

Korišćenje obnovljive energije u drumskom saobraćaju

Use of renewable energies in road traffic

Nenad Mrđenović^{1*}, Siniša Sremac², Dragan Smiljanić³

^{1,2,3}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija / University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Serbia

*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 29.03.2024, Rad prihvaćen / Accepted: 10.05.2024.

Sažetak: U saobraćajnom sektoru troši se oko 25% globalne upotrebe energije, uzimajući u obzir i proizvodnju i potrošnju goriva, i dovode do emisije ugljen-dioksida (CO₂). U njemu dominiraju fosilna goriva, što dovodi do različitih negativnih uticaja na ljude i životnu sredinu. U radu je istraženo kako se obnovljivi izvori energije mogu najbolje koristiti u sektoru transporta. Poslednjih godina raste interesovanje za alternativne automobilske pogone, kao što su različiti tipovi električnih vozila, kao i goriva sa niskim sadržajem CO₂. Na osnovu pregleda literature, razmatraju se glavni izgledi i prepreke za buduću upotrebu biogoriva, obnovljive električne energije i zelenog vodonika s obzirom na primenjene politike, kao i ciljeve smanjenja emisija CO₂ postavljene za budućnost, sa posebnim fokusom na drumski saobraćaj. Cilj ovog rada je da pruži pregled trenutnog stanja korišćenja obnovljivih izvora energije u drumskom saobraćaju.

Ključne reči: obnovljiva energija, gorivo, saobraćaj, transport.

Abstract: The transport sector consumes about 25% of global energy use, including both production and fuel consumption, and leads to carbon dioxide (CO₂) emissions. It is dominated by fossil fuels, which leads to various negative impacts on people and the environment. The paper investigated how renewable energy sources can be best used in the transport sector. In recent years, there has been a growing interest in alternative automotive powertrains, such as various types of electric vehicles, as well as low-CO₂ fuels. Based on the literature review, the main prospects and obstacles for the future use of biofuels, renewable electricity and green hydrogen are discussed in view of the applied policies, as well as the CO₂ emission reduction targets set for the future, with a special focus on road transport. The aim of this paper is to provide an overview of the current state of use of renewable energy sources in road traffic

Keywords: renewable energies, fuel, traffic, transport.

¹orcid.org/0009-0003-9043-3394, e-mail: nenadm2000@gmail.com

²orcid.org/0000-0002-3641-5107, e-mail: sremacs@uns.ac.rs

³orcid.org/0000-0002-3609-3283, e-mail: targija996@gmail.com

UVOD / INTRODUCTION

Globalne emisije gasova staklene bašte (GHG) kontinuirano se povećavaju kao i zagađenje vazduha, posebno u urbanim sredinama. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (WHO), oko 7 miliona ljudi svake godine umre od bolesti izazvanih zagađenjem vazduha (WHO, 2021).

Emisije GHG iz transporta su u velikoj meri funkcija potražnje za putovanjima, načina transporta i transportne tehnologije/goriva. Sve veće veličine vozila i dodatnih usluga, značajna tehnička poboljšanja, koja su napravljena na motoru i drugim komponentama vozila, u velikoj meri su nadoknađena težim, većim i snažnijim vozilima. Razvoji su rezul-

tirali skoro kontinuiranim povećanjem emisija GHG iz sektora transporta.

Zbog negativnog uticaja mobilnosti zasnovane na fosilnim gorivima, mnoge zemlje i regioni su dali prioritet smanjenju emisija CO₂ u sektoru transporta, najveću količinu energije koja se koristi obezbeđuju fosilna goriva, oko 96% (IEA, 2019). U ovom kontekstu, postavlja se pitanje šta bi mogla biti mudra upotreba obnovljive energije na osnovu ključnih pretpostavki o usvajanju naprednih goriva.

Trenutno dostupna alternativna goriva i automobilske tehnologije imaju svoje prednosti i mane (Arsić, Vučinić, 2022):

- Glavna prednost biogoriva je što se mogu mešati sa konvencionalnim gorivima, benzinom i dizelom, mogu se koristiti u konvencionalnim automobilima i ne zahtevaju novu infrastrukturu. Međutim, biodizel i bioetanol prve generacije, koji su trenutno u upotrebi, proizvode se od sirovina koje se takođe koriste u proizvodnji hrane i stočne hrane. To bi moglo dovesti do konkurencije između hrane i goriva.
- Električna vozila imaju potencijal da smanje lokalno zagađenje vazduha, kao i emisije GHG. Međutim, stepen do kojeg će oni biti korisni za globalnu životnu sredinu veoma zavisi od primarnih izvora energije koji se koriste za proizvodnju električne energije i vodonika.

