

# OPRAVDANOST PRIMENE TPMS NA GRADSKIM AUTOBUSIMA GSP BEOGRAD

**Prof. dr Gradimir Danon, dipl. inž.,  
Šumarski fakultet Beograd**

**Doc. dr Časlav Mitrović, dipl. inž.,  
Mašinski fakultet Beograd**

*Cilj istraživanja je bio da se ustanovi da li bi ugradnja TPMS -a (uređaja za kontrolu pritiska i temperature u pneumaticima) na nove gradske autobuse imala tehničko i ekonomsko opravdanje. Za potrebe istraživanja sproveden je eksperiment u Gradskom saobraćajnom preduzeću u Beogradu. Na jedan gradski autobus bio je ugrađen TPMS sa šest davača koji je prethodno uspešno testiran na putničkom vozilu. Zadatak vozača autobusa bio je da popuni odgovarajući obrazac nakon dolaska i pre polaska sa zadnje stanice. U obrazac su unošeni sledeći podaci: vreme upisivanja, datum upisivanja, stanica i pritisci i temperature koju pokazuju davači.*

*Pritisci vazduha u pneumaticima su podešeni na propisane pre početka ispitivanja. Tokom ispitivanja oni su se menjali u skladu sa promenom temperature vazduha u pneumaticima. Padovi pritiska vazduha u pojedinim pneumaticima, nakon mesec dana rada, kretali su se između 3% (0,2 bar) i 4% (0,3 bar). Izuzetak je bio prednji levi pneumatik gde je zabeležen pad od 12% ili 0,9 bar. Obradom rezultata dobijene su i srednje temperature vazduha u pneumaticima. One su bile, zavisno od položaja točka na vozilu, između 27°C i 36°C. Maksimalna izmerena temperatura iznosila je 56°C.*

*Sprovedena je i cost – benefit analiza i dobijeni rezultati ukazuju da bi se investicija u TPMS vratila u drugoj godini eksploatacije i da bi se njihovom ugradnjom unapredila bezbednost i komfor autobusa.*

*Ključne reči: TPMS, cost –benefit analiza, bezbednost, komfor, ekonomija.*

## POSSIBLE BENEFICIAL OF APPLICATION OF TPMS ON CITY BUSES

*This research should provide the answer if there are technical and financial justifications the Tire Pressure Monitoring System to be included in tender for purchase of new buses for Belgrade Transport.*

*For this purpose Tire Pressure Monitoring System (TPMS) was purchased and previously successfully tested on the passenger car for more than 1000 km. Six TPMS sensors are mounted on valves (instead of caps) of outer tires, and receiving control unit in the drivers cab. Equipped bus was operating for one month. Drivers of the buses had the task to fill in the appropriate form with the data about tire pressure and temperatures, during the breaks on the end of the each route.*

*Tires pressure declined till the end of experiment differently from tire to tire; the differences are between 3% (0.2 bar) and 4% (0.3 bars). Front left tire is exception and the pressure drop on this tire is 12% or 0.9 bars. Average bus tire air temperatures during experiment were between 27 °C and 34 °C. Maximum recorded temperature was 56 °C, and it was attained in evening not in rush time.*

*Research and Cost Benefit Analysis indicated that the investment would pay back in second year and existence of TPMS on the buses would increase the safety and quality of transport.*

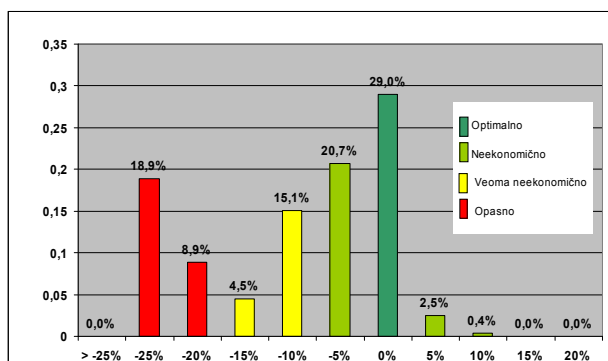
*Key words: TPMS, Cost – benefit analysis, safety, comfort, economy*

## UVOD

Od kraja osamdesetih u stručnim i naučnim časopisima dosta pažnje je posvećeno problemima vezanim za eksploataciju i održavanje pneumatika i potencijalnim opasnostima koje prete ukoliko se taj posao ne radi pravovremeno i kvalitetno. Istraživanjima NTHS-a /1/ na 10.000 putničkih i dostavnih automobila, koja su sprovedena tokom 2001. godine, utvrđeno je da je na 36% ispitivanih putničkih i 40% dostavnih automobila u jednom ili više pneumatika pritisak vazduha niži za više od 20% od propisanog. Do istih rezultata 2000. godine došli su i istraživači u Srbiji /2/.

