

Simulacijski model distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o

Turkalj, Helena

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:259986>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**SIMULACIJSKI MODEL DISTIBUCIJE PIĆA U TVRTKI STRIDON
PROMET D.O.O.**

**SIMULATION MODEL OF BEVERAGE DISTRIBUTION IN THE
COMPANY STRIDON PROMET D.O.O.**

Mentor: doc. dr. sc. Diana Božić

Studentica: Helena Turkalj

JMBAG: 0135258475

Zagreb, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 6. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Osnove simulacija u prometu i logistici**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6670

Pristupnik: **Helena Turkalj (0135258475)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Simulacijski model distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o**

Opis zadatka:

U radu je potrebno teorijski pojasniti značajke simulacijskog modeliranja, te prema informacijama iz realnog sektora (tvrtka Stridon promet d.o.o.) navesti teorijski opis procesa distribucije pića i upravljanja zalihama. Temeļjem dobivenog opisa, zadatak je izraditi simulacijski model procesa distribucije pića u programskom alatu ARENA. Nakon provedene simulacije potrebno je analizirati dobivene rezultate.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

doc. dr. sc. Diana Božić

SAŽETAK

Simulacijsko modeliranje je metoda kojom se izvodi eksperimentiranje i proučavanje procesa i modela stvarnog sustava. Definicija simulacijskih modela objašnjena je u završnom radu. Prikazan je simulacijski model procesa distribucije temeljen na poduzeću iz realnog sektora. Također, objašnjeni su koraci u izradi simulacijskog modela, te parametrizacija modula korištenih u dijagramu toka modela. Napravljen je 2D prikaz simulacijskog modela kako bi se jasnije predočio transport robe tokom distribucijskog procesa. Svrha stvaranja simulacijskog modela u ovom istraživanju ima za cilj analizu iskoristivosti resursa te moguća poboljšanja u procesu planiranja distribucije. Simulacijski model izrađen je u softveru ARENA.

KLJUČNE RIJEČI: Simulacija; Simulacijsko modeliranje; Distribucija; Korištenje resursa; ARENA

SUMMARY

Simulation modelling is a method used to experiment and study the process and model of the real system. The definition of simulation models is explained in the final work. The simulation model of the distribution process and the experiment based on the company from the real sector are shown in work. Also the steps in creating a simulation model are explained including the parameterisation of the model used in the model flow diagram. A 2D representation of the simulation model was created to more clearly show the transport of goods during the distribution process. The purpose of creating a simulation model in this research is to analyse resource utilization and possible improvements in the distribution planning process. The simulation model was built into the ARENA software.

KEY WORDS: Simulation; Simulation modeling; Distribution; Resource utilisation; ARENA

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Simulacije i simulacijski modeli	2
2.1 Potreba za simulacijom i simulacijski proces.....	2
2.2 Metode modeliranja sustava	4
2.2.1 Matematička metoda.....	4
2.2.2 Analitička metoda	4
2.2.3 Simulacijska metoda.....	4
2.3 Simulacijski modeli.....	5
2.3.1 Podjela simulacijskih modela.....	5
2.3.2 Tipovi simulacijskih modela	8
3. Prikaz planiranja zaliha i distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o.	11
3.1 Ukratko o tvrtki Stridon promet d.o.o.	11
3.2 Definicija zaliha i prikaz planiranja zaliha u tvrtki Stridon promet d.o.o.....	12
3.3 Prikaz distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o.....	13
4. Prikaz simulacijskog modela distribucijskog procesa u tvrtki.....	15
4.1 Tekstualni opis simulacijskog modela	15
4.2 Dijagram toka simulacijskog modela.....	17
4.3 Prikaz 2D simulacijskog modela.....	19
5. Analiza rezultata simulacijskih eksperimenata	20
6. Zaključak	24
Literatura	25
POPIS SLIKA	26
POPIS GRAFOVA	27
POPIS TABLICA	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.

1. Uvod

U logističkim tvrtkama postoje problemi u različitim sektorima. Razvijanjem logistike i logističkih procesa sve je više izazova u sustavima koje je potrebno riješiti isplativo i sigurno. Otklanjanje poteškoća u sustavima može biti kompleksno i skupo. Jedno od rješenja za smanjenje troškova analize problema i mogućih poboljšanja je simulacijsko modeliranje. Simulacijama se može predočiti stvarni sustav uz male troškove te su mogućnosti ponavljanja simulacijskih eksperimenata kroz promjene ulaznih podataka neograničene.

Zadatak ovog završnog rada je teorijski pojasniti značenje simulacijskog modeliranja te prema informacijama iz realnog sektora (tvrtka Stridon promet d.o.o.) opisati proces distribucije pića. Na temelju dobivenih podataka potrebno je izraditi simulacijski model u programskom alatu Arena. Definirani zadatak opisan je kroz šest cjelina rada i to:

1. Uvod
2. Simulacije i simulacijski modeli
3. Prikaz planiranja zaliha i distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o.
4. Prikaz simulacijskog modela distribucijskog procesa u tvrtki
5. Analiza rezultata simulacijskih eksperimenata
6. Zaključak

Nakon uvoda, u drugom poglavlju, opisane su simulacije i simulacijski modeli, te je dan skraćeni općeniti prikaz razvoja potreba za simuliranjem događaja i objašnjen je simulacijski proces. Nakon toga opisani su načini modeliranja sustava te podjela i tipovi simulacijskih modela. U trećem poglavlju prikazano je planiranje zaliha u tvrtki Stridon promet d.o.o. te način distribucije pića u istoj. U četvrtom poglavlju prikazan je izrađeni simulacijski model pokrepljen slikama i opisima kako se izrađivao. U petom poglavlju opisana je analiza rezultata simulacijskih eksperimenata i kako bi se model mogao poboljšati.

2. Simulacije i simulacijski modeli

Simulacijama se obavlja eksperimentiranje i proučavanje apstraktnog modela u vremenu to jest simulacija je dinamička projekcija realnog sustava. Modeli koji se proučavaju simulacijom nazivaju se simulacijski modeli. Oni su modeli dinamičkih sustava te se sastoje od prikaza predmeta modeliranja.

2.1 Potreba za simulacijom i simulacijski proces

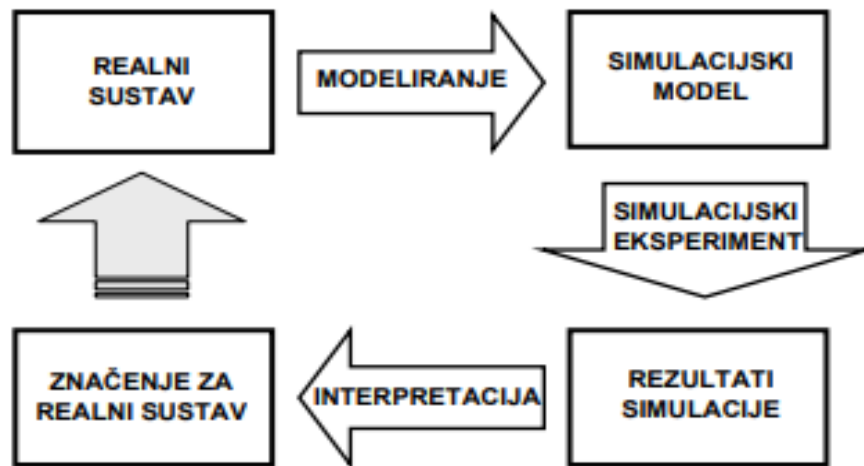
Simulacije se koriste u donošenju odluka različitih tipova problema kao što su razumijevanje sustava, oblikovanje sustava, analizu rada sustava, sinkronizaciju i podešavanje rada sustava, predviđanje ponašanja sustava u budućnosti i drugo. Neki od razloga za korištenje simulacijskog modeliranja su [1]:

- eksperiment s realnim sustav može biti skup ili nemoguć,
- analitički model nema analitičnog rješenja,
- sustav može biti previše složen da bi se mogao opisati analitički.

