

Određivanje optimalnog udjela korištenja usluga vanjskih prijevoznika

Marić, Valentin

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:605645>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-11**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

**ODREĐIVANJE OPTIMALNOG UDJELA KORIŠTENJA USLUGA
VANJSKIH PRIJEVOZNIKA**

**DETERMINING THE OPTIMAL SHARE OF OUTSOURCING IN MEETING
THE TRANSPORT DEMAND**

Mentor: izv.prof.dr.sc. Ratko Stanković

Student: Valentin Marić

JMBAG: 0135253479

Zagreb, svibanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 14. veljače 2022.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6590

Pristupnik: **Valentin Marić (0135253479)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Određivanje optimalnog udjela korištenja usluga vanjskih prijevoznika**

Opis zadatka:

Objasniti elemente upravljanja voznim parkom teretnih vozila, te prednosti i nedostatke korištenja prijevoznih usluga vanjskih prijevoznika. Prikazati matematičku metodu određivanja optimalne veličine voznog parka kod djelomičnog outsourcinga transporta. U okviru studije slučaja špediterskog poduzeća, prognozirati prijevozna potražnju i odrediti optimalan broj vlastitih vozila, odnosno udjel outsourcinga.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

SAŽETAK:

Optimizacija voznog parka poslovne organizacije ima signifikantan utjecaj na ostvarivanje ušteda u poslovanju prijevoznih tvrtki. Elementi upravljanja voznim parkom (eng. Fleet Management) uz strukturirani pristup procesu angažiranja vanjskih prijevoznika, te evaluaciju prednosti i nedostataka angažiranja vanjskih prijevoznika, stvaraju temelj za određivanje optimalnog voznog parka poslovne organizacije. Na temelju prognoze potražnje za uslugama prijevoza u predstojećem razdoblju, te uz kriterij minimalnih ukupnih troškova prijevoza, određen je optimalni sastav voznog parka, odnosno optimalni udjel angažiranja vanjskih prijevoznika i optimalni broj vlastitih vozila prijevoznice tvrtke.

KLJUČNE RIJEČI: Optimizacija voznog parka, upravljanje voznim parkom, vanjski prijevoznici, minimalni troškovi.

SUMMARY:

The optimization of the business organization's fleet has a significant impact on the realization of savings in the operations of transport companies. Elements of fleet management with a structured approach to the process of hiring external carriers, and evaluating the advantages and disadvantages of hiring external carriers, create the basis for determining the optimal fleet of the business organization. Based on the forecast of demand for transport services in the forthcoming period, and with the criterion of minimum total transport costs, the optimal composition of the fleet was determined, i.e., the optimal share of hiring external carriers and the optimal number of own vehicles of the transport company.

KEYWORDS: Fleet optimization, fleet management, external carriers, minimum costs.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. ELEMENTI UPRAVLJANJA VOZIM PARKOM TERETNIH VOZILA | 3 |
| 2.1. Izazovi prijevoznčkih tvrtki | 3 |
| 2.2. Sustav upravljanja vozim parkom | 4 |
| 2.3. Potražnja za prijevoznim uslugama u teretnom prijevozu..... | 5 |
| 2.4. Upravljanje radom teretnih vozila..... | 6 |
| 2.5. Upravljanje radnim vremenom mobilnih radnika (vozača)..... | 8 |
| 3. PREDNOSTI I NEDOSTACI KORIŠTENJA PRIJEVOZNIH USLUGA VANJSKIH PRIJEVOZNIKA..... | 13 |
| 3.1. Strukturirani pristup procesu angažiranja vanjskih prijevoznika | 13 |
| 3.1.1. Faza strateške analize..... | 13 |
| 3.1.2. Faza izbora vanjskog prijevoznika | 14 |
| 3.1.3. Faza pregovaranja i ugovaranja..... | 15 |
| 3.1.4. Faza implementacije..... | 16 |
| 3.1.5. Faza upravljanja odnosima..... | 16 |
| 3.2. Prednosti korištenja prijevoznih usluga vanjskih prijevoznika..... | 17 |
| 3.2.1. Orijentacija na temeljne sposobnosti..... | 18 |
| 3.2.2. Reduciranje troškova i povećanje konkurentnosti..... | 18 |
| 3.2.3. Korištenje naprednih tehnologija, optimizacija i unaprjeđenje poslovnih procesa..... | 19 |
| 3.2.4. Povećanje kapaciteta za inovacije | 19 |
| 3.3. Nedostaci korištenja prijevoznih usluga vanjskih prijevoznika | 19 |
| 3.3.1. Rizik smanjenja kvalitete usluga | 20 |
| 3.3.2. Produktivnost..... | 20 |
| 3.3.3. Promjena zaposlenika i kvaliteta pružatelja usluga | 21 |
| 3.3.4. Sporije rješavanje problema i sigurnost podataka | 21 |
| 4. ODREĐIVANJE OPTIMALNE VELIČINE VOZNOG PARKA KOD DJELOMIČNOG OUTSOURCINGA TRANSPORTA..... | 22 |
| 4.1. Potražnja za uslugama prijevoza i kapacitet voznog parka | 22 |
| 4.2. Prijevozni troškovi kao funkcija broja vlastitih vozila..... | 25 |
| 5. PROGNOZIRANJE PRIJEVOZNE POTRAŽNJE | 30 |
| 5.1. Metode prognoze potražnje | 30 |
| 5.1.1. Kvalitativne metode prognoze potražnje | 31 |

| | | |
|----------|--|----|
| 5.1.2. | Uzročne metode | 32 |
| 5.1.3. | Vremenske metode | 32 |
| 5.1.3.1. | Metoda pomičnih prosjeka | 32 |
| 5.1.3.2. | Metoda eksponencijalnog izgladivanja | 33 |
| 5.1.3.3. | Metode zasnovane na analizi trendova | 34 |
| 5.1.3.4. | Metode analize sezonskih podataka | 35 |
| 5.1.4. | Prognoze istraživanjem tržišta | 39 |
| 5.1.5. | Simulacijske metode..... | 40 |
| 5.2. | Osnovne šablone prognoze potražnje..... | 40 |
| 5.2.1. | Horizontalna šablona potražnje | 40 |
| 5.2.2. | Trendovska šablona potražnje | 41 |
| 5.2.3. | Sezonska šablona potražnje | 42 |
| 5.2.4. | Ciklička šablona potražnje | 43 |
| 5.3. | Pokazatelji točnosti prognoze potražnje..... | 44 |
| 6. | STUDIJA SLUČAJA: ODREĐIVANJE OPTIMALNOG BROJA VLASTITIH VOZILA ŠPEDITERSKOG PODUZEĆA..... | 46 |
| 7. | ZAKLJUČAK..... | 66 |
| | LITERATURA..... | 68 |
| | POPIS KRATICA | 70 |
| | POPIS SLIKA | 71 |
| | POPIS TABLICA..... | 72 |
| | POPIS GRAFIKONA..... | 73 |

1. UVOD

U svjetlu brzih i učestalih promjena, više nego ikada do sada poduzeća u cilju opstanka na tržištu moraju dobro upravljati svojim troškovima uz istovremeno zadovoljenje visoke razine kvalitete usluge koje nude svojim korisnicima. U domeni logističkog sektora s aspekta prijevozne logistike što je predmet ovog diplomskog rada, poduzeća posebnu pažnju moraju posvetiti modeliranju (struktura, broj i slično) vlastitog voznog parka te upravljanju njime. Odgovarajuća veličina (broj vozila) i struktura voznog parka predstavljaju materijalnu osnovu za zadovoljenje prijevozne potražnje, bilo da se radi o prijevoznicima koji pružaju usluge prijevoza na tržištu ili o poduzećima koje vozni park koriste za vlastite potrebe.

Problem određivanja optimalne veličine voznog parka proizlazi iz toga što veličina voznog parka ne prati dinamiku prijevozne potražnje. Naime, prijevozna potražnja se mijenja tijekom godine, dok je veličina voznog parka zadana planom za duže razdoblje. Poduzeća kojima je prijevoz osnovna djelatnost, planiraju veličinu voznog parka bliže vršnoj prijevoznoj potražnji. Nasuprot tomu, poduzeća kojima prijevoz nije osnovna djelatnost najčešće se djelomice ili u potpunosti oslanjaju na logistički outsourcing (angažiranje vanjskih prijevoznika), što ne mora nužno biti uvjetovano racionalizacijom prijevoznih troškova, nego može biti dio poslovne politike poduzeća.

Kod kombinacije vlastitog voznog parka i angažiranja vanjskih prijevoznika (eng. outsourcing), poduzeća nastoje vlastita vozila optimalno iskoristiti, na isplativim relacijama. Angažiranje vanjskih prijevoznika rade kada nemaju dovoljno vozila ili na neisplativim prijevoznim relacijama. Ovakvi poslovni odnosi mijenjaju elemente ukupnih prijevoznih troškova (troškovi vlastitih vozila i troškovi vanjskih prijevoznika).

Planiranje veličine voznog parka uglavnom se radi na temelju vlastitog iskustva poduzeća u upravljanju voznim parkom i određenih aktivnosti praćenja potražnje (u manjoj mjeri).

Primjenom prognostičkih metoda i modela na temelju povijesnih podataka iz realnog sektora (logistički operater) prikazat će se evaluacija potreba za prijevozom u cestovnom prometu teretnih vozila (tuzemni promet), kroz broj vozila iz vlastitog voznog parka poduzeća i broj vozila angažiranjem vanjskih prijevoznika (eng. outsourcing).

S obzirom na uočene načine planiranja veličine voznog parka, kao i varijabilnost potražnje, intencija je kroz ovaj diplomski rad prikazati i drugačije mogućnosti planiranja voznog parka. Odnosno planiranje vlastitog voznog parka utemeljeno na matematičkim metodama i rezultatima prognoze potražnje za uslugama prijevoza [1].

U drugom poglavlju navodi se koji su to sve elementi upravljanja voznim parkom teretnih vozila, kao i izazovi s kojima se susreću poduzeća u upravljanju voznim parkom, radnim vremenom vozača i prijevoznom potražnjom.

Treće poglavlje stavlja u fokus potrebu za strukturiranim pristupom procesu angažiranja vanjskih prijevoznika u smislu donošenja odluke na strateškoj razini poduzeća uz valorizaciju svih prednosti i nedostataka istog.

Postupak određivanja optimalne veličine voznog parka kod djelomičnog outsourcinga transporta uz zadovoljenje promjenjive prijevozne potražnje i uz minimalne ukupne troškove prijevoza, fiksne, varijabilne i troškove angažiranja vanjskih prijevoznika, opisano je u četvrtom poglavlju rada.

Kao jedan od glavnih čimbenika određivanja optimalne veličine voznog parka su metode prognoze potražnje, šablone prognoze potražnje i pokazatelji točnosti prognoze potražnje, koji su detaljno opisani u petom poglavlju rada.

Šesto poglavlje rada prikazuje primjenu adekvatnih matematičkih izračuna i prognostičkih metoda i modela određivanja optimalne veličine voznog parka na primjeru poduzeća iz realnog sektora uz projekciju ušteda u ukupnim godišnjim prijevoznim troškovima ostvarenih primjenom istih metoda.

Zaključno se utvrđuje kako primjena matematičkih metoda, te prognostičkih metoda i modela u ovom slučaju, pridonosi ostvarenju poboljšanja u vidu smanjenja ukupnih godišnjih prijevoznih troškova u odnosu na iskustveno rješenje poduzeća.

2. ELEMENTI UPRAVLJANJA VOZIM PARKOM TERETNIH VOZILA

S obzirom na dinamiku učestalih promjena na tržištu prijevoznih usluga postavljaju se zahtjevi za kontinuiranom nadogradnjom i unaprjeđenjem pružanja logističkih usluga. Temeljni zahtjevi mogu se svesti na dva osnovna zahtjeva vezana uz trend smanjenja troškova i podizanja razine kvalitete usluga.

2.1. Izazovi prijevoznčkih tvrtki

Gledano s aspekta prijevoznčkih tvrtki, uvođenjem logističkih modela optimizacije u svakodnevno poslovanje može se ostvariti veći prihod uz istu razinu kvalitete usluge ili podići kvalitetu i razinu usluge uz isti trošak prijevozne usluge. Uz prethodno navedeno, svakako postoje i ostali izazovi suvremenog poslovanja (slika 1.) o kojima prijevoznička poduzeća moraju voditi računa, a koje bitno utječu na efikasnost i efektivnost procesa prijevoza, a neki od njih su:

- Sigurnost vozača, putnika i vozila,
- Zahtjevi za većom iskoristivosti i dostupnosti vozila,
- Smanjenje troškova uz veće troškove održavanja i rast cijena goriva,
- Upravljanje dislociranim timovima,
- Rast administrativnih obveza i digitalizacija,
- Zaštita okoliša,
- Vozila na električni pogon i sustavi upravljanja vozilom bez vozača [2].



Slika 1. Izazovi suvremenog poslovanja prijevoznčkih tvrtki

Izvor: izradio i prilagodio autor prema podacima:<https://www.edukacije.hr/edukacije/online-edukacije/upravljanje-i-administracija/efikasnije-upravljanje-voznim-parkom/> (Pristup, 05.03.2022.)

2.2. Sustav upravljanja voznim parkom

S obzirom na specifičnosti poslovanja svakog prijevozničkog poduzeća, sustavi koji se koriste u upravljanju voznim parkom zahtijevaju specifične prilagodbe. Intencija primjene sustava upravljanja voznim parkom (eng. Fleet Management System) je ostvarivanje ušteda i poboljšanja u poslovanju. Za optimalno funkcioniranje navedenih sustava potreban je sustavan pristup poduzeću, njenim karakteristikama, karakteristikama informacijskih sustava koje koriste, te u konačnici nužno je provesti evaluaciju poduzeća prema definiranim kriterijima koji utječu na konačan izbor sustava. Uz sve navedeno, prilagodba prema zahtjevima korisnika također predstavlja važan čimbenik izbora [3].

Kontinuirani razvoj informacijsko komunikacijskih tehnologija za posljedicu ima primjenu različitih sustava informacijsko-tehnološke podrške u procesima upravljanja voznim parkom prijevozničkih poduzeća.

Potencijalni korisnici sustava upravljanja voznim parkom mogu se podijeliti prema nekoliko kriterija [3]:

- Prema veličini voznog parka teretnih vozila,
 - Male – do 20 vozila,
 - Srednje – 20-99 vozila,
 - Velike – 100-499 vozila,
 - Vrlo velike – više od 500 vozila.
- Operativna zona djelovanja,
 - Lokalne – djelovanje na području jednog grada,
 - Regionalne – djelovanje na području županije,
 - Nacionalne – djelovanje na području države.
- Karakteristike dnevnih ruta vozila,
 - Prijevoznici s fiksno određenim rutama,
 - Prijevoznici s promjenjivim rutama.
- Vremenski okvir isporuke robe,
 - Prijevoznici s većom vremenskom tolerancijom isporuke robe,
 - Prijevoznici s malom vremenskom tolerancijom isporuke robe,
 - Prijevoznici s kombiniranom tolerancijom isporuke robe ovisno o prioritetu i karakteristikama robe.

Shodno navedenom može se izdvojiti nekoliko elemenata koji kristaliziraju ciljeve uvođenja sustava upravljanja voznim parkom, te uvođenja poboljšanja u poslovanje prijevozničkih poduzeća, a to su:

- Povećanje prihoda po prijeđenim kilometrima,
- Povećanje prihoda po prijevozu,
- Smanjenje praznog hoda vozila,

- Dostupnost različite opreme za rukovanje teretom i druge opreme,
- Smanjenje operativnih troškova,
- Dostupnost vozača,
- Mogućnost dodatnog korištenja vozila tijekom prijevoza,
- Količina tereta po jednoj isporuci,
- Mjesto početka i kraja isporuke,
- Upravljanje zalihama,
- Vrijeme isporuke,
- Smanjenje potrošnje goriva [3].

2.3. Potražnja za prijevoznim uslugama u teretnom prijevozu

Poznavanje potražnje za uslugama prijevoza u cestovnom prijevozu robe ima signifikantnu ulogu u optimizaciji upravljanja voznim parkom prijevoznog poduzeća. Situacija u gospodarstvu zemlje, odnosno rast proizvodnje, te visina bruto domaćeg proizvoda (BDP), itekako utječu na potražnju za prijevozom robe. Promatrajući zakon ponude i potražnje, uočava se bliska veza između rasta potražnje za prijevoznom uslugom u cestovnom prijevozu robe i rasta cijena prijevozne usluge. Naravno, situacija je obrnuta kod smanjene potražnje, kada se uočava da i cijena prijevozne usluge pada zbog stvorenog viška prijevozne ponude.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (tablica 1.) vidljivo je da nakon 2010.-te godine ukupna potražnja za prijevoznim uslugama u prijevozu robe blago pada i to narednih pet godina sve do 2015.-te godine [4].

Tablica 1. Cestovni prijevoz robe u razdoblju od 2010. god. - 2020 god.

| DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU REPUBLIKE HRVATSKE CROATIAN BUREAU OF STATISTICS | | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. | 2014. | 2015. | 2016. | 2017. | 2018. | 2019. | 2020. |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | mjerna jedinica | | | | | | | | | | | |
| Prevezena roba, ukupno | tis. t | 74 967 | 74 645 | 65 439 | 67 500 | 66 146 | 66 491 | 72 503 | 72 329 | 73 997 | 81 110 | 80 693 |
| Unutarnji prijevoz | tis. t | 67 126 | 66 332 | 57 971 | 59 090 | 56 425 | 54 966 | 58 824 | 58 907 | 58 881 | 66 190 | 66 323 |
| Međunarodni prijevoz | tis. t | 7 841 | 8 313 | 7 468 | 8 410 | 9 721 | 11 525 | 13 678 | 13 422 | 15 116 | 14 920 | 14 371 |
| otišlo u strane zemlje | tis. t | 3 435 | 3 449 | 3 118 | 3 537 | 4 084 | 4 686 | 5 609 | 4 968 | 5 803 | 5 615 | 5 049 |
| došlo iz stranih zemalja | tis. t | 3 683 | 4 122 | 3 438 | 3 627 | 3 926 | 4 423 | 4 891 | 4 550 | 5 037 | 4 860 | 4 840 |
| prijevoz u inozemstvu | tis. t | 723 | 742 | 912 | 1 245 | 1 711 | 2 416 | 3 178 | 3 905 | 4 277 | 4 445 | 4 481 |
| Tonski kilometri, ukupno | mil. | 8 780 | 8 926 | 8 649 | 9 133 | 9 381 | 10 439 | 11 337 | 11 833 | 12 635 | 12 477 | 12 254 |
| Unutarnji prijevoz | mil. | 4 547 | 4 374 | 4 145 | 4 284 | 3 931 | 4 055 | 3 985 | 4 199 | 4 235 | 4 311 | 4 487 |
| Međunarodni prijevoz | mil. | 4 233 | 4 552 | 4 504 | 4 849 | 5 450 | 6 384 | 7 351 | 7 634 | 8 400 | 8 166 | 7 767 |
| otišlo u strane zemlje | mil. | 1 685 | 1 832 | 1 685 | 1 819 | 2 012 | 2 182 | 2 458 | 2 519 | 2 884 | 2 839 | 2 647 |
| došlo iz stranih zemalja | mil. | 1 781 | 1 985 | 1 848 | 1 857 | 1 941 | 2 229 | 2 481 | 2 459 | 2 808 | 2 657 | 2 394 |
| prijevoz u inozemstvu | mil. | 767 | 735 | 972 | 1 173 | 1 496 | 1 973 | 2 412 | 2 656 | 2 709 | 2 670 | 2 726 |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima DZS-a, www.dzs.hr, (Pristup, 05.03.2022.)

Kontinuirani pad u prijevozu robe sve do 2015.-e godine nastao je kao posljedica ekonomske krize koja je zahvatila cijeli svijet i to 2008.-e godine. Prijevozna poduzeća u tom periodu bilježe višak kapaciteta koji izravno utječe na povećanje ukupnog troška poslovanja. Nakon 2015.-te godine, a prema podacima Državnog zavoda za statistiku, vidljiv je oporavak prijevoznog tržišta, te dolazi do povećane potražnje za prijevoznim uslugama u prijevozu robe (grafikon 1.) [4].

Upravo se u toj činjenici promjenjivih okolnosti na tržištu prijevoza skriva potreba za adekvatnim planiranjem i optimizacijom kapaciteta voznog parka.



Grafikon 1. Cestovni prijevoz robe u razdoblju od 2010. god - 2020. god.

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima DZS-a, www.dzs.hr, (Pristup, 05.03.2022.)

2.4. Upravljanje radom teretnih vozila

Visoka razina organizacijskih sposobnosti menadžmenta prijevoznog poduzeća, ali i svake druge organizacije, izravno utječe na poslovanje istoga. Kod prijevoznih poduzeća koja se bave prijevozom tereta, odnosno robe, iznimno je važno imati određenu količinu tereta koje treba prevesti, kako bi se unaprijed mogli planirati prijevozni procesi i potrebni kapaciteti.

Kada se govori o prijevoznim kapacitetima, odnosno o voznom parku, prijevozna poduzeća koja se bave prijevozom tereta, a u skladu s potrebama, imaju na raspolaganju različite mogućnosti organizacije prijevoza. Tako u svom portfelju raspolažu s kamionima,

kamionima s prikolicom i tegljačima s poluprikolicom. U najboljem slučaju bilo bi dobro imati jednak broj tegljača i poluprikolica, mada to u praksi nije slučaj, te se često može vidjeti da prijevozna poduzeća raspolažu s više različitih poluprikolica, (npr. otvorenih za prijevoz kontejnera i rasutih tereta i zatvorenih za prijevoz tereta na paletama) te manjim brojem tegljača. Razlog tome je u činjenici da prijevozna poduzeća u ovom slučaju nastoje održati stalnu zaposlenost prometnog osoblja i voznog parka, tako da u ovisnosti o potražnji vrše prijevoz onog tereta za koje u datom trenutku postoji najveća potražnja, te naravno u reduciranju troškova [5].

Osim organizacijskog dijela, koji je iznimno važan, kod upravljanja radom vozila odabir itinerara, kao i ukupna dopuštena masa i osovinsko opterećenje, predstavljaju vrlo važan čimbenik prilikom organizacije prijevoznih procesa. Itinerar, odnosno pravac kretanja prijevoznih sredstava od početne do završne točke prijevoza, može biti organiziran kroz nekoliko usvojenih modela kretanja prijevoznih sredstava i to:

- Ponavljajući,
- Radijalni,
- Prstenasti,
- Zbirni ili distributivni [6].

