

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Ivan S. Ivković

**ISTRAŽIVANJE PERFORMANSI
AUTOBUSA SA POGONOM NA
KOMPRIMOVANI PRIRODNI GAS
SA STANOVIŠTA BEZBEDNOSTI I
UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU**

doktorska disertacija

Beograd, 2012

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC
ENGINEERING

Ivan S. Ivković

**RESEARCH OF PERFORMANCES
OF THE COMPRESSED NATURAL GAS
POWERED BUS IN TERMS OF SAFETY
AND ENVIRONMENTAL INFLUENCE**

Doctoral Dissertation

Beograd, 2012

Mentor: Redovni profesor **dr Vojkan D. JOVANOVIĆ**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Članovi komisije: Redovni profesor **dr Vojkan D. JOVANOVIĆ**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet
Redovni profesor dr **Srećko ŽEŽELJ**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet
Redovni profesor dr **Gradimir DANON**,
Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet

Datum odbrane:

Rezime

Doktorska disertacija pod nazivom „**Istraživanje performansi autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas sa stanovišta bezbednosti i uticaja na životnu sredinu**“ ima za cilj unapređivanje postojećih i razvoj novih modela za analizu pokazatelja bezbednosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas i razvoj jedinstvenog modela za procenu uticaja ovih autobusa na životnu sredinu na putnoj mreži Srbije.

U skladu sa ciljem, u radu su definisani kinematsko dinamički modeli autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas kao heterogenog tela od dve koncentrisane mase za različite režime kretanja. Na osnovu zakona teorije kretanja vozila formirane su diferencijalne jednačine kretanja pomoću kojih su definisane kritične brzine stabilnog upravljanja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas. Analiza stabilnosti upravljanja autobusa pod dejstvom maksimalnih uzdužnih i poprečnih sila u tangentnoj ravni kontakta pneumatika i podloge izvršena je u graničnim uslovima kretanja i za širok spektar drumskih i transportnih uslova eksploatacije reprezentovanih kroz različite uslove prijanjanja i opterećenja autobusa, različitog položaja baterije sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas na krovu autobusa, promenu koordinata težišta autobusa. Imajući u vidu da vozač može uticati na promenu kretanja samo u tangentnoj ravni, analiza dinamičkog ponašanja autobusa je sprovedena za ravansko kretanje, izuzimajući oscilacije autobusa pri kretanju i karakteristike mikroprofila tla ali je uzeta u obzir bočna elastičnost točkova autobusa.

U radu je razvijen model za određivanje i procenu emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na saobraćajnoj mreži. Za definisanje i prognozu transportnih zahteva izraženih u broju autobusa po danu na svakoj deonici kreirane putne mreže u okviru modela je korišćena aplikacija „Transtools“. Pri tome su u okviru ovog dela istraživanja uzeti u obzir i transportni zahtevi za sve kategorije vozila kako bi analiza obuhvatala i međusobni uticaj vozila u saobraćajnom toku. Kreirana saobraćajna mreža je multimodalnog karaktera, tj. na obim i raspodelu saobraćajnih tokova po deonicama kao i na krajnje rezultata funkcionisanja modela utiču i drugi vidovi saobraćaja. Na osnovu „HDM“ modela i regresione analize, prema tipu terena i međunarodnom indikatoru neravnosti kolovoza, za svaku od kategoriju drumskih vozila utvrđena je funkcionalna zavisnost između brzine kretanja i potrošnje

goriva u obliku polinoma drugog stepena. Potrošnja goriva autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas utvrđena je merenjem u realnim uslovima eksploatacije na karakterističnim deonicama putne mreže, što je omogućilo da se ustanovi vrednost gorivnog ekvivalenta izražena odnosom potrošnje prirodnog gasa i potrošnje dizel goriva na 100 kilometara pređenog puta autobusa. Određeni su jedinični faktori emisije ugljenmonoksida, azotnih oksida, čestičnih materija, ugljendioksida, nemetanskih isparljivih organskih jedinjenja, sumpornih oksida i metana, izraženih u masi zagađivača po masi sagorelog goriva. Vrednovanje uticaja ovih autobusa na životnu sredinu izvršeno je sa stanovišta eksternih troškova u saobraćaju odnosno troškova emisije izduvnih gasova.

Rezultate istraživanja ove doktorske disertacije karakteriše visok nivo adaptibilnosti i primenljivosti u odnosu na druge koncepcija autobusa sa alternativnim pogonom ali i u odnosu na druge kategorije motornih vozila u postupku ocene performansi sa stanovišta bezbednosti i uticaja na životnu sredinu. Takođe, rezultate je moguće primeniti u različitim fazama projektovanja autobusa u cilju poboljšanja karakteristika bezbednosti i postupcima strateškog donošenja odluka pri formiranju održivog transportnog sistema.

Ključne reči: autobus, komprimovani prirodni gas, bezbednost, stabilnost upravljanja, kočenje, saobraćaj, putna mreža, emisija, izduvni gasovi

Naučna oblast: Bezbednost saobraćaja

Uža naučna oblast: Drumska vozila i dinamika vozila

UDK broj: 629.113.4(043.3)

Abstract

Doctoral dissertation entitled „**Research of performances of the compressed natural gas powered bus in terms of safety and environmental influence**” should improve the existing i.e. develop new models used for the analysis of safety parameters of the compressed natural gas powered bus, as well as develop the unique model for assessment of environmental impact of such buses within the Serbian road network.

Pursuant to the goal, the paper defines kinematic and dynamic models of compressed natural gas powered bus as heterogenous body consisting of two concentrated masses used for different regimes of motion. Based on the vehicle motion theory laws, differential equations of motion have been established in order to help define steering stability critical velocities of compressed natural gas powered bus. The analysis of steering stability of a bus under the influence of maximum longitudinal and lateral force within a tire-surface contact tangent plane has been carried out under limit movement conditions and for a wide range of road and transport exploitation conditions, presented through diverse friction and bus load conditions, different positions of a compressed natural gas cylinder placed on the bus roof, changes in the bus's center of gravity coordinates. Bearing in mind the fact that a driver can influence solely the change in tangent plane motion, dynamic behaviour of a bus has been analyzed in terms of plane motion, thus excluding bus oscillations during the movement as well as surface micro-profile properties, while taking lateral tire elasticity into account.

In this paper the model has been developed that determines and assesses emission of exhaust gases of the compressed natural gas powered bus in transport network. „Transtools“ has been applied to define and forecast transport demands expressed in the number of buses per day in each section of the created road network within the model. Within this part of the research, transport demands implemented to all vehicle categories have also been taken into account so that the analysis could also encompass mutual influence of vehicles in traffic flow. The created transport network is multimodal, i.e. other transport modes influence the volume and the distribution of traffic flows in different sections as well as the final results. Based on „HDM“ model and regression analyses and according to the terrain type and the International Roughness Index, functional co-dependence between velocity and fuel consumption in the form of a second degree polynomial has been determined for each road vehicle

category. Fuel consumption by compressed natural gas powered bus has been calculated through the measurement within real conditions of exploitation on specific sections of the road network, which has made possible to determine the fuel equivalent value, expressed through the relation between the natural gas consumption and diesel fuel consumption per 100 km of the road passed by the bus. Average factors of carbon monoxide emission, nitrogen oxides, particulate matter, carbon dioxide, non-methane volatile organic compounds, sulfur oxide and methane, expressed through the pollutant's mass per mass of the fuel burnt. Evaluation of environmental influence of such buses has been expressed from the point of view of external costs in the transport sector, i.e. costs of exhaust gas emission.

Research results of the present doctoral thesis portray a high level of adaptability and applicability and could be applied to other concepts of alternative fuel buses, but also regarding other motor vehicle categories within the performance assessment procedure from the safety and environmental protection point of view. The relevant results can also apply in different phase of bus design procedures, in order to improve different safety characteristics, as well as with strategic decision making procedures during the establishment of a sustainable transport system.

Keywords: Bus, Compressed Natural Gas, Safety, Steering Stability, Braking, Traffic, Road Network, Emission, Exhaust Gases

Scientific Field: Traffic Safety

Field of Academic Expertise: Motor Vehicles and Vehicle Dynamics

UDC: 629.113.4(043.3)

Sadržaj

Spisak slika.....	V
Spisak tabela.....	X
1. Uvod.....	1
1.1. Motivi istraživanja.....	2
1.2. Predmet i cilj istraživanja.....	4
2. Savremeni pristupi istraživanja performansi autobusa na alternativni pogon.....	5
2.1. Razvoj metodologija za ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila.....	6
2.2. Konstrukcijsko-konceptijska rešenja autobusa.....	12
2.3. Vrednovanje konstrukcijsko-konceptijskih rešenja autobusa na alternativni pogon.....	19
2.3.1. Kriterijumi vrednovanja.....	20
2.4. Projekti vrednovanja konstrukcijsko-konceptijskih rešenja autobusa na alternativni pogon.....	22
2.4.1. Projekat Udruženja nemačkih saobraćajnih preduzeća.....	23
2.4.2. Projekat preduzeća javnog prevoza u Štutgartu.....	25
2.4.3. Vrednovanje koncepcija autobusa u našim uslovima.....	26
2.5. Bezbednosni aspekti primene komprimovanog prirodnog gasa za pogon autobusa.....	33
2.5.1. Aktivna i pasivna bezbednost.....	33
2.5.2. Ponašanje autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putu sa aspekta teorije kretanja vozila.....	34
2.6. Opasnosti i rizici pri korišćenju komprimovanog prirodnog gasa.....	38
2.6.1. Opasnosti i rizici od pojave vatre.....	38
2.6.2. Opasnosti i rizici po zdravlje ljudi i okolinu.....	40
2.6.3. Opasnosti i rizici od visokog pritiska.....	40
3. Struktura autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas.....	42
3.1. Sastav gasne instalacije.....	42
3.2. Rezervoari prirodnog gasa na autobusima.....	46
3.2.1. Rezervoari za komprimovani prirodni gas (KPG).....	46

3.2.1.1. Sigurnosno-bezbednosne mere pri primeni rezervoara za komprimovani prirodni gas	49
3.2.1.2. Punjenje rezervoara	54
3.2.1.3. Prednosti korišćenja rezervoara za komprimovani prirodni gas	56
3.2.2. Rezervoari za utečnjeni prirodni gas (UPG)	57
3.2.3. Rezervoari za prirodni gas sa adsorbentom (APG)	58
3.3. Smeštaj i ugradnja instalacije za komprimovani prirodni gas u sklopu autobusa	60
3.3.1. Smeštaj rezervoara u sklopu autobusa	60
3.3.2. Smeštaj ostalih elemenata gasne instalacije	63
3.4. Uticaj gasne instalacije na konstrukcione karakteristike autobusa	63
3.4.1. Promena visine težišta	67
3.4.2. Promena odnosa l_p/l	71
4. Analiza stabilnosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas - stabilnost upravljanja	79
4.1. Stabilnost upravljanja prilikom kretanja KPG autobusa po pravcu i u krivini	82
4.1.1. Diferencijalne jednačine kretanja	82
4.1.2. Proračun kritične brzine	92
4.1.3. Analiza rezultata	96
4.2. Stabilnost pri kočenju KPG autobusa	98
4.2.1. Diferencijalne jednačine kretanja	99
4.2.1.1. Slučaj br. 1. - blokirani točkovi prednje osovine	99
4.2.1.2. Proračun kritične brzine	107
4.2.1.3. Slučaj br. 2. - blokirani točkovi zadnje osovine	109
4.2.1.4. Proračun kritične brzine	113
4.2.1.5. Slučaj br. 3. - blokirani točkovi obe osovine	115
4.2.1.6. Proračun kritične brzine	119
4.2.2. Analiza rezultata	121
5. Istraživanje emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas	124
5.1. Komprimovani prirodni gas - energent za pogon motornog vozila	126

5.1.1. Emisija štetnih materija pri sagorevanju prirodnog gasa	127
5.1.1.1. Produkti nepotpunog sagorevanja prirodnog gasa.....	128
5.1.1.2. Emisija gasova staklene bašte.....	130
5.2. Emisija štetnih materija autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas	131
5.2.1. Konceptijska rešenja sistema napajanja gasom pogonskog agregata autobusa.....	132
5.2.2. Uslovi eksploatacije - testovi za ispitivanje emisije izduvnih gasova autobusa.....	132
5.2.3. Sastav prirodnog gasa	134
5.2.4. Komparacija emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na prirodni gas i autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo	135
5.2.4.1. Emisija ugljendioksida (CO ₂)	141
5.2.4.2. Emisija ugljenmonoksida (CO).....	142
5.2.4.3. Emisija ugljovodonika (THC).....	143
5.2.4.4. Emisija azotnih oksida (NO _x)	143
5.2.4.5. Emisija CO ₂ , CO, THC, NO _x , po prevezenom putniku	143
5.2.4.6. Emisija čestičnog zagađenja (PM).....	146
5.2.5. Komparacija emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na prirodni gas i autobusa sa pogonom na dizel gorivo sa smanjenom količinom sumpora.....	147
5.2.6. Emisija štetnih materija autobusa sa dvogorivim pogonskim agregatom (dizel-prirodni gas).....	150
5.3. Analiza rezultata	151
6. Istraživanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži Srbije.....	153
6.1. Razvoj modela za određivanje emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putnoj mreži.....	154
6.1.1. Dizajniranje multimodalne saobraćajne mreže	156
6.1.2. Definisane transportnih zahteva.....	162
6.1.3. Određivanje potrošnje goriva na putnoj mreži.....	166
6.1.4. Određivanje potrošnje goriva autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas	171
6.1.5. Određivanje gorivnog ekvivalenta	172
6.1.6. Određivanje jediničnih faktora emisije izduvnih gasova vozila	174

6.2. Vrednovanje i analiza uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži sa stanovišta eksternih troškova.....	177
6.2.1. Određivanje jediničnih troškova zagađivača	177
6.2.2. Analiza troškova emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putnoj mreži Republike Srbije.....	178
7. Zaključna razmatranja	189
8. Literatura	194
9. Prilozi	203
Prilog 1: Konstrukcione karakteristike autobusa pojedinih proizvođača	204
Prilog 2: Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja za slučaj blokiranih točkova zadnje osovine i za slučaj blokiranih točkova obe osovine	206
Prilog 3: Proračun kritičnih brzina stabilnosti upravljanja pri kočenju	216
Prilog 4: Bruto domaći proizvod, broj stanovnika i vrednosti zagađivača u zemljama Evrope.....	223
Prilog 5: Karakteristike putne mreže za definisanje transportnih zahteva.....	225
Prilog 6: Transportni zahtevi na putnoj mreži	247
Biografija autora.....	269

Spisak slika

Slika 2.1.	<i>Primer metodologije ispitivanja izduvnih gasova privrednih vozila prema zvaničnom pravilniku Evropske komisije EC-1999/96.....</i>	<i>7</i>
Slika 2.2.	<i>Uticajni činioci na razvoj metodologije za ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila.....</i>	<i>8</i>
Slika 2.3.	<i>Troškovi životnog ciklusa autobusa.....</i>	<i>19</i>
Slika 2.4.	<i>Metodološki pristup vrednovanja konstrukcijsko konceptijskih pogona autobusa.....</i>	<i>24</i>
Slika 2.5.	<i>Postupak određivanja težinskih faktora pojedinačnih kriterijuma.....</i>	<i>27</i>
Slika 2.6.	<i>Težinski faktori pojedinačnih kriterijuma rangiranja.....</i>	<i>29</i>
Slika 2.7.	<i>Relativna bliskost varijanti i idealnog rešenja.....</i>	<i>32</i>
Slika 3.1.	<i>Sastav instalacije za komprimovani prirodni gas na autobusu.....</i>	<i>43</i>
Slika 3.2.	<i>Test otpornosti na oštećenja pri slobodnom padu.....</i>	<i>52</i>
Slika 3.3.	<i>Pozitivni rezultati testa pada rezervoara pod uglom od 45°.....</i>	<i>52</i>
Slika 3.4.	<i>Negativni rezultati testa pada rezervoara pod uglom od 45°.....</i>	<i>52</i>
Slika 3.5.	<i>Hidrostatički test razaranja.....</i>	<i>53</i>
Slika 3.6.	<i>Test izlaganja ekstremnoj temperaturi.....</i>	<i>53</i>
Slika 3.7.	<i>Hidraulični test razaranja.....</i>	<i>53</i>
Slika 3.8.	<i>Test probojnosti ispaljivanjem metka kalibra 7,62 mm.....</i>	<i>53</i>
Slika 3.9.	<i>Šematski prikaz sistema "brzog punjenja" rezervoara autobusa komprimovanim prirodnim gasom.....</i>	<i>54</i>
Slika 3.10.	<i>„Slow fill“ sistem snabdevanja autobusa komprimovanim prirodnim gasom.....</i>	<i>55</i>
Slika 3.11.	<i>Montažna oprema za sekvencijalno snabdevanje autobusa komprimovanim prirodnim gasom na parking prostoru autobaze.....</i>	<i>56</i>
Slika 3.12.	<i>Mercedes-Benz Citaro KPG, baterija smeštena na prednjem delu krova (a).....</i>	<i>61</i>
Slika 3.13.	<i>Mercedes-Benz Citaro KPG, baterija smeštena na prednjem delu krova (b).....</i>	<i>62</i>
Slika 3.14.	<i>Iris bus Agora gaz, baterija na zadnjem delu krova.....</i>	<i>62</i>
Slika 3.15.	<i>Reanault Agora gaz, baterija na sredini krova.....</i>	<i>62</i>
Slika 3.16.	<i>Man KPG, baterija na sredini krova.....</i>	<i>62</i>

Slika 3.17.	<i>Scania KPG S2, rezervoari ispod poda</i>	62
Slika 3.18.	<i>IK 104 KPG, baterije na krovu i ispod poda</i>	62
Slika 3.19.	<i>Scania KPG S2, rezervoari na krovu u prednjem delu.....</i>	62
Slika 3.20.	<i>Konstruktione karakteristike autobusa IK 104.....</i>	64
Slika 3.21.	<i>Odnos korisne nosivosti i sopstvene mase različitih kategorija autobusa</i>	65
Slika 3.22.	<i>Referentni koordinatni sistem za određivanje položaja težišta.....</i>	66
Slika 3.23.	<i>Odnos visine težišta konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$.....</i>	68
Slika 3.24.	<i>Odnos visine težišta konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$.....</i>	69
Slika 3.25.	<i>Raspon visine težišta KPG autobusa u odnosu na visinu težišta konvencionalnog autobusa za delimično opterećenje ($M_o < M < M_p$).....</i>	70
Slika 3.26.	<i>Raspon procentualnog povećanja visine težišta KPG autobusa u odnosu na visinu težišta konvencionalnog autobusa za delimično opterećenje ($M_o < M < M_p$).....</i>	70
Slika 3.27.	<i>Položaj baterije sa KPG-om na krovu u zadnjem delu autobusa</i>	72
Slika 3.28.	<i>Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$.....</i>	73
Slika 3.29.	<i>Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$.....</i>	74
Slika 3.30.	<i>Položaj baterije sa KPG-om na krovu u prednjem delu autobusa</i>	75
Slika 3.31.	<i>Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$.....</i>	76
Slika 3.32.	<i>Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$.....</i>	78
Slika 4.1.	<i>Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t, stabilno kretanje</i>	80
Slika 4.2.	<i>Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t, stabilno kretanje</i>	80
Slika 4.3.	<i>Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t, nestabilno kretanje</i>	81
Slika 4.4.	<i>Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t, nestabilno kretanje</i>	81
Slika 4.5.	<i>Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t, labilna ravnoteža.....</i>	81
Slika 4.6.	<i>Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa</i>	83
Slika 4.7.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi).....</i>	94

Slika 4.8.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)</i>	95
Slika 4.9.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)</i>	95
Slika 4.10.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)</i>	96
Slika 4.11.	<i>Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani prednji točkovi</i>	100
Slika 4.12.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)</i>	107
Slika 4.13.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)</i>	108
Slika 4.14.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)</i>	108
Slika 4.15.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)</i>	109
Slika 4.16.	<i>Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani zadnji točkovi</i>	110
Slika 4.17.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)</i>	113
Slika 4.18.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)</i>	114
Slika 4.19.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)</i>	114
Tabela 4.20.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)</i>	115
Slika 4.21.	<i>Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani svi točkovi</i>	116
Slika 4.22.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)</i>	119

Slika 4.23.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_o$, gas napred)</i>	<i>120</i>
Slika 4.24.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)</i>	<i>120</i>
Slika 4.25.	<i>Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)</i>	<i>121</i>
Slika 5.1.	<i>CBDC ciklus</i>	<i>136</i>
Slika 5.2.	<i>DUBDC ciklus</i>	<i>137</i>
Slika 5.3.	<i>De Lijn ciklus</i>	<i>138</i>
Slika 5.4.	<i>Emisija CO_2 po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa</i>	<i>139</i>
Slika 5.5.	<i>Emisija CO po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa</i>	<i>140</i>
Slika 5.6.	<i>Emisija THC po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa</i>	<i>140</i>
Slika 5.7.	<i>Emisija NO_x po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa</i>	<i>140</i>
Slika 5.8.	<i>Specifična potrošnja energije po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa</i>	<i>141</i>
Slika 5.9.	<i>Emisija CO_2 po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi</i>	<i>144</i>
Slika 5.10.	<i>Emisija CO po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi</i>	<i>144</i>
Slika 5.11.	<i>Emisija THC po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi</i>	<i>145</i>
Slika 5.12.	<i>Emisija NO_x po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi</i>	<i>145</i>
Slika 5.13.	<i>Emisija PM, organskog ugljenika i metala po koncepciji autobusa - CBDC ciklus</i>	<i>148</i>
Slika 5.14.	<i>Emisija CO i CO_2 po koncepciji autobusa - CBDC ciklus</i>	<i>148</i>
Slika 5.15.	<i>Emisija NMHC i CH_4 po koncepciji autobusa - CBDC ciklus</i>	<i>148</i>
Slika 5.16.	<i>Emisija NO_x i NO_2 po koncepciji autobusa - CBDC ciklus</i>	<i>149</i>
Slika 6.1.	<i>Model za određivanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu</i>	<i>155</i>
Slika 6.2.	<i>Multimodalna transportna mreža na evropskom nivou korišćena u istraživanju</i>	<i>157</i>
Slika 6.3.	<i>Modelirana drumska transportna mreža na teritoriji Republike Srbije</i>	<i>158</i>

Slika 6.4.	<i>Usvojeni zonski sistem neophodan za definisanje transportnih zahteva.....</i>	<i>164</i>
Slika 6.5.	<i>Zavisnosti popravnog faktora korekcije potrošnje goriva (PFPG) od promene brzine</i>	<i>170</i>
Slika 6.6.	<i>Scenario minimalnih ulaganja- DoMin scenario.....</i>	<i>179</i>
Slika 6.7.	<i>Razvojni projekti u Total scenariju.....</i>	<i>180</i>
Slika 6.8.	<i>Raspodela troškova emisije izduvnih gasova za Bazni scenario</i>	<i>183</i>
Slika 6.9.	<i>Raspodela troškova emisije izduvnih gasova za DoMin scenario</i>	<i>183</i>
Slika 6.10.	<i>Raspodela troškova emisije izduvnih gasova za Total scenario.....</i>	<i>184</i>
Slika 6.11.	<i>Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za Bazni scenario</i>	<i>185</i>
Slika 6.12.	<i>Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za DoMin scenario</i>	<i>186</i>
Slika 6.13.	<i>Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za Total scenario.....</i>	<i>186</i>

Spisak tabela

Tabela 2.1.	<i>Pravilnici za ispitivanje emisije izduvnih gasova u pojedinim zemljama</i>	<i>9</i>
Tabela 2.2.	<i>Kategorije vozila</i>	<i>11</i>
Tabela 2.3.	<i>Emisioni standardi za dizel motore, 88/77/EC</i>	<i>11</i>
Tabela 2.4.	<i>Težinski faktori pojedinačnih kriterijuma rangiranja.....</i>	<i>28</i>
Tabela 2.5.	<i>Normalizovana matrica R, bezdimenzionalni elementi r_{ij}</i>	<i>30</i>
Tabela 2.6.	<i>Težinski normalizovana matrica V, bezdimenzionalni elementi r_{ij}.....</i>	<i>30</i>
Tabela 2.7.	<i>Idealna i negativna idealna rešenja.....</i>	<i>31</i>
Tabela 2.8.	<i>Relativna bliskost između varijante i idealnog rešenja</i>	<i>31</i>
Tabela 2.9.	<i>Kvantitativna analiza rizika pojave vatre na KPG autobusu</i>	<i>39</i>
Tabela 3.1.	<i>Specifična masa i cena rezervoara za komprimovani prirodni gas.....</i>	<i>49</i>
Tabela 3.2.	<i>Proračun visine težišta KPG autobusa (prazno vozilo).....</i>	<i>67</i>
Tabela 3.3.	<i>Proračun visine težišta KPG autobusa (puno vozilo).....</i>	<i>69</i>
Tabela 3.4.	<i>Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (prazno vozilo, pozadi gas).....</i>	<i>72</i>
Tabela 3.5.	<i>Proračun odnosa l_p/l KNG autobusa (puno vozilo, pozadi gas).....</i>	<i>74</i>
Tabela 3.6.	<i>Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (prazno vozilo, napred gas)</i>	<i>76</i>
Tabela 3.7.	<i>Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (puno vozilo, napred gas)</i>	<i>77</i>
Tabela 4.1.	<i>Proračun kritične brzine praznih autobusa, $M=M_o$.....</i>	<i>93</i>
Tabela 4.2.	<i>Proračun kritične brzine punih autobusa, $M=M_p$.....</i>	<i>93</i>
Tabela 5.1.	<i>Broj vozila sa pogonom na prirodni gas u pojedinim zemljama</i>	<i>125</i>
Tabela 5.2.	<i>Emisioni standardi za dizel i gasne motore, ETC Test, [gr/kWh]</i>	<i>126</i>
Tabela 5.3.	<i>Test ciklusi za ispitivanje emisije izduvnih gasova u pojedinim zemljama</i>	<i>133</i>
Tabela 5.4.	<i>Potreban kvalitet prirodnog gasa za pogon motornog vozila.....</i>	<i>134</i>
Tabela 5.5.	<i>Emisija polutanata - dizel autobus.....</i>	<i>138</i>
Tabela 5.6.	<i>Emisija polutanata - $KPG\lambda=1$ autobu.</i>	<i>139</i>
Tabela 5.7.	<i>Emisija polutanata - $KPG\lambda>1$ autobus.....</i>	<i>139</i>
Tabela 5.8.	<i>Vrednosti ubrzanja za tri koncepcije autobusa po različitim ciklusima</i>	<i>142</i>
Tabela 5.9.	<i>Emisija putničkog vozila (dizel motor)</i>	<i>144</i>

Tabela 5.10.	<i>Minimalan potreban broj putnika po autobusu da bi se ostvarila emisija po putniku ekvivalentna emisiji PV</i>	<i>145</i>
Tabela 5.11.	<i>Emisija PM za dizel i KPG $\lambda > 1$ autobus</i>	<i>146</i>
Tabela 5.12.	<i>Procenti redukcije emisije štetnih materija za različita konceptijska rešenja pogonskih agregata autobusa</i>	<i>149</i>
Tabela 5.13.	<i>Procenat redukcije emisije štetnih materija dizel DPF autobusa u odnosu na KPG $\lambda > 1$ GOC autobus.....</i>	<i>149</i>
Tabela 5.14.	<i>Emisija štetnih materija autobusa sa dvogorivim agregatom, ECE 49.....</i>	<i>150</i>
Tabela 6.1.	<i>Dodeljeni atributi deonicama na modeliranoj drumskoj mreži.....</i>	<i>159</i>
Tabela 6.2.	<i>Vrednosti BPR koeficijenata</i>	<i>165</i>
Tabela 6.3.	<i>Prosečne karakteristike o korišćenju različitih kategorija vozila</i>	<i>166</i>
Tabela 6.4.	<i>Prosečne karakteristike puta prema tipu terena</i>	<i>167</i>
Tabela 6.5.	<i>Proračunate vrednosti regresionih faktora za određivanje potrošnje goriva vozila</i>	<i>167</i>
Tabela 6.6.	<i>Popravni faktori povećanja potrošnje goriva</i>	<i>169</i>
Tabela 6.7.	<i>Faktori regresije za korekciju potrošnje goriva autobusa.....</i>	<i>170</i>
Tabela 6.8.	<i>Rezultati istraživanja potrošnje prirodnog gasa autobusa IK104CNG u realnim uslovima eksploatacije.....</i>	<i>172</i>
Tabela 6.9.	<i>Potrošnja goriva dizel autobusa dobijena simulacijom na deonicama Beograd-Jagodina, Beograd-Loznica, Beograd-Vr. Banja</i>	<i>173</i>
Tabela 6.10.	<i>Usvojene srednje vrednosti faktora emisije izduvnih gasova po kategorijama vozila [gr zagađivača/kg goriva].....</i>	<i>174</i>
Tabela 6.11.	<i>Usvojene vrednosti faktora emisije izduvnih gasova KPG autobusa [gr zagađivača /m³PG]</i>	<i>176</i>
Tabela 6.12.	<i>Jedinični troškovi zagađivača, [€/toni]</i>	<i>178</i>
Tabela 6.13.	<i>Realizovan transportni rad za različite kategorije vozila prema različitim scenarijima</i>	<i>181</i>
Tabela 6.14.	<i>Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za Bazni scenario</i>	<i>184</i>
Tabela 6.15.	<i>Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za DoMin scenario</i>	<i>185</i>
Tabela 6.16.	<i>Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za Total scenario</i>	<i>185</i>
Tabela P1.1.	<i>Konstrukcione karakteristike autobusa pojedinih proizvođača.....</i>	<i>205</i>

Tabela P3.1.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_o$, gas pozadi</i>	217
Tabela P3.2.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_o$, gas napred</i>	217
Tabela P3.3.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_p$, gas pozadi</i>	218
Tabela P3.4.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_p$, gas napred</i>	218
Tabela P3.5.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_o$, gas pozadi</i>	219
Tabela P3.6.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_o$, gas napred</i>	219
Tabela P3.7.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_p$, gas pozadi</i>	220
Tabela P3.8.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_p$, gas napred</i>	220
Tabela P3.9.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_o$, gas pozadi</i>	221
Tabela P3.10.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_o$, gas napred</i>	221
Tabela P3.11.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_p$, gas pozadi</i>	222
Tabela P3.12.	<i>Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_p$, gas napred</i>	222
Tabela P4.1.	<i>Bruto domaći proizvod i broj stanovnika u zemljama Evrope</i>	224
Tabela P5.1.	<i>Karakteristike putne mreže za definisanje transportnih zahteva, Bazni scenario</i>	226
Tabela P5.2.	<i>Karakteristike putne mreže za definisanje transportnih zahteva, Domin scenario</i>	233
Tabela P5.3.	<i>Karakteristike putne mreže za definisanje transportnih zahteva, Total scenario</i>	240
Tabela P6.1.	<i>Transportni zahtevi na putnoj mreži, Bazni scenario</i>	248
Tabela P6.2.	<i>Transportni zahtevi na putnoj mreži, Domin scenario</i>	255
Tabela P6.3.	<i>Transportni zahtevi na putnoj mreži, Total scenario</i>	262

1. Uvod

Primena gasovitih goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem nije nova. Kada je pre oko sto šezdeset godina stvoren uspešan pogonski agregat sa unutrašnjim sagorevanjem računalo se kao logičnim da se za njegov rad koristi gasno gorivo zbog povoljnih karakteristika: potpunije sagorevanje, minimalni koeficijent viška vazduha u odnosu na bilo koje gorivo, visoka toplotna moć, laka priprema smeše, otpornost prema detonativnom sagorevanju itd. Ipak veoma brzo je konstatovano da su tečna goriva znatno pogodnija za manipulisanje, pogotovu za napajanje motora gorivom tako da se upotreba gasovitih goriva svodila uglavnom na upotrebu kod stacionarnih motora smeštenih u blizini nalazišta gasa ili posebnih skladišnih prostora.

Sada već preko stogodišnja i rasprostranjena eksploatacija tečnih goriva dizela i benzina u saobraćaju dovela je do izvesnih nepoželjnih posledica. Prva je smanjenje rezerve tečnog goriva i njihov sve verovatniji deficit na tržištu. Druga, sve veća zagađenost vazduha i životne sredine koja potiče od lošijeg sagorevanja goriva i zbog neoptimiziranog kvaliteta energenta. Savremeni zahtevi, postavljeni najnovijim standardima o kvalitetu benzina i dizela goriva, čine da su ona sve skuplja i problematičnija na svetskom tržištu. Iz ovih razloga počev već od osamdesetih godina prošlog veka intenzivno se radi na pronalaženju alternativnih goriva koja bi zamenila klasična. Najzastupljenija poznata alternativna goriva za pogon motornih vozila su: komprimovani prirodni gas (KPG ili CNG-Comressed Natural Gas), utečnjeni prirodni gas (UPG), tečni naftni gas (TNG), metanol, etanol, vodonik, metil-estri, ulja iz uljane repice itd (Matijosius i Sokolovskij, 2009; Tzeng i ostali, 2005).

Od svih navedenih rešenja, u poslednje vreme vlada povećani interes za prirodnim gasom kao gorivom za motore sa unutrašnjim sagorevanjem usled suštinskih promena u dobavljalivosti, odnosno raspoloživosti prirodnog gasa, kao i tehnološkog razvoja u oblasti skladištenja. U svetu osim ovih osnovnih postoji i niz drugih ekoloških, ekonomskih, transportnih, bezbednosnih kriterijuma pomoću kojih se može izvršiti procena pogodnosti alternativnih goriva za upotrebu u transportnom sektoru.

1.1. Motivi istraživanja

Analizom ponašanja vozila na putu primenom zakona teorije kretanja obezbeđuju se neophodne postavke za uspešniji razvoj vozila na osnovu mogućnosti dovoljno realnog i pravovremenog predviđanja performansi u različitim uslovima eksploatacije. Osnovni cilj istraživanja i predviđanja performansi ne samo u fazama projektovanja nego i u eksploataciji vozila je dakle poboljšanje njegovog kvaliteta.

Pod pojmom kvaliteta kompleksnih tehničkih sistema u koje spada i autobus, obuhvaćen je veliki broj karakteristika kao merila određenih osobina. U zavisnosti od namene moguće je bliže definisati one karakteristike autobusa koje su presudne za ocenu kvaliteta, odnosno stepena izvršenja zahteva koji se postavljaju pred autobus kao motorno vozilo za prevoz putnika. Prema savremenim tendencijama razvoja autobusa, zahtevi se mogu posmatrati u odnosu na korisnike autobusnog prevoza tj. putnika, saobraćajna preduzeća sa autobuskim voznim parkom, proizvođače autobusa i širu društvenu zajednicu.

Zahtevi korisnika vezani su za karakteristike bezbednosti i komfora, saobraćajnih preduzeća za nisku nabavnu cenu, lako održavanje, prisutnost komponenti koje obezbeđuju dovoljnu sigurnost i dug vek trajanja, standardizaciju i unifikaciju uređaja i komponenti, niske troškove eksploatacije. Sa gledišta proizvođača, zahtevi se odnose na niske troškove i racionalnu proizvodnju, modularnost konstrukcije, kompatibilnost konstrukcijskih komponenti i mogućnosti prodaje (Glumac i ostali, 2005). Zahtevi šire društvene zajednice u skladu su sa kategorijom strategija održivog transportnog sistema koje se odnose na autobus kao sistem i to su: poboljšanje efikasnosti postojećih voznih jedinica, primena novih tehnoloških rešenja, korišćenje alternativnih goriva (Deakin, 2003). Primena ovih strategija je direktno u funkciji opredeljenja društva ka očuvanju životne sredine i boljem kvalitetu života.

Upoređivanjem svih navedenih zahteva nije teško uočiti da su pojedini od njih suprotni jedan drugom, te je u postupku razvoja potrebno praviti odgovarajuće kompromise u stepenu izvršenja pojedinih zahteva a samim tim i uticati na performanse autobusa.

Imajući u vidu osnovnu namenu autobusa a to je prevoz putnika, postizanje optimalnog balansa između velikog broja komponenti kvaliteta nikako ne sme da ide u smeru smanjenja performansi bezbednosti, već suprotno od toga. Istraživanja koja se bave analizom ponašanja autobusa na putu, stabilnosti, upravljivosti, kočenja u cilju

poboljšanja njegove bezbednosti su uvek aktuelna i veoma važna sa stanovišta bezbednosti saobraćaja.

Prema strategijama održivog transportnog sistema, u svetskim okvirima, opšti je trend da se za pogon autobusa koriste alternativna goriva. Poznata alternativna goriva kao što je već rečeno su: prirodni gas, tečni naftni gas, metanol, etanol, vodonik, metil-estri, ulja iz uljane repice, električna energija.

Prirodni gas, pre svega zbog povoljnih karakteristika i velikih rezervi u mnogim zemljama sveta privlači izuzetnu pažnju. Autobuse sa pogonom na prirodni gas razvijaju i proizvode sve značajnije kompanije i već danas u eksploataciji je prisutno oko 150000 autobusa (UITP, 2008). Sa sve progresivnijom realizacijom strategija održivog transporta i povećanjem transportnih zahteva u budućem vremenu, primena prirodnog gasa za pogon autobusa u ekološkom smislu tj. prema očuvanju životne sredine dobija sve više na značaju.

S' obzirom da su problemi zagađenja vazduha izraženiji u gradskim područjima, gde se brzina vožnje kreće u rasponu od 20 km/h do 40 km/h, primena autobusa sa pogonom na prirodni gas je karakteristična baš za ove sredine, tako da je i veliki broj publikovanih radova usmeren ka istraživanju performansi ovih autobusa u gradovima.

Međutim imajući u vidu navedene prednosti autobusa sa pogonom na prirodni gas i sve izraženiji razvoj infrastrukture za snabdevanje autobusa gasom, jasno je da ova rešenja mogu naći svoju primenu i u vangradskim područjima. Takođe prema delu sopstvenih istraživanja sprovedenih u okviru projekta¹ (finansiranog od strane Ministarstva nauke i prosvete Republike Srbije) koja predstavljaju pripremu ove doktorske disertacije, uočeno je da na osnovu ostvarenog transportnog rada, broja prevezenih putnika, potrošnje goriva i drugih pokazatelja u vangradskom transportu putnika na teritoriji Republike Srbije, primena autobusa sa pogonom na prirodni gas nikako ne bi bila zanemarljiva ili manje značajna sa stanovišta uticaja na životnu sredinu. Analiza i kreiranje modela uticaja ovih autobusa na životnu sredinu na makro nivou, ključni su i predstavljali bi podršku u postupku donošenja odluka sa prostorno vremenskog aspekta o primeni autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas u vangradskom prevozu putnika, poštujući principe održivog transportnog sistema.

¹ Razvoj softvera i nacionalne baze podataka za strateško upravljanje razvojem transportnih sredstava i infrastrukture u drmskom, železničkom, vazdušnom i vodnom saobraćaju primenom evropskih transportnih mrežnih modela, 2011-2014.

1.2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji je analiza pokazatelja bezbednosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas uzimajući u obzir specifičnosti konstrukcije. Primenom zakona teorije kretanja vozila, sagledava se i analizira stabilnost vozila pod dejstvom maksimalnih uzdužnih i poprečnih sila u graničnim uslovima kretanja i za različite uslove eksploatacije.

Sa stanovišta uticaja na životnu sredinu, predmet istraživanja je kvalitativna i kvantitativna analiza emisije štetnih materija, uzrokovane sagorevanjem prirodnog gasa. Pri tom se uzimaju u obzir uticajni faktori na nivo emisije zagađivača (projektovana brzina kretanja, karakteristike trase, uređaji za tretman izduvnih gasova, koncepti napajanja motora gasom).

Cilj istraživanja je razvoj novih i unapređivanje postojećih modela za analizu pokazatelja bezbednosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas i razvoj jedinstvenog i adaptibilnog modela za procenu uticaja ovih autobusa na životnu sredinu na putnoj mreži Srbije.

U skladu sa postavljenim predmetom i ciljem istraživanja u drugom poglavlju su prikazani savremeni pristupi istraživanja performansi autobusa na alternativni pogon.

U trećem poglavlju analizira se mogući položaj gasne instalacije u sklopu autobusa i uticaj iste na konstrukcione karakteristike.

U četvrtom poglavlju postavljeni su kinematsko dinamički modeli autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas prema kojima su definisane kritične brzine stabilnog upravljanja za širok spektar uslova eksploatacije i različite režime kretanja.

U petom poglavlju izvršena je analiza emisije štetnih materija prilikom sagorevanje prirodnog gasa kao hemijskog jedinjenja i u širem smislu sa stanovišta primene prirodnog gasa za pogon autobusa.

U šestom poglavlju razvijen je model za procenu uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži Srbije.

U sedmom poglavlju data su završna razmatranja.

2. Savremeni pristupi istraživanja performansi autobusa na alternativni pogon

Postupak projektovanja autobusa obuhvata veliki broj teorijsko-konstruktivno-eksperimentalnih aktivnosti od istraživanja tržišta, postavke projektnih zahteva, preko izrade idejnog i glavnog projekta, izrade i korekcije tehničke dokumentacije, izrade i ispitivanje prototipova, do izrade tehnoloških i servisnih postupaka (Dedović, 1998; Demić i Diligenski, 2003).

Pri tome se koriste kompleksne teorijsko-eksperimentalne metode, zasnovane na analizi tražnje, izvodljivosti, pouzdanosti, mogućnosti proizvodnje, simulacionim tehnikama, bezbednosti, ergonomiji, funkcionalnosti, procenjenom riziku itd. Pomenute aktivnosti u toku projektovanja autobusa su međusobno povezane i u njihovoj realizaciji se koriste različiti kriterijumi za ocenu performansi autobusa po pitanju: vučno dinamičkih svojstava, pouzdanosti, mogućnosti održavanja, bezbednosti, servisibilnosti, proizvodnosti, uticaja na životnu sredinu, ekonomičnosti, efikasnosti, cene i slično (Ivković i ostali, 2003; Janićijević i ostali, 1998).

U postupku projektovanja pri izboru pogonske grupe treba imati u vidu: tip autobusa, njegovu namenu i pretežne drumske, transportne i klimatske uslove eksploatacije; korisnu nosivost (broj putnika i masa prtljaga); vučno dinamička svojstva (maksimalna brzina kretanja, maksimalno ubrzanje, maksimalni uspon; određene vrednosti brzine za određenu vrednost ubrzanja), vrstu pogonskog agregata; položaj pogonskog agregata, tip transmisije (mehanička, hidrodinamička, kombinovana); šemu pogona; poluprečnike pneumatika itd.

Jedan od najvažnijih koraka u izboru pogonske grupe je izbor pogonskog agregata i definisanje koncepcije njegove ugradnje. Uz izvesne izuzetke, a zbog svojih povoljnih tehničkih, funkcionalnih, ekonomskih karakteristika, svuda u svetu dizel motor je još uvek dominantan pogonski agregat današnjih autobusa. Međutim problem povećanog zagađenja vazduha izduvnim gasovima vozila pa i autobusa, uticali su da se aktivira i proces pronalaženja pogonskog agregata koji će imati povoljnije performanse sa stanovišta uticaja na životnu sredinu, tj povoljniju emisiju izduvnih gasova. Pod pojmom „emisija izduvnih gasova motora“ podrazumeva se emisija gasovitih komponenti od kojih su neke obuhvaćene zakonskim regulativama (ugljenmonoksid

(CO), nemetanski ugljovodonici (NMHC), azotni oksidi (NO_x), čestično zagađenje (PM), metan (CH₄) - po EURO standardima, sumpor dioksid (SO₂), ugljendioksid (CO₂) i neke koje nisu obuhvaćene propisima kao što su benzen, toluen, ksilen, formaldehidi, isparljiva organska jedinjenja i slično.

Istraživački radovi koji se odnose na primenu različitih vrsta alternativnih goriva u saobraćaju datiraju znatno pre energetske krize nastale sedamdesetih godina koja je dodatno intenzivirala istraživanja u cilju proučavanja alternativnih goriva (ekološki prihvatljivijih) koja bi u dogledno vreme delimično ili u potpunosti zamenila naftne derivate kao gorivo za autobuske motore. Pod alternativnim gorivom podrazumevaju se sva ona goriva koja nisu benzini ili konvencionalna dizel goriva.

Paralelno sa ovim istraživanjima, pratilo se i zagađenje vazduha putem merenja štetnih sastojaka saobraćajnog porekla i razmatralo u zvaničnim institucijama u svetu posle drugog svetskog rata. Prvi zakonski propisi doneti su 1961. godine u Kaliforniji o obavezi recirkulacije gasova iz kartera, a 1966. godine i ograničenje emisije ugljovodonika i ugljenmonoksida u izduvnim gasovima vezano za benzinske motore. Za dizel motore prvo se donose propisi kojim se ograničavaju neprovidnost dima (pravilnik 24ECE objavljen u Evropi 1970. godine) dok se u SAD 1973. godine ograničava ukupna masa zagađivača u izduvnim gasovima. U cilju sveobuhvatnog i preciznog utvrđivanja uticaja vozila na životnu sredinu razvijaju se metodologije za ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila po obimu i strukturi.

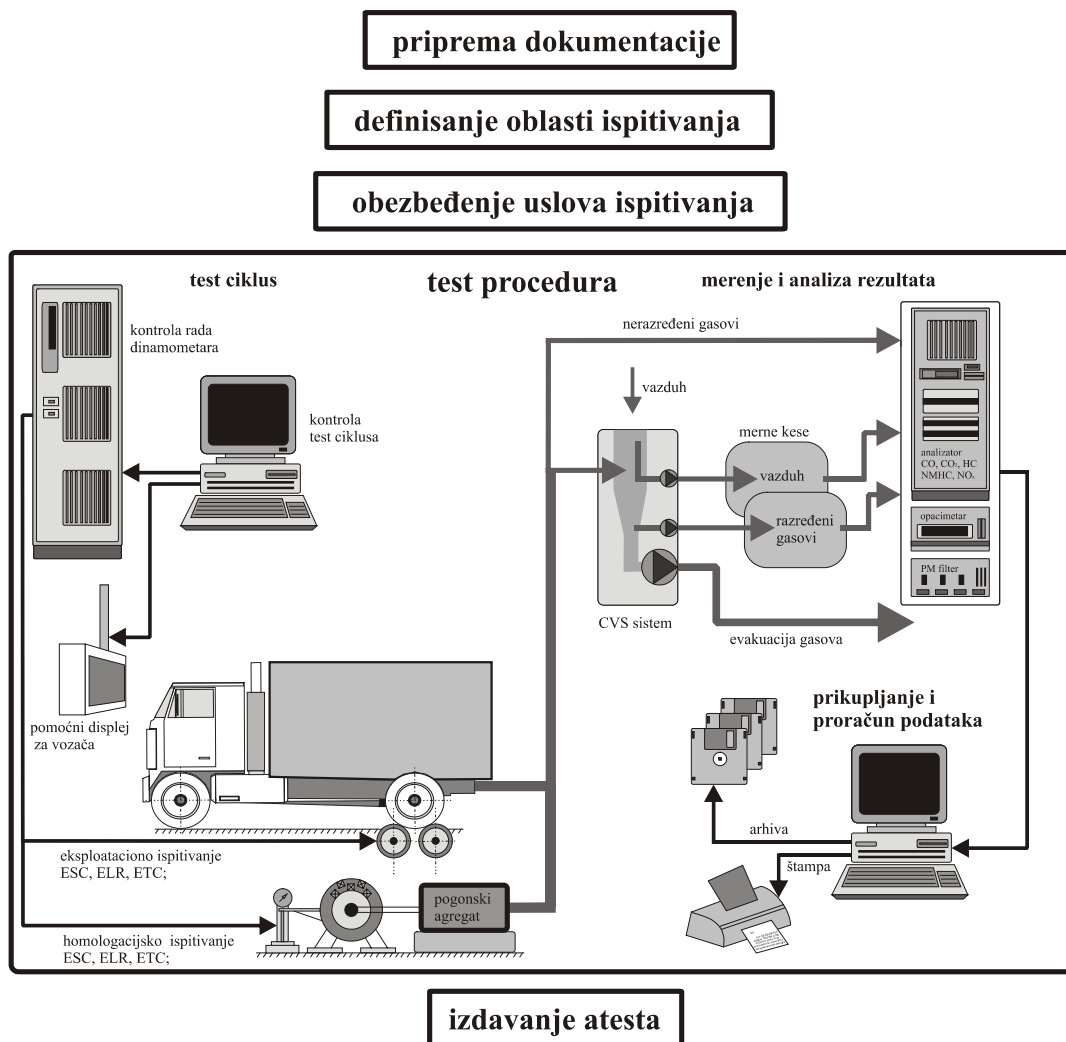
2.1. Razvoj metodologija za ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila

Metodologije ispitivanja izduvnih gasova motornih vozila standardizovane su danas na internom, nacionalnom ili međunarodnom nivou, ali se mogu definisati i za određene slučajeve posebno, zavisno od neposrednog cilja ispitivanja, primenjene opitne instalacije i merne opreme i drugih činilaca (Morita, 2003).

Svaka od metodologija sadrže sledeće varijabilne elemente (Slika 2.1):

- pripremu vozila za ispitivanje,
- način merenja potrebnih mernih veličina i potrebne karakteristike mernih uređaja, merne i opitne instalacije,
- način „ugradnje“ mernih uređaja i postavljanja merne opreme i opitne instalacije,

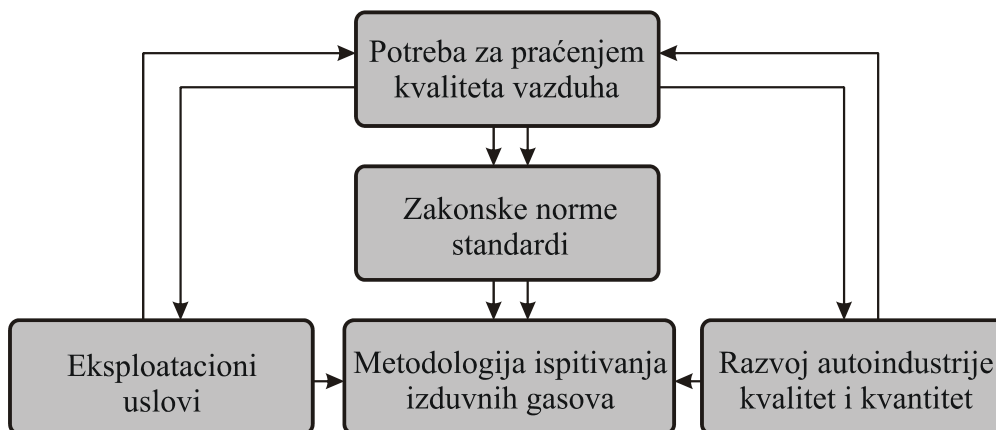
- režim rada, odnosno uslovi pod kojim treba da se obave ispitivanja,
- postupak sprovođenja merenja i način prikazivanja, odnosno osnovne obrade rezultata merenja.



Slika 2.1. Primer metodologije ispitivanja izduvnih gasova privrednih vozila prema zvaničnom pravilniku Evropske komisije EC-1999/96

Razvoj metodologije i promena pojedinih varijabilnih elemenata koji je čine tekao je uporedo sa sve većom, tokom godina, potrebom za kontrolom i praćenjem kvaliteta vazduha (Slika 2.2). Potreba za boljim kvalitetom vazduha sa druge strane uslovila je definisanje kriterijuma odnosno maksimalnog dozvoljenog nivoa zagađivača u vazduhu sa aspekta zaštite zdravlja ljudi, ustanovljavanje broja vozila, porasta broja vozila itd., kako bi se došlo do podatka o dozvoljenim emisijama motornih vozila (standarda). Sa povećanjem stepena motorizacije i razvojem auto industrije dolazi do postepene korekcije zakonskih normi pre svega kroz:

- zaoštavanje dozvoljenih granica emisije,
- sistematizaciju i modernizaciju pravilnika kojim se definiše ispitivanje izduvnih gasova.



Slika 2.2. Uticajni činioci na razvoj metodologije za ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila

Postepeno zaoštavanje ima za cilj davanje vremena proizvođačima vozila u iznalaženju celishodnih rešenja radi zadovoljenja postavljenih zahteva dok se modernizacija pravilnika odnosi na definisanje metodologije ispitivanja izduvnih gasova u odnosu na kategoriju drumskog vozila (sistematizacija) i usklađivanje metode ispitivanja sa uslovima eksploatacije u kojima određena kategorija vozila funkcioniše (modernizacija).

Tesna veza svih relevantnih uticajnih činioca prikazanih na slici (Slika 2.2) dovela je do toga da su danas metodologije veoma brojne i raznovrsne i najčešće se klasifikuju prema kategoriji vozila (putnička, autobusi, laka teretna, teška teretna vozila) vrsti test ciklusa i karakterističnom opitnom dinamometru (šasijski ili motorski) (Genovese i ostali, 2011). Globalno uzevši danas u svetu najzastupljeniji su američki, evropski i japanski pravilnici koji definišu načine ispitivanja izduvnih gasova motornih vozila te je u tabeli (Tabela 2.1) prikazana detaljna klasifikacija pravilnika, važećih u ovim zemljama.

Pored navedenih pravilnika prikazanih u tabeli (Tabela 2.1) postoje i posebni pravilnici koji se bave emisijom izduvnih gasova vozila iz kategorije specijalnih (drumskih) i besputnih. Najpoznatiji su tzv. „internacionalni“ pravilnici: ISO 8178 i NRTC (Nonroad Transient Cycle) a primenjuju se u Evropskoj Uniji i SAD. Vezano za klasifikaciju metodologija, trebalo bi napomenuti da se u ostalim delovima sveta (Južna Amerika (Brazil, Argentina), Australija, Azija (Kina, Indija, Južna Koreja)) donose posebni

pravilnici koji se oslanjaju uglavnom na američke i evropske propise ali su prilagođeni aktuelnim uticajnim faktorima prikazanim na slici (Slika 2.2).

Tabela 2.1/1. Pravilnici za ispitivanje emisije izduvnih gasova u pojedinim zemljama

Zemlja	Vozilo	Test ciklus	Kratak opis
SAD	PUTNIČKA I LAKA TERETNA VOZILA	FTP 72* (Federal Test Procedure)	Tranzitni test ciklus za putnička i laka teretna vozila. Simulira gradske uslove saobraćaja sa čestim prekidima.
		FTP 75* (Federal Test Procedure)	Tranzitni test ciklus za putnička i laka teretna vozila. Sastoji se iz tri faze. Nastao od FTP 72, koristi se za sertifikaciju pogonskih agregata prema američkim federalnim standardima.
		SFTP US06* (Supplemental Federal Test Procedure)	Razvijen na bazi FTP 75 ali simulira uslove vožnje na magistralnim pravcima. Karakteristike: visoka srednja brzina kretanja $V_{sr} \approx 80$ km/h, nagla fluktuacija brzina, visoka ubrzanja.
		SFTP SC03* (Supplemental Federal Test Procedure)	Razvijen na bazi FTP 75. Koristi se za utvrđivanje uticaja rada klima uređaja na potrošnju goriva i emisiju izduvnih gasova.
		NYCC* (New York City Cycle)	Razvijen za laka teretna vozila. Simulira kretanje u gradskim uslovima sa čestim prekidima i veoma malom srednjom brzinom, $v \approx 12$ km/h.
		HWFET* (Highway Fuel Economy)	Razvijen za laka teretna vozila. Koristi se za ispitivanje uticaja „ekonomične“ vožnje na emisiju u uslovima saobraćaja prisutnih na autoputu.
		LA92* (Los Angeles 92)	Razvijen u Kaliforniji (CARB) za lake konstrukcije vozila. Definiše u većoj meri forsirano kretanje vozila u odnosu na FTP 75; velike brzine, visoka ubrzanja, manje prekida po milji.
SAD	AUTOBUSI I TEŠKA TERETNA VOZILA (motorski dinamometar)	FTP Transient (Federal Test Procedure)	Tranzitni test ciklus za teška teretna vozila i autobuse. Obuhvata segmente koji simuliraju vožnju u gradskim uslovima i uslovima na autoputu. Koristi se kao sertifikacioni test za HD motore u SAD.
		AVL 8-Mode (AVL Heavy-Duty Cycle)	Test ciklus za teška teretna vozila obuhvata 8 karakterističnih režima rada motora. Podrazumeva korekciju dobijenih vrednosti emisije težinskim faktorima.
		CSVL (Constant-Speed, Variable-Load)	Prolazni test ciklus za teška teretna vozila razvijen od strane EPA. Karakteristike: trajanje ciklusa 1200 s, preko 90 % vremena trajanja ciklusa broj obrtaja motora je konstantan.
		CTA (Chicago Transit Authority engine cycle)	Razvijen u Čikagu za ispitivanje emisije i potrošnje goriva teških teretnih vozila. Traje 300 s.
SAD	AUTOBUSI I TEŠKA TERETNA VOZILA (šasijski dinamometar)	UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule)	Razvijen u EPA za teška teretna vozila poznat i kao „ciklus D“. Karakteristike: trajanje 1060 s, distanca 8,9 km, srednja brzina $V_{sr} \approx 30$ km/h, maksimalna brzina $V_{max} \approx 90$ km/h
		CBDC (Central Business District Cycle)	„Testerasti“ test ciklus prevashodno za autobuse, obuhvata 14 jednakih segmenata. Za svaki segment karakteristična su tri režima kretanja: simetrična ubrzanja i usporavanja i krstarenje konstantnom brzinom.
		BAC (Business Arterial Commuter)	Predstavlja sintezu tri posebna ciklusa: „CBDC“ (3×), „arterial“ (2×) i „commuter“ (1×) testa kao. Ukupno trajanje ciklusa je 50 minuta.
		CSC (City Suburban Cycle & Route)	Razvijen na Univerzitetu „West Virginia“. Data je funkcija brzine vozila od pređenog puta. Trajanje ciklusa je oko 1700 s sa prosečnom brzinom od oko 23 km/h.
		NYC (New York Composite)	Razvijen za teška teretna vozila uz simulaciju uslova eksploatacije koji vladaju u Njujorku. Osnovni parametri: vreme trajanja 1029 s, broj zaustavljanja po kilometru 4, distanca 4,06 km.

Tabela 2.1/2. Pravilnici za ispitivanje emisije izduvnih gasova u pojedinim zemljama

Zemlja	Vozilo	Test ciklus	Kratak opis
SAD	AUTOBUSI I TEŠKA TERETNA VOZILA (šasijski dinamometar)	NYB (New York Bus)	Razvijen za gradske autobuse uz simulaciju uslova eksploatacije koji vladaju u Njujorku. Vremenski ciklus (600 s) sa velikim vrednostima ubrzanja, niskom brzinom i čestim prekidima.
		MBC (Manhattan Bus Cycle)	Razvijen za gradske autobuse uz simulaciju uslova eksploatacije koji su karakteristični za Menhett. Trajanja ciklusa 1089 s, velike vrednostima ubrzanja, mala brzina kretanja (11 m/h), česti prekidi.
		OCBC (Orange County Bus Cycle)	Razvijen na Univerzitetu „West Virginia”. Simulira uslove eksploatacije autobusa u oblasti Kalifornije (Los Angeles). Vremensko trajanje 1900 s, frekventna zaustavljanja, prosečna brzina oko 20 km/h.
EVROPA	AUTOBUSI I TEŠKA TERETNA VOZILA	ECE+EUDC (NEDC)* (Economic Commission for Europe)	Koriste se za sertifikaciju motora putničkih vozila i lakih teretnih po EURO standardima. Izvodi se na šasijskom dinamometru i obuhvata 4 vezana ECE segmenta i jedan EUDC segment.
		ECE R49** (Economic Commission for Europe)	Test ciklus koji se koristio u zemljama Evropske unije do oktobra 1999. godine za sertifikaciju pogonskih agregata teških teretnih vozila i autobusa po standardima EURO I i EURO II.
		ESC (OICA)** (European steady-state Cycle)	Primenjuje se od oktobra 1999 i predstavlja modifikaciju test ciklusa ECE 49. Stacionaran ciklus sa 13 sukcesivnih faza. Ukupno trajanje 30 minuta.
		ELR** (European Load Response)	Koristi se za praćenje neprovidnosti dima pogonskog agregata. Zajedno sa ESC test ciklusom koristi se za sertifikovanje motora teških teretnih vozila i autobusa po EURO III, EURO IV i EURO V standardima.
		ETC*** (FIGE Transient) (European Transient Cycle)	Razvijen u „FIGE” institutu u Ahenu (Nemačka). Primenjuje se od oktobra 1999. godine za sertifikaciju motora (kao posebna grupa: motori sa pogonom na gas) teških teretnih vozila i autobusa po EURO III, EURO IV i EURO V standardima. Sastoji se iz tri segmenta koji reprezentuju eksploatacione uslove u gradskom i međugradskom saobraćaju, kao i uslove na autoputu.
BSC** (Braunschweig Cycle)	Razvijen na Tehničkom Univerzitetu u Braunšvajgu. Simulira uslove kretanja autobusa u gradskim uslovima. Prosečna brzina oko 20 km/h. Trajanje 1740 s.		
JAPAN	PUTNIČKA I LAKA TERETNA VOZILA	10-Mode Cycle*	Test ciklus koji obuhvata šest desetostupnih segmenata; koristio se (do 1988. godine) za sertifikaciju pogonskih agregata putničkih i lakih teretnih vozila u Japanu. Simulira gradske eksploatacione uslove sa srednjom brzinom od oko 17 km/h i maksimalnom brzinom od 40 km/h. Trajanje: 135 s po segmentu.
		10-15 Mode Cycle*	Danas zvanični test ciklus na osnovu koga se vrši sertifikacija pogonskih agregata putničkih i lakih teretnih vozila u Japanu prema važećim standardima. Sastoji se iz četiri segmenta (3×10-Mode Cycle Segment i 1×15-Mode Cycle)
	AUTOBUSI, TERETNA PUTNIČKA VOZILA	13-Mode Cycle**	Stacionarni test ciklus sa trinaest različitih režima rada i četiri različita nivoa opterećenja za ispitivanje emisije teških teretnih vozila i autobusa. Razvijene su dve varijante, posebno za dizel motore i motore sa pogonom na KPG i TNG.
		JE05- JC08*** (Japanese New Transient Mode)	Obuhvata dva test ciklusa posebno za vozila preko 3500kg (JE05- izvodi se u dve varijante pomoću šasijskog i motorskog dinamometra; u prvom slučaju trajanje ciklusa je 1800 s, prosečna brzina oko 25 km/h.) i vozila mase ispod 3500 kg (JC08-šasijski dinamometar; trajanje 1200 s, prosečna brzina oko 30km/h). Primenjuje se zvanično od 2005 godine.

*šasijski dinamometar, **motorski dinamometar

Inicijative za ispitivanje emisije izduvnih gasova vozila iz grupe čija je ukupna masa preko 3500 kg, javljaju se u Evropi početkom sedamdesetih godina, kada je doneta prva zvanična direktiva 72/308/EC. Ona je regulisala tada samo opacitet, odnosno neprovidnost dima dizel pogonskih agregata. 1987. godine stupa na snagu direktiva 88/77/EEC i to je prva direktiva koja je jasno definisala metodologiju ispitivanja izduvnih gasova dizel pogonskih agregata za zvanične kategorije vozila M₂, M₃, N₂, N₃ (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Kategorije vozila

Kategorija	Opis
M ₂	Vozila za prevoz putnika; najmanje 8 sedišta uz sedište vozača; ukupna masa <5t.
M ₃	Vozila za prevoz putnika; najmanje 8 sedišta uz sedište vozača; ukupna masa >5t.
N ₂	Vozila za prevoz tereta ; masa vozila - 3.5t<M _{max} <12t.
N ₃	Vozila za prevoz tereta ; masa vozila - M _{max} >12t.

Metodologija je obuhvatala stacionarni 13-stupni ciklus ECE R49 (Tabela 2.3) prema kome su merene vrednosti emisije sledećih polutanata: ugljenmonoksid, nesagoreli ugljovodonici, azotni oksidi i čestična zagađenja . Finalni rezultati ispitivanja izraženi su u specifičnim jedinicama gr/kWh iz razloga što kategorije M₂, M₃, N₂, N₃ obuhvataju heterogen spektar vozila sa različitim vučno dinamičkim karakteristikama i različitim masama.

Modifikacija prvobitnih vrednosti i izvršena ju u dva navrata 1992. i 1996. godine. Klase ovih vrednosti poznatije su kao EURO I i EURO II standardi.

Tabela 2.3. Emisioni standardi za dizel motore, 88/77/EC

Standard	Datum	Vrsta testa	CO [gr/kWh]	HC [gr/kWh]	NO _x [gr/kWh]	PM [gr/kWh]
88/77/EEC	1988	ECE R49	11,2	1,4	14,0	-
91/542/EC EURO I	1992		4,5	1,1	8,0	0,36
91/542/EC EURO II	1996		4,0	1,1	7,0	0,15/0,25 ¹

¹za motore čija je radna zapremina po cilindru ispod 0,75 dm³ i broj obrtaja viši od 3000 o/min.

Izvor: 88/77/EEC, 1987.

Krajem 1999. godine Evropski parlament i Savet ministarstva za očuvanje životne sredine usvaja direktivu 99/96/EC. Ovaj pravilnik predstavlja nadgradnju prethodnog a najveća odstupanja reprezentovana su kroz:

- primenu drugačijih test ciklusa,
- ispitivanje pogonskih agregata sa pogonom na prirodni gas i tečni naftni gas (pored dizel agregata) iz kategorije M₂, M₃, N₂, N₃,
- drugačije granične vrednosti emisija prema novim test ciklusima.

Prva primena metodologije za ispitivanje izduvnih gasova definisane ovim pravilnikom vršena je u oktobru 1999 godine i važila je za posebnu kategoriju vozila tzv. „ekološki pojačana vozila“ (EEVs-Enhanced Environmentally Vehicles). Za sva druga vozila iz kategorija M₂, M₃, N₂, N₃, primena metodologije kreće od oktobra 2000. godine. Zaoštravanje početnih graničnih vrednosti emisije zagađivača vrši se kao i u slučaju direktive 88/77/EEC dva puta: u oktobru 2005 i oktobru 2010. godine.

Potreba očuvanja životne sredina prema slici (Slika 2.2) utiče i na poboljšanje uslova eksploatacije što se postiže regulisanjem saobraćajnih tokova, primenom inteligentnih transportnih sistema („pametna“ vozila, „pametni“ putevi) eliminisanje „uskih grla“, poboljšanje kvaliteta kolovozne infrastrukture i slično.

Takođe na metodologiju ispitivanja izduvnih gasova od uticaje je i razvoj autoindustrije kroz primenu novih tehnoloških rešenja u oblasti projektovanja pogonskog agregata, poboljšanja postojećih kapaciteta i primenu vozila sa alternativnim pogonom. Imajući u vidu sve veću potrošnju nafte i naftnih derivata ne samo u oblasti saobraćaja, već i u drugim granama privrede i ograničenost rezervi, upotreba alternativnih pogonskih koncepcija vozila dobija sve više na značaju. Pojedina alternativna goriva se razvijaju sa ciljem da se dodaju postojećim konvencionalnim, kako bi se smanjili ukupni troškovi potrošnje, dok su druga najčešće predmet istraživanja u oblasti stvaranja obnovljivih izvora energije.

U daljem tekstu ovog poglavlja navode se konstrukcijsko-koncepcijska rešenja autobusa od kojih neka jesu u određenoj meri, a neka bi trebalo u budućnosti da dožive širu primenu u transportu putnika.

2. 2. Konstrukcijsko-koncepcijska rešenja autobusa

Primena novih koncepcijskih rešenja autobusa u sistemu javnog prevoza putnika iziskuje između ostalog i korišćenje novih, alternativnih goriva. Upotreba bilo kog alternativnog energenta kao pogonskog uslovljava pored primene pogonskog agregata prilagođenog korišćenju novog energenta i primenu odgovarajuće instalacije koja može u manjoj ili većoj meri da utiče na koncepciju gradnje kompletnog vozila (Fearghal i

Caulfield, 2010; Hensher, 2007). Broj elemenata nove instalacije i njihova funkcionalna svojstva zavise u najvećoj meri od tipa motora i načina skladištenja energenta u sklopu autobusa, što takođe u većoj ili manjoj meri može da utiče na konstrukcione karakteristike vozila.

Savremena istraživanja u oblasti primene alternativnih goriva za pogon autobusa prvenstveno su usmerena na (Wall i ostali, 2008):

- uticaj na pogonsku grupu (karakteristike pogonskog agregata, modifikaciju konstrukcije, primene materijala za izradu motorskih delova, sistem za snabdevanje motora gorivom, težinu, probleme sigurnosti),
- eksploatacione potencijale (sistem distribucije goriva, akcioni radijus sa jednim punjenjem),
- rentabilnost (troškovi potrošnje energije, troškovi skladištenja goriva, troškovi opsluživanja i održavanja),
- ostvarivo smanjenje vrednosti emisije izduvnih gasova (uticaj na poboljšanje kvaliteta vazduha, zaštita atmosfere).

U ovom delu istraživanja predstavljena su pojedina alternativna rešenja autobusa koja se u svetu već koriste za transport putnika i koja imaju potencijala da u narednom periodu postanu u našim uslovima osnovna rešenja a to su:

- autobus sa pogonom na biodizel,
- autobus sa pogonom na prirodni gas,
- autobus sa pogonom na tečni naftni gas,
- autobus sa pogonom na etanol,
- autobus sa pogonom na metanol,
- autobus sa elektro pogonom,
- autobus sa hibridnim pogonom,
- autobus sa pogonom na gorive ćelije.

U daljem tekstu naznačene su osnovne karakteristike ovih varijanti autobusa sa odgovarajućim prednostima i nedostacima. Posle toga, u narednim tačkama, vrši se analiza postupaka vrednovanja moguće primene navedenih rešenja prema različitim kriterijumima. Dat je prikaz nekoliko istraživanja vršenih u inostranstvu i jedan primer vrednovanja za naše uslove.

Autobus sa pogonom na klasično dizel gorivo (mineralni dizel). Konvencionalni dizel autobusi predstavljaju rešenje koje se ne samo u Beogradu već i u čitavoj Srbiji koristi za prevoz putnika u preko 99 % slučajeva. Predstavljaju velike izvore zagađivača životne sredine u gradskim uslovima, pre svega čestičnog zagađenja i azotnih oksida. Danas posle poznatih energetske krize u svetu i zbog veoma štetne emisije izduvnih gasova autobusa sa dizel pogonskim agregatom, sve više se radi na iznalaženju novih tehnoloških rešenja koja se zasnivaju na primeni novog vida pogona (alternativna goriva), usavršavanju procesa sagorevanja, odnosno smanjenju emisije polutanata kroz (Ahouissoussi i Wetzstein, 1998; Ullman i ostali, 2003):

- zastupljenost novih sistema napajanja dizel gorivom („common rail“),
- upotrebom uređaja za tretman izduvnih gasova: trosmerni, oksidacioni, de NO_x katalitički konvertori; dizel čestični filter (DPF), recikluracija izduvnih gasova (EGR), tehnologije SCRT (Selective Catalytic Reduction Trap),
- primenu dizel goriva sa malom količinom sumpora ULSD (S<50 PPM).

Autobus sa pogonom na biodizel. Biodizel kao alternativno gorivo poznato je još od 1900. godine, kada su ga na izložbi u Parizu Rudolf Diesel i Henry Ford najavili kao gorivo budućnosti. Uprkos ranom interesu on do sada nije našao širu primenu za pogon autobusa pre svega zbog loše termičke (oksidacione) stabilnosti i promene viskoziteta (Matijosius i Sokolovskij, 2009). Za sada osnovni interes korišćenja biodizela u vozilima proizilazi iz činjenice da se dobija iz obnovljivih izvora što je u skladu sa preporukama Evropske unije u vezi sa udelom dizela iz obnovljivih izvora (5 % do 2010. godine) u ukupnoj potrošnji dizel goriva. Pored toga osnovne prednosti biodizela kao pogonskog goriva autobusa su (Tica i ostali, 2010; Turrio-Baldassarri i ostali, 2004):

- nema opasnosti za primenu u motorima sa katalitičkim konvertorima zbog odsustva sumpora,
- sadrži oko 11 % kiseonika, zbog čega daje manje emisije ugljenmonoksida, ugljovodonika, čestica i ugljendioksida,
- predstavlja dobro mazivo za sistem ubrizgavanja,
- cetanski broj je približno isti ili veći u odnosu na mineralni dizel,
- bio razgradiv je.

Autobus sa pogonom na prirodni gas. Već više godina prirodni gas je prihvaćen u svetu kao jedno od najperspektivnijih alternativnih goriva za autobuse JGPP-a. Prednosti prirodnog gasa u odnosu na tečno gorivo su što se bolje meša sa vazduhom,

potpunije sagoreva, ima relativno visoku toplotnu moć, sagoreva gotovo bez ostatka i ima nižu nabavnu cenu od tečnih goriva (Ahouissoussi i Wetzstein, 1998; Cohen, 2005; Turrio-Baldassarri i ostali, 2006; Ullman, 2003). Razlikuju se nekoliko osnovnih varijanti primene prirodnog gasa za pogon autobusa a to su:

- Gasni pogon: Dva su moguća rešenja ovog pogona. U prvom slučaju koristi se fabrički ugrađen dizel motor na autobusima, koji se prepravlja i prilagođava da može raditi isključivo na prirodni gas. Tada se vrši demontaža brizgaljki i pumpe visokog pritiska. Na njihovo mesto se ugrađuju izvori prinudnog paljenja tj. svećice za paljenje smeše i kompletne električne opreme za paljenje. Zbog moguće pojave detonativnog sagorevanja potrebno je obezbediti smanjenje stepena kompresije na vrednost od 8 do 12 (Bhattacharjee i ostali, 2010), povećavanjem zapremine komore za sagorevanje, zahvatima na čelu klipa. Druga varijanta podrazumeva fabrički proizveden, namenski motor sa pogonom na prirodni gas. U optičaju su dva načina pripreme smeše za sagorevanje:
 - priprema stehiometrijske smeše gasa i vazduha ($\lambda=1$),
 - priprema siromašne smeše gasa i vazduha ($\lambda>1$, $\lambda=1,4-1,6$).
- Gasno dizelni pogon: Ovo konceptijsko rešenje podrazumeva upotrebu prirodnog gasa na dizel motoru autobusa, bez ikakvih intervencija na konstrukciji motora, a izvodi se na dva načina odnosno postoje dve mogućnosti regulacije motora:
 - dvogorivi motor sa takozvanim „pilot“ ubrizgavanjem dizel goriva. Prirodni gas i vazduh mešaju se na ulazu u motor, u potrebnoj razmeri, a zatim se pod uticajem razlike pritiska uvode u cilindre. Smeša se nakon toga sabija, temperatura raste, a u određenom momentu kroz brizgaljku se ubrizgava uvek ista mala količina dizel goriva, koja se pali sama od sebe, istovremeno paleći smešu gasa i vazduha u komori za sagorevanje. Ova količina dizel goriva naziva se „inicijalna“ i iznosi najviše 10-15 % od nominalne potrošnje u čistom dizelnom režimu. Kod „pilot“ ubrizgavanja, na punom opterećenju dolazi do usisavanja znatne količine homogene smeše gasa i vazduha, pa veoma lako može doći do pojave detonacije sa svim njenim negativnim posledicama. Zbog toga visoki stepen kompresije dizel motora mora da se u izvesnim slučajevima smanji ili se mora smanjiti količina homogene smeše na punom opterećenju što nije povoljno zbog smanjenja snage motora.

- dvogorivi motor sa promenljivom količinom ubrizganog goriva (progresivno ubrizgavanje). Da bi se izbegla pojava detonativnog sagorevanja pri punom opterećenju kod prethodne varijante, umesto ubrizgavanja konstantne male količine dizel goriva vrši se progresivno povećavanje ubrizgavanja inicijalne doze sa povećanjem količine usisavane homogene smeše gasa i vazduha. Tada se na punom opterećenju smanjuje količina homogene smeše na oko 50 % tako da se ona bitno osiromašuje onemogućavajući pojavu detonacije čak iako je stepen sabijanja ostao isti kao i kod klasičnog dizel motora. Time se zadržava potpuno isti motor, ali je regulacija ubrizganog dizel goriva i doziranog prirodnog gasa nešto složenija, a supstitucija dizel goriva znatno manja nego u prethodnom slučaju.

Autobus sa pogonom na tečni naftni gas. Tečni naftni gas (TNG) predstavlja smešu propana (C_3H_8) i butana (C_4H_{10}), koja je uskladištena na povišenom pritisku, tako da se obe, pri normalnim uslovima gasovite komponente, nalaze u tečnom stanju. TNG se dobija na dva načina: iz prirodnog gasa, u postupcima frakcionisanja sirovog prirodnog gasa, tokom kojih se izdvajaju etan, propan, butan i ostali gasovi. Drugi način dobijanja TNG-a je tokom postupaka primarne i sekundarne prerade nafte. TNG je sa ekološkog aspekta vrlo pogodno gorivo. S obzirom da lako obrazuje smešu sa vazduhom, TNG skoro potpuno sagoreva. Zato produkti nepotpunog sagorevanja (ugljenmonoksid, ugljovodonici i čestične materije) slično kao i kod prirodnog gasa nastaju u zanemarljivim količinama (Ahlvik i Brandberg, 2000).

Razvijene zemlje već dugo sistematski rade na omasovljenju upotrebe TNG za pogon motornih vozila. U velikim gradovima, sa velikim intenzitetom saobraćaja, autobusi gradskog saobraćaja kao i taksi vozila masovno koriste TNG. Najdužu tradiciju u tom pogledu ima Austrija, gde u Beču skoro svi autobusi gradskog prevoza već 30 godina koriste TNG. Slično je i u ostalim evropskim državama, Japanu i SAD. Osim u javnom prevozu, posebnim poreskim olakšicama podstiče se i upotreba TNG-a i u putničkim vozilima.

Autobus sa pogonom na etanol. Etanol ili etil alkohol (C_2H_5OH) je tečno gorivo koje se dobija preradom određenih biljnih produkata i stoga se svrstava u goriva dobijena iz biomase, odnosno iz obnovljivih izvora energije.

Čist etanol nije mnogo pogodan za upotrebu u dizel motorima zbog niskog cetanskog broja, odnosno visoke temperature samopaljenja. Pored toga, etanol stvara izvesne

teškoće u procesu podmazivanja motora i elemenata sistema za ubrizgavanje goriva. Međutim, poslednjih godina razvijeni su odgovarajući aditivi za povećanje cetanskog broja što je omogućilo primenu etanola i za pogon dizel motora. Prilikom prilagođavanja motora za pogon na etanol najvažnije modifikacije baznog dizel motora odnose se na: povećanje stepena kompresije sa 18 na 24, povećanje kapaciteta pumpe visokog pritiska radi postizanja veće ubrizgane količine goriva (s obzirom da etanol ima nižu toplotnu moć u odnosu na dizel gorivo), promena brizgaljki i nova regulacija procesa ubrizgavanja (Ahouissoussi i Wetzstein, 1998).

Najnovije generacije gradskih autobusa sa pogonom na etanol i sa ugrađenim katalitičkim konvertorom imaju nivoe emisije regulisanih toksičnih komponenata u izduvnim gasovima, bliske ili nešto više od nivoa emisija najnovije generacije dizel motora sa ugrađenim katalizatorom, filterom čestica i recirkulacijom izduvnih gasova. Sa druge strane emisija ugljendioksida i ozona, koji doprinosi nastanku fotohemijskog smoga, znatno je niža.

Autobus sa pogonom na metanol. Metanol (CH_3OH) je tečno gorivo koje se najčešće dobija od prirodnog gasa, gde se u hemijskoj reakciji jedan atom vodonika zamenjuje hidroksilnom grupom. U transportnom sektoru koristi se obično smeša 85 % metanola i 15 % benzina (Ahouissoussi i Wetzstein, 1998). U ovakvom obliku uz odgovarajuću konverziju motora može se koristiti za pogon autobusa. Najveći nedostatak ovog konceptijskog rešenja koji ograničava u ovom trenutku u svetu širu primenu ogleda se u maloj energetske efikasnosti pogonskog goriva (0,6 km/l) što je posledica niske toplotne moći metanola.

Autobus sa elektro pogonom. Autobus sa elektromotorom jednosmerne struje ima veoma povoljne pogonske karakteristike zbog jednostavne regulacije pogonskog momenta. Ključno pitanje pri eksploataciji ove kategorije autobusa je obnova izvora električne energije (baterija). U principu se rešava na dva načina: ponovnim punjenjem ispražnjenih baterija ili zamenom ispražnjenih baterija napunjenim. Obnova izvora električne energije još uvek je glavni nedostatak ove tehnologije. Osnovne prednosti ogledaju se u sledećem (DeLucchi i Lipman, 2001; McNicol i ostali, 2001; Kempton i Kubo, 2000):

- nulta emisiji polutanata,
- korišćenje obnovljivog izvora energije,
- niži nivo buke i vibracija u toku vožnje,

- veća energetska efikasnost u start-stop vožnji,
- motor se ponaša kao rekuperator i dodatno dopunjava baterije prilikom kočenja i kretanja nizbrdo.

Osnovni nedostaci:

- visoka cena autobusa,
- smanjen radijus kretanja vozila,
- vreme punjenja tipičnih baterija iznosi od 6-8 h,
- povećana ukupna masa vozila od 300-900 kg,
- smeštaj baterija zahteva dosta prostora.

Autobus sa hibridnim pogonom. Hibridni pogon autobusa podrazumeva dva pogonska agregata koji koriste različite izvore energije. Autobusi osim konvencionalnog motora sa unutrašnjim sagorevanjem imaju najčešće elektro motor koji direktno služi za pokretanje pogonske osovine. Pri tome, motor SUS (benzinski, dizel, KPG, TNG) pogoni alternator koji napaja elektromotor snage od 100-150 kW. Višak električne energije skladišti se u akumulatorima, omogućavajući samostalno kretanje vozila na relaciji od 5-10 km, a prilikom vožnje nizbrdo, kočenja i zaustavljanja motor dodatno dopunjuje baterije.

Osnovne prednosti predstavljene su (Moseley, 1999; Barnitt i Chandler, 2006):

- smanjenom potrošnjom tečnih goriva na račun primene najčešće električne energije,
- znatno sniženom nivou buke, dimnosti i toksičnosti izduvnih gasova,
- postoji mogućnost korišćenja samo električnog pogona pri polasku sa stanica kada su zagađenja i buka posebno intenzivni,
- veći radijus kretanja u odnosu na autobuse sa isključivo elektro-pogonom.

Osnovni nedostaci ove tehnologije se u velikoj meri podudaraju sa nedostacima autobusa sa elektro pogonom. Posebno se izdvajaju: povećana ukupna masa vozila što se odražava na vučno dinamičke karakteristike, povećani investicioni troškovi u odnosu na konvencionalna rešenja i dopune u vezi zahtevima za održavanjem budući da se primenjuju dva različita pogonska sistema.

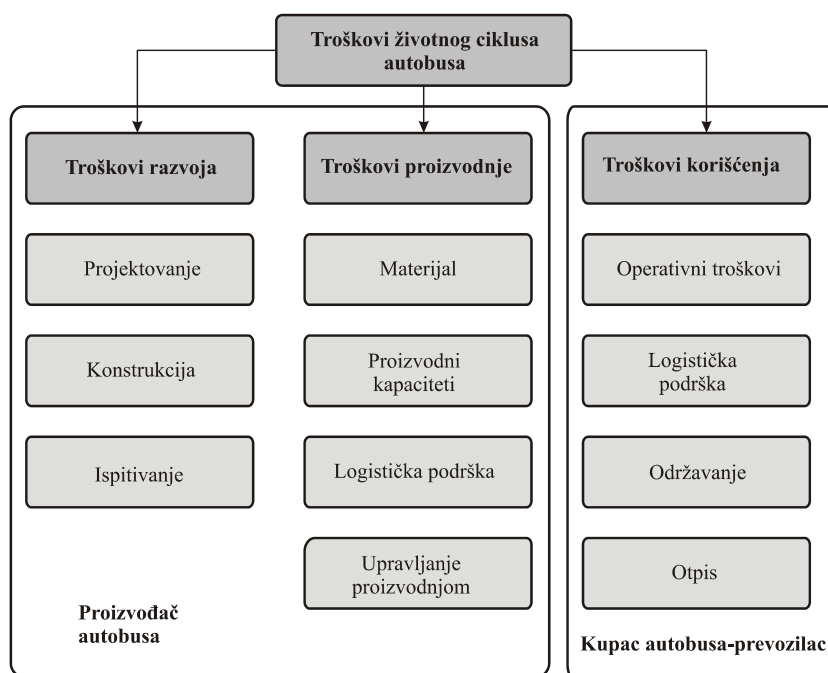
Autobus sa pogonom na gorive ćelije. Gorive ćelije su elektrohemijski uređaji za neposredno pretvaranje hemijske energije, sadržane u nekom hemijskom elementu ili spoju, u jednosmernu električnu struju. Kao gorivo najčešće se koristi vodonik smešten

u rezervoarima u tečnom (rashlađivanjem na veoma nisku temperaturu $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$) ili gasovitom stanju (sabijanjem na pritisak od 250 bara) (Winebrake i Creswick, 2003). Opciono uz prisustvo reformera vodonik se može osloboditi konverzijom iz ugljovodoničnog goriva kao što su metanol, prirodni gas ili druga ugljovodonična goriva. Primena vodonika kao pogonskog goriva autobusa još uvek nije masovna i pored velikog potencijala koji se ogleda pre svega u nultoj emisiji polutanata. Najveće teškoće javljaju se prilikom skladištenja vodonika ali i visoke cene energenta, nekompatibilnosti sa već postojećim rešenjima po pitanju vozila kao sistema i prateće infrastrukture za snabdevanje gorivom i održavanjem.

2.3. Vrednovanje konstrukcijsko-koncepcijskih rešenja autobusa na alternativni pogonom

U skladu sa uvodnim razmatranjima navedenim u tački 1.1, vrednovanje konstrukcijsko-koncepcijskih rešenja autobusa se može sprovesti u odnosu na proizvođače autobusa i vlasnika preduzeća koja se bave autobuskim prevozom sa jedne strane i u odnosu na korisnike prevozne usluge odnosno širu društvenu zajednicu sa druge strane.

U prvom slučaju vrednovanje se najčešće zasniva na proceni ekonomičnosti rešenja tj. analizi ukupnih troškova životnog ciklusa autobusa (slika 2.3).



Slika 2.3. Troškovi životnog ciklusa autobusa

Za utvrđivanje pojedinih troškova prikazanih na slici (Slika 2.3) postoji veliki broj razvijenih modela i njihovih modifikacija kao što su: HUCA model (Highway User Cost Accounting), VOC model (Vehicle Operating Cost), OPCOST (OPERating COST) i drugi.

U drugom slučaju u odnosu na zahteve korisnika prevoza i šire društvene zajednice vrednovanje potencijalnih konstrukcijsko-konceptijskih rešenja autobusa sa alternativnim pogonom najčešće se sprovodi postupkom višekriterijumske analize. Postupak se zasniva na višekriterijumskom rangiranju tj. izboru optimalne varijante iz skupa varijanti za slučaj postojanja atributa rangiranja odnosno kriterijuma i sastoji se iz nekoliko koraka (Kazimi, 1997; Yedla i Shrestha, 2003; Turrio-Baldassarri i ostali, 2006; Tzeng i ostali, 2005):

- izbor alternativnih koncepta autobusa sa alternativnim pogonom za postupak vrednovanja,
- utvrđivanje kriterijuma vrednovanja,
- utvrđivanje performansi autobusa po usvojenim kriterijumima vrednovanja,
- dodeljivanje težinskih faktora kriterijumima vrednovanja (AHP, Delfi, entropijski metod),
- rangiranje varijanti metodama (SAW, TOPSIS, ELECTRA, PROMETHEE, VIKOR).

Kriterijumi vrednovanja su usklađeni sa zahtevima održivog transportnog sistema i njihov prikaz je dat u sledećoj tački.

2.3.1. Kriterijumi vrednovanja

Kriterijumi vrednovanja mogu se dakle mogu svrstati u nekoliko grupa: ekološke, ekonomske, energetske, transportne (Lethonen, 2006; Ou i ostali, 2010; Tzeng i ostali, 2005):

Emisija izduvnih gasova. Pod ovim kriterijumom podrazumeva se količina štetnih izduvnih gasova oslobođenih pri kretanju autobusa u određenim eksploatacionim uslovima po jednom kilometru pređenog puta. Osnovu kriterijuma predstavljaju polutanti regulisani pravilnikom 99/96/EC (ugljenmonoksid, ugljovodonici, metan CH₄, azotni oksidi, čestično zagađenje). Pored toga u obzir se uzimaju sumpordioksid i gasovi staklene bašte pre svih ugljendioksid.

Emisija buke. Buka u vozilu koja potiče od operativnih radnji prilikom kretanja vozila predstavlja značajan faktor opterećenja vozača i putnika. Ovaj kriterijum se odnosi na nivo zvučnog pritiska (SPL), ekvivalentni nivo zvučnog pritiska (Leq), vršne vrednosti (Leq_{max} i Leq_{min}) i nivo izlaganja zvuku (SEL).

Vučno dinamička svojstva. Ovaj kriterijum se odnosi na performanse autobusa po pitanju: momenta i snage na točku, maksimalnu brzinu kretanja, maksimalni uspon koje vozilo može da savlada kao i maksimalno ubrzanje.

Troškovi. Ovim kriterijumom obuhvaćeni su i sagledavaju se troškovi nabavke već primenjenog rešenja i potencijalnog alternativnog rešenja (ili troškovi konvertovanja primenjenog-konvencionalnog rešenja u alternativno ukoliko postoji takva mogućnost), troškovi eksploatacije, troškovi održavanja i troškovi implementacije novog rešenja.

Tehnička pouzdanost. Kriterijum se odnosi na verovatnoću da će autobus izvršiti transportni zadatak bez otkaza u projektovanom vremenu trajanja zadatka unutar specificiranih granica performansi, prema određenim uslovima eksploatacije.

Raspoloživost pogonskog goriva. Kriterijum obuhvata nekoliko različitih faktora: postojanje odgovarajuće infrastrukture u postupku dopremanja pogonskog goriva do autobaze javnog prevoza i mogućnost njene izgradnje u bliskoj budućnosti ukoliko ne postoji, postojanje infrastrukture za skladištenje goriva u autobazi, mogućnost domaće proizvodnje ili potreba uvoza energenta iz inostranstva.

Energetska efikasnost. Pod ovim kriterijumom podrazumeva se prevashodno energetska efikasnost pogonskog goriva, izražena preko pređenog puta po 1 dm^3 tečnog goriva, 1 m^3 gasovitog goriva ili kWh-u elektropogona. Ostali činioci energetske efikasnosti autobusa kao sistema: potrošnja maziva, potrošnja elemenata kočionog sistema, elemenata sistema za oslanjanje, sistema za prenos snage itd., obuhvaćeni su troškovima eksploatacije i održavanja.

Autonomija vozila. Pod autonomijom autobusa podrazumeva se pređeni put sa jednim punjenjem rezervoara za gorivo. Uzima se u obzir raspoloživ i potreban prostor koji zahtevaju specifična rešenja rezervoara pojedinačnih konstrukcijsko-konceptijskih rešenja autobusa prema zahtevanoj autonomiji.

Lako i brzo tankovanje. Kriterijum se odnosi na potrebno vreme za snabdevanja autobusa pogonskim gorivom ili vreme potrebno za zamenu praznog rezervoara punim (metod agregatne zamene).

Bezbednost. Pomoću ovog kriterijuma uzeti su u obzir: uticaj specifičnosti konstrukcije konceptijskog rešenja autobusa na dinamičko ponašanje vozila pri kretanju (aktivna bezbednost) i različite vrste rizika (pojava vatre ili eksplozije, rizik po zdravlje ljudi u mikroprostoru, toksičnost po okolinu, pojava visokog pritiska u instalaciji itd.) koji su posledica isticanja ili direktnog izlaganja pogonskog goriva čoveku ili okolini (pasivna bezbednost).

Komfor. Kriterijum obuhvata uticaj niskofrekventnih oscilacija sa učestanošću do 80 Hz kojima su izloženi putnici u vozilu. Najvažniji uticaj na čoveka imaju vršne vrednosti ubrzanja, pravac delovanja, frekvencije i vreme izlaganja oscilacijama.

2.4. Projekti vrednovanja konstrukcijsko-konceptijskih rešenja autobusa na alternativni pogon

U svetu se za sada razvijaju demonstracioni programi i studije sa ciljem prikupljanja podataka i kasnijeg vrednovanja alternativnih pogonskih koncepcija prema različitim kriterijumima i to: troškovima funkcionisanja ovih autobusa, njihovih performansi, pouzdanosti i troškovima održavanja. Među najznačajnija istraživanja u ovoj oblasti ubrajaju se projekat Udruženja nemačkih saobraćajnih preduzeća i studija preduzeća javnog prevoza Štutgarta.

Takođe, pod pokroviteljstvom EU i komisije za energetiku, 2001. godine pokrenut je projekat CUTE (Clean Urban Transport for Europe) u okviru koga su u devet evropskih gradova vršena ispitivanja eksploatacionih karakteristika na niskopodnim "Citaro" autobusima sa pogonom na gorive ćelije u realnim gradskim uslovima, koji su nakon dve godine u eksploataciji proveli 64000 sati i ostvarili oko 865000 kilometara pri čemu je ukupna potrošnja vodonika iznosila oko 192 tone (Binder i ostali, 2006). Istraživane su performanse pouzdanosti, izvodljivosti kao i ekonomski faktori prema nabavci vozila, održavanju, operativnim troškovima rada autobusa, troškovima infrastrukture i logistike.

Takođe sa istim ciljem u Americi i Kanadi i Australiji pokrenuti su projekti CFCP (California Fuel Cell Partnership), NRC (National Resources Canada) i STEP (Sustainable Transport Energy for Perth) (Cockroft, 2008).

2.4.1. Projekat Udruženja nemačkih saobraćajnih preduzeća

U cilju pronalaženja što povoljnijih rešenja u autobuskom prevozu putnika, po pitanju stvaranja održivog transportnog sistema, Udruženje nemačkih saobraćajnih preduzeća je sprovelo analizu primenljivosti autobusa sa različitim pogonskim koncepcijama pri čemu su ekološke i ekonomske karakteristike imale posebno mesto. Analiza je vršena za uslove eksploatacije koji odgovaraju „Esslinger“ test ciklusu, tj. drumskim i transportnim uslovima vožnje u gradskoj i prigradskoj vožnji sa prosečnom brzinom od 22,3 km/h (Bronnenberg i Classen, 2008).

Pri tome, godišnja kilometraža iznosi 60000 kilometara a popunjenost autobusa je usvojena i iznosi 20 %. Eksploatacioni period istraživanja je bio 12 godina (Bronnenberg i Classen, 2008).

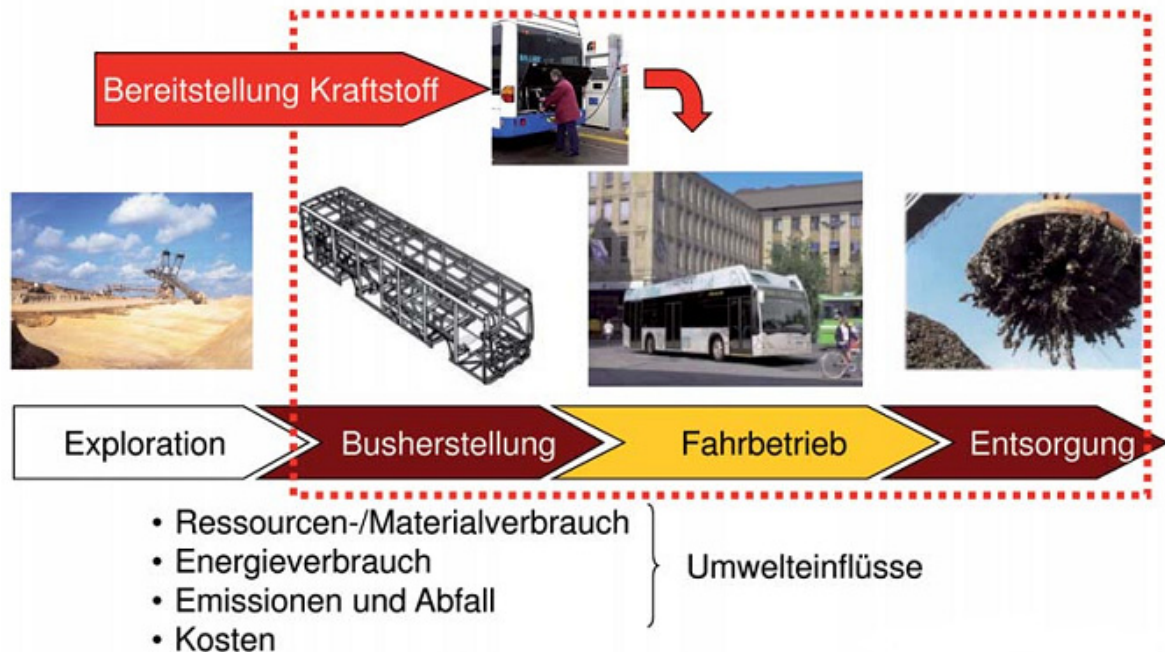
Kreirani su hipotetički vozni parkovi autobusa sa 100 vozničkih jedinica. Razmatrani su pogoni na konvencionalno dizel gorivo, vodonik iz zemnog gasa, sintetički biodizel druge generacije, vodonik dobijen elektrolizom, realizovanom pomoću snage vetra.

Na takav skup autobusa primenjeno je 11 scenarija koji definišu primenu odgovarajuće pogonske koncepcije autobusa po „Esslinger“ test ciklusu (Bronnenberg i Classen, 2008).

Prvi scenario je bazni i odnosi se na vozni park sa vozničkim jedinicama koje imaju pogon na konvencionalno dizel gorivo. Izuzet je tretman izduvnih gasova filterima i katalitičkim konvertorima. Drugi scenario definiše vozni park kao u prvom scenariju ali se vrši kontrola emisije izduvnih gasova pomoću filtera čestičnih materija. Po trećem scenariju sagledava se primena konvencionalnih rešenja autobusa koji ispunjavaju norme standarda EURO V. Četvrti scenario obuhvata autobuse takođe koji ispunjavaju normu EURO V ali je pogon na sintetički biodizel druge generacije. Za peti scenario karakteristična je primena dizel hibridnih varijanti sa filterom čestičnih materija. Scenario šest je identičan scenariju pet ali je pogonsko gorivo sintetički biodizel druge generacije. Sedmi scenario čini primena autobusa sa gasno hibridnim pogonom kod kojih je prirodni gas smešten u komprimovanom stanju a osmi scenario vodonik hibridni pogon. Scenario devet obuhvata autobuse sa pogonom na vodonik dobijen iz obnovljivih izvora, tj. snage vetra. Deseti scenario uključuje primenu hibridnih autobusa sa pogonom na gorive ćelije, pri tome vodonik je fosilnog porekla. Na kraju

deseti scenario se odnosi na autobuse sa hibridnim pogonom na vodonik iz obnovljivih izvora.

Šematski prikaz (u skraćenoj formi) metodološkog pristupa vrednovanja konstrukcijsko-koncepcijskih pogona autobusa dat je na slici (Slika 2.4).



Izvor: Bronnenberg i Classen, 2008.

Slika 2.4. Metodološki pristup vrednovanja konstrukcijsko-koncepcijskih pogona autobusa

Sa ekoloških i ekonomskih aspekata, metodološki pristup prikazan na slici (Slika 2.4) pored razmatranja standardnih postupaka nabavke autobusa i njihove eksploatacije, ima sveobuhvatniji karakter jer razmatra različite definisane scenarije eksploatacionog perioda rada autobusa od projektovanja i proizvodnje do reciklaže. Ovim se obezbeđuje realnije sagledavanje karakteristika autobusa jer se uzimaju u obzir i prateći procesi pri vršenju transportne usluge.

Generalno, pristup obuhvata četiri faze (slika 2.4): pripremanje goriva za eksploataciju, projektovanje i proizvodnju autobusa, eksploataciju autobusa i reciklažu autobusa. U prvoj fazi analiziraju se mogućnosti i troškovi snabdevanja sirovinama za proizvodnju goriva, troškovi proizvodnje i distribucije goriva do autobaza, skladištenje goriva. U drugoj fazi analiziraju se troškovi projektovanja autobusa, obezbeđivanja fabričkih pogona za proizvodnju, dovoženja sirovina i materijala do proizvodnih pogona i kooperanata. U trećoj fazi uzimaju se u obzir klasični faktori vrednovanja, troškovi

nabavke, operativni troškovi eksploatacije i održavanja autobusa. U četvrtoj fazi obuhvaćeni su troškovi izgradnje postrojenja za reciklažu, prouzrokovanog primenom nekog alternativnog goriva za pogon autobusa, zatim troškovi, otpisanih, dotrajalih elemenata, spregova i agregata, upotrebljivanih materijala.

Pri svakoj fazi pored pomenutog ekonomskog faktora prati se i uticaj aktivnosti na životnu sredinu.

2.4.2. Projekat preduzeća javnog prevoza u Štutgartu

Preduzeće javnog prevoza u Štutgartu razvilo je studiju prognoze autobusnog voznog parka za vremenski period do 2020. godine sa ciljem da se: definišu aktivnosti u strateškom donošenju odluka u postupku primene autobusa sa alternativnim pogonom u javnom prevozu, utvrde po obimu i strukturi ekološki kriterijumi i troškovi hipotetičkih voznih parkova definisanih prema određenim scenarijima, izrada informacione osnove o održivosti primene izabranog rešenja u okruženju (u ovom slučaju Štutgarta), kvantifikuju karakteristike emisije izduvnih gasova i troškova prilikom prelaska sa jednog konceptijskog pogona autobusa na drugi.

Sa stanovišta uticaja voznih parkova na životnu sredinu razmatraju se emisije ugljendioksida, oksida azota, čestičnih materija, ugljovodonika i ukupne potrošnje goriva. Pri analizi troškova uzeti su u obzir troškovi proizvodnje autobusa i nabavke autobusa, troškovi goriva i stanica za snabdevanje gorivom, troškovi održavanja i reciklaže (Widemann i Faltenbacher, 2007). Period prognoze je trajao 15 godina, od 2005-te do 2020-te a polazna osnova za kreiranje autobusnog voznog parka je aktuelni vozni park preduzeća javnog prevoza Štutgart na kraju 2005. godine, tj. 155 solo vozila i 87 vozila zglobnog konstruktivnog sastava sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo (Widemann i Faltenbacher, 2007). Razmatrano je ukupno pet scenarija u zavisnosti od primene alternativnih pogona. Pri tome u svakom scenariju, svake godine zamenjuje se ukupno 20 autobusa novim tehnologijama sa stanovišta promene kompletnog pogonskog agregata ili uvođenjem kontrole izduvnih gasova na postojećim rešenjima pomoću sistema katalitičke redukcije, filtera čestičnih materija i kombinacijom prethodna dva rešenja, oksidacionih katalizatora u slučaju primene prirodnog gasa.

Bez upuštanja u konkretne rezultate navedenih istraživanja, prikazane metodologije i postupci prikazuju da vrednovanje konstrukcijsko konceptijskih rešenja autobusa sa

alternativnim pogonom, u cilju stvaranja održivih transportnih sistema, obuhvata veliki broj različitih kriterijuma uticajnih na krajnji rezultat. Moraju se uzeti u obzir i uslovi karakterističnih područja odnosno okruženja transportnog sistema za koje se istraživanje sprovodi, a koji se odnose prevashodno na moguću raspoloživost, pripremu i distribuciju pogonskog alternativnog goriva.

2.4.3. Vrednovanje koncepcija autobusa u našim uslovima

U ovom delu poglavlja izvršena je višekriterijumska analiza moguće primene različitih konstrukcijsko-koncepcijskih rešenja autobusa koja se u poslednjih godina koriste u svetu u sistemu javnog masovnog transporta putnika bilo na nivou studijskih istraživanja ili u slučaju realne primene. Istraživanje je sprovedeno za uslove u Beogradu. Izbor najpovoljnije alternative za uslove u Beogradu sproveden je metodom TOPSIS na osnovu 11 definisanih kriterijuma prikazanih u tački 2.3.1 (Ivković i ostali, 2007a; Ivković i ostali, 2007b).

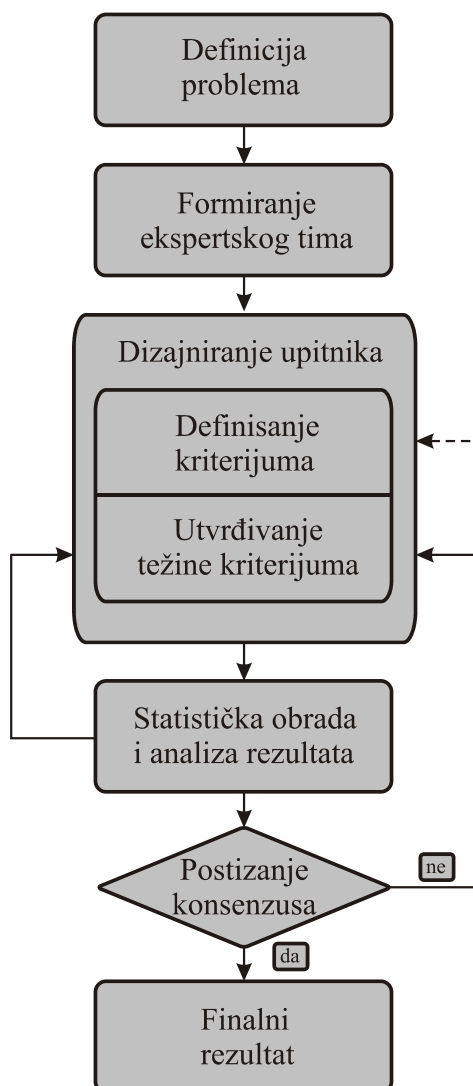
U procesu višekriterijumskog vrednovanja određivanje težina pojedinih kriterijuma predstavlja najveći problem i najosetljivije mesto koje može presudno da utiče na konačne rezultate. Kvalitet višekriterijumske analize u najvećoj meri zavisi pored izbora same metode vrednovanja i od načina utvrđivanja težine pojedinačnih kriterijuma prema kojima se analiza sprovodi (Tzeng i ostali, 2005). Određivanje težine kriterijuma u okviru ovog istraživanja svodi se na planiranje i predviđanje potreba javnog masovnog transporta putnika u budućnosti sa aspekta osavremenjavanja voznog parka tj. njegovog autobusnog podsistema.

U oblasti saobraćaja i transporta jedna od najčešće primenjivanih vrsta tehnološkog predviđanja je Delfi metoda. Bazirana je na pretpostavci da je mnoštvo mišljenja (mišljenja eksperata) uvek bolje od mišljenja pojedinca i da je iterativni proces jedan od najpodesnijih načina procene činjenica koje mogu biti od značaja u budućnosti. Donekle heuristički karakter Delfi postupka (intuitivno-iskustvena razmatranja) doprinosi da tačnost ove metode nije idealna ali je veoma pragmatična zbog iznalaženja dovoljno kvalitetnog rešenja u kratkom vremenskom periodu.

