

Primjena proračunskih tablica za izračun pouzdanosti tehničkih sustava

Radoš, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:440118>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-17**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikola Radoš

**PRIMJENA PRORAČUNSKIH TABLICA ZA
IZRAČUN
POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA PRORAČUNSKIH TABLICA ZA
IZRAČUN
POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA
APPLICATION OF SPREADSHEETS FOR THE
CALCULATION OF RELIABILITY OF TECHNICAL
SYSTEMS

Mentor: dr.sc. Damir Budimir

Student: Nikola Radoš

JMBAG: 0036457399

Zagreb, rujan 2020.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Preddiplomski studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Katedra: Zavod za transportnu logistiku
Predmet: Tehnička logistika

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Nikola Radoš
Matični broj: 0036457399
Smjer: Logistika

Zadatak: Primjena proračunskih tablica za izračun pouzdanosti tehničkih sustava

Engleski naziv zadatka: Application of spreadsheets for the calculation of reliability of technical systems

Opis zadatka:

U radu je potrebno definirati i sistematizirati faktore koji utječu na pojavu kvarova i utječu na eksploataciju vozila, također potrebno je napraviti studiju slučaja za tvrtku Autoflota d.o.o. u kojoj će se izračunati pouzdanost flote vozila i na temelju toga napraviti analizu i donijeti zaključke o pouzdanosti vozila pojedinih proizvođača.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit

Djelovođa:

PRIMJENA PRORAČUNSKIH TABLICA ZA IZRAČUN POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA

SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Svrha ovog rada je ustanoviti pouzdanost složenih tehničkih sustava, statističkim metodama za izračun pouzdanosti uz pomoć softverskog alata odnosno proračunskih tablica. Kako bi se bolje približio pojam pouzdanosti, u ovom istraživanju korišten je primjer složenog tehničkog sustava s kojim smo svakodnevno u kontaktu, a to su automobili.

U svrhu istraživanja korišteni su podaci prikupljeni nekoliko godina na velikom broju vozila različitih proizvođača, s različitim načinima vožnje te najbitnije, različitim eksploatacijskim uvjetima kako bi uzorak bio što raznovrsniji, a time i statistički rezultat istraživanja što precizniji.

Zbog velike kompleksnosti sustava kao što su vozila, kvarovi će biti sistematizirani kako bi rezultati bili što jednostavnije opisani te što više razumljivi. Definiranje i sistematizacija uzroka kvarova vršit će se na studiji slučaja društva AUTOFLOTA d.o.o. iz čije će se baze koristiti spomenuti podaci o kvarovima na vozilu odnosno prekidu rada složenog tehničkog sustava.

Ključne riječi: pouzdanost; složeni tehnički sustavi; proračunske tablice; eksploatacija

SUMMARY AND KEYWORDS

The purpose of this work is to determine the reliability of complex technical systems, statistical methods for calculating reliability with the help of software tools i.e. spreadsheets. To better approach the concept of reliability, this research used an example of a complex technical system with which we are in daily contact, namely cars.

For the purpose of this research, data was collected for several years on a large number of vehicles of different manufacturers, with different driving methods, different utilization conditions to make the sample as diverse as possible, and thus the statistical result of the survey as accurate as possible.

Due to the great complexity of systems such as vehicles, data of failures will be grouped to make the results as easily described as possible and as understandable as possible. Defining and systematization of the causes of failures will be carried out on the case study of company

AUTOFLOTA d.o.o. from whose database the mentioned data on vehicle failures or the failure of a complex technical system will be used.

Keywords: reliability; complex technical systems; spreadsheets; utilization

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	ČIMBENICI UTJECAJA NA EKSPLOATACIJU FLOTE VOZILA	3
2.1.	Flota vozila	3
2.1.1.	Homogene flote	3
2.1.2.	Heterogene flote	4
2.2.	Eksploatacija flote vozila	5
2.3.	Čimbenici utjecaja	6
2.4.	Mehanički čimbenici	6
2.5.	Toplinski čimbenici	7
2.6.	Kemijski čimbenici	7
3.	SISTEMATIZACIJA PODATAKA KVAROVA NA VOZILIMA PRIMJENOM PRORAČUNSKIH TABLICA	9
3.1.	Način sistematizacije	9
3.2.	Sistematizacija kvara prema zahvaćenom sustavu vozila	10
3.3.	Sistematizacija kvarova prema uzorku kvara	10
4.	POUZDANOST FLOTE VOZILA	13
4.1.	Broj vozila	14
4.2.	Intenzitet otkaza	14
4.3.	Funkcija gustoće stanja u otkazu	14
4.4.	Koeficijent eksploatacije	15
4.5.	Srednje vrijeme preventivnog održavanja	15
4.6.	Srednje vrijeme korektivnog održavanja	15
5.	PRORAČUN POUZDANOSTI VOZNOG PARKA TVRTKE AUTOFLOTA D.O.O. PRIMJENOM SOFTVERSKOG ALATA MS – EXCEL	17
5.1.	Struktura voznog parka društva AUTOFLOTA d.o.o.	17

5.2. Proračun pouzdanosti	21
5.2.1. Peugeot	22
5.2.2. Opel	24
5.2.3. Škoda	26
5.2.4. Renault	28
5.2.5. Dacia	30
6. ANALIZA POUZDANOSTI VOZILA PO PROIZVOĐAČU	32
6.1. Analiza Peugeot	32
6.2. Analiza Opel	33
6.3. Analiza Škoda	35
6.4. Analiza Renault	36
6.5. Analiza Dacia	38
7. ZAKLJUČAK	40
LITERATURA	42
POPIS SLIKA	43
POPIS TABLICA	44
POPIS GRAFIKONA	45

1. UVOD

Izračun pouzdanosti tehničkih sustava složen je postupak, pogotovo kada se uzme u obzir kompleksnost jednog sustava kao što je vozilo koje se u prosjeku sastoji od više od trideset tisuća zasebnih dijelova, koji tvore nekoliko podsustava, a koji zajedno čine jednu funkcionalnu cjelinu. Za takav izračun koriste se razni softverski alati, ali najčešće proračunske tablice među kojima je najpopularnija izvedba Microsoft Excel. Pravilnom uporabom upotrebom tablica i naprednijom razinom znanja pri korištenju istih, moguće je doći do zaključaka sistematizacijom kvarova odnosno promatranjem kvara zasebnih dijelova kao kvara na podsustavu. Unutar ovog rada primijenit će se takva metoda sistematizacije kvarova na više od četiri tisuće vozila raznih proizvođača, modela i starosti. Kvarovi će se sistematizirati u sklopu navedenih sustava vozila, a ocijenit će se i rizičnost kvara te učestalost ponavljanja istih kvarova. Statistički uzorak bit će raznovrstan odnosno dovoljan da se mogu izvući konkretni zaključci o pouzdanosti vozila.

Izračun pouzdanosti flote vozila obaviti će se na način da se obrade podaci dobiveni iz društva AUTOFLOTA d.o.o. koje je specijalizirano za upravljanje voznim parkom te kojemu je tijekom devet godina postojanja više od tristo klijenata ukazalo povjerenje za brigu o više od četiri tisuće vozila. Podaci dobiveni iz društva AUTOFLOTA neće otkrivati podatke o korisnicima usluga, jedino će se obrađivati podaci o proizvođaču, modelu i starosti vozila.

Temeljem dobivenih podataka, napraviti će se analiza pouzdanosti voznog parka odnosno flote vozila, a podaci će biti strukturirani u prikazu po proizvođačima, modelima te starosti vozila. Takva analiza provesti će se samo na vozilima gdje postoji dovoljan uzorak kako se ne bi došlo do krivih zaključaka o ispravnosti vozila zbog nedovoljnog uzorka.

Na samom kraju rada, zaključak će biti donesen na temelju istraživanja i analize podataka dobivenih istraživanjem, te će se u istom a u kojem će se nalaziti i kratak osvrt na eksploatacijske karakteristike i pouzdanost vozila.

Rad je podijeljen u šest dodatnih cjelina uz uvodnu i to kako slijedi:

- Čimbenici utjecaja na eksploataciju flote vozila
- Sistematizacija podataka kvarova na vozilima primjenom proračunskih tablica
- Pouzdanost flote vozila

- Proračun pouzdanosti voznog parka tvrtke AUTOFLOTA d.o.o. primjenom softverskog alata MS - Excel
- Analiza pouzdanosti vozila po proizvođaču/ modelu/ godini proizvodnje
- Zaključak

2. ČIMBENICI UTJECAJA NA EKSPLOATACIJU FLOTE VOZILA

2.1. Flota vozila

Flota vozila ili vozni park pojam je koji označava sva vozila na raspolaganju nekom društvu tj. pravnom subjektu, a primarno služe za obavljanje djelatnosti. Flota vozila nekog društva uvjetovana je potrebama društva, načinom i vrstom poslovanja, te općenito vrstom usluge koju društvo pruža, stoga se može podijeliti na dvije vrste:

- Homogena flota – homogena flota ili vozni park homogenog ustroja je prema tom značenju sastavljen od istorodnih, istovrsnih, podudarnih prijevoznih sredstava. Istovrsnost, sličnost ili podudarnost prijevoznih sredstava proizlazi iz njihovih značajki. [1]
- Heterogena flota – pojam suprotan homogenoj floti, sastoji se od različitih modela vozila, različitih proizvođača i za različite namjene.

2.1.1. Homogene flote

Iako nije pravilo, čest je slučaj homogenih flota u sustavima koji imaju dobro razvijeno upravljanje voznim parkovima, jer se pri nabavci istih vozila, istih proizvođača, te istih karakteristika mogu ostvariti značajne uštede prilikom nabave takve flote a, također, takva vrsta flote odnosno voznog parka omogućava znatno lakše i jednostavnije upravljanje nego heterogena flota vozila iz nekoliko razloga:

- jedan dobavljač pri isporuci –nabavom vozila od jednog dobavljača ostvaruju se takozvani flotni popusti, koji uvelike smanjuju cijenu vozila te kumulativno stvaraju velike uštede. Ovisno o marki i modelu vozila, takav popust kreće se između 10% i 30%
- jedan dobavljač zadužen za održavanje vozila – održavanjem odnosno servisiranjem vozila kod jednog partnera omogućava korisnicima flotnih vozila povoljnu pregovaračku poziciju pri ugovaranju uvjeta održavanja, veća količina vozila za održavanje znači u kumulativu veće troškove, koji se mogu smanjiti odabirom jednog, povoljnog dobavljača odnosno servisa
- lakše praćenje trošenja rezervnih dijelova vozila – praćenje voznih karakteristika, potrošnje goriva, potrošnje pneumatika, potrošnih dijelova vozila (kočnice, lamele spojke) danas je jedan od glavnih načina upravljanja flotama. U homogenim flotama

gdje su početna stanja jednaka za sva vozila, može se napraviti kvalitetna komparacija nakon dovoljnog broja prijeđenih kilometra na svakom vozilu. Ukoliko se radi o flotama koje broje više od pedeset vozila, moguće je i statistički popratiti navedene parametre.

- lakše praćenje načina vožnje - jedan od glavnih izazova s kojima se susreće današnje upravljanje flotama je nepovoljan način vožnje automobila, kombija, kamiona i slično, što je posljedica ljudskog faktora. Takav stav prema vozilu stvara tvrtkama velike gubitke, a njihova ukupnost predstavlja najskuplji segment u održavanju vozila unutar flote. Ukoliko su svi parametri vozila jednaki za sve vozače u početku, tada je lako doći do zaključaka čije su vozne navike bolje za vlasnika flote, to jest daje osobama zaduženim za upravljanje flotom alat kojim može korigirati vozne navike pojedinaca.