Isto tako na odabir modela kretanja prijevoznih sredstava utječe vrsta tereta koja se prevozi, te udaljenost i udaljenost početne i završne točke prijevoznog procesa.

Ponavljajući itinerer podrazumijeva prijevoz tereta odnosno robe u jednom smjeru, u oba smjera, te djelomično iskorištenje prijeđenog puta u jednom ili oba smjera. Odnosno, to je kretanje prijevoznog sredstva u kojem se pojedine vožnje tijekom procesa prijevoza ponavljaju istim itinererom između dviju točaka [6].

Kod radijalnog itinerera, radi se o zbroju nekoliko ponavljajućih itinerera s prijevozom u jednom smjeru koji se spajaju u jednu točku s nekoliko mjesta isporuke ili se teret otprema s jedne lokacije na veći broj lokacija [6].

Prstenasti itinerer, zbog specifičnosti kretanja prijevoznog sredstva u obliku zatvorenog prstena, predstavlja prijevoz tereta s nekoliko točaka ukrcaja i iskrcaja [6].

Za razliku od prstenastog itinerera, zbirni ili distributivni itinerer je koncept po kojem se tijekom prijevoznog procesa odnosno vožnje, teret postupno ukrcava ili iskrcava. Tako, ako se promatra vozilo koje obilazi određene lokacije u svom itinereru, određena vrsta robe se postupno smanjuje, a druga povećava (npr. distribucija plina u plinskim bocama na benzinskim postajama i prikupljanje praznih boca) [6].

Uzimajući u obzir troškove prijevoznih sredstava, fiksne i varijabilne, a u kontekstu odabira rute, odnosno početne i završne točke prijevoza, primjećuje se da varijabilni troškovi itekako utječu na odabir rute prijevoza. Varijabilni troškovi uključuju troškove poput potrošnje

goriva, troškove cestarina, troškove tunela i mostova, troškove pneumatika, troškove trajekta (ako se prijevoz vrši na otoke), carinske troškove i drugo. Trošak goriva prijevoznog sredstva se uvelike razlikuje da li se prijevozno sredstvo kreće autocestom kada imamo ujednačenu brzinu kretanja, po nizinskim područjima ili brdskim područjima. Sasvim je jasno da pri kretanju prijevoznog sredstva po brdskim područjima vozilo troši više goriva, za razliku od vožnje po nizinskim područjima. S obzirom na činjenicu da teretno vozilo, tegljač s poluprikolicom, troši okvirno 30 litara goriva na 100 km prijeđenog puta, onda ovaj čimbenik igra važnu ulogu pri odabiru rute kretanja [5].

Optimalno rješenje s naglaskom na troškove prijevoza, odnosno odabir optimalne rute kretanja prijevoznog sredstva, dobiva se točnom evidencijom i kalkulacijom svih troškova prijevoza na određenoj planiranoj ruti.

2.5. Upravljanje radnim vremenom mobilnih radnika (vozača)

Prema zakonu o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika (vozača), kao i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu, (Narodne novine 75/13, 36/15, 46/17) strogo su definirani uvjeti rada mobilnih radnika (vozača). "Isto tako zakon propisuje vremena vožnje, prekide vožnje i dokumentaciju, način, uvjete i postupak stjecanja dozvole za radionice, memorijske kartice i uvjete za njihovo izdavanje, postupke i provjere, službene evidencije, nadzor i inspekcije, odgovornost i prekršajne odredbe."

"Definirani su i određeni pojmovi kao što su [7]:

- Mjesto rada
 - Lokacija sjedišta poduzeća i njihovih podružnica za koju radi osoba koja obavlja mobilnu aktivnost cestovnog prijevoza,
 - Vozilo – koje mobilni radnici koristi pri obavljanju prijevoznih aktivnosti,
 - Sva ostala mjesta u kojima se obavljaju aktivnosti vezane uz prijevoz.
- Mobilni radnik - svaki radnik koji čini dio prijevoznog osoblja zaposlen u poduzeću koja obavlja cestovni prijevoz putnika ili tereta kao javni ili prijevoz za vlastite potrebe, uključujući vježbenike i naučnike glede odredaba koje se odnose na odmore mobilnih radnika.
- Nekomercijalni prijevoz – označava prijevoz koji se ne smije obavljati s namjerom ostvarivanja dobiti.
- Noćni rad – rad koji se obavlja tijekom noćnog vremena, odnosno rad koji se obavlja u razdoblju između 00:00 i 05:00 sati.
- Osoba koja obavlja mobilne aktivnosti u cestovnom prijevozu je mobilni radnik i samozaposleni vozač.
- Potvrda o aktivnostima vozača – potvrda koju izdaje pravna ili fizička osoba – obrtnik vozaču za razdoblje dok vozač nije upravljao vozilom (bolovanje,

godišnji odmor, ostali izostanci i dr.) ili je upravljao vozilom koje je izuzeto od primjene ovoga Zakona.

- Radno vrijeme – vrijeme od početka do završetka rada tijekom kojeg se mobilni radnik nalazi na svom radnom mjestu, na raspolaganju poslodavcu te obavlja svoje poslove.

U radno vrijeme se ubrajaju:

- Vrijeme provedeno u svim aktivnostima u cestovnom prijevozu, osobito: vožnja, utovar i istovar, pomoć putnicima pri ulasku i izlasku iz vozila, čišćenje i tehničko održavanje, svi ostali poslovi čija je svrha osiguravanje sigurnosti vozila, njegova tereta i putnika ili ispunjavanje zakonskih obveza koje su vezane uz vožnju koja je u tijeku, uključujući i nadzor utovara i istovara, administrativnih formalnosti s policijom, carinom, inspeksijskim službama i dr.
 - Vrijeme tijekom kojeg mobilni radnik ne može slobodno raspolagati svojim vremenom te treba biti na svom radnom mjestu, spreman poduzeti svoje uobičajene poslove, pri čemu su neki poslovi vezani uz dežurstva, posebno tijekom vremena čekanja na utovar ili istovar, kada vrijeme trajanja nije unaprijed poznato prije polaska ili prije početka trajanja dotičnog razdoblja.
 - U slučaju samozaposlenih vozača, na vrijeme od početka do kraja rada primjenjuje se ista definicija, tijekom kojega se samozaposleni vozač nalazi na svom radnom mjestu, na raspolaganju strankama i obavljajući svoje zadaće ili aktivnosti osim općih administrativnih poslova koji nisu izravno vezani uz određenu vožnju koja je u tijeku.
- Razdoblja raspoloživosti su razdoblja koja se isključuju iz radnog vremena, a znače:
 - Razdoblja tijekom kojih mobilni radnik ne mora ostati na svom radnom mjestu, ali mora biti na raspolaganju za sve pozive kako bi počeo ili nastavio voziti ili obavljati druge poslove, a koja ne uključuju razdoblja stanke i odmora. Razdoblja raspoloživosti uključuju posebno razdoblja tijekom kojih mobilni radnik prati vozilo koje se prevozi trajektom ili vlakom, te razdoblja čekanja na graničnim prijelazima ili zbog zabrane prometovanja.
 - Za mobilne radnike koji voze u timu, vrijeme koje provedu sjedeći pokraj vozača ili na ležaju dok je vozilo u kretanju.“

Uz sve navedene pojmove, istim zakonom propisano je i definirano dopušteno dnevno i tjedno vrijeme vožnje, kao i dnevni i tjedni odmori. Tako stoji da puno tjedno radno vrijeme mobilnih radnika iznosi 48 sati, a maksimalno se može produžiti na 60 sati tjedno i to samo ako prosjek od 48 sati nije prekoračen unutar zadnja četiri mjeseca. Isto tako, ako mobilni radnik obavlja i neke druge poslove za poslodavca, onda mu se zbrajaju sati provedeni na radu u ukupne sate.

Uz maksimalno dopušteno radno vrijeme zakon propisuje i obvezne stanke koje je nužno koristiti kako bi se zajamčila prije svega sigurnost, zdravlje i životi svih sudionika u prometu. Prema zakonu, mobilni radnik koji obavlja mobilnu aktivnost u cestovnom prijevozu mora najkasnije nakon isteka šest sati neprekidnog rada (npr. vožnje) imati stanku tijekom koje ne smije upravljati prijevoznim sredstvom (vozilom) ili obavljati neke druge poslove, te tu stanku mora koristiti isključivo za odmor. Minimalno trajanje stanke treba biti 30 min ako ukupni zbroj obavljenih radnih sati iznosi između šest i devet sati, a 45 min ako zbroj ukupnih radnih sati iznosi više od devet sati. Dozvoljeno je stanke podijeliti na više stanki u trajanju od minimalno 15 minuta.

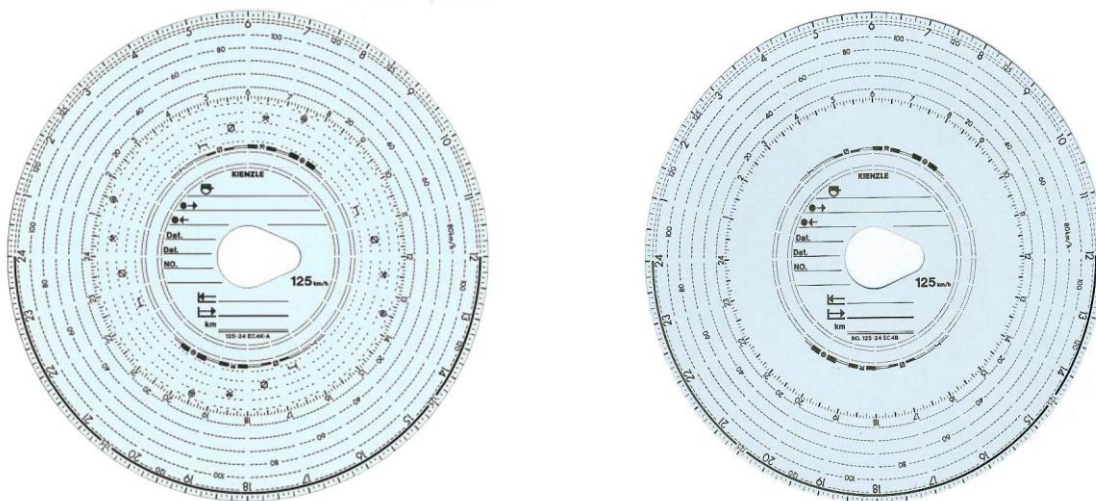
Kada radno vrijeme uključuje noćni rad, onda njihovo ukupno vrijeme unutar 24-satnog razdoblja ne smije biti dulje od 10 sati [7].

Ovim zakonom propisana je obveza vođenja evidencije radnog vremena mobilnih radnika koja se mora čuvati u minimalnom trajanju od tri godine, za što odgovaraju poslodavci, a svi podaci koji se tiču vremena vožnje, odmora i sl., bilježe se na uređaj tahograf.

U dosadašnjoj praksi postoje dvije vrste tahografa, a to su analogni i digitalni tahograf, koji bilježi sve potrebne podatke na papir ili karticu (u današnje vrijeme kartica se više koristi). Opremljenost tahografa, odnosno tahografskog uređaja, je takva da on mora imati pokazivač brzine kretanja prijevoznog sredstva, sat, pokazivač prijeđenog puta, pokazivač za odabir aktivnosti (vremenske grupe), te signale koji ukazuju na prekoračenje brzine i javljanje pogrešaka u radu samog sustava [8].

Analogni tahograf prikuplja podatke o aktivnostima vozača na tahografske papire (slika 2.). Vozač samostalno upisuje određene podatke na listićima (ime, prezime, početno i završno stanje kilometara, registracijsku oznaku vozila), dok središnji dio listića je onaj u koji tahograf u vozilu iscrtava (linijama različite debljine) aktivnosti na takvom listiću, sadrži iscrtane koncentrične kružnice, a i standarde simbole (krevetić, volan i ostalo).

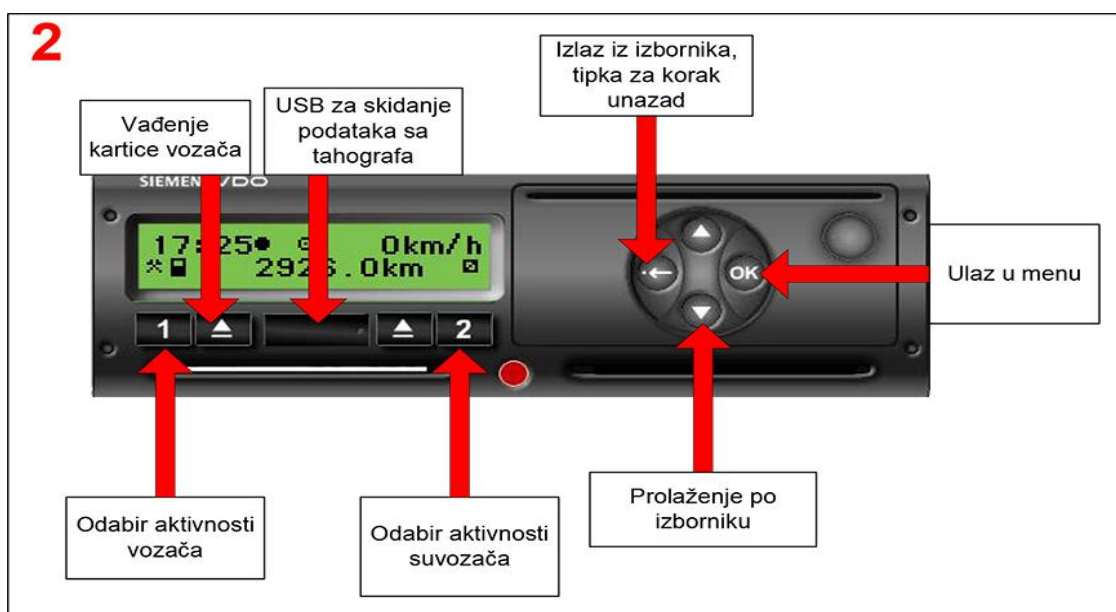
Za kvalitetniju automatiziranu obradu i očitavanje aktivnosti listića koriste se „elektronski“ tj. „digitalni“ listići koji su zapravo obični papirnati listići, ali ih prodavači tako zovu jer na središnjem dijelu listića, po kojem se iscrtavaju radne aktivnosti, nema smetnji. Oni se puno bolje ponašaju u postupku digitalizacije zabilježenih aktivnosti od klasičnih standardnih listića [8].



Slika 2. Klasični EC4K i EC4B listić za analogni tahograf

Izvor: <https://tahograf.com.hr/tahograf/tahograf/analogni-tahograf/> (Pristup, 04.03.2022.)

Prijevozna sredstva novije generacije imaju u sebi ugrađen digitalni tahograf (slika 3.) koji sve podatke o aktivnostima vozača (poput vožnje, odmora, spremnosti za rad i sl.) pohranjuje na digitalne certificirane kartice. Ovlašteni izdavač digitalnih kartica za vozače, poduzeća, radionice i nadzorna tijela u republici Hrvatskoj je licencirana Agencija za komercijalnu djelatnost.



Slika 3. Digitalni tahograf

Izvor: <https://mell.hr/tahografi/digitalni-tahograf/>, (Pristup, 04.03.2022.)

Uz sve navedene podatke digitalni tahograf može koristiti i druge parametre poput podataka o lokaciji, koji se mogu koristiti za daljnje analize. Ovakva vrsta tahografa ima mogućnosti korištenja u različitim načinima rada (mod rada), a sve u ovisnosti o vrsti kartice koja je umetnuta u njega. Trajanje kartice vozača (slika 4.) je ograničeno na rok od pet godina, nakon čega vozač mora izvaditi novu karticu. Isto tako u slučaju gubitka navedene kartice, vozač je obavezan tražiti novu zamjensku karticu [8].



Slika 4. Prednja i stražnja strana kartice vozača

Izvor: <https://www.pametni-tahograf.hr/hr/kartice-tahografa/kartica-vozaca>, (Pristup, 04.03.2022.)

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI KORIŠTENJA PRIJEVOZNIH USLUGA VANJSKIH PRIJEVOZNIKA

Prijevozna poduzeća, ali i mnoga druga poduzeća ili organizacije, kako bi održala konkurentsku prednost, održala i unaprijedila postojeće poslovanje, prisiljena su kontinuirano tražiti nove načine i mogućnosti optimizacije poslovnih aktivnosti. Upravo u tu svrhu i s ciljem reduciranja troškova i optimizacije poslovanja različita poduzeća koriste usluge vanjskih davatelja usluga, odnosno jedan dio posla eksternaliziraju (eng. outsourcing).

Eksternalizacija zahtijeva pomno planiranje i promišljanje uz provedbu brojnih analiza i aktivnosti u procesu izvođenja, te predstavlja opciju koja se donosi na strateškoj razini. Loša pripremljenost i nedostatak nužnih analiza za provedbu ovog načina poslovanja može imati negativne posljedice na poslovanje poduzeća [9].

3.1. Strukturirani pristup procesu angažiranja vanjskih prijevoznika

Prije svega ključan je strukturirani pristup procesu angažiranja vanjskih davatelja usluga, u konkretnom slučaju angažiranju vanjskih prijevoznika, proveden kroz različite faze na strateškoj razini odlučivanja. Stupanj ostvarenja ciljeva primjenom ovog načina poslovanja predstavlja uspjeh ili neuspjeh eksternalizacije dijela poslovanja [9].

Cijeli postupak donošenja odluke na strateškoj razini prijevoznog poduzeća proveden je kroz pet faza i to:

- Faza strateške analize,
- Faza izbora vanjskog prijevoznika,
- Faza pregovaranja i ugovaranja,
- Faza implementacije,
- Faza upravljanja odnosima [9].

3.1.1. Faza strateške analize

Prva faza započinje identifikacijom potrebe za donošenjem odluke na strateškoj razini prijevoznog poduzeća hoće li se određena aktivnost, odnosno dio aktivnosti prijevoza, eksternalizirati, odnosno hoće li će se i dalje cjelokupni posao obavljati interno. U tu svrhu nužno je formirati projektni tim ljudi koji će razmotriti korištenje usluga vanjskog prijevoznika. Isto tako, kao važan dio projektnog tima ljudi sugerira se angažiranje vanjskih konzultanata s

iskustvom u poslovima angažiranja vanjskih prijevoznika. Važna aktivnost u samom procesu angažiranja vanjskih prijevoznika je svakako planiranje, osobito ako se utvrdi da je primjena tog načina poslovanja korisna za poduzeće. Isto tako nužno je razmotriti i procijeniti rizike u ovoj početnoj fazi, kao i vjerojatnost ostvarivanja rizika zajedno sa njegovim posljedicama, negativnim ili pozitivnim.

Ključno je jasno i nedvosmisleno identificirati ciljeve koji se žele postići primjenom eksternalizacije dijela poslovanja, koji predstavljaju temelj za sve daljnje faze procesa izvođenja eksternalizacije usluga.

Sljedeće što treba razmotriti i utvrditi u fazi strateške analize su ključne kompetencije prijevoznog poduzeća. Sasvim je razumljivo da određeno prijevozno poduzeće ne raspolaže sa svim potrebnim kapacitetima za prijevoz i specijalnim vozilima namijenjenim prijevozu npr. opasnog tereta. U tom slučaju, a sukladno potrebama, prijevozno poduzeće treba izdvojiti i prepustiti prijevoz npr. opasnog tereta poduzećima koja su kompetentna za prijevoz takve vrste tereta.

Analiza svih postojećih i budućih troškova koja su povezana s primjenom angažiranja vanjskih prijevoznika, a koja uključuju i troškove traženja vanjskog davatelja usluga, pregovaranja i ugovaranja poslova, transfera aktivnosti, troškova nadzora i upravljanja ugovora i ostalih troškova, predstavljaju ukupne troškove eksternalizacije (eng. outsourcing) dijela poslovanja.

Za uspjeh cjelokupnog procesa ključno je identificirati da li se i kako angažman vanjskih prijevoznika uklapa u ukupnu strategiju poslovanja poduzeća [9].

3.1.2. Faza izbora vanjskog prijevoznika

Donošenjem odluke menadžmenta prijevoznog poduzeća o primjeni eksternalizacije dijela poslovanja, odnosno odluke o korištenju prijevoznih usluga vanjskog prijevoznika, a sve s ciljem unaprjeđenja i optimizacije poslovanja poduzeća, pristupa se odabira vanjskog prijevoznika. S obzirom na to da se radi o najvažnijoj aktivnosti u procesu, poduzeće identificira kriterije selekcije potencijalnih vanjskih prijevoznika, a prema definiranim zahtjevima poduzeća na početku procesa.

Sljedeći korak izbora vanjskog davatelja prijevoznih usluga je identifikacija potencijalnih poduzeća putem različitih pretraživanja baza na internetu, dostupnih baza podataka različitih financijskih institucija i sl. S obzirom na to da se radi o većim količinama podataka, iste je potrebno filtrirati i selektirati one koje najviše odgovaraju postavljenim zahtjevima. Uspostavljanjem inicijalnog kontakta prema potencijalnim kandidatima lista se

smanjuje, te se šalje poziv potencijalnim kandidatima za podnošenjem ponuda odabranim poduzećima.

Po zaprimanju ponuda, iste se evaluiraju i uspoređuju s drugim pristiglim ponudama, pri čemu je jedan od važnijih kriterija usporedivost cijena, odnosno uspoređuje se da li određena ponuđena cijena uključuje istu razinu usluge. Vrlo često se zna dogoditi da određena poduzeća ponude osnovni paket usluga po nižim cijenama, a zatim svaku dodatnu uslugu naplaćuju po znatno višim cijenama.

Sljedeći korak evaluacije pristiglih ponuda je izravna dubinska analiza svake ponude gdje se provjeravaju sve tvrdnje vanjskog prijevoznika, njegove kompetencije, mogućnosti vanjskog prijevoznika glede isporuka, cijena, kvalitete pružene usluge i sl. Nakon provedenih dubinskih provjera odabire se poduzeće koje će ostvarivati projekt primjene eksternalizacije dijela usluga. Izbor optimalnog vanjskog prijevoznika izravno utječe na uspjeh cijelog procesa [9].

