

# Analiza efekta poremećaja u lancu vrijednosti uporabom simulacijskog algoritma

---

Hatlak, Tina

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:921109>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-25**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Tina Hatlak**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing.

Student:

Tina Hatlak

Zagreb, 2021.

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

*Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Hrvoju Cajneru na stručnom vodstvu i savjetima prilikom izrade završnog rada.*

*Zahvaljujem svima koji su bili uz mene te mi pružali pomoć i podršku tijekom preddiplomskog studija, a posebno zahvaljujem roditeljima koji su mi omogućili bezbrižno studiranje.*

*Tina Hatlak*



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Tina Hatlak Mat. br.: 0035209448

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza efekta poremećaja u lancu vrijednosti uporabom simulacijskog algoritma**

Naslov rada na engleskom jeziku: **The analysis of the disturbance effect in the value chain using simulation algorithm**

Opis zadatka:

Lanac vrijednosti definira sve aktivnosti koje doprinose stjecanju vrijednosti u poduzeću. Aktivnosti se mogu podijeliti kako na one primarne koje se odnose na proizvodne aktivnosti, unutarnju i vanjsku logistiku, marketing, prodaju i održavanje, tako i na sekundarne: administraciju, upravljanje ljudskim resursima, istraživanje, razvoj i nabavu. Upravljanjem lancem vrijednosti moguće je na strateškoj razini planirati aktivnosti koje će u konačnici osigurati maksimalnu dobit. Kada se u sustavu pojavi više partnerskih poduzeća tada se koristi metoda upravljanja logističkim lancima koja obuhvaća i njihove međusobne veze. Takva struktura je time i složenija te zahtijeva uključivanje dodatnih aspekata upravljanja, a posebice u slučaju poremećaja. Tipičan primjer poremećaja jest promjena zahtjeva krajnjih korisnika koji predstavlja određeni poremećaj u logističkom lancu koji se manifestira sustavno od distributera gotovog proizvoda do dobavljača sirovina te se naziva „Bullwhip“ efektom.

U radu je potrebno:

1. Pregledom literature izložiti najčešće poremećaje u opskrbnim lancima i posebice se osvrnuti na teorijske osnove pojma „Bullwhip“ te njegove najčešće uzroke.
2. Definirati karakteristike prognoze i obrazložiti tipične metode prognoziranja.
3. Dati presjek odabranog simulacijskog algoritma koji integrira modelirane komponente poremećaja.
4. Korištenjem odabranog simulacijskog algoritma na dostupnom primjeru provesti analizu efekta poremećaja.

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

Zadatak zadan:

30. studenoga 2020.

Datum predaje rada:

1. rok: 18 veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS SKRAĆENICA .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD.....	1
2. LANAC VRIJEDNOSTI.....	2
2.1. Karakteristične aktivnosti u lancu vrijednosti.....	4
2.1.1. Nabava .....	4
2.1.2. Skladištenje .....	5
2.1.3. Upravljanje zalihama .....	5
2.1.4. Dorada robe.....	6
2.1.5. Transport .....	7
2.2. Ključni dionici u lancu vrijednosti.....	7
2.2.1. Dobavljači .....	8
2.2.2. Pružatelji usluga.....	10
2.2.3. Posrednici i trgovci .....	10
2.2.4. Krajnji kupci .....	10
2.3. Upravljanje lancem vrijednosti .....	11
2.3.1. Temeljni procesi upravljanja lancima vrijednosti.....	11
2.3.2. Uobičajeni modeli upravljanja lancima vrijednosti .....	15
2.4. Poremećaji u lancu vrijednosti .....	17
2.4.1. Efekt biča (engl. Bullwhip Effect) .....	17
2.5. Prognoziranje u lancu vrijednosti u svrhu sprečavanja poremećaja .....	21
3. PRESJEK SIMULACIJSKOG SOFTVERA „ANYLOGISTIX”.....	23

---

3.1. Donošenje zaključka o sustavu na temelju modela.....	23
3.2. Mogućnosti <i>anyLogistix</i> programa.....	24
3.3. Projekt i scenariji unutar projekta .....	25
4. ANALIZA EFEKTA BIČA KORIŠTENJEM SIMULACIJSKOG ALGORITMA.....	26
4.1. Nulti scenarij.....	27
4.2. 1. scenarij .....	28
4.3. 2. scenarij .....	31
4.4. 3. scenarij .....	32
4.5. 4. scenarij .....	34
4.6. Usporedba rezultata scenarija .....	36
4.6.1. Usporedba BWE indeksa .....	36
4.6.2. Usporedba vodećeg vremena .....	37
4.6.3. Usporedba razina zaliha .....	38
4.6.4. Usporedba profita lanca .....	39
5. ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA.....	42

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Lanac vrijednosti [1] .....	2
Slika 2. Sektori gospodarstva uključeni u lanac vrijednosti [1] .....	3
Slika 3. Umreženi subjekti nekoliko lanaca vrijednosti [3] .....	3
Slika 4. Dionici, ciklusi i faze lanca vrijednosti [1] .....	8
Slika 5. Razine dobavljača pri proizvodnji računala .....	9
Slika 6. Operativni potprocesi za upravljanje povratima .....	15
Slika 7. Efekt biča u lancu vrijednosti.....	18
Slika 8. Proces donošenja zaključka i odluka na temelju modela .....	24
Slika 9: Proces od unošenja podataka u scenarije do donošenja zaključka o ponašanju sustava [11] .....	25
Slika 10. Lanac vrijednosti u danoj simulaciji .....	26
Slika 11. Geografska raspodjela objekata lanca u simulacijskom programu .....	27
Slika 12. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u nultom scenariju .....	28
Slika 13. Raspodjela potražnje od strane kupca u 1. scenariju .....	29
Slika 14. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 1. scenariju .....	30
Slika 15. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 2. scenariju .....	31
Slika 16. Potražnja od strane kupca u 3. scenariju .....	33
Slika 17. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 3. scenariju .....	34
Slika 18. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 4. scenariju .....	35
Slika 19. Vrijednosti BWE indeksa.....	36
Slika 20. Vodeće vrijeme (engl. <i>lead time</i> ) u svakom scenariju .....	37
Slika 21. Prosječne zalihe u objektima lanca kod svakog scenarija.....	38
Slika 22. Profit generiran u cijelom lancu vrijednosti svakog scenarija .....	39



---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u nultom scenariju.....	27
Tablica 2. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u nultom scenariju .....	28
Tablica 3. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 1. scenariju .....	29
Tablica 4. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 1.scenariju .....	30
Tablica 5. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 2. scenariju .....	31
Tablica 6. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 2. scenariju .....	32
Tablica 7. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 3. scenariju .....	33
Tablica 8. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 3. scenariju .....	34
Tablica 9. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 4. scenariju .....	35
Tablica 10. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 4. scenariju .....	36

---

**POPIS SKRAĆENICA**

OEM	Original Equipment Manufacturer
CRM	Customer Relationship Management
CSM	Customer Service Management
DM	Demand Management
OF	Order Fulfillment
MFM	Manufacturing Flow Management
SRM	Supplier Relationship Management
PDM	Product Development Management
RM	Returns Management
FTL	Full truckload
LTL	Less than truckload
BWE	Bullwhip Effect
KPI	Key Performance Indicator
GFA	Greenfield analysis
NO	Network optimization
SIM	Simulation
TO	Transport optimization
USD	United States Dollar
EPOS	Electronic Point of Sale
VMI	Vendor Managed Inventory

---

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
$\sigma_{\text{out}}^2$	/	Varijanca izdanih narudžbi
$\sigma_{\text{in}}^2$	/	Varijanca zaprimljenih narudžbi
$\mu_{\text{out}}$	/	Očekivana vrijednost izdanih narudžbi
$\mu_{\text{in}}$	/	Očekivana vrijednost zaprimljenih narudžbi
BWE	/	Indeks efekta biča

---

**SAŽETAK**

U ovom završnom radu detaljno je teorijski obrađen lanac vrijednosti u okviru njegovih karakterističnih aktivnosti, ključnih dionika, upravljanja lancem vrijednosti, poremećaja koji ometaju djelovanje lanca te metoda prognoziranja koje se provode u svrhu sprečavanja takvih poremećaja. Obuhvaćeni su jednostavni lanci vrijednosti koji se sastoje od tvrtke, njezinih dobavljača i kupaca, ali i višestruki i umreženi lanci vrijednosti koji, osim navedenih, sadrže i poddobljave, krajnje kupce i pružatelje usluga.

Pomoću simulacijskog algoritma modeliran je poremećaj – efekt biča ili engl. *Bullwhip effect*. Simulacije su odrađene na tipičnom lancu vrijednosti koristeći programski paket *anyLogistix* u kojem se pomoću modela koji koristi programski jezik aproksimira stvarni sustav, a na temelju čijih se izlaznih podataka donose odluke bitne za upravljanje lancem vrijednosti. Takvi izlazni podaci simulacije analizirani su u svrhu nalaženja uzroka i kvantifikacije efekta biča, ali i u svrhu praćenja popratnih pokazatelja efikasnosti lanca vrijednosti: profita, vodećeg vremena i količina zaliha.

Ovakvom analizom dobivaju se podaci o dijelovima lanca na kojima je potrebna optimizacija i uklanjanje uzroka poremećaja, kako bi se mogli ispuniti ciljevi lanca vrijednosti: maksimiziranje profita te što uspješniji odgovor na zahtjeve tržišta.

Ključne riječi: lanac vrijednosti, upravljanje lancem vrijednosti, efekt biča, Bullwhip efekt, simulacija, modeliranje, anyLogistix

---

**SUMMARY**

This bachelor's thesis describes in detail the supply chain and its characteristic activities, key participants, supply chain management, disturbances which disrupt supply chain activities and forecasting methods which are used for prevention of these disturbances. The thesis also includes simple supply chains consisting of the company, its suppliers and customers, but also includes multiple and networked chains, which, in addition to the above, also include suppliers' suppliers, end customers and service providers.

A simulation algorithm was used to model one of such disturbances – the Bullwhip effect. The simulations were performed on a simple supply chain using anyLogistix software package that uses a programming language to approximate the reality, and based on its output data decisions important for managing the supply chain are made. Simulation output data was analyzed in order to find causes and to quantify the Bullwhip effect, but also to monitor side indicators of supply chain efficiency: profit, lead time and inventory level.

This analysis gives information about supply chain sections which are in need of optimization and disturbance cause elimination to fulfill the goals of the supply chain: profit maximization and successful response to market demands.

Key words: supply chain, supply chain management, Bullwhip effect, simulation, modeling, anyLogistix

## 1. UVOD

Lanac vrijednosti predstavlja mrežu subjekata: matičnih i partnerskih tvrtki te njima dodijeljenih poslovnih aktivnosti potrebnih za konstruiranje, izradu, isporuku i upotrebu proizvoda ili usluge. Lanac vrijednosti je vrlo dinamična struktura te uključuje stalan protok informacija, proizvoda i sredstava između segmenata jednog lanca. Pojednostavljeni tokovi informacija i materijala, kao i napredna tehnologija mnogobrojnih proizvoda, zajedno su sa smanjenjem političkih barijera rezultirali većom konkurentnošću na globalnom tržištu. Tempo promjena i razvoj tržišta postaju sve bitniji u percepciji i razumijevanju uloge lancu vrijednosti pa tako one tvrtke koje nauče kako sudjelovati u snažnim lancima vrijednosti, imaju značajnu konkurentsku prednost na tržištima koje pokrivaju.

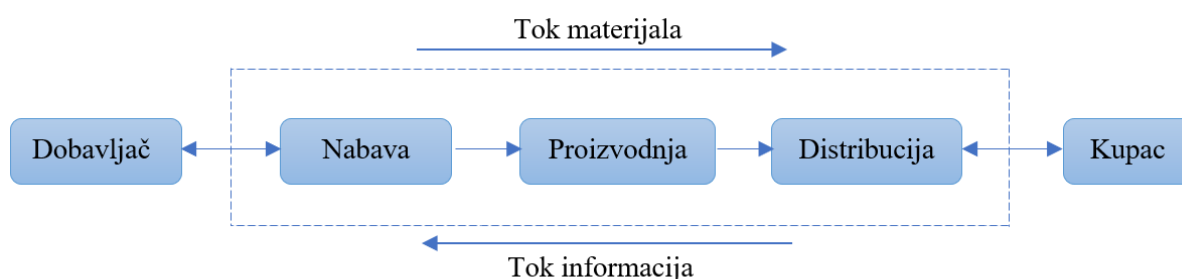
Ključ za postizanje takve poslovne izvrsnosti kod upravljanja lancem vrijednosti (engl. *Supply Chain Management*), upravo je dobra organizacija i kvalitetno upravljanje svakim od segmenata lanca. Zbog specifične umreženosti mnoštva subjekata u jedinstven sustav, dobrim upravljanjem može se postići funkcioniranje sustava kao cjeline koja učinkovito i djelotvorno udovoljava svim zahtjevima krajnjih kupaca, odnosno korisnika usluga, dok se istovremeno pridonosi stvaranju optimalnih odnosa između dobivenog i uloženog, tj. stvaranju veće dodane vrijednosti. [1]

Današnji lanac vrijednosti tvrtke sastoji se od nekoliko razina čije aktivnosti obnaša više partnerskih poduzeća. Povećani broj kooperanata otežava matičnoj tvrtki razmjenu informacija te zahtjeva složenije modele upravljanja i koordinacije. Unatoč tome, nerijetko u lancu vrijednosti dolazi do iskrivljenja informacija koje se kreću kroz razine lanca te između ostalog, dovode do povećanih troškova. Stoga je danas koordinacija među pojedinim akterima u lancu vrijednosti ključna za veću fleksibilnost sustava, bolju razinu kvalitete za ostvarenje primarnog cilja lanca vrijednosti tvrtke – generiranje dodatnog profita. [1] [2]

U ovom završnom radu je uz analizu lanca vrijednosti te uz obrađene tipične metode prognoziranja potražnje, također dana i analiza jednog efekta poremećaja korištenjem simulacijskog algoritma. U radu se predstavlja značaj i važnost kvalitetnog upravljanja lancem vrijednosti u cilju sprečavanja nastanaka poremećaja, optimiranja poslovanja i prilagođavanja dinamičnom tempu tržišta.

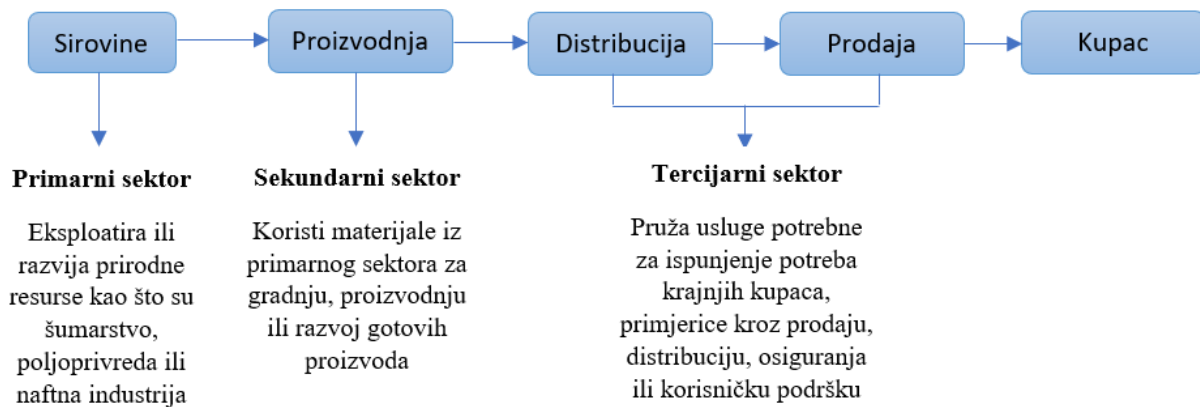
## 2. LANAC VRIJEDNOSTI

Lanac vrijednosti definira se kao sučelje materijala i informacija u logističkom procesu koje započinje nabavkom osnovne sirovine i završava isporukom gotovog proizvoda krajnjem korisniku, pri čemu svi dobavljači, pružatelji usluga i korisnici čine karike lanca vrijednosti. Prije nego što dođe do krajnjeg kupca, proizvod mora proći proces transformacije od sirovine kroz mnogobrojne faze obrade do gotovog produkta spremnog za prodaju. Svaka od faza lanca vrijednosti povezana je s protokom proizvoda, informacija i sredstava. Ti se tokovi gotovo uvijek javljaju u oba smjera, a njima mogu upravljati dionici lanca ili posrednici. [3] Slika 1. prikazuje jedan takav jednostavan lanac vrijednosti.



