

# Simulacijsko modeliranje poslovnih procesa

---

Kozmač, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:211:688419>

Rights / Prava: [Attribution 3.0 Unported](#)/[Imenovanje 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
VARAŽDIN**

**Iva Kozmač**

**SIMULACIJSKO MODELIRANJE  
POSLOVNIH PROCESA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Varaždin, 2023.**  
**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**  
**V A R A Ž D I N**

**Iva Kozmač**  
**Matični broj: 0016133068**  
**Studij: *Baze podataka i baze znanja***

**SIMULACIJSKO MODELIRANJE POSLOVIH PROCESA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Mentor/Mentorica:**

Dr. sc. Nenad Perši

**Varaždin, ožujak 2023.**

*Iva Kozmač*

### **Izjava o izvornosti**

Izjavljujem da je moj završni/diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

*Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi*

---

## **Sažetak**

U ovom radu će se opisati sustav, elementi i veze tog sustava. Objasniti će se pojmovi modeliranja, modela, vrsta modela te odnos stvarnom svijeta i modela. Opisati će se osnovni pojmovi povezani sa simulacijom te metode i tehnike simulacijskog modeliranja. Unutar rada govorit će se o poslovnim procesima, njihovi potprocesima, aktivnostima i vezama između istih. Dodijeliti će se izvršitelji aktivnosti i odrediti će se zauzeće resursa. Prikazati će se dijagrami poslovnih procesa odabranog poduzeća. Izabrani konkretni poslovni proces iz prakse će biti simuliran unutar jednog od simulacijskih alata. Analizirati će se rezultati simulacijskih eksperimenata i njihova upotrebljivost u stvarnom svijetu.

**Ključne riječi:** modeliranje, modeli, sustav, poslovni procesi, simulacija, distribucija

# Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| Sadržaj.....   | 3  |
| 1. Uvod.....   | 1  |
| 2. Sustav.....   | 2  |
| 3. Model.....  | 5  |
| 3.1. Vrste modela.....                                       | 5  |
| 3.2. Podjela modela.....                                     | 6  |
| 3.2.1. Podjela prema vrsti varijable u modelu.....           | 6  |
| 3.2.2. Podjela prema načinu mijenjanja stanja modela.....    | 7  |
| 4. Modeliranje.....  | 9  |
| 4.1. Simulacijsko modeliranje.....                           | 9  |
| 4.2. Komponente simulacijskog modeliranja.....               | 9  |
| 4.3. Metode modeliranja.....                                 | 10 |
| 5. Elementi simulacijskog modela.....                        | 11 |
| 5.1. Objekti modela.....                                     | 11 |
| 3.2. Organizacija objekata modela.....                       | 11 |
| 3.3. Operacije nad objektima.....                            | 12 |
| 6. Osnovna podjela simulacija.....                           | 13 |
| 6.1. Monte Carlo simulacija.....                             | 13 |
| 6.2. Kontinuirana simulacija.....                            | 13 |
| 6.3. Simulacija diskretnih događaja.....                     | 14 |
| 6.4. Kombinirana diskretno-kontinuirana simulacija.....      | 15 |
| 7. Poslovni procesi.....                                     | 16 |
| 7.1. Odnos poslovnih procesa i organizacijskih jedinica..... | 16 |
| 7.2. Metode modeliranja poslovnih procesa.....               | 17 |
| 7.3. Analiza poslovnih procesa.....                          | 18 |

|   |    |
|---|----|
| 8. BPMN 2.0.....  | 19 |
| 9. Primjer iz prakse – HON-ING d.o.o.....                       | 21 |
| 9.2. Opis sustava.....  | 23 |
| 9.3. Prikupljeni podaci.....                                    | 26 |
| 10. Statistička obrada podataka.....                            | 33 |
| 10.1. „Vrijeme trajanja Izrade proizvoda“ .....                 | 33 |
| 10.2. „Vrijeme trajanja Ljepljenje sleevea“ .....               | 35 |
| 10.3. „Vrijeme trajanja Rezanja“ .....                          | 36 |
| 10.4. „Vrijeme trajanja Ricanja“ .....                          | 38 |
| 10.5. „Vrijeme trajanja Namatanja“ .....                        | 39 |
| 10.6. „Vrijeme trajanja Dorade“ .....                           | 39 |
| 10.7. Pojavljivanje naloga za sleeve etikete .....              | 42 |
| 10.8. Pojavljivanje naloga za opp etikete .....                 | 44 |
| 10.9. Pojavljivanje naloga za offset etikete .....              | 46 |
| 10.10. Pojavljivanje naloga za samoljepljive etikete .....      | 48 |
| 11. Konceptualni model .....                                    | 50 |
| 12. Postavljanje ulaznih razdiobi unutar programa.....          | 51 |
| 13. Izrada rješenja za Proces Izraditi i doraditi proizvod..... | 55 |
| 14. Analiza rezultata .....                                     | 57 |
| 15. Varifikacija simulacije.....                                | 59 |
| 16. Zaključak .....   | 62 |
| Popis literature.....   | 63 |
| Popis slika.....  | 64 |
| Popis tablica .....   | 67 |

# 1. Uvod

Tema ovog diplomskog rada je simulacijsko modeliranje poslovnih procesa. Kako se danas poduzeća sve više razvijaju potrebno je unaprijed proučiti isplati li se nešto unaprijediti. Simulacije postaju sve točnije i uvelike pomaže u velikom broju područja i samim time smanjuje se događanje grešaka unutar stvarnog sustava. Unutar simulacijskih modela mogu se staviti već postojeći sustavi i stvarati opcije za unaprjeđenje ili krenuti od početka i stvoriti novi sustav.

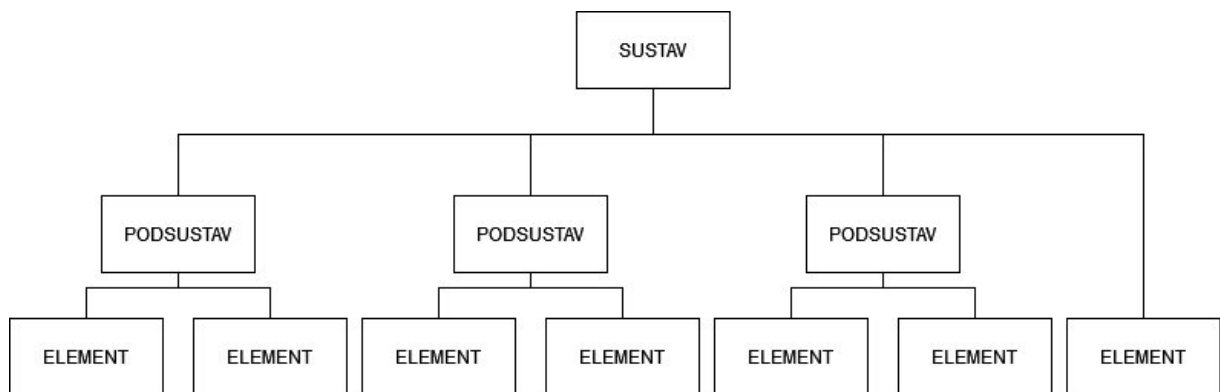
Ova tema je bila izabrana kako bi se više proučile simulacije i njihovo korištenje unutar konkretnih i stvarnih poduzeća. Osim teorijske pozadine obrađene unutar ovog rada, biti će izražena simulacija na primjeru stvarnog poduzeća. Kako je poduzeće veliko i unutar sebe ima veliki broj poslovnih procesa, biti će izabran jedan poslovni proces koji će se detaljno razraditi i prikazati kako on stvarno funkcionira i kako bi se unutar simulacije taj proces odvijao.

Svi podaci koji se odnose na praktični dio dobiveni su iz razgovora sa zaposlenikom unutar poduzeća.



## 2. Sustav

Sustav je skup različitih elemenata i podsustava koji su povezani i sačinjavaju cjelinu. Broj elemenata ili broja podsustava ovisi o vrsti i svrsi sustava, ali zajedničko svojstvo svim sustavima je da svaki ima ulaz i izlaz. [1] U današnje vrijeme pojam sustava se može naći u različitim područjima djelovanja, bila to znanost, poslovanje, računarstvo, filozofija i sl.. Na slici 1 može se vidjeti kako je sustav povezan sa svojim podsustavima i elementima.



Slika 1. Prikaz sustava

Prema [2] sustav se može podijeliti na dva tipa:

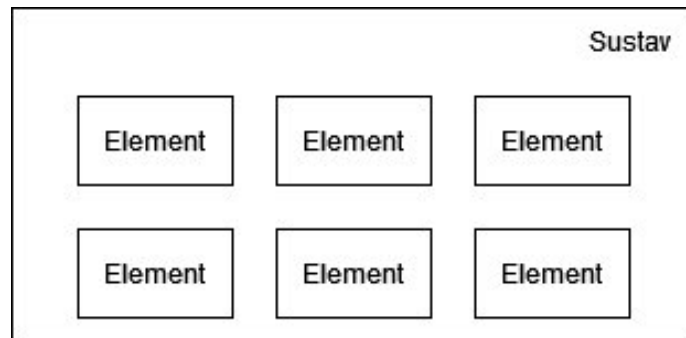
- Diskretni
- Kontinuirani

Diskretni sustav je sustav u kojemu se varijable stanja mijenjaju u odvojenim vremenskim točkama. Za razliku od diskretnih sustava, kontinuirani sustavi su sustavi u kojima se varijable stanja kontinuirano mijenjaju s obzirom na vrijeme.

Prema [1] sustava se može podijeliti prema odnosu ostvarenih veza:

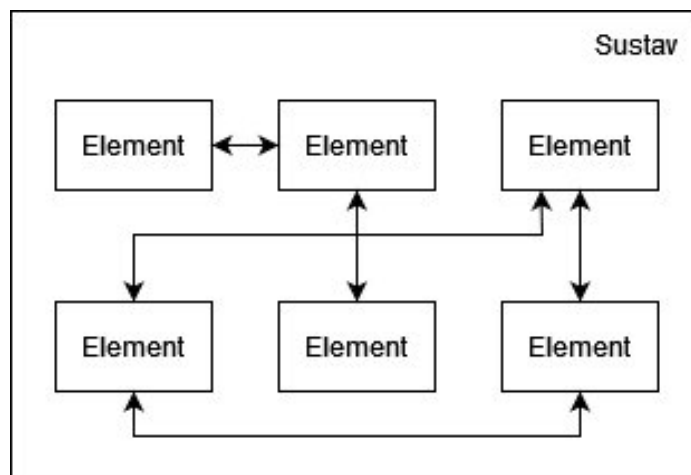
- Nulti sustav
- Nepotpuni sustav
- Potpuni sustav

Nulti sustav je sustav koju u sebi sadrži elemente između kojih ne postoje nikakve veze. Radi nepostojanja veza nema niti međudjelovanja unutar njega. [1] Prikaz ovog sustava može se vidjeti na slici 2.



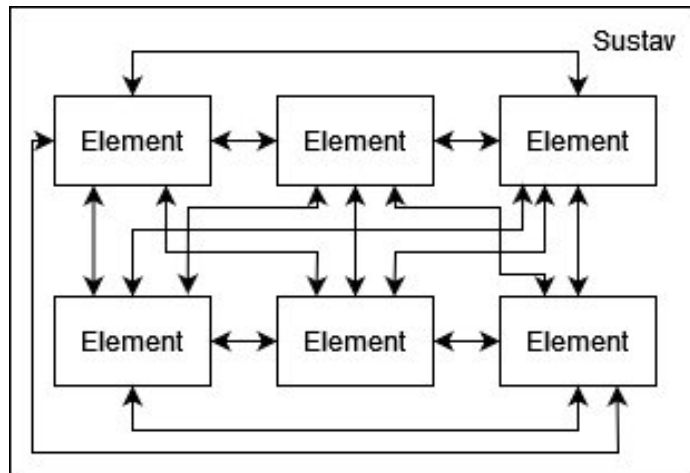
Slika 2. Prikaz nultog sustava

Nepotpuni sustav je sustav koji u sebi sadrži elemente između kojih postoje veze ali nisu svi međusobno povezani. Svaki element unutar ovog sustava mora biti povezan barem s jednom vezom sa drugim elementom. [1] Ovakav sustav prikazan je na slici 3.



Slika 3. Nepotpuni sustav

Potpuni sustav je sustav koji u sebi sadrži elemente koji su međusobno povezani te veze postoje između svih elemenata unutar sustava. Unutar ovog sustava postoji međudjelovanje između svakoga elementa sa svakim elementom. [1] Ovaj sustav može se vidjeti na slici 4.



Slika 4. Potpuni sustav

Također, sustav se može podijeliti i prema izvedbi. Podjela sustava prema izvedbi je:

- Kruti (determinirani)
- Elastični (vjerojatni, stohastički)

[1].

Kruti sustav je sustav koji će za svaku određenu ulaznu veličinu vratiti već prethodni određenu izlaznu veličinu. Ova vrsta sustava je točna, ali ne može optimizirati svoj rad, ne može učiti niti se prilagođavati i podešavati. Prednost kod ovih sustava je ta što će za određeni izlaz dati pouzdani izlaz. [1]

Elastični sustav je sustav koji ne će za određenu ulaznu veličinu dati određeni izlaz. Ovi sustavi nisu uvijek točni, ali za razliku od krutih sustava oni mogu učiti, mogu optimizirati svoj rad te se mogu prilagođavati i podešavati. Izlazi iz ovih sustava nikada se ne budu znali unaprijed, jedino se mogu predviđati s određenim vjerojatnostima. [1]

## 3. Model

Model je pojednostavljeni prikaz koji se koristi kako bi se pokušalo steći neko razumijevanje o tome kako se odgovarajući sustav ponaša [2]. Modelima se mogu smatrati i slike (vizualizacije) koje ljudi stvaraju kada razmišljaju o određenim područjima i problemima koji se mogu prikazati pomoću dijagrama, mentalnih mapa i modela.

### 3.1. Vrste modela

Prema [3] postoji šest vrsta modela koji se mogu izraditi:

1. Mentalni model (mental models)
2. Model kutija i strelica (boxes and arrows)
3. Fizički model (physical model)
4. Formule na papiru (formulas on a sheet of paper)
5. Proračunskaa tablica (spreadsheets)
6. Kompjuterski simulacijski modeli (computer simulation models)

Mentalni modeli su modeli koje si osobe svakodnevno grade, odnosno to su modeli koji se sačinjavaju od razumijevanja funkcioniranja stvarnog svijeta. Unutar ovih modela pripadaju stvari koje se odlučuju na dnevnoj bazi, od toga kada se osoba želi probuditi, koji su joj planovi za odrađivanje poslova tokom dana, koju hranu odabrati.

Model kutije i strelica je zapravo organizacijska schema prikazana pomoću okvira i strelica. Ovaj model može prikazivati stvari kao što su različite strukture unutar poduzeća ili različita hijerarhijska podjela i sl..

Fizički modeli su modeli koji su rađeni kao 3D modeli. Koriste se u različitim inženjerskim poduhvatima, unutar prikaza rasporeda određenih prostora, dizajniranja modela zrakoplova, automobila i dr..

Modeli kao formule na papiru su zapravo analitički modeli koji nam služe kako bi se došlo do optimalnih rješenja nekih problema. Primjer ovog modela je Newtonov zakon gibanja koji opisuje gibanje čestica ili tijela pod djelovanjem sila.

Modeli se mogu pronaći i u proračunskim tablicama gdje se prikazuju modeli algebre ili aritmetike. Ti modeli su modeli prikaza različitih proračuna i planiranje istih za budućnost.

Kompjuterski simulacijski modeli su modeli prikazani unutar računala kao 3D slika. Ovakvi modeli su slični fizičkim modelima samo što nisu izravno opipljivi te mogu prikazivati različite modele automobila, zrakoplova, prikaza rasporeda različitih prostorija i slično.

## 3.2. Podjela modela

Osnovna podjela simulacijskih modela gleda se prema vrsti varijable u modelu i prema načinu mijenjanja stanja modela u vremenu.

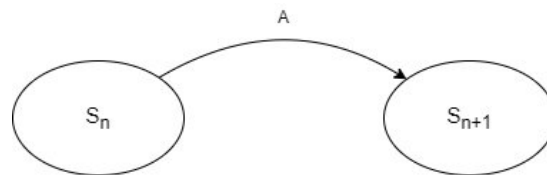
### 3.2.1. Podjela prema vrsti varijable u modelu

Podjela prema vrsti varijable u modelu:

- Deterministički model
- Stohastički model

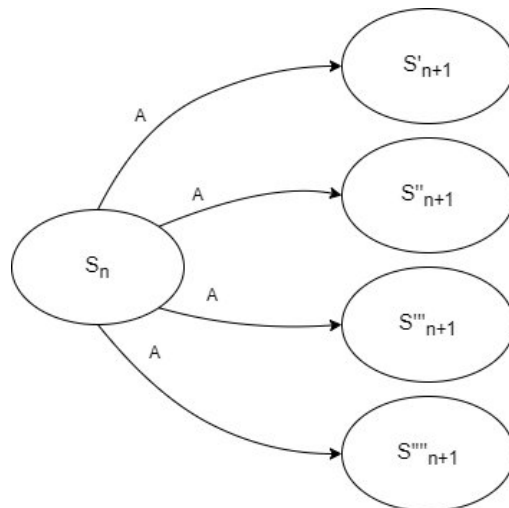
[4].

Deterministički modeli su prepoznatljivi prema predviđenom ponašanju, odnosno njihovo novo stanje je određeno prethodnim stanjem. Prikaz determinističkog modela može se vidjeti na slici 5.



Slika 5. Deterministički model

Kod stohastičkih modela, za razliku od determinističkih, ne može se unaprijed predvidjeti stanje. Iako se ne može odrediti stanje, može se odrediti vjerojatnost promjene stanja. Također, ovi modeli su karakterizirani slučajnim ponašanjem i postojanjem slučajnih varijabli. Prikaz stohastičkog modela može se vidjeti na slici 6.



Slika 6. Stohastički model

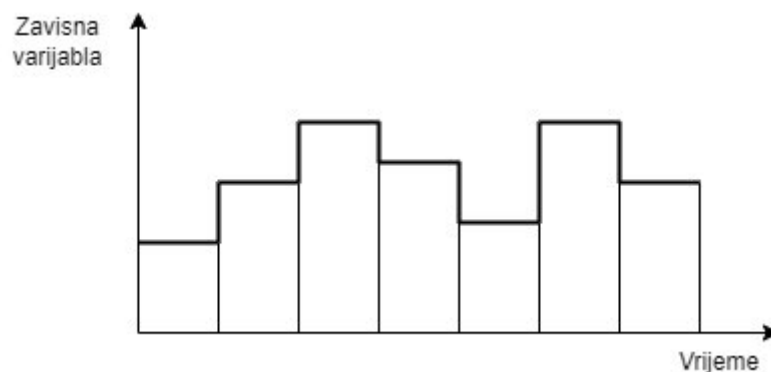
### 3.2.2. Podjela prema načinu mijenjanja stanja modela

Podjela prema načinu mijenjanja stanja modela u vremenu:

- Diskretni modeli
- Kontinuirani modeli
- Miješani kontinuirano-diskretni model

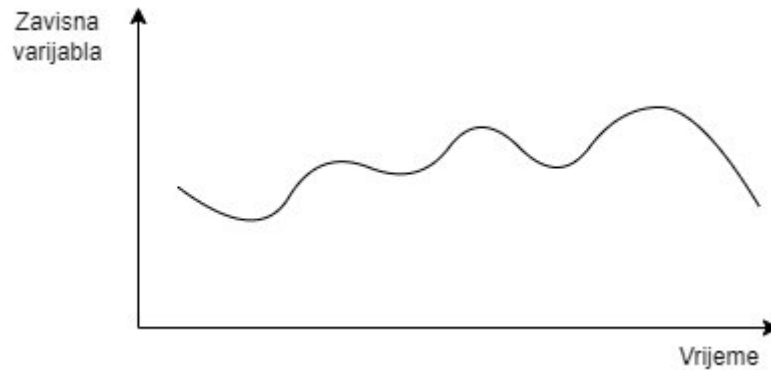
[4].

