

**ĐORĐE MITROVIĆ<sup>1</sup>**

E-mail: dorde.mitrovic@ekof.bg.ac.rs

**DANIJELA BOŽANIĆ<sup>2</sup>**

E-mail: danijela.bozanic@yahoo.com

# EKONOMSKA I UGLJENIČNA EFIKASNOST I PRIMENA EVROPSKOG ZELENOG DOGOVORA U SRBIJI

## ECONOMIC AND CARBON EFFICIENCY AND EUROPEAN GREEN DEAL IMPLEMENTATION IN SERBIA

---

JEL KLASIFIKACIJA: C67, Q43, Q56

---

### APSTRAKT:

*U radu se upotrebom DEA metodologije analizira ugljenična i ekonomska efikasnost Srbije u odnosu na zemlje Evropske unije. Cilj rada je da pruži nove kvantitativne i kvalitativne informacije koje bi trebalo da omoguće da Srbija ostvari ekonomski razvoj bez preteranog ugrožavanja životne sredine, ali da istovremeno ne pogorša svoju konkurentsku poziciju na evropskom tržištu. Evropska unija na osnovu „Zelenog dogovora“ planira da od 2021.*

---

1 Univerzitet u Beogradu – Ekonomski fakultet, Kamenička 6, 11000 Beograd, Srbija

2 Climate Action Consulting, Serdara Janka Vukotića 30, 11000 Beograd, Srbija

godine uvede ugljeniĉnu taksu kao klasiĉnu uvoznju taksu, ĉija ĉe visina zavistiti od emitovane koliĉine ugljen-dioksida u celokupnom procesu proizvodnje i odnosiĉe se na sve proizvode koji se budu uvozili u EU iz treĉih zemalja. Srbija ĉe kao proizvoĉaĉ i izvoznik u EU imati znaĉajne dodatne troškove, pa postoji opasnost da njena konkurentnost na trţištu EU bude znaĉajno ugroţena. Zbog toga bi rezultati ovog rada takoĉe mogli da posluţe kao vodiĉ za kreiranje javnih politika sa odgovarajuĉim strategijama za poboljšanje efikasnosti Srbije u kontekstu odrţivog razvoja.

**KLJUĀNE REĀI:****UGLJENIĀNA EFIKASNOST, ZELENI DOGOVOR, DEA****ABSTRACT:**

*The paper analyses carbon and economic efficiency of Serbia and European Union countries by using DEA methodology. The aim of the paper is to provide new quantitative and qualitative information, which should enable Serbia to achieve economic development without overly jeopardizing the environment, but also to not worsen its competitive position on the European market. By implementing the "Green Deal" strategy, the European Union is planning to apply a carbon tax as a standard import tax as of 2021, the value of which will depend on the quantity of the emitted CO<sub>2</sub> in the entire production process, and it will apply to all products imported to the EU from third countries. As a producer and exporter to the EU, Serbia will have significant additional expenses, and there is danger that its competitiveness on the EU market will be highly deteriorated. Therefore, the results of this paper could also serve as a guide for creating public policies with adequate strategies for improvement of Serbia's efficiency in the sustainable development context.*

**KEYWORDS:****CARBON EFFICIENCY, GREEN DEAL, DEA**

# 1. UVOD

Uticaji klimatskih promena na svetsku privredu i društvo postaju sve vidljiviji. Očekivane promene klime izazvaće mnoge nove loše posledice po društvo i njegov razvoj. U izrazito negativne, direktne posledice promena klime spada porast temperature. Sve toplija klima utiče na zdravlje i život ljudi, ali i na poljoprivrednu i proizvodnju energije, na sve češće pojave šumskih požara i dr. S druge strane, jake padavine izazivaju poplave, klizišta i odrone. To direktno ugrožava ljudske živote i imovinu, ali i sigurnost snabdevanja i mogućnost pristupa hrani, vodi i energiji. Klimatske promene značajno utiču na društvo i ekonomiju Srbije, na njihove različite sektore i sisteme, pa ne treba zanemariti potrebu za prilagođavanjem na izmenjene klimatske uslove i smanjenjem emisija gasova sa efektom staklene bašte (engl. *greenhouse gas* – *GHG*). Planiranje privrednog razvoja i kreiranje ekonomske politike treba da obuhvati i te aspekte jer je to jedini način da se obezbede ekonomska i ekološka održivost, ali i globalna konkurentnost srpske privrede.

U borbi protiv klimatskih promena, Evropska unija planira da na osnovu „Zelenog dogovora“ od 2021. godine uvede ugljeničnu taksu kao klasičnu uvoznu taksu, čija će visina zavisiti od emitovane količine ugljen-dioksida u celokupnom procesu proizvodnje i odnosiće se na sve proizvode koji se budu uvozili u EU iz trećih zemalja. Srbija će kao proizvođač i izvoznik u EU imati značajne dodatne troškove, pa postoji opasnost da njena konkurentnost na EU tržištu bude značajno ugrožena. Iz tog razloga, u ovom radu se primenom analize obavijenih podataka (engl. *Data envelopment analysis* – *DEA*) sa nepoželjnim autputom analizira ugljenična i ekonomska efikasnost Srbije u odnosu na zemlje Evropske unije. Cilj rada je da pruži nove kvantitativne i kvalitativne informacije koje bi trebalo da omoguće da Srbija ostvari ekonomski razvoj bez preteranog ugrožavanja životne sredine i uz što manju upotrebu proizvodnih faktora, ali da istovremeno ne pogorša svoju konkurentsku poziciju na evropskom tržištu. Rezultati ovog rada bi takođe mogli da posluže kao vodič za kreiranje javnih politika sa odgovarajućim strategijama za poboljšanje efikasnosti Srbije u kontekstu održivog razvoja.

Treba imati u vidu da ulaganje u zaštitu životne sredine, unapređenje stanja i smanjenje pritisaka na promene klime ne znači *apriori* usporavanje ekonomskog rasta. Upravo suprotno, primer EU pokazuje da je moguće ulagati u životnu sredinu i smanjiti emisije gasova sa efektom staklene bašte izraženih putem CO<sub>2</sub> ekvivalenta naporedo sa ekonomskim rastom. Zemlje EU su 2018. godine imale najniži nivo emisije GHG još od 1990. godine dostižući smanjenje od 23% u odnosu na emisije iz te godine. U istom periodu, BDP na nivou EU porastao je za 61%.<sup>3</sup>

