

Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila

Čuljat, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:305432>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-20**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

JOSIP ČULJAT

**ANALIZA POUZDANOSTI VOZNOG PARKA TERETNIH
VOZILA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2022.

Zagreb, 5. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Tehnička logistika**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6861

Pristupnik: **Josip Čuljat (0135241002)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila**

Opis zadatka:

Navesti i objasniti pokazatelje pouzdanosti tehničkih sredstava. Prikazati postupak i metode određivanja pouzdanosti tehničkih sredstava. Napraviti analizu pouzdanosti voznog parka teretnih vozila na primjeru prijevozničkog poduzeća.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Završni rad

**Analiza pouzdanosti voznog parka
teretnih vozila**

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

Student: Josip Čuljat

Zagreb, kolovoz 2022.

SAŽETAK

Uz pretpostavku da se radi o poslovnom subjektu čija je glavna djelatnost prijevoz dobara, pouzdanost voznog parka je temelj stabilnosti poslovanja. Manjak pouzdanosti za sobom generira značajne gubitke i disbalans u poslovanju. U ovom radu objašnjen je pojam vozni park, opisane su značajke istog. Također objašnjen je pojam pouzdanosti i obrađeni su njegovi pokazatelji. U posljednjem poglavlju izvršena je studija slučaja na primjeru prijevozničke tvrtke s naglaskom na pouzdanost i raspoloživost vozila.

Ključne riječi: teretna vozila, vozni park, pouzdanost, analiza

SUMMARY

Assuming that it is a business entity whose main activity is the transportation of goods, the reliability of the vehicle fleet is the basis of business stability. A lack of reliability generates significant losses and imbalances in business. In this paper the term cargo vehicle fleet is explained, as well as its features. The concept of reliability and its indicators are also explained. In the last chapter, a case study was carried out on the example of transport company with an emphasis on the reliability and availability of vehicles.

Key words: cargo vehicles, vehicle fleet, maintenance, analysis

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Značajke voznog parka cestovnih teretnih vozila | 2 |
| 2.1. Strukturne i kapacitivne značajke..... | 3 |
| 2.2. Tehničko – eksploatacijske značajke voznog parka | 5 |
| 2.3. Mjerenje i optimizacija rada voznog parka | 7 |
| 3. Pojam pouzdanosti tehničkih sredstava | 9 |
| 3.1. Otkaz..... | 11 |
| 4. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava | 14 |
| 4.1. Broj vozila..... | 14 |
| 4.2. Funkcija pouzdanosti i gustoća otkaza..... | 14 |
| 4.3. Srednje vrijeme između otkaza (MTBF) | 17 |
| 4.4. Srednje vrijeme do otkaza i srednje vrijeme do prvog otkaza | 18 |
| 4.5. Srednje vrijeme popravka | 18 |
| 4.6. Funkcije distribucije u teoriji pouzdanosti | 19 |
| 4.7. Održavanje voznog parka | 19 |
| 5. Studija slučaja: Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila | 21 |
| 5.1. Vozni park | 21 |
| 5.2. Analiza pouzdanosti | 22 |
| 6. Zaključak..... | 30 |
| 7. Literatura | 31 |

1. Uvod

Tema ovog rada je izvršiti analizu pouzdanosti teretnih vozila voznog parka prijevozničke tvrtke prema izboru. Pod pojmom „vozni park“ podrazumijeva se skup svih transportnih sredstava određenog poslovnog subjekta. Jedan od glavnih čimbenika pri pouzdanosti i sigurnosti usluzi transporta koju nude prijevozničke tvrtke je održavanje voznog parka na propisan način. Cilj ovog rada je prikazati pokazatelje pouzdanosti, definirati ih i pomoću dobivenih podataka iz prijašnjih godina poslovanja analizirati pouzdanost, raspoloživost voznog parka poslovnog subjekta.

Rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Značajke voznog parka cestovnih teretnih vozila
3. Pojam pouzdanosti tehničkih sredstava
4. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava
5. Studija slučaja: Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila
6. Zaključak

U drugom poglavlju rada definiran je pojam voznog parka teretnih vozila, te su opisane njegove značajke koje utječu na izbor optimalnog voznog parka i njegovu razinu eksploatacije.

U trećem poglavlju definiran je pojam pouzdanosti sustava, te je opisano značenje otkaza tehničkih sredstava. Ujedno su navedene vrste otkaza i stanja u kojima se tehnička sredstva nalaze tijekom životnog vijeka.

U četvrtom poglavlju opisani su pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava, matematički i grafički izrazi istih.

U petom poglavlju pomoću podataka izvršena je analiza pouzdanosti voznog parka na konkretnom primjeru voznog parka teretnih vozila prijevozničke tvrtke.

U šestom poglavlju prikazani su zaključci do kojih je došlo izrade rada i obavljanja analize.

2. Značajke voznog parka cestovnih teretnih vozila

Cestovna teretna prijevozna sredstva su motorna vozila i priključna vozila (prikolice i poluprikolice) koja su namijenjena prijevozu tereta, odnosno dobara između dva mjesta (mjesto utovara i mjesto istovara).

Pod pojmom „vozni park“ podrazumijeva se skup svih transportnih sredstava određenog poslovnog subjekta: automobili, autobusi, zglobni autobusi, teretna motorna vozila, tegljači, prikolice i poluprikolice.

Potrebno je spomenuti da vozni park može biti formiran prema organizacijskim i teritorijalnim potrebama poslovnog subjekta.

Ukoliko je riječ o organizacijskim potrebama, vozni park može se formirati za djelatnosti javnog prijevoza ili kao djelatnost prijevoza za vlastite potrebe. U aspektu organizacijskih potreba poslovnog subjekta razlikujemo vozni park na fiksnim rutama ili vozni park na promjenjivim rutama, što ovisi o potražnji.

Prilikom formiranja voznog parka prema teritorijalnim potrebama podrazumijevaju se svi navedeni oblici organizacijskih potreba voznog parka, ali na definiranom području.

U tome slučaju postoje vozni parkovi[1]:

- Sa lokalnim prostorom djelovanja
- Sa regionalnim prostorom djelovanja
- Sa međunarodnim prostorom djelovanja

Glavna svrha voznog parka je prijevozni proces. Prijevozni proces predstavlja proces prevoženja tereta, ljudi uključujući sve pripremno-završne operacije kao što su:

- upućivanje vozila na mjesto ukrcaja robe
- prijem i ukrcaj robe
- prijevoz
- iskrcaj i predaja robe

2.1. Strukturne i kapacitivne značajke

U cestovnom prometu, za prijevoz robe i tereta, koriste se tri vrste teških teretnih motornih vozila:

- Kamioni bez prikolica
- Kamioni s prikolicama
- Tegljači s poluprikolicama

Ovisno da li je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa razlikujemo dvije vrste struktura vozni parkova: homogeni vozni park i heterogeni vozni park.

Struktura voznog parka koja se sastoji od vozila iste marke i istog tipa naziva se homogeni vozni park. Takva je struktura u praksi veoma rijetka, ali i ona ima svojih prednosti. Homogenom strukturom voznog parka postiže se visoka efikasnost pri radu voznog parka, kod koje je tehničko održavanje vozila lakše i racionalnije. Upravo iz tih razloga kod formiranja vozni parkova preporučeno je težiti „tipizaciji“ vozila ili barem broj marki i tipova vozila zastupljenih u voznom parku svesti na minimum.

Struktura voznog parka koja se sastoji od vozila različitih marki i tipova drugim riječima sastoji se od vozila različitih tehničko-eksploatacijskih karakteristika naziva se heterogena struktura koja je ujedno i zastupljenija[1].

Vrlo je važno da vozni park poslovnog subjekta bude dimenzioniran u skladu s njegovim potrebama s obzirom da vozni park i način na koji se on iskorištava najviše utječu na prijevozni kapacitet. Ukupni kapacitet voznog parka sastoji se od pojedinačnog kapaciteta svakog vozila.

