

# Vrste i modeli održavanja cestovnih vozila

---

**Gulan, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*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:119:438325>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Ana Gulan**

**VRSTE I MODELI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**VRSTE I MODELI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA  
TYPES AND MODELS OF MAINTENANCE FOR ROAD  
VEHICLES**

Mentor: Mr.sc. Ivo Jurić

Student: Ana Gulan, 0135193787

Zagreb, 2015.

## VRSTE I MODELI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA/ TYPES AND MODELS OF MAINTENANCE FOR ROAD VEHICLES

### SAŽETAK

Od samog razvoja cestovnih vozila postojala je svijest o potrebi i važnosti održavanja ali nije o značaju održavanja. Na početku je postajalo samo korektivno održavanje, koje se izvodilo po nastanku otkaza odnosno kvara, tek nakon II svjetskog rata daje se na značaju održavanju cestovnih vozila. Naglim razvojem automobilske industrije povećava se broj cestovnih vozila koja su kompleksnija, što dovodi do povećanog broja otkaza. A to se odrazilo na veće eksploatacijske troškove, iz ovih razloga javlja se potreba za preventivnim održavanjem. Ovo su dva osnovna koncepta održavanja cestovnih vozila, koja imaju svoje prednosti ali i nedostatke, te se konstantno traga za novim rješenjima i razvijaju nove metode održavanja.

**KLJUČNE RIJEČI :** održavanje cestovnih vozila, korektivno održavanje, preventivno održavanje

---

### SUMMARY

From the development of road vehicles there is awareness of the importance of maintenance but not the importance of holding. At the beginning it was only corrective maintenance, which was done by the emergence of failure, after the Second World War the maintenance of road vehicles got on importance. Due to rapid development of the automotive industry increases the number of vehicles that are more complex, leading to an increased number of failures. And this was reflected in the higher exploitation costs, for this reason there is a need for preventive maintenance. These are the two basic concepts of maintenance of road a vehicle, which have their advantages and disadvantages, and are constantly looking for new solutions and develop new methods of maintenance.

**KEYWORDS :** maintenance of road vehicles , corrective maintenance , preventive maintenance

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ZNAČAJ I CILJEVI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA.....	3
2.1. Uzroci koji dovode do trošenja dijelova .....	6
2.2. Sustav održavanja .....	9
2.3. Osnovni koncepti održavanja .....	10
2.3.1. Terotehnoški pristup održavanja .....	13
2.3.2. Logistički pristup održavanju .....	15
2.3.3. Totalno produktivno održavanje.....	16
2.3.4. Pouzdanosti usmjereno održavanje .....	18
2.3.5. Ekspertni sustavi.....	19
2.3.6. Samoodržavanje.....	20
3. KOREKTIVNI KONCEPT ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA.....	22
4. MODELI PREVENTIVNG ODRŽAVANJA .....	24
4.1. Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu.....	26
4.2. Preventivno održavanje po stanju.....	27
5. USPOREDNA ANALIZA PREVENTIVNOG I KOREKTIVNOG PRISTUPA ODRŽAVANJU CESTOVNIH VOZILA.....	30
6. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	33
POPIS SLIKA.....	34

# 1. UVOD

Razvoj industrije, odnosno industrijalizacija, s naglim razvojem tehnike i tehnologije, utječe i na razvoj cestovnih vozila. Automobilska industrija u drugoj polovici XX. stoljeća toliko se razvila da dovodi do enormnog razvoja područja cestovnog prijevoza ljudi i dobara, te se javljaju potrebe za kvalitetnim i organiziranim načinima održavanja cestovnih vozila.

U samim počecima razvoja cestovnih vozila bila je prisutna svijest o potrebi njihovog održavanja ali nije bila dovoljno razvijena. Održavanje cestovnih vozila se izvodilo naknadno, odnosno tek kada bi nastao kvar. Naglim razvojem tehnike i tehnologije i cestovna vozila postaju sve kompleksnija s velikim brojem različitih komponenata što dovodi do povećanog broja kvarova. To se odrazilo na povećanje ukupnih eksploatacijskih troškova.

Danas se pri razvoju cestovnih vozila postavljaju sve stroži zakonski propisi i zahtjevi za konstruktore i proizvođače vozila, kao i za korisnike, te se sve veća pažnja poklanja funkciji održavanja cestovnih vozila, kako bi se omogućila maksimalna raspoloživost tijekom njihove eksploatacije uz što niže troškove održavanja. Svako cestovno motorno vozilo ima ograničen vijek upotrebe. Neizbježna posljedica eksploatacije vozila je promjena i degradacija njegovog tehničkog stanja. Radom i trenjem jednog dijela o drugi dijelovi motornog vozila se troše, uslijed čega im pada radna sposobnost pa ih je nakon izvjesnog vremena upotrebe potrebno zamjenjivati. Njihov vijek upotrebe je različit, zbog čega se, u ovisnosti od broja prijeđenih kilometara i izvršenog obujma rada, poduzimaju različite aktivnosti održavanja. Održavanje cestovnih motornih vozila obuhvaća sve aktivnosti kojima se vozila održavaju u voznom i tehnički ispravnom stanju.

Cilj ovog završnog rada je prikazati značaj i ulogu održavanja, te prikazati koncepte odnosno modele održavanja. Naglasak je stavljen na osnovne modele održavanja uz usporednu analizu njihovih prednosti i nedostataka. Naslov završnog rada je: **Vrste i modeli održavanja cestovnih vozila**. Rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Značaj i ciljevi održavanja cestovnih vozila
3. Korektivni koncept održavanja cestovnih vozila
4. Modeli preventivnog održavanja
5. Usporedna analiza preventivnog i korektivnog pristupa održavanju cestovnih vozila

## 6. Zaključak

U drugom poglavlju je opisan sam razvoj funkcije održavanja cestovnih vozila te značaj i ciljevi koji se žele postići održavanjem. Prikazani su koncepti održavanja vozila.

