

Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila

Tolić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:119:425384>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Tolić

**MODELI ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA TERETNIH
VOZILA**
ZAVRŠNI RAD

Zagreb, kolovoz 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

MODELI ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA TERETNIH VOZILA
MODELS OF ROLLING STOCK MAINTENANCE

Mentor: prof. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Ivan Tolić

JMBAG: 0135252193

Zagreb, kolovoz 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. svibnja 2021.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6134

Pristupnik: **Ivan Tolić (0135252193)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila**

Opis zadatka:

Navesti o objasniti pokazatelje pouzdanosti tehničkih sredstava. Objasniti funkcioniranje sustava održavanja, te prikazati koncepcije i modele održavanja. Napraviti analizu modela održavanja voznog parka teretnih vozila na primjeru prijevozničkog poduzeća.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SAŽETAK

Održavanje vozila osnovni je preduvjet redovnom izvršenju radnih zadaća svakog voznog parka, naime adekvatnim održavanjem vozila raspoloživost vozila se održava na razini koja zadovoljava potrebe izlaza vozila na dnevne zadaće i samim time osigurava kako tehničku, tako i ekonomsku funkcionalnost prijevoznike tvrtke. U ovom radu obrađeni su pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava, te koncepcije i modeli održavanja, s naglaskom na održavanje voznih parkova teretnih vozila. u posljednjem poglavlju prikazana je studija slučaja na primjeru prijevoznike tvrtke Maritim Bašić d.o.o. iz Imotskog, specijalizirane za izvanredne prijevoze roba.

Ključne riječi: modeli održavanja , vozni park, teretna vozila

ABSTRACT

Vehicle maintenance is a basic prerequisite for regular performance of work tasks of each fleet, namely adequate vehicle maintenance maintains vehicle availability at a level that meets the needs of the vehicle to daily tasks and thus ensures both technical and economic functionality of the transport company. In this paper we analyzed the indicators of reliability and technical resources, as well as concepts and models maintenance, with emphasis on maintaining fleets of cargo vehicle class after the last chapter presents a case study on the example of transport companies Maritim Basic Ltd. from Imotski, specialized in special transports of goods.

Keywords: maintenance models, vehicle fleet, trucks

Sadržaj

1. UVOD	1
2. POKAZATELJI POUZDANOSTI TEHNIČKIH SREDSTAVA	4
2.1. Broj vozila	6
2.2. Intenzitet otkaza	6
2.3. Funkcija gustoće stanja u otkazu	7
2.4. Srednje vrijeme preventivnog održavanja	8
2.5. Srednje vrijeme korektivnog održavanja	8
2.6. Koeficijent eksploatacije	9
3. STRUKTURA SUSTAVA ODRŽAVANJA VOZILA	10
4. KONCEPCIJE I MODELI ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SREDSTAVA	13
4.1. Korektivno održavanje	15
4.2. Preventivno održavanje	17
4.2.1. Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu	18
4.2.2. Održavanje prema stanju	20
4.3. Ostali modeli održavanja	23
4.3.1. Terotehnološki koncept održavanja	23
4.3.2. Totalno produktivno održavanje	24
4.3.3. Pouzdanosti usmjereno održavanje	25
4.3.4. Logistički pristup održavanju	27
4.3.5. Ekspertni sustavi	28
4.3.6. Samoodržavanje	30
5. STUDIJA SLUČAJA: SUSTAV ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA PRIJEVOZNIČKOG PODUZEĆA MARITIM BAŠIĆ	31
6. ZAKLJUČAK	34
Literatura	35

1. UVOD

Održavanje je složeni organizacijsko – tehnološki sustav gdje svaki element sustava ima vlastite karakteristike i parametre stanja. Elementi sustava međusobno su povezani i ovise jedan o drugom. Dvije karakteristične koncepcije održavanja su preventivni i korektivni postupci. Značaj preventivnih postupaka je zadržati vozilo u ispravnom stanju, dok korektivni postupci imaju zadaću neispravno vozilo dovesti u ispravno stanje.

Da bi održavanje vozila tijekom eksploatacije bilo uspješno, treba ispuniti određene pretpostavke:¹

- odgovarajuće stručno osoblje
- pričuvni dijelovi
- odgovarajući objekti i oprema
- odgovarajuća tehnička dokumentacija
- financijska sredstva za izvršenje postupaka održavanja

Osnovna obilježja sustava održavanja su:

- koncepcija
- organizacija
- tehnologija

Kod održavanja vozničkih parkova potrebno je utvrditi osnovne karakteristike istih da bi se proces održavanja u maksimalnoj mjeri prilagodio potrebama istog.

Pojam vozni park znači skup svih prijevoznih sredstava organizacije za prijevoz (autobusi, zglobni autobusi, teretna motorna vozila, traktori, prikolice i poluprikolice). Vozni park može

¹Jurić, I.: Predavanja iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, FPZ, Zagreb, 2017.

se formirati prema organizacijskim i teritorijalnim potrebama. Organizacijski, vozni park se može formirati za djelatnosti javnog prijevoza ili za djelatnosti prijevoza za vlastite potrebe, dok je teritorijalno formiranje voznog parka potrebno u slučajevima kada prijevoznik ima više poslovnih jedinica (hubova), gdje svaka poslovna jedinica opslužuje određeni teritorij (geografsko područje).²

Međutim za potrebe održavanja način formacije voznog parka nije od presudnog značaja, već njegov sastav. Sastav voznog parka dijeli se na homogeni (kada su sve vozne jedinice istog tipa i prometno-tehničkih karakteristika) i heterogeni (kada su vozne jedinice različitih prometno-tehničkih karakteristika). Homogen vozni park je optimalan u pogledu planiranja održavanja, međutim kao takav u realnosti gotovo da i ne postoji zbog diverzificiranosti zadaća prijevoza koje ovise o brojnim čimbenicima.

Ovaj radi ima za cilj obraditi modele održavanja teretnog voznog parka, i to kroz slijedeće tematske jedinice:

1. Uvod

U uvodu su načelno obrađeni pojmovi održavanja, pretpostavki za uspješno održavanje te su navedena osnovna obilježja sustava održavanja. Također je objašnjen pojam voznog parka i njegova podjela, odnosno ustroj. Na koncu prikazana je korelacija karakteristika voznoga parka s efikasnošću održavanja istog.

2. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava

Ovim poglavljem definirana je posmuzdanost kao karakteristika tehničkog sustava i obuhvaćeni su svi relevantni parametri koji utječu na pouzdanost kao što su: broj vozila, intenzitet otkaza, funkcija gustoće stanja u otkazu, srednja vremena održavanja, te koeficijent eksploatacije.

3. Struktura sustava održavanja tehničkih sredstava

U ovom poglavju je detaljno prikazana struktura održavanja, te najvažnije karakteristike i parametri elemenata sustava sa stajališta održavanja

² Topenčarević Ljubomir, Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1987

4. Konceptije i modeli održavanja tehničkih sredstava

Ovim poglavljem definirane su su konceptije i modeli održavanja u tehnici. Također, prikazana je i podjela na preventivno, korektivno i ostale modele održavanja te je svaki model pojedinačno obrađen.

5. Studija slučaja: Sustav održavanja voznog parka prijevoznikog poduzeća Maritim Bašić d.o.o.

U ovom poglavlju analiziran je sustav održavanja voznog parka navedene tvrtke, sastav voznog parka i pomoću danih nam podataka izračunate su relevantne vrijednosti koje utječu na pouzdanost i raspoloživost voznih jedinica.

