

# Analiza sustava održavanja cestovnih vozila

---

Vrljić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:119:347366>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-04**



Repository / Repozitorij:

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



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

**Marko Vrljić**

**ANALIZA SUSTAVA ODRŽAVANJA CESTOVNIH**  
**VOZILA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

# **ANALIZA SUSTAVA ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA ANALYSIS OF ROAD VEHICLES MAINTENANCE SYSTEM**

Mentor: mr. sc. Ivo Jurić

Student: Marko Vrljić, 0135227928

Zagreb, 2019.

## SAŽETAK:

Ideja i potreba održavanja cestovnih vozila nastala je uz sam razvoj vozila te kroz određen period tijekom eksploatacije pokazalo se kako je održavanje ključan zahvat kako bi vozila mogla što efektivnije i efikasnije obavljati funkcije koje su im namijenjene. U počecima postojalo je samo korektivno održavanje koje bi uslijedilo tek nakon pojave kvara. Veliki troškovi nastali pojavom iznenadnih kvarova doveli su do promjene pristupa održavanju, te nastaje koncept preventivnog održavanja. Preventivno održavanje se pokazalo kao bolje održavanje od korektivnog održavanja jer su podaci pokazali da su smanjeni ekonomski i eksploatacijski troškovi vozila.

**KLJUČNE RIJEČI:** održavanje cestovnih vozila, korektivno održavanje, preventivno održavanje, organizacija i tehnologija

## SUMMARY:

The idea and the need to maintain road vehicles was created with the development of the vehicle itself and through a certain period during exploitation it has been shown that maintenance is a crucial procedure for vehicles to be able to perform the functions that are intended to be effective and efficient. In the beginning, there was only corrective maintenance that would appearance after failure. The high costes of sudden failures have led to a change in approach to maintenance and the concept of preventive reflection is emerging. Preventive maintenance has proven to be better maintenance than corrective maintenance because the data showed that the economic and operating costs of the vehicle were reduced.

**KEYWORDS:** maintenance of road vehicles, corrective maintenance, preventive maintenance, organization and technology

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CILJEVI I ZADACI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA .....	2
2.1. Razvoj i značaj funkcije održavanja cestovnih vozila .....	3
2.2. Uzročnici promjene tehničkog stanja vozila .....	4
2.2.1. Trošenje.....	6
2.2.2. Zamor.....	10
2.2.3. Korozija.....	12
3. SUSTAV ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA.....	13
3.1. Koncepti održavanja cestovnih vozila .....	15
3.1.1. Korektivno održavanje.....	17
3.1.2. Preventivno održavanje.....	19
3.1.3. Terotehnoški pristup održavanju .....	21
3.1.4. Logistički pristup održavanju .....	22
3.1.5. Totalno produktivno održavanje .....	23
3.1.6. Održavanje po stanju.....	24
3.1.7. Plansko održavanje .....	24
3.1.8. Pouzdanosti usmjereno održavanje.....	25
3.1.9. Ekspertni sustavi .....	25
3.1.10. Samoodržavanje.....	26
3.2. Modeli preventivnog održavanja cestovnih vozila.....	26
3.2.1. Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu.....	27
3.2.2. Preventivno održavanje po stanju .....	30
4. TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA .....	33

5. ZAKLJUČAK.....	37
LITERATURA.....	38
POPIS SLIKA.....	39

# 1. UVOD

Promatrajući mehaničke sustave, uočljivo je da oni izvršavaju određenu funkciju kroz određeno vremensko razdoblje. Tijekom rada sustava ponekad dolazi do pojave kvara, odnosno neizvršavanja njihovih funkcija ili neizvršavanja na zadovoljavajući način. Kako bi se spriječile negativne posljedice kvara sustava, potrebno je procijeniti koliko sustav može raditi i kada se (statistički) može očekivati pojava kvara.

Pojam održavanja može se definirati kao skup aktivnosti koje se poduzimaju kako bi se određeni objekt održavanja doveo u ispravno stanje ili održao što dulje u ispravnom stanju, a sve zbog toga kako bi mogao kvalitetno obavljati svoju funkciju [1].

Tehnologija održavanja se bavi postupcima održavanja i načinima njihovog provođenja, to je praktična manifestacija sustava održavanja koja počiva na širokoj primjeni znanja i iskustva; obuhvaća otkrivanje kvarova, njihovih uzroka i provođenje mjera održavanja.

Cilj završnog rada je detaljno opisati sustav održavanja cestovnih vozila kroz najvažnije koncepte te organizaciju i tehnologiju za provođenje održavanja. Tema završnog rada je Analiza sustava održavanja cestovnih vozila i sastoji se od 5 osnovnih cjelina:

1. Uvod
2. Ciljevi i zadaci održavanja cestovnih vozila
3. Sustav održavanja cestovnih vozila
4. Tehnologija i organizacija održavanja cestovnih vozila
5. Zaključak

U drugom poglavlju opisani su razvoj i značaj funkcije održavanja kao i njegovi glavni ciljevi i zadaci. Također opisani su i glavni uzročnici promjene tehničkog stanja vozila.

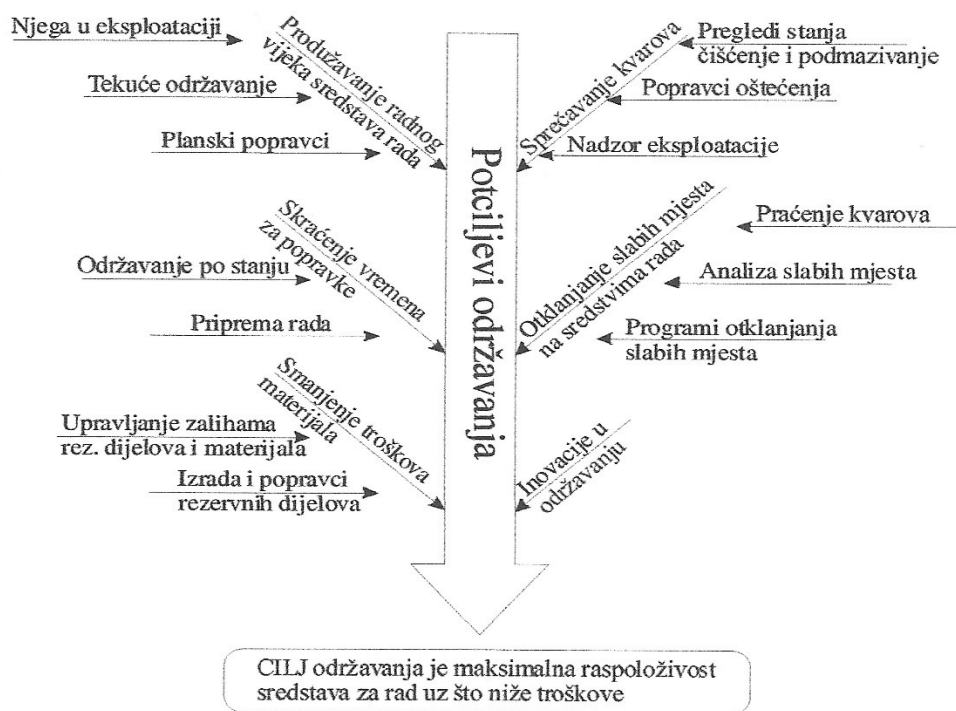
U trećem poglavlju prikazani su koncepti održavanja cestovnih vozila. U četvrtom poglavlju objašnjeni su pojmovi tehnologije i organizacije održavanja cestovnih vozila.

U petom poglavlju su dana zaključna razmatranja.

## 2. CILJEVI I ZADACI ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA

Održavanje je upravljanje, kontrola, izvršavanje i kvaliteta onih aktivnosti koje osiguravaju optimalan nivo raspoloživosti i realizaciju općih performansi sustava (voznog parka) kako bi se zadovoljili ciljevi poslovanja. Osnovni cilj održavanja je osigurati maksimalno moguću raspoloživost vozila tijekom eksploatacije uz minimalne troškove održavanja.. Osnovni ciljevi koje treba ostvariti procesom održavanja su [2]:

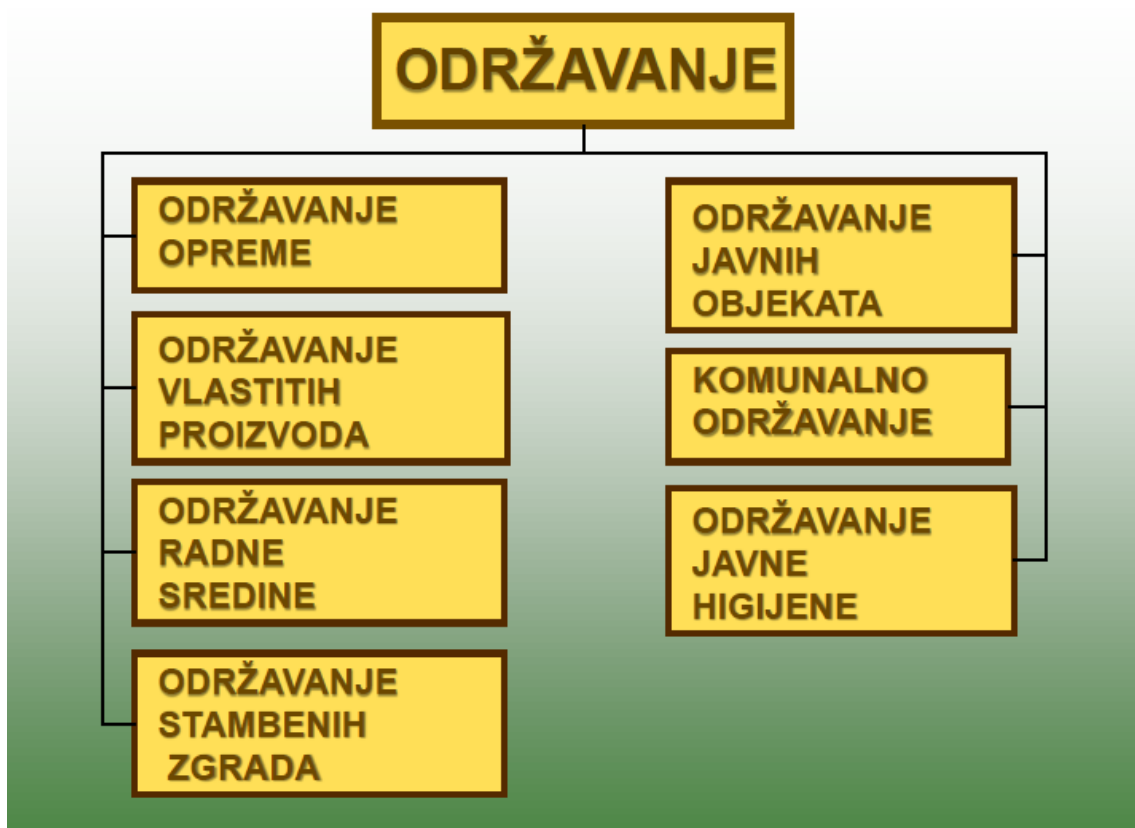
- osigurati maksimalnu razinu pouzdanosti motornog vozila u procesu eksploatacije,
- osigurati maksimalan rad vozila sa što manje zastoja (sprečavanje kvarova),
- smanjenje troškova zbog zastoja u radu,
- smanjenje ukupnih troškova održavanja (direktnih i indirektnih),
- ograničavanje i sprečavanje zastarijevanja 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 potciljevi održavanja [3]



Sve više se nameće cilj u području razvoja, konstruiranja i proizvodnje vozila postići povoljan tijek promjene stanja i omogućiti jednostavan i brz utjecaj na isto tijekom eksploatacije. Održavanjem se želi izbjeći ili bar smanjiti intenzitet promjene stanja, a po poremećaju vratiti stanje u dozvoljene granice. Može se reći da je zadatak održavanja preventivno sprječavanje kvara na vozilima odnosno u slučaju otkaza vozila (kvara), vozilo dovesti u ispravno stanje. Održavanje ovisi o mjerama koje su u domeni proizvođača i korisnika transportnih sredstava [1].



