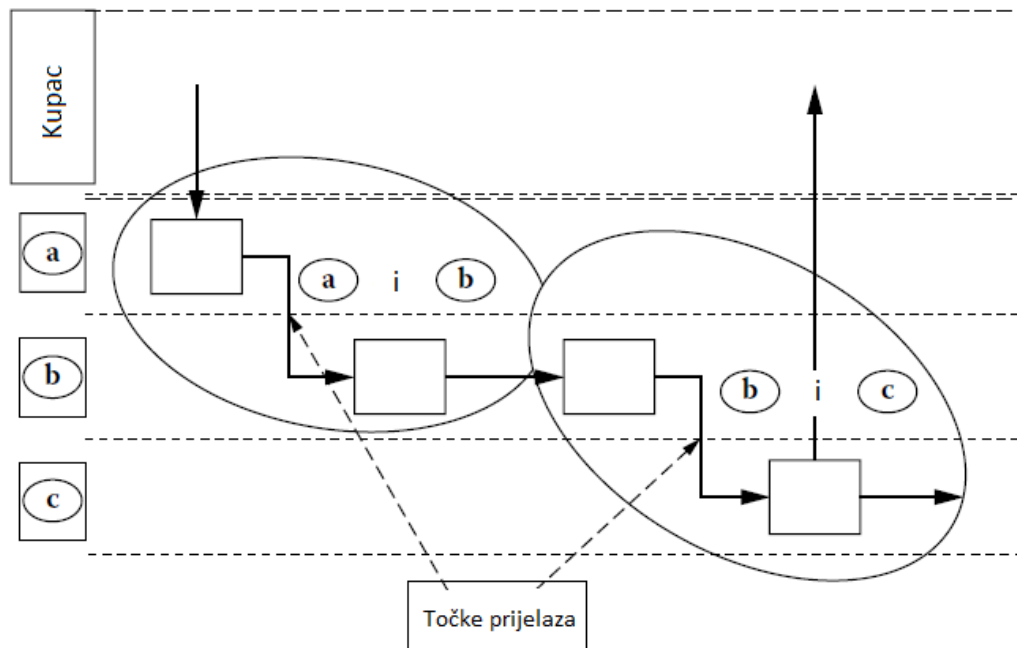
Slika 20. Paralelne aktivnosti

- Serijski tijek rada, najčešći kod ovakvog tipa dijagrama.



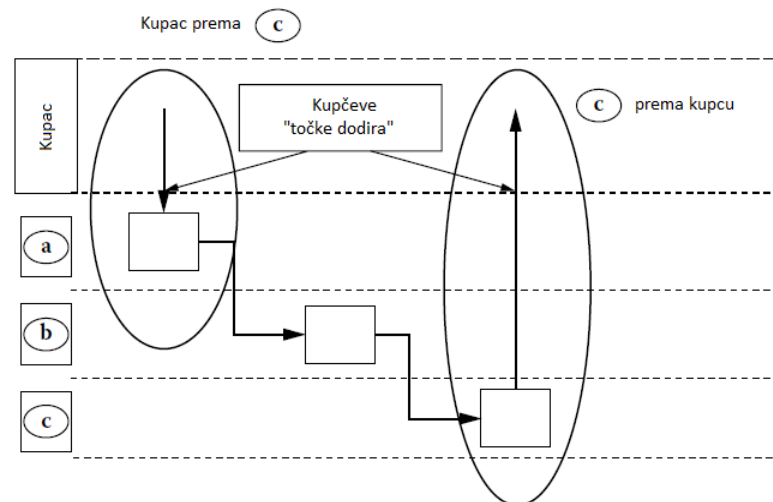
Slika 21. Tijek rada sa serijskim uzorkom

- Prikaz obrasca internih odnosa između dobavljača i kupca. (slika 22)



Slika 22. Interni odnos dobavljač-kupac, prikazuje i točke prijelaza između dva entiteta

- Prikaz vanjskih odnosa između dobavljača i kupca. (slika 23)



Slika 23. Vanjski odnos dobavljač-kupac, prikazuje kupčeve točke dodira

### 3.3. Osnovni dijagrami toka

Osnovni dijagrami toka predstavljaju grafički prikaz redoslijeda radnih aktivnosti koje se koriste za stvaranje, proizvodnju ili pružanje jedinstvenog izlaza (output). Može se koristiti za kategorizaciju radnih aktivnosti koje stvaraju vrijednost ili one koje ne stvaraju vrijednost. Od tri tehnike mapiranja, osnovni dijagram toka koristi se za najširi prikaz rada.

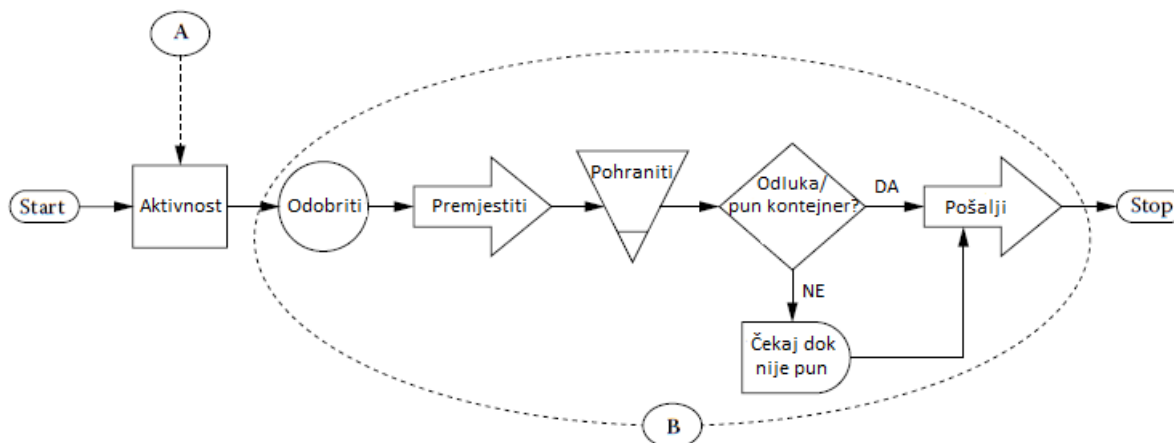
Ključne značajke dijagrama toka (slika 24) [10]:

#### A. Aktivnost stvaranja vrijednosti

- Jedan simbol koristi se za predstavljanje aktivnosti koja pretvara resurse u oblik koji predstavlja vrijednost za kupca koju je on voljan platiti.

#### B. Aktivnost koja ne stvara vrijednost

- Skup različitih simbola koristi se za prikaz aktivnosti koje ne stvaraju vrijednosti, kao što su kašnjenja, skladištenje, pregled, odobrenje, prerada itd.
- Rad koji troši resurse i vrijeme, ali ne pretvara resurse ("kupac" smatra "otpadom")



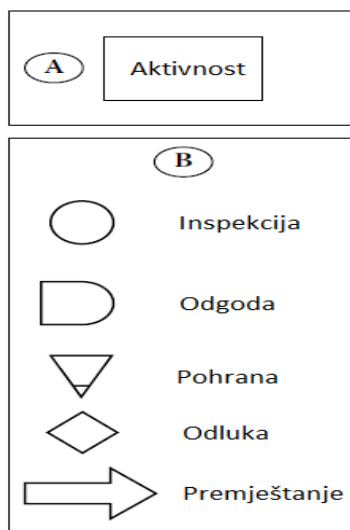
Slika 24. Osnovni dijagram toka, glavne značajke

Razlozi zašto koristiti osnovni dijagram toka:

- Detaljan prikaz stvarnih aktivnosti unutar nekog procesa, prikaz onoga što se događa u stvarnosti unutar poslovnih procesa.

- Razlikujemo aktivnosti stvaranja vrijednosti i aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost.

Možemo uočiti vidljive vrste „otpada“ u aktivnostima koje ne stvaraju vrijednost, kao što su kašnjenja, skladištenje, premještanja, pregledi, odobrenja, prerade itd...



**Slika 25. Simboli za osnovni dijagram toka: A(stvaraju vrijednost), B(ne stvaraju vrijednost)**

## 4. MAPIRANJE PROCESA U KONZUMOVOM LOGISTIČKO DISTRIBUTIVNOM CENTRU ŽITNJAK

Mapiranje procesa je podijeljeno na dva dijela u logističko distributivnom centru Žitnjak. Zasebno su se u projektu mapirali procesi unutar depozitnom skladišta te unutar „zero stock“ skladišta. U uvodnom dijelu rada su opisane razlike između ove dvije vrste skladišta te se samim time i procesi unutar njih samih umnogome razlikuju. Biti će prikazani međufunkcionalni dijagrami toka za obje vrste skladišta i iz njih će se jednostavno moći iščitati različiti procesi u cjelokupnom sustavu. Što se tiče samog položaja skladišta ona su gotovo na istoj lokaciji udaljena svega par metara no ipak međusobno odvojena. Također zaposlenici rade djelomično slične poslove no ipak svaki zaposlenik je zadužen za rad ili u depozitnom ili u „zero stock“ vrsti skladišta. Bitno je napomenuti da nema istih proizvoda u oba skladišta. Detaljnije o samim procesima u obje vrste skladišta slijedi u nastavku rada. Također bitno je napomenuti da su grafički prikazi napravljeni pomoću programa „Microsoft Visio 2013“. [11] [12]

### 4.1. Zero stock vrsta skladišta

„Zero stock“ skladište je skladište gdje sva roba koja stigne u njega u pravilu se do kraja dana šalje prodavaonicama, ono predstavlja skladište za dnevne potrebe prodavaonica i nema stvaranja dugotrajnih zaliha. S obzirom da je u cross-dock skladištima Konzumovih logističko distributivnih centara glavni cilj svu robu koja taj dan uđe komisionirati za prodavaonice, te utovariti u kamione i prosljediti prema prodavaonicama ili regionalnim skladištima, ova skladišta se još nazivaju i „zero stock“ skladišta kako ćemo ih i u radu nazivati, s obzirom da su na kraju dana zalihe u njima nula, odnosno nema ih. Roba u „zero stock“ skladišta dolazi homogeno složena od strane dobavljača na paletama, a za daljnji transport se komisionira tj. izuzima na palete ili roll-kontejnere.

Postoji raspored dolazaka svih dobavljača koji je konstantan za svaki dan, problem se javlja jer su intervali dolazaka dostavnih vozila u 15 minuta te samo jednim kašnjenjem može doći do remećenja plana i čekanja ostalih dobavljača. Možemo zaključiti da je sami raspored dolazaka izrazito bitan te je ključno imati dobro razrađen plan dolazaka dostavnih vozila.

Sve narudžbe robe koja se naručuje za „zero stock“ skladište se kreira u kontroli zaliha preko narudžbama iz određenih prodavaonica koje moraju biti dostavljene do 11 sati, tako da bi dobavljači mogli pripremiti robu za dostavu u skladište idući dan prema zadanom rasporedu. Za razumijevanje procesa kod ove vrste skladišta bitno je naglasiti da postoje tri vrste narudžbe robe od dobavljača koje onda utječu na preostale procese u cjelokupnom sustavu.

Razlikujemo ove tri vrste narudžbe:

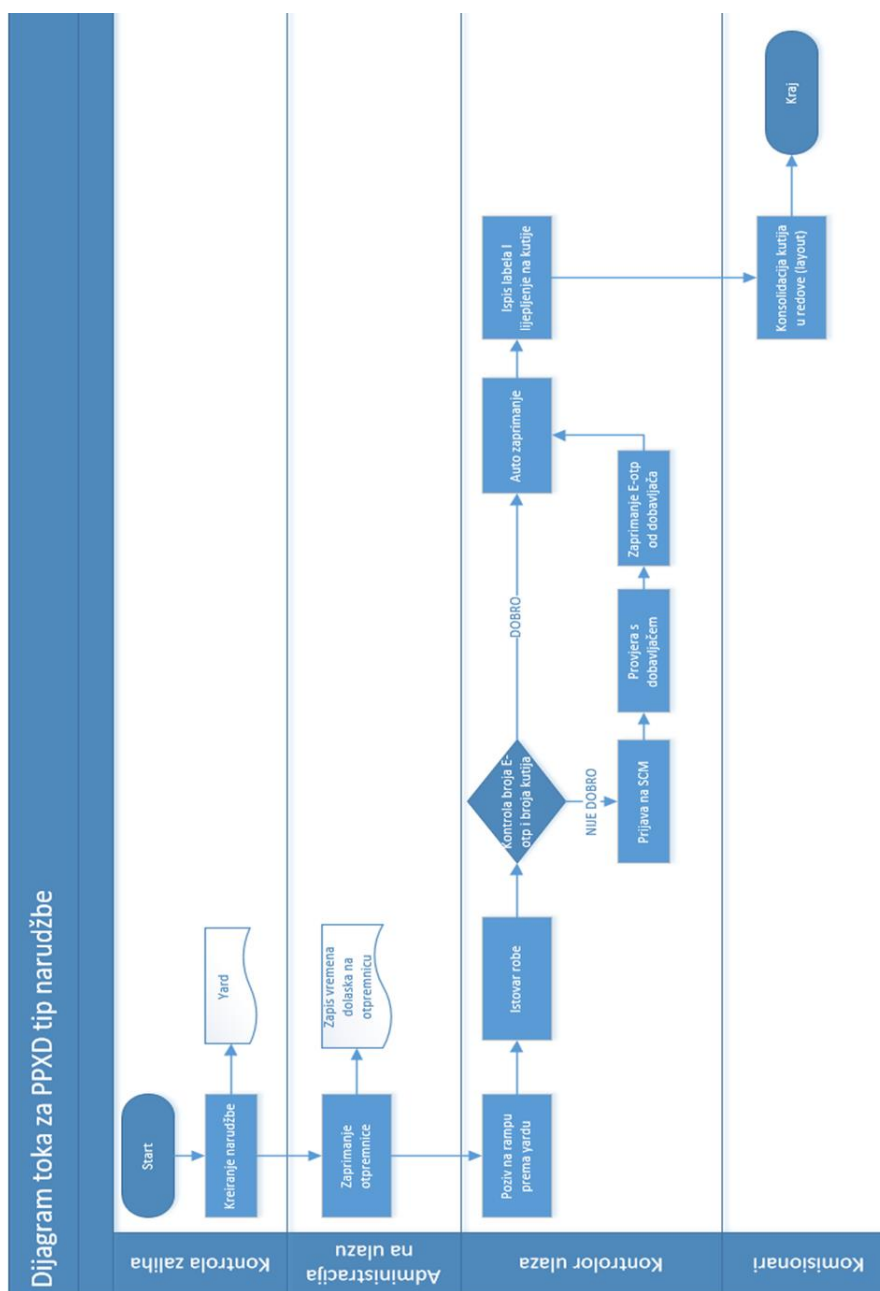
- „Pre-Packed Cross Docking“ (skraćena PPxD)
- „Brake-Bulk Cross Docking“ (skraćena BBxD)
- Međuskladišne (skraćena TSF)

#### ***4.1.1. Mapiranje procesa kod Pre-Packed Cross Docking vrste narudžbe***

Kod ovakvih vrsti narudžbe vrijeme potrebno za komisioniranje je uvjerljivo najmanje te je cjelokupni postupak u skladištu nakon istovara robe mnogo jednostavniji i lakši za sve zaposlenike unutar samog skladišta. Proces započinje kreiranjem narudžbe za određenu prodavaonicu od strane kontrola zaliha, nakon toga dobavljači dostavljaju robu u skladište dok je sama roba već pripremljena unutar dostavnog vozila za određenu trgovinu na zasebnoj paleti. Ulaskom dostavnog vozila u logističko distributivni proces te predajom otpremnice administraciji na ulazu započinje proces. Nakon pregledavanja otpremnice te zabilježbe vremena dolaska vozila otpremnica se nosi do kontrolora ulaza na istovarnu rampu koji određuje raspored istovara. Inače postoji raspored dolazaka dobavljača koji je stalan za svaki dan. Upravo zbog nemogućnosti poštivanja zadanih rasporeda često nastaju zastoji te problemi koji se kasnije odnose i na izlaz robe prema prodavaonicama. Nakon određenog vremena slijedi poziv kontrolora ulaza prema vozaču za dolazak na istovarnu rampu i sami proces istovara. Kontrolor ulaza pregledava broj kutija na paleti te uspoređuje sa elektronskom otpremnicom, odmah slijedi automatsko zaprimanje u sustavu preko aplikacije na računalu ukoliko nema nedostataka. Ako se primijeti nedostatak slijedi prijava u „Supply chain management“ (SCM) odjel zbog provjere s dobavljačem o mogućoj pogrešci.

U velikoj većini slučajeva (više od 95 % dostava) nema nikakvih problema sa otpremnicama te je u tim slučajevima vozač dostavnog vozila u mogućnosti odmah otići nakon prebrojavanja kutija što je prilično velika ušteda vremena u odnosu na druge vrste narudžbi

gdje vozači moraju čekati dulje vremena. Nakon zaprimanja robe na svaku kutiju se mora zalijepiti određena labela koja se može očitati sa skenerima koje imaju zaposlenici u skladištu. Na labeli su najčešće podaci o vrsti proizvoda, roku trajanja, broju komada koji se nalazi u paketu itd... Proces završava odlaganjem kutija ili proizvoda u određene zone koje su namijenjene za odlaganje dolazne robe. Taj proces se naziva konsolidacija kutija u redove. Nastavak procesa je zapravo izlaz robe prema prodavaonicama za koju je namijenjena određena roba. Na slici 26. je vidljivo mapiranje procesa kod „Pre-Packed Cross Docking“ vrste narudžbe. [11][12]



Slika 26. Mapiranje procesa za „PPxd“ vrstu narudžbe

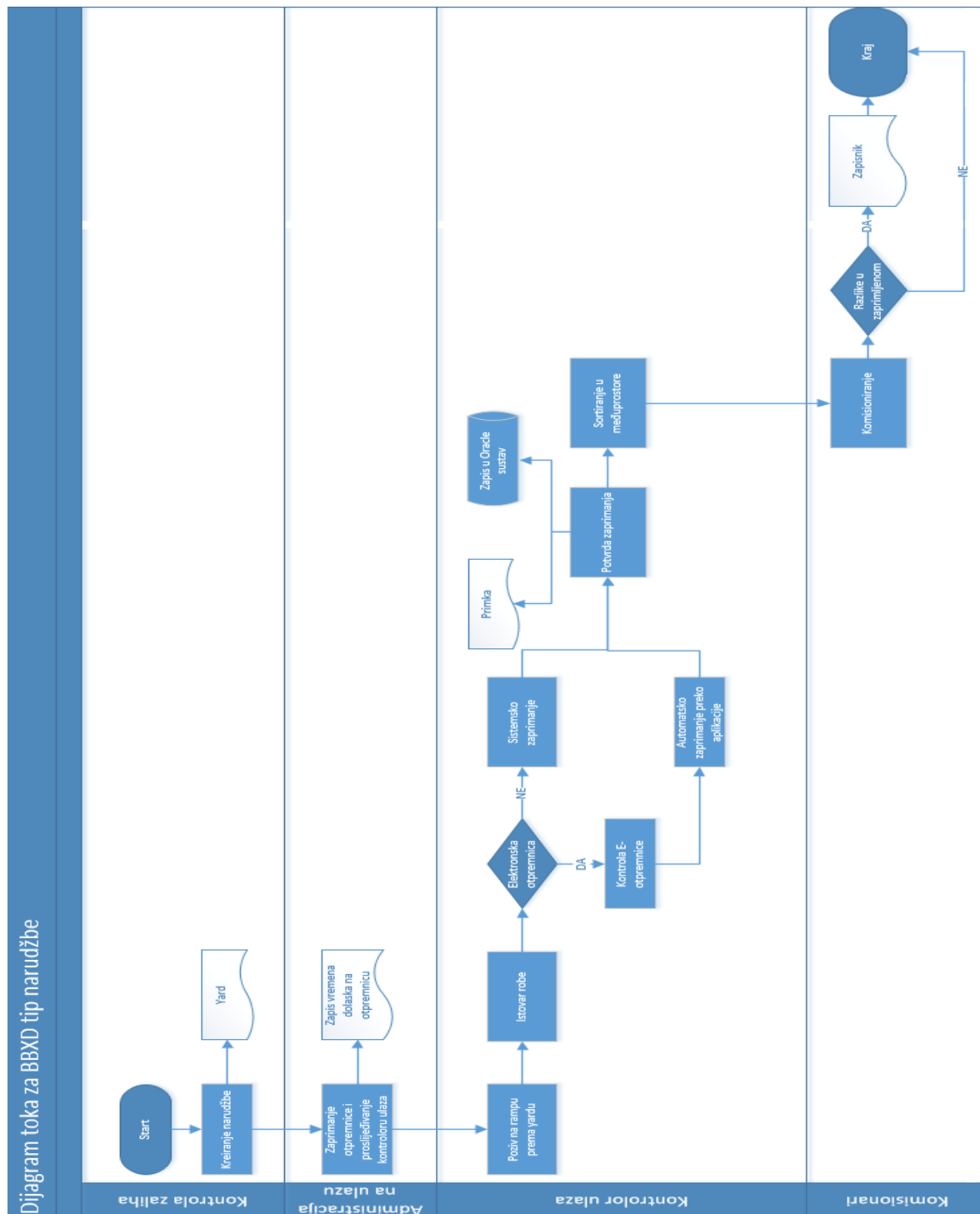


#### **4.1.2. Mapiranje procesa kod Brake-Bulk Cross Docking vrste narudžbe**

„Brake-Bulk Cross Docking“ (skraćeno BBxD) je vrsta narudžbe koja za razliku od PPxD vrste narudžbe dolazi od određenog dobavljača u skladište ali roba nije već složena tj. razvrstana za određenu prodavaonicu. Takva vrsta narudžbe se najčešće naziva i zbirna vrsta narudžbe. Roba je u većini slučajeva na paletama sa kojih se nakon odlaganja u zone za odlaganja mora komisionirati određeni proizvod za određenu prodavaonicu. To je prilično veliki vremenski gubitak u cijelom sustavu u odnosu na PPxD vrstu narudžbe. Način zaprimanja također može uzrokovati vremenske gubitke jer zaprimanje može biti i ručno, kao i automatsko tj. preko elektronske otpremnice. Kod ovakvih vrsti narudžbi češće se roba mora zaprimati ručno jer se često manjim dobavljačima ne isplati ulagati u određene informacijske sustave te nemaju elektronsku otpremnicu koja izrazito mnogo utječe za smanjivanje vremena zaprimanja robe.