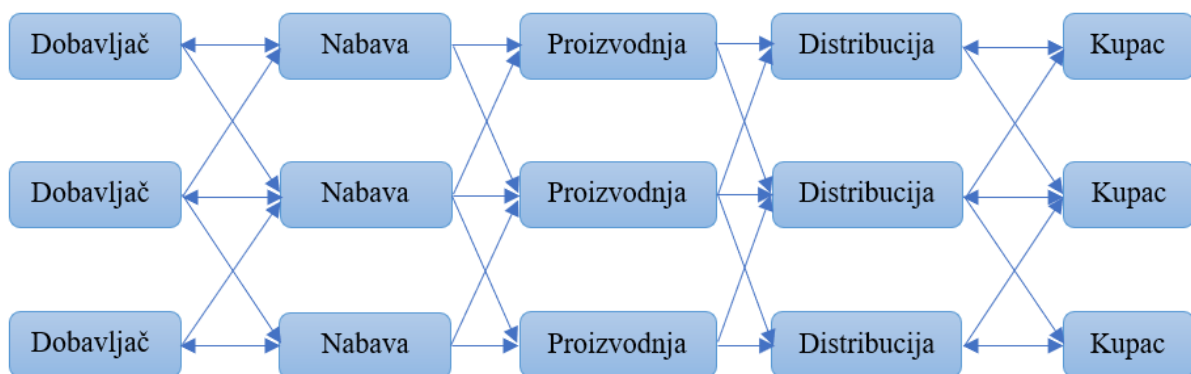
**Slika 1. Lanac vrijednosti [1]**

Lanac vrijednosti objedinjuje mnogobrojne dionike koji su izravno ili neizravno uključeni u zahtjeve kupaca, a koji za zajednički cilj imaju stvaranje finalnog proizvoda (ili pružanje usluge) i maksimiziranje ukupne generirane dodane vrijednosti. Lanac obuhvaća tijekom proizvodnje i procesuiranje narudžbe kupca kroz svaki od tri gospodarska sektora: primarni, sekundarni i tercijarni (slika 2.). Tako su osim proizvodnje, nabave, skladištenja, transporta i prodaje, u proces ispunjavanja zahtjeva kupca uključene i djelatnosti poput razvoja novih proizvoda, marketinga, financija i korisničke podrške. [1] [3]



**Slika 2. Sektori gospodarstva uključeni u lanac vrijednosti [1]**

U stvarnosti je lanac vrijednosti puno složeniji od onog prikazanog na slici 1. To zapravo nije lanac, već mreža, ako se uzme u obzir da obično postoji više dobavljača koji imaju svoje poddoblavljače te da postoji više kupaca te njihovih krajnjih kupaca (slika 3.). U takvim slučajevima, procesi planiranja proizvodnje, upravljanja aktivnostima, nabave materijala i logističkih aktivnosti, postaju kompleksniji i zahtijevaju strategiju koordinacije i upravljanja lancem vrijednosti. [4]



**Slika 3. Umreženi subjekti nekoliko lanaca vrijednosti [3]**



## 2.1. Karakteristične aktivnosti u lancu vrijednosti

Termin logistika se danas primjenjuje u pogledu aktivnosti koje se odvijaju unutar organizacije, dok se termin lanca vrijednosti odnosi na mrežu tvrtki te posljedično na više dobavljača, proizvođača i trgovaca koji koordiniraju svoje aktivnosti. Može se reći da je lanac vrijednosti prošireno poimanje logistike koje uključuje sve aktivnosti potrebne za isporučivanje proizvoda ili usluge na tržište. [1]

### 2.1.1. Nabava

Cilj postupka nabave je dobavljanje tražene robe (npr. proizvoda, poluproizvoda, sirovina i dr.) u pravoj količini na pravom mjestu i uz što veću ekonomičnost. Kako bi se taj cilj i postigao, organizacijska jedinica za nabavu unutar tvrtke mora točno ustanoviti nabavne potrebe poduzeća kao što su kakvoća, potrebna količina i vrsta potrebnog materijala te vrijeme dostave. Organizacijska jedinica nabave ima i zadatke u okviru kojih se razmatra je li potrebno kupovati materijale ili ih samostalno proizvoditi, minimizirati transportne troškove i uskladiti nabavu s proizvodnjom ili surađivati s dobavljačima, itd. [1] [3]

U svakoj je organizaciji, prije početka aktivnosti nabave, potrebno donijeti odluke koje su bitne za njezino odvijanje [3]:

- **In-House ili Outsourcing** je bitna odluka jer znatno utječe na razinu učinkovitosti lanca vrijednosti. Menadžeri odlučuju o tome koji će zadaci biti prepušteni vanjskim tvrtkama na obavljanje (engl. *Outsourcing*), a koji će se obavljati u matičnoj tvrtki (engl. *In-House*). Ova se odluka temelji na principu rasta ukupne profitabilnosti lanca vrijednosti. Tako se primjerice nabava nekog materijala, prepušta vanjskoj tvrtki ukoliko je rast ukupne dobiti lanca takvim postupkom značajan i s malom razinom rizika. Suprotno tome, proizvodnju određenog dijela obavlja matična tvrtka ukoliko se ne može povećati dobit lanca vrijednosti i ako je rizik povezan s vanjskim izvođenjem značajan.
- **Odabir dobavljača** bitan je kod *Outsourcinga*. Za svaki posao prepušten vanjskoj tvrtki, potrebno je odlučiti hoće li zadatak obavljati jedan dobavljač ili više. Ukoliko se radi o više dobavljača, tada se mora razjasniti uloga svakog.
- **Kreiranje strukture nabave** je odluka koja se donosi nakon utvrđivanja potražnje od strane kupca te nakon izbora dobavljača. Potrebno je uspostaviti dobru koordinaciju između dobavljača i matične tvrtke, istodobno osiguravajući niske troškove nabave. Cilj

pri kreiranju strukture nabave je generiranje što je moguće veće dobiti u procesu nabave, što se onda odražava i na sveukupni profit lanca vrijednosti.

### 2.1.2. Skladištenje

Skladište je točka ili čvor u logističkoj mreži u kojoj se roba prihvaća i prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. To je prostor za smještaj i čuvanje robe od trenutka njezinog preuzimanja do trenutka upotrebe i otpreme. [5]

Razlozi za postojanje skladišta u industrijskim poduzećima mogu biti:

- **Skladištenje sirovina** ukoliko se radi o dugim rokovima nabave, kašnjenju u isporuci, pojavi škarta ili pak o promjeni plana proizvodnje
- **Skladištenje poluproizvoda** u slučajevima odstupanja od proizvodnog plana, zastoja u proizvodnji ili pri razlikama u trajanju tehnoloških operacija i ciklusa proizvodnje pojedinih dijelova
- **Skladištenje gotovih proizvoda** kada je otežana prodaja gotovih proizvoda ili kada postoji varijabilnost u potražnji (npr. sezonska potrošnja proizvoda)
- **Skladištenje alata i naprava** kada je bitna pravovremena opskrba i zamjena istrošenih ili oštećenih alata i naprava
- **Skladištenje dijelova za održavanje opreme** kako bi se osigurala ispravnost rada strojeva i uređaja

Pri određivanju politike skladištenja u nekoj organizaciji, naglasak mora biti na utvrđivanju optimuma zaliha, kako bi s jedne strane proizvodnja bila zadovoljena, a s druge strane kupci bili na vrijeme opskrbljeni. Politikom skladištenja nastoji se omogućiti nesmetano i kontinuirano poslovanje, uz očuvanje vrijednosti i kvalitete materijala i proizvoda te uz minimalne troškove. [1]

### 2.1.3. Upravljanje zalihama

Pod pojmom 'zaliha' podrazumijevaju se svi oblici robe u cijelom lancu vrijednosti – od sirovina, obrađenih proizvoda pa do gotove robe koju proizvođači, distributeri i trgovci drže u lancu vrijednosti. [1]

Pri stvaranju politike zaliha tvrtke, donose se tri odluke bitne za stvaranje i držanje zaliha:

1. **Količina zaliha** je količina proizvoda koja je potrebna za zadovoljenje potražnje za proizvodom u razdoblju prije ponovnog obnavljanja zaliha. Kako bi tvrtke mogle poslovati što

je moguće bolje, koriste se ekonomijom razmjera, koja upućuje na smanjenje jediničnih troškova proizvoda povećanjem obujma proizvodnje. Međutim, s velikim serijama dolaze i povećani troškovi skladištenja i rukovanja. U ovakvim je situacijama potrebno donijeti odluku o kompromisu između boljih cijena koje nudi proizvodnja u većem obujmu te povećanih troškova skladištenja i rukovanja koji dolaze s većom količinom inventara. [2]

2. **Sigurnosne zalihe** postoje radi sigurnosti u slučaju predviđanja potražnje s malom pouzdanošću. Kako svaka prognoza potražnje sadrži određeni stupanj nesigurnosti, ta se nesigurnost pokriva držanjem dodatnih zaliha u slučaju naglog porasta potražnje. Pri donošenju odluke o količini sigurnosnih zaliha potrebno je odmjeriti troškove koji se stvaraju dodatnim zalihama te troškove gubitka prodaje zbog nedovoljnih zaliha.

3. **Sezonske zalihe** se stvaraju u očekivanju predvidivog povećanja potražnje koja se događa u određeno doba godine. Tvrtka tada može proizvoditi ustaljenu količinu tijekom cijele godine i stvarati zalihe tijekom razdoblja male potražnje kako bi se pokrila razdoblja veće potražnje. Alternativa su fleksibilni proizvodni pogoni koji mogu brzo promijeniti stopu proizvodnje različitih proizvoda kako bi odgovorili na porast potražnje. U ovakvim se situacijama razmatra kompromis između povećanih troškova sezonskih zaliha i troškova ulaganja u proizvodnju fleksibilnijih mogućnosti.

Učinkovito upravljanje zalihama ovisi o odabiru i primjeni suvremenih metoda planiranja optimalne količine zaliha kao što su računalne tehnologije, komunikacijske veze i informacijske tehnologije, metode prognoziranja i planiranja ponude i potražnje na tržištu. [1]

#### **2.1.4. Dorada robe**

Dorada robe u svojoj najvećoj mjeri podrazumijeva postupak pakiranja robe u kojem se proizvodi umotavaju u odgovarajuće kutije, omote, posude ili slično.

Funkcija pakiranja može biti:

- **marketinška** radi što bolje vizualne prezentacije kupcima,
- **zaštitna** čiji je cilj da roba dođe do odredišta u ispravnom stanju,
- **skladišna** radi lakšeg rada s jednakim dimenzijama pakiranja,
- **manipulativna** funkcija radi lakšeg rukovanja te
- **informativna** kod korištenja oznaka na pakiranju koje olakšavaju identifikaciju proizvoda.

Na pakiranje utječu mnogobrojni faktori, a ključni su kupci, proizvođači, konkurenti, trendovi, okolina i zakonski propisi. [1]

### **2.1.5. Transport**

Transport predstavlja specijaliziranu djelatnost koja pomoću prometne infrastrukture omogućuje pružanje prometne usluge, a odnosi se na kretanje svih oblika robe između objekata u lancu vrijednosti – sirovina, reprodukcijских i drugih materijala, nedovršenih i gotovih proizvoda. Kako bi potrebe transportnih lanaca bile zadovoljene, prijevoz mora biti neprekidan u što kraćem roku dostave, uvažavajući troškove i zadovoljenje zahtjeva kupaca. [1]

U tom smislu, menadžment tvrtke mora donijeti odluke koje se očituju u kompromisu između brze reakcije na zahtjeve tržišta i troškova koji se stvaraju određenim tipom transporta. Primjerice, brži način transporta robe poput aviona je vrlo prilagodljiv, ali skup. Sporiji način transporta, poput broda ili željeznice je učinkovit u troškovima, no vrijeme potrebno za transport je dulje. Budući da troškovi transporta mogu iznositi i trećinu operativnih troškova lanca vrijednosti, ovdje donesene odluke vrlo su važne. [2]

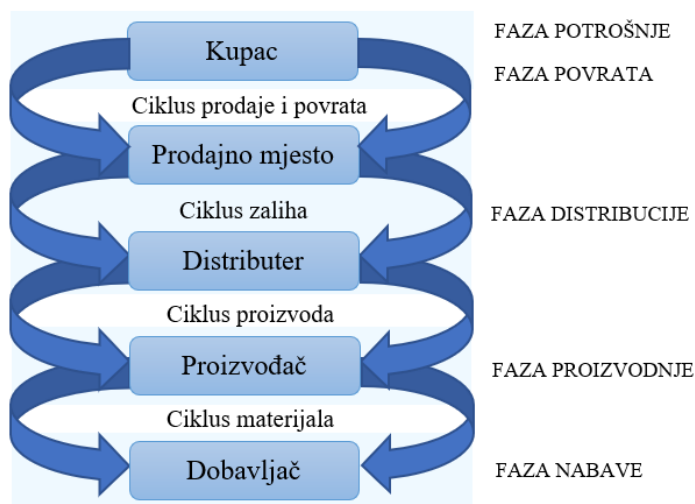
## **2.2. Ključni dionici u lancu vrijednosti**

Lanci vrijednosti usko su vezani uz ključne dionike koji sačinjavaju temeljnu strukturu lanca [1]:

1. dobavljači sirovina, dijelova i komponenti
2. proizvođači finalnog proizvoda
3. distributeri
4. krajnji kupac

Prošireni lanci vrijednosti sadrže i cijelu kategoriju tvrtki koje pružaju usluge drugim tvrtkama. To su tvrtke koje pružaju usluge u logistici, financiranju, marketingu i informacijskoj tehnologiji.

