

Unapređenje sustava prijevoza putnika kao mjera povećanja energetske učinkovitosti i smanjenje emisije plinova

Njegovan, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:891909>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-16**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Martin Njegovan

**UNAPRJEĐENJE SUSTAVA PRIJEVOZA PUTNIKA KAO MJERA POVEĆANJA
ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I SMANJENJA EMISIJE PLINOVA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
DIPLOMSKI STUDIJ

Diplomski studij: Logistika
Zavod: Zavod za transportnu logistiku
Predmet: Organizacija prijevoza putnika

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Martin Njegovan
Matični broj: 0112040632
Smjer: Logistika

ZADATAK:

Unaprjeđenje sustava prijevoza putnika kao mjera povećanja energetske učinkovitosti i smanjenje emisije plinova

ENGLESKI NAZIV ZADATKA:

Energy Efficiency and Emissions Reduction Measures as Improvement of Passenger Transportation System

Opis zadatka:

Povedana upotreba energije u dnevnim migracijama nastala je zbog stalnog rasta upotrebe osobnih automobila. U gradovima se koriste strategije i mjere za promjenu modalne raspodjele u korist javnog gradskog prijevoza što proklamira i Europska Unija, tako da analiza energetske i ekološke učinkovitosti javnog gradskog prijevoza predstavlja važan korak u provođenju promjene modalne raspodjele urbanih dnevnih migracija. U radu je potrebno prikupiti podatke o energetske učinkovitosti i količini emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza, u ovom slučaju gradskog autobusa te osobnog automobila unutar određene linije gradske mreže, zatim analiza prikupljenih podataka, te njihova ocjena i usporedba. U konačnici je bio cilj predložiti metode i mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti i smanjenje emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza.

Zadatak uručen pristupniku:
16. studeni 2015.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Djelovođa:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UNAPRJEĐENJE SUSTAVA PRIJEVOZA PUTNIKA KAO MJERA POVEĆANJA
ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I SMANJENJA EMISIJE PLINOVA**

**ENERGY EFFICIENCY AND EMISSIONS REDUCTION MEASURES AS
IMPROVMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION SYSTEM**

Mentor: dr. sc. Marko Ševrović

Student: Martin Njegovan, 0112040632

ZAGREB, STUDENI 2015

SAŽETAK

Smanjenje potrošnje energije kroz povećanje energetske učinkovitosti predstavlja jednu od glavnih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova urbanih sredina. Povećana upotreba energije u dnevnim migracijama nastala je zbog stalnog rasta upotrebe osobnih automobila. U gradovima se koriste strategije i mjere za promjenu modalne raspodjele putovanja u korist javnog gradskog prijevoza što proklamira Europska unija kroz svoju Prometnu politiku (Transport White Paper). Stoga analiza energetske i ekološke učinkovitosti javnog gradskog prijevoza predstavlja važan korak u provođenju promjene modalne raspodjele urbanih dnevnih migracija. U radu su prikupljeni podaci o energetske učinkovitosti i količini emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza, odnosno gradskog autobusa te osobnog automobila unutar određene linije gradske mreže. Podaci su detaljno analizirani, ocjenjivani i uspoređivani sve u svrhu da bi se predložile metode i mjere za povećanje energetske učinkovitosti javnog gradskog prijevoza koje isto tako direktno djeluju na smanjenje emisije stakleničkih plinova.

KLJUČNE RIJEČI: javni gradski prijevoz putnika, energija, energetska učinkovitost, emisije stakleničkih plinova

SUMMARY

Decreasing energy consumption throughout improving energy efficiency represents one of the key measure to reduce GHG emissions in urban centers. Continuous growth of car usage in daily migrations has lead to extended usage of energy. Strategies and measures in cities are used to change modal distribution of trips in favour of urban public transport which proclaims European Union throughout „Transport White Paper“ policy. Because of that, energy efficiency and emission analysis of urban public transport represents huge step in implementation modal distribution in daily urban migrations. In paper are gathered information about energy efficiency and amount of emissions in urban public transport, regarding city bus and personal car inside one line in city network. Informations are analyzed, rated and compared in purpose of suggesting methods and measures to increase energy efficiency in urban public transport which directly effects on reducing GHG emissions.

KEYWORDS: urban public transport, energy, energy efficiency, GHG emissions

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Predmet istraživanja	1
1.2. Svrha i cilj istraživanja.....	1
1.3. Znanstvene metode.....	2
1.4. Struktura rada	2
2. Javni gradski prijevoz.....	3
2.1. Pojam.....	3
2.2. Javni prijevoz kao usluga	4
2.2.1. Dostupnost	5
2.2.2. Kvaliteta.....	6
2.3. Autobusni gradski prijevoz	7
2.3.1. Infrastruktura autobusnoga gradskog prijevoza	9
2.3.2. Upravljanje autobusnim gradskim prijevozom.....	11
2.4. Značenje javnog gradskog prijevoza.....	13
3. Energetska učinkovitost javnog gradskog prijevoza i njegov utjecaj na smanjenje stakleničkih plinova	15
3.1. Potrošnja energije u prometu u RH.....	15
3.2. Povećanje energetske učinkovitosti u prometu	19
3.3. Energetska učinkovitost i pokazatelji učinkovitosti javnog gradskog prijevoza	21
3.4. Nacionalni program energetske učinkovitosti.....	23
3.5. Mjere za poboljšanje učinkovitosti javnog gradskog prijevoza	24
3.6. Emisije stakleničkih plinova iz prometa	28
3.7. Najvažnije Europske direktive o smanjenju emisija u prometu	31
3.7.1. Obnovljivi izvori energije	31
3.7.2. Direktive o kvaliteti goriva	32
3.7.3. Direktiva o alternativnim gorivima.....	33
3.7.4. Emisije vozila.....	34
4. Analiza energetske učinkovitosti i emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza	36
4.1. Javni prijevoz grada Zadra	36

4.1.1.	Analiza prometne linije br. 2	37
4.1.2.	Analiza broja putnika na liniji broj 2	39
4.2.	Potrošnja goriva različitih modova	41
4.3.	Izračun energetske učinkovitosti vozila	45
5.	Analiza emisije stakleničkih plinova	50
6.	Prijedlog mjera za unaprijeđenje	55
6.1.	Ograničavajući faktori implementiranja novih tehnologija i goriva	55
6.2.	Ekološka vožnja	57
6.3.	Vozilo prema zahtjevu	60
6.4.	Usklađivanje kriterija nabave sa kriterijima zelene javne nabave	61
Zaključak.....		64
Popis kratica.....		67
Literatura.....		68
Popis slika		71
Popis tablica		72

1. Uvod

Posljednjih godina potrošnja energije u prometnom sektoru je narasla. Prije četrdesetak godina u većini razvijenih zemalja udio prometa u ukupnoj potrošnji energije je bio između 15 i 20%. Danas je to oko 35% ukupne potrošnje energije te još raste. Analogno tomu javni prijevoz je isto tome izložen iako njegov udio ukupno potrošene energije iznosi relativno malo. Primjera radi, potrošnja energije javnoga gradskog prijevoza u Hrvatskoj iznosi oko 0,5 % ukupno potrošene energije i 1,6% energije u hrvatskome prometnom sektoru. Situacija je slična i u drugim razvijenim zemljama. Porast energije u prometu je prvenstveno nastao zbog povećanja automobila za vlastiti prijevoz.

1.1. Predmet istraživanja

Smanjenje potrošnje energije kroz povećanje energetske učinkovitosti predstavlja jednu od glavnih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova urbanih sredina. Povećana upotreba energije u dnevnim migracijama nastala je zbog stalnoga rasta upotrebe osobnih automobila.

U gradovima se koriste strategije i mjera za promjenu modalne raspodjele putovanja u korist javnoga gradskog prijevoza što proklamira Europska unija kroz svoju Prometnu politiku (Transport White Paper)

Stoga analiza energetske i ekološke učinkovitosti javnoga gradskog prijevoza predstavlja važan korak u provođenju promjene modalne raspodjele urbanih dnevnih migracija.

1.2. Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovoga diplomskog rada na temu „Unaprjeđenje sustava javnoga prijevoza putnika kao mjera povećanja energetske učinkovitosti i smanjenje emisije plinova“ je prikupiti podatke o energetske učinkovitosti i količini emisija stakleničkih plinova vozila javnoga prijevoza, u ovom slučaju gradskoga autobusa te osobnoga automobila unutar određene linije gradske mreže, zatim analiza prikupljenih podataka, njihova ocjena i usporedba.

Cilj istraživanja je pronaći određene metode i mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti javnoga prijevoza koje istovremeno djeluju i na zaštitu okoliša i to smanjenjem emisija stakleničkih plinova.

1.3. Znanstvene metode

U svrhu istraživanja i pisanja ovoga diplomskog rada korištene su kombinacije sljedećih metoda znanstvenog istraživanja: metoda analize i sinteze, metoda komparacije, metoda brojenja, metoda proračuna emisije CO₂, metoda proračuna energetske učinkovitosti.

1.4. Struktura rada

Diplomski rad „Unaprijeđenje sustava javnog prijevoza putnika kao mjera povećanja energetske učinkovitosti i smanjenje emisije plinova“ sastoji se od pet međusobno povezanih cjelina.

Prvo poglavlje govori o definiciji javnoga gradskog prijevoza, javnom gradskom prijevozu kao usluzi, o njegovoj infrastrukturi kao i načinu upravljanja. Nakon toga slijedi poglavlje o energetske učinkovitosti javnoga gradskog prijevoza i njegovu utjecaju na emisiju stakleničkih plinova. Osim toga objašnjene su metode izračuna i pokazatelji kao i neke od mjera kojima se može utjecati na smanjenje emisije plinova i povećanje energetske učinkovitosti u javnomu gradskom prijevozu. U trećem poglavlju osvrnuli smo se na ukupnu potrošnju energije u sektoru prometa, izvršili analizu energetske učinkovitosti vozila javnoga gradskog prijevoza u ovom slučaju autobusa te dobivene rezultate uspoređivali s učinkovitošću prosječnoga osobnog automobila. Četvrto poglavlje odnosi na analizu emisije stakleničkih plinova u kojem smo kao i prethodnom poglavlju računali i uspoređivali podatke između dvaju modova prijevoza, samo u ovom slučaju riječ je bila o količini emisija stakleničkih plinova. U petom poglavlju, ujedno i posljednjem, osvrnuli smo se na prepreke koje sprječavaju implementaciju prethodno opisanih mjera u promatranom prijevoznom poduzeću kao i prijedlog konkretnih mjera koje bi se mogle primijeniti.

2. Javni gradski prijevoz

2.1. Pojam

Javni prijevoz predstavlja uslugu koja je javna, tj. dostupna svim korisnicima na području na kojem se obavlja te nije nužno komercijalna. „Ostvarivanje prijevoznog rada na određenom području, u obliku stalnog zanimanja, permanentno iz dana u dan u okviru svoje registrirane djelatnosti bez obzira na financijsku isplativost je najvažnija karakteristika javnog prijevoza putnika“: Trbuščić predstavlja kao jednu od najvažnijih karakteristika.¹ Naime, pri organizaciji javnoga prijevoza vodi se računa i o ekonomičnosti, ali ona nije presudna pri donošenju odluke o ostvarivanju prijevoza. Takva vrsta prijevoza subvencionirana je od strane lokalnih, regionalnih i državnih vlasti.

U daljnjem tekstu svog rada autor Trbuščić predstavlja kao „tipičan primjer takvog prijevoza je upravo »javni gradski prijevoz putnika« koji djeluje u složenom gradskom prostoru i čiji je zadatak da poveže udaljenije prostore i razne sadržaje te tako ostvari njihovo funkcionalno jedinstvo.“² S porastom broja stanovnika, grad prostorno raste i umnožavaju se njegove funkcije pa se samim tim komplicira zadaća JPP-a.

Gradovi se povećavaju, sve su više i gušće naseljeni te su zato troškovi građenja i operativni troškovi javnoga gradskog prijevoza sve veći. Urbanizacija i disperzija stanovanja karakteristika je gradova u kojima je javni gradski prijevoz manje uobičajen način putovanja. Nekoordiniran i neplanski razvoj utječe na brzo širenje urbanoga prostora izvan područja grada. Stanovnici koji stanuju izvan područja dostupnosti javnoga prijevoza ograničeni su ili onemogućeni u korištenju te javne usluge.

¹ T.Trbušić, Povećanje kvalitete javnog putničkog prijevoza izazov , ali i neminovna potreba, Connex, Slovenija

² Ibid. op. cit

2.2. Javni prijevoz kao usluga

Bloomberg u svojoj knjizi ističe definiciju usluge koja kaže da su to „one aktivnosti ili prednosti koje netko nudi nekom drugom, koje su nedodirljive i njeni rezultati nisu vlasništvo nad nečim. Usluge se prepoznaju prema glavnim karakteristikama, a to su:

- Neopipljivost
- Neodvojivost
- Raznolikost
- Kratkotrajnost“³

Neopipljivost – jedna od osnovnih razlika između robe i usluge. Usluga je u nematerijaliziranom obliku te se ne može dodirivati, osjetiti gledati i nema svoj konkretan oblik. Usluge su obično doživljaji zasnovani na izvedbi.

Neodvojivost – znači da se usluge prvo prodaju pa se tek onda troše i proizvode, proizvodnja i potrošnja ne mogu se odvojiti.

Raznolikost – jedna od karakteristika koja nije prisutna u proizvodnji. Percipirana kvaliteta usluge varira od mnogo utjecajnih činitelja odnosno čimbenika kao što su npr. loša komunikacija koja može biti uzrokovana bukom

Kratkotrajnost – usluga se ne može proizvesti pa zatim biti uskladištena. Ako se ne iskoriste odmah kada su raspoložive, postaju neupotrebljive.

U nekim literaturama spominje se i problem vlasništva koji govori o tome da usluga ne prelazi u vlasništvo kupca kao što je primjer kod robe nego da on dobiva pravo na korištenje.

Trbušić definira prijevozni proces kao „specijalizirana djelatnost koja pomoću prometne suprastrukture i prometne infrastrukture prevozeći robu ili ljude sa jednog mjesta na drugo organizirano savladava prostorne i vremenske udaljenosti stvarajući novi, nematerijalizirani, proizvod promjenom mjesta predmeta prijevoza tj. prometnu uslugu. U procesu prijevoza odnosno stvaranju novoga proizvoda predmeti prijevoza se ne troše i na njima se ne obavlja nikakva materijalna promjena, ali se obavlja kao osnovni smisao prijevoznog procesa » promjena mjesta predmeta prijevoza“⁴

³ Bloomberg, D. J. Logistika. Zagreb : Mate ; Zagrebačka škola ekonomije i managementa, 2006. , str. 79

⁴ T.Trbušić, Povećanje kvalitete javnog putničkog prijevoza izazov, ali i neminovna potreba

Raspravljajući o usluzi Friman i Felleson dolaze do zaključka kako : “Usluga, kao javni prijevoz je proizvedena u prisutnosti kupca. Zbog korisnikove prisutnosti za vrijeme prijevoznoga procesa, postavljaju se veliki zahtjevi pred prijevoznika. jer svaki oblik nesigurnosti ili otkaza za vrijeme procesa je vidljiv, utječe odmah i neposredno na zadovoljstvo korisnika.”⁵

Putnici koji su predmet prije prijevoznog procesa su zahtjevni, očekuju i traže udobnost, sigurnost, redovitost, učestalost, brzinu, i uz sve to i ekonomičnost. Najveći zahtjev putničkog prijevoza je sigurnost. Da bi prijevoznici bar donekle zadovoljili visoke zahtjeve svojih putnika, moraju stalno podizati razinu i kvalitetu svojih usluga.

2.2.1. Dostupnost

Za razliku od automobila koji predstavlja skoro univerzalni način pristupa svim lokacijama i čije je korištenje fleksibilno, usluga javnoga prijevoza ograničena je za određena područja i određene puteve. Osim toga, usluge javnoga prijevoza nisu dostupne od i do „vrata“ tako da potencijalni putnik mora sam pronaći način kako bi došao do određene lokacije odakle će koristiti javni prijevoz. Kao rezultat toga, dostupnost usluge prijevoza je bitna stavka kod donošenja odluke o korištenju javnoga prijevoza.

U znanstvenom radu Mistreta, Goodwill, Gregg iDeAnnutis apostrofirali su niz uvjeta koji utječu na dostupnost javnoga prijevoza, a to su:

1. Javni prijevoz mora se osigurati u neposrednoj blizini jednog od početka putovanja. Stajališta bi trebala biti postavljena na udaljenosti koja je prihvatljiva za putnike u vidu dužine pješaćenja. Udaljenost do stajališta može biti i veća ako na stajalištima postoje objekti za ostavljanje bicikala ili ako je moguće da putnik u vozilima javnoga prijevoza vozi sa sobom i bicikl, stajališta trebaju biti blizu parkirališnoga sustava Park&Ride tako da takav način putovanja može biti konkurencija automobilu.

⁵ M.Friman, M.Felleson, 2009, Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation, Journal of Public Transportation, Vol.12, No 4, Sweden

2. Javni prijevoz mora se osigurati u neposrednoj blizini jednoga od odredišta putovanja. Isti faktori se primjenjuju kod određivanja lokacije stajališta kao i kod izvora putovanja.
3. Javni prijevoz mora se osigurati korisnicima u blizini prema zahtijevanom vremenu. U većini slučajeva, usluga mora biti dostupna za oba dijela putovanja, pri odlasku i pri povratku. Ako postoji rizik od nedostatka prijevoza pri povratku u tijeku dana ili je javni prijevoz dostupan za samo jedan smjer putovanja, javni prijevoz vjerojatno neće biti opcija za neke putnike.
4. Putnici moraju biti u mogućnosti pronaći informacije o vremenu kada je dostupna usluga javnoga prijevoza i na kojem mjestu. Bez takvih informacija usluga javnoga prijevoza neće biti opcija za putovanje.
5. Mora biti osiguran dovoljan kapacitet. Ako vozilo javnog prijevoza zbog popunjenosti mora proći stajalište gdje putnici čekaju, usluga javnog prijevoza nije dostupna za putnike koji čekaju
6. U slučaju da su svi uvjeti ispunjeni, javni prijevoz je opcija za put. A hoće li se korisnik odlučiti za korištenje javnoga prijevoza, to zavisi od kvalitete usluge naspram konkurentnog načina, najčešće automobila.⁶

2.2.2. Kvaliteta

Vanhanen i Kurri navode: „Razliku od dostupnosti usluge prijevoza, potencijalni korisnici pri ocjenjivanju kvalitete usluge, odnosno prikladnosti i udobnosti javnog prijevoza ne mogu se služiti principom ocjenjivanja „sve ili ništa“ kao kod dostupnosti. Kriterij kvalitete podrazumjevaju kriterije odabira javnog prijevoza.“⁷

Navedenih kriterija ima više, a svaki pojedini kriterij ima svoje značenje i težinu pa nisu podjednaki i jednoznačni za sve korisnike. Svaka osoba procjenjuje kriterije kvalitete različito, ovisno o vlastitoj potrebi ili situaciji. U konačnici odluka putnika o korištenju javnog prijevoza umjesto konkurentskog vida prijevoza zavisi o kvaliteti.

⁶ M.Mistreta, J.A.Goodwill, R. Gregg, C.DeAnnutis, 2009.godine, Best practices in Transit Service Planning, Washington D.C.

