

POUZDANOST I RASPOLOŽIVOST TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA GRADSKOG SAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA „BEOGRAD“

**Docent dr Dušan Milutinović, dipl.maš.inž.,
Institut „Kirilo Savić“**

**Nada Stanojević, dipl.maš.inž.,
Institut za istraživanja i projektovanja u privredi**

Tramvajski saobraćaj ima važno mesto u sistemu javnog gradskog prevoza u Beogradu. Međutim, zbog veoma nepovoljne starosne strukture, lošeg stanja tramvajskih pruga i kompletne infrastrukture, kao i sistema održavanja, koji zahteva značajno unapređenje, beogradski tramvaji su u vrlo lošem stanju, koje onemogućava zadovoljenje i sadašnjih, a pogotovo budućih prevoznih zahteva. Zbog toga je, svakako, bilo neophodno da se pristupi ozbiljnoj analizi mogućnosti obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka. Ovaj rad daje rezultate analize stanja postojećeg tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćajnog preduzeća, a posebno njegove pouzdanosti i raspoloživosti, kao osnove za definisanje tehničkog nivoa modernizacije postojećih vozila i tehničko - eksploatacijskih karakteristika novih tramvaja koji će se eventualno nabavljati u narednom periodu.

Ključne reči: šinsko vozilo, tramvaj, pouzdanost, raspoloživost

UVOD

Generalnim urbanističkim planom grada Beograda predviđeno je plansko rešenje javnog prevoza za 2021. godinu sa tri vida šinskog saobraćaja: gradska i prigradska železnica, kapacitetni laki šinski sistem (LRT) i tramvaj [2]. Danas, sva vozila na linijama javnog gradskog prevoza u Beogradu ukupno godišnje prevezu oko 500 miliona putnika, što predstavlja oko 450 vožnji po stanovniku. U ukupnom broju prevezenih putnika, autobuski prevoz učestvuje sa oko 75%, tramvaji i trolejbuski sa oko 22% i železnica sa samo oko 3%.

Obzirom da oko 18% od ukupnog broja prevezenih putnika koristi tramvaj kao prevozno sredstvo, ovaj vid saobraćaja ima važno mesto u sistemu javnog gradskog prevoza u Beogradu. Međutim, zbog veoma nepovoljne starosne strukture, lošeg stanja tramvajskih pruga i kompletne infrastrukture, kao i sistema održavanja, koji zahteva značajno unapređenje, beogradski tramvaji su u vrlo lošem stanju, koje onemogućava zadovoljenje i sadašnjih, a pogotovo budućih prevoznih zahteva. Zbog toga je, svakako, bilo neophodno da se pristupi ozbiljnoj analizi mogućnosti obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka, pa su zbog toga gradski Sekretarijat za saobraćaj i njegova Direkcija za

javni prevoz pokrenuli i realizovali preko Instituta za istraživanja i projektovanja u privredi i Mašinskog fakulteta iz Beograda izradu studije „Cost-benefit analiza tramvajskog voznog parka“ [1]. Osnovni cilj studije je bio analiza varijantnih rešenja obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka (remont ili modernizacija postojećih i/ili nabavka polovnih ili novih tramvaja) i definisanje osnova za donošenje odluke o usvajanju najpovoljnije varijante.

Jedan od značajnijih delova te studije je bila i analiza stanja postojećeg tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćajnog preduzeća, a posebno njegove pouzdanosti i raspoloživosti, kao osnove za definisanje tehničkog nivoa modernizacije postojećih vozila i tehničko - eksploatacijskih karakteristika novih tramvaja koji će se eventualno nabavljati u narednom periodu. Rezultati te analize izneti su u ovom radu.

STANJE TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA GSP „BEOGRAD“

Struktura i starost

Tramvajski vozni park Gradskog saobraćajnog preduzeća „Beograd“ sada čini ukupno 222 tramvaja i 21 tramvajska prikolica, odnosno ukupno 243 vozila.

Sadašnja struktura tram-vajskog voznog parka po proizvođačima i tipovima vozila data je u Gradskog saobraćajnog preduzeća „Beograd“ tabeli 1.

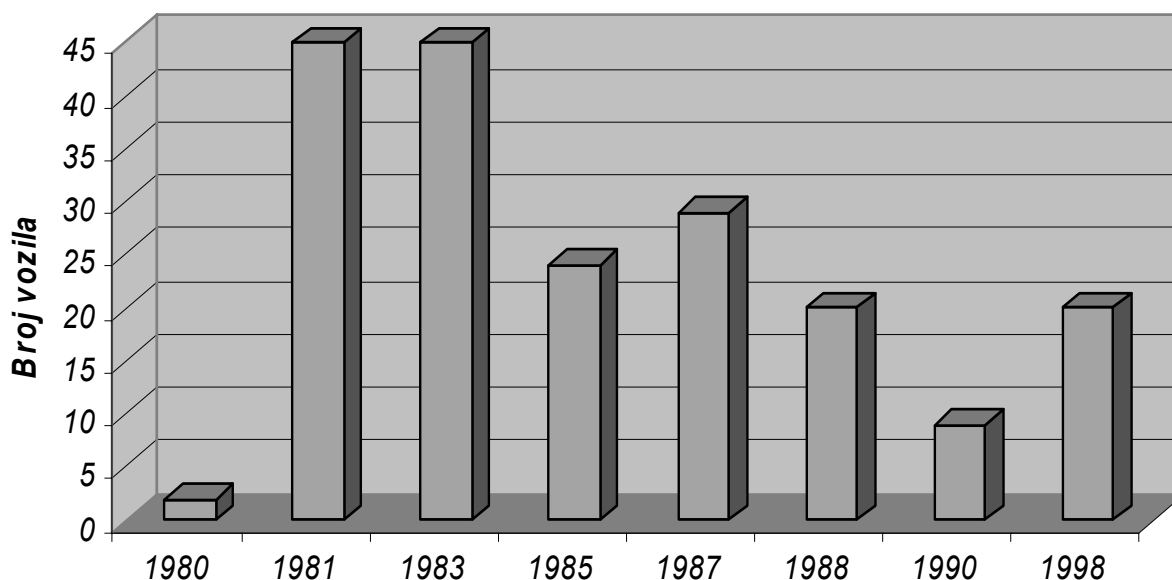
PROIZVOĐAČ	TIP	BROJ TRAMVAJA
ČKD	KT-4 M YUB	20
	KT-4 YUB M modernizovani	30
	KT-4 YUB remontovani	35
	KT-4 YUB neremontovani	109
	T4	1
DÜWAG	BE 4/4	1
	BE 4/6	26
	Prikolice	21
UKUPNO		243