Teorijski godišnji kapacitet svakog pojedinačnog vozila može se izračunati prema formuli (1):

$$K = \frac{D * N}{O} \quad (1)$$

Gdje je:

K – teorijski godišnji kapacitet u jedinicama u kojima je izražena nosivost vozila

D – broj dana godišnje eksploatacije

N - nosivost vozila u jedinicama koje odgovaraju određenoj vrsti vozila

O – obrt vozila u danima

Teorijski godišnji kapacitet cijelog voznog parka dobije se zbrajanjem pojedinačnih kapaciteta.

Dinamički kapacitet određen je obrtom vozila, što podrazumijeva vrijeme između jedne uporabe određenog prijevoznog sredstva do ponovne uporabe istog.

Obrtaj prijevoznih sredstava važan je u ekonomiji eksploatacije i ukupni je rezultat organizacije, operativnosti rada, poduzetnosti, gubitka vremena i drugih uvjeta eksploatacije. Ako je obrt vozila spor, znači da je potrebno povećati vozni park za izvršenje istog godišnjeg prijevoza, što ukazuje na nepovoljnu ekonomičnost sporog obrtaja[2].

Veličina voznog parka mora odgovarati godišnjoj količini koju poduzeće namjerava prevesti. Prema [2], nužna veličina voznog parka izračunava se na temelju teorijskog kapaciteta svakog pojedinačnog vozila matematičkim izrazom (2):

$$P = \frac{Q}{K} \quad (2)$$

Gdje je:

P – teorijska veličina voznog parka prijevoznog poduzeća

Q – godišnja količina potrebnog ili planiranog prijevoza

K – godišnji kapacitet pojedinačnog vozila

Ovisno o broju transportnih jedinica kojima poslovni subjekt raspolaže vozni park možemo podijeliti na:

- Mali vozni park – do 20 vozila
- Srednji vozni park – 20-99 vozila
- Veliki vozni park – 100-499 vozila
- Vrlo veliki vozni park – preko 500 vozila

Obnova voznog parka je vrlo važan element strukturnih značajki voznog parka koja utječe na učinkovitost poslovanja. Prilikom održavanja voznog parka potrebno je voditi račun o starosti istog i obnoviti ga prije povećanja troškova održavanja koji rastu sa brojem godina prijevoznih sredstava. Sama obnova voznog parka nije nimalo jednostavan zadatak za prijevozna poduzeća s obzirom da su nabavne cijene prijevoznih sredstava visoke zato je potrebno planski i postupno modernizirati strukturu voznog parka na nove, modernizirane tipove.

2.2. Tehničko – eksploatacijske značajke voznog parka

Na sam razvoj tehničko-eksploatacijskih značajki voznog parka, proces ukrcaja, iskrcaja i prekrcaja tovarnih jedinica utjecale su suvremene tehnologije kako bi se ubrzao proces manipulacijom tereta i olakšala primjena intermodalnog prijevoza.

Suvremena eksploatacija komercijalnih vozila zahtijeva da korisna nosivost vozila bude što veća, a da vlastita masa bude što manja, da je potreba za održavanjem svedena na minimum uz nisku potrošnju goriva, lako i sigurno upravljanje vozilom, velika vučna sila za vuču prikolice i slično, a sve radi smanjenja troškova transporta i očuvanja okoliša po jedinici transportnog supstrata.

Izbor transportnih sredstava potrebno je podrediti dugoročnoj strategiji ovisno o vrsti/vrstama prijevoza kojim se poduzeće namjerava baviti. Pri odabiru voznog parka potrebno je voditi računa o tehničko-tehnološki i eksploatacijskim značajkama voznog parka.

Tehničko-tehnološke značajke koje je potrebno definirati pri odabiru[3]:

1. Izbor pogonskih motora sa značajkama, količina potrošnje pogonskog goriva
2. Brzina (ekonomska rentabilna)
3. Namjena transportnih sredstava tj. Režima njihove eksploatacije
4. Kapacitet transportnih sredstava
5. Pouzdanost i podobnost za održavanje
6. Raspoloživost za rad i sigurnost pri radu

Osnovne tehničko-eksploatacijske značajke teretnih cestovnih prijevoznih sredstva:

1. Specifična snaga transportnog sredstva (N_s) - predstavlja omjer neto snage motora s najvećom masom vozila. Ima veliki utjecaj na dinamička svojstva vozila, odnosno na vučnu sposobnost. Izračunava se pomoću matematičkog izraza (3).

$$N_s = \frac{N_n}{Q_b} \quad (3)$$

Gdje je:

N_n - neto snaga motora [kW]

Q_b – bruto masa vozila [t]

2. Kompaktnost prijevoznih sredstava – dobiva se dijeljenjem nazivne nosivosti s površinom teretnog prostora namijenjenog za smještaj tereta.
3. Odnos vlastite mase i korisne nosivost vozila – dobiva se dijeljenjem vlastite mase vozila s nazivnom nosivošću. Ima veliki utjecaj na ukupnu masu vozila.

4. Iskorištenje gabaritne površine prijevoznog sredstva – mjeri se koeficijentom iskorištenja gabaritne površine koji se dobije dijeljenjem korisne površine, namijenjene smještaju tereta sa gabaritnom površinom vozila zadana izrazom (4).

$$Np = \frac{lb}{LB} \quad (4)$$

Gdje je:

lb – duljina prostora namijenjena smještaju predmeta prijevoza [m]

LB - širina prostora namijenjena smještaju predmeta prijevoza [m]

5. Nazivna nosivost transportnog sredstva – označava maksimalnu nosivost (u tonama ili broju putnika) koju je prijevozno sredstvo u mogućnosti prevoziti s obzirom na svoje tehničke značajke. Temeljeni je podatak o prijevoznom sredstvu uvjetovan konstrukcijskim značajkama vozila.
6. Specifična volumenska nosivost – dobiva se dijeljenjem korisne nosivosti i korisne površine prostora za smještaj tereta.
7. Koeficijent iskorištenja volumenske nosivosti (Yv) – dobiva se dijeljenjem iskorištenog volumena ukrcanog prijevoznog sredstva sa nazivnom nosivošću, izražen sljedećim izrazom (5).

$$Yv = \frac{VNvp}{Qn} \quad (5)$$

Gdje je:

V – volumen prostora namijenjenog teretu [m^3]

Nv – koeficijent iskorištenja volumena prostora za određenu vrstu robe

p – zapreminska masa tereta [t/m^3]

Qn – nazivna nosivost prijevoznog sredstva [t]

8. Koeficijent iskorištenja transportnog volumena – dobiva se dijeljenjem iskorištenog volumena natovarenog prijevoznog sredstva sa nazivnom nosivošću.

Vozne parkove određuje i zadovoljavajuća pouzdanost proračunatih parametara vezanih uz eksploatacijske karakteristike prijevoznih sredstava.

2.3. Mjerenje i optimizacija rada voznog parka

Pri određivanju optimalnog voznog parka treba odrediti broj vozila koje treba nabaviti kako bi se ostvarila maksimalna ili minimalna vrijednost funkcije kriterija (maksimalan prihod, dobit, učinak; minimalni troškovi itd.), uzimajući u obzir zadana ograničenja (iznos za investiciju, količina tereta koju treba prevesti, broj vozača, iznos za održavanje vozila i sl.). Sama veličina i struktura voznog parka u cestovnom prijevozu zavisi o prometnoj potražnji.

Za planiranje voznog parka mogu se primijeniti:

- Kvantitativne metode
- Metode klasične parametarske statistike

Uspješna primjena kvantitativnih metoda u planiranju voznog parka uvjetovana je jasnim definiranjem problema, dobrim poznavanjem tehničko-tehnoloških i ekonomsko-organizacijskih elemenata prijevoznog procesa, te pravilnim odabirom matematičkog sustava glede pravilne primjene metode na odabrani problem i ispravne interpretacije dobivenih rezultata. [2]

Pregled izmjeritelja rada nema kronološki karakter, već je to jedan slojeviti iskaz statističkih pokazatelja:

1. Vremenski pokazatelji
2. Pogonski pokazatelji
3. Pokazatelji prijevoznog učinka

Vremenski pokazatelji iskazuju vremensku iskorištenost jednog vozila, skupa vozila ili kompletnog voznog parka, a to su[2]:

AD – auto-dani vozila

AD_n – auto-dani neispravnih vozila

AD_u – auto-dani vozila ukupno

AD_g – auto-dani vozila u stajanju

AD_r – auto-dani vozila u rad

AD_i – auto-dani ispravnih vozila

Na temelju kojih se izračunava glavni čimbenik tehničke eksploatacije, tj. koeficijent ispravnosti voznog parka.