⁷ K.Vanhanen, J.Kurri, Quality factors in public transport

Trbušuć ukazuje kako kriteriji predstavljaju putnikov pogled na uslugu te ih dijeli na 8 kategorija:⁸

1. dostupnost: opseg ponuđene usluge u geografskom i vremenskom smislu te frekvencija.
2. pristupačnost: dostup do sustava JPP-a koji uključuje povezanost s drugim načinima prijevoza
3. informacije: sistematično posredovanje informacija o sustavu JPP-a koje pomaže korisnicima/putnicima kod njihovog planiranja i provedbe putovanja
4. vrijeme: vremenski vidici koji su značajni za planiranje i provedbu putovanja
5. briga o putniku : elementi usluge upotrijebljeni na način da postignu najveću moguću kompatibilnost između standarda usluge i bilo kojeg zahtjeva svakog pojedinačnog korisnika
6. udobnost: elementi usluge uvedeni s namjenom da se putovanje sredstvima JPP-a učini relaksirajućim
7. sigurnost: putnikov osjećaj osobne sigurnosti koji proizlazi iz primijenjenih mjera i aktivnosti, oblikovanih tako da smo uvjereni kako će ih korisnik biti svjestan
8. utjecaj na okolinu: utjecaj na prirodni okoliš kao rezultat djelovanja sustava JPP-a⁸

2.3. Autobusni gradski prijevoz

U cestovnom prometu posebnu važnost imaju autobusi, posebno oni u javnomu prijevozu putnika. Dakle, autobus je motorno putničko vozilo koje služi za javni prijevoz većeg broja putnika u cestovnom prometu.

Gradski autobusi kao dio javnog prijevoza u gradovima imaju iznimno veliku važnost. U knjizi autora Zelenike vezano za to objašnjenostoji: „U naseljenim mjestima, posebno velikim gradovima, gradski autobusi imaju iznimno veliku važnost. Oni se od ostalih autobusa bitno razlikuju po svojim tehničkim i tehnološkim karakteristikama. Imaju široka vrata za brzi ulazak i izlazak putnika, mali broj sjedećih mjesta i mnogo prostora za stajanje s opremom za držanje, veliki unutarnji peron za brzi prihvat putnika na frekventnim stajalištima, a nemaju prostor za smještaj prtljage, nisu osobito udobni, a svi su njegovi elementi podređeni prijevozu velikoga broja putnika. U eksploataciji su specifični tipovi gradskih autobusa vrlo velikoga kapaciteta.

⁸ Trbušić, op. cit

Prema ukupnim kapacitetima putnika (sjedećih i stajaćih mjesta) u uporabi su: srednji autobusi kapaciteta oko 70 putnika, veliki autobusi kapaciteta oko 100 - 120 putnika, zglobni autobusi kapaciteta oko 160 - 180 putnika. slika 1., autobusi na kat kapaciteta oko 150 putnika (na oba kata), autobusi na kat i pol „aero“ kapaciteta do 150 putnika i specijalni otvoreni autobusi, obični ili na kat, velikog kapaciteta, koji služe za razgledavanje grada, tj. turističkih mjesta.“⁹

Slika 1: Primjer zglobnog autobusa



Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Bus_ZET_MAN.jpg

Uz autobuse za gradski promet tu su još i prigradski, međugradski autobusi i kombibus. Prigradski autobusi su namijenjeni prijevozu putnika na dužim relacijama od gradskoga autobusa. Karakteriziraju ga sva sjedeća mjesta s malim brojem mjesta za stajanje i dovoljna velika dvojna vrata za izlaz i ulaz putnika.

Međugradski autobus je namijenjen za prijevoz putnika na dugim relacijama. Karakteriziraju ga visoka udobnost za putnike (klima, televizija, WC), sva mjesta su sjedeća, veliki prostor za prtljagu putnika, vrata za izlaz i ulaz putnika su uža. Kombibus je namijenjen za

⁹ Zelenika, R.: Prometni sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 290.-291.

prijevoz manjeg broja putnika (do deset, ne računajući sjedalo za vozača) i njihove prtljage. Koriste ga većinom hoteli i aerodromi za prijevoz putnika.¹⁰

U skripti autora Brčić, Ševrović oni sugeriraju: „Autobusni pravci, u pravilu, trebaju slijediti, što je više moguće, glavne gradske ulice. Treba izbjegavati sporedne ulice, radi postizanja veće brzine vožnje i mogućnosti postavljanja stajališta na glavnim izvorima i ciljevima putovanja. U idealnim uvjetima autobusni pravac treba biti ravan i izravan. Uobičajeno je odrediti pravac prometovanja tako da prolazi pokraj važnih objekata kao što su bolnice, škole, trgovački centri, stadioni i slično. Prijevozne tvrtke često dobivaju zahtjeve za novim pravcima ili promjenama postojećih jer se prijevozna potražnja mijenja tijekom vremena. Autobusni podsustav je tu u prednosti nad tračničkim zato što je puno fleksibilniji. Uvjet za uspostavu ili promjenu trase linije su postojanje cestovne infrastrukture i minimalni tehnički uvjeti koje prometnica treba ispunjavati. Kružno usmjeravanje linija autobusnoga prometa često se koristi u područjima s malom gustoćom stanovanja.“¹¹

2.3.1. Infrastruktura autobusnoga gradskog prijevoza

Infrastrukturu autobusnoga gradskog transporta odnosno prometa čine ceste, fiksni objekti, uređaji i oprema koja pomoću suprastrukture gradskoga prometa, autobusa omogućuju proizvodnju prometne usluge. Uređaji stalno fiksirani za određeno mjesto koji služe proizvodnji prometnih usluga i reguliraju sigurnosti cestovnoga prometa su i autobusni kolodvori. Bitan dio infrastrukture javnoga gradskog prijevoza su linije i postaje odnosno stajališta autobusa. No, prije izgradnje infrastrukture potrebno je odrediti lokaciju javnoga gradskog prijevoza. Isplanirati izgradnju svih objekata, mrežu linija kojom će prometovati autobusi, lokacije njihovih stajališta.

Isti autori Brčić i Ševrović nadalje definiraju kako u određivanju lokacije javnoga gradskog prijevoza putnika postoje dva oprečna zahtjeva:

¹⁰ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Autobus>, (12.09.2015.)

¹¹ Brčić. D., Ševrović M.: Logistika prijevoza putnika, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012., str. 71.

- „tehnologa - logističara prijevoza koji želi pozicionirati stajališta u zoni raskrižja gdje su tokovi putnika i pješaka najjači gdje je zona atrakcije za putnike najveća,
- gradskih tijela zaduženih za promet koja žele pozicionirati stajalište što dalje od raskrižja radi sigurnosnih i ostalih negativnih prometnih učinaka.“¹²

Uz zahtjeve lokacije javnoga gradskog prometa gdje se moraju zadovoljiti efikasnost, efektivnost, ekonomičnost uz sigurnost i eliminaciju negativnih učinka prometa, moraju se uzeti u obzir i principi lociranja infrastrukture javnoga gradskog prijevoza putnika.

Principi kojima bi se trebali voditi pri određivanju lokacije stajališta javnoga gradskog prijevoza putnika prikazani su u priručniku Brčić, Ševrović, a oni su sljedeći:

- „trebaju biti postavljeni na velikim izvorima atrakcije i destinacije pješačkih tokova (npr. bolnice, pošte, kolodvori, trgovci, trgovački centri, škole, sveučilišta),
- trebaju biti postavljena tamo gdje ne ugrožavaju sigurnost prometa i pješaka,
- trebaju biti postavljena na izlaznoj strani raskrižja uz ugibalište (ako je autobus),
- položaj stajališta ne smije ometati pristup ostalim posjedima,
- za autobusna stajališta - trebaju biti pozicionirana tamo gdje postoji mogućnost smještaja ugibališta,
- stajališta JGPP-a trebaju biti pozicionirana tamo gdje postoji dovoljno prostora u dužinu i širinu za smještaj putnika,
- u blizini JGPP-a stajališta treba onemogućiti ulično parkiranje - legalno i nelegalno - iz sigurnosnih razloga.“¹³

Brčić, Ševrović u svom radu također se osvrću i na linije i postaje, za koje tvrde : „Linija i postaje javnoga gradskog prijevoza predstavljaju temeljne komponente infrastrukturne mreže linija. Karakteristike svake linije variraju ovisno o separaciji puta odnosno izdvajanja trase javnog prijevoza od ostalog prometa, tipu tehnologije i tipu podsustava.“¹⁴ Isti tvrde kako:

¹² Ibid., op.cit. str. 74.

¹³ Ibid., str. 74.

¹⁴ Ibid. str. 74

„Autobusne linije traže najmanja ulaganja u infrastrukturu te ih je lako i brzo izmjestiti za razliku od autobusa, tračničkih sustava tramvaja ili metroa koji zahtijevaju pomno planiranje i dizajniranje jer su investicijski troškovi izuzetno visoki“¹⁵

2.3.2. Upravljanje autobusnim gradskim prijevozom

Upravljanje autobusnim gradskim prijevozom najčešće provode javne tvrtke. Značajnu ulogu u vlasništvu i organizaciji imaju financijska sredstva koja te tvrtke primaju u obliku subvencija od lokalne zajednice. Tvrtke javnoga prijevoza imaju mnogobrojne prednosti u odnosu na privatne tvrtke i zato su uobičajene kao oblik vlasništva za obavljanje takve djelatnosti.

Ševrović, Brčić između također navode i prednosti koje tvrtke javnog prijevoza imaju u odnosu na tvrtke privatnog vlasništva, a to su:

- „javna tvrtka objedinjuje različite linije i načine prijevoza i stoga pruža integriranu prijevoznu mrežu s koordiniranim uslugama, cijenama i informacijama. U implementaciji se postiže visok stupanj integracije prijevoznih podsustava i začetak cjelovitog „multimodalnog“ prijevoznoga sustava,
- glavni cilj javne tvrtke bit će pružanje usluga koje urbana zajednica i njegovi stanovnici trebaju, a ne fokusiranje isključivo na ostvarivanje profita od pružene usluge,
- može se postići značajna ekonomska racionalizacija uz ujedinjavanje različitih linija, voznih parkova, uprava tvrtki i ostalog, u jednu tvrtku,
- mrežna integracija omogućuje da se profit od više opterećenih linija, koje su ekonomski profitabilnije, koristi za podršku onih manje opterećenih, a koje su važne za pružanje usluge iz socijalnih, društvenih i drugih ciljeva ukupne prometne politike kao što su: opsluživanje određenog područja, razina usluge bez obzira na prometnu potražnju u

¹⁵ Ibid. str. 76

obliku određene frekvencije ili slijeda vozila i slično. Prometna i ukupna politika lokalne uprave može biti bolje koordinirana a subvencije kontrolirane.“¹⁶

Osim prednosti istih, Brčić, Ševrović isto tako ukazuju i na nedostatke javnih tvrtki:

- „financijski aspekti rada se teže definiraju i njihovo zanemarivanje može dovesti do ozbiljne neefikasnosti i deficita,
- radnički sindikati mogu iskoristiti svoj monopolistički položaj za dobivanje visokih plaća (stanje neefikasne radne prakse). U nekim državama postoje zakoni koji brane štrajkove djelatnika javnoga prijevoza da bi se spriječili zastoji u radu,
- poticaj prisutnosti konkurencije, koji postoji kod autobusnog sustava, eliminiran je. Ako rukovodstvo nije kontinuirano inovativno i ažurno u primjeni novih tehnologija, tvrtka može postati zastarjela u operativnom smislu te neosjetljiva na potrebe korisnika čime negativno utječe na pružanje dobre usluge kao osnovnog cilja,
- velike regionalne tvrtke se ponekad orijentiraju regionalnim sustavima prijevoza na štetu lokalnih usluga, koje su esencijalne za život urbane cjeline - grada i predgrađa.“¹⁷

Raspravljajući o prednostima i nedostacima Ševrović i Brčić apostrofiraju: “Oblik vlasništva i prijevozne organizacije ovisi o mnogo čimbenika, uključujući ekonomski sustav i pravno uređenje u državi i gradskom području, običajima poslovanja javnih i privatnih poduzeća, te fizičkim uvjetima i političkim ograničenjima. Drugi čimbenik koji ima velik utjecaj na tip organizacije je izvor i metoda financiranja javnoga gradskog prijevoza. Tvrtke koje mogu obavljati javni gradski prijevoz su privatna poduzeća, javne prijevozne kompanije i regionalna prijevozna kompanija.“¹⁸

¹⁶ Ibid., str 36.

¹⁷ Ibid., str 36.

¹⁸ Ibid., str 37.

2.4. Značenje javnog gradskog prijevoza

Gradovi predstavljaju najmoćnije dijelove ekonomije jer je koncentrirano oko 80% svjetskoga outputa i nastanjeno 50% svjetske populacije. Za razliku od društvenih prednosti koje su svima znane, ekonomske prednosti, posebno za gradove, su manje dokumentirane.

Efikasna mobilnost u gradovima stvara ekonomske prilike, omogućuje razmjenu, pristup ustanovama za tržište i usluge i omogućuje efikasno korištenje resursa. Sa stajališta Frimana i Fellssona: „Javni prijevoz čini kralježnicu svakoga efikasnoga urbanog mobilnog sustava, dodjela adekvatnog javnog prijevoznog sustava omogućuje gradovima dinamičnost te kompetentnost kao i otvaranje novih radnih mjesta.“¹⁹

Litmann opisuje javni prijevoz kao „veliki čimbenik u doprinosu nacionalnoj i lokalnoj gradskoj gospodarstvu kroz široki raspon specijaliziranih, visoko tehnoloških poslova koje nudi direktno.“²⁰ Operatori javnog prijevoza zapošljavaju 7.3 milijunaljudi diljem svijeta. U mnogim europskim gradovima kao što su Brusel, Amsterdam, Barcelona i Pariz operatori javnoga prijevoza predstavljaju i najveće poslodavce.

Weisbrod je zamjetio da kapital uloženi u javni prijevoz potiče lančanu reakciju kroz ekonomsku aktivnost povećavajući početni kapital za 3 do 4 puta, omogućujući i promovirajući veću urbanu produktivnost.²¹ Ovakve investicije mogu omogućiti dvostruko više lokalnih poslova uspoređujući ih s investicijama u drugim područjima kao što su npr. ceste, zbog njihove kompleksnosti i zbog raznovrsnih kompetencija koje su za njih potrebne.

Objašnjavajući dalje u svom radu Weisbrod tvrdi da takvi projekti mogu predstavljati katalizatore za širi razvoj grada, pomažući u privlačenju poslovnih i privatnih investitora u gradove. Kako su ulaganja velikih razmjera u javni prijevoz nesumnjivo jako skupa, oni ustvari

¹⁹ M.Friman, M.Fellsson, 2009, op. cit.

²⁰ T. Litman, Evaluating Public Transit Benefits and Costs, 2015, Victoria

²¹ G.Weisbrod, 2009., op. cit.

predstavljaju značajno manji trošak nego direktni troškovi zagušenja koji mogu ozbiljno nauditi gradskoj konkurentnosti utječući na pouzdanost vremena putovanja i poslovnoj produktivnosti.²²

Prijevoz je ključan faktor u društveno uklapanje; sposobnost pojedinca, obitelji ili zajednice da pristupi različitim vrstama aktivnosti, počevši od posla, edukacije, liječenja, rekreacijskih aktivnosti i slično. Javni prijevoz u velikim gradovima ima mogućnost da postane najbrži, najsigurniji, i najjeftiniji način da se povežemo s poslom, obitelji i socijalnim aktivnostima.

Dio građana slabije platežne moći, stariji ljudi i ljudi s poteškoćama kako tvrde Balacombe, Macket i Paulley, posebno su ugroženi od društvene izolacije u slučaju smanjenoga izbora načina prijevoza. Unaprijeđivanje pristupa javnog prijevoza za takve grupe ljudi potrebno je postići da bi se postigla društvena jednakost²³ Gledano iz te perspektive, sustav javnoga gradskog prijevoza može se promatrati kao ključna društvena institucija koja, ako se održava i razvija pravilno, može koristiti cijeloj zajednici za poboljšanje društvene kohezije.

²² G.Weisbrod loc.cit

²³ R.Balacombe, R.Macket, N.Paulley, 2004.,The demand for public transport a practigal guide, Report TRL593

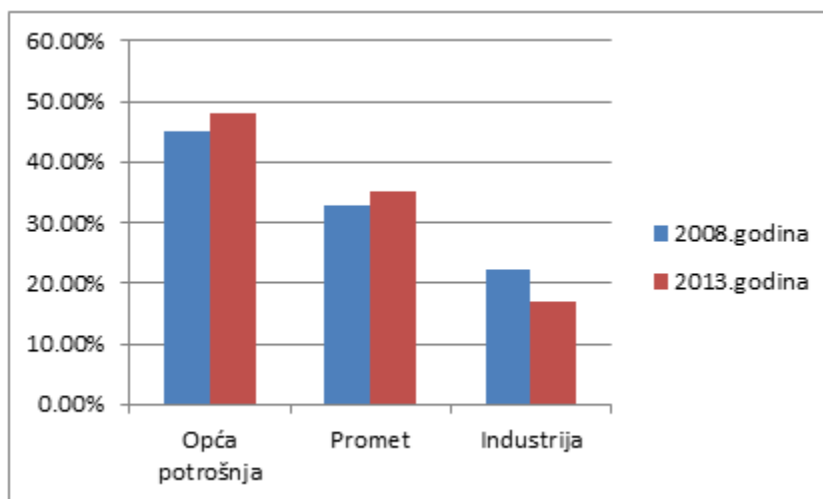
3. Energetska učinkovitost javnog gradskog prijevoza i njegov utjecaj na smanjenje stakleničkih plinova

3.1. Potrošnja energije u prometu u RH

Razvoj prometnoga sustava je dobar indikator razvoja i moći jedne države. Potražnju za uslugom prijevoza možemo podijeliti na potrebe prijevoza putnika i tereta. Potražnja raste svake godine i zato i potreba za energijom. Promet je rastući sektor u vidu potrošnje energije. Odgovoran je za otprilike 25 % ukupne svjetske potrošnje energije.

Prije četrdesetak godina u većini razvijenih država udjel potrošnje energije u prometu je bio 15% - 20%. Danas se se ta brojka povećala na 35% potrošnje sve energije s tendencijom rasta. Situacija je skoro slična u svima razvijenim gospodarstvima.

Graf 1: Prikaz udjela potrošnje energije po sektorima 2008. i 2013.



Izvor: Energija u Hrvatskoj 2013, godišnji energetske pregled

Na slici možemo primjetiti da struktura potrošnje energije Republike Hrvatske dosljedno slijedi obrazac porasta potrošnje energije. Od ukupno potrošene energije u Republici Hrvatskoj na promet otpada 35%. Kroz pet godina, potrošnja energije prometa se povećala za 2. 4%. Povećanje energije u sektoru opće potrošnje isto bilježi rast od 2. 9%, dok se udjel sektora industrije smanjio za 5. 3%.

