

## **UTICAJ PLANIRANE DVE LINIJE METRO SISTEMA NA UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMENA U BEOGRADU**

**Uroš Mirković<sup>1</sup>, Luka Krznarić<sup>2</sup>**

**Apstrakt:** Ovaj rad analizira potencijalni doprinos, izgradnje dve planirane linije metro sistema u Beogradu, smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte i ublažavanju klimatskih promena. Kroz prikaz stanja kvaliteta vazduha, rast motorizacije i strukturu saobraćajnih emisija, ukazuje se na potrebu za održivim rešenjima u javnom prevozu. Korišćeni su podaci o očekivanom smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i PM čestica nakon izgradnje metro linija, uz oslanjanje na strana iskustva. Takođe je analiziran uticaj smanjenog intenziteta saobraćaja tokom vanrednog stanja 2020. godine, što je pokazalo neposrednu vezu između saobraćajnog opterećenja i kvaliteta vazduha. Rezultati ukazuju na to da bi metro, kao viskokapacitetni i ekološki prihvatljiv sistem, mogao značajno doprineti smanjenju ukupnih emisija i povećanju otpornosti grada na klimatske promene. Implementacija metro sistema bi, u kombinaciji sa drugim merama održive mobilnosti i prerasporelom javnog gradskog prevoza u svrhu opsluživanja metroa, predstavljala ključni korak ka stvaranju zdravijeg i otpornijeg urbanog prostora u Beogradu.

**Ključne reči:** metro, klimatske promene, kvalitet vazduha

### **IMPACT OF THE PLANNED TWO LINES OF THE METRO SYSTEM ON THE MITIGATION OF CLIMATE CHANGES IN BELGRADE**

**Abstract:** This paper analyzes the potential contribution of constructing two planned metro lines in Belgrade to the reduction of greenhouse gas emissions and the mitigation of climate change. By presenting the current state of air quality, the growth of motorization, and the structure of traffic-related emissions, the paper highlights the need for sustainable public transport solutions. Data on the expected reduction of CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and PM emissions following the construction of the metro lines are used, with reference to international experiences. The impact of reduced traffic intensity during the 2020 state of emergency is also analyzed, demonstrating a direct link between traffic load and air quality. The results suggest that the metro, as a high-capacity and environmentally friendly system, could significantly contribute to the reduction of total emissions and to increasing the city's resilience to climate change. The implementation of the metro system, combined with other sustainable mobility measures and the reorganization of public transport services to support the metro, would represent a key step toward creating a healthier and more resilient urban space in Belgrade.

**Key words:** metro, climate change, air quality

---

<sup>1</sup> Urbanistički zavod Beograda JUP, Bulevar despota Stefana 56, Beograd, uros.mirkovic@urbel.com, ORCID: 0009-0005-0082-6894

<sup>2</sup> Urbanistički zavod Beograda JUP, Bulevar despota Stefana 56, Beograd, Luka.Krznaric@urbel.com, ORCID: 0009-0009-8976-2493

## UVOD

Beograd, kao glavni administrativni, privredni i kulturni centar Republike Srbije, suočava se sa sve izraženijim problemima u oblasti saobraćajne mobilnosti. Prekomerna motorizacija, nedovoljan kapacitet postojeće saobraćajne infrastrukture, kao i neefikasnost postojećeg sistema javnog gradskog prevoza, doprinose svakodnevnom zagušenjima, naročito u zonama centralnih gradskih opština i na glavnim saobraćajnim pravcima u toku jutarnjeg i popodnevno vršnog časa. Sve to predstavlja veliki izazov za stanovnike i posetioce grada, kako po pitanju kvaliteta života tako i po pitanju njihove produktivnost.

Beograd je jedan od retkih evropskih gradova ove veličine koji još uvek nema metro sistem, iako se o njegovoj izgradnji govori decenijama unazad.

Uvođenje metro sistema u Beograd više ne može biti tretirano kao strateška opcija već kao infrastrukturna nužnost, neophodna za postizanje dugoročne saobraćajne, ekološke i ekonomske održivosti grada. Bez ovakvog vida modernog javnog prevoza, Beograd neće biti u mogućnosti da odgovori na zahteve budućeg urbanog razvoja niti da obezbedi funkcionalnu mobilnost za svoje stanovništvo i posetioce.