U literaturi je moguće pronaći osnovnu podjelu simulacijskih modela. Tri osnovna tipa simulacijskih modela su modeli za jednokratnu upotrebu, modeli za dugoročnu upotrebu i modeli troškova [1].

Modeli za jednokratnu upotrebu koriste se samo jedanput i mogu primjerice služiti za donošenje odluke o izboru opreme koja se kupuje. Modeli za dugoročnu upotrebu pomažu pri donošenju odluka u nekom periodu, primjerice u rukovođenju prometom, financijskom odlučivanju i slično. Modeli troškova sadrže niz ulaznih i izlaznih varijabli koje se mogu povezati na troškove. To su primjerice troškovi nabave opreme, radne snage i slično. Model troškova može se uključiti u strukturu simulacijskog modela ili se pojavljuje kao poseban model koji služi za analizu rezultata simulacije [1].

Simulacijski proces je niz koraka koji opisuje rješavanja stvarnih problema pomoću simulacijskog modeliranja. Prikazuje se u obliku niza koraka koji opisuju pojedine faze rješavanja problema, a slikoviti prikaz simulacijskog procesa prikazan je na slici 1.



Slika 1. Simulacijski proces

Izvor: [2]

Pošto je u simulacijskom procesu moguć povratak na prethodne korake, zavisno od rezultata, struktura procesa nije strogo sekvencijalna.

Osnovni koraci simulacijskog procesa su [1]:

- 1) definicija cilja simulacijske studije,
- 2) identifikacija sistema,
- 3) skupljanje podataka o sistemu i njihova analiza,
- 4) izgradnja simulacijskog modela,
- 5) izgradnja simulacijskog programa,
- 6) verificiranje simulacijskog programa,
- 7) vrednovanje simulacijskog modela,
- 8) planiranje simulacijskih eksperimenata i njihovo izvođenje,
- 9) analiza rezultata eksperimenata i
- 10) zaključci i preporuke.

Prednosti simulacije su što je moguće opisati i rješavati složene dinamičke probleme sa slučajnim varijablama, moguće je riješiti raznovrsne probleme, vrednovanje i analiza logike sustava su olakšani i slično. Nedostaci simulacija su to što je razvoj kompleksnih modela često dugotrajan i skup, potrebno je izvođenje većeg broja simulacijskih eksperimenata kako bi se dobio odgovarajući uzrok rezultata.

2.2 Metode modeliranja sustava

Modeliranje je proces vezan za način ljudskog razmišljanja, a sadrži identificiranje, analizu i rješavanje problema. Teorijski, eksperimentiranje u obliku promjena u procesu može se izvoditi i na realnom sustavu. Međutim, to je vrlo često ne moguće izvesti zbog toga što bi takav eksperiment bio preskup ili bi poremetio ustaljeni način funkcioniranja promatranog sustava. Ovo je česti razlog zašto je poželjno koristiti različite modele izgrađene primjenom različitih načina modeliranja. S obzirom na složenost predmeta modeliranja primjenjuju se matematičke, analitičke ili simulacijske metode [3]. Ove metode pojašnjene su u nastavku.

2.2.1 Matematička metoda

Matematička metoda predstavlja sustav u smislu logičkih i kvantitativnih odnosa koji se zatim mijenjaju kako bi se vidjelo kako model reagira i na taj način kako bi sustav reagirao. Najjednostavniji primjer matematičkog modela je odnos $d=rt$, gdje je r brzina putovanja, t vrijeme provedeno u putovanju, a d prijeđena udaljenost. Ova metoda može pružiti valjan model u nekim slučajevima primjerice svemirska sonda prema drugom planetu nakon što je postigla svoju brzinu leta, ali je vrlo loš model za druge svrhe kao primjerice putovanje na posao u špici zakrčene gradske autoceste [3].

2.2.2 Analitička metoda

U analitičkim metodama modeli i rješenja su u obliku zavisnih varijabli kao funkcije nezavisnih. Nakon što se izgradi matematički model, mora se ispitati kako bi se vidjelo kako se može koristiti za odgovor na interesna pitanja o sustavu koji treba predstavljati. Jednostavnije sustave moguće je prikazati analitičkom metodom i dobiti analitičko rješenje. Međutim, neka analitička rješenja mogu postati izuzetno složena i zahtijevati kompleksno računanje te je u tim slučajevima poželjno koristiti simulacijsku metodu [3].

2.2.3 Simulacijska metoda

Za prikaz problema u simulacijskoj metodi koristi se konceptualni model, a rješenje se dobiva numerički, provođenjem eksperimenata na računalnom modelu. Simulacijska metoda je optimalna zbog toga što u analitički model nema analitičkog rješenja ili je problem presložen

za analitičko opisivanje te optimalna je zbog toga što je eksperimentiranje na realnom sustavu skoro ne moguće ili preskupo [4].

2.3 Simulacijski modeli

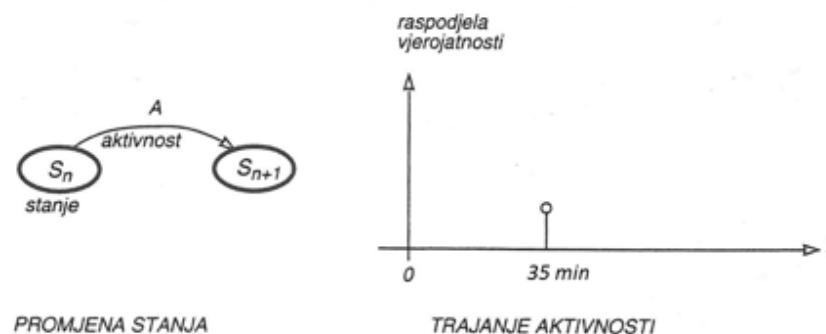
Simulacijski modeli su modeli dinamičkih sustava, koji se sastoje od prikaza sustava u obliku konceptualnog modela koji sadržava opis realnog sustava ili računalnog modela koji se temelji na izvođenju simulacijskog eksperimenta. Oni omogućuju izvođenje i prikaz vremenskih pomaka, istodobno odvijanje aktivnosti ili procesa i alociranje resursa [4].

2.3.1 Podjela simulacijskih modela

Simulacijski modeli mogu se podijeliti prema vrsti varijabli u modeli ili prema načinu na koji se stanje modela mijenja u vremenu.

2.3.1.1 Deterministički i stohastički modeli

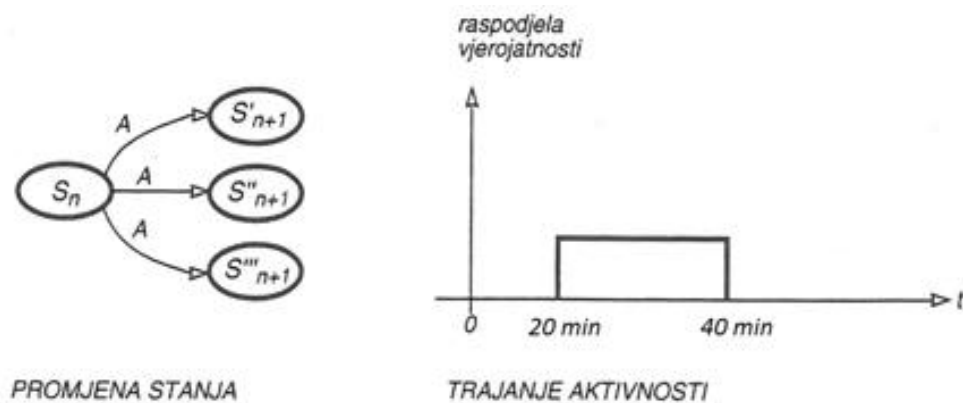
Deterministički modeli su modeli čije je ponašanje potpuno predvidivo. Ovim modelima, novo stanje sustava koji je modeliran, određeno je prethodnim stanjem. Na slici 2. prikazan je model u kojem se stanje sustava S_n promijenilo pod utjecajem aktivnosti A u stanje S_{n+1} . Deterministički modeli prikazani su u praksi u primjerice redosljedu operacija u automatiziranom pogonu, radnjama prihvata i otpreme pošiljaka, voznom redu i slično [1].