6. Zaključak

Zaključak je prikaz teoretskog dijela rada implementiran u situaciju u proučavanoj prijevoznikoj tvrtci. Također su dani prijedlozi za unaprjeđenje sustava održavanja unutar tvrtke kroz povećanje homogenosti voznog parka.

2. POKAZATELJI POUZDANOSTI TEHNIČKIH SREDSTAVA

Pouzdanost se do 1960-ih godina definirala kao „vjerojatnost da će element izvršiti zadanu funkciju pod utvrđenim uvjetima za utvrđeni period vremena“. Općenitija definicija pouzdanosti definirana je ISO 8402 standardom te glasi „sposobnost elementa da obavi zahtijevanu funkciju, pod zadanim okolišnim i radnim uvjetima i za utvrđeni period vremena“. U definiciji izraz „element“ označava svaku komponentu, podsustav ili sustav koji se može smatrati kao objekt. Zahtijevana funkcija može biti jedna ili kombinacija funkcija, a koja je potrebna za pružanje određene aktivnosti. Svi tehnički elementi (komponente, podsustavi, sustavi) dizajnirani su za obavljanje jedne ili više potrebnih funkcija.³

Opće prihvaćena definicija pouzdanosti je: Pouzdanost je vjerojatnost na određenom nivou povjerenja, da će sustav uspješno obaviti zahtijevanu funkciju za koju je namijenjen, bez otkaza, i unutar granica dozvoljenih odstupanja, u projektnom ili zadanom vremenu trajanja i zadanim uvjetima okoline tj. kada se koristi na propisani način i pod specificiranim nivoima opterećenja.⁴

Pouzdanost se najkraće 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, kako je dano izrazima (1) i (2) To je vjerojatnost $R(t)$ da će vrijeme rada bez otkaza T biti veće od određenog vremena t ⁵:

$$R(t) = P(T > t) \quad (1)$$

ili

$$R(t) = \frac{n - N(t)}{n} = 1 - \frac{N(t)}{n} = \frac{n(t)}{n} \quad (2)$$

³ Rausand M., Hoyland A.: System Reliability Theory: Models, Statistical Methods and Applications, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004.

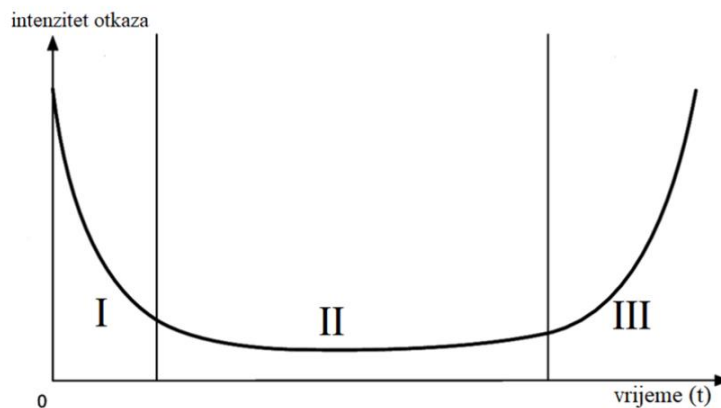
⁴ Mavrin I., Budimir D.: Tehnička logistika, Nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, 2013.

⁵ E. Bazijanac, D. Budimir Nastavni materijali za predavanja iz kolegija: Tehnička logistika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.

n – broj stanja u radu

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

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



Slika 1.: Grafički prikaz pouzdanosti

Izvor: Jurić, I.: Predavanja iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, FPZ, Zagreb, 2017

Promatramo li flotu vozila pouzdanost je osnovna značajka iste, ukoliko se radi o tvrtci čija je okosnica poslovanja prijevoz dobara, visoka pouzdanost voznog parka je imperativ stabilnosti poslovanja. Manjak pouzdanosti u ekonomskom kontekstu postaje generator gubitaka i problema u svim ostalim djelatnostima iz dva temeljna razloga. Prvi razlog je sam kvar pojedinačne vozne jedinice koji po sebi stvara trošak u vidu sredstava potrebnih za otklanjanje istog, dok je drugi razlog nedostatak prijevoznog kapaciteta vozne jedinice što usporava ili onemogućuje redovito poslovanje. U svrhu optimizacije pouzdanosti voznih jedinica potrebno je pratiti slijedeće parametre o kojima ista i ovisi:

- broj vozila
- intenzitet otkaza

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

2.1. Broj vozila

Broj vozila je podatak o ukupnom broju voznih jedinica nekog voznog parka, bez obzira na njihovu raspoloživost. Što je vozni park brojniji veći je i broj otkaza unutar istoga. Kalkulacija broja otkaza je vrlo jednostavna za homogene vozne parkove, dok je za heterogene značajno kompleksnija zbog sastave koji čine vozila različitih proizvođača i tipova.

2.2. 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 kako je dano izrazom (3):⁶

⁶ E. Bazijanac, D. Budimir Nastavni materijali za predavanja iz kolegija: Tehnička logistika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad (3)$$

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.

2.3. 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 dana je izrazom (4):

$$f(t) = \frac{N(t)}{n \cdot \Delta t} \quad (4)$$

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.

2.4. 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 kako je dano u izrazu (5):

$$Mpt = \frac{\sum_{i=1}^n fpti * Mpti}{\sum_{i=1}^n fpti} \quad (5)$$

Gdje je:

$fpti$ – učestalost preventivne aktivnosti i -te komponente

$Mpti$ – aktivno vrijeme preventivnog održavanja i -te komponente.

2.5. 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 , a izračunava se kako je dano sljedećim izrazom (6):

$$Mct = \frac{\sum_{i=1}^n Mcti}{n} \quad (6)$$

Gdje je:

n - broj korektivnih održavanja u promatranom vremenu

$Mcti$ – aktivno vrijeme korektivnog održavanja kod i -tog održavanja.

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 16 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 slijedećim izrazom (7):

$$Mct = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i * Mcti}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (7)$$

Gdje je:

λ_i – intenzitet otkaza i-te komponente sredstva

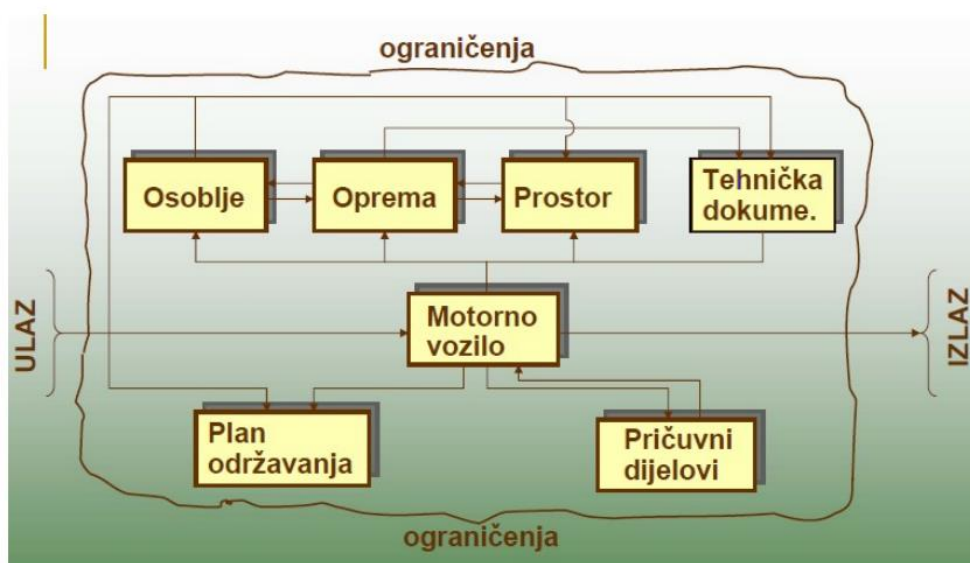
$Mcti$ – aktivno vrijeme korektivnog održavanja i-te komponente.