Navedeni dionici nositelji su funkcija pojedinih faza, a na njihovim se interakcijama zasniva lanac vrijednosti. Na sučelju dvaju dionika nalaze se ciklusi kao što je to prikazano na slici 4. [3]



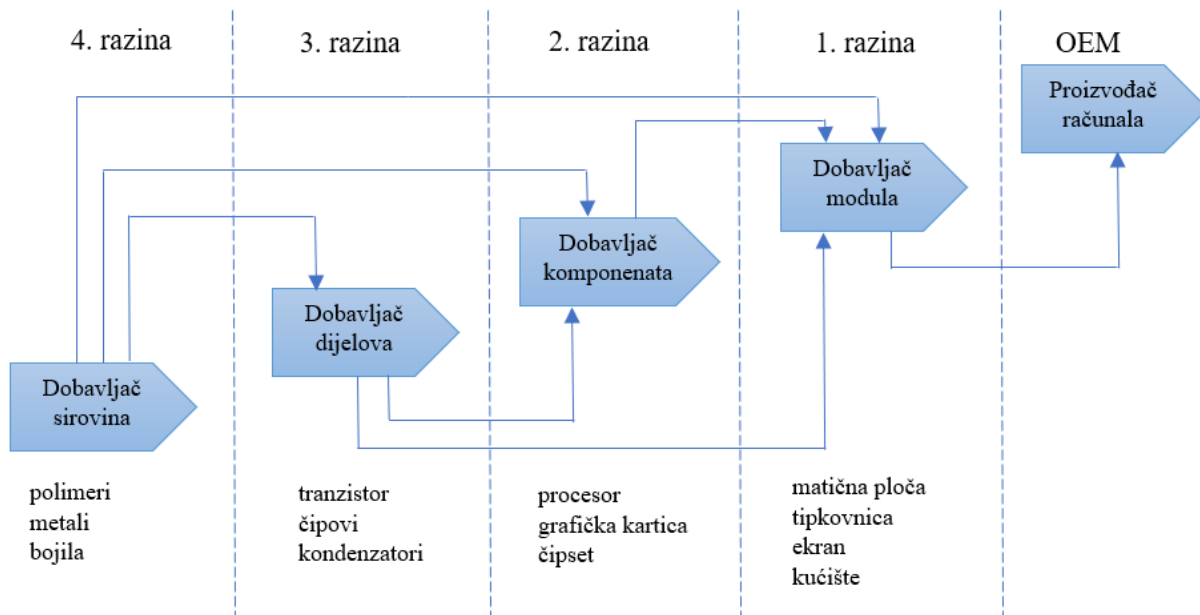
Slika 4. Dionici, ciklusi i faze lanca vrijednosti [1]

### 2.2.1. Dobavljači

Pri strukturiranju lanca vrijednosti i donošenju odluke o postupku nabave, teži se tome da se za proizvodnju pojedine komponente angažira više od samo jednog dobavljača (engl. *Multiple sourcing*). Danas je odabir dobavljača temeljem cjenovnog kriterija potencijalno rizičan, pa se u proces donošenja odluke uključuju i drugi faktori kao što su pouzdanost isporuke, kvaliteta isporučene robe te kapacitet dobavljača.

Lanac vrijednosti strukturira se na način da se međusobno povezuju različite hijerarhijske razine dobavljača, pa se tako definiraju dobavljači prve razine, druge razine, itd., dok se na kraju takve strukture nalazi proizvođač finalnog proizvoda (engl. *Original Equipment Manufacturer – OEM*). [1]

Navedene razine se mogu raspoznati na primjeru proizvodnje računala (slika 5.).



**Slika 5. Razine dobavljača pri proizvodnji računala**

Dobavljači 1. razine su u izravnom poslovnom odnosu s proizvođačem finalnog proizvoda (OEM – om) te njemu isporučuje dijelove koji su potrebni za stvaranje proizvoda.

Dobavljači 2. razine bave se proizvodnjom i isporukom komponenti koje se kasnije ugrađuju u proizvod i opskrbljuju dobavljača prve razine, dok s OEM-om nemaju izravan poslovni odnos. Čest je i slučaj kada je jedna organizacija istovremeno dobavljač 1. razine nekoj organizaciji i dobavljač 2. razine za neki drugi proizvod. No, usmjerenost na jedan proizvod dobavljaču 2. razine omogućuje proizvodnju većih količina te optimizaciju resursa i kapaciteta.

Dobavljači 3. razine bave se proizvodnjom velikih količina proizvoda koji su sastavni dijelovi proizvoda dobavljača drugog reda. S obzirom na velike količine potrebnih dijelova, nerijetko se narudžbe određenog proizvoda dijele na više dobavljača kako bi se minimizirao rizik koji nastaje zbog nepravovremenih isporuka, iako se time povećavaju troškovi zbog potrebe za povećanom koordinacijom sustava.

Daljnje razine dobavljača u lancu vrijednosti definiraju se po potrebi i u skladu s uvjetima koje definira OEM. [1]

### **2.2.2. Pružatelji usluga**

Pružatelji usluga su tvrtke koje pružaju usluge proizvođačima, distributerima, trgovcima i kupcima. Oni razvijaju posebnu stručnost i vještine koje su orijentirane na određenu aktivnost potrebnu lancu vrijednosti. Zbog toga su u mogućnosti obavljati usluge učinkovitije i po povoljnijoj cijeni nego što bi to proizvođači, distributeri, trgovci ili kupci mogli sami.

Najučestaliji pružatelji usluga u bilo kojem lancu vrijednosti su pružatelji usluga transporta i skladištenja. Pružatelji financijskih usluga pružaju usluge kao što su davanje zajmova, izrada kreditnih analiza i naplata računa. To su banke, tvrtke za kreditni rejting i agencije za naplatu. Neki pružatelji usluga pružaju istraživanje tržišta i oglašavanje, dok drugi pružaju dizajn proizvoda, inženjerske i pravne savjete te savjete o upravljanju. Nadalje, neki pružatelji nude vlastite informacijske tehnologije i usluge prikupljanja podataka, koje su zajedno sa ostalim uslugama integrirane u poslovanje proizvođača, distributera, trgovca ili kupaca u lancu vrijednosti. [2]

### **2.2.3. Posrednici i trgovci**

Trgovci i posrednici robu koje posjeduju u svojim skladištima prodaju široj javnosti u manjim ili većim količinama. Kako bi privukli kupce, oni pomno prate preferencije i zahtjeve kupaca te u tu svrhu često koriste kombinaciju cijene, kvalitete proizvoda, usluge i praktičnosti. Trgovci su u prvoj liniji kontakta s kupcima te ostvaruju izravan kontakt s krajnjim kupcem, dok posrednici ne preuzimaju vlasništvo nad robom, već dovode kupca i trgovca u međusobnu vezu. [2]

### **2.2.4. Krajnji kupci**

Ulazna veličina svakog lanca vrijednosti je narudžba od strane kupaca koji kupuju i koriste finalni proizvod. Može se govoriti o indirektnoj prodaji ukoliko kupac ugrađuje kupljeni proizvod u drugi proizvod koji se tada prodaje drugim kupcima te o direktnoj prodaji kada se proizvod isporučuje izravno krajnjem kupcu. [2]

Krajnji potrošač je pokretač lanca vrijednosti jer je svo djelovanje lanca vrijednosti vođeno potrebama i željama krajnjeg kupca. Struktura lanca vrijednosti sastoji se od pristupa, aktivnosti i strategija koje za cilj imaju isporuku proizvoda ili usluga kako bi se zadovoljili zahtjevi krajnjih potrošača. Također, kupac menadžmentu tvrtke pruža esencijalne informacije i smjernice u donošenju odluka te tako pomaže u postizanju željene tržišne reakcije. Kako bi se osigurao pravi pristup prema krajnjim kupcima, nerijetko se u svakom segmentu lanca

vrijednosti provode posebne analize kupaca koje dovode do sustavnog povećanja efikasnosti i generiranja veće dodane vrijednosti lanca. [4]

### 2.3. Upravljanje lancem vrijednosti

Upravljanje lancem vrijednosti obuhvaća planiranje i upravljanje aktivnostima koje su uključene u nabavu, transformaciju proizvoda i sve druge aktivnosti u lancu. Uz aktivnosti, obuhvaća i koordinaciju i suradnju među partnerima u lancu u svrhu postizanja najboljeg odgovora na zahtjeve tržišta, maksimiziranja dodane vrijednosti u pojedinim fazama lanca te u svrhu poboljšanja dugoročnih performansi pojedinih tvrtki kao i lanca vrijednosti u cjelini. [1]  
[2]

#### 2.3.1. Temeljni procesi upravljanja lancima vrijednosti

Integracija lanca vrijednosti podrazumijeva postupak u kojem se pravno neovisne tvrtke koje su dionici lanca, međusobno koordiniraju kao da su jedna tvrtka kako bi mogle postići zajednički cilj. Integrirani lanac vrijednosti koordinira ispunjenje narudžbe kako bi respondiralo potrošnji na kraju lanca vrijednosti i sinkronizirala proizvodnja u svrhu osiguranja dostave proizvoda na pravo mjesto u pravo vrijeme i uz pravu cijenu. [1]

Strukturom integracije upravlja se kroz 8 procesa:

##### 1) Upravljanje odnosima s kupcima (engl. *Customer Relationship Management* – CRM)

Kupac je polazna točka kada se u lancu vrijednosti nastoji generirati profit jer sva potražnja, a time i prihodi dolaze od kupca. Stoga je CRM proces i njegova integracija s internim operacijama lanca bitna za sveukupno poboljšanje performansi lanca, ali i za razvoj i održavanje kvalitetnog odnosa s kupcima.

Na strateškoj razini upravljanje odnosima s kupcima sastoji se od potprocesa:

- **Marketing** uključuje odluke o tome na koje kupce i tržište ciljati, koje proizvode nuditi, kako određivati cijene te na koji način privući kupce. Ovdje se često koriste različite analize tržišta koje pomažu menadžmentu u donošenju odluka.
- **Prodaja** je kao proces usredotočen na fizičko ispunjenje zahtjeva kupaca nakon njihove narudžbe odabirom između različitih opcija i značajki.
- **Upravljanje narudžbama** je važan proces kako bi kupac mogao pratiti svoju narudžbu, a poduzeće moglo planirati i izvršiti ispunjenje naloga.



Spomenuti CRM potprocesi ključni su za lanac vrijednosti jer pokrivaju veliku količinu interakcije između poduzeća i njegovih kupaca. [3]

## 2) Upravljanje korisničkom podrškom (engl. *Customer Service Management* - CSM)

Korisnička podrška, čije se usluge pružaju u pozivnim centrima ili u informacijskom odijelu tvrtke, često je primarna točka kontakta između tvrtke i njezinih kupaca, a pruža kupcima informacije o statusu narudžbe, rokovima isporuke, predlaže proizvode te rješava probleme povezane s proizvodom ili narudžbom. Tvrtke nerijetko korisničkoj podršci pridaju veliku važnost jer se smatra da je upravljanje korisničkom podrškom u suštini odraz same organizacije prema kupcu. [1] [3]

## 3) Upravljanje potražnjom (engl. *Demand Management* – DM)

Postupak upravljanja potražnjom bavi se uravnoteženjem zahtjeva kupaca s mogućnostima lanca vrijednosti. To uključuje predviđanje potražnje i sinkronizaciju s mogućnostima proizvodnje, nabave i distribucije. Ako je postupak upravljanja potražnjom dobro proveden, takav može pružiti tvrtki spremnost prema očekivanoj i neočekivanoj potražnji.

Važna komponenta upravljanja potražnjom je pronalaženje načina za smanjenje varijabilnosti potražnje i poboljšanje proizvodne fleksibilnosti. Varijabilnost čiji su uzroci kupci, većinom je neizbježna, no jedan od ciljeva upravljanja potražnjom je eliminacija takvog upravljanja koje potiče varijabilnost potražnje kupaca i uvođenje strategije koja potiče predvidljivije obrasce potražnje. Drugi ključni dio upravljanja potražnjom je razvijanje i izvršavanje planova za nepredviđene situacije koje mogu uzrokovati prekide u operativnim planovima i donijeti financijske gubitke u poduzeću. [6]

## 4) Izvršavanje narudžbi (engl. *Order Fulfillment* – OF)

Proces izvršavanja narudžbe započinje kupcem koji daje narudžbu i završava kad kupac zaprimi tražene proizvode ili usluge, a uključuje aktivnosti unošenja narudžbe, procesuiranja, dokumentiranja, komisioniranja, isporuke narudžbe i postprodajnih aktivnosti. Ključ efikasnog upravljanja lancem vrijednosti jest ispunjenje zahtjeva kupaca u terminu ispunjenja narudžbi kupaca, a to podrazumijeva integraciju planova marketinga, proizvodnje i logistike neke organizacije. Ovaj proces ima velik utjecaj na kupčevu percepciju usluge, a time i zadovoljstvo. [1] [4]

#### 5) Upravljanje proizvodnim tijekom (engl. *Manufacturing Flow Management* – MFM)

Upravljanje proizvodnim tijekom je postupak koji se bavi svim aktivnostima potrebnim za kretanje proizvoda kroz proizvodne pogone te uspostavljanjem fleksibilnosti proizvodnje u lancu vrijednosti. Fleksibilnost proizvodnje odnosi se na sposobnost pravodobne izrade proizvoda te na sposobnost brzog prilagođavanja različitim zahtjevima tržišta. Fleksibilnost proizvodnje je mjerilo sposobnosti reagiranja poduzeća na promjene u okolini u što manjem vremenu i sa što manjim troškovima. Iako svako poduzeće teži prema fleksibilnijoj proizvodnji, za mnoge je to otežano zbog većih troškova i potrebe za povećanim ulaganjima. Proces upravljanja proizvodnim tijekom proteže se i izvan granica proizvodnje te uključuje postupke nabave, marketinga i logistike koji imaju utjecaj na kretanje proizvoda te na uspostavu fleksibilnosti u poduzeću. [4] [3]

#### 6) Upravljanje odnosima s dobavljačima (engl. *Supplier Relationship Management* – SRM)

Upravljanje odnosima s dobavljačima je proces usmjeren ka interakciji poduzeća s njegovim dobavljačima, a koji za glavni cilj ima uspostavu dvosmjernih, obostrano korisnih odnosa za obje strane. Upravljanje odnosima s dobavljačima polazi od toga da se dobavljač tretira kao partner, a odnos se temelji na dugoročnosti i obostranom razumijevanju. Sa svakim je dobavljačem potrebno definirati, a onda i upravljati individualnim ugovorima u kojima su sadržani uvjeti poslovanja. Poduzeća postaju sve više svjesna da suradnjom s dobavljačima mogu ostvariti određene prednosti, kao što su snižavanje nabavne cijene, produljenje rokova plaćanja, skraćivanja rokova isporuke i sl. Nastoji se komunicirati i planirati zajedno s dobavljačima te tako stvoriti dugoročan odnos radi stvaranja veće vrijednosti za kupca, uz najniže moguće troškove u lancu vrijednosti, a ne samo na razini pojedinačnog poduzeća u lancu. [3]

#### 7) Razvoj i komercijalizacija proizvoda (engl. *Product Development Management* – PDM)

Razvoj i komercijalizacija proizvoda predstavlja proces tvrtke ili lanca vrijednosti u kojem se novi proizvodi konstruiraju, proizvode i isporučuju kupcima sa ciljem što kraćeg vremena od početka proizvodnje do plasmana gotovog proizvoda na tržište.