Homogena flota, može se označiti sa A_i [2], a definiran je kao ukupan broj istovrsnih vozila unutar flote. Ako se kod homogenog voznog parka sa A_r označi broj vozila koja se nalaze u radu, a sa A_g broj tehnički ispravnih, sposobnih vozila, koja se nalaze izvan rada, onda će eksploatacijska podjela dijela voznog parka sposobnog za rad biti: [2]

$$A_s = A_r + A_g \quad (1)$$

A_s – broj ukupnih vozila u homogenoj floti

2.1.2. Heterogene flote

Heterogene flote mogu nastati iz nekoliko razloga od kojih su najčešći:

- naglo povećanje kapaciteta poslovanja – dovodi tvrtke u nepovoljan položaj pri nabavi nove flote vozila jer se događa neplanska kupnja, vozila se nabavljaju bez unaprijed definiranog plana i sredstava, a takozvani flotni popusti pri nabavci nisu izraženi jer rijetko kada jedan dobavljač ima potrebnu količinu vozila.
- promjena dobavljača – heterogene flote javljaju se i pri postupku promjene dobavljača koja se često vrši sukcesivno pogotovo ako se radi o većoj količini vozila iz razloga što dobavljači ne mogu u kratkom roku i odjednom isporučiti veće količine vozila. Flota se u tom slučaju sastoji od novih i starih vozila sve dok se u potpunosti ne obnovi vozni park.
- potreba za različitim tipovima vozila – u nekim slučajevima jedan dobavljač nije u mogućnosti ispuniti sve zahtjeve koje kupac odnosno tvrtke koje nabavljaju vozila,

postavljaju pred njih, a često iz razloga što takve modele nemaju u ponudi. Primjerice, tvrtke koje obilaze nepristupačne terene, čija vozila voze po nerazvrstanim cestama i slično, imaju potrebu za vozilima koja imaju pogon na sva četiri kotača ili vozilima u izvedbi kamioneta što mali broj proizvođača nudi u svojoj ponudi.

Heterogeni vozni park, definiran je kao:

$$A_i = A_{i1} + A_{i2} + \dots + A_{in} = A_{i1} \quad (2)$$

Gdje je: $A_{i1} + A_{i2} + \dots + A_{in}$ – podskup broja knjigovodstvenih vozila po markama i tipovima vozila u voznom parku.

n – broj grupa vozila u knjigovodstvenom voznom parku.

Kod heterogenog voznog parka sastavljenog od n grupa vozila se prema tehničkom stanju definiraju kao:

$$A_s = \sum_1^n A_{s_i} = \sum_1^n A_{r_i} + \sum_1^n A_{g_i} \quad (3)$$

Gdje je:

A_s - broj tehnički ispravnih vozila u radu

$\sum_1^n A_{r_i} = A_{r_1} + A_{r_2} + \dots + A_{r_n}$ – skup vozila na radu po grupama vozila

$\sum_1^n A_{g_i} = A_{g_1} + A_{g_2} + \dots + A_{g_n}$ – skup broja sposobnih vozila po grupama vozila. [2]

2.2. Eksploatacija flote vozila

Eksploatacija flote vozila definira se kao ukupna iskorištenost svih vozila u odnosu na njihov tehnički kapacitet propisan tehničkim priručnikom za održavanje. Može se pratiti obujmom prijevoza kao osnovnim mjerilom za određivanje postotka korištenja kapaciteta. Osnovni eksploatacijski zahtjevi su [3]:

- što niži troškovi korištenja
- što bolje iskorištenje nosivosti
- što veće srednje brzine kretanja
- što manji troškovi održavanja
- minimalna potrošnja goriva i utrošenog maziva

- minimalno utrošeno vrijeme za podmazivanja i podešavanje
- konstrukcija mehanizma i elemenata vozila koja eliminiraju mogućnost pojave neispravnosti pri rukovanju.
- lak pristup mjestima za opskrbu
- lakoća i brzina utovara i istovara
- lako sklapanje i rastavljanje sklopova pri popravku.

Uzevši u obzir količinu zahtjeva koja se postavlja pred vozila, evidentno je da su neki od zahtjeva u konfliktu jer primjerice veća srednja brzina kretanja direktno isključuje potrošnju goriva i maziva, eliminacija neispravnosti pri rukovanju obično ide u skladu sa uniformnim izvedbama sklopa, što je u suprotnosti sa zahtjevom za lako sklapanje i rastavljanje sklopova itd.

U kontekstu flote vozila tj. voznog parka nekog društva kojem vozila služe kao osnovna sredstva rada poput društava čija je osnovna djelatnost dostava, eksploatacija kao podatak koji govori o ukupnoj iskorištenosti kapaciteta ključan je pri planiranju nabavke novih vozila.

2.3. Čimbenici utjecaja

Čimbenici utjecaja na eksploataciju vozila su pojave koje negativno utječu na iskoristivost vozila, odnosno, sve pojave na vozilu koje stavljaju vozilo u stanje izvan uporabe. Do promjene radnih sposobnosti dolazi zbog djelovanja različitih vidova energije i to:

- mehaničke
- toplinske
- kemijske
- svjetlosne
- elektromagnetske

Kao posljedica djelovanja energija, nastaju zamor materijala, starenje, trošenje, korozija, deformacije, itd. U puno slučajeva, isti element vozila je istovremeno pod utjecajem većine navedenih energija, ali je po pravilu najintenzivnije djelovanje jedne od njih. [4] Od gore navedenih utjecaja, tri se ističu prema svojoj zastupljenosti kao uzroci kvarova, a to su mehanički, toplinski i kemijski.

2.4. Mehanički čimbenici

Pod mehaničkim čimbenicima smatramo sve za vozilo nepovoljne utjecaje koje uzrokuju trošenje materijala kontaktom između dvije ili više površina. Takvi kontakti mogu biti:

- tlačni,
- vlačni,
- smični,
- savijajući,
- torzijski.

Prilikom ovakvih kontakta dolazi do promjena u strukturi materijala koje mogu oslabiti materijal te on više ne zadovoljava svoje tehnički propisane kapacitete. Također pri kontaktu između dvije površine neizbježna je pojava trenja, koja uzrokuje trošenje materijala, a čiji efekti se mogu umanjiti pravilnim odabirom materijala za koje je predviđen rad u kontaktu sa drugim površinama te podmazivanjem.

2.5. Toplinski čimbenici

Toplinski čimbenici su svi čimbenici nastali djelovanjem toplinske energije ili rada vozila na temperaturama koje nisu predviđene za rad vozila, a to se posebno odnosi na preniske temperature rada.

Veće temperature u metalima dovode do promjene kristalne strukture materijala što za posljedicu ima smanjenje čvrstoće, a također veće temperature uzrokuju i veća trenja što posljedično dovodi do pojačanog trošenja materijala.

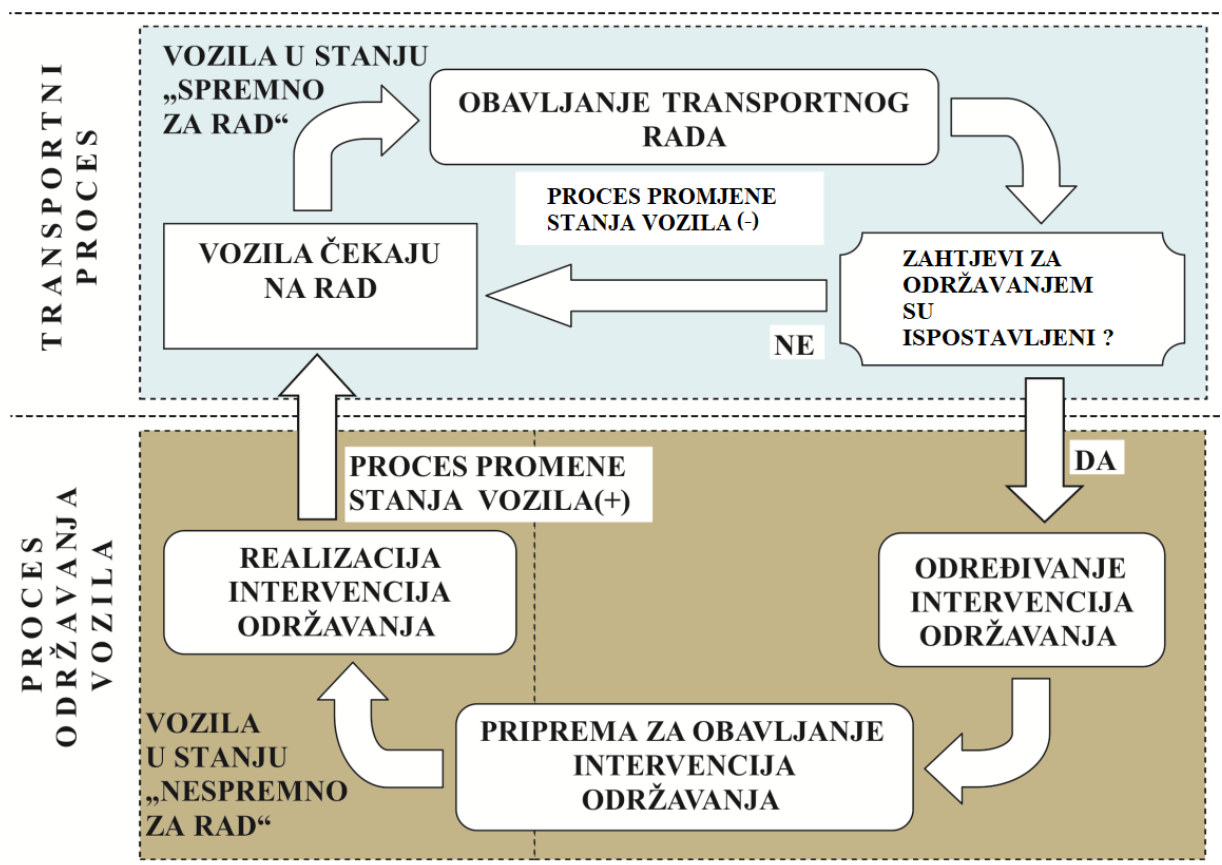
2.6. Kemijski čimbenici

Kemijski čimbenici su oni koji svojim kemijskim djelovanjem rade strukturne promjene u materijalima. Najočitiiji primjer kemijskog utjecaja na vozilima je pojava korozije.

Kako bi se nepovoljni čimbenici utjecaja smanjili na što manju mjeru, potrebno je ulagati u održavanje flote vozila. Osnovni cilj održavanja je osigurati maksimalno moguću raspoloživost vozila tijekom eksploatacije uz minimalne troškove održavanja.. Osnovni ciljevi koje treba ostvariti procesom održavanja prikazanog na slici 1. su: [5]

- osigurati maksimalnu razinu pouzdanosti motornog vozila u procesu eksploatacije,
- osigurati maksimalan rad vozila sa što manje zastoja (sprječavanje kvarova),
- smanjenje troškova zbog zastoja u radu,
- smanjenje ukupnih troškova održavanja (direktnih i indirektnih),
- ograničavanje i sprečavanje zastarijevanja sredstva za rad (vozila),

- produžavanje radnog vijeka vozila,
- povećanje sigurnosti po okolinu,
- postizanje bolje kvalitete usluge,
- skraćivanje vremena potrebnog za popravke,
- povećanje motiviranosti na radu u održavanju.



Slika 1. Proces održavanja voznog parka [6]

3. SISTEMATIZACIJA PODATAKA KVAROVA NA VOZILIMA PRIMJENOM PRORAČUNSKIH TABLICA

Podaci o kvarovima vozila prikupljeni su iz društva AUTOFLOTA d.o.o. na način da su se u proračunsku tablicu zapisivale stavke sa računa i radnih naloga servisa. S obzirom da softversko rješenje za jednostavniji pristup i obradu tih podataka u trenutku pisanja ovog rada nije postojalo, tj. nisu implementirani takozvani *Business Intelligence* alati koji su još u fazi razvoja unutar tvrtke, podaci su upisivani ručno. Svi podaci o odlascima vozila u servisnu radionicu sadrže između ostalog kilometražu vozila na dan odlaska, datum odlaska u servisnu radionicu te datum izlaska u servisnu radionicu. Vrijeme provedeno unutar jednog dana nije se mjerilo u satima ni minutama iz razloga što iako servisne radionice imaju svoje vremenske normative za otklanjanje kvarova, koje je propisala tvornica, efektivno vrijeme nekorištenja vozila mjeri se do trenutka kada vozač pokupi vozilo u servisnoj radionici. Obzirom na stanje u praksi, mjerenje u satima ili minutama provedenih u radionici uzrokovalo bi velike varijance koje ne bi dale rezultate koji bi se mogli obraditi te uklopiti u modele za izračune pouzdanosti vozila.