Usled visokog stepena kompatibilnosti sa strateškim planiranjem u oblasti saobraćaja i transporta i zbog suštinskih prednosti koje se ogledaju kroz:

- kolektivan rad,
- zajednički napor usmeren ka rešavanju problema,
- sagledavanje događaja i tehnoloških promena u budućnosti,
- zbir informacija koje poseduje grupa prevazilazi broj i kvalitet informacije pojedinca,
- radom u grupi povećava se broj relevantnih faktora i raznih aspekata neke istraživane pojave ili događaja,
- pristup sagledavanja prošlosti i sadašnjosti u cilju razvoja rešenja u narednom periodu,

za utvrđivanje težinskih faktora kriterijuma korišćena je upravo Delfi metoda. Procesni dijagram prikazan je na slici (Slika 2.5).



Slika 2.5. Postupak određivanja težinskih faktora pojedinačnih kriterijuma

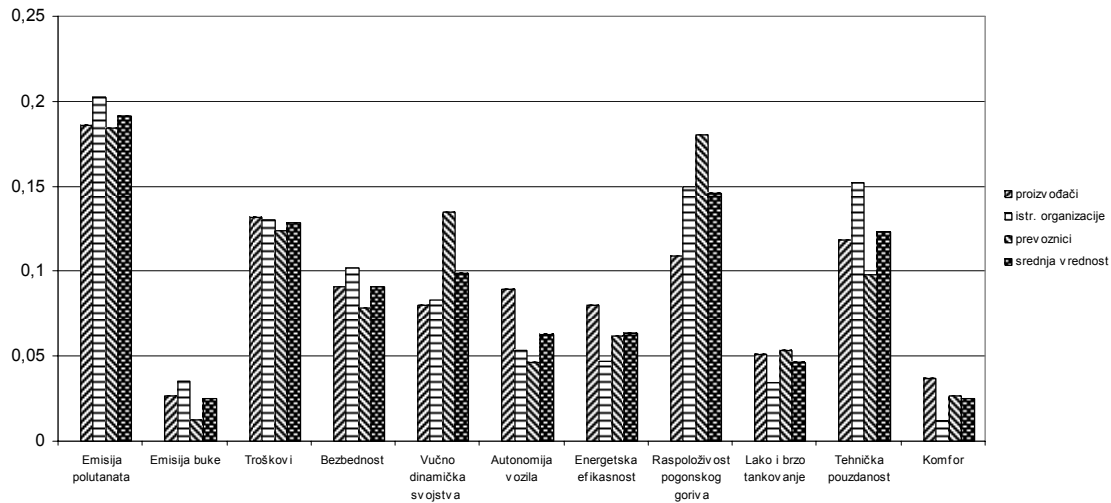
Formiranje ekspertskeg tima je prvi korak u sprovođenju metodologije određivanja težinskih faktora pojedinačnih kriterijuma. Pod ekspertom se podrazumeva osoba koja u svojoj oblasti (tj. oblasti istraživanja) raspolaže većinom osvojenih znanja i značajnim iskustvom u praksi. U okviru ovog istraživanja formiran je tim od 98 eksperata podeljenih u tri grupe. Prvu grupu sačinjavali su inženjeri i tehničari „IKARBUS“-a koji su direktno ili indirektno vezani za proces projektovanja i proizvodnje autobusa. U drugoj grupi nalazili su se inženjeri i tehničari koji su se bavili direktno ili indirektno eksploatacijom i održavanjem autobusa u transportnim preduzećima „GSP“ i „LASTA“. Formiranjem ove grupe težilo se približavanju naučne i praktične misli što je jedan od osnovnih zadataka Delfi postupka. Treća grupa formirana je od stručnjaka sa fakulteta i instituta (Saobraćajni fakultet) koji se profesionalno bave projektovanjem, proizvodnjom eksploatacijom i održavanjem transportnih sredstava.

Za svaki kriterijum odnosno oblast koju reprezentuju formirana su pitanja koja mogu da je adekvatno okarakterišu. Ekspertima je data mogućnost da za svaku ocenjivanu oblast (kriterijum) daju dodatnu opisnu ocenu i zapažanje ali i da predlože nove kriterijume.

Utvrđivanje kriterijuma i njihovih težinskih faktora izvršeno je u četiri kruga. U prvom krugu postavljene su četiri inicijalne oblasti prema kojima se vrši rangiranje alternativa: emisija polutanata, bezbednost, raspoloživost i ekonomski aspekt primene. Posle svake iteracije podaci su statistički obrađivani. Rezultati obrade dostavljeni su svim učesnicima u ispitivanju pred svaki novi krug. Konsenzus je postignut nakon tri iteracije odnosno posle četiri kruga konsultovanja eksperata. Finalni rezultat se ogleda kroz definisanje težinskih faktora za jedanaest kriterijum vrednovanja, prikazanih u tabeli (Tabela 2.4) i slici (Slika 2.6). Zbog obimnosti rezultata ispitivanja u okviru disertacije su prikazani samo finalni rezultati.

Tabela 2.4. Težinski faktori pojedinačnih kriterijuma rangiranja

Kriterijum	Proizvođači	Istr. organizacije	Prevoznici	Srednja vrednost
Emisija polutanata	0,18580	0,20250	0,18420	0,19090
Emisija buke	0,02690	0,03500	0,01230	0,02486
Troškovi	0,13180	0,13000	0,12360	0,12852
Bezbednost	0,09120	0,10200	0,07810	0,09056
Vučno dinamička svojstva	0,07960	0,08290	0,13480	0,09874
Autonomija vozila	0,08910	0,05320	0,04610	0,06297
Energetska efikasnost	0,08030	0,04700	0,06230	0,06321
Raspoloživost pogonskog goriva	0,10890	0,14970	0,18010	0,14589
Lako i brzo tankovanje	0,05070	0,03430	0,05360	0,04612
Tehnička pouzdanost	0,11850	0,15200	0,09820	0,12315
Komfor	0,03720	0,01140	0,02670	0,02508



Slika 2.6. Težinski faktori pojedinačnih kriterijuma rangiranja

Nakon utvrđivanja težinskih faktora pojedinačnih kriterijuma pristupa se postupku višekriterijumskog vrednovanja alretrnativnih varijanti autobusa.

Izbor optimalne alternative konceptijskog rešenja autobusa na osnovu prethodno definisanih i težinski kategorizovanih kriterijuma vrši se pomoću metode TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Metoda se zasniva na istovremenom merenju varijante od tzv. pozitivnog idealnog i negativnog idealnog rešenja, tj. na merenju relativnog rastojanja razmatrane varijante od idealnog rešenja (Tzeng i ostali, 2005).

Eliminacija dimenzija u kojima se izražavaju vrednosti varijanti (alternativa) po pojedinim kriterijuma vrši se pomoću formule [2.1]:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{11} x_{ij}^2}} \quad [2.1]$$

Bezdimenzionalni elemnti r_{ij} , normalizovane matrice R dati su tabeli (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Normalizovana matrica R , bezdimenzionalni elementi r_{ij}

Koncepc. rešenje	Emisija polutan.	Buka	Vučne karakter.	Troškovi	Pouzdanost	Raspoloživost	Energ. efikasnost	Autonomija	Tankovanje	Bezbednost	Komfor
Dizel	0,4813	0,2324	0,3625	0,1072	0,3461	0,4363	0,2974	0,4017	0,1925	0,3226	0,2480
Biodizel	0,4251	0,2324	0,3625	0,1233	0,3115	0,3927	0,2914	0,3749	0,1925	0,3226	0,2480
KPG, $\lambda=1$	0,2185	0,3099	0,2900	0,1715	0,3115	0,3927	0,2528	0,3213	0,1925	0,3065	0,2967
KPG, $\lambda>1$	0,2740	0,3099	0,2900	0,1715	0,3115	0,3927	0,2528	0,3213	0,1925	0,3065	0,2967
Gasno dizelni	0,4446	0,2905	0,2900	0,1286	0,3011	0,3927	0,2439	0,2945	0,1925	0,3065	0,2878
TNG	0,2612	0,2905	0,2900	0,1822	0,3046	0,3927	0,2320	0,3838	0,1925	0,3065	0,2967
Etanol	0,2883	0,3176	0,3262	0,2144	0,2423	0,1309	0,1844	0,2231	0,1925	0,2903	0,3099
Metanol	0,2611	0,3215	0,3262	0,2144	0,2423	0,1309	0,1725	0,1964	0,1925	0,2903	0,3099
Elektropogon	0,0719	0,3873	0,2356	0,5360	0,3288	0,0436	0,4461	0,1607	0,5774	0,3065	0,3542
Hibridni	0,1955	0,2711	0,2537	0,2680	0,3219	0,0436	0,3866	0,2678	0,5774	0,3226	0,3454
Gorive ćelije	0,0647	0,3215	0,2610	0,6432	0,2769	0,0218	0,4163	0,2678	0,1925	0,2226	0,3055

Težinska normalizacija se vrši množenjem svake kolone matrice R odgovarajućom težinom kriterijuma iz tabele (Tabela 2.4). Na ovaj način dobijaju se težinski normalizovani elementi matrice V (Tabela 2.6).

Tabela 2.6. Težinski normalizovana matrica V , bezdimenzionalni elementi r_{ij}

Koncepc. rešenje	Emisija polutan.	Buka	Vučne karakter.	Troškovi	Pouzdanost	Raspoloživost	Energ. efikasnost	Autonomija	Tankovanje	Bezbednost	Komfor
Dizel	0,0919	0,0058	0,0358	0,0138	0,0426	0,0637	0,0188	0,0253	0,0089	0,0292	0,0062
Biodizel	0,0812	0,0058	0,0358	0,0158	0,0384	0,0573	0,0184	0,0236	0,0089	0,0292	0,0062
KPG, $\lambda=1$	0,0417	0,0077	0,0286	0,0220	0,0384	0,0573	0,0160	0,0202	0,0089	0,0278	0,0074
KPG, $\lambda>1$	0,0523	0,0077	0,0286	0,0220	0,0384	0,0573	0,0160	0,0202	0,0089	0,0278	0,0074
Gasno dizelni	0,0849	0,0072	0,0286	0,0165	0,0371	0,0573	0,0154	0,0185	0,0089	0,0278	0,0072
TNG	0,0499	0,0072	0,0286	0,0234	0,0375	0,0573	0,0147	0,0242	0,0089	0,0278	0,0074
Etanol	0,0550	0,0079	0,0322	0,0276	0,0298	0,0191	0,0117	0,0141	0,0089	0,0263	0,0078
Metanol	0,0498	0,0080	0,0322	0,0276	0,0298	0,0191	0,0109	0,0124	0,0089	0,0263	0,0078
Elektropogon	0,0137	0,0096	0,0233	0,0689	0,0405	0,0064	0,0282	0,0101	0,0266	0,0278	0,0089
Hibridni	0,0373	0,0067	0,0251	0,0344	0,0396	0,0064	0,0244	0,0169	0,0266	0,0292	0,0087
Gorive ćelije	0,0123	0,0080	0,0258	0,0827	0,0341	0,0032	0,0263	0,0169	0,0089	0,0202	0,0077

Nakon izračunavanja elemenata matrice V određuje se idealno Y^* i negativno idealno rešenje Y^- prema formulama (rezultati dati u tabeli (Tabela 2.7), [2.2] i [2.3]):

$$Y^* = \left[\left(\max_{ij} V_{ij} \in J \right), \left(\min_{ij} V_{ij} \in J' \right) \right] = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_{11}^*) \quad [2.2]$$

$$Y^- = \left[\left(\min_{ij} V_{ij} \in J \right), \left(\max_{ij} V_{ij} \in J' \right) \right] = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_{11}^-) \quad [2.3]$$

pri čemu je:

- $i = (1, 2, \dots, 11)$, broj koncepcijskih rešenja autobusa,

- $j = (1, 2, \dots, 11)$, broj kriterijuma,
- $J = (1, 2, \dots, 11)$, j koje odgovara kriterijumu „koristi“,
- $J' = (1, 2, \dots, 11)$, j koje odgovara kriterijumu „troškova“.

Tabela 2.7. Idealna i negativna idealna rešenja

Koncepc. rešenje	Emisija polutanata	Buka	Vučne karakter.	Troškovi	Pouzdanost	Raspoloživost	Energ. efikasnost	Autonomija	Tankovanje	Bezbednost	Komfor
Y^*	0,0123	0,0096	0,0358	0,0138	0,0426	0,0637	0,0282	0,0253	0,0089	0,0292	0,0089
Y^-	0,0919	0,0058	0,0233	0,0827	0,0298	0,0032	0,0109	0,0101	0,0266	0,0202	0,0062

Rastojanje pojedine varijante od idealnog i negativnog idealnog rešenja definiše se kao [2.4] i [2.5]:

$$Q_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{11} (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad [2.4]$$

$$Q_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{11} (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad [2.5]$$

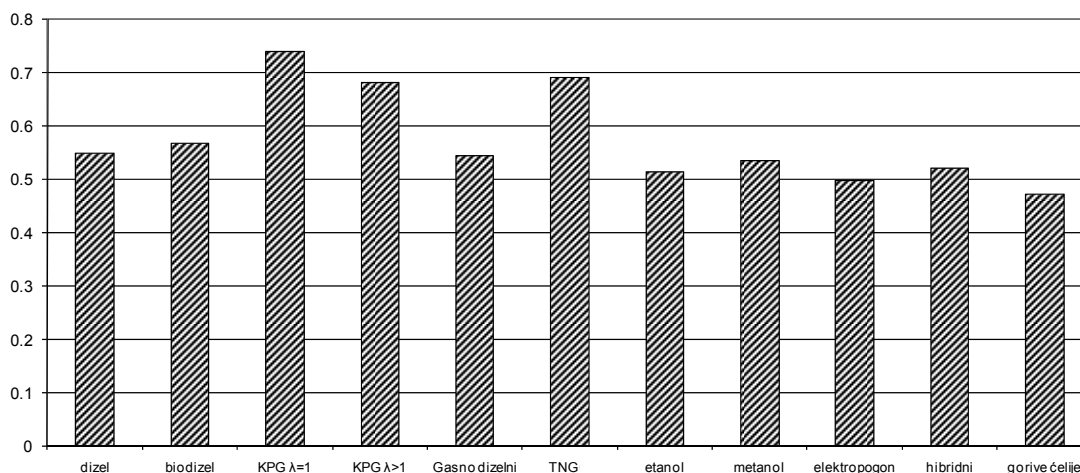
Rezultati proračuna dati su tabeli (Tabela 2.8).

Relativna bliskost između varijante i idealnog rešenja date su u tabeli (Tabela 2.8) i slici (Slika 2.9), a dobijaju se prema formuli [2.6]:

$$C_i^* = \frac{Q_i^-}{(Q_i^* + Q_i^-)} \quad [2.6]$$

Tabela 2.8. Relativna bliskost između varijante i idealnog rešenja

Koncepc. rešenje	Q^*	Q^-	C^*
Dizel	0,0802	0,0970	0,5474
Biodizel	0,0701	0,0915	0,5661
KPG, $\lambda=1$	0,0350	0,0986	0,7382
KPG, $\lambda>1$	0,0443	0,0937	0,6792
Gasno dizelni	0,0749	0,0889	0,5426
LPG	0,0426	0,0942	0,6887
Etanol	0,0677	0,0714	0,5133
Metanol	0,0651	0,0742	0,5327
Elektropogon	0,0838	0,0825	0,4959
Hibridni	0,0698	0,0757	0,5204
Gorive ćelije	0,0935	0,0834	0,4715



Slika 2.7. Relativna bliskost varijanti i idealnog rešenja

Dobijeni prikazani rezultati ukazuju da u našim uslovima, a u cilju stvaranja održivog javnog prevoza, najveći značaj na izbor moguće varijante jedinice autobuskog podsistema imaju: emisija štetnih izduvnih gasova, raspoloživost pogonskog goriva, ekonomski faktori i tehnička pouzdanost.

Sprovedena višekriterijumska analiza u radu ukazuje da se prema definisanim kriterijumima iz grupe alternativnih rešenja kao najbolja izdvajaju autobusi sa pogonom na komprimovani prirodni gas i tečni naftni gas. Ovome doprinosi najviše veoma niska emisija izduvnih gasova pomenutih rešenja u odnosu na autobuse sa pogonom na dizel gorivo, i to ugljenmonoksida i čestičnog zagađenja kao glavnog nosioca kancerogenih materija.

Biodizel kao zamena za dizel gorivo je pogodan za pogon autobusa isključivo zbog svoje obnovljivosti i biorazgradivosti. Po svim drugim kriterijumima autobus sa pogonom na biodizel ima slične karakteristike kao i autobus sa konvencionalnim pogonom što se u procesu rangiranja i dokazalo.

Prema rangu prikazanom u tabeli (Tabela 2.8) i slici (Slika 2.7), rešenja autobusa sa pogonom na metanol i etanol zauzimaju sedmu i osmu poziciju. Osnovni uzroci ovakvog stanja su nepovoljnosti sa aspekta raspoloživosti energenata, njihova mala energetska efikasnost i nedostaci u vezi sa emisijom pojedinih polutanata u odnosu na druga rešenja.

Autobusi sa hibridnim, elktropogonom i pogonom na gorive ćelije svakako da imaju perspektivu da budu osnovne vozne jedinice autobusnog sistema javnog prevoza u Beogradu ali ipak ne u vremenskom periodu prema kojem su vršena istraživanja u ovom radu. Prevelika cena proizvodnje goriva, problemi pri skladištenju energenta, nizak stepen raspoloživosti uopšte same tehnologije, ograničena vučna dinamička svojstva vozila, povećano vreme za snabdevanje gorivom, čine da izuzetno povoljne karakteristike po pitanju štetne emisije ne mogu da utiču presudno odnosno ne u tolikoj meri da bi ova rešenja autobusa bila primenljiva u sistemu prevoza putnika.

2.5. Bezbednosni aspekti primene komprimovanog prirodnog gasa za pogon autobusa

Pravci istraživanja karakteristika bezbednosti autobusa koji koriste komprimovani prirodni gas idu u dva osnovna pravca:

- deo istraživanja koja se bave proučavanjem aktivnih i pasivnih karakteristika bezbednosti autobusa,
- deo istraživanja koji se bavi proučavanjem rizika pri skladištenju i rukovanju prirodnim gasom u komprimovanom stanju.

2.5.1 Aktivna i pasivna bezbednost

Konvencionalni autobusi sa pogonom na dizel gorivo imaju svoje karakteristike aktivne bezbednosti koje u većoj ili manjoj meri mogu da budu izražene tokom korišćenja vozila, odnosno u eksploataciji. Primena komprimovanog prirodnog gasa za pogon autobusa utiče na karakteristike aktivne bezbednosti autobusa. Pojavljuje se dodatna masa u vidu baterije sa rezervoarima za smeštaj gasa, tako da može da dolazi do promena karakteristika aktivne bezbednosti u prvom redu zbog njenog položaja u sklopu vozila.

Uticaj dodatne mase na konstrukcione karakteristike autobusa, koja potiče od rezervoara sa gorivom, može se odrediti eksperimentalnim i analitičkim putem, formiranjem različitih modela različitog stepena složenosti sa ciljem da se postigne optimalna vrednost određenih parametara koji opisuju aktivnu bezbednost vozila. Cilj ovakvih istraživanja je davanje rešenja i preporuka o smeštaju rezervoara u sklopu autobusa i da

se dobijeni rezultati mogu koristiti kao podrška u donošenju odluka u fazi projektovanja novog vozila ili pri konverziji autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo koji su već u eksploataciji proveli određeno vreme.

Primena komprimovanog prirodnog gasa može uzrokovati i promenu karakteristika pasivne bezbednosti autobusa. U odnosu na konvencionalna rešenja ta promena se ogleda kroz isticanje odnosno širenje prirodnog gasa koji se eventualno oslobađa iz rezervoara i posledica je učestvovanja autobusa u saobraćajnoj nezgodi (Chamberlain i Modarres, 2005).

Kako je osnovna intencija u pogledu pasivne bezbednosti najpre zaštita ljudi, a usled isticanja gasa može ipak doći do njegovog paljenja spoljnim izvorom, sprovode se sigurnosno-bezbednosne mere kojima se rizik povređivanja ljudi smanjuje. U tom smislu otpornost nosača rezervoara na kidanje i razaranje je definisana maksimalnim usporenjem od 6,6 g u podužnom i 5 g u poprečnom pravcu (Janković i Marjanović, 2011). Rezervoare je potrebno zaštititi od izloženosti toploti i izbegavati prostor blizu zone izduvni gasova za njihovo pozicioniranje u sklopu vozila. Isto se odnosi i na ostalu gasnu instalaciju a posebno deo cevovoda koji su takođe pod visokim pritiskom. U slučaju smeštaja rezervoara u unutrašnjost autobusa ispod poda (kod gradskih autobusa) potrebno je obezbediti adekvatno provetranje. Ukoliko su rezervoari na krovu autobusa potrebno je obezbediti njihovu zaštitu od mehaničkih oštećenja odgovarajućim štitnicima.

Automatsko sprečavanje isticanja gasa u slučaju nekvalitetnih zaptivki ili oštećenja instalacije prouzrokovane sudarom autobusa moguće je realizovati sekcijским ventilima. Aktivaciju sekcijских ventila kod ovakvih sistema obezbeđuje centralna elektronska upravljačka jedinica na osnovu odgovarajućih senzora koji prate promene pritiska gasa u instalaciji (Pavlovski i ostali, 2007).

2.5.2. Ponašanje autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putu sa aspekta teorije kretanja vozila

Osnovni zadatak teorije kretanja motornih vozila je utvrđivanje i uspostavljanje zakonitosti između određenih fizičkih veličina koje opisuju njegovo kretanje. Posledica toga je da je moguće predvideti kretanje vozila što je veoma značajno za uspešnji razvoj vozila u fazama projektovanja. Ostvarene vrednosti izučavanih veličina, tj.

parametra kretanja, predstavljaju njegove performanse koje karakterišu ponašanje vozila u različitim uslovima eksploatacije.

Kako je vozilo uvek deo složenog sistema „točak-vozač-vozilo-put-okolina“, ponašanje pri kretanju zavisi od veoma velikog broja faktora. Vozač je u izvesnim slučajevima subjektivna kategorija, tako da ostatak sistema točak-vozilo-put-okolina predstavlja osnovu od koje se polazi u izučavanje zakonitosti kretanja vozila i utvrđivanja performansi odnosno njegovog ponašanja na putu. Osnovne karakteristike koje opisuju kretanje vozila u oblasti bočne i podužne dinamike su upravljivost vozila i stabilnost vozila i u oblasti vertikalne dinamike oscilacije celokupnog vozila i posebno upravljačkih točkova.

Specifičnost konstrukcije autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas utiče na njegovo različito ponašanje pri kretanju u odnosu na konvencionalna rešenja sa dizel pogonskim agregatom. Razlike se javljaju usled prisustva neophodne gasne instalacije a najznačajniji uticaj na njih imaju rezervoari za smeštaj gasa pod visokim pritiskom kao glavni nosioci dodatne mase. Kako se rezervoari obično pozicioniraju van karoserije dolazi do promena dinamičke karakteristike zbog promene otpora vazduha, tj. aerodinamičnosti kompletne karoserije, usled povećanja čeone ali bočne površine vozila. Pored obaveznog prisustva rezervoara, na promenu ponašanja autobusa utiče i njihov položaj u sklopu autobusa.

Efekti dejstva dodatne mase na promenu performansi autobusa zavise svakako od brzine kretanja. Tako su efekti u gradskim uslovima vožnje, gde su prosečne brzine od 20 km/h do 40 km/h, manje izraženi. Ali u vangradskom autobuskom prevozu putnika gde je moguće ostvariti veće brzine, svakako da razmatranje uticaja dodatne mase dobija dosta više na značaju.

Težnja je da se usled uticaja rezervoara na ponašanje autobusa, za njihovu izradu koriste kompozitni materijali koji imaju dosta manju specifičnu masu ali njihova primena znatno poskupljuju cenu vozila (cena dm^3 rezervoara od kompozitnih materijala može biti i do 15 puta veća nego cena dm^3 klasičnog rezervoara napravljenog od čelika) (Bhattacharjee i ostali, 2010).

Drugi način smanjenja negativnih uticaja rezervoara na performanse pre svega stabilnosti i upravljivosti, je njihov smeštaj ispod poda u prostoru između prednje i zadnje osovine ali to je sve manje izvodljivo imajući u vidu današnje tendencije ka

uvođenju niskopodnih autobusa u gradskom prevozu putnika ili funkcionalne zahteve za vagnadske autobuse po pitanju smeštaja prtljaga (Glumac i ostali, 2002).

Smeštanje rezervoara van karoserije podrazumeva smeštanje istih na krovu autobusa. U tom slučaju dolazi do promene koordinate težišta po visini, sto uzrokuje smanjenje granične brzine u krivini a da ne dođe do prevrtanja u bočnom pravcu i odgovarajuću opreznost vozača u manevrima obilaženja i preticanja.

Na osnovu navedenog nije teško doći do zaključka da primena komprimovanog prirodnog gas za pogon autobusa zahteva sprovođenje istraživanja sa ciljem optimizacije mogućeg položaja rezervoara u sklopu autobusa.

Prema osnovnim analizama performansi sa stanovišta ponašanja na putu, mogu se doneti određeni zaključci.

U odnosu na proces kočenja, parametri kao što su maksimalno usporenje, vreme kočenja i put kočenja, jednostavne analize ukazuju da gasna instalacija nema uticaja na ostvarene njihove vrednosti, što se da lako i uočiti iz navedenih izraza [2.7], [2.8], [2.9] i [2.10] (Todorović,1988):

Na osnovu poznate diferencijalne jednačine kretanja pri kočenju [2.7]:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{G \cdot \delta} \cdot [F_k + G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha + K \cdot A \cdot V^2] \quad [2.7]$$

dobijaju se izrazi za maksimalno usporenje, minimalni put i vreme kočenja [2.8], [2.9] i [2.10]:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{\max} = \frac{g}{\delta} \cdot [\varphi_{\max} + f] \quad \left[\frac{m}{s^2}\right] \quad [2.8]$$

$$t_k = \frac{\delta}{g} \cdot \frac{V}{\varphi_{\max} + f} \quad [s] \quad [2.9]$$

$$s_k = \frac{\delta}{2 \cdot g} \cdot \frac{V^2}{\varphi_{\max} + f} \quad [m] \quad [2.10]$$

Prema navedenim izrazima jasno je da dodatna masa koja potiče od rezervoara ne utiče na ostvarivanje maksimalno povoljnih performansi ukoliko u toku ovakvog režima kretanja dođe do maksimalnog iskorišćenja raspoloživog prijanjanja u podužnom pravcu.

Međutim usled dodatne mase a imajući u vidu iskorišćenje maksimalnog raspoloživog prijanjanja u podužnom pravcu, potrebno je realizovati veću silu u samim izvršnim organima kočionog sistema, tako da dolazi do većeg oslobađanja energije kod ovih elemenata a samim tim i do povećanog habanja i smanjenja veka trajanja istih u sklopu kočionog sistema.

U slučaju kočenja može doći do poremećaja stabilnosti koja se ogleda u bočnom zanošenju tj. odstupanju od putanje kretanja. Zanošenje je naročito izraženo pri iskorišćenju prijanjanja van granica maksimalno raspoloživog na točkovima prednje, zadnje ili obe osovine, ili u slučaju kada su perturbacione sile u bočnom pravcu veće od rezerve raspoložive bočne reakcije podloge u tangentnoj ravni točka i puta. U takvim situacijama vozač teško može sistemom za upravljanje da eliminiše nastale poremećaje.

Pored uslova eksploatacije, pojava nestabilnog kretanja zavisi od konstrukcionih karakteristika autobusa na koje utiče dodatna masa od rezervoara za komprimovani prirodni gas. Uticaj rezervoara dobija na značaju pri ovakvom režimu kretanja pogotovu kod autobusa u vangradskom prevozu putnika gde su brzine kretanja veće. Tome dodatno doprinosi i smeštaj gasa na krovu, pri čemu dolazi do povećanja visine težišta.

Imajući to u vidu, ovi autobusi imaju izraženu osetljivost na poremećaje pri kočenju. Ova nepovoljnost traži posebna izučavanja putem analitičkih istraživanja, modeliranja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas ili eksperimentalnih istraživanja.

Osnovne karakteristike koje opisuju kretanje vozila u oblasti bočne i podužne dinamike a imajući u vidu konstrukcione karakteristike autobusa tj. mali odnos visine težišta prema međuosovinskom rastojanju, u oblasti podužne dinamike gasna instalacija ipak ne može uticati značajno na parametre kao što su maksimalni ugao koji vozilo može da savlada a da ne dođe do prevrtanja oko prednje ili zadnje osovine. Sa druge strane ako bi se i pozicionirali rezervoari na krovu u prednjem delu autobusa kako bi se povećao ugao savlađivanja maksimalnog uspona a da ne dođe do prevrtanja oko zadnje osovine, autobus sa takvom konstrukcijom bi imao izraženije negativne karakteristike po pitanju prevrtanja oko prednje osovine ako se autobus kreće po uzdužnom padu, tako da su optimizacije sa ovakvog stanovišta manje značajne. Slično je i u slučaju bočne stabilnosti tj. prevrtanja autobusa oko leve ili desne ose vozila usled postojanja bočnog nagiba. U odnosu na kretanje vozila u krivini, i analize bočne stabilnosti u takvim uslovima, evidentno je da su ovakvi eksploatacioni uslovi predvidljivog karaktera za vozača iako je on subjektivnog karaktera u sistemu „točak-vozač-vozilo-put-okolina“.

2.6. Opasnosti i rizici pri korišćenju komprimovanog prirodnog gasa

Ostvarivanje pozitivnih ekoloških uticaja na okolinu autobusa sa pogonom na prirodni gas podrazumeva ispravnost celokupne gasne instalacije na vozilu. Pod pojmom „ispravnost“ u ovom slučaju podrazumeva se pre svega osobina rezervoara, cevnih vodova, sigurnosnih ventila itd., da ne ispuštaju gas. Visoka pouzdanost svih ovih elemenata omogućava smanjenje odgovarajućih rizika koji egzistiraju primenom KPG-a. Rizici i opasnosti potiču od osobina prirodnog gasa i stanja pod kojim se koristi kao energent za pogonske agregate autobusa.

U okviru ovog rada biće sagledane karakteristike bezbednosti upravo usled isticanja goriva iz gasne instalacije koja se primenjuje na autobusima sa aspekta:

- rizika od pojave vatre (u odnosu na autobus i prateću infrastrukturu),
- rizika po zdravlje ljudi u mikroprostoru (otrovnost prirodnog gasa),
- toksičnog dejstva po okolinu (posledice pri isticanju KPG-a u okolinu bez pojave plamena),
- rizika od pojave visokog pritiska u instalaciji (rezervoaru) i naglom isticanju KPG-a.

2.6.1. Opasnosti i rizici od pojave vatre

Pri samom pomenu imena „vozilo sa pogonom na prirodni gas“ u javnosti se obično javlja strah od kolizionih situacija i kobnih posledica, usled mogućnosti pojave vatre.

Međutim kako se ovde radi o instalaciji u kojoj nema vazduha odnosno kiseonika, koji čini osnovni uslov za sagorevanje neke materije, do nastanka vatre ne može doći izuzev nepredviđenih situacije stohastičkog karaktera kao što su na primer saobraćajne nezgode. Pored uslova mešanja gasa sa vazduhom, da bi došlo do paljenja neophodan je i direktan prinudni izvor paljenja čija je temperatura preko 670 °C i da taj izvor ima energetski potencijal da izazove paljenje gasa (Bhattacharjee i ostali 2010). Ta energija treba da bude od 0,15 mJ do 0,30 mJ (Chamberlain i Modarres, 2005), takođe i zapreminska koncentracija navedenih sastojaka u smesi mora biti takva da je ispunjen uslov: 85 % do 95 % vazduha u okviru smese i od 5 % do 15 % prirodnog gasa u

okviru smese (Volpe, 1999). Ovakvi uslovi mogu biti eventualno stvoreni jedino ako gorivo slobodno ističe iz rezervoara.

Brzina sagorevanja prirodnog gasa raste sa povećanjem zapreminske koncentracije, a do burnog sagorevanja, tj. eksplozije, može da dođe pri koncentraciji od oko 35 % u smesi sa čistim kiseonikom, pri čemu je brzina sagorevanja čak 5000 puta veća nego pri sagorevanju smeše gasa i vazduha sa zapreminskim odnosom: 90 % vazduha u okviru smese i 10% prirodnog gasa u okviru smese (Pavlovski i ostali, 2007).

U zatvorenom prostoru kao što je unutrašnjost vozila, ovakva pojava bi izazvala takođe i porast pritiska jer se pri sagorevanju jednog metra kubnog prirodnog gasa oslobađa energija od preko 30 MJ (Pavlovski i ostali, 2007). Da bi se predupredili ovi rizici neophodno je preventivno vršiti kontrola zaptivki u sklopu instalacije.

Isticanje prirodnog gasa iz instalacije sprečava se primenom sigurnosno bezbednosnih mera propisanih standardima i zakonskom regulativom kako pri manipulativnim aktivnostima prirodnog gasa tako i procesu eksploatacije vozila.

Koncentracije koje mogu dovesti do eksplozivnog sagorevanja prirodnog gasa potrebno je apsolutno eliminisati jer se paljenje može desiti kako otvorenim plamenom tako i varnicom bilo kog porekla (pojava varnice elektrostatičkim putem, atmosfersko pražnjenje - udar groma).

Kvantifikacija rizika od pojave vatre prilikom eksploatacije autobusa sa pogonom na KPG u gradskim uslovima prikazana je u tabeli (Tabela 2.9) i rezultat je analize bezbednosti saobraćaja u ovom domenu koju je sproveo Centar TRS (Center for Technology Risk Studies) univerziteta Merilend (Chamberlain i Modarres, 2005). Istraživanje je realizovano na uzorku od 8500 autobusa koji su u upotrebi u SAD-u.

Tabela 2.9. Kvantitativna analiza rizika pojave vatre na KPG autobusu

Uzrok	Rizik [bus/god]	Rizik [na $100 \cdot 10^6$ milja]
Greška na instalaciji ili greška pri punjenju rezervoara	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$
Elektrostatičko pražnjenje	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
Saobraćajna nezgoda	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$
Greška osoblja	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Ostalo	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$

Izvor: Chamberlain i Modarres, 2005.

2.6.2. Opasnosti i rizici po zdravlje ljudi i okolinu

Oslobodeni prirodni gas koji je istekao iz instalacije ili iz skladišnih rezervoara nije otrovan ako se udiše pod uslovima da je u preddistributivnim aktivnostima odorisan po zakonskim normativima. Međutim, povećana koncentracija u zatvorenom prostoru može da dovede do gušenja jer bitno smanjuje koncentraciju kiseonika neophodnog za disanje.

Trovanje može nastati indirektno iako prirodni gas sam po sebi nije otrovan. U slučaju nepravilnog sagorevanja u motoru, u izduvnim gasovima nastalim sagorevanjem prirodnog gasa, javlja se ugljenmonoksid koji je vrlo otrovan i čija koncentracija u vazduhu od 0,2 % uzrokuje smrt prilikom vremenskog izlaganju čoveka u periodu od dva časa (Volpe, 1999). Nepravilno sagorevanje u motoru najčešće je posledica propusta prilikom postupka održavanja.

Sa stanovišta uticaja na životnu sredinu u odnosu na mikrolokaciju, prirodni gas može se smatrati neznatnim zagađivačem, jer oslobođen isplivava u gornje slojeve atmosfere i ne utiče kao ugljendioksid na efekat staklene bašte iako je metan glavni sastojak i staklenički gas ali je njegova količina u atmosferi neznatna pa se ovi uticaji mogu smatrati neznatnim.

2.6.3. Opasnosti i rizici od visokog pritiska

Kada se govori o prirodnom gasu i rizicima njegovog korišćenja ne može se zanemariti pritisak od 200 bara pod kojim se on skladišti u sklopu autobusa i delu instalacije. Od svih elemenata instalacije, najveće dejstvo nepoželjnih sila, a zbog svoje površine, trpi rezervoar. Sila pritiska na unutrašnje zidove rezervoara, koja potiče od sabijenog prirodnog gasa, srazmerna je proizvodu pritiska i površine rezervoara. Rizik od mogućih negativnih posledica dejstva ove sile neutrališe se pravilnom konstrukcijom i potrebnim kvalitetom izrade rezervoara, pravilnim montiranjem, sprečavanjem nepotrebnog zagrevanja rezervoara kao i ostatka instalacije, sprečavanjem pojave korozije usled primene prirodnog gasa nedovoljnog kvaliteta, preventivnom kontrolom u cilju pravovremenog otkrivanja mikropukotina, zaštitom od mehaničkih spoljnih probojnih uticaja.

Uopšteno rečeno svako pucanje rezervoara dovodi do konfliktnih situaciju bilo da su izazvane prekomernim povećanjem pritiska u njemu kao unutrašnjem faktoru tako i spoljnim faktorima kao što su zagrevanje, oksidacija, korozija, prekomerna vremenska upotreba, saobraćajne nezgode ili proboji stohastičkog karaktera. Ukoliko dođe do pucanja rezervoara, usled naglog širenja prirodnog gasa, kinetička energija se može preneti na okolne predmete ili delove instalacije što izaziva razletanje istih po okolini.

3. Struktura autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas

Primena prirodnog gasa kao pogonskog goriva autobusa uslovljava pored primene pogonskog agregata prilagođenog korišćenju prirodnog gasa i primenu odgovarajuće gasne instalacije. Broj elemenata gasne instalacije i njihova funkcionalna svojstva zavise u najvećoj meri od koncepcijsko-konstruktivnog rešenja motora i načina skladištenja gasa u sklopu autobusa.

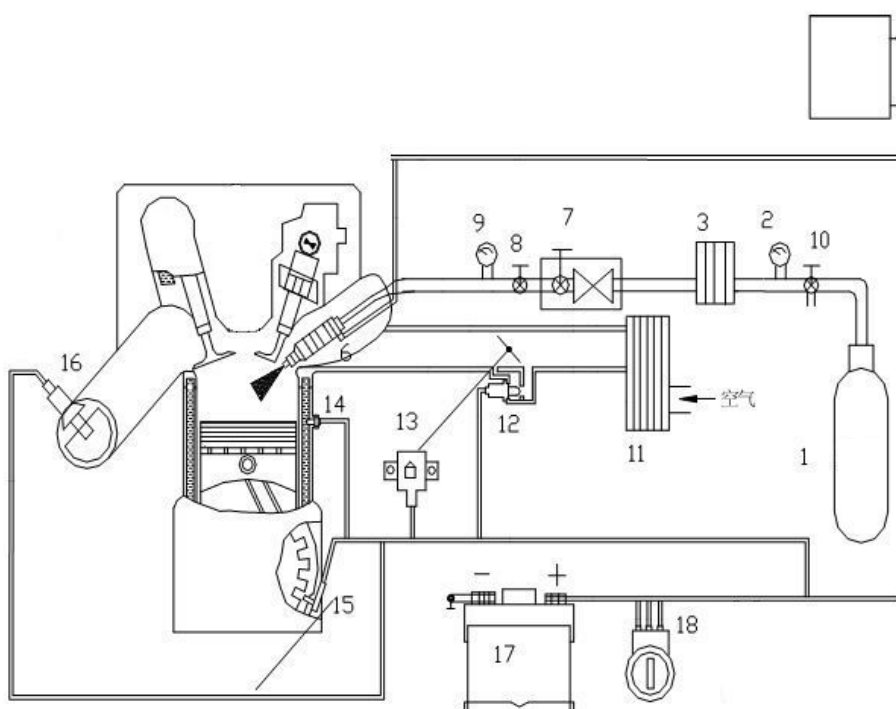
3.1. Sastav gasne instalacije

U opštem slučaju, bez obzira na vrstu pogonskog agregata, gasna instalacija se sastoji i uvek obuhvata sledeće elemente (Slika 3.1), (ECE R 110, 2008):

- ulivni sistem,
- gasovode,
- zaporne ventile,
- elektromagnetne ventile,
- regulatore pritiska,
- uređaje za napajanje pogonskog agregata prirodnim gasom ,
- kontrolnu i mernu opremu,
- posebne elemente koji zavise od tipa motora i vozila,
- rezervoare za smeštaj komprimovanog prirodnog gasa.

Ulivni sistem je namenjen za ostvarivanje veze između autobusa i stanice za snabdevanje gorivom, tj. za punjenja rezervoara na vozilu prirodnim gasom pod pritiskom. Ulivni sistem se postavlja, u zavisnosti od konstruktivnih karakteristika autobusa i položaja rezervoara, na pristupačnom mestu i obezbeđuje brzo spajanje i razdvajanje sa uređajem za punjenje u stanici, uz sprečavanje isticanja gasa pri punjenju. Sastoji se od ventila za punjenje, nepovratnog ventila i zaštitnog čepa. Nepovratni ventil omogućuje da se na automatski način spreči moguće isticanje prirodnog gasa na delu instalacije od ulivnog sistema do rezervoara. Zaštitnim čepom osigurava se ulivni sistem od spoljnog uticaja koji bi mogao da smanji njegovu zaptivenost.

Gasovodi za prenos prirodnog gasa se prave od čvrstih, bezšavnih cevi od visokokvalitetnog nerđajućeg čelika ili čelika sa antikorozivnim premazom. Spajaju ostale elemente gasne instalacije u jednu celinu. Mogu da rade u uslovima visokog radnog pritiska (komponente klase 0, 3 MPa - 26 MPa), srednjeg radnog pritiska (komponente klase 1, 450 kPa - 3 MPa) i niskog radnog pritiska (komponente klase 2, 20 kPa - 450 kPa) (ECE R 110, 2008). Deo gasovoda pod visokim pritiskom na vozilu počinje od ulivnog sistema za punjenje komprimovanim prirodnim gasom na vozilu do rezervoara i od rezervoara do regulatora visokog pritiska. Deo gasovoda pod srednjim radnim pritiskom obuhvata cevi od regulatora visokog pritiska do regulatora niskog pritiska. Gasovod niskog pritiska počinje od regulatora niskog pritiska a završava se do ulaska u cilindre pogonskog agregata. Pored gasovoda od čvrstih cevi, mogu se koristiti i fleksibilni gasovodi, takođe u klasama 0, 1 i 2. Sastoje se od jezgra i čeličnog opleta. Jezgro je od elastomera otpornog na sastav prirodnog gasa. Preseci i otpornosti na razaranje su identični čvrstim gasovodima.



Slika 3.1. Sastav instalacije za komprimovani prirodni gas na autobusu (1-rezervoar za komprimovani prirodni gas, 2-regulator visokog pritiska, 3-filter prirodnog gasa, 6-brizgaljka, 7-zaporni ventil, 8-sigurnosni ventil, 9-regulator niskog pritiska, 10-ulivni sistem, 11-filter vazduha, 12-kontrola rada motora na praznom hodu, 13-davač položaja usisnog ventila, 14-davač temperature rashladne tečnosti, 15-davač broja obrtaja motora, 16-davač količine usisanog vazduha, 17-akumulator, 18-prekidač startovanja)

Zaporni ventil se obično nalazi u zajedničkom kućištu sa drugim elementima gasne instalacije i koristi se za prekid toka gasa u cevovodima ručnim putem.

Elektromagnetni ventil reguliše protok gasa i postavlja se na delu gasovoda iza regulatora visokog pritiska. Najčešće se uz elektromagnetni ventil postavlja filter koji prečišćava prirodni gas od nepoželjnih nečistoća. U cilju povećanja bezbednosti, u smislu sprečavanja isticanja prirodnog gasa, na pojedinim delovima gasovoda mogu se ugrađivati dodatni elektromagnetni ventili (sekcijski ventili). Povezuju se sa detektorom za isticanje gasa a njihov rad kontrolisan je pomoću elektronske upravljačke jedinice.

Pri korišćenju komprimovanog prirodnog gasa za pogon autobusa, gas se skladišti u rezervoarima pod pritiskom od 20 MPa. U takvom stanju nije direktno upotrebljiv za napajanje pogonskog agregata. Iz tog razloga neophodno je da se u sklopu gasne instalacije nalaze uređaji za redukciju visokog pritiska, takozvani **regulatori**. Regulatori mogu biti dvostepeni kod kojih se u prvom stepenu pritisak smanjuje sa 20 MPa na 1 MPa a u drugom sa 1 MPa na 110 kPa do 200 kPa (Department of Energy, 2002). Takođe mogu se upotrebljavati i dva posebna regulatora, regulator visokog i niskog pritiska. Funkcija regulatora visokog pritiska odgovara funkciji prvog stepena dvostepenog regulatora dok funkcija regulatora niskog pritiska odgovara funkciji drugog stepena dvostepenog regulatora. Položaj regulatora visokog pritiska je odmah posle rezervoara za skladištenje gasa. Regulator niskog pritiska se nalazi iza elektromagnetnog ventila. Usled činjenice da se gasovi pri naglom adijabatskom širenju hlade (Džul-Tompsonov efekat), regulatori poseduju komore za zagrevanje usled mogućeg sadržaja vlage u prirodnom gasu, koja bi u slučaju nižih temperatura uzrokovala teškoće u radu celog sistema snabdevanja pogonskog agregata potrebnom količinom gasa i mogla dovesti do zamrzavanja (Todorović i drugi, 1996). Regulatori pritiska omogućuju takođe: stabilan rad pogonskog agregata pri svim režimima rada, dotok potrebne količine gasa, trenutno automatsko isključivanje protoka prirodnog gasa pri zaustavljanju rada pogonskog agregata, pouzdano sopstveno funkcionisanje u rasponu temperature od -40 °C do +60 °C (ECE R 110, 2008).

Napajanje pogonskog agregata prirodnim gasom može se realizovati na nekoliko načina: pomoću dozatora i mešača u usisni kanal; ubrizgavanjem u usisni kanal neposredno ispred usisnog ventila na početku takta usisavanja; ubrizgavanjem direktno u cilindar na kraju takta sabijanja ((dizel princip) pritisak ubrizgavanja veći od 100 bara); ubrizgavanjem direktno u cilindar na kraju takta usisavanja ili početku takta sabijanja (pritisak ubrizgavanja od 15-20 bara pri uglu kolenastog vratila od 90° do 210° pre

spoljne mrtve tačke) (Seifert i Schick, 2003). **Dozator** se postavlja na delu gasovoda iza regulatora niskog pritiska i ima funkciju da prema određenom režimu rada motora dozira potrebnu količinu prirodnog gasa. Njime se upravlja najčešće posredno, mehaničkom komandom preko poluge za gas. U **mešaču** se pravilno dozirana količina prirodnog gasa meša sa svežim vazduhom (prečišćenog filterom), da bi se zatim ista ubacila u usisni kanal. Funkcija mešača je istovetna funkciji karburatora benzinskih motora, gde se mešanje realizuje pomoću difuzora (Venturijeve cevi), kroz koju protiče gas i radnog dela gde se formira radna smeša. Ukoliko se napajanje pogonskog agregata vrši ubrizgavanjem pomoću brizgaljki direktno u cilindar, na kraju takta sabijanja, ostvareni pritisak ubrizgavanja mora biti znatno iznad pritiska kompresije, tj. preko 100 bara. Ova činjenica uslovljavala da pritisak u rezervoarima bude iznad 138 bara, da bi gas mogao biti potisnut u komoru za sagorevanje. Prema istraživanju (Seifert i Schick, 2003) pritisak u rezervoarima od 138 bara postoji kada je rezervoar 75 % pun. Ispod ovog nivoa, pritisak u rezervoarima za ubrizgavanje gasa na kraju takta sabijanja nije dovoljan. Zato je u sklopu gasne instalacije neophodno dodati pumpu visokog pritiska.

Kontrolna i merna oprema obuhvata veći broj komponenti kao što su: elektronska upravljačka jedinica, davači podataka o broju obrtaja pogonskog agregata, temperaturi rashladne tečnosti, količini vazduha, manometri za merenje pritiska prirodnog gasa u rezervoarima ili u blizini ulivnog sistema, manometar na kontrolnoj tabli kod vozača itd. Zajednički zadatak svih ovih komponenti je da omoguće bezbedno, efikasno i ekonomično funkcionisanje pogonske koncepcije sa komprimovanim prirodnim gasom u sklopu autobusa. Takođe u kontrolnu opremu se ubrajaju i detektori kojima se registruje prisustvo prirodnog gasa u unutrašnjem prostoru autobusa za smeštaj putnika.

Posebni elementi gasne instalacije prisutni su u slučaju primene prilagođenih dvogorivih dizel motora za pogon autobusa, koji mogu da rade sa obe vrste goriva istovremeno (dizel i prirodni gas) ili samo da koriste dizel gorivo. U takvom slučaju pomoću elektromagnetnog graničnika neophodno je ugraditi blokadu položaja zupčaste letve pumpe visokog pritiska. Takođe kod ove koncepcije pogonskog agregata neophodan je i graničnik broja obrtaja, koji preko davača dobija informacije o broju obrtaja motora i njime se vrši prekidanje protoka gasa elektromagnetnim ventilom. Na taj način pogonski agregat je zaštićen od prekoračenja granične vrednosti broja obrtaja.

3. 2. Rezervoari prirodnog gasa na autobusima

Prirodni gas predstavlja mešavinu ugljovodonika alkalnog reda, ugljendioksida, sumporvodonika i merkaptana. Osnovna komponenta je metan (CH_4) čiji se molarni udeo kreće u granicama od 80 do 99 % (Jayaratne i ostali, 2010). Donja toplotna moć prirodnog gasa kreće se u granicama od 31-34 MJ/m³ pri pritisku od 1 bara i temperaturi od 0 °C što u poređenju sa klasičnim dizel gorivom od 34-35 GJ/m³ govori da se radi o energentu sa veoma malom zapreminskom koncentracijom (Bhattacharjee i ostali, 2010). Navedene činjenice ukazuju na najveći nedostatak gasa kao pogonskog goriva motora SUS, tj. na moguće teškoće oko skladištenja prirodnog gasa.

Povećanje zapreminske koncentracije uz bezbednosne uslove je osnovni zadatak koji je potrebno ispuniti pri skladištenju prirodnog gasa u sklopu autobusa i može se ostvariti na tri načina (jedan osnovni i dva alternativna):

- smeštanje prirodnog gasa u sabijenom - komprimovanom stanju pod visokim pritiskom (komprimovani prirodni gas, KPG - *Compressed Natural Gas, CNG* (osnovni koncept)),
- smeštanje prirodnog gasa u tečnom stanju (utečnjeni prirodni gas, UPG - *Liquefied Natural Gas, LNG* (alternativni koncept)),
- smeštanje prirodnog gasa u rezervoarima niskog pritiska u „adsorbovanom obliku“ pomoću adsorbenata (adsorbovani prirodni gas, APG - *Adsorbed Natural Gas, ANG* (alternativni koncept)).

3.2.1. Rezervoari za komprimovani prirodni gas (KPG)

Rezervoari za komprimovani prirodni gas izrađuju se u obliku cilindričnih boca od visoko kvalitetnih materijala: čelika visoke otpornosti, kombinacije čelika i aluminijumskih legura sa stakloplastikom i kompozitnih materijala (Jayaratne i ostali, 2009). U obliku su cilindričnih boca standardizovanih zapremina od 50 litara do 160 litara u koje je smešten sabijeni prirodni gas pod pritiskom od 200 bara. U cilju povećanja pređenog puta autobusa sa jednim punjenjem, tendencije razvoja rezervoara za komprimovani prirodni gas idu ka tome da se pritisak poveća na 250 bara (ISO 11439, 2000). Boce visokog pritiska se ugrađuju u autobuse u sklopu baterije. Jedna baterija najčešće obuhvata 10 boca ako je njihov prečnik manji od 300 mm ili 5 do 9 boca ako je njihov prečnik veći od 350 mm (Glumac i ostali, 2002). Raspoloživi

rezervoarski prostor određuje se u zavisnosti od željene dužine puta koje autobus može da pređe sa jednim punjenjem rezervoara. Polazeći od pretpostavke da autobus sa pogonom na komprimovani prirodni gas treba da ima autonomnost kao autobus koji koristi dizel gorivo, potrebna zapremina rezervoara u kome bi se nalazio sabijeni prirodni gas na 200 bara se određuje na osnovu donje toplotne moći oba goriva.

Donja toplotna moć jednog litra dizel goriva iznosi [3.1]:

$$Q_D = 850 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 42,50 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] = 36125 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \right] = 36,12 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{l}} \right] \quad [3.1]$$

Zapremina koju zauzima prirodni gas sabijen na 200 bara a ima istu toplotnu moć kao jedan litar dizel goriva računa se prema relaciji [3.2] (Todorović i drugi, 1996):

$$V_{KPG} = \frac{Q_D \cdot \eta_D \cdot 1000}{Q_{PG} \cdot \varepsilon} = \frac{36,12 \cdot 0,41 \cdot 1000}{32 \cdot 264} = 5,13 \text{ [l]} \quad [3.2]$$

gde su:

- η_D - koeficijent korisnosti dizel motora pri radu sa dizel gorivom, $\eta_D=0,413$ (Lenasi i drugi, 1995),
- η_{PG} - koeficijent korisnosti motora sa pogonom na prirodni $\eta_{PG}=0,343$ (Lenasi i drugi, 1995),
- Q_{PG} - donja zapreminska toplotna moć prirodnog gasa [MJ/m^3],
- ε - stepen sabijanja prirodnog gasa pri temperaturi od 273 K i pritisku od 200 bara.

Iz ovoga proizilazi da bi jedan litar dizel goriva trebalo da se zameni sa oko 5 litara sabijenog prirodnog gasa (na pritisku od 200 bara i temperaturi od 273 K) kako bi se zadržao približno isti akcioni radijus vozila.

U slučaju autobusa sa rezervoarom za dizel gorivo kapaciteta 200 litara, isti je potrebno zameniti sa 1000 litara ukoliko autobus koristi komprimovani prirodni gas kao pogonsko gorivo, da bi autonomnost u oba slučaja bila približno ista.

Pri tome, ukupna količina gasa smeštena u rezervoarima ukupne zapremine od 1000 litara pri normalnim uslovima iznosi [3.3] (Tchinkel, 1996):

$$V_{PG} = \frac{V_r \cdot P_{\max} \cdot T_o}{P_o \cdot (T_o + \Delta T) \cdot 1000} = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 273,15}{1,01 \cdot (273,15 + 20) \cdot 1000} = 183,96 \text{ [m}^3\text{]} \quad [3.3]$$

gde su:

- V_r - ukupna zapremina boca u sklopu baterije,
- P_{\max} - pritisak gasa u rezervoarima kada su potpuno puni (maksimalni radni pritisak u rezervoaru),
- P_o - atmosferski pritisak $P_o = 1,013$ bara,
- T_o i ΔT - temperature, $T_o = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$; $\Delta T = 20 \text{ K}$.

Kako je radni pritisak u ostatku instalacije 10 bara, raspoloživa količina (zapremina) gasa za sagorevanje je umanjena za 5 %, tj. kada su rezervoari „prazni“ u njima uvek ostaje određena mala količina gasa pri pritisku od 10 bara.

Ukupna masa komprimovanog prirodnog gasa u rezervoarima ukupne zapremine od 1000 litara iznosi [3.4] (Tchinkel, 1996):

$$m_{KPG} = \rho_o \cdot \frac{P + P_o}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T_o + \Delta T} \cdot \frac{V_r}{1000} =$$

$$= 0,8 \cdot \frac{200 + 1,01}{1,013} \cdot \frac{273,15}{273,15 + 20} \cdot \frac{1000}{1000} = 147,91 \text{ [kg]} \quad [3.4]$$

gde je:

- ρ_o - gustina prirodnog gasa pri normalnim uslovima.

Rezervoari za komprimovani prirodni gas se mogu svrstati prema standardu ISO 11439- (2000) u četiri grupe.

1. tip 1, rezervoari od metala, čelični ili aluminijumski rezervoari,
2. tip 2, rezervoari sa čeličnom ili aluminijumskom osnovom obloženom kompozitnim materijalima: epoksidnim smolama (poliestarskim i vinilestarskim, termootpornim plastikama, poliamidnim i polietilenskim termoplastičnim materijalima) i vlaknima (staklenim, aramidnim ili ugljeničnim vlaknima),
3. tip 3, rezervoari sa veoma tankom čeličnom ili aluminijumskom osnovom obloženom kompozitnim materijalima: epoksidnim smolama (poliestarskim i vinilestarskim, termootpornim plastikama, poliamidnim i polietilenskim

termoplastičnim materijalima) i vlaknima (staklenim, aramidnim ili ugljeničnim vlaknima),

4. tip 4, rezervoari sa polimernom osnovom obloženom kompozitnim materijalima: epoksidnim smolama (poliestarskim i vinilestarskim termootpornim plastikama, poliamidnim i polietilenskim termoplastičnim materijalima) i vlaknima (staklenim, aramidnim ili ugljeničnim vlaknima).

Pored zapremine rezervoara i kvaliteta izrade, veoma važna karakteristika je odnos ukupne mase rezervoara prema korisnoj zapremini ili specifična masa rezervoara (M/V) izražena u kg/dm^3 . Za navedene tipove rezervoara karakteristične su sledeće vrednosti (Tabela 3.1):

Tabela 3.1. Specifična masa i cena rezervoara za komprimovani prirodni gas

Tip rezervoara	Specifična masa [kg/dm^3]	Cena [$\$/\text{dm}^3$]
KPG rezervoar, tip 1; čelična osnova	$0,9 < M/V < 1,3$	2-6
KPG rezervoar, tip 1; aluminijumska osnova	$0,9 < M/V < 1,0$	8-10
KPG rezervoar, tip 2	$0,7 < M/V < 0,9$	10-15
KPG rezervoar, tip 3	$0,5 < M/V < 0,8$	18-25
KPG rezervoar, tip 4	$M/V < 0,5$	20-25

Izvor: Trudgeon, 2005; DuVall, 2001.

3.2.1.1. Sigurnosno-bezbednosne mere pri primeni rezervoara za komprimovani prirodni gas

Usled osetljivosti prirodnog gasa na izvor plamena, velike razlike u pritiscima gasa unutar boca i okoline, mogućih saobraćajnih nezgoda autobusa u eksploataciji, rezervoari se podvrgavaju veoma strogim sigurnosno-bezbednosnim ispitivanjima da bi se rizik od pojave isticanja gasa što više smanjio. Isticanje prirodnog gasa iz rezervoara se može javiti usled primene nedovoljno kvalitetnih materijala pri izradi i nedovoljnog kvaliteta same izrade, povećanja pritiska iznad vrednosti kada nastupa razaranje (pri prekomernom sabijanju ili zagrevanju), mehaničkih proboja, korozivnog dejstva ugljendioksida i vodonik sulfida sa vlagom iz prirodnog gasa, zamora materijala itd.

Standardi o rezervoarima za komprimovani prirodni gas su sveobuhvatni i sadrže niz povezanih kriterijuma po pitanju bezbednosnih performansi rezervoara. Pojedine

sigurnosno-bezbednosne mere i ispitivanja koje propisuju standardi ISO 11439 (2010), ECE R110 (2008) su:

- pri izradi rezervoara koriste se visoko kvalitetni materijali koji se podvrgavaju različitim ispitivanjima kao što su: test istezanja za čelične i aluminijumske rezervoare i osnove i korozivni test za aluminijum, test utvrđivanja zatezne čvrstoće plastične osnove na $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, test omekšavanja polimernih materijala na temperaturi od $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ itd.,
- rezervoari moraju biti opremljeni sigurnosnim ventilom i integrisanim manometrom za kontrolu pritiska punjenja na automatskom samozaptivnom ventilu,
- rezervoari su izrađeni tako da temperatura sabijenog gasa može da se kreće u granicama od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ a temperatura materijala od kojih se izrađuju rezervoari u radnim uslovima može se kretati od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+82\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- radni pritisak u rezervoarima je 200 bara. Pri punjenju, bez obzira na načine punjenja i temperaturne uslove, pritisak gasa unutar rezervoara ne sme da pređe nivo od 260 bara, što se kontroliše integrisanim manometrom,
- minimalni probni pritisak korišćen u proizvodnji je za 50 % veći od radnog tj. iznosi 300 bara,
- rezervoari moraju da izdrže bez oštećenja najmanje 30000 ciklusa punjenja do nivoa od 260 bara,
- hidrostatički test razaranja - rezervoar se puni vodom do samog razaranja. Minimalni pritisak pri kome nastaje razaranje iznosi: za rezervoare tipa 1, 450 bara; za rezervoare tipa 2, metalna osnova 260 bara, kompozitna obloga od 470 bara do 500 bara; za rezervoare tipa 3, metalna osnova manje od 260 bara; kompozitna obloga od 470 bara do 700 bara; za rezervoare tipa 4, plastična osnova predstavlja samo barijeru između gasa i obloge, kompozitna obloga od 470 bara do 730 bara,
- test probnosti - ispitivanje podrazumeva ispaljivanje metka kalibra 7,62 mm u rezervoar potpuno napunjen gasom pod radnim pritiskom. U slučaju rezervoara tipa 2, 3 i 4, ugao ispaljivanja je 45° . Pri ispitivanju ne sme da dođe do rasprskavanja rezervoara,
- test izlaganja vatri - ispitivanje podrazumeva kontrolu rezervoara i opreme rezervoara na izloženost otvorenom plamenu u određenom vremenskom periodu a da pri tome ne dođe do rasprskavanja već do isticanja gasa putem sigurnosnog ventila,

- LBB test - rezervoar se izlaže ciklusu promene pritiska od 20 do 300 bara sa učestanošću od 10 ciklusa po minutu. Curenje prirodnog gasa ne sme da bude evidentirano pre 45000 izvršenih ciklusa,
- test otpornosti na oštećenja pri slobodnom padu - prilikom ovog testa rezervoar se pušta da slobodno pada tako da visina bude 1,8 m od težišta do tla. Postupak se izvodi u tri navrata u vertikalnom i horizontalnom položaju rezervoara i pod uglom od 45°. Kasnije se rezervoar podvrgava ciklusu promene pritiska od 20 do 260 bara u 3000 ponavljanja. Do curenja gasa ili rasprskavanja ne sme doći pre 3000 realizovanih ponavljanja, dok se curenje bez rasprskavanja sme javiti posle 12000 ponavljanja,
- u slučaju razaranja rezervoara, ono mora biti bez rasprskavanja kod rezervoara tipa 1 i slojevito bez rasprskavanja u slučaju rezervoara tipa 2, 3 i 4,
- test ubrzanog razaranja - predstavlja test po kome se rezervoari tipa 2, 3 i 4 podvrgavaju hidrostatičkom pritisku od 260 bara na temperaturi od 65°. Rezervoar se održava u ovakvim uslovima 1000 sati. Posle toga rezervoar se podvrgava klasičnom hidrauličnom testu pri kome razaranje ne sme da nastupi dok pritisak unutar boce ne pređe nivo od 85 % propisanog minimalnog hidrostatičkog pritiska razaranja,
- test propustljivosti - test se primenjuje za rezervoare tipa 4 kada su napunjeni prirodnim gasom pri radnom pritisku. Sukcesivnim dopunjavanjem prirodnog gasa u jednosatnim intervalima količinom od 0,25 ml prirodnog gasa po litru vodene zapremine rezervoara, prati se propustljivost u vremenskom periodu od 500 časova,
- test dejstva kiseline - oblast površine rezervoara prečnika 150 mm, u kome je gas pod pritiskom od 260 bara, izložena je dejstvu 30 procentne sumporne kiseline u vremenu od 100 h. Potom se sprovodi klasičan hidrostatički test razaranja. Pucanje rezervoara ne sme da nastupi dok pritisak unutar boce ne pređe nivo od 85 % propisanog minimalnog hidrostatičkog pritiska razaranja,
- test izlaganja ekstremnoj temperaturi - ispitivanje se sprovodi na rezervoarima tipa 2, 3 i 4. Podrazumeva izlaganje rezervoara temperaturi od -40 °C , pri čemu se 500 puta ponavlja ciklus promena hidrostatičkog pritiska sa 20 na 200 bara sa učestanošću od 10 ciklusa po minutu. Potom se sprovodi klasičan hidrostatički test razaranja. Pucanje rezervoara ne sme da nastupi dok pritisak unutar boce ne pređe nivo od 85 % propisanog minimalnog hidrostatičkog pritiska razaranja,
- test izdržljivosti na ogrebotine - ispitivanje podrazumeva pravljenje dve

ogrebotine u podužnom pravcu na zidu rezervoaru: prva dužine 20 mm i dubine 1,25 mm, druga dužine 200 mm i dubine 0,75 mm. Rezervoar se zatim podvrgava ciklusu promene pritiska od 20 do 260 bara u 3000 ponavljanja. Do curenja gasa ili rasprskavanja ne sme doći pre 3000 realizovanih ponavljanja, dok se curenje bez rasprskavanja sme javiti posle 12000 ponavljanja.

Na slikama (Slika 3.2, Slika 3.3, Slika 3.4, Slika 3.5, Slika 3.6, Slika 3.7 i Slika 3.8) prikazani su pojedini rezultati i procedure ispitivanja rezervoara za komprimovani prirodni gas.



Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.2. Test otpornosti na oštećenja pri slobodnom padu



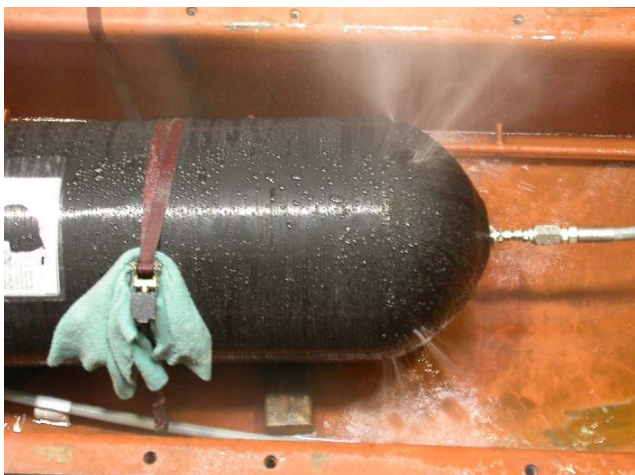
Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.3. Pozitivni rezultati testa pada rezervoara pod uglom od 45°



Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.4. Negativni rezultati testa pada rezervoara pod uglom od 45°



Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.5. Hidrostatički test razaranja



Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.6. Test izlaganja ekstremnoj temperaturi



Izvor: Gambone, 2005.

Slika 3.7. Hidraulični test razaranja



Izvor: Gambone, 2005.

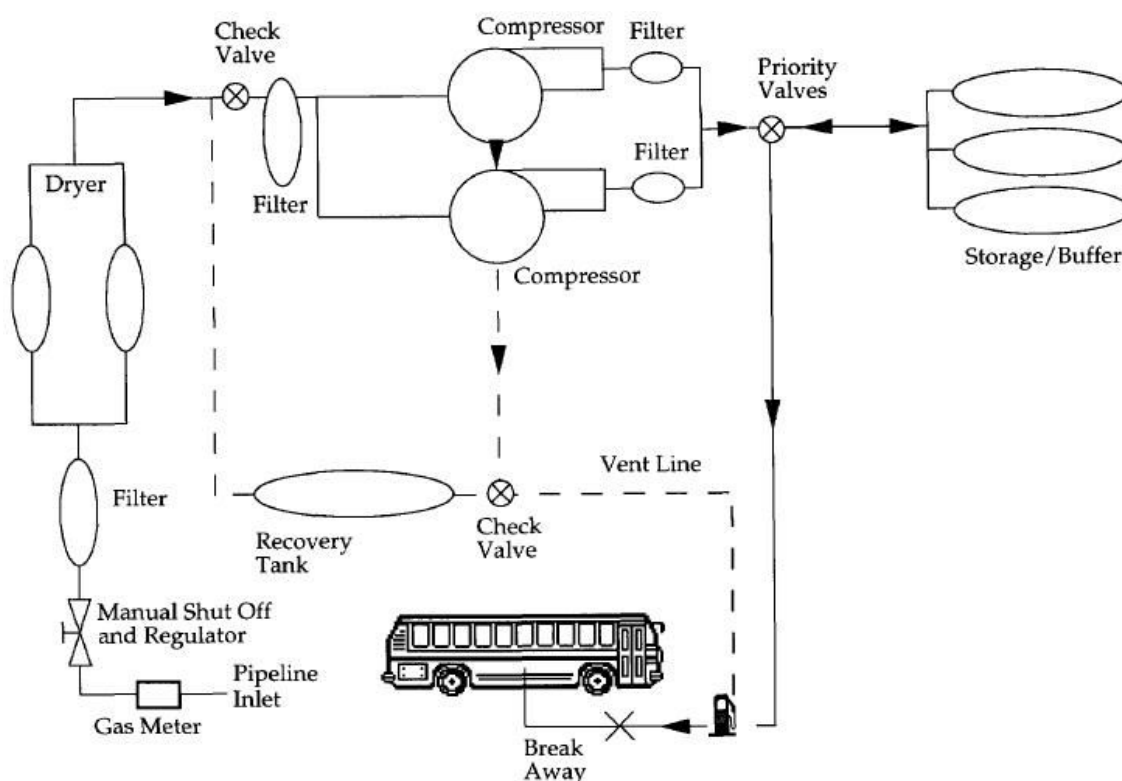
Slika 3.8. Test probojnosti ispaljivanjem metka kalibra 7,62 mm

I pored stroge procedure u proizvodnji KPG rezervoara i primene sigurnosno-bezbednosnih mera, ukoliko zbog određenih, prethodno navedenih, nepovoljnih i nepredviđenih okolnosti, dođe do pucanja rezervoara u kome je smešten komprimovani prirodni gas, moguće su povrede prisutnog osoblja usled nagle ekspanzije gasa pri čemu se njegova zapremina povećava skoro 200 puta kada se nađe na atmosferskom pritisku. Zbog naglog širenja i predaje kinetičke energije elementima instalacije i opreme u blizini rezervoara dolazi do njihovog razletanja po okolini. Ukoliko se nagla ekspanzija gasa dogodi u zatvorenom prostoru takođe može uzrokovati nagli pad temperature koja u nekim slučajevima može biti niža od $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.1.2. Punjenje rezervoara

Rezervoari za komprimovani prirodni gas se mogu puniti na dva načina: brzo punjenje („fast fill“ sistemi) i sporo punjenje („slow fill“ sistemi) (Kathuria, 2004; Rabl, 2002). U oba slučaja osnovna komponenta je višestupni kompresor koji omogućuje sabijanje gasa do preko 300 bara iako je radni pritisak unutar rezervoara 200 bara.

Sistemi brzog punjenja (Slika 3.9) su namenjeni uglavnom za pojedinačno snabdevanje autobusa gasom u kratkom vremenskom periodu i ono iznosi oko 10 minuta, što je slično vremenu punjenja autobusa konvencionalnim gorivom. Koriste se kompresori velike snage sa elektropogonom. Punjenje rezervoara na autobusu je moguće realizovati i preko pomoćnih magacinskih rezervoara u kojima je već ranije skladišten prirodni gas u sabijenom stanju, čime se može obezbediti veći protok gasa nego što je kapacitet kompresora. Pri brzom punjenju zbog povišene temperature u rezervoaru smanjuje se masa gasa punjenja što može u neznatnoj meri da smanji autonomnost autobusa.



Izvor: Department of Energy, 2002.

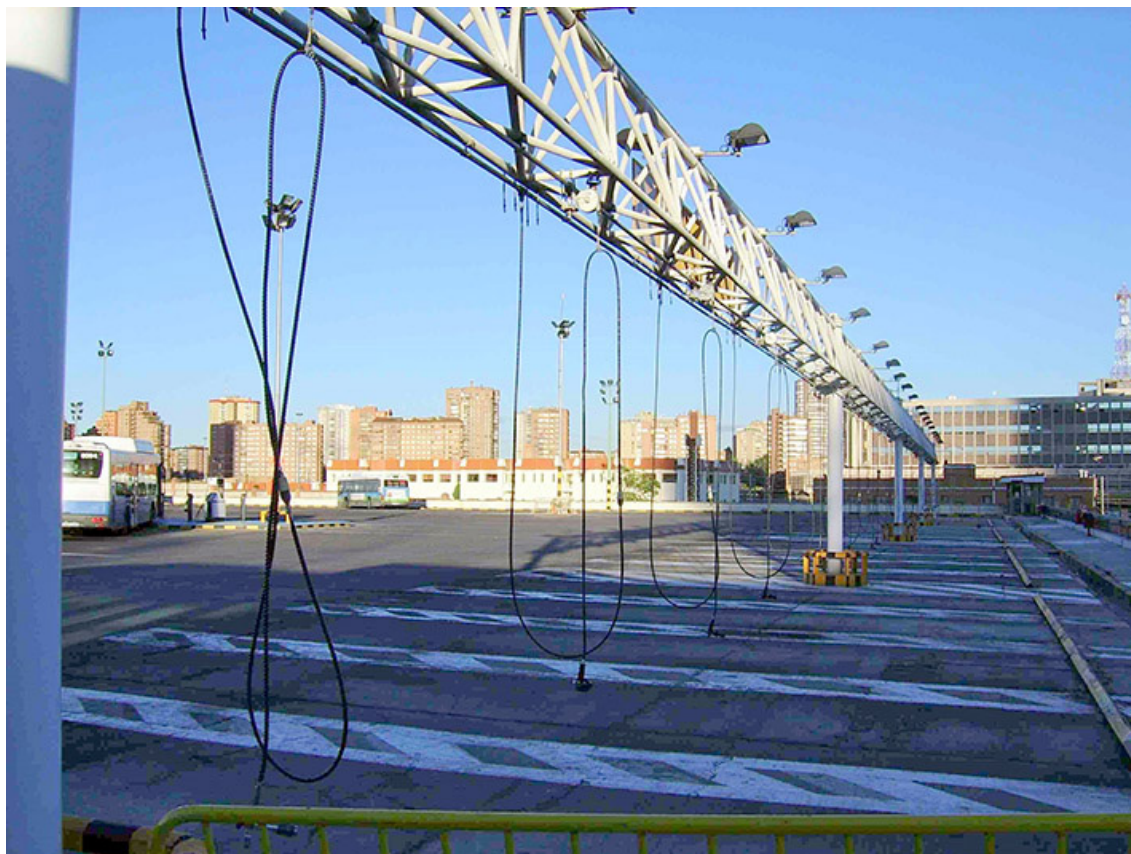
Slika 3.9. Šematski prikaz sistema „brzog punjenja“ rezervoara autobusa komprimovanim prirodnim gasom

Sistemi za sporo punjenje ili takozvani „slow-fill“ sistemi istovremeno vrše snabdevanje za više vozila i pre svega su namenjeni za „grupni“ transport, odnosno za transportna preduzeća koja poseduju svoju autobazu sa stanicom za snabdevanje gorivom, kod kojih se vozila noću pune na parking u za dnevni rad (Slika 3.10). Kompresori za sporo punjenje su male snage i kapaciteta. Sistem za punjenje ima više priključaka tako da vreme punjenja zavisi i od broja priključenih vozila. Ukoliko se puni jedno vozilo, vreme punjenja iznosi od 6 do 10 časova. Poseban vid sporog punjenja je takozvano sekvencijalno punjenje rezervoara gde se autobusi u toku dana dopunjavaju komprimovanim prirodnim gasom u vremenu dok su van transportnog procesa po završetku odgovarajućih smena rada na parking prostoru autobaze (Slika 3.11).



Izvor: Department of Energy, 2002.

Slika 3.10. „Slow fill“ sistem snabdevanja autobusa komprimovanim prirodnim gasom



Izvor: Department of Energy, 2002.

Slika 3.11. Montažna oprema za sekvencijalno snabdevanje autobusa komprimovanim prirodnim gasom na parking prostoru autobaze.

3.2.1.3. Prednosti korišćenja rezervoara za komprimovani prirodni gas

Osnovne prednosti korišćenja rezervoara za komprimovani prirodni gas su:

- jednostavniji i relativno jeftiniji sistem punjenja rezervoara na pumpnim stanicama,
- dosta jednostavnija konstrukcija rezervoara gasa,
- manji uticaj variranja kvaliteta gasa na sastav smeše koja se dozira pogonskom agregatu,
- ne postoji problem hladnog starta,
- jednostavnija instalacija na motoru (npr. ne postaji isparivač),
- manja cena pratećih uređaja u odnosu na druge načine skladištenja gasa,
- manja stručnost osoblja pri rukovanju i distribuciji,

- tehnologije neophodne za manipulaciju su već na raspolaganju,
- znatno veći stepen komercijalizacije u odnosu na druga rešenja.

3.2.2. Rezervoari za utečnjeni prirodni gas (UPG)

Hlađenje prirodnog gasa na temperaturu ispod $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ omogućuje da se on kondenzacijom prevodi iz gasovitog u tečno stanje. Ovim postupkom omogućuje se da se zapreminska koncentracija prirodnog gasa poveća za oko 4 puta u odnosu na komprimovani prirodni gas i iznosi oko 23 GJ a samim tim i da se znatno poveća autonomnost vozila (Glumac i ostali, 2002).

Utečnjeni prirodni gas (UPG) se skladišti u specijalnim kriogenim rezervoarima na umerenom pritisku ali ekstremno niskoj temperaturi (ispod $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zidovi rezervoara su dvostruki između kojih je vakum koji omogućuje izolaciju. Spoljni sud se izrađuje od ugljeničnog čelika dok je unutrašnji sud od nerđajućeg čelika, obloženog izolacionim materijalom. Cevovodi koji povezuju celokupnu instalaciju imaju istu strukturu kao i rezervoari.

Primena ovih rezervoara uslovljava da gasna instalacija mora da sadrži isparivač za prevođenje UPG-a u gasovito stanje. Pri tome isparivač može koristiti toplotu samog motora za isparavanje jer je neophodna količina toplote za isparavanje relativno mala zbog osobine prirodnog gasa da je lako isparljiv pri malim pritiscima (oko 2,5 bara)(Department of Energy, 2002). Izvesne teškoće se mogu javiti prilikom hladnog starta motora kada je temperatura za rad isparivača nedovoljna. Iz tog razloga potrebno je uskladištiti izvesnu količinu gasa u ekspanzionom tanku u komprimovanog stanju koji omogućuje lako pokretanje motora iz stanja mirovanja. Ekspanzioni tank se sam dopunjuje izvesnom („zaostalom“) količinom prirodnog gasa nakon prestanka rada motora.

Kao i u slučaju komprimovanog prirodnog gasa napajanje motora gasnim gorivom može biti pod pritiskom okoline ili pod izvesnim pritiskom ako je reč o direktnom ubrizgavanju na kraju takta sabijanja i tada je neophodna pumpa visokog pritiska, odnosno kompresor za sabijanje gasa (Pitblado i Woodward, 2011). Pri tome, može se koristiti ili kompresor koji sabija već ispareli gas ili pumpa koja sabija tečni gas koji nakon toga isparava. Nezavisno od toga, isparelo gasno gorivo pod pritiskom (u vidu KPG) dovodi se do dodatnog prostora na ulazu u motor, koji omogućuje lako startovanje.

Pored osnovnog problema oko obezbeđivanja potrebne temperature za održanje prirodnog gasa u tečnom stanju, teškoće se mogu javiti i usled variranja sastava gasa koji se utečnjava u rezervoarima a kasnije se doprema do motora. Promena sastava gasa ne dolazi samo zbog vremenskog variranja sastava gasa koji se doprema do rezervoara, već i zbog toga što u instalaciji metan lakše isparava tako da prve količine gasa imaju manji udeo etana, koji se povećava u zadnjim količinama smanjujući otpornost na detonaciju smeše (Kumar i ostali, 2011). Zbog toga najadekvatnija primena UPG-a je ukoliko se kao gas koristi 99 %-ni metan.

Prednosti skladištenja prirodnog gasa u vidu UPG-a su:

- povećan radijus kretanja autobusa sa jednim punjenjem vozila,
- manja masa gasne instalacije gabariti rezervoara za isti radijus kretanja,
- veći potencijal mogućeg direktnog ubrizgavanja goriva.

3.2.3. Rezervoari za prirodni gas sa adsorbentom (APG)

Pored skladištenja prirodnog gasa u sabijenom i tečnom obliku poslednjih godina se radi na razvoju rezervoara za adsorbovanje prirodnog gasa (APG rezervoari). Razlozi moguće primene rezervoara sa adsorbentom proizilaze iz određenih negativnih efekata prouzrokovanih primenom gasa u komprimovanom ili utečnjenom stanju, koji se ogledaju najpre kroz visok pritisak sabijanja, velike gabaritne dimenzije i odnos mase rezervoara prema masi sabijenog gasa kod KPG rezervoara, do veoma niske neophodne radne temperature u slučaju UPG rezervoara.

Princip rada ovih rezervoara zasniva se na procesu adsorpcije a kao adsorbent se najčešće koristi aktivni ugalj koji ima relativno veliku adsorpcionu moć prema metanu što je naročito izraženo pod umerenim pritiskom u granicama od 30 do 40 bara. U slučaju daljeg povećanja pritiska ne dolazi do povećane količine gasa usled adsorpcije, već samo usled sabijanja, što bi uticalo na promenu obliku rezervoara, primenu otpornijih materijala a samim tim i na povećanje mase rezervoara. Umesto aktivnog uglja mogu se koristiti i druge supstance (silika gelovi, ceoliti, visoko porozni aktivni aluminijum, ugljene tkanine i dr.) ali količina gasa koji se adsorbuje je tada manja (Department of Energy, 2002; Glumac i ostali, 2002).

Kapacitet rezervoara za prirodni gas sa adsorbentom je skoro 4 puta veći od kapaciteta rezervoara bez adsorbenta pri istom pritisku od 40 bara za istu zapreminu rezervoara.

Odnos zapremine prirodnog gasa prema zapremini adsorbenta kreće se od 150 do 160 pri pritisku od oko 35 bara (Lim i ostali, 2008).

Adsorbenti moraju da imaju visoku abrazivnu otpornost, visoku termičku stabilnost i male prečnike pora, što rezultuje velikom efektivnom površinom adsorpcije. Pri promeni temperature menja se adsorpciona moć tako da se pri višoj temperaturi smanjuje kapacitet adsorbovanja metana i obrnuto (Lim i ostali, 2008). Suprotno od procesa adsorpcije, kada se doprema prirodni gas od rezervoara do komore za sagorevanje, potrebno je rezervoare dogrevati rashladnom tečnošću motora ili električnim grejačima jer se izdvajanje gasa iz adsorbenta povećava na većoj temperaturi.

Neophodno vreme da bi se adsorbent zasitio metanom pod maksimalnim radnim pritiskom od 30-40 bara iznosi oko 15 minuta (Xu i ostali, 2005). U slučaju prisustva nečistoća u prirodnom gasu smanjuje se kapacitet APG rezervoara a vreme adsorpcije se povećava.

Unutrašnjost APG rezervoara je rešetkasta u obliku saća u koje se smešta adsorbent. Iako je radni pritisak 50 bara, izrađuju se tako da mogu da izdrže pritisak u odnosu na razaranje od 200 bara (Xu i ostali, 2005). Oblik rezervoara nije striktno određen i zavisi od konstrukcije autobusa i položaja na samom autobusu, što je veoma povoljno.

Trajnost APG rezervoara ograničena je svojstvima adsorbenta da se zasiti prirodnim gasom. Nakon 300 ciklusa punjenja i pražnjenja adsorbent značajno gubi svoja adsorpciona svojstva pa se zbog toga mora regenerisati ili zameniti. Produženje veka trajanja adsorbenta se može povećati ukoliko se primenjuju materijali koji su otporni na adsorpciju primesa u sastavu prirodnog gasa ili pri korišćenju prirodnog gasa sa što većim procentom metana.

Osnovni razlog odsustva masovne primene APG rezervoara za smeštaj prirodnog gasa u sklopu autobusa je nesavršenost adsorbenta po pitanju trajnosti i osetljivosti na sastav prirodnog gasa. Zbog toga je APG koncept još uvek u domenu alternativnog skladištenja prirodnog gasa i predmet razvojnih istraživanja u ovoj oblasti.

3.3. Smeštaj i ugradnja instalacije za komprimovani prirodni gas u sklopu autobusa

Smeštaj gasne instalacije je potrebno pažljivo obaviti s obzirom na osobine prirodnog gasa i potrebe da se obezbede odgovarajuće performanse vozila kao i da se zadovolje odgovarajući faktori koji utiču na funkcionalnost i bezbednost. U slučaju autobusa rekonstruisanih i prilagođenih korišćenju komprimovanog prirodnog gasa, mora da se vodi računa da ugrađena gasna oprema ne ometa pristup postojećim elementima vozila pri održavanju i opsluživanju, kao i da ne ugrožava funkcionalnost postojećih elementa i delova vozila.

3.3.1. Smeštaj rezervoara u sklopu autobusa

Rezervoari za komprimovani prirodni gas se mogu smestiti na dva mesta u sklopu autobusa: na krovu ili neposredno ispod poda. Položaj zavisi od tipa autobusa tj. od njegovih odgovarajućih konstrukcionih i funkcionalnih osobina. Osnovni faktori (uz bezbednosne zahteve) koji utiču na lociranje rezervoara su: položaj pogonskog agregata i sistema za prenos snage; visina poda i ukupna visina autobusa; postojanje i veličina prtljažnog prostora.

U slučaju gradskih autobusa KPG rezervoari se mogu smestiti ispod poda ako šasija nije niskopodna i ako se motor nalazi pozadi u zadnjem prepustu. Kod gradskih niskopodnih autobusa s' obzirom na visinu platforme (320-400 mm) jedino mesto za smeštaj je ojačani krov autobusa.

Prigradski i međugradski autobusi po visini platforme (>950 mm) ispunjavaju zahteve vezane za smeštaj rezervoara ispod poda ukoliko se motor nalazi pozadi. Problem kod međugradskih autobusa u ovom slučaju uzrokovan je postojanjem potrebnog prtljažnog prostora tako da se kod ovih autobusa gas smešta isključivo na krovu (Glumac i ostali, 2002).

Turistički autobusi poseduju rezervoare za dizel gorivo veličine od 500 do 600 litara što im u zavisnosti od uslova eksploatacije i načina vožnje omogućava autonomiju od oko 1000 kilometara. U slučaju pogona na prirodni gas (u komprimovanom stanju) za isti radijus kretanja neophodno je obezbediti veću količinu goriva u odnosu na gradske, prigradske i međugradske autobuse. U opštem slučaju problem je moguće rešiti:

primenom rezervoara u kojima je gas sabijen pod pritiskom većim od 200 bara, primenom rezervoara većih prečnika (>250 mm), primenom standardnih rezervoara manjeg prečnika (250 mm) ali u većem broju (Department of Energy, 2002). Kako se rezervoari visokog pritiska iznad 200 bara ne koriste i uz ograničenje ukupne maksimalno dozvoljene visine autobusa od 4 metra, kao jedino moguće rešenje se nameće smeštanje većeg broja rezervoara pod pritiskom od 200 bara na krovu autobusa i ispod poda (Glumac i ostali, 2002). Pri tome smanjeni prtljažni prostor je neophodno proširiti vezivanjem pomoćne kasete na zadnju stranicu autobusa ili opciono uz prisustvo prikolice vučene od strane autobusa. Evidentne teškoće oko primene KPG-a po pitanju smeštaja kod turističkih autobusa predstavljaju jednu vrstu razloga i njegove male upotrebe kao pogonskog goriva ovog tipa autobusa.

U bilo kojoj varijanti ako se smeštaj vrši ispod poda autobusa, obezbeđuje se odgovarajuće provetravanje prostora u kome se nalaze rezervoari. Ovakav smeštaj, kod savremenih konstrukcija autobusa se izbegava i najčešće se upotrebljava sa idejom dodatnog povećanja rezervoarskog prostora kako bi se povećala autonomija vozila.

U praksi u najvećem broju slučajeva rezervoari se smeštaju na krov autobusa, i to u posebno ojačane oslonce sa gumenim podmetačima, za koje se pritežu metalnim trakama i pokrivaju ukrasno-zaštitnim poklopcem.

Za ostala dva alternativna koncepta smeštaja gasa važe ista pravila kao i u slučaju komprimovanog prirodnog gasa.

Primeri smeštaja boca sa komprimovani prirodni gasom prikazani su na slikama (Slika 3.12, Slika 3.13, Slika 3.14, Slika 3.15, Slika 3.16, Slika 3.17, Slika 3.18 i Slika 3.19).



Izvor: MB, Technical Information, 2007.

Slika 3.12. Mercedes-Benz Citaro KPG, baterija smeštena na prednjem delu krova (a)



Izvor: MB, Technical Information, 2007.

Slika 3.13. Mercedes-Benz Citaro KPG, baterija smeštena na prednjem delu krova (b)



Izvor: <http://www.economypoint.org/bus/>.

Slika 3.14. Iris bus Agora gaz, baterija na zadnjem delu krova



Izvor: <http://www.economypoint.org/bus/>.

Slika 3.15. Renault Agora gaz, baterija na sredini krova



Izvor: MAN CNG Buses, 2007.

Slika 3.16. Man KPG, baterija na sredini krova



Izvor: <http://www.scania.com>.

Slika 3.17. Scania KPG S2, rezervoari ispod poda



Izvor: Tehn. Knjiga, Ikarbus, 2001.

Slika 3.18. IK 104 KPG, dve baterije na krovu i ispod poda



Izvor: <http://www.scania.com>.

Slika 3.19. Scania KPG S2, rezervoari na krovu u prednjem delu

3.3.2. Smeštaj ostalih elemenata gasne instalacije

Dimenzije i sopstvene mase ostalih elemenata gasne instalacije (regulator, dozator, elektromagnetni ventili, cevovodi itd.) su relativno male i lako ih je smestiti u sklopu autobusa. Pored toga postoje i namenski kompleti prilagođeni ugradnji za pojedine tipove autobusa. Prilikom pozicioniranja ovih elemenata potrebno je obezbediti njihovu laku dostupnost za kontrolu, opsluživanje i održavanje bez nepovoljnog uticaja na funkcionalnost postojećih elemenata, spregova i sklopova autobusa. Svi elementi gasne instalacije obezbeđuju se odgovarajućim štitnicima od eventualnih posledica saobraćajnih nezgoda, dejstva atmosferskih pojava, toplote ili mogućih oštećenja prilikom postupka opsluživanja i održavanja.

3.4. Uticaj gasne instalacije na konstrukcione karakteristike autobusa

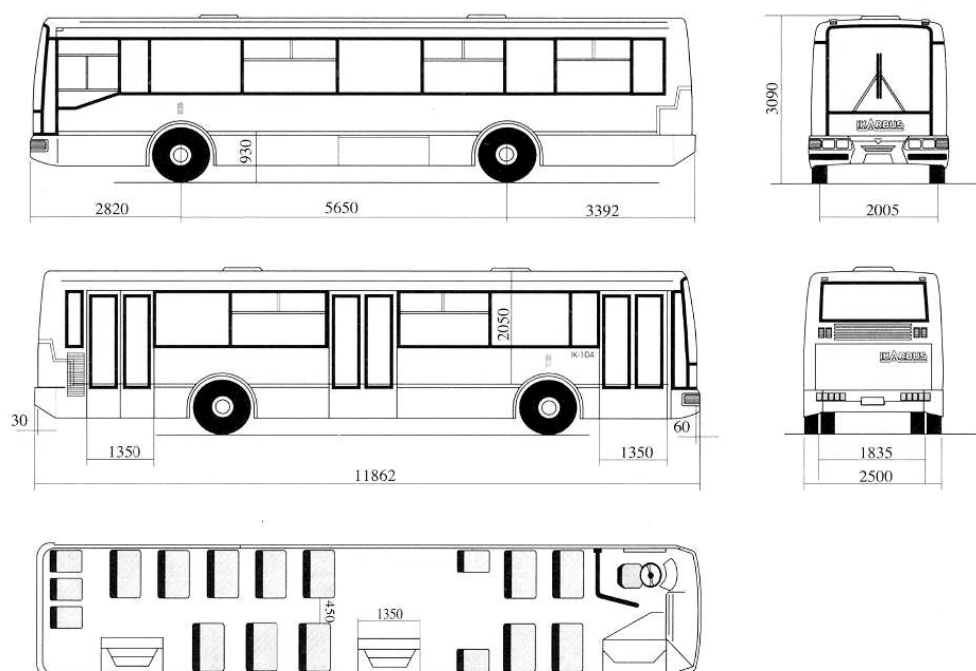
Da bi se odredio uticaj gasne instalacije na konstrukcione karakteristike autobusa, pre svih na položaj težišta, vozilo se posmatra kao heterogeno telo sačinjeno od dve kruto povezane koncentrisane mase sa svojim specifičnim karakteristikama. Prvu masu sačinjava model autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo (u daljem tekstu konvencionalni autobus) dok drugu masu sačinjavaju čelični rezervoari u kojima se nalazi gas pod pritiskom od 200 bara. Masa ostale gasne opreme, ulivnog sistema, cevi, dozatora, mešača itd. je neznatna u odnosu na masu rezervoara.

Usled stalne promene mase i rasporeda putnika u vozilu tokom rada neprestano se menjaju i dinamički osovinski pritisci i položaj težišta autobusa. Svaka analiza koja se sprovodi mora uzimati u obzir i ovu činjenicu. Sopstvene mase autobusa pojedinih evropskih proizvođača i mase pod punim opterećenjem sa drugim konstrukcionim karakteristikama koje su od značaja, date su u tabeli (Prilog 1: Tabela P1.1).

Pored promene radnog opterećenja usled ulaska i izlaska putnika u i iz autobusa na konstrukcione karakteristike utiče i položaj rezervoara sa gasom. U okviru ovog dela istraživanja razmatraće se granični uticaji (maksimalno mogući) dodatne mase, te se smatra da se rezervoari smeštaju na krovu vozila.

Koncepcije gradnje autobusa zavisi od više faktora: namene autobusa, dužine, ukupne visine, visine poda, tipa šasije, položaja motora itd. Prema nameni razlikuju se gradski, prigradski, međugradski, turistički i autobusi specijalne namene. Prema dužini postoje sledeće grupe (Glumac i ostali, 2002; Demić i Diligenski, 2003): minibusevi (dužine do 6,6 m, kapaciteta 16-38 mesta), midibusevi (6,5-10 m, kapaciteta 45-65 mesta), veliki (standardni) autobusi (dužine 12 m, kapaciteta 59-115), megabusevi (dužine 12-15 m, kapaciteta 73-140 mesta), zglobni autobusi (dužine do 18m, kapaciteta do 180 putnika). U odnosu na visinu poda razlikuju se kod gradskih autobusa: visokopodni (700-950 mm), srednjepodni (500-650 mm), niskopodni (320-440 mm) (Glumac i ostali, 2002). Visina autobusa ograničena je na maksimalnih 4 metara. Uobičajena visina gradskih i prigradskih autobusa je oko 3m, dok kod turističkih ta visina iznosi za visokokrovne koncepcije do 3,8 m.

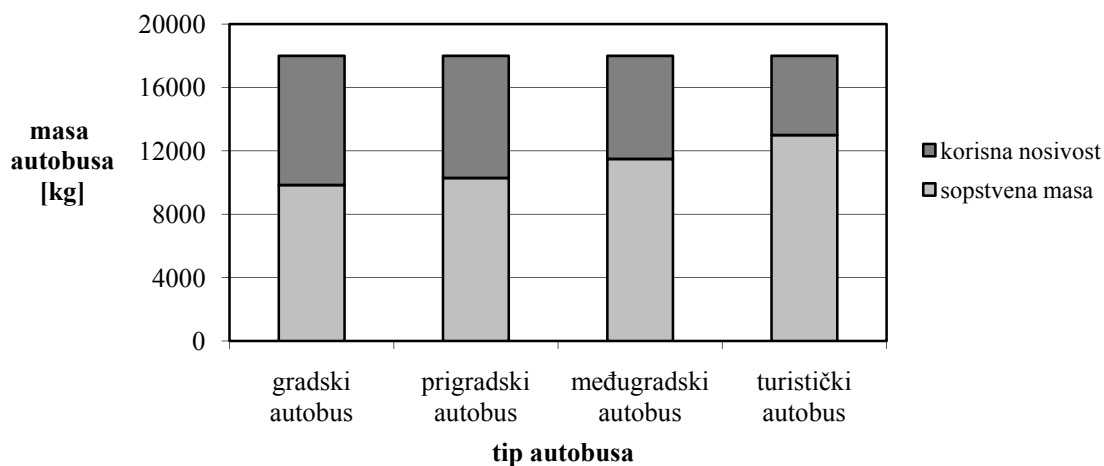
Da bi se odredio uticaj gasne opreme na konstrukcione karakteristike autobusa kao polazna osnova odabran je dvoosovinski autobus standardne dužine od 12 m, model IK 104 (konvencionalni autobus) čija je sopstvena masa $M_o=9850$ kg dok je masa maksimalno opterećenog vozila $M_p=18000$ kg, visina 3090 mm, visina podesta 900 mm, međuosovinsko rastojanje 5650 mm, ukupna dužina 11862 mm, prednji prepust 2820 mm, zadnji prepust 3392 mm (Slika 3.20).



Izvor: Tehnička knjiga, Ikarbus, 2001.

Slika 3.20. Konstrukcione karakteristike autobusa IK 104

Rasponom mase od M_o do M_p obuhvaćene su sve kategorije autobusa (Slika 3.21) iz podele prema nameni, osim specijalnih autobusa zbog specifičnosti gradnje.



Slika 3.21. Odnos korisne nosivosti i sopstvene mase različitih kategorija autobusa

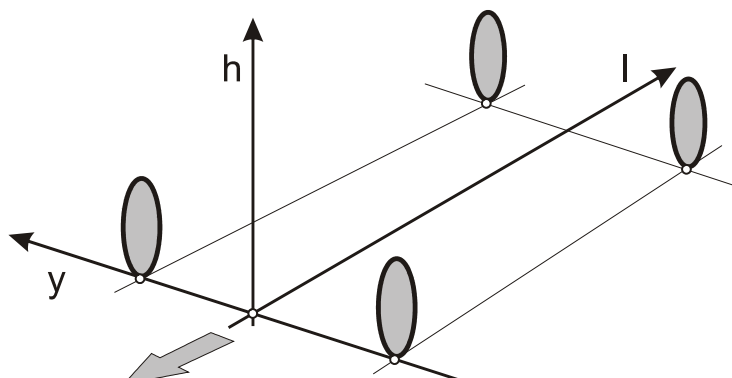
Visina težišta h_t i odnos l_p/l kreću se (sumarno za gradske, prigradske, međugradске i turističke autobuse) u granicama od 0,7 m do 1,25 m i od 0,4 do 0,9 respektivno.

Navedene vrednosti za M_o i M_p uz varijacije veličine h_t i l_p/l opisuju celokupan raspon uslova eksploatacije prema svim tipovima autobusa. Primera radi, ukoliko je $M_o=10000$ kg, $h_t=0,75$ m, $l_p/l=0,53$, navedeni podaci opisuju kretanje praznog niskopodnog autobusa; ukoliko je $M_o=18000$ kg, $h_t=1,0$ m, $l_p/l=0,60$, navedeni podaci opisuju kretanje maksimalno opterećenog međugradskog autobusa. Promena broja putnika u autobusu izaziva promenu ukupne mase i dinamičkih pritisaka, ali ne van granica: za visinu težišta h_t od 0,7 m do 1,25 m i i odnos l_p/l od 0,4 do 0,8.

U cilju utvrđivanja maksimalno mogućeg (graničnog) uticaja gasne opreme na različite konstrukcije autobusa i njegovo ponašanje pri različitim uslovima kretanja analiza se sprovodi u odnosu na primenu klasičnih čeličnih rezervoara u kojima je prirodni gas pod pritiskom od 200 bara. Odnos ukupne mase prema korisnoj zapremini iznosi 1,24 kg/dm³, tj. masa jedne boce od 50 litara i prečnika od 250 mm bez gasnog punjenja je 62,1 kg. Akcioni radijus od najmanje 350 km (sa jednim punjenjem do pritiska od 200 bara) zahteva 1000 litara ukupne zapremine rezervoara. Dvadeset boca smeštene su u jednu bateriju ukupne dužine 7,5 m na krovu autobusa. Masa prirodnog gasa u 1000 litara korisnog prostora pri pritisku od 200 bara iznosi 160 kg tako da je ukupna masa jedne baterije od 20 boca sa uležištenjem, spojevima i sa 160 kg gasa 1560 kg.

Napomena: Prirodni gas se može smestiti i u pojedinačne boce većih prečnika od 250 mm ali se to ne može značajno odraziti na visinu težišta autobusa sa pogonom na KPG uvažavajući činjenicu da se baterija smešta na krov vozila tj. na visinu od oko 3000 mm.

Položaj težišta modela autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas (konvencionalni autobus + rezervoari za KPG) određuje se u odnosu na referentni koordinatni sistem (Slika 3.22) sa sledećim osobinama:



Slika 3.22. Referentni koordinatni sistem za određivanje položaja težišta

- koordinatni početak u ravni podloge u preseku podužne ose simetrije vozila i ose koja prolazi kroz kontaktne tačke prednjih točkova sa tlom,
- l osa usmerena u nazad, počinje u koordinatnom početku i nalazi se u ravni tla,
- Y osa je usmerena je udesno i prolazi kroz kontaktne tačke prednjih točkova sa tlom,
- h osa počinje u koordinatnom početku, vertikalna je i usmerena na gore.

Na osnovu jednačina ravnoteže momenata za sve tri ose i ravnoteže sila u vertikalnom pravcu određuje se položaj težišta KPG autobusa [3.5], [3.6] i [3.7]:

$$\sum_{i=1}^n M_{l_i} = 0, \quad \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_i - m \cdot l_{T_{KPG}} = 0, \quad \Rightarrow \quad l_{T_{KPG}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot l_i}{m} \quad [3.5]$$

$$\sum_{i=1}^n M_{y_i} = 0, \quad \sum_{i=1}^n m_i \cdot y_i - m \cdot y_{T_{KPG}} = 0, \quad \Rightarrow \quad y_{T_{KPG}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot y_i}{m} \quad [3.6]$$

$$\sum_{i=1}^n M_{hi} = 0, \quad \sum_{i=1}^n m_i \cdot h_i - m \cdot h_{TKPG} = 0, \quad \Rightarrow \quad h_{TKPG} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot h_i}{m} \quad [3.7]$$

gde su:

- M_{li}, M_{yi}, M_{hi} - momenti i-te mase oko osa l, y i h,
- m_i - mase i-te komponente,
- l_i, y_i, h_i - koordinate težišta i-te komponente,
- m - ukupna masa KPG autobusa,
- $l_{TKPG}, y_{TKPG}, h_{TKPG}$ - koordinate težišta KPG autobusa.

3.4.1. Promena visine težišta

Pri određivanju uticaja gasne instalacije na visinu težišta autobusa a na osnovu postupka prikazanog u prethodnoj tački analiza se sprovodi za dva slučaja: za prazno (M_o) i za puno vozilo (M_p).

1. Prazno vozilo (M_o)

Početni podaci:

$$h_t=0,7 \text{ m}; \quad M_o=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

$$h_t=1,25 \text{ m}; \quad M_o=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

gde su: h_t, M_o, h_g, M_g , visina težišta konvencionalnog autobusa, masa konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimovanog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno.

Visina težišta KPG autobusa računa se prema formuli [3.7].

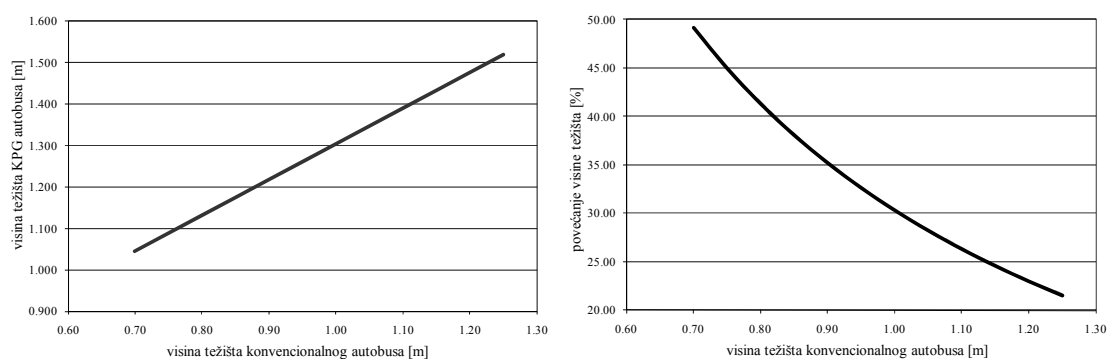
U tabeli (Tabela 3.2) i na slici (Slika 3.23) prikazani su detalji proračuna:

Tabela 3.2/1. Proračun visine težišta KPG autobusa (prazno vozilo)

h_t [m]	M_o [kg]	M_{oKPG} [kg]	h_{tKPG} [m]	% povećanja
Konvencionalni autobus		KPG autobus		
0,70	9850,00	11410,00	1,04	49,12

Tabela 3.2/2. Proračun visine težišta KPG autobusa (prazno vozilo)

h_t [m]	M_o [kg]	M_{oKPG} [kg]	h_{tKPG} [m]	% povećanja
Konvencionalni autobus		KPG autobus		
0,75	9850,00	11410,00	1,09	44,94
0,80	9850,00	11410,00	1,13	41,27
0,85	9850,00	11410,00	1,17	38,04
0,90	9850,00	11410,00	1,22	35,17
0,95	9850,00	11410,00	1,26	32,60
1,00	9850,00	11410,00	1,30	30,28
1,05	9850,00	11410,00	1,35	28,19
1,10	9850,00	11410,00	1,39	26,29
1,15	9850,00	11410,00	1,43	24,55
1,20	9850,00	11410,00	1,48	22,96
1,25	9850,00	11410,00	1,52	21,49

**Slika 3.23. Odnos visine težišta konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$**

2. Puno vozilo (M_p)

Početni podaci:

$$h_t=0,7 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

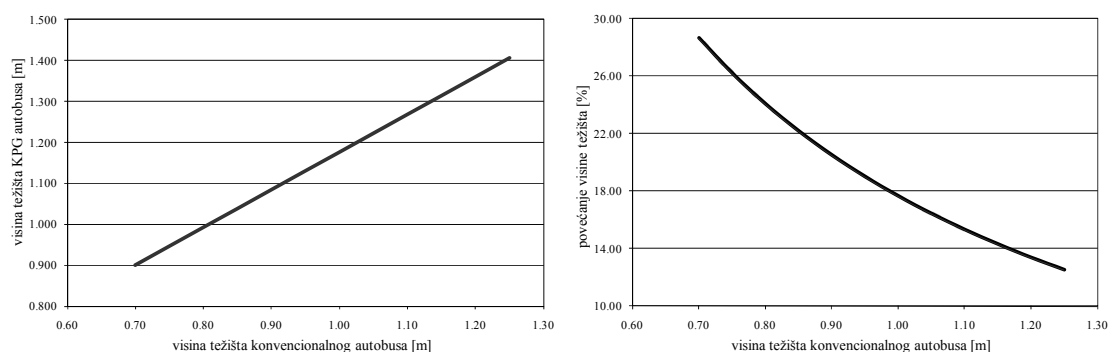
$$h_t=1,25 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

gde su: h_t , M_p , h_g , M_g , visina težišta konvencionalnog autobusa, masa punog konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimovanog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno.