Situacija kod komercijalnih vozila nije mnogo različita. Prema studiji /3/ samo 44% pneumatika imalo je pritisak koji je u granicama od 0,4 bar od propisanog, a oko 7% pneumatika imalo je za više od 1,5 bara niži pritisak od propisanog. Zapaženo je da je stanje lošije kog malih prevoznika i na prikolicama i poluprikolicama, a posebno kod udvojenih pneumatika.

Istraživanja sprovedena u SRN dala su slične rezultate /4/. Merenjem pritisaka vazduha u pneumaticima na 68 teških kamiona – tegljača, odnosno u 516 pneumatika ustanovljeno je da samo 29% pneumatika ima propisani pritisak (vidi sliku 1).



Slika 1. Rezultati merenja pritiska vazduha u pneumaticima kamiona tegljača u SRN /4/

Sa slike 1 se vidi i sledeće: U 23,6% slučajeva pritisak je bio za 5% niži ili viši od propisanog što je utiče na povećanje potrošnje goriva i brže habanje pneumatika. U 19,6% pneumatika je pritisak bio za 10%

Kontakt: Prof. dr Gradimir Danon  
Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu  
Kneza Višeslava 1, 11000 Beograd, Srbija  
E-mail: danon@afrodita.rcub.bg.ac.yu

niži od propisanog što je još nepovoljnije sa gledišta ekonomičnosti eksploatacije. U 27,8% pritisak u pneumaticima je bio niži od propisanog više od 20%, a to ugrožava osim ekonomičnosti i bezbednost saobraćaja. Odstupanje pritiska vazduha od 20% znači da je pritisak u pneumaticima kamiona bio niži za 1,5 bar do 1,6 bar.

Na autobusima, što je za naša istraživanja bilo od veće važnosti, situacija sa kontrolom pritiska vazduha u pneumaticima je nešto bolja /3/. Oko 50% pneumatika linijskih autobusa je, prilikom kontrole, imalo propisani pritisak (u granicama od 0,4 bar), a samo 3% pneumatika kod linijskih autobusa je imalo za više od 1,5 bar niži pritisak od propisanog. Kod ostalih autobusa, gde spadaju i gradski, je situacija je slična onoj kod kamiona: 34% pneumatika je imalo propisani pritisak, a oko 10% niži za više od 1,5 bar.

Zajednički zaključak koji bi se mogao doneti na osnovu prikazanih rezultata istraživanja bio bi da održavanje pneumatika putničkih i komercijalnih vozila nije na odgovarajućem nivou, da korisnici ne posvećuju dovoljno pažnje pneumaticima i da ne shvataju važnost pneumatika za bezbednu, komfornu i ekonomičnu vožnju. To svakako ima i svoje posledice koje se ogledaju u smanjenju bezbednosti, komfora, veka pneumatika i povećanju potrošnje goriva što direktno ugrožava životnu sredinu.

Verovatni uzrok nezgode	Broj nezgoda 1998. godine	Procent od ukupnog broja nezgoda
Kočnice	3.574	36,8%
Pneumatici	2.037	20,9%
Upravljački sistem	538	5,5%
Pogonska grupa	384	4,0%
Točkovi	307	3,2%
Veza sa prikolicom/poluprikolicom	231	2,4%
Ostala svetla	77	0,8%
Ogledala	38	0,4%
Signalna svetla	38	0,4%
Oslanjanje	0	0
Ostalo	1.576	16,2%
Nepoznato	922	9,5%
Ukupno	9.722	100,0%

Tabela 1. Uzroci nezgoda kamiona u USA /3/

Ukupno posmatrano, tehničke neispravnosti komercijalnih vozila su retko osnovni uzok nezgode, ali kada se to desi najčešći razlog su kočnice i pneumatici i to u skoro 60% slučajeva /3/.

Ovo ne treba da čudi kada se zna da je prilikom tehničkih pregleda kamiona /3/ utvrđeno da njih 75% ima bar jedan tehnički nedostatak.

Utvrđeni nedostaci	Broj kontrolisanih vozila	Procenat od ukupnog broja vozila
Kočnice	355.814	18,7%
Pneumatici	180.703	9,5%
Oslanjanje	79.948	4,2%
Upravljački sistem	40.214	2,1%
Ostali uočeni nedostaci	759.351	39,9%
Bez nedostataka	485.990	25,6%
<b>Ukupno</b>	<b>1.902.020</b>	<b>100,0%</b>

*Tabela 2. Rezultati provera tehničkog stanja kamiona na tehničkom pregledu u USA /3/*

Pareto analizom utvrđeno je da je na prvom mestu po broju utvrđenih neispravnosti sistem za kočenje sa 18,7%, a da su pneumatici na drugom mestu sa 9,2%. Pri tome se mora uzeti u obzir da se prilikom tehničkog pregleda ne kontroliše pritisak vazduha već je pregled samo vizuelan.