3.1.3. Faza pregovaranja i ugovaranja

Odabirom vanjskog davatelja prijevoznih usluga pristupa se pregovaranju i ugovaranju na temelju prethodno definiranih priprema, odnosno strategije pregovaranja. U idealnoj situaciji, koja zahtijeva kompromis obiju pregovaračkih strana, a u skladu s pozitivnom praksom, pokušavaju se postići oni uvjeti prema kojima će obje strane biti zadovoljne (eng. win-win). Postignuti dogovor prema kojem su zadovoljne obje strane treba osobito promatrati u kontekstu dugoročne suradnje i kvalitetnog poslovnog odnosa između poduzeća koje eksternalizira dio posla i vanjskog davatelja prijevoznih usluga.

Popis uvjeta, kao temelj budućeg dogovora između dviju strana, stavlja fokus na glavna pitanja koja je potrebno raspraviti tijekom pregovaranja i koja će u kasnijoj fazi pregovora biti pretočena u budući ugovor o suradnji.

Uz općenite dijelove ugovora koji uključuju vrstu i razinu usluga, transfer zaposlenih i imovine, cijene, uvjete plaćanja, garancije, odgovornost, rješavanje sporova i uvjete raskida ugovora, povjerljivost podataka i sigurnost, svaki dobar ugovor sadrži ključne značajke poput:

- Preciznost – dobro sročeni ugovori rezultiraju reduciranjem budućih troškova i poboljšavaju razinu pružene usluge.
- Potpunost – umanjuje rizik od oportunitizma vanjskog davatelja prijevoznih usluga, te smanjuje vjerojatnost dodatnih pregovaranja koje rezultira dodatnim troškovima.
- Poticajnost – definiranjem određenih bonusa ili udjela u dobiti u slučajevima dostizanja i prelaženja definiranih ciljeva, pozitivno djeluje na cjelokupni odnos

između poduzeća i vanjskog prijevoznika, te ispunjenju osobnih i zajedničkih ciljeva.

- **Balansiranost** – zadovoljstvo obje strane nije moguće ako obje strane ne vide određene benefite poslovnog odnosa, te u takvim slučajevima ugovorni odnos ne traje dugo.
- **Fleksibilnost** – s obzirom na dinamiku tehnoloških promjena potrebno je ostaviti dovoljno prostora u ugovoru, određenim fleksibilnim klauzulama, koje bi mogle pomoći objema stranama u prilagodbi novonastalim uvjetima [9].

3.1.4. Faza implementacije

Implementacija je sljedeći korak koji obuhvaća određeno tranzicijsko razdoblje tijekom kojeg obje strane provode postupke prilagodbe na novonastalu situaciju, odnosno provode postupke prilagodbe na novi način poslovanja.

Definiranjem internih postupaka i protokola, uspostavom novih sučelja, radnih zadataka, rokova izvršenja radnih zadataka, evaluacijom raspoloživih resursa, kao i odgovornosti svake strane ponaosob, te osiguravanjem adekvatne komunikacije između strana, započinje proces implementacije.

Upravo je komunikacija između strana ključan čimbenik uspješnosti tranzicijske faze, osobito u kontekstu informiranja zaposlenika koji imaju svoje brige i određeni strah zbog mogućih krivih procjena neizvjesnosti budućeg vremena.

Postupkom eksternalizacije mogu biti obuhvaćeni zaposlenici i imovina, te u fazi implementacije može doći do određenih rizika prouzrokovanih upravo tim procesom. Sa stajališta zaposlenika može doći do određenog otpuštanja viška zaposlenika, premještanja na nova radna mjesta tijekom reorganizacije poslovanja i sl., dok sa stajališta imovine, odnosno mogućeg transfera materijalnih dobara rizici mogu obuhvaćati npr. situacije povezane s gubitkom materijalne imovine i dokumentacije, krivog premještanja imovine i sl.

U tom kontekstu, koordiniran pristup tranziciji imovine, kao i kriteriji prihvaćanja koji omogućava procjenu i odobravanje svih procesa, umanjit će ili u potpunosti neutralizirati potencijalne rizike [9].

3.1.5. Faza upravljanja odnosima

“Outsourcing odnos odražava uloge obje strane definirane ugovorom te pristup ostvarenju zajedničkih ciljeva. Primjenom outsourcinga između poduzeća i dobavljača stvara

se kompleksan, dugoročni poslovni odnos o kojem poduzeća znatno postaju ovisna. Poduzeća se zato moraju usmjeriti na ostvarenje dugoročnog cilja, a za uspjeh su potrebni zajednički napori [9].“

Uspješnost procesa angažiranja vanjskih prijevoznika, odnosno uspješnost odnosa između poduzeća koje eksternalizira dio ili cjelokupno poslovanje i vanjskog davatelja prijevoznih usluga, ističe važnost sljedećih čimbenika:

- Osnivanje vijeća za nadzor,
- Redovita komunikacija između obiju strana – efikasnost otklanjanja operativnih problema, te pronalaženje inovativnih rješenja,
- Kontinuirano izvještavanje i provođenje analiza,
- Sustav kontrole – usporedba stvarnog i očekivanog stanja,
- Revizija poslovanja – analiza kvalitete pružene usluge vanjskog davatelja prijevoznih usluga,
- Osiguranje samostalnosti djelovanja vanjskog davatelja usluga,
- Upravljanje sporovima- brzo rješavanje sporova temelj su dostizanja dugoročnih ciljeva.

Evaluacijom ispunjenja postavljenih ciljeva na početku procesa, poduzeće koje se odlučilo eksternalizirati dio ili cjelokupno poslovanje prije isteka ugovora odlučuje hoće li i po kojim uvjetima, s obzirom na tržišne promjene i potrebe poduzeća, nastaviti surađivati po istim uvjetima, promijeniti postojeći ugovor ili sklopiti novi ugovor s postojećim vanjskim davateljem usluga, tražiti novog davatelja usluga ili tražiti alternativna rješenja [9].

3.2. Prednosti korištenja prijevoznih usluga vanjskih prijevoznika

Pomno razmatrajući i promišljajući o donošenju odluke o korištenju prijevoznih usluga vanjskog prijevoznika, odnosno donošenju odluke o eksternalizaciji dijela ili cjelokupnog poslovanja, menadžment poduzeća u obzir uzima prednosti i nedostatke angažmana vanjskog davatelja usluga.

Neke od prednosti korištenja prijevoznih usluga vanjskog prijevoznika su:

- Orijentacija na temeljne sposobnosti,
- Reduciranje troškova i povećanje konkurentnosti,
- Korištenje naprednih tehnologija, optimizacija i unaprjeđenje poslovnih procesa,
- Povećanje kapaciteta za inovacije [10].

3.2.1. Orijentacija na temeljne sposobnosti

Eksternalizacija dijela ili cjelokupnog poslovanja vanjskom davatelju usluga omogućuje menadžmentu poduzeća koje svoje usluge eksternalizira orijentaciju na temeljne sposobnosti poduzeća (eng. Core Competencies), orijentaciju na temeljna strateška pitanja i zadatke, što za posljedicu ima rasterećenje razmišljanja o onim aktivnostima koje ne pridonose ili pridonose u manjem dijelu dodatnoj vrijednosti usluge.

Upravo iz prethodno navedenog, neizravno se povećava kvaliteta usluga zbog fokusiranja resursa (zaposlenici, obrazovanje, financijska sredstva i sl.) na poboljšavanje pružene temeljne usluge, poboljšavanje njenih dijelova, dizajna usluge i sl. Rezultat toga je veće zadovoljstvo krajnjeg korisnika, odnosno primatelja usluge, zbog veće ekspertize poduzeća koje pruža uslugu koja je eksternalizirana [10].

3.2.2. Reduciranje troškova i povećanje konkurentnosti

Kod reduciranja troškova i povećavanja konkurentnosti poduzeća na tržištu, navodi se nekoliko bitnih činjenica:

- **Reduciranje troškova radne snage** – eksternalizacijom dijela ili cjelokupnog poslovanja smanjuje se potreba za angažmanom dodatnih zaposlenika, odnosno troškova plaća dodatnih zaposlenika, davanja za mirovinsko/zdravstveno osiguranje, plaćanje poreza i prireza na plaće, bolovanja na teret poslodavca, zaštitne opreme, edukacija zaposlenika, različitih dozvola i sl.
- **Investicije u infrastrukturu** – kompletna investicija u vozni park poduzeća u ovom slučaju se izbjegava. Svi troškovi vezani uz vozni park poduzeća su neutralizirani, a to su kupnja različitih teretnih vozila, održavanje vozila, registracija i osiguranje vozila, trošak specijaliziranih informacijskih programa za određivanje optimalnih ruta dostave robe, obrazovanje zaposlenika, različite edukacije osposobljavanja zaposlenika za upravljanje programom i voznim parkom i sl.
- **Porezno rasterećenje** – ako se za eksternalizaciju poslovanja odabire poduzeće koje je smješteno u inozemstvu, odnosno u onim zemljama koje imaju nižu stopu poreza od domicilne države.
- **Bolji odgovor na dinamičnost promjena na tržištu** – eksternalizacijom poslovanja poduzeća i orijentacijom na temeljne sposobnosti, poduzeća imaju manji obujam prilagodbi upravo zbog manje aktivnosti. S obzirom na dinamičnost promjena na tržištu omogućen je brži rast poduzeća, upravo zbog

orijentacije na temeljne sposobnosti, kao i veća konkurentnost zbog nižih cijena koje specijalizirana poduzeća mogu ponuditi nego temeljni subjekt. Veća konkurentnost za rezultat može imati i brži izlazak na tržište upravo zbog eksternalizacije prijevoznih usluga vanjskom davatelju [10].

3.2.3. Korištenje naprednih tehnologija, optimizacija i unaprjeđenje poslovnih procesa

Primjenom eksternalizacije dijela ili cjelokupnog poslovanja, poduzeća koja koriste te usluge implementiraju najnovije tehnologije u proizvodnju usluga za koje bi morali izdvojiti znatna financijska sredstva ukoliko bi te usluge odnosno aktivnosti obavljali samostalno. Poduzeća koja pružaju usluge su orijentirani isključivo na te procese i imaju kontinuitet ulaganja sredstava i primjene najnovijih tehnologija, te najboljih svjetskih praksi u pružanju svojih usluga kako bi ostali konkurentni i efikasni na tržištu.

Poduzeća koja nisu usko specijalizirana za određene aktivnosti bi imala značajne financijske i vremenske gubitke na razvoj usko specijaliziranih usluga [10].

3.2.4. Povećanje kapaciteta za inovacije

S obzirom na usku međusobnu suradnju između poduzeća u ovom procesu svakako dolazi i do razmjene specifičnih znanja i vještina, pa tako poduzeće koje dio svojih usluga eksternalizira ima mogućnost upotrebljavanja specifičnih znanja pružatelja usluga kao nadopunu svojim znanjima i vještinama. U tom kontekstu povećan je pristup intelektualnom vlasništvu, iskustvu i znanju [10].

3.3. Nedostaci korištenja prijevoznih usluga vanjskih prijevoznika

Odlukom menadžmenta poduzeća o eksternalizaciji poslovanja, odnosno angažmanom vanjskog davatelja usluga, slijedi sveobuhvatan proces detaljnog planiranja i transfera poslovnih aktivnosti čiji učinci imaju dugotrajan efekt.

Kako bi se umanjili ili u potpunosti uklonili mogući negativni efekti angažmana vanjskog pružatelja prijevoznih usluga, potreban je sustavan pristup i priprema adekvatnih rješenja u slučajevima pojave neželjenih posljedica.

Mogući nedostaci korištenja prijevoznih usluga vanjskog prijevoznika [10]:

- Rizik smanjenja kvalitete usluga,
- Produktivnost,
- Promjena zaposlenika i kvaliteta pružatelja usluga,
- Sporije rješavanje problema i sigurnost podataka [11].

3.3.1. Rizik smanjenja kvalitete usluga

Postoji realna opasnost da zbog izdvajanja dijela ili cjelokupnog poslovanja vanjskom davatelju prijevoznih usluga, usluga postane manje kvalitetna zbog lošeg izvršavanja operativnih aktivnosti. Isto tako, izostanak izravne komunikacije s korisnicima i loše pripremljenosti vanjskog pružatelja usluga na specifičnosti pružanja usluge, nedostatak kapaciteta i sl. , može imati negativan efekt, te rezultirati smanjenom kvalitetom pružene usluge.

Alati koji mogu biti korisni i koji stoje poduzeću na raspolaganju kako bi umanjilo ili u potpunosti otklonilo rizik od smanjenja pružene kvalitete usluge su mogućnosti testiranja kvalitete usluge i jasno definirani i razumljivi kriteriji po kojima bi se provodila navedena testiranja. Prilikom provođenja testiranja važno je voditi računa o odabiru adekvatne tehnike mjerenja kvalitete poslovnih procesa, a s ciljem postizanja veće razine kvalitete usluga i poboljšavanja poslovnih procesa unutar poduzeća.

Pravovremenost i kontinuiranost provođenja aktivnosti mjerenja zadovoljstva korisnika, te nadasve nepristranost, temelj su postizanja zavidne razine pružene kvalitete usluga [10].

3.3.2. Produktivnost

Isključiva fokusiranost na reduciranje troškova sa sobom može donijeti i negativni učinak na stvarni radni učinak poduzeća. Osobito ako se radi o angažmanu onih poduzeća koja relativno malo plaćaju ili malo cijene radni učinak svojih zaposlenika s ciljem reduciranja troškova. Potrebno je napomenuti da je veća produktivnost rezultat primjene adekvatnih alata i metoda koje se upotrebljavaju u izvršavanju operativnih aktivnosti, a ne angažiranjem slabo plaćene radne snage.

S ciljem zadržavanja visoke produktivnosti i razine pružene usluge, a s obzirom na eksternalizaciju dijela ili cjelokupnog poslovanja, potrebno je prilagoditi i međusobno uskladiti sve procese i procedure [10].

3.3.3. Promjena zaposlenika i kvaliteta pružatelja usluga

Učestala fluktuacija zaposlenika vanjskog davatelja usluga može biti posljedica nedostatne kontrole nad zaposlenicima vanjskog davatelja usluga, te odnosa menadžmenta poduzeća prema ljudskim potencijalima vanjskog davatelja usluga, što može rezultirati odljevom kompetentnih zaposlenika sa specifičnim znanjima i vještinama.

U tom slučaju, deficit stručnog kadra umanjuje kvalitetu i kompetencije vanjskog davatelja usluga i za rezultat može imati pružanje niže razine kvalitete prema krajnjim korisnicima, kao i negativne posljedice u vidu mogućeg gubitka krajnjih korisnika za poduzeće koje je angažiralo vanjskog davatelja usluga [10].

3.3.4. Spriječe rješavanje problema i sigurnost podataka

S obzirom na to da je u proces pružanja prijevozne usluge, u slučajevima eksternalizacije poslovanja uključeno dodatno poduzeće, odnosno još jedna strana, u slučajevima pojavljivanja određenih problema proces rješavanja istih može biti dugotrajan.

Isto tako, digitalizacijom i informatizacijom procesa i razmjene podataka, postoji realna opasnost od narušavanja tajnosti podataka s obzirom na više aktera u procesu [11].

Ipak, unatoč potencijalnim rizicima angažmanom vanjskog davatelja usluga, ovaj vid suradnje između poduzeća unatrag desetak godina uzima sve više zamah. Ključno je odrediti na koji način primijeniti ovaj vid suradnje unutar poslovanja da bi poduzeće ostvarilo veću efikasnost s obzirom na sve predočene blagodati.

4. ODREĐIVANJE OPTIMALNE VELIČINE VOZNOG PARKA KOD DJELOMIČNOG OUTSOURCINGA TRANSPORTA

Primjenom prognostičkih metoda i modela na temelju povijesnih podataka, definiran je postupak određivanja optimalne veličine voznog parka prijevoznog poduzeća po kriteriju ukupnih minimalnih prijevoznih troškova. Postupak se temelji na matematičkim metodama koje su navedene u nastavku.

Definicija djelomičnog eksternaliziranja prijevoza podrazumijeva kombinirano korištenje vozila vlastitog voznog parka poduzeća i angažiranja vozila vanjskih prijevoznika.

Postupak određivanja optimalne veličine (broja vozila) voznog parka prijevoznog poduzeća sastoji se od sljedećih koraka:

- analiza povijesnih podataka o prijevojnoj potražnji,
- prognoziranje prijevozne potražnje u predstojećem razdoblju,
- definiranje funkcionalne povezanosti veličine (broja vozila) voznog parka i ukupnih prijevoznih troškova,
- određivanje optimalnog broja vozila po kriteriju minimalnih ukupnih prijevoznih troškova [12].

4.1. Potražnja za uslugama prijevoza i kapacitet voznog parka

S obzirom na današnje zahtjeve tržišta i ekspanziju informatičko komunikacijskih tehnologija, posljedično raste informiranost i očekivanja krajnjih korisnika odnosno kupaca. Porast internet trgovine, veći zahtjevi potrošača i brzina ulaska novih tehnologija na tržište čine opskrbe lance relevantnijima.

U skladu s tim raste potražnja za uslugama prijevoza. Kako bi poduzeća zadovoljila potrebe za prijevozom, a s obzirom na ograničeni kapacitet vlastitog voznog parka, odlučuju se na angažiranje vanjskih prijevoznika. Angažiranjem vanjskih prijevoznika poduzeća mogu djelomično ili potpuno eksternalizirati poslovanje [12].

Prema dostupnim podacima (grafikon 2.) djelatnosti u kojima su poduzeća djelomično ili potpuno eksternalizirala svoje poslovanje su prije svega transport i to tuzemni (domaći) transport, zatim usluge skladištenja, transport na međunarodnom tržištu i tako dalje.

Mnoga poduzeća su usko specijalizirana za određene djelatnosti, pa poduzećima koja angažiraju vanjske davatelje usluga ostvaruju mnoge uštede u poslovanju, prije svega u vremenu, oslobađaju im ionako ograničene financijske resurse, s obzirom na specijaliziranost

usluge koje pružaju su kvalitetnije, dijele se odgovornosti i potencijalni rizici u poslovanju, a ukupno gledajući osiguravaju poduzećima konkurentsku prednost na dinamičnom tržištu.

Niže su navedene najčešće korištene logističke usluge (grafikon 2.) prikazane postotnim udjelom u kojem poduzeća angažiraju vanjske davatelje usluga tako da djelomično ili potpuno eksternaliziraju pojedine logističke aktivnosti [13].



Grafikon 2. Eksternalizacija logističkih aktivnosti

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema: <https://www.inboundlogistics.com/cms/article/the-state-of-logistics-outsourcing/>, (Pristup, 08.03.2022.)

Polazi se od pretpostavke da se prijevozna potražnja mijenja s vremenom stoga je potrebno odrediti sljedeće:

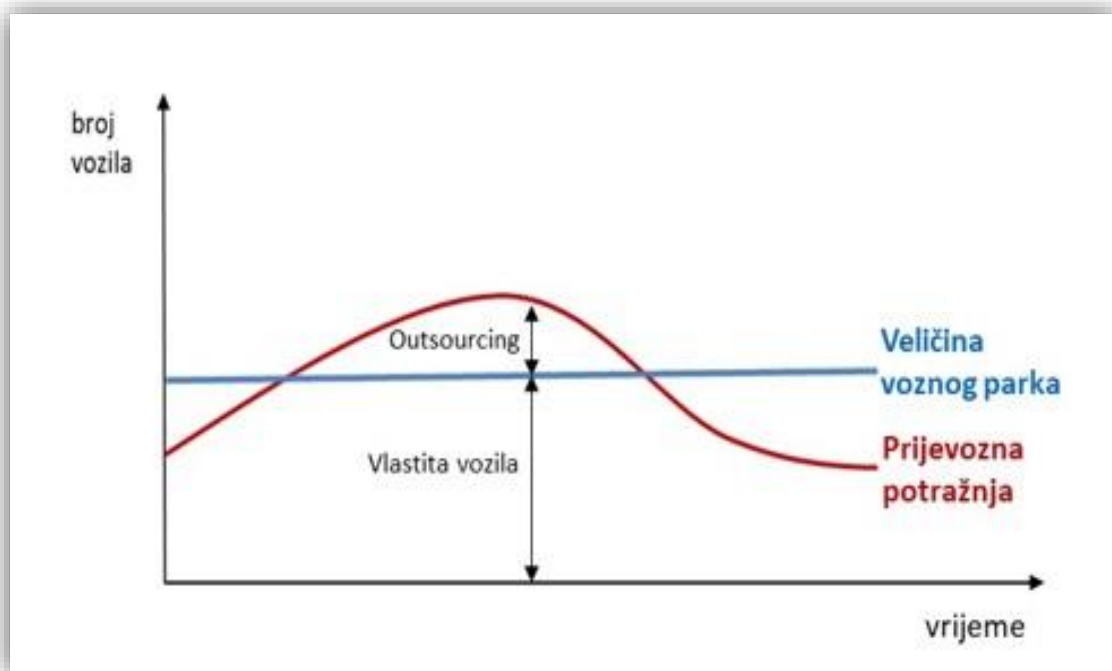
- Optimalnu veličinu (broj vozila) voznog parka, pazeći pritom da potražnja za prijevozom bude zadovoljena uz ukupne minimalne troškove prijevoza,
- Ukupne troškove prijevoza (fiksne i varijabilne) vlastitih vozila i troškove angažiranja vanjskog davatelja usluga (vanjskog prijevoznika).

Kako bi poduzeće zadovoljilo prijevoznu potražnju u određenom vremenskom periodu, ima na raspolaganju sljedeće načine (grafikon 3.) [12]:

- Vozila vlastitog voznog parka,
- Vozila vanjskog davatelja usluga,
- Kombiniranjem vlastitih vozila i vozila vanjskog davatelja usluga.

Poduzeće u tom kontekstu treba voditi računa o optimalnom iskorištenju vlastitog voznog parka. Adekvatnim planiranjem voznog parka, kada ukupna potražnja za prijevoznom uslugom ne prelazi ukupni broj vlastitih vozila poduzeće koristi vlastita vozila, a u periodima kada prijevozna potražnja prelazi ukupni broj vlastitih vozila istu zadovoljava angažiranjem dodatnih kapaciteta vanjskog davatelja prijevoznih usluga.

Problem s kojim se poduzeće susreće kod određivanja optimalnog sastava voznog parka je omjer između vlastitih vozila i vozila vanjskog davatelja usluga, te određivanje broja i kapaciteta vlastitih vozila [12].