Korektivni koncept održavanja cestovnih vozila spada u osnovnu i najstariju metodu održavanja, nastalu u prvim počecima održavanja i o njemu se govori u trećem poglavlju.

U četvrtom poglavlju je prikazano preventivno održavanje koje također spada u osnovne metode održavanja. Preventivno održavanje ima dva osnovna modela, a to su preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu i preventivno održavanje po stanju.

U petom poglavlju je prikazana usporedna analiza prednosti i nedostataka preventivnog i korektivnog pristupa održavanju cestovnih vozila, a na kraju su data zaključna razmatranja.

## **2. ZNAČAJ I CILJEVI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA**

Već kod projektanata, konstruktora te kod korisnika od početka razvoja složenijih sklopova i dijelova, koji su se međusobno spajali te na koncu tvorili cestovno motorno vozilo, bila je prisutna svijest o potrebi njihovog održavanja. Svijest o značaju održavanja nije bila dovoljno formirana u ukupnom vijeku trajanja vozila i o potrebi povezivanja aktivnosti održavanja sa drugim aktivnostima upućenim na procese proizvodnje.

Sam razvoj i proizvodnja motornih vozila na početku je bila na niskom stupnju razvoja, a sukladno tome niti aktivnost održavanja nije mogla biti drugačija, odnosno bila je neorganizirana i nije bila temeljena ni na kakvim ekonomskim i tehničkim principima.

Analizama je pokazano da razvoj, proizvodnja i eksploatacija i održavanje predstavljaju međusobno povezane i utjecajne faze ukupnog životnog ciklusa motornog vozila. Odnosno, da se kvalitetni proces održavanja može ostvariti samo ako je još u fazi razvoja motorno vozilo osposobljeno za kvalitetno održavanje, [1].

U počecima proizvodnje motornih vozila funkcija preventivnog održavanja nije niti postojala. Sve intervencije bile su hitne odnosno korektivne i obavljale su se onda kada bi nastupio kvar (otkaz). Samim tim, što broj motornih vozila postaje brojniji, a razvojem tehnike i tehnologije elementi i sklopovi složeniji i osjetljiviji, nastaje potreba za kvalitetnim organiziranjem preventivnih kao i korektivnih intervencija. Sve veće potrebe za intervencijama održavanja dovele su do formiranja mehaničkih radionica koje su intervenirale na poziv, gdje bi se vozilo dovelo opet u stanje ispravnosti.

Pored nedostatka racionalnog i organiziranog pristupa održavanju prije Drugog svjetskog rata, jedan od uzroka gore navedenog stanja je i u tome što su tadašnji problemi bili daleko lakši (promatrano u tehničkom smislu) nego što su danas. Problemi koji su se javljali promatrani su samo sa tehničkog stajališta, ekonomski elementi bili su samo povremeno prisutni, a cijena rada bila je jako niska, [1].

Provedene aktivnosti sa stajališta troškova, što se posebno odnosi na aktivnosti održavanja, sagledavane su s jednog nimalo produktivnog i kreativnog stajališta, bez primisli o mogućnostima velikih ušteda racionalnim održavanjem.



Tek poslije Drugog svjetskog rata dolazi do realnijeg pristupa održavanju vozila i općenito tehničkih sustava. U SAD-u se javlja novi pristup održavanju, proučavaju se međuljudski odnosi i uopće elementi organizacije rada, dolazi do racionalizacije na proizvodnim trakama. Tada se i u održavanju zaključuje da više nije dovoljan samo popravak kada je kvar (otkaz) nastupio, već ga treba i predvidjeti te se tako počinje razvijati preventivno održavanje. Zbog gubitaka koji se počinju javljati zbog iznenadnih kvarova kojima je uzrok loša kvaliteta pojedinih dijelova ili sklopova poduzeća su prisiljena pristupiti planiranju održavanja.

Uprave tvrtki izrađuju planove preventivnog održavanja koji predviđaju do tada nezamislive demontaže pojedinih dijelova i sklopova na motornim vozilima, radi kontrole i pravovremene zamjene dijelova koji se više troše, zamaraju ili oštećuju zbog korozije ili nekog drugog razloga. Izvođači ovih radova, pod pritiskom da moraju otkloniti eventualne kvarove, pristupaju sa oprezom zamjeni određenih dijelova, čak i u slučajevima kada je pregled dao pozitivne rezultate, nemajući nikakve kriterije o predviđanju hoće li ovi dijelovi izdržati u radu do sljedećeg pregleda. Tako dolazi do povećanih troškova bez realno očekivane veće pouzdanosti u radu vozila.

Razrada i realizacija planova preventivnog (šire gledano ukupnog planskog) održavanja zahtijeva formiranje jedne organizacijske strukture koja će te radove voditi. Na taj način počinje se formirati servis održavanja koji objedinjuje sve aktivnosti održavanja, planira ih, koordinira i vrši kontrolu tehničke i ekonomske efikasnosti, [1].

U tom periodu početaka razvoja održavanja dolazi do naglog razvoja tehnologije i tehnike (industrije u cjelini) s obilježjima složenih i kompliciranih komponenti sustava. Poseban problem u razvoju predstavljalo je proučavanje pouzdanosti tih složenih komponenti. U tom smislu zrakoplovna industrija uvodi prva, te nakon nje i auto industrija novi način praćenja stanja (engl. Condition Monitoring). Pored ugrađenih armaturnih tablica ugrađuju se instrumenti za tehničko praćenje stanja. Mjere se pojedini parametri koji za vrijeme rada moraju biti unutar dozvoljenih granica. Može se reći da su to počeci održavanja prema stanju.