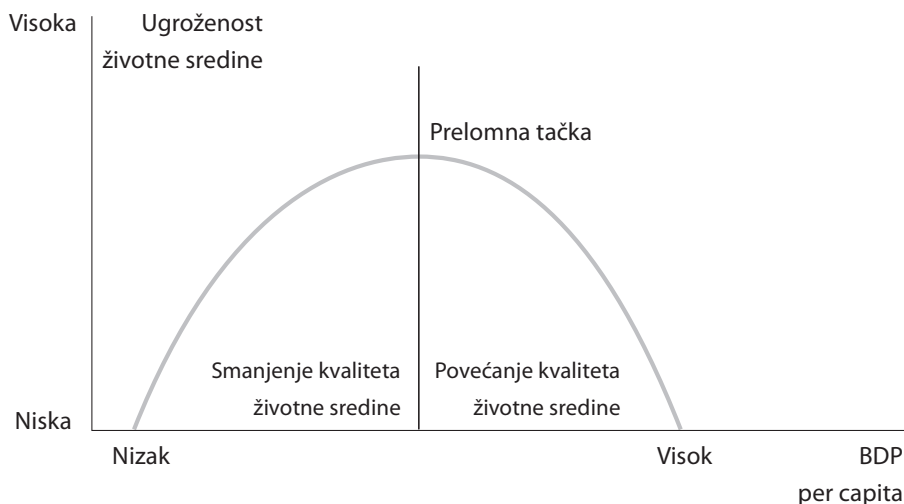
Posle uvoda i razmatranja povezanosti između emisije CO<sub>2</sub> i privrednog rasta u literaturi, u trećem delu rada će biti date osnovne karakteristike koncepta „Zelenog dogovora“ EU. U četvrtom delu rada objašnjena je metodologija analize obavijenih podataka i dat je izbor pojedinačnih indikatora koji predstavljaju inpute i autpute (poželjne i nepoželjne) za izračunavanje ekonomske i ugljenične efikasnosti, kao i sam način njihovog izračunavanja i tumačenja. U petom delu rada analiziraju se dobijeni rezultati i na osnovu izračunatih vrednosti ekonomske i ugljenične efikasnosti ukazuje na položaj Srbije u odnosu na zemlje EU po pitanju emisije CO<sub>2</sub> i ekonomskog rasta od čega će zavisiti konkurentna pozicija srpske privrede na tržištu zemalja EU posle stupanja na snagu „Zelenog dogovora“ 2021. godine. Šesti deo sadrži glavne zaključke i preporuke.

3 [https://ec.europa.eu/clima/news/eu-greenhouse-gas-emissions-down\\_en](https://ec.europa.eu/clima/news/eu-greenhouse-gas-emissions-down_en)

## 2. EMISIJA UGLJEN-DIOKSIDA I EKONOMSKI RAST

Veza između ekonomskog rasta i životne sredine nije bila ozbiljnije kritički analizirana u veoma dugom periodu razvoja ekonomije kao nauke. Međutim, ubrzan ekonomski rast svetske privrede krajem XX i početkom XXI veka (a naročito zemalja u razvoju) doveo je do sve veće brige zbog rasta negativnih uticaja gasova sa efektima staklene bašte. Ta veza je razrađivana u nekoliko različitih teorijskih modela, od kojih je najpoznatija Kuznjecova kriva životne sredine (engl. *Environmental Kuznets Curve*). Ta kriva pretpostavlja vezu između različitih indikatora kojima se meri degradacija životne sredine i dohotka *per capita* (slika 1). U početnim periodima ekonomskog rasta uništavanje životne sredine i zagađenje rastu, ali posle nekog nivoa dohotka *per capita* (koji predstavlja prelomnu tačku i čija visina varira zavisno od indikatora), započinje obrnuti trend, tako da povećavanjem nivoa dohotka ekonomski rast omogućuje poboljšavanje životne sredine. To znači da je svaki indikator kojim se meri uticaj na životnu sredinu u stvari funkcija dohotka *per capita* koja ima oblik obrnutog slova U.<sup>4</sup> Sa aspekta veze između emisije CO<sub>2</sub> i ekonomskog rasta, to bi značilo da je rezultat početnog povećanja BDP-a *per capita* povećanje emisije CO<sub>2</sub>, međutim, kako se privreda kreće od pretežno industrijske ka onoj koja je uslužno orijentisana, negativni efekti ekonomskog rasta na životnu sredinu (štete) postepeno se smanjuju.

► SLIKA 1. KUZNJECOVA KRIVA ŽIVOTNE SREDINE



Izvor: Prilagođeno na osnovu Stern (2004)

Ilustrativno rečeno, Kuznjecova kriva na prethodnoj slici u početku opisuje tranziciju privrede od poljoprivredne proizvodnje na selima ka industrijskoj proizvodnji u gradovima. Kako se industrijska proizvodnja ubrzano razvija, koristi se više energije, pa se, kao rezultat sagorevanja fosilnih goriva, povećava emisija ugljen-dioksida, sumpor-dioksida i ostalih gasova sa efektom staklene bašte. Međutim, kako se privreda dalje razvija, de-

šava se tranzicija od prerađivačke proizvodnje ka razvoju uslužno orijentisanih privrednih grana. Dalji ekonomski razvoj vodi ka uvođenju novijih i boljih tehnologija, dok je rezultat porasta svesti o značaju životne sredine i jačanja adekvatnog zakonodavstva i regulacija u tom domenu postepeno smanjivanje degradacije životne sredine.

U najvećem delu istraživanja i naučnih radova u poslednje dve decenije potvrđena je veza između emisije CO<sub>2</sub> i ekonomskog rasta. Uopšteno govoreći, autori su zaključili da pošto je emisija CO<sub>2</sub> rezultat ekonomskog rasta, njeno smanjivanje ne mora biti poželjan ishod. Dalje, postojanje veze između ove dve veličine ima značajne implikacije za ekonomsku i ekološku politiku u jednoj zemlji.<sup>5</sup> Rezultati studije u kojoj su se autori bavili odnosom između narušavanja kvaliteta životne sredine zbog emisije CO<sub>2</sub> i ekonomskog rasta pokazali su da štete nastale u životnoj sredini imaju negativan efekat na ekonomski rast.<sup>6</sup>

Istraživanje veze između emisije CO<sub>2</sub> i ekonomskog rasta na osnovu podataka za 24 evropske zemlje u periodu od 1980. do 2010. godine pokazalo je da tehnološke inovacije značajno utiču na smanjivanje emisija CO<sub>2</sub>.<sup>7</sup> Slični nalazi su potvrđeni i na osnovu podataka za 33 zemlje u periodu od 1970. do 2010. godine.<sup>8</sup> U istraživanjima koja su sprovedena za zemlje OECD-a potvrđeno je da postoji dugoročna dvosmerna veza između emisije CO<sub>2</sub>, ekonomskog rasta i potrošnje energenata,<sup>9</sup> kao i to da se u nekim industrijama (poput drvne industrije, proizvodnje papira i građevinarstva) zapaža odnos između emisija CO<sub>2</sub> i autputa koji odlikava opisanu Kuznjecovu krivu životne sredine.<sup>10</sup>

Takođe, na uzorku od 36 visokorazvijenih zemalja i podataka za period od 1980. do 2005. godine uočene su dugoročna i kratkoročna veza između emisije CO<sub>2</sub> i BDP-a.<sup>11</sup> Druga opsežnija analiza kojom su obuhvaćeni podaci za 138 zemalja u svetu u periodu od 1971. do 2007. godine pokazala je iste rezultate, odnosno da postoji dugoročna i pozitivna veza između emisije CO<sub>2</sub> i BDP-a.<sup>12</sup>

### 3. KLIMATSKE PROMENE I EVROPSKI „ZELENI DOGOVOR“

Gasovi sa efektom staklene bašte prirodno su sadržani u atmosferi i obezbeđuju temperaturne uslove zahvaljujući kojima opstaju život i živi svet na Zemlji. Međutim porast koncentracija tih gasova u atmosferi vodi porastu količine toplote koja ostaje zarobljena, a time i porastu temperature iznad onog nivoa koji obezbeđuje dosadašnje uslove života.