1. AKTUELNO STANJE U OBLASTI / CURRENT STATE IN THE AREA

Poslednjih godina, da bi se izborili sa sve većim emisijama CO₂ iz transportnog sektora, snažan fokus je stavljen na podršku alternativnim automobilskim tehnologijama, koje imaju bolju energetske efikasnost i bolje ekološke performanse, kao i na alternativna goriva zasnovana na obnovljivim izvorima energije. Pre oko 15 godina, biogoriva su bila od posebnog interesa jer se mogu mešati sa konvencionalnim fosilnim gorivima i koristiti u vozilima. Već 2003. godine EU je uvela cilj mešanja u delokrugu Direktive o biogorivima (Directive 2003/30/EC).

Prvi cilj je bio dostići 5,75% udela biogoriva u sektoru transporta do 2010. godine, kao deo evropskog klimatskog i energetskog paketa za 2020, Direktiva o obnovljivoj energiji postavila je cilj od 10% udela obnovljive energije za 2020. godinu (Directive 2009/28/EC).

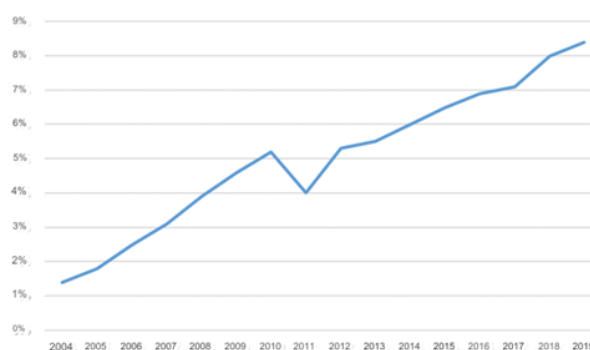
Štaviše, uveden je obavezan cilj smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte za 6% goriva koja se koriste u drumskom transportu i vandrumskim mobilnim mašinama do 2020. godine (European Parliament, 2015). Međutim, sa sve ve-

ćom upotrebom biogoriva prepoznati su i neki novi izazovi i ograničenja, tako da se okvir politike vremenom menjao. U zakonu koji je odobrio Evropski parlament, odlučeno je da se ograniči količina biogoriva na bazi useva koja se koristi u sektoru transporta na 7%, pošto biogoriva na bazi useva mogu imati nenameran negativan uticaj na životnu sredinu kao što su krčenje šuma i nedostatak hrane. Štaviše, da bi se osigurala ekološka korist od biogoriva, od dobavljača goriva se zahteva da izveštavaju o emisijama indirektno promene korišćenja zemljišta. Pored toga, odlučeno je da se prekine javna podrška za biogoriva na bazi useva nakon 2020. godine.

Trenutno, zbog ograničenja u vezi sa upotrebom biogoriva, elektrifikacija mobilnosti dobija sve veću pažnju, uglavnom zbog veoma izdašnog portfelja monetarnih i nemonetarnih mera podrške. Mnoge vlade vide elektrifikaciju kao dobru priliku za smanjenje lokalnog zagađenja vazduha, kao i globalne emisije GHG.

Većina politika koje se sprovode na nivou EU indirektno podržavaju upotrebu električnih vozila. Neki od njih su standardi EU za emisiju CO₂ za nova putnička vozila, klimatski i energetski paketi EU za 2020. i 2030. godine (European Commission, 2020), kao i Bela knjiga o transportu 2011. prema kojoj bi automobili na konvencionalno gorivo trebalo da budu uklonjeni iz gradova do 2050 (European Commission, White paper 2011). Zabrana konvencionalnih vozila je već počela. Već sada su mnoge zemlje uvele zone sa nultom ili niskom emisijom CO₂ u gradskim centrima. Štaviše, neke od zemalja su najavile zaustavljanje registracije novih vozila na benzin i dizel u narednim godinama. Takav razvoj predstavlja izazov za biogoriva.

Zbog sprovedenih politika, udeo obnovljive energije u sektoru transporta se kontinuirano povećava, slika 1.



Slika 1- Učešće obnovljive energije transportu u EU
Figure 1 - Share of RES in transport in the EU
Izvor / Source: (Statista, 2021a)

2. UPOTREBA BIOGORIVA / USE OF BIOFUELS

Za razliku od fosilnih goriva, koja su rezultat veoma dugog procesa, otprilike milionima godina, biogoriva se prave od obnovljivih izvora ugljenika kao što su različiti poljoprivredni proizvodi, drveće, trava itd. U zavisnosti od sirovine koja se koristi, kao i procesa proizvodnje biogoriva se mogu podeliti u različite kategorije, ali glavna klasifikacija je na konvencionalna i napredna biogoriva. Konvencionalna biogoriva su zasnovana na poljoprivrednim proizvodima, koji se takođe mogu koristiti za hranu i stočnu hranu. Za proizvodnju takvih sirovina potrebna je obradiva površina, koja je u celom svetu veoma ograničena.

Povećanje proizvodnje biogoriva može dovesti do konverzije zemljišta bez useva, npr. šume, močvare i tresetišta u poljoprivredno zemljište. Promena korišćenja zemljišta može značajno smanjiti moguće koristi od uštede GHG usled povećane proizvodnje biogoriva.