Grafikon 3. Način zadovoljenja prijevozne potražnje

Izvor: [12]

Analiziranjem podataka prikazanih u prethodno navedenom grafikonu o načinima zadovoljenja prijevozne potražnje, primjećuje se da je veličina voznog parka poduzeća (plava krivulja) konstanta koja se u određenom vremenskom periodu ne mijenja. Za razliku od kapaciteta voznog parka, prijevozna potražnja (crvena krivulja) je zapravo stvarna potreba za prijevozom u nekom vremenskom periodu koja se mijenja.

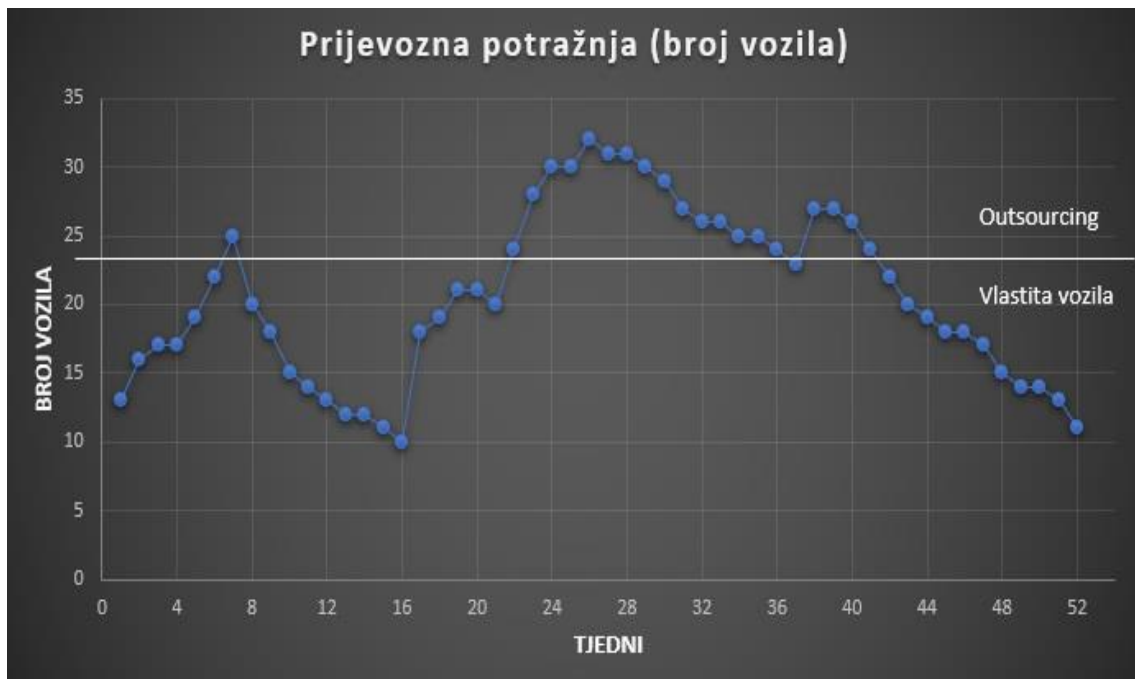
Može se primijetiti kako u određenim periodima poduzeće vlastitim voznim parkom zadovoljava zahtjeve prijevozne potražnje, odnosno dio vozila poduzeća nije optimalno iskorišten s obzirom na manju prijevoznu potražnju, za razliku od dijela perioda kada dolazi do povećane potražnje za uslugama prijevoza koje poduzeće ne može zadovoljiti kapacitetom vlastitog voznog parka. U tom slučaju poduzeće angažira vanjskog davatelja usluga kako bi zadovoljilo potrebe za povećanom prijevoznom potražnjom. Poduzeće razdoblja povećane potražnje može zadovoljiti većim brojem vozila u vlastitom voznom parku, međutim s obzirom na potražnju koja nije konstantna, dobar dio vozila bi određeni vremenski period ostao neiskorišten, te nepotrebno stvarao trošak poduzeću.

Ključno je odrediti optimalni sastav voznog parka, odnosno omjer vozila u vlasništvu poduzeća i vozila vanjskog davatelja usluga [12].

4.2. Prijevozni troškovi kao funkcija broja vlastitih vozila

Kako bi se odredila optimalna veličina voznog parka, odnosno optimalni broj vozila u vlasništvu poduzeća i optimalni broj vozila vanjskog davatelja usluga, nužno je matematički postaviti i definirati funkcionalnu povezanost ukupnih prijevoznih troškova i broja vlastitih vozila, polazeći pritom od sljedećih pretpostavki:

- U obzir se uzima vozni park sastavljen od vozila iste kategorije (homogeni vozni park) ili segment heterogenog voznog parka sastavljen od vozila iste kategorije,
- Prijevozna potražnja je promjenjiva unutar vremenskog perioda od godine dana, dok je kapacitet voznog parka konstanta,
- Prijevozna potražnja (grafikon 4.) iskazana je brojem potrebnih vozila u svakom periodu, na tjednoj bazi tijekom vremenskog perioda od godine dana, ukupno 52 tjedna,
- Prijevozna potražnja, kako je prethodno navedeno, zadovoljava se na način:
 - Vozilima vlastitog voznog parka, kada prijevozna potražnja ne prelazi ukupni broj vozila prijevoznog poduzeća,
 - Vozilima vanjskog davatelja usluga, kada prijevozna potražnja prelazi ukupni broj vozila prijevoznog poduzeća.
- Ukupni prijevozni troškovi sastoje se od:
 - Fiksni i varijabilni troškovi vozila vlastitog voznog parka prijevoznog poduzeća,
 - Troškova angažmana vanjskog davatelja prijevoznih usluga.
- Optimalna veličina voznog parka predstavlja onu veličinu voznog parka, kojom se prijevozna potražnja može zadovoljiti uz ukupne minimalne prijevozne troškove [12].



Grafikon 4. Prijevozna potražnja (broj vozila)

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema: [12]

Prema tome, a polazeći od prethodno navedenih pretpostavki, ukupni prijevozni troškovi kao funkcija broja vlastitih vozila mogu se izraziti matematičkim izrazom (1):

$$C(v) = CF * v * n + CV * \sum_{t=1}^n \min(v_t, v) + CO * \sum_{t:v_t > v} (v_t - v) \quad (1)$$

gdje je:

$C(v)$ = ukupni prijevozni trošak u promatranom razdoblju,

n = broj perioda promatranog razdoblja (npr., $n=52$ tjedna ili $n=12$ mjeseci),

v = broj vlastitih vozila,

v_t = broj vozila koji je potreban u promatranom periodu t (potražnja),

CF = jedinični fiksni trošak vlastitih vozila u periodu t ,

CV = jedinični varijabilni trošak vlastitih vozila u periodu t ,

CO = jedinični trošak eksternalizacije (eng. Outsourcing) u periodu t , ($CO > CF + CV$)

[14].

Ukupni prijevozni troškovi $C(v)$ (grafikon 5.) kao funkcija veličine, odnosno broja vozila voznog parka prijevoznog poduzeća prikazani su grafikonom 5.



Grafikon 5. Prijevozni troškovi kao funkcija broja vozila $C(v)$

Izvor: izradio i prilagodio autor prema [12]

Prema podacima iz prikazanog grafikona može se konstatirati da za veličinu voznog parka s optimalnim brojem vlastitih vozila ($v = v_{optimalno}$), ukupni prijevozni troškovi imaju svoj minimum $C(v)_{minimalno} = C(v_{optimalno})$, odnosno da prikazana funkcija $C(v)$ postiže svoj minimum za $v = v_{optimalno}$.

Također se može zaključiti da bi u slučajevima smanjenja ili povećanja broja vlastitih vozila u odnosu na $v_{optimalno}$ došlo do rasta ukupnih prijevoznih troškova [12].

Nadalje, funkcija $C(v)$ postiže svoj minimum za onu vrijednost v za koju je $C'(v) = 0$ (nužan uvjet ekstrema konveksne funkcije), te nakon deriviranja funkcije $C(v)$ po v dobiva matematički izraz (2):

$$\frac{dC(v)}{dv} = CF * n + CV * m - CO * m \quad (2)$$

gdje je:

m = parametar koji je jednak broju perioda t u kojima je potreban broj vozila (prijevozna potražnja) veći od broja vozila voznog parka ($v_t > v$) [12].

Parametar m

Deriviranjem sume u drugom članu izraza (1) dobivamo broj perioda t u kojima je $v_t > v$, kako je dano izrazima (3) i (4), što odgovara vrijednosti m . Deriviranjem sume u trećem članu izraza (1) također dobivamo broj perioda t u kojima je $v_t > v$ samo s negativnim predznakom, kako je dano izrazima (5) i (6), što odgovara vrijednosti $-m$ [12].

$$\frac{d}{dv} \sum_{t=1}^n \min(v_t, v) = m \quad (3)$$

jer je

$$\min(v_t, v) = \begin{cases} v, & v_t > v \\ v_t, & v_t < v \end{cases} \rightarrow \frac{d}{dv} \min(v_t, v) = \begin{cases} 1, & v_t > v \\ 0, & v_t < v \end{cases} \quad (4)$$

i

$$\frac{d}{dv} \sum_{t:v_t > v} (v_t - v) = -m \quad (5)$$

jer je

$$\frac{d}{dv} (v_t - v) = 0 - 1 = -1 \quad (6)$$

Iz navedenog proizlazi, da je optimalna veličina voznog parka, odnosno broj vlastitih vozila, jednak vrijednosti varijable v u kojoj funkcija $C(v)$ postiže minimum, što je ujedno i optimalan broj vlastitih vozila ($v_{optimalno}$), odnosno u kojoj je $C'(v) = 0$ [12].

Izjednačavanjem matematičkog izraza (2) s nulom dalje slijedi (7):

$$n \cdot CF + CV \cdot m - CO \cdot m = 0 \quad (7)$$

Sređivanjem matematičkog izraza (7) dobiva se (8), te proizlazi da je parametar m :

$$m = \frac{n \cdot CF}{CO - CV} \quad (8)$$

U m perioda prijevozna potražnja veća je od broja vlastitih vozila ($v_t > v$), te se nedostatak vlastitih vozila nadoknađuje angažiranjem vanjskih prijevoznika (eng. outsourcing), stoga je optimalan broj vlastitih vozila $v_{optimalno}$ jednak najmanjem broju vozila kojim se prijevozna potražnja može zadovoljiti u $n - m$ perioda.

Sortiranjem perioda t od kojih se sastoji promatrano razdoblje prema prijevoznoj potražnji, od najmanje do najveće, dobivamo $v_{optimalno}$ koji je jednak potražnji u $(n - m)$ -tom periodu tako sortiranog niza [12].

5. PROGNOZIRANJE PRIJEVOZNE POTRAŽNJE

Promatrajući kroz povijest primjene modela prognoze prijevozne potražnje može se primijetiti da je ona započela vrlo rano, odnosno početkom 20.-tog stoljeća, točnije u dvadesetim godinama 20.-tog stoljeća, da bi primjena modela prognoze potražnje na važnosti dobila sredinom 20.-tog stoljeća. Kod izrade prometnih studija ili prometnih planova, prognoza prijevozne potražnje, uz prometnu analizu i prijedloge rješenja, predstavlja jedan od glavnih čimbenika.

Općenito gledajući prognoziranje predstavlja proces predviđanja budućnosti, korištenjem znanstvenog pristupa prilikom procesa predviđanja, te predstavlja dio upravljanja logističkim sustavima.

Primjerice, prognoza potražnje u proizvodnji omogućuje poduzećima adekvatno i pravovremeno planiranje proizvodnih aktivnosti i potrebitih resursa (opreme, ljudi, repromaterijala, sirovina itd.). U trgovini je prognoza potražnje korisna za poduzeća kako bi planirala narudžbe, razinu zaliha, potrebe za prijevozom, kapacitete skladišta i sl. Prijevozna poduzeća svrhu prognoziranja potražnje vide u činjenici planiranja kapaciteta, odnosno veličine i strukture voznog parka.

Na temelju empirijskih podataka, koji su osnova za prognoziranje u određenom promatranom vremenskom periodu, ispravnim prognoziranjem poduzeća ostvaruju značajne uštede u poslovanju uz povećanje pružene kvalitete usluge prema krajnjim korisnicima [12].

5.1. Metode prognoze potražnje

Predviđanje predstavlja jedan od ključnih alata menadžmenta prijevoznog poduzeća. Prognoziranje prijevozne potražnje menadžmentu prijevoznog poduzeća služi kako bi pravovremeno i adekvatno mogla planirati kapacitet voznog parka (broj i vrstu vozila), pomaže u donošenju odluka vezanih za izlazak na nova tržišta, implementaciju novih tehnologija i sl.

Iako postoje različiti alati i metode prognoze potražnje, one se mogu svrstati u sljedeće osnovne skupine metoda:

- Kvalitativne/prosudbene,
 - Ekspertne skupine,
 - Delphi metoda.
- Uzročne,
- Vremenske,
 - Pomični prosjeci,
 - Eksponencijalno izgladivanje,

- Metode zasnovane na analizi trendova,
- Metode analize sezonskih podataka.
- Prognoze istraživanjem tržišta,
- Simulacijske [15].

5.1.1. Kvalitativne metode prognoze potražnje

Kvalitativne metode rezultat su osobne procjene i subjektivnih (iskustvenih) procjena zbivanja na tržištu. Poduzeća okupljaju različite stručnjake iz svojih područja koji pristupaju na sistematičan način aktivnostima prognoziranja.

Ovaj način prognoziranja primjenjiv je na onim tržištima kada se raspolože malom količinu empirijskih podataka. Kada poduzeće želi uvesti neku novu uslugu ili proizvod na tržište, prognoze potražnje se vode načinom usporedbe sa sličnim uslugama ili proizvodima koji se trenutno nalaze na tržištu. Prognoze se mogu izrađivati uvidom u krivulje koje opisuju prilagodbu proizvoda tržištu, što ujedno može biti pokazatelj budućih zbivanja na tržištu [15].

Ekspertne skupine

Ovaj se pristup se koristi za međusobnu komunikaciju i podjelu informacija temeljem kojih se radi prognoza. Ekspertne skupine se sastoje od stručnjaka kako bi se postigao konsenzus. Skupina je sastavljena od stručnjaka iz različitih funkcionalnih područja poduzeća ili angažiranjem vanjskih stručnjaka [15].

Delphi metoda

Delphi metoda predstavlja strukturiranu tehniku kojom se nastoji dobiti zajednički zaključak, bez okupljanja stručnjaka na istoj lokaciji. Ovaj vid metode koristi tehniku koja je osmišljena na način eliminacije utjecaja stručnjaka koji imaju značajniji utjecaj na stvaranje konačnog zaključka. Stručnjaci popunjavaju tipizirani upitnik, na temelju kojeg se prikupljaju informacije i njihovom obradom izrađuju zaključci.

Ponavljanje procesa se vrši sve dok se ne postigne zaključak [15].

5.1.2. Uzročne metode

Temelj ove vrste prognoza potražnje je povezivanje uzroka i posljedica. Primjerice potražnje za novcem povezana je s visinom kamata. Razina cijene uzrokuje i razinu potražnje [15].

5.1.3. Vremenske metode

Vremenske metode temelje se na pretpostavci da je analiza empirijskih podataka (npr. potražnja za prijevozom) tijekom određenog vremenskog perioda pokazatelj potražnje u budućnosti. Ova vrsta metode je pouzdana ako je raspoloživa dovoljna količina potrebnih podataka iz prošlosti i kad je tržište stabilno, bez velikih oscilacija. Vremenske metode koriste se u praksi vrlo često pri prognoziranju potražnje [15].

Najčešće korištene vremenske metode su:

- Metoda pomičnih prosjeka,
- Metoda eksponencijalnog izgladivanja,
- Metode zasnovane na analizi trendova,
- Metode analize sezonskih podataka [15].

5.1.3.1. Metoda pomičnih prosjeka

Kod metode pomičnih prosjeka svaka prognoza je prosjek određenog broja prethodnih točaka. Zbog smanjenja pogrešaka pri prognozi potražnje, ključno je odrediti, odnosno selektirati točke pomičnog prosjeka.

Metoda je primjenjiva u slučajevima:

- Stabilna potražnja,
- Ne postojanje trendova u potražnji,
- Ne postojanje periodičkih fluktuacija [15].

Izračun prognoze potražnje metodom pomičnih prosjeka vrši se putem matematičkog izraza (9):

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (9)$$

gdje je:

n – broj razdoblja za koje se računa pomični prosjek,

D_i – potražnja u razdoblju i .

Vrijednost parametra n ovisi o sljedećim elementima:

- 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) [15].

Odabirom velike vrijednosti parametra n , metoda pomičnih prosjeka pokazuje veliku inerciju, što znači da ako postoji određena vrijednost potražnje koja je vrijednosno značajno ispod ili iznad prosjeka, onda ona nema značajni utjecaj na ishod prognoze.

U slučaju odabira manje vrijednosti parametra n , suprotno prethodnom, 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 [15].

Modificirana metoda pomičnih prosjeka, metoda težinskih pomičnih prosjeka, svakom razdoblju u prošlosti dodjeljuje određeni težinski faktor, a računa se prema (10):

$$F_{t+1} = W_1 D_1 + W_2 D_2 + \dots + W_n D_{t-n+1} \quad (10)$$

gdje je,

F_{t+1} – prognoza potražnje za sljedeće razdoblje,

W – težinski koeficijent,

D – iznos potražnje u proteklom razdoblju [15].

5.1.3.2. Metoda eksponencijalnog izgladivanja

Prognoza se temelji na težinskom prosjeku prethodne prognoze i posljednje točke potražnje, te je tako vrlo slična metodi pomičnih prosjeka. U obzir uzima težinski prosjek svih točaka, s razlikom da veći značaj dobivaju posljednje točke [15].

Za izračun prognoze potražnje putem metode eksponencijalnog izgladivanja potrebno je sljedeće:

- Prognoza iz prethodnog razdoblja,
- Potražnja iz prethodnog razdoblja,
- Koeficijent izgladivanja α , $0 \leq \alpha \leq 1$.

Matematički izraz za izračun prognoze potražnje putem eksponencijalnog izgladivanja je sljedeći (11):

$$F_{t+1} = \alpha * D_t + (1 - \alpha) * F_t \quad (11)$$

Ili

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t) \quad (12)$$

Promjenom vrijednosti parametra α odražava se na vrijednost potražnje u prethodnom razdoblju. Pritom, davanjem veće vrijednosti parametru α , naglašava se veći utjecaj zadnjih razdoblja potražnje, pa je rezultat prognoze nestabilniji. Dok kod manje vrijednosti parametra α , zadnja razdoblja potražnje se tretiraju uniformnije, stoga su rezultati prognoze stabilniji. Ova metoda je jednostavna i zahtjeva minimalnu količinu podataka [15].

5.1.3.3. Metode zasnovane na analizi trendova

Najpoznatije metode za prognozu potražnje u slučajevima postojanja trenda, rasta ili pada, su:

- metoda regresijske analize,
- Holtova metoda [15].

Holtova metoda uključuje utjecaj trenda u određenom razdoblju, a uključuje dvije komponente, i to:

- Eksponencijalno izgladena komponenta (E_t) – konstanta izgladivanja, $0 < w < 1$,
 - Teži prema 0 – daje veći značaj podacima iz daljih razdoblja promatranja,
 - Teži prema 1 - daje veći značaj podacima iz bližih razdoblja promatranja.

- Komponenta trenda (T_t) – konstanta izgladivanja, $0 < v < 1$,
 - Teži prema 0 – daje veći značaj prošlom trendu,
 - Teži prema 1 - daje veći značaj sadašnjem trendu [15].

Pristupajući izračunu, potrebno je prije svega odrediti vrijednost konstanti w i v u vrijednostima između 0 i 1. Potom se računaju komponente E_t i T_t , a prema zadanim podacima Y_t , i to počevši od razdoblja 2, kako slijedi:

$$E_2 = Y_2; T_2 = Y_2 - Y_1 \quad (13)$$

$$E_3 = wY_3 + (1 - w)(E_2 + T_2) \quad (14)$$

$$T_3 = v(E_3 - E_2) + (1 - v)_2 T_2 \quad (15)$$

$$E_t = wY_t + (1 - w)(E_{t-1} + T_{t-1}) \quad (16)$$

$$T_t = v(E_t - E_{t-1}) + (1 - v)_2 T_{t-1} \quad (17)$$

Nakon provedenih izračuna komponentata E_t i T_t za svaku vrijednost Y_t korištenjem prethodno navedenih matematičkih izraza, izračunava se vrijednost prognoze za sljedeće razdoblje pomoću matematičkog izraza (18):

$$F_{t+1} = E_t - T_t \quad (18)$$

te k -korak prognoze pomoću matematičkog izraza (20):

$$F_{t+k} = E_t - kT_t \quad (20)$$

5.1.3.4. Metode analize sezonskih podataka

Najpoznatije metode analize sezonskih podataka su sezonska dekompozicija i Wintersova metoda.

Metoda dekompozicije uklanja uzorak sezonalnosti iz podataka i primjenjuje neku od prije spomenutih metoda, dok Wintersova metoda je verzija eksponencijalnog izgladivanja koja uzima u obzir trendove i sezonalnost [16].

5.1.3.4.1. Metoda dekompozicije

Metoda dekompozicije počiva na pretpostavci da se procijenjena stopa trenda i sezonalnost (ponavljajući prosječni sezonalni faktor) tijekom određenog vremenskog perioda ne mijenjaju. Na temelju toga, iste vrijednosti koje su određene temeljem empirijskih podataka mogu koristiti pri prognoziranju potražnje budućeg vremenskog niza [12].

Pri određivanju prognoze potražnje za sljedeće periode sezone, nužno je odrediti sljedeće:

- Procijeniti periodičnosti i provesti linearnu regresiju na vremenskom nizu koji nije sezonski (desezonalizirani niz), kako bi se odredila izgladena vrijednost vremenskog niza u nultom periodu L , te stopa trenda T .
- Procijeniti sezonalne faktore S_t po periodima i prosječne sezonalne faktore \bar{S}_t (na temelju empirijskih podataka i desezonaliziranih vrijednosti vremenskog niza), te izračunati prognozu za sljedeću sezonu [12].

Periodičnost p je broj perioda nakon kojih se vrijednosti vremenskog niza ponavljaju, odnosno broj perioda od kojih se sastoji jedna sezona (npr. jedna godina se sastoji od četiri kvartala, pri čemu se vrijednosti kvartala prve godine ponavljaju u sljedećim godinama).

Desezonalizirani vremenski niz čine vrijednosti perioda iz kojih je isključena komponenta sezonalnosti, tj. vremenski niz vrijednosti kakve bi bile bez utjecaja sezonalnih kolebanja.