Ljudske aktivnosti, poput sagorevanja fosilnih goriva, pojedini industrijski procesi, poljoprivreda, krčenje šuma i višedecenijsko neadekvatno tretiranje otpada uzročnici su porasta koncentracija gasova sa efektom staklene bašte u atmosferi. U najnovijem istraživanju

5 Coondoo and Dinda (2002).

6 Azam (2016).

7 Ahmed *et al.* (2016).

8 Deviren and Deviren (2016).

9 Saboori *et al.* (2014).

10 Fujii and Managi (2013).

11 Jaunky (2011).

12 Wang (2013).

Međunarodnog panela o promeni klime potvrđeno je da su ljudske aktivnosti uzročnik porasta od oko 1,0°C srednje globalne temperature, koja će dostići minimalan porast od 1,5°C između 2030. i 2052. godine, u odnosu na vrednosti iz perioda pre industrijske revolucije. Izveštaj istog panela potvrđuje da je neophodno zaustaviti rast srednje globalne temperature na 1,5°C do kraja veka. Taj porast srednje globalne temperature omogućiće adaptaciju na izmenjene klimatske uslove, odnosno opstanak sveta kakav nam je danas poznat. U suprotnom, globalne srednje temperature rašće i preko 2°C i dovesti svetsku privredu u potpuno neizvesnu situaciju u smislu mogućnosti adaptacije odnosno prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove.

S druge strane, nacionalne analize za Srbiju pokazuju porast temperature od 0,5°C do 1,5°C u periodu od 1998. do 2017. godine, dok je od 2008. do 2017. godine srednja godišnja temperatura porasla preko 1,5°C, a u pojedinim delovima Srbije i preko 2°C. Očigledno je da se teritorija Srbije zagreva brže od svetskog proseka.<sup>13</sup> Istovremeno, očekuje se maksimalni rast od 1°C u periodu od 2016. do 2035. godine, 2°C od 2046. do 2065. godine i preko 4,3°C do kraja veka.

Taj problem su prepoznale Ujedinjene nacije početkom osamdesetih godina prošlog veka i 1992. godine osnovale su Međunarodni panel o promeni klime i Okvirnu konvenciju UN o promeni klime (Konvencija), identifikujući potrebu za globalnom akcijom kao jedinim mogućim rešenjem. Cilj Konvencije je da se koncentracije GHG stabilizuju na nivou koji neće izazivati negativne posledice po život ljudi, ekonomski razvoj i prirodne resurse na Zemlji. U Konvenciji se definiše cilj, ali ne i način postizanja tog cilja. To, za različite periode vremena, čine protokoli i sporazumi pod Konvencijom, kao što je Protokol iz Kjota (za period 2008–2012), Amandman iz Dohe na Protokol iz Kjota (2013–2020) i Sporazum iz Pariza (2021–2030).

Sporazum iz Pariza, usvojen 2015. godine, osim ključne uloge u smanjenju uticaja na promene klime i efikasno prilagođavanje na već izmenjene klimatske uslove, ima značajnu ulogu i u kreiranju daljeg ekonomskog razvoja i uspostavljanja međunarodnih odnosa. Sporazum iz Pariza ima 189 država članica, dok ih Konvencija ima 197, a njegova ratifikacija na nacionalnom nivou podrazumeva preuzimanje obaveza smanjenja emisija GHG. Specifičnosti Sporazuma su da on daje podjednak značaj adaptaciji na izmenjene klimatske uslove i mitigaciji, odnosno smanjenju emisija GHG i uvodi obaveze smanjenja emisija GHG za sve države članice, nezavisno od nivoa ekonomskog razvoja. Prethodni protokoli i sama Konvencija razlikuju industrijski razvijene zemlje, koje imaju obavezu da smanje emisije GHG, i zemlje u razvoju (među kojima je i Srbija), koje nemaju takvu obavezu. U Sporazumu iz Pariza definiše se i potreba privatnog finansiranja odnosno uključivanja privatnih kompanija u procese od značaja za njegovo sprovođenje. Naime, uočeno je da obezbeđena državna sredstva odnosno sredstva pomoći iz državnih budžeta neće biti dovoljna za postizanje ciljeva Sporazuma i nepovratnog zagrevanja atmosfere. Drugi razlog uvođenja privatnog sektora je potreba uključivanja klimatskih aspekata u planove razvoja, kako bi se osigurala održivost proizvodnje i konkurentnost privrede.

Među zemljama koje, ni četiri godine posle usvajanja, nisu ratifikovale Sporazum iz Pariza nalaze se Turska i još četiri države, značajni izvoznici nafte. Dodatno treba imati u vidu da su SAD, koje su, posle Kine, drugi najveći emiter GHG na svetu, započele proceduru

izlaska iz Sporazuma (koja je stupila na snagu 4. novembra 2020. godine). Izostanak članstva u Sporazumu u velikoj meri je političko pitanje i podstaknuto je kako bi se sačuvala određene privredne grane i zaposleni u njima, kao i preimućstvo koje ove države imaju zahvaljujući rezervama nafte i fosilnih goriva. Ipak, postoje brojne aktivnosti, posebno na nivou država SAD, koje se realizuju i doprinose ispunjenju ciljeva Sporazuma iz Pariza.

Borba protiv klimatskih promena za EU predstavlja opšti prioritet razvoja koji se zasniva na efikasnom korišćenju resursa i postizanju tzv. ugljenične neutralnosti do 2050. godine, što podrazumeva i smanjenje emisija GHG do 2030. godine za 50% do 55% u odnosu na nivoe emisija iz 1990. godine. Inače, EU je započela put modernizacije i transformacije privreda zemalja članica u klimatski neutralne ekonomije. Ovde treba imati u vidu da klimatska neutralnost ili ukupan ugljenični otisak jednak nuli može značiti postizanje balansa između emisija ekvivalenta ugljen dioksida i ponora tog gasa (kroz okeane i šume), uz direktno smanjenje njegovih emisija na nulu.

Da smanjenje emisija GHG ne znači direktno i smanjenje koristi za ekonomiju, potvrđuje baš primer EU. U periodu od 1990. do 2018. godine EU je smanjila svoje emisije GHG za 23%, što je praćeno ekonomskim rastom od 61%. Takav okvir razvoja, koji je u skladu sa zahtevima Sporazuma iz Pariza, EU je definisala u „Evropskom zelenom dogovoru“ (*European Green Deal*)<sup>14</sup>, koji je predstavila krajem 2019. godine. Mehanizmi za postizanje ciljeva iz „Evropskog zelenog dogovora“ podrazumevaju izradu Zakona o klimatskim promenama, koji je, prema utvrđenim rokovima, i pored situacije izazvane pandemijom COVID-19, Evropska komisija predstavila 4. marta 2020. godine. Ovo su neke od dodatnih mera „Evropskog zelenog dogovora“:

- energetika – promocija i efikasnije korišćenje obnovljivih izvora energije (OIE), dekarbonizacija energetske intenzivnih industrija i razvoj politika koje će obezbediti održivu proizvodnju u industrijskim granama koje su zavisne i predstavljaju velikog potrošača prirodnih resursa (na primer, tekstilna industrija);
- građevinarstvo – fokus je na povećanju energetske efikasnosti starih zgrada;
- transport – brojne mere koje se tiču zelenog, čistog i alternativnog saobraćaja kako bi se dostiglo smanjenje emisija za 90%;
- poljoprivreda – mere zaštite biodiverziteta, smanjenja korišćenja hemikalija u proizvodnji, unapređenja procesa proizvodnje i pakovanja hrane i smanjenja generisanja otpada iz tih procesa;
- zagađenje – planirano je usvajanje novog plana nultog zagađenja 2021. godine, koji će se odnositi i na vazduh, vodu i zemljište.