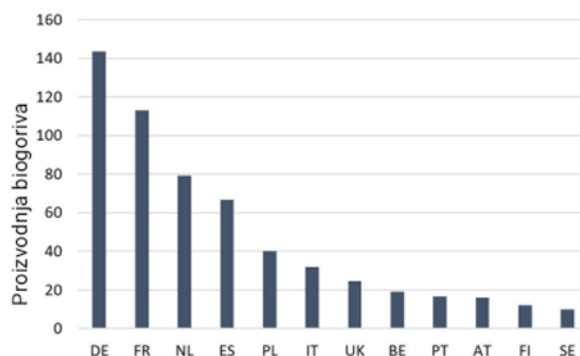
Konkurencija između proizvodnje biogoriva i hrane mogla bi se izbeći naprednim biogorivima, koja bi se mogla proizvoditi od različitih lignoceluloznih materijala kao što su trava, drveće, otpadno drvo iz šumske industrije, tako da bi ukupan potencijal za proizvodnju biogoriva mogao biti mnogo veći. Takve sirovine nisu u konkurenciji sa proizvodnjom hrane. Nažalost, napredna biogoriva su još uvek nezrela. Njihovi proizvodni procesi moraju biti poboljšani, a troškovi proizvodnje smanjeni. Međutim, već u ovoj fazi napredna biogoriva imaju veoma dobre ekološke performanse. Trenutno se najviše koriste konvencionalna biogoriva, bioetanol i biodizel.

Bioetanol se uglavnom proizvodi od pšenice, kukuruza, šećerne repe i šećerne trske, a biodizel od različitih vrsta biljnog ulja (npr. semena repice, suncokreta i soje). Koja će se sirovina koristiti zavisi od raspoloživog zemljišta i klimatskih uslova. Na primer, u Severnoj Americi, preovlađujuće sirovine su kukuruz i soja, u Južnoj i Centralnoj Americi šećerna trska i soja, a u Evropi kukuruz i seme uljane repice.

Potražnja za biogorivima je uglavnom izazvana politikama podrške i ambicioznim ciljevima EU. Međutim, sa sve većom upotrebom biogoriva takođe su prepoznati neki izazovi i ograničenja, kao i potreba za prelaskom na napredna biogoriva druge generacije. Ipak, da bi se ubrzala upotreba biogoriva druge generacije, njihova konkurentnost troškova u odnosu na druga biogoriva i fosilna goriva trebalo bi značajno da se poboljša.

Postoje različiti scenariji u pogledu budućeg razvoja biogoriva. Prema nekim optimističnim procenama, biogorivo bi moglo da predstavlja oko jedne

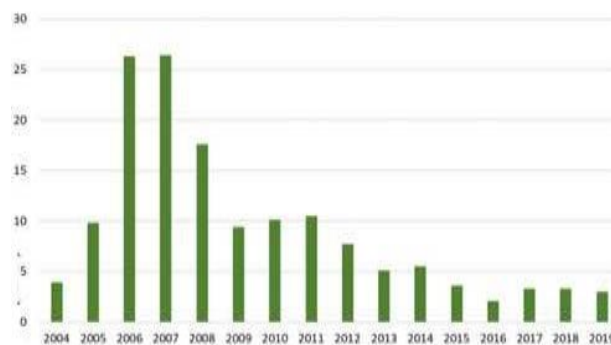
trećine globalne ponude goriva do 2050. godine pod pretpostavkom da će biogoriva 2. i 3. generacije biti komercijalno dostupna do 2030. godine (IEA, 2011). Međutim, budućnost biogoriva zavisi od razvoja cena nafte, investicija i političkih preferencija. Zemlje sa najvećom proizvodnjom biogoriva u 2019. predstavljene su na slici 2. Nakon ranog entuzijazma između 2004. i 2007. godine, globalna ulaganja u sektor biogoriva su bila u opadajućem trendu, slika 3. Poslednjih godina ulaganja u biogoriva su bila marginalna u poređenju s drugim investicijama u obnovljive izvore energije, npr. energiju vetra i solarne fotonaponske ćelije.



Slika 2 - Proizvodnja biogoriva u odabranim zemljama EU, 2019

Figure 2 - Biofuels production in the selected EU countries, 2019

Izvor / Source: (Statista, 2021)



Slika 3 - Globalna ulaganja u biogoriva (mln.\$)

Figure 3 - Global investment in biofuels (mln.\$)

Izvor / Source: (UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, 2019).