U tabeli (Tabela 3.3) i na slici (Slika 3.24) prikazani su detalji proračuna:

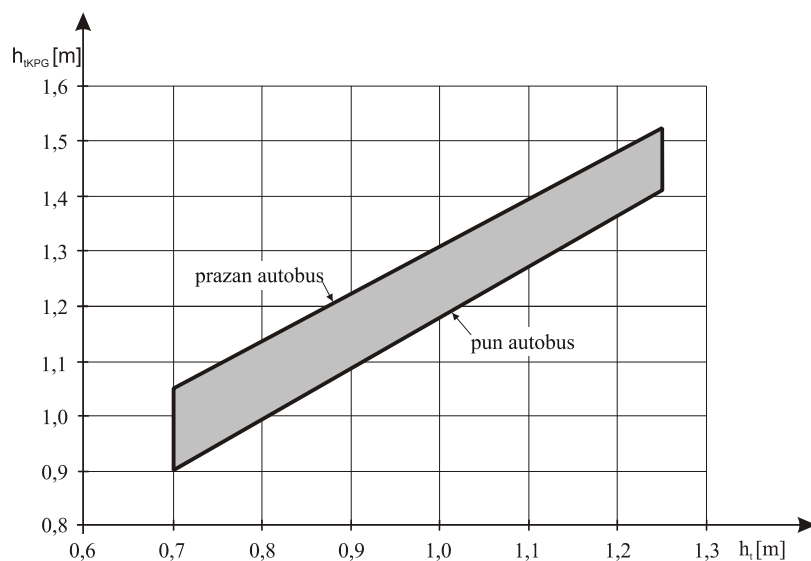
Tabela 3.3. Proračun visine težišta KPG autobusa (puno vozilo)

h_t [m]	M_p [kg]	M_{pKPG} [kg]	h_{tKPG} [m]	% povećanja
Konvencionalni autobus		KPG autobus		
0,70	18000,00	19560,00	0,90	28,65
0,75	18000,00	19560,00	0,95	26,21
0,80	18000,00	19560,00	0,99	24,08
0,85	18000,00	19560,00	1,04	22,19
0,90	18000,00	19560,00	1,08	20,51
0,95	18000,00	19560,00	1,13	19,02
1,00	18000,00	19560,00	1,18	17,67
1,05	18000,00	19560,00	1,22	16,44
1,10	18000,00	19560,00	1,27	15,33
1,15	18000,00	19560,00	1,31	14,32
1,20	18000,00	19560,00	1,36	13,39
1,25	18000,00	19560,00	1,41	12,54

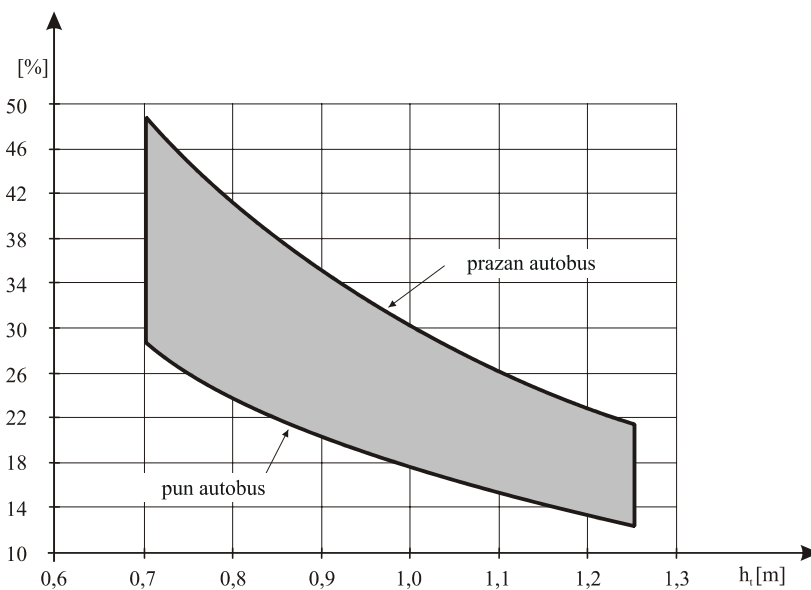


Slika 3.24. Odnos visine težišta konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$

Na osnovu prethodnog, moguće je definisati raspon visine težišta i raspon procentalnog povećanja za delimično opterećenje ($M_0 < M < M_p$) svih tipova autobusa u odnosu na prethodno usvojene uslove (Slike 3.25 i Slika 3.26).



Slika 3.25. Raspon visine težišta KPG autobusa u odnosu na visinu težišta konvencionalnog autobusa za delimično opterećenje ($M_o < M < M_p$)



Slika 3.26. Raspon procentualnog povećanja visine težišta KPG autobusa u odnosu na visinu težišta konvencionalnog autobusa za delimično opterećenje ($M_o < M < M_p$)

3.4.2. Promena odnosa l_p/l

Pri određivanju položaja težišta u odnosu na prednju osovinu uočavaju se četiri različita slučaja: baterija sa gasom nalazi se u zadnjem delu vozila, prazan autobus; baterija sa gasom nalazi se u zadnjem delu vozila, pun autobus; baterija sa gasom se nalazi napred, prazan autobus; baterija sa gasom se nalazi napred, pun autobus. Opšti izrazi su:

- ako se baterija sa komprimovanim prirodnim gasom nalazi na krovu autobusa pozadi [3.8] i [3.9]:
- ako se baterija sa komprimovanim prirodnim gasom nalazi na krovu autobusa napred [3.10] i [3.11]:

1. Prazan autobus (M_0), baterija sa KPG-om pozadi (Slika 3.27)

Početni podaci:

$$l_p/l=0,4 \text{ m}; \quad M_0=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

$$l_p/l=0,6 \text{ m}; \quad M_0=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

gde su: l_p/l , M_p , h_g , M_g , odnos položaja težišta i međuosovinskog rastojanja konvencionalnog autobusa, masa praznog konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimovanog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno.

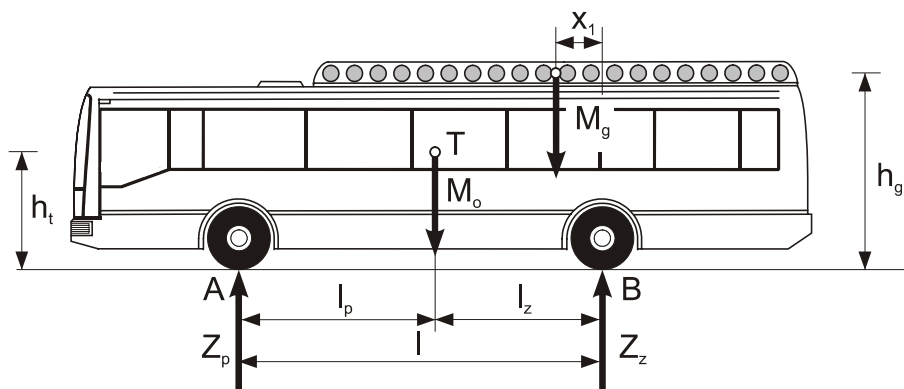
Pri tome su koordinate težišta autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas [3.8] i [3.9]:

$$l_{pKPG} = \frac{G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)}{G_u} \quad [3.8]$$

$$l_{zKPG} = \frac{G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1}{G_u} \quad [3.9]$$

gde su:

- G_a - težina autobusa (uzima vrednost G_0 ili G_p),
- G_{KPG} - težina baterije sa komprimovanim prirodnim gasom,
- x_1 - rastojanje težišta baterije sa komprimovanim prirodnim gasom od zadnje osovine ukoliko se ona nalazi pozadi na krovu autobusa (Slika 3.27).



Slika 3.27. Položaj baterije sa KPG-om na krovu u zadnjem delu autobusa

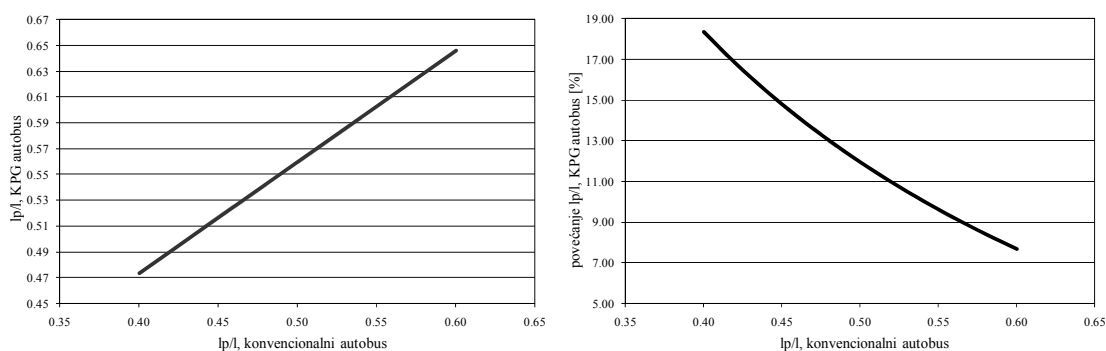
U tabeli (Tabela 3.4) i na slici (Slika 3.28) prikazani su detalji proračuna.

Tabela 3.4/1. Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (prazno vozilo, pozadi gas)

l [m]	l_p/l	l_z/l	l_p [m]	l_z [m]	M_o [kg]	M_{oKPG} [kg]	l_{pKPG} [m]	l_{zKP} G [m]	l_p/l KPG	povećanje l_p/l KPG [%]	
Konvencionalni autobus					KPG autobus						
5,65	0,40	0,60	2,26	3,39	9850,00	11410,00	2,67	2,98	0,47	18,34	
5,65	0,42	0,58	2,37	3,28	9850,00	11410,00	2,77	2,88	0,49	16,82	
5,65	0,44	0,56	2,49	3,16	9850,00	11410,00	2,87	2,78	0,51	15,43	
5,65	0,40	0,60	2,26	3,39	9850,00	11410,00	2,67	2,98	0,47	18,34	
5,65	0,42	0,58	2,37	3,28	9850,00	11410,00	2,77	2,88	0,49	16,82	
5,65	0,44	0,56	2,49	3,16	9850,00	11410,00	2,87	2,78	0,51	15,43	
5,65	0,46	0,54	2,60	3,05	9850,00	11410,00	2,97	2,68	0,53	14,17	
5,65	0,48	0,52	2,71	2,94	9850,00	11410,00	3,06	2,59	0,54	13,01	
5,65	0,50	0,50	2,83	2,83	9850,00	11410,00	3,16	2,49	0,56	11,94	
5,65	0,52	0,48	2,94	2,71	9850,00	11410,00	3,26	2,39	0,58	10,95	
5,65	0,54	0,46	3,05	2,60	9850,00	11410,00	3,36	2,29	0,59	10,04	
5,65	0,56	0,44	3,16	2,49	9850,00	11410,00	3,45	2,20	0,61	9,20	
5,65	0,58	0,42	3,28	2,37	9850,00	11410,00	3,55	2,10	0,63	8,41	
5,65	0,60	0,40	3,39	2,26	9850,00	11410,00	3,65	2,00	0,65	7,67	
5,65	0,62	0,38	3,50	2,15	9850,00	11410,00	3,75	1,90	0,66	6,98	

Tabela 3.4/2. Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (prazno vozilo, pozadi gas)

l [m]	l_p/l	l_z/l	l_p [m]	l_z [m]	M_o [kg]	M_{oKPG} [kg]	l_{pKPG} [m]	l_{zKPG} [m]	l_p/l KPG	povećanje l_p/l KPG [%]	
Konvencionalni autobus						KPG autobus					
5,65	0,64	0,36	3,62	2,03	9850,00	11410,00	3,85	1,80	0,68	6,34	
5,65	0,66	0,34	3,73	1,92	9850,00	11410,00	3,94	1,71	0,70	5,73	
5,65	0,68	0,32	3,84	1,81	9850,00	11410,00	4,04	1,61	0,72	5,16	
5,65	0,70	0,30	3,96	1,70	9850,00	11410,00	4,14	1,51	0,73	4,62	
5,65	0,72	0,28	4,07	1,58	9850,00	11410,00	4,24	1,41	0,75	4,11	
5,65	0,74	0,26	4,18	1,47	9850,00	11410,00	4,33	1,32	0,77	3,63	
5,65	0,76	0,24	4,29	1,36	9850,00	11410,00	4,43	1,22	0,78	3,18	
5,65	0,78	0,22	4,41	1,24	9850,00	11410,00	4,53	1,12	0,80	2,75	
5,65	0,80	0,20	4,52	1,13	9850,00	11410,00	4,63	1,02	0,82	2,34	

**Slika 3.28. Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$** 2. Pun autobus (M_p), baterija sa KPG-om pozadi (Slika 3.27)

Početni podaci:

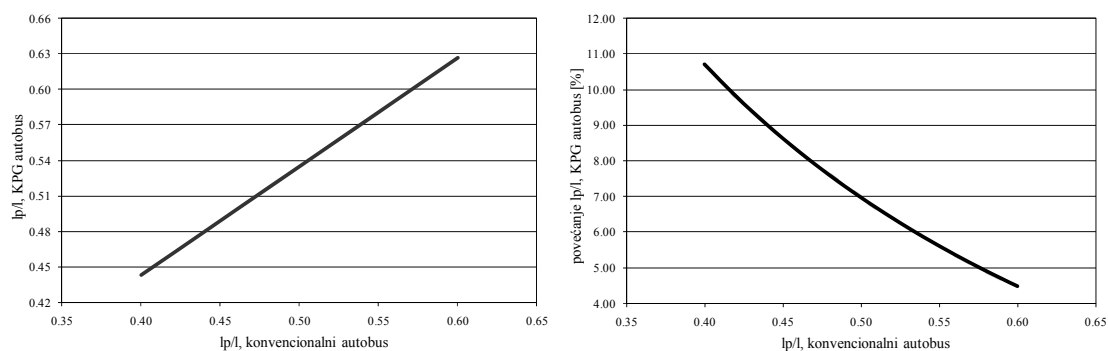
$$l_p/l=0,4 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

$$l_p/l=0,6 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

gde su: l_p/l , M_p , h_g , M_g , odnos položaja težišta i međuosovinskog rastojanja konvencionalnog autobusa, masa maksimalno opterećenog konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimovanog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno. U tabeli (Tabela 3.5) i na slici (Slika 3.29) prikazani su detalji proračuna:

Tabela 3.5. Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (puno vozilo, pozadi gas)

l [m]	l_p/l	l_z/l	l_p [m]	l_z [m]	M_p [kg]	M_{pKPG} [kg]	l_{pKPG} [m]	l_{zKPG} [m]	l_p/l KPG	povećanje l_p/l KPG [%]	
Konvencionalni autobus						KPG autobus					
5,65	0,40	0,60	2,26	3,39	18000,00	19560,00	2,50	3,15	0,44	10,70	
5,65	0,42	0,58	2,37	3,28	18000,00	19560,00	2,61	3,04	0,46	9,81	
5,65	0,44	0,56	2,49	3,16	18000,00	19560,00	2,71	2,94	0,48	9,00	
5,65	0,46	0,54	2,60	3,05	18000,00	19560,00	2,81	2,84	0,50	8,26	
5,65	0,48	0,52	2,71	2,94	18000,00	19560,00	2,92	2,73	0,52	7,59	
5,65	0,50	0,50	2,83	2,83	18000,00	19560,00	3,02	2,63	0,53	6,96	
5,65	0,52	0,48	2,94	2,71	18000,00	19560,00	3,13	2,52	0,55	6,39	
5,65	0,54	0,46	3,05	2,60	18000,00	19560,00	3,23	2,42	0,57	5,86	
5,65	0,56	0,44	3,16	2,49	18000,00	19560,00	3,33	2,32	0,59	5,36	
5,65	0,58	0,42	3,28	2,37	18000,00	19560,00	3,44	2,21	0,61	4,90	
5,65	0,60	0,40	3,39	2,26	18000,00	19560,00	3,54	2,11	0,63	4,47	
5,65	0,62	0,38	3,50	2,15	18000,00	19560,00	3,65	2,00	0,65	4,07	
5,65	0,64	0,36	3,62	2,03	18000,00	19560,00	3,75	1,90	0,66	3,70	
5,65	0,66	0,34	3,73	1,92	18000,00	19560,00	3,85	1,80	0,68	3,34	
5,65	0,68	0,32	3,84	1,81	18000,00	19560,00	3,96	1,69	0,70	3,01	
5,65	0,70	0,30	3,96	1,70	18000,00	19560,00	4,06	1,59	0,72	2,70	
5,65	0,72	0,28	4,07	1,58	18000,00	19560,00	4,17	1,48	0,74	2,40	
5,65	0,74	0,26	4,18	1,47	18000,00	19560,00	4,27	1,38	0,76	2,12	
5,65	0,76	0,24	4,29	1,36	18000,00	19560,00	4,37	1,28	0,77	1,85	
5,65	0,78	0,22	4,41	1,24	18000,00	19560,00	4,48	1,17	0,79	1,60	
5,65	0,80	0,20	4,52	1,13	18000,00	19560,00	4,58	1,07	0,81	1,36	

Slika 3.29. Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$

3. Prazan autobus (M_o), baterija sa KPG-om napred (Slika 3.30)

Početni podaci:

$$l_p/l=0,4 \text{ m}; \quad M_o=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

$$l_p/l=0,6 \text{ m}; \quad M_o=9850 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

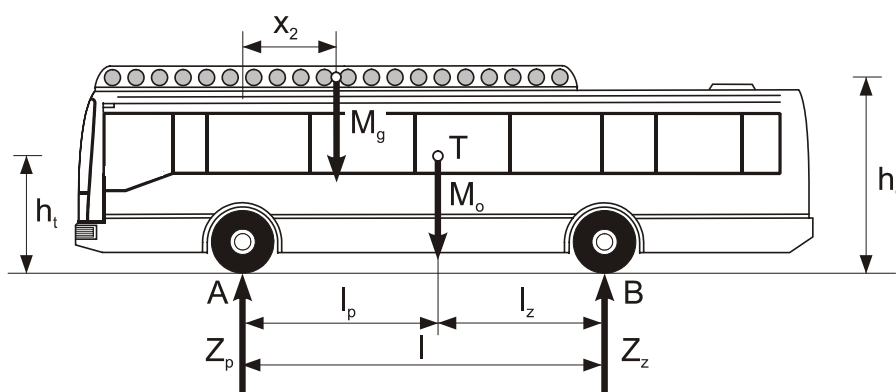
gde su: l_p/l , M_p , h_g , M_g , odnos položaja težišta i međuosovinskog rastojanja konvencionalnog autobusa, masa praznog konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimiranog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno. Pri tome su koordinate težišta autobusa sa pogonom na komprimirani prirodni gas [3.10] i [3.11]:

$$l_{pKPG} = \frac{G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2}{G_u} \quad [3.10]$$

$$l_{zKPG} = \frac{G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)}{G_u} \quad [3.11]$$

gde je:

- G_a - težina autobusa (uzima vrednost G_o ili G_p),
- G_{KPG} - težina baterije sa komprimiranim prirodnim gasom,
- x_2 - rastojanje težišta baterije sa komprimiranim prirodnim gasom od prednje osovine ukoliko se ona nalazi napred na krovu autobusa (Slika 3.30).

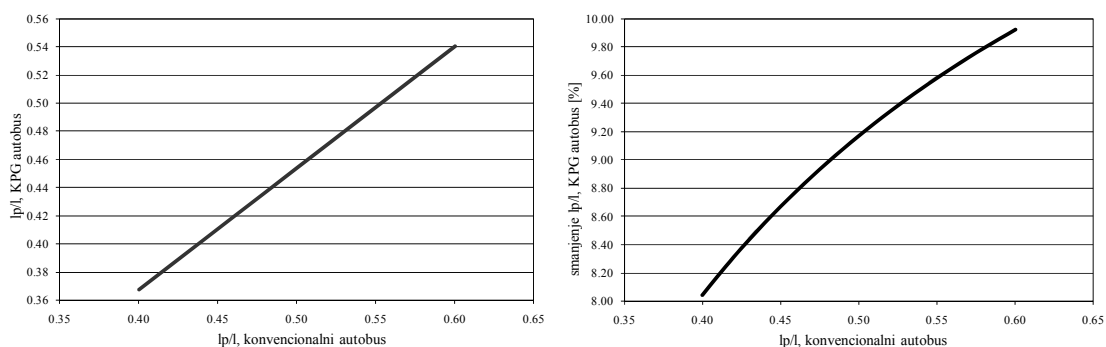


Slika 3.30. Položaj baterije sa KPG-om na krovu u prednjem delu autobusa

U tabeli (Tabela 3.6) i na slici (Slika 3.31) prikazani su detalji proračuna:

Tabela 3.6. Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (prazno vozilo, napred gas)

l [m]	l_p/l	l_z/l	l_p [m]	l_z [m]	M_o [kg]	M_{oKPG} [kg]	l_{pKPG} [m]	l_{zKPG} [m]	l_p/l KPG	smanjenje l_p/l KPG [%]
Konvencionalni autobus						KPG autobus				
5,65	0,40	0,60	2,26	3,39	9850,00	11410,00	2,08	3,57	0,37	8,05
5,65	0,42	0,58	2,37	3,28	9850,00	11410,00	2,18	3,47	0,39	8,31
5,65	0,44	0,56	2,49	3,16	9850,00	11410,00	2,27	3,38	0,40	8,56
5,65	0,46	0,54	2,60	3,05	9850,00	11410,00	2,37	3,28	0,42	8,78
5,65	0,48	0,52	2,71	2,94	9850,00	11410,00	2,47	3,18	0,44	8,98
5,65	0,50	0,50	2,83	2,83	9850,00	11410,00	2,57	3,08	0,45	9,17
5,65	0,52	0,48	2,94	2,71	9850,00	11410,00	2,66	2,99	0,47	9,34
5,65	0,54	0,46	3,05	2,60	9850,00	11410,00	2,76	2,89	0,49	9,50
5,65	0,56	0,44	3,16	2,49	9850,00	11410,00	2,86	2,79	0,51	9,65
5,65	0,58	0,42	3,28	2,37	9850,00	11410,00	2,96	2,69	0,52	9,79
5,65	0,60	0,40	3,39	2,26	9850,00	11410,00	3,05	2,60	0,54	9,92
5,65	0,62	0,38	3,50	2,15	9850,00	11410,00	3,15	2,50	0,56	10,04
5,65	0,64	0,36	3,62	2,03	9850,00	11410,00	3,25	2,40	0,58	10,16
5,65	0,66	0,34	3,73	1,92	9850,00	11410,00	3,35	2,30	0,59	10,26
5,65	0,68	0,32	3,84	1,81	9850,00	11410,00	3,44	2,21	0,61	10,36
5,65	0,70	0,30	3,96	1,70	9850,00	11410,00	3,54	2,11	0,63	10,46
5,65	0,72	0,28	4,07	1,58	9850,00	11410,00	3,64	2,01	0,64	10,55
5,65	0,74	0,26	4,18	1,47	9850,00	11410,00	3,74	1,91	0,66	10,63
5,65	0,76	0,24	4,29	1,36	9850,00	11410,00	3,83	1,82	0,68	10,71
5,65	0,78	0,22	4,41	1,24	9850,00	11410,00	3,93	1,72	0,70	10,79
5,65	0,80	0,20	4,52	1,13	9850,00	11410,00	4,03	1,62	0,71	10,86

Slika 3.31. Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_o$

4. Pun autobus (M_p), baterija sa KPG-om napred (Slika 3.30)

Početni podaci:

$$l_p/l=0,4 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

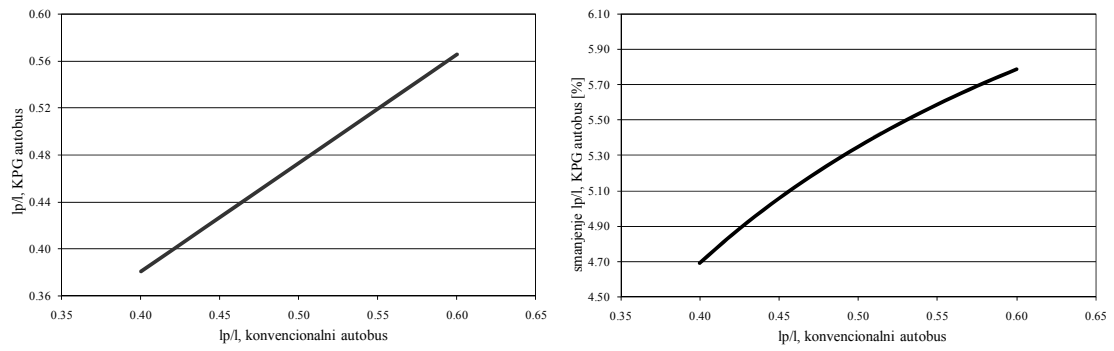
$$l_p/l=0,6 \text{ m}; \quad M_p=18000 \text{ kg}; \quad h_g=3,215 \text{ m}; \quad M_g=1560 \text{ kg};$$

gde su: l_p/l , M_p , h_g , M_g , odnos položaja težišta i međuosovinskog rastojanja konvencionalnog autobusa, masa maksimalno opterećenog konvencionalnog autobusa, visina težišta baterije sa bocama komprimovanog prirodnog gasa, masa baterije, respektivno.

U tabeli (Slika 3.7) i na slici (Slika 3.32) prikazani su detalji proračuna:

Tabela 3.7. Proračun odnosa l_p/l KPG autobusa (puno vozilo, napred gas)

l [m]	l_p/l	l_z/l	l_p [m]	l_z [m]	M_p [kg]	M_{pKPG} [kg]	l_{pKPG} [m]	l_{zKPG} [m]	l_p/l KPG	smanjenje l_p/l KPG [%]	
Konvencionalni autobus						KPG autobus					
5,65	0,40	0,60	2,26	3,39	18000,00	19560,00	2,15	3,50	0,38	4,69	
5,65	0,42	0,58	2,37	3,28	18000,00	19560,00	2,26	3,39	0,40	4,85	
5,65	0,44	0,56	2,49	3,16	18000,00	19560,00	2,36	3,29	0,42	4,99	
5,65	0,46	0,54	2,60	3,05	18000,00	19560,00	2,47	3,18	0,44	5,12	
5,65	0,48	0,52	2,71	2,94	18000,00	19560,00	2,57	3,08	0,45	5,24	
5,65	0,50	0,50	2,83	2,83	18000,00	19560,00	2,67	2,98	0,47	5,35	
5,65	0,52	0,48	2,94	2,71	18000,00	19560,00	2,78	2,87	0,49	5,45	
5,65	0,54	0,46	3,05	2,60	18000,00	19560,00	2,88	2,77	0,51	5,54	
5,65	0,56	0,44	3,16	2,49	18000,00	19560,00	2,99	2,66	0,53	5,63	
5,65	0,58	0,42	3,28	2,37	18000,00	19560,00	3,09	2,56	0,55	5,71	
5,65	0,60	0,40	3,39	2,26	18000,00	19560,00	3,19	2,46	0,57	5,79	
5,65	0,62	0,38	3,50	2,15	18000,00	19560,00	3,30	2,35	0,58	5,86	
5,65	0,64	0,36	3,62	2,03	18000,00	19560,00	3,40	2,25	0,60	5,92	
5,65	0,66	0,34	3,73	1,92	18000,00	19560,00	3,51	2,14	0,62	5,99	
5,65	0,68	0,32	3,84	1,81	18000,00	19560,00	3,61	2,04	0,64	6,04	
5,65	0,70	0,30	3,96	1,70	18000,00	19560,00	3,71	1,94	0,66	6,10	
5,65	0,72	0,28	4,07	1,58	18000,00	19560,00	3,82	1,83	0,68	6,15	
5,65	0,74	0,26	4,18	1,47	18000,00	19560,00	3,92	1,73	0,69	6,20	
5,65	0,76	0,24	4,29	1,36	18000,00	19560,00	4,03	1,62	0,71	6,25	
5,65	0,78	0,22	4,41	1,24	18000,00	19560,00	4,13	1,52	0,73	6,29	
5,65	0,80	0,20	4,52	1,13	18000,00	19560,00	4,23	1,42	0,75	6,33	



Slika 3.32. Odnos veličine l_p/l konvencionalnog autobusa i KPG autobusa za $M=M_p$

4. Analiza stabilnosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas - stabilnost upravljanja

Stabilnost motornog vozila u opštem slučaju podrazumeva njegovu sposobnost da se kreće po željenoj trajektoriji u različitim uslovima eksploatacije bez proklizavanja (zanošenja) jednog ili više točkova bilo kog mosta (pogonskog ili nepogonskog) i bez prevrtanja oko uzdužne ili poprečne ose vozila (Abe i ostali, 2001; Chang, 2004; Dedović, 1998).

Kao poseban vid stabilnosti prilikom kretanja vozila a koji je obuhvaćen prethodnom definicijom izdvaja se stabilnost upravljanja. Specifičnost ovog pojma je ta što pored uticaja konstrukcionih karakteristika na „stabilno kretanje“ vozila, uzima u obzir i kinematiku sistema za upravljanje (Mitschke, 2004; Mokhiamar i Abe, 2002).

Za vozilo se smatra da ima stabilno upravljanje ako se pod dejstvom spoljnih poremećajnih sila početne amplitude oscilovanja oko željenog kursa kretanja smanjuju u što kraćem vremenskom periodu, vraćajući vozilo u prvobitni način kretanja (Dixon, 1996). U ovom slučaju za zadate uslove kretanja „poremećeno kretanje“ se u toku vremena malo razlikuje od neporemećenog kretanja (Dedović, 1998; Janković i Todorović, 1990; Zeng-Xin i ostali, 2001).

U slučaju nestabilnog upravljanja početne amplitude oscilovanja se tokom vremena povećavaju, vozilo odstupa od željene putanje što ima za posledicu da vozač nije u stanju da održi kretanje po željenoj trajektoriji ili to čini sa velikim naporom. Analogno prethodnom, poremećeno kretanje se u toku vremena razlikuje sve više od neporemećenog kretanja.

Pod poremećajem se podrazumevaju posledice nastale usled:

- različitih pojava na putu (neravnine, poprečni i podužni nagib,...),
- interakcije vozila i puta po kome se vozilo kreće (tangetne i bočne reakcije,...),
- inercionih i aerodinamičkih uticaja (centrifugalna sila, udar vetra, ...).

U matematičkoj formi navedena problematika se najbolje opisuje pomoću definicije Ljapunova. Formulacija se zasniva na pretpostavci da je u određenom trenutku vozilo pod dejstvom poremećajnih, perturbacionih sila narušena ravnoteža parametara koji

opisuju kretanje vozila po željenoj trajektoriji, što je dato sledećim jednačinama [4.1] i [4.2] (Du i ostali, 2011; Pacejka, 2005; Park i ostali, 2001; Rajamani, 2006):

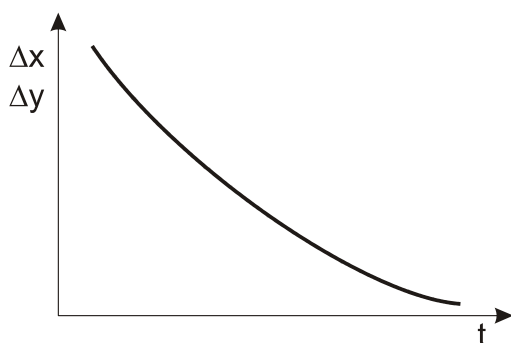
$$X(t_o) = X_o + \Delta X \quad [4.1]$$

$$Y(t_o) = Y_o + \Delta Y \quad [4.2]$$

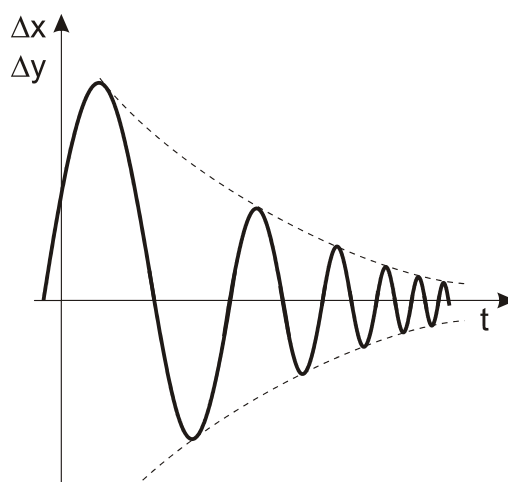
gde su:

- ΔX i ΔY - vrednosti priraštaja parametara u trenutku t_o izazvanih poremećajnim silama.

Kretanje vozila biće stabilno ukoliko parametri kretanja ($Y(t_o)$ i $X(t_o)$) posle malog njihovog odstupanja ostanu bliski prethodnim veličinama (Y_o) i ostanu takvi u daljem vremenskom toku (Δt_{\min} za $\Delta X \rightarrow 0$). Grafička interpretacija prikazana je na slikama (Slika 4.1 i Slika 4.2).

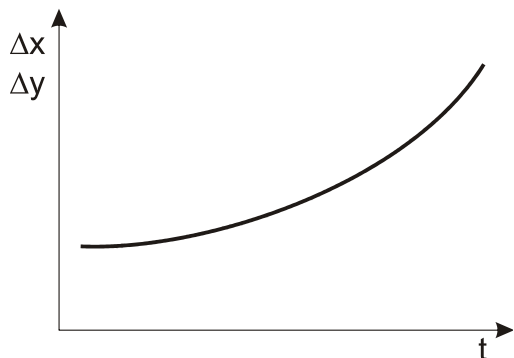


Slika 4.1. Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t , stabilno kretanje

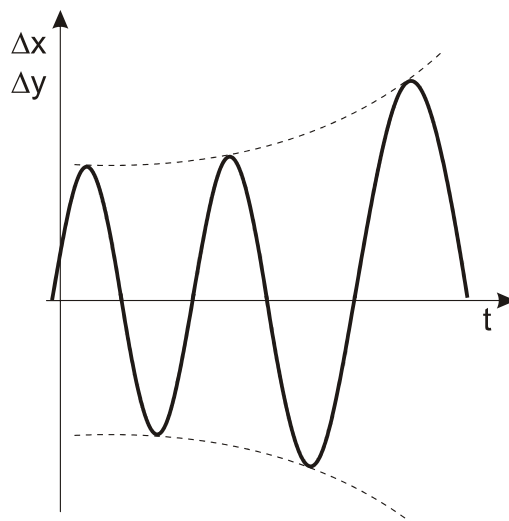


Slika 4.2. Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t , stabilno kretanje

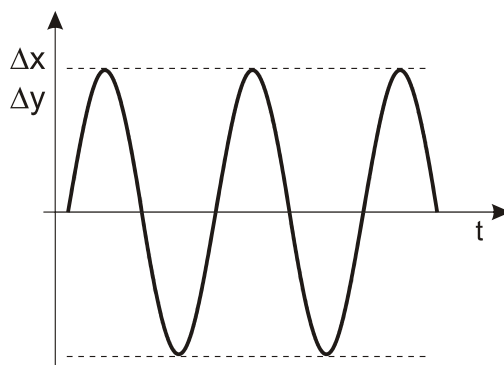
Kada je kretanje nestabilno, parametri koji ga opisuju posle malog odstupanja nisu bliski početnim vrednostima zbog povećanja priraštaja (ΔX i ΔY) tokom vremena (Slika 4.3 i Slika 4.4). U slučaju da se vrednosti priraštaja ponašaju tokom vremena prema slici (Slika 4.5), kretanje se nalazi na granici stabilnosti i nestabilnosti (labilna ravnoteža) i ukoliko ne dođe do prigušivanja, kretanje se smatra nestabilnim.



Slika 4.3. Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t , nestabilno kretanje



Slika 4.4. Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t , nestabilno kretanje



Slika 4.5. Zavisnost parametara ΔX i ΔY od vremena t , labilna ravnoteža

U ovom delu disertacije, cilj istraživanja je da se izvrši analiza stabilnosti upravljanja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas i autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo, odnosno da se utvrdi u kojoj meri gasna oprema utiče na ponašanje vozila pri kretanju po pravcu, u krivini kao i u procesu kočenja za tri karakteristična slučaja (blokirani prednji točkovi; blokirani zadnji točkovi; blokirani svi točkovi).

4.1. Stabilnost upravljanja prilikom kretanja KPG autobusa po pravcu i u krivini

Pojam „stabilnost upravljanja vozila“ definisan u prethodnoj tački a u odnosu na KPG autobus moguće je analizirati na osnovu metode Ljapunova. Prema metodu Ljapunova, kretanje materijalnog sistema biće stabilno ako se izvrši mali poremećaj osnovnog kretanja i ako je to poremećeno kretanje takvo da se malo razlikuje od osnovnog kretanja, bez obzira koliki je vremenski interval protekao od trenutka kada je poremećaj izvršen (Halfmann i Holzmann, 2003). Ako se vozilu koje se kreće na pravolinijskom i krivolinijskom delu puta konstantnom brzinom saopšti mali poremećaj reprezentovan kroz brzinu težišta autobusa u bočnom pravcu V_{Tn} i početnu ugaonu brzinu Ψ i ako se vozilo i dalje bude kretalo pravolinijski ili krivolinijski a dobijeni poremećaj se pri tome prigušuje, kretanje vozila biće stabilno. Ukoliko se poremećaj ne prigušuje kretanje je nestabilno.

U ovom delu rada vrši se proučavanje stabilnosti upravljanja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas sa bočno elastičnim točkovima u odnosu na navedene karakteristične slučajeve kretanja uzimajući u obzir naravno specifičnost konstrukcije vozila usled korišćenja gasne instalacije.

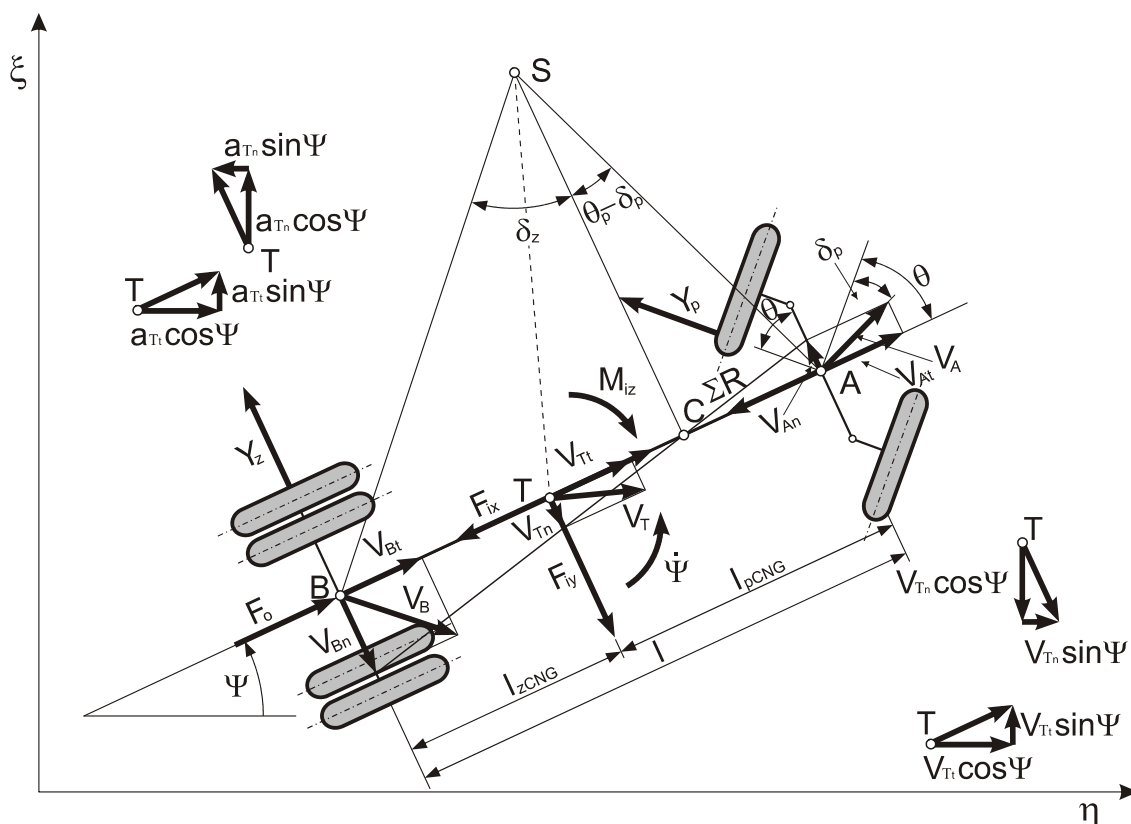
4.1.1. Diferencijalne jednačine kretanja

Diferencijalne jednačine kretanja formiraju se prema modelu KPG autobusa prikazanog na slici (Slika 4.6). Imajući u vidu činjenicu da vozač delujući na uređaje za upravljanje može uticati na promenu kretanja samo u horizontalnoj ravni, celishodna analiza se sprovodi za slučaj da se autobus posmatra kao kruto telo koje vrši ravansko kretanje.

Prema šemi modela (Slika 4.6) u odnosu na dinamičke veličine, bočne reakcije u kontaktnoj površini pneumatika i puta zamenjene su sa po jednom silom, koje deluju u centru prednje i zadnje osovine. Takođe za podužne i bočne tangencijalne sile inercije i inercioni moment smatra se da deluju u centru mase vozila „T“.

Prema šemi modela (Slika 4.6) u odnosu na kinematske veličine, kretanje autobusa se prati u odnosu na nepokretni koordinatni sistem $O\xi\eta$. Kako se radi o ravanskom kretanju sam položaj vozila određen je sa dve koordinate ξ i η koje određuju položaj trenutnog pola (S) i ugla obrtanja (Ψ) autobusa oko ose koja je upravna na ravan

kolovoza a prolazi kroz pokretni (trenutni) pol (Ivković i ostali, 2011; Ivković i ostali, 2007a).



Slika 4.6. Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa

Prema slici (Slika 4.6) projekcije brzine težišta autobusa T na nepokretne ose ξ i η biće [4.3] i [4.4]:

$$V_{T\eta} = V_{Tt} \cos\Psi + V_{Tn} \sin\Psi \quad [4.3]$$

$$V_{T\xi} = V_{Tt} \sin\Psi - V_{Tn} \cos\Psi \quad [4.4]$$

Diferenciranjem izraza [4.3] i [4.4] po vremenu dobijaju se izrazi za ubrzanja [4.5] i [4.6]:

$$a_{T\eta} = \frac{dV_{T\eta}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \cos\Psi - V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \sin\Psi + \frac{dV_{Tn}}{dt} \sin\Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \cos\Psi \quad [4.5]$$

$$a_{T\xi} = \frac{dV_{T\xi}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \sin\Psi + V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \cos\Psi - \frac{dV_{Tn}}{dt} \cos\Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \sin\Psi \quad [4.6]$$

Izrazi [4.5] i [4.6] se mogu napisati u obliku [4.7] i [4.8]:

$$a_{T\eta} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \cos\Psi - \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \sin\Psi \quad [4.7]$$

$$a_{T\xi} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \sin\Psi + \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \cos\Psi \quad [4.8]$$

Projekcije ubrzanja težišta autobusa u podužnom i poprečnom pravcu prema osama η i ξ ($a_{T\eta}$ i $a_{T\xi}$) mogu se prema slici (Slika 4.6) izraziti [4.9] i [4.10]:

$$a_{T\eta} = a_{Tt} \cos\Psi - a_{Tn} \sin\Psi \quad [4.9]$$

$$a_{T\xi} = a_{Tt} \sin\Psi + a_{Tn} \cos\Psi \quad [4.10]$$

Uzevši u obzir jednačine [4.7], [4.8], [4.9] i [4.10], dobijaju se izrazi za ubrzanje težišta autobusa u obliku [4.11] i [4.12]:

$$a_{Tt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\Psi} \quad [4.11]$$

$$a_{Tn} = V_{Tt} \cdot \dot{\Psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \quad [4.12]$$

Na osnovu dobijenih projekcija ubrzanja težišta autobusa u podužnom i poprečnom pravcu mogu se izraziti inercijalne sile u takođe u podužnom i poprečnom pravcu, F_{ix} i F_{iy} [4.13] i [4.14]:

$$F_{ix} = m \cdot a_{Tt} = m \cdot \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\Psi} \right) \quad [4.13]$$

$$F_{iy} = m \cdot a_{Tn} = m \cdot \left(V_{Tt} \cdot \dot{\Psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.14]$$

Primenjujući Dalamberov princip za vertikalne ose koje prolaze kroz tačku A i tačku B a prema slici (Slika 4.6), dobijaju se jednačina ravnoteže u obliku [4.15] i [4.16]:

$$\sum M^A = 0 \Rightarrow Y_z \cdot l - F_{iy} \cdot l_{pKPG} + M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_z = \frac{F_{iy} \cdot l_{pKPG} - M_{iz}}{l} \quad [4.15]$$

$$\sum M^B = 0 \Rightarrow Y_p \cdot l \cos\theta - F_{iy} \cdot l_{zKPG} - M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_p = \frac{F_{iy} \cdot l_{zKPG} + M_{iz}}{l \cos\theta} \quad [4.16]$$

gde je M_{iz} , inercioni moment [4.17]:

$$M_{iz} = I_{iz} \cdot \frac{d\dot{\Psi}}{dt} = m \cdot \rho_z^2 \cdot \frac{d\dot{\Psi}}{dt} \quad [4.17]$$

gde su:

- I_{iz} - moment inercije autobusa u odnosu na osu z koja prolazi kroz težište autobusa,
- ρ_z - poluprečnik inercije autobusa u odnosu na osu z.

Bočne reakcije se mogu izraziti pomoću uglova povodjenja prednjih i zadnjih točkova i odgovarajućih koeficijenata otpora povodjenju δ_p , δ_z , K_{δ_p} , K_{δ_z} , respektivno [4.18] i [4.19]:

$$Y_p = K_{\delta_p} \cdot \delta_p \quad [4.18]$$

$$Y_z = K_{\delta_z} \cdot \delta_z \quad [4.19]$$

Uglovi δ_p i δ_z mogu se izraziti pomoću normalne i podužne komponente brzine težišta autobusa V_{Tn} i V_{Tt} i ugla zaokretanja upravljačkih točkova θ .

Sa slike (Slika 4.6) na osnovu sličnosti trouglova može se uočiti [4.20], [4.21] i [4.22]:

$$\frac{V_{An}}{V_A} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AS}} \quad [4.20]$$

$$V_{An} = \frac{V_A}{AS} \cdot \overline{AC} = \dot{\Psi} \cdot \overline{AC} = \dot{\Psi} \cdot (l_{pKPG} - \overline{CT}) = \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} - V_{Tn} \quad [4.21]$$

$$V_{Bn} = \frac{V_B}{BS} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot (l_{zKPG} + \overline{CT}) = \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn} \quad [4.22]$$

Kako je [4.23]:

$$\operatorname{tg}(\theta - \delta_p) = \frac{V_{An}}{V_{At}} \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_z = \frac{V_{Bn}}{V_{Bt}} \quad [4.23]$$

Sledi [4.24]:

$$\operatorname{tg}(\theta - \delta_p) = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} - V_{Tn}}{V_{At}} \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn}}{V_{Bt}} \quad [4.24]$$

Uglovi povodjenja točkova prednjeg i zadnjeg mosta su obično mali uglovi (najveće vrednosti se kreću u granicama od 12° do 18°) i uzevši u obzir i da ugao zaokretanja upravljačkih točkova takođe ima malu vrednost, mogu se uvesti aproksimacije [4.25]:

$$tg\delta_z \approx \delta_z \quad i \quad tg(\theta - \delta_p) \approx \theta - \delta_p \quad [4.25]$$

pomoću kojih se dobija [4.26] i [4.27]:

$$\delta_p = \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V \cdot \theta}{V} \quad [4.26]$$

$$\delta_z = \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} \quad [4.27]$$

jer je [4.28]:

$$V_{At} = V_{Bt} = V_{Tt} = V \quad [4.28]$$

Imajući u vidu jednačine [4.18], [4.19], [4.26] i [4.27], bočne reakcije se mogu izraziti [4.29] i [4.30]:

$$Y_p = K_{\delta p} \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V \cdot \theta}{V} \quad [4.29]$$

$$Y_z = K_{\delta z} \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} \quad [4.30]$$

Na osnovu ravnoteža sila ($\Sigma Y=0$) i uvodeći aproksimaciju da je $\cos\theta \approx 1$ jer je θ mali ugao, dobija se sledeća relacija [4.31]:

$$Y_p + Y_z = F_{iy} \quad [4.31]$$

A na osnovu izraza [4.29] i [4.30] sledi [4.32]:

$$Y_p + Y_z = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.32]$$

Ukoliko se zamene jednačine [4.29] i [4.30] u [4.32] biće [4.33]:

$$K_{\delta p} \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V \cdot \theta}{V} + K_{\delta z} \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.33]$$

Jednačina [4.33] se može prikazati u obliku [4.34]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} + \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} - \frac{K_{\delta p} \cdot l_{pKPG} - K_{\delta z} \cdot l_{zKPG}}{m \cdot V} \cdot \dot{\Psi} - V \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot \theta}{m} = 0 \quad [4.34]$$

Iz uslova ravnoteže za tačke A i B i uz aproksimaciju $\cos\theta \approx 1$, dobija se [4.35], [4.36] i [4.37]:

$$Y_z = \frac{F_{iy} \cdot l_{pKPG} - M_{iz}}{l} \quad [4.35]$$

$$Y_p = \frac{F_{iy} \cdot l_{zKPG} + M_{iz}}{l} \quad [4.36]$$

$$Y_p \cdot l_{pKPG} - Y_z \cdot l_{zKPG} = M_{iz} \quad [4.37]$$

pa će biti [4.38]:

$$I_{iz} \cdot \ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot l_{pKPG}^2 + K_{\delta z} \cdot l_{zKPG}^2}{V} \cdot \dot{\Psi} = \frac{V_{Tn}}{V} \cdot (K_{\delta p} \cdot l_{pKPG} - K_{\delta z} \cdot l_{zKPG}) + K_{\delta p} \cdot \theta \cdot l_{pKPG} \quad [4.38]$$

Jednačine [4.34] i [4.38], uz izraze iz prethodne tačke [3.8], [3.9], [3.10] i [3.11] se mogu napisati u obliku:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.39] i [4.40]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} + \frac{K_{\delta p} \cdot \theta}{m} = 0 \quad [4.39]$$

$$\begin{aligned} & \ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} - \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) \cdot \theta}{I_{iz} \cdot G_u} = 0 \end{aligned} \quad [4.40]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.41] i [4.42]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} + \frac{K_{\delta p} \cdot \theta}{m} = 0 \quad [4.41]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) \cdot \theta}{I_{iz} \cdot G_u} = 0 \quad [4.42]$$

Uz $V \approx \text{const}$ u jednačinama [4.39], [4.40], [4.41] i [4.42] konstantni članovi su:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.43], [4.44], [4.45] i [4.46]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.43]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.44]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.45]$$

$$\frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} = D \quad \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{I_{iz} \cdot G_u} = E \quad \frac{K_{\delta p}}{m} = F \quad [4.46]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.47], [4.48], [4.49], [4.50]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.47]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.48]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.49]$$

$$\frac{K_{\phi p} + K_{\phi z}}{m \cdot V} = D \quad \frac{K_{\phi p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{I_{iz} \cdot G_u} = E \quad \frac{K_{\phi p}}{m} = F \quad [4.50]$$

pa će biti [4.51] i [4.52]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - C \cdot \dot{\Psi} + D \cdot V_{Tn} + F \cdot \theta = 0 \quad [4.51]$$

$$\ddot{\Psi} + A \cdot \dot{\Psi} - B \cdot V_{Tn} - E \cdot \theta = 0 \quad [4.52]$$

Iz [4.52] se može izraziti komponenta brzine, V_{Tn} [4.53]:

$$V_{Tn} = \frac{1}{B} \ddot{\Psi} + \frac{A}{B} \cdot \dot{\Psi} - \frac{E}{B} \cdot \theta \quad [4.53]$$

Diferenciranjem jednačine [4.53] po vremenu dobija se [4.54]:

$$\frac{d^2 \dot{\Psi}}{dt^2} + A \cdot \ddot{\Psi} - B \cdot \frac{dV_{Tn}}{dt} - E \cdot \dot{\theta} = 0 \quad [4.54]$$

Zamenom [4.53] u [4.54] dobija se [4.55]:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \dot{\Psi}}{dt^2} + A \cdot \ddot{\Psi} - B \cdot \left[C \cdot \dot{\Psi} - F \cdot \theta - D \cdot \left(\frac{1}{B} \cdot \ddot{\Psi} + \frac{A}{B} \cdot \dot{\Psi} - \frac{E}{B \cdot \theta} \right) \right] - E \cdot \dot{\theta} = \\ \frac{d^2 \dot{\Psi}}{dt^2} + A \cdot \ddot{\Psi} - B \cdot C \cdot \dot{\Psi} + B \cdot F \cdot \theta + D \cdot \ddot{\Psi} + A \cdot D \cdot \dot{\Psi} - E \cdot D \cdot \theta - E \cdot \dot{\theta} \end{aligned} \quad [4.55]$$

tj. [4.56]:

$$\frac{d^2 \dot{\Psi}}{dt^2} + (A + D) \cdot \ddot{\Psi} + (A \cdot D - B \cdot C) \cdot \dot{\Psi} = E \cdot \dot{\theta} + (E \cdot D - F \cdot B) \cdot \theta \quad [4.56]$$

Analiza stabilnosti upravljanja podrazumeva ispitivanje korena homogenog dela diferencijalne jednačine [4.56].

Ako se pretpostavi da je rešenje jednačine u obliku [4.57]:

$$\dot{\Psi} = e^{\lambda t} \quad [4.57]$$

posle zamene u izraz [4.56] dobija se [4.58]:

$$\lambda^2 \cdot e^{\lambda t} + (A + D) \cdot \lambda \cdot e^{\lambda t} + (A \cdot D - B \cdot C) = 0 \quad [4.58]$$

pa sledi [4.59]:

$$\lambda^2 + (A+D) \cdot \lambda + (A \cdot D - B \cdot C) = 0 \quad [4.59]$$

Rešenja jednačine su [4.60]:

$$\lambda_{1,2} = -\frac{A+B}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{A+B}{2}\right)^2 - (A \cdot D - B \cdot C)} \quad [4.60]$$

Stabilnost kretanja uslovljena je oblikom rešenja λ tako da:

- kretanje je stabilno ukoliko je λ konjugovano kompleksni broj sa negativnim realnim delom. Tada se priraštaji ugaone brzine ($\Delta\dot{\psi}$) i komponente brzine težišta autobusa (ΔV_{tn}) od trenutka t_0 (kada je prestalo dejstvo poremećajne sile) tokom vremena menjaju prema slici (Slika 4.2),
- kretanje je nestabilno ukoliko su koreni karakteristične jednačine realni i pozitivni (diskriminanta $D > 0$) ili konjugovano kompleksni sa pozitivnim realnim delom promena. Tada se promene veličina $\Delta\dot{\psi}$ i ΔV_{tn} tokom vremena kreću kako je prikazano na slikama (Slika 4.3 i Slika 4.4) respektivno,
- kretanje je na granici stabilnosti i nestabilnosti (ukoliko se početne oscilacije ne priguše kretanje se smatra nestabilnim) ukoliko su koreni karakteristične jednačine imaginarni i tada je promena veličina $\Delta\dot{\psi}$ i ΔV_{tn} tokom vremena odgovara slici (Slika 4.5).

Na osnovu prethodnog sledi da je potreban i dovoljan uslov stabilnog upravljanja prilikom stacionarnog kretanja autobusa u odnosu na pravolinijski ili kružni put predstavljen nejednačinama [4.61] i [4.62]:

$$A + D > 0 \quad [4.61]$$

$$A \cdot D - B \cdot C > 0 \quad [4.62]$$

Zamenom vrednosti za konstante A, B, C i D, potreban i dovoljan uslov stabilnog kretanja dobija oblik:

$$A + D > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.63]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} > 0 \quad [4.63]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.64]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} > 0 \quad [4.64]$$

Kako su vrednosti svih fizičkih veličina u izrazima [4.63] i [4.64] uvek veće od nule i uz činjenicu da je l uvek veće od x_1 i x_2 , nejednakost je uvek zadovoljena.

U slučaju uslova [4.62] biće:

$$A \cdot D - B \cdot C > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.65]:

$$\begin{aligned} & \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \\ & \cdot \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned} \quad [4.65]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.66]:

$$\begin{aligned} & \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\delta p} + K_{\delta z}}{m \cdot V} \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \\ & \cdot \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - K_{\delta z} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned} \quad [4.66]$$

Uzimajući u obzir da su l_p , l_z , l_{pKPG} , l_{zKPG} , $K_{\delta p}$, $K_{\delta z}$, I_{iz} , m , G_u , materijalne konstante (pojedine stalne tokom ukupnog vremena posmatranja, pojedine u trenutku t_0 kada je prestalo dejstvo poremećajne sile) rešenje nejednačine daje vrednost kritične brzine pri kojoj vozilo pod uticajem bilo kakve male bočne sile počinje kretanje po krivoj sa sve manjim poluprečnikom (po spirali), što dovodi do gubitka upravljivosti odnosno stabilnosti vozila.

Prema izrazima [4.65] i [4.66], kriterijumi stabilnosti u analitičkoj formi mogu se napisati:

- za uslov [4.61] kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred respektivno:

$$l - x_1 > 0 \text{ i } l - x_2 > 0 \quad \text{nejednakost uvek zadovoljena}$$

kretanje autobusa je stabilno

- za uslov [4.62] kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred:

$$V < V_{kr}, \quad \text{kretanje vozila je stabilno}$$

$$V > V_{kr}, \quad \text{kretanje vozila je nestabilno}$$

$$V = V_{kr}, \quad \text{stanje labilne ravnoteže}$$

Na osnovu izraza [4.65] i [4.66], izrazi za kritične brzine u slučaju da je baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi (V_{kr1}) ili napred (V_{kr2}) su [4.67] i [4.68]:

$$V_{kr1} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot K_{\delta z} \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - K_{\delta z} \cdot l_z) + G_{KPG} (K_{\delta p} \cdot l - x_1 \cdot (K_{\delta p} + K_{\delta z}))}} \quad [4.67]$$

$$V_{kr2} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot K_{\delta z} \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - K_{\delta z} \cdot l_z) + G_{KPG} (x_2 \cdot (K_{\delta p} + K_{\delta z}) - K_{\delta p} \cdot l)}} \quad [4.68]$$

4.1.2. Proračun kritične brzine

Proračun kritične brzine KPG autobusa sprovodi se za različite uslove eksploatacije a koji su određeni karakterističnim veličinama položaja težišta h_t i l_p/l , koeficijentom prijanjanja φ , popunjenošću autobusa (M_o i M_p). Detalji proračuna dati su u tabelama (Tabela 4.1 i Tabela 4.2). Dijagrami zavisnosti kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih parametara za KPG autobus, takođe i za konvencionalni autobus prikazani su na slikama (Slika 4.7, Slika 4.8, Slika 4.9 i Slika 4.10).

Tabela 4.1. Proračun kritične brzine praznih autobusa, $M=M_0$

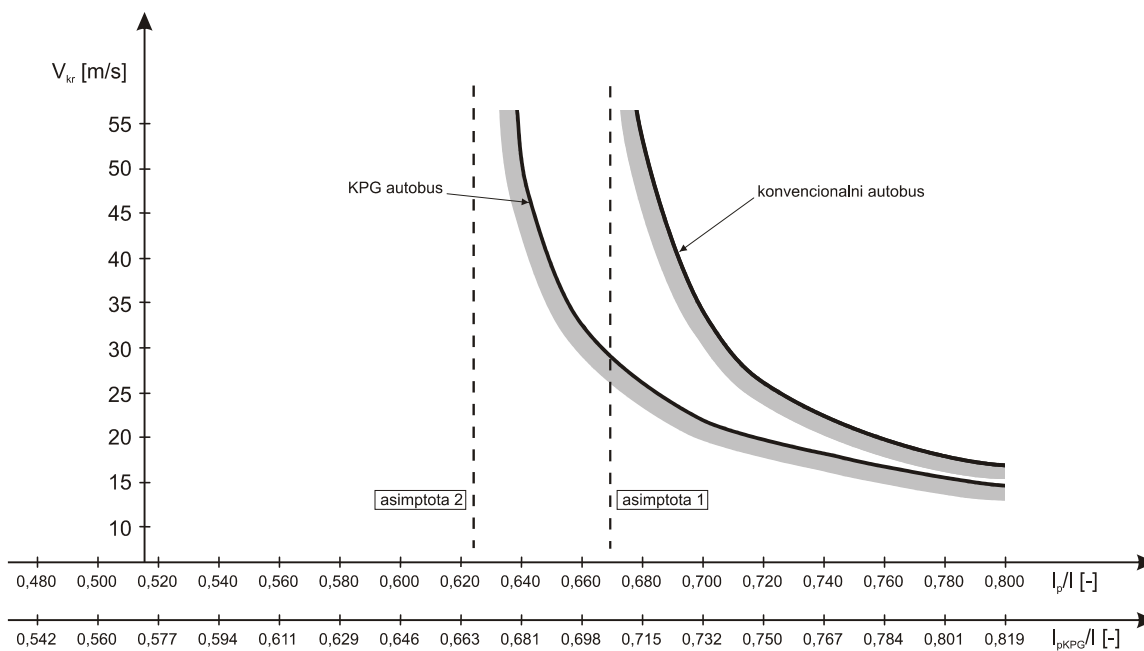
l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l_{novo}	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l_{novo}	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]
Konvencionalni autobus			KPG autobus, pozadi gas			KPG autobus, napred gas		
0,400	0,667	n.d.	0,473	0,899	n.d.	0,368	0,582	n.d.
0,420	0,724	n.d.	0,491	0,963	n.d.	0,385	0,626	n.d.
0,440	0,786	n.d.	0,508	1,032	n.d.	0,402	0,673	n.d.
0,460	0,852	n.d.	0,525	1,106	n.d.	0,420	0,723	n.d.
0,480	0,923	n.d.	0,542	1,185	n.d.	0,437	0,776	n.d.
0,500	1,000	n.d.	0,560	1,271	n.d.	0,454	0,832	n.d.
0,520	1,083	n.d.	0,577	1,364	n.d.	0,471	0,892	n.d.
0,540	1,174	n.d.	0,594	1,464	n.d.	0,489	0,956	n.d.
0,560	1,273	n.d.	0,611	1,574	n.d.	0,506	1,024	n.d.
0,580	1,381	n.d.	0,629	1,694	n.d.	0,523	1,097	n.d.
0,600	1,500	n.d.	0,646	1,825	n.d.	0,540	1,176	n.d.
0,620	1,632	n.d.	0,663	1,970	n.d.	0,558	1,261	n.d.
0,624	1,659	n.d.	0,667	2,000	n.d.	0,575	1,353	n.d.
0,640	1,778	n.d.	0,681	2,130	49,356	0,592	1,453	n.d.
0,660	1,941	n.d.	0,698	2,309	32,956	0,598	1,488	n.d.
0,667	2,000	n.d.	0,704	2,374	30,278	0,610	1,561	n.d.
0,680	2,125	54,219	0,715	2,510	26,435	0,627	1,680	n.d.
0,700	2,333	34,291	0,732	2,736	22,696	0,644	1,809	n.d.
0,720	2,571	27,110	0,750	2,994	20,197	0,661	1,953	n.d.
0,740	2,846	23,119	0,767	3,290	18,375	0,667	2,000	n.d.
0,760	3,167	20,493	0,784	3,633	16,971	0,679	2,111	53,259
0,780	3,545	18,597	0,801	4,036	15,847	0,696	2,288	34,044
0,800	4,000	17,146	0,819	4,515	14,920	0,713	2,486	26,987

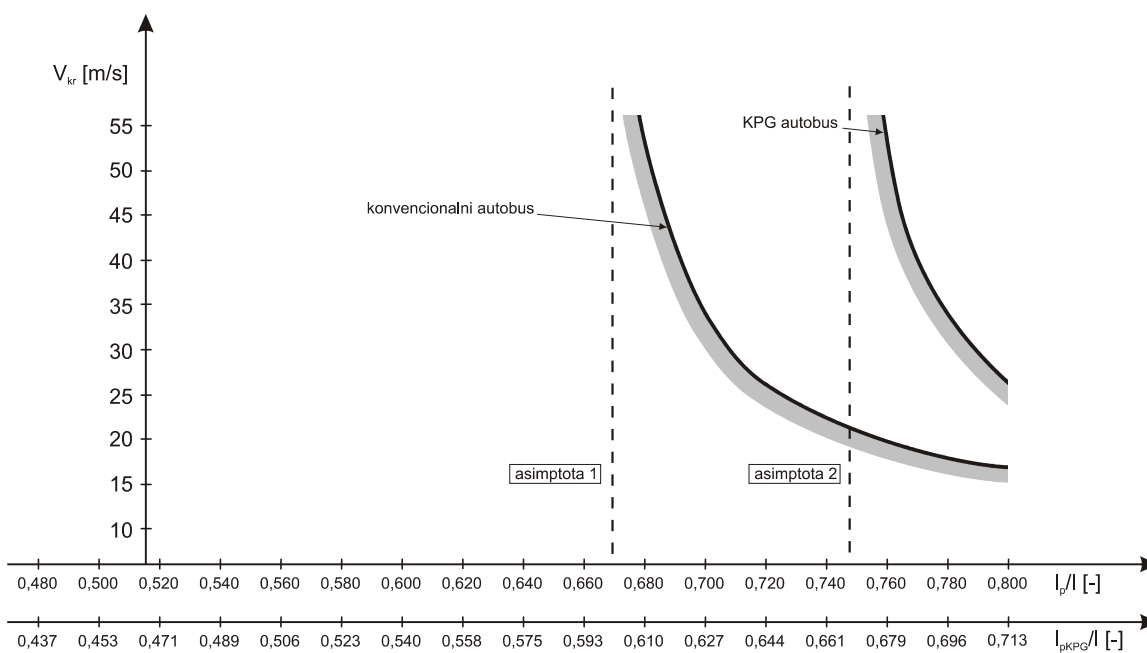
Tabela 4.2/1. Proračun kritične brzine punih autobusa, $M=M_p$

l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]
Konvencionalni autobus			KPG autobus, pozadi gas			KPG autobus, napred gas		
0,400	0,667	n.d.	0,443	0,795	n.d.	0,381	0,616	n.d.
0,420	0,724	n.d.	0,461	0,856	n.d.	0,400	0,666	n.d.
0,440	0,786	n.d.	0,480	0,922	n.d.	0,418	0,718	n.d.
0,460	0,852	n.d.	0,498	0,992	n.d.	0,436	0,774	n.d.
0,480	0,923	n.d.	0,516	1,068	n.d.	0,455	0,834	n.d.
0,500	1,000	n.d.	0,535	1,150	n.d.	0,473	0,898	n.d.

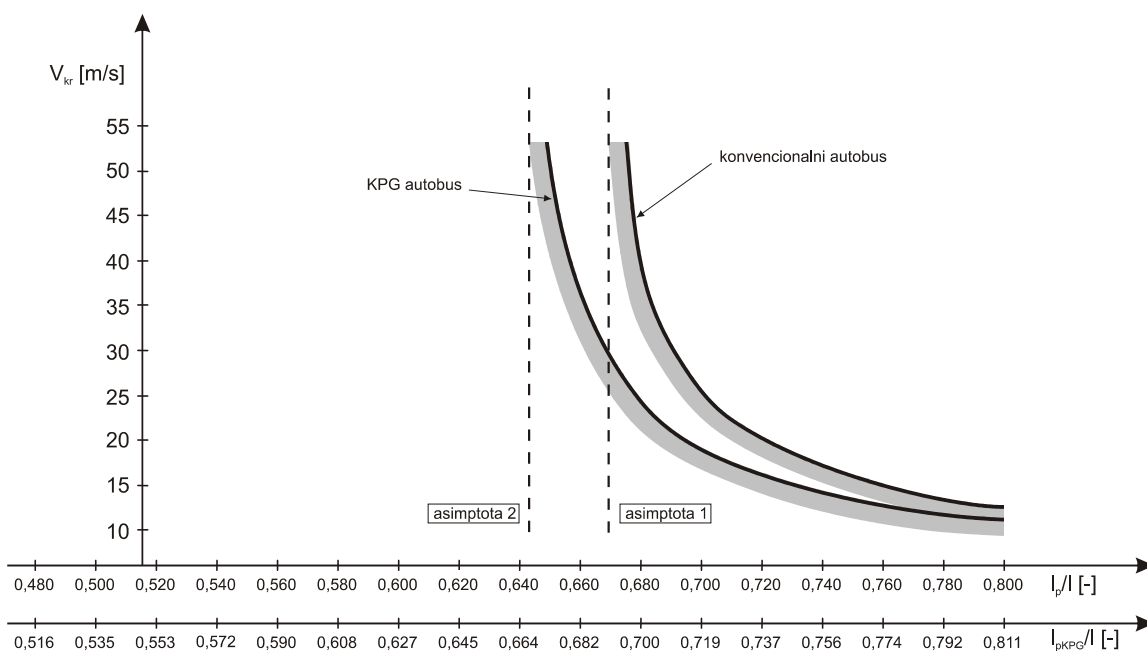
Tabela 4.2/2. Proračun kritične brzine punih autobusa, $M=M_p$

l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]	l_p/l	l_p/l_z	V_{kr} [m/s]
Konvencionalni autobus			KPG autobus, pozadi gas			KPG autobus, napred gas		
0,520	1,083	n.d.	0,553	1,238	n.d.	0,492	0,967	n.d.
0,540	1,174	n.d.	0,572	1,334	n.d.	0,510	1,041	n.d.
0,560	1,273	n.d.	0,590	1,439	n.d.	0,528	1,121	n.d.
0,580	1,381	n.d.	0,608	1,554	n.d.	0,547	1,207	n.d.
0,600	1,500	n.d.	0,627	1,680	n.d.	0,565	1,300	n.d.
0,620	1,632	n.d.	0,645	1,819	n.d.	0,584	1,402	n.d.
0,640	1,778	n.d.	0,664	1,973	n.d.	0,602	1,513	n.d.
0,643	1,803	n.d.	0,667	2,000	n.d.	0,620	1,635	n.d.
0,660	1,941	n.d.	0,682	2,145	35,805	0,627	1,678	n.d.
0,667	2,000	n.d.	0,688	2,207	30,278	0,639	1,769	n.d.
0,680	2,125	40,108	0,700	2,339	24,165	0,657	1,918	n.d.
0,700	2,333	25,367	0,719	2,557	19,444	0,667	2,000	n.d.
0,720	2,571	20,054	0,737	2,806	16,719	0,676	2,084	46,733
0,740	2,846	17,102	0,756	3,093	14,891	0,694	2,269	26,819
0,760	3,167	15,160	0,774	3,426	13,555	0,713	2,478	20,749
0,780	3,545	13,757	0,792	3,819	12,525	0,731	2,716	17,527
0,800	4,000	12,683	0,811	4,288	11,698	0,749	2,989	15,453

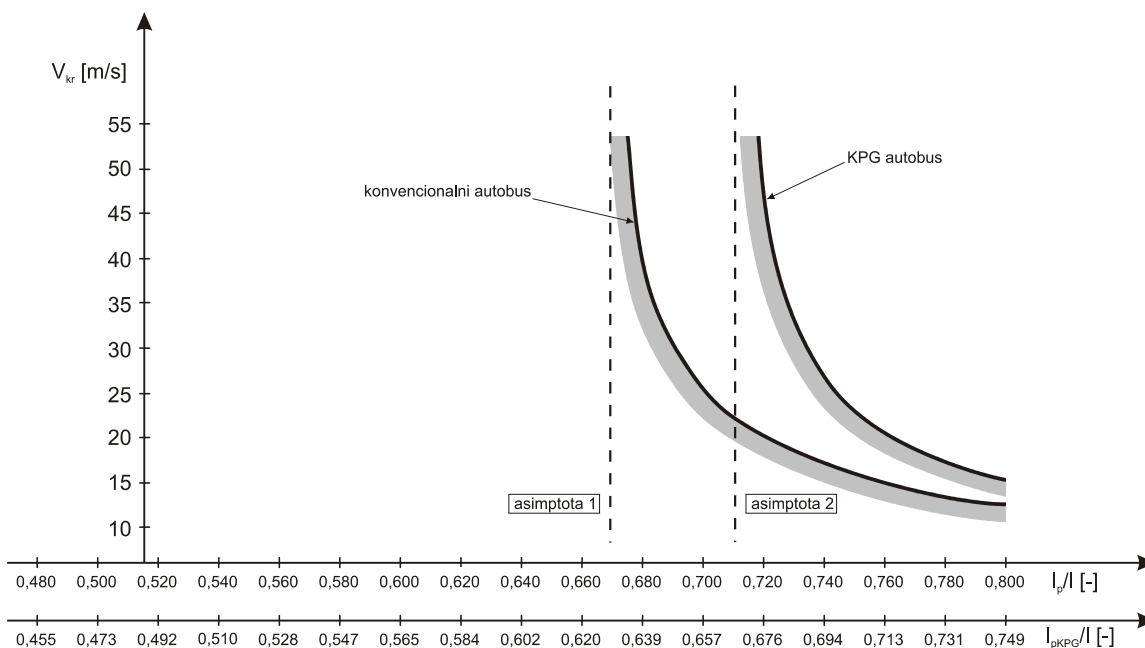
**Slika 4.7.** Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_0$, gas pozadi)



Slika 4.8. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)



Slika 4.9. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (pun autobus, $M=M_p$, gas pozadi)



Slika 4.10. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (pun autobus, $M=M_p$, gas napred)

4.1.3 Analiza rezultata

Diferencijalne jednačine date u tački 4.1.1 opisuju ravnomerno kretanje autobusa u krivini i po pravcu bez pojave delimičnog ili čistog klizanja i proklizavanja u bilo kom pravcu.

Uslov stabilnog kretanja dat je u odnosu na definisanost i veličinu kritičnih brzina V_{kr1} [4.67] i V_{kr2} [4.68] u slučajevima kada se baterija za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi odnosno napred, tj.:

$$V_{kr1} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot K_{\delta z} \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - K_{\delta z} \cdot l_z) + G_{KPG} (K_{\delta p} \cdot l - x_1 \cdot (K_{\delta p} + K_{\delta z}))}}$$

$$V_{kr2} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot K_{\delta z} \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - K_{\delta z} \cdot l_z) + G_{KPG} (x_2 \cdot (K_{\delta p} + K_{\delta z}) - K_{\delta p} \cdot l)}}$$

Prema dijagramima prikazanim na slikama (Slika 4.7, Slika 4.8, Slika 4.90 i Slika 4.10), granice stabilne zone određene su zavisnošću kritične brzine od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa dobijenih prema lokaciji KPG rezervoara u sklopu autobusa i iskorišćenja kapaciteta autobusa.

U prvom slučaju (Slika 4.7) kada su KPG rezervoari smešteni na krovu autobusa (prazan autobus) u zadnjem delu, oni negativno utiču na stabilnost kretanja. Kritična brzina je beskonačno velika za vrednost $l_p/l_{KPG}=0,667$, što u odnosu na vrednost l_p/l konvencionalnog autobusa ukazuje da je negativna vrednost potkorene veličine prisutna za manji opseg vrednosti l_p/l konvencionalnog autobusa tj. od 0,400 do 0,624. U početnom slučaju kada vozilo nije opremljeno KPG opremom taj opseg je u granicama od 0,400 do 0,667.

Sa desne strane asimptote 1 i asimptote 2 (Slika 4.7) za obe koncepcije autobusa kritična brzina ima konačne vrednosti. Svakako da su vrednosti definisane krivom $V_{kr}=f(l_p/l)$ u slučaju KPG autobusa manje od odgovarajućih vrednosti konvencionalnog autobusa pošto se date funkcije ne seku pa su i veličine V_{kr} za KPG autobus manje.

Uticao gasne opreme na položaj težišta u odnosu na prednju osovinu je takav da je primena KPG ograničena za konvencionalne autobuse svih kategorija kod kojih je $l_p/l_{max}=0,780$ jer se instalacijom KPG rezervoara na zadnjem delu krova autobusa tada opterećenje prednje osovine smanjuje ispod 20 % ukupnog opterećenja autobusa. Ovo ukazuje da je i sa desne strane asimptote 2 (Slika 4.7) stabilnom zonom obuhvaćen manji opseg odnosa l_p/l konvencionalnog autobusa tj. od 0,667 do 0,780.

Prema slici (Slika 4.8), smeštanje KPG rezervoara na krovu autobusa u prednjem delu uzrokuje povoljnije efekte po pitanju stabilnosti u odnosu na konvencionalni autobus. S` obzirom da su krive zavisnosti $V_{kr}=f(l_p/l)$ više među sobom udaljene nego u prethodnom slučaju time su i pozitivne posledice više izražene nego negativne vezano za smeštaj rezervoara u zadnjem delu autobusa. Za opseg vrednosti l_p/l KPG autobusa od 0,400 do 0,667 kretanje je stabilno jer je ispunjen uslov (izraz [4.66]). Intenzitet pozitivnih posledica (a u odnosu na moguću primenu KPG za pogon autobusa) može se sagledati prema vrednostima l_p/l konvencionalnog autobusa.

Vrednosti l_p/l KPG autobusa levo od asimptote 2 na slici (Slika 4.8) (stabilna zona u slučaju negativne vrednosti potkorene veličine u izrazu za V_{kr2}) odgovaraju vrednostima l_p/l konvencionalnog autobusa koje se kreću u granicama od 0,400 do 0,748 dok su vrednosti u ostala tri slučaja (praznog vozila):

- asimptota 1 (Slika 4.7), konvencionalni autobus, $l_p/l_{max}=0,667$
- asimptota 1 (Slika 4.8), konvencionalni autobus, $l_p/l_{max}=0,667$
- asimptota 2 (Slika 4.7), KPG autobus, KPG nazad, $l_p/l_{max}=0,624$

Zavisnost kritične brzine od konstrukcionih karakteristika kod maksimalno opterećenog autobusa prikazana je na slikama (Slika 4.9 i Slika 4.10). Sve što je navedeno u napred navedenom tekstu ove tačke važi i u ovim slučajevima. Dodatno se uočava uticaj povećanja mase (ukupne mase obe koncepcije autobusa) na smanjenje vrednosti kritične brzine za ceo opseg l_p/l konvencionalnog autobusa od 0,400 do 0,800, što znači da se izražena suvišna upravljivost autobusa postiže za manje vrednosti brzina što je nepovoljno sa aspekta stabilnog upravljanja pošto se smanjivanjem poluprečnika zakretanja povećava centrifugalna sila a time dalje povećava povodjenje.

Sve krive su takođe bliže jedna drugoj usled smanjenog procentualnog učešća mase KPG rezervoara u ukupnoj masi maksimalno opterećenih autobusa pa je samim tim i uticaj instalacije za prirodni gas manji na ponašanje autobusa pri kretanju.

4.2. Stabilnost pri kočenju KPG autobusa

U osnovne parametre aktivne bezbednosti vozila ubraja se kočni sistem sa njegovim karakteristikama efikasnosti i pouzdanosti. Sistem za kočenje znatno utiče na mogućnost pojave saobraćajne nezgode. U cilju povećanja bezbednosti vozila sistem za kočenje bi trebalo da ima visoke kvalitete u pogledu efikasnosti kako bi se obezbedilo što manji zaustavni put, a zatim i visoku pouzdanost rada da bi se obezbedilo sigurno i stabilno kočenje vozila u svakom periodu vremena.

Takođe u pogledu bezbednosti veoma bitna karakteristika je adaptivnost kočionog sistema, tj. njegova prilagodljivost prema različitim uslovima opterećenja pojedinih osovina i prema osobinama puta (prianjanje) (Lechner, 2000; Todorović, 1988). Zbog toga u sistem za kočenje se ugrađuju različite vrste automatskih uređaja za regulisanje sila kočenja koji imaju za cilj da u najvećem broju slučajeva spreče blokiranje točkova i time obezbede stabilnost i upravljivost pri kočenju. No i pored egzistiranja ovakvih uređaja u okviru prenosnog mehanizma kočnog sistema, nekada ne postoji povratna informacija (ili nije dovoljno "brza") o efektima ostvarene kontrole kočnih sila u okviru regulacionog kola pa do prekoračenja raspoloživog prianjanja može doći (Peters, G. i Peters, B., 2002). Tada točkovi blokiraju odnosno translatorno klizaju po putu. U ovakvim situacijama točak ima veoma malu sposobnost da obezbedi reakciju bilo kojem spoljnom poremećaju pa se vozilo koje se kreće sa blokiranim točkovima smatra nestabilnim.

Poremećajne ili perturbacione sile su stohastičkog karaktera pa se mogu javiti i u procesu kočenja. Izuzimajući njihov intenzitet iz razmatranja, posledice koje mogu da izazovu u smislu promene željene ili početne trajektorije centra mase vozila upravo su najveće pri procesu kočenja kada su točkovi pojedinih osovina ili svih osovina blokirani (ili na granici iskorišćenja maksimalnog raspoloživog prijanjanja u podužnom pravcu) i to u bočnom pravcu delovanja zbog najmanje rezerve raspoloživog prijanjanja (Karnopp, 2004; Seiffert i Wech, 2003; Seluga i ostali, 2009).

U okviru ovog dela rada vrši se proučavanje bočne stabilnosti kretanja kočenog autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na pravolinijskoj deonici puta sa bočno elastičnim točkovima za tri karakteristična slučaja:

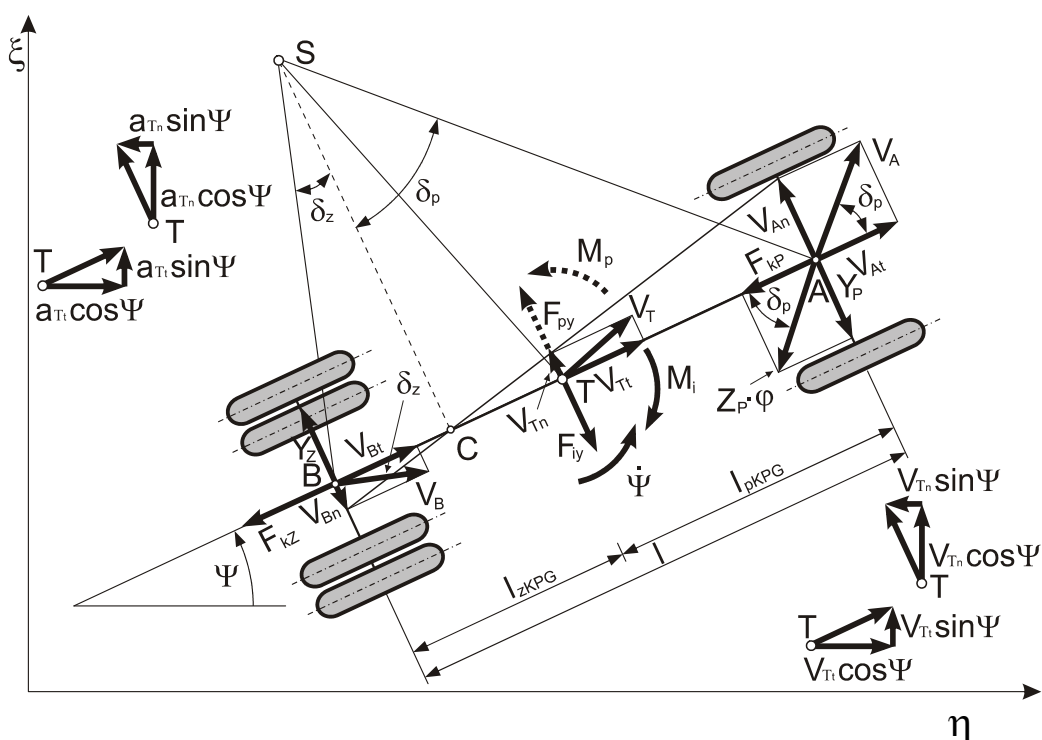
1. prilikom kočenja blokirani su točkovi zadnje osovine, dok su točkovi prednje osovine na granici prijanjanja ali nisu blokirali,
2. prilikom kočenja blokirani su točkovi prednje osovine, dok su točkovi zadnje osovine na granici prijanjanja ali nisu blokirali,
3. prilikom kočenja blokirani su točkovi obe osovine.

4.2.1. Diferencijalne jednačine kretanja

Diferencijalne jednačine kretanja koje opisuju kretanje autobusa u procesu kočenja sa blokiranim točkovima prednje, zadnje ili svih osovina izvode se prema posebnim modelima KPG autobusa, karakterističnim za svaki od ova tri slučaja. Zbog preglednosti, izvođenja su data samo za prvi slučaj tj. slučaj blokiranih točkova prednje osovine, dok su izvođenja za drugi i treći slučaj u punoj formi data u prilogu (Prilog 2) disertacije. Diferencijalne jednačine kretanja u konačnom obliku za sva tri slučaja date su ovom poglavlju.

4.2.1.1. Slučaj br. 1. - blokirani točkovi prednje osovine

Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, u slučaju kada su blokirani točkovi prednjeg mosta, prikazana je na slici (Slika 4.11).



Slika 4.11. Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani prednji t.

Projekcije brzina $V_{T\eta}$ i $V_{T\xi}$ date su izrazima [4.69] i [4.70]:

$$V_{T\eta} = V_{Tt} \cos \dot{\Psi} - V_{Tn} \sin \dot{\Psi} \quad [4.69]$$

$$V_{T\xi} = V_{Tt} \sin \dot{\Psi} + V_{Tn} \cos \dot{\Psi} \quad [4.70]$$

odnosno ubrzanja $a_{T\eta}$ i $a_{T\xi}$ [4.71] i [4.72]:

$$a_{T\eta} = \frac{dV_{T\eta}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \cos \Psi - V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \sin \Psi - \frac{dV_{Tn}}{dt} \sin \Psi - V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \cos \Psi \quad [4.71]$$

$$a_{T\xi} = \frac{dV_{T\xi}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \sin \Psi + V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \cos \Psi + \frac{dV_{Tn}}{dt} \cos \Psi - V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \sin \Psi \quad [4.72]$$

ili [4.73] i [4.74]:

$$a_{T\eta} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} - V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \cos \Psi - \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \sin \Psi \quad [4.73]$$

$$a_{T\xi} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} - V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \sin \Psi + \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \cos \Psi \quad [4.74]$$

Projekcije ubrzanja težišta autobusa u podužnom i poprečnom pravcu ($a_{T\eta}$ i $a_{T\xi}$) date su izrazima [4.75] i [4.76]:

$$a_{T\eta} = a_{Tt} \cos\Psi - a_{Tn} \sin\Psi \quad [4.75]$$

$$a_{T\xi} = a_{Tt} \sin\Psi + a_{Tn} \cos\Psi \quad [4.76]$$

Na osnovu [4.73], [4.74], [4.75] i [4.76] dobijaju se sledeće jednačine [4.77] i [4.78]:

$$a_{Tt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} - V_{Tn} \cdot \dot{\Psi} \quad [4.77]$$

$$a_{Tn} = V_{Tt} \cdot \dot{\Psi} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \quad [4.78]$$

Sile inercije u podužnom i poprečnom pravcu F_{ix} i F_{iy} [4.79] i [4.80]:

$$F_{ix} = m \cdot a_{Tt} = m \cdot \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} - V_{Tn} \cdot \dot{\Psi} \right) \quad [4.79]$$

$$F_{iy} = m \cdot a_{Tn} = m \cdot \left(V_{Tt} \cdot \dot{\Psi} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.80]$$

Na osnovu Dalamberovog principa za vertikalne ose koje prolaze kroz tačku A i tačku B a prema slici (Slika 4.11) dobijaju se jednačina ravnoteže u obliku [4.81] i [4.82]:

$$\sum M^A = 0 \quad Y_z \cdot l - F_{iy} \cdot l_{pKPG} + M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_z = \frac{F_{iy} \cdot l_{pKPG} - M_{iz}}{l} \quad [4.81]$$

$$\sum M^B = 0 \quad Y_p \cdot l + F_{iy} \cdot l_{zKPG} + M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_p = \frac{-F_{iy} \cdot l_{zKPG} - M_{iz}}{l} \quad [4.82]$$

gde je M_{iz} , inercioni moment [4.83]:

$$M_{iz} = I_{iz} \cdot \frac{d\dot{\Psi}}{dt} = m \cdot \rho_z^2 \cdot \frac{d\dot{\Psi}}{dt} \quad [4.83]$$

Bočna reakcija u slučaju blokiranih točkova prednje osovine biće [4.84] i [4.85]:

$$Y_p = Z_p \cdot \varphi \cdot \delta_p \quad [4.84]$$

dok je bočna reakcija na zadnjoj osovini:

$$Y_z = K_{\delta} \cdot \delta_z \quad [4.85]$$

Uglovi povodenja δ_p i δ_z izražavaju se pomoću normalne i podužne komponente brzine težišta autobusa V_{Tn} i V_{Tt} i ugaone brzine $\dot{\Psi}$.

Sa slike (Slika 4.11) može se uočiti [4.86], [4.87] i [4.88]:

$$\frac{V_{An}}{V_A} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AS}} \quad [4.86]$$

$$V_{An} = \frac{V_A}{AS} \cdot \overline{AC} = \dot{\Psi} \cdot \overline{AC} = \dot{\Psi} \cdot (l_{pKPG} + \overline{CT}) = \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V_{Tn} \quad [4.87]$$

i

$$V_{Bn} = \frac{V_B}{BS} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot (l_{zKPG} - \overline{CT}) = \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} - V_{Tn} \quad [4.88]$$

Kako je [4.89]:

$$\operatorname{tg} \delta_p = \frac{V_{An}}{V_{At}} \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_z = \frac{V_{Bn}}{V_{Bt}} \quad [4.89]$$

sledi [4.90]:

$$\operatorname{tg} \delta_p = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V_{Tn}}{V_{At}} \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} - V_{Tn}}{V_{Bt}} \quad [4.90]$$

Zbog malih vrednosti uglova, mogu se uvesti aproksimacije [4.91]:

$$\operatorname{tg} \delta_z \approx \delta_z \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_p \approx \delta_p \quad [4.91]$$

pa će biti [4.92] i [4.93]:

$$\delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} - V_{Tn}}{V_{Bt}} \quad [4.92]$$

$$\delta_p = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V_{Tn}}{V_{At}} \quad [4.93]$$

jer je [4.94]:

$$V_{At} = V_{Bt} = V_{Tt} = V \quad [4.94]$$

Bočne reakcije se mogu izraziti [4.95] i [4.96]:

$$Y_p = Z_p \cdot \varphi \cdot \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V_{Tn}}{V} \quad [4.95]$$

$$Y_z = K_{\tilde{\alpha}} \cdot \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} - V_{Tn}}{V} \quad [4.96]$$

Na osnovu ravnoteža sila ($\Sigma Y=0$) dobija se [4.97]:

$$Y_z - Y_p = F_{iy} \quad [4.97]$$

na osnovu izraza [4.80] i [4.97] sledi [4.98]:

$$Y_z - Y_p = m \cdot \left(V \cdot \dot{\Psi} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.98]$$

Ukoliko se zamene jednačine [4.95] i [4.96] u [4.98] biće [4.99]:

$$K_{\tilde{\alpha}} \cdot \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} - V_{Tn}}{V} - Z_p \cdot \varphi \cdot \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{pKPG} + V_{Tn}}{V} = m \cdot \left(V \cdot \dot{\Psi} + \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [4.99]$$

ili u obliku [4.100]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} + \frac{K_{\tilde{\alpha}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} - \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot l_{zKPG}}{m \cdot V} \dot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot l_{pKPG}}{m \cdot V} \dot{\Psi} + V \cdot \dot{\Psi} = 0 \quad [4.100]$$

Iz uslova ravnoteže (jednačine [4.81] i [4.82]) i uz aproksimaciju $\cos\theta \approx 1$, dobija se [4.101]:

$$-Y_p \cdot l_{pKPG} - Y_z \cdot l_{zKPG} = M_{iz} \quad [4.101]$$

pa će biti [4.102]:

$$\dot{\Psi} \cdot I_i + \dot{\Psi} \cdot \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot l_{zKPG}^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot l_{pKPG}^2}{V} = V_{Tn} \cdot \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot l_{zKPG} - Z_p \cdot \varphi \cdot l_{pKPG}}{V} \quad [4.102]$$

Jednačine [4.100] i [4.102], uz [3.8], [3.9], [3.10] i [3.11], se mogu napisati u obliku:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.103] i [4.104]:

$$\begin{aligned} \frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{m \cdot V \cdot G_u} - V \right) \cdot \dot{\Psi} + \\ + \frac{K_{\tilde{\alpha}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \end{aligned} \quad [4.103]$$

$$\begin{aligned} \ddot{\Psi} + \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \\ - \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \end{aligned} \quad [4.104]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.105] i [4.106]:

$$\begin{aligned} \frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{m \cdot V \cdot G_u} - V \right) \cdot \dot{\Psi} + \\ + \frac{K_{\tilde{\alpha}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \end{aligned} \quad [4.105]$$

$$\begin{aligned} \ddot{\Psi} + \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \\ - \frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \end{aligned} \quad [4.106]$$

Prema jednačinama [4.103], [4.104], [4.105] i [4.106] konstantni članovi su:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.107], [4.108], [4.109] i [4.110]:

$$\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.107]$$

$$\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.108]$$

$$\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{m \cdot V \cdot G_u} - V = C \quad [4.109]$$

$$\frac{K_{\tilde{\alpha}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.110]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.111], [4.112], [4.113] i [4.114]:

$$\frac{K_{\tilde{x}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.111]$$

$$\frac{K_{\tilde{x}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.112]$$

$$\frac{K_{\tilde{x}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{m \cdot V \cdot G_u} - V = C \quad [4.113]$$

$$\frac{K_{\tilde{x}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.114]$$

Potrebni i dovoljni uslovi stabilnog kretanja su:

$$A + D > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.115]:

$$\frac{K_{\tilde{x}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\tilde{x}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.115]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.116]:

$$\frac{K_{\tilde{x}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\tilde{x}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.116]$$

Imajući u vidu da je l uvek veće od x_1 i x_2 , nejednakosti [4.115] i [4.116] su uvek zadovoljene. U slučaju uslova:

$$A \cdot D - B \cdot C > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.117]:

$$\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\ddot{z}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} -$$

$$\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \quad [4.117]$$

$$\left(\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))}{m \cdot V \cdot G_u} - V \right) > 0$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.118]:

$$\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2 + Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2}{I_i \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\ddot{z}} + Z_p \cdot \varphi}{m \cdot V} -$$

$$\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{I_i \cdot V \cdot G_u} \quad [4.118]$$

$$\left(\frac{K_{\ddot{z}} \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) - Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)}{m \cdot V \cdot G_u} - V \right) > 0$$

Prema izrazima [4.117] i [4.118], kriterijumi stabilnosti u analitičkoj formi mogu se napisati:

- za uslov $A+D>0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred respektivno:

$$l - x_1 > 0 \text{ i } l - x_2 > 0 \quad \text{nejednakost uvek zadovoljena}$$

kretanje autobusa je stabilno

- za uslov $A \cdot D - B \cdot C > 0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred:

$$V < V_{kr}, \quad \textbf{kretanje vozila je stabilno}$$

$$V > V_{kr}, \quad \textbf{kretanje vozila je nestabilno}$$

$$V = V_{kr}, \quad \textbf{stanje labilne ravnoteže}$$

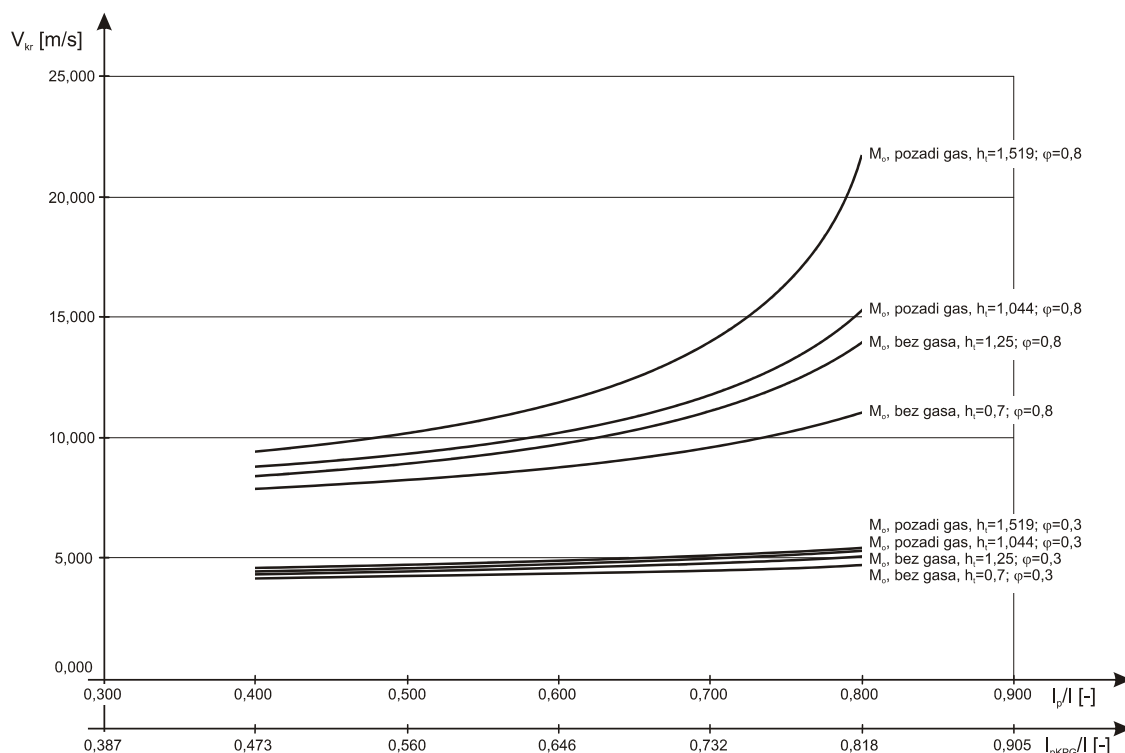
Na osnovu [4.117] i [4.118], izrazi za kritične brzine u slučaju da je baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi V_{kr3} ili napred V_{kr4} su [4.119] i [4.120]:

$$V_{kr3} = \sqrt{\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot Z_p \cdot \varphi \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\tilde{\alpha}} \cdot l_z - Z_p \cdot \varphi \cdot l_p) + G_{KPG} (K_{\tilde{\alpha}} \cdot x_1 + Z_p \cdot \varphi \cdot x_1 - Z_p \cdot \varphi \cdot l)}} \quad [4.119]$$

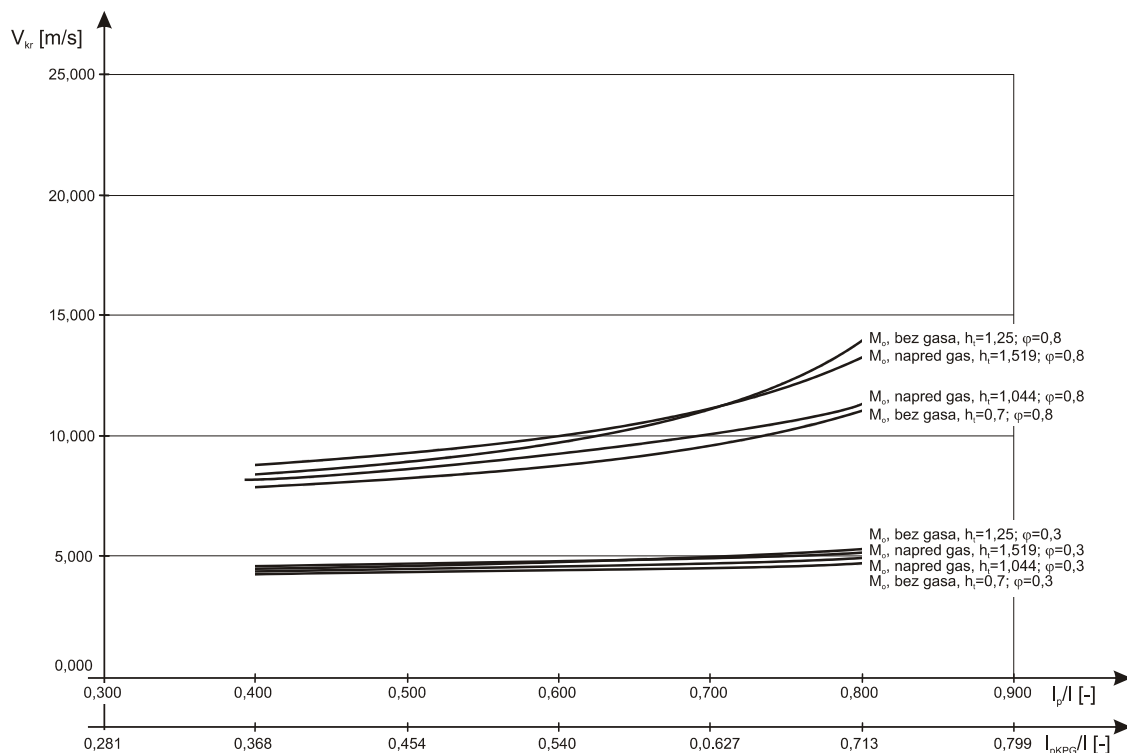
$$V_{kr4} = \sqrt{\frac{K_{\tilde{\alpha}} \cdot Z_p \cdot \varphi \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\tilde{\alpha}} \cdot l_z - Z_p \cdot \varphi \cdot l_p) + G_{KPG} (K_{\tilde{\alpha}} \cdot l - K_{\tilde{\alpha}} \cdot x_2 - Z_p \cdot \varphi \cdot x_2)}} \quad [4.120]$$

4.2.1.2. Proračun kritične brzine

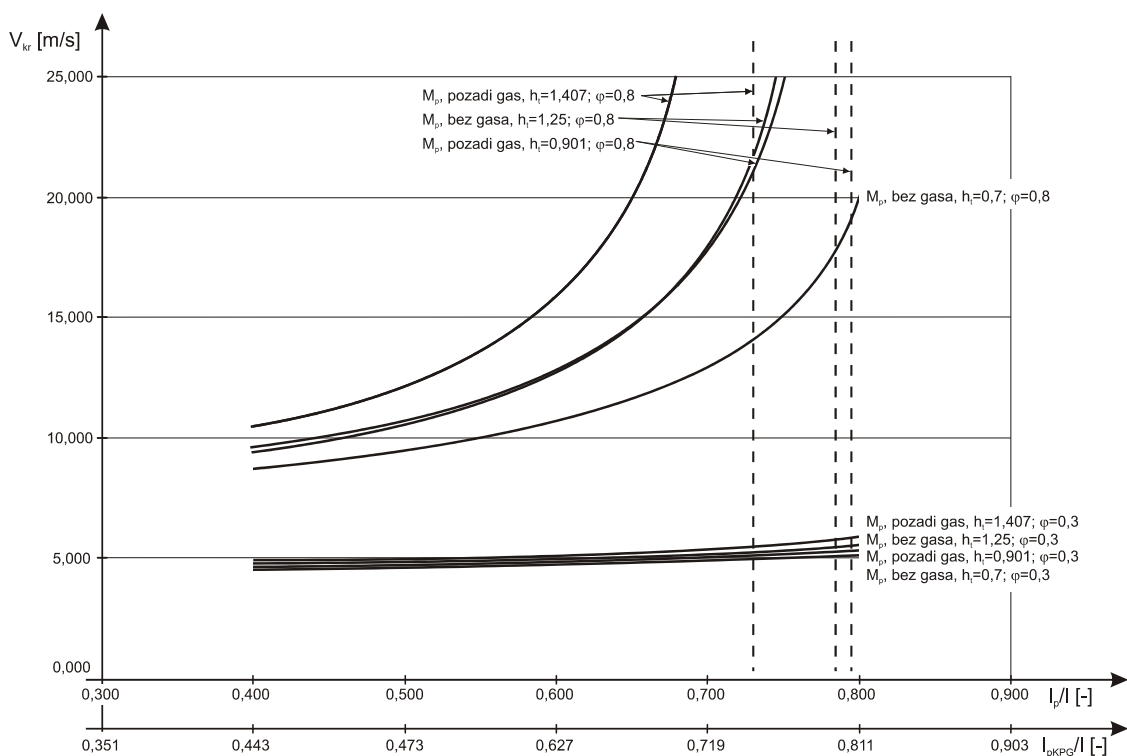
Dijagrami zavisnosti kritičnih brzina V_{kr3} i V_{kr4} od konstrukcionih karakteristika autobusa i uslova eksploatacije dati su na slikama (Slika 4.12, Slika 4.13, Slika 4.14 i Slika 4.15). Detaljan prikaz izračunavanja dat je u prilogu (Prilog3: Tabela P3.1, Tabela P3.2, Tabela P3.3 i Tabela P3.4)



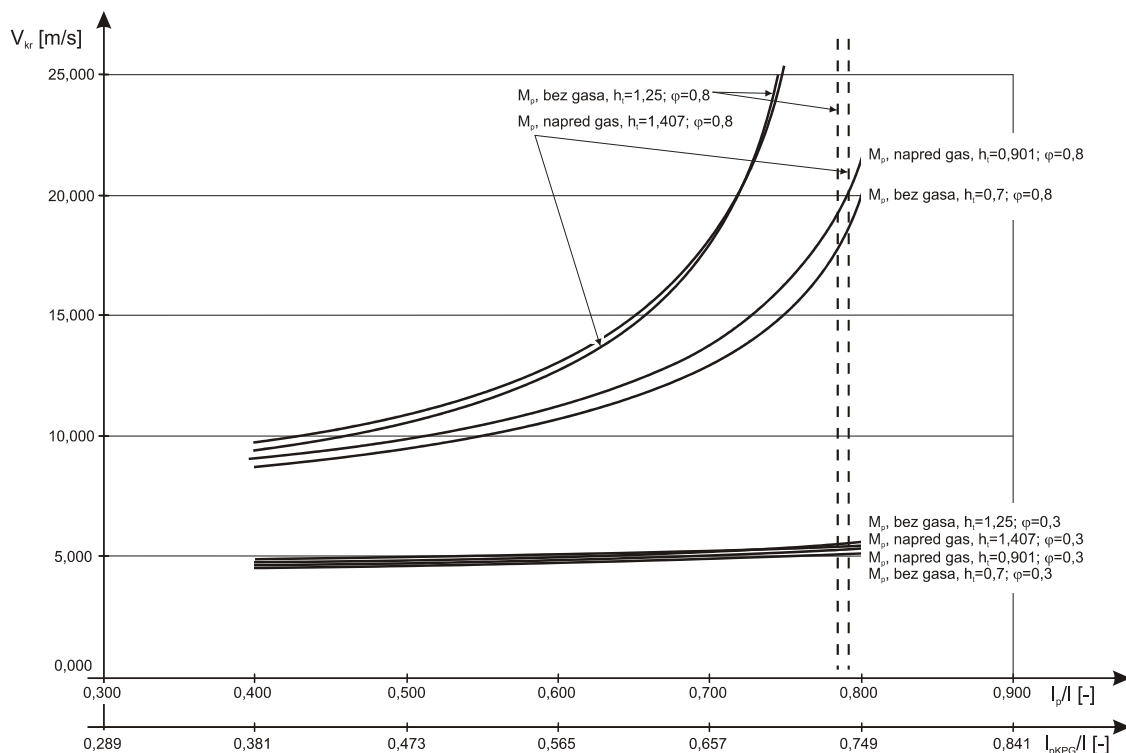
Slika 4.12. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)



Slika 4.13. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)



Slika 4.14. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)



Slika 4.15. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)

4.2.1.3. Slučaj br. 2. - blokirani točkovi zadnje osovine

Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja na osnovu kinematsko dinamičke šeme KPG autobusa (Slika 4.16) dato je u prilogu (Prilog 2), dok su u konačnom obliku date izrazima:

ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.121] i [4.122]:

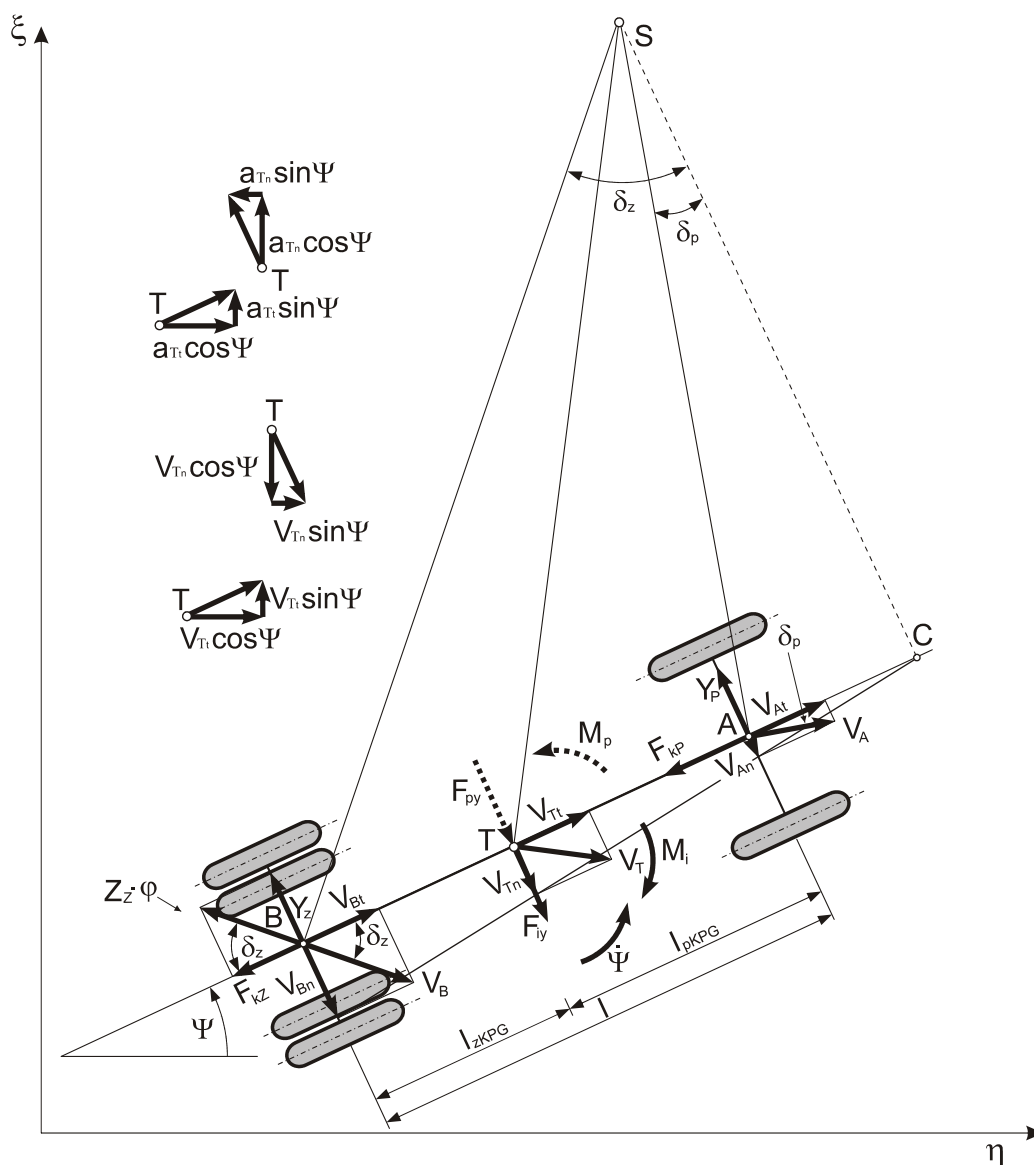
$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\delta\varphi} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta\varphi} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.121]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta\varphi} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_i \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{K_{\delta\varphi} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_i \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.122]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.123] i [4.124]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2)) + V}{m \cdot V \cdot G_u} \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.123]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_i \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_i \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.124]$$



Slika 4.16. Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani zadnji točkovi

Uz $V \approx \text{const}$ u jednačinama [4.121], [4.122], [4.123] i [4.124], konstantni članovi su:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi biće [4.125], [4.126], [4.127] i [4.128]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.125]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.126]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.127]$$

$$\frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.128]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.129] i [4.130] [4.131] i [4.132]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.129]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.130]$$

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.131]$$

$$\frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.132]$$

Zamenom vrednosti za konstante A, B, C i D, potreban i dovoljan uslov stabilnog kretanja dobija oblik za:

$$A + D > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.133]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.133]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.134]:

$$\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.134]$$

Kako su vrednosti svih fizičkih veličina u izrazima [4.133] i [4.134] uvek veće od nule i uz činjenicu da je l uvek veće od x_1 i x_2 , nejednakost je uvek zadovoljena. U slučaju uslova

$$A \cdot D - B \cdot C > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.135]:

$$\begin{aligned} & \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot \\ & \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned} \quad [4.135]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.136]:

$$\begin{aligned} & \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_i \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \\ & - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_i \cdot V \cdot G_u} \cdot \\ & \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned} \quad [4.136]$$

Prema izrazima [4.133], [4.134], [4.135] i [4.136] kriterijumi stabilnosti u analitičkoj formi mogu se napisati:

- za uslov $A+D>0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred respektivno:

$$l - x_1 > 0 \text{ i } l - x_2 > 0$$

nejednakost uvek zadovoljena

kretanje autobusa je stabilno

- za uslov $A \cdot D - B \cdot C > 0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred:

$$V < V_{kr}$$

kretanje vozila je stabilno

$$V > V_{kr},$$

kretanje vozila je nestabilno

$$V = V_{kr},$$

stanje labilne ravnoteže

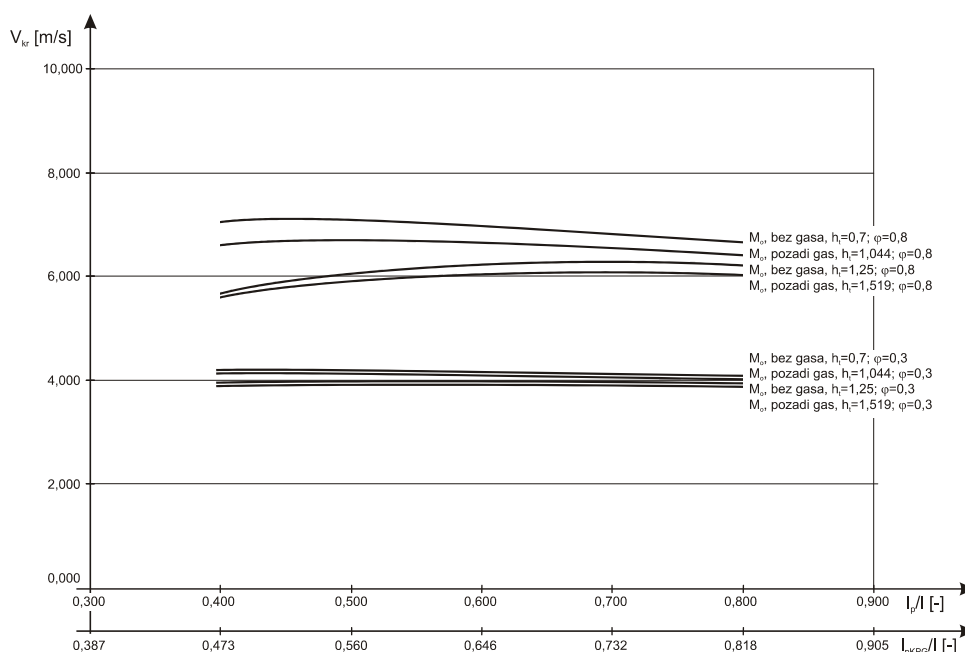
Na osnovu [4.135] i [4.136], izrazi za kritične brzine u slučaju da je baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi V_{kr5} ili napred V_{kr6} su [4.137] i [4.138]:

$$V_{kr5} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot Z_z \cdot \varphi \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - Z_z \cdot \varphi \cdot l_z) + G_{KPG} (K_{\delta p} \cdot l - K_{\delta p} \cdot x_1 - Z_z \cdot \varphi \cdot x_1)}} \quad [4.137]$$

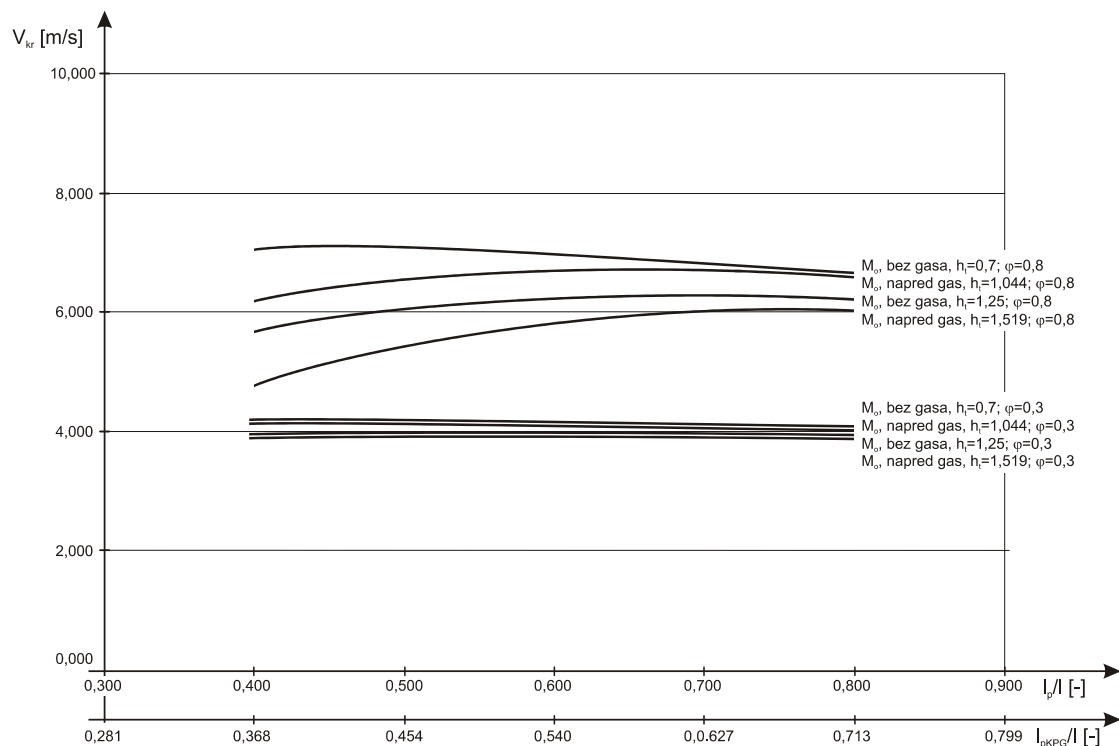
$$V_{kr6} = \sqrt{\frac{K_{\delta p} \cdot Z_z \cdot \varphi \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (K_{\delta p} \cdot l_p - Z_z \cdot \varphi \cdot l_z) + G_{KPG} (K_{\delta p} \cdot x_2 - Z_z \cdot \varphi \cdot l - Z_z \cdot \varphi \cdot x_2)}} \quad [4.138]$$

4.2.1.4. Proračun kritične brzine

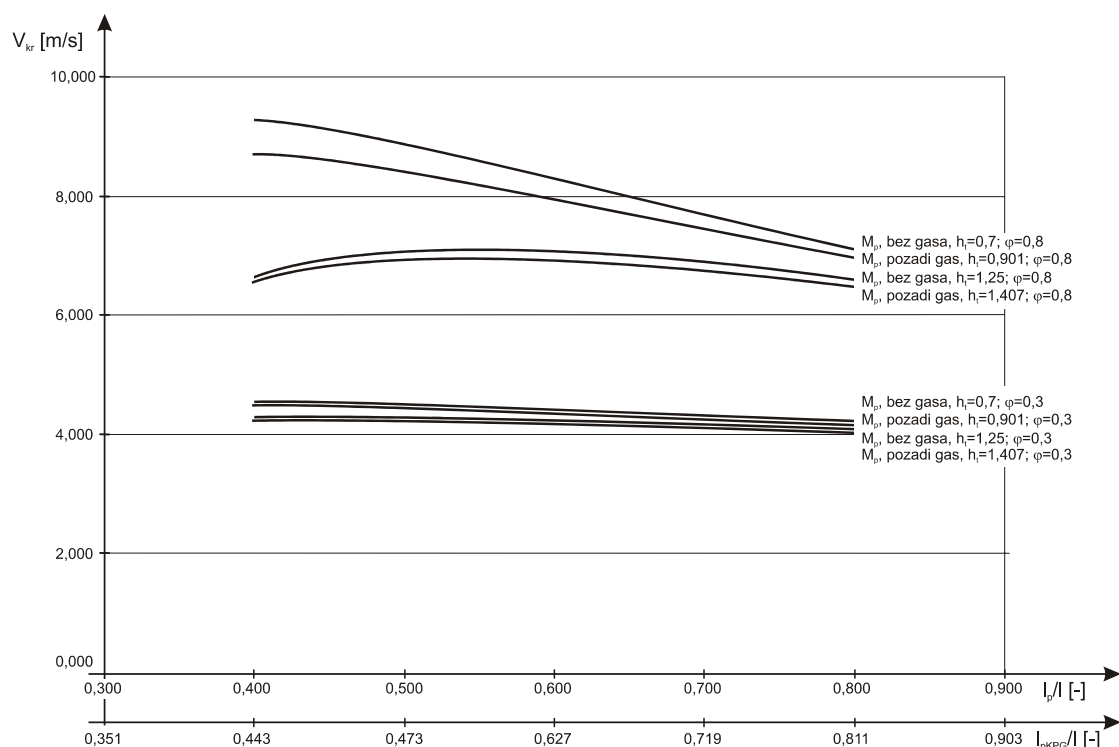
Prikaz dijagrama zavisnosti kritične brzine od konstrukcionih karakteristika i eksploatacionih uslova dat je na slikama (Slika 4.17, Slika 4.18, Slika 4.19 i Slika 4.20). Proračun je dat u prilogu (Prilog 3: Tabela P3.5, Tabela P3.6, Tabela P3.7 i Tabela P3.8).



