

# POGODNOST ODRŽAVANJA IZABRANIH SPECIJALNIH KOMUNALNIH VOZILA

**Mr Goran Radočić, dipl. inž.**

**JKP „Mediana“ Niš**

**European Expert in Maintenance Management – EFNMS Certification**

*Rad razmatra pogodnost održavanja dve konstrukciono-tehničko-eksploatacione grupe vozila, danas veoma zastupljenih u Srbiji, u okviru jednog realnog, veoma složenog poslovnog sistema. Unutar posmatranog sistema egzistira veliki vozni park koji u sebi sadrži poseban sistem, grupu specijalnih vozila za odvoz smeća. Istraživanje je koncentrisano upravo na ovu grupu vozila. U istraživanju su korišćene dve statističke metode: empirijska i Vejbulova raspodela. Cilj istraživanja je da omogući menadžmentu validne informacije na osnovu kojih se mogu definisati strateške i razvojne odluke u domenu investicija. Takođe, očekuje se da rad inicira aktivnosti na istraživanju drugih karakterističnih grupa vozila u različitim okruženjima odnosno sistemima.*

*Ključne reči: pogodnost održavanja, konstrukciono-tehničko-eksploataciona grupa, specijalno komunalno vozilo, empirijska raspodela, Vejbulova raspodela.*

## UVOD

Mnoga komunalna preduzeća u Srbiji, a posebno ona u manjim mestima, imaju probleme sa brojnošću i strukturom svojih vozničkih parkova. Finansijske mogućnosti, kada su u pitanju investicione aktivnosti na obnavljanju i modernizaciji sredstava za rad (vozila), preduzeća koja se bave čistoćom i sakupljanjem otpada, nisu velike. Zbog niske cene svojih usluga, ili bolje, cene kojom se ne omogućuje razvojna funkcija, ova preduzeća, osim u velikim gradovima, često nisu u mogućnosti da sistematski i sveobuhvatno obnavljaju ali i kvalitetno održavaju svoje vozne parkove. Pre nekoliko godina, mnoga od ovih preduzeća, slične probleme, rešavala su oslanjajući se na sredstva iz donacije. Veoma često, ovi slučajevi su donosili probleme održavaocima voznog parka, zapravo, pojedincima angažovanim u održavanju ili službama za održavanje. Organi upravljanja u komunalnim preduzećima su, verujući da rešavaju probleme na postizanju kvaliteta pružanja usluge održavanja čistoće, koji su u velikoj meri proizvod nedostatka vozila, donosili odluke kojima su prihvatili ponude donatora, ne razmišljajući o mogućnostima pojave druge vrste problema, onih koji se odnose na održavanje tih istih vozila.

Odsustvo strategije i pojava neadekvatnih donacija uslovlili su pojavu raznolikosti voznih parkova što je samo po sebi prouzrokovalo dva problema: malu efektivnost i efikasnost nabavke rezervnih delova; nedovoljnu stručnu osposobljenost osoblja koje koristi i održava vozila; i time značajno otežali njihovo održavanje. Tako dolazimo do slučaja smanjenja pogodnosti održavanja ovako raznolikih voznih parkova sa većim brojem konstrukciono-tehničko-eksploatacionih grupa (KTE-grupa) i malim brojem jedinica po KTE-grupi u odnosu na kompaktan vozni park u kome figuriše izabrani broj KTE-grupa (jedan ili dva) u jednoj grupi složenih vozila (npr. u grupi složenih vozila za odvoz smeća). Složena vozila takođe mogu predstavljati svojevrstne KTE-grupe i to višeg nivoa. Izabrani broj KTE-grupa može zavistiti od specifičnosti organizacije koja se bavi pružanjem usluge. Grupe složenih vozila definišu se na osnovu namene nadgradnje ili radnog uređaja tj. na osnovu vrste procesa koji se obavlja primenom nadgradnje vozila.

Sa aspekta funkcije pogodnosti održavanja, interesantno je razmatrati sistem specijalnih vozila za sakupljanje, sabijanje i transport smeća **S**, čiji je predstavnik dat na sl.1, a koji predstavlja deo sistema sakupljanja smeća u komunalnom preduzeću grada koji obuhvata oko 220.000 korisnika usluge sakupljanja smeća. Pojam „specijalno vozilo“ odnosi se na složeno vozilo i može se definisati na sledeći način:

Kontakt: Mr Goran Radočić, dipl. inž.

JKP „Mediana“ Niš

Mramorska 10, 18000 Niš, Srbija

E-mail : teh@jkpmediananis.co.yu

*Specijalno vozilo = osnovno vozilo + nadgradnja vozila*

U okviru sistema **S** posmatraće se dve najbrojnije KTE-grupe osnovnih vozila i to: **FAP 1921** i **Mercedes Benz 1213 (MB 1213)**. Nadgradnje vozila kod ovih osnovnih grupa su proizvodi različitih proizvođača komunalne opreme. Naravno, na ispravnost vozila istovremeno utiču ispravnost osnovnog vozila i ispravnost nadgradnje. Godina koja se razmatra sa aspekta pogodnosti održavanja je 2005.



Slika 1.