Tablica 1: Potrošnja energije pojedinih vrsta prometa

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013/12	2008-2013
	PJ						%	
Željeznički promet	2.06	1.84	1.84	1.75	1.65	1.54	-6.9	-5.7
Cestovni promet	79.97	80.03	77.13	75.59	74.3	75.17	1.2	-1.2
Zračni promet	5.07	4.38	4.65	4.92	5.07	5.55	9.3	1.8
Pomorski i riječni promet	1.88	2.07	1.65	1.65	1.58	1.71	8.6	-1.8
Javni gradski promet	1.4	1.43	1.45	1.41	1.35	1.36	0.8	-0.6
Ostali promet	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.09	30.1	0.8
Ukupno	90.47	89.84	86.8	85.39	84.02	85.42	1.7	-1.1

Izvor: Energija u RH 2013. godine

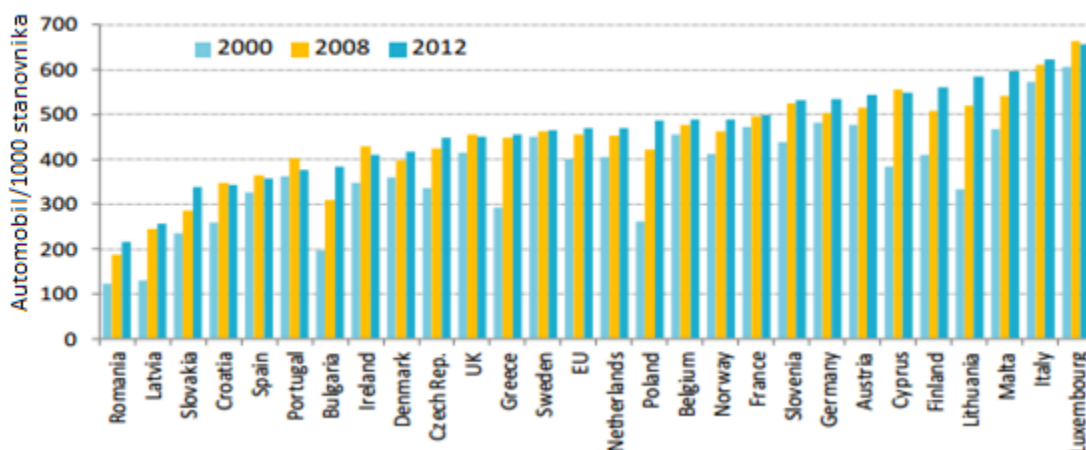
Pomnija analiza strukture potrošnje energije u prometnom sektoru Republike Hrvatske pokazuje da je ukupna potrošnja energije s 79, 97 PJ 2008. godine smanjena na 75, 17 PJ što je ukupno smanjenje za 6. 18% ili prosječno godišnje smanjenje 1,23%, no mora se napomenuti da poslije 2012. godine potrošnja energije opet bilježi rast. Najveći porast potrošnje ostvario je zračni prijevoz koji je povećao potrošnju energije od 5. 07 PJ 2008. godine na 5. 55 PJ u 2013. godini što je ukupno povećanje od 1. 8% ili porast u odnosu na 2012. godinu relativno visokih 9. 3%. U željezničkom prometu, cestovnom prometu, pomorskom i riječnom prometu te u javnom gradskom prometu ostvaren je trend smanjenja potrošnje energije u odnosu na 2008.godinu, no u odnosu na 2012. godinu sve vrste prometa ostvaruju porast osim željezničkog prometa.

Cestovni promet prednjači u potrošnji energije kada gledamo cjelokupni prometni sektor s ogromnih 88%, dok je cestovni putnički prijevoz sam odgovoran za više od 50% potrošene energije. Uzrok tomu je povećanje broja automobila koji raste iz godine u godinu. Prema podacima koje su obradili u svom radu autori Čavrak i Smojver, u razdoblju od 1995. godine, broj osobnih vozila u Republici Hrvatskoj na godišnjoj razini prosječno raste sa 4. 9%.²⁴ Postupno je rastao do 2008. godine, nakon koje po prvi puta broj registriranih osobnih

²⁴ V.Čavrak, Ž.Smojver, 2005., Ekonomski aspekti energetske djelotvornosti prometa u Republici Hrvatskoj, Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, Zagreb

automobila pada, a uzrok tome je svjetska financijska kriza koje se dogodila krajem 2008. godine s globalnim razmjerima te uzdrmla svjetsku pa tako i Hrvatsku ekonomiju. U priopćenju „Registrirana vozila i cestovne prometne nesreće u 2013“, navodi se kako je 2013. godine broj osobnih automobila iznosio je 463 592 što je zapravo približno 342 automobila na 1000 stanovnika odnosno svaki treći stanovnik je posjedovao automobil.²⁵ U usporedbi Hrvatske sa zemljama članicama EU na grafu broj 2 možemo vidjeti da Republika Hrvatska zaostaje za visoko industrijaliziranim zemljama koje broje prosječno 500 vozila na 1000 stanovnika odnosno svaka druga osoba posjeduje automobil.

Graf 2: Broj automobila na 1000 stanovnika u zemljama EU



Izvor: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/car-ownership-per-1000-people>

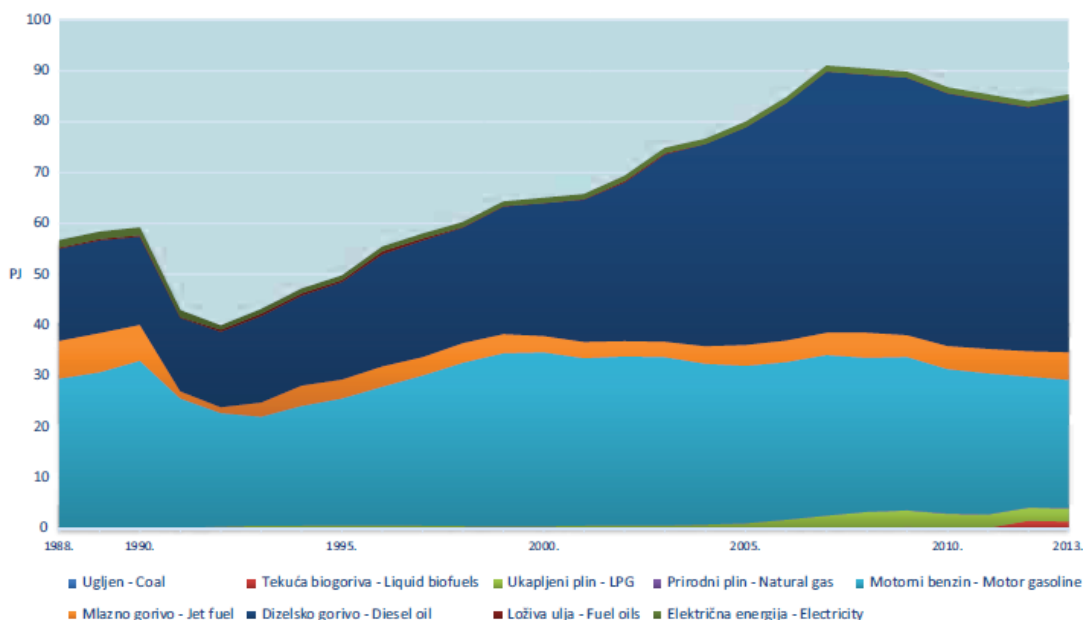
Fosilna goriva predstavljaju uvjerljivo najveći udio u potrošnji energije u prometnom sektoru. Tuli i Khera koji su se u svom radu bavili energijom u prometu, zaključili su kako u Europi, Južnoj Americi i Indiji, dizel predstavlja glavno gorivo koje se koristi u prometu, dok se u zemljama sjeverne Amerike i Bliskog istoka dominira benzin. U bivšem sovjetskom savezu, stlačeni prirodni plin (CNG) ili ukapljeni naftni plin (LPG), čine relativno najveći udio goriva u prometu.²⁶ Samo mali udio energije proizlazi iz prirodnog plina, električne energije ili biomase.

²⁵ http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2014/05-01-08_01_2014.htm

²⁶ V. Tuli, A.Khera, 2014., Towards Energy Independence,

Iako se predviđa povećanje udjela obnovljivih goriva, fosilna goriva će nastaviti dominirati kao energija.

Slika 2: Potrošnja energije prema vrsti u RH između 1988.-2013.



Izvor: Energija u RH 2013.godine

Hrvatska, kao i ostale europske zemlje najviše ovisi o dizelskom gorivu. U navedenom razdoblju na grafikonu došlo je do promjena u strukturi potrošnje energije. Prvo što uočavamo na slici je ogroman porast sveukupne potrošnje energije od početka razdoblja mjerenja. Najveća ekspanzija dogodila se s potrošnjom dizelskoga goriva jer se je praktički povećala za dvostruko. Ostala goriva nisu doživjela veće promjene u strukturi, osim ukapljenog plina i tekućih biogoriva. Biogoriva i ukapljeni plin postaju popularni zbog povećanja cijena nafte, potrebe za sigurnijom dobavom plina i zbog zabrinutosti emisije stakleničkih plinova.

Energetski učinkovit promet nudi velike mogućnosti za smanjenje potražnje i nafte i energije u globalu. Tulac piše u svom radu kako se prema navodima Međunarodne agencije za energetiku (IEA) procjenjuje da napredna tehnologija i alternativna goriva mogu smanjiti energetske intenzitet prometa od 20 do 40% do 2050. godine uspoređujući ih s vlastitim

predviđanjima.²⁷ Takav uspjeh može utjecati i na potrebu za fosilnim gorivima. Iako se energetska intenzitet smanji, ukupna potražnja za energijom će i dalje rasti iznad trenutnoga nivoa zbog sveopćega porasta potražnje prijevoza i motorizacije. Da bi se smanjila buduća potražnja u odnosu na trenutnu razinu, potrebno je ne samo prebaciti se na učinkovitije modove prijevoza već i smanjiti sveukupnu potrebu za putovanjima po pojedinom stanovniku.

3.2. Povećanje energetske učinkovitosti u prometu

Tradicionalni pristup koji se primjenjuje pri rješavanju problema povećanja prijevozne potražnje je omogućavanje dodatnog prostora na cestama, tj. izgradnja novih i većih cestovnih infrastruktura. Ovakav pristup nije donio očekivane prednosti. Dodatni promet nastaje i ceste nastavljaju proizvoditi nepoželjne razine novih zagušenja, stakleničkih emisija kao i drugih eksternalija. Zbog navedenog razloga, tradicionalni pristup se smatra zastarjelim. Stoga je potreban novi pristup za rješavanje trenutnog prometnog problema.

U radu autora Baedekr i Huning energetska učinkovit prijevoz zamišljen je tako da mora biti promoviran na tri različite razine. Postoji mogućnost ostvarenja veće energetske učinkovitosti za individualna vozila (učinkovitost vozila), prijevoza (učinkovitost putovanja) kao i cijelog prometnog sustava (učinkovitost sustava).²⁸

Odgovarajući na tri razine energetske učinkovitosti u prometu, u radu „Sustainable Urban Transport : Avoid – Shift – Improve“ tako govore o tri osnovne strategije da se ostvari energetska učinkovitost:

- „Izbjegavanje povećane prometne aktivnosti i smanjenje trenutne potražnje za prijevozom
- Preusmjerenje potražnje na učinkovitije modove prijevoza
- Poboljšanje vozila i goriva“²⁹

²⁷ J.Dulac, 2012., Global transport outlook to 2050

²⁸ S.B-Baedeker, H.Huning, 2007., Urban Transport and Energy Efficiency, Module 5h, Federal Ministry for Economic Cooperation and development

²⁹ http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/E_Fact-Sheets-and-Policy-Briefs/SUTP_GIZ_FS_Avoid-Shift-Improve_EN.pdf

U „Sustainable Urban Transport : Avoid – Shift – Improve“ radu također su i opisali novi alternativni pristup. Pristup znan kao A-S-I (Avoid/Izbjegni, Shift/Promijeni, Improve/Poboljšaj) nastoji ostvariti značajna smanjenja emisije stakleničkih plinova, smanjenje potrošnje energije, manje zagušenja s konačnim ciljem da stvori gradove podnošljivije za život.³⁰ Cilj ASI koncepta je ustvari promoviranje alternativnih načina mobilnosti i stvaranje održivoga prometnog sustava.

Svaka strategija označava različitu razinu energetske učinkovitosti: izbjegni/smanji potražnju za prijevozom poboljšava učinkovitost sustava; preusmjeravanje povećava učinkovitost putovanja; poboljšavanje vozila i goriva povećava energetska učinkovitost samoga vozila.

Prva stavka, tj. strategija rada „Sustainable Urban Transport : Avoid – Shift – Improve“, izbjegni ili smanji odnosi se na učinkovitost prometnoga sustava. Kroz integraciju prostornoga planiranja i planiranja prometne potražnje, potreba za putovanjem i dužina puta trebaju biti smanjeni.³¹

Drugo, „promijeni“, pokušaj unaprijediti učinkovitost putovanja. „Sustainable Urban Transport : Avoid – Shift – Improve“ objašnjava kako je promjena moda prijevoza od najvećega energetskeg konzumenta gradskog prometa (automobila) do ekološki prijateljski nastrojenijeg moda jako poželjna. Naročito promjena prema alternativnim modovima.³²

- Nemotorizirani prijevoz: hodanje i bicikliranje. Oni predstavljaju ekološki najbolju opciju.
- Javni prijevoz: autobusi, tramvaji i slično. Iako javni prijevoz emitira emisije, manja energetska potrošnja po putničkom kilometru i veća razina popunjenosti vozila podrazumijeva da je prateća CO₂ emisija po putničkom kilometru manja u usporedbi s automobilom.

Treća strategija u radu „Sustainable Urban Transport : Avoid – Shift – Improve“ odnosi se na „poboljšaj“ komponentu, fokusira se na vozilo i učinkovitost vozila kao i na optimizaciju

³⁰ Ibid.op.cit

³¹ Ibid.op.Cit

³² Ibid. op. Cit.

prometne infrastrukture. Traži unaprjeđenje energetske efikasnosti prijevoznih modova i odgovarajuću tehnologiju vozila.³³ Isto tako, potencijal korištenja alternativne energije se podrazumijeva.

3.3. Energetska učinkovitost i pokazatelji učinkovitosti javnog gradskog prijevoza

Generalno, javni prijevoz se gleda kao bitan način da se smanji potrošnja energije u prometu i emisija stakleničkih plinova u gradskim područjima kroz smanjenje broja putovanja koja se mogu ostvariti osobnim automobilom

Javni prijevoz bi trebao voditi brigu o svojoj ulozi u zadovoljavanju potreba mobilnosti građana da stvori u potpunosti učinkovit mobilni sustav, ali to ne znači da su operatori javnoga gradskoga prijevoza isključeni iz pokušaja da unaprijede svoje vlastite rezultate u vidu povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja emisije plinova.

Iako je javni gradski prijevoz relativno mali dio ukupnog prometnog tržišta, njegov ekološki utjecaj je jako mali ako se gleda na globalnoj razini, koncentracija javnog gradskog prijevoza u urbanim područjima rezultira kao povećani lokalni efekt.

Iako postoji mnogo varijabli koje mogu biti korištene da bi se definirali pokazatelji ostvarenog učinka najbolje su prikazani u izvještaju „Bestrans – Benchmarking of Energy and Emission Performance in Urban Public Transport Operations“ koji opisuje kako je prvi koristan pokazatelj potrošnja energije po vozilo-kilometru. Ovo je u prvom redu pokazatelj učinkovitosti koji ocjenjuje izvedbu „alata“ za proizvodnju usluge, u ovom slučaju vozilo i vozačeve sposobnosti. Druga vrsta pokazatelja su potrošnja energije po putničkom kilometru odnosno po sjedalo-kilometru.³⁴ Ovi pokazatelji su korisniji u određivanju učinkovitosti usluge što pokazuje u kojoj mjeri možemo ostvariti energetske i emisijske ciljeve u odnosu na određenu razinu usluge javnoga prijevoza s danom učinkovitošću vozila i vozača.

³³ Ibid. op. Cit.

³⁴ Bestrans – Benchmarking of Energy and Emission Performance in Urban Public Transport Operations, April, 2004.

Potrošnja energije po putničkom kilometru

Ovaj pokazatelj je primarno mjera za energetske učinkovitost usluge prijevoza, npr. količina energije koja je potrebna za jednog putnika po jednom kilometru. „Bestrans – Benchmarking of Energy and Emission Performance in Urban Public Transport Operations“ jasno definira: „Bitan čimbenik ovog pokazatelja je broj putnika ili postotak popunjenosti i stoga je jako koristan u određivanju energetske učinkovitosti taktičkoga planiranja gradske putne mreže. Promjene u preformansama vozila vezana za potrošnju energije, unaprjeđenje održavanja i slično ne mogu biti toliko bitni kao utjecaj povećanja gustoće putnika.“³⁵

Međutim, to je važan pokazatelj, tj. najbolje sredstvo za usporedbu flote posebno s drugim načinima prijevoza – kod usporedbe javnoga prijevoza, vezano za ekološki slučaj on počiva na razlici emisija po putničkom kilometru između jgp-a i automobila.

Potrošnja energije vozila po kilometru

Drugi pokazatelj, iz izvještaja „Bestrans – Benchmarking of Energy and Emission Performance in Urban Public Transport Operations“ predstavlja energetske učinkovitosti samoga vozila. On ovisi o politici i praksi operatera koja utječu na efikasnost vozila u vidu specifikacija vozila, veličini, vrsti goriva, izvedbi vozača, održavanju i slično. Isto tako, rezultat je vanjskih čimbenika kao što su teren i faktori koji utječu na komercijalnu brzinu.³⁶

Potrošnja energije po kilometru je koristan pokazatelj za mjerenje izvedbe individualnoga vozila kroz određeni period i analiziranje utjecaja koje mogu pridonijeti mjerama za poboljšanje izvedbe, kao što je trening vožnja. Isto tako predstavlja važnu mjeru za usporedbu učinkovitosti drugih sličnih tipova vozila ili između različitih vrsta vozila.

Potrošnja energije po sjedalo kilometru

Treći pokazatelj je analiziran u nastavku istoga izvještaja „Bestrans – Benchmarking of Energy and Emission Performance in Urban Public Transport Operations“. On mjeri točno određenu količinu energije svakog dostupnog putničkog sjedala. Kao takav, uzima u obzir i potražnju te isto tako mjeri i tehničku učinkovitost vozila. Koristan je za usporedbu učinkovitosti

³⁵ Ibid.op.cit

³⁶ Ibid. op. cit

između flota i između različitih tipova vozila unutar flote. Može služiti i kao nadzor izvedbi individualnog vozila kroz određeno vrijeme.³⁷

Izbor pokazatelja ovisi o onim podacima koje unosimo. Za usporedbu efikasnosti vozila između flota i za nadzor flote, potrošnja energije po sjedalo kilometru je vjerojatno najkorisnija. Potrošnja energije po putničkom kilometru je najkorisnija komparativna mjera učinkovitosti usluge/flote i za usporedbu s drugim modovima prijevoza.

3.4. Nacionalni program energetske učinkovitosti

Europska unija, čija je članica i Hrvatska zajedno s ostalih 27 zemalja članica, suočena je s izazovom zbog povećanja ovisnosti o uvozu energije, oskudnih izvora energije kao i potrebom da se ograniče klimatske promjene i prevlada gospodarska kriza. „Direktiva 2012/27/EU Europskog parlamenta i vijeća“ jasno je naznačila kako energetska učinkovitost predstavlja vrijedno sredstvo za rješavanje tih izazova. Povećava sigurnost opskrbe Unije smanjenjem primarne potrošnje energije i smanjenjem uvoza energije. Isto tako ona pomaže u smanjenju emisije stakleničkih plinova na troškovno učinkovit način, a samim time ublažava klimatske promjene.³⁸

Generalno gledano promet je sektor koji troši ogromne količine energije i bez nekih značajnih mjera vjerojatno će ostati tako. Predstavlja jedan od najzahtjevnijih područja za poboljšanje energetske učinkovitosti. Dok se se u prošlosti mjere odnosile na tehnološka poboljšanja, sada je više potreban holistički pristup koji uključuje smanjenje prometne potražnje i prebacivanje na ekološki i učinkovitiji način prijevoza.