Sam proces naručivanja robe iz prodavaonica za kontrolu zaliha je isti te dobavljači dobivaju do 11 sati popis robe koja je naručena. Za razliku od PPxD vrste narudžbe gdje dobavljači slažu robu po prodavaonici za koju je potrebna, ovdje oni šalju sve svoje naručene proizvode zbirno te će se oni kasnije komisionirati za određenu prodavaonicu. Vozač dostavnog vozila se javlja administraciji na ulazu u skladište a ona nakon bilježenja vremena dolaska odnosi tu otpremnicu kontroloru ulaza na istovarnu rampu. Kontrolor ulaza poziva vozača na istovarnu rampu te pregledava da li se radi o dostavi robe s elektronskom ili običnom otpremnicom. Ako je dostava robe s elektronskom otpremnicom proces je takav da se automatski zaprima narudžba preko aplikacije nakon prebrojavanja broja paketa, dok je kod obične otpremnice proces zaprimanja mnogo duži te se vrši sistemski preko skenera. Kod sistemskog zaprimanja problem je u vremenu koje je potrebno za tu operaciju te je to veliki gubitak vremena. Potrebno je zalijepiti labele, očitati bar kodove sa proizvoda, unijeti količinu i rok trajanja (najčešće izmišljen jer roba ide isti dan u prodavaonice) u skener te se nakon potvrde zaprimanja ispiše dokument zaprimanja tj. primka koja se uspoređuje sa otpremnicom. Za većinu narudžbi gdje je velika količina različite robe ovaj proces iziskuje mnogo vremena te je glavni razlog mogućih uskih grla i zastoja na istovarnim rampama. Sam dokument zaprimanja te svi zapisi se zapisuju u „Oracle“ sustavu. Ubrzo nakon toga slijedi sortiranje robe u međuprostor gdje se po iskustvu najčešće odlažu pojedine vrste robe u pojedine zone „zero stock“ skladišta radi lakšeg snalaženja zaposlenika koji će tu robu sortirati za pojedine prodavaonice. Moguće greške tj. razlike između naručene i dostavljene robe su vidljive na

kraju samog komisioniranja kada je vidljivo da li ima manjka odnosno viška robe, u tom slučaju sastavlja se zapisnik te se javlja u kontrolu zaliha i „Oracle“ sustav. Na slici 27. je vidljivo mapiranje procesa kod „Brake-bulk Cross Docking“ vrste narudžbe. [11] [12]

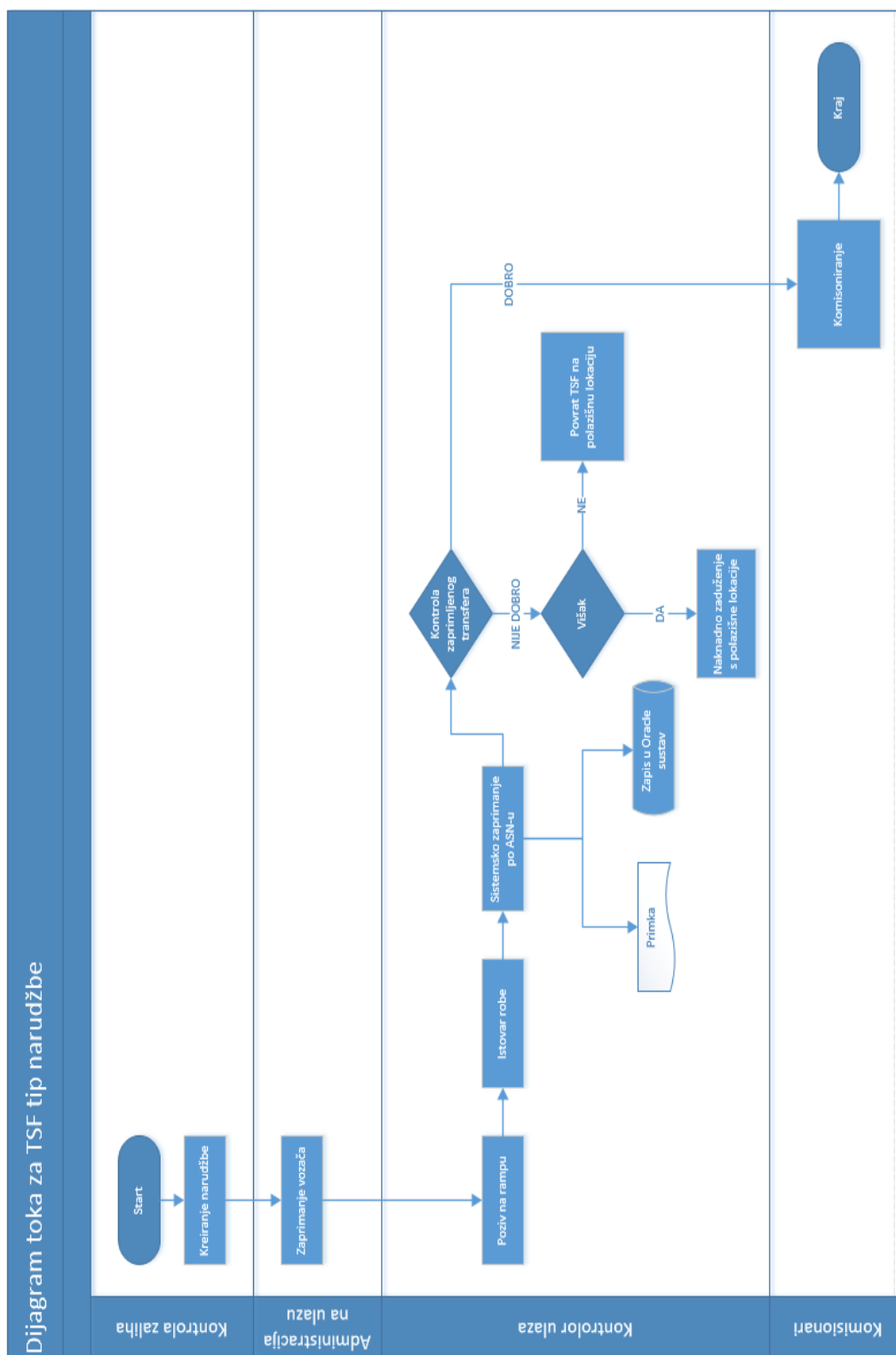


Slika 27. Mapiranje procesa za „BBxD“ vrstu narudžbe

### **4.1.3. Mapiranje procesa kod međuskladišnih vrsti narudžbe**

Međuskladišne vrste narudžbi se koriste kod naručivanja robe međusobno iz jednog od dva Konzumovih logističko distributivnih centara. Roba se prevozi vlastitim Konzumovim prijevoznim vozilima iz Splita u Zagreb ili obrnuto. Najčešće se takav prijevoz koristi kod sezonskih sniženja određenih proizvoda te kod povećanja potreba za akcijskim proizvodima u prodavaonicama. Kod ovakvih vrsti narudžbi nema čekanja vozača već dostavna vozila imaju prednost za istovar jer se radi o internim narudžbama te je takvo pravilo na snazi. Početak procesa je kreiranje narudžbe od strane kontrole zaliha prema drugome logističko distributivnom centru. Pomoću „Autonar“ sustava prilično precizno se znaju vremena dolazaka te su, kao što je ranije navedeno, vozači odmah nakon javljanja kod administracije bivaju pozivani na istovarnu rampu. Dostavljena roba se istovara te je proces zaprimanja poluautomatski.

Proces zaprimanja je sistemski preko skenera, no proces je vrlo brz jer je sve elektronski povezano između dva logističko distributivna centra. Također je sve zapisano u sustav „Oracle“ te se provjerava sukladnost otpremnice i dokumenta zaprimanja tj. primke. Ako je kojim slučajem poslan višak robe jednostavno se rješava problem naknadnim zaduživanjem viška s polazišne lokacije radi točnog stanja robe u oba centra. Ako se radi o manjku robe nakon obavještanja kontrole zalihe, ista će ponovno napraviti narudžbu određenog manjka robe. Možemo reći da ova vrsta narudžbe i nije tako česta kao ostale vrste kod zero stock skladišta te da općenito što se tiče gotovo cijelog procesa nema prevelikih problema, jer je ipak u pitanju interni transfer između dva vlastita logističko distributivna centra. Na slici 28. je vidljivo mapiranje procesa kod međuskladišnih vrsti narudžbe. [11] [12]



Slika 28. Mapiranje procesa kod međuskladišne vrsta narudžbe

## 4.2. Depozitno skladište

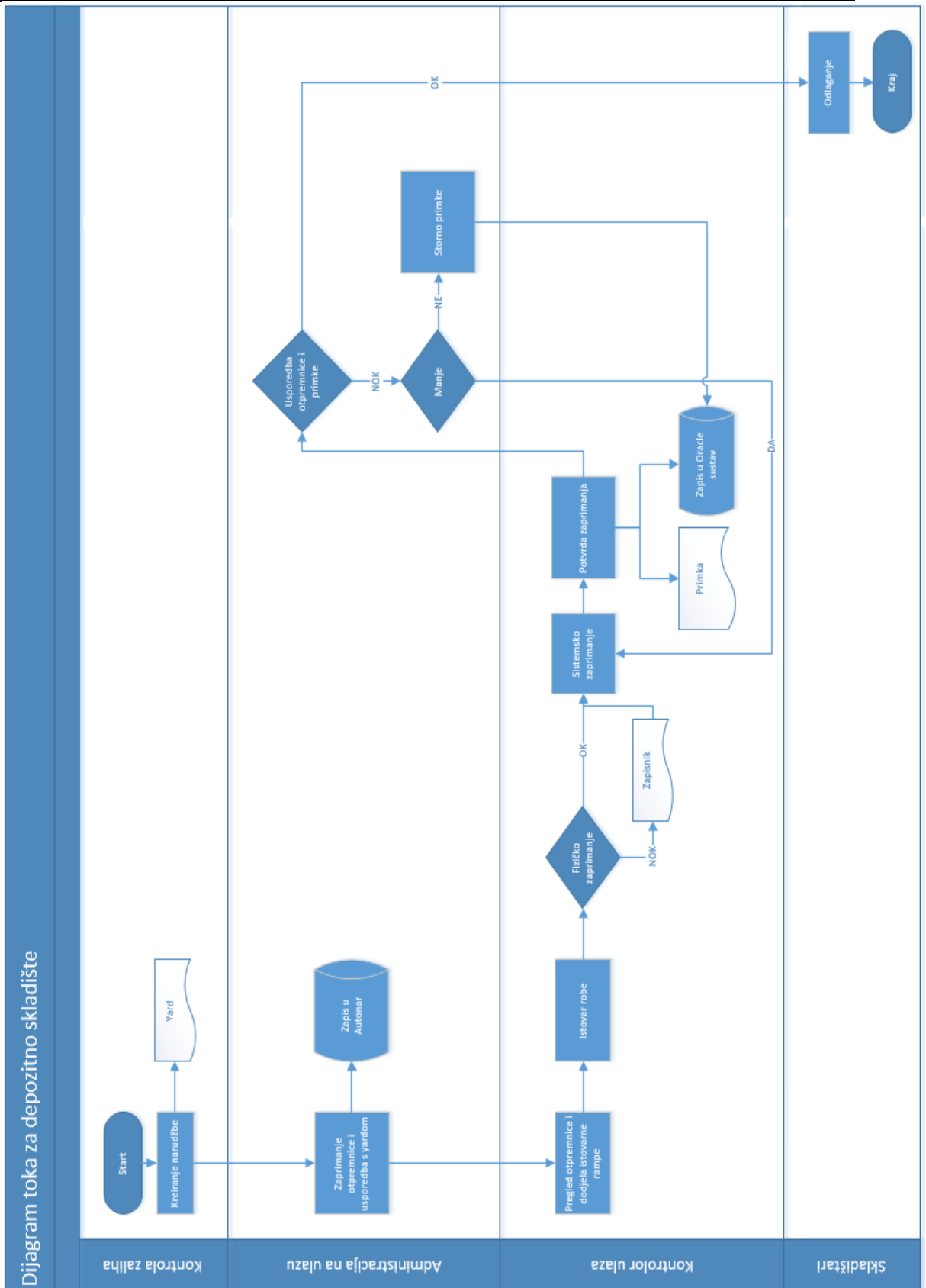
Depozitno skladište je skladište u kojem se roba deponira ili skladišti na period dulji od jednog dana, a samo skladište djeluje kao amortizer između dobavljalivosti roba i potražnje. Na klasičnom depozitnom skladištu prilikom rada s robom obavljaju se sve osnovne skladišne operacije. Osnovna prednost distribucije preko klasičnog depozitnog skladišta je što može pružiti višu razinu usluge jer može češće isporučivati robu, a vrijednost pošiljaka je puno veća nego kod direktnih dobavljača jer oni voze zasebno samo svoje proizvode.

Osnovna funkcija skladišta je pohrana robe. To znači da se u skladištu zaprimaju isporuke od dobavljača, obavljaju sve potrebne provjere i razvrstavanje, pohranjuju proizvodi i materijali sve dok nisu potrebni, a zatim se dogovara isporuka kupcima. Skladištenje robe zahtijeva kvantitativno i kvalitativno preuzimanje robe i njeno čuvanje do prodaje kupcu. Operacija skladištenja robe zahtijeva i obavljanje poslova kao što su sortiranje, pakiranje, etiketiranje, miješanje te druge usluge dodane vrijednosti. Robu u skladištu treba smjestiti tako da se omogući najbolje iskorištenje skladišnog prostora, pravilno čuvanje i zaštita robe, lako i brzo identificiranje robe, lagan pristup prostoru za razmještaj robe, te postizanje najnižih troškova skladištenja robe.

Sam proces kod depozitnog skladišta započinje kreiranjem narudžbi od odjela kontrole zaliha. Dokument koji je poveznica između samog skladišta i odjela kontrole zalihe se naziva „yard”. Na početku radnog dana administracija na ulazu pomoću njega ima pregled u najavljenom vremenu dolazaka dostavnih vozila sa navedenom vrstom i količinom robe. Vozači dostavnih vozila se javljaju u administraciju ulaza koja bilježi vrijeme dolaska zbog lakšeg planiranja istovara u odnosu na već određeno vrijeme. Također bitno je naglasiti da je vrijeme dolaska vozila izrazito bitno kod uvoza iz stranih država zbog izbjegavanja penala radi predugog čekanja na istovar određene robe. U slučaju da dostava robe kasni jedan dan, poziva se telefonski kontrola zaliha te odlučuje da li će se roba zaprimiti. Nakon provjeravanja otpremnice ona se odnosi kontroloru ulaza koji na njoj ima broj mobitela vozača te ih na taj način poziva na rampu u skladu s rasporedom ili vremenom dolaska. Slijedi istovar robe na istovarnu rampu te kreće ručno zaprimanje pomoću skenera putem kojega se vrši provjera količine i vrste robe.

U sam skener se pri unosu podataka za određenu robu mora unijeti i podatak o roku trajanja robe te tu može doći do gubitka vremena ako na otpremnici nema tih podataka što je čest slučaj. Problem se javlja jer sustav zahtijeva unos i datuma proizvodnje kao i datum isteka trajanja proizvode te ga ne želi zaprimiti ako je prošlo više jedne trećine vremena. Nakon unosa podataka u sustav pomoću skenera i lijepljenja labela na proizvode dolazi do potvrde zaprimanja u sustav te slijedi ispis dokumenta zaprimanja tj. primke koji vrši informacijski sustav „Oracle“. Administracija vrši usporedbu količina i proizvoda na otpremnici sa onom na dokumentu zaprimanja, ako je sve u redu otpremnica se potpisuje te vozač dostavnog vozila može otići iz logističko distributivnog centra.

Ako se slučajno nešto ne poklapa, vrši se zapisnik koji se bilježi u sustavu „Oracle“ i predaje se vozaču te postoji mogućnost storniranja dokumenta zaprimanja. U procesu slijedi odlaganje robe u regale pomoću visokoregalnih viličara koje voze zaposlenici. Tu često može doći do problema zbog neusklađenosti informacijskog sustava „Oracle“ i informacijskog sustava „Warehouse management system“ koji često može poslati vozača viličara na neadekvatnu lokaciju pa tu također može doći do gubitka vremena. Taj problem bi se mogao analizirati u nekom drugom projektu jer sigurno ima utjecaja i na gubitke vremena koji su povezani sa procesom istovara i zaprimanja robe tj. ti problemi su međusobno povezani. Nakon odlaganja robe u regalna mjesta završava proces zaprimanja robe u depozitnom skladištu. [11] [12]



Slika 29. Međufunkcionalni dijagram toka za deponitno skladište

## 5. STATISTIČKA ANALIZA TRAJANJA PROCESA ISTOVARA I PREUZIMANJA ROBE

Mapiranjem procesa i uvidom u aktivnosti unutar depozitnog skladišta ustanovljeno je da procesi istovara i preuzimanja robe znatno utječu na ukupno vrijeme svih aktivnosti unutar skladišta. Određeni procesi poput poziva vozača i dodjele istovarne rampe, te čekanje dolaska vozača na istovarnu rampu možemo smatrati fiksnim vremenima. Trajanje tih vremena je otprilike jednako za svaku narudžbu, stoga će fiksna vremena tih procesa predstavljati aritmetičku sredina za više slučajeva. Dok vremena istovara i preuzimanja robe su varijabilna s obzirom na značajke narudžbe. To predstavlja problem prilikom planiranja dolazaka dobavljača, cilj je spriječiti čekanja i stvaranja “uskih grla” ostalim procesima. Stoga je izmjereno trajanje procesa istovara i preuzimanja robe za 51 slučaj kako bi se pokušalo doći do određenih saznanja o utjecaju značajki narudžbe o trajanju procesa. Na temelju tih saznanja predviđati će se trajanje procesa istovara i preuzimanja robe.