Sezonalni faktor S_t perioda t jednak je omjeru između stvarne vrijednosti vremenskog niza y_t u periodu t i njezine desezonalizirane vrijednosti \bar{y}_t [12].

Određivanje desezonaliziranih vrijednosti vremenskog niza i parametara regresijskog pravca (L, T)

Desezonalizirana vrijednost vremenskog niza \bar{y}_t u periodu t izračunava se kao centrirani pomični prosjek p uzastopnih perioda. Ako je periodičnost p parna (sezona se sastoji od parnog broja perioda), desezonalizirana vrijednost vremenskog niza \bar{y}_t u periodu t izračunava se prema matematičkom izrazu (20):

$$\bar{y}_t = \frac{1}{2p} \cdot \left(y_{t-\frac{p}{2}} + y_{t+\frac{p}{2}} + 2 \cdot \sum_{i=t+1-\frac{p}{2}}^{t-1+\frac{p}{2}} y_i \right) \quad (20)$$

Ako je periodičnost p neparna (sezona se sastoji od neparnog broja perioda), desezonalizirana vrijednost vremenskog niza u periodu t izračunava se prema matematičkom izrazu (21):

$$\bar{y}_t = \frac{1}{p} \cdot \sum_{i=t-\frac{p-1}{2}}^{t+\frac{p-1}{2}} y_i \quad (21)$$

Desezonalizirani vremenski niz može rasti ili padati po konstantnoj stopi T (linearna povezanosti između vrijednosti perioda i vremena), te se može opisati jednadžbom *regresijskog pravca* (L je odsječak na osi y odnosno vrijednost u nultom periodu, a T je koeficijent regresije), kako je prikazano matematičkim izrazom (22):

$$\bar{y}_t = L + T \cdot t \quad (22)$$

Provedbom linearne regresije na desezonaliziranom vremenskom nizu dobivaju se vrijednosti parametara L i T , te se njihovim uvrštavanjem u gornju jednadžbu dobivaju desezonalizirane vrijednosti za cijeli vremenski niz [12].

Određivanje sezonalnih faktora S_t i prosječnih sezonalnih faktora \bar{S}_t , te prognoziranje vrijednosti perioda sljedeće sezone

Sezonalni faktor S_t perioda t jednak je omjeru između stvarne vrijednosti vremenskog niza y_t u periodu t i njezine desezonalizirane vrijednosti \bar{y}_t , kako je prikazano matematičkim izrazom (23):

$$S_t = \frac{y_t}{\bar{y}_t} \quad (23)$$

S obzirom na periodičnost p , određuju se prosječni sezonalni faktori \bar{S}_t perioda čija se vrijednost ponavlja u čitavom vremenskom nizu, prema matematičkom izrazu (24):

$$\bar{S}_t = (S_t + S_{t+p} + S_{t+2p} + \dots + S_{t+r \cdot p}) \cdot \frac{1}{r}; \quad r = \frac{\text{ukupni broj perioda}}{p} \quad (24)$$

Prognoza za periode sljedeće sezone $n+1$ do $n+p$ (n je zadnji period za koji postoje povijesni podaci) određuje se temeljem ponavljajućih prosječnih sezonalnih faktora, prema rekurzivnoj formulaciji (25), (26):

$$F_{n+1} = (L + (n + 1) \cdot T) \cdot \bar{S}_{n+1} \quad (25)$$

i

$$F_{n+p} = (L + (n + p) \cdot T) \cdot \bar{S}_{n+p} \quad (26)$$

5.1.3.4.2. Wintersova metoda

Wintersova metoda prilikom izračuna u obzir uzima tri komponente i to tako da svakoj komponenti daje određenu težinu. Komponente koje uzima u obzir su:

- Razina L_t ,
- Trend T_t ,
- Sezonalnost S_t [17].

Izračun razine L_t vrši se prema matematičkom izrazu (27):

$$L_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-p}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (27)$$

Izračun trenda T_t vrši se prema matematičkom izrazu (28):

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (28)$$

Izračun sezonalnosti S_t vrši se prema matematičkom izrazu (29):

$$S_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-p} \quad (29)$$

Prognoza se računa prema matematičkom izrazu (30):

$$F_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p} \quad (30)$$

gdje je:

- α – težinski koeficijent za razinu,
- β – težinski koeficijent za trend,
- γ – težinski koeficijent za sezonalnost,
- p – razdoblje sezonalnosti (npr. kvartalno $p=4$, mjesečno $p=12$), [17].

5.1.4. Prognoze istraživanjem tržišta

Kvalitativne studije ponašanja i djelovanja potrošača posebno je značajna u postupku uvođenja novih proizvoda na tržište. Postoje dvije varijante putem kojih se provodi istraživanje tržišta i to:

- Ciljanoj grupa potrošača daje se na testiranja određen proizvod ili grupa proizvoda; rezultati se analiziraju i temeljem njih se izrađuje prognoza potražnje.
- Anketni upitnici gdje se podaci dobivaju od potencijalnih kupaca, najčešće kroz intervjue, telefonske upitnike ili pismene upitnike [15].

5.1.5. Simulacijske metode

Simulacijska metoda koristi kombinaciju uzročnih i vremenskih metoda s ciljem oponašanja potrošačkih navika u različitim uvjetima.

Ova se metoda može koristiti pri simulaciji različitih situacija, npr. projekcija dobiti u slučaju sniženja cijene, ili tržišnog udjela u slučaju jačanja konkurencije i sl. [15].

5.2. Osnovne šablone prognoze potražnje

Metode prognoze potražnje izrazito ovise o šablonama potražnje. Šablone potražnje predstavljaju načine na koje se stvarna potražnja realizira, a te šablone potražnje se bilježe temeljem analitike, odnosno temeljem analize stvarnih podataka o potražnji iz određenog vremenskog intervala [15].

Potrebno je istaknuti kako je šablona potražnje odraz tipa proizvoda ili usluge, svojstava proizvoda ili usluge, životnog vijeka na tržištu, roka trajanja, sezonskih oscilacija, stanja tržišta, utjecaja konkurencije i sl. Iz tog proizlazi da se kroz šablonu može reflektirati dio elemenata koji utječu na samu potražnju, a onda se kroz šablonu potražnje može prepoznati koja je prikladna metoda prognoze potražnje koja se može primijeniti na određeni tip proizvoda ili usluge [15].

Nekoliko je osnovnih šablona potražnje [15]:

- Horizontalna šablona potražnje,
- Trendovska šablona potražnje,
- Sezonska šablona potražnje,
- Ciklička šablona potražnje,
- Nasumična prognoza potražnje.

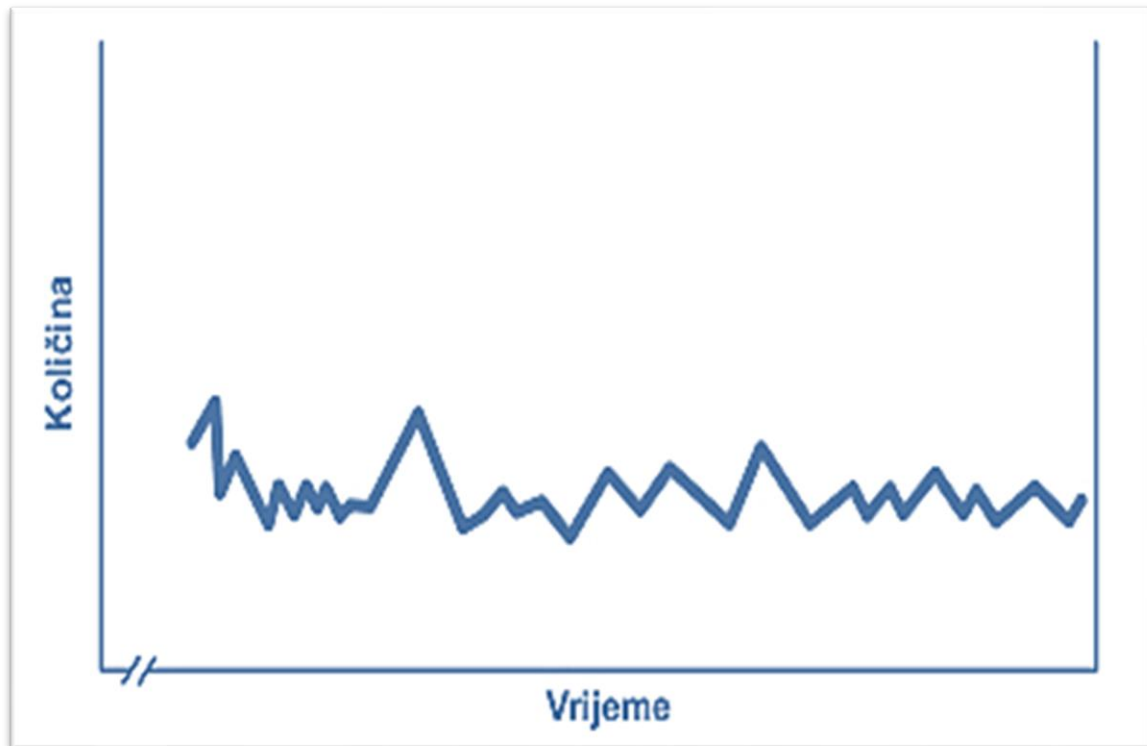
5.2.1. Horizontalna šablona potražnje

Horizontalna šablona potražnje (grafikon 6.) je ona koja vrijedi za tip proizvoda ili usluge gdje ne postoje velike oscilacije u potražnji.

Prema prikazanom može se razlučiti da se radi o ujednačenoj potražnji tijekom nekog vremenskog perioda, odnosno kada bi se povukao prosjek u određenom vremenskom

intervalu primijetilo bi se da se potražnja vrti oko jedne horizontalne crte, te da nema trendova (silaznih ili uzlaznih), da ne postoje izražene sezonske oscilacije, nego se potražnja kreće u određenom dopuštenom odstupanju (5-10%).

Drugim riječima, može se utvrditi da se kod horizontalne šablone potražnje radi o konstantnoj potražnji, odnosno ta potražnja ima određene oscilacije, međutim te oscilacije nisu značajne, nisu sezonske i da nemaju trend (silazni ili uzlazni) [15].



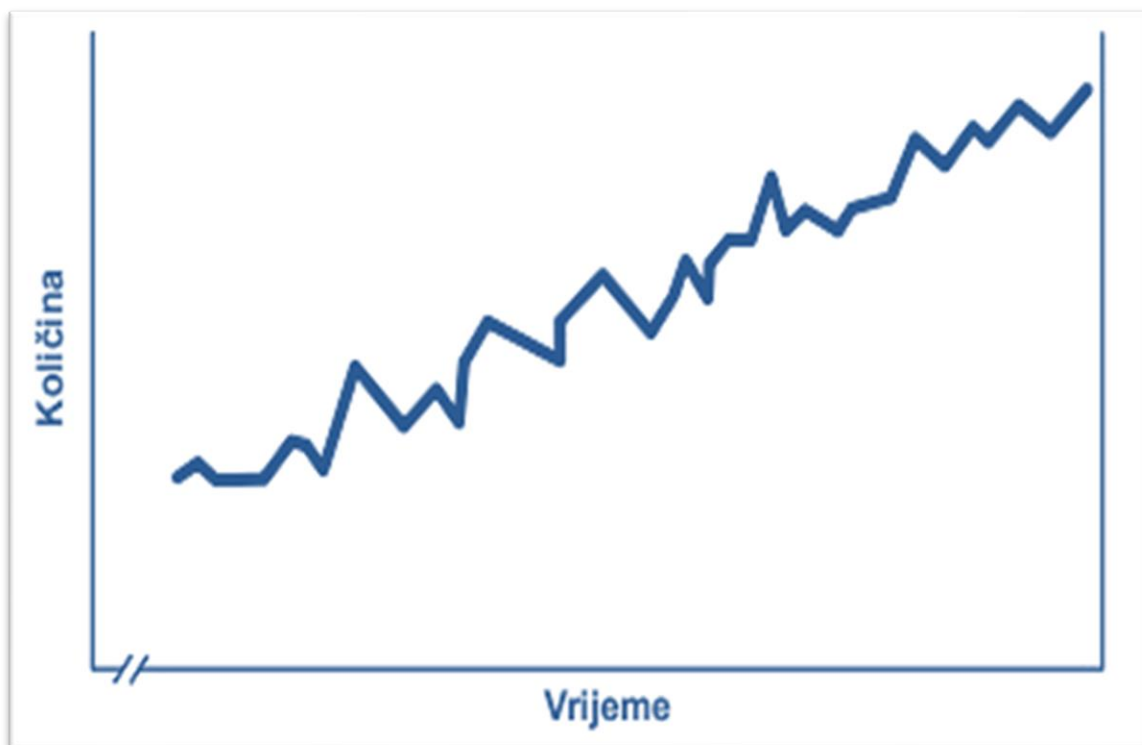
Grafikon 6. Horizontalna šablona potražnje

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema [15]

5.2.2. Trendovska šablona potražnje

Za razliku od horizontalne šablone potražnje (grafikon 7.) gdje se vrijednosti potražnje može odrediti prosjekom oko neke referentne vrijednosti, u ovom slučaju postoji određeni trend (silazni ili uzlazni).

Isto se može primijetiti da potražnja nije konstantna, nego ona oscilira oko neke vrijednosti, međutim može se primijetiti da se vrijednost potražnje s vremenom povećava što ukazuje na postojanje trenda povećanja ukupne potražnje [15].



Grafikon 7. Trendovska šablona potražnje

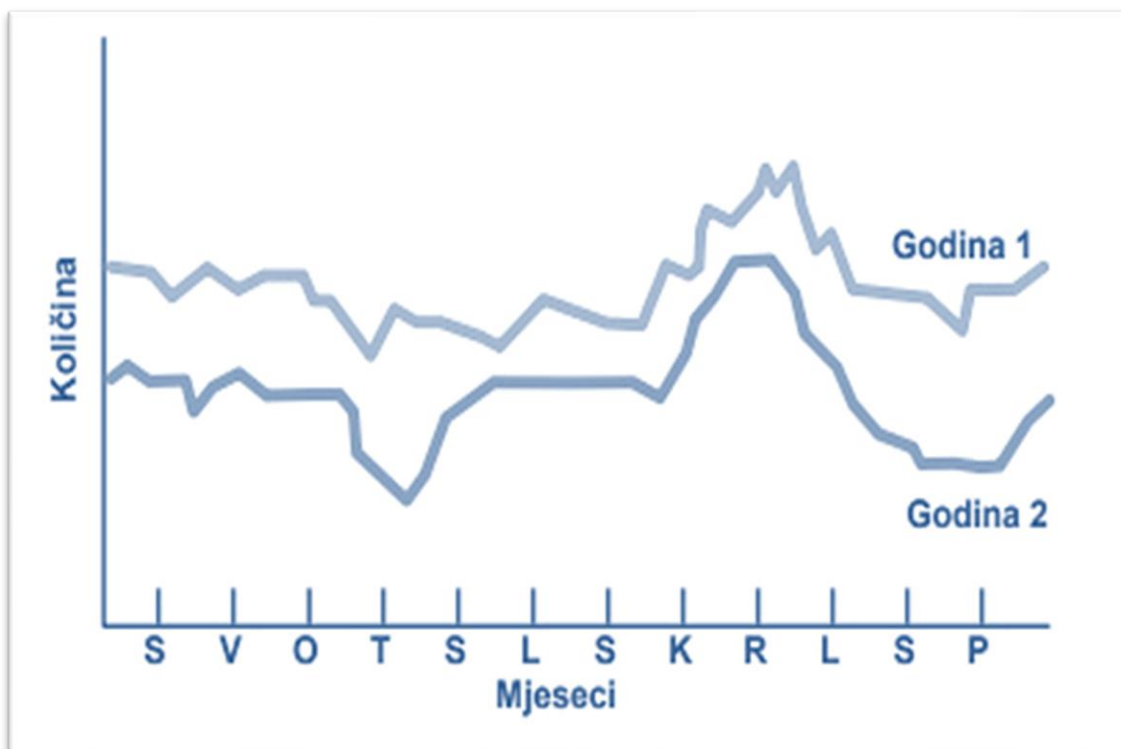
Izvor: Izradio i prilagodio autor prema [15]

5.2.3. Sezonska šablona potražnje

Sezonska šablona potražnje (grafikon 8.) predstavlja šablonu potražnje koja se promatra tijekom dužeg vremenskog perioda (npr. godina dana) i dijeli se na određene periode (npr. mjeseci, kvartale).

Ono što je karakteristično za ovaj tip šablone potražnje je to da je ona većim dijelom karakteristična za horizontalnu potražnju, i da potražnja u nekom razdoblju godine (npr. ljetni mjeseci) ima rast potražnje, nakon čega se opet vraća na horizontalni tip potražnje.

Kako bi u potpunosti otklonili sve nedoumice o kojem tipu šablone potražnje se radi, nužno je kretanje potražnje usporediti kroz nekoliko godina, koja će pokazati slične vrijednosti potražnje u istim vremenskim periodima, te tako utvrditi da se zaista radi o sezonskoj šabloni potražnje [15].



Grafikon 8. Sezonska šablona potražnje

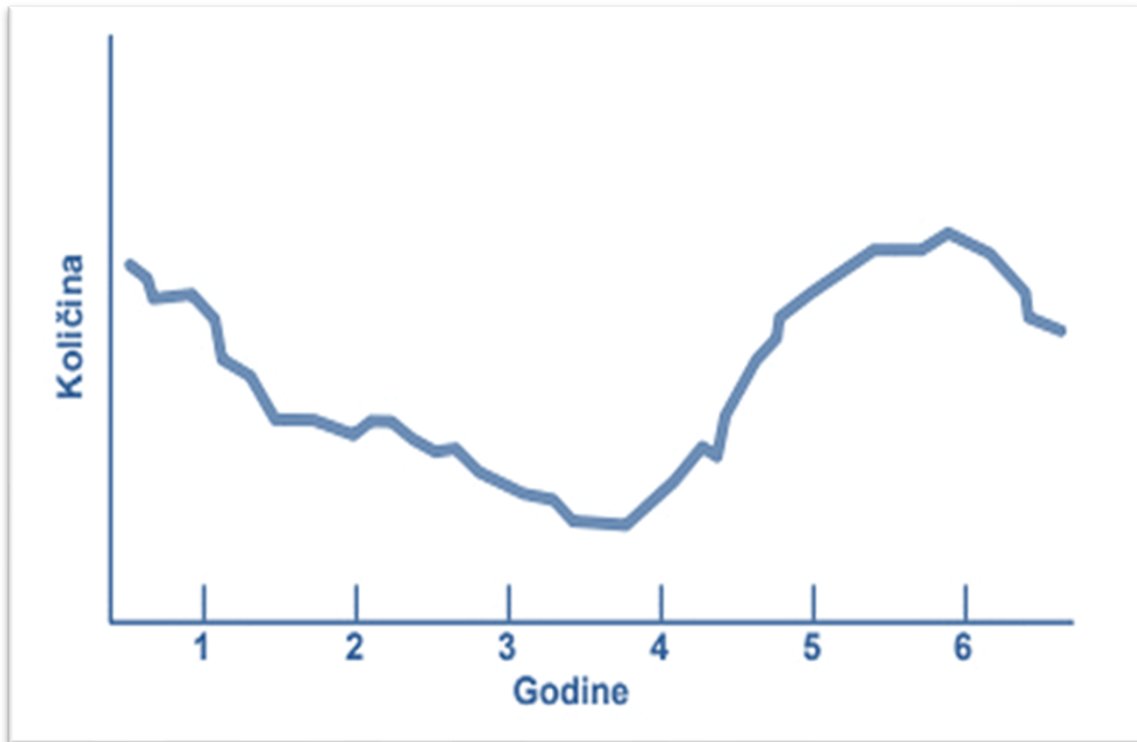
Izvor: Izradio i prilagodio autor prema [15]

5.2.4. Ciklička šablona potražnje

Ciklička prognoza potražnje (grafikon 9.) također ima određene pravilne cikluse ponavljanja. Iz prikazanog je vidljivo da kroz određeno vremensko razdoblje može biti pad potražnje, pa zatim porast potražnje, zatim opet pad potražnje, pa porast potražnje itd., odnosno primjetno je ponavljanje kroz određeni vremenski interval.

Taj vremenski interval može biti godišnji, odnosno nekoliko godina može biti izražen pad potražnje, zatim nekoliko godina porast potražnje itd., ili može biti kvartalni pa imamo jedan kvartal pad potražnje, zatim porast potražnje itd.

Ciklička šablona potražnje vezana je za dugoročnije vremenske intervale, nema naglih oscilacija kao kod sezonske šablone potražnje, nego se radi o cikličkom ponavljanju trendova potražnje u određenom vremenskom razdoblju [15].



Grafikon 9. Ciklička šablona potražnje

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema [15]

5.3. Pokazatelji točnosti prognoze potražnje

Točnost metoda prognoziranja mjeri se kvantificiranjem prognostičke pogreške, najčešće primjenom sljedećih pokazatelja točnosti prognoze [15]:

Srednja pogreška, ME (eng. Mean Error) izračunava se prema izrazu (31):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (31)$$

Srednja apsolutna pogreška, MAE (eng. Mean Absolute Error) izračunava se prema izrazu (32):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (32)$$

Srednja kvadratna pogreška, MSE (eng. Mean Squared Error) izračunava se prema izrazu (33):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (33)$$

Srednja postotna pogreška, MPE (engl. Mean Percentage Error) izračunava se prema izrazu (34)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{Y_t} \quad (34)$$

Srednja apsolutna postotna pogreška, MAPE (engl. Mean Absolute Percentage Error) izračunava se prema izrazu (35):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t} \quad (35)$$

6. STUDIJA SLUČAJA: ODREĐIVANJE OPTIMALNOG BROJA VLASTITIH VOZILA ŠPEDITERSKOG PODUZEĆA

Postupak određivanja optimalne veličine voznog parka prijevoznog poduzeća, primijenjen je u studiji slučaja 3PL operatera (eng. Third Party Logistics) koji pruža svoje usluge na domaćem i inozemnom tržištu. Zbog povjerljivosti podataka, prijevozno poduzeće nije navedeno, a u radu su korišteni orijentacijski podaci, na temelju stvarnih podataka iz promatranog poduzeća.