Sukladno europskoj Direktivi 2006/32/EC o energetske učinkovitosti i energetskim uslugama (ESD) izrađen je i usvojen „Nacionalni program energetske učinkovitosti za razdoblje 2008. - 2016. godine“ (NEEAP) u kojem su propisani ciljevi energetske uštede i podloga za izradu trogodišnjih nacionalnih planova energetske učinkovitosti za tri trogodišnja razdoblja do

³⁷ Ibid. Loc.cit

³⁸ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX:32012L0027>

2016. godine.³⁹ U svakom akcijskom planu se analiziraju učinci i po potrebi revidiraju aktualne mjere te utvrđuju nove sektorske mjere kako bi se osiguralo ostvarenje cilja u 2016. godini.

Pregledom NEEAP-a koje su podnijele članice zajednice, uvideno je da, iako je bilo nekih značajnih promjena posljednjih godina vezano za tehnologiju vozila, posebno oko učinkovitosti goriva, to nije bilo dovoljno da se neutralizira efekt povećanja prometa. Isto tako, samo su neke od članica predložile jasne i dosljedne mjere za prebacivanje na učinkovitije modove prijevoza.

Većina mjera koje se spominju u prometnom izvještaju, u rasponu su od regulacijskih, fiskalnih pa sve do informativnih i dobrovoljnih mjera. Većina navedenih mjera su nacionalne mjere jer MURE baza podataka⁴⁰ nije dizajnirana da uključuje lokalne i regionalne mjere (osim ako su mjere izuzetno inovativne i mogle bi se lako primjeniti u mnogobrojne regije i lokalitete).

3.5. Mjere za poboljšanje učinkovitosti javnog gradskog prijevoza

Baedeker, Hunnig, Gruber tvrde kako vlasti odgovorne za gradski prijevoz su uobičajno odgovorne za planiranje i upravljanje javnim gradskim prijevoznim sustavom. Lokalne gradske vlasti moraju planirati cestovnu infrastrukturu kao i javnu gradsku mrežu te moraju uspostaviti prijevoznu uslugu. Gradska vlast zadužena za promet ima visok stupanj odgovornosti za energetske učinkovitost cijeloga gradskog prijevoznog sustava jer lokalna infrastruktura utječe na izbor prijevoznih sredstava građana.⁴¹ Financijska i politička podrška gradskih vlasti je naravno potrebna da se realizira energetski učinkovit prijevozni sustav.

Nekada je omogućavanje infrastrukture javnog gradskog prijevoza odgovornost lokalnih vlasti, ali radnje unutar sustava su odgovornosti privatnih poduzeća. Mnogi gradovi imaju višestruke operatore gradskoga prijevoza. U takvim slučajevima, uska suradnja između operatora gradskoga prijevoza i lokalne vlasti je potrebna da bi uspostavio optimalni javni gradski sustav.

³⁹ Treći nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti za razdoblje 2014.-2016., 2014

⁴⁰ MURE (Mesures d'Utilisation Rationnelle de l'Energie) pruža informacije o politici energetske učinkovitosti i mjerama koje se provode u zemljama članicama Europske Unije. Informacije su dostupne na temelju upita u bazi podataka.

⁴¹ S.Baedeker, H.Hunnig, R.Gruber, 2011, Navigation towards efficient urban transport: A compilation of actor oriented policies nad measures for developing and emerging countries, ECCEE summer study,

Proširenje mreže jgp-a i unaprjeđenje radnji:

Wright u svom radu navodi kako su vlasti odgovorne za gradski prijevoz i operatori bi trebali omogućiti da postojeća mreža ispunjava prijevoznu potražnju ili bi u suprotnom trebali proširiti sustav. Snažni sustav javnoga gradskog prijevoza može obuhvaćati različite vrste javnoga prijevoza. Koja vrsta sustava je najprikladnija za grad ili za određenu rutu ovisi o nekoliko faktora kao što su troškovi, vrijeme izgradnje, kapacitet putnika i gradska struktura. Moguće opcije su laka gradska željeznica, metro i brzi autobusni prijevoz. Sustavi brzoga autobusnog prijevoza su ponajprije bili primjenjeni u nekoliko gradova kao alternativa za željeznički sustav, ponajprije jer su potrebne manje investicije i njihova fleksibilnost je veća. Za primjer je Bogota, Bangkok gdje se brzi autobusni sustav mogao natjecati sa željezničkim sustavom u vidu brzine i kapaciteta. Bogotin brzi autobusni sustav prevozi 36 000 putnika po jednom satu, u jednom smjeru.⁴²

Javni prijevoz orijentiran na potražnju

Raspravljajući o energetski učinkovitom javnom sustavu prijevoza Wright i Fjellstrom smatraju kako bi se isti trebao sastojati od nekoliko razina. Veliki autobusi s velikim kapacitetom i većom prijevoznom brzinom bi trebali prometovati na rutama s velikim brojem putnika. Manji autobusi koji se češće zaustavljaju bi trebali povezivati manja i manje frekventnija stajališta. Prijelazni terminali bi trebali postojati da se omogući korisniku prijelaz između različitih modova.⁴³ Takav sustav koji se bazira na potražnji ne samo da je prilagođen putniku, nego može povećati profitabilnosti i efektivnost mreže.

Povećanje atraktivnosti javnog gradskog prijevoza

Ne određuje ga samo dostupnost, nego i razina udobnosti utječe na putnikov odabir moda. Broaddus i Litman tvrde u svom radu kako razna poboljšanja mogu povećati atraktivnost javnoga gradskog prijevoza. Vrijeme putovanja određuje atraktivnost načina prijevoza, posebne autobusne trake ili prednost autobusa na križanjima može omogućiti autobusima da putuju brže i da su u skladu s voznim redom. Poboljšanje informacija za putnike,

⁴² L.Wright, 2005., Bus Rapid Transit, Sourcebook, Model 3b. GTZ Eschborn

⁴³ L.Wright, and Fjellstrom 2005. Bus Rapid Transit, Mass Transit Options, Sourcebook Module, GTZ, Eschborn

udobna stajališta kao i vozila mogu utjecati na povećanje atraktivnosti sustava. Ako su različiti operateri uključeni u javni prijevozni sustav, integracija javnog prijevoza može biti potrebna. Rasporedi bi trebali biti prilagođeni da se minimizira vrijeme prijelaza između različitih operatera. Osim mrežne integracije, platni i informacijski sustav bi trebali biti integrirani. Lokalne vlasti mogu pomoći prijevoznim operaterima prilagođavanjem i koordinacijom fizičke infrastrukture i mreže linija. U Singapuru su različiti privatni operatori uspješno usklađeni. Integracija plaćanja informacija i mrežnih objekata omogućuju smanjenje kretanje putnika i nepotrebno umnožavanje linija.⁴⁴

Poboljšanje učinkovitosti vozila

Preformanse energetske učinkovitosti javnoga prijevoznog sustava također mogu biti poboljšane sugeriraju Bongardt i Breihaput u svom radu. Upotreba energetski učinkovitih vozila kao i obuka vozača za ekološku vožnju može smanjiti potrošnju energije po kilometru. U Čileu, trening ekološke vožnje za gradske vozače je rezultirao značajnim smanjenjem u potrošni goriva s prosječnim ostvarenim uštedama od skoro 20%.⁴⁵

Promoviranje nemotoriziranih modova

U svojoj knjizi Litmann ističe kako bi nemotorizirani prijevoz kao energetski najučinkovitiji način putovanja trebao biti uključen u strategiju prijevoza putnika u samome startu. Proširenje i poboljšanje potrebne infrastrukture za pješake i bicikliste su obećavajući instrumenti da se izbjegne putovanje automobilom na kratke relacije. Stvaranje neprekinutih biciklističkih mreža, izgradnja objekata za parkiranje bicikala ili označene rute i dizajnirane karte za nemotirizirane modove prijevoza su neke od mogućih mjera. U nekim gradovima problem sigurnosti onemogućuje građanima bicikliranje ili pješčenje na kraćim udaljenostima. Sigurni nogostupi, pješački prijelazi, posebno odvojene biciklističke trake i pješačke zone mogu biti korisne. Litman napominje kako u gradovima s kvalitetnim uvjetima za pješčenje, stanovnici takvih gradova voze 5 - 15% manje nego u gradovima koji su zavisni o automobilima. Sustav javnih bicikala koji se pristupačni besplatno ili po jako jeftinim cijenama, koristan je dodatak u

⁴⁴ A. Broadbuss, T. Litman, 2009., Transportation Demand Management, Training document, GTZ, Eschborn

⁴⁵ D. Bongardt, M. Breihaput, 2010., Beyond Fossil city, To-towards Low Carbon Transport and Green Growth, GTZ, Eschborn

javnom prijevozu i može biti upravljan od strane privatnih poduzeća. Ne samo to, već integracija nemotoriziranih modova prijevoza i javnog gradskog prijevoza može povećati korištenje obaju načina prijevoza.⁴⁶ Barcelona je 2007. uvela vlastiti sustav koji mogu koristiti samo stanovnici Katalonije, uspostavljen je mrežom od 200 baza i 3000 bicikala na području grada. Udvostručen je tijekom 2008. godine.

Smanjenje automobila

Osim provođenja inicijativa da se „prebace“ na energetski učinkovitije modove prijevoza, lokalne vlasti bi također trebale upotrebom regulatronih instrumenata smanjiti uporabu privatnih motoriziranih vozila. Ograničenje brzine ili smanjenje parkirnih mjesta za automobile jedan je od načina. Restrikcije zabrane tablica (s parnim i neparnim brojevima) ili ekološke zone u gradovima koji zabranjuju pojedinim automobilima ulazak u pojedine zone. Primjer su gradovi u Njemačkoj gdje vozači za ulazak u ekološke zone moraju imati ekološku vinjetu „Feinstaubplakette“ vidljivo istaknutu na vjetrobaranskom staklu.⁴⁷

Upravljanje prometom

Konstantan protok prometa je blagotvoran za manju potrošnju goriva s čime se slaže i Broaddus koji u svom radu objašnjava kako inteligentni transportni sustavi mogu biti korišteni da usmjeravaju protok vozila u svrhu izbjegavanja zagušenja. No, ova mjera bi trebala biti korištena pažljivo jer smanjenje zagušenja na cestama utječe na atraktivnost uporabe osobnih automobila. Sve mjere bi trebale biti poduzete da se smanje privatni motorizirani modovi. Ove mjere bi trebale osigurati da nedostaci prijevoza automobilom nadvladaju prednosti smanjenja zagušenja. Samo pod takvim uvjetima bi se upravljanje inteligentnim transportnim sustavima trebalo koristiti da se poveća efikasnost ostaloga cestovnog prometa. Područja djelovanja aktivnosti sektora za promet i prostornoga planiranja su često usko povezana. Stoga, bliska suradnja između ovih dvaju odjela je jako važna. Naprimjer, da bi se osiguralo to da su sva područja u gradovima dobro povezana s javnim prijevozom i da je dovoljno prostora rezervirano

⁴⁶ T. Litman, 2011., Land Use Impacts on Transport, Victoria Transport Policy Institute, Victoria,

⁴⁷ A. Broaddus. op. cit.

za nemotorizirane modove, potrebno je omogućiti čestu komunikaciju između zavoda za promet i zavoda za prostorno uređenje grada.⁴⁸

3.6. Emisije stakleničkih plinova iz prometa

Prema autoru Brozoviću: “Prometni sektor se sastoji od cestovnih vozila, vlakova, brodova i zrakoplova. Vozila cestovnog prometa su odgovorna za od 85% do 95% stakleničkih plinova iz prometa od čega se dvije trećine pripisuju osobnim automobilima, prvenstveno u obliku CO₂“⁴⁹ Potražnja cestovnoga prometa dominira u potražnji energije u prometnom sektoru te će vjerojatno tako i biti u budućnosti. Trendovi pokazuju znatan rast stakleničkih plinova prometnoga sektora u većini zemalja. Do sada je jako mali napredak postignut u smanjenju emisija plinova iz prometnoga sektora, a projekcije ukazuju na nastavak rasta.

Brozović nadalje opisuje kako se danas govori o trima skupinama emisije plinova iz prometa: “Prva skupina predstavlja najznačajnije plinove u prometu, takozvane stakleničke plinove koji utječu na odnosno ugljični dioksid (CO₂), metan (CH₄) i didušikov oksid (N₂O). Drugu skupinu predstavljaju takozvani F-plinovi koje ne možemo naći u prirodi već su produkt ljudskih aktivnosti (tzv. sintetički plinovi), a čije su emisije iz prometa gotovo zanemarive. Njihovi predstavnici su im CFC-plinovi, HCFC-plinovi i sumporni heksaluorid. Treća skupina je emisija plinova koja utječe na indirektno stvaranje stakleničkih plinova te o kojoj ovisi razina kvalitete zraka.“⁵⁰

Glavni plin koji pridonosi klimatskim promjenama je ugljikov dioksid (CO₂). U izvještaju „Climate action and public transport“ objavljeno je kako : “Plinovi i čestice koje utječu na kvalitetu zraka mogu se pomoću tehnologije reducirati ili eliminirati na izvoru. Emisije CO₂ nisu podložne tehničkim rješenjima jer su jednostavno dio ugljikova sadržaja fosilnih goriva.

⁵¹On predstavlja plin koji je odgovoran za 74% stakleničkih plinova u Hrvatskoj. Također je

⁴⁸ A. Brozović, op.cit

⁴⁹ I.Brozović, A.Regent, M.Grgurević, 2014., Emisije stakleničkih plinova osobito iz prometa, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.2, No.1, pp 277

⁵⁰ Ibid. op. cit

⁵¹ Climate action and public transport, 2014, International Association of Public Transport

nusproizvod izgradnja fosilnih goriva, biomasa i ostalih industrijskih procesa. CO₂ iz prijevoza nije reguliran u svim zemljama i za sve vrste vozila. Ti propisi su poprilično novi i provode se kroz poboljšanja učinkovitosti goriva umjesto naknadne obrade iz ispušnih sustava.

McGraw, Sull i Miknatis pišu u svomu radu i o ostalim dvama plinovima iz prve skupine koji su rezultat korištenja goriva za prijevoz, a to su CH₄ i N₂O. Za razliku od CO₂, emisije ovih plinova nisu direktno proporcionalne a potrošnjom goriva u prometnom sektoru. Emisije ovih plinova su podložne utjecaju tehnologije emisijske kontrole na vozilu i voznim karaktersitikama vozila tako da se CH₄ i NO₂ plinovi iz promet obično računaju na temelju prijeđenih kilometara vozila.⁵²

Tablica 2: Emisije stakleničkih plinova prema pojedinim prometnim granama u RH između 1990.-2010.g Cg CO₂ (tisuće tona CO₂)

Vrsta prometa/ godina/ plin	1990. g.				2010. g.			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Ukupno	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Ukupno
Cestovni	3559,0	33,0	38,6	3630,6	5637,4	147	62,0	5714,1
Željeznički	138,1	0,2	0,4	138,7	89,5	0,1	0,2	89,6
Pomorski riječni	133,0	0,2	0,3	133,5	115,1	0,2	0,3	115,6
Zračni	154,2	0,0	1,4	155,1	81,1	0,0	0,7	81,8
Promet: ukupno	3984,8	33,4	40,7	4058,9	5922,9	150	63,2	6001,1
Sveukupne emisije	23.093,0	3.462,0	3.946,0	30.501,0	21.179,0	3.590,0	3.349,0	28.118,0
Udio prometa %	173 %	1,0 %	1,0 %	13,3 %	28,0 %	0,4 %	1,8 %	21,3 %
Ukupno i fugit. emis.				31.449,0				28.598,0
Udio prometa %				12,91 %				23,98 %

Izvor: I.Brozović, A.Regent, M.Grgurević, 2014., Emisije stakleničkih plinova osobito iz prometa, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.2, No.1, pp. 275-294

Udio stakleničkih plinova iz prometa u porastu je od 1990. do 2010. godine. Najvećim dijelom tome pridonosi cestovni promet čiji je udio u odnosu na ostale prometne grane u stalnom porastu tako da danas u Republici Hrvatskoj sve ostale prometne grane sudjeluju u stakleničkom učinku od prometa s manje od 5 %. Osim toga, u cestovnomu se prometu zadnjih 20 godina redovito bilježi porast emisija stakleničkih plinova, čak i u onim područjima svijeta u kojima je došlo do smanjenja ukupnih emisija stakleničkih plinova antropogenoga podrijetla. To upućuje

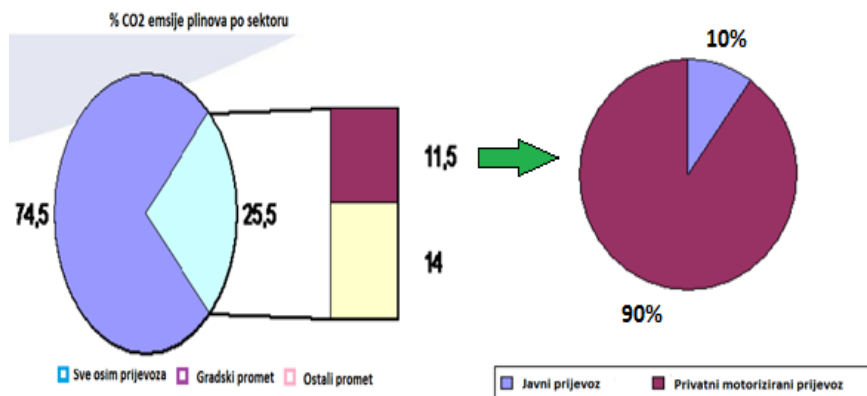
⁵² J.McGraw, S.Sull, G.Miknatis, 2010., The route to carbon and energy savings, Center for Neighborhood Technology, IL and San Francisco,

da bi, glede prometa, osnovne napore trebalo usmjeriti prema smanjenju emisija iz cestovnoga prometa.

Što se tiče gradskoga cestovnog prometa, teško je odrediti točne brojke emisija stakleničkih plinova, no jasno je da bi ukupna količina plinova i razina klimatskih problema s kojima se svakodnevno susrećemo bila mnogo veća u slučaju da javni gradski prijevoz nije ponuđen kao opcija prijevoza putnicima.

Usprkos nastojanjima da se smanje emisije stakleničkih plinova u gradovima u kojima se vrši prijevoz, svaki gradski prijevoznik proizvodi određenu količinu stakleničkih plinova. Iako javni prijevoz u Europi predstavlja samo 1% (slika) u ukupnim emisijama nastalih iz prometa, on i dalje predstavlja značajan izvor. Mnoge strategije za smanjenje stakleničkih plinova stvaraju dodatne prednosti u smislu smanjenja emisija koje utječu na onečišćenje i nižih troškova goriva, što predstavlja u konačnici još veći razlog za djelovanje.

Slika 3: % CO₂ iz javnog prijevoza



Izvor: <http://climatepolicyinfohub.eu/are-transport-emissions-mobilizing-eu-policy-response>

Daleko najveći izvor emisija javnoga prijevoza su emisije plinova povezane s potrošnjom goriva vozila koji prevozi putnike. Ostale emisije gradskih prijevoznika, uključujući energiju koja se koristi na objektima, vozilima koja prevoze putnike, kao i fugitivne emisije (npr. iz klima uređaja) vjerojatno predstavljaju 30% ili manje ukupnih stakleničkih emisija javnoga gradskog prijevoza.

3.7. Najvažnije Europske direktive o smanjenju emisija u prometu

3.7.1. Obnovljivi izvori energije

Sukladno obnovljivim izvorima energije „Europski parlament i vijeće“ navelo je Direktivu 2009/28/EC (RED) kako obvezuje zemlje članice da ostvare generalni cilj od 20% obnovljivih izvora energije do 2020. godine kao i dodatni cilj, tj. 10% obnovljivih izvora u prometnom sektoru.⁵³

Zemlje članice EU su obavezne zadovoljiti minimalni postavljeni cilj od 10% obnovljive energije u prometnom sektoru do 2020.godine. Sve vrste obnovljive energije koje se koriste u prometu su uključene u postavke zadanog cilja.