Slika 2. Uobičajene djelatnosti održavanja [1]

## 2.1. Razvoj i značaj funkcije održavanja cestovnih vozila

U početku razvoja, aktivnosti održavanja bile su nesređene i zapuštene, bez ikakvih tehničkih i ekonomskih principa. S vremenom, kako su proizvodni procesi postajali sve složeniji tako su aktivnosti koje dopunjuju proizvodnju, a posebno aktivnosti održavanja dobile na važnosti. Kao posljedica tome uočava se nužnost za povremenim intervencijama (u početku poslije nastanka kvara, a kasnije sve više prije nastanka kvara) čije se organizirano

izvođenje uz korištenje sve novijih metoda, donijeti najviše koristi. Ozbiljniji i brži razvoj (metoda) održavanja počinje nakon prvog europskog kongresa EFNMS održanog 1972. godine, na kome su utemeljena osnovna načela strategije održavanja. Udruženje održavatelja u Italiji prvi je put usvojilo grubu podjelu metoda održavanja na preventivno održavanje na osnovu izrađenog vremenskog plana i preventivno održavanje na osnovu subjektivno (vid, sluh, opip i iskustvena prognoza) i objektivno utvrđenog stanja (mjerenjima pokazatelja stanja).

Na razvoj održavanja u novije vrijeme znatno utječu sve složeniji sustavi, nastali uvođenjem računala za upravljanje procesima rada. Uvođenje računala u procese održavanja prisutno je u sve većoj mjeri, te je današnje održavanje gotovo nezamislivo bez masovne upotrebe računala u procesima rada.

Bitna karakteristika svih transportnih sredstava je da im se u periodu eksploatacije mijenja stanje, a rezultat toga je pojava otkaza ukoliko ne dolazi do poduzimanja ikakvih radnji. Njihov je rad praćen pojavom otkaza koji dovede do poremećaja ili potpunog prekida funkcije prijevoznog sredstva. Sva transportna sredstva su popravljivi tehnički sustavi kod kojih se odgovarajućim intervencijama može spriječiti, odložiti ili otkloniti pojava kvara.

Značaj održavanja određuje niz faktora od kojih se mogu navesti, [2]:

- 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.

## 2.2. Uzročnici promjene tehničkog stanja vozila

Osnova složenog sustava vozila je mehanički sustav koji osigurava njegovu osnovnu funkciju. Za upravljanje i reguliranje rada mehaničkih podsustava u sustavu vozila nalazi se i veći broj uređaja sa električno-elektroničkim komponentama.

Promjena stanja komponenata s mehaničkom osnovom bitno utječe na postupke održavanja. Električno–elektroničke komponente se često promatraju kao nepopravljive pa se najveća pažnja posvećuje komponentama s mehaničkom osnovom [4].

Tijekom eksploatacije, zbog utjecaja različitih fizičko-kemijskih procesa, materijali neizbježno mijenjaju svoja svojstva, mijenjaju se odnosi između spregnutih elemenata što za posljedicu ima pogoršavanje izlaznih karakteristika elemenata i sklopova vozila.

Do promjene radnih sposobnosti dolazi zbog djelovanja različitih vidova energije, i to:

- mehaničke,
- toplotne,
- kemijske,
- svjetlosne,
- elektromagnetne,
- svjetlosne.

Kao posljedica djelovanja energija nastaju zamor materijala, starenje, trošenje, korozija, deformacije, itd. U puno slučajeva, isti element vozila je istovremeno pod utjecajem većine navedenih energija, ali je po pravilu najintenzivnije djelovanje jedne od njih [5].

Svako vozilo se projektira za određene uporabne uvjete (režim rada) određene raspodjelama opterećenja pojedinih elemenata i sklopova, pa promjena stanja može biti:

- posljedica rada u projektiranim uvjetima
- posljedica rada u ekscenim uvjetima

Čest je slučaj, prilikom uporabe vozila, pojava prekoračenja područja projektiranog režima rada zbog povremenih preopterećenja, koja su posljedica:

- prekoračenja dozvoljene nosivosti,
- udarnih neravnina podloge,
- nekvalitetnog održavanja,
- lošeg rukovanja,
- prometnih nezgoda, itd

Analiza udjela pojedinih uzročnika neispravnosti najvažnijih elemenata i sklopova vozila pokazuje da je [4]:

- trošenje uzrok preko 30% svi neispravnosti
- oko 40% neispravnosti uzrokuje neodgovarajuća eksploatacija, održavanje i kontrola
- ostali uzročnici su van direktnog utjecaja korisnika

Najvažniji uzroci promjene stanja vozila, kao složenog tehničkog sustava, su:

- zamor (vratila, nosači,...)
- trošenje (kočne obloge, spojke, pneumatici, ležajevi, zupčanici,...)
- korozija
- starenje nemetalnih dijelova
- kemijsko-mehaničke promjene tekućina (ulje, rashladna tekućina)
- ugrađene greške
- preopterećenja

Još jednom treba naglasiti da je, kod vozila, proces trošenja osnovni uzrok promjene stanja i da se na njega, tijekom eksploatacijskog perioda, može utjecati.

### 2.2.1. Trošenje

Trenje nastaje tijekom mirovanja ili relativnim kretanjem između dva susjedna elementa (površine u dodiru). Izražava se silom trenja koja je reakcija (otpor) površine ili sredstva relativnom gibanju tijela. Direktno je proporcionalna normalnoj sili između elemenata u relativnom gibanju i čimbeniku proporcionalnosti (koeficijent trenja  $\mu$ ). Trenje je, uglavnom, nepoželjna pojava i nastoji se, gdje god je to moguće, spriječiti ili smanjiti. Izuzetak su frikcijski mehanizmi gdje je cilj razviti što veće trenje (kočnice, spojka, ...).

Trošenje je direktna posljedica trenja i, kako je ranije rečeno, jedan je od najvažnijih uzročnika promjene stanja elemenata i sklopova vozila [6].

Tribologija je područje znanosti koje se bavi proučavanjem trenja, trošenja, podmazivanja i međudjelovanja dodirnih površina pri njihovom gibanju.

Negativne posljedice trenja su:

- povišene temperature na frikcijskim površinama
- trošenje frikcijskih površina

Cestovna vozila se sastoje od velikog broja tribomehaničkih sustava koji se mogu podijeliti u tri grupe [4]:

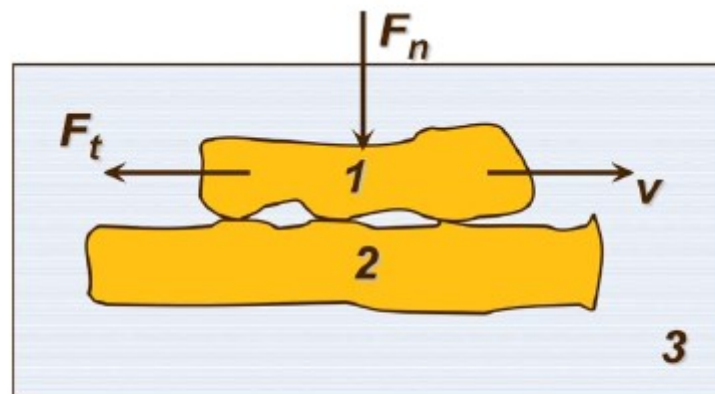
- podsklopovi u kojima se vrši vođenje kretanja jednog elementa po drugom (klizni ležajevi, vodilice, ...)
- sustavi kojima se vrši prijenos energije i rada (zupčasti prijenosnici, remenice, itd.)
- sustavi kojima se prenose informacije (brijeg i podizač, električni kontakti, itd.)



Slika 3. Shema tribomehaničkog sustava [4]

U tribomehaničkim sustavima se, u području kontakta, odvijaju dva procesa [4]:

- formiraju se i raskidaju frikcijske veze u području kontakta (proces trenja) po vrhovima neravnina obadva tijela u dodiru (neravnine postoje i kod najfinije obrade površina)
- prijenos (kretanje) masa s jednog na drugi element



$F_n$  – vanjsko opterećenje     $F_t$  – sila trenja  
 $v$  – brzina kretanja elementa 1 po elementu 2

Slika 4. Tribomehanički sustav (kretanje jednog elementa po drugome) [4]

Slika 4. prikazuje tribomehanički sustav s dva čvrsta elementa u (1 i 2) u mazivu (3). Za kretanje elementa 1 po elementu 2 neophodno je utrošiti odgovarajuću količinu rada (energije) na raskidanje formiranih frikcijskih veza.

Obzirom na postojanje sloja maziva, trenje može biti: suho i hidrodinamičko (trenje s mazivom, unutarnje, tekuće).



Slika 5. Karakteristični slučajevi trenja [7]

### **Suho trenje:**

Suho trenje (vanjsko) nastaje na dodirnim površinama dvaju elemenata, ono je međudjelovanje koje se suprotstavlja njihovom relativnom kretanju. U ovom slučaju ne postoji mazivo između tarnih površina, nego su one prekrivene suhim filmovima (produkti trošenja). Kod suhog trenja sila trenja je posljedica međudjelovanja (suprotstavljanja) mikroneravnina na kontaktnim površinama elemenata. Visoke temperature na površinama, koje su posljedica velikih specifičnih tlakova, uzrokuju pojavu mikrovarova, odnosno dolazi do vezivanja elemenata na molekularnoj razini. Relativnim kretanjem elemenata mikrovarovi se kidaju i smicanjem se kidaju čestice materijala (produkti trošenja). Primjer suhog trenja kod vozila su kočnice i spojke

U slučaju suhog trenja je veličina stvarne dodirne površine jako važna jer određuje veličinu specifičnih tlakova obzirom da se sila koju jedan par prenosi raspodjeljuje na stvarnu površinu dodira, koju određuje kvaliteta obrade te površine. Dakle, geometrijski iste dodirne površine mogu, ovisno o finoći obrade (ili uhodavanja), imati različite stvarne dodirne površine. Čisto suho trenje se može ostvariti samo u laboratorijskim uvjetima, jer u realnoj sredini uvijek postoji i treći sloj, a to je vlaga ili prašina u zraku.

### Hidrodinamičko trenje:

Hidrodinamičko trenje (unutarnje, tekuće, trenje s mazivom) se javlja kada su kontaktne površine razdvojene stalnim slojem maziva (ulje). Ovisno o vrsti i debljini sloja maziva može doći do pojave [4]:

- hidrodinamičkog podmazivanja
- graničnog podmazivanja
- EP podmazivanja (Extended Pressure)

U slučaju hidrodinamičkog podmazivanja, nema direktnog dodira površina, a samim tim ni površinskog trenja. U tom je slučaju debljina uljnog filma ( $h$ ) veća od zbroja visina neravnina mikroprofila oba elementa ( $h_1, h_2$ ).

$$h > h_{1\max} + h_{2\max}$$

Zbog unutarnjeg trenja svaki fluid pruža otpor relativnom kretanju svojih čestica razmjerno brzini tog kretanja. Trenje uglavnom ovisi o viskoznosti ulja, a indeks viskoznosti je utjecaj temperature na viskoznost.