Kod diskretnih modela stanje se mijenja samo u nekim točkama vremena koje se nazivaju događaji. Kao primjer diskretnih događaja može se uzeti dolazak kamiona na rampu. Stanje se mijenja kada je novi kamion došao na rampu ili kada je otišao s rampe. Prikaz diskretnog modela može se vidjeti na slici 7.



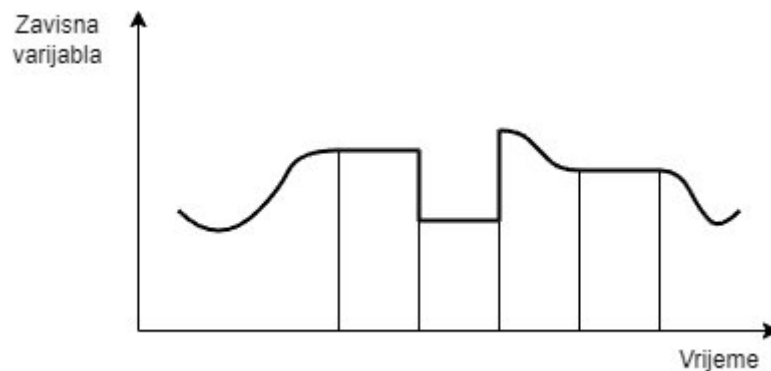
Slika 7. Diskretni model

Kod kontinuiranih modela stanje se mijenja kontinuirano u nekom vremenu. Kao primjer može se uzeti vožnja automobila po autoputu. Brzina automobila se mijenja kontinuirano kao i njegov položaj. Prikaz kontinuiranog modela može se vidjeti na slici 8.



Slika 8. Kontinuirani model

Miješani kontinuirano-diskretni model unutar sebe sadržava i diskretne i kontinuirane varijable. Primjer ovog modela može biti prijevoz mlijeka pomoću cisterni. Unutar ovog primjera kontinuirana varijabla je količina mlijeka koja stane unutar cisterne, dok je diskretna varijabla vrijeme kada cisterna dolazi i odlazi sa mjesta pretakanja mlijeka. Prikaz kontinuirano-diskretnog modela može se vidjeti na slici 9.



Slika 9. Diskretno-kontinuirani model

## 4. Modeliranje

Modeliranje je proces proizvodnje modela pomoću različitih metoda i postupaka. Također, modeliranje je jedan od načina rješavanja problema stvarnog svijeta. U većini slučajeva dolazak do pravih rješenja se ne može rješavati pomoću eksperimentiranja sa stvarnom objektima pa se radi toga rade modeli. [3]

### 4.1. Simulacijsko modeliranje

Simulacijsko modeliranje je modeliranje pomoću različitih softverskih alata koji koriste simulacijske jezike koji su stvoreni i za grafičko i tekstualno simuliranje. Ovakvo modeliranje koristi kada se radi o složenim sustavima iz kojih se moraju izvući kvalitetna analiza cijelog sustava s dinamičkim ponašanjem. [3]

Simulacijsko modeliranje ima prednosti u odnosu na ostale načine modeliranja. Prema [3] prednosti simulacijskog modeliranja su:

1. Omogućuje analizu sustava i pronalaženje rješenja unutar područja gdje su potrebni različiti analitički izračuni ili neke vrste programiranja (npr. linearno)
2. Jednostavniji je od analitičkog modeliranja, skalabilan je, modularan i inkrementalan
3. Struktura modela se podudara sa strukturom pravog sustava te je jednostavan za prikaz osobama koje se ne razumiju u taj sustav
4. Unutar simulacijskog modeliranja može se mjeriti bilo koja vrijednost i pratiti bilo koji objekt
5. Ovo modeliranje ima sposobnost prikaza animacija ponašanja sustava u vremenu, te je jednostavnije pronaći pogreške i na samom kraju provjeriti ispravnost sustava
6. Simulacijski modeli imaju prednost nad modelima kao što su proračunske tablice iz razloga što je vidljivo ponašanje sustava, a ne samo brojke koje opisuju pojedine dijelove sustava.

### 4.2. Komponente simulacijskog modeliranja

Prema [4] osnovne komponente simulacijskog modeliranja su:

- Sistem – skup komponenata koje međudjeluju kako bi ostvarile neki cilj
- Model – prikaz sistema (struktura sistema, komponente i međudjelovanje)



- Program – detaljan opis strukture i načina rada sistema
- Računalo – računski proces koji generira razvoj modela u vremenu prema nekim instrukcijama i ulaznih podataka

Nad nabrojanim komponentama mogu se izvoditi i određene operacije:

- Analiza i modeliranje – analiza strukture sistema i njegovog načina rada te prikaz sistema u formalnom obliku
- Programiranje – detaljan prikaz modela u obliku koji je pogodan za rad na računalu
- Simulacija – izvođenje instrukcija programa na računalu

### 4.3. Metode modeliranja

Kada se govori o metodama modeliranja misli se na opći okvir mapiranja sustava stvarnog svijeta u njegov model. Odabir metode modeliranja mora se odabrati prema sustavu nad kojim se izvršava modeliranje te koja je svrha samog modela. Prema [3] postoje tri metode modeliranja:

1. Dinamika sustava
2. Modeliranje diskretnih događaja
3. Modeliranje temeljeno na agentima

Modeliranje pomoću metode dinamike sustava namijenjeno je najviše za znanost i inženjerstvo, te se tu koriste zakoni fizike kako bi se istražila dinamika ekonomskih i društvenih sustava.

Kod modeliranja diskretnih događaja razmatraju se sustavi koji se modeliraju kao procesi te se unutar tih procesa nalazi niz operacija koje se izvode preko određenih entiteta. Diskretni događaju su danas podržani sa velikim brojem softverskih alata, a jedan od primjera je GPSS. Operacije koje se nalaze unutar procesa uključuju odgode, razdvajanje, odabir smjera odvijanja procesa i slično.

Modeliranje temeljeno na agentima je najnovija metoda modeliranja. Ova metoda se koristi kada se ne zna ponašanje cijelog sustava, koje su njegove ključne varijable i odnosi među njima. Unutar ove metode model se gradi odozdo prema gore, a sve započinje sa identifikacijom objekata (agenata) i njihovih ponašanja. Stvoreni agenti se mogu povezivati i pustiti da komuniciraju ili se mogu staviti u individualno okruženje te se promatra njihovo ponašanje koje se kasnije gleda kao ponašanje sustava.

## 5. Elementi simulacijskog modela

Simulacijski modeli sačinjavaju se od različitih elemenata (objekata).

### 5.1. Objekti modela

Objekti od kojih se modeli sastoje su:

1. Entiteti
2. Resursi

[6].

Entiteti su pojedinačni, dinamički elementi unutar sustava koji se simuliraju te se njihovo ponašanje prati. Elementi se prate od kada su došli u sustav pa sve dok ne izađu iz njega te se oni kreiraju od strane analitičara ili ih softver kreira automatski. [6][7]

Resursi su pojedinačni elementi unutar sustava ali za razliku od entiteta oni se ne modeliraju pojedinačno. Broj resursa se može mijenjati tokom simulacije te se iskorištenost resursa prikazuje vremenski kroz broj jedinica koje je resurs bio zauzet. [7]

### 3.2. Organizacija objekata modela

Objekti modela mogu se organizirati prema:

1. Atributima
2. Stanju
3. Popisu

[6].

Atributi su svojstva objekata koji prikazuju njihovo ponašanje. Neki od atributa pojedinih objekata mogu biti vrijeme dolaska i odlaska, zadržavanje u sustavu, broj radnog mjesta na kojemu se je objekt nalazio i slično. Svi atributi jedinstveni su za pojedini entitet i njih dodjeljuje analitičar tijekom kreiranja modela. [7]

Stanje je zbirka varijabli koja se koristi za opis sustava u bilo kojoj točki vremena. Ono nam opisuje koliko je korisnika unutar sustava (bili oni kupci, radnici, materijali i sl.). [6]

Popis je skup entiteta ili resursa koji su poredani na logičan način. Logički načini se mogu vezati na korisnike te se može reći da korisnik koji je došao prvi bude prvi i uslužen (first-come, first served). [6]

### 3.3. Operacije nad objektima

Kako unutar nekog sustava resursi i entiteti surađuju te se njihovo stanje mijenja, postoje određene operacije koje se nad njima izvršavaju:

1. Događaj
2. Aktivnost
3. Odgoda
4. Vrijeme

[6].

Događaj je trenutak u kojemu se stanje sustava mijenja te samim time može promijeniti atribute ili varijable. Primjeri događaja mogu biti dolasci ili odlasci unutar sustava, kraj izvođenja simulacije, čekanja i slično. [6][7]

Aktivnosti se određuju prema određenim vremenskim razdobljima kojima se zna točan početak ali se ne mora znati točno trajanje. Promjer aktivnostima je trajanje obrade određenog materijala. [6]

Odgoda je vremenski raspon kojemu je vrijeme trajanja nepoznato sve dok ono ne završi. Odogode se ne određuju unaprijed, već se zadaju kroz uvjete unutar simulacija [6]. Primjer je postavljanje distribucija dolazaka entiteta u red čekanje po minutama.

Vrijeme je varijabla koja predstavlja simulirano vrijeme, odnosno pohranjuje trenutne vrijednosti simuliranog vremena tijekom izvođenja same simulacije. Tu se prati vrijeme kada je došlo do određenih promjena unutar sustava te može uključivati vremena ažuriranja varijabli, mijenjanje atributa i uklanjanje događaja. [6][7]

## 6. Osnovna podjela simulacija

Prije spomenute podjele simulacijski modela uzrokovale su stvaranje tipova simulacijskih modela koje se razlikuju prema pristupu, tipu problema, tehnikama modeliranja i simulacijama.

Prema [4] glavna podjela simulacija je:

- Monte Carlo simulacija
- Kontinuirana simulacija
- Simulacija diskretnih događaja
- Kombinirana diskretno-kontinuirana simulacija

### 6.1. Monte Carlo simulacija

Monte Carlo simulacija je statistička simulacija koja je razvijena za rješavanje složenih problema. Ova simulacija ima tri vrste primjene:

1. Kod determinističkih problema
2. Kod složenih fenomena
3. Statistički problemi

[4].

Monte Carlo se koristi kod determinističkih problema kao što su integrali koji se ne rješavaju analitički već je rješenje matematički izraz.

Kod složenih fenomena, Monte Carlo simulacija se koristi u eksperimentima na način da se uzmu vjerojatnosti ishoda međudjelovanja. Zatim se statističkom analizom dobije razdioba vjerojatnosti zavisnih varijabli koje su bitne za rješavanje problema.

Kod statističkih problema koji nemaju neko analitičko rješenje koristi se princip generiranja slučajnih varijabli i brojeva.

### 6.2. Kontinuirana simulacija

Kontinuirana simulacija se koristi kod nekih dinamičkih problema unutar kojih se varijabla stanja mijenja u vremenu. Ova simulacija rješava dvije vrste problema, jednostavni problemi s detaljnim opisima i složeni sistemi.

Prema [4] postoje tri tipa kontinuirane simulacija:

1. Sistemi običnih diferencijalnih jednažbi
2. Sistemi parcijalnih diferencijalnih jednažbi
3. Sistemska dinamika

Sistemi običnih diferencijalnih jednažbi su jednažbe s jednom nezavisnom varijablom po kojoj se onda deriviraju zavisne varijabli. Kada se u ovom slučaju rješavaju pomoću kontinuirane simulacije to se radi na način da se stvara pomak vremena za interval i rješavaju se jednažbe u točkama vremena pomaka.

Sistemi parcijalnih diferencijalnih jednažbi sadrži u sebi više nezavisnih varijabli po kojima se zatim deriviraju zavisne varijable.

Kod sistemske dinamike postoji veza između ulaza i izlaza te ta veza može biti pozitivna ili negativna. Također, postoje i modeli s povratnom vezom koji se najčešće koriste kod nekih inženjerskih sistema i nekih fenomena.

### **6.3. Simulacija diskretnih događaja**

Simulacije diskretnih događaja pripadaju detaljnim modelima kontinuiranih simulacija kod jednostavnih sistema. Ona uključuje modele koji su strukturirani kao objekti te njihovo međudjelovanje uzrokuje promjene stanja. [4]

Prema [4] osnovne komponente simulacije diskretnih događaja su:

- Izgradnja modela
- Rukovođenje vremenom
- Manipuliranje slučajnim procesima
- Statička analiza
- Mehanizam pomaka vremena

Osnovni pojmovi koji se koriste kod opisa diskretnih događaja su:

- Model – prikaz sistema
- Entiteti – komponente sistema
- Atributni entiteti – opisuju svojstva entiteta
- Klase entiteta – grupe entiteta iste vrste
- Skupovi entiteta – grupe entiteta pojedine klase sa zajedničkim obilježjima

- Stanje sistema – skup informacija opisa sistema
- Događaj – promjena stanja sistema
- Aktivnost – međudjelovanje određenih entiteta
- Proces – niz logičko povezanih uzastopnih događaja

Programski jezici koji se koriste kod ove simulacije su GPSS, SIMSCRIPT i SIMULA.

## **6.4. Kombinirana diskretno-kontinuirana simulacija**

Kod nekih sistema ne funkcionira posebno kontinuirana simulacija ili simulacija diskretnih događaja, pa iz tog razloga ti sistemi sadrže procese koji se izvršavaju i kontinuirano i diskretno. Dva tipa događaja povezuju ove vrste simulacija, a to su: vremenski događaji i događaji stanja. Vremenski događaji su događaji koji planira upravljanje događajima i koji trenutno mogu promijeniti stanje neke varijable, dok su događaji stanja događaji koje aktivira upravljanje pomakom vremena i aktiviraju se kada varijable zadovolje neke uvjete. [4]

Prema [4] diskretne i kontinuirane varijable mogu međudjelovati na tri načina:

1. Diskretni događaj aktivira promjenu stanja kod kontinuirane varijable
2. Diskretni događaj uzrokuje promjenu načina razvoja kontinuirane varijable
3. Nakon što vrijednost kontinuirane varijable prijeđe granicu dolazi do izvođenja ili planiranja diskretnog događaja

Programski jezici koji se koriste kod ove simulacije su GASP, SLAM i SIMSCRIPT.

## 7. Poslovni procesi

Kada se govori o poslovnim procesima postoje više izvora definicija. Prema [8] poslovni proces je skup aktivnosti koje se provode prema određenim pravilima s obzirom na neke ciljeve. Tijekom izvođenja procesa aktivnosti mogu biti izvođene niti jednom, jednom ili više puta.

Prema [9] poslovni proces je niz povezanih aktivnosti unutar kojih sudjeluju resursi organizacije. Oni prikazuju način na koji se vrši posao unutar neke organizacije i između pojedinih organizacija. Kako bi poslovni procesi bili jasniji moraju se razumjeti slijedeći elementi poslovanja:

- Lanac vrijednosti
- Proces
- Aktivnost
- Zadatak
- Korak

Lanac vrijednosti uključuje više poslovnih procesa, od samog naručivanja i razvoja novog proizvoda do prodaje i podrške.

Proces je sastavni dio lanca vrijednosti koji zbog svoje složenosti može biti podijeljen na manje potprocese.

Aktivnost je najmanji dio procesa koji prikazuje pojedini jednostavni ili složeni radni zadatak. Kako se aktivnost modelira, ona se prikazuje pomoću određenih dijagrama.

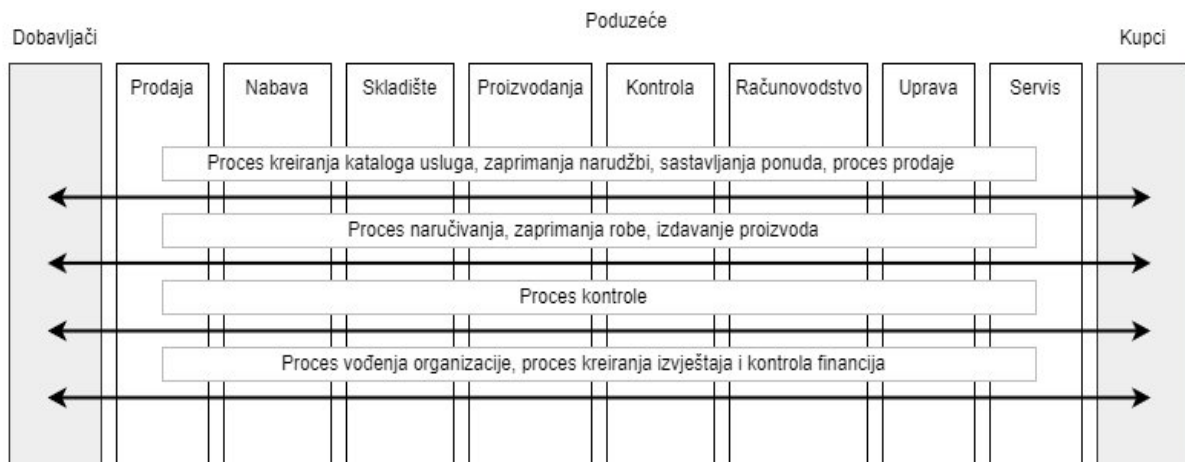
Zadatak je se koristi za opis funkcionalnosti nekog rješenja.

Korak prikazuje najjednostavnije operacije te se oni ne prikazuju modelima, već su sastavni dio samog modela.

### 7.1. Odnos poslovnih procesa i organizacijskih jedinica

Kako bi se ostvarili poslovni ciljevi unutar organizacije mora postojati organizacijska struktura. Prema [9] organizacijska struktura je odnos između funkcija unutar pojedine organizacije, odnosno ona predstavlja okvir unutar kojeg se izvode poslovni procesi. Primjeri poslovnih funkcija su: istraživanje, razvoj, nabava, proizvodnja, prodaja, upravljanje ljudskim resursima, financije i dr..

Kako se u praktičnom dijelu ovog rada modeliranje radi na primjeru poduzeća HON-ING d.o.o., tako se i odnos poslovnih procesa i organizacijskih jedinica prikazao na istom primjeru (slika 10).



Slika 10. Odnos poslovnih procesa i organizacijskih jedinica

Kako se može vidjeti sa slike, organizacijske jedinice su: prodaja, nabava, skladište, proizvodnja, kontrola, računovodstvo, uprava i servis. Također, tu možemo vidjeti i neke od poslovnih procesa kao što su: proces kreiranja kataloga usluga, proces prodaje, proces kontrole, proces zaprimanja robe i sl..