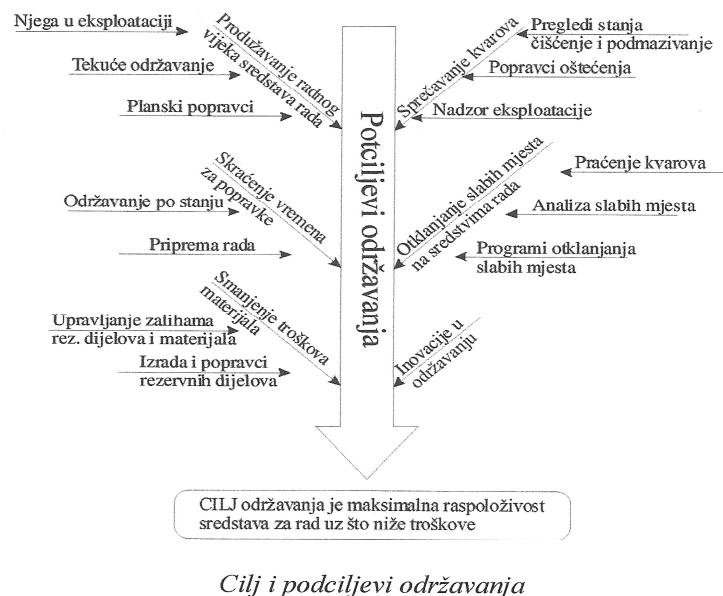
Značaj održavanja određuje niz faktora od kojih se mogu navesti, [1]:

- tehničko-tehnološki, u koje spada inoviranje funkcionalnosti, održavanje radne sposobnosti, duži vijek trajanja, podizanje kvalitete i sl,

- ekonomski , u koje spada udovoljavanje tržištu, doprinos dužem trajanju sredstava za rad, doprinos racionalnom korištenju sredstava za rad i povećanje produktivnosti i ekonomičnosti u samom procesu eksploatacije.

Osnovni i glavni cilj održavanja vozila je postizanje maksimalne raspoloživosti motornog vozila tijekom njegove eksploatacije uz što niže troškove održavanja. Osnovni ciljevi koje treba ostvariti procesom održavanja su, [1]:

- 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. Ciljevi i podciljevi održavanja, [2]

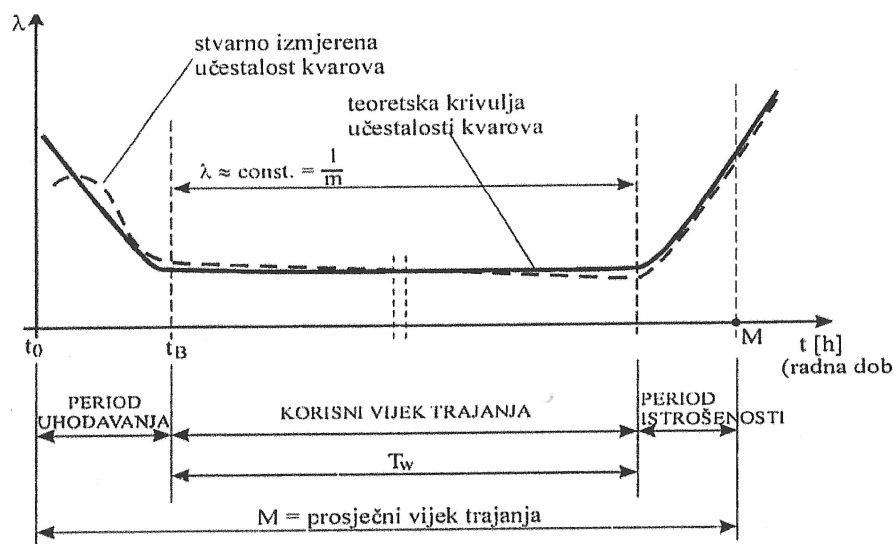
## 2.1. Uzroci koji dovode do trošenja dijelova

Tijekom vremena dolazi do starenja i trošenja dijelova i uređaja na vozilu, smanjuje se tehnološka efikasnost, a s vremenom dolazi do određenog tehnološkog zastarijevanja pojedinih dijelova i sklopova. Navedeni faktori dovode do iznenadnih prekida u radu vozila, što uzrokuje pojavu troškova u dva oblika:

- a) troškovi uslijed prekida rada,
- b) troškovi popravka i osposobljavanja oštećenih dijelova ili sklopova.

Svaka tehničko-eksploatacijska karakteristika koja određuje tehničko stanje sastavnog dijela, podsklopa, sklopa ili grupe sklopova motornog vozila mijenja se od početne do neke granične vrijednosti, kada kažemo da dolazi do pojave neispravnosti. Kada je dio ispravan, onda su njegove tehničko-eksploatacijske karakteristike u točno propisanim granicama, [2].

Za svaki složeni tehnički sustav, u ovom slučaju motorno vozilo, moguće je istražiti učestalost kvarova (“stanja u otkazu”) i zakonitosti pojave kvarova u vremenu eksploatacije. Osim utvrđivanja vrste kvara (početni, slučajni, zbog istrošenosti), analizom eksploatacije možemo utvrditi i frekvenciju pojave kvarova mjerenjem vremena između kvarova, odnosno učestalosti kvarova po jedinici vremena, a koja značajno odstupa u različitim periodima eksploatacije, [2].



Slika 2. Krivulja intenziteta kvarova, [2]

$t_0$  – početak rada

$t_B$  – vrijeme uhadavanja

Tw – korisni vijek trajanja

M – prosječni vijek trajanja

Radna dob – kumulativno vrijeme sustava

U periodu uhadavanja pojavljuje se veliki broj kvarova (visoki  $\lambda$ ). Otklanjanjem početnih kvarova njihov broj naglo pada, te u korisnom vijeku trajanja intenzitet kvarova (samo slučajni kvarovi) je približno konstantan. Ulaskom u period istrošenosti intenzitet kvarova opet naglo raste. U tom periodu uz slučajne kvarove pojavljuju se još i kvarovi istrošenosti. Vijek trajanja pojedinih komponenti ili elemenata na motornom vozilu dijeli se na, [2]:

- korisni vijek trajanja,
- prosječni vijek trajanja.

Korisni vijek trajanja je vremenski period koji protekne od završetka perioda uhadavanja do trenutka zakazivanja prve komponente zbog istrošenosti, [2].

