

UNIVERZITET U SARAJEVU

EKONOMSKI FAKULTET

DOKTORSKA DISERTACIJA

**ANALIZA ENERGIJSKE EFIKASNOSTI I KONVERGENCIJE
DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA PREMA EVROPSKOJ UNIJI**

Sarajevo, maj 2024. godine

EDIN ZAHIROVIĆ

IZJAVA O AUTENTIČNOSTI RADA

Ja, Edin Zahirović, student trećeg (III) ciklusa studija, broj indeksa 172-PhD-e/16 na programu Ekonomija, izjavljujem da sam doktorsku disertaciju na temu:

ANALIZA ENERGIJSKE EFIKASNOSTI I KONVERGENCIJE DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA PREMA EVROPSKOJ UNIJI

pod mentorstvom Dr. Merima Orlić, vanredni profesor Univerziteta u Sarajevu - Ekonomskog fakulteta, i Dr. Almira Arnaut - Berilo, redovni profesor Univerziteta u Sarajevu - Ekonomskog fakulteta, izradio samostalno i da se zasniva na rezultatima mog vlastitog istraživanja. Rad ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene materijale drugih autora, osim onih koji su priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija uključujući i alate umjetne inteligencije.

Ovom izjavom potvrđujem da sam za potrebe arhiviranja predao elektronsku verziju rada koja je istovjetna štampanoj verziji doktorskog rada.

Dozvoljavam objavu ličnih podataka vezanih za završetak studija (ime, prezime, datum i mjesto rođenja, datum odbrane rada, naslov rada) na web stranici i u publikacijama Univerziteta u Sarajevu i Ekonomskog fakulteta.

U skladu sa članom 34. 45. i 46. Zakona o autorskom i srodnim pravima (Službeni glasnik BiH, 63/10) dozvoljavam da gore navedena doktorska disertacija bude trajno pohranjena u Institucionalnom repozitoriju Univerziteta u Sarajevu i Ekonomskog fakulteta i da javno bude dostupna svima.

Sarajevo, 23.02.2024.

Potpis studenta:

SAŽETAK

Proizvodnja i potrošnja energije su ključni faktori u svakoj ekonomiji uz značajan utjecaj na generisanje bruto domaćeg proizvoda, oblikovanje cijena proizvoda i usluga, kao i utjecaja na kvalitet okoliša i ljudsko zdravlje. Posljednjih nekoliko decenija, sa napretkom tehnologije, primjetan je porast svijesti o neophodnosti efikasnog upravljanja energetske resursima, smanjenju zavisnosti od uvoza energije i racionalnom korištenju iste, i sve to bez negativnih efekata na društvo i ekonomiju. Energijska efikasnost i primjena obnovljivih izvora energije predstavljaju najznačajnije mjere borbe protiv klimatskih promjena i trenutno su središnji fokus mnogih nacionalnih energetske politika. Energijska efikasnost i konvergencija država Zapadnog Balkana prema Evropskoj uniji, u kontekstu iste, predstavljaju ključne aspekte savremenih energetske izazova regiona Zapadni Balkan. Ovi procesi nisu samo od vitalnog značaja za ekonomski razvoj i konkurentnost regije, već imaju duboke implikacije na energetske sigurnost i održivost. Pored toga, proces konvergencije prema standardima EU predstavlja ključni faktor u harmonizaciji ekonomskih, tehničkih i regulatornih okvira, omogućavajući snažniju integraciju ovih zemalja u evropsko tržište. Važno je istaći da, iako su energijska efikasnost i proces konvergencije ključni za ostvarivanje održivog razvoja, malo pažnje je posvećeno analizi determinanti energetske efikasnosti u zemljama Zapadnog Balkana. Do ovog trenutka nije provedeno istraživanje navedenih koncepata za države Zapadnog Balkana, što ga čini prvom studijom takvog tipa.

Cilj ovog doktorskog rada je ispitivanje ukupne faktorske energetske efikasnosti (UFEE) u zemljama Zapadnog Balkana i Evropske unije u periodu od 2005. do 2019. godine. Korištena je analiza omeđivanja podataka sa modelom baziranim na rezervama (SBM) i nepoželjnim outputima, pri čemu su rad, kapital i energija korišteni kao faktor inputi u modeliranju i estimaciji poželjnog outputa BDP-a i nepoželjnog CO₂. Analiza prozora primijenjena je kako bi se uočila dinamika promjena u energetske efikasnosti u istraživanim državama. Rad je obuhvatio tri nivoa analize, prvi je istraživao ukupnu faktorsku energetske efikasnost, drugi analizirao konvergenciju država Zapadnog Balkana prema Evropskoj uniji u kontekstu energetske efikasnosti, dok treći nivo analize ispituje determinante energetske efikasnosti u specifičnom kontekstu država Zapadnog Balkana ispitujući pri tome utjecaj i značajnost slijedećih faktora: institucionalna efikasnost, nivo tehnološkog razvoja, nivo ekonomskog razvoja, gustinu naseljenosti, cijene i vrste energije.

Rezultati ukupne faktorske energetske efikasnosti (UFEE) pokazuju da se u grupu 10 najefikasnijih država svrstavaju: Malta, Crna Gora, Italija, Francuska, Velika Britanija, Luksemburg, Njemačka, Irska, Poljska i Španija. U kontekstu država Zapadnog Balkana, primjetno je da Crna Gora održava visok nivo efikasnosti tokom cijelog posmatranog perioda. Crnu Goru, zbog svoje ekonomske strukture i nedostatka industrije, teško možemo smatrati "izuzetno uspješnom" državom u kontekstu UFEE. Iz tog razloga, postoji oprez vezan za rezultate UFEE za Crnu Goru predstavljene u ovom radu. Srbija ima uzlaznu putanju ukupne faktorske energetske efikasnosti, sa određenim padom između 2013. i 2016. godine. Sjeverna Makedonija do 2010. godine pokazuje trend rasta, ali nakon toga dolazi

pad efikasnosti uz povremeni blagi oporavak. Bosna i Hercegovina bilježi kontinuirani pad efikasnosti od 2005. do 2019. godine. Kada se sve države Zapadnog Balkana posmatraju zajedno, koristeći integrirani model, analiza učešća rezervi u inputima i outputima otkriva potencijal za poboljšanje efikasnosti. Dobivene prosječne vrijednosti rezervi ukazuju na mogućnost optimizacije korištenja resursa, gdje bi države ZB mogle ostvariti poboljšanja od 4% kroz efikasniju upotrebu kapitala, 37% kroz efikasniji angažman radne snage, te 18% kroz racionalnije korištenje energije. Dodatno, rezultati provedene analize ukazuju da postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 33%. Drugim riječima rezultati analize nedvojbeno sugeriraju nizak nivo produktivnosti faktor inputa u zemljama ZB, kao što su rad, kapital i energija, te da postojeći nivo korisnosti faktor inputa u zemljama ZB iziskuje znatno niži nivo emisije CO₂ u usporedbi za referentnim državama. Unaprijeđenje ekonomskih performansi i veće vrijednosti BDP-a su neminovne kad govorimo o postizanju veće energijske efikasnosti i premoštavanju procijenjenog jaza od 33% glede emisija CO₂ za zemlje ZB. Poređenje ukupne faktorske energijske efikasnosti sa vrijednostima tradicionalne, jednostavne energijske efikasnosti otkriva brojne neusklađenosti (sličnost samo u 21% slučajeva). Tradicionalna energijska efikasnost podrazumijeva iskazivanje nivoa energijske efikasnosti putem energijskog intenziteta, tj. količine energije koja se iskoristi za stvaranje određenog iznosa BDP-a. S druge strane UFEE analizira više relevantnih faktora u procjeni efikasnosti identifikujući gubitke i pružajući holističku sliku određenog sistema, o našem slučaju država ZB i EU.

Daljnijim ispitivanjem prisustva (odsustva) konvergencije, u ovom radu utvrđeno je odsustvo sigma konvergencije, što ukazuje na to da se ne smanjuje apsolutna nejednakost između država. Razlike u efikasnosti između država ZB i EU ostaju stabilne sve do 2010. godine, nakon čega dolazi do povećanja razlika u energijskim performansama (UFEE). Navedeno je prisutno bez obzira na postojanje uslovne i bezuslovne beta konvergencije, odnosno bez obzira što postoji smanjenje jaza između država ZB i EU glede UFEE u posmatranom periodu, uzimajući prosjek država ZB uz zadržavanje ostalih faktora konstantnim. Ovo može ukazivati na strukturne ili institucionalne faktore koji održavaju ili pogoršavaju nejednakosti između država bez obzira na brži rast neefikasnih država po pitanju energijskih performansi.

Konačno estimirani model kojim se identificiraju determinante UFEE i dobiveni rezultati ekonometrijske analize pokazuju statistički značajnu pozitivnu vezu između institucionalne efikasnosti, tehnološkog razvoja, gustine naseljenosti, ekonomskog razvoja i učešća visokokvalitetne energije sa ukupnom faktorskom energijskom efikasnošću, te negativnu vezu cijene energije i UFEE.

Za države Zapadnog Balkana neophodno je da premoste jaz u nivou tehnološkog razvoja i nivou produktivnosti u odnosu na države EU sa ciljem postizanja većeg nivoa ukupne faktorske energijske efikasnosti. Statistička značajnost i pozitivan uticaj bruto domaćeg proizvoda, sugeriraju neophodnost ostvarivanja većeg nivoa ukupne dodatne vrijednosti za dati energetske utrošak. Shodno ranijim istraživanjima strukturnih slabosti zemalja ZB, fenomen rane deindustrijalizacije i naslanjajući strukturnih problemi zemalja ZB zasigurno

se mogu dovesti u vezi sa estimiranim niskim nivoima ukupne energijske efikasnosti i odsustva smanjenja apsolutne nejednakosti između država ZB i EU, glede UFEE.

Ključne riječi: ukupna faktorska energijska efikasnost, Zapadni Balkan, AOP model baziran na rezervama sa nepoželjnim outputom, analiza prozora, analiza konvergencije, frakciona regresija.

ABSTRACT

Production and consumption of energy are key factors in any economy with significant impact on generating gross domestic product, shaping product and service prices, as well as influencing environmental quality and human health. Over the past few decades, with the advancement of technology, there has been a noticeable increase in awareness of the necessity for efficient management of energy resources, reducing dependence on energy imports, and rational use of energy, all without negative effects on society and the economy. Energy efficiency and the use of renewable energy sources are the most significant measures in the fight against climate change and are currently the central focus of many national energy policies. Energy efficiency and the convergence of Western Balkan countries towards the European Union, in the context thereof, represent key aspects of contemporary energy challenges in the Western Balkans region. These processes are not only vital for the economic development and competitiveness of the region but also have deep implications for energy security and sustainability. Furthermore, the convergence process towards EU standards is a crucial factor in harmonizing economic, technical, and regulatory frameworks, enabling a stronger integration of these countries into the European market. It is important to emphasize that, although energy efficiency and the convergence process are key to achieving sustainable development, little attention has been paid to analysing the determinants of energy efficiency in Western Balkan countries. Until now, no research has been conducted on these concepts for Western Balkan countries, making it the first study of its kind.

The aim of this doctoral thesis is to examine total factor energy efficiency (TFEE) of the Western Balkan countries and the European Union from 2005 to 2019. Data envelopment analysis (DEA) with a slack-based model (SBM) with undesirable output was applied, whereby labour, capital, and energy are used as input factors in modelling and estimating the desirable output of GDP and the undesirable output of CO₂. In order to capture the dynamics of changes in energy efficiency in the respective countries, a window analysis is used. This study includes three levels of analysis: the first level examines the total factor energy efficiency, the second level analyses the convergence of the Western Balkan countries towards the European Union in terms of energy efficiency, while the third level examines the determinants of energy efficiency in the specific context of Western Balkan countries, while also investigating the impact and significance of the following factors: institutional efficiency, level of technological development, level of economic development, population density, energy prices, and types of energy.

The results of total factor energy efficiency show that the group of the top 10 most efficient countries includes: Malta, Montenegro, Italy, France, United Kingdom, Luxembourg, Germany, Ireland, Poland, and Spain. In the context of the Western Balkan countries, it is noticeable that Montenegro has a high level of efficiency that is maintained throughout the observed period. Montenegro, due to its economic structure and lack of industry, can hardly be considered an "exceptionally successful" country in the context of TFEE. For this reason, there is caution regarding the results of TFEE for Montenegro presented in this study. Serbia

shows an upward trend in energy efficiency with a certain decline between 2013 and 2016. North Macedonia demonstrates a growth trend until 2010, but after that year, there is a decline in efficiency with occasional slight recovery due to efficiency improvements. Bosnia and Herzegovina have been experiencing a continuous decline in efficiency from 2005 to 2019. When all Western Balkan countries are considered together, the analysis of reserves' involvement in inputs and outputs reveals potential for efficiency improvement. The obtained average values of reserves indicate the possibility of resource optimization, where Western Balkan countries could achieve improvements of 4% through more efficient use of capital, 37% through more efficient labour engagement, and 18% through more rational use of energy. Additionally, the results of the analysis suggest a potential for reducing CO₂ emissions by 33%. In other words, the analysis results unequivocally suggest a low level of productivity of input factors in Western Balkan countries, such as labour, capital, and energy, and that the existing level of input factor efficiency in these countries requires a significantly lower level of CO₂ emissions compared to reference countries. Improvement in economic performance and higher GDP values are inevitable when it comes to achieving greater energy efficiency and bridging the estimated 33% gap in CO₂ emissions for Western Balkan countries. Comparison of total factor energy efficiency with values of traditional, simple energy efficiency reveals numerous inconsistencies (similarity found only in 21% of cases). Traditional energy efficiency implies expressing the level of energy efficiency through energy intensity, i.e., the amount of energy used to create a certain amount of GDP. On the other hand, total factor energy efficiency analyses more relevant factors in assessing efficiency, identifying losses, and providing a holistic picture of a specific system, in our case, the Western Balkan countries and the EU.

Further investigation into the presence (or absence) of convergence in this study has found the absence of sigma convergence, indicating that absolute inequality between countries is not decreasing. Differences in efficiency between Western Balkan countries and the EU remain stable until 2010, after which there is an increase in disparities in energy performances (TFEE). This phenomenon persists despite the presence of conditional and unconditional beta convergence, meaning that there is a reduction in the gap between Western Balkan countries and the EU regarding TFEE over the observed period, taking the average of Western Balkan countries while holding other factors constant. This may indicate structural or institutional factors that maintain or exacerbate inequalities between countries regardless of the faster growth of inefficient countries in terms of energy performance.

The final estimated model that identifies the determinants of TFEE and the obtained results of econometric analysis show a statistically significant positive relationship between institutional efficiency, technological development, population density, economic development, and the share of high-quality energy with total factor energy efficiency, as well as a negative relationship between energy prices and TFEE.

For Western Balkan countries, it is necessary to bridge the gap in the level of technological development and productivity compared to EU countries in order to achieve a higher level of total factor energy efficiency. The statistical significance and positive impact of gross

domestic product suggest the necessity of achieving a higher level of total value added for a given energy expenditure. In line with previous research on the structural weaknesses of Western Balkan countries, the phenomenon of early deindustrialization and the underlying structural problems of these countries can certainly be related to the estimated low levels of total energy efficiency and the absence of a reduction in absolute inequality between Western Balkan countries and the EU regarding TFEE.

Keywords: total factor energy efficiency, Western Balkans, SBM-DEA with undesirable output, window analysis, convergence analysis, fractional regression.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREDMET ISTRAŽIVANJA	3
2.1. Problem i ciljevi istraživanja	3
2.2. Istraživačka pitanja	4
2.3. Naučni doprinos	4
2.4. Struktura disertacije	5
3. PROBLEMSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA I PREGLED LITERATURE	7
3.1. Koncept energijske efikasnosti	8
3.2. Koncept konvergencije	22
3.3. Determinante ukupne faktorske energijske efikasnosti	24
4. UKUPNA FAKTORSKA ENERGIJSKA EFIKASNOST DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA I EVROPSKE UNIJE	29
4.1. Podaci za izračun UFEE i način prikupljanja	30
4.2. Metodologija	31
4.2.1. Metoda za izračun UFEE	31
4.2.2. Analiza omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima	36
4.2.3. Analiza omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima u dinamičkom kontekstu	40
4.2.4. Energijski intenzitet i jednostavna energijska efikasnost.....	45
4.3. Rezultati ukupne faktorske energijske efikasnosti	45
4.3.1. Ukupna faktorska energijska efikasnost u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije.....	46
4.3.2. Neiskorišteni resursi (slacks) u predmetnim državama.....	58
4.3.3. Poređenje ukupne faktorske energijske efikasnosti i jednostavne energijske efikasnosti	73

4.4. Zaključci studije o ukupnoj faktorskoj energijskoj efikasnosti država Zapadnog Balkana i Evropske unije.....	79
5. ANALIZA PROCESA KONVERGENCIJE DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA KA EVROPSKOJ UNIJI NA OSNOVU UFEE	86
5.1. Podaci za analizu konvergencije	86
5.2. Metodologija	87
5.2.1. Beta konvergencija.....	87
5.2.2. Sigma konvergencija.....	89
5.3. Rezultati analize procesa konvergencije	90
5.3.1. Analiza efikasnosti država u kontekstu sigma konvergencije.....	90
5.3.1.1. <i>Sigma konvergencija država ZB prema svim ili grupama država EU .</i>	90
5.3.1.2. <i>Sigma konvergencija pet najvećih država EU.....</i>	94
5.3.2. Analiza efikasnosti država u kontekstu beta konvergencije.....	97
5.3.2.1. <i>Analiza apsolutne (bezuslovne) beta konvergencije.....</i>	97
5.3.2.2. <i>Analiza uslovne beta konvergencije</i>	99
5.4. Zaključci studije o procesima konvergencije država Zapadnog Balkana ka Evropskoj uniji na osnovu UFEE	101
6. ANALIZA DETERMINANTI UKUPNE FAKTORSKE ENERGIJSKE EFIKASNOSTI U DRŽAVAMA ZAPADNOG BALKANA I EVROPSKE UNIJE	104
6.1. Podaci o determinantama UFEE i način prikupljanja	104
6.2. Ekonometrijski model i metodologija istraživanja.....	108
6.2.1. Model	108
6.2.2. Metodologija istraživanja.....	109
6.3. Rezultati analize determinanti UFEE.....	114
6.4. Zaključci studije o determinantama ukupne faktorske energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije	123
7. ZAKLJUČCI, PREPORUKE I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA.....	126

7.1. Zaključci istraživanja.....	126
7.2. Preporuke istraživanja.....	131
7.3. Ograničenja i smjernice za buduća istraživanja	134
REFERENCE	135
PRILOZI	151

POPIS TABELA

Tabela 1. Relevantna istraživanja UFEE	13
Tabela 2. Primjer analize performansi putem APAOP.....	42
Tabela 3. Primjer rezultata APAOP za jedinicu odlučivanja	44
Tabela 4. Deskriptivna statistika inputa i outputa za računanje UFEE u državama ZB i EU u periodu 2005-2019.godina.....	46
Tabela 5. Matrica korelacije varijabli uključenih u AOP	47
Tabela 6. Prosječne vrijednosti i učešća varijabli korištenih za računanje UFEE po državama Zapadnog Balkana i Evropske unije za period 2005-2019. godina	48
Tabela 7. UFEE po godinama i državama	52
Tabela 8. Rangiranje država po UFEE	53
Tabela 9. Prosječna vrijednosti rezervi (slacks) za početni period od 2005. do 2008. godine	59
Tabela 10. Prosječna vrijednosti rezervi (slacks) za krajnji period od 2016. do 2019. godine	63
Tabela 11. Učešće rezervi iz početnog i krajnjeg perioda u prosječnoj vrijednosti inputa i outputa	65
Tabela 12. Rezerve za države Zapadnog Balkana u periodu 2005-2019. godina	67
Tabela 13. Godišnje vrijednosti jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta po državama u periodu 2005-2019. godina	74
Tabela 14. Prosječna vrijednost jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta	76
Tabela 15. Koeficijenti varijacije UFEE po državama.....	91
Tabela 16. Apsolutna beta konvergencija.....	97
Tabela 17. Uslovna beta konvergencija.....	99
Tabela 18. Deskriptivna statistika varijabli	114
Tabela 19. Matrica korelacije nezavisnih varijabli uključenih u analizu determinanti UFEE	116

Tabela 20. Prosječne vrijednosti determinanti UFEE po državama u periodu 2005-2019. godina	117
Tabela 21. Rezultati regresione analize determinanti UFEE.....	119

POPIS SLIKA

Slika 1. Efikasnost proizvodnje	10
Slika 2. Prosječna UFEE po državama	54
Slika 3. Kretanje UFEE u državama Zapadnog Balkana od 2005. do 2019. godine.....	55
Slika 4. Kretanje UFEE i BDP-a u periodu 2005-2019. godina u Bosni i Hercegovini	56
Slika 5. Kretanje prosječnih vrijednosti UFEE i BDP-a u periodu 2005-2019. godina u Evropske unije	57
Slika 6. Godišnje promjene u % UFEE, BNDPC i BDP-a u Bosni i Hercegovini	58
Slika 7. Rezerve resursa energija u državama Zapadnog Balkana po godinama	69
Slika 8. Nivo neiskorištenih resursa u inputu energija po broju stanovnika u državama Zapadnog Balkana	70
Slika 9. Neiskorišteni resurs radne snage u državama Zapadnog Balkana po godinama....	71
Slika 10. Neiskorišteni resurs kapitala u državama Zapadnog Balkana po godinama	72
Slika 11. Rezerve u nivou CO ₂ u državama Zapadnog Balkana po godinama	73
Slika 12. Prikaz ranga država po UFEE (prvi odozgo) i JEE.....	78
Slika 13. KV _{UFEE} država Evropske unije i grupa država Evropske unije.....	92
Slika 14. KV _{UFEE} država Evropske unije i Zapadnog Balkana.....	93
Slika 15. KV _{UFEE} država Evropske unije i Bosne i Hercegovine	94
Slika 16. Prosječna UFEE 5 najmnogoljudnijih država Evropske unije	96
Slika 17. KV _{UFEE} grupe 5 najmnogoljudnijih država Evropske unije	96
Slika 18. Standardni modeli frakcione regresijske analize.....	110

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Pregled istraživanja determinanti UFEE	1
Prilog 2. Detaljni rezultati analize prozora u okviru analize omeđivanja podataka za utvrđivanje UFEE.....	5
Prilog 3. Detaljni rezultati frakcione i linearne regresione analize uključujući prosječne marginalne efekte	20

POPIS SKRAĆENICA

€	Euro
AOP	analiza omeđivanja podataka
APAOP	analize prozora u okviru analize omeđivanja podataka
APEC	Azijsko-pacifička ekonomska saradnja
BCC	Banker Charner Cooperov model
BDP	bruto domaći proizvod
BDPPC	bruto domaći proizvod per capita
BIDI	bruto investicije u dugotrajnu imovinu
BiH	Bosna i Hercegovina
BNDPC	bruto nacionalni dohodak po stanovniku
BRICS	Brazil, Rusija, Indija, Kina i Južna Afrika
CCR	Charnes Cooper Rhodesov model
CDM	Mehanizma čistog razvoja
CE	cijena energije
CO	ugljen-monoksid
CO₂	ugljen-dioksid
COUE	ciljani omjer uštede energije
CRS	konstantni prinosi na skalu
CUE	ciljana ušteda energije
DDF	funkcije usmjerene udaljenosti
DO	donosioca odluka u kontekstu analize omeđivanja podataka
DRS	opadajući prinosi na skalu
EBRD	Evropska banka za obnovu i razvoj
ECOWAS	Ekonomska zajednica zapadnoafričkih država

EI	Energijski intenzitet
EIA	Američka uprava za energetske informacije
EU	Evropska unija
EU15	prvih 15 članica Evropske unije
EU2004	Kipar, Češka Republika, Estonija, Mađarska, Litvanija, Latvija, Malta, Poljska, Slovačka i Slovenija kao dio Evropske unije
EU2007	Rumunija i Bugarska kao dio Evropske unije
EU2013	Hrvatska kao dio Evropske unije
EUROSTAT	Statistička agencija Evropske unije
ESCO	Društvo za energijske usluge
FAO	Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija
FLR	frakciona logit regresija
FRA	frakciona regresijska analiza
G7	Sjedinjene Američke Države, Kanada, Japan, Njemačka, Italija, Francuska i Velika Britanija
GJ	giga-džuli
GN	gustina naseljenosti
HDI	Indeks ljudskog razvoja
IC₀	izokosta
IES	indeks ekonomskih sloboda
IRS	rastući prinosi na skalu
IS₀	izokvanta
JEE	jednostavna energijska efikasnost
KV	koeficijent varijacije
kWh	kilovat-sat
ME	marginalni efekti

MMF	Međunarodni monetarni fond
Nox	azotni oksidi
ODEX	indeks energijske efikasnosti
OECD	Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj
P	skup proizvodnih mogućnosti
p.p.	procentni poen
PDSI	priliv direktnih stranih investicija u zemlju u odnosu na BDP
PEEFE	procenat potražnje za električnom energijom u finalnoj potrošnji energije
PJ	peta-džuli
QML	kvazi-maksimalna vjerovatnoća
RESET	test specifikacije regresijskog modela
SBM	model baziran na rezervama
SO₂	sumpor-dioksid
SO_x	sumporni oksidi
TJ	tera-džuli
UFEE	ukupna faktorska energijska efikasnost
VRS	varijabilni prinosi na skalu
ZB	Zapadni Balkan

1. UVOD

Proizvodnja i potrošnja energije predstavljaju veoma važan faktor svake privrede i ekonomije, kako u dijelu generisanja bruto domaćeg proizvoda (BDP) i determinisanja cijena proizvoda i usluga, tako i u dijelu značajnih posljedica na kvalitet okoliša i ljudsko zdravlje, što opet ima posljedice na ekonomiju. Nekoliko zadnjih desetljeća pokazuje, u kontekstu tehnološkog razvoja, da raste svijest o nužnosti upravljanja energetske razvojem, smanjenju uvozne ovisnosti i racionalnoj potrošnji energije, ali bez negativnoga učinka na privredni rast (Jakovac i Vlahinić Lenz, 2016). Potreba za energijom, kao jednim od glavnih inputa u procesu ekonomske proizvodnje, stalno raste i ova povećana potražnja stvara pritisak na okoliš zbog povećane emisije gasova staklene bašte koji povećavaju utjecaj na klimatske promjene. Međutim, sprečavanje povećanja potražnje za energijom može usporiti ekonomski rast i razvoj pa je istovremeno potrebno razmišljati o efikasnom korištenju energije.

Prema Evropskoj agenciji za okoliš (2018) energijska efikasnost i primjena obnovljivih izvora energije predstavljaju najznačajnije mjere borbe protiv klimatskih promjena svih država Evropske unije (EU) i trenutno su središnji fokus mnogih nacionalnih energetske politika i jedno od osnovnih pitanja energetske održivosti. Nekoliko EU direktiva o energijskoj efikasnosti (iz 2006., 2010., 2012. i 2018. godine), fokusira se na obaveze i ciljeve država članica da osiguraju energijsku efikasnost. Instrumenti energetske efikasnosti koji su prihvaćeni na nivou EU odražavaju povećan značaj energije u političkom i ekonomskom smislu i odnose se na sigurnost snabdijevanja energijom, klimatske promjene, održivost i razvoj te značaj za domaća tržišta. Očekuje se da će povećanje energetske efikasnosti predloženo pomenutim direktivama donijeti koristi za okoliš i zdravlje ljudi. Ove direktive su također u skladu sa garancijama EU u okviru globalne klimatske agende koja je kreirala Pariški sporazum u decembru 2015. godine, usvojen od strane učesnica Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime. U direktivama Evropskog parlamenta i Vijeća stoji da se energijska efikasnost mora smatrati samim izvorom energije. Cilj povećanja energetske efikasnosti u EU ranije je iznosio 20% do 2020. godine. Dopunjenom direktivom iz 2018. godine ažurirani su ciljevi direktive iz 2012. godine tako da je cilj energetske efikasnosti za 2030. godinu najmanje 32,5% poboljšanje efikasnosti.

Generalno, ne postoji jasan konsenzus o definiciji koncepta energetske efikasnosti iako je u fokusu nacionalnih politika pa se mogu pronaći različite definicije i različiti indikatori. Prema Kanellakis *et al.* (2013), energijska efikasnost je najbrži i najekonomičniji način povećanja sigurnosti snabdijevanja i smanjenja emisije stakleničkih plinova. Filipović *et al.* (2015) navode da se energijska efikasnost odnosi na korištenje manje energije za stvaranje iste količine ekonomskog efekta, dok Wang *et al.* (2017) podrazumijevaju da se energijska efikasnost odnosi na način usporavanje potrošnje energije i podsticanje razvoja proizvodnje sa niskim sadržajem ugljen dioksida. Dok zauzimaju važnu poziciju u energetske politikama EU, indikatori energetske efikasnosti se različito tretiraju na nivou države. Zbog toga su se države EU uključile u aktivnost za stvaranje zajedničke metodologije u pogledu

indikatora energijske efikasnosti. U tu svrhu je prikupljeno 600 uporedivih, kako deskriptivnih tako i eksplanatornih indikatora energijske efikasnosti te su definisane i formirane baze podataka pod nazivom Odyssee (Bosseboeuf *et al.*, 1997). Odyssee prati potrošnju energije te procjenjuje performanse i napredak država EU po pitanju energijske efikasnosti. Odyssee se ažurira dva puta godišnje kroz mrežu partnera i nacionalnih energetske agencija u više od 30 država (sve države EU, Norveška, Srbija, Švajcarske i Ujedinjeno Kraljevstvo). Države Zapadnog Balkana, osim Srbije, nisu obuhvaćene ovom bazom podataka. Zastupljeni su indikatori energijske efikasnosti za ukupnu ekonomiju države kao i za sektore krajnje potrošnje (domaćinstva, sektor usluga, sektor stanovanja, industrija, transport i sl.).

Tradicionalni indikatori odnosno (parcijalni) indeksi energijske efikasnosti uzimaju u obzir da jedan input (energija) stvara output (BDP) dok zanemaruju druge inpute kao što su rad i kapital (Vlahinić-Dizdarević i Šegota, 2012; Vlahinić-Lenz *et al.*, 2018). Da bi prevazišli ovaj problem, Hu i Wang (2006) su razvili novi indikator energijske efikasnosti pod nazivom ukupna faktorska energijska efikasnost (UFEE). Ovaj indeks razmatra energiju, rad i kapital kao višestruke inpute za stvaranje outputa. Pristup Hu i Wanga je ubrzo naišao na odobravanje i brojne studije se bave određivanjem UFEE određenih područja ili država (Nikbakht *et al.*, 2022; Bicil i Türköz, 2021; Ohene-Asare *et al.*, 2020; Šegota *et al.*, 2017; Hu i Wang, 2006). Početna istraživanja uglavnom se fokusiraju na teorijsko istraživanje modela, da bi empirijska analiza uslijedila kasnije. Trenutni fokus istraživanja je promijenjen na ekološku energijsku efikasnost, ekološku efikasnost i sl. Zbog rastuće brige o energijskoj efikasnosti zasnovanoj na ukupnoj faktorskoj energijskoj efikasnosti, godišnji obim publikacija je rastao veoma brzo (Yu i He, 2020).

Za istraživanje UFEE korišteni su podaci iz različitih geografskih područja, uključujući kontinente ili blokove država (Hu i Kao, 2007; Zhou i Ang, 2008; Sueyoshi i Goto, 2013; Castro *et al.*, 2016; Guo *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2019). Istraživanja ukupne energijske efikasnosti u Evropi su uglavnom bazirana na analizi efikasnosti članica EU i trendovima u različitim vremenskim intervalima (Ceylan i Gunay, 2010; Vlahinić-Dizdarević i Šegota, 2012; Šegota *et al.*, 2017; Gökgöz i Erkul, 2019; Bicil i Türköz, 2021) a određeni broj radova istražuje energijsku efikasnost regija (Borozan, 2018). Pitanjem konvergencije po pitanju energijske efikasnosti korištenjem koncepta UFEE se bavi značajno manji broj radova dok smo pronašli samo jednu studiju (Markandya *et al.*, 2006), koji istražuju konvergenciju po pitanju energetskog intenziteta u tranzicijskim državama Istočne Evrope prema državama EU. Prema našem pregledu literature, nije bilo radova koji se bave određivanjem ukupne faktorske energijske efikasnosti zemalja Zapadnog Balkana, niti pitanjem konvergencije UFEE država Zapadnog Balkana ka državama EU.

Obzirom da države Zapadnog Balkana do sad nisu analizirane pomoću UFEE u ovom radu će se odrediti stanje energijske efikasnosti država Zapadnog Balkana (ZB) te provjeriti konvergencija/divergencija ukupne energijske efikasnosti država Zapadnog Balkana prema državama EU. Također ćemo analizirati determinante UFEE u državama Zapadnog Balkana. Vrijedi napomenuti da će se na ovaj način prikazom UFEE država Zapadnog Balkana, koje

imaju mnoštvo sličnosti i specifičnosti (tranzicijske države, države u postratnom periodu, visok nivo korupcije, zastarjele tehnologije i dr.), upotpuniti naučna literatura.

2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

U posljednjih 20 godina se u svjetskim naučnim istraživanjima i literaturi sve više razmatra energijska efikasnost. Spomenuta tematika naročito u Bosni i Hercegovini ali i državama Zapadnog Balkana oskudijeva savremenom teorijskom i naučnom podrškom, posebno u kontekstu dostizanja evropskih standarda, što za rezultat može imati neadekvatne mjere ekonomske politike. Problem istraživanja u ovom radu se odnosi na sveobuhvatnu, konciznu i svrsishodnu analizu ukupne faktorske energijske efikasnosti zemalja Zapadnog Balkane u sklopu Evropske unije. S tim u vezi predmet istraživanja su ukupna faktorska energijsku efikasnost i determinante koje utječu na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u državama Zapadnog Balkana, kao i ispitivanje (ne)postajanja konvergencije država Zapadnog Balkana prema EU na osnovu UFEE.

Ovo poglavlje obuhvata pregled konteksta istraživanja, uključujući problem, predmet i ciljeve istraživanja, kao i naučni doprinos disertacije. Na kraju ovog poglavlja prezentirana je struktura rada.

2.1. Problem i ciljevi istraživanja

Obzirom na to da su države Zapadnog Balkana trenutno u tranzicijskom periodu, gdje je nivo tehnološkog razvoja još uvijek prilično nizak, postoji problem rasipanja resursa i niske efikasnosti u procesu transformacije resursa u proizvode i usluge (Mustađa i Shevchuk, 2021). S ciljem procjene konvergencije tih država prema zemljama članicama EU, u odnosu na odabrani koncept UFEE, analizirat će se i usporediti UFEE država EU u istom vremenskom periodu. Države Zapadnog Balkana odabrane za istraživanje u ovom radu su odabrane u skladu sa terminologijom Evropskog parlamenta (2023), i podrazumijevaju Albaniju, Bosnu i Hercegovinu, Crnu Goru, Sjevernu Makedoniju i Srbiju. Kosovo je dio Zapadnog Balkana, ali nije obuhvaćeno ovim istraživanjem zbog nedostatka relevantnih podataka tokom posmatranog perioda. Već postoji ugovorni aranžman ovih država u oblasti energije kroz uspostavu i funkcionisanje Energetske zajednice¹. Pored toga, sve navedene države su u nekoj vrsti odnosa sa EU, kao zvanični kandidati odnosno države koje su otvorile pregovore za pristupanje ili su države potencijalni kandidati. Pristupanje EU podrazumijeva pridržavanje pravila i standarda koji važe u istoj. EU se u svjetskim okvirima nameće kao ključni akter u rješavanju problema vezanih za proizvodnju i potrošnju energije, globalnog zagađenja i klimatskih promjena.

¹ Energetska zajednica je međunarodna organizacija koja se bavi energetsom politikom. Zajednica je osnovana sklapanjem Sporazuma u oktobru 2005. godine u Atini, povezujući Evropsku uniju, sa jedne strane, i države Jugoistočne Evrope i Crnomorskog regiona, sa druge.

Kroz ovaj rad se želi sagledati stanje energetske efikasnosti država Zapadnog Balkana te dodatno, ocijeniti postojanje konvergencije država Zapadnog Balkana po pitanju ukupne faktorske energetske efikasnosti prema državama EU.

2.2. Istraživačka pitanja

U skladu s prethodnim definisana su i sljedeća istraživačka pitanja:

- Kakvo je stanje energetske efikasnosti država Zapadnog Balkana?
 - ⇒ Koji je nivo ukupne faktorske energetske efikasnosti u međusobnom poređenju država Zapadnog Balkana i EU?
 - ⇒ Koji je nivo ukupne faktorske energetske efikasnosti u međusobnom poređenju država Zapadnog Balkana?
 - ⇒ Kakve razlike su prisutne u rezultatima vezanim za pokazatelje energetske efikasnosti uzimajući u obzir tradicionalni i savremeni pristup, naročito u državama Zapadnog Balkana?
- Postoji li konvergencija Zapadnog Balkana i Bosne i Hercegovine (BiH) prema državama EU u odnosu na energetske efikasnost?
 - ⇒ Postoji li konvergencija svih država Zapadnog Balkana po pitanjima UFEE prema svim ili grupama država EU?
 - ⇒ Postoji li konvergencija Bosne i Hercegovine po pitanjima UFEE prema svim ili grupama država EU?
 - ⇒ U kojem periodu i zašto države Zapadnog Balkana po pitanjima UFEE najviše (najmanje) konvergiraju (divergiraju) u odnosu na države EU.
- Koji faktori u specifičnom kontekstu država Zapadnog Balkana utječu na nivo UFEE?

2.3. Naučni doprinos

Ova disertacija doprinosi popunjavanju postojećih praznina u literaturi o energetske efikasnosti, fokusirajući se na ocjenu UFEE za države Zapadnog Balkana, što nije urađeno u literaturi do sada. Pored toga, ovaj rad također doprinosi razumijevanju postojanja konvergencije država Zapadnog Balkana prema Europskoj uniji te njenom tempu i brzini. Dalje, ovaj rad omogućava bolje razumijevanje uzroka koji dovode do različitih nivoa UFEE uzimajući u obzir specifični kontekst država Zapadnog Balkana, razmatrajući integrativni pristup energetske efikasnosti. Ovaj integrativni pristup predstavlja sveobuhvatan skup

ekonomskih, tehnološko-tehničkih, tržišnih i institucionalnih aspekata energijske efikasnosti identifikovanih pregledom relevantne literature u oblasti istraživanja.

Rezultati ovog rada doprinose literaturi na nekoliko načina. Najprije, ovaj rad pruža nove empirijske dokaze o stanju energijske efikasnosti odabranih država korištenjem UFEE primjenom metode analize omeđivanja podataka (AOP) u dinamičkom kontekstu sa modelom baziranim na rezervama i nepoželjnim outputima, što do sada nije rađeno za zemlje ZB. Naučni doprinos odnosi se, pored procjene UFEE država Zapadnog Balkana, i na poređenje sa tradicionalnim mjerama efikasnosti baziranim na omjeru jednog inputa (energije) i jednog outputa (BDP-a) i uočavanje sličnosti i razlika. Analizirani su odnosi između predmetnih država i njihove pozicije na granici proizvodnih mogućnosti kako bi se utvrdilo jesu li proizvodni resursi u potpunosti iskorišteni. Nadalje, UFEE pruža jasnije i cjelovitije razumijevanje trendova korištenja i ušteda energije tokom vremena. Doprinos se ogleda i u kvantifikaciji neefikasnosti po državama u smislu radne snage, angažovanog kapitala i energije. Tu se u relativnim iznosima navode vrijednosti potrebne za poboljšanje, po svakoj od država Zapadnog Balkana.

Dodatno, doprinos je ostvaren i u dijelu ocjene konvergencije UFEE država Zapadnog Balkana i Bosne i Hercegovine prema EU. Uočavanje trendova energijske efikasnosti država Zapadnog Balkana izmjerene pomoću UFEE je važno zbog nekoliko razloga. Najprije, spram sustizanja standarda ili prosjeka koji postoje u ovoj oblasti u EU, za države Zapadnog Balkana se određuju obaveze i ciljevi vezani za energijsku efikasnost u pristupnim procesima EU. Drugo, spram trendova se vrši raspodjela EU tehničke i finansijske pomoći državama Zapadnog Balkana. Treće, države Zapadnog Balkana donose vlastite ekonomske mjere i politike usmjerene na dostizanje prosjeka EU.

Prema našim saznanjima, po prvi put se identifikuju i ocjenjuju determinante UFEE za sve države Zapadnog Balkana, odnosno po prvi put se provodi analiza uloge institucionalne efikasnosti, nivoa tehnološkog razvoja, nivoa ekonomskog razvoja, cijena energije, gustine naseljenosti i učešća različitih vrsta energije u državama Zapadnog Balkana u poboljšanju energijske efikasnosti.

Dobijeni rezultati mogu imati za posljedice sprovođenje mjera za poboljšanje energijske efikasnosti u kontekstu trenutnih nastojanja za smanjenjem emisija stakleničkih plinova. Dodatni doprinos se ogleda kroz analizu efekata supstitucije među različitim proizvodnim faktorima. Za stvaranje outputa (BDP i ugljen-dioksid ili CO₂) moguće su različite kombinacije proizvodnih faktora: rada, kapitala i energije. Navedeno predstavlja osnovu za kreiranje ekonomskih politika usmjerenih na poboljšanje energijske efikasnosti, odnosno smanjenje potrošnje energije uz zadržavanje istog nivoa rezultata.

2.4. Struktura disertacije

Ova doktorska disertacija sadržava sedam poglavlja kako slijedi:

Pored „Uvoda“ kao prvog poglavlja, u drugom poglavlju pod nazivom „Predmet istraživanja“ daje se pregled konteksta istraživanja, uključujući: problem, predmet i ciljeve istraživanja, kao i naučni doprinos. Obzirom da je ključna ideja ovog istraživanja analiza stanja, konvergencije i determinanti energijske efikasnosti na makroekonomskom nivou u predmetnim državama u periodu od 2005. do 2019. godine, daje se pregled odnosa proizvodnje i potrošnje energije, te ekonomskog, društvenog i okolišnog razvoja. Pored problema i predmeta istraživanja identificirane su svrha i ciljevi istraživanja, kao i prateća istraživačka pitanja. Na kraju ovog poglavlja prezentiran je naučni doprinosi disertacije kao i struktura rada.

Treće poglavlje pod nazivom „Problemski okvir istraživanja i pregled literature“ se sastojati od sistematskog pregleda literature vezanog za tri studije kojima se bavi ova disertacija: ukupna faktorska energijska efikasnost, konvergencija na osnovu energijske efikasnosti i determinante ukupne faktorske energijske efikasnosti. Identifikovani su ključni autori koji su najčešće istraživali oblasti ukupne faktorske energijske efikasnosti i njenih determinanti te procese konvergencije energijske efikasnosti po državama. Prije svega, daje se sistematski pregled literature, a u okviru kojeg su naznačeni korišteni modeli, odnosno na koji način se mjerila energijska efikasnost u dosadašnjim istraživanjima te se prikazuje adekvatan model koji se koristit u ovom radu. Dakle, identifikovani su istraživački principi i metodološke odrednice referentnih naučnih radova koji su se bavili ovom oblašću.

Četvrto poglavlje je vezano za istraživačko pitanje koje obrađuje temu energijske efikasnosti. Najprije je predstavljen opis podataka i način prikupljanja a potom je prikazan metodološki okvir koji se sastoji od metoda korištenih za izračun UFEE i jednostavne energijske efikasnosti. Naročito su objašnjene teorijske postavke analize omeđivanja podataka, sa i bez nepoželjnih outputa, kao i predmetna analiza u dinamičkom kontekstu. Naredni dio ove studije daje rezultate UFEE i to razmatrane sa aspekta ukupne faktorske energijske efikasnosti, neiskorištenih resursa u predmetnim državama kao i poređenja UFEE sa jednostavnom energijskom efikasnošću. Na kraju ove studije su predstavljeni zaključci vezani za UFEE.

Peto poglavlje analizira procese konvergencije u kontekstu sigma konvergencije, apsolutne (bezuslovne) i uslovne beta konvergencije. Najprije su prikazani podaci a potom je prikazan metodološki okvir vezan za istraživačko pitanje koje obrađuje temu konvergencije. Metodološki okvir se sastoji od metoda korištenih za izračun konvergencije. Objašnjene su teorijske postavke analize apsolutne i uslovne beta konvergencije kao i sigma konvergencije. Naredni dio ove studije daje rezultate analize efikasnosti država u kontekstu sigma konvergencije za države Zapadnog Balkana prema svim i grupama država EU. Studija u nastavku predstavlja rezultate analize apsolutne i uslovne beta konvergencije te daje zaključke vezane za konvergenciju.

Šesto poglavlje obrađuje determinante ukupne faktorske energijske efikasnosti. Pored opisa podataka, predstavljen je metodološki okvir koji se sastoji od ekonometrijskog modela i metodologije istraživanja. Prikazana je osnovna statistika nezavisnih varijabli uključenih u

analizu determinanti UFEE i rezultati frakcione regresione analize. Dodatno je opisana validacija modela i rezultati analize pomoću marginalnih efekata.

Sedmo poglavlje pod nazivom „Zaključci, preporuke i ograničenja istraživanja“ sadrži sumirane zaključke prethodnih analiza, naučni doprinos disertacije, preporuke istraživanja nastale na osnovu rezultata, analiza i zaključaka te ograničenja i smjernice za buduća istraživanja.

3. PROBLEMSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA I PREGLED LITERATURE

Kako bi države Zapadnog Balkana mogle ispuniti sve standarde članstva moraju postati dio evropskog pristupa rješavanju energetske problema i klimatskih izazova. U tom smislu, EU donosi Evropski propis o klimi (Evropski parlament i Vijeće, 2021). Tim propisom, kao prvim evropskim propisom o klimi nastoji se u zakonodavstvo ugraditi cilj utvrđen u Evropskom zelenom planu da evropska privreda i društvo postanu klimatski neutralni do 2050. godine. To znači da treba postići neto nultu stopu emisija stakleničkih plinova u cijeloj EU, u velikoj mjeri poboljšanjem energetske efikasnosti i korištenjem obnovljivih izvora energije.

Propis o klimi uključuje mjere za praćenje napretka i prilagođavanje djelovanja u skladu s tim napretkom. Uzimajući u obzir značaj energetske efikasnosti u svim ovim procesima veoma je važno imati pravilan uvid u napredak po pitanjima energetske efikasnosti svih država, naročito onih tranzicijskih. Karakteristika takvih tranzicijskih država, u kontekstu energetske politike, jeste da u njima još uvijek vlada stav da se ekonomski razvoj i energetska politika baziraju na fosilnim gorivima, prije svega uglju, nafti i plinu. Navedeno se najbolje oslikava kroz strateške i planske dokumente vezane za razvoj energetike. Tako na primjer, u Strategiji razvoja energetike Republike Srbije (Službeni glasnik Republike Srbije 101/2015) do 2025. sa projekcijama do 2030. godine stoji da su ukupne eksploatacione rezerve uglja značajne i predstavljaju realnu osnovu za dalji dugoročni razvoj energetike uopšte, a posebno za proizvodnju električne energije. Slična situacija je i u Bosni i Hercegovini, Sjevernoj Makedoniji i drugim postsocijalističkim državama koje se nalaze u fazi demokratske tranzicije i konsolidacije. Tranzicijske države se oslanjaju na fosilna goriva i često imaju ograničene resurse i kapacitete za razvoj alternativnih izvora energije i implementaciju mjera energetske efikasnosti. Države Zapadnog Balkana trebaju pratiti evropske trendove u borbi protiv klimatskih promjena zbog činjenice da su se obavezale po osnovu već potpisanih ugovora o uspostavi Energetske zajednice ili pristupanju EU. Stoga je važno integrisati tranzicijske države u globalne inicijative i sporazume o klimatskim promjenama što može imati ključnu ulogu u smanjenju emisija stakleničkih plinova i održivom razvoju. Napredak država po gore navedenim pitanjima i izazovima će se

preispitivati svakih pet godina u skladu s globalnim pregledom stanja u okviru Pariškog sporazuma.²

Dakle, kako bi se poboljšala energijska efikasnost, kao jedne od najznačajnijih mjera borbe protiv klimatskih promjena, potreban je pravilan uvid u stanje energijske efikasnosti država, nivo približavanja rezultatima koje postižu države EU i poticaj faktorima koji uslovljavaju poboljšanje iste. Ovaj rad treba da odgovori na te izazove te da popuni nedostatak u literaturi o energijskoj efikasnosti.

3.1. Koncept energijske efikasnosti

Koncept energijske efikasnosti postao je osnovni izazov energetske politike država i njihovih unija (Ang, 2006; Patterson, 1996). Iz historijske prizme promatrano, prvotno je uslijed naftne krize iz 1973. godine, energijska efikasnost dobivala sve više na značaju. Uslijed rasta cijena energije donosioci odluka i ekonomisti su se zainteresovali za efikasno korištenje energetske resursa odnosno kako osigurati maksimalnu količinu rezultata za dati nivo uložene energije (Ang, 2006). Zanimanje i pažnja za energijsku efikasnost je nastavljeno kroz naredna desetljeća, posebno u kontekstu činjenice da je energijska efikasnost jedan od ključnih instrumenata za borbu protiv klimatskih promjena. Da bi države i društva, naročito ona u tranziciji, krenula putem održivog razvoja mora se smanjiti intenzitet potrošnje energije odnosno poboljšati energijska efikasnost. Poboljšanje energijske efikasnosti predstavlja jedno od rješenja energetske politike i cilj kojeg država treba dostići radi sadašnjeg i budućeg ekonomskog rasta (Shi, 2007; IEA, 2014; Rajbhandari, 2017). Energijska efikasnost je trenutno središnji fokus mnogih nacionalnih energetske politike. EU predstavlja lidera na svjetskom nivou, koji uspostavlja sistemski pristup poboljšanju energijske efikasnosti. Postavljaju se ciljevi i pravci djelovanja za sve članice i kandidate za članstvo u EU u svrhu smanjenja potrošnje energije, smanjenja emisija ugljen dioksida, povećanja korištenja energije iz obnovljivih izvora, itd. U te svrhe, EU se oslanja na brojna istraživanja energijske efikasnosti i sličnih tema, a jedno od najznačajnijih je projekat *Odysee*, kojeg podržava Evropska komisija. Projekat *Odysee* osigurava postojanje baze podataka koja sadrži indikatore energijske efikasnosti, podatke o potrošnji energije, pokretače potrošnje energije i pripadajuće emisije ugljen dioksida. Božić *et al.* (2009) ističu da su indikatori energijske efikasnosti podijeljeni po makro-indikatorima, definisanim na nivou ekonomije kao cjeline, na nivou sektora ili pod-sektora. Uzimaju se u obzir tri vrste indikatora: (a) indikatori koji prate trendove energijske efikasnosti i smanjenja ugljen dioksida po državi, (b) indikatori koji uspoređuju nivoe energijske efikasnosti države s drugim državama, i (c) indikatori koji mjere prodiranje na tržište efikasnih tehnologija i

² Pariški sporazum o klimatskim promjenama je klimatski sporazum potpisan na 21. zasjedanju Konferencije stranaka (COP 21) Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) u Parizu 2015. godine. Glavni cilj sporazuma jest ograničavanje globalnog zatopljenja na temperature „znatno ispod“ 2°C, osiguravanje opskrbe hranom, ali i jačanje kapaciteta država da se bore s posljedicama klimatskih promjena, razvoj novih „zelenih“ tehnologija i pomaganje slabijim, ekonomski manje razvijenim članicama u ostvarenju svojih nacionalnih planova o smanjenju emisija. Klimatski pakt iz Glazgova iz 2021. godine je potvrdio rješenja i zaključke iz Pariškog sporazuma vezano za globalno zatopljenje.

praksi. Od početnih 600 indikatora identifikovanih prije 2000. godine, prema Pravilniku o definicijama podataka i indikatora energijske efikasnosti Odyssee (2020), koristi se 200 zajedničkih indikatora energijske efikasnosti. Razlog velikog broja indikatora je činjenica što svaki od njih odgovara na specifična pitanja koja mogu biti više fokusirana na tehnička ili ekonomska pitanja, tip opreme, sektor i sl. Najčešći indikatori su prilično jednostavni i povezuju potrošnju energije sa ekonomskom aktivnošću ili potrošačkom jedinicom (npr. tona nafte po euru ili litara/100 kilometara). Pored tih, postoji indeks energijske efikasnosti pod nazivom „ODEX“ koji mjeri napredak energijske efikasnosti za nivo sektora ili za nivo cijele države (zbir krajnjih potrošnji energije svih potrošača). ODEX grupiše trendove iz različitih jedinica potrošnje po pod-sektoru u jedan indeks po sektoru, na bazi pondera svakog pod-sektora u ukupnoj potrošnji energije sektora. Božić *et al.* (2009) ističu da je ODEX alternativa energetskom intenzitetu (tradicionalnom pristupu) korištenom za procjenu promjena energijske efikasnosti, jer ispravlja razne utjecaje nepovezane s energijskom efikasnošću, kao što su klimatske fluktuacije, promjene u ekonomskim i industrijskim strukturama, promjene načina života (više prostora, uređaja i opreme i sl.). ODEX indeks je dostupan za države EU dok su države Zapadnog Balkana izostavljene iz projekta Odyssee koji osigurava proračun indeksa.

Iako se pojam energijske efikasnosti često koristi, autori mu pripisuju različita značenja u zavisnosti od svrhe korištenja pojma. Vrlo često se pojam izjednačava sa definicijom koja se koristi u termodinamici a koja označava pojam kao odnos korisnog outputa i energijskog inputa u nekom procesu. Međutim, za potrebe ekonomskih i drugih analiza koncept iz termodinamike nije primjenjiv (Bhattacharyya, 2011). Nije usvojena jedna jasna i opšte prihvaćena definicija energijske efikasnosti ali prema Bhattacharyya (2011), većina definicija se oslanja na odnos korisnog outputa i energijskog inputa. Patterson (1996) formuliše nekoliko načina u kojima se outputi i inputi za ovaj indeks mogu kvantificirati. Jedan od najčešće korištenih tradicionalnih indikatora u analizama na makro nivou je indeks odnosa energije i BDP-a, što je u stvari inverzni ekonomsko-termodinamički indikator energijske efikasnosti kojeg je formulisao Patterson (1996). Energijski intenzitet govori koliko je energije utrošeno po jedinici ostvarenog bruto domaćeg proizvoda dok je energijska efikasnost recipročna vrijednost energijskog intenziteta. Navedeno predstavlja tradicionalni pristup mjerenja energijske efikasnosti. Na primjer, prema Strateškom planu i programu razvoja energetskog sektora Federacije Bosne i Hercegovine (FBiH) iz 2008. godine, države Zapadnog Balkana troše mnogo energije po jedinici BDP-a (0,86 tona ekvivalentne nafte na 1000 američkih dolara BDP-a), gotovo pet puta više od država Evropske unije ili dva i po puta više od svjetskog prosjeka (Vlada Federacije Bosne i Hercegovine, 2008).

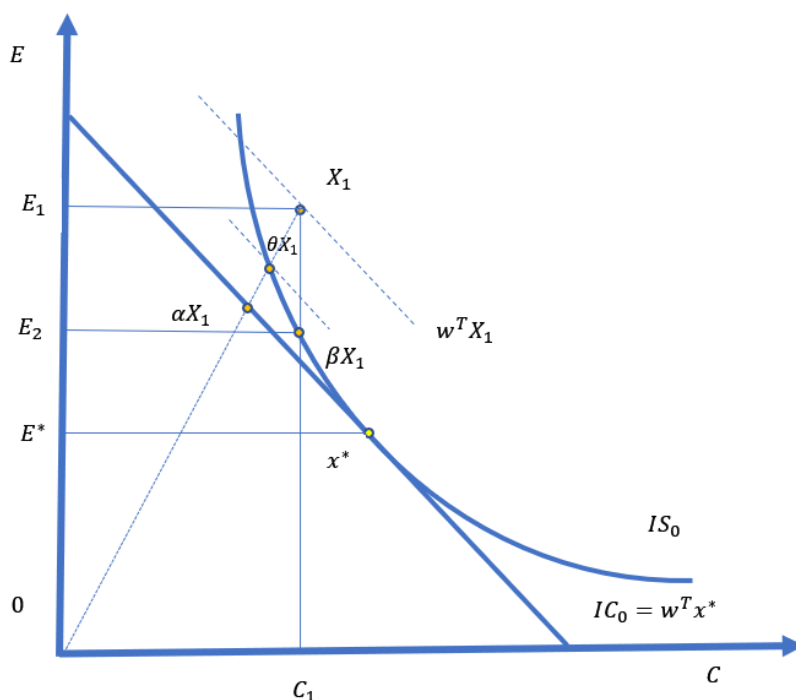
Međutim, kada se provode analize energijske efikasnosti, ovaj pristup je nedvojbeno pojednostavljen. Bolji način za predstavljanje koncepta i teorijske osnove energijske efikasnosti je korištenje definicije zasnovane na mikroekonomskoj teoriji proizvodnje koju zastupaju Evans *et al.* (2013), te Filippini i Hunt (2015).

Kako bi se shvatio ovaj pristup neophodno je prepoznati da je potražnja za energijom izvedena iz potražnje za proizvodima, uslugama ili energetske uslugama kao što su grijanje, hlađenje, rasvjeta i sl. Domaćinstva, preduzeća i drugi akteri koriste energiju, rad i kapital za proizvodnju outputa. Sa ekonomskog aspekta važno je stvarati outpute na efikasan način, tj. optimalnim korištenjem različitih kombinacija inputa minimizirati troškove. Kada domaćinstva i preduzeća stvaraju outpute, npr. korištenjem zastarjelih tehnologija koje ne dozvoljavaju da se smanji upotreba energije za isti nivo outputa, rad i kapital (tehnologija) ne mogu biti isključeni iz razmatranja. U ovakvim situacijama, energija kao input ali i drugi inputi kao što su rad i tehnologija, koriste se na neefikasan način i značajno doprinose smanjenju energetske efikasnosti.

Proizvodnja energetske usluge i za nju vezana efikasnost se mogu objasniti mikroekonomskom teorijom proizvodnje naročito korištenjem izokvanti i izokosti (Chambers, 1988; Huntington, 1994).

Naredna slika predstavlja situaciju u kojoj ekonomski akter koristi kapital/tehnologiju (C) i energiju (E) za proizvodnju energetske usluge (grijanja, hlađenja i sl.). Ekonomski akter može biti domaćinstvo ili preduzeće ali i država ili region sa agregatnom proizvodnom funkcijom. Ova situacija je ilustrovana koristeći izokvantu IS_0 i izokostu IC_0 . Izokvanta IS_0 predstavlja proizvodnju određenog nivoa energetske usluge kao što su grijanje, pokretanje, hlađenje i dr. Tehnički efikasan ekonomski akter koristi kombinaciju E i C koja se nalazi na IS_0 .

Slika 1. Efikasnost proizvodnje



Izvor: Filippini, M., Hunt, L.C., 2015. Measurement of energy efficiency based on economic foundations, *Energy Economics*, Volume 52, Supplement 1, 5-16.

Izokosta IC_0 pokazuje različite kombinacije E i C koje daju isti ukupni trošak pri određenim cijenama ovih inputa. Ekonomski akter koji koristi kombinaciju inputa E i C sa minimalnim troškom predstavljen je tačkom x^* , gdje je izokosta linija $w^T x^*$ koja tangira izokvantu IS_0 , što ujedno predstavlja proizvodnju određenog nivoa energetske usluge E^* . Stoga, minimalni troškovi potrebni za proizvodnju određenog nivoa energetske usluge su $w^T x^*$. Ako ekonomski akter koristi kombinaciju inputa E i C prikazanu tačkom x_1 za proizvodnju određenog nivoa energetske usluge, onda je tehnički neefikasan obzirom da je tačka iznad IS_0 .

Nivo tehničke efikasnosti θ se računa kao omjer udaljenosti tehnički efikasne kombinacije inputa θX_1 od koordinatnog početka i udaljenosti kombinacije inputa X_1 od koordinatnog početka. Ova mjera uzima u obzir podjednak doprinos svakog inputa tehničkoj efikasnosti. Ekonomski akter koji funkcionira na θX_1 je tehnički efikasan ali je alokativno neefikasan jer proizvodi sa većim troškovima.

Nivo alokativne efikasnosti se mjeri omjerom udaljenosti αX_1 od koordinatnog početka i udaljenosti θX_1 od koordinatnog početka. Ukupna troškovna efikasnost α se dobija kao omjer udaljenosti αX_1 od početka i udaljenosti X_1 od koordinatnog početka. Kako bi se postigla optimalna kombinacija inputa, ekonomski akter mora povećati korištenje inputa C i smanjiti korištenje E. Može se primjetiti da ekonomski akter koji koristi kombinaciju inputa X_1 je kako tehnički tako i troškovno neefikasan, što može poboljšati pomjerajući optimalnu kombinaciju inputa prema x^* . To je npr. situacija kada preduzeća optimiziraju upotrebu energije tako što ulažu u efikasnije uređaje koji troše manje energije.

Do sada prikazano se odnosi na radijalno gledanje tehničke efikasnosti. U ovom slučaju, poboljšanje stepena efikasnosti u korištenju inputa zahtijeva proporcionalno smanjenje energije i ostalih inputa. Međutim, za dobivanje specifične mjere tehničke efikasnosti, empirijska analiza treba da se zasniva na neradijalnom predstavljanju efikasnosti. Ova mjera efikasnosti se izračunava kao omjer udaljenosti vektora βX_1 tehnički efikasnog inputa i vektora x_1 . Ovo predstavlja specifičan slučaj tehničke efikasnosti, kada se posmatra energija kao input, a definiše se kao omjer minimalno mogućeg (E_2) naspram stvarne potrošnje energije (E_1), uzimajući u obzir tehnologiju proizvodnje kao i stvarne nivoe outputa i ostalih inputa.