2.6. 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.

3. STRUKTURA SUSTAVA ODRŽAVANJA VOZILA

Održavanje vozila je složen tehničko-tehnološki postupak koji se kontinuirano provodi unutar tvrtki sa značajnim brojem vozila unutar vlastitog voznog parka. Složenost ovog postupka očituje se u činjenici da je vozilo kao cjelovit sustav u osnovi sklop brojnih podsustava unutar kojih svaki pojedinačni element ima vlastite karakteristike, dok se za ocjenu stanja svakog elementa koriste njemu pripadajući parametri. Svi elementi sustava vozila su međusobno povezani i uvelike međuovisni, što implicira da kvar, odnosno neispravnost svakoga podsustava vozila isto čini neispravnim. Naravno, postoje tolerabilne iznimke, međutim radi očuvanja ispravnosti vozila i produljavanja životnog vijeka čitavo vozilo treba biti potpuno ispravno.



Slika 2.: Prikaz održavanja motornih vozila kao kompleksnog sustava

Izvor: Jurić, I.: Predavanja iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, FPZ, Zagreb, 2017.

Najvažnije karakteristike i parametri elemenata sustava sa stajališta održavanja su:⁷

⁷ Jurić, I.: Predavanja iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, FPZ, Zagreb, 2017.

- Motorna vozila

- o broj vozila,

- o intenzitet otkaza ,

- o funkcija gustoće stanja u otkazu,

- o koeficijent eksploatacije,

- o srednje vrijeme preventivnog održavanja,

- o srednje vrijeme korektivnog održavanja,

- o potencijalni postotak dnevnih gubitaka.

- Osoblje

- o potreban broj,

- o troškovi,

- o sposobnost (obučenost, dob, motiviranost, itd.).

- Oprema

- o vrste kompleta,

- o osiguranost opremom,

- o složenost,

- o pogodnost (za rukovanje, svrsishodnost, točnost, otpornost, itd.).

- Prostor za održavanje

- o stupanj ostvarenosti posebnih uvjeta za rad,

- o troškovi prostora.

- Pričuvni dijelovi

- o koeficijent popunjenosti,

- o popunjenost po normativu,

- o troškovi.

- Tehnička dokumentacija

- o dostupnost,

- o pogodnost.

- Plan održavanja

- o metoda planiranja,

- o stupanj realizacije plana.

4. KONCEPCIJE I MODELI ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SREDSTAVA

Koncepcija je obilježje sustava koje najznačajnije determinira njegovu učinkovitost. Kao i u svakom, u sustavu održavanja igra ključnu ulogu funkcionalnosti, operativnosti, ali i kvalitete sustava održavanja. U osnovi sustav održavanja sadrži slijedeće operacije:

- evidencije svih aktivnosti održavanja,
- pripreme (tehničke i operativne) održavanja,
- planiranja održavanja,
- zahvata održavanja (popravaka),
- kontrole aktivnosti održavanja,
- analize učinaka i troškova, obračuna i likvidacije.

Koncepcijski sustav održavanja može biti korektivan, preventivan i kombiniran. Unutar adekvatno vođenog održavanja voznog parka daleko je najzastupljeniji kombinirani koncept zbog svoje prilagodljivosti potrebama i efikasnosti, međutim takav koncept može dati ploda samo unutar sustava održavanja koji se vodi unaprijed određenim smjernicama za održavanje.

Uobičajeno se pod održavanjem podrazumijeva skup različitih postupaka koji :

- se primjenjuju radi odgode nastanka kvara motornog vozila ili njegovog pojedinog sklopa
- sprječavanja trenutka nastanka kvara motornog vozila ili njegovog pojedinog sklopa,
- omogućavaju da se motorno vozilo ili pojedini sklop iz tzv. “stanja u kvaru” vrati u “stanje u radu”.

Kada se govori o održavanju vozila razlikuju se dva osnovna koncepta održavanja vozila, a to su:

- korektivno održavanje vozila,
- preventivno održavanje vozila.

Dokazano je da primjenom korekcije stanja, odnosno intervencije održavanja nakon što je kvar nastao ne daje dobre ekonomske efekte, a nije moguće u potpunosti sagledati unaprijed koje intervencije i planske aktivnosti održavanja treba ostvariti da ne dođe do nepredvidivog zastoja rada, pa iz toga proizilazi i treći oblik održavanja a to je kombinirani.

Vremenski gledano, korektivno održavanje je početni oblik održavanja koji sa razvojem podjele rada i svih drugih tehničkih disciplina ima ubrzan razvoj. Tijekom ovog razvoja razmišlja se kako spriječiti nastajanje kvara i dolazi do razvoja drugih metoda održavanja.

Posljednjih godina održavanje vozila postaje sve značajnije jer omogućava maksimalnu mogućnost eksploatacije motornih vozila po vremenu i vijeku trajanja uz konstantnu tehničku ispravnost koja je imperativ u današnjem cestovnom prometu. Danas u svijetu postoji više metoda i koncepata održavanja, od kojih se mogu izdvojiti:

- korektivno održavanje
- više metoda preventivnog održavanja
- terotehnoški pristup održavanju
- logistički pristup održavanju
- totalno produktivno održavanje
- pouzdanosti usmjereno održavanje
- ekspertni sustavi
- samoodržavanje

Izbor bilo kojeg od ovih koncepta ne smije biti proizvoljan jer bi se kao takav mogao negativno odraziti na kvalitetu održavanja voznih jedinica tvrtke. Izbor metodologije, odnosno koncepta, održavanja voznog parka ovisan je o nizu čimbenika kao što su ukupna efikasnost određene metode održavanja, vremenski intervali izvođenja aktivnosti održavanja, ukupni troškovi i dr.

4.1. Korektivno održavanje

Korektivno održavanje je najstariji pristup održavanju. Metoda korektivnog održavanja nastala je s prvim počecima održavanja, a razvijala se skladno s razvojem tehnike i tehnologije. Korektivno održavanje je održavanje koje se izvodi poslije otkrivanja greške koja može a i ne mora dovesti do kvara, kada podaci o stvarnom stanju nisu poznati.

Vrijeme popravka odnosno održavanja ili zamjene dijela u kvaru i ponovno puštanje u rad nije moguće unaprijed u potpunosti odrediti, ali izvjesno je da je dužina trajanja održavanja relativno velika. Kako je pojava kvara slučajna, korektivno održavanje se ne može planirati pa su ograničene mogućnosti radova i tehničko tehnološke pripreme.

Dakle, pod korektivnim održavanjem se podrazumijeva niz aktivnosti (zahvata) potrebnih za vraćanje motornog vozila nakon pojave stanja neispravnosti u ispravno stanje, radi osposobljavanja za vršenje predviđene funkcije.

Korektivno održavanje obuhvaća slijedeće neplanske postupke:

- podešavanje,
- male ili lake popravke,
- srednje popravke,
- generalne popravke,
- zamjenu dijela,
- revitalizaciju.