Tabela 1: Struktura tramvajskog voznog parka

U trenutku izrade analize stanja tramvajskog voznog parka za potrebe cost-benefit analize mogućnosti njegove obnove, od ukupno 222 tramvaja, van saobraćaja je bilo 68 vozila od čega 24 zbog zamene ili obrade profila točkova, što znači da je 154 bilo raspoloživo za saobraćaj. Međutim, svakodnevno se zbog manjih neispravnosti iz saobraćaja isključi još 20-tak vozila, pa je ukupan broj tramvaja u saobraćaju još manji.

Na osnovu podataka iz tabele 1 vidi se da GSP „Beograd“ koristi tramvaje proizvedene u češkoj firmi ČKD nabavljene kao nove u periodu od 1980. do 1998. godine i tramvaje DÜWAG dobijene kao polovne iz švajcarske donacije.

Starosna struktura ČKD tramvaja prikazana je na slici 1 iz koje se vidi da je najveći broj tih tramvaja nabavljen u periodu od 1981. do 1983. godine (90tramvaja).

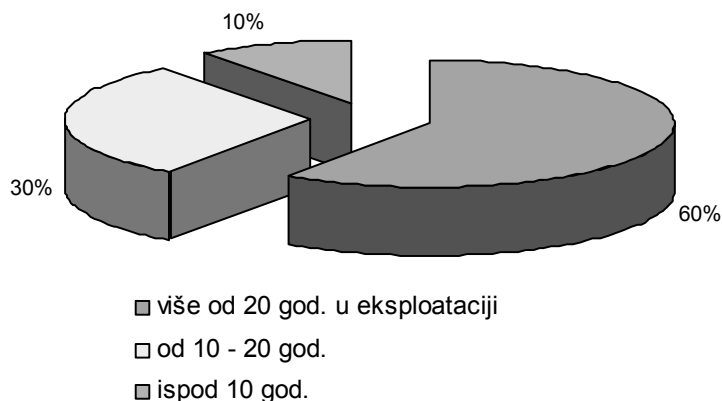


Slika 1: Starosna struktura po godini uključenja tramvaja u saobraćaj

Svih 194 ČKD tramvaja prešli su ukupno 174.698.097 km, ili 900.505,6 km po vozilu, a njihova prosečna starost, kada se posmatra vreme eksploatacije, je 19,26 godina, dakle skoro 20 godina.

Međutim, čak 60% ovih tramvaja je u eksploataciji više od 20 godina (slika 2), pri

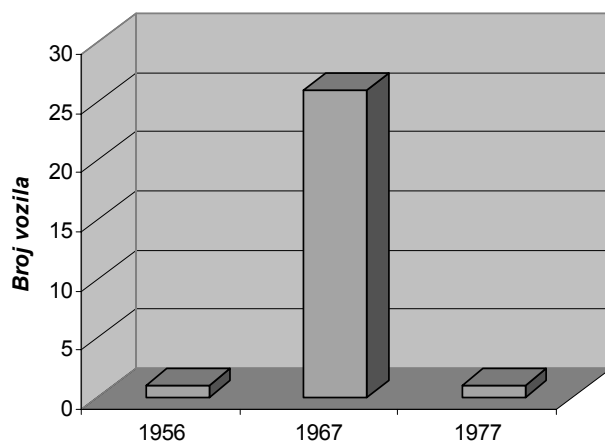
čemu je generalni remont izvršen na samo 65 tramvaja, uzimajući u obzir pri tome i 30 tramvaja koji su nedavno modernizovani od strane češke firme INEKON u saradnji sa našom firmom GOŠA kao podizvođačem. Na preostalih 35 tramvaja izvršen je samo osnovni remont.



Slika 2: Period eksploatacije ČKD tramvaja

Na slici 3 data je starosna struktura dela tramvajskog voznog parka dobijenog iz donacije polovnih tramvaja proizvođača DÜWAG i jednog tramvaja T-4 proizvođača ČKD. Kada se

ovi tramvaji klasifikuju po godini proizvodnje dobijamo starosnu strukturu predstavljenu slikom 3.



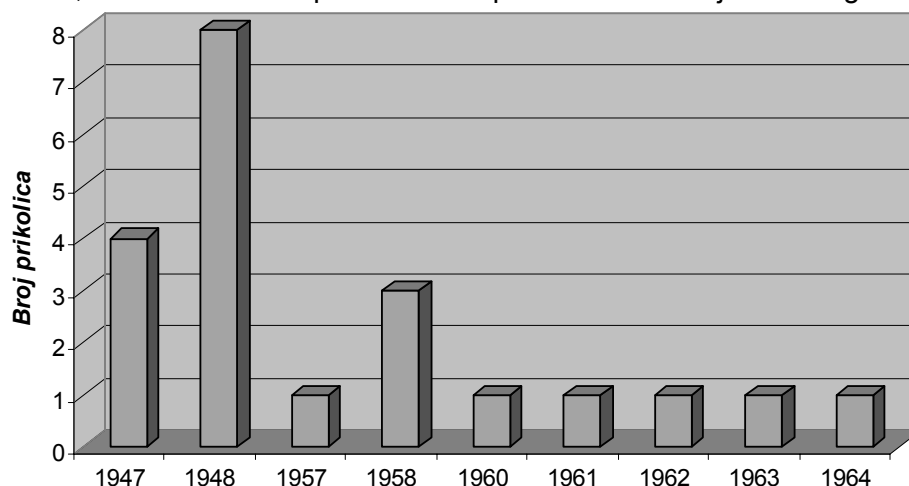
Slika 3: Starosna struktura Düwag tramvaja (po godini proizvodnje)

Ovih 27 tramvaja prešlo je ukupno 2.341.845 km (od datuma uključenja u saobraćaj u Beogradu), ili 86.735 km po vozilu, a njihova prosečna starost je 37,62 godine.