Prosječni vijek trajanja je vremenski period od početka rada neke komponente do srednjeg vremena zakazivanja zbog istrošenosti prve i posljednje komponente u populaciji, [2].

Kod suvremenih motornih vozila na svega 8 do 10% dijelova otpada 80 do 90% ukupnih troškova rezervnih dijelova u toku životnog ciklusa. Stoga je važno imati pouzdane informacije o kritičnim dijelovima, njihovim intenzitetima otkaza i tijeku promjene pouzdanosti. Osnovna činjenica kod proučavanja neispravnosti na motornim vozilima je da su promjene stanja slučajnog karaktera, ali da se mogu opisati zakonom teorije vjerojatnosti. Prijelaz iz ispravnog u neispravno stanje karakterizira se funkcijom pouzdanosti koja omogućuje određivanje životnog vijeka sastavnih dijelova motornog vozila, [2].

Na ispravnost motornog vozila i njegovih dijelova i sklopova utječu: putni, transportni i klimatski uvjeti, kvaliteta rukovanja, održavanja i remonta, kao i uvjeti čuvanja i skladištenja.

Tijekom rada u dijelovima i sklopovima motornog vozila javljaju se procesi trošenja, korozije, zamora materijala, pada kvalitete i mehaničkih osobina materijala. Manje-više svi dijelovi motornog vozila izloženi su djelovanju čitavog niza različitih dinamičkih naprezanja. Često trenutna udarna opterećenja značajno nadilaze proračunska (statička) i izazivaju

iznenadne lomove i oštećenja. U drugim slučajevima, zbog pada čvrstoće pojedinih dijelova dolazi do raznih deformacija, kao što su: iskrivljenja, uvijanja, lomovi i drugo.

Pri kretanju po lošim cestama naglo se povećavaju sile koje djeluju na upravljački mehanizam i dijelove ovjesa. Izmjena putnih uvjeta dovodi do izmjene režima i karaktera ( amplitude i frekvencije) opterećenja.

Kretanjem po neravnoj cesti javljaju se vibracije šasije, zbog kojih slabe zavareni spojevi i javljaju se dopunska opterećenja u tijelu vozila. To može biti uzrokom ubrzanog trošenja i /ili lomova dijelova. Vibracije vrlo naglašeno djeluju na radni vijek i pouzdanost hladnjaka, dijelova elektrouređaja, karoserije i elastičnih elemenata ovjesa.

Kretanjem vozila po lošim cestama, zbog izrazito promjenljivih režima rada, pogoršavaju se uvjeti podmazivanja, režim hlađenja i slično. Klimatski uvjeti također značajno djeluju na rad, izlazne performanse i učestalost pojave neispravnosti. Niske temperature izazivaju zgušnjavanje maziva u motoru i sklopovima transmisije i ono teže dolazi do površina koje su izložene trenju pa sklopovi i dijelovi duže rade u uvjetima graničnog, polusuhog ili suhog trenja.

Kondenzacija goriva na hladnim stjenkama cilindra izaziva ispiranje uljnog filma i povećano trošenje stjenke cilindra, a kondenzacija vode u pojedinim mehanizmima i uređajima pogoršava uvjete podmazivanja, što dovodi do korozije pojedinih dijelova.

Pri niskim vanjskim temperaturama otežan je start zbog pada napona i kapaciteta akumulatorske baterije. Niske temperature djeluju i na materijale dijelova motora, izazivajući promjene mehaničkih svojstva.

Pri visokim vanjskim temperaturama pojavljuje se nedovoljan intenzitet hlađenja, pregrijavaju se pojedini elementi i sklopovi, smanjuju zazori između pokretnih dijelova, povećava se trenje i trošenje. Pri tome mogu nastati strukturne promjene u materijalu, smanjenje otpornosti na trošenje, pad mehaničke čvrstoće i povećana sklonost ka pojavi kvara.

Kvaliteta rukovanja i osnovnog održavanja također značajno utječe na intenzitet pojave otkaza. Zavisno od kvalitete rukovanja mijenjaju se režimi opterećenja, veličine naprezanja, opće stanje, brzina trošenja i životni vijek dijelova i sklopova.

Kvaliteta održavanja također značajno utječe na tehničko stanje, učestalost pojave kvarova i troškove životnog ciklusa. Osnovu održavanja trebaju činiti preventivne akcije koje će spriječiti pojavu kvara. Ukoliko dođe do kvara tada ne treba otklanjati samo neispravnost

nego i uzrok njenog nastanka. Neblagovremenim provođenjem preventivnog održavanja može doći do drastičnog pada pouzdanosti sklopova i elemenata, povećanja obujma radova održavanja, velikog vremena neispravnosti (neraspoloživosti) i velikih troškova održavanja.

## 2.2.Sustav održavanja

Održavanje motornih vozila je složeni organizacijsko-tehnološki sustav, gdje svaki element sustava ima vlastite karakteristike i parametre stanja. Elementi sustava su međusobno povezani i ovise jedan o drugome, definirani su ograničenjima, od kojih su najvažniji maksimalno dozvoljeni troškovi održavanja. Glavni elementi sustava sa stajališta održavanja su:

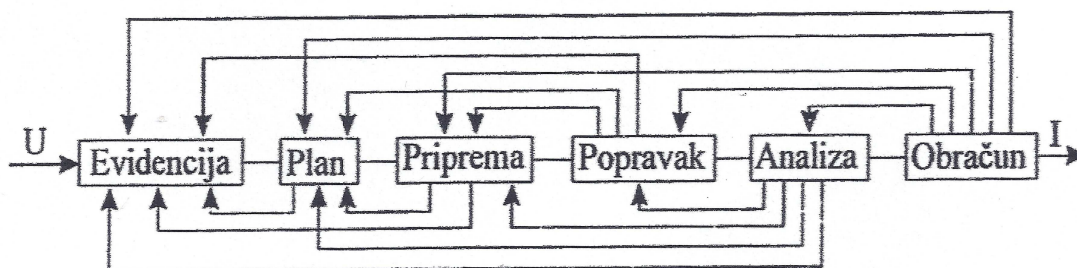
- motorna vozila,
- stručno osoblje,
- oprema,
- prostor za održavanje,
- pričuvni dijelovi,
- tehnička dokumentacija,
- plan održavanja.