Glavni postupci kod korektivnog održavanja su:

- otkrivanje kvara (neispravnosti),
- dijagnoza stanja,
- korektivna akcija (popravak),
- verifikacija (provjera stanja).

Kod korektivnog održavanja dijelovi se koriste do konačnog oštećenja, što znači da će se dijelovi potpuno iskoristiti. Neće doći do zamjene dijelova koji uz odgovarajuću pouzdanost mogu još raditi. Ali s obzirom da u dosta slučajeva oštećenje jednog sastavnog dijela ima za posljedicu oštećenje i drugih sastavnih dijelova, ukupna šteta nastalog kvara znatno se povećava. Posebno ekonomski pokazatelji potvrđuju nedostatke korektivnog održavanja, te ukazuju na potrebe uvođenja preventivnog održavanja.⁸

⁸ Adamović, Ž., Todorović, J., Organizacija održavanja, OMO, Beograd, 1988.

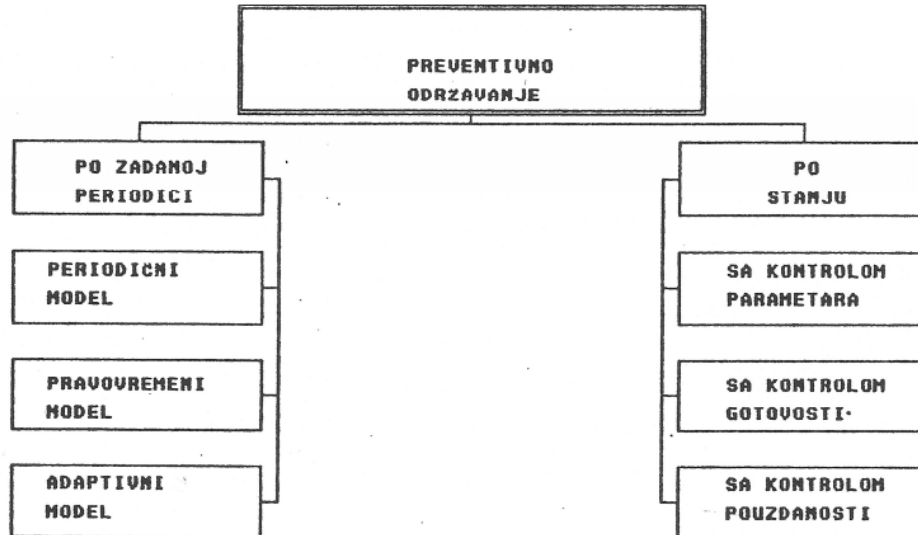
4.2. Preventivno održavanje

Preventivno održavanje podrazumijeva niz aktivnosti koje se poduzimaju da smanje vjerojatnost pojave kvara ili slabljenja funkcionalnosti elemenata te da spriječe pojavu stanja neispravnosti, a funkcije pojedinih dijelova ili sklopova vozila budu u dozvoljenim granicama u određenom vremenskom razdoblju. Preventivne aktivnosti se, dakle, izvode prije nego što neispravnost nastane, pa zahtijevaju, za razliku od korektivnih, planiranje održavanja. Može se reći da se cjelokupno preventivno održavanje realizira kao planska operacija, prije pojave kvara, a s ciljem da se spriječi iznenadna pojava kvara i pronade i otkloni uzrok pojave kvara. Ključni problem kod preventivnog održavanja je kada vršiti preventivnu zamjenu?

Preventivne zamjene su smislene ukoliko je element koji se zamjenjuje ušao u područje poznih otkaza (trošenje, zamor) tj. treba ih vršiti kad je element „odradio“ veći dio vijeka, kada je vjerojatnost pojave kvara u narednom periodu relativno visoka. Ukoliko se zamjena vrši prije tog vremena, te ako se radi o skupim i složenim rezervnim dijelovima, tada se zbog neiskorištenog resursa mogu javiti relativno veliki troškovi održavanja, te je takvo preventivno održavanje neracionalno i neekonomično. Da bi se moglo definirati vrijeme potrebno je poznavati dozvoljenu razinu pada pouzdanosti kao i zakon promjene pouzdanosti u funkciji vremena.

U svim slučajevima kada se od nekog vozila zahtijevaju visoka sigurnost u radu, visoka spremnost za izvršenje projektirane funkcije i relativno mali pad funkcije pouzdanosti, vrši se preventivno održavanje. Poduzimanjem određenog broja preventivnih akcija sa konstantnom ili promjenjivom periodikom dobiva se točan uvid u tehničko stanje i umanjuje pojava kvara između dva preventivna pregleda. Kvarovi se mogu pojaviti i prije perioda preventivne zamjene, tada se to rješava sa korektivnim održavanjem, što znači da se u preventivnoj koncepciji, uz preventivne zamjene, obavljaju i određeni korektivni postupci održavanja. Postoje dva osnovna modela preventivnog održavanja a to su :

- preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu,
- preventivno održavanje po stanju



Slika 3.: Shema modela preventivnog održavanja

Izvor: Adamović, Ž., Todorović, J., Organizacija održavanja, OMO, Beograd, 1988.

4.2.1. Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu

Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu je planska operacija čiji je zadatak sprječavanje degradacije karakteristika i produljenje vijeka trajanja vozila u eksploataciji. Realizira se kroz tri različita modela, to su :

- periodični model ili model održavanja prema pojedinačnom sastavnom dijelu,
- pravovremeni model ili model održavanja na osnovu stanja sklopa ili podsklopa, odnosno više sastavnih dijelova,
- adaptivni model ili model na osnovu stanja pojedinačnih dijelova, grupe dijelova i sklopova.

Periodični model pretpostavlja poznavanje podataka o raspodjeli kvarova i troškovima održavanja pojedinih sastavnih dijelova. Akcije održavanja se provode neposredno prije pojave kvara, na osnovu unaprijed definiranih podataka i približnom vijeku trajanja za svaki sastavni dio ili nakon određenog vremena, odnosno broja prijeđenih kilometara. Vremenski intervali preventivnih zamjena su jednaki. Takav model je optimalan model preventivnog održavanja samo onda ako se svi dijelovi promatraju kao nezavisni, a intenzitet pojave kvara svakog dijela je rastući. Kako često kvar jednog dijela može izazvati kvar čitavog niza drugih dijelova, pa i cijelog vozila, teško je govoriti o statističkoj i funkcionalnoj nezavisnosti dijelova vozila. Ovaj model nazivamo još i individualni, jer se u njemu sastavni elementi promatraju pojedinačno, neovisno od stanja drugih.

Ako raspodjele pojave kvarova pojedinih dijelova nisu stohastički nezavisne ili ako su troškovi zamjene više dijelova pri jednoj akciji preventivnog održavanja manji nego zbirni troškovi zamjene svakog pojedinog dijela, tada optimalan model preventivnog održavanja postaje pravovremeni. Pri tome, primjena pravovremenog modela pretpostavlja raspolaganje s podacima o raspodjeli vremena kvarova i troškovima zamjene više dijelova i sklopova, a održavanje se provodi po unaprijed zadanom ciklusu. Kod adaptivnog modela najčešće nisu poznati podaci o intenzitetima kvarova ili troškovima održavanja, već se na bazi pretpostavljenih podataka definira ciklus održavanja, a praćenjem ponašanja vozila u eksploataciji vrši se korekcija utvrđenog ciklusa za svaki naredni preventivni pregled. Ovaj model nije optimalan te se primjenjuje do trenutka kada se saznaju sve potrebne informacije za matematičko modeliranje i određivanje periodike pravovremenog ili periodičnog modela preventivnog održavanja.