## 7.2. Metode modeliranja poslovnih procesa

Kada se govori o modeliranju poslovnih procesa zapravo se govori o stvaranju dijagrama koji prikazuju elemente unutar poslovanja. Elementi koji se prikazuju su:

- Događaji
- Aktivnosti
- Stanja

Osim osnovnih elemenata, unutar integralnih modela, prikazuju se i slijedeći elementi: podaci, funkcije i organizacijska strukturu. Za modeliranje procesne arhitekture mogu se koristiti različite metode, no dvije češće korištene su:

- Event Driven Process Chain (EPC)
- Business Process Model and Notation (BPMN)

EPC dijagrami omogućuju pregled procesa kroz događaje i aktivnosti. Aktivnosti su prikazane pravokutnicima, dok su događaju prikazani šesterokutima. Veze između događaja i aktivnosti



prikazuju se strelicama kojima se zapravo prikazuje smjer kretanja po samom dijagramu. Također, na ovom dijagramu se nalaze i logički operatori koji prikazuju uvjete i grananja tokova unutar dijagrama. Danas se u praksi koriste prošireni oblici EPC dijagrama kojima se osim osnovnih elemenata prikazuju i resursi, organizacijska struktura, informacijski sustav te njihova povezanost. [9]

BPMN je grafička metoda kojom se prikazuju poslovni procesi. Unutar ove metode početak i kraj procesa se označava pomoću simbola događaja koji se pridružuju aktivnostima i služe kao okidači kojima se zapravo pokreću aktivnosti ovisno o različitim pravilima i uvjetima. Kao i kod EPC dijagrama tokovi kretanja prikazuju se strelicama, a procesi se odvijaju kao potproces, aktivnosti ili zadaci. [9]

Kako bi se ti dijagrami što detaljnije prikazali razvijeni su različiti programski alati. Neki od poznatijih su: Draw.io, Edraw, Visime, Canva i Lucidna karta. Neki od alata su dostupni online besplatno, dok je za neke potrebno platiti.

### **7.3. Analiza poslovnih procesa**

Kako bi se analiza poslovnih procesa što kvalitetnije obavila, potrebno je definirati vrijeme obavljanja aktivnosti i troškove obavljanja istih te definirati troškove i kapacitet resursa koji sudjeluju unutar aktivnosti. Analize se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine:

- Kvalitativne
- Kvantitativne

Kod kvalitativne analize promatra se struktura procesa prema kojoj se kasnije opisuju i identificiraju problemi unutar organizacije. Kao rezultat ove analize najčešće se dolazi do zaključka da je potrebno uvesti informacijsku tehnologiju unutar procesa gdje su se do sada poslovi obavljali ručno te povezivanje različitih aplikacija i programskih rješenja.

Kod kvantitativnih analiza podaci koji se skupljaju su mjerljivi podaci o izvođenju procesa. Najčešće se analiziraju podaci o vremenu i troškovima te troškovima i iskorištenosti resursa. [9]

Za modeliranje i analize poslovnih procesa danas se najčešće koriste različiti alati. Ovakvi alati imaju mogućnosti dokumentiranja arhitekture poslovnih procesa, spremanje različitih analiza i stvaranja prijedloga poboljšanja i razvoja cijelog informacijskog sustava.

## 8. BPMN 2.0

Business Process Management (BPMN) je standard za modeliranje podataka kojeg je razvio Business Process Management Initiative (BPMI). Norme i standardi kao što je BPMN propisani su kako bi se olakšao vizualni prikaz logike procesa, kao i njihovi tokovi. Prva verzija BPMN-a objavljenja je 2004 godine te je bila prihvaćena od strane OMG-a (Object Management Group). Tokom vremena razvile su se i druge verzije BPMN-a te najnovija verzija standarda je BPMN 2.0. Promjene koje su bile od veće značaja unutar BPMN 2.0 standardu bazirane su na grafičkom prikaz modela. [10]

Kako je BPMN standard koji se koristi kod modeliranja poslovnih procesa, sam produkt je model. Kako bi model poslovnih procesa bio potpun mora se sastojati od četiri dijagrama:

- Dijagram poslovnih procesa
- Dijagram kolaboracije
- Dijagram koreografije
- Dijagram konverzacije

Dijagram poslovnih procesa prikazuje detaljan grafički prikaz strukture poslovnog procesa te je najčešće je korišten kod simulacija. Dijagram kolaboracije prikazuje komunikaciju dvaju ili više osnovnih procesa kroz razmjenu poruka. Dijagram koreografije se bazira na detaljnoj razmjeni poruka između procesa te prikazuje slijed aktivnosti komunikacije. Dijagram konverzacije prikazuje kako se određeni zadaci obavljaju između suradnika. [10]

Kako bi poduzeća donesla što pametnije odluke kod modeliranja poslovnih procesa koriste se alati kao što je Gartner Magic Quadrant. Gartner Magic Quadrant se sastoji od četiri dijela:

- Niche igrači (niche igrači)
- Vizionari (visionaries)
- Izazivači (challengers)
- Vođe (leaders)

[11]



Slika 11. Gartner Magic Quadrant

Na slici 11 može se vidjeti prikaz Gartnerovog magičnog kvadrata i dijelova od kojih se sastoji. Poduzeća koja se nalaze u Niche players kvadrantu se poduzeća koja imaju malu sposobnost izvršenja i vizija im nije kompletna. To znači da se takva poduzeća fokusiraju na mali dio tržišta te ne predstavljaju jasnu viziju proširenja. Vizionari imaju malu sposobnost izvršenja ali im je kompletnost vizije velika. Takva poduzeća imaju jasnu viziju kako se tržište razvija i kako bude napredovalo ali nisu u mogućnosti izvršiti te vizije. Izazivači su poduzeća s velikom sposobnosti izvršenja, ali malom kompletnosti vizije. To znači da takva poduzeća imaju dobru strukturu i mogu držati korak s napretkom, ali često zaostaju sa vizijom kako isporučiti ono što kupac zahtijeva. I na kraju voditelji, to s poduzeća koja imaju i veliku kompletnost vizije i veliku sposobnost izvršenja. Takva poduzeća imaju jasne vizije standarda koji se od njih zahtijevaju i sposobne su provesti zadane zahtjeve i standarde.

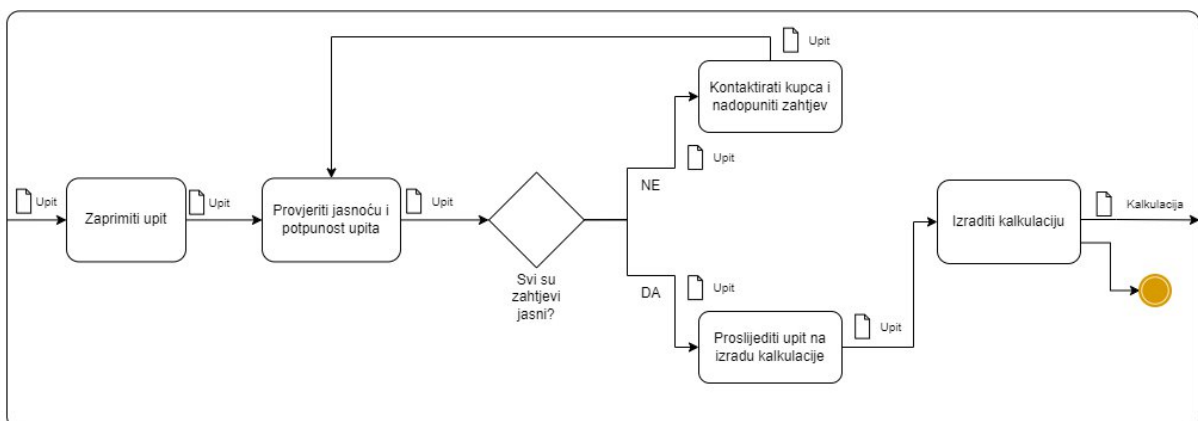
## 9. Primjer iz prakse – HON-ING d.o.o.

Poduzeće HON-ING d.o.o. bavi se proizvodnjom fleksibilne ambalaže. Poduzeće se nalazi u središnjem dijelu Krapinsko-zagorske županije, u mjestu Vrankovec. Unutar svoje ponude imaju procese savjetovanja prilikom projektiranja, grafičku pripremu, izradu uzoraka, tiskanje, doradu, kontrolu kvalitete te dostavu proizvoda. Poduzeće nudi usluge tiska koje su bazirane na dvije osnovne tehnike, flexo tisak i offset tisak.

### 9.1. Poslovni procesi poduzeća

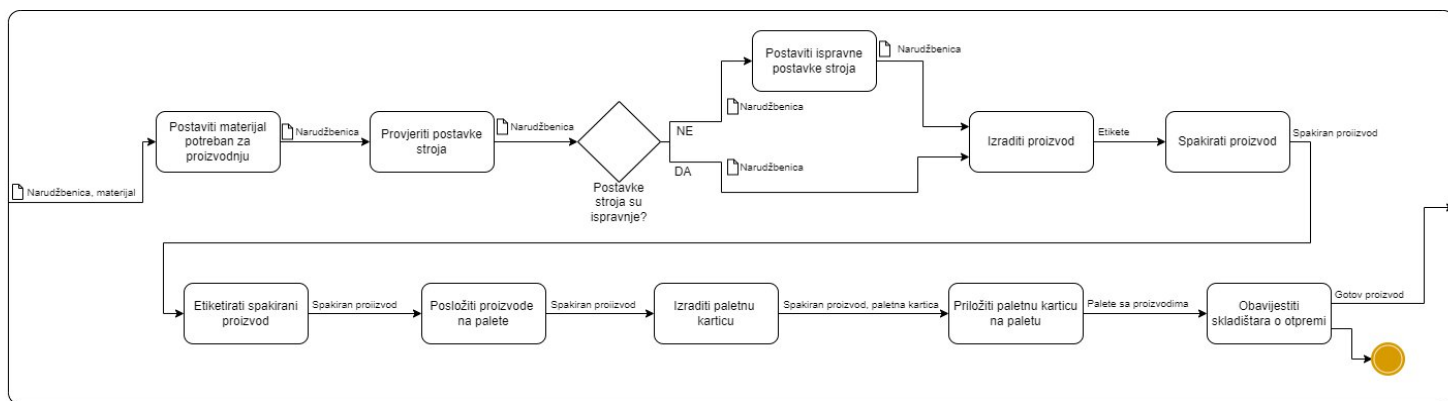
HON-ING d.o.o. sastoji se od osam organizacijskih jedinica, koje su prikazane u poglavlju 7.1. Svaka organizacijska jedinica se sastoji od određenih poslovnih procesa. Neki od poslovnih procesa poduzeća su: kreirati katalog usluga, sklopiti ugovor s klijentima, sklopiti ugovor s dobavljačima, zaprimiti i uskladištiti robu, dostaviti proizvod, izraditi i doraditi proizvode, obračunati plaće, izdati račune, upravljati financijama, kontrolirati strojeve i održavati iste.

U nastavku će biti prikazani i detaljno obrađeni poslovni procesi Zaprimiti narudžbu i Izraditi i doraditi proizvod.



Slika 12. Poslovni proces Zaprimiti narudžbu

Na slici 12. prikazan je poslovni proces Zaprimiti narudžbu. Ovaj proces započinje kada u poduzeće dođe upit od klijenta. Nakon zaprimanja upita provjerava se je li upit potpun i jasan, u slučaju da upit nije jasan slijedi aktivnost kontaktiranja kupaca i nadopunjavanja zahtjeva te ponovne provjere. Ako je upit kupca bio jasan i potpun, upit se šalje na izradu kalkulacija te nakon aktivnosti izrade kalkulacija dobiva se gotova kalkulacija koja kasnije odlazi u drugi poslovni proces.



Slika 13. Poslovni proces Izraditi i doraditi proizvod

Na slici 13. prikazan je poslovni proces Izraditi i doraditi proizvod. Ovaj proces se sastoji od dva veća potprocesa, *Izraditi proizvod* i *Doraditi proizvod*. Potproces izrade proizvoda započinje kada u sustav dođe narudžbenica i potrebni materijal. Na samom početku mora se postaviti materijal na strojeve te se provjeravaju postavke strojeva. Ako stroj nije postavljen prema zahtjevima, zaposlenik ručno postavlja nove postavke. Kada su postavke sukladne zahtjevima kreće proizvodnja etiketa. Nakon izrade samog proizvoda (etiketa) kreće dorada proizvoda. Ovaj potproces kreće sa zapakiravanjem proizvoda koji se zatim mora etiketirati. Nakon što su proizvodi zapakirani postavljaju se na palete i kreće izrada paletnih kartica. Paletne kartice se pridružuju paletama s gotovim proizvodima i na samom kraju se obavještava skladištara o otpremi gotovih proizvoda.

Ulazi i izlazi iz procesa te zaduženja prikazani su u tablici 1.

|                              | Ulaz                      | Izlaz                       | Zaduženja                     |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Zaprimiti narudžbu           | Upit                      | Kalkulacija                 | Komercijalist                 |
| Izraditi i doraditi proizvod | Narudžbenica<br>Materijal | Gotov proizvod<br>(etikete) | Zaposlenici u izradi i doradi |

Tablica 1. Ulazi i izlazi iz procesa

Poduzeće posluje svaki dan u tjednu (ponedjeljak – nedjelja) i fokusira se na podjelu smjena unutar 24 sata:

- Izrada (dvije smjene) :
  - 06:00h - 14:00h
  - 14:00h - 22:00h

- Dorada (tri smjene):
  - 06:00h - 14:00h
  - 14:00h - 22:00h
  - 22:00 h - 06:00h

## 9.2. Opis sustava

Za samu simulaciju obraditi će se poslovni proces Izraditi i doraditi proizvod. Kako bi se što bolje razumio sustav na kojemu se bazira simulacija, moraju se razumjeti i razlike između samih proizvoda. Proizvodi se mogu razdijeliti na četiri glavne vrste:

### 1. Offset etiketa

Na slici 14. može se vidjeti primjer offset etikete su etikete koje se lijepo na proizvode ali ne zahtijevaju posebne pozadinske folije, već su fokusirane na papiru.



Slika 14. Offset etiketa

### 2. Samoljepljiva etiketa

Na slici 15. može se vidjeti primjer samoljepljivih etiketa. One se najčešće tiskaju za prednji zadnju stranu proizvoda, te je za njih potrebno imati papir s kojih se jednostavno budu mogle odlijepiti prilikom postavljanja.



Slika 15. Samoljepljiva etiketa

### 3. OPP etikate

Na lici 16. može se vidjeti primjer opp etikete. Ove etikete su namijenjene se omotavaju oko proizvoda i koriste drugačije folije.



Slika 16. OPP etiketa

### 4. Sleeve etiketa

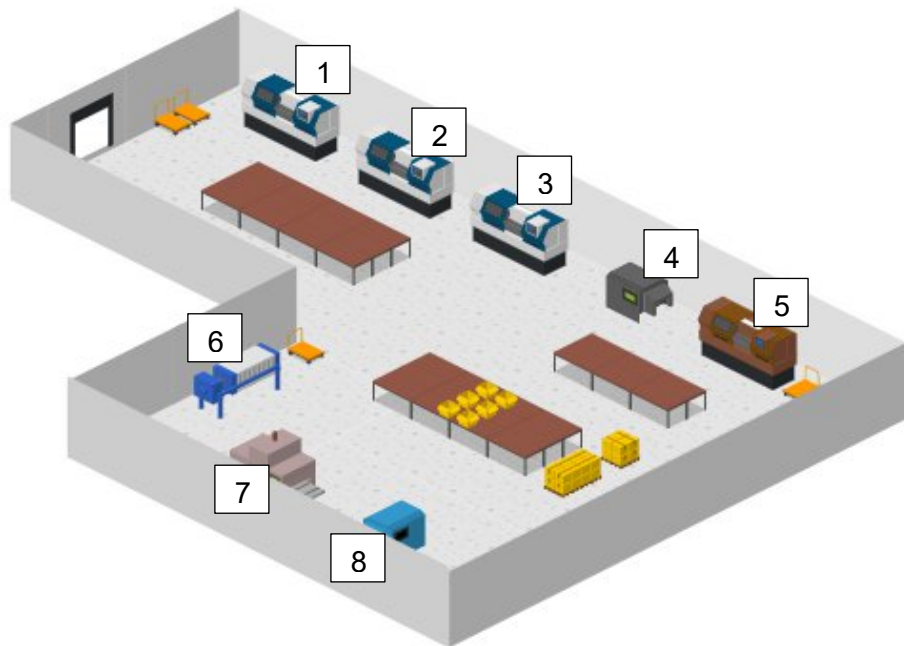
Na slici 17. može se vidjeti primjer sleeve etiketa. Te etikete se unutar poduzeća tiskaju i lijepe na određene veličine zadane od kupca.



Slika 17. Sleeve etiketa

Svaka od ovih kategorija etiketa izrađuje se na posebnim strojevima, te za neke je potrebno korištenje i više od jednog stroja. Osim različitih strojeva, potreban je i različiti materijal kao što su papir, folija, boje i lak.

Na slici 18. prikazan je izgled prostora unutar kojeg se izvršava navedeni proces.



Slika 18. Poslovni prostor

Prostor unutar kojeg se odvija ovaj proces sastoji se od:

- Strojevi za izradu sleeve i OPP etiketa (1, 2, 3)



- Stroj za rezanje offset i OPP etiketa (4)
- Stroj za izradu offset i samoljepljivih etiketa (5)
- Stroj za rezanje samoljepljivih etiketa na format i ricanje (oblikovanje) (6)
- Stroj za sliviranje - ljepljenje sleeve etiketa (7)
- Stroj za namatanje (8)

Osim strojeva, unutar prostora se nalaze stolovi na koje se dovozi materijal i sirovina, te dio gdje se izrađene etikete provjeravaju i pakiraju.