U okviru donacije. Kada se prikolice klasifikuju po godini proizvodnje, dobijamo starosnu strukturu prikazanu na slici 4.

Tramvajske prikolice proizvođača DÜWAG isporučene su Beogradu zajedno sa tramvajima ovog proizvođača, i takođe kao polovne u

Ove prikolice su prešle ukupno 1.878.625 km (od datuma uključenja u saobraćaj u Beogradu), ili 89.458,33 km po vozilu, njihova prosečna starost je čak 52 godine.



Slika 4: Starosna struktura Düwag prikolica (po godini proizvodnje)

Održavanje tramvaja

Održavanje tramvaja predstavlja deo sistema održavanja i eksploatacije vozila koji je u GSP-u podeljen na 6 saobraćajnih pogona (4 autobuska i po jedan trolejbuski i tramvajski). Sistem održavanja je postavljen kao sistem preventivnog održavanja sa utvrđenim rokovima servisnih pregleda i glavne opravke (remonta) za sve vrste i tipove vozila. Korektivno održavanje bi trebalo da bude manjeg obima i uglavnom vezano za otklanjanje retkih neispravnosti nastalih u eksploataciji i otklanjanje posledica saobraćajnih udesa.

Svi radovi iz okvira preventivnog održavanja do glavne opravke i radovi korektivnog održavanja tramvaja obavljaju se u depou „Sveti Sava“ na Novom Beogradu i u depoima „Montaža“ i „Livnica“ na Dorćolu. U službi održavanja tramvaja ukupno je zaposleno 354 radnika, a samo 6 radnika je sa visokom stručnom spremom, a ostali su u najvećem broju kvalifikovani radnici.

Svi poslovi Sektora za održavanje tramvaja (sl. 5) podeljeni su na šest osnovnih procesa održavanja:

1. Preventivno i korektivno održavanje,
2. Organizacija, sakupljanje i izrada dokumentacije za preventivno održavanje,
3. Planiranje nabavki opreme, materijala i delova,
4. Magacinski poslovi,
5. Tehnička kontrola radova i delova, i
6. Tehnička statistika.

Ne zanemarujući značaj ostalih procesa, treba istaći aktivnosti koje se obavljaju u okviru procesa preventivnog i korektivnog održavanja. To su:

1. Preventivno održavanje (dnevni pregled, I servis do pređenih 5.000 km, II servis - do 25.000 km, III servis - do 75.000 km, IV servis - do 150.000 km, izrada zahteva za glavnu opravku, koja se obavlja nakon pređenih 600.000 km, i tehnički pregled),
2. Korektivno održavanje (dijagnostika otkaza, izrada naloga, rad na opravci i kontrola i zatvaranje naloga za opravku),
3. Postupak u slučaju sudara,
4. Regeneracija postojećih i izrada novih delova u sopstvenim radionicama, i
5. Terensko održavanje i održavanje na terminusima.

Procesi održavanja tramvajskog voznog parka u GSP-u se realizuju uz velike teškoće od kojih su najznačajnije: nemogućnost obezbeđenja kvalitetnih rezervnih delova, nedovoljan kapacitet i opremljenost postojećih depoa za održavanje, nedostatak savremenog informacionog sistema o održavanju i nedostatak kompletne tehničke dokumentacije za održavanje.

Zbog toga opšte stanje sistema održavanja tramvajskog voznog parka u GSP-u nije zadovoljavajuće i zahteva dalje unapređenje, pa se nameće zaključak da se, paralelno sa postupkom obnove tramvajskog voznog parka, mora hitno pokrenuti i postupak obnove kapaciteta za održavanje, uz odgovarajuće promene u kvalitetu održavanja.

Remont i modernizacija tramvaja

Iako glavna opravka, odnosno remont predstavlja jedan od osnovnih procesa održavanja, remont tramvaja je posebno analiziran i izdvojen u posebnu tačku zbog toga što se u okviru njega najčešće realizuju i rekonstrukcije (modifikacije i modernizacije) u cilju poboljšanja efektivnosti tramvaja.

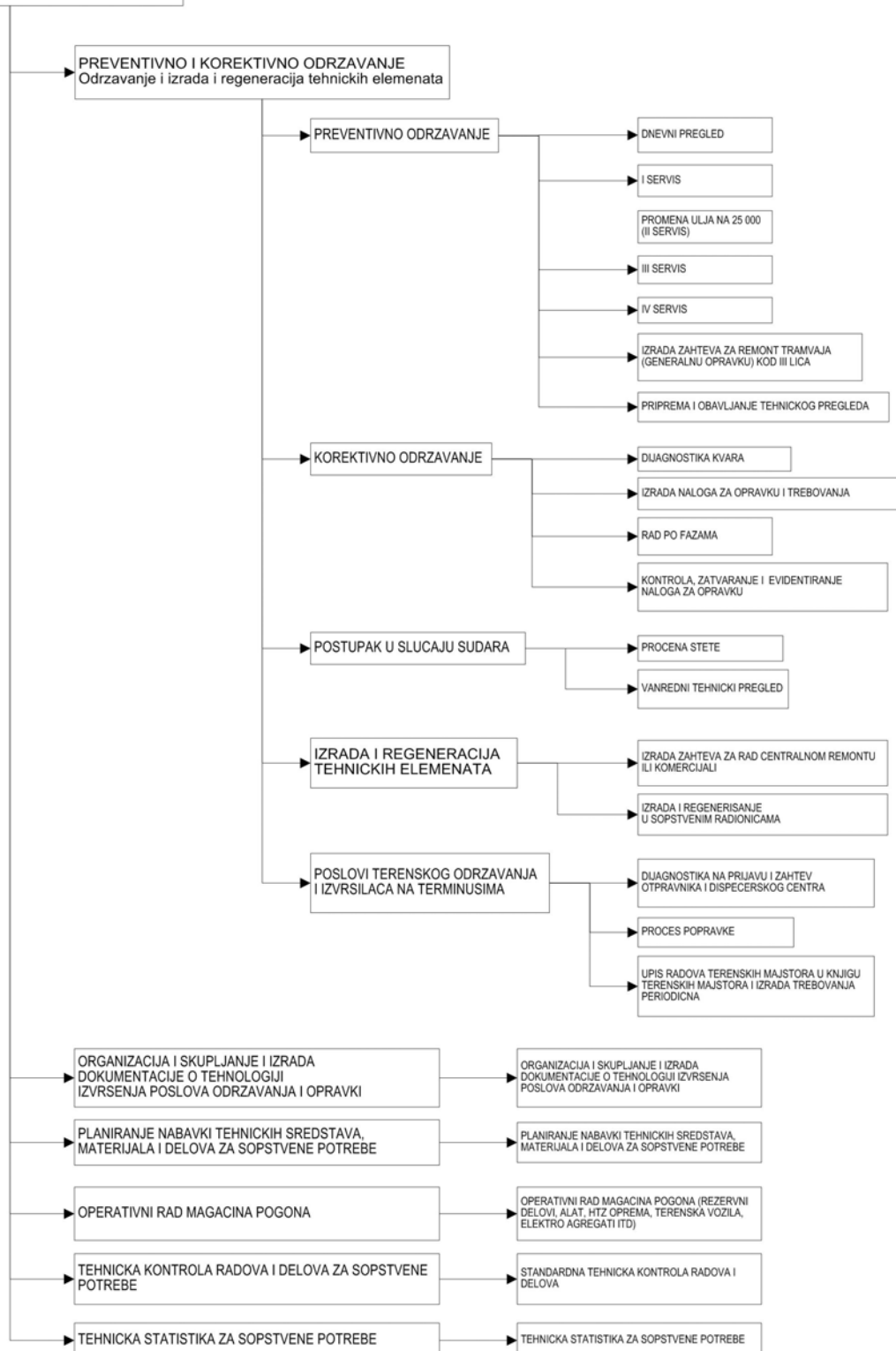
U dosadašnjoj eksploataciji tramvajskog voznog parka GSP-a realizovani su:

1. Remont bez modernizacije (sa modifikacijama manjeg značaja) tramvaja KT-4 YUB (35 remontovanih tramvaja u periodu od 1991. godine do danas) i tramvaja DÜWAG (11 tramvaja u periodu od 2002. godine do danas) i
2. Modernizacija tramvaja KT-4 YUBM (30 - u periodu od 2002. do 2003. godine).

Remont tramvaja KT-4 YUB bez modernizacije obavljan je u firmama: GOŠA iz Smederevske Palanke, MIN iz Niša, ŽELVOZ iz Smedereva i ŠINVOZ iz Zrenjanina, a osnovni sadržaj obavljenih radova je bio [3]:

1. Demontaža, čišćenje, zamena oštećenih i pohabanih delova svih uređaja i opreme na vozilu,
2. Provera delova i sklopova po postojećim mernim listama,
3. Ispitivanja osnovnih delova, sklopova, uređaja i opreme kao što su: amortizeri, opruge podsistema za ogibljenje, otpornici, vučni motori, glavni prekidač, elektronski delovi u ormarima I - IX, šinska i kardanska kočnica, kao i završna radionička ispitivanja i probna vožnja,

PROCESI SEKTORA ODRZAVANJA
TRAMVAJSKOG POGONA



Slika 5: Poslovi Sektora za održavanje tramvaja GSP-a

4. Zamena svih gumenih i gumeno-metalnih elemenata, i

5. Generalna opravka sanduka, koja podrazumeva popravku svih oštećenja, skidanje stare

boje do čistog lima i nakon toga bojenje osnovnom i završnom bojom.

Modernizacija 30 tramvaja KT-4 YUBM obavljena je u periodu od 2002. do 2003. godine, nakon sprovedenog tendera na kome je posao

dobila firma INEKON iz Češke sa našom firmom GOŠA iz Smederevske Palanke kao podizvođačem. Remont vozila u celini i modernizacija osnovnih podsistema, uređaja i opreme sa najvećim brojem otkaza u dotadašnjoj eksploataciji trebalo je da obezbedi značajno veću pouzdanost i raspoloživost tramvaja. Osnovni sadržaj modernizacije je bio sledeći [4]:

1. Ugradnja tranzistorskog sistema IGBT - TV PROGRESS (ALSTOM) za kontinualnu regulaciju glavnog pogona,
2. Ugradnja statičkog pretvarača SMTK 8.0 za pomoćne pogone,
3. Ugradnja dijagnostičkog sistema,

4. Ugradnja novog informacionog sistema za putnike BUSE, sa info - panelom BS 120,
5. Delimična rekonstrukcija čela tramvaja,
6. Nove stepenice od kvalitetnog čelika,
7. Novi pregradni zid kabine vozača sa novim vratima kabine,
8. Novi mehanizam za otvaranje vrata za putnike,
9. Ugradnja novih modifikovanih sedišta za putnike.

U tabeli 2 dati su osnovni podaci o modernizovanim tramvajima (garažni broj, godina proizvodnje, datum puštanja u saobraćaj nakon modernizacije, ukupan pređeni put od modernizacije, broj dana van saobraćaja nakon modernizacije i raspoloživost za svaki od tramvaja).

Redni broj	Garažni broj	Godina proizvodnje	Datum puštanja u saobraćaj nakon modernizacije	Pređeni put od modernizacije [km]	Broj dana van saobraćaja	Raspoloživost tramvaja [%]
1	201	1981	27.1.2003.	107.520	197	67.86
2	210	1981	2.9.2002.	128.449	207	72.76
3	216	1981	2.6.2003.	116.304	66	86.45
4	220	1981	21.5.2002.	125.912	116	86.46
5	226	1981	15.1.2004.	76.702	19	92.69
6	232	1981	13.1.2003.	80.237	339	45.93
7	246	1981	31.8.2002.	97.503	151	80.18
8	262	1983	11.9.2003.	108.039	45	88.34
9	265	1983	10.11.2003.	99.168	10	93.93
10	275	1983	10.11.2003.	99.933	16	95.09
11	276	1983	5.11.2002.	88.228	208	70.11
12	287	1983	2.9.2002.	96.479	382	49.74
13	289	1983	27.1.2003.	106.063	207	66.23
14	294	1983	5.11.2002.	78.271	194	72.13
15	299	1983	2.6.2003.	45.166	330	22.24
16	310	1983	1.4.2002.	135.190	271	70.35
17	315	1985	17.6.2002.	120.789	227	72.88
18	318	1985	1.4.2003.	99.560	206	62.48
19	320	1985	1.4.2003.	103.337	157	71.40
20	321	1985	11.9.2003.	80.757	180	53.37
21	322	1985	6.1.2003.	106.051	134	78.86
22	323	1985	15.1.2004.	79.103	19	92.69
23	333	1985	21.2.2004.	73.526	19	91.48
24	344	1987	1.4.2002.	137.724	254	72.21
25	345	1987	17.6.2002.	92.874	255	68.40
26	350	1987	13.1.2003.	140.839	83	86.76
27	351	1987	6.1.2003.	109.127	204	67.82
28	382	1988	31.8.2002.	95.116	156	79.53
29	387	1988	21.2.2004.	69.432	19	91.48
30	390	1988	21.5.2002.	146.970	173	79.98