3.1. Način sistematizacije

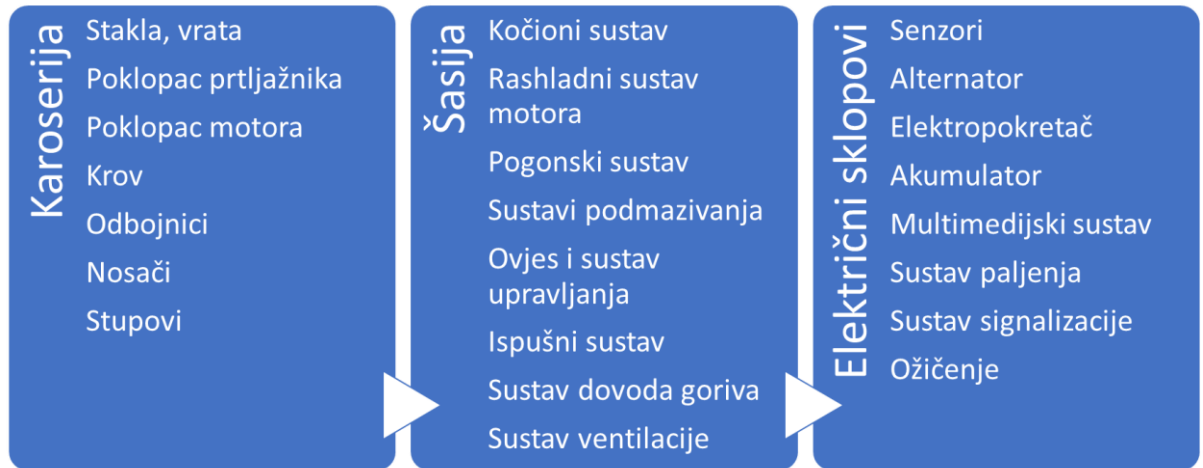
Sva promatrana vozila sastoje od mnogo dijelova, prema nekim procjenama čak oko trideset tisuća pojedinačnih elemenata. Takva razina kompleksnosti zahtjeva grupaciju posebnih elemenata u podsustave vozila. Temeljem takvog grupiranja, može se napraviti adekvatna sistematizacija kvarova, pa će primjerice kvar filtera dizelskih čestica biti promatran kao kvar na ispušnom sustavu, a kvar akumulatora ili svjetlosne signalizacije na vozilu bit će okarakteriziran kao kvar na elektronici vozila i slično.

Kvarovi na vozilima mogu za posljedicu imati značajne troškove, što vremenske u smislu zadržavanja u servisnoj radionici, što financijske zbog velikih troškova koje mogu uzrokovati tvrtkama koje koriste vozila za obavljanje djelatnosti stoga je bitno pronaći uzroke i posljedice kvarova, a u tu svrhu sistematizacija kvarova uvelike olakšava posao. U ovom radu kvarovi su sistematizirani na sljedeći način:

- sistematizacija kvarova po zahvaćenom sustavu vozila
- sistematizacija kvarova prema uzorku kvara
- sistematizacija kvara prema posljedicama kvara.

3.2. Sistematizacija kvara prema zahvaćenom sustavu vozila

Sustava na vozilu može biti nebrojeno, a neki dijelovi mogu biti dijelovi dvaju međusobno povezanih, no ipak odvojenih sustava. Za potrebe ovog rada, a sukladno dobivenim podacima, sustavi na vozilima su podijeljeni na nekoliko razina, kako je prikazano na slici 1.



Slika 2. Podjela sustava vozila

3.3. Sistematizacija kvarova prema uzorku kvara

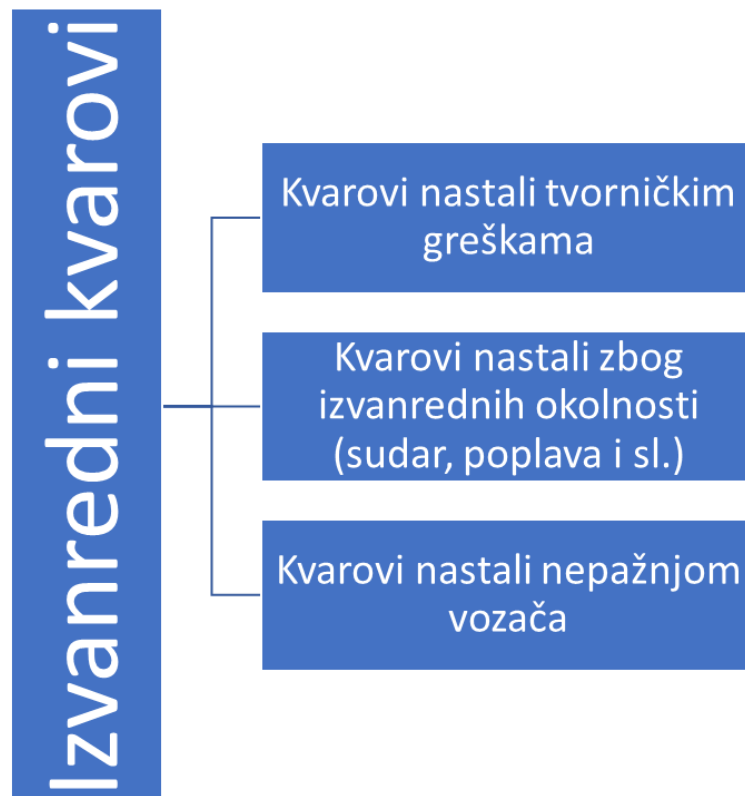
Prema uzroku, kvarovi se mogu sistematizirati na načine kako je opisano na slici 2. Kvarovi nastali tvorničkim greškama su kvarovi koji nastaju najčešće kao:

- posljedica nepravilnog proizvodnog postupka,
- posljedica lošeg izbora materijala,
- krivog programiranja unutar softvera vozila.

Kvarovi takve prirode najčešće su kvarovi koji se mogu lako otkloniti unutar jamstvenog roka proizvođača vozila, te najčešće ne stvaraju direktne financijske gubitke vlasnicima voznog parka te se takvi kvarovi u pravilu otklanjaju unutar jednog dana od ulaska vozila u servisnu radionicu.

Kvarovi nastali kao posljedica izvanrednih okolnosti obično su kvarovi koji nastaju zbog nekih nepredviđenih vanjskih utjecaja poput atmosferskih (primjerice tuča) ili bioloških odnosno životinjskih. Tako je aktualni problem na zadnjim modelima vozila Škoda Octavia miris materijala korištenog za izolaciju električnih instalacija koji, prema dosadašnjim zapažanjima, privlači glodavce koji onda takve instalacije pregrizu. Takvi utjecaji ipak pretežito oštećuju karoseriju vozila, a u većini slučajeva ne umanjuju eksploatacijsku vrijednost vozila.

Kvarovi nastali kao posljedica grube nepažnje ili sudara su kvarovi koji su financijski najveće opterećenje za vlasnika, odnosno treću osobu koja održava vozni park ako takva postoji. Takvi kvarovi nemaju pravila pri svom nastajanju jer su posljedica direktnog utjecaja čovjeka na vožnju, a često za posljedicu imaju stvaranje novih kvarova kroz neki vremenski period i čije posljedice neće biti vidljive odmah, a to se pogotovo odnosi na kvarove koji nastali kao posljedica sudara. Svaki sudar uvijek ima potencijal stvoriti početne stadije kvarova koji se inače ne bi dogodili, a u začetku nisu ni vidljivi te se progresivno povećavaju.



Slika 3. Sistematizacija kvarova prema uzroku nastanka

Bez obzira na karakter, svi otkazi tj. kvarovi se mogu objasniti kao rezultat promjena stanja sustava. U inženjerskoj praksi i raspoloživoj literaturi promjene stanja motornog vozila pripisuju se veoma raznorodnim faktorima. Uzroci otkaza tehničkih sustava mogu biti: [7]

- ugrađene mane tj. rezultat vlastite slabosti sistema, koja može biti prouzrokovana:
 - greškama pri izradi sastavnih elemenata,
 - greškama pri konstruiranju.
- pogrešna uporaba, primjerice u smislu da rukovatelj dovodi sustav u uvjete rada koji su oštriji od onih za koje je sustav projektiran,

- habanje, zamor ili starenje,
- primarni otkaz (tj. oni otkazi koji prvi nastaju),
- sekundarni otkazi, tj. oni otkazi koji nastaju kao posljedica nekih drugih prethodno nastalih ili primarnih otkaza,
- slučajni otkazi

Kod svih složenih sustava, pa i kod motornih vozila, manifestira se djelovanje tri grupe utjecaja na stanje sustava, odnosno njegove otkaze:[7]

- utjecaji sustava, koji obično dovode do otkaza u periodu „dječjih bolesti“ sustava, odnosno u početku njegovog rada i u periodu uhadavanja sustava kada se, kod mnogih njegovih elemenata, javlja intenzivno trošenje,
- slučajni utjecaji, koji su posljedica djelovanja veličina čija je pojava u toku normalnog rada sustava stohastičkog karaktera,
- monotono-djelujući utjecaji čiji intenzitet raste sa dužinom rada sustava, kao što su habanje, neusklađenost, zamor materijala, starenje, korozija i slično.

4. POUZDANOST FLOTE VOZILA

Pouzdanost (*reliability*) se definira kao vjerojatnost da će sredstvo izvršiti zadanu funkciju u zadanim uvjetima i u tijeku zadanog vremena. Definicija ima tri osnovna elementa: - zadana funkcija, - zadani uvjeti, - određeni vremenski period. Prema tome, u okviru navedenih uvjeta, pouzdanost se može izraziti u matematičkom obliku. To je vjerojatnost $R(t)$ da će vrijeme rada bez otkaza T biti veće od određenog vremena t : [8]

$$R(t) = P(T > t) \quad (4) \text{ ili}$$

$$R_{(t)} = \frac{n - N(t)}{n} = 1 - \frac{N(t)}{n} = \frac{n(t)}{n} \quad (5)$$

n – broj stanja u radu

$N(t)$ – ukupan broj stanja „u otkazu“

$n(t)$ – ukupan broj stanja u radu do trenutka t .

U kontekstu flote vozila, pouzdanost je ključan pokazatelj koliko će vremena, odnosno kilometara prijeći vozilo prije nego se dogodi pojava koja će ga staviti izvan rada. Takav podatak ključan je eksploatacijski čimbenik o kojem uvelike ovisi financijska isplativost flote vozila tj. taj podatak govori koliko će procijenjenih financijskih gubitaka ostvariti flota vozila prestajanjem rada pojedinih vozila. U tu svrhu izdvojeno je nekoliko parametara o kojima ovisi pouzdanost ukupne flote [9]:

- broj vozila
- intenzitet otkaza
- funkcija gustoće stanja u otkazu
- koeficijent eksploatacije,
- srednje vrijeme preventivnog održavanja,
- srednje vrijeme korektivnog održavanja,
- potencijalni postotak dnevnih gubitaka

4.1. Broj vozila

Broj vozila je podatak o ukupnom broju vozila u voznom parku te što je veći broj vozila, očekivano je i veći broj otkaza odnosno kvarova vozila. Ukoliko se radi o homogenom voznom parku očekivani broj otkaza može biti izračunat relativno jednostavno ukoliko su unaprijed poznate veličine o intenzitetu otkaza. Kod heterogenih flota taj izračun je kompleksniji što je više različitih marki vozila u voznom parku.

4.2. Intenzitet otkaza

Pouzdanost se u praksi najviše iskazuje preko intenziteta otkaza ili brzine kvarenja. To je gustoća vjerojatnosti otkaza elementa u trenutku t , pod uvjetom da do toga trenutka element nije otkazao ili drugačije rečeno to je uvjetna gustoća vjerojatnosti da će element koji se nije nalazio u stanju „u otkazu“ do trenutka t , otkazati u narednom periodu. Intenzitet otkaza se definira kao: [8]

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad (6)$$

Gdje je

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} - \text{funkcija gustoće otkaza}$$

$$F(t) = 1 - R(t) - \text{nepouzdanost}$$

Za popravljive sustave čiji je intenzitet otkaza konstantan λ se računa kao omjer ukupnog broja otkaza i ukupnog vremena u radu.