## POSTOJEĆE STANJE KVALITETA VAZDUHA

S obzirom da se najveći broj registrovanih saobraćajnih kretanja obavlja u jutarnjem i poslepodnevnom vršnom času, kao i da se u ovim intervalima beleži najveća koncentracija zagađujućih materija, najmerodavniji podatak zagađenja vazduha predstavljaju jednočasovna i 24-časovna merenja kvaliteta vazduha u lokalnoj mreži mernih stanica. PM10 čestice i ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) spadaju među najzastupljenije zagađivače koje ispuštaju automobili sa unutrašnjim sagorevanjem, i može se konstatovati da predstavljaju najveći problem sa kojim se ekologija suočava na mikrolokacijskom nivou.

Na osnovu dobijenih rezultata kontinualnih fiksnih merenja nivoa zagađujućih materija poreklom od stacionarnih izvora zagađivanja vazduha u naseljenim područjima, u periodu od 01.01.2024. do 31.12.2024. godine, zaključeno je da su:

- Srednje 24-časovne vrednosti koncentracije azot dioksida bile iznad granične vrednosti (85µg/m<sup>3</sup>) na 5 mernih mesta (ukupno 16 puta)
- Srednje 24-časovne vrednosti koncentracije suspendovanih čestica PM10 prekoračile su graničnu vrednost (50 µg/m<sup>3</sup>) na 27 mernih mesta (ukupno 1789 puta)
- Srednje 1-časovne vrednosti koncentracije azot dioksida prekoračile su utvrđenu graničnu vrednost (150µg/m<sup>3</sup>) na 5 mernih mesta (ukupno 28 puta)
- Broj merenja sa prekoračenjem ciljne vrednosti (120 µg/m<sup>3</sup>) za maksimalnu dnevnu osmočasovnu srednju vrednost za ozon prekoračene su na 24 merna mesta (ukupno 811 puta) (Gradski zavod za javno zdravlje Beograd, 2025).

## PROGNOZIRANA KRETANJA STEPENA MOTORIZACIJE U BEOGRADU

Prema podacima iz Plana održive urbane mobilnosti na području Beograda se konstantno beleži porast broja registrovanih vozila u poslednjih 30 godina, a u toku 2017. godine u Beogradu stepen motorizacije je iznosio 306,75 vozila na 1.000 stanovnika, što je za oko 60% više u odnosu na 2000. godinu. Ovakav trend kretanja stepena motorizacije je ujedno i pretnja i izazov sistemu javnog gradskog transporta putnika u Beogradu. Broj drumskih motornih vozila registrovanih tokom 2018. godine iznosi oko 568.308 automobila.

Povećanje učešća putničkih automobila u modalnoj raspodeli dovodi do povećanja potrošnje goriva, emisija gasova staklene bašte i zagađujućih materija. Ovo povećanje nije uzrokovano samo povećanim brojem vozila, već i sporijim tokom saobraćaja i dužim vremenima putovanja usled opterećenja saobraćajne mreže (CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, CeS.TRA d.o.o., 2020).

Broj registrovanih putničkih automobila u Beogradu, u 2023. godini, iznosio je 687.858 automobila. (Republički zavod za statistiku, 2024).

Na osnovu analiza koje su rađene za potrebe izrade Generalnog urbanističkog plana Beograda 2041, procenjen maksimalan broj stanovnika u 2041. godini na području GUP-a iznosi 1.450.000.

Prema analizi trenda kretanja očekuje se rast broja putničkih automobila, sa stepenom motorizacije od 516 PA/1000 stanovnika, dok je procenjeno da će 2041. godine na teritoriji GUP-a broj putničkih automobila iznositi 748200.

Omve svakako treba dodati i svakodnevne migracije stanovništva, učešće turista, kao i činjenicu da Beograd predstavlja čvorište glavnih drumskih koridora u Srbiji, što sve povećava dnevni priliv putničkih automobila kroz grad.

Stoga je najefikasniji način smanjenja uticaja putničkih automobila u svakodnevnom saobraćaju, promocija javnog gradskog prevoza putnika, a pre svega nuđenjem usluga brzog i kvalitetnog vida prevoza, što je na primeru Beograda jedino moguće izvesti izgradnjom metro sistema i reorganizacijom drugih vidova podsistema javnog gradskog saobraćaja u službi metroa.

Izgradnja metroa bi predstavljala prekretnicu u saobraćajnoj infrastrukturi grada. Pored rasterećenja površinskog saobraćaja i smanjenja upotrebe individualnih automobila, metro bi omogućio brži i sigurniji prevoz putnika, smanjio aerozagađenje i buku u centralnim urbanim zonama i podigao kvalitet javnog prevoza na znatno viši nivo.

## **UTICAJ METRO SISTEMA NA UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMENA**

Kako je beogradski metro još uvek samo strategija razvoja na papiru, i njegovi potencijalni uticaji na ublažavanje klimatskih promena su u ovom trenutku samo optimistične projekcije analiziranih parametara, potrebno je osvrnuti se i na međunarodne procene i analize, bazirane na egzaktnim podacima.