Slika 2. Deterministički modeli

Izvor: [4]

Stohastički modeli su modeli čije se ponašanje ne može unaprijed predvidjeti, ali se mogu odrediti vjerojatnosti promjena stanja sustava. Ove modele karakterizira slučajno ponašanje to jest oni proizvode izlaz koji je sam po sebi nasumičan i mora se tretirati kao samo procjena pravih karakteristika modela. Na slici 3. prikazan je stohastički model u kojem se stanje sustava S_n može promijeniti u jedno od tri stanja S_{n+1}' , S_{n+1}'' ili S_{n+1}''' pod utjecajem aktivnosti A [1].

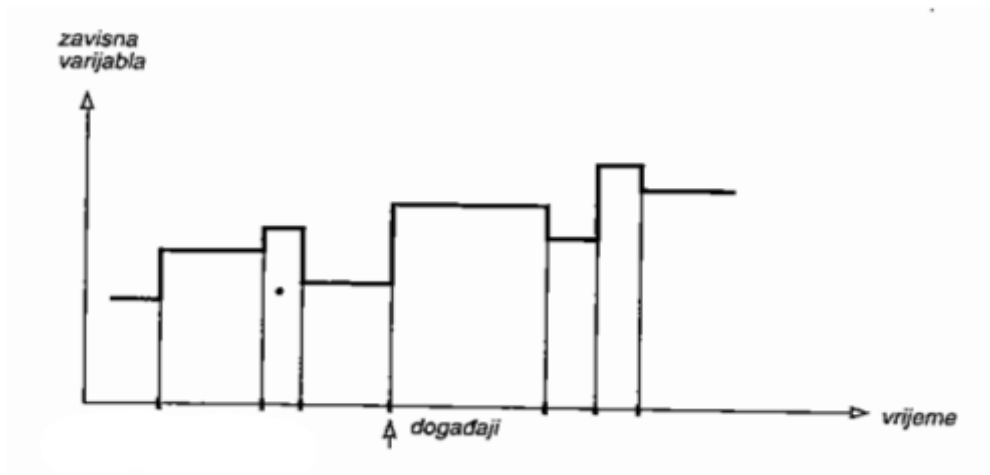


Slika 3. Stohastički modeli

Izvor: [4]

2.3.1.2 Diskretni i kontinuirani modeli

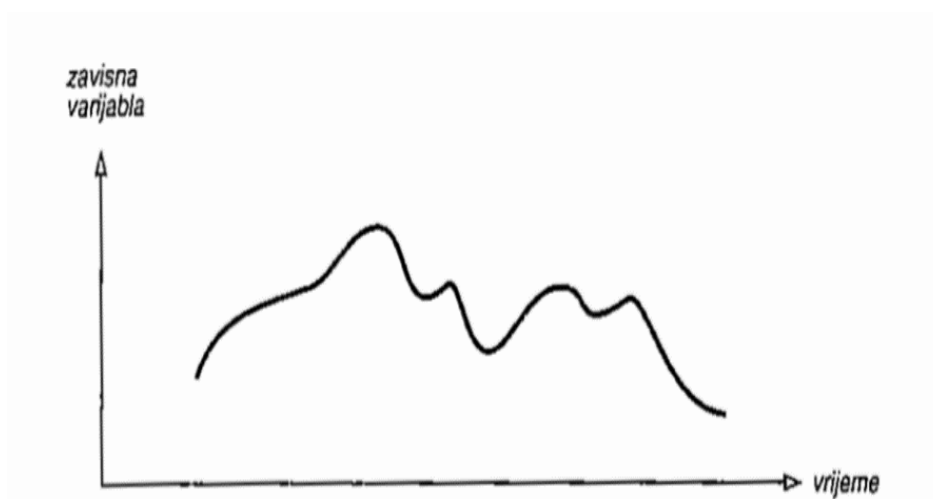
Postoje diskretni, kontinuirani i miješani kontinuirano-diskretni modeli. Diskretni modeli su modeli kojima se stanje mijenja u nekim vremenskim točkama, a takve promjene stanja nazivaju se događaji. Kao primjer diskretnog modela može se uzeti model prodavaonice sa samoposluživanjem gdje se broj posjetilaca u repovima pred blagajnama predstavlja kao varijabla i taj broj se može mijenjati samo u trenutku dolaska posjetilaca u rep i u trenutku posluživanja na blagajni. Diskretna promjena stanja prikazana je na slici 4 [1].



Slika 4. Diskretna promjena stanja

Izvor: [1]

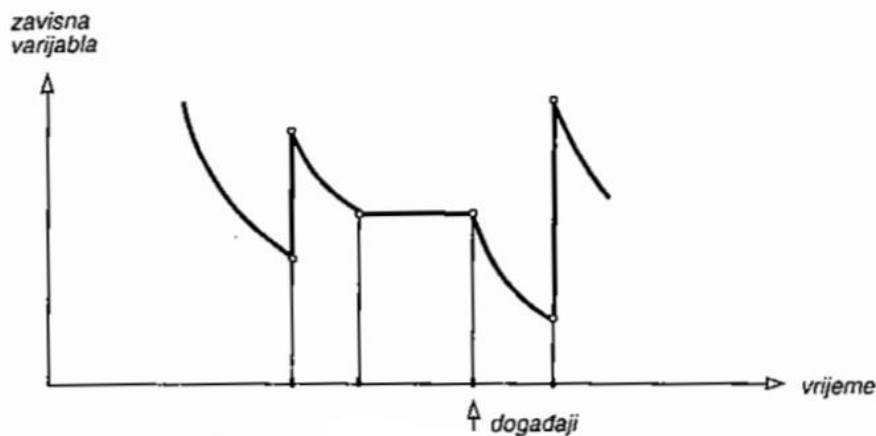
Kontinuirani modeli su modeli kojima se varijable stanja mijenjaju kontinuirano u vremenu. Primjer kontinuiranog modela je let aviona kojemu se položaj i brzina mijenjaju kontinuirano u vremenu. Kontinuirana promjena stanja prikazana je na slici 5.



Slika 5. Kontinuirana promjena stanja

Izvor: [1]

Miješani kontinuirani-diskretni modeli su modeli koji sadrže i diskretne i kontinuirane varijable. Primjer ovakvog modela je dolasci tankera s naftom u luku gdje se njihov sadržaj pretače u rezervoar. Kontinuirane varijable su nivoi nafte u tankerima, a diskretne varijable su dolasci tankera u luku i dnevno vrijeme otvaranja i zatvaranja procesa pretakanja nafte u rezervoar. Promjena stanja ovakvog modela prikazana je na slici 6.



Slika 6. Miješana kontinuirano-diskretna promjena stanja

Izvor: [1]

2.3.2 Tipovi simulacijskih modela

Postoje četiri različita tipa simulacijskih modela, razlikuju se prema pristupu modeliranja i tipu problema, a oni su Monte Carlo simulacija, kontinuirana simulacija, simulacija diskretnih događaja i miješana kontinuirano-diskretna simulacija.

2.3.2.1 Monte Carlo simulacija

Monte Carlo simulacija je simulacija višestruke vjerojatnosti ili matematička tehnika koja se koristi za procjenu mogućih ishoda neizvjesnog događaja. Simulacija se koristi za dugoročna predviđanja radi svoje točnosti. Ovu simulaciju izumili su John von Neumann i Stanislaw Ulam tijekom Drugog svjetskog rata kako bi poboljšali donošenje odluka u neizvjesnim uvjetima [5].