U studiji koju je proveo Carroll navodi se kako se neki izvori obnovljive energije računaju drugačije. Gdje se udio naprednih biogoriva⁵⁴ prema ostvarivanju cilja od 10% računa dva puta, a električna energija iz obnovljivih izvora u cestovnom prometu se računa 2.5 puta.⁵⁵

Prema RED-u, biogoriva moraju zadovoljiti minimum kriterija održivosti kao i minimum ostvarenih ušteda stakleničkih plinova po jedinici energije.

⁵³ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>

⁵⁴ Napredna biogoriva proizvode se od sirovina kao što su otpad i poljoprivredni ostaci koji ne konkuriraju izravno kulturama za proizvodnju prehrambenih proizvoda i hrane za životinje

⁵⁵ S.Carroll, 2015., Green Fleet Technology Study for Public Transport, Cenex for the Public Procurement of Innovation in Action Network, Cenex

Tablica 3: Kriteriji održivosti RED Direktive

KRITERIJI ODRŽIVOSTI RED DIREKTIVE	
Utjecaj stakleničkih plinova	Minimalni prag od 35% uštede emisija stakleničkih plinova (50% do 2017.g, 60% do 2018.g)
Bioraznolikost	Ne smiju biti proizvedena iz sirovog materijala koji potječe iz bioraznovrsnih područja (u slučaju područja zaštićene prirode ili zaštićenih područja)
Upotreba zemljišta	Ako se zemljište s velikim zalihama ugljena u tlu ili vegetaciji prenamijeni za preradu sirovina za pogonska biogoriva i druga tekuća biogoriva, dio pohranjenoga ugljena oslobađa se općenito u atmosferu, što dovodi do stvaranje ugljikova dioksida
Dobri uvjeti za agrikulturu	Potreba za dobrim uvjetima za agrikulturu

Izvor: Green Fleet Technology Study for Public Transport

Svaka zemlja članica je dužna objaviti nacionalni akcijski plan za obnovljive izvore energije (NREAP) do 2020. godine. Hrvatska je taj plan već objavila. Taj plan mora sadržavati informacije o svojim trenutnim planovima i ciljevima do 2020. godine za različite vrste prometa i ne-transportne sektore.

U dodatku, od zemalja članica se očekuje implementacija mjera da bi se ostvarili ovi ciljevi, ocjenjujući doprinos mjera energetske učinkovitosti i mjera energetske uštede. Od 2011. godine pa nadalje bilo je potrebno priložiti Europskoj komisiji dvogodišnji izvještaj o napretku.

3.7.2. Direktive o kvaliteti goriva

Ove direktive postavljaju zahtjeve za benzinska i dizelska goriva s ciljem smanjenja intenziteta stakleničkih emisija plinova. Ovi zahtjevi sastoje se od tehničkih specifikacija vezanih za parametre kvalitete goriva i ciljeva koji se nadovezuju na smanjenje emisije plinova tijekom proizvodnje goriva.

U analizi Hassa, Lonza, Massa, Reida i Vendrobocha jasno je definirano da do 2020. godine, na temelju 2010. godine koja je postavljena kao polazna točka, ove Direktive nalažu:

- 6% smanjenja intenziteta emisije stakleničkih plinova iz goriva kojima se trguje u EU do 2020. godine (2% indikativnog smanjenja do 2014.godine i 4% do 2017.godine)

- 2% smanjenja intenziteta emisije stakleničkih plinova iz goriva kojima se trguje u EU do 2020. godine razvojem novih tehnologija
- 2% smanjenja intenziteta emisije stakleničkih plinova iz goriva kojima se trguje u EU do 2020. godine pomoću mehanizama čistoga razvoja (eng. Clean development mechanism, CDM). CMD omogućuje segmentima državne uprave i privatnim organizacijama u industrijaliziranim zemljama primjenu projekta za smanjenje emisija u zemljama u razvoju koje je definirao Kyoto⁵⁶ protokol⁵⁷

3.7.3. Direktiva o alternativnim gorivima

„Europski parlament i Vijeće“ donijelo je Direktivu o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva koja se odnosi na čista goriva te zahtjeva od zemalja članica da razviju nacionalni okvir politike za marketinški razvoj alternativnih goriva zajedno s njihovom infrastrukturom. Dogovor nalaže široki raspon standarda (npr. obični utikač) za električna vozila, standardiziranu opremu za punjenje i informacije potrošače – sve bazirano na metodologiji koja će biti ustanovljena od strane Komisije.⁵⁸

Članice zajednice će morati definirati nacionalni okvir politike, kao što su nacionalni ciljevi, koji će postaviti minimalne zahtjeve za alternativna goriva iako je Komisija u početku predlagala obavezne ciljeve koje bi postavila sama EU. Države članice će moći odabrati hoće li ili neće uključiti hidrogen kao alternativno gorivo. Imat će dvije godine na raspolaganju da usvoje nacionalne odredbe u skladu s Direktivom. Infrastruktura bi trebala biti postavljena 2020. - 2030. godine, ovisno o vrsti infrastrukture.

⁵⁶ Protokol iz Kyota uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni **klima** dodatak je međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama, potpisan s ciljem smanjivanja emisije ugljičnog dioksida i drugih stakleničkih plinova. Do sad ga je potpisalo 170 država i vladinih organizacija

⁵⁷ H.Hass, L.Lonza, H.Mass, A.Reid, K.D.Rose, T.Venderbosch, 2014., EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels, JEC Biofuels Programme, European Commission, Institute for Energy and Transport

⁵⁸ Direktiva 2014/94 EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva, 2014.,

3.7.4. Emisije vozila

Ciljevi smanjenja emisija iz vozila postavljene od strane EU zakonodavca su važni faktori za potražnjom energije u cestovnom prometnom sektoru. Nekoliko ciljeva je predstavljeno ili bilo raspravljano od strane EU zakonodavca. Najvažniji propisi i izmjene su sadržavali sljedeće sekcije.

Razina emisija za nove osobne automobile.

Regulacija CO₂ emisija plinova iz osobnih automobila odnosi se na propise 443/2009, koje je donijelo “Europsko vijeće i parlament” u kojemu se traži da sve zemlje članice zabilježe podatke o svakom novom automobilu koji je registriran na njihovom području.“ Ovi propisi postavljaju standard preformansi emisija za nove automobile kao dio integriranoga pristupa u smanjenju CO₂ emisija kod lakih gospodarskih vozila (LDV). Proizvođači automobila moraju smanjiti CO₂ emisije iz novih flota putničkih automobila kako bi postigli novi prosjek za flote u razini od 130g CO₂/km u 2015. Sljedeći cilj koji se predložio Europskom parlamentu je 90g CO₂/km do 2020.godine.⁵⁹

Razina emisija za nova laka komercijalna vozila

„Europska unija“ u svom integriranom pristupu da se smanji CO₂ postavila je standard i za laka komercijalna vozila koja bi postavila prosječnu emisiju od 175g CO₂/km za sva nova komercijalna vozila, a koja bi trebala biti u potpunosti na snazi od 2017.godine. Isti propisi su predložili cilj od 147g CO₂/km kao prosječnu emisiju novo registriranih komercijalnih vozila u Uniji od 2020.godine.⁶⁰

Emisijski standard za osobne automobile i teška gospodarska vozila

Europska komisija je uvela emisijske standarde i testiranja kako bi kontrolirala količinu štetnih emisija koje se ispuštaju u okoliš kao direktan rezultat izgaranja goriva rezultat. Kao rezultat toga je i standard za cestovna vozila koji se postrožavaju svakih nekoliko godina. HDV

⁵⁹ http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm

⁶⁰ Ibid op.cit.

euro standard se numeriraju rimskim brojevima (npr Euro I, II...V), dok se za laka vozila (LDV) koriste standardni arapski brojevi (Euro 1, 2...5).

Standard Euro I je uveden 1992. godine, zatim Euro II iz 1996.godine i tako sve redom, provedena su još 4 standarda od kojih je zadnji Euro VI iz 2013. godine. Redukcije emisije plinova koje su se morale zadovoljiti prema ovim standardima su značajne.⁶¹ Do 2013. godine, krute čestice su praktički svedene na minimum, a sam ugljikov monoksid za dvije trećine.

Tablica 4: Emisijski standard za HDV vozila

Stage	Date	Test	CO	HC	NOx	PM	
			g/kWh				
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10 <i>EEV only</i>	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 ^a	
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8
a - PM = 0.13 g/kWh for engines < 0.75 dm ³ swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min ⁻¹							

a - PM = 0.13 g/kWh for engines < 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min⁻¹

Izvor: <http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Factsheet-emission-standards.pdf>

⁶¹ <http://www.smmmt.co.uk/industry-topics/environment/intro/european-engine-emission-standards/>

4. Analiza energetske učinkovitosti i emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza

4.1. Javni prijevoz grada Zadra

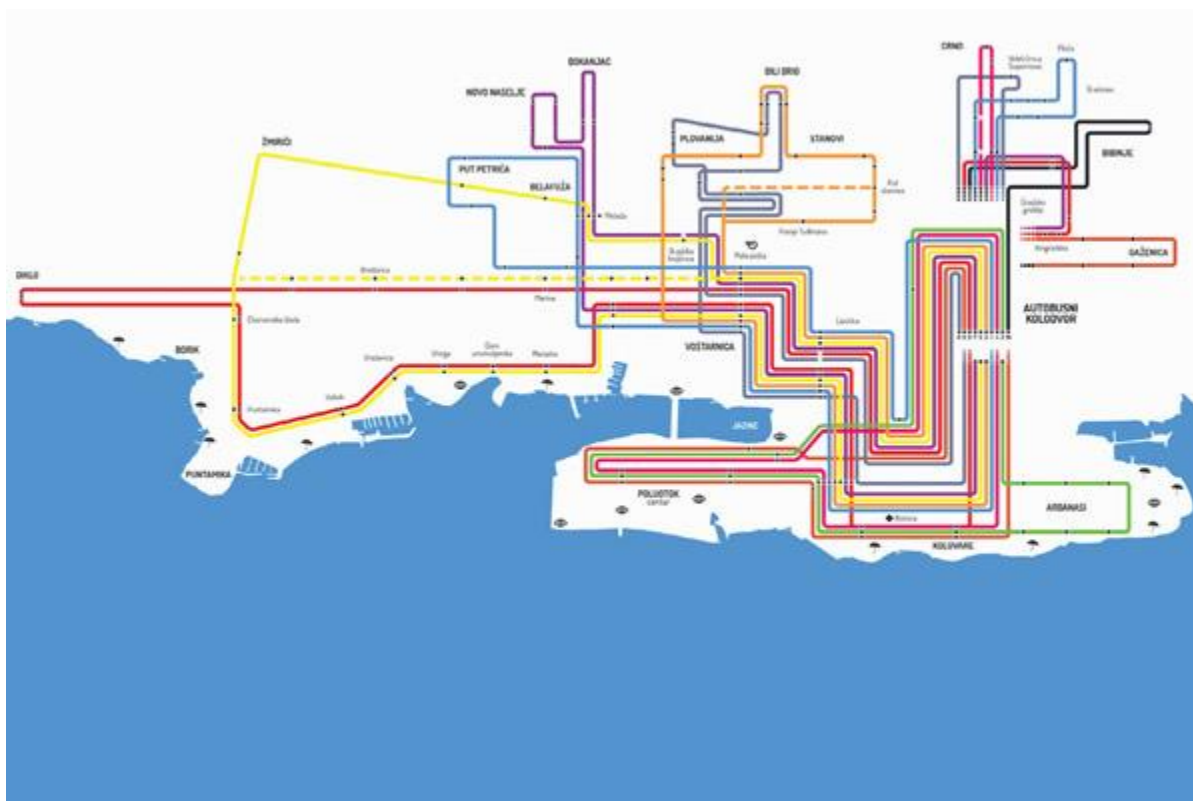
Erlić, Kevrić, Babić, Matessi i Peričić opisali su javni prijevoz na području grada Zadra: „Javni prijevoz u gradu Zadru čine autobusni i taxi prijevoz te poznati gradski tradicijski prijevoznici ili zadarski barkarjoli. Zadarski barkarjoli se ne mogu promatrati kao dio redovne, javne, prometne mreže, no zbog svoje kulturne i tradicijske vrijednosti sigurno imaju veliku vrijednost za sve Zadrane. Autobusni prijevoz se odvija kroz gradski, prigradski i otočni prijevoz. Javni prijevoz karakterizira proces modernizacije autobusnog voznog parka, dok je vozni park solidno opremljen“, navodi se u radu Strategija razvoja Grada Zadra.⁶²

Upravljanje autobusnim prijevozom obavlja poduzeće Liburnija nad kojim je većinski vlasnik Liburnija. Posljednjih godina događa se trend usporavanja zbog sve većeg broja taksista i zbog nemogućnosti održavanja kvalitete usluge uz početnu razinu cijene. Iako broj taksista raste, oni ne predstavljaju značajniji udjel javnoga gradskog prijevoza i u većini slučajeva su samo korišteni za specifične potrebe.“

Sam prijevoz obuhvaća 12 linija na kojemu prometuje ukupno 22 autobusa. Linije zahvaćaju sve dijelove Zadra. Osim samoga gradskog prijevoza osnovna djelatnost „Liburnije“ d.o.o. Zadar je obavljanje javnoga linijskog prijevoza unutar Zadarske županije. S pedesetak autobusa na raspolaganju, obavlja se javni linijski prijevoz na gotovo cijelom području županije uključujući otoke (Ugljan, Pašman, Dugi otok, Iž) te ugovoreni prijevoz kao i prijevoz za osnovne škole.

⁶² Š.Erlić, V.Kevrić, M.Babić, J.Matessi, S.Peričić, 2013, Strategija razvoja Grada Zadra, Zadar

Slika 4: Gradska mreža linija

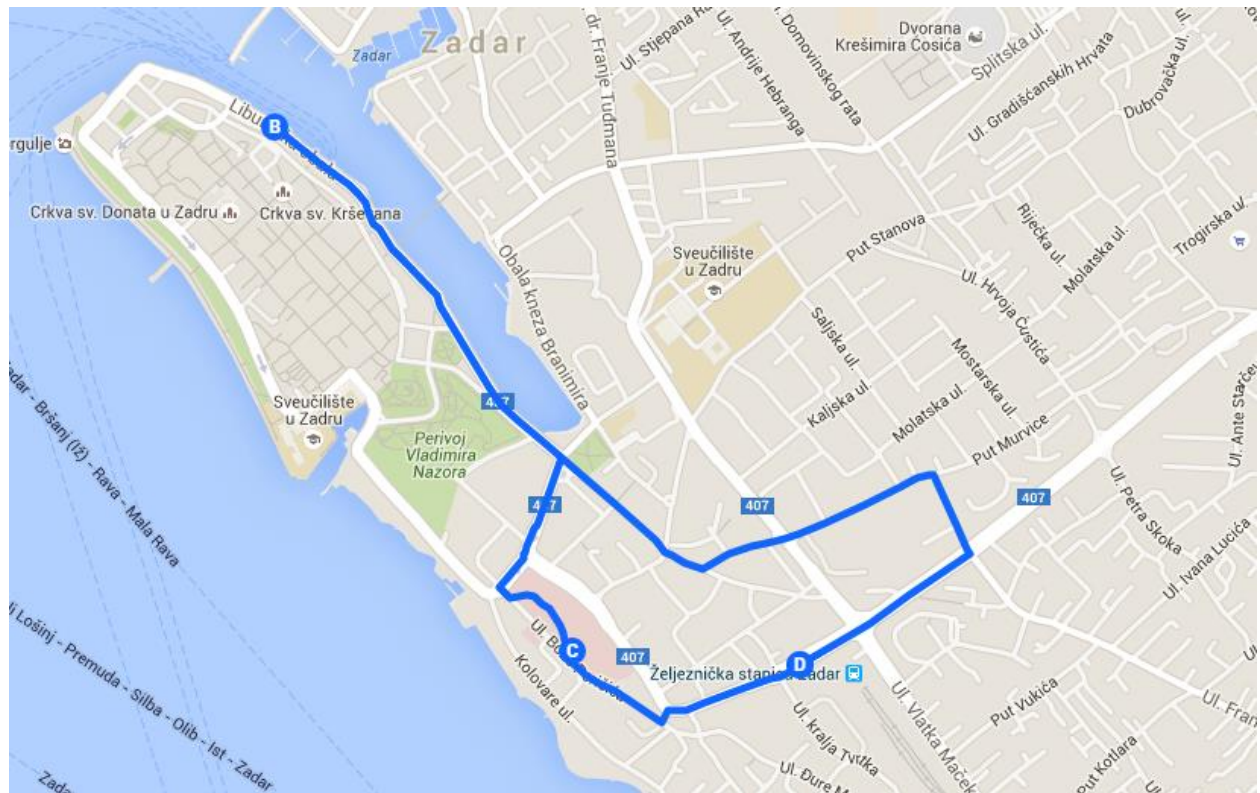


Izvor: http://www.zadarportal.com/zadar/wp-content/uploads/2013/07/bus_routes_zadar.jpg

4.1.1. Analiza prometne linije br. 2

Linija 2 je jedna od 12 linija gradske mreže javnoga gradskog prijevoza u Zadru. Dužina kojom prometuje navedena linija iznosi 15,4 kilometra. Početno odredište i krajnje ishodište joj je Gradski autobusni kolodvor Zadar, gdje se kreće u smjeru Poluotoka grada Zadra, koji u cijelosti obilazi. Ova linija ima značajnu ulogu u povezivanju centra grada Zadra, koje predstavlja sjedište većine poslovnih, zdravstvenih, kulturnih i obrazovnih ustanova.

Slika 5: Ruta gradske linije br. 2



Izvor: autor

Tablica 5: Vozni red linije br. 2

	Radni dani	Subota	Nedjelja i blagdani
Sati	Minute	Minute	Minute
05	30. 40	30, 40	
06	15, 30. 45	15, 30, 45	45
07	15, 30, 45	15, 30, 45	15, 45
08	15, 30, 45	15, 30, 45	15, 45
09	00, 15, 30, 45	00, 15, 30, 45	15, 45
10	00, 15, 30, 45	00, 15, 30, 45	15, 45
11	00, 15, 30, 45	00, 15, 30, 45	15, 45
12	00, 15, 30, 45	00, 15, 30, 45	15, 45
13	15, 30, 45,	15, 30, 45	15, 45
14	15, 45	15, 45	15, 45
15	00, 15, 45	15, 45	15, 45
16	00, 15, 45	15, 45	15, 45
17	00, 15, 30, 45	15, 45	15, 45
18	00, 15, 30, 45	15, 30, 45	15, 45
19	00, 15, 45	15, 45	15, 45
20	00, 15, 45	15, 45	15, 45
21	00, 45	45	45
22	15, 45	15, 45	15, 45

Izvor: <http://www.liburnija-zadar.hr/linije.php?tip=1&polaziste=01&odrediste=50&lang=hr>

4.1.2. Analiza broja putnika na liniji broj 2

Pomoću sljedećih tablica prikazat ćemo izmjenu putnika na stanicama promatrane gradske linije. Naime, prilikom analize broja putnika bilo je potrebno pobrojati sve putnike koji su ušli i izašli iz promatranoga vozila na pojedinoj stanici, a sve kako bi dobili detaljne informacije o trenutnom broju putnika u autobusu, odnosno kako bi izračunali koeficijent popunjenosti. Koeficijent popunjenosti računa se na način da se broj putnika u vozilu podjeli s ukupnim brojem sjedala u autobusu.