Pogonski pokazatelji iskazuju stupanj iskorištenosti pogonskog rada vozila ili skupa vozila kroz elemente koji se uglavnom izračunavaju kao aritmetička srednja vrijednost[2]:

KM_u – ukupni prijeđeni kilometri

KM_t – kilometri pod teretom

KM_p – prazni kilometri (kilometri bez tereta)

KM_n - nulti kilometri (od garaže do utovarnog mjesta)

KM_{km} – koeficijent iskorištenja prijeđenog puta

KM_o – koeficijent srednje dužine prijeđenog puta s teretom

KM_l – koeficijent prosječnog puta u jednom danu

KM_{st} – koeficijent srednje udaljenosti prijevoza jedne tone tereta

Pokazatelji prijevoznog učinka iskazuju korisnost voznog parka u dinamičkoj korelaciji koeficijenta iskorištenja kapaciteta i daljine prijevoza. Temeljni iskaz prijevoznog učinka dobiva se umnoškom tona tereta i broja prijeđenih kilometara, te može biti[2]:

- mogući prijevozni učinak, tj. umnožak kapaciteta vozila i prijeđenog puta
- realni prijevozni učinak, tj. umnožak stvarno prevezenog tereta i prijeđenog puta

3. Pojam pouzdanosti tehničkih sredstava

Pouzdanost (reliability) je definirana kao vjerojatnost da će tehnički sustav izvršiti predviđenu funkciju namjene (zadaću), bez otkaza, unutar dozvoljenih granica odstupanja, u zadanom vijeku trajanja i zadanim radnim uvjetima na siguran način. Pod uvjetom da se tehničko sredstvo koristi na propisani način i pod propisanim radnim uvjetima.

Namjera tehnike pouzdanosti je unaprijediti, odrediti i produljiti životni, eksploatacijski vijek trajanja tehničkog sustava uz definirane uvjete rada pomoću izračuna pokazatelja pouzdanosti

Iz definicije vidljivo je da je pouzdanost sastavljena od četiri temeljna pojma:

- Vjerojatnost
- Uspješno obavljen zadatak
- Razdoblje
- Unaprijed određeni radni uvjeti

Vjerojatnost određuje stupanj izvjesnosti da će se neki događaj u nizu stvarnih događaja sigurno odvijati na predviđeni način i promatra se kao matematička veličina.[5]

Pouzdanost u svojoj definiciji ima četiri osnovna elementa[6]:

1. Razina povjerenja
2. Funkcija namjene
3. Zadani vijek trajanja
4. Zadani radni uvjeti

Razina povjerenja je vjerojatnost da se stvarna vrijednost nekog parametra kreće unutar dozvoljenih granica odstupanja. Primjerice, ako je pouzdanost nekog sustava 0,9, na nivou povjerenja 95% što znači da postoji rizik od 5% da je pouzdanost tog sustava manja od 0,9.

Funkcija namjene je funkcija koja određuje zadatak sustava u kojoj je uključeno vrijeme rada uključujući i definiciju otkaza.

Otkazi mogu biti:

- Katastrofalni – kada sustav iznenada otkáže
- Povremeni – pojavljuju se s vremena na vrijeme
- Promjenjivi - kada sustav radu u intervalima ispod i iznad dozvoljenih granica

Zadani vijek trajanja je vremenski interval za koji se traži obavljanje funkcije namjene. Ako je to vrijeme kraće tada se zadržava visoka pouzdanost. Obrnuto je proporcionalno pouzdanosti.

Zadani radni uvjeti su uvjeti pod kojima sustav obavlja funkciju namjene, odnosno uvjeti za koje je sustav projektiran i izrađen. Zadani radni uvjeti imaju veliki utjecaj na vrijednosti pouzdanosti. To su: mehanički, termički, električni i slični uvjeti koji rezultiraju vibracijama, udarima, vlagom i temperaturom. Ako sustav radi stalno pod povećanim opterećenjima vijek trajanja se smanjuje, a intenzitet otkaza se povećava.

Pouzdanost sustava također ovise o načinu međusobnog povezivanja sastavnih elemenata sustava. Elementi sustava mogu biti povezani serijskom, paralelnom i kombiniranom veznom.

Sustavi sa serijskom vezom su znatno zastupljeni kod prijevoznih sredstava. Elementi su povezani serijski, a otkaz jednog elementa u spoju ima za posljedicu zastoj cijelog sustava. Pouzdanost sustava sa serijski povezanim elementima opada s povećanjem elemenata, a jednaka je pouzdanosti najmanje pouzdanog elementa.

Pouzdanost sustava sa paralelno povezanim elementima veća je u odnosu na sustave sa serijski povezanim elementima. Otkaz bilo kojeg elementa u spoju nema za posljedicu zastoj cijelog sustava, sve dok postoji bilo koji ispravni element.

Kombinirano povezani elementi unutar sustava mogu biti konfigurirani na način[6]:

- Kombinirano serijsko-paralelna
- Kombinirano paralelno-serijska

Osim navedenih elemenata pouzdanost sustava također ovisi o postupanjima zaposlenika prema vozilima, održavanjima i uvjetima u kojima vozila rade. Zaključno, pouzdanost je nemoguće odrediti unaprijed, ali se svakako može predvidjeti.

Pouzdanost voznog parka može se odrediti u bilo kojem trenutku tako što imamo informaciju o ukupnom broju vozila N , o broju vozila koja nisu otkazala n_1 i o broju vozila koja jesu otkazala n_2 .

Može se izračunati pomoću izraza (6), (7) i (8).

$$N = n_1 + n_2 \quad (6)$$

$$R(t) = \frac{n_1(t)}{t} \quad (7)$$

$$R(t) = \frac{n - N(t)}{n} \quad (8)$$

Gdje je:

$R(t)$ – pouzdanost

T – vrijeme rada

Ukoliko se promatra pouzdanost cijelog životnog vijeka prijevoznog sredstva možemo uočiti kako se određene zakonitosti prema kojima dolazi do kvara ili zastoja ponavljaju.

Ovdje je riječ o tri temeljna vremenska intervala koji su:

- Interval uhodavanja – t_0, t_1
- Interval normalne upotrebe – t_1, t_2
- Interval dotrajnosti – t_2, t_3

Metode određivanja pouzdanosti tehničkih sustava mogu se mjeriti kroz dvije metode:

1. „A priori“ metoda- poznata je još po nazivu prediktivna metoda. U ovoj metodi pouzdanost se predviđa unaprijed, odnosno u fazi razvoja i projektiranja sustava na temelju poznavanja komponenti sustava i njihovih pouzdanosti.

2. „A posteriori“ metoda- pouzdanost određuje na temelju podataka dobivenih iz eksploatacije sustava. Ovom metodom vrši provjeru „a priori“ metode u vilju daljnjeg optimiranja sustava. [6]:

3.1. Otkaz

Otkaz predstavlja događaj poslije kojeg sredstvo ne može vršiti svoju funkciju na propisan način. Što znači da otkaz ne mora biti potpuni kvar koji onemogućava rad sredstva, već svaki događaj koji dovodi do nekvalitetnog i nesigurnog rada izvan propisanih granica.