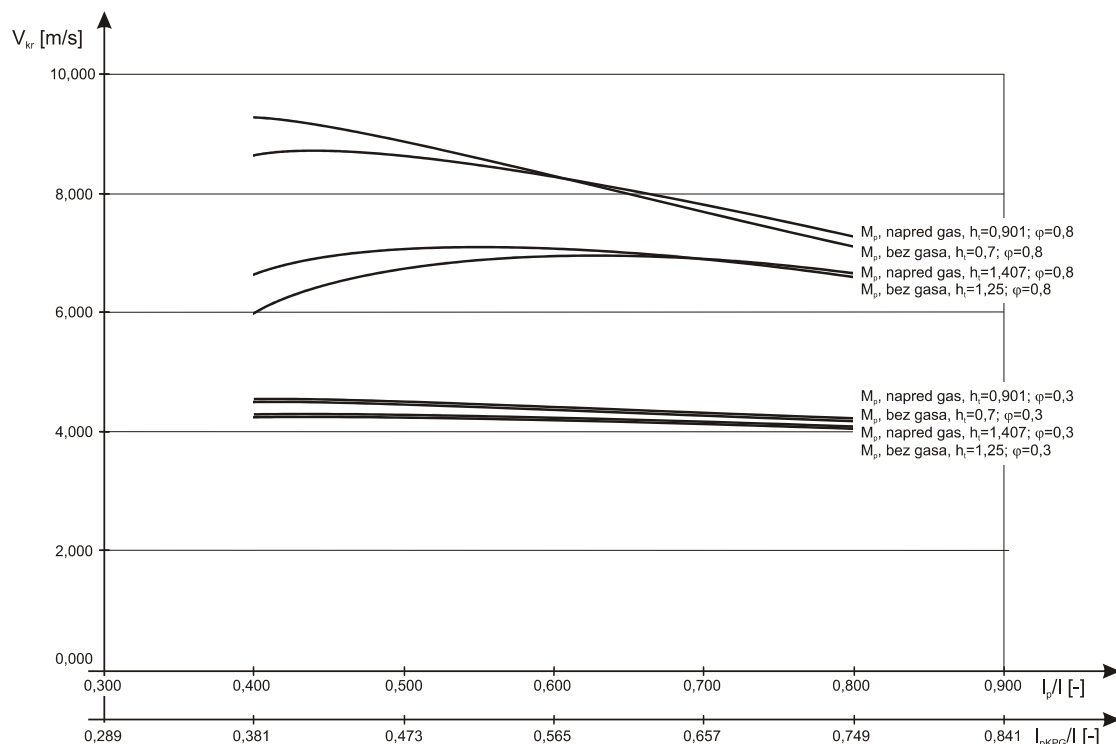
Slika 4.17. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)



Slika 4.18. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas napred)



Slika 4.19. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)



Slika 4.20. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)

4.2.1.5. Slučaj br. 3. - blokirani točkovi obe osovine

Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja na osnovu kinematsko dinamičke šeme modela KPG autobusa (Slika 4.21) dato je u prilogu (Prilog 2), dok su u konačnom obliku date izrazima:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.139] i [4.140]:

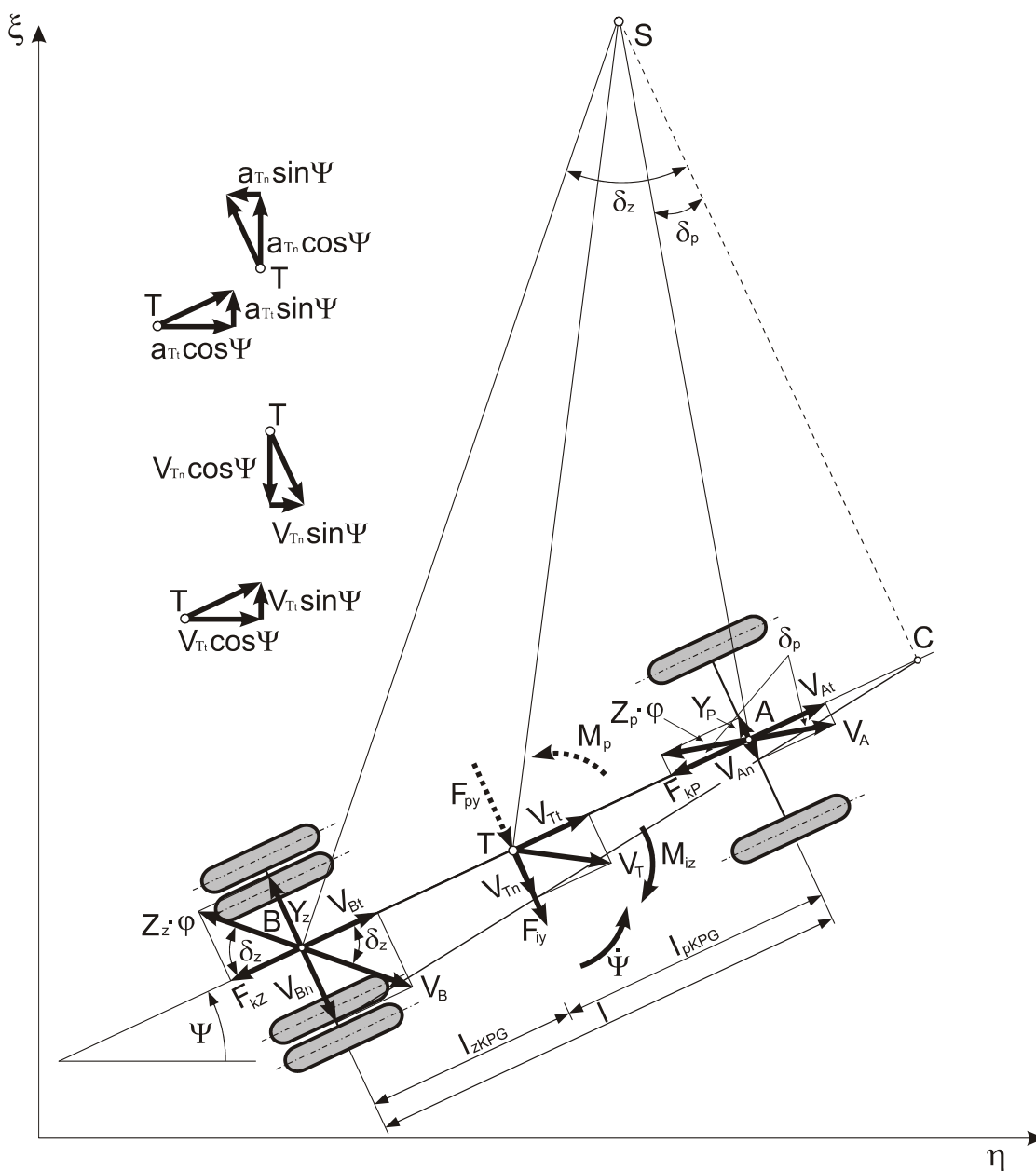
$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.139]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.140]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.141] i [4.142]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.141]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [4.142]$$



Slika 4.21. Kinematsko dinamička šema modela KPG autobusa, blokirani svi točkovi

Uz $V \approx \text{const}$ u jednačinama [4.139], [4.140], [4.141] i [4.142] konstantni članovi su:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.143], [4.144], [4.145] i [4.146]:

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.143]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.144]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.145]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.146]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.147], [4.148], [4.149] i [4.150]:

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} = A \quad [4.147]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} = B \quad [4.148]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V = C \quad [4.149]$$

$$\frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} = D \quad [4.150]$$

Zamenom vrednosti za konstante A, B, C i D, potreban i dovoljan uslov stabilnog kretanja dobija oblik:

$$A + D > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.151]:

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.151]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.152]:

$$\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} > 0 \quad [4.152]$$

Kako su vrednosti svih fizičkih veličina u izrazu [4.151] i [4.152] uvek veće od nule i uz činjenicu da je l uvek veće od x_1 i x_2 , nejednakost je uvek zadovoljena. U slučaju uslova:

$$A \cdot D - B \cdot C > 0 \quad \Rightarrow$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [4.153]:

$$\begin{aligned} & \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} - \\ & \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \quad [4.153] \\ & \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned}$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [4.154]:

$$\begin{aligned} & \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} - \\ & \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \quad [4.154] \\ & \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) > 0 \end{aligned}$$

Prema izrazima [4.151], [4.152], [4.153] i [4.154] kriterijumi stabilnosti u analitičkoj formi mogu se napisati:

- za uslov $A+D>0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred respektivno:

$$l - x_1 > 0 \text{ i } l - x_2 > 0$$

nejednakost uvek zadovoljena

kretanje autobusa je stabilno

- za uslov $A \cdot D - B \cdot C > 0$, kada se baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi ili napred:

$$V < V_{kr7},$$

kretanje vozila je stabilno

$$V > V_{kr7},$$

kretanje vozila je nestabilno

$$V = V_{kr7},$$

stanje labilne ravnoteže

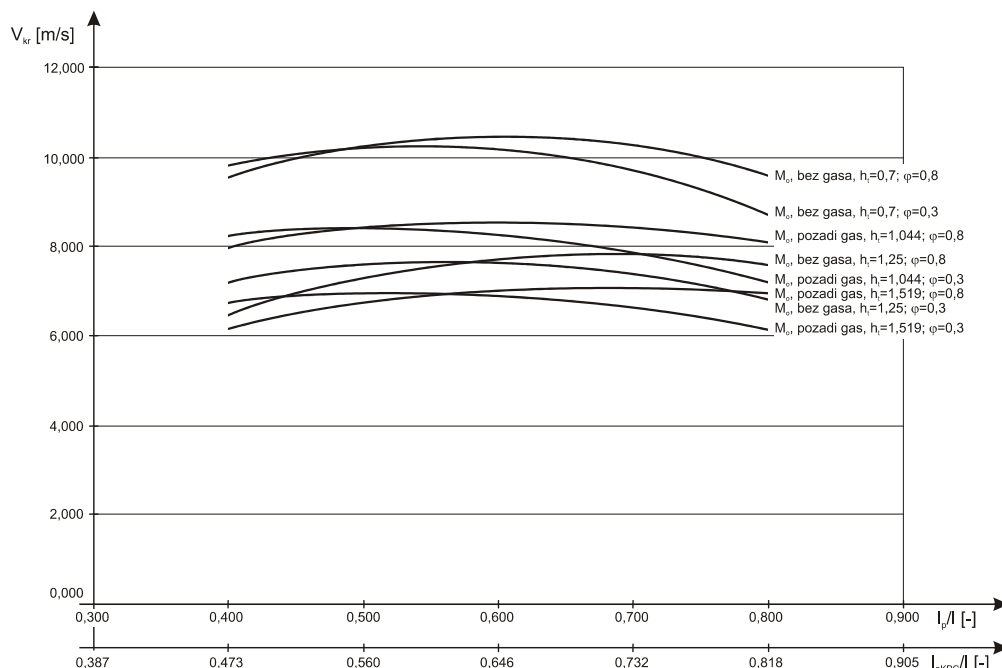
Na osnovu [4.153] i [4.154], izrazi za kritične brzine u slučaju da je baterija sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas nalazi pozadi V_{kr7} ili napred V_{kr8} su [4.155] i [4.156]:

$$V_{kr7} = \sqrt{\frac{Z_p \cdot Z_z \cdot \varphi^2 \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (Z_p \cdot \varphi \cdot l_p - Z_z \cdot \varphi \cdot l_z) + G_{KPG} (Z_p \cdot \varphi \cdot l - Z_p \cdot \varphi \cdot x_1 - Z_z \cdot \varphi \cdot x_1)}} \quad [4.155]$$

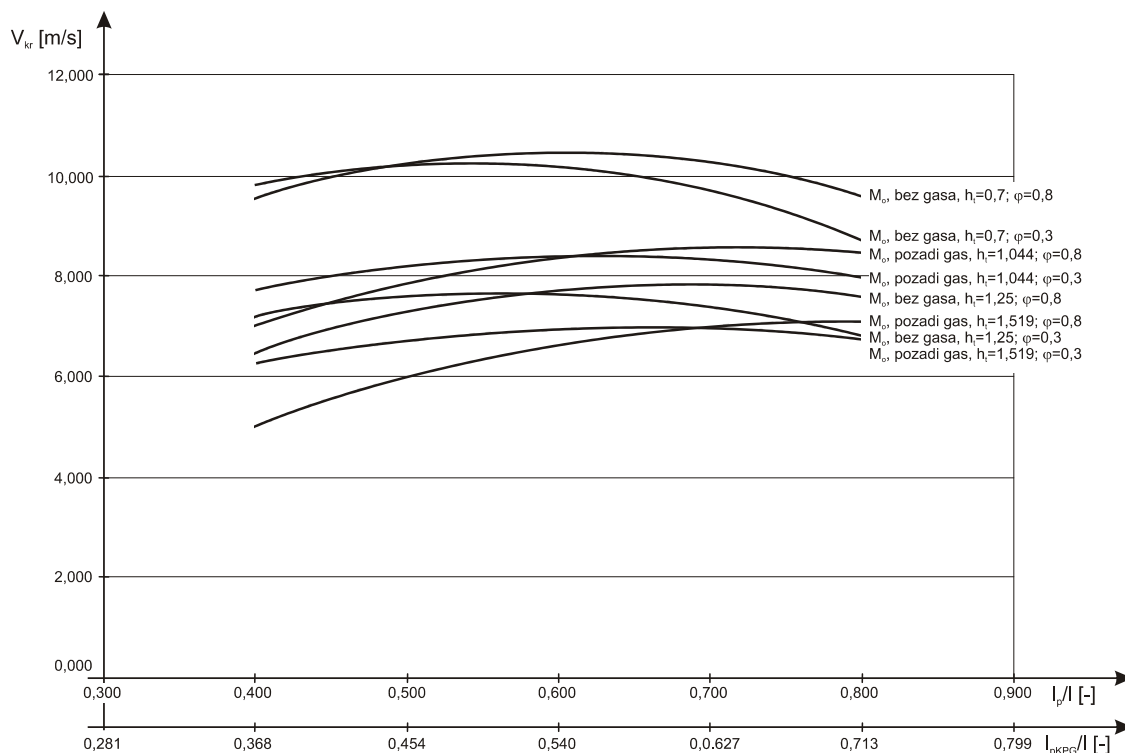
$$V_{kr6} = \sqrt{\frac{Z_p \cdot Z_z \cdot \varphi^2 \cdot l^2 \cdot g}{G_A \cdot (Z_p \cdot \varphi \cdot l_p - Z_z \cdot \varphi \cdot l_z) + G_{KPG} (Z_p \cdot \varphi \cdot x_2 - Z_z \cdot \varphi \cdot l - Z_z \cdot \varphi \cdot x_2)}} \quad [4.156]$$

4.2.1.6. Proračun kritične brzine

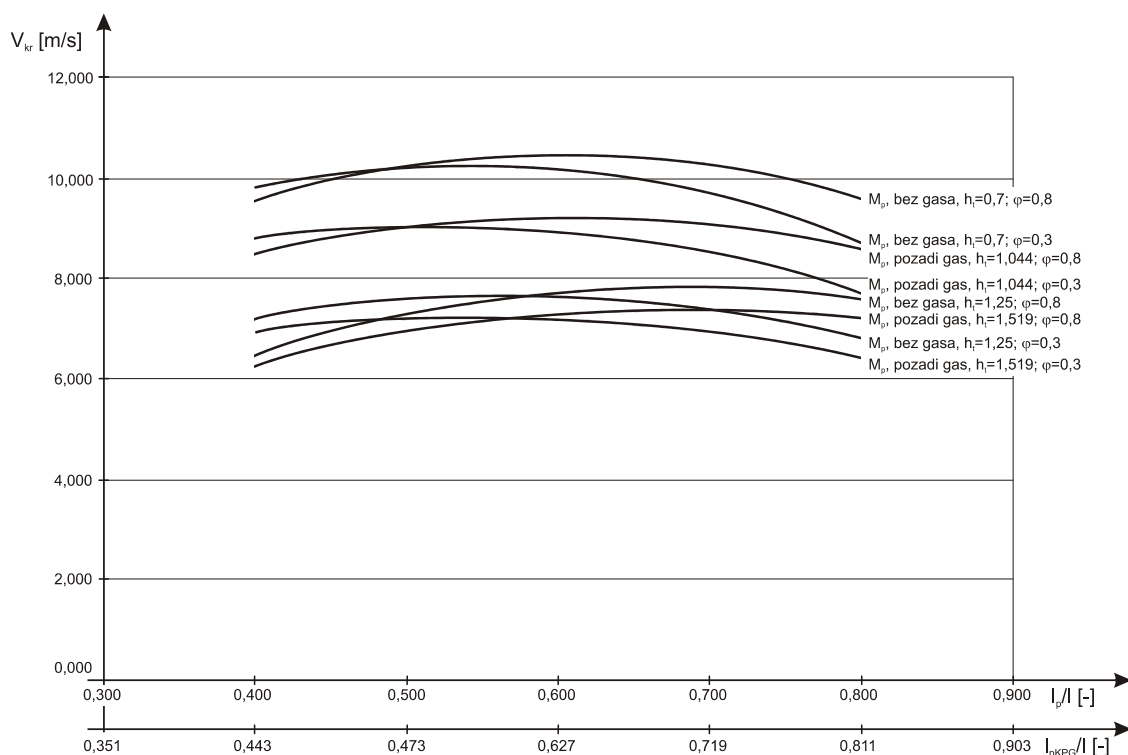
Prikaz dijagrama zavisnosti kritične brzine od konstrukcionih karakteristika i eksploatacionih uslova dat je na slikama (Slika 4.22, Slika 4.23, Slika 4.24 i Slika 4.25). Proračun je dat u prilogu (Prilog 3: Tabela P3.9, Tabela P3.10, Tabela P3.11 i Tabela P3.12).



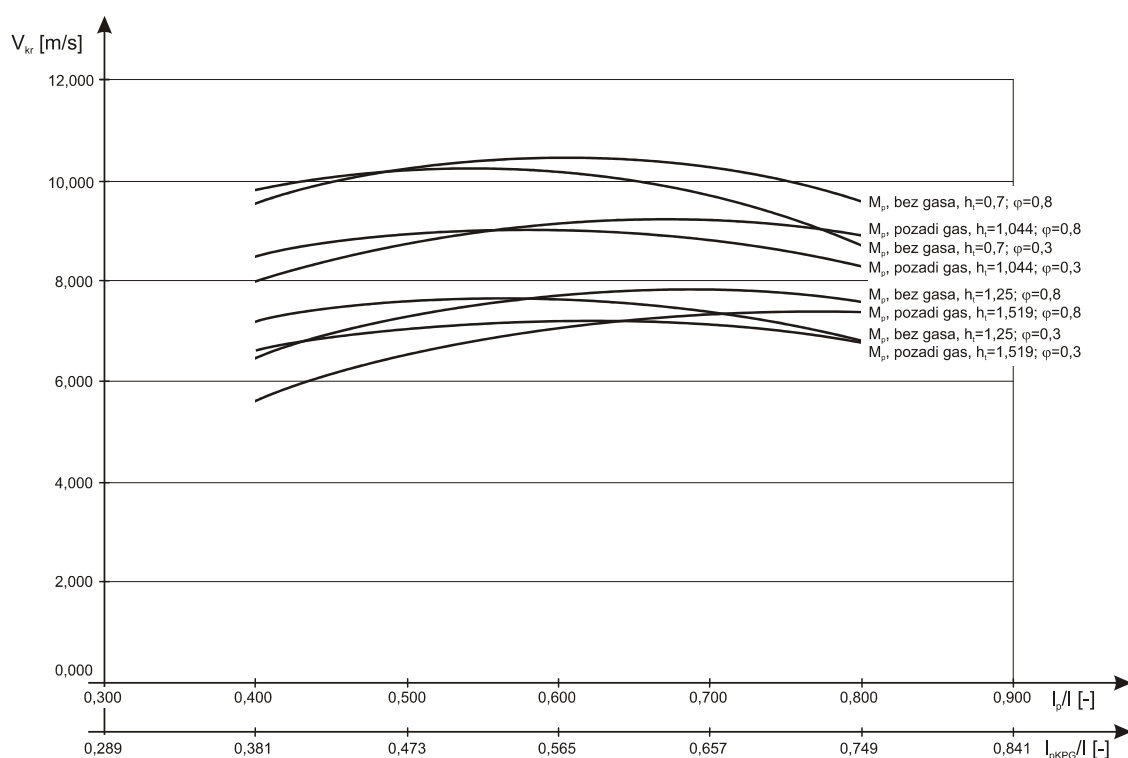
Slika 4.22. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (prazno vozilo $M=M_o$, gas pozadi)



Slika 4.23. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_o$, gas napred)



Slika 4.24. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas pozadi)



Slika 4.25. Zavisnost kritične brzine stabilnog upravljanja od konstrukcionih karakteristika konvencionalnog i KPG autobusa, (puno vozilo $M=M_p$, gas napred)

4.2.2. Analiza rezultata

Na dijagramima prikazanim na slikama (Slika 4.12, Slika 4.13, Slika 4.14, Slika 4.15, Slika 4.17, Slika 4.18, Slika 4.19, Slika 4.20, Slika 4.22, Slika 4.23, Slika 4.24 i Slika 4.25) data je zavisnost kritične brzine od konstrukcionih parametara autobusa za tri karakteristična slučaja: blokirani točkovi prednje osovine, blokirani točkovi zadnje osovine i blokirani točkovi obe osovine.

Kako se radi o nestacionarnom režimu kretanja vozila, kritična brzina zavisi od većeg broja parametara. Pored položaja težišta u odnosu na zadnju osovinu l_p (l_p/l) i ukupne mase autobusa, na vrednost V_{kr} utiču i koeficijent prijanjanja i visina težišta. Uticaj visine težišta i raspoloživog prijanjanja ogleđa se kroz promenu osovinskih pritisaka u toku kočenja u odnosu na stacionarni režim kretanja [4.157]:

$$Z_{pk} = G \cdot \cos \alpha \cdot \frac{l_z + h_t \cdot (\varphi + f)}{l} \quad \text{i} \quad Z_{zk} = G \cdot \cos \alpha \cdot \frac{l_p - h_t \cdot (\varphi + f)}{l} \quad [4.157]$$

U prvom slučaju (Slika 4.12) kada je autobus prazan, blokirani prednji točkovi a KPG rezervoari smešteni u zadnjem delu vozila kritična brzina je definisana ca ceo opseg veličina l_p/l od 0,400-0,800 (posmatrano u odnosu l_p/l konvencionalnog autobusa). Kako je raspoloživo prianjanje na zadnjoj osovini potpuno iskorišćeno (ali nije došlo do klizanja) kritična brzina raste sa pomeranjem težišta ka zadnjem delu autobusa jer se opterećenje zadnje osovine povećava. Stabilnost kretanja u najvećoj meri zavisi od veličine koeficijenta prianjanja. Za veoma male vrednosti φ , kritična brzina se kreće u granicama $5 \text{ m/s} \pm 10 \%$ (ovo važi i za slučaj blokiranih zadnjih točkova pri minimalno i maksimalno opterećenom autobusu za obe koncepcije autobusa, jedino za slučaj blokiranih svih točkova, V_{kr} uzima vrednosti i do 8 m/s pri $\varphi=0,3$). Za velike vrednosti koeficijenta prianjanja ($\varphi=0,8$) pri blokiranim točkovima prednje osovine i smeštaju rezervoara u zadnjem delu povećanje kritične brzine u odnosu na koncepciju bez KPG rezervoara za l_p/l iznosi $7,638 \text{ m/s}$. Sa smanjivanjem visine težišta razlika brzina opada pa je uticaj gasne instalacije na stabilnost kretanja manja.

Na osnovu slike (Slika 4.13) zapaža se da se rasterećivanjem zadnje osovine, smeštanjem rezervoara u prednjem delu autobusa postiže da kritična brzina opada za $\Delta V=8,537 \text{ m/s}$ pri $l_p/l=0,8$, $h_t=1,519 \text{ m}$ i $\varphi=0,8$ i $\Delta V=4,020 \text{ m/s}$ pri $l_p/l=0,8$, $h_t=1,044 \text{ m}$ i $\varphi=0,8$. Sa smanjivanjem vrednosti l_p/l , φ i h_t promena brzine je zanemarljiva pa i uticaj gasne instalacije manje dolazi do izražaja.

Potpunim iskorišćenjem kapaciteta autobusa (Slika 4.14 i Slika 4.15) dolazi do značajnijih promena vrednosti kritične brzine. U četiri slučaja pri $\varphi=0,8$ $h_t=1,407 \text{ m}$, $h_t=1,250 \text{ m}$, $h_t=0,901 \text{ m}$ (slika 6-5 pozadi gas) i $\varphi=0,8$ $h_t=1,407 \text{ m}$ (Slika 4.15, napred gas) V_{kr} nije definisana za odgovarajuće vrednosti l_p/l što ukazuje da je uticaj ukupne mase za velike vrednosti koeficijenta prianjanja znatan. KPG rezervoari utiču pri tome da se asimptota 1 (Slika 4.16) nalazi između vrednosti l_p/l $0,720$ i $0,740$. Ako se uzme u obzir i maksimalna brzina kretanja autobusa, veličina l_p/l koja definiše stabilnu zonu kretanja se još vise smanjuje i uzima vrednost oko $0,67$ što je sa aspekta stabilnosti povoljnije u odnosu na koncepciju bez gasa.

Pri blokiranim točkovima zadnje (Slika 4.17, Slika 4.18, Slika 4.19 i Slika 4.20) osovine variranja kritične brzine u odnosu na konstrukcione karakterisitike autobusa su dosta manja nego u slučaju blokiranih točkova prednje osovine. Izostanak veće promene za ceo opseg vrednosti l_p/l posebno je primetan kada je vozilo prazno ($V_{min}=5,605 \text{ m/s}$, za $h_t=1,519 \text{ m}$ i $\varphi=0,8$; $V_{max}=7,095$, za $h_t=0,7 \text{ m}$ i $\varphi=0,8$). Pri potpunom iskorišćenju kapaciteta autobusa uočljivo je smanjenje kritične brzine sa povećanjem vrednosti l_p/l za

male visine težišta ($h_t=0,7$ m, kada su KPG rezervoari postavljeni u zadnjem delu) dok pri većim vrednostima h_t , funkcija $V_{kr}=f(l_p/l, \varphi, h_t)$ ima maksimum od 6,971 m/s pri $l_p/l=0,540$, $\varphi=1,407$ i $h_t=0,8$ m. Kada je komprimovani gas smešten u prednjem delu autobusa krive zavisnosti kritične brzine od konstrukcionih karakteristika vozila su istog karaktera kao u prethodnom slučaju sa manjim odstupanjima.

Kada su u procesu kočenja blokirali točkovi obe osovine (Slika 4.22, Slika 4.23, Slika 4.24 i Slika 4.25) uticaj gasne instalacije na stabilnost kretanja je nepovoljan, budući da su kritične brzine manje (u odnosu na vrednosti V_{kr} konvencionalnog autobusa) za sve varijante, bilo da je vozilo prazno ili puno, ili da se KPG rezervoari smeštaju u prednjem ili zadnjem delu autobusa. Obzirom da je maksimalna vrednost promene V_{kr} manja od 1,5 m/s, sagledavanjem dijagrama i uočavanja bliskosti kriva zaključuje se da je uticaj prisustva KPG rezervoara u procesu kočenja sa blokiranim točkovima obe osovine kvantitativno neznatan.

5. Istraživanje emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas

Sve brži razvoj saobraćaja i saobraćajne tehnike od bitnog je uticaja na nagli porast zagađenosti vazduha izduvnim gasovima motornih vozila naročito u velikim urbanim sredinama. Emisija izduvnih gasova iz motora vozila je sve veća i raste sa povećanjem stepena motorizacije. Za rešavanje problema postoji niz mogućnosti, od intenziviranja rezultata već primenjenih rešenja kao što su (Li i Head, 2009; Okamoto i ostali, 2006):

- sprovođenje postupka homologacije vozila sa aspekta emisije izduvnih gasova,
- kontrola vozila u pogledu emisije izduvnih gasova pri redovnim i periodičnim tehničkim pregledima,
- povremena terenska i kampanjska kontrola vozila u pogledu emisije izduvnih gasova,
- preventivno i vaspitno delovanje na vlasnike i korisnike motornih vozila da svoje vozilo racionalno koriste i održavaju u ispravnom stanju,

pa do rešenja koja bi svoju afirmaciju trebalo da dožive u skorijoj budućnosti kao što su (Hess, 2007; Petrović i ostali, 2008; Petrović i ostali, 2009; Tica i ostali, 2010;):

- konstrukciona poboljšanja postojećih pogonskih agregata i uvođenje savremenih benzinskih i dizel motora,
- poboljšanje u planiranju, upravljanju i regulisanju saobraćajnih tokova sa ciljem da se poveća eksploataciona brzina i smanje zastoji,
- proizvodnja i eksploatacija vozila sa elektropogonom,
- iznalaženje i proizvodnja novih kvalitetnih goriva.

Očuvanje čovekove okoline svakim danom postaje sve aktuelnija tema, a zadovoljavanje sve strožijih ekoloških normi u vezi emisije izduvnih gasova postaje ključni parametar u razvoju drumskih vozila odnosno njihovih pogonskih agregata.

Kako su danas u svetu najrasprostranjeniji energenti za pogon motornih vozila konvencionalno dizel gorivo i drugi derivati nafte ipak vremenski veoma ograničeni, a sa ekološkog aspekta predstavljaju dokazano nepovoljne energente i pri tome imajući u vidu još uvek postojeće probleme vezane za eksploataciju vozila sa elektropogonom (kao što su smanjeni putnički prostor, mala brzina kretanja, smanjena autonomnost

vozila, nerazvijena infrastruktura) intenzivno se traga za novim pogonskim sredstvima koja bi u energetskom, ekonomskom i pre svega u ekološkom pogledu mogla zameniti naftu i njene derivate i u izvesnom smislu bila efikasnija i efektivnija od elektro vuče.

Kao što je ranije rečeno, najzastupljenija poznata alternativna goriva za pogon motornih vozila su:

- komprimirani prirodni gas (KPG),
- utečnjeni prirodni gas (UPG),
- tečni naftni gas (TNG),
- metanol, etanol, vodonik, metil-estri, ulja iz uljane repice itd.

Prirodni gas pre svega zbog povoljnih energetsko-ekonomsko-ekoloških osobina i velikih rezervi u mnogim zemljama sveta privlači izuzetnu pažnju. To dokazuje i dosadašnja afirmacija i primena vozila na prirodni gas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Broj vozila sa pogonom na prirodni gas u pojedinim zemljama

Zemlja	Broj vozila			% povećanja (2003/1990)	% povećanja (2011/2003)
	1990. godina	2003. godina	2011. godina		
Argentina	102526	976460	2001742	852	105
Brazil	890	543744	1687562	60995	210
Italija	241850	400800	761340	65	90
Indija	1250	159159	1.100000	12632	591
SAD	31200	100500	112000	317	11
ukupno u svetu	539600	2979100	14164416	452	375

Izvor: GVR Report, 2011.

Zbog povoljnih svojstava prirodnog gasa i relativno velikih rezervi ovog energenta (svetske rezerve procenjene su na $124 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$; računajući sa donjom toplotnom moći od 38 MJ/m^3 dobija se količina energije $4,712 \cdot 10^5 \text{ MJ}$, ekvivalentna vrednost za naftu iznosi $5,653 \cdot 10^{15} \text{ MJ}$ (Department of Enegy, 2002)). u mnogim zemljama i područjima sveta, već mnogo godina se čine pokušaji da se prirodni gas (prevashodno KPG) iskoristi za pogon različitih motornih vozila, posebno autobusa za gradski saobraćaj. Opšti je trend danas u svetu da se kao pogonska energija u gradskim autobusima koristi KPG zbog svojih povoljnih energetsko, ekonomsko-ekoloških osobina (u Pertu ih danas ima oko 400 vozila, u Sijetlu više od 800). Autobuse sa pogonom na prirodni gas razvijaju i proizvode sve značajne kompanije i već danas postoji široki spektar vozila koja zadovoljavaju najsofisticiranije kupce. Sa rastom kapaciteta sistema prevoza

putnika i povećanjem transportnog rada, primena prirodnog gasa na ovim vozilima u ekološkom smislu dobija sve više na značaju.

5.1. Komprimirani prirodni gas - energent za pogon autobusa

Poznata je da rad motora SUS, koji koriste klasična goriva, ima znatan uticaj na zagađenje čovekove okoline i to naročito u urbanim sredinama. Od svih postojećih zagađivača okoline, motorna vozila učestvuju sa 10 do 20 % u ukupnom zagađenju (IPCC, 2007). Da bi se ovaj problem što više ublažio doneseni su propisi kojima se ograničava količina štetnih materija, koju mogu da emituju motori SUS u atmosferu. Propisi, koji se odnose na količinu i vrstu štetnih materija, vremenom su postajali sve oštriji.

Dozvoljene emisije štetnih materija prema standardima EURO za dizel i gasne motore prikazane su u tabeli (Tabela 5.2).

Tabela 5.2. Emisioni standardi za dizel i gasne motore, ETC Test, [gr/kWh]

Standard	Datum i kategorija	Vrsta testa	CO	NMHC	CH ₄ ^a	NO _x	Čestice ^b
EURO III	1999.10, samo za EE vozila	ETC	3,00	0,40	0,65	2,00	0,02
	2000.10	ETC	5,45	0,78	1,60	5,00	0,16 0,21 ^c
EURO IV	2005.10		4,00	0,55	1,10	3,50	0,03
EURO V	2008.10		4,00	0,55	1,10	2,00	0,03
EURO VI	2013.01		4,00	0,16 ^d	0,50	0,40	0,01

^a - samo za motore na prirodni gas
^b - nije primenljivo za gasne motore godišta proizvodnje 2000-te odnosno 2005 godine.
^c - za motore čija je radna zapremina po cilindru ispod 0,75 dm³ i broj obrtaja viši od 3000 o/min.
^d - za dizel motore.

Izvor: EC 1999/96, 1999.

Zahteve koji su definisani u uskoro implementiranom EURO VI kao i aktuelnom EURO V standardu jako je teško ispuniti korišćenjem klasičnih dizel motora koji se koriste kao pogonski agregati autobusa. Čak i uz primenu najsavremenijih metoda konstruisanja i najsavremenije tehnologije proizvodnje motora a bez dodatnog tretmana izduvnih gasova i korišćenja „ekološkog“ dizel goriva („clean diesel“) granice EURO V standarda su nedostižne. Pored toga uložena sredstva u razvoj novih tipova motora koji zadovoljavaju postavljene zahteve veoma su velika. Takođe, u periodu eksploatacije

vozila koja imaju ovakve motore, neizbežno su prisutni dopunski zahtevi koji se odnose na održavanje opreme za smanjenje emisije izduvnih gasova.

Korišćenje prirodnog gasa kao pogonskog goriva sa svojim osnovnim kvalitativnim osobinama kao što su:

- mogućnost obrazovanja homogenije smeše za sagorevanje,
- veća brzina sagorevanja,
- mogućnost rada sa siromašnim smešama,
- odsustvo dodatnih toksičnih komponenata (sumpora, olova, čestičnih materija, teških aromata i sl.).

moguće je ispuniti zahteve koji se odnose na količinu i vrstu štetnih materija koje mogu da budu emitovane u atmosferu.

5.1.1. Emisija štetnih materija pri sagorevanju prirodnog gasa

Sagorevanjem smeše goriva i vazduha u motorima pored produkta potpunog sagorevanja pojavljuju se takođe i produkti nepotpunog sagorevanja i materije koje se dobijaju razlaganjem goriva.

Sa stanovišta toksičnosti, produkti nepotpunog sagorevanja su posebno značajni zbog svog štetnog dejstva na zdravlje čoveka. Njihovo dejstvo na čoveka manifestuje se kao toksičnost, gušenje, razdraženje sluzokože, neprijatan miris, kancerogeno dejstvo itd.

Najštetnije dejstvo od njih imaju ugljenmonoksid, oksidi azota, oksidi sumpora, aldehidi, ugljovodonici i čestice odnosno čađ.

Pored emisije toksičnih komponenata u izduvnim gasovima, uticaj na zagađenje okoline sagorevanjem određene vrste goriva ocenjuje se i prema emisiji gasova staklene bašte od kojih su procentualno najzastupljeniji ugljendioksid i isparljiva organska jedinjenja (VOCs-Volatile Organic Compounds).

5.1.1.1. Produkti nepotpunog sagorevanja prirodnog gasa

Ugljenmonoksid (CO). Gas bez boje ukusa i mirisa. Vrlo je zapaljiv i sa vazduhom obrazuje eksplozivnu smešu. U vodi se praktično ne rastvara. Specifična težina CO iznosi 97 % specifične težine vazduha. Jako je otrovan, tako da koncentracija CO izražena u zapreminskim procentima ima sledeće dejstvo na organizam čoveka (Ivković i Žeželj, 2005):

- 1 % - gubitak svesti posle nekoliko uzdisaja,
- 0,05 % - slabije trovanje kroz jedan čas,
- 0,01 % - hronično trovanje za vreme dužeg zadržavanja,
- 0,0016 % - bezopasna koncentracija.

Izduvni gasovi kod dizel motora sadrže od (0,005-0,5) % CO. Emisija ugljen monoksida korišćenjem prirodnog gasa kao pogonskog goriva znatno je manja u poređenju sa klasičnim dizel gorivom. Smanjenje se kreće od 50-95 % i prevashodno se javlja kao posledica potpunijeg i pravilnijeg sagorevanja prirodnog gasa.

Oksidi azota (NO_x). Predstavljaju smešu različitih azotovih oksida: NO, NO₂, N₂O₄, N₂O₃, itd. Najveću neposrednu opasnost predstavljaju dioksid azota i njegov polimer N₂O₄. U kombinaciji sa ugljovodonicima i prisustvu sunčeve svetlosti obrazuju smog u atmosferi. Oksidi azota NO_x razdražujuće deluju na pluća, a u težim slučajevima izazivaju njihovo oticanje i krajnju smrt (Ivković i Žeželj, 2005; Oberdorster i ostali, 1995).

Dejstvo azot dioksida (NO₂) na organizam čoveka u zavisnosti od veličine njegove koncentracije izražene u zapreminskim procentima manifestuje se na sledeći način (Ivković i Žeželj, 2005):

- 0,00001 % - psolutni prag dejstva,
- 0,0001-0,0003 % - prag osećanja mirisa,
- 0,0013 % - prag razdraženja sluzokože nosa i očiju,
- 0,004-0,008 % - otok pluća.

Sadržaj oksida azota NO_x u izduvnim gasovima kod dizel motora iznosi (0,04-0,2) %.

Temperatura sagorevanja prirodnog gasa je manja od temperature sagorevanja klasičnog dizel goriva. Zahvaljujući ovoj činjenici i emisija oksida azota je manja (1,5-2,5 puta) u

odnosu na klasične dizel motore. Sa druge strane, kako bi se iskoristio visok oktanski broj prirodnog gasa (istraživački oktanski broj IOB=104-107) u cilju poboljšanja ekonomičnosti i performansi autobusa (snaga, posredno moment), proizvođači gasnih motora povećavaju stepen kompresije a samim tim indirektno i temperaturu sagorevanja smeše, te dolazi do povećane emisije NO_x. Takođe do povećanja emisije NO_x može doći i kod autobuskih motora koji koriste dva goriva (dizel i gas) i to posebno sa porastom opterećenja motora. Rešenje problema leži u instaliranju namenskih katalitičkih konvertora .

Sumpordioksid (SO₂). Gas bez boje, oštrog mirisa. Specifična težina mu je 226,4 % specifične težine vazduha. Dobro se rastvara u vodi i pri tome stvara sumpornu kiselinu. Kada je u vazduhu i njegova koncentracija se kreće u navedenim granicama zapreminskih procenata, njegovo dejstvo na organizam čoveka manifestuje se na sledeći način (Ivković i Žeželj, 2005; Utell i Frampton; 2000):

- 0,00017 % - nadraživanje očiju, kašalj,
- 0,0007-0,004 % - nadraživanje grla,
- 0,004 % - trovanje posle tri minuta,
- 0,01 % - trovanje kroz jedan minut.

Sumpor dioksid sadrži se u izduvnim gasovima dizel motora u granicama od 0,003-0,05 % zapreminskih procenata.

Komprimovani prirodni gas koji se koristi za pogon svih vrsta motornih vozila nema u svom sastavu sumpornih jedinjenja (sumpor vodonik se odstranjuje pre dopremanja gasa do stanica za snabdevanje), te je i emisija sumporovih oksida izostavljena.

Nesagoreli ugljovodonici (HC). Ovaj naziv obuhvata celu grupu jedinjenja tipa C_xH_y koja se međusobno razlikuju količinom atoma ugljenika i vodonika u molekulu ili se razlikuju po strukturi. Karakteristično je da daju izduvnim gasovima neprijatan miris i razdražujuće osobine. Procesi fotohemijske reakcije ugljovodonika sa oksidima azota su jedan od glavnih uzroka zagađenja vazduha koje je poznato pod nazivom smog.

Metan (CH₄) je ugljovodonik koji zauzima 80-99 % molarnog udela u prirodnom gasu. Kako je i najjednostavniji i kako se uniformno meša sa vazduhom, sagorevanje će biti potpunije i teorijski posmatrano dati manje nesagorelih ugljovodonika u izduvnim gasovima u poređenju sa dizel gorivom. Međutim u praksi nije baš tako već emisija ugljovodonika u najvećoj meri zavisi od tipa motora odnosno njegove konstrukcije. Kod

npr. motora koji koriste i dizel i gas kao gorivo, emisija „metanskih“ ugljovodonika je dodatno dopunjena emisijom „nemetanskih“ ugljovodonika (NMHC) inače veoma reaktivnih i toksičnih (Utell i Frampton; 2000). Kod gasnih motora sa druge strane emisija nesagorelih ugljovodonika je veća nego kod klasičnih dizel motora ali oni uglavnom sadrže metan koji ima znatno manju toksičnost nego NMHC. Ovakvu činjenicu o izuzetnoj maloj direktnoj toksičnosti metana po zdravlje ljudi potkrepljuju i izvesni američki propisi kojima se količina CH₄ čak ne ograničava, što nije slučaj sa standardima EURO.

Čestično zagađenje-čad (PM). Posledica termičkog razlaganja dizel goriva, često se naziva tvrdi filtrat izduvnih gasova koja se u osnovi sastoji od čestica ugljenika. U količinama kojima se nalazi u izduvnim gasovima motora 0,01-0,5 mgr/dm³ (Harris, 2006; Hess, 2007), ne predstavlja neposredno opasnost po zdravlje čoveka. Osnovne smetnje od čađi su smanjena vidljivost i pojava neprijatnog osećaja prljanja vazduha. Štetne osobine nema ni ugljenik sadržan u čađi, već negativna osobina apsorbovanja štetnih materija, pogotovo policikličkih ugljovodonika koji su kancerogeni (Burtscher, 2005; Chandler i ostali; 2006). U ekološkom smislu čađ predstavlja nosioca štetnih materija, te se njeno prisustvo ograničava standardima na što je moguće manju meru.

Prelaskom na prirodni gas čestično zagađenje se svodi na najmanju moguću meru ili izostaje u potpunosti. Ova činjenica predstavlja značajnu pogodnost.

5.1.1.2. Emisija gasova staklene bašte

Pojava efekta staklene bašte povezana je između ostalog i sa primenom goriva koja sadrže ugljovodonike. Od svih izduvnih materija koje se javljaju kao produkti korišćenja goriva za rad motora SUS a utiču na globalno zagrevanju Zemlje, ugljendioksid je najzastupljeniji sa 50 % (Beer i ostali, 2001; Beer i ostali, 2002). U svetskim razmerama saobraćaj učestvuje u „proizvodnji“ CO₂ sa 18 %, dok se u Srbiji ta vrednost kreće oko 15 %. Jedan od kriterijuma za vrednovanje goriva je koeficijent emisije CO₂, koji se definiše količinom emitovane količine CO₂ po jedinici utrošene energije. Metan je osnovni sastojak prirodnog gasa i ima najmanji koeficijent emisije CO₂. Iznosi oko 52 kgCO₂/MJ što je manje za oko 25 % u poređenju sa klasičnim gorivima (Ou i ostali, 2010b; Oberdorster i ostali, 1995) Da li će emisija CO₂ sagorevanjem smeše vazduha i prirodnog gasa biti manja ili veća od emisije CO₂ pri korišćenju konvencionalnih goriva za rad motora SUS zavisi i od procenta CO₂ u

prirodnom gasu. Veći procenat CO₂ u prirodnom gasu može u velikoj meri da uveća vrednost koeficijenta emisije ugljendioksida. U nekim ekstremnim slučajevima, postojanje 15 %Vol CO₂ u prirodnom gasu uzrokuje koeficijent emisije CO₂ koji je veći u odnosu na konvencionalna goriva (Bose i Sundar, 2005).

Pored ugljendioksida u stakleničke gasove (koji su posledica rada motora SUS) se ubrajaju i isparljiva organska jedinjenja (VOC). Mogu biti metanskog i nemetanskog tipa. Sadržaj metanskih isparljivih jedinjenja je kod konvencionalnih goriva mali. Emisija isparljivih organskih jedinjenja u najvećoj meri zavisi od tipa i konstrukcije motora, njegove opreme i naravno od korišćenog goriva. Primenom prirodnog gasa, emisija nemetanskih VOC je osetno niža i zavisi od sadržaja ugljovodonika (C₂-C₅) u sastavu prirodnog gasa ali je zato osetno viša emisija metana (Nakagawa i ostali, 1987).

Sadržaj metana u izduvnim gasovima dostiže čak i 95 % posmatrano u okviru nesagorelih ugljovodonika. Iako je metan sam po sebi staklenički gas sa potencijalom globalnog zagrevanja 23 puta većim od potencijala ugljendioksida (Braun i ostali, 1987; Brinkman i ostali, 2005), on ima daleko manji uticaj na globalno zagrevanje od ugljendioksida zbog toga što je količina metana u atmosferi mnogo manja od količine ugljendioksida. No i pored ove (ali ipak fiktivne) prednosti prirodnog gasa veliki broj proizvođača gasnih motora uvodi katalitičke konvertore u cilju optimalne kontrole (smanjenja) emisije metanskih isparljivih jedinjenja, kao i λ senzor, koji upravlja procesom sagorevanja, na taj način što indirektno menja kvalitativan sastav smeše prirodnog gasa i vazduha.

5.2. Emisija štetnih materija autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas

U tekstu prethodne tačke dat je uopšteni (i u određenim granicama teoretski) prikaz štetnih materija koje se nalaze u izduvnih gasovima prilikom rada dizel i gasnog motora SUS. Da bi se dala eksplicitna ocena ekološke povoljnosti autobusa sa pogonom na prirodni gas bilo u odnosu na propisane emisione standarde ili u poređenju sa autobusom čiji je pogon klasičan (dizel) neophodno je uzeti u obzir određene činjenice:

- emisija štetnih materija zavisi od sistema napajanja motora gasom odnosno načina obrazovanja smeše za sagorevanje i tretmana izduvnih gasova,

- emisija štetnih materija zavisi od uslova eksploatacije („on board”) odnosno vrste propisanih emisionih testova kojima su podvrgnuta vozila tokom ispitivanja,
- emisija štetnih materija zavisi od sastava prirodnog gasa (% Vol.CH₄).

5.2.1. Konceptijska rešenja sistema napajanja gasom pogonskog agregata autobusa

Rešenja sistema napajanja motora gasom detaljno su opisana u tački 2.2. i kao što je navedeno, zasnivaju se na mogućnosti korišćenja:

- **Optimirani OTO motor sa prirodnim gasom (GM).** U optičaju su dva načina pripreme smeše za sagorevanje:
 - priprema stehiometrijske smeše gasa i vazduha ($\lambda=1$),
 - priprema siromašne smeše gasa i vazduha ($\lambda>1$, $\lambda=1,4-1,6$).

I jedan i drugi koncept podrazumevaju upotrebu odgovarajućih katalitičkih konvertora kako bi se smanjila emisija toksičnih komponenti izduvnih gasova: za $\lambda=1$ trosmerni i za $\lambda>1$ oksidacioni katalitički konvertor.

- **Dvogorivi dizel motor (DGM).** U optičaju su dva načina pripreme smeše za sagorevanje:
 - dvogorivi motor sa takozvanim „pilot“ ubrizgavanjem dizel goriva,
 - dvogorivi motor sa promenljivom količinom ubrizganog goriva (progresivno ubrizgavanje).

5.2.2. Uslovi eksploatacije - testovi za ispitivanje emisije izduvnih gasova autobusa

Ispitivanje izduvnih gasova autobusa se može najčešće izvoditi u laboratorijama (uz mobilnu opremu ispitivanje je moguće sprovesti i na opitnim poligonima) gde se vrši simulacija uslova eksploatacije kojima su vozila izložena u toku realne vožnje. Simulacija se realizuje na dva načina, pomoću motorskog ili šasijskog dinamometra. Uslovi eksploatacije se definišu odgovarajućim test ciklusima čiji je broj veoma velik

(Tabela 5.3). Svaki test ciklus opisan je sa odgovarajućim parametrima kao što su: vreme trajanja ciklusa, dužina pređenog puta, maksimalna brzina autobusa, prosečna brzina, broj zaustavljanja po kilometru, prosečna brzina bez zaustavljanja, srednje i maksimalno ubrzanje itd. Emisija izduvnih gasova svakako zavisi od svih ovih parametara, pa je direktno i uslovljena od vrste testa kome se vozilo podvrgava. Za ispitivanje emisije izduvnih gasova gradskih autobusa i poređenje emisija autobusa sa različitim sistemima napajanja posebno su povoljni CBD, NYBusC, Braunschweig ciklus. Pored usko specijaliziranih testova postoje i univerzalni kod kojih se ispituju izduvni gasovi pri simulaciji kretanja vozila u gradskoj, prigradskoj i međugradskoj sredini. Jedan od njih je evropski ETC test ciklus (u primeni od 1999. godine). Rezultati dobijeni pomoću ovog testa predstavljaju osnovu za rangiranje vozila u odnosu standarde EURO.

Tabela 5.3. Test ciklusi za ispitivanje emisije izduvnih gasova u pojedinim zemljama

Zemlja	Vrsta testa	Vrsta dinamometra
SAD	FTP transient (Federal Test Procedure)	Motorski
	AVL 8-M test	Motorski
	CTA (Chicago Transit Authority)	Motorski
	UDDS (Urban Dynamometer Driving Shedule)	Šasijski
	CBDC (Central Business District Cycle)	Šasijski
	CSC (City Suburban Cycle)	Šasijski
	NYBusC (New York Bus Cycle)	Šasijski
	WVU-5PEAK (West Virginia University)	Šasijski
EVROPSKA UNIJA	ECE+EUDC (Extra Urban Driving Cycle)	Šasijski
	ECE R49	Motorski
	ESC (European Transient Cycle)	Motorski
	ELR (European Load Response)	Motorski i šasijski
	ETC (European Transient Cycle)	Motorski i šasijski
	CBDC (Central Business District Cycle)	Šasijski
EVROPSKA UNIJA	DUBDC (Dutch Urban Bus Drive Cycle)	Šasijski
	Braunschweig ciklus	Šasijski
JAPAN	6M-ciklus	Šasijski
	13M-ciklus	Šasijski
	J05S (Japanese 2005 emission standards)	Šasijski
AUSTRALIJA	ADR80/01 (Australian Design Rules)	Motorski i šasijski
	Evropski testovi	Motorski i šasijski

5.2.3. Sastav prirodnog gasa

Sastav gasa je promenljiv. U zavisnosti od sastava menjaju se i njegove karakteristike kao goriva za pogon motornog vozila. Promena karakteristika gasa imaju za direktnu posledicu promenu performansi vozila a kao indirektno posledice javljaju se povećana ili smanjena emisija štetnih materija. Na veličinu svih promena najveći uticaj imaju toplotna moć, potrebna količina vazduha za sagorevanje (za obe vrste smeše $\lambda=1$ i $\lambda>1$), radne karakteristike (oktanski broj, metanski, odnosno cetanski broj). Varijacije u sastavu gasa (posmatrano kroz smanjenje % Vol.CH₄) mogu da izazovu izostanak paljenja i pojavu negativnog „back-fire“ efekta, što se takođe negativno odražava na okolinu u ekološkom smislu. Potreban kvalitet prirodnog gasa kao goriva motornog vozila prema CARB i EPA prikazan je u tabeli (Tabela 5.4).

Tabela 5.4. Potreban kvalitet prirodnog gasa za pogon motornog vozila

Sastav [%]	CARB referentno gorivo	CARB potrebni kvalitet	EPA referentno gorivo
metan, CH ₄	90,1±1,0	88,0 (min)	89,0
etan, C ₂ H ₆	4,0±0,5	6,0 (max)	4,5 (max)
C ₃ i viši C _m H _n	2,0±0,3	3,0(max)	2,3(max)
C ₆ i viši C _m H _n	0,2(max)	0,2(max)	0,2(max)
H ₂	0,1(max)	0,1(max)	-
CO	0,1(max)	0,1(max)	-
O ₂	0,5±0,1	1,0(max)	0,6(max)
CO ₂ +N ₂	3,5±0,5	1,5-4,5	4,0(max)

Izvor: CARB, 2005.

Sa gledišta sagorevanja (posredno i sa gledišta smanjenog uticaja na životnu sredinu) za ocenu povoljnosti gasa koristi se metanski broj. Metanski broj gasa kreće se u granicama od 75-100 što zavisi od zapreminske koncentracije metana u smesi. Veći metanski broj omogućava takođe veću otpornost na detonativno sagorevanje.

Iz tabele (Tabela 5.4) vidi se da pri izboru gasa kao goriva motornog vozila treba težiti što većem zapreminskom procentu metana (preko 90 %) a samim tim i smanjenju koncentracije ugljendioksida.

Koncentracije ugljendioksida preko 4 % (granična vrednost) može da izazove povećanu emisiju CO₂ preko 25 %, što zbirno prevazilazi vrednosti emisije CO₂ sagorevanjem klasičnih tečnih goriva naftnog porekla (Beer i ostali, 2001).

5.2.4. Komparacija emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na prirodni gas i autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo

U okviru ovog dela istraživanja, analiza emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na prirodni gas je izvršena na osnovu nekoliko ispitivanja koja su realizovana u inostranstvu.

U okviru Internacionalne agencije za energiju (IEA) vršeni su testovi o emisiji četiri vrste polutanata (CO , CO_2 , NO_x , i toksičnih ugljovodonika) prema različitim koncepcijskim rešenjima napajanja motora gasom i prema različitim test procedurama (Pelkmans i ostali, 2001a). Takođe, ista merenja su sprovedena i za autobus sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo.

Za istraživanje su bila izabrana tri solo gradska autobusa dužine 12 metara sa bruto masom oko 19 tona. Snaga pogonskog agregata se kretala od 150 do 210 kilovata (Pelkmans i ostali, 2001b). Svi menjači su automatski ali sa različitim brojem stepena prenosa.

Prvi autobus: belgijski „Van Hool A600“, niskopodni, sa DAF dizel motorom snage 160 kilovata; Sistem napajanja gorivom: direktno ubrizgavanje sa pumpom visokog pritiska; Nijedan uređaj za tretman izduvnih gasova nije instaliran; Menjački prenosnik: automatski, petostepeni „ZF5HP500“; U daljem tekstu biće nazvan kao dizel autobus.

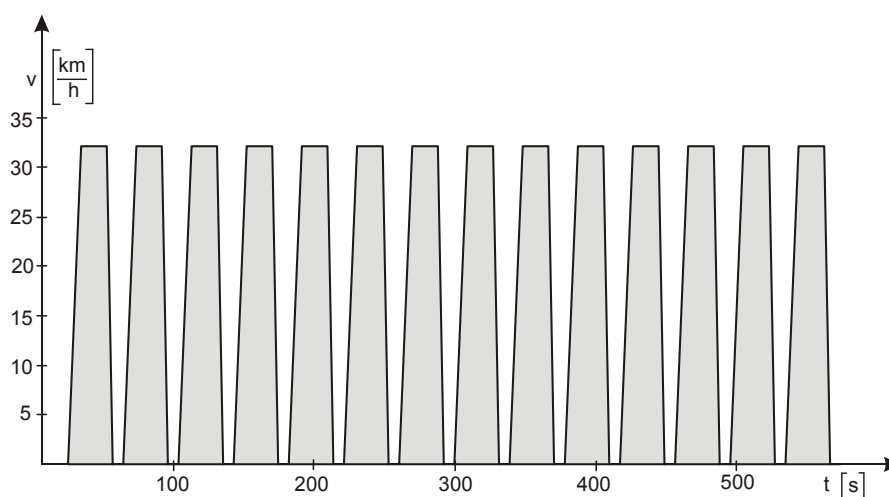
Drugi autobus: italijanski „IVECO City Class“, niskopodni, sa IVECO KPG motorom snage 161 kilovata; Sistem napajanja gorivom: multipoint ubrizgavanje sa pripremom stehiometrijske smeše gasa i vazduha ($\lambda=1$); Izduvni gasovi su prečišćavani trosmernim katalizatorom; Menjački prenosnik: automatski četvorostepeni „VOITH D581.3“; U daljem tekstu biće nazvan kao $\text{KPG}\lambda=1$ autobus.

Treći autobus: kanadski „ORION V“ sa KPG motorom snage 206 kilovata; Sistem napajanja gorivom: Centralni mikser sa pripremom siromašne smeše gasa i vazduha ($\lambda>1$). Nijedan uređaj za tretman izduvnih gasova nije instaliran; Menjački prenosnik: automatski šestostepeni „Allison B400R“. U daljem tekstu biće nazvan kao $\text{KPG}\lambda>1$ autobus.

Autobusi su testirani u odnosu na gradske eksploatacione uslove prema dva vremenski bazirana test ciklusa američkom „CBDC“ testu (Central Business District Cycle) holandskom „DUBDC“ (Dutch Urban Bus Driving Cycle) i jednom daljinski baziranom ciklusu „DE LIJN“ s tim što vozilo nije postavljano na šasijski dinamometar već se kretalo po opitnom poligonu. Osim toga autobusi su proveravani i u realnom gradskom i međugradskom saobraćaju. Za merenje na vozilu upotrebljen je „VOEM“ merni sistem (VITO On-the-road Energy & Emission Measurement System) specijalizovan za određivanje koncentracije CO, CO₂, NO_x, i toksičnih ugljovodonika u izduvnim gasovima. Testovi su izvedeni u tri solucije sa aspekta opterećenja: nisko opterećenje (u autobusu su samo osoblje i sistem za merenje), srednje opterećenje i puno opterećenje.

„CBDC“ procedura predstavlja „testerasti“ model ispitivanja autobusa (Slika 5.1) pošto podrazumeva 14 ponavljanja osnovnog ciklusa koji obuhvata četiri režima rada motora (Pelkmans i ostali, 2001b):

4. rad na praznom hodu,
5. ubrzano kretanje do trenutka postizanja krstareće brzine, (vremenski ograničeno),
6. kretanja konstantnom krstarećom brzinom $V_{\max} = 32 \text{ km/h}$,
7. usporeno kretanje do $V=0 \text{ m/s}$ (vremenski ograničeno).



Izvor: Pelkmans i ostali, 2001a.

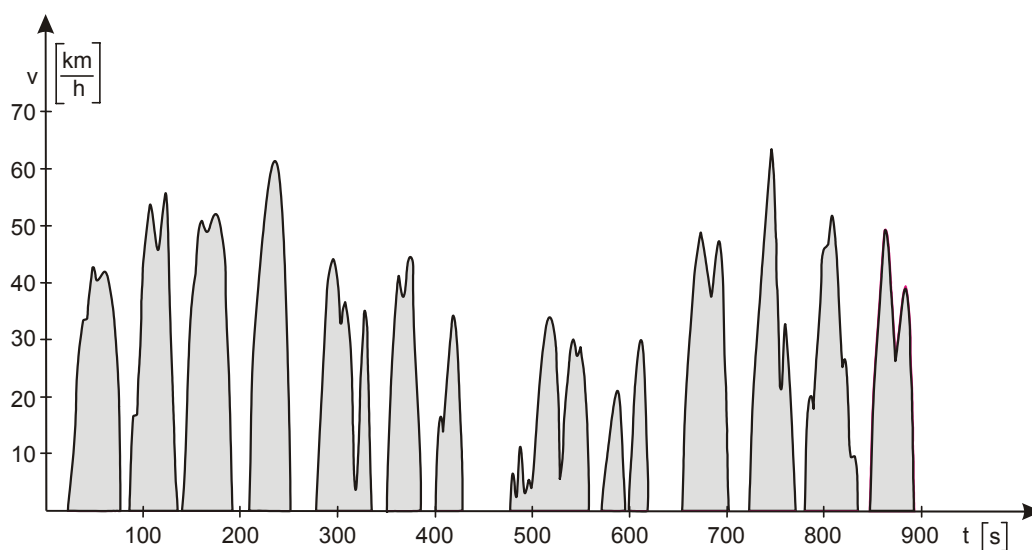
Slika 5.1. CBDC ciklus

Parametri testa su:

- vreme trajanja ukupnog ciklusa: $t=560 \text{ s}$,
- prosečna brzina vozila: $V_{\text{sr}}=20,7 \text{ km/h}$,

- maksimalna brzina vozila: $V_{\max} = 32,18 \text{ km/h}$,
- prosečno ubrzanje: $a_{\text{sr}} = 0,89 \text{ m/s}^2$,
- maksimalno ubrzanje: $a_{\max} = 1,79 \text{ m/s}^2$.

DUBDC, vremenski baziran ciklus (Slika 5.2), namenjen je za ispitivanje gradskih autobusa, razvijen 1992. godine na osnovu praćenja kretanja gradskih autobusa u 4 holandska grada. Parametri rada linije su statističkim metodama obrađivani i na osnovu toga je nastao DUBDC.



Slika 5.2. DUBDC ciklus

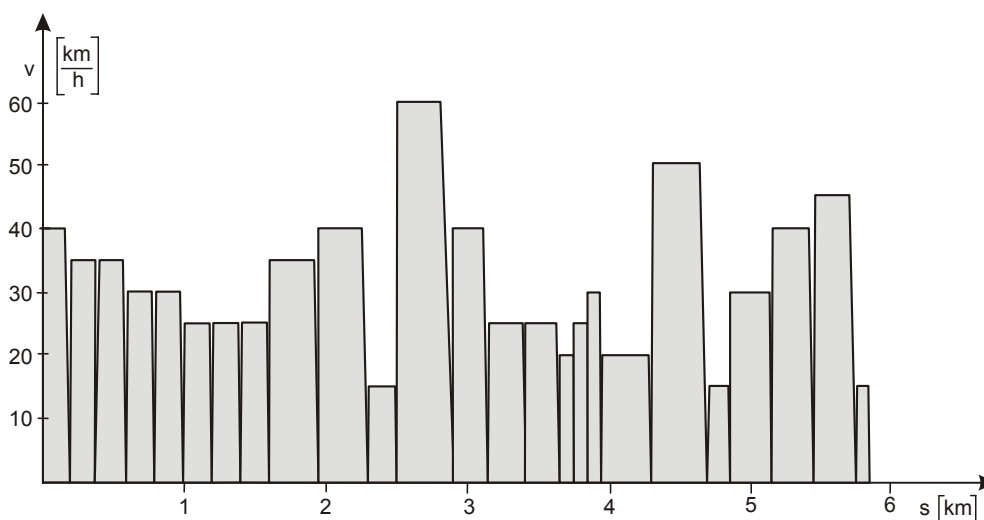
Parametri testa su:

- vreme trajanja ukupnog ciklusa: $t = 900 \text{ s}$,
- prosečna brzina vozila: $V_{\text{sr}} = 20,8 \text{ km/h}$,
- maksimalna brzina vozila: $V_{\max} = 60,15 \text{ km/h}$,
- prosečno ubrzanje: $a_{\text{sr}} = 0,84 \text{ m/s}^2$,
- maksimalno ubrzanje: $a_{\max} = 1,78 \text{ m/s}^2$.

„De Lijn“ je daljinski baziran ciklus razvijen od strane belgijske kompanije za javni transport. Koristi se za poređenje potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova gradskih autobusa. Obuhvata 25 ponavljanja postizanja krstarećih brzina u opsegu od $V = 15 \text{ km/h}$ do $V = 60 \text{ km/h}$ (Slika 5.3).

Ubrzanje do postizanja određene brzine za razliku od prethodna dva testa nije limitirano, odnosno obezbeđuje se pun dotok smeše ili dizel goriva do komore za sagorevanje.

Vremenski zastoj između ponavljanja ograničen je na 1 sekundu. Ukupan put koji pređe autobus je 5,8 km a prosečna brzina se kreće u granicama od $V=21$ km/h do $V=23$ km/h, što zavisi od snage pogonskog agregata.



Izvor: Pelkmans i ostali, 2001a.

Slika 5.3. De Lijn ciklus

Rezultati koji slede predstavljaju prosečne vrednosti izvršenih 6 merenja po autobusu (za svaku od tri vrste opterećenja autobusa, merenje je vršeno u dva navrata).

U tabelama (Tabela 5.5, Tabela 5.6 i Tabela 5.7 i slikama (Slika 5.4, Slika 5.5, Slika 5.6 i Slika 5.7) prikazani su rezultati emisije štetnih materija po vrsti ciklusa za svaki tip autobusa.

Tabela 5.5. Emisija polutanata - dizel autobus

Dizel autobus	Potrošnja goriva [l/100km]	CO ₂ [g/km]	CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]
Realni gradski saobraćaj	62,8	1633	3,5	1,7	15,2
CBDC	50,2	1301	4,5	1,4	12,5
DUDBC	55,1	1435	3,1	1,2	12,8
DE LIJN	48,3	1252	5,1	1,9	11,5
Realni međugradski saobraćaj	36,0	937	2,1	1,0	8,9

Izvor: Pelkmans i ostali, 2001a.

Tabela 5.6. Emisija polutanata - $KPG\lambda=1$ autobus

KPG $\lambda=1$ autobus	Potrošnja goriva ¹ [l/100km]	CO ₂ [g/km]	CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]
Realni gradski saobraćaj	73,5	1475	0,7	0,15	1,8
CBDC	69,0	1386	0,9	0,04	0,5
DUDBC	76,0	1527	0,7	0,07	2,5
DE LIJN	65,8	1322	0,4	0,12	1,9
Realni međugradski saobraćaj	54,9	1102	1,0	0,09	1,3

¹ računato prema toplotnoj moći od 35700 KJ/l.

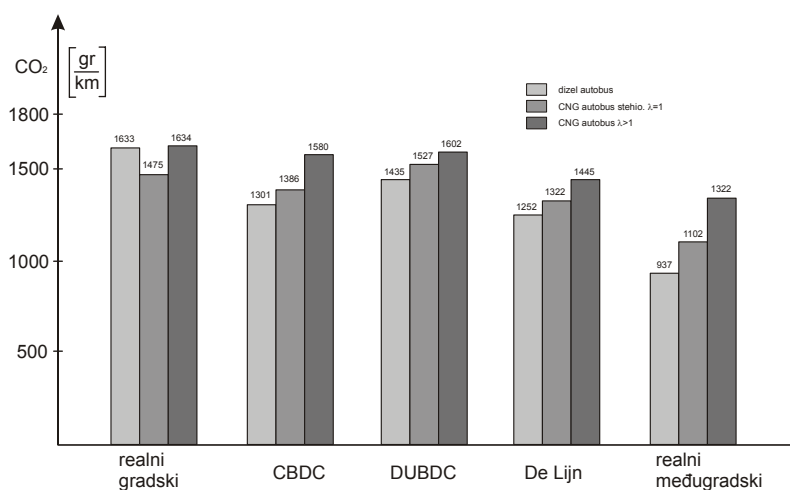
Izvor: Pelkmans i ostali, 2001a.

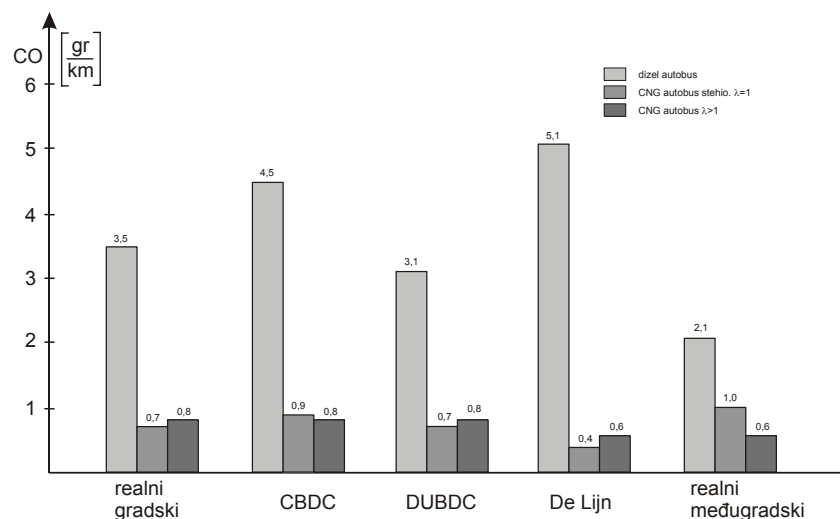
Tabela 5.7. Emisija polutanata - $KPG\lambda>1$ autobus

KP $\lambda>1$ autobus	Potrošnja goriva ¹ [l/100km]	CO ₂ [g/km]	CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]
Realni gradski saobraćaj	83,2	1634	0,8	7,5	25,1
CBDC	80,5	1580	0,8	7,1	21,7
DUDBC	82,5	1602	0,8	12,7	25,5
DE LIJN	73,9	1445	0,6	8,0	18,8
Realni međugradski saobraćaj	67,8	1332	0,6	5,4	23,7

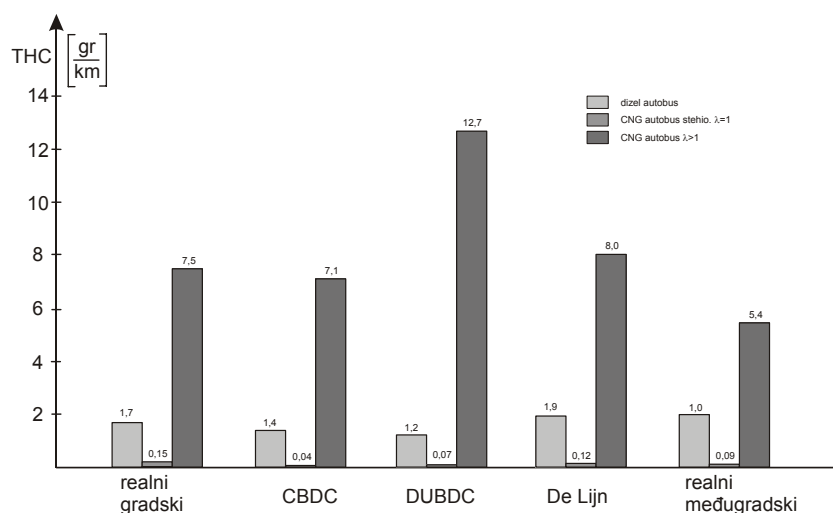
¹ računato prema toplotnoj moći od 35700 KJ/l.

Izvor: Pelkmans i ostali, 2001a.

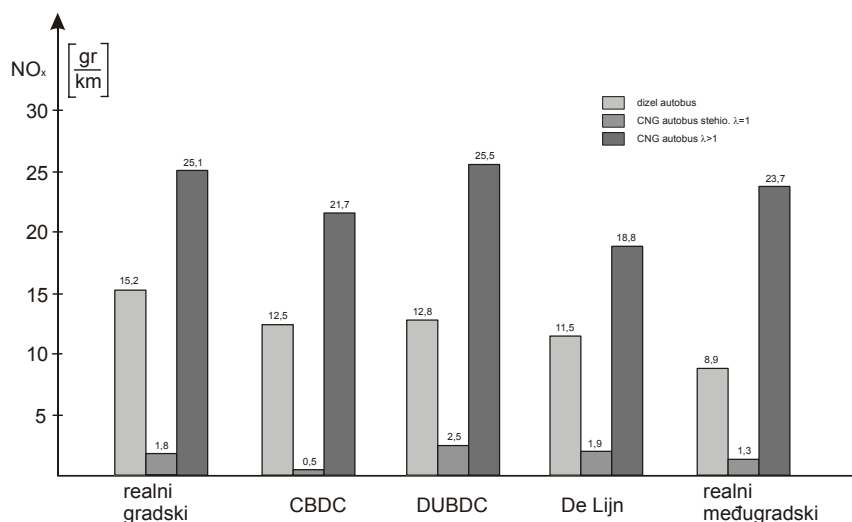
Slika 5.4. Emisija CO₂ po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa



Slika 5.5. Emisija CO po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa

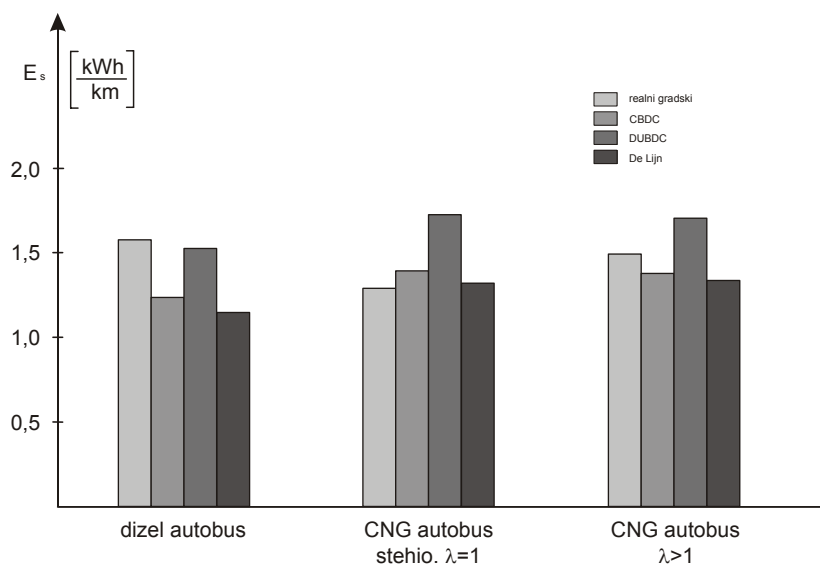


Slika 5.6. Emisija THC po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa



Slika 5.7. Emisija NO_x po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa

Na slici (Slika 5.8) prikazane su srednje vrednosti specifične potrošnje energije za sva tri autobusa, takođe po ciklusima izražene u kWh/km.



Slika 5.8. Specifična potrošnja energije po koncepciji autobusa i vrsti ciklusa

Analiza podataka prikazanih u prethodnim tabelama i slikama data je u narednim tačkama ovog poglavlja.

5.2.4.1. Emisija ugljendioksida (CO₂)

Emisija CO₂ od strane autobusa sa pogonom na prirodni gas je veća u odnosu na emisiju CO₂ koja potiče od autobusa sa pogonom na klasično dizel gorivo i to u sva tri simulaciona test ciklusa kao i u međugradskom saobraćaju. U realnom gradskom saobraćaju emisija ugljendioksida je veća kod dizel autobusa za oko 11 %. Uzrok treba tražiti u ostvarenoj većoj vrednosti relativnog pozitivnog ubrzanja a_{pa} definisanog kao [5.1]:

$$a_{pa} = \frac{\int_0^T (v_i \cdot a_i^+) dt}{s} \quad \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad [5.1]$$

gde su:

- v_i - trenutna brzina,

- a_i - trenutno ubrzanje,
- s - ukupan pređeni put,
- T - ukupno vreme.

Veće vrednosti relativnog pozitivnog ubrzanja ukazuju na vremenski dužu izloženost pogonskog agregata radu u oblasti do postizanja maksimalnog ubrzanja od minimalnog, što utiče na povećanje specifične potrošnje energije izražene u kWh/km (Slika 5.8) i na kraju rezultira većom potrošnjom goriva i produkcijom CO₂ (Pelkmans i ostali, 2001b).

U tabeli (Tabela 5.8) date su vrednosti za tri vrste ubrzanja bitnih za emisiju CO₂.

Tabela 5.8. Vrednosti ubrzanja za tri konc. autobusa po različitim ciklusima

Ubrzanje	Dizel autobus		KPG $\lambda=1$ autobus		KPG $\lambda>1$ autobus	
	realni gradski	CBDC	realni gradski	CBDC	realni gradski	CBDC
a_{sr} [m/s ²]	0,62	0,68	0,48	0,49	0,61	0,45
a_{max} [m/s ²]	1,32	1,28	1,06	1,20	1,17	1,16
a_{pa} [m/s ²]	0,28	0,20	0,19	0,20	0,25	0,24

Izvor: Pelkmans i ostali, 2001b.

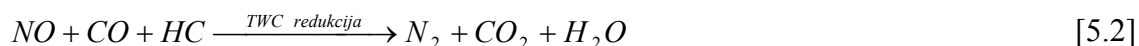
Takođe, sam kvantitet promene opterećenja (važi samo za realne gradske uslove) utiče na povećanu emisiju CO₂. Što je ta promena veća, izraženija je emisija CO₂ kod dizel autobusa u odnosu na KPG $\lambda>1$ autobus a pogotovo KPG $\lambda=1$ autobus.

Prednost obe vrste KPG autobusa u odnosu na dizel autobus sa aspekta manje emisije CO₂ (u odnosu na simulacione testove) se može uočiti ako se posmatra emisija CO₂ po jedinici utrošene energije. U slučaju iste energetske efikasnosti KPG agregat bi imao manju emisiju CO₂ za 25 % od dizel agregata za slučaj testa u realnom gradskom saobraćaju. Pošto je energetska efikasnost KPG autobusa manja (zbog manjeg koeficijenta punjenja cilindra) u odnosu na klasičan dizel autobus ova prednost ima ipak fiktivni karakter.

5.2.4.2. Emisija ugljenmonoksida (CO)

Emisija ugljenmonoksida je kod oba autobusa na prirodni gas daleko manja nego kod dizel autobusa. Umanjenje se kreće u granicama od 4 do 5 puta u realnom gradskom saobraćaju do 8,5 do 12,75 puta prema De Lijn ciklusu. Manja emisija CO je posledica visoke efikasnosti konverzije u trostepenom katalizatoru (TWC, kod KPG $\lambda=1$ autobusa) i kontrole sastava smeše uz potpunije sagorevanje iste (kod KPG $\lambda>1$ autobusa).

Uloga TWC-a se svodi na redukciju emisije tri vrste polutanata izduvnih gasova u isto vreme: ugljen monoksida, azotnog oksida i ugljovodonika . Uopštena hemijska formula glasi [5.2]:



5.2.4.3. Emisija ugljovodonika (THC)

KPG λ =1 autobus ima oko 10 puta nižu emisiju ukupne količine ugljovodonika od dizel autobusa, što je povezano sa visokom efikasnošću konverzije u trostepenom katalizatoru. KPG λ >1 autobus sa druge strane ima 4 puta veću emisiju THC od dizel autobusa, međutim, ukoliko se posmatra emisija samo nemetanskih ugljovodonika i u ovom slučaju je KPG autobus povoljniji od dizel autobusa.

5.2.4.4. Emisija azotnih oksida (NO_x)

Emisija azotovih oksida kod dizel autobusa veća je u odnosu na emisiju KPG λ =1 autobusa oko 7,5 puta (prosečno) ali manja od emisije KPG λ >1 autobusa za oko 60 % (prosečno). Uzrok povećane emisije NO_x kod KPG λ >1 autobusa je sama tehnologija rada motora sa siromašnom smešom gasa i vazduha. Zbog povećanog stepena kompresije dolazi do povećanja temperature u komori za sagorevanje što pogoduje većoj emisiji ukupne količine NO_x u odnosu na rad motora sa stehiometrijskom smešom. Da bi se smanjila emisija azotnih oksida kod KPG λ >1 autobusa potrebno je održavati koeficijent λ u granicama od 1,35 do 1,80 uz istovremenu primenu turbo punjača sa među hlađenjem. Uloga turbo punjača se svodi na povećanje snage motora ali i smanjenje temperature usled pojave viška vazduha.

5.2.4.5. Emisija CO₂, CO, THC, NO_x, po prevezenom putniku

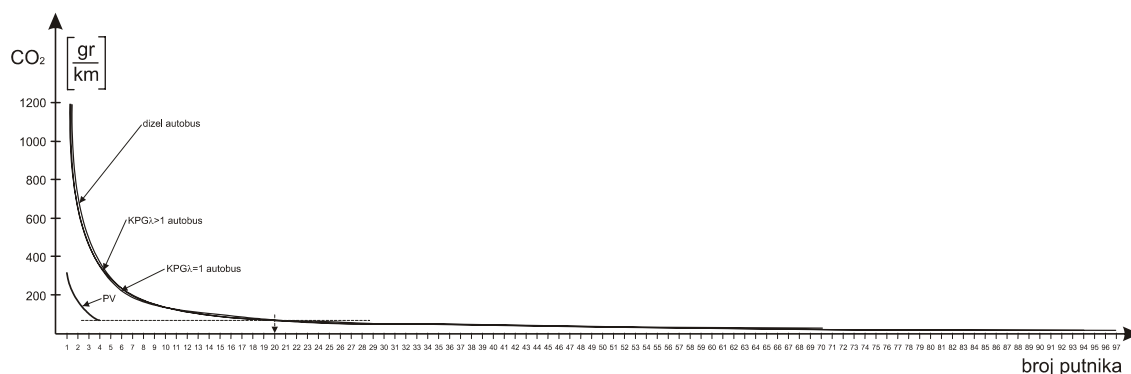
Primarna funkcija autobusa je prevoz putnika sa jednog na drugo mesto, tako da je svakako jedan od važnijih parametara emisija štetnih materija po putniku u zavisnosti od broja prevezenih putnika. Na slikama (Slika 5.9, Slika 5.10, Slika 5.11 i Slika 5.12) dat je pregled emisija štetnih materija po putniku za podatke koji su dobijeni testiranjem prethodna tri autobusa u realnim gradskim uslovima. Pomoću ovog

parametra moguće je vršiti upoređivanje ekološkog potencijala ne samo između autobusa sa različitim pogonskim agregatima već i sa drugim kategorijama drumskih vozila za prevoz putnika. U tu svrhu uzet je primer putničkog automobila (dizel motor) sa karakterističnom emisijom štetnih materija u gradskim uslovima kada se u njemu nalaze četiri putnika (Tabela 5.9).

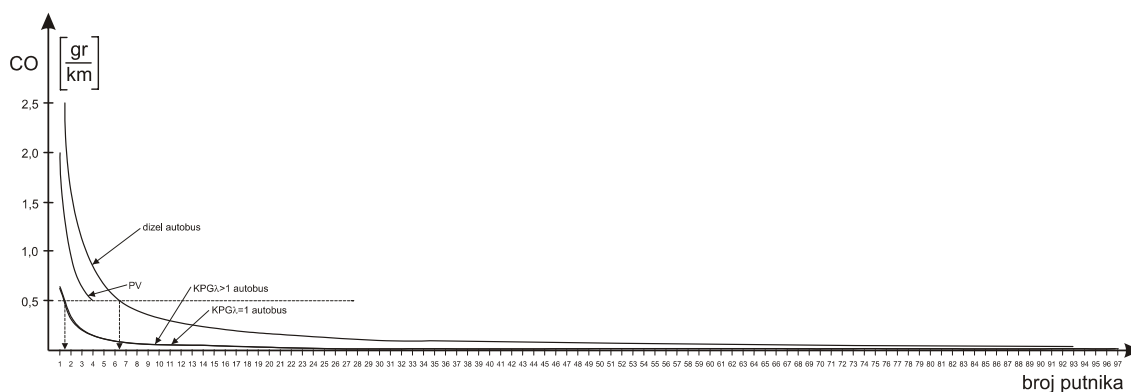
Tabela 5.9. Emisija putničkog vozila (dizel motor)

PV	CO ₂ [g/km]	CO [g/km]	NO _x [g/km]	THC [g/km]
4 putnika	315	2	1,2	0,6

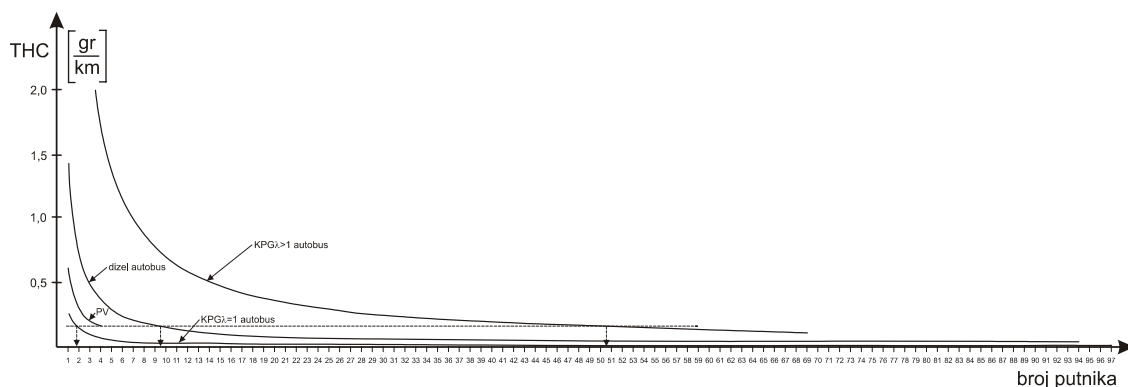
Izvor: Department of Energy, 2002.



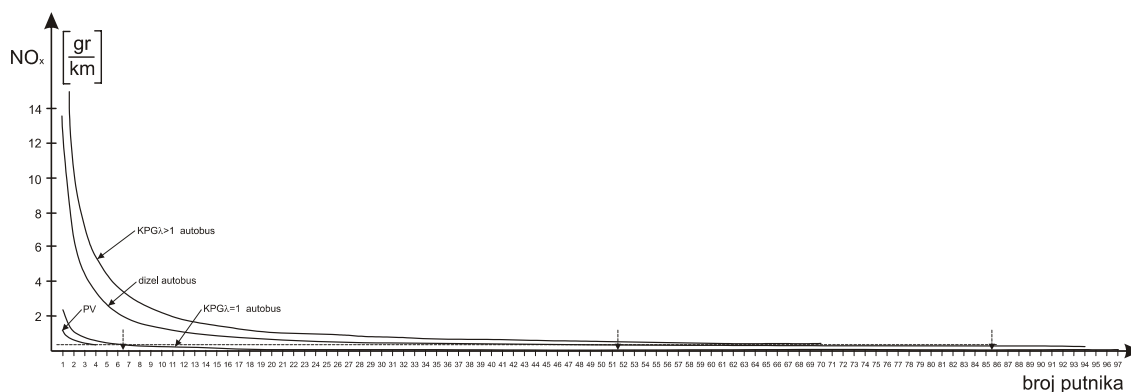
Slika 5.9. Emisija CO₂ po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi



Slika 5.10. Emisija CO po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi



Slika 5.11. Emisija THC po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi



Slika 5.12. Emisija NO_x po putniku (u zavisnosti od broja putnika koji se nalaze u autobusu), realni gradski uslovi

Na osnovu dijagrama dobijena je tabela (Tabela 5.10) u kojoj je prikazan minimalan broj putnika koji bi trebalo da se nalazi u svakom od tri autobusa da bi emisija po putniku bila jednaka ili niža u odnosu na emisiju po putniku, karakterističnu za putničko vozilo.

Tabela 5.10. Minimalan potreban broj putnika po autobusu da bi se ostvarila emisija po putniku ekvivalentna emisiji PV

	Dizel autobus	$KPG\lambda=1$ autobus	$KPG\lambda>1$ autobus
CO_2	20	20	20
CO	7	2	2
THC	10	1	51
NO_x	52	6	85

Podaci pokazuju da sa povećanjem broja prevezenih putnika značajno raste i ekološka prednost autobusa u odnosu na putničko vozilo. U slučaju $KPG\lambda=1$ autobusa pri potpuno iskorišćenom kapacitetu (97 putnika), emisija ugljenmonoksida po putniku

manja je preko 48 puta, ugljovodonika preko 95 puta i azotnih oksida preko 16 puta u odnosu na putničko vozilo. Ovakve činjenice navode da je primena autobusa sa pogonom na prirodni gas sa ekološkog aspekta posebno povoljna u neposrednom prisustvu visoke koncentracije ljudi odnosno tamo gde postoje velike potrebe za korišćenjem autobusa.

5.2.4.6. Emisija čestičnog zagađenja (PM)

Primenom prirodnog gasa kao pogonskog goriva autobusa emisija čestičnog zagađenja se svodi na najmanju moguću meru u odnosu na klasično dizel gorivo. Redukcija, prema istraživanju WMATA (Washington Metropolitan Area Transit Authority), dostiže vrednost i do 90 %. Komparacija je vršena za dva gradska autobusa (klasičan dizel bez tretmana izduvnih gasova i KPG λ >1 autobus sa oksidacionim katalizatorom) u odnosu na CBDC ciklus.

U tabeli (Tabela 5.11) prikazane su kvantitativne vrednosti emisije čestičnih materija za dva gradska autobusa, KPG λ >1 autobus (Orion KPG, Detroit Diesel-Series 50G) bez oksidacionog katalizatora i dizel autobusa (Nova Diesel, Detroit Diesel-Series 50) takođe bez katalizatora. Ispitivanje je vršeno u odnosu na CBD ciklus.

Tabela 5.11. Emisija PM za dizel i KPG λ >1 autobus

autobus	PM [g/mlj]
Nova Diesel, Detroit Diesel -Series 50	0,21
Orion KPG, Detroit Diesel -Series 50G	0,022
procenat redukcije %	89,55

Izvor: WMATA, 2002.

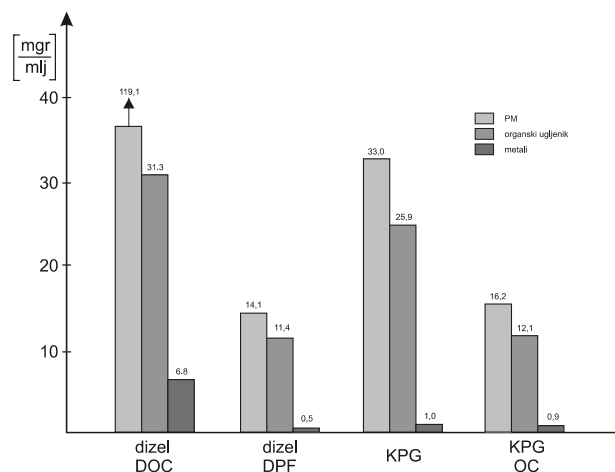
5.2.5. Komparacija emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na prirodni gas i autobusa sa pogonom na dizel gorivo sa smanjenom količinom sumpora

U okviru prethodne tačke sagledavane su prednosti i mane prirodnog gasa u ekološkom smislu u odnosu na konvencionalno dizel gorivo koje se danas ipak najčešće koristi kao pogonsko gorivo autobusa.

Poslednjih godina u Severnoj Americi i zemljama Evropske Unije iz različitih razloga (mogućnost primene na postojećim dizel motorima bez dodatnih intervencija, smanjenje emisije polutanata, nedostatak gasne infrastrukture itd.) sve više se za pogon autobusa ali i drugih drumskih vozila upotrebljava ekološki prihvatljivije varijante dizel goriva sa izuzetno malom količinom sumpora tzv. LSD (oko 0,035 %S) i ULSD (od 0,005 %S do 0,001 %S) (Jayaratne i ostali, 2009). Sumporna jedinjenja predstavljaju osnovne komponente čestičnih materija izduvnih gasova dizel motora što je primarni razlog za što manju koncentraciju sumpora u gorivu. Pored direktne redukcije ekološki povoljniji efekti obezbeđuju se dodatnim tretmanom izduvnih gasova pomoću dizel oksidacionih katalizatora (DOC) i filtera za čestične materije (DPF), čija efikasnost direktno zavisi od količine sumpora u gorivu.