Odabrali smo dva vremenska perioda u kojem ćemo računati broj putnika u autobusu odnosno popunjenost i to sve u svrhu dobivanja što reprezentativnijeg rezultata u daljnjoj analizi. Prvi period brojanja je bio za vrijeme vršnoga opterećenja, a drugi izvan vršnoga perioda. Vršno opterećenje definirano u radu „Logistika prijevoza putnika“ predstavlja „period u kojem je povećan zahtjev za javnim gradskim cestovnim prijevozom, okvirno u vremenu

7:30 - 9:00, i 16:30 - 18:00 kad se izmjenjuju svakodnevna ustaljena putovanja (posao, škola, vrtić). U to vrijeme osim što su vozila preopterećena putnicima, stvaraju se i prometne gužve koje otežavaju efikasno kretanje vozila.⁶³

Tablica 6: Broj putnika za vrijeme vršnog perioda

STANICA	ULAZE	IZLAZE	UKUPNO	POPUNJENOST (%)
1.	20	0	20	60%
2.	7	1	26	81.25%
3.	5	5	26	81.25%
4.	8	26	8	25%
5.	4	2	10	31.25%
6.	1	0	11	34.75%
7.	4	2	13	40.62%

Izvor: autor

Tablica 7: Broj putnika za vrijeme izvanvršnog perioda

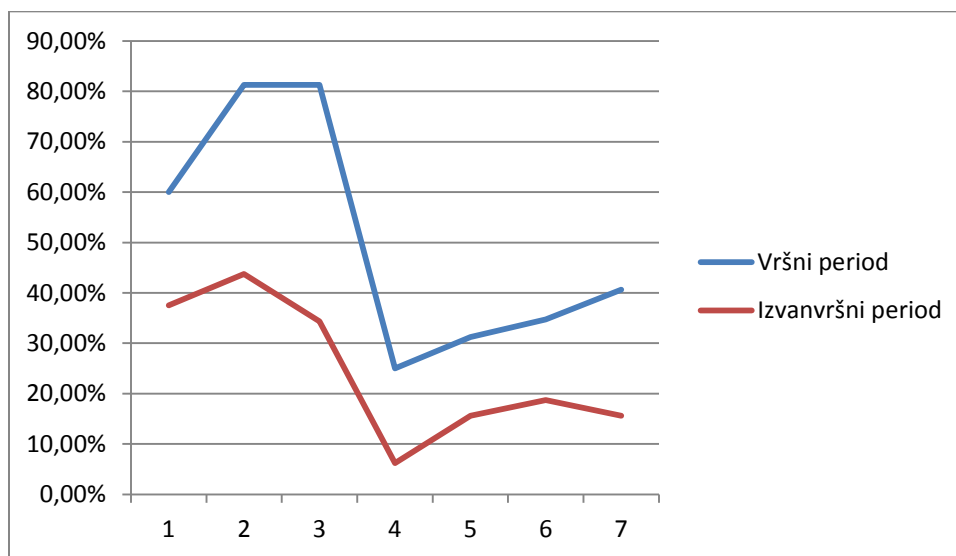
STANICA	ULAZE	IZLAZE	UKUPNO	POPUNJENOST (%)
1.	12	0	12	37.50%
2.	3	1	14	43.75%
3.	2	5	11	34.38%
4.	2	11	2	6.25%
5.	3	0	5	15.63%
6.	1	0	6	18.75%
7.	1	2	5	15.63%

Izvor: autor

Razliku između vršnoga i izvanvršnog perioda u razini popunjenosti možemo prikazati i grafikonom u nastavku:

⁶³ Brčić. D., Ševrović M.: Ibid: op.cit

Graf 3: Stupanj popunjenosti autobusa(%) na pojedinim stanicama



Izvor:autor

4.2. Potrošnja goriva različitih modova

Potrošnja goriva određenih vozila uvelike se razlikuje. Za pojedino promatrano vozilo brojke vezane za potrošnju goriva su dobro poznate. U ovom radu uspoređujemo vozilo javnog gradskog prijevoza na gradskoj liniji broj 2 s osobnim vozilom. Podaci vezani za javno gradsko vozilo, kao što su tip, model, pogonsko gorivo, potrošnja i sl. su nam poznati. No, problem se javlja kod usporedbe s osobnim automobilom jer nije točno određeno s kojim osobnim automobilom ćemo uspoređivati javno gradsko vozilo, a postoji veliki broj različitih modela i tipova automobila i svaki od njih ima specifičnu razinu potrošnje goriva. Kako nisam pronašao podatke o prosječnoj potrošnji gradskih osobnih automobila u gradu Zadru, kao ni podatke vezane za područje Hrvatske, koristio sam podatke o prosječnoj potrošnji osobnih automobila u Finskoj iz stručnog rada „Relative energy consumption of transport modes in Finland”. Prosječna potrošnja različitih tipova vozila prikazana je u tablici broj 8.

Tablica 8: Prosječna potrošnja osobnog automobila ovisno o vrsti pogona

Pogon	Gradska vožnja	Autocesta	Kombinirano
Benzin	10 l/100km	6.6 l/100km	7.8 l/100km
Dizel	8.3 l/100km	5.4 l/100km	6.4 l/100km
Hibrid	4.1 l/100km	4 l/100km	4.1 l/100km
Prirodni plin	6.4 kg/100km	3.8 kg/100km	5.1 kg/100km

Izvor: VTT

U ovoj analizi uključen je gradski autobus marke Mercedes-Benz Citaro O503 namijenjen za javni gradski prijevoz, predstavljen 1997. godine i zamjenio je O405/O405N seriju gradskih autobusa.⁶⁴ Među ukupnom flotom prijevozne tvrtke Liburnija nalazi se 5 ovakvih autobusa koji su kupljeni 2012. godine i predstavljaju moderniji dio voznoga parka.

Kao i svaki drugi gradski autobus, bitno se razlikuje od ostalih autobusa po svojim tehničkim i tehnološkim karakteristikama. Imaju široka vrata za brzi ulaz i izlaz putnika, mali broj sjedećih mjesta i mnogo prostora za stajanje s opremom za držanje, veliki unutarnji peron za brzi prihvat putnika na frekventnim stajalištima i svi njegovi elementi su podređeni velikom prijevozu putnika. U ovom slučaju broj sjedećih sjedala iznosi 32+1, dok u ukupni broj mjesta zajedno sa stajaćim mjestima iznosi 105.

⁶⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro

Slika 6: Mercedes-Benz Citaro O530



Izvor: <http://www.zdnews.hr/foto/bus2.jpg>

Svi autobusi u javnom gradskom prijevozu u Gradu Zadru su autobusi koji su pokretani na dizelski pogon, baš kao i Citaro O530.

Tablica 9: Osnovne karakteristike Mercedes-Benz Citaro O530

Duljina	12000 mm
Širina	2500 mm
Visina	3200 mm
Sjedala	32+1
Stajaća mjesta	73
Ukupni broj mjesta	105
Max. nosivost	18000 kg
Snaga	210 kW
Potrošnja	40 l/100 km
Standard	Euro V

Izvor:autor

4.3. Izračun energetske učinkovitosti vozila

Učinkovitost samoga vozila predstavlja potrošnju energije po kilometru, dok učinkovitost po putničkom kilometru predstavlja energiju potrebnu za prijevoz jednoga putnika.

Učinkovitost vozila može se utvrditi na temelju podataka o potrošnji goriva, a za osobni automobil uobičajeno se mjeri na način da se izračuna količina energije koja je potrebna da vozilo savlada određenu udaljenost, u ovom slučaju koliko je litara potrebno da bi vozilo prešlo jedan kilometar.

Ako znamo energetska vrijednost goriva, a ista je prikazana u sljedećoj tablici, tada nam je jednostavno utvrditi potrebnu količinu energije za savladavanje određene udaljenosti. U tablici možemo vidjeti da energetska sadržaj svakoga goriva varira ovisno o vrsti goriva te da je upravo dizel gorivo koje sadrži najveću količinu energije unutar jedne litre.

Tablica 10: Količina energije unutar jedne litre goriva

Gorivo	Energija
Dizel	36.33 MJ/litra
Benzin	31.3MJ/litra
Biodizel	33.3 MJ/litra
CNG (bioplin)	21 MJ/litra
Etanol	20.9 MJ/litra
Vodik	8.5 MJ/litra
LPG	23 MJ/litra

Izvor:Buy smart, Zelena nabava u Europi, 2012.

Koristeći podatke o potrošnji goriva iz prethodnoga poglavlja (litra/100km), izračunat ćemo potrebnu količinu za savladavanje jednoga kilometra te ćemo na temelju tog izračuna dobivenu vrijednost izraziti u megadžulima (MJ). Zbog toga što je gradski autobus na dizelski pogon, koristit ćemo podatke vezane za dizel odnosno potrošnju dizelskoga automobila i gradskog autobusa, sve u svrhu što reprezentativnijih rezultata.

Podaci potrebni za izračun:

Potrošnja osobnog automobila: 8.3l/100 km, odnosno 12.04 km/l

Potrošnja gradskog autobusa Mercedes-Benz Citaro O530: 40 l/100 kilometara, odnosno 2.5 km/l

Energetska vrijednost (MJ) po litri dizela : 36.33 MJ/litra,

Osobni automobil

$$MJ \text{ po kilometru} = \frac{\text{litra}/100 \text{ km}}{\text{Udaljenost (100km)}} \times MJ/\text{litra (dizel)} = \frac{8.3}{100} \times 36.33 = 3.01 MJ/km$$

Gradski autobus Mercedes-Benz Citaro O530

$$MJ \text{ po kilometru} = \frac{\text{litra}/100 \text{ km}}{\text{Udaljenost (100km)}} \times MJ/\text{litra (dizel)} = \frac{40}{100} \times 36.33 \\ = 14.53 MJ/km$$

Učinkovitost vozila može se utvrditi na temelju podataka vezanih uz potrošnju goriva. Količina energije koja je potrebna da vozilo savlada određenu udaljenost.

Zbog razlike u veličini, varijacije zbog tipa i uvjeta u kojim vozilo jgp-a vrši prijevoz, utrošak energije po kilometru ne predstavlja reprezentativni uzorak energetske efikasnosti vozila jgp-a u odnosu na prijevoz s osobnim automobilom.

Uzmimo za primjer da jedan operater treba prevesti 40 putnika te da su nam na raspolaganju dva manja autobusa s 20 mjesta ili jedan autobus s 40 mjesta, s time da manji autobus troši 25 litara goriva na 100 prijeđenih km, dok veći autobus troši 40 litara goriva na 100 prijeđenih km.

Dakle, ako usporedimo potrošnju energije jednoga manjeg autobusa s potrošnjom energije većeg autobusa jasno je da je učinkovitost vozila veća kod manjeg autobusa jer troši manje energije po kilometru. Međutim, ukoliko bi trebalo prevesti 40 putnika, u tom slučaju operater mora angažirati dva manja autobusa s 20 sjedećih mjesta odnosno jedan veći s 40

mjesta, što bi značilo da bi u tom slučaju učinkovitost po putničkom kilometru bila veća kod autobusa s 40 mjesta jer bi isti potrošio manje energije za prijevoz jednoga putnika. Dakle, za izračun učinkovitosti po putničkom kilometru od odlučnoga je značaja upravo broj putnika koji je potrebno prevesti.

Kako bismo mogli prikazati i usporediti učinkovitost prijevoza JGP-om s osobnim automobilom, upotrijebit ćemo jedan oblik standardizirane jedinice odnosno analizirat ćemo potrošnju energije po putničkom kilometru koja predstavlja najkorisniju komparativnu mjeru učinkovitosti za usporedbu različitih modova prijevoza, a o čemu je ranije bilo govora.

Tablica 11: Energetska učinkovitost modova

Mod prijevoza	Broj sjedala	MJ po vozilo kilometru	MJ po sjedalo kilometru
Gradski autobus	32.00	14.40	0.45
Osobni automobil	5.00	2.99	0.60

Izvor:autor

Zbog znatnih varijacija u veličini ovih dvaju modova prijevoza, valjana usporedba se mogla prikazati samo sa standardiziranim jedinicama. U tablici broj 11 za početak smo koristili jedinicu energije i po sjedalo kilometru kako bi se omogućile usporedne brojke. Generalno, možemo vidjeti da osobni automobil troši manje energije po prijeđenom kilometru, no ako usporedimo broj putnika koji se može prevesti odnosno količinu energije po kilometru vidimo da je autobus u tom slučaju učinkovitiji. Isto tako, problem koji se javlja u ovom izračunu je broj mjesta gradskog autobusa. Oni su dizajnirani da osim sjedećih omogućuju i stajuća mjesta, no za potrebe ovog rada odlučili smo se samo na sjedeća mjesta tako da u određenoj mjeri izjednačimo kvalitetu prijevozne usluge, npr. u ovom slučaju udobnost. U ovoj tablici možemo vidjeti da je gradski autobus čak 3 puta efikasniji od osobnoga automobila što se tiče utrošene energije.

Potter tvrdi kako mjera energije po sjedalo kilometru predstavlja valjanu usporedbu između različitih modova prijevoza, ali u praksi postoji i jedna dodatna varijabla koja ključno

utječe na stvarnu energiju i emisiju plinova po putniku, a ta varijabla je popunjenost vozila“ :koja je definirana u znanstvenom radu „Transport and energy emissions.“⁶⁵ Ako je samo vozač u autu, tada će on/ona trošiti 2.99 MJ u usporedbi s 0,45 MJ koje bi potrošio gradski autobus da su sva sjedala popunjena.. U tom slučaju, vozeći automobil konzumira se 6 puta više energije na određenoj ruti nego što bi se potrošilo da se vozilo javnim gradskim prijevozom.

U obzir, osim popunjenosti, dolazi i period u kojem se vrši prijevoz. U vršnom periodu popunjenost vozila gradskoga prijevoza je veća, dok je popunjenost osobnoga automobila manja. U izvanvršnom periodu situacija je drugačija. Pod pretpostavkom da je za šoping, odmor, rekreaciju i sl. popunjenost u vozilu najmanje 2 (40%) dvije osobe, dok za javni prijevoz u popunjenost pada ispod 25%. Popunjenost vozila u ovom slučaju uvelike otežava usporedbu između modova koji variraju ovisno o modu kao i o vremenu.

Tablica 12: Energetska učinkovitost modova/pkm

Mod prijevoza	MJ po sjedalo kilometru	Popunjenost vozila u vršnom periodu (%)	MJ po putničkom kilometru u vršnom periodu	Popunjenost u izvanvršnom periodu (%)	MJ po putničkom kilometru u izvanvršnom periodu
Gradski autobus	0.45	50.48	0.89	24.35	1.83
Osobni automobil	0.60	20.00	2.95	40	1.5

Izvor: autor

Iako smo neke brojke prikazali s dvama decimalnim mjestima, to ne bi trebalo uzeti kao preciznu mjeru. Podaci koji su korišteni sigurno variraju u određenoj mjeri ako je relativna potrošnja energije između modova unutar proporcija. Podaci iz tablice 12 predstavljaju najbolje brojke za usporedbu iz različitih izvora. Najvažniji dio ove analize je popunjenost vozila koja je uzeta u obzir i koja u konačnici utječe na sveukupnu sliku. Kod prijevoza pri vršnom periodu, po putničkom kilometru opada daleko manje energije u javnom prijevozu nego što je to kod osobnog automobila. Izvan vršnoga perioda situacija se uvelike mijenja. Slaba popunjenost

⁶⁵ S.Potter, 2003., Transport energy and emissions: urban public transport, Handbook of transport and the environment, Amsterdam, Nizozemska

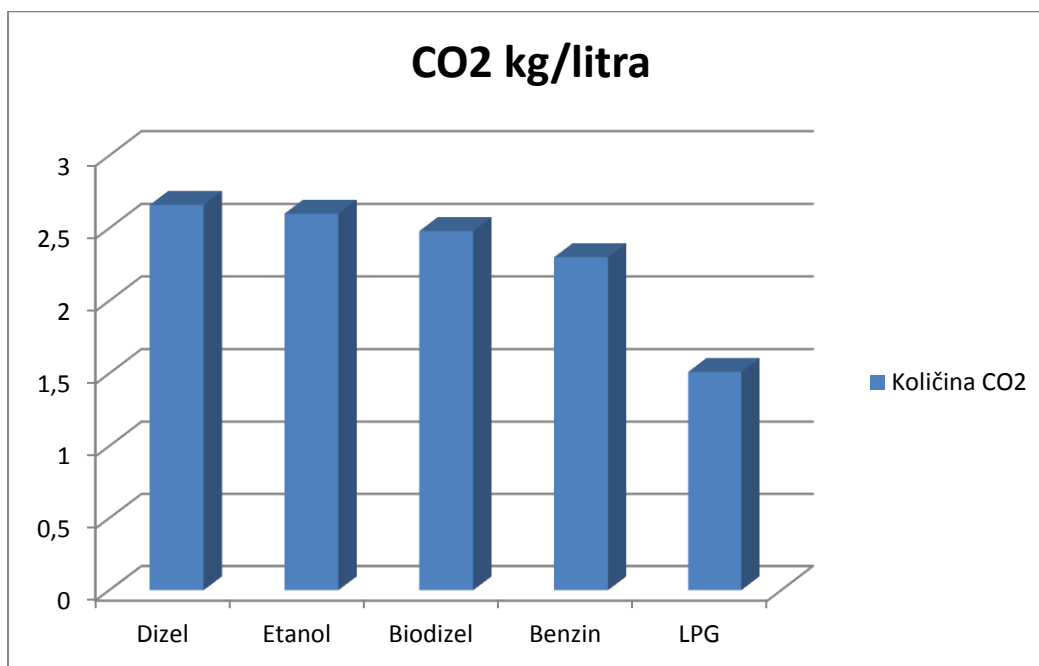
gradskog autobusa, kao i povećanje popunjenosti u osobnim automobilima, dovodi do toga da su osobni automobili u manjoj mjeri energetske učinkovitiji.

Ovo predstavlja važne implikacije. Pokazuje da najveći dobitak u modalnoj promjeni iz auta u javni gradski prijevoz postignut kada su automobili slabo popunjeni. Jednom kada popunjenost javnoga gradskog prijevoza padne, učinkovitost energije drastično pada. Ipak, ovi podaci prikrivaju važnu činjenicu. Ako umjesto putovanja automobilom u izvanvršnom periodu preusmjerimo putnike na korištenje JPG-a, to bi samo rezultiralo povećanjem prijevoza putnika pomoću već postojeće usluge, bez potrebe za dodatnom energijom. Povećanje popunjenosti putnika u JPG vozilima bi uistinu donijeli pozitivne rezultate u smislu smanjenja energije.

5. Analiza emisije stakleničkih plinova

Autor Ann Arbor u svom radu ističe kako količina CO₂ koja se generira iz izgaranja jedne litre goriva ovisi o količini ugljika u gorivu. Uobičajeno, 95 - 99% ugljika u gorivu emitira se kao CO₂ kada gorivo sagorjeva. Vrlo male količine su emitirane kao ugljikovodici i ugljikooksidi koji se pretvaraju u CO₂ relativno brzo u atmosferi. Sadržaj ugljika varira ovisno o gorivu te neke varijacije unutar tipa goriva su normalne.⁶⁶ Većinom se koriste sljedeće prosječne vrijednosti ugljika da bi se ustanovile CO₂ emisije.

Graf 4: Količina CO₂ po litri goriva



Izvor: Buy smart, Zelena nabava u Europi, 2012.