### **9.3. Prikupljeni podaci**

Podaci koji su korišteni unutar ovog projekta prikupljeni su tokom jednog radnog dana poduzeća i baziraju se na radnim nalogima. Sirovi podaci koji su bili skupljeni mogu se pogledati u tablici 2.

|      | Dolazak | Izaditi proizvod | Ljepljenje sleevea | Rezanje | Ricanje | Namatanje | Dorada  | Odlazak  | Vrsta proizvoda        | Vrijeme trajanja procesa |
|------|---------|------------------|--------------------|---------|---------|-----------|---------|----------|------------------------|--------------------------|
| Dan1 | 6:00:00 | 3:20:00          | 3:05:00            | -       | -       | 0:40:00   | 2:10:00 | 15:15:00 | SLEEVE etiketa         | 9:15:00                  |
|      | 6:00:00 | 1:40:00          | -                  | 2:10:00 | 7:00:00 | -         | 0:20:00 | 17:10:00 | Samolijepljiva etiketa | 11:10:00                 |
|      | 6:00:00 | 0:50:00          | 2:40:00            | -       | -       | 0:12:00   | 1:05:00 | 16:22:00 | SLEEVE etiketa         | 4:47:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:18:00          | -                  | 0:07:00 | -       | -         | 0:05:00 | 6:30:00  | OPP etiketa            | 0:30:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:22:00          | -                  | 0:10:00 | -       | -         | 0:09:00 | 8:21:00  | OFFSET etiketa         | 0:41:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:40:00          | -                  | 0:35:00 | 1:45:00 | -         | 0:05:00 | 19:10:00 | Samolijepljiva etiketa | 3:05:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:28:00          | -                  | 0:20:00 | -       | -         | 0:18:00 | 9:48:00  | OFFSET etiketa         | 1:06:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:25:00          | -                  | 0:14:00 | -       | -         | 0:07:00 | 7:04:00  | OPP etiketa            | 0:46:00                  |
|      | 6:00:00 | 1:03:00          | -                  | 1:14:00 | 3:55:00 | -         | 0:11:00 | 0:25:00  | Samolijepljiva etiketa | 6:23:00                  |
|      | 6:00:00 | 3:10:00          | 4:00:00            | -       | -       | 1:00:00   | 1:20:00 | 21:25:00 | SLEEVE etiketa         | 9:30:00                  |
|      | 6:00:00 | 1:14:00          | -                  | 1:30:00 | -       | -         | 0:35:00 | 13:32:00 | OFFSET etiketa         | 3:19:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:33:00          | -                  | 0:22:00 | 1:09:00 | -         | 0:04:00 | 1:49:00  | Samolijepljiva etiketa | 2:08:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:48:00          | -                  | 0:34:00 | -       | -         | 0:15:00 | 9:01:00  | OPP etiketa            | 1:37:00                  |
|      | 6:00:00 | 0:12:00          | -                  | 0:05:00 | -       | -         | 0:01:00 | 7:56:00  | OPP etiketa            | 0:17:00                  |

Tablica 2. Prikupljeni podaci

Unutar Tablice 2. može se vidjeti koliko pojedine aktivnosti traju i kako se Zapravo određeni nalog kreće kroz sustav. Kako se je reklo i u poglavlju 9.2. postoje postoje četiri vrste etiketa, a količine variraju od samo nekoliko tisuća do preko milijun zbog čega se i vremena obrade razlikuju.

Kako se i u programu bude radilo s minutama, svaki izračun vremena trajanja u nastavku bude bio baziran na minutama. Kako ove aktivnosti unutra procesa nemaju neko fiksno vrijeme, prije same obrade morale su se napraviti grupe po kojima se je zatim radila distribucija vremena. Sve grupe bazirane su na podijeli prema razredima.

Formula za širinu razreda je:

$$k \approx 1 + 3.3 * \log N$$

Formula za veličinu razreda:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k}$$

Dobiveni razredi i rasponi razreda prikazani su unutra sljedećih tablica. Za potvrdu dobro posloženih razreda napravljena je provjera i za svaku tablicu greška je bila ispod 5% što znači da su grupe raspoređene dobro.

| Razred    | Učestalost |
|-----------|------------|
| 12 - 50   | 9          |
| 51- 89    | 2          |
| 90 - 128  | 1          |
| 129 - 167 | 0          |
| 168- 206  | 2          |

Tablica 3. Razredi za Izrediti proizvod

Unutar tablice 3 može se vidjeti da se Izraditi proizvod sastoji od 5 razreda, veličine razreda od 38 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda.

| Razred    | Učestalost |
|-----------|------------|
| 160 - 187 | 2          |
| 188 - 215 | 0          |
| 216 - 243 | 1          |

Tablica 4. Razredi za Ljeljenje sleevea

Unutar tablice 4 može se vidjeti da se Ljepljenje sleevea sastoji od 3 razreda, veličine razreda od 27 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda.

| Razred    | Učestalost |
|-----------|------------|
| 5 - 36    | 8          |
| 37 - 68   | 0          |
| 69 - 100  | 2          |
| 101 - 132 | 1          |

Tablica 5. Razredi za Rezanje

Unutar tablice 5 može se vidjeti da se Rezanje sastoji od 4 razreda, veličine razreda od 31 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda. Rezanja je proces koji s koluta reže izrađene etikete na komade.

| Razred    | Učestalost |
|-----------|------------|
| 69 - 186  | 2          |
| 187 - 304 | 1          |
| 305 - 422 | 1          |

Tablica 6. Razredi za Ricanje

Unutar tablice 6 može se vidjeti da se Ricanje sastoji od 3 razreda, veličine razreda od 117 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda. Ricanje je aktivnost unutar koje se etikete režu na oblike, odnosno sloj koji se bude lijepio na proizvode se oblikuje dok sloj na kojemu je ta etiketa nalijepljena se ne dira.

| Razred  | Učestalost |
|---------|------------|
| 12 - 28 | 1          |
| 29 - 45 | 1          |
| 45 - 61 | 1          |

Tablica 7. Razredi za Namatanje

Unutar tablice 7 može se vidjeti da se Namatanje sastoji od 3 razreda, veličine razreda od 16 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda. Namatanje se koristi samo za sleeve etikete koje se ne režu na komade već se šalju namotane na kolutove.

|           | Učestalost |
|-----------|------------|
| 1 - 27    | 10         |
| 28 - 54   | 1          |
| 55 - 81   | 2          |
| 82 - 108  | 0          |
| 109 - 135 | 1          |

Tablica 8. Razredi za Doradu

Unutar tablice 8 može se vidjeti da se Dorada sastoji od 5 razreda, veličine razreda od 26 i koja je učestalost pojavljivanja vrijednosti unutar tog razreda.

Razdioba prema vrsti proizvoda može se vidjeti unutar tablice 9.

| Vrsta proizvoda      |                |             |                       |                |         |
|----------------------|----------------|-------------|-----------------------|----------------|---------|
| Proizvod             | SLEEVE etiketa | OPP etiketa | Samoljepljiva etiketa | OFFSET etiketa | Ukupno  |
| Učestalost           | 3              | 4           | 4                     | 3              | 14      |
| Relativna učestalost | 0.2143         | 0.2857      | 0.2857                | 0.2143         | 100.00% |
| Kumulativ            | 0.2143         | 0.5000      | 0.7857                | 1.0000         |         |

Tablica 9. Frekvencija dolazaka prema vrsti proizvoda

Kako je napomenuto, podaci koji se koriste uzeti su tokom jednog radnog dana poduzeća te se dani mogu razlikovati u većem periodu promatranja. Unutar promatranog dana tri radna naloga su bila za sleeve etikete, četiri za opp etikete, četiri za samoljepljive etikete i tri za offset etikete. Također, unutra tablice može se vidjeti koliko iznosi relativna učestalost i kumulativ za frekvenciju dolazaka određenih naloga.

| Vrijeme trajanja Izrade proizvoda (min) |         |         |          |           | Ukupno |
|---|---------|---------|----------|-----------|--------|
| Vrijeme izrade (min)                    | 12 - 50 | 51 - 89 | 90 - 128 | 168 - 206 |        |
| Reprezentant razreda                    | 31      | 69      | 100      | 195       |        |
| Učestalost                              | 9       | 2       | 1        | 2         | 14     |

Tablica 10. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Izrade proizvoda

Unutar tablice 10 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 12 i 50 minuta bilo devet puta, vrijeme između 51 i 89

minuta je bilo dvaput, između 90 i 128 minuta jednom i u rasponu od 168 i 206 minuta je bilo pojavljivanje dvaput.

| Vrijeme trajanja Ljepljenje sleevea (min) |           |           | Ukupno |
|---|-----------|-----------|--------|
| Vrijeme izrade (min)                      | 160 - 187 | 216 - 243 |        |
| Reprezentant razreda                      | 173       | 240       |        |
| Učestalost                                | 2         | 1         | 3      |

Tablica 11. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ljepljenja sleevea

Unutar tablice 11 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 160 i 187 minuta bilo dvaput, vrijeme između 189 i 215 minuta je bilo nula puta pa je zato izbačen taj redak iz tablice i između 216 i 243 minuta.

| Vrijeme trajanja Rezanja (min) |        |          | Ukupno    |    |
|--------------------------------|--------|----------|-----------|----|
| Vrijeme izrade (min)           | 5 - 36 | 69 - 100 | 101 - 132 |    |
| Reprezentant razreda           | 19     | 82       | 130       |    |
| Učestalost                     | 8      | 2        | 1         | 11 |

Tablica 12. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Rezanja

Unutar tablice 12 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 5 i 36 minuta bilo osam, vrijeme između 37 i 68 minute nije bilo niti jednom pa je zato izbačen taj redak iz tablice, vrijeme između 69 i 100 minuta je bilo dvaput i između 101 i 132 minute bilo jednom.

| Vrijeme trajanja Ricanja (min) |          |           | Ukupno    |   |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---|
| Vrijeme izrade (min)           | 69 - 186 | 187 - 304 | 305 - 422 |   |
| Reprezentant razreda           | 87       | 235       | 420       |   |
| Učestalost                     | 2        | 1         | 1         | 4 |

Tablica 13. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja

Unutar tablice 13 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 69 i 186 minuta bilo dvaput, vrijeme između 187 i 304 minute bilo je jednom i između 305 i 422 minute bilo jednom.

| Vrijeme trajanja Namatanja (min) |         |         | Ukupno  |   |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---|
| Vrijeme izrade (min)             | 12 - 28 | 29 - 45 | 45 - 61 |   |
| Reprezentant razreda             | 12      | 40      | 60      |   |
| Učestalost                       | 1       | 1       | 1       | 3 |

Tablica 14. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja

Unutar tablice 14 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 12 i 28 minuta bilo jednom, vrijeme između 29 i 45 minuta bilo je jednom i između 45 i 61 minute bilo jednom.

| Vrijeme trajanja Dorade (min) |        |         |         |           | Ukupno |
|-------------------------------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| Vrijeme izrade (min)          | 1 - 27 | 28 - 54 | 55 - 81 | 109 - 135 |        |
| Reprezentant razreda          | 10     | 35      | 73      | 130       |        |
| Učestalost                    | 10     | 1       | 2       | 1         | 14     |

Tablica 15. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja

Unutar tablice 15 prikazana je učestalost pojavljivanja vremena obrade unutar nekog razreda. Vidimo da je vrijeme obrade između 1 i 27 minuta bilo deset puta, vrijeme između 28 i 54 minuta bilo je jednom, između 55 i 81 minute bilo dvaput, razred između 82 i 108 minute nije se pojavilo niti jednom pa se ne pokazuje unutar tablice i vrijeme između 109 i 135 minute se je pojavilo jednom.

## 10. Statistička obrada podataka

Unutar ovog poglavlja prikazati će se statistička analiza podataka prikazanih u poglavlju 9.3. Korišteni alat je EasyFit te svi korišteni podaci su numeričkog oblika kako bi mogli biti obrađeni.

### 10.1. „Vrijeme trajanja Izrade proizvoda“

Unutar tablice 16 prikazano je vrijeme potrebno kako bi se izradio određeni proizvod. Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 4 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta.

Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni. Kako bi se dobila relativna učestalost, učestalost se dijeli sa ukupnom učestalosti. Primjer:  $9 / 14 = 0,6429$ . Te je na samom kraju izračunat kumulativ koji se dobiva na način da se je svaka vrijednost iz retka relativne učestalosti pribrojila onoj vrijednosti koja slijedi.

| Vrijeme trajanja Izrade proizvoda (min) |         |         |          |           | Ukupno |
|---|---------|---------|----------|-----------|--------|
| Vrijeme izrade (min)                    | 12 - 50 | 51 - 89 | 90 - 128 | 168 - 206 |        |
| Reprezentant razreda                    | 31      | 69      | 100      | 195       |        |
| Učestalost                              | 9       | 2       | 1        | 2         | 14     |
| Relativna učestalost                    | 0.6429  | 0.1429  | 0.0714   | 0.1429    | 1.0000 |
| Kumulativ                               | 0.6429  | 0.7857  | 0.8571   | 1.0000    |        |

Tablica 16. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme Izrade proizvoda

Kako bi se provjerilo jesu li podaci valjani za simulaciju, koristila se je deskriptivna statistika. Uzorak koji je ušao u proces Izrade proizvoda iznosi 14. Minimalno vrijeme obrade iznosilo je 12 minuta, a najveća 200 minuta. Dobiveni medijan (50%) iznosi 44 minute, donji kvartil (25%) je 25 minuta, a gornji (75%) je 74 minute. Također iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 58,037 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 19.

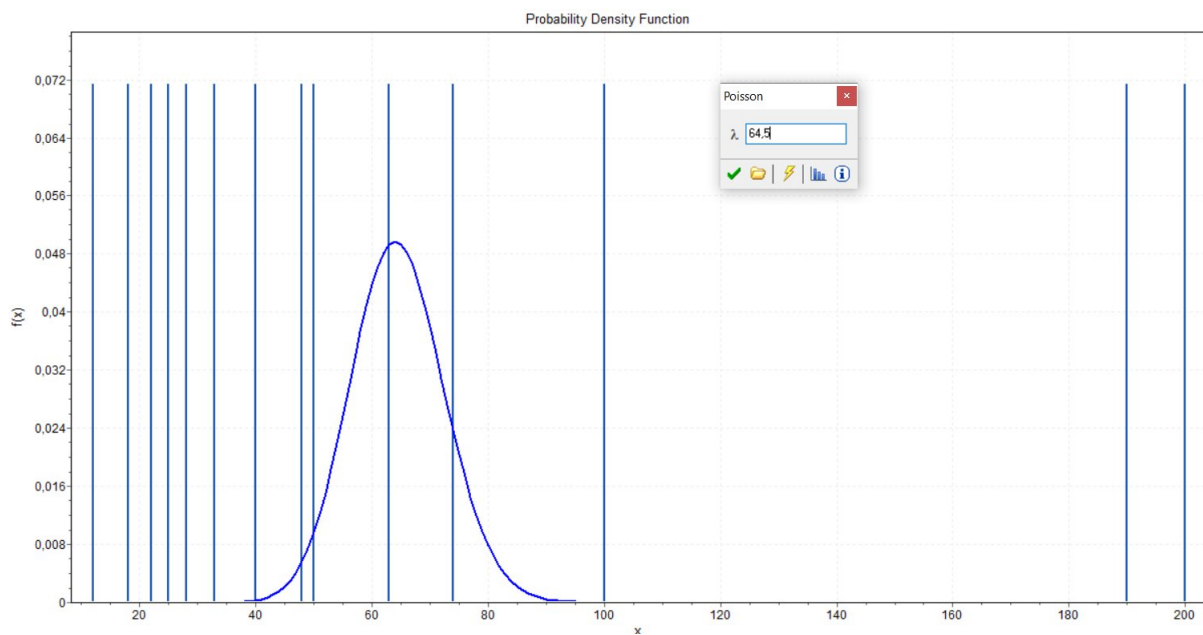


### Descriptive Statistics

| Statistic          | Value   | Percentile   | Value |
|--------------------|---------|--------------|-------|
| Sample Size        | 14      | Min          | 12    |
| Range              | 188     | 5%           | 12    |
| Mean               | 64,5    | 10%          | 18    |
| Variance           | 3368,2  | 25% (Q1)     | 25    |
| Std. Deviation     | 58,037  | 50% (Median) | 44    |
| Coef. of Variation | 0,89979 | 75% (Q3)     | 74    |
| Std. Error         | 15,511  | 90%          | 190   |
| Skewness           | 1,4705  | 95%          | 200   |
| Excess Kurtosis    | 0,82778 | Max          | 200   |

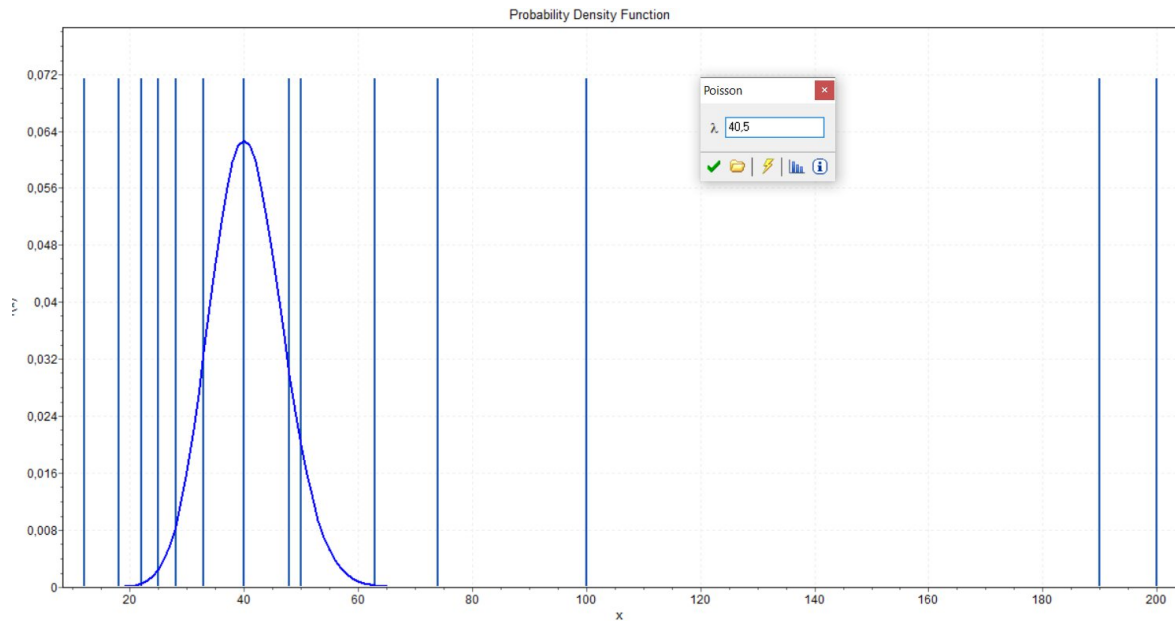
Slika 19. Analiza za Vrijeme trajanja izrade proizvoda

Na slici 20 prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj minuta izrade proizvoda.



Slika 20. Grafički prikaz Poissona za vrijeme izrade proizvoda

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 64,5 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 21. Grafički prikaz Poissona za vrijeme Izrade proizvoda nakon promjene parametra

Kako se može vidjeti na slici 21 nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 40.5. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje na pravi stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za danju obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.2. „Vrijeme trajanja Ljepljenje sleevea“

Unutar tablice 17 prikazano je vrijeme potrebno za ljepljenje sleeve etiketa. Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 3 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta. Kako se može vidjeti u jednom razredu nije pripala niti jedna vrijednost pa su nam ostala 2 razreda.

Redak za učestalost iznosi 3 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni unutar ove aktivnosti. Ovako mali broj ukupnih obrada se događa zato što se ova aktivnost odnosi samo na Sleeve etikete. Postupak za računanje relativne učestalosti i kumulativa se ponavlja kao i u prijašnjoj tablici.

| Vrijeme izrade (min) |           |           | Ukupno |
|----------------------|-----------|-----------|--------|
| Vrijeme izrade (min) | 160 - 187 | 216 - 243 |        |
| Reprezentant razreda | 173       | 240       |        |
| Učestalost           | 2         | 1         | 3      |
| Relativna učestalost | 0.6667    | 0.3333    | 1.0000 |
| Kumulativ            | 0.6667    | 1.0000    |        |

Tablica 17. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Ljepljenje sleevea

Kako je mali broj ulaznih podataka, deskriptivna statistika i Poissonova krivulja se ne mogu napraviti. Prema tome i za ovu aktivnost se budu uzeli stvarni podaci.

### 10.3. „Vrijeme trajanja Rezanja“

Unutar tablice 18 prikazano je vrijeme potrebno za rezanje etiketa na komade. Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 4 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta. Kako se može vidjeti u jednom razredu nije pripala niti jedna vrijednost pa su nam ostala 3 razreda.