Za potrebe rada razmotren je jedan segment heterogenog voznog parka prijevoznog poduzeća i to teretno vozilo kamion najveće dopuštene mase (7.500 kg), nosivosti do (2.800 kg), 15 euro paleta, koje je najzastupljenija kategorija voznog parka poduzeća, kao i potrebe za prijevozom na domaćem tržištu.

Iskustvenom metodom, prijevozno poduzeće veličinu voznog parka razmatra početkom godine i to tako da se potreban broj vlastitih vozila voznog parka odredi procjenom na temelju prosjeka prometa iz prethodne godine (potreba za vozilima) uz korekciju trenda u prethodne tri godine.

Empirijski podaci i procjena poduzeća o potrebnom broju vozila

Na temelju empirijskih podataka o stvarnim potrebama prijevoznog poduzeća, odnosno o potrebnom broju vozila sukladno prijeveznoj potražnji u razdoblju 2019., 2020., i 2021. godini (tablica 2.) prikazan je broj potrebnih vozila u pojedinom mjesecu.

Tablica 2. Prijevezna potražnja u 2019., 2020., i 2021. godini

| Mjesec | Potražnja (broj vozila) | | |
|--------|-------------------------|------|------|
| | 2019 | 2020 | 2021 |
| 1 | 22 | 32 | 24 |
| 2 | 24 | 25 | 26 |
| 3 | 29 | 29 | 29 |
| 4 | 31 | 33 | 34 |
| 5 | 34 | 36 | 37 |
| 6 | 39 | 43 | 42 |
| 7 | 43 | 46 | 47 |
| 8 | 45 | 49 | 51 |
| 9 | 45 | 51 | 54 |
| 10 | 40 | 43 | 40 |
| 11 | 31 | 32 | 33 |
| 12 | 35 | 34 | 36 |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

Početakom 2022.-e godine na temelju prethodno prikazanih empirijskih podataka prijevozno poduzeće je procijenilo potreban broj vozila za navedenu godinu. Jednostavnom metodom prosjeka, poduzeće je izračunalo prosjek potrebnog broja vozila u 2019.-oj i 2021.-oj godini, te odredilo indeks 2021/19 na temelju kojeg je umnoškom potrebnog broja vozila iz 2021.-e godine i izračunatog indeksa dobilo procjenu potrebnog broja vozila za 2022.-u godinu (tablica 3.)

Tablica 3. Procjena potrebnog broja vozila u 2022.-oj godini

| | Broj vozila | Indeks 2021/19 |
|-------------------|-------------|----------------|
| Prosjek 2019. | 35 | 1,08 |
| Prosjek 2021. | 38 | |
| Procjena za 2022. | 41 | |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

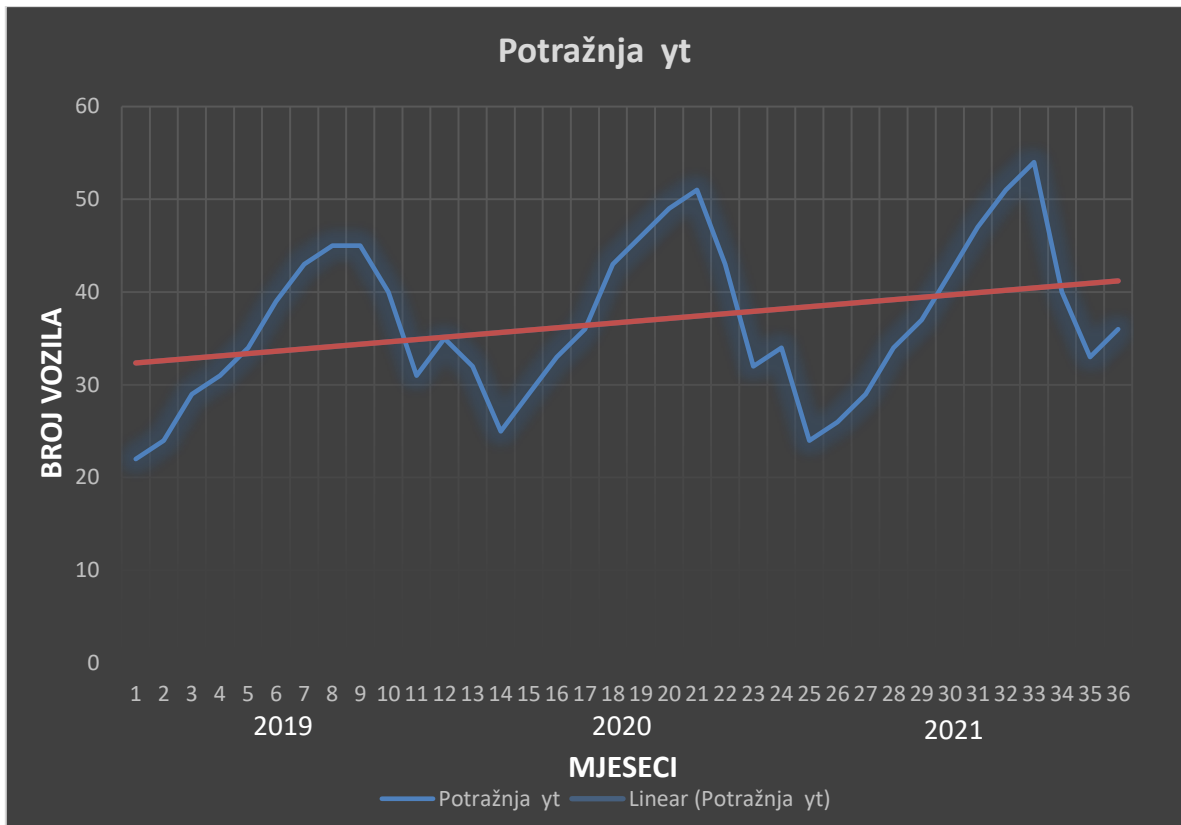
Postupak određivanja veličine voznog parka prijevoznog poduzeća

Proučavanjem empirijskih podataka o prijeznoj potražnji u 2019.-oj, 2020.-oj i 2021.-oj godini, te statističkom analizom i promatranjem (grafikon 10.) utvrđeno je da se radi o vremenskom nizu s komponentom trenda i sezonalnosti prijevozne potražnje.

S obzirom na uočeno, za prognozu potražnje u 2022.-oj godini moguće je koristiti metodu dekompozicije, koja počiva na pretpostavci da se procijenjena stopa trenda i sezonalnost (ponavljajući prosječni sezonalni faktor) tijekom određenog vremenskog perioda ne mijenjaju i Wintersovu metodu koja u obzir uzima razinu, trend i sezonalnost.

Prognoza potražnje pomoću metode dekompozicije

Radi lakšeg i točnijeg izračuna i prikaza potrebnih podataka korišten je programski alat MS Excel, s potrebnim dodacima Data Analysis i Regression (koji će biti naknadno korišten prilikom izračuna koeficijenta linearne regresije, L i T).



Grafikon 10. Prijevozna potražnja u 2019.-oj., 2020.-oj i 2021.-oj godini

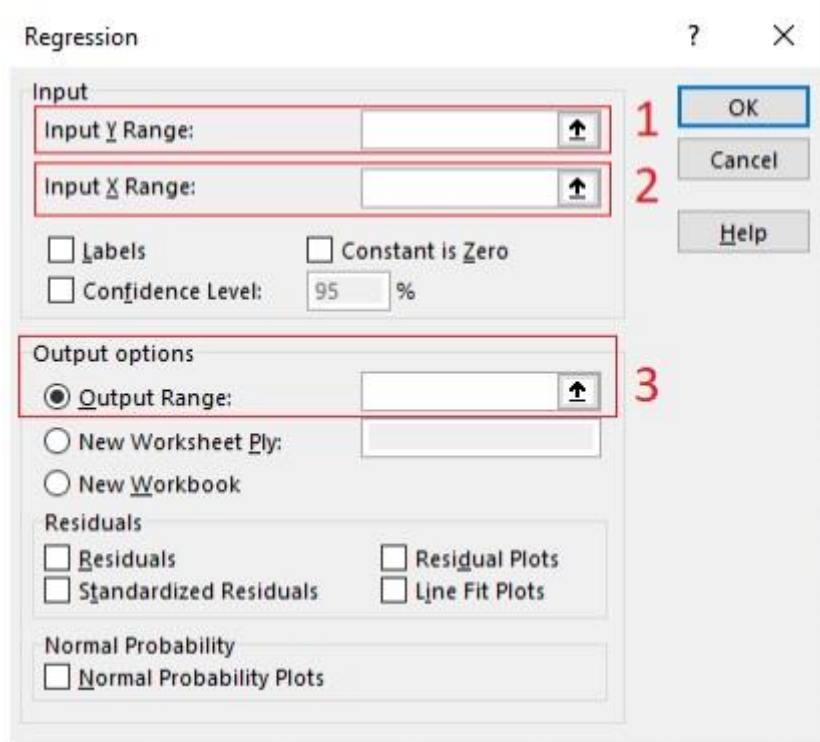
Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

Sljedeći korak je, kako je prethodno navedeno, procjena periodičnosti i provedba linearne regresije na desezonaliziranom vremenskom nizu, kako bi se odredila izgladnena vrijednost vremenskog niza u nultom periodu L , te stopa trenda T .

S obzirom na to da se radi o parnoj periodičnosti p , unošenjem matematičkog izraza (20) u programski alat MS Excel, dobivene su vrijednosti desezonaliziranog vremenskog niza kako je prikazano tablicom 8.

Provedbom jednostavne linearne regresije korištenjem programskog alata MS Excel, s dodatkom *Data Analysis* i *Regression* dobiveni su koeficijenti L i T . Sučelje alata *Regression* (slika 5.) prikazuje potrebna polja u koja je potrebno unijeti sljedeće podatke:

- 1. unos zavisne varijable,
- 2. unos nezavisne varijable,
- 3. područje na radnom listu (eng. worksheet) gdje će se ispisati rezultati.



Slika 5. Sučelje programskog dodatka *Regression*

Zavisna varijabla je pomični prosjek, a nezavisna varijabla razdoblje (stupac t). Kada se odaberu ulazni podaci i stisne gumb OK, dobiju se izlazni podaci (tablica 4.).

Tablica 4. Izlazni podaci programskog dodatka *Regression*

| SUMMARY OUTPUT | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Regression Statistics | | | | | | | | |
| Multiple R | 0,816686608 | | | | | | | |
| R Square | 0,666977015 | | | | | | | |
| Adjusted R Square | 0,651839607 | | | | | | | |
| Standard Error | 0,449519231 | | | | | | | |
| Observations | 24 | | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | | | |
| | <i>df</i> | <i>SS</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>Significance F</i> | | | |
| Regression | 1 | 8,903400136 | 8,9034 | 44,06151 | 1,12801E-06 | | | |
| Residual | 22 | 4,44548586 | 0,20207 | | | | | |
| Total | 23 | 13,348886 | | | | | | |
| | <i>Coefficients</i> | <i>Standard Error</i> | <i>t Stat</i> | <i>P-value</i> | <i>Lower 95%</i> | <i>Upper 95%</i> | <i>Lower 95,0%</i> | <i>Upper 95,0%</i> |
| Intercept | 35,3426872 | 0,261833034 | 134,982 | 1,32E-33 | 34,79967872 | 35,8856957 | 34,79967872 | 35,88569567 |
| X Variable 1 | 0,08798913 | 0,013255599 | 6,63788 | 1,13E-06 | 0,060498701 | 0,11547956 | 0,060498701 | 0,11547956 |

Najvažniji podaci, potrebni za daljnje izračune su obojeni plavo (tablica 4.), a to su Intercept i X Variable 1. Intercept je zapravo konstantni član L , dok je X Variable 1 zapravo regresijski koeficijent T .

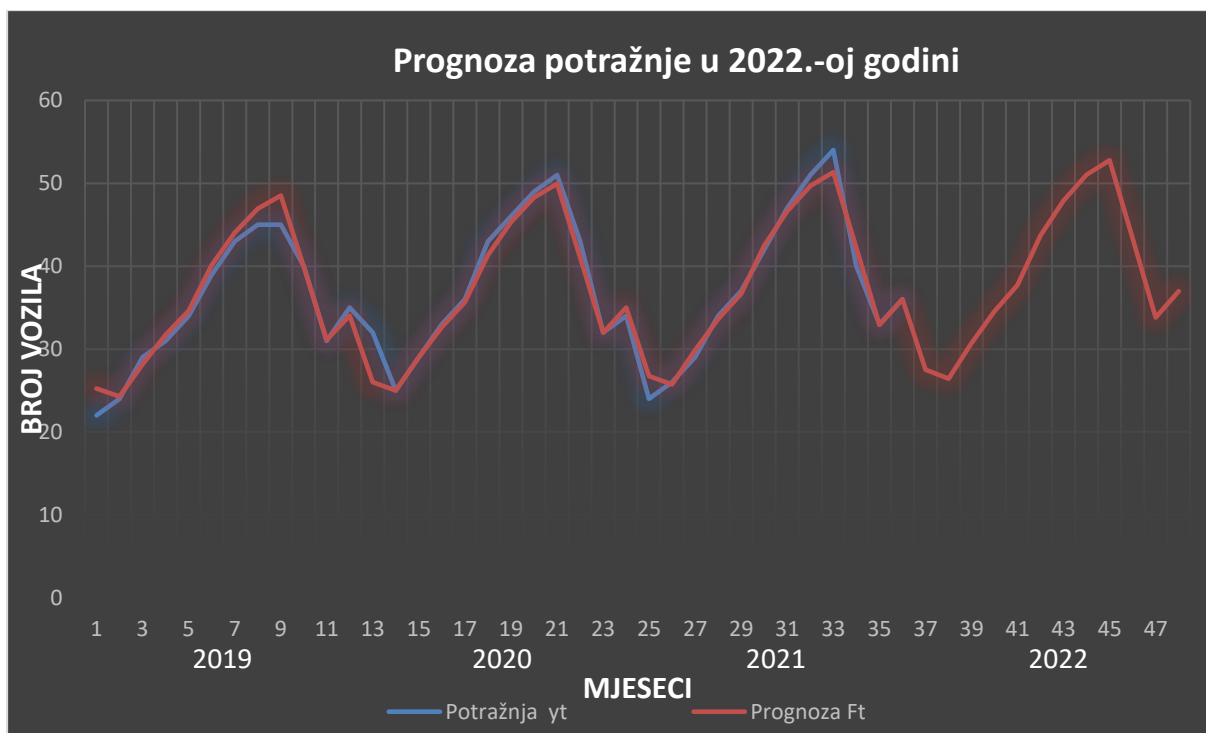
Sljedeći korak koji je potrebno provesti je određivanje sezonalnog faktora. Sezonalni faktor se određuje tako da se izračuna omjer stvarne potražnje prema empirijskim podacima (tablica 2.) i desezonalizirane potražnje s regresijskim koeficijentima (tablica 8.) za svaki mjesec.

Na temelju određenih mjesečnih sezonalnih faktora, određuje se prosječni sezonalni faktor (tablica 5.) tako da se uzmu vrijednosti sezonalnih faktora iz istog mjeseca svake godine (2019., 2020. i 2021), te se vrijednost podijeli s tri.

Tablica 5. Prosječni sezonalni faktor S_t

| Prosječni sezonalni faktor \hat{S}_t | |
|---|------|
| $S_1 =$ | 0,71 |
| $S_2 =$ | 0,68 |
| $S_3 =$ | 0,79 |
| $S_4 =$ | 0,89 |
| $S_5 =$ | 0,97 |
| $S_6 =$ | 1,12 |
| $S_7 =$ | 1,22 |
| $S_8 =$ | 1,30 |
| $S_9 =$ | 1,34 |
| $S_{10} =$ | 1,10 |
| $S_{11} =$ | 0,86 |
| $S_{12} =$ | 0,93 |

Na temelju svih dobivenih podataka i izračuna, korištenjem metode dekompozicije, programskog alata MS Excel, dodatka *Data Analysis* i *Regression*, prognozirana je potražnja potrebnog broja vozila za 2022.-u godinu (grafikon 11.)



Grafikon 11. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini metodom dekompozicije

Brojčane vrijednosti prognoze potražnje prikazane grafikonom 11., prikazane su i tablično (tablica 6.).

Tablica 6. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini

| Mjesec | Potražnja (broj vozila) 2022 godina |
|--------|-------------------------------------|
| 1 | 27 |
| 2 | 26 |
| 3 | 31 |
| 4 | 35 |
| 5 | 38 |
| 6 | 44 |
| 7 | 48 |
| 8 | 51 |
| 9 | 53 |
| 10 | 43 |
| 11 | 34 |
| 12 | 37 |

Za provjeru točnosti prognoze prijevozne potražnje korišteni su prethodno objašnjeni pokazatelji točnosti prognoze potražnje: ME, MAE, MSE, MPE i MAPE (tablica 7.).

Tablica 7. Točnost prognoze potražnje

| Pokazatelj | Vrijednost |
|------------|------------|
| ME = | 0,01 |
| MAE = | 1,11 |
| MSE= | 2,79 |
| MPE= | -2,65% |
| MAPE= | 3,16% |

Kumulativan prikaz svih do sada obrađenih podataka prikazan je Tablicom 8.

Tablica 8. Izračun prognoze potražnje za 2022.-u godinu pomoću metode dekompozicije

| Godina | Mjesec | Period t | Potražnja y_t | Desezonalizirana potražnja \bar{y} | Desezonalizirana potražnja regresija | Sezonalni faktor S_t | Prognoza F_t | Pogreška ME | Apsolutna pogreška MAD | Kvadratna pogreška RMSE | Postotna pogreška MPE | Apsolutna postotna pogreška MAPE |
|--------|--------|----------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 2019 | 1 | 1 | 22 | | 35 | 0,62 | 25 | -3,241 | 3,241 | 10,506 | -14,73% | 14,73% |
| | 2 | 2 | 24 | | 36 | 0,68 | 24 | -0,273 | 0,273 | 0,075 | -1,14% | 1,14% |
| | 3 | 3 | 29 | | 36 | 0,81 | 28 | 0,820 | 0,820 | 0,672 | 2,83% | 2,83% |
| | 4 | 4 | 31 | | 36 | 0,87 | 32 | -0,718 | 0,718 | 0,515 | -2,31% | 2,31% |
| | 5 | 5 | 34 | | 36 | 0,95 | 35 | -0,635 | 0,635 | 0,404 | -1,87% | 1,87% |
| | 6 | 6 | 39 | | 36 | 1,09 | 40 | -1,145 | 1,145 | 1,311 | -2,94% | 2,94% |
| | 7 | 7 | 43 | 35 | 36 | 1,20 | 44 | -1,027 | 1,027 | 1,055 | -2,39% | 2,39% |
| | 8 | 8 | 45 | 36 | 36 | 1,25 | 47 | -1,928 | 1,928 | 3,716 | -4,28% | 4,28% |
| | 9 | 9 | 45 | 36 | 36 | 1,25 | 49 | -3,524 | 3,524 | 12,415 | -7,83% | 7,83% |
| | 10 | 10 | 40 | 36 | 36 | 1,10 | 40 | 0,140 | 0,140 | 0,020 | 0,35% | 0,35% |
| | 11 | 11 | 31 | 36 | 36 | 0,85 | 31 | -0,094 | 0,094 | 0,009 | -0,30% | 0,30% |
| | 12 | 12 | 35 | 36 | 36 | 0,96 | 34 | 0,978 | 0,978 | 0,956 | 2,79% | 2,79% |
| 2020 | 1 | 13 | 32 | 37 | 36 | 0,88 | 26 | 6,006 | 6,006 | 36,078 | 18,77% | 18,77% |
| | 2 | 14 | 25 | 37 | 37 | 0,68 | 25 | 0,005 | 0,005 | 0,000 | 0,02% | 0,02% |
| | 3 | 15 | 29 | 37 | 37 | 0,79 | 29 | -0,016 | 0,016 | 0,000 | -0,06% | 0,06% |
| | 4 | 16 | 33 | 38 | 37 | 0,90 | 33 | 0,344 | 0,344 | 0,118 | 1,04% | 1,04% |
| | 5 | 17 | 36 | 38 | 37 | 0,98 | 36 | 0,343 | 0,343 | 0,117 | 0,95% | 0,95% |
| | 6 | 18 | 43 | 38 | 37 | 1,16 | 41 | 1,673 | 1,673 | 2,800 | 3,89% | 3,89% |
| | 7 | 19 | 46 | 37 | 37 | 1,24 | 45 | 0,680 | 0,680 | 0,463 | 1,48% | 1,48% |
| | 8 | 20 | 49 | 37 | 37 | 1,32 | 48 | 0,698 | 0,698 | 0,487 | 1,42% | 1,42% |
| | 9 | 21 | 51 | 37 | 37 | 1,37 | 50 | 1,059 | 1,059 | 1,121 | 2,08% | 2,08% |
| | 10 | 22 | 43 | 37 | 37 | 1,15 | 41 | 1,979 | 1,979 | 3,915 | 4,60% | 4,60% |
| | 11 | 23 | 32 | 37 | 37 | 0,86 | 32 | 0,002 | 0,002 | 0,000 | 0,01% | 0,01% |
| | 12 | 24 | 34 | 37 | 37 | 0,91 | 35 | -1,009 | 1,009 | 1,019 | -2,97% | 2,97% |

Nastavak tablice 8.

| Godina | Mjesec | Period t | Potražnja y_t | Desezonalizirana potražnja \bar{y} | Desezonalizirana potražnja regresija | Sezonalni faktor S_t | Prognoza F_t | Pogreška ME | Apsolutna pogreška MAD | Kvadratna pogreška RMSE | Postotna pogreška MPE | Apsolutna postotna pogreška MAPE |
|-------------|--------|----------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 2021 | 1 | 25 | 24 | 37 | 38 | 0,64 | 27 | -2,746 | 2,746 | 7,539 | -11,44% | 11,44% |
| | 2 | 26 | 26 | 37 | 38 | 0,69 | 26 | 0,284 | 0,284 | 0,081 | 1,09% | 1,09% |
| | 3 | 27 | 29 | 38 | 38 | 0,77 | 30 | -0,852 | 0,852 | 0,725 | -2,94% | 2,94% |
| | 4 | 28 | 34 | 38 | 38 | 0,90 | 34 | 0,406 | 0,406 | 0,165 | 1,19% | 1,19% |
| | 5 | 29 | 37 | 38 | 38 | 0,98 | 37 | 0,321 | 0,321 | 0,103 | 0,87% | 0,87% |
| | 6 | 30 | 42 | 38 | 38 | 1,11 | 43 | -0,509 | 0,509 | 0,259 | -1,21% | 1,21% |
| | 7 | 31 | 47 | | 38 | 1,23 | 47 | 0,388 | 0,388 | 0,150 | 0,82% | 0,82% |
| | 8 | 32 | 51 | | 38 | 1,34 | 50 | 1,323 | 1,323 | 1,751 | 2,59% | 2,59% |
| | 9 | 33 | 54 | | 38 | 1,41 | 51 | 2,641 | 2,641 | 6,974 | 4,89% | 4,89% |
| | 10 | 34 | 40 | | 38 | 1,04 | 42 | -2,183 | 2,183 | 4,767 | -5,46% | 5,46% |
| | 11 | 35 | 33 | | 38 | 0,86 | 33 | 0,098 | 0,098 | 0,010 | 0,30% | 0,30% |
| | 12 | 36 | 36 | | 39 | 0,93 | 36 | 0,004 | 0,004 | 0,000 | 0,01% | 0,01% |
| 2022 | 1 | 37 | | | | | 27 | | | | | |
| | 2 | 38 | | | | | 26 | | | | | |
| | 3 | 39 | | | | | 31 | | | | | |
| | 4 | 40 | | | | | 35 | | | | | |
| | 5 | 41 | | | | | 38 | | | | | |
| | 6 | 42 | | | | | 44 | | | | | |
| | 7 | 43 | | | | | 48 | | | | | |
| | 8 | 44 | | | | | 51 | | | | | |
| | 9 | 45 | | | | | 53 | | | | | |
| | 10 | 46 | | | | | 43 | | | | | |
| | 11 | 47 | | | | | 34 | | | | | |
| | 12 | 48 | | | | | 37 | | | | | |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

Prognoza potražnje pomoću Wintersove metode

Radi lakšeg i točnijeg izračuna i prikaza potrebnih podataka korišten je programski alat MS Excel, s potrebnim dodacima *Data Analysis* i *Solver*.