Kao što vidimo, dizel stvara najviše CO₂ po litri od svih goriva. Mnoga vozila koja koriste dizel kao pogonsko gorivo ostvaruju veću energetska učinkovitost u odnosu na vozila koja koriste benzin i ostala goriva iako oni stvaraju manje CO₂.

⁶⁶ Ann Arbor, 2014, Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle,, Office of Transportation and Air Quality,

Ann Arbor također govori kako količina CO₂ koja se emitira iz automobila ovisi o mnogo faktora, kao što su gorivo u vozilu koje se koristi, učinkovitost goriva i broj prijeđenih kilometara.“⁶⁷ Za potrebe ovoga rada uspoređivat ćemo vozila s dizelskim pogonom. Iako ona emitiraju najveću količinu emisije stakleničkih plinova, takva vozila su danas najviše u upotrebi.

Za proračun emisije stakleničkih plinova koristit ćemo metodu prema potrošnji goriva, tj. koja količina plinova se emitira prema jednom prijeđenom kilometru. Ovi podaci će biti direktno korišteni za izračun emisije CO₂ koji predstavlja 95 - 99% svih stakleničkih plinova iz vozila.

Podaci potrebni za izračun:

Potrošnja osobnoga automobila: 8.3l/100 km, odnosno 12.04 km/l

Potrošnja gradskog autobusa Mercedes-Benz Citaro O530: 40 l/100 kilometara odnosno 2.5 km/l

Količina CO₂ po litri dizela : 2.66 kg/litra, odnosno 2660 g/litra

Osobni automobil:

$$CO_2 \text{ po kilometru} = \frac{CO_2 \text{ po litri}}{\text{kilometara po litri}} = \frac{2660 \text{ grama}}{12.04} = 220 \text{ grama}$$

Mercedes-Benz Citaro O530

$$CO_2 \text{ po kilometru} = \frac{CO_2 \text{ po litri}}{\text{kilometara po litri}} = \frac{2660 \text{ grama}}{2.5} = 1064 \text{ grama}$$

Nakon što smo izračunali količinu CO₂ koja se emitira po jednom kilometru, potrebno je izračunati količinu koja se emitira na cijeloj ruti. U prijašnjem dijelu smo vidjeli da prosječna udaljenost koju možemo prijeći sađ jednom litrom goriva iznosi 12.04 kilometara za osobni automobil, tj. 2.5 litre za gradski autobus. Dužina rute za koju mjerimo količinu emitiranih

⁶⁷ Ibid. Op.cit.

stakleničkih plinova iznosi 15.5 kilometara, a po jednom kilometru količina CO₂ za automobil iznosi 220 grama, tj. 1064 za autobus. Stoga prosječna količina CO₂ na zadanoj ruti iznosi:

Osobni automobil

$$Ukupno\ CO_2\ na\ liniji\ 2 = \frac{CO_2\ po\ litri}{kilometara\ po\ litri} \times 15.5 = \frac{2660\ grama}{12.04} \times 15.5 = 3300\ grama$$

Mercedes-Benz Citaro O530

$$Ukupno\ CO_2\ na\ liniji\ 2 = \frac{CO_2\ po\ litri}{kilometara\ po\ litri} \times 15.5 = \frac{2660\ grama}{2.5} \times 15.5 = 16492\ grama$$

U konačnom rezultatu možemo vidjeti da količina emisije plinova koja se emitira na zadanoj ruti je do 5 puta veća kod gradskog autobusa nego kod osobnog automobila. No, ovi podaci mogu zasjeniti stvarnu sliku i prikazati gradski autobus kao veliki izvor onečišćenja u gradovima, a osobito u usporedbi s osobnim automobilom. Osim količine emisije plinova koja se emitira iz određenoga vozila, isto tako moramo uzeti u obzir i broj putnika koji se prevozi da bi u konačnici dobili realnu sliku. S tim u vezi moguće je analogno primijeniti metodologiju izračuna količine emisije plinova po putniku koja je prikazana u poglavlju „Analiza energetske učinkovitosti vozila“, ali da umjesto količine energije po putniku obračunavamo količinu emisije po putniku, dok sve ostalo ostaje isto.

Tablica 13: Emisija CO₂/pkm

Mod prijevoza	Gram CO ₂ po sjedalo kilometru	Popunjenost vozila u vršnom periodu (%)	Gram CO ₂ po putničkom kilometru u vršnom periodu	Popunjenost u izvanvršnom periodu (%)	Gram CO ₂ po putničkom kilometru u izvanvršnom periodu
Gradski autobus	30.00	50.48	59	24.35	123
Osobni automobil	40.00	20.00	200	40	100

Izvor: autor

Omjer broja putnika i količine emisije plinova detaljno je objašnjen u prethodnom poglavlju vezanom za energetska učinkovitost.

(N₂O). Emisije metana (CH₄) i dušikovog oksida (N₂O) u usporedbi a CO₂ su jako male pa nisu uzete u proračun, no ipak utjecaj ovih emisija može biti važan jer imaju dosta veći potencijal na utjecaj globalnoga zatopljenja, tzv. staklenički učinak nego CO₂.

Radi lakšeg mjerenja utjecaja emisija međunarodno je dogovoreno da se svakom stakleničkom plinu dodijeli tzv. «potencijal globalnog zatopljenja» (*Global Warming Potential-GWP*). Pa tako Hrnčević apostrofira: „GWP je mjera koja pokazuje koliko određena masa pojedinog stakleničkog plina doprinosi globalnom zatopljenju. GWP je relativna veličina dodijeljena svakom stakleničkom plinu, a ona opisuje njegov utjecaj na klimatske promjene u odnosu na istu količinu ugljičnog dioksida.“⁶⁸ Uzimajući u obzir da je CO₂ uzet kao referentni plin, njemu je dogovorno dodijeljena vrijednost GWP-a 1. Za emisiju plinova povezanih s automobilom, ovo su globalni potencijali zatopljenja:

Tablica 14: Globalni potencijal zatopljenja stakleničkih plinova

Staklenički plinovi	Skraćenica	GWP
Ugljikov dioksid	CO ₂	1
Metan	CH ₄	25
Dušikov oksid	N ₂ O	298
Emisije klima uređaja	HFC-134a	1430

Izvor:http://www.europeana.eu/portal/record/9200133/BibliographicResource_1000157170293.html

Mnogo je teže utvrditi količinu emisija CH₄, N₂O iz vozila nego za CO₂. Emisije CH₄ i N₂O su zavisne o dizajnu motora i kontrolnom sustavu emisija, ali o potrošnji goriva po kilometru. Količina HFC curenja iz klima uređaja iz automobila je zavisna o dizajnu sustava, količini korištenja i održavanju. U prosjeku, CO₂ emisije iznose 95 - 99% ukupnih stakleničkih

⁶⁸ L.Hrnčević, Analiza utjecaja provedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-Geološki naftni fakultet, Zagreb. 2008. godina

emisija plinova iz osobnoga automobila kada se izračuna globalni potencijal zatopljenja svih stakleničkih plinova. Preostalih 1 - 5% su CH₄, N₂O i HFC emisije.

6. Prijedlog mjera za unaprijeđenje

Iz prethodne analize možemo zaključiti da javni gradski prijevoz kada je popunjen u određenoj mjeri predstavlja energetske učinkovitiji način prijevoza te emitira manje emisije plinova po putniku u odnosu na osobni automobil. U ovom dijelu rada predložiti ćemo mjere kojima bi se JPG mogao dalje unaprijediti u tom kontekstu te isto tako objasniti ćemo nemogućnost implementiranja nekih od standardnih mjera koje se koriste kod većih gradskih operatera.

Potter objašnjava kako se velika većina energije u prijevoznim poduzećima koristi u samom vozilu, shodno tome većina strategija za potencijalno smanjenje potrošnje energije i utjecaj na okoliš uključuje napredne tehnologije vozila kao i alternativna goriva.⁶⁹

Postroženje Euro standarda vezanih za gorivo smanjuju emisije dizela, ali obaveza prometa u tom pogledu sadrži više od samoga „čišćenja“ postojećih goriva i motora. Kod privatnih automobila alternativna goriva u odnosu na benzin i dizel su privukla podosta pažnje. Oni podrazumijevaju ukapljeni naftni plin (LPG), prirodni stlačeni plin (CNG), biogoriva kao što su etanol i metanol, električna vozila te u konačnici hidrogenska vozila no takva vozila još nisu uključena u serijsku proizvodnju.

Što se tiče autobusa, dizel dobiva sve veću konkurenciju u vidu sve većega broja novih goriva. Kako su sva gradska vozila javnog prijevoza grada Zadra dizelski pogonjena, ni oni ne mogu ostati imuni na ovakav trend.

6.1. Ograničavajući faktori implementiranja novih tehnologija i goriva

Gradske vlasti cijele Europe posluju pod različitim financijskim, društvenim i ekološkim uvjetima, stoga ne može postojati jedna opcija čistog goriva ili tehnologije za sve autobuse.

Mogućnost financijske potpore za uvođenje alternativnih goriva i tehnologija, potezne olakšice (smanjenje poreza za čista vozila, za čista goriva i sl), subvencije, razlikuje se uvelike od zemlje do zemlje. Ovo je najčešće najvažniji faktor u određivanju toga jes li takve tehnologije

⁶⁹ S.Potter, 2003, Ibid. op. cit.

isplative i koje gorivo/tehnologija. Što se tiče Republike Hrvatske, ona ne nudi nikakve financijske inicijative za alternativna goriva ili tehnologije.

Troškovi ostaju primarni razlog za većinu gradskih vlasti pa tako i za grad Zadar. Evans, Clement, Wimmer, Chersteton navode mjeru koju vlasti mogu uzeti u obzir, a to su životni ciklus troškova posjedovanja vozila koji može imati veliki utjecaj na odabir vrste vozila. Mnoge alternativne opcije goriva/tehnologije imaju u početku veće troškove pri ulaganju i u vozila i u infrastrukturu koja je potrebna te mogu ostvariti smanjenje troškova za vrijeme životnoga ciklusa zbog manje cijene goriva, potrošnje, potencijalnog životnog vijeka i manjih troškova održavanja.⁷⁰

Zbog malog gradskog proračuna, gradsko poduzeće Liburnija u vlasništvu grada Zadra kao i većina gradskih vlasti u Republici Hrvatskoj ostaje usredotočena na trenutne troškove umjesto na dugoročne uštede. U takvim slučajevima potrebno je pronaći nove mehanizme za financiranje nabave takvih vozila.

Evans i sur. osim troškova koji su primaran čimbenik pri odluci za nove vrste goriva i tehnologije gradskih vozila, navode drugi jako bitan faktor, a to je dostupnost goriva i potrebna infrastruktura odnosno punionice u gradovima. Generalno, lakše je ugraditi goriva kao što su CNG, LPG pa čak i hidrogen u javni gradski prijevoz u odnosu na automobile. No, infrastruktura za punjenje takvim gorivom predstavlja najveći problem.⁷¹ Visoka dostupnost infrastrukture za opskrbljivanje različitim vrstama alternativnih goriva u velikoj mjeri utječe na praktičnost odabira određene vrste vozila, no kako grad Zadar zajedno s cijelom zadarskom županijom po tom pitanju jako ozaostaje, to predstavlja još jedan veliki ograničavajući faktor za implementiranje novih tehnologija i novih vrsta goriva u poslovanje gradskoga poduzeća Liburnije.

Potter je u svom istraživanju analizirao i jednu od novih tehnologija, vozila pogonjena na električni pogon, ali ona nisu pogodna za vozila veća od minibusa i ne predstavljaju pogodno rješenje osim za obavljanje operacija u manjim područjima. Primjere ovakvih rješenja možemo

⁷⁰ N.Evans, S.Clement, F.Wimmer, V.Chesterton, 2014., Clean Buses – Experiences with Fuel and Technology Options, The Clean Fleets project

⁷¹ N.Evans, S.Clement, F.Wimmer, V.Chesterton, loc.cit

vidjeti u glavnom gradu Italije, Rimu gdje minibus od 27 sjedala vrši prijevoz po gradskom centru, za koji su dobili značajne EU subvencije. U globalu, ovakvi autobusi ne predstavljaju najbolje rješenje i to se opisuje u Potterovom radu. Iskustva s trajanjem baterije u gradskim autobusima nisu ohrabrujuća. Operativni režimi za njih su prezahtjevni, domet kojim se može prijeći kratak, a punjenje predstavlja poduži proces.⁷²

Umjesto promjene goriva, odnosno tehnologije, postoje efektivniji načini da bi se gorivo koristilo učinkovitije, a dostupno je manjim gradskim poduzećima kao Liburnija te ne iziskuju velika ulaganja. Takve mjere omogućuju određene uštede goriva kao i utjecaj na smanjenje emisije plinova. U okviru trenutnih realnih mogućnosti gradskog poduzeća Liburnije, u nastavku sam predložio i opisao mjere koje bi pomogle u ostvarivanju prethodno navedenih ciljeva u vidu povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja stakleničkih emisija plinova u javnom gradskom prijevozu.

6.2. Ekološka vožnja

Ekološka vožnja predstavlja pametan način vožnje koji doprinosi smanjenoj potrošnji goriva, emisiji stakleničkih plinova kao i broju nesreća. Wengraf u svom istraživanju predstavlja „ekološku vožnju kao prilagođeni način vožnje koji najbolje odgovara modernoj tehnologiji motora. Ekološka vožnja podrazumijeva pametnu i sigurnu vožnju na manjim brzinama motora (1200 - 2500 rpm) koja uštedi 5 -10% goriva u prosjeku, bez povećanja vremena putovanja.“⁷³

Razvoj novih tehnologija u motornoj industriji je omogućio noviji, učinkovitiji i atraktivniji način upravljanja osobnim automobilima, kamionima i autobusima. Ovakva optimirana vožnja se naziva ekološkom vožnjom. Većina tehnika ekološke vožnje može se primijeniti i na starijim vozilima.

Ekološka vožnja ima potencijal za znatnim uštedama goriva i posljedično za smanjenjem CO₂ emisije iz prometa. Država je do sada davala malo pozornosti ovakvim mjerama, iako su EU i druge organizacije više puta zaključile da su ovakve mjere potencijalno učinkovite. Prednosti ekološke vožnje koje spominje „Autoškola-Gabrić“ su sljedeće:“

⁷² S.Potter, 2003, op.cit.

⁷³ Ivo Wengraf, 2012., Easy on The Gas, The effectiveness of eco-driving, RAC Foundation, London

- Smanjenje potrošnje goriva do 10% bez značajnijeg povećanja vremena putovanja
- Ušteda novca
- Smanjenje emisije CO₂
- Ugodna vožnja
- Smanjenje stresa i agresivnosti
- Poštivanje prometnih propisa
- Vožnja bez novčanih kazni⁷⁴

„Treatis“ u svom projektu navodi kako se ekološka vožnja sastoji od četiriju elemenata:

- Školovanje novih vozača
- Doškolovavanje licenciranih vozača
- Uređaji u vozilu
- Tlak u gumama⁷⁵

Školovanje novih vozača – najučinkovitiji način da se proširi ekološka vožnja je taj da se ukomponira u testove za vrijeme polaganja u autoškoli. Kada su novi vozači naučeni na ekološku vožnju od samog početka, za veliku većinu će to postati normalan način vožnje. Da bi ekološka vožnja postala integralni dio za vrijeme polaganja u autoškolama, neizbježno je ocjenjivanje ekovožnje na vozačkim ispitima.

Iako je bitno od samoga početka učiti nove vozače poželjnom načinu vožnje, isto tako bitno je i obučiti trenutne licencirane vozače. „Ecodrive“ priručnik objašnjava kako današnji vozači nisu obučeni na način vožnje koji nije prilagođen današnjoj tehnologiji. Npr. vozači mijenjaju brzinu kod prevelikog broja okretaja. Zadnjih desetljeća motori na vozilima su se uvelike promijenili, dok se način vožnje kod velike većine vozača nije promijenio tijekom vremena. Vožnja na malo drugačiji način koja odgovara novim motorima bi uvelike pridonijela u smanjenju troškova, sigurnosti i udobnosti. S ispravnim načinom vožnje, vozači mogu u prosjeku uštedjeti 5 - 10% na gorivu. Neki čak mogu uštedjeti i do 20%.⁷⁶

⁷⁴ <http://www.autoskola-gabric.hr/wp-content/uploads/2014/10/eko-voznja.pdf>

⁷⁵ SenterNovem, 2005, Ecodrivnig - The smart driving style, Utrecht

⁷⁶ www.ecodrive.org

Tlak guma – provjera tlaka guma nije uobičajeno prioritet kada se isptiva vozilo iako uobičajan gubitak 0.1 bara po mjesecu znači da kroz 12 mjeseci se izgubi 1. 2 bara pritiska. Ako je pritisak prenizak, otpor guma i potrošnja goriva se povećava. Vožnja s malim tlakom u gumama je isto tako nesigurna zbog negativnih utjecaja na držanje ceste i kočenje. Rezultati nadzora u nekoliko europskih zemalja pokazuje da 50% vozača vozi s premalim pritiskom u gumama.⁷⁷

Tablica 15: Sustav za nadzor tlaka u gumama



Izvor: <http://blog.autointhebox.com/tire-pressure-monitoring-systems-tpms.html>

Za vrijeme i poslije puta, vozači, vlasnici flota, instruktori i novi vozači mogu koristiti različite sustave da bi provjerili i optimizirali način vožnje i potrošnju goriva. Na raznim testovima uređaji kao što su ekonometar, kompjuter u automobilu, cruise control, ograničavač brzine i okretaja, dokazali su da mogu smanjiti količinu potrošnje goriva i nekada povećati sigurnost u prometu koja bi rezultirala smanjenjem broja prometnih nesreća. Pomoću ovih uređaja na testiranjima se znalo uštedjeti do 5% goriva u prosjeku. Individualne uštede su nekada znale doseći i 10%. Na testiranjima sa sofisticiranijom opremom za feedback, uređaji su omogućili učinkovitost do 20%.⁷⁸

⁷⁷ M.D.Brzeska, 2014., RF Modelling and Characterization of Tyre Pressure Sensors and Vehicle Access Systems, str.12, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

⁷⁸ SenterNovem, 2005, op.cit

6.3. Vozilo prema zahtjevu

U svom radu Baedeker i suradnici tvrde kako prijevozni operater može povećati efikasnost svoje flote ako osigura korištenje odgovarajuće veličine vozila u pravo vrijeme. Manja vozila s manjom potrošnjom goriva mogu biti korištena na linijama koje imaju manju popunjenost ili za vrijeme izvanvršnog perioda; veća vozila npr. kao što je zglobni autobus mogu biti korištena umjesto dvaju autobusa za vrijeme vršnoga opterećenja. U željezničkom prometu to se već primjenjuje jer se prilagođava broj putnika i vagona.⁷⁹ Na primjeru željezničkog prijevoza, možemo vidjeti da i ostali modovi mogu imati koristi od “odgovarajuće veličine” vozila.

U našem konkretnom slučaju, gdje promatramo gradski prijevoz u gradu Zadru, možemo govoriti o implementaciji minibuseva u gradsku flotu javnog prijevoza. Na internetskoj stranici „www.prometna-zona.com“ navodi se da su: „Minibusevi koji se koriste u javnom prijevozu su definirani kao autobusi koji su u prosjeku manji od autobusa normalne veličine. Oni, s obzirom na svoj gabarit i broj putničkih mjesta, najmanje cestovno javno prijevozno sredstvo čija visina dozvoljava stajanje putnika za vrijeme vožnje. Ova vrsta autobusa najčešće se koristi ili na kratkim linijama u centralnom gradskom prostoru relativno velike gustoće gdje je frekvencija putnika učestala a intenzitet putničkih tokova slabiji, ili na prigradskom području male gustoće naseljenosti kao fleksibilna nadopuna prigradskoj željeznici.“⁸⁰ Proizvodi se u nekoliko varijanti, dok su mu ovo neke od osnovnih tipičnih karakteristika:

- duljina 5,4 – 7,7 (m)
- širina 2,1 – 2,4 (m)
- visina 2,7 – 2,8 (m)
- kapacitet 15 – 30 (putničkih mjesta)
- unutrašnja visina 1,85 – 1,9 (m)

⁷⁹ ⁷⁹ S.Baedeker, H.Hunnig, R.Gruber, op.cit.