Tabela 2: Modernizovani tramvaji KT-4 YUBM

U cilju kompletnije i objektivnije analize stanja tramvajskog voznog parka, posebno su detaljnije analizirani modernizovani tramvaji KT-4 YUBM. Na osnovu podataka, koji su prikazani u tabeli 2, došlo se do sledećih zaključaka:

- 30 generalno remontovanih i modernizovanih tramvaja je prešlo ukupno 3.044.369 km (od datuma uključenja u saobraćaj posle generalnog remonta do 28.02.2005. godine), ili prosečno 101.478,97 km/po vozilu,
- Broj dana van saobraćaja ovih tramvaja je ukupno 4844 dana (od datuma uključenja u saobraćaj posle generalnog remonta do 30.09.2004. godine), ili prosečno 161,47 dana/po vozilu,
- Kada se prethodno dobijeni broj dana van saobraćaja podeli sa ukupnim brojem dana u posmatranom periodu (i to tačno preračunato za svako vozilo, jer nisu sva vozila vraćena isti dan u saobraćaj posle generalnog remonta), dobija se da je, posle modernizacije, 30 generalno remontovanih i modernizovanih tramvaja van saobraćaja bilo prosečno 25,24 % od ukupnog broja dana, odnosno tramvaji nisu radili svaki četvrti dan.

Na to ukazuju i posebno obrađeni podaci o raspoloživosti modernizovanih tramvaja dati u poslednjoj koloni tabele 2. Uočava se značajno rasipanje podataka o raspoloživosti modernizovanih tramvaja oko srednje vrednosti od 74,33%.

Zbog toga, GSP nije zadovoljan rezultatima modernizacije, a od većeg broja neispravnosti koje su se javile u eksploataciji posebno treba istaći:

- Otkazi na većini reduktora usled lošeg kvaliteta konusno - tanjirastih zupčastih parova i nekvalitetne popravke kućišta reduktora,
- Loša antikorozivna zaštita sanduka i oplata,
- Mali vek trajanja točkova: obrada profila točkova je rađena posle 40000-60000 pređenih km, zamena na oko 120000 km,
- Česti lomovi poluge vrata i učestali kvarovi na mehanizmu vrata,
- Česti otkazi na vučnim motorima,
- Neadekvatna zaptivenost, usled čega dolazi do prodora vode u unutrašnjost tramvaja,

- Pojava zazora na mestima veze kvačila i šasije tramvaja,
- Nekvalitetne šarke na poklopcima,
- Sedišta za putnike loše pričvršćena za pod tramvaja,
- Na pult vozača ugrađeni su nekvalitetni tasteri,
- Pedale za vuču i kočenje često zaglavljaju,
- Naprsline i lomove gornjeg dela noseće konstrukcije sanduka u zoni tzv. „harmonike“.

Međutim, veći deo navedenih nedostataka je već otklonjen, a potrebno je napomenuti da bi njih bilo znatno manje da je u periodu razvoja modernizovanog tramvaja predviđena faza za izradu i eksploatacijsko ispitivanje prototipa u okviru koga bi najveći broj nedostataka i neispravnosti bio uočen i otklonjen. Tako bi serijski modernizovani tramvaji ušli u eksploataciju sa otklonjenim nedostacima i značajno većom pouzdanošću i raspoloživošću.

POUZDANOST I RASPOLOŽIVOST POSTOJEĆEG TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA

Pouzdanost i raspoloživost postojećeg tramvajskog voznog parka je analizirana na osnovu podataka koji su dobijeni od GSP-a i obrađeni za relativno kratko vreme planirano za izradu tog dela „Cost-benefit analize tramvajskog voznog parka“. Na osnovu dobijenih podataka, trebalo je utvrditi karakteristike pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskog voznog parka, a težilo se i ostvarenju još dva cilja:

- Utvrđivanju razlike u pouzdanosti i raspoloživosti različitih grupa vozila u voznom parku, koje su formirane po tipu i nivou modernizacije (tabela 3). Analiza je trebalo da pokaže razlike u pouzdanosti i raspoloživosti koje opravdavaju modernizacije višeg nivoa sa visokim vrednostima pouzdanosti pojedinih podsistema tramvaja.
- Dobijanju odgovora na pitanje koji od podsistema, uređaja i opreme u odabranim grupama tramvaja imaju najveći broj otkaza u dosadašnjoj eksploataciji. Napravljena je analiza otkaza (tabela 4) koja je trebalo da ukaže na najnepouzdanije podsisteme i potrebu za njihovom rekonstrukcijom, odnosno modernizacijom.