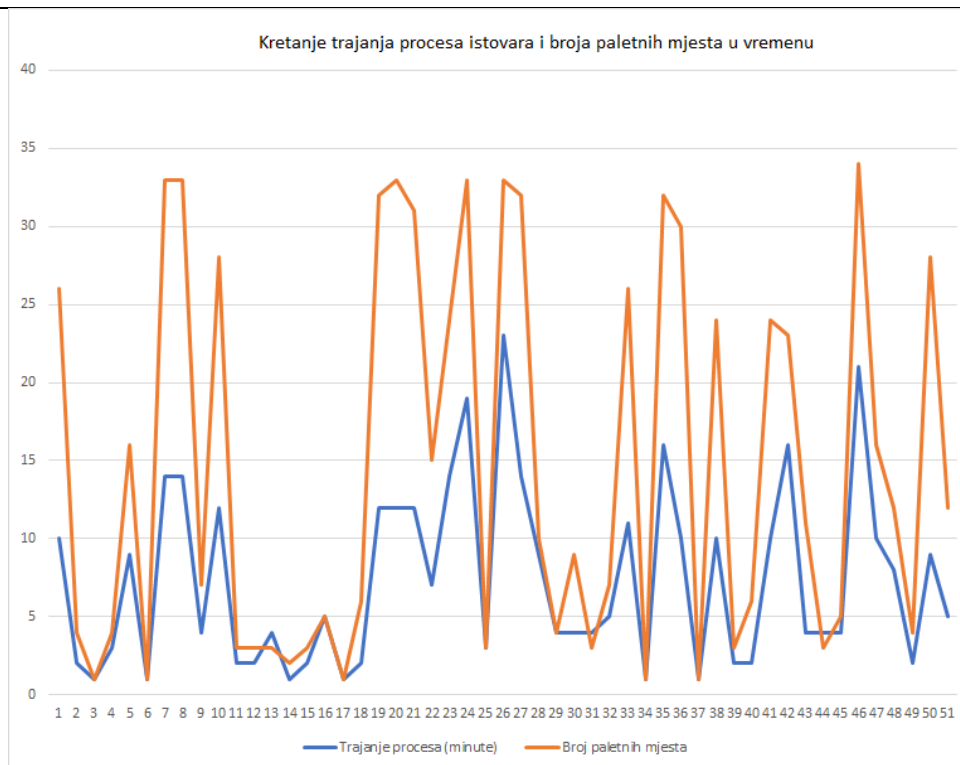
Sam proces istovara robe podrazumijeva da kontrolor ulaza prebaci robu iz dostavnog vozila na prijemnu zonu. Roba se u dostavnom vozilu nalazi na paletama, a kontrolor ulaza pomoću viličara obavlja proces istovara. Trajanje toga procesa je direktno vezano uz broj paletnih mjesta u dostavnom vozilu jer njihov broj utječe na broj ulazaka kontrolora u dostavno vozilo. Slike prikazuju sami proces istovara robe i prijemnu zonu gdje se roba odlaže kako bi se obavili procesi koji slijede.



Tablica istovara robe						
Dobavljatelj	Broj otpremnice	Broj paletnih mjesta	Datum	Vrijeme početka procesa	Vrijeme kraja procesa	Trajanje procesa (minute)
Dobavljatelj 1	419400	26	10/4/2018	10:07	10:17	10
Dobavljatelj 2	2018-RTL-000152	4	10/4/2018	10:57	10:59	2
Dobavljatelj 3	87/1/1	1	10/4/2018	11:14	11:15	1
Dobavljatelj 4	2018-104-002725; 2018-182-000007	4	10/4/2018	11:27	11:30	3
Dobavljatelj 5	96	16	10/4/2018	12:01	12:10	9
Dobavljatelj 6	8/18	1	10/4/2018	12:43	12:44	1
Dobavljatelj 7	3623	33	10/4/2018	12:57	13:11	14
Dobavljatelj 8	DA 18013230	33	10/5/2018	9:44	9:58	14
Dobavljatelj 9	3052-1-07002229-18	7	10/5/2018	10:18	10:22	4
Dobavljatelj 10	18448	28	10/5/2018	10:41	10:53	12
Dobavljatelj 11	40486	3	10/5/2018	11:24	11:26	2
Dobavljatelj 12	10-2018-2770	3	10/5/2018	12:40	12:42	2
Dobavljatelj 13	771	3	10/5/2018	13:01	13:05	4
Dobavljatelj 14	50541-07000857-18	2	10/10/2018	9:18	9:19	1
Dobavljatelj 15	80011160	3	10/10/2018	9:28	9:30	2
Dobavljatelj 16	K0802957	5	10/10/2018	9:49	9:54	5
Dobavljatelj 17	20427339	1	10/10/2018	10:34	10:35	1
Dobavljatelj 18	682-4/2018; 682/2018	6	10/10/2018	10:50	10:52	2
Dobavljatelj 19	1047/18; 1046/18	32	10/10/2018	11:15	11:27	12
Dobavljatelj 20	PRO18015730	33	10/10/2018	11:55	12:07	12
Dobavljatelj 21	149/18	31	10/10/2018	12:54	13:06	12
Dobavljatelj 22	2018-ZG-167 273-OTP	15	10/10/2018	12:44	12:51	7
Dobavljatelj 23	961-212	24	10/11/2018	15:32	15:46	14
Dobavljatelj 24	5030-ISK-300	33	10/11/2018	16:43	17:02	19
Dobavljatelj 25	190258-183-190	3	10/11/2018	15:17	15:20	3
Dobavljatelj 26	628-6847 808	33	10/11/2018	15:58	16:21	23
Dobavljatelj 27	PRO18015940	32	10/12/2018	9:10	9:24	14
Dobavljatelj 28	1729; 6081	10	10/12/2018	10:23	10:32	9
Dobavljatelj 29	10-2018-2819	4	10/12/2018	11:19	11:23	4
Dobavljatelj 30	2018-ZG-167 350-OTP	9	10/12/2018	11:45	11:49	4
Dobavljatelj 31	A30043138	3	10/12/2018	12:15	12:19	4
Dobavljatelj 32	222	7	10/12/2018	12:22	12:27	5
Dobavljatelj 33	9002536264; 9002531748	26	10/12/2018	12:46	12:57	11
Dobavljatelj 34	PRO18015915	1	10/12/2018	9:16	9:17	1
Dobavljatelj 35	9002531033	32	10/12/2018	10:06	10:22	16
Dobavljatelj 36	87	30	10/12/2018	11:59	12:09	10
Dobavljatelj 37	20002318	1	10/12/2018	12:32	12:33	1
Dobavljatelj 38	82 234528; 82 237 206	24	10/12/2018	12:49	12:59	10
Dobavljatelj 39	70-891076	3	10/15/2018	9:14	9:16	2
Dobavljatelj 40	6L/2018	6	10/15/2018	10:05	10:07	2
Dobavljatelj 41	OT-2018-12733	24	10/15/2018	10:27	10:37	10
Dobavljatelj 42	2.536; 2.535	25	10/15/2018	11:08	11:24	16
Dobavljatelj 43	695/2018	11	10/15/2018	12:03	12:07	4
Dobavljatelj 44	OTK 18-F-04925	3	10/15/2018	9:40	9:44	4
Dobavljatelj 45	4100014592	5	10/15/2018	10:13	10:17	4
Dobavljatelj 46	80196401	34	10/15/2018	10:23	10:46	21
Dobavljatelj 47	2018-ZG-167 446-OTP	16	10/15/2018	10:46	10:56	10
Dobavljatelj 48	180R0002084	12	10/16/2018	11:32	11:40	8
Dobavljatelj 49	2469	4	10/16/2018	11:30	11:32	2
Dobavljatelj 50	2100407 237	28	10/16/2018	11:00	11:09	9
Dobavljatelj 51	10001-734-6305-18	12	10/16/2018	11:50	11:55	5

Slika 30. Prikaz prikupljenih podataka

Nakon prikupljanja podataka za trajanje procesa istovara robe napravljena je statistička analiza podataka. Analiza podataka napravljena je u programu „Microsoft Excel“. Promatran je 51 slučaj te je napravljena usporedba kako se kreću trajanje procesa istovara i broj paletnih mjesta.



**Slika 31. Kretanje broja paletnih mjesta i trajanja procesa istovara**

Iz slike je jasno vidljivo da broj paletnih mjesta utječe na vrijeme trajanje procesa istovara, jer svaki zabilježeni skok broja paletnih mjesta u dijagramu popraćen je skokom trajanja procesa istovara. Postoje i određena odstupanja u dijagramu, koja su vjerojatno vezana uz određene ljudske faktore jer je teško simulirati potpuno idealne radne uvjete.

Kada postoji mnogo podataka, koriste se vrijednosti koje opisuju te podatke. Tako, najveća i najmanja vrijednost govore o rasponu podataka koje imamo, no vrlo često ekstremi nisu bitni. Važnija je vrijednost kojoj je većina podataka bliska. Iz brojnih razloga danas se najčešće koristi aritmetička sredina i standardna devijacija. Aritmetička sredina ili srednja vrijednost predstavlja sumu svih podataka podijeljenu s ukupnim brojem podataka. Za brojevni niz podataka  $x_1, \dots, x_n$  njihovom aritmetičkom sredinom (srednjom vrijednosti) zovemo broj [13] (1) [13]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

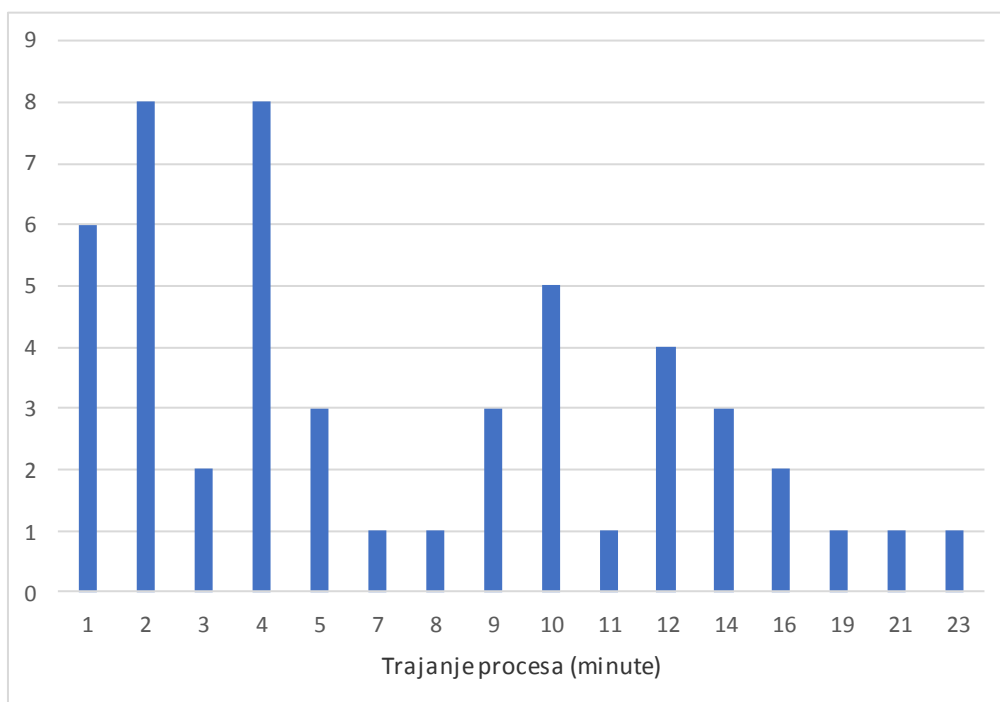
Za brojevni niz podataka  $x_1, \dots, x_n$  standardna devijacija predstavlja prosječno odstupanje od srednje vrijednosti i iznosi (2) [13]:

$$s = \sqrt{\frac{(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{x} - x_2)^2 + \dots + (\bar{x} - x_n)^2}{n}} \quad (2)$$

Aritmetička sredina daje broj koji se često u teorijskom i praktičnom pogledu smatra najbližim podacima. S druge strane, standardna devijacija kaže kolika je ta bliskost. Što je standardna devijacija manja, to je  $x$  bliži podacima. Ako je  $s = 0$ , sve vrijednosti su iste, a  $x$  je jednak svim vrijednostima.

Varijanca (znak  $\sigma^2$ ) predstavlja mjeru disperzije mjerenih ili slučajnih veličina; prosječna suma kvadrata odstupanja vrijednosti obilježja (veličine) od aritmetičke sredine. Za niz vrijednosti  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , varijanca je suma kvadrata odstupanja svih podataka od njihove srednje vrijednosti podijeljene s  $N$  gdje  $N$  predstavlja ukupan broj podataka u uzorku (3) [13]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$



**Slika 32. Histogram trajanja procesa istovara**

Iz grafikona raspodjele trajanja procesa istovara vidljivo je da istovar u najviše slučajeva traje 2 ili 4 minute, to vrijeme vrijedi za ukupno 16 slučajeva.

Trajanje procesa (minute)	aritmetička sredina	standardna devijacija	varijanca	min	max
10	7.392156863	5.748316036	33.043137	1	23
2					
1					
3					
9					
1					
14					
14					
4					
12					
2					
2					
4					
1					
2					
5					

Slika 33. Izračun statističkih pokazatelja u programu „Microsoft excel“

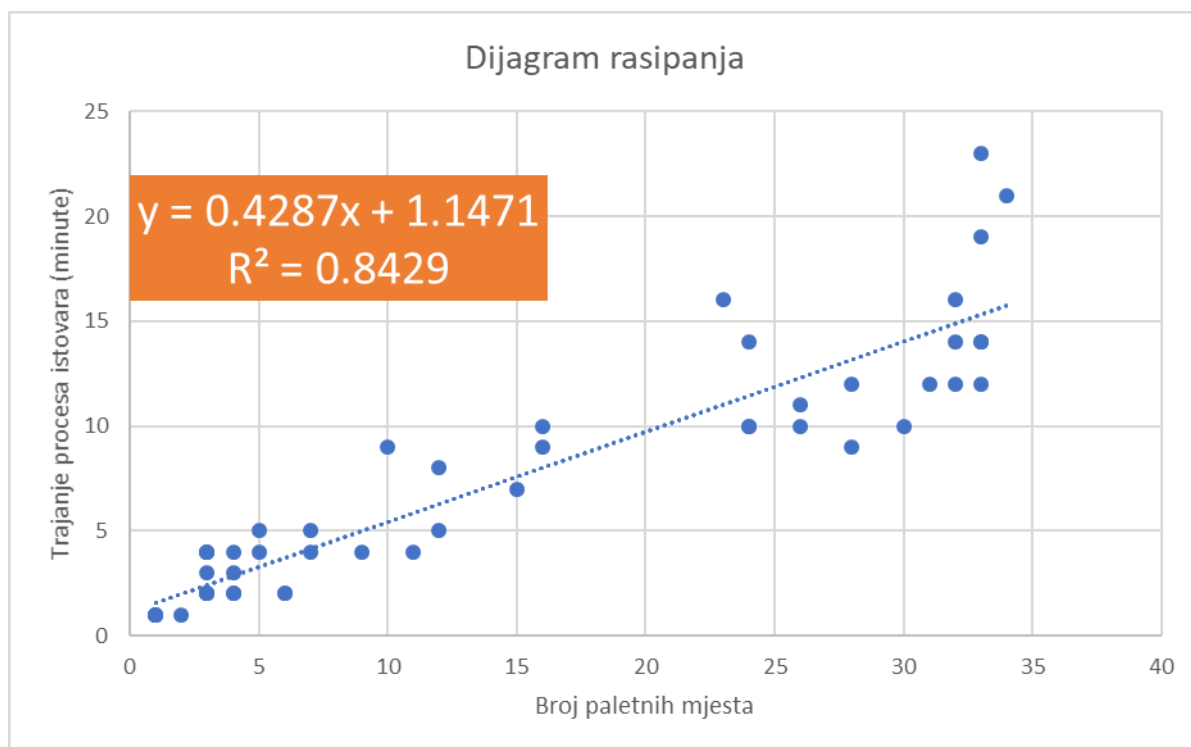
U programu „Microsoft excel“ izračunati su statistički pokazatelji trajanja procesa istovara. U prosjeku proces istovara robe traje 7,39 minuta sa standardnom devijacijom od 5,75 minuta. Varijanca iznosi 33,04 , a minimalno trajanje procesa istovara je 1 minuta, dok je najduže zabilježeno trajanja procesa istovara bilo 23 minute. Standardna devijacija predstavlja broj koji govori u kojem rasponu možemo očekivati da će se kretati trajanje procesa istovara robe. Da bi to prikazali izračunato je koji broj slučajeva trajanja procesa istovara se nalazi na brojevnom pravcu udaljen od aritmetičke sredine do standardne devijacije, to jest u intervalu  $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$ . [14]

A	B	C	D	E	F
Trajanje procesa (minute)	aritmetička sredina	standardna devijacija	varijanca	min	max
10	7.392156863	5.748316036	33.0431373	1	23
2					
1	ukupan broj podataka	51			
3	$\bar{x} - s$	1.643840826			
9	$\bar{x} + s$	13.1404729			
1	broj podataka	36			
14	postotak	70.59%			
14					
4					

Slika 34. Izračun broja podataka koji se nalaze unutar standardne devijacije

Rezultati su pokazali da se 36 podataka ili 70,59% podataka nalazi u intervalu jedne standardne devijacije. Dok u intervalu dvije standardne devijacije  $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$  se nalazi 48 podataka ili 94,12% podataka dok u intervalu od tri standardne devijacije  $[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$  se nalazi 100% podataka.

Nakon izračunatih statističkih pokazatelja za vrijeme trajanja procesa istovara, napravljena je usporedba vremena trajanja procesa istovara s brojem paletnih mjesta. U nastavku je prikazan dijagram ovisnosti te dvije varijable to jest dijagram rasipanja.



**Slika 35. Dijagram rasipanja za broj paletnih mjesta i trajanje procesa istovara**

Dijagram rasipanja ili ovisnosti broja paletnih mjesta i trajanja procesa istovara robe prikazuje koordinatni sustav gdje se na osi ordinata nalazi trajanje procesa istovara robe, a na osi apscisa broj paletnih mjesta. Svaka točka unutar dijagrama je vezana za pripadajući broj paletnih mjesta i trajanje procesa istovara. Iscrtkana linija opisuje točke unutar dijagrama te se vidi jasan trend rasta tih točaka. One točke koje se u dijagramu najudaljenije od iscrtkane linije predstavljaju najveća odstupanja od prosjeka. Iz ovog dijagrama možemo zaključiti da je odnos trajanja procesa istovara i broja paletnih mjesta donekle linearan. Kao što je već izračunato prosječno trajanje procesa istovara iznosi 7,39 minute, a prosječan broj paletnih mjesta je 14,57. [14]

Vrijeme trajanja istovara robe za jednu narudžbu (minute) računa se preko formule (4) [14]:

$$Y_{\text{istovar}} = 1,3858 + 0,3836 * (\sum_{n=1}^n X_n) \quad (4)$$

gdje je (5):

$$X = \frac{a}{b} = \frac{\text{naručena količina jedne vrste artikla po narudžbi}}{\text{količina jedne vrste artikla koja stane na jednu paletu}} \quad (5)$$

- $X \rightarrow$  broj paletnih mjesta za jednu vrstu artikla,
- $n \rightarrow$  označava broj različitih artikala po narudžbi.