Slika 3. Osnovna obilježja sustava održavanja, [4]

Koncepcija je najvažnije obilježje sustava održavanja koje bitno utječe na opću kvalitetu sustava održavanja. Sustav održavanja uglavnom se sastoji od slijedećih postupaka, funkcija i organizacije :

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



Slika 4. Sustav održavanja, [2]

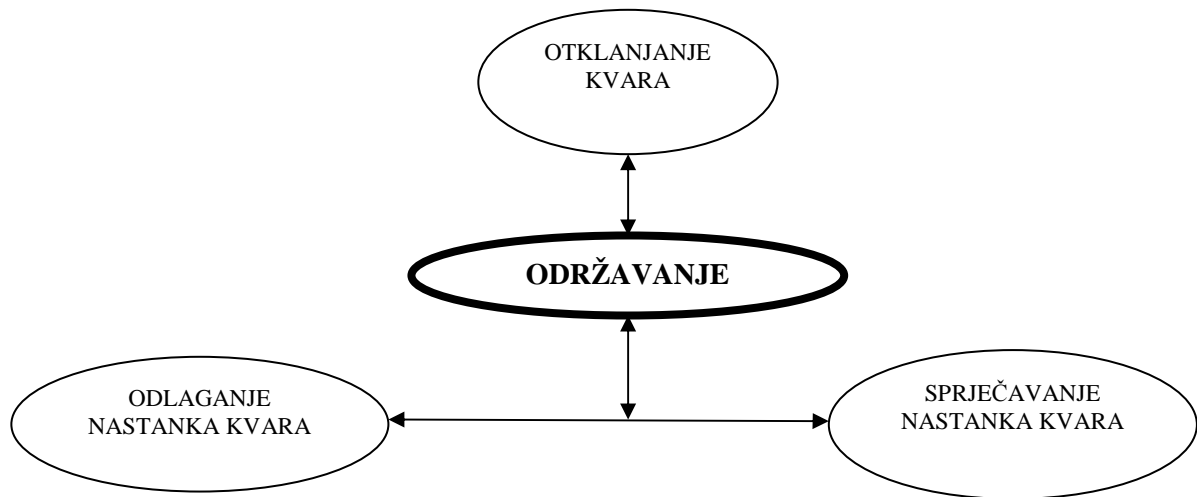
Sustav održavanja može biti korektivan ili plansko-preventivan. Za potpunu efikasnost sustava potrebno je da svi podsustavi pravilno funkcioniraju. Prateći shemu sustava održavanja, može se reći da se poslije uvida u evidenciju već izvršenih popravaka pristupa planiranju, pripremi i izvršavanju popravaka. Nadalje se vrši kontrola samog izvršavanja poslova popravaka, obračun i analiza izvršenja popravka tj. nedostataka koji su se pojavili u funkcioniranju podsustava održavanja, a prije svega u podsustavu evidencija koji su osnovni izvor informacija za naredne popravke.

### 2.3. Osnovni koncepti održavanja

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”.



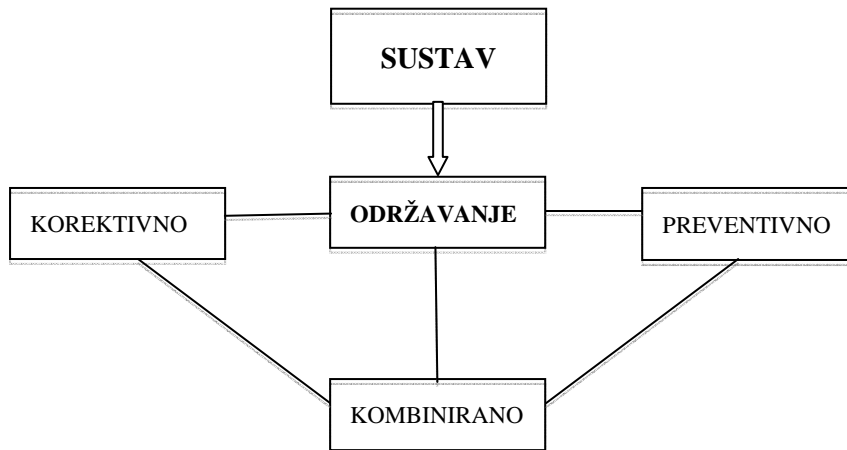
Slika 5. Održavanje vozila, [5]

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

- korektivno održavanje vozila,
- preventivno održavanje vozila.

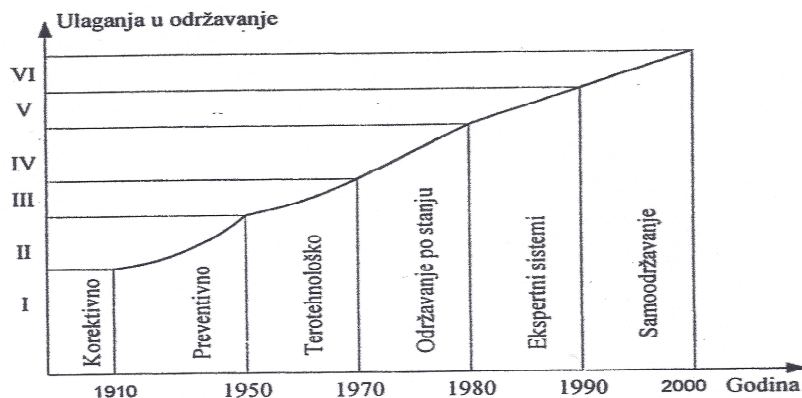
Dokazano je da primjenom korekcije stanja, odnosno intervencije održavanja nakon što je kvar nastao ne daje dobre ekonomske efekte, a nije moguće u potpunosti sagledati unaprijed koje intervencije i planske aktivnosti održavanja treba ostvariti da ne dođe do nepredvidivog zastoja rada, pa iz toga proizilazi i treći oblik održavanja a to je kombinirani, [1].