Javlja se kod kliznih ležajeva i koljenastog vratila u stacionarnom režimu rada.

Granično podmazivanje predstavlja prijelaz između vanjskog i unutarnjeg trenja. Javlja se između kliznih površina kada postoji veoma tanak sloj uljnog filma ( $0,1 \mu\text{m}$ ), koji ne razdvaja površine kao kod hidrodinamičkog podmazivanja, već se mijenjaju uvjeti trenja. Ovdje je osnovna kvaliteta maziva mazivost, koja se izražava kroz osobinu maziva da penetrira i apsorbira (površinski se vezuje) u neravnine mikroprofila na metalnim površinama, a ostvaruje se pomoću aditiva.

Izraziti primjeri graničnog podmazivanja su:

- klip – cilindar
- vodilica ventila – ventil i sl.

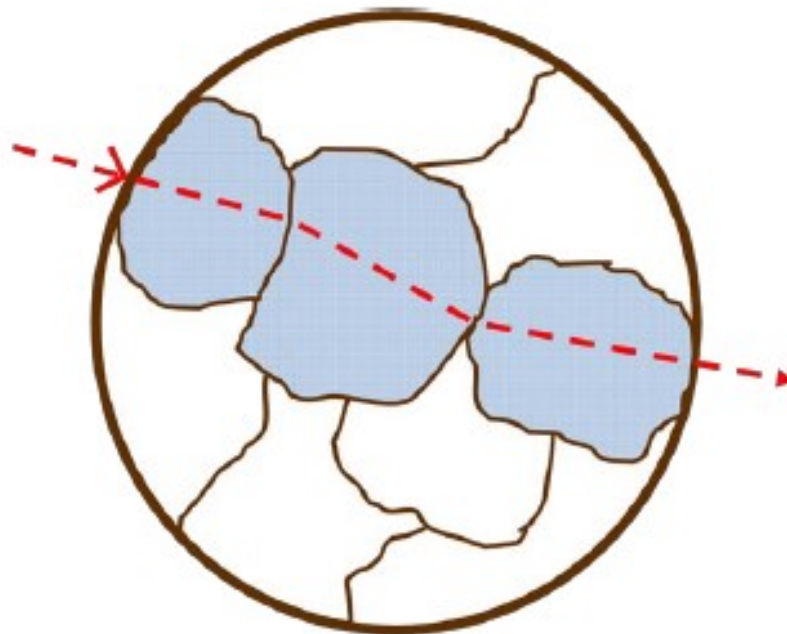
Extended Pressure podmazivanje se javlja u uvjetima ekstremno visokih tlakova. U takvim uvjetima je nužna primjena specijalnih ulja s aditivima koji se na mjestima visokih tlakova, samim tim i temperatura, kemijski vezuju na metalne površine s ciljem njihove zaštite, stvarajući tvrde spojeve s metalom u obliku sulfida, fosfida i klorida. Ulje u ovom

slučaju ima funkciju prijenosa aditiva do mjesta na kojima se javljaju tlakovi (diferencijal, mjenjač).

U pogledu trajnosti za elemente motora vozila je najpovoljnije hidrodinamičko podmazivanje jer su kontaktne površine odvojene slojem ulja, praktično ne postoji trošenje tarnih površina, a samim tim su i gubitci snage i brzina trošenja najmanji.

### 2.2.2. Zamor

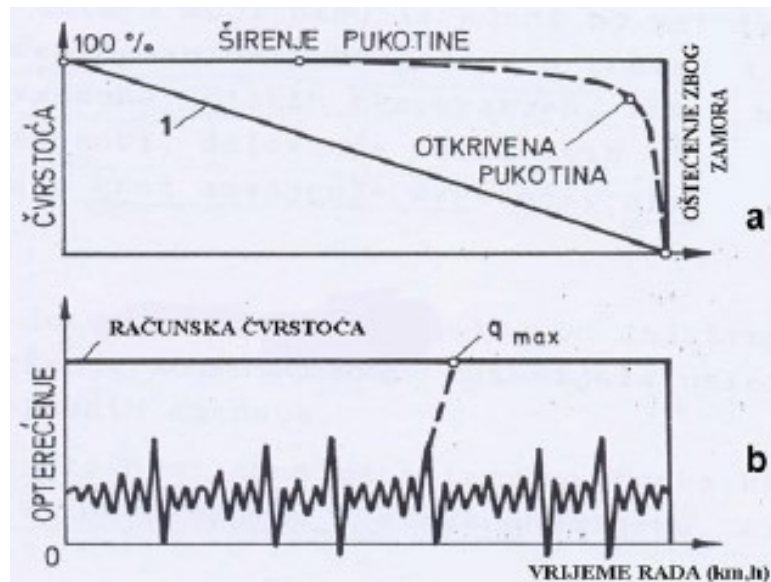
Zamor je proces stupnjevitog pogoršavanja karakteristika materijala zbog višekratnog djelovanja promjenjivih opterećenja što uzrokuje pojavu pukotina ili krtog loma. Uvijek počinje na najopterećenijem mjestu (koncentracija napona) i u jednom metalnom zrnju. Višekratnom promjenom opterećenja ono gubi sposobnost deformacije, naponi dostižu vrijednost zatezne čvrstoće, javlja se prva mikropukotina koja prerasta u makropukotinu u cijelom metalnom zrnju. Spajanjem pukotina u susjednim zrnima prijelom se zbog zamora širi od jednog do drugog zrna [4].



Slika 6. Transkristalni prijelom zbog zamora [4]



Nakon određenog vremena prijelom (pukotina) zahvaća veći dio presjeka. Tada u preostalom dijelu i normalno opterećenje stvara napone identične vrijednosti čvrstoće materijala te dolazi do prijeloma. Prijelom ima dvije različite površine: zamorom prelomljeni dio izgleda glatko i mat je, dok je završni lom hrapaviji, krupnozrnast i sjajniji.



Slika 7. Promjena stanja materijala zbog zamora [8]

Na slici 7 prikazana je promjena stanja materijala zbog zamora u dva slučaja. Slučaj „a“ karakterizira promjenu osobina materijala zbog zamora do trenutka razaranja, kada je čvrstoća jednaka nuli. U ovom slučaju promjena karakteristika zbog zamora ovisi o vremenu rada, stupnjevitom akumulacijom oštećenja. Slučaj „b“ prikazuje promjene eksploatacijskih opterećenja koja djeluju na element s promjenjivim amplitudama i srednjim opterećenjem  $q$ . Eksploatacijska opterećenja ne dostižu graničnu vrijednost (računska čvrstoća) pri kojoj bi lom bio trenutan.

Opterećenje  $q_{max}$ , koje izaziva kvar elementa, uglavnom je posljedica nepravilne uporabe, može nastati u bilo kom trenutku eksploatacije, neovisno o vremenu rada elementa, pa vjerojatnost pojave loma (kvara) ovisi o vjerojatnosti ove pojave, a ne o vremenu rada. Dakle, kao posljedica zamora, mogu nastati dvije vrste kvarova [8]:

- kvar koji nastaje zbog stupnjevite akumulacije oštećenja
- iznenadni kvar kao posljedica opterećenja preko dozvoljene vrijednosti

### 2.2.3. Korozija

Korozija je razaranje materijala pod utjecajem vlažnosti zraka i atmosferskih zagađivača. Nastaje u unutrašnjosti šupljina, zatvorenim profilima, podovima, donjim rubovima vrata, na varenim spojevima, itd. Širi se od unutrašnjosti k vanjskim (vidljivim) dijelovima, te uzrokuje slabljenje vitalnih elemenata i smanjuje čvrstoću cijelog vozila. Prema fizičko – kemijskom mehanizmu nastanka osnovni vidovi korozije su kemijska i elektrokemijska.

Elektrokemijska korozija je najrasprostranjenija u prirodi, a procesi nastajanja su slični procesima u galvanskom elementu, gdje se kemijska energija pretvara u električnu. Kada se dva metala s različitim elektrokemijskim potencijalima (nejednorodnost metala) potope u neki elektrolit nastaje električna energija koja odvaja i odvodi atome slabijeg metala u rastvor. Slabiji metal, dakle, anodno odlazi u rastvor, a jači kao katoda biva zaštićen. Najčešći elektroliti su voda i vodeni rastvori kiselina i soli [4].



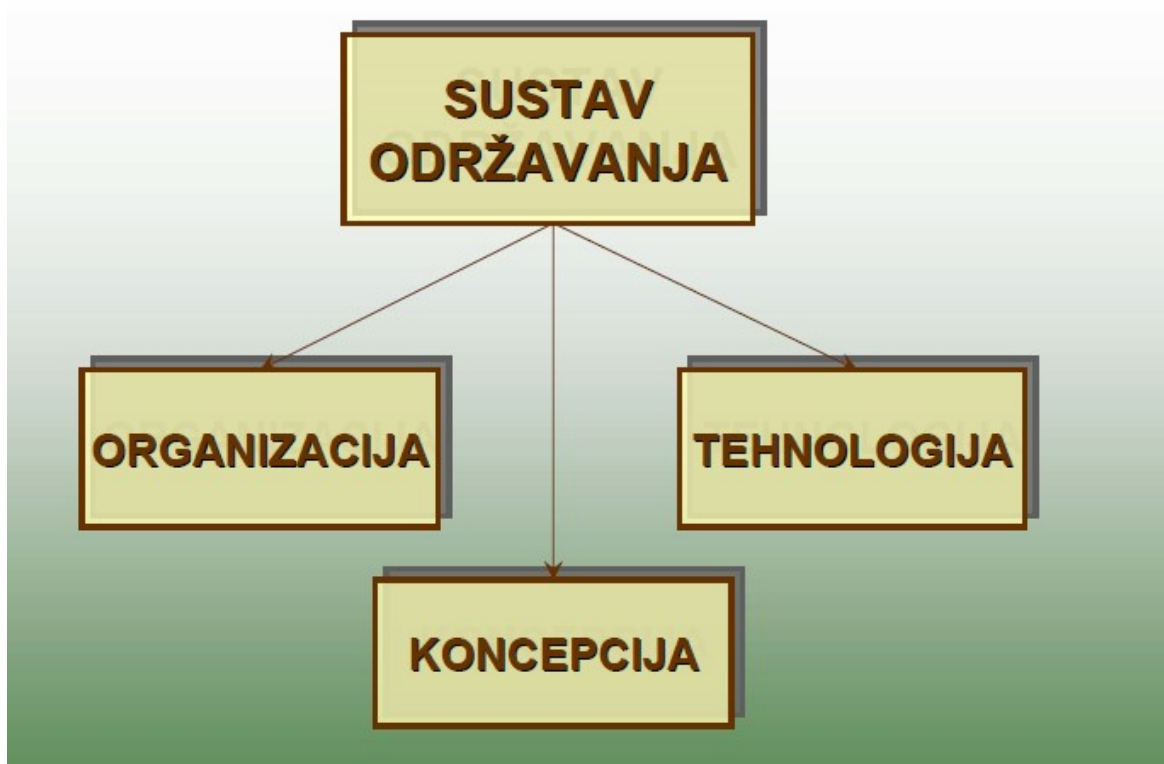
Slika 8. Oblici korozije ovisno o procesu nastanka [4]

### 3. SUSTAV ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA

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.

