

# Metode prognoze potražnje u lancu opskrbe

---

Jazbec, Mirna Sofie

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:302085>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mirna Sofie Jazbec

METODE PROGNOZE POTRAŽNJE U LANCU OPSKRBE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

**SVEUŠILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

Zagreb, 28. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Distribucijska logistika II**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 5122**

Pristupnik: **Mirna Sofie Jazbec (0135239481)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Metode prognoze potražnje u lancu opskrbe**

Opis zadatka:

U radu je potrebno izvršiti abanalizu ucinka odrebenih metoda prognoze potražnje na primjeru iz prakse, usporedbom razine pogreška odrebene metode na zadanim ulaznim podacima. Temeljem dobivenih rezultata predložiti ce se optimalna metoda prognoze potražnje za zadani skup podataka.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Kristijan Rogic

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

METODE PROGNOZE POTRAŽNJE U LANCU OPSKRBE

DEMAND FORECASTING IN SUPPLY CHAIN

Mentor: prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Mirna Sofie Jazbec

JMBAG: 0135239481

Zagreb, rujan 2019.

## **Zahvala**

*Zahvaljujem svom mentoru, prof. dr.sc. Kristijanu Rogiću, na pruženoj prilici i vođenju tijekom izrade ovog rada.*

*Zahvaljujem gospodinu Stojanu Pašaliću, koji mi je ustupio podatke kako bio ovaj diplomski rad dobio svoj smisao.*

*Zahvaljujem svojim najboljoj prijateljici što je uvijek uz mene.*

*Hvala mojem dečku, koji me tješio kad mi je bilo najteže i koji se skupa sa mnom veselio mojem uspjehu.*

*Hvala mojim kolegama, koji su mi postali prijatelji kroz studij, bez vas moje studiranje ne bi bilo jednako zabavno.*

*Hvala mojoj obitelji, pogotovo mojoj majci, koja je moja najveća potpora, koja je dijelila sve moje uspone i padove, i kada sam mislila da više ne mogu, ona me uvjerila da mogu. Osjećala je moju sreću, ali i moju bol, čak i kada toga nisam bila svjesna. zato joj najviše hvala, jer danas ne bih bila ovdje gdje jesam.*

## SAŽETAK

Prognoza potražnje jedan je od elemenata upravljanja lancem opskrbe. Prognoze potražnje definiraju koji će proizvodi biti traženi, u kojoj količini i u kojem vremenskom razdoblju. Postoji nekoliko metoda prognoziranja, a to su: kvalitativne, uzročne, vremenske, prognoze istraživanjem tržišta i simulacijske. U ovom radu za izračun buduće potražnje koristit će vremenske metode prognoziranja. Vremenske metode su najčešći način prognoziranja jer se baziraju na empirijskim podacima. Što je količina empirijskih podataka veća i tržište relativno stabilno, vremenske metode su pouzdanije. Dakako, različite metode, bez obzira na količinu podataka, daju rezultate s različitim razinama točnosti, što je predmet istraživanja ovog rada. Dakle, izračun će se raditi prema unaprijed dobivenim povijesnim podacima, za različite grupe proizvoda, da se vidi kako vrsta proizvoda, sezonalnost, trendovi i ostali faktori utječu na točnost prognoze.

**KLJUČNE RIJEČI:** lanac opskrbe; metode prognoze potražnje; empirijski podaci; razina točnosti

## SUMMARY

Demand forecast is one of elements of the supply chain management. Demand forecasts define which products will be in demand, in which quantity and in which period of time. There are several forecasting methods, which are as follows: qualitative, causal, time series, market research forecasting and simulation forecasting. In this paper, time series forecasting methods will be used in order to calculate the future demand. Time series forecasting methods are the most common forecasting methods because they are based on empirical data. The greater the quantity of empirical data, the more reliable time series forecasting methods, providing that the market is relatively stable. Of course, regardless of the quantity of data, various methods give results with various levels of accuracy, which is the subject of research of this paper. Hence, the calculation will be conducted according to historical data obtained in advance, for various groups of products, in order to demonstrate how the product type, seasonality, trends and other factors affect the accuracy of the forecast.

**KEYWORDS:** supply chain; demand forecasting methods; empirical data; level of accuracy

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	ELEMENTI UPRAVLJANJA OPSKRBNIM LANCEM.....	3
2.1.	Pojam opskrbnog lanca.....	3
2.2.	Struktura opskrbnih lanaca .....	5
2.2.1.	Funkcionalni ciklusi opskrbnog lanca .....	5
2.2.2.	Inicijalizacija procesa opskrbnog lanca .....	6
2.3.	Elementi opskrbnih lanca .....	7
2.3.1.	Proizvodnja.....	7
2.3.2.	Zalihe .....	8
2.3.3.	Lokacije.....	10
2.3.4.	Transport .....	11
2.3.5.	Informacije .....	13
3.	METODE PROGNOZE POTRAŽNJE .....	14
3.1.	Prognoza potražnje .....	14
3.1.1.	Potražnja.....	14
3.1.2.	Opskrba .....	16
3.1.3.	Značajke proizvoda.....	16
3.1.4.	Konkurencija .....	17
3.2.	Metode prognoze potražnje .....	17
3.2.1.	Kvalitativne metode.....	18

3.2.2.	Uzročne metode.....	19
3.2.3.	Vremenske metode .....	19
3.2.4.	Prognoze istraživanjem tržišta.....	22
3.3.	Mjere za točnost prognoze potražnje.....	23
4.	IZRAČUN BUDUĆE POTRAŽNJE PREMA POVIJESNIM PODACIMA ...	24
4.1.	Metoda pomičnih prosjeka.....	30
4.2.	Težinski pomični prosjek.....	37
4.3.	Metoda eksponencijalnog izgladivanja .....	41
4.4.	Holtova metoda.....	47
4.5.	Dekompozicija .....	53
4.6.	Winterova metoda .....	62
5.	PRIKAZ I USPOREDBA TOČNOSTI METODA PROGNOZE POTRAŽNJE	69
5.1.	Metode analize stabilne potražnje .....	69
5.2.	Metode analize trendova.....	74
5.3.	Metode analize sezonskih podataka .....	77
6.	ZAKLJUČAK.....	82
	LITERATURA.....	84
	POPIS SLIKA .....	85
	POPIS TABLICA.....	86
	POPIS GRAFIKONA.....	88



# 1. UVOD

Opskrbni lanci su skup elemenata, kojima je vrlo izazovno upravljati. U opskrbnom lancu potrebno je paziti na svaki detalj, od dogovora s dobavljačima materijala i sirovina, planiranja proizvodnje, držanja zaliha u svakoj točki opskrbnog lanca, organizacije prijevoza i adekvatne reakcije na sve moguće promjene u potražnji.

Jedan od elemenata lanca opskrbe je praćenje potražnje i održavanje zaliha, kako bi se moglo što brže i točnije reagirati na promjene. Za izračunavanje buduće potražnje koriste se razne metode prognoziranja. Svrha ovog diplomskog rada je opisati, prikazati i usporediti različite metode prognoziranja potražnje.

U izradi rada upotrijebljeni su stvarni podaci o potražnji proizvoda, koje je osigurala jedna od vodećih prehrambenih tvrtki u regiji. Na osnovu tih podataka izračunata je buduća potražnja, metodama, koje ovise o značajkama potražnje, koje će biti detaljnije opisane u radu.

Diplomski rad je koncipiran u pet cjelina:

1. Uvod
2. Elementi upravljanja opskrbnim lancem
3. Metode prognoze potražnje
4. Izračun buduće potražnje prema povijesnim podacima
5. Prikaz i usporedba točnosti metoda prognoze potražnje
6. Zaključak

U prvom uvodnom poglavlju definiran je predmet i svrha istraživanja te je predložena struktura rada.

U drugom poglavlju definiran je pojam, te struktura opskrbnog lanca. Nakon toga, definirani su i opisani elementi opskrbnog lanca: proizvodnja, zalihe, lokacije, transport i informacije.

Treće poglavlje opisuje pojam prognoze potražnje. Na dalje su nabrojane vrste metoda potražnje, kvalitativne, uzročne, vremenske i prognoze istraživanjem tržišta. Posebna je važnost usmjerena na vremenske metode. Na kraju su definirane mjere za točnost prognoza potražnje.

U četvrtom poglavlju je uz pomoć vremenskih metoda, točnije metode pomičnih prosjeka, metode eksponencijalnog izgladivanja, Holtove metode i Winterove metode izračunata je buduća potražnja. Tablično i grafički su prikazani stvarni podaci i izračunati podaci.

Peto poglavlje je svojevrsna rekapitulacija prethodnih poglavlja. U ovom poglavlju su grafički prikazani odnosi potražnje i prognoza za odabrane grupe proizvoda, te su tablično prikazana odstupanja prognoza od potražnje. I na kraju je napravljena usporedba korištenih metoda.

U petom, odnosno zaključnom poglavlju, dana su zaključna razmišljanja o tematici diplomskog rada.

## 2. ELEMENTI UPRAVLJANJA OPSKRBNIM LANCEM

### 2.1. Pojam opskrbnog lanca

Postoje različite definicije opskrbnih lanaca, ovdje su navedene neke od njih:

- Opskrbni lanac obuhvaća različite elemente koji na izravan ili neizravan način služe ispunjenju zahtjeva korisnika i uključuje proizvođače, distributere, prijevoznike, prodavače (trgovce) i krajnjeg korisnika.
- Opskrbni lanac je mreža usluga i filozofija distribucije koja obuhvaća procese od nabave sirovina, njihove pretvorbe u proizvod (poluproizvod) te distribuciju gotovih proizvoda do korisnika.
- Opskrbni lanac je skup mjera i aktivnosti kojima se omogućuje učinkovito povezivanje dobavljača, proizvodnje, skladištenja i trgovine s ciljem da se roba dostavi na pravo mjesto u pravo vrijeme i u traženim količinama uz minimalne troškove sustava i zadovoljavajuću razinu usluge. [1]

Posljednja definicija vodi do nekoliko opažanja:

- Opskrbni lanac uzima u obzir sve subjekte koji imaju utjecaj na trošak i igraju ulogu u sastavljanju proizvoda u skladu sa zahtjevima korisnika.
- Objektiv opskrbnog lanca je učinkovitost i isplativost kroz cijeli sustav. Ukupni trošak sustava, od prijevoza i distribucije, zaliha sirovina, proizvodnje i gotovih proizvoda, treba minimizirati.
- Zato što se opskrbeni lanac vrti oko učinkovite integracije subjekata, obuhvaća aktivnosti tvrtke na različitim razinama, od strateške razine do taktičke do operativne. [1]

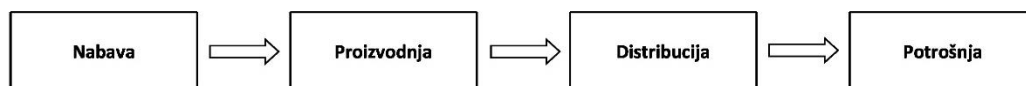
Opskrbni lanci, uz uključivanje tradicionalnih logističkih operacija (distribucija, upravljanje zalihama, transport i sl.), uključuje aktivnosti poput marketinga, razvoja novih proizvoda, usluga kupcu i financiranja. Učinkovitost opskrbnih lanaca zahtjeva stalno unaprjeđenje razine usluge i unutarnje učinkovitosti tvrtke koja djeluje u okviru pojedinog opskrbnog lanca. Unutarnja učinkovitost organizacije unutar opskrbnog lanca podrazumijeva povrat kapitala, upravljanje zalihama i ostalim elementima lanca koji mogu ostvariti uštedu.

Na pitanje, zašto je upravljanje opskrbnim lancima složeno, postoji mnogo razloga, koja se mogu svrstati u jednu od dvije kategorije:

- Izazov je konstruirati i upravljati opskrbnim lancem tako da su ukupni troškovi sustava minimizirani i da je razina usluge sačuvana unutar cijelog sustava. Često je teško upravljati jednim objektom tako da su troškovi minimizirani, a razina usluge očuvana. Složenost upravljanja eksponencijalno raste kada se uzme u obzir cijeli sustav. Proces pronalaska najbolje strategije za cijeli sustav naziva se *globalna optimizacija*.
- *Nesigurnost* je prisutna u svakom lancu opskrbe; potražnja se nikad ne može točno prognozirati, vremena prijevoza nikad nisu pouzdana, i strojevi i vozila se kvare. Lanci opskrbe moraju biti konstruirani tako da eliminiraju nesigurnost što je više moguće i da se učinkovito rješavaju nesigurnosti koja ostaje. [1]

Svaki opskrbni lanac dodaje uporabnu vrijednost proizvodu, odnosno usluzi kroz četiri funkcionalne faze (slika 1): [2]

1. *Faza nabave* uključuje dobavljače sirovina, komponenata i repromaterijala
2. *Faza proizvodnje* uključuje proizvođače gotovih proizvoda
3. *Faza distribucije* uključuje veleprodajne i maloprodajne trgovce, logističke operatere, prijevoznike i druge subjekte koji zajednički tvore distribucijsku mrežu
4. *Faza potrošnje* uključuje kupce, odnosno korisnike usluga.



Slika 1 Funkcionalne faze opskrbnog lanca, [2]

## 2.2. Struktura opskrbnih lanaca

Strukturu opskrbnog lanca čini niz procesa i robnih, informacijskih i finansijskih tokova unutar i između pojedinih faza. Nositelji tih procesa i tokova glavni su subjekti opskrbnog lanca koji se s obzirom na svoje funkcije mogu svrstati u sljedećih pet skupina: [2]

1. Dobavljači
2. Proizvođači
3. Distributeri (veletrgovci)
4. Maloprodajni trgovci (prodajna mjesta)
5. Kupci.

Struktura opskrbnog lanca, odnosno procesi i tokovi koji se odvijaju u tom sustavu općenito se mogu promatrati na sljedeća dva načina: [2]

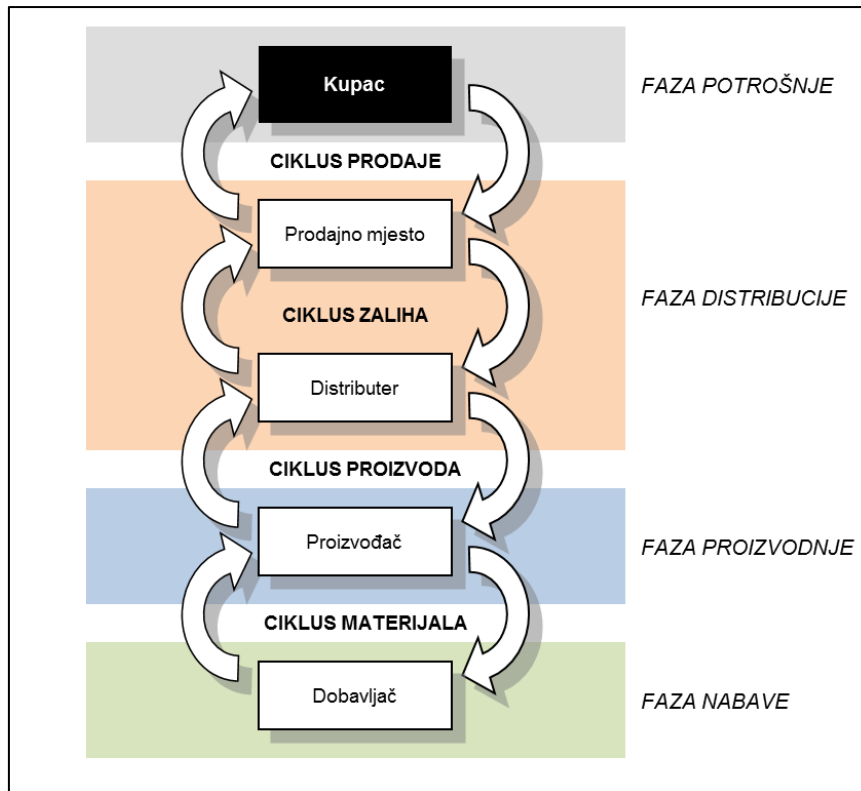
1. *S obzirom na funkcionalne cikluse*
2. *S obzirom na inicijalizaciju*

### 2.2.1. Funkcionalni ciklusi opskrbnog lanca

Procesi opskrbnog lanca mogu se grupirati u niz funkcionalnih ciklusa koji predstavljaju sučelja između dvije faze, odnosno interakcije subjekata iste faze.

Slijednom raščlambe opskrbnog lanca na četiri faze te definiranja pet skupina njegovih glavnih subjekata, procesi opskrbnog lanca mogu se grupirati u niz od sljedeća četiri funkcionalna ciklusa (slika 2): [2]

- Ciklus prodaje
- Ciklus zaliha
- Ciklus proizvoda
- Ciklus materijala



Slika 2 Shematski prikaz funkcionalnih ciklusa opskrbnog lanca, [2]

### 2.2.2. Inicijalizacija procesa opskrbnog lanca

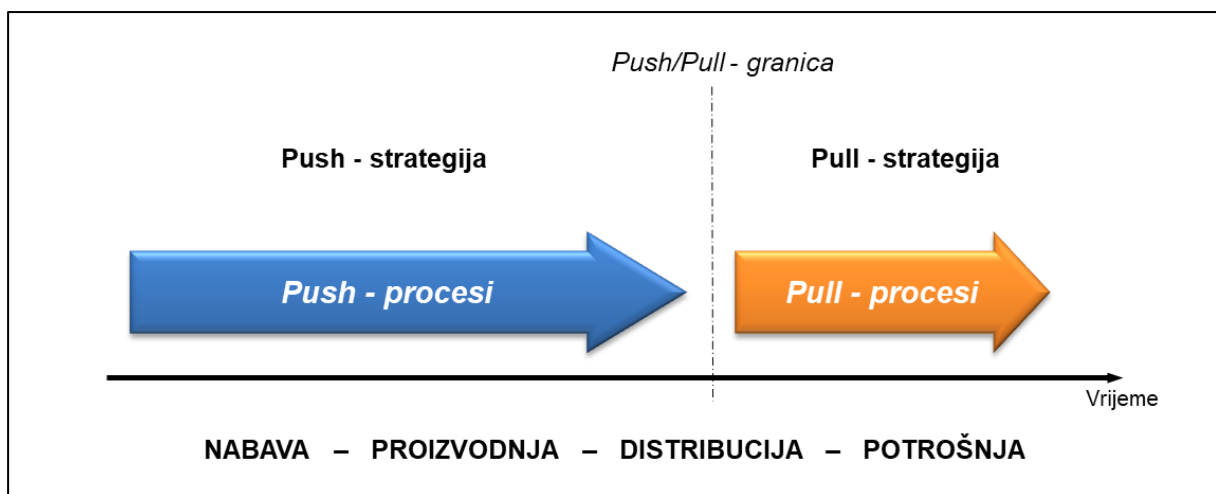
Procesi opskrbnog lanca mogu se podijeliti na one čije izvršenje inicira reakcija – odgovor na potražnju (engl. *Pull Processes*) i one čije izvršenje inicira očekivanje – predviđanje potražnje (engl. *Push Processes*). Kronološki gledano, *pull*-procesu odvijaju se nakon stvarno iskazane potražnje, tj. U uvjetima poznate potražnje, dok se *push*-procesu odvijaju prije stvarno iskazane potražnje, tj. U uvjetima kada potražnja još nije poznata, nego se očekuje, odnosno mora se predvidjeti. [2]

*Push*-strategija podrazumijeva dugoročno predviđanje potražnje na temelju zahtjeva (narudžbi) distributera, odnosno vlastitih skladišta gotovih proizvoda. U skladu s tim planira se nabava, proizvodnja i distribucija. Navedenu strategiju karakterizira okrupnjavanje robnih tokova, što s jedne strane omogućuje racionalizaciju, dok s druge strane može dovesti do gomilanja zaliha, odnosno neodgovarajuće strukture ili iscrpljivanja zaliha. [2]

*Pull*-strategija zasniva se na praćenju stvarne potražnje krajnjih kupaca prema kojoj se usklađuju i koordiniraju nabava, proizvodnja i distribucija. U krajnjem slučaju to znači proizvodnju po narudžbi, odnosno eliminiranje zaliha gotovih proizvoda, što podrazumijeva

efikasne mehanizme distribucije informacija o potražnji kupaca kroz strukturu opskrbnog lanca, kao i mehanizme upravljanja resursima opskrbnog lanca. Unatoč prednostima glede smanjenja zaliha i optimalnog iskorištenja resursa, navedena strategija nije prikladna kada su rokovi isporuke predugi da bi se moglo efikasno reagirati na promjene u potražnji. [2]

U praksi se najčešće kombiniraju obje strategije kako bi se iskoristile njihove prednosti, a eliminirali nedostaci. Tako se u određenim ciklusima opskrbnog lanca (najčešće ciklus materijala i ciklus proizvoda) primjenjuje *push*-strategija, dok u preostalim ciklusima (ciklus zaliha, ciklus prodaje) primjenjuje *pull*-strategija. Sučelje tih strategija naziva se *push/pull*-granica (slika 3). [2]



Slika 3 *Push/Pull*-granica opskrbnog lanca [2]

## 2.3. Elementi opskrbnih lanca

### 2.3.1. Proizvodnja

Voditelji opskrbnog lanca koordiniraju aktivnosti vezane uz prihvata sirovina, proizvodnje proizvoda, testiranja kvalitete, pakiranja za otpremu i dogovaranja dostave. Mnoge tvrtke mjere kvalitetu, proizvodnju i produktivnost radnika kako bi se proizveo proizvod koji zadovoljava standarde kvalitete. [3]

Ključne točke proizvodnje su: [4]

- Tvornički pogoni
- Skladišta.

U kontekstu opskrbnih lanaca promatra se kapacitet proizvodnje i mogućnost pohrane proizvoda. Osnovne odluke proizvodnje odnose se na zadovoljavanje potražnje i učinkovitost proizvodnog procesa. Dva su osnovna principa proizvodnje: [4]

- Pristup usmjeren na proizvod
- Funkcijski pristup – skup operacija usmjeren na doradu ili sastavljanje proizvoda prema vrsti i količini.

Proizvodni pristup razrađuje proces stvaranja cjelokupnog proizvoda, a funkcionalni pristup orijentiran je na razradu i optimiranje operacija.

Tvornički pogoni prema koncepciji mogu biti: [4]

- Podređeni proizvodu
- Podređeni načinu proizvodnje (sklapanje, montaža ili čista proizvodnja).

Skladišta mogu biti podijeljena prema: [4]

- Koncepciji pohrane robe – skladištenje po SKU, *crossdocking*, skladištenje po grupama artikla povezanih s određenom proizvodnom granom (proizvođačem) ili korisnikom
- Konfiguraciji distribucijske mreže – odabir optimalnog broja objekata u mreži i njihov geografski razmještaj i uloga pojedinog objekta u sustavu (vrsta proizvoda, broj artikala u skladištu, kapacitet pojedinog objekta, transportni tokovi unutar mreže).

### **2.3.2. Zalihe**

Složena aktivnost koja se odvija u opskrbnom lancu jest planiranje i upravljanje zaliha. U optimalnom poslovnom okruženju zalihe ne bi bile potrebne jer bi pojedini sudionici mogli precizno prognozirati potražnju za svojim proizvodima. U takvoj optimalnoj situaciji roba se kontinuirano kreće opskrbnim lancem. [2]

Nažalost, takve situacije u realnosti ne postoje, već sudionici opskrbnog lanca pohranjuju dio svojih proizvoda u skladišta kako bi udovoljili promjenjivim uvjetima potražnje. Kada prestane kontinuirano kretanje materijala opskrbnim lancem, formiraju se



zalihe. Zalihe predstavljaju „skupinu“ (hrpu; *engl. stockpiles*) stvari koje čekaju da se upotrijebe ili koriste na određenoj razini opskrbnog lanca ili proizvodnog procesa. [2]

U teoriji i praksi navode se mnogi razlozi za držanje zaliha, uključujući intencije povećanja razine usluge korisniku te osiguranje dostupnosti sezonske robe u razdobljima izvan sezone. Istovremeno, držanje zaliha generira određeni trošak koji prema nekim istraživanjima, sukladno specifičnostima pojedinih vrsta robe, doseže i do 30% vrijednosti robe koja se drži na zalihama. [2]

Upravljanje zalihama vrlo je važno za menadžment svake organizacije, a ogleda se u donošenju odluka kada se, koliko i što nabavlja, uz tendenciju minimalizacije troškova financiranja zaliha i istovremene maksimalizacije razine usluge korisniku i dobiti poduzeća. Pri tome nije glavni cilj da razina zaliha bude što manja ili što veća, već je cilj da bude optimalna. Očekuje se da će poduzeća držati onu razinu zaliha koja osigurava kontinuitet poslovanja i promjerenu razinu konkurentske prednosti. Temeljni izazov kvalitete upravljanja zalihama vidljiv je u osiguranju što je moguće višeg koeficijenta obrtaja zaliha. To je pretpostavka za daljnji kontinuitet naručivanja, kvalitetnu ponudu i uslugu klijentu i maksimalizaciju dobiti poduzeća. [2]

Prevelika količina zaliha uvjetuje nepotrebne troškove, a premala probleme u kontinuitetu poslovanja. Ekspanzija informacijsko-komunikacijske tehnologije i pojava raznih modela planiranja i kontrole rezultirala je bitnim napretkom upravljanja zalihama u tržišno usmjerenim gospodarskim sustavima. [2]

Nekoliko je osnovnih elemenata za držanje zaliha: [2]

- Ekonomija obujma
- Uravnoteženje ponude i potražnje
- Specijalizacija
- Zaštita od neizvjesnosti

Cilj je osigurati potrebitu razinu usluge i financijske stabilnosti. Jednako tako, važno je pratiti sve aktivnosti u opskrbnom lancu kako bi se kvalitetnom koordinacijom svih sudionika postigao harmoničan tok robe i informacija. U tom kontekstu, zalihe se mogu klasificirati u sljedeće skupine: [2]

- Minimalne
- Maksimalne
- Optimalne
- Prosječne
- Sigurnosne
- Špekulativne
- Sezonske
- Nedostatne
- Nekurentne.