Slika 6. Koncepti održavanja vozila, [4]

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.



Slika 7. Razvoj koncepata održavanja, izvor [1]

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 koncepta ili metode održavanja ovisi od niza faktora (ukupne efikasnosti određene metode održavanja, vremenskih intervala izvođenja aktivnosti održavanja, ukupnih troškova i vremena izvođenja aktivnosti održavanja), te se pravilnim izborom koncepta ili metode održavanja želi postići maksimalna pouzdanost uz minimalne troškove.

Kao što je rečeno, osnovni oblici održavanja su korektivno i preventivno održavanje kojima će veća pažnja biti posvećena u idućim poglavljima, dok će se ostali koncepti koji su nastali na temeljima preventivnog održavanja ukratko objasniti u ovom poglavlju.

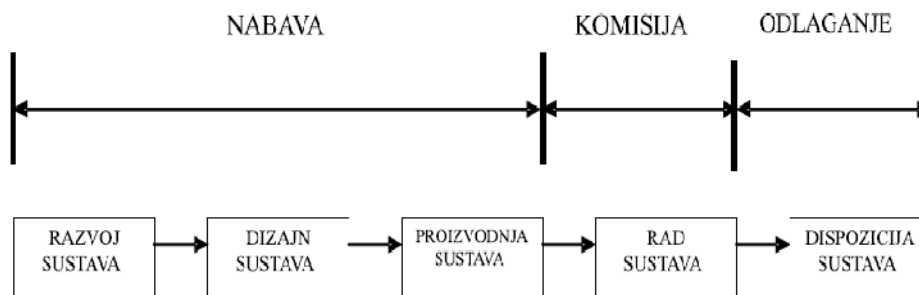
### **2.3.1. Terotehnoški pristup održavanja**

Terotehnologija ili management održavanja je znanstvena disciplina koja istražuje metode i zakonitosti managementa tehničkih poslovnih sredstava tijekom njihovog životnog vijeka trajanja, [2].

Ograničiti terotehnoški pristup samo na održavanje ne bi bilo ispravno, jer je ona složena 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, [2].

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.



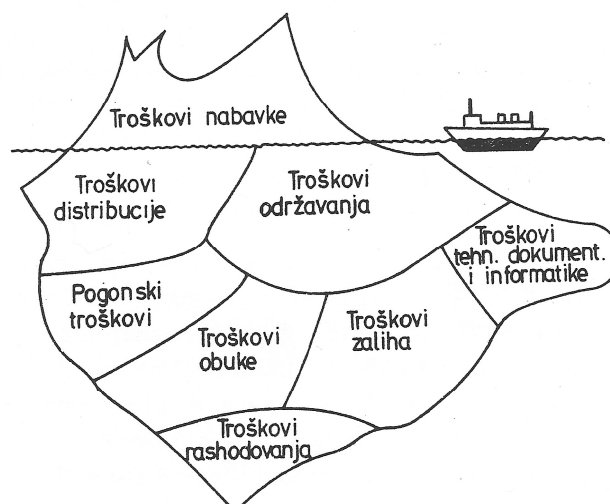
Slika 8 . Životni ciklus sustava prema terotehnoškom pristupu, [3]

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 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.

Koncept terotehnologije promovira primjenu svih potrebnih tehnika kojima se može osigurati da korisnik sustava dobije najveću moguću vrijednost za svoj novac. Terotehnoški pristup proučava troškove proizvodnog sustava za razliku od ekonomskog pristupa kojeg zanimaju samo troškovi proizvoda.



Slika 9. Ukupni troškovi u «životnom vijeku» tehničkog sustava, [4]

Na slici 9. vidljivo je da su troškovi nabave (vozila) u stvari samo vrh «ledenog brijega» ukupnih troškova u ukupnom životnom vijeku, [4].

### 2.3.2. 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, [1].

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, [1] :

- projektirana metoda održavanja,

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

U općem pristupu osnovna struktura logistike je:

- 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)

### **2.3.3. 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, [1].

#### **2.3.4. 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, [1] :

- 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, [1] :

- 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, [1] :

- 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 usmjereno 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.

### **2.3.5. 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, [1].

Značajni rezultati istraživanja ekspertnih sustava postignuti su u svemirskoj i vojnoj industriji. Ekspertni sustav definiran je slijedećim karakteristikama, [1]:

- ekspert iz određenog područja «hrani» računalo odgovarajućim znanjem,
- dio znanja eksperata zabilježen je pomoću rečenica (a ne matematičkim jednadžbama), kompjutorski 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 računalu, zatim se koriste heuristička pravila da bi se povezalo znanje sa problemom i obrnuto te na kraju računalo sugerira rješenje ili daje uputa za utvrđivanje rješenja.



Ekspertni sustav za održavanje je računalni sustav (kompjutorski 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,
- 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 bilu 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 tehničko-tehnoloških 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.

### **2.3.6. 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, [1].

Ovakav pristup održavanju moguće je očekivati kod visoko razvijenih tehnologija i tehnika. Njegova se primjena mora predvidjeti odmah na početku pristupa projektiranju proizvodnog sustava.