## POJAM POGODNOSTI ODRŽAVANJA

**Pogodnost održavanja** (ili pogodnost za održavanje; skraćeno POD) predstavlja verovatnoću da će se potrebni postupci održavanja obaviti do određenog vremena i pod određenim uslovima /1/. Pogodnost održavanja je karakteristika koja je veoma prikladna za opisivanje sistema održavanja. Ako bi smo uporedili dva sistema održavanja, bolje ocene imao bi onaj sistem koji za isto vreme održavanja ostvari veće vrednosti pogodnosti održavanja, a to znači da će se u tom sistemu većina postupaka održavanja obaviti za kraće vreme. Funkcija pogodnosti održavanja odgovara funkciji nepouzdanosti u Teoriji pouzdanosti. Matematički se funkcija pogodnosti održavanja može predstaviti izrazom

$$PO(t) = \int_0^t f(t_0) dt_0$$

u kome figurisu:

- $t_0$  - vreme trajanja postupaka održavanja,

- $f(t_0)$  - funkcija gustine verovatnoće vremena trajanja postupaka održavanja.

Funkcija pogodnosti održavanja  $PO(t_0)$  je monotono rastuća funkcija i njena vrednost na početku izvođenja postupaka, za  $t_0 = 0$ , iznosi „nula“ tj.  $PO(0) = 0$ , dok na kraju izvođenja postupaka održavanja iznosi  $PO(t_{max}) = 1$ .

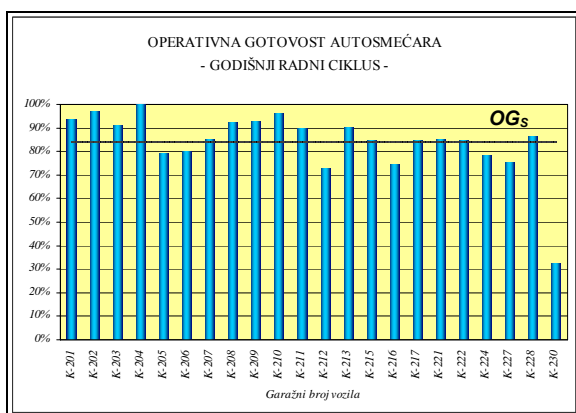
Pogodnost održavanja (POD) može imati dva oblika: POD vozila i POD sistema. Dalje će biti reči o pogodnosti održavanja sistema specijalnih vozila. POD sistema obuhvata ocenu postupaka u procesima podrške kakvi su nabavka, uskladištenje itd.

Pogodnost održavanja elemenata (vozila) ili sistema može se izračunati primenom matematičkih metoda i zakona raspodele. Uobičajeno je da se prilikom matematičkih istraživanja parametara efektivnosti sistema koriste raspodele za: neprekidne (kontinualne) i prekidne (diskretne) tokove. Kod diskretnih tokova najčešće se koriste: binomna i Poasonova raspodela. Najčešće korišćene raspodele, kada je u pitanju ponašanje slučajno promenljivih veličina po kontinualnom zakonu, su: normalna ili Gausova, log-normalna, eksponencijalna, linearna i Vejbulova raspodela. Kada je u pitanju ispitivanje pogodnosti održavanja najčešće korišćene raspodele su: log-normalna i Vejbulova raspodela. Naravno, pored ovih, može se koristiti i empirijska raspodela (raspodela na osnovu opažanja).

Na pogodnost održavanja utiče nekoliko faktora: raspoloživost rezervnih delova, kako unutar sistema održavanja tako i spolja, na tržištu ili optimalno projektovanje magacinske rezerve; efektivnost službe koja se bavi nabavkom u okviru preduzeća; dobro sproveden postupak javne nabavke i izbor „pravog“ dobavljača rezervnih delova; funkcionisanje toka informacija na relaciji operater vozila – služba održavanja – služba nabavke /3/, naravno i u povratnom smeru; posedovanje optimalnih radnih resursa, pri čemu se misli na broj zaposlenih u službi održavanja; dnevna raspoloživost radnih resursa koja može biti uslovljena negativnim uticajem okoline sistema (bolovanja, odsustva, povrede,...); optimalan nivo stručnih znanja koja treba primeniti u procesu održavanja u oblastima: dijagnostike, preventive, izvođenja postupaka održavanja, upotrebe alata i opreme, timskog i efikasnog rada, kao i procesu korišćenja vozila od strane

operatera; sposobnost menadžmenta da shvati značaj stalne edukacije svojih zaposlenih u cilju provjere stečenih kao i sticanja novih znanja, obzirom da u svetu imamo ekspanziju novih tehničkih rešenja u kamionskoj industriji.

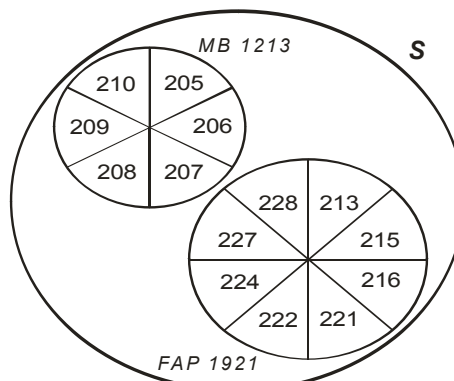
Značaj funkcije pogodnosti održavanja izražen je i na primeru sa sl.2, kod vozila koje se nalazi poslednje desno na apscisi dijagrama. Operativna gotovost ovog vozila, koja iznosi nešto iznad 32%, uslovljena je malom pogodnošću održavanja jer se radi o jedinom vozilu jednog od proizvođača vozila (MAN) zastupljenih u posmatranom sistemu, koje ima prilično veliku starost (15 godina), što uslovljava povećanje vremena za izvođenje postupaka održavanja, naročito dela vremena koje se odnosi na čekanje rezervnih delova /4/. Oznaka  $OG_s$  predstavlja operativnu gotovost celokupnog sistema vozila za sakupljanje, sabijanje i transport smeća **S**.