Djelovanje opskrbnih lanaca obuhvaća specifične logističke procese i postojanje zaliha gotovo u svim njegovim karikama. U tom kontekstu, zalihe se klasificiraju na sljedeći način: [2]

- Zalihe sirovina
- Zalihe poluproizvoda
- Zalihe gotovih proizvoda
- Zalihe rezervnih dijelova
- Zalihe potrošnog materijala.

### **2.3.3. Lokacije**

Odabir geografske lokacije za operacije opskrbnog lanca je vrlo bitna odluka za planiranje opskrbnog lanca. Lokacijske odluke su vezane za geografsko pozicioniranje funkcija opskrbnog lanca, kao što su proizvodnja i distribucija. To se obično radi u svrhu boljeg posluživanja kupaca i daljnjih smanjenja operativnih troškova u lancu opskrbe. Dakako, nisu sve lokacije pogodne za operacije opskrbnog lanca. Lokacijske odluke imaju utjecaj na troškove rada, troškove materijala, porez, financijske i pravne propise i druge. To će dalje utjecati na značajne promjene u prihodima tvrtke, učinkovitosti opskrbnog lanca i posljedicama na okoliš. [5]

Pri odabiru lokacije skladišta razlikuju se šira i uža lokacija. Kod odabira šire lokacije odlučuje se od području na kojem treba osnovati skladište, dok se pri odabiru uže lokacije odlučuje o konkretnom mjestu ili čestici zemlje na kojoj treba izgraditi skladište.

Na odabir šireg područja lokacije prvenstveno utječu čimbenici koji su u vezi s funkcijom skladišta, a to su: [2]

- Tržište
- Vrsta i obilježja robe koja se skladišti
- Prijevozne mogućnosti – prometna povezanost
- Raspoloživost stručnog kadra
- Razina konkurentnosti.

Nakon odabira šireg područja lokacije, pristupa se odabiru uže lokacije izgradnje skladišta. Čimbenici koji utječu na odabir uže lokacije jesu: [2]

- Veličina i konfiguracija terena
- Urbanistički plan područja i planovi razvoja
- Blizina i stanje prometne infrastrukture
- Cijena zemljišta i trošak izgradnje
- Blizina servisa za popravak vozila i opreme
- Raspoloženje građana prema izgradnji skladišta na određenom mjestu.

Za odabir optimalne lokacije postoje odgovarajuće metode i tehnike. One se mogu kategorizirati u tri glavne skupine: [2]

- Procjenjivanje na temelju iskustva
- Matematičko programiranje
- Razni računalni programi.

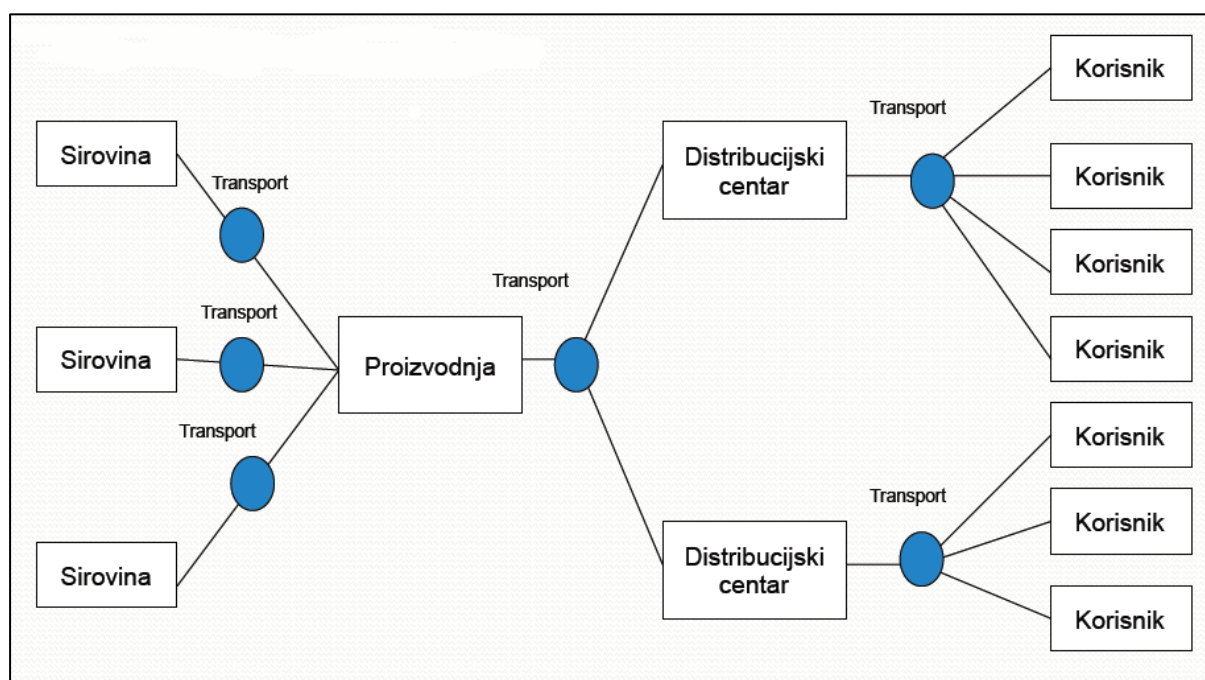
#### **2.3.4. Transport**

Pod transportom se podrazumijeva specijalizirana djelatnost koja pomoću prometne suprastrukture i prometne infrastrukture omogućuje proizvodnju prometne usluge. Prevozeći robu (teret, materijalna dobra), s jednog mjesta na drugo, transport organizirano svladava prostorne i vremenske udaljenosti. Operacije (radnje) koje su vezane uz transport, a obuhvaćene su "prometom robe" su: ukrcaj, iskrcaj, prekrcaj, sortiranje, smještaj, slaganje, punjenje i pražnjenje kontejnera, signiranje (obilježavanje) koleta i sl.

Za potrebe transportnih lanca (*engl. transport chains*) prijevoz mora biti:

- Neprekidan
- Omogućiti što kraće vrijeme dostave
- Uvažavati troškove
- Zadovoljiti kupca.

Transportni lanci podrazumijevaju niz tehničkih objekata koji prolaze kroz točno utvrđene tehnološke procese koristeći statičke i dinamičke elemente infrastrukturnih objekata. Redoslijed tehnoloških aktivnosti je unaprijed određen i odvija se po postavljenim zakonitostima. Odnos elemenata tehničke, tehnološke i organizacijske strukture izravno je zavisan, tako da djelovanje pojedine karike ovisi o ponašanju jedne ili više prethodnih. Primarna zadaća prijevoza je pravovremeni dovoz sirovina, nedovršenih proizvoda, poluproizvoda, reprodukcijskih i drugih materijala, te odvoz gotovih proizvoda. Za učinkovito ispunjenje te zadaće prijevozno poduzeće mora odabrati optimalno prijevozno sredstvo i optimalni prijevozni put što u dobro organiziranom sustavu određuju logistički operateri (slika 6). [6]



Slika 4 Tok robe u opskrbnom lancu, [6]

Nakon što analizira sve tražene zahtjeve, logistički operater odlučuje o vrsti prijevoza. Ovdje može birati između željezničkog, cestovnog, pomorskog, riječnog, zračnog prijevoza, te prijevoza cjevovodima. Isto tako može odabrati kombinaciju dvaju ili više prijevoza (intermodalni prijevoz). U korištenju intermodalnog prijevoza u logističko distribucijskim

sustavima mogu se ostvariti ekonomske i vremenske uštede. Na optimizaciju prijevoza vrlo snažan utjecaj imaju komunikacijski sustavi (SMS, GPS, on board računala...), koji omogućavaju ubrzanje procesa prijevoza i smanjenje zastoja, praćenje robe i prijevoznih sredstava, bolju zaštitu od krađa itd. [6]

Čimbenici koji utječu na transporte troškove vezani su: [7]

- Za proizvod
  - Zbijenost („gustoća“) – odnos dimenzija tereta i njegove mase
  - Iskoristivost prostora – stupanj iskorištenja teretnog prostora
  - Način rukovanja – uniformirane veličine i oblici
  - Pouzdanost – važno za proizvode sa velikim odnosom vrijednost-masa
  - Otpornost – stupanj mogućnosti oštećenja proizvoda u transportu
- Za tržište
  - Lokacija trgovaca na malo – udaljenje lokacije moraju biti opskrbljene
  - Zakonski propisi
  - Sezonske karakteristike proizvoda.

### **2.3.5. Informacije**

Suvremeni logistički sustav nezamisliv je bez informatičke podrške. Poslovne i organizacijske jedinice jednog poduzeća moraju biti povezane (on-line) da mogu raspolagati brojnim i kvalitetnim informacijama za donošenje učinkovitih i uspješnih poslovnih odluka. Sve te informacije potrebno je skupljati temeljito i sustavno kako bi se pravodobno osigurao željeni stupanj potpunosti informacija. [6]

### **3. METODE PROGNOZE POTRAŽNJE**

#### **3.1. Prognoza potražnje**

Prognoza potražnje je tehnika procjene moguće potražnje za proizvodom ili uslugom u budućnosti. Temelji se na analizi prošle potražnje za proizvodom ili uslugom u trenutnim uvjetima na tržištu. Prognoza potražnje trebala bi se obaviti na znanstvenoj osnovi, tako da uzima u obzir sve činjenice i događaje povezane s predviđanjem. [8]

Odluke kojima se upravlja opskrbnim lancima temelje se na prognozama potražnje koje definiraju koji će proizvodi biti traženi, koja će biti njihova količina i u kojem vremenskom razdoblju. Prognoza potražnje je u tom slučaju osnova planiranja operacija unutar pojedine tvrtke, ali i između tvrtki sudionica opskrbnog lanca.

Predviđanje potražnje smanjuje rizik vezan uz poslovne aktivnosti i pomaže u donošenju učinkovitih odluka. Dobra prognoza pomaže tvrtki bolje planiranje u odnosu na poslovne ciljeve.

Pri prognozi potražnje uzimaju se u obzir sljedeće varijable:

- a. Potražnja (količina, razina potražnje)
- b. Opskrba
- c. Značajke proizvoda
- d. Konkurencija.

##### **3.1.1. Potražnja**

Potražnja je ekonomski termin koji se odnosi na želju potrošača da kupi proizvod ili uslugu i na njegovu spremnost da plati cijenu za određeni proizvod ili uslugu. Potražnja, uz ponudu, određuje stvarnu cijenu proizvoda i količinu proizvoda koja se nalazi na tržištu. [8]

Potražnja se najčešće mijenja kao posljedica promjena u cijeni proizvoda, međutim postoje i drugi čimbenici koji utječu na promjene u potražnji. Navedeni čimbenici su, uglavnom, vezani uz tržište: [10]

- a. Ukusi i sklonosti potrošača
- b. Prihodi potrošača
- c. Promjene u cijeni srodnih proizvoda

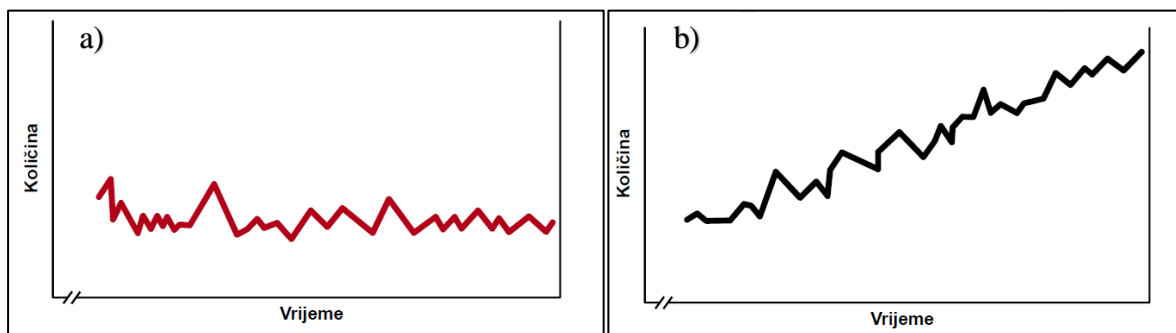
- d. Trošak oglašavanja
- e. Broj potrošača na tržištu
- f. Očekivanja potrošača u pogledu budućih cijena

Kada uzimamo potražnju kao varijablu predviđanje iste, ona se odnosi na sveukupnu potražnju za pojedinim proizvodom ili grupom proizvoda na određenom tržištu. Pri tome se uzimaju u obzir trendovi povezani s tržištem: porast ili pad tržišta, tempo promjena (godišnji, kvartalni) i opće značajke (stalno tržište sa stabilnom potražnjom ili tržište s promjenjivom potražnjom).

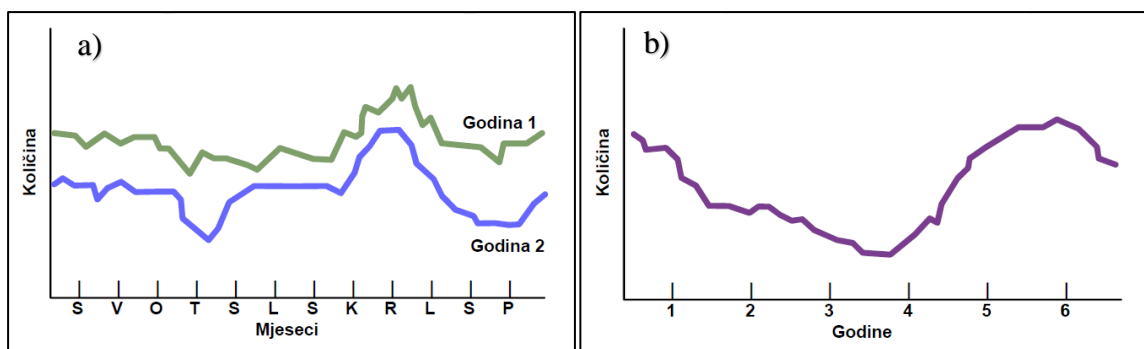
Potražnju je najteže prognozirati na tržištima gdje nema praćenja podataka i gdje se očekuju varijacije u narudžbama.

Postoji pet osnovnih šablona potražnje (slike 5, 6, 7): [4]

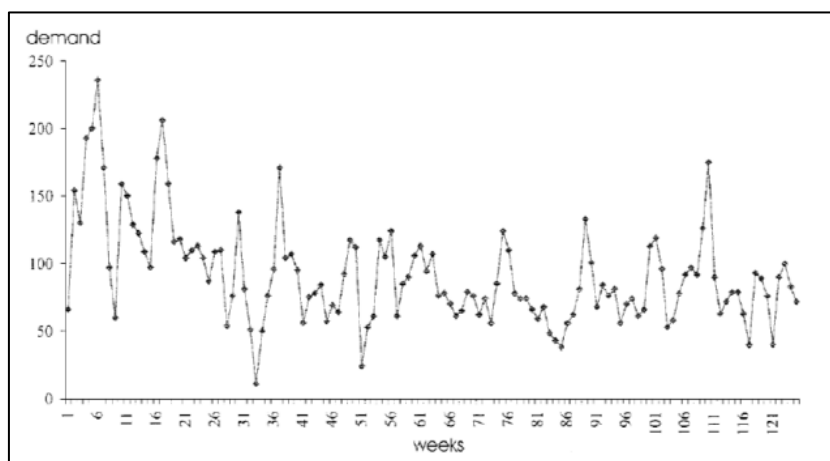
- a. Horizontalna
- b. Trendovska
- c. Sezonska
- d. Ciklična
- e. Nasumična.



Slika 5 a) Horizontalna šablona, b) Trendovska šablona, [4]



Slika 6 a) Sezonska šablona, b) Ciklična šablona, [4]



Slika 7 Nasumična šablona, [4]

### 3.1.2. Opskrba

Opskrba se utvrđuje brojem proizvođača pojedinih proizvoda i rokovima isporuke. Što je veći broj proizvođača i kraći rok isporuke, lakše je prognozirati opskrbu. Mali broj proizvođača i dugi rokovi isporuke rezultiraju većom nesigurnosti na tržištu.

Prognoze za pojedini opskrbeni lanac pokrivaju vremenske intervale koji uključuju sve rokove potrebne za sklapanje pojedinog proizvoda. [4]

### 3.1.3. Značajke proizvoda

Značajke proizvoda uključuju ona svojstva proizvoda koja utječu na potražnju. Na primjer, koliko se proizvod tijekom vremena modificira i mijenja.

Prognoze za poznate proizvode mogu pokrivati dulje vremenske intervale u odnosu na nove proizvode. Također, nastoji se predvidjeti u kojoj će se mjeri smanjiti količine narudžbi zbog novih proizvoda koji ulaze na tržište. [4]



### 3.1.4. Konkurencija

Razina konkurencije utječe na radnje koje poduzima pojedina tvrtka i njezina konkurencija. Elementi koji se uzimaju u obzir kod procjene uloge tvrtke na tržištu su: [4]

- Koliko je tržišni udio tvrtke
- Koji je trend udjela tvrtke neovisno o trendu tržišta
- Udio na tržištu može ovisiti o akcijama ili natjecanjima u cijeni, pa stoga treba uzeti u obzir i spomenute elemente.

### 3.2. Metode prognoze potražnje

Mnoge tvrtke tretiraju svijet kao da je predvidiv, donoseći odluke o proizvodnji i zalihama na temelju predviđanja potražnje koja su napravljena daleko prije prodajne sezone. Iako su tvrtke svjesne nesigurnosti potražnje kada prave prognozu, one ipak oblikuju svoje procese planiranja kao da je početna prognoza točan prikaz stvarnosti. U tom slučaju, treba biti svjestan sljedećih principa predviđanja: [1]

- Predviđanje nikad nije točno.
- Što je duži period prognoziranja, prognoza je lošija.
- Agregatne (skupne) prognoze su točnije.

Prvi princip podrazumijeva da je teško uskladiti ponudu i potražnju. Drugi princip podrazumijeva da je još teže predvidjeti potražnju kupaca za duži vremenski period, na primjer, 12 - 18 mjeseci. Treći princip predlaže, na primjer, dok je teško predvidjeti potražnju za jedan proizvod, lakše je predvidjeti potražnju za sve proizvode unutar jedne skupine proizvoda. [1]

Ipak, predviđanje je jedan od ključnih alata u menadžmentu. Prognoze potražnje ne služe samo u donošenju odluka vezanih uz držanje zaliha, već i u donošenju odluka vezanih za ulazak na novo tržište, proširenje proizvodnih kapaciteta ili pak implementaciju novih tehnologija. [1]

Iako postoji mnogo različitih alata i metoda za predviđanje, oni se mogu svrstati u četiri osnovne skupine:

1. *Kvalitativne metode* uključuje prikupljanje stručnih mišljenja.

2. *Uzročne metode* su matematičke metode u kojima se prognoze generirane na temelju različitih varijabli sustava.
3. *Vremenske metode* su matematičke metode u kojima se prognoza buduće potražnje temelji na povijesnim podacima.
4. *Prognoze istraživanjem tržišta* uključuje kvalitativne studije o ponašanju kupaca.

### **3.2.1. Kvalitativne metode**

Kvalitativne metode nastoje skupiti mišljenja različitih stručnjaka na sistematičan način. Na primjer, prodavači često dobro razumiju očekivanu prodaju, budući da su blizu tržišta. Kompozit prodaje može se sastaviti kombinacijom procjene prodaje svakog prodavača, na logičan način. [1]

Kvalitativne metode su pogodne za tržišta s malo povijesnih podataka. Pri uvođenju novih proizvoda prognoze se u ovom slučaju temelje na usporedbama s drugim sličnim proizvodima ili tržištima. Prognoze se mogu izrađivati uvidom u krivulje koje opisuju prilagodbu proizvoda tržištu, što ujedno može biti pokazatelj budućih zbivanja na tržištu. [4]

Postoje dvije vrste kvalitativnih metoda: [4]

- Ekspertne skupine
- Delphi metoda

Ekspertne skupine se sastavljaju kako bi se postigao konsenzus. Ovaj se pristup koristi za međusobnu komunikaciju i podjelu informacija temeljem kojih se radi prognoza. Ovi stručnjaci mogu biti vanjski stručnjaci, ili unutarnji, iz različitih funkcionalnih područja unutar tvrtke. [1]

Delphi metoda je strukturirana tehnika kojom se nastoji postići zajednički zaključak, bez okupljanja stručnjaka na jednom mjestu. Tehnika je osmišljena na način da se izbjegne utjecaj eksperata s većim/jačim autoritetom na stvaranje zaključka. Stručnjaci ispunjavaju tipizirani upitnik, na temelju kojeg se prikupljaju informacije i njihovom obradom izrađuju zaključci. Proces se ponavlja sve dok se ne postigne zaključak. [1]

### **3.2.2. Uzročne metode**

Uzročne metode generiraju prognoze na bilo kojim drugim podacima, osim onim koji se predviđaju. Točnije, prognoza potražnje je funkcija nekih drugih podataka. Temelje se na povezivanju uzroka i posljedica.

Na primjer, prognoza prodaje za sljedeću četvrtinu godine može biti funkcija inflacije, BNP, visine nezaposlenosti, vremena ili bilo čega drugoga osim prodaje za tu četvrtinu. [4]

### **3.2.3. Vremenske metode**

Vremenske metode temelje se na pretpostavci da je analiza povijesnih podataka (npr. narudžbe) tijekom određenog vremenskog perioda pokazatelj potražnje u budućnosti. Vremenske metode su pouzdane ako je raspoloživa dovoljna količina potrebnih podataka iz prošlosti i kada je tržište stabilno, bez velikih oscilacija. [4]

Najčešće korištene vremenske metode su: [4]

- Metoda pomičnih prosjeka
- Metoda eksponencijalnog izgladivanja
- Metode zasnovane na analizi trendova
- Metode analize sezonskih podataka.

#### **3.2.3.1. Metoda pomičnih prosjeka**

Metoda pomičnih prosjeka je metoda gdje je svaka prognoza prosjek određenog broja prethodnih točaka. Ključ ove metode je odabrati broj točaka pomičnog prosjeka tako da se smanje greške pri prognoziranju. [4]

Ova metoda se koristi: [4]

- Kada je potražnja stabilna
- Nema trendova u potražnji
- Nema periodičkih fluktuacija

Metodom pomičnih prosjeka potražnja se u traženom razdoblju računa na sljedeći način:

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

Gdje je:

- $n$  – broj razdoblja za koje se računa pomični prosjek
- $D_i$  – potražnja u razdoblju  $i$

Vrijednost parametra  $n$  ovisi o sljedećim elementima: [4]

- Sposobnost modela za filtriranje oscilacija, kako bi se izbjegle prekomjerne reakcije na podatke o potražnji koje su značajno iznad ili ispod prosječne.
- Sposobnost modela da odmah reagira na promjene u potražnji (npr. nagli porast ili smanjenje očekivane potražnje).