Monte Carlo simulacija radi tako što predviđa skup ishoda na temelju procijenjenog raspona vrijednosti u odnosu na skup fiksnih ulaznih vrijednosti. Odnosno, gradi model mogućih rezultata korištenjem distribucije vjerojatnosti, kao što je primjerice uniformna ili normalna distribucija, za bilo koju varijablu koja ima inherentnu nesigurnost. Za primjer Monte Carlo simulacije koristi se promatranje izračuna vjerojatnosti bacanja dvije kocke. Mogućih su 36 kombinacija bacanja kockica te prema tome može se ručno izračunati vjerojatnost određenog ishoda, no korištenjem Monte Carlo simulacije može se simulirati bacanje kocke 10 000 puta za što točnije rezultate [5].

Monte Carlo tehnika uključuje tri osnovna koraka, a to su [5]:

- Model predviđanja se postavlja tako što se identificira zavisna varijabla koju treba predvidjeti i nezavisna varijabla koja će pokretati predviđanje zatim,
- Navedu se distribucije vjerojatnosti nezavisnih varijabli, tako što se upotrebljavaju povijesni podaci kako bi se definirao raspon vjerojatnih vrijednosti,
- Na završetku, simulacija se pokreće više puta, generirajući slučajne vrijednosti nezavisnih varijabli.

2.3.2.2 Kontinuirana simulacija

Kontinuirana simulacija je simulacija koja se koristi za dinamičke probleme kod kojih se varijable stanja mijenjaju kontinuirano u vremenu. Postoje dvije vrste problema koji se rješavaju ovom metodom, a to su razmjerno jednostavni problemi i problemi koji nastaju opisom vrlo složenih sustava u agregiranom obliku. Razmjerno jednostavni problemi opisani su vrlo detaljni problemi kod kojih su promjene „glatke“ i opisuju se diferencijalnim jednadžbama. To su problemi koji tipično nastaju u području fizike, biologije i inženjerstva. Problemi koji nastaju opisom vrlo složenih sustava u agregiranom obliku su problemi u kojima se niz elemenata sustava reducira na manji broj komponenti te u kojima se promjene u sustavu aproksimiraju konstantnim brzinama promjene. To su najčešće problemi iz područja ekonomije i društvenih znanosti [1].

Tri osnovna tipa kontinuiranih simulacijskih modela su [1]:

- Sustavi običnih diferencijalnih jednadžbi,
- Sustavi parcijalnih diferencijalnih jednadžbi i,
- Sustavna dinamika.

Sustavi običnih diferencijalnih jednadžbi su jednadžbe s jednom nezavisnom varijablom po kojoj se deriviraju zavisne varijable, a brzina promjene je opisana u odnosu prema nezavisnoj varijabli. Sustavi parcijalnih diferencijalnih jednadžbi su parcijalne jednadžbe koje sadrže više od jedne nezavisne varijable po kojima se deriviraju zavisne varijable. Sustavna dinamika je simulacija sustava s povratnom vezom, odnosno sustava u kojima postoji veza između ulaza i izlaza [1].

2.3.2.3 Simulacija diskretnih događaja

Simulacija diskretnih događaja je metoda koja se koristi za modeliranje stvarnih sustava, tj. sustava stvarnoga svijeta koji se mogu rastaviti na skup logički odvojenih procesa koji autonomno napreduju kroz vrijeme. Skoro svaki događaj se događa u određenom procesu te mu se dodjeljuje logičko vrijeme ili vremenska oznaka. Rezultati ovakvih događaja mogu biti proslijeđeni jednim ili više drugih procesa, a sadržaj tog ishoda može rezultirati stvaranjem novih događaja koji će se obraditi u budućem logičkom vremenu [6].

Najčešća distribucija koja se koristi za simulacije diskretnih događaja je Poissonova distribucija. Ona se temelji na teoriji čekanja te Poissonovim procesom se modeliraju nasumični događaji, kao primjerice dolazak kupca, zahtjev za radnjom s web poslužitelja i slično.

2.3.2.4 Kombinirana diskretna-kontinuirana simulacija

Kombinirana diskretna-kontinuirana simulacija koristi se u slučajevima kada kontinuirana simulacija i simulacija diskretnih događaja, zasebno, ne mogu uvijek precizno i do završetka opisati način rada pojedinog sustava. Postoje dvije vrste događaja kojima se postiže povezivanje diskretnog i kontinuiranog pristupa, a to su vremenski događaji i događaji stanja. Događaji stanja imaju karakteristike i obilježja kontinuiranih simulacija zbog toga što upravljaju pomakom sitnih intervala, a vremenski događaji planiraju upravljanje događajima [7].

Kombinirane diskretne-kontinuirane simulacije mogu djelovati na nekoliko načina [7]:

- Diskretni događaj može aktivirati promjenu stanja kontinuirane varijable,
- Diskretni događaj može uzrokovati promjenu načina razvoja kontinuirane varijable,
- Ako vrijednost kontinuirane varijable prijeđe neki prag, to može uzrokovati događanje ili planiranje diskretnih događaja.

3. Prikaz planiranja zaliha i distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o.

U ovom poglavlju opisana je tvrtka prema čijim empirijskim podacima je kreiran simulacijski model distribucije. Ukratko je opisano na koji način tvrtka upravlja zalihama.

3.1 Ukratko o tvrtki Stridon promet d.o.o.

Tvrtka Stridon promet d.o.o. osnovana je 1991. godine te glavna djelatnost tvrtke je prodaja i distribucija alkoholnih i bezalkoholnih pića te prehrambenih i neprehrambenih proizvoda namijenjenih ugostiteljstvu i trgovini. Glavni cilj tvrtke je zadovoljenje potreba kupca ponudom kvalitetnih proizvoda i odlične usluge. Tvrtka Stridon promet d.o.o. tijekom godina usmjerava se na HoReCa (hoteli, restorani i kafići) sektor, veleprodaju i maloprodaju te uvoz robe, a svoju djelatnost obavlja kroz lanac maloprodajnih objekata i distributivne centre diljem Republike Hrvatske, pa i u inozemstvu, te na slici 7. je prikazana glavna zgrada uprave. [8].



Slika 7. Zgrada uprave tvrtke Stridon promet d.o.o.

Izvor: [8]

3.2 Definicija zaliha i prikaz planiranja zaliha u tvrtki Stridon promet d.o.o.

Pod zalihama robe podrazumijeva se količina robe koja je akumulirana radi trajnog opskrbljivanja vremenski i prostorno bliže ili daljnje proizvodnje ili potrošnje. Zalihe predstavljaju jedan od glavnih izvora troškova unutar logističkog sustava te nastaju zbog neusklađenosti nabave i potrošnje [9].

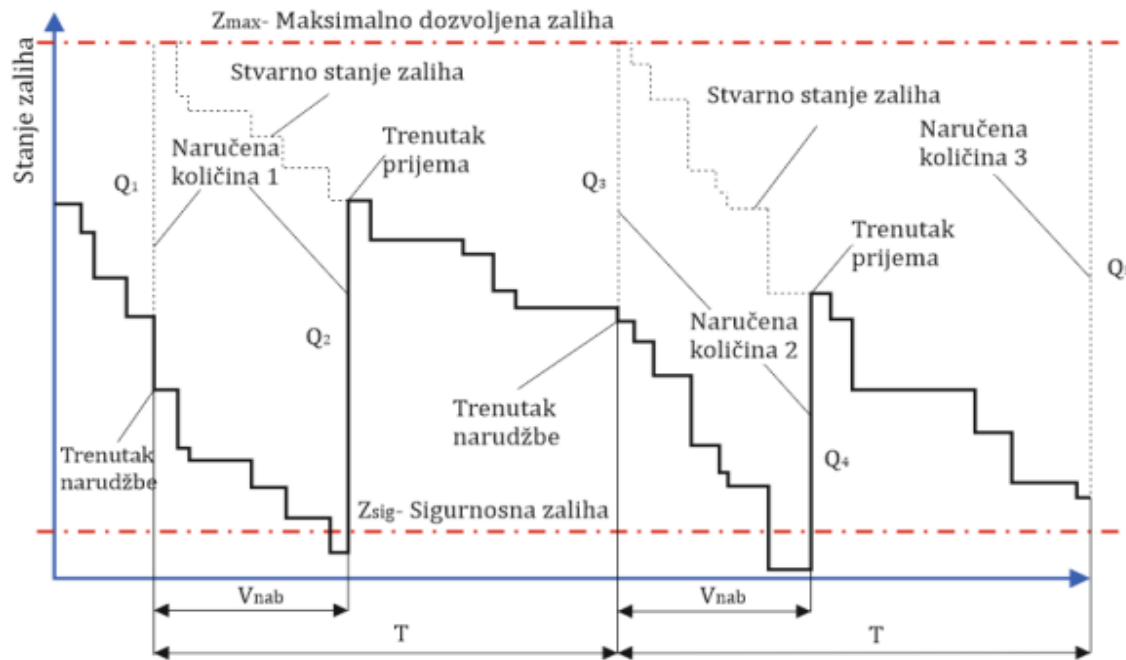
Svrha zaliha je [9]:

- zaštititi poslovanje i proizvodnju u uvjetima neizvjesnosti,
- omogućiti ekonomičnu nabavu i proizvodnju,
- pokriti anticipirane promjene u ponudi i potražnji te,
- omogućiti tok materijala unutar proizvodnog sustava.