3. UPOTREBA ELEKTRIČNIH VOZILA / USE OF ELECTRIC VEHICLES

Tokom poslednje decenije elektrifikacija mobilnosti, posebno putničkog drumskog saobraćaja, široko se podržava i promoviše u mnogim zemljama širom sveta. Iako električna vozila nisu nova tehnologija, kroz značajna poboljšanja performansi baterija, ona su nedavno dobila novu šansu. Generalno,

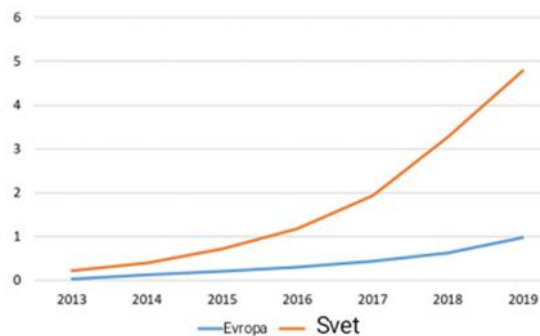
električna vozila imaju potencijal da smanje lokalno zagađenje vazduha i u zavisnosti od izvora energije koji se koriste za proizvodnju električne energije, takođe mogu doprineti smanjenju globalnih emisija stakleničkih plinova. Međutim, važno je primetiti da različite vrste električnih vozila, kao i hibridna električna vozila (HEV), plug-in hibridna vozila (PHEV), električna vozila na baterije (BEV) i električna vozila sa gorivnim ćelijama (FCEV), imaju različite karakteristike i različit uticaj na životnu sredinu (Siebenhofer i dr, 2021).

Sva hibridna vozila koriste, bar donekle, fosilna goriva i mogu imati važnu ulogu u tranziciji ka potpunoj elektrifikaciji. Zbog najavljene zabrane fosilnih goriva u transportu, u budućnosti je verovatno da će hibridna vozila sve više zavisiti od biogoriva (Varadanin i dr., 2022).

3.1. Električna vozila na baterije / Battery electric vehicles

Korišćenje električne energije u sektoru saobraćaja ima veoma dugu tradiciju, a različite vrste električnih vozila, npr. tramvaji, voz, metro, su proverene i veoma uspešne tehnologije. Međutim, zbog povećanja emisija CO₂ iz drumskog saobraćaja, trenutno se poseban napor ulaže u elektrifikaciju putničkih automobila, gradskih autobusa kao i teretnog saobraćaja.

Širom sveta raste broj električnih vozila sa baterijama. U 2019. godini, širom sveta je bilo oko 4,8 miliona BEV-a, od kojih je većina u Kini. Međutim, i u Evropi elektrifikacija mobilnosti napreduje, dostižući skoro milion u 2019. (slika 4).



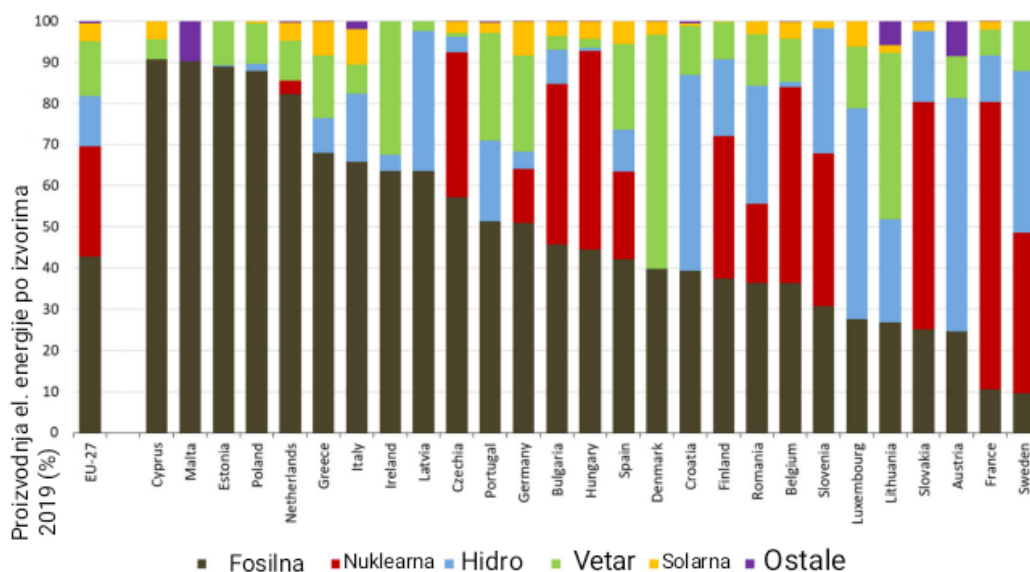
Slika 4 - Zalihe električnih automobila na baterije, 2013-2019

Figure 4 - Battery electric car stock, 2013-2019
Izvor / Source: (IEA, 2020)

Budući da je BEV i dalje skup u poređenju sa konvencionalnim automobilima, uprkos različitim podsticajima koje daju vlade, oni se uglavnom koriste u zemljama EU sa višim BDP-om po glavi stanovnika.