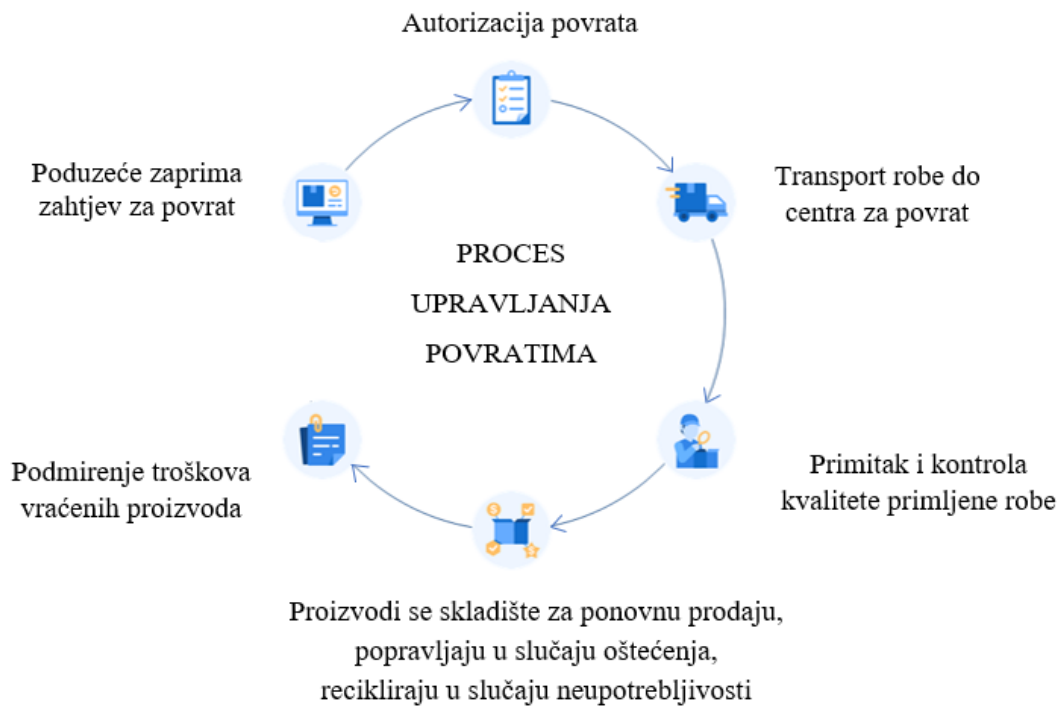
Operativni procesi povezani s razvojem i komercijalizacijom proizvoda su:

- Definiranje i procjena novog proizvoda
- Uspostavljanje kros-funkcionalnog tima za upravljanje proizvodnjom
- Formaliziranje projekta razvoja novog proizvoda
- Dizajn i izrada prototipa
- Odluka o kupnji
- Definiranje kanala prodaje
- Uvođenje proizvoda na tržište te mjerenje efikasnosti cjelokupnog procesa

Tehničke inovacije, društvene promjene i ekonomski razvoj, uzrokuju neprestanu promjenu tržišta, kojoj se poduzeće mora prilagoditi ukoliko želi ostati konkurentno na tržištu. Učinak ovog procesa, koji se iskazuje vremenom ciklusa razvoja i isporuke novog proizvoda te udjelom prodaje novog proizvoda u sveukupnoj prodaji, ključan je pokazatelj kontinuiranog napretka poduzeća. [1] [2]

#### 8) Upravljanje povratima (engl. *Returns Management* – RM)

Krajnji kupci, trgovci, distributeri i proizvođači vraćaju proizvode pod određenim okolnostima: ukoliko su isporučeni pogrešni proizvodi, isporučeni proizvodi su oštećeni, bilo u tranzitu ili su neispravni izašli iz tvornice, isporučeno je više proizvoda nego što je to bilo potrebno, itd. Navedene okolnosti proizlaze iz neučinkovitosti lanca vrijednosti zbog čega se i stvorila potreba za povratom proizvoda. Sva poduzeća uključena u lanac vrijednosti moraju pratiti vrste povrata koji se događaju, njihovu učestalost i trendove rasta ili pada stope povrata. Iako su povrati često pokazatelj neučinkovitosti lanca vrijednosti, oni mogu identificirati i mogućnosti poboljšanja produktivnosti kod postojećih i potencijalnih projekata. Na slici 5. prikazani su operativni potproces i za upravljanje povratima. [2]



**Slika 6. Operativni potprocesi za upravljanje povratima**

### 2.3.2. Uobičajeni modeli upravljanja lancima vrijednosti

Kako bi se osigurala korist za sve dionike lanca vrijednosti, potrebno je provesti odgovarajuće analize svih sudionika, njihovih aktivnosti i procesa koji se odvijaju. Takve analize daju uvid u profitabilnost raznih segmenata lanca, ukazuju na slabe točke i na mjesta potrebnih poboljšanja, pomažući pritom partnerima unutar lanca da se fokusiraju na ona područja u kojima njihovi naponi rezultiraju najvećim profitom. [1]

Sukladno rezultatima nakon provođenja analize, odabire se optimalan model upravljanja:

#### 1) Strateški savezi

Strateški savez čine barem dva partnera koji surađuju kako bi ostvarili zajedničke ciljeve, odnosno kako bi održali ili stekli konkurentsku prednost na tržištu, a pritom zadržavajući svoju vlastitu neovisnost. Strateški savez povezuje tvrtku sa svojim konkurentom, dobavljačem ili kupcem, čijim se udruživanje i kombinacijom prednosti i snaga postižu zajednički ciljevi. Čest motiv ulaska tvrtke u strateški savez je njezina nemogućnost da sama riješi problem vezan uz svoju konkurentsku poziciju te mogućnost da povezivanjem s drugim konkurentima, dobavljačima ili kupcima stvori vrijednosti koje samostalnim djelovanjem ne bi mogla. [7]

## 2) Distributivne strategije

Distribucija je postupak upravljanja kretanjima dobara od proizvođača do krajnjih potrošača, preko veletrgovinskih, malotrgovinskih, skladišnih i transportnih institucija kako bi dobra bila pristupačnija kupcima u željeno vrijeme i na željenom mjestu. Dodatni zadaci distribucije su vremensko i prostorno usklađivanje proizvodnje i potrošnje te plasman novih proizvoda na tržište. [1] [7]

## 3) 4R metoda

Jedna od novijih metoda upravljanja lancem vrijednosti je 4R metoda, čija kratica predstavlja:

1. **Odgovaranje na zahtjeve kupaca** (engl. *Responsiveness*) se odnosi na sposobnost lanca da odgovori na zahtjeve kupaca u što je moguće kraćim vremenskim okvirima te na spremnost na odgovor i prije potražnje kupaca.
2. **Pouzdanost** (engl. *Reliability*) se odnosi na sigurnosne zalihe koje lanac posjeduje u svim svojim segmentima zbog nesigurnosti u pogledu buduće potražnje, neizvjesnosti u pogledu sposobnosti dobavljača da ispoštuje rokove isporuke, itd.
3. **Otpornost** (engl. *Resilience*) se odnosi na sposobnost lanca vrijednosti da se nosi s neočekivanim smetnjama i poremećajima koji povećavaju rizik prekida kontinuiteta poslovanja. Lanci vrijednosti s većom fleksibilnošću imaju bolje mogućnosti podnošenja nesigurnog poslovnog okruženja koje je nerijetko izloženo neočekivanim šokovima i diskontinuitetima.
4. **Poslovni odnosi između partnera** (engl. *Relationships*) temelje se na ideji da se odnosi tvrtki i dobavljača trebaju zasnivati na partnerstvu koje za prednost ima poboljšanu kvalitetu poslovanja, podjelu inovacija, smanjene troškove i integrirano planiranje proizvodnje i isporuke. Zbog povezanosti dionika lanca vrijednosti, takva partnerstva postaju nepremostiva prepreka za ulazak konkurenata u lanac. [8]

## 4) Kreiranje komparativnih prednosti

Kreiranje komparativnih prednosti odražava se na sposobnost organizacije da se u očima kupca razlikuje od konkurencije, a da u svom djelovanju posluje s nižim troškovima, a time i s većom dobiti. Komparativna prednost može se realizirati na raznovrsne načine, a u lancu vrijednosti potrebno je razmatranje mogućih komparativnih prednosti s aspekta cjelokupnog lanca vrijednosti. [1] [8]

## 2.4. Poremećaji u lancu vrijednosti

Današnji lanci vrijednosti vođeni su razmjenom informacija između svih dionika koji zajedno sa svojim partnerima čine mrežu. Količina podataka koja teče u svim smjerovima je velika te zbog pogrešne interpretacije istih, može doći do raznih poremećaja u lancu. Vidljivost stvarnih uvjeta ponude i potražnje može biti oslabljena načinom na koji se informacije filtriraju i modificiraju kad prelaze od jednog dionika lanca prema drugom.

Na složenost informacija u lancu izravno ili neizravno utječu faktori:

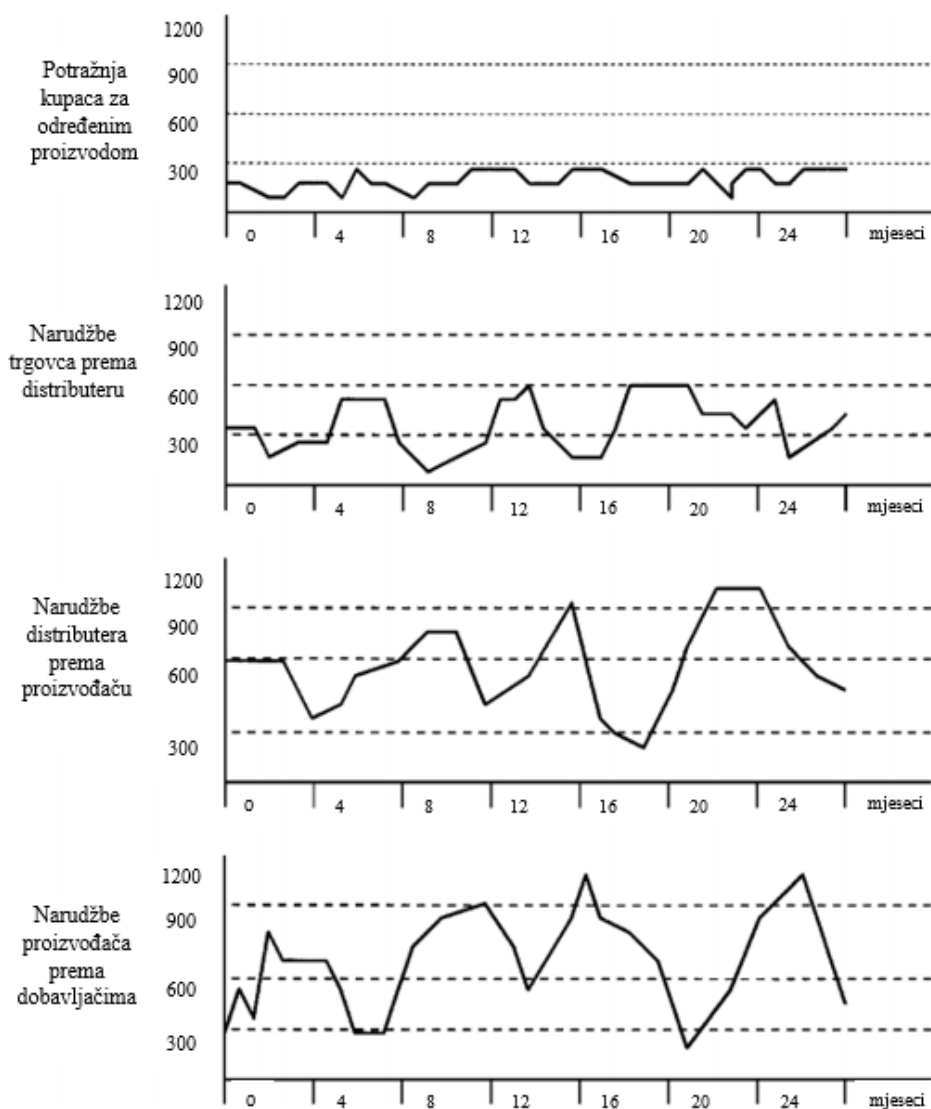
- **složenost mreže i procesa** utječe na broj faza i koraka kroz koje informacije moraju proći,
- **asortiman i složenost proizvoda** dodaju raznolikost i dovode do većeg broja podataka,
- **složenost prodaje** nastaje kao rezultat previše nestandardnih opcija, tj. prilagođenih rješenja,
- **broj dobavljača** povećava broj odnosa kojima je potrebno upravljati,
- **složenost organizacije tvrtke** povećava vjerojatnost izobličenja informacija između odjela i funkcija.

U ovakvim slučajevima, potreba za koordinacijom protoka informacija i robe između dionika lanca vrijednosti postaje ključni zadatak i prioritet. Nedostatak koordinacije, može dovesti do značajnijeg povećanja troškova unutar lanca, sporijeg odgovora na zahtjeve tržišta i do pojave efekta biča (engl. *Bullwhip Effect*). Svi navedeni utječu na smanjenje profitabilnosti lanca, a čije je maksimiziranje cilj svakog lanca vrijednosti. [8]

### 2.4.1. Efekt biča (engl. *Bullwhip Effect*)

Jedan od najčešćih poremećaja koordinacije u lancu vrijednosti je pojava koja se naziva efekt biča ili engl. *Bullwhip Effect*. U ovom procesu dolazi do iskrivljenja informacija o potražnji kako se kreće uzvodno (engl. *Upstream*) u lancu vrijednosti. Naime, male promjene u potražnji od strane potrošača pretvaraju se u sve veće i veće promjene potražnje u uzvodnim karikama lanca, a uzrok tome su vrlo različite slike tržišne potražnje kod različitih segmenata lanca (slika 7.).

Ovakav je slučaj čest kod industrija koje služe tržištima u razvoju i rastu (primjerice industrije telekomunikacijske opreme ili računalnih komponenti) koje su podložne naglom rastu, ali i padu.



**Slika 7. Efekt biča u lancu vrijednosti**

Najčešći uzroci ovog poremećaja su:

- ažuriranje predviđanja potražnje

Svaki dionik lanca svojom primarnom zadaćom smatra ispunjavanje narudžbi zaprimljenih od prethodnog dionika lanca. Svi oni potražnju promatraju kao tok primljenih narudžbi te izrađuju prognozu na temelju tih informacija. Prilikom svake narudžbe, dionik lanca mora napraviti narudžbu kojom će stanje zaliha biti na optimalnoj razini, a imajući na umu buduću potražnju. Tome se nadodaju i sigurnosne zalihe koje osiguravaju nesmetani tijek procesa u uvjetima neplaniranih promjena u potražnji. Pri naglom povećanju potražnje kupaca u maloprodaji, trgovac na to povećanja može gledati kao trend rasta. Tada on naručuje količinu robe potrebnu

da održi zalihe na optimalnoj razini gdje je uključen i faktor njegovog predviđanja buduće potražnje, temeljen na prethodnom skoku u potražnji. Takvu narudžbu on šalje prema distributeru koji također donose zaključak o trendu rasta i na isti način donose odluku o količini naručene robe. Povećanje narudžbe kod distributera je tada veće od uočenog povećanja potražnje kod trgovca, a distributer će tako još veću narudžbu poslati proizvođaču. Kako se ide dalje prema lancu vrijednosti, veličina narudžbe će se povećavati, što je vidljivo na slici 7. po sve većim oscilacijama narudžbi. [3] [2] [9]

- periodično naručivanje

Kada do nekog objekta u lancu vrijednosti dolazi narudžba, on ne mora odmah izdati nalog svojem dobavljaču, već se često akumuliraju narudžbe prije izdavanja naloga. Primjerice, tvrtka može na dnevnoj bazi primati narudžbe, no može imati takvu politiku da šalje narudžbe svojim dobavljačima jednom tjedno. Varijabilnost narudžbi za dobavljača je tada povećana u odnosu na one narudžbe koje je tvrtka zaprimila, što upućuje na pojavu efekta biča kod takve tvrtke. Često se dionici u lancu vrijednosti ne mogu nositi s čestom obradom narudžbi zbog povećanih troškova obrade narudžbe u odnosu na periodično naručivane te zbog vremena utrošenog za svakodnevnu obradu podataka. Nadalje, prepreka za svakodnevno naručivanje su i troškovi transporta. Naime, kod potpunog punjenja transportnog sredstva proizvodima (engl. *Full truckload* – FTL) i rjeđih utovara, generiraju se niži troškovi nego kod djelomično punog transportnog sredstva (engl. *Less than truckload* – LTL), češćeg utovara i većih stopa transporta. Prema tome, ekonomičnije su periodične narudžbe kada se smanjuju troškovi transporta i obrade narudžbe, no isto to može dovesti i do znatnijeg povećanja vremenskog roka u kojem kupac dobiva željeni proizvod (engl. *Lead time*). [9] [10]