Planiranje i kontrola zaliha služi kako bi se smisleno postigao kontinuirani protok između nabave i potrošnje, što se osigurava potrebnim količinama zaliha. Teži se postizanju optimalnih zaliha kako bi se osiguralo normalno odvijanje poslovnog procesa te kako bi se izbjeglo angažiranje nepotrebnih financijskih resursa [10].

Postoje tri temeljna sustava planiranja i kontrole zaliha, a to su tradicionalni, periodički i kontinuirani. U tvrtki Stridon promet d.o.o. planiranje i kontrola zaliha odvija se periodičkim praćenjem zaliha to jest P-modelom koji je prikazan na grafu 1. On je karakterističan po tome što se popuna zaliha obavlja u određenim vremenskim intervalima, kad se provjeri stanje zaliha, one se popunjavaju dodatnom narudžbom do ciljane razine zaliha.

U tvrtki nadopuna zaliha obavlja se tako što početkom svakog mjeseca obavlja se provjera stanja zaliha uvoznog asortimana, a provjera stanja obrtajnog asortimana obavlja se svaki dan. Nakon toga, direktoru nabave predlaže se narudžba te on istu sastavlja i šalje direktoru komercijale koji odobrava financijska sredstva za narudžbu.



Graf 1. Periodički sustav planiranja i kontrole zaliha

Izvor: [10]

Značenje simbola s grafa 1. jest [10]:

Z_{max} – maksimalna ciljana količina zaliha

Q_n – količina zaliha

V_{nab} – vrijeme trajanja procesa realizacije narudžbe ili vrijeme nabave

T – fiksno vremensko razdoblje ponovnog naručivanja.

3.3 Prikaz distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o.

Distribucija jedan je od nositelja logističkih procesa te predstavlja važan element logističkih sustava. Ona postaje osnova za ostvarenje konkurentske prednosti poduzeća na tržištu zbog povećanja zahtjeva kupaca za kvalitetnim distribucijskim uslugama. Međunarodna gospodarska komora 1947. godine definirala je distribuciju kao „stadij koji slijedi proizvodnju dobara od trenutka kada su ona prodana do njihove isporuke potrošačima, olakšavajući izbor, kupnju i upotrebu robe.“ Predmeti distribucije mogu biti materijali i nematerijalni proizvodi kao što su stvari, roba, biljke, informacije, usluge i slično. Zbog toga, može se reći da je distribucija općenito disperziranje, odnosno strujanje materijalnih i nematerijalnih dobara

između proizvođača i potrošača, bez obzira na prostorne i vremenske dimenzije, vrstu i zamršenost distribucijskih kanala, fizičku distribuciju i logističku distribuciju [12].

Tvrtka Stridon promet d.o.o. bavi se distribucijom i prodajom alkoholnih i bezalkoholnih pića. U sklopu distribucijske mreže, tvrtka ima pet poslovnica veleprodaje u Republici Hrvatskoj i to u Zagrebu, Karlovcu, Slunju, Koprivnici i Hrvatskoj Kostajnici te distributivni centar u Vinkovcima. Nadalje, poslovnice za maloprodaju otvorene su u 28 gradova Republike Hrvatske, no također distribuciju šire i u inozemstvo, pa tako u Austriji u Beču imaju diskont, te u Bosni i Hercegovini također postoje poslovnice.

Tvrtka ima vlastiti vozni park koji se sastoji od pet tegljača s poluprikolicom i devet kamiona.

Sustav zaprimanja narudžbi iz poslovnica uređen je na način da svaki tjedan prodajna mjesta šalju narudžbe u upravu tvrtke. Nakon odobrenja zaprimljene narudžbe te se narudžbe komisioniraju u centralnom skladištu i prijevoze prema poslovnicama iz istog. Distribucija narudžbi za poslovnice veleprodaje određene su posebnim rasporedom dogovorenim na razini tvrtke, a narudžbe za manje poslovnice u okolici grada Zagreba u pravilu se distribuiraju svakodnevno.

4. Prikaz simulacijskog modela distribucijskog procesa u tvrtki

Simulacijski model kreiran je u simulacijskom alatu Arena Rockwell Automation. Arena je softver za simulaciju diskretnih događaja koji je razvijen od strane Systems Modeling, a u 2000. godini preuzeo ga je Rockwell Automation. Simulacijski model izrađuje se pomoću modula različitih oblika i funkcija. Svaki modul predstavlja zaseban proces ili logiku odvijanja procesa te se stvara simulacijski model. Pomoću ovakvih modela moguće je otkriti probleme koji se dešavaju u tijeku odrađivanja logističkih procesa te je u modelu moguće stvoriti rješenje za te probleme koji bi se kasnije uveli i u stvarne procese. To omogućuje jeftinije i efikasnije rješavanje poteškoća koje se dešavaju svakodnevno u mnogim tvrtkama.

4.1 Tekstualni opis simulacijskog modela

Za potrebe izrade simulacijskog modela promatran je proces distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o., i to dio aktivnost transporta. Tvrtka ima centralno skladište koje se također bavi veleprodajom te je smješteno u naselju Sesvete, grad Zagreb. Tvrtka ima na raspolaganju pet kamiona, od kojih dva čine tegljači s poluprikolicom koji imaju nosivost od 32 EURO palete, te tri kamiona koja imaju nosivost od 16 EURO paleta. Tvrtka ima mnogo ruta na kojima se obavlja proces distribucije no za potrebe završnog rada izabrano je šest ruta, točnije rute od centralnog skladišta u naselju Sesvete u Zagrebu do veleprodaja u gradove Karlovac i Koprivnicu, te do poslovnica u naselja Siget, Savice i Lučko u gradu Zagrebu, te do poslovnice u gradu Samoboru.

Promatrani proces distribucije započinje zaprimanjem narudžbi u periodu od 08:00 do 13:00 sati. Nakon što je narudžba zaprimljena, ista se odmah odobrava. Nakon odobrenja, narudžbe se razvrstavaju prema destinaciji te se započinje s komisioniranjem prema destinaciji. Istovremeno s početkom komisioniranja radi se alokacija dostavnog vozila s vozačem. Rute su definirane lokacijom destinacije. Ruta do poslovnica Siget i Savica obavlja se šest puta tjedno, do poslovnica Karlovac i Koprivnica jedanput tjedno, a do poslovnica Lučko i Samobor dva puta tjedno. Nakon toga obavlja se utovar prijevoznih sredstava koji traje prosječno 20 minuta. Po završetku utovara, kreće prijevoz iz centralnog skladišta do već navedenih poslovnica. Prijevoz do poslovnica Siget i Savice traje prosječno 20 minuta, prijevoz do poslovnice u Karlovcu traje otprilike 50 minuta, do poslovnice u Koprivnici otprilike 80 minuta, do poslovnice u Lučkom otprilike 24 minute, a prijevoz do poslovnice u Samoboru traje prosječno 32 minute. Kada pošiljka stigne do odredišta vozači obavljaju istovar koji je vremenski

određeni traje prosječno 20 minuta, te nakon toga vraćaju se do centralnog skladišta, a povrat traje otprilike kao i prijevoz do poslovnica ovisno o zagušenju na cestama. Nakon toga, vozač se oslobađa aktivnosti u tom trenutku te se čeka dolazak druge narudžbe.