### **TPMS (Uređaji za praćenje pritiska i temperature vazduha u pneumaticima)**

Navedeno stanje može se prevazići boljom organizacijom sistema održavanja i korišćenjem nove i efikasnije opreme, odnosno boljim upravljanjem eksploatacijom voznog parka uz pomoć informacionog sistema. Prevoznici se u svome redovnom poslu trude i to sa promenljivim uspehom, da usklade karakteristike vozila i uslove eksploatacije, sa ciljem da što više smanje nivo troškova eksploatacije vozila, uz ograničenja koja im nameće tržište, raspoloživi resursi i okruženje. To je veoma složen, odgovaran i stručan posao, koji predpostavlja odgovarajuće informacije, softverske alate, ali i znanje pre svega. Prikupljanje i obrada poda-

taka se teško moglo zamisliti bez odgovarajućeg informacionog sistema (IS), odnosno programa za izračunavanje troškova eksploatacije vozila. Ovakav jedan program bi sračunavao očekivane ukupne troškove eksploatacije i omogućio analizu uticaja pojedinih faktora (npr. pneumatika) na nivo ovih troškova /5/. Kao mogući uzor mogli bi poslužiti i IS razvijeni za potrebe vazduhoplovstva /6/.

Izvor potrebnih podataka o pneumaticima za informacioni sistem i jedno od mogućih rešenja problema pravilnog održavanja pritiska vazduha može biti uređaj za praćenje i kontrolu pritiska i temperature vazduha u pneumaticima (TPMS) koji se ugrađuje u/na točkove automobila.

Pre više od deset godina u časopisu "Commercial Carrier" /7/ objavljen je pregledni članak o TPMS. Tu su analizirani, tada raspoloživi, uređaji za kontrolu pritiska vazduha u pneumaticima, kao i oni koji omogućavaju i njegovu regulaciju (pumpanje). Na osnovu tog članka i informacija dobijenih od firmi koje su razvijale i prodavale ove uređaje mogao se steći dojam (da li pogrešan) da se radi o već razrađenim sistemima čija je komercijalna primena već počela. Nažalost, nije bilo tako. Nepostojanje zakonske regulative (koja je došla mnogo kasnije i to za sada samo u USA) uticalo je da su se ovi uređaji mogli naći skoro isključivo na luksuznim putničkim modelima i to onim opremljenim run-flat pneumaticima. Tek nakon slučaja Ford – Firestone američka administracija je pokrenula akciju i donela nove propise kojima bi se ubuduće isključila mogućnost da ponovo dođe do sličnih situacija. Prethodno su sprovedena obimna istraživanja /1/ i na osnovu dobijenih rezultata donesen je TREAD propis /8/ koji zabranjuje prodaju novih automobila u USA bez TPMS uređaja posle 2006. godine. Takođe je donešen i odgovarajući propis za njihovu kontrolu /9/. Donošenje ovog propisa je pokrenulo diskusiju za i protiv ovih uređaja širom sveta. Najveći broj učesnika u diskusiji smatra da je propis u osnovi dobar i potreban, a eventualne primedbe se uglavnom odnose na pojedine tehničke detalje.

Očekuje se da će, na osnovu iskustava sa putničkim automobilima, sledeći korak biti da se za nekoliko godina uvede obaveze ugradnje TPMS na komercijalna vozila i autobuse. U tom smislu se već nekoliko go-

dina sprovode odgovarajuća istraživanja fokusirana na kvantifikaciju uticaja pravilnog održavanja pritiska vazduha u pneumaticima komercijalnih vozila i autobusa na bezbednost i troškove eksploatacije. Zaključak jedne od ovih studija /4/ je da ostvarene uštede u potrošnji goriva kod gradskih i međugradskih autobusa prevazilaze investiciju u ugradnju TPMS i to već u drugoj godini eksploatacije.

U Evropi je situacija nešto drugačija. Samo luksuzni automobili i modeli namenjeni američkom tržištu imaju fabrički ugrađene TPMS uređaje. Za sada se ne razmatra uvođenje propisa o obaveznoj ugradnji ovih uređaja na putnička i teretna vozila. Istraživanja /10/, sprovedena za potrebe evropske komisije, čak osporava ekonomsku opravdanost ugradnje TPMS na putnička vozila.

U Kortrijk-u u Belgiji na BUSWORLD – 2007. godine (verovatno najvećem sajmu autobusa u Evropi), prema našim saznanjima, nijedan autobus nije bio opremljen TPMS uređajima. Od 360 firmi koje su tamo izlagale samo su dve imale proizvode, koji su na neki način bili vezani za ovu oblast.