- promjene cijena proizvoda

Cijene proizvoda mogu varirati zbog raznoraznih promocija, popusta, količinskih popusta, kupona, itd. Osim toga, proizvođači nude različite trgovinske ponude distributerima i trgovcima, što predstavlja neizravni oblik promjena cijena proizvoda. Kada su cijene proizvoda niže, kupci kupuju veće količine nego što im je potrebno, a u fazi kada se smanje popusti i promocije, kupac kupuje manje i troši kupljene zalihe. To ukazuje na varijabilnost potražnje, što je jedan od uzročnika efekta biča. [9] [10]



- racioniranje i nestašica proizvoda

Kada potražnja za nekim proizvodom premaši trenutno dostupne zalihe, dobavljač mora racionirati svoj proizvod kupcima. Primjerice, ako ukupne zalihe iznose samo 50 % ukupne potražnje, svi kupci dobivaju 50 % količine proizvoda koju naruče. Kupci, znajući to, pretjeruju u stvarnim potrebama kada naručuju proizvode, kako bi mogli dobiti barem njima potrebnu količinu. Kasnije, kada dobavljač proizvoda obnovi svoje zalihe, mnogi kupci otkazuju svoje narudžbe jer im zapravo nije potrebna tolika količina, a dobavljaču ostaje višak zaliha, povećani ljudski resursi te višak proizvodnih i prostornih kapaciteta. Upravljanje lancem vrijednosti koje se temelji na povijesnim podacima prodaje, a ne na trenutnim narudžbama, sprečava nastajanje ovakvih negativnih posljedica, a onda vodi i ka povećanoj zaradi u cijelom lancu. [9] [10]

Kako bi se poduzele mjere koje mogu pridonijeti smanjenju negativnih posljedica efekta biča u lancima vrijednosti, potrebno je kvantificirati ovaj poremećaj te otkriti u kojoj mjeri svaki od dionika lanca pridonosi stvaranju istoga. Optimalna mjera za ovakvu kvantifikaciju je BWE indeks (engl. *Bullwhip effect index*). Ovim se statističkim pokazateljem izražava omjer varijance za narudžbe koje jedan dionik lanca izdaje prema sljedećem uzvodnom članu lanca ( $\sigma_{out}^2$ ) te varijanca narudžbi koju je taj isti dionik lanca primio od prethodnog dionika ( $\sigma_{in}^2$ ), gdje se svaka od ovih varijanci još dijeli sa očekivanom vrijednosti narudžbi ( $\mu_{in}$  i  $\mu_{out}$ ). [11]

Navedeno se može prikazati jednadžbom:

$$BWE = \frac{\frac{\sigma_{out}^2}{\mu_{out}}}{\frac{\sigma_{in}^2}{\mu_{in}}} \quad [11]$$

Indeks može poprimiti vrijednosti:

**BWE > 1**, kada je varijabilnost izdane narudžbe veća u odnosu na narudžbu koji je isti objekt zaprimio – slučaj pojave efekta biča

**BWE = 1**, ne dolazi do pojave efekta biča

**0 ≤ BWE < 1**, kada je varijabilnost zaprimljene narudžbe veća u odnosu na izdanu te dolazi do efekta zaglađivanja (eng. *Smoothing*)

**BWE = -1**, kada je varijabilnost zaprimljene narudžbe približna 0. [11]

Taj ključni pokazatelj može se izračunati za svakog dionika lanca vrijednosti te na taj način ukazati na kojem je dijelu lanca potreban fokus kako bi se mogao smanjiti efekt biča i posljedice koje dolaze s tim poremećajem koordinacije.

## 2.5. Prognoziranje u lancu vrijednosti u svrhu sprečavanja poremećaja

Prognoziranje potražnje čini osnovu cijelog planiranja lanca vrijednosti. Točno predviđanje omogućuje lancima vrijednosti da budu brži i učinkovitiji u pružanju usluga svojim kupcima. Kod prognoze potražnje potrebna je suradnja svih dionika lanca vrijednosti kako bi se stvorila zajednička precizna prognoza. Kad svaki dionik u lancu daje svoju zasebnu prognozu, te se prognoze često razlikuju, te između ostalog dovode do efekta biča.

Prognoziranje potražnje je neizostavna stavka koju menadžment tvrtke obavlja i kod *push/pull* procesa. Svi *push* procesi lanca vrijednosti izvode se u očekivanju potražnje kupaca. U takvom slučaju zalihe moraju postojati prije dolaska kupca, a potražnju je potrebno prognozirati za dulje vremensko razdoblje kako bi se mogla planirati nabava, proizvodnja i distribucija. Kod *pull* procesa, svi se postupci izvode kao odgovor na potražnju kupaca. Ovdje menadžment mora planirati razinu raspoloživog kapaciteta i zaliha, za što je također bitna prognoza potražnje kupaca.

Da bi prognozirale potražnju, tvrtke najprije moraju identificirati čimbenike koji utječu na buduću potražnju, a zatim utvrditi odnos između tih čimbenika i buduće potražnje [3]:

- Potražnja u proteklim razdobljima
- Vrijeme potrebno za isporuku proizvoda
- Planirano oglašavanje i marketing
- Planirani popusti na cijene
- Stanje gospodarstva

Postoje četiri osnovne metode koje se koriste prilikom izrade prognoza, no većina predviđanja izrađuje se pomoću njihovih kombinacija:

1. **Kvalitativne metode** se oslanjaju na ljudsku intuiciju ili subjektivna mišljenja o tržištu te su prikladne kada postoji malo raspoloživih povijesnih podataka za rad. Također se koriste i različite krivulje za koje se smatra da će najbolje aproksimirati buduće događaje na tržištu. [3] [2]

2. **Uzročne metode** predviđanja pretpostavljaju da je potražnja snažno povezana s određenim čimbenicima. Primjerice, ako se cijene nekog proizvoda snize, može se očekivati porast potražnje, a ako se povećaju, može se očekivati pad potražnje. [2]
3. **Metode vremenskih serija** su najčešći oblik predviđanja, a temelje se na pretpostavci da su prijašnji obrasci potražnje dobar pokazatelj buduće potražnje. Metoda pokazuje najbolje rezultate kada postoji pouzdana povijesna baza podataka, a tržišta koja se prognoziraju su stabilna i imaju obrasce potražnje koji se ne razlikuju puno od godine do godine. [2]
4. **Simulacijske metode** koriste kombinaciju uzročne metode i metode vremenskih serija kako bi oponašale ponašanje tržišta u različitim okolnostima. [3]

### 3. PRESJEK SIMULACIJSKOG SOFTVERA „ANYLOGISTIX”

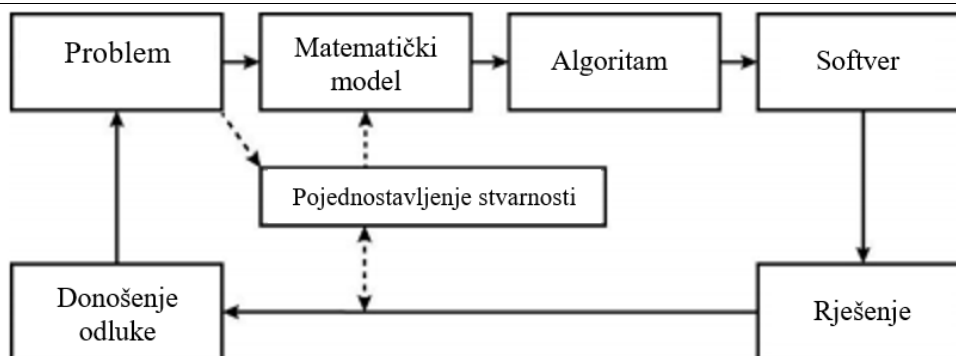
*AnyLogistix* je softver koji od svojeg nastanka 2014. godine nudi alate za sveobuhvatnu analizu lanca vrijednosti, pritom kombinirajući analitičke metode zajedno sa simulacijskim tehnologijama. *AnyLogistix* dio je „The AnyLogic Company”, multinacionalne kompanije koja, osim za *anyLogistix*, razvija softver i za program *Anylogic*. [12]

U *anyLogistixu* se mogu analizirati gotovo sva područja upravljanja lancem vrijednosti: planiranje optimalne lokacije objekata i potrebnih kapaciteta, transport, principi obnavljanja zaliha i stvaranja narudžbi, politika nabave, stvaranje šarži u proizvodnji, transportu i prodaji te analiza *Bullwhip* i *Ripple* efekta u lancu vrijednosti. U analizi navedenih, mogu se koristiti različiti pokazatelji (KPI) utjecaja ulaznih vrijednosti na financijske i operativne performanse sustava. [11]

#### 3.1. Donošenje zaključka o sustavu na temelju modela

Simuliranjem se mogu riješiti različiti problemi u stvarnom svijetu kreiranjem modela koji koristi programski jezik kako bi se predstavio stvarni sustav. U mnogim je slučajevima, i svrhu pronalaska pravog rješenja za neki sustav, eksperimentiranje sa stvarnim objektima neizvedivo: izgradnja, uništavanje i uvođenje promjena može biti preskupo, opasno ili nemoguće. U tu se svrhu stvara model koji dobro aproksimira stvarni sustav, a uključuje detalje za koje se smatra da su značajni, dok se zanemaruju faktori za koje se smatra da nisu dovoljno utjecajni.

Prvi korak u takvom procesu je prepoznavanje problema koji se želi riješiti uporabom simulacijskog algoritma. Nadalje, potrebna je transformacija realnog sustava u matematički model. Kako bi to bilo moguće, u ovom je koraku potrebno pojednostaviti složeni realni sustav. Takav model se dalje može opisati pomoću postojećih algoritama. Za implementaciju matematičkog modela i za izračun rezultata potreban je softver - ovom se radu koristi CPLEX u programu *anyLogistix*. Dobiveno rješenje je u obliku matematičkog modela, a menadžment tvrtke tada mora transformirati to matematičko rješenje u odluke kako bi se konačno mogao riješiti i realan početni problem. Bitno je da se prilikom donošenja odluka uzmu u obzir i faktori koji su zbog pojednostavljenja realnosti, u modelu bili zanemareni (slika 8). [11]



Slika 8. Proces donošenja zaključka i odluka na temelju modela

### 3.2. Mogućnosti *anyLogistix* programa

Ovisno o tome koja se odluka želi donijeti i koji se problem u lancu vrijednosti želi riješiti, korisnik bira između 4 opcije koje se nalaze na sučelju programa [11]:

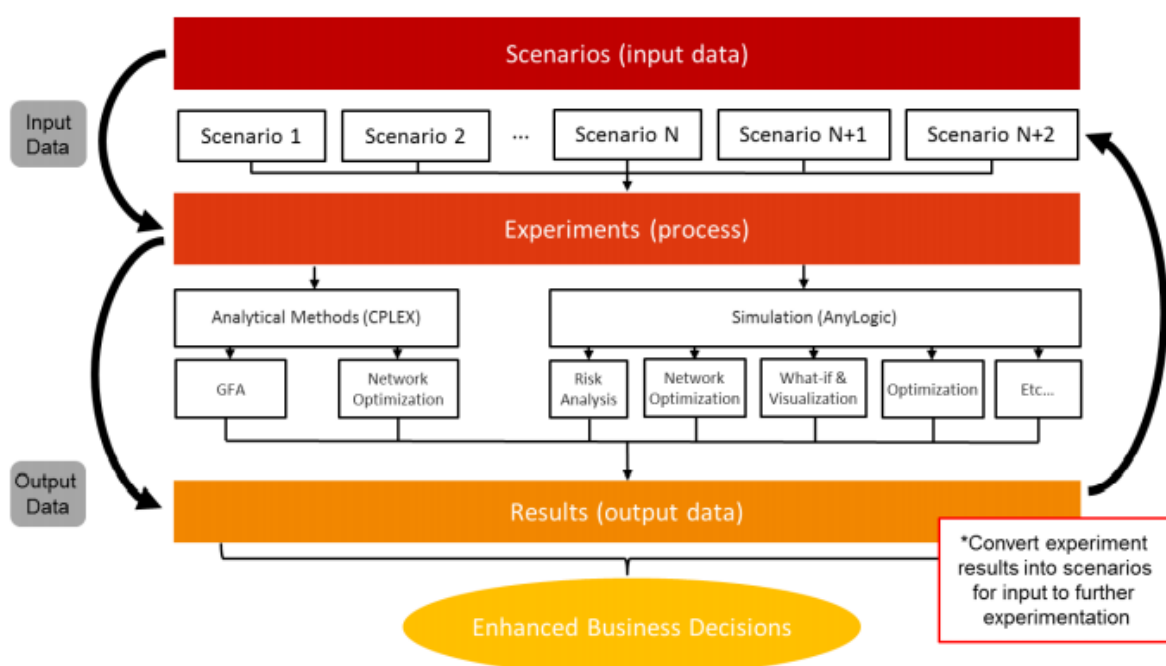
- *Greenfield analysis* (GFA) kada se želi odrediti optimalna lokacija distribucijskih centara ili tvornice. Ulazni podaci za ovakvu analizu su: lokacije kupaca, potražnja svakog kupca, broj potrebnih distribucijskih centara i tvornica te udaljenosti između objekata lanca. Za tako određene ulazne podatke, dobiva se optimalna i približna lokacija distribucijskog centra ili tvornice koja daje minimalne transportne troškove prema ostalim sudionicima.
- *Network optimization* (NO) kada se žele uključiti i ostali faktori kao što su: troškovi održavanja objekata, troškovi držanja zaliha, troškovi otvaranja novog objekta, emisija CO<sub>2</sub>, itd. Također se može napraviti i usporedba više verzija lanaca vrijednosti s ciljem onog s najmanjim troškovima.
- *Simulation* (SIM) kada se u analizu žele dodati i faktori vezani uz zalihe, nabavu, transport i proizvodnju. Uključuje strateške odluke vezane uz broj objekata, količinu zaliha i planiranje transporta i nabave, dok operacijske odluke sagledavaju predviđanja razvoja i trendova u narednim razdobljima te posljedice varijabilnosti potražnje (efekt biča) na ostale parametre u lancu vrijednosti.
- *Transport optimization* (TO) kada je naglasak na minimalnim troškovima transporta i na minimalnom vremenu isporuke proizvoda.

Ukoliko se žele koristiti i dodatne opcije za što bolju prilagodbu realnom sustavu, model iz *anyLogistixa* može se učitati i u *Anylogicu* gdje se u tu svrhu mogu koristiti *agent-based*, *discrete-event* i *system dynamics* simulacijski modeli.

### 3.3. Projekt i scenariji unutar projekta

*AnyLogistix* koristi projekte (engl. *Projects*) kako bi se mogli organizirati u tu bazu podataka svi podaci i informacije koje korisnik upotrebljava u jednoj analizi sustava. U isto vrijeme se može raditi samo na jednom projektu, a sam projekt uključuje bilo koji broj scenarija (engl. *Scenario*).

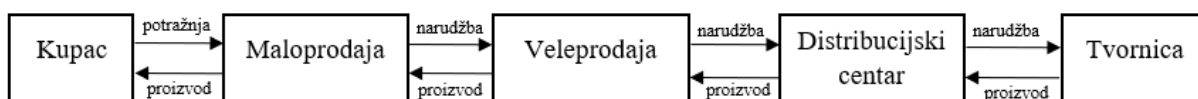
Scenariji mogu sadržavati bilo koje opcije (GFA, NO, SIM, TO) te se rezultati po scenarijima mogu uspoređivati kako bi se odlučilo o optimalnoj verziji lanca prema kriterijima korisnika.