### 5.1. Izrada modela predviđanja trajanja preuzimanja

Analizirajući sami rad kontrolora ulaza prilikom procesa preuzimanja, to jest analizirajući aktivnosti na koje on gubi vrijeme, zaključak je da broj paletnih mjesta i broj različitih vrsta artikala su jedine varijable koje utječu na vrijeme. Kontrolor ulaza prilikom preuzimanja mora zalijepiti labele na različite artikle, fizički pregledati stanje robe, količine i rok trajanja te mora sistemski pomoću skenera unijeti podatke u sustav. Što je više paletnih mjesta i različitih vrsta artikala ti procesi će duže trajati. U nastavku je prikazan model za predviđanje trajanja preuzimanja robe (6) [14]:

$$\text{MODEL vrijeme preuzimanja} = f(\text{broj paletnih mjesta, broj različitih artikala}) \quad (6)$$

Prije same izrade modela predviđanja potrebno je izbaciti one podatke kod kojih je zabilježeno pisanje zapisnika. Tijekom snimanja vremena uočeno je da pisanje zapisnika povećava trajanje procesa preuzimanja za 5 do 10 minuta. Potreba za pisanjem zapisnika je bila u tri slučaja što čini 5,88% ukupnih podataka. Nakon izbacivanja tih podataka ostaje nam 48 snimljenih vremena za koje će se pokušati pronaći veza između trajanja procesa preuzimanja, broja paletnih mjesta i broja različitih artikala. [14]

Vrijeme trajanja preuzimanja robe (minute) za jednu narudžbu ovisi o značajkama koje se nalaze na otpremnici, a računamo ga preko formule (7) [14]:

$$Y_{preuzimanja} = 3,4789 + 1,6835 * Z + 0,3385 * (\sum_{n=1}^n X_n) \quad (7)$$

gdje je (8):

- $Z \rightarrow$  broj različitih artikala po narudžbi,
- $X \rightarrow$  broj paletnih mjesta za jednu vrstu artikala,

$$X = \frac{a}{b} = \frac{\text{naručena količina jedne vrste artikla po narudžbi}}{\text{količina jedne vrste artikla koja stane na jednu paletu}} \quad (8)$$

- $n \rightarrow$  označava broj različitih artikala po narudžbi.

## 5.2. Ukupno trajanje procesa

Formula za ukupno trajanje procesa za jednu narudžbu unutar deponitnog skladišta (minute) (9):

$$Y = Y_{istovar} + Y_{preuzimanja} + c \quad (9)$$

Gdje je:

- $Y_{istovar} \rightarrow$  iznos modela predviđanja za istovar jedne narudžbe (minute),
- $Y_{preuzimanja} \rightarrow$  iznos modela predviđanja za preuzimanje jedne narudžbe (minute),
- $c \rightarrow$  vrijeme potrebno za pregled otpremnice, dodjelu istovarne rampe i dolazak dostavnog vozila na istovarnu rampu ( $c =$  konstanta  $\sim 11$  minuta).

Model predviđanja trajanja svih procesa unutar deponitnog skladišta za jedan dan (10):

$$Y_{jedan\ dan} = \sum_{i=1}^i (Y_i) \quad (10)$$

Gdje je:

- $i \rightarrow$  broj narudžbi za jedan dan,
- $Y \rightarrow$  trajanje svih potrebnih procesa za jednu narudžbu (minute).

## 6. RAČUNALNE SIMULACIJE

Današnje vrijeme je obilježeno naglim razvojem znanosti i tehnologije, što se odražava i na inženjersku profesiju. U tehnici se razvojni ciklus proizvoda skraćuje uz sve veće zahtjeve. Na tržištu vlada velika konkurencija, te je za opstanak nužan interdisciplinarni pristup temeljen na znanju i timskom radu, uz primjenu modernih metoda matematičkog modeliranja i računalnih simulacija. Prijašnji razvoj se uglavnom oslanjao na dugotrajna i skupa modelska i prototipna mjerenja, a siromašnije sredine su nužno zaostajale za razvojem bogatijih. Danas se u velikoj mjeri skupa mjerenja zamjenjuju računalnim simulacijama (stvaraju se virtualni laboratoriji) temeljenim na matematičkim modelima što je podloga za kreativan pristup rješavanju problema, što sredinama koje nemaju velike financijske resurse ipak omogućuje ravnopravniju utrku na svjetskom tržištu.

Računalna simulacija je eksperimentalna metoda koja nam omogućava proučavanje stvarnog procesa tako da se taj model odvija pomoću računala. Stvarni sustav opisuje se modelom, a stanje sustava je određeno varijablama stanja koje je moguće podešavati, te na taj način simulirati željene scenarije. Simulacije se koriste u mnogim područjima kako bi se predvidjele moguće situacije i da bi se moglo primjereno reagirati prije nego što se neki događaj dogodi u stvarnosti te uzrokuje neželjene probleme. Simulacije se primjenjuju u različitim područjima kao što su građevinarstvo, u logističkim aktivnostima, računalstvo, u proizvodnim procesima, obuci pilota, razvijanju proizvoda i u mnogim drugim područjima. Računalna simulacija je vrlo koristan alat koji koristi realne podatke iz sustava kako bi predvidio buduće aktivnosti i događaje. Važan korak pri izradi modela je određivanje vrste podataka relevantnih za točnost simulacije te prikupljanje i obrada tih podataka. Potrebno je prikupiti i uvrstiti što više vrsta podataka kako bi se model mogao provjeriti te potvrditi kao valjan u usporedbi sa stvarnim sustavom. Što je točniji model to su i pouzdaniji rezultati koje simulacija daje te je moguće donijeti odluku koja za posljedice može imati manje ili više efikasan sustav. Pomoću simulacije moguće je predvidjeti koji dijelovi procesa su kritična mjesta, analizirati postojeće stanje te na lakši način unaprijediti budući proces što je sigurno korak prema zadovoljavanju korisnika na brži, jeftiniji i efikasniji način. Programaska podrška je neizbježna za provedbu simulacije pa tako danas na tržištu postoje mnoge verzije programa koji omogućavaju simulaciju za različita područja djelatnosti.



## 6.1.Siemens PLM programski paketi

„Siemens AG“ je svjetska konglomeracija koju je 1847. osnovao njemački izumitelj Werner von Siemens i koja u Hrvatskoj ima svoju podružnicu „Siemens d.d.“. „Siemens AG“ je svjetska tvrtka koja nastoji u mnogim područjima tehnologije i inženjerstva djelovati na način da svojim proizvodima i dostignućima unaprijedi okolinu i omogući kvalitetnije uvjete života i poslovanja. Sa čak više od 377 000 zaposlenika u 2017. godini, jasno je da se radi o globalnoj tvrtki koja je vrlo moćna. U „Siemensu“ se vode idejom da poduzeća, a u njima i proizvodne sustave treba digitalizirati, što će za posljedicu imati bolji protok informacija što donosi više mogućnosti i bolju podlogu pri donošenju odluka, prilagodbu na nepredviđene situacije, veću kvalitetu proizvoda i sl.

Digitalizacija predstavlja platformu na osnovu koje su moguća unaprjeđenja svih elemenata sustava, ali i sustava kao cjeline. Kombinirajući sastavnice iz različitih grana tehnologije moguće je stvoriti sustav koji ima brzi odgovor na mnoge probleme koji se javljaju u svakodnevnom djelovanju. Imajući na umu sve elemente modernog sustava i moguće probleme koji se javljaju u takvim sustavima, Siemens nastoji razviti proizvode koji na pravi način odgovaraju svim problemima koji su stavljeni pred korisnika. U tom smjeru, razvija se niz programskih paketa kao podrška koja će ubrzati procese i na kraju povećati kvalitetu sustava i proizvoda. [15]

Unutar PLM programskih paketa Siemens je razvio rješenja za razna područja [15]:

- Razvijanje dijelova i provjera dizajna,
- Razvijanje sklopova i provjera konstrukcije,
- Planiranje automatizacije i robotike,
- Projektiranje i optimizacija postrojenja tvornice,
- Upravljanje kvalitetom,
- Upravljanje proizvodnjom,
- Upravljanje proizvodnim procesima.

### 6.1.1. Tecnomatix Plant Simulation

U diplomskom radu je za simulaciju procesa u skladištu korišteno programsko rješenje „Tecnomatix Plant Simulation 13.2“. To je programsko rješenje koje nudi podršku kod planiranja procesa kroz mogućnost simulacije i detaljne analize pojedinih dijelova sustava ili sustava u cijelosti. Kao predstavnik digitalne proizvodnje Tecnomatix omogućava sinkronizaciju stvaranja proizvoda kroz inženjering, organizaciju proizvodnje i realne proizvodnje. Današnji zahtjevi za ekološki prihvatljivim proizvodima i održivom proizvodnjom zahtijevaju od tvrtki stalno prilagođavanje i poboljšanje svoje poslovne strategije. Sve tvrtke moraju iskoristiti svoje proizvodne kapacitete ako žele osigurati konkurentsku prednost. Inovacijom i prilagodbom tijekom čitavog životnog ciklusa može se ostvariti dvostruka dobit ako se izrađuje pravi proizvod i na pravi način. Proizvođači koji razmišljaju na taj način nastoje povećati produktivnost, optimizirati fleksibilnost kapaciteta i učinkovitije iskoristiti kapital kroz nekoliko bitnih segmenata napredovanja i prilagodbe [15] [16]:

- Povećanje vidljivosti procesa inovacija kroz poduzeće,
- Bolja suradnja inženjeringa s proizvodnjom,
- Fleksibilnija prilagodba stanju na tržištu,
- Kontinuirana optimizacija proizvodnih resursa i kapitala investicija,
- Smanjenje troškova strategijama održive proizvodnje,
- Digitalna proizvodnja kao način prilagodbe i organizacije.

Korištenjem „Tecnomatix Plant Simulation-a“ tvrtke imaju mogućnost odgovoriti na zahtjeve tržišta na brzi način, unaprijediti dosadašnju proizvodnju, povećati efikasnost i produktivnost te pripremiti se za uvođenje novog proizvoda u proizvodni lanac. Također tvrtke se mogu pripremiti na situacije u stvarnom okruženju te imati kvalitetna rješenja isprobavajući različite scenarije kroz računalnu simulaciju.

Prednosti korištenja „Tecnomatix Plant Simulation-a“ kao dio PLM ciklusa unutar organizacije su prilično brojne te su u nastavku navedene neke od njih [16]:

- Optimizacija proizvodne produktivnosti- umanjivanje kapitalnih ulaganja na način da se bolje iskoristavaju već postojeći kapaciteti. Optimiziranje logističkih procesa i performansi cijelog proizvodnog sustava. Optimiziranje korištenja resursa i ubrzavanje uvođenja novog proizvoda s dokazanim rješenjima za optimizaciju procesa koja uključuju više odjela i disciplina.
- Smanjenje vremena razvoja procesa- korištenje raznih alata koji sugeriraju najbolje rješenje od mogućih alternativa koje su dostupne.
- Povećanje produktivnosti planiranja- ponovno korištenje podataka i prilagođavanje novonastaloj situaciji. Vremenski brzo otkrivanje i uklanjanje problema unutar proizvodnog sustava koji bi inače zahtijevali dugotrajne i troškovno intenzivne korektivne mjere tokom proizvodnje. Dijeljenje i analiziranje informacija unutar digitalnog okruženja omogućuju kvalitetan uvid u različite faze razvoja procesa i utjecaja tih procesa.
- Upravljanje okruženjem za sigurnost i ergonomiju- integriranje ergonomske simulacije i validacije.
- 3D dizajn i vizualizacija- transparentni razvoj novih dijelova pogona i lakše predočavanje cijelog sustava.
- Analiza i optimizacija logističkih aktivnosti- moguće smanjenje troškova rukovanja materijalom analizom troškova, vremena i udaljenosti transporta kroz različite scenarije tvorničkog rasporeda. Optimiziranje iskorištenosti prostora na razini postrojenja i transportnog sredstva analizom i vrednovanjem zahtjeva za materijalima, veličinama kontejnera, kriterijima slaganja spremnika i smjernicama za ulaz / izlaz.
- Simulacija produktivnosti tvornice- smanjenje vremena proizvodnje uzimajući u obzir unutarnje i vanjske opskrbne lance, proizvodne resurse i poslovne procese. Povećanje produktivnost postojećih sustava uz jednostavnu interpretaciju statističke analize. Smanjenje

zaliha primjenom različitih strategija za kontrolu proizvodnih linija, kao i provjerom usklađivanja transportnih linija. Smanjenje troškova novog sustava otkrivanjem i uklanjanjem problema prije njegove implementacije. „Tecnomatix Plant Simulation“ je program koji omogućava potpunu vizualizaciju procesa i sustava, što omogućava lakše praćenje svih proizvodnih tokova i tokova materijala u pogonu ili skladištu.

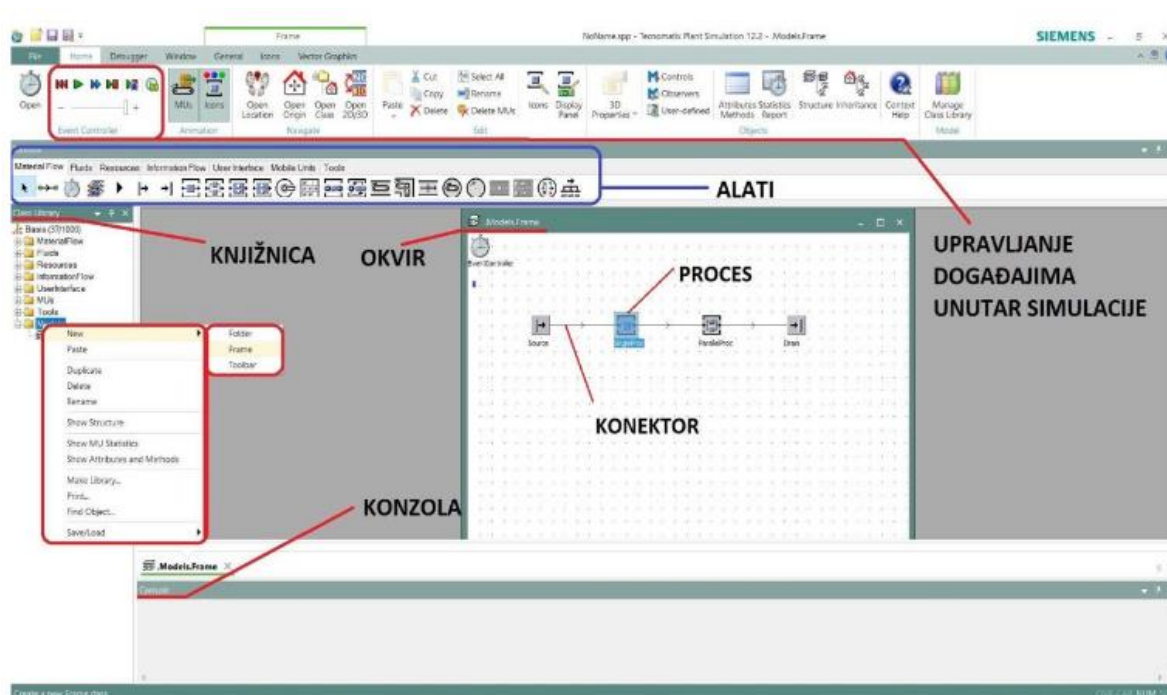
Pomoću raznih analiza u „Tecnomatix Plant Simulationu“ moguće je utvrditi [16]:

- Uska grla u procesu,
- Kapacitete strojeva,
- Statistiku ulaz / izlaz,
- Produktivnost radnog mjesta i radnika,
- Intenzivnost transportnih puteva,
- Raspodjelu vremena,
- Različite dijagrame koji omogućuju bolje planiranje (Gantt, Sankey, itd...)

Koristeći razne alate cijeli proces pripreme i organizacije proizvodnje dobiva na dimenziji analitičnosti što ima za posljedicu lakšu pripremu cjelokupnog procesa, sa svim mogućim scenarijima. Takva priprema omogućava uočavanje mogućih problema u procesu i prije nego se pojave u realnom sustavu te se pomoću nje umanjuju ili eliminiraju dodatni troškovi i zastoji u proizvodnji. Kako bi simulacijski model bio dobar i stvarao realnu sliku procesa potrebno je prikupiti i obraditi što veće količine podataka kako bi simulacijski uvjeti bili jednaki odnosno što precizniji onima u realnom sustavu. Evaluacijom simulacijskog modela dobiva se sigurnost da se rezultati koje daje simulacija mogu koristiti kao podloga za donošenje odluka u budućnosti.

### 6.1.2. Osnove rada u Tecnomatix Plant Simulation

Pokretanjem programa otvara se mogućnost izbora rada u 2D, 3D pogledu ili u isto vrijeme u oba načina rada. Ponekad je raspored strojeva unutar pogona ograničenije koje se mora poštivati zbog validacije modela, pa je zbog toga u većini slučajeva jednostavnije i bolje koristiti 3D pogled gdje je mnogo lakše vizualizirati i postaviti proizvodne i transportne tokove. U slučaju gdje je naglasak na nekim drugim uvjetima gdje raspored strojeva (operatora) nije glavni uvjet moguće je koristiti 2D pogled. U primjeru za skladišta koja imaju veliku površinu radi lakše preglednosti je ipak bolje koristiti 3D pogled. Rezultati simulacije neovisno o pogledu moraju biti jednaki jer se uvijek moraju koristiti jednaki parametri za oba određena slučaja. Također, moguća je konverzija iz jednog pogleda u drugi što omogućuje kombiniranje najboljih svojstava iz oba pogleda.



Slika 36. Grafičko sučelje Tecnomatix Plant Simulation

Kako bi se postavio proces, tj. simulacijski model potrebno je iz alatne trake ubaciti operatore koji predstavljaju pojedine dijelove procesa. Simulirati se mogu procesi iz raznih područja djelatnosti, ali ovdje ćemo se ograničiti na skladište i dio proizvodnog pogona koji je zapravo nadomjestak za operacije u skladištu poput istovara pa će se tako i svaki operator odnositi na element procesa koji je povezan sa operacijama skladištenja i istovara.

U nastavku su objašnjeni neki od osnovnih operatora koji se mogu koristiti u izradi simulacijskog modela [16]:

*Source*– izvor; služi za ulaz pokretnih jedinica u proces

*Drain*– odvod; služi za izlaz pokretnih jedinica iz procesa

*SingleProc*– pojedinačni proces; u simulaciji može imati ulogu operacije na stroju, pakiranja, lakiranja itd.

*ParallelProc*– paralelni proces; više pojedinačnih proces koji se mogu odvijati paralelno.

*Assembly*– sklop; služi za sklapanje više pozicija u jedan sklop, npr. montaža.

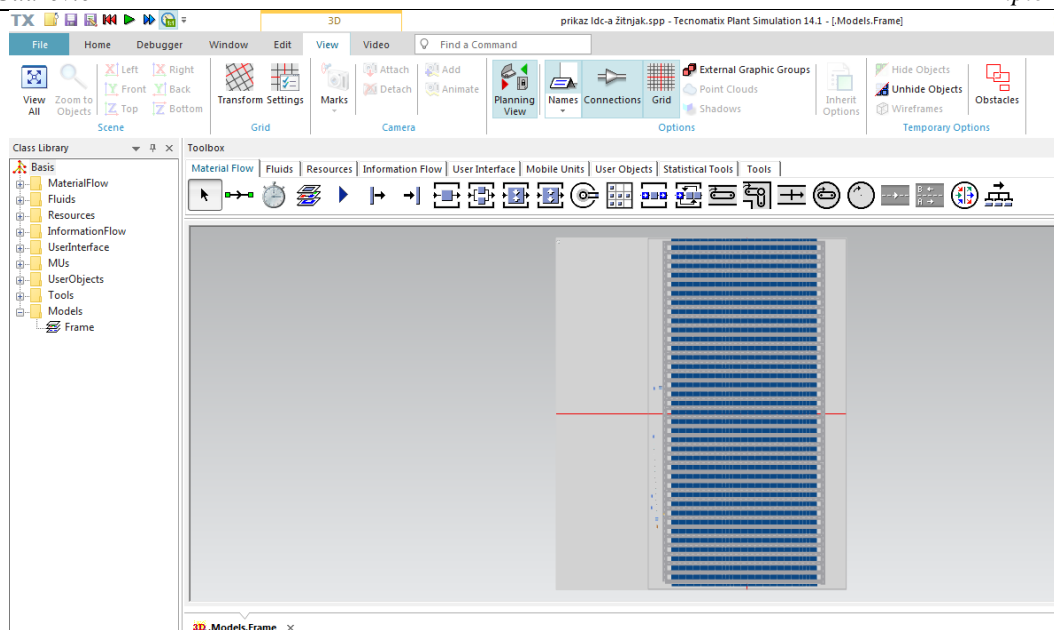
*TwoWayLane*- staza koja služi za vožnju transportera i viličara u dva smjera, moguće je odrediti širinu i dužinu traka te način vožnje po njoj.