Da bi ciljevi „Evropskog zelenog dogovora“ bili ostvareni, 25% ukupnog budžeta EU biće korišćeno za aktivnosti koje su značajne za borbu protiv klimatskih promena. S obzirom na to da se „Evropski zeleni dogovor“ posmatra i kao pokretač održivih investicija, nacrt dokumenta „Revidovana strategija dugoročnog finansiranja“ (*Renewed Sustainable Finance Strategy*) pripremljen je i javno dostupan od aprila 2020. godine. Nacrt tog dokumenta je fokusiran na povećanje broja, preciznosti i dostupnosti podataka i informacija u vezi sa klimatskim promenama, životnom sredinom i socijalnim rizicima i uticajima sa kojima se susreću kompanije. Dostupnost tih podataka investitorima će olakšati planiranje.

14 [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

Osim toga, „Evropski zeleni dogovor“ jasno pokazuje odluku Evropske komisije da uspostavi sistem naplate taksi na način koji je neophodan da bi se obezbedilo postizanje ciljeva smanjenja emisija GHG i na nivou EU i na globalnom nivou. Da bi sprečila tzv. curjenje ugljenika, koje podrazumeva izmeštanje proizvodnje iz zemalja EU u druge zemlje i zamenu proizvoda EU drugim koji su jeftiniji, ali čiji proizvodni ciklus podrazumeva veće ukupne emisije GHG, EU planira da uvede GHG takse (ugljenične takse) na granicama EU, u skladu sa odredbama Svetske trgovinske organizacije i drugim međunarodnim sporazumima čija je EU članica.

Drugim rečima, EU planira da uvede ugljeničnu taksu kao klasičnu uvoznju taksu, čija će visina zavisiti od emitovanog GHG u celokupnom procesu proizvodnje i koja će predstavljati dodatni izvor za „ozelenjavanje“ privrede. Prvi sektori koji će već 2021. godine biti predmet naplate takse jesu cementna industrija, proizvodnja gvožđa i aluminijuma, ali postoji ideja da se taj mehanizam kasnije primeni i na ostale sektore. Suština uvozne takse je da se razlika u emisijama GHG koje nastanu pri proizvodnji nekog proizvoda u državi van EU, a koje su rezultat korišćenja prljavih izvora energije i niske energetske efikasnosti, i onih koje nastanu u državi EU u proizvodnji istog proizvoda plaća prilikom uvoza tog proizvoda u EU. To znači da će za sve proizvode iz Srbije u čijoj se proizvodnji koriste niskokalorični i ugalj lošijeg kvaliteta proizvođač ili uvoznik u EU imati značajne dodatne troškove, čime proizvod gubi konkurentnost na tržištu EU. Zbog toga pitanje modernizacije energetske Srbije prestaje da bude pitanje samo energetike i postaje pitanje konkurentnosti srpske privrede uopšte.

Takođe, Srbija je članica Ugovora o Energetskoj zajednici u okviru kojeg je uvođenje obaveza smanjenja emisija GHG u skladu sa ciljevima i naporima EU. U okviru tog ugovora pregovora se i o uvođenju taksi za njene države članice. Srbija je za period do 2020. godine imala obaveze koje se odnose na udeo OIE u ukupnoj potrošnji (27% od ukupnih izvora energije) i povećanju energetske efikasnosti.

Naposletku, Srbija je ratifikacijom preuzela obaveze smanjenja emisija GHG od 9,8% u 2030. u odnosu na 1990. godinu. Prema odredbama Sporazuma, 2020. godine se očekivala revizija tih ciljeva u smislu njihovog povećanja kako bi se obezbedilo ograničenje rasta srednje globalne temperature na 1,5°C do kraja veka. Reviziju svojih ciljeva smanjenja emisija GHG Srbija je već izradila u okviru dugoročne Strategije niskougljeničnog razvoja sa Akcionim planom (u nacrtu). Analize za potrebe tog dokumenta pokazale su potencijal smanjenja nacionalnih emisija za 13% do 2030. i najmanje od 55% do 69% do 2050. u poređenju sa 2010. godinom, što odgovara smanjenju emisija GHG od 33% do 2030. godine u odnosu na 1990. godinu.

Inače, najveći izvor emisija GHG u Srbiji je energetske sektor, zbog toga što se za proizvodnju energije koriste fosilna goriva, pre svega domaći ugalj. Treba imati u vidu da je, u skladu sa metodologijom Međunarodnog panela o promeni klime, saobraćaj integralni deo sektora energetike. Takođe, jedan od izvora emisije GHG jeste i sektor poljoprivrede. To ove sektore čini i najvećim potencijalnim izvorima smanjenja emisija GHG.

Strategija je pokazala da je za postizanje ciljeva do 2030. godine potrebno 60 milijardi evra više u odnosu na scenario bez značajnijeg povećanja upotrebe obnovljivih izvora energije i poboljšanja energetske efikasnosti.



Štaviše, Strategija je pokazala i da je postepeno usklađivanje sa ciljevima EU značajno jeftinije od usklađivanja koje će uslediti tek po pristupanju EU.

## 4. METODOLOGIJA ZA OCENU EFIKASNOSTI

Za određivanje ugljenične i ekonomske efikasnosti Srbije u odnosu na zemlje Evropske unije u radu je primenjena analiza obavijenih podataka (engl. *Data envelopment analysis* – DEA). To je neparametarski pristup za ocenu efikasnosti posmatranih jedinica upotrebom tehnika linearnog programiranja.<sup>15</sup> Tom analizom se procenjuju performanse posmatranih jedinica (zemalja, preduzeća itd.) (engl. *decision-making units*) u određenoj oblasti/procesu u odnosu na najbolju moguću granicu efikasnosti (proizvodnih mogućnosti) koja je određena na osnovu podataka o inputima i outputima. DEA numerički izražava dostignutu ekonomsku i ugljeničnu efikasnost, što je čini pogodnim alatom za određivanje efikasne ili neefikasne pozicije zemlje koja je predmet analize.<sup>16</sup>

Efikasnost je odnos između ostvarenih outputa (na primer, obim proizvodnje, dodata vrednost, BDP i dr.) i upotrebljenih inputa (rad, kapital, zemlja, oprema itd.). DEA modeli mogu biti input-orijentisani (kada se minimizira količina inputa za zadati output) ili output-orijentisani (kada se maksimizira output bez povećavanja količine inputa). Drugim rečima, output-orijentisan model polazi od toga da treba odrediti potencijalni output koji posmatrana zemlja može da ostvari datim inputima ukoliko bi te inpute koristila kao i zemlje koje se nalaze na samoj granici proizvodnih mogućnosti (najefikasnije zemlje).<sup>17</sup>

Poseban problem za primenu DEA analize predstavlja situacija kada neki proizvodni proces stvara jedan ili više nepoželjnih outputa, kao što je to u ovom slučaju emisija CO<sub>2</sub>. U tom slučaju, ukoliko postoji neefikasnost u proizvodnji, količinu neželjenog outputa (CO<sub>2</sub>) trebalo bi smanjiti kako bi se poboljšala efikasnost, odnosno neželjeni output mora da bude drugačije tretiran u DEA analizi nego poželjan output (na primer, BDP).<sup>18</sup>

U literaturi se navode četiri moguća načina tretiranja nepoželjnih outputa u DEA analizi: 1. ignorisanje njihove pojave u proizvodnoj funkciji<sup>19</sup>, 2. njihovo tretiranje kao i svakog drugog inputa<sup>20</sup>, 3. njihovo tretiranje kao uobičajenog outputa<sup>21</sup> i 4. sprovođenje odgovarajućih transformacija kako bi se oni mogli uzeti u razmatranje.<sup>22</sup>