Slika 2.

### ISPITIVANJE GRUPE MB 1213

Jedna od dve najbrojnije KTE-grupe u okviru sistema specijalnih vozila **S** je grupa **Mercedes Benz 1213 (MB 1213)**. Ona broji 6 vozila (sl.3). Vozila ove grupe, koja obavljaju funkciju sakupljanja, sabijanja i transporta smeća, imaju sledeće oznake, tj. garažne brojeve: 205, 206, 207, 208, 209, 210 (interno označavanje u kontnom planu preduzeća).



Slika 3.

Dnevno trajanje održavanja jednako je prosečnom dnevnom radnom vremenu vozila i iznosi, prema ranijim istraživanjima /4/,  $t_{O,dn} = 10,25$  časova. Na osnovu istih istraživanja najveći broj dana u neprekidnom održavanju po jednom otkazu imalo je vozilo sa garažnim brojem 205 i on iznosi 11 (tabela 1). Maksimalni broj časova u održavanju po jednom otkazu za isto vozilo iznosi  $t_{O,max} = 11(dan) \cdot 10,25(čas/dan) = 112,75 [h]$ .

Garažni br.vozila	Dužina trajanja otkaza (pojedinačnih postupaka održavanja) u 2005. [dana]													Br.otkaza u 2005.
	10	6	1	1	3	1	2	1	4	1	2	1	1	
205	11	1	1	1	1	3	1	1	5	1	1	2	1	25
206	2	10	1	1	4	1	5	1	2	1	2	1	1	25
207	1	1	1	6	2	4	6	2	1	1	1	1	1	21
208	1	1	4	1	3	1	1	1	3	1	1	4	2	14
209	5	1	2	1	2	1	1	2	1	1	4	1	1	12
210	2	1	1	1	2	1	1	1	2					9

Tabela 1

Broj intervala vremena trajanja postupaka održavanja za vozila grupe MB 1213 „Z<sub>MB</sub>“ izračunava se prema broju otkaza vozila celokupne grupe (tabela 2), odnosno  $z_{MB} = 5 \cdot \log N_{MB} = 5 \cdot \log 106 = 10,13 \approx 11$  [int]. Trajanje intervala postupaka održavanja iznosi  $\Delta t_{O,MB} = t_{O,max} / z_{MB} = 112,75 / 11 = 10,25$  [čas].

Broj postupaka održavanja po definisanim intervalima  $N(\Delta t_O)$  kao i kumulativni broj postupaka održavanja  $N(t_O)$  u posmatranom vremenu održavanja  $t_O$  takođe su naznačeni u tabeli 2.

$t_O$ [čas]	10,25	20,5	30,75	41,0	51,25	61,5	71,75	82,0	92,25	102,5	112,75	$N_{MB}$
$N(\Delta t_O)$	59	22	7	8	3	3	0	0	0	3	1	106
$N(t_O)$	59	81	88	96	99	102	102	102	102	105	106	

Tabela 2

Kako je pogodnost održavanja zapravo kumulativna funkcija gustine intervala u otkazu, a intervali u otkazu predstavljaju vremenske periode u kojima se izvode postupci održavanja, to znači da je za izračunavanje funkcije pogodnosti održavanja prethodno potrebno odrediti vrednosti **funkcije gustine intervala u otkazu**, tj. **gustine vremena izvođenja postupaka održavanja** za slučaj diskretnih promena /2/.

Vrednosti funkcije gustine raspodele  $f(t_O)$  mogu se izračunati za sva vozila izabrane KTE-grupe MB 1213 iz sistema **S** primenom izraza:

$$f(t_O)_i = \frac{N_i(\Delta t_O)}{N_i \cdot \Delta t_{O,i}}$$

Matematički izraz za izračunavanje funkcije gustine verovatnoće za slučaj diskretnog toka funkcije pogodnosti održavanja u datim intervalima trajanja postupaka održavanja, za celu grupu, se može napisati u sledećem obliku:

$$f(t_O)_{MB} = \frac{N_{MB}(\Delta t_O)}{N_{MB} \cdot \Delta t_{O,MB}} = \frac{N_{MB}(\Delta t_O)}{106 \cdot 10,25} = \frac{N_{MB}(\Delta t_O)}{1086,5} = 0,0009204 \cdot N_{MB}(\Delta t_O)$$

u kome figurišu veličine:

- $N_{MB}$  - ukupan broj postupaka održavanja za celokupnu grupu vozila ( $N_{MB} = 106$ ),
- $\Delta t_{O,MB}$  [čas] - dužina trajanja intervala postupaka održavanja,
- $N_{MB}(\Delta t_O)$  - broj postupaka održavanja svih vozila izabrane grupe u jednom posmatranom intervalu.