Iskustva iz drugih zemalja takođe nude dobre primere koji mogu poslužiti kao odgovor na uticaj metro sistema kada je u pitanju smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, a kao rezultat toga i uticaj na poboljšanje zdravlja lokalnog stanovništva.

### ***Strana iskustva***

#### Meksiko siti, Meksiko

Meksiko siti je suočen sa velikim izazovima u vezi sa zagađenjem vazduha, ali je proširenje metro mreže pomoglo u rešavanju problema. Zbog velikog broja putnika koji koriste metro, smanjen je broj automobila na ulicama, što je rezultiralo smanjenjem emisije štetnih gasova. Mexico City je, kroz različite inicijative, postigao značajno smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG). Prema izveštaju iz 2011. godine, grad je smanjio emisije za ukupno 5,7 miliona metričkih tona od početka implementacije svog "Zelenog plana" 2008. godine. Ovaj plan je obuhvatao proširenje metrobus sistema, zamenu visoko ugljeničnih mikro autobusa i taksija, razvoj koridora sa nultim emisijama, kao i izgradnju nove Metro linije (MBN staff, 2024).

## **Uticaj planirane dve linije metro sistema na ublažavanje klimatskih promena u Beogradu**

---

### Nanjing, Kina

Zheng i saradnici (2021) otkrili su da su u područjima koja su udaljena najviše 2 km od metro stanice, proširenja metro sistema rezultirala dodatnim smanjenjem nivoa zagađenja vazduha za 3.93% u poređenju sa udaljenijim područjima. Oni su predvideli koristi po zdravlje ljudi zbog poboljšanja vazduha koje se mogu pripisati proširenju metroa, i otkrili da je ukupan broj izbegnutih prevremenih smrti godišnje bio između 300.000 i 443.000 za grad poput Nanjinga sa populacijom od preko 13 miliona (Lin et al., 2023).

### Peking, Kina

Peking je takođe bio suočen sa visokim nivoima zagađenja. Grad je uveo različite politike, uključujući unapređenje javnog prevoza kao što je metro, sprovođenjem različitih inicijativa, kao što su rigorozna kontrola emisija isparljivih organskih jedinjenja (VOC), mere za smanjenje zagađenja prašinom i promocija čistih izvora energije, grad je napravio zapažene korake u rešavanju ovog problema. To je doprinelo smanjenju prosečnih nivoa PM2.5 sa oko 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u 2013. na 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u 2017 (Mere za poboljšanje kvaliteta vazduha, 2023).

### **Grad Beograd**

Kada je u pitanju prognozirana redukcija gasova drumskog saobraćaja na području Beograda, a koja se vezuje za izgradnju metro sistema sa svim pratećim elementima i potpunom reorganizacijom javnog gradskog prevoza, za referentni period 2033.godine, dobijeni podaci su u potpunosti preuzeti iz *Elaborata zaštite životne sredine za planirane dve linije metroa, Beograd* (Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet; Jugoslovenski institut za urbanizam i stanovanje JUGINUS doo, 2020).

### Analiza emisija gasova putničkih vozila na celoj mreži

U podsistemu saobraćaja putničkim vozilima kreće se najveći broj vozila, značajno veći od svih teretnih vozila i autobusa zajedno. Iako je emisija pojedinačnog vozila manja od emisije pojedinačnog teretnog vozila ili autobusa, ukupna emisija putničkih vozila predstavlja dominantan izvor zagađenja. Zagađenje i povišeni nivoi buke su naročito izraženi u vršnim časovima u uslovima zagušenja kada postoji dodatni uticaj nepovoljnih režima kretanja vozila (brzina) koji dodatno utiču na povećanje emisija.

Prema prognozi vidovne raspodele iz Generalnog projekta i prethodne studije opravdanosti izgradnja metroa će dovesti do najveće preraspodele između podsistema javnog prevoza odnosno preorijentacije putnika sa autobusa na metro. U prikazanu kalkulaciju je uzeta o obzir i izgradnja sistema „parkiraj i vozi se“ koji prati dinamiku izgradnje linija metroa.

Efekte izgradnje jedne linije metroa dovode do smanjenja emisije analiziranih gasova (CO, NO<sub>x</sub>, PM, Gorivo, CO<sub>2</sub>) putničkih automobila od oko 0.5%. Izgradnjom obe metro linije taj efekat bi se u odnosu na vrstu gasa kretao od 1.35 do 2.3%.