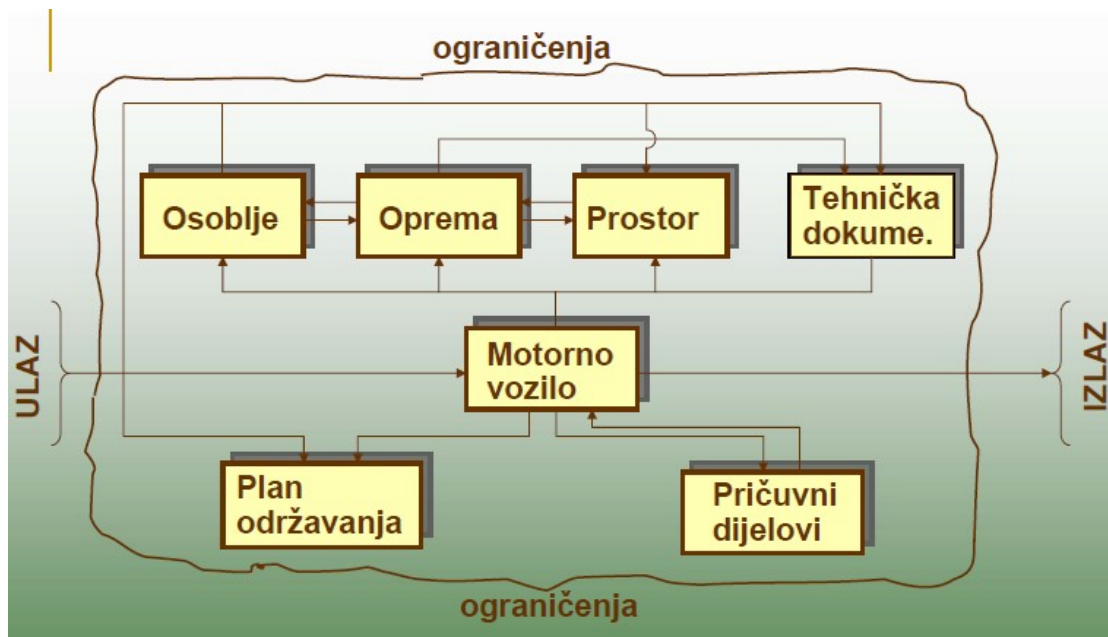
Održavanje motornih vozila je složeni organizacijsko-tehnološki sustav, gdje svaki element sustava ima vlastite karakteristike i parametre stanja. Elementi sustava su međusobno povezani i ovise jedan o drugome, definirani su ograničenjima, od kojih su najvažniji maksimalno dozvoljeni troškovi održavanja [1].



Slika 9. Osnovna obilježja sustava održavanja [1]

Najvažnije karakteristike i parametri elemenata sustava sa stajališta održavanja su [1]:

- Motorna vozila
  - broj vozila,
  - intenzitet otkaza ,
  - funkcija gustoće stanja u otkazu,
  - koeficijent eksploatacije,
  - srednje vrijeme preventivnog održavanja,
  - srednje vrijeme korektivnog održavanja,
  - potencijalni postotak dnevnih gubitaka.
- Osoblje
  - potreban broj,
  - troškovi,
  - sposobnost (obučenost, dob, motiviranost, itd.).
- Oprema
  - vrste kompleta,
  - osiguranost opremom,
  - složenost,
  - pogodnost (za rukovanje, svrsishodnost, točnost, otpornost, itd.).
- Prostor za održavanje
  - stupanj ostvarenosti posebnih uvjeta za rad,
  - troškovi prostora.
- Pričuvni dijelovi
  - koeficijent popunjenosti,
  - popunjenost po normativu,
  - troškovi.
- Tehnička dokumentacija
  - dostupnost,
  - pogodnost.
- Plan održavanja
  - metoda planiranja,
  - stupanj realizacije plana.



Slika 10. Pojednostavljeni prikaz održavanja kao složenog sustava [1]

Sustav održavanja određenog tehničkog sustava može biti realiziran na više različitih načina ili u više različitih varijanti s toga bitna obilježja određene varijante sustava su sadržana u koncepciji sustava održavanja [1].

### 3.1. Koncepti održavanja cestovnih vozila

Koncepcija je najvažnije obilježje sustava održavanja koje bitno utječe na opću kvalitetu sustava održavanja. Može se definirati kao princip donošenja odluke o vremenu i načinu provođenja postupaka (aktivnosti) održavanja.

Osnovni zadatak održavanja u poduzećima je smanjenje broja zastoja, a postiže se dobro odabranom strategijom (koncepcijom) održavanja, koja će ovisiti o [1]:

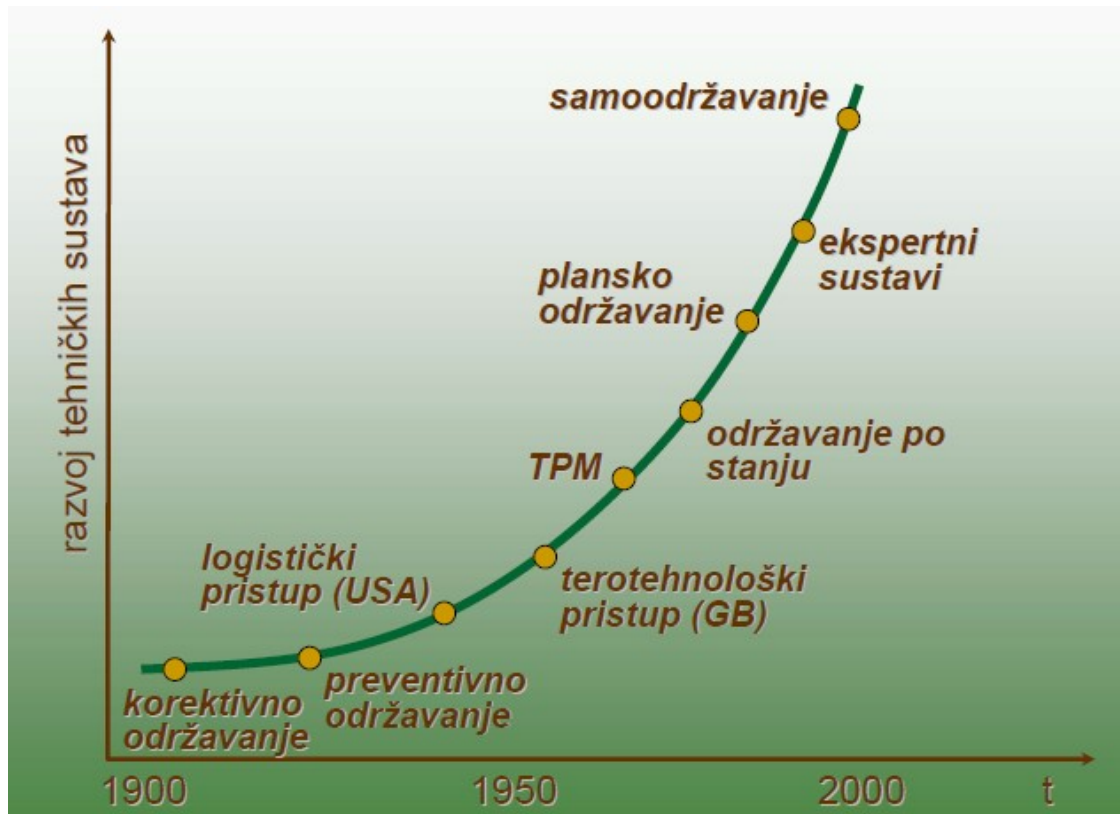
- zahtjevima proizvođača,
- okruženju,
- mogućnosti korisnika,
- uvjetima eksploatacije.

Po izboru odgovarajuće strategije, a s ciljem učinkovitog upravljanja održavanjem slijedi:

- razrada tehnoloških procesa održavanja za planirane radove
- planiranje izvođenja definiranih radova i logičkih potpora

- praćenje stanja opreme, zastoja i troškova

Tako se postiže osnovni cilj tvrtke ili užeg proizvodnog procesa, a to je minimalizacija zastoja („stanja u otkazu“) uz optimalna ulaganja potrebnih resursa.



Slika 11. Razvoj pristupa i koncepta održavanja [1]

Danas u svijetu postoji više metoda i konceptata održavanja, od kojih se mogu izdvojiti:

- korektivno održavanje
- preventivno održavanje
- terotehnoški pristup održavanju
- logistički pristup održavanju
- totalno produktivno održavanje
- održavanje po stanju
- plansko održavanje
- pouzdanosti usmjereno održavanje
- ekspertni sustavi
- samoodržavanje

### 3.1.1. Korektivno održavanje

Korektivno održavanje je najstariji pristup održavanju. Metoda korektivnog održavanja nastala je sa prvim počecima održavanja, a razvijala se skladno sa razvojem tehnike i tehnologije.

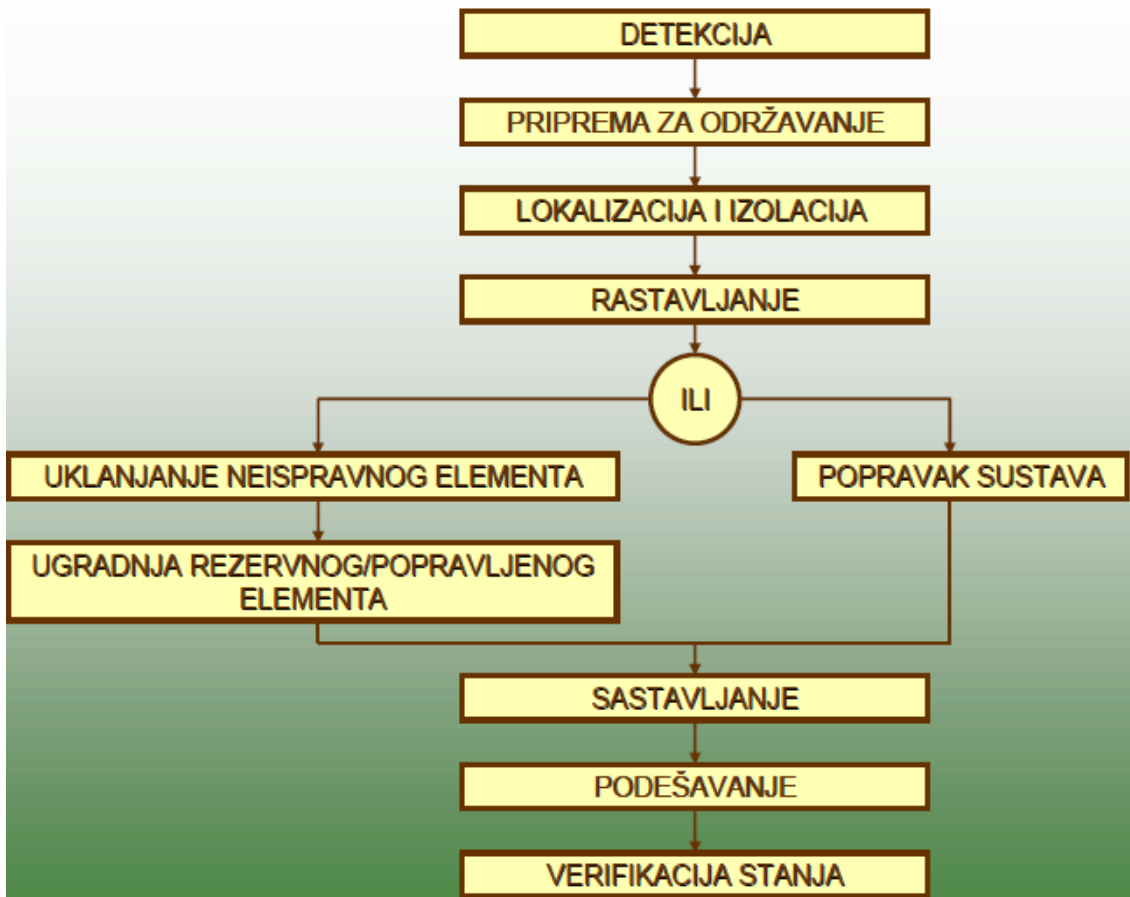
Korektivno održavanje je održavanje koje se izvodi poslije otkrivanja greške koja može a i ne mora dovesti do otkaza, kada podaci o stvarnom stanju nisu poznati. Kako je pojava otkaza slučajna, korektivno održavanje se ne može planirati.