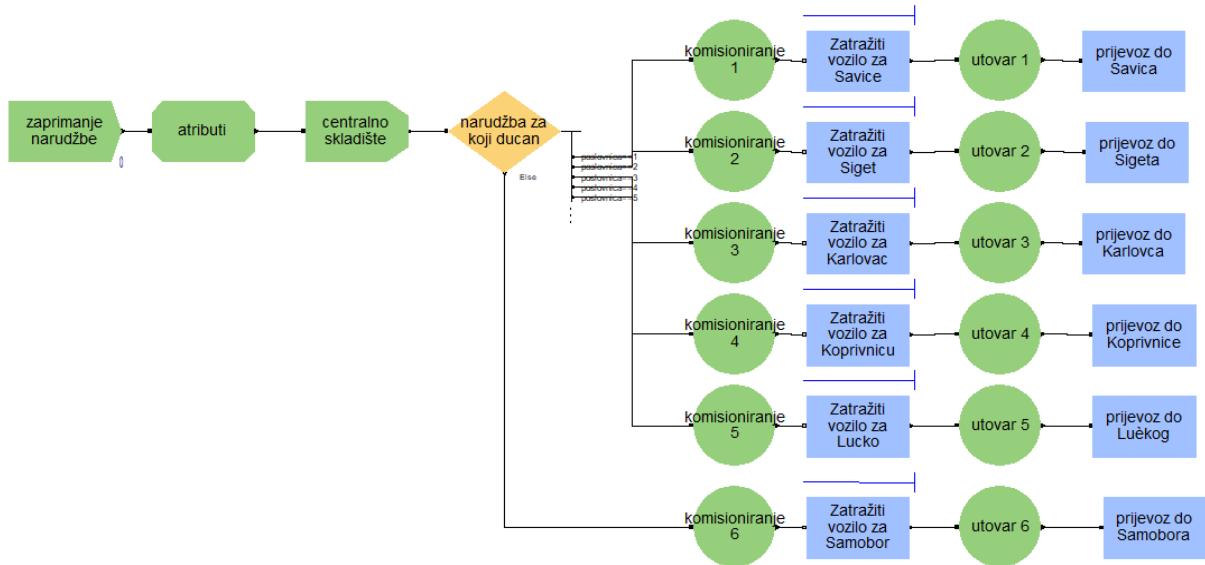
U nastavku su nabrojani moduli korišteni za izradu dijagrama toka te njihova parametrizacija:

- Modul Create (Zaprimanje narudžbe) – opisuje dolazak narudžbi distribucijom
 - Entitet (pošiljka): narudžbe pristižu po diskretnoj razdiobi DISC(0.31, 1, 0.37, 2, 0.5, 3, 0.56, 4, 0.87, 5, 1.0, 6) što znači da 31% narudžbi pristiže za poslovnicu Savice, 6% narudžbi za poslovnicu Siget, 13% za poslovnicu Karlovac, 6% za poslovnicu Koprivnica, 31% za poslovnicu Lučko i 13% za poslovnicu Samobor., broj narudžbi po dolasku je 1.
- Modul Attribute (atributi) – sadrži informacije kako rasporediti na koje se odredište pošiljka otprema
 - Atribut „Poslovnica“ koji razvrstava narudžbe po poslovnicama također koristi već navedenu razdiobu.
- Modul Station (centralno skladište) – prikazuje početno odredište točnije centralno skladište.
- Modul Decide (narudžba za koji dućan) – određuje za koje prodajno mjesto je narudžba pristigla:
 - tip: pet opcija, uvjetno prema atributu Poslovnica
- Modul Delay (komisioniranje) – određuje zakašnjenje zbog procesa komisioniranja koje je različito za svako prodajno mjesto, a vrijeme komisioniranja za poslovnice je:
 - Savice, Siget: 25 min
 - Karlovac, Koprivnica: 90 min
 - Lučko, Samobor: 45 min
- Modul Request (zatražiti vozilo) – odabire se zaduženje vozača za prijevoz pošiljke do poslovnice
 - Ime vozača: odabrati koji će vozač biti zadužen za određenu poslovnicu
 - Vozač 1: Savice
 - Vozač 2: Siget
 - Vozač 3: Karlovac
 - Vozač 4: Koprivnica
 - Vozač 5: Lučko

- Vozač 6: Samobor
- Modul Delay (utovar) – određuje zakašnjenje zbog procesa utovara u vozilo, a vrijeme utovara za poslovnice je:
 - Savice, Siget: 10 min
 - Karlovac, Koprivnica: 25 min
 - Lučko, Samobor: 15 min
- Modul Transport (prijevoz) – određuje prijevoz do određene stanice koji obavlja izabrani vozač
 - Ime transporter: odabrati vozača zaduženog za određenu poslovnicu
 - Stanica: odabrati za koju poslovnicu se prijevoz vrši
- Modul Station (odredište) – definirana su odredišta to jest poslovnice veleprodaje ili maloprodaje Savice, Siget, Karlovac, Koprivnica, Lučko i Samobor
- Modul Delay (istovar) – određuje zakašnjenje zbog procesa istovara iz vozila, a vrijeme istovara za poslovnice je:
 - Savice, Siget: 15 min
 - Karlovac, Koprivnica: 30 min
 - Lučko, Samobor: 20 min
- Modul Move (povratak do centralnog skladišta) – vozač se vraća u centralno skladište
 - Ime vozača: odabrati točnog vozača za određenu poslovnicu
 - Tip destinacije: stanica
 - Ime odredišta: centralno skladište
- Modul Free (kraj rada vozača) – kada vozač stigne do početnog odredišta, oslobađa se aktivnosti
- Modul Dispose (otpremljeno) – označava kraj dijagrama toka

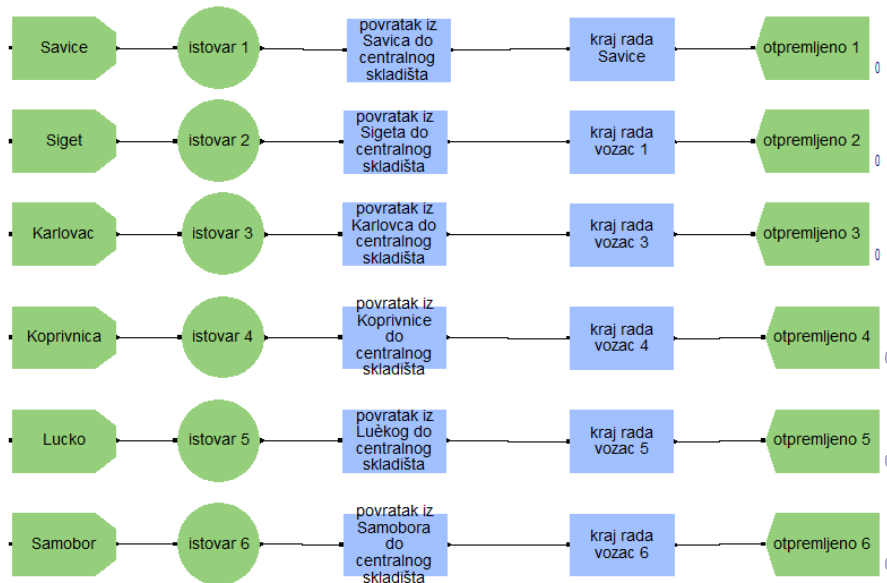
4.2 Dijagram toka simulacijskog modela

Model je podijeljen u dva dijela. Prvi dio sadrži sortiranje narudžbi po prodajnim mjestima, komisioniranje te početak transporta iz centralnog skladišta te je prikazan na slici 9. Drugi dio simulacijskog modela sadrži dolazak vozila do odredišta, istovar pošiljaka, povratak vozača do početnog odredišta te kraj rada vozača koji je prikazan na slici 10.