### Analiza emisija gasova teretnih vozila na celoj mreži

Procena emisije za ovaj nivo analize je zasnovana na tri pokazatelja, transportnom radu, pogonskom gorivu i emisionom standardu motora. U DoMax + scenariju kod emisije gasova teretnih vozila beleži se smanjenje do 1% u odnosu na DoMax posmatrano za svaki od analiziranih gasova. Značajnije smanjenje emisije se očekuje od autobusnog saobraćaja. Prognozirana vidovna preraspodela putnika kao posledica kompletno izgrađene obe linije metro sistema doprineće smanjenju emisije autobusnog saobraćaja od oko 13.3% u proseku na nivou svih analiziranih gasova. U razmatranim scenarijima nepostojanja metroa 2027. godine i postojanja izgrađene obe linije 2033.godine, po pitanju emisija ugljen-dioksida predviđeno je smanjenje emisije od 33%.

### Analiza emisije gasova na koridorima linija metroa

Za prikaz su korišćene ukupne emisije koje stvaraju svi autobusi, putnička i teretna vozila. U zabeleženim intenzitetima emisija beleži se pozitivan trend redukcije kao posledice uvođenja metro sistema za sve analizirane vrste gasova. Prema očekivanjima, redukcija je izraženija kod scenarija koji podrazumeva kompletno izgrađenu mrežu metroa od obe linije.

Tabela 1. Razlike emisija na koridorima trasa metroa u odnosu na referentne scenarije (bez metroa) po vremenskim horizontima

	2027.	2033.
	DoMax – DoMax+ (%)	DoMax – DoMax+ (%)
CO	2.74	3.96
NOx	2.23	9.24
PM	2.36	6.96
Gorivo	3.04	9.26
CO2	3.02	9.91

Izvor: Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet; Jugoslovenski institut za urbanizam i stanovanje JUGINUS doo, *Elaborat zaštite životne sredine za planirane dve linije metroa, Beograd* (2020).

Iz tabele se vidi da se na nivou 2027. godine najveća redukcija ostvaruje kod emisije CO<sub>2</sub> od oko 3%, dok očekivana redukcija CO<sub>2</sub> na posmatranim koridorima kao posledica izgradnje kompletnog metro sistema iznosi blizu 10%.

Kada se posmatra samo koridor trase prve metro linije uočava se redukcija od 3.54% za NO<sub>x</sub> do 4.78% za CO<sub>2</sub>. Takođe, beleži se i smanjena potrošnja goriva od 4.8%. Posmatrano na nivou svih deonica analiziranih koridora uočava se da se najveći efekat smanjenja emisije ostvaruje u scenariju DoMax 2033, kao posledica reorganizacije autobuskih linija sistema javnog prevoza i prognoziranje preraspodele putnika sa autobusa na metro sistem. Iako dobijeni rezultati imaju pozitivan trend i razvijeni model prognozira smanjenje emisije izgradnjom metro sistema značajno je pomenuti da budući pravci razvoja saobraćajnog sistema u Beogradu podrazumevaju i implementaciju mera održivog razvoja koje će pre svega biti usmerene ka redukciji korišćenja putničkog automobila. Sinergija ovih mera i izgradnje metro sistema učiniće negativan uticaj saobraćajnog sistema na životnu sredinu značajno manjim.

## VANREDNO STANJE

U cilju što približnijeg predstavljanja potencijalnog uticaja delovanja celokupnog metro sistema, zajedno sa preraspodelom saobraćaja nakon njegove izgradnje, prikazani su podaci smanjenja učešća drumskog saobraćaja, a ponajviše putničkih vozila, u toku vanrednog stanja u Beogradu, tokom 2020.godine.

U cilju sprečavanja širenja zaraze COVID19 u Republici Srbiji uvedene su vanredne mere 16. marta 2020. godine. Specijalni režim života i rada podrazumevao je ograničenje kao i potpunu zabranu kretanja u nekim periodima dana i nedelje što je kao posledicu imalo promene u aktivnostima ljudi, a samim tim i promenu emisija pojedinih zagađujućih materija.