Redak za učestalost iznosi 11 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni unutar ove aktivnosti. Postupak za računanje relativne učestalosti i kumulativa se ponavlja kao i u prijašnjoj tablici.

| Vrijeme trajanja Razrezivanja (min) |        |          |           | Ukupno  |
|-------------------------------------|--------|----------|-----------|---------|
| Vrijeme izrade (min)                | 5 - 36 | 69 - 100 | 101 - 132 |         |
| Reprezentant razreda                | 19     | 82       | 130       |         |
| Učestalost                          | 8      | 2        | 1         | 11      |
| Relativna učestalost                | 0.7273 | 0.1818   | 0.0909    | 100.00% |
| Kumulativ                           | 0.7273 | 0.9091   | 1.0000    |         |

Tablica 18. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Rezanja

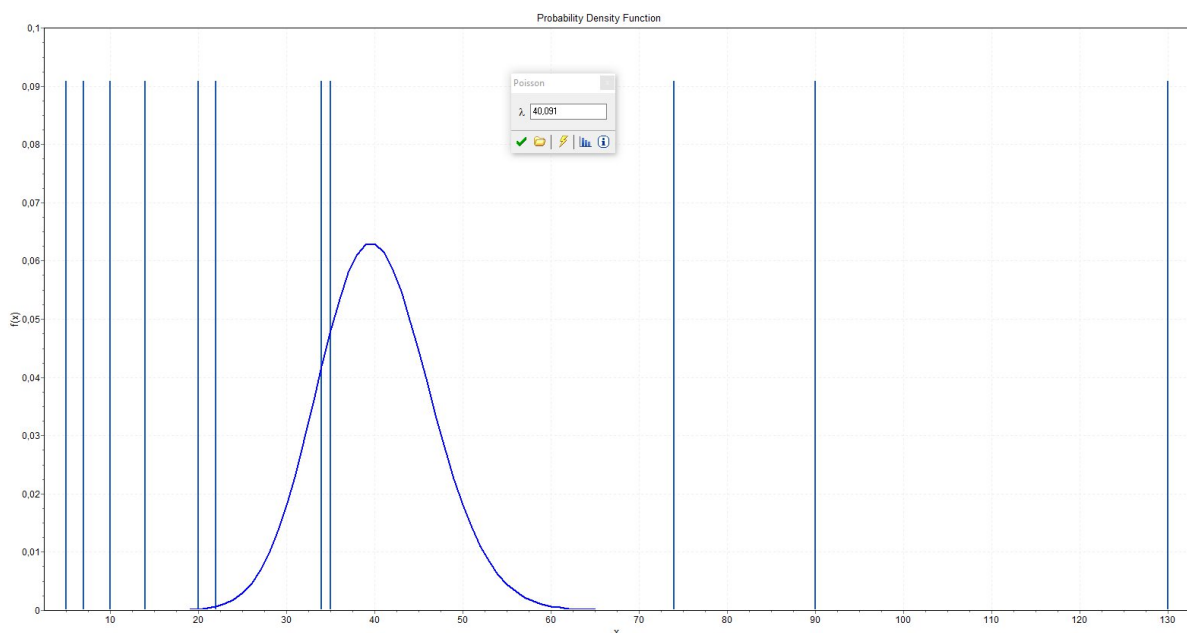
Uzorak koji se je analizirao povezan sa Izradom proizvoda iznosi 11. Minimalno vrijeme obrade iznosilo je 12 minuta, a najveća 200 minuta. Dobiveni medijan (50%) iznosi 22 minute, donji kvartil (25%) je 10 minuta, a gornji (75%) je 74 minute. Također iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 40,535 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 22.

### Descriptive Statistics

| Statistic          | Value  | Percentile   | Value |
|--------------------|--------|--------------|-------|
| Sample Size        | 11     | Min          | 5     |
| Range              | 125    | 5%           | 5     |
| Mean               | 40,091 | 10%          | 5,4   |
| Variance           | 1643,1 | 25% (Q1)     | 10    |
| Std. Deviation     | 40,535 | 50% (Median) | 22    |
| Coef. of Variation | 1,0111 | 75% (Q3)     | 74    |
| Std. Error         | 12,222 | 90%          | 122,0 |
| Skewness           | 1,3786 | 95%          | 130   |
| Excess Kurtosis    | 1,0719 | Max          | 130   |

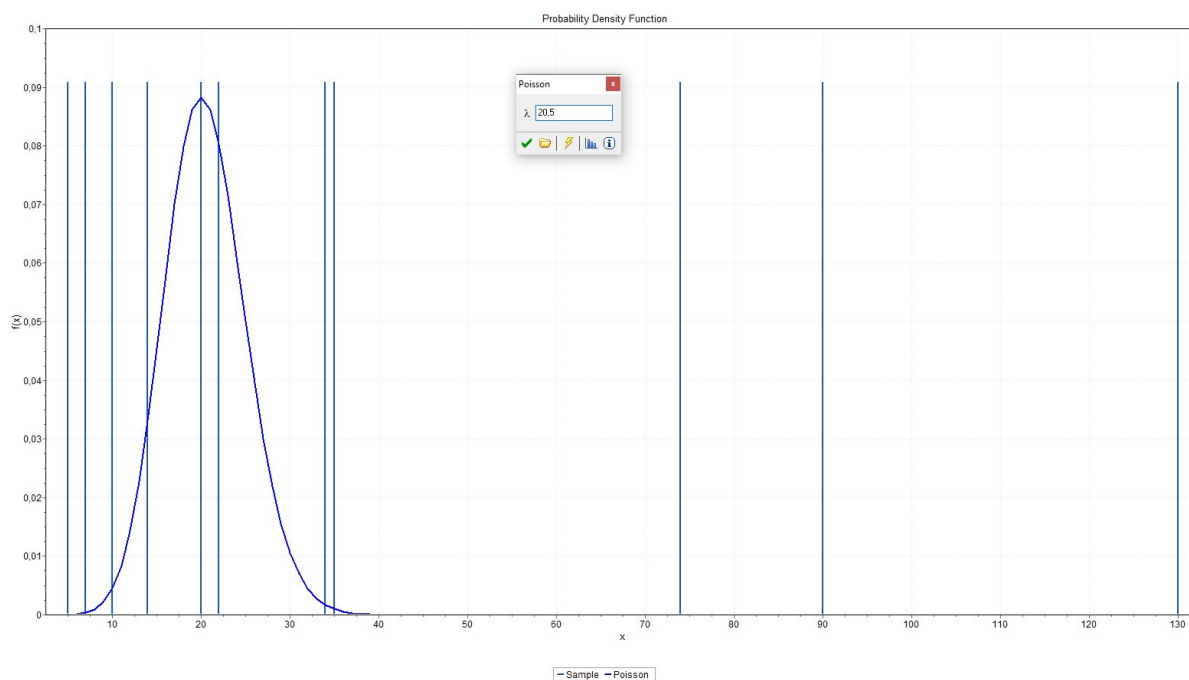
Slika 22. Analiza za Vrijeme trajanja Rezanja

Na slici 23 prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se rekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj minuta potrebnih za razrezivanje.



Slika 23. Grafički prikaz Poissona za vrijeme rezanje

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 40,091 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 24. Grafički prikaz Poissona za vrijeme Rezanja nakon promjene parametara

Kako se može vidjeti na slici 24 nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 20,5. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje na prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za dani obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.4. „Vrijeme trajanja Ricanja“

Unutar tablice 19 prikazano je vrijeme potrebno za ricanje. . Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 3 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta.

Redak za učestalost iznosi 4 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni unutar ove aktivnosti. Ova aktivnost se odnosi samo na samoljepljive etikete koje se postupkom ricanja oblikuju. Postupak za računanje relativne učestalosti i kumulativa se ponavlja kao i u prijašnjoj tablici.

| Vrijeme trajanja Ricanja (min) |          |           |           | Ukupno  |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---------|
| Vrijeme izrade (min)           | 69 - 186 | 187 - 304 | 305 - 422 |         |
| Reprezentant razreda           | 87       | 235       | 420       |         |
| Učestalost                     | 2        | 1         | 1         | 4       |
| Relativna učestalost           | 0.5000   | 0.2500    | 0.2500    | 100.00% |
| Kumulativ                      | 0.5000   | 0.7500    | 1.0000    |         |

Tablica 19. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Ricanja

Kako je mali broj ulaznih podataka, deskriptivna statistika i Poissonova krivulja se ne mogu napraviti.

## 10.5. „Vrijeme trajanja Namatanja“

Unutar tablice 20 prikazano je vrijeme potrebno za namatanje etiketa u kolutove. Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 3 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta.

Redak za učestalost iznosi 3 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni unutar ove aktivnosti. Ova aktivnost se odnosi samo na sleeve etikete koje se postupkom namataju i na ta način otpremaju do naručitelja. Postupak za računanje relativne učestalosti i kumulativa se ponavlja kao i u prijašnjoj tablici.

| Vrijeme trajanja Namatanja (min) |         |         |         | Ukupno  |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Vrijeme izrade (min)             | 12 - 28 | 29 - 45 | 45 - 61 |         |
| Reprezentant razreda             | 12      | 40      | 60      |         |
| Učestalost                       | 1       | 1       | 1       | 3       |
| Relativna učestalost             | 0.3333  | 0.3333  | 0.3333  | 100.00% |
| Kumulativ                        | 0.3333  | 0.6667  | 1.0000  |         |

Tablica 20. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja namatanja

Kako je mali broj ulaznih podataka, deskriptivna statistika i Poissonova krivulja se ne mogu napraviti. Prema tome i za ovu aktivnost se budu uzeli stvarni podaci.

## 10.6. „Vrijeme trajanja Dorade“

Unutar tablice 21 prikazano je vrijeme potrebno za doradu. Kako je prikazano u poglavlju 9.3, vrijeme izrade je podijeljeno u 5 razreda, te svaki razred ima svog reprezentanta. Kako se može vidjeti u jednom razredu nije pripala niti jedna vrijednost pa su nam ostala 4 razreda.

Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj radnih naloga koji su bili obrađeni unutar ove aktivnosti. Postupak za računanje relativne učestalosti i kumulativa se ponavlja kao i u prijašnjoj tablici.

|                      |        |         |         |           | Ukupno  |
|----------------------|--------|---------|---------|-----------|---------|
| Vrijeme izrade (min) | 1 - 27 | 28 - 54 | 55 - 81 | 109 - 135 |         |
| Reprezentant razreda | 10     | 35      | 73      | 130       |         |
| Učestalost           | 10     | 1       | 2       | 1         | 14      |
| Relativna učestalost | 0.7143 | 0.0714  | 0.1429  | 0.0714    | 100.00% |
| Kumulativ            | 0.7143 | 0.7857  | 0.9286  | 1.0000    |         |

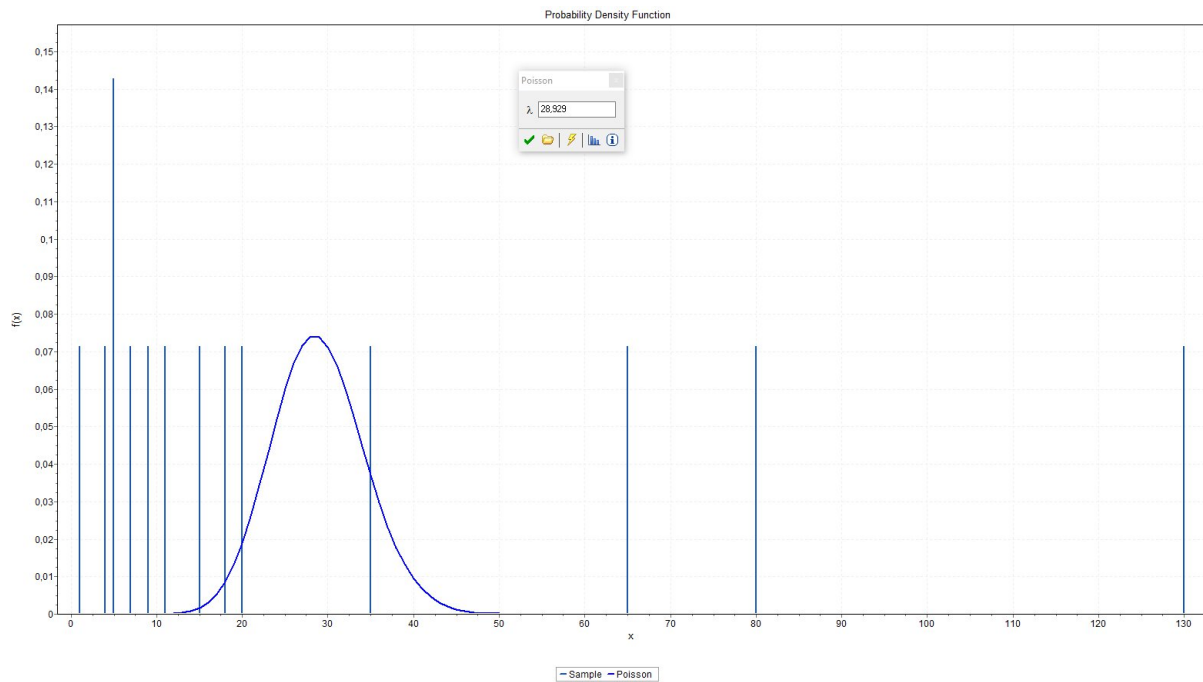
Tablica 21. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Dorade

Ukupna količina uzorka je 14. Minimalno vrijeme obrade iznosilo je 1 minuta, a najveća 130 minuta. Dobiveni medijan (50%) iznosi 13 minute, donji kvartil (25%) je 4 minuta, a gornji (75%) je 35 minute. Također iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 36,155 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 25.

| Descriptive Statistics |        |              |       |
|------------------------|--------|--------------|-------|
| Statistic              | Value  | Percentile   | Value |
| Sample Size            | 14     | Min          | 1     |
| Range                  | 129    | 5%           | 1     |
| Mean                   | 28,929 | 10%          | 4     |
| Variance               | 1307,2 | 25% (Q1)     | 5     |
| Std. Deviation         | 36,155 | 50% (Median) | 13    |
| Coef. of Variation     | 1,2498 | 75% (Q3)     | 35    |
| Std. Error             | 10,028 | 90%          | 80    |
| Skewness               | 1,6915 | 95%          | 130   |
| Excess Kurtosis        | 1,8093 | Max          | 130   |

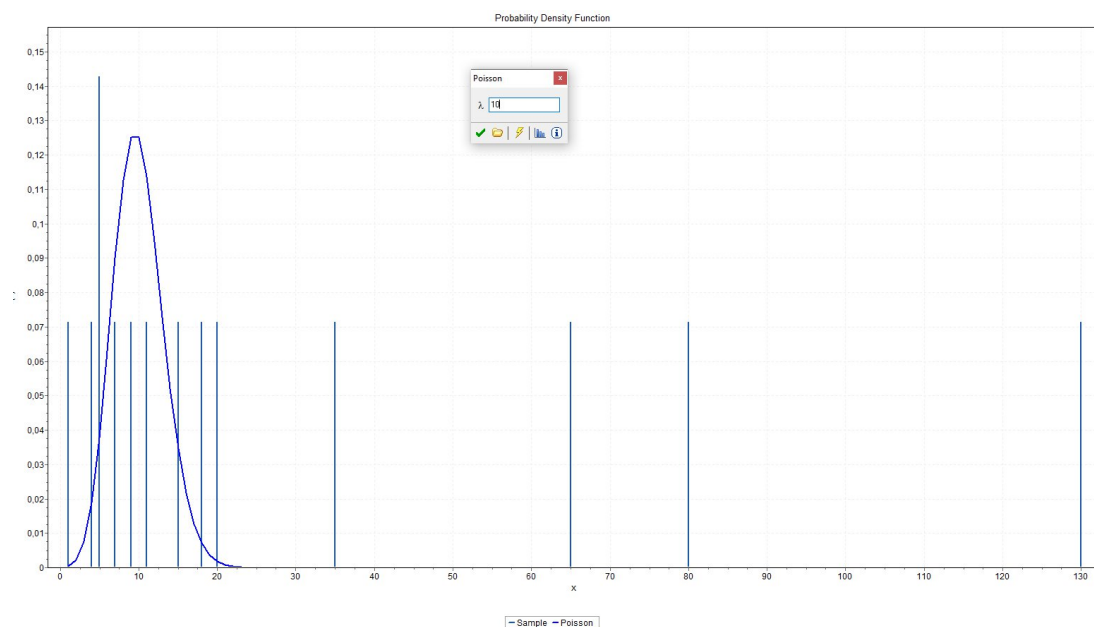
Slika 25: Analiza za Vrijeme trajanja dorade

Na slici 26 prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj minuta potrebnih za doradu.