Sve primenjene politike imaju za krajnji cilj smanjenje emisija GHG iz sektora transporta. Međutim, za postizanje značajnog smanjenja emisije važno je povećati upotrebu vozila sa nultom emisijom CO₂, ali i povećati upotrebu obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije.

Trenutno je kombinacija proizvodnje električne energije veoma različita širom EU (vidi sliku 5), tako da su koristi od elektrifikacije veoma različite. Upotreba BEV-a u zemljama sa visokim udelom fosilne energije doprineće samo poboljšanju lokalnog zagađenja vazduha, ali ne značajno smanjenju globalnih emisija GHG (Ajanovic i dr, 2018).



Slika 5 - Proizvodnja električne energije po izvorima, 2019

Figure 5 - Electricity production by source, 2019

Izvor / Source: (Eurostat, 2021)

3.2. *Upotreba vozila na vodonik i gorivne ćelije / Use of hydrogen and fuel cell vehicles*

Posebna vrsta električnih vozila su vozila na gorivne ćelije. U takvim vozilima, umesto punjenja baterija na stanicama za punjenje, za proizvodnju električne energije u vozilu koristi se vodonik.

Vodonik je, kao i električna energija, sekundarni nosilac energije i može se proizvesti korišćenjem različitih primarnih izvora energije uključujući fosilnu energiju i obnovljivu energiju. Vodonik proizveden iz obnovljivih izvora energije obično se naziva zeleni vodonik.

Međutim, trenutno se najveća količina vodonika proizvodi korišćenjem fosilne energije. Uglavnom se koristi prirodni gas. Reformisanje prirodnog gasa parom je dobro razvijen proces sa relativno niskim troškovima. Trenutno se vodonik koristi u različitim industrijama kao što su rafinerija, proizvodnja amonijaka itd. U takvim slučajevima prioritet je niska cena, a ne ekološka korist. Ipak, ako se vodonik posmatra kao nosilac energije za upotrebu u transportnom sektoru, dobar ekološki učinak postaje prioritet (Ramsebner i dr, 2021).

Jedna od glavnih prepreka za veću upotrebu zelenog vodonika i vozila na gorivne ćelije su visoki troškovi. Troškovi zelenog vodonika su više od dva puta veći u poređenju sa sivim vodonikom proizvedenim iz fosilnih goriva. Međutim, pošto se vodonik može koristiti kao skladište za višak električne energije iz obnovljivih izvora energije, sa sve većom upotrebom obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije vodonik će postati važan za balansiranje ponude i potražnje (Hiesl i dr, 2020).

4. STUDIJE SLUČAJA U SVETU / CASE STUDIES IN THE WORLD

Uticaj COVID-19 stvorio je priliku za vlade da pređu na zelenije transportne sisteme. Globalna potražnja za transportom doživela je drastičan pad do sredine marta 2020. godine, sa promenom do -90% u nekim zemljama i gradovima u kojima su primenjene stroge smernice za karantin. Sektor transporta ima drugi najveći udeo u ukupnoj globalnoj finalnoj potražnji za energijom, ali ima najniži udeo obnovljive energije od 3%.

Dve studije slučaja prikazane u nastavku pokazuju kako su gradovi uspešno inkorporirali obnovljivu energiju u svoje transportne sisteme, smanjujući svoje lokalne emisije povećanjem održivosti svojih vidova transporta. Kako gradovi počinju da se oporavljaju od COVID-19, javlja se ključna prilika za vlade da na sličan način poboljšaju svoje transportne mreže i smanje emisije iz transporta.

4.1. *Studija slučaja 1 - Energija vetra i električni skuteri u Romblonu, Filipini / Case study no. 1- Wind power and electric scooters in Romblon, Philippines*

2019. godine, ostrvo Romblon, Filipini, uspešno je pokrenulo pilot projekat od 100 električnih skutera. Širom zemlje skuteri su primarni način prevoza za njene stanovnike.

Dakle, elektrifikacija ovih vozila ne samo da ima potencijal u smanjenju lokalnih emisija GHG, već može imati i veće uticaje ako se sprovodi na nacionalnom nivou. Ovaj projekat je bio realizovan kroz saradnju lokalne elektroenergetske kooperacije ostrva Romblon (ROMELCO) i japanskih proizvođača Honda i Komaihaltec. Ovi električni skuteri opremljeni su punjivim baterijama koje napajaju i pune tri nove turbine na vetar.

Elektrifikacija skutera na Romblonu nije samo smanjila lokalne emisije GHG, već ima i društveno-ekonomske prednosti. Trošak za potrošače koji koriste ova vozila je otprilike 0,40 USD jeftiniji za zamenu punjivih baterija, u poređenju sa dopunom jednog rezervoara benzina. Pored toga, opšta integracija generatora obnovljive energije u lokalnu električnu mrežu omogućava ostrvu da se manje oslanja na uvoz fosilnih goriva (Cortez, 2020).