Tijekom eksploatacije za vrijeme korištenja sredstva prisutna su tri stanja sredstva:

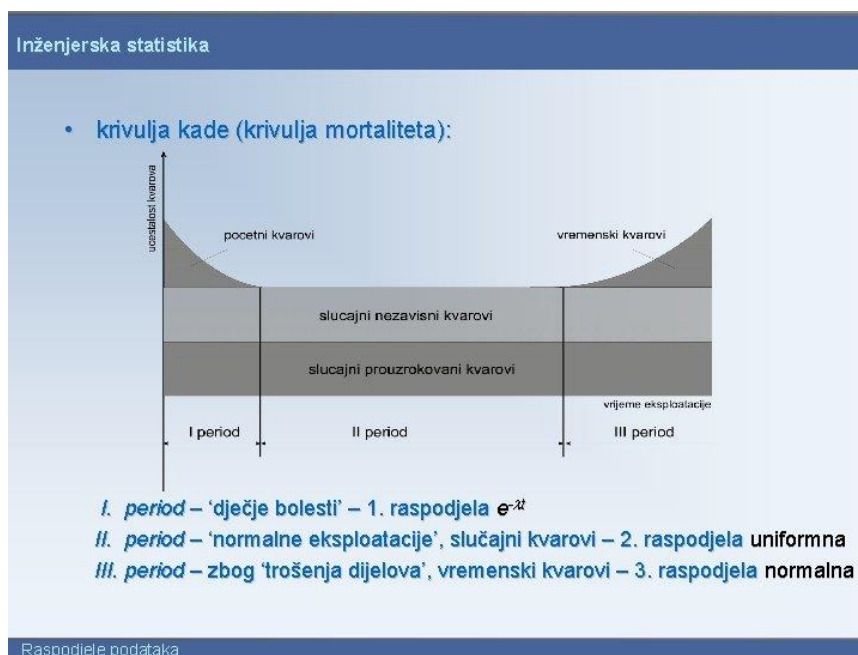
1. Stanje u radu – u kojem sustav ostvaruje svoju funkciju namjene u okviru dozvoljenih odstupanja
2. Stanje u kvaru – stanje u kojem tehnički sustav odstupa od stanja u radu pri čemu je moguće nastaviti ostvarivati funkciju namjene s promijenjenim performansama ili je funkcioniranje potpuno onemogućeno. Za vrijeme stanja u otkazu vozilo se osposobljava kako bi se vratilo u ponovno stanje neometanog rada.
3. Stanje u zastoju – stanje u kojem se tehnički sustav nalazi uslijed održavanja, nedostatka rezervnih dijelova i loše organizacije

S obzirom na osnovnu i vrijeme nastanka kvarovi mogu biti:

- Neinherentni kvarovi – potječu od izvršavanja osnovne radne funkcije sustava, nisu povezani s tehnološkim postupkom rada sustava. Mogu biti posljedica nepravilnog rukovanja, nesreća, prirodnih pojava i katastrofa i tome slično
- Inherentni kvarovi – posljedica su izvršavanja propisane radne aktivnosti sustava i nastaju samo tijekom rada sustava

Krivulja života je prikaz intenziteta otkaza tehničkog sustava o vremenu kroz životni vijek sustava.

Sami otkaz može se prikazati pomoću tzv. Krivulje života (Slika 1).



Slika 1. Krivulja "Kade"

Izvor: [8]

Sastoji se od tri dijela:

- Prvi dio su rani otkazi
- Drugi dio su slučajni otkazi
- Treći dio je stopa povećanih otkaza, istrošenosti

Rani otkazi pojavljuju se odmah nakon puštanja sustava u rad. Uzrok otkaza mogu biti nedovoljna kvalitete u tijeku proizvodnog procesa i pri izradi samog sustava, pogrešna ugradnja, greške u proizvodnji. Početni kvarovi otklanjaju se tijekom perioda uhodavanja i trebali bi biti pokriveni garancijom proizvođača.

Drugi dio su slučajni otkazi koje je gotovo nemoguće izbjeći i javljaju se s manjom ili većom vjerojatnošću. Stopa povećanih otkaza nastaje zbog zamora materijala, istrošenosti, pojavom korozije i općenito procesa izazvanih starenjem. Obično se opisuju Eksponencijalnom distribucijom.

Kvarovi zbog istrošenosti se pojavljuju zadnji u životnom vijeku tehničkog sredstva. Provedbom propisanih mjera preventivnog održavanja kvarovi zbog istrošenosti mogu se u potpunosti eliminirati.

Prema brzini nastajanja, stupnju narušavanja funkcije, intenzitetu i trenutku pojave otkaza, oni mogu biti:

- katastrofalni,
- degradacijski,
- rani,
- slučajni
- kasni.

4. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava

Pouzdanost je osnovna značajka voznog parka. Otkaz na prijevoznom sredstvu sam po sebi stvara financijski trošak u vidu sredstava potrebnih za otklanjanje istog. Kako bi otklonili kvar na prijevoznom sredstvu potrebno je i vrijeme čime se dolazi do nedostatka prijevoznog kapaciteta što usporava ili onemogućuje redovito poslovanje. [9]

Kako bi ispitali pouzdanost prijevoznog sredstva i elemenata, sklopova i uređaja koji ga čine najprije je potrebno odrediti pokazatelji koji će definirati pouzdanost ispitanog vozila.

Temeljem sljedećih parametara može se dobiti detaljan izračun pouzdanosti:

4.1. Broj vozila

Broj vozila je podatak o ukupnom broju prijevoznih sredstava voznog parka poslovnog subjekta, bez obzira na njihovu raspoloživost. Što je vozni park brojniji veći je i broj otkaza unutar istog. U slučaju da se proučava homogeni vozni park izračun kalkulacija otkaza je jednostavna, za razliku od heterogenog voznog parka gdje je sam izračun kompleksniji zbog sastava koji je sačinjen od vozila različitih proizvođača.

4.2. Funkcija pouzdanosti i gustoća otkaza

Funkcija pouzdanosti je vjerojatnost da će vrijeme rada bez otkaza T biti veće od određenog ili zadanog vremena t .

Funkcija pouzdanosti označava se sa $R(t)$ gdje t nezavisna varijabla koja označava vrijeme. Što znači da se njena funkcija mijenja u vremenu, a s obzirom da smo upoznati sa time da je pouzdanost vjerojatnost njena se vrijednost kreće između nule i jedan.

Funkciju pouzdanosti možemo definirati matematičkim izrazom (9):

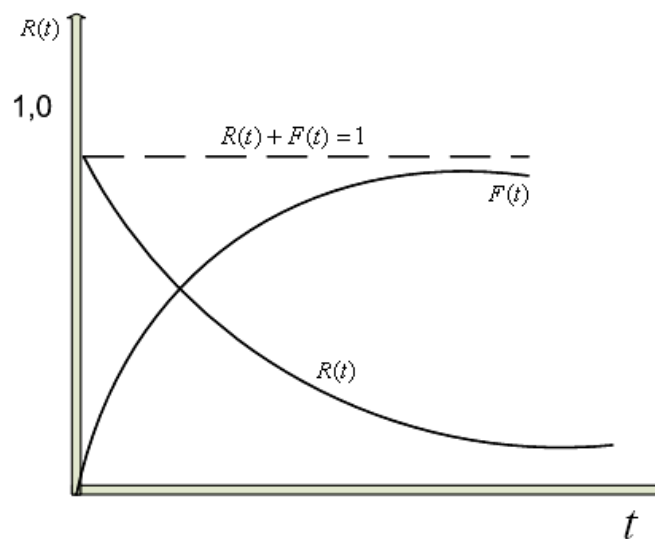
$$R(t) = P(T > t) \quad (9)$$

Komplementarna funkcija funkciji pouzdanosti je funkcija nepouzdanosti koja predstavlja vjerojatnost da će se otkaz dogoditi do određenog ili zadanog vremena t .

Funkcija nepouzdanost označava se oznakom $F(t)$, a odnos dviju funkcija možemo definirati matematički izrazom (10):

$$R(t) + F(t) = 1 \rightarrow R(t) = 1 - F(t) \text{ odnosno } F(t) = 1 - R(t) \quad (10)$$

Na Slici 2. prikazan je međusobni odnos dviju funkcija: funkcije pouzdanosti i funkcije nepouzdanosti.