Filippini i Hunt (2015), inspirisani prikazom neradijalne specifične efikasnosti inputa, predlažu ekonometrijsku procjenu energijske efikasnosti na način da se procjeni jedna uslovna granična funkcija inputa (granica efikasnosti), u ovom slučaju energije. Sa ovim pristupom, razlika između optimalnog korištenja energije (E^*) koji korespondira sa najmanjim troškom kombinacije inputa (x^*) za proizvodnju određenog nivoa energetske usluge i stvarne potrošnje energije (E_1), predstavlja energijsku efikasnost. Kao što će biti prikazano u metodologiji ovog rada, metoda kojom se izračunava energijska efikasnost, analiza omeđivanja podataka upravo konstruira granice efikasnosti ili granice proizvodnih mogućnosti gdje najuspješnije jedinice posmatranja određuju granicu efikasnosti, a stepen

tehničke neefikasnosti ostalih jedinica računa se na osnovu udaljenosti njihovog omjera input-output u odnosu na granicu efikasnosti.

Dakle, s obzirom na višedimenzionalnost i važnost energijske efikasnosti, razvijeni su različiti pokazatelji za mjerenje (Ang, 2006; Patterson, 1996). Oni su uglavnom klasificirani u jednostavne jednofaktorske (tradicionalne) indekse i kompozitne indekse (Apergis *et al.*, 2015). U izvještaju Međunarodne agencije za energiju iz 2009. godine tvrdi se da korištenje energijskog intenziteta kao zamjene za energijsku efikasnost nije prikladno s obzirom da promjene u energijskom intenzitetu zavise od nekoliko faktora kao što su organizacija i struktura ekonomije kao i od stvarnog nivoa energijske efikasnosti. Činjenica da energija predstavlja jedini input u procesu ocjene energijske efikasnosti je osnova za kritiku jednofaktorskih indeksa. Ovi indeksi ne uzimaju u obzir druge inpute proizvodnje kao što su kapital i rad, što implicira da su svi outputi rezultat korištenja energije (Zhang *et al.*, 2011). Štaviše, ovako prikazani indeksi imaju tendenciju precjenjivanja energijske efikasnosti (Chang i Hu, 2010; Hu i Wang, 2006). Stoga, procjena energijske efikasnosti upotrebom indikatora na bazi jednog faktora može predstavljati pristrasne i lažne rezultate (Honma i Hu, 2008; Hu i Kao, 2007; Hu i Wang, 2006). Preferirani pristup u mjerenju energijske efikasnosti se odvija unutar okvira ukupnih faktora koji uzimaju u obzir ostale inpute proizvodnje (Hu i Wang, 2006). U tom smislu, Hu i Wang (2006) predlažu ukupnu faktorsku energijsku efikasnost (UFEE) koja uzima u obzir rad i kapital kao dodatne inpute u proizvodnom procesu. Ova mjera energijske efikasnosti predstavlja poboljšanje onoga što parcijalni faktori ne uzimaju u obzir. Dakle, UFEE mjeri energijsku efikasnost uzimajući u obzir komplementarnost i supstitivnost inputa u stvaranju outputa (Ohene-Asare *et al.*, 2020). Na primjer, tradicionalni indeks energijske efikasnosti (energija/BDP) se može poboljšati ako se smanji količina energije u proizvodnji ili pružanju usluga a poveća količina rada uz isti nivo outputa, bez bilo kakvog osnovnog poboljšanja tehničke energijske efikasnosti. U ovom smislu, energijski najefikasnije su one države/proizvodne jedinice koje koriste najmanje energije za ostvarivanje određenog nivoa BDP-a. Supstitucija energije radom nije se reflektovala u toj analizi. S druge strane, UFEE omogućava analizu efekta supstitucije između inputa ali i mjeri stvarnu energijsku efikasnost uzimajući u obzir postojanje supstitucije inputa. Analiza ukupne faktorske efikasnosti ispituje ne samo efekat zamjene između energije i drugih faktora proizvodnje nego ima i druge višedimenzionalne karakteristike. Analiza definiše krivu proizvodnih mogućnosti i formira granice proizvodnje koristeći relevantne podatke inputa i ekonomskih outputa svake proizvodne jedinice. Također postoji mogućnost analiziranja odnosa između svake proizvodne jedinice i njene pozicije na granici proizvodnih mogućnosti kako bi se utvrdilo jesu li proizvodni resursi u potpunosti iskorišteni ili postoji prostor za poboljšanje (Yu, 2020).

Tradicionalni, jednofaktorski indikator nije nužno tačna mjera promjena u korištenju energije jer su promjene rezultat nekoliko faktora, stoga je formiranje zaključaka na osnovu jednog faktora neadekvatno (Filippini, 2015). Boyd i Pang (2000) ističu da se poboljšanja energijske efikasnosti baziraju na poboljšanjima svih faktora produktivnosti. Kako bi se prevazišli nedostaci parcijalnih indikatora energijske efikasnosti sve veći broj istraživača

analizira UFEE (Nikbakht *et al.*, 2022; Bicil i Türköz, 2021; Chang, 2020; Ohene-Asare *et al.*, 2020; He *et al.*, 2019; Ohene-Asare i Turkson, 2019; Amowine *et al.*, 2019; Borozan i Borozan, 2018; Liu, 2017; Šegota *et al.*, 2017; Hu i Chang, 2016; Castro *et al.*, 2016; Apergis *et al.*, 2015; Xiaoli *et al.*, 2014; Fang *et al.*, 2013; Sueyoshi i Goto, 2013; Vlahinić-Dizdarević i Šegota, 2012; Zhang *et al.* 2011; Ceylan i Gunay, 2010; Honma i Hu, 2008; Hu i Wang, 2006). U tu svrhu se koristi analiza omeđivanja podataka (u daljem tekstu AOP). Dakle, na osnovu okvira UFEE, energijska efikasnost definiše se kao odnos ciljanog ulaza energije prema stvarnom ulazu koji je potreban na određenom izlaznom nivou. U ovom radu će se vršiti poređenje tradicionalnih i savremenih indikatora energijske efikasnosti (UFEE), s tim da će se za tradicionalni indikator koristiti potrošnja ukupne energije po jedinici BDP-a (tona ekvivalentne nafte na 1000 američkih dolara BDP-a) na nivou država.

Empirijska istraživanja u kojima je korištena UFEE obuhvataju desetke istraživanja i radova u posljednjih 15-ak godina a najznačajnija su predstavljena u nastavku. Značajna istraživanja su usmjerena na proučavanje energijske efikasnost na nivou država, regija ili privrednih sektora. Sažetak prethodnih studija ukupne faktorske energijske efikasnosti uz pregled korištenih inputa i outputa i primjene analize omeđivanja podataka prikazan je u narednoj tabeli.

Tabela 1. Relevantna istraživanja UFEE

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	Donosioci odluka (DO) (Godine obuhvaćene istraživanjima)
1.	Hu i Wang (2006)	AOP	Rad, kapital, potrošnja energije, ukupna zasijana površina poljoprivrednih kultura (energija biomase).	BDP	29 administrativnih regija u Kini (1995-2002)
2.	Hu i Kao (2007)	AOP	Rad, kapital i potrošnja energije.	BDP	17 APEC ekonomija (1991-2000)
3.	Honma i Hu (2008)	AOP	Zapošljavanje, privatni i javni kapital i 11 izvora energije: električna energija za komercijalnu i industrijsku upotrebu, električna energija u stambenom sektoru, benzin, kerozin, teška nafta, laka nafta, gas, butan gas, propan gas, ugalj i koks.	BDP	47 prefektura u Japanu (1993-2003)
4.	Mukherjee (2008)	AOP	Kapital, rad, energija i materijali	Indeks bruto proizvodnje za sektor	Proizvodni sektori u Indiji (1998-2004)
5.	Zhou i Ang (2008)	AOP	Kapital, radna snaga, ugalj, nafta, gas, ostali energenti	BDP, CO ₂	21 država Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	Donosioci odluka (DO) (Godine obuhvaćene istraživanjima)
					(OECD) (1997-2001)
6.	Ceylan i Gunay (2010)	AOP	Kapital, rad, istraživanje i razvoj, te potrošnja nafte, gasa, čvrstih goriva, nuklearne energije i obnovljive energije	BDP, emisije gasova staklene bašte	Turska i EU države (1995-2007)
7.	Zhang <i>et al.</i> (2011)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	23 države u razvoju iz Azije, Južne Amerike i Afrike (1980-2005)
8.	Vlahinić-Dizdarević i Šegota (2012)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	EU države (2000-2010)
9.	Hu <i>et al.</i> (2012)	AOP	Rashodi lokalne samouprave, zapošljavanje, prerađeno smeće, potrošnja električne energije u domaćinstvima i u komercijalne svrhe, industrijska potrošnja električne energije, obim prodaje benzina i dizela	Ukupan prihod	23 administrativne regije na Tajvanu (1999-2005)
10.	Li i Hu (2012)	AOP - SBM (Model baziran na rezervama)	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂ i sumpor-dioksid (SO ₂)	30 regija u Kini (2005-2009)
11.	Wang <i>et al.</i> (2012)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	Bruto industrijska proizvodnja	30 provincija u Kini (2005-2009)
12.	Song <i>et al.</i> (2013)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	Brazil, Rusija, Indija, Kina i Južna Afrika (2009-2010)
13.	Zhang i Choi (2013)	AOP - SBM (Model baziran na rezervama)	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, SO ₂ , ugljen-monoksid (CO), CO ₂	30 regija u Kini (2001-2010)
14.	Sun i Li (2014)	AOP-Malmquist	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	Provincije i grad u regionu delte rijeke Jangce (1992-2010)
15.	Zhao <i>et al.</i> (2014)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije, kapital i CO ₂	BDP	30 administrativnih regija i 6 oblasti Kine (2006-2012)
16.	Shen <i>et al.</i> (2015)	Trostepeni AOP Model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, emisije polutanata	30 provincija u Kini (2000-2012)
17.	Ozkara i Atak (2015)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	Nivo proizvodnje i CO ₂	Prerađivačke industrije u 26 regija Turske (2003-2012)

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	Donosioci odluka (DO) (Godine obuhvaćene istraživanjima)
18.	Wu <i>et al.</i> (2015)	AOP	Radna snaga, kapital i potrošnja energije u industriji	Bruto vrijednost industrijske proizvodnje, generirani industrijski čvrsti otpad, industrijski ispuštene otpadne vode, ispušteni industrijski otpadni gasovi	30 provincija u Kini (2006-2010)
19.	Apergis <i>et al.</i> (2015)	AOP SBM	Proizvodni kapital, radna snaga, potrošnja obnovljive i neobnovljive energije	BDP, CO ₂	Odabrane OECD države (1985-2001)
20.	Cheng (2016)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	N/a (1991-2012)
21.	Castro <i>et al.</i> (2016)	AOP SBM	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP, CO ₂	G7 i BRICS države (1993-2010)
22.	Zhang <i>et al.</i> (2016)	Super-efikasni AOP model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	30 provincija u Kini (2000-2012)
23.	Zhang <i>et al.</i> (2016)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	30 administrativnih regija u Kini (2000-2014)
24.	Xu <i>et al.</i> (2017)	AOP Malmquist model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	Beijing-Tianjin-Hebei region (1991-2014)
25.	Zhang <i>et al.</i> (2017)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, SO ₂	29 provincija i autonomnih regija u Kini (1996-2014)
26.	Šegota <i>et al.</i> (2017)	AOP	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP, CO ₂ i SO ₂	28 EU država (2008-2014)
27.	Huang i Wang (2017)	AOP SBM	Kapital, radna snaga i energetska ulaganja	BDP, SO ₂	276 gradova u Kini (2000-2012)
28.	Lin i Xu (2017)	AOP SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, SO ₂ i hemijska potreba za kiseonikom	30 provincija, općina i regija u Kini (2006-2015)
29.	Jebali <i>et al.</i> (2017)	AOP	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP	Mediterranske države (2009-2012)
30.	Borozan i Borozan (2017)	AOP	Radna snaga, finalna potrošnja električne energije i bruto investicije u dugotrajnu imovinu	BDP	21 regija u Hrvatskoj (2001-2013)

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	Donosioci odluka (DO) (Godine obuhvaćene istraživanjima)
31.	Guo <i>et al.</i> (2017)	AOP	Površina zemljišta, stanovništvo, upotreba energije	BDP, CO ₂	26 OECD država i Kina (2000-2010)
32.	Gökgöz i Erkul (2018)	AOP SBM	Potrošnja fosilnih goriva, radna snaga i bruto investicije u dugotrajnu imovinu	BDP	29 Evropskih država (2011-2015)
33.	Zhang <i>et al.</i> (2018)	AOP	Radna snaga, kapital i potrošnja primarne energije	BDP, CO ₂	16 vodećih država uključenih u projekte Mehanizma čistog razvoja CDM (1990-2015)
34.	Han <i>et al.</i> (2018)	JEE	Energija	BDP	89 država (2000-2014)
35.	Zhao <i>et al.</i> (2018)	Trostepeni AOP model	Radna snaga, potrošnja energije, CO ₂ i kapital	BDP	35 država inicijative „Pojas i put“ (2015)
36.	Borozan (2018)	AOP	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, ukupna finalna potrošnja energije, stopa zaposlenosti	BDP	25 EU NUTS-2 regija (2005-2013)
37.	Ohene-Asare i Turkson (2018)	AOP SBM	Ukupna primarna energija, električna energija, radna snaga, kapital	BDP, CO ₂ , gubici u distribuciji	15 država Ekonomske zajednice zapadnoafričkih država (1990-2014)
38.	Yang i Wei (2018)	AOP Malmquist indeks	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpadne vode, hemijska potreba za kiseonikom, amonijak, azot, sumpor dioksid, dim i prašina	17 regija inicijative „Pojas i put“ (2005-2015)
39.	Vlahinić-Lenz <i>et al.</i> (2018)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂ , sumporni oksidi (SO _x)	28 EU država (2008-2014)
40.	Cai i Fan (2019)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	Indeks ljudskog razvoja (HDI), SO ₂ , CO ₂ , azotni oksidi (NO _x), dim i prašina	30 provincija u Kini (2012-2016)
41.	Amowine <i>et al.</i> (2019)	AOP Malmquist Indeks	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	25 afričkih država (2006-2014)
42.	Wang <i>et al.</i> (2019)	AOP Malmquist Indeks	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	25 država koje imaju emisije CO ₂ veće od 200 metričkih tona u 2017. godini (2010-2017)

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	Donosioci odluka (DO) (Godine obuhvaćene istraživanjima)
43.	He <i>et al.</i> (2019)	EBM-AOP model	Potrošnja uglja, potrošnja nafte, potrošnja gasa, ljudski resursi, kapital	BDP, SO _x , CO, CO ₂ , metan	32 OECD države (1995-2016)
44.	Xue <i>et al.</i> (2020)	AOP Malmquist model	Radna snaga, potrošnja energije, kapital i zagađenje okoliša	BDP	17 provincija u Kini (2006-2015)
45.	Yu (2020)	AOP super SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, hemijska potražnja za kiseonikom, SO ₂	30 provincija u Kini (2003-2016)
46.	Cheng <i>et al.</i> (2020)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	30 provincija u Kini (1997-2016)
47.	Shang <i>et al.</i> (2020)	AOP SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂ , SO ₂	Provincije u Kini (2005-2016)
48.	Chang (2020)	AOP Analiza metafronte	Kapital, radna snaga, potrošnja energije iz fosilnih goriva	BDP	28 država članica EU (2010-2014)
49.	Ohene-Asare <i>et al.</i> (2020)	AOP SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	46 afričkih država (1980-2011)
50.	Hao <i>et al.</i> (2020)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpadne vode, otpadni gas i čvrsti otpad u industriji	30 provincija u Kini (2005-2016)
51.	Lu <i>et al.</i> (2021)	AOP Super-SBM model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, industrijski otpad, sumpor dioksid i čađ	266 gradova u Kini (2006-2017)
52.	Bicil i Türköz (2021)	Malmquist indeks	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP	28 država EU (2005-2017)
53.	Li <i>et al.</i> (2022)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije, kapital, istraživanje i razvoj	BDP, SO ₂ , patent	30 provincija u Kini (2016-2019)
54.	Geng <i>et al.</i> (2022)	AOP Super-SBM model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, emisije industrijskih otpadnih plinova, industrijske otpadne vode i industrijski čvrsti otpad	Provincije u Kini (2008-2020)
55.	Nikbakht <i>et al.</i> (2022)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	Države Perzijskog zaljeva (2000-2014)
56.	Wang i Wang (2022)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpad	Regije u Kini

Izvor: kreacija autora.

Osnovne karakteristike radova koji su predstavljeni u prethodnoj tabeli su:

- da je za metodu analize energijske efikasnosti odabrana analiza omeđivanja podataka,
- da su inputi u modelu u najvećem broju slučajeva radna snaga, potrošnja energije i kapital,
- da su outputi modela BDP kao poželjni output i CO₂ (ili polutanti) kao nepoželjni output,
- da je gotovo svaki uzorak država ili regija obuhvatio i poredio razvijene države ili regije te države ili regije u razvoju, i
- da se u najvećem broju radova analizira energijska efikasnost na bazi podataka iz godina u periodu od 2005. do 2010. godine.

Hu i Wang (2006) su analizirali energijsku efikasnost 29 administrativnih regiona u Kini za period 1995-2002. godina sa novouvedenim indeksom. Koristili su AOP kako bi pronašli ciljani energetske input za svaki region u Kini u svakoj određenoj godini a zatim dijeljenjem sa stvarnim energetske inputom dobijen je UFEE. Pokazalo se da UFEE bolje odgovara stvarnoj situaciji dok se regionalna UFEE generalno poboljšala tokom perioda istraživanja, osim u zapadnom području Kine. Hu i Kao (2007) su analizirali UFEE za 17 država Azijsko-pacifičke ekonomske saradnje (APEC) koristeći se AOP za period 1991-2000. godina. Modelima linearnog programiranja, Zhou i Ang (2008) su analizirali performanse energijske efikasnosti u 21 državi Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj (*eng. Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*) za period 1997-2001. godina. Honma i Hu (2008) su istraživali regionalnu energijsku efikasnost pomoću UFEE u Japanu. Analiza je provedena na 47 administrativnih jedinica u Japanu za period 1993–2003. Istraživanje obuhvata 14 inputa, uključujući tri proizvodna faktora (zapošljavanje, privatni i javni kapital) i 11 izvora energije, uz BDP kao jedini output. Unutrašnje regije i većina regija duž Japanskog mora su efikasne u korištenju energije. Chang i Hu (2010) su na osnovu UFEE i Luenbergovog indeksa produktivnosti u regijama Kine uveli indeks promjene ukupne energetske produktivnosti. Xing-Ping *et al.* (2011) koriste okvir UFEE u 23 države u razvoju od 1980. do 2005. godine. Rezultati istraživanja pokazuju da sedam država ima veoma male promjene u UFEE, jedanaest država pokazuje konstantno smanjenje energijske efikasnosti, dok pet država ima kontinuirano poboljšanje UFEE, uz Kinu kao predvodnicu ove grupe država. Empirijski rezultati pokazuju da Bocvana, Meksiko i Panama imaju najbolje rezultate u pogledu energijske efikasnosti, dok Kenija, Šri Lanka, Sirija i Filipini imaju najlošije rezultate tokom čitavog perioda istraživanja. Najveće povećanje energijske efikasnosti se događa u Kini a energetske politike igraju ključnu ulogu u napretku.

Analize UFEE su provođene i za industrijske sektore (Wang *et al.*, 2012). Korišten je okvir indeksa ukupne faktorske energijske efikasnosti za industrijska preduzeća u 30 provincija u

Kini od 2005. do 2009. godine. Output modela predstavlja bruto industrijska proizvodnja dok su potrošnja energije, prosječni saldo osnovnih sredstava i prosječan broj radnika ulazne vrijednosti. Oni su, imajući u vidu regionalnu podjelu Kine (istočnu, centralnu i zapadnu) i razlike u ekonomskom razvoju u svakom regionu, analizirali i energijsku efikasnost svakog regiona. Rezultati pokazuju da prostora za poboljšanje energijske efikasnosti postoji, posebno zapadne regije koja imaju velike količine viška energije. Zaključili su da nedovoljna tehnološka ulaganja predstavljaju osnovu neefikasnosti. Slično istraživanje UFEE za sektore u Japanu su proveli Honma i Hu (2008). U tom istraživanju mjeri se energijska efikasnost 17 sektora u japanskoj ekonomiji u periodu 1998-2005. godina, koristeći AOP. UFEE je definisana kao omjer predloženog ciljnog energetskeg inputa, dobivenog analizom omeđivanja podataka, i stvarnih energetskeg inputa. Glavni nalaz ovog istraživanja je da izuzetno energijski neefikasni sektori u japanskoj ekonomiji uključuju energetske intenzivne industrije (tj. celulozu i papir, hemijski, cementni i keramički i primarni metalni sektor) kao i poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo, transport i komunikacije. Hu *et al.* (2012) provode istraživanje UFEE u 23 administrativne regije u Tajvanu za period 1999-2005. godina. Model je sačinjavao jedan output (ukupni prihod) i sedam inputa (rashodi lokalne samouprave, zapošljavanje, prerađeni otpad, potrošnja električne energije za domaćinstva i komercijalne svrhe, industrijska potrošnja električne energije, obim prodaje benzina i dizela). Utvrđeno je da većina od 23 administrativne regije ne koriste efikasno električnu energiju za domaćinstva i komercijalne svrhe, industrijsku električnu energiju, benzin i dizel, s obzirom na granicu efikasnosti na Tajvanu. Rezultati predlažu poboljšanja energijske efikasnosti u korištenju električne energije u domaćinstvima i za komercijalne svrhe u ruralnim područjima. Prostor za poboljšanje efikasnosti korištenja električne energije za industriju postoji posebno u regionima gdje je koncentrisana visokotehnološka industrija. Honma i Hu (2014) su analizirali ukupnu energijsku efikasnost na nivou industrije u 14 razvijenih zemalja za period 1995–2005. godina koristeći AOP. U analizi se koriste četiri inputa: radna snaga, kapital, energija i neenergetski posredni inputi uz dodanu vrijednost kao jedini output. Rezultati pokazuju da Japan može dodatno optimizirati očuvanje energije jer je ostvareno smanjenje UFEE sa 0,986 u 1995. na 0,927 u 2005. godini. Da bi se poboljšala neefikasna industrija, Japan bi trebao prilagoditi tehnologije za uštedu energije iz referentnih zemalja kao što su Njemačka, Velika Britanija i Sjedinjene Američke Države. UFEE i potencijal uštede električne energije proizvodne industrije u Turskoj su analizirali Ozkara i Atak (2015). Ova analiza koristi AOP i istražuje rezultate ukupne faktorske energijske efikasnosti proizvodne industrije u 26 regija Turske između 2003. i 2012. godine. Empirijski rezultati pokazuju da regija Istanbul ima najbolji učinak i djeluje kao model za neefikasne regije. Uočeno je da turska prerađivačka industrija ima prosječan potencijal uštede električne energije od 39,7%.

Postoji značajan broj istraživanja UFEE pojedinačnih gradova, regiona ili provincija, koristeći se analizom omeđivanja podataka u različitim modelima i varijantama. Tu prvenstveno prednjače istraživanja koja se odnose na provincije i gradove u Kini. Ekološki UFEE regija u Kini razmatran je u različitim periodima (Li i Hu, 2012; Zhang i Choi, 2013; Sun i Li, 2014; Zhang *et al.*, 2017, Li *et al.*, 2022). UFEE regiona delte rijeke Jangce u Kini

su analizirali autori Sun i Li (2014). Analizirana je energijska efikasnost novim indeksom koji se sastoji od energije, kapitala, rada i drugih inputa te BDP-a kao outputa. Ovaj rad analizira potrošnju energije od 1992. do 2010. godine za dvije provincije i jedan grad u regionu delte rijeke Jangce, u smislu kvaliteta energije, potrošnje i intenziteta potrošnje energije. Empirijski rezultati pokazuju da region delte rijeke Jangce, zbog tehnološkog napretka i tehničke efikasnosti, spaja sve elemente energijske efikasnosti.

Shen *et al.* (2015) su istraživali UFEE i konvergenciju 30 provincija u Kini u periodu 2000-2012. godina. Liu *et al.* (2017) provjeravaju UFEE 30 regija u Kini uključujući efekte prirodnih nesreća. Huang i Wang (2017) istražuju UFEE 276 gradova u Kini u periodu 2000-2012. godina na bazi trostepene AOP. Yang i Wei (2018) su provjeravali UFEE 26 većih gradova uključujući elemente okolišnog zagađenja. Cai i Fan (2019) vrednuju UFEE 30 provincija uzimajući u obzir društveno blagostanje kao jedan od outputa modela AOP. Xue *et al.* (2020) mjere UFEE 17 provincija koje su dio inicijative „Pojas i put“ za period 2006-2015. godina. Yu (2020) razmatra strukturu industrijske proizvodnje, tehnološke inovacije i UFEE u 30 provincija u periodu 2003-2016. godina. Konvergenciju UFEE 30 provincija za period 1997-2016. godina provjerava Cheng *et al.* (2020). Lu *et al.* (2021) mjere i analiziraju UFEE 266 gradova u periodu 2006-2017. godina. I druge pojedinačne države su bile u fokusu istraživanja, kao što je Turska (Ozkara i Atak (2015)).

Pored pojedinačnih država, UFEE je analiziran i za blokove ili grupe država. Sueyoshi i Goto (2013) evaluiraju energetske miks, električnu energiju i CO₂ pomoću AOP i Malmquistovog indeksa za 10 država OECD-a. Castro *et al.* (2016) analiziraju ukupnu faktorsku energijsku efikasnost G7 (Sjedinjene Američke Države, Kanada, Japan, Njemačka, Italija, Francuska i Velika Britanija) i BRICS (Brazil, Rusija, Indija, Kina i Južna Afrika) država u periodu 1993-2010. godina. Rezultati ukazuju da su BRICS i G7 države statistički različite grupe, koje zahtijevaju zasebne analize UFEE, da se energijska efikasnost u BRICS državama kreće od 23,54% do 99,95% a da je UFEE u G7 država uvijek iznad 95%. Guo *et al.* (2017) provjeravaju energijsku efikasnost u kontekstu ukupnih faktora za države članice OECD-a i Kinu. Trostepeni model analize omeđivanja podataka koriste Zhao *et al.* (2018) za provjeru UFEE 35 država inicijative „Pojas i put“. Ohene-Asare i Turkson (2019) istražuju UFEE 15 država Ekonomske zajednice zapadnoafričkih država (ECOWAS) na osnovu podataka od 1990 do 2014. godine. Napredak po pitanjima ukupne faktorske energijske efikasnosti afričkih država je također u fokusu novijih istraživanja (Ohene-Asare *et al.*, 2020; Amowine *et al.*, 2019). Ukupna faktorska energijska efikasnost i ekonomski razvoj u Africi predstavljaju istraživanje autora Ohene-Asare, Tetteh i Asuah (2020). To istraživanje predstavlja procjenu energijske efikasnosti 46 afričkih država od 1980-2011. godine. Rezultati pokazuju da su afričke države u prosjeku 56% energijski efikasne i da bi se trebale usvojiti politike energijske efikasnosti država Sjeverne Afrike kao mjerila za poboljšanje energijske efikasnosti. Ekonomski razvoj i tehnološki napredak imaju značajne pozitivne efekte na energijsku efikasnost afričkih država.

Wang *et al.* (2019) ocjenjuju poboljšanja energijske efikasnosti koristeći AOP na uzorku od 25 država koje imaju najveće svjetske emisije CO₂. Sun *et al.* (2019) su istraživali kvalitet

institucija, inovacije u zelene tehnologije i UFEE na uzroku od 71 razvijene i države u razvoju za period 1990-2014. godina. Nikbakht *et al.* (2022) su proveli analizu UFEE za zemlje Perzijskog zaljeva za period 2000 – 2014. godina koristeći analizu omeđivanja podataka. Ova studija pokazuje da bi države Perzijskog zaljeva mogle potencijalno smanjiti potrošnju energije do 18%. Predlaže se niz ekološki prihvatljivih ekonomskih politika uz naglasak na korištenju inovativnih zelenih tehnologija.

Iako se najveći dio istraživanja odnosi na države Azije, UFEE se istraživala i u državama EU. Tako su Ceylan i Gunay (2010) istraživali trendove energijske efikasnosti u državama EU i Turskoj za period 1995-2007. godina. Koristili su se analizom omeđivanja podataka za izračun UFEE a inputi u modelu su kapital, rad, izdaci za istraživanje i razvoj te potrošnja energije, dok su outputi BDP i gasovi staklene bašte. Vlahinić-Dizdarević i Šegota (2012) su utvrdile promjene u energijskoj efikasnosti na nivou država EU od 2000. do 2010. godine i usporedile su dobivene rezultate s tradicionalnim pokazateljima. Rezultati UFEE odražavaju mogućnost supstitucije među faktorima u srednjem roku i promjene u strukturi potrošnje energije. Rezultati ovog istraživanja upućuju na zaključak da bi sve neefikasne zemlje mogle unaprijediti svoju efikasnost smanjenjem nekih od inputa. Apergis *et al.* (2015) su istraživali energijsku efikasnost u odabranim državama OECD-a, uključujući i neke države EU. Istraživanje je obuhvatilo period 1985-2001. godina a primjenjena je metoda AOP za model baziran na rezervama (*eng. Slacks Based Model – SBM*) sa neželjenim outputima. Inputi u modelu su kapital, radna snaga, potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, dok su outputi u modelu BDP i CO₂. Šegota *et al.* (2017) su analizirali okolišnu ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u državama EU za period 2008-2014. godina, koristeći se AOP gdje su outputi BDP, te emisije CO₂ i SO_x. Ustanovljene su značajne razlike u ocjeni okolišnog UFEE između razvijenih i manje razvijenih zemalja EU. Stoga, da bi riješile probleme okolišne UFEE, neefikasne države bi trebale imati za cilj promjenu svoje energetske strukture kao i njezine potrošnje. Jebali *et al.* (2017) su analizirali energijsku efikasnost država Mediterana, koristeći se dvostepenom analizom omeđivanja podataka za period 2009-2012. godina. Tehničku i ukupnu faktorsku energijsku efikasnost regija u EU je istraživala autorica Borozan (2018). U ovom istraživanju se razmatra energija kao osnovni resurs koji zajedno sa kapitalom i radom doprinosi stvaranju rezultata. Istraživanje pokazuje da li regije Evropske unije koriste energiju efikasno te su analizirani podaci za period 2005-2013. godina. Rezultati AOP pokazuju da su regionalne razlike u tehničkoj i energijskoj efikasnosti značajne, pri čemu većina regija EU nije uspjela efikasno iskoristiti sve svoje resurse. Dodatno je ista autorica Borozan (2017) istraživala UFEE regija u Hrvatskoj. U radu se istražuje UFEE i promjena trendova tehničke efikasnosti u hrvatskim regijama u periodu 2001-2013. godina. Primjenom AOP došlo se do zaključaka da geografska distribucija ocjena tehničke efikasnosti ukazuje na prisustvo prostorne koncentracije. Razlike između najbolje prakse i najgorih rezultata tehničke efikasnosti ukazuju na prisustvo značajnih razlika među hrvatskim regijama. Regionalne vlasti mogu igrati važnu ulogu u realizaciji politika energijske efikasnosti. Gökgöz i Erkul (2019) su istraživali energijsku efikasnost 29 država Evrope koristeći se metodom AOP za optimizaciju mjere efikasnosti bazirane na izravnavajućim promjenljivim. Analiziran je

period 2011-2015. godina gdje su inputi potrošnja energije fosilnih goriva, broj zaposlenih i bruto investicije u dugotrajnu imovinu, dok je jedini output BDP. Empirijski rezultati otkrivaju da su rezultati UFEE istočne Evrope, baltičkih država i EU-13 niži od rezultata država Sjeverne Evrope, Zapadne Evrope, Južne Evrope, Skandinavije i EU-15 za isti period. He *et al.* (2019) su proveli empirijsko istraživanje utjecaja okolišnih taksu na energijsku efikasnost u 32 OECD države, uključujući i države EU. Analizirani su podaci o potrošnji uglja, dizela i goriva, zatim podaci o broju zaposlenih, kapitalu (kao inputi) te podaci o BDP-u, sumpornim oksidima, azotnim oksidima, CO₂ i metanu (kao outputi) za period 1995-2016. godina. Chang (2020) je proveo empirijsku analizu 28 članica EU na način da je izvršio podjelu na države članice regiona Baltičkog mora i države koje nisu članice tog regiona. Koristeći meta-frontier analizu uzeti su u obzir kapital, radna snaga i potrošnja energije iz fosilnih izvora (kao inputi) u stvaranju BDP-a (outputa). Bicil i Türköz (2021) su istraživali efikasnost u korištenju energije za 28 članica EU u periodu 2005-2017. godina. Razmatrali su ulogu kapitala, zaposlenosti i korištenja energije u stvaranju BDP-a, koristeći se AOP odnosno Malmquistovim indeksom ukupne faktorske produktivnosti. Rezultati istraživanja ukazuju na povećanje energijske efikasnosti ali i povećanje razlika u efikasnosti između 28 država EU uz dva glavna razloga: struktura energije po državama i energetske politike oblikovane specifičnostima država.

Pregledom dosadašnjih istraživanja i stručnih izvještaja, za države Zapadnog Balkana, postoji prikaz stanja energijske efikasnosti samo na osnovu tradicionalnih indikatora odnosa potrošnje energije i BDP-a (Baze podataka Međunarodne agencije za energiju, Svjetske banke, Svjetskog instituta za resurse i sl.) dok su drugi indikatori, koji uzimaju u obzir sve faktore, izostavljeni iz analiza. U skladu sa najnovijim naučnim dostignućima u ovoj oblasti i s ciljem potpunijeg prikaza stanja energijske efikasnosti, odlučili smo se kroz ovaj rad analizirati UFEE, te će se u nastavku pod pojmom energijske efikasnosti podrazumijevati ukupna faktorska energijska efikasnost. Vrijedi napomenuti da će se na ovaj način prikazom UFEE država Zapadnog Balkana, koje imaju mnoštvo sličnosti i specifičnosti (tranzicijske države, države u postratnom periodu, visok nivo korupcije, zastarjele tehnologije i dr.), upotpuniti naučna literatura. Razlike u potrošnji energije te nivou kapitala i zaposlenosti, koje su prisutne u državama Zapadnog Balkana se reflektiraju i na razlike u energijskoj efikasnosti. Nastale varijacije i odstupanja su u najvećoj mjeri rezultat činjenice da se u državama Zapadnog Balkana ne primjenjuju najefikasnije tehnike i tehnologije uz prisustvo neadekvatnih energetske politike (Borožan, 2018). Na osnovu pregleda literature, za očekivati je da će u slučaju država Zapadnog Balkana postojati značajna razlika u rezultatima tradicionalnog pristupa analizi energijske efikasnosti i pristupa po principima UFEE.

3.2. Koncept konvergencije

Konvergencija se može definisati kao smanjenje razlika u ekonomskim pokazateljima između pojedinih prostora (država ili regija) a procesom konvergencije slabije razvijeni prostori se vrijednostima ekonomskih pokazatelja približavaju više razvijenim prostorima (Borić, 2018). Jedan od razloga analize konvergencije država Zapadnog Balkana prema EU,

koji će se obrađivati u ovom radu, jeste i činjenica da se za sve članice i kandidate za članstvo u EU postavljaju ciljevi i pravci djelovanja u svrhu smanjenja potrošnje energije, smanjenja emisija ugljen dioksida, povećanja korištenja energije iz obnovljivih izvora, itd. Dinamika dostizanja standarda EU za države Zapadnog Balkana, u kontekstu energijske efikasnosti, emisija CO₂ i sl., je veoma bitna jer će utjecati na ciljeve i uslove EU za pristupanje država Zapadnog Balkana.

Empirijska istraživanja u kojima su analizirani procesi konvergencije energijske efikasnosti na nivou država ili regija predstavljena su u nastavku. Han *et al.* (2018) empirijski ispituju efekte trgovinske integracije i regionalne saradnje na procese konvergencije energijske efikasnosti na nivou država. Za analizu koriste uzorak od 89 odabranih država, koje generišu oko 80% svjetskog BDP-a, sa podacima od 2000. do 2014. godine. Iako rezultati pokazuju da jaz po pitanjima energijske efikasnosti raste nakon 2010. godine, regionalna saradnja i trgovinska integracija mogu dovesti do procesa konvergencije. Ističu da regionalna saradnja može dovesti do procesa konvergencije i nalaze da trgovinska integracija pozitivno utječe na konvergenciju između država, posebno onih sa srednjim i niskim dohotkom. Stern (2012) je u analizi energijske efikasnosti u 85 odabranih država u periodu od 37 godina uočio da energijska efikasnost konvergira tokom vremena u različitim državama. Meng *et al.* (2013) su proveli istraživanje o uslovnoj konvergenciji energijske efikasnosti korištenjem podataka iz 25 država OECD-a između 1960. i 2010. godine. Rezultati ukazuju na značajnu konvergenciju među predmetnim državama. Herrerias (2012) je analizirao nivo energijske efikasnosti 83 odabrane razvijene i države u razvoju u periodu 1971–2008. godina kako bi ukazao na visok stepen konvergencije energijske efikasnosti država u razvoju.

Zhang *et al.* (2017) analiziraju ukupnu faktorsku energijsku efikasnost 30 upravnih regija u Kini. Autori ističu da tokom perioda od 2000. do 2014. godine, regionalna energijska efikasnost ne samo da pokazuje apsolutnu β -konvergenciju, već i uslovnu β -konvergenciju čija je stopa konvergencije veća od stope apsolutne konvergencije nakon kontrole početnih uslova koji se tiču nivoa privrednog razvoja, nivoa direktnih stranih ulaganja i utjecaja vlade. Cheng *et al.* (2020) su analizirali UFEE i konvergenciju 30 provincija Kine po pitanju UFEE od 1997. do 2016. godine. Putem testa konvergencije, proučavana je konvergencija i rezultati pokazuju da UFEE ima značajnu regionalnu heterogenost. Osnovni uzrok energijske neefikasnosti predstavljaju loše upravljanje i tehnološki jaz. Yang i Wei (2019) analiziraju UFEE u ključnim regijama Kine od 2005. do 2015. godine, te analiziraju efekte konvergencije. Slično, Huang *et al.* (2018) ispituju konvergenciju za različite mjere energijske efikasnosti po regijama u Kini uz korištenje drugih setova podataka. Nalaze da regije koje su označene kao one koje obraćaju više pažnje zaštiti okoliša i čije ekonomije nisu bazirane na vađenju i preradi prirodnih resursa brže konvergiraju regijama sa najboljom energijskom efikasnošću. Dodatno, Shen *et al.* (2015) testiraju konvergenciju energijske efikasnosti Kine. Razmatrane su razlike u regionalnoj energijskoj efikasnosti i konstatovano je da se divergencija javlja u smislu ukupne tehničke efikasnosti. Zaključeno je da postoji potreba za različitim energetske strategijama regija.

Obzirom da su u tradicionalnom smislu pojmovi energijske efikasnosti i intenziteta povezani, u nastavku su prikazana istraživanja konvergencije država ili regija po pitanjima energijskog intenziteta. Le Pen i Sévi (2010) procjenjuju konvergenciju energetske intenziteta za grupu od 97 zemalja u periodu od 1971-2003. godine. Autori odbacuju hipotezu globalne konvergencije dok se za podgrupe država (Bliski istok, OECD i dr.) zaključci o nekonvergenciji manje odbacuju. Liddle (2010) ispituje konvergenciju u energijskom intenzitetu globalno za dvije velike grupe podataka: (a) uzorak od 111 odabranih država koji obuhvata period 1971–2006. godina, i (b) uzorak od 134 odabrane države za period 1990–2006. godina. Oba skupa podataka potvrđuju nastavak konvergencije, naročito ovaj drugi veći skup država koji uključuje bivše republike Sovjetskog Saveza i dodatne države na Balkanu.

I po ovom pitanju, postoji jako limitiran broj istraživanja konvergencije sa aspekta energijske efikasnosti koja se odnose na tranzicijske zemlje uopšte, dok za Zapadni Balkan ne postoje nikako. Jedina do sada dostupna studija koja ima u fokusu države u tranziciji jeste Markandya *et al.* (2006), koji istražuju odnos između energetske intenziteta u 12 tranzicijskih država Istočne Evrope i država EU15, odnosno proučavaju konvergenciju i njene trendove. Podaci pokazuju određene dokaze konvergencije dok se prema predviđanjima očekuje značajna konvergencija država u tranziciji između 2000. i 2020. godine. Kako su trendovi energijske efikasnosti sastavni dio ekonomskih procesa, važno je analizirati i radove koji se tiču konvergencije drugih ekonomskih aspekata (BDP i sl.) Zapadnog Balkana prema EU. U tom smislu, Šiljak (2018) istražuje proces konvergencije država na Zapadnom Balkanu prema bivšim tranzicijskim državama koje su već članice EU u periodu 2004-2016. godina, na osnovu BDP-a i drugih makroekonomskih varijabli. Autorica analizira dvije vrste beta konvergencije, bezuslovnu i uslovnu konvergenciju. Empirijski rezultati sugeriraju da postoji apsolutna konvergencija Zapadnog Balkana prema posmatranim zemljama EU za svaki analizirani period.

Navedeni pregled literature pokazuje da energijska efikasnost u državama Zapadnog Balkana nije mjerena pomoću UFEE, niti je analizirana konvergencija sa aspekta energijske efikasnosti ovih država prema EU i ovom studijom želimo da popunimo te nedostatke u literaturi.

3.3. Determinante ukupne faktorske energijske efikasnosti

Treći korak u ovom radu se odnosi na analizu determinanti UFEE, odnosno uzroka promjena UFEE tokom vremena. Ovdje je bitno naglasiti da će se determinante UFEE cjelovito analizirati zbog specifičnog konteksta država Zapadnog Balkana, kako bi se uočili najznačajniji uzroci promjena energijske efikasnosti. Jedan dio determinanti je već istražen u smislu identifikacije i nivoa utjecaja i iste će predstavljati kontrolne varijable u modelu koji se razvija za potrebe ove disertacije. Dosadašnja istraživanja su za determinante energijske efikasnosti uzimala utjecaj tehnološkog razvoja, inovacija, nivo ekonomskog

razvoja, vrste energije, cijene energije i dr. Prilog 1 ovog rada prikazuje dosadašnja istraživanja faktora koji utječu na UFEE, dok su u nastavku opisana relevantna istraživanja.

Većina trenutnih studija pokazuje da su ekonomska struktura i razvoj, tehnološke inovacije i cijena energije važni faktori koji utječu na energijsku efikasnost. Fan i Xia (2012) ističu da miks inputa energije, industrijske strukture i tehnološkog razvoja imaju veliki utjecaj na energijsku efikasnost. Istraživanje je provedeno u Kini za period od 1987. do 2007. godine. Podaci ovog istraživanja pokazuju da će potražnja za energijom u Kini nastaviti da raste velikom brzinom ako se privreda bude razvijala kao i proteklih decenija. Ogroman potencijal za poboljšanje energijske efikasnosti se ne može zanemariti, jer bi rast mogao biti bolji prilagođavanjem energetske miksa, industrijske strukture i tehnološkim poboljšanjima.

Fleiter *et al.* (2012) su istraživali energetske intenzivne procese u Njemačkoj i utvrdili su da je došlo do sporog poboljšanja energijske efikasnosti u proteklim decenijama. Istakli su da do poboljšanja energijske efikasnosti može doći korištenjem inovativnih tehnologija koje će rezultirati potencijalnom uštedom od 34 tera-džula (TJ) godišnje za goriva i 12 TJ/godišnje za električnu energiju. Pardo i Moya (2013) su prikazali da tehnološki napredak ima veliki utjecaj na poboljšanje energijske efikasnosti. Analizirali su industrije željeza i čelika u Evropskoj uniji. Zaključci ističu važnost novih tehnologija za poboljšanje performansi u potrošnji energije i emisiji CO₂. Inglesi-Lotz i Pouris (2012) su zaključili da strukturne promjene privrede igraju važnu ulogu u povećanju energijske efikasnosti u privredi. Ovo istraživanje ispituje faktore koji utječu na trendove energijske efikasnosti u Južnoj Africi od 1993. do 2006. godine a posebno utjecaj strukturnih promjena u efikasnosti korištenja energije. Utvrdili su da strukturne promjene u privredi igraju veoma važnu ulogu u povećanju energijske efikasnosti u cijeloj državi. Jedan od prijedloga je postojanje politike diferenciranih cijena energije kako bi se stvorila održiva politika energijske efikasnosti. Ma i Stern (2008) su otkrili da tehnološke i strukturne promjene na industrijskom nivou značajno doprinose promjeni energijske efikasnosti. Autori su analizirali uzroke promjena energijske efikasnosti i intenziteta u Kini u periodu od 1980. do 2003. godine. Otkrili su da je najveći dio promjene uzrokovan tehnološkim progresom. Xiaoli *et al.* (2014) ukazuju da cijena energije i industrijska struktura, uz nivo ekonomskog razvoja u velikoj mjeri utječu na energijsku efikasnost. Cilj njihovog istraživanja je prikaz promjena UFEE i pokretača takvih promjena u Kini. Rezultati Tobit regresije ukazuju da tehnološki napredak, cijena energije i ekonomski razvoj imaju pozitivan utjecaj na UFEE.

Eom *et al.* (2012) su istakli da tehnološke inovacije predstavljaju značajan faktor koji utječe na energijsku efikasnost, naročito u sektoru građevinarstva. Giaccone i Mancò (2012) su utvrdili da lokaciju i tokove energije te vrste goriva treba uzeti u obzir pri mjerenju energijske efikasnosti. Vlahinić-Dizdarević i Šegota (2012) navode da države EU, u kojima dominira potrošnja visokokvalitetnih goriva, postaju energijski efikasnije u odnosu na one u kojima dominira potrošnja uglja kao primarnog energenta. Dodatno su ispitali promjene energijske efikasnosti u državama EU u periodu od 2000. do 2010. godine te upoređivali rezultate UFEE sa tradicionalnim indikatorima energijske efikasnosti.

Pored mjerenja nivoa UFEE, ovim radom se nastoji prikazati specifični kontekst država ZB kroz integrativnu analizu teoretski najznačajnijih faktora energijske efikasnosti. Među najznačajnijim faktorima energijske efikasnosti ističu se utjecaj nivoa tehnološkog razvoja, nivo ekonomskog razvoja, vrste energije, gustine naseljenosti, cijena energije i institucionalna efikasnost (Apergis *et al.*, 2015; Xu, 2017; Wu, 2020; Metcalf, 2008; Hannesson, 2009; Jebali *et al.*, 2017; Borozan, 2018; Stern, 2012; Rühl *et al.*, 2012).

Tehnološki razvoj potpomognut većim udjelom kapitala a manjim rada ima značajan pozitivan utjecaj na UFEE. Slične rezultate ističu Apergis *et al.* (2015), Xiaoli (2014) i Fang *et al.* (2013). Wu (2012) pretpostavlja da poboljšanje omjera kapitala i rada smanjuje neefikasno korištenje energije, jer novi kapital koristi tehnologiju koja štedi energiju. Tehnološki napredak i tehnička efikasnost zajedno unapređuju UFEE, s tim da tehnološki napredak ima značajniju ulogu u tom unapređenju. Predlažu se povećanja ulaganja u nauku i podsticanje tehnoloških inovacija koje trebaju postati standard. Xu (2017) ističe da su tehnološki napredak ili inovacije glavni izvor poboljšanja energijske efikasnosti uz postojanje specifičnih načina ubrzavanja napretka u oblasti energetske tehnologije i inovacija.

Mnoga istraživanja analiziraju odnos između energijske efikasnosti i *ekonomskog razvoja* (Hao *et al.*, 2020; Xiaoli, 2014; Song i Zheng, 2012; Stern, 2012; Metcalf, 2008). Razvijene zemlje imaju tendenciju da imaju veći dohodak po glavi stanovnika, te da su njihovi sektori usluga i industrije veći, dok zemlje u razvoju obično imaju niži dohodak po glavi stanovnika, sa značajnijim udjelom poljoprivrede i sličnih sektora. Na kraju, različite države s različitim prihodima i ekonomskom strukturom pokazuju različitu energijsku efikasnost.

Cijene energije mogu direktno utjecati na ponudu i potražnju energije. Kada je cijena visoka, potrošači će imati jaču motivaciju da efikasnije koriste energiju. Naftna kriza 1973. godine podrazumijevala je značajna poskupljenja energije i smatra se jednim od glavnih razloga interesa istraživača i ekonomista za energijskom efikasnošću (Honma i Hu 2009, Zhou *et al.* 2008). Hannesson (2009) u istraživanju koristi cijenu nafte kao jednu od osnovnih determinanti energijske efikasnosti jer smatra da mnogi energenti uglavnom potiču iz nafte i na njihovu cijenu u velikoj mjeri utječu promjene cijena nafte. On također smatra da cijena energije može biti glavni pokretač u zemljama koje ne izvoze naftu, što je posebno važno u kontekstu naše analize. Stern (2012) očekuje da veće realne cijene energije rezultiraju većom energijskom efikasnošću. Jedna od glavnih posljedica poboljšanja energijske efikasnosti su niži troškovi koji se izdvajaju za energiju. Kada postoji situacija niskih cijena energije onda se generišu relativno male finansijske uštede energije koje nemaju kapacitet da potaknu značajnu aktivnost aktera na poboljšanju energijske efikasnosti. S druge strane, Borozan (2018) otkriva negativan utjecaj prosječnih cijena električne energije na energijsku efikasnost. Ona ističe da niže cijene električne energije ostavljaju više finansijskih sredstava za poboljšanje energijske efikasnosti. Smanjenje cijena energije smanjuje proizvodne troškove preduzeća i povećava raspoloživi dohodak domaćinstava, ostavljajući im više novca za ulaganje u tehnologije koje su efikasnije i štede energiju. Do sličnih zaključaka došli su i Martinsen *et al.* (2007) te Liu *et al.* (2015). Pardo Martínez (2011) zaključuje da

cijene energije nisu važan faktor kod određivanja energijske efikasnosti. Wang *et al.* (2012) su također utvrdili da cijene energije nisu važan faktor u poboljšanju energijske efikasnosti. Dakle, literatura ukazuje na različite smjerove u vezi s ovim utjecajem, stoga se može očekivati i pozitivan i negativan predznak.

Različiti energetske resursi imaju različitu efikasnost, pa samim tim i sastav energetskih resursa jedne države, u smislu visokokvalitetne i niskokvalitetne energije, može utjecati na ukupnu energijsku efikasnost. Istraživanja Stern (2012) pokazuju da niskokvalitetna energija, kao što je uglj u udio ima lošiji kvalitet od prirodnog gasa u smislu proizvodnje i efikasnost. Stoga, ako je udio uglja u ukupnoj potrošnji energije veći, vrlo je vjerovatno da će ukupna energijska efikasnost biti niža. Ako je udio električne energije i/ili prirodnog plina, kao visokokvalitetne energije veći, ukupna energijska efikasnost će biti veća. Globalno, najbrže rastuća kategorija su obnovljivi izvori energije, a najbrže rastuće fosilno gorivo je prirodni plin (Rühl *et al.*, 2012).

Rezultati nekoliko studija koje su istraživale utjecaj stope urbanizacije ili *gustine naseljenosti stanovništva* na energijsku efikasnost su potpuno različiti. Metcalf (2005) je otkrio da pojedine države u SAD-a koje imaju veću gustinu naseljenosti imaju veću energetsku intenzivnost, a time i nižu efikasnost. Nasuprot tome, Morikawa (2012) ističe da efikasnost u potrošnji energije u uslužnom sektoru je veća u gusto naseljenim gradovima. Kvantitativno, nakon kontrole razlika među industrijama, energijska efikasnost se povećava za otprilike 12% kada se gustina naseljenosti stanovništva udvostruči. Jebali *et al.* (2017) su utvrdili da gustina naseljenosti stanovništva ima pozitivan i značajan utjecaj na energijsku efikasnost. Borozan (2018) pokazuje zanemariv efekat gustine naseljenosti stanovništva na tehničku i energijsku efikasnost. Slično pokazuju Jia i Liu (2012) koji su utvrdili da gustina naseljenosti ima slabu negativnu ili nikakvu korelaciju s UFEE. Xie *et al.* (2014) dolaze do istog zaključka u OECD i BRICS državama.

Institucionalna efikasnost je posebno važna za tranzicijske zemlje, tj. one u kojima se dešava proces strukturnih promjena i prijelaz iz socijalizma u kapitalizam. Promjena sistema vladanja a posredno i funkcionisanja tržišta nužno sa sobom donosi i promjenu regulative, pravila i drugih institucionalnih mehanizama. Na taj način, institucije postaju jedan od elemenata na osnovu kojeg se mogu praviti razlike u razvijenosti tranzicijskih društava. Efendić i Pugh (2015) ističu da bolje institucije u tranzicijskim zemljama podržavaju bolje ekonomske performanse uz naročito bitnu odrednicu o vremenskom horizontu preko kojeg se mjere institucionalne promjene, pri čemu petogodišnje promjene pokazuju najjasnije efekte boljih ekonomskih performansi. Relevantnost vremenskog horizonta efikasnosti institucija u odnosu na energijsku efikasnost su prepoznali Chang *et al.* (2015). U postavljenom modelu koristili su podatke iz prethodne tri godine za sve varijable u modelu, uključujući institucionalnu efikasnost. U ovom istraživanju ćemo analizirati utjecaj institucija sa i bez vremenskog odgađanja. Model prikazan u poglavlju 6. podrazumijeva vrijednosti varijable institucionalne efikasnosti bez vremenskog odgađanja.

Proizvodnja i potrošnja energije, kao pokretači i veoma važni segmenti svih ekonomskih tokova u jednoj državi, su idealan primjer gdje se moraju postaviti „pravila igre“ odnosno gdje moraju funkcionisati efikasne institucije. Njihova uloga je da osiguraju sigurnost, stabilnost, nediskriminaciju, učinkovitu konkurenciju i funkcionisanje tržišta uz obezbjeđenje transparentnih i jednakopravnih odnosa između svih učesnika na tržištu. Nesporna je uloga institucija u ekonomskom razvoju, a kako je sektor energije dio i važan element ekonomskog razvoja, u nastavku je prikazan pregled literature koji se specifičnije odnosi na ulogu institucija u oblasti energije i energijske efikasnosti.

Literatura o energijskoj efikasnosti ne posvećuje veliku pažnju utjecaju državnih institucija i međunarodnih organizacija na poboljšanja energijske efikasnosti. Nisu česti radovi koji uzimaju u obzir efikasnost institucija kao osnovu unapređenja energijske efikasnosti. Sun *et al.* (2019) navode da su se prethodna istraživanja fokusirala na efekte vladinih politika na energiju, politike za pokretanje energetske tranzicije, politike kao odgovor na visok energijski intenzitet i dr. Oni su analizirali efikasnost vladinih institucija putem Indeksa ekonomskih sloboda³ u svrhu poboljšanja energijske efikasnosti na uzorku od 71 razvijene zemlje i zemlje u razvoju između 1990. i 2014. godine. U ovoj studiji se za prikaz energijske efikasnosti koristi kombinacija inputa (rad, kapital i energija) za stvaranje željenih (BDP) i neželjenih (emisije zagađujućih supstanci) outputa. U smislu faktora utjecaja na energijsku efikasnost, pored efikasnosti vladinih institucija analizirani su i sljedeći faktori: zastupljenost tehnologija zaštite okoliša, nivo otvorenosti države, tehnički know-how radne snage i nivo urbanizacije ili gustina naseljenosti. Zaključili su, na bazi analize stohastičke granice, da je kvalitet institucija statistički značajan na nivou od 1% i da institucije igraju vitalnu ulogu u povećanju energijske efikasnosti.

Chang *et al.* (2018) su istraživali utjecaj institucionalnih faktora na tradicionalne indikatore energijske efikasnosti. Korištenjem panel podataka, regresijske analize, testa kointegracije panel podataka kao i modela vektorske korekcije grešaka za 31 državu OECD-a za period 1990–2014. godina, dokazuje se da efikasno upravljanje državom značajno utječe na energijsku efikasnost (indikator institucionalne efikasnosti je statistički značajan na nivou od 5%). Rezultati pokazuju da su države sa lijevo orijentisanim vladama, uz niži nivo korupcije, veći BDP po glavi stanovnika i veće bruto investicije imale bolju energijsku efikasnost.

U kontekstu država Zapadnog Balkana i EU, Panteli i Delipalla (2022) su istraživali efekat institucija na ekonomske i okolišne performanse država. Procjenjivali su efekat institucija na onečišćenje zraka, kako direktno tako i indirektno, za 45 država u periodu od 1996. do 2014. godine. Bolja institucionalna efikasnost dovodi do negativnog direktnog efekta, odnosno do smanjenja onečišćenja zraka i efekat je veći za države koje nisu bile post-socijalističke u poređenju s post-socijalističkim državama. Međutim, kada se posmatra indirektni efekat, može se primjetiti da poboljšanje kvaliteta institucija potiče povećanje

³ Ovaj indeks uzima u obzir kategorije: veličina vlade, pravni sistem i imovinska prava, inflacija, slobodna međunarodna trgovina, i regulativa vezana za kredit, rad i poslovanje.

obima ekonomske aktivnosti, što dovodi do povećanja onečišćenja zraka ili emisija CO₂ po stanovniku. Dakle, prisutan je pozitivan indirektni efekat institucija. Stoga se predlaže analiza neto efekta institucija, koji uzima u obzir direktne i indirektno efekte institucija. Panteli i Delipalla (2022) su zaključili da intenzitet indirektnog pozitivnog efekta institucija uvijek nadmašuje direktni negativni efekat, rezultirajući ukupnim pozitivnim utjecajem kvaliteta institucija na okolišne performanse. U kontekstu ovog rada, razmatran je samo direktni efekat institucija na energijsku efikasnost, dok indirektni efekat nije predmet ove analize. Može se očekivati pozitivan utjecaj institucionalne efikasnosti na energijsku efikasnost. Prema saznanjima autora i na osnovu pretrage naučne citatne baze podataka, ne postoji istraživanje niti analize determinanti ukupne faktorske energetske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana. Dodatno, empirijski nije ispitan utjecaj nivoa tehnološkog razvoja, nivoa ekonomskog razvoja, vrste energije, gustine naseljenosti, cijena energije i institucionalne efikasnost u državama Zapadnog Balkana na nivo ukupne faktorske energetske efikasnosti i ova studija je prvo istraživanje te vrste. Ovdje je bitno naglasiti da će se determinante UFEE cjelovito analizirati zbog specifičnog konteksta država Zapadnog Balkana, kako bi se uočili najznačajniji uzroci promjena energetske efikasnosti.

4. UKUPNA FAKTORSKA ENERGIJSKA EFIKASNOST DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA I EVROPSKE UNIJE

Pregled literature i analiza radova su rezultirali zaključkom da neadekvatno iskazan napredak u energetske efikasnosti država dovodi do neadekvatnih ekonomskih mjera. To u suštini znači da će u fokusu ovog rada biti novi pristup, koji do sada nije istražen za države Zapadnog Balkana, kojim se definiše energetska efikasnost bazirana na UFEE. Koncept UFEE i način mjerenja su postali tzv. *mainstream* metoda energetske efikasnosti (Cheng, 2016). Dakle, ovim pristupom će se analizirati države koje se mogu posmatrati kao proizvodni sistem i zajednički proces u kojem se koriste resursi, kapital, energija i drugi inputi kako bi se kreirali outputi (na primjer BDP kao poželjan i emisije gasova staklene bašte kao nepoželjan output). U tom kontekstu, cilj ovog rada je izmjeriti i analizirati energetske efikasnost država Zapadnog Balkana uzimajući u obzir koncept svih faktora proizvodnje koristeći se analizom omeđivanja podataka.

U nastavku je prikazan metodološki okvir vezan za istraživačko pitanje koje obrađuje temu energetske efikasnosti. Metodološki okvir se sastoji od opisa podataka i metoda korištenih za izračun UFEE. Naročito su objašnjene teorijske postavke analize omeđivanja podataka, sa i bez nepoželjnih outputa, kao i predmetna analiza u dinamičkom kontekstu. Naredni dio ove studije daje rezultate UFEE i to razmatrane sa aspekta ukupne efikasnosti, neiskorištenih resursa u predmetnim državama kao i poređenja UFEE sa jednostavnom energetske efikasnošću. Na kraju ove studije su predstavljene zaključci vezani za UFEE.