Slika 9: Proces od unošenja podataka u scenarije do donošenja zaključka o ponašanju sustava [11]

#### 4. ANALIZA EFEKTA BIČA KORIŠTENJEM SIMULACIJSKOG ALGORITMA

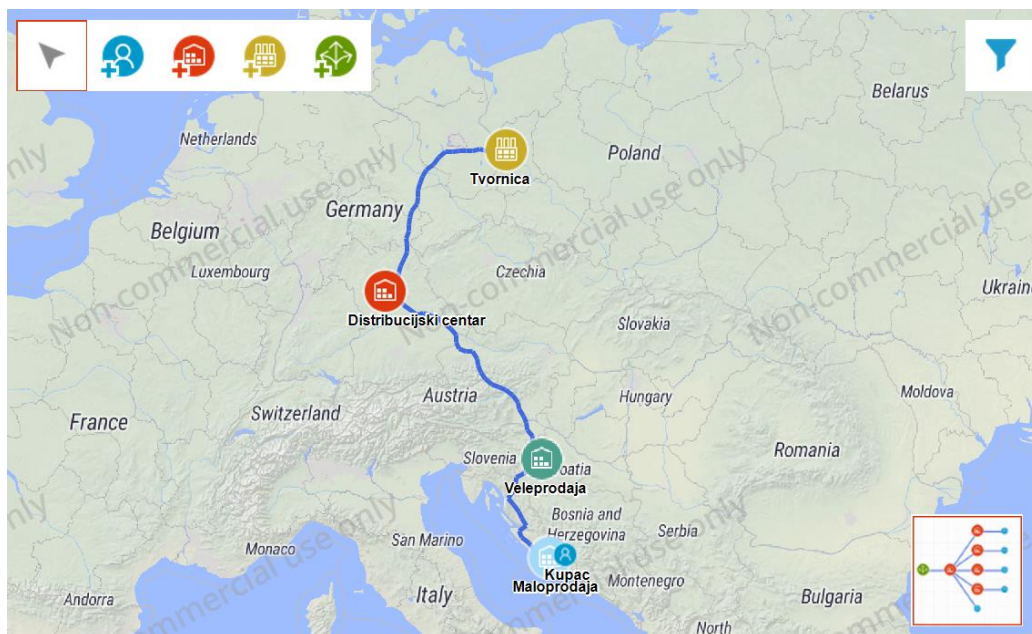
U ovom se radu predstavlja analiza efekta biča u lancu vrijednosti korištenjem simulacijskog algoritma u programu *anyLogistix*. U programu je stvoren jednostavan lanac vrijednosti koji se sastoji od kupca, maloprodajnog objekta, veleprodajnog objekta, distribucijskog centra i tvornice, kao što je to prikazano na slici 10. Tok informacija u lancu potaknut je potražnjom od strane kupca koja se pretvara u narudžbe objekata lanca sve do tvornice. Tok proizvoda počinje u tvornici i završava zaprimanjem proizvoda od strane kupca. U obrađenom primjeru potražnja je raspodijeljena u 28 dana te kupac svaki dan stvara novu narudžbu. Pri stvaranju lanca postavljeni su parametri koji određuju nabavu proizvoda, logistiku, zalihe, proizvodnju, troškove proizvodnje i troškove transporta.



Slika 10. Lanac vrijednosti u danoj simulaciji

Kako bi se što bolje analizirali različiti uzroci nastanka efekta poremećaja i njihov značaj, stvoreno je sveukupno 5 scenarija, a svaki je modeliran promjenom određenih vrijednosti koje rezultiraju različitim izlaznim podacima u lancu. U svakom se scenariju prati BWE indeks za 3 čvorišne točke: maloprodajni, veleprodajni objekt i distribucijski centar. Nadalje, prate se troškovi proizvodnje i troškovi transporta, a onda i prihodi i konačan profit. *AnyLogistix* koristi stvarne valute te se ovdje koristi američki dolar (USD) kao univerzalna novčana jedinica pri izračunu navedenih troškova.

Pri stvaranju lanca, dionici lanca smješteni su kao što je to prikazano na slici 11.



Slika 11. Geografska raspodjela objekata lanca u simulacijskom programu

#### 4.1. Nulti scenarij

Nulti scenarij primjer je lanca u uvjetima bez poremećaja. Nema naglih skokova potražnje, a varijanca potražnje od strane kupca u 28-dnevnom periodu iznosi  $\sigma^2 = 0,9$ .

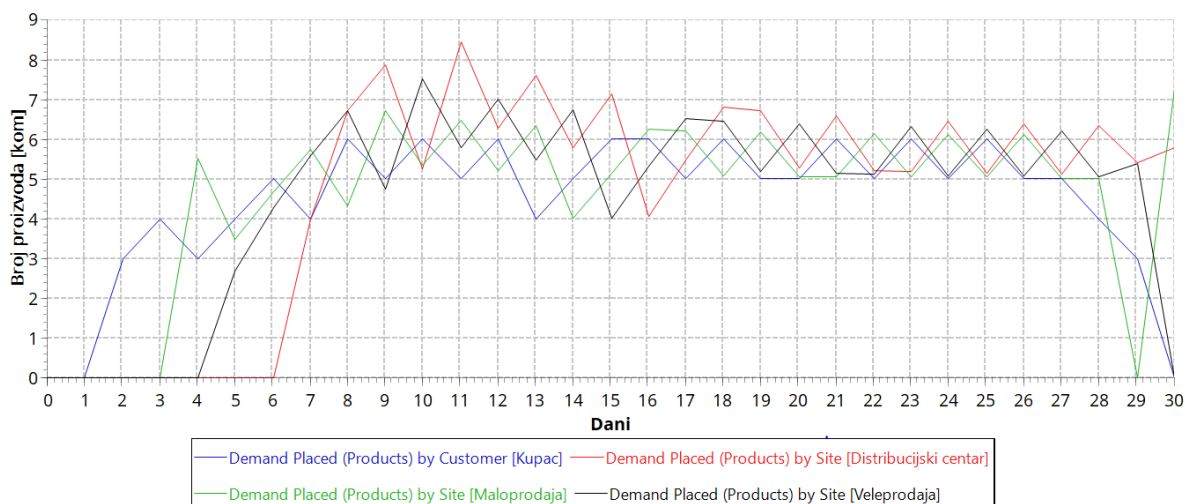
Rezultati simulacije i u ovakvom slučaju pokazuju blagi efekt biča zbog porasta BWE indeksa iznad 1 kod veleprodajnog objekta i distribucijskog centra (tablica 1.). U prikazu 12., dane su raspodjele potražnje od strane kupca i narudžbi od strane svakog daljnjeg uzvodnog objekta lanca. Vidljiva je veća varijabilnost narudžbi kako se ide od maloprodajnog objekta prema tvornici, što objašnjava i indeks efekta biča.

Prema [10], uobičajeno je, iako je potražnja stabilna, da se lanac vrijednosti suočava s pojačavanjem narudžbi uzvodno u lancu, a to je i u ovom scenariju slučaj.

Tablica 1. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u nultom scenariju

Čvorišna točka	BWE indeks
Maloprodajni objekt	0,989
Veleprodajni objekt	1,075
Distribucijski centar	1,432





**Slika 12. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u nultom scenariju**

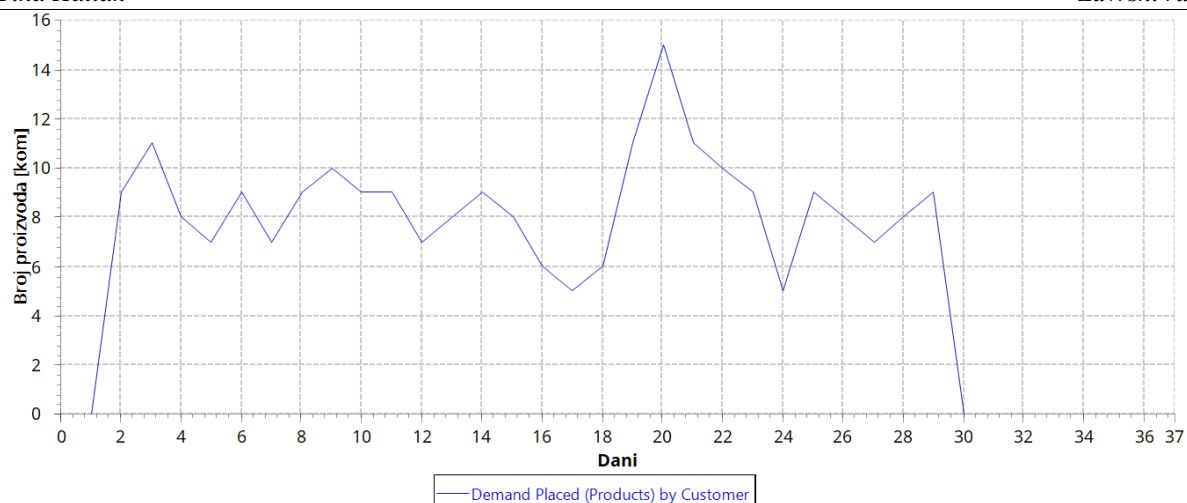
U tablici 2. dan je prikaz troškova transporta i proizvodnje te prihoda i profita. Ova će se tablica i BWE indeksi koristiti kao reference prilikom uspoređivanja ostalih scenarija s nultim scenarijem koji predstavlja lanac u normalnim uvjetima bez pojave uzročnika efekta biča.

**Tablica 2. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u nultom scenariju**

Troškovi proizvodnje [USD]	7,210.368
Transportni troškovi [USD]	19,637.533
Prihod [USD]	74,400
Profit [USD]	47,552.098

#### 4.2. 1. scenarij

U prvom scenariju generiran je porast potražnje u odnosu na nulti scenarij. Varijanca potražnje sada iznosi  $\sigma^2 = 4,1$ , a raspodjela potražnje kroz 28 dana prikazana je na slici 13. Svi ostali parametri ostaju jednaki kao i u nultom scenariju.



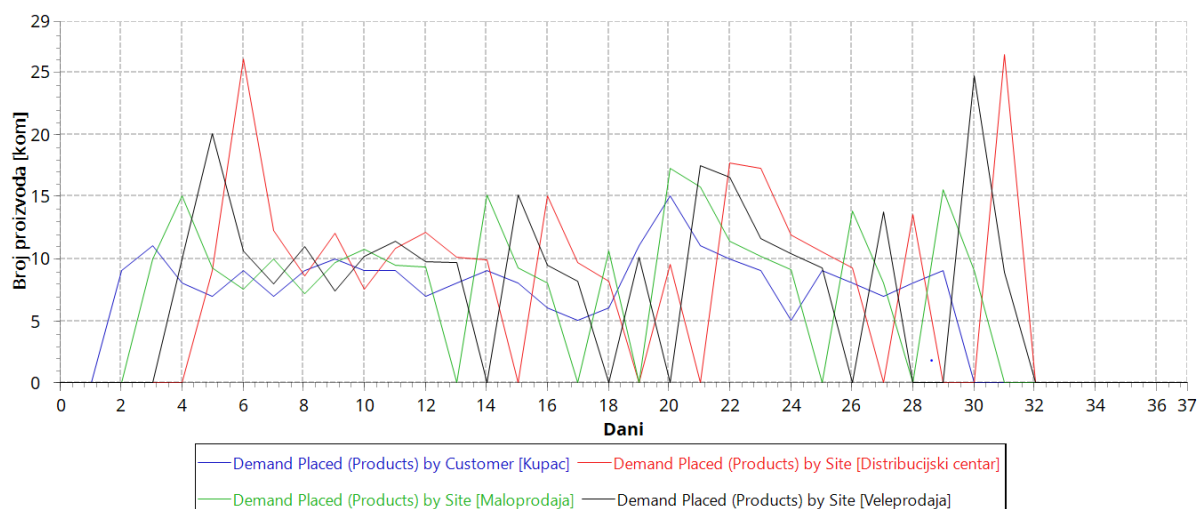
**Slika 13. Raspodjela potražnje od strane kupca u 1. scenariju**

Dobiveni rezultati ukazuju na pojavu efekta biča kod svih dionika lanca, s time da se BWE indeks i u ovom slučaju povećava kako se ide uzvodno prema lancu, no u ovom primjeru je to u većoj mjeri negoli u nultom scenariju. BWE indeks je kvantitativno prikazan u tablici 3.

**Tablica 3. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 1. scenariju**

Čvorišna točka	BWE indeks
Maloprodajni objekt	1,473
Veleprodajni objekt	1,683
Distribucijski centar	1,695

Povećana varijabilnost narudžbi uzvodno u lancu prikazana je na slici 14.



**Slika 14. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 1. scenariju**

U tablici 4. dani su troškovi i prihodi koji se generiraju u ovakvom lancu, a sukladno tome i stvoreni profit. Vidljivo je da su troškovi proizvodnje veći od troškova proizvodnje u nultom scenariju, no to je ovdje zbog povećane potražnje od strane kupaca i potrebe za većom količinom proizvoda. Zbog potražnje za većom količinom proizvoda, a onda i prodaje većih količina proizvoda, generiraju se veći prihodi i profit. Transportni troškovi imaju smanjen iznos u odnosu na referentni nulti scenarij, jer iako je veća potražnja, prijeđeni put transportnim sredstvom je manji zbog većeg iskorištenja kapaciteta transportnog sredstva. Naime, u programu je izabrana opcija da transportno sredstvo ne mora biti uvijek sadržavati maksimalan broj proizvoda, već on prevozi količine koje su zadane za svaki dan, bez obzira na njegov kapacitet (engl. *Less than truckload* – LTL). Ovdje se zbog veće potražnje kapacitet transportnog sredstva može bolje iskoristiti te nije potrebna veća stopa utovara/istovara da bi se transportirala željena količina robe.

**Tablica 4. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 1.scenariju**

Troškovi proizvodnje [USD]	14,042.482
Transportni troškovi [USD]	17,474.751
Prihod [USD]	143,400
Profit [USD]	111,882.767

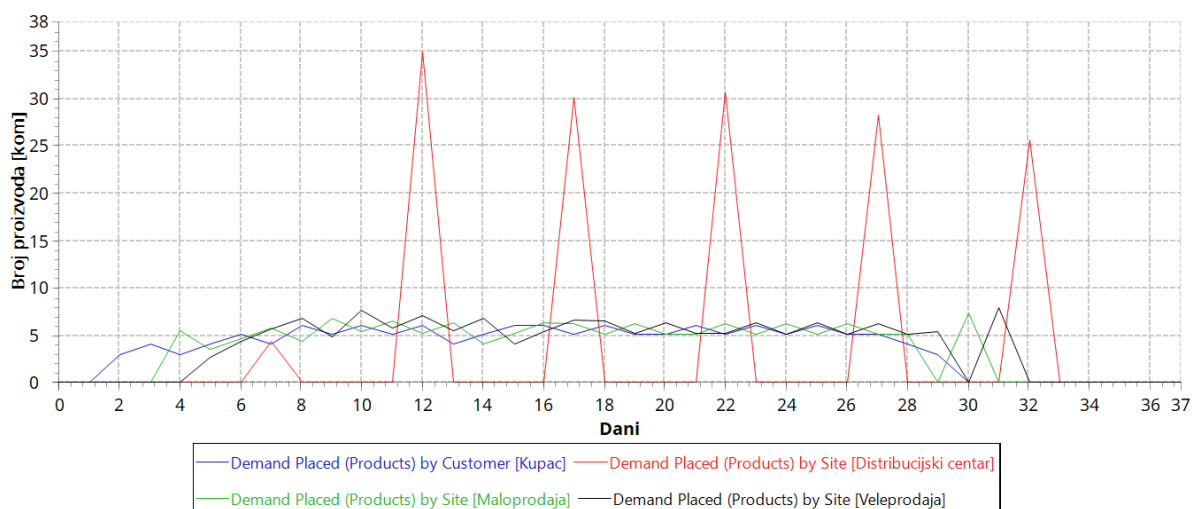
### 4.3. 2. scenarij

U drugom scenariju stvoren je slučaj kada distribucijski centar ne izdaje narudžbe svaki dan prema tvornici, već to radi svaki 5. dan, iako od veleprodaje zaprima narudžbe svaki dan. Ostali parametri isti su kao i u nultom scenariju. Prema podacima iz tablice 5., vidljivo je da je došlo do pojave efekta biča, no BWE indeks je značajnog iznosa upravo kod distribucijskog centra.