Za potrebe analize u ovom radu emisija CO<sub>2</sub> (nepoželjan output) biće tretirana kao output čiju je količinu poželjno smanjiti (isto kao i inputa) za zadatu količinu poželjnog outputa (BDP).<sup>23</sup> Pretpostavimo da vektor  $y^d$  opisuje poželjne outpute, vektor  $y^u$  nepoželjne aut-

15 Boussofiane *et al.* (1991).

16 Banker *et al.* (1984); Charnes *et al.* (1978); Mitrović (2020).

17 Fare *et al.* (1994).

18 Seiford and Zhu (2001).

19 He *et al.* (2013).

20 Gomes and Lins (2008).

21 Chen *et al.* (2014).

22 Kortelainen (2008).

23 Yang (2010).

pute, dok je  $Y \in R_+$  matrica outputa, koja se sastoji od nenegativnih elemenata. U tom slučaju matrica outputa može biti prikazana kao

$$Y = \begin{pmatrix} Y^d \\ Y^u \end{pmatrix}$$

gde je  $P \times N$  matrica  $Y^d$  koja predstavlja poželjne outpute,  $S \times N$  matrica  $Y^u$  koja predstavlja nepoželjne outpute. Tehnologija proizvodnog procesa je predstavljena na sledeći način:

$$T = \left\{ (x, e, y^d, y^u) : (x, e) \text{ mogu da proizvedu } (y^d, y^u) \right\}$$

U ovoj relaciji,  $T$  je zatvoren i ograničen skup koji je formiran u skladu sa činjenicom da konačan nivo inputa može da proizvede isključivo konačan nivo outputa.

Pretpostavimo da za zadati nivo poželjnog outputa želimo da smanjimo količinu inputa i nepoželjnog outputa koliko god je to moguće. Polazeći od pretpostavke o konstantnim prinosima, za bilo koju zemlju  $j$  ( $j = 1, \dots, N$ ), možemo formulirati input-orijentisan DEA model kako bismo opisali ekonomsko-ekološke performanse

$$F_j(X, E, Y^D, Y^U) = \min \theta \quad (1)$$

tako da je

$$Y^d \lambda \geq y_j^d$$

$$Y^u \lambda = \theta y_j^u$$

$$E \lambda \leq \theta e_j$$

$$X \lambda \leq \theta x_j$$

$$\lambda \in R_+$$

pri čemu je  $\lambda$  ( $N \times 1$ ) vektor koeficijenata koji predstavljaju nivo intenziteta kojim posmatrane jedinice (zemlje) doprinose kreiranju referentne granice efikasnosti. U našem slučaju,  $\theta$  predstavlja standardizovanu meru ekonomskih i ekoloških performansi zemlje  $j$ .

Osim što su izračunati indikatori ekonomske i ugljenične efikasnosti, u radu je dodatno primenjena i klaster analiza. Ona je urađena na osnovu vrednosti GDP *per capita*, indeksa globalne konkurentnosti (GCI) i izračunatog indikatora ekonomske i ugljenične efikasnosti.

## 5. IZBOR INDIKATORA ZA OCENU EFIKASNOSTI

Da bi se analizom obavijenih podataka ocenila ugljenična i ekonomska efikasnost Srbije i zemalja Evropske unije, neophodno je izabrati inpute i autpute, odnosno pojedinačne indikatore koji predstavljaju upotrebene resurse i ostvarene rezultate privredne aktivnosti na nivou zemlje. U tabeli 1 je dat pregled izabranih indikatora.

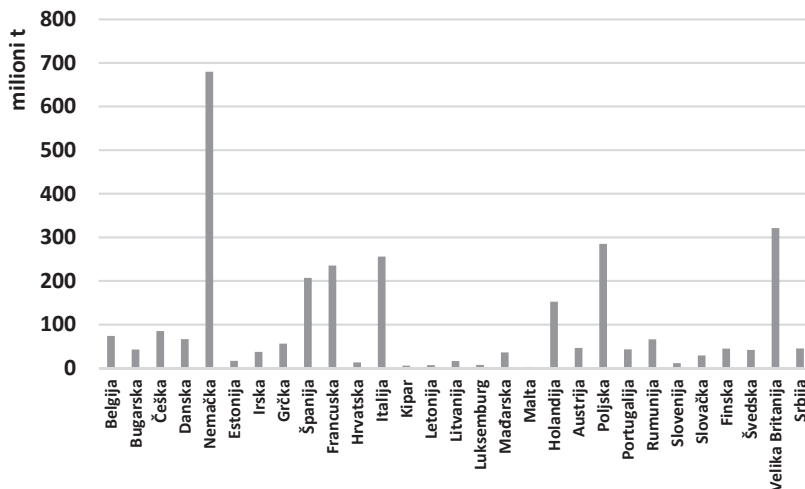
► TABELA 1. INDIKATORI KORIŠĆENI U DEA ANALIZI

DIMENZUJA		INDIKATOR
Input		LAB – Radna snaga (hiljade lica)
		CAP – Fond (stok) kapitala (milioni €)
		ENC – Potrošnja energije (hiljade TOE)
Autput	Nepoželjan	CO <sub>2</sub> – Količina emitovanog ugljen-dioksida (t)
	Poželjan	GDP – Bruto domaći proizvod (milioni €)

Izvor: Autori

Dakle, u analizi se koriste tri indikatora kao inputi: radna snaga, bruto fiksni kapital i potrošnja energije. Kao autputi se koriste dve veličine: BDP (poželjan autput) i emisija CO<sub>2</sub> (nepoželjan autput). Svi podaci su preuzeti iz baze Evrostata i Svetske banke za 2017. godinu (poslednji raspoloživi podaci). U radu se prilikom merenja energetske i ekonomske efikasnosti polazi od toga da je potrebno što je moguće više smanjiti potrošnju energije, radne snage i kapitala, uz istovremeno povećanje poželjnog autputa (BDP). Kada je u pitanju nepoželjan autput (emisija CO<sub>2</sub>), efikasnost je bolja ukoliko se generiše manja količina tog autputa. Na primer, podaci o kretanju emisije CO<sub>2</sub> u tonama prikazani su na slici 2.

► SLIKA 2. EMISIJA CO<sub>2</sub> (MILIONI T, 2017)



Izvor: Evrostat (<https://ec.europa.eu/eurostat>)

▶ **TABELA 2. DESKRIPTIVNA STATISTIKA ZA INDIKATORE KORIŠĆENE U DEA ANALIZI**

VARIJABLA	LAB	CAP	ENC	CO <sub>2</sub>	GDP
Minimum	233	2.322	493	3.398.390	11.322
Maksimum	42.244	665.889	204.459	670.208.651	3.259.860
Srednja vrednost	8.417	107.934	36.883	102.115.334	533.515
Standardna devijacija	11.101	165.105	49.717	142.722.343	831.050

Izvor: Kalkulacija autora

Za određivanje granica tehnološke efikasnosti, odnosno granice proizvodnih mogućnosti DEA analizom u ovom radu je obuhvaćeno 29 zemalja (27 zemalja Evropske unije, Velika Britanija i Srbija). Posle izbora indikatora i jedinica posmatranja potrebno je proveriti da li je broj posmatranih zemalja najmanje tri puta veći od zbira input i output promenljivih koje se koriste u analizi. Taj uslov je ispunjen jer je ukupan broj posmatranih zemalja 29, dok je ukupan zbir posmatranih indikatora 5 (3 inputa i 2 outputa). Drugi uslov koji mora biti ispunjen da bi se primenila DEA analiza jeste da se output ne smanjuje kada se količina inputa povećava. Taj uslov će biti ispunjen ako povećavanje količine jednog inputa pri nepromenjenim količinama drugih inputa ne izaziva smanjenje nijednog outputa. Drugim rečima, povećanje količine bilo kog inputa pri nepromenjenim količinama drugih inputa trebalo bi da dovede do povećanja količine barem jednog outputa.<sup>24</sup> Da bi ta osobina, koja se naziva izotoničnost, bila ispunjena, neophodno je da stepen korelacije između svih promenljivih bude pozitivan (tabela 3).