Na tržištu danas postoje dve vrste ovih uređaja onih koji indirektno mere pritisak vazduha u pneumaticima računajući je iz obimne brzine pneumatika i uređaja snabdevenih davačem pritiska (obično i temperature) koji pritisak vazduha u pneumaticima mere direktno:

- Indirektni sistemi – koriste senzore za brzinu protivblokirajućeg sistema za kočenje. Senzori mere ugaonu brzinu svakog od točkova i na osnovu toga kompjuter sračunava poluprečnik kotrljanja koji je u korelaciji, između ostalog i sa pritiskom vazduha u pneumaticima. Manji poluprečnik kotrljanja znači niži pritisak u pneumaticima. Prevelike razlike u izračunatim poluprečnicima kotrljanja aktiviraju alarm u kabini vozača. Svaka promena pneumatika zahteva ponovno baždarenje sistema.
- Direktni sistemi – TPMS meri stvarni pritisak u pneumaticima. Oni mogu biti smešteni u najdubljem žljebu sa unutrašnje strane naplataka (kod tubeless pneumatika) ili integrisan sa ventilom pneumatika. Uređaj u kabini prima signale sa davača i poredi ih sa ranije unesenim graničnim vrednostima. Ukoliko izmereni pritisak ili temperatura izlazi iz propisanih

granica aktivira se zvučni i/ili svetlosni alarm u kabini vozača.

### **Plan i program istraživanja**

U Srbiji se takođe razmišlja i istražuje u ovoj oblasti. U okviru projekta koji je rađen za Ministarstvo nauke Republike Srbije analizirani su, između ostalog, sistem održavanja pneumatika u pogonima GSP-a, uzroci njihovih otkaza, kao i kvalitet i ponašanje protektiranih pneumatika. Analiza dobijenih rezultata trebalo je da da odgovor da li bi bilo opravdano, sa gledišta bezbednosti i ekonomičnosti, da se u buduće tendere za nabavku gradskih autobusa za potrebe GSP-a uključe i TPMS uređaji.

Za sprovođenje eksperimenta u GSP-u, ljubaznošću firme Hofman – Marinković nabavljeno nekoliko TPMS kompleta. Radi se o sistemima koji se mogu koristiti za pritiske od 1 bar do 10 bar, odnosno za sva putnička i komercijalna vozila. Jedan komplet čine prijemnik i šest davača.



*Prijemnik za šest  
davača*

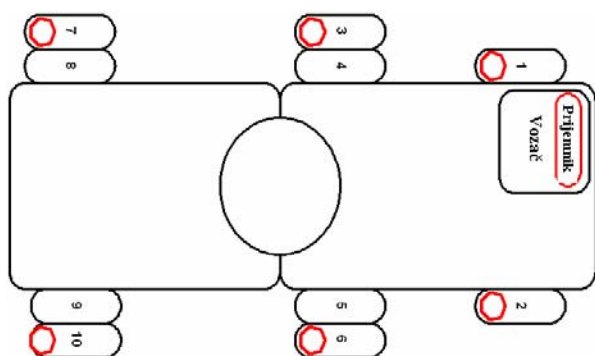
*Davač temperature i  
pritiska*

*Slika 2. Delovi uređaja za kontrolu i praćenje  
pritiska vazduha i temperature u pneumaticima*

Davači se zavrću na ventile pneumatika, umesto zaštitnih kapica, a uređaj za kontrolu se montira u kabini vozača.

Ispitivanje je sprovedeno na zglobnom autobusu marke MAN (MAN SG313, motor MAN D2866 LUH24) sa automatskim menjačem VOITH 864.3 E i sa pneumaticima 295 R80 22,5. Bilo je predviđeno da se postavi ukupno šest davača i to prema shemi koja je prikazana na slici 3.

Autobus je ispitivan na liniji 23 koja povezuje dva dela grada (Karaburma i Vidikovac) To je jedna od najdužih i dosta opterećenih linija



Slika 3. Položaj davača i prijemnika na vozilu

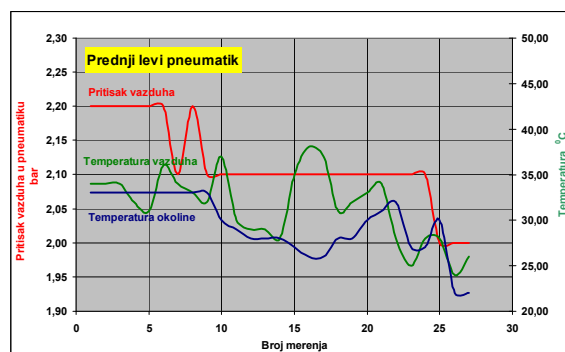
Zadatak vozača autobusa bio je da popuni odgovarajući obrazac nakon dolaska i pre polaska sa zadnje stanice. U obrazac su uneseni sledeći podaci: vreme upisivanja, datum upisivanja, stanica i pritisci i temperature koju pokazuju davači.