Prvi od koraka koje je potrebno provesti je izračunavanje sezonalnosti S_t za prvih 12 mjeseci. Sezonalnost se izračunava kao kvocijent potražnje promatranog mjeseca i prosjeka prvih dvanaest mjeseci (tablica 9).

Tablica 9. Sezonalnost S_t

| Mjesec | Sezonalnost S_t |
|--------|-------------------|
| 1 | 0,63 |
| 2 | 0,69 |
| 3 | 0,83 |
| 4 | 0,89 |
| 5 | 0,98 |
| 6 | 1,12 |
| 7 | 1,23 |
| 8 | 1,29 |
| 9 | 1,29 |
| 10 | 1,15 |
| 11 | 0,89 |
| 12 | 1,00 |

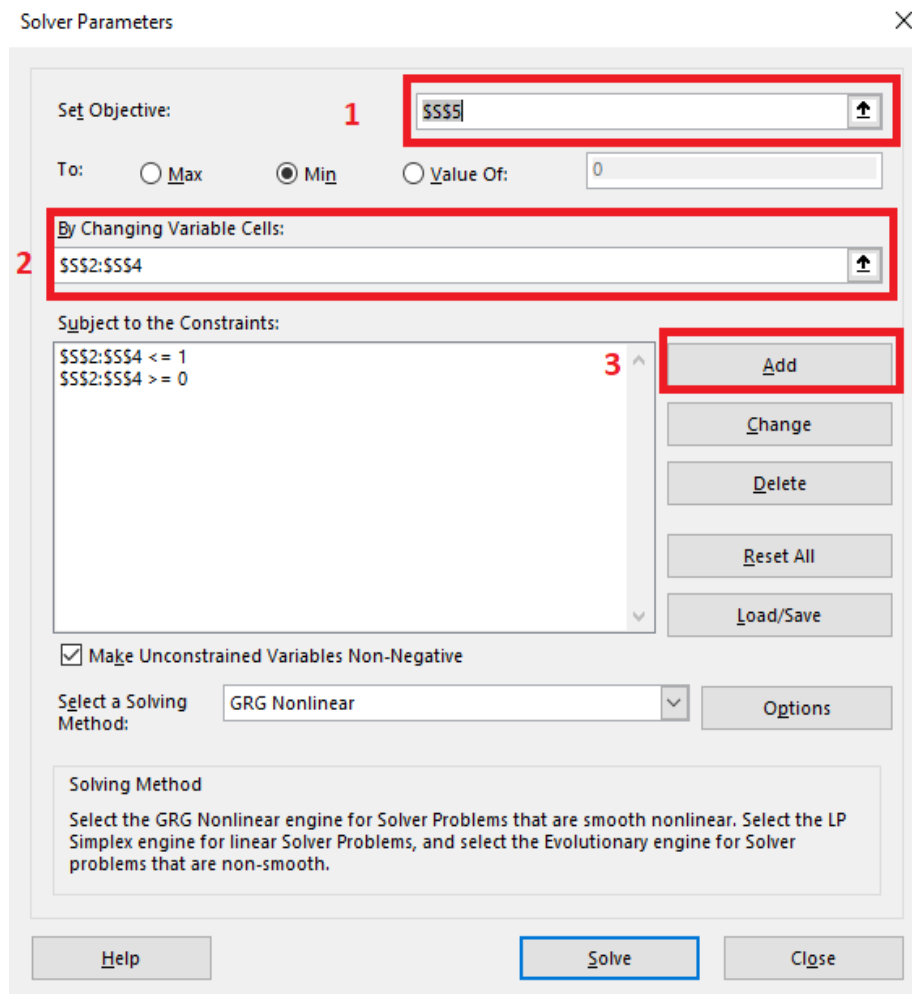
Sljedeći korak je računanje početne razine L_t i početnog trenda T_t . Početna razina L_t se računa kao kvocijent potražnje za promatrano razdoblje (npr. mjesec siječanj 2020. god.) i sezonalnog faktora iz mjeseca siječnja 2019. godine, dok se početni trend T_t računa kao razlika kvocijenta potražnje promatranog razdoblja i sezonalnog faktora prethodnog razdoblja i kvocijenta potražnje iz prethodnog mjeseca i pripadajućeg sezonalnog faktora.

Potom se određuju težinski koeficijenti α , β i γ na temelju proizvoljne procjene, a naknadno kako bi dobili točniji rezultat, koeficijenti su izračunati pomoću programskog alata MS Excel i dodatka *Solver* (slika 6.). Proizvoljno odabrani koeficijenti nisu prikazani s obzirom da je izračun pomoću programskog dodatka *Solver* optimalan.

Nakon proizvoljnog određivanja koeficijenata α , β i γ nastavlja se sa izračunavanjem razine L_t i trenda T_t za svako sljedeće razdoblje tako da se unošenjem matematičkih izraza (27) i (28) u programski alat Excel dobiju izračuni za svako sljedeće razdoblje.

Potom se pristupa određivanju prognoze potražnje F_t na isti način kao i za računanje razine L_t i trenda T_t unošenjem matematičkog izraza (30) u programski alat Excel.

Nakon izračunavanja inicijalnih vrijednosti, pokreće se programski dodatak Solver koji je odredio optimalne vrijednosti koeficijenata α , β i γ (slika 6.).



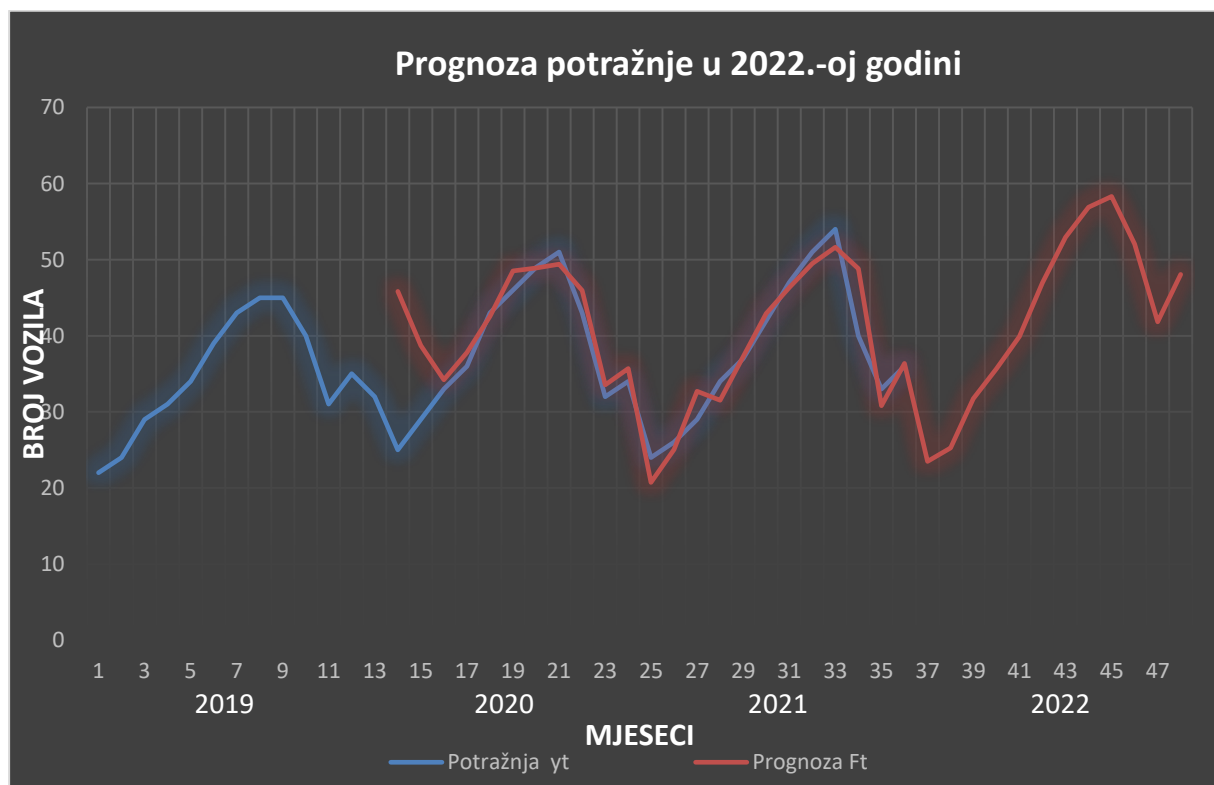
Slika 6. Prikaz sučelja programskog alata Solver

Označavanjem potrebnih polja u programskom alatu MS Excel, kao što je označeno na slici 6., dodavanjem varijabli α , β i γ , kao i dodavanjem graničnih vrijednosti parametara koje mogu biti jednake ili veće od nule i jednake ili manje od jedan, dobivaju se korigirani optimalni koeficijenti α , β i γ (tablica 10).

Tablica 10. Koeficijenti izgladivanja

| Koeficijent izgladivanja | |
|--------------------------|------------|
| α | 0,85324587 |
| β | 0,38965874 |
| γ | 0,33254873 |

Na temelju prethodnih izračuna dobivena je prognoza potražnje prikazana grafikonom 12.



Grafikon 12. Prognoza potražnje za 2022. godinu Winters metodom

Brojčane vrijednosti prognoze potražnje prikazane grafikonom 12., prikazane su i tablično (tablica 11.).

Tablica 11. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini Winters metodom

| Mjesec | Prognoza F_t |
|--------|----------------|
| 1 | 24 |
| 2 | 25 |
| 3 | 32 |
| 4 | 36 |
| 5 | 40 |
| 6 | 47 |
| 7 | 53 |
| 8 | 57 |
| 9 | 58 |
| 10 | 52 |
| 11 | 42 |
| 12 | 48 |

Za provjeru točnosti prognoze prijevozne potražnje korišteni su prethodno objašnjeni pokazatelji točnosti prognoze potražnje: ME, MAE, MSE, MPE i MAPE (tablica 12.).

Tablica 12. Pokazatelji točnosti prognoze potražnje

| Pokazatelj | Vrijednost |
|------------|------------|
| ME = | -1,77 |
| MAE = | 3,13 |
| MSE= | 29,54 |
| MPE= | -6,17% |
| MAPE= | 10,03% |

Kumulativan prikaz svih do sada obrađenih podataka s korigiranim koeficijentima α , β i γ pomoću programskog dodatka *Solver* prikazan je tablicom 13.

Tablica 13. Izračun prognoze potražnje za 2022.-u godinu pomoću Winters metode

| Godina | Mjesec | Period t | Potražnja y_t | Razina L_t | Trend T_t | Sezonalnost S_t | Prognoza F_t | Pogreška ME | Apsolutna pogreška MAE | Kvadratna pogreška MSE | Postotna pogreška MPE | Apsolutna postotna pogreška MAPE |
|--------|--------|----------|-----------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 2019 | 1 | 1 | 22 | | | 0,63 | | | | | | |
| | 2 | 2 | 24 | | | 0,69 | | | | | | |
| | 3 | 3 | 29 | | | 0,83 | | | | | | |
| | 4 | 4 | 31 | | | 0,89 | | | | | | |
| | 5 | 5 | 34 | | | 0,98 | | | | | | |
| | 6 | 6 | 39 | | | 1,12 | | | | | | |
| | 7 | 7 | 43 | | | 1,23 | | | | | | |
| | 8 | 8 | 45 | | | 1,29 | | | | | | |
| | 9 | 9 | 45 | | | 1,29 | | | | | | |
| | 10 | 10 | 40 | | | 1,15 | | | | | | |
| | 11 | 11 | 31 | | | 0,89 | | | | | | |
| | 12 | 12 | 35 | | | 1,00 | | | | | | |
| 2020 | 1 | 13 | 32 | 51 | 16 | 0,63 | | | | | | |
| | 2 | 14 | 25 | 41 | 6 | 0,66 | 46 | -20,818 | 20,818 | 433,397 | -83,27% | 83,27% |
| | 3 | 15 | 29 | 37 | 2 | 0,82 | 39 | -9,718 | 9,718 | 94,445 | -33,51% | 33,51% |
| | 4 | 16 | 33 | 37 | 1 | 0,89 | 34 | -1,221 | 1,221 | 1,491 | -3,70% | 3,70% |
| | 5 | 17 | 36 | 37 | 1 | 0,97 | 38 | -1,806 | 1,806 | 3,260 | -5,02% | 5,02% |
| | 6 | 18 | 43 | 38 | 1 | 1,12 | 43 | 0,467 | 0,467 | 0,218 | 1,09% | 1,09% |
| | 7 | 19 | 46 | 38 | 0 | 1,23 | 49 | -2,537 | 2,537 | 6,436 | -5,51% | 5,51% |
| | 8 | 20 | 49 | 38 | 0 | 1,29 | 49 | 0,095 | 0,095 | 0,009 | 0,19% | 0,19% |
| | 9 | 21 | 51 | 39 | 1 | 1,29 | 49 | 1,607 | 1,607 | 2,582 | 3,15% | 3,15% |
| | 10 | 22 | 43 | 38 | 0 | 1,14 | 46 | -2,960 | 2,960 | 8,765 | -6,88% | 6,88% |
| | 11 | 23 | 32 | 36 | -1 | 0,89 | 34 | -1,547 | 1,547 | 2,394 | -4,84% | 4,84% |
| | 12 | 24 | 34 | 34 | -1 | 1,00 | 36 | -1,675 | 1,675 | 2,807 | -4,93% | 4,93% |

Nastavak tablice 11.

| Godina | Mjesec | Period t | Potražnja y_t | Razina L_t | Trend T_t | Sezonalnost S_t | Prognoza F_t | Pogreška ME | Apsolutna pogreška MAE | Kvadratna pogreška MSE | Postotna pogreška MPE | Apsolutna postotna pogreška MAPE |
|-------------|--------|----------|-----------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 2021 | 1 | 25 | 24 | 37 | 0 | 0,64 | 21 | 3,270 | 3,270 | 10,696 | 13,63% | 13,63% |
| | 2 | 26 | 26 | 39 | 1 | 0,67 | 25 | 0,965 | 0,965 | 0,931 | 3,71% | 3,71% |
| | 3 | 27 | 29 | 36 | -1 | 0,81 | 33 | -3,688 | 3,688 | 13,600 | -12,72% | 12,72% |
| | 4 | 28 | 34 | 38 | 0 | 0,89 | 32 | 2,470 | 2,470 | 6,099 | 7,26% | 7,26% |
| | 5 | 29 | 37 | 38 | 0 | 0,97 | 37 | -0,232 | 0,232 | 0,054 | -0,63% | 0,63% |
| | 6 | 30 | 42 | 38 | 0 | 1,12 | 43 | -0,934 | 0,934 | 0,873 | -2,22% | 2,22% |
| | 7 | 31 | 47 | 38 | 0 | 1,23 | 46 | 0,670 | 0,670 | 0,450 | 1,43% | 1,43% |
| | 8 | 32 | 51 | 39 | 1 | 1,29 | 49 | 1,527 | 1,527 | 2,331 | 2,99% | 2,99% |
| | 9 | 33 | 54 | 41 | 1 | 1,30 | 52 | 2,388 | 2,388 | 5,701 | 4,42% | 4,42% |
| | 10 | 34 | 40 | 36 | -1 | 1,13 | 49 | -8,834 | 8,834 | 78,032 | -22,08% | 22,08% |
| | 11 | 35 | 33 | 37 | -1 | 0,89 | 31 | 2,174 | 2,174 | 4,726 | 6,59% | 6,59% |
| | 12 | 36 | 36 | 36 | 1 | 1,00 | 36 | -0,346 | 0,346 | 0,120 | -0,96% | 0,96% |
| 2022 | 1 | 37 | | | | | 24 | | | | | |
| | 2 | 38 | | | | | 25 | | | | | |
| | 3 | 39 | | | | | 32 | | | | | |
| | 4 | 40 | | | | | 36 | | | | | |
| | 5 | 41 | | | | | 40 | | | | | |
| | 6 | 42 | | | | | 47 | | | | | |
| | 7 | 43 | | | | | 53 | | | | | |
| | 8 | 44 | | | | | 57 | | | | | |
| | 9 | 45 | | | | | 58 | | | | | |
| | 10 | 46 | | | | | 52 | | | | | |
| | 11 | 47 | | | | | 42 | | | | | |
| | 12 | 48 | | | | | 48 | | | | | |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

S obzirom na izračunate vrijednosti prognoze potražnje metodom dekompozicije i Winters metodom potrebno je odrediti onu metodu koja daje točnije rezultate s manjim odstupanjima koje su prikazane tablicom 14.

Tablica 14. Usporedba pokazatelja točnosti prognoze

| Pokazatelj | Vrijednost dekompozicija | Vrijednost Winters |
|------------|--------------------------|--------------------|
| ME = | 0,01 | -1,77 |
| MAE = | 1,11 | 3,13 |
| MSE= | 2,79 | 29,54 |
| MPE= | -2,65% | -6,17% |
| MAPE= | 3,16% | 10,03% |

Prema podacima iz tablice 14., vidljivo je da se radi o manjim odstupanjima prognoze potražnje dobivenih metodom dekompozicije, za razliku od rezultata dobivenih Winters metodom, te se prognoza potražnje za 2022.-u godinu koja je dobivena prethodnim postupcima metodom dekompozicije smatra točnijom i uzima se kao relevantna podloga za daljnje izračune.

Fiksni (CF), varijabilni (CV) i troškovi angažiranja vanjskog davatelja usluga

Kako bi se odredio optimalan broj vozila voznog parka prijevoznog poduzeća potrebni su podaci o troškovima poduzeća, i to fiksni, varijabilni i troškovi angažiranja vanjskog davatelja prijevoznih usluga.

Od prijevoznog poduzeća dobiveni su orijentacijski prosječni podaci o prijevoznim troškovima za teretno vozilo kamion najveće dopuštene mase 7.500 kg, nosivosti 2.800 kg odnosno 15 euro paleta (tablica 15.), sukladno prijednim kilometrima. S obzirom na to da

poduzeće u najvećem dijelu prijevoza obavlja distribuciju u okviru prijeđenih 300 km, upravo je taj segment uzet u daljnje razmatranje.