4.1. Podaci za izračun UFEE i način prikupljanja

Godišnje serije podataka koji će biti prikupljeni i obrađeni za potrebe analize UFEE su:

- *INPUTI:*

⇒ *Kapital* - javni i privatni kapital u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine. Podaci prikupljeni iz baze podataka o investicijama i kapitalu od 1960. do 2019. godine koju objavljuje Međunarodni monetarni fond (MMF). Javni i privatni kapital se odnose na količinu kapitala (tj. imovine) koju posjeduju javni i privatni sektor u nekoj ekonomiji. Javni kapital se sastoji od imovine koju posjeduju državne institucije i obuhvata infrastrukturu, kao što su ceste, mostovi, aerodromi, željezničke pruge, zgrade, zdravstvene ustanove, škole i sl. Privatni kapital se sastoji od imovine koju posjeduju privatni vlasnici, preduzeća i kućanstva. To uključuje imovinu kao što su zgrade, stanovi, zemljište, oprema, mašine, transportna sredstva, financijski instrumenti i drugo. Kombinirana količina javnog i privatnog kapitala naziva se ukupnim kapitalom. Metodologija primijenjena na formiranje javnog i privatnog kapitala oslanja se, u velikoj mjeri, na onu koju koriste Kamps (2006) te Gupta *et al.* (2014). Konkretno, kapitalne zalihe su konstruirane prema jednačini trajnog inventara:

$$K_{it+1} = (1 - \delta_{it})K_{it} + (1 - \delta_{it}/2)I_{it}$$

gdje je za svaku državu i , K_{it+1} javni ili privatni kapital na početku perioda $t + 1$; δ_{it} je vremenski promjenjiva stopa amortizacije; I_{it} su bruto investicije (javna ili privatna) u dugotrajnu imovinu u periodu t , pod pretpostavkom da je nova investicija operativna sredinom perioda. Ulazni podaci potrebni za primjenu ove metode su serije tokova investicija, početni kapital te stope amortizacije. Sve serije izražene su u konstantnim međunarodnim cijenama za 2017. godinu (koristeći paritet kupovne moći), tj. odnosi se na iznos novca izražen u milijardama dolara koristeći vrijednosti iz 2017. godine kao osnovu za usklađivanje inflacije ili drugih ekonomskih promjena tokom vremena.

⇒ *Zaposleni* - broj zaposlenih u milionima zaposlenih. Podaci su objavljeni u bazama podataka Međunarodne organizacije rada. Zaposleni se definišu kao sve one radno sposobne osobe koje su, tokom kratkog referentnog perioda, bile angažovane u bilo kojoj djelatnosti za proizvodnju dobara ili pružanje usluga za platu ili profit.

⇒ *Energija* - finalna potrošnja energije u peta-džulima (PJ). To je ukupna energija koju troše krajnji korisnici, kao što su domaćinstva, industrija i poljoprivreda i iskazuje se u PJ. Podaci su preuzeti iz baza Međunarodne agencije za energiju, osim za Veliku Britaniju, gdje je izvor podataka bila baza podataka Odjela za poslovnu, energetska i industrijsku strategiju Vlade Velike Britanije.

- **OUTPUTI:**

⇒ *BDP* - bruto domaći proizvod u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. Podaci prikupljeni iz baze podataka o investicijama i kapitalu od 1960. do 2019. godine koju objavljuje MMF.

⇒ *CO₂* - emisije ugljendioksida koje se iskazuju u milionima metričkih tona. Podatke prikuplja, analizira i distribuira Američka uprava za energetske informacije (EIA).

Pri odabiru inputa i outputa u metodi izračuna UFEE uzeta je u obzir preporuka da broj DO (33 države u ovom istraživanju) treba biti barem tri puta veći od zbira inputa i outputa (kojih je 5), odnosno $33 > 3 \cdot 5$ (Cooper *et al.*, 2000).

4.2. Metodologija

Energijaska efikasnost se mjeri putem kompozitnog indeksa UFEE koji uključuje energiju, rad i kapital kao višestruke inpute kako bi se proizveo BDP kao poželjni output i emisije CO₂ kao nepoželjni output. Za potrebe analize UFEE biće korišteni panel podaci na makroekonomskom nivou za predmetne države od 2005. do 2019. godine.⁴ Panel podaci omogućavaju upoređivanje donosioca odluka (DO), u ovom slučaju država, ali i praćenje efikasnosti pojedinačnih država tokom vremena (Cullinane *et al.*, 2004). Autori Vlahinić-Dizdarević i Šegota (2012) su se kod računanja UFEE koristili panel podacima i ističu da panel podaci bolje prikazuju efikasnost donosioca odluka (u ovom slučaju država) nego podaci vremenskog presjeka ili transverzalni podaci (*eng. cross-sectional*) tj., podaci prikupljeni u jednom trenutku. Panel podaci omogućavaju da se DO (države) uporede sa drugim te da se prati kretanje efikasnosti određenog DO tokom vremenskog perioda. Stoga je vjerovatnije da će panel podaci odražavati stvarnu efikasnost DO nego podaci vremenskog presjeka (Cullinane, 2004).

4.2.1. Metoda za izračun UFEE

Većina metoda mjerenja efikasnosti može se podijeliti na parametarske i neparametarske metode. Metode izračunavanja UFEE uključuju analizu omeđivanja podataka (*eng. Data Envelopment Analysis - DEA*) za neparametarsku procjenu i analizu stohastičke granice (*eng. Stochastic Frontier Analysis – SFA*) za parametarsku procjenu. Glavna razlika ova dva pristupa je što parametarske metode unaprijed zahtijevaju poznavanje i definisanje funkcionalne forme za granicu i distribuciju efikasnosti (Cheng *et al.*, 2020).

⁴ Srbija i Crna Gora kao države od interesa za ovaj rad su do 2006. godine činile Državnu zajednicu Srbija i Crna Gora. Dio podataka (kapital, energija i CO₂) u 2005. godini je prikazan zajedno za Državnu zajednicu Srbija i Crna Gora. Učešće pojedine države u zbirno prikazanim podacima je izračunato na bazi dostupnih podataka u narednim godinama.

Analiza stohastičke granice efikasnosti parametarska je metoda mjerenja efikasnosti koja je široko primjenjivana u literaturi. Polazište koncepta je pretpostavka postojanja funkcije koja daje maksimalan mogući output uz neki input. Za svaku posmatranu jedinicu moguće je odstupanje od granice efikasnosti objasniti dijelom tehničkom neefikasnošću a dijelom greškama u mjerenju. Ovo je ujedno i glavna prednost metode, dok najveći nedostatak predstavlja činjenica da pretpostavke koje pravimo o obliku funkcije možda nisu tačne gdje npr. pretpostavljamo da je oblik funkcije linearan. Dakle, SFA metoda zahtijeva unaprijed definisanu funkciju i stroge pretpostavke o obliku granice efikasnosti što može uzrokovati nedostatak rješenja, te stoga ima određena ograničenja u upotrebi (Zhao *et al.*, 2014).

U ovom radu će se koristiti analiza omeđivanja podataka jer ona ne zahtijeva set specifični funkcionalnih formi i okvir primjene je širi od analize stohastičke granice. Analiza omeđivanja podataka je posebno dizajnirana za mjerenje efikasnosti jedinica u kojima nije jasno izraženo koji inputi (resursi) i u kojoj mjeri sudjeluju u stvaranju određenog outputa. AOP je neparametarska metoda koja se zasniva na linearnom programiranju, a koristi se za ocjenjivanje relativne efikasnosti usporedivih entiteta na osnovi empirijskih podataka o njihovim inputima i outputima (Rabar, 2010), s tim da se donosioci odluka-države međusobno razlikuju prema nivou resursa kojima raspolažu i nivou aktivnosti unutar procesa transformacije (Šporčić *et al.*, 2008).

U istraživanjima koja imaju u fokusu okolišna pitanja i održivi razvoj, analiza omeđivanja podataka je široko rasprostranjena u vrednovanju UFEE (Li i Hu, 2012; Shen *et al.*, 2019). Meta-analiza modela AOP u pogledu energijske efikasnosti pokazuje da analiza omeđivanja podataka predstavlja dobar alat za evaluaciju i analizu energijske efikasnosti, naročito tamo gdje je teško uspostaviti odnose input-a i output-a u proizvodnoj funkciji (Mardani *et al.*, 2017). Autori dalje ističu, s obzirom na značaj teme energijske efikasnosti i povećanja interesa za evaluaciju efikasnosti na regionalnom i državnom nivou, da je pristup analize omeđivanja podataka potreban u studijama energijske efikasnosti. AOP je dovoljno moćan analitički alat za analizu efikasnosti, i bio je široko korišten u prethodnim studijama za procjenu energijske efikasnosti (Hu, 2006; Yang *et al.*, 2018).

AOP mjeri relativnu efikasnost jedinica konstruiranjem empirijske granice efikasnosti ili granice proizvodnih mogućnosti (ovaj se termin koristi iako može biti riječi o analizi neproizvodnoga sektora) na osnovu podataka o korištenim inputima i ostvarenim outputima svih jedinica (koje nazivamo DMU ili jedinice koje su donosioci odluka DO). Najuspješnije jedinice (*engl. best practice units*), one koje određuju granicu efikasnosti, dobivaju ocjenu »1«, a stepen tehničke neefikasnosti ostalih jedinica računa se na osnovu udaljenosti njihovog omjera input-output u odnosu na granicu efikasnosti. Za svaku jedinicu rješava se poseban problem linearnoga programiranja i određuje maksimalna efikasnost u odnosu na druge jedinice u referentnom skupu. Relativna efikasnost određene jedinice računa se kao količnik težinske sume outputa i težinske sume inputa. Težine outputa i težine inputa za svaku jedinicu određuju se tako da njezina mjera efikasnosti bude maksimalna, uz ograničenje da rezultat relativne efikasnosti ne može biti veći od jedan. Tako definisan model maksimizira rezultat relativne efikasnosti svake jedinice s tim da skup težina koji se

dobije mora biti moguć i ostvariv i za svaku drugu jedinicu u posmatranom skupu. Dakle, određuje se najbolja moguća ostvariva granica proizvodnih mogućnosti, odnosno maksimalni output za svaku jedinicu uz dati nivo njezinih inputa. AOP se bazira na ekstremnim vrijednostima i svaku proizvodnu jedinicu uspoređuje samo s onim najboljima. Osnovna je pretpostavka pritom da ako određena jedinica može s X ulaznih resursa proizvesti Y izlaznih proizvoda, isto bi trebale moći učiniti i ostale jedinice ako rade efikasno. Središte analize leži u pronalaženju »najbolje« virtualne proizvodne jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne bilo da postigne više outputa s istim inputima ili da ostvaruje iste outpute s manje inputa od stvarne, tada je ova neefikasna (Šporčić *et al.*, 2008).

Model AOP problema linearnoga programiranja izgleda kao:

$$\text{Max } \Theta_0 = \sum_{j=1}^s w_j y_{j,k0}$$

uz ograničenja:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i,k0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s w_j y_{jk} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}, \quad k = 1, \dots, n; \quad w, v \geq 0$$

gdje je n broj jedinica DO, m broj inputa, s broj outputa, w_j težina outputa y_j , v_i težina inputa x_i .

Otkada su AOP prvi put primijenili Charnes, Cooper i Rhodes (1978), razvijeno je više modela koji se razlikuju po izboru prinosa na opseg djelovanja (konstantni, varijabilni), geometriji granice proizvodnih mogućnosti (linearna, log-linearna ili Cobb-Douglasova), orijentaciji modela inputima ili outputima i dr. Najčešći modeli AOP koji se primjenjuju su CCR i BCC modeli (Dellnitz, Kleine i Rödder, 2018). Naziv CCR model je dobio po akronimu prezimena autora Charnes, Cooper i Rhodes (1978), dok je naziv BCC modela također akronim prezimena autora Banker, Charnes i Cooper (1984). Osnovna razlika između modela sastoji u pretpostavljenoj transformaciji inputa u outpute. Charnes Cooper Rhodesov model (CCR) je vjerovatno najčešće korišteni i najpoznatiji model AOP koji je zasnovan na pretpostavci konstantnih prinosa, dok je Banker Charner Cooperov model (BCC) primjenjiv u slučaju rastućeg ili opadajućeg prinosa, kada proporcionalna promjena varijable inputa rezultira više ili manje proporcionalnim povećanjem outputa (Bogović, 2014).

U CCR modelu granica efikasnosti donosioca odluka (država, preduzeća i sl.) predstavlja linearnu izokvantu determinisanu sa ostvarenim rezultatima u istoj godini. Donosioci odluka

koji svojim podacima formiraju granicu efikasnosti predstavljaju „najbolju praksu“ među posmatranim u toj godini.

Neefikasne jedinice DO mogu smanjiti inpute a vrijednost smanjenja u odnosu na projektovanu vrijednost na granici efikasnosti, bez smanjenja outputa poznata je kao „radijalno prilagođavanje“. Drugi dio prilagođavanja neefikasnih DO odnosi se na prilagođavanje od projektovane vrijednost na granici efikasnosti do minimalnog nivoa inputa. Ta razlika podrazumijeva „blago prilagođavanje“ (Hassen, Marwa i Hanen, 2017). Zbir radijalnog i blagog prilagođavanja predstavlja ukupan ciljani iznos poboljšanja koji može biti ostvaren bez smanjenja nivoa outputa. Ukoliko posmatramo energiju kao input, gore navedeni zbir se naziva ciljani ušteda energije (CUE) koja se može predstaviti formulom:

$$CUE_{(i,t)} = \text{Radijalno prilagođavanje}_{(i,t)} + \text{Blago prilagođavanje}_{(i,t)}$$

gdje i predstavlja DO a t predstavlja godinu.

Neefikasni DO može smanjiti nivo pomenutih prilagođavanja bez negativnih utjecaja na stvarni ekonomski output. CCR model sugerise da bilo koji donosilac odluke može biti efikasniji odnosno da se trenutna praksa i način funkcionisanja mogu poboljšati, što implicira da je potrošnja inputa (naročito energije) uvijek veća ili jednaka optimalnoj potrošnji. Vrijednost ukupnog prilagođavanja energije kao inputa smatra se neefikasnim dijelom stvarne potrošnje energije. Na osnovu radijalnog i blagog prilagođavanja koje se dobija iz AOP, može se izračunati ciljani omjer uštede energije (COUE), uzimajući u obzir i druge faktore istovremeno. Ciljani nivo inputa u godini određuje se upoređivanjem stvarnih inputa sa onim koji su na granici efikasnosti u toj godini. Formula kojom se to može iskazati izgleda kao:

$$COUE_{(i,t)} = \frac{\text{Cilj uštede energije}_{(i,t)}}{\text{Stvarni input energije}_{(i,t)}}$$

gdje se $COUE_{(i,t)}$ odnosi na ciljani omjer uštede energije i -tog DO u godini t .

COUE predstavlja nivo neefikasnosti u potrošnji energije svakog DO. Kako je minimalna vrijednost ciljne uštede energije nula, onda se vrijednost COUE nalazi između nula i jedan (Honma i Hu, 2008). Ukupni faktor energijske efikasnosti (UFEE) kojeg su originalno predstavili Hu i Kao (2007) te Hu i Wang (2006) ima sljedeću vezu sa COUE:

$$UFEE_{(i,t)} = 1 - COUE_{(i,t)}$$

gdje se UFEE odnosi na ukupni faktor energijske efikasnosti i -tog DO u godini t . Nulta vrijednost COUE ukazuje da se DO nalazi na granici efikasnosti sa UFEE blizu jedan. Nulta COUE implicira da ne postoji prekomjerna upotreba energije (ciljani potencijal je nula) kod određenog DO, i obratno, kod neefikasnog DO sa vrijednostima COUE većim od nule, može

se uštedjeti energija kako bi se ostvario isti nivo ekonomskog outputa. Veći COUE određenog DO implicira veću neefikasnost i veći potencijal za uštedu energije.

AOP je relativno mlado područje s tendencijom brzoga širenja, povezuje nekoliko naučnih područja, uključujući menadžment, operativna istraživanja, ekonomiju i matematiku. U svega tridesetak godina od svoga nastanka (Charnes, Cooper i Rhodes, 1978.), postala je ključna tehnika u čitavome nizu analiza proizvodnosti i efikasnosti korištenih pri uspoređivanju organizacija, preduzeća, regija i država. Iz tog je područja napisano više od četiri hiljade naučnih radova i doktorskih disertacija (Emrouznejad *et al.*, 2008) i razvijeno je više modela koji se razlikuju po izboru prinosa na opseg djelovanja (konstantni ili varijabilni), po usmjerenosti modela na inpute ili outpute (Rabar, 2010). U određivanju efikasnosti poslovanja AOP se primjenjuje u turizmu, energetici, poljoprivredi, u školstvu, u zdravstvu i u drugim područjima. Navedeno govori o zanimanju, značaju i razvoju metodologije i njezine primjene.

Ovaj model matematičkog programiranja se pokazao kao izvrstan metod evaluacije homogenih donosioca odluka koji funkcionišu u sličnim uslovima. Što se tiče država kao donosioca odluka, one se mogu smatrati homogenim jedinicama koje funkcionišu u sličnim okolnostima i koje imaju iste komponente inputa (kapital, rad i energija) i outputa (BDP kao poželjnog i CO₂ kao nepoželjnog outputa).

Kao i ostale statističke metode, AOP ima i određene nedostatke. Jorda *et al.* (2012) navode da su ključni nedostaci AOP vezani za zanemarivanje efekata egzogenih varijabli na donosioca odluka, da AOP ne uzima eksplicitno u obzir statističke greške ili greške u mjerenjima za podatke tokom ocjene efikasnosti, da kao metoda za procjenu relativne efikasnosti ne pruža konkretne smjernice poboljšanja efikasnosti te da ocjene efikasnosti mogu predstavljati izazove prilikom provođenja statističkih testova.

U kontekstu zanemarivanja efekata egzogenih varijabli na donosioca odluka ističe se fokus samo na internu efikasnost DO, uzimajući u obzir samo odnose između inputa i outputa koje kontrolišu DO. Ne uzima se u obzir utjecaj vanjskih faktora koji mogu utjecati na performanse DO. Ovo zanemarivanje egzogenih varijabli može ograničiti holističko razumijevanje faktora koji utječu na efikasnost DO. Dodatno, AOP pretpostavlja da vanjski uslovi ostaju konstantni tokom vremena procjene. Ova pretpostavka može biti nerealna u dinamičnim okruženjima gdje se vanjski faktori mijenjaju tokom vremena. Sve navedeno dovodi do rizika pogrešnih rezultata o efikasnosti. Egzogene varijable mogu značajno utjecati na performanse DO i zanemarivanje tih faktora može dovesti do potencijalno pogrešnih rezultata o efikasnosti, jer se DO mogu smatrati neefikasnim bez uzimanja u obzir vanjskih izazova ili varijacija. Ipak, radi poboljšanja rezultata i smanjenja rizika pri procjeni efikasnosti, u ovom istraživanju se primijenila dinamička AOP. Obzirom da se AOP fokusira na analizu podataka u određenom trenutku, proširenje i modifikacija AOP koja uzima u obzir vremenske efekte ili promjene tokom vremena postignuta je primjenom analize prozora. Ova metoda pomaže u prepoznavanju promjena u efikasnosti i identifikaciji trendova. Bez obzira na navedena ograničenja AOP analize, u ovom radu svrsishodnost procjene statičnih efekata

korisnosti faktor inputa primjenom AOP se ogleda prvenstveno u sticanju uvida u estimirani nivo odstupanja korisnosti ključnih faktora proizvodnje u odnosu procijenjene referentne vrijednosti, koje nam, kao takve, daju mogućnost uvida u razmjere neiskorištenosti uvjetovane nepromijenjenosti ostalih, egzogenih, faktora utjecaja. Držimo na stajalištu, da predmetna analiza daje mogućnost inicijalnog, dočim sistematičnog i prijeko potrebnog uvida u kvantitativni nivo korisnosti i nivo odstupanja triju faktor inputa. Uzimajući u obzir činjenicu da valjanost dobivenih rezultata efikasnosti ovisi o i pomenutim ograničenjima AOP analize, ista su naznačena radi opreznosti pri tumačenju procijenjenog nivoa efikasnosti.

U kontekstu grešaka u podacima, AOP ne uzima eksplicitno u obzir statističke greške ili nesigurnosti u podacima tokom procesa ocjene efikasnosti. AOP obično pretpostavlja da su podaci korišteni u analizi tačni i ne uključuje statističke mjere koje bi uzimale u obzir nesigurnosti, varijacije ili greške povezane s inputima i outputima. AOP ne uključuje statističko testiranje hipoteza kako bi se odredila značajnost efikasnosti. Pored toga, metoda AOP je osjetljiva na odstupanja u podacima. Ekstremne vrijednosti ili greške u podacima mogu utjecati na rezultate efikasnosti te postoji rizik da bi odstupanja mogla neopravdano utjecati na rezultate. AOP nema ugrađeni mehanizam za analizu robusnosti ili testiranje osjetljivosti na statističke pogreške.

AOP se uglavnom fokusira na poređenje a ne na poboljšanje, odnosno fokusira se na poređenje i identificiranje najefikasnijih DO, ne ulazeći u konkretne strategije ili akcije koje bi mogle dovesti do poboljšanja efikasnosti. Ova metoda pruža ocjene efikasnosti na osnovu određenog skupa inputa i outputa u određenom trenutku. Kako bi se pružila dinamička perspektiva potrebno je primijeniti dodatne metode kako bi se performanse pratile kontinuirano tokom vremena. Neophodno je kombinovanje s drugim pristupima kako bi se donosiocima odluka omogućilo holističko razumijevanje efikasnosti i provođenje ciljanih poboljšanja. Metoda AOP koju smo primijenili u ovom istraživanju je kombinovana sa analizom prozora kako bi se performanse država pratile kontinuirano tokom vremena.

4.2.2. Analiza omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima

Nekoliko autora je predložilo mjerenje energijske efikasnosti uz prisustvo nepoželjnih outputa. Wu *et al.* (2012), Watanabe i Tanaka (2007) i Mandal (2010) ističu da analiza energijske efikasnosti bez razmatranja ekoloških karakteristika, drugim riječima nepoželjnih outputa, kao što je CO₂, može dovesti do pristrasnosti u rezultatima evaluacije energijske efikasnosti. Mjerenje energijske efikasnosti uz prisustvo nepoželjnih outputa je razvijeno kako bi se riješio problem koji se pojavljuje u tradicionalnoj analizi omeđivanja podataka koja uzima u obzir samo poželjne outpute, dok se nepoželjni ignoriraju. To može dovesti do nerealnih rezultata jer se jedinice koje generišu manje nepoželjnih outputa, ali više poželjnih, mogu činiti efikasnijima nego one koje generiraju više nepoželjnih ali manje poželjnih outputa.

Mjere efikasnosti koje se odnose na nepoželjne outpute obično se nazivaju AOP modeli s nepoželjnim outputima (*engl. DEA models with undesirable outputs*) i postoje različiti pristupi u njihovom razvoju. Jedan od pristupa je da se nepoželjni outputi tretiraju kao ograničenja te se prebacuju u inpute, a cilj je maksimizirati poželjne izlaze pod tim ograničenjima. Autori koji su primjenjivali ovaj pristup su Mohd *et al.* (2015), Reinhard *et al.* (2000), Lansink i Bezlepkin (2003), Korhonen i Luptacik (2003), Gomes i Lins (2008), te Zhang *et al.* (2008).

Drugi pristup uključuje transformaciju nepoželjnih outputa u poželjne outpute. Prva grupa autora je radila na bazi preporuka Koopmansa (1951), gdje se izvršila transformacija varijable CO₂ tako što su sve njene vrijednosti pomnožene sa -1. Druga grupa autora je dodavala na tako negativne vrijednosti CO₂ proizvoljno veliki broj svakoj jedinici odlučivanja (Ali i Seiford, 1990; Scheel, 2001; Seiford i Zhu, 2001). Treća grupa autora primjenjivala je recipročnu vrijednost nepoželjnog outputa (Golany i Roll, 1989; Lovell *et al.*, 1995).

Naredni pristup jednostavno tretira nepoželjne outpute kao takve u proizvodnoj funkciji. Fare *et al.* (1989) koriste direktan pristup u kojem se tretiraju i poželjni i nepoželjni outputi u njihovom stvarnom formatu. U tim slučajevima pretpostavlja se da su poželjni outputi snažno raspoloživi, dok se za nepoželjne outpute pretpostavlja da su slabo raspoloživi jer se njihove vrijednosti ne mogu povećati bez utjecaja na vrijednosti drugih poželjnih outputa (Fare *et al.*, 1989). Chung *et al.* (1997) kao i Ball *et al.* (2004) proširili su ideju Fare *et al.* (1989) te su predložili korištenje funkcije usmjerene udaljenosti (DDF) za procjenu efikasnosti DO, u slučajevima kada proizvodna funkcija također proizvodi neke nepoželjne outpute. Ovim pristupom poželjni outputi se mogu povećati, a inputi i nepoželjni outputi mogu se smanjiti na osnovu na vektora smjera (Chung *et al.*, 1997).

DDF omogućavaju mjerenje relativne efikasnosti DO u odnosu na određene ciljeve i ograničenja, koristeći direkcijski pristup koji se fokusira na usmjeravanje resursa DO prema cilju optimizacije. DDF mjere udaljenost svakog DO od efikasne granice AOP modela, koja predstavlja idealno postignuće za dati set inputa i outputa. Ova mjera udaljenosti od efikasne granice pruža informaciju o tome koliko daleko se DO nalazi od optimalne efikasnosti.

Funkcija usmjerene udaljenosti je prikazana u nastavku:

$$\vec{D}(x, y, b; g) = \sup\{\rho: (x - \rho g_x, y + \rho g_y, b - \rho g_b) \in T\}$$

gdje su inputi predstavljeni kao $x \in R_+^N$, poželjni outputi $y \in R_+^M$ i nepoželjni outputi kao $b \in R_+^J$. Brojni autori ističu da je pristup funkcije usmjerene udaljenosti najbolje rješenje jer omogućava istovremeno povećanje poželjnih i smanjenje nepoželjnih outputa (Mohd *et al.*, 2015). Korištenje ovog pristupa je prisutno kod brojnih autora (Haynes *et al.*, 1993; Halkos i Tzeremes, 2009, 2013; Lozano *et al.*, 2013; Alfredsson *et al.*, 2016; Lee *et al.* 2017; Tone, 2001; itd.). Modeli bazirani na ovom pristupu su: DDF pristup baziran na rezervama (*eng. Slacks based DDF approach*), neradikalni model baziran na rezervama (*eng. Slacks Based*

Model - SBM), radijalni i neradijalni Luenberger indikator produktivnosti, neradijalni DDF i sl.

Cooper *et al.* (2007) navode da se većina modela AOP može kategorizirati u četiri klase:

1. radijalni i orijentisani,
2. radijalni i neorijentisani,
3. neradijalni i orijentisani i
4. neradijalni i neorijentisani.

Pod pojmom radijalno podrazumijeva se proporcionalno smanjenje ili povećanje inputa/outputa prilikom mjerenja efikasnosti, dok pojam orijentisano označava orijentisano prema inputima ili outputima. Radijalni modeli, čiji predstavnik je CCR model, zanemaruju neiskorištenost resursa odnosno prostor između stvarne vrijednosti varijable i njezine optimalne vrijednosti, što se može tumačiti kao "rezerva" koja bi se mogla bolje iskoristiti za poboljšanje efikasnosti (Apergis *et al.*, 2015). Dakle "rezerva" se odnosi na razliku između stvarne vrijednosti neke varijable u modelu i njezinog optimalnog ili ciljanog nivoa. Stoga, radijalni modeli pri mjerenju efikasnosti sa nepoželjnim outputima, ne uzimaju u obzir neiskorištenost resursa u nepoželjnim outputima, što predstavlja ključni nedostatak radijalnih modela. S druge strane, modeli orijentisani na input (output) fokusiraju se na efikasnost na strani inputa (outputa), dok se ispostavlja da je output (input) strana manji problem u mjerenju efikasnosti. Dakle, samo neradijalni i neorijentirani modeli mogu obuhvatiti sve aspekte efikasnosti. Stoga će u ovom radu biti korišten neradijalni i neorijentirani model. Predstavnik neradijalnih modela jeste model baziran na rezervama (SBM) koji zanemaruje pretpostavku proporcionalnih promjena u inputima i outputima i direktno se fokusira na rezerve ili neiskorištene resurse. Koristiće se model baziran na rezervama koji nije orijentiran na inpute niti na outpute. SBM predstavlja neradijalni model koji mora ispuniti dva uslova:

1. Invarijantnost jedinica: funkcija ne bi trebala zavisiti o jedinicama mjerenja podataka;
2. Monotona: funkcija bi trebala biti monotono opadajuća u svakoj rezervi u inputima i outputima.

Ovaj model koristi "rezerve" (neiskorištenost resursa) za računanje efikasnosti, što znači da se mjeri koliko dobro DO koristi svoje resurse u odnosu na optimalnu upotrebu tih resursa.

Rezerve se odnose na razliku između stvarne količine resursa koju DO koristi i minimalne količine resursa koja bi bila potrebna da se proizvede ista količina outputa, ili na razliku između stvarne količine outputa koju DO proizvodi i maksimalne količine outputa koja bi bila moguća uz korištenje datih inputa. Na primjer, ako DO koristi više resursa nego što bi minimalno bilo potrebno da bi se proizveo isti output, kažemo da ima rezervu u inputu ili

razmak u inputu. S druge strane, ako DO ne proizvodi maksimalnu količinu outputa koja bi bila moguća uz date resurse, kažemo da ima rezervu ili razmak u outputu. Rezerva ili razmak (*eng. slack*) se može smatrati pokazateljem sposobnosti DO da efikasno koristi raspoložive resurse, a model uzima u obzir rezerve u svojoj evaluaciji efikasnosti. Uzimajući u obzir rezerve, SBM može pravednije procijeniti efikasnost DO koje imaju različite nivoe korištenja resursa i može pružiti bolje smjernice za poboljšanje efikasnosti korištenjem dostupnih resursa na optimalan način. Međutim, *Jorda et al. (2012)*, *Camimoto et al. (2016)*, *Camimoto et al. (2016a)*, *Šegota et al. (2017)* naglašavaju da se rezerve ne bi trebale shvatiti kao fiksni cilj, već kao pokazatelj koji ukazuje na to koje varijable više štete efikasnosti država u poređenju s drugima, s aspekta produktivnosti. Stoga može biti, na primjer, da nema mogućnosti povećanja ili smanjenja varijabli kako to ukazuju rezerve, uzimajući u obzir trenutni nivo tehnološkog razvoja i dinamiku industrijskog restrukturiranja i rasta koji mogu ukazivati na nizak nivo produktivnosti i dodatne vrijednosti industrijskog outputa, čime se podupire ili moguće je objašnjava 'višak' i 'rezerve' u pogledu na primjer, nivoa zaposlenosti. Dakle, vrijednosti rezervi ističu tendencije odnosno ukazuju na probleme efikasnosti koje države imaju u oblastima koje rezerve analiziraju.

Pretpostavimo da postoje DO, u našem slučaju države Zapadnog Balkana i EU, a svaka je povezana s tri faktora: inputi, poželjni outputi i nepoželjni outputi, predstavljeni sa tri vektora: $x \in R^m, y^g \in R^{s_1}$ i $y^b \in R^{s_2}$, respektivno. Definišemo matrice X, Y^g i Y^b kako slijedi $X = [x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n}, Y^g = [y_1^g, \dots, y_n^g] \in R^{s_1 \times n}$ i $Y^b = [y_1^b, \dots, y_n^b] \in R^{s_2 \times n}$. Pretpostavljamo da $X > 0, Y^g > 0$ i $Y^b > 0$. Skup proizvodnih mogućnosti (P) je definisan kao:

$$P = \{(x, y^g, y^b) | x \geq X \lambda, y^g \leq Y^g \lambda, y^b \geq Y^b \lambda, \lambda \geq 0\},$$

gdje $\lambda \in R^n$ predstavlja vektor intenziteta. Navedena definicija odgovara tehnologiji konstantnih prinosa odnosno konstantni prinosi opisuju odnos između inputa i outputa na način da proporcionalne promjene u inputima dovode do proporcionalnih promjena u outputima.

Donosilac odluke, u našem slučaju države, $DO_0(x_0, y_0^g, y_0^b)$ su efikasne u slučaju nepoželjnih outputa, ako ne postoji vektor $(x, y^g, y^b) \in P$ takav da $x_0 \geq x, y_0^g \leq y^g$ i $y_0^b \geq y^b$ s najmanje jednom strogom nejednakosti.

U skladu sa navedenom definicijom SBM se prikazuje kao u nastavku:

$$SBM - nepoželjni output p^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)}$$

s obzirom na

$$x_0 = X\lambda + s^-$$

$$y_0^g = Y^g\lambda - s^g$$

$$y_0^b = Y^b\lambda + s^b$$

$$s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0$$

Vektori $s^- \in R^m$ i $s^b \in R^{s_2}$ odgovaraju prekoračenjima u inputima i nepoželjnim outputima, respektivno, dok $s^g \in R^{s_1}$ ističe nedostatke u poželjnim outputima. Funkcija za SBM uz nepoželjni rezultat strogo opada u odnosu na $s_i^- (\forall i)$, $s_r^g (\forall r)$ i $s_r^b (\forall r)$, i vrijednost funkcije zadovoljava $0 < p^* < 1$. Neka optimalno rješenje gore navedenog programa bude $(\lambda^*, s^{-*}, s^{g*}, s^{b*})$.

Gore navedeni model je prikazan pod pretpostavkom konstantnih prinosa. Mogu se dobiti i druge vrste prinosa na skalu dodavanjem ograničenja u gore prikazanu šemu SBM-nepoželjni output i skup proizvodnih mogućnosti:

$$L \leq e\lambda \leq U,$$

gdje je $e = (1, \dots, 1) \in R^n$, $L (\leq 1)$ i $U (\geq 1)$ s tim da su donja (L) i gornja granica (U) intenziteta λ . Slučajevi $(L = 1, U = 1)$, $(L = 0, U = 1)$ i $(L = 1, U = \infty)$ odgovaraju varijabilnim prinosima na skalu (VRS), opadajućim prinosima na skalu (DRS), rastućim prinosima na skalu (IRS), respektivno.

U ovom istraživanju korišten je SBM model s varijabilnim prinosima na skalu, koji omogućava analizu relativne efikasnosti država u istovremenom smanjenju inputa i povećanju outputa. Ovaj metod također prikazuje vrijednosti varijabli koje bi države trebale povećati ili smanjiti kako bi postigle veću efikasnost. Ove vrijednosti se također nazivaju rezervama ili neiskorištenim resursima. SBM model s varijabilnim prinosima na skalu je odabran jer omogućava poređenje država koje djeluju na različitim skalama, što implicira da smanjenje ili povećanje inputa ne generira nužno promjene u outputima u istoj proporciji (Castro *et al.*, 2016).

4.2.3. Analiza omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima u dinamičkom kontekstu

Prolaskom vremena mijenjaju se mikro i makro okolnosti u kojima funkcionišu države, te se mijenja i efikasnost u različitim segmentima funkcionisanja. Stoga se u analizama koriste dinamički modeli u kojima je cilj analizirati efikasnost kroz vrijeme. Prethodno navedeni opisi, definicije i šeme se odnose na modele klasične AOP koja uključuje transverzalne podatke koji procjenjuju performanse DO u statičkim uslovima. Može se reći da je u pitanju analiza za samo jedan period (najčešće godinu) te da se ne uzima u obzir dinamički aspekt ili efekat promjena u vremenu. Kako bi se eliminisali ovi nedostaci, razvijeni su dodatni pristupi AOP koji omogućavaju mjerenje dinamičkih performansi DO. Peykani *et al.* (2021)

navode da se osnovni pristupi mjerenja dinamičkih performansi dijela na: dinamičku analizu omeđivanja podataka, indeks produktivnosti baziran na AOP i analizu prozora (*eng. windows analysis DEA-WDEA*).

Pristup analize prozora u okviru analize omeđivanja podataka (u daljem tekstu APAOP) je vrlo koristan jer prati dinamiku promjene efikasnosti, u ovom slučaju energijske, na sveobuhvatan način kroz vrijeme. Dodatne prednosti APAOP podrazumijevaju praćenja horizontalnih i vertikalnih promjena efikasnosti čime se povećava diskriminacijska moć AOP. To je dakle neparаметarski pristup koji koristi panel podatke i djeluje na osnovu principa pokretnih prosjeka. Navedeno omogućava mjerenje efikasnosti na način da se svaki DO u različitim periodima razmatra kao različit DO (Peykani *et al.*, 2021). Na taj način, performanse ili efikasnost DO u određenom periodu uspoređuje se s vlastitom efikasnošću u drugim periodima, ali i sa efikasnošću drugih DO. Ova metoda može procijeniti efikasnost različitih DO u različitim periodima kroz niz preklapajućih prozora (Asmild *et al.*, 2004). Svaki prethodno razmatrani model AOP može se primijeniti u okviru analize prozora, pri čemu se optimizacija potom vrši u svakom posmatranom periodu (Škrinjarić, 2016). Osim u energetici, APAOP se koristi i u zdravstvu, bankarstvu, građevinarstvu, finansijama i osiguranju, turizmu, transportu, istraživanju i razvoju i drugim djelatnostima (Buljan i Šimović, 2022).

S obzirom na promjenljive uslove, u kojima djeluju sve strukture unutar predmetnih država, prije svega misleći na političke, energetske, finansijske, poslovne i dr. promjene, razmatranje energijske efikasnosti treba biti u kontekstu mjerenja tokom vremena. Ovim radom biće provedena APAOP kako bi se, između ostalog, istražila dinamika promjena energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije. Navedeno predstavlja osnovu za ocjenu konvergencije država a kasnije i za određivanje determinanti UFEE u specifičnom kontekstu država ZB.

U nastavku je prikazana teorijska osnova APAOP (Peykani *et al.*, 2021). Pretpostavimo da postoji K ($k = 1, \dots, K$) jedinstvenih DO koji su razmatrani u T ($t = 1, \dots, T$) perioda. Istovremeno, svaki DO koristi I inputa x_i ($i = 1, \dots, I$) za stvaranje R outputa y_r ($r = 1, \dots, R$). Neka DO_k^t predstavlja posmatranje k u periodu t sa I -dimenzionalnim input vektorom x_k^t i R -dimenzionalnim output vektorom y_k^t kako slijedi:

$$X_k^t = \begin{bmatrix} x_k^{1t} \\ x_k^{2t} \\ \vdots \\ x_k^{It} \end{bmatrix} Y_k^t = \begin{bmatrix} y_k^{1t} \\ y_k^{2t} \\ \vdots \\ y_k^{Rt} \end{bmatrix}$$

U APAOP, podaci iz prvog perioda svakog prozora se brišu i dodaje se podatak novog perioda. Neka $\alpha\beta$ predstavlja početni prozor u periodu α ($1 \leq \alpha \leq T$) uz širinu prozora β ($1 \leq \beta \leq T - \alpha$). Prema tome, matrice inputa $X_{\alpha\beta}$ i outputa $Y_{\alpha\beta}$ za ovaj prozor su date u nastavku:

$$X_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} x_1^\alpha x_2^\alpha & \dots & x_K^\alpha \\ x_1^{\alpha+1} x_2^{\alpha+1} & \dots & x_K^{\alpha+1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{\alpha+\beta} x_2^{\alpha+\beta} & \dots & x_K^{\alpha+\beta} \end{bmatrix} \quad Y_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} y_1^\alpha y_2^\alpha & \dots & y_K^\alpha \\ y_1^{\alpha+1} y_2^{\alpha+1} & \dots & y_K^{\alpha+1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_1^{\alpha+\beta} y_2^{\alpha+\beta} & \dots & y_K^{\alpha+\beta} \end{bmatrix}.$$

Primjer analize performansi putem APAOP za donosiocce odluke DO_k uz prikaz svih nivoa rezultata, je dat u narednoj tabeli. Pored izračunavanja efikasnosti svakog DO na nivou prozora ($E_{11}, E_{12}, \dots, E_{56}, E_{57}$), postoje tri tipa prosječnih rezultata efikasnosti:

1. prosječna efikasnost na nivou prozora (efikasnost reda E_{i*}),
2. prosječna efikasnost na nivou perioda (efikasnost kolone E_{*j}), i
3. ukupna prosječna efikasnost na nivou prozora i perioda (efikasnost kolona i redova E_{**}).

Tabela 2. Primjer analize performansi putem APAOP

DO_k		Periodi							E_{i*}
		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Prosjek reda
<i>Prozor</i>	<i>Prozor 1</i>	E_{11}	E_{12}	E_{13}					E_{1*}
	<i>Prozor 2</i>		E_{22}	E_{23}	E_{24}				E_{2*}
	<i>Prozor 3</i>			E_{33}	E_{34}	E_{35}			E_{3*}
	<i>Prozor 4</i>				E_{44}	E_{45}	E_{46}		E_{4*}
	<i>Prozor 5</i>					E_{55}	E_{56}	E_{57}	E_{5*}
E_{*j}	<i>Prosjek kolone</i>	E_{*1}	E_{*2}	E_{*3}	E_{*4}	E_{*5}	E_{*6}	E_{*7}	E_{**}

Izvor: Peykani, P., Farzipoor Saen, R., Seyed Esmaeili, F. S., Gheidar-Kheljani, J., 2021. Window data envelopment analysis approach: A review and bibliometric analysis. *Expert systems*, 38(7).

Rezultati pristupa APAOP ovisе o odabiru širine prozora (oznaka p), tj. broju vremenskih perioda uključenih u analizu (oznaka k). Širina se obično odabire empirijskim pristupom a cilj je pronalaženje prikladne širine prozora koja će dati kvalitetne rezultate efikasnosti. Za odabir širine prozora, koja će dati maksimalan broj različitih jedinica odlučivanja DO, može se koristiti formula (Maidamisa *et al.*, 2012):

$$p = \begin{cases} \frac{k+1}{2}, & \text{neparan broj perioda} \\ \frac{k+1}{2} \pm \frac{1}{2}, & \text{paran broj perioda} \end{cases}$$

Odnos između broja DO, širine prozora, broja prozora i broja perioda posmatranja može biti izračunat na osnovu formula (Yang i Chang, 2009):

$$w = k - p + 1$$

$$\text{Broj različitih DO u APAOP} = n * p * w$$

gdje n predstavlja broj DO, p podrazumijeva širinu prozora, w je broj prozora a k broj perioda.

U slučaju ovog istraživanja postoje 33 DO (n), 15 perioda (k) a širina prozora bi mogla biti $p = \frac{15+1}{2} = 8$. U tom slučaju broj prozora iznosi $w = 15 - 8 + 1 = 8$. Broj različitih DO u APAOP bi iznosio 2.112 ($33 \cdot 8 \cdot 8$).

Međutim, važno je napomenuti da se svi DO unutar određenog prozora mjere jedni naspram drugih, te ovaj pristup implicitno pretpostavlja da nema tehničkih promjena unutar svakog od prozora. To je opšti problem u APAOP. Upotreba uskog prozora smanjuje ovaj problem, a da bi APAOP dala vjerodostojne rezultate, širina prozora treba biti odabrana tako da je razumno pretpostaviti da je tehnološka promjena unutar svakog prozora zanemariva (Asmild *et al.*, 2004). Prema istom autoru, odabir širine prozora trebao bi biti što manji kako bi se smanjile neodgovarajuće komparacije tokom vremena, ali istovremeno bi trebao biti dovoljno velik da generiše dovoljnu veličinu uzorka.

Zhang *et al.* (2011) su ukazali da se mora odrediti razumno uska širina prozora, obzirom na to da APAOP implicitno pretpostavlja da nema tehničkih promjena tokom perioda svakog prozora. Charnes *et al.* (1994) su ukazali da bi širina prozora od tri ili četiri godine mogla pružiti najbolju ravnotežu informativnosti i stabilnosti performansi DO. U ovom istraživanju odabrali smo prozor širine četiri ($p = 4$) godine kako bi dobili vjerodostojne rezultate u procjeni performansi. Širina prozora od 4 godine je dovoljno uska da odražava činjenicu da nema značajnijih tehnoloških promjena u periodu od 4 godine. Stoga prve četiri godine (2005.-2008.) čine prvi prozor. Zatim se kreće jednogodišnjim pomakom perioda tako da se izbacuje godina 2005. i dodaje nova godina 2009. Dakle, sljedeće četiri godine (2006.-2009.) čine drugi prozor. Ovaj postupak se nastavlja sve dok se ne formira posljednji prozor (koji sadrži posljednje četiri godine od 2016.-2019.). Konačno, broj prozora iznosi $w = k - p + 1 = 15 - 4 + 1 = 12$, dok broj različitih DO u APAOP, odnosno broj opažanja iznosi 1.584 ($33 \cdot 4 \cdot 12$).

Primjer rezultata APAOP za jednu državu izgleda kao u narednoj tabeli.

Tabela 3. Primjer rezultata APAOP za jedinicu odlučivanja

Prozor/Godina	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Prosje k proz ora
1	UFEE 1-05	UFEE 1-06	UFEE 1-07	UFEE 1-08												UFEE E1
2		UFEE 2-06	UFEE 2-07	UFEE 2-08	UFEE 2-09											UFEE E2
3			UFEE 3-07	UFEE 3-08	UFEE 3-09	UFEE 3-10										UFEE E3
4				UFEE 4-08	UFEE 4-09	UFEE 4-10	UFEE 4-11									UFEE E4
5					UFEE 5-09	UFEE 5-10	UFEE 5-11	UFEE 5-12								UFEE E5
6						UFEE 6-10	UFEE 6-11	UFEE 6-12	UFEE 6-13							UFEE E6
7							UFEE 7-11	UFEE 7-12	UFEE 7-13	UFEE7 -14						UFEE E7
8								UFEE 8-12	UFEE 8-13	UFEE8 -14	UFEE8 -15					UFEE E8
9									UFEE 9-13	UFEE9 -14	UFEE9 -15	UFEE9 -16				UFEE E9
10										UFEE1 0-14	UFEE1 0-15	UFEE1 0-16	UFEE1 0-17			UFEE E10
11											UFEE1 1-15	UFEE1 1-16	UFEE1 1-17	UFEE1 1-18		UFEE E11
12												UFEE1 2-16	UFEE1 2-17	UFEE1 2-18	UFEE1 2-19	UFEE E12
Prosje k perioda	UFEE 05	UFEE 06	UFEE 07	UFEE 08	UFEE 09	UFEE 10	UFEE 11	UFEE 12	UFEE 13	UFEE 14	UFEE 15	UFEE 16	UFEE 17	UFEE 18	UFEE 19	UFEE E

Izvor: kreacija autora.

Za kvantitativnu analizu i rješavanje problema izračuna UFEE putem AOP i analize prozora koristeći se SBM modelom s varijabilnim prinosima na skalu, korišten je R programski jezik putem aplikacije *dearR*.

Važno pitanje u studijama efikasnosti je kredibilitet pretpostavke da svi proizvodni i drugi procesi koji se odvijaju u državama mogu dostići granicu najbolje prakse u proizvodnji - granicu efikasnosti (Zofio i Prieto, 2001). Pretpostavka koja je prisutna u brojnim studijama (Honma i Hu, 2008; Hu i Kao, 2007; Chang i Hu, 2010; Hu i Wang, 2006) a koja će biti primijenjena i u ovom radu je da su u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije dostupne najbolje i najefikasnije tehnologije. Obzirom da region Zapadnog Balkana karakteriše vrlo slična trgovinska, poslovna i tehnološka povezanost sa Evropskom unijom, smatra se da je ova pretpostavka adekvatna. Postoji isti ili vrlo sličan pristup država Zapadnog Balkana i Evropske unije najnovijim tehnološkim rješenjima i efikasnim tehnologijama. Chen i Hu (2007) navode da su efikasne tehnologije dostupne svima u svijetu jer se tehnološka rješenja nude putem globalnih marketinških strategija multinacionalnih kompanija.

4.2.4. Energijski intenzitet i jednostavna energijska efikasnost

Jedno od istraživačkih pitanja je vezano za razlike u rezultatima vezanim za pokazatelje energijske efikasnosti predmetnih država uzimajući u obzir tradicionalni i savremeni pristup. Savremeni pristup podrazumijeva izračun UFEE, dok tradicionalni podrazumijeva iskazivanje nivoa energijske efikasnosti putem energijskog intenziteta. Energijski intenzitet (EI) je jednostavni indikator koji pokazuje koliko se energije potroši u peta-džulima (PJ) za stvaranje milijarde BDP-a (konstantni međunarodni dolari iz 2017. godine).

$$EI = \frac{\text{Ukupna potrošnja finalne energije (PJ)}}{10^9 \text{ BDP} - a \text{ (konstantni međunarodni dolari iz 2017. godine)}}$$

Manje vrijednosti energijskog intenziteta pokazuju bolje rezultate. Jednostavna energijska efikasnost (JEE) je recipročna vrijednost energijskog intenziteta s tim da veće vrijednosti pokazuju bolje rezultate, a izračunava se pomoću naredne formule:

$$\text{Jednostavna energijska efikasnost} = \frac{1}{\text{Energ. intenzitet}}$$

4.3. Rezultati ukupne faktorske energijske efikasnosti

Ovaj segment doktorskog rada treba da pruži odgovore na istraživačka pitanja vezana za nivo ukupne faktorske energijske efikasnosti u međusobnom poređenju država Zapadnog Balkana, EU i razlikama koje su prisutne u rezultatima vezanim za pokazatelje energijske efikasnosti uzimajući u obzir tradicionalni i savremeni pristup. Tradicionalni pristup je predstavljen jednostavnom energijskom efikasnošću odnosno recipročnom vrijednošću energijskog intenziteta, dok savremeni pristup podrazumijeva korištenje ukupne faktorske energijske efikasnosti.

4.3.1. Ukupna faktorska energijska efikasnost u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije

Države, koje su predmet ovog rada, su: Albanija, Austrija, Belgija, Bugarska, Bosna i Hercegovina, Kipar, Češka Republika, Njemačka, Danska, Španija, Estonija, Finska, Francuska, Grčka, Hrvatska, Mađarska, Irska, Italija, Litvanija, Luksemburg, Latvija, Sjeverna Makedonija, Malta, Crna Gora, Holandija, Poljska, Portugal, Rumunija, Srbija, Slovačka, Slovenija, Švedska i Velika Britanija, gdje Albanija, Bosna i Hercegovina, Sjeverna Makedonija, Crna Gora i Srbija predstavljaju države Zapadnog Balkana a ostale su članice Evropske unije. Za ove države su analizirani podaci od 2005. do 2019. godine.

Naredna tabela predstavlja deskriptivnu statistiku odabranih inputa i outputa za izračunavanja UFEE u okviru analize omeđivanja podataka.

Tabela 4. Deskriptivna statistika inputa i outputa za računanje UFEE u državama ZB i EU u periodu 2005-2019.godina

Varijable	Broj opservacija	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Kapital (u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)	495	1.634,09	2.643,40	10,71	11.567,48
Zaposleni (u milionima)	495	6,97	9,82	0,20	43,10
Energija (u PJ)	495	1.525,11	2.230,61	15,69	9.901,04
BDP (u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)	495	630,56	986,05	8,58	4.464,49
CO ₂ (u milionima metričkih tona)	495	119,12	178,45	1,43	858,99

Izvor: proračun autora.

Tabela pruža uvid u pet ključnih ekonomskih i ekoloških varijabli namijenjenih izračunavanju UFEE. Na osnovu 495 opažanja najveća zabilježena vrijednost kapitala iznosi 11.567,48 milijardi konstantnih međunarodnih dolara, dok je najmanji iznos 10,71 milijardi. Zanimljivo je primijetiti da varijacija u broju zaposlenih pokazuje širok raspon, sa minimalnom vrijednošću od 0,20 miliona i maksimalnom od 43,10 miliona. Što se tiče energije, velika standardna devijacija od 2.230,61 PJ ukazuje na značajnu fluktuaciju potrošnje energije među opažanjima. BDP varira od 8,58 do 4.464,49 milijardi konstantnih međunarodnih dolara, što ilustruje različite ekonomske razmjere među predmetnim državama. Interesantno je primijetiti da se emisija CO₂ kreće od 1,43 do 858,99 miliona metričkih tona, što ukazuje na veliku varijabilnost u emisiji ugljen-dioksida među državama ZB i EU.

Dodatno, u nastavku je predstavljena matrica korelacije varijabli uključenih u AOP.

Tabela 5. Matrica korelacije varijabli uključenih u AOP

	Zaposleni	Kapital	Energija	BDP	CO₂
Zaposleni	1,0000	0,9644	0,9828	0,9856	0,9714
Kapital	0,9644	1,0000	0,9831	0,9922	0,9415
Energija	0,9828	0,9831	1,0000	0,9909	0,9774
BDP	0,9856	0,9922	0,9909	1,0000	0,9618
CO₂	0,9714	0,9415	0,9774	0,9618	1,0000

Izvor: proračun autora.

Ako svi inputi imaju pozitivne korelacijske koeficijente s outputima, to implicira da svi inputi zadovoljavaju pretpostavku izotoničnosti s outputima za model AOP (Vlahinić-Dizdarević i Šegota, 2012). Izotoničnost je pretpostavka modela AOP koja zahtijeva da povećanje inputa uvijek povećava output, pod uslovom da se svi ostali inputi drže konstantnima. Drugim riječima, ako povećamo vrijednost inputa, izlazna vrijednost bi također trebala porasti.

Svi inputi su visoko pozitivno korelirani s outputima što znači da povećanje vrijednosti bilo kojeg inputa će vjerovatno dovesti do povećanja vrijednosti outputa, čime se zadovoljava zahtjev izotoničnosti. Stoga, ovaj uslov je zadovoljen za model AOP i ukazuje na to da su svi inputi relevantni za modeliranje efikasnosti i da omogućavaju vjerodostojne rezultate. Najviši koeficijent korelacije između inputa i outputa je između BDP-a i energije (0,99), dok je najniži koeficijent korelacije između kapitala i CO₂ emisija (0,94). U svojim istraživanjima UFEE, Chen i Yang (2020), Vlahinić-Lenz *et al.* (2018), Borozan i Borozan (2018), te Ozkara i Atak (2015) navode visoke vrijednosti koeficijenata korelacije, pri čemu značajan dio koeficijenata, između ulaznih i izlaznih varijabli, zauzima vrijednosti iznad 0,9. Prosječne vrijednosti i učešća inputa i outputa korištenih za računanje UFEE po državama, za period 2005-2019. godina, su prikazane u narednoj tabeli.

Tabela 6. Prosječne vrijednosti i učešća varijabli korištenih za računanje UFEE po državama Zapadnog Balkana i Evropske unije za period 2005-2019. godina

Države	INPUTI						OUTPUTI			
	Zaposleni		Kapital		Energija		BDP		CO ₂	
	Milioni ljudi	%	Milijarde dolara*	%	PJ	%	Milijarde dolara*	%	Milioni metričkih tona	%
<i>Albanija</i>	1,11	0,5	76,57	0,1	83,00	0,2	30,63	0,1	3,96	0,1
<i>Austrija</i>	4,17	1,8	1.334,90	2,5	1.139,56	2,3	448,77	2,2	66,94	1,7
<i>Belgija</i>	4,53	2,0	1.431,93	2,7	1.712,45	3,4	538,33	2,6	128,79	3,3
<i>Bosna i Hercegovina</i>	1,05	0,5	71,19	0,1	138,48	0,3	38,60	0,2	15,52	0,4
<i>Bugarska</i>	3,14	1,4	282,74	0,5	413,59	0,8	135,44	0,7	43,79	1,1
<i>Češka Republika</i>	4,99	2,2	1.095,33	2,0	1.112,13	2,2	367,52	1,8	108,77	2,8
<i>Crna Gora</i>	0,21	0,1	16,53	0,0	32,01	0,1	10,86	0,1	2,16	0,1
<i>Danska</i>	2,75	1,2	774,31	1,4	592,82	1,2	297,18	1,4	44,37	1,1
<i>Estonija</i>	0,64	0,3	91,41	0,2	125,04	0,2	40,17	0,2	5,60	0,1
<i>Finska</i>	2,49	1,1	737,56	1,4	1.065,95	2,1	250,90	1,2	49,35	1,3
<i>Francuska</i>	26,99	11,7	8.177,21	15,2	6.613,04	13,1	2.831,96	13,6	375,59	9,6
<i>Grčka</i>	4,05	1,8	844,71	1,6	763,22	1,5	346,71	1,7	88,29	2,2
<i>Holandija</i>	8,51	3,7	2.262,47	4,2	2.509,62	5,0	887,74	4,3	233,14	5,9
<i>Hrvatska</i>	1,66	0,7	253,09	0,5	309,30	0,6	102,66	0,5	18,67	0,5
<i>Irska</i>	2,06	0,9	615,87	1,1	471,92	0,9	293,34	1,4	37,98	1,0
<i>Italija</i>	22,81	9,9	7.241,76	13,4	5.318,89	10,6	2.524,36	12,1	392,06	10,0
<i>Kipar</i>	0,55	0,2	96,25	0,2	66,59	0,1	25,41	0,1	8,29	0,2
<i>Latvija</i>	0,93	0,4	111,04	0,2	168,02	0,3	51,41	0,2	8,33	0,2
<i>Litvanija</i>	1,36	0,6	148,57	0,3	248,32	0,5	84,86	0,4	14,39	0,4
<i>Luksemburg</i>	0,25	0,1	108,16	0,2	160,58	0,3	58,70	0,3	11,44	0,3
<i>Mađarska</i>	4,11	1,8	626,44	1,2	801,00	1,6	264,21	1,3	50,24	1,3
<i>Malta</i>	0,21	0,1	31,22	0,1	18,41	0,0	12,10	0,1	6,42	0,2

<i>Države</i>	<i>INPUTI</i>						<i>OUTPUTI</i>			
	<i>Zaposleni</i>		<i>Kapital</i>		<i>Energija</i>		<i>BDP</i>		<i>CO₂</i>	
	<i>Milioni ljudi</i>	<i>%</i>	<i>Milijarde dolara*</i>	<i>%</i>	<i>PJ</i>	<i>%</i>	<i>Milijarde dolara*</i>	<i>%</i>	<i>Milioni metričkih tona</i>	<i>%</i>
<i>Njemačka</i>	39,87	17,3	10.896,86	20,2	9.430,97	18,7	4.033,31	19,4	804,38	20,5
<i>Poljska</i>	16,71	7,3	1.710,04	3,2	2.856,40	5,7	974,94	4,7	310,80	7,9
<i>Portugal</i>	4,82	2,1	909,36	1,7	744,28	1,5	332,26	1,6	54,56	1,4
<i>Rumunija</i>	8,70	3,8	1.103,25	2,0	1.010,09	2,0	455,56	2,2	79,91	2,0
<i>Sjeverna Makedonija</i>	0,67	0,3	50,89	0,1	78,28	0,2	28,17	0,1	7,37	0,2
<i>Slovačka</i>	2,39	1,0	349,08	0,6	458,13	0,9	143,79	0,7	35,97	0,9
<i>Slovenija</i>	0,96	0,4	192,12	0,4	215,00	0,4	70,34	0,3	14,79	0,4
<i>Španija</i>	18,94	8,2	4.588,61	8,5	3.721,63	7,4	1.756,06	8,4	311,63	7,9
<i>Srbija</i>	2,79	1,2	172,03	0,3	388,09	0,8	105,33	0,5	46,70	1,2
<i>Švedska</i>	4,69	2,0	1.318,21	2,4	1.389,27	2,8	470,99	2,3	52,43	1,3
<i>Velika Britanija</i>	30,91	13,4	6.205,23	11,5	6.172,68	12,3	2.795,96	13,4	498,20	12,7
<i>Prosjeak za predmetne države</i>	6,97		1.634,09		1.525,11		630,56		119,12	

* Milijarde konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine.

Izvor: proračun autora.

Prethodna tabela daje prosječne vrijednosti i učešća varijabli (broj zaposlenih, kapital, potrošnja energije, bruto domaći proizvod i emisija CO₂) korištenih za računanje UFEE po državama Zapadnog Balkana i Evropske unije za period 2005-2019. godina. Zapaženo je da se države značajno razlikuju u ovim aspektima.

Posebno je interesantno primijetiti da se država sa najmanjim omjerom inputa i outputa (kao što je Crna Gora) karakteriše niskom potrošnjom energije i emisijom CO₂ u odnosu na kapital i BDP. Sa druge strane, država sa najvišim omjerom (kao što je Njemačka) ističe se velikim kapitalom i BDP-om u odnosu na potrošnju energije i emisiju CO₂. Austrija i Belgija imaju visok kapital i energiju u odnosu na broj zaposlenih. Rumunija i Litvanija se ističu po relativnoj veličini kapitala naspram BDP-a i emisije CO₂. Na osnovu podataka u tabeli, možemo analizirati odnos između inputa i outputa među različitim državama na sljedeći način:

- države sa većim brojem zaposlenih, kao i višim kapitalom i potrošnjom energije, obično imaju i veći BDP;
- uopšteno, države sa većim BDP-om također imaju tendenciju da imaju veću emisiju CO₂;
- države sa većim brojem zaposlenih i višim kapitalom često imaju i veću emisiju CO₂;
- države koje troše više energije često ispuštaju više ugljen-dioksida u okoliš.

S obzirom na promjenljive uslove, u kojima djeluju sve strukture unutar predmetnih država, prije svega misleći na političke, energetske, finansijske, poslovne i dr. promjene, razmatranje energijske efikasnosti treba biti u kontekstu mjerenja tokom vremena. Ovim radom biće provedena analiza prozora unutar analize omeđivanja podataka (APAOP) kako bi se, između ostalog, istražila dinamika promjena energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije.

Indeksi efikasnosti dobijeni pomoću APAOP za cjelokupno razmatrani period prikazani su detaljno u Prilogu 2 rada, a u narednoj tabeli su prikazani prosječni rezultati za UFEE po godinama i državama. Naredna tabela ukazuje na trendove UFEE i to:

- Hrvatska, Finska, Grčka, Rumunija i Danska su pokazale postepeni rast vrijednosti do 2007/2008. godine, a zatim su vrijednosti blago opadale do kraja perioda;
- Španija, Njemačka, Holandija, Poljska i Velika Britanija su zadržale relativno konstantne vrijednosti UFEE tokom većeg dijela perioda, uz manje oscilacije. Ovaj stabilan trend ukazuje na dosljedne performanse u datim godinama;

- Latvija i Estonija su imale nekoliko značajnih odskakanja u svojim vrijednostima tokom perioda;
- Malta, Luksemburg, Irska, Italija i Francuska su zadržale visoke vrijednosti UFEE tokom većeg dijela perioda, sa samo nekoliko manjih odskakanja;
- Litvanija je pokazala značajan skok u vrijednostima do 2009. godine, nakon čega su vrijednosti značajno smanjene;
- Češka i Slovačka su doživjele rast vrijednosti UFEE do 2011. godine, nakon čega su se vrijednosti smanjile i postupno stabilizovale.