Ako se odabere neka velika vrijednost parametra  $n$ , metoda pomičnih prosjeka pokazuje jaku inerciju. U ovom slučaju, neka vrijednost potražnje koje je značajno iznad ili ispod prosjeka nema veliki utjecaj na ukupni ishod prognoze. S druge strane potrebno je vremena da se model prilagodi svim značajnim promjenama u prosječnoj potražnji. U ovom slučaju model je precizan, ali se sporo prilagođava promjenama u potražnji. [4]

Suprotno, ako se odabere manja vrijednost parametra  $n$ , pojedinačna vrijednost potražnje ima veliki utjecaj na buduću prognozu. U ovom slučaju, model brzo reagira na promjene u potražnji, ali je vrlo osjetljiv u pogledu preciznosti prognoze. [4]

Postoje i težinski pomični prosjeci koji se baziraju na metodi pomičnih prosjeka, pri čemu svakom razdoblju u prošlosti dodjeljuju određeni težinski faktor. [4]

Težinski pomični prosjeci računaju se na sljedeći način:

$$F_{t+1} = W_1 D_1 + W_2 D_2 + \dots + W_n D_{t-n+1} \quad (2)$$

Gdje je:

- $F_{t+1}$  – prognoza za sljedeće razdoblje
- $W$  – težinski koeficijent
- $D$  – iznos potražnje u proteklom razdoblju

### 3.2.3.2. Metoda eksponencijalnog izgladivanja

Metoda eksponencijalnog izgladivanja je metoda gdje se prognoza temelji na težinskom prosjeku prethodne prognoze i posljednje točke potražnje. Ova metoda je vrlo slična prethodnoj, samo što se radi o težinskom prosjeku svih prošlih točaka, gdje nedavne točke dobivaju više težine. [4]

Za eksponencijalno izgladivanje potrebna su tri tipa podataka: [4]

- Prognoza za prethodno razdoblje
- Potražnja u tom razdoblju
- Koeficijent izgladivanja,  $\alpha$  (alfa),  $0 \leq \alpha \leq 1$

Eksponencijalno izgladivanje računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3)$$

ili

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t) \quad (4)$$

Važnost koja se daje potražnji u zadanom razdoblju može se prilagoditi promjenom vrijednosti parametra  $\alpha$ . Veće vrijednosti parametra  $\alpha$  naglašavaju veći utjecaj zadnjih razdoblja potražnje, pa je rezultat prognoze nestabilniji. Manje vrijednosti parametra  $\alpha$  tretiraju zadnja razdoblja u potražnji uniformnije, stoga su rezultati prognoze stabilniji. Ova metoda je jednostavna i zahtjeva minimalnu količinu podataka. [4]

### 3.2.3.3. Metode zasnovane na analizi trendova

Prethodne dvije metode se temelje na pretpostavci da nema trenda u podacima. Ako trend ipak postoji, onda su, metode zasnovane na analizi trendova, poput regresijske analize i Holtove metode, korisnije. [4]

Holtova metoda uključuje utjecaj trenda u određenom razdoblju. Metoda se sastoji od dvije komponente: [4]

- Eksponencijalno izgladena komponenta ( $E_t$ ) – konstanta izgladivanja  $0 < w < 1$ 
  - Teži 0: veći značaj podacima iz daljih razdoblja promatranja

- Teži 1: veći značaj podacima iz bližih razdoblja promatranja
- Komponenta trenda ( $T_t$ ) – konstanta izgladivanja  $0 < v < 1$ 
  - Teži 0: veći značaj prošlom trendu
  - Teži 1: veći značaj sadašnjem trendu

Prilikom izračuna, prvo se odabire iznos konstanti  $w$  i  $v$  između 0 i 1. Nakon toga se računaju komponente  $E_t$  i  $T_t$ , prema zadanim podacima  $Y_t$ , počevši od razdoblja  $t = 2$ : [4]

$$E_2 = Y_2; T_2 = Y_2 - Y_1 \quad (5)$$

$$E_3 = wY_3 + (1 - w)(E_2 + T_2) \quad (6)$$

$$T_3 = v(E_3 - E_2) + (1 - v)T_2 \quad (7)$$

$$E_t = wY_t + (1 - w)(E_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

$$T_t = v(E_t - E_{t-1}) + (1 - v)T_{t-1} \quad (9)$$

Nakon izračuna komponenta  $E_t$  i  $T_t$  za svaku vrijednost  $Y_t$  korištenjem prethodnih izraza, računa se vrijednost prognoze za sljedeće razdoblje korištenjem izraza:

$$F_{t+1} = E_t - T_t, \quad (10)$$

te  $k$ -korak prognoze korištenjem izraza:

$$F_{t+k} = E_t + kT_t \quad (11)$$

### 3.2.3.4. Metode analize sezonskih podataka

Mnoge tehnike iskazuju sezonalne promjene u potražnji. Na primjer, sezonska dekompozicija uklanja uzorak sezonalnosti iz podataka i primjenjuje neku od prije spomenutih metoda. Slično, Winterova metoda je verzija eksponencijalnog izgladivanja koja uzima u obzir trendove i sezonalnost. [1]

### 3.2.4. Prognoze istraživanjem tržišta

Ispitivanje tržišta je vrijedan alat prilikom razvijanja prognoza, pogotovo novih proizvoda. Postoje dvije varijante istraživanja tržišta, prva je da se ciljanoj grupi potrošača daje na testiranje određeni proizvod ili grupa proizvoda. Rezultati se analiziraju i temeljem njih se izrađuje prognoza potražnje. Druga varijanta su anketni upitnici, gdje se podaci dobivaju od potencijalnih kupaca, najčešće kroz intervju, telefonske upitnike ili pismene upitnike. [1]

### 3.3. Mjere za točnost prognoze potražnje

Postoji nekoliko mjera za izračun točnosti prognoze potražnje: [4]

1. Srednja pogreška (*engl. Mean Error*)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (12)$$

2. Srednja apsolutna pogreška (*engl. Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (13)$$

3. Srednja kvadratna pogreška (*engl. Root Mean Square Error*)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (14)$$

4. Srednja postotna pogreška (*engl. Mean Percentage Error*)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{Y_t} \quad (15)$$

5. Srednja apsolutna postotna pogreška (*engl. Mean Absolute Percentage Error*)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t} \quad (16)$$

## **4. IZRAČUN BUDUĆE POTRAŽNJE PREMA POVIJESNIM PODACIMA**

Za izračun potražnje koriste se stvarni povijesni podaci koji su prikazani u tablici 1. S obzirom da je tablica prevelika kako bi stala u Word dokument prikazan je samo mali dio podataka. Podaci su dobiveni za razdoblje od siječnja 2016. godine do travnja 2019. godine za otprilike 400 grupa proizvoda.

Unutar svake grupe proizvoda nalazi se dva ili više artikla. Na primjer, u tablici 1, su prikazane tri različite grupe proizvoda, unutar grupe proizvoda A se nazali pet različitih artikala, unutar grupe proizvoda B, šest, a unutar grupe proizvoda C čak 11. Dakle, količina artikala unutar grupe proizvoda varira.

U originalnoj tablici sve grupe proizvoda i artikli imaju numerirani naziv, te se iz tog razloga ne zna točno o kojem se artiklu radi, a zbog zaštite podataka autorica rada je dodatno promijenila nazive. Jedini poznati podatak, osim potražnje, je vrsta proizvoda, koja može biti:

- ADR
- AEROSOL
- čokolada
- neprehrana
- PETFOOD
- Phillips
- pića
- prehrana



Tablica 1 Početna tablica

Godina	Grupa proizvoda	Vrsta proizvoda	Artikl	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2016		Prehrana	A1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016		Prehrana	A2	8,60	10,97	12,60	14,74	11,73	18,04	23,13	17,02	13,48	12,41	10,91	11,12
2016	A	Prehrana	A3	5,86	8,21	7,82	8,40	10,32	12,58	16,64	14,81	8,45	9,69	6,58	5,35
2016		Prehrana	A4	5,42	8,27	11,85	12,05	11,68	14,70	13,69	21,80	17,63	16,86	17,30	17,12
2016		Prehrana	A5	0,42	0,50	0,60	0,68	0,65	0,42	0,29	0,76	0,81	0,65	0,65	0,46
2016		Prehrana	B1	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
2016		Prehrana	B2	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	B	Prehrana	B3	0,83	1,34	1,44	1,46	1,50	1,74	1,62	1,89	1,77	1,67	1,25	1,66
2016		Prehrana	B4	0,13	0,03	0,10	0,28	0,24	0,32	0,13	0,22	0,31	0,32	0,21	0,09
2016		Prehrana	B5	0,45	0,56	1,85	0,84	0,99	1,00	1,31	1,43	1,16	0,89	0,96	0,87
2016		Prehrana	B6	1,12	1,68	2,15	2,49	3,61	2,84	2,83	5,33	4,14	3,02	3,38	3,16
2016		Prehrana	C1	3,30	4,51	5,20	3,72	5,21	5,03	5,49	7,30	5,13	4,29	4,43	3,99
2016		Prehrana	C2	1,13	2,04	1,69	1,35	1,70	1,85	2,09	2,87	1,80	1,38	1,37	1,36
2016		Prehrana	C3	0,50	1,01	1,41	0,72	1,07	1,00	1,19	1,47	0,99	0,70	0,75	0,65
2016		Prehrana	C4	0,09	0,16	0,20	0,21	0,20	0,27	0,30	0,30	0,28	0,21	0,20	0,22
2016		Prehrana	C5	1,11	0,87	1,62	1,54	1,86	1,95	2,92	3,08	1,92	1,31	1,50	1,60
2016	C	Prehrana	C6	0,37	0,54	0,59	0,41	0,70	0,72	0,92	1,07	0,85	0,53	0,63	0,73
2016		Prehrana	C7	0,33	0,49	0,51	0,41	0,54	0,67	0,51	0,63	0,48	0,58	0,64	0,22
2016		Prehrana	C8	0,56	0,55	0,81	0,57	0,58	0,93	0,66	1,04	0,85	0,68	0,66	0,67
2016		Prehrana	C9	1,00	1,00	2,00	1,00	3,00	0,00	1,29	2,82	3,00	1,00	1,00	1,00
2016		Prehrana	C10	2,27	2,59	2,84	1,94	2,68	2,75	2,80	3,61	2,75	1,96	2,49	2,00
2016		Prehrana	C11	2,21	2,53	2,64	1,94	3,01	2,66	2,58	3,30	2,61	1,47	2,49	1,65

Za svaki artikl je prikazana mjesečna potražnja, izražena u matematičkim paletama. Proučavanjem i uređivanjem dobivenih povijesnih podataka, primijećeno je kako se ponavljaju šablone stabilne, trendovske, te ciklične i sezonalne potražnje, i iz tog razloga za izračun buduće potražnje koristit će se sljedeće metode:

- Pomični prosjek
- Težinski pomični prosjek
- Eksponencijalno izgladivanje
- Holtova metoda
- Dekompozicija
- Winterova metoda

Prije samog izračuna buduće potražnje, potrebno je urediti početnu tablicu, kako bi izračun bio točniji, ali i jednostavniji.

Ranije je navedeno kako se unutar jedne skupine materijala nalazi dva ili više artikla. S obzirom da su podaci vrlo detaljni, a također postoje i vrijednosti koje su jednake nuli ili manje od nule, dosta je teško definirati šablonu potražnje te što točnije prognozirati buduću potražnju za pojedinačni artikl.

Uostalom, u teorijskom dijelu rada je definirano kako je prognoza točnija ako se računa za grupu proizvoda. Iz tog su razloga, zbrojene mjesečne potražnje svih artikala unutar jedne grupe proizvoda, što je prikazano u tablici 2.

Pivot tablica (tablica 2) je baza za sve daljnje radnje.

Tablica 2 Pivot tablica

	Sum of siječanj				Sum of veljača				Sum of ožujak			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
<b>A</b>	20,30	35,15	35,11	36,45	27,94	27,06	31,08	34,59	32,87	38,03	39,68	40,60
<b>B</b>	2,54	4,41	3,65	2,75	3,63	4,45	3,07	-	5,57	5,51	4,24	-
<b>C</b>	13,09	11,77	13,13	14,99	16,42	12,08	14,50	13,74	19,60	14,99	18,56	18,69
	Sum of travanj				Sum of svibanj				Sum of lipanj			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
<b>A</b>	35,90	38,55	39,27	47,84	34,38	45,41	46,36	-	45,74	47,65	44,06	-
<b>B</b>	5,10	4,99	4,50	-	6,35	6,63	4,47	-	5,95	7,64	4,84	-
<b>C</b>	13,91	15,82	18,68	21,82	20,68	16,85	24,98	-	17,94	24,11	23,21	-
	Sum of srpanj				Sum of kolovoz				Sum of rujan			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
<b>A</b>	53,76	54,93	52,86	-	54,39	55,74	54,15	-	40,37	40,29	42,26	-
<b>B</b>	5,92	7,65	6,08	-	8,90	13,96	5,81	-	7,41	6,85	5,17	-
<b>C</b>	20,92	25,43	24,34	-	27,67	27,84	30,48	-	20,81	15,52	17,30	-
	Sum of listopad				Sum of studeni				Sum of prosinac			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
<b>A</b>	39,61	43,43	45,63	-	35,45	37,31	39,76	-	34,05	36,69	35,62	-
<b>B</b>	5,92	8,08	4,47	-	5,83	7,12	2,84	-	5,80	4,11	4,22	-
<b>C</b>	14,21	15,93	16,26	-	16,30	20,48	16,93	-	14,18	17,87	13,79	-

Na dalje, potražnja je izražena po mjesecima, iz čega je vrlo teško odrediti šablonu potražnje, na temelju koje bi se odlučilo koja će se metoda prognoze potražnje koristiti. Kako bi se olakšalo prepoznavanje šablone potražnje, godine su podijeljene na kvartale:

- Kvartal I: siječanj, veljača, ožujak
- Kvartal II: travanj, svibanj, lipanj
- Kvartal III: srpanj, kolovoz, rujanj
- Kvartal IV: listopad, studeni, prosinac.

Suma svakog kvartala, za svaku godinu, prikazana je tablicom 3. Za sumiranje je korištena Excel funkcija SUM.

Također, u tablicama koje će prikazivati izračunatu buduću potražnju, bit će prikazane i pogreške, koje će se kasnije iskoristiti za izračun točnosti prognoze potražnje. Pogreške su izračunate na sljedeći način:

- Pogreška: dobivena potražnja – prognoza
- Apsolutna pogreška: |pogreška|
- Kvadratna pogreška: pogreška<sup>2</sup>
- Postotna pogreška: pogreška/potražnja
- Apsolutna postotna pogreška: |postotna pogreška|

Tablica 3 Kvartali

	Sum of siječanj				Sum of veljača				Sum of ožujak				2016	2017	2018	2019
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	Kvartal I	Kvartal I	Kvartal I	Kvartal I
<b>A</b>	20,30	35,15	35,11	36,45	27,94	27,06	31,08	34,59	32,87	38,03	39,68	40,60	81,12	100,23	105,87	111,65
<b>B</b>	2,54	4,41	3,65	2,75	3,63	4,45	3,07	0,00	5,57	5,51	4,24	0,00	11,73	14,37	10,96	2,75
<b>C</b>	13,09	11,77	13,13	14,99	16,42	12,08	14,50	13,74	19,60	14,99	18,56	18,69	49,11	38,84	46,19	47,42
	Sum of travanj				Sum of svibanj				Sum of lipanj				2016	2017	2018	2019
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	Kvartal II	Kvartal II	Kvartal II	Kvartal II
<b>A</b>	35,90	38,55	39,27	47,84	34,38	45,41	46,36	0,00	45,74	47,65	44,06	0,00	116,02	131,60	129,70	47,84
<b>B</b>	5,10	4,99	4,50	0,00	6,35	6,63	4,47	0,00	5,95	7,64	4,84	0,00	17,39	19,25	13,81	0,00
<b>C</b>	13,91	15,82	18,68	21,82	20,68	16,85	24,98	0,00	17,94	24,11	23,21	0,00	52,53	56,78	66,86	21,82
	Sum of srpanj				Sum of kolovoz				Sum of rujanj				2016	2017	2018	2019
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	Kvartal III	Kvartal III	Kvartal III	Kvartal III
<b>A</b>	53,76	54,93	52,86	0,00	54,39	55,74	54,15	0,00	40,37	40,29	42,26	0,00	148,52	150,96	149,27	0,00
<b>B</b>	5,92	7,65	6,08	0,00	8,90	13,96	5,81	0,00	7,41	6,85	5,17	0,00	22,23	28,46	17,06	0,00
<b>C</b>	20,92	25,43	24,34	0,00	27,67	27,84	30,48	0,00	20,81	15,52	17,30	0,00	69,40	68,79	72,12	0,00
	Sum of listopad				Sum of studeni				Sum of prosinac				2016	2017	2018	2019
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	Kvartal IV	Kvartal IV	Kvartal IV	Kvartal IV
<b>A</b>	39,61	43,43	45,63	0,00	35,45	37,31	39,76	0,00	34,05	36,69	35,62	0,00	109,11	117,43	121,01	0,00
<b>B</b>	5,92	8,08	4,47	0,00	5,83	7,12	2,84	0,00	5,80	4,11	4,22	0,00	17,54	19,31	11,53	0,00
<b>C</b>	14,21	15,93	16,26	0,00	16,30	20,48	16,93	0,00	14,18	17,87	13,79	0,00	44,68	54,29	46,97	0,00

#### 4.1. Metoda pomičnih prosjeka

Za izračun buduće potražnje pomoću metode pomičnih prosjeka korištena je formula (1):

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

S obzirom, da se izračun radi u Excel-u, za računanje pomičnog prosjeka, korištena je funkcija AVERAGE.

Tablicom 4 prikazan izračun pomičnog prosjeka s korakom  $k = 3$  za grupu proizvoda CDE, dok je tablicom 5 prikazan izračun pomičnog prosjeka s korakom  $k = 4$ . Uzeti su različiti koraci kako bi se kasnije usporedbom dobivenih podataka vidjelo koja je prognoza točnija i na temelju koje će se naručivati roba.

Dakle, korištenjem metode pomičnih prosjeka s  $k = 3$ , prognoza za četvrto razdoblje dobiva se prosjekom prva tri razdoblja, prognoza za razdoblje  $t = 5$  dobiva se prosjekom drugom, trećeg i četvrtog razdoblja itd. (tablica 4).

Korištenjem metode pomičnih prosjeka s  $k = 4$ , identično je kao i za  $k = 3$ , samo prognoza počinje od razdoblja  $t = 5$  (tablica 5).

Prognoza za II. kvartal (2019.), za  $k = 3$  iznosi 1,78 matematičkih paleta, dok za isto razdoblje, za  $k = 4$  iznosi 1,99 matematičkih paleta. U ovom slučaju, razlika nije značajna, jedan razlog tome je što se radi o vrlo malim količinama koje se naručuju, osim u razdobljima  $t = 2$  i  $t = 3$  kada se dogodio porast, ali u činjenici da je potražnja nakon tih razdoblja relativno konstantna.

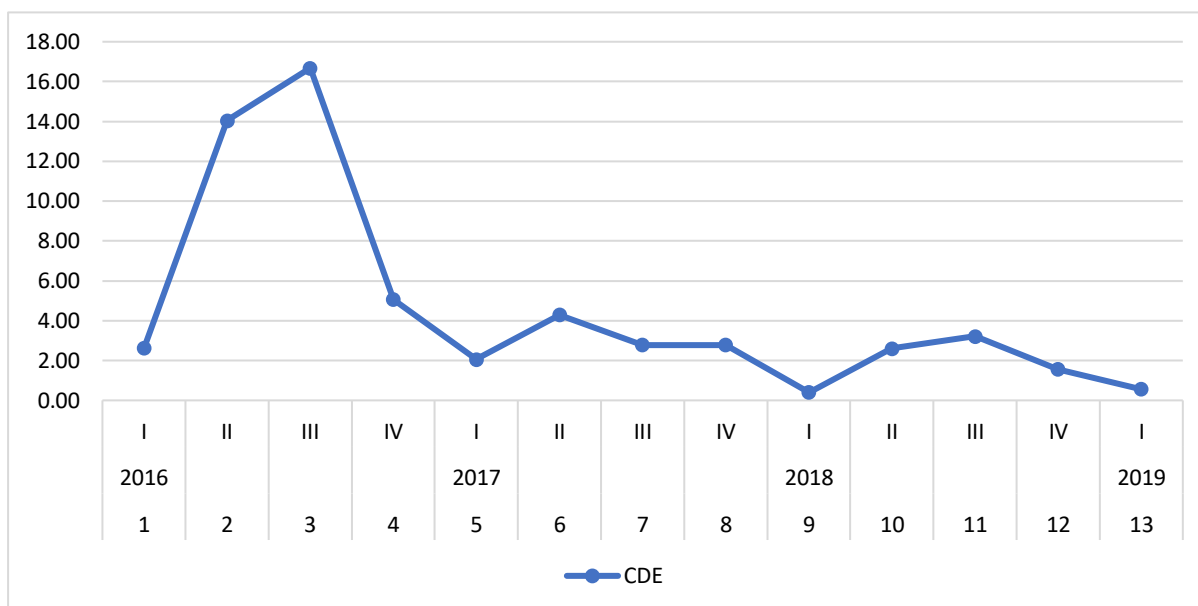
Tablica 4 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) s korakom  $k = 3$

t	Godina	Kvartal	CDE	Pomični prosjek (3)	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	2,62						
2		II	14,04						
3		III	16,68						
4		IV	5,06	11,11	-6,06	6,06	36,69	-1,20	1,20
5	2017	I	2,06	11,93	-9,87	9,87	97,45	-4,80	4,80
6		II	4,28	7,93	-3,65	3,65	13,30	-0,85	0,85
7		III	2,78	3,80	-1,02	1,02	1,04	-0,37	0,37
8		IV	2,78	3,04	-0,26	0,26	0,07	-0,09	0,09
9	2018	I	0,40	3,28	-2,88	2,88	8,32	-7,29	7,29
10		II	2,61	1,98	0,63	0,63	0,39	0,24	0,24
11		III	3,22	1,93	1,29	1,29	1,67	0,40	0,40
12		IV	1,56	2,08	-0,52	0,52	0,27	-0,33	0,33
13	2019	I	0,56	2,46	-1,90	1,90	3,61	-3,38	3,38
14		II		1,78					

Tablica 5 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) s korakom  $k = 4$

t	Godina	Kvartal	CDE	Pomični prosjek (4)	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	2,62						
2		II	14,04						
3		III	16,68						
4		IV	5,06						
5	2017	I	2,06	9,60	-7,54	7,54	56,90	-3,67	3,67
6		II	4,28	9,46	-5,17	5,17	26,77	-1,21	1,21
7		III	2,78	7,02	-4,24	4,24	17,99	-1,53	1,53
8		IV	2,78	3,54	-0,77	0,77	0,59	-0,28	0,28
9	2018	I	0,40	2,97	-2,58	2,58	6,65	-6,51	6,51
10		II	2,61	2,56	0,05	0,05	0,00	0,02	0,02
11		III	3,22	2,14	1,08	1,08	1,17	0,34	0,34
12		IV	1,56	2,25	-0,70	0,70	0,48	-0,45	0,45
13	2019	I	0,56	1,95	-1,38	1,38	1,91	-2,46	2,46
14		II		1,99					





Grafikon 1 Potražnja za grupu proizvoda CDE (prehrana)

Grafikonom 1 je prikazana potražnja za grupu proizvoda CDE. Potražnja ima nagli rast u drugom i trećem razdoblju, a nakon toga je relativno stabilna. Iz tog razloga, za računanje buduće potražnje se koristi metoda pomičnih prosjeka i kasnije, metoda težinskih pomičnih prosjeka.

Za grupu proizvoda EFG računata je prognoza metodom pomičnih prosjeka a korakom  $k = 2$  (tablica 6),  $k = 3$  (tablica 7) i  $k = 4$  (tablica 8). Iz podataka o potražnji vidljivo je kako je ona relativno konstantna, sve do četvrtog kvartala (2017.), kada se dogodio nagli porast u potražnji. Nakon tog trenutka potražnja je ponovno konstantna.

Radi porasta u potražnji, prognoza je računata s različitim koracima. Razlog tome je, da se vidi reakcija prognoza na spomenuti porast. Princip računanja prognoze i pogrešaka jednak je kao i u prethodnom primjeru.

Iz tablica se da iščitati kako prognoza za II. kvartal, za 2019. godinu za  $k = 2$  iznosi 11, 69 matematičkih paleta, za  $k = 3$  iznosi 11, 78 matematičkih paleta i za  $k = 4$  iznosi 11, 57 matematičkih paleta. Iz ovih podataka da se zaključiti kako razlike u prognozi nisu značajne, te je svejedno s kojim će se korakom računati buduća potražnja.