## REZULTATI I ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

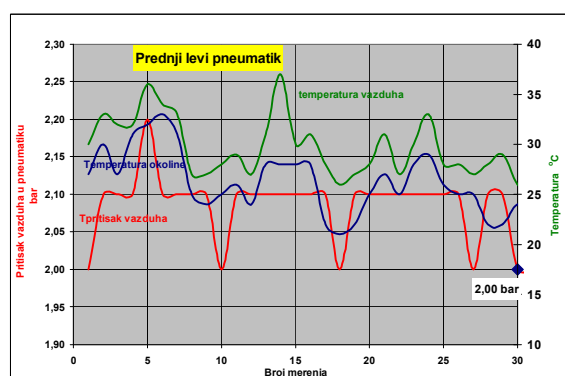
### Ispitivanje sa putničkim automobilom

Pre početka glavnog ispitivanja obavljena je provera funkcionisanja davača. Provera je sprovedena na putničkom vozilu na putu Beograd – Budva – Beograd. Radi se o dvo-trračnom putu sa trećom trakom na usponima na nekim deonicama. Dozvoljena brzina na putu je bila ograničena na 80 km/h, a ukupna dužina rute bila je 1.150 km. Ispitivanje je sprovedeno sa automobilom Lancia Cappa opremljene sa niskopofilnim pneumaticima 205R6015. Na točkove automobila bila su montirana četiri davača, a prijemnik je postavljen u kabini. Podaci o temperaturama i pritiscima su beleženi svakih petnaest minuta – ukupno oko 60 unosa. Samo ispitivanje je bilo uspešno i prošlo je bez problema sa automobilom, pneumaticima i policijom. Jedan od senzora je otkazao na samom početku te je bio zamenjen rezervnim. Nakon toga oprema je radila pouzdano.

Na narednim slikama prikazani su rezultati merenja ponašanja prednjeg levog pneumatika putničkog vozila na putu Beograd - Budva i Budva - Beograd.



Slika 4. Rezultati merenja Beograd – Budva



Slika 5. Rezultati merenja Budva – Beograd

Zaključci iz navedenog eksperimenta su sledeći: Utvrđene su razlike između propisanih, podešenih i izmerenih pritisaka vazduha u pneumaticima. Pritisak vazduha u pneumaticima je proveren i podešen na propisani pre početka ispitivanja (2,2 bar u svim pneumaticima). Podešeni pritisak je meren uz pomoć baždarenog manometra pre montaže davača. U zadnjem levom točku pritisak vazduha bio je za 0,2 bar viši od propisanog. Nakon merenja montirani su senzori i oni su pokazivali za približno 0,1 bar niži pritisak od onoga koji je pokazao manometar (vidi tabelu 3).

Položaj točka		Napred		Nazad	
		Levo	Desno	Levo	Desno
Pritisak vazduha u pneumaticima bar	Pritisak propisan od strane proizvođača vozila	2,2	2,2	2,2	2,2
	Pritisak u pneumaticima podešen u radionici	2,2	2,2	2,4	2,2
	Pokazivanje senzora				
	Početak ispitivanja	2,1	2,1	2,3	2,1
	Kraj ispitivanja	2,0	2,0	2,3	2,1

Tabela 3. Pritisci vazduha u pneumaticima automobila Lancia Cappa pre, u toku i nakon ispitivanja

Nakon završetka ispitivanja, kada su se pneumatici ohladili na temperaturu okoline, pritisak u prednjem levom pneumaticu je bio niži za 0,1 bar nego na početku. Pritisci vazduha u ostalim pneumaticima se nisu promenili.

Brzina vozila nije prelazila dozvoljenu za odgovarajuću deonicu puta, osim u situacijama kada je trebalo obići sporija vozila. Izmerene temperature su bili niže nego što smo očekivali. Maksimalna temperatura je zabeležena u prednjem levom pneumaticu ( $41^{\circ}\text{C}$ ), odnosno za  $15^{\circ}\text{C}$  viša od temperature okoline u tom momentu ( $30^{\circ}\text{C}$ ). Način vožnje nije mnogo uticao na temperature vazduha u pneumaticima, veći uticaj je imala temperatura okoline, a pre svega zbog mesta postavljanja senzora.

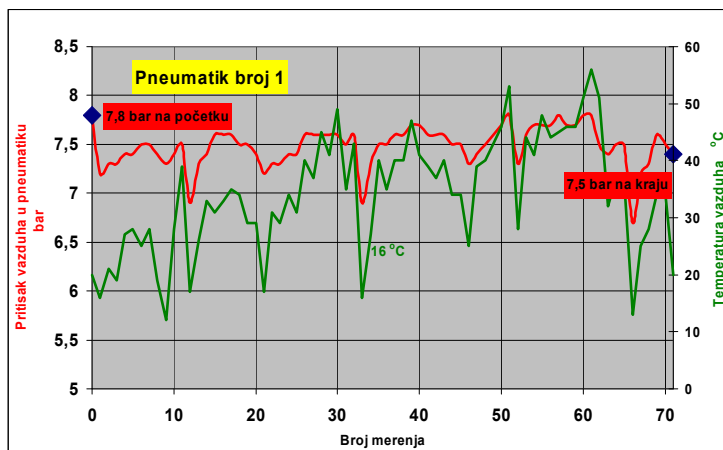
### Ispitivanje sa gradskim autobusom

Ispitivanje je sprovedeno, kako je već rečeno, na liniji 23 sa zglobnim autobusom marke MAN. Počelo je 11. septembra i završeno je 20. septembra. Pre početka ispitivanja zamenjene su svi pohabani pneumatici i provereni i podešen pritisak vazduha u njima. Na vozilu