Tabela 7. UFEE po godinama i državama

DO	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Albanija	0,54	0,58	0,93	0,65	1,00	0,86	0,84	1,00	0,86	0,69	0,89	0,69	0,52	0,77	1,00	0,79
Austrija	0,75	0,79	0,85	0,85	0,85	0,80	0,83	0,78	0,71	0,66	0,59	0,56	0,55	0,56	0,53	0,71
Belgija	0,67	0,70	0,72	0,70	0,72	0,71	0,87	0,83	0,72	0,71	0,59	0,57	0,56	0,55	0,54	0,68
Bugarska	0,83	0,67	0,65	0,63	0,58	0,57	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,52
Bosna i Hercegovina	0,66	0,65	0,65	0,61	0,57	0,53	0,51	0,48	0,48	0,44	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,51
Kipar	0,51	0,51	0,52	0,49	0,48	0,49	0,49	0,50	0,48	0,46	0,45	0,45	0,43	0,45	0,45	0,48
Češka Republika	0,46	0,49	0,53	0,54	0,52	0,53	0,53	0,48	0,44	0,41	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,46
Njemačka	0,88	0,92	1,00	1,00	0,91	0,92	0,99	0,97	0,94	0,97	0,96	0,95	0,97	1,00	1,00	0,96
Danska	0,80	0,79	0,82	0,83	0,80	0,79	0,81	0,78	0,71	0,66	0,62	0,60	0,62	0,62	0,63	0,72
Španija	0,85	0,90	0,89	0,92	0,91	0,91	0,91	0,87	0,89	0,87	0,92	0,90	0,91	0,93	1,00	0,91
Estonija	0,87	0,98	1,00	0,77	0,71	0,70	0,84	0,68	0,64	0,65	0,61	0,61	0,59	0,60	1,00	0,75
Finska	0,57	0,55	0,60	0,62	0,57	0,55	0,58	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,42	0,41	0,41	0,50
Francuska	0,93	0,96	1,00	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,94	0,99	0,97	0,95	0,96	0,99	1,00	0,97
Grčka	0,78	0,95	1,00	0,86	0,79	0,74	0,63	0,57	0,54	0,50	0,45	0,44	0,44	0,45	0,45	0,64
Hrvatska	0,62	0,64	0,67	0,65	0,60	0,59	0,59	0,54	0,52	0,48	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,54
Mađarska	0,57	0,60	0,60	0,62	0,58	0,57	0,58	0,54	0,51	0,48	0,44	0,43	0,43	0,44	0,45	0,52
Irska	1,00	0,99	1,00	0,94	0,97	0,98	0,96	0,88	0,82	0,81	1,00	0,95	0,97	1,00	1,00	0,95
Italija	0,95	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,96	0,98	0,98	0,95	0,95	0,97	0,98	1,00	0,98
Litvanija	0,91	0,96	1,00	0,97	0,76	0,76	0,86	0,82	0,78	0,75	0,58	0,61	0,66	0,76	1,00	0,81
Luksemburg	0,85	0,90	1,00	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,92	0,94	0,95	1,00	0,99	0,99	1,00	0,97
Latvija	0,77	0,87	1,00	1,00	0,61	0,55	0,62	0,61	0,58	0,54	0,52	0,52	0,53	0,53	0,52	0,65
Sjeverna Makedonija	0,56	0,59	0,61	0,65	0,75	0,77	0,69	0,64	0,64	0,62	0,58	0,61	0,57	0,56	0,61	0,63
Malta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	0,99
Crna Gora	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,84	0,99
Holandija	0,69	0,72	0,75	0,82	0,73	0,72	0,74	0,70	0,68	0,68	0,66	0,65	0,65	0,66	0,66	0,70
Poljska	0,80	0,88	1,00	1,00	0,99	0,95	1,00	0,98	0,91	0,95	0,96	0,87	0,89	0,95	1,00	0,94
Portugal	0,64	0,69	0,71	0,73	0,70	0,75	0,71	0,63	0,58	0,52	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,60
Rumunija	0,63	0,73	0,88	1,00	0,75	0,68	0,65	0,60	0,62	0,58	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61	0,67
Srbija	0,55	0,58	1,00	1,00	0,70	0,77	0,87	0,85	0,87	0,77	0,70	0,72	0,70	0,85	1,00	0,80
Slovačka	0,40	0,44	0,49	0,51	0,50	0,53	0,54	0,52	0,48	0,47	0,45	0,44	0,43	0,43	0,44	0,47
Slovenija	0,52	0,55	0,59	0,58	0,57	0,57	0,58	0,53	0,51	0,50	0,48	0,47	0,47	0,48	0,50	0,53
Švedska	0,88	0,93	1,00	0,97	0,94	0,90	0,95	0,88	0,83	0,84	0,88	0,75	0,75	0,82	0,64	0,86
Velika Britanija	0,92	0,95	1,00	0,99	0,94	0,93	0,97	0,93	0,92	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	0,97

Izvor: proračun autora.

Kada se izvrši rangiranje država na osnovu prosjeka od 2005. do 2019. godine dobijamo da u grupu od 10 najefikasnijih država spadaju: Malta, Crna Gora, Italija, Francuska, Velika Britanija, Luksemburg, Njemačka, Irska, Poljska i Španija. S druge strane, u najneefikasnije države spadaju: Portugal, Hrvatska, Slovenija, Mađarska, Bugarska, Bosna i Hercegovina, Finska, Kipar, Slovačka i Češka Republika.

Tabela 8. Rangiranje država po UFEE

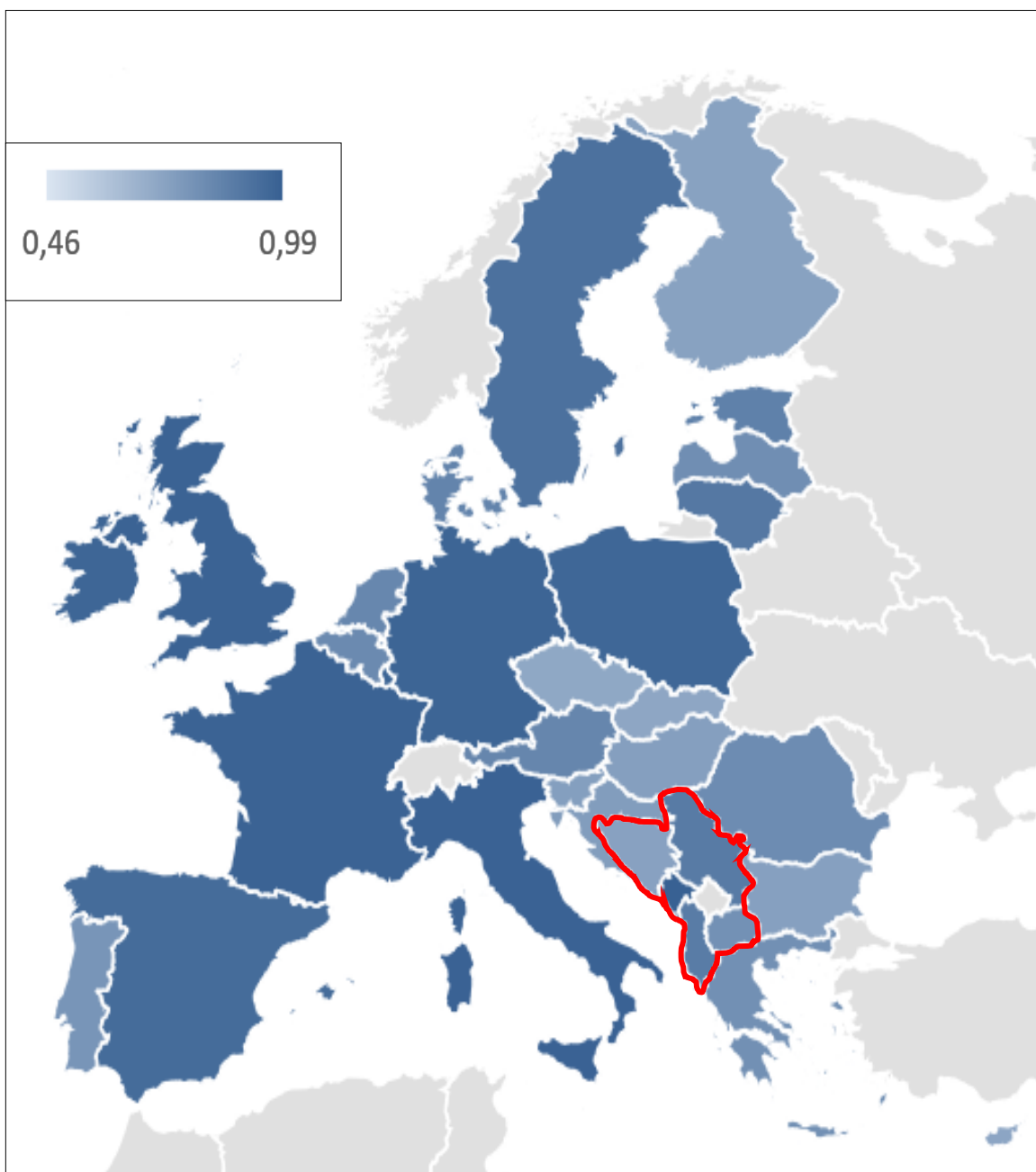
Rang	DO	Prosjek	Rang	DO	Prosjek
1.	Malta	0,99	18.	Holandija	0,70
2.	Crna Gora	0,99	19.	Belgija	0,68
3.	Italija	0,98	20.	Rumunija	0,67
4.	Francuska	0,97	21.	Latvija	0,65
5.	Velika Britanija	0,97	22.	Grčka	0,64
6.	Luksemburg	0,97	23.	Sjeverna Makedonija	0,63
7.	Njemačka	0,96	24.	Portugal	0,60
8.	Irska	0,95	25.	Hrvatska	0,54
9.	Poljska	0,94	26.	Slovenija	0,53
10.	Španija	0,91	27.	Mađarska	0,52
11.	Švedska	0,86	28.	Bugarska	0,52
12.	Litvanija	0,81	29.	Bosna i Hercegovina	0,51
13.	Srbija	0,80	30.	Finska	0,50
14.	Albanija	0,79	31.	Kipar	0,48
15.	Estonija	0,75	32.	Slovačka	0,47
16.	Danska	0,72	33.	Češka Republika	0,46
17.	Austrija	0,71			

Izvor: proračun autora.

Na narednoj slici je primjetno da u najvećem broju slučajeva države Zapadnog Balkana i države na istoku EU imaju niže stope ukupne faktorske energijske efikasnosti (svjetlije

označene države na slici). S druge strane, države na zapadu i sjeveru EU imaju više stope UFEE (tamnije označene države na slici).

Slika 2. Prosječna UFEE po državama

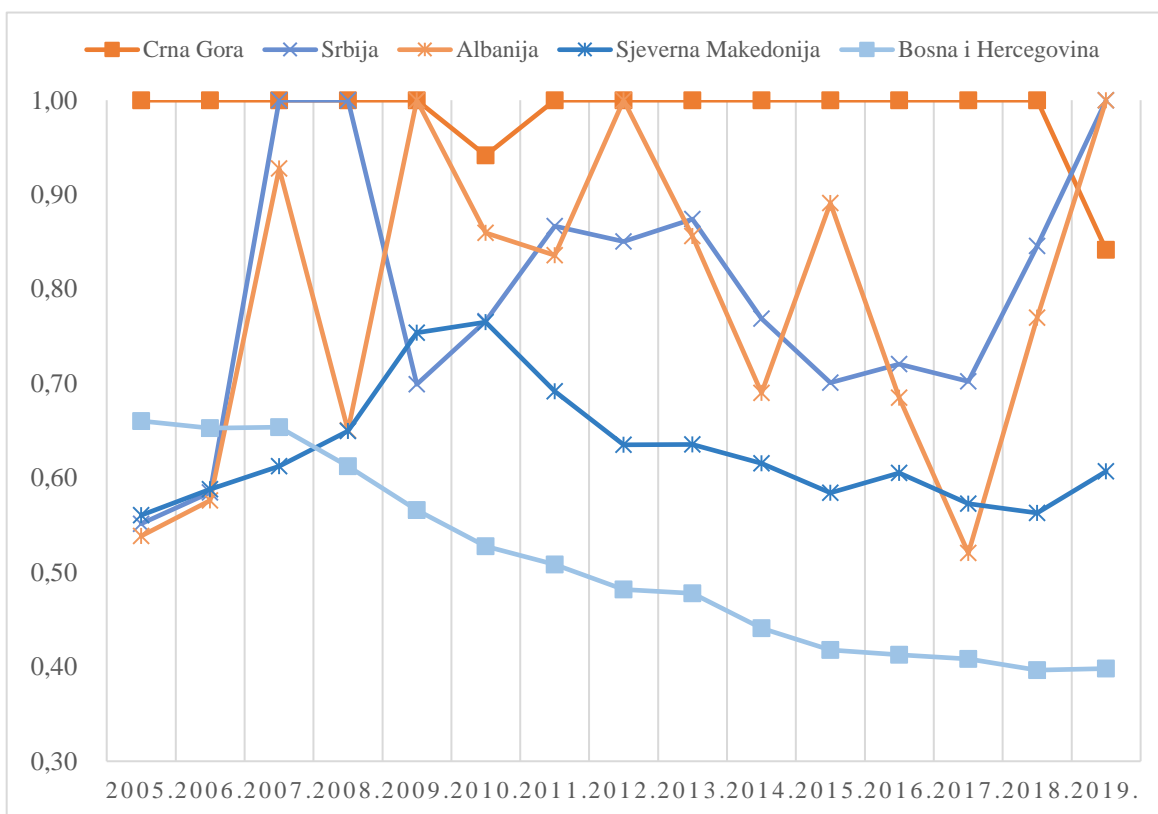


Izvor: kreacija autora.

Na narednoj slici je prikazano kretanje UFEE u državama Zapadnog Balkana od 2005. do 2019. godine. U kontekstu država Zapadnog Balkana primjetno je da Crna Gora ima visok nivo efikasnosti koji se održava u cijelom posmatranom periodu, sa izuzetkom pada u 2019. godini zbog prisustva neiskorištenih resursa u svim kategorijama inputa (kapital, zaposleni i energija). Crnu Goru, zbog svoje ekonomske strukture i nedostatka industrije, teško možemo smatrati "izuzetno uspješnom" državom u kontekstu UFEE. Iz tog razloga, postoji

oprez vezan za rezultate UFEE za Crnu Goru. Srbija također ima uzlaznu putanju ukupne faktorske energijske efikasnosti sa određenim padom između 2013. i 2016. godine. Za Albaniju je teško utvrditi trendove jer u određenim godinama (npr. 2009., 2012. ili 2019. godina) vrijednost UFEE je 1, tj. efikasna država dok se u određenim godinama iskazuje značajna neefikasnost (2005., 2014. i 2017. godina). Sjeverna Makedonija do 2010. godine pokazuje trend rasta, gdje 2005. godine UFEE zauzima vrijednost 0,56 a u 2010. godini je već 0,77. Međutim nakon 2010. godine postoji pad efikasnosti uz povremeni blagi oporavak i rast UFEE (kao npr. u 2016. i 2019. godini). U Bosni i Hercegovini postoji kontinuirani pad efikasnosti od 2005. do 2019. godine, sa vrijednosti UFEE od 0,66 na 0,4.

Slika 3. Kretanje UFEE u državama Zapadnog Balkana od 2005. do 2019. godine

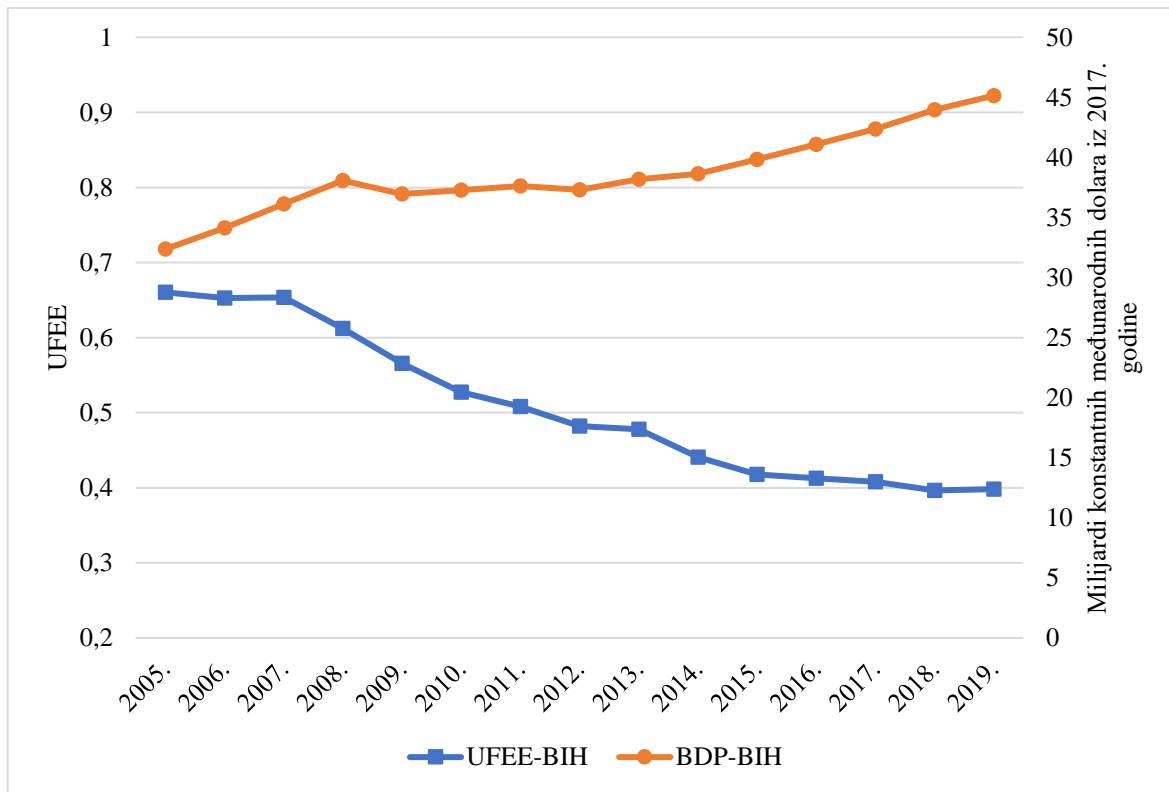


Izvor: kreacija autora.

Kada se uzmu u obzir prosječne vrijednosti UFEE za period 2005-2019. godina imamo visokoplasiranu Crnu Goru sa UFEE od 0,99, potom Srbiju sa 0,80, Albaniju sa 0,79, Sjevernu Makedoniju sa 0,63 te Bosnu i Hercegovinu sa 0,51.

U nastavku se posebno analizira stanje energijske efikasnosti u Bosni i Hercegovini. Najprije ćemo uporediti kretanje BDP-a kroz period 2005-2019. godina i dobivene vrijednosti UFEE, kako bi analizirali da li se poboljšava energijska efikasnost u Bosni i Hercegovini sa ekonomskim rastom.

Slika 4. Kretanje UFEE i BDP-a u periodu 2005-2019. godina u Bosni i Hercegovini

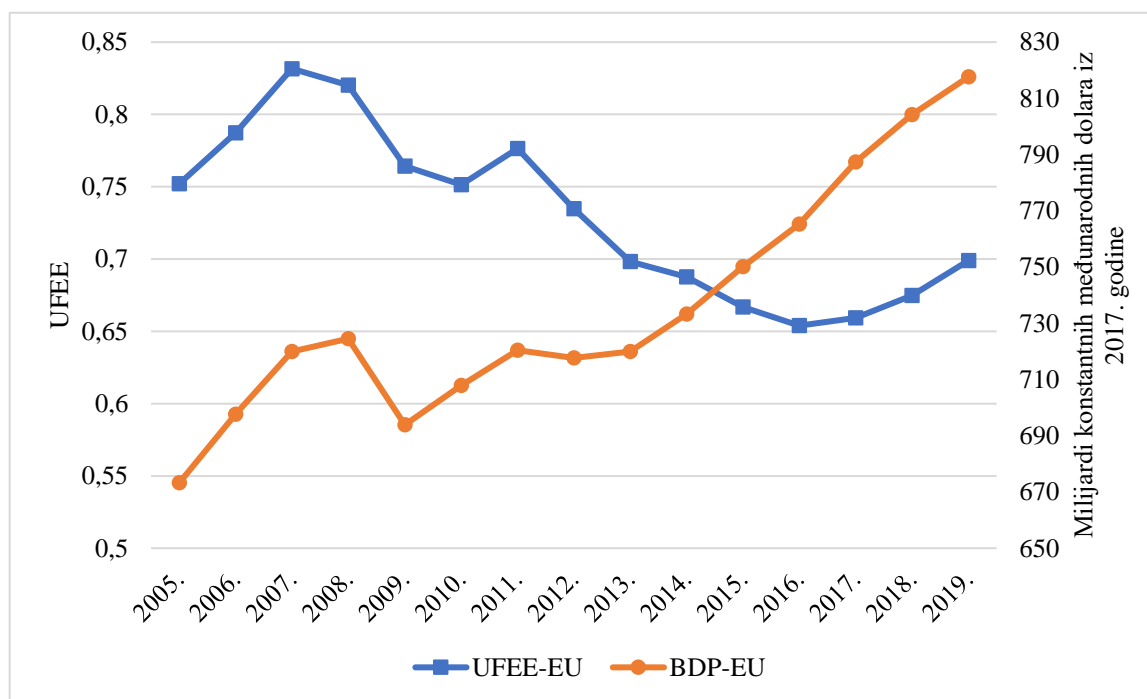


Izvor: kreacija autora.

Prethodna slika pokazuje da se energetska efikasnost nije poboljšala iako je prisutan rast BDP-a. Slika ukazuje da ne postoji pozitivna povezanost između ekonomskog rasta i energetske efikasnosti u Bosni i Hercegovini. Kada se BDP povećava kao rezultat veće proizvodnje i ekonomske aktivnosti, postoji veća potreba za energijom kako bi se podržao ekonomski rast. Istovremeno nije prisutno povećanje energetske efikasnosti, što znači da se veći ekonomski rast postiže s povećanjem ukupne potrošnje energije, a u kontekstu UFEE, moguće i drugih inputa kao što su kapital i radna snaga.

Suprotno kretanje stopa rasta BDP-a i UFEE može ukazivati na nedostatak tehnološkog napretka u smislu energetske efikasnosti. Ako se BDP povećava, ali se energetska efikasnost smanjuje, to može ukazivati na nedovoljno usvajanje energetske efikasne tehnologije, procesa i praksi, nedostatka svijesti za poboljšanje energetske efikasnosti i/ili neadekvatnih politika održivosti i energetske tranzicije. S druge strane, kao što se može primjetiti na narednoj slici, situacija je drugačija u državama EU.

Slika 5. Kretanje prosječnih vrijednosti UFEE i BDP-a u periodu 2005-2019. godina u Evropske unije

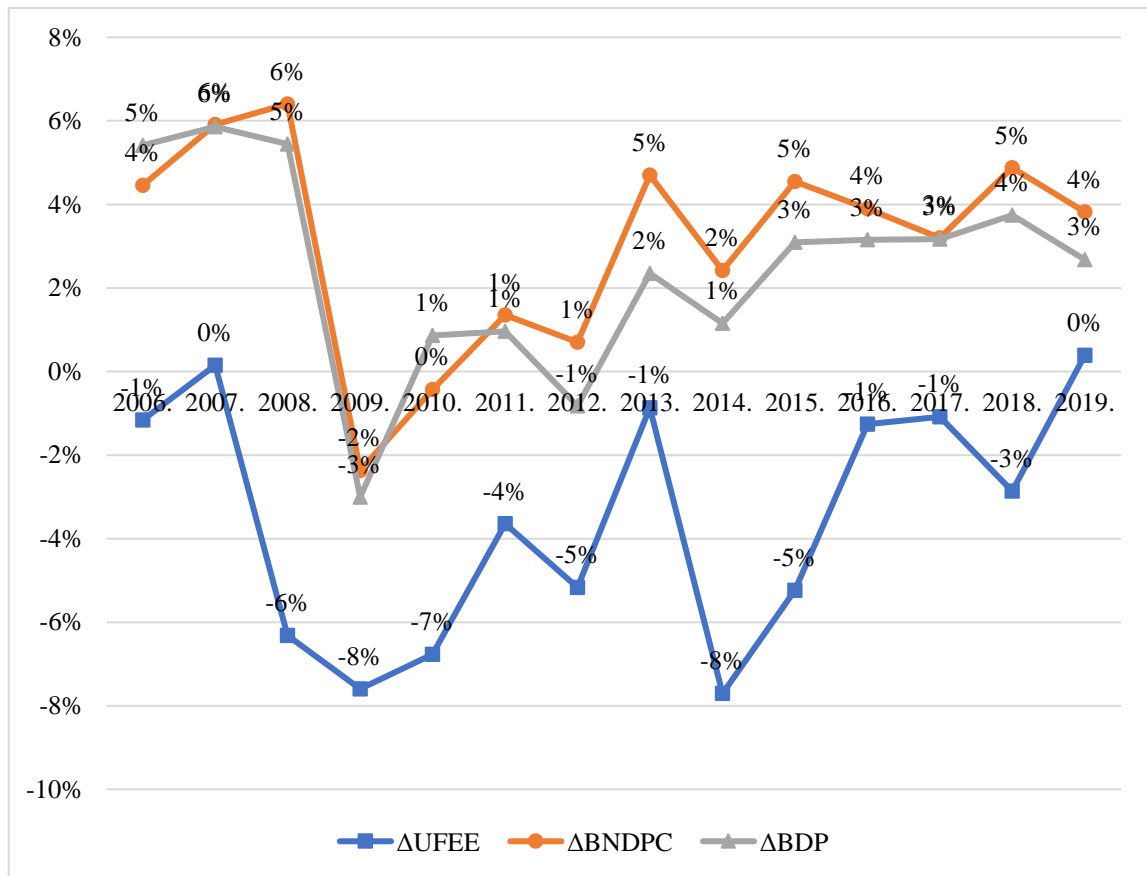


Izvor: kreacija autora.

Postoji pozitivna veza prosječnih vrijednosti UFEE i BDP-a u periodu 2005-2011. i 2016-2019. godina u državama EU. U periodu 2012-2015. godina situacija je slična kao i u Bosni i Hercegovini. Razlozi takve negativne veze mogu biti ekonomski faktori odnosno naknadne posljedice svjetske ekonomske krize, promjene u energetsom miksima odnosno nedostatak adekvatnih politika i regulative. Upravo su do 2012. godine u EU uspostavljeni jasni i obavezujući ciljevi država EU o povećanju energetske efikasnosti kroz direktive, pravilnike i akcijske planove. Najvažnija je Direktiva o energetske efikasnosti (2012) a pravi rezultati takvog pristupa primjetni su u nadolazećim godinama.

U naredno poređenje se uključuje i bruto nacionalni dohodak po stanovniku (BNDPC) u Bosni i Hercegovini kao mjera ekonomskog prosperiteta. Kada se uzmu u obzir godišnje promjene UFEE, BDP-a i BNDPC-a u Bosni i Hercegovini, moguće je konstruisati narednu sliku.

Slika 6. Godišnje promjene u % UFEE, BNDPC i BDP-a u Bosni i Hercegovini



Izvor: kreacija autora.

Sa prethodne slike može se zaključiti da tokom faze ekonomske ekspanzije ili ubrzanja godišnjih stopa rasta BDP-a u Bosni i Hercegovini, može se očekivati manje opadanje ili promjena stope UFEE u odnosu na prethodni period, odnosno kada stopa rasta BDP-a usporava može se očekivati još veće opadanje stope UFEE u odnosu na prethodnu godinu. Vrlo slična situacija je i kod poređenja UFEE i BNDPC-a.

Naredna poglavlja razlažu UFEE na njegove bitne dijelove koji objašnjavaju efikasnost i u njima je dodatno odgovoreno na istraživačka pitanja koja se tiču UFEE u međusobnom poređenju država Zapadnog Balkana, kao i poređenja sa državama EU.

4.3.2. Neiskorišteni resursi (slacks) u predmetnim državama

Model baziran na rezervama (SBM), koji je korišten za izračun UFEE, direktno se fokusira na rezerve ili neiskorištene resurse za računanje efikasnosti. SBM mjeri koliko dobro DO (države) koriste svoje resurse u odnosu na optimalnu upotrebu tih resursa. Rezerva ili razmak (*eng. slacks*) se odnosi na razliku između stvarne vrijednosti neke varijable u modelu i njezinog optimalnog ili ciljanog (*eng. targets*) nivoa.

Za prikaz rezervi odnosno neiskorištenih resursa za računanje efikasnosti, poslužit ćemo se podacima o rezervama dobijenim provođenjem APAOP. Najprije će biti analizirani podaci za sve države u ovoj analizi (EU i ZB) i to:

- ⇒ putem analize prozora koja obuhvata period 2005-2008. godina, kao početak posmatranog perioda, i
- ⇒ analize prozora koja obuhvata period 2016-2019. godina, kao završetak posmatranog perioda.

Nakon toga, kako bi se detaljnije razmotrila efikasnost država Zapadnog Balkana, analiziraće se podaci za sve godine po svim izvorima neefikasnosti.

Kako je istaknuto u metodologiji AOP, važno je rezerve ne shvatati doslovno, već ih posmatrati kao kapacitet za poboljšanje ili potencijal za uštede. Rezerve, izražene u nastavku u fizičkim veličinama, predstavljaju indikatore koji ukazuju na trendove ili tendencije u efikasnosti. One sugerišu na probleme koje države mogu imati u područjima obuhvaćenim analizom. Evaluacija relativne efikasnosti putem rezervi provodi se poređenjem dobivenih vrijednosti rezervi (u inputima i outputima) sa stvarnim vrijednostima inputa i outputa za svaku državu. Na taj način stvaraju se relativne vrijednosti rezervi koje omogućavaju poređenje između država.

Posmatranje početnog i krajnjeg perioda omogućava uvid u poboljšanje ili pogoršanje efikasnosti korištenja inputa prilikom stvaranja outputa. Podaci o prosječnoj vrijednosti rezervi za početni period (2005-2008.) su prikazani u narednoj tabeli.

Tabela 9. Prosječna vrijednosti rezervi (slacks) za početni period od 2005. do 2008. godine

DO	Rezerva- input: Zaposleni	Rezerva- input: Kapital	Rezerva- input: Energija	Rezerva- output: BDP	Rezerva- output: CO₂
	<i>(Milioni ljudi)</i>	<i>(Milijarde dolara*)</i>	<i>(PJ)</i>	<i>(Milijarde dolara*)</i>	<i>(Milioni metričkih tona)</i>
<i>Albanija</i>	0,58	11,04	8,65	-	0,36
<i>Austrija</i>	0,27	293,85	254,24	-	2,57
<i>Belgija</i>	0,08	111,44	693,29	-	53,86
<i>Bugarska</i>	1,22	-	81,41	-	18,07
<i>Bosna i Hercegovina</i>	0,65	-	8,93	-	4,55
<i>Kipar</i>	0,21	41,70	15,10	-	4,34
<i>Češka Republika</i>	2,06	239,31	492,44	-	61,05
<i>Njemačka</i>	0,52	185,86	509,95	-	38,41
<i>Danska</i>	0,40	140,19	69,43	-	5,84
<i>Španija</i>	3,00	-	232,18	-	33,21
<i>Estonija</i>	0,09	0,97	16,23	-	-

<i>DO</i>	<i>Rezerva- input: Zaposleni</i> (Milion ljudi)	<i>Rezerva- input: Kapital</i> (Milijarde dolara*)	<i>Rezerva- input: Energija</i> (PJ)	<i>Rezerva- output: BDP</i> (Milijarde dolara*)	<i>Rezerva- output: CO₂</i> (Milion metričkih tona)
<i>Finska</i>	0,43	203,17	609,00	-	13,43
<i>Francuska</i>	0,19	27,53	213,92	-	13,23
<i>Grčka</i>	0,49	-	19,45	-	18,34
<i>Hrvatska</i>	0,90	18,55	101,05	-	3,29
<i>Mađarska</i>	1,88	59,51	336,73	-	14,85
<i>Irska</i>	0,03	14,91	13,51	-	0,42
<i>Italija</i>	0,17	46,87	107,17	-	10,65
<i>Litvanija</i>	0,14	-	0,81	-	0,28
<i>Luksemburg</i>	-	3,98	11,26	-	0,93
<i>Latvija</i>	0,18	-	15,15	-	-
<i>Sjeverna Makedonija</i>	0,29	4,66	12,28	-	3,78
<i>Malta</i>	-	-	-	-	-
<i>Crna Gora</i>	-	-	-	-	-
<i>Holandija</i>	0,61	-	773,89	-	97,74
<i>Poljska</i>	0,77	-	179,43	-	28,76
<i>Portugal</i>	2,28	184,65	173,90	-	3,82
<i>Rumunija</i>	3,07	-	138,80	-	9,45
<i>Srbija</i>	0,62	-	64,28	-	15,30
<i>Slovačka</i>	1,48	76,97	210,57	-	17,82
<i>Slovenija</i>	0,68	56,28	44,06	-	2,25
<i>Švedska</i>	0,11	35,18	125,64	-	-
<i>Velika Britanija</i>	0,74	-	230,60	-	20,50

* Milijarde konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine.

Izvor: proračun autora.

U kontekstu rezervi inputa koji se odnose na zaposlene (prva kolona prethodne tabele), rezerva predstavlja neiskorišteni input radne snage a odnosi se na količinu radne snage koja se ne koristi u potpunosti od strane države koja se analizira. Drugim riječima, to je količina radne snage koju država ima na raspolaganju, ali je ne koristi u potpunosti kako bi postigla svoje ciljeve. Ta rezerva ustvari predstavlja potencijal za poboljšanje produktivnosti radne snage. Ova analiza također pomaže da se identifikuju države koje koriste previše ili premalo radne snage u odnosu na performanse. Tako na primjer, u početnom periodu u optimalnim uslovima Bosna i Hercegovina ima rezervu od 0,65 miliona zaposlenih ili u relativnom smislu 62% ukupnog broja zaposlenih. U suštini Bosna i Hercegovini ima potencijal za poboljšanje produktivnosti radne snage za 62% kako bi uz iste ostale inpute i outpute dostigla punu efikasnost. Ova vrijednost ukazuje na to da postoji neiskorišteni kapacitet za proizvodnju s trenutnim nivoom zaposlenosti, što ukazuje na probleme s efikasnošću,

odnosno sa stepenom produktivnosti radne snage koja ovisi o nivou tehnološkog razvoja i dodatnoj vrijednosti outputa, ali i moguće je upravljanjem ljudskim resursima. Ovaj podatak može se koristiti za identifikaciju potencijalnih poboljšanja u procesima upravljanja radnom snagom ili optimizaciju proizvodnih procesa. Albanija može poboljšati efikasnost radne snage za 54%, Sjeverna Makedonija za 48% i Srbija za 22%, odnosno sve ove države ZB imaju potencijal za poboljšanje produktivnosti radne snage bez utjecaja na stvaranje outputa (BDP i CO₂). S druge strane, Luksemburg, Malta i Crna Gora, kao jedna od država ZB, nemaju rezervi i relativno su efikasne u stvaranju outputa. Od svih analiziranih država najveće rezerve i najveći potencijal za poboljšanje efikasnosti imaju Slovenija sa 68% i Slovačka sa 64%. Kada se razmatraju rezerve uzimajući u obzir podatke iz krajnjeg perioda (2016-2019. godina) primjetne su određene promjene, pa je tako u svim državama ZB došlo do pogoršanja. Albanija ima rezervu od 0,64 miliona zaposlenih što je povećanje za 9%, Bosna i Hercegovina ima rezervu od 0,72 miliona zaposlenih što je povećanje za 10%, Sjeverna Makedonija ima rezervu od 0,42 miliona zaposlenih što je povećanje od 47%, Crna Gora koja nije imala rezervu u početnom periodu sada ima rezervu od 20.000 zaposlenih, te Srbija ima rezervu od 1 milion zaposlenih što je povećanje za 60%. Najveće povećanje u rezervi zaposlenosti, u razmatranim državama, imaju Švedska od 1611% i Belgija od 1328%, dok s druge strane smanjenje rezervi zaposlenosti i povećanje efikasnosti radne snage postižu Velika Britanija sa smanjenjem od 90% i Italija sa 58%. Podaci o promjenama rezervi zaposlenosti ostalih država su prikazani u narednoj tabeli.

U kontekstu rezervi inputa koji se odnose na angažovani kapital (druga kolona prethodne tabele), rezerva predstavlja neiskorišteni kapital koji se ne koristi u potpunosti od strane države koja se analizira. Drugim riječima, to je količina angažovanog kapitala kojeg država ima na raspolaganju, ali je ne koristi u potpunosti kako bi postigla svoje ciljeve. Tako Albanija ima potencijal za poboljšanje produktivnosti kapitala od 19% a Sjeverna Makedonija od 11%. Ove vrijednosti ukazuje na to da postoji neiskorišteni dio kapitala za stvaranje outputa, što ukazuje na probleme s efikasnošću, odnosno efikasnim korištenjem energije. U početnom periodu Bosna i Hercegovina nema rezervi vezanih za angažovani kapital, zajedno sa Crnom Gorom i Srbijom, odnosno kapital se efikasno koristi za stvaranje outputa (BDP i CO₂) u ovim državama. Pored ovih država ZB i naredne države nemaju rezervi kapitala i relativno se efikasne u stvaranju outputa: Bugarska, Španija, Grčka, Litvanija, Latvija, Malta, Holandija, Poljska, Rumunija i Velika Britanija.

Međutim, kada se posmatraju rezerve u krajnjem periodu onda imamo pogoršanje kod Albanije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore, poboljšanje u Sjevernoj Makedoniji te isti nivo u Srbiji. Albanija ima rezervu od 19,25 milijardi konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine što je povećanje za 74%, Bosna i Hercegovina ima rezervu od 6,48 milijardi dolara uz povećanje od 100%, i Crna Gora ima rezervu od 0,32 milijardi dolara kapitala što je povećanje od 100%. U Sjevernoj Makedoniji postoji rezerva od 0,14 milijardi dolara kapitala što je smanjenje za 97%, dok u Srbiji nije bilo promjena odnosno nisu se pojavile rezerve kapitala u stvaranju outputa. Najveće povećanje u rezervi kapitala, u razmatranim državama, imaju Estonija sa promjenom od 1774% i Švedska sa 795%, dok s druge strane smanjenje

rezervi kapitala i povećanje efikasnosti kapitala postižu Irska sa smanjenjem od 100% i Njemačka sa 92%. Podaci o promjenama rezervi kapitala ostalih država su prikazani u narednoj tabeli.

Od posebnog interesa za ovaj rad je analiza rezervi vezanih za energiju. Kada se posmatraju rezerve inputa koji se odnosi na energiju (treća kolona prethodne tabele), rezerva predstavlja količinu energije koja se ne koristi u potpunosti od strane države koja se analizira, što znači da država ima na raspolaganju više energije nego što je potrebno za postizanje njezinih ciljeva i outputa. Analiza rezervi energije također pomaže da se identifikuju količine energije i države koje koriste previše ili premalo energije u odnosu na performanse. Tako na primjer, u početnom periodu Bosna i Hercegovina ima rezervu energije od 8,93 PJ odnosno ima potencijal za poboljšanje efikasnosti potrošnje za 7,4% bez utjecaja na stvaranje outputa (BDP i CO₂). Ova vrijednost ukazuje na to da postoji neefikasnost u potrošnji energije za stvaranje outputa. Ovaj podatak je iskoristiv za identifikaciju potencijalnih poboljšanja u strateškim energetske procesima. Albanija posjeduje potencijal za poboljšanje efikasnosti potrošnje energije od 11%, Sjeverna Makedonija 16% i Srbija 15%, odnosno sve ove države ZB imaju potencijal za poboljšanje efikasnosti bez utjecaja na stvaranje outputa (BDP i CO₂). S druge strane, Malta i Crna Gora, kao jedna od država ZB, nemaju rezervi i relativno su efikasne u stvaranju outputa za posmatrani period. Od svih analiziranih država najveće rezerve i najveći potencijal za poboljšanje efikasnosti imaju Finska sa 56% i Slovačka sa 43%.

Kada se razmatraju rezerve uzimajući u obzir podatke iz krajnjeg perioda (2016-2019. godina) primjetne su značajne promjene, pa je tako u svim državama ZB došlo do pogoršanja. Albanija ima rezervu od 24,08 PJ što je povećanje za 178%, Bosna i Hercegovina ima rezervu od 101,57 PJ što je povećanje za 1038% (čime za posmatrani period ima najveću rezervu odnosno najmanju efikasnost), Sjeverna Makedonija ima rezervu od 24,32 PJ što je povećanje od 98%, Crna Gora koja nije imala rezervu u početnom periodu sada ima rezervu od 0,42 PJ, te Srbija sa rezervom od 81,11 PJ što je povećanje za 26%. Najveće povećanje u rezervi vezanoj za energiju, u razmatranim državama, imaju Litvanija sa povećanjem od 5950%, Grčka sa 1591% i Latvija sa 486%, dok je s druge strane smanjenje rezervi i povećanje energijske efikasnosti prisutno u Italiji sa smanjenjem od 100%, Španiji sa 99%, Luksemburgu sa 96%, Irskoj sa 87%, Velikoj Britaniji sa 64% i Njemačkoj sa 54%. Podaci o promjenama rezervi energije ostalih država su prikazani u narednoj tabeli.

Pored rezervi u inputima, prisutna je rezerva i u nepoželjnim outputima koje je potrebno smanjiti pa se interpretacija nepoželjnih outputa može podvesti kao interpretacija inputa. Kada se posmatraju rezerve nepoželjnog outputa CO₂ (peta kolona prethodne tabele), rezerva predstavlja količinu emisija CO₂ koje bi država mogla manje proizvesti nego što to trenutno čini, uz održavanje istog nivoa drugih outputa.

Tako na primjer, u početnom periodu Bosna i Hercegovina ima rezervu CO₂ od 4,55 miliona metričkih tona odnosno ima potencijal od 39,5% da smanji emisije CO₂ bez utjecaja na

stvaranje drugih outputa. I ovaj podatak je iskoristiv za identifikaciju potencijalnih poboljšanja u strateškim energetske procesima. Albanija posjeduje rezerve CO₂ koje je omogućavaju poboljšanje efikasnosti u emisijama CO₂ od 8%, Sjeverna Makedonija 49% i Srbija 32% odnosno sve ove države ZB bi mogle smanjiti emisije CO₂ u navedenim vrijednostima bez utjecaja na stvaranje drugih outputa. Dodatno, Estonija, Latvija, Malta, Švedska i Crna Gora nemaju rezervi CO₂ i relativno su efikasne u stvaranju outputa za posmatrani period. Od svih analiziranih država najveće rezerve i najveći potencijal za poboljšanje efikasnosti u emisijama CO₂ imaju Češka Republika sa 52% i Kipar sa 48%.

Kada se razmatraju rezerve CO₂ uzimajući u obzir podatke iz krajnjeg perioda (2016-2019. godina) primjetne su značajne promjene, pa je tako Albanija smanjila rezervu 0,21 milion metričkih tona što je smanjenje za 43%, Bosna i Hercegovina ima rezervu od 12,75 miliona metričkih tona što je povećanje za 180%, Sjeverna Makedonija je smanjila rezervu na 2,63 miliona tona uz smanjenje od 30%, Crna Gora koja nije imala rezervu u početnom periodu sada ima rezervu od 30.000 metričkih tona, te Srbija sa rezervom od 15,49 miliona tona što predstavlja blago povećanje od 1%. Najveće povećanje u rezervi vezanoj za CO₂, u razmatranim državama, ima Austrija uz povećanje od 859%, Portugal sa povećanjem od 568% i Italija sa povećanjem od 239%. Smanjenje rezervi CO₂ prisutno je u Luksemburgu sa smanjenjem od 89%, Irskoj sa 70% i Velikoj Britaniji sa 38%. Podaci o promjenama rezervi energije ostalih država su prikazani u narednoj tabeli.

Podaci o rezervama za krajnji period (2016-2019.) su prikazani u narednoj tabeli, s tim da je izostavljena kolona koja se tiče rezervi za output BDP jer su sve vrijednosti 0 kao i u početnom periodu, te nema promjene. U odnosu na prethodnu tabelu, dodata je kolona promjena rezervi u krajnjem u odnosu na početni period.

Tabela 10. Prosječna vrijednosti rezervi (slacks) za krajnji period od 2016. do 2019. godine

<i>DO</i>	<i>Rezerva -input: Zaposle ni</i>	<i>Promje na u rezervi Zaposle ni</i>	<i>Rezerv a- input: Kapital</i>	<i>Promje na u rezervi Kapital</i>	<i>Rezerv a- input: Energij a</i>	<i>Promje na u rezervi Energij a</i>	<i>Rezerv a- output: CO₂</i>	<i>Promje na u rezervi CO₂</i>
<i>Albanija</i>	0,64	9%	19,25	74%	24,08	178%	0,21	-43%
<i>Austrija</i>	1,65	507%	399,00	36%	585,17	130%	24,67	859%
<i>Belgija</i>	1,07	1328%	259,16	133%	920,15	33%	75,24	40%
<i>Bugarska</i>	2,29	88%	52,64	100%	241,29	196%	28,32	57%
<i>Bosna Hercegovina</i>	0,72	10%	6,48	100%	101,57	1038%	12,75	180%
<i>Kipar</i>	0,30	42%	46,87	12%	19,38	28%	4,71	9%
<i>Češka Republika</i>	3,00	45%	385,67	61%	656,20	33%	70,55	16%
<i>Njemačka</i>	0,26	-51%	14,48	-92%	232,18	-54%	52,42	36%
<i>Danska</i>	1,08	173%	179,60	28%	217,03	213%	9,90	70%
<i>Španija</i>	1,49	-50%	101,52	100%	1,37	-99%	63,36	91%

<i>DO</i>	<i>Rezerva -input: Zaposle ni</i>	<i>Promje na u rezervi Zaposle ni</i>	<i>Rezerv a- input: Kapital</i>	<i>Promje na u rezervi Kapital</i>	<i>Rezerv a- input: Energij a</i>	<i>Promje na u rezervi Energij a</i>	<i>Rezerv a- output: CO₂</i>	<i>Promje na u rezervi CO₂</i>
<i>Estonija</i>	0,23	140%	18,18	1774%	43,91	171%	0,55	100%
<i>Finska</i>	1,08	150%	257,83	27%	780,55	28%	22,53	68%
<i>Francuska</i>	0,52	175%	94,08	242%	299,68	40%	16,83	27%
<i>Grčka</i>	2,06	319%	177,02	100%	328,88	1591%	47,03	156%
<i>Hrvatska</i>	0,97	8%	69,10	273%	169,64	68%	7,32	123%
<i>Mađarska</i>	2,89	54%	104,75	76%	501,49	49%	24,08	62%
<i>Irski</i>	0,03	-3%	-	-100%	1,71	-87%	0,13	-70%
<i>Italija</i>	0,07	-58%	192,77	311%	-	-100%	36,06	239%
<i>Litvanija</i>	0,27	102%	-	0%	48,96	5950%	0,18	-35%
<i>Luksemburg</i>	-	0%	0,39	-90%	0,43	-96%	0,10	-89%
<i>Latvija</i>	0,48	164%	22,48	100%	88,84	486%	2,45	100%
<i>Sjeverna Makedonija</i>	0,42	47%	0,14	-97%	24,32	98%	2,63	-30%
<i>Malta</i>	-	0%	0,12	100%	-	0%	0,14	100%
<i>Crna Gora</i>	0,02	100%	0,32	100%	0,42	100%	0,03	100%
<i>Holandija</i>	0,56	-9%	404,67	100%	849,05	10%	115,47	18%
<i>Poljska</i>	1,88	145%	-	0%	315,85	76%	50,15	74%
<i>Portugal</i>	2,95	29%	202,37	10%	304,62	75%	25,51	568%
<i>Rumunija</i>	5,09	66%	290,69	100%	297,39	114%	22,46	138%
<i>Srbija</i>	1,00	60%	-	0%	81,11	26%	15,49	1%
<i>Slovačka</i>	1,58	7%	63,17	-18%	264,95	26%	19,48	9%
<i>Slovenija</i>	0,45	-33%	50,44	-10%	111,55	153%	6,68	196%
<i>Švedska</i>	1,83	1611%	314,73	795%	699,53	457%	3,79	100%
<i>Velika Britanija</i>	0,07	-90%	-	0%	84,06	-64%	12,61	-38%

Izvor: proračun autora.

U nastavku je prikazan razmjer neefikasnosti po inputima i outputu za sve predmetne države. Prikazane su vrijednosti za početni i krajnji period kako bi se uočila dinamika promjena u razlikama između stvarne količine resursa koju države koriste i minimalne količine resursa koja bi bila potrebna da se proizvede ista količina outputa. Navedeno je postignuto tako što su u odnos stavljen prosječne vrijednosti rezervi iz početnog i krajnjeg perioda sa prosječnim vrijednostima varijabli inputa i outputa od 2005. do 2019. godine. Na taj način se dobija uvid u činjenicu kolike su rezerve (neefikasnosti) po državama, na početku i na kraju posmatranog perioda.

Od interesa za ovaj rad je neefikasnost u inputu energija, tako da će naredni osvrt obuhvatiti taj segment. Kao što pokazuje naredna tabela, u najefikasnijim državama po UFEE imamo da su rezerve ili neiskorišteni resursi manji u krajnjem nego u početnom periodu, odnosno došli je do smanjenja neefikasnosti ili povećanja efikasnosti korištenja energije. Tako imamo

da su u Irskoj rezerve iz početnog perioda sa 2,9% smanjene na 0,4% prosječne vrijednosti potrošnje energije, Italiji sa 2,0% na 0,0%, Luksemburgu sa 7,0% na 0,3%, Njemačkoj sa 5,4% na 2,5%, Španiji sa 6,2% na 0,0% i Velikoj Britaniji sa 3,7% na 1,4%. Jedino je Malta zadržala isti nivo, odnosno nije imala rezervi i neefikasnosti ni u početnom ni u krajnjem periodu.

Sve ostale države su povećale neefikasnost kada se posmatraju početni i krajnji period. U državama ZB neefikasnost u potrošnji energije za početni period je najveća u Srbiji sa 16,6%, u Sjevernoj Makedoniji 15,7%, Albaniji 10,4%, Bosni i Hercegovini 6,4% te u Crnoj Gori bez rezervi. Međutim kada se posmatra promjena u krajnjem periodu imamo, za Bosnu i Hercegovinu da je iznos rezervi 73,3% prosječne vrijednosti utrošene energije, što je i najlošiji odnos od svih posmatranih država te ujedno i najveće pogoršanje od 66,9 procentnih poena (p.p.). Za Albaniju rezerve iznose 29,0% prosječne vrijednosti utrošene energije i pogoršanje od 18,6 p.p., za Crnu Goru je pogoršanje od 1,3 p.p., za Sjevernu Makedoniju 15,4 p.p. i za Srbiju 4,3 p.p. Promjene za ostale inpute/output i za ostale države su date u narednoj tabeli.

Tabela 11. Učešće rezervi iz početnog i krajnjeg perioda u prosječnoj vrijednosti inputa i outputa

<i>DO</i>	<i>Zaposleni</i>		<i>Kapital</i>		<i>Energija</i>		<i>CO₂</i>	
	<i>Početni period</i>	<i>Krajnji period</i>	<i>Početni period</i>	<i>Krajnji period</i>	<i>Početni period</i>	<i>Krajnji period</i>	<i>Početni period</i>	<i>Krajnji period</i>
<i>Albanija</i>	52,3%	57,7%	14,4%	25,1%	10,4%	29,0%	9,1%	5,3%
<i>Austrija</i>	6,5%	39,6%	22,0%	29,9%	22,3%	51,4%	3,8%	36,9%
<i>Belgija</i>	1,8%	23,6%	7,8%	18,1%	40,5%	53,7%	41,8%	58,4%
<i>Bosna i Hercegovina</i>	61,9%	68,6%	0,0%	9,1%	6,4%	73,3%	29,3%	82,2%
<i>Bugarska</i>	38,9%	72,9%	0,0%	18,6%	19,7%	58,3%	41,3%	64,7%
<i>Češka Republika</i>	41,3%	60,1%	21,8%	35,2%	44,3%	59,0%	56,1%	64,9%
<i>Crna Gora</i>	0,0%	9,5%	0,0%	1,9%	0,0%	1,3%	0,0%	1,4%
<i>Danska</i>	14,5%	39,3%	18,1%	23,2%	11,7%	36,6%	13,2%	22,3%
<i>Estonija</i>	14,1%	35,9%	1,1%	19,9%	13,0%	35,1%	0,0%	9,8%
<i>Finska</i>	17,3%	43,4%	27,5%	35,0%	57,1%	73,2%	27,2%	45,7%
<i>Francuska</i>	0,7%	1,9%	0,3%	1,2%	3,2%	4,5%	3,5%	4,5%
<i>Grčka</i>	12,1%	50,9%	0,0%	21,0%	2,5%	43,1%	20,8%	53,3%
<i>Holandija</i>	7,2%	6,6%	0,0%	17,9%	30,8%	33,8%	41,9%	49,5%
<i>Hrvatska</i>	54,2%	58,4%	7,3%	27,3%	32,7%	54,8%	17,6%	39,2%
<i>Irska</i>	1,5%	1,5%	2,4%	0,0%	2,9%	0,4%	1,1%	0,3%
<i>Italija</i>	0,7%	0,3%	0,6%	2,7%	2,0%	0,0%	2,7%	9,2%

DO	Zaposleni		Kapital		Energija		CO ₂	
	Početni period	Krajnji period	Početni period	Krajnji period	Početni period	Krajnji period	Početni period	Krajnji period
Kipar	38,2%	54,5%	43,3%	48,7%	22,7%	29,1%	52,4%	56,8%
Latvija	19,4%	51,6%	0,0%	20,2%	9,0%	52,9%	0,0%	29,4%
Litvanija	10,3%	19,9%	0,0%	0,0%	0,3%	19,7%	1,9%	1,3%
Luksemburg	0,0%	0,0%	3,7%	0,4%	7,0%	0,3%	8,1%	0,9%
Mađarska	45,7%	70,3%	9,5%	16,7%	42,0%	62,6%	29,6%	47,9%
Malta	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%
Njemačka	1,3%	0,7%	1,7%	0,1%	5,4%	2,5%	4,8%	6,5%
Poljska	4,6%	11,3%	0,0%	0,0%	6,3%	11,1%	9,3%	16,1%
Portugal	47,3%	61,2%	20,3%	22,3%	23,4%	40,9%	7,0%	46,8%
Rumunija	35,3%	58,5%	0,0%	26,3%	13,7%	29,4%	11,8%	28,1%
Sjeverna Makedonija	43,3%	62,7%	9,2%	0,3%	15,7%	31,1%	51,3%	35,7%
Slovačka	61,9%	66,1%	22,0%	18,1%	46,0%	57,8%	49,5%	54,2%
Slovenija	70,8%	46,9%	29,3%	26,3%	20,5%	51,9%	15,2%	45,2%
Španija	15,8%	7,9%	0,0%	2,2%	6,2%	0,0%	10,7%	20,3%
Srbija	22,2%	35,8%	0,0%	0,0%	16,6%	20,9%	32,8%	33,2%
Švedska	2,3%	39,0%	2,7%	23,9%	9,0%	50,4%	0,0%	7,2%
Velika Britanija	2,4%	0,2%	0,0%	0,0%	3,7%	1,4%	4,1%	2,5%

Izvor: proračun autora.

Kako bi se detaljnije razmotrila efikasnost država Zapadnog Balkana, analiziraće se podaci za sve godine po svim izvorima neefikasnosti putem neiskorištenih resursa ili rezervi. Za izračunavanje apsolutnih vrijednosti neefikasnosti kroz godine za države ZB korišten je isti pristup kao kod računanja efikasnosti putem analize prozora unutar analize omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima u dinamičkom kontekstu. Ovaj pristup omogućava istraživanje dinamike promjena neiskorištenih resursa koji definišu energijsku efikasnost u državama Zapadnog Balkana. Na ovaj način su dobijene apsolutne vrijednosti rezervi (neefikasnosti) država po godinama a potom je izračunat prosjek perioda 2005-2019. godina. Zadnja kolona naredne tabele prikazuje koliko ove prosječne vrijednosti učestvuju u prosječnim vrijednostima inputa i outputa, što ukazuje na relativnu neefikasnost te može dati predstavu o nivou neefikasnosti.

Tabela 12. Rezerve za države Zapadnog Balkana u periodu 2005-2019. godina

DO	Rezerve (slacks)	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek	Učešće prosječnih rezervi
Albanija	Zaposleni (milioni ljudi)	0,80	0,79	0,15	0,76	-	0,40	0,46	-	0,15	0,42	0,17	0,55	0,88	0,44	-	0,40	36%
	Kapital (milijarde dolara*)	13,64	13,54	2,36	12,20	-	1,85	2,61	-	7,65	18,05	7,00	18,62	26,12	12,69	-	9,09	12%
	Energija (PJ)	19,75	13,83	1,98	9,75	-	2,45	6,29	-	16,38	26,20	8,01	19,00	31,75	16,47	-	11,46	14%
	CO ₂ (milioni metričkih tona)	0,85	0,67	-	0,17	-	-	-	-	-	0,00	-	0,06	0,35	0,03	-	0,14	4%
Bosna i Hercegovina	Zaposleni (milioni ljudi)	0,54	0,61	0,70	0,72	0,78	0,88	0,79	0,75	0,70	0,65	0,65	0,64	0,74	0,74	0,73	0,71	68%
	Kapital (milijarde dolara*)	-	-	-	-	0,22	2,64	2,22	4,51	4,84	6,41	8,70	8,07	7,86	6,70	7,68	3,99	6%
	Energija (PJ)	4,41	5,47	4,96	21,21	21,95	22,82	30,28	40,41	44,41	65,22	77,94	87,19	83,82	114,69	114,23	49,27	36%
	CO ₂ (milioni metričkih tona)	4,84	4,40	4,16	4,85	7,47	8,33	10,27	10,76	10,48	11,46	12,00	12,63	13,51	12,43	11,44	9,27	60%
Sjeverna Makedonija	Zaposleni (milioni ljudi)	0,30	0,30	0,28	0,31	0,37	0,42	0,51	0,54	0,42	0,37	0,40	0,38	0,40	0,50	0,46	0,40	60%
	Kapital (milijarde dolara*)	7,99	4,55	1,46	0,34	-	-	0,44	1,52	0,46	0,46	0,13	0,30	0,78	0,83	-	1,28	3%
	Energija (PJ)	14,22	14,82	17,36	6,77	4,83	2,93	1,30	9,45	14,10	19,00	26,00	26,51	27,22	25,80	21,82	15,47	20%
	CO ₂ (milioni metričkih tona)	3,94	3,75	3,62	3,69	3,86	3,90	4,38	4,42	2,38	2,92	2,74	2,36	3,04	2,77	2,83	3,37	46%
Crna Gora	Zaposleni (milioni ljudi)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,01	5%
	Kapital (milijarde dolara*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,26	0,08	0%
	Energija (PJ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,69	0,11	0%
	CO ₂ (milioni metričkih tona)	-	-	-	-	-	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	0,03	1%
Srbija	Zaposleni (milioni ljudi)	1,34	1,15	-	-	0,96	0,61	0,25	0,41	0,40	0,92	0,88	0,96	1,03	0,54	-	0,63	23%
	Kapital (milijarde dolara*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
	Energija (PJ)	135,74	121,15	-	-	60,32	69,35	45,01	29,38	24,49	53,46	79,15	82,45	84,47	39,69	-	54,98	14%
	CO ₂ (milioni metričkih tona)	30,30	30,89	-	-	20,91	15,07	9,70	7,79	6,08	7,27	15,85	14,33	16,66	8,11	-	12,20	26%

* Milijarde konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine.

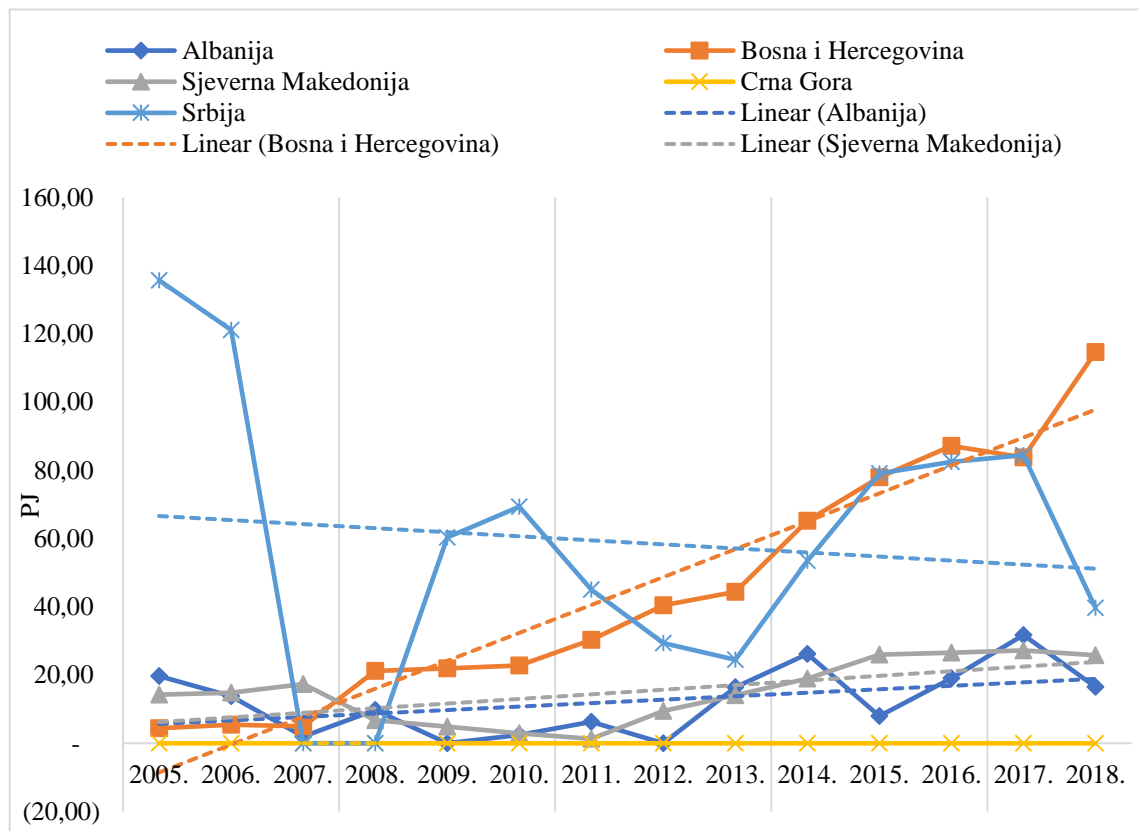
Izvor: proračun autora.