*Dismantle Station*– rastavljanje; služi za rastavljanje sklopova, npr. rastavljanje sklopa na dijelove, skidanje komada sa palete itd...

*Transporter*- služi za prijevoz određenih vrsti obradaka ili predmeta koji se nalaze na paletama.

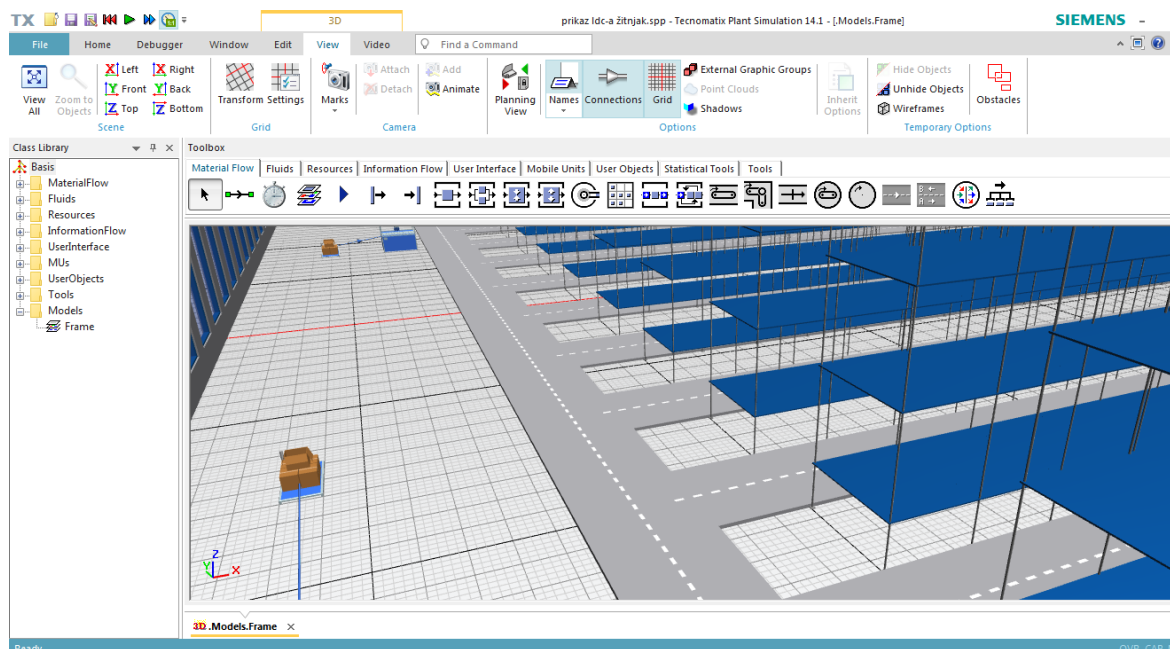
*Rack*- regali koji se mogu oblikovati po različitim svojstvima od širine, visine, dužine do broja mjesta za odlaganje

Također bitno je naglasiti da se za rad u programu najčešće koristi *planning view* zbog lakše preglednosti cijelog postrojenja ili u ovom slučaju skladišta.



Slika 37. Pogled iz planning viewa na skladište

Druga mogućnost je pogled u 3D-u koji ima 6 različitih opcija za pogled (s lijeva, desna, sprijeda, straga, s vrha i dna)



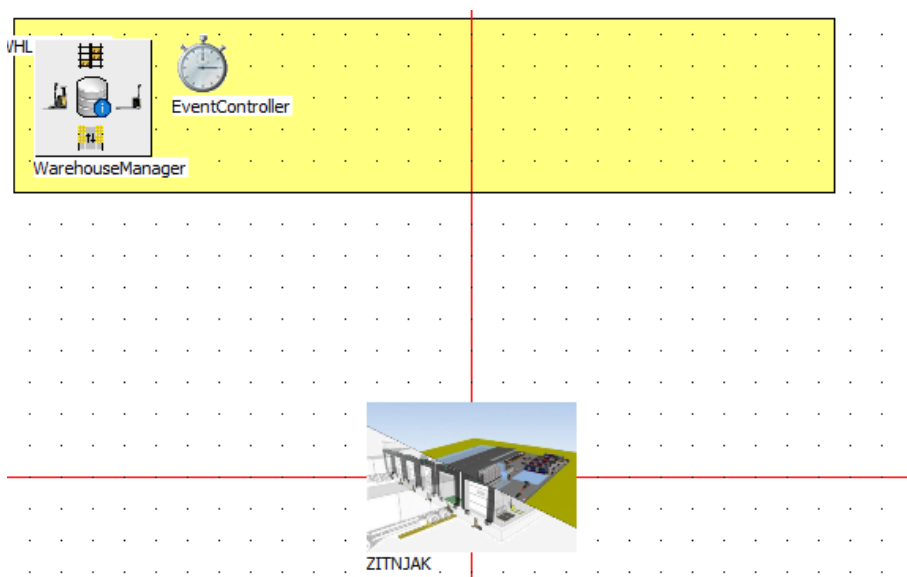
Slika 38. Pogled iz 3D pogleda na skladište

## 6.2. Izrada modela

U simulacijskom modelu je prikazan jedan manji logističko distribucijski centar koji je napravljen po uzoru na Konzumov logističko distributivni centar Žitnjak. Pokušano je većinu podataka što se tiče ulaza robe, procesa i ostalih karakteristika skladišta vjerno prikazati kao što je u stvarnosti samo na većoj razini u logističko distributivnom centru Žitnjak. U nemogućnosti prikaza velikog distributivnog centra zbog problema oko unosa tako velike količine podataka odrađena je simulacija na manjem primjeru. U nastavku su prikazani koraci u izradi simulacijskog modela te su na kraju dobiveni rezultati analizirani.

Na prethodnim stranicama je detaljnije objašnjen program „Siemens Tecnomatix Plant Simulation 13“ pa se u nastavku posvetilo samom načinu rada i izradi modela. Zahvaljujući nizozemskoj tvrtci „Cards PLM Solutions B.V“ omogućeno je korištenje njihovog rješenja koje je u velikoj mjeri olakšalo rad u programu. Riječ je o dodatnoj datoteci koje se zove „Plant Simulation Warehouse and Logistic Library“ koja sadrži različite operatore koji su namijenjeni upravo za simulacije unutar skladišta te kompletnog lanca opskrbljivanja.

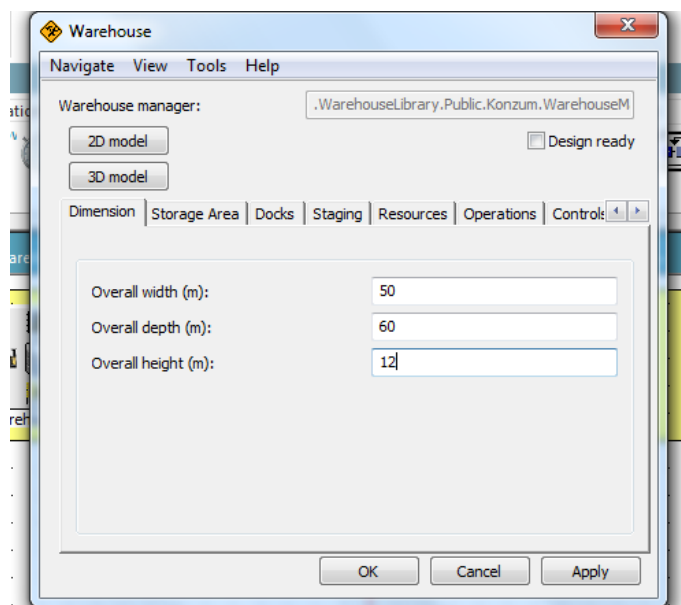
Na samome početku bitno je otvoriti objekt *Warehouse Project* koji nam omogućava stvaranje samoga skladišta kao i upravljanje njime pomoću objekta *WarehouseManager* te pomoć u upravljanju simulacije u vidu objekta *EventController*.



**Slika 39.** Prikaz nakon otvaranja objekta *Warehouse Project*

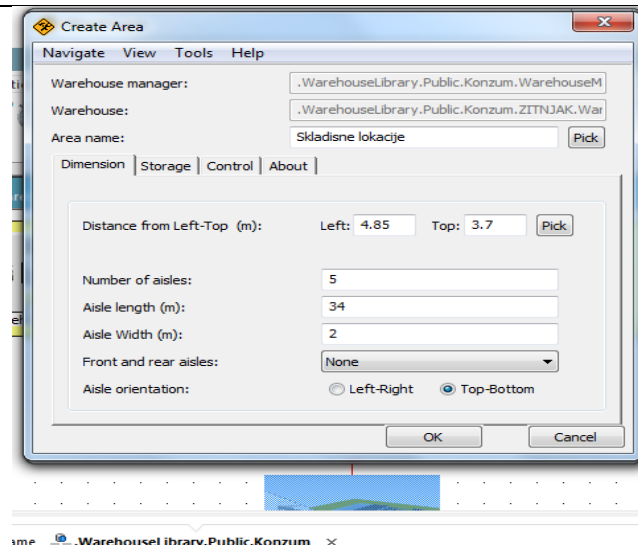


Nakon prvog koraka slijedi izrada samoga skladišta. Na samome početku određuju se dužina, širina te visina objekta. Kao što je ranije spomenuto postoje dvije opcije za rad i pregled a to su dvodimenzionalni i trodimenzionalni pregled. Preporuča se rad u dvodimenzionalnom pregledu zbog mnogo lakšeg snalaženja te postavljanja novih objekata u sami projekt. Što se tiče širine i dužine određene su granice od 50 i 60 metara. Visina je prilično bitna te se uvijek treba obraćati posebna pažnja na nju zbog visine regala koji će se naknadno postavljati unutar skladišta. Za ovaj slučaj smo odredili visinu od 12 metara kao dostatnu za visinu skladišta.



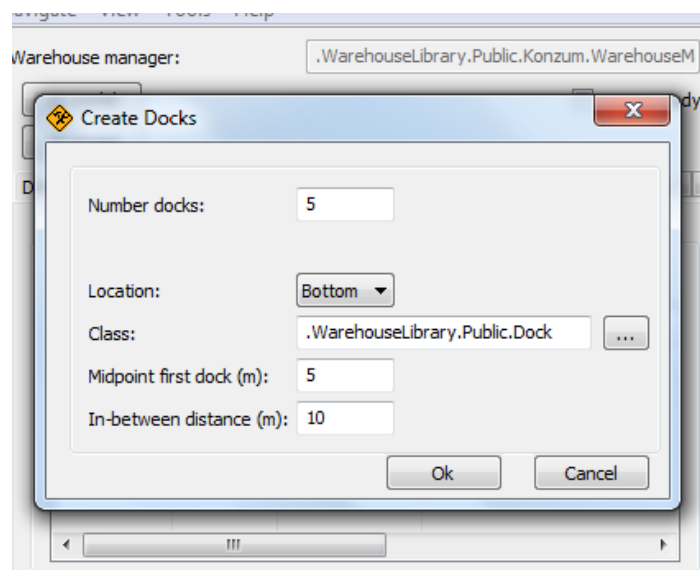
Slika 40. Karakteristike skladišta na kojemu je provedena simulacija

Možemo spomenuti da u svakom trenutku imamo opciju trodimenzionalnoga prikaza te se možemo uvjeriti u izgled koji smo odredili. Vrijeme je da skladište dobije svoj klasični izgled te se redom dodaju objekti koji imaju za cilj pomoći u skladištenju proizvoda, odrediti prijemne zone, puteve po kojima se mogu kretati skladišna vozila kao i odrediti rampe za utovar odnosno istovar robe. U nastavku su karakteristike objekata koji su korišteni za skladištenje robe te se vide širine i dužine prolaza unutar njih.



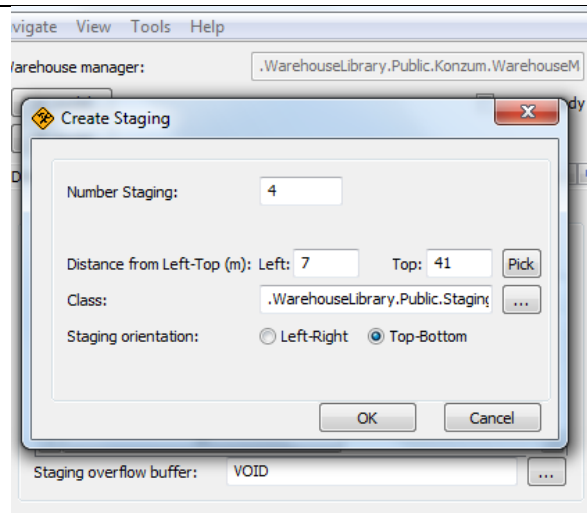
Slika 41. Karakteristike skladišnih lokacija

Nakon toga u model smo umetnuli objekt *Dock* koji predstavlja rampu za utovar i istovar robe te je prilično bitno dobro odrediti međusobne udaljenosti kao i same lokacije svih rampi koje su umetnute u model.



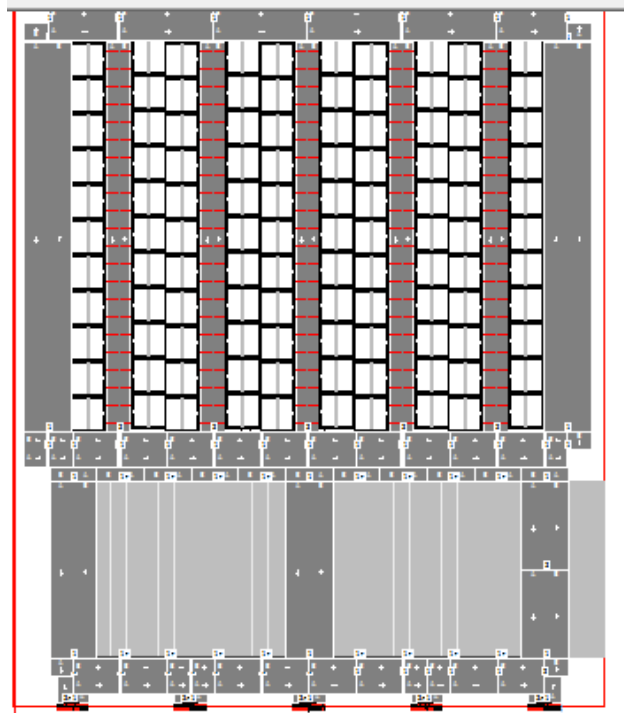
Slika 42. Karakteristika rampi za utovar i istovar

Odmah uz rampe je bitno ubaciti i objekt *Staging* koji predstavlja prijemne zone nakon istovara robe iz dostavnog vozila a može služiti kao i otpremna zona gdje roba koja treba biti otpremljena čeka na utovar.



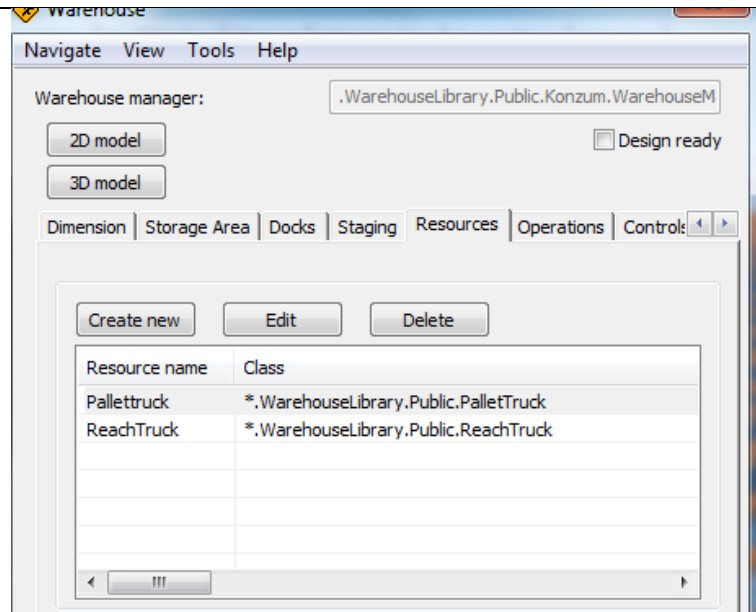
Slika 43. Karakteristike prijemne zone

Možemo zaključiti da je većina vanjskog izgleda skladišta odrađena te ono trenutno iz dvodimenzionalnog pregleda izgleda kao na slici



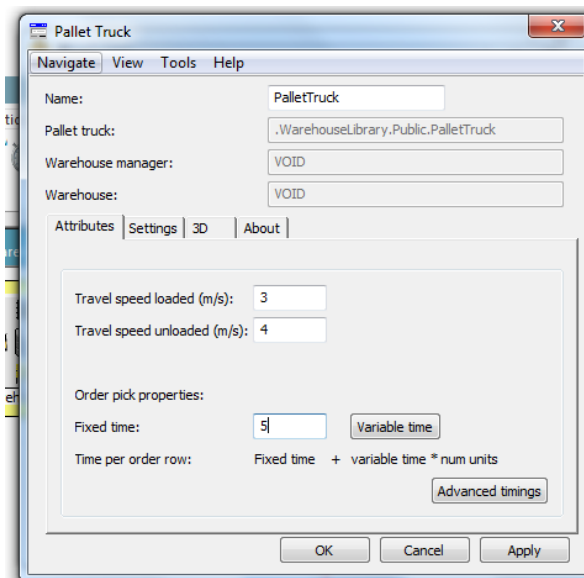
Slika 44. Izgled skladišta u dvodimenzionalnom pregledu

Što se tiče najvažnijih objekata još nam nedostaju vozila koja služe za prijevoz robe unutar skladišta ili za njen istovar tj. utovar u dostavna vozila. To su viličari te smo koristili klasični viličar (objekt *PalletTruck*) za operacije utovara i istovara kao i visokoregalni viličar (objekt *ReachTruck*) za odlaganje robe na skladišna mjesta.



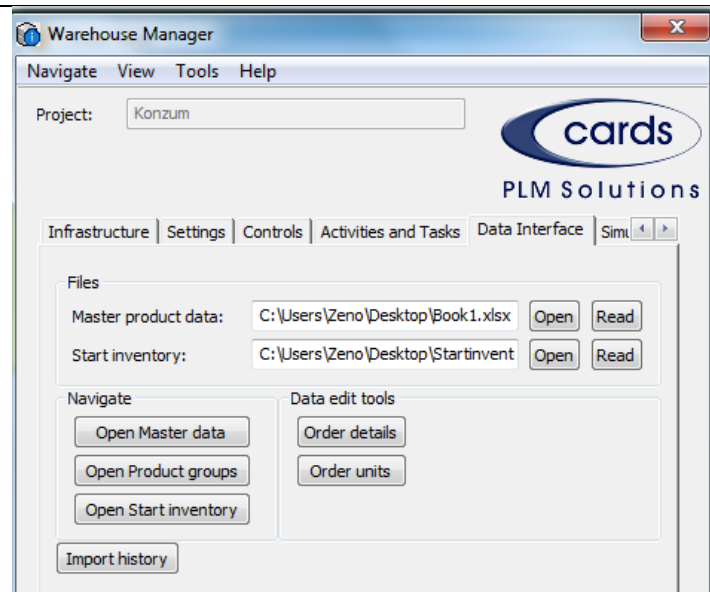
Slika 45. Prikaz dodavanja resursa (viličara) u model

U nastavku su prikazane karakteristike objekta *PalletTruck* odnosno klasičnog viličara.



Slika 46. Karakteristike objekta *PalletTruck*

Uz još par manjih ispravaka kao i dodavanja i spajanja staza po kojima voze viličari možemo krenuti na modeliranje modela te unošenja podataka koji su potrebni za simulaciju. Pomoću objekta *WarehouseManager* unosimo podatke u sustav kroz polje *MasterData* te kroz polje *Start inventory* najčešće unoseći podatke iz programa „Microsoft Excel“.