Tablica 6 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom  $k = 2$

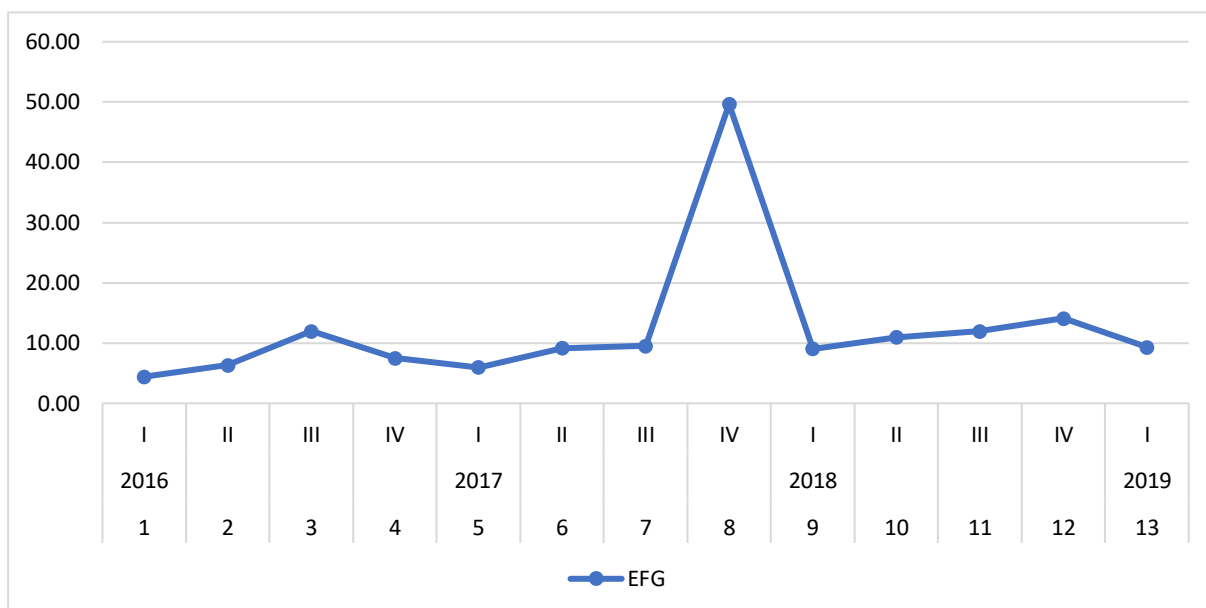
t	Godina	Kvartal	EFG	Pomični prosjek (2)	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	4,42						
2		II	6,36						
3		III	11,95	5,39	6,57	6,57	43,12	0,55	0,55
4		IV	7,52	9,16	-1,64	1,64	2,68	-0,22	0,22
5	2017	I	5,95	9,74	-3,79	3,79	14,36	-0,64	0,64
6		II	9,17	6,73	2,44	2,44	5,93	0,27	0,27
7		III	9,53	7,56	1,97	1,97	3,87	0,21	0,21
8		IV	49,64	9,35	40,29	40,29	1.623,67	0,81	0,81
9	2018	I	9,02	29,58	-20,57	20,57	422,92	-2,28	2,28
10		II	10,96	29,33	-18,37	18,37	337,40	-1,68	1,68
11		III	11,95	9,99	1,96	1,96	3,86	0,16	0,16
12		IV	14,08	11,46	2,63	2,63	6,90	0,19	0,19
13	2019	I	9,29	13,02	-3,73	3,73	13,88	-0,40	0,40
14		II		11,69					

Tablica 7 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom  $k = 3$

t	Godina	Kvartal	EFG	Pomični prosjek (3)	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	4,42						
2		II	6,36						
3		III	11,95						
4		IV	7,52	7,58	-0,06	0,06	0,00	-0,01	0,01
5	2017	I	5,95	8,61	-2,66	2,66	7,10	-0,45	0,45
6		II	9,17	8,47	0,70	0,70	0,48	0,08	0,08
7		III	9,53	7,55	1,98	1,98	3,92	0,21	0,21
8		IV	49,64	8,21	41,43	41,43	1.716,28	0,83	0,83
9	2018	I	9,02	22,78	-13,76	13,76	189,35	-1,53	1,53
10		II	10,96	22,73	-11,77	11,77	138,46	-1,07	1,07
11		III	11,95	23,21	-11,25	11,25	126,63	-0,94	0,94
12		IV	14,08	10,64	3,44	3,44	11,83	0,24	0,24
13	2019	I	9,29	12,33	-3,04	3,04	9,24	-0,33	0,33
14		II		11,78					

Tablica 8 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom  $k = 4$

t	Godina	Kvartal	EFG	Pomični prosjek (4)	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	4,42						
2		II	6,36						
3		III	11,95						
4		IV	7,52						
5	2017	I	5,95	7,56	-1,61	1,61	2,61	-0,27	0,27
6		II	9,17	7,95	1,22	1,22	1,50	0,13	0,13
7		III	9,53	8,65	0,88	0,88	0,77	0,09	0,09
8		IV	49,64	8,04	41,60	41,60	1.730,68	0,84	0,84
9	2018	I	9,02	18,57	-9,55	9,55	91,25	-1,06	1,06
10		II	10,96	19,34	-8,38	8,38	70,17	-0,76	0,76
11		III	11,95	19,79	-7,83	7,83	61,35	-0,66	0,66
12		IV	14,08	20,39	-6,31	6,31	39,82	-0,45	0,45
13	2019	I	9,29	11,50	-2,21	2,21	4,89	-0,24	0,24
14		II		11,57					



Grafikon 2 Potražnja za grupu proizvoda EFG (prehrana)

Iz grafikona 2 se vidi stabilna potražnja, sve do IV. kvartala (2019.), kada je iz nekog razloga, došlo do značajnog porasta, čak 4 puta veće potražnje, u odnosu na prethodno razdoblje. Nakon naglog porasta, vidi se nagli pad i relativno stabilna potražnja. Bez obzira na nagli porast u potražnji, korištena je metoda pomičnih prosjeka.

#### 4.2. Težinski pomični prosjek

Prilikom izračuna prognoze metodom težinskih pomičnih prosjeka, svakom se prethodnom razdoblju dodjeljuje određeni težinski faktor. Formula (2) po kojoj se računa je sljedeća:

$$F_{t+1} = W_1 D_1 + W_2 D_2 + \dots + W_n D_{t-n+1} \quad (2)$$

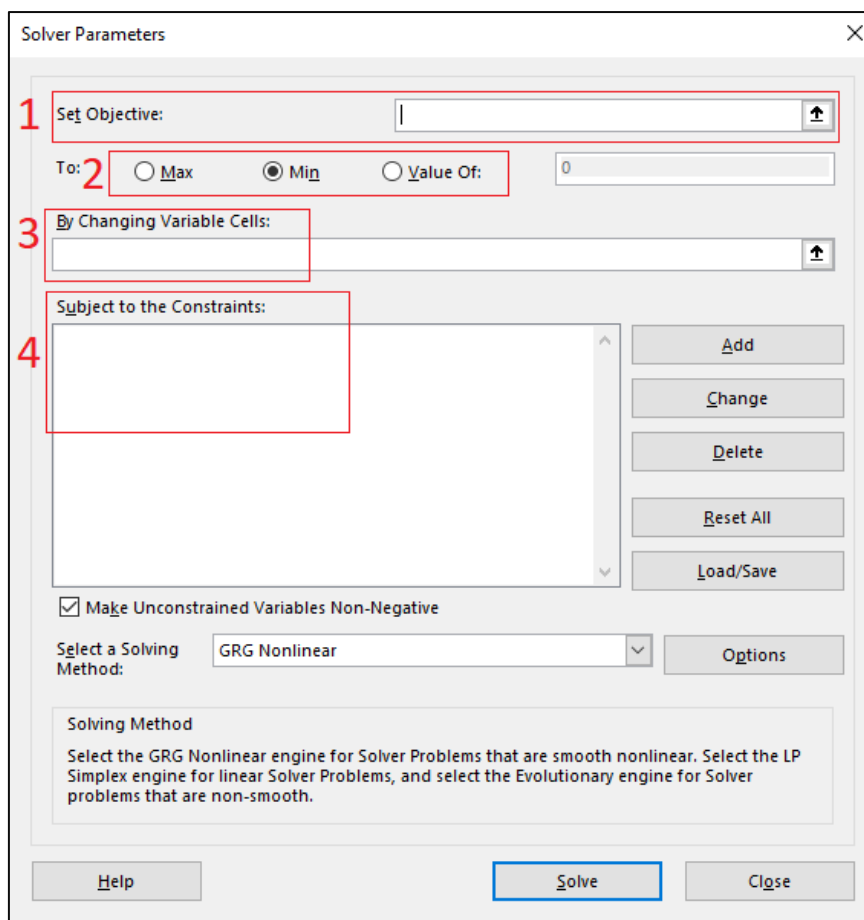
Za grupu proizvoda CDE korišteni su sljedeći težinski faktori, koji su proizvoljno odabrani:

- $W_1 = 0,5$
- $W_2 = 0,3$
- $W_3 = 0,2$ .

S obzirom da su težinski faktori nasumično odabrani, kako bi prognoza bila što točnija, korišten je Excel alat Solver.

U ovom slučaju, izračun buduće potražnje počinje od četvrtog razdoblja. Dakle, potražnja iz prvog razdoblja se množi s težinskim faktorom  $W_1$ , potražnja iz drugog razdoblja se množi s faktorom  $W_2$  i potražnja iz trećeg razdoblja se množi s faktorom  $W_3$ . Pogreške se računaju na isti način kao i za prethodnu metodu.

Solver se koristi na način da se odredi parametar koji se želi minimizirati, u ovom slučaju srednja kvadratna pogreška, RMSE, te faktori koji se mijenjaju, u ovom slučaju težinski faktori. Nadalje, za faktore koji se mijenjaju, potrebno je postaviti uvjete, u ovom slučaju, da su faktori  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  veći od nula i manji od jedan. Sučelje alata Solver prikazano je na slici 8.



Slika 8 Sučelje alata Solver: 1 parametar 2 maksimizacija/minimalizacija/vrijednost 3 faktori 4 uvjeti za faktore

U tablici 9 prikazani rezultati dobiveni proizvoljnim težinskim faktorima, dok su u tablici 10 prikazani rezultati nakon korištenja alata Solver.

Tablica 9 Izračun težinskog pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana)

t	Godina	Kvartal	CDE	Težinski pomični prosjek	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	2,62						
2		II	14,04						
3		III	16,68						
4		IV	5,06	8,86	-3,80	3,80	14,45	-0,75	0,75
5	2017	I	2,06	13,04	-10,98	10,98	120,59	-5,34	5,34
6		II	4,28	10,27	-5,98	5,98	35,82	-1,40	1,40
7		III	2,78	4,00	-1,22	1,22	1,50	-0,44	0,44
8		IV	2,78	2,87	-0,09	0,09	0,01	-0,03	0,03
9	2018	I	0,40	3,53	-3,14	3,14	9,83	-7,92	7,92
10		II	2,61	2,30	0,31	0,31	0,10	0,12	0,12
11		III	3,22	2,03	1,19	1,19	1,42	0,37	0,37
12		IV	1,56	1,63	-0,07	0,07	0,00	-0,05	0,05
13	2019	I	0,56	2,58	-2,02	2,02	4,08	-3,59	3,59
14		II		2,19					

Tablica 10 Izračun težinskog pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) nakon korištenja Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	CDE	Težinski pomični prosjek	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	2,62						
2		II	14,04						
3		III	16,68						
4		IV	5,06	5,29	-0,24	0,24	0,06	-0,05	0,05
5	2017	I	2,06	3,87	-1,82	1,82	3,30	-0,88	0,88
6		II	4,28	3,45	0,83	0,83	0,69	0,19	0,19
7		III	2,78	2,11	0,67	0,67	0,45	0,24	0,24
8		IV	2,78	1,16	1,62	1,62	2,62	0,58	0,58
9	2018	I	0,40	1,54	-1,14	1,14	1,31	-2,89	2,89
10		II	2,61	0,59	2,02	2,02	4,08	0,77	0,77
11		III	3,22	1,23	1,99	1,99	3,95	0,62	0,62
12		IV	1,56	1,00	0,55	0,55	0,30	0,35	0,35
13	2019	I	0,56	0,90	-0,34	0,34	0,11	-0,60	0,60
14		II		0,72					



Prognoza za  $t = 14$ , prije korištenja Solvera iznosi 2,19 matematičkih paleta, dok nakon korištenja Solvera iznosi 0,72 matematičkih paleta. Uzevši u obzir činjenicu da se potražnja kreće između dvije do pet paleta, razlika je značajna.

Optimalni težinski faktori za grupu proizvoda CDE, prema Solver su:

- $W_1 = 0,17$
- $W_2 = 0,00$
- $W_3 = 0,29$ .

### 4.3. Metoda eksponencijalnog izgladivanja

Za izračun prognoze metodom eksponencijalnog izgladivanja koristila se sljedeća formula (3):

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3)$$

Za računanje je potrebno odrediti koeficijent izgladivanja  $\alpha$ , koji proizvoljnim odabirom iznosi 0,80. S obzirom da prema formuli računanje počinje od drugog razdoblja, prvo je dobiveno kao prosjek potražnje prva dva razdoblja. U ovom slučaju se može koristiti Excel alat Solver. Tako je u tablici 11 prikazana prognoza izračunata s koeficijentom 0,80, dok je u tablici 12 prikazana prognoza nakon korištenja alata Solver.

Ovdje je, kao i u prethodnoj metodi, za parametar koji se minimizira korišten je RMSE. Faktor koji se mijenja je koeficijent izgladivanja  $\alpha$ , koji također mora biti između nula i jedan. Faktor izgladivanja nakon korištenja alata Solver iznosi 0,27.

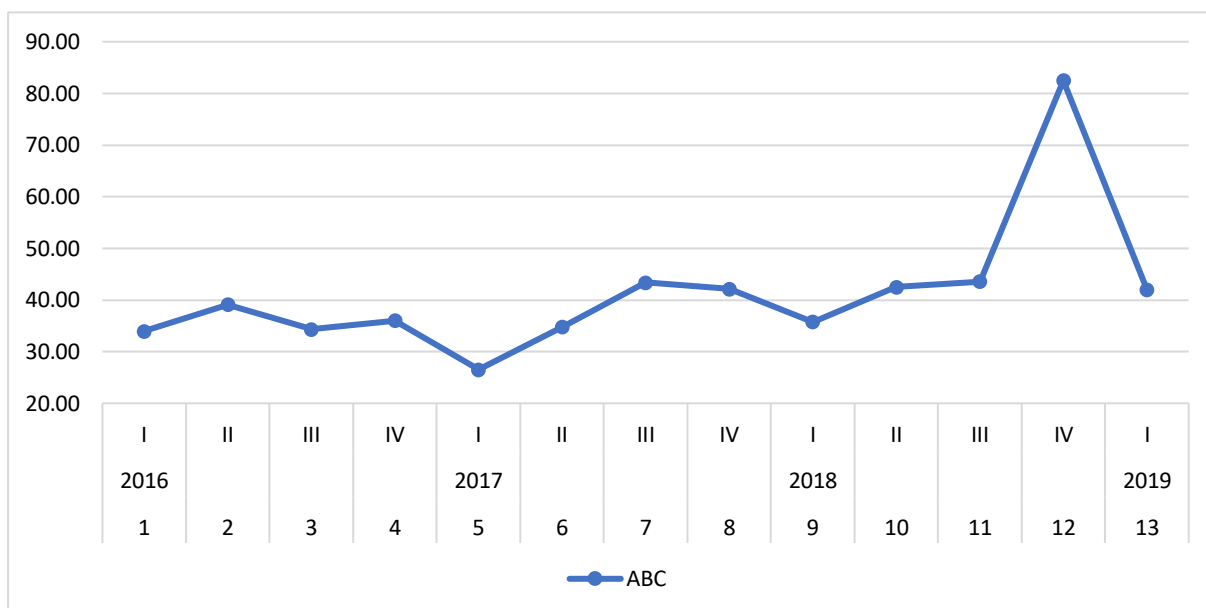
Iz podataka, odnosno potražnje, koja je vidljiva u tablicama 11 i 12, da se iščitati kako je potražnja relativno stabilna, sve do četvrtog kvartala (2018.) kada je potražnja duplo narasla u odnosu na prethodna razdoblja.

Tablica 11 Izračun potražnje za grupu proizvoda ABC (ADR) metodom eksponencijalnog izgladivanja

t	Godina	Kvartal	ABC	Eksponencijalno izgladivanje	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	33,93	36,53	-2,60	2,60	6,77	-0,08	0,08
2		II	39,14	34,45	4,68	4,68	21,94	0,12	0,12
3		III	34,35	38,20	-3,85	3,85	14,80	-0,11	0,11
4		IV	36,02	35,12	0,90	0,90	0,81	0,03	0,03
5	2017	I	26,55	35,84	-9,29	9,29	86,38	-0,35	0,35
6		II	34,75	28,41	6,34	6,34	40,18	0,18	0,18
7		III	43,40	33,48	9,92	9,92	98,45	0,23	0,23
8		IV	42,14	41,42	0,72	0,72	0,52	0,02	0,02
9	2018	I	35,79	42,00	-6,21	6,21	38,55	-0,17	0,17
10		II	42,53	37,03	5,50	5,50	30,26	0,13	0,13
11		III	43,55	41,43	2,13	2,13	4,52	0,05	0,05
12		IV	82,47	43,13	39,34	39,34	1.548,03	0,48	0,48
13	2019	I	42,00	74,60	-32,61	32,61	1.063,18	-0,78	0,78
14		II		48,52					

Tablica 12 Izračun potražnje za grupu proizvoda ABC (ADR) metodom eksponencijalnog izgladivanja uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	ABC	Eksponencijalno izgladivanje	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	33,93	36,53	-2,60	2,60	6,77	-0,08	0,08
2		II	39,14	35,84	3,30	3,30	10,86	0,08	0,08
3		III	34,35	36,72	-2,37	2,37	5,60	-0,07	0,07
4		IV	36,02	36,09	-0,06	0,06	0,00	0,00	0,00
5	2017	I	26,55	36,07	-9,52	9,52	90,66	-0,36	0,36
6		II	34,75	33,53	1,21	1,21	1,47	0,03	0,03
7		III	43,40	33,86	9,54	9,54	91,09	0,22	0,22
8		IV	42,14	36,40	5,74	5,74	32,96	0,14	0,14
9	2018	I	35,79	37,93	-2,14	2,14	4,59	-0,06	0,06
10		II	42,53	37,36	5,17	5,17	26,74	0,12	0,12
11		III	43,55	38,74	4,82	4,82	23,22	0,11	0,11
12		IV	82,47	40,02	42,46	42,46	1.802,43	0,51	0,51
13	2019	I	42,00	51,33	-9,33	9,33	87,04	-0,22	0,22
14		II		48,84					



Grafikon 3 Potražnja za grupu proizvoda ABC (ADR)

Metoda eksponencijalnog izgladivanja, kao i metoda pomičnih prosjeka, koristi za prognoziranje potražnje, ako je ona stabilna. U slučaju grupe proizvoda ABC, potražnja je relativno stabilna do trenutka  $t = 12$ , kada se dogodio nagli skok (grafikon 3).

Za grupu proizvoda EFG, za računanje potražnje, osim metode pomičnih prosjeka, korištena je i metoda eksponencijalnog izgladivanja. Razlog tome je da se vidi kako metoda reagira na iznenadni porast u potražnji, te kako bi se kasnije metode mogle usporediti.

Kao i u prethodnom primjeru, u tablici 13, prikazana je prognoza, u kojoj koeficijent izgladivanja  $\alpha$ , proizvoljnim izborom, iznosi 0,6. U tablici 14, prikazan je rezultat, odnosno prognoza nakon korištenja alata Solver.

Potražnja za period  $t = 14$ , prije korištenja alata Solver iznosi 11,01 matematičkih paleta, a nakon korištenja alata Solver iznosi 12,34 matematičkih paleta, što nije iznenađujuće jer je potražnja relativno konstantna, ako izuzmemo nagli porast u razdoblju  $t = 8$ .

Koeficijent izgladivanja  $\alpha$  nakon korištenja alata Solver iznosi 0,16.

Tablica 13 Izračun potražnje za grupu proizvoda EFG (prehrana) metodom eksponencijalnog izgladivanja

t	Godina	Kvartal	EFG	Eksponencijalno izgladivanje	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	4,42	5,39	-0,97	0,97	0,95	-0,22	0,22
2		II	6,36	4,80	1,56	1,56	2,42	0,24	0,24
3		III	11,95	5,74	6,22	6,22	38,64	0,52	0,52
4		IV	7,52	9,47	-1,95	1,95	3,79	-0,26	0,26
5	2017	I	5,95	8,30	-2,35	2,35	5,53	-0,40	0,40
6		II	9,17	6,89	2,28	2,28	5,20	0,25	0,25
7		III	9,53	8,26	1,27	1,27	1,61	0,13	0,13
8		IV	49,64	9,02	40,62	40,62	1.650,32	0,82	0,82
9	2018	I	9,02	33,39	-24,37	24,37	594,08	-2,70	2,70
10		II	10,96	18,77	-7,81	7,81	60,94	-0,71	0,71
11		III	11,95	14,08	-2,13	2,13	4,54	-0,18	0,18
12		IV	14,08	12,81	1,28	1,28	1,63	0,09	0,09
13	2019	I	9,29	13,57	-4,28	4,28	18,31	-0,46	0,46
14		II		11,01					

Tablica 14 Izračun potražnje za grupu proizvoda EFG (prehrana) metodom eksponencijalnog izgladivanja uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	EFG	Eksponencijalno izgladivanje	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	4,42	5,39	-0,97	0,97	0,95	-0,22	0,22
2		II	6,36	5,24	1,12	1,12	1,26	0,18	0,18
3		III	11,95	5,41	6,54	6,54	42,81	0,55	0,55
4		IV	7,52	6,43	1,09	1,09	1,18	0,14	0,14
5	2017	I	5,95	6,60	-0,66	0,66	0,43	-0,11	0,11
6		II	9,17	6,50	2,67	2,67	7,11	0,29	0,29
7		III	9,53	6,92	2,61	2,61	6,79	0,27	0,27
8		IV	49,64	7,33	42,32	42,32	1.790,57	0,85	0,85
9	2018	I	9,02	13,95	-4,93	4,93	24,29	-0,55	0,55
10		II	10,96	13,18	-2,21	2,21	4,90	-0,20	0,20
11		III	11,95	12,83	-0,88	0,88	0,77	-0,07	0,07
12		IV	14,08	12,69	1,39	1,39	1,94	0,10	0,10
13	2019	I	9,29	12,91	-3,62	3,62	13,08	-0,39	0,39
14		II		12,34					

#### 4.4. Holtova metoda

Za izračun prognoze metodom eksponencijalnog izgladivanja koriste se sljedeće formule:

$$E_2 = Y_2; T_2 = Y_2 - Y_1 \quad (5)$$

$$E_3 = wY_3 + (1 - w)(E_2 + T_2) \quad (6)$$

$$T_3 = v(E_3 - E_2) + (1 - v)T_2 \quad (7)$$

$$E_t = wY_t + (1 - w)(E_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

$$T_t = v(E_t - E_{t-1}) + (1 - v)T_{t-1} \quad (9)$$

Eksponencijalno izgladena komponenta  $w$  i komponenta trenda  $v$  moraju zadovoljiti sljedeći uvjet:

$$0 \leq w, v \leq 1$$

Za grupu proizvoda IJK,  $w$  iznosi 0,75, a  $v$  iznosi 0,45. Dakle, komponente  $E_t$  i  $T_t$  računaju se prema gore navedenim formulama. Buduća potražnja se dobiva zbrajanjem komponenta  $E_t$  i  $T_t$ .

Kako je ranije objašnjeno, za  $k$ -korak prognoze koristi se sljedeća formula (11):

$$F_{t+k} = E_t + kT_t \quad (11)$$

buduća potražnja će se računati za  $k = 1, 2, 3, 4$ .

S obzirom da u ovom primjeru postoje koeficijenti koji se mogu mijenjati, opet se može koristiti alat Solver kako bi se došlo do što točnije prognoze. Princip je isti kao i u prethodnim metodama, samo su ovdje faktori koji se mijenjaju, koeficijenti  $w$  i  $v$ . U tablici 15, je prikazana prognoza potražnje s koeficijentima  $w = 0,75$  i  $v = 0,45$ , a u tablici 16, prognoza nakon korištenja Solvera. Preporuka Solvera za koeficijente je  $w = 0,94$  i  $v = 0,19$ .