Kod preventivnog održavanja po konstantnom ciklusu intervencije (preventivne aktivnosti kao što su pregledi, pranje, čišćenje, podmazivanje i neke zamjene dijelova) se obavljaju kontinuirano planski po nekom od odabranih kriterija (vrijeme, prijeđeni put, sati rada i slično). Pregledi, pranje, čišćenje i podmazivanje neizostavne su aktivnosti održavanja i one se mogu obavljati ciklično ili po potrebi. Ove aktivnosti obavljaju se prema unaprijed izrađenim uputama. Preventivnim održavanjem po konstantnom ciklusu omogućava se usklađivanje održavanja s potrebama proizvodnje, razmjerno smanjenje oštećenja i kvarova i mogućnosti

blagovremene pripreme, nabavku rezervnih dijelova i materijala za izvršenje određenih aktivnosti. Ovaj se način sve više koristi kao dopuna drugim strategijama održavanja.⁹

4.2.2. Održavanje prema stanju

U novije vrijeme u održavanju složenih tehničkih sustava, pa tako i motornih vozila, sve veći značaj dobiva preventivno održavanje prema stanju koje je podvrsta preventivnog održavanja, a koja primjenjuje tehnike dijagnoze (senzorske tehnike) u cilju detekcije i prevencije neispravnosti. Ovom vrstom održavanja osigurana je znatno bolja veza između procesa promjene tehničkog stanja tijekom eksploatacije i tehnologije održavanja. Na taj način je moguće zaključiti je li promatrani element u dobrom stanju ili se vide tragovi oštećenja koji govore o skorij pojavi kvara ili je kvar već nastupio.

Za pravilnu ocjenu koriste se razne metode izlaznih karakteristika sustava, radnih karakteristika, performansi, kao i različiti postupci dijagnostike tehničkog stanja. Karakteristično je kod održavanja prema stanju da se preventivne intervencije izvode po potrebi, na temelju prikupljenih informacija o tehničkom stanju i rezultata dijagnostike stanja i prognoze. Ukoliko prognoza predvidi pojavu kvara između dvije kontrole stanja, vrši se preventivna zamjena ili popravak, međutim zamjena se može odložiti i do slijedećeg preventivnog pregleda, uz poduzimanje određenih preventivnih mjera (razna čišćenja, zaštite i dr.).

Zamjena elemenata ili sklopova vršit će se samo ukoliko je zaista potrebno tj. samo ako se zaključi da su dostignuta neka kritična stanja u pogledu pohabanosti, zamora ili drugih vidova slabljenja. Na taj način bitno se smanjuju troškovi održavanja, a pozitivno se utječe i na ukupnu pouzdanost cjelokupnog vozila. Najvažnije prednosti održavanja prema stanju uz uvjet da postoji kvalitetna dijagnostika su:

- smanjenje troškova i vremena održavanja zbog blagovremenih intervencija,

⁹ Adamović, Ž., Održavanje prema stanju u mašinstvu, Beograd 1990.

- pouzdanost i operativna raspoloživost se održavaju na zadanoj razini u okviru dozvoljenih troškova,
- lakše planiranje održavanja,
- pravovremeno uočavanje kritičnih mjesta u konstrukciji i prevencija pojave katastrofalnih otkaza,
- mogućnost usavršavanja konstrukcije uklanjanjem nedostataka i modifikacijom kritičnih elementa.

Kontrola parametara stanja je varijanta održavanja prema stanju kod koje je stalna ili periodična kontrola i mjerenje vrijednosti parametara koji određuju stanje elemenata ili sklopova na vozilu. Veličine koje definiraju promjenu stanja su fizikalne veličine koje se lako mogu mjeriti ili dijagnosticirati. To moraju biti takve veličine koje su od presudnog utjecaja na ponašanje vozila u eksploataciji. Odluka o postupcima održavanja se donosi kada vrijednosti kontroliranih parametara dostignu kritičnu granicu. Dijagnostički pregledi obavezan su dio održavanja vozila koji znatno skraćuje otkrivanje pojedinih nedostataka, grešaka i kvarova na vozilu. Takav pregled traje oko 30 minuta te on u vrlo kratkom vremenu izvrši kontrolni pregled jednog vozila sa 150-200 pregledanih elementa i izda pismeni atest s slijedećim podacima:

- trenutno tehničko stanje vozila,
- ukoliko se vozilo ne nalazi u normativnim granicama ispravnosti tada se uz atest dobiju i dodatni podaci: o uputa za otklanjanje kvara, o opis dijelova s kataloškim brojevima koje treba izmijeniti, o potrebno vrijeme za izvršenje popravka.

Kontrola razine pouzdanosti je druga varijanta održavanja prema stanju kod koje se vozilo koristi bez ograničenja međuremontnog resursa, ali se vrše određeni postupci održavanja radi otklanjanja nastalih kvarova sve dok se razina pouzdanosti nalazi unutar dozvoljenih granica. Ukoliko se tijekom eksploatacije parametri pouzdanosti promjene i padnu ispod dozvoljene (kritične) razine, vrše se aktivnosti preventivne zamjene kritičnih elemenata, čime se podiže razina pouzdanosti.

Kao mjerilo razine pouzdanosti najčešće se koristi intenzitet kvarova. Za početni period primjene ove varijante utvrđivanje dozvoljene razine pouzdanosti se vrši na temelju podataka

iz tekuće eksploatacije, koji se prikupljaju pri obavljanju preventivnih pregleda. Pretpostavka uspješnosti ove varijante je razvijen informacijski sustav koji podržava održavanje vozila, te pravovremen, točan i uredan unos, praćenje i obrada podataka o parametrima pouzdanosti tijekom uporabe. Primjena senzora stanja pojedinih sastavnica poskupljuje ukupnu cijenu vozila, ali dugoročno znatno smanjuje izravne i neizravne troškove održavanja i zastoja.

Dijagnoza stanja pojedinih sastavnica koristi se slijedećim tehnikama:

- vizualne tehnike (endoskop, termografske slike, kapilarne, fluorescentne tekućine),
- temperaturne tehnike (trenutačni termometri, infracrveni termometri, infracrvena termografija),
- analiza buke (stetoskop, fonometar, ultrazvuk),
- analiza vibracija (vibrometar, analizator frekvencija analiza akustične emisije),
- ispitivanje bez razaranja (x-zrake, ultrazvuk, parazitske struje),
- analiza sedimentnih tvari (ferometrija),
- analiza maziva (lubrisenzori),
- dijagnoza stanja klipnih motora (moto-testeri).

Od ljudskih sposobnosti koji se koriste u provedbi održavanja prema stanju izdvajaju se vizualni, slušni, osjetilni i mirisni senzori. Primjenom navedenih multisenzorskih tehnika omogućuje se rano otkrivanje i sprečavanje mogućih neispravnosti na vozilu. Temelj održavanja prema stanju sadržan je u sposobnosti pravovremene strojne i/ili ljudske detekcije i izolacije početnog stadija mogućega kvara.¹⁰

¹⁰ Adamović, Ž., Održavanje prema stanju u mašinstvu, Beograd 1990

4.3. Ostali modeli održavanja

4.3.1. Terotehnološki koncept održavanja

Terotehnologija ili management održavanja je znanstvena disciplina koja istražuje metode i zakonitosti managementa tehničkih poslovnih sredstava tijekom njihovog životnog vijeka trajanja.