Primjećujemo određene trendove u efikasnosti država ZB. Kada se sve države ZB posmatraju zajedno, analiza učešća rezervi u inputima i outputima otkriva potencijal za poboljšanje efikasnosti u državama ZB. Dobivene prosječne vrijednosti rezervi ukazuju na mogućnost, odnosno na neophodnost optimizacije korištenja resursa, gdje bi države ZB, ukoliko nastoje smanjiti jaz u pogledu efikasne korisnosti energije (UFEE), trebale povećati efikasnost upotrebe kapitala za procijenjenih 4%, dok se procijenjeni nivo rasta efikasnosti angažmana radne snage indicira na nevjerovatnih 37%, uz 18% racionalnije korištenje energije. Rezultati analize nedvojbeno ukazuju na strukturne slabosti zemalja Zapadnog Balkana, koje se, u mnogome, odnose na probleme industrijskog restrukturiranja i fenomen rane deindustrijalizacije zemalja ZB, istraženog i diskutiranog u ranijim istraživanjima (Uvalić i Bertlet, 2022; Uvalić, 2014; Silajdžić i Mehić, 2016). Dodatno, rezultati provedene analize ukazuju da postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 33%. Drugim riječima rezultati analize nedvojbeno sugeriraju nizak nivo produktivnosti faktor inputa u zemljama ZB, kao što su rad, kapital i energija, te da postojeći nivo korisnosti faktor inputa u zemljama ZB iziskuje znatno niži nivo emisije CO₂ u usporedbi za referentnim državama. Unaprijeđenje ekonomskih performansi i veće vrijednosti BDP-a su neminovne kad govorimo o postizanju veće energijske efikasnosti i premoštavanju procijenjenog jaza od 33% glede emisija CO₂ za države ZB.

Pored zaposlenih i kapitala čije vrijednosti se mogu razmotriti u prethodnoj tabeli, u fokusu ovog rada se nalazi potrošnja energije koja će biti detaljnije analizirana. Naredna slika omogućava uvid u dinamiku i trendove neefikasnosti uzrokovane potrošnjom energije u apsolutnom iznosu. Tako imamo u Albaniji da iz godine u godinu postoje oscilacije u rezervama, od 2,45 PJ do 31,75 PJ, ali ako se posmatra linearni trend onda postoji blago povećanje neefikasnosti zbog korištenja energije. Vrlo slični pokazatelji su prisutni i u Sjevernoj Makedoniji kako u smislu trenda tako i vrijednostima rezervi. U Crnoj Gori u gotovo svim godinama nema rezervi odnosno nema neefikasnosti uzrokovane neefikasnim korištenjem energije. U Srbiji postoje značajne oscilacije, tako da u nekim godinama postoje rezerve od 135,74 PJ dok u nekim godinama nema neefikasnog korištenja energije. Posmatrajući linearni trend, u Srbiji je prisutno smanjenje neefikasnosti zbog korištenja energije. Podaci za Bosnu i Hercegovinu pokazuju kontinuiran trend rasta rezervi odnosno neiskorištenosti energije kao inputa za postizanje optimalnih rezultata. Od rezervi koje su iznosile 4 PJ u 2005. godini došlo se do 114 PJ u 2019 godini. Kada se u odnos stave prosječne vrijednosti rezervi za period 2005-2019. godina sa prosječnim vrijednostima odgovarajućih inputa/outputa dobija se slično rangiranje kao što je prethodno opisano. U Bosni i Hercegovini postoji potencijal za poboljšanje efikasnosti od 36%, u Sjevernoj Makedoniji 20%, u Srbiji i Albaniji po 14% dok je u Crnoj Gori to učešće zanemarivo. Navedene vrijednosti relativnih rezervi, posebno u Bosni i Hercegovini (36%), mogu se usporediti sa rezultatima sličnih istraživanja. Kako su naveli Šegota *et al.* (2017) u svom istraživanju, koristeći istu metodu (SBM s nepoželjnim outputima), i Slovenija i Hrvatska za 2014. godinu imaju potencijal za poboljšanje korištenja energije za 51-52% uz zadržavanje istog nivoa BDP-a iz 2014. godine. Camioto *et al.* (2016a) u istraživanju BRICS država, koristeći metodu SBM s nepoželjnim outputima za period 1993-2010. godina, otkrili

suda bi rezerve za Indiju u inputu energija u prosjeku iznosile 55,67%, dok je ta vrijednost za Rusiju bila 76,46%. Rezultati ovog istraživanja za države ZB, naročito za Bosnu i Hercegovinu, značajno ne odstupaju u poređenju sa rezultatima sličnih istraživanja.

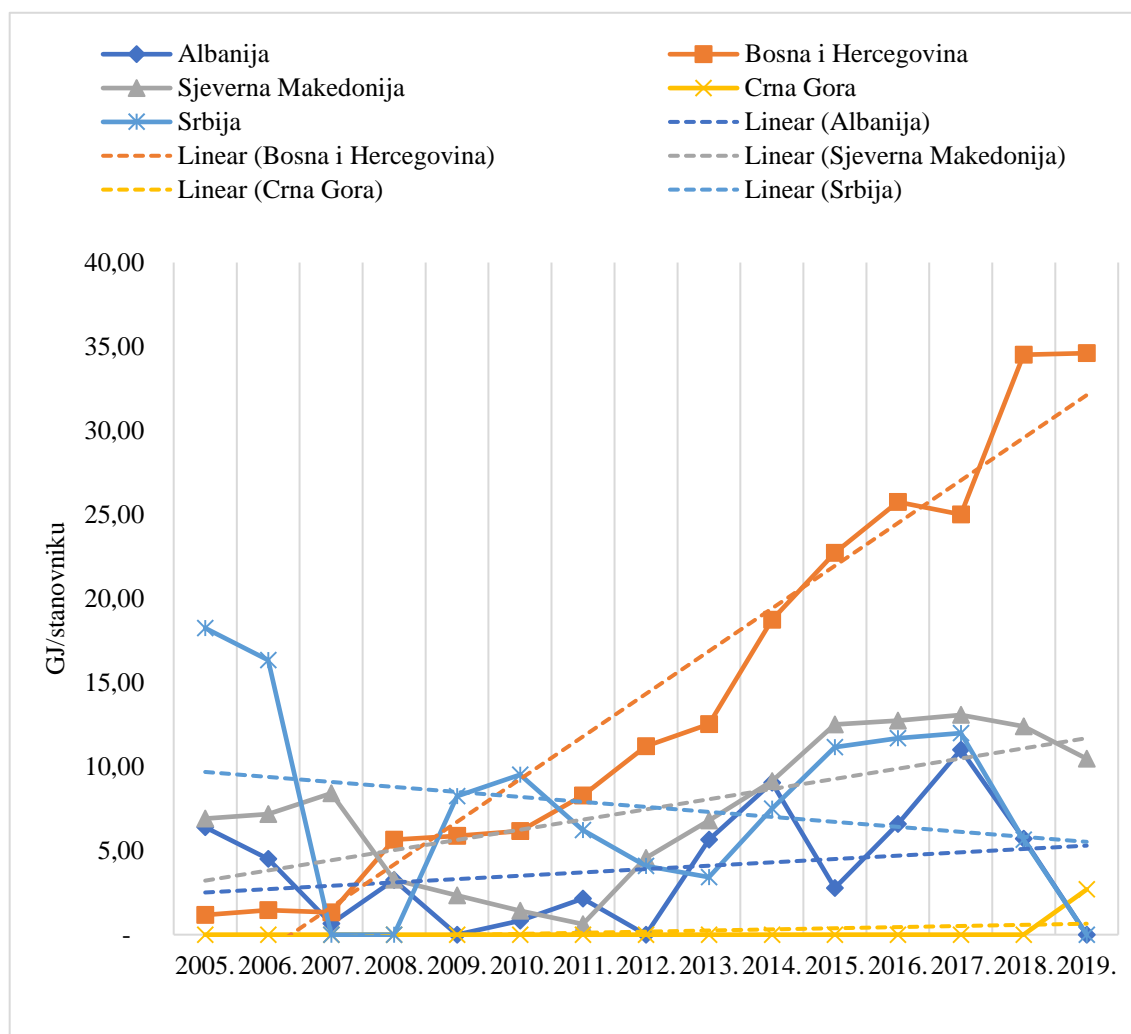
Slika 7. Rezerve resursa energija u državama Zapadnog Balkana po godinama



Izvor: kreacija autora.

Može se činiti da prethodno prikazane vrijednosti neiskorištenih resursa u apsolutnom iznosu ne daju pravu sliku ukoliko se ne predstave u specifičnim pokazateljima odnosno po broju stanovnika. Tako naredna slika daje uporedni prikaz nivoa rezervi po broju stanovnika pojedine države ZB. Kao i u prethodnom koraku, neiskorištena energije potrebna za optimalne rezultate po glavi stanovnika najveća je u Bosni i Hercegovini, gdje posljednjih godina ima vrijednosti preko 25 gigadžula (GJ) po stanovniku. U ostalim državama te vrijednosti u posljednjim godinama posmatranog perioda ne prelaze 13 GJ.

Slika 8. Nivo neiskorištenih resursa u inputu energija po broju stanovnika u državama Zapadnog Balkana

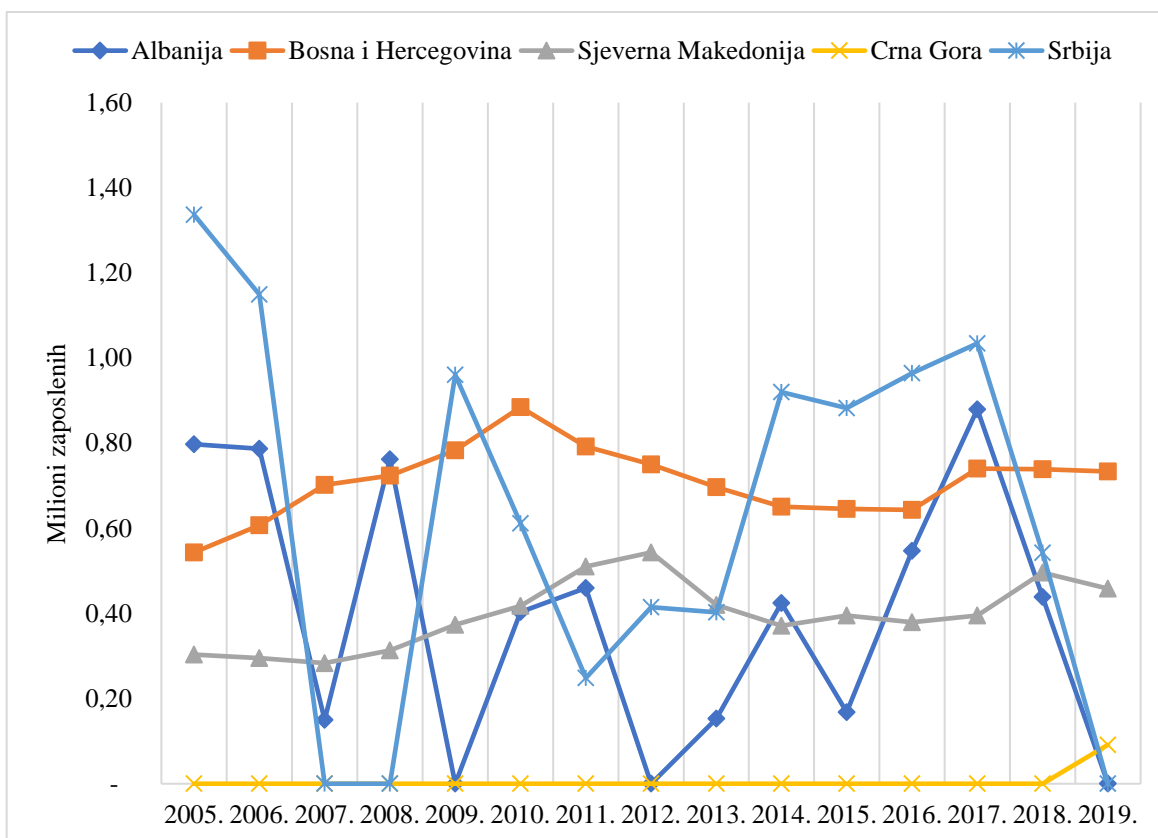


Izvor: kreacija autora.

U kontekstu neefikasnosti zbog neiskorištenog resursa u radnoj snazi, položaj država ZB je u određenoj mjeri različit u odnosu na energiju kao resurs. Kao što se primjeti na narednoj slici, Srbija i Albanija imaju značajne oscilacije kroz godine ali prisutan je blagi trend smanjenja neefikasnosti ovog resursa. U Albaniji postoji potencijal za poboljšanje produktivnosti radne snage za 36%, dok taj procenat za Srbiju iznosi 23%. Bosna i Hercegovina kao i Sjeverna Makedonija imaju ujednačene rezerve radne snage kroz godine koje se kreću od 540.000 do 700.000 zaposlenih odnosno od 300.000 do 460.000 radnika, respektivno. U Bosni i Hercegovini postoji mogućnost unapređenja produktivnosti radne snage za 68%, dok je taj procenat za Sjevernu Makedoniju 60%. Crna Gora, slično kao i kod energije u gotovo svim godinama nema rezervi odnosno nema neefikasnosti uzrokovane rezervama u radnoj snazi, koje u petnaestogodišnjem prosjeku iznose 5%. Navedene vrijednosti relativnih rezervi, posebno za Bosnu i Hercegovinu (68%) i Sjevernu Makedoniju (60%), se mogu usporediti sa rezultatima iz sličnih istraživanja. Kako su naveli Šegota *et al.* (2017) u svom istraživanju, koje je koristilo istu metodu (SBM s nepoželjnim outputima),

Hrvatska ima UFEE od 46% za 2014. godinu. Nadalje, Hrvatska ne koristi kapital, zaposlene i energiju na efikasan način kako bi postigla tadašnju vrijednost BDP-a, dok istovremeno proizvodi višak nepoželjnih emisija CO₂ i SO_x. Prema projekcijama, sugerira se da bi Hrvatska mogla ostvariti poboljšanje od 66,36% u efikasnijem angažovanju radne snage kako bi postigla nivo BDP-a iz 2014. godine. Ovaj rezultat je vrlo sličan rezultatima i vrijednostima relativnih rezervi dobivenih za Bosnu i Hercegovinu te Sjevernu Makedoniju.

Slika 9. Neiskorišteni resurs radne snage u državama Zapadnog Balkana po godinama



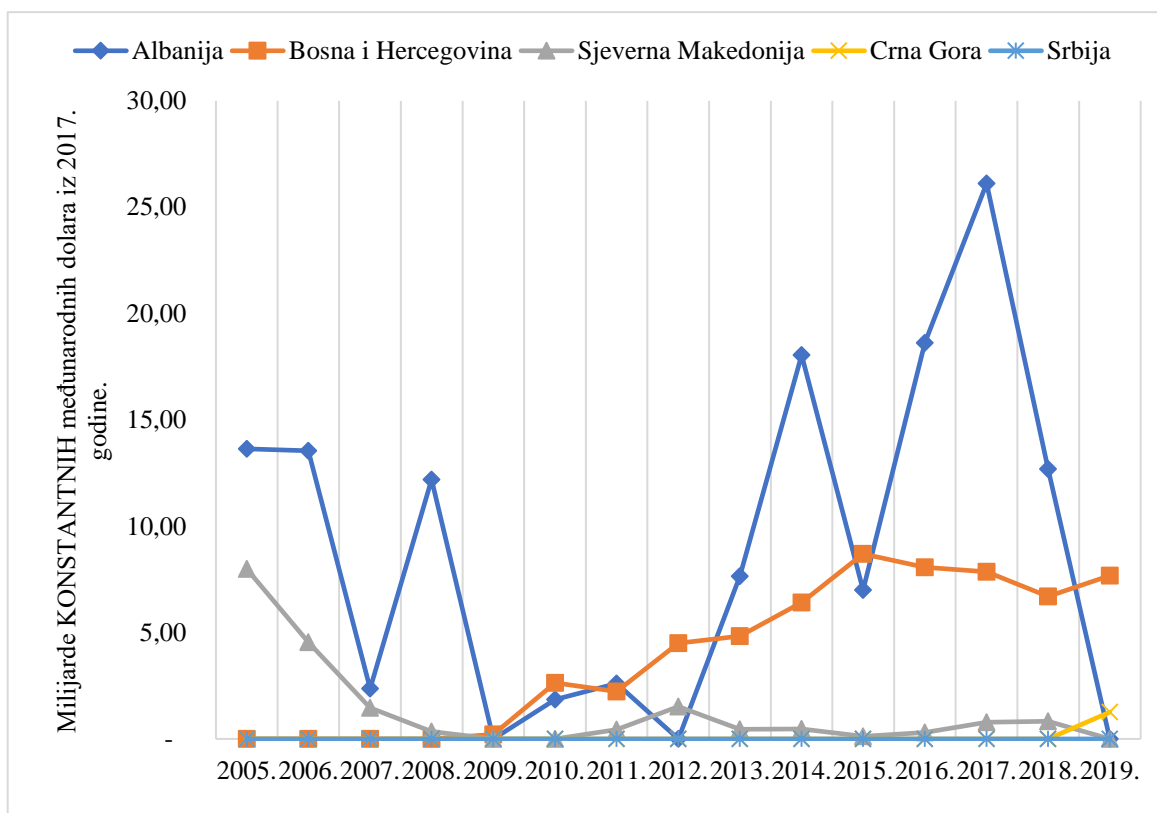
Izvor: kreacija autora.

Kada se kapital posmatra kao resurs, Crna Gora ali i Srbija pokazuju zanemarive odnosno nikakve rezerve. U Sjevernoj Makedoniji je prisutan trend pada rezervi kapitala dok je u Albaniji u prosjeku neiskorišteno 9 milijardi dolara⁵. U Bosni i Hercegovini u prvim godinama posmatranog perioda nema neefikasnosti u korištenju kapitala, međutim nakon 2010. godine dolazi do kontinuiranog rasta neiskorištenog kapitala sa vrijednostima u posljednjim godinama od oko 8 milijardi dolara, ili u prosjeku posmatranog perioda oko 4 milijarde dolara. Moguće poboljšanje u efikasnoj upotrebi kapitala iznosi 12% za Albaniju, 6% za Bosnu i Hercegovinu, 3% za Sjevernu Makedoniju dok Crna Gora i Srbija pokazuju zanemariv potencijal. Uzimajući u obzir već spomenuto komparirano istraživanje (Šegota *et al.*, 2017), Hrvatska bi za 2014. godinu trebala ostvariti poboljšanje od 14,52% u efikasnoj upotrebi kapitala.

⁵ Konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine.

Odnosi i vrijednosti su prikazani na narednoj slici.

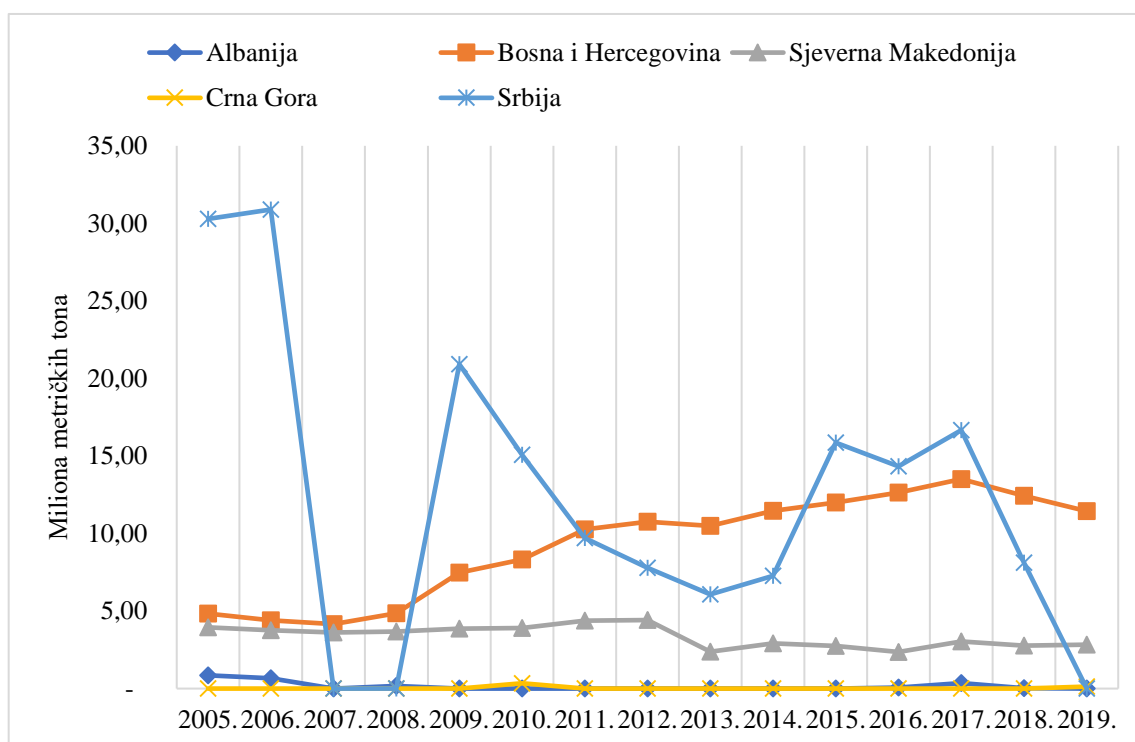
Slika 10. Neiskorišteni resurs kapitala u državama Zapadnog Balkana po godinama



Izvor: kreacija autora.

Kada se posmatraju rezerve nepoželjnog outputa CO₂, rezerva predstavlja količinu emisija CO₂ koje bi država mogla manje proizvesti nego što to trenutno čini, uz održavanje istog nivoa drugih outputa. Kao što je primjetno na narednoj slici, Crna Gora i Albanija imaju veoma male vrijednosti rezervi, što za Albaniju nije slučaj u potrošnji energije. Razlika je prisutna zbog činjenice da je u Albaniji dominantan izvor energije hidroenergija koja ne doprinosi emisijama CO₂. Sjeverna Makedonija i Srbija imaju blagi trend pada neefikasnosti zbog nivoa emisija CO₂. U Bosni i Hercegovini, slično kao i kod inputa, prisutan je rast rezervi CO₂ kroz godine, od 5 do 12 miliona metričkih tona. Prosječni potencijal za poboljšanje efikasnosti u emisijama CO₂ iznosi 4% za Albaniju, 60% za Bosnu i Hercegovinu, 46% za Sjevernu Makedoniju, 1% za Crnu Goru i 26% za Srbiju. Navedene vrijednosti relativnih rezervi, posebno u Bosni i Hercegovini (60%) i Sjevernoj Makedoniji (46%), mogu se usporediti sa rezultatima sličnih istraživanja. Kako su naveli Šegota *et al.* (2017) u svom istraživanju, koristeći istu metodu (SBM s nepoželjnim outputima), u Hrvatskoj za 2014. godinu postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 47%, a Sloveniji 56% uz isti nivo BDP-a iz 2014. godine. Camioto *et al.* (2016a) ističu da su rezerve CO₂ neefikasnih država između 26% (Kina) do 72-76% (Indija i Rusija). Rezultati ovog istraživanja za države ZB, naročito za Bosnu i Hercegovinu, su u nivou prosječnih relativnih rezervi navedenih istraživanja.

Slika 11. Rezerve u nivou CO₂ u državama Zapadnog Balkana po godinama



Izvor: kreacija autora.

4.3.3. Poređenje ukupne faktorske energijske efikasnosti i jednostavne energijske efikasnosti

Jedno od istraživačkih pitanja je vezano za razlike u rezultatima vezanim za pokazatelje energijske efikasnosti predmetnih država uzimajući u obzir tradicionalni i savremeni pristup. Savremeni pristup podrazumijeva izračun UFEE, dok tradicionalni podrazumijeva iskazivanje nivoa energijske efikasnosti putem energijskog intenziteta i indikatora jednostavne energijske efikasnosti. Energijski intenzitet koji pokazuje koliko se energije u PJ potroši za stvaranje BDP-a (u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine). Manje vrijednosti energijskog intenziteta pokazuju bolje rezultate. Jednostavna energijska efikasnost (JEE) je recipročna vrijednost energijskog intenziteta s tim da veće vrijednosti pokazuju bolje rezultate. JEE se može tumačiti kao vrijednost BDP-a stvorena na bazi 1 PJ finalne energije. U narednoj tabeli su prikazani rezultati jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta po predmetnim državama od 2005. do 2019. godine.

Tabela 13. Godišnje vrijednosti jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta po državama u periodu 2005-2019. godina

Država	2005.		2006.		2007.		2008.		2009.		2010.		2011.		2012.		2013.		2014.		2015.		2016.		2017.		2018.		2019.	
	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE
Albanija	3,52	0,28	3,08	0,33	2,87	0,35	2,73	0,37	2,89	0,35	2,81	0,36	2,74	0,37	2,46	0,41	2,81	0,36	2,81	0,36	2,61	0,38	2,48	0,40	2,52	0,40	2,45	0,41	2,35	0,42
Austrija	2,81	0,36	2,76	0,36	2,60	0,39	2,56	0,39	2,60	0,38	2,67	0,37	2,50	0,40	2,51	0,40	2,56	0,39	2,45	0,41	2,48	0,40	2,50	0,40	2,45	0,41	2,36	0,42	2,37	0,42
Belgija	3,60	0,28	3,47	0,29	3,26	0,31	3,43	0,29	3,25	0,31	3,41	0,29	3,11	0,32	3,13	0,32	3,25	0,31	3,06	0,33	3,08	0,32	3,07	0,33	2,98	0,34	2,96	0,34	2,83	0,35
Bugarska	3,97	0,25	3,83	0,26	3,55	0,28	3,34	0,30	2,94	0,34	2,95	0,34	3,04	0,33	3,01	0,33	2,86	0,35	2,88	0,35	2,95	0,34	2,84	0,35	2,80	0,36	2,72	0,37	2,60	0,38
Bosna i Hercegovina	3,38	0,30	3,35	0,30	3,31	0,30	3,68	0,27	3,43	0,29	3,62	0,28	3,71	0,27	3,59	0,28	3,26	0,31	3,43	0,29	3,55	0,28	3,68	0,27	3,51	0,28	4,10	0,24	3,98	0,25
Kipar	2,92	0,34	2,83	0,35	2,80	0,36	2,78	0,36	2,84	0,35	2,77	0,36	2,68	0,37	2,53	0,40	2,47	0,40	2,52	0,40	2,52	0,40	2,50	0,40	2,49	0,40	2,37	0,42	2,36	0,42
Češka Republika	3,77	0,26	3,56	0,28	3,27	0,31	3,21	0,31	3,22	0,31	3,21	0,31	3,04	0,33	3,07	0,33	3,03	0,33	2,91	0,34	2,79	0,36	2,71	0,37	2,76	0,36	2,65	0,38	2,60	0,38
Njemačka	2,68	0,37	2,63	0,38	2,41	0,42	2,47	0,40	2,47	0,40	2,54	0,39	2,32	0,43	2,34	0,43	2,38	0,42	2,21	0,45	2,22	0,45	2,21	0,45	2,17	0,46	2,10	0,48	2,08	0,48
Danska	2,24	0,45	2,18	0,46	2,17	0,46	2,14	0,47	2,16	0,46	2,22	0,45	2,09	0,48	2,01	0,50	1,96	0,51	1,85	0,54	1,89	0,53	1,86	0,54	1,82	0,55	1,77	0,56	1,69	0,59
Španija	2,57	0,39	2,41	0,42	2,38	0,42	2,27	0,44	2,19	0,46	2,22	0,45	2,15	0,46	2,12	0,47	2,06	0,49	1,97	0,51	1,92	0,52	1,92	0,52	1,91	0,52	1,91	0,52	1,86	0,54
Estonija	3,62	0,28	3,31	0,30	3,29	0,30	3,42	0,29	3,50	0,29	3,57	0,28	3,22	0,31	3,18	0,31	3,24	0,31	3,01	0,33	2,91	0,34	2,87	0,35	2,76	0,36	2,70	0,37	2,54	0,39
Finska	4,52	0,22	4,55	0,22	4,34	0,23	4,15	0,24	4,23	0,24	4,50	0,22	4,15	0,24	4,24	0,24	4,27	0,23	4,27	0,23	4,15	0,24	4,22	0,24	4,09	0,24	4,10	0,24	3,99	0,25
Francuska	2,67	0,37	2,57	0,39	2,46	0,41	2,47	0,41	2,43	0,41	2,44	0,41	2,32	0,43	2,38	0,42	2,40	0,42	2,23	0,45	2,24	0,45	2,24	0,45	2,17	0,46	2,09	0,48	2,04	0,49
Grčka	2,29	0,44	2,23	0,45	2,19	0,46	2,14	0,47	2,18	0,46	2,17	0,46	2,37	0,42	2,29	0,44	2,10	0,48	2,12	0,47	2,25	0,44	2,27	0,44	2,22	0,45	2,11	0,47	2,10	0,48
Hrvatska	3,36	0,30	3,19	0,31	3,07	0,33	3,05	0,33	3,16	0,32	3,22	0,31	3,12	0,32	3,03	0,33	3,01	0,33	2,87	0,35	2,95	0,34	2,86	0,35	2,88	0,35	2,75	0,36	2,72	0,37
Mađarska	3,49	0,29	3,31	0,30	3,15	0,32	3,08	0,32	3,22	0,31	3,26	0,31	3,15	0,32	3,03	0,33	2,99	0,33	2,85	0,35	2,92	0,34	2,91	0,34	2,92	0,34	2,77	0,36	2,65	0,38
Irska	2,14	0,47	2,10	0,48	1,92	0,52	2,06	0,49	1,98	0,50	1,95	0,51	1,81	0,55	1,77	0,56	1,75	0,57	1,59	0,63	1,31	0,76	1,34	0,75	1,22	0,82	1,17	0,85	1,10	0,91
Italija	2,30	0,43	2,24	0,45	2,19	0,46	2,21	0,45	2,20	0,45	2,22	0,45	2,10	0,48	2,13	0,47	2,09	0,48	2,01	0,50	2,04	0,49	1,99	0,50	1,98	0,51	1,96	0,51	1,93	0,52
Litvanija	3,20	0,31	3,14	0,32	3,19	0,31	3,01	0,33	3,02	0,33	3,05	0,33	3,12	0,32	3,07	0,33	2,79	0,36	2,77	0,36	2,76	0,36	2,76	0,36	2,82	0,35	2,77	0,36	2,67	0,37
Luksemburg	3,54	0,28	3,33	0,30	3,00	0,33	3,07	0,33	2,98	0,34	3,02	0,33	2,95	0,34	2,89	0,35	2,75	0,36	2,53	0,40	2,48	0,40	2,28	0,44	2,28	0,44	2,30	0,44	2,27	0,44
Latvija	3,76	0,27	3,51	0,29	3,30	0,30	3,25	0,31	3,64	0,27	3,87	0,26	3,43	0,29	3,43	0,29	3,21	0,31	3,20	0,31	3,02	0,33	2,95	0,34	2,98	0,34	2,99	0,33	2,85	0,35
Sjeverna Makedonija	3,34	0,30	3,17	0,32	3,16	0,32	2,91	0,34	2,74	0,37	2,82	0,35	2,98	0,34	2,89	0,35	2,76	0,36	2,63	0,38	2,61	0,38	2,65	0,38	2,56	0,39	2,42	0,41	2,45	0,41
Malta	1,77	0,57	1,72	0,58	1,69	0,59	1,74	0,58	1,57	0,64	1,67	0,60	1,60	0,63	1,63	0,61	1,59	0,63	1,50	0,66	1,44	0,69	1,36	0,74	1,35	0,74	1,31	0,76	1,34	0,75
Crna Gora	3,72	0,27	3,84	0,26	3,75	0,27	3,47	0,29	3,16	0,32	3,06	0,33	2,99	0,33	2,94	0,34	2,59	0,39	2,51	0,40	2,55	0,39	2,59	0,39	2,63	0,38	2,52	0,40	2,52	0,40

Država	2005.		2006.		2007.		2008.		2009.		2010.		2011.		2012.		2013.		2014.		2015.		2016.		2017.		2018.		2019.	
	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE	EI	JEE
Holandija	3,27	0,31	3,14	0,32	2,97	0,34	2,89	0,35	2,96	0,34	3,16	0,32	2,88	0,35	2,94	0,34	2,90	0,34	2,64	0,38	2,62	0,38	2,64	0,38	2,61	0,38	2,52	0,40	2,43	0,41
Poljska	3,58	0,28	3,54	0,28	3,32	0,30	3,23	0,31	3,09	0,32	3,21	0,31	2,99	0,33	2,93	0,34	2,86	0,35	2,69	0,37	2,64	0,38	2,72	0,37	2,75	0,36	2,63	0,38	2,48	0,40
Portugal	2,62	0,38	2,49	0,40	2,51	0,40	2,39	0,42	2,40	0,42	2,36	0,42	2,30	0,43	2,16	0,46	2,16	0,46	2,14	0,47	2,11	0,47	2,06	0,49	2,02	0,49	1,93	0,52	1,96	0,51
Rumunija	3,04	0,33	2,83	0,35	2,58	0,39	2,42	0,41	2,29	0,44	2,38	0,42	2,38	0,42	2,37	0,42	2,16	0,46	2,08	0,48	1,99	0,50	1,93	0,52	1,87	0,54	1,82	0,55	1,78	0,56
Srbija	4,61	0,22	4,47	0,22	4,37	0,23	4,05	0,25	3,65	0,27	3,91	0,26	3,97	0,25	3,52	0,28	3,43	0,29	3,27	0,31	3,32	0,30	3,43	0,29	3,42	0,29	3,26	0,31	3,08	0,32
Slovačka	4,55	0,22	4,08	0,25	3,72	0,27	3,62	0,28	3,51	0,29	3,50	0,29	3,26	0,31	2,99	0,33	3,07	0,33	2,75	0,36	2,70	0,37	2,70	0,37	2,83	0,35	2,77	0,36	2,71	0,37
Slovenija	3,63	0,28	3,44	0,29	3,23	0,31	3,30	0,30	3,15	0,32	3,22	0,31	3,13	0,32	3,13	0,32	3,09	0,32	2,90	0,34	2,89	0,35	2,90	0,34	2,81	0,36	2,70	0,37	2,57	0,39
Švedska	3,50	0,29	3,33	0,30	3,24	0,31	3,18	0,31	3,16	0,32	3,26	0,31	3,00	0,33	3,01	0,33	2,94	0,34	2,79	0,36	2,71	0,37	2,72	0,37	2,67	0,37	2,57	0,39	2,52	0,40
Velika Britanija	2,60	0,39	2,49	0,40	2,39	0,42	2,39	0,42	2,33	0,43	2,39	0,42	2,17	0,46	2,20	0,46	2,16	0,46	1,99	0,50	2,00	0,50	2,09	0,48	2,06	0,49	2,04	0,49	1,98	0,51

Izvor: proračun autora.

Za poređenje sa rezultatima savremenog pristupa mjerenja energijske efikasnosti, koristiće se prosječna vrijednost jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta za period 2005-2019. godina. Ove vrijednosti su prikazane u narednoj tabeli.

Tabela 14. Prosječna vrijednost jednostavne energijske efikasnosti i energijskog intenziteta

<i>DO</i>	<i>Energijski intenzitet - EI</i>		<i>Rang</i>
	<i>(PJ/milijarda konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)</i>	<i>JEE (1/EI)</i>	
<i>Albanija</i>	2,742	0,368	14.
<i>Austrija</i>	2,546	0,394	12.
<i>Belgija</i>	3,192	0,315	29.
<i>Bosna i Hercegovina</i>	3,573	0,281	31.
<i>Bugarska</i>	3,086	0,329	25.
<i>Češka Republika</i>	3,053	0,331	23.
<i>Crna Gora</i>	2,990	0,342	18.
<i>Danska</i>	2,004	0,503	3.
<i>Estonija</i>	3,142	0,322	27.
<i>Finska</i>	4,253	0,235	33.
<i>Francuska</i>	2,342	0,429	10.
<i>Grčka</i>	2,201	0,455	6.
<i>Holandija</i>	2,838	0,355	17.
<i>Hrvatska</i>	3,017	0,333	22.
<i>Irska</i>	1,681	0,625	2.
<i>Italija</i>	2,106	0,476	4.
<i>Kipar</i>	2,625	0,383	13.
<i>Latvija</i>	3,291	0,306	30.
<i>Litvanija</i>	2,943	0,341	19.
<i>Luksemburg</i>	2,778	0,367	15.
<i>Mađarska</i>	3,046	0,330	24.
<i>Malta</i>	1,552	0,651	1.
<i>Njemačka</i>	2,349	0,428	11.
<i>Poljska</i>	2,978	0,340	20.
<i>Portugal</i>	2,241	0,450	9.
<i>Rumunija</i>	2,260	0,453	8.
<i>Sjeverna Makedonija</i>	2,807	0,359	16.
<i>Slovačka</i>	3,250	0,316	28.
<i>Slovenija</i>	3,072	0,328	26.

<i>Energijski intenzitet - EI</i>			
<i>DO</i>	<i>(PJ/milijarda konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)</i>	<i>JEE (1/EI)</i>	<i>Rang</i>
<i>Španija</i>	2,124	0,475	5.
<i>Srbija</i>	3,717	0,273	32.
<i>Švedska</i>	2,973	0,340	21.
<i>Velika Britanija</i>	2,218	0,454	7.

Izvor: proračun autora.

Za države ZB vrijednost energijskog intenziteta odnosno količine energije koja se potroši u PJ za stvaranje jedne milijarde konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine, za Albaniju iznosi 2,742 odnosno u formi indikatora JEE 0,368, za Sjevernu Makedoniju potrebno je 2,807 PJ/10⁹ dolara ili kao JEE u vrijednosti 0,359, u Crnoj Gori potrebno je 2,99 PJ/10⁹ dolara odnosno indikator JEE iznosi 0,342, za Bosnu i Hercegovinu neophodno je 3,573 PJ/10⁹ dolara odnosno u formi indikatora JEE 0,281 i najlošije plasirana Srbija sa JEE od 0,273 odnosno 3,717 PJ potrebnih za stvaranje jedne milijarde konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine.

Prethodno izračunata UFEE je komparirana sa vrijednostima JEE i rang posmatranih država dobijen na osnovu ova dva pristupa je prikazan na narednoj slici. Moguće je primjetiti brojne neusklađenosti. Ukoliko se najprije posmatra sličnost po ova dva pristupa na način da razlika po rangovima iznosi dva mjesta, onda imamo sličnost za 7 od 33 države (21%) i to:

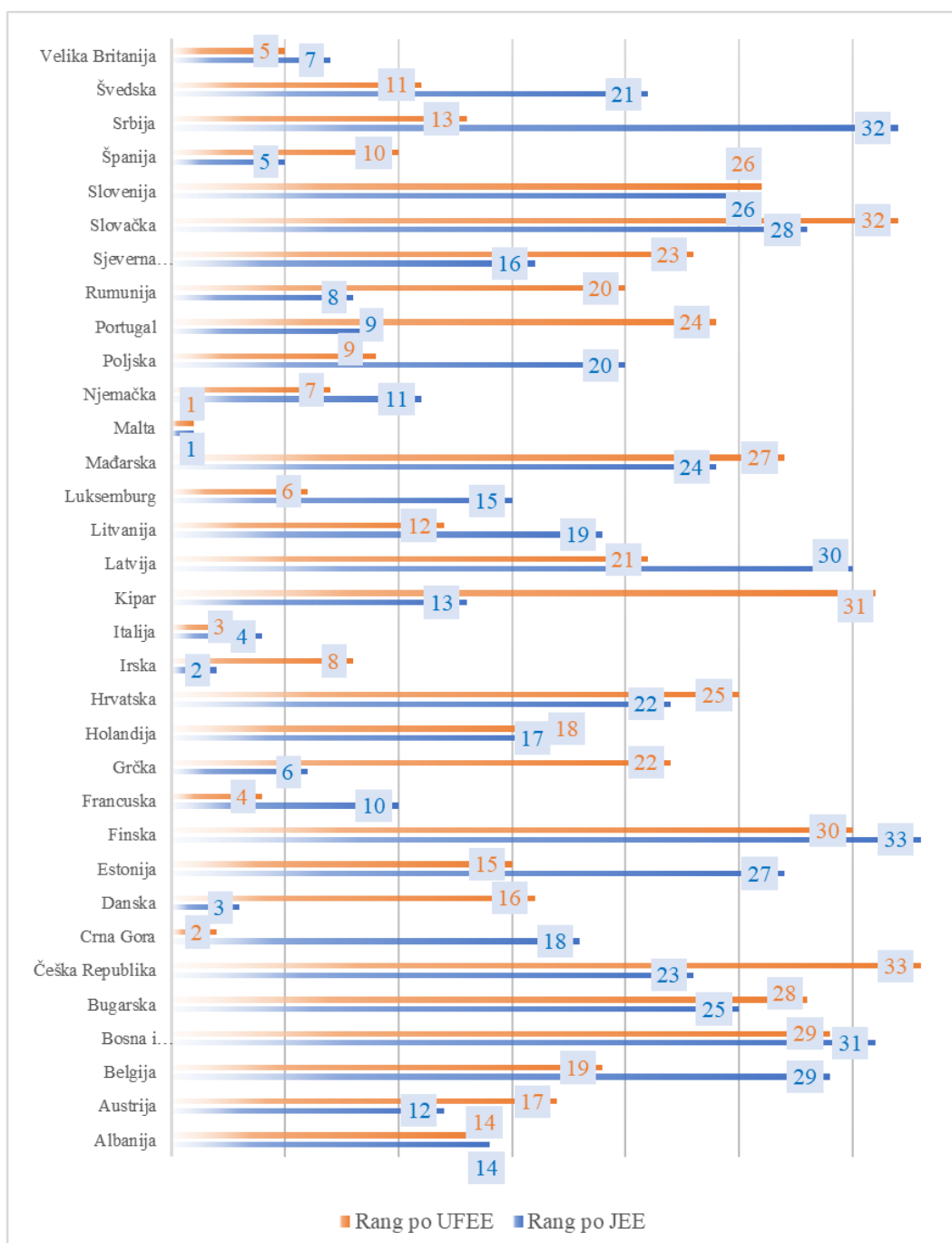
- države koje su visoko rangirane po efikasnosti Malta (prva po oba pristupa), Italija (4. po JEE₄ i 3. po UFEE₃) i Velika Britanija (7. po JEE₇ i 5. po UFEE₅),
- države koje su srednje rangirane Albanija (14. po oba pristupa) te Holandija (JEE₁₇ i UFEE₁₈), i
- države koje su nisko rangirane Slovenija (26. po oba pristupa) te Bosna i Hercegovina (JEE₃₁ i UFEE₂₉).

Od prvih 10 rangiranih država po JEE, 6 ih je rangirano u prvih deset i po UFEE i to: Malta, Irska, Italija, Španija, Velika Britanija i Francuska, ali sličnosti u ovom poretku postoje samo kod Malte, Italije i Velike Britanije. Preostale četiri države rangirane u prvih deset po JEE: Danska (JEE₃/UFEE₁₆), Grčka (JEE₆/UFEE₂₂), Rumunija (JEE₈/UFEE₂₀) i Portugal (JEE₉/UFEE₂₄) uglavnom spadaju u grupu nisko rangiranih država po UFEE, što predstavlja značajnu neusklađenost i precijenjenost po JEE. Pored njih, u grupu precijenjenih država po JEE spadaju i Kipar (JEE₁₃/UFEE₃₁) te Češka Republika (JEE₂₃/UFEE₃₃). S druge strane, države koje su podcijenjene po JEE i zauzimaju puno veći rang po UFEE su: Luksemburg (JEE₁₅/UFEE₆), Crna Gora (JEE₁₈/UFEE₂), Poljska (JEE₂₀/UFEE₉), Švedska

(JEE₂₁/UFEE₁₁), Estonija (JEE₂₇/UFEE₁₅), Belgija (JEE₂₉/UFEE₁₉), Latvija (JEE₃₀/UFEE₂₁) i Srbija (JEE₃₂/UFEE₁₃).

U slučaju država ZB u Albaniji (14. po oba pristupa), Bosni i Hercegovini (JEE₃₁/UFEE₂₉) te u određenoj mjeri Sjevernoj Makedoniji (JEE₁₆/UFEE₂₃) postoje sličnosti razmatrana dva pristupa. Međutim, u slučaju Srbije (JEE₃₂/UFEE₁₃) i Crne Gore (JEE₁₈/UFEE₂) prisutna je značajna razlika gdje su države po JEE pozicionirane na kraju i sredini ranga, međutim po UFEE se nalaze na sredini i početku ranga, respektivno.

Slika 12. Prikaz ranga država po UFEE (prvi odozgo) i JEE



Izvor: kreacija autora.

4.4. Zaključci studije o ukupnoj faktorskoj energijskoj efikasnosti država Zapadnog Balkana i Evropske unije

Opšte je poznato da je energija ključna za društveni i ekonomski napredak, stoga bi održiva, sigurna i efikasna upotreba energije trebala biti prioritet za sve društvene aktere. Međutim, savremeno društvo suočava se s raznim izazovima kako bi osiguralo održivo snabdijevanje energijom, istovremeno težeći smanjenju potrošnje energije. Povećanje globalne potrošnje energije dodatno komplicira ovaj problem. U ovom istraživanju, provedeno je poređenje država Zapadnog Balkana i Evropske unije konstruisanjem indeksa efikasnosti UFEE, pomoću analize omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima u dinamičkom kontekstu, koristeći analizu prozora. Navedeni indeks mjeri efikasnost država u pretvaranju kapitala, radne snage i energije u ukupnu vrijednost dobara i usluga proizvedenih u državi tokom godine, uz istovremeno praćenje emisija CO₂ nastalih tokom procesa transformacije inputa u outpute.

Rezultati istraživanja ukazuju da UFEE, kako za zemlje Zapadnog Balkana tako i za države Evropske unije, pokazuje prosječne vrijednosti od oko 0,74. Kada se izvrši rangiranje država na osnovu prosjeka UFEE od 2005. do 2019. godine, dobijamo da u grupu od 10 najefikasnijih država spadaju: Malta (0,99), Crna Gora (0,99), Italija (0,98), Francuska, Velika Britanija, Luksemburg, Njemačka, Irska, Poljska i Španija. S druge strane, u najneefikasnije države spadaju: Portugal, Hrvatska, Slovenija, Mađarska, Bugarska, Bosna i Hercegovina (0,51), Finska, Kipar, Slovačka (0,47) i Češka Republika (0,46). U najvećem broju slučajeva države Zapadnog Balkana i države na istoku EU imaju niže stope ukupne faktorske energijske efikasnosti nego države na zapadu i sjeveru EU.

U kontekstu država Zapadnog Balkana primjetno je da Crna Gora ima visok nivo efikasnosti koji se održava u cijelom posmatranom periodu. Crnu Goru, zbog svoje ekonomske strukture i nedostatka industrije, teško možemo smatrati "izuzetno uspješnom" državom u kontekstu UFEE. Iz tog razloga, postoji oprez vezan za rezultate UFEE za Crnu Goru. S druge strane, u kontekstu korištene metode AOP i njenih nedostataka, razloge visoke UFEE u Crnoj Gori možemo tražiti u strukturi privrede, ekonomskim i drugim društvenim pokazateljima. Struktura crnogorske privrede pokazuje da je turizam jedan od glavnih sektora koji ima značajan doprinos BDP-u i zapošljavanju. Sektor građevinarstva i nekretnina ima značajan udio u ekonomiji, naročito zbog infrastrukturnih projekata i razvoja nekretnina usmjerenih prema turizmu. Ovi sektori, uzimajući u obzir relativne odnose, u poređenju sa prerađivačkom i sličnim industrijama nisu značajni potrošači energije, ali značajno doprinose outputu (BDP-u), što u kontekstu AOP može dati prednost. Pored toga, Crna Gora je država sa najmanjim omjerom inputa i outputa i karakteriše je niska potrošnja energije i emisije CO₂ u odnosu na BDP. Srbija također ima uzlaznu putanju ukupne faktorske energijske efikasnosti sa određenim padom između 2013. i 2016. godine. Za Albaniju je teško utvrditi trendove. Sjeverna Makedonija do 2010. godine pokazuje trend rasta, međutim nakon 2010. godine postoji pad efikasnosti uz povremeni blagi oporavak i rast.

U Bosni i Hercegovini postoji kontinuirani pad efikasnosti od 2005. do 2019. godine, sa padom vrijednosti UFEE sa 0,66 na 0,4. U BiH energijska efikasnost nije poboljšana iako je prisutan rast BDP-a u periodu 2005-2019. godina. Kada se BDP povećava kao rezultat veće proizvodnje i ekonomske aktivnosti, postoji veća potreba za energijom kako bi se podržao ekonomski rast. Istovremeno nije prisutno povećanje energijske efikasnosti, što znači da se veći ekonomski rast postiže s povećanjem ukupne potrošnje energije, a u kontekstu UFEE, moguće i drugih inputa kao što su kapital i radna snaga. Suprotno kretanje stopa rasta BDP-a i UFEE ukazuje na nedostatak tehnološkog napretka u smislu energijske efikasnosti. Ako se BDP povećava, ali se energijska efikasnost smanjuje, to može ukazivati na nedovoljno usvajanje energijski efikasnih tehnologija, procesa i praksi, nedostatka svijesti za poboljšanje energijske efikasnosti i/ili neadekvatnih politika održivosti i energetske tranzicije. Da se zaključiti tokom faze ekonomske ekspanzije ili ubrzavanja godišnjih stopa rasta BDP-a u Bosni i Hercegovini, da se može očekivati manje opadanje ili promjena stope UFEE u odnosu na prethodni period, odnosno kada stopa rasta BDP-a usporava može se očekivati još veće opadanje stope UFEE u odnosu na prethodnu godinu.

Model baziran na rezervama (SBM) koji je korišten za izračun UFEE direktno se fokusira na rezerve ili neiskorištene resurse za računanje efikasnosti, odnosno SBM mjeri koliko dobro države koriste svoje resurse u odnosu na optimalnu upotrebu tih resursa. Razmatran je pristup analize podataka na početku i kraju perioda 2005-2019. godina. Rezerve ili neiskorištene resurse treba shvatiti kao pokazatelje koji ukazuje na to koje varijable više štete efikasnosti država u poređenju s drugima, odnosno kao kapacitet za poboljšanje ili potencijal za uštede. Relativne rezerve predstavljaju odnos vrijednosti rezervi (u inputima i outputima) sa stvarnim vrijednostima inputa i outputa za svaku državu i iskazuju se u procentima.

Primjećujemo određene trendove u efikasnosti država ZB. Kada se sve države ZB posmatraju zajedno, analiza učešća rezervi u inputima i outputima otkriva potencijal za poboljšanje efikasnosti u državama ZB. Dobivene prosječne vrijednosti rezervi ukazuju na mogućnost, odnosno na neophodnost optimizacije korištenja resursa, gdje bi države ZB, ukoliko nastoje smanjiti jaz u pogledu efikasne korisnosti energije (UFEE), trebale povećati efikasnost upotrebe kapitala za procijenjenih 4%, dok se procijenjeni nivo efikasnosti angažmana radne snage indicira na nevjerovatnih 37%, uz 18% racionalnije korištenje energije. Rezultati analize nedvojbeno ukazuju na strukturne slabosti zemalja Zapadnog Balkana, koje se, u mnogome, odnose na probleme industrijskog restrukturiranja i fenomen rane de-industrijalizacije zemalja ZB, istraženog i diskutiranog u ranijim istraživanjima (Uvalić i Bertlet, 2022; Uvalić, 2014; Silajdžić i Mehić, 2016). Dodatno, rezultati provedene analize ukazuju da postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 33%. Drugim riječima rezultati analize nedvojbeno sugeriraju nizak nivo produktivnosti faktor inputa u zemljama ZB, kao što su rad, kapital i energija, te da postojeći nivo korisnosti faktor inputa u zemljama ZB iziskuje znatno niži nivo emisije CO₂ u usporedbi za referentnim državama. Unaprijeđenje ekonomskih performansi i veće vrijednosti BDP-a su neminovne kad govorimo o postizanju veće energijske efikasnosti i premoštavanju procijenjenog jaza od

33% glede emisija CO₂ za zemlje ZB. Države ZB imaju značajan potencijal za unapređenje svoje efikasnosti, s naglaskom na potrošnji energije i emisijama CO₂. Visoke vrijednosti rezervi u energiji i emisijama CO₂ nastaju zbog neefikasnog korištenja energije, posebno fosilnih goriva. Stoga, kako bi države ZB usmjerile napore prema ostvarivanju potencijala za poboljšanje, nužno je poduzeti mjere poboljšanja energijske efikasnosti. Takva inicijativa država ZB ne samo da bi rezultirala efikasnijim korištenjem energije, već bi istovremeno dovela i do smanjenja emisija CO₂, čime bise postigao veći indeks ukupne faktorske energijske efikasnosti ali i održiviji energetski model.

U kontekstu zaključaka koji se navode u nastavku, treba imati na umu da korištene metode za ocjenu efikasnosti u ovom radu, imaju određene nedostatke. Prvi nedostatak se odnosi na već prikazanu napomenu da se rezerve ne razmatraju doslovno i u apsolutnom smislu, već kao pokazatelj da određena država pokazuje dozu neefikasnosti. Drugi ključni nedostatak se odnosi na zanemarivanje efekta egzogenih varijabli na države, gdje se uzima u obzir samo odnos između inputa i outputa koje kontrolišu države. Ne uzima se u obzir utjecaj vanjskih faktora koji mogu utjecati na performanse država. Egzogene varijable mogu značajno utjecati na performanse i zanemarivanje tih faktora može dovesti do potencijalno pogrešnih rezultata o efikasnosti.

U kontekst radne snage kao inputa i pripadajućih rezervi, Srbija i Albanija pokazuju značajne fluktuacije efikasnosti od 2005. do 2019. godine, ali primjetan je blagi trend smanjenja neefikasnosti ovog resursa. U Albaniji postoji potencijal za poboljšanje produktivnosti radne snage od 36%, dok taj procenat za Srbiju iznosio 23%. Za Bosnu i Hercegovinu, prosječne rezerve ili potencijal za poboljšanje iznosi 68%, dok je taj procenat za Sjevernu Makedoniju iznosio 60%. Crna Gora u gotovo svim godinama nema rezervi odnosno nema neefikasnosti uzrokovane rezervama u radnoj snazi, koje su u petnaestogodišnjem prosjeku iznosile 5%. Ove rezultate, kako je već navedeno kod diskusije rezultata UFEE, treba uzeti sa oprezom. Razloge postojanja zanemarivih rezervi u Crnoj Gori možemo tražiti u strukturi privrede, ekonomskim i drugim društvenim pokazateljima. Crna Gora ima najviši dohodak i najviši BDP po stanovniku među državama ZB, te je najviše napredovala u smislu pristupanja i prilagođavanja pravilima EU (Evropska banka za obnovu i razvoj, 2022). Struktura crnogorske privrede pokazuje da je turizam jedan od glavnih sektora koji ima značajan doprinos BDP-u i zapošljavanju. Sektor građevinarstva i nekretnina ima značajan udio u ekonomiji, naročito zbog infrastrukturnih projekata i razvoja nekretnina usmjerenih prema turizmu. Ovi sektori, uzimajući u obzir relativne odnose, u poređenju sa prerađivačkom i sličnim industrijama nisu značajni potrošači energije, ali značajno doprinose outputu (BDP-u), što u kontekstu AOP može dati prednost. Pored toga, Crna Gora je država sa najmanjim omjerom inputa i outputa i karakteriše je niska potrošnja energije i emisije CO₂ u odnosu na BDP. Posmatrajući rezerve sa početka i kraja perioda od 2005 do 2019. godine, primjećuju se određene promjene u svim državama ZB, sa naglaskom na pogoršanje efikasnosti. Navedene relativne rezerve za države ZB ukazuju da prisutnost problema neefikasnosti radne snage, varirajući u većem ili manjem obimu. Prikazana neefikasnost radne snage uzeta je u obzir samo sa kombinacijom kapitala i energije u stvaranju BDP-a i emisija CO₂. Brojne

druge varijable, uključujući značajan dio egzogenih varijabli, poput tehnološkog napretka, globalne tržišne dinamike, ekonomskih migracija, pristupanja država EU, međunarodne trgovine ali i znanja, inovacija, istraživanja i razvoja, inicijative poduzetnika, kvaliteta infrastrukture, institucionalnog okvira, demografskih faktora, obrazovanja, obuke i stručnosti radne snage, ekonomskih politika itd., izostavljene su kako iz ove tako i sličnih analiza.

Od posebnog interesa za ovaj rad je analiza rezervi vezanih za energiju, tačnije njihovu dinamiku promjene tokom vremena. Analiza omogućava uvid u dinamiku i trendove neefikasnosti uzrokovane potrošnjom energije u apsolutnom i relativnom iznosu. U Albaniji, godišnje se bilježe oscilacije u rezervama energije, koje se kreću od 2,45 PJ do 31,75 PJ. Međutim, kada se promatra linearni trend, primjećuje se blago povećanje neefikasnosti u korištenju energije. Slični pokazatelji prisutni su i u Sjevernoj Makedoniji, kako u smislu trenda tako i u vrijednostima rezervi. U Crnoj Gori, gotovo svake godine ne postoje rezerve, tj. nema neefikasnosti uzrokovane neefikasnim korištenjem energije. U Srbiji se javljaju značajne oscilacije, pa tako u određenim godinama postoje rezerve od 135,74 PJ, dok u drugim godinama nema neefikasnog korištenja energije. Kada se promatra linearni trend, uočava se smanjenje neefikasnosti u korištenju energije. Podaci za Bosnu i Hercegovinu ukazuju na kontinuirani trend rasta rezervi, odnosno neiskorištenosti energije kao inputa za postizanje optimalnih rezultata. Od rezervi od 4 PJ u 2005. godini, došlo se do 114 PJ u 2019. godini. Kada se prosječne vrijednosti rezervi za razdoblje od 2005. do 2019. godine usporede s prosječnim vrijednostima odgovarajućih inputa/outputa, dobiva se slično rangiranje kao što je prethodno opisano. U Bosni i Hercegovini, postoji potencijal za efikasnije korištenje energije koji iznosi 36%, u Sjevernoj Makedoniji 20%, u Srbiji i Albaniji po 14%, dok je u Crnoj Gori rezultat zanemariv. Kada se razmatraju rezerve uzimajući u obzir podatke sa početka i kraja posmatranog perioda primjetne su značajne promjene, odnosno u svim državama ZB došlo je do pogoršanja. Za Albaniju ono iznosi 18,6 p.p., za Crnu Goru pogoršanje iznosi 1,3 p.p., za Sjevernu Makedoniju 15,4 p.p. i Srbiju 4,3 p.p. Kada se ovi rezultati prikažu po glavi stanovnika dobijamo da su rezerve inputa energija potrebne za optimalne rezultate najveće u Bosni i Hercegovini, gdje posljednjih godina posmatranog perioda iznose preko 25 gigadžula (GJ) po stanovniku. U ostalim državama te vrijednosti u posljednjim godinama posmatranog perioda ne prelaze 13 GJ po stanovniku. Dakle, navedene vrijednosti energije po stanovniku bi trebale biti manje za stvaranje outputa u optimalnoj efikasnosti. U kontekstu prosjeka razvijenijih država EU, možemo uočiti da se tokom perioda od 2005. do 2019. godine bilježi blagi trend smanjenja efikasnosti, što proizlazi iz rasta vrijednosti rezervi.

Neefikasna upotreba energije može imati ozbiljne posljedice po društvo na različitim nivoima, uključujući ekonomski, ekološki i socijalni aspekt. Neefikasna upotreba energije, na nivou domaćinstava ili preduzeća utječe negativno na zdravlje i blagostanje, povećava siromaštvo, te smanjuje pristup energiji, sigurnost u snabdijevanju i raspoloživi dohodak. Neefikasna upotreba energije na nivou sektora utječe negativno na produktivnost i konkurentnost industrija, utječe negativno na poslovanje proizvođača i distributera energije,

smanjuje vrijednost energetske infrastrukture i imovine. Na nivou cijele ekonomije neefikasno upravljanje energijom, uslijed većih troškova i gubitka konkurentske prednosti, stvara manje radnih mjesta. Povećavaju se javni rashodi namijenjeni plaćanju energetskih troškova i smanjuje se sigurnost u snabdijevanju energijom. Također, neefikasno upravljanje energijom stvara negativne makroekonomske efekte, koji se ogledaju u povećanim troškovima proizvodnje i poslovanja, smanjenju konkurentske sposobnosti, povećanju negativnih trendova u vanjskotrgovinskoj razmjeni zbog ovisnosti o uvozu energije, što sve doprinosi smanjenju ekonomskog rasta. Važno je naglasiti da neefikasno korištenje energije dovodi do povećane emisije stakleničkih plinova, što doprinosi klimatskim promjenama i negativnom utjecaju na okoliš.