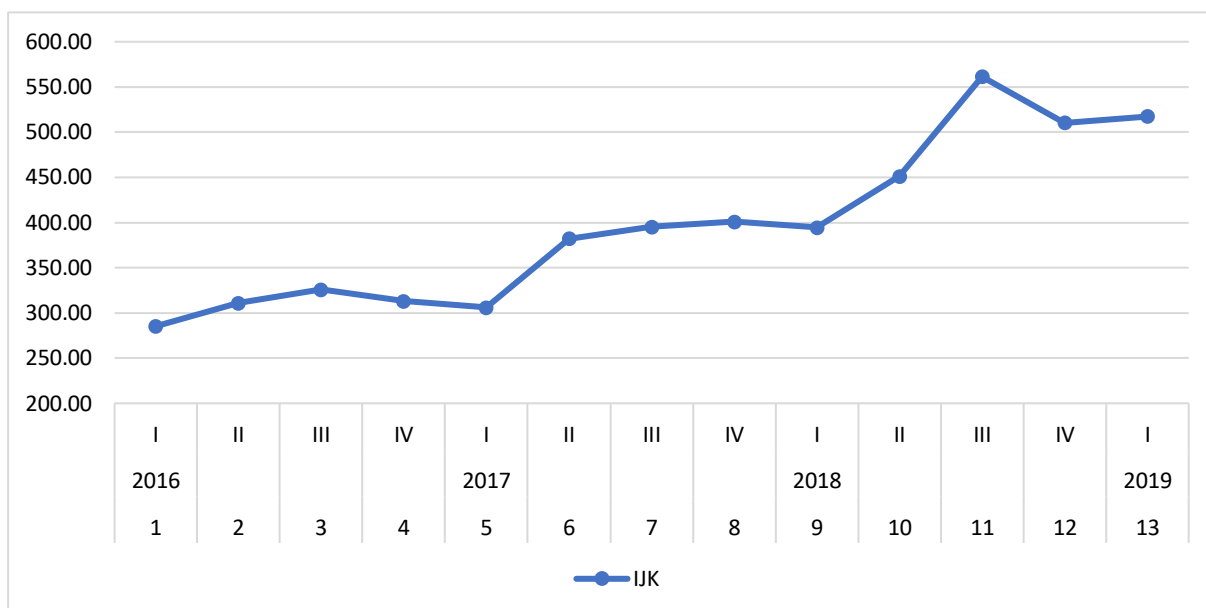
Tablica 15 Izračun potražnje za grupu proizvoda IJK (pića) Holtovom metodom

t	Godina	Kvartal	IJK	$E_t$	$T_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	285,31								
2		II	310,89	310,89	25,58	336,47	-25,58	25,58	654,34	-0,08	0,08
3		III	325,66	328,90	22,18	351,08	-25,42	25,42	646,07	-0,08	0,08
4		IV	313,18	324,55	10,24	334,78	-21,61	21,61	466,87	-0,07	0,07
5	2017	I	306,03	314,65	1,18	315,83	-9,80	9,80	96,13	-0,03	0,03
6		II	381,98	362,14	22,02	384,15	-2,17	2,17	4,71	-0,01	0,01
7		III	395,15	391,85	25,48	417,33	-22,18	22,18	491,99	-0,06	0,06
8		IV	401,02	405,92	20,34	426,26	-25,23	25,23	636,77	-0,06	0,06
9	2018	I	394,65	404,13	10,39	414,52	-19,87	19,87	394,78	-0,05	0,05
10		II	451,34	440,29	21,98	462,27	-10,94	10,94	119,66	-0,02	0,02
11		III	561,32	531,61	53,18	584,79	-23,47	23,47	550,81	-0,04	0,04
12		IV	510,34	532,68	29,73	562,41	-52,07	52,07	2710,90	-0,10	0,10
13	2019	I	517,38	530,89	15,55	546,44	-29,06	29,06	844,28	-0,06	0,06
14		II				546,44					
15		III				561,99					
16		IV				577,54					
17	2020	I				593,08					



Tablica 16 Izračun potražnje za grupu proizvoda IJK (pića) Holtovom metodom uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	IJK	$E_t$	$T_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	285,31								
2		II	310,89	310,89	25,58	336,47	-25,58	25,58	654,34	-0,08	0,08
3		III	325,66	326,31	23,67	349,98	-24,32	24,32	591,53	-0,07	0,07
4		IV	313,18	315,38	17,18	332,56	-19,39	19,39	375,82	-0,06	0,06
5	2017	I	306,03	307,62	12,50	320,11	-14,09	14,09	198,46	-0,05	0,05
6		II	381,98	378,27	23,41	401,69	-19,70	19,70	388,16	-0,05	0,05
7		III	395,15	395,54	22,26	417,80	-22,65	22,65	513,10	-0,06	0,06
8		IV	401,02	402,03	19,30	421,33	-20,31	20,31	412,32	-0,05	0,05
9	2018	I	394,65	396,25	14,59	410,84	-16,19	16,19	262,19	-0,04	0,04
10		II	451,34	448,91	21,74	470,64	-19,31	19,31	372,79	-0,04	0,04
11		III	561,32	555,88	37,74	593,62	-32,30	32,30	1043,16	-0,06	0,06
12		IV	510,34	515,34	23,04	538,38	-28,04	28,04	786,14	-0,05	0,05
13	2019	I	517,38	518,64	19,34	537,98	-20,60	20,60	424,24	-0,04	0,04
14		II				537,98					
15		III				557,32					
16		IV				576,65					
17	2020	I				595,99					



Grafikon 4 Potražnja za grupu proizvoda IJK (pića)

Iz grafikona 4 se jasno se vidi trend rasta u potražnji, za grupu proizvoda IJK, te je radi toga za izračun buduće potražnje korištena Holtova metoda.

Za grupu proizvoda KLM korištene su iste formule kao i za grupu proizvoda IJK. Jedina razlika, što se tiče izračuna je da su koeficijenti koji u ovom primjeru iznose  $w = 0,95$  i  $v = 0,30$ . Prognoza s ovim koeficijentima prikazana je u tablici 17.

Također je korišten Solver kako bi se dobila što točnija prognoza. Koeficijenti koje preporučuje Solver su  $w = 1$  i  $v = 0,48$ , a izračun je vidljiv u tablici 18.

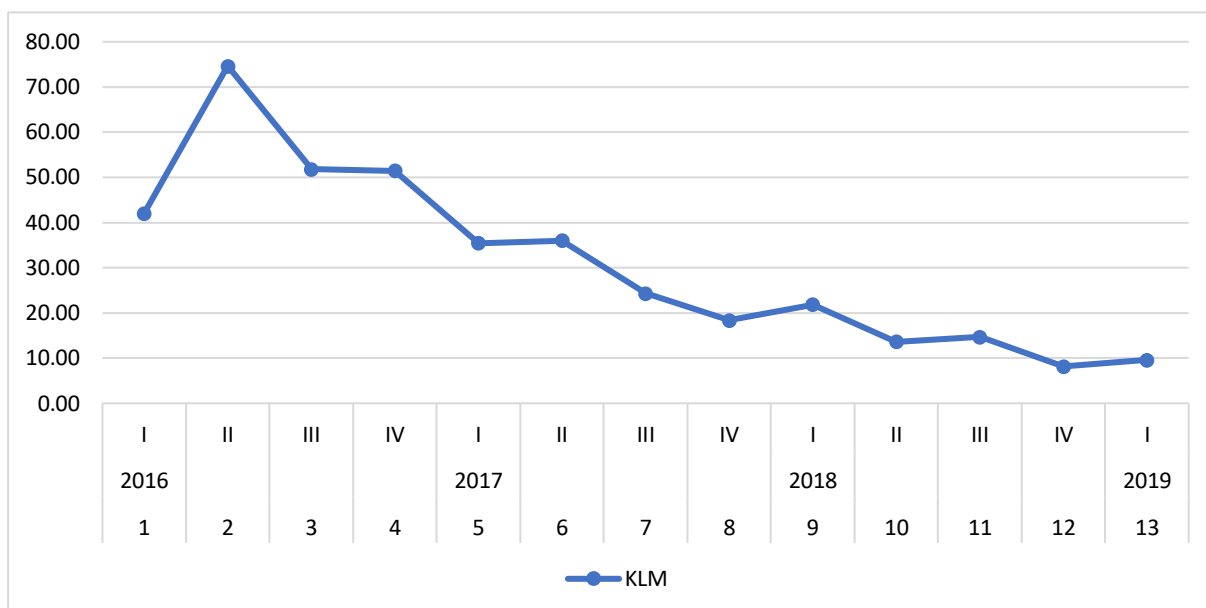
U odnosu na prošlu grupu proizvoda, kvartalna potražnja je dosta manja, što naravno utječe na rezultate.

Tablica 17 Izračun potražnje za grupu proizvoda KLM (neprehrana) Holtovom metodom

t	Godina	Kvartal	KLM	$E_t$	$T_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	42,02								
2		II	74,64	74,64	32,62	107,26	-32,62	32,62	1064,33	-0,44	0,44
3		III	51,77	54,54	16,81	71,35	-19,58	19,58	383,49	-0,38	0,38
4		IV	51,45	52,44	11,14	63,58	-12,13	12,13	147,14	-0,24	0,24
5	2017	I	35,47	36,87	3,12	40,00	-4,53	4,53	20,51	-0,13	0,13
6		II	36,00	36,20	1,98	38,18	-2,18	2,18	4,77	-0,06	0,06
7		III	24,33	25,02	-1,97	23,05	1,27	1,27	1,62	0,05	0,05
8		IV	18,38	18,61	-3,30	15,32	3,06	3,06	9,38	0,17	0,17
9	2018	I	21,83	21,50	-1,44	20,06	1,77	1,77	3,12	0,08	0,08
10		II	13,65	13,97	-3,27	10,70	2,95	2,95	8,69	0,22	0,22
11		III	14,66	14,46	-2,14	12,32	2,34	2,34	5,47	0,16	0,16
12		IV	8,16	8,37	-3,33	5,05	3,12	3,12	9,72	0,38	0,38
13	2019	I	9,61	9,38	-2,03	7,35	2,25	2,25	5,08	0,23	0,23
14		II				7,35					
15		III				5,33					
16		IV				3,30					
17	2020	I				1,28					

Tablica 18 Izračun potražnje za grupu proizvoda KLM (neprehrana) Holtovom metodom uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	KLM	$E_t$	$T_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	42,02								
2		II	74,64	74,64	32,62	107,26	-32,62	32,62	1064,33	-0,44	0,44
3		III	51,77	51,77	5,71	57,48	-5,71	5,71	32,61	-0,11	0,11
4		IV	51,45	51,45	2,78	54,23	-2,78	2,78	7,75	-0,05	0,05
5	2017	I	35,47	35,47	-6,32	29,15	6,32	6,32	39,89	0,18	0,18
6		II	36,00	36,00	-3,00	33,00	3,00	3,00	8,97	0,08	0,08
7		III	24,33	24,33	-7,20	17,12	7,20	7,20	51,89	0,30	0,30
8		IV	18,38	18,38	-6,59	11,79	6,59	6,59	43,47	0,36	0,36
9	2018	I	21,83	21,83	-1,72	20,11	1,72	1,72	2,97	0,08	0,08
10		II	13,65	13,65	-4,86	8,79	4,86	4,86	23,58	0,36	0,36
11		III	14,66	14,66	-2,01	12,65	2,01	2,01	4,04	0,14	0,14
12		IV	8,16	8,16	-4,19	3,98	4,19	4,19	17,52	0,51	0,51
13	2019	I	9,61	9,61	-1,46	8,15	1,46	1,46	2,12	0,15	0,15
14		II	8,15								
15		III	6,70								
16		IV	5,24								
17	2020	I	3,79								



Grafikon 5 Potražnja za grupu proizvoda KLM (neprehrana)

Za grupu proizvoda IJK je prikazan trend rasta, dok je za grupu proizvoda KLM prikazan kontinuirani trend pada, što prikazuje grafikon 5.

#### 4.5. Dekompozicija

Metoda dekompozicije odvaja nekoliko komponenata potražnje, a to su:

- Sezonalnost
- Trend
- Ciklus
- Slučajnosti.

Prvi korak je računanje pomičnog prosjeka. Za računanje pomičnog prosjeka se uzima korak  $k = 4$ , jer je to dužina sezonalnosti, s obzirom da je potražnja prikazana u kvartalima, dužina sezonalnosti je jednaka četiri.

Pomoću metode pomičnog prosjeka se uklanja komponenta sezonalnosti, ali i slučajnosti iz potražnje. Uklanjanje sezonalnosti i slučajnosti iz potražnje se dobiva na način da se stvarna potražnja podijeli sa potražnjom izračunatom metodom pomičnih prosjeka:

$$S_t, R_t = \frac{Y_t}{PP} \quad (17)$$

- $S_t, R_t$  - sezonalnost, slučajnost
- $Y_t$  – potražnja

- *PP* – pomični prosjek

Potražnja izračunata metodom pomičnih prosjeka predstavlja osnovicu u odnosu na koju se onda mjeri sezonalnost. Sljedeći korak je izračunati indekse sezonalnosti za sva četiri kvartala. S obzirom da se ciklus ponavlja svaka četiri kvartala, potrebna su četiri sezonalna indeksa.

Sezonalni indeksi *S* određuju se na način da se za svaki kvartal nađe prosjek koji ustvari odvaja nepravilnost od sezonalnosti. Za grupu proizvoda RST indeksi sezonalnosti su prikazani u tablici 19. Dakle, za *S*<sub>1</sub> se uzima prosjek potražnje, izračunate metodom pomičnih prosjeka, za svaki prvi kvartal (2017., 2018., 2019.).

Tablica 19 Indeksi sezonalnosti za grupu proizvoda RST (pića)

Kvartal	S
I	0,42
II	1,08
III	1,88
IV	0,50

U tablici 20, u stupcu *S<sub>t</sub>* su svakom kvartalu dodani indeksi, korištenjem Excel funkcije VLOOKUP.

Sljedeći korak je definirati trend, ukoliko postoji. Kako bi se izračunao trend potrebno je prvo napraviti jednostavnu linearnu regresiju, prema sljedećoj formuli:

$$Y = a + bX \quad (18)$$

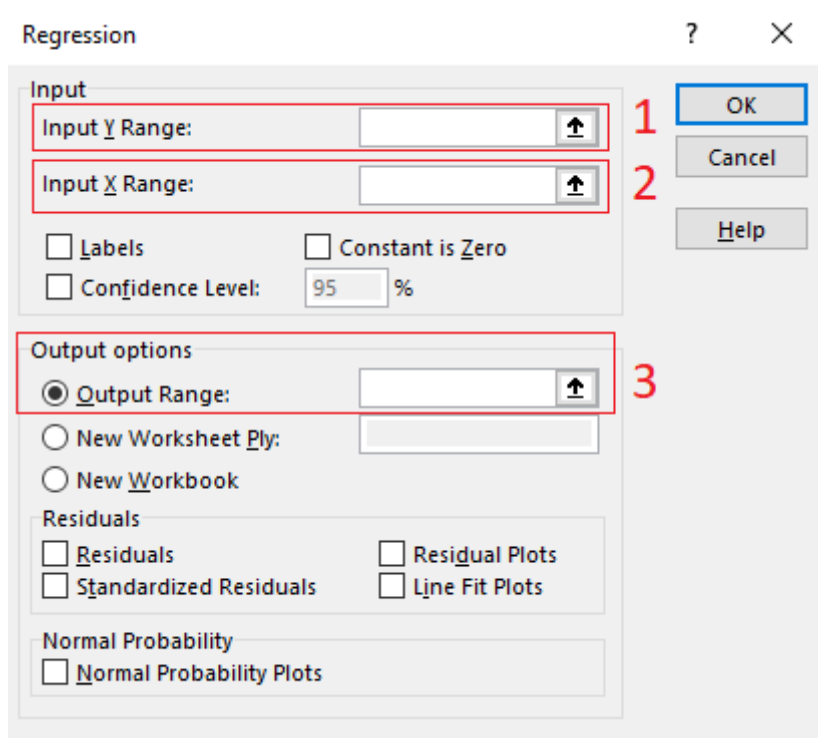
Odnosno, u ovom slučaju:

$$PP = a + bt \quad (19)$$

Gdje je:

- *a* – konstantni član
- *b* – regresijski koeficijent

Kako bi se izračun linearne regresije izračunao, korišten je *Excel* alat *Data Analysis, Regression*. Sučelje alata je prikazano slikom 9.



Slika 9 Sučelje alata *Regression*: 1 unos zavisne varijable 2 unos nezavisne varijable 3 područje na listu gdje će se ispisati rezultati

Zavisna varijabla je pomični prosjek, a nezavisna varijabla razdoblje (stupac *t*). Kada se odaberu ulazni podaci i stisne gumb OK, dobe se izlazni podaci, prikazani na slici 10.

SUMMARY OUTPUT							
<i>Regression Statistics</i>							
Multiple R	0,876137916						
R Square	0,767617648						
Adjusted R Square	0,738569854						
Standard Error	0,555227628						
Observations	10						
<i>ANOVA</i>							
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>		
Regression	1	8,146554	8,146554	26,42602213	0,000884453		
Residual	8	2,466222	0,308278				
Total	9	10,61278					
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Err</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	40,87734558	0,606684	67,37837	2,62E-12	39,47833083	42,27636032	42,27636032
X Variable 1	-0,314238933	0,061129	-5,14062	0,000884453	-0,455201622	-0,173276244	-0,173276244

Slika 10 Izlazni podaci nakon korištenja linearne regresije za grupu proizvoda RST (pića)

Najvažniji podaci, potrebni za daljnje izračune su žuto obojani (slika 10), a to su *Intercept* i *X Variable*. *Intercept* je zapravo konstantni član  $a$ , dok je *X Variable* zapravo regresijski koeficijent  $b$ . Sada, kada su definirani  $a$  i  $b$ , može se izračunati trend.

Trend se računa prema sljedećoj formuli, a rezultat je vidljiv u stupcu  $T_t$ , u tablici 20:

$$Tt = a + bt \quad (20)$$

Sljedeća komponenta koja se računa je ciklus. Ciklus  $C_t$  se računa prema sljedećoj formuli:

$$Ct = \frac{Mt}{Tt} \quad (21)$$

I na kraju, slučajnost  $R_t$  se računa prema formuli:

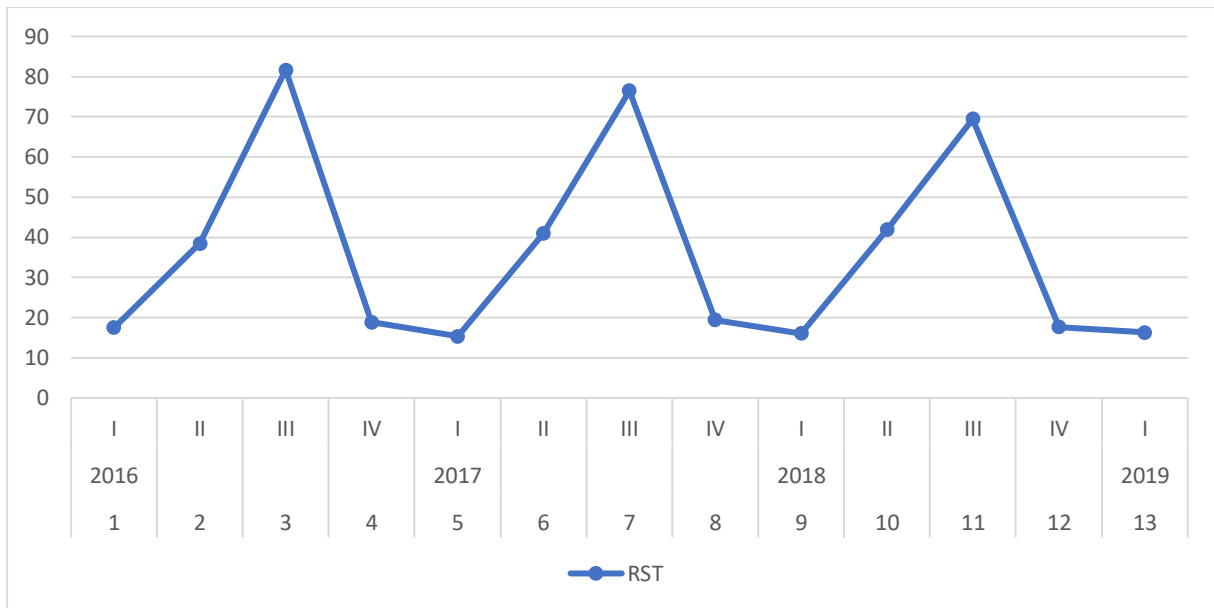
$$Rt = \frac{S}{St} \quad (22)$$

Prognoza se dobiva umnoškom svih komponenata. Rezultati su prikazani u tablici 20. Prognoza za  $t = 14$  iznosi 36, 33 matematičkih paleta.

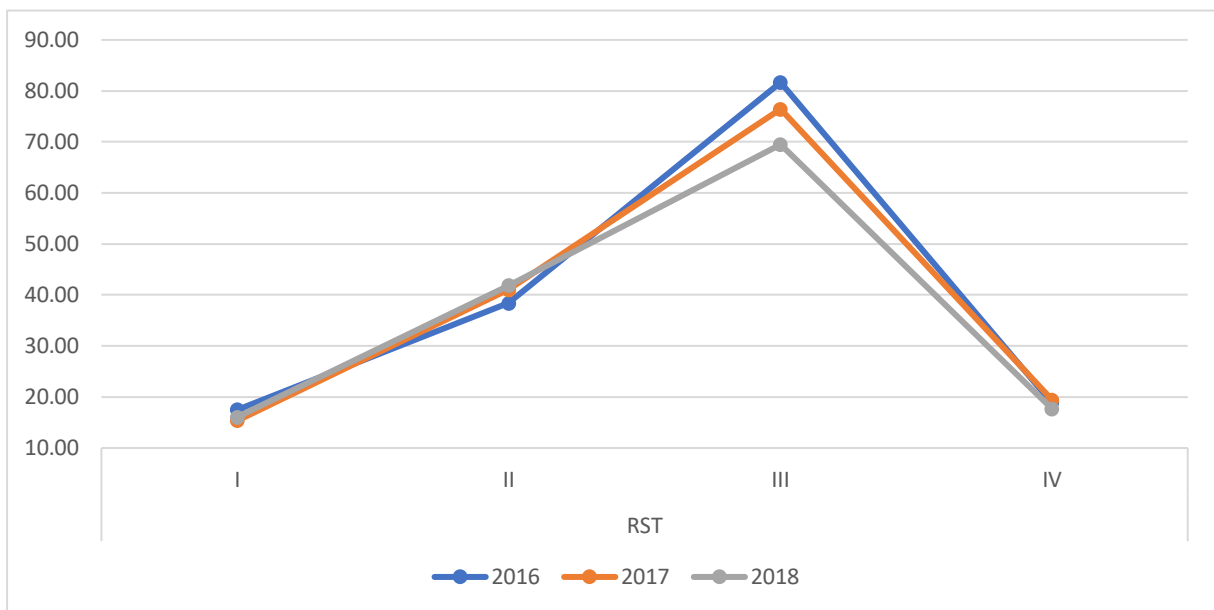


Tablica 20 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) metodom dekompozicije

t	Godina	Kvartal	RST	Pomični prosjek (4)	S <sub>t</sub> , R <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	R <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	17,47			0,42	1,00	40,56							
2		II	38,42			1,08	1,00	40,25							
3		III	81,66			1,88	1,00	39,93							
4		IV	18,86			0,50	1,00	39,62							
5	2017	I	15,36	39,10	0,39	0,42	1,00	39,31	0,99	16,47	-1,11	1,11	1,24	-0,07	0,07
6		II	41,04	38,58	1,06	1,08	1,00	38,99	0,99	41,64	-0,60	0,60	0,36	-0,01	0,01
7		III	76,44	39,23	1,95	1,88	1,00	38,68	1,01	73,67	2,76	2,76	7,64	0,04	0,04
8		IV	19,42	37,93	0,51	0,50	1,00	38,36	0,99	18,84	0,58	0,58	0,33	0,03	0,03
9	2018	I	16,07	38,07	0,42	0,42	1,00	38,05	1,00	16,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
10		II	41,87	38,24	1,09	1,08	1,00	37,73	1,01	41,28	0,59	0,59	0,35	0,01	0,01
11		III	69,49	38,45	1,81	1,88	1,00	37,42	1,03	72,20	-2,71	2,71	7,34	-0,04	0,04
12		IV	17,68	36,71	0,48	0,50	1,00	37,11	0,99	18,24	-0,56	0,56	0,31	-0,03	0,03
13	2019	I	16,29	36,28	0,45	0,42	1,00	36,79	0,99	15,28	1,01	1,01	1,01	0,06	0,06
14		II		36,33		1,08	1,00	36,48	1,00	39,22					



Grafikon 6 Potražnja za grupu proizvoda RST (pića)



Grafikon 7 Potražnja za grupu proizvoda RST (pića) po godinama

Grafikon 6 prikazuje potražnju za grupu proizvoda RST, iz kojeg se vidi da je ona ciklična, dok grafikon 7 prikazuje potražnju po godinama, iz kojeg se vidi da je i sezonalna. S obzirom da se radi o vrsti proizvoda piće, logično je da sezona svoj vrhunac doseže u trećem kvartalu.