Ograničiti terotehnološki pristup samo na održavanje ne bi bilo ispravno, jer je ona složenica od ravnopravnih pristupa inženjerskog, ekonomskog i managerskog djelovanja. Terotehnologija primjenjuje multidisciplinarni pristup kojim se osiguravaju optimalni troškovi životnog ciklusa tehničkih poslovnih sustava i obuhvaća upravljanje sustavom od njegovog stvaranja do odlaganja ili preraspoređivanja.

Životni vijek sustava je vrijeme od početka ulaganja materijalnih sredstava s ciljem realizacije sustava pa do konačnog izdvajanja sustava iz procesa eksploatacije (dekomisije). Eksploatacijski vijek sustava je vrijeme od puštanja sustava u rad (komisija) do njegovog isključivanja iz eksploatacije (dekomisija). U tom periodu moraju se vratiti sva sredstva uložena u sustav a utrošena u životnom vijeku sustava.¹¹

Troškove čitavog životnog vijeka sustava čine:

- inicijalni (početni) odnosno kapitalni troškovi,
- troškovi održavanja tijekom cijelog vijeka korištenja sustava,
- troškovi odlaganja.

Svi troškovi su važni, jer troškovi održavanja i odlaganja mogu biti mnogo veće vrijednosti od kapitalnih troškova sustava. Procjene troškova trebaju početi onoga trenutka kada se poslovni projekt počne planirati. Kako se projekt razvija i donose odluke o dizajnu poslovnih sustava, temelji takvih procjena će se poboljšavati. Do kraja faze nabave sustava bit će poznat i njegov konačni dizajn, kao i konačni troškovi nabave. Studijama pouzdanosti dobiju se sve informacije

¹¹ Belak, S., Čičin-Šain, D.: Komparativna analiza upravljanja proizvodnim kapacitetom, terotehnologije i LCC sa stajališta troškova, Zbornik radova 11. međunarodnog savjetovanja HDO, Šibenik, 2005

koje se odnose na očekivane performanse i troškove rada i održavanja sustava – na temelju njih određuju se pogodnosti i podrške za održavanje koje se provode tijekom razvoja i proizvodnje sustava.

4.3.2. Totalno produktivno održavanje

Kada se govori o totalnom produktivnom održavanju, u stvari se govori o japanskom pristupu (ili japanskoj školi) održavanja, koja se pojavljuje u današnjem vremenu u manjem broju zemalja. Osnovne značajke tzv. „nove japanske proizvodne filozofije“ su :

- proizvodnja bez zaliha,
- protočna proizvodnja,
- potpuna kontrola i
- smanjenje pomoćnog vremena.

Sukladno razvoju nove japanske proizvodne filozofije razvio se odgovarajući model održavanja poznat pod imenom Totalno produktivno održavanje. Ovaj pristup održavanju podrazumijeva potpunu participaciju svih na problemima održavanja. Održavanje nije samo briga „održavatelja“, to je briga svih sudionika u proizvodnom sustavu, od rukovodstva u proizvodnji do operatera na tehničkom sredstvu. Ostvaruje se s pomoću malih samostalnih grupa formiranih po hijerarhiji.

Polazi se od japanskog ideala budućnosti, a to je automatizirana tvornica bez zastoja. Naglasak je stavljen na kvalificirano i dobro uvježbano osoblje koje brine o svakoj pojedinosti. U osnovi totalno produktivno održavanje sadrži tri principa:

- totalna učinkovitost opreme,
- totalni sustav održavanja, s maksimalnim sprječavanjem kvarova,
- totalno sudjelovanje svih zaposlenih.

Totalno produktivno održavanje zahtijeva angažiranje i visoku motivaciju svih zaposlenih, te maksimalnu učinkovitost opreme. Potrebno je sagledati i ukupne troškove održavanja u užem (samo direktni i indirektni troškovi bez troškova zastoja proizvodnje) i u širem smislu

uključujući troškove zastoja, gubitka tržišta i sl. U procesnim i proizvodnim poduzećima indirektni troškovi, u novoj japanskoj proizvodnoj filozofiji nazvani «šest velikih gubitaka» nastaju, [1]:

- zbog prekida i neplanskih zastoja,
- zbog podešavanja,
- zbog posla i malih prekida u radu operatera,
- zbog rada sa smanjenim režimima (oprema nije baš „najispravnija“),
- zbog ponovnog pokretanja u rad,
- zbog pogrešaka i dorada u proizvodnji.

Navedenih «šest gubitaka» može uzrokovati dodatne gubitke zbog kašnjenja u isporuci proizvoda, zbog slabljenja ugleda tvrtke, zbog neadekvatnog korištenja određenih resursa i zbog niske fleksibilnosti prema potrebama tržišta.¹²

4.3.3. Pouzdanosti usmjereno održavanje

Pouzdanost je vjerojatnost da sastavni dijelovi i/ili sustav u cjelini radi bez otkaza (zastoja) u određenim uvjetima okoline i u određenom vremenskom periodu, uz definirane pokazatelje pouzdanosti. Pouzdanosti usmjereno održavanje se definira kao proces primijenjen za određivanje zahtjeva održavanja za svaki tehnički sustav u cilju kontinuiranog rada sustava prema potrebama korisnika.

Posebno mjesto primjene mu je u procesnoj, nuklearnoj i zrakoplovnoj industriji, kod kojih se od opreme zahtijeva visok stupanj pouzdanosti i raspoloživosti. Kod pouzdanosti usmjerenog održavanja, kao pokazatelji pouzdanosti najčešće se uzimaju :

¹² Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

- intenzitet kvarova,
- vjerojatnost rada bez kvara,
- intenzitet zamjene rezervnog dijela ili komponente,
- srednje vrijeme do prvog kvara,
- srednje vrijeme između kvarova.

Za uvođenje pouzdanosti usmjerenog održavanja potrebno je riješiti niz organizacijski i drugih zadataka, kao što su:

- organizacija sustava praćenjem rada, prikupljanjem i obradom podataka o pokazateljima pouzdanosti,
- razrada i uvođenje metodologije za uvođenje granica pouzdanosti,
- organizacija obavljanja analize i uspoređivanje trenutne eksploatacijske pouzdanosti s dopuštenim i graničnim vrijednostima,
- analiza posljedica pouzdanosti i definiranje pouzdanih vrijednosti pokazatelja za dalji rad sustava.

Prognoziranje očekivanja kvara sustava može se obaviti na temelju procijenjenih veličina intenziteta kvara sastavnih komponenti sustava:¹³

- procjenom pouzdanosti na principu sličnosti sastavnih komponenti,
- procjenom pouzdanosti po principu sličnosti funkcija, a različitih izvedbi,
- procjenom pouzdanosti i analizom nekog od funkcionalnih parametara.

Osim navedenog, pouzdanosti usmjereni održavanje kao metoda preventivnog održavanja, podrazumijeva korištenje dijagnostičkih i drugih aktivnosti i podataka u cilju pouzdanije procjene rada sustava i/ili njegovog dijela bez iznenadnog kvara, odnosno bez kvara.

¹³ Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

4.3.4. Logistički pristup održavanju

Logistički pristup održavanju razvija se i usavršava nakon 1960. godine kada se počeo primjenjivati u američkoj vojnoj industriji i danas predstavlja američki pristup terotehnologiji. Logistički koncept održavanja obuhvaća aktivnosti od projektiranja sustava do analize svih elemenata funkcije održavanja u smislu organizacije i tehničko-tehnološkog koncepta.