**Empirijske vrednosti kumulativne funkcije pogodnosti održavanja** dobijene su zamenom prethodnog izraza u jednačini:

$$PO_E(t_O)_{MB} = \int_0^{t_O} f(t_O)_{MB} dt_O$$

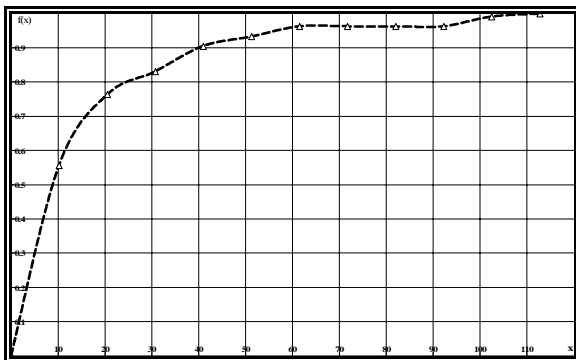
i dodavanjem dobijene vrednosti ove funkcije u prethodnom koraku (tabela 3).

$t_O$ (čas)	10,25	20,5	30,75	41,0	51,25	61,5
$PO_E(t_O)_{MB}$	0,5566	0,7642	0,8302	0,9056	0,9339	0,9622
$t_O$ (čas)	71,75	82,0	92,25	102,5	112,75	
$PO_E(t_O)_{MB}$	0,9622	0,9622	0,9622	0,9905	1,000	

Tabela 3

Zatim je, na osnovu tabele 3 koja odražava **empirijsku metodu**, nacrtana kriva srednjih vrednosti kumulativne funkcije pogodnosti održavanja cele grupe specijalnih vozila oznake MB 1213 (sl.4). Kumulativna funkcija pogodnosti održavanja prikazana je na slici kao ordinata  $f(x)$ , dok je slučajna vremenska promenljiva  $t_o$  prikazana na apscisi (osa  $x$ ). Posmatrajući sl.4 zaključujemo da će se sa verovatnoćom od blizu 55% predviđeni postupci održavanja obaviti za samo 10 časova, što čini manje od 9% najvećeg potrebnog vremena za izvođenje pojedinačnih postupaka održavanja u okviru cele grupe vozila. Takođe, sa verovatnoćom od 90% obaviće se zahtevani postupci održavanja za manje 40 časova, što čini blizu trećine najdužeg vremena trajanja postupaka održavanja izabrane KTE-grupe. (Za crtanje f-je je korišćen software /5/.)

Pored lognormalne raspodele, za interpretaciju funkcije pogodnosti održavanja veoma dobro se može iskoristiti i **Vejbulova raspodela**, koja se preporučuje i za analizu funkcije pouzdanosti.



Slika 4

Obzirom da postupci održavanja, izvođeni na posmatranim grupama vozila (MB 1213 i FAP 1921), nisu praćeni dugotrajnim čekanjem na nabavku rezervnih delova, za analizu pogodnosti održavanja izabrana je Vejbulova raspodela, koja u sličnim slučajevima ima saglasnost sa empirijskom raspodelom /1/. Funkcija pouzdanosti  $R_w(t)$  može se izraziti pomoću Vejbulove dvo-parametarske raspodele

$$R_w(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Imajući u vidu komplementarnost funkcija nepouzdanost i pouzdanosti, predstavljenu izrazom

$$F_w(t) + R_w(t) = 1$$

može se reći da funkcija pogodnosti održavanja  $PO_w(t_o)$  odgovara funkciji nepouzdanosti  $F_w(t)$  u Teoriji pouzdanosti, tj.

$$F_w(t) \rightarrow PO_w(t_o)$$

odnosno

$$PO_w(t_o) = 1 - e^{-\left(\frac{t_o}{\eta}\right)^\beta}$$

gde je:

- $t_o$  - vreme trajanja postupaka održavanja,
- $\eta$  - parametar razmere Vejbulove raspodele,
- $\beta$  - parametar oblika Vejbulove raspodele.

Skup uzoraka, odnosno broja otkaza (ili izvođenja postupaka održavanja), je dovoljno veliki, što omogućuje izračunavanje vrednosti parametara Vejbulove raspodele  $\eta$  i  $\beta$ , a zatim i vrednosti funkcije pogodnosti održavanja  $PO_w(t_o)$ , direktno primenom izraza

$$PO(t_o) = \frac{N_{MB}(t_o)}{N_{MB}} \cdot 100\%$$

u kome figurišu veličine:

- $N_{MB}(t_o)$  - kumulativni broj izvođenja postupaka održavanja do posmatranog vremena,
- $N_{MB}$  - ukupan broj postupaka održavanja cele grupe MB 1213.

Zamenom vrednosti iz tabele 2 u prethodnom izrazu dobijaju se vrednosti pogodnosti održavanja za diskretnu promenljivu  $t_o$ . Ovako dobijene vrednosti funkcije pogodnosti održavanja sređene su u tabeli 4.

$t_o$ (čas)	10,25	20,5	30,75	41,0	51,25	61,5
$PO_w(t_o)_{MB}$	0,5174	0,6986	0,7992	0,8611	0,9015	0,9288
$t_o$ (čas)	71,75	82,0	92,25	102,5	112,75	
$PO_w(t_o)_{MB}$	0,9478	0,9612	0,9709	0,9780	0,9832	

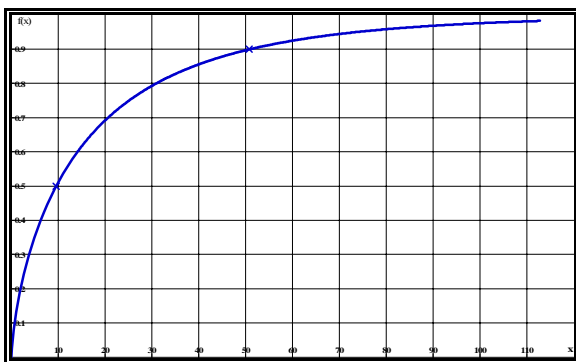
Tabela 4

Vrednosti iz tabele 4 su zatim unešene u Weibulov verovatnosni papir i primenom grafo-analitičke metode dobijeni su parametri razmere i oblika koji iznose:  $\eta_{MB} = 15,92$  [časova],  $\beta_{MB} = 0,719$ . Zamenom vrednosti ovih parametara u izrazu