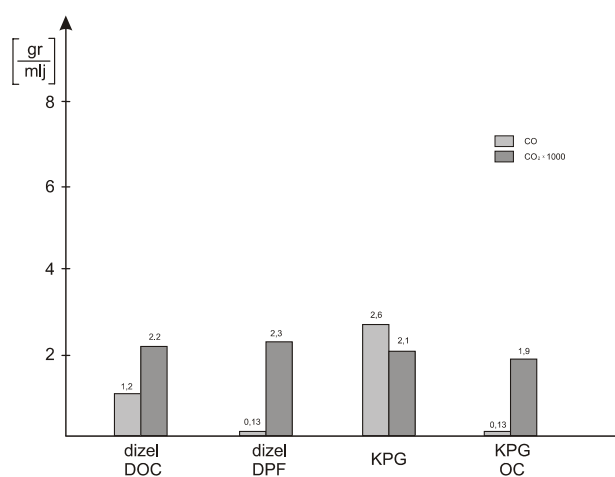
Izuzimajući različite mogućnosti usavršavanja konstrukcije motora, optimizacije sistema napajanja gorivom itd., ULSD danas predstavlja najpovoljniju vrstu dizel goriva u pogledu emitovanja najmanje količine štetnih materija prilikom njegovog sagorevanja. Zbog toga je prilikom analize ocenjivanja ekoloških karakteristika KPG $\lambda > 1$ autobusa u cilju celishodnosti neophodno izvršiti i komparacija istog sa dizel autobusom koji kao pogonsko gorivo koristi ULSD.

Podaci prikazani na slikama (Slika 5.13, Slika 5.14, Slika 5.15 i Slika 5.16) dobijeni su testiranjem (testiranje je izvršeno u okviru kalifornijske agencije za zaštitu okoline-EPA) dva autobusa po CBDC ciklusu u dva navrata (Ayala i ostali 2003). U prvom slučaju dizel autobus je bio opremljen oksidacionim katalizatorom, dok je KPG $\lambda > 1$ autobus bio bez katalizatora. U drugom slučaju dizel autobus je bio opremljen filterom za čestične materije a KPG $\lambda > 1$ autobus sa oksidacionim katalizatorom. Snaga oba agregata je približno ista i iznosila je oko 180 kW.



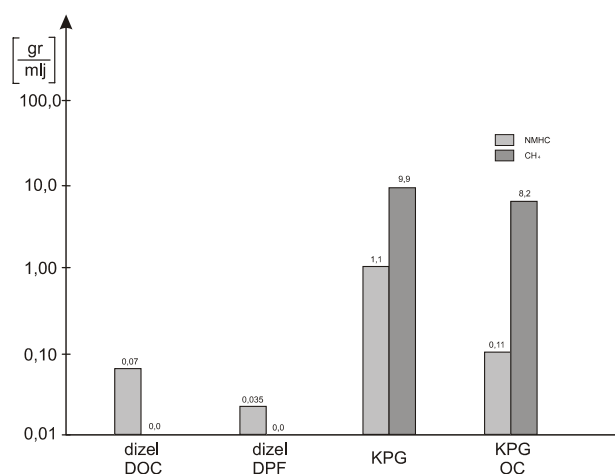
Izvor: Ayala i ostali 2003.

Slika 5.13. Emisija PM, organskog ugljenika i metala po konc. autobusa - CBDC ciklus



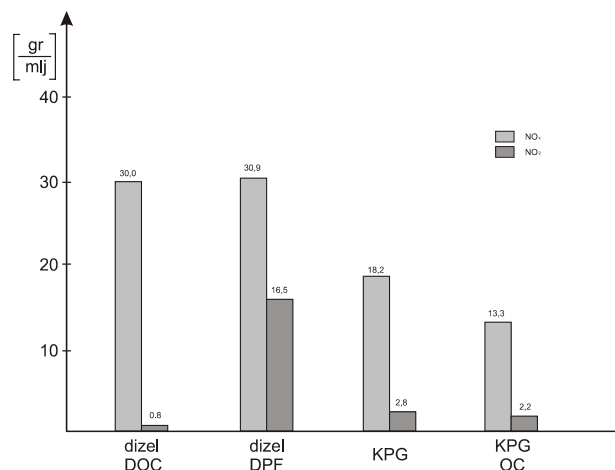
Izvor: Ayala i ostali 2003.

Slika 5.14. Emisija CO i CO₂ po koncepciji autobusa - CBDC ciklus



Izvor: Ayala i ostali 2003.

Slika 5.15. Emisija NMHC i CH₄ po koncepciji autobusa - CBDC ciklus



Izvor: Ayala i ostali 2003.

Slika 5.16. Emisija NO_x i NO₂ po koncepciji autobusa - CBDC ciklus

Na osnovu dijagrama može se primetiti da tretman izduvnih gasova pomoću oksidacionog katalizatora u slučaju KPG autobusa i DPF filtera (u odnosu na dizel oksidacioni katalizator) kod dizel autobusa u velikoj meri utiče na smanjenje emisije većine prikazanih polutanata. Procenti redukcije su prikazani u tabelama (Tabela 5.12 i Tabela 5.13).

Tabela 5.12. Procenti redukcije emisije štetnih materija za različita koncepcijska rešenja pogonskih agregata autobusa

	PM [mg/mlj]	OC [mg/mlj]	Metali [mg/mlj]	CO [g/mlj]	CO ₂ [g/mlj]	NMHC [g/mlj]	CH ₄ [g/mlj]	NO _x [g/mlj]	NO ₂ [g/mlj]
dizel DOC	119,1	31,3	6	1,2	2,2	0,07	0	30	0,8
dizel DPF	14,1	11,4	0,8	0,13	2,3	0,035	0	30,9	16,5
% redukcije	88,2	63,6	86,7	89,2	-4,5	50,0	0,0	-3,0	-1962,5
KPG	33	25,9	1	10	2,1	1,1	9,9	18,2	2,8
KPG GOC	16,2	12,1	0,9	0,13	1,9	0,11	2,8	13,3	2,2
% redukcije	50,9	53,3	10,0	98,7	9,5	90,0	71,7	26,9	21,4

Tabela 5.13. Procenat redukcije emisije štetnih materija dizel DPF autobusa u odnosu na KPGλ>1 GOC autobus

	PM [mg/mlj]	OC [mg/mlj]	Metali [mg/mlj]	CO [g/mlj]	CO ₂ [g/mlj]	NMHC [g/mlj]	CH ₄ [g/mlj]	NO _x [g/mlj]	NO ₂ [g/mlj]
KPG GOC	16,2	12,1	0,9	0,13	1,9	0,11	2,8	13,3	2,2
dizel DPF	14,1	11,4	0,8	0,13	2,3	0,035	0	30,9	16,5
% redukcije	13,0	5,8	11,1	0,0	-21,1	68,2	100,0	-132,3	-650,0

Korišćenjem ULSD-a u kombinaciji sa DPF filterom ne samo da se smanjuje emisija PM, metala i CO za preko 85 % u odnosu na varijantu sa DOC već se u potpunosti kvantitativno anulira osnovna prednost KPG autobusa (sa GOC) u odnosu na autobus sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo. Uzrok redukcije PM za 13 % je posledica visoke efikasnosti DPF filtera i veoma male koncentracije sumpora u gorivu (ispod 0,001 %) koja tu efikasnost obezbeđuje. Pored manje emisije čestičnih materija dizel DPF autobus ekološki je efikasniji od KPG GOC autobusa i po pitanju emisije organskog ugljenika, metala, metana i nemetanskih ugljovodonika. Usled nedostatka namenskog dizel oksidacionog katalizatora emisija autobusa sa DPF filterom u odnosu na okside azota i ugljenmonoksid veća je nego što je to slučaj kod KPG GOC autobusa.

5.2.6. Emisija štetnih materija autobusa sa dvogorivim pogonskim agregatom (dizel-prirodni gas)

Autobusi koji su prilagođena dvogorivom (dizel-gasnom) režimu rada nisu pogodni za stanovišta emisije izduvnih gasova. Prema čistom gasnom režimu rada, ovi autobusi imaju znatno veću emisiju štetnih materija u izduvnim gasovima pri dvogorivom režimu. U tabeli (Tabela 5.14) prikazani su rezultati ispitivanja autobusa koji poseduju dvogorivi („dual fuel“) pogonski agregat, tj. dizel motore koji rade sa obe vrste goriva istovremeno (dizel i prirodni gas) ili samo na dizel.

Tabela 5.14. Emisija štetnih materija autobusa sa dvogorivim agregatom

Ugao predubrizgavanja	Regulacija motora	CH [gr/kWh]	CO [gr/kWh]	NO _x [gr/kWh]	CH+NO _x [gr/kWh]
16	dizel/KPG	13,2	15,6	8,4	21,6
24	dizel/KPG	7,6	12,3	14,3	21,9
16	dizel	2,4	5,8	6,7	9,1
24	dizel	1,8	6,1	14,3	16,1

Izvor: Oberdorster, 1995; Information Bilten-Natural Gas for Bus Application, 1997.

Iz tabele 5.14 primetno je da je emisija ugljovodonika, ugljenmonoksida i oksida azota veća ako pogonski agregat radi pri istovremenom korišćenju dizel goriva i prirodnog gasa nego u slučaju korišćenja samo dizel goriva. U odnosu na emisione standarde, produkovane količine ugljenmonoksida, ugljovodonika i ukupnu vrednost oksida azota i ugljovodonika, za ugao predubrizgavanja od 16°, su veće od dozvoljenih vrednosti čak i po EURO II standardu (test ciklus ECE 49; CO-11,2 gr/kWh; CH-2,1 gr/kWh; NO_x-14,4 gr/kWh; CH+NO_x-16,5 gr/kWh) iz 1996 godine.

Podešavanjem rada pogonskog agregata tj. povećavanjem ugla predubrizgavanja na 24°, dolazi do smanjenja emisije ugljovodonika i ugljenmonoksida dok se povećava emisija oksida azota. Nepovoljnost ovog načina poboljšanja kvaliteta izduvnih gasova je ta što promena ugla predubrizgavanja može da utiče na promenu brzinske karakteristike tj. promenu maksimalne snage i momenta.

Pored promene ugla predubrizgavanja emisija izduvnih gasova se može umanjiti primenom progresivnog ubrizgavanja dizel goriva za paljenje smeše za sagorevanje ali je pri tome veća potrošnja dizel goriva u odnosu na prirodni gas, što može uticati na nepovoljniju ekonomsku prihvatljivost ove koncepcije pogonskog agregata.

5.3. Analiza rezultata

Kada se govori o ekološkim pogodnostima primene prirodnog gasa kao pogonskog goriva autobusa, ocena ekološke prihvatljivosti se ne može generalizovati.

U užem smislu posmatrajući prirodni gas u odnosu na konvencionalno dizel gorivo zahvaljujući pre svega sastavu i osobinama prirodnog gasa (odsustvo čestičnih materija i sumpora, potpunije sagorevanje bez ostataka i pepela, veća otpornost na detonaciju itd.) eksplicitna ocena ekološke povoljnosti se može dati i sigurno da je ona daleko na strani prirodnog gasa.

U širem smislu, ako se u obzir uzmu sledeći faktori:

- primena ekološki tretiranih i prihvatljivijih varijanti dizel goriva (LSD i ULSD)
- optimizacija sistema napajanja motora gorivom
- optimizacija procesa sagorevanja
- tretman izduvnih gasova pomoću različitih katalitičkih konvertora i filtera (i za prirodni gas i za dizel gorivo)

procena stepena ekološke povoljnosti je kompleksan posao i ne može se dati a da se pri tom zanemari bilo koja od navedenih činjenica.

Prirodni gas i dizel gorivo su energenti sa različitim emisionim osobinama. Konvencionalni dizel autobuski motori emituju niži nivo ukupnih ugljovodonika u odnosu na KPG λ >1 autobuski motor nezavisno od korišćenja ili nekorišćenja gasnog oksidacionog katalizatora. Uticaj gasnog oksidacionog katalazatora (GOC) se u ovom slučaju svodi u najvećoj meri na redukciju nemetanskih otrovnih ugljovodonika čiji je

sadržaj u odnosu na metan ionako mali (ispod 2 % kada se ne koristi GOC). Pripremom stehiometrijske smeše goriva i vazduha ($\lambda=1$) uz tretman izduvnih gasova pomoću TWC emisija THC se može smanjiti u odnosu na konvencionalni dizel motor ali ne i u odnosu na dizel motor koji koristi ULSD sa DOC-om ili DPF filterom.

Emisija ugljendioksida približno je ista (u odnosu na ukupnu emitovanu količinu) za sva konceptijska rešenja dizel i KPG pogonskih agregata uzimajući u obzir sve relevantne faktore koji utiču na procenu ekološke povoljnosti jednog ili drugog goriva.

KPG $\lambda=1$ autobuski agregat (uz primenu TWC) i KPG $\lambda>1$ (bez GOC) autobuski agregat emituju znatno manju količinu ugljenmonoksida (oko 5 puta) od konvencionalnog dizel agregata. Značajni stepen redukcije u slučaju dizel goriva se može ostvariti primenom ULSD-a u kombinaciji sa DPF filterom, dok u slučaju KPG koncepcije na redukciju (oko 10 puta manju - 0,13 g/mlj, jednaka vrednosti koja potiče od kombinacije ULSD+DPF) utiče primena GOC-a.

Emisija azotnih oksida je daleko manja za KPG koncepcije (izuzev KPG $\lambda>1$ bez GOC) u odnosu na sve varijante dizel motora. U slučaju KPG $\lambda>1$ bez GOC zbog povećanja stepena kompresije u komori za sagorevanje dolazi do povećanja temperature što pogoduje većoj produkciji NO_x. Upotrebom katalizatora može se ostvariti smanjenje emisije preko 20 puta.

Ekološka povoljnost KPG autobusa ($\lambda>1$ i $\lambda=1$) u odnosu na konvencionalnu dizel varijantu najviše dolazi do izražaja kada se posmatra emisija čestičnih materija kako u kvantitativnom tako i u kvalitativnom aspektu. Kvantitativan aspekt se ogleda u smanjenju emisije od preko 90%, a kvalitativan u samom sastavu ove vrste polutanata kroz nepostojanje čestičnih materija kao nosioca kancerogenih jedinjenja usled odsustva sumpora iz prirodnog gasa (posmatranog kao goriva za motore SUS). Upotreba ULSD-a sa DPF filterom omogućuje smanjenje produkcije PM na nivo koji je čak manji u odnosu na emisiju KPG agregata (ipak u malom procentu), ali takođe zbog nepovoljnog sastava nikako se ne može govoriti o eventualnoj većoj pogodnosti ULSD-a u odnosu na KPG.

6. Istraživanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži Srbije

Problem zagađenja čovekove okoline izduvnim gasovima vozila, funkcionisanjem saobraćajnog sistema, prisutan je opšte posmatrano od kada postoji motorno vozilo i svakako da je sa postepenim razvojem saobraćaja i povećanjem stepena motorizacije dobijao na aktuelnosti i vremenom postajao predmet kojim su se bavile organizacije za očuvanje životne sredine.

Jedan od rezultata brige o životnoj sredini predstavljaju standardi o maksimalnoj dozvoljenoj emisiji štetnih izduvnih gasova produkovanih radom motornih vozila. Današnji standardi (EURO V-primenjuje se od oktobra 2008) i oni koji će se primenjivati u bliskoj budućnosti (EURO VI-primenjuje se od januara 2013) propisuju veoma niske vrednosti emisije zagađivača i sigurno će uticati u budućnosti na primenu savremenih tehničkih rešenja kojima će se ove vrednosti dostići, kao što su: najnoviji sistem napajanja gorivom kod dizel motora-common rail; upotreba uređaja za tretman izduvnih gasova: trosmerni, oksidacioni, „de NO_x“ katalitički konvertori, PM filteri, primena alternativnih goriva i tako dalje.

I pored uvođenja navedenih mera koje prouzrokuju primenu novih tehnoloških rešenja i aktivnosti u fazama projektovanja i proizvodnje vozila, uticaj vozila na životnu sredinu putem emisije štetnih gasova prati se i u fazi eksploatacije. Sa stanovišta šire društvene zajednice i jednim delom korisnika transportne usluge, kada je transportna usluga već izvršena, uticaj vozila na životnu sredinu se procenjuje na osnovu definisanja eksternih troškova u transportnom sektoru.

Eksterni troškovi nastaju usled društveno ekonomskih aktivnosti, u ovom slučaju transporta, jedne grupe lica, s' tim da ih nadoknađuje druga grupa lica koja se javlja kao indirektni ili direktni korisnik realizovanih aktivnosti tj. transportne usluge prve grupe lica. U smislu otklanjanja negativnih posledica koje prate realizaciju transportnog procesa, potrebno je uočiti da se eksterni troškovi ne odnose na pojedinca tj. direktnog korisnika transportne usluge kada se javljaju (EEA, 2007; Schreyer i ostali, 2008; Bickel i ostali, 1997; Maibach i ostali, 2008; Kaplanović i ostali, 2007; Cohen i ostali, 2003):

- operativni troškovi korišćenja vozila,
- troškovi sopstvenog vremena putovanja,
- troškovi naknada i taksi u transportu,

već se pod eksternim troškovima podrazumevaju oni troškovi koji se odnose na društvo u celini i tada su prisutni:

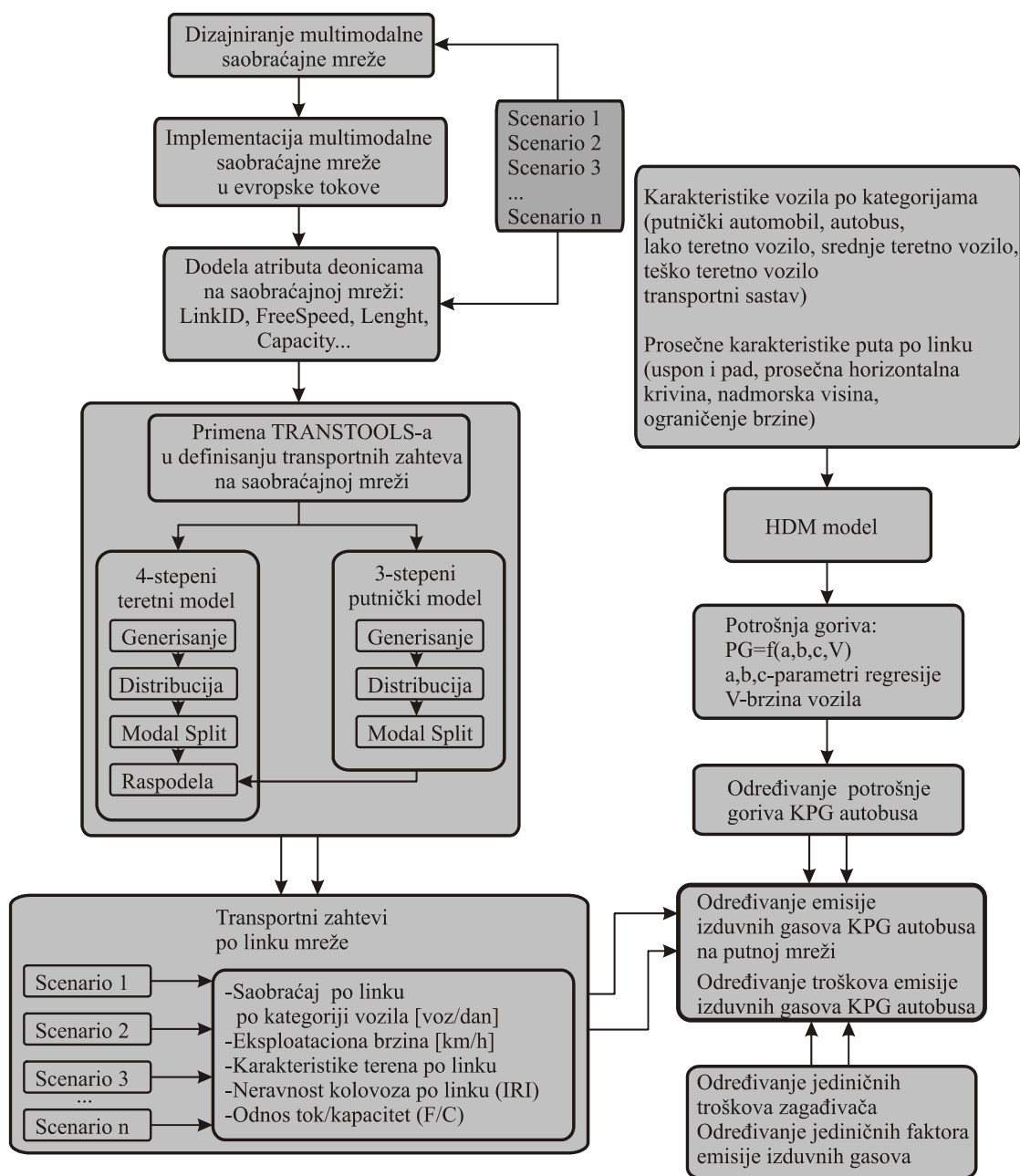
- troškovi emisije izduvnih gasova,
- troškovi vremenskih gubitaka usled zagušenja u saobraćaju,
- troškovi saobraćajnih nezgoda,
- troškovi buke,
- troškovi klimatskih promena,
- troškovi narušavanja pejzaža i okoline,
- troškovi zagađenja zemljišta i voda,
- eksterni troškovi narušavanja zaštićenih područja.

U okviru ovog poglavlja disertacije, imajući u vidu predmet i cilj istraživanja a uzimajući u obzir sve prethodno navedeno, u prvom koraku se razvija model za određivanje i procenu emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na saobraćajnoj mreži Republike Srbije. U drugom koraku izvršeno je vrednovanje i analiza uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na vangradskoj putnoj mreži sa stanovišta eksternih troškova u transportnom sektoru koji se odnose na zagađenje vazduha. Istraživanje je sprovedeno za saobraćajnu mrežu na teritoriji Republike Srbije prema različitim scenarijima.

6.1. Razvoj modela za određivanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putnoj mreži

Model za određivanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu prikazan je na slici (Slika 6.1). Sastoji se iz tri glavna segmenata ili tri sukcesivne faze realizacije.

U prvoj fazi potrebno je projektovati saobraćajnu mrežu multimodalnog karaktera i definisati transportne zahteve iskazane preko broja vozila po saobraćajnoj deonici po jednom danu na multimodalnoj saobraćajnoj mreži. Multimodalnost se ogleda u postojanju putne, železničke i mreže unutrašnjih plovni puteva.



Slika 6.1. Model za određivanje uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu

Kako bi se uočio uticaj drumskih i transportnih uslova eksploatacije (protok, gustina, kapacitet, odnos tok/kapacitet, eksploataciona brzina) tj. razvoja saobraćajne infrastrukture na emisiju izduvnih gasova, analiza se realizuje za različite scenarije razvoja putne infrastrukture na nivou vangradskih putnih pravaca na teritoriji Republike Srbije. Sva mesta i gradovi smatraju se u ovom slučaju za saobraćajne čvorove osim

većih gradova Beograda, Novog Sada i Niša čije teritorije obuhvataju nekoliko deonica koje su delovi Panevropskih trasa i važnijih magistralnih i regionalnih puteva u Srbiji.

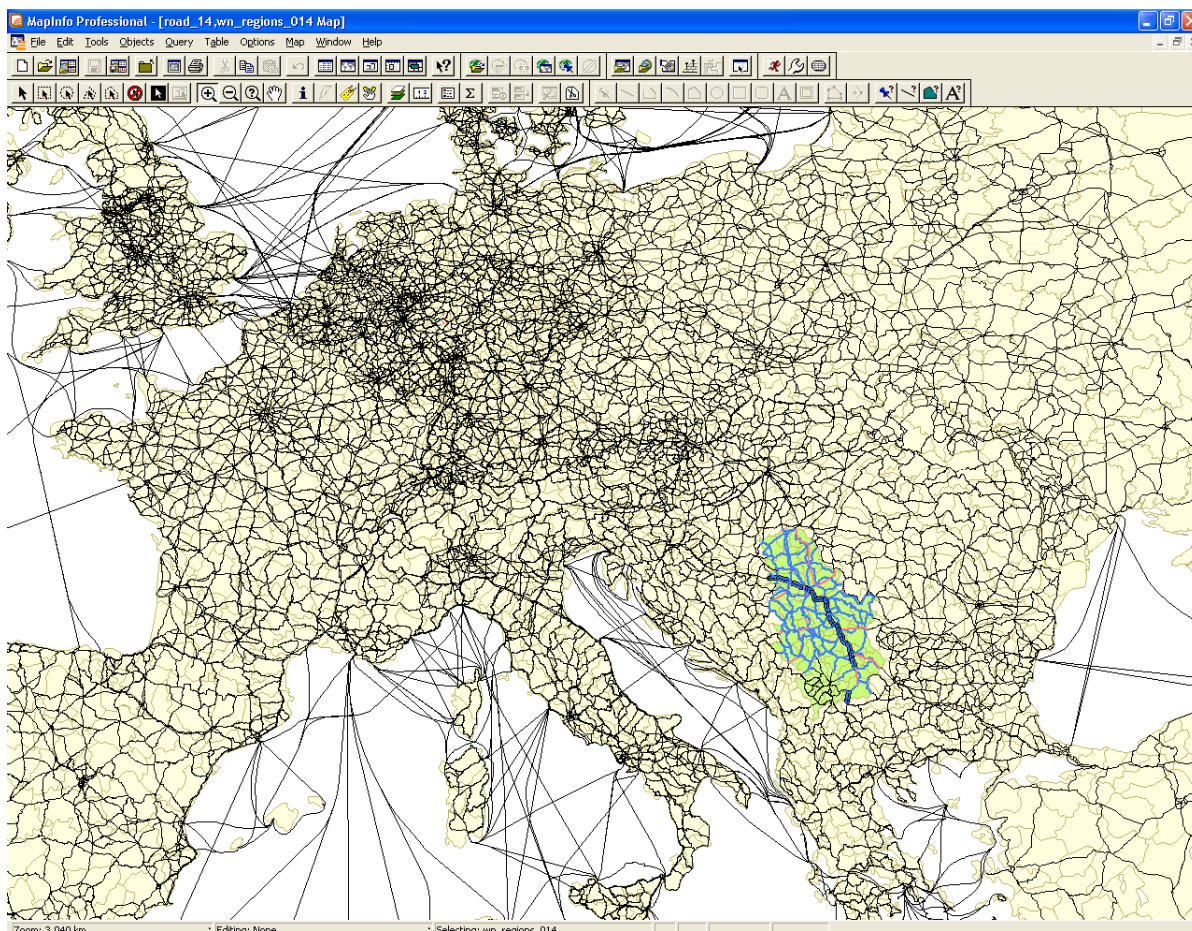
Nakon definisanja transportnih zahteva, u sledećoj drugoj fazi, primenom HDM modela, određuje se potrošnja goriva autobusa sa pogonom na konvencionalno dizel gorivo ali i svih drugih kategorija vozila u odnosu na eksploatacione uslove na celoj saobraćajnoj mreži.

Naredna, treća faza odnosi se na vrednovanje i analiza uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži sa stanovišta eksternih troškova. U tom smislu određuju se jedinični faktori emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na prirodni gas u odnosu na potrošnju goriva dobijenu u prethodnoj fazi. Izlazni rezultat je u obliku: kg zagađivača po kg goriva. Konačno, uz proračunate vrednosti ukupne emisije izduvnih gasova po svakoj deonici saobraćajne mreže a imajući u vidu jedinične troškove zagađivača izražene u €/toni moguće je odrediti ukupne troškove emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na prirodni gasa. Vrednosti su raspoložive za svaku deonicu, celu saobraćajnu mrežu, za svaku kategoriju vozila, za svaku koncepciju pogona (u ovom slučaju: benzin, dizel i prirodni gas) i za svaku vrstu zagađivača tj.: ugljendioksid (CO₂), ugljenmonoksid (CO), oksidi azota (NO_x), sumpordioksid (SO₂), metan (CH₄), isparljiva organska jedinjenja (VOC), i čestično zagađenje (PM).

6.1.1. Dizajniranje multimodalne saobraćajne mreže

Multimodalna saobraćajna mreža za potrebe ovog istraživanja modelirana je na bazi WorldNet mreže (Slika 6.2) koja obuhvata celu Evropu i veći deo sveta. Ukupna dužina na teritoriji Srbije (slika 6.3) je oko 10632km i to:

- 6518 km drumske mreže koja obuhvata mrežu međumesnog saobraćaja, tj. autoputeve, magistralne, regionalne i male deonice lokalnih puteva,
- 2793 km železničke mreže koja obuhvata sve linije od međunarodnog, nacionalnog i regionalnog značaja,
- 1321 km unutrašnjih plovnih puteva koji obuhvataju reke Dunav, Savu i Tisu, kao i kanale DTD trećeg, četvrtog i petog reda.

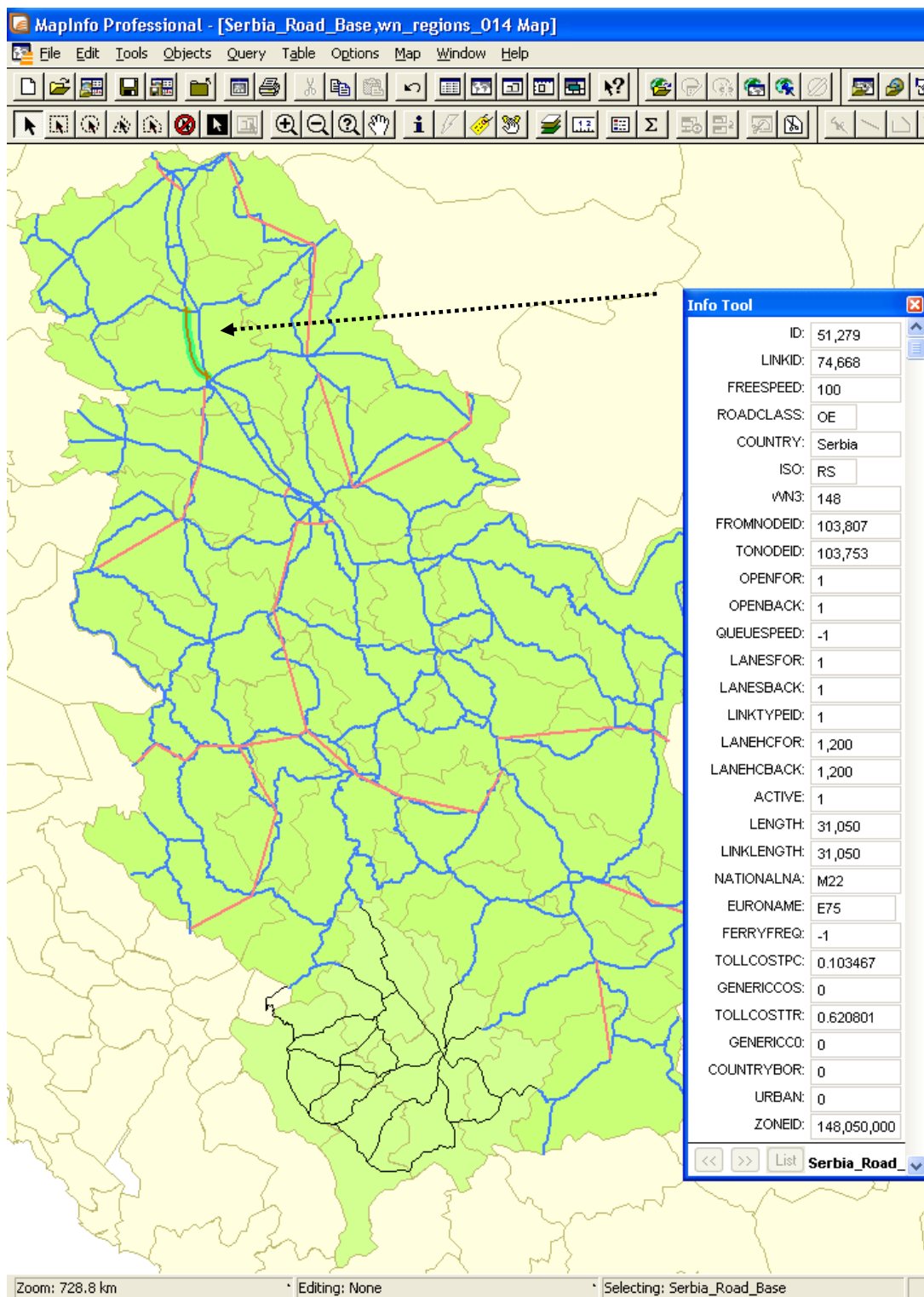


Slika 6.2. Multimodalna transportna mreža na evropskom nivou korišćena u istraživanju

Iako je područje istraživanja ograničeno na drumski sektor, zbog vidovne raspodele saobraćaja na mreži (modal split), u postupku definisanja transportnih zahteva pomoću simulacija u softverskom paketu Transtools, uzete su u obzir i mreže železničkog saobraćaja i mreže unutrašnjih plovnih puteva. Priroda vazdušnog saobraćaja je takva da u ovom trenutku ovaj vid nije pogodan za modeliranje u paketu Transtools. Dva aerodroma koji su danas u funkciji, tj. aerodromi „Nikola Tesla” u Beogradu i „Konstantin Veliki” u Nišu, za sada su predstavljeni kao saobraćajni čvorovi.

Saobraćajne deonice (vezano za drumski vid saobraćaja), saobraćajne sekcije (vezano za železnički vid saobraćaja) i saobraćajne sponne (vezano za vodni saobraćaj) u daljem tekstu „linkovi”, u okviru multimodalne mreže imaju karakter saobraćajnog odseka tj. putnog pravca ili železničke sekcije sa homogenim tehničko-eksploatacionim karakteristikama.

Svaki link u okviru drumske, železničke i mreže unutrašnjih plovni puteva, ima 50 (Tabela 6.1), 39, 23 atributa respektivno sa svojim vrednostima, koji opisuju tehničko eksploatacione karakteristike tog istog linka (Slika 6.3).



Slika 6.3. Modelirana drumska transportna mreža na teritoriji Republike Srbije

Među najznačajnije attribute na drumskoj mreži spadaju: identifikacioni broj deonice (ID_TT), dužina linka (Link Length), projektna brzina (Free Speed), kategorija puta (Road Class), tip terena (Terrain Type), broj saobraćajnih traka u smeru napred (LanesFor), broj saobraćajnih traka u smeru nazad (LanesBack), časovni kapacitet u smeru napred (LaneHCFor), časovni kapacitet u smeru nazad (LaneHCBack), granični prelaz (Country Border).

U tabeli (Tabela 6.1) detaljno su navedeni atributi linkova putne mreže, korišćeni za potrebe funkcionisanja modela i pri tom su dati: naziv atributa, njegov opis i izvor podatka o njegovoj vrednosti.

Tabela 6.1/1. Dodeljeni atributi deonicama na modeliranoj putnoj mreži

r.b.	Naziv	Opis	Izvor podataka
1	ID_TT	Identifikacioni broj deonice (grane)	WorldNet baza podataka
2	FreeSpeed	Brzina slobodnog toka (km/h)	Određena saobraćajnim znakom
3	RoadClass	Klasa puteva: OE Ostali evropski putevi O Ostali putevi ME Evropski autoput M Autoput	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
4	Country	Ime države u kojoj se nalazi deonica	Popunjeno: Srbija
5	ISO	Slovna skraćenica oznake države	Popunjeno: RS
6	WN3	Kod (šifra) države	Popunjeno: 148
7	FromNodeID	ID broj izvornog čvora deonice na mreži	WorldNet baza podataka
8	ToNodeID	ID broj ciljnog čvora deonice na mreži	WorldNet baza podataka
9	OpenFor	Deonica puta usmerena unapred	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
10	OpenBack	Deonica puta usmerena unazad	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
11	QueueSpeed	Brzina bez proračuna brzine toka kada je kapacitet prekoračen	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
12	LanesFor	Broj (saobraćajnih) traka u smeru unapred	Popunjeno 1 ili 2 WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
13	LanesBack	Broj traka u smeru unazad	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima

Tabela 6.1/2. Dodeljeni atributi deonicama na modeliranoj putnoj mreži

r.b.	Naziv	Opis	Izvor podataka
14	LinkTypeID	Tip deonice koji definiše brzinu toka u krivini 1 = autoput; 6 = vangradski put 9 = lokalni put	WorldNet baza podataka ažurirana lokalnim podacima
15	LaneHCFor	Časovni kapacitet po traci u smeru unapred	WorldNet baza podataka, usklađena po tipu terena, prosečnoj brzini i funkcionalnoj klasi
16	LaneHCBack	Časovni kapacitet po traci u smeru unazad	
17	Active	Ako se deonica koristi u raspodeli saobraćaja: 1 = deonica se koristi u raspodeli 0 = ne koristi se	WorldNet baza podataka, usklađena po tipu terena, prosečnoj brzini i funkcionalnoj klasi
18	Length	Dužina u metrima; 0 ako je trajekt	Lokalna baza podataka
19	LinkLength	Dužina deonice u metrima	Lokalna baza podataka
20	NationalName	Nacionalni naziv puta	Lokalna baza podataka
21	EuroName	Evropski naziv	Lokalna baza podataka
22	FerryFreq	Dnevni broj polazaka trajekta	Nije potrebno
23	TollCostsPC	Putarine za putničke automobile sa srpskom registracijom (€/km po PA)	Zvanične cene, sopst. proračun
24	GenericCostsPC	Opšta državna putarina za putničke automobile	Zvanične cene, sopst. proračun
25	TollCostsTR	Putarine za teretna vozila sa srpskom registracijom (€/km po TV)	Zvanične cene, sopst. proračun
26	GenericCostsTR	Opšta državna putarina za teretna vozila	Zvanične cene, sopst. proračun
27	CountryBorder	Deonica koja se nalazi na kritičnoj granici koristi se u proračunu NU drumskog teretnog saobraćaja: 1 = granični prelaz (kritični) 0 = nije granični prelaz	Lokalna baza podataka
28	Urban	1 = deonica se nalazi u gradskoj sredini 0 = deonica se ne nalazi u gradskoj sredini	Lokalna baza podataka
29	ZoneID	Zona gde se nalazi deonica	WorldNet baza podataka
30	PreLoadFor	Pretpostavljen lokalni saobraćaj u smeru	WorldNet baza podataka

Tabela 6.1/3. Dodeljeni atributi deonicama na modeliranoj putnoj mreži

r.b.	Naziv	Opis	Izvor podataka
31	PreLoadBack	Pretpostavljen lokalni saobraćaj u smeru unazad	WorldNet baza podataka
32	LinkCostPC	Ukupni troškovi za vozila sa srpskom registracijom (€/km po PA)	Izračunato
33	LinkCostTR	Ukupni troškovi za teretna vozila sa srpskom registracijom (€/km po TV)	Izračunato
34	FerrySailingTime	U slučaju trajekta vreme putovanja na deonici	Nije potrebno
35	FerryWaitingTime	U slučaju trajekta vreme čekanja u funkciji frekvencije trajekata	Nije potrebno
36	Comments	Komentari	
37	Functional_class	1 = Autoput 2 = Magistralni put 3 = Regionalni put 4 = Lokalni put	Lokalna baza podataka,
38	Counter_nr	Broj brojačke tačke	U nacionalnom brojanju saobraćaja
39	Car_traffic	Broj PA (ukupan broj dnevno, u oba smera)	U nacionalnom brojanju saobraćaja, Statistički zavod za granične prelaze, ekspertna ocena za deonice za koje nema informacija sa brojanja
40	Bus_traffic	Broj autobusa (ukupan broj dnevno, u oba smera)	
41	L_Trucks_traffic	Broj lakih teretnih vozila (ukupan broj dnevno, u oba smera)	
42	M_Trucks_traffic	Broj srednjih teretnih vozila (ukupan broj dnevno, u oba smera)	
43	H_Trucks_traffic	Broj teških teretnih vozila (ukupan broj dnevno, u oba smera)	
44	Sum_Bus_Truck_traffic	Ukupno autobusa, lakih, srednjih i teških teretnih vozila (ukupan broj dnevno, u oba smera)	Izračunato
45	Art_Veh_traffic	Broj transportnih sastava (ukupan broj dnevno, u oba smera)	U nacionalnom brojanju saobraćaja
46	Total_Traffic	Ukupan broj vozila (obim saobraćaja)	Izračunato
47	Toll_Cost_PCF	Cene putarina putničkih automobila sa stranom registracijom (€/km)	Zvanična tarifa, sopstveni proračun
48	Toll_Cost_TRF	Cene putarina za teretna vozila sa stranom registracijom (€/km)	Zvanična tarifa, sopstveni proračun

Tabela 6.1/4. Dodeljeni atributi deonicama na modeliranoj putnoj mreži

r.b.	Naziv	Opis	Izvor podataka
49	Terrain_type	Tip terena: 1 = ravan 2 = brdoviti 3 = planinski	Procena na osnovu nacionalnih podataka
50	IRI	Međunarodni indeks neravnosti	Procenjen snimanjem

6.1.2. Definisane transportnih zahteva

Za definisanje transportnih zahteva na saobraćajnoj mreži korišćen je paket za modeliranje Transtools, verzija 2.31. Za potrebe ovog istraživanja aplikacija je prilagođena za teritoriju Republike Srbije u smislu raspoloživosti podataka (rezultata) po pojedinim linkovima.

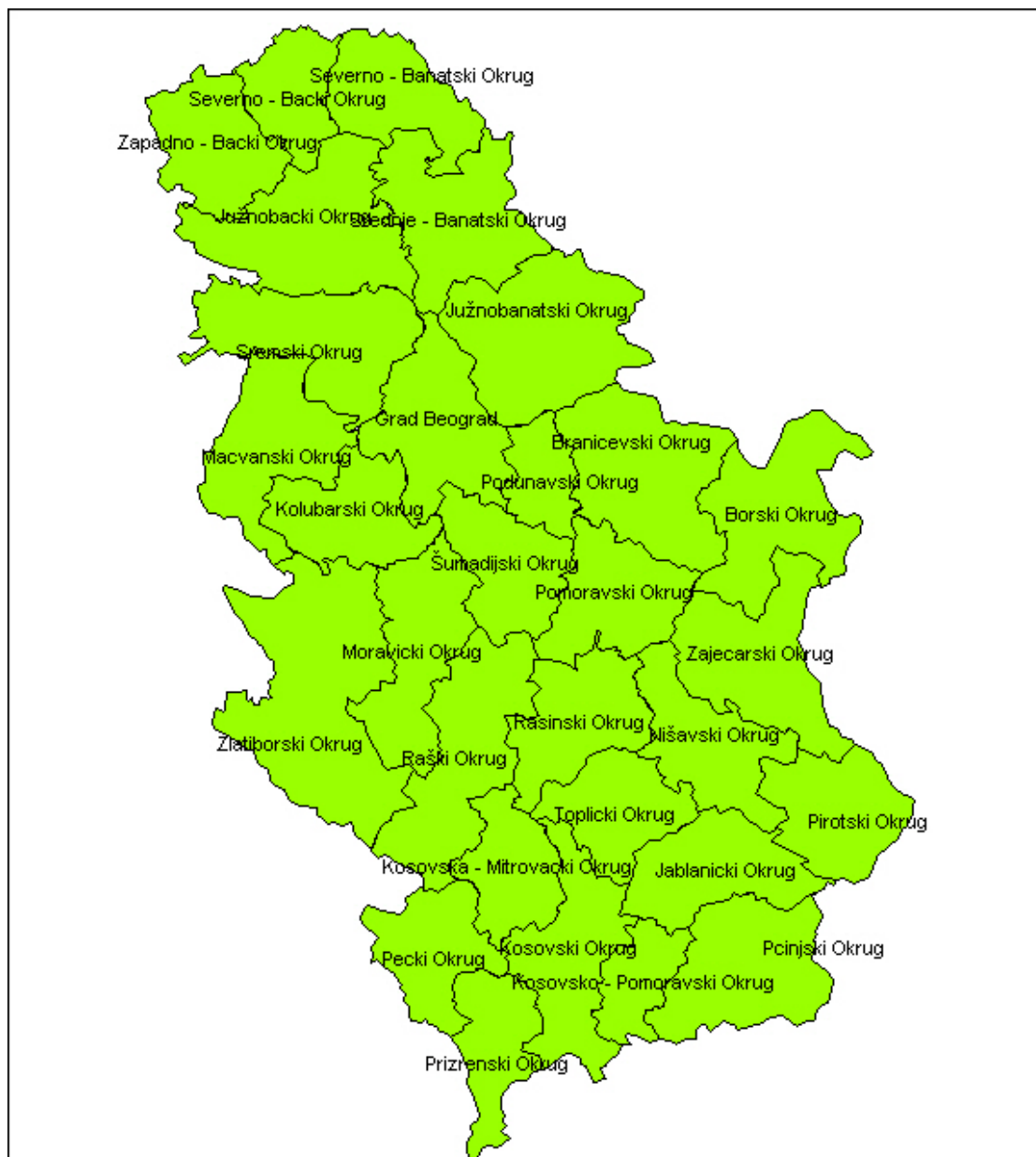
Struktura modela Transtools je veoma složena, njegovi najvažniji segmenti su:

- ekonomski model zasnovan na modifikovanom i pojednostavljenom verzija modela CG Europe,
- teretni model za kreiranje transportnih zahteva koji obuhvata: ETIS matricu o razmeni robe između izvorišnih i ciljnih regiona, po vrsti robe koja je kategorisana u 11 kategorija, NEAC model vidovne raspodele kretanja robe, model prognoze trgovinske razmene sa dva podmodela, globalne trgovinske razmene i trenda rasta obima trgovinske razmene,
- putnički model za kreiranje transportnih zahteva, zasniva se na modelima VACLAV i ASTRA. Rezultat rada putničkog modela je vidovna raspodela putničkih tokova bez raspodele na saobraćajnu mrežu,
- teretni logistički model,
- model raspodele tokova za različite vidove saobraćaja, drumski, železnički i vodni.

Četvorostepeni Transtools model (generisanje/ distribucija/ vidovna raspodela-modal split/ raspodela po saobraćajnoj mreži) kalibrisan je za baznu godinu (u ovom slučaju je to 2009. godina) kako bi karakteristike saobraćajnog toka po linku modela bile usklađene sa karakteristikama saobraćaja iste deonice dobijene brojanjem u stvarnim uslovima.

U grupu najvažnijih ulaznih podataka koji su prikupljeni i korišćeni za rad Transtools-a ubrojani su:

- multimodalna saobraćajna mreža sa pripadajućim atributima po linku definisana u tački 6.1.1, kao i raspodela saobraćaja po mreži za baznu godinu dobijena modeliranjem,
- usvojeni zonski sistem koji se sastoji od 25 okruga (Slika 6.4) sa podacima vezanih za svaki okrug: naziv okruga, broj stanovnika, veličina domaćinstva, broj putničkih automobila, broj zaposlenih, broj članova motorizovanih i nemotorizovanih domaćinstava; zoniranje van teritorije Srbije izvršeno je na nivou NUTS3 odnosno za broj stanovnika u zoni koji se kreće od minimalno 150000 do maksimalno 800000,
- izvorno ciljne matrice (unutrašnje i međunarodne) putničkog saobraćaja za odgovarajuće godine po definisanim scenarijima,
- podaci o putovanjima za baznu godinu: izvor i cilj po vidovima saobraćaja, svrha putovanja (posao ili ostalo), stepen motorizacije, generisanje putovanja od kuće,
- izvorno ciljne matrice (unutrašnje i međunarodne) razmene robe za odgovarajuće godine po definisanim scenarijima,
- stopa rasta bruto domaćeg proizvoda u Republici Srbiji za period modeliranja transportnih zahteva ili po subperiodima ukoliko je period prognoze duži od četiri godine,
- stopa rasta bruto domaćeg proizvoda van teritorije Republike Srbije za period modeliranja transportnih zahteva ili po subperiodima ukoliko je period prognoze duži od četiri godine,
- vrednost vremena poslovnih i ostalih svrha putovanja sa odgovarajućim koeficijentima elastičnosti za godinu prognoze,
- vrednost pređenog kilometra u baznoj godini i godini prognoze transportnih zahteva na saobraćajnoj mreži,
- popunjenost putničkog automobila u baznoj godini i godini prognoze za poslovna putovanja i ostale svrhe putovanja,
- popunjenost autobusa u baznoj godini i godini prognoze,
- procenat domaćinstava koja poseduju više od jednog putničkog automobila,
- promenljive po scenarijima.



Slika 6.4. Usvojeni zonski sistem neophodan za definisanje transportnih zahteva

Izlazni rezultati za svaku deonicu transportne mreže obuhvataju sledeće podatke:

- identifikacija linka (Link Identifier),
- dužina linka –km (Link Length),
- funkcionalna kategorija linka (Link Type Based on functional classes),
- tip terena (Terrain Type),
- neravnost kolovoza po linku (International Roughness Indicator (IRI)),
- projektna brzina putničkog vozila (Unadjusted Passenger Speed),

- projektna brzina teretnog vozila (Unadjusted Freight Speed),
- eksploataciona brzina putničkog vozila (Adjusted Passenger Speed),
- eksploataciona brzina putničkog vozila (Adjusted Freight Speed),
- PGDS putničkih automobila (Daily Cars),
- PGDS autobusa (Daily Buses),
- PGDS lakih teretnih vozila (Daily Light Trucks),
- PGDS srednjih teretnih vozila (Daily Medium Trucks),
- PGDS teških teretnih vozila (Daily Heavy Trucks),
- PGDS transportnih sastava (Daily Articulated Trucks),
- časovni kapacitet izražen u PAJ-u (Hourly Capacity in PCU),
- odnos tok- kapacitet (Intensity to Capacity Ratio-ICR).

Pri proračunu eksploatacione brzine kretanja vozila koristi se BPR formula (US Bureau of Public Roads) prema HCM (2000). BPR formula daje zavisnost vremena putovanja neslobodnog toka u funkciji vremena putovanja pri slobodnom toku, odnosa tok/kapacitet i BPR parametara α i β [6.1]:

$$t = t_{sl} \cdot (1 + \alpha \cdot ICR^\beta) \quad [6.1]$$

pa će eksploataciona brzina biti [6.2]:

$$V_e = \frac{s}{t} = \frac{s}{t_{sl} \cdot (1 + \alpha \cdot ICR^\beta)} \left[\frac{km}{h} \right] \quad [6.2]$$

gde su:

- t - proračunato vreme putovanja (vreme putovanja pri neslobodnom toku),
- t_{sl} - vreme putovanja pri slobodnom toku,
- ICR - odnos tok/kapacitet,
- α i β - koeficijenti, dati u tabeli (Tabela6.2).

Tabela 6.2. Vrednosti BPR koeficijenata

Tip linka	α	β	Kategorija puta
1	0,45	4	autoput
2	0,50	2,5	dvotračni put
3	0,80	1,5	lokalni put

Izvor: NEA-Transtools, 2007.

6.1.3. Određivanje potrošnje goriva na putnoj mreži

Određivanje potrošnje goriva u prvom koraku podrazumeva proračun potrošnja konvencionalnih goriva dizela i benzina za sve kategorije vozila i za različite uslove eksploatacije. Za tu svrhu korišćen je HDM model. Za rad ovog modela potrebne su informacije o korišćenju vozila, prosečnoj starosti voznog parka, prosečnom broju prevezenih osoba i broju prevezenih tona. U tabeli (Tabela 6.3) dati su podaci koji su korišćeni za potrebe ovog istraživanja.

Tabela 6.3. Prosečne karakteristike o korišćenju različitih kategorija vozila

	Jedinica	Putnički automobil	Autobus	Lako teretno	Srednje teretno	Teško teretno	Transportni sastav
Prosečna godišnja pređena kilometraža vozila	km	12000	80000	40000	40000	55000	80000
Prosečno godišnje vreme provedeno na radu	čas	300	2 000	2 000	2000	2000	2000
Prosečna ukupna vremenska eksploatacija vozila	godina	15	14	14	14	14	15
Prosečna ukupna pređena kilometraža	km	180000	1120000	560000	560000	770000	1120000
Prosečna popunjenost putničkog vozila	putnika	2	36	0	0	0	0
Prosečna vrednost prevezenog tereta	tona	0	0	6	6	18	18

Izvor: Saobraćaj, skladištenje i veze, 2009.

Ulazne vrednosti omogućuju da se na osnovu HDM modela proračunaju potrošnje goriva za sve kategorije vozila pri različitim brzinama kretanja. Na osnovu parova (brzina kretanja, potrošnja goriva) regresionom analizom utvrđena je funkcionalna zavisnost potrošnje goriva od brzine kretanja vozila. Funkcija PG (potrošnja goriva)=f(v) je polinom drugog stepena [6.3]:

$$PG = a + b \cdot V + c \cdot V^2 \text{ [lit/km]} \quad [6.3]$$

gde su:

- a, b i c - parametri regresije,
- V - brzina kretanja izražena u km/h.

Prosečne karakteristike puta za svaki tip terena pri određivanju potrošnje goriva date su u tabeli (Tabela 6.4).

Tabela 6.4. Prosečne karakteristike puta prema tipu terena

Prosečne putne karakteristike	Jedinica	Dvotračni put			Autoput	
		Ravničarski predeo	Brdoviti predeo	Planinski predeo	Ravničarski predeo	Brdoviti predeo
Uspón + Pad	m/km	10	15	25	3	25
Prosečna horizontalna krivina	°/km	15	75	150	15	25
Prosečna nadmorska visina	m	100	200	500	100	200
Ograničenje brzine	km/h	80	80	60	120	120

Izvor: Saobraćaj, skladištenje i veze, 2009.

Regresionom analizom dobijeno je 84 različita odnosa između brzine i potrošnje goriva za šest kategorija vozila prema svakom tipu terena (ravničarski predeo, brdoviti predeo i planinski predeo) i svaku od 4 vrednosti međunarodnog indeksa neravnosti kolovoza (IRI: 2, 5, 8 i 12). Rezultati ove analize detaljno su prikazani u tabeli (Tabela 6.5) (Ivković i ostali, 2011).

Tabela 6.5/1. Proračunate vrednosti regresionih faktora za određivanje potrošnje goriva vozila

Terén	IRI	Koeficijenti regresije	Putnički automobil (benzinski)	Putnički automobil (dizel)	Autobus	Lako teretno	Srednje teretno	Teško teretno	Transportni sastav
Ravničarski predeo	2	a	0,1388564	0,1231656	0,3491178	0,1829522	0,2051383	0,4446695	0,5569924
Ravničarski predeo	2	b	-0,0024858	-0,0022049	-0,0063880	-0,0030710	-0,0034635	-0,0086879	-0,0102722
Ravničarski predeo	2	c	0,0000162	0,0000143	0,0000596	0,0000323	0,0000353	0,0000744	0,0000871
		R ²	0,9789478	0,9652143	0,9779548	0,9843259	0,9847257	0,9423554	0,9645856
Ravničarski predeo	5	a	0,1469614	0,1303547	0,3652890	0,1892284	0,2102811	0,4612519	0,5828304
Ravničarski predeo	5	b	-0,0027684	-0,0024556	-0,0066814	-0,0032266	-0,0036590	-0,0091280	-0,0107925

Tabela 6.5/2. Proračunate vrednosti regresionih faktora za određivanje potrošnje goriva vozila

Teren	IRI	Koeficijenti regresije	Putnički automobil (benzinski)	Putnički automobil (dizel)	Autobus	Lako teretno	Srednje teretno	Teško teretno	Transportni sastav
Ravničarski predeo	5	c	0,0000187	0,0000163	0,0000616	0,0000340	0,0000371	0,0000784	0,0000907
		R ²	0,9265652	0,9356899	0,9754784	0,9854125	0,9854125	0,9530278	0,9946585
Ravničarski predeo	8	a	0,1564186	0,1387433	0,3878647	0,1956869	0,2131787	0,5007172	0,6128304
Ravničarski predeo	8	b	-0,0031556	-0,0027990	-0,0070895	-0,0034704	-0,0038246	-0,0108280	-0,0110025
Ravničarski predeo	8	c	0,0000230	0,0000202	0,0000651	0,0000371	0,0000397	0,0000976	0,0000967
		R ²	0,9922658	0,9898856	0,9856321	0,9842570	0,9815224	0,9980237	0,9784459
Ravničarski predeo	12	a	0,1682616	0,1492480	0,3888569	0,2035117	0,2238993	0,5097172	0,6750154
Ravničarski predeo	12	b	-0,0036718	-0,0032569	-0,0050679	-0,0037954	-0,0043060	-0,0108880	-0,0131484
Ravničarski predeo	12	c	0,0000288	0,0000251	0,0000497	0,0000412	0,0000456	0,0001001	0,0001211
		R ²	0,9999848	0,9984521	0,9996521	0,9996523	0,9962548	0,9685500	0,9702146
Brdoviti predeo	2	a	0,1462474	0,1297214	0,3477103	0,1883172	0,2140197	0,4689726	0,5803301
Brdoviti predeo	2	b	-0,0026835	-0,0023803	-0,0059521	-0,0032437	-0,0037794	-0,0092784	-0,0105975
Brdoviti predeo	2	c	0,0000178	0,0000156	0,0000565	0,0000341	0,0000382	0,0000802	0,0000906
		R ²	0,9598995	0,9632513	0,9900125	0,9815445	0,9887325	0,9668541	0,9658897
Brdoviti predeo	5	a	0,1516767	0,1345373	0,3635944	0,1921947	0,2179097	0,4760116	0,5928304
Brdoviti predeo	5	b	-0,0028890	-0,0025626	-0,0062126	-0,0033510	-0,0038868	-0,0095088	-0,0106895
Brdoviti predeo	5	c	0,0000198	0,0000173	0,0000588	0,0000354	0,0000394	0,0000826	0,0000907
		R ²	0,9588745	0,9547841	0,9885474	0,9868552	0,9888451	0,9668923	0,9701444
Brdoviti predeo	8	a	0,1700187	0,1508066	0,3808569	0,2031612	0,2298257	0,5217172	0,6800154
Brdoviti predeo	8	b	-0,0036991	-0,0032811	-0,0051779	-0,0038331	-0,0044798	-0,0109880	-0,0130484
Brdoviti predeo	8	c	0,0000291	0,0000250	0,0000497	0,0000416	0,0000470	0,0001007	0,0001211
		R ²	0,9925146	0,9856327	0,9921549	0,9851254	0,9891548	0,9947886	0,9954166
Brdoviti predeo	12	a	0,1928377	0,1585409	0,4235996	0,2261704	0,2508367	0,5597050	0,7246851
Brdoviti predeo	12	b	-0,0049595	-0,0038290	-0,0068191	-0,0050289	-0,0056608	-0,0128762	-0,0148966
Brdoviti predeo	12	c	0,0000466	0,0000349	0,0000735	0,0000589	0,0000639	0,0001317	0,0001619
		R ²	0,9995418	0,9736526	0,9932525	0,9995632	0,9997548	0,9986475	0,9963333
Planinski predeo	2	a	0,1565948	0,1388996	0,3597162	0,2000523	0,2234916	0,4720116	0,6028304
Planinski predeo	2	b	-0,0030675	-0,0027208	-0,0044609	-0,0036787	-0,0039763	-0,0095088	-0,0107025
Planinski predeo	2	c	0,0000214	0,0000188	0,0000437	0,0000382	0,0000401	0,0000849	0,0000926
		R ²	0,9617459	0,9632523	0,9652321	0,9888445	0,9927563	0,9855630	0,9844745
Planinski predeo	5	a	0,1589341	0,1409745	0,3697162	0,2024159	0,2261550	0,5107172	0,6158304

Tabela 6.5/3. Proračunate vrednosti regresionih faktora za određivanje potrošnje goriva vozila

Teren	IRI	Koeficijenti regresije	Putnički automobil (benzinski)	Putnički automobil (dizel)	Autobus	Lako teretno	Srednje teretno	Teško teretno	Transportni sastav
Planinski predeo	5	b	-0,0031656	-0,0028079	-0,0044713	-0,0037326	-0,0040219	-0,0108880	-0,0108025
Planinski predeo	5	c	0,0000225	0,0000197	0,0000439	0,0000391	0,0000407	0,0000991	0,0000966
		R ²	0,9701545	0,9685453	0,9712570	0,9879665	0,9914254	0,9889980	0,9896523
Planinski predeo	8	a	0,1719739	0,1525409	0,3918569	0,2112094	0,2355231	0,5247172	0,6940154
Planinski predeo	8	b	-0,0037528	-0,0033287	-0,0050779	-0,0041227	-0,0043600	-0,0109682	-0,0130504
Planinski predeo	8	c	0,0000296	0,0000256	0,0000497	0,0000444	0,0000458	0,0001022	0,0001212
		R ²	0,9939855	0,9932521	0,9897546	0,9879556	0,9860214	0,9985456	0,9658780
Planinski predeo	12	a	0,1944455	0,1605409	0,4325996	0,2351771	0,2597035	0,5747050	0,7546851
Planinski predeo	12	b	-0,0049410	-0,0038290	-0,0067191	-0,0052965	-0,0056551	-0,0128762	-0,0155966
Planinski predeo	12	c	0,0000470	0,0000357	0,0000735	0,0000617	0,0000638	0,0001327	0,0001724
Planinski predeo		R ²	0,9999479	0,9981442	0,9997523	0,9985452	0,9993521	0,9985446	0,9889980

U zavisnosti od brzine kretanja vozila za različite uslove eksploatacije, moguće je odrediti potrošnju goriva na celokupnoj putnoj mreži na osnovu tabele (Tabela 6.5) i izraza [6.3]. Usled međusobnog uticaja vozila u saobraćajnom toku, potrebno je izvršiti korekciju potrošnje popravnim faktorima koji predstavljaju povećanje potrošnje pri prosečnoj eksploatacionoj brzini koja je prouzrokovana međusobnim uticajem vozila u saobraćajnom toku, u odnosu na potrošnju pri projektovanoj brzini.

Matrica popravnih faktora povećanja potrošnje goriva za autobuse prikazana je u tabeli (Tabela 6.6).

Tabela 6.6. Popravni faktori povećanja potrošnje goriva

Projektna brzina [km/h]	Eksploataciona brzina [km/h]						
	40	50	60	70	80	90	100
40							
50	1,008						
60	1,060	1,044					
70	1,173	1,120	1,065				
80	1,350	1,305	1,208	1,101			
90	1,640	1,565	1,444	1,312	1,180		
100	1,790	1,705	1,569	1,424	1,270	1,061	

Izvor: Kuzović, 1994.

Na osnovu tabele (Tabela 6.6) formirane su regresionom analizom zavisnosti popravniha faktora povećanja potrošnje goriva (PFPG) od promene brzine sa projektne na eksploatacionu (Slika 6.5) kao polinom drugog stepena [6.4]:

$$PFPG = a + b \cdot V + c \cdot V^2 \quad [6.4]$$

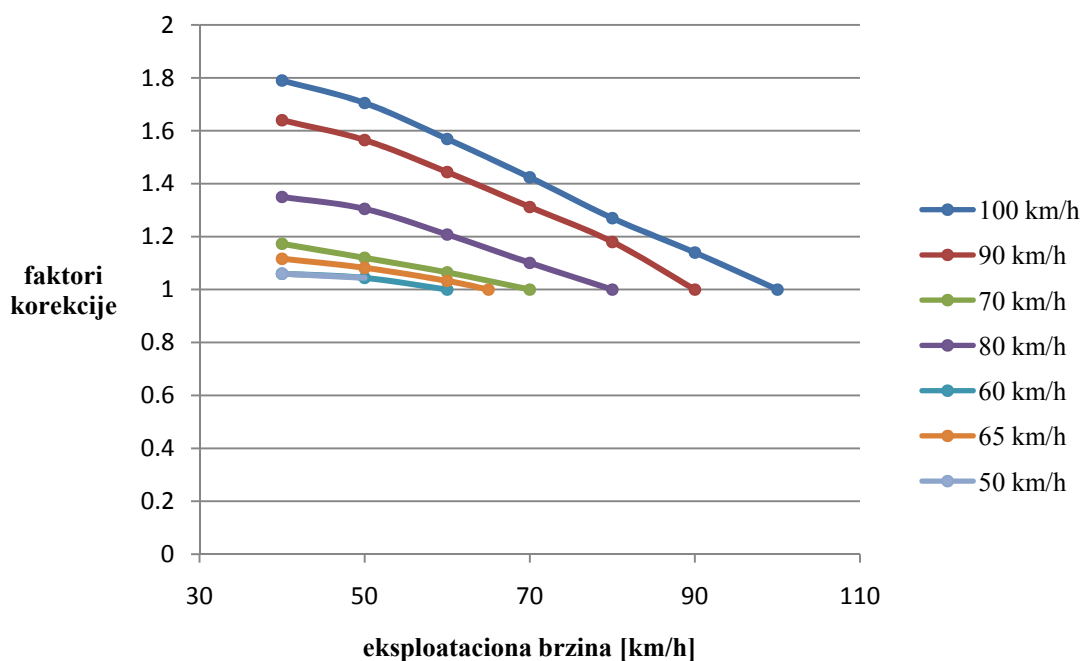
gde su:

- a, b i c - parametri regresije,
- V - brzina kretanja izražena u km/h.

Regresioni faktori su dati u tabeli (Tabela 6.7).

Tabela 6.7. Faktori regresije za korekciju potrošnje goriva autobusa

Projektna brzina [km/h]	100	90	80	70	65	60	50
a	$-3,1 \cdot 10^{-5}$	-0,0001	$-8,7 \cdot 10^{-5}$	-0,00003	-0,00003	-0,00003	-0,00003
b	-0,00976	0,000389	0,001417	-0,00244	-0,00244	-0,00244	-0,00244
c	2,289429	1,790479	1,438914	1,3182	1,2862	1,2562	1,2062
R ²	0,989205	0,99913	0,995837	0,999806	0,990617	0,997609	0,998452



Slika 6.5. Zavisnosti popravnog faktora korekcije potrošnje goriva (PFPG) od promene brzine

6.1.4. Određivanje potrošnje goriva autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas

U drugom koraku potrebno je odrediti potrošnju komprimovanog prirodnog gasa ekvivalentnu potrošnji dizel goriva u obliku [6.5]:

$$\frac{1 \text{ litar dizel goriva}}{100 \text{ km}} = X \cdot \frac{1 \text{ m}^3 \text{ PG}}{100 \text{ km}} \quad [6.5]$$

Zapreminska donja toplotna moć prirodnog gasa iznosi 37-41 MJ/m³, a dizel goriva 42,5 MJ/dm³ te se za istu količinu utrošene energije dobija teorijski odnos [6.6]:

$$\frac{1 \text{ litar dizel goriva}}{100 \text{ km}} = (1,03 \div 1,11) \cdot \frac{1 \text{ m}^3 \text{ PG}}{100 \text{ km}} \quad [6.6]$$

Međutim u realnim uslovima eksploatacije ovaj odnos nije stalan i zavisi od različitih faktora kao što su: transportni faktori (obim prevoza izražen u prevezenom broju putnika po satu, režim rada vozila, vreme rada vozila, uslovi tehničkog održavanja), drumski faktori (elementi profila i plana puta, vrsta i stanje kolovoznog zastora, karakteristike saobraćajnog toka), prirodno klimatski uslovi (temperatura spoljašnje sredine, vlažnost kolovoza, vidljivost) i kvalitet energenata. U gradskim uslovima prema istraživanju koje je sprovedeno na teritoriji grada Beograda 2008. godine vrednost gorivnog ekvivalenta se kreće od 1,12-1,18 (GSP, 2009).

Utvrđivanje gorivnog ekvivalenta, koji se koristio u ovom radu, izvršeno je na osnovu istraživanja potrošnje goriva KPG autobusa IK104CNG sa optimizovanim fabričkim motorom za korišćenje prirodnog gasa RABA G10 DE-TURBO. Istraživanje je sprovedeno u trogodišnjem periodu od 2002. do 2004. godine i 2008. godine na međugradskim relacijama Beograd-Jagodina-Beograd, Beograd-Vrnjačka Banja-Beograd i Beograd-Loznica-Beograd.

Rezultati istraživanja prikazani su u tabeli (Tabela 6.8).

Tabela 6.8. Rezultati istraživanja potrošnje prirodnog gasa autobusa IK104CNG u realnim uslovima eksploatacije

	Pređeni put [km]	Pritisak gasa u rezervoarima polazno-krajnje mesto [bar]	Temperatura gasa u rezervoarima polazno-krajnje mesto [°C]	Količina gasa u rezervoarima, polazno-krajnje mesto [m ³]	Ukupna potrošnja goriva [m ³]	Prosečna potrošnja goriva [m ³ /100km]
Smer: Beograd-Jagodina	159	195/150	9/15	187,28/141,28	46,00	28,93
Smer: Jagodina-Beograd	158	150/100	15/10	140,28/96,17	45,11	28,55
Smer: Beograd-Vrnjačka Banja	215	160/100	23/24	146,57/91,64	54,93	25,54
Smer: Vrnjačka Banja-Beograd	222	98/25	21/24	91,03/23,60	67,43	30,37
Smer: Loznica-Beograd	140	101/50	26/24	92,22/46,28	45,94	32,81
Prosečna potrošnja	29.01					29.01

Izvor: Stevanović i ostali, 2004.

6.1.5. Određivanje gorivnog ekvivalenta

Rezultati iz tabele (Tabela 6.8) upoređivani su sa rezultatima potrošnje goriva autobusa sa dizel pogonskim agregatom na istim deonicama (Tabela 6.9), dobijenih simulacijom u Transtoolsu (kada su određeni autobuski transportni zahtevi na mreži) i kasnije primenom HDM modela (kada se direktno proračunava potrošnja goriva uzimajući u obzir eksploatacionu brzinu kretanja autobusa koja zavisi od transportnih zahteva na mreži, tip terena i međunarodnog indeksa neravnosti kolovoza - IRI-ja).

Tabela 6.9. Potrošnja goriva dizel autobusa dobijena simulacijom na deonicama Beograd-Jagodina, Beograd-Loznica, Beograd-Vr. Banja

LinkID	Teren	IRI	Dužina linka [km]	Eksploataciona brzina [km/h]	Transportni zahtevi po linku [bus/danu]	Potrošnja goriva po linku[l/danu]	Potrošnja goriva dizel bus [l/100 km]	Itinerer Bgd-Jgd	Itinerer Bgd-Lzn	Itinerer Bgd-V.Bnj
74520	1	2	24,35	57,44	147	656,56	18,34			+
74537	1	2	21,04	99,31	407	2652,63	30,98	+		+
74566	1	2	9,95	99,32	484	1492,03	30,98			+
74567	1	5	4,49	59,91	23	19,30	18,67	+		
74570	1	2	11,30	99,38	392	1370,69	30,94			+
74583	1	2	6,86	99,52	395	836,66	30,88	+		+
74592	1	2	10,37	99,10	511	1646,96	31,08	+		+
74599	1	2	27,05	52,84	275	1399,96	18,82		+	
74600	1	2	12,10	99,38	439	1643,70	30,94	+		+
74607	1	2	6,79	39,88	411	522,93	18,73	+		+
74615	1	2	22,15	99,28	449	3082,18	30,99	+		+
74618	1	2	40,16	99,93	228	2808,88	30,68		+	
74620	1	2	14,29	99,62	448	1973,58	30,83			+
74623	2	2	35,59	58,91	70	486,87	19,54			+
74625	1	2	6,82	99,84	226	473,66	30,72		+	
74679	1	2	10,36	97,29	602	1993,40	31,96	+		+
74683	1	2	46,79	51,84	176	1538,02	18,68		+	
74684	1	2	9,16	49,75	281	486,03	18,88		+	
74689	2	2	23,62	96,18	568	4514,17	33,65	+		+
74690	1	2	23,30	99,73	376	2695,81	30,77	+		+
Prosečna potrošnja	26.93									

Upoređujući prosečne potrošnje goriva KPG autobusa i dizel autobusa iz tabela (Tabela 6.8 i Tabela 6.9), utvrđena je vrednost gorivnog ekvivalenta [6.7]:

$$FE = \frac{29,01[m^3 PG/100km]}{26,93[lit. dizela/100km]} = 1,08 \quad [6.7]$$

Na osnovu projektovane multimodalne saobraćajne mreže, dužina deonice na putnoj mreži, definisanih transportnih zahteva, određene specifične potrošnje goriva za sve kategorije vozila, korekcije potrošnje goriva, usvajanja gorivnog ekvivalenta, određuje se potrošnja goriva na svakoj deonici i celokupnoj putnoj mreži autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni izražena u m³ prirodnog gasa.

6.1.6. Određivanje jediničnih faktora emisije izduvnih gasova vozila

Pod jediničnim faktorom emisije izduvnih gasova podrazumeva se prosečna emisija zagađivača CO, NO_x, NMVOC, CH₄, PM, CO₂, SO_x za svaku od kategorija merodavnih vozila i to putničkih automobila, autobusa, lakih, srednjih i teških vozila i transportnih sastava izraženih u gr zagađivača po kilogramu sagorelog goriva. Da bi se dobile ove vrednosti a imajući u vidu da su transportnim modelom za simulaciju transportnih zahteva svakako obuhvaćeni saobraćajni tokovi putnika i robe koji imaju izvorište i cilj putovanja van Teritorije Republike Srbije, analiza i proračun faktora emisije se dobija na osnovu podataka iz Priručnika za popis emisije izduvnih gasova (EEA, 2007) izdatog od strane European Environment Agency.

U ovom priručniku je data metodologija kojom se određuju emisijski faktori za svaki zagađivač kao funkcija potrošnje goriva. Metodologija je razvijena inicijalno u okviru projekta Corinair 1985. godine i ažurirana je u više navrata (u okviru projekta Corinair 1991, i u okviru softvera COPERT 1997, 2000 i 2007. godine). Podaci su dati za ukupno 21 zemlju EU. Izračunavanje prosečnih vrednosti emisije zagađivača CO, NO_x, NMVOC, CH₄ i PM u funkciji potrošnje goriva pokazuje malu razliku između 21 posmatranih zemalja, tako da su za potrebe ovog istraživanja usvojene vrednosti prosečnih faktora datih u tabeli (Tabela 6.10).

Tabela 6.10. Usvojene srednje vrednosti faktora emisije izduvnih gasova po kategorijama vozila [gr zagađivača/kg goriva]

Kategorija vozila	CO	NO _x	NMVOC	CH ₄	PM	CO ₂
Putnički automobil, benzinski	73.84	7.80	7.90	0.71	0.03	3176
Putnički automobil, dizel	3.15	11.36	0.66	0.06	0.93	3137
Autobus	10.06	36.31	3.15	0.41	1.43	3137
Lako teretno	8.14	15.87	1.72	0.09	1.85	3137
Srednje teretno	7.40	24.34	1.33	0.18	1.34	3137
Teško teretno	6.67	32.81	0.94	0.27	0.83	3137
Transportni sastav	6.67	32.81	0.94	0.27	0.83	3137

Emisija sumpordioksida prema Priručniku za popis emisije izduvnih gasova određena je na osnovu sledeće formule [6.8] (EEA, 2007):

$$E_{SO_2,j}^{CALC} = 2 \cdot k_{s,m} \cdot FC_{j,m}^{CALC} \quad [6.8]$$

gde su:

- $E_{SO_2,j}^{CALC}$ - emisija sumpor dioksida u kg,
- $k_{S,m}$ - sadržaj sumpora u kilogramima prema kilogramu goriva tipa "m". Prema literaturi vrednosti koeficijenta $k_{S,m}$ za benzin i dizel gorivo iznose: $k_{S,benzin}=340$ mg/kg, $k_{S,dizel}=350$ mg/kg (Genčić i Radovanović, 2008),
- $FC_{j,m}^{CALC}$ - proračunata potrošnja goriva tipa „m“ određene kategorije vozila „j“.

Pri određivanju faktora emisije izduvnih gasova KPG autobusa neophodno je uzeti u obzir da emisija štetnih materija zavisi od sistema napajanja motora gasom odnosno načina obrazovanja smeše za sagorevanje, eksploatacionih uslova, sastava prirodnog gasa i tretmana izduvnih gasova (Ivković i Žeželj, 2009). Varijante sistema napajanja motora gasom zasnivaju se, kao što je već rečeno, na mogućnosti korišćenja:

- oto motora sa alternativnim pogonom, fabrički optimizovanim ili konvertovanim dizel pogonskim agregatom. U ovom slučaju moguća su, kao što je navedeno, dva koncepta pripreme smeše za sagorevanje: priprema stehiometrijske smeše gasa i vazduha ($\lambda=1$) i priprema siromašne smeše gasa i vazduha ($\lambda>1$, $\lambda=1,4-1,6$),
- dizel motora sa dizel gorivom i prirodnim gasom, istovremenim obrazovanjem smeše dizel goriva i prirodnog gasa tzv. „dual fuel“ sa pilot i progresivnim ubrizgavanjem male količine dizela za paljenje smeše.

Merenje i ispitivanje izduvnih gasova autobusa se može izvoditi, uz mobilnu opremu u realnim uslovima vožnje pri kretanju vozila po putu ili u laboratorijama gde se vrši simulacija uslova eksploatacije. Uslovi eksploatacije se definišu tada odgovarajućim test ciklusima. Svaki test ciklus opisan je sa odgovarajućim parametrima kao što su: vreme trajanja ciklusa, dužina pređenog puta, maksimalna brzina autobusa, prosečna brzina, broj zaustavljanja po kilometru, prosečna brzina bez zaustavljanja, srednje i maksimalno ubrzanje itd. Emisija izduvnih gasova svakako zavisi od svih ovih parametara, pa je direktno i uslovljena od vrste testa kome se vozilo podvrgava.

Sastav prirodnog gasa je promenljiv. Metan je osnovna komponenta i njegov molarni udeo u prirodnom gasu se kreće od 80% do 99% (Hesterberg i ostali, 2008; Department of Energy, 2002). Potreban kvalitet prirodnog gasa kao goriva motornog vozila prema CARB i EPA zasniva se pre svega na minimalnom udelu metana u gasu od 90 % odnosno 89 % (EPA, 2008). U zavisnosti od sastava gasa menjaju se i njegove

karakteristike kao goriva za pogon vozila. Promena karakteristika gasa imaju za direktnu posledicu promenu performansi vozila a kao indirektno posledice javljaju se povećana ili smanjena emisija štetnih materija. Na veličinu svih promena najveći uticaj imaju toplotna moć, potrebna količina vazduha za sagorevanje (za obe vrste smeše $\lambda=1$ i $\lambda>1$), radne karakteristike (oktanski broj, metanski, odnosno cetanski broj).

U cilju smanjenja emisije štetnih gasova u sklopu izduvnih sistema KPG autobusa ugrađuju se kod koncepta $\lambda>1$ oksidacioni katalizatori za redukciju ugljenmonoksida, ugljovodonika i čestičnih materija i kod koncepta $\lambda=1$ trosmerni katalizator za redukciju azotnih oksida, ugljenmonoksida i ugljovodonika.

U svetu je do danas publikovano veoma mnogo radova koji se bave istraživanjem emisije izduvnih gasova KPG autobusa ali je veoma teško pronaći objedinjene podatke na način kako je to prikazano u tabeli (Tabela 6.11) a prema odgovarajućim konceptima napajanja motora gasom. Imajući to u vidu kao i prethodno opisane činjenice koje utiču na emisiju zagađivača, usvajanje faktora emisije izduvnih gasova KPG autobusa izvršeno je na osnovu nekoliko istraživanja, kompatibilnih sa ciljem istraživanja ovog rada (Tabela 6.11)(Ayala i ostali, 2003; Kado i ostali, 2005; Okamoto i ostali, 2006; Hesterberg i ostali, 2008, Hesterberg i ostali,2009; Pelkmans i ostali, 2001a).

Tabela 6.11. Usvojene vrednosti faktora emisije izduvnih gasova KPG autobusa [gr zagađivača /m³PG]

	CO	NO _x	NMVOG	CH ₄	PM	CO ₂
KPG $\lambda=1$, autobus bez katalizatora	9,0796	17,0563	0,5470	6,3929	0,0320	1733,21
KPG $\lambda>1$ autobus sa oksidacionim katalizatorom	0,80450	11,0409	0,0034	12,7977	0,0182	1560,37
KPG $\lambda=1$ autobus sa trosmernim katalizatorom	1,65590	6,3427	0,0040	2,26521	0,0319	1887.18

6.2. Vrednovanje i analiza uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu na putnoj mreži sa stanovišta eksternih troškova

Postupak vrednovanja uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu emisijom izduvnih gasova, podrazumeva određivanje jediničnih troškova zagađivača: ugljenmonoksida, oksida azota, nemetanskih isparljivih jedinjenja, metana, čestičnih materija i ugljendioksida izraženih u €/toni, kao i određivanje ukupnih troškova emisije zagađivača na pojedinim deonicama putne mreže, odnosno celoj putnoj mreži.

6.2.1. Određivanje jediničnih troškova zagađivača

Počevši od 2004. godine u Evropi je realizovano nekoliko istraživačkih projekata i modela kojima se definišu i procenjuju eksterni troškovi u transportnom sektoru. Među najvažnijima su: HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing i Project Assessment, 6th Framework Programme), CAFE CBA (Clean Air for Europe Programme, Cost Benefit Analysis of Air Quality), REMOVE policy assessment model, ASSET (ASsessing SEnsitiveness to Transport) GRACE (Generalisation of Researchon Accounts i Cost Estimation, 6th Framework Programme). Pojedini rezultati ovih projekata sumirani su u projektu IMPACT 2008 iz kojeg je nastao Priručnik za procenu eksternih troškova u transportnom sektoru (Maibach i ostali, 2008). Na osnovu priručnika moguće je dobiti jedinične troškove zagađivača u obliku €/toni koji uzimaju u obzir negativne posledice funkcionisanja saobraćaja kao što su: štetan uticaj na zdravlje ljudi (mortalitet, morbiditet), uticaj emisije štetnih materija na objekte i materijale, gubitke u poljoprivredi, negativan uticaj na biosferu, štetan uticaj na biodiverzitet i ekosisteme, uticaj na stvaranje efekta staklene bašte.

U priručniku su date procenjene jedinične cene vrednosti zagađivača za svaku od 27 zemalja Evropske unije i to za NO_x, SO_x, VOC i PM. Kako Republika Srbija nije još uvek članica EU i nema raspoloživih podataka, za potrebe ovog istraživanja dobijene su dve vrednosti jediničnih troškova, izračunate ponderisanjem u prvom slučaju brojem stanovnika (Prilog 4: Tabela P4.1) u odnosu na 27 zemalja EU a u drugom slučaju bruto domaćim proizvodom (BDP) po stanovniku (Prilog 4: Tabela P4.1), takođe u odnosu na

27 zemalja EU. Konačne vrednosti dobijene su osrednjavanjem prethodno dve proračunate vrednosti. Rezultati proračuna i prosečne usvojene vrednosti jediničnih troškova zagađivača dati su u tabeli (Tabela 6.12).

Tabela 6.12. Jedinični troškovi zagađivača, [€/toni]

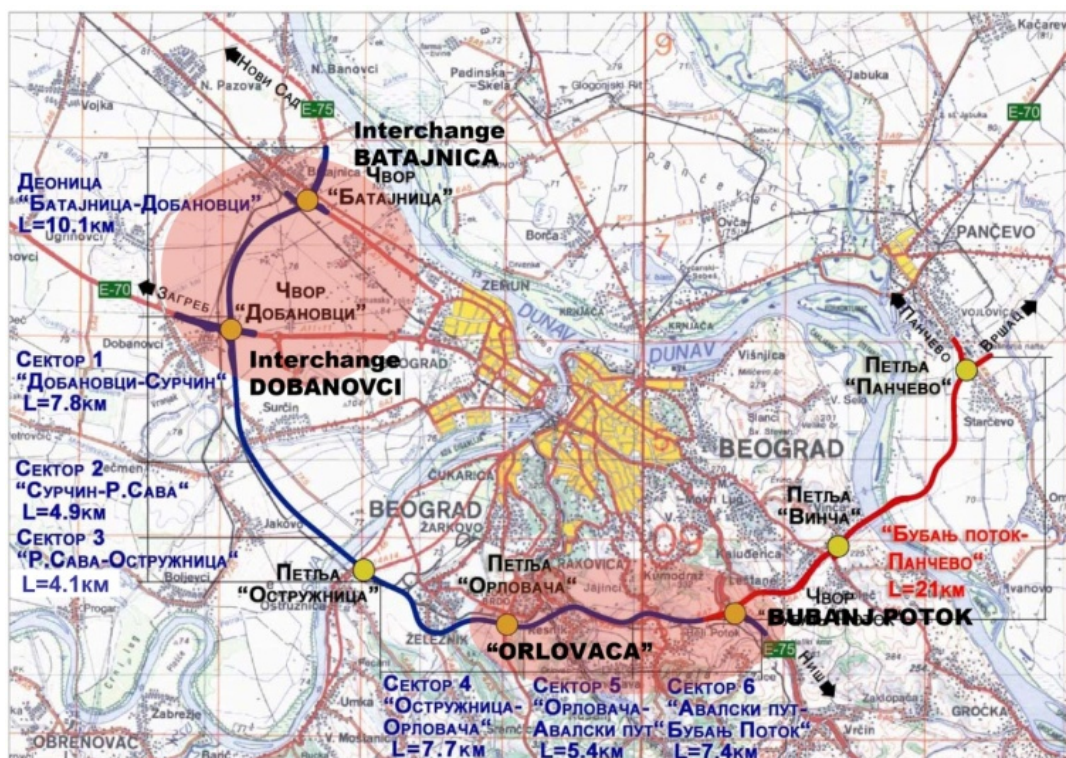
	NO _x	NM _{VOC}	SO _x	PM _{2,5}
Ponder: broj stanovnika	5443,672	1075,734	6763,936	59125,46
Ponder: BDP/stanovniku	4967,652	1148,216	6246,211	56564,73
Prosečno	5205,662	1111,975	6505,074	57845,09

Jedinični troškovi zagađivača CH₄ i CO, koji izazivaju globalno zagrevanje, određuju se prema jediničnom trošku ugljendioksida i odgovarajućeg potencijala globalnog zagrevanja (GWP-Global warming potential) karakterističnog zagađivača. U prvom koraku usvojena je centralna vrednost ugljendioksida prema priručniku, Impact 2008 (Maibach i ostali, 2008) od 25 €/toni. U drugom koraku emisija metana i ugljenmonoksida se pretvara u ekvivalentnu emisiju ugljendioksida korišćenjem GWP-a. Vrednosti GWP-a za metan i ugljenmonoksid iznose 23 i 1,9 respektivno (IPCC, 2007; Maibach i ostali, 2008), pa su prema tome jedinični troškovi ova dva zagađivača: za metan 575 €/toni i za ugljenmonoksid 47,5 €/toni. Ovde je potrebno napomenuti da ugljenmonoksid, koji se javlja kao produkt nepotpunog sagorevanja goriva, nije primarni zagađivač sa aspekta globalnog zagrevanja, već indirektno kroz hemijske reakcije sa drugim atmosferskim sastojcima (npr. hidroksilna grupa OH) sprečava redukciju metana i troposferskog ozona (EPA, 2008). Sa ovog stanovišta a uzevši u obzir oblast istraživanja u radu, tj. da se analiza troškova emisije izduvnih gasova sprovodi na mreži međugradskih saobraćajnica a ne na nivou gradskih područja gde je dominantan uticaj CO na zdravlje ljudi, štetan uticaj ugljenmonoksida na životnu sredinu se sagledava preko uticaja istog na globalno zagrevanje.

6.2.2. Analiza troškova emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na putnoj mreži Republike Srbije

Istraživanje troškova izduvnih gasova vozila sa stanovišta primene KPG autobusa za prevoz putnika na vangradskoj mreži puteva sprovodi se prema tri različita scenarija.

Prvi scenario (Bazni scenario) obuhvata transportne zahteve na saobraćajnoj mreži koji važe za 2009. godinu, uz postojeću saobraćajnu infrastrukturu (Prilog 5: Tabela P5.1). Drugi scenario (DoMin scenario) obuhvata transportne zahteve na saobraćajnoj mreži dobijenih simulacijom u transportnom modelu Transtools za 2027. godinu, dobijenih na osnovu izvorno-ciljnih matrica razmene robe i putnika između zona definisanih u okviru i van teritoriji Republike Srbije za 2027. (prema WorldNetovoj bazi podataka integrisanoj u Transtools modelu), tj obuhvaćeni su i domaći i međunarodni tokovi. Prema ovom scenariju predviđena su minimalna ulaganja u saobraćajnu infrastrukturu tj.: ulaganja u započete tekuće projekte (obilaznica oko Beograda: sektor A Batajnica-Dobanovci, sektor 5 Orlovača-Avalski put i sektor 6 Avalski put-Bubanj Potok) i ulaganja u održavanja lokalne i magistralne putne mreže (Slika 6.6). Ulazni podaci po scenarijima dati su u prilogu (Prilog 5: Tabela P5.2).

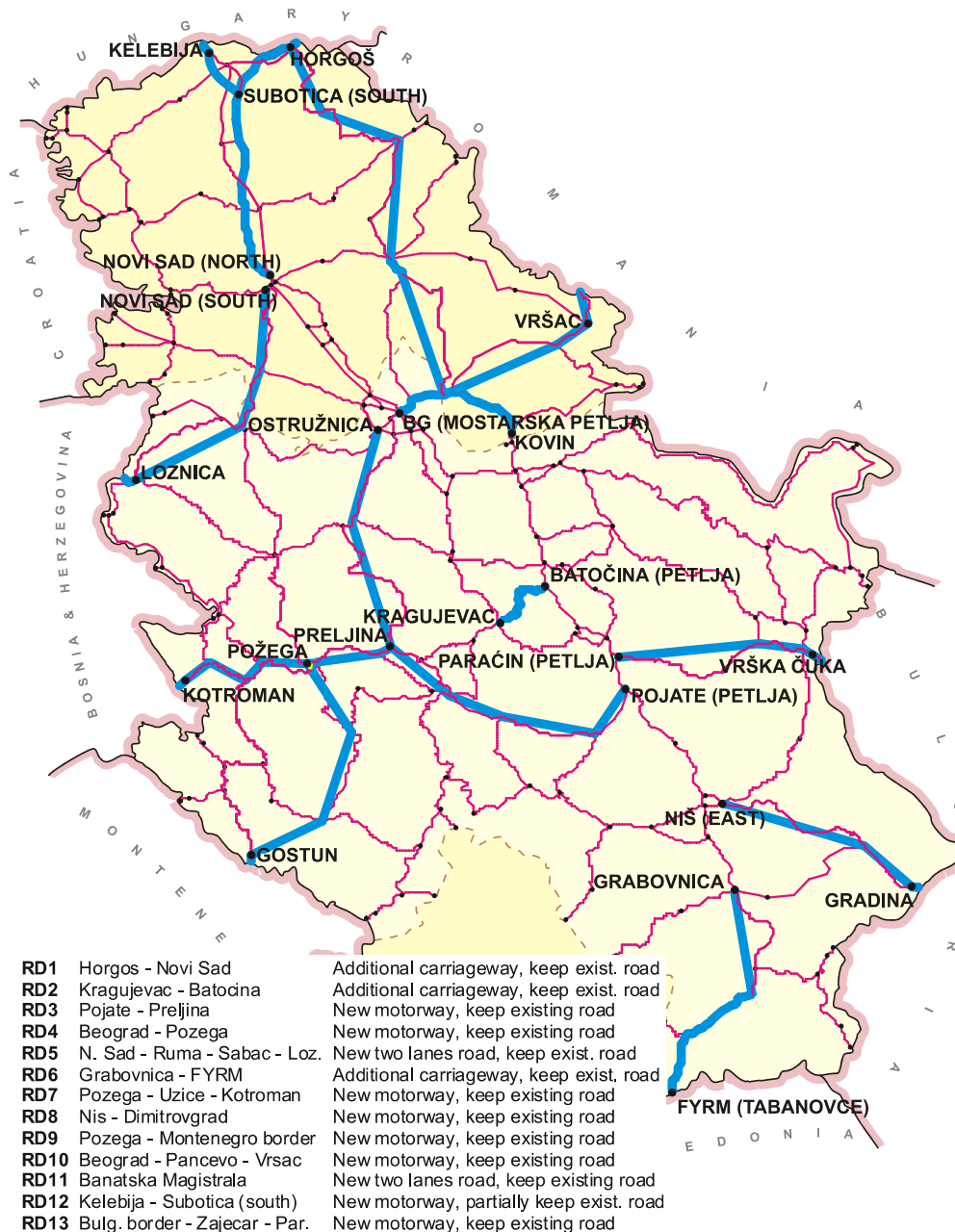


Izvor: Beolend, 2008.

Slika 6.6. Scenario minimalnih ulaganja - DoMin scenario

Treći scenario (Total Scenario) obuhvata kao i DoMin Scenario, transportne zahteve na saobraćajnoj mreži za 2027 godinu ali i 12 potencijalnih razvojnih projekata na drumskoj transportnoj mreži (Slika 6.7), odnosno 15 razvojnih projekata na železničkoj mreži iz razloga koji su navedeni u prvoj tački rada. Pored određivanja direktne vrednosti troškova emisije izduvnih gasova, cilj ovako odabranih scenarija jeste da se

izvrši i analiza u kojoj meri u vangradskom prevozu putnika primenom KPG autobusa, različiti uslovi saobraćaja, nastali realizacijom razvojnih projekata na drumskoj saobraćajnoj mreži, utiču na količinu, sastav i troškove emisije izduvnih gasova.



Slika 6.7. Razvojni projekti u Total scenariju

U tabeli (Tabela 6.13) prikazani su rezultati realizovanog transportnog rada (dobijenog na osnovu priloga (Prilog 6) u kome su dati rezultati simulacije transportnih zahteva u modelu Transtools za sva tri scenarija: Tabela P6.1, Tabela P6.2 i Tabela P6.3) izraženog u vozilo-kilometrima (vozk) po godini za celu drumsku saobraćajnu mrežu

na teritoriji Republike Srbije. U prvom, Baznom scenariju, tj. u 2009. godini ostvaren je transportni rad od 7,97 miliona vozkm. Procentualno najveći transportni rad od 6,59 milijardi vozkm odgovara kategoriji putničkih automobila dok je transportni rad za kategorije autobusa i svih teretnih vozila 259 miliona i 1,12 milijardi vozkm respektivno.

Analizom podataka vezanih za DoMin scenario (2027. godina) može se uočiti da je do povećanja realizovanog transportnog rada došlo u odnosu na sve kategorije vozila sa stopama rasta od 201,20 % za putničke automobile, 17,26 % za autobuse, 134,78 % ukupno za teretna vozila, što je posledica trenda rasta socio-ekonomskih pokazatelja do 2027. godine. Za Total scenario karakteristično je povećanje transportnog rada putničkih automobila u odnosu na DoMin scenario za 16,10 % ali i smanjenje autobuskih voznih kilometara za 34,01 %. Kao što je ranije naznačeno Total scenario obuhvata 12 potencijalno razvojnih projekata u drumskom sektoru, te je to glavni razlog za preraspodelu jednog dela putnika sa autobusnog vida prevoza na vid prevoza putničkim automobilom.

Uzrok je prevashodno vezan za poboljšanje nivoa usluge na određenim deonicama drumske mreže koje su pod projektom i na kojima je zbog povećanja brzine putničkih automobila skraćeno ukupno vreme putovanja od izvorišta do cilja.

Kako Total scenario obuhvata i realizaciju infrastrukturnih projekata na železničkoj transportnoj mreži, došlo je do vidovne preraspodele robnih tokova sa drumskog sektora na železnički sektor, pa su teretni vozilo kilometri smanjeni za 5,01 % u odnosu na DoMin scenario.

Tabela 6.13. Realizovan transportni rad za različite kategorije vozila prema različitim scenarijima

vozk/godini [u milionima]	Bazni scenario	DoMin scenario	Total scenario
PA benzinski	3,430	10,330	11,993
PA dizel	3,166	9,535	11,071
Autobus	259	304	200
Ukupno putnička vozila	6,854	20,169	23,264
Lako teretno	79	186	177
Srednje teretno	222	520	494
Teško teretno	349	820	779
Transportni sastav	470	1,103	1,048
Ukupno teretna vozila	1,120	2,630	2,498
Ukupno, sva vozila	7,974	22,799	25,762

Na slikama (Slika 6.8, Slika 6.9 i Slika 6.10) prikazana je raspodela troškova emisije izduvnih gasova po različitim scenarijima i po različitim kategorijama vozila. Ukupni troškovi emisije izduvnih gasova svih vozila na celoj saobraćajnoj mreži u Bazni scenariju su 134,81 miliona €. Najveći udeo u ukupnim troškovima imaju zbirno putnički automobili sa 39 %, a u najvećoj meri na to utiču troškovi emisije ugljendioksida od 20,44 miliona €, troškovi azotnih oksida od 5,43 miliona €, vezano za automobile za pogonom na benzini i troškovi ugljendioksida od 9,22 miliona €, troškovi azotnih oksida od 6,95 miliona €, troškovi PM od 6,28 miliona €, vezano za putničke automobile sa pogonom na dizel gorivo.

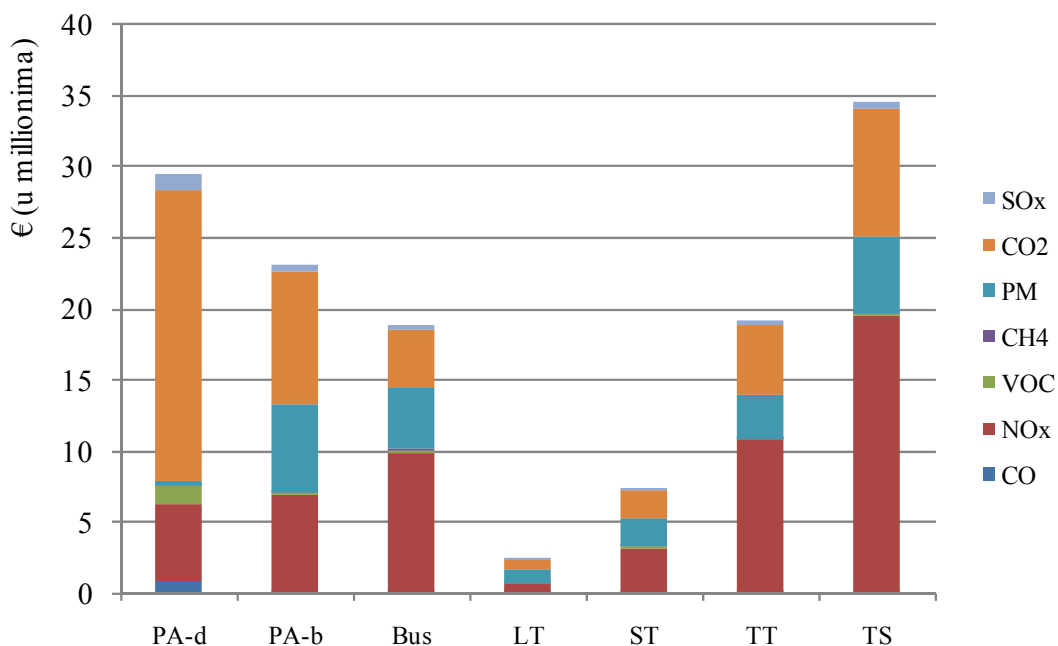
Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa iznose 18,81 milion €, dok u slučaju teretnih vozila, najveći udeo imaju transportni sastavi i teški kamioni sa troškovima od 34,53 miliona €, odnosno 19,16 miliona €. U odnosu na Bazni scenario struktura troškova u DoMin scenariju je u određenoj meri izmenjena.

Primetan je rast troškova emisije putničkih automobila sa 39 % na 49 % u ukupnoj vrednosti zbog povećanja transportnog rada i delimično zbog povećane potrošnje goriva (prosečne potrošnje izražene u lit/vozk) za 8,47 %. Obim transportnog rada autobusa je povećan za 45 miliona vozk što je prouzrokovalo povećanje troškova emisije za 17,37 % .

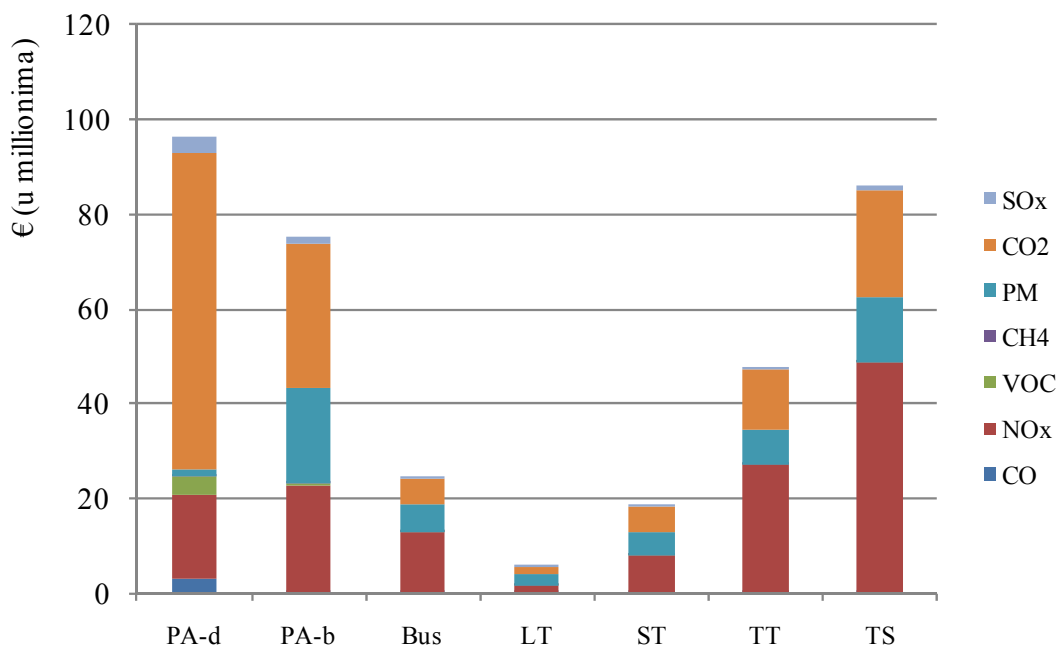
Procentualni udeo troškova u okviru ukupnog iznosa za DoMin scenario koji potiče od teretnih vozila je smanjen sa 47 % na 44 %. Realizacija razvojnih projekata u Total scenariju prouzrokovala je još izraženije razlike po pitanju preraspodele troškova u odnosu na sve kategorije vozila.

Troškovi emisije putničkih automobila su porasli na 55 % od ukupnih, troškovi emisije autobusa su smanjeni na 4 % od ukupnih, zahvaljujući manjem broju ostvarenih vozk tj. značajnije preraspodele putnika na korišćenje putničkog automobila u iznosu od 34,21 %.

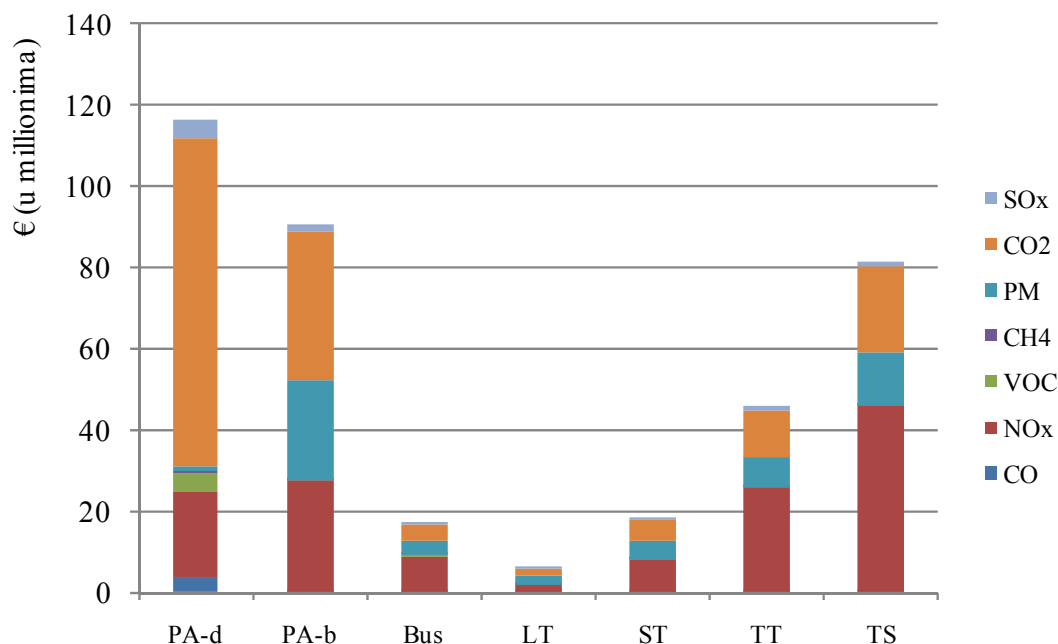
Zbog primenjenih razvojnih projekata na železničkoj transportnoj mreži i preraspodele tokova robe na ovaj vid transporta, u Total scenariju je došlo do delimičnog smanjenja troškova teretnih vozila. Procenti smanjenja su: 1,20 % za laka teretna vozila 1,71 % za srednja teretna vozila, 4,35 % za teška teretna vozila i 5,34 % za transportne sastave.



Slika 6.8. Raspodela troškova emisije izduvnih gasova za Bazni scenario



Slika 6.9. Raspodela troškova emisije izduvnih gasova za DoMin scenario



Slika 6.10. Raspedela troškova emisije izduvnih gasova za Total scenario

Emisije izduvnih gasova autobusa sa dizel pogonskim agregatom i autobusa sa gasnim pogonom (tri varijante: $KPG\lambda=1$ autobus sa stehiometrijskom pripremom smeše za sagorevanje, $KPG\lambda>1$ autobus sa pripremom siromašne smeše za sagorevanje opremljen oksidacionim katalizatorom i $KPG\lambda=1$ autobus sa trosmernim katalizatorom) na celoj transportnoj mreži, po godini, prikazane su u tabelama (Tabela 6.14, Tabela 6.15 i Tabela 6.16).