### 3. KOREKTIVNI KONCEPT ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA

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:

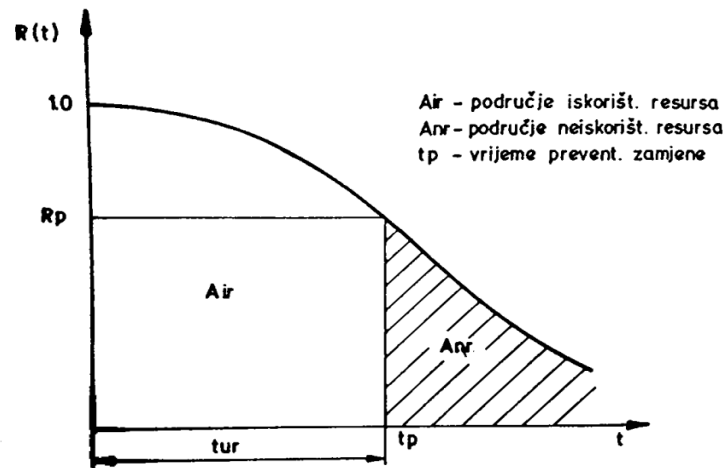
- podešavanje,
- male ili lake popravke,
- srednje popravke,
- generalne popravke,
- zamjenu dijela,
- revitalizaciju.

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 i upućuju na potrebe uvođenja preventivnog održavanja.



Slika 10. Interpretacija metode korektivnog održavanja, [8]

## 4. MODELI PREVENTIVNG ODRŽAVANJA

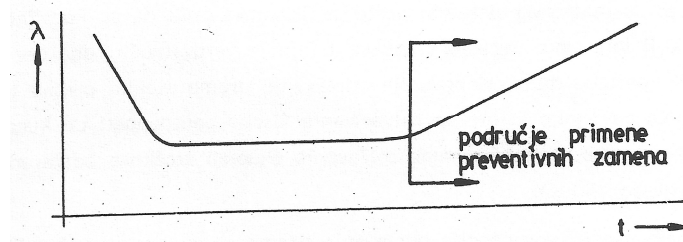
O preventivnom održavanju se počinje razmišljati koncem pedesetih godina u SAD-u, odakle se nešto kasnije proširilo po cijelom svijetu. U početku se samo javljala ideja o sprječavanju kvarova boljim pristupom i boljom organizacijom službe koja se brine o održavanju vozila. Pojavljuju se i prve studije o toj problematici, te raste potreba prikupljanja podataka o stanju dijelova i sklopova na vozilima. Nakon što se došlo do određenih mjerljivih rezultata, kristalizirala se ideja o preventivnom održavanju. Namjera preventivnog održavanja je da se na svakom vozilu definiraju mjesta redovnih pregleda, čišćenja i podmazivanja, uz to i rutinske promjene dijelova. Također su se definirala mjesta gdje bi moglo doći do kvara.

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.

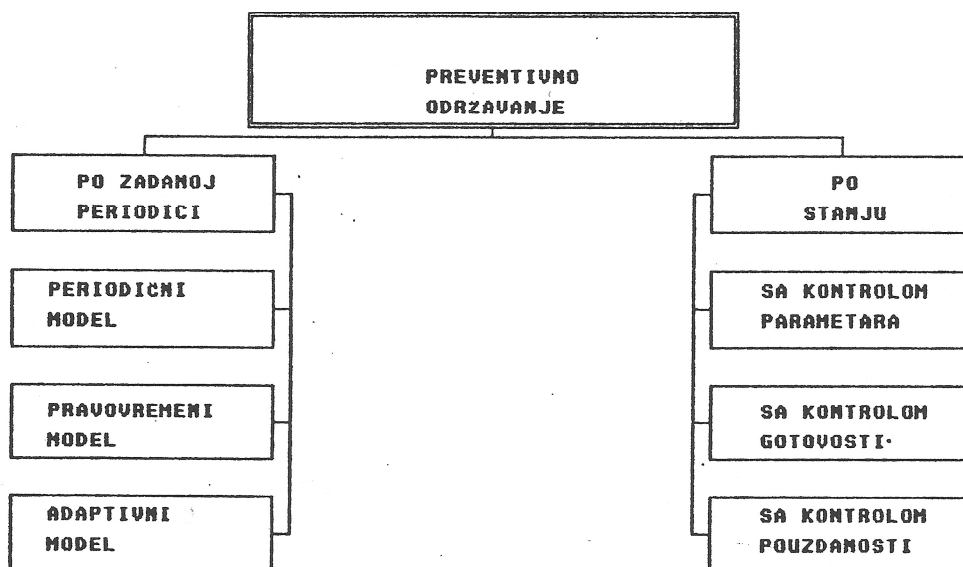


Slika 11. Područje primjene preventivnih zamjena, [4]

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 12. Modeli preventivnog održavanja, [9]

#### 4.1. 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.

#### **4.2. Preventivno održavanje po 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 predviđi 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,
- 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:
  - uputa za otklanjanje kvara,
  - opis dijelova s kataloškim brojevima koje treba izmijeniti,
  - 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.

## **5. USPOREDNA ANALIZA PREVENTIVNOG I KOREKTIVNOG PRISTUPA ODRŽAVANJU CESTOVNIH VOZILA**

Korektivno održavanje se primjenjuje po pojavi kvara, koja je slučajne naravi te se ne može planirati, a zadatak je vozilo u kvaru dovesti u ispravno stanje.

Osnovne prednosti korektivnog održavanja su :

- ne dolazi do zamjene dijelova koji uz odgovarajuću pouzdanost mogu još raditi, odnosno dijelovi se u potpunosti iskorištavaju (radi do kvara),
- nisu potrebna saznanja o stanju dijelova i
- nije potrebno poznavati zakonitost oštećivanja sastavnih dijelova

Osnovni nedostaci korektivnog održavanja su:

- sastavni dijelovi i sklopovi iznenada ispadaju iz rada, a trenuci pojave kvarova se ne mogu unaprijed predvidjeti,
- tijekom popravka dolazi do dužih zastoja i relativno velikih troškova održavanja,
- kvar jednog dijela ili sklopa može uzrokovati teže havarije i oštećenja sklopova ili cijelog vozila.

Preventivno održavanje podrazumijeva brigu i redovito servisiranje odnosno zamjenu dijelova za koje se mjerenjem svojstava ili praćenjem degradacije utvrdi da bi mogli otkazati.

Osnovne prednosti preventivnog održavanja su :

- jednostavnije planiranje (unaprijed se znaju određeni vremenski periodi), i
- što se na taj način vozilo održava pouzdanim i sigurnim.