▶ **TABELA 3. STEPEN KORELACIJE IZMEĐU INDIKATORA**

	LAB	CAP	ENC	CO <sub>2</sub>	GDP
LAB	1,00	0,96	0,99	0,94	0,96
CAP	0,96	1,00	0,98	0,88	0,99
ENC	0,99	0,98	1,00	0,95	0,98
CO <sub>2</sub>	0,94	0,88	0,95	1,00	0,91
GDP	0,96	0,99	0,98	0,91	1,00

Izvor: Kalkulacija autora

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

Za izračunavanje efikasnosti korišćeni su softverski paket MaxDEA 8 Ultra i softverska aplikacija R. Vrednosti ugljenične i ekonomske efikasnosti izračunate analizom obavijenih podataka predstavljene su u narednoj tabeli. Koeficijenti efikasnosti su za svaku zemlju izračunati u odnosu na granicu efikasnosti. Zemlje koje se nalaze na granici efikasnosti imaju vrednost koeficijenta 1. Zemlje koje manje efikasno koriste svoje inpute i nalaze se ispod granice efikasnosti imaju vrednosti koeficijenata manje od 1. To znači da te zemlje

24 Gollany and Roll (1989); Cook *et al.* (2014).

treba da poboljšaju efikasnost upotrebe svojih inputa (u našem primeru, upotrebu rada, kapitala i energije) kako bi povećale svoje buduće performanse. U stvari, zemlje koje se nalaze na granici efikasnosti (koeficijenti jednaki 1) služe kao reper za neefikasne zemlje (koeficijenti manji od 1) jer one pokazuju najbolju praksu u upotrebi inputa (na primer, tehnologiju).

► TABELA 4. IZRAČUNATE VREDNOSTI UGLJENIČNE I EKONOMSKE EFIKASNOSTI (2017)

ZEMLJA	UGLJENIČNA I EKONOMSKA EFIKASNOST
Austrija	0,575
Belgija	0,654
Bugarska	0,393
Hrvatska	0,438
Kipar	0,537
Češka	0,446
Danska	0,793
Estonija	0,457
Finska	0,558
Francuska	0,857
Nemačka	0,631
Grčka	0,393
Mađarska	0,486
Irska	1,000
Italija	0,555
Letonija	1,000
Litvanija	0,604
Luksemburg	1,000
Malta	1,000
Holandija	0,667
Poljska	0,518
Portugalija	0,487
Rumunija	0,544
Srbija	0,145
Slovačka	0,783
Slovenija	0,645
Španija	0,507
Švedska	1,000
Velika Britanija	0,682

Izvor: Kalkulacija autora

Rezultati dobijeni analizom obavijenih podataka pokazuju da su Švedska, Luksemburg, Malta i Irska najefikasnije zemlje u smanjivanju inputa i nepoželjnog autputa i povećavanju BDP-a (koeficijent efikasnosti jednak 1). To znači da te zemlje povećavajući input istovremeno generišu i ekonomski rast (povećavanje BDP-a) i održivi rast. Posle njih

sledi grupa zemalja kao što su Francuska, Danska, Slovačka, Slovenija, Velika Britanija, Belgija, Nemačka i Holandija (koeficijent efikasnosti u intervalu od 0,6 do 1). Iako Nemačka ostvaruje najveću ukupnu apsolutnu emisiju ugljenika od svih zemalja EU, ona ima veliku energetske i ekonomske efikasnosti. Nemačka je, na primer, razvila veliki broj ekološki prihvatljivih industrija i industrija koje primenjuju tzv. zelene tehnologije, a koje su evoluirale iz pojedinačnih uslužnih, mašinskih i automatizovanih preduzeća u globalne kompanije čije je poslovanje zasnovano na multidisciplinarnim naučnim rezultatima.<sup>25</sup> Takav ekonomski razvoj je omogućio kreiranje hiljada novih radnih mesta, povezoao je energetske politike sa zelenom ekonomijom i poboljšao nemačku globalnu konkurentsku prednost održivim razvojem. Usmerenost nemačke vlade na energetske efikasnosti i smanjivanje emisije ugljenika po jedinici outputa pokazali su da ekonomski rast ne mora nužno da ubrzano narušava životnu sredinu. U stvari, zemlja na taj način može da ostvari ekonomski rast izvozom tehnologija koje povećavaju proizvodnu efikasnost. Francuska vlada, s druge strane, omogućava subvencije i podstičaje za proizvode koji su proizvedeni tehnologijama sa niskom emisijom ugljenika i promovise jasno označavanje (sertifikaciju) takvih proizvoda sa ciljem osnaživanja potrošnje proizvoda koji imaju mali negativan uticaj na životnu sredinu.<sup>26</sup>

Kao što pokazuju izračunate vrednosti ekonomske i ekološke efikasnosti (izmerene visinom BDP-a i emisije CO<sub>2</sub> kao outputima proizvodnih i poslovnih aktivnosti), Srbija je ostvarila najmanje vrednosti tog pokazatelja (0,145). To pokazuje da uticaj ekonomskih aktivnosti na životnu sredinu u Srbiji treba da postane jedan od glavnih prioriteta prilikom kreiranja javnih politika. Takav rezultat može da ukazuje, između ostalog, i na to da Srbija treba više da investira u obnovljive izvore energije i mere za poboljšanje energetske efikasnosti, kao što su novi poslovni procesi i tehnologije.

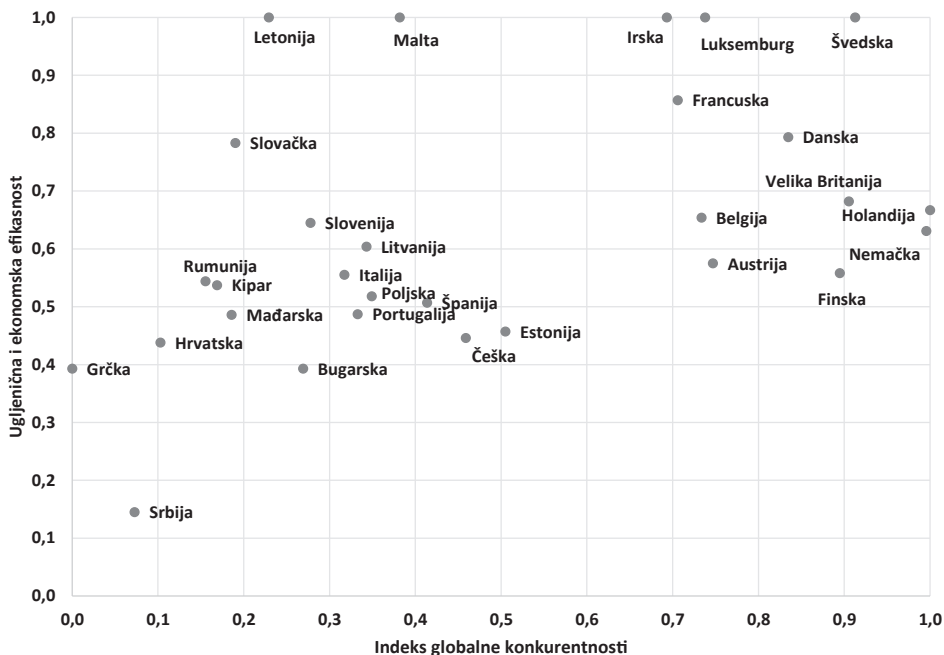
Međutim, u strategiji razvoja upotrebe obnovljivih izvora energije moraju da se uzmu u obzir ne samo budući profit pojedinačnih investitora već i ukupno društveno blagostanje. Regulatorni okviri u Evropskoj uniji konstantno se prilagođavaju potrebama domaćinstava i preduzeća na osnovu uočenih koristi i troškova trenutnih institucionalnih rešenja u toj oblasti, što nije slučaj u Srbiji. Tipičan primer su aktivnosti razvoja malih hidroelektrana. S jedne strane postoje podsticaji za investitore u vidu povlašćenih tarifa (engl. *feed-in tariff*), ali se, s druge strane, investitorima omogućava da grade i instaliraju male hidrocentrale čak i u slučajevima kada je očigledno da će njihovo funkcionisanje u narednom periodu da šteti životnoj okolini, odnosno suprotno važećim propisima u ovoj oblasti.