Godina	Prosečan broj tramvaja		Ukupan broj dana		Ukupno pređeno km	Ukupan broj otkaza	Broj otkaza na 100.000 km	Raspoloživost
	u saobraćaju	van saobraćaja	u saobraćaju	van saobraćaja				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Novi tramvaji KT-4M YUB, garažni broj: 401-420 (20 vozila):								
2003	17,08	2,92	5.661	1.639	435.164	203	46,65	0,78
2004	18	2	6.452	848	442.488	239	54,01	0,88
Modernizovani tramvaji KT-4 YUBM, INEKON-GOŠA (30 vozila):								
2003	16	14	4.156	6.794	896.803	713	79,50	0,38
2004	25	5	7.887	3.063	1.627.949	1.152	70,76	0,72
Remontovani tramvaji KT-4 YUB, GOŠA, MIN, ŽELVOZ, ŠINVOZ (35 vozila):								
2003	32,75	1,25	9.221	3.189	1.638.922	5.368	327,53	0,74
2004	30,5	3,5	9.209	3.201	1.677.332	4.106	244,79	0,74
Neremontovani tramvaji KT-4 YUB (109 vozila):								
2003	95,83	14,17	28.676	11.474	5.166.279	16.418	317,79	0,71
2004	89,83	20,17	27.145	13.005	5.125.208	12.438	242,68	0,68
Tramvaji DÜWAG (27 vozila):								
2003	20,42	6,58	6.328	3.527	786.135	693	88,15	0,64
2004	24,58	2,42	7.734	2.121	1.022.889	745	72,83	0,78

Tabela 3: Pouzdanost i raspoloživost tramvajskog voznog parka GSP-a

Rezultati sprovedenih analiza pouzdanosti i raspoloživosti prikazani su u tabeli 3, u kojoj su dati podaci za 2003. i 2004. godinu koji se odnose na: prosečan broj tramvaja i ukupan broj dana u saobraćaju i van saobraćaja, ukupan pređeni put i ukupan godišnji broj otkaza. Na kraju tabele dati su izračunati brojevi otkaza na pređenih 100.000 km, kao mera pouzdanosti, i izračunate eksploatacione (operativne) raspoloživosti na osnovu ukupnog broja dana van saobraćaja, koji obuhvata vremena zastoja zbog preventivnog i korektivnog održavanja i logističko i administrativno vreme zastoja. Kao što je već rečeno analiza je rađena za posebno formirane grupe tramvaja i to:

1. grupu relativno novih tramvaja KT-4M YUB sa kontinualnom regulacijom pogona, puštenih u saobraćaj 1998. godine,
2. grupu tramvaja KT-4 YUBM modernizovanih od strane firmi INEKON i GOŠA, takođe sa kontinualnom regulacijom pogona, puštenih u saobraćaj u periodu od 2002. do 2003. godine,

3. grupu tramvaja KT-4 YUB remontovanih kod nas (GOŠA, MIN, ŠINVOZ i ŽELVOZ) i puštenih u saobraćaj nakon remonta u periodu od 1991. godine do danas,
4. grupu neremontovanih tramvaja KT-4 YUB puštenih u saobraćaj u periodu od 1980. do 1991. godine, i
5. grupu tramvaja DÜWAG, puštenih u saobraćaj kod nas u periodu od 2001. do 2003. godine.

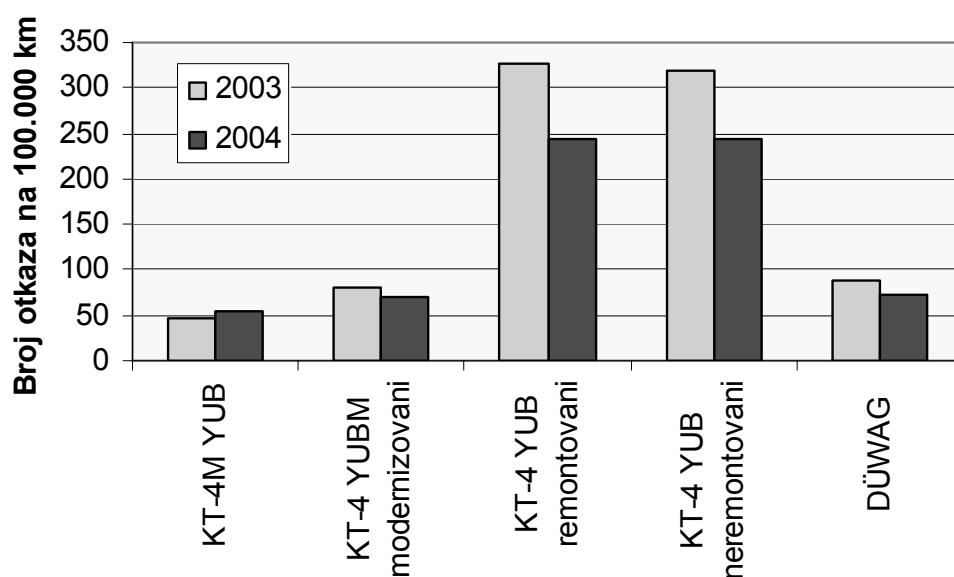
U sprovedenim analizama pouzdanosti, kao otkaz, usvojena je neispravnost tramvaja čija je posledica njegovo isključenje iz saobraćaja i odvlačenje u depo. Zbog toga je vrlo interesantan pregled broja isključenja tramvaja po mesecima u periodu od oktobra 2004. do marta 2005. godine dat u tabeli 5. Na osnovu podataka iz tabele može se videti da je prosečan broj isključenja tramvaja iz saobraćaja na mesečnom nivou 1399. Radi se o veoma visokom broju isključenja, koji je zabrinjavajući i indikativan sa stanovišta otkaza, odnosno pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskih vozila.

Mesec	Oktobar 2004	Novembar 2004	Decembar 2004	Januar 2005	Februar 2005	Mart 2005	Prosečno mesečno
Broj isključenja	1118	1368	1481	1407	1516	1506	1399