Preventivnim održavanjem su obuhvaćeni svi oni dijelovi i sklopovi o kojima postoje dovoljno pouzdani podaci o intenzitetu kvarova ili intenzitetu promjene parametara stanja. U ovom slučaju se posebno vodi računa o pouzdanosti kritičnih elemenata, čijim bi otkazom nastupila oštećenja i havarije većeg broja drugih elemenata i sklopova.

Osnovni nedostaci su:

- skuplje održavanje u odnosu na korektivno
- sustav manje raspoloživ pa je manje iskorištenje resursa sustava,
- zahtijeva velike resurse radne snage,

- nije učinkovito ukoliko se kvar dogodi između dva pregleda.

Kod korektivnog održavanja se za razliku od preventivnog, postiže potpuno iskorištenje resursa elemenata vozila, pa su manji direktni troškovi i nepotrebne aktivnosti planiranja i pričuve.

Kod svih onih dijelova za koje ne postoji podaci o promjeni pouzdanosti ili je intenzitet kvara padajuća ili konstantna funkcija vremena, a troškovi preventivnog održavanja zbog neiskorištenog resursa su veći od troškova korektivnog, razumno je primjenjivati koncept korektivnog održavanja.

Osnovna prednost korektivnog održavanja je potpuno iskorištenje radnog resursa elemenata, jer se postupci provode po pojavi kvara. Međutim, nema nikakvih informacija o trenutnom stanju vozila pa je nemoguće predvidjeti stanje u budućoj eksploataciji.

Kvalitetno preventivno održavanje znatno doprinosi smanjenju potrebe za korektivnim održavanjem. Kod onih elemenata vozila koji su češće objekt preventivnog održavanja vrijedi pravilo zamjene prije kvara, na taj se način postiže smanjenje broja korektivnih održavanja i ujedno smanjena troškova. Postupci korektivnog održavanja najčešće su zamjena novim originalnim dijelovima ili neki oblik dorade postojećih dijelova.

## 6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj održavanja vozila je postizanje maksimalne raspoloživosti cestovnog vozila tijekom njegove eksploatacije uz što niže troškove održavanja. Održavanje cestovnih vozila je složeni sustav. Kao i svaki sustav, tako i ovaj ima svoje podsustave koji su međusobno povezani i ovise jedan o drugom. Jedan od bitnih podsustava je odabir optimalnog modela održavanja cestovnih vozila.

Postoji više metoda i koncepata održavanja od kojih se mogu izdvojiti: metoda korektivnog održavanja, metode preventivnog održavanja, terotehnoški pristup održavanja, logistički pristup održavanju, totalno produktivno održavanje, pouzdanosti usmjereno održavanje, ekspertni sustavi te samoodržavanje.

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

- korektivno održavanje vozila,
- preventivno održavanje vozila.

Metoda korektivnog održavanja nastala je sa prvim počecima održavanja i postupno se razvijala. Korektivno održavanje je održavanje koje se izvodi poslije pojave kvara, koja je slučajne naravi te se ne može planirati, a zadatak je vozilo u kvaru dovesti u ispravno stanje.

Kod korektivnog održavanja postiže se potpuno iskorištenje dijelova vozila, pa su manji direktni troškovi i nepotrebne aktivnosti planiranja i pričuve. Ali s obzirom da u dosta slučajeva oštećenje jednog dijela ima za posljedicu oštećenje drugih dijelova, ukupna šteta nastalog kvara znatno se povećava. Posebno ekonomski pokazatelji potvrđuju nedostatke korektivnog održavanja i upućuju na potrebe uvođenja preventivnog održavanja.

Preventivno održavanje predviđa i smanjuje vjerojatnost pojave kvara ili slabljenja funkcionalnosti elemenata, te sprječava pojavu stanja neispravnosti na taj način što preventivnim radovima otklanja uzročnik pojave kvara. Preventivne aktivnosti se, dakle, izvode prije nego što neispravnost nastane dok je vozilo još u stanju rada pa zahtijevaju, za razliku od korektivnih, planiranje održavanja.

. Kvalitetno preventivno održavanje značajno smanjuje potrebu za korektivnim održavanjem, koje traži da se postupci održavanja provode samo ako do kvara dođe.

## LITERATURA

- [1] Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarskih konstrukcija. Slavonski Brod: S trojarski fakultet; 2002.
- [2] Belak S. Terotehnologija. Šibenik: Visoka škola za turistički menadžment; 2004.
- [3] Belak, S., Čičin-Šain, D.: Komparativna analiza upravljanja proizvodnim kapacitetom, terotehnologije i LCC sa stajališta troškova, Zbornik radova 11. međunarodnog savjetovanja HDO, Šibenik, 2005
- [4] Todorović J. Održavanje motornih vozila - osnovi teorije održavanja. Beograd : Mašinski fakultet; 1984.
- [5] Duboka Č. Tehnologije održavanja vozila. Beograd: Mašinski fakultet; 2000.
- [6] Cvitanović D. Remont i održavanje motornih vozila. Sarajevo: Svjetlost; 1974.
- [7] Interne skripte o održavanju vozila. Zagreb: Strojarski fakultet
- [8] Adamović, Ž., Todorović, J., Organizacija održavanja, OMO, Beograd, 1988
- [9] Interna skripta sustav održavanja vozila, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

## POPIS SLIKA

Slika	Stranica
1. Ciljevi i podcijevi održavanja	5
2. Krivulja intenziteta kvarova	6
3. Osnovna obilježja sustava održavanja	9
4. Sustav održavanja	10
5. Održavanje vozila	11
6. Koncepti održavanja vozila	12
7. Razvoj koncepta održavanja	12
8. Životni ciklus poslovnog sustava prema ternotehnološkom pristupu	14
9. Ukupni troškovi u „životnom vijeku“ tehničkog sustava	15
10. Interpretacija metode korektivnog održavanja	23
11. Područje primjene preventivnih zamjena	25
12. Modeli preventivnog održavanja	25