4.2. *Studija slučaja 2 - Električni autobusi u Montevideu, Urugvaj / Case study no. 2 - Electric buses in Montevideo, Uruguay*

U maju 2020. glavni grad Urugvaja Montevideo dobio je 20 električnih autobusa za opsluživanje svojih najprometnijih centralnih oblasti. Usred COVID-19, Montevideo je prijavio promenu od -80% u broju putnika u javnom prevozu u poređenju s brojevima pre pandemije. Među sektorima, transport je bio jedan od najviše pogođenih u ponudi i potražnji, zajedno s restoranima/hotelima i trgovinom. CUTCSA, najveći urugvajski operater javnog prevoza, nastavio je s uvođenjem voznog parka električnih autobusa u nastojanjima da poboljša transportni sistem u zemlji dok se oporavlja od COVID-19. Elektrifikacija vidova transporta je posebno značajna za zemlje koje ne proizvode naftu kao što je Urugvaj u povećanju otpornosti i smanjenju zavisnosti od uvoza energije, i zapravo ima snažan potencijal u proizvodnji obnovljive energije. Autobuski vozni park ima za cilj da pomogne u potpunoj elektrifikaciji dve linije Montevidea dok takođe smanjenje buke i zagađenja vazduha.

Elektrifikacija javnog prevoza samo je još jedan korak ka snažnim nacionalnim naporima Urugvaja u prelasku na obnovljivu energiju. Od početka 2020. godine, procenjuje se da se 97% električne energije u zemlji dobija iz obnovljivih izvora energije –

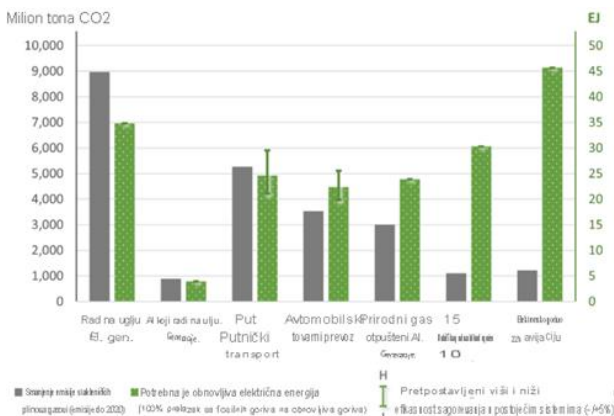
uključujući hidro, vetar i solarnu energiju. Ovaj prelazak na obnovljivu energiju uključivao je ulaganja od više od 7 milijardi USD do sada, a do 2017. Urugvaj je izvestio smanjenje emisija gasova staklene bašte za 88% u poređenju sa 2009-2013 (Cortez, 2020).

5. ANALIZA / ANALYSIS

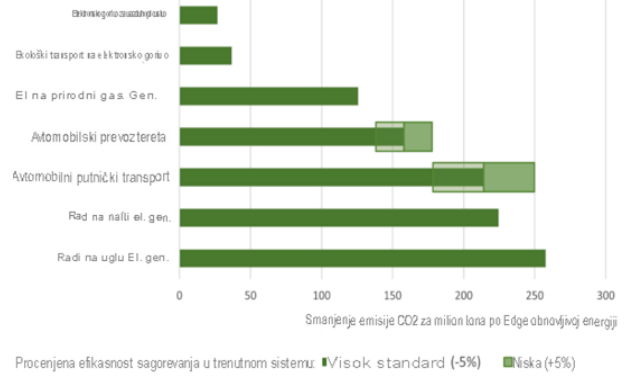
Analiza je zasnovana na proceni emisije gasova staklene bašte i upotrebi energije, a upotreba energije takođe može poslužiti kao zamena za troškove, jer se troškovi povećavaju s većom upotrebom energije i smanjuju s manjom upotrebom.

5.1. Maksimiziranje globalnog smanjenja GHG kroz mudro korišćenje obnovljive električne energije / Maximizing global GHG reductions through wise use of renewable electricity

Uz očekivani neprestani nedostatak obnovljive energije do 2050. godine, ključno pitanje je stoga: možemo li postići veća smanjenja GHG ako koristimo obnovljivu energiju u drugim sektorima osim transporta, ili kako najudrudije iskoristiti obnovljivu električnu energiju koja postaje dostupna u okviru sektora transporta. Ako se izuzme primarna energija koja se koristi za industrijske proizvode (neenergetska upotreba), sektor transporta i proizvodnja električne energije čine više od 60% globalne potrošnje energije (Lindstad i dr, 2023). Stoga se ograničavamo na procenu kako možemo postići najveća smanjenja GHG optimizacijom korišćenja obnovljive energije u proizvodnji energije i transportnom sektoru posmatranim ukupno. Kombinovanje podataka omogućava da se proceni ukupno smanjenje CO2 kao funkcija korišćenja obnovljive energije kao što je prikazano na slici 6. Prva siva traka prikazuje ukupne emisije GHG u milionima tona, a zelena traka sa uzorkom prikazuje potrebnu obnovljivu energiju u EJ za potpuno dekarbonizuju (vidi sliku 7).