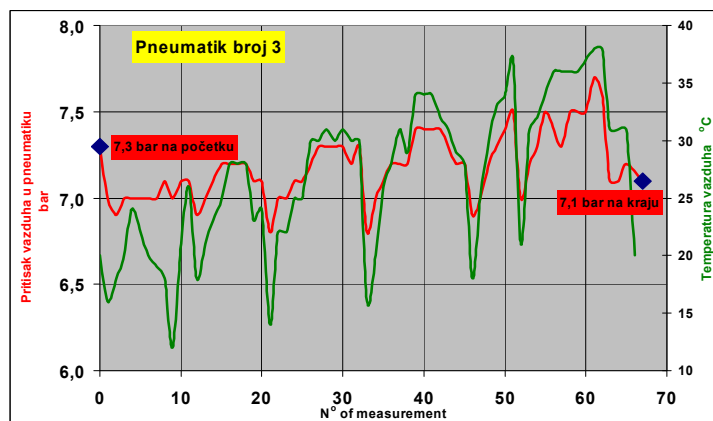
nisu postojali produžeci za merenje pritiska u udvojenim pneumaticima. To je zahtevalo skidanje spoljnih točkova pre merenja pritiska vazduha u unutrašnjim. Takođe, nekoliko točkova nije imalo propisani poklopac na ventilu pneumatica. Manometrom izmereni pritisci su se poklopili sa pritisacima koje su nakon montaže pokazivali senzori. Pritisci u prednjim gumama su mereni još jednom 19. oktobra.

Prilikom pripreme eksperimenta ustanovljeno je da senzori na zadnjoj osovini (senzori 7 i 8 sa slike 3) nisu aktivni. Nije uspeo ni pokušaj zamene i na osnovu toga je zaključeno da nije u pitanju otkaz davača već preveliko rastojanje između davača i prijemnika. Ostali senzori su na početku radili ispravno. Senzor na prednjem desnom točku je otkazao brzo nakon početka ispitivanja. Do kraja ispitivanja ispravni su ostali senzori na točku broj 1 (levi prednji), točku broj 3 (levi srednji spoljni) i točku broj 6 (desni srednji spoljni).

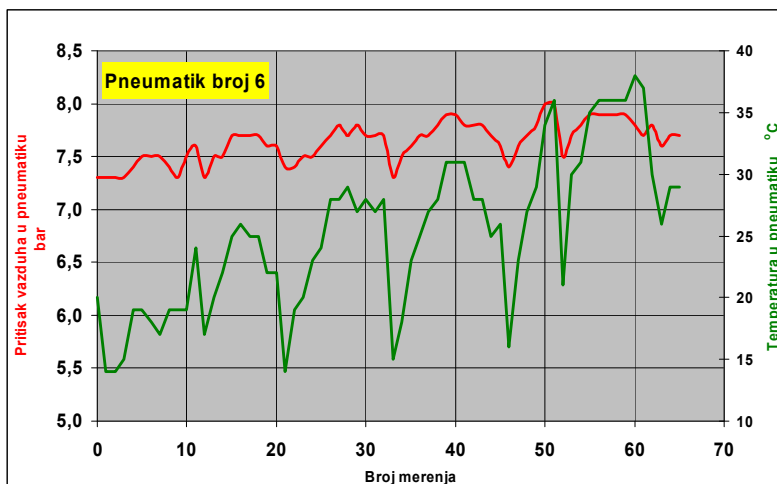
Na narednim slikama prikazani su rezultati merenja pritiska i temperatura u pneumaticima gradskog autobusa 6 (a, b, i c).



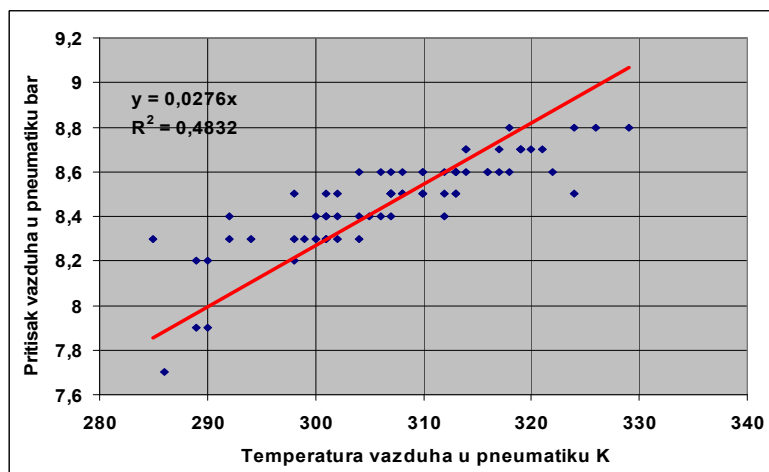
a)



b)



c)



d)

Slika 6. Rezultati i analiza merenja u GSP – u

Pritisaci vazduha u pneumaticima su podešeni na propisane pre početka ispitivanja.