Tabela 6.14. Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za Bazni scenario

tona/godini Bazni scenario	$KPG\lambda=1$ autobus	$KPG\lambda>1$ autobus, o.k	$KPG\lambda=1$ autobus, t.s.k	Dizel autobus
CO	615,12	57,23	112,18	526,98
NO _x	1155,53	785,40	429,71	1901,65
VOC	37,06	0,25	0,28	164,74
CH ₄	433,11	910,37	153,47	21,60
PM	2,17	1,30	2,16	75,05
CO ₂	117420,66	110996,88	127851,68	164312,38
SO _x	-	-	-	36,67

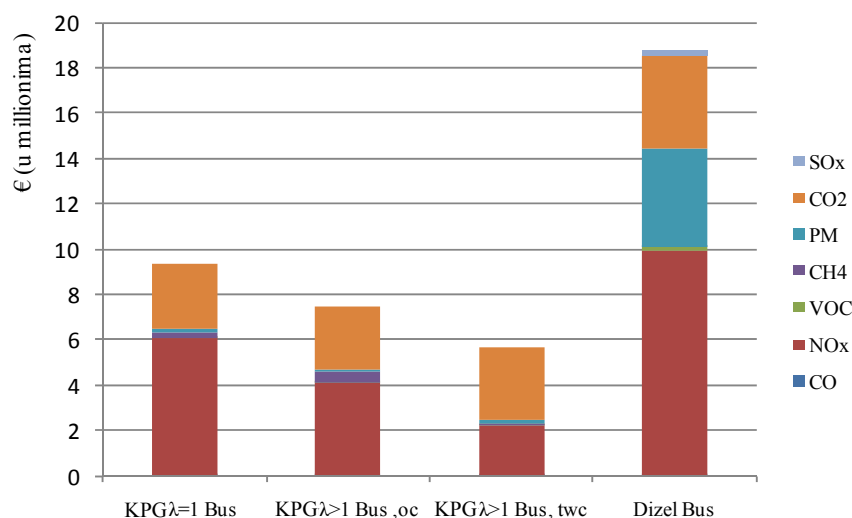
Tabela 6.15. Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za DoMin scenario

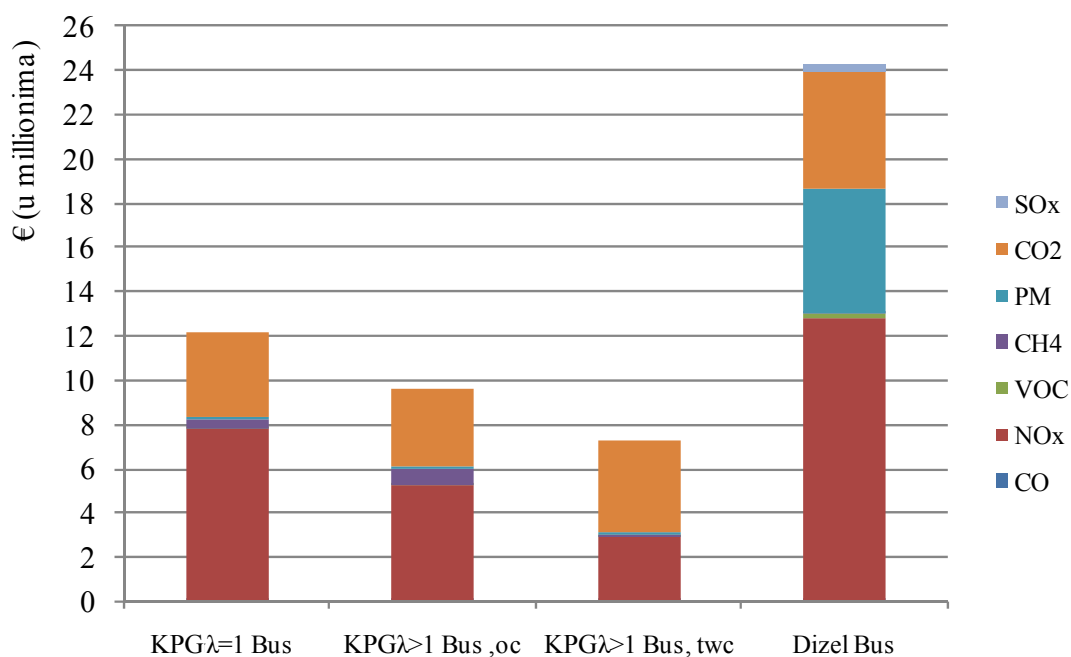
tona/godini DoMin scenario	KPG λ =1 autobus	KPG λ >1 autobus, o.k	KPG λ =1 autobus, t.s.k	Dizel autobus
CO	794,61	73,93	144,92	680,75
NO _x	1492,70	1014,57	555,09	2456,54
VOC	47,88	0,32	0,36	212,82
CH ₄	559,48	1176,00	198,25	27,90
PM	2,81	1,68	2,80	96,95
CO ₂	151683,35	143385,14	165158,07	212257,80
SO _x	-	-	-	47,36

Tabela 6.16. Emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na dizel i KPG za Total scenario

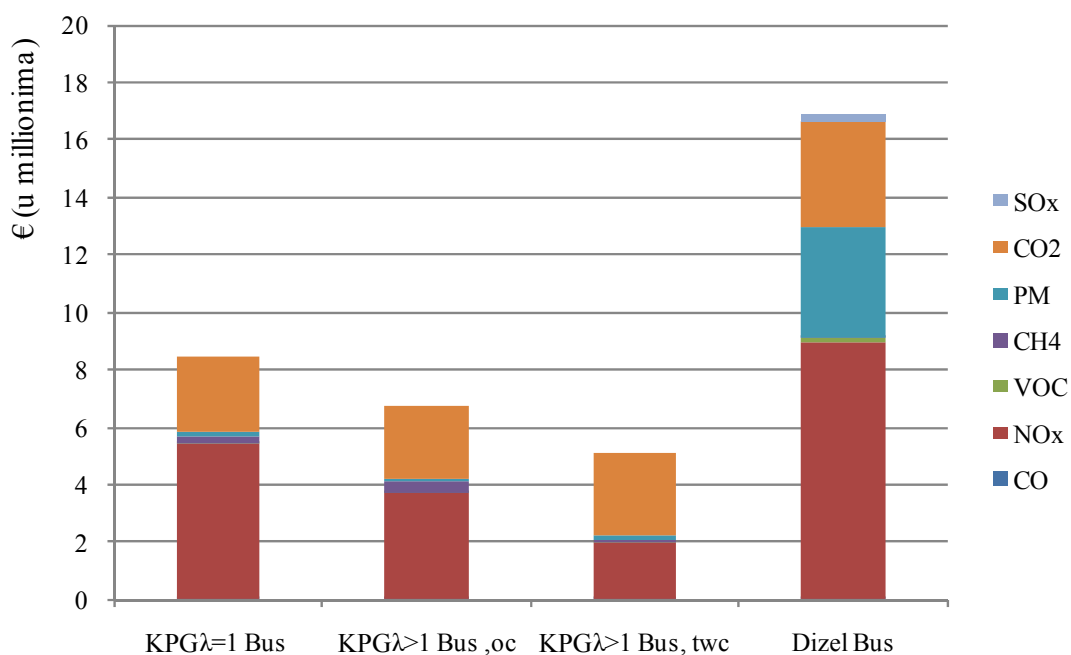
tona/godini Total Scenario	KPG λ =1 autobus	KPG λ >1 autobus, o.k	KPG λ =1 autobus, t.s.k	Dizel autobus
CO	552,70	51,42	100,80	473,50
NO _x	1038,26	705,69	386,10	1708,67
VOC	33,30	0,22	0,25	148,03
CH ₄	389,15	817,98	137,89	19,41
PM	1,95	1,17	1,94	67,43
CO ₂	105504,49	99732,62	114876,94	147637,51
SO _x	-	-	-	32,94

Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa sa dizel pogonskim agregatom i autobusa sa gasnim pogonom prikazani su na slikama (Slika 6.11, Slika 6.12 i Slika 6.13).

**Slika 6.11.** Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za Bazni scenario



Slika 6.12. Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za DoMin scenario



Slika 6.13. Troškovi emisije izduvnih gasova autobusa za Total scenario

U Baznom scenariju troškovi izduvnih gasova dizel autobusa iznose na celoj transportnoj mreži 18,81 miliona €. Procentualno najviše su zastupljeni azotni oksidi sa

52,63 %, slede čestične materije sa 23,08 % i troškovi ugljen dioksida sa 21,84 %. Troškovi VOC, ugljenmonoksida, sumpornih oksida i metana su zanemarljivi i ne prelaze 1,5 % ponaosob u ukupnoj vrednosti troškova. Supstitucijom dizel autobusa $KPG\lambda=1$ autobusom, troškovi na mreži bi se smanjili za 50,04 % ili za 9,41 miliona € godišnje. Najveće ušteda se ostvaruje na smanjenju troškova čestičnih materija za 4,21 miliona € i azotnih oksida za 3,88 miliona €. Za ovu koncepciju pogona karakteristična je, usled odsustva trosmernog katalizatora, približno ista emisija ugljenmonoksida kao kod autobusa sa dizel pogonom ali i povećana emisija metana pa su troškovi ovog zagađivača povećani za 0,24 miliona €. Primenom druge varijante pogona KPG autobusa sa pripremom siromašne smeše za sagorevanje, ukupni troškovi emisije se smanjuju za 60,31 % ili za 11,34 miliona €. Smanjenje troškova je evidentno za sve zagađivače (5,81 miliona € za azotne okside, 4,27 miliona za čestične materije i 1,33 miliona € za ugljendioksid), osim za metan za koji su troškovi veći u odnosu na $KPG\lambda=1$ autobus za 53,70 % ili 0,27 miliona €. Konačno, najmanji troškovi emisije izduvnih gasova pri autobuskom prevozu putnika ostvarili bi se primenom $KPG\lambda=1$ autobusa sa trosmernim katalizatorom. Ukupni troškovi ove koncepcije su 5,65 miliona € i za 69,95 % su manji nego kod primene autobusa sa dizel pogonom. Na osnovu rezultata sa slike (Slika 6.11) uočava se povećanje troškova emisije samo za metan od 0,075 miliona € prema autobusu sa dizel pogonom. Kao i u prethodne dve varijante koncepcija KPG autobusa, najveće uštede ostvaruju se na osnovu smanjenja troškova emisije azotnih oksida, čestičnih materija i ugljendioksida s' tim da su efekti izraženiji usled tretmana izduvnih gasova trosmernim katalizatorom. Usled činjenice da u prirodnom gasu nema sumpora i sumpornih jedinjenja za sve tri varijante KPG autobusa ostvaruje se, po osnovu ovog zagađivača, smanjenje troškova emisije od 0,24 miliona €.

Ukupni troškovi emisije izduvnih gasova autobusa sa dizel pogonom u DoMin scenariju su povećani u odnosu na Bazni Scenario za 29,17 % odnosno za 5,48 miliona € (Slika 6.12). Razlog su svakako povećanje transportnog rada za 17,37 % i prosečna veća potrošnja goriva na nivou cele transportne mreže sa 0,24 lit/vozk_m iz Baznog scenarija na 0,27 lit/voznom kilometru u DoMin scenariju. Primenom $KPG\lambda=1$ autobusa, $KPG\lambda>1$ autobusa sa oksidacionim katalizatorom i $KPG\lambda=1$ autobusa sa trosmernim katalizatorom troškovi emisije izduvnih gasova se smanjuju za 12,15, 14,65 i 16,99 miliona € respektivno.

Prema Total scenariju a na osnovu podataka iz tabele (Tabela 6.16) i sa slike (Slika 6.13) primetan je pad ostvarenog autobusnog transportnog rada na 200 miliona vozk_m što je za 59 miliona manje nego u Baznom scenariju i 104 miliona manje nego u DoMin

scenariju. Posledica ovakve činjenice je smanjenje ukupnih troškova emisije izduvnih gasova u odnosu na Bazni scenario (za 1,91 miliona €) i u odnosu na DoMin scenario (za 7,40 miliona €). Međutim, pored realizovanih projekata u drumskom sektoru evidentiran je porast troškova emisije izduvnih gasova autobusa po vozkm u odnosu na prethodna dva scenarija, koji iznosi za: autobus sa dizel pogonom 0,084 €/vozkm (u Bazni scenariju je 0,072 €/vozkm, u DoMin scenariju je 0,079 €/vozkm), KPG λ =1 autobus 0,042 €/vozkm (u Baznom scenariju je 0,036 €/vozkm, u DoMin scenariju je 0,040 €/vozkm), KPG λ >1 autobus sa oksidacionim katalizatorom 0,033 €/vozkm (u Bazni scenariju je 0,029 €/vozkm, u DoMin scenariju je 0,031 €/vozkm), i KPG λ =1 autobus sa trosmernim katalizatorom 0,025 €/vozkm (u Baznom scenariju je 0,021 €/vozkm, u DoMin scenariju je 0,024 €/vozkm). Uzrok povećanja ovih vrednosti je pre svega povećana brzina kretanja autobusa na deonicama drumske mreže koje su pod projektima što ima za posledicu povećanu potrošnju goriva. Takođe, posmatrano na nivou cele drumske transportne mreže ali bez deonica koje su pod projektom Total scenarija, odnos „saobraćajni tok deonice/kapacitet deonice“, za DoMin scenario nema dovoljno veliku vrednost u odnosu na istu pokazatelj u Total scenariju da bi potrošnja goriva autobusa a samim tim i troškovi emisije po vozkm u DoMin scenariju bili veći u odnosu na Total scenario.

7. Zaključna razmatranja

U radu je razmatrana problematika istraživanja performansi autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas uzimajući u obzir specifičnosti po pitanju konstrukcije i emisije izduvnih gasova sa ciljem da se razviju modeli za analizu pokazatelja bezbednosti i procenu uticaja ovih autobusa na životnu sredinu na putnoj mreži.

U uvodnom delu rada istaknuti su i na jasan i pregledan način predstavljeni motivi istraživanja sa analizom značaja teme. Definisani su predmet i cilj istraživanja. Obrazložen je značaj istraživanja ponašanja na putu autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas i njegovog uticaja na životnu sredinu sa stanovišta bezbednosti saobraćaja i održivog transportnog sistema.

U drugom poglavlju prikazani su savremeni pristupi istraživanja performansi autobusa sa pogonom na alternativni pogon. Dat je prikaz razvoja metodologije za praćenje i ispitivanje izduvnih gasova vozila. Analizirane su prednosti i nedostaci potencijalnih koncepcija autobusa sa alternativnim pogonom. Izvršena je sistematizacija ekoloških, ekonomskih, energetskih, transportnih kriterijuma vrednovanja. Dat je primer vrednovanja koncepcija autobusa na alternativni pogon u našim uslovima sa analizom rezultata. Izbor najpovoljnije varijante sproveden je metodom TOPSIS na osnovu 11 definisanih kriterijuma. U drugom delu ovog poglavlja, razmatrani su bezbednosni aspekti primene komprimovanog prirodnog gasa za pogon autobusa sa stanovišta teorije kretanja motornih vozila i sa stanovišta rizika od pojave vatre, rizika po zdravlje ljudi i okolinu, rizika od visokog pritiska.

Pored pogonskog agregata prilagođenog korišćenju prirodnog gasa ili namenski, fabrički proizvedenog, primena prirodnog gasa (u komprimovanom stanju) kao pogonskog goriva autobusa zahteva i primenu odgovarajuće gasne instalacije. U trećem poglavlju disertacije dat je detaljan prikaz gasne instalacije sa osnovnim elementima koji je čine. Izvršena je analiza mogućeg pozicioniranja gasne instalacije u sklopu autobusa imajući u vidu različite tipove autobusa i njihove funkcionalne karakteristike. Najveća pažnja posvećena je rezervoarima za smeštaj gasa u komprimovanom stanju kao glavnim nosiocima dodatne mase u odnosu na konvencionalne koncepcije autobusa usled korišćenja ovog energenta za pogon autobusa. Detaljno su prikazane sigurnosno-bezbednosne mere koje se sprovode u postupku ispitivanja kvaliteta rezervoara. Analiziran je uticaj dodatne mase koja potiče od rezervoara na promenu konstrukcione

karakteristike autobusa, visinu težišta i položaj težišta prema prednjoj odnosno zadnjoj osovini.

Utvrđeno je da u graničnim uslovima, kada je gas smešten pod pritiskom od 200 bara u čeličnim rezervoarima na krovu autobusa, dolazi do povećanja visine težišta u odnosu na visinu težišta identične konstrukcije bez KPG instalacije, u granicama od 21 % do 49 % ukoliko je vozilo prazno i od 13 % do 29 % ukoliko je maksimalno iskorišćena korisna nosivost autobusa. Pri analizi promene položaja težišta u odnosu na prednju i zadnju osovину razmatrana su četiri slučaja: prazan autobus - baterija sa KPG rezervoarima na krovu pozadi; pun autobus - baterija sa KPG rezervoarima na krovu pozadi; prazan autobus - baterija sa KPG rezervoarima na krovu napred; pun autobus - baterija sa KPG rezervoarima napred. Povećanje odnosa l_p/l kreće se u granicama od 2 % do 18 % za prvi slučaj i od 1 % do 8 % za drugi slučaj. Smanjenje odnosa l_p/l kreće se u granicama od 8 % do 11 % za treći slučaj i od 4 % do 6 % za četvrti slučaj. Rezultati dobijeni u ovom poglavlju predstavljaju ulazne podatke narednog poglavlja.

U četvrtom delu, primenom zakona teorije kretanja vozila, izvršena je analiza stabilnosti upravljanja KPG autobusa pod dejstvom maksimalnih uzdužnih i poprečnih sila u kontaktu pneumatika i podloge u graničnim uslovima kretanja i za različite uslove eksploatacije. Definisani su kinematsko dinamički modeli KPG autobusa kao hetrogenog tela od dve koncentrisane mase, za različite režime kretanja, na osnovu kojih je sprovedena pomenuta analiza.

Pri istraživanju stabilnosti upravljanja a imajući u vidu da vozač može uticati na promenu kretanja samo u horizontalnoj ravni celishodna analiza je sprovedena za ravansko kretanje izuzimajući mikroprofil tla i oscilacije vozila ali je uzeta u obzir bočna elastičnost točkova autobusa. Izvedene su diferencijalne jednačine kretanja koje opisuju kretanje KPG autobusa sa svojim konstrukcionim specifičnostima, a na osnovu njih su definisane kritične brzine stabilnog upravljanja KPG autobusa za četiri režima kretanja: po pravcu i krivini, pri kočenju autobusa kada su blokirani prednji točkovi, pri kočenju autobusa kada su blokirani prednji točkovi i pri kočenju autobusa kada su blokirani prednji točkovi.

Pri tome je uzet u obzir širok spektar uslova eksploatacije reprezentovan kroz različite uslove prijanjanja, različita opterećenja autobusa, različitog položaja baterije sa rezervoarima za komprimovani prirodni gas na krovu autobusa, promenu koordinata težišta autobusa tj. visine težišta i rastojanje težišta od prednje i zadnje osovine.

U petom poglavlju izvršena je iscrpna analiza emisije štetnih materija u užem smislu posmatrajući sagorevanje prirodnog gasa kao hemijskog jedinjenja i u širem smislu sa stanovišta primene prirodnog gasa za pogon autobusa. Prikazani je veliki broj istraživanja iz ove oblasti. Uzeti su u obzir relevantni faktori koji utiču na obim i strukturu emisije izduvnih gasova kao što su: sistema napajanja gasom pogonskog agregata autobusa - stehiometrijska i siromašna priprema smeše za sagorevanje, optimizacija rada motora, uslovi eksploatacije - laboratorijski uslovi u kojima se ispitivanje vrši prema definisanim test ciklusima, realni uslovi eksploatacije tj. „on board“ merenja, kontrola izduvnih gasova pomoću različitih katalitičkih konvertora i filtera. Takođe, izvršena je komparativna analiza emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na prirodni gas i autobusa sa pogonom na ekološki tretirane i prihvatljivije varijanti dizel goriva sa smanjenom količinom sumpora (LSD i ULSD).

U šestom oglavlju razvijen je jedinstveni model za određivanje emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas po obimu i strukturi u međugradskom transportu putnika na saobraćajnoj mreži Republike Srbije. Vrednovanje uticaja ovih autobusa na životnu sredinu izvršeno je sa stanovišta eksternih troškova u saobraćaju odnosno troškova emisije izduvnih gasova.

Za definisanje i prognozu transportnih zahteva izraženih u broju autobusa po danu na svakoj deonici kreirane multimodalne transportne mreže korišćena je jedna od najsavremenijih aplikacija u oblasti, Transtols, posebno prilagođena za teritoriju Republike Srbije. Transportni zahtevi su definisani za sve kategorije vozila kako bi u analizu bio uključen i međusobni uticaj vozila u saobraćajnom toku, što utiče na potrošnju goriva a samim tim i na promenu emisije izduvnih gasova.

Definisana saobraćajna mreža je multimodalnog karaktera što znači da na obim i raspodelu saobraćajnih tokova po deonicama utiču i drugi vidovi saobraćaja.

Primenom HDM modela i potom regresionom analizom utvrđena je funkcionalna zavisnost između brzine kretanja vozila i potrošnje goriva kao polinom drugog stepena, prema tipu terena i međunarodnom indikatoru neravnosti kolovoza za svaku od kategoriju vozila: putnički automobil, autobus sa pogonom na dizel gorivo, laka teretna vozila, srednja teretna vozila, teška teretna vozila i transportni sastavi. Utvrđivanje potrošnje goriva autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas izvršeno je merenjem u realnim uslovima eksploatacije na karakterističnim deonicama saobraćajne mreže. Na osnovu ovih rezultata utvrđena je vrednost gorivnog ekvivalenta izražena

odnosom potrošnje prirodnog gasa i potrošnje dizel goriva na 100 kilometara pređenog puta autobusa.

Uz određivanje jediničnih troškova zagađivača: oksida azota (NO_x), nemetanaskih ugljovodonika (NMVOC), sumpordioksida (SO_x), čestičnih materija (PM), ugljenmonoksida (CO), ugljendioksida (CO_2) i metana (CH_4) i uz proračun prosečnih faktora emisije izduvnih gasova izraženih u gram zagađivača/gram sagorelog goriva, prema svim kategorijama vozila, izvršena je analiza troškova emisije izduvnih gasova. Analiza je sprovedena je za tri različita scenarija: scenario postojećeg stanja putne mreže (Bazni scenario), scenario minimalnih ulaganja u saobraćajnu infrastrukturu (DoMin scenario) i scenario maksimalnih ulaganja (Total scenario) koji opisuju različite uslove eksploatacije na putnoj mreži i prema tri različite koncepcije KPG autobusa sa stanovišta napajanja pogonskog agregata prirodnim gasom i sistema kontrole emisije izduvnih gasova.

Istraživanjem troškova emisije izduvnih gasova na putnoj mreži Republike Srbije nametnuli su se odgovarajući zaključci. Primenom prirodnog gasa za pogon autobusa u međugradskom transportu putnika, ukupni troškovi emisije izduvnih gasova se smanjuju od 50% do 70% u odnosu na konvencionalni autobus sa dizel pogonom, što zavisi od koncepcije KPG autobusa odnosno od načina pripreme smeše za sagorevanje. Tretman izduvnih gasova, pomoću trosmernog katalizatora kod KPG autobusa sa stehiometrijskom pripremom smeše i oksidacionog katalizatora kod KPG autobusa sa pripremom siromašne smeše, umanjuje troškove emisije izduvnih gasova za oko 20% odnosno 10 % u odnosu na KPG autobus bez tretmana izduvnih gasova. Za sve tri koncepcije KPG pogona, najveća ušteda ostvaruje se kroz smanjenje troškova čestičnih materija, azotnih oksida i ugljen dioksida. Kako je analiza izvršena za različite uslove eksploatacije, simuliranih u tri različita scenarija, može se zaključiti da povećanja brzine autobusa na pojedinim deonicama transportne mreže koje su pod projektom u Total scenariju utiču na povećanje troškova emisije izduvnih gasova izraženih u €/vozilo kilometru u odnosu na Bazni i DoMin scenario, tj. veće vrednosti odnosa tok kapaciteta ne utiču jednoznačno na to da troškovi emisije izduvnih gasova autobusa po vozilokilometru u Total scenariju, budu manji u odnosu na troškove u prethodna dva scenarija, za Bazni i DoMin scenario.

Na osnovu svega iznetog uzevši u obzir predmet i cilj istraživanja, značaj i doprinosi ovog rada ogledaju se kroz: formiranje kinematsko dinamičkih modela autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas, definisanje kritičnih brzina stabilnog

upravljanja kao jedinstvenih parametra bezbednosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas u različitim uslovima eksploatacije i za različite režime kretanja, originalni model za određivanje i procenu emisije izduvnih gasova autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na saobraćajnoj mreži sa prostornog i vremenskog aspekta, kreiranu putnu mrežu Republike Srbije za definisanje transportnih zahteva, visok nivo adaptibilnosti i primenljivosti rezultata istraživanja, uz određene modifikacije, prilagođavanja i kalibraciju u odnosu na druga konstrukcijsko-konceptijske rešenja autobusa ali drugih kategorija motornih vozila sa alternativnim pogonom.

Postavljeni modeli u ovom radu i zaključci koji se odnose na iznalaženje jedinstvenog pristupa u definisanju i utvrđivanju pokazatelja bezbednosti autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas, uzimajući u obzir specifičnosti konstrukcije, mogu omogućiti proizvođačima autobusa definisanje budućih pravaca delovanja u fazama projektovanja, od faze prototipa do faze eksploatacije, a sve u cilju poboljšanja bezbednosti. Praktična primena rezultata istraživanja koji se tiču utvrđivanja i procene uticaja autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas na životnu sredinu ogleda se kroz podršku u postupku strateškog donošenja odluka o razvoju voznih parkova u cilju stvaranja održivog transportnog sistema na makro nivou.

Literatura

Abe, M.; et al. 2001. Side-slip Control to Stabilize Vehicle Lateral Motion by Direct Yaw Moment, *JSAE Review* 22(4): 413-419.

Ahlvik, P.; Brandberg, A. 2000. *Relative Impact on Environment and Health from the Introduction of Low Emission City Buses in Sweden*. 2000-01-1882. Warrendale, PA: SAE International. Available from internet: <<http://papers.sae.org/2000-01-1882/>>.

Ahouissoussi, N. B. C.; Wetzstein, M. E. 1998. A Comparative Cost Analysis of Biodiesel, Compressed Natural Gas, Methanol and Diesel for Transit Bus Systems, *Resource and Energy Economics* 20(1): 1-15.

Ayala, A.; et al. 2003. CNG and Diesel Transit Bus Emissions in Review. In *Proceeding of 9th Diesel Engine Emissions Reduction Conference*, 95-112.

Barnitt, R.; Chandler, K. 2006. *New York City Transit (NYCT) Hybrid (125 Order) and CNG Transit Buses. Final Evaluation Results*. Technical Report NREL/TP-540-40125. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. 62 p.

Beer, T.; et al. 2001. *Study of Life-cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicle, Stage 2*. Final Report EV45A/2/F3C. Aspendale, Australia: CSIRO, Australian Greenhouse Office. 148 p.

Beer, T.; Grant, T.; Williams, D.; Watson, H. 2002. Fuel-cycle Greenhouse Gas Emissions from Alternative Fuels in Australian Heavy Vehicles, *Atmospheric Environment* 36(4): 753-763.

Bhattacharjee, G.; Bhattacharya, S.; Neogi, S.; Das, S. K. 2010. CNG Cylinder Burst in A Bus During Gas Filling, *Safety Science* 48(10): 1516-1519.

Bickel, P.; Schmid, S.; Krewitt, W.; Friedrich, R. 1997. *External Costs of Transport in Externe*. Publishable Report. Stuttgart: IER. 24. p.

Binder, M.; Faltenbacher, M.; Kentzler, M.; Schuckert, M. 2006. Clean Urban Transport for Europe. Germany, Final Report: CUTE, DG Tren. 85 p.

Bose, R.; Sundar, S. 2005. *Emissions Test Results From Diesel Buses, With and Without Oxidation-Catalyst and Regenerating Particle-Trap, and CNG Buses With Three-Way Catalyst in India*. 2005-01-0477. Warrendale, PA: SAE International. Available from internet: <<http://papers.sae.org/2005-01-0477/>>.

Braun, A.; Pakzaban, P.; Toqan, M.; Beér, J. 1987. Generation of Biologically Active Substances in a Natural Gas Flame. *Environmental Health Perspectives* 72(1): 297-303.

Brinkman, N.; Wang, M.; Weber, T.; Darlington, T. 2005. *Well-to-Wheels Analysis of Advanced Fuel/Vehicle Systems: A North American Study of Energy Use, Greenhouse*

-
- Gas Emissions, and Criteria Pollutant Emissions*. Argonne, IL: Argonne National Laboratory. 238 p.
- Bronnenberg P.; Classen A. 2008. Umfassend Nachhaltige Kraftstoff-und Antriebskonzepte für den Linienbusverkehr, *Magazin VDV15/12*. 12 p.
- Burtscher, H. 2005. Physical Characterization of Particulate Emissions from Diesel Engines: A Review, *Journal of Aerosol Science* 36(7): 896-932.
- Chamberlain, S.; Modarres, M. 2005. Compressed Natural Gas Bus Safety: A Quantitative Risk Assessment, *Risk Analysis* 25(2): 377-387.
- Chandler, K.; Eberts, E.; Melendez, M. 2006. *Washington Metropolitan Area Transit Authority: Compressed Natural Gas Transit Bus Evaluation*. NREL/TP-540-37626. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. 79 p.
- Chang, T. H. 2004. Field Performance Assessment of The ADVANCE-F Automatic Steering Control Vehicle, *Control Engineering Practice* 12(5): 569-576.
- Cockroft, C. 2008. *Perth's Fuel Cell Bus Trial 2004-2007*. Murdoch: Murdoch University. 60 p.
- Cohen, J. 2005. Diesel vs. Compressed Natural Gas for School Buses: A Cost-effectiveness Evaluation of Alternative Fuels, *Energy Policy* 33(13): 1709-1722.
- Cohen, J.; Hammitt, J.; Levy, J. 2003. Fuels for Urban Transit Buses: A Cost-effectiveness Analysis, *Environmental Science and Technology* 37(8): 1477-1484.
- Deakin, E. 2003. Sustainable Development and Sustainable Transportation: Strategies for Economic Prosperity, Environmental Quality, and Equity*. Berkeley: University of California. 41 p.
- Dedović, V. 1998. *Nezavisno oslanjanje automobila*. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu. 310 p.
- DeLucchi, M.A.; Lipman, T.E. 2001. An Analysis of The Retail and Lifecycle Cost of Battery-powered Electric Vehicles, *Transportation Research Part D* 6(6): 371-404.
- Demić, M.; Diligenski, Đ. 2003. Teorijske osnove projektovanja autobusa, Kragujevac: Mašinski fakultet Kragujevac. 145 p.
- Department of Energy. 2002. Compressed Natural Gas. Freedom CAR and Vehicle Technologies Program. U.S. [CD].
- Dixon, J. C. 1996. Tires, Suspension, and Handling, Second Edition. Society of Automotive Engineers Inc. 621 p.
- Du, H.; Zhang, N.; Naghdy, F. 2011. Velocity-dependent Robust Control for Improving Vehicle Lateral Dynamics, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 19(3): 454-468.

- DuVall, F. 2001. Cost Comparisons of Wet Filament Winding Versus Prepreg Filament Winding for Type II and Type-IV CNG Cylinders, *SAMPE Journal* 37(1) 39-42.
- ECE R 110. 2008. Available from internet: <<http://www.unece.org>>.
- EEA-European Environment Agency. 2007. Emission Inventory Guidebook. Copenhagen: EEA. 151 p.
- EPA-Environmental Protection Agency. 2008. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2006. Washington, U.S. Available from internet: <www.epa.gov>.
- Fearghal, R.; Caulfield, B. 2010. Examining the Benefits of Using Bio-CNG in Urban Bus Operations, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 15(6): 362-365.
- Gambone, L. 2005. CNG Cylinders 101 [CD]. In *Proceeding of NG Transit Users Group Meeting*, 18 p.
- Genčić, I.; Radovanović, B. 2008. Quality of Liquid Fossil Fuels in Republic of Serbia [CD]. In *Proceeding of Conference Post oil economy - Why, How and When*, Belgrade, Serbia. 10 p.
- Genovese, A.; Contrisciani, N.; Ortenzi, F.; Cazzola, V. 2011. On Road Experimental Tests of Hydrogen/Natural Gas Blends on Transit Buses, *International Journal of Hydrogen Energy* 36(2): 1775-1783.
- Glumac, S.; Žeželj, S.; Gladović, P.; Nijemčević, S. 2002. *Projektovanje proizvodnja i eksploatacija autobusa*. Beograd: IKARBUS AD. 443 p.
- GSP. 2009. Exploitation of Bus MAZ-BIK-203 CNG-S in GSP Beograd. Belgrade: GSP. 25 p.
- Halfmann, C.; Holzmann, H. 2003. *Adaptive Modelle für die Kraftfahrzeugedynamik* Berlin: Springer-Verlag. 265 p.
- Harris, J. 2006. *Application of Particulate Filter Technology to a CNG Engine* [CD]. In *Proceeding of Ultrafine Particles: The Science, Technology, and Policy Issues*. 48 p.
- HCM 2000. 2000. *Highway Capacity Manual*. Washington: TRB. 1207 p.
- Hensher, D. A. 2007. Bus Transport: Economics, Policy and Planning, *Research in Transportation Economics* 18: xix-xxviii, 1-507.
- Hess, D. 2007. What is A Clean Bus? Object Conflicts in The Greening of Urban Transit, *Sustainability: Science, Practice, & Policy* 3(1): 45-58.
- Hesterberg, T.; Bunn, W.; Lapin, C. 2009. An Evaluation of Criteria for Selecting Vehicles Fueled with Diesel or Compressed Natural gas, *Sustainability: Science, Practice & Policy* 5(1): 20-30.

Hesterberg, T.; Lapin, C.; Bunn, W. 2008. A Comparison of Emissions from Vehicles Fueled with Diesel or Compressed Natural Gas, *Environmental Science & Technology* 42(17): 6437-6445.

IPCC-International Panel on Climate Change. 2007. Climate Change 2001: Working Group I: The scientific Basis, Section 4, Table 6.7. Available from internet: <<http://www.ipcc.ch>>.

ISO 11439. 2000. Available from internet: <<http://www.iso.org>>.

Ivković, I.; Dedović, V.; Žeželj, S. 2003. Značaj optimizacije karakteristika autobusa u fazi projektovanja [CD]. U *zborniku XXVIII Naučno-stručni skup Održavanje mašina i opreme*, 12 str.

Ivković, I.; Janjoš, Ž.; Žeželj, S. 2011. Steering Stability of a Bus Powered by Natural Gas While Braking, *International Journal for Traffic and Transport Engineering* 1(1): 10-27.

Ivković, I.; Janjoš, Ž.; Žeželj, S.; Jovanović, V. 2011. Research into The Costs of Vehicle Exhaust Gases from The Standpoint of Using Natural Gas-Powered Buses, *African Journal of Business Management* 5(22): 9304-9321.

Ivković, I.; Kaplanović, S.; Žeželj, S. 2007a. Višekriterijumsko rangiranje konstrukcijsko-koncepcijskih rešenja autobusa u cilju stvaranja održivog JMTP-a u Beogradu, *Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu* 5(15): 57-66.

Ivković, I.; Sekulić, D.; Žeželj, S. 2007b. Analiza stabilnosti upravljanja autobusa sa pogonom na prirodni gas, *Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu* 5(15): 17-32.

Ivković, I.; Žeželj, S. 2005. Ekološke i bezbednosne karakteristike autobusa sa pogonom na prirodni gas [CD]. U *zborniku Simpozijum Istraživanja i projektovanja za privredu*, 30 str.

Ivković, I.; Žeželj, S. 2009. Performanse autobusnog podsistema gradskog prevoza putnika sa aspekta primene alternativnih pogonskih goriva [CD]. U *zborniku XXXIV Naučno-stručni skup Održavanje mašina i opreme*, 14 str.

Janićijević, N.; Janković, D.; Todorović, J. 1998. *Konstrukcija motornih vozila*. Beograd: Mašinski fakultet. 512 str.

Janković D.; Todorović, J. 1990. *Teorija kretanja motornih vozila*. Beograd: Mašinski fakultet. 436 str.

Janković, G.; Marjanović, G. 2011. Priprema vozila za korišćenje komprimovanog prirodnog gasa kao pogonskog goriva. U *zborniku Ka održivom transportu*, 55-60.

Jayaratne, E. R.; Ristovski, Z. D.; Meyer, N. K. Morawska, L. 2009. Particle and Gaseous Emissions from Compressed Natural Gas and Ultralow Sulphur Diesel-fuelled

Buses at Four Steady Engine Loads, *Science of The Total Environment* 407(8): 2845-2852.

Jayaratne, E. R.; Ristovski, Z. D.; Morawska, L.; Meyer, N. K. 2010. Carbon Dioxide Emissions from Diesel and Compressed Natural Gas Buses During Acceleration, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 15(5): 247-253.

Kado, N.; et al. 2005. Emissions of Toxic Pollutants from Compressed Natural Gas and Low Sulfur Diesel-fueled Heavy-duty Transit Buses Tested over Multiple Driving Cycles, *Environmental Science & Technology* 39(19): 7638-7649.

Kaplanović, S.; Ivković, I.; Petrović, J. 2007. Porez na pogonska goriva u transportnom sektoru-instrument u funkciji zaštite životne sredine, *Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu* 5(16): 39-46.

Karnopp, D. 2004. *Vehicle Stability*. New York: Marcel Dekker. 317 p.

Kathuria, V. 2004. Impact of CNG on Vehicular Pollution in Delhi: a note, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 9(5): 409-417.

Kazimi, C. 1997. Evaluating The Environmental Impact of Alternative-fuel Vehicles, *Journal of Environmental Economics and Management* 33(2): 163-185.

Kempton, W.; Kubo, T. 2000. Electric-drive Vehicles for Peak Power in Japan, *Energy Policy* 28(1): 9-18.

Kumar, S.; et al. 2011. LNG: An Eco-Friendly Cryogenic Fuel for Sustainable Development, *Applied Energy* 88(12): 4264-4273.

Kuzović, Lj. 1994. Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže. Beograd: Saobraćajni fakultet. 274 str.

Lechner, D. 2000. Contribution to Active Safety Improvement by Vehicle Dynamic Modeling. In *Proceeding of Automotive innovation for the new millennium, FISITA*, 68-76.

Lenasi, J.; Žeželj, S.; Danon, G. 1995. *Motorna vozila*. Beograd: Saobraćajni fakultet. 433 str.

Lethonen, T. 2006. Heavy Goods Vehicle Model Implementation and Validation [CD]. In *Proceeding of 3th International Colloquium on Vehicle-Tire-Road Interaction*, 10 p.

Li, J-Q.; Head, L. 2009. Sustainability Provisions in The Bus-Scheduling Problem, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14(1): 50-60.

Lim, S. H.; Woo, E. J.; Lee, H.; Lee, C. H. 2008. Synthesis of Magnetite–Mesoporous Silica Composites as Adsorbents for Desulfurization from Natural Gas, *Applied Catalysis B: Environmental* 85(1-2): 71-76.

- Maibach, M., et al. 2008. Handbook on Estimation of External Costs in the Transport Sector. Delft: CE. 336 p.
- Matijosius, J.; Sokolovskij, E. 2009. Research into The Quality of Fuels and Their Biocomponents, *Transport* 24(3): 212-217.
- McNicol, B.D.; Rand, D.A.J.; Williams, K.R. 2001. Fuel Cells Forroad Transportation Purpose-yes or no?, *Journal of Power Sources* 100(1): 47-59.
- Mitschke, M. 2004. *Dynamic der Kraftfahrzeuge*. Berlin: Springer Verlag. 799 p.
- Mokhiamar, O.; Abe, M. 2002. Effects of Model Response on Model Following Type of Combined Lateral Force and Yaw Moment Control Performance for Active Vehicle Handling Safety, *JSAE Review* 23(4): 473-480.
- Morita, K. 2003. Automotive Power Source in 21st Century, *Journal of, Society of Automotive Engineers of Japan* 24(1): 3-7.
- Moseley, P.T. 1999. High-rate, Valve-regulated Lead-acid Batteries—Suitable for Hybrid Electric Vehicles?, *Journal of Power Sources* 84(2): 237-242.
- Nakagawa, R.; Sera, N.; Horikawa, K.; Tokiwa, H. 1987. A Powerful Mutagen Dinitrofloranthene Detected in Diesel Emissions and in Incomplete Combustion Products of LPG, *Mutation Research: Environmental Mutagenesis and Related Subjects* 182(6): 368-369.
- Oberdorster, G.; Gelein, R.; Ferin, J.; Weiss, B. 1995. Association of Particulate Air Pollution and Acute Mortality: Involvement of Ultrafine Particles?, *Inhalation Toxicology* 7(1): 111-124.
- Okamoto, R.; et al. 2006. Unregulated Emissions from Compressed Natural Gas (CNG) Transit Buses Configured with and without Oxidation Catalyst, *Environmental Science & Technology* 40(1): 332-341.
- Ou, X.; Zhang, X.; Chang, S. 2010b. Scenario Analysis on Alternative Fuel/Vehicle for China's Future Road Transport: Life-Cycle Energy Demand and GHG Emissions, *Energy Policy* 38(8): 3943-3956.
- Ou, X.; Zhang, X.; Chang, S. 2010a. Alternative Fuel Buses Currently in Use in China: Life-Cycle Fossil Energy Use, GHG Emissions and Policy Recommendations, *Energy Policy* 38(1): 406-418.
- Pacejka, H. B. 2005. *Tyre and Vehicle Dynamics*. Oxford: Butterworth-Heinemann. 672 p.
- Park, K.; Heo, S. J.; Beak, I. 2001. Controller Design for Improving Lateral Vehicle Dynamic Stability, *JSAE Review* 22(4): 481-486.

- Pavlovski, D.; Mislavsky, B.; Antonov, A. 2007. CNG cylinder manufacturers test basalt fibre, *Reinforced Plastics* 51(4): 36-39.
- Pelkmans, L.; De Keukeleere, D.; Bruneel, H.; Lenaers, G. 2001a. Influence of Vehicle Test Cycle Characteristics on Fuel Consumption and Emissions of City Buses. International Spring Fuels & Lubricants Meeting, Session: General Emissions (Part A&B). Available from internet: <<http://papers.sae.org>>.
- Pelkmans, L.; De Keukeleere, D.; Lenaers, G. 2001b. Emission and Fuel consumption of natural gas powered city buses versus diesel buses in Real City Traffic. Urban Transport VII, Transaction: The Built Environment 52. Wessex Institute of Technology, United Kingdom. Available from internet: <<http://library.witpress.com>>.
- Peters, G. A.; Peters, B. J. 2002. *Automotive Vehicle Safety*. New York : Taylor & Francis. 210 p.
- Petrović, J.; Ivković, I.; Vujačić, I.; Žeželj, S. 2008. Environmental and Economic Effects of Natural Gas and Biodiesel Buses in Public Urban Transport-The Case of Belgrade. In *Proceeding of the 7th International Conference "Environmental Engineering"*, 1020-1026.
- Petrović, J.; Ivković, I.; Vujačić, I.; Žeželj, S. 2009. Possibilities of Buses on Alternative Fuel in Public Urban Transport in Belgrade, *Technological and Economic Development of Economy* 15(1): 78-89.
- Pitblado, R. M.; Woodward, J. 2011. Highlights of LNG Risk Technology, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 24(6): 827-836.
- Rabl, A. 2002. Environmental Benefits of Natural Gas for Buses, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 7(6): 391-405.
- Rajamani, R. 2006. *Vehicle Dynamics and Control*. New York: Springer. 476 p.
- Schreyer, C.; Maibach, M.; Guyer, M. 2008. *Update External Costs of Transport 2005 for EU27*. Zurich: INFRAS. 31 p.
- Seifert, K.; Schick, T. 2003. CNG Direct-Injection into IC Engine. United State Patent Application Publication, US 2003/0140902A1. 5 p.
- Seiffert, U.; Wech, L. 2003. *Automotive Safety Handbook*. Washington DC.: SAE International. 283 p.
- Seluga, K. J.; Baker, L. L.; Ojalvo, I. U. 2009. A Parametric Study of Golf Car and Personal Transport Vehicle Braking Stability and Their Deficiencies, *Accident Analysis & Prevention* 41(4): 839-848.
- Stevanović, A.; et al. 2004. *The Analysis of Exploitation Data on Board Bus IK104-CNG*. Belgrade: NIS Energogas and Ikarbus A.D. 45 p.

- Tchinkel, G. 1996. Gas Driven Utility Vehicles in Areas of industrial concentration. In *Proceeding of International Conference Gas into Engines*, 230-238.
- Tica, S.; Filipović, S.; Živanović, P.; Milovanović, B. 2010. Test Run of Biodiesel in Public Transport System in Belgrade, *Energy Policy* 38(11): 7014-7020.
- Todorović, J i drugi. 1996. *Mogućnosti primene prirodnog gasa u saobraćaju u Srbiji*. Beograd: Jugoslovensko društvo za gas i gasnu tehniku. 146 p.
- Todorović, J. 1988. *Kočenje motornih vozila*, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. 407 str.
- Trudgeon, M. 2005. An Overview of NGV Cylinder Safety Standards, Production and In-service Requirements. Available from nternet: www.apvgn.pt.
- Turrio-Baldassarri, L.; et al. 2004. Emission Comparison of Urban Bus Engine Fueled with Diesel Oil and “Biodiesel” Blend, *Science of the Total Environment* 327(1–3): 147-162.
- Turrio-Baldassarri, L.; et al. 2006. Evaluation of Emission Toxicity of Urban Bus Engines: Compressed Natural Gas and Comparison with Liquid Fuels, *Science of The Total Environment* 355(1-3): 64-77.
- Turrio-Baldassarri, L.; et al. 2006. Evaluation of Emission Toxicity of Urban Bus Engines: Compressed Natural Gas and Comparison with Liquid Fuels, *Science of the Total Environment* 355(1–3): 64-77.
- Tzeng, G. H.; Lin, C. W.; Opricovic, S. 2005. Multi-criteria Analysis of Alternative-fuel Buses for Public Transportation, *Energy Policy* 33(11): 1373-1383.
- UITP. 2008. Final Report of the Working Group for the Life Cycle Cost of Compressed Natural Gas Bus. Brussels: UITP. 60 p.
- Ullman, T.; et al. 2003. *Comparison of Exhaust Emissions, Including Toxic Air Contaminants, from School Buses in Compressed Natural Gas, Low Emitting Diesel, and Conventional Diesel Engine Configurations*. 2003-01-1381. Warrendale, PA: SAE International. Available from internet: <<http://papers.sae.org/2003-01-1381>>.
- Utell, M.; Frampton, M. 2000. Acute Health Effects of Ambient air Pollution: The Ultrafine Particle Hypothesis, *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery* 13(4): 355-359.
- Volpe, J. 1999. *Clean Air Program-Summary of Assessment of The Safety, Health, Environmental and System Risks of Alternative Fuels*. Cambridge, MA: U.S. Department of Transportation. 145 p.
- Wall, G.; Felstead, T.; Richards, A.; McDonald, M. 2008. Cleaner Vehicle Buses in Winchester, *Transport Policy* 15(1): 55-68.

Widemann M.; Faltenbacher M. 2007. Quo vadis Omnibus?, Welches Antriebskonzept ist das Richtige? Szenarien und Bewertungen der SSB, *Der Nahverkehr* 7(8): 17-23.

Winebrake, J.J.; Creswick, B.P. 2003. The Future of Hydrogen Fueling Systems for Transportation: An Application of Perspective-based Scenario Analysis Using the Analytic Hierarchy Process, *Technological Forecasting and Social Change* 70(2): 359-384.

Xu, X.; Song, C.; Miller, B. G.; Scaroni, A. W. 2005. Adsorption Separation of Carbon Dioxide from Flue Gas of Natural Gas-fired Boiler by A Novel Nanoporous „Molecular Basket” Adsorbent, *Fuel Processing Technology, Volume* 86(14-15): 1457-1472.

Yedla, S.; Shrestha, R. M. 2003. Multi-criteria Approach for The Selection of Alternative Options for Environmentally Sustainable Transport System in Delhi, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 37(8): 717-729.

Zeng-Xin, Y.; Hui-Feng, T.; Xing-Wen, D.; Li, S. 2001. A Simple Analysis Method for Contact Deformation of Rolling Tire, *Vehicle System Dynamics* 36(6): 435-443.

Prilozi

Prilog 1.

Konstruktivne karakteristike autobusa pojedinih proizvođača

Tabela Pl.1. Konstrukcione karakteristike autobusa pojedinih proizvođača

Oznaka	Proizvođač	Namena	Snaga motora	Gradnja šasije	Duzina	Osovinsko rastojanje	Prednji preput	Zadnji preput	Visina autobusa pod-podest	Kapacitet broj putnika (sed./staj.)	Masa, Spec. snaga kW/t	Maksimalna brzina km/h	Zapremina prijiaga m ³
1	N 316 SHD	NEOPLAN	280/poz.	rešetka	12000	5950	2870	3180	3600/1550	40-46-49	18/15,6	127(100)	1,2
2	N 116 H	NEOPLAN	280/poz.	rešetka	12000	5950	2870	3180	3790/1710	40-51	18/15,6	127(100)	15,7
3	S 315 HDH	SETRA	320/poz.	rešetka	12000	6280	2620	3100	3662/1690	44-49	18/17,8	127(100)	8,4
4	O 814 D	MB	136/napr.	ram	7210	4250	820	2140	3100/1160	20-25	9/15,1	128(100)	1,3
5	O 40410 RHD	MB	213/poz.	rešetka	9220	685	1890	2745	3278/1290	31-35	14/15,3	137(100)	5,1
6	O 40415 RHD	MB	280/poz.	rešetka	12000	6250	2595	3135	3518/1550	44-53	18/15,6	127(100)	11,6
7	O 40415SHD	MB	280/poz.	rešetka	12000	6250	2595	3135	3748/1715	49-53	18/15,6	127(100)	12,5
8	IK 404 MB	IKARBUS	280/poz.	rešetka	12000	6250	2595	3135	3840/1715	49-53	18/15,6	127(100)	12,5
9	IK 401	IKARBUS	294/poz.	rešetka	12000	6100	2540	3360	3590/1440	45-49	18/16,3	125(100)	11
10	FRI GTY	RENAULT	250/poz.	rešetka	11995	6200	2335	2260	3555/1570	47-51	18,8/13,5	125(100)	11,8
11	FRH 403	MAN	294/poz.	rešetka	12000	6060	2680	3260	3530/1490	44-50	18/16,3	127(100)	12
12	T 915 Aeron	VANHOOL	294/	turistički	12000	5910	2740	3350	3600/1550	do 57	18/16,3	127(100)	10,8
13	B 12 500H	VOLVO	309/poz.	turistički	12000	5850	2600	3350	3700/1660	49-51	18/17,2	125(100)	11,4
14	S 315 TVV	SANOS	213/poz.	rešetka	12000	6330	2535	3135	3580/1430	47-51	17,7/12,2	124(100)	9,9
15	N 316 K	NEOPLAN	250/poz.	rešetka	12000	5880	2870	3330	3300/1220	49-53	18/13,9	127(100)	8
16	O 404 15 RH	MB	250/poz.	rešetka	12000	6250	2595	3135	3278/1290	44-48	18/13,9	127(100)	9
17	IK 301	IKARBUS	191/poz.	rešetka	11862	5650	2820	3392	3250/1120	51	17,5/10,9	126(100)	5,2
18	S 313 UL	SETRA	220/poz.	rešetka	11320	5530	2490	3300	3330/1100	70-90	19/11,6	90	3,5
19	SBL 12	VOLVO	210/poz.	ram	12000	5950	2630	3470	3180/1090	92(53/39)	17,5/12	92	6
20	N 316 U	NEOPLAN	184/poz.	rešetka	12000	5800	2870	3330	3200/1060	91(49/42)	18/10,2	90	5
21	N 4010	NEOPLAN	125/poz.	niskopod.	9210	4500	1960	2750	2750/350	67(25/42)	13/9,6	80	
22	N 4014	NEOPLAN	196/poz.	niskopod.	12000	6020	2600	3380	2780/350	99(35/64)	18/10,8	78	
23	N 4020	NEOPLAN	196/poz.	niskopod.	14800	7200	2720	3200	2780/350	133(43/90)	24/7,9	78	
24	O 405	MB	220/poz.	rešetka	11545	5875	2560	3040	3050/710	100(44/56)	19/11,5	80	
25	O 530 N	MB	180/poz.	niskopod.	11950	5845	2705	3400	2800/370	113(23/90)	18/10,8	80	
26	IK 106 MB	IKARBUS	184/poz.	niskopod.	11795	5875	2580	3360	2933/370	102(31/71)	17,5/10,5	80	
27	Agora	RENAULT	186/poz.	niskopod.	11990	6120	2710	3160	2845/340	111(28/83)	19/9,8	80	
28	NL 312	MAN	228/poz.	niskopod.	11675	5875	2600	3200	2872/370	104(34/70)	18/12,6	78	
29	NG 312 Zg	MAN	228/poz.	niskopod.	17940	5875	2600	3200	2872/370	174(53/121)	28/8,1	78	
30	A 300 L	VANHOOL	180/poz.	niskopod.	11990	6050	2450	3490	2910/350	118(20/98)	18,9/9,5	75	
31	AGG 300	VANHOOL	320/poz.	niskopod.	24630	6050	2450	2330	3910/350	197(47/150)	34/9,4	75	
32	IK 103	IKARBUS	191/poz.	rešetka	11862	5650	2820	3392	3090/920	110(31/89)	18/10,6	75	
33	IK 104	IKARBUS	160/poz.	rešetka	11862	5650	2820	3392	3090/920	110(31/89)	18,8/9	70	
34	IK 201	IKARBUS	191/sred.	rešetka	16922	5250	2820	2752	3090/920	160(37/123)	21/7,1	70	
35	S 213 GNR	SANOS	184/poz.	rešetka	11570	5875	2615	3080	3073/710	110(38/62)	16,5/10,9	70	
36	SBS 12	VOLVO	180/poz.	ram	12000	5900	2630	3470	3180/930	94(41/53)	20/10,9	78	
37	SBG 18 ZG	VOLVO	210/poz.	ram	18000	5500	2740	3360	3200/930	110(45/65)	19/10,9	78	

Prilog 2.

**Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja za slučaj
blokiranih točkova zadnje osovine i za slučaj blokiranih
točkova obe osovine**

Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja za slučaj blokiranih točkova zadnje osovine

Prema slici (Slika 4.16) projekcije brzine težišta autobusa T na nepokretne ose ξ i η biće [P2.1.1] i [P2.1.2]:

$$V_{T\eta} = V_{Tt} \cos\Psi + V_{Tn} \sin\Psi \quad [\text{P2.1.1}]$$

$$V_{T\xi} = V_{Tt} \sin\Psi - V_{Tn} \cos\Psi \quad [\text{P2.1.2}]$$

Diferenciranjem izraza [P2.1.1] i [P2.1.2] po vremenu dobijaju se izrazi za ubrzanja [P2.1.3] i [P2.1.4]:

$$a_{T\eta} = \frac{dV_{T\eta}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \cos\Psi - V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \sin\Psi + \frac{dV_{Tn}}{dt} \sin\Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \cos\Psi \quad [\text{P2.1.3}]$$

$$a_{T\xi} = \frac{dV_{T\xi}}{dt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} \sin\Psi + V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} \cos\Psi - \frac{dV_{Tn}}{dt} \cos\Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \sin\Psi \quad [\text{P2.1.4}]$$

Izrazi [P2.1.3] i [P2.1.4] se mogu napisati u obliku [P2.1.5] i [P2.1.6]:

$$a_{T\eta} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \cos\Psi - \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \sin\Psi \quad [\text{P2.1.5}]$$

$$a_{T\xi} = \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \sin\Psi + \left(V_{Tt} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \cos\Psi \quad [\text{P2.1.6}]$$

Projekcije ubrzanja težišta autobusa u podužnom i poprečnom pravcu ($a_{T\eta}$ i $a_{T\xi}$) se prema slici (Slika 4.16) mogu izraziti [P2.1.7] i [P2.1.8]:

$$a_{T\eta} = a_{Tt} \cos\Psi - a_{Tn} \sin\Psi \quad [\text{P2.1.7}]$$

$$a_{T\xi} = a_{Tt} \sin\Psi + a_{Tn} \cos\Psi \quad [\text{P2.1.8}]$$

Izrazi za ubrzanje težišta autobusa su u obliku [P2.1.9] i [P2.1.10]:

$$a_{Tt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\Psi} \quad [\text{P2.1.9}]$$

$$a_{Tn} = V_{Tt} \cdot \dot{\Psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \quad [\text{P2.1.10}]$$

Inercijalne sile u podužnom i poprečnom pravcu, F_{ix} i F_{iy} su [P2.1.11] i [P2.1.12]:

$$F_{ix} = m \cdot a_{Tt} = m \cdot \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\psi} \right) \quad [\text{P2.1.11}]$$

$$F_{iy} = m \cdot a_{Tn} = m \cdot \left(V_{Tt} \cdot \dot{\psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [\text{P2.1.12}]$$

Primenjujući D'alambertov princip za vertikalne ose koje prolaze kroz tačku A i tačku B a prema slici (Slika 4.16), biće [P2.1.13] i [P2.1.14]:

$$\sum M^A = 0 \quad Y_z \cdot l - F_{iy} \cdot l_{pKPG} + M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_z = \frac{F_{iy} \cdot l_{pKPG} - M_{iz}}{l} \quad [\text{P2.1.13}]$$

$$\sum M^B = 0 \quad Y_p \cdot l - F_{iy} \cdot l_{zKPG} - M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_p = \frac{F_{iy} \cdot l_{zKPG} + M_{iz}}{l} \quad [\text{P2.1.14}]$$

Bočne reakcije su [P2.1.15] i [P2.1.16]:

$$Y_p = K_{\delta_p} \cdot \delta_p \quad [\text{P2.1.15}]$$

$$Y_z = Z_{\delta_z} \cdot \delta_z \quad [\text{P2.1.16}]$$

Uglovi δ_p i δ_z mogu se izraziti pomoću normalne i podužne komponente brzine težišta autobusa V_{Tn} i V_{Tt} .

Sa slike (Slika 4.16), na osnovu sličnosti trouglova može se uočiti [P2.1.17], [P2.1.18] i [P2.1.19]:

$$\frac{V_{An}}{V_A} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AS}} \quad [\text{P2.1.17}]$$

$$V_{An} = \frac{V_A}{AS} \cdot \overline{AC} = \dot{\psi} \cdot \overline{AC} = \dot{\psi} \cdot (l_{pKPG} - \overline{CT}) = V_{Tn} - \dot{\psi} \cdot l_{pKPG} \quad [\text{P2.1.18}]$$

$$V_{Bn} = \frac{V_B}{BS} \cdot \overline{BC} = \dot{\psi} \cdot \overline{BC} = \dot{\psi} \cdot (l_{zKPG} + \overline{CT}) = \dot{\psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn} \quad [\text{P2.1.19}]$$

Kako je [P2.1.20]:

$$\text{tg} \delta_p = \frac{V_{An}}{V_{At}} \quad i \quad \text{tg} \delta_z = \frac{V_{Bn}}{V_{Bt}} \quad [\text{P2.1.20}]$$

sledi [P2.1.21]:

$$\operatorname{tg} \delta_p = \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V_{At}} \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn}}{V_{Bt}} \quad [\text{P2.1.21}]$$

Uglovi povodjenja prednjeg i zadnjeg mosta su mali uglovi pa se mogu uvesti aproksimacije [P2.1.22]:

$$\operatorname{tg} \delta_z \approx \delta_z \quad i \quad \operatorname{tg} \delta_p \approx \delta_p \quad [\text{P2.1.22}]$$

pomoću kojih se dobija [P2.1.23] i [P2.1.24]:

$$\delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn}}{V} \quad [\text{P2.1.23}]$$

$$\delta_p = \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} \quad [\text{P2.1.24}]$$

jer je [P2.1.25]:

$$V_{At} = V_{Bt} = V_{Tt} = V \quad [\text{P2.1.25}]$$

Imajući u vidu jednačine [P2.1.15], [P2.1.16], [P2.1.23] i [P2.1.24], bočne reakcije se mogu izraziti [P2.1.26] i [P2.1.27]:

$$Y_p = K_{\delta p} \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} \quad [\text{P2.1.26}]$$

$$Y_z = Z_z \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} \quad [\text{P2.1.27}]$$

Na osnovu ravnoteža sila ($\Sigma Y=0$) i uvodeći aproksimaciju da je $\cos \theta \approx 1$, dobija se sledeća relacija [P2.1.28]:

$$Y_p + Y_z = F_{iy} \quad [\text{P2.1.28}]$$

A na osnovu izraza [P2.1.28] i [P2.1.12] sledi:

$$Y_p + Y_z = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [\text{P2.1.29}]$$

Ukoliko se zamene jednačine [P2.1.26] i [P2.1.27] u [P2.1.29] biće [P2.1.30]:

$$K_{\delta p} \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} + Z_z \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [P2.1.30]$$

Jednačina [P2.1.30] se može prikazati u obliku [P2.1.31]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} - \frac{K_{\delta p} \cdot l_{pKPG} - Z_z \cdot \varphi \cdot l_{zKPG}}{m \cdot V} \cdot \dot{\Psi} - V \cdot \dot{\Psi} = 0 \quad [P2.1.31]$$

Iz uslova ravnoteže za tačke A i B uz aproksimaciju $\cos\theta \approx 1$, dobija se [P2.1.32]:

$$Y_p \cdot l_{pKPG} - Y_z \cdot l_{zKPG} = M_{iz} \quad [P2.1.32]$$

pa će biti [P2.1.33]:

$$I_{iz} \cdot \ddot{\Psi} + \frac{Z_z \cdot \varphi \cdot \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}^2}{V} + \frac{Z_z \cdot \varphi \cdot V_{Tn} \cdot l_{zKPG}}{V} - \frac{K_{\delta p} \cdot V_{Tn} \cdot l_{pKPG}}{V} + \frac{K_{\delta p} \cdot \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}^2}{V} = 0 \quad [P2.1.33]$$

Jednačine [P2.1.31] i [P2.1.33] uz izraze [3.8], [3.9], [3.10] i [3.11], se mogu napisati u obliku:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [P2.1.34] i [P2.1.35]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [P2.1.34]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [P2.1.35]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [P2.1.36] i [P2.1.37]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{K_{\delta p} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{K_{\delta p} + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [P2.1.36]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{K_{\dot{\varphi}} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} - \frac{K_{\dot{\varphi}} \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [\text{P2.1.37}]$$

Izvođenje diferencijalnih jednačina kretanja za slučaj blokiranih točkova obe osovine

Prema slici (Slika 4.21) projekcije brzine težišta autobusa T na nepokretne ose ξ i η biće [P2.2.1] i [P2.2.2]:

$$V_{T\eta} = V_{Ti} \cos \Psi + V_{Tn} \sin \Psi \quad [\text{P2.2.1}]$$

$$V_{T\xi} = V_{Ti} \sin \Psi - V_{Tn} \cos \Psi \quad [\text{P2.2.2}]$$

Diferenciranjem izraza [P2.2.1] i [P2.2.2] po vremenu dobijaju se izrazi za ubrzanja [P2.2.3] i [P2.2.4]:

$$a_{T\eta} = \frac{dV_{T\eta}}{dt} = \frac{dV_{Ti}}{dt} \cos \Psi - V_{Ti} \frac{d\Psi}{dt} \sin \Psi + \frac{dV_{Tn}}{dt} \sin \Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \cos \Psi \quad [\text{P2.2.3}]$$

$$a_{T\xi} = \frac{dV_{T\xi}}{dt} = \frac{dV_{Ti}}{dt} \sin \Psi + V_{Ti} \frac{d\Psi}{dt} \cos \Psi - \frac{dV_{Tn}}{dt} \cos \Psi + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \sin \Psi \quad [\text{P2.2.4}]$$

Izrazi [P2.2.3] i [P2.2.4] se mogu napisati u obliku [P2.2.5] i [P2.2.6]:

$$a_{T\eta} = \left(\frac{dV_{Ti}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \cos \Psi - \left(V_{Ti} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \sin \Psi \quad [\text{P2.2.5}]$$

$$a_{T\xi} = \left(\frac{dV_{Ti}}{dt} + V_{Tn} \frac{d\Psi}{dt} \right) \sin \Psi + \left(V_{Ti} \frac{d\Psi}{dt} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \cos \Psi \quad [\text{P2.2.6}]$$

Projekcije ubrzanja težišta autobusa u podužnom i poprečnom pravcu ($a_{T\eta}$ i $a_{T\xi}$) se prema slici (Slika 4.21) mogu izraziti [P2.2.7] i [P2.2.8]:

$$a_{T\eta} = a_{Ti} \cos \Psi - a_{Tn} \sin \Psi \quad [\text{P2.2.7}]$$

$$a_{T\xi} = a_{Ti} \sin \Psi + a_{Tn} \cos \Psi \quad [\text{P2.2.8}]$$

Izrazi za ubrzanje težišta autobusa su u obliku [P2.2.9] i [P2.2.10]:

$$a_{Tt} = \frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\psi} \quad [\text{P2.2.9}]$$

$$a_{Tn} = V_{Tt} \cdot \dot{\psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \quad [\text{P2.2.10}]$$

Sile u podužnom i poprečnom pravcu, F_{ix} i F_{iy} [P2.2.11] i [P2.2.12]:

$$F_{ix} = m \cdot a_{Tt} = m \cdot \left(\frac{dV_{Tt}}{dt} + V_{Tn} \cdot \dot{\psi} \right) \quad [\text{P2.2.11}]$$

$$F_{iy} = m \cdot a_{Tn} = m \cdot \left(V_{Tt} \cdot \dot{\psi} - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [\text{P2.2.12}]$$

Primenjujući D'alambertov princip za vertikalne ose koje prolaze kroz tačku A i tačku B a prema slici (Slika 4.21), dobijaju se jednačina ravnoteže u obliku [P2.2.13] i [P2.2.14]:

$$\sum M^A = 0 \quad Y_z \cdot l - F_{iy} \cdot l_{pKPG} + M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_z = \frac{F_{iy} \cdot l_{pKPG} - M_{iz}}{l} \quad [\text{P2.2.13}]$$

$$\sum M^B = 0 \quad Y_p \cdot l - F_{iy} \cdot l_{zKPG} - M_{iz} = 0 \Rightarrow Y_p = \frac{F_{iy} \cdot l_{zKPG} + M_{iz}}{l} \quad [\text{P2.2.14}]$$

Bočne reakcije su [P2.2.15] i [P2.2.16]:

$$Y_p = Z_p \cdot \varphi \cdot \delta_p \quad [\text{P2.2.15}]$$

$$Y_z = Z_z \cdot \varphi \cdot \delta_z \quad [\text{P2.2.16}]$$

Uglovi δ_p i δ_z mogu se izraziti pomoću normalne i podužne komponente brzine težišta autobusa V_{Tn} i V_{Tt} .

Sa slike (Slika 4.21) na osnovu sličnosti trouglova može se uočiti [P2.2.17], [P2.2.18] i [P2.2.19]:

$$\frac{V_{An}}{V_A} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AS}} \quad [\text{P2.2.17}]$$

$$V_{An} = \frac{V_A}{AS} \cdot \overline{AC} = \dot{\psi} \cdot \overline{AC} = \dot{\psi} \cdot (l_{pKPG} - \overline{CT}) = V_{Tn} - \dot{\psi} \cdot l_{pKPG} \quad [\text{P2.2.18}]$$

$$V_{Bn} = \frac{V_B}{BS} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot \overline{BC} = \dot{\Psi} \cdot (l_{zKPG} + \overline{CT}) = \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn} \quad [\text{P2.2.19}]$$

Kako je [P2.2.20]:

$$\text{tg} \delta_p = \frac{V_{An}}{V_{At}} \quad i \quad \text{tg} \delta_z = \frac{V_{Bn}}{V_{Bt}} \quad [\text{P2.2.20}]$$

sledi [P2.2.21]:

$$\text{tg} \delta_p = \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V_{At}} \quad i \quad \text{tg} \delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn}}{V_{Bt}} \quad [\text{P2.2.21}]$$

Uglovi povodenja prednjeg i zadnjeg mosta su mali uglovi pa se mogu uvesti aproksimacije [P2.2.22]:

$$\text{tg} \delta_z \approx \delta_z \quad i \quad \text{tg} \delta_p \approx \delta_p \quad [\text{P2.2.22}]$$

pomoću kojih se dobija [P2.2.23] i [P2.2.24]:

$$\delta_z = \frac{\dot{\Psi} \cdot l_{zKPG} + V_{Tn}}{V} \quad [\text{P2.2.23}]$$

$$\delta_p = \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} \quad [\text{P2.2.24}]$$

jer je [P2.2.25]:

$$V_{At} = V_{Bt} = V_{Tt} = V \quad [\text{P2.2.25}]$$

Imajući u vidu jednačine [P2.2.15], [P2.2.16], [P2.2.23] i [P2.2.24], bočne reakcije se mogu izraziti [P2.2.26] i [P2.2.27]:

$$Y_p = Z_p \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} \quad [\text{P2.2.26}]$$

$$Y_z = Z_z \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} \quad [\text{P2.2.27}]$$

Na osnovu ravnoteža sila ($\Sigma Y=0$) i uvodeći aproksimaciju da je $\cos\theta \approx 1$, dobija se sledeća relacija [P2.2.28]:

$$Y_p + Y_z = F_{iy} \quad [P2.2.28]$$

A na osnovu izraza [P2.2.12] sledi [P2.2.29]:

$$Y_p + Y_z = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [P2.2.29]$$

Ukoliko se zamene jednačine [P2.2.26] i [P2.2.27] u [P2.2.29] biće [P2.2.30]:

$$Z_p \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} - \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}}{V} + Z_z \cdot \varphi \cdot \frac{V_{Tn} + \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}}{V} = m \cdot \left(\dot{\Psi} \cdot V - \frac{dV_{Tn}}{dt} \right) \quad [P2.2.30]$$

Jednačina [P2.2.30] se može prikazati u obliku [P2.2.31]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} - \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot l_{pKPG} - Z_z \cdot \varphi \cdot l_{zKPG}}{m \cdot V} \cdot \dot{\Psi} - V \cdot \dot{\Psi} = 0 \quad [P2.2.31]$$

Iz uslova ravnoteže za tačke A i B uz aproksimaciju $\cos\theta \approx 1$, dobija se [P2.2.32]:

$$Y_p \cdot l_{pKPG} - Y_z \cdot l_{zKPG} = M_{iz} \quad [P2.2.32]$$

pa će biti [P2.2.33]:

$$I_{iz} \cdot \ddot{\Psi} + \frac{Z_z \cdot \varphi \cdot \dot{\Psi} \cdot l_{zKPG}^2}{V} + \frac{Z_z \cdot \varphi \cdot V_{Tn} \cdot l_{zKPG}}{V} - \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot V_{Tn} \cdot l_{pKPG}}{V} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot \dot{\Psi} \cdot l_{pKPG}^2}{V} = 0 \quad [P2.2.33]$$

Jednačine [P2.2.31] i [P2.2.33] uz izraze [3.8], [3.9], [3.10] i [3.11], se mogu napisati u obliku:

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena pozadi [P2.2.34] i [P2.2.35]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [P2.2.34]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1))^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} -$$

$$- \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot (l - x_1)) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot x_1)}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [\text{P2.2.35}]$$

- ukoliko je baterija sa rezervoarima smeštena napred [P2.2.36] i [P2.2.37]:

$$\frac{dV_{Tn}}{dt} - \left(\frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{m \cdot V \cdot G_u} + V \right) \cdot \dot{\Psi} +$$

$$+ \frac{Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi}{m \cdot V} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [\text{P2.2.36}]$$

$$\ddot{\Psi} + \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2)^2 + Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))^2}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u^2} \cdot \dot{\Psi} -$$

$$- \frac{Z_p \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_p + G_{KPG} \cdot x_2) - Z_z \cdot \varphi \cdot (G_a \cdot l_z + G_{KPG} \cdot (l - x_2))}{I_{iz} \cdot V \cdot G_u} \cdot V_{Tn} = 0 \quad [\text{P2.2.37}]$$

Prilog 3.

Proračun kritičnih brzine stabilnosti upravljanja pri kočenju

Tabela P3.1. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_o$, gas pozadi

		$h_r=0,700$ [m]	$h_r=0,700$ [m]	$h_r=1,250$ [m]	$h_r=1,250$ [m]			$h_r=1,044$ [m]	$h_r=1,044$ [m]	$h_r=1,519$ [m]	$h_r=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]
0,400	4,343	7,934	4,455	8,477	0,473	4,499	8,821	4,611	9,434		
0,420	4,355	8,002	4,471	8,573	0,491	4,515	8,927	4,632	9,575		
0,440	4,368	8,072	4,488	8,674	0,508	4,532	9,039	4,653	9,725		
0,460	4,380	8,146	4,506	8,781	0,525	4,550	9,158	4,676	9,887		
0,480	4,394	8,224	4,524	8,896	0,542	4,568	9,285	4,699	10,062		
0,500	4,408	8,307	4,544	9,018	0,560	4,588	9,422	4,725	10,251		
0,520	4,422	8,395	4,565	9,150	0,577	4,609	9,569	4,751	10,458		
0,540	4,438	8,488	4,587	9,292	0,594	4,631	9,728	4,780	10,684		
0,560	4,454	8,588	4,611	9,447	0,611	4,654	9,901	4,810	10,934		
0,580	4,471	8,695	4,636	9,615	0,629	4,679	10,090	4,843	11,211		
0,600	4,490	8,811	4,663	9,800	0,646	4,705	10,298	4,878	11,521		
0,620	4,509	8,936	4,692	10,004	0,663	4,734	10,529	4,917	11,871		
0,624	4,513	8,962	4,698	10,046	0,667	4,740	10,577	4,924	11,945		
0,640	4,530	9,074	4,724	10,231	0,681	4,765	10,788	4,958	12,271		
0,660	4,553	9,225	4,759	10,487	0,698	4,799	11,079	5,004	12,735		
0,667	4,561	9,279	4,771	10,579	0,704	4,811	11,185	5,020	12,906		
0,680	4,577	9,393	4,797	10,777	0,715	4,836	11,412	5,054	13,279		
0,700	4,604	9,581	4,839	11,111	0,732	4,877	11,796	5,110	13,930		
0,720	4,635	9,794	4,887	11,499	0,750	4,923	12,248	5,172	14,729		
0,740	4,668	10,039	4,940	11,960	0,767	4,974	12,789	5,243	15,738		
0,760	4,706	10,324	5,001	12,519	0,784	5,033	13,451	5,324	17,066		
0,780	4,750	10,663	5,072	13,214	0,801	5,100	14,289	5,418	18,918		
0,800	4,801	11,076	5,156	14,111	0,819	5,179	15,391	5,528	21,749		

Tabela P3.2. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_o$, gas napred

		$h_r=0,700$ [m]	$h_r=0,700$ [m]	$h_r=1,250$ [m]	$h_r=1,250$ [m]			$h_r=1,044$ [m]	$h_r=1,044$ [m]	$h_r=1,519$ [m]	$h_r=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]
0,400	4,343	7,934	4,455	8,477	0,368	4,412	8,285	4,503	8,737		
0,420	4,355	8,002	4,471	8,573	0,385	4,425	8,362	4,519	8,836		
0,440	4,368	8,072	4,488	8,674	0,402	4,438	8,443	4,536	8,940		
0,460	4,380	8,146	4,506	8,781	0,420	4,452	8,528	4,553	9,049		
0,480	4,394	8,224	4,524	8,896	0,437	4,467	8,617	4,571	9,165		
0,500	4,408	8,307	4,544	9,018	0,454	4,482	8,711	4,589	9,288		
0,520	4,422	8,395	4,565	9,150	0,471	4,497	8,810	4,609	9,419		
0,540	4,438	8,488	4,587	9,292	0,489	4,513	8,914	4,629	9,558		
0,560	4,454	8,588	4,611	9,447	0,506	4,530	9,026	4,650	9,708		
0,580	4,471	8,695	4,636	9,615	0,523	4,548	9,144	4,673	9,868		
0,600	4,490	8,811	4,663	9,800	0,540	4,566	9,270	4,697	10,041		
0,620	4,509	8,936	4,692	10,004	0,558	4,586	9,406	4,722	10,229		
0,640	4,530	9,074	4,698	10,046	0,575	4,606	9,551	4,748	10,433		
0,660	4,553	9,225	4,724	10,231	0,592	4,628	9,709	4,777	10,657		
0,667	4,561	9,279	4,759	10,487	0,598	4,636	9,765	4,786	10,737		
0,680	4,577	9,393	4,771	10,579	0,610	4,651	9,880	4,807	10,904		
0,700	4,604	9,581	4,797	10,777	0,627	4,676	10,068	4,839	11,178		
0,720	4,635	9,794	4,839	11,111	0,644	4,702	10,274	4,874	11,484		
0,740	4,668	10,039	4,887	11,499	0,661	4,731	10,502	4,912	11,829		
0,746	4,679	10,122	4,940	11,960	0,667	4,740	10,577	4,924	11,945		
0,760	4,706	10,324	5,001	12,519	0,679	4,761	10,757	4,953	12,223		
0,780	4,750	10,663	5,072	13,214	0,696	4,795	11,044	4,998	12,678		
0,800	4,801	11,076	5,156	14,111	0,713	4,832	11,371	5,048	13,212		

Tabela P3.3. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_p$, gas pozadi

		$h_i=0,700$ [m]	$h_i=0,700$ [m]	$h_i=1,250$ [m]	$h_i=1,250$ [m]			$h_i=0,901$ [m]	$h_i=0,901$ [m]	$h_i=1,407$ [m]	$h_i=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	4,463	8,747	4,585	9,491	0,443	4,583	9,627	4,707	10,525		
0,420	4,483	8,886	4,609	9,689	0,461	4,605	9,824	4,735	10,804		
0,440	4,503	9,035	4,635	9,903	0,480	4,629	10,037	4,764	11,112		
0,460	4,523	9,193	4,661	10,137	0,498	4,653	10,269	4,795	11,454		
0,480	4,545	9,363	4,689	10,392	0,516	4,679	10,522	4,827	11,837		
0,500	4,567	9,546	4,719	10,673	0,535	4,705	10,800	4,861	12,271		
0,520	4,590	9,744	4,750	10,986	0,553	4,733	11,107	4,897	12,766		
0,540	4,614	9,960	4,782	11,336	0,572	4,763	11,451	4,935	13,340		
0,560	4,639	10,196	4,817	11,732	0,590	4,793	11,838	4,976	14,016		
0,580	4,666	10,456	4,854	12,184	0,608	4,826	12,278	5,019	14,828		
0,600	4,694	10,746	4,893	12,709	0,627	4,861	12,787	5,065	15,829		
0,620	4,723	11,070	4,935	13,328	0,645	4,898	13,383	5,116	17,106		
0,640	4,755	11,439	4,981	14,073	0,664	4,938	14,095	5,170	18,810		
0,643	4,760	11,504	4,989	14,209	0,667	4,945	14,225	5,179	19,147		
0,660	4,789	11,862	5,030	14,992	0,682	4,981	14,968	5,229	21,247		
0,667	4,801	12,018	5,048	15,351	0,688	4,996	15,305	5,250	22,323		
0,680	4,826	12,356	5,085	16,169	0,700	5,028	16,071	5,294	25,141		
0,700	4,866	12,944	5,145	17,746	0,719	5,079	17,528	5,367	32,887		
0,720	4,909	13,660	5,212	20,016	0,737	5,136	19,577	5,448	64,582		
0,740	4,958	14,562	5,287	23,679	0,756	5,199	22,758	5,539	#NUM!		
0,760	5,012	15,744	5,374	31,116	0,774	5,271	28,698	5,644	#NUM!		
0,780	5,074	17,391	5,474	64,776	0,792	5,354	46,952	5,767	#NUM!		
0,800	5,146	19,909	5,592	#NUM!	0,811	5,450	#NUM!	5,911	#NUM!		

Tabela P3.4. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi prednje osovine, $M=M_p$, gas napred

		$h_i=0,700$ [m]	$h_i=0,700$ [m]	$h_i=1,250$ [m]	$h_i=1,250$ [m]			$h_i=0,901$ [m]	$h_i=0,901$ [m]	$h_i=1,407$ [m]	$h_i=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	4,463	8,747	4,585	9,491	0,381	4,512	9,060	4,620	9,750		
0,420	4,483	8,886	4,609	9,689	0,400	4,532	9,217	4,645	9,960		
0,440	4,503	9,035	4,635	9,903	0,418	4,553	9,384	4,671	10,187		
0,460	4,523	9,193	4,661	10,137	0,436	4,575	9,562	4,697	10,434		
0,480	4,545	9,363	4,689	10,392	0,455	4,597	9,754	4,725	10,705		
0,500	4,567	9,546	4,719	10,673	0,473	4,621	9,962	4,754	11,002		
0,520	4,590	9,744	4,750	10,986	0,492	4,645	10,187	4,784	11,332		
0,540	4,614	9,960	4,782	11,336	0,510	4,670	10,432	4,816	11,700		
0,560	4,639	10,196	4,817	11,732	0,528	4,696	10,701	4,849	12,115		
0,580	4,666	10,456	4,854	12,184	0,547	4,724	10,997	4,885	12,587		
0,600	4,694	10,746	4,893	12,709	0,565	4,752	11,328	4,922	13,131		
0,620	4,723	11,070	4,935	13,328	0,584	4,783	11,699	4,962	13,769		
0,640	4,755	11,439	4,981	14,073	0,602	4,815	12,119	5,004	14,529		
0,660	4,760	11,504	4,989	14,209	0,620	4,849	12,602	5,049	15,457		
0,667	4,789	11,862	5,030	14,992	0,627	4,860	12,780	5,065	15,816		
0,680	4,801	12,018	5,048	15,351	0,639	4,885	13,165	5,098	16,626		
0,700	4,826	12,356	5,085	16,169	0,657	4,924	13,833	5,151	18,159		
0,710	4,866	12,944	5,145	17,746	0,667	4,945	14,225	5,179	19,147		
0,720	4,909	13,660	5,212	20,016	0,676	4,966	14,644	5,208	20,292		
0,740	4,958	14,562	5,287	23,679	0,694	5,011	15,657	5,271	23,548		
0,760	5,012	15,744	5,374	31,116	0,713	5,061	16,973	5,341	29,429		
0,780	5,074	17,391	5,474	64,776	0,731	5,116	18,779	5,419	45,660		
0,800	5,146	19,909	5,592	#NUM!	0,749	5,177	21,471	5,506	#NUM!		

Tabela P3.5. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_o$, gas pozadi

		$h_i=0,700$ [m]	$h_i=0,700$ [m]	$h_i=1,250$ [m]	$h_i=1,250$ [m]			$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,519$ [m]	$h_i=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	
0,400	4,2051	7,067	3,988	5,674	0,473	4,140	6,624	3,980	5,605		
0,420	4,2054	7,092	4,001	5,789	0,491	4,140	6,653	3,988	5,688		
0,440	4,2044	7,107	4,011	5,887	0,508	4,139	6,675	3,993	5,759		
0,460	4,2023	7,114	4,020	5,970	0,525	4,138	6,690	3,998	5,821		
0,480	4,1992	7,113	4,026	6,040	0,542	4,135	6,700	4,001	5,875		
0,500	4,1954	7,107	4,031	6,098	0,560	4,132	6,704	4,004	5,921		
0,520	4,1908	7,095	4,034	6,146	0,577	4,128	6,704	4,005	5,959		
0,540	4,1856	7,079	4,036	6,185	0,594	4,124	6,700	4,006	5,992		
0,560	4,1798	7,059	4,037	6,217	0,611	4,120	6,693	4,005	6,018		
0,580	4,1736	7,036	4,037	6,241	0,629	4,115	6,682	4,005	6,040		
0,600	4,1670	7,011	4,036	6,259	0,646	4,109	6,669	4,003	6,057		
0,620	4,1600	6,983	4,035	6,272	0,663	4,103	6,653	4,001	6,070		
0,624	4,1586	6,977	4,034	6,274	0,667	4,102	6,649	4,001	6,072		
0,640	4,1527	6,953	4,032	6,281	0,681	4,097	6,635	3,999	6,079		
0,660	4,1451	6,922	4,030	6,285	0,698	4,091	6,615	3,995	6,085		
0,667	4,1425	6,911	4,029	6,285	0,704	4,089	6,608	3,994	6,086		
0,680	4,1373	6,889	4,026	6,285	0,715	4,084	6,594	3,992	6,087		
0,700	4,1293	6,855	4,022	6,282	0,732	4,077	6,571	3,988	6,087		
0,720	4,1211	6,821	4,018	6,276	0,750	4,070	6,547	3,984	6,084		
0,740	4,1127	6,785	4,014	6,268	0,767	4,063	6,522	3,980	6,080		
0,760	4,1042	6,750	4,008	6,257	0,784	4,056	6,496	3,975	6,073		
0,780	4,0955	6,713	4,003	6,244	0,801	4,048	6,469	3,970	6,064		
0,800	4,0868	6,677	3,998	6,230	0,819	4,041	6,441	3,964	6,054		

Tabela P3.6. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_o$, gas napred

		$h_i=0,700$ [m]	$h_i=0,700$ [m]	$h_i=1,250$ [m]	$h_i=1,250$ [m]			$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,519$ [m]	$h_i=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	
0,400	4,205	7,067	3,988	5,674	0,368	4,110	6,215	3,891	4,777		
0,420	4,205	7,092	4,001	5,789	0,385	4,119	6,316	3,913	4,962		
0,440	4,204	7,107	4,011	5,887	0,402	4,127	6,402	3,931	5,123		
0,460	4,202	7,114	4,020	5,970	0,420	4,132	6,474	3,946	5,265		
0,480	4,199	7,113	4,026	6,040	0,437	4,136	6,533	3,959	5,390		
0,500	4,195	7,107	4,031	6,098	0,454	4,139	6,581	3,970	5,499		
0,520	4,191	7,095	4,034	6,146	0,471	4,140	6,620	3,979	5,595		
0,540	4,186	7,079	4,036	6,185	0,489	4,140	6,650	3,987	5,679		
0,560	4,180	7,059	4,037	6,217	0,506	4,139	6,673	3,993	5,752		
0,580	4,174	7,036	4,037	6,241	0,523	4,138	6,689	3,998	5,815		
0,600	4,167	7,011	4,036	6,259	0,540	4,135	6,699	4,001	5,869		
0,620	4,160	6,983	4,035	6,272	0,558	4,132	6,704	4,003	5,916		
0,640	4,159	6,977	4,034	6,274	0,575	4,129	6,705	4,005	5,955		
0,660	4,153	6,953	4,032	6,281	0,592	4,125	6,701	4,006	5,988		
0,667	4,145	6,922	4,030	6,285	0,598	4,123	6,699	4,006	5,998		
0,680	4,143	6,911	4,029	6,285	0,610	4,120	6,694	4,006	6,016		
0,700	4,137	6,889	4,026	6,285	0,627	4,115	6,683	4,005	6,038		
0,720	4,129	6,855	4,022	6,282	0,644	4,110	6,670	4,003	6,055		
0,740	4,121	6,821	4,018	6,276	0,661	4,104	6,655	4,001	6,069		
0,746	4,113	6,785	4,014	6,268	0,667	4,102	6,649	4,001	6,072		
0,760	4,104	6,750	4,008	6,257	0,679	4,098	6,637	3,999	6,078		
0,780	4,096	6,713	4,003	6,244	0,696	4,092	6,617	3,996	6,084		
0,800	4,087	6,677	3,998	6,230	0,713	4,085	6,596	3,992	6,087		

Tabela P3.7. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_p$, gas pozadi

		$h_t=0,7$ [m]	$h_t=0,7$ [m]	$h_t=1,25$ [m]	$h_t=1,25$ [m]			$h_t=0,901$ [m]	$h_t=0,901$ [m]	$h_t=1,407$ [m]	$h_t=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	4,559	9,292	4,287	6,649	0,443	4,511	8,711	4,283	6,590		
0,420	4,546	9,237	4,291	6,793	0,461	4,498	8,680	4,284	6,701		
0,440	4,532	9,160	4,293	6,906	0,480	4,485	8,631	4,282	6,790		
0,460	4,516	9,068	4,292	6,992	0,498	4,470	8,568	4,278	6,857		
0,480	4,500	8,964	4,288	7,055	0,516	4,454	8,494	4,273	6,906		
0,500	4,482	8,852	4,283	7,097	0,535	4,438	8,411	4,266	6,940		
0,520	4,464	8,734	4,276	7,122	0,553	4,421	8,322	4,258	6,958		
0,540	4,445	8,613	4,267	7,131	0,572	4,404	8,228	4,248	6,965		
0,560	4,426	8,490	4,258	7,128	0,590	4,386	8,132	4,238	6,961		
0,580	4,407	8,366	4,247	7,113	0,608	4,368	8,033	4,227	6,948		
0,600	4,387	8,243	4,235	7,090	0,627	4,349	7,933	4,215	6,927		
0,620	4,367	8,121	4,223	7,059	0,645	4,331	7,833	4,202	6,899		
0,640	4,347	8,002	4,210	7,021	0,664	4,312	7,733	4,189	6,866		
0,643	4,344	7,982	4,207	7,015	0,667	4,309	7,717	4,187	6,860		
0,660	4,327	7,884	4,196	6,979	0,682	4,293	7,634	4,176	6,828		
0,667	4,320	7,845	4,191	6,963	0,688	4,287	7,601	4,171	6,815		
0,680	4,307	7,769	4,182	6,932	0,700	4,274	7,536	4,162	6,786		
0,700	4,286	7,657	4,167	6,881	0,719	4,255	7,439	4,147	6,742		
0,720	4,266	7,548	4,152	6,829	0,737	4,236	7,345	4,133	6,694		
0,740	4,246	7,441	4,137	6,774	0,756	4,217	7,252	4,118	6,645		
0,760	4,226	7,338	4,122	6,717	0,774	4,198	7,160	4,103	6,594		
0,780	4,206	7,237	4,106	6,659	0,792	4,179	7,071	4,087	6,541		
0,800	4,186	7,140	4,091	6,601	0,811	4,160	6,984	4,072	6,488		

Tabela P3.8. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi zadnje osovine, $M=M_p$, gas napred

		$h_t=0,7$ [m]	$h_t=0,7$ [m]	$h_t=1,25$ [m]	$h_t=1,25$ [m]			$h_t=0,901$ [m]	$h_t=0,901$ [m]	$h_t=1,407$ [m]	$h_t=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	4,559	9,292	4,287	6,649	0,381	4,539	8,632	4,259	6,013		
0,420	4,546	9,237	4,291	6,793	0,400	4,533	8,692	4,270	6,222		
0,440	4,532	9,160	4,293	6,906	0,418	4,525	8,719	4,278	6,399		
0,460	4,516	9,068	4,292	6,992	0,436	4,515	8,717	4,282	6,546		
0,480	4,500	8,964	4,288	7,055	0,455	4,503	8,693	4,284	6,666		
0,500	4,482	8,852	4,283	7,097	0,473	4,490	8,649	4,283	6,762		
0,520	4,464	8,734	4,276	7,122	0,492	4,475	8,591	4,280	6,836		
0,540	4,445	8,613	4,267	7,131	0,510	4,460	8,520	4,275	6,891		
0,560	4,426	8,490	4,258	7,128	0,528	4,444	8,440	4,268	6,930		
0,580	4,407	8,366	4,247	7,113	0,547	4,427	8,353	4,260	6,953		
0,600	4,387	8,243	4,235	7,090	0,565	4,410	8,261	4,252	6,964		
0,620	4,367	8,121	4,223	7,059	0,584	4,392	8,165	4,242	6,963		
0,640	4,347	8,002	4,210	7,021	0,602	4,374	8,067	4,231	6,953		
0,660	4,344	7,982	4,207	7,015	0,620	4,356	7,968	4,219	6,935		
0,667	4,327	7,884	4,196	6,979	0,627	4,350	7,934	4,215	6,927		
0,680	4,320	7,845	4,191	6,963	0,639	4,337	7,867	4,207	6,909		
0,700	4,307	7,769	4,182	6,932	0,657	4,318	7,767	4,194	6,878		
0,710	4,286	7,657	4,167	6,881	0,667	4,309	7,717	4,187	6,860		
0,720	4,266	7,548	4,152	6,829	0,676	4,299	7,668	4,180	6,842		
0,740	4,246	7,441	4,137	6,774	0,694	4,280	7,570	4,166	6,801		
0,760	4,226	7,338	4,122	6,717	0,713	4,261	7,472	4,152	6,757		
0,780	4,206	7,237	4,106	6,659	0,731	4,242	7,377	4,138	6,711		
0,800	4,186	7,140	4,091	6,601	0,749	4,223	7,283	4,123	6,662		

Tabela P3.9. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_o$, gas pozadi

		$h_i=0,7$ [m]	$h_i=0,7$ [m]	$h_i=1,25$ [m]	$h_i=1,25$ [m]			$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,519$ [m]	$h_i=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	9,832	9,559	7,202	6,461	0,473	8,261	7,993	6,773	6,166		
0,420	9,942	9,733	7,306	6,663	0,491	8,306	8,099	6,824	6,299		
0,440	10,034	9,885	7,396	6,845	0,508	8,341	8,194	6,867	6,419		
0,460	10,109	10,018	7,472	7,009	0,525	8,366	8,276	6,900	6,529		
0,480	10,167	10,132	7,535	7,155	0,542	8,381	8,348	6,926	6,627		
0,500	10,208	10,228	7,586	7,284	0,560	8,385	8,409	6,942	6,716		
0,520	10,232	10,306	7,623	7,398	0,577	8,380	8,458	6,951	6,794		
0,540	10,240	10,366	7,648	7,498	0,594	8,365	8,498	6,951	6,862		
0,560	10,231	10,410	7,661	7,583	0,611	8,339	8,527	6,943	6,922		
0,580	10,206	10,436	7,661	7,654	0,629	8,304	8,545	6,927	6,972		
0,600	10,165	10,446	7,650	7,713	0,646	8,258	8,554	6,902	7,013		
0,620	10,107	10,439	7,626	7,758	0,663	8,201	8,552	6,868	7,045		
0,624	10,093	10,435	7,619	7,765	0,667	8,189	8,550	6,861	7,051		
0,640	10,031	10,415	7,589	7,790	0,681	8,134	8,540	6,827	7,069		
0,660	9,939	10,374	7,540	7,810	0,698	8,056	8,517	6,776	7,085		
0,667	9,904	10,357	7,521	7,814	0,704	8,028	8,507	6,757	7,088		
0,680	9,828	10,317	7,478	7,817	0,715	7,967	8,485	6,716	7,091		
0,700	9,699	10,241	7,402	7,812	0,732	7,866	8,441	6,648	7,090		
0,720	9,550	10,149	7,314	7,794	0,750	7,753	8,388	6,569	7,080		
0,740	9,382	10,038	7,211	7,763	0,767	7,627	8,323	6,481	7,061		
0,760	9,192	9,908	7,093	7,720	0,784	7,488	8,247	6,383	7,034		
0,780	8,979	9,758	6,960	7,663	0,801	7,335	8,160	6,274	6,998		
0,800	8,742	9,588	6,810	7,594	0,819	7,167	8,062	6,153	6,954		

Tabela P3.10. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_o$, gas napred

		$h_i=0,7$ [m]	$h_i=0,7$ [m]	$h_i=1,25$ [m]	$h_i=1,25$ [m]			$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,044$ [m]	$h_i=1,519$ [m]	$h_i=1,519$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	9,832	9,559	7,202	6,461	0,368	7,747	7,044	6,255	5,028		
0,420	9,942	9,733	7,306	6,663	0,385	7,861	7,239	6,366	5,261		
0,440	10,034	9,885	7,396	6,845	0,402	7,962	7,416	6,466	5,472		
0,460	10,109	10,018	7,472	7,009	0,420	8,052	7,578	6,556	5,665		
0,480	10,167	10,132	7,535	7,155	0,437	8,131	7,726	6,636	5,841		
0,500	10,208	10,228	7,586	7,284	0,454	8,198	7,859	6,706	6,003		
0,520	10,232	10,306	7,623	7,398	0,471	8,255	7,980	6,767	6,150		
0,540	10,240	10,366	7,648	7,498	0,489	8,302	8,088	6,819	6,284		
0,560	10,231	10,410	7,661	7,583	0,506	8,338	8,184	6,862	6,406		
0,580	10,206	10,436	7,661	7,654	0,523	8,364	8,268	6,897	6,517		
0,600	10,165	10,446	7,650	7,713	0,540	8,379	8,340	6,923	6,617		
0,620	10,107	10,439	7,626	7,758	0,558	8,385	8,402	6,941	6,706		
0,640	10,093	10,435	7,619	7,765	0,575	8,381	8,453	6,950	6,785		
0,660	10,031	10,415	7,589	7,790	0,592	8,367	8,494	6,951	6,855		
0,667	9,939	10,374	7,540	7,810	0,598	8,360	8,505	6,950	6,876		
0,680	9,904	10,357	7,521	7,814	0,610	8,343	8,524	6,944	6,915		
0,700	9,828	10,317	7,478	7,817	0,627	8,308	8,544	6,929	6,966		
0,720	9,699	10,241	7,402	7,812	0,644	8,263	8,553	6,905	7,009		
0,740	9,550	10,149	7,314	7,794	0,661	8,208	8,552	6,873	7,042		
0,746	9,382	10,038	7,211	7,763	0,667	8,189	8,550	6,861	7,051		
0,760	9,192	9,908	7,093	7,720	0,679	8,142	8,541	6,832	7,067		
0,780	8,979	9,758	6,960	7,663	0,696	8,066	8,520	6,782	7,083		
0,800	8,742	9,588	6,810	7,594	0,713	7,978	8,489	6,724	7,091		

Tabela P3.11. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_p$, gas pozadi

		$h_i=0,7$ [m]	$h_i=0,7$ [m]	$h_i=1,25$ [m]	$h_i=1,25$ [m]			$h_i=0,901$ [m]	$h_i=0,901$ [m]	$h_i=1,407$ [m]	$h_i=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas pozadi					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	9,832	9,559	7,202	6,461	0,443	8,814	8,534	6,947	6,282		
0,420	9,942	9,733	7,306	6,663	0,461	8,881	8,664	7,018	6,440		
0,440	10,034	9,885	7,396	6,845	0,480	8,935	8,779	7,077	6,584		
0,460	10,109	10,018	7,472	7,009	0,498	8,977	8,879	7,126	6,713		
0,480	10,167	10,132	7,535	7,155	0,516	9,006	8,966	7,165	6,829		
0,500	10,208	10,228	7,586	7,284	0,535	9,023	9,038	7,194	6,933		
0,520	10,232	10,306	7,623	7,398	0,553	9,028	9,098	7,213	7,025		
0,540	10,240	10,366	7,648	7,498	0,572	9,020	9,145	7,222	7,105		
0,560	10,231	10,410	7,661	7,583	0,590	9,000	9,179	7,222	7,174		
0,580	10,206	10,436	7,661	7,654	0,608	8,968	9,200	7,211	7,232		
0,600	10,165	10,446	7,650	7,713	0,627	8,923	9,209	7,191	7,280		
0,620	10,107	10,439	7,626	7,758	0,645	8,866	9,205	7,161	7,317		
0,640	10,031	10,415	7,589	7,790	0,664	8,796	9,189	7,121	7,344		
0,643	10,017	10,409	7,582	7,794	0,667	8,783	9,186	7,113	7,348		
0,660	9,939	10,374	7,540	7,810	0,682	8,712	9,161	7,070	7,361		
0,667	9,904	10,357	7,521	7,814	0,688	8,681	9,148	7,051	7,365		
0,680	9,828	10,317	7,478	7,817	0,700	8,615	9,119	7,009	7,368		
0,700	9,699	10,241	7,402	7,812	0,719	8,504	9,065	6,938	7,365		
0,720	9,550	10,149	7,314	7,794	0,737	8,378	8,998	6,855	7,352		
0,740	9,382	10,038	7,211	7,763	0,756	8,237	8,917	6,761	7,329		
0,760	9,192	9,908	7,093	7,720	0,774	8,079	8,823	6,655	7,296		
0,780	8,979	9,758	6,960	7,663	0,792	7,905	8,714	6,536	7,253		
0,800	8,742	9,588	6,810	7,594	0,811	7,712	8,591	6,404	7,199		

Tabela P3.12. Proračun kr. brzine, blokirani točkovi obe osovine, $M=M_p$, gas napred

		$h_i=0,7$ [m]	$h_i=0,7$ [m]	$h_i=1,25$ [m]	$h_i=1,25$ [m]			$h_i=0,901$ [m]	$h_i=0,901$ [m]	$h_i=1,407$ [m]	$h_i=1,407$ [m]
		$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$			$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$	$\varphi=0,3$	$\varphi=0,8$
Konvencionalni autobus						KPG autobus, gas napred					
l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	l_p/l	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]	V_{kr} [m/s]		
0,400	9,832	9,559	7,202	6,461	0,381	8,491	7,981	6,630	5,626		
0,420	9,942	9,733	7,306	6,663	0,400	8,604	8,167	6,739	5,844		
0,440	10,034	9,885	7,396	6,845	0,418	8,703	8,335	6,835	6,043		
0,460	10,109	10,018	7,472	7,009	0,436	8,788	8,486	6,921	6,223		
0,480	10,167	10,132	7,535	7,155	0,455	8,859	8,621	6,995	6,387		
0,500	10,208	10,228	7,586	7,284	0,473	8,918	8,741	7,058	6,536		
0,520	10,232	10,306	7,623	7,398	0,492	8,964	8,846	7,110	6,670		
0,540	10,240	10,366	7,648	7,498	0,510	8,997	8,937	7,153	6,791		
0,560	10,231	10,410	7,661	7,583	0,528	9,019	9,015	7,185	6,899		
0,580	10,206	10,436	7,661	7,654	0,547	9,027	9,079	7,208	6,995		
0,600	10,165	10,446	7,650	7,713	0,565	9,024	9,130	7,220	7,079		
0,620	10,107	10,439	7,626	7,758	0,584	9,008	9,169	7,223	7,152		
0,640	10,031	10,415	7,589	7,790	0,602	8,980	9,194	7,216	7,213		
0,660	10,017	10,409	7,582	7,794	0,620	8,940	9,207	7,199	7,265		
0,667	9,939	10,374	7,540	7,810	0,627	8,924	9,209	7,191	7,280		
0,680	9,904	10,357	7,521	7,814	0,639	8,887	9,208	7,172	7,306		
0,700	9,828	10,317	7,478	7,817	0,657	8,821	9,196	7,136	7,336		
0,710	9,699	10,241	7,402	7,812	0,667	8,783	9,186	7,113	7,348		
0,720	9,550	10,149	7,314	7,794	0,676	8,742	9,172	7,089	7,357		
0,740	9,382	10,038	7,211	7,763	0,694	8,650	9,135	7,032	7,367		
0,760	9,192	9,908	7,093	7,720	0,713	8,544	9,085	6,964	7,368		
0,780	8,979	9,758	6,960	7,663	0,731	8,423	9,022	6,885	7,358		
0,800	8,742	9,588	6,810	7,594	0,749	8,287	8,946	6,795	7,339		

Prilog 4.

**Bruto domaći proizvod, broj stanovnika i vrednosti
zagađivača u zemljama Evrope**

Tabela P4.1. Vrednost bruto domačeg proizvoda, broj stanovnika i vrednosti zagađivača za 29 zemalja Evrope

Zemlja	Br. stan. 2009	BDP euro/stan2009	NO _x	NMVOG	SO ₂	PM _{2.5} (exhaust)	PM ₁₀ (non-exhaust)
Malta	413609	11600	1	700	400	245400	98200
Luksemburg	493500	57700	1	8700	2700	671500	268600
Kipar	796875	16500	1	500	300	243700	97500
Estonija	1340415	6500	1	800	100	133400	53400
Slovenija	2032362	13600	1	6700	1400	262900	105200
Letonija	2261294	5400	1	1400	200	115700	46300
Litvanija	3349872	5600	1	1800	200	143100	57200
Irska	4450030	30400	1	3800	700	391000	156400
Norveška	4799252	44000	1	2000	300	309600	123800
Finska	5326314	28800	1	800	200	337100	134800
Slovačka	5412254	6200	1	5200	700	194200	77700
Danska	5505504	32900	1	4400	700	386800	154700
Bugarska	7606551	3000	1	1800	200	43000	17200
Švajcarska	7701856	40100	1	9200	1800	444800	177900
Austrija	8355260	28300	1	8700	1700	415000	166200
Švedska	9256347	33400	1	2200	300	352600	141000
Mađarska	10030975	6100	1	5400	900	203800	81500
Češka	10467542	7800	1	7300	1000	252600	101000
Portugalija	10627250	12600	1	1300	500	259500	103800
Belgija	10750000	26200	1	5200	2500	422200	169900
Grčka	11260402	16100	1	800	300	248700	99500
Holandija	16485787	28400	1	6600	1900	422500	169000
Rumunija	21498616	2900	1	2200	400	29200	11700
Poljska	38135876	6900	1	3900	600	174500	69800
Španija	45828172	16900	1	2600	400	299600	119900
Italija	60045068	20000	1	5700	1100	371600	148600
Velika Britanija	61595091	29400	1	3900	1100	389100	155700
Francuska	64366962	24800	1	7700	1400	392200	156900
Nemačka	82002356	26500	1	9600	1700	384500	153800

Izvor: Eurostat 2009; Handbook on estimation of external costs in the transport sector 2008.

Prilog 5.