$PO_W(t_0) = 1 - e^{-\left(\frac{t_0}{\eta}\right)^\beta}$  dobija se zakon promene funkcije pogodnosti održavanja KTE-grupe MB 1213 (sl.5) koji glasi

$$PO_W(t_0)_{MB} = 1 - e^{-\left(\frac{t_0}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{t_0}{15,92}\right)^{0,719}}$$

Na sl.5 su naznačene karakteristične tačke funkcije pogodnosti održavanja. Zbog slabije vidljivosti dijagrama, u tabeli 5 date su koordinate ovih tačaka. Može se zaključiti da će se za manje od 10 časova obaviti potrebni postupci održavanja sa verovatnoćom od 50%, a za 50 časova sa verovatnoćom od 90%.



Slika 5

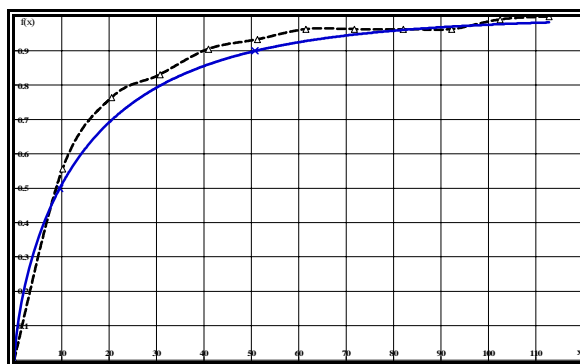
Drugim rečima, čak 90% postupaka održavanja za grupu MB 1213, prema Weibulovoj raspodeli, obavice se za manje od 50% (tačnije za 45%) najvećeg potrebnog vremena za izvođenje postupaka održavanja.

Vreme izvođenja postupaka održavanja $x = t_0$ (čas)	Verovatnoća $f(x) = PO(t_0)$ (pogodnost održavanja)
9,564	50%
50,77	90%

Tabela 5

Posmatrajući dijagram sa sl.6 mogu se uočiti izvesne razlike vrednosti funkcije POD dobijene primenom metode Weibulove raspodele (puna kriva) u odnosu na metodu empirijske raspodele (isprekidana kriva).

Relativna odstupanja vrednosti funkcije POD dobijenih primenom ove dve metode se kreću u opsegu  $\Delta f(x) = 0 \div 50\%$  u intervalu vrednosti slučajne promenljive  $x = 0 \div 7,5$  časova. Relativna odstupanja su zatim znatno manja zbog smanjenja ugla nagiba krivih pa imamo max. odstupanje do 9,4% u intervalu  $x = 7,5 \div 112,75$  časova. Razlozi koji dovode do odstupanja leže u samim karakteristikama ovih raspodela. Empirijska raspodela je diskretna i odnosi se na izabrane vremenske intervale, dok Weibulova raspodela ima kontinualni tok i predstavlja se eksponencijalnom funkcijom.



Slika 6

### ISPITIVANJE GRUPE FAP 1921

Najbrojnija KTE-grupa vozila je **FAP 1921** sa 8 jedinica u okviru sistema specijalnih vozila za sakupljanje, sabijanje i transport smeća **S** (sl.3). Interno, u preduzeću, ova vozila imaju oznake: 213, 215, 216, 221, 222, 224, 227, 228.

Koristeći rezultate istraživanja /4/, čiji deo je prikazan u tabeli 6, zaključuje se da maksimalno trajanje postupaka održavanja iznosi 26 dana u okviru izabrane grupe (vozilo oznake 216).

Garažni broj vozila	Dužina trajanja otkaza/popravki vozila grupe FAP 1921 u danima u 2005.												Br.otkaza u 2005.
	1	1	2	4	10	1	4	1	4	1	1	1	
213	1	1	2	4	10	1	4	1	4	1	1	1	12
215	3	12	6	1	1	8	3	1	2	2	2	1	18
	1	1	1	1	1	1							
216	3	3	5	26	1	1	5	1	1	24	1	4	15
	1	1	1										
221	1	1	1	1	2	1	1	5	1	1	1	1	23
	1	1	2	1	1	1	5	1	5	4	7		
222	3	1	1	25	1	1	1	1	1	1	1	1	22
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
224	5	1	18	1	1	4	9	7	1	1	1	2	23
	1	3	1	1	2	1	1	1	3	1	2		
227	2	4	1	1	1	1	14	1	1	3	11	9	22
	1	1	2	2	4	2	1	1	1	13			
228	2	2	3	4	1	1	1	4	1	1	3	9	18
	1	1	4	1	1	3							

Tabela 6

U toku istraživanja javila se izvesna dilema koja se odnosi na relevantnost dugotrajnih intervencija sa aspekta ove vrste analize. Iako nekoliko intervencija na vozilima ove grupe znatno odstupaju od ostalih po dužini trajanja (24, 25 i 26 dana – tabela 6), one su ipak uključene u analizu iz dva razloga: realne su i posledica su neophodnih remontnih operacija, koje su se odnosile na pogonski sistem i sistem transmisije, kao i na komplikovane sklopove izvršnog tj. radnog mehanizma odnosno sistema; složeno vozilo kao sistem karakteriše i međusobno dejstvo izabranih komponenti tj. osnovnog vozila i nadgradnje i ono često implicira neželjene događaje, odnosno otkaze.