Slika 8. Prvi dio dijagrama toka simulacijskog modela

Izvor: autor



Slika 9. Drugi dio dijagrama toka simulacijskog modela

Izvor: autor

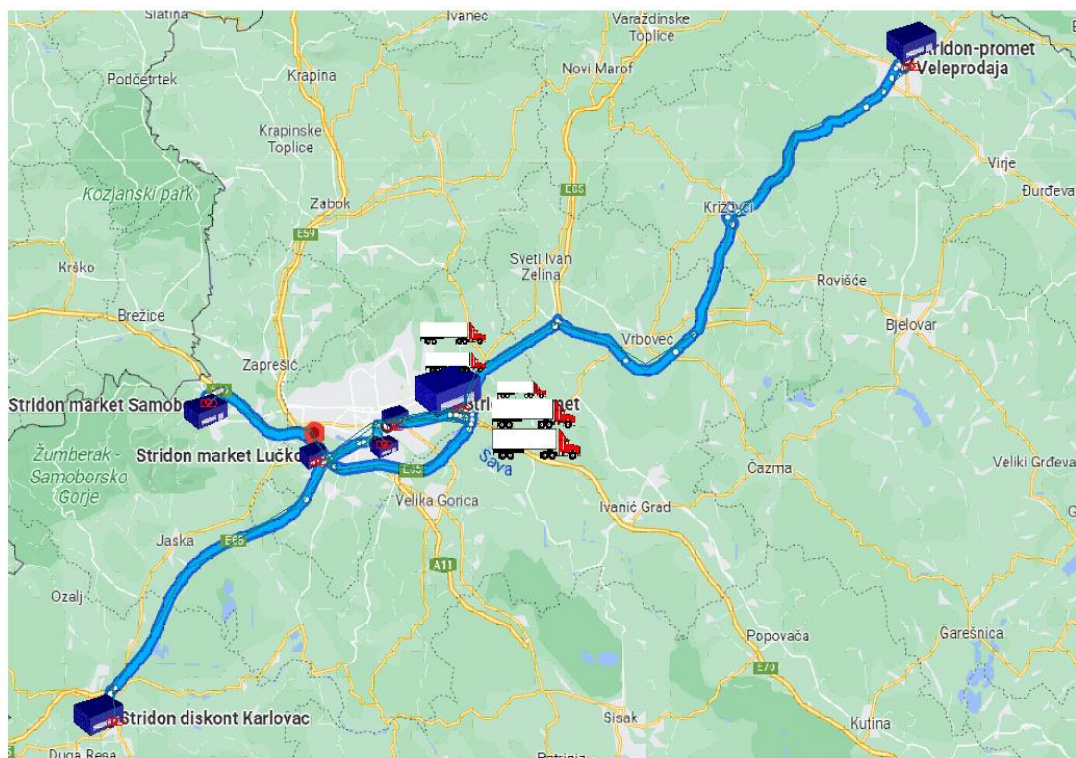
4.3 Prikaz 2D simulacijskog modela

2D simulacijski model izrađen je pomoću alata u simulacijskom programu Arena, a prikazan je na slici 11. Koristila se karta ruta koja je izrađena u Google kartama.

Korištene rute su:

- Stridon promet d.o.o. – Stridon veleprodaja Karlovac, 70 kilometara,
- Stridon promet d.o.o. – Stridon veleprodaja Koprivnica, 89.4 kilometara,
- Stridon promet d.o.o. – Stridon market Lučko, 28.9 kilometara,
- Stridon promet d.o.o. – Stridon market Samobor, 46.3 kilometara,
- Stridon promet d.o.o. – Stridon market Savice, 13 kilometara i,
- Stridon promet d.o.o. – Stridon diskont Siget, 15 kilometara.

Odredišta su označena kao lokacije „Station“ koje se povezuju putanjama „Distance“ koje animiraju slobodni put vozača točnije tako se prikazuje put vozila. Na odredištima su smještene lokacije za parking vozila.



Slika 10. Prikaz 2D simulacijskog modela

Izvor: autor

5. Analiza rezultata simulacijskih eksperimenata

Simulacija se izvodila pet dana u tjednu, dnevno po osam radnih sati, te su generirana izvješća koja su dalje analizirana.

Vozač 1 prevozi robu iz centralnog skladišta u Sesvetama do poslovnice u Savicama i obratno te dužina te rute je 13 kilometara u jednom smjeru. Iskorištenost vozača 1 iznosi otprilike 86%. Vozač 2 prevozi robu iz centralnog skladišta do poslovnice u Sigetu i obratno te dužina te rute iznosi 15 kilometara u jednom smjeru. Vozač 2 je premalo iskorišten sa iznosom od 8% zbog manje količine narudžbi od poslovnice. Vozač 3 prevozi robu također iz centralnog skladišta do poslovnice u Karlovcu te dužina rute u jednom smjeru iznosi oko 70 kilometara. Iskorištenost vozača 3 je otprilike 84% što je također vrlo dobar iznos. Rutu od centralnog skladišta do poslovnice u Koprivnici prevozi vozač 4 te je to najdulja ruta od navedenih sa dužinom od 89 kilometara. Iskorištenost vozača 4 iznosi 40%. Vozač 5 prevozi rutu od centralnog skladišta do poslovnice u Lučkom, te dužina rute u jednom smjeru iznosi oko 30 kilometara. Iskorištenost vozača 5 iznosi 96%. Na kraju, vozač 6 prevozi rutu od centralnog skladišta do poslovnice u Samoboru te dužina rute iznosi 46 kilometara, a iskorištenost vozača iznosi također 96%. Izgled izvješća s kojega su očitane iskorištenosti vozača prikazan je na slici 12.

Osim što vozači prevoze robu, također i obavljaju istovar u poslovnicama. Vrijeme istovara varira ovisno o količini robe koja je naručena. Primjerice, vozač 3 koji prevozi robu za poslovnicu u Karlovcu vozi tegljač s poluprikolicom te poslovnica naručuje oko 25 paleta po narudžbi pa istovar traje oko sat vremena. Za razliku od poslovnice u Samoboru koja naručuje oko 12 paleta te se prevozi u kamionu kojemu je nosivost 16 EURO paleta, no istovar se vrši ručnim viličarom te je robu potrebno pregledati u slučaju krivo složene narudžbe te vrijeme istovara može varirati od 30 min do sat vremena.

Pijam robe

Replications: 1 Time Units: Minutes

Transporter

Usage

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	0.8617	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 2	0.08333333	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 3	0.8448	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 4	0.4000	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 5	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 6	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 2	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 3	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 4	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 5	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 6	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