4.3. Funkcija gustoće stanja u otkazu

Funkcija gustoće otkaza može se dobiti npr. praćenjem sredstva u eksploataciji. Vremensko razdoblje promatranja se podijeli na vremenske intervale Δt te se prati broj sredstava koji otkazu u tom intervalu. Sredstva koja otkazu ne zamjenjuju se sa novima. Funkcija gustoće otkaza se dobije:

$$f(t) = \frac{N(t)}{n \cdot \Delta t} \quad (7)$$

gdje je:

$N(\Delta t)$ – broj otkazanih elemenata u intervalu Δt u okolini vremena t

n – broj promatranih elemenata kod $t=0$

Δt – trajanje vremenskog intervala. [8]

4.4. Koeficijent eksploatacije

Koeficijent eksploatacije je omjer ukupne iskorištenosti svih vozila u odnosu na njihov propisan tehnički kapacitet, drugim riječima, koeficijent eksploatacije je izraz ostvarenog potencijala flote vozila.

4.5. Srednje vrijeme preventivnog održavanja

Srednje vrijeme preventivnog održavanja je srednje vrijeme koje je vozilo provelo tijekom svog eksploatacijskog vijeka u servisnoj radionici na preventivnom održavanju. Naziva se još i *Mean Preventive Maintenance Time- Mpt*, a definira se kao:

$$Mpt = \frac{\sum_{i=1}^n fpt_i * Mpt_i}{\sum_{i=1}^n fpt_i} \quad (8)$$

Gdje je:

fpt_i – učestalost preventivne aktivnosti i-te komponente

Mpt_i – aktivno vrijeme preventivnog održavanja i-te komponente. [8]

4.6. Srednje vrijeme korektivnog održavanja

Slično kao i srednje vrijeme preventivnog održavanja, definira se kao srednje vrijeme utrošeno za korektivno održavanje, naziva se još i *Mean Corrective Maintenance Time – Mct*:

$$Mct = \frac{\sum_{i=1}^n Mct_i}{n} \quad (9)$$

Gdje je:

n- broj korektivnih održavanja u promatranom vremenu

Mct_i – aktivno vrijeme korektivnog održavanja kod i-tog održavanja. [8]

Ovaj pokazatelj je jedan od ključnih pokazatelja pri analizi pouzdanosti jer prilikom same nabavke flote vozila, srednje vrijeme preventivnog održavanja mora ući u obzir jer su takvi podaci unaprijed poznati, dok s druge strane srednje vrijeme korektivnog održavanja je nepoznat pojam u

većini slučajeva, odnosno to je podatak kojeg mnogi proizvođači nevoljko dijele radi očuvanja konkurentnosti na tržištu.

Ukoliko je u fazi razvoja poznat intenzitet otkaza, tada se srednje vrijeme korektivnog održavanja računa kao:

$$Mct = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i * Mct_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (10)$$

Gdje je:

λ_i – intenzitet otkaza i-te komponente sredstva

Mct_i – aktivno vrijeme korektivnog održavanja i-te komponente.

5. PRORAČUN POUZDANOSTI VOZNOG PARKA TVRTKE AUTOFLOTA D.O.O. PRIMJENOM SOFTVERSKOG ALATA MS – EXCEL

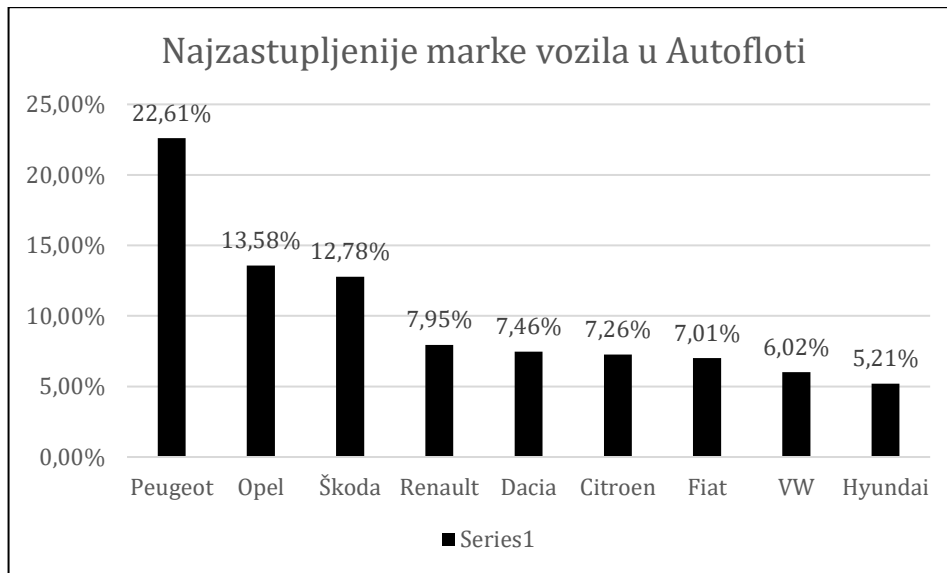
5.1. Struktura voznog parka društva AUTOFLOTA d.o.o.

Tvrtka AUTOFLOTA d.o.o. na tržištu djeluje od 2011. g. te se prvenstveno bavi uslugama poslovnog najma vozila. Vodeća je hrvatska tvrtka u tom području, a klijenti su neki od vodećih i renomiranih poduzeća u Republici Hrvatskoj kao što su: Jamnica plus d.o.o., Orbico d.o.o., A1 Hrvatska d.o.o., Hrvatski Telekom d.d. itd. Kroz svojih devet godina djelovanja upravljala je, ili još uvijek upravlja, s više od 5000 vozila, a struktura tih vozila prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Struktura voznog parka društva AUTOFLOTA d.o.o.

Marka vozila	Udio u ukupnoj Floti
Audi	1,09%
BMW	0,56%
Chevrolet	0,02%
Citroen	7,26%
Dacia	7,46%
Fiat	7,01%
Ford	0,73%
Hyundai	5,21%
Iveco	0,87%
Jeep	0,04%
Kia	0,05%
Land Rover	0,02%
Lexus	0,02%
Mazda	0,55%
Mercedes - Benz	3,33%
Mini	0,15%
Mitsubishi	0,16%
Nissan	0,05%
Opel	13,58%
Peugeot	22,61%
Renault	7,95%
Seat	0,29%
Smart	0,07%
Suzuki	1,35%
Škoda	12,78%
Toyota	0,35%
Volvo	0,42%
VW	6,02%

obzirom da su korisnici usluga Autoflote većinom poslovni korisnici, može se lako tumačiti da su korisnici orijentirani prema vozilima nižeg cjenovnog ranga što pokazuje i graf 1. koji prikazuje stanje prvih devet najzastupljenijih marki vozila u voznom parku društva AUTOFLOTA d.o.o. koje skupa čine više od 90% ukupnog broja vozila



Grafikon 1. Udjeli najzastupljenijih marki u održavanju Autoflote

Unutar tih marki strukture modela prikazane su u tablicama 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10.

Tablica 2. Udio pojedinih modela marke Peugeot

Model vozila	Udio
Partner	58,21%
208	20,77%
308	7,65%
Boxer	3,46%
508	2,82%
3008	1,77%
207	1,61%
Bipper	1,61%
5008	0,89%
Rifter	0,64%
Expert	0,24%
3008	0,16%
2008	0,09%
301	0,08%

Tablica 3. Udio pojedinih modela marke Opel

Model vozila	Udio
Corsa	39,54%
Mokka	16,09%
Astra	15,28%
Combo	9,52%
Movano	7,64%
Insignia	4,29%
Karl	3,35%
Vivaro	2,95%
Grandland X	1,07%
Meriva	0,14%
Zafira	0,13%

Tablica 4. Udio pojedinih modela marke Škoda

Model vozila	Udio
Octavia	40,88%
Fabia	16,38%
Roomster/Pra ktik	14,53%
Rapid	14,10%
Superb	6,98%
Citigo	4,99%
Yeti	1,57%
Karoq	0,28%
Kamiq	0,15%
Kodiaq	0,14%

Tablica 5. Udio pojedinih modela marke Renault

Model vozila	Udio
Clio	48,28%
Megane	22,43%
Trafic	7,55%
Kangoo	6,64%
Talisman	4,35%
Fluence	2,97%
Scenic	2,97%
Laguna	1,83%
Master	1,60%
Espace	0,46%
Koleos	0,46%
Captur	0,23%
Twingo	0,23%

Tablica 6. Udio pojedinih modela marke Dacia

Model vozila	Udio
Dokker	50,49%
Sandero	41,95%
Duster	6,34%
Logan	1,22%

Tablica 7. Udio pojedinih modela marke Citroen

Model vozila	Udio
Berlingo	21,80%
Jumper	18,55%
C-Elysee	14,54%
Nemo	13,03%
C3	11,28%
C4	11,28%
DS3	5,51%
DS 5	2,01%
C5	1,75%
Jumpy	0,25%

Tablica 8. Udio pojedinih modela marke Fiat

Model vozila	Udio
Doblo	64,94%
Ducato	33,25%
Talento	1,04%
500	0,26%
Panda	0,26%
Scudo	0,26%

Tablica 9. Udio pojedinih modela marke Volkswagen

Model vozila	Udio
Passat	38,67%
Transporter	22,05%
Golf	17,52%
Up	7,55%
Polo	6,04%
Caddy	4,83%
Arteon	1,21%
Caravelle	0,91%
Amarok	0,60%
Multivan	0,30%
Tiguan	0,30%

Tablica 10. Udio pojedinih modela marke Hyundai

Model vozila	Udio
i20	51,05%
i30	45,80%
Santa Fe	2,1%
Elantra	0,35%
i40	0,35%

Iz priloženih tablica vidljivo je da je u vozilima niskog cjenovnog ranga (Dacia, Peugeot, Citroen, Fiat) najveća zastupljenost teretnih vozila:

- Peugeot Partner – 58,21%
- Dacia Dokker – 50,49%
- Fiat Doblo – 64,94%
- Citroen Berlingo – 21,80%

dok vozila srednjeg cjenovnog ranga poput Škode i Volkswagena imaju veću zastupljenost u osobnim vozilima odnosno u segmentu koji se neformalno naziva poslovna klasa što je razvidno iz njihovih vodećih modela Octavie odnosno Passata. U postotku ta dva modela dominiraju u odnosu na ostale modele Škode odnosno Volkswagena Nadalje, u cjenovnom rangu koji je između dva gore spomenuta, dominiraju mali gradski automobili Clio, Corsa, i20. Vidljiva je i sklonost prema europskim proizvođačima kojih je osam od devet najzastupljenijih što se može protumačiti kao odraz povjerenja u europsku automobilsku industriju iako su neki neeuropski proizvođači cjenovno prihvatljiviji od njihovih europskih konkurenata.

5.2. Proračun pouzdanosti

Početni uvjeti i pretpostavke na temelju kojih je rađen proračun pouzdanosti:

- najzastupljenije marke – radi jednostavnosti proračuna, u ovom radu za proračun pouzdanosti razmatraju se samo prvih pet najzastupljenijih proizvođača,. Ostatak vozila raspoređeno je na 24 marke vozila i više od sto modela što ne predstavlja dovoljan uzorak za izračun pouzdanosti.
- otkazi karoserije – U ovom radu se ne razmatraju otkazi podsustava koji se nalaze na karoseriji prvenstveno jer su takvi otkazi najčešće uzrokovani sudarima što nije tema ovog rada.

- kilometraža – sva promatrana vozila prešla su najmanje 100 000 kilometara, a prosjek prijeđene kilometraže je 130000 km.
- redovno održavanje – redovno održavanje nije predmet istraživanja ovog rada jer su intervali redovnog održavanja unaprijed poznati i dani od strane proizvođača vozila
- modeli – analiza modela radi se samo tamo gdje je dovoljan uzorak

5.2.1. Peugeot

Broj otkaza marke Peugeot prikazan je u tablici 11., a u tablici 12. prikazana je učestalost pojedinih kvarova prema definiranim intervalima.