Broj intervala vremena trajanja postupaka održavanja „ $Z_{FAP}$ “ se izračunava prema broju otkaza čitave grupe vozila tj.  $Z_{FAP} = 5 \cdot \log N_{FAP} = 5 \cdot \log 153 = 10,92 \approx 11$ .

Vreme trajanja intervala postupaka održavanja za grupu vozila FAP 1921 iznosi  $\Delta t_{O,FAP} = t_{O,max} / Z_{FAP} = 267/11 = 24,27$  [časova]. U tabeli 7 dat je broj otkaza koji se javljaju u prethodno definisanim intervalima, kao i kumulativno za period najdužeg trajanja održavanja. Podaci u tabeli odnose se na celu grupu FAP 1921.

$t_o$ [čas]	24,27	48,54	72,81	97,08	121,35	145,62	169,89	194,16	218,43	242,7	266,97	$N_{FAP}$
$N(\Delta t_o)$	109	22	9	4	2	3	0	1	0	0	3	153
$N(t_o)$	109	131	140	144	146	149	149	150	150	150	153	

Tabela 7

Identičnim postupkom, kao i kod ispitivanja prethodne grupe vozila, dobijaju se vrednosti funkcije POD grupe vozila FAP 1921 dvema metodama i to empirijskom (tabela 8) i Vejbulovom raspodelom (tabela 9).

$t_o$ (čas)	24,27	48,54	72,81	97,08	121,35	145,62
$PO_E(t_o)_{FAP}$	0,7123	0,8560	0,9147	0,9409	0,9540	0,9737
$t_o$ (čas)	169,89	194,16	218,43	242,7	266,97	
$PO_E(t_o)_{FAP}$	0,9737	0,9803	0,9803	0,9803	1,0000	

Tabela 8

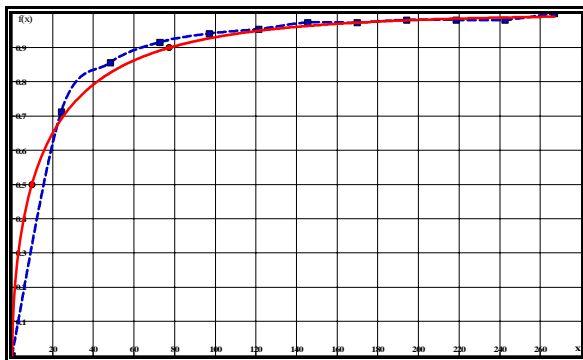
Krive funkcije POD dobijene primenom ovih dveju metoda prikazane su na sl.7. Posmatrajući krivu POD po Vejbulovoj raspodeli (puna kriva sa sl.7) možemo zaključiti da će se čak 90% postupaka potrebnih za održavanje grupe vozila FAP 1921 obaviti za manje od

30% najvećeg potrebnog vremena za izvođenje postupaka održavanja (tačnije za 29%). Dok će se prema empirijskoj raspodeli (isprekidana kriva sa sl.7) ovih 90% postupaka obaviti nešto kraće, za nešto manje od 25% najdužeg potrebnog vremena održavanja.

$t_0(\text{čas})$	24,27	48,54	72,81	97,08	121,35	145,62
$PO_W(t_0)_{FAP}$	0,7124	0,8562	0,9150	0,9412	0,9542	0,9739
$t_0(\text{čas})$	169,89	194,16	218,43	242,7	266,97	
$PO_W(t_0)_{FAP}$	0,9739	0,9804	0,9804	0,9804	1,0000	

Tabela 9

I kod ove analize postoje odstupanja rezultata izazvana primenom različitih metoda ispitivanja (sl.7). Razlozi su isti kao u prethodnom slučaju. U intervalu  $x = 0 \div 22$  časova veće vrednosti verovatnoće ima kriva Vejbulove raspodele. Relativna razlika dveju krivih u nekim tačkama ovog početnog intervala ide čak i do 200% i to na samom početku intervala (dužina održavanja oko 3 časa). Relativna odstupanja ove dve metode u intervalu  $x = 22 \div 266,97$  časova sasvim su zadovoljavajuća, a najveća su kod izvođenja postupaka koji traju oko 33 časa (oko 9%).