Karakteristike putne mreže za definisanje transportnih zahteva

Tabela P5.1/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74515	O	103733	103734	1	1	800	800	1	12700	148010000	60	50	Brestovac	Zagrade
74516	O	103774	103687	1	1	1000	1000	1	15070	148120000	60	50	Preljina	Mrcajevci
74517	O	103742	103792	1	1	1000	1000	1	32910	148300000	70	60	Požega	Čačak
74518	O	103793	103794	1	1	1200	1200	1	26090	148290000	80	65	Sombor	Srpski Miletići
74519	O	103752	103782	1	1	800	800	1	38840	148180000	60	50	Kragujevac	Jagodina
74520	O	103725	103720	1	1	1200	1200	1	24350	148130000	60	50	Kruševac	Pojate petlja
74521	OE	103716	103712	1	1	1000	1000	1	8006	148130000	70	60	Niš zapad	Niš istok
74522	O	103719	103736	1	1	1000	1000	1	62670	148180000	60	50	Paraćin petlja	Selište
74523	O	103706	103741	1	1	1000	1000	1	25260	148270000	60	50	Razbojna	Beljina
74524	O	103354	103432	1	1	1000	1000	1	43750	148300000	60	50	Rogačica	Valjevo
74525	O	103432	103742	1	1	800	800	1	61150	148300000	60	50	Valjevo	Požega
74526	O	103708	103743	1	1	800	800	1	12890	148100000	60	50	Kosovo gr. 1	Bujanovac
74527	OE	103681	103680	1	1	1000	1000	1	43680	148040000	80	65	Vladičin Han	Leskovac petlja
74528	O	103701	103702	1	1	800	800	1	46710	148300000	60	50	D. Poljana	Novi Pazar
74529	O	103703	103702	1	1	800	800	1	25960	148210000	60	50	Ribarice	Novi Pazar
74530	OE	103735	103716	1	1	1200	1200	1	21090	148130000	70	60	Prokuplje	Niš zapad
74531	ME	103716	103691	2	2	2200	2200	1	14100	148130000	120	80	Niš zapad	Doljevac petlja
74532	O	103432	103731	1	1	1000	1000	1	31460	148070000	70	60	Valjevo	Čelije
74533	O	103687	103688	1	1	1000	1000	1	22990	148120000	70	60	Mrcajevci	Ravni Gaj
74534	O	103735	103691	1	1	1000	1000	1	23730	148270000	60	50	Prokuplje	Dolj. pet.
74535	O	103736	103737	1	1	1000	1000	1	18670	148280000	60	50	Selište	Zaječar
74536	O	103696	103738	1	1	1000	1000	1	35490	148010000	60	50	Miloševa Kula	Bukovo
74537	ME	103739	103740	2	2	2200	2200	1	21040	148180000	120	80	Batočina petlja	Jagodina petlja
74538	O	103775	103757	1	1	1000	1000	1	66600	148030000	70	60	Dumača	Ostružnica
74539	OE	103808	103745	1	1	1200	1200	1	1730	148230000	70	60	Madarska gr. 3	Horgoš
74540	O	103779	103798	1	1	1200	1200	1	35100	148290000	80	65	Odžaci	Bačka Palanka
74541	O	103758	103760	2	2	2400	2400	1	3585	148030000	50	40	Bg. Čukarica	Bg. Mst. petlja
74542	OE	103773	103726	2	2	2400	2400	1	12380	148030000	60	50	Bg. Krnjača	Pančevo
74543	OE	103741	103735	1	1	800	800	1	16560	148270000	70	60	Beljina	Prokuplje
74544	O	103751	103738	1	1	1000	1000	1	33870	148010000	70	60	Rgotina	Bukovo
74545	O	103728	103701	1	1	800	800	1	43840	148120000	40	30	Ivanjica	Donja Poljana
74546	O	103734	103751	1	1	800	800	1	9472	148010000	50	40	Zagrade	Rgotina
74547	O	103752	103739	1	1	1000	1000	1	29580	148260000	80	65	Kragujevac	Batočina petlja
74548	O	103687	103755	1	1	1000	1000	1	19590	148210000	60	50	Mrcajevci	Kraljevo
74549	O	103705	103706	1	1	800	800	1	15180	148200000	50	40	Brus	Razbojna
74550	ME	103624	103750	2	2	2200	2200	1	34690	148250000	120	80	Kuzmin petlja	Ruma petlja
74551	O	103733	103736	1	1	800	800	1	12100	148010000	50	40	Brestovac	Selište
74552	O	103729	103730	1	1	800	800	1	1272	148010000	70	60	HE Đerdap	Rumun. gr. 5
74553	O	103731	103732	1	1	1000	1000	1	3426	148030000	70	60	Čelije	Lazarevac
74554	O	103737	103751	1	1	1000	1000	1	8122	148280000	70	60	Zaječar	Rgotina
74555	O	103785	103704	1	1	800	800	1	17240	148210000	60	50	Raska	Biljanovac
74556	O	103725	103706	1	1	1000	1000	1	32890	148200000	60	50	Kruševac	Razbojna
74557	O	103722	103742	1	1	1000	1000	1	1421	148300000	70	60	Požega jug	Požega

Tabela P5.1/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74558	O	103711	103722	1	1	1000	1000	1	21640	1483000000	70	60	Užice	Požega jug
74559	O	103753	103750	1	1	1200	1200	1	42420	1482500000	60	50	Novi Sad jug	Ruma petlja
74560	O	103792	103802	1	1	1000	1000	1	26130	1481200000	50	40	Čačak	Drakčiči
74561	O	103734	103696	1	1	800	800	1	33400	1480100000	50	40	Zagrade	Miloševa Kula
74562	O	103738	103787	1	1	1000	1000	1	7120	1480100000	70	60	Bukovo	Negotin
74563	O	103792	103774	1	1	1000	1000	1	4815	1481200000	60	50	Čačak	Preljina
74564	O	103704	103801	1	1	1000	1000	1	56950	1482100000	70	60	Biljanovac	Čibukovac
74565	O	103767	103765	1	1	1000	1000	1	3945	1482600000	70	60	Krčevac	Topola
74566	ME	103764	103719	2	2	2200	2200	1	9952	1481800000	120	80	Čuprija petlja	Paraćin petlja
74567	O	103782	103740	1	1	1000	1000	1	4494	1481800000	60	50	Jagodina	Jagodina petlja
74568	O	103763	103803	1	1	800	800	1	31850	1480200000	50	40	Svilajnac	Petrovac
74569	O	103731	103774	1	1	1200	1200	1	74640	1481200000	60	50	Celije	Preljina
74570	ME	103740	103764	2	2	2200	2200	1	11300	1481800000	120	80	Jagodina petlja	Čuprija petlja
74571	O	103396	103432	1	1	1000	1000	1	71970	1481100000	70	60	Loznica	Valjevo
74572	O	103354	103711	1	1	800	800	1	35500	1483000000	60	50	Rogačica	Užice
74573	O	103673	103674	1	1	1000	1000	1	3424	1480200000	70	60	Požarevac zap.	Požarevac
74574	O	103674	103675	1	1	1000	1000	1	8848	1480200000	60	50	Požarevac	Salatovac
74576	M	103757	103758	2	2	2400	2400	1	6886	1480300000	70	60	Ostružnica	Bg. Čukarica
74577	O	103705	103724	1	1	800	800	1	38370	1482100000	50	40	Brus	Vrnjačka Banja
74578	O	103727	103777	1	1	1200	1200	1	47620	1480600000	70	60	Kovin	Bela Crkva
74579	O	103749	103673	1	1	1000	1000	1	15360	1480200000	70	60	Ralja petlja	Požarevac zap.
74580	O	103775	103432	1	1	1000	1000	1	61940	1481100000	70	60	Dumača	Valjevo
74581	O	103765	103752	1	1	1000	1000	1	36640	1482600000	70	60	Topola	Kragujevac
74582	O	103718	103803	1	1	800	800	1	31620	1480200000	50	40	V. Plana petlja	Petrovac
74583	ME	103749	103717	2	2	2200	2200	1	6860	1481700000	120	80	Ralja petlja	M. Krzna petlja
74584	O	103801	103755	1	1	1200	1200	1	1895	1482100000	60	50	Čibukovac	Kraljevo
74585	O	103802	103801	1	1	1000	1000	1	5026	1482100000	50	40	Drakčiči	Čibukovac
74586	O	103258	103753	1	1	1200	1200	1	38980	1480500000	80	65	Bačka Palanka	Novi Sad jug
74587	O	103703	103772	1	1	800	800	1	11190	1480800000	60	50	Ribarice	Kosovo gr. 5
74588	O	103755	103724	1	1	1000	1000	1	22960	1482100000	60	50	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74589	O	103353	103721	1	1	800	800	1	17820	1483000000	50	40	Kremna	Kneževici
74590	O	103429	103431	1	1	1200	1200	1	1942	1481100000	60	50	Bos. g. Šepak	Loznica zapad
74591	O	103765	103766	1	1	1000	1000	1	38650	1482600000	60	50	Topola	Mark. petlja
74592	ME	103766	103739	2	2	2200	2200	1	10370	1481700000	100	80	Mark. petlja	Batočina petlja
74593	O	103766	103763	1	1	800	800	1	7427	1481800000	60	50	Mark. petlja	Svilajnac
74594	O	103732	103767	1	1	1000	1000	1	42710	1482600000	60	50	Lazarevac	Krčevac
74595	O	103397	103775	1	1	1000	1000	1	874	1481100000	80	65	Šabac	Dumača
74596	O	103688	103752	1	1	1000	1000	1	12510	1482600000	70	60	Ravni gaj	Kragujevac
74597	OE	103726	103804	1	1	1200	1200	1	51520	1480600000	70	60	Pančevo	Ulma
74598	O	103794	103779	1	1	1200	1200	1	8697	1482900000	80	65	Srpski Miletić	Odzaci
74599	O	103750	103397	1	1	1200	1200	1	27050	1482500000	60	50	Ruma petlja	Šabac
74600	ME	103718	103766	2	2	2200	2200	1	12100	1481700000	120	80	V. Plana petlja	Mark. petlja
74601	ME	103680	103691	2	2	2200	2200	1	24300	1480400000	120	80	Leskovac pet.	Dojlevec petlja

Tabela P5.1/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74602	O	103702	103785	1	1	800	800	1	16790	148210000	60	50	Novi Pazar	Raska
74603	O	103709	103785	1	1	800	800	1	12710	148080000	60	50	Kosovo gr. 4	Raska
74604	ME	103715	103716	2	2	2200	2200	1	4782	148130000	120	80	Niš sever	Niš zapad
74605	O	103803	103733	1	1	800	800	1	77230	148010000	50	40	Petrovac	Brestovac
74606	OE	103804	103805	1	1	1200	1200	1	13660	148060000	70	60	Uljma	Vršac
74607	OE	103797	103760	2	2	2200	2200	1	6794	148030000	40	30	Bg. NS put	Bg. Mst. petlja
74608	O	103717	103673	1	1	800	800	1	15670	148020000	50	40	M. Kraina pet.	Požarevac zap.
74609	O	103803	103675	1	1	800	800	1	26150	148020000	50	40	Petrovac	Salakovac
74610	O	103755	103688	1	1	1000	1000	1	37590	148260000	70	60	Kraljevo	Ravni Gaji
74611	OE	103807	103780	1	1	1200	1200	1	11490	148050000	100	80	Srbobran pet.	Feketić petlja
74612	O	103675	103696	1	1	800	800	1	109900	148010000	50	40	Salakovac	Miloševa Kula
74613	O	103681	103697	1	1	800	800	1	27720	148140000	60	50	Vladičin Han	Stojkovićevo
74614	ME	103715	103712	2	2	2200	2200	1	8368	148130000	120	80	Niš sever	Niš istok
74615	ME	103717	103718	2	2	2200	2200	1	22150	148170000	120	80	M. Kraina pet.	V. Plana petlja
74616	O	103764	103782	1	1	1000	1000	1	15330	148180000	60	50	Čuprija petlja	Jagodina
74617	O	103796	103793	1	1	1200	1200	1	18080	148290000	80	65	Bezdan	Sombor
74618	ME	103750	103790	2	2	2200	2200	1	40160	148250000	120	80	Runa petlja	Doban. petlja
74619	O	103726	103727	1	1	1200	1200	1	32360	148060000	80	65	Pančevo	Kovin
74620	ME	103719	103720	2	2	2200	2200	1	14290	148180000	120	80	Paraćin petlja	Pojate petlja
74621	O	103721	103711	1	1	1000	1000	1	11710	148300000	70	60	Kneževici	Užice
74622	O	103722	103728	1	1	800	800	1	40360	148300000	60	50	Požega jug	Ivanjica
74623	O	103724	103725	1	1	1000	1000	1	35590	148200000	60	50	V. Banja	Kruševac
74624	O	103431	103396	1	1	1200	1200	1	428	148110000	80	65	Loznica zapad	Loznica
74625	ME	103790	103797	2	2	2200	2200	1	6823	148030000	120	80	Doban. petlja	Bg. NS put
74626	OE	103790	103757	1	1	1200	1200	1	12120	148030000	90	70	Doban. petlja	Ostružnica
74627	O	110164	103773	1	1	1200	1200	1	57820	148240000	55	40	Ečka	Bg. Krnjača
74628	O	103804	103777	1	1	1200	1200	1	33110	148060000	70	60	Uljma	Bela Crkva
74629	O	110164	103726	1	1	1200	1200	1	64490	148060000	80	65	Ečka	Pančevo
74630	O	110162	103798	1	1	1200	1200	1	11110	148050000	60	50	Hrvatska gr. 4	Bačka Palanka
74631	O	103791	110164	1	1	1200	1200	1	8962	148240000	80	65	Zrenjanin	Ečka
74632	O	103262	103793	1	1	1200	1200	1	35700	148290000	80	65	Bajmok	Sombor
74633	O	103344	103262	1	1	1200	1200	1	21900	148220000	80	65	Subotica	Bajmok
74634	O	103345	103745	1	1	1200	1200	1	15470	148230000	60	50	Subotica petlja	Horgoš
74635	O	103344	103345	1	1	1200	1200	1	11600	148220000	60	50	Subotica	Subotica petlja
74636	OE	103345	103745	1	1	1200	1200	1	14420	148230000	100	80	Subotica petlja	Horgoš
74637	O	103793	103257	1	1	1200	1200	1	15480	148290000	70	60	Sombor	Apatin
74638	O	103344	103258	1	1	1200	1200	1	33540	148220000	70	60	Subotica	Bačka Topola
74639	O	103258	103780	1	1	1200	1200	1	19340	148220000	70	60	Bačka Topola	Feketić petlja
74640	OE	103259	103780	1	1	1200	1200	1	18630	148220000	100	80	B. Top. petlja	Feketić petlja
74642	O	103258	103259	1	1	1200	1200	1	6094	148220000	60	50	Bačka Topola	B. Top. petlja
74643	O	103780	103340	1	1	1200	1200	1	12360	148050000	70	60	Feketić petlja	Srbobran
74644	O	103807	103340	1	1	1200	1200	1	5372	148050000	60	50	Srbobran pet.	Srbobran
74645	O	103323	103340	1	1	1200	1200	1	33910	148050000	70	60	Novi Bečej	Srbobran

Tabela P5.1/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74646	O	103323	103298	1	1	1200	1200	1	34490	148240000	70	60	Novi Bečej	Kikinda
74647	O	103315	103298	1	1	1200	1200	1	35630	148240000	80	65	Melenci	Kikinda
74648	O	103315	103791	1	1	1200	1200	1	18300	148240000	80	65	Melenci	Zrenjanin
74649	O	103266	103352	1	1	1200	1200	1	18700	148050000	80	65	Beška petlja	Žabalj
74650	O	103352	103791	1	1	1200	1200	1	25720	148050000	80	65	Žabalj	Zrenjanin
74651	O	103727	103330	1	1	1200	1200	1	5872	148170000	70	60	Kovin	Radinač
74652	O	103749	103330	1	1	1200	1200	1	12510	148170000	70	60	Ralja petlja	Radinač
74653	O	103338	103330	1	1	1200	1200	1	2403	148170000	60	50	Smederevo	Radinač
74654	OE	103712	103327	1	1	1000	1000	1	64530	148160000	80	65	Niš istok	Priot
74655	O	103787	103729	1	1	1000	1000	1	64060	148010000	70	60	Negotin	HE Đerdap
74656	O	103350	103680	1	1	1000	1000	1	12470	148040000	60	50	Vlasotince	Leskovac petlja
74657	O	103745	103336	1	1	1200	1200	1	36060	148230000	60	50	Horgoš	Senta
74658	O	103297	103336	1	1	1200	1200	1	41210	148230000	70	60	Kikinda	Senta
74659	O	103305	103779	1	1	1200	1200	1	25140	148290000	70	60	Kula	Ođzaci
74660	O	103305	103807	1	1	1200	1200	1	18870	148290000	70	60	Kula	Srbobran petlja
74661	O	103791	103335	1	1	1200	1200	1	30020	148240000	80	65	Zrenjanin	Sečanj
74662	O	103335	103270	1	1	1200	1200	1	24510	148240000	80	65	Sečanj	Boka
74663	O	103805	103270	1	1	1200	1200	1	30640	148060000	80	65	Vršac	Boka
74664	OE	103265	103760	1	1	1200	1200	1	1387	148030000	40	30	Beograd	Bg. Mos. petlja
74665	OE	103265	103773	1	1	1200	1200	1	7208	148030000	50	40	Beograd	Bg. Krnjača
74666	O	103324	103753	1	1	1200	1200	1	2456	148050000	80	65	Novi Sad	Novi Sad jug
74667	O	103324	103266	1	1	1200	1200	1	2765	148050000	80	65	Novi Sad	Beška petlja
74668	OE	103807	103753	1	1	1200	1200	1	31050	148050000	100	80	Srbobran pet.	Novi Sad sever
74669	ME	103325	103266	2	2	2200	2200	1	2527	148050000	120	80	N. Sad sever	Beška petlja
74670	O	103293	103313	1	1	1200	1200	1	8937	148250000	60	50	Indija	Maradik
74671	O	103324	103313	1	1	1200	1200	1	27350	148050000	60	50	Novi Sad	Maradik
74672	ME	103266	103314	2	2	2200	2200	1	24510	148050000	120	80	Beška petlja	Maradik petlja
74673	ME	103294	103314	2	2	2200	2200	1	6467	148250000	120	80	Indija petlja	Maradik petlja
74674	O	103313	103314	1	1	1200	1200	1	6439	148250000	50	40	Maradik	Maradik petlja
74675	O	103294	103293	1	1	1200	1200	1	4310	148250000	60	50	Indija petlja	Indija
74676	O	103299	103758	1	1	1200	1200	1	6448	148030000	50	40	Knž. kruž. put	Bg. Čukarica
74677	O	103299	103732	1	1	1200	1200	1	44460	148030000	60	50	Knž. kruž. put	Lazarevac
74678	O	103760	103264	1	1	1200	1200	1	9982	148030000	55	40	Bg. Mos. Pet.	Beli Pot. kr. put
74679	ME	103760	103279	2	2	2200	2200	1	10360	148030000	120	80	Bg. Mos. Pet.	Bubanj Potok
74680	ME	103299	103757	2	2	2200	2200	0	6049	148000000	120	80	Knž. kruž. put	Ostružnica
74681	ME	103299	103264	2	2	2200	2200	0	6012	148000000	120	80	Knž. kruž. put	Beli Pot. kr. put
74682	ME	103264	103279	2	2	2200	2200	0	4034	148000000	120	80	Beli P. kr. put	Bubanj Potok
74683	O	103396	103309	1	1	1200	1200	1	46790	148110000	55	40	Loznica	Majur
74684	O	103397	103309	1	1	1200	1200	1	9161	148110000	55	40	Sabac	Majur
74685	O	103348	103674	1	1	800	800	1	34730	148020000	60	50	V. Gradiste	Požarevac
74686	O	103729	103348	1	1	800	800	1	117200	148010000	60	50	HE Đerdap	Veliko Gradiste
74687	O	103264	103349	1	1	1000	1000	1	37170	148030000	60	50	Beli P. kr. put	Vlaško Polje
74688	O	103767	103349	1	1	1000	1000	1	25710	148030000	70	60	Krčevac	Vlaško Polje

Tabela P5.1/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74689	ME	103310	103279	2	2	3600	3600	1	23620	148030000	120	80	M. Pož. petlja	Bubanj Potok
74690	ME	103310	103749	2	2	2200	2200	1	23300	148170000	120	80	M. Pož. petlja	Ralja petlja
74691	O	103310	103349	1	1	1000	1000	1	8385	148030000	70	60	M. Pož. petlja	Vlaško Polje
74692	O	103268	103329	1	1	1000	1000	1	11310	148300000	70	60	Bistrica	Prijepolje
74693	O	103721	103321	1	1	800	800	1	44990	148300000	70	60	Kneževici	Nova Varoš
74694	O	103268	103321	1	1	800	800	1	16150	148300000	70	60	Bistrica	Nova Varoš
74695	O	103712	103300	1	1	800	800	1	50820	148130000	60	50	Niš istok	Knjaževac
74696	O	103737	103300	1	1	800	800	1	41110	148280000	60	50	Zaječar	Knjaževac
74697	ME	103720	103256	2	2	2200	2200	1	31980	148130000	120	80	Pojate petlja	Aleksinac pet.
74698	ME	103715	103256	2	2	2200	2200	1	26810	148130000	120	80	Niš sever	Aleksinac pet.
74699	O	103680	103306	1	1	800	800	1	22640	148040000	70	60	Lesk. petlja	Lebane
74700	O	103263	103265	1	1	1200	1200	1	13440	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Beograd
74701	O	103263	103293	1	1	1200	1200	1	27960	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Indija
74702	ME	103263	103294	2	2	2200	2200	1	28200	148030000	120	80	Bataj. ciglana	Indija petlja
74703	O	103263	103797	1	1	1200	1200	1	7120	148030000	60	50	Bataj. ciglana	Bg. NS put
74704	O	103325	103340	1	1	1200	1200	1	29000	148050000	60	50	N. Sad sever	Srbobran
74705	O	103325	103324	1	1	1200	1200	1	3588	148050000	55	40	N. Sad sever	Novi Sad
74706	O	103320	103746	1	1	1200	1200	1	4184	148230000	60	50	Nakovo	Rumun. gr. 1
74707	O	103297	103320	1	1	1200	1200	1	7373	148230000	60	50	Kikinda	Nakovo
74708	O	103791	103342	1	1	1200	1200	1	52640	148240000	80	65	Zrenjanin	Srpska Crnja
74709	O	103342	103331	1	1	1200	1200	1	2449	148240000	60	50	Srpska Crnja	Rumun. gr. 2
74710	O	103805	103347	1	1	1200	1200	1	13280	148060000	70	60	Vršac	Vatin
74711	O	103347	103332	1	1	1200	1200	1	1855	148060000	60	50	Vršac	Rumun. gr. 3
74712	O	103777	103296	1	1	1200	1200	1	8731	148060000	70	60	Bela Crkva	Kaluderovo
74713	O	103296	103333	1	1	1200	1200	1	1688	128040202	60	50	Kaluderovo	Rumun. gr. 4
74714	O	103787	103316	1	1	1000	1000	1	6717	148010000	70	60	Negotin	Mokranje
74715	O	103316	103280	1	1	1000	1000	1	6825	148010000	60	50	Mokranje	Bug. gr. 1
74716	O	103327	103290	1	1	1000	1000	1	26330	148160000	80	65	Prot	Gradina
74717	OE	103290	103282	1	1	1000	1000	1	2186	148160000	70	60	Gradina	Bug. gr. 3
74718	O	103697	103271	1	1	800	800	1	28800	148140000	50	40	Stojkovićevo	Bosilegrad
74719	O	103271	103284	1	1	800	800	1	8633	148140000	50	40	Bosilegrad	B. gr. Ribarci
74720	OE	103328	103308	2	2	2200	2200	1	9028	148140000	80	65	Preševo petlja	Mak. gr. Tab.
74721	OE	103743	103328	2	2	2200	2200	1	15780	148140000	80	65	Bujanovac	Preševo petlja
74722	O	103346	103302	1	1	800	800	1	7234	148040000	60	50	Tulare	Kosovo gr. 2
74723	O	103306	103346	1	1	800	800	1	40330	148040000	60	50	Lebane	Tulare
74724	O	103334	103303	1	1	1000	1000	1	13230	148270000	60	50	Rudare	Kos. gr. 3 Rača
74725	O	103741	103334	1	1	1000	1000	1	30610	148270000	70	60	Belofjin	Rudare
74726	O	103329	103289	1	1	800	800	1	34520	148300000	70	60	Prijepolje	Gostun
74727	O	103289	103318	1	1	800	800	1	1793	149040000	60	50	Gostun	C. Gora gr. 2
74728	O	103329	103295	1	1	800	800	1	15400	148300000	60	50	Prijepolje	Jabuka
74729	O	103295	103319	1	1	800	800	1	3664	148300000	60	50	Jabuka	C. Gora gr. 3
74730	O	103326	103272	1	1	800	800	1	4669	148300000	50	40	P. Banja	B. gr. 1 Priboj
74731	O	103326	103268	1	1	800	800	1	12480	148300000	50	40	P. Banja	Bistrica

Tabela P5.1/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74732	O	103304	103273	1	1	800	800	1	2750	1483000000	60	50	Kotroman	Bosna gr. 2
74733	O	103304	103353	1	1	800	800	1	13370	1483000000	60	50	Kotroman	Krema
74734	O	103353	103354	1	1	800	800	1	26180	1483000000	40	30	Krema	Rogačica
74735	O	103354	103274	1	1	800	800	1	825	1483000000	60	50	Rogačica	Bosna gr. 3
74736	O	103312	103311	1	1	1000	1000	1	782	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Mali Zvornik
74737	O	103312	103431	1	1	1000	1000	1	21900	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Loznica zapad
74738	O	103309	103261	1	1	1000	1000	1	24760	1481100000	60	50	Majur	Badovinci
74739	O	103261	103277	1	1	1000	1000	1	4367	1370600000	60	50	Badovinci	Bosna gr. 7
74740	O	103624	103341	1	1	1200	1200	1	13440	1482500000	80	65	Kuzmin petlja	Sremska Rača
74741	O	103341	103278	1	1	1200	1200	1	6663	1370600000	60	50	Sremska Rača	Bosna gr. 8
74742	ME	103337	103285	2	2	2200	2200	1	6629	1482500000	120	80	Šid petlja	Hr. gr. 1 Batr.
74743	ME	103337	103624	2	2	2200	2200	1	17780	1482500000	120	80	Šid petlja	Kuzmin petlja
74744	O	103646	103623	1	1	800	800	1	3750	1482500000	60	50	Ljuba	Hrvatska gr. 3
74745	O	103646	103624	1	1	1200	1200	1	13630	1482500000	70	60	Ljuba	Kuzmin petlja
74746	O	103697	103343	1	1	800	800	1	9123	1481400000	60	50	Stojkovićevo	Strezimirovi
74747	O	103343	103283	1	1	800	800	1	4615	1481400000	60	50	Strezimirovi	Bug. gr. 4
74748	O	103763	103762	1	1	800	800	1	16890	1481800000	60	50	Svilajnac	Despotovac
74749	O	103762	103764	1	1	600	600	1	25830	1481800000	50	40	Despotovac	Čuprija petlja
74750	O	103728	103723	1	1	800	800	1	21580	1481200000	60	50	Ivanjica	Guča jug
74751	O	103723	103802	1	1	800	800	1	32880	1481200000	50	40	Guča jug	Drakčići
74752	O	103321	103322	1	1	1000	1000	1	17490	1483000000	60	50	Nova Varoš	Nova Varoš jug
74753	O	103322	103701	1	1	800	800	1	23000	1483000000	60	50	N. Varoš jug	D. Poljana
74754	O	103704	103301	1	1	800	800	1	26370	1482100000	40	30	Biljanovac	Kopaonik
74755	O	103301	103705	1	1	800	800	1	27800	1482100000	40	30	Kopaonik	Brus
74756	O	103327	103350	1	1	800	800	1	48480	1481600000	60	50	Piro	Vlasotince
74757	O	103311	103307	1	1	800	800	1	34400	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Ljubovija
74758	O	103307	103354	1	1	800	800	1	33840	1483000000	60	50	Ljubovija	Rogačica
74759	O	103307	103275	1	1	1000	1000	1	1793	1370600000	60	50	Ljubovija	Bosna gr. 4
74760	O	103311	103276	1	1	1200	1200	1	554	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Bosna gr. 5
74761	O	103737	103351	1	1	800	800	1	7284	1482800000	60	50	Zatečar	Vrška Čuka
74762	O	103351	103281	1	1	800	800	1	1822	1482800000	60	50	Vrška Čuka	Bug. gr. 2
74763	O	103260	103291	1	1	1200	1200	1	1622	1482900000	60	50	Bački Breg	Mad. gr. 1
74764	O	103260	103796	1	1	1200	1200	1	7991	1482900000	70	60	Bački Breg	Bezdan
74765	OE	103297	103292	1	1	1200	1200	1	4105	115030301	60	50	Kelebjia	Mad. gr. 2
74766	O	103297	103344	1	1	1200	1200	1	8052	1482200000	80	65	Kelebjia	Subotica
74767	O	103267	103288	1	1	1200	1200	1	1826	114000402	60	50	Bezdan zapad	Hrvatska gr. 6
74768	O	103267	103796	1	1	1200	1200	1	7172	1482900000	80	65	Bezdan zapad	Bezdan
74769	O	103269	103287	1	1	1200	1200	1	2296	114000402	60	50	Bogojevo	Hrvatska gr. 5
74770	O	103269	103794	1	1	1200	1200	1	10010	1482900000	80	65	Bogojevo	Srpski Miletč
74771	O	103624	103286	1	1	1200	1200	1	24640	1482500000	70	60	Kuzmin petlja	Hrvatska gr. 2
74772	O	103339	103317	1	1	800	800	1	4528	1491600000	60	50	Špiljani	C. Gora gr. 1
74773	O	103339	103703	1	1	800	800	1	13260	1482100000	60	50	Špiljani	Ribarice
74774	ME	103263	103790	2	2	2200	2200	0	4940	1480000000	120	80	Bataj, ciglana	Dobanov petlja

Tabela P5.1/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74776	OE	110165	103345	1	1	1200	1200	1	10020	148000000	100	80	Petlja Y	Subotica petlja
74777	O	110165	103344	1	1	1200	1200	1	10650	148000000	80	65	Petlja Y	Subotica
74778	M	103712	103327	2	2	2200	2200	0	55510	148000000	0	0	Niš istok	Piroč
74779	M	103327	103290	2	2	2200	2200	0	24650	148000000	0	0	Piroč	Gradina
74780	OE	110166	103743	1	1	1200	1200	1	31710	148000000	70	60	V. Han petlja	Bujanovac
74781	O	110166	103681	1	1	1200	1200	1	9667	148000000	70	60	V. Han petlja	Vladičin Han
74782	M	110166	103680	2	2	2200	2200	0	43110	148000000	0	0	V. Han petlja	Leskovac petlja
74783	M	103757	103732	2	2	2200	2200	0	40790	148000000	0	0	Ostružnica	Lazarevac
74784	M	103732	103774	2	2	2200	2200	0	55730	148000000	0	0	Lazarevac	Preljina
74785	M	103792	103742	2	2	2200	2200	0	27010	148000000	0	0	Čačak	Požega
74787	ME	103726	103804	2	2	2200	2200	0	45480	148000000	0	0	Pančevo	Ujlina
74788	ME	103804	103805	2	2	2200	2200	0	13650	148000000	0	0	Ujlina	Vršac
74789	ME	103805	103332	2	2	2200	2200	0	12770	148000000	0	0	Vršac	Runun. gr. 3
74790	ME	103774	103755	2	2	2200	2200	0	30720	148000000	0	0	Preljina	Kraljevo
74791	ME	103755	103724	2	2	2200	2200	0	21980	148000000	0	0	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74792	M	103724	103725	2	2	2200	2200	0	33980	148000000	0	0	Vrnjačka Banja	Kruševac
74793	M	103725	103720	2	2	2200	2200	0	21640	148000000	0	0	Kruševac	Pojate petlja
74794	M	103742	103711	2	2	2200	2200	0	16720	148000000	0	0	Požega	Užice
74795	M	103711	103721	2	2	2200	2200	0	9509	148000000	0	0	Užice	Kneževici
74796	M	103721	103353	2	2	2200	2200	0	15160	148000000	0	0	Kneževici	Krema
74797	M	103353	103304	2	2	2200	2200	0	11340	148000000	0	0	Krema	Kortoman
74798	O	103753	103750	1	1	1200	1200	0	33500	148000000	0	0	Novi Sad jug	Ruma petlja
74799	ME	103750	103397	2	2	2200	2200	0	24490	148000000	0	0	Ruma petlja	Šabac
74800	O	103397	103396	1	1	1200	1200	0	45800	148000000	0	0	Šabac	Loznica
74801	M	103742	103728	2	2	2200	2200	0	32700	148000000	0	0	Požega	Ivanjica
74802	M	103728	103701	2	2	2200	2200	0	38560	148000000	0	0	Ivanjica	D. Poljana
74803	M	103701	103289	2	2	2200	2200	0	30640	148000000	0	0	D. Poljana	Gostun
74804	M	103719	103736	2	2	2200	2200	0	52130	148000000	0	0	Paraćin petlja	Selište
74805	M	103736	103737	2	2	2200	2200	0	16030	148000000	0	0	Selište	Zaječar
74806	M	103737	103281	2	2	2200	2200	0	8518	148000000	0	0	Zaječar	Bug. gr. 2
74807	O	103726	110164	1	1	1200	1200	0	52050	148000000	0	0	Pančevo	Eška
74808	O	103791	103298	1	1	1200	1200	0	48930	148000000	0	0	Zrenjanin	Kikinda
74809	O	103297	103336	1	1	1200	1200	0	30730	148000000	0	0	Kikinda	Senta
74810	O	103336	103745	1	1	1200	1200	0	28540	148000000	0	0	Senta	Horgoš
74811	ME	103792	103774	2	2	2200	2200	0	4232	148000000	0	0	Čačak	Preljina
74812	M	103809	103297	2	2	2200	2200	0	18450	148000000	0	0	Petlja Kelebija	Kelebija
74813	OE	103809	103259	1	1	1200	1200	1	23230	148000000	100	80	Petlja Kelebija	B. Topola pet.
74814	OE	103809	110165	1	1	1200	1200	1	1566	148000000	100	80	Petlja Kelebija	Petlja Y
19	O	103257	103269	1	1	1200	1200	1	25640	148290000	80	65	Apatin	Bogojevo

Tabela P5.2/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74515	O	103733	103734	1	1	800	800	1	12700	148010000	60	50	Brestovac	Zagrade
74516	O	103774	103687	1	1	1000	1000	1	15070	148120000	60	50	Preljina	Mrcajevci
74517	O	103742	103792	1	1	1000	1000	1	32910	148300000	70	60	Požega	Čatak
74518	O	103793	103794	1	1	1200	1200	1	26090	148290000	80	65	Sombor	Srpski Miletić
74519	O	103752	103782	1	1	800	800	1	38840	148180000	60	50	Kragujevac	Jagodina
74520	O	103725	103720	1	1	1200	1200	1	24350	148130000	60	50	Kruševac	Pojate petlja
74521	OE	103716	103712	1	1	1000	1000	1	8006	148130000	70	60	Niš zapad	Niš istok
74522	O	103719	103736	1	1	1000	1000	1	62670	148180000	60	50	Paraćin petlja	Selište
74523	O	103706	103741	1	1	1000	1000	1	25260	148270000	60	50	Razbojna	Beloljin
74524	O	103354	103432	1	1	1000	1000	1	43750	148300000	60	50	Rogačica	Valjevo
74525	O	103432	103742	1	1	800	800	1	61150	148300000	60	50	Valjevo	Požega
74526	O	103708	103743	1	1	800	800	1	12890	148100000	60	50	Kosovo gr. 1	Bujanovac
74527	OE	103681	103680	1	1	1000	1000	1	43680	148040000	80	65	Vladičin Han	Leskovac petlja
74528	O	103701	103702	1	1	800	800	1	46710	148300000	60	50	D. Poljana	Novi Pazar
74529	O	103703	103702	1	1	800	800	1	25960	148210000	60	50	Ribarice	Novi Pazar
74530	OE	103735	103716	1	1	1200	1200	1	21090	148130000	70	60	Prokuplje	Niš zapad
74531	ME	103716	103691	2	2	2200	2200	1	14100	148130000	120	80	Niš zapad	Dojivac petlja
74532	O	103432	103731	1	1	1000	1000	1	31460	148070000	70	60	Valjevo	Celije
74533	O	103687	103688	1	1	1000	1000	1	22990	148120000	70	60	Mrcajevci	Ravni Gaj
74534	O	103735	103691	1	1	1000	1000	1	23730	148270000	60	50	Prokuplje	Dojlj. pet.
74535	O	103736	103737	1	1	1000	1000	1	18670	148280000	60	50	Selište	Zaječar
74536	O	103696	103738	1	1	1000	1000	1	35490	148010000	60	50	Miloševa Kula	Bukovo
74537	ME	103739	103740	2	2	2200	2200	1	21040	148180000	120	80	Batočina petlja	Jagodina petlja
74538	O	103775	103757	1	1	1000	1000	1	66600	148030000	70	60	Dumača	Ostružnica
74539	OE	103808	103745	1	1	1200	1200	1	1730	148230000	70	60	Madarska gr. 3	Horgoš
74540	O	103779	103798	1	1	1200	1200	1	35100	148290000	80	65	Odžaci	Bačka Palanka
74541	O	103758	103760	2	2	2400	2400	1	3585	148030000	50	40	Bg. Čukarica	Bg. Mst. petlja
74542	OE	103773	103726	2	2	2400	2400	1	12380	148030000	60	50	Bg. Knjača	Pančevo
74543	OE	103741	103735	1	1	800	800	1	16560	148270000	70	60	Beloljin	Prokuplje
74544	O	103751	103738	1	1	1000	1000	1	33870	148010000	70	60	Rgotina	Bukovo
74545	O	103728	103701	1	1	800	800	1	43840	148120000	40	30	Ivanjica	Donja Poljana
74546	O	103734	103751	1	1	800	800	1	9472	148010000	50	40	Zagrade	Rgotina
74547	O	103752	103739	1	1	1000	1000	1	29580	148260000	80	65	Kragujevac	Batočina petlja
74548	O	103687	103755	1	1	1000	1000	1	19590	148210000	60	50	Mrcajevci	Kraljevo
74549	O	103705	103706	1	1	800	800	1	15180	148200000	50	40	Brus	Razbojna
74550	ME	103624	103750	2	2	2200	2200	1	34690	148250000	120	80	Kuzmin petlja	Ruma petlja
74551	O	103733	103736	1	1	800	800	1	12100	148010000	50	40	Brestovac	Selište
74552	O	103729	103730	1	1	800	800	1	1272	148010000	70	60	HE Đerđap	Runun. gr. 5
74553	O	103731	103732	1	1	1000	1000	1	3426	148030000	70	60	Celije	Lazarevac
74554	O	103737	103751	1	1	1000	1000	1	8122	148280000	70	60	Zaječar	Rgotina
74555	O	103785	103704	1	1	800	800	1	17240	148210000	60	50	Raska	Biljanovac
74556	O	103725	103706	1	1	1000	1000	1	32890	148200000	60	50	Kruševac	Razbojna
74557	O	103722	103742	1	1	1000	1000	1	1421	148300000	70	60	Požega jug	Požega

Tabela P5.2/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74558	O	103711	103722	1	1	1000	1000	1	21640	1483000000	70	60	Užice	Požega jug
74559	O	103753	103750	1	1	1200	1200	1	42420	1482500000	60	50	Novi Sad jug	Ruma petlja
74560	O	103792	103802	1	1	1000	1000	1	26130	1481200000	50	40	Čačak	Drakčiči
74561	O	103734	103696	1	1	800	800	1	33400	1480100000	50	40	Zagrade	Miloševa Kula
74562	O	103738	103787	1	1	1000	1000	1	7120	1480100000	70	60	Bukovo	Negotin
74563	O	103792	103774	1	1	1000	1000	1	4815	1481200000	60	50	Čačak	Preljina
74564	O	103704	103801	1	1	1000	1000	1	56950	1482100000	70	60	Biljanovac	Čibukovac
74565	O	103767	103765	1	1	1000	1000	1	3945	1482600000	70	60	Krčevac	Topola
74566	ME	103764	103719	2	2	2200	2200	1	9952	1481800000	120	80	Čuprija petlja	Paraćin petlja
74567	O	103782	103740	1	1	1000	1000	1	4494	1481800000	60	50	Jagodina	Jagodina petlja
74568	O	103763	103803	1	1	800	800	1	31850	1480200000	50	40	Svilajnac	Petrovac
74569	O	103731	103774	1	1	1200	1200	1	74640	1481200000	60	50	Celije	Preljina
74570	ME	103740	103764	2	2	2200	2200	1	11300	1481800000	120	80	Jagodina petlja	Čuprija petlja
74571	O	103396	103432	1	1	1000	1000	1	71970	1481100000	70	60	Loznica	Valjevo
74572	O	103354	103711	1	1	800	800	1	35500	1483000000	60	50	Rogačica	Užice
74573	O	103673	103674	1	1	1000	1000	1	3424	1480200000	70	60	Požarevac zap.	Požarevac
74574	O	103674	103675	1	1	1000	1000	1	8848	1480200000	60	50	Požarevac	Salakovac
74576	M	103757	103758	2	2	2400	2400	1	6886	1480300000	70	60	Ostružnica	Bg. Čukarica
74577	O	103705	103724	1	1	800	800	1	38370	1482100000	50	40	Brus	Vrnjačka Banja
74578	O	103727	103777	1	1	1200	1200	1	47620	1480600000	70	60	Kovin	Bela Crkva
74579	O	103749	103673	1	1	1000	1000	1	15360	1480200000	70	60	Ralja petlja	Požarevac zap.
74580	O	103775	103432	1	1	1000	1000	1	61940	1481100000	70	60	Dumača	Valjevo
74581	O	103765	103752	1	1	1000	1000	1	36640	1482600000	70	60	Topola	Kragujevac
74582	O	103718	103803	1	1	800	800	1	31620	1480200000	50	40	V. Plana petlja	Petrovac
74583	ME	103749	103717	2	2	2200	2200	1	6860	1481700000	120	80	Ralja petlja	M. Krzna petlja
74584	O	103801	103755	1	1	1200	1200	1	1895	1482100000	60	50	Čibukovac	Kraljevo
74585	O	103802	103801	1	1	1000	1000	1	5026	1482100000	50	40	Drakčiči	Čibukovac
74586	O	103258	103753	1	1	1200	1200	1	38980	1480500000	80	65	Backa Palanka	Novi Sad jug
74587	O	103703	103772	1	1	800	800	1	11190	1480800000	60	50	Ribarice	Kosovo gr. 5
74588	O	103755	103724	1	1	1000	1000	1	22960	1482100000	60	50	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74589	O	103353	103721	1	1	800	800	1	17820	1483000000	50	40	Krema	Kneževici
74590	O	103429	103431	1	1	1200	1200	1	1942	1481100000	60	50	Bos. g. Sepak	Loznica zapad
74591	O	103765	103766	1	1	1000	1000	1	38650	1482600000	60	50	Topola	Mark. petlja
74592	ME	103766	103739	2	2	2200	2200	1	10370	1481700000	100	80	Mark. petlja	Batočina petlja
74593	O	103766	103763	1	1	800	800	1	7427	1481800000	60	50	Mark. petlja	Svilajnac
74594	O	103732	103767	1	1	1000	1000	1	42710	1482600000	60	50	Lazarevac	Krčevac
74595	O	103397	103775	1	1	1000	1000	1	874	1481100000	80	65	Šabac	Dumača
74596	O	103688	103752	1	1	1000	1000	1	12510	1482600000	70	60	Ravni gaj	Kragujevac
74597	OE	103726	103804	1	1	1200	1200	1	51520	1480600000	70	60	Pančevo	Uljma
74598	O	103794	103779	1	1	1200	1200	1	8697	1482900000	80	65	Srpski Miletić	Ožac
74599	O	103750	103397	1	1	1200	1200	1	27050	1482500000	60	50	Ruma petlja	Šabac
74600	ME	103718	103766	2	2	2200	2200	1	12100	1481700000	120	80	V. Plana petlja	Mark. petlja
74601	ME	103680	103691	2	2	2200	2200	1	24300	1480400000	120	80	Leskovac pet.	Dojlevac petlja

Tabela P5.2/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74602	O	103702	103785	1	1	800	800	1	16790	148210000	60	50	Novi Pazar	Raska
74603	O	103709	103785	1	1	800	800	1	12710	148080000	60	50	Kosovo gr. 4	Raska
74604	ME	103715	103716	2	2	2200	2200	1	4782	148130000	120	80	Niš sever	Niš zapad
74605	O	103803	103733	1	1	800	800	1	77230	148010000	50	40	Petrovac	Brestovac
74606	OE	103804	103805	1	1	1200	1200	1	13660	148060000	70	60	Uljma	Višac
74607	OE	103797	103760	2	2	2200	2200	1	6794	148030000	40	30	Bg. NS put	Bg. Mst. petlja
74608	O	103717	103673	1	1	800	800	1	15670	148020000	50	40	M. Krzna pet.	Požarevac zap.
74609	O	103803	103675	1	1	800	800	1	26150	148020000	50	40	Petrovac	Salakovac
74610	O	103755	103688	1	1	1000	1000	1	37590	148260000	70	60	Kraljevo	Ravni Gaji
74611	OE	103807	103780	1	1	1200	1200	1	11490	148050000	80	65	Srbobran pet.	Feketić petlja
74612	O	103675	103696	1	1	800	800	1	109900	148010000	50	40	Salakovac	Miloševa Kula
74613	O	103681	103697	1	1	800	800	1	27720	148140000	60	50	Vladičin Han	Stojkovićevo
74614	ME	103715	103712	2	2	2200	2200	1	8368	148130000	120	80	Niš sever	Niš istok
74615	ME	103717	103718	2	2	2200	2200	1	22150	148170000	120	80	M. Krzna pet.	V. Plana petlja
74616	O	103764	103782	1	1	1000	1000	1	15330	148180000	60	50	Čuprija petlja	Jagodina
74617	O	103796	103793	1	1	1200	1200	1	18080	148290000	80	65	Bezdan	Sombor
74618	ME	103750	103790	2	2	2200	2200	1	40160	148250000	120	80	Ruma petlja	Doban. petlja
74619	O	103726	103727	1	1	1200	1200	1	32360	148060000	80	65	Pančevo	Kovin
74620	ME	103719	103720	2	2	2200	2200	1	14290	148180000	120	80	Paraćin petlja	Pojate petlja
74621	O	103721	103711	1	1	1000	1000	1	11710	148300000	70	60	Kneževici	Užice
74622	O	103722	103728	1	1	800	800	1	40360	148300000	60	50	Požega jug	Ivanjica
74623	O	103724	103725	1	1	1000	1000	1	35590	148200000	60	50	V. Banja	Kruševac
74624	O	103431	103396	1	1	1200	1200	1	428	148110000	80	65	Loznica zapad	Loznica
74625	ME	103790	103797	2	2	2200	2200	1	6823	148030000	120	80	Doban. petlja	Bg. NS put
74626	ME	103790	103757	2	2	2200	2200	1	12120	148030000	120	80	Doban. petlja	Ostružnica
74627	O	110164	103773	1	1	1200	1200	1	57820	148240000	55	40	Ečka	Bg. Krnjača
74628	O	103804	103777	1	1	1200	1200	1	33110	148060000	70	60	Uljma	Bela Crkva
74629	O	110164	103726	1	1	1200	1200	1	64490	148060000	80	65	Ečka	Pančevo
74630	O	110162	103798	1	1	1200	1200	1	11110	148050000	60	50	Hrvatska gr. 4	Bačka Palanka
74631	O	103791	110164	1	1	1200	1200	1	8962	148240000	80	65	Zrenjanin	Ečka
74632	O	103262	103793	1	1	1200	1200	1	35700	148290000	80	65	Sombor	Sombor
74633	O	103344	103262	1	1	1200	1200	1	21900	148220000	80	65	Bajmok	Bajmok
74634	O	103345	103745	1	1	1200	1200	1	15470	148230000	60	50	Subotica petlja	Horgoš
74635	O	103344	103345	1	1	1200	1200	1	11600	148220000	60	50	Subotica	Subotica petlja
74636	OE	103345	103745	1	1	1200	1200	1	14420	148230000	80	65	Subotica petlja	Horgoš
74637	O	103793	103257	1	1	1200	1200	1	15480	148290000	70	60	Sombor	Apatin
74638	O	103344	103258	1	1	1200	1200	1	33540	148220000	70	60	Subotica	Bačka Topola
74639	O	103258	103780	1	1	1200	1200	1	19340	148220000	70	60	Bačka Topola	Feketić petlja
74640	OE	103259	103780	1	1	1200	1200	1	18630	148220000	80	65	B. Top. petlja	Feketić petlja
74642	O	103258	103259	1	1	1200	1200	1	6094	148220000	60	50	Bačka Topola	B. Top. petlja
74643	O	103780	103340	1	1	1200	1200	1	12360	148050000	70	60	Feketić petlja	Srbobran
74644	O	103807	103340	1	1	1200	1200	1	5372	148050000	60	50	Srbobran pet.	Srbobran
74645	O	103323	103340	1	1	1200	1200	1	33910	148050000	70	60	Novi Bečej	Srbobran

Tabela P5.2/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74646	O	103323	103298	1	1	1200	1200	1	34490	1482400000	70	60	Novi Bečež	Kikinda
74647	O	103315	103298	1	1	1200	1200	1	35630	1482400000	80	65	Melenci	Kikinda
74648	O	103315	103791	1	1	1200	1200	1	18300	1482400000	80	65	Melenci	Zrenjanin
74649	O	103266	103352	1	1	1200	1200	1	18700	1480500000	80	65	Beška petlja	Zabalj
74650	O	103352	103791	1	1	1200	1200	1	25720	1480500000	80	65	Zabalj	Zrenjanin
74651	O	103727	103330	1	1	1200	1200	1	5872	1481700000	70	60	Kovin	Radinač
74652	O	103749	103330	1	1	1200	1200	1	12510	1481700000	70	60	Ralja petlja	Radinač
74653	O	103338	103330	1	1	1200	1200	1	2403	1481700000	60	50	Smederevo	Radinač
74654	OE	103712	103327	1	1	1000	1000	1	64530	1481600000	80	65	Niš istok	Pirrot
74655	O	103787	103729	1	1	1000	1000	1	64060	1480100000	70	60	Negotin	HE Đerdap
74656	O	103350	103680	1	1	1000	1000	1	12470	1480400000	60	50	Vlasotince	Leskovac petlja
74657	O	103745	103336	1	1	1200	1200	1	36060	1482300000	60	50	Horgoš	Senta
74658	O	103297	103336	1	1	1200	1200	1	41210	1482300000	70	60	Kikinda	Senta
74659	O	103305	103779	1	1	1200	1200	1	25140	1482900000	70	60	Kula	Ođžaci
74660	O	103305	103807	1	1	1200	1200	1	18870	1482900000	70	60	Kula	Srbobran petlja
74661	O	103791	103335	1	1	1200	1200	1	30020	1482400000	80	65	Zrenjanin	Sečanj
74662	O	103335	103270	1	1	1200	1200	1	24510	1482400000	80	65	Sečanj	Boka
74663	O	103805	103270	1	1	1200	1200	1	30640	1480600000	80	65	Vršac	Boka
74664	OE	103265	103760	1	1	1200	1200	1	1387	1480300000	40	30	Beograd	Bg. Mos. petlja
74665	OE	103265	103773	1	1	1200	1200	1	7208	1480300000	50	40	Beograd	Bg. Krnjača
74666	O	103324	103753	1	1	1200	1200	1	2456	1480500000	80	65	Novi Sad	Novi Sad jug
74667	O	103324	103266	1	1	1200	1200	1	2765	1480500000	80	65	Novi Sad	Beška petlja
74668	OE	103807	103753	1	1	1200	1200	1	31050	1480500000	80	65	Srbobran pet.	Novi Sad sever
74669	ME	103325	103266	2	2	2200	2200	1	2527	1480500000	120	80	N. Sad sever	Beška petlja
74670	O	103293	103313	1	1	1200	1200	1	8937	1482500000	60	50	Indija	Maradik
74671	O	103324	103313	1	1	1200	1200	1	27350	1480500000	60	50	Novi Sad	Maradik
74672	ME	103266	103314	2	2	2200	2200	1	24510	1480500000	120	80	Beška petlja	Maradik petlja
74673	ME	103294	103314	2	2	2200	2200	1	6467	1482500000	120	80	Indija petlja	Maradik petlja
74674	O	103313	103314	1	1	1200	1200	1	6439	1482500000	50	40	Maradik	Maradik petlja
74675	O	103294	103293	1	1	1200	1200	1	4310	1482500000	60	50	Indija petlja	Indija
74676	O	103299	103758	1	1	1200	1200	1	6448	1480300000	50	40	Knž. kruž. put	Bg. Čukarica
74677	O	103299	103732	1	1	1200	1200	1	44460	1480300000	60	50	Knž. kruž. put	Lazarevac
74678	O	103760	103264	1	1	1200	1200	1	9982	1480300000	55	40	Bg. Mos. Pet.	Beli Pot. kr. put
74679	ME	103760	103279	2	2	2200	2200	1	10360	1480300000	120	80	Bg. Mos. Pet.	Bubanj Potok
74680	ME	103299	103757	2	2	2200	2200	1	6049	1480000000	120	80	Knž. kruž. put	Ostružnica
74681	ME	103299	103264	2	2	2200	2200	1	6012	1480000000	120	80	Knž. kruž. put	Beli Pot. kr. put
74682	ME	103264	103279	2	2	2200	2200	1	4034	1480000000	120	80	Beli P. kr. put	Bubanj Potok
74683	O	103396	103309	1	1	1200	1200	1	46790	1481100000	55	40	Loznica	Majur
74684	O	103397	103309	1	1	1200	1200	1	9161	1481100000	55	40	Sabac	Majur
74685	O	103348	103674	1	1	800	800	1	34730	1480200000	60	50	V. Gradiste	Požarevac
74686	O	103729	103348	1	1	800	800	1	117200	1480100000	60	50	HE Đerdap	Veliko Gradiste
74687	O	103264	103349	1	1	1000	1000	1	37170	1480300000	60	50	Beli P. kr. put	Vlaško Polje
74688	O	103767	103349	1	1	1000	1000	1	25710	1480300000	70	60	Krčevac	Vlaško Polje

Tabela P5.2/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74689	ME	103310	103279	2	2	3600	3600	1	23620	148030000	120	80	M. Pož. petlja	Bubanj Potok
74690	ME	103310	103749	2	2	2200	2200	1	23300	148170000	120	80	M. Pož. petlja	Ralja petlja
74691	O	103310	103349	1	1	1000	1000	1	8385	148030000	70	60	M. Pož. petlja	Vlaško Polje
74692	O	103268	103329	1	1	1000	1000	1	11310	148300000	70	60	Bistrica	Prijepolje
74693	O	103721	103321	1	1	800	800	1	44990	148300000	70	60	Kneževici	Nova Varoš
74694	O	103268	103321	1	1	800	800	1	16150	148300000	70	60	Bistrica	Nova Varoš
74695	O	103712	103300	1	1	800	800	1	50820	148130000	60	50	Niš istok	Knjaževac
74696	O	103737	103300	1	1	800	800	1	41110	148280000	60	50	Zaječar	Knjaževac
74697	ME	103720	103256	2	2	2200	2200	1	31980	148130000	100	80	Pojate petlja	Aleksinac pet.
74698	ME	103715	103256	2	2	2200	2200	1	26810	148130000	70	60	Niš sever	Aleksinac pet.
74699	O	103680	103306	1	1	800	800	1	22640	148040000	70	60	Lesk. petlja	Lebane
74700	O	103263	103265	1	1	1200	1200	1	13440	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Beograd
74701	O	103263	103293	1	1	1200	1200	1	27960	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Indija
74702	ME	103263	103294	2	2	2200	2200	1	28200	148030000	120	80	Bataj. ciglana	Indija petlja
74703	O	103263	103797	1	1	1200	1200	1	7120	148030000	60	50	Bataj. ciglana	Bg. NS put
74704	O	103325	103340	1	1	1200	1200	1	29000	148050000	60	50	N. Sad sever	Srbobran
74705	O	103325	103324	1	1	1200	1200	1	3588	148050000	55	40	N. Sad sever	Novi Sad
74706	O	103320	103746	1	1	1200	1200	1	4184	148230000	60	50	Nakovo	Rumun. gr. 1
74707	O	103297	103320	1	1	1200	1200	1	7373	148230000	60	50	Kikinda	Nakovo
74708	O	103791	103342	1	1	1200	1200	1	52640	148240000	80	65	Zrenjanin	Srpska Crnja
74709	O	103342	103331	1	1	1200	1200	1	2449	148240000	60	50	Srpska Crnja	Rumun. gr. 2
74710	O	103805	103347	1	1	1200	1200	1	13280	148060000	70	60	Vršac	Vatin
74711	O	103347	103332	1	1	1200	1200	1	18553	148060000	60	50	Vršac	Rumun. gr. 3
74712	O	103777	103296	1	1	1200	1200	1	8731	148060000	70	60	Bela Crkva	Kaluderovo
74713	O	103296	103333	1	1	1200	1200	1	1688	128040202	60	50	Kaluderovo	Rumun. gr. 4
74714	O	103787	103316	1	1	1000	1000	1	6717	148010000	70	60	Negotin	Mokranje
74715	O	103316	103280	1	1	1000	1000	1	6825	148010000	60	50	Mokranje	Bug. gr. 1
74716	O	103327	103290	1	1	1000	1000	1	26330	148160000	80	65	Prot	Gradina
74717	OE	103290	103282	1	1	1000	1000	1	2186	148160000	70	60	Gradina	Bug. gr. 3
74718	O	103697	103271	1	1	800	800	1	28800	148140000	50	40	Stojkovićevo	Bosilegrad
74719	O	103271	103284	1	1	800	800	1	8633	148140000	50	40	Bosilegrad	B. gr. Ribarci
74720	OE	103328	103308	2	2	2200	2200	1	9028	148140000	80	65	Preševo petlja	Mak. gr. Tab.
74721	OE	103743	103328	2	2	2200	2200	1	15780	148140000	80	65	Bujanovac	Preševo petlja
74722	O	103346	103302	1	1	800	800	1	7234	148040000	60	50	Tulare	Kosovo gr. 2
74723	O	103306	103346	1	1	800	800	1	40330	148040000	60	50	Lebane	Tulare
74724	O	103334	103303	1	1	1000	1000	1	13230	148270000	60	50	Rudare	Kos. gr. 3 Rača
74725	O	103741	103334	1	1	1000	1000	1	30610	148270000	70	60	Belofjin	Rudare
74726	O	103329	103289	1	1	800	800	1	34520	148300000	70	60	Prijepolje	Gostun
74727	O	103289	103318	1	1	800	800	1	1793	149040000	60	50	Gostun	C. Gora gr. 2
74728	O	103329	103295	1	1	800	800	1	15400	148300000	60	50	Prijepolje	Jabuka
74729	O	103295	103319	1	1	800	800	1	3664	148300000	60	50	Jabuka	C. Gora gr. 3
74730	O	103326	103272	1	1	800	800	1	4669	148300000	50	40	P. Banja	B. gr. 1 Priboj
74731	O	103326	103268	1	1	800	800	1	12480	148300000	50	40	P. Banja	Bistrica

Tabela P5.2/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74732	O	103304	103273	1	1	800	800	1	2750	1483000000	60	50	Kotroman	Bosna gr. 2
74733	O	103304	103353	1	1	800	800	1	13370	1483000000	60	50	Kotroman	Krema
74734	O	103353	103354	1	1	800	800	1	26180	1483000000	40	30	Krema	Rogačica
74735	O	103354	103274	1	1	800	800	1	825	1483000000	60	50	Rogačica	Bosna gr. 3
74736	O	103312	103311	1	1	1000	1000	1	782	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Mali Zvornik
74737	O	103312	103431	1	1	1000	1000	1	21900	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Loznica zapad
74738	O	103309	103261	1	1	1000	1000	1	24760	1481100000	60	50	Majur	Badovinci
74739	O	103261	103277	1	1	1000	1000	1	4367	1370600000	60	50	Badovinci	Bosna gr. 7
74740	O	103624	103341	1	1	1200	1200	1	13440	1482500000	80	65	Kuzmin petlja	Srenska Rača
74741	O	103341	103278	1	1	1200	1200	1	6663	1370600000	60	50	Srenska Rača	Bosna gr. 8
74742	ME	103337	103285	2	2	2200	2200	1	6629	1482500000	120	80	Sid petlja	Hr. gr. 1 Batt.
74743	ME	103337	103624	2	2	2200	2200	1	17780	1482500000	120	80	Sid petlja	Kuzmin petlja
74744	O	103646	103623	1	1	800	800	1	3750	1482500000	60	50	Ljuba	Hrvatska gr. 3
74745	O	103646	103624	1	1	1200	1200	1	13630	1482500000	70	60	Ljuba	Kuzmin petlja
74746	O	103697	103343	1	1	800	800	1	9123	1481400000	60	50	Stojkovićevo	Strezimirovi
74747	O	103343	103283	1	1	800	800	1	4615	1481400000	60	50	Strezimirovi	Bug. gr. 4
74748	O	103763	103762	1	1	800	800	1	16890	1481800000	60	50	Svilajnac	Despotovac
74749	O	103762	103764	1	1	600	600	1	25830	1481800000	50	40	Despotovac	Čuprija petlja
74750	O	103728	103723	1	1	800	800	1	21580	1481200000	60	50	Ivanjica	Guča jug
74751	O	103723	103802	1	1	800	800	1	32880	1481200000	50	40	Guča jug	Drakčići
74752	O	103321	103322	1	1	1000	1000	1	17490	1483000000	60	50	Nova Varoš	Nova Varoš jug
74753	O	103322	103701	1	1	800	800	1	23000	1483000000	60	50	N. Varoš jug	D. Poljana
74754	O	103704	103301	1	1	800	800	1	26370	1482100000	40	30	Biljanovac	Kopaonik
74755	O	103301	103705	1	1	800	800	1	27800	1482100000	40	30	Kopaonik	Brus
74756	O	103327	103350	1	1	800	800	1	48480	1481600000	60	50	Piro	Vlasotince
74757	O	103311	103307	1	1	800	800	1	34400	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Ljubovija
74758	O	103307	103354	1	1	800	800	1	33840	1483000000	60	50	Ljubovija	Rogačica
74759	O	103307	103275	1	1	1000	1000	1	1793	1370600000	60	50	Ljubovija	Bosna gr. 4
74760	O	103311	103276	1	1	1200	1200	1	554	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Bosna gr. 5
74761	O	103737	103351	1	1	800	800	1	7284	1482800000	60	50	Zatečar	Vrška Čuka
74762	O	103351	103281	1	1	800	800	1	1822	1482800000	60	50	Vrška Čuka	Bug. gr. 2
74763	O	103260	103291	1	1	1200	1200	1	1622	1482900000	60	50	Bački Breg	Mad. gr. 1
74764	O	103260	103796	1	1	1200	1200	1	7991	1482900000	70	60	Bački Breg	Bezdan
74765	OE	103297	103292	1	1	1200	1200	1	4105	115030301	60	50	Kelebija	Mad. gr. 2
74766	O	103297	103344	1	1	1200	1200	1	8052	1482200000	80	65	Kelebija	Subotica
74767	O	103267	103288	1	1	1200	1200	1	1826	114000402	60	50	Bezdan zapad	Hrvatska gr. 6
74768	O	103267	103796	1	1	1200	1200	1	7172	1482900000	80	65	Bezdan zapad	Bezdan
74769	O	103269	103287	1	1	1200	1200	1	2296	114000402	60	50	Bogojevo	Hrvatska gr. 5
74770	O	103269	103794	1	1	1200	1200	1	10010	1482900000	80	65	Bogojevo	Srpski Miletić
74771	O	103624	103286	1	1	1200	1200	1	24640	1482500000	70	60	Kuzmin petlja	Hrvatska gr. 2
74772	O	103339	103317	1	1	800	800	1	4528	1491600000	60	50	Špiljani	C. Gora gr. 1
74773	O	103339	103703	1	1	800	800	1	13260	1482100000	60	50	Špiljani	Ribarice
74774	ME	103263	103790	2	2	2200	2200	1	4940	1480000000	120	80	Bataj, ciglana	Dobanov petlja

Tabela P5.2/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74776	OE	110165	103345	1	1	1200	1200	1	10020	148000000	80	65	Petlja Y	Subotica petlja
74777	O	110165	103344	1	1	1200	1200	1	10650	148000000	80	65	Petlja Y	Subotica
74778	M	103712	103327	2	2	2200	2200	0	55510	148000000	0	0	Niš istok	Piroč
74779	M	103327	103290	2	2	2200	2200	0	24650	148000000	0	0	Piroč	Gradina
74780	OE	110166	103743	1	1	1200	1200	1	31710	148000000	70	60	V. Han petlja	Bujanovac
74781	O	110166	103681	1	1	1200	1200	1	9667	148000000	70	60	V. Han petlja	Vladičin Han
74782	M	110166	103680	2	2	2200	2200	0	43110	148000000	0	0	V. Han petlja	Leskovac petlja
74783	M	103757	103732	2	2	2200	2200	0	40790	148000000	0	0	Ostružnica	Lazarevac
74784	M	103732	103774	2	2	2200	2200	0	55730	148000000	0	0	Lazarevac	Preljina
74785	M	103792	103742	2	2	2200	2200	0	27010	148000000	0	0	Čačak	Požega
74787	ME	103726	103804	2	2	2200	2200	0	45480	148000000	0	0	Pančevo	Uljma
74788	ME	103804	103805	2	2	2200	2200	0	13650	148000000	0	0	Uljma	Vršac
74789	ME	103805	103332	2	2	2200	2200	0	12770	148000000	0	0	Vršac	Runun. gr. 3
74790	ME	103774	103755	2	2	2200	2200	0	30720	148000000	0	0	Preljina	Kraljevo
74791	ME	103755	103724	2	2	2200	2200	0	21980	148000000	0	0	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74792	M	103724	103725	2	2	2200	2200	0	33980	148000000	0	0	Vrnjačka Banja	Kruševac
74793	M	103725	103720	2	2	2200	2200	0	21640	148000000	0	0	Kruševac	Pojate petlja
74794	M	103742	103711	2	2	2200	2200	0	16720	148000000	0	0	Požega	Užice
74795	M	103711	103721	2	2	2200	2200	0	9509	148000000	0	0	Užice	Kneževici
74796	M	103721	103353	2	2	2200	2200	0	15160	148000000	0	0	Kneževici	Krema
74797	M	103353	103304	2	2	2200	2200	0	11340	148000000	0	0	Krema	Kortoman
74798	O	103753	103750	1	1	1200	1200	0	33500	148000000	0	0	Novi Sad jug	Ruma petlja
74799	ME	103750	103397	2	2	2200	2200	0	24490	148000000	0	0	Ruma petlja	Šabac
74800	O	103397	103396	1	1	1200	1200	0	45800	148000000	0	0	Šabac	Loznica
74801	M	103742	103728	2	2	2200	2200	0	32700	148000000	0	0	Požega	Ivanjica
74802	M	103728	103701	2	2	2200	2200	0	38560	148000000	0	0	Ivanjica	D. Poljana
74803	M	103701	103289	2	2	2200	2200	0	30640	148000000	0	0	D. Poljana	Gostun
74804	M	103719	103736	2	2	2200	2200	0	52130	148000000	0	0	Paraćin petlja	Selište
74805	M	103736	103737	2	2	2200	2200	0	16030	148000000	0	0	Selište	Zaječar
74806	M	103737	103281	2	2	2200	2200	0	8518	148000000	0	0	Zaječar	Bug. gr. 2
74807	O	103726	110164	1	1	1200	1200	0	52050	148000000	0	0	Pančevo	Eška
74808	O	103791	103298	1	1	1200	1200	0	48930	148000000	0	0	Zrenjanin	Kikinda
74809	O	103297	103336	1	1	1200	1200	0	30730	148000000	0	0	Kikinda	Senta
74810	O	103336	103745	1	1	1200	1200	0	28540	148000000	0	0	Senta	Horgoš
74811	ME	103792	103774	2	2	2200	2200	0	4232	148000000	0	0	Čačak	Preljina
74812	M	103809	103297	2	2	2200	2200	0	18450	148000000	0	0	Petlja Kelebija	Kelebija
74813	OE	103809	103259	1	1	1200	1200	1	23230	148000000	80	65	Petlja Kelebija	B. Topola pet.
74814	OE	103809	110165	1	1	1200	1200	1	1566	148000000	80	65	Petlja Kelebija	Petlja Y
19	O	103257	103269	1	1	1200	1200	1	25640	148290000	80	65	Apatin	Bogojevo

Tabela P5.3/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74515	O	103733	103734	1	1	800	800	1	12700	148010000	60	50	Brestovac	Zagrade
74516	O	103774	103687	1	1	1000	1000	1	15070	148120000	60	50	Preljina	Mrtajevci
74517	O	103742	103792	1	1	1000	1000	1	32910	148300000	70	60	Požega	Čatak
74518	O	103793	103794	1	1	1200	1200	1	26090	148290000	80	65	Sombor	Srpski Miletić
74519	O	103752	103782	1	1	800	800	1	38840	148180000	60	50	Kragujevac	Jagodina
74520	O	103725	103720	1	1	1200	1200	1	24350	148130000	60	50	Kruševac	Pojate petlja
74521	OE	103716	103712	1	1	1000	1000	1	8006	148130000	70	60	Niš zapad	Niš istok
74522	O	103719	103736	1	1	1000	1000	1	62670	148180000	60	50	Paraćin petlja	Selište
74523	O	103706	103741	1	1	1000	1000	1	25260	148270000	60	50	Razbojna	Beloljin
74524	O	103354	103432	1	1	1000	1000	1	43750	148300000	60	50	Rogačica	Valjevo
74525	O	103432	103742	1	1	800	800	1	61150	148300000	60	50	Valjevo	Požega
74526	O	103708	103743	1	1	800	800	1	12890	148100000	60	50	Kosovo gr. 1	Bujanovac
74527	OE	103681	103680	1	1	1000	1000	1	43680	148040000	80	65	Vladičin Han	Leskovac petlja
74528	O	103701	103702	1	1	800	800	1	46710	148300000	60	50	D. Poljana	Novi Pazar
74529	O	103703	103702	1	1	800	800	1	25960	148210000	60	50	Ribarice	Novi Pazar
74530	OE	103735	103716	1	1	1200	1200	1	21090	148130000	70	60	Prokuplje	Niš zapad
74531	ME	103716	103691	2	2	2200	2200	1	14100	148130000	120	80	Niš zapad	Dojivac petlja
74532	O	103432	103731	1	1	1000	1000	1	31460	148070000	70	60	Valjevo	Celije
74533	O	103687	103688	1	1	1000	1000	1	22990	148120000	70	60	Mrtajevci	Ravni Gaj
74534	O	103735	103691	1	1	1000	1000	1	23730	148270000	60	50	Prokuplje	Dojlj. pet.
74535	O	103736	103737	1	1	1000	1000	1	18670	148280000	60	50	Selište	Zaječar
74536	O	103696	103738	1	1	1000	1000	1	35490	148010000	60	50	Miloševa Kula	Bukovo
74537	ME	103739	103740	2	2	2200	2200	1	21040	148180000	120	80	Batočina petlja	Jagodina petlja
74538	O	103775	103757	1	1	1000	1000	1	66600	148030000	70	60	Dumača	Ostružnica
74539	OE	103808	103745	2	2	2200	2200	1	1730	148230000	120	80	Madarska gr. 3	Horgoš
74540	O	103779	103798	1	1	1200	1200	1	35100	148290000	80	65	Ožaci	Bačka Palanka
74541	O	103758	103760	2	2	2400	2400	1	3585	148030000	50	40	Bg. Čukarica	Bg. Mst. petlja
74542	OE	103773	103726	2	2	2200	2200	1	12380	148030000	90	70	Bg. Knjača	Pančevo
74543	OE	103741	103735	1	1	800	800	1	16560	148270000	70	60	Beloljin	Prokuplje
74544	O	103751	103738	1	1	1000	1000	1	33870	148010000	70	60	Rgotina	Bukovo
74545	O	103728	103701	1	1	800	800	1	43840	148120000	40	30	Ivanjica	Donja Poljana
74546	O	103734	103751	1	1	800	800	1	9472	148010000	50	40	Zagrade	Rgotina
74547	O	103752	103739	2	2	2200	2200	1	29580	148260000	120	80	Kragujevac	Batočina petlja
74548	O	103687	103755	1	1	1000	1000	1	19590	148210000	60	50	Mrtajevci	Kraljevo
74549	O	103705	103706	1	1	800	800	1	15180	148200000	50	40	Brus	Razbojna
74550	ME	103624	103750	2	2	2200	2200	1	34690	148250000	120	80	Kuzmin petlja	Ruma petlja
74551	O	103733	103736	1	1	800	800	1	12100	148010000	50	40	Brestovac	Selište
74552	O	103729	103730	1	1	800	800	1	1272	148010000	70	60	HE Đerđap	Runun. gr. 5
74553	O	103731	103732	1	1	1000	1000	1	3426	148030000	70	60	Celije	Lazarevac
74554	O	103737	103751	1	1	1000	1000	1	8122	148280000	70	60	Zaječar	Rgotina
74555	O	103785	103704	1	1	800	800	1	17240	148210000	60	50	Raska	Biljanovac
74556	O	103725	103706	1	1	1000	1000	1	32890	148200000	60	50	Kruševac	Razbojna
74557	O	103722	103742	1	1	1000	1000	1	1421	148300000	70	60	Požega jug	Požega

Tabela P5.3/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74558	O	103711	103722	1	1	1000	1000	1	21640	1483000000	70	60	Užice	Požega jug
74559	O	103753	103750	1	1	1200	1200	1	42420	1482500000	60	50	Novi Sad jug	Ruma petlja
74560	O	103792	103802	1	1	1000	1000	1	26130	1481200000	50	40	Čačak	Drakčiči
74561	O	103734	103696	1	1	800	800	1	33400	1480100000	50	40	Zagrade	Miloševa Kula
74562	O	103738	103787	1	1	1000	1000	1	7120	1480100000	70	60	Bukovo	Negotin
74563	O	103792	103774	1	1	1000	1000	1	4815	1481200000	60	50	Čačak	Preljina
74564	O	103704	103801	1	1	1000	1000	1	56950	1482100000	70	60	Biljanovac	Čibukovac
74565	O	103767	103765	1	1	1000	1000	1	3945	1482600000	70	60	Krčevac	Topola
74566	ME	103764	103719	2	2	2200	2200	1	9952	1481800000	120	80	Čuprija petlja	Paraćin petlja
74567	O	103782	103740	1	1	1000	1000	1	4494	1481800000	60	50	Jagodina	Jagodina petlja
74568	O	103763	103803	1	1	800	800	1	31850	1480200000	50	40	Svilajnac	Petrovac
74569	O	103731	103774	1	1	1200	1200	1	74640	1481200000	60	50	Celije	Preljina
74570	ME	103740	103764	2	2	2200	2200	1	11300	1481800000	120	80	Jagodina petlja	Čuprija petlja
74571	O	103396	103432	1	1	1000	1000	1	71970	1481100000	70	60	Loznica	Valjevo
74572	O	103354	103711	1	1	800	800	1	35500	1483000000	60	50	Rogačica	Užice
74573	O	103673	103674	1	1	1000	1000	1	3424	1480200000	70	60	Požarevac zap.	Požarevac
74574	O	103674	103675	1	1	1000	1000	1	8848	1480200000	60	50	Požarevac	Salakovac
74576	M	103757	103758	2	2	2400	2400	1	6886	1480300000	70	60	Ostružnica	Bg. Čukarica
74577	O	103705	103724	1	1	800	800	1	38370	1482100000	50	40	Brus	Vrnjačka Banja
74578	O	103727	103777	1	1	1200	1200	1	47620	1480600000	70	60	Kovin	Bela Crkva
74579	O	103749	103673	1	1	1000	1000	1	15360	1480200000	70	60	Ralja petlja	Požarevac zap.
74580	O	103775	103432	1	1	1000	1000	1	61940	1481100000	70	60	Dumača	Valjevo
74581	O	103765	103752	1	1	1000	1000	1	36640	1482600000	70	60	Topola	Kragujevac
74582	O	103718	103803	1	1	800	800	1	31620	1480200000	50	40	V. Plana petlja	Petrovac
74583	ME	103749	103717	2	2	2200	2200	1	6860	1481700000	120	80	Ralja petlja	M. Krzna petlja
74584	O	103801	103755	1	1	1200	1200	1	1895	1482100000	60	50	Čibukovac	Kraljevo
74585	O	103802	103801	1	1	1000	1000	1	5026	1482100000	50	40	Drakčiči	Čibukovac
74586	O	103258	103753	1	1	1200	1200	1	38980	1480500000	80	65	Backa Palanka	Novi Sad jug
74587	O	103703	103772	1	1	800	800	1	11190	1480800000	60	50	Ribarice	Kosovo gr. 5
74588	O	103755	103724	1	1	1000	1000	1	22960	1482100000	60	50	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74589	O	103353	103721	1	1	800	800	1	17820	1483000000	50	40	Krema	Kneževici
74590	O	103429	103431	1	1	1200	1200	1	1942	1481100000	100	80	Bos. g. Sepak	Loznica zapad
74591	O	103765	103766	1	1	1000	1000	1	38650	1482600000	60	50	Topola	Mark. petlja
74592	ME	103766	103739	2	2	2200	2200	1	10370	1481700000	100	80	Mark. petlja	Batočina petlja
74593	O	103766	103763	1	1	800	800	1	7427	1481800000	60	50	Mark. petlja	Svilajnac
74594	O	103732	103767	1	1	1000	1000	1	42710	1482600000	60	50	Lazarevac	Krčevac
74595	O	103397	103775	1	1	1000	1000	1	874	1481100000	80	65	Šabac	Dumača
74596	O	103688	103752	1	1	1000	1000	1	12510	1482600000	70	60	Ravni gaj	Kragujevac
74597	OE	103726	103804	1	1	1200	1200	1	51520	1480600000	70	60	Pančevo	Uljma
74598	O	103794	103779	1	1	1200	1200	1	8697	1482900000	80	65	Srpski Miletić	Ožac
74599	O	103750	103397	1	1	1200	1200	1	27050	1482500000	60	50	Ruma petlja	Šabac
74600	ME	103718	103766	2	2	2200	2200	1	12100	1481700000	120	80	V. Plana petlja	Mark. petlja
74601	ME	103680	103691	2	2	2200	2200	1	24300	1480400000	120	80	Leskovac pet.	Dojlevac petlja

Tabela P5.3/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74602	O	103702	103785	1	1	800	800	1	16790	148210000	60	50	Novi Pazar	Raska
74603	O	103709	103785	1	1	800	800	1	12710	148080000	60	50	Kosovo gr. 4	Raska
74604	ME	103715	103716	2	2	2200	2200	1	4782	148130000	120	80	Niš sever	Niš zapad
74605	O	103803	103733	1	1	800	800	1	77230	148010000	50	40	Petrovac	Brestovac
74606	OE	103804	103805	1	1	1200	1200	1	13660	148060000	70	60	Uljma	Višac
74607	OE	103797	103760	2	2	2200	2200	1	6794	148030000	40	30	Bg. NS put	Bg. Mst. petlja
74608	O	103717	103673	1	1	800	800	1	15670	148020000	50	40	M. Krzna pet.	Požarevac zap.
74609	O	103803	103675	1	1	800	800	1	26150	148020000	50	40	Petrovac	Salakovac
74610	O	103755	103688	1	1	1000	1000	1	37590	148260000	70	60	Kraljevo	Ravni Gaji
74611	OE	103807	103780	2	2	2200	2200	1	11490	148050000	120	80	Srbobran pet.	Feketić petlja
74612	O	103675	103696	1	1	800	800	1	109900	148010000	50	40	Salakovac	Miloševa Kula
74613	O	103681	103697	1	1	800	800	1	27720	148140000	60	50	Vladičin Han	Stojkovićevo
74614	ME	103715	103712	2	2	2200	2200	1	8368	148130000	120	80	Niš sever	Niš istok
74615	ME	103717	103718	2	2	2200	2200	1	22150	148170000	120	80	M. Krzna pet.	V. Plana petlja
74616	O	103764	103782	1	1	1000	1000	1	15330	148180000	60	50	Čuprija petlja	Jagodina
74617	O	103796	103793	1	1	1200	1200	1	18080	148290000	80	65	Bezdan	Sombor
74618	ME	103750	103790	2	2	2200	2200	1	40160	148250000	120	80	Ruma petlja	Doban. petlja
74619	O	103726	103727	1	1	1200	1200	1	32360	148060000	100	80	Pančevo	Kovin
74620	ME	103719	103720	2	2	2200	2200	1	14290	148180000	120	80	Paraćin petlja	Pojate petlja
74621	O	103721	103711	1	1	1000	1000	1	11710	148300000	70	60	Kneževici	Užice
74622	O	103722	103728	1	1	800	800	1	40360	148300000	60	50	Požega jug	Ivanjica
74623	O	103724	103725	1	1	1000	1000	1	35590	148200000	60	50	V. Banja	Kruševac
74624	O	103431	103396	1	1	1200	1200	1	428	148110000	80	65	Loznica zapad	Loznica
74625	ME	103790	103797	2	2	2200	2200	1	6823	148030000	120	80	Doban. petlja	Bg. NS put
74626	ME	103790	103757	2	2	2200	2200	1	12120	148030000	120	80	Doban. petlja	Ostružnica
74627	O	110164	103773	1	1	1200	1200	1	57820	148240000	55	40	Ečka	Bg. Krnjača
74628	O	103804	103777	1	1	1200	1200	1	33110	148060000	70	60	Uljma	Bela Crkva
74629	O	110164	103726	1	1	1200	1200	1	64490	148060000	80	65	Ečka	Pančevo
74630	O	110162	103798	1	1	1200	1200	1	11110	148050000	60	50	Hrvatska gr. 4	Bačka Palanka
74631	O	103791	110164	1	1	1200	1200	1	8962	148240000	100	80	Zrenjanin	Ečka
74632	O	103262	103793	1	1	1200	1200	1	35700	148290000	80	65	Sombor	Sombor
74633	O	103344	103262	1	1	1200	1200	1	21900	148220000	80	65	Subotica	Bajmok
74634	O	103345	103745	1	1	1200	1200	1	15470	148230000	60	50	Subotica petlja	Horgoš
74635	O	103344	103345	1	1	1200	1200	1	11600	148220000	60	50	Subotica	Subotica petlja
74636	OE	103345	103745	2	2	2200	2200	1	14420	148230000	120	80	Subotica petlja	Horgoš
74637	O	103793	103257	1	1	1200	1200	1	15480	148290000	70	60	Sombor	Apatin
74638	O	103344	103258	1	1	1200	1200	1	33540	148220000	70	60	Subotica	Bačka Topola
74639	O	103258	103780	1	1	1200	1200	1	19340	148220000	70	60	Bačka Topola	Feketić petlja
74640	OE	103259	103780	2	2	2200	2200	1	18630	148220000	120	80	B. Top. petlja	Feketić petlja
74642	O	103258	103259	1	1	1200	1200	1	6094	148220000	60	50	Bačka Topola	B. Top. petlja
74643	O	103780	103340	1	1	1200	1200	1	12360	148050000	70	60	Feketić petlja	Srbobran
74644	O	103807	103340	1	1	1200	1200	1	5372	148050000	60	50	Srbobran pet.	Srbobran
74645	O	103323	103340	1	1	1200	1200	1	33910	148050000	70	60	Novi Bečej	Srbobran

Tabela P5.3/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74646	O	103323	103298	1	1	1200	1200	1	34490	1482400000	70	60	Novi Bečež	Kikinda
74647	O	103315	103298	1	1	1200	1200	1	35630	1482400000	80	65	Melenci	Kikinda
74648	O	103315	103791	1	1	1200	1200	1	18300	1482400000	80	65	Melenci	Zrenjanin
74649	O	103266	103352	1	1	1200	1200	1	18700	1480500000	80	65	Beška petlja	Zabalj
74650	O	103352	103791	1	1	1200	1200	1	25720	1480500000	80	65	Zabalj	Zrenjanin
74651	O	103727	103330	1	1	1200	1200	1	5872	1481700000	70	60	Kovin	Radinač
74652	O	103749	103330	1	1	1200	1200	1	12510	1481700000	70	60	Ralja petlja	Radinač
74653	O	103338	103330	1	1	1200	1200	1	2403	1481700000	60	50	Smederevo	Radinač
74654	OE	103712	103327	1	1	1000	1000	1	64530	1481600000	80	65	Niš istok	Pirrot
74655	O	103787	103729	1	1	1000	1000	1	64060	1480100000	70	60	Negotin	HE Đerdap
74656	O	103350	103680	1	1	1000	1000	1	12470	1480400000	60	50	Vlasotince	Leskovac petlja
74657	O	103745	103336	1	1	1200	1200	1	36060	1482300000	60	50	Horgoš	Senta
74658	O	103297	103336	1	1	1200	1200	1	41210	1482300000	70	60	Kikinda	Senta
74659	O	103305	103779	1	1	1200	1200	1	25140	1482900000	70	60	Kula	Odžaci
74660	O	103305	103807	1	1	1200	1200	1	18870	1482900000	70	60	Kula	Srbobran petlja
74661	O	103791	103335	1	1	1200	1200	1	30020	1482400000	80	65	Zrenjanin	Sečanj
74662	O	103335	103270	1	1	1200	1200	1	24510	1482400000	80	65	Sečanj	Boka
74663	O	103805	103270	1	1	1200	1200	1	30640	1480600000	80	65	Vršac	Boka
74664	OE	103265	103760	1	1	1200	1200	1	1387	1480300000	40	30	Beograd	Bg. Mos. petlja
74665	OE	103265	103773	1	1	1200	1200	1	7208	1480300000	50	40	Beograd	Bg. Krnjača
74666	O	103324	103753	1	1	1200	1200	1	2456	1480500000	80	65	Novi Sad	Novi Sad jug
74667	O	103324	103266	1	1	1200	1200	1	2765	1480500000	80	65	Novi Sad	Beška petlja
74668	OE	103807	103753	2	2	2200	2200	1	31050	1480500000	120	80	Srbobran pet.	Novi Sad sever
74669	ME	103325	103266	2	2	2200	2200	1	2527	1480500000	120	80	N. Sad sever	Beška petlja
74670	O	103293	103313	1	1	1200	1200	1	8937	1482500000	60	50	Indija	Maradik
74671	O	103324	103313	1	1	1200	1200	1	27350	1480500000	60	50	Novi Sad	Maradik
74672	ME	103266	103314	2	2	2200	2200	1	24510	1480500000	120	80	Beška petlja	Maradik petlja
74673	ME	103294	103314	2	2	2200	2200	1	6467	1482500000	120	80	Indija petlja	Maradik petlja
74674	O	103313	103314	1	1	1200	1200	1	6439	1482500000	50	40	Maradik	Maradik petlja
74675	O	103294	103293	1	1	1200	1200	1	4310	1482500000	60	50	Indija petlja	Indija
74676	O	103299	103758	1	1	1200	1200	1	6448	1480300000	50	40	Knž. kruž. put	Bg. Čukarica
74677	O	103299	103732	1	1	1200	1200	1	44460	1480300000	60	50	Knž. kruž. put	Lazarevac
74678	O	103760	103264	1	1	1200	1200	1	9982	1480300000	55	40	Bg. Mos. Pet.	Beli Pot. kr. put
74679	ME	103760	103279	2	2	2200	2200	1	10360	1480300000	120	80	Bg. Mos. Pet.	Bubanj Potok
74680	ME	103299	103757	2	2	2200	2200	1	6049	1480000000	120	80	Knž. kruž. put	Ostružnica
74681	ME	103299	103264	2	2	2200	2200	1	6012	1480000000	120	80	Knž. kruž. put	Beli Pot. kr. put
74682	ME	103264	103279	2	2	2200	2200	1	4034	1480000000	120	80	Beli P. kr. put	Bubanj Potok
74683	O	103396	103309	1	1	1200	1200	1	46790	1481100000	55	40	Loznica	Majur
74684	O	103397	103309	1	1	1200	1200	1	9161	1481100000	55	40	Šabac	Majur
74685	O	103348	103674	1	1	800	800	1	34730	1480200000	60	50	V. Gradiste	Požarevac
74686	O	103729	103348	1	1	800	800	1	117200	1480100000	60	50	HE Đerdap	Veliko Gradiste
74687	O	103264	103349	1	1	1000	1000	1	37170	1480300000	60	50	Beli P. kr. put	Vlaško Polje
74688	O	103767	103349	1	1	1000	1000	1	25710	1480300000	70	60	Krčevac	Vlaško Polje

Tabela P5.3/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74689	ME	103310	103279	2	2	3600	3600	1	23620	148030000	120	80	M. Pož. petlja	Bubanj Potok
74690	ME	103310	103749	2	2	2200	2200	1	23300	148170000	120	80	M. Pož. petlja	Ralja petlja
74691	O	103310	103349	1	1	1000	1000	1	8385	148030000	70	60	M. Pož. petlja	Vlaško Polje
74692	O	103268	103329	1	1	1000	1000	1	11310	148300000	70	60	Bištrica	Prijepolje
74693	O	103721	103321	1	1	800	800	1	44990	148300000	70	60	Kneževici	Nova Varoš
74694	O	103268	103321	1	1	800	800	1	16150	148300000	70	60	Bištrica	Nova Varoš
74695	O	103712	103300	1	1	800	800	1	50820	148130000	60	50	Niš istok	Knjaževac
74696	O	103737	103300	1	1	800	800	1	41110	148280000	60	50	Zaječar	Knjaževac
74697	ME	103720	103256	2	2	2200	2200	1	31980	148130000	100	80	Pojate petlja	Aleksinac pet.
74698	ME	103715	103256	2	2	2200	2200	1	26810	148130000	70	60	Niš sever	Aleksinac pet.
74699	O	103680	103306	1	1	800	800	1	22640	148040000	70	60	Lesk. petlja	Lebane
74700	O	103263	103265	1	1	1200	1200	1	13440	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Beograd
74701	O	103263	103293	1	1	1200	1200	1	27960	148030000	55	40	Bataj. ciglana	Indija
74702	ME	103263	103294	2	2	2200	2200	1	28200	148030000	120	80	Bataj. ciglana	Indija petlja
74703	O	103263	103797	1	1	1200	1200	1	7120	148030000	60	50	Bataj. ciglana	Bg. NS put
74704	O	103325	103340	1	1	1200	1200	1	29000	148050000	60	50	N. Sad sever	Srbobran
74705	O	103325	103324	1	1	1200	1200	1	3588	148050000	55	40	N. Sad sever	Novi Sad
74706	O	103320	103746	1	1	1200	1200	1	4184	148230000	60	50	Nakovo	Rumun. gr. 1
74707	O	103297	103320	1	1	1200	1200	1	7373	148230000	60	50	Kikinda	Nakovo
74708	O	103791	103342	1	1	1200	1200	1	52640	148240000	80	65	Zrenjanin	Srpska Crnja
74709	O	103342	103331	1	1	1200	1200	1	2449	148240000	60	50	Srpska Crnja	Rumun. gr. 2
74710	O	103805	103347	1	1	1200	1200	1	13280	148060000	70	60	Vršac	Vatin
74711	O	103347	103332	1	1	1200	1200	1	1855	148060000	60	50	Vršac	Rumun. gr. 3
74712	O	103777	103296	1	1	1200	1200	1	8731	148060000	70	60	Bela Crkva	Kaluderovo
74713	O	103296	103333	1	1	1200	1200	1	1688	128040202	60	50	Kaluderovo	Rumun. gr. 4
74714	O	103787	103316	1	1	1000	1000	1	6717	148010000	70	60	Negotin	Mokranje
74715	O	103316	103280	1	1	1000	1000	1	6825	148010000	60	50	Mokranje	Bug. gr. 1
74716	O	103327	103290	1	1	1000	1000	1	26330	148160000	80	65	Prot	Gradina
74717	OE	103290	103282	2	2	2200	2200	1	2186	148160000	120	80	Gradina	Bug. gr. 3
74718	O	103697	103271	1	1	800	800	1	28800	148140000	50	40	Stojkovićevo	Bosilegrad
74719	O	103271	103284	1	1	800	800	1	8633	148140000	50	40	Bosilegrad	B. gr. Ribarci
74720	OE	103328	103308	2	2	2200	2200	1	9028	148140000	120	80	Preševo petlja	Mak. gr. Tab.
74721	OE	103743	103328	2	2	2200	2200	1	15780	148140000	120	80	Bujanovac	Preševo petlja
74722	O	103346	103302	1	1	800	800	1	7234	148040000	60	50	Tulare	Kosovo gr. 2
74723	O	103306	103346	1	1	800	800	1	40330	148040000	60	50	Lebane	Tulare
74724	O	103334	103303	1	1	1000	1000	1	13230	148270000	60	50	Rudare	Kos. gr. 3 Rača
74725	O	103741	103334	1	1	1000	1000	1	30610	148270000	70	60	Belofjin	Rudare
74726	O	103329	103289	1	1	800	800	1	34520	148300000	70	60	Prijepolje	Gostun
74727	O	103289	103318	2	2	2200	2200	1	1793	149040000	100	80	Gostun	C. Gora gr. 2
74728	O	103329	103295	1	1	800	800	1	15400	148300000	60	50	Prijepolje	Jabuka
74729	O	103295	103319	1	1	800	800	1	3664	148300000	60	50	Jabuka	C. Gora gr. 3
74730	O	103326	103272	1	1	800	800	1	4669	148300000	50	40	P. Banja	B. gr. 1 Priboj
74731	O	103326	103268	1	1	800	800	1	12480	148300000	50	40	P. Banja	Bištrica

Tabela P5.3/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR_SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74732	O	103304	103273	2	2	2200	2200	1	2750	1483000000	100	80	Kotroman	Bosna gr. 2
74733	O	103304	103353	1	1	800	800	1	13370	1483000000	60	50	Kotroman	Krema
74734	O	103353	103354	1	1	800	800	1	26180	1483000000	40	30	Krema	Rogačica
74735	O	103354	103274	1	1	800	800	1	825	1483000000	60	50	Rogačica	Bosna gr. 3
74736	O	103312	103311	1	1	1000	1000	1	782	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Mali Zvornik
74737	O	103312	103431	1	1	1000	1000	1	21900	1481100000	70	60	M. Zv. sever	Loznica zapad
74738	O	103309	103261	1	1	1000	1000	1	24760	1481100000	60	50	Majur	Badovinci
74739	O	103261	103277	1	1	1000	1000	1	4367	1370600000	60	50	Badovinci	Bosna gr. 7
74740	O	103624	103341	1	1	1200	1200	1	13440	1482500000	80	65	Kuzmin petlja	Srenska Rača
74741	O	103341	103278	1	1	1200	1200	1	6663	1370600000	60	50	Srenska Rača	Bosna gr. 8
74742	ME	103337	103285	2	2	2200	2200	1	6629	1482500000	120	80	Sid petlja	Hr. gr. 1 Batt.
74743	ME	103337	103624	2	2	2200	2200	1	17780	1482500000	120	80	Sid petlja	Kuzmin petlja
74744	O	103646	103623	1	1	800	800	1	3750	1482500000	60	50	Ljuba	Kuzminska gr. 3
74745	O	103646	103624	1	1	1200	1200	1	13630	1482500000	70	60	Ljuba	Kuzmin petlja
74746	O	103697	103343	1	1	800	800	1	9123	1481400000	60	50	Stojkovićevo	Strezimirovi
74747	O	103343	103283	1	1	800	800	1	4615	1481400000	60	50	Strezimirovi	Bug. gr. 4
74748	O	103763	103762	1	1	800	800	1	16890	1481800000	60	50	Svilajnac	Despotovac
74749	O	103762	103764	1	1	600	600	1	25830	1481800000	50	40	Despotovac	Čuprija petlja
74750	O	103728	103723	1	1	800	800	1	21580	1481200000	60	50	Ivanjica	Guča jug
74751	O	103723	103802	1	1	800	800	1	32880	1481200000	50	40	Guča jug	Drakčići
74752	O	103321	103322	1	1	1000	1000	1	17490	1483000000	60	50	Nova Varoš	Nova Varoš jug
74753	O	103322	103701	1	1	800	800	1	23000	1483000000	60	50	N. Varoš jug	D. Poljana
74754	O	103704	103301	1	1	800	800	1	26370	1482100000	40	30	Biljanovac	Kopaonik
74755	O	103301	103705	1	1	800	800	1	27800	1482100000	40	30	Kopaonik	Brus
74756	O	103327	103350	1	1	800	800	1	48480	1481600000	60	50	Piro	Vlasotince
74757	O	103311	103307	1	1	800	800	1	34400	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Ljubovija
74758	O	103307	103354	1	1	800	800	1	33840	1483000000	60	50	Ljubovija	Rogačica
74759	O	103307	103275	1	1	1000	1000	1	1793	1370600000	60	50	Ljubovija	Bosna gr. 4
74760	O	103311	103276	1	1	1200	1200	1	554	1481100000	60	50	Mali Zvornik	Bosna gr. 5
74761	O	103737	103351	1	1	800	800	1	7284	1482800000	60	50	Zatečar	Vrška Čuka
74762	O	103351	103281	1	1	800	800	1	1822	1482800000	60	50	Vrška Čuka	Bug. gr. 2
74763	O	103260	103291	1	1	1200	1200	1	1622	1482900000	60	50	Bački Breg	Mad. gr. 1
74764	O	103260	103796	1	1	1200	1200	1	7991	1482900000	70	60	Bački Breg	Bezdan
74765	OE	103297	103292	2	2	2200	2200	1	4105	115030301	120	80	Kelebija	Mad. gr. 2
74766	O	103297	103344	1	1	1200	1200	1	8052	1482200000	80	65	Kelebija	Subotica
74767	O	103267	103288	1	1	1200	1200	1	1826	114000402	60	50	Bezdan zapad	Hrvatska gr. 6
74768	O	103267	103796	1	1	1200	1200	1	7172	1482900000	80	65	Bezdan zapad	Bezdan
74769	O	103269	103287	1	1	1200	1200	1	2296	114000402	60	50	Bogojevo	Hrvatska gr. 5
74770	O	103269	103794	1	1	1200	1200	1	10010	1482900000	80	65	Bogojevo	Srpski Miletić
74771	O	103624	103286	1	1	1200	1200	1	24640	1482500000	70	60	Kuzmin petlja	Hrvatska gr. 2
74772	O	103339	103317	1	1	800	800	1	4528	1491600000	60	50	Špiljani	C. Gora gr. 1
74773	O	103339	103703	1	1	800	800	1	13260	1482100000	60	50	Špiljani	Ribarice
74774	ME	103263	103790	2	2	2200	2200	1	4940	1480000000	120	80	Bataj, ciglana	Dobanov petlja

Tabela P5.3/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	ROADCLASS	FROMNODEID	TONODEID	LANESFOR	LANESBACK	LANEHCFOR	LANEHCBACK	ACTIVE	LENGTH	ZONEID	CAR SPEED	SPEED	FROMNODE	TONODE
74776	OE	110165	103345	2	2	2200	2200	1	10020	148000000	120	80	Petlja Y	Subotica petlja
74777	O	110165	103344	1	1	1200	1200	1	10650	148000000	80	65	Petlja Y	Subotica
74778	M	103712	103327	2	2	2200	2200	1	55510	148000000	120	80	Niš istok	Piroč
74779	M	103327	103290	2	2	2200	2200	1	24650	148000000	120	80	Piroč	Gradina
74780	OE	110166	103743	2	2	2200	2200	1	31710	148000000	120	80	V. Han petlja	Bujanovac
74781	O	110166	103681	1	1	1200	1200	1	9667	148000000	70	60	V. Han petlja	Vladičin Han
74782	M	110166	103680	2	2	2200	2200	1	43110	148000000	120	80	V. Han petlja	Leskovac petlja
74783	M	103757	103732	2	2	2200	2200	1	40790	148000000	120	80	Ostružnica	Lazarevac
74784	M	103732	103774	2	2	2200	2200	1	55730	148000000	120	80	Lazarevac	Preljina
74785	M	103792	103742	2	2	2200	2200	1	27010	148000000	120	80	Čačak	Požega
74787	ME	103726	103804	2	2	2200	2200	1	45480	148000000	120	80	Pančevo	Uljma
74788	ME	103804	103805	2	2	2200	2200	1	13650	148000000	120	80	Uljma	Vršac
74789	ME	103805	103332	2	2	2200	2200	1	12770	148000000	120	80	Vršac	Runun. gr. 3
74790	ME	103774	103755	2	2	2200	2200	1	30720	148000000	120	80	Preljina	Kraljevo
74791	ME	103755	103724	2	2	2200	2200	1	21980	148000000	120	80	Kraljevo	Vrnjačka Banja
74792	M	103724	103725	2	2	2200	2200	1	33980	148000000	120	80	Vrnjačka Banja	Kruševac
74793	M	103725	103720	2	2	2200	2200	1	21640	148000000	120	80	Kruševac	Pojate petlja
74794	M	103742	103711	2	2	2200	2200	1	16720	148000000	120	80	Požega	Užice
74795	M	103711	103721	2	2	2200	2200	1	9509	148000000	100	80	Užice	Kneževici
74796	M	103721	103353	2	2	2200	2200	1	15160	148000000	100	80	Kneževici	Krema
74797	M	103353	103304	2	2	2200	2200	1	11340	148000000	100	80	Krema	Kortoman
74798	O	103753	103750	1	1	1200	1200	1	33500	148000000	80	65	Novi Sad jug	Ruma petlja
74799	ME	103750	103397	2	2	2200	2200	1	24490	148000000	120	80	Ruma petlja	Šabac
74800	O	103397	103396	1	1	1200	1200	1	45800	148000000	100	80	Šabac	Loznica
74801	M	103742	103728	2	2	2200	2200	1	32700	148000000	100	80	Požega	Ivanjica
74802	M	103728	103701	2	2	2200	2200	1	38560	148000000	100	80	Ivanjica	D. Poljana
74803	M	103701	103289	2	2	2200	2200	1	30640	148000000	100	80	D. Poljana	Gostun
74804	M	103719	103736	2	2	2200	2200	1	52130	148000000	120	80	Paraćin petlja	Selište
74805	M	103736	103737	2	2	2200	2200	1	16030	148000000	120	80	Selište	Zaječar
74806	M	103737	103281	2	2	2200	2200	1	8518	148000000	120	80	Zaječar	Bug. gr. 2
74807	O	103726	110164	1	1	1200	1200	1	52050	148000000	100	80	Pančevo	Eška
74808	O	103791	103298	1	1	1200	1200	1	48930	148000000	100	80	Zrenjanin	Kikinda
74809	O	103297	103336	1	1	1200	1200	1	30730	148000000	100	80	Kikinda	Senta
74810	O	103336	103745	1	1	1200	1200	1	28540	148000000	100	80	Senta	Horgoš
74811	ME	103792	103774	2	2	2200	2200	1	4232	148000000	120	80	Čačak	Preljina
74812	M	103809	103297	2	2	2200	2200	1	18450	148000000	120	80	Petlja Kelebija	Kelebija
74813	OE	103809	103259	2	2	2200	2200	1	23230	148000000	120	80	Petlja Kelebija	B. Topola pet.
74814	OE	103809	110165	2	2	2200	2200	1	1566	148000000	120	80	Petlja Kelebija	Petlja Y
19	O	103257	103269	1	1	1200	1200	1	25640	148290000	80	65	Apatin	Bogojevo

Prilog 6.