Slika 26: Grafički prikaz Poissona za vrijeme dorade

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 40,091 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 27: Grafički prikaz Poissona za vrijeme Dorade nakon promjene parametara

Kako se može vidjeti na slici 27 nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 20,5. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje ne prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne



prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za danji obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.7. Pojavljivanje naloga za sleeve etikete

Unutar tablice 22 prikazan je broj narudžbi za sleeve etikete. Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj dana promatranih kako bi se dobila distribucija broja narudžbi.

| Pojavljivanje naloga za sleeve etikete |        |        |        |         |         |
|--|--------|--------|--------|---------|---------|
| Pojavljivanje                          | 2      | 3      | 4      | 5       | Ukupno  |
| Učestalost                             | 3      | 5      | 4      | 2       | 14      |
| Prosjek                                | 6      | 15     | 16     | 10      | 47      |
| Relativna učestalost                   | 21.43% | 35.71% | 28.57% | 14.29%  | 100.00% |
| Kumulativ                              | 21.43% | 57.14% | 85.71% | 100.00% |         |

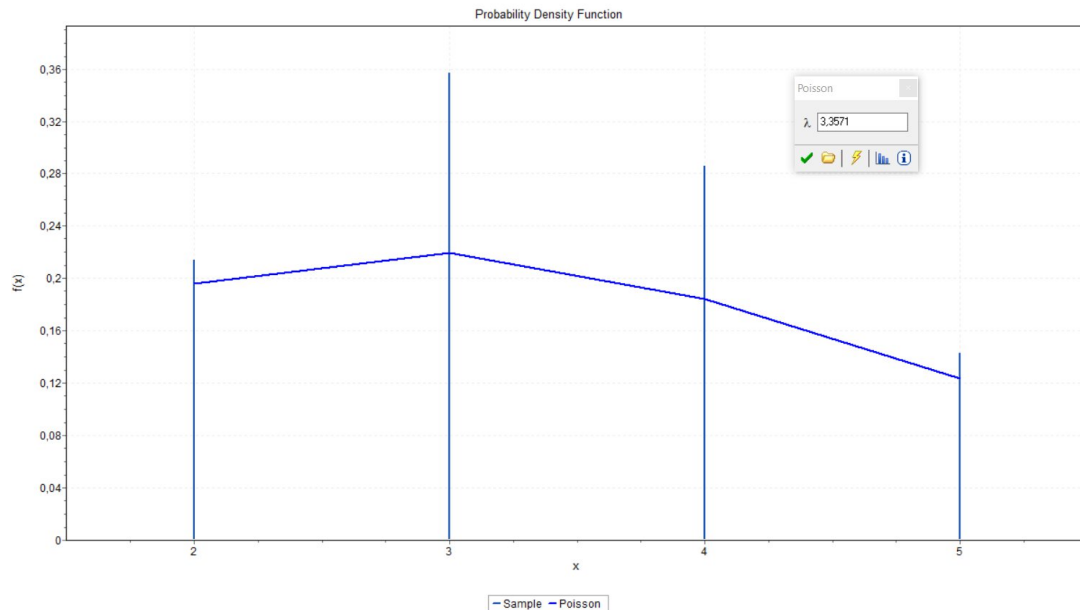
Tablica 22. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za sleeve

Kako bi se provjerilo jesu li podaci valjani za simulaciju, koristila se je deskriptivna statistika. Ukupna količina uzorka je 14. Minimalni broj pojavljivanja u danu je bio 2, a najveći 5. Dobiveni medijan (50%) iznosi 3, donji kvartil (25%) je 2,75, a gornji (75%) je 3. Također, iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 1,0082 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 28.

| Descriptive Statistics |              |                   |              |
|------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>Statistic</b>       | <b>Value</b> | <b>Percentile</b> | <b>Value</b> |
| Sample Size            | 14           | Min               | 2            |
| Range                  | 3            | 5%                | 2            |
| Mean                   | 3,3571       | 10%               | 2            |
| Variance               | 1,0165       | 25% (Q1)          | 2,75         |
| Std. Deviation         | 1,0082       | 50% (Median)      | 3            |
| Coef. of Variation     | 0,30032      | 75% (Q3)          | 4            |
| Std. Error             | 0,26945      | 90%               | 5            |
| Skewness               | 0,19301      | 95%               | 5            |
| Excess Kurtosis        | -0,81942     | Max               | 5            |

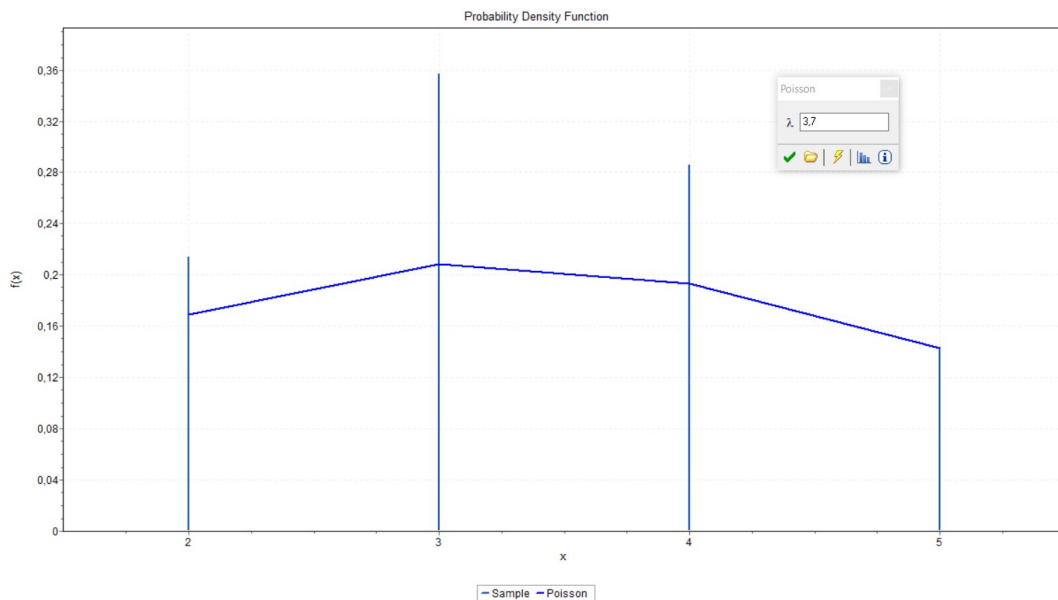
Slika 28. Analiza za Broj narudžbi za sleeve etikete

Na slici 29 prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj dolazaka narudžbe.



Slika 29. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za sleeve

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 3,3571 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 30. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za sleeve nakon promjene parametara

Kako se može vidjeti na slici 27 nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 3,7. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje na prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne

prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za danji obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.8. Pojavljivanje naloga za opp etikete

Unutar tablice 31. prikazan je broj narudžbi za opp etikete. Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj dana promatranih kako bi se dobila distribucija broja narudžbi.

| Pojavljivanje naloga za opp etikete |        |        |        |        |        |         |         |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Pojavljivanje                       | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5       | Ukupno  |
| Učestalost                          | 2      | 3      | 4      | 3      | 1      | 1       | 14      |
| Prosjek                             | 0      | 3      | 8      | 9      | 4      | 5       | 29      |
| Relativna učestalost                | 14.29% | 21.43% | 28.57% | 21.43% | 7.14%  | 7.14%   | 100.00% |
| Kumulativ                           | 14.29% | 35.71% | 64.29% | 85.71% | 92.86% | 100.00% |         |

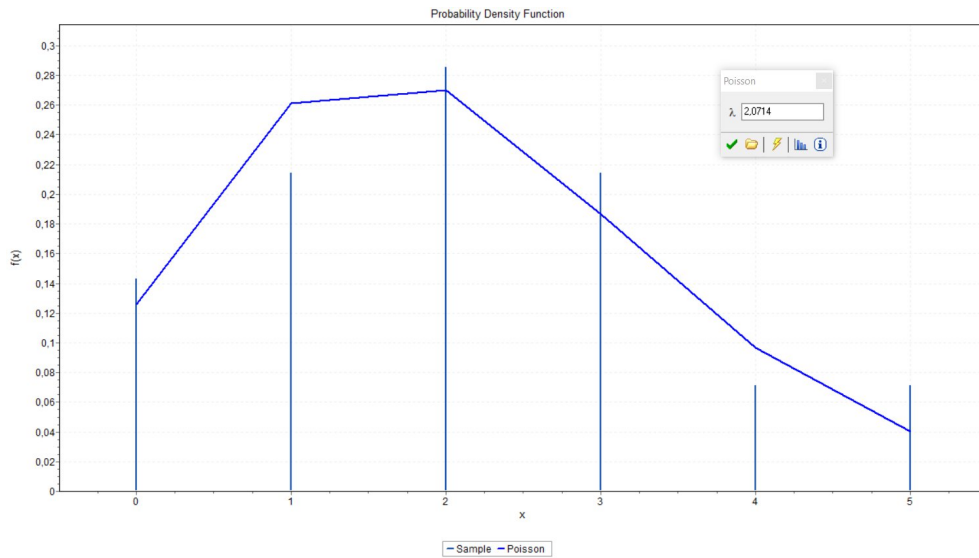
Tablica 31. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za opp

Ukupna količina uzorka je 14. Minimalni broj pojavljivanja u danu je bio 0, a najveći 5. Dobiveni medijan (50%) iznosi 2, donji kvartil (25%) je 1, a gornji (75%) je 3. Također, iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 1,3869 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 32.

| Descriptive Statistics |              |                   |              |
|------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>Statistic</b>       | <b>Value</b> | <b>Percentile</b> | <b>Value</b> |
| Sample Size            | 14           | Min               | 0            |
| Range                  | 5            | 5%                | 0            |
| Mean                   | 2,0714       | 10%               | 0            |
| Variance               | 1,9235       | 25% (Q1)          | 1            |
| Std. Deviation         | 1,3869       | 50% (Median)      | 2            |
| Coef. of Variation     | 0,66953      | 75% (Q3)          | 3            |
| Std. Error             | 0,5662       | 90%               | 4            |
| Skewness               | 0,3541       | 95%               | 5            |
| Excess Kurtosis        | -0,48251     | Max               | 5            |

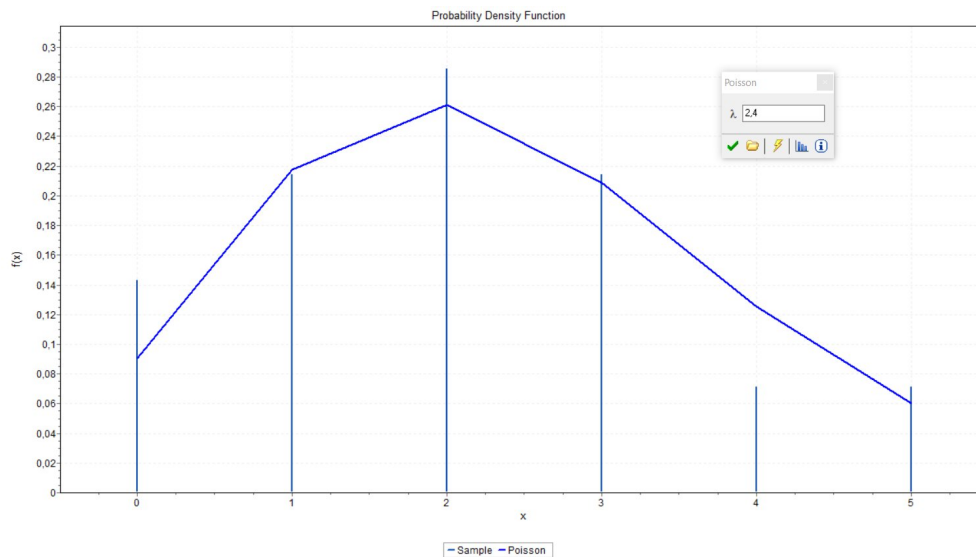
Slika 32. Analiza za Broj narudžbi za opp etikete

Na slici 33. prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj dolazaka narudžbe.



Slika 33. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za opp

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 2,0714 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 34. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za opp nakon promjene parametara

Kako se može vidjeti na slici 34. nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 2,4. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje na prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne

prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za danji obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.9. Pojavljivanje naloga za offset etikete

Unutar tablice 24 prikazan je broj narudžbi za offset etikete. Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj dana promatranih kako bi se dobila distribucija broja narudžbi.

| Pojavljivanje naloga za offset etikete |        |        |        |        |         |         |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Pojavljivanje                          | 0      | 1      | 2      | 3      | 4       | Ukupno  |
| Učestalost                             | 3      | 3      | 4      | 2      | 2       | 14      |
| Prosjek                                | 0      | 3      | 8      | 6      | 8       | 25      |
| Relativna učestalost                   | 21.43% | 21.43% | 28.57% | 14.29% | 14.29%  | 100.00% |
| Kumulativ                              | 21.43% | 42.86% | 71.43% | 85.71% | 100.00% |         |

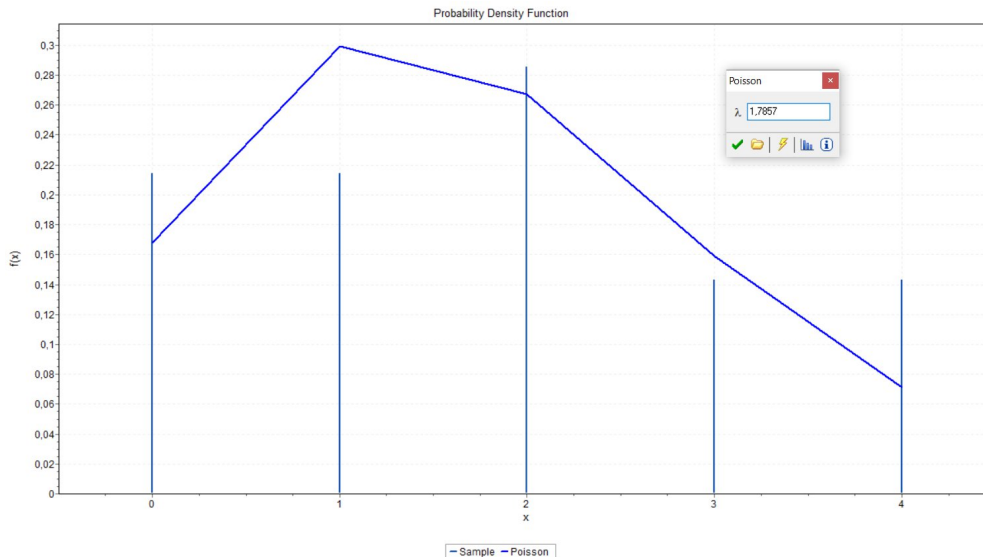
Tablica 24. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za offset

Ukupna količina uzorka je 14. Minimalni broj pojavljivanja u danu je bio 0, a najveći 4. Dobiveni medijan (50%) iznosi 2, donji kvartil (25%) je 1, a gornji (75%) je 3. Također, iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 1,319 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 35.

| Descriptive Statistics |              |                   |              |
|------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>Statistic</b>       | <b>Value</b> | <b>Percentile</b> | <b>Value</b> |
| Sample Size            | 14           | Min               | 0            |
| Range                  | 4            | 5%                | 0            |
| Mean                   | 1,7857       | 10%               | 0            |
| Variance               | 1,7398       | 25% (Q1)          | 1            |
| Std. Deviation         | 1,319        | 50% (Median)      | 2            |
| Coef. of Variation     | 0,73865      | 75% (Q3)          | 3            |
| Std. Error             | 0,58988      | 90%               | 4            |
| Skewness               | 0,21153      | 95%               | 4            |
| Excess Kurtosis        | -1,0158      | Max               | 4            |

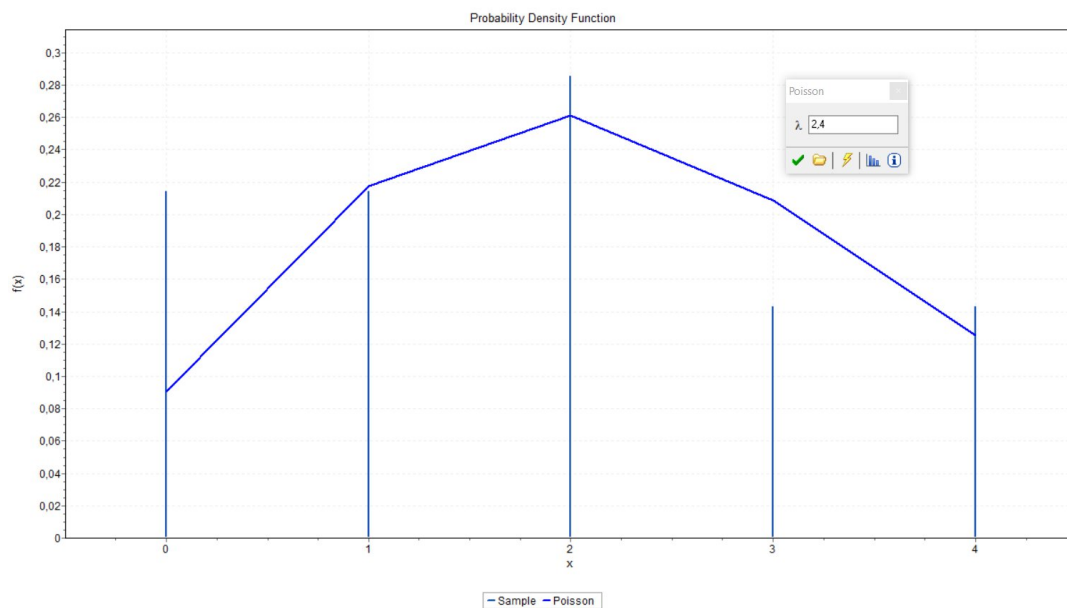
Slika 35. Analiza za Broj narudžbi za opp etikete

Na slici 36. prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj dolazaka narudžbe.



Slika 36. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 1,7857 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



Slika 37. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset nakon promjene parametra

Kako se može vidjeti na slici 37. nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 2,4. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje na prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za danji obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.

## 10.10. Pojavljivanje naloga za samoljepljive etikete

Unutar tablice 25 prikazan je broj narudžbi za offset etikete. Redak za učestalost iznosi 14 te se taj broj odnosi na ukupan broj dana promatranih kako bi se dobila distribucija broja narudžbi.

| Pojavljivanje naloga za offset etikete |        |        |        |        |         |               |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------------|
| Pojavljivanje                          | 0      | 1      | 2      | 3      | 4       | <b>Ukupno</b> |
| Učestalost                             | 3      | 3      | 4      | 2      | 2       | 14            |
| Prosjek                                | 0      | 3      | 8      | 6      | 8       | 25            |
| Relativna učestalost                   | 21.43% | 21.43% | 28.57% | 14.29% | 14.29%  | 100.00%       |
| Kumulativ                              | 21.43% | 42.86% | 71.43% | 85.71% | 100.00% |               |

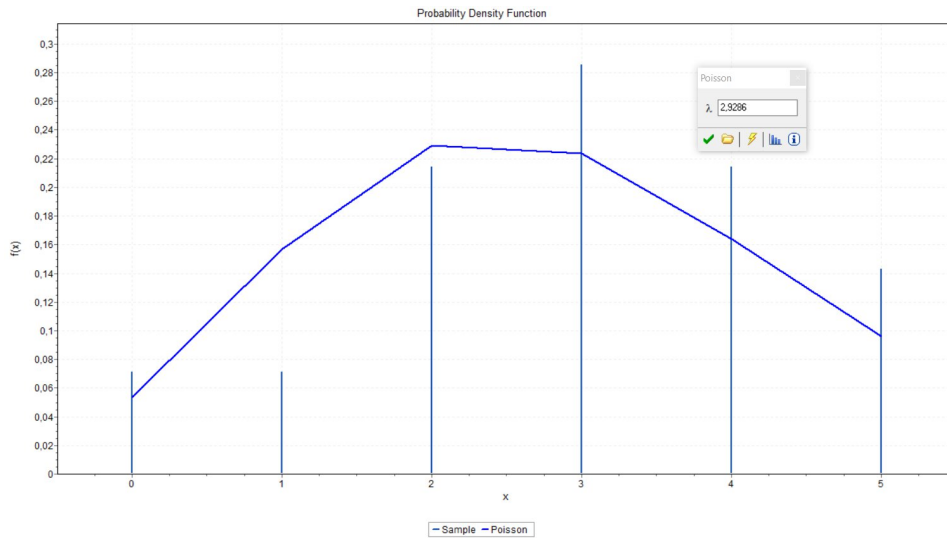
Tablica 25. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za offset

Ukupna količina uzorka je 14. Minimalni broj pojavljivanja u danu je bio 0, a najveći 4. Dobiveni medijan (50%) iznosi 3, donji kvartil (25%) je 2, a gornji (75%) je 3. Također, iz podataka se može izračunati i standardna devijacija koja u ovom slučaju iznosi 1,3869 te nam ona govori koliko je kvadratno odstupanje numeričke varijable. Cijelu tablicu statističkih rezultata za Izraditi proizvod nalazi se na slici 38.

| Descriptive Statistics |              |                   |              |
|------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| <b>Statistic</b>       | <b>Value</b> | <b>Percentile</b> | <b>Value</b> |
| Sample Size            | 14           | Min               | 0            |
| Range                  | 5            | 5%                | 0            |
| Mean                   | 2,9286       | 10%               | 1            |
| Variance               | 1,9235       | 25% (Q1)          | 2            |
| Std. Deviation         | 1,3869       | 50% (Median)      | 3            |
| Coef. of Variation     | 0,47357      | 75% (Q3)          | 4            |
| Std. Error             | 0,5662       | 90%               | 5            |
| Skewness               | -0,3541      | 95%               | 5            |
| Excess Kurtosis        | -0,48251     | Max               | 5            |

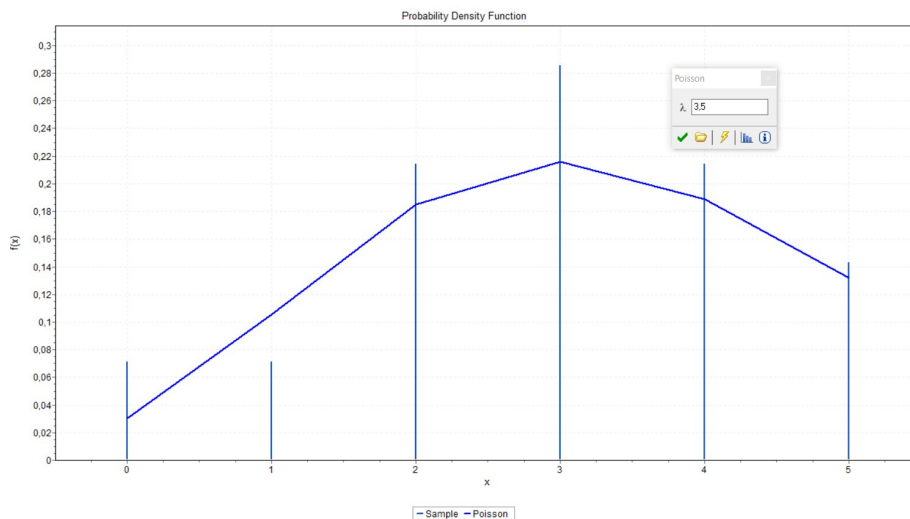
Slika 38. Analiza za Broj narudžbi za samoljepljive etikete

Na slici 39. prikazan je graf s Poissonovom krivuljom. Na y osi nalaze se frekvencije obrade podataka, a na x osi se nalazi broj dolazaka narudžbe.