Dakle pod korektivnim održavanjem podrazumijeva se 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 otkaza (neispravnosti-kvara),
- dijagnoza stanja,
- korektivna akcija (popravak),
- verifikacija (provjera stanja).



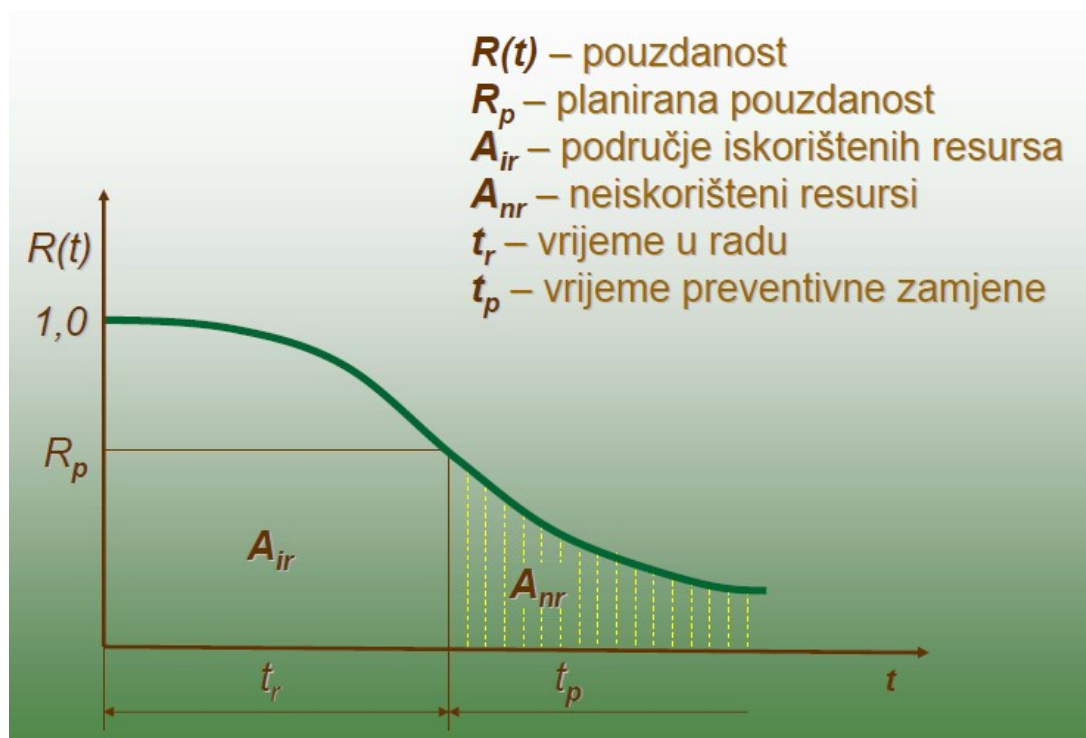
Slika 12. Korektivni ciklus održavanja [1]

Osnovni nedostaci korektivnog održavanja su:

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

Za razliku od preventivnog, kod korektivnog održavanja postiže se potpuno iskorištenje resursa sastavnih dijelova vozila (dio radi do kvara), nisu potrebna saznanja o stanju dijelova ili sklopova u radu. Posebno ekonomski pokazatelji potvrđuju nedostatke korektivnog održavanja i upućuju na potrebe uvođenja preventivnog održavanja. Danas se pristup („čekaj i vidi“) primjenjuje za pomoćnu, manje bitnu opremu, čiji zastoj ne utječe direktno na proizvodni proces [9].





Slika 13. Iskorištenje resursa elemenata [1]

### 3.1.2. Preventivno održavanje

Općenito preventivno održavanje u svim sektorima razvija se u Americi nakon II. svjetskog rata. Ukratko se opisuje kao održavanje po planu, prije pojave otkaza. Službe održavanja obavljaju periodične preventivne zadatke u dogovoru s pripremom proizvodnje kako bi stroj ili linija bila zaustavljena.

Stručnjaci su izradili univerzalni katalog svih pozicija i sklopova opreme s preporukama kad i što se preventivno obavlja. Ovaj pristup traži velika sredstva (materijal, pričuvni dijelovi i stručnjaci) i uvjet je često plansko zaustavljanje opreme (nepovoljno za procese i visoko produktivne sustave). Iz SAD-a se proširilo po cijelome svijetu i postalo je podloga svim kasnijim suvremenim koncepcijama [1].

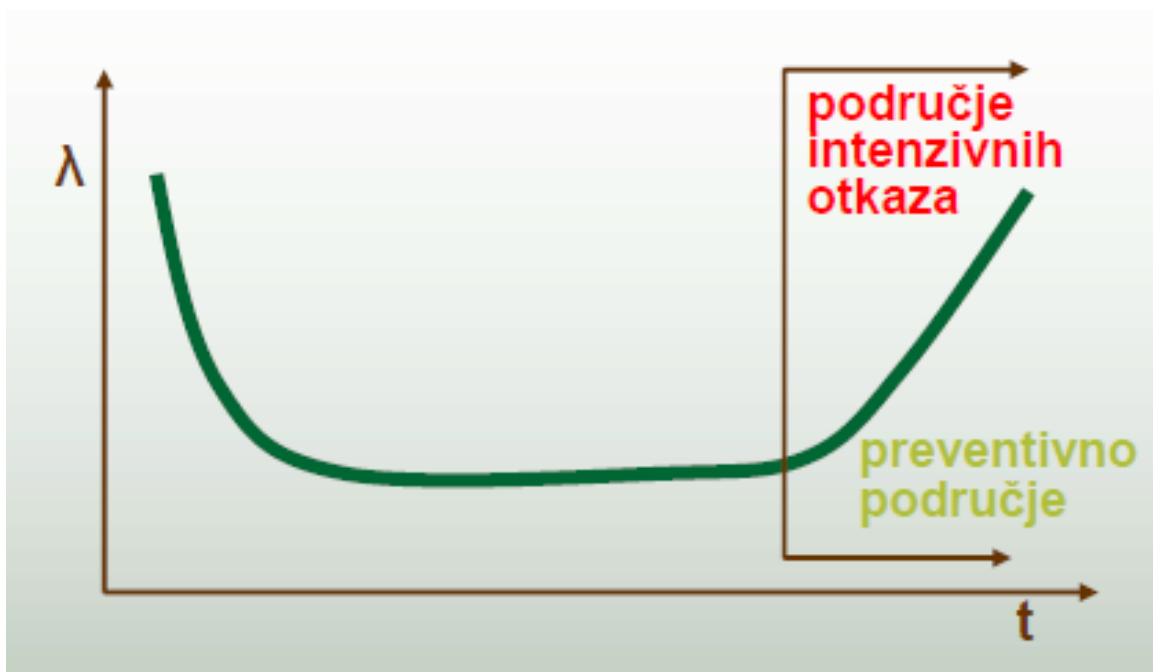
Kod preventivnog održavanja cestovnih vozila postupci samog održavanja provode se u planiranim vremenskim intervalima, prije pojave otkaza s ciljem njihovog sprječavanja ili odlaganja.

Ovaj način omogućava konstantno i sigurno poznavanje podataka o tehničkom stanju vozila, a obuhvaća:

- periodična ispitivanja,
- praćenje stanja,
- opsluživanje,
- zamjenu elemenata,
- kontrolu stanja.

Održavanje se unaprijed planira, a zadatak mu je sprječavanje degradacije karakteristika, smanjenje intenzitet (učestalost) kvara  $\lambda$  i produljenje vijeka trajanja vozila u eksploataciji.

Preventivno održavanje umanjuje mogućnost pojave iznenadnih otkaza s katastrofalnim posljedicama. Preventivne zamjene su smislene ako je intenzitet kvarova  $\lambda$  rastuća funkcija u vremenu odnosno ako je element ušao u područje poznih otkaza (trošenje, zamor, i dr.). Ako vi se preventivna zamjena vršila prije početka rasta intenziteta kvarova, u području normalne uporabe gdje je intenzitet konstantan ( $\lambda = \text{const.}$ ), ugradnja novog elementa neće smanjiti vjerojatnost pojave otkaza u narednom trenutku, čak može biti i veća zbog mogućih ugrađenih grešaka ili drugih oblika „radnih neispravnosti“.



Slika 14. Krivulja intenziteta otkaza [1]

Preventivne zamjene treba vršiti kada je element „odradio“ veći dio vijeka, kada je vjerojatnost pojave njegovog otkaza u narednom trenutku relativno visoka.

Otkazi će se pojaviti i prije perioda preventivne zamjene, a rješavaju se korektivnim održavanjem što znači da se u preventivnoj koncepciji, uz preventivne zamjene, obavljaju i određeni korektivni postupci [1].

### 3.1.3. Terotehnološki pristup održavanju

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 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

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 [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. Terotehnološki pristup proučava troškove proizvodnog sustava za razliku od ekonomskog pristupa kojeg zanimaju samo troškovi proizvoda.



Slika 15. Ukupni troškovi u «životnom vijeku» tehničkog sustava [10]

#### 3.1.4. Logistički pristup održavanju

Razvilo se u SAD-u, približno u isto vrijeme kao terotehnološki pristup održavanju u Europi vezano uz vojni termin kao logistička potpora pri izvođenju vojnih akcija. U ovom području, pristup se odnosi kao logistička potpora proizvodnji i instaliranoj opremi.

Oprema se promatra od prvih ideja o projektiranju, u proizvodnji te pri korištenju kroz dug proces. Osnovna ideja je učiniti sve u prve dvije faze kako bi oprema (sustav) bila podobna za održavanje i imala visoki stupanj pouzdanosti radi učinkovite i ekonomičke eksploatacije [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.

Osnovni logistički parametri potrebni za odabrani koncept održavanja su definirane veličine koje se određuju računski [2]:

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

#### 3.1.5. Totalno produktivno održavanje

Totalno produktivno održavanje (TPM – Total Productive Maintenance) prvi je primijenio Seiichi Nakajima u Japanu početkom 70-tih godina prošlog stoljeća. Takav se sustav primjenjuje u visoko automatiziranoj masovnoj industriji kao što je Toyota.