Može se reći da logistički pristup održavanju obuhvaća maksimalno korištenje i razradu informacija, znanja i podataka kako bi se odgovarajućim sredstvima i resursima podržao nesmetan rad sustava, a u slučaju kvarova i zastoja kako bi se optimalno tehnički i ekonomski koristili resursi i sustav vratio u radno stanje. Integralna logistička podrška se temelji na davanju informacija i baza podataka za podršku sustavu u svim fazama njegova rada, u cilju osiguranja optimalnog korištenja tog sustava.

Proizvođači tehničkih sustava uz isporuku elemenata koje su proizveli isporučuju i veći ili manji dio logističkog koncepta održavanja, kao što su:¹⁴

- projektirana metoda održavanja,
- oprema za tehničku dijagnostiku,
- potrebni rezervni dijelovi održavanja,
- prateća tehnička dokumentacija,
- neophodne upute za održavanje (uz one za rukovanje),
- primjena propisa i normi,
- prostor za izvođenje održavanja.

U općem pristupu osnovna struktura logistike je:

¹⁴ Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

- skladištenje,
- održavanje,
- transport,
- alat i radni i pomoćni pribor,
- oprema tehničke dijagnostike,
- kadrovi i njihova obuka,
- razne upute za rukovanje i održavanje,
- osiguranje i zaštita,
- razvoj i istraživanje.

Osnovni logistički parametri potrebni za odabrani koncept održavanja su definirane veličine koje se određuju računski:

- raspoloživost sustava,
- pouzdanost sustava,
- pogodnost održavanja,
- popravljivost sustava,
- troškovi životnog ciklusa sustava i
- ukupna efikasnost (tehnička i ekonomska).

4.3.5. Ekspertni sustavi

Težnja čovjeka da putem umjetne inteligencije u računalima zamjeni misaone aktivnosti i donošenje odluka, postupno se ostvaruje putem ekspertnih sustava. Ekspertni sustav predstavlja program (sustav umjetne inteligencije) koji se ponaša slično kao stručnjak (ekspert) za određeno

područje, a karakterizira ga objašnjenje vlastitih odgovora (kako, zašto). Ekspertni sustavi su u stvari kompjutorski programi koji simuliraju proces zaključivanja jednog ili više eksperata iz istog područja znanja i pomažu čovjeku u rješavanju određenih problema.¹⁵

Značajni rezultati istraživanja ekspertnih sustava postignuti su u svemirskoj i vojnoj industriji. Ekspertni sustav definiran je slijedećim karakteristikama:¹⁶

- ekspert iz određenog područja «hrani» računalo odgovarajućim znanjem,
- dio znanja eksperata zabilježen je pomoću rečenica (a ne matematičkim jednadžbama), kompjuterski sustav treba obraditi simboličke podatke,
- znanje zabilježeno na računalu podijeljeno je na činjenice, pretpostavke i heuristička pravila,
- nakon što je znanje iz nekog područja zabilježeno prema određenoj shemi, informacija o problemu pohranjena je u računalo, zatim se koriste heuristička pravila da bi se povezaloznanje sa problemom i obrnuto te na kraju računalo sugerira rješenje ili daje uputa za utvrđivanje rješenja.

Ekspertni sustav za održavanje je računalni sustav s bazama znanja koji se može koristiti za:

- dijagnosticiranje kvara,
- izbor postupka za otklanjanje zastoja i
- planiranje u cilju predviđanja neočekivanih smetnji.

Ovi sustavi mogu vrlo brzo na osnovi softverskog paketa, ispitati, usporediti, odabrati i provjeriti veliki broj podataka a zatim postaviti dijagnozu stanja određenog tehničkog sredstva. Ekspertni sustav se primjenjuje uglavnom tamo gdje se koristi veliki broj nepotpunih i nepouzdanih podataka i obično obuhvaća slijedeće osnovne module:

- bazu podataka,

¹⁵ Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

¹⁶ Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

- mehanizam zaključivanja i
- korisničkog posrednika.

Mehanizam zaključivanja i korisnički posrednik provjeravaju podatke, traže i popravljaju logičke greške, odgovara na pitanja pretraživanjem odgovarajuće baze podataka. Posebno je važan postupak unosa znanja u računalo, a koji je najproblematičniji i vremenski najduži proces (usko grlo). Problemi koji su prisutni u izradi ekspertnih sustava su slijedeći:

- izbor načina predstavljanja znanja i unos u računalo pri rješavanju problema, kako bi odgovori korisniku bilo razumljivi i
- kakav mehanizam zaključivanja odabrati i izgraditi da bi se uspješno rješavali problemi, kako bi proces zaključivanja bio razumljiv korisniku.

Ekspertni sustavi se mogu prihvatiti tek nakon sveobuhvatne ocjene tehničkotehnoloških i ekonomskih pokazatelja i opravdanosti. U svijetu su razne zemlje i proizvođači specijalne opreme razvili primjenjive ekspertne sustave za ta područja, te se ovi sustavi i dalje dopunjuju i usavršavaju.

4.3.6. Samoodržavanje

Pod pojmom samoodržavanja podrazumijeva se održavanje u visokoautomatiziranim proizvodnim sustavima (tvornice bez ljudi) koncipiranim na visokoj integraciji programskih sustava i proizvodne visokoautomatizirane opreme pod zajedničkim upravljačkim računalnim sustavom i ostvarenom komunikacijskom vezom proizvodnih strojeva, transportnih uređaja, robota senzora kao i čovjeka i računala.¹⁷

¹⁷ Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.

5. STUDIJA SLUČAJA: SUSTAV ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA PRIJEVOZNIČKOG PODUZEĆA MARITIM BAŠIĆ

Prijevoznačka tvrtka Maritim Bašić d.o.o. je tvrtka specijalizirana za usluge izvanrednih prijevoza kako u RH tako i u zemljama Europe, za što imaju sve važeće dozvole ministarstava za resor prometa zemalja Europe. Vozni park tvrtke je heterogen i sastoji se od 15 tegljača, 18 poluprikolica i 6 osobnih i kombi vozila za obavljanje pratnje izvanrednih prijevoza.

Struktura teretnih vozila heterogena je kako tipski tako i dobno. Vozni park se sastoji od tegljača marki Volvo, MAN, DAF i Mercedes-Benz, pri čemu su najstarija vozila stara 12, a najnovija niti godinu dana. Tvrtka u vlastitom sastavu ima i servis za teretna vozila unutar kojega održavaju vozila u svom vlasništvu, dok vozila koja su u vlasništvu leasing kuća ili pod garancijom bivaju održavana u od proizvođača ovlaštenim servisima.

Zadatak svakog korisnika vozila je vođenje računa o dospijeću redovnih servisnih intervala. Na kraju svakog mjeseca svaki korisnik zasebno treba pratiti podatke na vozilu i te podatke upisivati u tablicu s parametrima po kojima se prate troškovi vozila, a tablicu sačinjavaju: godina u kojoj se vrši nadzor, mjesec u godini kojoj se vrši nadzor, stanje brojača, mjesečna kilometraža, godišnja kilometraža, mjesečna potrošnja količine goriva u litrama, mjesečni iznos količine goriva u kunama, potrošnja goriva vozila u litrama na 100 kilometara.