Veoma je opravdano očekivati da će količine ugljenika koje emituje Srbija (i zemlje u razvoju) još uvek prevazilaziti one koje dolaze iz razvijenih zemalja, naročito ubrzanjem ekonomskog rasta koji je zasnovan na zastarelim tehnologijama, uz visoku ekstrakciju prirodnih resursa. Smanjivanje globalne konkurentnosti Srbije (slika 3) i preuzimanje određenih obaveza u vezi sa klimatskim promenama u različitim međunarodnim organizacijama nametnuće Srbiji potrebu za promenom određenih politika i zakonskih rešenja.

25 Ringel *et al.* (2016).

26 Rocamora (2017).

► SLIKA 3. UGLJENIČNA EFIKASNOST I GLOBALNA KONKURENTSKA PREDNOST



Izvor: Kalkulacija autora

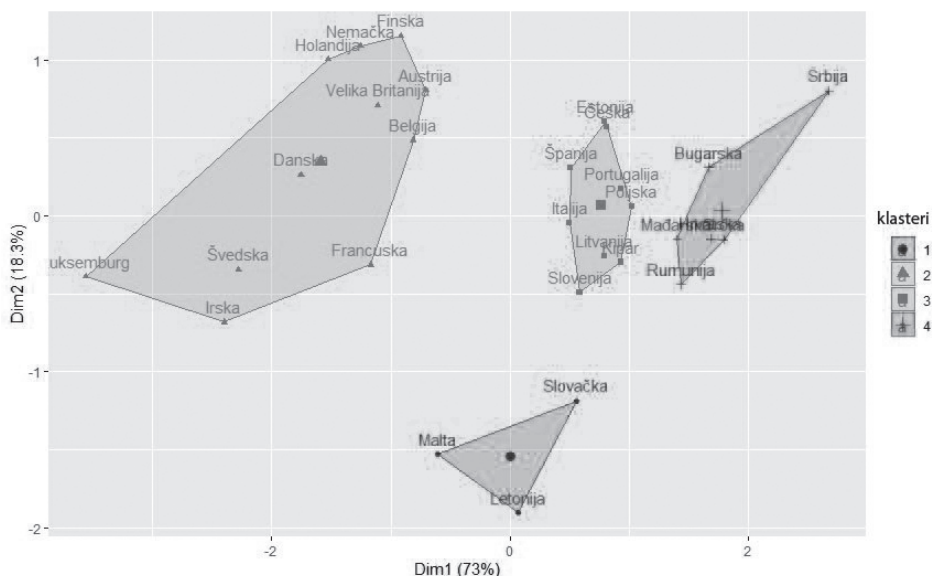
Srbija će u skorije vreme početi ozbiljno da se suočava sa značajnim ex-post troškovima i izdacima koji imaju veze sa klimatskim promenama i zagađenjem jer su štete za ljudsko zdravlje i ekosistem koje zbog toga nastaju hronične i često nenadoknadive. Ukoliko relevantna zakonska rešenja nisu specifična i jasno usmerena na energetska efikasnost i smanjivanje emisije ugljenika (kao što je to sada slučaj) zatvaranjem onih kapaciteta koji u veoma velikoj meri emituju ugljenik i troše energente, željeni ciljevi se nikada neće ostvariti. To dalje pokazuje da kreatori ekonomskih i drugih javnih politika moraju naći ravnotežu između ekonomskog razvoja i energetske miksa, koji su specifični i prilagođeni privrednim uslovima u Srbiji. Vlada bi trebalo da maksimizira koristi tradicionalnih energetske izvora i postepeno prelazi na alternativne izvore, ali i da započne primenu novih koncepata ekonomskog razvoja i poslovanja na mikronivou koji su zasnovani na principima cirkularne ekonomije.<sup>27</sup>

Metodom klasterizacije su izdvojene četiri grupe zemalja, i to prema indikatoru ekonomske i ugljenične efikasnosti, BDP-u po glavi stanovnika i indeksu globalne konkurentne prednosti (vrednosti iz 2017. godine). Na slici 4 je prikazan raspored zemalja prema klasterima. Među zemljama se izdvajaju visokorazvijene zemlje EU (klaster 1), a razliku među njima prave karakteristike sektora energetike odnosno korišćenje fosilnih goriva i, još konkretnije, uglja. Zemlje koje svoju energetiku zasnivaju na značajnom udelu uglja kao izvora proizvodnje energije nalaze se u gornjem delu dijagrama. I pored značajne

27 Radivojević (2018); Mitrović, Manić (2020).

energetske efikasnosti kao posledice visokog ekonomskog razvoja, s obzirom na izvor energije koji koriste, one imaju značajne emisije GHG odnosno CO<sub>2</sub>. Zemlje koje u značajnoj meri koriste obnovljive izvore energije, otpad i/ili nuklearnu energiju i imaju visoku efikasnost imaju i niske emisije GHG.

#### ► SLIKA 4. KLASTER ANALIZA (BDP PC, UGLJENIČNA EFIKASNOST, GLOBALNA KONKURENTNOST)



Izvor: Kalkulacija autora

Zemlje srednjeg ekonomskog razvoja u EU sa visokom energetsom zavisnošću od fosilnih goriva pripadaju klasteru koji karakterišu visoka emisija i srednja ugljenična efikasnost (Španija, Italija i dr.). S druge strane, zemlje sa nižom efikasnošću, ali i niskim emisijama pripadaju klasteru 3 (Malta, Slovačka i Letonija). Međutim, posebnu pažnju treba obratiti na grupu zemalja koje pripadaju klasteru 4. Članice EU iz tog klastera (Grčka, Hrvatska, Bugarska, Mađarska, Rumunija) visoki su zavisnici od fosilnih goriva i još uvek imaju značajno nisku energetska efikasnost. Prema svojim performansama, u tu grupu spada i Srbija. Za razliku od prethodno pomenutih zemalja, dodatno niska efikasnost po jedinici proizvoda, uz potpunu zavisnost od uglja kao energenta, Srbiju izdvaja kao zemlju koja u ogromnoj meri zaostaje za zemljama EU, pa čak i za najniže razvijenim, u oblasti efikasnosti proizvodnje, a posebno u oblasti visokih emisija, koje su najvećim delom posledica korišćenja lignitnog uglja.