⁸⁰ <http://www.prometna-zona.com/autobusi/>

Slika 7: Primjer gradskog minibusa



Izvor: <http://www.autotrolej.hr/default.asp?ru=93>

Prikupljanje podataka i nadzor bi trebao biti najvažniji dio uvođenja minibuseva za obavljanje prijevoza. On bi iziskivao određenu vrstu sustava koji bi prikupljao podatke o troškovima održavanja, analizi troškova i koristi, pritužbama kupaca i slično.

Isto tako, prije implementacije minubuseva u redovite linije, potrebno je provesti marketinško istraživanje, bi li korisnici u konačnici prihvatili ovakav način prijevoza i njihova razmišljanja. Poželjna bi bila i neka određena testiranja kao i demonstracije građanima, npr. eksperimentalna vožnja kroz mjesec dana. To bi pomoglo u određivanju putnikovog, operaterovog prihvatanja ovakvoga načina prijevoza kao i testiranja samog vozila u stvarnim uvjetima obavljanja prijevoza.

6.4. Usklađivanje kriterija nabave sa kriterijima zelene javne nabave

Energetska politika EU postavila je ciljeve za smanjenje CO₂ emisija, potrošnje energije te povećanje korištenja obnovljivih izvora do 2020. godine. Od svih navedenih ciljeva, cilj o povećanju energetske učinkovitosti je jedini neobavezujući na razini EU i vjerojatno se neće ostvariti do 2020. godine. Prema sadašnjim trendovima, istraživanja su pokazala da bi se mogla postići samo polovina navedenih ciljeva. Kao podrška tim ciljevima, uspostavila se Direktiva 2006/32/EU koja propisuje da subjekti iz javnog sektora moraju kupovati energetske učinkovite proizvode i usluge.

U priručniku Buy Smart navedeno je da se „2008. godine postavio cilj od 50% udjela zelene nabave za 2010. godinu, objavljen je alat ZJN te nekoliko zakonodavnih uredbi:

- Uredba br. 106/2008: Uredba koja uređuje energetske učinkovit program označavanja uredske opreme (Energy Star) (2008)
- Direktiva 2009/33/EZ: Direktiva o promicanju čistih i energetske učinkovitih vozila (2009)
- Direktiva 2010/30/EU: Direktiva o označavanju potrošnje energije (2010)
- Direktiva 2010/31/EU: Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada (2010)⁸¹

Zelenom javnom nabavom za sva vozila javnoga prijevoza u vlasništvu gradskog poduzeća Liburnija propisala bi se nabava isključivo ili barem najvećim dijelom vozilima s malom emisijom CO₂. Izradom studije utvrdilo bi se trenutačno stanje voznog parka Liburnije, pregledala bi se postojeća vozila, rute na kojima ta vozila prometuju i planovi za nabavu novih vozila.

„Priručnik zelene nabave“ opisuje kako glavni kriteriji navedeni u Direktivi 2009/33/EZ govore o promicanju čistih i energetske učinkovitih vozila. „Obuhvaćaju mjere za kupnju sljedećih vozila:

- putnički automobili
- laka gospodarska vozila
- teška vozila
- autobusi⁸²

Pri donošenju odluke o kupnji Direktiva nalaže da se u obzir uzmu energetske i ekološki učinci koji su vezani za rad vozila tijekom cijelog životnog radnog vijeka. Učinci bi trebali uključivati potrošnju energije, CO₂ emisije, onečišćujuće tvari i PM čestice.

Caroll objašnjava kako se ovi zahtjevi mogu ostvariti na dva načina: postavljanjem tehničkih specifikacija vezanih za energiju i zaštitu okoliša ili uključujući energetske učinkovitost i utjecaj na okoliš kao kriterije za dodjelu ugovora. Direktiva isto tako postavlja pravila za izračun cjeloživotnih troškova koji su vezani za rad vozila koja treba poštivati prilikom monetiziranja utjecaja. Ova internalizacija eksternih troškova u nabavi novih vozila

⁸¹ Priručnik Buy Smart, 2012., The Energy Efficiency Center

⁸² Priručnik o zelenoj javnoj nabavi, ibid. op. cit

trebala bi povećati doprinos prometnog sektora u zaštiti okoliša, klimatskim i energetskej politici društva smanjenjem potrošnje energije te emisije CO₂ i štetnih tvari.⁸³

Kriteriji su obvezujući i moraju biti u skladu sa Direktivom o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila. (2009/33/EZ).

Temeljni kriterij koji se spominje u priručniku „Buy Smart“ za nabavu vozila javnog prijevoza je: „Vozila koja se nabavljaju moraju zadovoljiti standard poboljšanog ekološkog vozila (EEV norma), a to podrazumijeva skup kriterija koji definiraju dozvoljene emisije Nox, CO, NHMC, PM i ostale spojeve.“⁸⁴

Osim osnovnih kriterija, postoje i sveobuhvatni kriteriji, a to su da autobusi moraju zadovoljavati EURO VI standard te ostale zahtjeve, poput položaja ispušnih cijevi koje trebaju biti na suprotnoj strani od putničkih vrata.

Mogu se dodijeliti i dodatni bodovi za korištenje alternativnih goriva, sustava nadzora tlaka u gumama ili plinovi klima-uređaja s GWP-om manjim od 2500 u razdoblju od 100 godina.

⁸³ S.Caroll, 2015., Ibid.op.cit

⁸⁴ Priručnik Buy Smart, 2012., The Energy Efficiency Center

Zaključak

Učinkovitijim javnim gradskim prijevozom, tj. smanjenjem broja putovanja osobnim automobilom moguće je smanjiti potrošnju energije u prometu te smanjiti ukupnu emisiju stakleničkih plinova. Iako je jasno kako JGPP predstavlja energetske učinkovitiji način prijevoza, to nesmiye značiti da operater JGP-a ne unaprijeđuje svoje poslovanje s novim tehnologijama i mjerama kako bi se dodatno poboljšala energetska učinkovitost i smanjio negativan ekološki utjecaj prometa.

U ovom radu analizirana je energetska učinkovitost i emisija stakleničkih plinova gradskog autobusa na jednoj od linija gradske mreže te napravljena komparativna analiza proračunatih rezultata s proračunatim rezultatima prosječnoga osobnog automobila na istoj ruti. Analiza i usporedba energetske učinkovitosti i emisije plinova dvaju različitih modova prijevoza izrazito je kompleksna. Osim same količine goriva koju potroši vozilo JGPP-a, tj. osobni automobili na određenoj relaciji, potrebno je obraditi pozornost i na niz dodatnih čimbenika.

Iako osobni automobil troši pet puta manje energije od gradskog autobusa, u istom se u prosijeku prevozi 20-50 puta manje putnika nego u gradskom autobusu, što bitno utječe na potrošnju energije po putničkom kilometru. Tako, uzimajući u obzir broj putnika koje može prevesti, gradski autobus se prema dostupnim pokazateljima može smatrati energetske najučinkovitijim načinom prijevoza cestom.

Ipak, jasno je kako se navedene karaktersitke mogu uzimati u obzir samo pod pretpostavkom da je svako vozilo zaista i popunjeno. Analizom putnika vidljivo je da postoji velika oscilacija u broju putnika pojedinih modova tijekom vršnog perioda u odnosu na izvanvršni period dana. Kod JGP-a za vrijeme vršnoga opterećenja, popunjenost je veća te po putničkom kilometru opada do tri puta manje energije u odnosu na osobni automobil.

U izvanvršnom periodu, popunjenost u gradskom autobusu opada, a suprotno tome u osobnom automobilu popunjenost raste što dovodi do toga da u takvoj situaciji osobni automobil predstavlja u maloj mjeri energetske učinkovitiji način prijevoza.

Sve se to skupa dakako odražava i na količinu emisije plinova koji se emitiraju u atmosferu. Tako gradski autobus na zadanoj ruti proizvodi 5 puta više emisije plinova nego osobni automobila, ali kada se u obzir uzmu dodatni čimbenici kao i u energetske analizi, jasno je kako JGP u ekološkom smislu predstavlja daleko prihvatljiviji ili u najgorem slučaju barem jednak mod prijevoza u odnosu na osobni automobil.

Rezultati dobiveni iz analize poslužili su da se predlože neke od mjera koje bi mogle dodatno poboljšati energetske učinkovitost i smanjenje emisije plinova JGP-a.

Analiza energetske učinkovitosti i emisije stakleničkih plinova javnog gradskog prijevoza, zbog dostupnih podataka i poznavanja lokalnih prilika napravljena na primjeru javnog prijevoza putnika u gradu Zadru. Kako gradski operater Liburnija spada u kategoriju manjih poduzeća, predložene su mjere koje ne uključuju velika ulaganja te se mogu lako implementirati u poslovanje samog poduzeća. Jedna od takvih mjera koja ne traži velika ulaganja odnosi se na ekološku vožnju kojom bi se unutar tvrtke promovirao ekološki prihvatljiv način vožnje te vozačima omogućila ušteda goriva do 10%. bez značajnijeg povećanja vremena putovanja. Drugom mjerom koja se odnosi na Zelenu javnu nabavu propisala bi se nabavka svih novih vozila JGP-a s isključivo malom emisijom CO₂. Nabavkom vozila u skladu s kriterijima koje propisuje ZJN doprinijelo bi se smanjenju stakleničkih plinova i što je još važnije pripremi za buduće ekološke propise koji postaju sve stroži, a takav proaktivan pristup u konačnici daje bolje i pravovremenije rezultate nego brza rješenja nakon donošenja propisa.

Zelenom javnom nabavom bi se potaknula nabava vozila primjerene veličine i tipa za određene namjene. Ova mjera u uskoj je korelaciji s trećom navedenom mjerom u radu, a ona se odnosi na vozilo prema zahtjevu kojom operater može povećati učinkovitost svoje flote. Cilj ove mjere bi u prvom redu bio to da poduzeće Liburnija koristi manje vozilo na linijama koje imaju manju popunjenost ili u izvanvršnom periodu kako bi se ostvarila manja potrošnja energije, a analogno tomu i manja količina emisije plinova.

Energetska učinkovitost predstavlja kontinuirani proces i ne završava samo implementacijom mjera poboljšanja, nego zahtijeva praćenje i potvrdu uštede koja se ostvarila istraživanjem novih potencijala te implementiranjem najnovijih mjera poboljšanja energetske

učinkovitosti koje u konačnici vode do racionalnijeg korištenja energije te smanjenja emisije stakleničkih plinova u prometu. Za gradsko poduzeće Liburnija predstavljena su prva tri koraka odnosno realne mjere koje bi pomogle u ostvarivanju tog cilja. Osim toga, potrebno je općenito podizati svijest o važnosti energetske učinkovitosti, ne samo u prometu, nego u svim sektroima kako bi se postiglo što racionalnije gospodarenje energijom i što manji utjecaj na okoliš.

Popis kratica

JGPP – javni gradski prijevoz putnika

JGP – javni gradski prijevoz

NREAP – Nacionalni akcijski plan za obnovljive izvore energije

RED – (Renewable energy directive) Direktiva o obnovljivim izvorima energije

CO₂ – ugljikov dioksid

CH₄ – metan

N₂O – dušikov oksid

HFC – hidrofluorugljik

Literatura

Knjige

1. T.Trbušić, Povećanje kvalitete javnog putničkog prijevoza izazov ali i neminovna potreba, Slovenija
2. Bloomberg, D. J. Logistika. Zagreb : Mate ; Zagrebačka škola ekonomije i managementa, 2006. ,
3. I.Rogić, 2006., Razlika između proizvoda i usluga, Univerzitet za poslovne studije, Banja Luka
4. Brčić. D., Ševrović M.: Logistika prijevoza putnika, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.,
5. Zelenika, R.: Prometni sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 290.-291.

Časopisi:

1. I.Brozović, A.Regent, M.Grgurević, 2014., Emisije stakleničkih plinova osobito iz prometa, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.2, No.1, pp.
2. Urban Transport and Energy Efficiency, 2007., Module 5h, Federal Ministry for Economic Cooperation and development
3. Cirillo C, Eboli L, Mazzulla G. On the Asymmetric User Perception of Transit Service Quality. International Journal of Sustainable Transportation.
4. S.Baedeker, H.Hunnig, R.Gruber, 2011, Navigation towards efficient urban transport: A compilation of actor oriented policies nad measures for developing and emerging countries, ECCEE summer study,

Ostali izvori

1. M.Mistreta, J.A.Goodwill, R. Gregg, C.DeAnnutis, 2009.godine, Best practices in Transit Service Planning, Washington D.C.
2. <http://hr.wikipedia.org/wiki/Autobus>,
3. G.Weisbrod, 2009., Economic impact of public transportation investment, Boston
4. T. Litman, Evaluating Public Transit Benefits and Costs, 2015, Victoria

5. R.Balacombe, R.Macket, N.Paulley, 2004.,The demand for public transport a practical guide, Report TRL593
6. V. Tuli, A.Khera, 2014., Towards Energy Independence, 2014.
7. J.Dulac, 2012., Global transport outlook to 2050
8. http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/E_Fact-Sheets-and-Policy Briefs/SUTP_GIZ_FS_Avoid-Shift-Improve_EN.pdf
9. Ahmed El-Dorghamy, 2013., ICT for sustainable Transporation, Manama, Bahrain
10. <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX:32012L0027>
11. Treći nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti za razdoblje 2014.-2016., 2014.,
12. L.Wright, 2005., Bus Rapid Transit, Sourcebook, Model 3b. GTZ Eschborn
13. L.Wright, and Fjellstrom 2005. Bus Rapid Transit, Mass Transit Options, Sourcebook Module, GTZ, Eschborn
14. Broaddus, T.Litman, 2009., Transportation Demand Managment, Training document, GTZ, Eschborn
15. D.Bongardt, M.Breithaput, 2010., Beyond Fossil city, To-wards Low Carbon Transport and Green Growth, GTZ, Eschborn
16. T. Litman, 2011., Land Use Impacts on Transport, Victoria Transport Policy Institute, Victoria,
17. http://cdr.eionet.europa.eu/hr/un/unfccc/envt8xudw/croatian_nir_2012_resubmission.zip/manage_document
18. J.McGraw, S.Sull, G.Miknatis, 2010., The route to carbon and energy savings, Center for Neighborhood Technology, IL and San Francisco,
19. S.Caroll, 2015., Green Fleet Technology Study for Public Transport, Cenex for the Public Procurement of Innovation in Action Network, Cenex
20. H.Hass, L.Lonza, H.Mass, A.Reid, K.D.Rose, T.Venderbosch, 2014., EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels, JEC Biofuels Programme, European Commision, Institute for Energy and Transport
21. Direktiva 2014/94 EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva, 2014.,

22. http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm
23. <http://www.smmmt.co.uk/industry-topics/environment/intro/european-engine-emission-standards/>
24. Š.Erlić, V.Kevrić, M.Babić, J.Matessi, S.Peričić, 2013, Strategija razvoja Grada Zadra, Zadar
25. <http://www.liburnija-zadar.hr/>
26. https://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro
27. S.Potter, 2003., Transport energy and emissions: urban public transport, Handbook of transport and the environment, Amsterdam, Nizozemska
28. Ann Arbor, 2014, Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle,, Office of Transportation and Air Quality,
29. L.Hrnčević, Analiza utjecaja provedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-Geološki naftni fakultet, Zagreb. 2008. godina
30. <http://www.out-law.com/en/articles/2014/october/eu-states-ordered-to-plan-for-clean-fuel-transport-infrastructure/>
31. N.Evans, S.Clement, F.Wimmer, V.Chesterton, 2014., Clean Buses – Experiences with Fuel and Technology Options, The Clean Fleets project
32. www.ecodrive.org
33. <http://www.autoskola-gabric.hr/wp-content/uploads/2014/10/eko-voznja.pdf>
34. SenterNovem, 2005, Ecodrivnig - The smart driving style, Utrecht
35. M.D.Brzeska, 2014., RF Modelling and Characterization of Tyre Pressure Sensors and Vehicle Access Systems, str.12, Karlsruher Institut fur Technologie, Karshlue
36. <http://www.prometna-zona.com/autobusi>
37. Priručnik o zelenoj javnoj nabavi,2011., drugo izdanje, Europska komisija
38. Buy smart, Zelena nabava u Europi
39. ODLUKU o donošenju Nacionalnog akcijskog plana za zelenu javnu nabavu za razdoblje od 2015. do 2017. godine s pogledom do 2020. godine

Popis slika

Slika 1: Primjer zglobnog autobusa	8
Slika 2: Potrošnja energije prema vrsti u RH između 1988.-2013.	18
Slika 3: % CO ₂ iz javnog prijevoza.....	30
Slika 4: Gradska mreža linija.....	37
Slika 5: Ruta gradske linije br. 2.....	38
Slika 6: Mercedes-Benz Citaro O530	43
Slika 7:Primjer gradskog minibusa.....	61

Popis tablica

Tablica 1: Potrošnja energije pojedinih vrsta prometa	16
Tablica 2: Emisije stakleničkih plinova prema pojedinim prometnim granama u RH između 1990.-2010.g Cg CO ₂ (tisuće tona CO ₂).....	29
Tablica 3: Kriteriji održivosti RED Direktive	32
Tablica 4: Emisijski standard za HDV vozila.....	35
Tablica 5: Vozni red linije br. 2	39
Tablica 6: Broj putnika za vrijeme vršnog perioda.....	40
Tablica 7: Broj putnika za vrije izvanvršnog perioda	40
Tablica 8: Prosječna potrošnja osobnog automobila ovisno o vrsti pogona.....	42
Tablica 9: Osnovne karakteristike Mercedes-Benz Citaro O530	44
Tablica 10: Količina energije unutar jedne litre goriva	45
Tablica 11: Energetska učinkovitost modova	47
Tablica 12: Energetska učinkovitost modova/pkm.....	48
Tablica 13: Emisija CO ₂ /pkm	52
Tablica 14: Globalni potencijal zatopljenja stakleničkih plinova.....	53
Tablica 15: Sustav za nadzor tlaka u gumama.....	59



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

METAPODACI

Naslov rada: Unaprjeđenje sustava prijevoza putnika kao mjera povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja emisije plinova

Autor: Martin Njegovan

Mentor: dr.sc.Marko Ševrović

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Energy Efficiency and Emissions Reduction Measures as Improvement
of Passenger Transportation System

Povjerenstvo za obranu:

- dr.sc. Davor Brčić, predsjednik
- dr.sc. Marko Ševrović, mentor
- dr.sc. Mario Šafran, član
- dr.sc. Kristijan Rogić, zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za transportnu logistiku

Vrsta studija: sveučilišni

Naziv studijskog programa: Inteligentni transportni sustavi i logistika

Stupanj: diplomski

Akademski naziv: univ. bacc. ing. traff.

Datum obrane diplomskog rada: 1.12.2015.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti 10000
Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Unaprjeđenje sustava prijevoza putnika kao mjera povećanja
energetske učinkovitosti i smanjenja emisija plinova**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 16.11.2015 _____

_____ Martin Njegovan _____