U vlastitom servisu tvrtka provodi proces održavanja vlastitih vozila van jamstvenog roka koristeći kombiniranu koncepciju održavanja ito na slijedeći način. Svako vozilo se nakon povratka s radnog zadatka predaje u tvrtku prilikom čega se obavezno naglase svi eventualno zamjećeni nedostaci na vozilu. Ukoliko isti postoje pristupa se korektivnom održavanju, da se vozilo s minimalnim zadržavanjem vrati u stanje raspoloživosti.

Na vozilima se provode pregledi od strane mehaničara ili kvartalno ili po dostignutoj za servis propisanoj kilometraži, prilikom čega se provode pregledi kako vizualno, tako i računalnom dijagnostikom, uz sva planirana preventivna održavanja.

Proučavani period za vozni park je od 2015. do 20120. Svako vozilo godišnje u prosjeku radi 250 dana, dok dnevno može voziti najviše 9 sati, zbog zakonskih ograničenja za vozače i mobilne radnike. Prvi korak u izračunu pouzdanosti je izračunati širinu vremenskog intervala $\Delta(t)$ koji je zadan izrazom (8).

$$\Delta(t) = \frac{t_{max} + t_{min}}{1 + 3.3 \log(n)} \quad (8)$$

Gdje je:

t_{min} - vrijeme pojave prvog zastoja

t_{max} - vrijeme pojave posljednjeg zastoja

Vrijeme pojave posljednjeg zastoja predstavlja vrijeme između redovitih servisa. Radi jednostavnosti proračunavanja pretpostavlja se da svako vozilo jednom godišnje obavlja redovni servis. Ukupno godišnje vrijeme rada jednako je umnošku radnih dana i dopuštenog vremena rada dnevno za vozača ($250 \cdot 9$). Kada se izračuna broj radnih dana i dopušteno vrijeme rada vozača dobije se $t_{max} = 2250$ sati. Vrijeme pojave prvog zastoja t_{min} je 0, jer mjerenje počinje nakon redovnog servisa.

Uvrštavanjem podataka u formulu 8 dobije se:

$$\Delta(t) = \frac{2250 + 0}{1 + 3.3 \log(15)} = 460,961 \text{ sati.}$$

Zbog šturog vođenja evidencije o kvarovima, gdje nisu jasno specificirane vrste otkaza, već samo njihovo postojanje i potreba za popravkom imamo samo generalan podatak o broju izvršenih popravaka na vozilima kroz promatrani period. U 2015 godini zabilježeno je 317 otkaza, u 2016 njih 279, u 2018 njih 344, za 2019 zabilježeno je 312. te za 2020 294 otkaza.

Iz dobivenih podataka možemo izračunati i vrijeme rada do otkaza slijedećim izrazom (9):

$$MTBF = \frac{T_{ukupno}}{n} \quad (9)$$

Gdje je :

T_{ukupno} – vrijeme provedeno u radu,

n - broj otkaza.

Također možemo izračunati i intenzitet otkaza slijedećim izrazom (10):

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (10)$$

$$MTBF_1 = \frac{2250 \cdot 15}{317} = 106,447 \text{ sati}$$

$$\lambda_1 = 0,00939$$

$$MTBF_2 = \frac{2250 \cdot 15}{279} = 120,978 \text{ sati}$$

$$\lambda_2 = 0,00827$$

$$MTBF_3 = \frac{2250 \cdot 15}{344} = 98,11 \text{ sati}$$

$$\lambda_3 = 0,01019$$

$$MTBF_4 = \frac{2250 \cdot 15}{312} = 108,173 \text{ sati}$$

$$\lambda_4 = 0,00924$$

$$MTBF_5 = \frac{2250 \cdot 15}{294} = 114,796 \text{ sati}$$

$$\lambda_5 = 0,00871$$

6. ZAKLJUČAK

Svakodnevnim razvijanjem tehnologije razvijaju se i transportna sredstva s potrebom za nizom funkcija za koje su namijenjena. Današnji stupanj razvoja cestovnih motornih vozila karakterizira proizvodnja vrlo širokog spektra različitih vrsta, tipova i kategorija vozila. Iste te proizvodne karakteristike imaju određen vijek trajanja.

Pravovremeno održavanje radnih strojeva ili motornih vozila, omogućit će konstantan nesmetani rad, spriječiti će ozljede na radu koje bi inače izazvale trošak liječenja i bolovanja radnika, spriječiti će druge izvanredne troškove, te će produžiti životni vijek stroja. Zaključuje se da je postupak održavanja čimbenik koji uvelike potpomaže, a ne odmaže, stvaranju visokog profita, iako se na prvu loptu, kod većine poslodavaca, na održavanje gleda kao na trošak. Naime, održavanje jest određeni trošak, privremeni ili planirani, ali to je trošak koji sprječava nastajanje velikih izvanrednih troškova zbog nepovratnog većeg ili manjeg kvara.

Proučavajući koncepcije i modele održavanja voznog parka teretnih vozila, a osvrćući se na studiju slučaja razvidno je da se za pravilan odabir načina održavanja treba pridržavati pravila struke, odnosno voditi kvalitetnu i detaljnu evidenciju svih postupaka održavanja i shodno tome prilagođavati model održavanja stanju voznog parka i njegovim zahtjevima. U konkretnom slučaju radi se o nevelikom broju vozila, ali izrazito heterogenog sastava kako po markama tako i izvedbama vozila, od čega je većina kupljena kao rabljena pa je iz tog razloga teško donositi generalne planove već je iste potrebno prilagođavati i po toj osnovi.

Iz svega navedenog za zaključiti je da je početan korak adekvatnog održavanja nabavka vozila, prilikom koje bi trebalo težiti homogenizaciji flote, pa barem i djelomičnoj, odnosno da vozne jedinice za obavljanje nekog tipa radnih zadataka budu iste marke, modela i pogonskog sklopa, čime se cijeli postupak održavanja simplificira i postaje podložan planiranju bez potrebe da se za svaku voznu jedinicu sačinjava poseban plan održavanja, također vozni park koji je sačinjen od minimalnog broja različitih tipova vozila zahtjeva daleko manje edukacija servisnog osoblja, manju količinu zaliha rezervnih dijelova, a samim time se skraćuje i vrijeme zadržavanja vozila servisu i podiže raspoloživost istih.

Literatura

1. Jurić, I.: Predavanja iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, FPZ, Zagreb, 2017.
2. Topenčarević Ljubomir, Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
3. Rausand M., Hoyland A.: System Reliability Theory: Models, Statistical Methods and Applications, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004.
4. Mavrin I., Budimir D.: Tehnička logistika, Nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, 2013.
5. E. Bazijanac, D. Budimir Nastavni materijali za predavanja iz kolegija: Tehnička logistika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.
6. E. Bazijanac, D. Budimir Nastavni materijali za predavanja iz kolegija: Tehnička logistika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.
7. Adamović, Ž., Todorović, J., Organizacija održavanja, OMO, Beograd, 1988.
8. Adamović, Ž., Održavanje prema stanju u mašinstvu, Beograd 1990.
9. Belak, S., Čičin-Šain, D.: Komparativna analiza upravljanja proizvodnim kapacitetom, terotehnologije i LCC sa stajališta troškova, Zbornik radova 11. međunarodnog savjetovanja HDO, Šibenik, 2005
10. Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarskih konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukel čava 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
nečitiranog 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 **Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila**

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

U Zagrebu, _____ 06/09/2021 _____

Student/ica:

Ivan Tolić
(potpis)