Tablica 11. Prikaz broja otkaza vozila marke Peugeot prema definiranim podsustavima

sustav	podstav	broj otkaza	broj promatranih pojedinačnih elemenata
šasija	kočioni sustav	2172	5
	rashladni sustav	74	3
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	163	3
	sustav podmazivanja	0	1
	ovjes i sustav upravljanja	195	5
	ispušni sustav	229	3
	sustav dovoda goriva	16	2
	sustav ventilacije	218	3
	električni sklopovi	senzori	132
alternator		16	1
elektropokretač		21	1
akumulator		99	1
multimedijski sustav		0	1
sustav paljenja		226	3
sustav signalizacije		2176	2
ožičenje		25	1
ukupno		5762	40

Broj promatranih vozila: n = 1260

Tablica 12. Prikaz broja otkaza marke Peugeot prema intervalima

sustav	pod sustav	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150	
šasija	kočioni sustav	0	42	277	266	279	438	275	334	185	76	
	rashladni sustav	0	0	0	0	8	10	18	21	8	9	
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	0	0	22	15	24	29	25	16	15	17	
	sustav podmazivanja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ovjes i sustav upravljanja	0	22	18	16	19	22	28	20	25	25	
	ispušni sustav	0	12	34	33	20	22	27	20	26	35	
	sustav dovoda goriva	0	0	0	0	4	4	2	1	2	3	
	sustav ventilacije	0	10	9	10	25	31	42	47	21	23	
	električni sklopovi	senzori	2	10	14	13	16	18	15	15	12	17
		alternator	0	1	1	0	1	1	3	2	3	4
elektropokretač		0	0	0	0	6	6	5	4	0	0	
akumulator		2	27	18	16	5	8	5	5	6	7	
multimedijski sustav		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sustav paljenja		6	26	18	20	32	35	22	21	24	22	
sustav signalizacije		45	183	184	198	281	230	289	300	219	247	
ožičenje		0	1	0	0	8	9	2	2	1	2	

5.2.2. Opel

Broj otkaza marke Opel prikazan je u tablici 13., a u tablici 14. prikazana je učestalost pojedinih kvarova prema definiranim intervalima.

Tablica 13. Prikaz broja otkaza vozila marke Opel prema definiranim podsustavima

sustav	podstav	broj otkaza	broj promatranih pojedinačnih elemenata
šasija	kočioni sustav	2172	5
	rashladni sustav	74	3
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	163	3
	sustav podmazivanja	0	1
	ovjes i sustav upravljanja	195	5
	ispušni sustav	229	3
	sustav dovoda goriva	16	2
	sustav ventilacije	218	3
	električni sklopovi	senzori	132
	alternator	16	1
	elektropokretač	21	1
	akumulator	99	1
	multimedijski sustav	0	1
	sustav paljenja	226	3
	sustav signalizacije	2176	2
	ožičenje	25	1
	ukupno	2987	40

Broj promatranih vozila n = 746

Tablica 14. Prikaz broja otkaza marke Opel prema intervalima

sustav	pod sustav	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150
šasija	kočioni sustav	0	42	277	266	279	438	275	334	185	76
	rashladni sustav	0	0	0	0	8	10	18	21	8	9
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	0	0	22	15	24	29	25	16	15	17
	sustav podmazivanja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovjes i sustav upravljanja	0	22	18	16	19	22	28	20	25	25
	ispušni sustav	0	12	34	33	20	22	27	20	26	35
	sustav dovoda goriva	0	0	0	0	4	4	2	1	2	3
	sustav ventilacije	0	10	9	10	25	31	42	47	21	23
	električni sklopovi	senzori	2	10	14	13	16	18	15	15	12
alternator		0	1	1	0	1	1	3	2	3	4
elektropokretač		0	0	0	0	6	6	5	4	0	0
akumulator		2	27	18	16	5	8	5	5	6	7
multimedijski sustav		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sustav paljenja		6	26	18	20	32	35	22	21	24	22
sustav signalizacije		45	183	184	198	281	230	289	300	219	247
ožičenje		0	1	0	0	8	9	2	2	1	2

5.2.3. Škoda

Broj otkaza marke Škoda prikazan je u tablici 15., a u tablici 16. prikazana je učestalost pojedinih kvarova prema definiranim intervalima.

Tablica 15. Prikaz broja otkaza vozila marke Škoda prema definiranim podsustavima

sustav	podstav	broj otkaza	broj elemenata
šasija	kočioni sustav	1256	5
	rashladni sustav	621	3
	pogonski sustav(uključujući transmisiju)	146	3
	sustav podmazivanja	0	1
	ovjes i sustav upravljanja	183	5
	ispušni sustav	146	3
	sustav dovoda goriva	0	2
	sustav ventilacije	73	3
električni sklopovi	senzori	44	5
	alternator	0	1
	elektropokretač	5	1
	akumulator	325	1
	multimedijski sustav	5	1
	sustav paljenja	0	3
	sustav signalizacije	809	2
	ožičenje	37	1
	ukupno	3650	40

Broj promatranih vozila: 702

Tablica 16. Prikaz broja otkaza marke Škoda prema intervalima

sustav	pod sustav	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150
šasija	kočioni sustav	0	63	138	290	366	116	45	94	79	65
	rashladni sustav	5	9	29	82	76	51	31	11	17	10
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	0	0	0	0	19	29	21	21	24	32
	sustav podmazivanja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovjes i sustav upravljanja	0	0	14	23	28	33	28	20	25	12
	ispušni sustav	0	0	4	9	20	22	27	20	26	18
	sustav dovoda goriva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	sustav ventilacije	2	0	3	0	8	4	17	13	16	10
električni sklopovi	senzori	0	3	8	5	2	8	8	1	6	3
	alternator	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	elektropokretač	1	0								4
	akumulator	1	17	66	16	24	36	57	23	48	37
	multimedijski sustav	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	sustav paljenja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	sustav signalizacije	12	65	123	224	287	103	67	59	97	72
	ožičenje	2	3	5	1	4	3	5	3	6	5

5.2.4. Renault

Broj otkaza marke Renault prikazan je u tablici 17., a u tablici 18. prikazana je učestalost pojedinih kvarova prema definiranim intervalima.

Tablica 17. Prikaz broja otkaza vozila marke Renault prema definiranim podsustavima

sustav	podsustav	broj otkaza	broj elemenata
šasija	kočioni sustav	605	5
	rashladni sustav	12	3
	pogonski sustav(uključujući transmisiju)	52	3
	sustav podmazivanja	19	1
	ovjes i sustav upravljanja	116	5
	ispušni sustav	98	3
	sustav dovoda goriva	7	2
	sustav ventilacije	45	3
električni sklopovi	senzori	18	5
	alternator	19	1
	elektropokretač	0	1
	akumulator	54	1
	multimedijski sustav	34	1
	sustav paljenja	0	3
	sustav signalizacije	450	2
	ožičenje	21	1
	ukupno	1550	40

Broj promatranih vozila: n = 746

Tablica 18. Prikaz broja otkaza marke Renault prema intervalima

sustav	pod sustav	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150
šasija	kočioni sustav	0	25	44	131	120	104	48	86	28	19
	rashladni sustav	0	0	0	2	0	0	0	4	6	0
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	2	1	7	2	11	4	17	6	1	1
	sustav podmazivanja	4	0	0	0	1	6	4	2	1	1
	ovjes i sustav upravljanja	0	0	0	0	22	29	34	21	7	3
	ispušni sustav	0	0	0	0	0	22	27	35	13	1
	sustav dovoda goriva	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
	sustav ventilacije	0	2	6	6	2	1	22	3	3	0
	električni sklopovi	senzori	0	0	0	3	7	4	5	0	0
alternator		2	4	1	1	0	0	0	6	2	3
elektropokretač		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
akumulator		6	18	13	0	0	0	0	11	6	0
multimedijski sustav		11	13	1	0	0	0	0	5	4	0
sustav paljenja		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sustav signalizacije		21	77	52	86	34	67	26	31	25	31
ožičenje		0	0	0	11	1	2	6	1	0	0

5.2.5. Dacia

Broj otkaza marke Dacia prikazan je u tablici 19., a u tablici 20. prikazana je učestalost pojedinih kvarova prema definiranim intervalima.

Tablica 19. Prikaz broja otkaza vozila marke Dacia prema definiranim podsustavima

sustav	podstav	broj otkaza	broj elemenata
šasija	kočioni sustav	691	5
	rashladni sustav	0	3
	pogonski sustav(uključujući transmisiju)	3	3
	sustav podmazivanja	0	1
	ovjes i sustav upravljanja	96	5
	ispušni sustav	33	3
	sustav dovoda goriva	0	2
	sustav ventilacije	63	3
električni sklopovi	senzori	52	5
	alternator	19	1
	elektropokretač	21	1
	akumulator	64	1
	multimedijski sustav	0	1
	sustav paljenja	19	3
	sustav signalizacije	414	2
	ožičenje	47	1
	ukupno	1522	40

Broj promatranih vozila: n = 410

Tablica 20. Prikaz broja otkaza marke Dacia prema intervalima

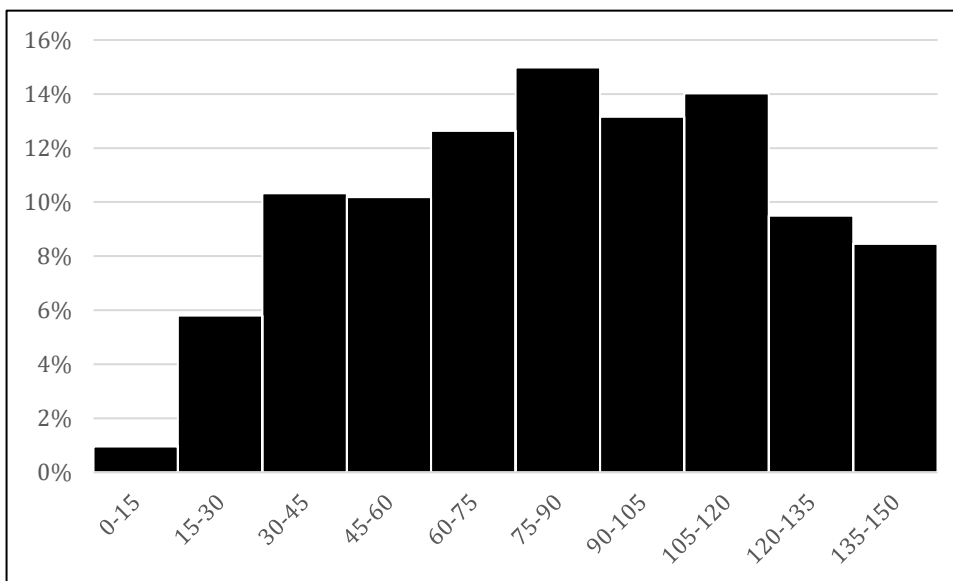
sustav	podstav	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150
šasija	kočioni sustav	0	65	88	121	56	165	34	115	33	14
	rashladni sustav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	pogonski sustav (uključujući transmisiju)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	sustav podmazivanja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovjes i sustav upravljanja	12	0	11	13	0	25	0	20	11	4
	ispušni sustav	0	0	0	0	11	2	8	6	5	1
	sustav dovoda goriva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	sustav ventilacije	0	0	22	34	7	0	0	0	0	0
	električni sklopovi	senzori	0	0	0	0	0	14	4	25	6
alternator		1	1	3	0	0	0	4	4	0	6
elektropokretač		2	1	1	0	3	4	7	2	0	1
akumulator		11	14	2	3	5	7	4	11	6	1
multimedijски sustav		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sustav paljenja		4	4	1	0	6	1	3	0	0	0
sustav signalizacije		11	15	46	74	24	63	31	25	78	47
ožičenje		10	0	0	0	13	0	15	6	3	0

6. ANALIZA POUZDANOSTI VOZILA PO PROIZVOĐAČU

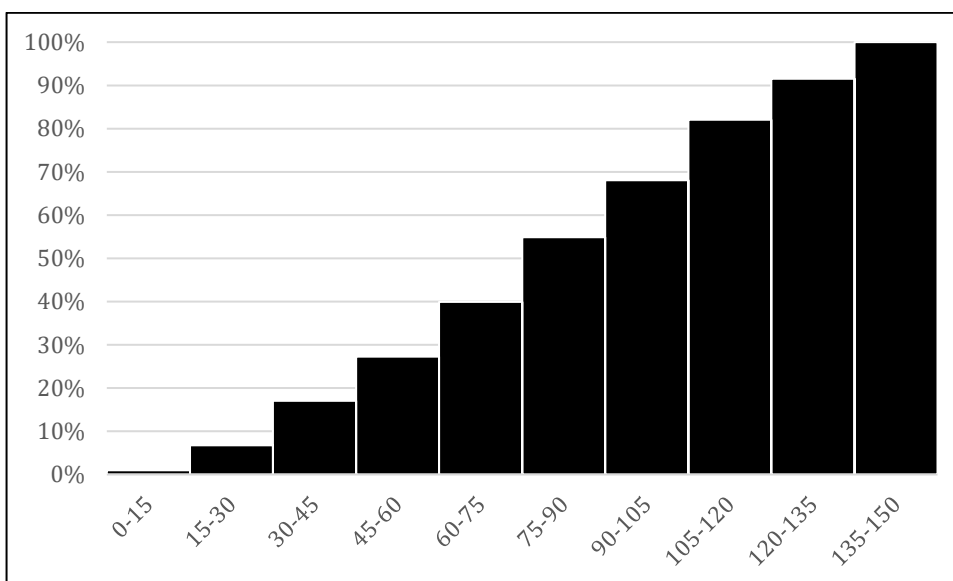
Analiza pouzdanosti u ovom radu prikazana je grafički prema učestalosti kvarova odnosno očekivanju broja otkaza.