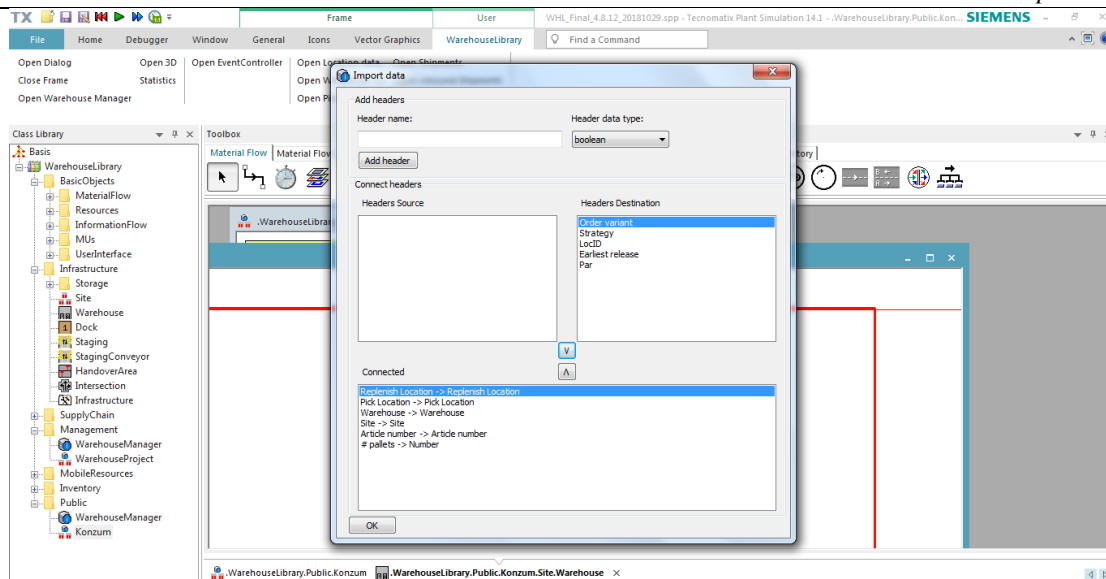
Slika 47. Izgled objekta *Warehouse Managera* te prostor za unos podataka

Što se tiče podataka za *MasterData* oni su zapravo matični podaci o proizvodima no u mom radu su oni skraćeni zbog ograničenja verzije koje sam bio u posjedu „Plant Simulation Warehouse and Logistics Library“ za samu simulaciju.

IME1	Article number	Name	Product group	Work area	Order variant	Pallet t...	Storage unit	Inbound order unit	Num units	Volume	Volume corr fac...	Weight	Weight corr fac...	Price	Tax	Warehouses	Supplier	Yearly consumpt
1	A1	IME1	P1				EURO Case	Pallet	26									
2	A2	IME2	P1				EURO Case	Pallet	4									
3	A3	IME3	P1				EURO Case	Pallet	1									
4	A4	IME4	P1				EURO Case	Pallet	4									
5	A5	IME5	P1				EURO Case	Pallet	16									
6	A6	IME6	P1				EURO Case	Pallet	1									
7	A7	IME7	P1				EURO Case	Pallet	33									
8	A8	IME8	P1				EURO Case	Pallet	33									
9	A9	IME9	P1				EURO Case	Pallet	7									
10	A10	IME10	P1				EURO Crate	Pallet	28									
11	A11	IME11	P1				EURO Crate	Pallet	3									
12	A12	IME12	P1				EURO Case	Pallet	3									
13	A13	IME13	P1				EURO Case	Pallet	3									
14	A14	IME14	P1				EURO Case	Pallet	2									
15	A15	IME15	P1				EURO Case	Pallet	3									
16	A16	IME16	P1				EURO Crate	Pallet	5									
17	A17	IME17	P1				EURO Case	Pallet	1									
18	A18	IME18	P1				EURO Case	Pallet	6									
19	A19	IME19	P1				EURO Case	Pallet	32									
20	A20	IME20	P1				EURO Case	Pallet	33									
21	A21	IME21	P1				EURO Case	Pallet	31									
22	A22	IME22	P1				EURO Crate	Pallet	15									
23	A23	IME23	P1				EURO Case	Pallet	24									
24	A24	IME24	P1				EURO Case	Pallet	33									
25	A25	IME25	P1				EURO Case	Pallet	3									

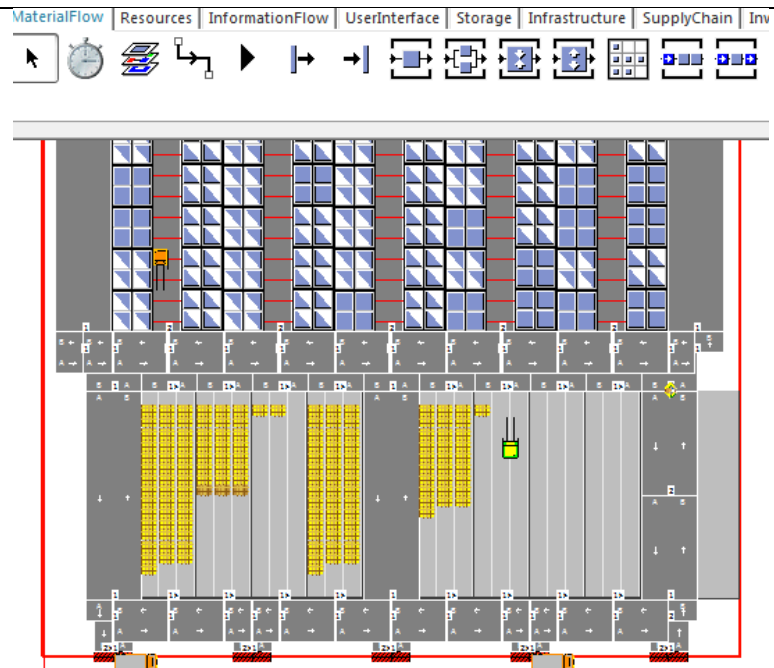
Slika 48. Podaci iz seta masterdata

Podaci koje koristimo za određivanje broja skladišnih mjesta se nalaze u datoteci koja se unosi u polje *Start inventory*.

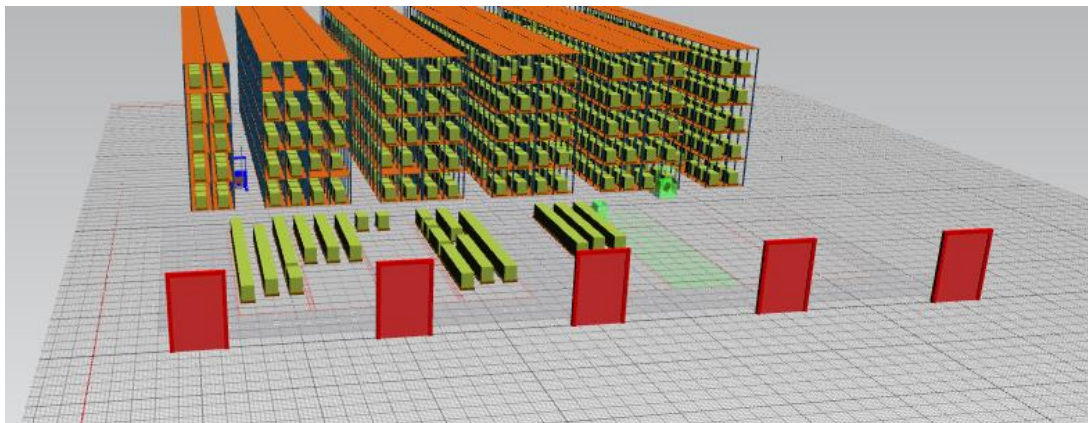


Slika 49. Okvir za unošenje podataka kod *Start inventorya*

Nakon unosa svih podataka mora se odraditi *Consistency check* što zapravo predstavlja provjeru da li sve funkcionira i da li se može pokrenuti sama simulacija. Ako kojim slučajem ima grešaka sustav ih javlja te se one moraju ispraviti prije puštanja simulacije pomoću objekta *Event Controller*. Izgledi skladišta tokom simulacije u dvodimenzionalnom i trodimenzionalnom pregledu su prikazani na sljedeće dvije slike.



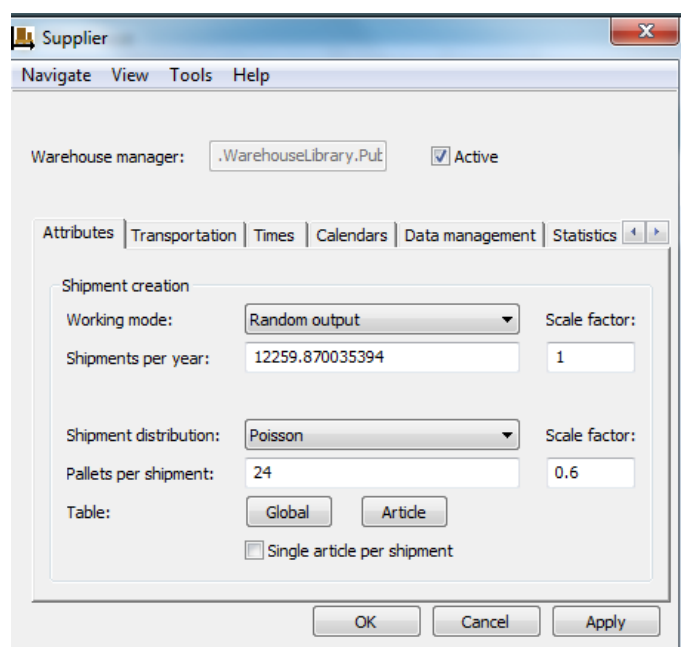
Slika 50. Izgled skladišta u toku simulacije iz dvodimenzionalnog pregleda



Slika 51. Izgled skladišta u toku simulacije iz trodimenzionalnog pregleda

### 6.2.1. Statistika i analiza modela

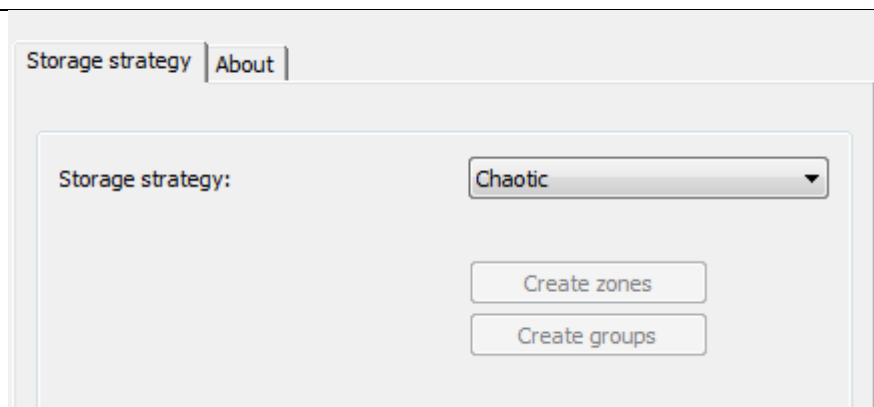
U prvom primjeru je za način distribucije pri dostavi odabrana Poissonova raspodjela s obzirom da se jedino još nudio izbor konstante. S obzirom na iskustvo koje sam stekao provodeći dva tjedna u logističko distributivnom centru 'Žitnjak' te na temelju prikupljenih podataka odlučio sam se za broj od 24 palete po dostavi uz *Scale factor* od 0.6 što je dovelo do brojke od 13 do 14 paleta po dolasku dostavnog vozila. Broj dolazaka pošiljaka je na razini od otprilike 40-ak dnevno te je za početak odlučeno da će u skladištu biti zaposleno dvije ekipe radnika na klasičnim viličarima te dvije na visokoregalnim viličarima.



Slika 52. Prikaz postavki dobavljača

Za početak je odabrana skladišna strategija *Chaotic* koja ima karakteristike odlaganja po potpuno random principu tj. nema određene strategije za odlaganje u skladišne lokacije već visokoregalni viličari odlažu proizvode po principu slučajnog odabira. Možda čudno zvuči no često se ovakav način može susresti u skladištima zbog neusklađenosti „Warehouse Management Systema“ sa realnom situacijom.





**Slika 53. Prikaz odabira vrste skladišne strategije**

Nakon toga pokrećemo simulaciju s vremenom trajanja od 2 dana te dobivamo prve statističke rezultate za broj dolazaka dostavnih vozila te broj proizvoda kao i paleta koji su dostavljeni.

Monday							
	Date	Day	Trucks in	Items in	Items per Truck	Pallets in	Pallets per Truck
1	2018/11/19	Monday	42	42154	1003.67	563	13.40
2	2018/11/20	Tuesday	37	40658	1098.86	515	13.92

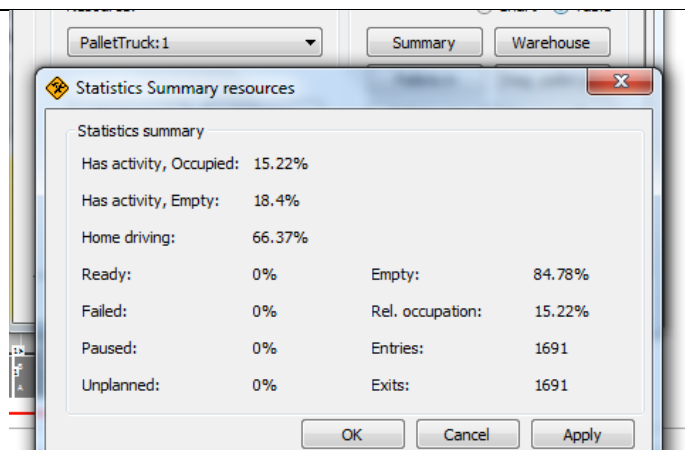
**Slika 54. Statistika broja paleta po dostavnom vozilu**

Možemo pogledati i postotak zauzetosti svih ulaznih rampi no taj podatak možemo uzeti malo sa zadržkom zbog operacije otpreme robe koja je koristila iste rampe koje su korištene za ulaz robe u skladište.

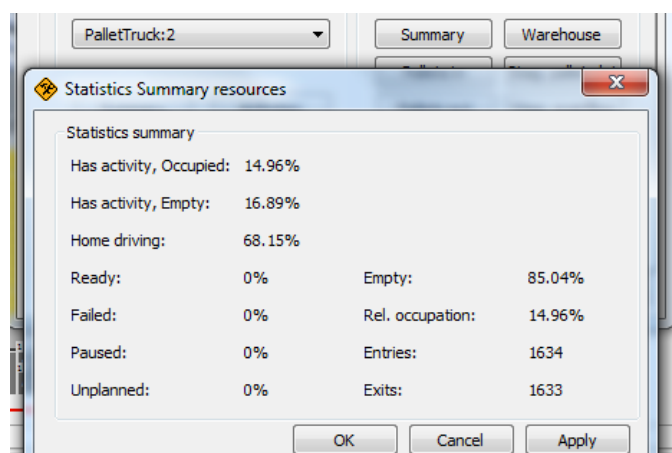
	Dock	Available	Occupied
1	Dock	35.46	64.54
2	Dock1	46.60	53.40
3	Dock2	32.17	67.83
4	Dock3	30.41	69.59
5	Dock4	31.62	68.38

**Slika 55. Statistika dostupnosti rampi za istovar i utovar**

Nakon toga slijedi pregled statistike za klasične kao i visokoregalne viličare. On nam otkriva da je prilično velik postotak neiskorištenosti te je odmah jasno da je za moguće poboljšanje mogućnost smanjenje njihovih brojki sa dva na jedan.



Slika 56. Prikaz statistike rada *PalletTrucka* broj 1



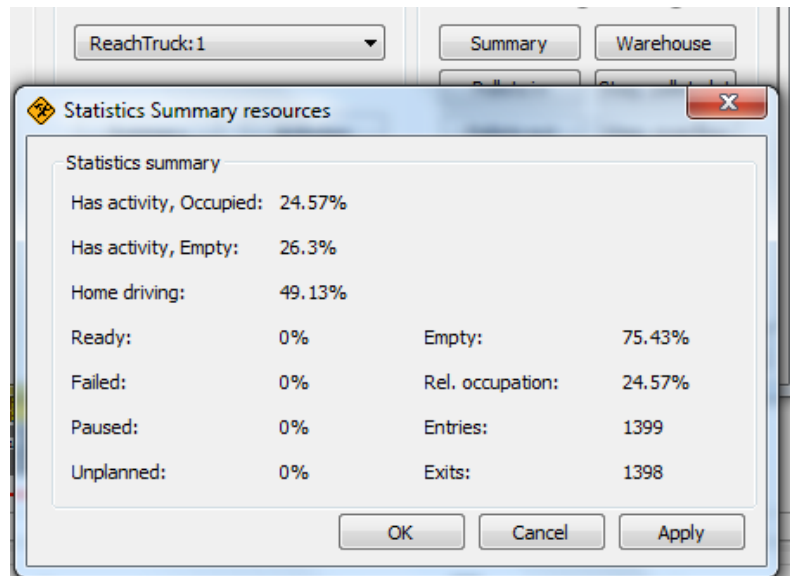
Slika 57. Prikaz statistike rada *PalletTrucka* broj 2

34349.38

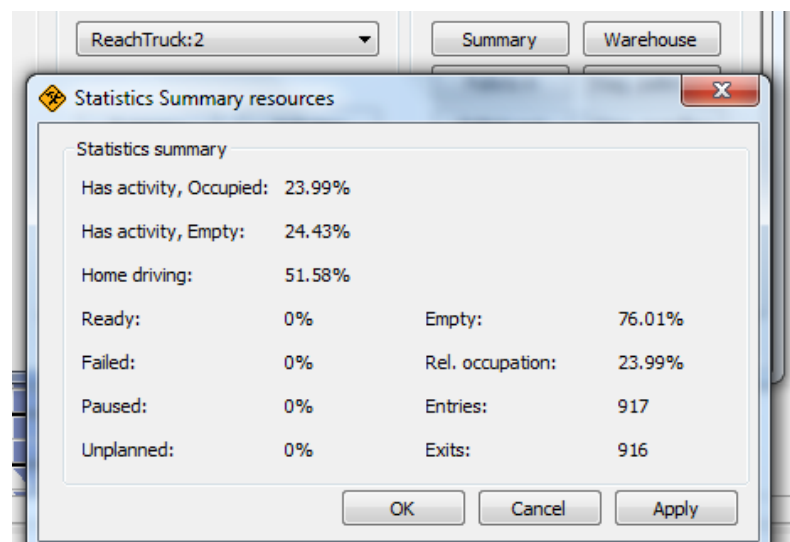
	Object	Total distance (m)	Total distance (km)	Average distance per day (m)	Average distance per day (km)	Total activities
1	PalletTruck:1	34349.38	34.35	17174.69	17.17	756.00
2	PalletTruck:2	35841.04	35.84	17920.52	17.92	760.00

Slika 58. Prikaz statistike prijednog puta za objekte *PalletTruck*

U nastavku su prikazane statistike i visokoregalnih viličara odnosno *ReachTruckova* koji su bili prisutni u modelu.



**Slika 59. Prikaz statistika rada *ReachTrucka* broj 1**



**Slika 60. Prikaz statistike rada *ReachTrucka* broj 2**

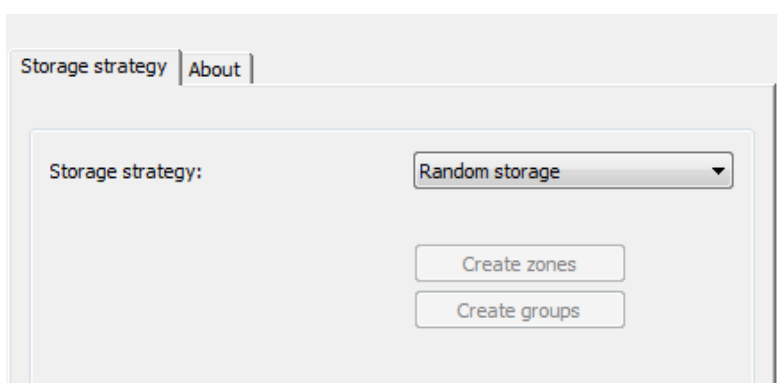
Iz dobivenih podataka očigledno je da je neiskorištenost visokoregalnih viličara oko 50 % te nam u daljnjoj simulaciji slijedi smanjenje njihovog broja.