Tablica 15. Fiksni, varijabilni i troškovi angažiranja vanjskog davatelja

| FIKSNI (CF), VARIJABILNI (CV), OUTSOURCING TROŠKOVI (CO) | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Km dnevno | 100 | 300 | 600 |
| Km godišnje | 25000 | 75000 | 150000 |
| Iznos u HRK | | | |
| FIKSNI TROŠKOVI | | | |
| Amortizacija | 60000 | 60000 | 60000 |
| Registracija i tehnički pregled | 3000 | 3000 | 3000 |
| Osiguranje | 15000 | 15000 | 15000 |
| Plaća BRUTO - fiksni dio | 64000 | 75000 | 93000 |
| Režije | 1000 | 2000 | 3000 |
| Ostali troškovi (administracija, knjigovodstvo i sl.) | 5900 | 6800 | 7800 |
| Ukupno HRK/godišnje | 148900 | 161800 | 181800 |
| Ukupno EUR/godišnje | 19853 | 21573 | 24240 |
| Ukupno EUR/mjesečno | 1654 | 1798 | 2020 |
| VARIJABILNI TROŠKOVI | | | |
| Pogonsko gorivo, cca. 18 lit/100 km | 15000 | 45000 | 90000 |
| Autogume, 60000 km/god | 3000 | 9000 | 18000 |
| Održavanje | 3000 | 8000 | 18000 |
| Ulje i potrošni materijal | 1500 | 4500 | 9000 |
| Plaća - varijabilni dio | 16000 | 32000 | 52000 |
| Cestarina, mostarina, tunel | 3000 | 9000 | 15000 |
| Ukupno HRK/godišnje | 41500 | 107500 | 202000 |
| Ukupno EUR/godišnje | 5533 | 14333 | 26933 |
| Ukupno EUR/mjesečno | 461 | 1194 | 2244 |
| Ukupno fiksni i varijabilni troškovi, HRK/godišnje | 190400 | 269300 | 383800 |
| Ukupno fiksni i varijabilni troškovi, EUR/godišnje | 25387 | 35907 | 51173 |
| Ukupno fiksni i varijabilni troškovi, EUR/mjesečno | 2116 | 2992 | 4264 |
| TROŠKOVI OUTSOURCINGA EUR/mjesečno | 2900 | 3900 | 5300 |

Izvor: Izradio i prilagodio autor prema podacima promatranog poduzeća

Iz dobivenih podataka vidljivo je sljedeće:

- Prijevozni troškovi vlastitih vozila iznose:
 - Fiksni troškovi, CF = 1.798,00 €/mjesečno/vozilo/vozilo
 - Varijabilni troškovi, CV = 1.194,00 €/mjesečno/vozilo/vozilo
- Troškovi angažiranja vanjskog davatelja prijevoznih usluga iznose:
 - Troškovi, CO = 3.900,00 €/mjesečno/vozilo/vozilo

Uvrštavanjem gore navedenih vrijednosti za promatrani segment u matematički izraz (8) dobiva se vrijednost parametra m , kako slijedi u (36):

$$m = \frac{n * CF}{CO - CV} = \frac{12 * 1798}{3900 - 1194} = 7,97 = 8 \text{ mjeseci} \quad (36)$$

Prema tomu slijedi (37):

$$n - m = 12 - 8 = 4 \text{ mjeseca} \quad (37)$$

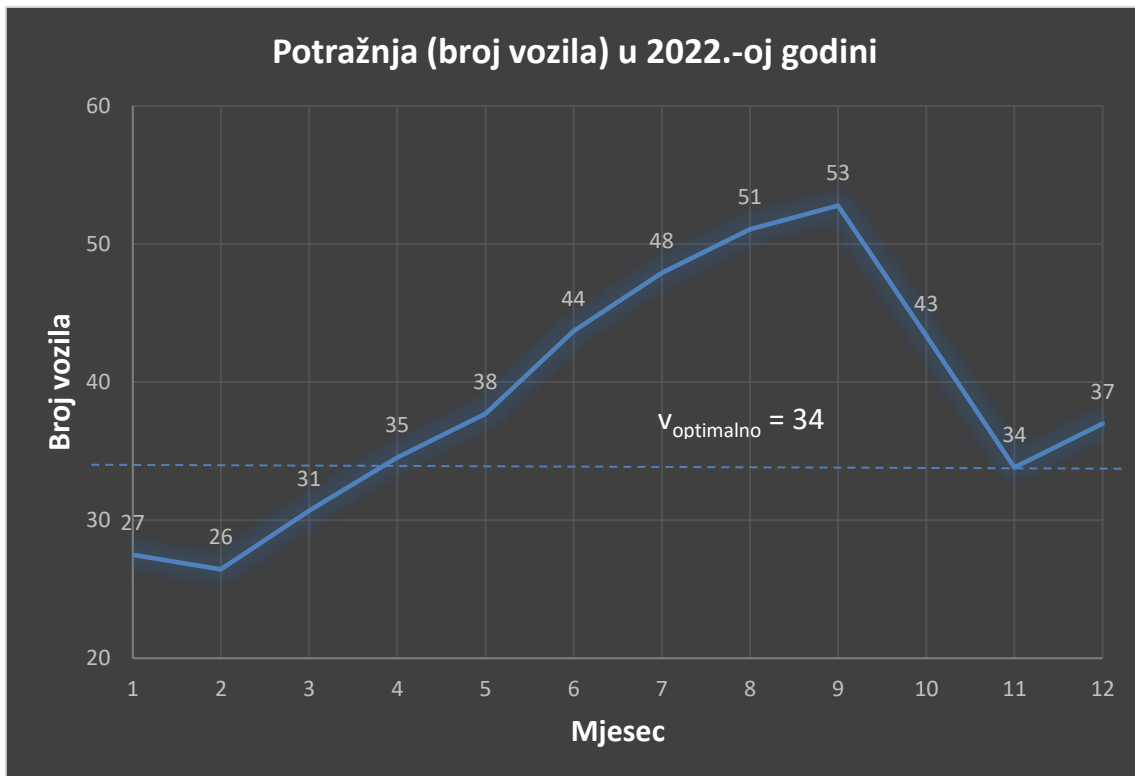
Prema dobivenim podacima m i $(n-m)$, razvidno je da bi prijevozno poduzeće za zadovoljenje prijevozne potražnje u 2022.-oj godini trebalo imati vozni park, odnosno broj vlastitih vozila u 2022.-oj godini treba biti takav da se u četiri mjeseca prijevozna potražnja može zadovoljiti u vlastitom aranžmanu, odnosno vlastitim vozilima.

Preostalih osam mjeseci u 2022.-oj godini za zadovoljenje prijevozne potražnje, prijevozno poduzeće treba angažirati vanjskog prijevoznika (tablica 16). Kako bi se odredio potreban broj vozila, podaci iz prognoze potražnje se sortiraju po principu od manjeg prema većem, te se optimalan broj vozila određuje sukladno izračunatim parametrima.

Tablica 16: Sortirana prijevozna potražnja u 2022.-oj godini od najmanje do najveće

| Mjesec | Potražnja (broj vozila) | |
|--------|----------------------------|-----------|
| 1 | 27 | 4 mjeseca |
| 2 | 26 | |
| 11 | 31 | |
| 3 | 34 | |
| 12 | 35 | 8 mjeseci |
| 4 | 37 | |
| 10 | 38 | |
| 5 | 43 | |
| 9 | 44 | |
| 6 | 48 | |
| 8 | 51 | |
| 7 | 53 | |

Na temelju dobivenog optimalan broj vlastitih vozila jednak je najmanjem broju vozila s kojima se potražnja može zadovoljiti u četiri mjeseca, što prema prikazanim podacima iz tablice 16. iznosi $V_{optimalno} = 34$ vozila (grafikon 13.).



Grafikon 13: Prognoza potražnje i optimalan broj vozila u 2022.-oj godini

Primjenom postupka određivanja optimalne veličine voznog parka prijevoznog poduzeća, odnosno određivanja optimalnog broja vlastitih vozila, a u svrhu zadovoljenja prijevozne potražnje u 2022.-oj godini prema prognoziranoj potražnji, moguće je vrednovati dobiveno rješenje izračunom i usporedbom ukupnih godišnjih prijevoznih troškova u slučajevima da je broj vlastitih vozila određen kako slijedi:

- Prema iskustvenoj procjeni prijevoznog poduzeća (41 vozilo),
- Primjenom postupka određivanja optimalne veličine voznog parka (34 vozila).

Uvrštavanjem broja vozila u matematički izraz (1) dobiva se izračun ukupnih godišnjih prijevoznih troškova (tablica 17.).

Tablica 17: Ukupni godišnji prijevozni troškovi

| v | C(v) |
|-----------|------------------|
| 26 | 1.535.796 |
| 28 | 1.519.594 |
| 30 | 1.508.629 |
| 32 | 1.501.216 |
| 34 | 1.496.187 |
| 36 | 1.500.015 |
| 38 | 1.508.843 |
| 40 | 1.524.934 |
| 41 | 1.532.979 |

Prvi stupac označava broj vozila voznog parka prijevoznog poduzeća, dok drugi stupac označava ukupne godišnje prijevozne troškove.

Može se primijetiti da je i ovim izračunom optimalan broj vozila u vlasništvu prijevoznog poduzeća za zadovoljenje prognozirane potražnje u 2022.-oj godini $v_{optimalno} = 34$ vozila (grafikon 13).

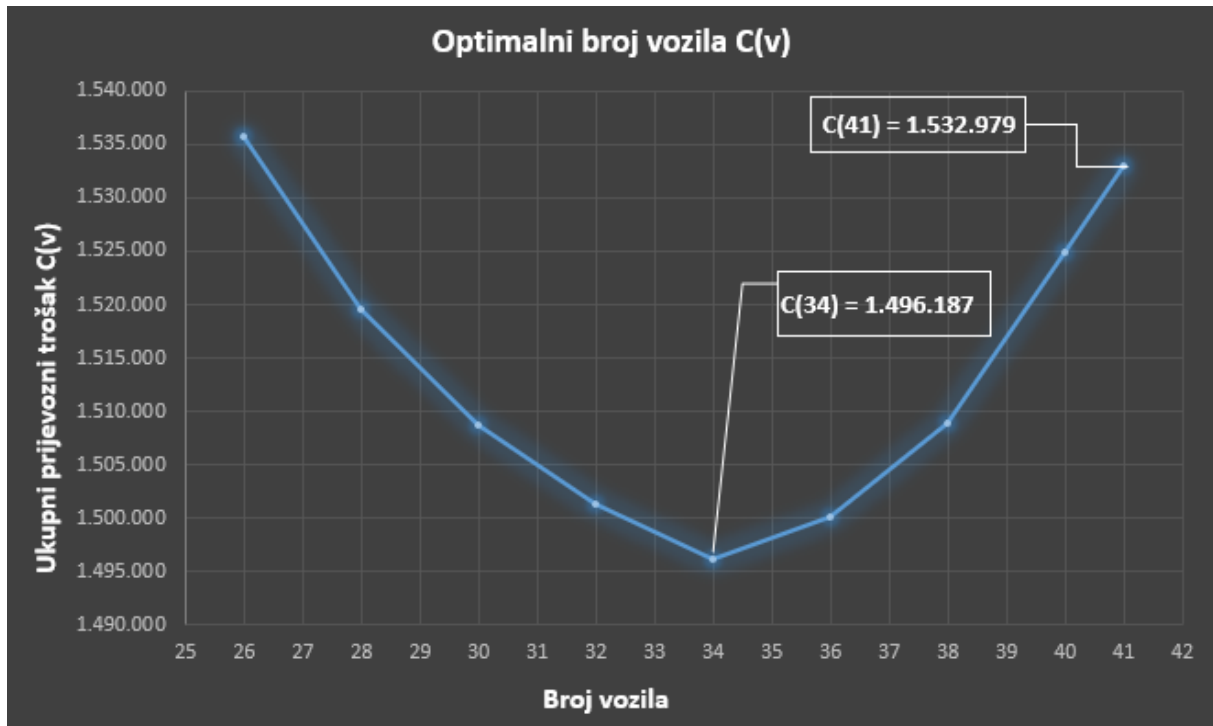
Dobiveni rezultati prikazani tablicom 17. pokazuju da je prilikom primjene postupka određivanja optimalne veličine voznog parka u odabranom segmentu heterogenog voznog parka prijevoznog poduzeća dalo bolje rješenje u odnosu na projekcijsko rješenje poduzeća.

U skladu s navedenim, ostvarena je znatna ušteda u ukupnim godišnjim prijevoznim troškovima poduzeća (tablica 18.), iz kojih je prema izračunu vidljivo da se radi o uštedi od ukupno 36.792,00 € ili 2,5% u odnosu na iskustveno rješenje prijevoznog poduzeća.

Tablica 18. Ostvarena ušteda u ukupnim godišnjim prijevoznim troškovima

| Ukupni godišnji prijevozni troškovi | |
|--|-----------------------------------|
| a) C(41) = | 1.532.979,00 € |
| b) C(34) = | 1.496.187,00 € |
| Razlika | 36.792,00 € 2,5% |

Rezultati dobiveni izračunom ukupnih godišnjih prijevoznih troškova prema prognozi potražnje u 2022.-oj godini (grafikon 14.).



Grafikon 14. Optimalni broj vlastitih vozila u 2022.-oj godini

7. ZAKLJUČAK

S obzirom na dinamiku promjena na tržištu prijevoza, prijevozna poduzeća u cilju zadržavanja pozicije, odnosno konkurentskih prednosti, i opstanka na tržištu moraju posvetiti veliku pažnju u upravljanju svojim troškovima uz istovremeno zadovoljenje visoke razine kvalitete usluge. Promatrajući to s aspekta prijevozne logistike, prijevozna poduzeća moraju osobitu pažnju posvetiti modeliranju vlastitog voznog parka, odnosno veličini i strukturi vozila voznog parka, kao i upravljanju njime. Prema tome, broj vozila i struktura voznog parka predstavljaju osnovu za zadovoljenje prijevozne potražnje uz osnovni problem dinamike prijevozne potražnje koja nije konstanta tijekom određenog vremenskog razdoblja, dok je veličina voznog parka ipak zadana planom tijekom određenog vremenskog razdoblja.

Uz sve izazove suvremenog poslovanja kao što su sigurnost svih sudionika prijevoznog procesa, nove tehnologije, digitalizacija, zaštita okoliša, smanjenje troškova, zakonski propisi i sl., prijevozna poduzeća osobitu važnost moraju posvetiti prognoziranju prijevozne potražnje koja ima signifikantnu ulogu kod planiranja optimalne veličine voznog parka. Pritom se koriste različitim alatima i metodama za prognoziranje prijevozne potražnje, a koje izrazito ovise i o šablonama potražnje koje predstavljaju načine na koje se stvarna potražnja realizira.

Kod planiranja veličine voznog parka prijevoznog poduzeća, poduzeća se uglavnom oslanjaju na vlastito iskustvo u upravljanju voznim parkom, kao i na temelju praćenja prijevozne potražnje. U tom kontekstu prijevozna poduzeća zadovoljavaju prijevoznu potražnju kombinacijom vlastitog voznog parka, koje nastoje optimalno iskoristiti, i angažiranjem vanjskih davatelja prijevoznih usluga, uzimajući u obzir sve prednosti i nedostatke takvog oblika poslovanja, uz minimizaciju ukupnih prijevoznih troškova.

Primjenom prognostičkih metoda i modela na temelju empirijskih podataka iz realnog sektora, u okviru studije slučaja prijevoznog poduzeća, primijenjen je postupak određivanja optimalne veličine voznog parka teretnih vozila u cestovnom prijevozu, odnosno jednog segmenta heterogenog voznog parka prijevoznog poduzeća, s ciljem zadovoljenja prijevozne potražnje uz minimalne ukupne godišnje prijevozne troškove.

Za određivanje prognoze potražnje na temelju empirijskih podataka dobivenih od promatranog poduzeća, korištena je metoda dekompozicije i Wintersova metoda, kao i dodaci *Data Analysis, Regression* i *Solver* programskog alata MS Excel. Prema pokazateljima točnosti prognoze potražnje zbog manjih odstupanja, točnija prognoza potražnje dobivena je metodom dekompozicije, te su dobiveni podaci korišteni za daljnje izračune.

Na temelju dobivenih podataka i izračuna, određena je optimalna veličina voznog parka poduzeća, koja u promatranom segmentu iznosi $v_{optimalno} = 34$ vozila, za razliku od iskustvene procjene poduzeća koja je iznosila $v = 41$ vozilo.

Daljnjom primjenom matematičkih postupaka pristupilo se izračunu ukupnih prijevoznih troškova u oba slučaja, gdje su ukupni prijevozni troškovi s tako određenim optimalnim brojem vozila ($v = 34$ vozila) uspoređeni s ukupnim prijevoznim troškovima prema iskustvenom rješenju poduzeća ($v = 41$ vozilo).

Prema dobivenim rezultatima, vidljivo je poboljšanje, odnosno smanjenje ukupnih prijevoznih troškova u odnosu na iskustveno rješenje poduzeća, a koje iznosi ukupno 36.792,00 € godišnje, odnosno za 2,5%.

LITERATURA

- [1] Stanković, R., Šafran, M., Božić, D.: **Guidelines for Improving Logistic Performances as Drivers of the Logistic Industry Development**, Tehnički vjesnik - Technical Gazette, Vol. 23, No. 5, pp. 1497 – 1503, Slavonski Brod, 2016, ISSN 1330-3651 Bloomberg, D.; LeMay, S.; Hanna J. B.: **Logistika**, Grafotisak d.o.o., 2006.
- [2] <https://www.edukacije.hr/edukacije/online-edukacije/upravljanje-i-administracija/efikasnije-upravljanje-voznim-parkom/>, (Pristup, 08.03.2022.).
- [3] K. Rogić, B. Sutić, G. Kolaric: **Methodology of Introducing Fleet Management System**, Promet-Traffic&Transportation, Vol.20, No.2, 2008.
- [4] <https://www.dzs.hr/Hrv/Covid-19/transport.html>, (Pristup, 10.03.2022.).
- [5] Kuharić, M., **Optimiranje upravljanja voznim parkom**, <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A233/datastream/PDF/view>, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [6] Županović, I., Ribarić, B., **Organizacija i praćenje učinaka cestovnih prijevoznih sredstava**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1993.
- [7] <https://www.zakon.hr/z/247/Zakon-o-radnom-vremenu%2C-obveznim-odmorima-mobilnih-radnika-i-ure%2C%91ajima-za-bilje%2C%BEenje-u-cestovnom-prijevozu>, (Pristup, 12.03.2022.).
- [8] Uremović, V.: **Upravljanje voznim parkom**, Vlastita naklada, Osijek, 2018.
- [9] Pavić, M., Baković, T.: **PROCES IZVOĐENJA OUTSOURCINGA: KLJUČNE AKTIVNOSTI**, 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE "VALLIS AUREA", 2012.
- [10] Čabarkapa, M., Šibalić, V.: **Orijentacija gospodarskog subjekta na temeljni biznis primjenom outsourcinga**, Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu X, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2010.
- [11] <https://www.minimax.hr/blog-outsourcing-u-poslovanju/>, (Pristup, 15.03.2022.).
- [12] Stanković, R., Kolarić, G.: **KONCEPT POSTUPKA ODREĐIVANJA OPTIMALNE VELIČINE VOZNOG PARKA**, Polytechnic & Design, Vol. 10, No. 1, 2022. Polytechnic & Design, Vol. 10., No. 1., 2022.
- [13] <https://www.inboundlogistics.com/cms/article/the-state-of-logistics-outsourcing/>, (Pristup, 15.03.2022.).

- [14] Ghiani, G., Laporte, G., Musmanno, R.: **Introduction to Logistics Systems Planning and Control**, West Sussex, 2004.
- [15] Rogić, K.: **Distribucijska logistika II**, nastavna predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [16] Simchi-Levi, D, Kaminsky, P., Simchi-Levi, E.: **Designing & Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies**, New York, McGraw-Hill/Irwin, 2003.
- [17] Jazbec, M.S.: **Metode prognoze potražnje u lancu opskrbe**, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [18] Stanković, R.: **Optimalni sastav voznog parka (vlastita vozila/outsourcing)**, nastavni materijali iz kolegija Prijevozna logistika II, Merlin, 2022.
- [19] Lawrence, J. A., Pasternack, B. A.: **Applied Management Science**, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2002.
- [20] Božić, D., Stanković, R., Kolarić, G.: **Analysis of the pattern aggregaton impact on the demand forecasting**, Tehnički Glasnik – Technical Journal, Vol. 7, No. 4, pp. 426 – 430, Varaždin, ISSN 1846-6168, 2013.
- [21] Redmer, A.: **Strategic Vehicle Fleet Management – the Composition Problem**, Logforum, Vol. 11, No. 1, pp.119-126, Poznan SCH Logistic, Poznan, ISSN 1895-2038, 2015.
- [22] M. Militao, A., Tirachini, A.: **Optimal fleet size for a shared demand-responsive transport system with human-driven vs automated vehicles: A total cost minimization approach**, Institute of Transport and Logistics Studies, (ITLS) Sydney, Australia, 2006.
- [23] Ćupanović, I.; Ribarić, B.: **Organizacija i praćenje učinaka cestovnih prijevoznih sredstava**, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 1993.
- [24] Grkavac, M.: **Proces upravljanja voznim parkom na primjeru poduzeća SARA trans**, Sveučilište sjever, Diplomski rad, 2019.

POPIS KRATICA

3PL eng. *Third Party Logistics*, logističke usluge vanjskog dobavljača

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Izazovi suvremenog poslovanja prijevozničkih tvrtki..... | 3 |
| Slika 2. Klasični EC4K i EC4B listić za analogni tahograf | 11 |
| Slika 3. Digitalni tahograf..... | 11 |
| Slika 4. Prednja i stražnja strana kartice vozača | 12 |
| Slika 5. Sučelje programskog dodatka Regression | 49 |
| Slika 6. Prikaz sučelja programskog alata Solver | 55 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Cestovni prijevoz robe u razdoblju od 2010. god. - 2020 god. | 5 |
| Tablica 2. Prijevozna potražnja u 2019., 2020., i 2021. godini | 46 |
| Tablica 3. Procjena potrebnog broja vozila u 2022.-oj godini | 47 |
| Tablica 4. Izlazni podaci programskog dodatka Regression | 49 |
| Tablica 5. Prosječni sezonalni faktor S_t | 50 |
| Tablica 6. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini | 51 |
| Tablica 7. Točnost prognoze potražnje | 52 |
| Tablica 8. Izračun prognoze potražnje za 2022.-u godinu pomoću metode dekompozicije..... | 52 |
| Tablica 9. Sezonalnost S_t | 54 |
| Tablica 10. Koeficijenti izgladivanja..... | 56 |
| Tablica 11. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini Winters metodom..... | 57 |
| Tablica 12. Pokazatelji točnosti prognoze potražnje..... | 57 |
| Tablica 13. Izračun prognoze potražnje za 2022.-u godinu pomoću Winters metode | 58 |
| Tablica 14. Usporedba pokazatelja točnosti prognoze | 60 |
| Tablica 15. Fiksni, varijabilni i troškovi angažiranja vanjskog davatelja | 61 |
| Tablica 16: Sortirana prijevozna potražnja u 2022.-oj godini od najmanje do najveće | 62 |
| Tablica 17: Ukupni godišnji prijevozni troškovi | 64 |
| Tablica 18. Ostvarena ušteda u ukupnim godišnjim prijevoznim troškovima | 64 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|--|----|
| Grafikon 1. Cestovni prijevoz robe u razdoblju od 2010. god - 2020. god..... | 6 |
| Grafikon 2. Eksternalizacija logističkih aktivnosti..... | 23 |
| Grafikon 3. Način zadovoljenja prijevozne potražnje | 24 |
| Grafikon 4. Prijevozna potražnja (broj vozila) | 26 |
| Grafikon 5. Prijevozni troškovi kao funkcija broja vozila C(v) | 27 |
| Grafikon 6. Horizontalna šablona potražnje | 41 |
| Grafikon 7. Trendovska šablona potražnje..... | 42 |
| Grafikon 8. Sezonska šablona potražnje | 43 |
| Grafikon 9. Ciklička šablona potražnje | 44 |
| Grafikon 10. Prijevozna potražnja u 2019.-oj, 2020.-oj i 2021.-oj godini | 48 |
| Grafikon 11. Prognoza prijevozne potražnje u 2022.-oj godini metodom dekompozicije | 51 |
| Grafikon 12. Prognoza potražnje za 2022. godinu Winters metodom..... | 56 |
| Grafikon 13: Prognoza potražnje i optimalan broj vozila u 2022.-oj godini..... | 63 |
| Grafikon 14. Optimalni broj vlastitih vozila u 2022.-oj godini..... | 65 |

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Valentin Marić
(vrsta rada)

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Određivanje optimalnog udjela korištenja usluga vanjskih prijevoznika, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 08.04.2022.

Valentin Marić
(ime i prezime, potpis)