Slika 6 - Smanjenje GHG i obnovljiva energija potrebna za korišćenje obnovljive električne energije / Figure 6 - GHG reduction and renewable energy required for distinct use of renewable electricity / Izvor / Source: (Lindstad i dr, 2023)



Slika 7 - Analiza osetljivosti / Figure 7 - Sensitivity analysis / Izvor / Source: (Lindstad i dr, 2023)

Glavna zapažanja su (Lindstad i dr, 2023):

1. Zamena uglja u proizvodnji električne energije daje najveće smanjenje GHG, odnosno skoro 9 milijardi tona CO₂, što zahteva 28,55EJ/0,82 = 34,8 EJ nove obnovljive električne energije i smanjenje GHG od 258 miliona tona po EJ.
2. Elektrifikacija drumskog putničkog transporta daje drugo najveće smanjenje GHG, tj. 5,3 milijarde tona, što zahteva 24,6 EJ i daje smanjenje GHG od 215 miliona tona po EJ.
3. Elektrifikacija drumskog teretnog transporta daje treće najveće smanjenje GHG, odnosno 3,5 milijardi tona, što zahteva 22,4 EJ, i daje smanjenje GHG od 158 miliona tona po EJ.
4. Zamena prirodnog gasa obnovljivim izvorima u proizvodnji električne energije daje četvrto najveće smanjenje GHG, odnosno 3 milijarde tona CO₂, što zahteva 19,6EJ/0,82 = 23,9 EJ (konverzija kao i za ugalj) i daje smanjenje GHG od 126 miliona tona CO₂ po EJ.
5. Zamena nafte u proizvodnji električne energije daje visoko smanjenje GHG po EJ, odnosno 224 miliona tona CO₂ po EJ, međutim ovaj način proizvodnje električne energije je uglavnom za udaljena područja i područja u razvoju i stoga ih je teže smanjiti.
6. Dekarbonizacija avijacije kroz goriva bez ugljenika smanjuje emisije sa samo 1,2 milijarde tona CO₂ i zahteva 45 EJ, odnosno više od putničkog i teretnog saobraćaja i daje samo 27 miliona tona CO₂ u smanjenju po EJ.
7. Dekarbonizacija pomorskog transporta kroz goriva bez ugljenika smanjuje emisije sa samo 1,1 milijardu tona CO₂, zahteva 30,2 EJ, odnosno, skoro istu količinu koja je potrebna za zamenu uglja obnovljivim izvorima, što daje smanjenje od 37 miliona tona CO₂ po EJ.

Podaci ukazuju da se dobije 6 do 10 puta veće smanjenje CO₂ po jedinici energije nove obnovljive električne energije zamenom proizvodnje električne energije na ugalj i elektrifikacijom putničkog i drumskog tereta nego korišćenjem obnovljive električne energije na goriva bez ugljenika za vazduhoplovstvo i pomorski transport.

Glavna zapažanja iz analize osetljivosti drumskog putničkog i drumskog teretnog saobraćaja da će uz visoku efikasnost toplotnog sagorevanja, odnosno da dobijemo više energije za pogon iz svake energetske jedinice, koristiti više obnovljive energije da zamenimo svaku jedinicu fosilnog goriva i na taj način ćemo dobiti manje uštede CO₂ od svake potrošene jedinice obnovljivih izvora energije. Drugo, sa nižom efikasnošću sagorevanja, zahvaljujući istoj logici, dobijamo veće smanjenje CO₂ iz svake jedinice potrošenog obnovljivog izvora energije.

ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Na osnovu istraživanja u ovom radu, glavni zaključci se mogu izvesti na sledeći način:

- Buduća upotreba biogoriva zavisi od razvoja njihovih ekonomskih i ekoloških performansi, kao i od dostupnosti zemljišta. Diskusija o hrani i gorivu je još uvek na stolu, a trenutne uštede CO₂ su umerene. Promenljivi okvir politike, uključujući predloženu zabranu prodaje novih automobila na benzin i dizel, i nejasne dugoročne vizije imaju negativan uticaj na ulaganje u biogoriva.

- Glavni problem električnih vozila na baterije i vozila s gorivnim ćelijama, za njihov brži prodor na tržište, su visoki investicioni troškovi vozila. U budućnosti se može očekivati značajno smanjenje ovih troškova zahvaljujući tehnološkom učenju. Međutim, njihov doprinos smanjenju globalne emisije gasova staklene bašte je ostvariv samo u kombinaciji sa sve većom upotrebom obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije. Dakle, daleko najveći deo električne energije koja se koristi u BEV i za proizvodnju vodonika dolazi iz konvencionalnih primarnih izvora energije.