Ideja totalno produktivnog održavanja je povjeravanje niza aktivnosti održavanja rukovateljima opreme koji čine male grupe s definiranim „input – outputima“ pa prema tome sigurno najbolje motiviranima za maksimalnu raspoloživost opreme. Efektivnost ovisi o uspjehu cijele grupe unutar tvrtke.

TPM na zapad Europe dolazi 80-tih godina, a uvodi ga Renault i smanjuje zastoje opreme za 20 – 30 % [1].

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 [2]:

- 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, [2]:

- 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.

#### 3.1.6. Održavanje po stanju

Održavanje po stanju može se svrstati u dio preventivnog održavanja nastao 70-tih godina prošlog stoljeća zahvaljujući razvoju elektronike.

Za takvu vrstu održavanja koristi se dijagnostička oprema te je moguće mjerenje parametara stanja i odluka o postupcima održavanja. Prikupljanje mjerenih veličina, obrada i točna interpretacija rezultata pomaže u prognozi stanja u budućnosti.

Za razliku od preventivnog periodičnog (kad i što), ovdje su poznati ciklusi mjerenja, a postupci održavanja ovise o dobivenim rezultatima dijagnostike. Rezultat svega toga su manji troškovi održavanja i manji broj zastoja [1].

#### 3.1.7. Plansko održavanje

Plansko održavanje koristi se često u praksi. To je kombinacija preventivnog i korektivnog održavanja u omjeru koji odgovara određenoj tvrtki.

Stručnjaci održavanja, osim korektivnog, izabiru neki od preventivnih modula: planski popravci, preventivni pregledi, plansko podmazivanje, traženje i otklanjanje slabih mjesta, održavanje prema stanju i sl. ovisno o zahtjevima sustava (opreme), proizvodnog procesa, raspoloživog stručnog osoblja i sl.

### 3.1.8. 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 [2] :

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

### 3.1.9. Ekspertni sustavi

Ekspertni sustavi razvijaju se 80-tih godina prošloga stoljeća zahvaljujući razvoju hardware-a i software-a. Moguće temeljem kreirane baze podataka (mogući kvarovi, znanja o stručnjaka o mogućim rješenjima) doći do informacija o potrebnim zahvatima održavanja.

Tako dobivene informacije su zapravo radni nalozi za obavljanje definiranih popravaka [1].

Značajni rezultati istraživanja ekspertnih sustava postignuti su u svemirskoj i vojnoj industriji. Ekspertni sustav definiran je slijedećim karakteristikama [2]:

- 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 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 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 [2].

### 3.1.10. Samoodržavanje

Samoodržavanje možemo nazvati kao koncepciju bliske budućnosti temeljenoj na nizu ekspertnih sustava koji daju informaciju o otkazu na nekoj robotiziranoj tehnološkoj liniji sastavljenoj od modula. Ta informacija će inicirati zamjenu modula, koju će izvršiti robot, a neispravni će se modul poslati na obnavljanje (specijalizirana radionica). To je linija uz vrlo kratki zastoj te se rad može nesmetano nastaviti.

Zamjena modula ili sklopova u održavanju se naziva agregatna zamjena, nebitno je li je obavlja radnik ili robot [1].

## 3.2. Modeli preventivnog održavanja cestovnih vozila

Modeli su matematički izražen odnos određenih parametara sustava održavanja. Model mora uvažiti određene pretpostavke ili uvjete, a može biti podložan i određenim ograničenjima.

Modeli se koriste za optimizaciju sustava s gledišta određenih kriterija, s ili bez ograničenja, a primjena im ovisi o tome [1]:

- jeli intenzitet otkaza elementa konstantan ili je rastuća funkcija vremena,
- jesu li troškovi korektivnog održavanja manji ili veći od troškova preventivnog,
- može li se definirati odgovarajući parametar tehničkog stanja ili mogućnosti dijagnosticiranja,
- jeli srednje vrijeme korektivnog manje ili veće od srednjeg vremena preventivnog održavanja.



Ako se za određene elemente zna da im je intenzitet otkaza rastući i da su troškovi korektivnog održavanja veći od troškova preventivnog, tada se primjenom modela preventivnog održavanja dobiju optimalni periodi održavanja uz minimiziranje troškova [1].

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 [2]:

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

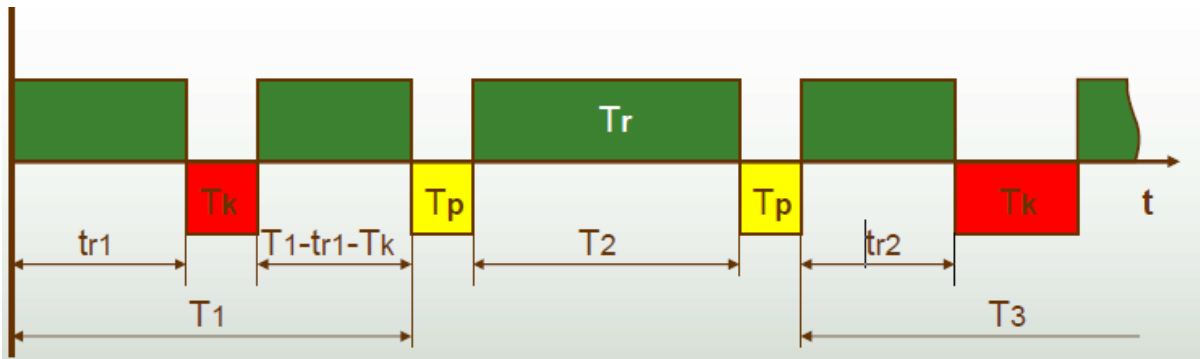
### 3.2.1. Preventivno održavanje po periodici ili konstantnom ciklusu

Preventivni model po zadanoj periodici ili konstantnom ciklusu može se podijeliti na [1]:

- periodični model održavanja prema pojedinačnom sastavnom elementu,
- pravovremeni ili model održavanja na temelju stanja sklopa, podsklopa odnosno više sastavnih elemenata,
- adaptivni ili model na temelju stanja pojedinačnih elemenata i grupe elemenata i sklopova.

#### **Periodični (individualni) model**

Zadatak periodičnog (individualnog) modela je da pretpostavlja poznavanje podataka o raspodjeli otkaza i troškovima održavanja pojedinih sustavnih elemenata. Postupci održavanja se izvršavaju neposredno prije pojave otkaza, na temelju unaprijed definirane periodike. Optimalan je ako se svi elementi promatraju kao statistički neovisni, a intenzitet pojave otkaza svakog elementa je rastući.



Slika 16. Vremenska slika stanja periodičnog modela [1]

Na slici 16 može se utvrditi da tijekom eksploatacije vozila promatrani element radi ispravni, ali mu se stanje pogoršava tijekom vremena. U nekom slučajnom trenutku vremena može doći do otkaza, pa se mora obaviti korektivno održavanje prema vremenu  $T_k$ . Nakon obnavljanja, element, a i vozilo, su ispravni i izvršavaju funkciju namjene u intervalu  $T_1 - tr_1 - T_k$ . Zatim dolazi preventivno održavanje, koje s određenim stupnjem povjerenja garantira ispravan rad u vremenu  $T_2$  do ponovnog preventivnog održavanja. Za ovakvu vremensku sliku stanja nije moguće točno predvidjeti trenutak otkaza elementa koji se preventivno zamjenjuje nakon intervala  $T_1, T_2, \dots, T_i \dots$  ili nakon pojave otkaza.

Zamjena elementa prije pojave otkaza je ekonomski opravdana samo ako funkcija intenziteta otkaza raste s vremenom i ako su troškovi preventivne zamjene manji od korektivnog održavanja.

Karakteristika čistog periodičnog modela je zamjena elementa kada dođe do otkaza ili nakon određenog vremena ( $T_i$ ), odnosno broja prijeđenih kilometara (zamjena ulja, filtera, ...). Vremenski intervali preventivnih zamjena su jednaki.

Blok zamjena je pojam koji se može definirati ako se preventivna zamjena obavlja uvijek nakon točno precijedenih kilometara ili vremena rada, neovisno da li je ili nije izvršena korektivna zamjena između dvije preventivne.

U praksi vrijedi sekvencijalni periodički model gdje se period  $T$  stalno mijenja nakon svake zamjene, a cilj je minimalizacija troškova održavanja. Preporuča se kada se kod zamjene elemenata koji su rezultat brzih tehnoloških promjena ugrade savršeniji, kvalitetniji i pouzdaniji ugrađeni elementi poboljšavaju karakteristike cijelog vozila, a ne samo sustava [1].

Za periodični model općenito vrijedi [1]:

- interval preventivnog održavanja se karakterizira veličinom  $T$  (broj prijeđenih kilometara ili vrijeme rada)

- element se mijenja poslije isteka vremena  $T$  ili ako nastupi otkaz neovisno što se prije toga dogodilo
- intenzitet otkaza ima rastući karakter
- zamjenom elementa se smatra da je vozilo potpuno ispravno (kao novo)

### **Pravovremeni model**

Ako su elementi međusobno stohastički ovisni, tada je opravdana i preporučljiva primjena preventivnog održavanja odnosno zamjena više sastavnih elemenata odjednom (niži troškovi nego pri pojedinačnim neovisnim zamjenama svakog elementa).

Spomenuti model je optimalan ako su raspodjele pojave otkaza sastavnih elemenata stohastički ovisne ili ako su troškovi zamjene više elemenata manji od ukupnih troškova zamjene svakog elementa pojedinačno [1].

### **Adaptivni model**

Za razliku od periodičnog i pravovremenog modela, gdje je za određivanje vremena provedbe preventivnog održavanja neophodno [1]:

- raspolagati podacima o raspodjeli vremena do pojave otkaza pojedinih elemenata,
- podacima o troškovima održavanja.

Kod adaptivnog modela ti podaci nisu poznati već se periodika održavanja definira na temelju pretpostavljenih podataka.

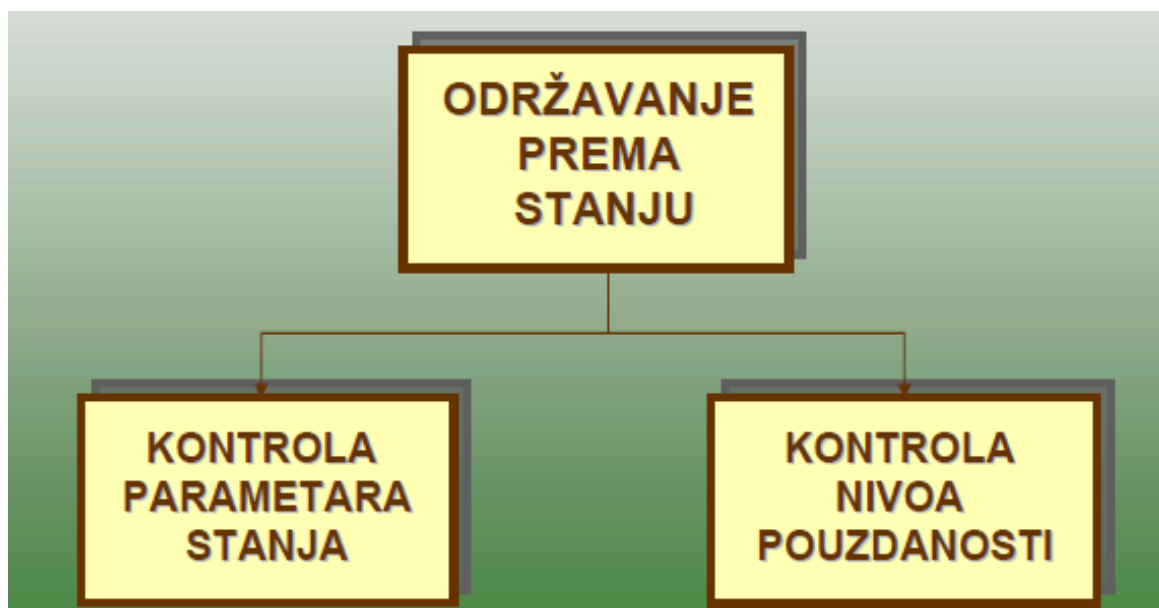
Ovaj se model primjenjuje kod vozila koja se tek uvode u eksploataciju pa se ti podaci skupljaju tijekom eksploatacije. Praćenjem vozila korigira se utvrđena periodika za svaki naredni preventivni pregled.