Za grupu proizvoda OPR se koriste iste formule za izračunavanje komponenata potražnje, sezonalnost, trend, ciklus i slučajnost.

Kao i za prijašnji primjer, potrebno je izračunati indekse sezonalnosti za sva četiri kvartala. Indeksi sezonalnosti za grupu proizvoda OPR prikazani su u tablici 23.

Tablica 21 Indeksi sezonalnosti za grupu proizvoda OPR (čokolada)

Kvartal	S
I	1,36
II	0,07
III	1,08
IV	1,44

Kako bi se izračunao trend potrebno je odrediti konstantni član  $a$  i regresijski koeficijent  $b$ . Postupak je isti kao i za grupu proizvoda RST, a rezultat je vidljiv na slici 11. Konstantni član  $a$  iznosi 199,26, a regresijski koeficijent  $-2,11$ .

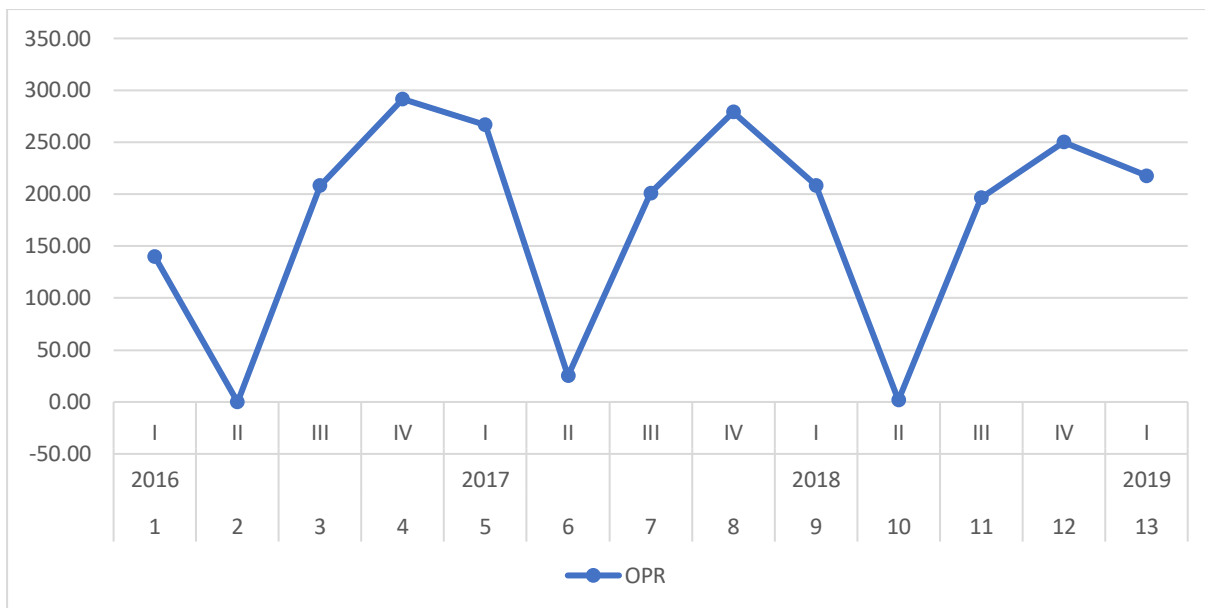
SUMMARY OUTPUT							
<i>Regression Statistics</i>							
Multiple R	0,446010983						
R Square	0,198925797						
Adjusted R Square	0,098791521						
Standard Error	13,57900791						
Observations	10						
<i>ANOVA</i>							
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>		
Regression	1	366,3063347	366,3063347	1,986590465	0,196365171		
Residual	8	1475,115646	184,3894557				
Total	9	1841,421981					
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	199,2654648	14,83744705	13,42990233	9,05226E-07	165,0502505	233,480679	233,480679
X Variable 1	-2,107148971	1,494999567	-1,409464602	0,196365171	-5,554624155	1,340326214	1,340326214

Slika 11 Izlazni podaci nakon korištenja linearne regresije za grupu proizvoda OPR (čokolada)

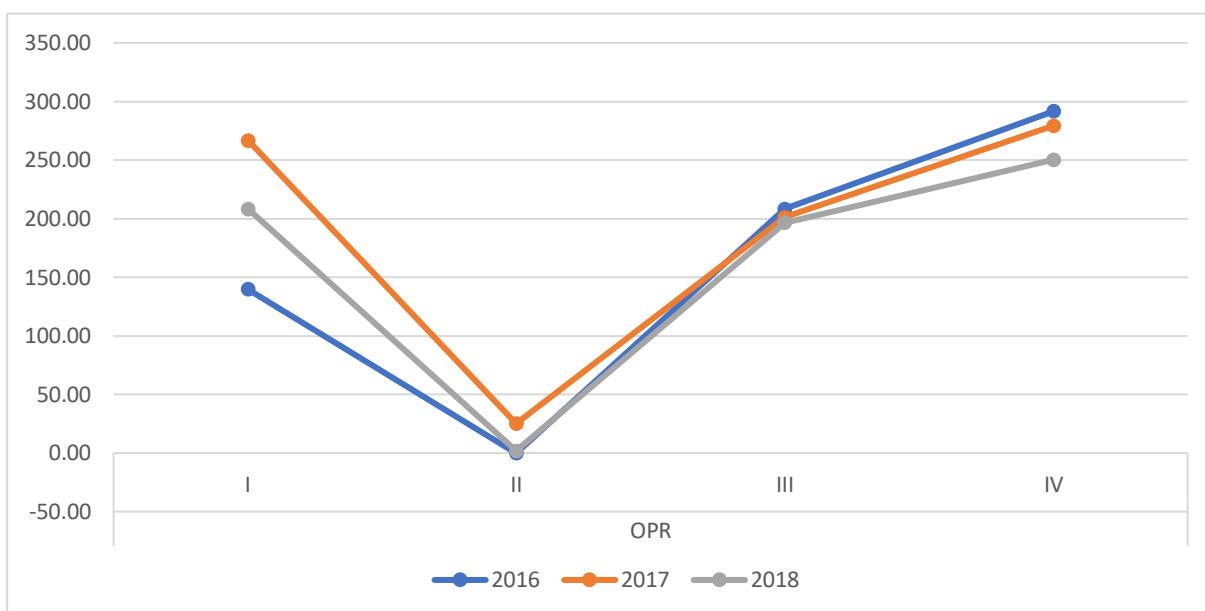
U tablici 24 su prikazani rezultati za komponente  $S_t$ ,  $T_t$ ,  $C_t$  i  $R_t$ , kao prognoza za  $t = 14$  koja iznosi 11,81 matematičkih paleta.

Tablica 22 Izračun potražnje za grupu proizvoda OPR (čokolada) metodom dekompozicije

t	Godina	Kvartal	OPR	Pomični prosjek (4)	$S_t, R_t$	$S_t$	$R_t$	$T_t$	$C_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška		
1	2016	I	139,74			1,36	1,00	197,16									
2		II	-0,17			0,07	1,00	195,05									
3		III	208,40			1,08	1,00	192,94									
4		IV	291,60			1,44	1,00	190,84									
5	2017	I	266,74	159,89	1,67	1,36	1,00	188,73	0,85	217,13	49,62	49,62	2462,00	0,19	0,19		
6		II	25,11	191,64	0,13	0,07	1,00	186,62	1,03	13,58	11,52	11,52	132,73	0,46	0,46		
7		III	201,22	197,96	1,02	1,08	1,00	184,52	1,07	213,23	-12,00	12,00	144,05	-0,06	0,06		
8		IV	279,29	196,17	1,42	1,44	1,00	182,41	1,08	282,75	-3,45	3,45	11,93	-0,01	0,01		
9	2018	I	208,45	193,09	1,08	1,36	1,00	180,30	1,07	262,21	-53,76	53,76	2889,64	-0,26	0,26		
10		II	1,92	178,52	0,01	0,07	1,00	178,19	1,00	12,65	-10,73	10,73	115,17	-5,58	5,58		
11		III	196,51	172,72	1,14	1,08	1,00	176,09	0,98	186,04	10,47	10,47	109,66	0,05	0,05		
12		IV	250,28	171,55	1,46	1,44	1,00	173,98	0,99	247,26	3,02	3,02	9,12	0,01	0,01		
13	2019	I	217,85	164,29	1,33	1,36	1,00	171,87	0,96	223,10	-5,25	5,25	27,53	-0,02	0,02		
14		II		166,64		0,07	1,00	169,77	0,98	11,81							



Grafikon 8 Potražnja za grupu proizvoda OPR (čokolada)



Grafikon 9 Potražnja za grupu proizvoda OPR (čokolada) po godinama

Grafikonom 8 se prikazuje potražnju za grupu proizvoda OPR iz kojeg se vidi da je ona ciklična, jer se ponavlja iz godine u godinu. Grafikon 9 prikazuje potražnju po godinama. Vidi se da je potražnja sezonalna iako ima drugačiji oblik od prijašnjeg primjera. S obzirom, da se radi o vrsti proizvoda čokolada nije neobično što je vrhunac sezonalnosti u četvrtom kvartalu.

#### 4.6. Winterova metoda

Winterova metoda uzima u obzir tri komponente:

- razina  $L_t$
- trend  $T_t$
- sezonalnost  $S_t$

na način da svakoj komponenti daje određenu težinu.

Razina se računa prema formuli (23):

$$L_t = \alpha \left( \frac{y_t}{s_{t-p}} \right) + (1 - \alpha)[L_{t-1} + T_{t-1}] \quad (23)$$

Trend se računa prema formuli (24):

$$T_t = \beta [L_t - L_{t-1}] + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (24)$$

Sezonalnost se računa prema formuli (25):

$$S_t = \gamma \left( \frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma) S_{t-p} \quad (25)$$

Prognoza se računa prema formuli (26):

$$Y_t = (L_{t-1} + T_{t-1}) S_{t-p} \quad (26)$$

Gdje su:

- $\alpha$  – težinski koeficijent za razinu
- $\beta$  – težinski koeficijent za trend
- $\gamma$  – težinski koeficijent za sezonalnost
- $p$  – razdoblje sezonalnosti

Prije korištenja ovih formula, za prva četiri kvartala, sezonalnost se računa kao kvocijent potražnje i prosjeka prva četiri razdoblja. Razina za  $t = 4$  se računa kao kvocijent potražnje za to razdoblje i sezonalnosti za to razdoblje. Za trend, za  $t = 4$ , je proizvoljno stavljena nula. Navedenim formulama se računa o razdoblja  $t = 5$ .

Tablica 25 prikazuje težinske koeficijente. Koeficijenti su prvom stupcu su proizvoljno izabrani, kod su koeficijenti u drugom stupcu, oni koje je predložio Solver kao optimalne. Solver se koristi na isti način kao i kod drugih metoda, osim što su faktori koji se mijenjaju koeficijenti  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ .

Tablica 23 Koeficijenti za grupu proizvoda RST (pića)

Koeficijenti	Proizvoljni	Sa Solverom
$\alpha$	0,35	0,72
$\beta$	0,82	0,87
$\gamma$	0,70	0,00

U tablici 26 su prikazani rezultati izračuna s proizvoljnim koeficijentima, a u tablici 27 s koeficijentima koje je odredio Solver. Prednost ove metode je što se može računati za nekoliko razdoblja unaprijed, u ovom slučaju, četiri.

Tablica 24 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom

t	Godina	Kvartal	RST	$L_t$	$T_t$	$S_t$	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	17,47			0,45						
2		II	38,42			0,98						
3		III	81,66			2,09						
4		IV	18,86	39,10	0,00	0,48						
5	2017	I	15,36	37,45	-1,36	0,42	16,13	-0,77	0,77	0,59	-0,05	0,05
6		II	41,04	38,08	-0,66	1,05	36,76	4,28	4,28	18,33	0,10	0,10
7		III	76,44	37,13	-0,76	2,07	75,96	0,48	0,48	0,23	0,01	0,01
8		IV	19,42	37,73	-0,28	0,50	18,06	1,36	1,36	1,84	0,07	0,07
9	2018	I	16,07	37,69	-0,20	0,42	15,79	0,27	0,27	0,08	0,02	0,02
10		II	41,87	38,34	0,10	1,08	40,33	1,55	1,55	2,39	0,04	0,04
11		III	69,49	36,75	-0,49	1,94	74,95	-5,46	5,46	29,79	-0,08	0,08
12		IV	17,68	35,82	-0,65	0,50	17,76	-0,08	0,08	0,01	0,00	0,00
13	2019	I	16,29	36,29	-0,26	0,44	15,30	0,99	0,99	0,97	0,06	0,06
14		II					38,89					
15		I					69,55					
16		II					17,66					
17	2020	III					15,57					



Tablica 25 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	RST	Lt	Tt	St	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	17,47			0,45						
2		II	38,42			0,98						
3		III	81,66			2,09						
4		IV	18,86	39,10	0,00	0,48						
5	2017	I	15,36	35,68	-2,97	0,45	14,62	0,74	0,74	0,55	0,05	0,05
6		II	41,04	39,27	1,77	0,98	40,32	0,72	0,72	0,52	0,02	0,02
7		III	76,44	37,83	-0,55	2,09	77,85	-1,42	1,42	2,01	-0,02	0,02
8		IV	19,42	39,44	1,01	0,48	19,51	-0,09	0,09	0,01	0,00	0,00
9	2018	I	16,07	37,20	-1,34	0,45	16,02	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
10		II	41,87	40,75	2,20	0,98	42,19	-0,32	0,32	0,10	-0,01	0,01
11		III	69,49	35,95	-2,86	2,09	69,10	0,39	0,39	0,15	0,01	0,01
12		IV	17,68	35,68	-0,99	0,48	16,73	0,96	0,96	0,91	0,05	0,05
13	2019	I	16,29	35,96	-0,07	0,45	16,04	0,25	0,25	0,06	0,02	0,02
14		II					35,27					
15		I					74,83					
16		II					17,25					
17	2020	III					15,95					

Postupak izračuna za grupu proizvoda OPR, jednak je kao i za grupu proizvoda RST, samo s drugačijim koeficijentima, prikazanim u tablici 28. S obzirom da koeficijenti daju težinu određenim komponentama, iz tablice 28, se vidi kako Solver najveću težinu daje koeficijentu vezanom u sezonalnost.

Tablica 26 Koeficijenti za grupu proizvoda OPR (čokolada)

Koeficijenti	Proizvoljni	Sa Solverom
$\alpha$	0,43	0,00
$\beta$	0,10	0,00
$\gamma$	0,10	0,64

Razlika u odnosu na prošli primjer vidi se u tablici 29. Dakle, tablica 29 prikazuje izračun komponenata potražnje i prognozu, izračunatih koeficijentima proizvoljnog izbora. Zbog negativne vrijednosti potražnje, u drugom razdoblju, u prognozi se pojavljuje nekoliko razdoblja s negativnim vrijednostima. I ne samo to, vrijednosti prognozirane potražnje imaju vrlo velika odstupanja od stvarne potražnje, što se vidi iz stupca „Pogreška“. Iz tog razloga je vrlo teško, proizvoljno, odrediti koeficijente.

Iz ovoga se vidi, zašto je dobro koristiti alat Solver. U tablici 30, se vide rezultati nakon što je korišten Solver. Prognoza se stabilizirala, odnosno odstupanja su enormno manja nego prije.

Tablica 27 Izračun potražnje za grupu proizvoda OPR (čokolada) Winterovom metodom

t	Godina	Kvartal	OPR	L <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	139,74			0,874						
2		II	-0,17			-0,001						
3		III	208,40			1,303						
4		IV	291,60	159,89	0,00	1,824						
5	2017	I	266,74	222,38	6,25	0,907	199,81	66,93	66,93	4479,82	0,25	0,25
6		II	25,11	-9963,72	-4376,46	-0,001	15,34	9,77	9,77	95,43	0,39	0,39
7		III	201,22	-8107,52	-1696,42	1,171	-	12979,59	12979,59	168469774,66	64,50	64,50
8		IV	279,29	-5522,39	144,65	1,636	-9807,46	10086,76	10086,76	101742650,30	36,12	36,12
9	2018	I	208,45	-2966,43	1181,51	0,809	-1618,06	1826,52	1826,52	3336161,82	8,76	8,76
10		II	1,92	-1698,09	1218,85	-0,001	0,58	1,34	1,34	1,80	0,70	0,70
11		III	196,51	-200,98	1338,50	0,956	1331,55	-1135,04	1135,04	1288316,12	-5,78	5,78
12		IV	250,28	714,16	1156,45	1,508	3060,86	-2810,58	2810,58	7899367,82	-11,23	11,23
13	2019	I	217,85	1182,07	860,38	0,746	1652,01	-1434,15	1434,15	2056796,66	-6,58	6,58
14		II										
15		I										
16		II										
17	2020	III										

Tablica 28 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom uz pomoć Excel alata Solver

t	Godina	Kvartal	OPR	L <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	S <sub>t</sub>	Prognoza	Pogreška	Apsolutna pogreška	Kvadratna pogreška	Postotna pogreška	Apsolutna postotna pogreška
1	2016	I	139,74			0,874						
2		II	-0,17			-0,001						
3		III	208,40			1,303						
4		IV	291,60	159,89	0,00	1,824						
5	2017	I	266,74	159,95	0,00	1,380	139,79	126,95	126,95	16117,48	0,48	0,48
6		II	25,11	150,63	0,00	0,106	-0,16	25,27	25,27	638,40	1,01	1,01
7		III	201,22	150,63	0,00	1,324	196,33	4,90	4,90	23,99	0,02	0,02
8		IV	279,29	150,63	0,00	1,843	274,69	4,60	4,60	21,14	0,02	0,02
9	2018	I	208,45	150,62	0,00	1,383	207,90	0,55	0,55	0,30	0,00	0,00
10		II	1,92	150,57	0,00	0,047	15,95	-14,03	14,03	196,78	-7,30	7,30
11		III	196,51	150,56	0,00	1,312	199,36	-2,85	2,85	8,10	-0,01	0,01
12		IV	250,28	150,55	0,00	1,728	277,49	-27,21	27,21	740,40	-0,11	0,11
13	2019	I	217,85	150,55	0,00	1,424	208,15	9,70	9,70	94,11	0,04	0,04
14		II					7,00					
15		I					197,52					
16		II					260,11					
17	2020	III					214,32					

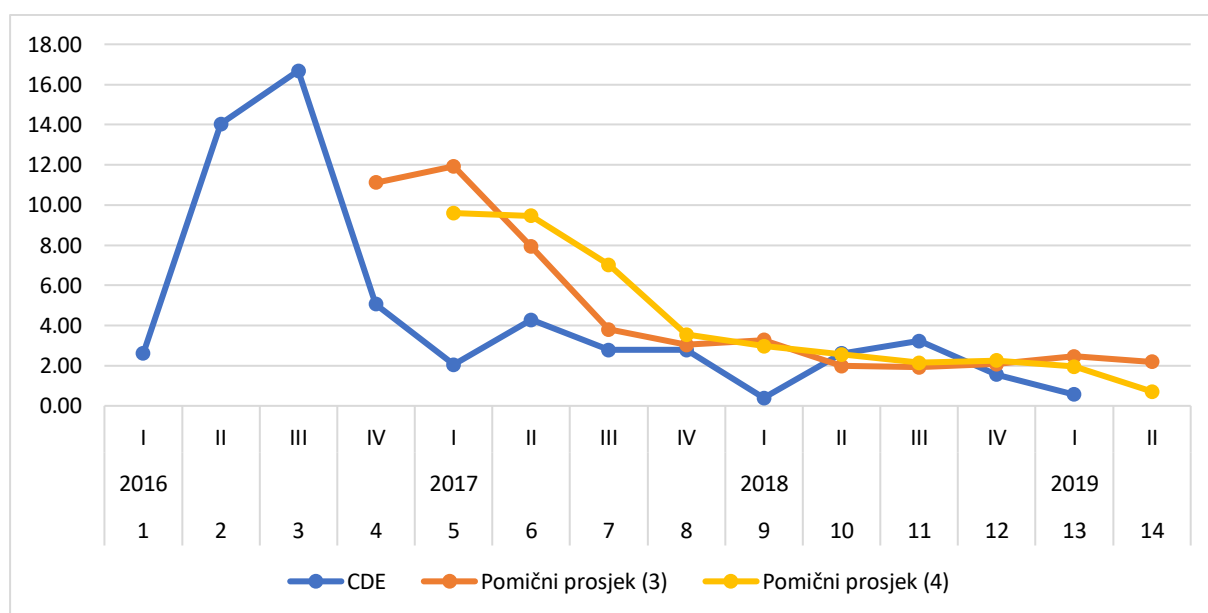
## 5. PRIKAZ I USPOREDBA TOČNOSTI METODA PROGNOZE POTRAŽNJE

U prethodnom poglavlju je prikazano na koji se način računala buduća potražnja i pogreške, a u ovom poglavlju će se napraviti prokomentirati točnost odabranih metoda. Za izračun točnosti prognoza potražnje korištene su formule opisane u poglavlju 3.3. Najčešća mjera prema kojoj se određuje točnost prognoze je srednja kvadratna pogreška, RMSE. Stoga, što je srednja kvadratna pogreška manja, to je prognoza točnija.

### 5.1. Metode analize stabilne potražnje

Za grupu proizvoda CDE za izračun buduće potražnje korištene su sljedeće metode:

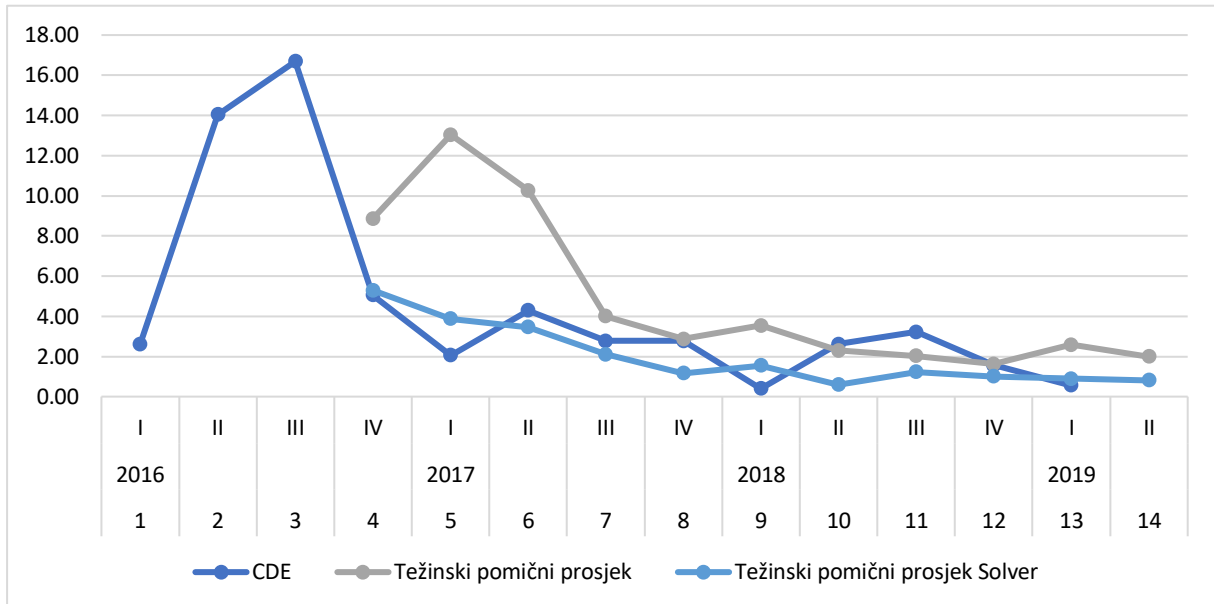
- Metoda pomičnih prosjeka s korakom  $k = 3$  i  $k = 4$ ,
- Metoda težinskih pomičnih prosjeka:
  - Težinski faktori prije Solvera:  $W_1 = 0,5$ ;  $W_2 = 0,3$ ;  $W_3 = 0,2$
  - Težinski faktori nakon Solvera:  $W_1 = 0,17$ ;  $W_2 = 0,00$ ;  $W_3 = 0,29$ .



Grafikon 10 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda pomičnih prosjeka) za grupu proizvoda CDE (prehrana)

Grafikon 10 prikazuje krivulju potražnje u odnosu na dobivene prognoze metodom pomičnih prosjeka. Vidljivo je da su obje prognoze u prva tri razdoblja, od kada se računa

izuzetno netočne. Metoda pomičnog prosjeka s  $k = 4$  je za nijansu točnija, s obzirom da u startu ima manju razliku između stvarne potražnje i prognoze. Kako potražnja postaje stabilnija, tako i razlike između prognoza i potražnje postaju manje.