Položaj na vozilu		Prednja osovina		Ostali točkovi (prosečno)
		Levi	Desni	
Pre početka ispitivanja		7,8	7,8	7,3
Pokazivanje senzora	Na početku	7,8	7,8	7,3
	Na kraju	7,5	6,7	7,1

Tabela 4. Pritisaci vazduha u pneumaticima autobusa pre, u toku i nakon ispitivanja

Pritisaci vazduha u pneumaticima su se tokom ispitivanja menjali u skladu sa promenom temperature vazduha u pneumaticima. Pritisak vazduha u pneumaticima opadao je tokom eksperimenta i to različito od točka do točka. Razlike pritisaka vazduha između početka i kraja ispitivanja (11. septembar – 19. oktobar) se kreću između 0,2 bar (3%) i 0,3

bar (4%). Izuzetak je prednji levi pneumatik gde je zabeležen pad bio 0,9 bar, odnosno 12%.

Obradom dobijenih rezultata dobijeno je da je srednja temperatura pneumatika na prednjim točkovima 34°C. Na točkovima na srednjoj osovini prosečna temperatura je bila niža i iznosila je 27 °C. Maksimalna dostignuta temperatura iznosi 56 °C i ostvarena je na prednjem levom točku (vidi sliku 6a). Ova temperatura je ostvarena u popodnevним časovima, a ne u vreme špiceva.

Na slici 6 d prikazana je zavisnost temperature od pritiska vazduha u pneumaticima. Sa slike se vidi da izračunate vrednosti podaci odstupaju od teorijskih (izračunati koeficijent je 0,0276, a teorijski, dobijen korišćenjem Klapejronove jednačine, je nešto manji i iznosi 0,0266). Verovatni razlog tome je uticaj spoljašnje temperature na vrednost izmerene temperature vazduha u pneumaticima.

### Cost – benefit analiza

Istraživanja su pokazala da se čak i sa ovako jednostavnom opremom, kakva je bila naša, dobijaju dovoljno pouzdani podaci da bi se izbegle neprijatnosti i opasne situacije koje bi mogle nastati zbog gubitka pritiska u pneumaticima.

Sledeće što je trebalo utvrditi je da li nabavka TPMS ima i svoje ekonomsko opravdanje, odnosno da li bi eventualne uštede ostvarene ugradnjom ove opreme bile veće od troškova za njenu nabavku, montažu i održavanje.

Funkcionisanje pneumatika i njihov vek u velikoj meri zavise od uslova eksploatacije, stanja (ispravnosti) vozila, načina vožnje i održavanja. Vek pneumatika je ograničen vekom protektora, odnosno noseće strukture ukoliko pneumatik ponovo protektiramo. Neodgovarajući pritisak vazduha u pneumaticima povećava ukupne troškove eksploatacije na sledeće načine:

- Smanjuje se vek noseće strukture – karkase pneumatika: Kod nedovoljno napumpanih pneumatika prilikom kotrljanja dolazi do povećanih deformacija u karkasi pneumatika. Povećana naprezanja izazivaju unutrašnja oštećenja i dovode do skraćenja životnog veka;
- Nepovoljno utiče na habanje pneumatika: Nepropisno napumpani pneumatici imaju neravnomeran raspored pritiska u kontaktu i brže neravnomerno trošenje protektora. Sa gledišta habanja protektora podjednako je nepovoljan i viši i niži pritisak od propisanog;
- Povećava potrošnju goriva: Niži pritisak vazduha u pneumaticima od propisanog utiče na povećanje otpora kotrljanju. Ukoliko je pritisak niži za 1 bar od propisanog porast potrošnje goriva biće oko 0,7%;
- Povećava učestanost otkaza pneumatika: Kako je već rečeno pritisak vazduha utiče na ponašanje i performanse vozila na putu. Niži pritisak izaziva veće zagrevanje pneumatika i povećava verovatnoću eksplozije.

Prema /3/ prosečan uticaj nedovoljno napumpanih pneumatika na troškove eksploatacije autobusa je sledeći:

Skraćenje veka pneumatika	Povećanje habanja	Povećana potrošnja goriva
7.67%	6.89%	0.19%

Tabela 5. Uticaj nepropisno napumpanih pneumatika autobusa na troškove eksploatacije /3/

Zbog skraćenja veka gubi se prosečno 7,67% od cene novog pneumatika. Habanje pneumatika je 6,89% veće što utiče na skraćenje veka novog ili obnovljenog protektora. Što se tiče potrošnje goriva ona je za oko 0,2% veća zbog nebrige u održavanju pneumatika. Do ovakvih podataka je moguće doći

Broj točkova na autobusu	10
Prosečna godišnja kilometraža	70.000
Prosečan vek pneumatika km/god	54.000
Prosečna potrošnja za zglobne autobuse lit/100 km	70
Koeficijent protektiranja pneumatika	0.11
Cena nove gume EUR	300
Cena dizel goriva EUR	1
Prosečna cena protektiranja EUR	150
Cena intervencije na terenu za 1 pneumatik EUR	65
Broj intervencija po vozilu godišnje	1

Tabela 6. Uticaj nepropisno napumpanih pneumatika autobusa na troškove eksploatacije /4/

Na primeru GSP – a to bi na osnovu predpostavljenih ulaznih podataka (prikazanih u tabeli 6) i uz predpostavku da se uvođenjem TPMS ostvare efekti koji iznose 80% od očekivanih, dobile bi se uštede za jedan zglobni autobus u iznosu od 471 EUR na godišnjem nivou.