Model nije optimalan, primjenjuje se do trenutka kada se saznaj sve informacije za matematičko modeliranje i određivanje periodike pravovremenog ili periodičnog modela preventivnog održavanja.

### 3.2.2. Preventivno održavanje po stanju

Preventivno održavanje prema stanju izvodi se po potrebi, na temelju rezultata dijagnostike stanja i prognoze. Kako je prognoza pojave otkaza između dvije kontrole stanja, vrši se preventivna zamjena ili popravak, s toga pozitivni efekti ovakvog tipa održavanja su [1]:

- smanjenje troškova i vremena održavanja zbog blagovremenih intervencija,
- pouzdanost i operativna raspoloživost se odražavaju na zadanom nivou u okviru dozvoljenih troškova,
- akše planiranje održavanja,
- blagovremeno uočavanja kritičnih mjesta u konstrukciji i prevencija pojave katastrofalnih otkaza,
- mogućnost usavršavanja konstrukcije uklanjanjem nedostataka i modifikacijom kritičnih elemenata.



Slika 17. Varijante održavanja prema stanju [1]

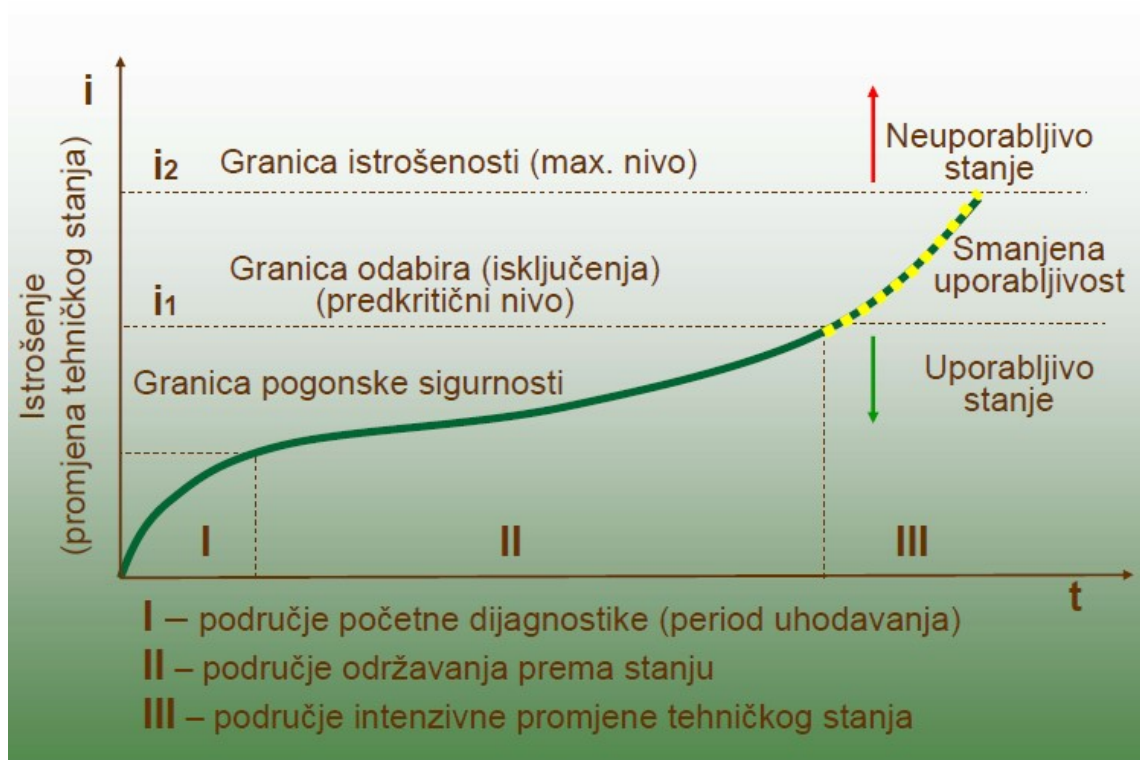
## Kontrola parametara stanja

U kontrola parametara stanja spadaju stalna ili periodična kontrola i mjerenje vrijednosti parametara koji određuju stanje elemenata sklopova.

Veličina koja karakterizira promjenu stanja je fizička, lako mjerljiva, transformira se i obrađuje digitalnom opremom s toga treba imati podatke o kritičnim (graničnim) nivoima s gledišta tehničkih karakteristika.

Odluka o postupcima održavanja se donosi kada vrijednosti kontroliranih parametara dostignu kritičnu granicu ili kritičan nivo. Promjenu vrijednosti uzrokuje stohastičan proces koji se karakterizira [1]:

- funkcijom gustoće raspodjele parametara stanja
- funkcijom gustoće raspodjele stanja u otkazu

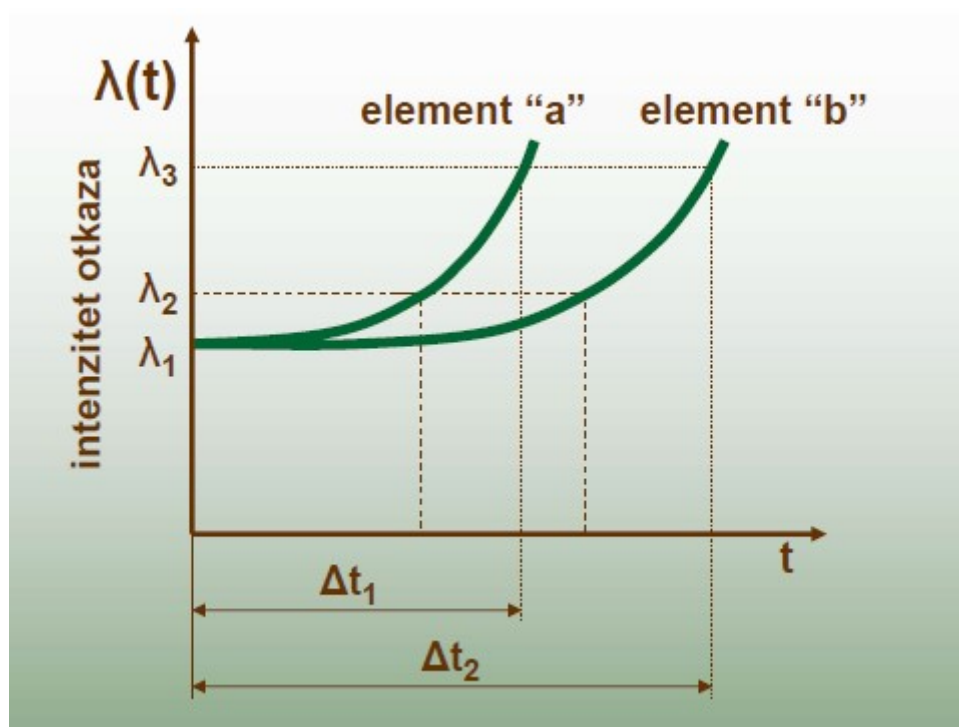


Slika 18. Granična stanja tehničkog sustava (vozila) [1]

## Kontrola nivoa pouzdanosti

Vozilo se koristi bez ograničenja međuremontnog resursa, ali se vrše određeni postupci održavanja radi otklanjanja nastalih otkaza sve dok se nivo pouzdanosti nalazi unutar dozvoljenih granica. Ako tijekom eksploatacije parametri pouzdanosti padnu ispod dozvoljenog (kritičnog) nivoa, vrše se aktivnosti preventivne zamjene kritičnih elemenata čime se podiže nivo pouzdanosti.

Kao mjerilo nivoa pouzdanosti najčešće se koristi intenzitet otkaza  $\lambda$ . Za početni period primjene ove varijante, utvrđivanje dozvoljenog nivoa pouzdanosti se vrši na temelju podataka iz tekuće eksploatacije, koji se prikupljaju pri obavljanju dnevnih, tjednih, mjesečnih, kvartalnih i godišnjih preventivnih pregleda. Pretpostavka uspješnosti je razvijen informacijski sustav koji podržava održavanje vozila te blagovremen, točan i uredan unos, praćenje i obradu podataka o parametrima pouzdanosti tijekom uporabe [1].



Slika 19. Usporedba funkcije intenziteta otkaza dvaju elemenata [1]

Na slici 19 iz usporedbe funkcija intenziteta otkaza u vremenu za element „a“ preporučljivo je održavanje prema stanju s kontrolom parametara stanja zbog puno brže promjene  $\lambda$ , a za element „b“ preporuča se model preventivnog održavanja s kontrolom nivoa pouzdanosti.

## 4. TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA

Tehnologija održavanja se može definirati kao način provođenja postupaka održavanja. Određuje kako se neki postupak treba obaviti i to za svaki nivo održavanja posebno [1]:

- kojim alatom,
- kojim redoslijedom,
- u kojem vremenu,
- s kojim stručnim osobljem.

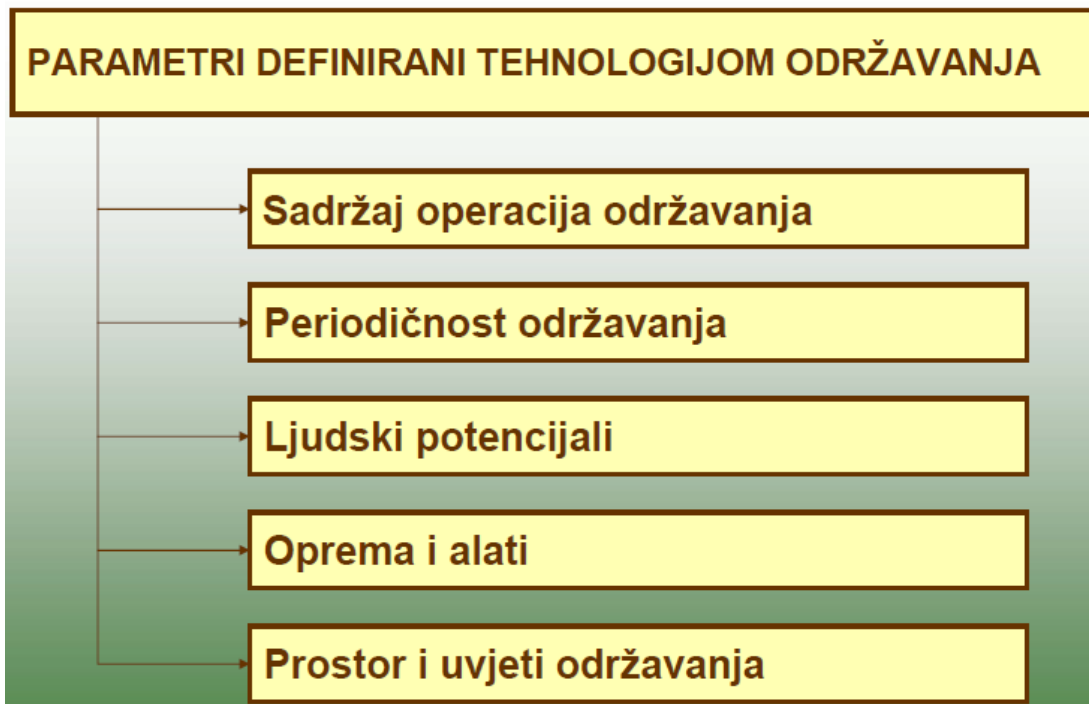
Primjena određene tehnologije najviše ovisi o:

- konstrukcijskoj složenosti vozila,
- opremljenosti radionice,
- osposobljenosti djelatnika,
- koncepciji i organizaciji sustava.