Object	Total distance (km)	Average distance per day (m)	Average distance per day (km)	Total activities	Average # activities per day
1 ReachTruck:1	91.14	45568.02	45.57	908.00	454.00
2 ReachTruck:2	90.94	45471.15	45.47	912.00	456.00

**Slika 61. Prikaz statistike prijenosnog puta za objekte *ReachTruck***

### 6.3. Optimizacija modela

Nakon provedene simulacije za prvi primjer odlučio sam uvesti par promjena u skladište. Broj *PalletTruckova* je smanjen te je ostao samo jedan za rad a isto tako je i broj *ReachTruckova* smanjen tako da je također ostao samo jedan. Osim toga kao način skladištenja je odabran način *Random* koji za razliku od načina *Chaotic* u obzir uzima i blizinu skladišne lokacije gdje odlaže zaprimljenu robu. To znači da visokoregalni viličar nakon uzimanja palete sa prijemne zone ide na najbližu trenutno slobodnu skladišnu lokaciju.



Slika 62. Prikaz izbora skladišne strategije

Što se tiče ulaznih podataka, oni su ostali jednaki kao u prvotnom slučaju zbog lakše usporedbe rezultata nakon drugog slučaja.

	Date	Day	Trucks in	Items in	Items per Truck	Pallets in	Pallets per Truck
1	2018/11/19	Monday	39	38920	997.95	520	13.33
2	2018/11/20	Tuesday	40	43892	1097.30	558	13.95

Slika 63. Prikaz statistike broja paleta po dostavnom vozilu

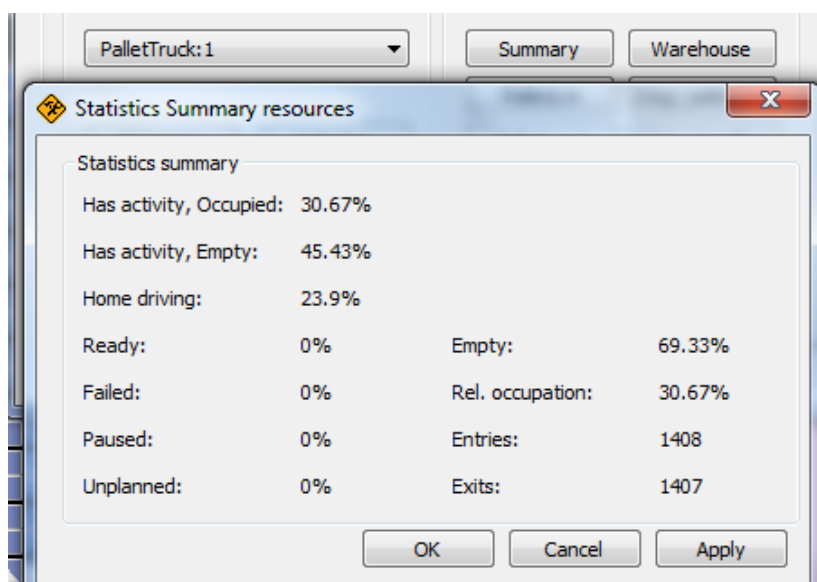
	Dock	Available	Occupied
1	Dock	13.53	86.47
2	Dock1	20.85	79.15
3	Dock2	7.62	92.38
4	Dock3	9.39	90.61
5	Dock4	8.99	91.01

Slika 64. Prikaz statistike dostupnosti rampi za utovar i istovar

Iz podataka o zaprimanju dostavnih vozila je vidljivo da nema nekih većih razlika što se tiče ulaznih podataka, no već u zauzetosti rampi primjećujemo određene promjene a to je prilično veća zauzetost rampi, ali ipak u mjeri koja je prihvatljiva te ne uzrokuje probleme. U nastavku su prikazani statistički rezultati objekta *PalletTruck* i *ReachTruck* kada je prisutan samo jedan u skladištu

	Object	Total distance (m)	Total distance (km)	Average distance per day (m)	Average distance per day (km)	Total activities
1	PalletTruck:1	71208.69	71.21	35604.34	35.60	1408.00

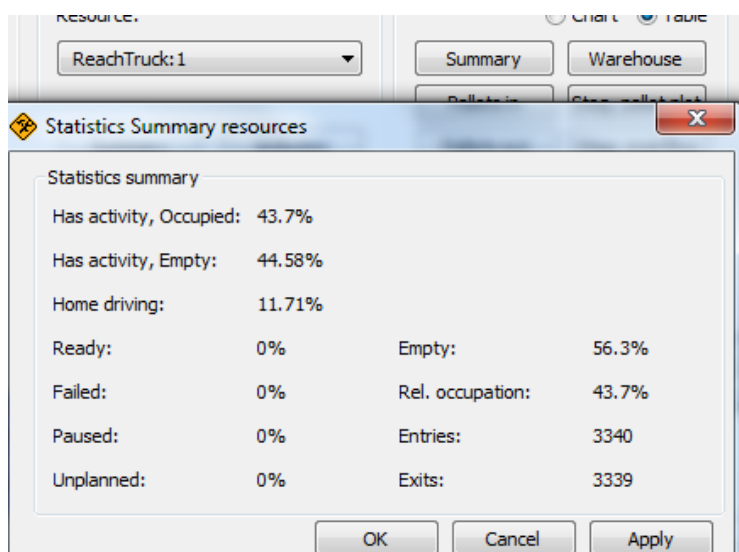
**Slika 65. Prikaz prijednog puta za objekt *PalletTruck***



**Slika 66. Prikaz statistike rada objekta *PalletTruck***

	Object	Total distance (m)	Total distance (km)	Average distance per day (m)	Average distance per day (km)	Total activities
1	ReachTruck:1	152908.90	152.91	76454.45	76.45	1671.00

**Slika 67. Prikaz prijednog puta *ReachTrucka***

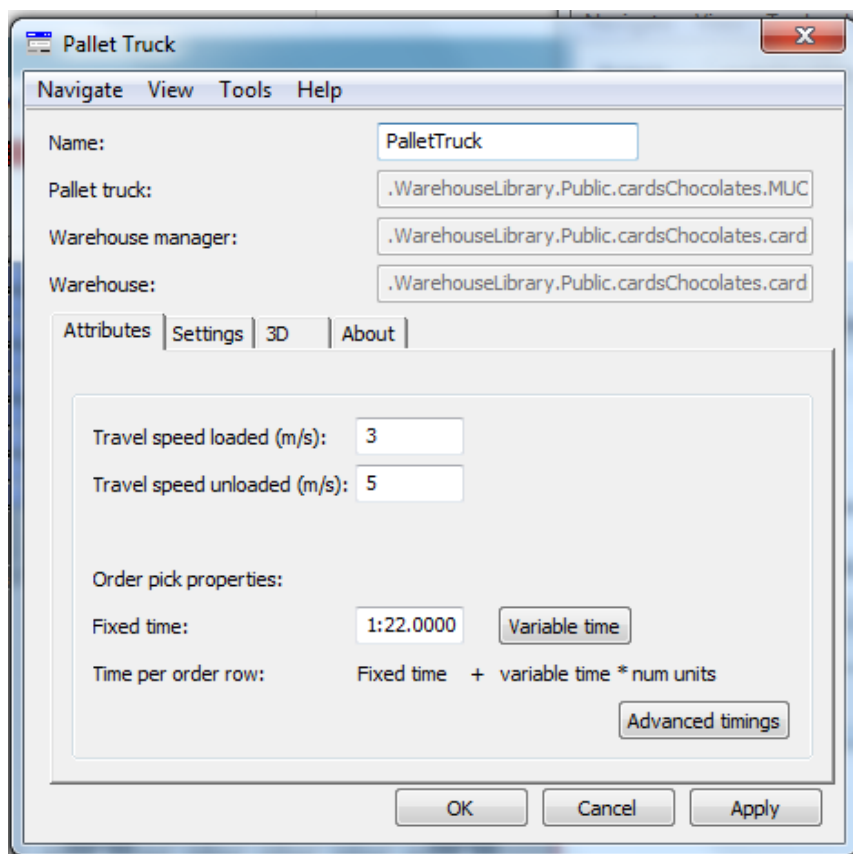


**Slika 68. Prikaz statistike rada objekta *ReachTrucka***

Iz dobivenih podataka je vidljivo kolika je ušteda već i u samom prijeđenom putu visokoregalnog viličara (više od 27 kilometara manje prijeđenog puta), dok je kod klasičnog viličara ta brojka ostala jednaka kao i u prvom modelu zbog sličnog broja paleta koji je morao istovarati. Naravno da tu mogu dosta utjecati i položaji te udaljenosti prijemnih zona koje su u ovom slučaju postavljene vrlo blizu te ih ima dovoljan broj. Što se tiče zauzetosti očigledan je porast, naročito kod visokoregalnog viličara (objekt *ReachTruck*) gdje je trenutno zauzeće iznad 87 %, za razliku od prijašnjeg modela gdje je to bilo za oba objekta oko 50 %. Vidljivo je i povećanje zauzetosti klasičnog viličara (objekt *PalletTruck*) koje je u ovom modelu zauzeto iznad 75 %, dok su u prijašnjem oba objekta bila na oko 30 % zauzeća. Očigledno je utjecala promjena vrste skladištenja na prijeđeni put, no treba imati na umu da ponekad zbog određenih karakteristika u skladištu takvu vrstu nije moguće očekivati, na primjer zbog nedovoljno visokih skladišnih lokacija za određene zaprimljene proizvode. Može se zaključiti da se promjenom nekoliko karakteristika te broja viličara brzo dođe do konkretnih poboljšanja u modelu.

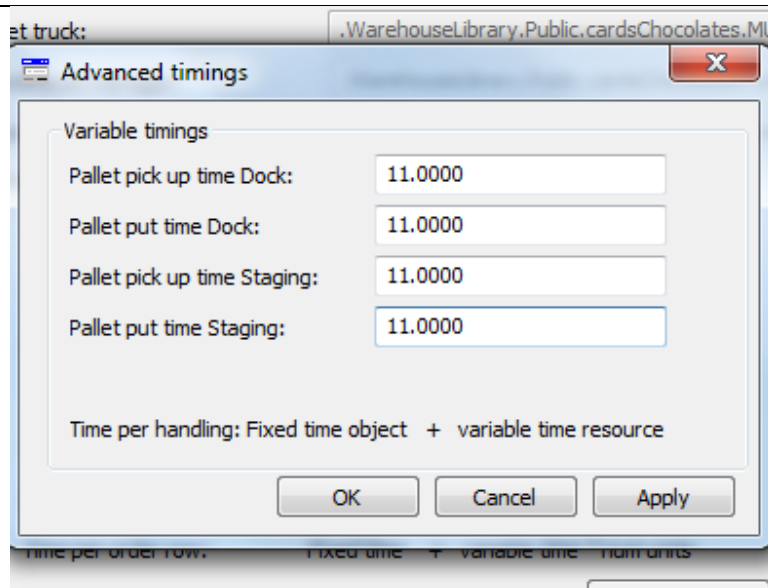
#### 6.4. Simulacija vremena istovara sa izmjerenim vremenima

U nastavku diplomskog rada odrađena je računalna simulacija u kojoj su upotrebljena vremena dobivena nakon statističke analize za procese istovara. Ovaj model će poslužiti za usporedbu vremena dobivenih statističkom analizom, stvarnih vremena prikupljenih tokom boravka u skladištu te vremena koja će se dobiti nakon provedene simulacije. U jednadžbi koja je dobivena statističkom analizom prikupljenih podataka (4) vidljivo je da je vrijeme zbroj konstante od 1.3858 i umnoška broja 0.3836 sa brojem paletnih mjesta. U jednadžbi (4) su vremena u minutama a njihovim preračunavanjem u sekunde dobivamo brojku od 82 sekunde tj. 1:22 minute za konstantu te 22 sekunde za varijabilno vrijeme koje se množi sa brojem paletnih mjesta. U nastavku su na sljedeće dvije slike prikazane postavke za viličar koji obavlja aktivnost istovara dostavnog vozila.



Slika 69. Prikaz atributa objekta *PalletTruck*

Varijable odnosno vremena *Pallet pick up time Dock* i *Pallet put time Staging* iznose po 11 sekundi te nam daju zbroj vremena od 22 sekunde što je jednako broju od 0.38 minuta koja množi broj paletnih mjesta u jednadžbi dobivenoj u statističkoj analizi (4).



Slika 70. Prikaz varijabilnih vremena objekta *PalletTruck*

Zbog ograničenja u broju objekata smanjen je cjelokupni skup te je određen skup od deset stvarnih slučajeva. Ti slučajevi su zabilježeni tokom snimanja vremena u samome skladištu. Radi zaštite podataka dobavljači su označeni imenima 'Dobavljač' i brojem.

Tablica istovara robe						
Broj otpremnice	Dobavljač	Broj paletnih mjesta	Datum	Vrijeme početka procesa	Vrijeme kraja procesa	Trajanje procesa (minute)
2018-ZG-167446-OTP	Dobavljač 1	14	16.10.2018	10:46	10:56	10
10001-734-6305-18	Dobavljač 2	12	16.10.2018	11:50	11:55	5
695/2018	Dobavljač 3	11	15.10.2018	12:03	12:07	4
2018-ZG-167350-OTP	Dobavljač 4	9	12.10.2018	11:45	11:49	4
180R0002084	Dobavljač 5	12	16.10.2018	11:32	11:40	8
96	Dobavljač 6	16	4.10.2018	12:01	12:10	9
1729 ; 6081	Dobavljač 7	10	12.10.2018	10:23	10:32	9
2018-ZG-167273-OTP	Dobavljač 8	15	10.10.2018	12:44	12:51	7
149/18	Dobavljač 9	31	10.10.2018	12:54	13:06	12
3623	Dobavljač 10	33	4.10.2018	12:57	13:11	14

Slika 71. Prikaz tablice istovara robe

Nakon unosa podataka za deset slučajeva koji su prikupljeni snimanjem u skladištu model se pokreće te će se dobiti vremena koja će se usporediti sa vremenima koje nam predviđa statistički model i izmjerenim vremenima.



	Article number	Name	Product group	Work area	Order variant	Pallet t...	Storage unit	Inbound order unit	Num units
1	A0.01		Proizvodi		table41	EURO	Case	Pallet	14
2	A0.02		Proizvodi		table42	EURO	Case	Pallet	12
3	A0.03		Proizvodi		table43	EURO	Case	Pallet	11
4	A0.04		Proizvodi		table44	EURO	Case	Pallet	9
5	A0.05		Proizvodi		table45	EURO	Case	Pallet	12
6	A0.06		Proizvodi		table46	EURO	Case	Pallet	16
7	A0.07		Proizvodi		table47	EURO	Case	Pallet	10
8	A0.08		Proizvodi		table48	EURO	Case	Pallet	15
9	A0.09		Proizvodi		table49	EURO	Case	Pallet	31
10	A0.10		Proizvodi		table410	EURO	Crate	Pallet	33

**Slika 72. Unos podataka u simulaciju tj. Masterdatu**

Sljedeća slika prikazuje vremena potrebna za istovar određenih narudžbi unutar radnog vremena od osam sati. Potrebno je naglasiti da su vremena za priključak vozila na rampu kao i njegov odlazak sa iste postavljene na 10:00 minuta no ona nisu od većeg značaja jer je naglasak stavljen na sama vremena istovara. Ta vremena se mogu vidjeti u *Unloading time* stupcu i ona će kasnije biti uspoređena sa vremenima modela te prikupljenim vremenima snimanjem. Nakon određenog vremena svih 10 slučajeva narudžbi je dostavljeno u skladište te su prikupljena sva vremena potrebna za analizu.

In	Start unloading	Finish unloading	Out	Unloading time	Turnaround time	Number items	Number pallets
1:44:24.8562	1:54:24.8562	2:03:01.7624	2:13:01.7624	8:36.9062	28:36.9062	1042	14
2:44:37.9144	2:54:37.9144	3:02:00.1943	3:12:00.1943	7:22.2799	27:22.2799	862	12
3:12:00.1943	3:22:00.1943	3:28:44.4326	3:38:44.4326	6:44.2383	26:44.2383	874	11
3:38:44.4326	3:48:44.4326	3:54:11.6761	4:04:11.6761	5:27.2435	25:27.2435	734	9
4:04:11.6761	4:14:11.6761	4:21:32.8942	4:31:32.8942	7:21.2181	27:21.2181	812	12
4:31:32.8942	4:41:32.8942	4:48:53.3602	4:58:53.3602	7:20.4660	27:20.4660	932	12
4:58:53.3602	5:08:53.3602	5:14:59.2530	5:24:59.2530	6:05.8929	26:05.8929	884	10
5:24:59.2530	5:34:59.2530	5:44:14.0032	5:54:14.0032	9:14.7502	29:14.7502	1236	15
5:54:14.0032	6:04:14.0032	6:16:37.7230	6:26:37.7230	12:23.7198	32:23.7198	1698	20
6:26:37.7230	6:36:37.7230	6:46:33.1873	6:56:33.1873	9:55.4643	29:55.4643	1294	16
6:56:33.1873	7:06:33.1873	7:15:50.0554	7:25:50.0554	9:16.8681	29:16.8681	960	15
7:25:50.0554	7:35:50.0554	7:43:48.8668	7:53:48.8668	7:58.8114	27:58.8114	778	13
7:53:48.8668							

**Slika 73. Prikaz statistike jedne ulazne rampe nakon osam radnih sati**

U statistici na slici 73. nakon osam radnih sati vidljiv je dolazak prvih osam slučajeva koje smo uzeli za promatranje vremena. Vremena za preostala dva slučaja su prikazana u nastavku rada.

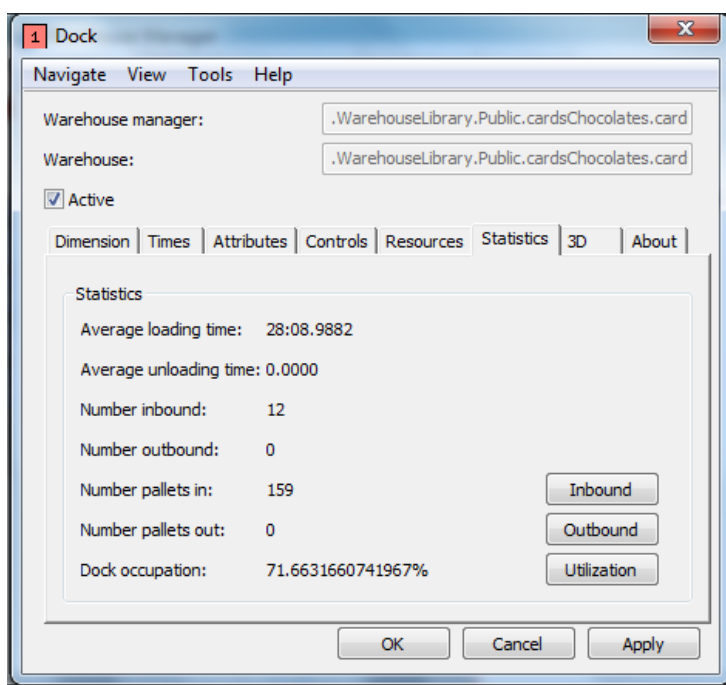
10:15:18.4198	10:25:18.4198	10:43:30.6305	10:53:30.6305	18:12.2107	38:12.2107	2402	31
---------------	---------------	---------------	---------------	------------	------------	------	----

Slika 74. Prikaz statistike za slučaj broj 9.