**Tablica 5. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 2. scenariju**

Čvorišna točka	BWE indeks
Maloprodajni objekt	0,989
Veleprodajni objekt	1,075
Distribucijski centar	5,871

Stvaranje narudžbe prema tvornici svaki 5. dan vidljivo je i u prikazu na slici 15. te je očito da postoji velika varijabilnost između narudžbe koju je distribucijski centar zaprimio i one koju je izdao prema tvornici.



**Slika 15. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 2. scenariju**

Kako distribucijski centar stvara narudžbu svakih 5 dana, a ne svaki dan kao dosad, uvelike se smanjuju troškovi transporta u odnosu na nulti scenarij. Naime, kako je i prikazano na slici 11. geografske raspodjele objekata, velika je udaljenost distribucijskog centra od tvornice, a kako se troškovi transporta obračunavaju prema prijednom putu, ti troškovi su sada gotovo 5

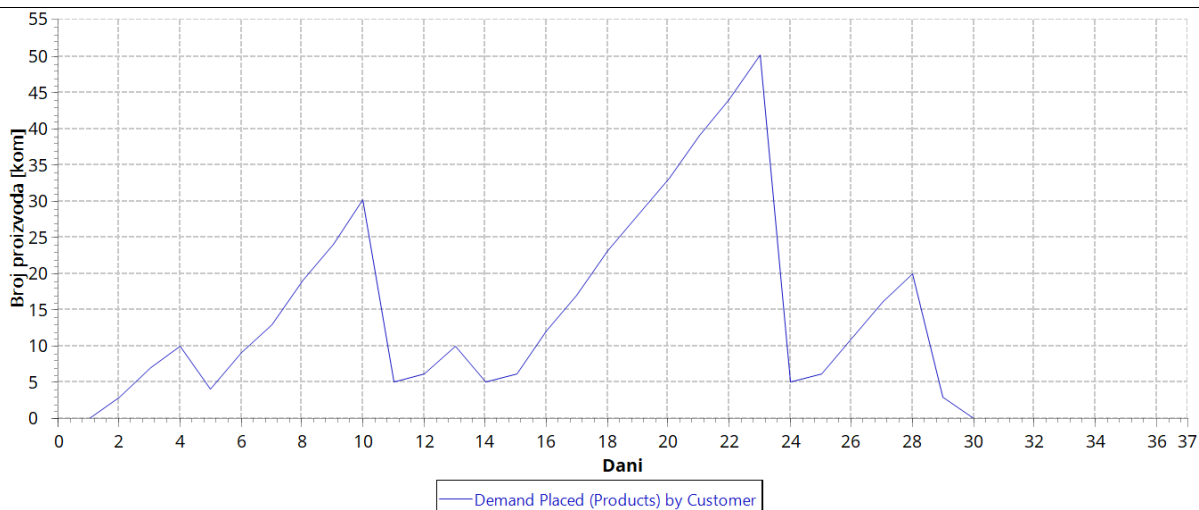
puta manji (tablica 6.). Na račun smanjenja transportnih troškova, povećao se profit generiran u cijelom lancu vrijednosti. Tvornica proizvodi na temelju zaprimljenog signala, što znači da se uvelike mijenja i način proizvodnje proizvoda. Nije potrebno proizvoditi svaki dan, već samo nakon primitka signala od strane distribucijskog centra. U nekoliko dana proizvede se maksimalna moguća količina prema proizvodnim kapacitetima, a nakon toga se opet ne proizvodi te se čeka novi signal iz distribucijskog centra. To rezultira nešto manjim proizvodnim troškovima negoli je to slučaj u nultom scenariju

**Tablica 6. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 2. scenariju**

Troškovi proizvodnje [USD]	6,599.598
Transportni troškovi [USD]	4,366.622
Prihod [USD]	64,200
Profit [USD]	53,233.780

#### 4.4. 3. scenarij

U trećem scenariju promijenjena je politika zaprimanja narudžbi od strane maloprodajnog objekta opcijom *Order Batch*. Nakon što potražnja od strane kupca dosegne iznos od 5 proizvoda ili njegovog višekratnika (10, 15, 20, 25, ...), tek onda maloprodajni objekt izdaje narudžbu prema veleprodajnom objektu. Također, uvjet je da se narudžba od strane kupca ne smije razbijati i kombinirati sa sljedećom narudžbom, već se čeka da suma narudžbi dosegnu iznos od 5 proizvoda ili njegovog višekratnika. Narudžba koju zaprima maloprodajni objekt tada izgleda kao što je prikazano na slici 16.



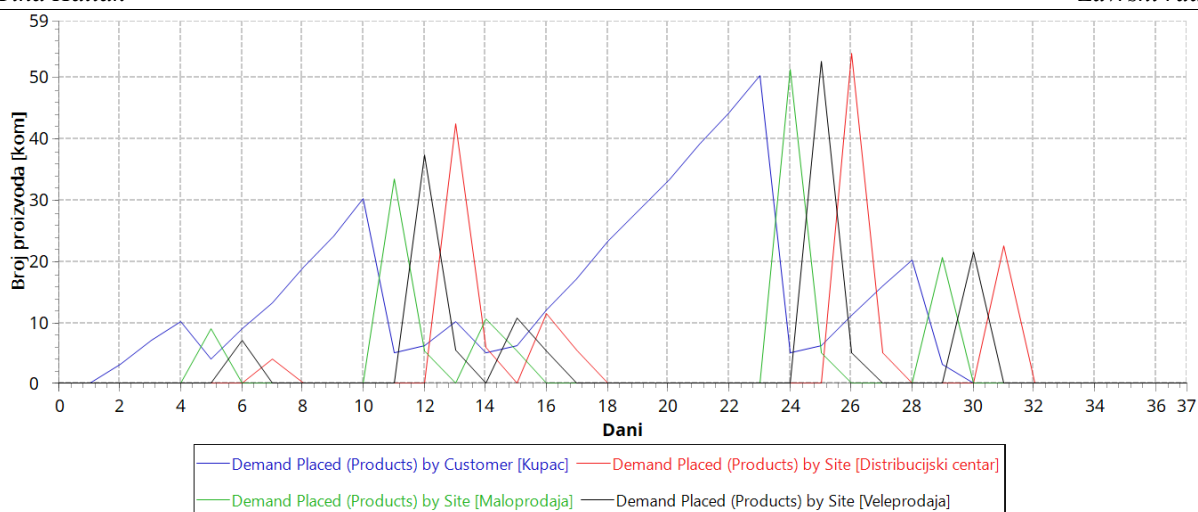
**Slika 16. Potražnja od strane kupca u 3. scenariju**

I u ovom scenariju dokazan je efekt biča zbog BWE indeksa većeg od 1 u svim čvorišnim točkama. Srednji iznosi indeksa u 28-dnevnom periodu nalaze se u tablici 7.

**Tablica 7. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 3. scenariju**

Čvorišna točka	BWE indeks
Maloprodajni objekt	1,295
Veleprodajni objekt	2,408
Distribucijski centar	2,313

Posljedično opisanom slučaju u ovom scenariju, maloprodajni objekt ne izdaje narudžbu prema veleprodajnom objektu svaki dan, već svakih nekoliko dana. Takav signal se onda prenosi dalje u lancu, ali sa većim amplitudama, što je vidljivo na prikazu 17.



**Slika 17. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 3. scenariju**

U usporedbi 3. lanca vrijednosti s nulnim lancem vrijednosti, vidljivo je da su ovdje troškovi transporta manji za gotovo 3 puta. Uzrok tome je periodično naručivanje i čekanje da narudžbe kupca dostignu određen iznos. To se ovdje odrazilo na troškove transporta, a u stvarnosti se odražava i na administrativne troškove obrade narudžbe koji ovdje nisu prikazani. Iako se ovakve mjere u lancu uvode kako bi se povećao profit, to ovdje nije slučaj zbog manjih prihoda u odnosu na nulti scenarij (tablica 8.).

**Tablica 8. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 3. scenariju**

Troškovi proizvodnje [USD]	7,782.883
Transportni troškovi [USD]	7,177.699
Prihod [USD]	51,000
Profit [USD]	36,039.418

#### 4.5. 4. scenarij

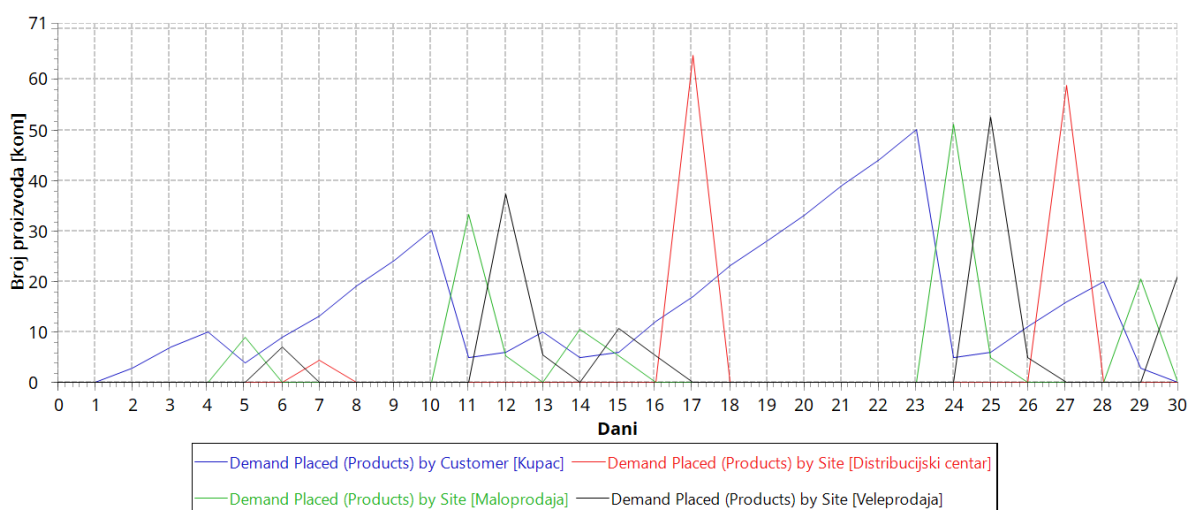
U četvrtom scenariju objedinjeni su nulti, 2. i 3. scenarij, pa se tako u jedan lanac vrijednosti, uključuje izdavanje narudžbi distribucijskog centra prema tvornici svakih 5 dana te akumuliranje potražnje od strane kupca u manji broj većih narudžbi radi smanjenja troškova.

Simulacija je u ovom primjeru pokazala najveći porast BWE indeksa (tablica 9.) te on kod distribucijskog centra doseže vrijednost od 17,94.

**Tablica 9. BWE indeksi u čvorišnim točkama lanca u 4. scenariju**

Čvorišna točka	BWE indeks
Maloprodajni objekt	1,295
Veleprodajni objekt	2,408
Distribucijski centar	17,945

Takve razlike u varijabilnosti vidljive su i na prikazu 18.

**Slika 18. Raspodjela potražnje i narudžbi u vremenu u 4. scenariju**

Sjedinjavanje 2 poremećaja dovelo je do velikih razlika u narudžbama. Svaki poremećaj koji se javi u lancu djeluje na sve dionike lanca koji se nalaze uzvodno nakon tog objekta u lancu. Tako ovdje poremećaj u potražnji kupaca djeluje na maloprodaju, veleprodaju, distribucijski centra i tvornicu, dok poremećaj koji se događa kod distribucijskog centra djeluje samo na narudžbe prema tvornici. Zbog takvog principa i podložnosti distribucijskog centra dvama poremećajima, u distribucijskom centru se stvara najveći iznos indeksa efekta biča.

Zbog pojave ovakvih poremećaja, očekivano se u 5. lancu vrijednosti pojavljuju najmanji troškovi transporta i najmanji troškovi proizvodnje. No, zbog manjih prihoda, profit je u 4. scenariju najmanjeg iznosa (tablica 10.).



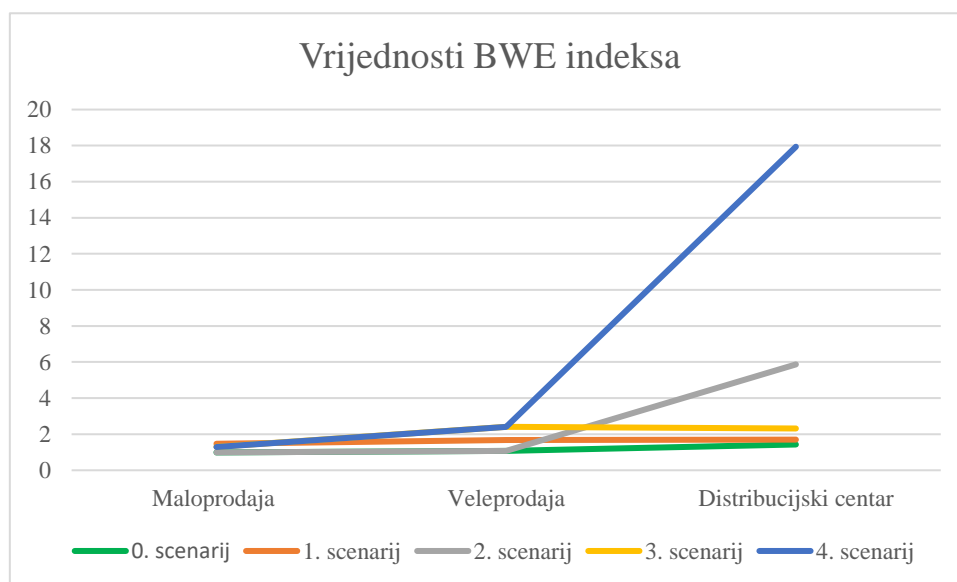
**Tablica 10. Troškovi proizvodnje, troškovi transporta, prihod i profit u 4. scenariju**

Troškovi proizvodnje [USD]	5,068.576
Transportni troškovi [USD]	2,312.619
Prihod [USD]	39,000
Profit [USD]	31,618.804

#### 4.6. Usporedba rezultata scenarija

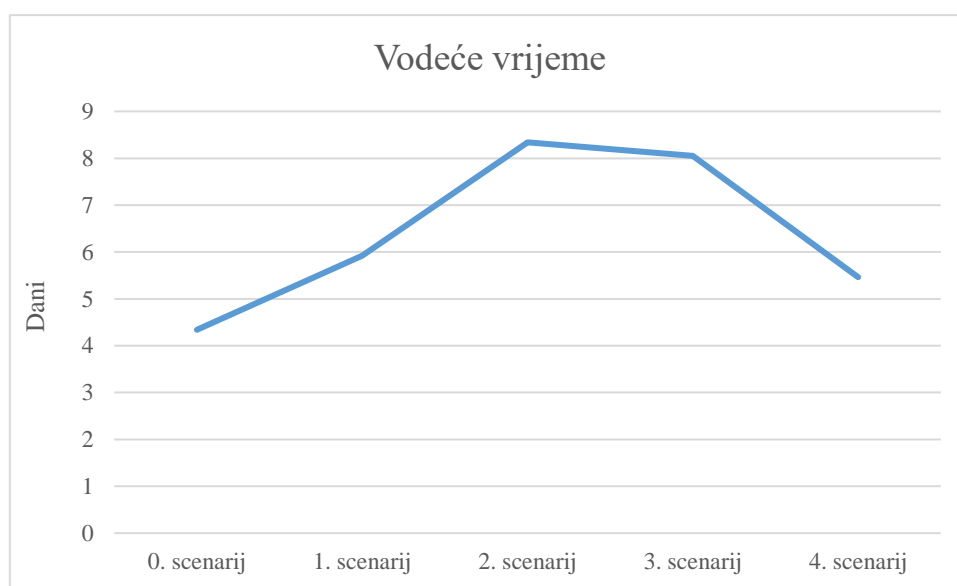
##### 4.6.1. Usporedba BWE indeksa

Kako bi se rezultati BWE indeksa dobiveni u simulaciji mogli uspoređivati, stavljeni su u jedan grafikon na slici 19. U svakom scenariju dokazan je efekt biča te se u svakom scenariju BWE indeks se povećava uzvodno u lancu zbog iskrivljenja signala o potražnji. Najveće vrijednosti su kod 4. scenarija gdje se pojavljuju 2 uzročnika efekta biča, a najmanje su za nulti scenarij, što je i očekivano, s obzirom da u tom scenariju ništa ne ometa normalno funkcioniranje lanca.