U najefikasnijim državama ZB i EU po UFEE imamo da su rezerve manje u krajnjem nego u početnom periodu, odnosno došlo je do povećanja efikasnosti korištenja energije u posmatranom periodu. To je slučaj u Irskoj, Italiji, Luksemburgu, Njemačkoj, Španiji i Velikoj Britaniji. Energijsku neefikasnost, koja proizlazi iz prisutnih rezervi energije, potrebno je povezati s ostalim ključnim faktorima koji određuju energijsku efikasnost. Važno je napomenuti da nismo uzeli u obzir značajne vanjske varijable koje utječu na efikasnost u korištenju energije. To prije svega obuhvata globalne cijene energije, regulacije i politike, međunarodne energetske i klimatske sporazume, opšte ekonomske uslove, urbanizaciju i migracije, klimatske uslove, dostupnost resursa iz obnovljivih izvora energije, globalnu energetske tržišnu dinamiku, dostupnost energije itd.

Ovo istraživanje se fokusiralo na analizu efikasnosti uz prisustvo nepoželjnih outputa, odnosno emisija CO₂. Kada se razmotre rezerve nepoželjnog outputa CO₂, rezerva označava količinu emisija CO₂ koje bi država mogla smanjiti, zadržavajući isti nivo ostalih outputa. Crna Gora i Albanija imaju izrazito niske vrijednosti rezervi, pri čemu je situacija u Albaniji posebna zbog dominantnog izvora energije - hidroenergije, koja ne pridonosi emisijama CO₂. Sjeverna Makedonija i Srbija bilježe blagi trend smanjenja neefikasnosti u pogledu emisija CO₂. U Bosni i Hercegovini, slično kao i kod inputa, primjećuje se rast rezervi CO₂ tokom perioda 2005-2019. godina, od 5 do 12 miliona metričkih tona. Prosječne stope poboljšanja efikasnosti u emisijama CO₂ iznose 4% za Albaniju, 60% za Bosnu i Hercegovinu, 46% za Sjevernu Makedoniju, 1% za Crnu Goru i 26% za Srbiju. Važno je napomenuti da ovi rezultati zahtijevaju dodatno razumijevanje s obzirom na to da značajne druge varijable nisu uzete u obzir u vezi s emisijama CO₂. To uključuje faktore poput nivoa industrijske proizvodnje i korištenja energije u industriji, strukture energetskog miksa, nivoa i vrsta transporta, demografskih faktora, poljoprivrednih praksi, tehnološkog napretka, međunarodnih klimatskih i drugih obaveza i sl.

Ukoliko bi se zanemario efekat egzogenih varijabli na države i uzela u obzir samo interna efikasnost država ili odnos između inputa i outputa koje one kontrolišu, države Zapadnog Balkana mogu postići optimalnu UFEE. Navedeno podrazumijeva pretpostavku da na efikasnost država ne utječu tehnološki napredak, globalna tržišna dinamika, ekonomske migracije, pristupanje država EU i drugim savezima, međunarodna trgovina, globalne cijene energije, regulacije i politike, međunarodni energetske i klimatske sporazumi, klimatski

uslovi, dostupnost resursa iz obnovljivih izvora energije itd. To bi značilo na godišnjem nivou u prosjeku da:

- Albanija ostvaruje isti nivo outputa ali i da ostvari poboljšanja od 12% u efikasnoj upotrebi kapitala, 36% u efikasnijem angažovanju radne snage, te 14% u racionalnijem korištenju energije. Također, postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 4%, čime bi se unaprijedile ekonomske performanse i postigle prosječne vrijednosti BDP-a;
- Bosna i Hercegovina ostvaruje isti nivo outputa ali i da ostvari poboljšanja od 6% u efikasnoj upotrebi kapitala, 68% u efikasnijem angažovanju radne snage, te 36% u racionalnijem korištenju energije. Pored toga, postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 60%, kako bi se postigle prosječne vrijednosti BDP-a;
- Sjeverna Makedonija ostvaruje isti nivo outputa ali i da ostvari poboljšanja od 3% u efikasnoj upotrebi kapitala, 60% u efikasnijem angažovanju radne snage, te 20% u racionalnijem korištenju energije te da razvije potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 46%;
- Crna Gora ostvaruje isti nivo outputa ali i da ostvari poboljšanja od 5% u efikasnijem angažovanju radne snage i da razvije potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 1%;
- Srbija ostvaruje isti nivo outputa ali ostvaruje poboljšanja od 23% u efikasnijem angažovanju radne snage, te 14% u racionalnijem korištenju energije uz potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 26%.

Dodatno, ako bi se poredili neiskorišteni resursi u inputima i outputu sa njihovom prosječnom vrijednošću u periodu 2005-2019. godina, može se zaključiti da je u ovom smislu efikasnost po državama sljedeća:

- u kontekstu korištenja radne snage, 64% u Albaniji, 32% u Bosni i Hercegovini, 40% u Sjevernoj Makedoniji, 95% u Crnoj Gori i 77% u Srbiji;
- u kontekstu korištenja kapitala, 88% u Albaniji, 94% u Bosni i Hercegovini, 97% u Sjevernoj Makedoniji, 100% u Crnoj Gori i 100% u Srbiji;
- u kontekstu korištenja energije, 86% u Albaniji, 64% u Bosni i Hercegovini, 80% u Sjevernoj Makedoniji, 100% u Crnoj Gori i 86% u Srbiji;
- u kontekstu emisija CO₂, 96% u Albaniji, 40% u Bosni i Hercegovini, 54% u Sjevernoj Makedoniji, 99% u Crnoj Gori i 74% u Srbiji.

Dakle, u kontekstu poređenja inputa država ZB radi ostvarivanja optimalnog outputa, Bosna i Hercegovina ima najveći potencijal za poboljšanje efikasnosti radne snage per capita (0,2 zaposlena), nakon koje slijedi Sjeverna Makedonija (0,19) i Albanija (0,14). Kada se razmatra angažovani kapital onda Albanija ima najveći kapacitet za poboljšanje efikasnosti po glavi stanovnika (3.087 dolara), potom Bosna i Hercegovina (1.117 dolara) i Sjeverna Makedonija (617 dolara). Po pitanju energije per capita Bosna i Hercegovina za optimalne rezultate treba razviti potencijal za poboljšanje efikasnosti potrošnje energije od 13,8 GJ, nakon koje slijedi Srbija (7,63 GJ) i Sjeverna Makedonija (7,46 GJ) per capita. Po pitanju emisija CO₂ Bosna i Hercegovina za optimalne rezultate ima potencijal za smanjenje emisije za 2,6 tona, Srbija 1,69 tona i Sjeverna Makedonija 1,63 tona per capita.

Da se zaključiti da Bosna i Hercegovina, Srbija i Makedonija imaju značajan potencijal za poboljšanje efikasnosti naročito u dijelu potrošnje energije, zaposlenih i emisija CO₂. Navedeno ukazuje da pomenute zemlje imaju nizak nivo dodatne vrijednosti industrijskog outputa, te da je industrijska struktura u ovim zemljama primarno karakterisana nisko-tehnološkim industrijskim aktivnostima koje ujedno emituju velike količine CO₂. Industrijska struktura pomenutih država je oslonjena na kapitalno i energetski intenzivne industrije sa niskim stepenom produktivnosti radne snage i dodatne vrijednosti outputa (Uvalić i Bertllet, 2022; Silajdžić i Mehić, 2018). Ujedno, Bosna i Hercegovina i Sjeverna Makedonija nisu u potpunosti efikasne ni po angažovanom kapitalu a i dio kapitala koji se ulaže usmjeren je na proizvodnu a ne na energijsku efikasnost.

Prema zadnjem usvojenom Akcionom planu energetske efikasnosti Bosne i Hercegovine 2016-2018. godina (2017) očekivana ušteda energije u 2020. godini iznosi 15,24 PJ finalne energije. Za ostvarivanje optimalnih rezultata u Bosni i Hercegovini postoji potencijal za efikasnu upotrebu energije od 49,27 PJ. Prema tome, nisko postavljene ciljevi koji su na nivou 1/3 potrebnih odražavaju neambiciozan pristup i neposvećenost politikama poboljšanja energetske efikasnosti u Bosni i Hercegovini.

Izračunata UFEE je komparirana sa vrijednostima tradicionalne jednostavne energetske efikasnosti i moguće je primjetiti brojne neusklađenosti. Ukoliko se najprije posmatra sličnost po ova dva pristupa na način da razlika po rangovima iznosi dva mjesta, onda imamo sličnost za 7 od 33 države (21%). Od prvih 10 rangiranih država po jednostavnoj energetske efikasnosti, 6 ih je rangirano u prvih deset i po UFEE, dok preostale četiri države rangirane u prvih deset po tradicionalnom pristupu uglavnom spadaju u grupu nisko rangiranih država po UFEE. Pored njih, u grupu precijenjenih država po JEE spadaju i Kipar te Češka Republika. S druge strane, postoji 8 država koje su podcijenjene po JEE i zauzimaju puno veći rang po UFEE. U slučaju država ZB u Albaniji, Bosni i Hercegovini te u određenoj mjeri Sjevernoj Makedoniji postoje sličnosti razmatrana dva pristupa. Međutim, u slučaju Srbije i Crne Gore prisutna je značajna razlika gdje su države po JEE pozicionirane na kraju i sredini ranga, međutim po UFEE se nalaze na sredini i početku ranga, respektivno.

Poredeći UFEE i JEE po godinama u periodu od 2005. do 2019. godine, primjećuje se fenomen divergencije odnosno tendencija različitog kretanja vrijednosti tokom posmatranih

godina. Ukupna faktorska energijska efikasnost država Zapadnog Balkana i Evropske unije pokazuje tendenciju smanjenja s prosječnim godišnjim padom od 0,21%. S druge strane, jednostavna energijska efikasnost za navedene države bilježi tendenciju rasta s prosječnim godišnjim povećanjem efikasnosti od 2,21%. Analizom energijske efikasnosti u periodu od 2005. do 2019. godine primijećeni su suprotni trendovi između UFEE i JEE. Ovaj kontrast ukazuje na kompleksne dinamike u energetske i ekonomskim sistemima država Zapadnog Balkana i Evropske unije, te sugeriraju na potrebu za daljnjim istraživanjem uzroka ovih promjena. Analiza mogućih uzroka ovih promjena, povezanih sa strukturom energetskog sektora, tehnološkim napretkom, razlikama u ekonomskoj aktivnosti, institucionalnom efikasnošću i drugim faktorima, provodi se u šestom poglavlju istraživanja.

5. ANALIZA PROCESA KONVERGENCIJE DRŽAVA ZAPADNOG BALKANA KA EVROPSKOJ UNIJI NA OSNOVU UFEE

Ovaj segment rada analizira konvergenciju država Zapadnog Balkana prema EU u odnosu na UFEE. To podrazumijeva analizu podataka koji dovode do povećanja ili smanjenja dispariteta između država Zapadnog Balkana i EU, tj. potrebno je istražiti da li su države konvergirale razmatrajući UFEE.

U nastavku je prikazan metodološki okvir vezan za istraživačko pitanje koje obrađuje temu konvergencije. Metodološki okvir se sastoji od metoda korištenih za izračun UFEE. Objašnjene su teorijske postavke analize apsolutne i uslovne beta konvergencije kao i sigma konvergencije. U nastavku su prikazani podaci potrebni za izračunavanje beta i sigma konvergencije uz prikaz podataka o kontrolnim varijablama za uslovnu beta konvergenciju. Naredni dio ove studije daje rezultate analize efikasnosti država u kontekstu sigma konvergencije za države Zapadnog Balkana prema svim i grupama država EU. Studija u nastavku predstavlja rezultate analize apsolutne i uslovne beta konvergencije te daje zaključke vezane za konvergenciju.

5.1. Podaci za analizu konvergencije

Godišnje serije podataka po predmetnim državama od 2005. do 2019. godine, koje će služiti za analizu konvergencije, su podaci o UFEE, izračunati kako je prikazano u prethodnom poglavlju u okviru Tabele 7 UFEE po godinama i državama. Primijenjena metoda za izračun UFEE za rezultat će dati relativne pokazatelje uspješnosti (od 0 do 1) samo među analiziranim jedinicama, u ovom slučaju državama. U tom smislu primjenjuje se pristup da pored država Zapadnog Balkana uključimo i države EU kako bi se analizirala UFEE u grupi država Zapadnog Balkana, naročito Bosne i Hercegovine i razvijenih država EU.

Za potrebe izračunavanja uslovne beta konvergencije koristiće se kontrolne varijable. Kao kontrolne varijable u ovom radu pojavljuju se „dummy“ varijable za sve godine, te kao što preporučuje Zhang *et al.* (2017) bruto domaći proizvod i direktne strane investicije. Bruto domaći proizvod će biti iskazan u vrijednostima per capita, u konstantnim međunarodnim

dolarima iz 2017. godine, sa skraćenicom BDPPC. Podaci o BDP-u su prikupljeni iz baze podataka o investicijama i kapitalu od 1960. do 2019. godine koju objavljuje MMF. Podaci o broju stanovnika preuzeti su iz Penn World Table. Direktnne strane investicije su prikazane putem neto priliva direktnih stranih investicija u zemlju u odnosu na BDP, sa skraćenicom PDSI. Podaci o direktnim stranim investicijama za period 2005-2019. godina su preuzeti iz Svjetske banke. Ovi podaci će biti logaritamski transformisani tako da će tumačenje biti sljedeće: kada nezavisna varijabla raste za 1% tokom vremena, zavisna varijabla se mijenja za $\beta\%$ (elastičnost).

5.2. Metodologija

Primijenjena metoda za izračun UFEE za rezultat će dati relativne pokazatelje uspješnosti (od 0 do 1) samo među analiziranim jedinicama, u ovom slučaju državama. U tom smislu primjenjuje se pristup da pored država Zapadnog Balkana uključimo i države EU kako bi se analizirala UFEE u grupi država Zapadnog Balkana, naročito Bosne i Hercegovine i razvijenih država EU. Koristeći rezultate AOP te metode proračuna konvergencije predstaviće se pozicija Bosne i Hercegovine ali i zbirno svih država Zapadnog Balkana u odnosu na sve države EU ili grupe država po određenom kriteriju (EU 15, EU 25 i sl.). Kroz te analize se uočavaju trendovi konvergencije ili divergencije država Zapadnog Balkana prema državama EU. Razlozi konvergencije ili divergencije među posmatranim državama su objašnjeni. Ovdje je moguće poređenje predmetnih država po godinama te poređenje ostvarenih prosjeka za posmatrani period. Postoje dva koncepta konvergencije: β (beta) konvergencija i σ (sigma) konvergencija (Sala-i-Martin, 1996), koje su analizirane u ovom radu.

5.2.1. Beta konvergencija

Prema beta konvergenciji slabije razvijene države dostižu razvijenije države zbog ostvarenih viših stopa rasta, odnosno beta konvergencija implicira postojanje negativne veze između stope rasta i početnog ili prethodnog stepena razvijenosti. Dakle, beta konvergencija implicira da će manje razvijene države rasti brže od razvijenih sve dok ih ne sustignu u razvoju (Borić, 2018). Empirijski beta konvergencija se ispituje uspostavljanjem regresijskog modela, koji uključuje rast-prethodni nivo jednačinu. U slučaju beta konvergencije i u kontekstu ovog rada, javlja se negativna korelaciona veza između prethodnog nivoa UFEE i odgovarajuće stope rasta UFEE. Ocijenjeni koeficijent uz prethodni nivo UFEE naziva se beta koeficijent. Ukoliko je negativan i statistički značajan, ukazuje na postojanje beta konvergencije, a njegova apsolutna vrijednost na brzinu konvergencije.

Standardna β -konvergencija izgleda kao (Han *et al.*, 2018):

$$\ln\left(\frac{UFEE_{it}}{UFEE_{i,t-1}}\right) = C + \beta \ln(UFEE_{i,t-1}) + \varepsilon_{it}$$

gdje $UFEE_{it}$ predstavlja ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u državi i u periodu t , C je konstanta, ε_{it} je greška u modelu. β je ključni koeficijent u ovom modelu koji mjeri brzinu konvergencije.

Ukoliko se u rast-prethodni nivo jednačini kao jedina objašnjavajuća promenljiva javlja prethodni nivo $UFEE$, u pitanju je безусловna ili apsolutna beta konvergencija (Petrović i Gligorić Matić, 2021). Bezuslovna konvergencija u ovom radu znači da se brzina rasta $UFEE$ u državama s niskom početnom $UFEE$ obično povećava brže nego u državama s visokom početnom energijskom efikasnošću (Shen *et al.*, 2015). Apsolutna (bezuslovna) beta konvergencija znači da se razlike u nivoima rasta među državama smanjuju bez obzira na različite početne uslove.

Jednačina za uslovnu β -konvergenciju uključuje kontrolne varijable koje nisu uzete u obzir u apsolutnoj β -konvergenciji, a uslovna β -konvergencija se izračunava na sljedeći način:

$$\ln\left(\frac{UFEE_{it}}{UFEE_{i,t-1}}\right) = C + \beta \ln(UFEE_{i,t-1}) + \delta X_{it} + \varepsilon_{it}$$

gdje $UFEE_{it}$ predstavlja ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u državi i u periodu t , C je konstanta, X_{it} predstavlja kontrolne varijable, ε_{it} je greška u modelu. β je ključni koeficijent i u ovom modelu koji mjeri brzinu konvergencije. Uslovna beta konvergencija znači da će države sličnog početnog stanja $UFEE$ imati sličan tempo rasta energijske efikasnosti.

Za potrebe analize beta konvergencije biće korišten model sa fiksnim efektima kako bi se modelirale individualne specifičnosti ili konstantne karakteristike država koje su prisutne tokom vremena, ali se ne mijenjaju. Pored toga fiksni efekat je koristan jer omogućava kontrolu za neosmotrene konstantne faktore koji mogu utjecati na zavisnu varijablu. Kada se fiksni efekti uključe u model panelne regresije, fokus analize se prebacuje na dinamičke promjenljive, kako bi se ispitali njihovi utjecaji na zavisnu varijablu uzimajući u obzir individualne specifičnosti država koje se ne mijenjaju.

U modelima uslovne beta konvergencije korištena je kontrola za efekte godina pomoću dummy varijabli za svaku godinu u panelu podataka. To je set dummy varijabli koje se koriste za modeliranje efekata različitih godina. Svaka godina u panelu podataka ima svoju odgovarajuću dummy varijablu, koja je binarna (1 ako je godina jednaka razmatranoj godini, inače 0). Ove dummy varijable omogućavaju modelu da u analizu uključi godišnje specifične efekte i da uzme u obzir promjene u zavisnoj varijabli koje se mogu dogoditi tokom različitih godina. Kada se koristi dummy varijabla za godine kao fiksni efekat, to znači da se procjenjuje odvojen koeficijent za svaku godinu, što omogućava kontrolu za godišnje specifične efekte koji se ne mijenjaju tokom vremena. Ova kontrola za fiksne efekte godina je korisna jer uzima u obzir neosmotrene faktore koji mogu varirati između godina, a koji mogu utjecati na zavisnu varijablu. Dakle, korištenje dummy varijable za godine u regresijskoj jednačini omogućava modeliranje i tumačenje efekata različitih godina na zavisnu varijablu, uzimajući u obzir i ostale kontrolne varijable koje su prisutne u modelu.

5.2.2. Sigma konvergencija

Sigma konvergencija se definiše kao smanjenje disperzije analiziranih serija po državama tokom vremena, tj. predstavlja konvergenciju u nivou produktivnosti (Petrović i Gligorić Matić, 2021). Prema sigma konvergenciji razlike među državama prema stepenu razvijenosti se smanjuju. Dok se beta konvergencija fokusira na otkrivanje mogućeg procesa sustizanja, sigma konvergencija se jednostavno odnosi na smanjenje razlika među državama u vremenu (Monfort, 2008). Dakle, sigma konvergencija postoji kada dolazi do smanjenja razlika po određenim ekonomskim pokazateljima između država u određenom vremenskom razdoblju. Za mjerenje prisutnosti sigma konvergencije najčešće se koristi standardna devijacija ili koeficijent varijacije određenog ekonomskog pokazatelja, u ovom slučaju UFEE. Za skupinu država se kaže da ih karakteriše sigma konvergencija ako se disperzija odnosno varijansa ekonomskog pokazatelja s vremenom smanjuje tj. razlike u ekonomskom pokazatelju među državama u apsolutnom smislu opadaju s vremenom (Herrmann i Jochem, 2003). U suprotnom, prisutni su procesi divergencije. Ona predstavlja stroži koncept od beta konvergencije. Iako se potvrdi da niži inicijalni nivo vodi ka većoj stopi rasta i obrnuto (beta konvergencija), države mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje drugi faktori ili nepredviđeni događaji (šokovi) koji pored inicijalnog nivoa utječu na stopu rasta. Ako se potvrdi beta konvergencija u uzorku država, one mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje relativno veliki šokovi tokom procesa rasta (Rodrik, 2013).

Sigma konvergencija se u ekonomskoj literaturi mjeri na razne načine, najčešće kao standardna devijacija (kvadratni korijen varijanse) ili koeficijent varijacije (količnik standardne devijacije i aritmetičke sredine). Za grupu država standardna devijacija UFEE se izračunava po sljedećoj formuli:

$$\sigma_{UFEE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln UFEE_{it} - \mu_{UFEE})^2}{n-1}}$$

σ_{UFEE} je standardna devijacija u godini t , $\ln UFEE_{it}$ je logaritmovana vrijednost UFEE u državi i u godini t , $\mu_{UFEE} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln UFEE_{it}}{n}$ je aritmetička sredina logaritmovane vrijednosti UFEE za n država u grupi u periodu t . Koeficijent varijacije (KV) se računa kao omjer standardne devijacije σ_{UFEE} i aritmetičke sredine μ_{UFEE} .

$$KV_{UFEE} = \frac{\sigma_{UFEE}}{\mu_{UFEE}} \cdot 100\%$$

Sigma konvergencija se potvrđuje ukoliko se standardna devijacija ili koeficijent varijacije, koji će biti korišten u ovom redu, smanjuju tokom vremena. Navedeno ukazuje na to da se odstupanja u nivoima pojedinačne države u odnosu na prosjek grupe smanjuju, odnosno da postoji konvergencija nivoa UFEE. Suprotno, njihov porast ukazuje na sigma divergenciju (Petrović i Gligorić Matić, 2021). U ovom radu će se razmatrati kretanje koeficijenta

varijacije UFEE tokom vremena, s tim ako se isti smanjuje (povećava) konstatovaće se prisustvo (odsustvo) sigma konvergencije.

5.3. Rezultati analize procesa konvergencije

Naredna poglavlja istražuju da li su države konvergirale u smislu ukupne faktorske energijske efikasnosti. Pomoću rezultata UFEE i metoda za izračun konvergencije, biće prikazana pozicija Bosne i Hercegovine, kao i grupe država Zapadnog Balkana u odnosu na sve države EU ili određene skupine država unutar EU (npr. EU 15, ne-EU15 i slično). Najprije će biti prikazana konvergencija u kontekstu sigma konvergencije a potom putem beta konvergencije. Sigma konvergencija mjeri jaz energijske efikasnosti među državama, dok beta konvergencija istražuje mogu li neefikasne države da sustignu efikasne na dugi rok uz kontrolu nekih utjecajnih faktora u procesu konvergencije.

5.3.1. Analiza efikasnosti država u kontekstu sigma konvergencije

Sigma konvergencija se definiše kao smanjenje razlika analiziranih serija po državama tokom vremena, odnosno u slučaju ovog rada smanjenje razlika po UFEE između predmetnih država u periodu 2005-2019. godina. Analiza će se razmatrati putem koeficijenta varijacije UFEE (KV_{UFEE}) po grupama država. Ukoliko je iz godine u godinu prisutno smanjenje KV_{UFEE} onda postoji sigma konvergencija odnosno razlike u državama se smanjuju, dok ukoliko nema smanjenja KV_{UFEE} onda su prisutni procesi divergencije.

5.3.1.1. Sigma konvergencija država ZB prema svim ili grupama država EU

Naredna tabela daje prikaz kroz godine koeficijenta varijacije UFEE između država EU, grupa država koje su članice EU ali su svoje članstvo stekle u različitom vremenu, država Zapadnog Balkana ali i njihovog međusobnog odnosa.

Kada se pogledaju sve kombinacije država, može se primjetiti u narednoj tabeli, da u gotovo svim slučajevima do 2010. godine države konvergiraju a nakon 2010. godine dolazi do divergencije tj. povećanja razlika između država. Ovakvu situaciju potvrđuje Han *et al.* (2018) na svjetskom nivou gdje navodi da se varijansa energijske efikasnosti u periodu od 2000. do 2014. godine smanjuje u početnoj fazi i povećava nakon 2010. godine.

Tabela 15. Koeficijenti varijacije UFEE po državama

KV_{UFEE}	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EU	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,24	0,25	0,27	0,31	0,35	0,34	0,35	0,35	0,37
EU15 ⁶	0,15	0,16	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32
Ne-EU15 (EU2004 ⁷ , EU2007 ⁸ , EU2013 ⁹)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,26	0,23	0,27	0,28	0,30	0,33	0,36	0,34	0,34	0,36	0,41
EU2004	0,31	0,31	0,31	0,30	0,28	0,25	0,28	0,29	0,31	0,34	0,37	0,35	0,35	0,37	0,42
EU2004-EU2007	0,29	0,29	0,29	0,29	0,26	0,24	0,27	0,29	0,30	0,34	0,36	0,34	0,34	0,36	0,41
EU2007-EU2013	0,12	0,05	0,13	0,21	0,09	0,06	0,05	0,06	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11
EU i ZB	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23	0,22	0,23	0,26	0,27	0,30	0,34	0,33	0,34	0,34	0,36
EU15 i ZB	0,20	0,20	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,29	0,29	0,31	0,31	0,32
Ne-EU15(EU2004, EU2007, EU2013) i ZB	0,27	0,27	0,26	0,27	0,26	0,23	0,26	0,29	0,30	0,32	0,36	0,33	0,34	0,35	0,39
EU2004 i ZB	0,30	0,29	0,28	0,27	0,27	0,24	0,26	0,29	0,30	0,32	0,35	0,34	0,34	0,35	0,38
EU2004-EU2007 i ZB	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,23	0,26	0,30	0,30	0,32	0,36	0,33	0,34	0,35	0,39
EU2007-EU2013 i ZB	0,24	0,21	0,21	0,24	0,23	0,20	0,25	0,31	0,30	0,31	0,36	0,33	0,35	0,36	0,38
Zapadni Balkan	0,29	0,27	0,23	0,25	0,24	0,20	0,24	0,29	0,27	0,29	0,32	0,31	0,35	0,33	0,34
EU i BiH	0,22	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24	0,26	0,27	0,31	0,35	0,35	0,35	0,36	0,37
EU15 i BiH	0,16	0,16	0,17	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,27	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34
Ne-EU15 (EU2004, EU2007, EU2013) i BiH	0,27	0,27	0,28	0,28	0,25	0,23	0,27	0,28	0,29	0,33	0,36	0,34	0,34	0,36	0,42
EU2004 i BiH	0,30	0,30	0,30	0,29	0,28	0,25	0,29	0,30	0,31	0,35	0,37	0,35	0,36	0,38	0,43
EU2004-EU2007 i BiH	0,28	0,28	0,28	0,28	0,26	0,24	0,28	0,29	0,30	0,34	0,36	0,34	0,34	0,36	0,42
EU2007-EU2013 i BiH	0,15	0,06	0,16	0,26	0,14	0,11	0,11	0,11	0,14	0,16	0,16	0,16	0,18	0,20	0,22

Izvor: proračun autora.

⁶ U grupu država članica EU15 spadaju: Austrija, Belgija, Njemačka, Danska, Španija, Finska, Francuska, Grčka, Irska, Italija, Luksemburg, Holandija, Portugal, Švedska i Velika Britanija.

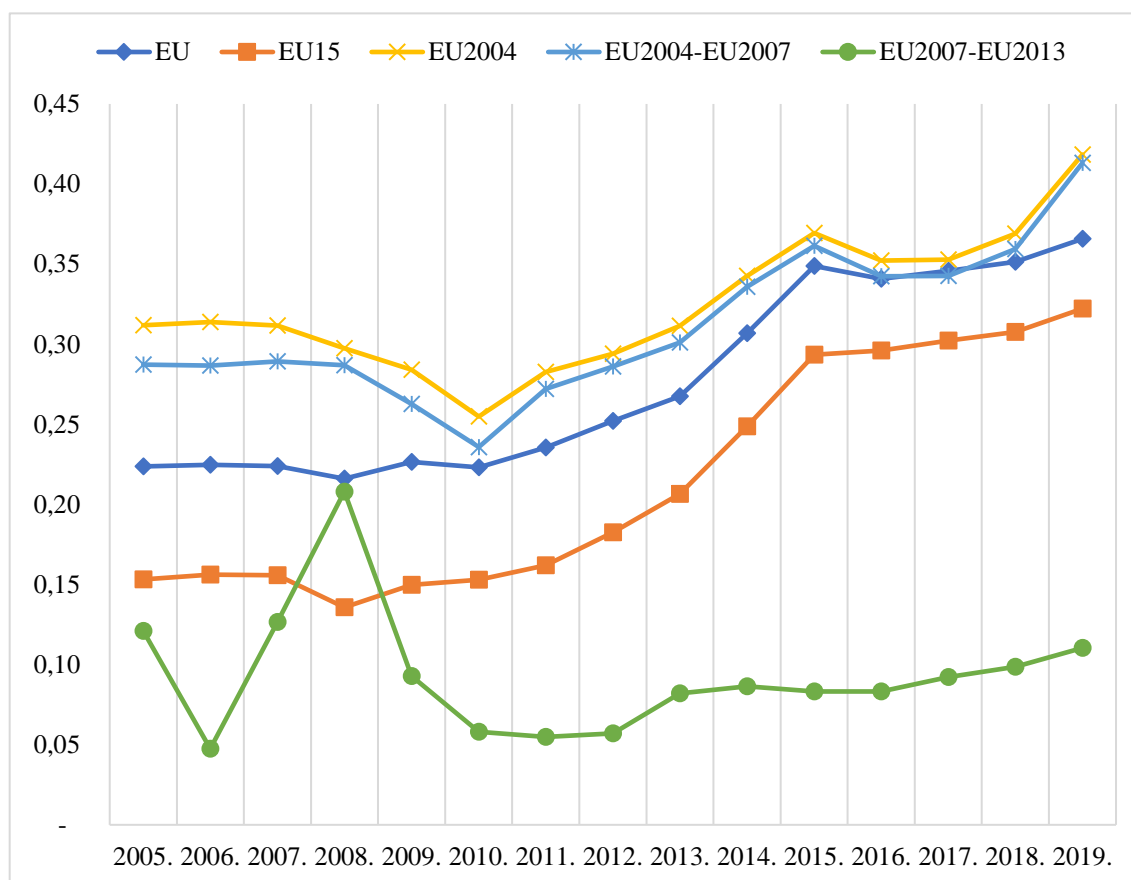
⁷ U grupu država EU2004 spadaju države koje su ostvarile članstvo u 2004. godini i to su: Kipar, Češka Republika, Estonija, Mađarska, Litvanija, Latvija, Malta, Poljska, Slovačka i Slovenija.

⁸ EU2007 predstavljaju članice EU, Rumuniju i Bugarsku priključene 2007. godine.

⁹ EU2013 predstavlja proširenje EU na Hrvatsku u 2013. godini.

Naredna slika prikazuje KV_{UFEE} država EU, kao i grupa država članica EU: EU15, EU2004, EU2004-EU2007 i EU2007-EU2013. Osim za grupu država EU2007-EU2013 (Rumunija, Bugarska i Hrvatska), sve ostale kombinacije država imaju prisutnu konvergenciju do 2010. godine nakon čega divergiraju. Dodatno, KV_{UFEE} za EU2007-EU2013 je najmanji odnosno vrijednosti su relativno bliske jedna drugoj i varijacija unutar skupa podataka je manja. S druge strane, KV_{UFEE} za EU2004 i EU2004-EU2007 pokazuje manju homogenost UFEE i veću raspršenost vrijednosti. Relativna varijabilnost podataka između država EU15 je relativno niska sa vrijednostima KV_{UFEE} od 0,15 do 0,25.

Slika 13. KV_{UFEE} država Evropske unije i grupa država Evropske unije

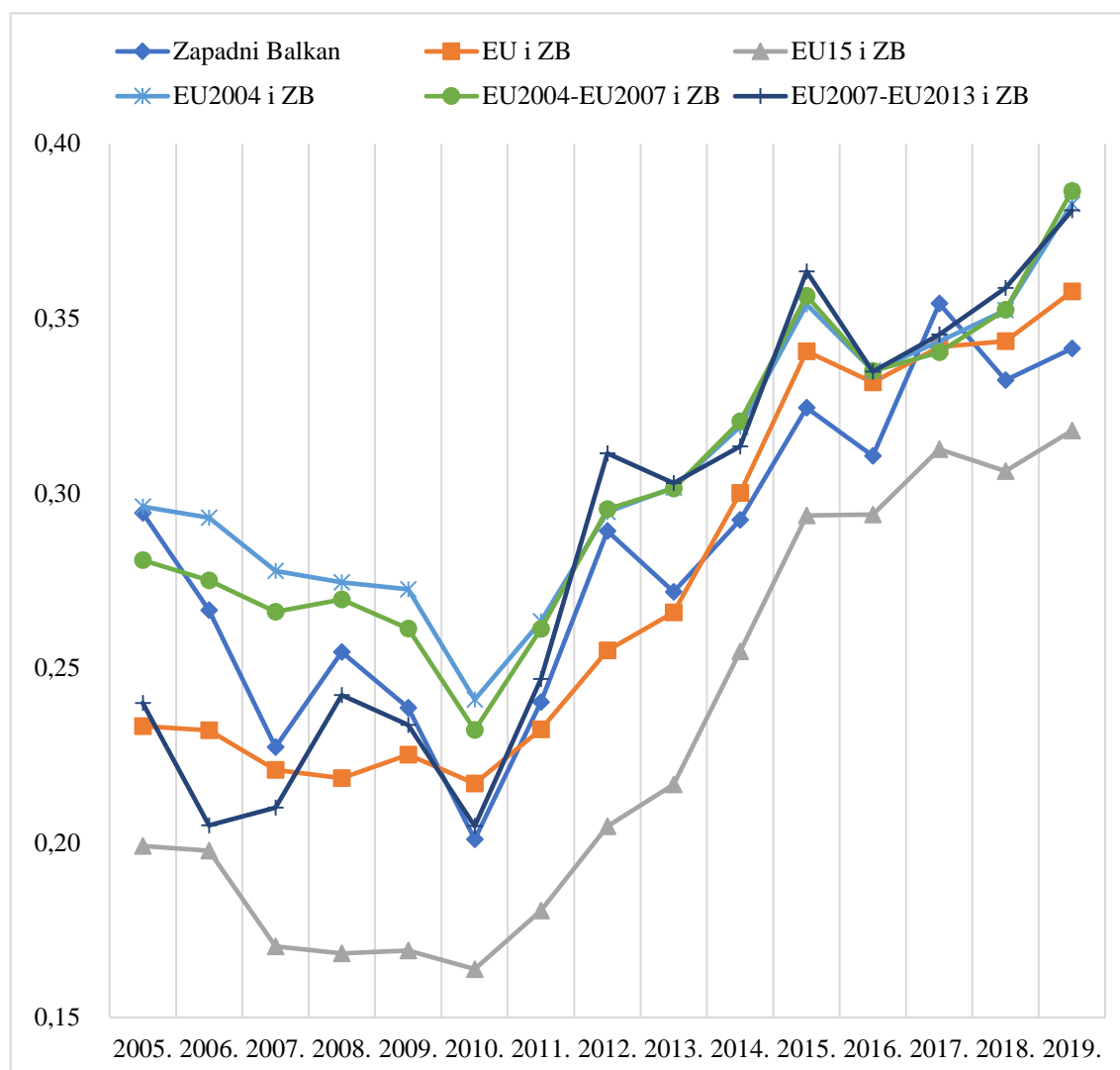


Izvor: kreacija autora.

Kada se prethodnim grupama država dodaju i države ZB, dobijamo relativnu varijabilnost UFEE kroz godine kao na narednoj slici. I u ovoj kombinaciji država koeficijent varijacije opada do 2010. godine a potom raste do kraja posmatranog perioda, dajući isti obrazac konvergencije i divergencije kao i u prethodnim varijantama. Najmanja relativna varijabilnost efikasnosti država je prisutna u grupi prvih, starih članica EU (EU15) i država ZB, sa KV_{UFEE} od 0,2 na početku perioda, 0,16 u 2010. godini i 0,32 na kraju perioda. S druge strane, posmatrajući cijeli period najveće razlike UFEE postoje u grupi država EU2004 i EU2004-EU2007 i ZB. Uzmu li se samo države ZB u analizu, primjetan je sličan obrazac konvergencije do 2010. godine poslije čega slijedi povećanje razlika među državama. Ako se posmatraju najnovije članice EU, Rumunija, Bugarska i Hrvatska te

države ZB, primjetno je divergiranje u cijelom periodu uz nešto blaži intenzitet do 2010. godine i značajnije razdvajanje nakon tog momenta.

Slika 14. KV_{UFEE} država Evropske unije i Zapadnog Balkana

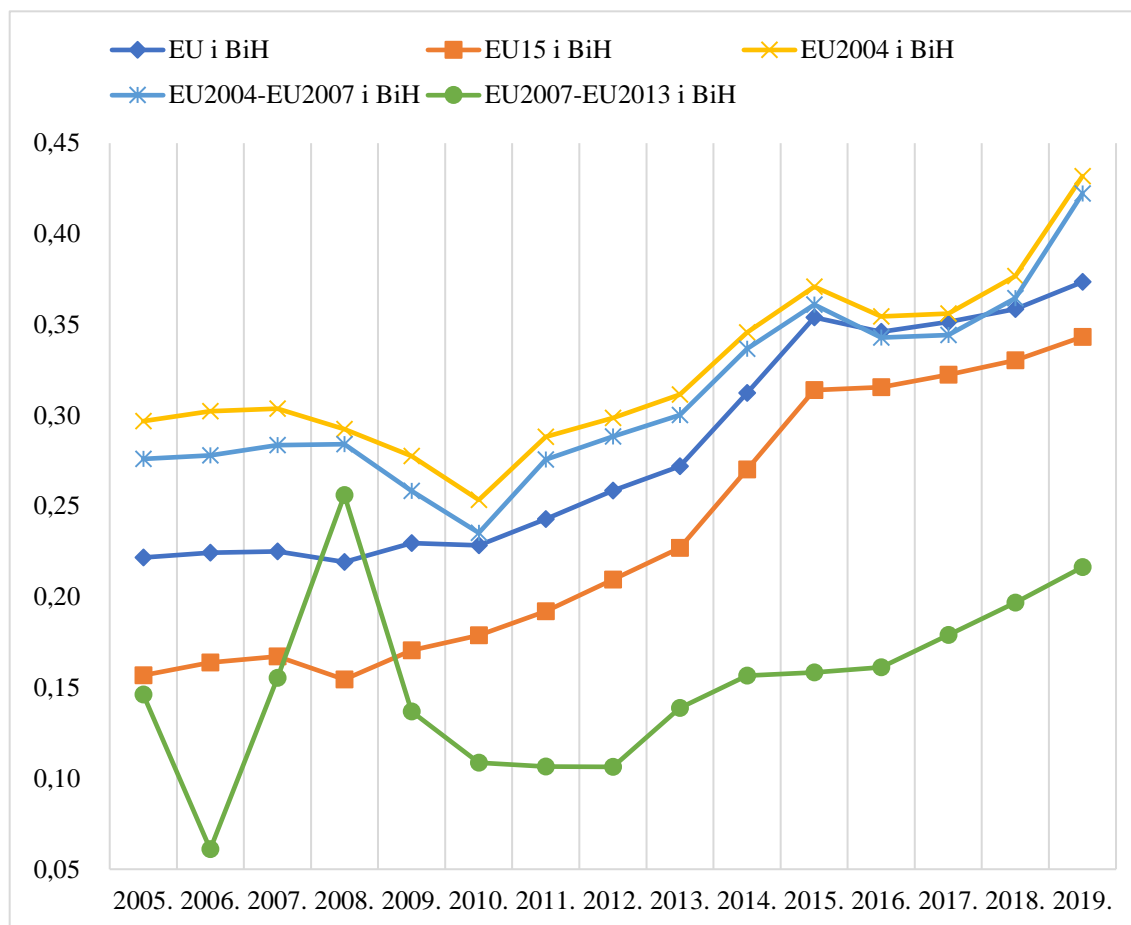


Izvor: kreacija autora.

U nastavku je opisana relativna varijabilnost uzimajući u obzir prethodne grupe država i Bosnu i Hercegovinu, izdvojenu iz ZB. BiH konvergira grupi država EU2004 i EU2004-EU2007 sve do 2010. godine kada je KV_{UFEE} oko 0,25, da bi nakon te godine došlo do divergencije i povećanja razlika a KV_{UFEE} dostiže svoj maksimum u krajnjima godinama perioda kada iznosi oko 0,43. Ako se razmatra BiH sa svim državama EU onda je u cijelom periodu prisutna divergencija sa posebno pojačanim udaljavanjem vrijednosti nakon 2013. godine. Sličan obrazac je prisutan u varijanti kada je BiH u grupi sa državama EU15, samo je raspršenost vrijednosti UFEE manja nego za sve države EU. Najveća sličnost UFEE je prisutna kod BiH i najnovijih članice EU, Rumunije, Bugarske i Hrvatske. Da ne postoje dva izuzetka u 2006. i 2008. godini postoji kontinuirana blaga divergencija u ovoj skupini

država, međutim ovome nije doprinijela UFEE BiH nego su slični pokazatelji KV_{UFEE} samo za države EU2007-EU2013.

Slika 15. KV_{UFEE} država Evropske unije i Bosne i Hercegovine



Izvor: kreacija autora.

5.3.1.2. Sigma konvergencija pet najvećih država EU

U radu je analizirano postojanje konvergencije u cijelom periodu među grupama predmetnih država. Grupisanje država je provođeno prema različitim kriterijima a zanimljive rezultate daje grupisanje 5 najvećih država po broju stanovnika i to: Njemačka, Francuska, Velika Britanija, Italija i Španija. One zajedno u prosjeku učestvuju sa 62% svih zaposlenih i 63% svih stanovnika predmetnog područja a ujedno ostvaruju preko 40% BDP-a svih država.

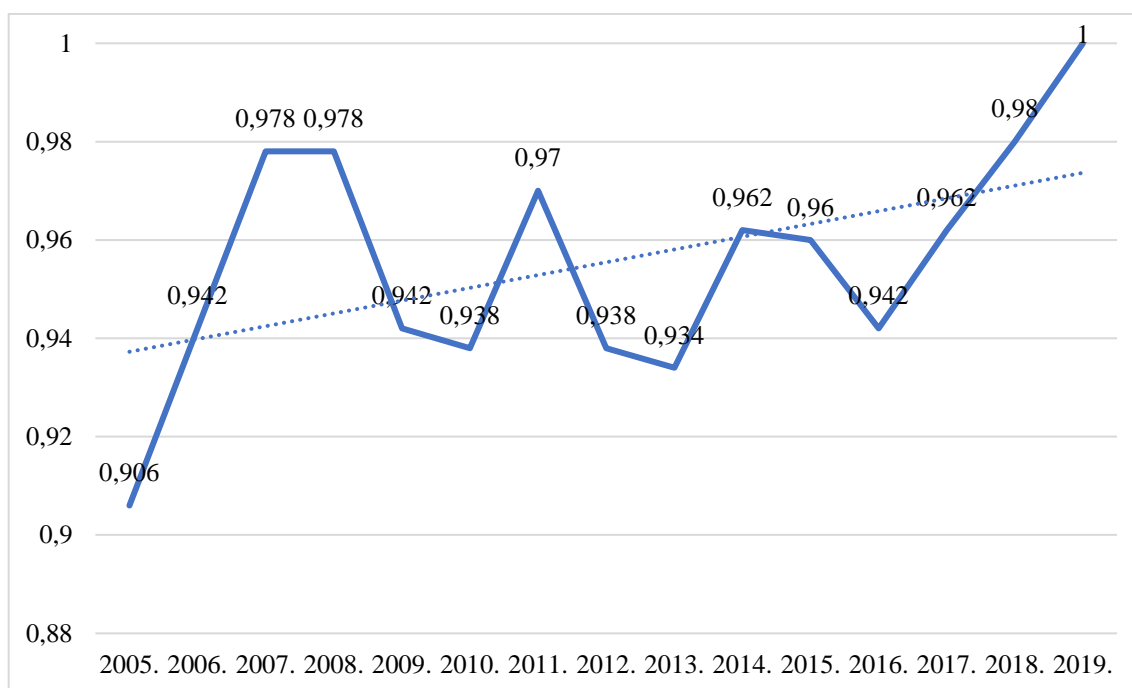
Prosječna vrijednost UFEE ovih 5 država kroz godine je prikazana na narednoj slici. Prisutan je trend rasta posebno nakon 2013. godine a razlog tome može biti sveobuhvatni regulatorni, ekonomski i institucionalni set mjera za poboljšanje energetske efikasnosti država EU. Ovih 5 država po svojim karakteristikama i na osnovu svoje političko-ekonomske uloge u EU predstavljaju ključne aktere koji su inicijatori poboljšanja energetske efikasnosti, naročito Njemačka. Ovaj pristup je uključivao usvajanje i provedbu direktiva, smjernica, pravila, procedura, propisa, programa, planova i preporučenih praksi. Najveći dio ovih alata i mjera

je uspostavljen u periodu oko 2010. godine da bi postigao svoj efekat u godinama koje slijede.

Inicijative i mjere usmjerene na poboljšanje energijske efikasnosti u EU uključuju povećanje udjela obnovljivih izvora energije i unapređenje energijske efikasnosti u sektoru zgrada jer se oko 40% ukupne potrošnje energije u EU realizuje u zgradama. Dodatno su uvedene pametne mreže koje omogućavaju bolje upravljanje i distribuciju električne energije i prilagođavanje potrošnje na najefikasniji način. Provedeni su brojni programi subvencija i poticaja energijske efikasnosti u sektorima kao što su prijevoz, industrija i poljoprivreda. Dodatno, uspostavljena je Energetska zajednica kao zajednica država EU i jugoistočne Evrope koja ima za cilj promicanje energijske efikasnosti i razvoj obnovljivih izvora energije u regiji. EU je usvojila niz propisa i direktiva usmjerenih na poboljšanje energijske efikasnosti, što je pružilo poticaj za promjene u sektoru energetike. Najznačajnije direktive koje su proizvele posljedice na niz pravilnika i drugih mjera su: Direktiva 2005/32/EZ kojom se uspostavlja okvir za postavljanje ekoloških zahtjeva za proizvode potrošače energije (2005), Direktiva 2006/32/EZ o energijskoj efikasnosti krajnje potrošnje energije i energetskim uslugama (2006), Direktiva 2009/125/EZ kojom se uspostavlja okvir za postavljanje ekoloških zahtjeva za energetski povezane proizvode (2009), Direktiva 2010/31/EU o energijskoj efikasnosti zgrada (2010), te sveobuhvatna Direktiva 2012/27/EU o energijskoj efikasnosti (2012).

Pored toga, kao rezultat Direktive 2006/32/EZ, 2006. godine Evropska komisija objavila je svoj Akcioni plan za energijsku efikasnost (po državama) čiji cilj je kontrola i smanjenje potražnje za energijom kako bi se ostvarile uštede od 20% do 2020. godine u usporedbi s baznom godinom, što je podrazumijevalo oko 1,5% uštede godišnje do 2020. godine. Evropska komisija je 2011. godine predstavila novi akcioni plan za energijsku efikasnost i smjernice za prelaz na niskokarbonsku ekonomiju do 2050. godine. Navedeno je pored uštede energije istaklo potrebu za energetskom sigurnošću i jednakošću, te ekološkom održivošću kroz smanjenje emisija stakleničkih plinova za 40% do 2030. godine, 60% do 2040. godine i 80-95% do 2050. godine u poređenju s nivoima iz 1990. godine. Nakon rasprava o negativnim posljedicama koje sa sobom nosi ova oblast, ciljevi su u narednim godinama revidirani te su značajno povećani u čemu se ogleda odlučnost i ambicija EU. EU je 2014. godine usvojila energetske i klimatske ciljeve za 2030. godinu kao: smanjenje emisija stakleničkih plinova za 40%, minimalni udio od 27% obnovljive energije u potrošnji i najmanje 27% energetske uštede. Potom su 2018. godine postavljeni odnosno modificirani ciljevi sa 32% učešća obnovljive energije i 32,5% energijske efikasnosti. Svi ovi faktori, kao i drugi, mogu se navesti kao razlozi za povećanje energijske efikasnosti u EU nakon 2010. godine (Economidou *et al.*, 2020).

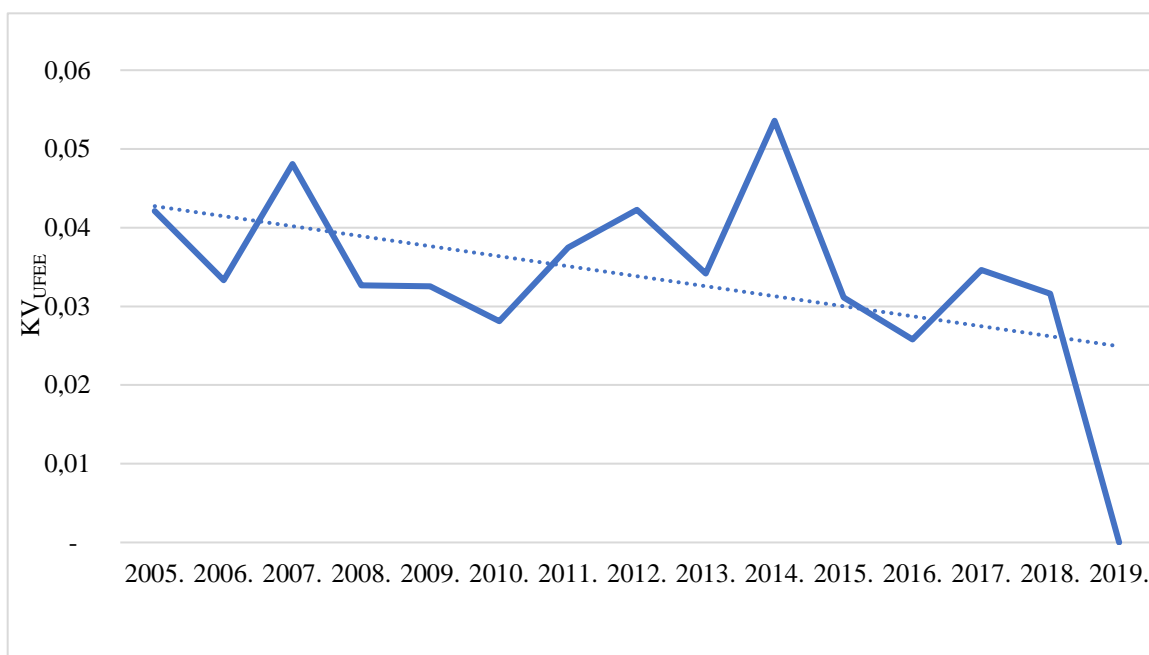
Slika 16. Prosječna UFEE 5 najmnogoljudnijih država Evropske unije



Izvor: kreacija autora.

U kontekstu sigma konvergencije, prikaz kretanja KV_{UFEE} grupe 5 najmnogoljudnijih država je prikazano na narednoj slici. Prije svega KV_{UFEE} pokazuje veoma male vrijednosti od oko 0,03, što ukazuje na homogenost rezultata UFEE. Dodatno, postoji trend smanjenja KV_{UFEE} ovih država što implicira postojanje sigma konvergencije.

Slika 17. KV_{UFEE} grupe 5 najmnogoljudnijih država Evropske unije



Izvor: kreacija autora.

5.3.2. Analiza efikasnosti država u kontekstu beta konvergencije

Prema beta konvergenciji slabije razvijene države dostižu razvijenije države zbog ostvarenih viših stopa rasta, odnosno beta konvergencija implicira postojanje negativne veze između stope rasta i početnog ili prethodnog stepena razvijenosti. Beta konvergencija implicira da će manje razvijene države rasti brže od razvijenih sve dok ih ne sustignu u razvoju (Borić, 2018).

U nastavku se razmatraju dvije vrste konvergencije, apsolutna beta konvergencija koja u uspostavljenoj regresijskoj jednačini kao nezavisnu varijablu uzima samo vrijednost UFEE iz prethodnog perioda i uslovna beta konvergencija koja pored navedene uzima u obzir i kontrolne varijable. Za razliku od sigma konvergencije kada su formirane manje grupe država u analizi beta konvergencije biće razmatrane sve države EU i ZB, potom samo države ZB, stare članice EU15 i ZB kao i nove članice EU2004-EU2013 i ZB.

5.3.2.1. Analiza apsolutne (bezuslovne) beta konvergencije

Bezuslovna konvergencija u ovom radu znači da se brzina rasta UFEE u državama s niskom početnom UFEE obično povećava brže nego u državama s visokom početnom energijskom efikasnošću. Rezultati apsolutne beta konvergencije su prikazani u narednoj tabeli. Provedena je regresiona analiza gdje je zavisna varijabla stopa rasta energetske efikasnosti $\ln(UFEE_{it}/UFEE_{i,t-1})$ a nezavisna varijabla vrijednost UFEE iz prethodnog perioda.

Tabela 16. Apsolutna beta konvergencija

Nezavisna varijabla	Države EU i ZB			Države ZB		
	Koeficijent	Standardna greška	t-statistika	Koeficijent	Standardna greška	t-statistika
	$F(1,428) = 52,09$ $Prob > F = 0,000$			$F(1,64) = 28,13$ $Prob > F = 0,000$		
$\ln UFEE_{(t-1)}$	-0,22026***	0,03052	-7,22	-0,56224***	0,10601	-5,30
Konstanta	-0,08252***	0,01146	-7,20	-0,18148***	0,03936	-4,61
σ_u	0,06921483			0,15791648		
σ_e	0,08928363			0,13543135		
ρ	0,37537963			0,57620239		

	Države EU15 i ZB			Države EU2004-EU2013 i ZB		
	$F(1,259) = 32,10$			$F(1,233) = 46,42$		
	$Prob > F = 0,000$			$Prob > F = 0,000$		
	Koeficijent	Standardna greška	t-statistika	Koeficijent	Standardna greška	t-statistika
$\ln UFEE_{(t-1)}$	-0,23581***	0,04162	-5,67	-0,30857***	0,04528	-6,81
Konstanta	-0,06522***	0,01213	-5,38	-0,14092***	0,02125	-6,63
σ_u	0,06589171			0,09386405		
σ_e	0,09020697			0,10614254		
ρ	0,34792149			0,43884008		

*** Značajnost na nivou 1%.

Izvor: proračun autora.

Vrijednost F-testa u svim varijantama je manja od 0,05, što usmjerava na zaključak da su svi koeficijenti u modelima zajedno različiti od nule. Rezultati impliciraju da postoji trend konvergencije među predmetnim državama u svim varijantama. U varijanti svih država EU i ZB, države sa nižom efikasnošću dugoročno posmatrano sustižu efikasne države jer je β koeficijent negativan (-0,22) i statistički značajan na nivou 1%. Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 22% u tekućem periodu. Unutarklasna korelacija ρ iznosi 0,375 odnosno 37,5% varijanse zavisne varijable je objašnjeno razlikama među državama.

Kada se analiziraju samo države ZB, također postoji sustizanje država sa visokom UFEE sa statistički značajnim (1%) i negativnim β koeficijentom (-0,56). Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu u državama ZB dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 56% u tekućem periodu. Unutarklasna korelacija ρ iznosi 0,576 odnosno 57,6% varijanse zavisne varijable je objašnjeno razlikama među državama ZB.

U grupi država EU15 i ZB, rezultati su vrlo slični onim u kojima se uzimaju u obzir sve države EU i države ZB. Beta konvergencija je prisutna i u ovoj grupi država s tim da imamo da povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 23% u tekućem periodu. ρ iznosi 0,348 odnosno 34,8% varijanse zavisne varijable je objašnjeno razlikama među državama EU15 i ZB. Neefikasne države EU2004-EU2013 i ZB sustižu efikasne u ovoj grupi na način da povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu doprinosi smanjenju stope rasta UFEE od 31% u tekućem periodu. Dodatno, 43,9% varijanse zavisne varijable je objašnjeno razlikama među državama EU2004-EU2013 i ZB.

5.3.2.2. Analiza uslovne beta konvergencije

Uslovna beta konvergencija znači da će države sličnog početnog stanja UFEE imati sličan tempo rasta energijske efikasnosti. Kao kontrolne varijable u ovom radu pojavljuju se „dummy“ varijable za sve godine, te kao što preporučuje Zhang *et al.* (2017): bruto domaći proizvod i direktne strane investicije. Rezultati uslovne beta konvergencije su prikazani u narednoj tabeli, odnosno prikazani su rezultati regresije gdje je zavisna varijabla stopa rasta ukupne faktorske energijske efikasnosti $\ln(UFEE_{it}/UFEE_{i,t-1})$ a nezavisna varijabla vrijednost UFEE iz prethodnog perioda, logaritmovane vrijednosti bruto domaćeg proizvoda per capita i direktnih stranih investicija.

Tabela 17. Uslovna beta konvergencija

Nezavisna varijabla	Države EU i ZB		Države ZB		Države EU15 i ZB		Države EU2004-EU2013 i ZB	
	Koeficijent	t-stat.	Koeficijent	t-stat.	Koeficijent	t-stat.	Koeficijent	t-stat.
	$F(16,371) = 11,08$ $Prob > F = 0,0000$		$F(16,47) = 3,07$ $Prob > F = 0,0014$		$F(16,214) = 6,21$ $Prob > F = 0,0000$		$F(16,204) = 8,49$ $Prob > F = 0,0000$	
$\ln UFEE_{(t-1)}$	-0,3273***	-8,57	-0,6623***	-4,98	-0,3882***	-7,02	-0,4596***	-8,17
$\ln BDPPC$	0,1808***	2,87	0,1388	0,21	0,2634***	2,73	0,2372**	2,01
$\ln PDSI$	0,0073	1,45	0,0186	0,46	0,0509	0,71	0,0090	1,06
Godina								
2007	0,0347*	1,73	0,1433	1,26	0,0484*	1,72	0,0475	1,47
2008	-0,0387*	-1,90	-0,0046	-0,03	-0,0304	-1,06	-0,0462	-1,38
2009	-0,0551***	-2,63	0,0583	0,43	-0,0251	-0,87	-0,0616*	-1,79
2010	-0,0555***	-2,71	0,0101	0,07	-0,0344	-1,19	-0,0792**	-2,41
2011	-0,0208	-1,04	0,0190	0,12	-0,0121	-0,43	-0,0401	-1,21
2012	-0,0817***	-3,97	0,0282	0,17	-0,0556**	-1,90	-0,0970***	-2,89
2013	-0,097***	-4,65	-0,0047	-0,03	-0,078***	-2,72	-0,1192***	-3,37
2014	-0,1106***	-5,24	-0,0839	-0,44	-0,095***	-3,29	-0,1581***	-4,33
2015	-0,1140***	-5,19	-0,0545	-0,27	-0,0825***	-2,80	-0,1737***	-4,34
2016	-0,1267***	-5,67	-0,1024	-0,45	-0,1182***	-3,99	-0,1827***	-4,31
2017	-0,1273***	-5,31	-0,1688	-0,69	-0,1231***	-3,90	-0,2037***	-4,38
2018	-0,0934***	-3,48	-0,0452	-0,17	-0,0760**	-2,11	-0,1541***	-2,98
2019	-0,0802***	-3,11	-0,0165	-0,06	-0,0885***	-2,63	-0,1207**	-2,28
Konstanta	-1,8926***	-2,93	-1,4653	-0,24	-2,7723***	-2,76	-2,4512**	-2,11
σ_u	0,1151702		0,15625624		0,16846052		0,17356208	
σ_e	0,0786393		0,13254286		0,08483964		0,09115767	
ρ	0,6820220		0,58156041		0,79768325		0,78378972	

*** Značajnost na nivou 1%; ** Značajnost na nivou 5%; * Značajnost na nivou 10%.

Izvor: proračun autora.

F-testovi za sve varijante imaju vrijednosti manje od 0,05, što implicira da su svi koeficijenti u modelima zajedno različiti od nule. Rezultati impliciraju da postoji trend konvergencije među predmetnim državama u svim varijantama i kombinacijama država jer su koeficijenti negativni i statistički značajni na nivou 1%.