Grafikon 11 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (težinski pomični prosjek) za grupu proizvoda CDE (prehrana)

Iz grafikona 11 se jasno vidi razlika u točnosti prognoza prije i nakon korištenja alata Solver. Vidljivo je kako je prognoza izračunata uz pomoć Solvera točnija od prvog razdoblja od kojeg se računa, odnosno razdoblja  $t = 4$ . Početna prognoza, prije Solvera, počinje relativno pratiti potražnju tek od razdoblja  $t = 7$ .

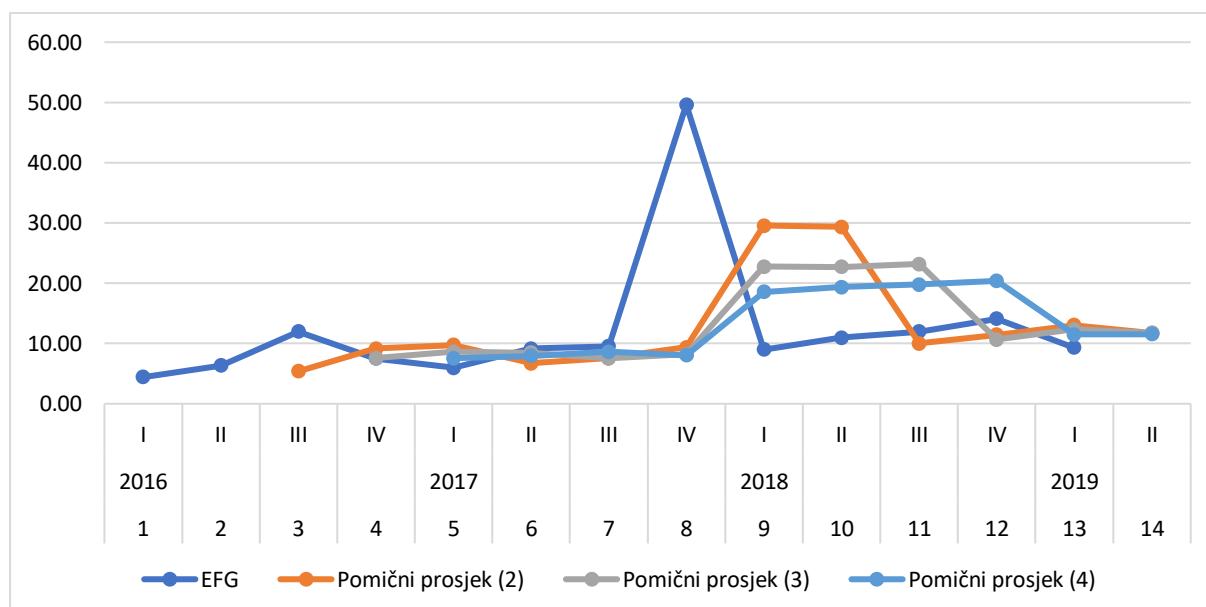
Grafikoni prikazuju potražnju grupe proizvoda CDE u odnosu na dobivene rezultate, a tablica 31 prikazuje usporedbu odabranih metoda. Ukoliko se gleda srednja kvadratna pogreška, RMSE, najtočnija prognoza je metoda težinskih prosjeka uz pomoć Solvera. Naravno, to ima smisla, jer Solver optimizira težinske faktore kako bi vrijednost srednje kvadratne pogreške bila što manja. Što se tiče usporedbe različitih metoda, u ovom slučaju, ako izuzmemo Solver, obje metode, pomični prosjek s  $k = 3$  i  $k = 4$ , te težinski pomični prosjek, daju približno iste rezultate, što pokazuje RMSE. Za prve tri metode vrijednost RMSE je približno ista, dok je za četvrtu metodu, RMSE, drastično niži.

Tablica 29 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda CDE (prehrana)

Mjere za točnost prognoze	Pomični prosjek (3)	Pomični prosjek (4)	Težinski pomični prosjek	Težinski pomični prosjek (Solver)
ME	-2,42	-2,36	-2,58	0,41
MAD	2,81	2,61	2,88	1,12
RMSE	16,28	12,50	18,78	1,69
MPE	-1,77	-1,75	-1,90	-0,17
MAPE	1,90	1,83	2,00	0,72

Za grupu proizvoda EFG za izračun buduće potražnje korištene su sljedeće metode:

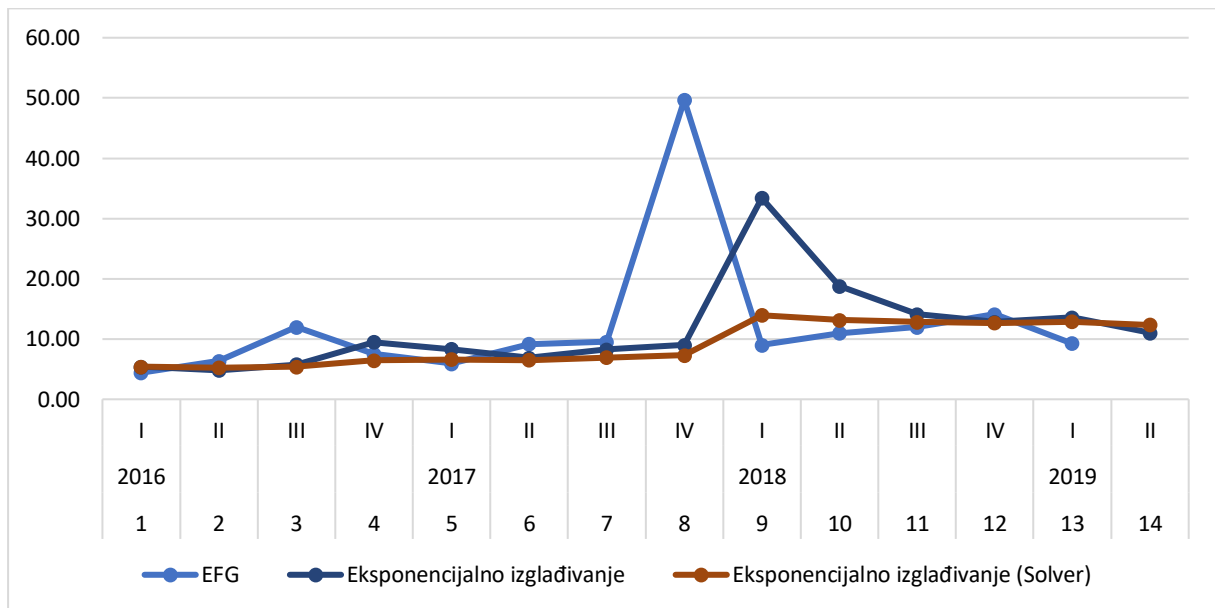
- Metoda pomičnih prosjeka s korakom  $k = 2$ ;  $k = 3$  i  $k = 4$ ,
- Metoda eksponencijalnog izgladivanja:
  - Koeficijent  $\alpha$  prije Solvera:  $\alpha = 0,6$
  - Koeficijent  $\alpha$  nakon Solvera:  $\alpha = 0,16$ .



Grafikon 12 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda pomičnih prosjeka) za grupu proizvoda EFG (prehrana)

Grafikon 12 prikazuje odnos potražnje i dobivenih prognoza za grupu proizvoda EFG. Najviše odstupanje se vidi u periodu od  $t = 9$  do  $t = 12$  i to u svim prognozama. Razlog tomu je nagli porast i pad u razdoblju  $t = 8$ . S obzirom da se metoda pomičnih prosjeka koristi kad

nema značajnih varijacija u potražnji, prognoze su izuzetno točne do trenutka  $t = 8$ , kada one jednostavno nisu mogle predvidjeti porast. Prognoza s korakom  $k = 2$  se nakon dva razdoblja stabilizira, ali je razlika prognoze u odnosu na potražnju, u ta dva razdoblja, dosta velika. Prognoza s korakom  $k = 3$  je za trećinu manja nego prognoza s korakom 2, međutim traje jedno razdoblje duže. Razlika između potražnje i prognoze s korakom  $k = 4$  je duplo manja, ali traje duplo duže u odnosu na prognozu s korakom  $k = 2$ .



Grafikon 13 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda ekspancijalnog izgladivanja) za grupu proizvoda EFG (prehrana)

Iz grafikona 13 se vidi odnos između potražnje i prognoza izračunatih ekspancijalnim izgladivanjem, bez i sa Solverom, za grupu proizvoda EFG. S obzirom da se radi o istoj grupi proizvoda, ponovno se pojavljuje problem naglog porasta u razdoblju  $t = 8$ . Prognoza bez korištenja Solvera, je do sedmog razdoblja više-manje identična potražnji. Međutim, pogotovo u osmom, ali i devetom razdoblju, se vidi drastična razlika u odnosu na potražnju, dok je prognoza uz pomoć Solvera identična potražnji, osim u osmom razdoblju, kad je kao i kod potražnje bez korištenja Solvera, razlika drastična. Iako, na kraju se obje prognoze nađu u relativno istoj točki. Ekspancijalno izgladivanje, kao i metoda pomičnih prosjeka, se koristi kada se potražnja relativno stabilna, tako da ovi prikazi ne iznenađuju.

Što se tiče usporedbe između dviju korištenih metoda, kao i u prethodnom primjeru, ako izuzmemo korištenje Solvera, koji daje daleko najtočnije rezultate, točnost metoda je podjednaka (tablica 32). RMSE za metodu pomičnih prosjeka s različitim koracima, pokazuje



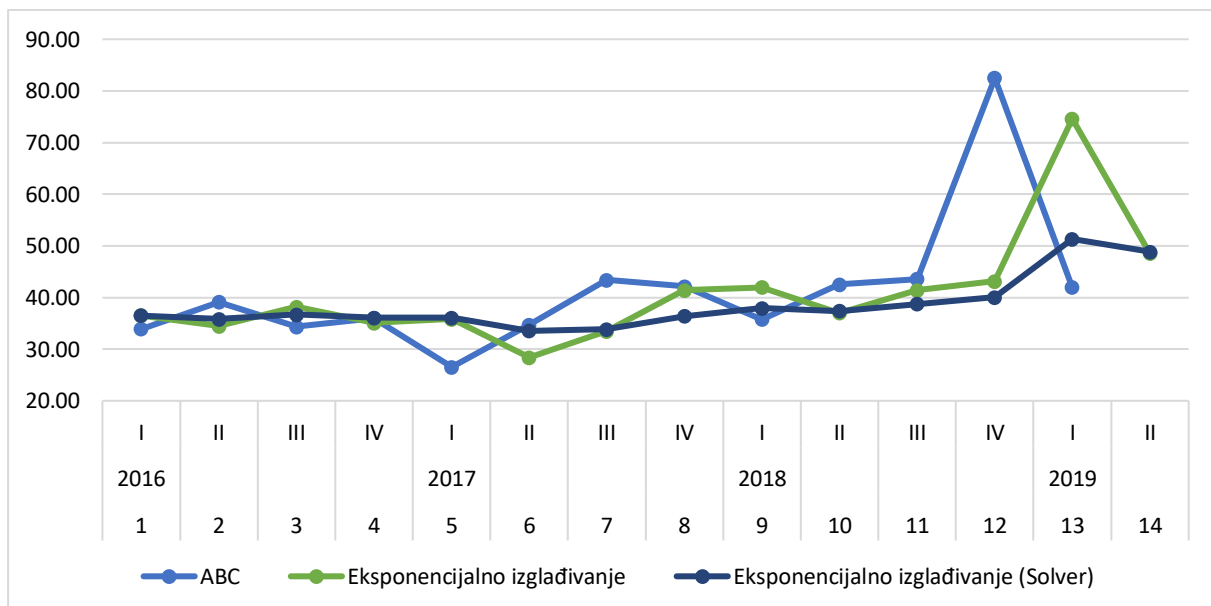
minimalne razlike u točnosti, iako je među njima najtočnija prognoza s korakom  $k = 3$ . RMSE za eksponencijalno izgladivanje, bez korištenja Solvera, je za otprilike 20% manji, što znači da je i prognoza točnija. RMSE za eksponencijalno izgladivanje, uz pomoć Solvera, je još 20% niži u odnosu na RMSE za eksponencijalno izgladivanje, bez korištenja Solvera.

Tablica 30 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda EFG (prehrana)

Mjere za točnost prognoze	Pomični prosjek (2)	Pomični prosjek (3)	Pomični prosjek (4)	Eksponencijalno izgladivanje	Eksponencijalno izgladivanje (Solver)
ME	0,12	0,50	0,87	0,72	3,42
MAD	9,74	9,01	8,84	7,47	5,46
RMSE	225,33	220,33	222,56	183,69	145,85
MPE	-0,36	-0,30	-0,26	-0,22	0,06
MAPE	0,68	0,57	0,50	0,54	0,30

Za grupu proizvoda ABC za izračun buduće potražnje korištena je samo metoda eksponencijalnog izgladivanja:

- Koeficijent  $\alpha$  prije Solvera:  $\alpha = 0,8$
- Koeficijent  $\alpha$  nakon Solvera:  $\alpha = 0,27$ .



Grafikon 14 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda eksponencijalnog izgladivanja) za grupu proizvoda ABC (ADR)

Iz grafikona 14 se vidi kako obje prognoze relativno prate potražnju do razdoblja  $t = 12$  kada se dogodio nagli skok koji nisu mogle predvidjeti, te su u tom razdoblju izrazito netočne. Za sljedeće razdoblje,  $t = 13$ , prognoza uz pomoć Solvera je puno točnija u odnosu na prognozu bez korištenja Solvera. Međutim, obje krivulje pokazuju istu vrijednost za razdoblje  $t = 14$ . Takav rezultat nije neobičan, jer ako se pogleda formula za eksponencijalno izgladivanje (3):

$$\begin{array}{l}
 a) 0,8 * 42 + 0,2 * 74,60 = 48,52 \\
 \quad \swarrow \quad \searrow \\
 b) 0,27 * 42 + 0,73 * 51,33 = 48,84
 \end{array}$$

Koeficijenti su samo zamijenjeni i dosta slični, a kolika je razlika u koeficijentima, tolika je razlika i u izračunatim potražnjama za prethodno razdoblje, što se na kraju svede na identičan rezultat.

Razlika u vrijednostima srednje kvadratne pogreške je samo iz razloga što se gleda ukupna suma pogrešaka, koja je veća za metodu eksponencijalnog izgladivanja bez korištenja Solvera (tablica 33). U ovom slučaju, obje metode na kraju daju isti rezultat, tako da točnost metoda nije pretjerano bitna.

Tablica 31 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda ABC (ADR)

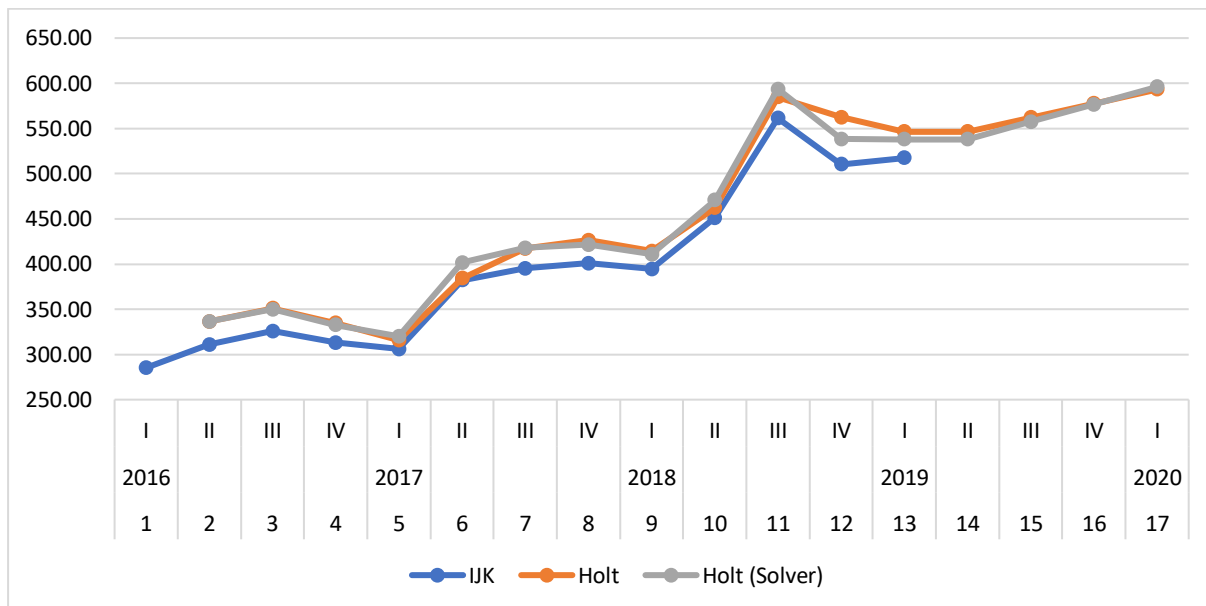
Mjere za točnost prognoze	Eksponencijalno izgladivanje	Eksponencijalno izgladivanje (Solver)
ME	1,15	3,55
MAE	9,55	7,56
RMSE	227,26	167,96
MPE	-0,02	0,03
MAPE	0,21	0,15

## 5.2. Metode analize trendova

Što se tiče metoda analize trendova, korištena je samo Holtova metoda, koja će biti prokomentirana na dva primjera. Jedan primjer prikazuje trend rasta potražnje, dok drugi primjer prikazuje trend pada potražnje. U jednom i drugom primjeru, prva prognoza je dobivena bez korištenja Solvera, a druga uz pomoć Solvera.

Za grupu proizvoda IJK koeficijenti  $w$  i  $v$  su sljedeći:

- Prije Solvera:  $w = 0,7$ ;  $v = 0,45$
- Nakon Solvera:  $w = 0,94$ ;  $v = 0,19$ .



Grafikon 15 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Holtova metoda) za grupu proizvoda IJK (pića)

Grafikon 15 pokazuje koliko je Holtova metoda zapravo pouzdana za izračun buduće potražnje. Iako su koeficijenti nešto drugačiji, iz grafa se vidi kako bez obzira na to, obje prognoze prate potražnju, uz, u pojedinim razdobljima, veća ili manja odstupanja. Na kraju, prognoze daju iste rezultate za buduća četiri razdoblja.

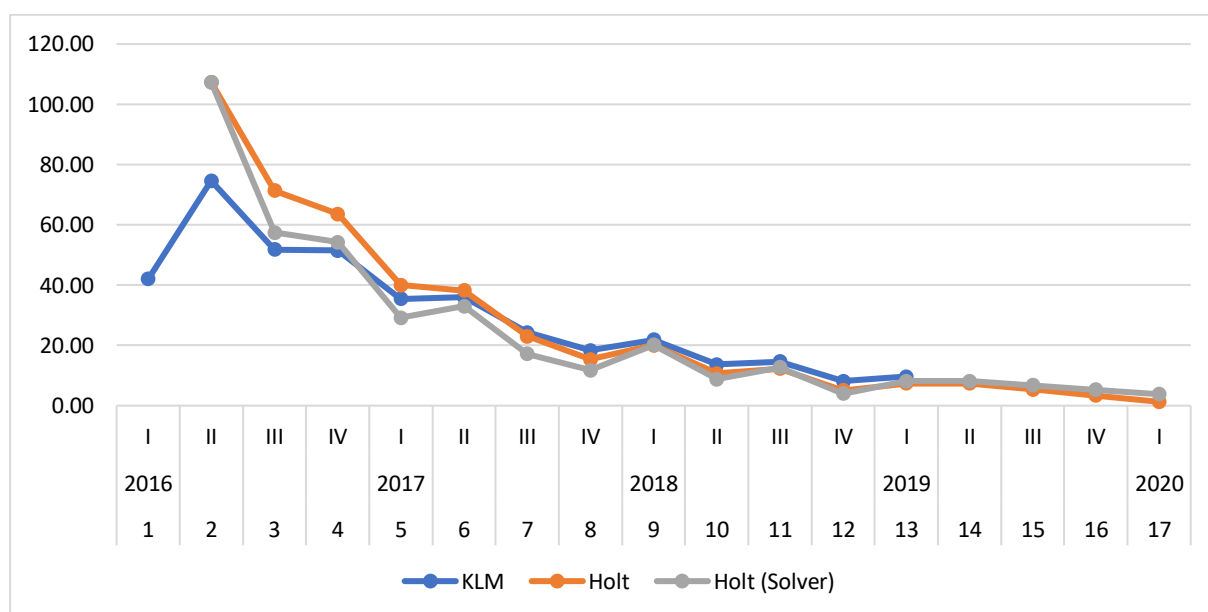
Što se tiče točnosti prognoza, podaci su vidljivi u tablici 34. S obzirom da se radi o velikoj potražnji, odnosno kontinuiranom rastu potražnje (trendu), i činjenici da je RMSE srednja kvadratna pogreška, prognoze se pouzdane. Prognoza napravljena uz pomoć Solvera je za samo 20-ak % točnija od početne prognoze.

Tablica 32 Prikaz točnosti izračuna prognoze potražnje za grupu proizvoda IJK (pića)

Mjere za točnost	Holt	Holt (Solver)
ME	-22,28	-21,87
MAE	22,28	21,87
RMSE	634,78	501,85
MPE	-0,06	-0,06
MAPE	0,06	0,06

Za grupu proizvoda KLM koeficijenti  $w$  i  $v$  su sljedeći:

- Prije Solvera:  $w = 0,95$ ;  $v = 0,3$
- Nakon Solvera:  $w = 1$ ;  $v = 0,48$ .



Grafikon 16 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Holtova metoda) za grupu proizvoda KLM (neprehrana)

Ponovno je vidljivo kako prognoze, bez obzira na koeficijente, relativno dobro prate potražnju. Razlika u odnosu na prošli primje je što se, ovdje vidi kontinuirani trend pada. Što se tiče prognoze potražnje za sljedeća četiri razdoblja, vidi se kako prognoze, opet, daju slične vrijednosti (grafikon 16).

Prognoza koja se računala uz pomoć Solvera, točnija je u odnosu na prognozu koja se računala bez Solvera, iako razlika među njima nije prevelika, što se vidi iz tablice 35.