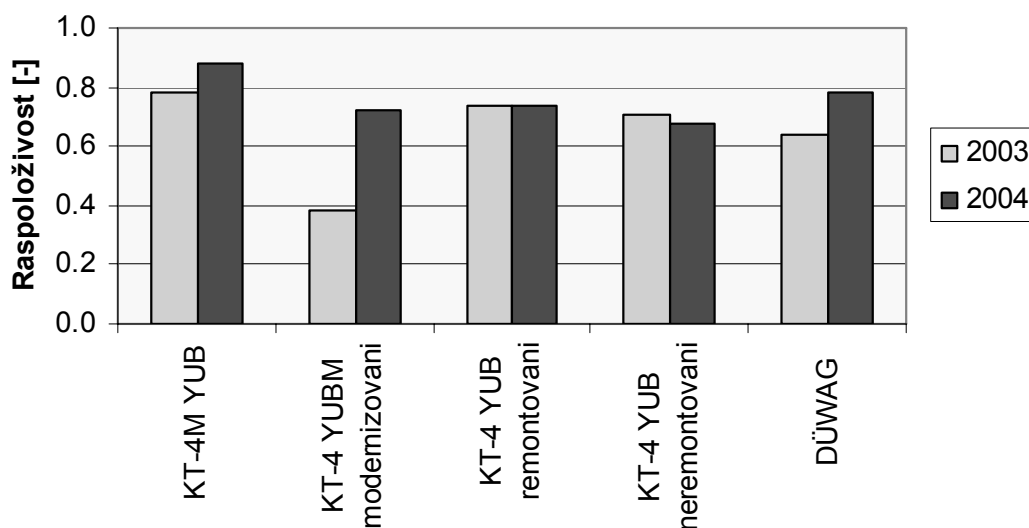
Tabela 5: Broj isključenih tramvajskih vozila od oktobra 2004. do marta 2005. godine

Zbog toga, rezultati proračuna pouzdanosti i raspoloživosti pokazuju izuzetno niske vrednosti pouzdanosti, odnosno može se slobodno reći da je utvrđen vrlo veliki broj otkaza na 100.000 km pređenog puta (za grupe neremontovanih i remontovanih nemodernizovanih tramvaja i preko 300 otkaza/100.000 km u 2003. godini). Međutim, odmah se mogu uočiti značajne razlike u pouzdanosti novih tramvaja KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM u odnosu na ostale grupe tramvaja istog tipa (tabela 3 i slika 6). Najveća razlika u pouzdanosti je između novih tramvaja i neremontovanih (54,01 u odnosu na 242,68

otkaza na 100.000 km u 2004. godini), što je logičan rezultat, koji pokazuje uticaj savremenije konstrukcije tramvaja (posebno savremene regulacije pogona) na nivo pouzdanosti i opravdava uvođenje savremene kontinualne regulacije pogona u cilju smanjenja broja otkaza. Interesantno je da u obe posmatrane godine remontovani nemodernizovani tramvaji pokazuju nešto manju pouzdanost od neremontovanih tramvaja (244,79 u odnosu na 242,68 otkaza na 100.000 km u 2004. godini), što sigurno dovoljno govori o kvalitetu obavljenih remonta.



Slika 6: Broj otkaza tramvaja GSP-a na pređenih 100.000 km u 2003. i 2004. godini



Slika 7: Raspoloživost tramvaja GSP-a u 2003. i 2004. godini

Detaljnija analiza rezultata proračuna raspoloživosti mogla bi da pokaže i dokaže uticaj karakteristika procesa održavanja na raspoloživost. Međutim, i na osnovu dobijenih podataka (tabela 3 i slika 7) može se videti da pouzdaniji tehnički sistemi ne zahtevaju obimnije održavanje, pa je raspoloživost novih tramvaja uočljivo veća nego raspoloživost ostalih definisanih grupa, a posebno grupe neremontovanih tramvaja (0,88 u odnosu na 0,68 u 2004. godini).

Analiza rezultata proračuna pouzdanosti i raspoloživosti po godinama pokazuje da se oni značajnije menjaju, iako je posmatrani period samo dve godine. Razlozi su različiti, ali je jedan od najvažnijih primenjeni sistem održavanja. Indikativni primer su modernizovani tramvaji KT-4 YUBM za koje se za godinu dana značajno povećala pouzdanost, a drastično raspoloživost (sa 0,38 u 2003. na 0,72 u 2004. godini), što pokazuje, pre svega, uticaj završavanja prototipskog razvoja u toku eksploatacije (naknadne rekonstrukcije i ispravljanje uočenih nedostataka - u periodu uključivanja modernizovanih tramvaja u saobraćaj neki od otkaza, umesto da su otklanjani na liniji, otklanjani su u depou uz obaveznu superviziju izvršioca modernizacije), a onda i poboljšanja sistema održavanja. S druge strane, poboljšanje efikasnosti održavanja je uticalo i na povećanje pouzdanosti i raspoloživosti tramvaja DÜWAG.

Rezultati analize učestalosti pojave otkaza po pojedinim podsistemima, uređajima i opremi tramvaja prikazani su u tabeli 4 za 2003. i 2004. godinu. Prema rezultatima iz tabele, podsistemi, uređaji i oprema sa najviše otkaza kod remontovanih nmodernizovanih i neremontovanih tramvaja KT-4 YUB su: električna kočnica, prekostrujna zaštita i tzv. „spoting“ (34,3% ukupnog broja otkaza u 2004. godini), kardanska kočnica (24,1%), regulacija glavnog pogona (22%), vrata (17,4%) i električne instalacije (6,4%). To su podsistemi, uređaji i oprema od kojih je većina bila rekonstruisana u okviru dosadašnjih glavnih opravki (remonta) i modernizacija.

Zbog sprovedenih poboljšanja, pre svega u podsistemu za regulaciju pogona, stanje otkaza po podsistemima, uređajima i opremi tramvaja KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM se razlikuje u odnosu na stanje remontovanih nmodernizovanih i neremo-

ntovanih tramvaja. Naime, otkazi su se najčešće javljali na: vratima (33,3% otkaza u 2004. godini), regulaciji glavnog pogona (21%), kardanskoj kočnici (18,3%), električnim instalacijama (9,5%) i pantografu (6,4%), s tim što treba reći da je kod tramvaja KT-4M YUB, kada se odvojeno posmatra, na prvom mestu po broju otkaza i dalje regulacija glavnog pogona.

Kod DÜWAG tramvaja vrata su podsistem sa najvećim brojem otkaza u 2004. godini (26,1%), pa onda slede: pantograf (16,9%), vazдушna instalacija (12,8%), regulacija glavnog pogona (11%) i električna instalacija (5,2%).

Analiza promene strukture najučestalijih otkaza po godinama pokazuje da se ona uglavnom nije promenila u 2004. u odnosu na 2003. godinu (prvih pet podsistema sa najčešćim otkazima su ostali isti).

Sprovedena analiza pouzdanosti i raspoloživosti postojećeg tramvajskog voznog parka GSP-a jasno ukazuje na pravce njegove modernizacije u budućnosti, a može da posluži i kao osnova za definisanje tehničkih zahteva za nabavku novih tramvaja.