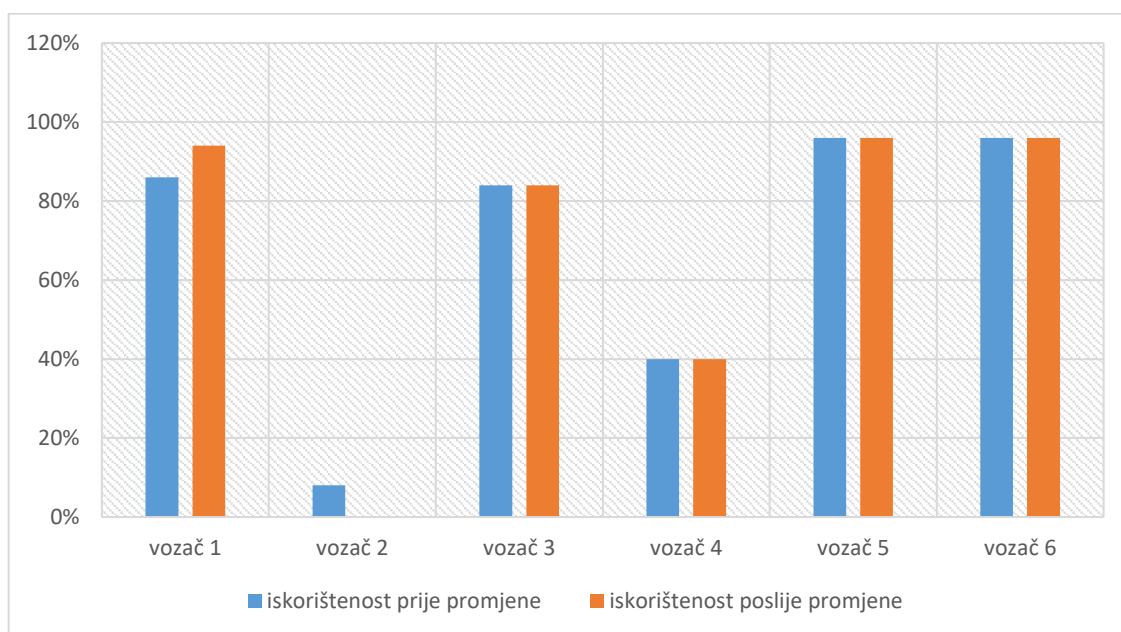
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	0.8617	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 2	0.08333333	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 3	0.8448	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 4	0.4000	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 5	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 6	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000

Slika 11. Izvješće o vozačima iz simulacijskog programa Arena Rockwell

Izvor: autor

Nakon prvog izvođenja simulacije, vidljivo je da je vozač 2 koji prevozi za poslovnicu Siget iskorišten samo 8% što je jako loš rezultat. U cilju povećanja iskoristivosti vozača, napravljen je simulacijski eksperiment. Simulacijski eksperiment uključivao je promjenu alokacije robe za poslovnicu Siget vozača 1 koji prevozi robu za poslovnicu Savice pošto takvom alokacijom robe prema poslovnicama vozač 2 nije potreban. Nakon provedene promjene, vozač 1 je povećao iskorištenost za 9% to jest prvobitno mu je iskorištenost bila 86%, a nakon promjene 94% te se smanjio trošak jednog vozača. Promjene su očitane iz izvješća koji je prikazan na slici 13, a usporedba dviju situacija je prikazana na grafu 1.

Također, vozač 4 nije dovoljno iskorišten, no on vozi relaciju centralno skladište – Koprivnica te je to dosta dugačka relacija, a ostali vozači su dovoljno iskorišteni pa nije moguće nikog drugog zadužiti za tu relaciju.



Grafikon 1. Iskorištenost vozača – razlika prije i poslije promjena na simulacijskom modelu

Izvor: autor

Pijam robe

Replications: 1 Time Units: Minutes

Transporter

Usage

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	0.9450	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 3	0.8448	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 4	0.4000	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 5	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 6	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 3	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 4	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 5	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
vozač 6	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
vozač 1	0.9450	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 3	0.8448	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 4	0.4000	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 5	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000
vozač 6	0.9604	(Insufficient)	0.00	1.0000

Slika 12. Izvešće o iskorištenosti vozača simulacijskog programa Arena Rockwell nakon promjena na modelu

Izvor: autor

6. Zaključak

Simulacijski modeli su vrlo korisni u ispitivanjima bilo kakvih procesa. Pomoću njih, saznaju se nedostatci i greške u procesima te kada se otkrije gdje se nalazi greška, moguće je prvo obaviti test kako bi proces reagirao na novi način rada. Simulaciju je moguće pokrenuti neograničeno mnogo puta te je moguće izmijeniti, čak i ako izmjena nije ispravna.

U završnom radu izrađena je simulacija distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o. pomoću simulacijskog programa Arena. Rad je prikazao kako je distribucija organizirana, kako se izrađivao simulacijski model te koji su rezultati simulacijskog modela i drugo. Simulacija se provodila dva puta. Poslije prvog provođenja simulacije, zamijetilo se da rezultati nisu u redu, točnije jedan od vozača koji prevoze pošiljke, nije bio dovoljno iskorišten. Nakon toga simulacija se izmijenila tako što se taj vozač uklonio iz procesa, a drugi vozač koji je bio relativno dobro iskorišten, no mogao je preuzeti rutu vozača kojeg se planiralo ukloniti. Nakon toga dobili su se poboljšani rezultati, vozač koji je preuzeo na sebe rutu je bio više iskorišten. Tim potezom osigurali su se manji troškovi transporta robe, oslobođeno je jedno vozilo kao i vozač koji je bio premalo iskorišten za možda neke druge rute koje su hitnije i slično.

Svaka tvrtka koja ima mogućih poteškoća u bilo kakvim procesima, trebala bi koristiti simulacijsko modeliranje kao test pa i moguće rješenje. Konkretno, na izrađenom primjeru, moguće je izmijeniti podatke u bilo kojem smjeru kako bi se daljnje testiralo ponašanje procesa, te kako bi se moglo ukazati na potencijalna poboljšanja u sustavu. Zbog toga je vrlo dobro koristiti simulacije za testiranje sustava jer ako se sustav testira na stvarnom procesu ili modelu, moglo bi se dovesti do mnogo komplikacija i nepotrebnih troškova.

Literatura

- [1] Čerić V. *Simulacijsko modeliranje*. Zagreb, Školska knjiga; 1993.
- [2] Božikov J. *Modeliranje i simulacija*. Zagreb: Medicinski fakultet; 2007.
- [3] Law AM, Kelton WD. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill International Editions; 1991.
- [4] Osnove simulacija u prometu i logistici, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2022.
- [5] IBM. *Monte Carlo Simulation*. Preuzeto sa: <https://www.ibm.com/cloud/learn/monte-carlo-simulation> [Pristupljeno: 28. kolovoza 2022.]
- [6] Kinetic modeling and simulation. *Discrete Event Simulation*. Preuzeto sa: <https://www.med.upenn.edu/kmas/DES.htm> [Pristupljeno: 25. kolovoza 2022.]
- [7] Kulaš D. *Simulacije u poslovanju rent-a car tvrtki*. Završni rad. Veleučilište u Šibeniku, Specijalistički diplomski stručni studij Menadžment; 2018. Preuzeto sa: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:143:101024> [Pristupljeno: 25. kolovoza 2022.]
- [8] Stridon. *Ukratko o Stridonu*. Preuzeto sa: http://www.stridon.hr/hr/o_nama/ukratko-o-stridonu-2 [Pristupljeno: 17. lipnja 2022.]
- [9] Gorički G.: *Modeli upravljanja zalihama*, Sveučilište Sjever, Varaždin 2017.
- [10] Šafran M. *Osnove upravljanja zalihama*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2021.
- [11] Bocko T.: *Distribucijska logistika*, Sveučilište Sjever, Varaždin 2017.

POPIS SLIKA

Slika 1. Simulacijski proces	3
Slika 2. Deterministički modeli	5
Slika 3. Stohastički modeli	6
Slika 4. Diskretna promjena stanja	7
Slika 5. Kontinuirana promjena stanja.....	7
Slika 6. Miješana kontinuirano-diskretna promjena stanja.....	8
Slika 7. Zgrada uprave tvrtke Stridon promet d.o.o.....	11
Slika 8. Prvi dio dijagrama toka simulacijskog modela.....	18
Slika 9. Drugi dio dijagrama toka simulacijskog modela	18
Slika 10. Prikaz 2D simulacijskog modela	19
Slika 11. Izvješće o vozačima iz simulacijskog programa Arena Rockwell	21
Slika 12. Izvješće o iskorištenosti vozača simulacijskog programa Arena Rockwell nakon promjena na modelu.....	23

POPIS GRAFOVA

Grafikon 1. Iskorištenost vozača - razlika prije i poslije promjena na simulacijskom modelu	22
---	----

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Simulacijski model distribucije pića u tvrtki Stridon promet d.o.o., u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 06.09.2022.

HELENA TURKALJ Turkalj
(ime i prezime, potpis)