Slika 39. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset

Prema prikazanom grafu možemo vidjeti da krivulja ne prati stvarne podatke, te se funkcija može pokušati prilagoditi. U ovom slučaju parametar  $\lambda$  iznosi 2,2986 te će se probati prilagoditi kako bi krivulja pratila što bolje podatke.



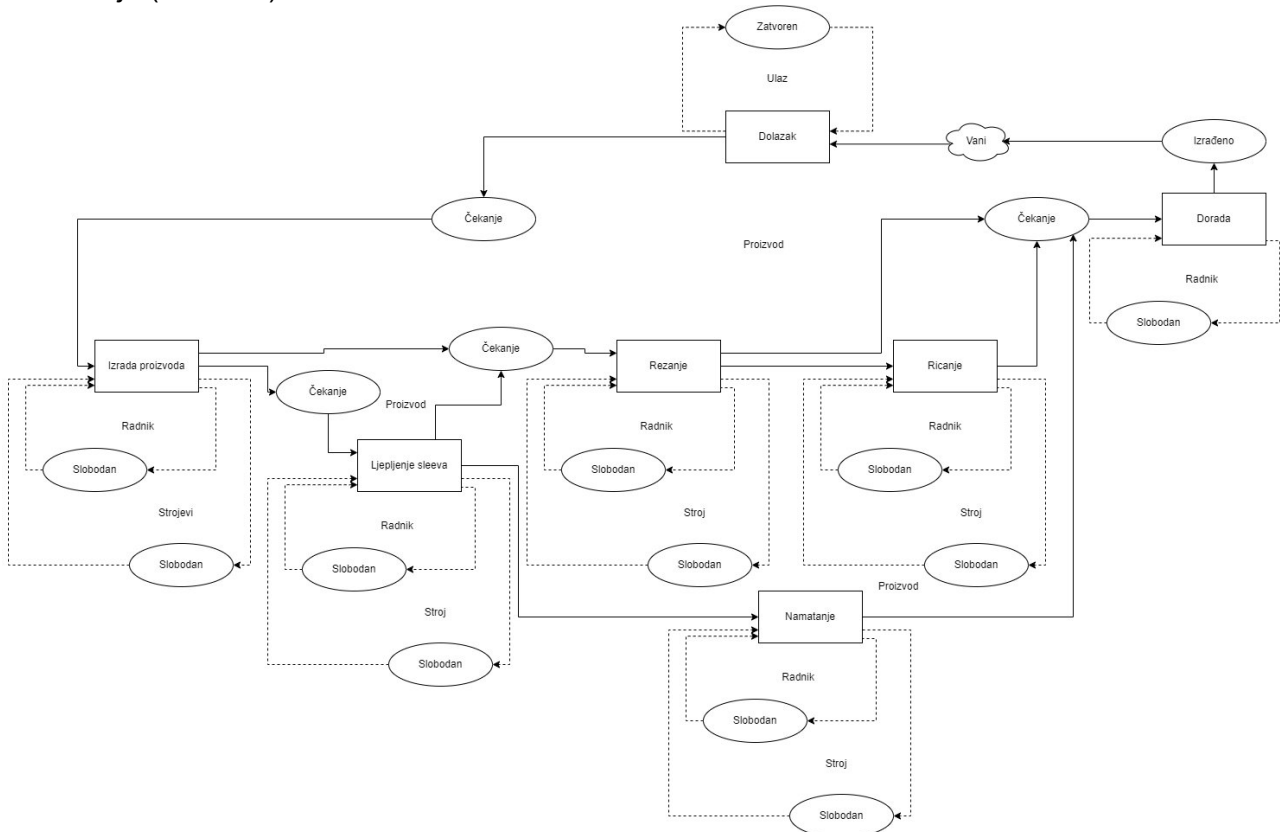
Slika 40. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset nakon promjene parametara

Kako se može vidjeti na slici 40 nova postavljena vrijednost parametra  $\lambda$  iznosi 3,5. Iako je parametar promijenjen, krivulja i dalje ne prati stvarne podatke. Kako Poissonova krivulja ne prati stvarne podatke ta funkcija nam ne odgovara za dani obradu. Prema tome, za simulaciju se budu uzimali stvarni podaci.



# 11. Konceptualni model

Konceptualni model sustava prikazan je pomoću dijagrama ciklusa aktivnosti (DCA). Unutar dijagrama se može vidjeti kretanje objekata unutar sustava, aktivnosti (pravokutnici) te redovi čekanja (kružnice).



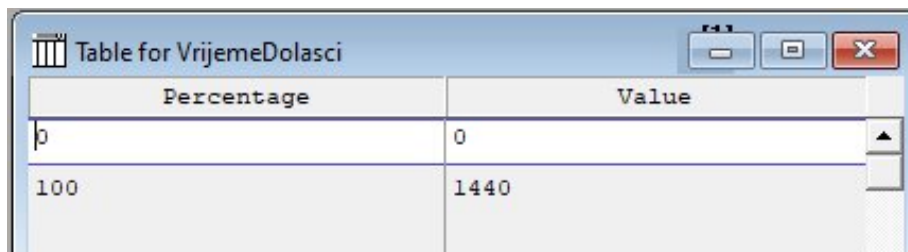
Slika 41. Konceptualni model sustava

Kako se može vidjeti na slici 41. obrađeni poslovni proces započinje sa dolaskom radnog naloga na aktivnosti Dolazak. Nakon dolaska radnog naloga oni se stavljaju u red čekanje te se zatim krene izrađivati proizvod prema tom nalogu. Kako postoji više vrsta proizvoda, ne idu svi na iste strojeve. Kako se može vidjeti Nakon aktivnosti Izraditi proizvod, neki proizvodi idu na lijepljenje, a drugi idu na rezanje. Oni proizvodi koji su bili na lijepljenju idu na namatanje te nakon namatanja idu na doradu. Oni proizvodi koji su bila na rezanju odlaze ili na ricanje ili izravno u doradu. Nakon ricanja, proizvodi odlaze na doradu. Svi proizvodi koji su došli u doradu nakon nje odlaze van iz procesa. Također, na slici možemo vidjeti zauzeće radnika i strojeva unutar određenih aktivnosti.

## 12. Postavljanje ulaznih razdiobi unutar programa

Kako se je zaključilo u poglavlju 10, distribucije potrebne za simulaciju biti će izrađene prema stvarnim podacima. Unutar ove simulacije postoji sedam vrsta distribucija koje će u nastavku biti prikazane.

Prva funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme dolaska*. Ova distribucija je unutar programa postavljena kao VrijemeDolasci. Na slici 42. prikaza je distribucija za vrijeme dolaska naloga u proces.

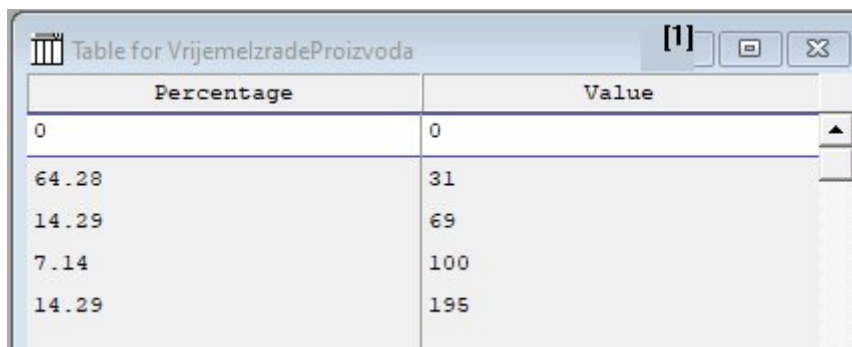


| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 100        | 1440  |

Slika 42. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme dolaska

Ova funkcija je diskretna i nije kumulativna. Unutar ove distribucije postoji samo jedno vrijeme, odnosno ova distribucija govori da svi radni nalozi dolaze jednom u 24 sata, odnosno svakih 1440 minuta.

Druga funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme izrade proizvoda* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemelzredeProizvoda. Na slici 43 prikazana je distribucija za vrijeme izrade proizvoda.



| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 64.28      | 31    |
| 14.29      | 69    |
| 7.14       | 100   |
| 14.29      | 195   |

Slika 43.. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme izrade proizvoda

Treća funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme ljepljenja sleevea* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemeLjepljenjaSleeva. Na slici 44. vidi se distribucija za vrijeme ljepljenje sleevea.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 66.67      | 173   |
| 33.33      | 240   |

Slika 44. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme ljepljenje sleevea

Četvrta funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme rezanja* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemeRezanja. Na slici 45. vidi se distribucija za vrijeme rezanja.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 72.73      | 19    |
| 18.18      | 82    |
| 9.09       | 130   |

Slika 45. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme rezanja

Peta funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme ricanja* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemeRicanja. Na slici 46. vidi se distribucija za vrijeme ricanja.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 50.00      | 87    |
| 25.00      | 235   |
| 25.00      | 420   |

Slika 46. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme ricanja

Šesta funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme namatanja* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemeNamatanja. Na slici 47. vidi se distribucija za vrijeme namatanja.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 33.33      | 12    |
| 33.33      | 40    |
| 33.34      | 60    |

Slika 47. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme namatanja

Sedma funkcija je *funkcija distribucije za vrijeme dorade* i unutar programa se nalazi pod nazivom VrijemeDorade. Na slici 48. vidi se distribucija za vrijeme dorade.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 71.43      | 10    |
| 7.14       | 35    |
| 14.29      | 73    |
| 07.14      | 130   |

Slika 48. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme dorade

Sve navedene distribucije su diskretne i nisu kumulativne. Unutar stupca percentage prikazani postoci prema kojima se gleda koliko se određeno vrijeme pojavljuje u sustavu, a value je stavljen reprezentant razreda kojega smo dobili u poglavlju 9.3.

Osma funkcija je *funkcija distribucije za broj dolazaka narudžbi za sleeve etikete* i unutar programa se nalazi pod nazivom *BrojPojavljivanjaNalogaZaSleeve*. Na slici 49. vidi se distribucija za vrijeme dorade.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 0          | 0     |
| 21.43      | 2     |
| 35.71      | 3     |
| 28.57      | 4     |
| 14.29      | 5     |

Slika 49. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za sleeve etikete

Deveta funkcija je *funkcija distribucije za broj dolazaka narudžbi za opp etikete* i unutar programa se nalazi pod nazivom *BrojPojavljivanjaNalogaZaOpp*. Na slici 50. vidi se distribucija za vrijeme dorade.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 14.29      | 0     |
| 21.43      | 1     |
| 28.57      | 2     |
| 21.43      | 3     |
| 7.14       | 4     |
| 7.14       | 5     |

Slika 50. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za opp etikete

Deseta funkcija je *funkcija distribucije za broj dolazaka narudžbi za offset etikete* i unutar programa se nalazi pod nazivom *BrojPojavljivanjaNalogaZaOffset*. Na slici 51. vidi se distribucija za vrijeme dorade.

| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 21.43      | 0     |
| 21.43      | 1     |
| 28.56      | 2     |
| 14.29      | 3     |
| 14.29      | 4     |

Slika 51. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za offset etikete

Jedanaesta funkcija je *funkcija distribucije za broj dolazaka narudžbi za samoljepljive etikete* i unutar programa se nalazi pod nazivom *BrojPojavljivanjaNalogaZaSamoljepljive*. Na slici 52. vidi se distribucija za vrijeme dorade.

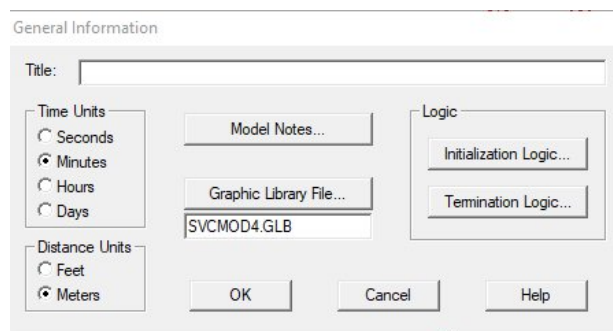
| Percentage | Value |
|------------|-------|
| 7.14       | 0     |
| 7.14       | 1     |
| 21.43      | 2     |
| 28.57      | 3     |
| 21.43      | 4     |
| 14.29      | 5     |

Slika 52. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za samoljepljive etikete

## 13. Izrada rješenja za Proces Izraditi i doraditi proizvod

Unutar ovog poglavlja opisan je i prikazan model te pripadajuća simulacija trenutnog stanja Poduzeća. Cijeli model je izrađen u alatu ServiceModel 4.2 te je u njemu i provedena simulacija.

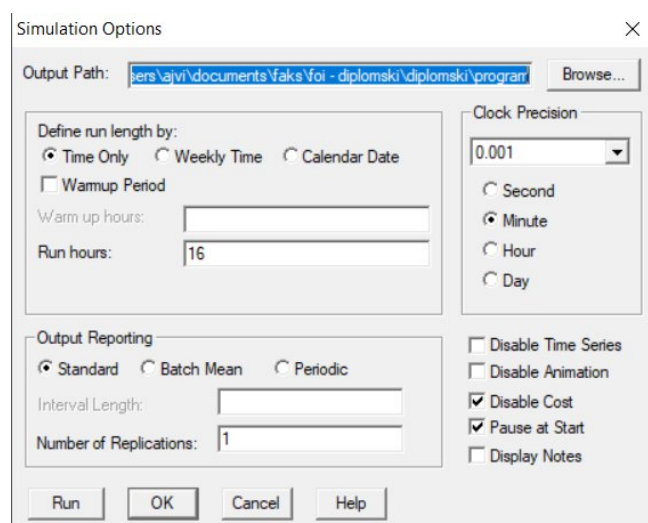
Na samom početku bilo je potrebno postaviti neke generalne postavke modela. Na slici 53. mogu se vidjeti postavljene postavke.



Slika 53. Prikaz generalnih postavki unutar alata

Glavna stvar na koju se je morala obratiti pažnja bilo je Time Units te se je ta opcija trebala postaviti na Minutes (minute). Od početnih podataka do distribucija, sve je obrađeno u minutama pa je bilo potrebno i alatu reći koju vrstu podataka obrađuje.

Postavke postavljanja vremena izvođenja simulacije možemo vidjeti na slici 54. U našem slučaju, postavljeno vrijeme je 16 sati.



Slika 54. Postavke sati simulacije

Model trenutnog stanja poslovnog procesa unutar poduzeća prikazan je na slici 55.



Slika 55. Model trenutnog stanja

Na slici se mogu vidjeti kretanja proizvoda od kada dođu u sustav dok ne odu iz njega.

## 14. Analiza rezultata

Simulacije za poslovni proces Izraditi i doraditi proizvod odrađena je u trajanju od 16 sati. Dobiveni rezultati povezani sa lokacijama prikazani su na slici 56.

| LOCATIONS                                  |                 |          |               |                           |                  |                  |                  |        |  |
|--|-----------------|----------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--|
| Location Name                              | Scheduled Hours | Capacity | Total Entries | Average Minutes Per Entry | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Util |  |
| Ulaz                                       | 16              | 1        | 10            | 0.000000                  | 0                | 1                | 0                | 0.00   |  |
| RedCekanja1                                | 16              | 999999   | 10            | 97.723000                 | 1.01795          | 10               | 0                | 0.00   |  |
| StrojZaIzradu1 SleeveOPP                   | 16              | 1        | 2             | 50.000000                 | 0.104167         | 1                | 0                | 10.42  |  |
| StrojZaIzradu2 SleeveOPP                   | 16              | 1        | 1             | 69.000000                 | 0.071875         | 1                | 0                | 7.19   |  |
| StrojZaIzradu3 SleeveOPP                   | 16              | 1        | 2             | 31.000000                 | 0.0645833        | 1                | 0                | 6.46   |  |
| StrojZaRezanje OffsetOpp                   | 16              | 1        | 4             | 50.500000                 | 0.210417         | 1                | 0                | 21.04  |  |
| StrojZaIzradu OffsetSamoljepljiva          | 16              | 1        | 5             | 77.600000                 | 0.404167         | 1                | 0                | 40.42  |  |
| StrojZaRezanjeSamoljepljive Ricanje        | 16              | 1        | 1             | 633.816000                | 0.660225         | 1                | 1                | 66.02  |  |
| StrojZaLjepljenjeSleeve                    | 16              | 1        | 3             | 195.333333                | 0.610417         | 1                | 0                | 61.04  |  |
| StrojZaNamatanje                           | 16              | 1        | 3             | 28.000000                 | 0.0875           | 1                | 0                | 8.75   |  |
| SkladišteIzlaz                             | 16              | 1        | 7             | 0.000000                  | 0                | 1                | 0                | 0.00   |  |
| Dorada                                     | 16              | 4        | 7             | 22.571429                 | 0.164583         | 2                | 0                | 4.11   |  |
| RedCekanja2                                | 16              | 999999   | 3             | 182.737667                | 0.571055         | 2                | 0                | 0.00   |  |
| RedCekanja3                                | 16              | 999999   | 7             | 0.048000                  | 0.00035          | 1                | 0                | 0.00   |  |
| RedCekanjaZaRezanjeOffsetOpp               | 16              | 999999   | 4             | 55.488000                 | 0.2312           | 3                | 0                | 0.00   |  |
| VrijemeCekanjaZaRezanjeRicanjeSamoljpljive | 16              | 999999   | 3             | 391.605000                | 1.22377          | 2                | 2                | 0.00   |  |

Slika 56. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za lokacije

Prema dobivenim rezultatima vidi se da je unutar simulacije došlo ukupno 10 narudžbi za taj dan. Nakon ulaza sve narudžbe su došle na red čekanja, dvije od njih je tokom procesa došlo na izradu na stroj za izradu 1 - sleeve i opp, jedna je tokom procesa došla do stroja za izradu 2 - sleeve i opp te su dvije narudžbe došle na stroj za izradu 3 - sleeve i opp. Na stroj za izradu offset i samoljepljivih etiketa došle su četiri narudžbe, a na stroj za rezanje samoljepljivih etiketa i ricanje došla je jedna narudžba. Na stroju za ljepljenje sleeve etiketa došle su tri narudžbe te na namatanje su došle tri narudžbe. Izraženi proizvodi prema sedam narudžbi je došlo do dorade i sedam ih je otišlo nazad u skladište kao potpuno gotov proizvod.