## 6. ZAKLJUČAK

U radu je analizirana ekonomska i ugljenična efikasnost zemalja Evropske unije i Srbije primenom DEA analize. Kao inputi su korišćeni radna snaga, fond kapitala i potrošnja energije, dok su kao autputi korišćeni emisija CO<sub>2</sub> (nepoželjan autput) i BDP (poželjan autput). Empirijski rezultati su pokazali da postoji jaz između Srbije (koeficijent efikasnosti 0,154) i najmanje razvijenih zemalja EU poput Bugarske ili Grčke (koeficijenti efikasnosti za te zemlje su 0,393). Taj jaz je još veći u odnosu na prosek zemalja EU (0,650). Za razliku od većine zemalja EU koje pokušavaju da uspostave ravnotežu između ekonomske i ugljenične efikasnosti (ili i pored visoke emisije CO<sub>2</sub> povećavaju ekonomsku efikasnost), Srbija spada u zemlje koje imaju nisku i ekonomsku i ugljeničnu efikasnost. Razlozi za to su najvećim delom potpuna zavisnost od lignitnog uglja kao energenta, malo učešće obnovljivih izvora energije (oko 22%), nedovoljna primena različitih propisa u oblasti zaštite životne sredine i neadekvatni podsticaji za investitore da primenjuju tehnologije i poslovne modele u skladu sa konceptima održivog razvoja, zelene i cirkularne ekonomije.

Ukoliko Srbija u narednom periodu ne bude aktivnije sprovodila aktivnosti i mere za značajnije smanjivanje emisija CO<sub>2</sub>, njena konkurentna prednosti će biti značajnije smanjena. U „Zelenom dogovoru“ Evropske unije jasno se definiše neophodnost smanjenja emisija ugljenika u proizvodnom ciklusu kao uslov plasiranja proizvoda na tržištu EU. Zbog toga je neophodno ugljenični otisak proizvodnih ciklusa u Srbiji spustiti najmanje na prosečan nivo zemalja EU kako bi srpski proizvodi ostali konkurentni na ovom tržištu. Dosadašnja praksa potvrđuje da inicijative EU u oblasti klimatskih promena često postaju svetski trend, tako da se i u slučaju uvođenja ugljenične takse na granicama EU može očekivati da to isto učine i druge država sa kojima EU, ali i Srbija imaju ekonomsku razmenu, čime se dovodi pitanje konkurentnost srpske privrede na globalnom nivou.

Prethodna analiza trenutnog jaza između Srbije i zemalja EU u oblasti ekonomske i ugljenične efikasnosti, ali i slučajevi iz prakse pokazali su da Srbija ima značajno manje mogućnosti smanjenja emisija GHG u periodu do 2030. godine od zemalja EU. S druge strane, treba imati u vidu da manje razvijene države članice EU imaju dostupna i značajna finansijska sredstva za postizanje ciljeva definisanih u Sporazumu iz Pariza. U tom kontekstu, s obzirom na to da je Strategija niskougljeničnog razvoja Republike Srbije pripremana identičnim alatima kao i ciljevi smanjenja emisija GHG za EU, postizanje ciljeva iz te strategije može biti i osnov pregovora za finansijsku pomoć EU. Drugim rečima, aktivnosti koje se odnose na postizanje ciljeva definisanih tom strategijom mogu da budu značajan pokretač za prelazak Srbije iz grupe zemalja koje su u ovom radu svrstane u klaster 4 u jedan od klastera u kojima su industrijski razvijene zemlje EU.

## LITERATURA

---

Abramović, V., Jacimović, D. i Jocović, M. (2016). „Klimatske promjene i njihov uticaj na zemlje regiona“. *Ekonomске ideje i praksa* 20, 43–52.

---

Ahmed, A., Uddin, G. S., Sohag, K. (2016). “Biomass energy, technological progress and the environmental Kuznets curve: Evidence from selected European countries”. *Biomass and Bioenergy* 90, 202–208.

---

Azam, M. (2016). “Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries”. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 65, 175–182.

---

Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. *Management Science* 30(9), 1078–1092. doi: 10.1287/mnsc.30.9.1078.

---

Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, W. (1978). “Measuring the efficiency of decision making units“. *European Journal of Operational Research* 2(4), 429–444

---

Chen, P.-C., Yu, M.-M., Chang, C.-C., Managi, S. (2014). “Non-Radial Directional Performance Measurement with Undesirable Outputs”. *MPRA Paper* (57189), posted 9. 2014.

---

Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014). “Data envelopment analysis: Prior to choosing a model”. *Omega* 44, April, 1–4. doi: 10.1016/j.omega.2013.09.004.

---

Coondoo, D., Dinda, S. (2002). “Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis”. *Ecol. Econ.* 40, 351–367.

---

Deviren, S.A., Deviren, B. (2016). “The relationship between carbon dioxide emission and economic growth: Hierarchical structure methods”. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 451, 429–439.

---

Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z. (1994). “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”. *American Economic Review* 84(1), 66–83.

---

Fujii, H., Managi, S. (2013). “Which industry is greener? An empirical study of nine industries in OECD countries”. *Energy Policy* 57, 381–388.

---

Golany, B. and Roll, Y. (1989). “An application procedure for DEA”. *Omega* 17(3), 237–250.

---

Gomes, E. G., Lins, M. P. E. (2008). “Modelling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models”. *Journal of Operational Research Society* 59(5), 616–623.

---

---

He, F., Zhang, Q., Lei, J., Fu, W., Xu, X. (2013). "Energy efficiency and productivity change of China's iron and steel industry: Accounting for undesirable outputs". *Energy Policy* 54, 204–213.

---

Jaunky, V. C. (2011). "The CO<sub>2</sub> emissions-income nexus: Evidence from rich countries". *Energy Policy* 39, 1228–1240.

---

Kortelainen, M. (2008). "Dynamic environmental performance analysis: a Malmquist index approach". *Ecol. Econom.* 64, 701–715.

---

Mitrović, Đ. (2020). "Measuring the efficiency of digital convergence". *Economics Letters* 188, March. doi: 10.1016/j.econlet.2020.108982.

---

Mitrović, Đ., Manić, E. (2020). „Tranzicija ka cirkularnoj ekonomiji u zemljama Evropske unije – konvergencija ili divergencija“. *Ekonomске идеје и пракса* 38, 27–48.

---

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

---

Radivojević, A. (2018). „Cirkularna ekonomija – implementacija i primena tehnologije u njenoj funkciji“. *Ekonomске идеје и пракса* 28, 33–46.

---

Ringel, M., Schlomann, B., Krail, M., Rohde, C. (2016). "Towards a green economy in Germany? The role of energy efficiency policies". *Applied Energy* 179, 1293–1303. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.03.063.

---

Rocamora, Alexis R. (2017). "The Rise of Carbon Taxation in France – From environmental protection to low-carbon transition". IGES Working paper 1509, Institute for Global Environmental Strategies, [www.iges.or.jp](http://www.iges.or.jp).

---

Saboori, B., Sapri, M., bin Baba, M. (2014). "Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)'s transport sector: A fully modified bi-directional relationship approach". *Energy* 66, 150–161.

---

Seiford, L. M., Zhu, J. (2001). "Modeling undesirable factors in efficiency evaluation". *European Journal of Operational Research* 142, 16–20. doi: 10.1016/S0377-2217(01)00293-4.

---

Stern, D. I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve". *World Development* 32(8), August, 1419–1439.

---

Wang, K.-M. (2013). "The relationship between carbon dioxide emissions and economic growth: quantile panel-type analysis". *Quality & Quantity* 47, 1337–1366.

---

Yang, H. (2010). "Carbon efficiency, carbon reduction potential, and economic development in the People's Republic of China: A total factor production model Mandaluyong City". Philippines: Asian Development Bank.

---