ZAKLJUČCI

Uzimajući u obzir postavljene ciljeve analize pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćanog preduzeća “Beograd”, na osnovu dobijenih rezultata mogu se postaviti sledeći zaključci:

1. Dobijeni rezultati jasno pokazuju značajno veće nivoe pouzdanosti tzv. novih KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM (obe grupe tramvaja imaju kontinualnu regulaciju pogona) u odnosu na remontovane i neremontovane tramvaje KT-4 YUB. U odnosu na ostale posmatrane grupe nivoi raspoloživosti su značajno veći samo kod tramvaja KT-4M YUB, ali niža raspoloživost modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM sigurno je posledica nerealizovanog prototipskog razvoja, pa se slobodno može reći da će nakon procesa otklanjanja uočenih nedostataka i ta grupa tramvaja imati visoke nivoe raspoloživosti. Sve u svemu, dobijeni rezultati potvrđuju opravdanost modernizacije postojećih tramvaja, posebno u delu koji se odnosi na uvođenje kontinualne regulacije pogona.

Tabela 4: Broj otkaza na pređenih 100.000 km po podsystemima, uređajima i opremi za 2003. i 2004. godinu

	Godina		Obrtna postolja																			UKUPNO	
	2003	2004	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
KT-4M YUB	2003	0,23	4,60	0,23	5,29	0	0,23	0	0,23	0	5,37	0,23	18,15	2,07	0,69	0,92	1,38	4,83	0,23	0	1,38	0	46,65
	2004	0,23	7,46	0,45	11,30	0,23	0,68	0	0	0	3,62	0,45	16,95	2,49	0,45	1,36	2,03	3,16	0,90	0,90	1,36	0	54,01
Modernizovani KT-4 YUBM	2003	0,45	16,50	1,23	31,44	0,11	0,22	0,22	0,22	0,22	3,68	0,33	12,60	1,67	0,45	0,11	0,56	7,36	0,11	0,33	1,34	0	79,50
	2004	0,43	14,13	1,04	25,62	0,18	0,86	1,04	0,37	0,43	2,95	0,18	13,45	1,97	0	0,06	1,29	4,18	0,18	0,55	1,84	0	70,76
Remontovani KT-4 YUB	2003	4,03	70,29	4,21	41,73	3,72	8,60	6,16	2,01	7,38	1,71	54,73	100,8	0,79	0,49	0	0	15,13	0,31	0,12	4,45	0	327,53
	2004	2,74	27,36	2,03	43,82	2,15	5,12	5,72	1,13	6,74	0,95	45,97	77,21	2,21	0,72	0	0	15,86	0,54	0,42	3,22	0	244,79
Neremontovani KT-4 YUB	2003	5,01	54,80	4,28	42,45	3,83	8,19	4,70	1,61	9,02	1,72	53,08	104,1	1,63	0,39	0,04	0,04	15,58	0,12	0,41	5,59	0	317,79
	2004	4,23	25,17	2,44	37,40	2,42	6,28	5,97	1,17	6,67	1,17	43,20	85,48	1,66	0,90	0,02	0,02	12,58	0,86	0,70	3,43	0	242,68
DÜWAG	2003	0,51	0,13	1,27	23,02	2,29	1,65	1,52	2,54	14,88	0,13	9,67	3,05	0	0	0	0,13	4,58	0,25	1,14	9,54	11,32	88,15
	2004	1,76	0,59	1,86	18,57	1,17	0,88	1,47	0,78	8,99	0,10	7,04	3,13	0	0	0	0,10	8,41	0,39	0,39	7,63	8,51	72,83

2. Uvođenjem viših nivoa modernizacije, odnosno modernizacije svih osnovnih podsistema sa najvećim učešćem neispravnosti (glavni pogon, vrata, kardanska kočnica, ...) dalje će se povećati pouzdanost tramvaja u celini, a uz uvođenje savremenih tehnologija održavanja i eksploataciona raspoloživost. Dakle, analiza pouzdanosti i raspoloživosti pokazuje da se realizacijom nivoa modernizacije viših od već realizovanog (KT-4 YUBM) mogu postići značajno više vrednosti pouzdanosti i raspoloživosti.
3. Sprovedena analiza je potvrdila i uticaj kvaliteta održavanja na raspoloživost. Primer su DÜWAG tramvaji čija se raspoloživost povećala u 2004. godini (na 0,78) u odnosu na 2003. godinu (0,64) zahvaljujući boljoj obučenosti ekipa za održavanje. Slično je i sa tzv. novim tramvajima KT-4M YUB, čija je raspoloživost povećana u 2004. godini na čak 0,88 (u odnosu na 0,78 u 2003. godini) iako je pouzdanost u tom periodu nešto smanjena, odnosno povećan broj otkaza na 100.000 km od 46,65 u 2003. na 54,01 u 2004. godini.

LITERATURA

- /1/ B. Vasić i dr.: Cost-benefit analiza tramvajskog voznog parka, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- /2/ Generalni urbanistički plan Beograda 2021

- /3/ Obim radova i specifikacija obavezno zamenskih delova i materijala za generalni remont tramvaja KT-4, Tehnička dokumentacija, GSP Beograd
- /4/ Generalna popravka i modernizacija tramvaja KT-4 YUB, Tehnička dokumentacija, GSP Beograd

RELIABILITY AND AVAILABILITY OF BELGRADE PUBLIC TRANSPORTATION TRAMWAY ROLLING STOCK

Trams have very important part in Belgrade public transportation system. However, because of unfavorably tram ageing structure, poor condition of rails as well as complete rail infrastructure and maintenance system that requires meaningful improvement, Belgrade trams are in very unsatisfactory shape which disables fulfillment of transport requirements even today and especially in the future. Because of all above said it was important to analyze possibilities for renewal and modernization through serious feasibility study. This paper shows results of the existing Belgrade tram rolling stock condition analysis. Special attention was given to the reliability and availability of tram rolling stock as a foundation for defining technical level of the potential modernization as well as technical and exploitation characteristics of new tram cars that could be purchased in the next period.

Key words: rail vehicle, tram, reliability, availability