Problemi tehnologije se trebaju rješavati pri projektiranju radionice, a koja su posljedica metoda operacijskih istraživanja uz detaljne analize ekonomičnosti. Polazna osnova je detaljno razrađen postupak pojedinih radnih operacija uz jasno definiranje [1]:

- potrebe za opremom,
- prostorom,
- pomoćnim uređajima,
- radnom snagom (kvalifikacijama) i dr.

Tehnologija može biti za svaki pojedini slučaj rješenja na više načina. Njen izbor je veoma bitna faza u projektiranju sustava održavanja. Na izbor tehnologije bitno utječu i koncepcija i organizacija pa sustav održavanja treba projektirati jedinstveno, tražiti najpovoljnija rješenja optimizacijom, sistematizacijom i standardizacijom razina pojedinih zahvata održavanja, a time i tehnologija održavanja [1].



Slika 20. Elementi tehnologije održavanja [1]

S druge strane pojam organizacije sustava održavanja definira razine odnosno nivoe održavanja i međuovisnosti unutar njih izborom linijske, hijerarhijske ili kombinirane strukture. Ako je sustav složeniji, ima više kanala opsluživanja, organizacijska struktura je kompleksnija.

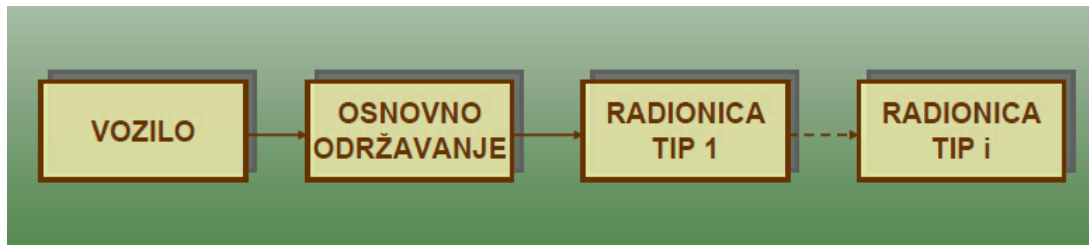
U organizacijskoj strukturi postoje vodoravne i okomite veze s jednoznačnom definicijom obaveza i kompetencije učesnika u tehnološkom procesu. Temeljni čimbenici organizacije su [1]:

- praćenje motornih vozila u procesu eksploatacije,
- izbor i metoda održavanja,
- planiranje i organizacija nadzora procesa održavanja,
- priprema i provedba tehnološkog procesa održavanja,
- organizacija transporta,
- potpora pričuvnim dijelovima i agregatima,
- odgovarajuća kvalifikacijska struktura radne snage.

Usklađenost i povezanost ovih elemenata daje optimalnu sposobnost sustava održavanja uz zadovoljenje ekonomskih i vremenskih kriterija.



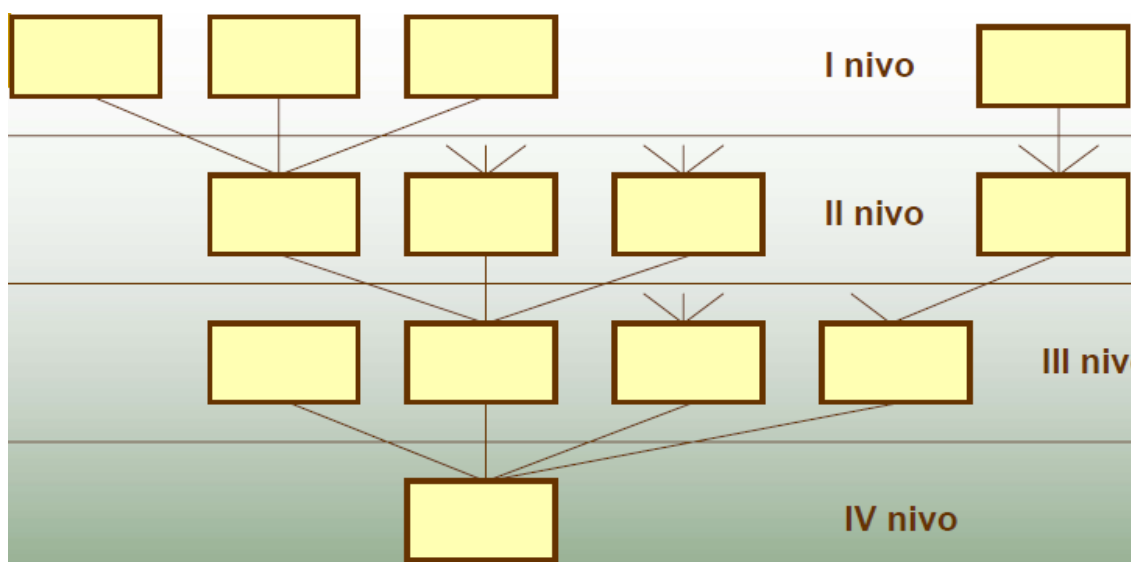
U upravljanju zalihama treba težiti k izjednačavanju ulaza i izlaza jer se disproporcijom i lošim gospodarenje pasiviziraju financijska sredstva, stvaraju se veći troškovi, elementi brže zastarijevaju i zauzimaju veći prostor te je potreban višak radne snage.



Slika 21. Osnovna linijska struktura održavanja [1]

Ova struktura je primijenjena jednostavnijim i ma njim zahtjevima u procesu održavanja. Pored osnovnog održavanja vrši se i određen broj preventivnih pregleda te manjih korektivnih zahvata, najčešće na mjestu nastanka otkaza. Primjenjuje se i za složene tehničke sustave koji se koriste pojedinačno ili u vrlo malim populacijama. Ne odgovara potrebama održavanja u velikim voznim parkovima.

Za velike transportne organizacije (brojan i raznovrstan vozni park) više odgovara hijerarhijska ili piramidalna struktura sustava održavanja. Organizirana je na nekoliko nivoa (najmanje dva, a najviše četiri) [1].



Slika 22. Hijerarhijska ili piramidalna struktura sustava održavanja [1]

Svaki viši nivo održavanja opslužuje određeni broj klijenata nižeg nivoa. Najviši nivo (IV – centralna ili središnja radionica) obavlja najsloženije postupke održavanja (najviši tehnološki nivo), često je to proizvođač vozila. Postoje i kombinacije ove dvije strukture, npr. u hijerarhijskoj za određeni tip vozila može postojati linijska struktura na nekom nivou održavanja [1].

## 5. 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.

Na vijek trajanja cestovnog vozila utječu mnogi elementi (tehnički, ekonomski eksploatacijski) te se javlja potreba za održavanjem vozila kako bi kroz što dulji radni vijek ona mogla obavljati svoju funkciju namjene. Preventivno održavanje predstavlja smišljeno unaprijed organizirano kako ne bi dolazilo do naglih otkaza u radu vozila ili u gorem slučaju otkaza drugih dijelova kao posljedice otkazivanja jednog dijela što povećava financijske troškove. 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.

Na razvoj održavanja u novije vrijeme znatno utječu sve složeniji sustavi, nastali uvođenjem računala za upravljanje procesima rada. Uvođenje računala u procese održavanja prisutno je u sve većoj mjeri, te je današnje održavanje gotovo nezamislivo bez masovne upotrebe računala u procesima rada. Razvijanjem sustava održavanja pridonosi se većoj efikasnosti i efektivnosti rada prijevoznog sredstva. Jedna od ideja je uvođenje robotskih sustava u sustav održavanja čime bi se smanjilo vrijeme samog održavanja.

Samo uz pravovremenu i pravilnu analizu i održavanje radnih performansi i drugih tehničkih parametara, prema uputama proizvođača, kao i zamjena pojedinih dijelova, produžava se vijek eksploatacije cestovnih motornih vozila koja u konačnici imaju za cilj financijsku isplativost.

## LITERATURA

- [1] Nastavni materijali s predavanja, Održavanje cestovnih vozila, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2017./2018.
- [2] Sebastijanović S. Osnove održavanja strojarских konstrukcija. Slavonski Brod: Strojarski fakultet; 2002.
- [3] Belak, S.: Terotehnologija, skripta, Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, Šibenik, 2004.
- [4] Papić, V., Mijailović, R., Momčilović, V.: Transportna sredstva i održavanje, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.
- [5] Duboka, Č.: Tehnologije održavanja vozila I, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [6] Rotenberg, R. V.: Osnovi nadežnosti sistem voditel – avtomobil – doroga – sreda, „Mašinstroenie“, Moskva, 1986
- [7] Maček, I. Primjena pogonskih sredstava, II dio, Tribologija i maziva, TŠC, Zagreb, 1978.
- [8] Gold, B.V. i dr.: Pročnost i dugovečnost avtomobilja, „Mašinstroenie“, Moskva, 1974.
- [9] Adamović, Ž., Todorović, J., Organizacija održavanja, OMO, Beograd, 1988.
- [10] Todorović J. Održavanje motornih vozila - osnovi teorije održavanja. Beograd: Mašinski fakultet; 1984.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Ciljevi i potciljevi održavanja .....	2
Slika 2. Uobičajene djelatnosti održavanja .....	3
Slika 3. Shema tribomehaničkog sustava .....	7
Slika 4. Tribomehanički sustav (kretanje jednog elementa po drugome) .....	7
Slika 5. Karakteristični slučajevi trenja .....	8
Slika 6. Transkristalni prijelom zbog zamora .....	10
Slika 7. Promjena stanja materijala zbog zamora .....	11
Slika 8. Oblici korozije ovisno o procesu nastanka .....	12
Slika 9. Osnovna obilježja sustava održavanja .....	13
Slika 10. Pojednostavljeni prikaz održavanja kao složenog sustava .....	15
Slika 11. Razvoj pristupa i koncepta održavanja .....	16
Slika 12. Korektivni ciklus održavanja .....	18
Slika 13. Iskorištenje resursa elemenata .....	19
Slika 14. Krivulja intenziteta otkaza .....	20
Slika 15. Ukupni troškovi u «životnom vijeku» tehničkog sustava .....	22
Slika 16. Vremenska slika stanja periodičnog modela .....	28
Slika 17. Varijante održavanja prema stanju .....	30
Slika 18. Granična stanja tehničkog sustava (vozila) .....	31
Slika 19. Usporedba funkcije intenziteta otkaza dvaju elemenata .....	32
Slika 20. Elementi tehnologije održavanja .....	34
Slika 21. Osnovna linijska struktura održavanja .....	35
Slika 22. Hijerarhijska ili piramidalna struktura sustava održavanja .....	35