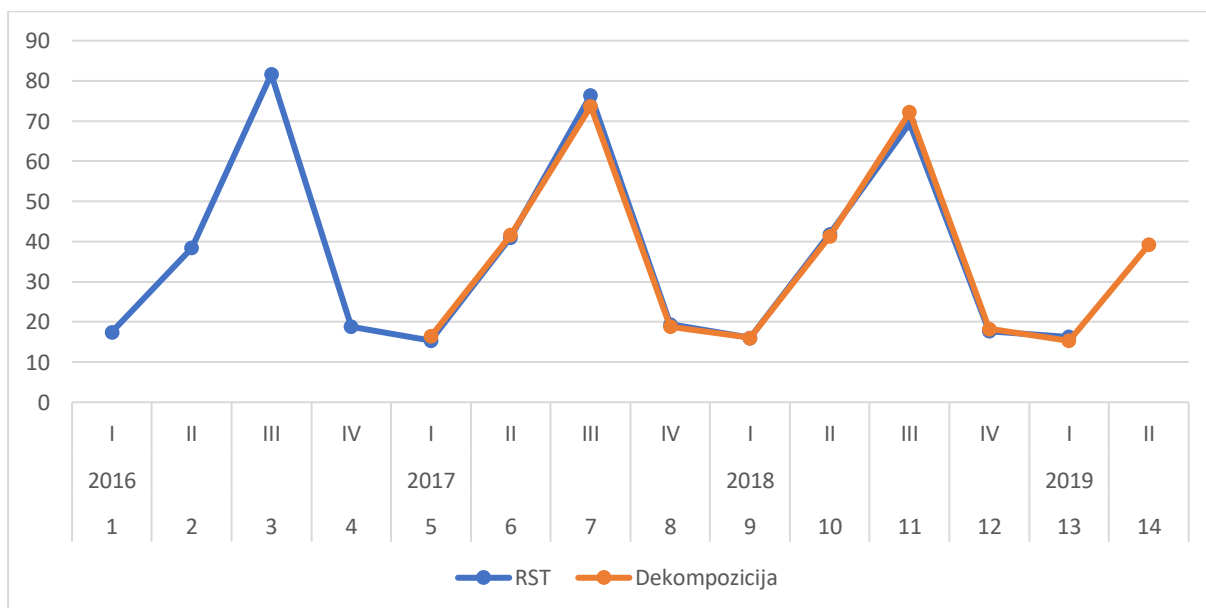
Tablica 33 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda KLM (neprehrana)

Mjere za točnost	Holt	Holt (Solver)
ME	-4,52	-0,32
MAE	7,32	6,54
RMSE	138,61	108,26
MPE	0,00	0,13
MAPE	0,21	0,23

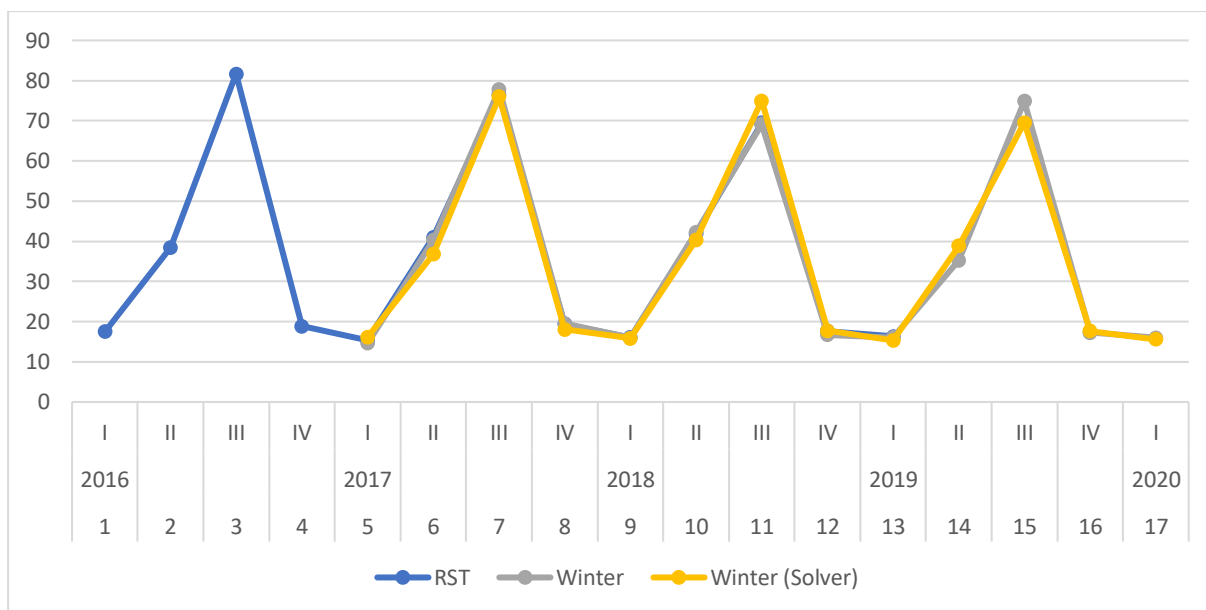
### 5.3. Metode analize sezonskih podataka

Za grupu proizvoda RST korištene su dvije metode za izračunavanje potražnje:

- Dekompozicija
- Winterova metoda:
  - Koeficijenti prije Solvera:  $\alpha = 0,35$ ;  $\beta = 0,82$ ;  $\gamma = 0,7$
  - Koeficijenti nakon Solvera:  $\alpha = 0,72$ ;  $\beta = 0,87$ ;  $\gamma = 0,00$ .



Grafikon 17 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (dekompozicija) za grupu proizvoda RST (pića)



Grafikon 18 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (Winterova metoda) za grupu proizvoda RST (pića)

Iz grafikona 17 i 18 se vidi kako su, i metoda dekompozicije i Winterova metoda, bez obzira na koeficijente, pouzdane. Odstupanja prognoza od potražnje su jedva primjetna u grafikonima.

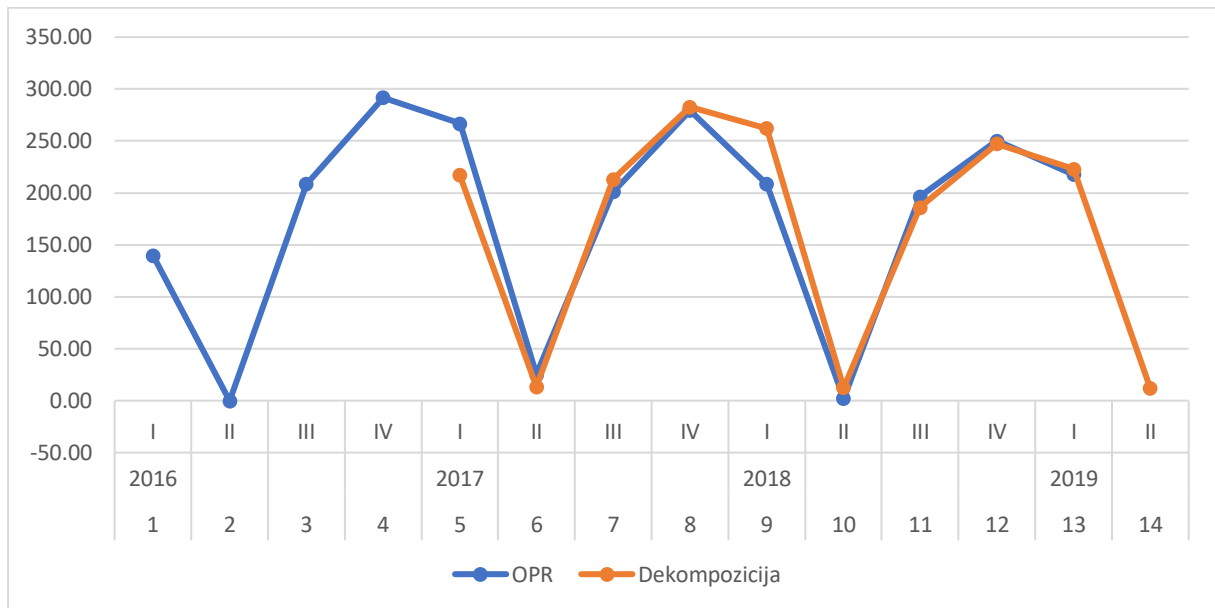
U tablici 36 su prikazane mjere za točnost prognoza za korištene metode. Najtočnija metoda je naravno Winterova uz pomoć Solvera, međutim, to ne znači da ostale nisu pouzdane. Razlike u vrijednostima RMSE, su podjednake za sve metode, stoga je svejedno, koja će se metoda koristiti za izračun buduće potražnje.

Tablica 34 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda RST (pića)

Mjere za točnost	Dekompozicija	Winter	Winter (Solvera)
ME	0,00	0,29	0,14
MAD	1,10	1,69	0,55
RMSE	2,06	6,02	0,48
MPE	0,00	0,02	0,01
MAPE	0,03	0,05	0,02

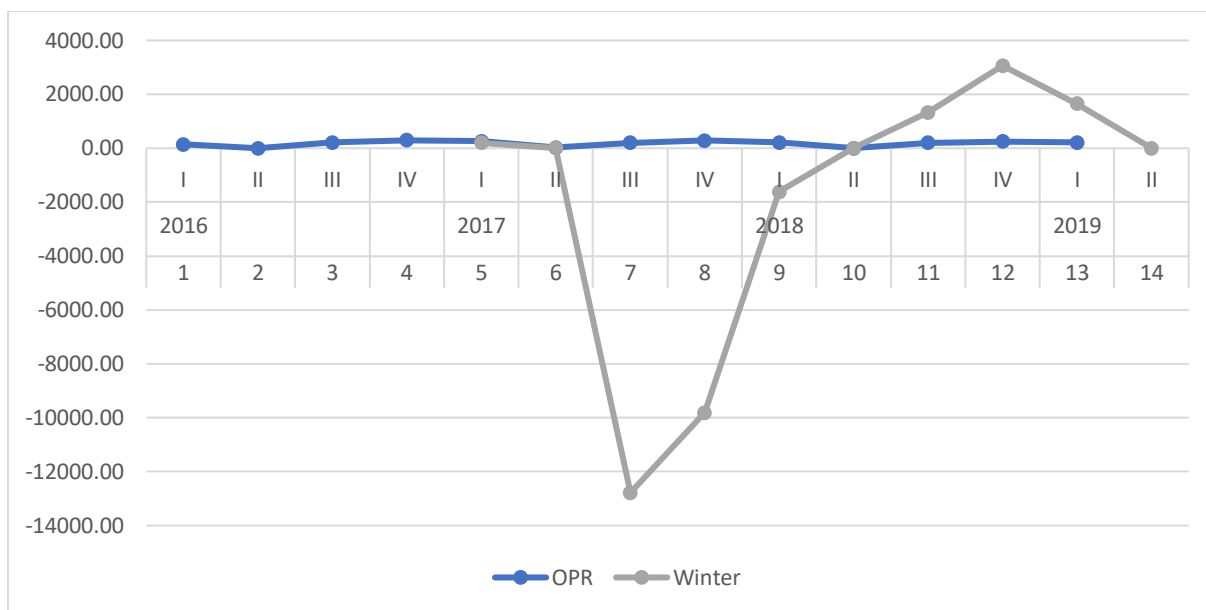
Za grupu proizvoda OPR, za izračun buduće potražnje, korištene su sljedeće metode

- Dekompozicija
- Winterova metoda:
  - Koeficijenti prije Solvera:  $\alpha = 0,43$ ;  $\beta = 0,1$ ;  $\gamma = 0,1$
  - Koeficijenti nakon Solvera:  $\alpha = 0,00$ ;  $\beta = 0,00$ ;  $\gamma = 0,64$ .

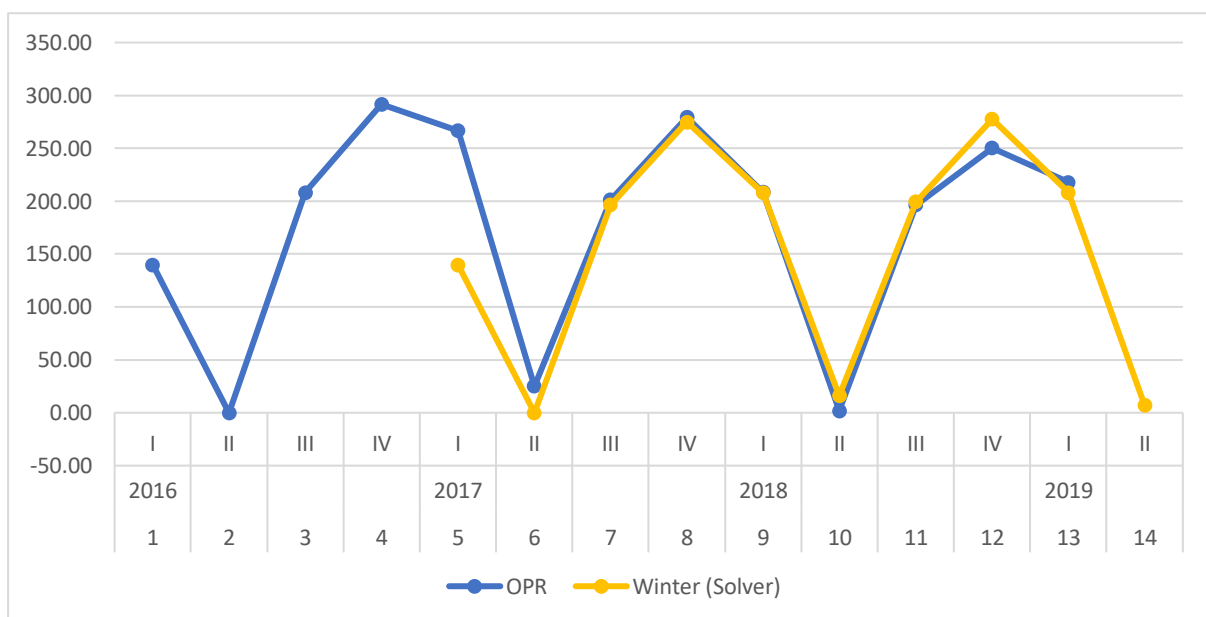


Grafikon 19 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (dekompozicija) za grupu proizvoda OPR (čokolada)

Grafikon 19 prikazuje izračunatu prognozu u odnosu na stvarnu potražnju, metodom dekompozicije. Prognoza prati potražnju, uz manja ili veća odstupanja, što je čini vrlo pouzdanom.



Grafikon 20 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Winterova metoda – proizvoljni koeficijenti) za grupu proizvoda OPR (čokolada)



Grafikon 21 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (Winterova metoda) za grupu proizvoda OPR (čokolada)

Grafikon 20 prikazuje potražnju izračunatu Winterovom metodom s proizvoljnim koeficijentima. Zbog jednog razdoblja koje ima negativnu vrijednost potražnja prognoza je u potpunosti pogrešna i nepouzdana, što je vidljivo na grafikonu 20. U grafikonu 21 je prikazana prognoza s optimiziranim koeficijentima, koja je u potpunosti drugačija on prijašnje.



Da je prognoza s optimiziranim koeficijentima točnija, odnosno pouzdanija, prikazuje i tablica 37. U drugom stupcu je vidljiva enormna vrijednost srednje kvadratne pogreške. Prema tablici, odnosno RMSE, za ovu grupu proizvoda metoda dekompozicije je najpouzdanija.

Tablica 35 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda OPR (čokolada)

Mjere za točnost	Dekompozicija	Winter	Winter (Solvera)
ME	-1,17	2176,79	14,21
MAD	17,76	3372,30	24,01
RMSE	655,76	31644182,71	1982,30
MPE	-0,58	9,68	-0,65
MAPE	0,74	14,92	1,00

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljanje opskrbnim lancem, svakog dana postaje sve zahtjevnije, jer se svakodnevno na tržištu pojavljuju novi proizvodi, sve je kraći vijek proizvoda i navike kupaca se sve češće mijenjaju. Iz tih razloga je vrlo teško prognozirati potražnju, na temelju koje će se odrediti koju količinu i kada je potrebno naručiti.

Važno je napomenuti kako prognoze potražnje nisu sto posto točne i treba ih se slijepo držati, one su tu kao smjernica.

U ovom radu korišteno je nekoliko različitih prognoza za izračun buduće potražnje. Metodu treba birati ovisno o vrsti potražnje, pa su se tako za stabilnu potražnju koristile metode pomičnih prosjeka, težinskih pomičnih prosjeka i eksponencijalnog izgladivanja, za trendovsku potražnju Holtova metoda, a za sezonalnu potražnju metoda dekompozicije i Winterova metoda.

Sve su metode u svojoj kategoriji dale zadovoljavajuće rezultate. Naravno, da se za trendovsku potražnju, na primjer, koristila metoda pomičnih prosjeka, rezultati bi pokazali velika odstupanja prognoze od potražnje, jer to nije metoda koja se koristi za tu vrstu potražnje.

Korištenjem alata Solver, skraćeno je vrijeme traženja optimalnih koeficijenata za metode koje sadržavaju koeficijente. Mnoge tvrtke danas nemaju vremena baviti se definiranjem vrste potražnje, te računati buduću potražnju različitim metodama, te iz tog razloga najčešće, bez obzira na vrstu potražnje, koriste linearnu regresiju, koja im onda ne daje dovoljno točne rezultate. Iako prognoze potražnje služe kao smjernica, vrlo je bitno da ipak daju koliko toliko točne rezultate. Zbog nedostatka podataka, u ovom radu nije prikazana linearne regresija.

Vrlo je teško odrediti vrstu potražnje, a onda i napraviti prognozu za pojedinačni artikl, jer se radi o velikoj količini podataka koji variraju. Iz tog razloga, u mnogim izvorima literature, se preporuča prognoziranje potražnje za grupu proizvoda. Za grupu proizvoda je puno jednostavnije odrediti vrstu potražnje, a i prognoze su puno točnije, što se vidi i iz ovog diplomskog rada.

Među podacima postoje različite vrste grupa proizvoda. Pokazalo se da svaka vrsta proizvoda (prehrana, neprehrana, pića i drugi), ima nekoliko grupa proizvoda koji imaju

stabilnu potražnju, nekoliko koje imaju trendovsku potražnju, te nekoliko koje imaju sezonalnu potražnju. To će reći, kako vrsta proizvoda ne utječe na potražnju grupe proizvoda.

Također, potrebno je napomenuti da treba pripaziti na podatke, odnosno dobro ih proučiti, jer se u nekim situacijama pojavljuju negativne vrijednosti potražnje. Kada se to dogodi treba pažljivo odabrati metodu prognoziranja, ali i koeficijente, ako ih metoda sadržava. Ukoliko se odabere kriva metoda i/ili koeficijenti, prognoza će biti netočna i beskorisna kao orijentir za daljnje naručivanje zaliha.

## LITERATURA

- [1] Simchi-Levi, D, Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., Designing & Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies, New York, McGraw-Hill/Irwin, 2003.
- [2] Rogić, K., Stanković, R., Šafran, M., Upravljanje logističkim procesima, Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica, 2012.
- [3] CIO portal. Preuzeto sa: <https://www.cio.com/article/2439493/what-is-supply-chain-management-scm-definition-and-examples.html> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [4] Fakultet prometnih znanosti, Distribucijska logistika II (materijali), Zagreb, 2019.
- [5] Lu, D., Fundamentals of Supply Chain Management, Ventus Publishing Aps, Danska, 2011.
- [6] Ivanković, Č., Šafran, M., Stanković, R., Špedicija i logistički procesi, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, 2010.
- [7] Fakultet prometnih znanosti, Upravljanje transportnim lancima (materijali), Zagreb, 2018.
- [8] Toppr portal. Preuzeto sa: <https://www.toppr.com/guides/business-economics/theory-of-demand/demand-forecasting/> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [9] Investopedia portal. Preuzeto sa: <https://www.investopedia.com/terms/d/demand.asp> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [10] EconomicsDiscussion.net. Preuzeto sa: <http://www.economicdiscussion.net/essays/economics/6-important-factors-that-influence-the-demand-of-goods/926> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [11] Christopher, M., Logistics & Supply Chain Management, Impersium, Velika Britanija, 2011.
- [12] James, T., Operations Strategy, bookboon.com, 2013.
- [13] iQualifyUK portal. Preuzeto sa: <https://www.iqualifyuk.com/library/business-management-section/the-eight-components-of-supply-chain-management/> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [14] Chron portal. Preuzeto sa: <https://smallbusiness.chron.com/supply-chain-management-affect-manufacturing-companies-75841.html> (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [15] LinkedIn. Preuzeto sa: <https://www.linkedin.com/pulse/whats-information-supply-chain-why-you-should-care-jay-zaidi/> (pristupljeno: lipanj 2019.)

## POPIS SLIKA

Slika 1 Funkcionalne faze opskrbnog lanca, [2].....	4
Slika 2 Shematski prikaz funkcionalnih ciklusa opskrbnog lanca, [2] .....	6
Slika 3 <i>Push/Pull</i> -granica opskrbnog lanca [2] .....	7
Slika 4 Tok robe u opskrbnom lancu, [6].....	12
Slika 5 a) Horizontalna šablona, b) Trendovska šablona, [4].....	15
Slika 6 a) Sezonska šablona, b) Ciklična šablona, [4] .....	16
Slika 7 Nasumična šablona, [4] .....	16
Slika 8 Sučelje alata Solver: 1 parametar 2 maksimizacija/minimalizacija/vrijednost 3 faktori 4 uvjeti za faktore.....	38
Slika 9 Sučelje alata <i>Regression</i> : 1 unos zavisne varijable 2 unos nezavisne varijable 3 područje na listu gdje će se ispisati rezultati.....	55
Slika 10 Izlazni podaci nakon korištenja linearne regresije za grupu proizvoda RST (pića)..	55
Slika 11 Izlazni podaci nakon korištenja linearne regresije za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	59

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Početna tablica.....	25
Tablica 2 Pivot tablica.....	27
Tablica 3 Kvartali .....	29
Tablica 4 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) s korakom $k = 3$	31
Tablica 5 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) s korakom $k = 4$	32
Tablica 6 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom $k = 2$ .	34
Tablica 7 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom $k = 3$ .	35
Tablica 8 Izračun pomičnog prosjeka za grupu proizvoda EFG (prehrana) s korakom $k = 4$ .	36
Tablica 9 Izračun težinskog pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) .....	39
Tablica 10 Izračun težinskog pomičnog prosjeka za grupu proizvoda CDE (prehrana) nakon korištenja Excel alata Solver .....	40
Tablica 11 Izračun potražnje za grupu proizvoda ABC (ADR) metodom eksponencijalnog izgladivanja.....	42
Tablica 12 Izračun potražnje za grupu proizvoda ABC (ADR) metodom eksponencijalnog izgladivanja uz pomoć Excel alata Solver.....	43
Tablica 13 Izračun potražnje za grupu proizvoda EFG (prehrana) metodom eksponencijalnog izgladivanja.....	45
Tablica 14 Izračun potražnje za grupu proizvoda EFG (prehrana) metodom eksponencijalnog izgladivanja uz pomoć Excel alata Solver.....	46
Tablica 15 Izračun potražnje za grupu proizvoda IJK (pića) Holtovom metodom .....	48
Tablica 16 Izračun potražnje za grupu proizvoda IJK (pića) Holtovom metodom uz pomoć Excel alata Solver .....	49

Tablica 17 Izračun potražnje za grupu proizvoda KLM (neprehrana) Holtovom metodom...	51
Tablica 18 Izračun potražnje za grupu proizvoda KLM (neprehrana) Holtovom metodom uz pomoć Excel alata Solver .....	52
Tablica 19 Indeksi sezonalnosti za grupu proizvoda RST (pića) .....	54
Tablica 20 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) metodom dekompozicije.....	57
Tablica 23 Indeksi sezonalnosti za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	59
Tablica 24 Izračun potražnje za grupu proizvoda OPR (čokolada) metodom dekompozicije	60
Tablica 25 Koeficijenti za grupu proizvoda RST (pića) .....	63
Tablica 26 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom.....	64
Tablica 27 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom uz pomoć Excel alata Solver .....	65
Tablica 28 Koeficijenti za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	66
Tablica 29 Izračun potražnje za grupu proizvoda OPR (čokolada) Winterovom metodom ...	67
Tablica 30 Izračun potražnje za grupu proizvoda RST (pića) Winterovom metodom uz pomoć Excel alata Solver .....	68
Tablica 31 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda CDE (prehrana).....	71
Tablica 32 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda EFG (prehrana) .....	73
Tablica 33 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda ABC (ADR) .....	74
Tablica 34 Prikaz točnosti izračuna prognoze potražnje za grupu proizvoda IJK (pića).....	76
Tablica 35 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda KLM (neprehrana) .....	77
Tablica 36 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda RST (pića).....	78
Tablica 37 Usporedba točnosti metoda za grupu proizvoda OPR (čokolada).....	81

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Potražnja za grupu proizvoda CDE (prehrana) .....	33
Grafikon 2 Potražnja za grupu proizvoda EFG (prehrana) .....	37
Grafikon 3 Potražnja za grupu proizvoda ABC (ADR) .....	44
Grafikon 4 Potražnja za grupu proizvoda IJK (pića) .....	50
Grafikon 5 Potražnja za grupu proizvoda KLM (neprehrana) .....	53
Grafikon 6 Potražnja za grupu proizvoda RST (pića).....	58
Grafikon 7 Potražnja za grupu proizvoda RST (pića) po godinama.....	58
Grafikon 8 Potražnja za grupu proizvoda OPR (čokolada).....	61
Grafikon 9 Potražnja za grupu proizvoda OPR (čokolada) po godinama .....	61
Grafikon 10 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda pomičnih prosjeka) za grupu proizvoda CDE (prehrana).....	69
Grafikon 11 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (težinski pomični prosjek) za grupu proizvoda CDE (prehrana) .....	70
Grafikon 12 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda pomičnih prosjeka) za grupu proizvoda EFG (prehrana) .....	71
Grafikon 13 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda eksponencijalnog izgladivanja) za grupu proizvoda EFG (prehrana).....	72
Grafikon 14 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (metoda eksponencijalnog izgladivanja) za grupu proizvoda ABC (ADR) .....	73
Grafikon 15 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Holtova metoda) za grupu proizvoda IJK (pića).....	75
Grafikon 16 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Holtova metoda) za grupu proizvoda KLM (neprehrana).....	76



Grafikon 17 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (dekompozicija) za grupu proizvoda RST (pića) .....	77
Grafikon 18 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (Winterova metoda) za grupu proizvoda RST (pića) .....	78
Grafikon 19 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (dekompozicija) za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	79
Grafikon 20 Grafički prikaz potražnje i prognoza potražnje (Winterova metoda – proizvoljni koeficijenti) za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	80
Grafikon 21 Grafički prikaz potražnje i prognoze potražnje (Winterova metoda) za grupu proizvoda OPR (čokolada) .....	80



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **Metode prognoze potražnje u lancu opskrbe** \_\_\_\_\_

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 17.9.2019 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Lirna Sofie Jazbec*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)