Sljedeći grafikoni prikazuju broj otkaza prema proizvođaču.

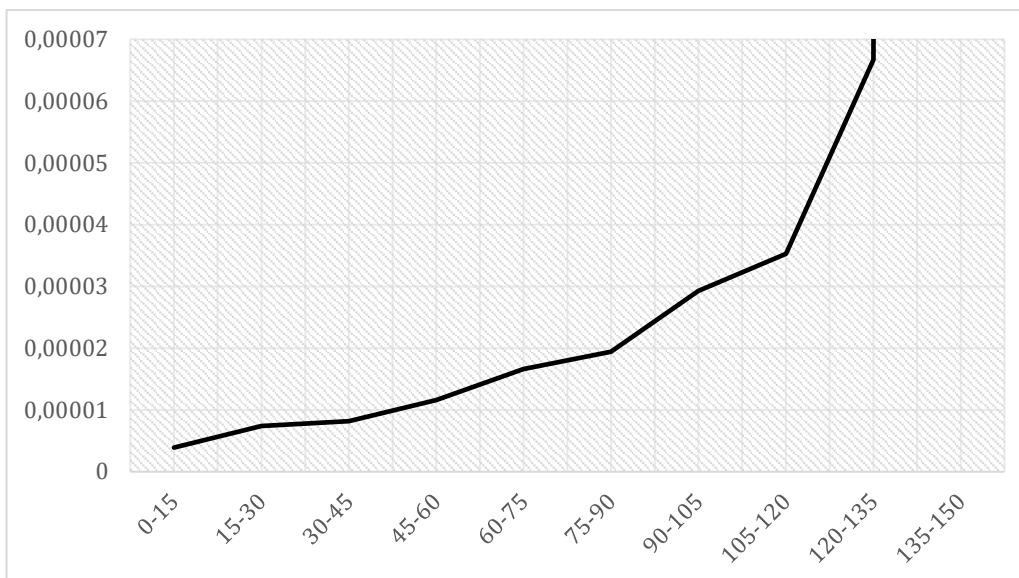
6.1. Analiza Peugeot



Grafikon 2. Histogram otkaza marke Peugeot



Grafikon 3. Kumulativ otkaza marke Peugeot

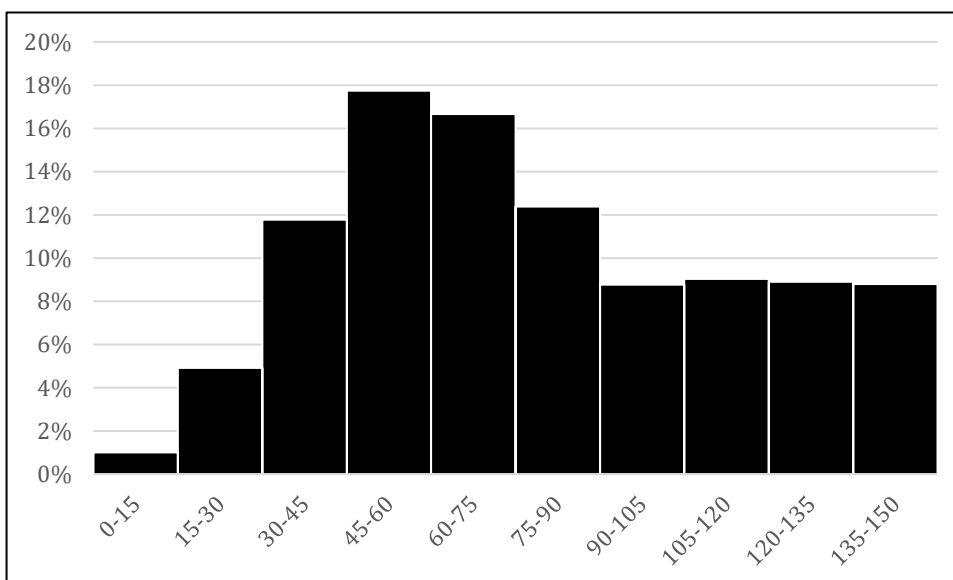


Grafikon. 4. Intenzitet otkaza marke Peugeot

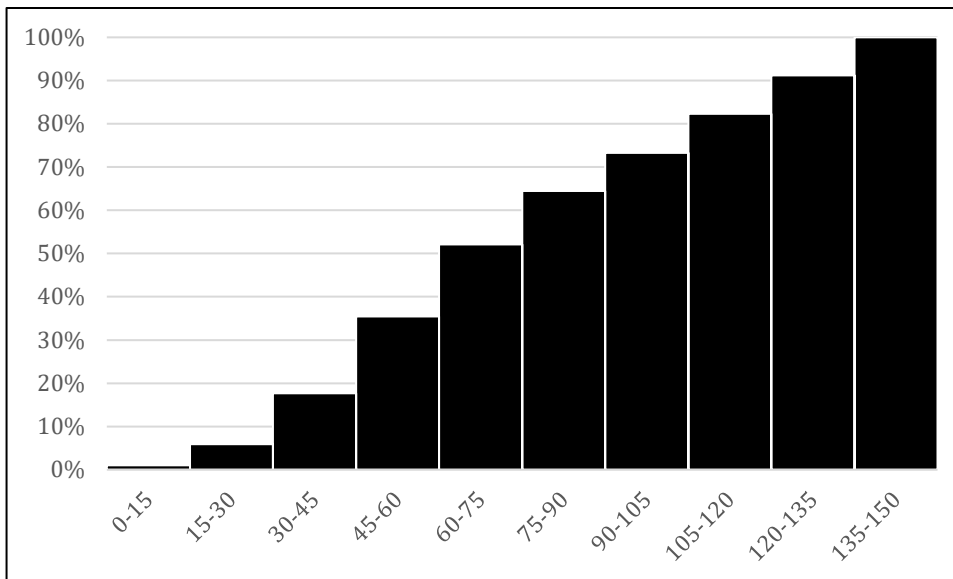
Kritična razdoblja:

- 75 – 90 tisuća kilometara; 863 otkaza
- 105 – 120 tisuća kilometara; 808 otkaza
- 90 – 105 tisuća kilometara; 758 otkaza
- 60 – 75 tisuća kilometar; 728 otkaza

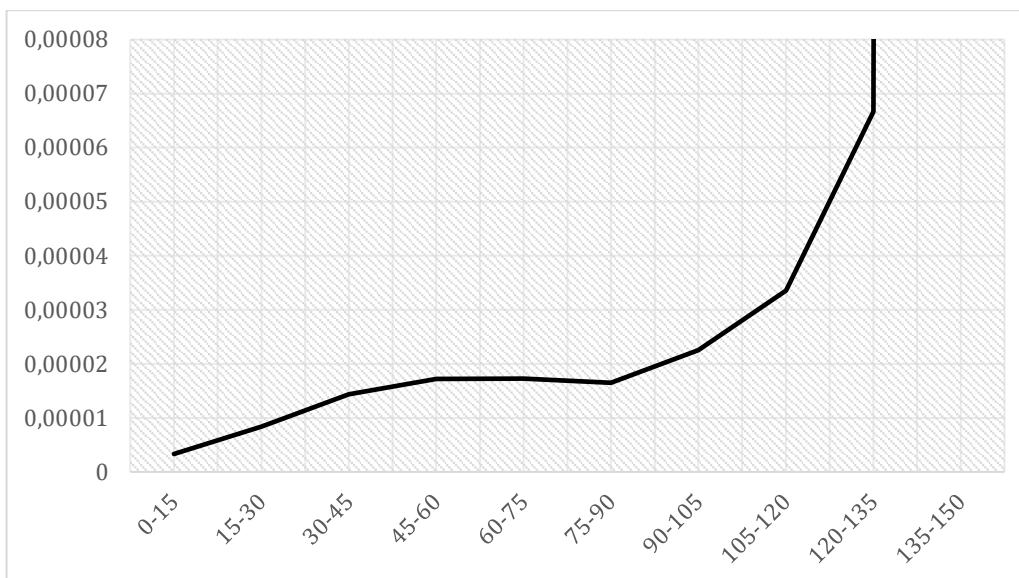
6.2. Analiza Opel



Grafikon 5. Histogram otkaza marke Opel



Grafikon 6. Kumulativ otkaza marke Opel

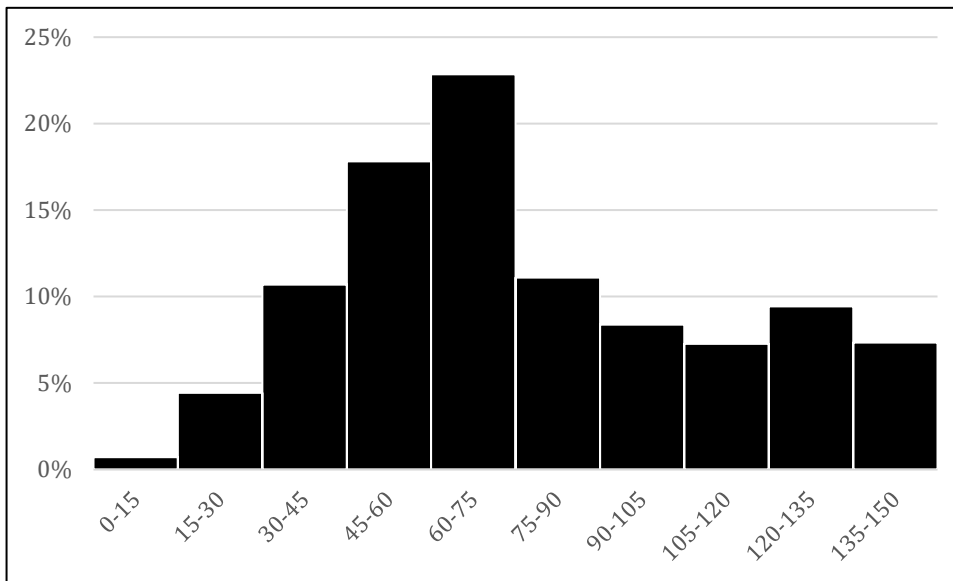


Grafikon 7. Intenzitet otkaza marke Opel

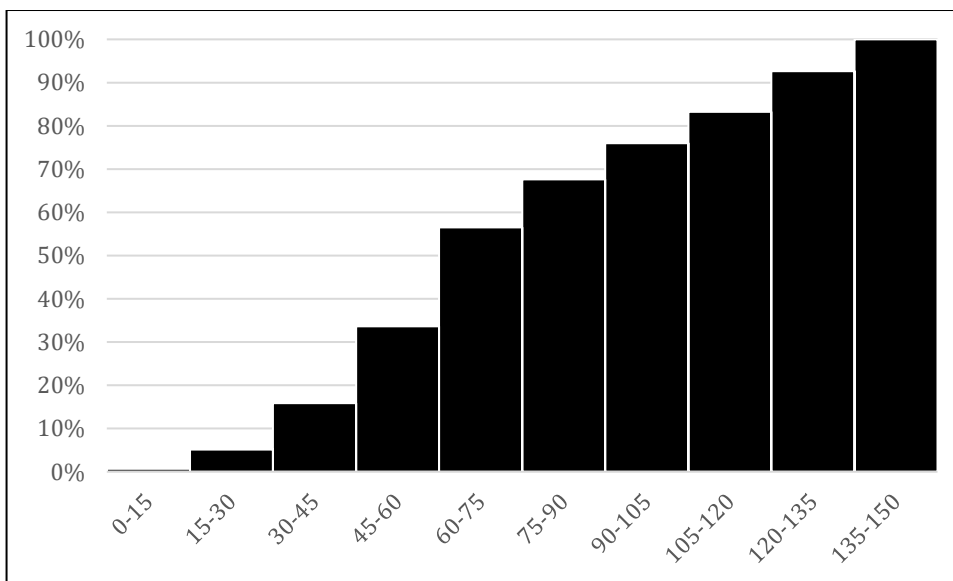
Kritična razdoblja:

- 45 – 60 tisuća kilometara; 530 otkaza
- 60 – 75 tisuća kilometara; 498 otkaza
- 75 – 90 tisuća kilometara; 370 otkaza
- 30 – 45 tisuća kilometar; 352 otkaza

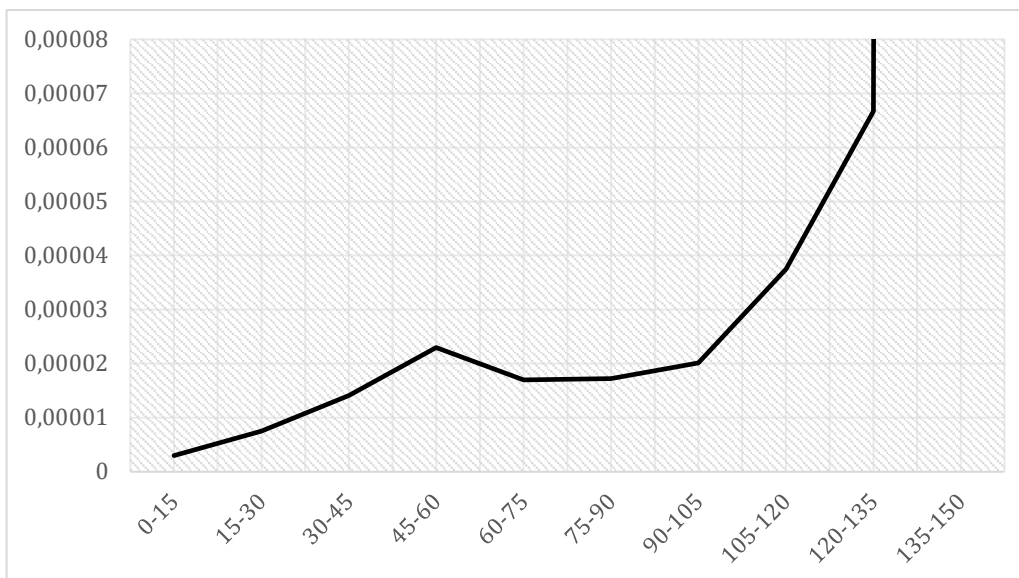
6.3. Analiza Škoda



Grafikon 8. Histogram otkaza marke Škoda



Grafikon 9. Kumulativ otkaza marke Škoda

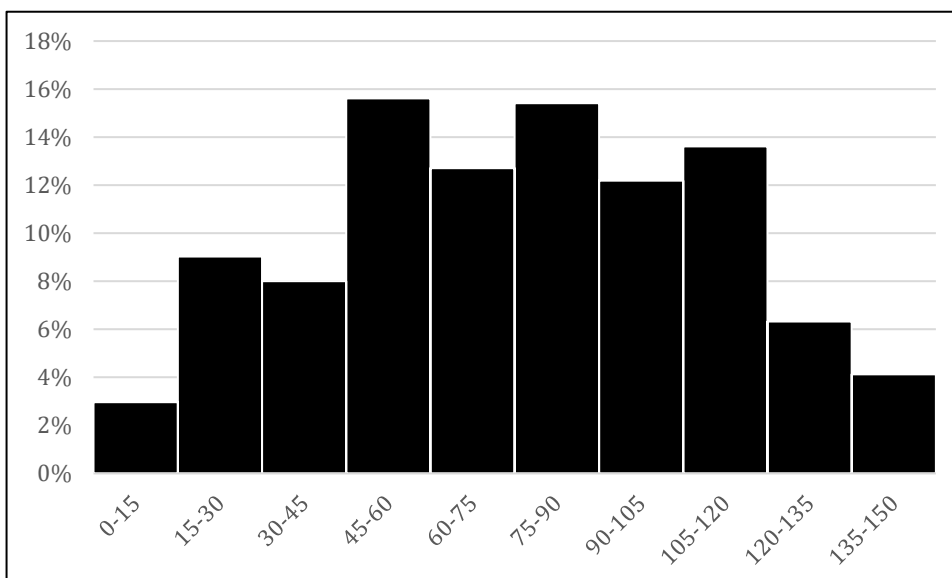


Grafikon 10. Intenzitet otkaza marke Škoda

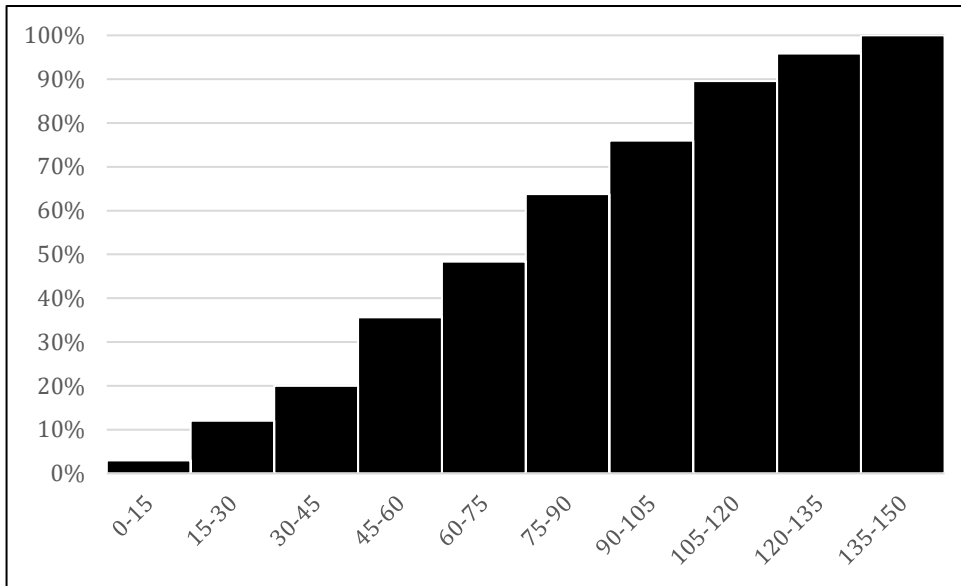
Kritična razdoblja:

- 60 – 75 tisuća kilometara; 834 otkaza
- 45 – 60 tisuća kilometara; 650 otkaza
- 75 – 90 tisuća kilometara; 405 otkaza
- 30 – 45 tisuća kilometara; 390 otkaza

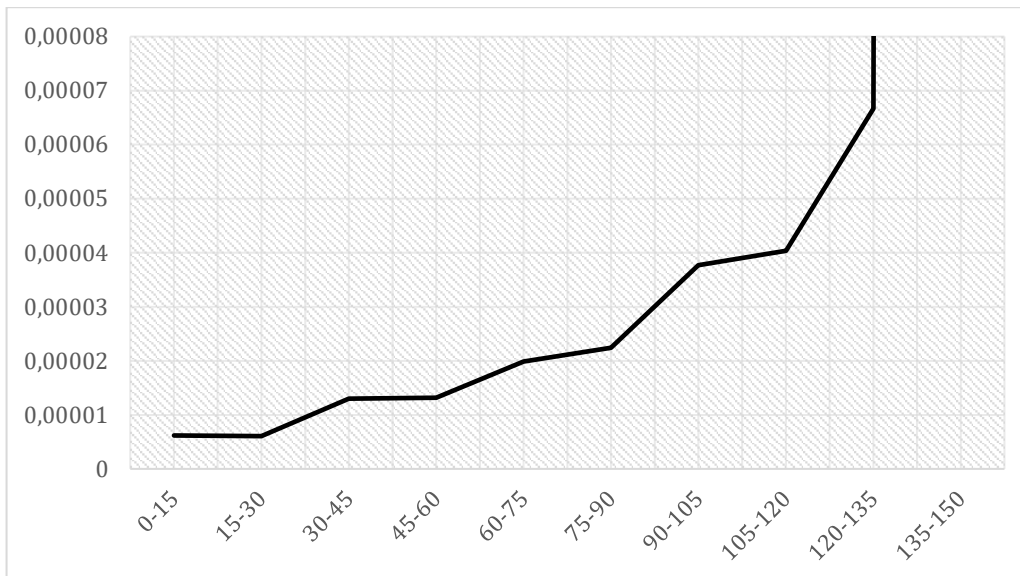
6.4. Analiza Renault



Grafikon 11. Histogram otkaza marke Renault



Grafikon 12. Kumulativ otkaza marke Renault

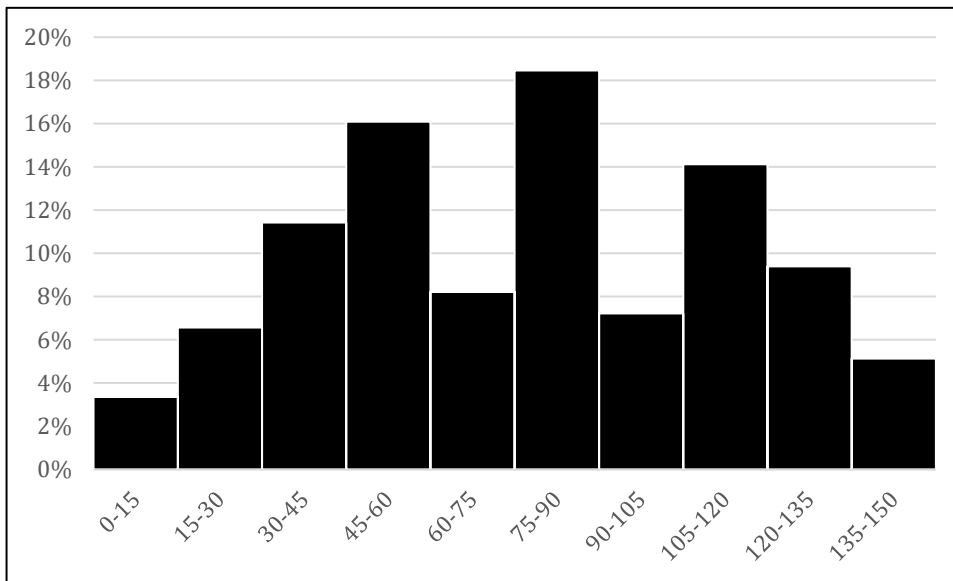


Grafikon 13. Intenzitet otkaza marke Renault

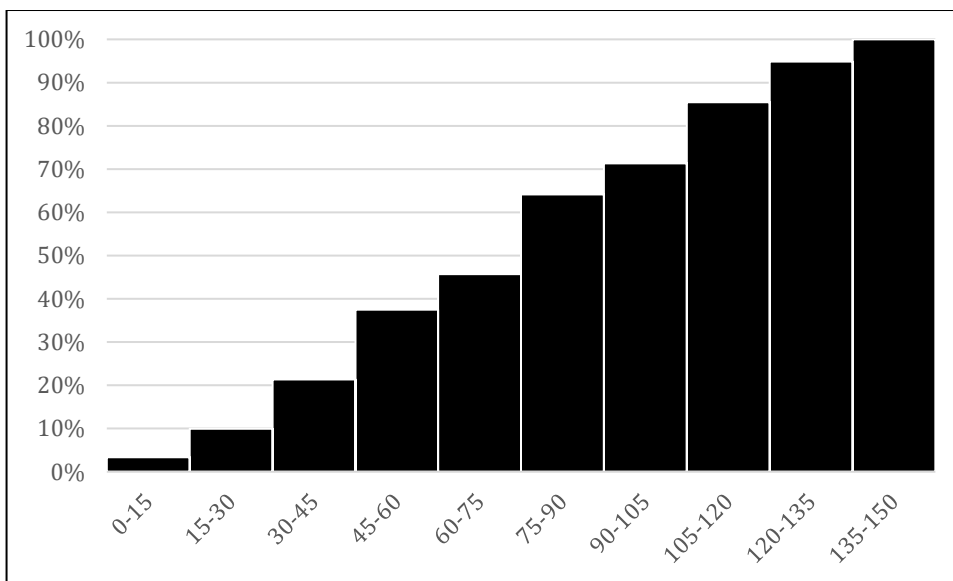
Kritična razdoblja:

- 45 – 60 tisuća kilometara; 242 otkaza
- 75 – 90 tisuća kilometara; 239 otkaza
- 105 – 120 tisuća kilometara; 211 otkaza
- 60 – 75 tisuća kilometara; 197 otkaza

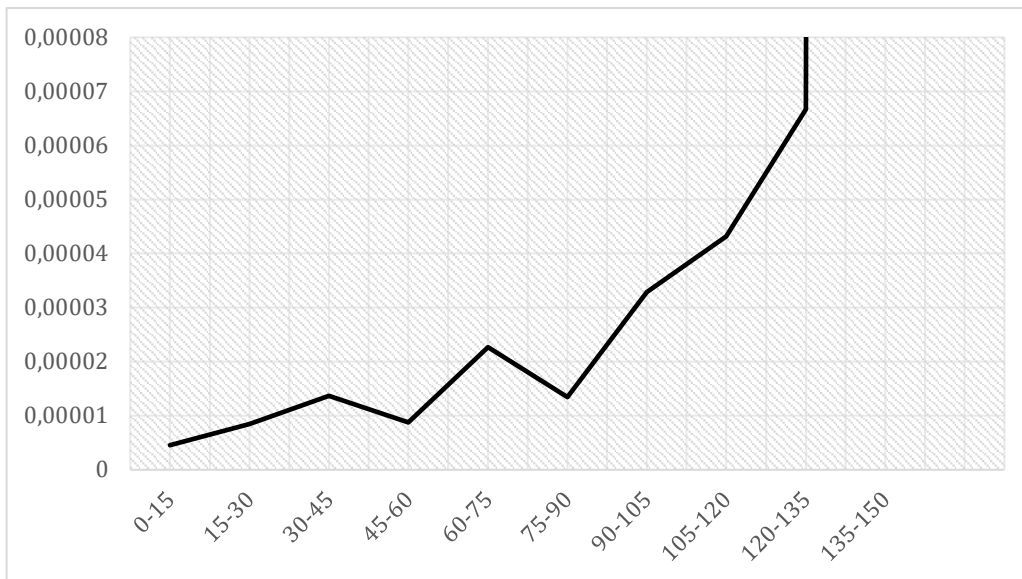
6.5. Analiza Dacia



Grafikon 14. Histogram otkaza marke Dacia



Grafikon 15. Kumulativ otkaza marke Dacia



Grafikon 16. Intenzitet otkaza marke Dacia

Kritična razdoblja:

- 75 – 90 tisuća kilometara; 281 otkaza
- 45 – 60 tisuća kilometara; 245 otkaza
- 105 – 120 tisuća kilometara; 215 otkaza
- 30 – 45 tisuća kilometara; 174 otkaza

Iz ilustracija vidljivo je da različiti proizvođači imaju različite razdiobe otkaza vozila kada ih se usporedi po kilometražama pa je primjerice za marku Peugeot najkritičnije razdoblje između 75 i 90 tisuća kilometara gdje se događa 15% ukupnog broja otkaza na promatranim vozilima, dok je za Škodu najkritičnije razdoblje između 60 i 75 tisuća kilometara gdje se ostvaruje 23% svih zabilježenih otkaza vozila.

7. ZAKLJUČAK

Automobilska industrija od svojih začetaka pa sve do danas doživjela je velike promjene. Nove tehnologije, novi proizvodni postupci, nova znanja te na kraju i nove potrebe tržišta dovele su do toga da su automobili danas neophodna stvar. Eksponencijalnim povećanjem kompleksnosti vozila unazad nekoliko desetljeća, primjećuje se pojava češćih otkaza nego što je to za očekivati međutim sva ta kompleksnost i međudjelovanje sustava vozila povećava broj otkaza te posljedično broj odlazaka u servisne radionice. Trošenjem pojedinačnih dijelova vozila uzrokovanih raznim vanjskim utjecajima kao i fizikalnim promjenama, dolazi do kvarova podsustava vozila koji se zbog, već spomenutog, međudjelovanja može proširiti i na čitav sustav. Takvo „nepredvidivo“ ponašanje vozila opisano je i analizirano u ovom radu.

Današnje tvrtke koje moraju imati vozni park, odnosno čija je djelatnost takva da bez vozila ne mogu poslovati, moraju se oslanjati na kupnju velikih flota vozila, a pri tome se oslanjaju na *third party providere*, odnosno svoje upravljanje voznim parkom *outsorce-aju* tvrtkama koje za to imaju *know-how*. Vođenje vozničkih parkova, upravljanje voznim parkom, dubinska analiza te jedinstveno rješenje za svakog pojedinog klijenta odlike su takvih poduzeća. Fokus ovog rada i istraživanja je tvrtka AUTOFLOTA d.o.o. koja je specijalizirana baš za takvo upravljanje. Osnovni cilj tvrtke AUTOFLOTA d.o.o. je racionalno upravljanje voznim parkovima koje se očituje kroz smanjenje broja dana provedenih u servisnim radionicama, organizaciju sezonskih zamjena pneumatika, upravljanje štetama (*accident management*), komunikaciju s leasing društvima te komunikaciju s osiguravajućim kućama. U tu svrhu koriste se razni softverski alati, a jedan od njih, možda i najvažniji, su proračunske tablice.

Primjena proračunskih tablica uvelike olakšava izračune pouzdanosti na ovako velikim skupovima vozila, sistematizacija podataka, grafički pregled te intuitivno sučelje i jednostavno snalaženje olakšava ovu vrstu proračuna. Kako bi se tvrtkama kojima se nude usluge *fleet managementa*, ponudilo optimalno rješenje, nužno je bilo provesti ovakvu vrstu analize. Odabirom prave marke i modela vozila mogu se ostvariti značajne uštede vremena koje neće biti izgubljeno u servisnim radionicama te uštede sredstava za tvrtku koja upravlja voznim parkom, a koja u konačnici snosi troškove popravka. Odabir prave marke stoga je ključan kako bi poslovanje takve tvrtke bilo uspješno.

Rezultati ovog istraživanja dobiveni su uzorkovanjem i sistematizacijom kvarova na više od pet tisuća vozila što je uzorak koji itekako može biti reprezentativan, međutim kao i svugdje

gdje postoji ljudski faktor, ovi rezultati ne mogu biti smatrani apsolutnom i nepobitnom činjenicom jer na ovakvo složene tehničke sustave uvelike može utjecati stil vožnje, briga o vozilu, konfiguracija terena po kojem vozilo prometuje, nadmorska visina, temperatura okoline i niz drugih faktora čije pojedinačno, a i zajedničko djelovanje može dovesti do povećanog broja kvarova. Ova analiza stoga ne predstavlja konačan odgovor na svakodnevno pitanje: „koi je automobil najkvalitetniji?“, jer ni sami početni uvjeti za sva vozila nisu jednaki, međutim ono što može pokazati su podaci o tome koliko su podložni podsustavi pojedinih proizvođača na trošenje.

LITERATURA

- [1] V. Protega, Nastavni materijal za predavanja iz kolegija: Osnove tehnologije prometa, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2014.
- [2] L. Topenčarević, Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Beograd : Građevinska knjiga, 1987.
- [3] S. Bunčić, Tehnička eksploatacija motornih vozila I, Beograd: Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2000.
- [4] Č. Duboka, Tehnologije održavanja vozila I, Beograd: Mašinski fakultet ,Univerzitet u Beogradu, 1992.
- [5] S. Sebastijanović, Osnove održavanja strojarских konstrukcija, Slavonski Brod: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2002.
- [6] D. B. Vujanović, Prilog razvoju upravljanja procesom održavanja vozniх parkova, Beograd: Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2013.
- [7] R. Guberinić, »Određivanje funkcije pouzdanosti motornih vozila kao složenog tehničkog sistema,« *Vojnotehnički Glasnik*, pp. 31-45, 3 Kolovoz 2009.
- [8] E. Bazijanac, D. Budimir Nastavni materijali za predavanja iz kolegija: Tehnička logistika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.
- [9] Nastavni materijali iz kolegija: Održavanje cestovnih vozila, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2014.

POPIS SLIKA

Slika 1. Proces održavanja voznog parka

Slika 2. Podjela sustava vozila

Slika 3. Sistematizacija kvarova prema uzroku nastanka

POPIS TABLICA

Tablica 1. Struktura voznog parka društva AUTOFLOTA d.o.o.

Tablica 2. Udio pojedinih modela marke Peugeot

Tablica 3. Udio pojedinih modela marke Opel

Tablica 4. Udio pojedinih modela marke Škoda

Tablica 5. Udio pojedinih modela marke Renault

Tablica 6. Udio pojedinih modela marke Dacia

Tablica 7. Udio pojedinih modela marke Citroen

Tablica 8. Udio pojedinih modela marke Fiat

Tablica 9. Udio pojedinih modela marke Volkswagen

Tablica 10. Udio pojedinih modela marke Hyundai

Tablica 11. Prikaz broja otkaza vozila marke Peugeot prema definiranim podsustavima

Tablica 12. Prikaz broja otkaza marke Peugeot prema intervalima

Tablica 13. Prikaz broja otkaza vozila marke Opel prema definiranim podsustavima

Tablica 14. Prikaz broja otkaza marke Opel prema intervalima

Tablica 15. Prikaz broja otkaza vozila marke Škoda prema definiranim podsustavima

Tablica 16. Prikaz broja otkaza marke Škoda prema intervalima

Tablica 17. Prikaz broja otkaza vozila marke Renault prema definiranim podsustavima

Tablica 18. Tablica 14. Prikaz broja otkaza marke Renault prema intervalima

Tablica 19. Prikaz broja otkaza vozila marke Dacia prema definiranim podsustavima

Tablica 20. Prikaz broja otkaza marke Dacia prema intervalima

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio prvih pet najzastupljenijih marki u održavanju Autoflote

Grafikon 2. Histogram otkaza marke Peugeot

Grafikon 3. Kumulativ otkaza marke Peugeot

Grafikon 4. Poligon vremena otkaza marke Peugeot

Grafikon 5. Histogram otkaza marke Opel

Grafikon 6. Kumulativ otkaza marke Opel

Grafikon 7. Poligon vremena otkaza marke Opel

Grafikon 8. Histogram otkaza marke Škoda

Grafikon 9. Kumulativ otkaza marke Škoda

Grafikon 10. Poligon vremena otkaza marke Škoda

Grafikon 11. Histogram otkaza marke Renault

Grafikon 12. Kumulativ otkaza marke Renault

Grafikon 13. Poligon otkaza marke Renault

Grafikon 14. Histogram otkaza marke Dacia

Grafikon 15. Kumulativ otkaza marke Dacia

Grafikon 16. Poligon otkaza marke Dacia



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **PRIMJENA PRORAČUNSKIH TABLICA ZA IZRAČUN**

POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA

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

U Zagrebu, _____ 20.11.2020

Student/ica:

(potpis)