Još jedan veliki izazov za budućnost je stvaranje standarda održivosti u pogledu eksploatacije materijala za proizvodnju baterija, kao i za reciklažu baterija kako bi se izbegli novi ekološki problem.

Najkritičnije tačke za budućnost obnovljivih izvora energije u sektoru transporta su njihov potencijal i ekološka korist. Osnovni aspekt biogoriva je konkurencija proizvodnji hrane i stočne hrane. Za postavljanje vetroturbina i fotonaponskih sistema, glavni problem predstavlja ograničeno prihvatanje i dostupnost odgovarajućih lokacija za njihovu ugradnju.

Zahvalnost / Acknowledgement

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta „Savremeni trendovi i inovacije u razvoju kurikuluma u oblasti saobraćaja i transporta“, osnovanog od strane Departmana za saobraćaj Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Ajanovic, A., Haas, R. (2018). Electric vehicles: solution or new problem? *Environ. Dev. Sustain.* 20 (Suppl 1), 7-22. doi:10.1007/s10668-018-0190-3
- [2] Arsić, Lj., Vučinić, I. (2022). Obnovljivi izvori energije: potencijali i trendovi u zemljama Evropske unije i Zapadnog Balkana, *Ecologica*, 29(108), 476-484. doi:10.18485/ecologica.2022.29.108.2
- [3] Cortez, A. (2021). Renewables and Transport, *LEDS-GP*. Dostupno na: https://ledsgp.org/app/uploads/2021/06/LEDS-GP_Renewables-and-Transport.pdf
- [4] Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0030&from=en>. Pristupljeno: 20.03.2024.
- [5] Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>. Pristupljeno 20.03.2024.
- [6] European Commission, Reducing CO₂ emissions from passenger cars before 2020. Dostupno na: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en. Pristupljeno: 19.03.2024.
- [7] European Commission, White paper 2011. Dostupno na: https://ec.europa.eu/transport/themes/european-strategies/white-paper-2011_en
- [8] European Parliament, EU biofuels policy, Briefing, January 2015. Dostupno na: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/545726/EPRS_BRI\(2015\)545726_REV1_EN.Pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/545726/EPRS_BRI(2015)545726_REV1_EN.Pdf). Pristupljeno: 19.03.2024.
- [9] Eurostat, Electricity generation statistics (2021). Dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_generation_stati

- stics_%E2%80%93first_results#Production_of_electricity. Pristupljeno: 21.03.2024.
- [10] UNEP, (2019). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2019*. Frankfurt School - UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance (FS-UNEP) and Bloomberg-NEF, 2019. Dostupno na: <https://www.unep.org/resources/report/global-trends-renewable-energy-investment-2019>. Pristupljeno 20.03.2024.
- [11] Hiesl, A., Ajanovic, A., Haas, R. (2020). On current and future economics of electricity storage, *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 10, 1176-1192. doi:10.1002/ghg.2030
- [12] IEA, (2020). Global EV Outlook 2020. Dostupno na: <https://webstore.iea.org/download/direct/3007> Pristupljeno 21.03.2024.
- [13] IEA, (2019). Renewables 2019. Analysis and forecast to 2024. Dostupno na: https://iea.blob.core.windows.net/assets/a846e5cf-ca7d-4a1f-a81b-ba1499f2cc07/Renewables_2019. Pristupljeno: 20.03.2024.
- [14] IEA, (2011). Technology Roadmap. Biofuels for Transport. Dostupno na: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/IEA-Biofuel-Roadmap.pdf>. Pristupljeno: 20.03.2024.
- [15] Lindstad, E., Øyvind Ask, T., Cariou, P., Eskeland, G.S., Riialand, A. (2023). Wise use of renewable energy in transport, *Transportation Research Part D*, 119, 103713. doi:10.1016/j.trd.2023.103713
- [16] Ramsebner, J., Haas, R., Ajanovic, A., Wietschel, M. (2021). The sector coupling concept: a critical review, *WIREs Energy Environ.* 396. doi:10.1002/wene.396
- [17] Siebenhofer, M., Ajanovic, A., Haas, R. (2021). How policies affect the dissemination of electric passenger cars worldwide, *Energies*, 14(8), 2093. doi:10.3390/en14082093
- [18] Statista, (2021). Biofuels production in selected countries in Europe in 2019.
- [19] Statista, (2021a). Share of energy from renewable sources used in transport in the European Union (EU-28) from 2004 to 2019.
- [20] Varađanin, T., Stanković, M., Maksimović, S. (2022). Privredno-ekonomska spremnost Republike Srbije za subvencionisanje kupovine novih vozila isključivo na električni pogon i vozila koja uz motor sa unutrašnjim sagorevanjem pokreće i električni pogon (hibridni pogon): prednosti i nedostaci, *Ecologica*, 29(106), 289-295. doi:10.18485/ecologica.2022.29.106.21
- [21] WHO, (2021). Air pollution. Dostupno na: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Pristupljeno 20.03.2024.