U varijanti svih država EU i ZB, države sa nižom efikasnošću dugoročno posmatrano sustižu efikasne države jer je β koeficijent negativan (-0,327) i statistički značajan na nivou 1%. Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 32,7% u tekućem periodu. Prilikom analize uslovne beta konvergencija, koeficijenti kontrolnih varijabli pružaju informacije o utjecaju tih varijabli na brzinu rasta, u ovom slučaju energijske efikasnosti država. Koeficijent kontrolne varijable bruto domaći proizvod per capita je pozitivan i statistički značajan na nivou 1%, što ukazuje da povećanje vrijednosti BDPPC dovodi do povećanja stope rasta UFEE. Tako imamo da rast BDPPC za 1% tokom vremena dovodi do povećanja stope rasta UFEE za 18,1%. Osim 2007. godine koja je statistički značajna na nivou 10% i koja pozitivno utječe na brzinu stope rasta UFEE, sve ostale godine imaju negativan predznak. U 2007. godini se očekuje veća stopa rasta u odnosu na prethodnu godinu koja se uzima kao referenca. Ovaj koeficijent može ukazivati na povoljne društvene, ekonomske, tehničke ili političke uslove koji podržavaju rast. Negativni predznaci svih ostalih statističkih značajnih koeficijenata u periodu 2008-2019. godina (osim 2011. godine) impliciraju da te godine imaju negativan utjecaj na brzinu rasta energijske efikasnosti u odnosu na baznu godinu, što može ukazivati na nepovoljne faktore koji su ograničili rast u toj godini. Međutim, postoji mogućnost da faktori koji nisu obuhvaćeni modelom, ali koji su specifični za razmatrane godine, mogu utjecati na rezultate posebno imajući u vidu da unutarklasna korelacija ρ iznosi 0,682 odnosno 68,2% varijanse stopa rasta UFEE je objašnjeno razlikama među državama.

U varijanti država ZB, države sa nižom efikasnošću dugoročno posmatrano sustižu efikasne države jer je β koeficijent negativan (-0,662) i statistički značajan na nivou 1%. Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 66,2% u tekućem periodu. Prilikom analize uslovne beta konvergencija, koeficijenti kontrolnih varijabli pružaju informacije o utjecaju tih varijabli na brzinu rasta, u ovom slučaju energijske efikasnosti država. Koeficijenti kontrolnih varijabli nisu statistički značajni. Unutarklasna korelacija ρ iznosi 0,581 odnosno 58,1% varijanse stopa rasta UFEE je objašnjeno razlikama među državama.

U varijanti država EU15 i ZB, slični su rezultati kao kod svih država EU i ZB. β koeficijent je negativan (-0,388) i statistički značajan na nivou 1%. Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 38,8% u tekućem periodu. Koeficijent kontrolne varijable bruto domaći proizvod per capita je pozitivan i statistički značajan na nivou 1%, tako da rast BDPPC za 1% tokom vremena dovodi do povećanja stope rasta UFEE za 26,3%. Osim 2007. godine koja je statistički značajna na nivou 10% i koja pozitivno utječe na brzinu stope rasta UFEE, sve ostale godine imaju negativan predznak. U 2007. godini se očekuje veća stopa rasta u odnosu na prethodnu godinu dok negativni predznaci svih ostalih statističkih značajnih koeficijenata u periodu

2012-2019. godina podrazumijevaju da te godine imaju negativan utjecaj na brzinu rasta energijske efikasnosti u odnosu na prethodnu godinu. Unutarklasna korelacija ρ iznosi 0,797 odnosno 79,7% varijanse stopa rasta UFEE je objašnjeno razlikama među državama.

U kombinaciji država EU2004-EU2013 i ZB prisutni su slični rezultati kao prethodni. Neefikasne države na dugi rok sustižu efikasnije na način da povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 45,9% u tekućem periodu uz statističku značajnost na nivou 1%. Koeficijent kontrolne varijable bruto domaći proizvod per capita je pozitivan i statistički značajan na nivou 5%, što ukazuje da povećanje vrijednosti BDPPC dovodi do povećanja stope rasta UFEE. Tako imamo da rast BDPPC za 1% tokom vremena dovodi do povećanja stope rasta UFEE za 23,7%. U svim statistički značajnim godinama (2009-2010. i 2012-2019.) prisutni su negativni koeficijenti. Negativni predznaci impliciraju da te godine imaju negativan utjecaj na brzinu rasta energijske efikasnosti u odnosu na prethodnu godinu, što može ukazivati na nepovoljne faktore koji su ograničili rast u toj godini. Međutim, postoji mogućnost da faktori koji nisu obuhvaćeni modelom, ali koji su specifični za razmatrane godine, mogu utjecati na rezultate posebno analizirajući unutarklasnu korelaciju ρ koja iznosi 0,783 odnosno 78,3% varijanse stopa rasta UFEE je objašnjeno razlikama među državama.

5.4. Zaključci studije o procesima konvergencije država Zapadnog Balkana ka Evropskoj uniji na osnovu UFEE

U kontekstu sigma konvergencije, kada se pogledaju sve kombinacije država može se zaključiti da u gotovo svim slučajevima do 2010. godine države konvergiraju a nakon 2010. godine dolazi do divergencije. Najmanja relativna varijabilnost efikasnosti država je prisutna u grupi prvih, starih članica EU (EU15) i država ZB, sa koeficijentom varijacije od 0,2 na početku perioda, 0,16 u 2010. godini i 0,32 na kraju perioda. S druge strane, posmatrajući cijeli period najveće razlike UFEE postoje u grupi novih država EU koje su pristupile nakon 2004. godine i država ZB. Uzmu li se samo države ZB u analizu, primjetan je sličan obrazac konvergencije do 2010. godine poslije čega slijedi povećanje razlika među državama. Ako se posmatraju najnovije članice EU, Rumunija, Bugarska i Hrvatska te države ZB, primjetno je divergiranje u cijelom periodu uz nešto blaži intenzitet do 2010. godine i značajnije razdvajanje nakon tog momenta. Sigma konvergencija je ispitana kod 5 država sa najvećim brojem stanovnika u predmetnom području u periodu 2005-2019. godina. Kod ovih država prisutan je trend rasta UFEE, posebno nakon 2013. godine. Razlog tome može biti sveobuhvatni regulatorni i institucionalni set mjera za poboljšanje energijske efikasnosti država EU. Ovih 5 država članica EU po svojim karakteristikama i na osnovu svoje političko-ekonomske uloge u EU predstavljaju ključne aktere koji su inicijatori poboljšanja energijske efikasnosti, naročito Njemačka. Ovaj pristup je uključivao usvajanje i provedbu direktiva, smjernica, pravila, procedura, propisa, programa, planova i preporučenih praksi. Najveći dio ovih alata i mjera je uspostavljen u periodu oko 2010. godine da bi postigao svoj

efekat u godinama koje slijede. Rezultati UFEE su homogeni uz trend smanjenja njegovog koeficijenta varijacije što implicira postojanje sigma konvergencije ove grupe država.

Rezultati analize apsolutne (bezuslovne) beta konvergencije impliciraju da postoji trend konvergencije među predmetnim državama u svim varijantama. U varijanti svih država EU i ZB, države sa nižom efikasnošću dugoročno posmatrano sustižu efikasne države. Povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 22% u tekućem periodu. Kada se analiziraju samo države ZB, također postoji sustizanje država sa visokom UFEE sa statistički značajnim (1%) i negativnim β koeficijentom (-0,56). U grupi prvih 15 država članica EU i ZB, rezultati su vrlo slični onim u kojima se uzimaju u obzir sve države EU i države ZB. Neefikasne nove države članice EU od 2004. godine i države ZB sustižu efikasne u ovoj grupi na način da povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu doprinosi smanjenju stope rasta UFEE od 31% u tekućem periodu.

Rezultati uslovne beta konvergencije ukazuju na postojanje trenda konvergencije među predmetnim državama u svim varijantama i kombinacijama država jer su koeficijenti negativni i statistički značajni na nivou 1%. U varijanti svih država EU i ZB, povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 32,7% u tekućem periodu. Koeficijent kontrolne varijable bruto domaći proizvod per capita je pozitivan i statistički značajan na nivou 1%, što ukazuje da povećanje vrijednosti BDPPC dovodi do povećanja stope rasta UFEE. Tako imamo da rast BDPPC za 1% tokom vremena dovodi do povećanja stope rasta UFEE za 18,1%. U varijanti država ZB, države sa nižom efikasnošću dugoročno posmatrano sustižu efikasne države jer je β koeficijent negativan (-0,662) i statistički značajan na nivou 1%. Koeficijenti kontrolnih varijabli u kombinaciji država ZB nisu statistički značajni. U varijanti država EU15 i ZB, slični su rezultati kao kod svih država EU i ZB. U kombinaciji novih država EU i ZB prisutni su slični rezultati kao prethodni. Neefikasne države na dugi rok sustižu efikasnije na način da povećanje energijske efikasnosti od 1% u prethodnom periodu dovodi do smanjenja stope rasta energijske efikasnosti od 45,9% u tekućem periodu. Koeficijent kontrolne varijable bruto domaći proizvod per capita je pozitivan i statistički značajan na nivou 5%, tako imamo da rast BDPPC za 1% tokom vremena dovodi do povećanja stope rasta UFEE za 23,7%.

Dakle, u različitim kombinacijama država ZB i EU prisutna je beta konvergencija, kako uslovna tako i apsolutna, te odsustvo sigma konvergencije nakon 2010. godine. Možemo zaključiti da manje efikasne države imaju tendenciju bržeg rasta u odnosu na efikasnije države. Postojanje uslovne beta konvergencija znači da manje efikasne države imaju veći potencijal za brži rast jer mogu iskoristiti tehnološka znanja i prakse efikasnih država kako bi ubrzale svoje poboljšanje efikasnosti. Međutim, činjenica da ne postoji sigma konvergencija ukazuje na to da se ne događa smanjenje apsolutne nejednakosti između država. Razlike u efikasnosti između država ZB i EU ostaju stabilne odnosno povećavaju se nakon 2010. godine, bez obzira na proces beta konvergencije. Ovo može ukazivati na strukturne ili institucionalne faktore koji održavaju ili pogoršavaju nejednakosti između država bez obzira na brži rast neefikasnih država.

Iako je potvrđeno da niži inicijalni nivo vodi ka većoj stopi rasta i obrnuto (beta konvergencija), države mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje drugi faktori ili nepredviđeni događaji (šokovi) koji pored inicijalnog nivoa utječu na stopu rasta. Kao što navodi Rodrik (2013) a što se potvrđuje ovim istraživanjem, iako postoji beta konvergencija države mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje relativno veliki šokovi tokom procesa rasta. Navedeno se može tumačiti kao određeni nedostatak u metodi AOP, koja je korištena za izračunavanje UFEE, kojim se analizirala konvergencija. Naime, UFEE je fokusiran isključivo na endogene faktore unutar svake države, dok zanemaruje utjecaj egzogenih faktora. Ovaj nedostatak u metodologiji zahtijeva dodatno pojašnjenje. Egzogeni faktori, koji dolaze izvan granica pojedine države, mogu utjecati na ukupnu energijsku efikasnost. Na primjer, promjene u međunarodnim cijenama energije, globalni ekološki uslovi, ratovi u koje su uključene države sa značajnim energetske resursima, tehnološki napredak ili politički događaji često imaju ključnu ulogu u oblikovanju energetske performansi države. Njihovim isključivanjem iz indeksa UFEE može rezultirati nepotpunim i pristranim mjerenjem stvarne energetske efikasnosti.

Dodatno, utjecaj egzogenih faktora se različito reflektuje na svaku državu, a taj utjecaj može značajno varirati ovisno o specifičnostima svake države. Države koje su geografski bliže određenim tržištima ili imaju različite klimatske uslove mogu biti različito pogođene globalnim klimatskim promjenama, energetske resursima ili trgovinskim uslovima. Države s različitom ekonomskom strukturom mogu biti osjetljivije na promjene u globalnim cijenama roba, uključujući energente. Različite političke odluke, regulacije i politike u svakoj državi mogu utjecati na sposobnost odgovora na egzogene faktore. Države koje su lideri u tehnološkom napretku mogu imati prednost u prilagođavanju promjenama u energetske sektoru. Demografske karakteristike, poput veličine stanovništva, strukture stanovništva i urbanizacije, mogu utjecati na potrebe za energijom. Stoga, prilikom analize energetske efikasnosti i utjecaja egzogenih faktora, važno je uzeti u obzir kontekst svake pojedine države kako bi se razumjeli specifični izazovi i mogućnosti s kojima se suočava. U svrhu objašnjenja ovog nedostatka, važno je naglasiti da analiza koja uključuje samo endogene faktore ne pruža potpunu sliku o tome kako se države međusobno porede u smislu energetske efikasnosti. Na kraju, ovo istraživanje prati metodologiju koja je primjenjena u recentnoj i referentnoj literaturi o energijskoj efikasnosti. Primijenjenim metodama se dolazi do rezultata i zaključaka na osnovu endogenih faktora svake države. Kao jedna od preporuka za buduća istraživanja može se uzeti proširenje metodologije kako bi se uključili relevantni egzogeni faktori koji bi osigurali sveobuhvatniju evaluaciju energetske efikasnosti država. Time bi se postigla tačnija i sveobuhvatnija perspektiva koja bi bolje odražavala stvarne izazove i potencijale svake države u kontekstu energetske performansi. Ove informacije bi potom služile kao osnova za unapređenje analize konvergencije.

6. ANALIZA DETERMINANTI UKUPNE FAKTORSKE ENERGIJSKE EFIKASNOSTI U DRŽAVAMA ZAPADNOG BALKANA I EVROPSKE UNIJE

Ovaj segment rada analizira determinante ukupne faktorske energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije. Analiziraće se determinante UFEE identifikovane u preglede literature u poglavlju 2.3. Determinante identifikovane u integrativnom smislu u specifičnom kontekstu država Zapadnog Balkana su: institucionalna efikasnost, nivo tehnološkog razvoja, nivo ekonomskog razvoja, gustina naseljenosti, cijene i vrste energije. Kao što je prikazano u pregledu literature i u Prilogu 1, značajan broj autora koji obrađuju temu energijske efikasnosti u kontekstu ukupnih faktora, uglavnom se koristi navedenim determinantama. Prilikom izbora determinanti vodilo se računa o specifičnom kontekstu država Zapadnog Balkana (tranzicijske države, pristupanje EU, nedovoljno razvijena tržišta, ekonomska povezanost sa EU, neefikasnost i sl.). Prema saznanjima autora i na osnovu pretrage naučne citatne baze podataka, ne postoji istraživanje niti analize determinanti ukupne faktorske energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana.

U nastavku su opisani podaci i način njihovog prikupljanja. Potom je prikazan metodološki okvir vezan za istraživačko pitanje koje obrađuje temu determinanti UFEE. Metodološki okvir se sastoji od identifikovanog modela i metodologije istraživanja. Nakon toga su prikazani rezultati analize determinanti UFEE i pripadajući zaključci.

6.1. Podaci o determinantama UFEE i način prikupljanja

Naš uzorak uključuje 28 država EU i 5 država Zapadnog Balkana. Razmatraju se podaci u periodu od 2005. do 2019. godine.

Zavisna varijabla UFEE mjeri energijsku efikasnost na nivou država. Teoretski zauzima vrijednosti od 0 do 1 a veća vrijednost UFEE podrazumijeva bolju energijsku efikasnost. U ovom radu UFEE za predmetne države zauzima vrijednosti od 0,38 do 1. Zavisna varijabla je izračunata korištenjem metode 4-godišnjih pokretnih prosjeka (analiza prozora) u okviru analize omeđivanja podataka, kao što je objašnjeno u poglavlju 3.2.3. To je neparametarski pristup koji koristi panel podatke o iskorištenom kapitalu, angažovanim zaposlenim i upotrijebljenoj energiji (kao inputima) za stvaranje bruto domaćeg proizvoda (kao poželjnog outputa) i ugljendioksida (kao nepoželjnog outputa). Računanje 4-godišnjeg pokretnog prosjeka je ustaljena procedura u literaturi (Peykani *et al.*, 2021; Asmild *et al.*, 2004; Škrinjarić, 2016; Zhang *et al.*, 2011; Charnes *et al.*, 1994).

Pregledom literature identifikovane su institucionalna efikasnost, nivo tehnološkog napretka, gustina naseljenosti, nivo ekonomskog razvoja, cijena energije i učešće visokokvalitetne energije, kao osnovne determinante UFEE u kontekstu analiziranih država. Prikupljene su godišnje serije podataka za posmatrani period, i u ovom istraživanju postoje nebalansirani panel podaci. Kao što je detaljno prikazano u opisu varijabli, nedostaje manji

dio podataka za varijable institucionalne efikasnosti i cijena energije. Dalje u tekstu navodimo detaljan opis svih nezavisnih varijabli u modelu, kao i izvore podataka :

⇒ Institucionalna efikasnost (X_1). Institucionalna efikasnost će se mjeriti korištenjem *indeksa ekonomskih sloboda (IES)* kojeg objavljuje Heritage fondacija i Wall Street Journal. Indeks ekonomskih sloboda predstavlja pokazatelj stanja u oblasti ekonomskih sloboda u jednoj državi u vidu specifične sinteze faktora koji doprinose ekonomskoj slobodi i prosperitetu države. (Čizmić i Imamović-Čizmić, 2020). Ovaj indikator razmatra ekonomske politike i uslove u 184 suverene države na osnovu 12 aspekata ekonomske slobode grupisane u četiri široke kategorije: (I) vladavina prava (vlasnička prava, efikasnost pravosuđa i integritet vlade), (II) veličina vlade (porezno opterećenje, vladina potrošnja i fiskalna sloboda), (III) efikasnost regulacije (sloboda poslovanja, sloboda rada i monetarna sloboda); i (IV) otvorenost tržišta (sloboda trgovine, sloboda ulaganja i finansijska sloboda) (Kim *et al.*, 2023). Indeks ekonomskih sloboda zauzima vrijednosti od 0 do 100, a veća vrijednost predstavlja bolji kvalitet institucija. Svaka od dvanaest ekonomskih sloboda unutar navedenih kategorija ocjenjuje se na skali od 0 do 100. Ukupan rezultat države dobiva se prosječnim vrednovanjem dvanaest ekonomskih sloboda, pri čemu se svakoj pridaje jednak udio. Osim za Crnu Goru i Srbiju u periodu od 2005. do 2008. godine, indeks ekonomskih sloboda je dostupan tokom cijelog perioda istraživanja za sve druge predmetne države. U nastavku je prikazano objašnjenje koje se odnosi na način određivanja adekvatnog indikatora za mjeru institucionalne efikasnosti. U izboru indikatora veoma bitan element je stvarna posvećenost i volja donosilaca odluka. U studijama se politička volja smatra jednim od „skliskih koncepata“ jer se nikada ne definiše osim svojim odsustvom (Hammergren, 1998). Charney (2009) političku volju opisuje kao kombinaciju tri faktora kod donosilaca odluka: mišljenje o određenom pitanju plus intenzitet tog mišljenja plus stepen istaknutosti ili važnosti pitanja. Brinkerhoff (2010) daje definiciju političke volje kao opredijeljenosti aktera da preduzmu akcije za postizanje niza ciljeva i da omoguće finansiranje tih radnji tokom vremena. Mjerenje političke volje i posvećenosti predstavlja važan izazov. Ona se može posmatrati kroz prizmu donesenih zakona, strategija, planova, ili uspostavljenih stručnih agencija i sl. Međutim, isti mogu biti izraz ispunjavanja određenih ugovornih obaveza (npr. prema Energetskoj zajednici), a ne stvarne posvećenosti određenom pitanju ili problemu. Stvarna politička volja i posvećenost je prisutna ukoliko postoje konkretni operativni planovi, programi i projekti potkrijepljeni budžetskim ili vanbudžetskim fondovima. U tom smislu su najprije analizirani podaci o državnim programima i rashodima namijenjenim za energijsku efikasnost na Zapadnom Balkanu. Takva vrsta podataka nije sistematizirana niti se objavljuje. Naredni korak je bila analiza državnih rashoda namijenjenih oblasti zaštite okoliša, obzirom da je energijska efikasnost sastavni dio tog sektora, i isti su dostupni putem Statističke agencije Evropske unije

(EUROSTAT) ali samo za države EU. Naredni korak predstavlja analizu indikatora upravljanja od strane države a koji na najbolji način pokazuju političku volju i posvećenost. Najprije su analizirani indeksi tranzicije Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD). Za period koji se analizira disertacijom postoje dvije skupine indikatora, obzirom da je došlo do promjene metodologije. Tako do 2014. godine postoje indeksi tranzicije, a nakon 2017. godine postoje kompozitni indeksi. Niti ovaj set indikatora nije primjenjiv, najprije zbog činjenice da je relevantni period za disertaciju 2005-2019. godina, a metodologija izračuna EBRD indikatora je promijenjena nakon 2014. godine. Potom su analizirani Svjetski indikatori upravljanja koji predstavljaju zbirne i pojedinačne indikatore upravljanja za preko 200 država u periodu 1996-2020. godina, za šest dimenzija upravljanja: odgovornost, politička stabilnost i odsustvo nasilja/terorizma, učinkovitost vlade, kvalitet regulacije, vladavina zakona i kontrola korupcije (Kaufmann *et al.*, 2010). Postoje određene kontroverze oko korištenja ovih indikatora, koje su istakli Arndt i Oman (2006). Neki od tih problema su nedostatak transparentnosti prilikom rangiranja država, slaba konceptualna osnova, nedostatak uporedivosti i sl. Originalni autori indeksa su opovrgnuli kritike u svojim daljim istraživanjima i radovima, dok su kritičari nastavili sa raspravama (Arndt, 2009). Kvalitet vlade i efikasnost administracije utječu na procese implementacije energetske politike (Persson i Tabellini, 2001; Chang *et al.*, 2018). Sun *et al.* (2019)) smatraju varijablu „Indeks ekonomskih sloboda“ primjerenom zamjenom za kvalitet i efikasnost institucija u kontekstu njene uloge u poboljšanju energetske efikasnosti.

- ⇒ Nivo tehnološkog napretka (X_2). Nivo tehnološkog napretka se može povezati s ulaganjima u tehnologiju i modernizaciju proizvodnih i drugih procesa, jer preduzeća, domaćinstva i druge organizacije obično ulažu u novu opremu i tehnologiju kako bi poboljšale proizvodnju i povećale efikasnost. Nivo tehnološkog napretka u ovom radu se predstavlja bruto investicijama u dugotrajnu imovinu (*eng. Gross fixed capital formation - GFCF*) a mjeri se u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine. Vrijednosti *bruto investicija u dugotrajnu imovinu (BIDI)* su preuzete iz Svjetske banke (DataBank). Prema EUROSTAT-u (2023), bruto investicije u dugotrajnu imovinu predstavljaju ukupna ulaganja, umanjena za odbitke zbog rashodovanja, u fiksne kapitalne resurse u određenom periodu. Fiksni kapitalni resursi su materijalna ili nematerijalna imovina koja se proizvodi kao output iz procesa, a koristi se kontinuirano tokom više od jedne godine. BIDI je makroekonomski izraz koji se koristi za opisivanje ukupne vrijednosti fizičke imovine koju su preduzeća, država i druge organizacije kupile ili izgradile u nekom periodu, obično u jednoj godini. To uključuje ulaganja u izgradnju novih objekata kao što su zgrade, ceste, mostovi, željezničke pruge, tehnološke instalacije i opremu, kao i ulaganja u nabavku i zamjenu opreme, mašina i drugih proizvodnih sredstava. Stoga, povećanje ovih investicija u nekom periodu može ukazivati na

modernizaciju i poboljšanje proizvodnih procesa, što dovodi do poboljšanja tehnološkog napretka. Vrijedi napomenuti da se BIDI u ovom radu koristi kao mjera aproksimacije za nivo tehnološkog razvoja kroz ulaganja u stalna sredstva i ne predstavlja kapital u računovodstvenom smislu. U računovodstvenom smislu, kapital se odnosi na dugoročna sredstva koja su uložena u preduzeće (organizaciju) kako bi se finansirale dugoročne investicije i osigurao kontinuirani razvoj poslovanja.

- ⇒ Gustina naseljenosti (X_3). *Gustina naseljenosti (GN)* je srednji broj stanovnika na površini određenog područja (država, regija ili slično), i izražava se kao broj stanovnika na km^2 . Podaci o površini predmetnih država su preuzeti iz baze podataka Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), dok su podaci o broju stanovnika preuzeti su iz Penn World Table.
- ⇒ Nivo ekonomskog razvoja (X_4). Nivo ekonomskog razvoja predstavlja se putem *bruto nacionalnog dohotka po stanovniku (BNDPC)* i prikazuju se u konstantnim međunarodnim dolarima iz 2017. godine. BNDPC je poželjniji od BDP-a kao mjere ekonomskih performansi jer iako je BDP dobra mjera za ekonomski rast, ekonomski razvoj nadilazi samo ubrzanje ekonomskog rasta (Todaro i Smith, 2011, Ohene-Asare *et al.*, 2020). Podaci o bruto nacionalnom dohotku po stanovniku su preuzeti iz Svjetske banke (DataBank).
- ⇒ Cijena energije (X_5). *Cijena energije (CE)* se predstavlja pomoću prosječne nacionalne cijene električne energije u eurima po kilovat-satu (€/kWh), uključujući poreze i naknade primjenjive tokom prvog polugodišta svake godine, za domaćinstva srednje veličine (potrošači u rasponu godišnje potrošnje između 2500 i 5000 kWh). Navedeno predstavlja definiciju EUROSTAT-a, čija baza podataka se koristila za cijenu energije. Za sve predmetne države podaci za 2005. i 2006. godinu nisu dostupni, što je i slučaj za neke od država (naročito države Zapadnog Balkana), u nekoj od godina u periodu od 2007. do 2012. godine.
- ⇒ Učešće visokokvalitetne energije (X_6). Ono se prati preko *procenta potražnje za električnom energijom u finalnoj potrošnji energije (PEEFE)*. Potražnja za energijom opisuje količinu energije koja je potrebna za pokretanje aktivnosti u nekoj državi, području ili sektoru, kao što su proizvodnja, transport, grijanje i hlađenje prostora, osvjjetljenje, itd. Potražnja za električnom energijom u ovom radu se iskazuje u PJ i preuzeta je iz baze podataka Ember organizacije Sandbag Climate Campaign CIC. Da bi se dobilo učešće visokokvalitetne energije u odnos se stavljaju potražnja za električnom energijom u PJ sa ukupnom finalnom potrošnjom energije u PJ, i dobija se procenat odnosno vrijednost od 0 do 1. Finalna potrošnja energije predstavlja ukupnu energiju koju troše krajnji korisnici, kao što su domaćinstva, industrija i poljoprivreda. Podaci o finalnoj potrošnji energije su preuzeti iz baza Međunarodne agencije za energiju, osim za Veliku Britaniju, gdje je izvor podataka bila baza podataka Odjela za

poslovnu, energetska i industrijsku strategiju Vlade Velike Britanije. Na bazi navedenog će se odrediti učešće u potrošnji visokokvalitetne energije u odnosu na ukupnu potrošnju energije.

6.2. Ekonometrijski model i metodologija istraživanja

Ekonometrijski model i metodologija istraživanja su prikazani u narednim poglavljima.

6.2.1. Model

Na osnovu prethodnog pregleda literature, sljedeći model je specificiran:

$$UFEE_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 IES_{i,t} + \beta_2 BIDI_{i,t} + \beta_3 GN_{i,t} + \beta_4 BNDPC_{i,t} + \beta_5 CE_{i,t} + \beta_6 PEEFE_{i,t} + \beta_7 \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Zavisna varijabla UFEE je indikator energetske efikasnosti za državu i i godinu t . IES predstavlja indeks ekonomskih sloboda koji odražava institucionalnu efikasnost u tekućoj godini bez vremenskog odgađanja varijable. BIDI podrazumijeva bruto investicije u dugotrajnu imovinu čime se odražava nivo tehnološkog napretka. BNDPC je bruto nacionalni dohodak po stanovniku i njime se prikazuje nivo ekonomskog razvoja. GN predstavlja gustinu naseljenosti čime se omogućava poređenje naseljenosti različitih država bez obzira na njihovu veličinu i koja odražava urbane ili ruralne karakteristike područja. CE je simbol za cijenu energije a predstavlja se pomoću prosječne nacionalne cijene električne energije. PEEFE odražava učešće visokokvalitetne energije u ukupnoj potrošnji energije a prati se preko procenta električne energije u finalnoj potrošnji energije. Na osnovu pregleda literature za IES se može očekivati pozitivan predznak jer veća institucionalna efikasnost treba da vodi do bolje energetske efikasnosti. Isto se odnosi i na BIDI i BNDPC jer veći tehnološki i ekonomski razvoj podržavaju povećanje energetske efikasnosti. Gustina naseljenosti odražava urbane ili ruralne karakteristike država i očekuje se pozitivan predznak za ovu varijablu jer urbana područja u kontekstu predmetnih država su razvijenija i imaju bolju energetska efikasnost. Prema analiziranoj literaturi utjecaj CE odnosno cijena energije može biti dvojak. Kada je predznak pozitivan i kada je cijena visoka, potrošači će imati jaču motivaciju da efikasnije koriste energiju (Stern, 2012). S druge strane, sa negativnim predznakom i uz smanjenje cijena energije smanjuju se proizvodni troškovi preduzeća i povećava raspoloživi dohodak domaćinstava, ostavljajući više novca za ulaganje u energetska efikasne tehnologije (Borožan, 2018). Za PEEFE se očekuje pozitivan predznak jer veće učešće visokokvalitetne energije karakterizira razvijenija i energetska efikasnija područja. $\varepsilon_{i,t}$ predstavljaju nezavisno i identično distribuirane slučajne greške, a $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ i β_7 su parametri koje je potrebno ocijeniti.

Dodatno, uključene su vremenski efekti θ_t (binarne varijable za svaku godinu osim bazne) kako bi se smanjila moguća pristranost koja može proizaći iz međugrupne korelacije reziduala (Sarafidis *et al.*; 2009; Roodman, 2009) i kako bi se uzeli u obzir potencijalni efekti

univerzalnih vremenskih šokova. Ovdje se koriste kako bi se modelirali efekti različitih godina na zavisnu varijablu uzimajući u obzir funkciju i druge nezavisne varijable. Korištenjem vremenskih efekata, model će procijeniti kako se vrijednosti zavisne varijable mijenjaju tokom različitih godina. Statistički značajne vremenske dummy varijable mogu ukazivati na prisutnost trenda ili promjene u analiziranim varijablama tokom godina. Također, one mogu označavati značajne razlike između različitih godina što može ukazivati na specifične događaje ili utjecaje koji su se dogodili u određenim godinama.

6.2.2. Metodologija istraživanja

Kako je prethodno objašnjeno, UFEE se mjeri primjenom analiza omeđivanja podataka, a indeksi koji se dobiju AOP (u slučaju ovog rada UFEE) obično se nalaze u intervalu koji sadrži malo vrijednosti blizu 0 i određeni broj vrijednosti 1. Ramalho *et al.* (2010) navode da standardni linearni model nije prikladan za takvu analizu jer predviđene vrijednosti zavisne varijable mogu biti izvan intervala 0 i 1, a granični efekti nezavisnih varijabli nisu kompatibilni s ograničenjima AOP.

Nadalje, standardni pristup korištenja tobit modela ograničenog na obje strane, s granicama na nuli i jedinici, za modeliranje AOP indeksa također je upitan (Simar i Wilson, 2007). Naime, nakupljanje vrijednosti indeksa AOP na jedinici je posljedica načina definisanja AOP indeksa, a ne rezultat modela koji definiše gornju granicu na jedinici.

Nekoliko autora se bavilo pitanjem kako ispitati odnos između zavisnih kontinuiranih varijabli ograničenih između 0 i 1 i odabranih nezavisnih varijabli, koristeći druge metode osim tobit modela. Hoff (2007), McDonald (2009) i Ramalho *et al.* (2010) predlažu model kojeg su definisali Papke i Wooldridge (1996). Model kojim se mogu izbjeći problemi navedeni za linearni i tobit model jeste frakciona regresijska analiza koju su razvili Papke i Wooldridge (1996) za transverzalne podatke sa dopunama za panel podatke (Papke i Wooldridge, 2008), a koja je predstavljena u nastavku. Wooldridge (2019) ističe da je potrebno da zavisna varijabla bude ograničena između nula i jedan tj. da je y u intervalu $[0,1]$, kako bi se koristila frakciona regresija. Također navodi razloge protiv tobit modela ističući da je računanje marginalnih efekata komplikovanije kod tobit modela.

Frakciona regresijska analiza (FRA) se može primijeniti na kontinuirane varijable koje spadaju u ograničeni raspon (uključujući krajnje tačke raspona). FRA je razvijena kao odgovor, na zahtjev u ekonometrijskim istraživanjima, koji ima mogućnost modeliranja empirijskih ograničenih zavisnih varijabli koje pokazuju gomilanje na određenom rasponu (Papke i Wooldridge, 1996). FRA treba da ispuni sljedeće zahtjeve:

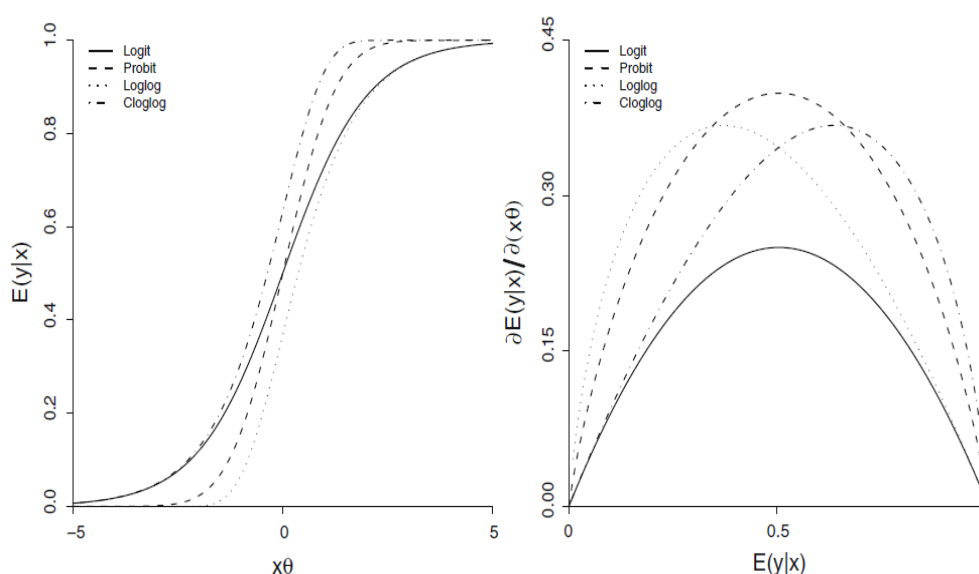
- mora osigurati da su vrijednosti predviđene za zavisnu varijablu unutar jediničnog intervala uz postojanje vrijednosti u ekstremima bez ad-hoc transformacija,

- estimatori moraju biti relativno konzistentni, a statistički testovi za značajnost moraju biti pouzdani,
- mora biti računski jednostavno te mora osigurati bolje rezultate za objašnjenja varijanse i funkcionalne specifikacije, nego linearni modeli vjerovatnoće. Papke i Wooldridge (1996) zadovoljavaju ove zahtjeve odabirom specifične klase funkcionalnih formi i korištenjem Bernoullijevih metoda.

Jedina pretpostavka FRA je postojanje funkcionalne forme zavisne varijable koja postavlja željena ograničenja na uslovnu sredinu zavisne varijable, odnosno očekivanu vrijednost zavisne varijable uz uslov da su poznate vrijednosti jedne ili više nezavisnih varijabli, kao što slijedi: $E(y|x) = G(x\theta)$, gdje je $G(\cdot)$ neka nelinearna funkcija koja zadovoljava uslov $0 \leq G(\cdot) \leq 1$. Prethodni model može biti procijenjen koristeći se kvazi-maksimalnom vjerovatnoćom (eng. *Quasi-Maximum Likelihood - QML*). QML je statistička metoda za procjenu parametara u modelima koji ne zadovoljavaju uslove potrebne za primjenu standardne metode maksimalne vjerovatnoće. Ova metoda ne koristi pretpostavke normalne raspodjele zavisne varijable, već se koristi drugačija raspodjela koja bolje odgovara stvarnim podacima. Ramalho *et al.* (2010) navode da je dodatna prednost korištenja QML činjenica da nije potrebno ispunjenje pretpostavke o uslovnoj distribuciji AOP indeksa ili heteroskedastičnim obrascima.

Papke i Wooldridge (1996) najprije predlažu rješenja za transverzalne podatke. Potom Papke i Wooldridge (2008) nude rješenja za panel podatke i frakcione zavisne varijable. Predlažu frakcionu regresijsku analizu uz korištenje QML baziranog na Bernoullijevoj funkciji vjerovatnoće.

Slika 18. Standardni modeli frakcione regresijske analize



Izvor: Ramalho, E.A., Ramalho, J.J.S., Henriques, P.D., (2010). *Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses*. *J Prod Anal* 34, 239–255.

Papke i Wooldridge (2008) proširuju istraživanje iz 1996. godine, koje je koristilo transverzalne podatke, na postavke panel podataka te uvode konstantni neopaženi efekt koji može biti koreliran s nezavisnim varijablama. Konstantni neopaženi efekt odnosi se na fiksni ili vremenski nepromjenljivi neopaženi faktor koji utiče na zavisnu varijablu, ali se ne mijenja tokom vremena niti među različitim entitetima posmatranja, u ovom slučaju državama. Dakle u pitanju su neopaženi faktori specifični za svaku državu koji utiču na razlike u energijskoj efikasnosti, ali koji nisu vidljivi u našem skupu podataka. Pretpostavlja se da ovaj efekat ostaje nepromijenjen tokom vremena i da se ne mijenja unutar iste države. Ovaj efekat priznaje da različite države mogu imati različite nivoe UFEE koji nisu objašnjeni mjerljivim faktorima. Za razliku od njihovog ranijeg rada koji se fokusirao na logističku funkciju, koristili su probit funkciju zbog njenih prednosti u analizi panel podataka jer probit funkcija rezultira vrlo jednostavnim metodama procjene.

Papke i Wooldridge (2008) pretpostavljaju da je dostupan slučajni uzorak u presjeku, i da imamo dostupnih T opažanja, $t = 1, \dots, T$, za svako slučajno i . Za opažanje i i vremenski period t , zavisna varijabla je y_{it} , pri čemu važi $0 \leq y_{it} \leq 1$, gdje su dopušteni ishodi na krajevima, nula i jedinica. Za skup nezavisnih varijabli x_{it} , vektor $1 \times K$, pretpostavljamo

$$E(y_{it}|x_{it}, c_i) = \Phi(x_{it} \beta + c_i), \quad t = 1, \dots, T,$$

gdje je $\Phi(\cdot)$ funkciju kumulativne distribucije. Ovo je prikladna funkcionalna pretpostavka, jer se pretpostavlja da će očekivani rezultat biti u formi indeksa, pri čemu će se konstantni neopaženi efekt c_i , pojaviti aditivno unutar standardne normalne funkcije kumulativne distribucije, $\Phi(\cdot)$.

Obzirom da je Φ strogo monotona funkcija, elementi β daju smjerove parcijalnih efekata. Na primjer, ako izostavimo indeks opažanja i i pretpostavimo da je x_{tj} neprekidan (kontinuiran), tada

$$\frac{\partial E(y_t|x_t, c)}{\partial x_{tj}} = \beta_j \Phi(x_t \beta + c).$$

Diskretne promjene u jednoj ili više nezavisnih varijabli, izračunavamo pomoću

$$\Phi(x_t^{(1)} \beta + c) - \Phi(x_t^{(0)} \beta + c),$$

gdje su $x_t^{(0)}$ i $x_t^{(1)}$ dvije različite vrijednosti nezavisnih varijabli.

Prethodne dvije jednačine otkrivaju da parcijalni efekti zavise od nivoa ostalih nezavisnih varijabli u modelu i neopažene heterogenosti. Neopažena heterogenost odnosi se na varijaciju u zavisnoj varijabli koja nije objašnjena ili uključena u model kroz opažene nezavisne varijable, a koja varira između različitih jedinica panela (država) i vremenskih perioda. To znači da postoji neki faktor ili karakteristika koja utječe na zavisnu varijablu, ali nije direktno uključena u model ili nije mjerena. Obzirom da su x_t opažene, postoji mogućnost i način za prikaz ovih vrijednosti. Način za mjerenje efekata opaženih nezavisnih

varijabli je uprosječiti parcijalne efekte preko distribucije c , kako bismo dobili prosječne parcijalne efekte. Na primjer, prosječni parcijalni efekti u odnosu na x_{tj} , evaluiran na x_t , izračunava se kao:

$$E_c[\beta_j \phi(x_t \beta + c)] = \beta_j E_c[\phi(x_t \beta + c)],$$

što zavisi o x_t i β ali ne ovisi o c . Slično, dobivamo prosječne parcijalne efekte za diskretne promjene tako što uprosječimo $\Phi(x_t^{(1)} \beta + c) - \Phi(x_t^{(0)} \beta + c)$, preko distribucije c .

S obzirom da se vrijednost UFEE, kao zavisne varijable, nalazi u rasponu od nula do jedan (kontinuirano), te ostale prethodno navedene karakteristike, u ovom radu biće korištena frakciona regresijska analiza. Frakciona regresijska analiza koja koristi probit funkcionalnu formu naziva se frakciona probit regresija (FPR) i biće korištena u ovom radu za ocjenu očekivane vrijednost zavisne varijable.

Wulff (2015) ističe da se kod tumačenja koeficijenata dobijenih frakcionom regresijskom analizom treba izbjegavati direktna interpretacija koeficijenata, te da je interpretacija jasnija ukoliko se izračunaju i interpretiraju parcijalni ili marginalni ocjenjeni efekti. Neki autori koriste izraz "marginalni efekat" samo za kontinuirane varijable, te izraz "parcijalni efekat" za diskretne varijable. Bez obzira na to, marginalni efekti se najčešće koriste kako bi se olakšalo tumačenje kako promjene nezavisnih varijabli utječu na zavisne varijable. Marginalni efekti mogu biti evaluirani na određenoj tački za sve nezavisne varijable u modelu (uslovni marginalni efekti) ili evaluirani na posmatranim vrijednostima nezavisnih varijabli u skupu podataka i zatim uprosječeni (prosječni marginalni efekti) (Stabase Reference Manual, 2015).

Izvještavanje putem elastičnosti znači da se interpretacija efekta promjene varijable x na varijablu y vrši omjerom relativnih promjena između y i x (Williams, 2012). Izvještavanje putem derivacije znači da se promjena varijable y posmatra u odnosu na promjenu varijable x , pri čemu se prikazuje derivacija funkcije koja opisuje odnos između y i x . Ova derivacija se može interpretirati kao mjera osjetljivosti varijable y na promjene varijable x .

Marginalni efekti (ME) se izračunavaju putem statističkog program Stata koristeći se komandom *margins* (Stabase Reference Manual, 2015) nakon prethodno primijenjenog modela frakcione regresijske analize. Opcije koje se mogu koristiti prilikom definisanja komande *margins* jesu izvještavanje putem derivacije $dydx$, ili putem elastičnosti $eyex$, $eydx$, $dyex$.

$$dydx = \frac{dy}{dx}$$

$$eyex = \frac{dy}{dx} \cdot \left(\frac{x}{y}\right)$$

$$eydx = \frac{dy}{dx} \cdot \left(\frac{1}{y}\right)$$

$$dyex = \frac{dy}{dx} \cdot x$$

Tumačenja navedenih opcija su:

- ⇒ $dydx$ – promjena y za promjenu x ,
- ⇒ $eyex$ – proporcionalna promjena y za proporcionalnu promjenu x ,
- ⇒ $eydx$ – proporcionalna promjena y za promjenu x ,
- ⇒ $dyex$ – promjena y za proporcionalnu promjenu x .

U ovom radu će se za izvještavanje koristiti pristup putem derivacije $dydx$ gdje će se prikazati promjena zavisne varijable zbog promjene nezavisne varijable za jednu jedinicu, jer je zavisna varijabla već na procentnoj skali i potrebna je njena promjena a ne procentna promjena. Navedeno je predloženo u uputstvu za marginalne efekte (Statabase Reference Manual, 2015).

Papke i Wooldridge (2008) vrše procjenu specifikacije modela frakcione probit regresije na panel podacima pomoću RESET-tip testa predloženog od strane Papkea i Wooldridgea (1996) u slučaju transverzalnih podataka. Ramalho *et al.* (2011) navode da postoji nekoliko statističkih testova koji se koriste za validaciju modela odnosno ispunjenja pretpostavke o tačnoj specifikaciji uslovne sredine zavisne varijable. Svi ovi testovi se primarno fokusiraju na testiranje funkcionalne forme odnosno testiranja pretpostavke postojanja funkcionalne forme zavisne varijable koja postavlja željena ograničenja na uslovnu sredinu zavisne varijable. Ramalho i Silva (2009) koristili su QML procjenu i test specifikacije regresijskog modela (*eng. Regression Error Specification Test - RESET*) za procjenu specifikacije modela. Bez obzira na pretpostavku o funkcionalnoj formi uslovne sredine zavisne varijable, kao osnovne pretpostavke frakcione regresijske analize, veoma rijetko se provodi validacija modela u istraživanjima (Ramalho *et al.*, 2011). Oni ističu da se ovaj test može tumačiti kao test za izostavljanje J-dimenzionalnog vektora z u modelu $E(y|x, z) = G(x\theta + zy)$, gdje je γ vektor parametara povezanih s vektorom z , a $G(\cdot)$ je pretpostavljena funkcionalna forma. Pod nultom hipotezom $H_0: \gamma = 0$, z nije relevantan, a $G(x\theta)$ je prikladna specifikacija za $E(y|x)$.

U ovom radu će se za testiranje funkcionalne forme koristi RESET tip testa kojeg predlažu Papke i Wooldridge (2008). Ovaj test koristi polinome u procijenjenim vrijednostima $x\theta$, sadržane u funkciji, kako bi se otkrile opšte greške specifikacije funkcionalne forme.

RESET test je predložio Ramsey (1969) kao osnovni test za otkrivanje opšte greške specifikacije funkcionalne forme za model linearne regresije, ali Pagan i Vella (1989) pokazuju da je test primjenjiv na bilo koji tip indeksnih modela. Korištenjem standardnih aproksimacijskih rezultata za polinome, može se pokazati da se svaki indeksni model oblika

$E(y|x) = H(x\theta)$ može proizvoljno aproksimirati izrazom $G(x\theta + \sum_{j=1}^J \gamma_j(x\theta)^{j+1})$ za dovoljno velik J . Stoga testiranje hipoteze $E(y|x) = G(x\theta)$ ekvivalentno je testiranju hipoteze $\gamma = 0$ u proširenom modelu $E(y|x, z) = G(x\theta + z\gamma)$, gdje je $z = [(\widehat{x\theta})^2, \dots, (\widehat{x\theta})^{J+1}]$. Prvih nekoliko članova polinomskeg razvoja funkcije su najvažniji, a u praksi se obično uzimaju u obzir samo kvadratni i kubni članovi.

Papke i Wooldridge (2008) te Wooldridge (2021) potvrđuju validaciju modela i testiranje funkcionalne forme na prethodno opisani način. Predlaže se testiranje značaja kvadratnog i kubnog člana predviđenih vrijednosti pomoću Wald testa, kako bi se testirala moguća greška u funkcionalnoj formi modela. Konkretno, testira se hoće li uključivanje kvadratnih i kubnih članova predviđenih vrijednosti poboljšati prilagođenost modela, izvan linearnog oblika izvornog regresijskog modela. Ako je Wald test statistički značajan (obično $p < 0,05$), sugerise se da kvadratni i kubni članovi pružaju bolju funkcionalnu formu za model i da se trebaju uključiti u model.

Dakle, testiranje Wald testom omogućava da utvrdimo da li postoji statistički značajna razlika u efektima kvadratnog i kubnog člana na zavisnu varijablu tj. da li su koeficijenti kvadratnog i kubnog člana različiti od nule. Ako je p-vrijednost Wald testa manja od 0,05, skup koeficijenata kvadratnog i kubnog člana je različit od 0 što ukazuje na to da dodavanje kvadratnog i kubnog člana u model može značajno poboljšati objašnjenje varijanse zavisne varijable. Ako je p-vrijednost Wald testa veća od 0,05, skup koeficijenata kvadratnog i kubnog člana je jednak 0 što ukazuje na to da dodavanje kvadratnog i kubnog člana u model može biti nepotrebno i neće značajno poboljšati objašnjenje varijanse zavisne varijable. Za potvrđivanje funkcionalne forme za model, odgovara varijanta gdje je p-vrijednost Wald testa veća od 0,05.

6.3. Rezultati analize determinanti UFEE

U nastavku je ispitan utjecaj faktora na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost putem frakcionog regresionog modela. Naredna tabela predstavlja deskriptivnu statistiku odabranih determinanti UFEE.

Tabela 18. Deskriptivna statistika varijabli

Varijable	Opis varijable	Broj opservacija	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Min.	Maks.
<i>Nezavisne varijable</i>						
IES (od 0 do 100)	Indeks ekonomskih sloboda odražava institucionalnu efikasnost.	487	67,93	6,37	48,80	82,60

Varijable	Opis varijable	Broj opservacija	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Min.	Maks.
BIDI (u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu odražavaju nivo tehnološkog napretka.	495	130,48	198,04	1,54	954,01
GN (broj stanovnika na km ²)	Gustina naseljenosti kao srednji broj stanovnika na površini države.	495	154,44	224,27	15,55	1.376,16
BNDPC (u konstantnim međunarodnim dolarima iz 2017. godine)	Bruto nacionalni dohodak po stanovniku odražava nivo ekonomskog razvoja.	495	34.688,25	15.527,68	8.197,99	93.173,95
CE (€/kWh)	Cijena energije se predstavlja pomoću prosječne nacionalne cijene električne energije.	406	0,16	0,06	0,06	0,31
PEEFE (od 0 do 1)	Učešće visokokvalitetne energije se prati preko procenta potražnje za električnom energijom u finalnoj energiji.	495	0,26	0,08	0,14	0,52
<i>Zavisna varijabla</i>						
UFEE (od 0 do 1)	Ukupna faktorska energijska efikasnost kao indikator energijske efikasnosti.	495	0,73	0,20	0,38	1,00

Izvor: proračun autora.

Bruto investicije u dugotrajnu imovinu pokazuju velike varijacije, s prosječnim iznosom od 130,48 milijardi dolara. To ukazuje na različite nivoe tehnološkog napretka među

analiziranim državama. Gustina naseljenosti također pokazuje znatne razlike među državama, s prosječnom vrijednošću od 154,44 stanovnika po kvadratnom kilometru. Bruto nacionalni dohodak po stanovniku varira značajno, s prosječnom vrijednošću od 34.688 dolara. Cijena energije ima relativno nisku prosječnu vrijednost od 0,16 eura po kWh, bez značajnih varijacija. Učešće visokokvalitetne energije ima prosječnu vrijednost od 0,26, što sugerira da se visokokvalitetna energija koristi u manjoj mjeri u finalnoj potrošnji energije. Ukupna faktorska energijska efikasnost ima prosječnu vrijednost od 0,73 a ova vrijednost sugerira na prostor za poboljšanje u mnogim državama.

Dodatno, u nastavku je predstavljena matrica korelacije varijabli uključenih u analizu determinanti UFEE.

Tabela 19. Matrica korelacije nezavisnih varijabli uključenih u analizu determinanti UFEE

	IES	BIDI	BNDPC	CE	PEEFE	GN
IES	1,0000	0,0978	0,6125	0,3926	-0,3106	0,0642
BIDI	0,0978	1,0000	0,3355	0,4213	-0,1846	0,0564
BNDPC	0,6125	0,3355	1,0000	0,6628	-0,3876	0,1719
CE	0,3926	0,4213	0,6628	1,0000	-0,2767	0,0975
PEEFE	-0,3106	-0,1846	-0,3876	-0,2767	1,0000	0,2520
GN	0,0642	0,0564	0,1719	0,0975	0,2520	1,0000

Izvor: proračun autora.

Matrica korelacije predstavlja međusobne korelacije između nezavisnih varijabli. Pruža informacije o jačini i smjeru linearnih odnosa između nezavisnih varijabli u kontekstu modela frakcijske regresije. U prethodnoj tabeli postoje pozitivni korelacijski koeficijent a oni koji ukazuju na relativno jak pozitivan linearni odnos su: CE i BNDPC (0,66) te BNDPC i IES (0,61). To znači da se s povećanjem jedne varijable obično povećava i druga. S druge strane, negativan korelacijski koeficijent ukazuje na negativan linearni odnos, gdje se s povećanjem jedne varijable obično smanjuje druga, i tu je riječ o odnosu BNDPC i PEEFE (-0,38) te IES i PEEFE (-0,31). Važno je napomenuti da korelacijski koeficijenti mjere samo linearni odnos između varijabli, dok nelinearni odnosi mogu biti izvan obuhvata matrice korelacije. Osim toga, korelacija ne implicira uzročnost, te je moguće imati snažne korelacije između varijabli bez ikakvog uzročnog odnosa.

Prosječne vrijednosti determinanti UFEE po državama za period 2005-2019. godina su prikazane u narednoj tabeli.

Tabela 20. Prosječne vrijednosti determinanti UFEE po državama u periodu 2005-2019. godina

Država	IES (od 0 do 100)	BIDI (u milijardama konstantnih međunarodnih dolara iz 2017. godine)	GN (broj stanovnika na km ²)	BNDPC (u konstantnim međunarodnim dolarima iz 2017. godine)	CE (€/kWh)	PEEFE (od 0 do 1)
Albanija	63,99	8,64	102,44	11.113,95	0,10	0,30
Austrija	71,41	103,39	101,89	52.964,30	0,20	0,22
Belgija	69,69	123,93	362,48	49.376,27	0,23	0,19
Bugarska	65,19	30,63	66,11	18.829,71	0,09	0,33
Bosna i Hercegovina	56,91	8,94	69,74	11.980,83	0,08	0,33
Kipar	70,03	5,04	89,33	36.639,49	0,21	0,26
Češka Republika	70,40	98,88	133,47	32.830,32	0,15	0,23
Njemačka	72,04	812,91	228,55	50.061,32	0,27	0,23
Danska	76,76	61,40	130,58	53.533,84	0,29	0,22
Španija	67,88	385,61	91,62	37.823,89	0,21	0,28
Estonija	76,35	11,10	29,36	28.342,31	0,12	0,28
Finska	73,57	57,59	15,98	46.728,15	0,15	0,30
Francuska	63,14	634,82	119,30	43.846,69	0,15	0,28
Grčka	57,73	56,52	82,00	30.838,17	0,14	0,30
Hrvatska	58,23	22,67	75,61	24.935,69	0,12	0,21
Mađarska	66,14	59,13	106,13	25.539,84	0,13	0,20
Irska	79,37	83,35	64,89	50.084,18	0,22	0,22
Italija	61,81	481,03	197,76	42.119,57	0,22	0,23
Litvanija	72,54	17,75	46,71	27.134,52	0,11	0,17
Luksemburg	75,06	10,67	205,75	80.769,07	0,17	0,16
Latvija	68,49	12,95	32,09	24.619,09	0,13	0,16
Sjeverna Makedonija	65,53	6,43	80,66	13.708,16	0,08	0,39
Malta	67,08	2,51	1.320,25	33.722,45	0,14	0,46
Crna Gora	62,67	2,69	45,20	17.864,97	0,10	0,45
Holandija	75,07	181,52	403,72	53.047,90	0,18	0,17
Poljska	64,31	192,17	122,10	24.785,01	0,14	0,20

<i>Država</i>	<i>IES</i> (od 0 do 100)	<i>BIDI</i> (u milijardama međunarodnih dolara iz 2017. godine)	<i>GN</i> (broj stanovnika na km ²)	<i>BNDPC</i> (u međunarodnim dolarima iz 2017. godine)	<i>CE</i> (€/kWh)	<i>PEEFE</i> (od 0 do 1)
<i>Portugal</i>	63,85	62,21	113,45	30.524,52	0,20	0,26
<i>Rumunija</i>	64,01	118,08	85,18	22.272,99	0,12	0,21
<i>Srbija</i>	59,54	20,27	81,59	14.584,09	0,07	0,34
<i>Slovačka</i>	67,78	32,10	110,55	26.776,21	0,16	0,23
<i>Slovenija</i>	62,08	15,35	100,32	33.685,27	0,15	0,25
<i>Švedska</i>	72,29	111,21	18,05	50.242,29	0,19	0,38
<i>Velika Britanija</i>	77,21	474,25	263,68	43.387,28	0,18	0,22

Izvor: proračun autora.

Prosječni IES varira između 56,91 i 79,37, što ukazuje na raznolikost ekonomske slobode među državama. Irska ima najviši indeks, dok Bosna i Hercegovina ima najniži. Bruto investicije variraju od 2,51 milijarde (Malta) do 812,91 milijardi dolara (Njemačka), što ukazuje na značajne razlike u tehnološkom napretku i ekonomskim aktivnostima. Najveća gustina naseljenosti nalazi se u Malti, dok je najniža u Finskoj. Interesantno je primijetiti da postoji širok raspon u gustini naseljenosti među europskim državama. Bruto nacionalni dohodak po stanovniku varira od 11.113,95 dolara (Albanija) do 80.769,07 dolara (Luksemburg). Ovi podaci odražavaju značajne ekonomske razlike među državama. Irska se ističe kao zemlja s visokim IES i visokim BNDPC, što sugerira snažnu ekonomsku slobodu i visoki ekonomski razvoj. Države Zapadnog Balkana ističu se niskim IES-om, niskim BNDPC-om i nižim učešćem visokokvalitetne energije. To sugerira da ove države imaju izazove u ekonomskom razvoju i energijskoj efikasnosti. Njemačka se izdvaja s izrazito visokim iznosom bruto investicija (812,91 milijardi dolara). Danska i Švedska imaju relativno visoke cijene energije (0,29 i 0,27 eura po kWh), s tim da ih karakteriše i veliko učeće visokokvalitetne energije. Malta ima izuzetno visoko učešće visokokvalitetne energije (0,46), što je znatno više od drugih država i može se smatrati ekstremnom vrijednošću. Luksemburg ima visoku gustinu naseljenosti i izuzetno visok BNDPC, što je značajno više od većine drugih država i može se smatrati ekstremnom vrijednošću. Ove ekstremne vrijednosti su rezultat stvarnih okolnosti.

Rezultati modela prikazanog u poglavlju 6.2.1., su prikazani u narednoj tabeli, sa prikazom detaljnih rezultata u Prilogu 3 (Stata output). U kolonama (1), (3) i (5) prikazani su ocijenjeni koeficijenti, dok su zbog jasnije interpretacije, kako je prethodno navedeno, u kolonama (2)

i (4) prikazani izračunati prosječni marginalni efekti. Prikazani su rezultati za frakcionu probit i logit regresiju kao i za linearnu regresiju koristeći fiksne efekte.

Tabela 21. Rezultati regresione analize determinanti UFEE

Nezavisna varijabla	FRAKCIONA REGRESIJA	PROBIT	FRAKCIONA LOGIT REGRESIJA		LINEARNA REGRESIJA (FIKSNI EFEKTI)
	Koeficijent	Prosječni marginalni efekti	Koeficijent	Prosječni marginalni efekti	Koeficijent
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>IES</i>	0,0138 (0,0147)	0,0041 (0,0044)	0,0257 (0,0247)	0,0046 (0,0044)	-0,0008 (0,002)
<i>BIDI</i>	0,0025*** (0,0006)	0,00076*** (0,0002)	0,0047*** (0,0012)	0,0008*** (0,0002)	0,0003** (0,0002)
<i>GN</i>	0,0008* (0,0004)	0,0002* (0,0001)	0,0013 (0,0009)	0,0002 (0,0001)	0,0024*** (0,0005)
<i>BNDPC</i>	0,00001* (7,77e-06)	3.90e-06* (2.30e-06)	0,00002 (0,00001)	3,80e-06 (2,36e-06)	4,70e-06*** (1,60e-06)
<i>CE</i>	-3,0222 (1,849)	-0,9055* (0,5491)	-5,2856* (3,1079)	-0,9438* (0,5484)	-0,0891 (0,2126)
<i>PEEFE</i>	1,957* (1,1193)	0,5863* (0,332)	3,3064* (1,8992)	0,5904* (0,335)	-0,0836 (0,2855)
<i>Godine</i>					
<i>2008</i>	-0,0108 (0,4195)	-0,0028 (0,1071)	-0,02873 (0,7350)	-0,0042 (0,1082)	-0,0165 (0,0184)
<i>2009</i>	-0,1819 (0,4075)	-0,0493 (0,1098)	-0,3163 (0,7057)	-0,0499 (0,1105)	-0,0564*** (0,0188)
<i>2010</i>	-0,2185 (0,4023)	-0,0599 (0,1092)	-0,3733 (0,6948)	-0,0597 (0,1097)	-0,07299*** (0,0191)
<i>2011</i>	-0,0627 (0,405)	-0,0163 (0,1050)	-0,1250 (0,7026)	-0,0189 (0,1055)	-0,057*** (0,0198)
<i>2012</i>	-0,1606 (0,4003)	-0,0432 (0,1067)	-0,2806 (0,6914)	-0,0439 (0,1069)	-0,0916*** (0,0207)
<i>2013</i>	-0,2658 (0,3940)	-0,0739 (0,1076)	-0,4567 (0,6785)	-0,0744 (0,1078)	-0,1282*** (0,0210)
<i>2014</i>	-0,3430 (0,3912)	-0,0976 (0,1086)	-0,5993 (0,6726)	-0,1004 (0,1090)	-0,1529*** (0,0208)
<i>2015</i>	-0,4090 (0,3889)	-0,1184 (0,1093)	-0,7099 (0,6677)	-0,1215 (0,1096)	-0,1751*** (0,0208)
<i>2016</i>	-0,4802 (0,3867)	-0,1415 (0,1010)	-0,8228 (0,6639)	-0,1436 (0,1103)	-0,1981*** (0,0206)
<i>2017</i>	-0,5106 (0,3862)	-0,1515 (0,1103)	-0,8765 (0,6629)	-0,1543 (0,1107)	-0,2091*** (0,0209)
<i>2018</i>	-0,4454 (0,3892)	-0,1301 (0,1102)	-0,7760 (0,6685)	-0,1343 (0,1107)	-0,1906*** (0,0221)
<i>2019</i>	-0,3645 (0,3913)	-0,1043 (0,1092)	-0,6421 (0,6731)	-0,1085 (0,1099)	-0,1691*** (0,0226)

Nezavisna varijabla	FRAKCIONA PROBIT REGRESIJA		FRAKCIONA LOGIT REGRESIJA		LINEARNA REGRESIJA (FIKSNI EFEKTI)
	Koeficijent	Prosječni marginalni efekti	Koeficijent	Prosječni marginalni efekti	Koeficijent
Konstanta	-0,9125 (1,022)		-1,6968 (1,7220)		0,3343 (0,2047)
Broj opservacija	406	406	406	406	406
Broj država	33	33	33	33	33
Wald chi2	36,01		32,36		
Prob > chi2	0,0070		0,0199		

Standardne greške za koeficijente nalaze se u zagradama.