Slika 2. Odnos između funkcije pouzdanosti i funkcije nepouzdanosti

Izvor: [6]

Funkciju pouzdanosti možemo izračunati statistički, temeljem povijesnih podataka o stanju sustava tijekom promatranog perioda eksploatacije zadana izrazom (11).

$$R(t) = \frac{n-m(t)}{n} = 1 - \frac{m(t)}{n} \quad (11)$$

Gdje je:

n – ukupni broj elemenata kojima se ispituje pouzdanost

$m(t)$ – broj elemenata koji su otkazali do vremena t

Funkcija gustoće otkaza $f(t)$ je gustoće vjerojatnosti pojavljivanja slučajnog otkaza, drugim riječima gustoća vjerojatnosti bez otkaznog rada u periodu od prvog otkaza. Može se izraziti jednadžbom (12).

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{d(t)} \quad (12)$$

Funkcija gustoće otkaza može se dobiti praćenjem sredstva u eksploataciji. Vremensko razdoblje promatranja podjeli se na vremenske intervale Δt , te se prati broj sredstava koji otkazu u intervalu.

Funkcija gustoće otkaza korištenjem empirijskih podatak može se prikazati izrazom (13).

$$f(t) = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{n \cdot \Delta t} \quad (13)$$

Gdje je:

$\Delta n(t, \Delta t)$ – broj otkazanih elemenata u vremensko intervalu Δt u okolini vremena t

n – broj promatranih elemenata kojima se ispituje pouzdanost u trenutku $t=0$

Δt – trajanje vremenskog interval

Funkcija intenziteta otkaza je funkcija gustoće vjerojatnosti otkaza elementa u trenutku t pod uvjetom da do toga trenutka element nije otkazao. Drugim riječima to je uvjetna gustoća vrijednosti da će element koji nije nalazio u stanju otkaza do trenutka t , otkazati u narednom periodu.

Funkcija intenziteta otkaza predstavlja odnos između funkcije gustoće otkaza i funkcije pouzdanosti, izražena matematičkim izrazom (14).

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \left[\frac{\text{otkaza}}{h} \right] \quad (14)$$

Kao i prijašnje funkcije intenzitet otkaza može se odrediti statistički praćenjem elemenata u eksploataciji matematičkim izrazom (15).

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{n(t) \cdot \Delta t} \left[\frac{\text{otkaza}}{h} \right] \quad (15)$$

Gdje je:

$\Delta n(t, \Delta t)$ – broj elemenata koji su otkazali u vremenskom intervalu Δt u okolini vremena t

$n(t)$ – broj ispravnih elemenata do trenutka t

Δt – trajanje intervala

Razlika u funkciji gustoće otkaza i funkciji intenziteta otkaza je u tome što funkcija gustoće otkaza govori o vjerojatnosti otkaza elementa u razdoblju Δt bez obzira na činjenicu da je element mogao otkazati i prije tog razdoblja. Funkcija intenziteta otkaza govori o vjerojatnosti otkaza elemenata u razdoblju Δt , pod uvjetom da je element bio u stanju u radu do početka promatranog razdoblja.

Tablicom 1. prikazana je funkcijska veza između pokazatelja pouzdanosti.

Tablica 1. Tablica funkcijskih veza između pokazatelja pouzdanosti

| Funkcija | R(t) | F(t) | f(t) | |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|---|---|
| R(t) | - | 1-R(t) | $-\frac{dR(t)}{dt}$ | $-\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt}$ |
| F(t) | 1-F(t) | - | $\frac{dF(t)}{dt}$ | $\frac{1}{1-F(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt}$ |
| f(t) | $\int_t^\infty f(t)dt$ | $\int_0^\infty f(t)dt$ | - | $\frac{f(t)}{\int_t^\infty f(t)dt}$ |
| $\lambda(t)$ | $-\int_{e^0}^t \lambda(t)dt$ | $-\int_{1-e^0}^t \lambda(t)dt$ | $\lambda(t) \cdot e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$ | - |

Izvor: [6]

4.3. Srednje vrijeme između otkaza (MTBF)

Srednje vrijeme između otkaza (MTBF-Mean Time Between Failure) prikazuje koliko je prosječno vrijeme između uzastopnih otkaza za popravljive sustave, te se njegovim povećanjem povećava i sama pouzdanost. Jasno je da to nije točna vrijednost, već statistička, prosječna vrijednost do trenutka otkaza.

Drugim riječima to je prosječno vrijeme između otkaza motornog vozila ili neke komponente u određenom razdoblju eksploatacijskog vijeka trajanja. Učestalost otkaza je izražena izrazima (16), (17).

$$MTBF = \frac{\text{broj otkaza}}{\text{ukupno vrijeme radnih sati}} = \frac{T}{n} \quad (16)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (17)$$

4.4. Srednje vrijeme do otkaza i srednje vrijeme do prvog otkaza

Srednje vrijeme do otkaza (MTTF – Mean Time To Failure) definira se kao srednje vrijeme do otkaza (prvog, drugog,...) mjereno od određene ishodišne točke u vremenu ili mjestu. Često se miješa i koristi kao sinonim s MTBF. Može se koristiti za popravljive sustave, ali se najčešće koristi kao mjera pouzdanosti za nepopravljive sustave i komponente kao što su žarulje, otpornici i slično.

Matematički se može izraziti jednadžbom (18):

$$MTTF = \frac{\text{ukupan broj radnih sati jedinica opreme}}{\text{ukupan broj kvarova jedinica za određeno vrijeme}} \quad (18)$$

Srednje vrijeme do prvog otkaza (MTFF) je još jedna mjera pouzdanosti koja se često koristi za sustave koji pokazuju varirajuće karakteristike stope kvara suvišnih sustava. Može biti definirano kao srednje vrijeme do otkaza sustava mjereno od određene točke kada su relevantni sustavi novi i nekoristeni.

4.5. Srednje vrijeme popravka

Srednje vrijeme popravka (MTTR – Mean Time To Repair) je srednje vrijeme trajanja otkaza u periodu eksploatacije, za popravljive tehničke sustave. Drugim riječima govori nam koliko je vremena potrebno da se prijevozno sredstvo popravi i ponovno bude sposoban za radnu namjenu/eksploataciju. [10]

Vrijeme se počinje mjeriti od trenutka kada započne popravka do trenutka kada je prijevozno sredstvo u mogućnosti raditi potpunim kapacitetom. Uključeno je vrijeme ispitivanja, vrijeme popravka i vrijeme povratka u normalne radne uvjete.

MTTR može se izračunati aritmetička sredina ukupnog vremena održavanja i ukupnog broja popravaka tijekom definiranog perioda. Može se matematički izraziti jednadžbom (19).

$$MTTR = \frac{\text{ukupno vrijeme održavanja}}{\text{ukupan broj popravaka}} \quad (19)$$

4.6. Funkcije distribucije u teoriji pouzdanosti

Kod opisivanja pouzdanosti i intenziteta otkaza koriste se funkcije gustoće otkaza. Osnovne teorijske funkcije gustoće otkaza koje se koriste kod opisivanja pouzdanosti i intenziteta otkaza su:

- 1) Eksponencijalna distribucija – koristi se za opisivanje slučajnih otkaza
- 2) Lognormalna razdioba – opisivanje otkaza zbog zamora materijala
- 3) Normalna distribucija – koristi se za opisivanje otkaza zbog starenja, istrošenosti, zamora materijala, kao i opisivanje vremena trajanja popravaka
- 4) Weibullova razdioba – opisivanje rastućih i padajućih funkcija intenziteta otkaza
- 5) Gama razdioba – opisivanje otkaza zbog više uzroka
- 6) Druge posebne razdiobe kao što su Binomna, Poissonova

4.7. Održavanje voznog parka

Održavanje kao aktivnosti nije direktna značajka pouzdanosti, ali utječe na pouzdanost sustava. Što je održavanje kvalitetnije to je pouzdanost voznog parka veća.

Održavanje možemo definirati kao skup aktivnosti koje se provode u cilju očuvanja radne sposobnosti tehničkog sredstva, a pogodnost za održavanje je lakoća i ekonomičnost održavanja tehničkog sredstva.