Na slici 57. može se vidjeti koliko je koji resurs bio zauzet.

| RESOURCES     |       |                 |                      |                           |        |  |
|---------------|-------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------|--|
| Resource Name | Units | Scheduled Hours | Number Of Times Used | Average Minutes Per Usage | % Util |  |
| Zaposlenik1   | 1     | 16              | 5                    | 71.400000                 | 37.19  |  |
| Zaposlenik2   | 1     | 16              | 1                    | 69.000000                 | 7.19   |  |
| Zaposlenik3   | 1     | 16              | 2                    | 31.000000                 | 6.46   |  |
| Zaposlenik4   | 1     | 16              | 4                    | 50.500000                 | 21.04  |  |
| Zaposlenik5   | 1     | 16              | 2                    | 65.500000                 | 13.65  |  |
| Zaposlenik6   | 1     | 16              | 1                    | 19.000000                 | 1.98   |  |
| Zaposlenik7   | 1     | 16              | 3                    | 195.333333                | 61.04  |  |
| Zaposlenik8   | 1     | 16              | 3                    | 28.000000                 | 8.75   |  |

Slika 57. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za resurse



Resurs zaposlenik1 je bio zauzet sa pet narudžbe (Number of Times Used), a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa (Average Minutes Pers Usage) iznosi 71.40 minuta.

Resurs zaposlenik2 je bio zauzet sa jednom narudžbom, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 69 minuta.

Resurs zaposlenik3 je bio zauzet sa dvije narudžbe, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 31 minutu.

Resurs zaposlenik4 je bio zauzet sa četiri narudžbe, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 50.50 minute.

Resurs zaposlenik5 je bio zauzet sa dvije narudžbe, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 65.50 minute.

Resurs zaposlenik6 je bio zauzet sa jednom narudžbom, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 19 minuta.

Resurs zaposlenik7 je bio zauzet sa tri narudžbe, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 195 minute.

Resurs zaposlenik8 je bio zauzet sa tri narudžbe, a prosječno trajanje pojedinog korištenja resursa iznosi 28 minute.

| FAILED ARRIVALS                  |                  |                 |
|----------------------------------|------------------|-----------------|
| Entity<br>Name                   | Location<br>Name | Total<br>Failed |
| RadniNalogZaSleeveEtikete        | Ulaz             | 0               |
| RadniNalogZaOppEtikete           | Ulaz             | 0               |
| RadniNalogZaOffsetEtikete        | Ulaz             | 0               |
| RadniNalogZaSamoljepljiveEtikete | Ulaz             | 0               |

Slika 58. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za neuspjele dolaske

Kako se može vidjeti na slici 58., za sve entitete unutar simulacije, dolasci su bili uspješni. Odnosno niti jedan dolazak narudžbe nije bio neuspješan.

## 15. Varifikacija simulacije

Verifikacija dobivenih podataka preko simulacije nam govori jesu li dobiveni podaci dovoljno dobri kako bi se mogli koristiti u stvarnome sustavu. Za verifikaciju se je koristio hi-kvadrat test. Testovi su napravljeni za one tablice za koje su se uspjeli dobiti podaci, odnosno tablice kao što su Vrijeme obrade za ricanje nije mogla biti verificirana jer unutar simulacije niti jedan proizvod nije uspio doći do te aktivnosti.

Unutar tablice 26. Mogu se vidjeti dobiveni podaci za Vrijeme izrade proizvoda.

| Vrijeme Izrade procesa |        |    |        |       |                          |
|------------------------|--------|----|--------|-------|--------------------------|
| n                      | Px(n)  | f0 | fe     | f0-fe | (f0-fe) <sup>2</sup> /fe |
| 12 - 50                | 0.6429 | 6  | 0.0643 | 5.94  | 548.03                   |
| 51 - 89                | 0.1429 | 2  | 0.0143 | 1.99  | 275.93                   |
| 90 - 128               | 0.0714 | 1  | 0.0071 | 0.99  | 138.06                   |
| 168 - 206              | 0.1428 | 1  | 0.0143 | 0.99  | 68.04                    |
| Ukupno                 | 1.0000 | 10 |        |       | 1030.06                  |

Tablica 26. Verifikacija vremena izrade proizvoda

Dobiveni hi kvadrat iznosi 1030.06 što je veće od tabličnoga hi kvadrata za stupanj slobode 4 koji iznosi 9.4877. Prema tome možemo zaključiti da podaci generirani u sustavu za vrijeme izrade proizvoda nisu sa 95% vjerojatnosti jednaki podacima koji bi se generirali u stvarnom sustavu.

Unutar tablice 27. Mogu se vidjeti dobiveni podaci za Vrijeme ljepljenja sleevea.

| Vrijeme Ljepljenja sleevea |        |    |        |        |                          |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|--------------------------|
| n                          | Px(n)  | f0 | fe     | f0-fe  | (f0-fe) <sup>2</sup> /fe |
| 160 - 187                  | 0.6667 | 1  | 0.0667 | 0.9333 | 13.0659                  |
| 216 - 243                  | 0.3330 | 2  | 0.0333 | 1.9667 | 116.1534                 |
| Ukupno                     | 0.9997 | 3  |        |        | 129.2193                 |

Tablica 27. Verifikacija vremena ljepljenja sleevea

Dobiveni hi kvadrat iznosi 129.2193 što je veće od tabličnoga hi kvadrata za stupanj slobode 2 koji iznosi 5.9915. Prema tome možemo zaključiti da i u ovom slučaju podaci generirani u sustavu nisu sa 95% vjerojatnosti jednaki podacima koji bi se generirali u stvarnom sustavu.

Unutar tablice 28. Mogu se vidjeti dobiveni podaci za Vrijeme rezanja.

| Vrijeme Rezanja |        |    |        |         |                          |
|-----------------|--------|----|--------|---------|--------------------------|
| n               | Px(n)  | f0 | fe     | f0-fe   | (f0-fe) <sup>2</sup> /fe |
| 5 - 36          | 0.7273 | 1  | 1.0910 | -0.4243 | 0.1650                   |
| 69 - 100        | 0.1818 | 0  | 0.2727 | -0.2727 | 0.2727                   |
| 101 - 132       | 0.0909 | 0  | 0.1364 | -0.1364 | 0.1364                   |
| Ukupno          | 1.0000 | 1  |        |         | 0.5741                   |

Tablica 28. Verifikacija vremena rezanja

Dobiveni hi kvadrat iznosi 0.5741 što je manje od tabličnoga hi kvadrata za stupanj slobode 3 koji iznosi 7.8147. Prema tome možemo zaključiti da u ovom slučaju podaci generirani u sustavu jesu sa 95% vjerojatnosti jednaki podacima koji bi se generirali u stvarnom sustavu.

Unutar tablice 29. Mogu se vidjeti dobiveni podaci za Vrijeme namatanja.

| Vrijeme Namatanje |        |    |        |         |                          |
|-------------------|--------|----|--------|---------|--------------------------|
| n                 | Px(n)  | f0 | fe     | f0-fe   | (f0-fe) <sup>2</sup> /fe |
| 12 - 28           | 0.3333 | 2  | 0.1667 | 1.8334  | 20.1691                  |
| 29 - 45           | 0.3333 | 0  | 0.1667 | -0.1667 | 0.1667                   |
| 45 - 61           | 0.3333 | 1  | 0.1667 | 0.8334  | 4.1673                   |
| Ukupno            | 0.9999 | 3  |        |         | 24.5030                  |

Tablica 29. Verifikacija vremena namatanja

Dobiveni hi kvadrat iznosi 24.5030 što je veće od tabličnoga hi kvadrata za stupanj slobode 3 koji iznosi 7.8147. Prema tome možemo zaključiti da i u ovom slučaju podaci generirani u sustavu nisu sa 95% vjerojatnosti jednaki podacima koji bi se generirali u stvarnom sustavu.

Unutar tablice 30. Mogu se vidjeti dobiveni podaci za Vrijeme dorade.

| Vrijeme Dorade |        |    |        |        |                          |
|----------------|--------|----|--------|--------|--------------------------|
| n              | Px(n)  | f0 | fe     | f0-fe  | (f0-fe) <sup>2</sup> /fe |
| 1 - 27         | 0.7143 | 5  | 0.1020 | 4.8980 | 235.0971                 |
| 28 - 54        | 0.0714 | 1  | 0.0102 | 0.9898 | 96.0494                  |
| 55 - 81        | 0.1429 | 1  | 0.0204 | 0.9796 | 47.0057                  |
| 109 - 135      | 0.0714 | 1  | 0.0102 | 0.9898 | 96.0494                  |
| Ukupno         | 0.9286 | 7  |        |        | 378.1523                 |

Tablica 30. Verifikacija vremena dorade

Dobiveni hi kvadrat iznosi 378.1523 što je veće od tabličnoga hi kvadrata za stupanj slobode 4 koji iznosi 9.4877. Prema tome možemo zaključiti da i u ovom slučaju podaci generirani u sustavu nisu sa 95% vjerojatnosti jednaki podacima koji bi se generirali u stvarnom sustavu.

## 16. Zaključak

U ovom diplomskom radu obradila se je tema simulacijskog modeliranja poslovnih procesa. Bilo je potrebno prikazati kako će se pojedini procesi i njihove aktivnosti ponašaju u stvarnom svijetu te kako će se ponašati unutar pojedinih simulacija.

Poduzeće na kojemu je simulacija bila građena je HON-ING d.o.o. iz mjesta Vrankovec. Kako bi se sve moglo odraditi, bilo je potrebno proučavati proces i prikupljati podatke o istom. Poslovni proces koji se u koristio za primjer je Izraditi i doraditi proizvod. Kretanje kroz samu simulaciju nisu bili konkretni proizvodi nego radni nalozi za pojedini proizvod. Entiteti koji su se kretali kroz proces i simulaciju nisu konkretni proizvodi, nego radni nalozi za određenu vrstu proizvoda.

Prema izvornim podacima može se vidjeti kako unutar poduzeća nema kašnjenja, već samo čekanja između određenih aktivnosti. Što se tiče same simulacije, preko verifikacije se je prikazalo da pojedine aktivnosti ne prate podatke koji bi se generirali unutar stvarnog sustava. Prema tome se može reći da su simulacije dobri pokazatelji neke zamisli promjene ili stvaranja nekih novih nepostojećih sustava. Iako su simulacije sve više razvijenije, u nekim situacijama se unutar nje ne mogu postaviti svi utjecaju pa radi toga može doći do nekih razlikovanja stvarnih podataka i simuliranih. U svakom slučaju, kod kreiranja novih sustava trebali bi se koristiti modeli i simulacije.

# Popis literature

1. Teorija sustava (bez dat.) Preuzeto 05.04.2023. s <https://www.fpz.unizg.hr/ztos/AUTOM/3autom-sustavi.pdf>
2. Law, Averill M., Kelton, W. Dawid (2000). Simulation modeling and analysis (3.izd.) McGraw-Hill Companies, Inc
3. Borshchev, A., Grigoryev, I. (2013). The Big Book Of Simulation Modeling (izd.6.) AnyLogic North America
4. Čerić, V. (1993). Simulacijsko modeliranje (1.izd.) Školska knjiga, Zagreb
5. Zeigler, B.P., Muzy, A., Kofman, E. (2019). Theory of Modeling and Simulation (3.izd.) Academic press
6. Leonelli, M. (2021.) Simulation and Modellinf to Understand Changes Preuzeto 03.05.2023. s [https://bookdown.org/manuele\\_leonelli/SimBook/](https://bookdown.org/manuele_leonelli/SimBook/)
7. Chapter 2 – Elements of a Simulation Model (bez dat.) Preuzeto 03.05.2023. s <https://alg.manifoldapp.org/read/systems-simulation/section/29ca83ec-e8ee-4570-8ae3-4e59329a09b4>
8. Aalst, W., Desel, J., Oberweis, A. (2000.) Business Process Management. Springer
9. Varga, M., Strugar, I. (2016). Informacijski sustavi u poslovanju. Ekonomski fakultet, Zagreb
10. Allweyer, T. (2010.) BPMN 2.0 Introduction to the Standard for Business Process Modeling
11. Russel, D. (2022.) What is the Gartner Magic Quadrant and how it will help shape your 2023 strategy Preuzeto 10.07.2023. S <https://www.veeam.com/blog/gartner-magic-quadrant-for-it-pros.html>

# Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Prikaz sustava.....   | 2  |
| Slika 2. Prikaz nultog sustava.....  | 3  |
| Slika 3. Nepotpuni sustav.....   | 3  |
| Slika 4. Potpuni sustav.....   | 4  |
| Slika 5. Deterministički model.....  | 6  |
| 7  |    |
| Slika 6. Stohastički model.....  | 7  |
| Slika 7. Diskretni model.....  | 7  |
| Slika 8. Kontinuirani model.....   | 8  |
| Slika 9. Diskretno-kontinuirani model.....   | 8  |
| Slika 10. Odnos poslovnih procesa i organizacijskih jedinica.....                            | 17 |
| Slika 11. Gartner Magic Quadrant.....  | 20 |
| Slika 12. Poslovni proces Zaprimiti narudžbu.....  | 21 |
| Slika 13. Poslovni proces Izraditi i doraditi proizvod.....                                  | 22 |
| Slika 14. Offset etiketa.....  | 23 |
| Slika 15. Samoljepljiva etiketa.....   | 24 |
| Slika 16. OPP etiketa.....   | 24 |
| Slika 17. Sleeve etiketa.....  | 25 |
| Slika 19. Analiza za Vrijeme trajanja izrade proizvoda.....                                  | 34 |
| Slika 20. Grafički prikaz Poissona za vrijeme Izrade proizvoda.....                          | 34 |
| Slika 21. Grafički prikaz Poissona za vrijeme Izrade proizvoda nakon promjene parametra..... | 35 |
| Slika 22. Analiza za Vrijeme trajanja Rezanja.....   | 37 |
| Slika 23. Grafički prikaz Poissona za vrijeme rezanje.....                                   | 37 |
| Slika 24. Grafički prikaz Poissona za vrijeme Rezanja nakon promjene parametara.....         | 38 |
| Slika 25: Analiza za Vrijeme trajanja dorade.....  | 40 |
| Slika 26: Grafički prikaz Poissona za vrijeme dorade.....                                    | 41 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 27: Grafički prikaz Poissona za vrijeme Dorade nakon promjene parametara.....            | 41 |
| Slika 28. Analiza za Broj narudžbi za sleeve etikete .....                                     | 42 |
| Slika 29. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za sleeve.....                             | 43 |
| Slika 30. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za sleeve nakon promjene parametara .      | 43 |
| Slika 32. Analiza za Broj narudžbi za opp etikete.....   | 44 |
| Slika 33. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za opp.....                                | 45 |
| Slika 34. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za opp nakon promjene parametara.....      | 45 |
| Slika 35. Analiza za Broj narudžbi za opp etikete.....   | 46 |
| Slika 36. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset.....                             | 47 |
| Slika 37. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset nakon promjene parametara...     | 47 |
| Slika 38. Analiza za Broj narudžbi za samoljepljive etikete .....                              | 48 |
| Slika 39. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset.....                             | 49 |
| Slika 40. Grafički prikaz Poissona za broj narudžbi za offset nakon promjene parametara...     | 49 |
| Slika 41. Konceptualni model sustava.....  | 50 |
| Slika 42. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme dolaska.....                                 | 51 |
| Slika 43.. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme izrade proizvoda.....                       | 51 |
| Slika 44. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme ljepljenje sleevea .....                     | 52 |
| Slika 45. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme rezanja.....                                 | 52 |
| Slika 46. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme ricanja.....                                 | 52 |
| Slika 47. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme namatanja.....                               | 53 |
| Slika 48. Prikaz funkcije distribucije za vrijeme dorade.....                                  | 53 |
| Slika 49. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za sleeve etikete.....        | 53 |
| Slika 50. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za opp etikete .....          | 54 |
| Slika 51. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za offset etikete.....        | 54 |
| Slika 52. Prikaz funkcije distribucije za dolazak broja narudžbi za samoljepljive etikete..... | 54 |
| Slika 53. Prikaz generalnih postavki unutar alata.....   | 55 |
| Slika 54. Postavke sati simulacije.....  | 55 |
| Slika 55. Model trenutnog stanja .....   | 56 |



- Slika 56. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za lokacije.....57
- Slika 57. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za resurse.....57
- Slika 58. Prikaz rezultata simulacije procesa Izraditi i doraditi proizvod za neuspjele dolaske

# Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Ulazi i izlazi iz procesa.....   | 22 |
| Tablica 2. Prikupljeni podaci.....  | 27 |
| Tablica 3. Razredi za Izrediti proizvod.....  | 28 |
| Tablica 4. Razredi za Ljeljenje sleevea.....  | 28 |
| Tablica 5. Razredi za Rezanje.....  | 29 |
| Tablica 6. Razredi za Ricanje.....  | 29 |
| Tablica 7. Razredi za Namatanje.....  | 29 |
| Tablica 8. Razredi za Doradu.....   | 30 |
| Tablica 9. Frekvencija dolazaka prema vrsti proizvoda.....                            | 30 |
| Tablica 10. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Izrade proizvoda.....                  | 30 |
| Tablica 11. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ljepljenja sleevea.....                | 31 |
| Tablica 12. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Rezanja.....                           | 31 |
| Tablica 13. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja.....                           | 31 |
| Tablica 14. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja.....                           | 32 |
| Tablica 15. Izvorni podaci za vrijeme trajanja Ricanja.....                           | 32 |
| Tablica 16. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme Izrade proizvoda.....            | 33 |
| Tablica 17. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Ljepljenje sleevea..... | 36 |
| Tablica 18. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Rezanja.....            | 36 |
| Tablica 19. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Ricanja.....            | 38 |
| Tablica 20. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja namatanja.....          | 39 |
| Tablica 21. Ulazne razdiobe za simulaciju za Vrijeme trajanja Dorade.....             | 40 |
| Tablica 22. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za sleeve.....             | 42 |
| Tablica 31. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za opp.....                | 44 |
| Tablica 24. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za offset.....             | 46 |
| Tablica 25. Ulazne razdiobe za simulaciju za broj narudžbi za offset.....             | 48 |
| Tablica 26. Verifikacija vremena izrade proizvoda.....                                | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Tablica 27. Verifikacija vremena ljepljenja sleevea ..... | 59 |
| Tablica 28. Verifikacija vremena rezanja.....             | 60 |
| Tablica 29. Verifikacija vremena namatanja .....          | 60 |
| Tablica 30. Verifikacija vremena dorade.....              | 60 |