11:55:46.0195	12:05:46.0195	12:25:20.1702	12:35:20.1702	19:34.1507	39:34.1507	2888	33
---------------	---------------	---------------	---------------	------------	------------	------	----

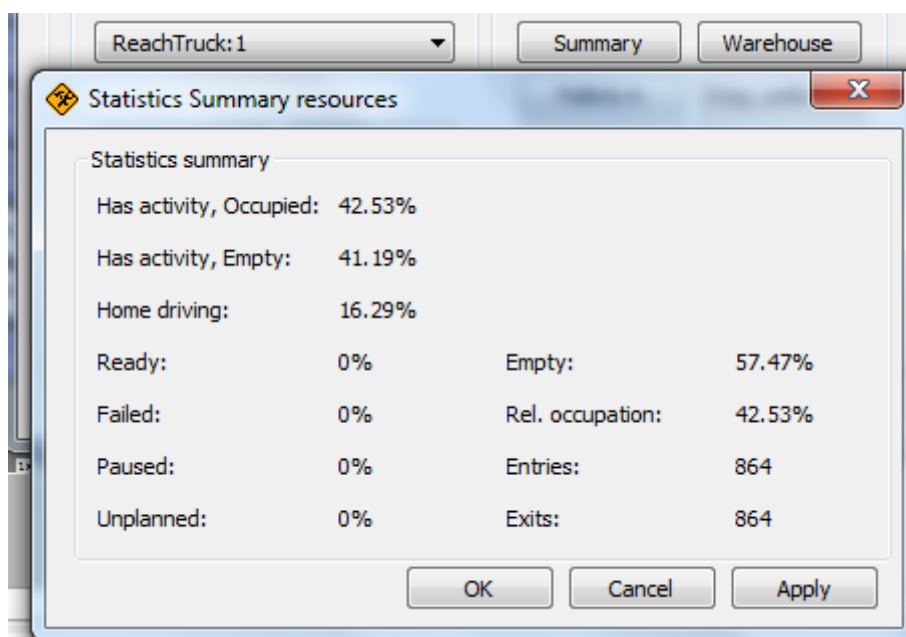
Slika 75. Prikaz statistike za slučaj broj 10.

Statistika za jednu ulaznu rampu u osam sati radnog vremena sa zadanim vremenima pristajanja na rampu i odlaska sa nje od 10 minuta je na slici broj 76. Vremena pristajanja na rampu i odlaska sa nje nisu toliko bitna u ovom modelu kao što je već naglašeno u prijašnjem dijelu rada te nam služe za okvirno računanje zauzeća rampe. Naglasak je na vremenima istovara robe iz dostavnog vozila.



Slika 76. Statistika ulazne rampe

Što se tiče zauzetosti rampi nema većih problema sa zauzetošću površina zbog rada visokoregalnog viličara koji uspijeva na vrijeme odnositi pristigle proizvode na skladišna mjesta. Za proces otpreme robe je zadužen također visokoregalni viličar te je njegova statistika prikazana u nastavku.



Slika 77. Prikaz statistike objekta *ReachTruck*

U nastavku rada je odrađena usporedba vremena dobivenih simulacijom, stvarnim snimanjem procesa te statističkim modelom. Za početak je napravljena tablica usporedbe podataka dobivenih modelom s podacima koji su izmjereni u stvarnosti.

Tablica 1. Usporedba trajanja izmjerenih vremena procesa i vremena dobivenih modelom

Redni broj slučaja	Broj paletnih mjesta (x)	Izmjereno trajanje procesa istovara (minute)	Trajanje procesa istovara po modelu: $y=1,3858 + 0,3836x$ (minute)	Razlika izmjerenog i modela (minute)	Razlika izmjerenog i modela u postocima (%)
1.	14	10	6,757	3,243	67%
2.	12	5	5,988	-0,988	-19%
3.	11	4	5,560	-1,56	-37%
4.	9	4	4,800	-0,8	-20%
5.	12	8	5,960	2,04	-25%
6.	16	9	8,399	0,601	-6%
7.	10	9	5,198	3,802	41%
8.	15	7	7,082	-0,082	-1%
9.	31	12	13,161	-1,161	-9%
10.	33	14	14,044	-0,044	0%

U računalnom programu „Statgraphics18“ je odrađena usporedba modela za izmjereno trajanje procesa i trajanje procesa predviđeno statističkim modelom te se došlo do sljedećih podataka. Prikazani su: brojka slučajeva (eng. *Count*), aritmetička sredina vremena trajanja procesa (eng. *Average*), standardna devijacija (eng. *Standard deviation*), koeficijent varijacije (eng. *Coeff. of variation*), minimum i maksimum (eng. *Minimum, Maximum*) skupa te raspon skupa (eng. *Range*).

Two Sample Comparison - Izmjereno trajanje procesa & Trajanje procesa po modelu		
Summary Statistics		
	<i>Izmjereno trajanje procesa</i>	<i>Trajanje procesa po modelu</i>
Count	10	10
Average	8.2	7.6949
Standard deviation	3.32666	3.28357
Coeff. of variation	40.569%	42.672%
Minimum	4.0	4.8
Maximum	14.0	14.044
Range	10.0	9.244

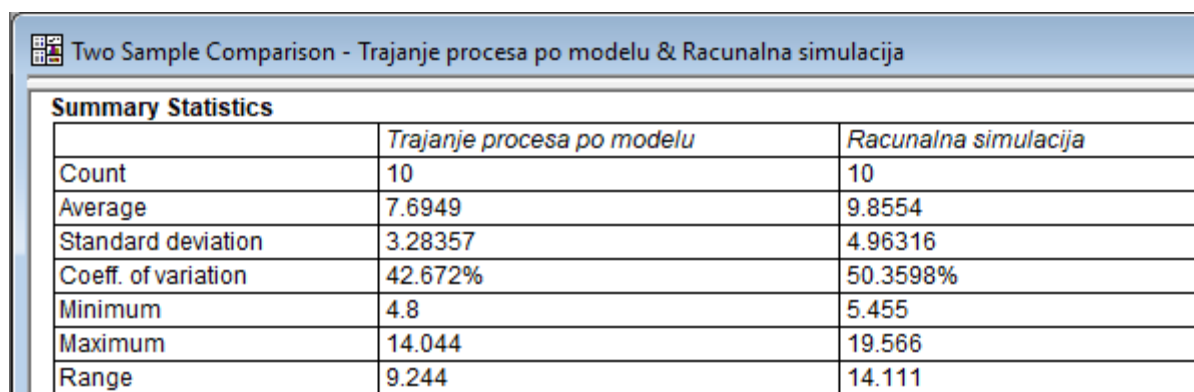
**Slika 78. Prikaz statističke analize za izmjerena vremena i vremena dobivena modelom**

Možemo zaključiti da je razlika aritmetičkih sredina na temelju cijeloga skupa malo iznad brojke 0,500 što je oko 30 sekundi. To znači da je razlika vremena izmjerenog snimanjem procesa te onog dobivenog modelom 6,160 % tako da se može reći da model za ovaj skup podataka očekuje brži proces istovara za 30,306 sekundi po narudžbi odnosno dolasku dostavnog vozila. Uzimajući u obzir apsolutni iznos razlika izmjerenog trajanja procesa i trajanja procesa za cijeli skup dobivena razlika je ukupno 14,321 minute što je jednako iznosu od 14 minuta i 19 sekundi. To znači da ako razliku svedemo na pojedinačne slučajeve dobivamo iznos od 1,43 minute što je jednako 1 minuti i 26 sekundi razlike. Postotak razlika po pojedinačnom slučaju je 17 % za prosječno vrijeme istovara od 8,20 minuta. Za ovaj skup podataka to su prilično dobri i precizni rezultati s obzirom na mnoštvo različitih procesa i varijabli koji utječu na svaki proces istovara.

Tablica 2. Usporedba trajanja vremena procesa dobivenih modelom i računalnom simulacijom

Redni broj slučaja	Broj paletnih mjesta (x)	Trajanje procesa istovara po modelu: $y=1,3858 + 0,3836x$ (minute)	Trajanje procesa u računalnoj simulaciji (minute)	Razlika izmjerenog i modela (minute)	Razlika izmjerenog i modela u postocima (%)
1.	14	6,757	8,628	-1,871	-23%
2.	12	5,988	7,363	-1,375	-22%
3.	11	5,560	6,733	-1,173	-21%
4.	9	4,800	5,455	-0,655	-13%
5.	12	5,960	7,358	-1,398	-23%
6.	16	8,399	9,910	-1,511	-18%
7.	10	5,198	6,097	-0,899	-17%
8.	15	7,082	9,233	-2,151	-30%
9.	31	13,161	18,211	-5,050	-38%
10.	33	14,044	19,566	-5,522	-39%

U računalnom programu „Statgraphics18“ je odrađena usporedba modela za izmjereno trajanje procesa i trajanje procesa predviđeno računalnom simulacijom te se došlo do sljedećih podataka. Jednako kao i za prethodnu usporedbu prikazani su: brojka slučajeva (eng. *Count*), aritmetička sredina vremena trajanja procesa (eng. *Average*), standardna devijacija (eng. *Standard deviation*), koeficijent varijacije (eng. *Coeff. of variation*), minimum i maksimum (eng. *Minimum, Maximum*) skupa te raspon skupa (eng. *Range*).



	<i>Trajanje procesa po modelu</i>	<i>Racunalna simulacija</i>
Count	10	10
Average	7.6949	9.8554
Standard deviation	3.28357	4.96316
Coeff. of variation	42.672%	50.3598%
Minimum	4.8	5.455
Maximum	14.044	19.566
Range	9.244	14.111

Slika 79. Prikaz statističke analize za vremena dobivena modelom te računalnom simulacijom

Već na prvi pogled je vidljivo da je razlika vremena u usporedbi ova dva modela prilično veća u odnosu na prijašnju usporedbu. Prosječna razlika aritmetičkih sredina je 2,16 minuta što je iznos od 2 minute i 9 sekundi. Govoreći u postocima to je 28,07 % što je prilično visoka brojka. Očigledno je da model dobiven statističkom analizom očekuje brži proces istovara od modela dobivenog računalnom simulacijom. Uzroci za to mogu biti mnogobrojni no s obzirom da je model napravljen na bazi statističke analize prikupljenih podataka mjerenjem vremena istovara u stvarnosti, ti uzroci će se pokušati objasniti u nastavku usporedbom modela vremena izmjerenog tokom boravka u skladištu i onog dobivenog u računalnoj simulaciji.

**Tablica 3. Usporedba trajanja izmjerenih vremena procesa i dobivenih računalnom simulacijom**

Redni broj slučaja	Broj paletnih mjesta (x)	Izmjereno trajanje procesa istovara (minute)	Trajanje procesa u računalnoj simulaciji (minute)	Razlika izmjerenog i modela (minute)	Razlika izmjerenog i modela u postocima (%)
1.	14	10	8,628	1,378	13%
2.	12	5	7,363	-2,363	-47%
3.	11	4	6,733	-2,733	-67%
4.	9	4	5,455	-1,455	-36%
5.	12	8	7,358	0,642	8%
6.	16	9	9,910	-0,910	-10%
7.	10	9	6,097	3,903	23%
8.	15	7	9,233	-2,233	-31%
9.	31	12	18,211	-6,211	-51%
10.	33	14	19,566	-5,566	-39%

Kao i za prethodne usporedbe korišten je programski alat „Statgraphics18“. prikazani su: brojka slučajeva (eng. *Count*), aritmetička sredina vremena trajanja procesa (eng. *Average*), standardna devijacija (eng. *Standard deviation*), koeficijent varijacije (eng. *Coeff. of variation*), minimum i maksimum (eng. *Minimum, Maximum*) skupa te raspon skupa (eng. *Range*).

Two Sample Comparison - Izmjereno trajanje procesa & Racunalna simulacija		
Summary Statistics		
	Izmjereno trajanje procesa	Racunalna simulacija
Count	10	10
Average	8.2	9.8554
Standard deviation	3.32666	4.96316
Coeff. of variation	40.569%	50.3598%
Minimum	4.0	5.455
Maximum	14.0	19.566
Range	10.0	14.111

**Slika 80. Prikaz statističke analize za vremena dobivena modelom te računalnom simulacijom**

Iz rezultata usporedbe modela možemo zaključiti da je razlika aritmetičkih sredina na temelju cijeloga skupa ipak prilično veća nego u usporedbi izmjerenog vremena te vremena dobivenog modelom te iznosi 1,655 minuta što je 1 minuta i 39 sekundi u prosjeku. To znači da je razlika vremena izmjerenog snimanjem procesa i onog dobivenog računalnom simulacijom 20,182 %. Uzimajući u obzir apsolutni iznos razlika izmjerenog trajanja procesa i trajanja procesa za cijeli skup dobivena razlika je ukupno 27,383 minute što je jednako iznosu od 27 minuta i 22 sekunde. To znači da ako razliku svedemo na pojedinačne slučajeve dobivamo iznos od 2,738 minute što je jednako 2 minute i 44 sekundi razlike. Pojednostavljeno možemo reći da računalna simulacija očekuje da će proces istovara biti odraden sporije no što je on u stvarnosti obavljen. Na prvi pogled razlika između vremena od okvirno 20 % nam može govoriti da smo krivo izmodelirali proces ili samo skladište no analizom je pronađeno par mogućih razloga takvog odstupanja. Najveće razlike u vremenima su se pojavile u posljednja dva slučaja kod najvećeg broja paletnih mjesta (31 i 33) te su iznosile preko 5,5 minuta. Na temelju vremena provedenog u skladištu zaključuje se da zaposlenici često pri istovaru izvoze više od 1 palete iz dostavnog vozila na viličaru te se na većem broju paletnih mjesta ta ušteda vremena na povratnim putevima itekako osjeti. Također i brzine viličara mogu odstupati pa to opet dolazi do izražaja kod procesa s više paletnih mjesta. Osim toga moguće je i odstupanje udaljenosti prijemnih zona od rampe za utovar kao i udaljenosti transportnih putova.

Odlučeno je izbaciti posljednja dva slučaja iz modela te odraditi statističku analizu bez njih obzirom na veliku vremensku razliku na ipak tako malom modelu. Rezultati dobiveni nakon toga su na sljedećoj slici.

Two Sample Comparison - Izmjereno trajanje procesa & Racunalna simulacija		
Summary Statistics		
	<i>Izmjereno trajanje procesa</i>	<i>Racunalna simulacija</i>
Count	8	8
Average	7.0	7.59713
Standard deviation	2.39046	1.54855
Coeff. of variation	34.1494%	20.3833%
Minimum	4.0	5.455
Maximum	10.0	9.91
Range	6.0	4.455

**Slika 81. Prikaz statističke analize dobivene izostavljanjem posljednja dva slučaja**

Očigledno je da su upravo ta dva slučaja utjecala na veliku razliku u usporedbi rezultata te je očito da je model ipak prilično dobro odrađen uz mogućnost poboljšanja kod većeg broja paletnih mjesta koji dolaze dostavnim vozilom. Razlika u vremenu se povećava kod većeg broja paletnih mjesta vjerojatno zbog uštede na vremenu odlaganjem više od jedne palete po izlasku iz dostavnog vozila. Također na vrijeme kod većeg broja paletnih mjesta utječu i brzina viličara kao i udaljenost prijemne zone od rampe. Razlika između aritmetičkih sredina je samo 0,597 minuta što je 35,82 sekunde. Model je iako na malom skupu podataka zbog ograničenja u broju podataka ipak pokazao prilično realne podatke.



## 7. ZAKLJUČAK

Mapiranjem procesa i uvidom u aktivnosti unutar depozitnog skladišta ustanovljeno je da procesi istovara i zaprimanja robe znatno utječu na ukupno vrijeme svih aktivnosti unutar skladišta. Preciznim predviđanjem vremena istovara i zaprimanja robe može se doći do ključnih informacija vezanih za izbjegavanje „uskih grla“ u skladištu. Samim time ti procesi su izrazito bitni za određivanje dolazaka dobavljača te imaju utjecaj na cijeli logističko distributivni centar. Nakon prikupljanja podataka te vizualnog snimanja procesa može se zaključiti da određeni procesi poput poziva vozača i dodjele istovarne rampe, te vrijeme dolaska dostavnog vozila na istovarnu rampu možemo smatrati fiksnim vremenima odnosno konstantama. Trajanje tih vremena je otprilike jednako za svaku narudžbu, stoga će fiksna vremena tih procesa predstavljati aritmetičku sredina za više slučajeva dok su vremena procesa samog istovara i preuzimanja robe varijabilna s obzirom na značajke narudžbe. Nakon mjerenja vremena za ta dva određena procesa u radu je prikazana statistička analiza koja je imala za cilj dobiti jednadžbu kojom će se točnije predviđati vremena trajanja procesa istovara i zaprimanja robe. Proces odlaganja te otpreme robe nažalost nisu kontinuirani te ih nije bilo moguće kvalitetno snimiti u tako kratkom roku i bez dovoljno podataka o njima samima. Nakon analize prikupljenih podataka za proces istovara pomoću statističkih alata dobiven je model jednostavne linearne regresije gdje je varijabla broj paletnih mjesta koja utječe na vrijeme trajanja cjelokupnog procesa u zbroju s izračunatim fiksnim vremenom.

Za proces preuzimanja određeni su broj paletnih mjesta te broj različitih artikala kao varijabilni parametri koji utječu na vrijeme procesa. Jednadžbe koje su dobivene statističkom analizom su dovoljno precizne za neki osnovni model predviđanja vremena te bi mogle poslužiti u budućnosti kao dobra podloga za detaljniju analizu vremena. Simulacijski model se bazirao na procesu istovara te se nastojalo prikazati sadašnje stanje na jednom manjem primjeru depozitnog skladišta. Izradom modela koji je donekle realno opisao stanje u skladištu uz male promjene u aktivnostima se došlo do rješenja u kojemu nema „uskih grla“ ponajprije zahvaljujući tome što se proces odlaganja vrši što brže moguće. Ipak mnoštvo različitih scenarija može utjecati na procese te je teško sa sigurnošću odrediti kvalitetu statističkog kao i računalnog modela. Predloženi simulacijski model je dobra podloga za daljnji rad na rješavanju opisanog modela.

## LITERATURA

- [1] Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Distribucijska logistika 1, Zagreb, 2016
- [2] Knežević, B., Habuš, I., Knego, N.: Distribucijski centar kao izvor poslovne učinkovitosti -Empirijski uvid, Sveučilište u Osijeku, Ekonomski fakultet, Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu X/2010, Osijek, 2010.,
- [3] Babić, D.: Autorizirana predavanja iz kolegija Upravljanje transportnim lancima, Zagreb, 2016.
- [4] Hržić, H.: Implementacija sustava za upravljanje skladištem u svrhu unapređenja učinkovitosti, Ekonomski fakultet, Zagreb, 2016.,
- [5] prof.dr.sc.Goran Đukić Predavanja tehnička logistika  
[https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/05\\_06\\_2013\\_18997\\_Skladistenje\\_TL-5\\_7.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/05_06_2013_18997_Skladistenje_TL-5_7.pdf) (15.11.2018)
- [6] Pupavac, D.: Menadžment skladišne logistike, Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu, Osijek, 2012,
- [7] Waters, D., Donald, C.: Logistics: An Introduction to Supply Chain Management, Palgrave Macmillan, 2003.,
- [8] Iličić, D., : Diplomski rad: Analiza sustava paketne distribucije u tvrtci , Zagreb, 2017  
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1167/datastream/PDF/view>  
(15.11.2018)
- [9] Frazelle. E. H.: World-Class Warehousing and Material Handling, McGraw Hill Professional, 2001.,
- [10] Damelio, R., The Basics of Process Mapping, 2011.
- [11] Helmers S., Microsoft Visio 2010 Step by Step, 2011.
- [12] University of Brighton, Information services : Process mapping with MS Visio 2013 Quick Reference, 2014.
- [13] Tadić, T: Aritmetička sredina i standardna devijacija, Poučak : časopis za metodiku i nastavu matematike, Vol.18 No.69 Ožujak 2017.
- [14] Bubalo, L.: Diplomski rad: Optimiranje vremena istovara robe distributivnog centra, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2018
- [15] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/> (10.11.2018)

- 
- [16] Bangsow, S. Tecnomatix Plant Simulation\_ Modeling and Programming by Means of Examples-Springer(2016).pdf 2009

## **PRILOZI**

I. CD-R disc