Kako bi održavanje vozila bilo uspješno treba ispuniti određene pretpostavke:

- Odgovarajuće stručno osoblje
- Pričuvni dijelovi
- Odgovarajući objekti i oprema
- Odgovarajuća tehnička dokumentacija
- Financijska sredstva za izvršenje postupaka održavanja

Razlikujemo tri vrste održavanja:

1. Korektivno održavanje – podrazumijeva niz aktivnosti koje se provode kako bi se prijevozno sredstvo vratilo u ispravno stanje nakon pojave otkaza. Primjenjuje se na komponente kod kojih otkaz nema utjecaja na sigurnost ili neće prouzročiti velike gubitke zbog neplaniranog zastoja
2. Preventivno održavanje – podrazumijeva niz aktivnosti koje se provode kako bi se smanjila vjerojatnost pojave otkaza. Dakle preventivno održavanje se provodi prije pojave otkaza, pa samim time zahtijevaju planiranje održavanja za razliku od korektivnih.
3. Održavanje prema stanju – aktivnosti održavanja provode se ovisno o stanju prijevoznog sredstva temeljem provjere i procjene stanja u određenom trenutku čime se povećava ekonomičnost održavanja jer se izbjegavaju nepotrebne preventivne zamjene komponenti

5. Studija slučaja: Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila

Kao što je već prethodno naglašeno, pouzdanost je osnovna značajka voznog parka. Uz pretpostavku da se radi o poslovnom subjektu čija je glavna djelatnost prijevoz dobara visoka pouzdanost je imperativ stabilnosti poslovanja. U ekonomskom kontekstu manjak pouzdanosti za sobom generira značajne gubitke i probleme u poslovanju. Otkaz na prijevoznom sredstvu sam po sebi stvara financijski trošak u vidu sredstava potrebnih za otklanjanje istog. Kako bi otklonili kvar na prijevoznom sredstvu potrebno je i vrijeme čime se dolazi do nedostatka prijevoznog kapaciteta što usporava ili onemogućuje redovito poslovanje.

U nastavku rada analizira se pouzdanost voznog parka tvrtke Omni Mondo Trans d.o.o. u obliku studije slučaja.

Tvrtka Omni Mondo Trans bavi se prijevozom tereta u unutarnjem i međunarodnom cestovnom prometu. Tijekom svog postojanja surađivala je sa raznim tvrtkama kao što su: Kuehne & Nagel, Lagermax, Zagrebšped, Atlantic grupa itd.

Posljednjih deset godina uspješno vrši usluge prijevoza kao kooperant Atlantic grupe na području Republike Hrvatske. Plan budućeg poslovanja tvrtke je postupno povećavati ponudu logističkih usluga na najvišoj razini, stvoriti nove poslovne suradnje, te samim time povećati vozni park i zapošljavati nove članove tima.

5.1. Vozni park

Vozni park tvrtke sastoji se od pet teretnih vozila: dva kombi vozila i tri kamionska vozila različitih eksploatacijskih značajki, marke Renault i Iveco što znači da se radi o malom voznom parku heterogene strukture. Sva vozila su opremljena sa uređajima za praćenje lokacija i radnih parametara vozila.

Tri vozila od ukupnih pet opremljena su rashladnim uređajima marke Thermo King. Vozila su ekološke klase Euro 5 i Euro 6. Prosječna starost voznog parka je 7 godina.

Slikom 3. prikazan je vozni park tvrtke Omni Mondo Trans.



Slika 3. Vozni park tvrtka Omni Mondo Trans

5.2. Analiza pouzdanosti

Promatrani je period analize pouzdanosti voznog parka je od 2018. do 2021. godine. Svako vozilo u prosjeku provede na terenu 250 radnih dana godišnje, dnevni prosjek rada vozila je 8 sati.

Pri izračunu pouzdanosti voznog parka prvo što moramo izračunati je širina vremenskog intervala $\Delta(t)$. Širina vremenskog intervala zadana je matematičkim izrazom (20).

$$\Delta(t) = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3.3 \log(n)} \text{ [sati]} \quad (20)$$

Gdje je:

t_{min} – vrijeme pojave prvog zastoja

t_{max} – vrijeme posljednje pojave zastoja

Vrijeme pojave posljednjeg zastoja predstavlja vrijeme između redovitih servisa. Redovni servisi na vozilima u prosjeku obavljaju se nakon 20000 km ili nakon 12 mjeseci. Radi lakšeg izračuna pretpostavlja se da na svakom vozilu redovni servis vrši jednom godišnje.

Ukupno godišnje vrijeme rada jednako je umnošku radnih dana i radnih sati. U ovom slučaju množimo 250 radnih dana sa 8 sati dnevno i dobije se da je vrijeme posljednje pojave zastoja $t_{max} = 2000$ sati. Vrijeme pojave prvog zastoja t_{min} u ovom slučaju je 0, jer mjerenje počinje nakon redovnog servisa. Broj promatranih vozila n iznosi 5.

Uvrštavanjem u formulu (20) dobije se:

$$\Delta(t) = \frac{2000 - 0}{1 + 3.3 \log(5)} = 604,851 \text{ sati}$$

Radi jednostavnijeg prikaza u ovom primjeru za širinu intervala uzeta je vrijednost od 600 sati.

Vremenski interval od 2000 sati podijeljen je na četiri intervala, od kojih su tri od 600 sati, a četvrti interval je od 200 sati.

U tablici 2. prikazani su otkazi vozila u vremenima rada u promatranom periodu.

Tablica 2. Broj otkaza vozila prema intervalima od 600 sati rada od 2018. do 2021. godine

| Interval(h) | Godine | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|
| | 2018. | 2019. | 2020. | 2021. |
| 0-600 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 600-1200 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 1200-1800 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| 1800-2000 | 1 | 3 | 4 | 0 |
| Ukupni broj otkaza: | 8 | 11 | 13 | 9 |

Sljedeći korak je izračunati intenzitet otkaza $\lambda(t)$ i gustoću otkaza $f(t)$.

Intenzitet otkaza $\lambda(t)$ izračunava se prema formuli (15):

$$\lambda(t) = \frac{N(\Delta t)}{n(\Delta t) * \Delta t}$$

Primjer izračuna intenziteta otkaza za 2018. godinu gdje je: $n = 8$, $\Delta t = 600$ h, osim u četvrtom intervalu gdje Δt iznosi 200 h.

$$\lambda(t) = \frac{2}{(8-2)*600} = 0,000556$$

$$\lambda(t) = \frac{2}{(8-2-2)*600} = 0,000833$$

$$\lambda(t) = \frac{3}{(8-3-2-2)*600} = 0,005$$

Gustoća otkaza $f(t)$ izračunava se prema formuli (13):

$$f(t) = \frac{N(\Delta t)}{n * \Delta t}$$

Primjer izračuna intenziteta otkaza za 2018. godinu:

$$f(t) = \frac{2}{8*600} = 0,000417$$

$$f(t) = \frac{2}{8*600} = 0,000417$$

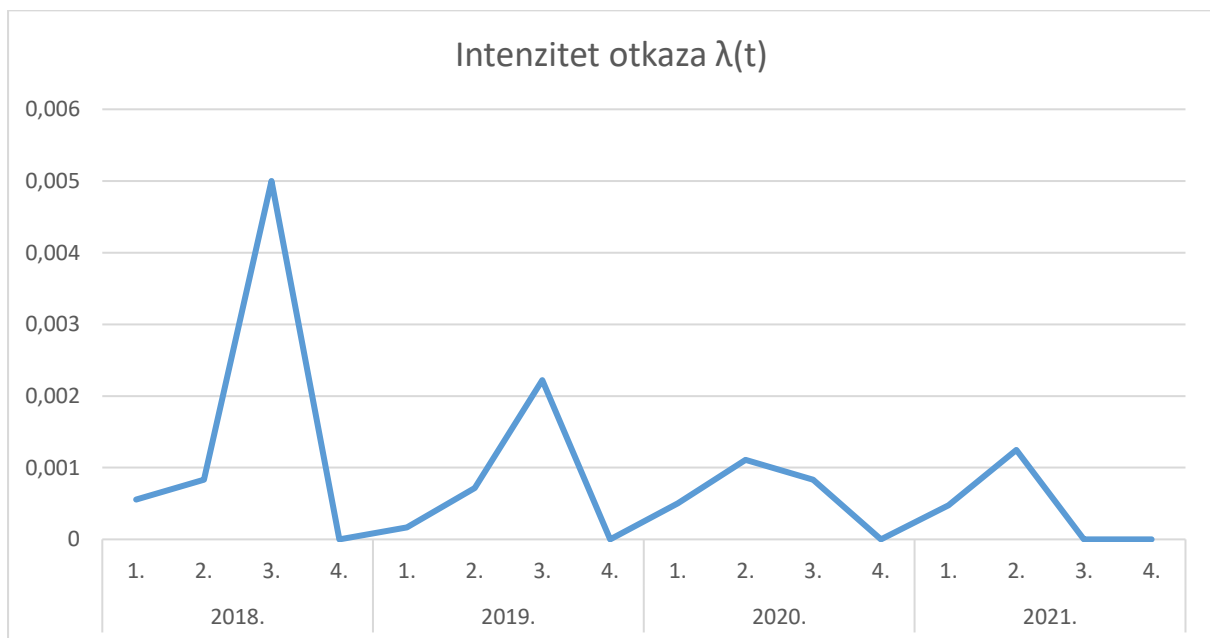
$$f(t) = \frac{3}{8 * 600} = 0,000625$$

$$f(t) = \frac{1}{8*200} = 0,000625$$

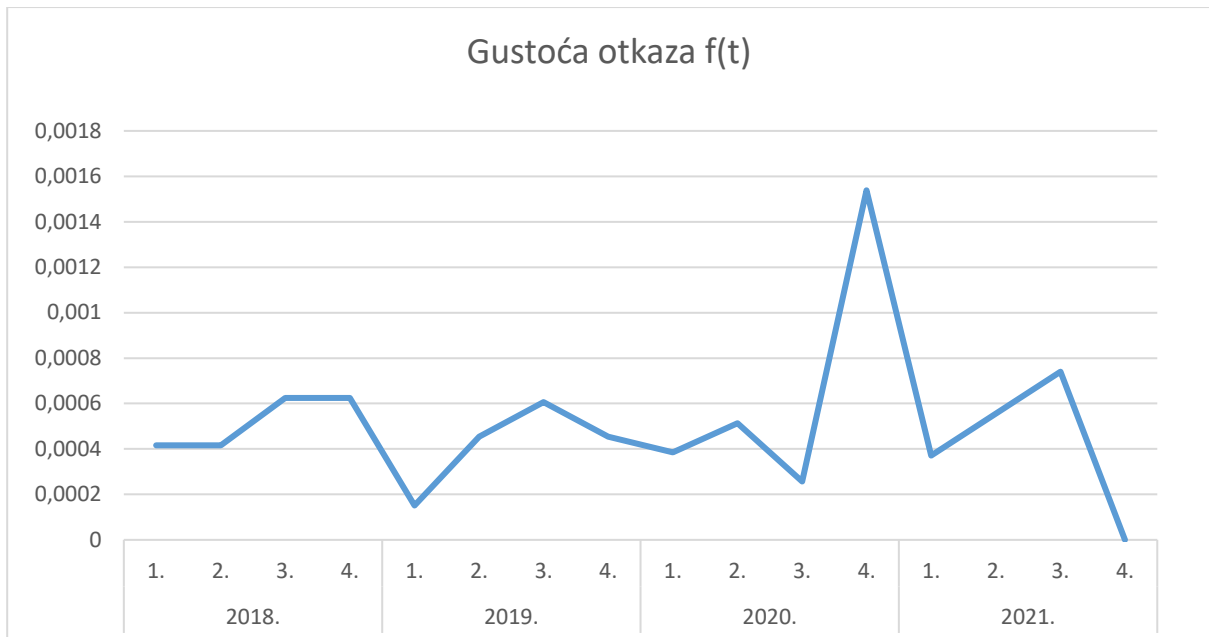
Nakon početnih izračuna za 2014. godinu, na isti način je potrebno izračunati sve parametre i za ostale godine. Kada su svi rezultati izračunati u programu Excelu dobivena je sljedeća tablica 3. na kojoj su prikazani vrijednosti pokazatelja pouzdanosti.

Tablica 3. Izračunate vrijednosti intenziteta i gustoće otkaza

| Godine | Interval | Broj otkaza | m(t) | n-m(t) | Intenzitet otkaza $\lambda(t)$ | Gustoća otkaza f(t) |
|--------|----------|-------------|------|--------|--------------------------------|---------------------|
| 2018. | 1. | 2 | 2 | 6 | 0,000556 | 0,000417 |
| | 2. | 2 | 4 | 4 | 0,000833 | 0,000417 |
| | 3. | 3 | 7 | 1 | 0,005 | 0,000625 |
| | 4. | 1 | 8 | 0 | 0 | 0,000625 |
| 2019. | 1. | 1 | 1 | 10 | 0,000167 | 0,000152 |
| | 2. | 3 | 4 | 7 | 0,000714 | 0,000455 |
| | 3. | 4 | 8 | 3 | 0,002222 | 0,000606 |
| | 4. | 3 | 11 | 0 | 0 | 0,000455 |
| 2020. | 1. | 3 | 3 | 10 | 0,0005 | 0,000385 |
| | 2. | 4 | 7 | 6 | 0,001111 | 0,000513 |
| | 3. | 2 | 9 | 4 | 0,000833 | 0,000256 |
| | 4. | 4 | 13 | 0 | 0 | 0,001538 |
| 2021. | 1. | 2 | 2 | 7 | 0,000476 | 0,00037 |
| | 2. | 3 | 5 | 4 | 0,00125 | 0,000556 |
| | 3. | 4 | 9 | 0 | 0 | 0,000741 |
| | 4. | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | |



Grafikon 1. Intenzitet otkaza u razdoblju od 2018. do 2021.



Grafikon 2. Gustoća otkaza u razdoblju od 2018. do 2021.

Na grafikonima 1. i 2. prikazani su pokazatelji pouzdanosti u razdoblju od 2018. do 2021. godine.

Kako bi saznali prosječan broj vozila koja su raspoloživa za rad tijekom promatranog prostora koristi se sljedeći izraz (21).

$$i = \frac{h_{uk} - h_s}{h_{uk}} * i_{uk} \quad (21)$$

Gdje je:

h_{uk} – maksimalni raspoloživi sati rada vozila za promatrani period

h_s - neraspoloživi sati rada vozila za promatrani period

i_{uk} - ukupni broj vozila

Maksimalni raspoloživi sati rada vozila u godini dana zadani su izrazom (22).

$$h_{uk} = \text{broj radnih dana u godini} * \text{broj radnih sati dnevno} * \text{ukupni broj vozila} \quad (22)$$

U tablici 4. raspisani su prikupljeni podatci o maksimalnom broju raspoloživih sati voznog parka za 5 vozila, neraspoloživi sati rada u razdoblju od 2018. do 2021. godine.