**Slika 19. Vrijednosti BWE indeksa**

#### 4.6.2. Usporedba vodećeg vremena

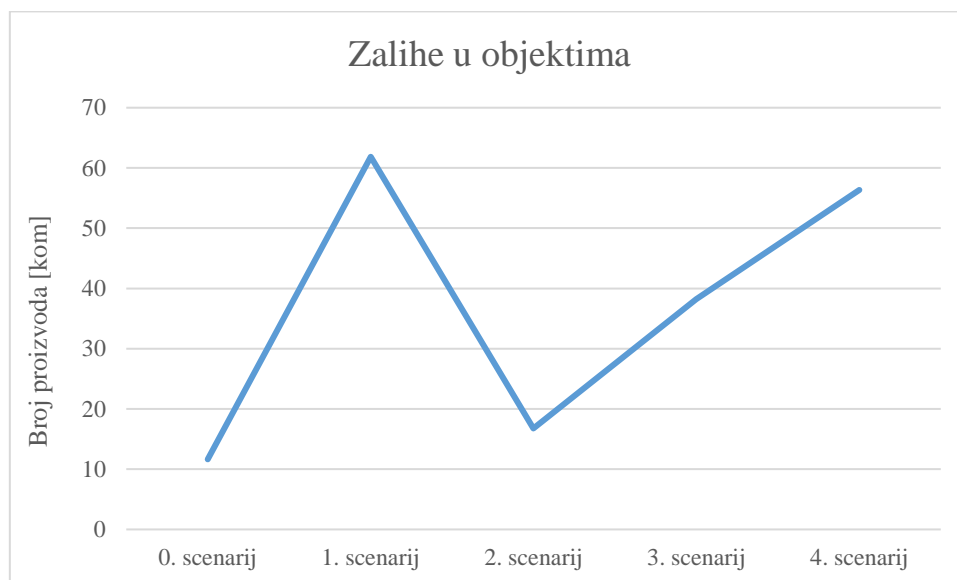
Nadalje, za svih 5 scenarija mogu se usporediti i vodeća vremena ( engl. *Lead time*). Vodeće vrijeme predstavlja prosječno vrijeme između postavljanja narudžbe od strane kupca i isporuke proizvoda kupcu. Temeljem prikaza 20., može se zaključiti da je vodeće vrijeme povezano s pojavom efekta biča te da je vodeće vrijeme najmanjeg iznosa u nultom scenariju koji pokazuje najmanje vrijednosti BWE indeksa. U ostalim scenarijima u kojima je dokazan efekt biča, vodeće vrijeme većeg je iznosa negoli u nultom scenariju. To se događa zbog povećanja varijabilnosti kada raspoloživi kapaciteti i zalihe ne mogu zadovoljiti narudžbe koje se zaprimaju. To rezultira duljim rokovima isporuke proizvoda kupcima, a to direktno utječe na njihovo nezadovoljstvo te upućuje na smanjenje efikasnosti lanca vrijednosti. Vodeće vrijeme može se smanjiti povećavanjem kapaciteta tvornice i skladišta kao odgovor na veću potražnju kupaca, no to je ujedno i rizik ukoliko se veća potražnja ne nastavi i dalje.



Slika 20. Vodeće vrijeme (engl. *lead time*) u svakom scenariju

### 4.6.3. Usporedba razina zaliha

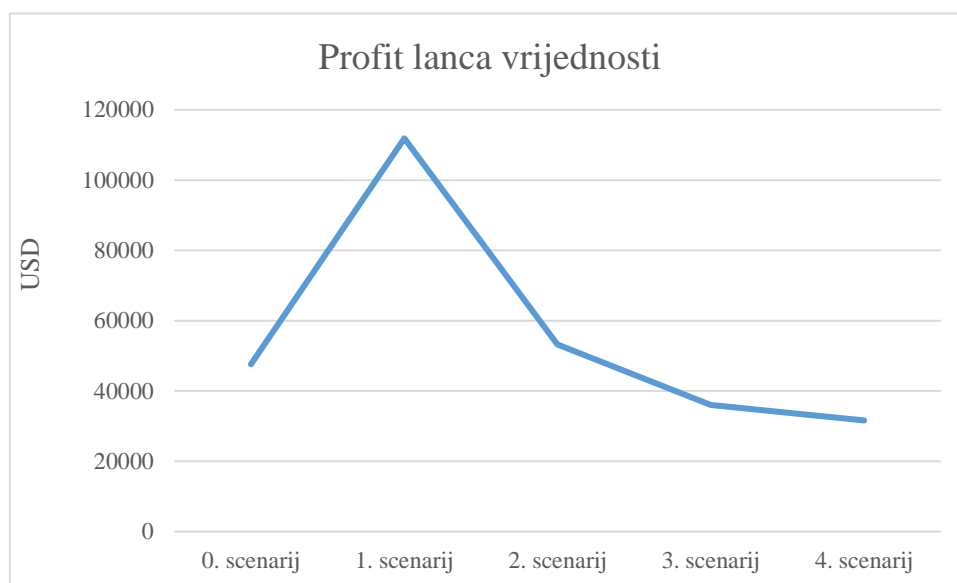
Simulacija daje i podatke o prosječnoj količini zaliha koje se kumuliraju u objektima lanca vrijednosti kod svakog scenarija (slika 21.). Povećanje amplituda signala potražnje uzvodno u lancu rezultira proizvodnjom većih količina proizvoda, a zbog razlike u narudžbi i stvarnoj potrebi za proizvodima, u čvorišnim točkama lanca stvaraju se zalihe. Tako su zalihe u objektima lanca u nultom scenariju najmanje zbog niskog indeksa efekta biča, dok su u svakom scenariju u kojem se pojavljuje veći BWE indeks, prosječne zalihe većeg iznosa. Dionici lanca, prateći sve veće amplitude u signalu narudžbi, pripremaju sve veće sigurnosne zalihe kao odgovor na nesigurnost i nestabilnost narudžbi u vremenu. U 1. scenariju gomilaju se najveće zalihe u objektima jer se radi o većoj potražnji proizvoda te je količina koja se potražuje u 1. scenariju gotovo dvostruko veća od one u nultom scenariju. U 2. scenariju do pojave značajnijeg efekta biča dolazi tek u distribucijskom centru jer se tamo i dogodio poremećaj, a onda se tamo i gomilaju najveće zalihe u odnosu na objekte maloprodaje i veleprodaje. U 3. scenariju su zalihe nešto veće jer do iskrivljenja signala potražnje dolazi već u samom početku te se odražava na sve dionike lanca. U 4. scenariju se u objektima lanca kumuliraju još veće zalihe, a to je ponajprije zbog distribucijskog centra koji je izložen dvama poremećajima, ali i zbog maloprodaje i veleprodaje koji su također pod utjecajem poremećaja koji počinje već u maloprodaji.



Slika 21. Prosječne zalihe u objektima lanca kod svakog scenarija

#### 4.6.4. Usporedba profita lanca

Na slici 22. na kojoj se prati profit generiran u cijelom lancu vrijednosti, vidljivo je da je najveći iznos profita u 2. scenariju, a razlog tome je veća potražnja kupaca za proizvodima negoli u nultom scenariju. Zbog toga se stvaraju veći prihodi, a na kraju i veći profit. U 2.,3., i 4. scenariju profit je manjih iznosa negoli u nultom scenariju, iako su u tim scenarijima poduzete mjere za smanjenje troškova transporta. Iako ovdje nisu uzeti u obzir, u slučajevima gdje se pojavljuje efekt biča, javljaju se i dodatni troškovi poput troškova držanja zaliha, povećani troškovi rada zbog više potrebnih radnih sati te troškovi povećanja proizvodnih i skladišnih kapaciteta za razdoblja veće potražnje. Ovi troškovi još bi više smanjili profit koji se generira u cijelom lancu kod 2., 3. i 4. scenarija. Ukoliko svaki dionik lanca uzima u obzir samo svoj cilj maksimiziranja profita, to rezultira umanjenom ukupnom dobiti lanca. Potrebno je razmatrati utjecaje procesa na cjelokupni lanac kako bi se mogli koordinirati svi dionici i procesi u lancu, a onda i generirati veći ukupni i lokalni profit.



Slika 22. Profit generiran u cijelom lancu vrijednosti svakog scenarija

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom su radu korištenjem simulacijskog algoritma generirani tipični poremećaji na različitim razinama lanca kako bi se utvrdio utjecaj koji pojedini ima na BWE indeks. Za svaki od pet scenarija kvantificiran je efekt biča te se kroz simulaciju prate i stanje zaliha, vodećeg vremena i generiranog profita, kao reprezentativni pokazatelji posljedica ovakvog efekta poremećaja. Ovdje korišten softver *anyLogistix* softver prikladan je za analizu lanca vrijednosti i poremećaja koji mogu omesti uobičajeno djelovanje lanca. Softver daje rješenje u matematičkom obliku nakon čega menadžment tvrtke odlučuje o optimalnom rješenju početnog problema. U ovu se svrhu može koristiti višekriterijalno odlučivanje koje se primjenjuje kada postoji više faktora (ovdje je to vodeće vrijeme, zalihe, profit) koji mogu utjecati na konačnu odluku. Faktori su konfliktni, pa je prilikom donošenja odluka potrebno voditi računa o važnosti pojedinih faktora. U ovom se radu sa određenim izlaznim podacima mogu donijeti odluke s obzirom na najpovoljniji ili najnepovoljniji scenarij ili pak scenarij koji donosi najveći profit.

Nadalje, dokazano je da posljedice efekta biča snose svi članovi lanca vrijednosti. Tvornice stvaraju dodatne proizvodne kapacitete kako bi zadovoljile tok narudžbe koji je nestabilniji od stvarne potražnje. Distribucijski centri stvaraju dodatne zalihe kako bi pokrili varijabilnost narudžbi. Povećavaju se i troškovi rada kako bi se moglo odgovoriti na velika razdoblja potražnje. Trgovci imaju problema s dostupnošću proizvoda, a nerijetko je slučaj da raspoložive zalihe ne mogu zadovoljiti narudžbe koje se zaprimaju, što uzrokuje racioniranje proizvoda, dulje vrijeme isporuke proizvoda i najbitnije – gubitak prodaje, a time i profita.

Način kojim se može minimizirati efekt biča je bolja razmjena podataka o potražnji između svih tvrtki u lancu vrijednosti. Bitno je da su tvrtkama vidljive informacije o potražnji od svojih neposrednih kupaca, kao i od krajnjih kupaca koji nisu direktno povezani s tom tvrtkom. Tako sve tvrtke u lancu vrijednosti mogu dijeliti zajednički skup podataka o potražnji iz kojih mogu prognozirati te olakšati planiranje proizvodnih kapaciteta i zaliha za sve dionike lanca. Uz razmjenu podataka, tvrtke moraju dijeliti odluke koje donose, a koje imaju utjecaj na cjelokupni lanac vrijednosti. Primjerice, ako maloprodajni objekt odluku o provođenju promocije ne podijeli sa svojim dobavljačima, velika je vjerojatnost da će ih promjena u potražnji zateći te da neće moći isporučiti dovoljnu količinu proizvoda. No, prepreka ovakvom dijeljenju informacija i odluka svakako je nastojanje svake tvrtke da zaštiti svoje podatke kako isti ne bi bili upotrjebljeni protiv njih od strane konkurenata.

Uvođenjem sustava EPOS (engl. *Electronic Point of Sale*) koji ažurira informacije o prodaji i zalihama, informacije o realnoj potražnji postale bi dostupne svim dionicima lanca te bi se

smanjilo iskrivljenje signala potražnje uzvodno u lancu. Danas se također koristi i VMI (engl. *Vendor Managed Inventory*) kako bi se smanjile ukupne zalihe, reducirali administrativni troškovi te smanjila mogućnost nestašice zaliha.

Nadalje, osim uvođenja ovakvih promjena koje imaju utjecaj na cijeli lanac vrijednosti, potrebno je i ukloniti uzroke nastanka varijabilnosti potražnje poput ponuda i popusta zbog kojih kupci posežu za većim količinama proizvoda. Svaki dionik lanca također može smanjiti i periode naručivanja, tj. naručivati proizvode od svojeg dobavljača s većom stopom. Racioniranje koje se provodi zbog nestašice proizvoda mora biti temeljeno na povijesnim narudžbama, a ne na trenutnim zbog posljedične pojave pretjeranih zaliha u svim objektima lanca.

U lancu vrijednosti nužna je integracija pri čemu se akteri lanca međusobno koordiniraju kako bi postigli zajednički cilj maksimiziranja dodane vrijednosti, ali i kako bi se što je moguće bolje respondiralo zahtjevima tržišta u svrhu isporuke proizvoda na pravo mjesto i u pravo vrijeme.

---

**LITERATURA**

- [1] Buntak, K., Crkvenčić, M., Krpan, Lj.: *Upravljanje lancima opskrbe*, Sveučilište Sjever, Koprivnica, 2018.
- [2] Hugos, M. H.: *Essentials of Supply Chain Management*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2011.
- [3] Chopra, S., Meindl, P.: *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Pearson Education, New Jersey, 2006.
- [4] Dawei, L.: *Fundamentals of Supply Chain Management*, Ventus Publishing, Frederikesberg, 2011
- [5] Đukić, G.: *Tehnička logistika: Skladišni sustavi*, prezentacija s predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2020.
- [6] Croxton, K. L., Lambert, D., Garcia-Dastugue, S., Rogers, D.: *The Demand Management Process*, The International Journal of Logistics Management, 2002.
- [7] Matić, B.: *Međunarodno poslovanje*, Sinergija-nakladništvo, Zagreb, 2004.
- [8] Christopher, M.: *Logistics & Supply Chain Management*, Pearson Education, Harlow, 2011.
- [9] Fransoo, J.: *Measuring the Bullwhip Effect in the Supply Chain*, Supply Chain Management, svibanj 2000.
- [10] Lee et al.: *The Bullwhip Effect in Supply Chains*, Sloan Management Review, 1997., 93-102.
- [11] Ivanov, D.: *Supply Chain Simulation and Optimization with anyLogistix*, Berlin School of Economics and Law, Berlin, 2021.
- [12] New anyLogistix Studio Edition  
dostupno na: <https://www.anylogic.com/blog/new-anylogistix-studio-edition/>  
datum posjete 29. siječnja 2021.