Novi pneumatici EUR	298
Protektirani pneumatici EUR	15
Gorivo EUR	93
Intervencije na putu	65
<b>Ukupno</b>	<b>471</b>

Tabela 7. Moguće uštede koje bi se ostvarile ugradnjom TPMS na zglobni autobus /10/



Vozilo sa ugrađenim TPMS ne zahteva česte kontrole pritiska vazduha pneumaticima, ali su potrebne povremene kontrole ispravnosti funkcionisanja ugrađenih uređaja. Kada se ove stvake uzmu u obzir i pretpostavi da će biti moguće da se ostvari samo 80% od očekivanih dobiti, dobija se nešto umanjen iznos ušteta (vidi tabelu 8)

Umanjen iznos ušteta za pneumatike i gorivo (80% od 471 EUR)	377
Smanjeni troškovi pregleda EUR	80
Održavanje TPMS za godinu dana EUR	-50
Moguće uštete EUR	407

*Tabela 8. Moguće uštete koje bi se ostvarile ugradnjom TPMS na zglobni autobus /10/*

Sračunate uštete treba uporediti sa troškovima kojima se korisnik izlaže. To su troškovi nabavke prijemnika i senzora.

Prijemnik EUR	300
Senzori (10 * 40) EUR	400
Ukupno* EUR	700

*Tabela 9. Troškovi uvođenja TPMS na zglobni gradski autobus*

\* Troškovi montaže su uključeni u cenu novog autobusa.

Sada se mogu uporediti mogući troškovi i moguće koristi od uvođenja TPMS na gradske autobuse.

Stavka	Iznos
Troškovi uvođenja TPMS na zglobni gradski autobus EUR	700
Moguće godišnje uštete EUR	407
CBR (odnos troškovi/koristi)	1,72

*Tabela 9. Cost –Benefit analiza*

Iz analize proizilazi da bi se sredstva uložena u ugradnju sistema za kontrolu i praćenje pritiska i temperature vazduha u pneumaticima vratila za manje od dve godine ili 21 mesec, odnosno da ugradnjom ovih sistema u gradske autobuse saobraćaj Beogradu postao bi još bezbedniji, komforniji i ekonomičniji. Slične ekonomske efekte dobili bi i ukoliko bi TPMS bio ugrađen i na druge tipove autobusa.

## LITERATURA

- /1/ Paul Grygier, P., Garrott, R. and Mazzae, E.: An Evaluation of Existing Tire Pressure Monitoring Systems, DOT HS 809 297, National Highway Traffic Safety Administration, p 161.
- /2/ Lipovac, K., Vukašinović, M.: Analiza stanja pneumatika na putničkim vozilima u Beogradu, Naučno- stručni skup "Pneumatici 2000", Vrnjačka Banja 1. - 3. juna 2000, Zbornik radova, OMO Beograd, pp 120 - 128.
- /3/ Commercial Vehicle Tire Condition Sensors, Final Report, Booz Allen Hamilton Inc., Commercial Vehicle Safety Technology Diagnostics and Performance Enhancement Program Contract Number: DTFH61-99-C-00025, 2003, p 97.
- /4/ Stock, K.: TPMS System - Quick Technical Review, International Energy Agency, 15th - 16th Nov 2005, p 28.
- /5/ Danon, G. Žeželj, D.: Upravljanje troškovima eksploatacije pneumatika, časopis "Istraživanja i projektovanja za privredu", god. 1, br. 1 (2003), pp 55-62.
- /6/ Mitrović, Č., Vorotović, G.: Modeliranje IS za praćenje sastava i načina eksploatacije pneumatika u vazduhoplovstvu, časopis "Istraživanja i projektovanja za privredu", god. 1, br. 2 (2003), pp 35-52.
- /7/ Cross, R.: Tire Pressure Monitors, "Commercial Carrier Journal", No 64, 1996., pp 7 – 16.
- /8/ [www.trieindustrz.org/pdf/TREAD\\_ACT Sumary.pdf](http://www.trieindustrz.org/pdf/TREAD_ACT_Sumary.pdf).
- /9/ Tire Pressure Monitoring System, Final regulatory impact analysis FMVSS No. 138, U.S., Department Of Transportation, p 248.
- /10/ Reithmaier, W., Salzinger, T.: Survey On Motor Vehicle Tyres & Related Aspects (Entr/02/045), The European Commission Enterprise Directorate General, TÜV Automotive GmbH, p 173.