Transportni zahtevi na putnoj mreži

Tabela P6.1/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74515	RD3	12,7	3	5	59,89302	49,91085	624,8089	66,545	12,74345	35,55224	56,04241	75,400228
74516	RD2	15,07	2	2	56,28971	46,90809	4242,737	141,4921	49,87508	139,1437	219,3378	295,1001
74517	RD2	32,91	2	2	62,91967	53,93115	5508,315	201,1875	52,50063	146,4686	230,8843	310,63491
74518	RD2	26,09	1	2	78,6064	63,8677	3026,804	109,508	34,41055	96,00009	151,3288	203,59978
74519	RD4	38,84	2	5	59,6596	49,71633	252,4855	68,1458	1,079041	3,010356	4,745343	6,38445
74520	RD2	24,35	1	2	57,43981	47,86651	5261,494	147,254	22,90245	63,89428	100,7191	135,50886
74521	RD2	8,006	2	2	68,21914	58,47355	2991,909	150,0564	29,64338	82,70043	130,364	175,93949
74522	RD2	62,67	2	5	58,07531	48,39609	3491,614	83,182	30,85376	86,07721	135,6869	182,55505
74523	RD3	25,26	1	5	59,08952	49,24126	2437,036	200,8406	19,26703	53,75203	84,73146	113,99886
74524	RD3	43,75	2	5	55,89072	46,57156	4678,445	160,7882	43,76012	122,0839	192,4458	258,91917
74525	RD3	61,15	2	5	59,60614	49,67178	1542,326	74,2715	8,430002	23,5184	37,07298	49,878501
74526	RD2	12,89	3	2	59,7784	49,81534	607,1561	12,7765	28,33291	79,04442	124,6009	167,6397
74527	RD1	43,68	1	2	75,44214	61,29674	5164,987	258,6453	83,27136	232,3142	366,2061	492,69865
74528	RD3	46,71	3	5	59,57399	49,64499	1625,888	65,4305	8,253777	23,02676	36,29799	48,835815
74529	RD2	25,96	3	2	56,44443	47,03703	3257,162	123,9516	40,84717	113,9573	179,6354	241,68387
74530	RD2	21,09	2	2	68,81578	58,98496	3086,741	135,5125	29,54858	82,43595	129,9471	174,83257
74531	RD1	14,1	1	2	119,8904	79,92693	8477,554	365,8366	11,4,5829	319,6684	503,906	677,96203
74532	RD2	31,46	2	5	58,93143	50,51265	6724,981	259,3452	64,88352	181,015	285,3411	383,90181
74533	RD2	22,99	2	2	67,40541	57,77607	3424,783	102,5393	40,74274	113,6659	179,1761	241,06599
74534	RD3	23,73	2	2	59,8586	49,88217	1211,518	87,2787	7,634261	21,29841	33,57352	45,170277
74535	RD2	18,67	2	5	58,65038	48,87532	2890,345	68,348	30,80363	85,93734	135,4664	182,25841
74536	RD3	35,49	2	5	59,99649	49,99708	151,2533	25,434	5,306251	14,80362	23,33553	31,395944
74537	RD1	21,04	1	2	119,3131	79,54207	13793,99	407,9539	179,5309	500,8633	789,5308	1062,2455
74538	RD2	66,6	2	5	69,74919	59,78502	1720,389	87,8117	0,961314	2,681917	4,227613	5,687888
74539	RD2	1,73	2	2	68,93548	59,08755	1000,424	42,0158	93,73144	261,4962	412,2068	554,5887
74540	RD2	35,1	1	2	79,4953	64,58993	2293,294	89,5603	13,02225	36,33006	57,26852	77,049852
74541	RD2	3,585	2	5	43,06752	34,45401	11127,94	446,712	279,4536	779,6322	1228,965	1653,4666
74542	RD2	12,38	1	2	59,44958	49,54132	5021,991	307,2994	34,58435	96,48498	152,0931	204,62814
74543	RD2	16,56	2	5	63,97164	54,83284	3881,372	202,9476	43,17459	120,4504	189,8708	255,45475
74544	RD2	33,87	2	5	69,58282	59,64242	1416,836	35,5724	26,62725	74,2859	117,0998	157,54771
74545	RD4	43,84	3	5	38,56556	28,92417	1182,848	51,5789	4,513831	12,59289	19,85067	26,707366
74546	RD3	9,472	3	5	49,96394	39,97115	293,8948	54,414	12,80228	35,71636	56,30112	75,748298
74547	RD1	29,58	1	2	77,21724	62,73901	5153,08	107,5926	60,63245	169,1551	266,646	358,74914
74548	RD2	19,59	2	2	59,8143	49,84525	1277,652	58,2909	12,9279	36,06684	56,8536	76,491609
74549	RD4	15,18	2	5	39,26284	31,41027	3623,774	189,5116	43,69792	121,9104	192,1722	258,55116
74550	RD1	34,69	1	2	119,815	79,87668	9443,6	337,9911	141,7626	395,4955	623,4353	838,7842
74551	RD3	12,1	3	5	49,97812	39,98249	426,1756	19,2446	6,100027	17,01813	26,82635	36,092544
74552	RD2	1,272	2	5	69,9951	59,9958	204,3316	6,5727	3,082677	8,60019	13,55682	18,239534
74553	RD2	3,426	2	2	55,33928	47,43366	8405,702	316,3674	52,06289	145,2474	228,9592	308,04488
74554	RD2	8,122	2	5	68,61551	58,81329	2502,119	109,1518	34,27394	95,61897	150,728	202,79149
74555	RD2	17,24	3	5	46,93169	39,10974	6043,354	240,7251	68,77043	191,8588	302,4347	406,89979
74556	RD3	32,89	1	5	59,34362	49,45302	2025,455	94,4784	24,67425	68,83733	108,511	145,9922
74557	RD2	1,421	2	2	62,28684	53,38872	5559,295	199,9022	60,13425	167,7652	264,455	355,80136

Tabela P6.1/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74558	RD2	21,64	2	2	64,13503	54,97288	4893,365	165,9067	54,83602	152,984	241,1548	324,45291
74559	RD2	42,42	2	5	53,1593	44,29942	7257,217	291,8971	55,67807	155,3332	244,8579	329,43514
74560	RD3	26,13	2	2	49,30929	39,44743	2502,878	106,7891	18,37386	51,26021	80,80351	108,71415
74561	RD3	33,4	3	5	49,9967	39,99736	162,6607	6,1877	4,169213	11,63146	18,33513	24,668334
74562	RD2	7,12	2	8	69,60494	59,66137	1241,258	48,2568	29,81396	83,17632	131,1141	176,40277
74563	RD2	4,815	2	2	56,57231	47,14359	3911,379	129,0533	54,56306	152,2225	239,9543	322,83784
74564	RD2	56,95	2	2	62,18403	53,3006	5616,394	232,6042	58,04187	161,9278	255,2532	343,4212
74565	RD2	3,945	2	5	58,61828	50,24424	6732,206	302,1352	66,18416	184,6435	291,0609	391,59737
74566	RD1	9,952	1	2	119,3153	79,54356	13526,45	484,1511	183,1776	511,0371	805,5682	1083,8225
74567	RD3	4,494	1	5	59,90849	49,92375	779,541	23,1178	16,52487	46,10183	72,67215	97,77411
74568	RD4	31,85	2	5	49,5026	39,60208	490,1143	19,286	2,139381	5,968542	9,40845	12,658258
74569	RD3	74,64	2	2	59,9415	49,95125	1115,974	42,8995	5,145199	14,35431	22,62726	30,443032
74570	RD1	11,3	1	2	119,3805	79,58701	13136,46	392,8835	184,6123	515,0396	811,8773	1092,3109
74571	RD2	71,97	2	5	69,64816	59,69842	1766,194	73,4383	8,930256	24,91403	39,27297	52,838398
74572	RD3	35,5	2	5	54,86161	45,71801	3438,287	133,6409	60,2588	168,1127	265,0027	356,53831
74573	RD2	3,424	2	5	64,85637	55,59117	4850,462	239,4111	40,23315	112,2443	176,9351	238,05088
74574	RD3	8,848	2	5	58,66327	48,88606	2506,473	157,4291	37,39057	104,3139	164,4341	221,23191
74576	RD2	6,886	2	2	68,20674	58,46292	6647,493	194,9578	97,54604	272,1383	428,9825	577,15889
74577	RD4	38,37	2	5	46,83536	37,46829	1249,093	113,8174	20,59451	57,45549	90,56938	121,85328
74578	RD3	47,62	1	2	69,86797	59,88683	907,0839	2,5671	26,55171	74,07514	116,7676	157,10071
74579	RD2	15,36	2	2	67,61344	57,95437	3942,248	206,3616	13,85279	38,64714	60,92103	81,963986
74580	RD2	61,94	2	2	69,04213	59,17897	2343,373	107,8954	22,87154	63,80805	100,5832	135,32597
74581	RD2	36,64	2	5	65,1475	55,84071	4503,464	215,2994	47,25909	131,8455	207,8333	279,62182
74582	RD4	31,62	2	5	49,9265	39,9412	65,36	4,2633	2,852393	7,957734	12,54409	16,876995
74583	RD1	6,86	1	2	119,5183	79,67889	11199,08	395,8829	206,9829	577,4501	910,2575	1224,6729
74584	RD2	1,895	2	2	50,46247	42,05206	8656,127	354,5128	58,18983	162,3406	255,9039	344,29665
74585	RD3	5,026	2	2	46,78663	37,4293	4505,596	184,8174	42,50506	118,5825	186,9263	251,49327
74586	RD2	38,98	1	2	75,79603	61,58427	4755,976	199,1007	53,51521	149,2991	235,3462	316,63796
74587	RD2	11,19	3	5	59,92468	49,93723	871,3143	27,5429	2,526159	7,047592	11,1094	14,946738
74588	RD2	22,96	2	2	57,38936	47,82446	4361,319	194,2652	17,24709	48,1167	75,84827	102,0473
74589	RD2	17,82	3	2	49,39821	39,51857	1733,753	42,7069	20,92637	58,38134	92,02882	123,81684
74590	RD2	1,942	1	2	59,87	49,89167	1109,266	53,4217	20,65095	57,61295	90,81759	122,18723
74591	RD3	38,65	2	5	58,89597	49,07997	2535,816	102,4019	30,17577	84,18571	132,7053	178,54351
74592	RD1	10,37	1	2	99,10155	79,28124	15044,21	511,0398	210,8395	588,2095	927,218	1247,4918
74593	RD3	7,427	2	5	58,34024	48,61686	2491,634	70,5911	27,01355	75,3636	118,7986	159,83332
74594	RD3	42,71	2	5	58,74039	48,95032	2639,659	99,3782	33,44102	93,29525	147,065	197,86329
74595	RD2	0,874	2	5	75,30032	61,18151	4269,455	196,0764	41,99593	117,1621	184,6873	248,48082
74596	RD2	12,51	2	2	49,81819	42,7013	9033,986	346,0769	92,06925	256,8589	404,8969	544,75388
74597	RD2	51,52	1	2	64,40952	55,20816	6079,599	288,5581	49,15745	137,1417	216,1818	290,85402
74598	RD2	8,697	1	5	77,65629	63,09574	3924,737	146,6746	36,37299	101,475	159,9591	215,21113
74599	RD2	27,05	1	2	52,83502	44,02919	7680,927	275,7956	49,69459	138,6402	218,5441	294,03218
74600	RD1	12,1	1	2	119,3808	79,5872	12691,56	439,5611	195,8088	546,2763	861,117	1158,5586
74601	RD1	24,3	1	2	119,9039	79,93596	8765,426	417,9487	89,91823	250,8579	395,4373	532,02679

Tabela P6.1/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74602	RD2	16,79	3	2	53,39454	44,49545	4216,325	161,952	55,09063	153,6943	242,2745	325,95939
74603	RD2	12,71	2	5	59,28008	49,40007	1731,738	67,8695	19,52604	54,47461	85,87049	115,53134
74604	RD1	4,782	1	2	119,8631	79,90875	8653,898	338,0594	133,3492	372,0235	586,4354	788,99824
74605	RD3	77,23	3	5	49,96859	39,97488	566,5178	71,8191	2,059482	5,745635	9,057073	12,18551
74606	RD2	13,66	3	2	63,32038	54,27461	6795,205	285,7915	47,67119	132,9952	209,6456	282,06013
74607	RD1	6,794	1	2	39,87678	29,90758	7729,678	411,5512	276,7793	772,1714	1217,204	1637,6435
74608	RD4	15,67	2	8	45,88493	36,70794	1996,463	69,9294	13,40191	37,38924	58,93814	79,296178
74609	RD3	26,15	3	5	39,74516	39,74516	1084,959	88,3142	21,13645	58,9674	92,95266	125,05979
74610	RD2	37,59	2	2	65,68124	56,29821	4946,157	216,1913	23,8097	66,42536	104,7089	140,87684
74611	RD1	11,49	1	2	97,44012	77,9521	5112,404	253,7328	78,59188	219,2591	345,6269	465,01117
74612	RD3	109,9	3	5	49,99145	39,99316	345,9837	33,2838	1,442297	4,023786	6,342853	8,53762
74613	RD3	27,72	2	5	58,30832	48,59027	2035,859	87,9348	41,06385	114,5618	180,5883	242,96595
74614	RD1	8,368	1	2	119,9971	79,99806	3284,244	100,3813	53,14749	148,2733	233,729	314,46225
74615	RD1	22,15	1	2	119,2837	79,52245	12880,21	449,6931	212,2931	592,2647	933,6104	1256,0923
74616	RD3	15,33	2	2	59,99044	49,99203	230,8069	61,3226	6,50201	18,1396	28,59417	38,470988
74617	RD2	18,08	1	5	78,69407	63,93893	2782,556	100,6449	38,9671	108,7122	171,3673	230,5599
74618	RD1	40,16	1	2	119,9264	79,95093	7626,373	228,0538	110,7972	309,107	487,2577	655,56319
74619	RD2	32,36	1	2	77,87713	63,27517	3597,149	236,8393	35,01284	97,68038	153,9775	207,16339
74620	RD1	14,29	1	2	119,6171	79,74473	11992,08	448,2336	147,3181	410,9947	647,8673	871,64951
74621	RD2	11,71	2	2	58,22012	49,90296	5843,108	205,8715	103,8397	289,6965	456,6601	614,39682
74622	RD3	40,36	3	2	59,70609	49,7507	1210,368	52,0733	13,23442	36,92198	58,20159	78,305218
74623	RD2	35,59	2	2	58,90704	49,0892	2953,936	70,2422	18,48025	51,55702	81,27138	109,34363
74624	RD2	0,428	1	8	73,09342	59,3884	6167,406	214,8281	59,19485	165,1444	260,3238	350,24315
74625	RD1	6,823	1	2	119,8436	79,89572	7039,082	226,4193	203,7975	568,5633	896,249	1205,8257
74626	RD1	12,12	1	2	88,93181	69,16919	5024,447	82,9175	45,99356	128,3149	202,2679	272,13395
74627	RD2	57,82	1	2	54,66601	39,7571	2488,059	75,8097	6,369365	17,76954	28,01083	37,686156
74628	RD3	33,11	1	2	69,97671	59,98004	829,0984	2,7667	1,502916	4,192902	6,609438	8,892428
74629	RD3	64,49	1	2	79,91372	64,9299	1102,128	51,0086	6,870186	19,16675	30,21331	40,649406
74630	RD2	1,11	1	5	59,93716	49,94763	1056,771	60,9126	7,2284	20,16611	31,78865	42,76888
74631	RD2	8,962	1	2	77,97597	63,35548	4019,99	145,7209	23,74899	66,25599	104,442	140,51764
74632	RD2	35,7	1	2	79,76384	64,80812	1848,304	74,923	4,208846	11,74203	18,50942	24,902832
74633	RD2	21,9	1	2	79,51732	64,60782	2243,735	88,7934	13,01746	36,3167	57,24746	77,02152
74634	RD2	15,47	1	5	60	50	0	0	0	0	0	0
74635	RD2	11,6	1	2	59,55354	49,62795	1782,212	42,3868	37,56116	104,7898	165,1843	222,24127
74636	RD1	14,42	1	2	98,56676	78,85341	4955,821	185,979	52,62689	146,8209	231,4396	311,38195
74637	RD3	15,48	1	2	69,99769	59,99802	203,8289	8,4444	4,084555	11,39528	17,96282	24,16743
74638	RD2	33,54	1	2	69,88518	59,90159	1563,563	3,013016	8,405849	13,25047	17,827368	24,16743
74639	RD2	19,34	1	5	69,67129	59,71825	2416,443	25,14	2,72992	7,616053	12,00549	16,152346
74640	RD1	18,63	1	2	94,94072	75,95258	6461,534	292,2931	83,18248	232,0662	365,8152	492,17279
74642	RD3	6,094	1	2	59,99131	49,99275	503,7911	4,3	3,767711	10,51133	16,56942	22,29273
74643	RD2	12,36	1	5	68,54061	58,74909	4444,039	89,6336	1,723962	4,809585	7,58154	10,200308
74644	RD3	5,372	1	2	59,80942	49,84118	1571,327	62,3899	15,44077	43,07736	67,90456	91,35972
74645	RD3	33,91	1	2	69,86134	59,88115	1507,611	58,8103	5,953824	16,61025	26,18339	35,227491

Tabela P6.1/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74646	RD3	34,49	1	2	69,93351	59,94301	825,4567	39,9459	13,8819	38,72834	61,04902	82,136194
74647	RD3	35,63	1	2	79,01398	64,19886	2883,958	130,3135	20,1185	56,1275	88,47601	119,03683
74648	RD3	18,3	1	2	78,11619	63,46941	3671,295	162,0802	29,14298	81,30439	128,1633	172,43271
74649	RD2	18,7	1	2	70,91945	57,62205	7093,363	252,6446	62,29966	173,8064	273,9779	368,61364
74650	RD2	25,72	1	2	75,71335	61,5171	5555,55	210,5741	29,83476	83,23434	131,2056	176,52581
74651	RD2	5,872	2	2	66,28023	56,81162	4458,283	239,4064	61,56454	171,7555	270,745	364,26411
74652	RD2	12,51	2	5	63,44061	54,37767	5132,966	250,5408	98,96842	276,1065	435,2377	585,57475
74653	RD3	2,403	2	2	59,76714	49,80595	1100,133	46,8333	36,56477	102,01	160,8025	216,34585
74654	RD1	64,53	2	2	79,5415	64,62747	3176,897	125,7087	37,75555	105,3321	166,0392	223,39143
74655	RD2	64,06	2	5	69,97941	59,98235	305,3267	10,9018	11,65349	32,51143	51,24906	68,951193
74656	RD3	12,47	2	5	59,17186	49,30989	2237,25	105,795	26,63342	74,30312	117,127	157,58421
74657	RD4	36,06	1	2	56,442	47,035	2148,603	98,3132	21,8364	60,92018	96,0309	129,20129
74658	RD3	41,21	1	2	69,48837	59,56146	2097,746	95,3035	24,21492	67,55588	106,491	143,27448
74659	RD3	25,14	1	5	69,58135	59,64115	2053,47	75,846	19,31518	53,88637	84,94322	114,28378
74660	RD3	18,87	1	2	69,45166	59,53	2515,551	95,711	13,90497	38,79272	61,15051	82,272731
74661	RD2	30,02	1	2	76,37561	62,05518	4962,347	158,2025	36,51831	101,8804	160,5982	216,07097
74662	RD2	24,51	1	2	77,98722	63,36462	4046,398	120,2581	23,95493	66,83053	105,3476	141,73613
74663	RD2	30,64	1	2	73,07002	59,36939	6797,39	286,9914	36,11907	100,7666	158,8424	213,70874
74664	RD2	1,387	1	5	16,59226	12,4442	15336,23	479,6243	271,3083	756,9079	1193,144	1605,2724
74665	RD2	7,208	2	5	38,09085	30,47268	8421,116	398,85	140,244	391,2589	616,757	829,79329
74666	RD2	2,456	1	5	57,11683	46,40743	10862,54	444,9219	106,1201	296,0586	466,6889	627,88968
74667	RD2	2,765	1	2	72,08021	58,56517	6976,514	233,4619	49,38818	137,7854	217,1966	292,21923
74668	RD1	31,05	1	2	92,7898	74,23184	6037,204	315,7977	124,6912	347,8692	548,36	737,77111
74669	RD1	2,527	1	2	119,8666	79,91109	9828,2	202,0549	101,5826	283,3997	446,7342	601,04239
74670	RD2	8,937	1	5	59,98377	49,98648	293,6287	278,7573	0,953653	2,660543	4,19392	5,642558
74671	RD2	27,35	1	5	59,93597	49,94665	634,5575	294,5924	7,964781	22,2205	35,02706	47,125891
74672	RD1	24,51	1	2	119,8077	79,87178	12093,11	139,2456	74,78832	208,6478	328,8998	442,50632
74673	RD1	6,467	1	2	119,7794	79,85294	12220,05	144,0373	86,57712	241,5367	380,7439	512,25811
74674	RD2	6,439	1	2	49,99876	39,99901	179,1106	14,7755	3,324369	9,274475	14,61972	19,669576
74675	RD3	4,31	1	5	59,98021	49,98351	620,8016	17,628	7,065489	19,71162	31,07221	41,804973
74676	RD2	6,448	2	2	36,08841	28,87073	7940,599	293,0403	197,8729	552,0348	870,1944	1170,7715
74677	RD2	44,46	2	2	51,27612	42,7301	6613,709	246,5584	113,1668	315,7179	497,6786	669,58365
74678	RD3	9,982	2	5	53,63673	39,00853	1846,823	64,9711	94,24862	262,939	414,4812	557,64874
74679	RD1	10,36	1	2	117,2902	78,19344	16341,26	602,0263	351,5011	980,6335	1545,812	2079,7561
74680	RD1	6,049	2	2	120	80	0	0	0	0	0	0
74681	RD1	6,012	2	5	120	80	0	0	0	0	0	0
74682	RD1	4,034	2	5	120	80	0	0	0	0	0	0
74683	RD2	46,79	1	2	51,83867	37,70085	5204,919	176,4186	49,01302	136,7387	215,5467	289,99944
74684	RD2	9,161	1	2	49,75027	36,18202	7177,305	281,3565	36,09038	100,6866	158,7162	213,53899
74685	RD2	34,73	3	5	59,31869	49,43224	1480,971	54,1686	26,35286	73,52039	115,8931	155,92418
74686	RD2	117,2	3	5	59,9934	49,9945	299,1697	11,6175	1,81017	5,050095	7,960665	10,710387
74687	RD3	37,17	2	5	59,99435	49,99529	165,4483	15,9575	7,72571	21,68427	34,18177	45,988628
74688	RD2	25,71	2	2	63,21407	54,18349	5514,141	256,1512	44,95881	125,4281	197,7173	266,01156

Tabela P6.1/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74689	RD1	23,62	2	2	116,1849	71,45661	15405,03	568,3863	287,3221	801,5841	1263,569	1700,0229
74690	RD1	23,3	1	2	119,7328	79,82188	11254,35	376,0813	127,2248	354,9373	559,5018	752,76144
74691	RD2	8,385	2	2	55,31444	47,41238	6330,644	256,2302	119,9925	334,7604	527,6961	709,96959
74692	RD2	11,31	2	5	65,72225	56,33336	2908,459	111,6234	91,9428	256,5062	404,3408	544,00572
74693	RD2	44,99	3	2	57,98669	49,70287	3979,511	156,5942	107,3264	299,424	471,9939	635,02711
74694	RD2	16,15	3	5	57,10024	48,94306	4208,629	164,6679	108,2137	301,8994	475,8961	640,27709
74695	RD3	50,82	3	2	58,61747	48,84789	2551,81	111,1623	15,12894	42,20739	66,53318	89,514652
74696	RD3	41,11	3	5	59,26871	49,39059	1628,785	98,829	21,52935	60,06356	94,68057	127,38454
74697	RD1	31,98	1	2	119,6813	79,78754	10775,17	358,301	165,499	461,7165	727,8221	979,22189
74698	RD1	26,81	1	2	119,6098	79,73987	11105,35	390,8851	180,5203	503,6238	793,8821	1068,0999
74699	RD3	22,64	3	2	65,82651	56,42273	3419,47	156,075	34,45232	96,11663	151,5125	203,84695
74700	RD2	13,44	1	2	47,21999	34,34181	7672,403	218,1734	77,62832	216,571	341,3894	459,31003
74701	RD2	27,96	1	2	54,96925	39,97764	482,6939	266,9596	4,223662	11,78336	18,57458	24,990495
74702	RD1	28,2	1	2	119,7633	79,84222	12221,18	152,1138	94,51786	263,6902	415,6653	559,24176
74703	RD1	7,12	1	2	56,31063	46,92552	5914,957	252,6151	118,1725	329,6831	519,6925	699,20142
74704	RD2	29	1	2	55,24971	46,04142	7104,903	140,0434	24,45234	68,21822	107,5351	144,67919
74705	RD2	3,588	1	2	51,60535	37,53116	4708,197	289,4258	65,05656	181,4977	286,102	384,92561
74706	RD4	4,184	1	2	58,15705	48,46421	1156,505	57,9981	20,30226	56,64015	89,28411	120,12407
74707	RD4	7,373	1	2	56,17174	46,80978	2105,572	99,4722	28,12942	78,47672	123,706	166,43571
74708	RD2	52,64	1	2	79,82481	64,85766	1214,944	55,5022	17,50818	48,8451	76,99648	103,59212
74709	RD2	2,449	1	2	59,99947	49,99956	69,7553	5,5221	3,955957	11,03651	17,39729	23,406546
74710	RD2	13,28	1	2	69,96742	59,97208	195,3848	4,0051	25,03298	69,83813	110,0886	148,11475
74711	RD2	1,853	1	2	59,97208	49,97673	195,3848	4,0051	25,03298	69,83813	110,0886	148,11475
74712	RD3	8,731	1	2	69,95913	59,96497	191,4776	5,3338	28,05462	78,26804	123,377	165,99314
74713	RD3	1,688	1	2	59,96497	49,97081	191,4776	5,3338	28,05462	78,26804	123,377	165,99314
74714	RD2	6,717	2	5	69,88384	59,90043	744,0172	28,7772	18,76321	52,34646	82,5158	111,01789
74715	RD2	6,825	2	5	59,97951	49,98292	375,8839	14,4383	10,60741	29,59303	46,64867	62,761759
74716	RD2	26,33	2	5	77,44652	62,9253	2898,383	119,7037	46,98069	131,0688	206,609	277,97462
74717	RD2	2,186	2	5	69,03381	59,17184	1791,783	68,5037	42,48079	118,5148	186,8196	251,34969
74718	RD3	28,8	3	5	49,7772	39,82176	823,8361	34,912	24,15716	67,39472	106,237	142,93268
74719	RD3	8,633	3	5	49,95226	39,9618	427,8639	17,6269	13,60068	37,94378	59,81228	80,472265
74720	RD1	9,028	1	2	79,99976	64,9998	1402,448	106,1843	46,21631	128,9363	203,2474	273,4519
74721	RD1	15,78	1	2	79,99936	64,99948	1790,531	123,1116	59,2788	165,3787	260,693	350,73988
74722	RD3	7,234	3	8	59,99366	49,99472	226,1443	7,025	4,136198	11,53935	18,18994	24,472988
74723	RD3	40,33	3	8	59,10658	49,25548	1781,806	79,825	24,36251	67,96763	107,1401	144,14773
74724	RD2	13,23	2	5	59,82217	49,85181	938,6136	24,3476	24,33037	67,87795	106,9987	143,95754
74725	RD2	30,61	2	5	69,17908	59,29635	1820,452	34,98932	34,98932	97,61477	153,874	207,02425
74726	RD2	34,52	3	5	68,21306	58,46834	1403,535	51,4191	58,30294	162,6562	256,4014	344,96591
74727	RD2	1,793	3	5	59,18564	49,32137	1001,66	34,692	47,91946	133,6879	210,7375	283,52912
74728	RD3	15,4	3	5	59,51977	49,5998	1114,524	43,7487	28,3766	79,16631	124,793	167,89821
74729	RD3	3,664	3	5	59,84524	49,87103	681,8131	25,871	18,88535	52,6872	83,05292	111,74054
74730	RD3	4,669	3	5	49,90567	39,92453	756,5704	24,1222	11,77726	32,85672	51,79336	69,683493
74731	RD3	12,48	3	5	49,6899	39,75192	1142,526	40,9833	21,27852	59,36377	93,57747	125,90041

Tabela P6.1/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenarij

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74732	RD2	2,75	2	2	58,96451	49,13709	2609,029	50,2628	5,494236	15,32807	24,16224	32,508206
74733	RD2	13,37	2	2	58,1597	48,46642	3002,695	67,4628	16,02716	44,7133	70,48335	94,829272
74734	RD4	26,18	3	5	37,84049	28,38037	1664,098	41,967	4,641313	12,94854	20,4113	27,461648
74735	RD3	0,825	3	5	59,95543	49,96286	435,6889	17,9667	10,67755	29,7887	46,95711	63,176734
74736	RD2	0,782	2	5	66,8981	57,34123	3839,433	109,3418	39,30163	109,6454	172,8385	232,53925
74737	RD2	21,9	2	5	65,23802	55,9183	4520,149	138,8448	49,29227	137,5178	216,7747	291,65172
74738	RD3	24,76	2	2	59,80158	49,83465	1062,979	65,76	20,68483	57,70747	90,96657	122,38768
74739	RD3	4,367	2	2	59,99947	49,99955	107,0901	25,8638	0,635268	1,772299	2,793745	3,758743
74740	RD2	13,44	1	2	78,92849	64,1294	1742,886	70,0054	62,79436	175,1865	276,1535	371,54069
74741	RD2	6,663	1	2	59,71664	49,76387	852,571	34,3024	50,93456	142,0995	223,9971	301,36878
74742	RD1	6,629	1	2	119,9995	79,99966	1657,743	58,0423	49,36345	137,7164	217,0878	292,0729
74743	RD1	17,78	1	2	119,998	79,99866	2568,979	94,8423	61,3689	171,2097	269,8847	363,10656
74744	RD3	3,75	1	5	58,9579	49,13158	2352,068	64,1015	12,94666	36,11916	56,93607	76,602567
74745	RD3	13,63	1	5	68,87433	59,03514	3262,408	100,8582	23,27192	64,92504	102,3439	137,69492
74746	RD3	9,123	2	2	59,73042	49,77535	815,6851	35,6561	24,54095	68,46545	107,9248	145,20351
74747	RD3	4,615	2	2	59,94238	49,95198	418,1295	18,3339	13,9283	38,8578	61,25309	82,410746
74748	RD3	16,89	2	5	59,89557	49,91298	801,2196	51,3292	7,751848	21,62646	34,09064	45,866015
74749	RD4	25,83	2	5	48,21726	38,57381	461,6138	40,5704	16,35408	45,62533	71,92103	96,763535
74750	RD3	21,58	2	5	59,55437	49,62864	1506,984	63,703	13,17639	36,76008	57,94638	77,961854
74751	RD4	32,88	2	5	45,48908	36,39126	1813,28	70,6594	24,53048	68,43622	107,8787	145,14153
74752	RD3	17,49	2	5	59,54149	49,61791	1714,553	68,7798	13,22366	64,79041	102,1317	137,40938
74753	RD3	23	2	5	49,47821	49,56517	1582,288	63,4409	15,01862	41,89963	66,04805	88,861946
74754	RD4	26,37	3	5	35,70572	26,77929	2138,444	91,8403	24,90838	69,49052	109,5407	147,37753
74755	RD4	27,8	3	5	36,58567	27,43926	2104,675	79,3781	11,65963	32,52856	51,27606	68,987514
74756	RD3	48,48	3	5	59,91817	49,93181	830,94	45,195	3,868177	10,79162	17,01125	22,887171
74757	RD3	34,4	2	5	59,28557	49,40464	1548,867	49,5041	25,95907	72,42177	114,1613	153,5942
74758	RD3	33,84	2	5	59,36502	49,47085	2010,663	67,1829	7,099242	19,80578	31,22064	42,00468
74759	RD3	1,793	2	5	59,90047	49,91706	1205,467	23,7333	4,713615	13,15025	20,72927	27,889442
74760	RD2	0,554	1	5	59,73339	49,77782	2146,82	44,6701	8,299444	23,15416	36,49883	49,106021
74761	RD2	7,284	2	5	59,50548	49,5879	1181,087	59,5081	26,23282	73,1855	115,3652	155,21393
74762	RD2	1,822	2	5	59,98163	49,98469	189,3866	15,6081	10,93085	30,49537	48,07107	64,67547
74763	RD3	1,622	1	5	59,83651	49,86376	673,5005	26,2784	41,22549	115,0127	181,2991	243,92232
74764	RD3	7,991	1	5	69,5071	59,57751	1745,421	54,4584	35,9549	100,3086	158,1204	212,73741
74765	RD2	4,105	1	2	59,00473	49,17061	1548,27	49,0052	80,9213	225,7579	355,8711	478,79388
74766	RD2	8,052	1	2	77,51974	62,98479	2429,092	83,5386	90,13058	251,4503	396,3712	533,2832
74767	RD2	1,826	1	2	59,99702	49,99752	65,5042	1,6935	10,66428	29,75168	46,89876	63,098234
74768	RD2	7,172	1	2	79,93393	64,94632	615,8458	25,3065	18,91142	52,75993	83,16757	111,89479
74769	RD2	2,296	1	2	59,99794	49,99829	277,6193	5,7889	2,101449	5,862717	9,241634	12,433821
74770	RD2	10,01	1	2	79,86697	64,89192	1180,944	45,1844	13,04084	36,38193	57,35028	77,15986
74771	RD3	24,64	1	2	69,89289	59,9082	1478,793	52,1276	1,713435	4,780218	7,535248	10,138026
74772	RD3	4,528	3	5	59,98766	49,98972	242,1139	7,9167	7,113589	19,84581	31,28374	42,089574
74773	RD2	13,26	3	5	59,45568	49,5464	1333,358	52,7611	24,48431	68,30742	107,6757	144,86836
74774	RD1	4,94	1	2	120	80	0	0	0	0	0	0

Tabela P6.1/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Bazni scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74776	RD1	10,02	1	2	99,69393	79,75514	3672,02	162,085	24,01785	67,00609	105,6244	142,10846
74777	RD1	10,65	1	2	79,72101	64,77332	2592,888	115,7276	64,89908	181,0584	285,4095	383,99387
74778	RD1	55,51	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74779	RD1	24,65	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74780	RD1	31,71	1	2	69,43992	59,51994	2708,274	150,1978	94,64498	264,0448	416,2243	559,99392
74781	RD2	9,667	1	2	66,60519	57,09017	3058,699	165,8613	100,9367	281,5979	443,8939	597,22093
74782	RD1	43,11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74783	RD1	40,79	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74784	RD1	55,73	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74785	RD1	27,01	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74787	RD1	45,48	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74788	RD1	13,65	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74789	RD1	12,77	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74790	RD1	30,72	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74791	RD1	21,98	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74792	RD1	33,98	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74793	RD1	21,64	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74794	RD1	16,72	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74795	RD1	9,509	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74796	RD1	15,16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74797	RD1	11,34	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74798	RD2	33,5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74799	RD2	24,49	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74800	RD2	45,8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74801	RD1	32,7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74802	RD1	38,56	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74803	RD1	30,64	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74804	RD1	52,13	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74805	RD1	16,03	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74806	RD1	8,518	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74807	RD2	52,05	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74808	RD2	48,93	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74809	RD2	30,73	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74810	RD2	28,54	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74811	RD1	4,232	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74812	RD1	18,45	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74813	RD1	23,23	1	2	94,56594	75,65275	6470,832	281,7353	89,16826	248,7656	392,1391	527,58937
74814	RD1	1,566	1	2	94,75153	75,80123	6359,451	279,4605	89,95899	250,9716	395,6166	532,26794
19	RD3	25,64	1	2	79,99162	64,99319	381,6911	16,2156	4,517003	12,60174	19,86462	26,726134

Tabela P6.2/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74515	RD3	12.7	3	5	58,36317	48,63597	2464,455	61,3512	27,7415	77,39447	122	164,1405
74516	RD2	15.07	2	2	36,62784	30,5232	1121,223	178,7641	111,5253	311,1383	490,4597	659,8712
74517	RD2	32.91	2	2	41,93994	35,94852	11071,05	270,9865	119,872	334,4242	527,1661	709,2565
74518	RD2	26.09	1	2	67,13086	54,54383	7318,032	126,2494	114,0685	318,2335	501,6441	674,9188
74519	RD4	38.84	2	5	54,56534	45,47112	2522,571	76,9238	2,430456	6,780595	10,68852	14,38048
74520	RD2	24.35	1	2	37,52044	31,26703	15855,89	132,6465	49,7626	138,8299	218,8431	294,4345
74521	RD2	8.006	2	2	42,65849	36,56442	12495,24	183,532	72,29361	201,688	317,9287	427,7457
74522	RD2	62.67	2	5	49,17735	40,97791	7505,593	99,8798	68,19761	190,2608	299,9156	403,5105
74523	RD3	25.26	1	5	38,89869	32,41558	12405,63	241,3524	41,60207	116,0633	182,9552	246,1505
74524	RD3	43.75	2	5	44,88759	37,40632	9124,453	220,5937	68,16864	190,1799	299,7882	403,3391
74525	RD3	61.15	2	5	46,67328	38,8944	8018,509	94,2656	18,15874	50,66006	79,85746	107,4413
74526	RD2	12.89	3	2	56,80358	47,33632	2489,328	25,4649	63,45885	177,0403	279,0757	375,4723
74527	RD1	43.68	1	2	38,62538	31,38312	11034,75	314,0645	169,1055	471,7782	743,6827	1000,561
74528	RD3	46.71	3	5	47,07704	39,23087	7817,208	89,0392	20,43627	57,01402	89,87347	120,917
74529	RD2	25.96	3	2	38,63396	32,19497	8142,912	160,0899	93,07458	259,6636	409,3181	550,7022
74530	RD2	21.09	2	2	59,90226	51,34479	7750,825	173,0645	80,65267	225,0084	354,6897	477,2044
74531	RD1	14.1	1	2	114,2981	76,19875	26282,28	427,3627	241,6625	674,201	1062,77	1429,865
74532	RD2	31.46	2	5	39,52144	33,87552	11772,94	338,2532	122,398	341,4715	538,2752	724,2028
74533	RD2	22.99	2	2	52,90794	45,34966	8333,645	130,6832	91,63567	255,6493	402,9901	542,1885
74534	RD3	23.73	2	2	53,25983	44,38319	7249,713	104,224	15,00664	41,86619	65,99534	88,79103
74535	RD2	18.67	2	5	44,98322	37,48602	9396,173	82,8761	65,9862	184,0913	290,1904	390,4261
74536	RD3	35.49	2	5	59,9076	49,923	949,2089	21,918	11,48948	32,05388	50,5278	67,98079
74537	RD1	21.04	1	2	112,7112	75,14078	22829,91	441,5937	420,4218	1172,912	1848,907	2487,545
74538	RD2	66.6	2	5	43,86094	37,59509	13604,69	110,1252	28,37475	79,16114	124,7849	167,8873
74539	RD2	1.73	2	2	51,50915	44,1507	5619,523	91,5219	267,903	747,4079	1178,169	1585,125
74540	RD2	35.1	1	2	64,65756	52,53427	9590,349	99,7584	76,00218	212,0343	334,2381	449,6885
74541	RD2	3.585	2	5	43,82761	35,06209	10985,26	256,916	260,4088	726,5002	1145,211	1540,783
74542	RD2	12.38	1	2	57,60505	48,00421	8629,122	338,9784	91,49039	255,244	402,3512	541,3289
74543	RD2	16.56	2	5	26,47433	22,69229	13734,79	250,477	108,2516	302,0052	476,0628	640,5015
74544	RD2	33.87	2	5	61,95249	53,10214	5838,532	46,7826	64,48602	179,906	283,593	381,5499
74545	RD4	43.84	3	5	23,77515	17,83136	9428,712	67,0115	9,999782	27,89784	43,97648	59,16655
74546	RD3	9.472	3	5	49,17846	39,34277	1844,969	48,4946	27,53161	76,80892	121,0769	162,8986
74547	RD1	29.58	1	2	55,81074	45,34622	8752,835	129,6586	142,9203	398,7256	628,5269	845,6288
74548	RD2	19.59	2	2	51,14098	42,61749	7944,714	68,4551	28,24754	78,80626	124,2254	167,1346
74549	RD4	15.18	2	5	19,30924	15,44739	13925,7	204,5615	94,80505	264,4914	416,9283	560,941
74550	RD1	34.69	1	2	104,9021	69,9347	32730	400,6618	370,7028	1034,203	1630,256	2193,368
74551	RD3	12.1	3	5	47,15511	37,72408	4181,696	22,3751	15,13253	42,2174	66,54897	89,53589
74552	RD2	1,272	2	5	66,18932	56,73371	4139,02	23,2322	13,7009	38,2324	60,25306	81,06529
74553	RD2	3,426	2	2	22,60076	19,37208	20587,16	394,9371	94,86127	264,6482	417,1755	561,2737
74554	RD2	8,122	2	5	52,53373	45,20034	8758,701	121,2905	80,88357	225,6526	355,7052	478,5706
74555	RD2	17,24	3	2	23,28544	19,40453	11801,58	319,868	155,3718	433,4631	683,2851	919,3011
74556	RD3	32,89	1	5	47,9265	39,93875	8545,617	93,3874	53,24899	148,5564	234,1754	315,0628
74557	RD2	1,421	2	2	29,62152	25,38988	15626,68	266,6905	136,2067	379,9955	599,002	805,9056

Tabela P6.2/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74558	RD2	21,64	2	2	39,57059	33,91765	11857,45	226,2989	125,2766	349,5023	550,9344	741,2347
74559	RD2	42,42	2	5	37,70719	31,42266	11247,82	319,0639	179,6985	501,3308	790,2677	1063,237
74560	RD3	26,13	2	2	39,67727	31,74182	8905,402	138,6321	43,82595	122,2676	192,7353	259,3087
74561	RD3	33,4	3	5	49,96195	39,96956	516,4498	7,3847	8,991043	25,08362	39,5403	53,19806
74562	RD2	7,12	2	8	60,77684	52,09444	6116,12	57,4059	71,22484	198,7062	313,2285	421,422
74563	RD2	4,815	2	2	31,56254	26,30211	13167,05	169,4066	120,7987	337,0098	531,2419	714,7401
74564	RD2	56,95	2	2	46,52344	39,87723	8952,72	312,8739	132,3141	369,1357	581,8833	782,8737
74565	RD2	3,945	2	5	24,17354	20,72018	18052,29	356,1698	145,7124	406,5149	640,8055	862,1486
74566	RD1	9,952	1	2	102,4125	68,27502	32869,59	503,0224	424,3848	1183,968	1866,335	2510,993
74567	RD3	4,494	1	5	58,20568	48,50474	3293,376	26,4975	35,98124	100,3821	158,2362	212,8932
74568	RD4	31,85	2	5	39,67838	31,74271	4921,19	20,2765	7,176895	20,02242	31,56214	42,46414
74569	RD3	74,64	2	2	55,27321	46,06101	7692,267	47,4839	10,71084	29,88158	47,10353	63,37373
74570	RD1	11,3	1	2	113,8322	75,88811	20959,08	420,1214	429,7663	1198,981	1890,002	2542,835
74571	RD2	71,97	2	5	58,46836	50,11573	8534,311	101,3196	23,00483	64,17989	101,1693	136,1146
74572	RD3	35,5	2	5	41,605	34,67084	6805,97	180,4679	103,0987	287,6293	453,4015	610,0126
74573	RD2	3,424	2	5	29,54697	25,52598	17217,95	235,8409	89,62064	250,0277	394,1286	530,266
74574	RD3	8,848	2	5	37,39841	31,16534	11860,98	151,2853	82,80176	231,0041	364,1409	489,9201
74575	RD2	6,886	2	2	67,96392	58,25479	7392,832	57,765	98,72423	275,4253	434,1638	584,13
74577	RD4	38,37	2	5	30,76513	24,61211	7629,881	126,9113	45,19765	126,0944	198,7677	267,4247
74578	RD3	47,62	1	2	55,2865	47,38842	10704,64	4,578	64,3931	179,6468	283,1843	381,0001
74579	RD2	15,36	2	2	53,87576	46,17922	9744,088	201,2163	33,28882	92,87065	146,3957	196,9628
74580	RD2	61,94	2	2	45,30339	38,85462	12541,47	126,4477	44,19316	123,2921	194,3502	261,4814
74581	RD2	36,64	2	5	49,16681	42,14298	9045,521	265,0105	103,2057	287,928	453,8723	610,6461
74582	RD4	31,62	2	5	49,68592	39,74873	393,1287	5,03	1,033938	2,884527	4,546995	6,11759
74583	RD1	6,86	1	2	99,61896	66,41264	32753,91	455,5892	496,386	1384,84	2182,978	2937,009
74584	RD2	1,895	2	2	26,41827	22,01523	18716,62	446,5059	136,66	381,2602	600,9956	808,5877
74585	RD3	5,026	2	2	28,16186	22,52949	12831,9	229,3768	96,57039	269,4164	424,6918	571,3862
74586	RD2	38,98	1	2	50,47284	41,00918	11844,19	217,055	164,4374	458,7549	723,1535	972,9407
74587	RD2	11,19	3	5	58,6303	48,85858	2958,629	48,4	5,532391	15,43451	24,33003	32,73396
74588	RD2	22,96	2	2	34,82088	29,0174	14280,66	208,3011	38,78281	108,198	170,5568	229,4695
74589	RD2	17,82	3	2	44,40912	35,5273	4572,523	60,6482	50,90751	142,0241	223,8782	301,2087
74590	RD2	1,942	1	2	54,15848	45,13207	7283,06	94,9649	45,34255	126,4987	199,4049	268,2821
74591	RD3	38,65	2	5	44,4783	37,06525	9566,358	106,0695	65,92745	183,9274	289,932	390,0785
74592	RD1	10,37	1	2	89,07241	71,25793	26554,89	567,6523	498,1254	1389,692	2190,627	2947,3
74593	RD3	7,427	2	5	28,43007	23,69172	12975,27	78,6733	61,53951	171,6857	270,635	364,116
74594	RD3	42,71	2	2	34,74423	28,95353	13832,63	120,3205	58,49608	163,195	257,2507	346,1087
74595	RD2	0,874	2	5	51,59521	41,92111	10373,7	237,8998	107,4352	299,7275	472,4724	635,6709
74596	RD2	12,51	2	2	24,52656	21,02277	15596,92	424,7739	211,7489	590,7465	931,2173	1252,872
74597	RD2	51,52	1	2	59,47208	50,97607	6292,192	321,3167	124,3915	347,033	547,0419	735,9976
74598	RD2	8,697	1	5	49,41901	40,15294	13786,47	163,2166	119,4525	333,2539	525,3213	706,7745
74599	RD2	27,05	1	2	40,01829	33,34858	11395,85	301,8715	140,3631	391,5913	617,2809	830,4982
74600	RD1	12,1	1	2	104,4032	69,60214	29865,53	498,8961	467,4244	1304,041	2055,612	2765,649
74601	RD1	24,3	1	2	115,6187	77,07913	25643,96	495,7534	185,9943	518,8951	817,955	1100,488

Tabela P6.2/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74602	RD2	16,79	3	2	28,0779	23,39825	1083,185	206,815	125,519	350,1784	552,0002	742,6686
74603	RD2	12,71	2	5	52,978	44,14833	4833,063	126,3155	43,33769	120,9054	190,588	256,4197
74604	RD1	4,782	1	2	116,4539	77,63595	20702,55	392,3286	291,2606	812,5719	1280,889	1723,326
74605	RD3	77,23	3	5	45,37877	36,30302	5592,923	66,4852	2,984568	8,326482	13,12537	17,65905
74606	RD2	13,66	1	2	40,7439	34,92334	14487,95	308,1354	123,9063	345,6794	544,9082	733,127
74607	RD1	6,794	1	2	39,56592	29,67444	13918,02	412,2079	285,5981	796,7744	1255,987	1689,822
74608	RD4	15,67	2	8	27,55074	22,04059	10044,21	73,3845	28,97857	80,84572	127,4403	171,46
74609	RD3	26,15	3	5	35,12122	28,09697	8606,626	83,2098	47,02003	131,1786	206,782	278,2074
74610	RD2	37,59	2	2	56,68268	48,58515	7708,455	265,0474	61,00312	170,1892	268,276	360,9423
74611	RD1	11,49	1	2	70,57494	57,34214	8076,389	286,3896	110,7385	308,9434	486,9997	655,2161
74612	RD3	109,9	3	5	49,83579	39,86863	1310,817	30,3111	3,346344	9,335781	14,71636	19,7996
74613	RD3	27,72	2	5	48,29747	40,24789	5159,377	111,6429	88,63161	247,2684	389,7791	524,4141
74614	RD1	8,368	1	2	119,9124	79,94162	7596,037	102,9154	134,5158	375,2783	591,5662	795,9012
74615	RD3	22,15	1	2	102,0676	68,04509	3052,146	509,8715	505,2765	1409,643	2222,076	2989,612
74616	RD3	15,33	2	2	58,16642	48,47202	3981,55	64,1538	13,83691	38,60282	60,85116	81,86998
74617	RD2	18,08	1	5	66,14623	53,74381	7365,354	116,6571	125,6603	350,5728	552,6219	743,5051
74618	RD1	40,16	1	2	110,1023	73,40152	30971,75	321,3063	273,2796	762,4076	1201,813	1616,936
74619	RD2	32,36	1	2	64,81723	52,664	9000,236	251,4488	84,12041	234,6829	369,94	497,7223
74620	RD1	14,29	1	2	108,2555	72,17031	30506,73	455,7146	340,6426	950,3399	1498,059	2015,509
74621	RD2	11,71	2	2	34,53494	29,60138	11370,92	280,3754	199,4354	556,3939	877,0658	1180,016
74622	RD3	40,36	3	2	46,44948	38,7079	7795,67	66,3717	28,93266	80,71763	127,2384	171,1883
74623	RD2	35,59	2	2	50,14774	41,78979	8022,456	73,1731	39,95898	111,4794	175,7293	236,4287
74624	RD2	0,428	1	8	42,91757	34,87052	15520,75	256,5992	140,008	390,6005	615,7191	828,3969
74625	RD1	6,823	1	2	119,5625	79,70831	10792,57	209,66	215,986	602,5675	949,8511	1277,943
74626	RD1	12,12	1	2	98,77976	65,85318	36553,23	194,0167	411,5839	1148,255	1810,04	2435,253
74627	RD2	57,82	1	2	44,8445	32,61418	11483,35	92,8132	10,63209	29,66188	46,7572	62,90778
74628	RD3	33,11	1	2	64,30414	55,11783	8195,76	13,1813	0,520079	1,450939	2,287174	3,077195
74629	RD3	64,49	1	2	77,16944	62,70017	5130,231	53,2494	17,52068	48,87998	77,05145	103,6661
74630	RD2	1,11	1	5	56,18837	46,82364	6588,779	98,6433	19,87714	55,45414	87,41456	117,6087
74631	RD2	8,962	1	2	44,57182	36,21461	17754,41	171,5366	54,46013	151,9353	239,5017	322,2288
74632	RD2	35,7	1	2	69,98099	56,85955	9425,371	95,6396	11,99662	33,46872	52,75807	70,98144
74633	RD2	21,9	1	2	67,89047	55,16101	9639,938	109,1405	33,06601	92,24904	145,4158	195,6444
74634	RD2	15,47	1	5	57,70671	48,08893	5976,669	0	0	0	0	0
74635	RD2	11,6	1	2	53,90744	44,92386	6811,713	55,3772	67,33189	187,8455	296,1084	398,3883
74636	RD1	14,42	1	2	71,37167	57,98948	7707,811	240,7537	115,3887	321,9164	507,4497	682,7297
74637	RD3	15,48	1	2	68,17443	58,43523	4761,287	10,8028	10,03441	27,99445	44,12876	59,37144
74638	RD3	33,54	1	2	64,13599	54,97371	7980,692	7,5689	10,75936	30,01694	47,3169	63,66081
74639	RD2	19,34	1	5	62,2549	53,36134	9103,928	27,4867	8,756597	24,42955	38,50926	51,81089
74640	RD1	18,63	1	2	60,08712	48,82078	7544,525	33,15322	220,9303	616,3612	971,5947	1307,197
74642	RD3	6,094	1	2	59,89713	49,89761	1500,304	5,4111	9,828932	27,4212	43,22512	58,15567
74643	RD2	12,36	1	5	52,10264	44,6594	10599,89	100,6738	105,0671	293,121	462,0582	621,6599
74644	RD3	5,372	1	2	49,02347	40,85289	9754,695	66,6432	64,0016	178,5545	281,4626	378,6836
74645	RD3	33,91	1	2	60,52888	51,8819	9703,038	74,69	15,72306	43,8649	69,14599	93,02996

Tabela P6.2/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74646	RD3	34,49	1	2	61,40506	52,63291	8659,912	52,8367	35,28619	98,443	155,1796	208,7808
74647	RD3	35,63	1	2	62,85144	51,0668	10950,09	153,255	52,6772	146,9612	231,6608	311,6796
74648	RD3	18,3	1	2	57,72216	46,89925	12103,05	189,3537	74,57791	208,0608	327,9745	441,2614
74649	RD2	18,7	1	2	40,32054	32,76044	16116,16	293,858	153,4611	428,1326	674,8824	907,996
74650	RD2	25,72	1	2	52,42002	42,59126	13980,12	249,6362	73,81161	205,9229	324,6045	436,7274
74651	RD2	5,872	2	2	32,52097	27,87512	17748,78	256,0268	148,5135	414,3296	653,1243	878,7224
74652	RD2	12,51	2	5	23,94924	20,52792	20106,45	269,5871	236,6684	660,268	1040,807	1400,316
74653	RD3	2,403	2	2	57,5742	47,9785	3412,767	56,8667	80,84953	225,5576	355,5555	478,3692
74654	RD1	64,53	2	2	68,38883	55,56592	7209,787	123,3676	103,0913	287,6086	453,3689	609,9688
74655	RD1	64,06	2	2	67,04745	57,46924	4128,447	25,7238	31,51865	87,93213	138,6109	186,489
74656	RD3	12,47	2	5	50,04749	41,70624	7401,032	137,3879	57,1767	159,5141	251,4484	338,3022
74657	RD4	36,06	1	2	44,15771	36,79809	7321,686	99,1426	66,60905	185,8289	292,9295	394,1114
74658	RD3	41,21	1	2	60,95933	52,25085	7581,162	96,0107	73,5943	205,3167	323,6488	435,4416
74659	RD3	25,14	1	5	56,59363	48,50883	10660,89	84,3948	43,3662	120,985	190,7134	256,5884
74660	RD3	18,87	1	2	55,81272	47,83948	11407,65	106,9421	29,80591	83,15386	131,0787	176,3551
74661	RD2	30,02	1	2	43,88123	35,6535	17099,84	197,1359	82,02447	228,8355	360,7226	485,3211
74662	RD2	24,51	1	2	53,54184	43,50275	14477,18	149,0451	50,94409	142,1261	224,039	301,4252
74663	RD2	30,64	1	2	40,2756	32,72393	18349,71	328,2665	82,8958	231,2664	364,5544	490,4765
74664	RD2	1,387	1	5	6,5625	4,921875	24035,52	491,9077	519,8565	1450,319	2286,195	3075,879
74665	RD2	7,208	2	5	13,83284	11,06627	21106,76	453,5222	310,1075	865,1517	1363,773	1834,839
74666	RD2	2,456	1	5	22,09812	17,95472	21849,82	503,1461	285,2103	795,6924	1254,282	1687,528
74667	RD2	2,765	1	2	42,67663	34,67476	14923,06	273,3074	160,7299	448,4115	706,8489	951,0042
74668	RD1	31,05	1	2	57,10646	46,399	9466,736	347,3071	183,4901	511,9088	806,9422	1085,671
74669	RD1	2,527	1	2	118,3279	78,8853	16933,32	217,9955	250,9086	699,996	1103,432	1484,572
74670	RD2	8,937	1	5	48,37742	40,31451	11715,28	276,6841	2,351202	6,559489	10,33998	13,91156
74671	RD2	27,35	1	5	47,72545	39,77121	12022,39	298,3413	2,170993	6,056734	9,547471	12,8453
74672	RD1	24,51	1	2	117,6345	78,42303	21632,25	126,9396	182,7305	509,7898	803,6019	1081,177
74673	RD1	6,467	1	2	116,3983	77,59885	23271,94	133,7261	229,4228	640,054	1008,942	1357,445
74674	RD2	6,439	1	2	49,88262	39,9061	1080,58	16,0353	25,46474	71,04267	111,9874	150,6694
74675	RD3	4,31	1	5	57,63841	48,03201	5470,558	14,7318	17,1815	47,93371	75,55982	101,6592
74676	RD2	6,448	2	2	42,58973	34,07179	5350,787	162,8992	159,881	446,0432	703,1156	945,9814
74677	RD2	44,46	2	2	37,76711	31,47259	9333,844	301,8858	239,0813	666,9996	1051,418	1414,592
74678	RD3	9,982	2	5	52,65751	38,29637	3729,196	36,2463	76,32092	212,9235	335,6398	451,5744
74679	RD1	10,36	1	2	113,5654	75,71026	20447,51	519,4613	452,6354	1262,783	1990,574	2678,146
74680	RD1	6,049	2	2	102,9435	68,62899	32529,33	273,415	434,2879	1211,596	1909,887	2569,588
74681	RD1	6,012	2	5	104,8191	69,87941	30136,05	187,824	464,9483	1297,134	2044,723	2750,999
74682	RD1	4,034	2	5	117,1874	78,12493	16909,47	149,3451	366,979	1023,815	1613,88	2171,336
74683	RD2	46,79	1	2	45,09845	32,79887	7830,717	186,0128	114,3204	318,9363	502,7519	676,4093
74684	RD2	9,161	1	2	34,16244	24,84541	12759,51	325,1283	139,3276	388,7023	612,7268	824,3711
74685	RD2	34,73	3	5	53,57236	44,04363	4264,451	55,5822	57,00327	159,0303	250,6857	337,276
74686	RD2	117,2	3	5	59,89087	49,90906	1021,921	10,9111	3,728976	10,40327	16,39908	22,06355
74687	RD3	37,17	2	5	29,24574	24,37145	16538,45	33,9109	57,89699	161,5236	254,6161	342,564
74688	RD2	25,71	2	2	32,64397	27,98054	15873,59	306,0267	83,45372	232,8229	367,008	493,7776

Tabela P6.2/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74689	RD1	23.62	2	2	71,99759	47,9984	32645,83	627,9921	643,0337	1793,964	2827,897	3804,691
74690	RD1	23,3	1	2	105,768	70,51199	33524,21	419,6147	321,5466	897,0651	1414,079	1902,522
74691	RD2	8,385	2	2	19,31736	16,55773	19457,4	287,3999	206,5143	576,1428	908,1969	1221,901
74692	RD2	11,31	2	2	46,5325	39,885	8107,222	156,4181	166,9426	465,7439	734,1707	987,7633
74693	RD2	44,99	3	2	35,16926	30,14508	7567,194	214,4716	201,0036	560,7687	883,9621	1189,295
74694	RD2	16,15	3	5	25,00031	21,42884	11328,27	224,4273	204,5534	570,6722	899,5732	1210,298
74695	RD3	50,82	3	2	33,5904	27,992	11631,73	144,5783	39,22644	109,4357	172,5078	232,0944
74696	RD3	41,11	3	5	37,73047	31,44206	9810,109	126,4715	52,52007	146,5229	230,9698	310,7499
74697	RD1	31,98	1	2	94,86188	75,8895	22546,14	390,948	382,0107	1065,751	1679,985	2260,275
74698	RD1	26,81	1	2	65,04771	55,75518	24606,09	434,9607	413,6813	1154,107	1819,264	2447,663
74699	RD3	22,64	3	2	31,00244	26,57352	13103,04	197,1605	75,0926	209,4967	330,238	444,3067
74700	RD2	13,44	1	2	31,98891	23,26466	11986,56	193,4385	208,1694	580,7603	915,4756	1231,693
74701	RD2	27,96	1	2	36,75952	26,7342	15579,7	280,2841	10,45423	29,16569	45,97503	61,85544
74702	RD1	28,2	1	2	117,1293	78,08618	20841,12	150,1018	249,6784	696,564	1098,022	1477,293
74703	RD1	7,12	1	2	55,3292	46,10766	7595,806	183,4622	90,409	252,2271	397,5956	534,9306
74704	RD2	29	1	2	30,87423	25,72852	14956,19	147,45	186,1762	519,4028	818,7552	1101,565
74705	RD2	3,588	1	2	33,53232	24,38714	12403,11	317,4033	161,6145	450,8793	710,739	956,238
74706	RD4	4,184	1	2	47,56628	39,63857	5742,229	58,0797	60,91536	169,9444	267,8901	360,423
74707	RD4	7,373	1	2	42,00882	35,00735	8088,454	105,2825	79,97283	223,1118	351,7	473,182
74708	RD2	52,64	1	2	75,99768	61,74811	5029,267	55,0899	48,50914	135,333	213,3307	287,0181
74709	RD2	2,449	1	2	59,19081	49,32567	3387,638	11,2029	15,29421	42,66847	67,26	90,49253
74710	RD2	13,28	1	2	66,39027	56,90594	4223,326	32,4936	77,40761	215,9552	340,4188	458,0041
74711	RD2	1,853	1	2	56,90594	47,42162	423,326	32,4936	77,40761	215,9552	340,4188	458,0041
74712	RD3	8,731	1	2	68,55919	58,76502	2508,878	17,7592	64,91318	181,0977	285,4715	384,0773
74713	RD3	1,688	1	2	58,76502	48,97085	2508,878	17,7592	64,91318	181,0977	285,4715	384,0773
74714	RD2	6,717	2	5	68,72086	58,90359	2301,268	33,8867	40,85044	113,9664	179,6498	241,7033
74715	RD2	6,825	2	5	59,76346	49,80288	1206,955	17,4978	23,02216	64,22826	101,2456	136,2172
74716	RD2	26,33	2	5	59,36543	48,23441	7676,669	128,7778	122,7383	342,4207	539,7713	726,2158
74717	RD2	2,186	2	5	60,00404	51,43204	5053,957	75,6324	113,2285	315,89	497,9499	669,9487
74718	RD3	28,8	3	5	48,59376	38,87501	1759,373	42,5611	51,99467	145,0571	228,6592	307,6413
74719	RD3	8,633	3	5	49,58985	39,67188	1148,052	22,1938	29,15707	81,34371	128,2253	172,5161
74720	RD1	9,028	1	2	79,99656	64,9972	2983,137	123,4691	85,87418	239,5757	377,6526	508,099
74721	RD1	15,78	1	2	79,98936	64,99135	3974,368	145,0414	114,3307	318,9649	502,797	676,47
74722	RD3	7,234	3	8	54,78243	45,65203	5320,38	17,4149	9,344908	26,07084	41,0965	55,2918
74723	RD3	40,33	3	8	40,73878	33,94898	8829,888	103,0688	53,31584	148,7429	234,4694	315,4583
74724	RD2	13,23	2	5	54,07821	45,06517	5251,885	50,4044	66,10311	184,4174	290,7045	391,1178
74725	RD2	30,61	2	5	47,84051	41,84051	7397,824	109,7716	89,1239	248,6419	391,944	527,3269
74726	RD2	34,52	3	5	56,41661	48,3571	4773,787	82,3238	101,5415	283,2851	446,5535	600,7992
74727	RD2	1,793	3	5	52,68474	43,90395	3892,242	63,9421	79,66937	222,2652	350,3654	471,3865
74728	RD3	15,4	3	5	56,70889	47,25741	2782,963	55,4352	54,48597	152,0074	239,6153	322,3817
74729	RD3	3,664	3	5	59,00788	49,17323	1678,528	32,8574	33,77061	94,21475	148,5145	199,8134
74730	RD3	4,669	3	5	46,52548	37,22039	4135,057	33,7944	28,97566	80,83759	127,4275	171,4427
74731	RD3	12,48	3	5	43,80882	35,04706	4931,751	54,8795	49,35421	137,6906	217,0471	292,0182

Tabela P6.2/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74732	RD2	2,75	2	2	51,71112	43,0926	6151,721	84,3998	20,51064	57,22151	90,20054	121,357
74733	RD2	13,37	2	2	47,24749	39,37291	6998,55	105,9591	43,1142	120,2819	189,6052	255,0974
74734	RD4	26,18	3	5	31,95583	23,96687	4547,237	67,0702	12,75276	35,57822	56,08336	75,45532
74735	RD2	0,825	3	5	59,5182	49,5985	1321,422	23,1556	23,16138	64,61665	101,8578	137,0409
74736	RD3	0,782	2	5	51,67577	44,29452	8555,418	150,7716	97,2317	271,2614	427,6	575,299
74737	RD2	21,9	2	5	47,66463	40,8554	9211,599	186,2206	118,692	331,1321	521,9768	702,2747
74738	RD3	24,76	2	2	55,35749	46,13124	3417,942	91,1896	97,33008	271,5358	428,0327	575,8811
74739	RD3	4,367	2	2	58,19265	48,49387	2679,555	44,8731	54,4455	151,8945	239,4373	322,1423
74740	RD2	13,44	1	2	43,30189	35,18278	12911,59	111,262	223,9569	624,805	984,9049	1325,105
74741	RD2	6,663	1	2	38,00577	31,67147	11002,38	83,4842	195,4571	545,295	859,5701	1156,477
74742	RD1	6,629	1	2	119,9402	79,96015	8026,361	87,2755	87,77671	244,8834	386,0194	519,3558
74743	RD1	17,78	1	2	119,8328	79,88852	10233,57	127,8749	117,3522	327,3944	516,0849	694,3477
74744	RD3	3,75	1	5	42,2226	35,1855	8841,311	101,806	37,94515	105,8611	166,873	224,5133
74745	RD3	13,63	1	5	54,75241	46,93064	10742,31	138,7099	63,20668	176,3368	277,9667	373,9803
74746	RD3	9,123	2	2	57,39601	47,83001	2412,161	46,4443	52,98724	147,8262	233,0243	313,5141
74747	RD3	4,615	2	2	59,26166	49,38471	1495,148	23,8692	30,04704	83,82657	132,1392	177,7818
74748	RD3	16,89	2	5	39,74706	33,12255	10405,55	52,3704	17,29832	48,25962	76,07355	102,3504
74749	RD4	25,83	2	5	22,71763	18,1741	9599,611	35,4255	34,95028	97,50586	153,7024	206,7933
74750	RD3	21,58	2	5	35,16429	29,30357	11525,6	78,6995	28,9669	80,81315	127,389	171,3909
74751	RD4	32,88	2	5	23,99382	19,19505	11556,94	83,5674	53,68441	149,7712	236,0903	317,6391
74752	RD3	17,49	2	5	50,23956	41,8663	7547,688	93,4774	52,27888	145,85	229,9091	309,3229
74753	RD3	23	2	5	46,00294	38,33578	7723,229	86,694	34,735	96,90525	152,7556	205,5195
74754	RD4	26,37	3	5	26,07204	19,55403	6449,927	102,6271	54,37143	151,6878	239,1116	321,704
74755	RD4	27,8	3	5	25,67596	19,25697	7660,258	84,7259	25,41634	70,90764	111,7745	150,383
74756	RD3	48,48	3	5	57,94964	48,29137	3440,952	60,5629	7,961129	22,21032	35,011	47,10428
74757	RD3	34,4	2	5	48,8676	40,723	5719,329	71,2575	67,24223	187,5954	295,7141	397,8578
74758	RD3	33,84	2	5	52,53537	43,77948	5880,03	97,3224	18,07192	50,41787	79,47568	106,9277
74759	RD3	1,793	2	5	58,01671	48,34726	3996,6	38,2667	19,41775	54,17251	85,39428	114,8906
74760	RD2	0,554	1	5	54,2257	45,18809	7597,341	72,4616	35,39986	98,76011	155,6795	209,4533
74761	RD2	7,284	2	5	53,69711	44,74759	4272,986	59,9441	54,82222	152,9455	241,094	324,3712
74762	RD2	1,822	2	5	59,50486	49,58738	1425,611	5,3358	21,62092	60,31901	95,08325	127,9263
74763	RD3	1,622	1	5	57,89992	48,24994	2488,712	31,6495	99,84661	278,5565	439,0998	590,7708
74764	RD3	7,991	1	5	60,67419	52,00644	5489,222	65,9939	144,6512	403,5543	636,1387	855,8697
74765	RD2	4,105	1	2	53,90145	44,91788	3156,559	52,2909	181,0289	505,0426	796,1187	1071,109
74766	RD2	8,052	1	2	64,76095	52,61827	5449,813	90,7159	203,694	568,2747	895,794	1205,214
74767	RD2	1,826	1	2	59,60428	49,67024	1173,282	4,0257	54,02305	150,7159	237,5795	319,6427
74768	RD2	7,172	1	2	78,13462	63,48438	2435,293	30,347	74,03416	206,5438	325,5832	438,0442
74769	RD2	2,296	1	2	57,40298	47,83581	6062,888	9,7646	6,66576	18,59644	29,3143	39,43986
74770	RD2	10,01	1	2	73,79128	59,95542	6908,724	53,3885	33,06899	92,25735	145,4289	195,6621
74771	RD3	24,64	1	2	68,68838	58,87576	4165,007	74,7669	5,029614	14,03184	22,11895	29,75914
74772	RD2	4,528	3	5	59,11986	49,26655	2028,056	11,6645	19,91411	55,55727	87,57714	117,8275
74773	RD2	13,26	3	5	54,42304	45,35253	3863,384	62,0652	57,33612	159,9589	252,1495	339,2454
74774	RD1	4,94	1	2	111,7776	74,51839	2859,131	144,1821	295,5475	824,5317	1299,742	1748,691

Tabela P6.2/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - DoMin scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74776	RD1	10,02	1	2	74,96508	60,90913	7621,219	204,0557	69,83177	194,8198	307,1022	413,1795
74777	RD1	10,65	1	2	69,72944	56,65517	6937,657	121,3315	164,3749	458,5805	722,8787	972,5709
74778	RD1	55,51	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74779	RD1	24,65	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74780	RD1	31,71	1	2	60,76582	52,08499	5994,139	183,5513	193,2973	539,2696	850,0721	1143,699
74781	RD2	9,667	1	2	52,99432	45,42371	6760,283	201,8112	206,9011	577,222	909,898	1224,189
74782	RD1	43,11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74783	RD1	40,79	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74784	RD1	55,73	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74785	RD1	27,01	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74787	RD1	45,48	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74788	RD1	13,65	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74789	RD1	12,77	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74790	RD1	30,72	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74791	RD1	21,98	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74792	RD1	33,98	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74793	RD1	21,64	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74794	RD1	16,72	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74795	RD1	9,509	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74796	RD1	15,16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74797	RD1	11,34	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74798	RD2	33,5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74799	RD2	24,49	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74800	RD2	45,8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74801	RD1	32,7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74802	RD1	38,56	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74803	RD1	30,64	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74804	RD1	52,13	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74805	RD1	16,03	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74806	RD1	8,518	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74807	RD2	52,05	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74808	RD2	48,93	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74809	RD2	30,73	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74810	RD2	28,54	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74811	RD1	4,232	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74812	RD1	18,45	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
74813	RD1	23,23	1	2	60,32812	49,0166	7060,861	322,4367	234,5211	654,2774	1031,363	1387,611
74814	RD1	1,566	1	2	55,55179	45,13583	8173,389	323,9119	236,5955	660,0647	1040,486	1399,884
19	RD3	25,64	1	2	77,36428	62,85848	5233,837	18,0172	10,99251	30,66739	48,34223	65,0403

Tabela P6.3/1. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74515	RD3	12.7	3	5	59,13215	49,27679	1886,027	22,5838	23,25283	64,87178	102,26	137,582
74516	RD2	15.07	2	2	41,35122	34,45935	11105,47	120,7938	57,18051	159,5248	251,4652	338,3247
74517	RD2	32.91	2	2	51,21633	43,89971	11767,25	198,8864	0	0	0	0
74518	RD2	26.09	1	2	64,26102	52,21208	8645,876	79,7619	111,2228	310,2943	489,1293	658,0812
74519	RD4	38.84	2	5	45,25691	37,71409	5883,305	59,1678	1,262051	3,520926	5,550176	7,467283
74520	RD2	24.35	1	2	57,53335	47,94446	6056,09	59,8678	0	0	0	0
74521	RD2	8.006	2	2	46,757	40,07631	11535,76	89,0166	61,78465	172,3696	271,713	365,5665
74522	RD2	62.67	2	5	59,99974	49,99978	0	74,0181	0	0	0	0
74523	RD3	25.26	1	5	41,66206	34,71839	11894,28	130,9872	28,20391	78,68453	124,0335	166,8764
74524	RD3	43.75	2	5	53,21858	44,34881	7660,202	79,6805	4,279768	11,93989	18,82132	25,32246
74525	RD3	61.15	2	5	40,54599	33,78833	10497,7	70,9854	5,274941	14,71627	23,19784	31,21069
74526	RD2	12.89	3	2	57,31499	47,76249	2128,651	11,397	65,36842	182,3678	287,4735	386,7709
74527	RD1	43.68	1	2	77,12495	62,66403	6714,287	84,194	15,38639	42,92564	67,66538	91,03794
74528	RD3	46.71	3	5	41,09198	34,24331	10141,38	48,4314	11,9974	33,47089	52,7615	70,98604
74529	RD2	25.96	3	2	42,56493	35,47077	7723,665	81,714	70,23363	195,9409	308,8695	415,5572
74530	RD2	21.09	2	2	60,26622	51,65676	8779,896	74,788	48,45402	135,1792	213,0883	286,692
74531	RD1	14.1	1	2	116,7128	77,80853	22970,96	203,7082	212,6765	593,3344	935,2965	1258,361
74532	RD2	31.46	2	5	42,46735	36,40059	12371,37	212,8185	76,70555	213,9966	337,3313	453,8502
74533	RD2	22.99	2	2	57,90786	49,63531	8600,397	92,5803	28,20412	78,68511	124,0345	166,8777
74534	RD3	23.73	2	2	57,13501	47,61251	4978,609	56,1447	12,07514	33,68775	53,10334	71,44597
74535	RD2	18.67	2	5	59,99981	49,99984	0	65,4469	0	0	0	0
74536	RD3	35.49	2	5	59,96475	49,97062	552,3616	11,0172	10,9079	30,43134	47,97013	64,53967
74537	RD1	21.04	1	2	116,1199	77,41327	20275,71	282,5874	332,8972	928,7317	1463,997	1969,681
74538	RD2	66.6	2	5	39,16217	33,56758	15911,81	87,4718	11,83839	33,02726	52,06218	70,04518
74539	RD2	1.73	2	2	118,471	78,98067	5433,406	51,0568	262,2468	731,6278	1153,294	1551,657
74540	RD2	35.1	1	2	66,99957	54,43715	9064,846	83,5808	63,87734	178,2079	280,9161	377,9484
74541	RD2	3.585	2	5	43,07114	34,45691	11661,01	226,8585	274,6942	766,3542	1208,035	1625,306
74542	RD2	12.38	1	2	86,84647	67,54725	16893,02	207,8443	120,4092	335,9229	529,5287	712,4352
74543	RD2	16.56	2	5	31,76812	27,22981	12929,33	123,1025	75,8702	211,6661	333,6577	448,9076
74544	RD2	33.87	2	5	56,74778	48,64095	7957,323	33,2214	65,10885	181,6436	286,332	385,235
74545	RD4	43.84	3	5	28,95085	21,71313	6642,163	32,2293	0	0	0	0
74546	RD3	9.472	3	5	49,84011	39,87209	723,2784	11,3389	22,11906	61,70875	97,27396	130,8737
74547	RD1	29.58	1	2	119,9082	79,93878	10161,93	75,1002	60,90695	169,9209	267,8531	360,3733
74548	RD2	19.59	2	2	59,68151	49,73459	1815,52	13,0364	12,18152	33,98456	53,57121	72,07545
74549	RD4	15.18	2	5	27,48934	21,99148	9344,978	128,3638	48,82994	136,228	214,7416	288,9162
74550	RD1	34.69	1	2	111,2419	74,1613	27878,78	289,9517	330,1246	920,9964	1451,803	1953,276
74551	RD3	12.1	3	5	48,55024	38,84019	3104,386	18,0353	120,4092	36,18569	57,04094	76,74366
74552	RD2	1,272	2	5	62,17561	53,29338	5543,844	12,3664	23,36031	65,17165	102,7327	138,2179
74553	RD2	3,426	2	2	24,08496	20,64425	21294,7	286,5077	50,5211	140,946	222,1788	298,9224
74554	RD2	8,122	2	5	47,81008	40,98007	10829,38	62,7594	73,61571	205,3764	323,743	435,5683
74555	RD2	17,24	3	2	28,88461	24,07051	10178,99	181,99	137,0339	382,3034	602,6401	810,8002
74556	RD3	32,89	1	5	40,14567	33,45473	11265,63	58,3646	70,94507	197,9257	311,9982	419,7666
74557	RD2	1,421	2	2	56,38988	48,33418	9503,427	14,2394	22,33593	62,31379	98,2277	132,1569

Tabela P6.3/2. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74558	RD2	21,64	2	2	66,23981	56,77698	5721,382	12,9778	0	0	0	0
74559	RD2	42,42	2	5	47,23635	39,36363	11716,28	0	35,67392	99,5247	156,8847	211,0749
74560	RD3	26,13	2	2	49,51273	39,61018	2748,07	41,4127	0,906457	2,528874	3,986364	5,363309
74561	RD3	33,4	3	5	49,94849	39,95879	661,8305	5,6607	7,851049	21,90321	34,5269	46,45296
74562	RD2	7,12	2	8	56,72176	48,61865	7685,965	36,8755	73,63356	205,4262	323,8215	435,6739
74563	RD2	4,815	2	2	43,43993	36,19994	12065,31	136,5266	0	0	0	0
74564	RD2	56,95	2	2	50,05668	42,90572	8121,301	175,8206	127,0324	354,4007	558,6558	751,6232
74565	RD2	3,945	2	5	31,79174	27,25006	16861,28	152,4325	72,88043	203,3251	320,5094	431,2178
74566	RD1	9,952	1	2	105,6541	70,43606	32920,68	349,7897	347,1986	968,6303	1526,89	2054,299
74567	RD3	4,494	1	5	57,99169	48,32641	3674,38	17,9322	31,27583	87,25472	137,5431	185,0524
74568	RD4	31,85	2	5	43,7482	34,99856	3424,753	10,3013	1,151669	3,212977	5,064743	6,814175
74569	RD3	74,64	2	2	59,18999	49,32499	3869,91	18,2163	0	0	0	0
74570	RD1	11,3	1	2	116,2406	77,49373	19468,79	271,4523	350,5953	978,1064	1541,828	2074,396
74571	RD2	71,97	2	5	64,32748	55,13784	6440,28	66,9239	9,101084	25,39061	40,02423	53,84915
74572	RD3	35,5	2	5	51,5319	42,94325	5288,386	59,9382	50,78353	141,6782	223,3329	300,4752
74573	RD2	3,424	2	5	38,43813	32,94696	14378,27	112,4899	66,67999	186,0212	293,2327	394,5193
74574	RD3	8,848	2	5	46,72056	38,9338	8544,316	67,4611	70,69522	197,2287	310,8994	418,2884
74576	RD2	6,886	2	2	62,84425	53,8665	11861,41	202,3041	186,0448	519,0361	818,1773	1100,787
74577	RD4	38,37	2	5	29,2673	23,41384	9285,388	88,4969	20,99705	58,57852	92,33965	124,235
74578	RD3	47,62	1	2	65,62675	56,2515	6544,216	3,2054	24,81002	69,2161	109,1081	146,7955
74579	RD2	15,36	2	2	57,47345	49,26296	9170,019	94,018	15,63708	43,62502	68,76785	92,52122
74580	RD2	61,94	2	2	49,77043	42,66037	12268,83	106,138	5,25166	14,65132	23,09545	31,07294
74581	RD2	36,64	2	5	49,10658	42,09135	10702,69	95,9274	61,62593	171,9268	271,015	364,6273
74582	RD4	31,62	2	5	49,6156	39,69248	314,7874	2,0593	5,587424	15,58805	24,57206	33,05958
74583	RD1	6,86	1	2	111,9563	74,63756	24532,05	297,5429	406,1686	1133,147	1786,225	2403,212
74584	RD2	1,895	2	2	28,23566	23,52971	18477,75	238,7341	119,9833	334,7349	527,6559	709,9155
74585	RD3	5,026	2	2	37,87754	30,30203	9553,698	102,6207	60,17573	167,881	264,6374	356,0468
74586	RD2	38,98	1	2	58,08369	47,19299	9756,076	159,1933	144,8898	404,2202	637,1883	857,2819
74587	RD2	11,19	3	5	58,50669	48,75558	3106,229	30,4	5,532391	15,43451	24,33003	32,73396
74588	RD2	22,96	2	2	52,38597	43,65498	8148,556	124,5523	0	0	0	0
74589	RD2	17,82	3	2	49,99996	39,99996	0	31,447	0	0	0	0
74590	RD2	1,942	1	2	92,94476	74,55581	6301,86	53,2933	41,80427	116,6274	183,8444	247,3468
74591	RD3	38,65	2	5	52,72842	43,94035	6886,634	66,6162	36,90074	102,9473	162,28	218,3337
74592	RD1	10,37	1	2	93,10391	74,48313	25624,49	355,4876	378,1755	1055,051	1663,119	2237,583
74593	RD3	7,427	2	5	34,99599	29,16333	11131,2	51,2877	44,50184	124,1532	195,7077	263,3078
74594	RD3	42,71	2	5	57,59133	47,99278	4714,01	75,2879	7,372533	20,56822	32,42251	43,62169
74595	RD2	0,874	2	5	43,34819	35,22041	14820,44	195,5907	54,56391	152,2248	239,9581	322,8429
74596	RD2	12,51	2	2	33,93817	29,08986	15229,97	197,4933	92,00056	256,6673	404,5949	544,3475
74597	RD2	51,52	1	2	68,41835	58,6443	2431,204	93,9331	68,7728	191,8654	302,4451	406,9138
74598	RD2	8,697	1	5	58,10538	47,21062	10954,33	103,2482	110,501	308,2807	485,9551	653,8107
74599	RD2	27,05	1	2	54,32891	45,27409	8404,414	223,0165	0	0	0	0
74600	RD1	12,1	1	2	113,2656	75,51038	23872,39	313,5114	371,0721	1035,233	1631,88	2195,553
74601	RD1	24,3	1	2	116,5735	77,71568	24988,54	232,5395	158,5597	442,3571	697,305	938,1637

Tabela P6.3/3. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74602	RD2	16,79	3	2	37,83189	31,52657	8473,998	105,878	94,03973	262,3563	413,5626	556,4128
74603	RD2	12,71	2	5	51,72637	43,10531	5151,998	85,8213	51,20686	143,0266	225,4585	303,335
74604	RD1	4,782	1	2	117,5828	78,3885	19907,17	187,1518	237,7531	663,2942	1045,577	1406,734
74605	RD3	77,23	3	5	49,7025	39,762	1789,631	21,5452	1,28037	3,572033	5,630737	7,575671
74606	RD2	13,66	1	2	60,26534	51,65601	6802,829	139,9762	106,2695	296,4753	467,3458	628,7735
74607	RD1	6,794	1	2	39,65792	29,74344	12235,06	238,172	304,0915	848,3681	1337,316	1799,244
74608	RD4	15,67	2	8	31,63637	25,30909	8179,54	39,3919	18,94228	52,84601	83,30327	112,0774
74609	RD3	26,15	3	5	43,39323	34,71459	5423,614	31,8469	41,55555	115,9335	182,7506	243,8752
74610	RD2	37,59	2	2	63,39408	54,33778	6718,238	91,6305	13,81462	38,54066	60,75317	81,73814
74611	RD1	11,49	1	2	117,7081	78,47206	19203,56	27,0333	256,6048	715,8876	1128,482	1518,275
74612	RD3	109,9	3	5	49,93398	39,94718	946,9403	15,512	1,467737	4,094759	6,454731	8,684283
74613	RD3	27,72	2	5	46,88988	39,0749	6043,198	52,9731	79,40996	221,5415	349,2246	469,8516
74614	RD1	8,368	1	2	119,9071	79,93804	7641,708	72,8117	140,3663	391,6002	617,2949	830,517
74615	RD1	22,15	1	2	111,8964	74,59762	24531,54	322,9603	407,1605	1135,915	1790,587	2409,081
74616	RD3	15,33	2	2	53,83021	44,85851	7082,767	53,6156	13,39169	37,36073	58,89321	79,23573
74617	RD2	18,08	1	5	64,15104	52,12272	8216,486	68,2865	126,5027	352,9229	556,3263	748,4891
74618	RD1	40,16	1	2	116,0705	77,3803	23931,75	195,2951	227,4066	634,4291	1000,076	1345,516
74619	RD2	32,36	1	2	75,47618	60,38095	10858,74	211,7635	81,33772	226,9196	357,7024	481,2577
74620	RD1	14,29	1	2	111,0451	74,03004	30721,49	272,7222	250,1491	697,8771	1100,091	1480,078
74621	RD2	11,71	2	2	68,01084	58,29501	4330,008	43,2919	0	0	0	0
74622	RD3	40,36	3	2	57,42786	47,85655	4154,596	14,3383	0	0	0	0
74623	RD2	35,59	2	2	57,60132	48,0011	4981,017	53,473	0	0	0	0
74624	RD2	0,428	1	8	32,96892	26,78725	17301,51	231,3192	227,2592	634,018	999,4277	1344,644
74625	RD1	6,823	1	2	119,5005	79,66699	11417,77	155,1983	218,5544	609,733	961,1463	1293,139
74626	RD1	12,12	1	2	81,32923	54,21949	46429,97	160,0518	448,9384	1252,468	1974,316	2656,271
74627	RD2	57,82	1	2	51,39715	37,57975	7341,79	52,8571	2,032318	5,669853	8,937614	12,02479
74628	RD3	33,11	1	2	66,76173	57,22434	6385,502	2,6101	2,5615	7,146189	11,26482	15,15585
74629	RD3	64,49	1	2	78,27309	63,59689	4088,238	26,6905	18,24903	50,91196	80,25454	107,9756
74630	RD2	1,11	1	5	55,68504	46,4042	7574,814	59,2396	3,974801	11,08908	17,48015	23,51804
74631	RD2	8,962	1	2	48,96444	39,17155	19472,29	235,2308	68,07929	189,9307	299,3952	402,8105
74632	RD2	35,7	1	2	64,58203	52,4729	11715,09	66,3565	12,81544	35,7531	56,35904	75,82622
74633	RD2	21,9	1	2	59,59332	48,41957	12962,15	75,5769	32,58927	90,91899	143,3192	192,8236
74634	RD2	15,47	1	5	57,03089	47,52574	6522,839	77,4908	0	0	0	0
74635	RD2	11,6	1	2	47,42408	39,52007	9923,319	43,0123	85,97944	239,8693	378,1155	508,7218
74636	RD1	14,42	1	2	119,6383	79,75885	13635,5	26,2754	111,5326	311,1585	490,4915	659,914
74637	RD3	15,48	1	2	68,44323	58,66562	4442,973	6,6178	10,13028	28,26192	44,55039	59,9387
74638	RD2	33,54	1	2	67,95813	58,24982	5108,129	45,6459	4,845612	13,51851	21,30976	28,67044
74639	RD2	19,34	1	5	65,91969	56,50259	6884,788	59,2237	4,569926	12,74939	20,09736	27,03927
74640	RD1	18,63	1	2	117,6549	78,43658	18811,42	93,1343	270,1947	753,8013	1188,247	1598,684
74642	RD3	6,094	1	2	59,91248	49,92707	1203,008	3,0889	11,9764	33,4123	52,66913	70,86177
74643	RD2	12,36	1	5	63,34795	54,29824	8480,367	143,9024	2,59012	7,226032	11,39068	15,32518
74644	RD3	5,372	1	2	46,55406	38,79505	12158,59	16,0919	31,85821	88,87947	140,1042	188,4982
74645	RD3	33,91	1	2	55,39882	47,4847	12448,41	42,7538	6,681879	18,64141	29,38519	39,53523

Tabela P6.3/4. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74646	RD3	34,49	1	2	56,12433	48,10657	11356,66	38,6565	30,79158	85,90374	135,4135	182,1871
74647	RD3	35,63	1	2	64,48733	52,39595	12062,03	10,8611	6,219502	17,35145	27,35178	36,79945
74648	RD3	18,3	1	2	61,27028	49,78211	12665,86	33,9389	24,56376	68,52909	108,0251	145,3385
74649	RD2	18,7	1	2	44,38146	36,05993	15082,33	265,2991	134,6486	375,6487	592,15	796,6867
74650	RD2	25,72	1	2	55,57859	45,1576	13245,31	242,03	60,7944	169,6069	267,3582	359,7073
74651	RD2	5,872	2	2	36,0497	30,89975	17402,96	214,9688	106,1477	296,1357	466,8105	628,0533
74652	RD2	12,51	2	5	25,0658	21,48498	20964,74	215,7233	188,7609	526,6135	830,1218	1116,857
74653	RD3	2,403	2	2	31,48479	48,09791	3587,283	37,75	71,72133	200,0914	315,412	424,3596
74654	RD1	64,53	2	2	78,33823	63,64981	4355,45	50,9209	60,36844	168,4186	265,4849	357,1871
74655	RD2	64,06	2	5	64,68845	55,44725	5313,011	15,2591	40,90121	114,108	179,873	242,0036
74656	RD3	12,47	2	5	53,07968	44,23307	6162,897	62,2169	53,94905	150,5095	237,2541	319,2049
74657	RD4	36,06	1	2	48,18901	40,15751	7479,166	0	0	0	0	0
74658	RD3	41,21	1	2	65,36336	56,02574	7535,533	0	0	0	0	0
74659	RD3	25,14	1	5	51,9293	44,51083	13050,73	29,2621	35,18936	98,17285	154,7538	208,2078
74660	RD3	18,87	1	2	49,86871	42,74461	14359,35	42,6418	20,88772	58,27349	91,85882	123,5881
74661	RD2	30,02	1	2	31,48479	25,58139	22887,29	127,4164	83,92755	234,1448	369,0918	496,5812
74662	RD2	24,51	1	2	40,49331	32,90082	19544,08	90,6164	55,85091	155,7596	245,53	330,3395
74663	RD2	30,64	1	2	39,75506	32,30098	19328,73	197,1539	66,6517	185,9479	293,1171	394,3637
74664	RD2	1,387	1	5	6,126767	4,595075	26521,69	300,3973	496,0221	1383,825	2181,378	2934,856
74665	RD2	7,208	2	5	11,72114	9,376908	23824,22	279,8226	327,2941	913,0998	1439,556	1936,529
74666	RD2	2,456	1	5	19,18798	15,59023	24017,01	428,0387	300,3621	837,9638	1320,916	1777,178
74667	RD2	2,765	1	2	45,98182	37,36023	13642,47	211,5675	162,4747	453,2791	714,5218	961,3275
74668	RD1	31,05	1	2	109,7296	73,15304	29143,42	56,2916	357,0874	996,2185	1570,379	2112,809
74669	RD1	2,527	1	2	109,7631	73,17539	31062,3	80,0309	295,1335	823,3766	1297,921	1746,241
74670	RD2	8,937	1	5	49,42817	41,19014	11406,99	134,1592	2,351202	6,559489	10,33998	13,91156
74671	RD2	27,35	1	5	44,42994	37,02495	13387,71	151,4217	19,34479	53,96897	85,07344	114,459
74672	RD1	24,51	1	2	113,5406	75,69373	28755,57	32,8664	222,4201	620,5176	978,1466	1316,012
74673	RD1	6,467	1	2	112,2156	74,81039	30712,84	35,938	218,2731	608,948	959,9089	1291,475
74674	RD2	6,439	1	2	49,66524	39,73219	2711,614	10,1625	6,511075	18,16489	28,63404	38,52463
74675	RD3	4,31	1	5	59,19046	49,32538	3365,21	9,9943	16,07703	44,85242	70,70265	95,12431
74676	RD2	6,448	2	2	48,80487	39,0439	2246,771	13,1451	82,36119	229,7749	362,2034	487,3134
74677	RD2	44,46	2	2	43,18827	35,99022	13834,91	57,9911	29,55566	82,4557	129,9782	174,8744
74678	RD3	9,982	2	5	48,86489	35,5381	6952,12	26,4987	76,64584	213,83	337,0687	453,4969
74679	RD1	10,36	1	2	116,4525	77,63502	16764,64	227,9668	422,4615	1178,602	1857,877	2499,614
74680	RD1	6,049	2	2	95,88044	63,92029	39841,94	78,3967	378,4688	1055,869	1664,408	2239,318
74681	RD1	6,012	2	5	95,52244	66,34829	35588,95	107,9448	429,491	1198,213	1888,791	2541,206
74682	RD1	4,034	2	5	118,1142	78,74278	15361,49	80,1059	331,5969	925,1039	1458,278	1961,987
74683	RD2	46,79	1	2	50,69911	36,87208	7023,874	0,5167	33,18949	92,59354	145,9589	196,3751
74684	RD2	9,161	1	2	34,03247	24,75089	15784,46	100,633	59,88577	167,072	263,3622	354,3311
74685	RD2	34,73	3	5	53,35761	44,46468	4641,502	28,8821	49,61276	138,4119	218,1842	293,548
74686	RD2	117,2	3	5	59,85847	49,88206	1221,498	5,3932	1,793409	5,003331	7,88695	10,61121
74687	RD3	37,17	2	5	29,5927	24,66059	16655,96	13,6562	50,07304	139,696	220,2084	296,2714
74688	RD2	25,71	2	2	41,17724	35,29478	14892,05	128,9532	17,74873	49,51619	78,05434	105,0154

Tabela P6.3/5. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74689	RD1	23.62	2	2	92,12992	61,41995	25746,14	277,4719	573,1625	1599,035	2520,622	3391,279
74690	RD1	23,3	1	2	113,5626	75,70838	27491,09	200,3565	251,5533	701,7947	1106,267	1488,387
74691	RD2	8,385	2	2	26,89886	23,05617	15868,04	124,0279	178,9202	499,1597	786,8453	1038,632
74692	RD2	11,31	2	5	65,21163	55,89568	4052,845	64,0388	68,32083	190,6045	300,4575	404,2396
74693	RD2	44,99	3	2	46,28436	39,67231	7733,505	116,0936	97,50703	272,0295	428,8109	576,928
74694	RD2	16,15	3	5	43,94893	37,67051	8305,403	112,9697	100,5619	280,5522	442,2456	595,0033
74695	RD3	50,82	3	2	43,22296	36,02466	8846,144	59,1033	29,87393	83,34364	131,3779	176,7576
74696	RD3	41,11	3	5	40,31828	33,59857	9161,302	59,4238	49,68739	138,6201	218,5124	293,9896
74697	RD1	31,98	1	2	95,30667	76,24534	23627,55	225,964	331,4745	924,7624	1457,74	1961,263
74698	RD1	26,81	1	2	66,09506	56,65291	24110,54	236,9302	366,0503	1021,224	1609,795	2165,841
74699	RD3	22,64	3	2	42,60575	36,51921	9727,96	84,8567	69,99801	195,2836	307,8333	414,1631
74700	RD2	13,44	1	2	35,54647	25,85198	10866,25	19,4078	191,1993	533,4163	840,8453	1131,285
74701	RD2	27,96	1	2	42,6918	31,04858	12683,79	117,1785	9,77884	27,28145	43,00483	57,85928
74702	RD1	28,2	1	2	112,0158	74,67723	30348,45	39,1778	237,3828	662,2613	1043,949	1404,543
74703	RD1	7,12	1	2	57,28969	47,74141	5908,61	79,9368	103,0859	287,5937	453,3454	609,9371
74704	RD2	29	1	2	38,74972	32,29143	14971,46	193,1397	54,83236	152,9738	241,1387	324,4313
74705	RD2	3,588	1	2	20,22458	14,70879	21564,97	217,6412	155,9639	435,115	685,8891	922,8046
74706	RD4	4,184	1	2	46,14497	38,45414	6513,175	52,3916	60,74833	169,4784	267,1555	359,4347
74707	RD4	7,373	1	2	39,38125	32,81771	9735,645	88,5916	78,02171	217,6685	343,1195	461,6376
74708	RD2	52,64	1	2	78,09199	63,44974	3545,263	41,4604	40,3988	112,7064	177,6636	239,031
74709	RD2	2,449	1	2	59,85687	49,88073	1616,519	3,7826	9,887751	27,58529	43,48379	58,50369
74710	RD2	13,28	1	2	70	60	0	11,2214	0	0	0	0
74711	RD2	1,853	1	2	60	50	0	11,2214	0	0	0	0
74712	RD3	8,731	1	2	69,96394	59,96909	158,7137	5,8154	27,37152	76,36229	120,3729	161,9514
74713	RD3	1,688	1	2	59,96909	49,97424	158,7137	5,8154	27,37152	76,36229	120,3729	161,9514
74714	RD2	6,717	2	5	68,71209	58,89607	2502,86	21,4117	35,59118	99,29386	156,5209	210,5853
74715	RD2	6,825	2	5	59,77456	49,81213	1268,651	10,9525	20,28944	56,60439	89,22774	120,0482
74716	RD2	26,33	2	5	79,10722	64,27462	1799,447	22,85	36,3248	101,3406	159,7472	214,926
74717	RD2	2,186	2	5	119,5308	79,68719	4547,483	49,1658	125,5936	350,3867	552,3284	743,1103
74718	RD3	28,8	3	5	48,14897	38,51917	2339,474	20,1124	48,31623	134,7948	212,4824	285,8767
74719	RD3	8,633	3	5	49,59874	39,67899	1209,164	11,0346	27,28637	76,12473	119,9984	161,4475
74720	RD1	9,028	1	2	119,9934	79,9956	3641,012	66,9303	80,29946	224,023	353,1364	475,1146
74721	RD1	15,78	1	2	119,9794	79,9863	4846,626	77,0636	106,9508	298,376	470,342	632,8046
74722	RD3	7,234	3	8	59,86908	49,8909	952,1238	9,6301	8,690966	24,24645	38,22064	51,42257
74723	RD3	40,33	3	8	52,0245	43,35375	5139,37	44,854	50,25037	140,1907	220,9882	297,3206
74724	RD2	13,23	2	5	55,78053	46,48377	4788,816	26,2922	49,8992	139,211	219,4439	295,2428
74725	RD2	30,61	2	5	58,17226	49,86193	7199,48	58,4256	70,34063	196,2394	309,34	416,1903
74726	RD2	34,52	3	5	69,06688	59,20018	2112,914	7,9913	14,30242	39,90153	62,89836	84,62432
74727	RD2	1,793	3	5	99,31679	79,45343	7390,093	85,1283	103,2088	287,9365	453,8857	610,6641
74728	RD3	15,4	3	5	54,704	45,58666	3864,896	41,8442	54,32788	151,5663	238,9201	321,4463
74729	RD3	3,664	3	5	58,28244	48,5687	2381,63	25,0887	34,3163	96,0589	151,4215	203,7245
74730	RD3	4,669	3	5	48,69751	38,958	2561,598	24,1613	24,72602	68,98175	108,7387	146,2985
74731	RD3	12,48	3	5	46,0757	36,86056	3906,007	39,6094	44,35596	123,7463	195,0661	262,4447

Tabela P6.3/6. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74732	RD2	2,75	2	2	99,21303	79,37042	10236,66	76,9975	35,09509	97,90986	154,3392	207,6501
74733	RD2	13,37	2	2	59,9996	49,99966	0	70,6188	0	0	0	0
74734	RD4	26,18	3	5	39,16816	29,37612	713,0716	49,5154	5,480249	15,28904	24,10073	32,42545
74735	RD3	0,825	3	5	59,35565	49,46304	1621,122	17,1556	22,33593	62,31379	98,2277	132,1569
74736	RD2	0,782	2	5	40,4127	34,63946	9553,597	132,6712	192,006	535,6668	844,3929	1136,058
74737	RD2	21,9	2	5	40,27511	34,52152	8960,293	158,5908	210,6052	587,5557	926,1875	1246,105
74738	RD3	24,76	2	2	53,95505	44,96254	5841,482	62,9941	49,25598	137,4165	216,6152	291,437
74739	RD3	4,367	2	2	58,9321	49,11009	3272,743	27,7937	9,821886	27,40154	43,19413	58,11398
74740	RD2	13,44	1	2	66,34576	53,90393	5759,694	64,972	175,7669	490,3624	772,9777	1039,975
74741	RD2	6,663	1	2	55,58801	46,32334	3014,143	36,3367	149,0544	415,8386	655,5028	881,9225
74742	RD1	6,629	1	2	119,9245	79,94968	8157,342	52,6369	106,1135	296,0401	466,6598	627,8505
74743	RD1	17,78	1	2	119,7858	79,85719	10687,08	82,8862	133,9914	373,8153	589,2599	792,7983
74744	RD3	3,75	1	5	45,02414	37,52012	8004,866	62,1685	37,45356	104,4896	164,7111	221,6046
74745	RD3	13,63	1	5	56,65241	48,55921	10059,52	89,2975	60,93627	170,0027	267,9821	360,5468
74746	RD3	9,123	2	2	57,47661	47,89717	2519,826	22,2385	49,2597	137,4269	216,6315	291,459
74747	RD3	4,615	2	2	59,4284	49,52366	1331,759	11,6385	28,13701	78,49789	123,7393	166,4806
74748	RD3	16,89	2	5	46,42966	38,69138	8390,325	38,5139	32,20257	34,04327	53,66375	72,19995
74749	RD4	25,83	2	5	26,30058	21,04046	7768,35	30,0535	33,72701	94,09312	148,3227	199,5554
74750	RD3	21,58	2	5	44,86108	37,38423	8571,66	81,2735	20,5079	57,21385	90,18846	121,3408
74751	RD4	32,88	2	5	29,96146	23,96917	8758,126	81,1822	25,94917	72,39415	114,1178	153,5356
74752	RD3	17,49	2	5	59,41371	49,51143	2034,317	48,5632	22,75863	63,49304	100,0866	134,6579
74753	RD3	23	2	5	57,4949	48,12458	3370,474	43,721	15,71142	43,83243	69,0948	92,96109
74754	RD4	26,37	3	5	28,62793	21,47095	5496,343	50,4793	40,17985	112,0955	176,7006	237,7355
74755	RD4	27,8	3	5	26,75408	20,06556	7629,89	41,561	8,22346	22,94218	36,16467	48,65644
74756	RD3	48,48	3	5	59,51431	49,59526	1835,332	28,3419	7,147377	19,94007	31,43233	42,28949
74757	RD3	34,4	2	5	45,78508	38,15423	6675,041	61,8096	70,87067	197,7182	311,671	419,3264
74758	RD3	33,84	2	5	41,33031	34,44192	9833,162	68,4329	18,05087	50,35914	79,38311	106,8031
74759	RD3	1,793	2	5	57,11337	47,59447	4802,133	32,3333	19,38047	54,0685	85,23033	114,6701
74760	RD2	0,554	1	5	50,21552	41,84627	6628,214	67,0292	140,9607	393,2584	619,9088	834,0338
74761	RD2	7,284	2	5	54,42508	45,35423	3313,865	48,2179	75,10843	209,5409	330,3076	444,4004
74762	RD2	1,822	2	5	59,79189	49,82658	24,4104	11,0374	45,31618	126,4251	199,2889	268,1261
74763	RD3	1,622	1	5	58,30688	48,58907	2223,377	18,3153	93,58505	261,0878	411,563	553,7226
74764	RD3	7,991	1	5	60,98203	52,27031	5626,52	37,6764	137,0448	382,3338	602,6879	810,8646
74765	RD2	4,105	1	2	118,5509	79,03392	4622,56	22,8739	279,613	780,0769	1229,666	1654,41
74766	RD2	8,052	1	2	77,48794	62,95895	2969,733	40,0491	76,61461	213,7429	336,9314	453,3121
74767	RD2	1,826	1	2	59,8215	49,85125	828,0152	1,6855	40,04669	111,7241	176,1151	236,9476
74768	RD2	7,172	1	2	78,62787	63,88515	2374,765	17,3573	58,7985	164,0387	258,5807	347,898
74769	RD2	2,296	1	2	58,44974	48,70812	4941,367	7,9259	3,998465	11,1551	17,58422	23,65805
74770	RD2	10,01	1	2	78,39363	63,69482	3629,326	33,5948	27,84454	77,68194	122,4531	164,7501
74771	RD3	24,64	1	2	68,30296	58,54539	4678,603	49,4868	5,826443	16,25487	25,6322	34,4738
74772	RD2	4,528	3	5	59,08318	49,23598	2661,452	3,4003	2,106289	5,87622	9,26292	12,46246
74773	RD2	13,26	3	5	55,02633	45,85527	4293,789	27,6019	37,01174	103,257	162,7681	218,9905
74774	RD1	4,94	1	2	101,3629	67,57526	38013,32	106,8475	311,6348	869,4127	1370,49	1843,876

Tabela P6.3/7. Simulacija transportnih zahteva na putnoj mreži - Total scenario

LINKID	LINKTYPE	LENGTH	TERRAIN	IRI	PAXSPEED	FRSPEED	CARS	BUS	LTRUCK	MTRUCK	HTRUCK	ARTTRUCK
74776	RDI	10,02	1	2	119,8798	79,91985	11520,35	68,7738	45,61898	127,2699	200,6205	269,9176
74777	RDI	10,65	1	2	79,77932	64,8207	3831,439	19,1778	23,05451	64,31852	101,3878	136,4086
74778	RDI	55,51	1	2	119,9916	79,99441	5055,384	49,8994	49,4162	137,8635	217,3198	292,385
74779	RDI	24,65	1	2	119,97	79,97999	6072,015	65,5454	95,53863	266,538	420,1544	565,2815
74780	RDI	31,71	1	2	119,8471	79,89807	7761,345	95,0156	186,0455	519,038	818,1801	1100,791
74781	RD2	9,667	1	2	69,63622	59,68819	580,7182	29,4164	62,74233	175,0414	275,9247	371,2329
74782	RDI	43,11	1	2	119,8928	79,92851	8247,229	75,1407	135,3526	377,6129	595,2461	800,8523
74783	RDI	40,79	1	2	113,0835	75,38902	24688,59	315,3262	353,6582	986,6515	1555,298	2092,519
74784	RDI	55,73	1	2	115,921	77,28068	25396,75	248,7677	188,5599	526,0529	829,2381	1115,668
74785	RDI	27,01	1	2	115,2188	76,8125	25513,91	63,896	236,6384	660,1845	1040,675	1400,139
74787	RDI	45,48	1	2	119,7221	79,81477	13514,41	94,6963	77,27749	215,5922	339,8466	457,2343
74788	RDI	13,65	1	2	119,8324	79,8883	12966,36	46,0431	37,22705	103,8577	163,715	220,2644
74789	RDI	12,77	1	2	119,9905	79,99364	3399,948	4,3962	110,1645	307,3418	484,4751	651,8195
74790	RDI	30,72	1	2	116,9593	77,9729	24949,38	183,096	133,8518	373,4256	588,6457	791,972
74791	RDI	21,98	1	2	118,6805	79,12031	20973,04	38,8426	89,44673	249,5425	393,3638	529,237
74792	RDI	33,98	1	2	119,1581	79,43873	17479,97	14,9778	119,5805	333,611	525,8843	707,532
74793	RDI	21,64	1	2	119,329	79,55266	17316,95	51,3065	85,89818	239,6426	377,7581	508,241
74794	RDI	16,72	1	2	118,038	78,69198	21722,98	213,3837	135,2055	377,2024	594,5992	799,9819
74795	RDI	9,509	2	2	99,2593	79,40744	17122,28	138,9748	133,0608	371,2191	585,1674	787,2922
74796	RDI	15,16	2	2	99,84261	79,87409	12334,58	28,0054	71,25889	198,8012	313,3783	421,6235
74797	RDI	11,34	2	2	99,88712	79,9097	11633,78	22,286	56,94832	158,877	250,4441	336,9509
74798	RD2	33,5	1	2	58,63907	47,64424	7738,739	317,2996	192,5202	537,1014	846,6543	1139,1
74799	RD2	24,49	1	2	114,3183	76,2122	18327,57	75,3162	170,829	476,5863	751,262	1010,758
74800	RD2	45,8	1	2	80,06749	64,054	6311,849	195,8935	179,8435	501,7355	790,9056	1064,095
74801	RDI	32,7	2	2	99,3892	79,51136	14884,05	100,1213	172,7865	482,0475	759,8706	1022,34
74802	RDI	38,56	2	2	99,56793	79,65435	14435,05	96,6547	133,5795	372,666	587,4482	790,3609
74803	RDI	30,64	2	2	99,87016	79,89612	9909,583	93,3815	121,533	339,0581	534,4708	719,0843
74804	RDI	52,13	1	2	119,0864	79,39095	18044,58	71,9809	112,7453	314,5419	495,8248	667,0895
74805	RDI	16,03	1	2	119,3571	79,57143	16123,54	63,6393	115,5454	322,3538	508,1391	683,6574
74806	RDI	8,518	1	2	119,9999	79,9999	1463,704	2,4085	30,31961	84,58702	133,3379	179,3946
74807	RD2	52,05	1	2	92,94913	74,3593	6843,239	133,4957	20,58847	57,43862	90,54278	121,8175
74808	RD2	48,93	1	2	87,35017	69,88013	7218,334	203,2622	76,05191	212,173	334,4568	449,9828
74809	RD2	30,73	1	2	85,51078	68,40863	6781,541	176,7015	111,2121	310,2645	489,0822	658,0179
74810	RD2	28,54	1	2	85,99576	68,79661	6868,372	160,7081	104,1682	290,6132	458,1051	616,3409
74811	RD1	4,232	1	2	113,7571	75,83806	27602,81	131,1285	242,8496	677,5127	1067,99	1436,889
74812	RDI	18,45	1	2	119,9184	79,94562	4667,204	7,5804	223,9364	624,7479	984,815	1324,984
74813	RDI	23,23	1	2	117,5571	78,55807	18537,25	85,7343	289,9055	808,7914	1274,93	1715,308
74814	RDI	1,566	1	2	119,6395	79,75964	14718,52	83,1901	74,39768	207,558	327,1819	440,195
19	RD3	25,64	1	2	78,10226	63,45809	4582,862	10,2322	9,564199	26,68263	42,06089	56,5893

Biografija autora

Ivan S. Ivković je rođen 14. decembra 1974. godine u Smederevu, gde je završio osnovnu i srednju školu. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu upisao je kao redovan student školske 1995/1996, Odsek za drumski i gradski saobraćaj i transport. Diplomski rad sa naslovom „Analiza sistema rada i poslovanja GSP Beograd na primeru pogona „Zemun” sa predlogom mera za poboljšanje” odbranio je početkom 2001. godine.

Od januara 2002. godine angažovan je za realizaciju časova vežbi na predmetima „Održavanje motornih vozila” i „Održavanje transportnih sredstava” u okviru Katedre za tehničku eksploataciju drumskih transportnih sredstava.

Od oktobra 2002. godine zaposlen je na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu na radnom mestu asistenta-pripravnika na Katedri za drumska vozila i dinamiku vozila, gde je držao vežbe iz predmeta „Motorna vozila” i „Dinamika vozila”.

2002. godine upisao je na Saobraćajnom fakultetu poslediplomske studije, grupa „Preventiva i bezbednost u drumskom saobraćaju i transportu” i položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom. 2008. godine, upisuje se na doktorske akademske studije na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu. 2009. godine izabran je u zvanje asistenta.

Autor je i koautor 11 radova objavljenih u naučno stručnim domaćim i stranim časopisima i saopštenih na domaćim i međunarodnim naučnim skupovima. Autor je dva pomoćna udžbenika za studente Saobraćajnog fakulteta. Član je autorskog tima 10 studija i projekata. Član je uređivačkog tima časopisa „International Journal for Traffic and Transport Engineering“.

Izjava o autorstvu

Potpisani Ivan S. Ivković

broj indeksa D-II-23/08

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

“ISTRAŽIVANJE PERFORMANSI AUTOBUSA SA POGONOM NA KOMPRIMOVANI
PRIRODNI GAS SA STANOVIŠTA BEZBEDNOSTI I UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU”

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 26.04.2012.

Potpis doktoranda



Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Ivan S. Ivković

Broj indeksa: D-II-23/08

Studijski program Saobraćaj

Naslov rada “ISTRAŽIVANJE PERFORMANSI AUTOBUSA SA POGONOM NA
KOMPRIMOVANI PRIRODNI GAS SA STANOVIŠTA
BEZBEDNOSTI I UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU”

Mentor Prof. dr Vojkan D. Jovanović

Potpisani Ivan S. Ivković

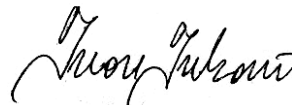
Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 26.04.2012.



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

“ISTRAŽIVANJE PERFORMANSI AUTOBUSA SA POGONOM NA KOMPRIMOVANI PRIRODNI GAS SA STANOVIŠTA BEZBEDNOSTI I UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU”

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

Potpis doktoranda

U Beogradu, 26.04.2012.



1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.