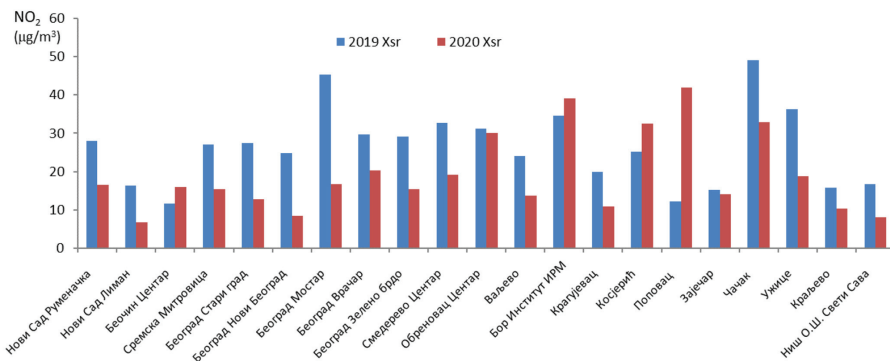
Zbog ograničenja kretanja pošlo se od pretpostavke da će ono usloviti pre svega promenu zagađenja poreklom od saobraćaja. Svakako su, kada je reč o emisijama, značajni i drugi izvori kao što je poljoprivredna delatnost i grejanje tokom hladne polovine godine, a vanredno stanje je većim delom bilo tokom grejne sezone.

## Uticaj planirane dve linije metro sistema na ublažavanje klimatskih promena u Beogradu

Za azot-dioksid rezultati merenja tokom vanrednog stanja pokazali su da nije bilo prekoračenja dnevne granične vrednosti (85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dok su tokom 2019.godine ona zabeležena na stanici Beograd-Stari grad.

Značajne razlike javile su se u srednjim dnevnim vrednostima koje su pokazale drastičan pad tako što su u odnosu na 2019. godinu bile nekoliko puta manje. Najuočljivije razlike bile su na stanicama u Beogradu (Novi Beograd, Stari grad), na stanici koja prati zagađenje poreklom od saobraćaja, Beograd –Mostar ali i u Novom Sadu i Nišu. Procenat pada srednje vrednosti koncentracija kretao se od 52 do 65% na nabrojanim stanicama (Agencija za zaštitu životne sredine, 2021).

Slika 1. Srednja vrednost koncentracije azotdioksida u periodu 16.03-06.05.2019. i 16.03-06.05.2020. godine



Izvor: Agencija za zaštitu životne sredine, *Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji za 2020. godinu* (2021).

## ZAKLJUČAK

Analizom postojećeg stanja saobraćajne infrastrukture i kvaliteta vazduha u Beogradu, kao i projekcijama koje se odnose na izgradnju metro sistema, jasno se uočava da je implementacija ovog vida javnog prevoza neophodna za unapređenje životne sredine i ublažavanje klimatskih promena. Metro sistem, kao okosnica modernog, održivog i efikasnog javnog prevoza, ima potencijal da značajno smanji emisije štetnih gasova, rastereti saobraćajnu mrežu, poveća mobilnost i doprinese boljem kvalitetu života stanovnika. Iskustva iz inostranstva dodatno potvrđuju ove tvrdnje, dok rezultati iz Beograda ukazuju da se već u prvih nekoliko godina od izgradnje očekuje konkretno smanjenje emisija CO<sub>2</sub> i drugih zagađivača. Konačno, izgradnja metro sistema, u sinergiji sa drugim merama održive urbane mobilnosti, predstavlja ključnu komponentu strategije Beograda u borbi protiv klimatskih izazova i stvaranju otpornijeg i zdravijeg gradskog okruženja.

## LITERATURA

MBN staff. (2024). *Mexico City Cuts CO<sub>2</sub> Emissions by 2.2 Billion Tons*. Dostupno na: <https://mexicobusiness.news/infrastructure/news/mexico-city-cuts-co2-emissions-22-billion-tons?utm> (Pristupljeno: 13. aprila 2025.).

Agencija za zaštitu životne sredine. (2021). *Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji za 2020. godinu*. Ministarstvo zaštite životne sredine.

Gradski zavod za javno zdravlje Beograd. (2025). *Godišnji izveštaj o rezultatima merenja kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda u lokalnoj mreži mernih stanica/mesta za 2024. godinu*. Beograd.

Mere za smanjenje zagađenja vazduha u Pekingu daju rezultate. (2023). Dostupno na: <https://serbian.cri.cn/2023/10/18/ARTIGyKANwukU0V7QJqheN5w231018.shtml>. (Pristupljeno: 13. aprila 2025.)

Republički zavod za statistiku. (2024). *Opštine i regioni u Republici Srbiji, 2024*. Dostupno na: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2024/Pdf/G202413051.pdf>

CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, CeS.TRA d.o.o. (2020). *Plan održive urbane mobilnosti, SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan)*. Beograd

Lin, D., Zhou, Z., Weng, M., Broere, W., & Cui, J. (2023). Metro systems: Construction, operation and impacts. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 143, Article 105373. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2023.105373>

Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet; Jugoslovenski institut za urbanizam i stanovanje JUGINUS doo, (2020). *Elaborat zaštite životne sredine za planirane dve linije metroa*, Beograd.