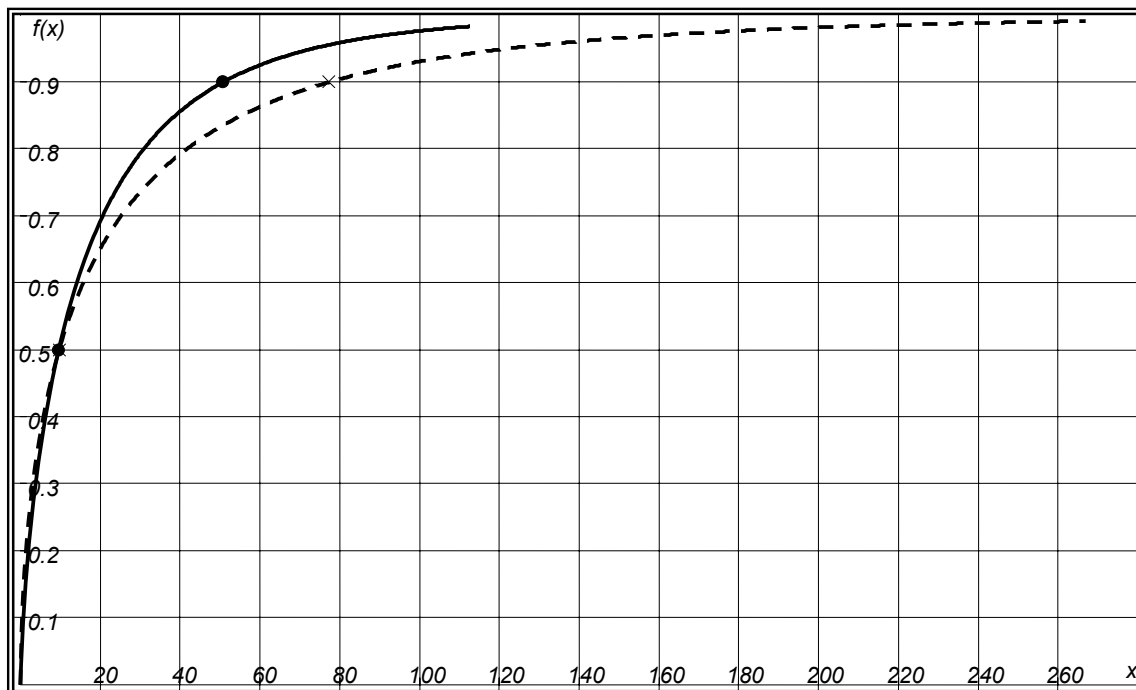


Slika 7

## ZAKLJUČAK

Dve izabrane konstrukciono-tehničko-eksploatacione grupe, ujedno i najzastupljenije u posmatranom voznom parku, različito se ponašaju kada je u pitanju pogodnost održavanja. Na sl.8 dat je uporedni prikaz funkcije verovatnoće izvođenja postupaka održavanja KTE-grupe MB 1213 (puna kriva tamnije boje) i FAP 1921 (isprekidana kriva svetlije boje). Može se reći, da se uz izvesnu aproksimaciju, ove dve krive poklapaju (bliske su) u oblasti promenljive  $t_0 = 0 \div 10$  časova (na dijagramu  $t_0 = x$ ). Sa porastom vrednosti promenljive  $x$  dve funkcije se razilaze i to tako što puna kriva, koja predstavlja grupu vozila MB 1213, dobija veći nagibni ugao u odnosu na drugu krivu. Ovo praktično znači da se predviđeni postupci održavanja za grupu vozila MB 1213 odvijaju za kraće vreme od postupaka namenjenih grupi vozila FAP 1921. Tako, čak 90% predviđenih postupaka održavanja vozila grupe MB 1213 obavlja se za 50 časova, dok grupa FAP 1921 svojih 90% postupaka „obavi“ za nešto više od 77 časova ili za 27 časova duže (tabela 10).





Slika 8

Dakle, kod grupe vozila MB 1213 postoji veća verovatnoća da će se predviđeni postupci održavanja obaviti u kraćem vremenskom roku. Sa ovog aspekta može se govoriti o **većoj POD KTE-grupe vozila MB 1213** u odnosu na konkurentnu grupu FAP 1921, samo u konkretnom slučaju, kada je reč o sistemu **S**.

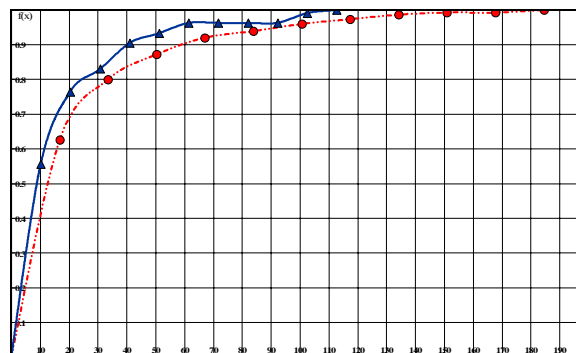
Grupa vozila	MB 1213	FAP 1921
Verovatnoća (pogodnost održavanja)	Trajanje postupaka održavanja (časova)	
50%	9,564	9,695
90%	50,770	77,400

Tabela 10

Čak i kada bi smo eliminisali neke uzorke tj. intervencije na vozilima grupe FAP 1921, koji znatno odstupaju od ostalih po dužini trajanja: 24, 25 i 26 dana (tabela 6), POD grupe MB 1213 bi bila povoljnija u odnosu na POD grupe FAP 1921 u datom slučaju za sistem **S** (sl.9 – puna kriva sa trouglastim markerima predstavlja grupu MB 1213, a isprekidana kriva sa kružnim markerima grupu FAP 1921).

Sva vozila kod kojih su se dogodili otkazi koji su prouzrokovali izuzetno dugačke intervale popravke sadrže podsistem nadgradnje tj. radni mehanizam za sabijanje i istovar smeća tipa *rotopress* odnosno rotacionog bubnja (sl.10-a). Zadatak rotacionog bubnja je da spiralnim vođenjem utovarenog sadržaja (smeća) izvrši

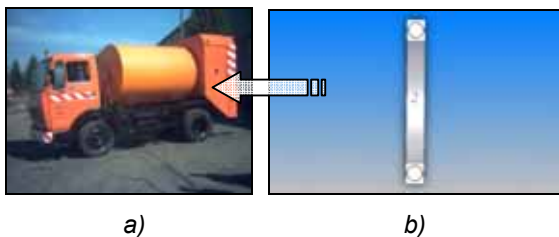
njegovo maksimalno sabijanje i u povratnom smeru njegovo izbacivanje van vozila.