Tablica 4. Podatci o vremenu provedenom u rad i izvan upotrebe

| Godina | 2018. | 2019. | 2020. | 2021. |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Broj radnih dana | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Maksimalni raspoloživi sati voznog parka za 5 vozila (h_{uk}) | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Neraspoloživi sati rada za 5 vozila (h_s) | 543 | 669 | 782 | 594 |
| Raspoloživost i_{uk} | 4.728 | 4.665 | 4.609 | 4.703 |

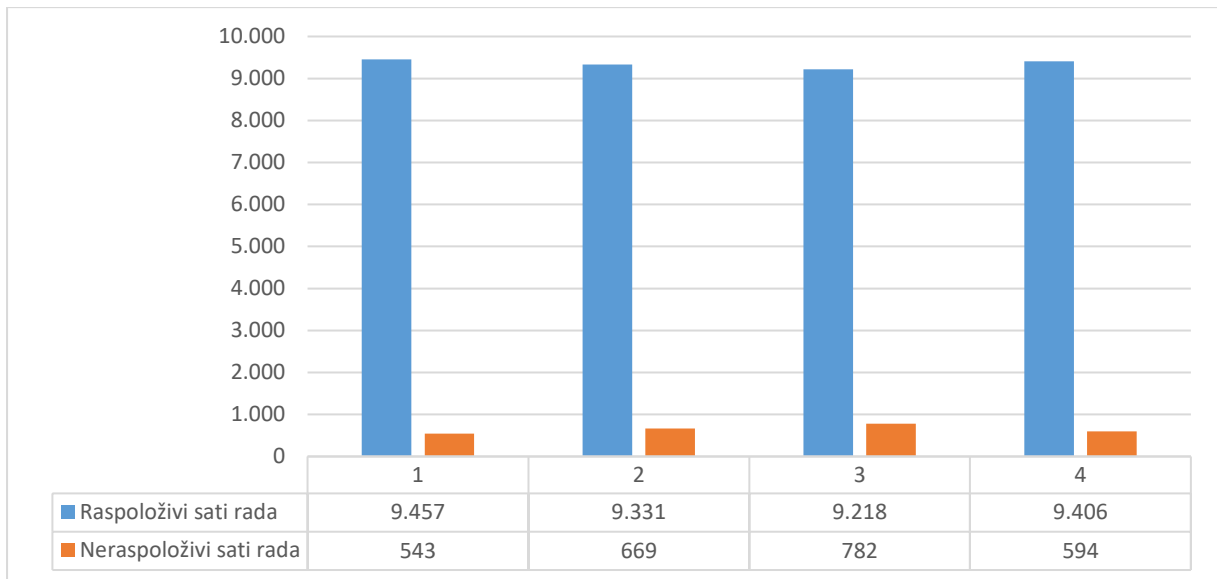
Maksimalni raspoloživi sati voznog parka za 5 vozila dobivamo uvrštavanjem dobivenih podataka u formulu (22):

$$h_{uk} = 250 * 8 * 5 = 10\ 000 \text{ sati}$$

Uvrštavanjem ispisanih parametara možemo izračunati raspoloživost vozila. Broj raspoloživih vozila za 2018. godinu izračunat je uvrštavanjem podataka u formulu (21).

$$i = \frac{10000-543}{10000} * 5 = 4.728 \text{ vozila}$$

Na grafikonu 3. prikazan je broj raspoloživih i neraspoloživih sati rada voznog parka.



Grafikon 3. Raspoloživi i neraspoloživi sati rada voznog parka



Grafikon 4. Raspoloživost voznog parka od 2018. do 2019.

Na grafikonu 4. prikazana je raspoloživost voznog parka u razdoblju od 2018. do 2021. Iz grafa možemo iščitati kako raspoloživost vozila varira. Prve godine je raspoloživost bila najveća, zatim je postepeno padala, u naredne dvije godine, a u posljednjoj se povećala. Do povećanja raspoloživosti u 2021. godini došlo je zbog toga što je u prijašnjoj godini izvršen veći mehanički zahvat na vozilu, te ono nije bilo na raspolaganju na duži period, a nakon samog zahvata više nije dolazilo do većih otkaza.

Pomoću empirijskih podataka o nastanku kvarova dobivene su vrijednosti funkcije pouzdanosti, gustoće i intenziteta otkaza u intervalima kroz promatrano razdoblje od četiri godine (2018.-2021.). Uz navedene dobivene vrijednosti, prikupljeni su podatci o raspoloživosti vozila. Prema dobivenim rezultatima vidljivo je kako u 2018. godini broj kvarova u odnosu na naredne dvije godine bio manji što je utjecalo na raspoloživost voznog parka, ali 2021. godine pouzdanost i raspoloživost postepeno rastu što se može prepisati pravovremenom i pravilnom održavanju.

6. Zaključak

Vozni park podrazumijeva skup svih transportnih sredstava određenog poslovnog subjekta: automobili, autobusi, zglobni autobusi, teretna motorna vozila, tegljači, prikolice i poluprikolice. Ovaj rad fokusiran je na vozni park teretnih vozila čija je glavna funkcija transport dobara od točke A do točke B na što sigurni i učinkovitiji način.

Kao i sva tehnička sredstva teretna vozila sklona su otkazima zbog kojih dolazi do financijskih i poslovnih gubitaka. Otkaz predstavlja događaj nakon kojeg teretno vozilo ne može vršiti funkciju na propisani način. Kako bi smanjili vjerojatnost navedenog događaja, povećali učinkovitost transporta i smanjili mogućnost za većim financijskim izdancima potrebno je redovito i ispravno održavati vozila. Kvalitetnim održavanjem povećava se pouzdanost vozila, a samim time i učinkovitost i kvaliteta izvršavanja glavne funkcije.

Pouzdanost teretnih vozila možemo definirati kao vjerojatnost da će teretno vozilo izvršiti transport dobara od točke A do točke B, bez otkaza, u zadanom vijeku trajanja i zadanim radnim uvjetima na siguran način. Pod uvjetom da se teretno vozilo koristi na propisani način i pod propisanim radnim uvjetima.

Pomoću pokazatelja pouzdanost i njihovih matematičkih funkcija koje ih opisuju u posljednjem poglavlju izvršena je analiza pouzdanost voznog parka teretnih vozila tvrtke Omni Mondo Trans. Korišten je program Excel pomoću kojeg je dobivena tablica sa izračunima pouzdanosti, nepouzdanosti, gustoće otkaza i intenzitet otkaza. Također su putem programa Excel dobiveni i grafikoni koji prikazuju pouzdanost i raspoloživost voznog parka teretnih vozila.

Iz grafikona možemo vidjeti kako je raspoloživost vozila varirala ovisno o vrsti otkaza na teretnom vozilu. Primjerice 2020. godine na jednom teretnom vozilu izvršen veći mehanički zahvat na samom motoru zbog kojeg nije bio na raspolaganju duži period, ali već 2021. godine raspoloživost raste iz razloga što je navedena godina prošla bez većih otkaza na vozilima.

7. Literatura

1. Topenčarević Lj.: Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
2. Baričević H.: Tehnologije kopnenog prometa, Rijeka, 2001.
3. Božičević D., Kovačević D.: Suvremene transportne tehnologije, Zagreb, 2002.
4. Tolić, I: Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021. (Završni rad)
5. Bazijanac E., Galović B.: Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova, Zagreb, 2002.
6. Bazijanac, E.: Autorizirana predavanja "Tehnička logistika", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
7. Rkavina, Bilandžija Marko: Proračun pouzdanosti voznog parka - na primjeru iz odabrane studije slučaja, Fakultet prometnih znanosti, 2017. (Završni rad)
8. Golub, S.: Tehničke značajke transportnih sredstava u cestovnom prijevozu, Sveučilište sjever, Varaždin, 2020. (Završni rad)
9. <https://strojarskaradionica.wordpress.com/tag/srednje-vrijeme-između-popravaka/>
10. <https://slidetodoc.com/inenjerska-statistika-raspodjele-podataka-raspodjele-podataka-za-diskretna/>

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Krivulja "Kade" | 12 |
| Slika 2. Odnos između funkcije pouzdanosti i funkcije nepouzdanosti | 15 |
| Slika 3. Vozni park tvrtka Omni Mondo Trans | 22 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Tablica funkcijskih veza između pokazatelja pouzdanosti Error! Bookmark not defined. | |
| Tablica 2. Broj otkaza vozila prema intervalima od 600 sati rada od 2018. do 2021. godine | 23 |
| Tablica 3. Izračunate vrijednosti pouzdanosti, nepouzdanosti, intenziteta i gustoće otkaza..... | 25 |
| Tablica 4. Podatci o vremenu provedenom u rad i izvan upotrebe..... | 27 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Intenzitet otkaza u razdoblju od 2018. do 2021. | 25 |
| Grafikon 2. Gustoća otkaza u razdoblju od 2018. do 2021..... | 26 |
| Grafikon 3. Raspoloživi i neraspoločivi sati rada voznog parka..... | 28 |
| Grafikon 4. Raspoloživost voznog parka od 2018. do 2019. | 28 |

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Analiza pouzdanosti voznog parka teretnih vozila , u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 30.8.2022.

Student/ica:

Josip Čuljat

(ime i prezime, potpis)