Slika 9

Bubanj se pokreće uz pomoć hidro-mehaničkog sistema koji se sastoji od elemenata: hidraulične dvostrujne pumpe, hidrauličnog motora, reduktora broja obrtaja i ozubljenog venca bubnja za prenos obrtnog momenta. Bubanj je oslonjen pomoću dva ležaja od kojih je onaj na zadnjem delu specifične konstrukcije. Ovaj ležaj ima prstenasti poprečni presek tako da je polovina njegovog preseka kruto spojena za konstrukciju bubnja duž celog spoljašnjeg obima bubnja, a druga polovina za noseću konstrukciju vozila tj. pomoćnu šasiju. Unutar poprečnog preseka nalaze se kuglice koje prenose kontakt između delova prstenastog ležaja (sl.10-b).

Ovako specifična konstrukcija je veoma nepovoljna sa aspekta održavanja, tačnije remonta. Pojava zazora u samom ležaju dovodi do pojave otpora koji se suprotstavljaju obrtnom kretanju bubnja (koče bubanj) i onemogućuju sabijanje smeća. Zazori se javljaju usled pohabanosti kontaktnih površina (donje/gornje unutrašnje površine ležaja-prstena i kuglica). Popravka ovih elemenata sistema zahteva posebne tehničke resurse i puno vremena, zbog tehnološki specifičnih operacija.



Slika 10

Strategija održavanja, u svom razvojnom delu, treba da obuhvati i izbor vozila tj. sredstava za rad. Na izbor KTE-grupe vozila uticaj svakako treba da ima i pogodnost održavanja. Raznolikost voznog parka, u smislu velikog broja KTE-grupa (odsustvo tipizacije), nije dobra i dovodi do pada gotovosti. Zamenu KTE-grupa, kojih više nema u komercijalnoj ponudi ili su nepodobne iz određenih razloga, treba izvršiti veoma pažljivo, analizirajući pozitivne i negativne ispoljene osobine ovih grupa koje treba zameniti, sa namerom da se minimizuju greške u izboru novog rešenja. Prilikom izbora KTE-grupa treba imati na umu nekoliko važnih faktora: mogućnost servisne podrške u garantnom i post-garantnom periodu; mogućnost sopstvene organizacije održavanja; mogućnost povećanja pouzdanosti i pogodnosti održavanja; reference; potrošnja pogonskog goriva - ekonomičnost; ekološki zahtevi; ergonomski zahtevi – udobnost; mogućnost nadogradnje – dodavanja sistema radnih uređaja.

Raspoloživost rezervnih delova kod najvećeg broja dobavljača (dilera) nije na zavidnom nivou. Čak se može reći da je kod nas, u načelu, ponuda rezervnih delova veoma skromna, a pogotovo kada su u pitanju vozila određenih proizvođača. Ovde se misli na teritoriju Srbije, osim Beograda i delimično Novog Sada. Značajan broj proizvođača kamiona ima ne tako dobru dilersku mrežu u Srbiji, tako da je veoma čest razlog za izbor određene KTE-grupe vozila upravo i prisutnost nekog od proizvođača na teritoriji naručioca –

korisnika, pa čak i brzina odziva na zahtev za nabavku nekog rezervnog dela.

Pogodnost održavanja, kao jedan od najvažnijih pokazatelja efektivnosti, može se poboljšati: stalnom obukom radnih – ljudskih resursa; izborom optimalnih i savremenih tehničkih rešenja; primenom novih alata uključujući i dijagnostičke uređaje; primenom alata kvaliteta; permanentnim ulaganjem u razvoj i investicije.

## LITERATURA

- /1/ J.Todorović, Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- /2/ B.Vasić, Menadžment i inženjering u održavanju, iipp, Beograd, 2004.
- /3/ G.Radoičić, Osnovni procesi sistema održavanja vozila u komunalnim preduzećima i informacione veze u sistemu, Drugi srpski međunarodni seminar „Transport i logistika“, Niš, maj 2006.
- /4/ G.Radoičić, B.Vujović, G.Stojanović, Analiza kvantitativnih pokazatelja efektivnosti sistema sakupljanja i izvoženja smeća na realnom modelu, simpozijum „Istraživanja i projektovanja u privredi, Niš, decembar 2006.
- /5/ I.Johansen, Graph, www.padowan.dk

## THE MAINTENANCE CONVENIENCE OF THE SPECIAL CHOSEN MUNICIPAL VEHICLES

*This paper discusses to the two constructive-technical-exploitation groups maintenance convenience, today very present vehicles in rolling-stocks in Serbia, within the real, very complex business system. Within the observing system there is a large rolling-stock which includes a particular system, the group of special kind of trash collecting vehicles. The research concerns this vehicle group. Two statistical methods are used in the research: the empiric and Waybul's partition. The research aim is to provide the management with the valid information due to which strategic development decisions could be defined in the investment domain. Further, the research is expected to initiate the other research activities connected with other specific vehicle groups in different surroundings, that is systems.*

*Key words: maintenance convenience, special municipal vehicle, empiric partition, Waybul's partition, constructive - technical - exploitation group.*