Statistički značajni nivoi označeni su sa *** ($p < 0,01$), ** ($p < 0,05$), *($p < 0,10$).

Izvor: proračun autora (Stata output u Prilogu 3).

Rezultati frakcione logit i probit regresije su vrlo slični u kontekstu predznaka koeficijenata uz nezavisne varijable i njihovu statističku značajnost. U probit regresiji dvije nezavisne varijable (IES i CE) nisu statistički značajne dok u logit varijanti tri nezavisne varijable (IES, GN i BNDPC) nemaju statističku značajnost. S druge strane, kao što prikazuju vrijednosti u Prilogu 3, rezultati linearne regresije sugeriraju da je model statistički značajan ($F(18,355) = 19,06$; $\text{Prob} > F = 0,0000$), ali da veći dio varijacije u zavisnoj promjenljivoj ostaje neobjašnjen. Dodatno, u linearnoj regresiji tri nezavisne varijable nisu statistički značajne (IES, CE i PEEFE).

Najprije je provedena procedura za generisanje predviđenih vrijednosti zavisne varijable (\widehat{UFEE}) na osnovu skupa nezavisnih varijabli. Potom su generisani kvadratni i kubni član \widehat{UFEE} jer Papke i Wooldridge (2008) te Wooldridge (2021) predlažu testiranje funkcionalne forme uključivanjem kvadratnih i kubnih članova \widehat{UFEE} u model frakcione regresije. Detaljni prikaz navedene procedure prikazan je u Prilogu 3. Nakon čega je proveden Wald test a rezultati za dva frakciona modela su prikazani u nastavku:

Frakciona probit regresija

$$(1) (\widehat{UFEE})^2 = 0$$

$$(2) (\widehat{UFEE})^3 = 0$$

$$\text{chi2} (2) = 0,3$$

$$\text{Prob} > \text{chi2} = 0,862$$

Frakciona logit regresija

$$(1) (\widehat{UFEE})^2 = 0$$

$$(2) (\widehat{UFEE})^3 = 0$$

$$\text{chi2} (2) = 0,08$$

$$\text{Prob} > \text{chi2} = 0,962$$

Putem Wald testa, za frakcioni probit model dobivena je p-vrijednost od 0,862 i veća je od 0,05 što ukazuje da nema statistički značajne razlike između kvadratnog i kubnog člana u

odnosu na nulti efekat. Dakle, skup koeficijenata kvadratnog i kubnog člana jednak je 0, te dodavanje ovih članova u model nije potrebno i neće značajno poboljšati objašnjenje varijanse zavisne varijable. Ovime je potvrđena funkcionalna forma za gore predstavljeni model. Isto važi i za frakcioni logit model.

Dodatno, u Prilogu 3 su prikazani Stata outputi sa detaljnim rezultatima i iz njih možemo zaključiti sljedeće:

- prijavljeni nivo tolerancije za iteraciju 1 ($5,185e-07$) sugeriraju da su parametri modela možda dobro konvergirali. Niže vrijednosti tolerancije ukazuju na bolju konvergenciju;
- test Wald chi-kvadrat(18) i pripadajuća p-vrijednost ($\text{Prob} > \chi^2=0,0070$) pružaju informacije o ukupnoj prikladnosti modela s tim da manja p-vrijednost sugeriraju bolje prilagođen model;
- Pearsonova chi-kvadrat i devijansa mjere prilagođenost modela podacima. Niže vrijednosti ukazuju na bolju prilagođenost podacima.
- Parametar skale: Parametar skale povezan je s funkcijom varijanse u GEE modelima i označava kako je varijansa povezana s prosjekom. Parametar skale od 1 sugeriraju da je model ispravno odredio funkciju varijanse.

Rezultati testova za ocjenu dijagnostike modela ne dovode u pitanje validnost ocijenjenih koeficijenata. Na osnovu prethodno navedenog zaključujemo da je model statistički značajan, odnosno da ocijenjeni koeficijenti u modelu nisu značajno različiti od nule.

U kontekstu frakcionog probit modela, 4 od 6 nezavisnih varijabli je statistički značajno na nivou od 10%. Vremenske dummy varijable nisu statistički značajne. Varijabla IES ima pozitivnu vezu sa UFEE što je i očekivano spram dosadašnjih istraživanja Cheng (2016), Zhang *et al.* (2017) te Yu (2020) ali ista nije statistički značajna. Varijabla BIDI, kao manifestacija tehnološkog razvoja, također ima očekivani pozitivan predznak i statistički je značajna na nivou od 1%. U najvećem broju dosadašnjih istraživanja ova varijabla je imala pozitivan odnos sa energijskom efikasnošću (Stern, 2012; Wu, 2012; Fang *et al.*, 2013; Xiaoli *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2015; Apergis *et al.*, 2015; Wang i Wang, 2022). Varijabla GN je statistički značajna (10%) i ima očekivano pozitivnu vezu sa \widehat{UFEE} što je u skladu sa prethodnim istraživanjima (Morikawa, 2012; Jebali *et al.*, 2017). Varijabla BNDPC, kao mjera ekonomskog razvoja, je statistički značajna (10%) te ima očekivanu pozitivnu vezu sa \widehat{UFEE} što je u skladu sa prethodnim istraživanjima (Xiaoli *et al.*, 2014; Chang i Hu, 2010). Veza CE i \widehat{UFEE} je očekivano negativna što u svojim istraživanjima potvrđuju Borozan (2018), Martinsen *et al.* (2007) te Liu *et al.* (2015). Varijabla CE nije statistički značajna. Odnos PEEFE i \widehat{UFEE} je također očekivano pozitivan uz statistički značajnu (10%) varijablu PEEFE. Očekuje se da države sa većim učešćem visokokvalitetne energije imaju veću energijsku efikasnost. Pozitivan odnos ovih varijabli je u skladu sa očekivanjima i

istraživanjima u ovoj oblasti (Lin i Xu, 2017; Shen *et al.*, 2015). U kontekstu frakcionog logit modela, dobiveni su isti predznaci nezavisnih varijabli kao i kod frakcionog probit modela, s tim da u ovoj varijanti tri nezavisne varijable (IES, GN i BNDPC) nemaju statistički značaj (10%).

Radi lakše interpretacije rezultat koristićemo se prosječnim marginalnim efektima prikazanim u prethodnoj tabeli. U ovom radu će se za izvještavanje koristiti pristup putem derivacije dy/dx gdje će se prikazati promjena zavisne varijable zbog promjene nezavisne varijable za jednu jedinicu.

Na osnovu Tabele 21., u kontekstu frakcione probit regresije, mogu se interpretirati statistički značajni prosječni marginalni efekti nezavisnih varijabli i to:

- *BIDI*: ako se *BIDI* (bruto investicija u dugotrajnu imovinu koje se izražavaju u milijardama dolara¹⁰) povećaju za milijardu dolara tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* povećava za 0,00076.
- *GN*: ako se *GN* (gustina naseljenosti izražena kao broj stanovnika na km²) poveća za 1 tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* povećava za 0,0002.
- *BNDPC*: ako se *BNDPC* (bruto nacionalni dohodak po stanovniku izražen u dolarima¹¹) poveća za 1 tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* povećava za 0,0000039.
- *CE*: ako se *CE* (cijena električne energije u eurima po kilovat-satu) poveća za 1 tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* smanjuje za 0,905. Obzirom da cijene električne energije zauzimaju vrijednosti oko 0,16 €/kWh, radi lakšeg razumijevanja može se reći da ako se *CE* poveća za prosječnu vrijednost 0,16 €/kWh tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* smanjuje za 0,145.
- *PEEFE*: ako se *PEEFE* (učešće visokokvalitetne energije u finalnoj potrošnji energije i izražava se od 0 do 1) poveća za 1 tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* poveća za 0,5863. Obzirom da se vrijednosti učešća visokokvalitetne energije kreću oko vrijednosti 0,26 (ili 26%), radi lakšeg razumijevanja može se reći da ako se *PEEFE* poveća za prosječnu vrijednost tada se u prosjeku, ceteris paribus, i uz prosječne vrijednosti ostalih varijabli, *UFEE* povećava za 0,152.

¹⁰ Konstantni međunarodni dolari iz 2017. godine.

¹¹ Ibid.

Prethodni model, sa pretpostavkama i rezultatima, je uključivao vrijednosti pokazatelja institucionalne efikasnosti *IES* za tekuću godinu, ne uzimajući u obzir vremensko odgađanje varijabli. U skladu sa metodologijom, proveden je proračun regresijskog modela sa vremenskom odgodom, s tim da su u obzir uzeta vremenska odgađanja varijable institucionalne efikasnosti *IES* za jednu, dvije, tri i pet godina. Sve institucionalne varijable, sa i bez odgode, u ovom modelu i dalje nisu statistički značajne, osim što se primjećuje promjena predznaka kod varijanti odgode za jednu i pet godina. Dodatno, uključivanje varijabli *IES* sa odgodom doprinosi da ostale determinante u modelu nisu statistički značajne, osim varijable koja opisuje nivo tehnološkog napretka.

6.4. Zaključci studije o determinantama ukupne faktorske energijske efikasnosti u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije

Za istraživačko pitanje o determinantama UFEE u specifičnom kontekstu država Zapadnog Balkana dati su sljedeći zaključci.

Putem Wald testa potvrđena je funkcionalna forma za predstavljeni model frakcione probit regresije. Za tumačenje rezultata najprije su posmatrani predznaci uz koeficijente nezavisnih varijabli a potom su korišteni prosječni marginalni efekti. Tehnološki razvoj ima očekivani pozitivan predznak i pozitivan odnos sa energijskom efikasnošću Gustina naseljenosti generalno ima pozitivnu vezu sa energijskom efikasnošću. Ekonomski razvoj ima pozitivnu vezu sa očekivanom vrijednosti energijske efikasnosti, jer države sa većim dohotkom ostvaruju bolju energijsku efikasnost. Veći nivo ekonomskog razvoja omogućava resurse za promjene i progres u oblasti energijske efikasnosti. Veza cijene energije i očekivane vrijednosti energijske efikasnosti je negativna. Odnos učešća visokokvalitetne energije u ukupnom energetsom miks i energijske efikasnosti je također pozitivan, jer se očekuje da države sa većim učešćem visokokvalitetne energije imaju veću energijsku efikasnost.

U kontekstu statističke značajnosti možemo zaključiti, uz nivo značajnosti 10%, da postoji statistički značajna pozitivna veza između tehnološkog razvoja, gustine naseljenosti, ekonomskog razvoja i učešća visokokvalitetne energije i ukupne faktorske energijske efikasnosti, te negativna veza cijene energije i ukupne faktorske energijske efikasnosti. Najveći doprinos povećanju ukupne faktorske energijske efikasnosti daje povećanje tehnološkog razvoja, učešća visokokvalitetne energije, gustine naseljenosti i ekonomskog razvoja dok povećanje cijene energije doprinosi smanjenju energijske efikasnosti.

Na osnovu statistički značajnih prosječnih marginalnih efekata nezavisnih varijabli, moguće je predložiti naredne zaključke. Rezultati marginalnih efekata vezanih za tehnološki napredak naglašavaju važnost bruto investicija u dugotrajnu imovinu (*BIDI*) kao ključnog faktora koji pozitivno utječe na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost. Prethodna konstatacija odražava ideju iz ekonomske teorije da su investicije u kapital, poput dugotrajne imovine, ključne za povećanje produktivnosti i dugoročnu ekonomsku dobrobit (Mervar, 2003). Teorija kapitala sugerira da ulaganje u dugotrajnu imovinu dovodi do povećane

produkcije i efikasnosti, što se onda odražava i na energijsku efikasnost. Rezultati ukazuju da ulaganje u dugotrajnu imovinu može biti strategija koja doprinosi poboljšanju energetske efikasnosti. Pri analizi rezultata marginalnih efekata, naglašeno je da se povećanja bruto investicija u dugotrajnu imovinu mjere u apsolutnom iznosu, izraženom u milijardama dolara. Ova informacija pruža transparentan finansijski pregled donosiocima odluka u vladama predmetnih država. Ovo može biti od interesa i za privatne investitore, pružajući im konkretne informacije o finansijskim potrebama i očekivanim efektima od energetske efikasnosti. Pored toga, važnost *BIDI* se ogleda u činjenici da može postati osnova dugoročnih strategija i planiranja kako bi se postigla održiva i energetska budućnost. Kroz relevantne strategije moguće je planirati podršku za energetske tehnologije. Dodatno, može se pratiti efekat dugoročnih ulaganja u tehnološki napredak na postizanje energetske ciljeve i smanjenje potrošnje energije. Pored utjecaja na energijsku efikasnost, povećanje bruto investicija u dugotrajnu imovinu može imati širi ekonomski utjecaj, uključujući potencijal za povećanje ekonomske aktivnosti, zapošljavanja, i doprinos privrednom rastu. U tom smislu potrebno je pojednostaviti procedure i druga ograničenja koja usporavaju ili onemogućavaju investicije u energetske tehnologije.

Analiza marginalnih efekata varijable vezane za gustinu naseljenosti (*GN*) pokazuje pozitivan utjecaj na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost. Gustina naseljenosti je indikator povezan sa konceptom urbanizacije. Ekonomski gledano, urbanizacija stvara ekonomsku i društvenu sinergiju, potičući energijsku efikasnost putem zajedničkih resursa, infrastrukture i inovacija koje su često prisutne u urbanim područjima. Guste urbane populacije često dijele zajedničke resurse kao što su javni prijevoz, energetska infrastruktura i druge usluge. Ovo dijeljenje resursa može smanjiti ukupnu potrošnju energije i povećati energijsku efikasnost na nivou društva. Prostorno planiranje je usko vezano za urbana područja a proces prostornog planiranja može imati ključnu ulogu u stvaranju energetske zajednice. Planiranje s naglaskom na smanjenje putovanja, promociju održivih oblika transporta i bolje iskorištavanje prostora doprinosi poboljšanju energetske efikasnosti. Povećanje gustine naseljenosti ukazuje na potrebu za dodatnim infrastrukturnim ulaganjima kako bi se osigurala održivost i energetska efikasnost. Razvoj pametnih gradova i modernizacija infrastrukture mogu biti ključni elementi u postizanju ciljeve uštede energije. Povećanje gustine naseljenosti može također imati socijalno-ekonomske implikacije, uključujući bolje prilike za zapošljavanje, pristup obrazovanju i uslugama. Ovi faktori mogu dodatno podržati održivost i energijsku efikasnost u urbanim sredinama.

Rezultati marginalnih efekata varijable vezane za nivo ekonomskog razvoja, odnosno bruto nacionalni dohodak po stanovniku (*BNDPC*) pokazuje pozitivan utjecaj na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost. Države ili regije s većim bruto nacionalnim dohotkom po stanovniku imaju tendenciju ostvarivanja bolje energetske efikasnosti (Borozan, 2018). Povećanje bruto nacionalnog dohotka po stanovniku ukazuje na povećanje raspoloživih sredstava za ulaganje u savremene tehnologije i infrastrukturu, što, kako je prethodno navedeno, doprinosi poboljšanju energetske efikasnosti. Dakle, u državama koje su ekonomski razvijenije, često su dostupne energetske tehnologije, a ekonomska i industrijska struktura planirana

je tako da doprinosi unapređenju efikasnosti (Apergis *et al.*, 2015). Države s višim bruto nacionalnim dohotkom po stanovniku često prolaze kroz procese razvoja i modernizacije, što, između ostalog, uključuje bolje društvene uslove i usvajanje efikasnih tehnologija i sistema (Camioto *et al.*, 2016). Države sa višim nivoom *BNDPC* često provode ekonomske politike koje uključuju poticanje inovacija, ulaganje u obrazovanje i infrastrukturu te podršku industrijskim sektorima koji promovišu energijsku efikasnost.

Analiza marginalnih efekata varijable vezane za cijenu energije (*CE*) pokazuje negativan utjecaj na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost. Drugim riječima, što je cijena energije veća, energijska efikasnost država često biva niža, ili obrnuto. To ukazuje da su države s višim troškovima energije manje sklonije ili manje sposobne efikasno koristiti energiju. Međutim, i druga istraživanja ovih odnosa pokazuju negativan utjecaj prosječnih cijena električne energije na energijsku efikasnost (Borozan, 2018; Martinsen *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2015). Ističe se da niže cijene električne energije ostavljaju više finansijskih sredstava za poboljšanje energijske efikasnosti. Smanjenje cijena energije smanjuje proizvodne troškove preduzeća i povećava raspoloživi dohodak domaćinstava, ostavljajući im više novca za ulaganje u tehnologije koje su efikasnije i štede energiju. Važno je uzeti u obzir da različite države imaju različite energetske politike koje mogu utjecati na cijene energije. Varijacije u ovim politikama, kao što su poticaji za obnovljive izvore energije ili porezi na emisije, mogu dodatno utjecati na vezu između cijena energije i energetske efikasnosti. Ova informacija može biti važna za oblikovanje politika i strategija usmjerenih na poboljšanje energijske efikasnosti, uključujući moguće potrebe za regulativnim mjerama ili poticajima koji bi smanjili cijenu energije ili poticali efikasniju upotrebu energije.

Marginalni efekti povezani sa učešćem visokokvalitetne energije u finalnoj potrošnji energije država ukazuju na pozitivan utjecaj na ukupnu faktorsku energijsku efikasnost. Stern (2012) pokazuje da niskokvalitetna energija, kao što je ugalj ima lošiji kvalitet od prirodnog gasa u smislu proizvodnje i efikasnost. Stoga, ako je udio uglja u ukupnoj potrošnji energije veći, vrlo je vjerovatno da će ukupna energijska efikasnost biti niža. Ako je udio električne energije i/ili prirodnog plina, kao visokokvalitetne energije veći, ukupna energijska efikasnost će biti veća. Globalno, najbrže rastuća kategorija su obnovljivi izvori energije, a najbrže rastuće fosilno gorivo je prirodni plin (Rühl *et al.*, 2012). Struktura energetskog miksa jedne države je usko povezana sa vrstama zastupljenih tehnologija. Obično su zastarjele, energijski i ekološki neprihvatljive tehnologije povezane sa niskokvalitetnim izvorima energije, kao što je ugalj. S druge strane, moderne efikasne tehnologije uglavnom koriste električnu energiju i plin, kao visokokvalitetnu energiju. Pozitivan utjecaj povećanog učešća visokokvalitetne energije na *UFEE*, se u osnovi opet vezuje za tehnološki napredak, jer gdje je veće korištenje visokokvalitetne energije, veći je tehnološki napredak koji vodi ka poboljšanju energijske efikasnosti. Visokokvalitetna energija često proizlazi iz inovacija i tehnološkog napretka. Države koje potiču istraživanje i razvoj te ulažu u nove tehnologije imaju koristi u povećanju udjela visokokvalitetne energije. Podrška obnovljivim izvorima energije putem regulatornih mjera ili poticaja, povećava učešće visokokvalitetne energije.

7. ZAKLJUČCI, PREPORUKE I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju sumirani su zaključci prethodne tri analize. Prikazan je naučni doprinos istraživanja, date su preporuke istraživanja nastale na osnovu rezultata i analiza te ograničenja i smjernice za buduća istraživanja.

7.1. Zaključci istraživanja

Opšte je poznato da je energija ključna za društveni i ekonomski napredak, stoga bi održiva, sigurna i efikasna upotreba energije trebala biti prioritet za sve društvene aktere. Međutim, savremeno društvo suočava se s raznim izazovima kako bi osiguralo održivo snabdijevanje energijom, istovremeno težeći smanjenju potrošnje energije. Povećanje globalne potrošnje energije dodatno komplicira ovaj problem. U ovom istraživanju, provedeno je poređenje država Zapadnog Balkana i Evropske unije konstruiranjem indeksa efikasnosti UFEE, pomoću analize omeđivanja podataka sa nepoželjnim outputima u dinamičkom kontekstu. Navedeni indeks mjeri efikasnost država u pretvaranju kapitala, radne snage i energije u ukupnu vrijednost dobara i usluga proizvedenih u državi tokom godine, uz istovremeno praćenje emisija CO₂ nastalih tokom procesa transformacije inputa u outpute.

Rezultati istraživanja ukazuju da UFEE, kako za države Zapadnog Balkana tako i za države Evropske unije, pokazuje prosječne vrijednosti od oko 0,74. Kada se izvrši rangiranje država na osnovu prosjeka UFEE od 2005. do 2019. godine, dobijamo da u grupu od 10 najefikasnijih država spadaju: Malta (0,99), Crna Gora (0,99), Italija (0,98), Francuska, Velika Britanija, Luksemburg, Njemačka, Irska, Poljska i Španija. U kontekstu država Zapadnog Balkana primjetno je da Crna Gora ima visok nivo efikasnosti koji se održava u cijelom posmatranom periodu. Srbija također ima uzlaznu putanju ukupne faktorske energijske efikasnosti sa određenim padom između 2013. i 2016. godine. Za Albaniju je teško utvrditi trendove. Sjeverna Makedonija do 2010. godine pokazuje trend rasta, međutim nakon 2010. godine postoji pad efikasnosti uz povremeni blagi oporavak i rast. U Bosni i Hercegovini postoji kontinuirani pad efikasnosti od 2005. do 2019. godine, sa padom vrijednosti UFEE sa 0,66 na 0,4.

Model baziran na rezervama (SBM) koji je korišten za izračun UFEE direktno se fokusira na rezerve ili neiskorištene resurse za računanje efikasnosti. Rezerve ili neiskorištene resurse treba shvatiti kao pokazatelje koji ukazuje na to koje varijable više štete efikasnosti država u poređenju s drugima, odnosno kao kapacitet za poboljšanje ili potencijal za uštede. Primjećujemo određene trendove u efikasnosti država ZB. Kada se sve države ZB posmatraju zajedno, analiza učešća rezervi u inputima i outputima otkriva potencijal za poboljšanje efikasnosti u državama ZB. Dobivene prosječne vrijednosti rezervi ukazuju na mogućnost, odnosno na neophodnost optimizacije korištenja resursa, gdje bi države ZB, ukoliko nastoje smanjiti jaz u pogledu efikasne korisnosti energije (UFEE), trebale povećati efikasnost upotrebe kapitala za procijenjenih 4%, dok se procijenjeni nivo efikasnosti angažmana radne snage indicira na nevjerovatnih 37%, uz 18% racionalnije korištenje

energije. Rezultati analize nedvojbeno ukazuju na strukturne slabosti zemalja Zapadnog Balkana, koje se, u mnogome, odnose na probleme industrijskog restrukturiranja i fenomen rane de-industrijalizacije zemalja ZB, istraženog i diskutiranog u ranijim istraživanjima (Uvalić i Bertlet, 2022; Uvalić, 2014; Silajdžić i Mehić, 2016). Dodatno, rezultati provedene analize ukazuju da postoji potencijal za smanjenje emisije CO₂ za 33%. Drugim riječima rezultati analize nedvojbeno sugeriraju nizak nivo produktivnosti faktor inputa u zemljama ZB, kao što su rad, kapital i energija, te da postojeći nivo korisnosti faktor inputa u zemljama ZB iziskuje znatno niži nivo emisije CO₂ u usporedbi za referentnim državama. Unaprijeđenje ekonomskih performansi i veće vrijednosti BDP-a su neminovne kad govorimo o postizanju veće energijske efikasnosti i premoštavanju procijenjenog jaza od 33% glede emisija CO₂ za zemlje ZB. Države ZB imaju značajan potencijal za unapređenje svoje efikasnosti, s naglaskom na potrošnji energije i emisijama CO₂. Visoke vrijednosti rezervi u energiji i emisijama CO₂ nastaju zbog neefikasnog korištenja energije, posebno fosilnih goriva. Stoga, kako bi države ZB usmjerile napore prema ostvarivanju potencijala za poboljšanje, nužno je poduzeti mjere poboljšanja energijske efikasnosti. Takva inicijativa država ZB ne samo da bi rezultirala efikasnijim korištenjem energije, već bi istovremeno dovela i do smanjenja emisija CO₂, čime bi se postigao veći indeks ukupne faktorske energijske efikasnosti ali i održiviji energetska model.

U kontekstu zaključaka, treba imati na umu da korištene metode za ocjenu efikasnosti u ovom radu, imaju određene nedostatke. Prvi nedostatak se odnosi na rezerve, koje se ne razmatraju doslovno i u apsolutnom smislu, već kao pokazatelj da određena država pokazuje dozu neefikasnosti. Dugi ključni nedostatak se odnosi na zanemarivanje efekta egzogenih varijabli na države, gdje se uzima u obzir samo odnos između inputa i outputa koje kontrolišu države. Od posebnog interesa za ovaj rad je analiza rezervi vezanih za energiju u periodu od 2005. do 2019. godine. U Albaniji, godišnje se bilježe oscilacije u rezervama energije, koje se kreću od 2,45 PJ do 31,75 PJ. Međutim, kada se promatra linearni trend, primjećuje se blago povećanje neefikasnosti u korištenju energije. Slični pokazatelji prisutni su i u Sjevernoj Makedoniji, kako u smislu trenda tako i u vrijednostima rezervi. U Crnoj Gori, gotovo u svim godinama ne postoje rezerve, tj. nema neefikasnosti uzrokovane neefikasnim korištenjem energije. Crnu Goru, zbog svoje ekonomske strukture i nedostatka industrije, teško možemo smatrati "izuzetno uspješnom" državom u kontekstu UFEE. Iz tog razloga, postoji oprez vezan za rezultate UFEE za Crnu Goru. S druge strane, u kontekstu korištene metode AOP i njenih nedostataka, razloge postojanja zanemarivih rezervi u Crnoj Gori možemo tražiti u strukturi privrede, ekonomskim i drugim društvenim pokazateljima. Struktura crnogorske privrede pokazuje da je turizam jedan od glavnih sektora koji ima značajan doprinos BDP-u i zapošljavanju. Sektor građevinarstva i nekretnina ima značajan udio u ekonomiji, naročito zbog infrastrukturnih projekata i razvoja nekretnina usmjerenih prema turizmu. Ovi sektori, uzimajući u obzir relativne odnose, u poređenju sa prerađivačkom i sličnim industrijama nisu značajni potrošači energije, ali značajno doprinose outputu (BDP-u), što u kontekstu AOP može dati prednost. Pored toga, Crna Gora je država sa najmanjim omjerom inputa i outputa i karakteriše je niska potrošnja energije i emisije CO₂ u odnosu na kapital i BDP. U Srbiji se javljaju značajne oscilacije, pa tako u

određenim godinama postoje rezerve od 135,74 PJ, dok u drugim godinama nema neefikasnog korištenja energije. Kada se promatra linearni trend, uočava se smanjenje neefikasnosti u korištenju energije. Podaci za Bosnu i Hercegovinu ukazuju na kontinuirani trend rasta rezervi, odnosno neiskorištenosti energije kao inputa za postizanje optimalnih rezultata. Od rezervi od 4 PJ u 2005. godini, došlo se do 114 PJ u 2019. godini. U Bosni i Hercegovini, postoji potencijal za uštede energije od 36%, u Sjevernoj Makedoniji 20%, u Srbiji i Albaniji po 14%, dok je u Crnoj Gori taj potencijal zanemariv.

Da se zaključiti da Bosna i Hercegovina, Srbija i Makedonija imaju značajan potencijal za poboljšanje efikasnosti naročito u dijelu potrošnje energije, zaposlenih i emisija CO₂. Navedeno ukazuje da pomenute zemlje imaju nizak nivo dodajne vrijednosti industrijskog outputa, te da je industrijska struktura u ovim zemljama primarno karakterisana niskotehnološkim industrijskim aktivnostima koje ujedno emituju velike količine CO₂. Industrijska struktura pomenutih država je oslonjena na kapitalno i energetske intenzivne industrije sa niskim stepenom produktivnosti radne snage i dodajne vrijednosti outputa (Uvalić i Bertlet, 2022; Silajdžić i Mehić, 2018). Ujedno, Bosna i Hercegovina i Sjeverna Makedonija nisu u potpunosti efikasne ni po angažovanom kapitalu a i dio kapitala koji se ulaže usmjeren je na proizvodnu a ne na energijsku efikasnost. Prema zadnjem usvojenom Akcionom planu energetske efikasnosti Bosne i Hercegovine 2016-2018. godina (2017) očekivana ušteda energije u 2020. godini iznosi 15,24 PJ finalne energije. Za ostvarivanje optimalnih rezultata u Bosni i Hercegovini u prosjeku postoji potencijal za uštede od 49,27 PJ. Prema tome, nisko postavljene ciljevi koji su na nivou 1/3 potrebnih odražavaju neambiciozan pristup i neposvećenost politikama poboljšanja energetske efikasnosti u Bosni i Hercegovini.

Izračunata UFEE je komparirana sa vrijednostima tradicionalne jednostavne energetske efikasnosti i moguće je primjetiti brojne neusklađenosti. Ukoliko se najprije posmatra sličnost po ova dva pristupa na način da razlika po rangovima iznosi dva mjesta, onda imamo sličnost za 7 od 33 države (21%). Poredeći UFEE i JEE po godinama u periodu od 2005. do 2019. godine, primjećuju se fenomen divergencije odnosno tendencija različitog kretanja vrijednosti tokom posmatranih godina. Ukupna faktorska energetska efikasnost država Zapadnog Balkana i Evropske unije pokazuje tendenciju smanjenja s prosječnim godišnjim padom od 0,21%. S druge strane, jednostavna energetska efikasnost za navedene države bilježi tendenciju rasta s prosječnim godišnjim povećanjem efikasnosti od 2,21%. Analizom energetske efikasnosti u periodu od 2005. do 2019. godine primijećeni su suprotni trendovi između UFEE i JEE. Ovaj kontrast ukazuje na kompleksne dinamike u energetske i ekonomskim sistemima država Zapadnog Balkana i Evropske unije, te sugerise na potrebu za daljnjim istraživanjem uzroka ovih promjena.

U različitim kombinacijama država ZB i EU prisutna je beta konvergencija, kako uslovna tako i apsolutna, te odsustvo sigma konvergencije nakon 2010. godine. Možemo zaključiti da manje efikasnije države imaju tendenciju bržeg rasta u odnosu na efikasnije države. Postojanje uslovne beta konvergencija znači da manje efikasne države imaju veći potencijal za brži rast jer mogu iskoristiti tehnološka znanja i prakse efikasnih država kako bi ubrzale

svoje poboljšanje efikasnosti. Međutim, činjenica da ne postoji sigma konvergencija ukazuje na to da se ne smanjuje apsolutna nejednakost između država. Razlike u efikasnosti između država ZB i EU ostaju stabilne odnosno povećavaju se nakon 2010. godine, bez obzira na proces beta konvergencije. Ovo može ukazivati na strukturne ili institucionalne faktore koji održavaju ili pogoršavaju nejednakosti između država bez obzira na brži rast neefikasnih država.

Iako je potvrđeno da niži inicijalni nivo vodi ka većoj stopi rasta i obrnuto (beta konvergencija), države mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje drugi faktori ili nepredviđeni događaji (šokovi) koji pored inicijalnog nivoa utječu na stopu rasta. Kao što navodi Rodrik (2013) a što se potvrđuje ovim istraživanjem, iako postoji beta konvergencija države mogu divergirati u nivou (sigma divergencija) sve dok postoje relativno veliki šokovi tokom procesa rasta. Navedeno se može tumačiti kao određeni nedostatak u metodi AOP, koja je korištena za izračunavanje UFEE, kojim se analizirala konvergencija. Naime, UFEE je fokusiran isključivo na endogene faktore unutar svake države, dok zanemaruje utjecaj egzogenih faktora. Ovaj nedostatak u metodologiji zahtijeva dodatno pojašnjenje. Egzogeni faktori, koji dolaze izvan granica pojedine države, mogu utjecati na ukupnu energijsku efikasnost. Na primjer, promjene u međunarodnim cijenama energije, globalni ekološki uslovi, ratovi u koje su uključene države sa značajnim energetskim resursima, tehnološki napredak ili politički događaji često imaju ključnu ulogu u oblikovanju energetskih performansi države. Njihovim isključivanjem iz indeksa UFEE može rezultirati nepotpunim i pristranim mjerenjem stvarne energijske efikasnosti.

U ekonometrijskoj analizi determinanti ukupne faktorske energijske efikasnosti, tehnološki razvoj ima očekivani pozitivni predznak i pozitivan odnos sa energijskom efikasnošću. Gustina naseljenosti generalno ima pozitivnu vezu sa energijskom efikasnošću. Ekonomski razvoj ima pozitivnu vezu sa očekivanom vrijednosti energijske efikasnosti, jer države sa većim dohotkom ostvaruju bolju energijsku efikasnost. Veći nivo ekonomskog razvoja omogućava resurse za promjene i progres u oblasti energijske efikasnosti. Veza cijene energije i očekivane vrijednosti energijske efikasnosti je negativna. Odnos učešća visokokvalitetne energije u ukupnom energetskom miksu i energijske efikasnosti je također pozitivan, jer se očekuje da države sa većim učešćem visokokvalitetne energije imaju veću energijsku efikasnost.

U kontekstu statističke značajnosti možemo zaključiti, uz nivo značajnosti 10%, da postoji statistički značajna pozitivna veza između tehnološkog razvoja, gustine naseljenosti, ekonomskog razvoja i učešća visokokvalitetne energije i ukupne faktorske energijske efikasnosti, te negativna veza cijene energije i ukupne faktorske energijske efikasnosti. Najveći doprinos povećanju ukupne faktorske energijske efikasnosti daje povećanje tehnološkog razvoja, učešća visokokvalitetne energije, gustine naseljenosti i ekonomskog razvoja dok povećanje cijene energije doprinosi smanjenju energijske efikasnosti.

Na kraju ovog sumiranog zaključka, kao što navodi Camioto *et al.* (2016), UFEE mjeri energijsku efikasnost država uzimajući u obzir ukupnu faktorsku strukturu. Međutim, kao i

kod svih analiza omeđivanja podataka, UFEE pojedine države je uslovljen drugim državama u uzorku, obzirom da granica proizvodnih mogućnosti zavisi od jedinica (država) tog uzorka. Stoga, rezultate treba pažljivo interpretirati. Međutim, iako postoji potreba da se sa oprezom koristi, UFEE ima važnost u smislu korisnosti za javne politike vezane uz energijsku efikasnost. To se prije svega odnosi na: doprinos raspravama o procjeni energetske potrošnje država, pomažući identificiranju onih s najboljim praksama s obzirom na ekološke i ekonomske aspekte; i donošenje odluka o politikama u pogledu poticaja vlade kako bi se poboljšala efikasnost država uz minimalnu upotrebu resursa (kapitala, rada, energije), a da se pritom smanje negativni efekti na okoliš.

Za države Zapadnog Balkana neophodno je da premoste jaz u nivou tehnološkog razvoja i nivou produktivnosti u odnosu na države EU sa ciljem postizanja većeg nivoa ukupne energijske efikasnosti. Statistička značajnost i pozitivan uticaj bruto domaćeg proizvoda, sugeriraju neophodnost ostvarivanja većeg nivoa ukupne dodajne vrijednosti za dati energetski utrošak. Shodno ranijim istraživanjima strukturnih slabosti zemalja ZB, fenomen rane deindustrijalizacije, problemi industrijskog restrukturiranja i slabog rasta produktivnosti industrija, te posebno tehnološke kompozicije industrijske baze koja reflektira orijentiranost na nisko-tehnološke aktivnosti, te industrijsku bazu koja je kapitalno i energetski intenzivna, uz ostale strukturne probleme zemalja ZB zasigurno se mogu dovesti u vezi sa estimiranim niskim nivoima ukupne energijske efikasnosti. Pored toga, takvi nivoi energijske efikasnosti dovode do odsustva smanjenja apsolutne nejednakosti između država ZB i EU, sa aspekta UFEE.

Ova disertacija doprinosi popunjavanju postojećih praznina u literaturi o energijskoj efikasnosti, fokusirajući se na ocjenu ukupnih faktora za države Zapadnog Balkana i EU. Rad i istraživanje pružaju nove empirijske dokaze o stanju energijske efikasnosti odabranih država korištenjem UFEE primjenom metode analize omeđivanja podataka u dinamičkom kontekstu sa modelom baziranim na rezervama i nepoželjnim outputima. Naučni doprinos odnosi se, pored procjene UFEE država Zapadnog Balkana, i na poređenje sa tradicionalnim mjerama efikasnosti baziranim na omjeru jednog inputa i jednog outputa. Doprinos se ogleda i u kvantifikaciji neefikasnosti po državama u smislu radne snage, angažovanog kapitala i energije. Tu se u relativnim iznosima navode vrijednosti potrebne za poboljšanje, po svakoj od država Zapadnog Balkana.

Pored toga, ovaj rad također doprinosi razumijevanju postojanja konvergencije država Zapadnog Balkana prema Europskoj uniji te njenom tempu i brzini. Dalje, ovaj rad omogućava bolje razumijevanje uzroka koji dovode do različitih nivoa energijske efikasnosti uzimajući u obzir specifični kontekst država Zapadnog Balkana, razmatrajući integrativni pristup energijskoj efikasnosti. Prema našim saznanjima, po prvi put se identifikuju i ocjenjuju determinante UFEE za sve države Zapadnog Balkana, odnosno po prvi put se provodi analiza uloge institucionalne efikasnosti, nivoa tehnološkog razvoja, nivoa ekonomskog razvoja, cijena energije, gustine naseljenosti i učešća različitih vrsta energije u državama Zapadnog Balkana u poboljšanju energijske efikasnosti. Dobijeni rezultati mogu

imati za posljedice sprovođenje mjera za poboljšanje energijske efikasnosti u kontekstu trenutnih nastojanja za smanjenjem emisija stakleničkih plinova.

7.2. Preporuke istraživanja

Na osnovu navedenih istraživanja i zaključaka, može se predložiti nekoliko implikacija radi poboljšanja energijske efikasnosti u području istraživanja.

Najprije, u razvoj seta institucionalnih, ekonomskih i regulatornih mjera za države Zapadnog Balkana treba uključivati specifičnosti svake od država ZB. Prema rezultatima istraživanja UFEE, Crna Gora postiže gotovo pa vrhunske rezultate i mjere bi trebale biti usmjerene na povećanje efikasnosti radne snage, u određenoj mjeri potrošnje energije te smanjenju emisija CO₂. U Srbiji postoji potreba da se setom mjera značajnije utječe na poboljšanje efikasnosti radne snage, potrošnje energije i emisija CO₂. U ove dvije države nije prisutan problem efikasnosti angažovanog kapitala za stvaranje BDP-a, dok je u Albaniji, Bosni i Hercegovini, i Sjevernoj Makedoniji problem efikasnosti kapitala relativno mali.

Analiza UFEE također pokazuje da u Bosni i Hercegovini, Albaniji i Sjevernoj Makedoniji postoje izraženi problemi efikasnosti radne snage, koja bi se u nekim slučajevima mogla poboljšati za najmanje 50%. Pitanje povećanja produktivnosti radne snage ovisi o rastu industrijske dodajne vrijednosti, što je samo po sebi, kompleksno pitanje koje zahtjeva sistematičan pristup razvojnim i integracijskim procesima država Zapadnog Balkana.

Izražen problem u Albaniji, Srbiji, Sjevernoj Makedoniji a naročito u Bosni i Hercegovini je neefikasnost po pitanju emisija CO₂. Obzirom da su tehnologije za proizvodnju energije u ovim državama uglavnom oslonjene na upotrebu fosilnih goriva, prije svega uglja, one prouzrokuju visoke vrijednosti emisija CO₂. Zbog toga je prisutna značajna neefikasnost po ovom pitanju. Međutim, u kratkom roku to nije moguće promijeniti na lagan i po ekonomiju bezbolan način. Potrebno je postepeno smanjivati upotrebu fosilnih goriva, prije svega uglja, i poticati korištenje čistih obnovljivih izvora energije. Mapa puta za sve države Zapadnog Balkana postoji kroz pristupanje EU, članstvo u Energetskoj zajednici i praćenje EU propisa, planova i praksi. Svaka članica EU ima dodijeljene individualne referentne okvire i ciljeve koje treba postići. Ti ciljevi variraju od države do države i prilagođeni su specifičnim potrebama i obavezama svake pojedine države. S obzirom na različite UFEE predmetnih država, ključno je usmjeriti osnovnu energetska politiku prema specifičnom izvoru neefikasnosti (neiskorištenim resursima) za svaku državu. Zapadni Balkan kao region treba pratiti procese tranzicije sličnih regiona u EU koji su bili ovisni o fosilnim gorivima a koji su značajno smanjili emisije CO₂, kao što su Skandinavske države, Njemačka i Velika Britanija. Dodatno, države ZB trebaju: usvojiti zakone i donijeti propise koji zahtijevaju visoke standarde energijske efikasnosti naročito u građevinarstvu, industriji i transportu, aktivno nadzirati primjenu tih propisa jer praksa pokazuje da postojanje zakona o energijskoj efikasnosti i podzakonskih propisa nema svrhu bez kompetentnog i angažovanog nadzora, i

provoditi informativne kampanje o prednostima energijske efikasnosti, uz demo projekte na vlastitom primjeru, kako bi se podigla svijest o važnosti ove teme.

Veoma izražen problem u Albaniji, Srbiji, Sjevernoj Makedoniji a posebno u Bosni i Hercegovini je neefikasnost po pitanju potrošnje energije. Prethodne preporuke za smanjenje emisija CO₂ mogu imati povoljne posljedice i povećati UFEE. Međutim, potreban je niz mjera koje države Zapadnog Balkana moraju provesti kako bi se značajnije povećala UFEE, a mjere se ogledaju u sljedećem:

- značajno povećati ciljeve uštede energije u akcionim planovima energijske efikasnosti jer akcioni planovi postavljaju pravce djelovanja u svim značajnim sektorima naročito sektorima stanovanja, industrije i transporta. Ciljevi predstavljaju osnovu za veću alokaciju finansijskih sredstava za provođenje mjera energijske efikasnosti, povećavaju broj mogućih mjera energijske efikasnosti, signaliziraju veću ambiciju i angažman u postizanju željenih rezultata, povećavaju fokus te osiguravaju bolju saradnju i partnerstvo ekonomskih aktera za poboljšanje energijske efikasnosti (Jänicke, 2012; Camiato *et al.*, 2016). Jänicke (2012) navodi da ambiciozni ali realistični ciljevi, fleksibilne mjere i učenje kroz rad mogu dovesti do situacije u kojoj čak i ambiciozniji ciljevi postaju izvodljivi zbog povećanog kapaciteta;
- provoditi reforme u energetsom sektoru i omogućiti povećanje učešća visokokvalitetne energije (prije svega električne energije) u ukupnoj potrošnji energije jer ovaj faktor značajno povećava ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u kontekstu država ZB;
- potrebno je stvoriti politike, zakone, pravilnike i prakse koje podržavaju efikasno upravljanje energijom, jer povećanje institucionalne efikasnosti bitno određuje i povećava energijsku efikasnost.

Analizom determinanti UFEE došlo se do zaključaka koji vode ka sljedećim preporukama:

- provoditi reforme i omogućiti povećanje bruto nacionalnog dohotka per capita jer ovaj faktor povećava ukupnu faktorsku energijsku efikasnost u kontekstu država ZB. Statistička značajnost i pozitivan uticaj bruto domaćeg proizvoda, sugeriraju neophodnost ostvarivanja većeg nivoa ukupne dodajne vrijednosti za dati energetske utrošak;
- dugoročno gledano, mora se uspostaviti održivi sistem cijena energije odnosno okvir koji određuje i reguliše cijene na tržištu uzimajući u obzir ponudu i potražnju, troškove proizvodnje i distribucije, regulatorne zahtjeve, poreze i subvencije te druge relevantne faktore. Ovaj sistem treba osigurati da cijene odražavaju stvarne troškove proizvodnje, distribucije i potražnje energije. Navedeno potiče efikasno korištenje i alokaciju resursa te potiče ulaganja u

energijski efikasne tehnologije. Sistem cijena energije treba da omogućiti ispunjavanje interesa svih aktera, osiguravajući da cijene budu pristupačne za potrošače, ali istovremeno omogućavajući održivost i profitabilnost aktera u energetici. Uspostavljanje odgovarajućih cijena energije može potaknuti investicije i razvoj obnovljivih izvora energije tako što će im pružiti konkurentnost na tržištu u odnosu na konvencionalne izvore energije. Prilikom uspostavljanja sistema cijena energije potrebno je razmotriti najbolje zakonodavne, ekonomske i tržišne prakse radi postizanja stabilnosti, transparentnosti i pravičnosti u određivanju cijena;

- tehnološki napredak je neizbježan ako se želi dostići viši nivo energijske efikasnosti. Istraživanje i razvoj novih tehnologija, kao i poboljšanja postojećih, mogu biti ključni u optimizaciji korištenja energije. Važno je istaći da je ovo kompleksno pitanje koje zahtijeva multidisciplinarni pristup i uključivanje različitih faktora kao što su tehnološke inovacije, političke regulative, ekonomski podsticaji i društvene promjene. Stoga, javlja se potreba za daljim istraživanjem i podrškom tehnološkom razvoju kao jednom od ključnih elemenata za unapređenje energijske efikasnosti. Pozitivan utjecaj povećanog učešća visokokvalitetne energije na energijsku efikasnost, koji je prepoznat tokom ove analize, se u osnovi opet vezuje za tehnološki napredak. Gdje je veće korištenje visokokvalitetne energije, veći je tehnološki napredak koji vodi ka poboljšanju energijske efikasnosti. Države koje potiču istraživanje i razvoj te ulažu u nove tehnologije imaju koristi u povećanju udjela visokokvalitetne energije. Podrška obnovljivim izvorima energije putem regulatornih mjera ili poticaja, povećava učešće visokokvalitetne energije. Pored utjecaja na energijsku efikasnost, povećanje izdvajanja radi tehnološkog napretka može imati širi ekonomski utjecaj, uključujući potencijal za povećanje ekonomske aktivnosti, zapošljavanja i doprinos privrednom rastu. U tom smislu potrebno je pojednostaviti procedure i druga ograničenja koja usporavaju ili onemogućavaju investicije u efikasne tehnologije. Iskustva razvijenih država EU pokazuju da je za značajnije poboljšanje energijske efikasnosti kroz tehnološki razvoj potrebno omogućiti partnerstvo i saradnju javnog i privatnog sektora, poput saradnje u okviru društava za energijske usluge (ESCO), javno privatnih partnerstava, koncesija i sl.

Opadajući nivo efikasnosti, po UFEE u periodu 2005-2019. godina u državama Zapadnog Balkana i Evropske unije, izaziva pažnju. Potrebne su politike koje mogu poboljšati energijsku efikasnost, s obzirom na njenu ulogu u energetske sigurnosti, minimizaciji troškova i smanjenju emisija CO₂. Politike usmjerene na podršku tehnologijama obnovljivih izvora energije su od ključne važnosti za postizanje tih ciljeva. Prepreke masovnom širenju tehnologija energijske efikasnosti češće su povezane s upravljanjem, institucijama, i informacijama, nego sa ekonomskim opravdanjem tih ulaganja (Apergis *et al.*, 2015). Stoga su pažljivo oblikovane politike i strategije, kao i mehanizmi provođenja nužni kako bi se

prevladale prepreke širenju i korištenju naprednih tehnologija koje mogu unaprijediti granice efikasnosti u državama EU i ZB. Kada bi se ispunile sve ove preporuke može se očekivati i konvergencija prema državama EU po pitanju UFEE odnosno može se očekivati smanjenje apsolutne nejednakosti između država.

7.3. Ograničenja i smjernice za buduća istraživanja

Postojalo je nekoliko ograničenja tokom pripreme i realizacije istraživanja a vezano za dostupnost kompletnih podataka o varijablama koje su predmet istraživanja. Tu se najprije misli na nedostupnost podataka o cijenama energije za sve države i sve posmatrane periode. Tako imamo, da za predmetne države (uključujući i EU države) u bazama podataka EUROSTAT-a ne postoje cijene energije za 2005. i 2006. godinu. Pored toga za neke druge države, uglavnom države Zapadnog Balkana, ovi podaci nisu dostupni i za nekoliko narednih godina. Prema definiciji, u visokokvalitetnu energiju spada i plin, ali zbog nedostupnosti podataka o učešću plina u finalnoj potrošnji energije po svim državama i za sve godine, ovi podaci nisu uključeni u varijablu koja mjeri učešće visokokvalitetne energije u finalnoj potrošnji energije. Dodatno, nisu dostupni podaci o indeksu ekonomskih sloboda za Crnu Goru i Srbiju u periodu 2005-2008. godina.

U narednim istraživanjima UFEE može se razmotriti i razlaganje energije kao inputa na sastavne dijelove kao što su energija uglja, plina, biomase, električne energije i dr., kako bi se otkrili energetske resursi koji su najviše i najmanje efikasni. Dodatno bi se energija, kao input, mogla podijeliti na obnovljive izvore energije i fosilna goriva. Buduća istraživanja u ovoj oblasti bi mogla uključiti u računanje UFEE sa nepoželjnim outputima i druge gasove staklene bašte, kao i emisije polutanata poput SO_x, NO_x, aerosola, prašine i dr. Na taj način bi se energijska efikasnost računala u kontekstu sveobuhvatne ekološke UFEE. Također, u kontekstu prethodno navedenog ograničenja o dostupnosti podataka, bilo bi potrebno uzeti u obzir cijene energije za sve posmatrane godine i sve države. Dodatno, pored učešća električne energije kao reprezentiva visokokvalitetne energije, trebalo bi dodati i plin, kao visoko kvalitetnu energiju. Buduća istraživanja mogu uzeti u obzir analizu neto efekata institucija, na energijsku efikasnost, odnosno dodatnu analizu indirektnih efekata institucija na energijsku efikasnost. Dodatno, buduća istraživanja bi trebala integrirati faktore industrijskog razvoja i tehnološke kompozicije industrija, u ispitivanju determinanti UFEE.

Pored toga, primjenjivi su i drugi modeli koji trebaju adresirati unapređenja regresijskog modela postavljenog ovim istraživanjem u smislu razmatranja dodatnih faktora koji mogu imati utjecaja na UFEE. Na kraju, ovo istraživanje prati metodologiju koja je primjenjena u recentnoj i referentnoj literaturi o energijskoj efikasnosti. Primijenjenim metodama se dolazi do rezultata i zaključaka na osnovu endogenih faktora svake države. Kao jedna od preporuka za buduća istraživanja može se uzeti proširenje metodologije kako bi se uključili relevantni egzogeni faktori koji bi osigurali sveobuhvatniju evaluaciju energijske efikasnosti država. Time bi se dobila preciznija i sveobuhvatnija perspektiva koja bi bolje odražavala stvarne izazove i potencijale svake države u pogledu energetske performansi.

REFERENCE

1. Alfredsson, E., Månsson, J., Vikström, P., (2016). Internalising external environmental effects in efficiency analysis: The Swedish pulp and paper industry 2000–2007. *Economic Analysis and Policy*. 51, pp. 22–31.
2. Ali, A.I., Seiford, L.M., (1990). Translation-invariance in data envelopment analysis. *Operations Research Letters*. 9 (6), pp. 403–405.
3. Amowine, N., Ma, Z., Li, M., Zhou, Z., Azembila Asunka, B., Amowine, J., (2019). Energy Efficiency Improvement Assessment in Africa: An Integrated Dynamic DEA Approach. *Energies*. 2019, 12, 3915.
4. Ang, B. W., (2006). Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: from energy–GDP ratio to composite efficiency index. *Energy Policy*. 34(5), pp. 574–582.
5. Apergis, N., Aye, G. C., Barros, C. P., Gupta, R., Wanke, P., (2015). Energy efficiency of selected OECD countries: a slacks based model with undesirable outputs. *Energy Economics*. 51, pp. 45–53.
6. Arbia, G., Piras, G., (2005). Convergence in Per-Capita GDP Across European Regions Using Panel Data Models Extended to Spatial Autocorrelation Effects. *ISAE Working Paper*. No. 51.
7. Arndt, C., (2009). Governance indicators. Dissertation to obtain the degree of PhD. Maastricht University, 116.
8. Oman, C. and C. Arndt (2006), *Uses and Abuses of Governance Indicators*. Development Centre Studies, Paris: OECD Publishing.
9. Asif, M., Majid, A. (2020). The Role of Institutions in Energy Policy and Environmental Protection. In: Qudrat-Ullah, H., Asif, M. (eds) *Dynamics of Energy, Environment and Economy*. Lecture Notes in Energy, vol 77. Springer, Cham.
10. Asmild, M., Paradi, J. C., Aggarwall, V., Schaffnit, C., (2004). Combining DEA window analysis with the Malmquist index approach in a study of the Canadian banking industry. *Journal of Productivity Analysis*. 21(1), pp. 67–89.
11. Ball, V.E., Lovell, C.K., Luu, H., Nehring, R., (2004). Incorporating environmental impacts in the measurement of agricultural productivity growth. *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 29 (3), pp. 436–460.
12. Bhattacharyya, S.C., (2011). *Energy Economics - Concepts, Issues, Markets and Governance*, London: Springer-Verlag.
13. Bicil, I. M., Türköz, K., (2021). Are European Union countries efficient or inefficient in energy use? *Eastern Journal of European Studies*. 12(2), pp. 5-20.
14. Bogović, T., (2014). Ocjena učinkovitosti upravljanja hrvatskim gradovima metodom omeđivanja podataka (AOMP). Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike Varaždin.
15. Borić, I., (2018). Regionalni razvojni dispariteti u Evropskoj uniji. *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku*. Vol. No. 1-2/2018, pp. 91-106.
16. Borozan, D., (2018). Technical and Total Factor Energy Efficiency of European Regions: A Two-Stage Approach, *Energy*. (2018), pp. 1-35.

17. Borozan, D., Borozan, L., (2018). Analysing total-factor energy efficiency in Croatian counties: evidence from a non-parametric approach. *Central European Journal of Operations Research*. volume 26, pp. 673–694.
18. Božić, H., Vuk, B., Novosel, D., (2009). Indikatori energetske učinkovitosti. *Energija*. 58 (5), 452-479.
19. Brinkerhoff, D.W., (2010). Unpacking the concept of political will to confront corruption. Chr. Michelsen Institute, *U4 Brief*. 2010:1, 4.
20. Bosseboeuf, D., Chateau, B., Lapillonne, B., (1997). Cross-Country Comparison on Energy Efficiency Indicators: The on-going European Effort Towards a Common Methodology, *Energy Policy*. 25(7-9), pp. 673-682.
21. Buljan, A., Šimović, H., (2022). Učinkovitost hrvatskog zdravstvenog sustava - usporedba sa zemljama Evropske unije. *Revija za socijalnu politiku*. 29 (3), pp. 321-354.
22. Cai, H., Fan, R. (2019). Regional Total Factor Energy Efficiency Evaluation of China: The Perspective of Social Welfare. *Sustainability*. 11 15, pp. 1-16.
23. Camiato F., Moralles HF., Mariano EB., do Nascimento Rebelatto DA., (2016). Energy efficiency analysis of G7 and BRICS considering total-factor structure. *Journal of Cleaner Production*. 122, pp. 67-77.
24. Camiato, F., Rebelatto, D., Rocha, R, (2016a). Energy efficiency analysis of BRICS countries: A study using Data Envelopment Analysis. *Gestão & Produção*. 1., pp. 192-203.
25. Ceylan, D., Gunay, E.N.O., (2010). Energy Efficiency Trends and Policies: Cross-Country Comparison in Europe. *EcoMod2010*. 259600038, EcoMod.
26. Chang, M.C., (2020). An application of total-factor energy efficiency under the metafrontier framework, *Energy Policy*. Elsevier 142 (2020), pp. 1-7.
27. Chang, C.P., Wen, J., Zheng, M., Dong, M., Hao, Y., (2018). Is higher government efficiency conducive to improving energy use efficiency? Evidence from OECD countries. *Economic Modelling*. Volume 72, pp. 65–77.
28. Chang, C.P., Lee, C.C., Berdiev, A., (2015). The impact of government ideology on energy efficiency: evidence from panel data. *Energy Efficiency*. 8 (6), pp. 1181–1199.
29. Chang, T.P., Hu, J.L., (2010). Total-factor energy productivity growth, technical progress, and efficiency change: an empirical study of China. *Applied Energy*. 87(10), pp. 3262–3270.
30. Charney, C., (2009). *Political Will: What Is It? How Is It Measured?* Dostupno na: <https://www.charneyresearch.com/resources/political-will-what-is-it-how-is-it-measured/> (Pristupljeno: 22. avgusta 2022).
31. Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational research*. 2. pp. 429–444.
32. Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M., (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
33. Chen, H., Yang, H., (2020). Measurement and Structural Factors Influencing China's Provincial Total-Factor Energy Efficiency Under Resource and Environmental Constraints. *SAGE Open*, 10(3), pp. 1-11.

34. Cheng, Z., Liu, J., Li, L., Gu, X., (2020). Research on meta-frontier total-factor energy efficiency and its spatial convergence in Chinese provinces. *Energy Economics*. Volume 86, 104702.
35. Cheng, Y.D., (2016). Dynamic evolution of energy efficiency mechanism in China. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*. 39 (2), pp. 544-554.
36. Chien, T., Hu, J.L., (2007). Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies. *Energy Policy*. 35, pp. 3606–3615.
37. Chung, Y.H., Färe, R., Grosskopf, S., (1997). Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*. 51 (3), pp. 229–240.
38. Council of Ministers of Bosnia and Herzegovina, (2017). *Energy Efficiency Action Plan of Bosnia and Herzegovina for the period 2016-2018*. Dostupno na: https://www.energy-community.org/2Fdam%2Fjcr%3Ad5da6e89-291c-4e97-b978-85804d98d040%2FBIH_NEEAP_2016_2018_042017.pdf&psig=AOvVaw2F2WtjQLQ6yWif_UKib3YT&ust=1690892850895288&opi=89978449 (Pristupljeno: 2 Februar 2019)
39. Cullinane, K., Song, D., Ji, P., Wang, T., (2004). An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency. *Review of Network Economics*. Vol.3-2, pp. 184-205.
40. Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., (2000). *Data envelopment analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
41. Čizmić, E., Imamović-Čizmić, K. (2020). Opće naznake o Indeksu ekonomskih sloboda i faktorima koji ga određuju. *Periodical for Social Issues*. 1(1-2), pp. 225–246.
42. Črnjar, M., Črnjar, K., (2009). *Menadžment održivog razvoja: ekonomija, ekologija, zaštita okoliša*. Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu u Opatiji Sveučilišta u Rijeci, Rijeka: Glosa.
43. Dellnitz, A., Kleine, A., Rödder, W., (2018). CCR or BCC: what if we are in the wrong model?. *Journal of Business Economics* 88, pp. 831–850.
44. Economidou, M., Todeschi, V., Bertoldi, P., D'Agostino, D., Zangheri, P., Castellazzi, L., (2020). Review of 50 years of EU Energy Efficiency Policies for Buildings. *Energy and Buildings*. 225, 110322.
45. Efendić, A., Pugh, G.T., (2015). Institutional effects on economic performance in post-socialist transition: A dynamic panel analysis. *Acta Oeconomica*. 65 (4), pp. 503-523.
46. Efendić, A., Pugh, G.T., Adnett, N., (2010). Institutions and economic performance: System GMM modelling of institutional effects in transition. International Conference of Staffordshire University: International trade: a global perspective for the 21st century.
47. Eom, J.Y., Clarke, L., Kim SH., Kyle, P., Patel, P., (2012). China's building energy demand: long-term implications from a detailed assessment, *Energy*. 46, pp. 405-419.
48. European Bank for Reconstruction and Development (2022). *Montenegro country diagnostic: Private investment challenges and opportunities*. Dostupno na: <https://www.ebrd.com/montenegro-country-diagnostic.pdf> (Pristupljeno: 25 januar 2024)
49. European Environment Agency (2018). *National policies and measures on climate change mitigation in Europe in 2017*. Dostupno na:

- <https://www.eea.europa.eu/publications/national-policies-and-measures-on-climate-change-mitigation> (Pristupljeno: 5 oktobar 2022)
50. EUROSTAT Statistics Explained (2023). *Gross fixed capital formation (GFCF)*. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_fixed_capital_formation_\(GFCF\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_fixed_capital_formation_(GFCF)) (Pristupljeno: 5 septembar 2023)
51. European Environment Agency (2018). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report*. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016> (Pristupljeno: 5 oktobar 2022)
52. Evropski parlament (2023). *The Union's enlargement and neighbourhood - Western Balkans*. Dostupno na: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/168/the-western-balkans> (Pristupljeno: 10 decembar 2023)
53. Evropski parlament i Vijeće (2005). *Direktiva 2005/32/EZ kojom se uspostavlja okvir za postavljanje ekodizajnerskih zahtjeva za proizvode potrošače energije*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005L0032> (Pristupljeno: 6 oktobar 2022)
54. Evropski parlament i Vijeće (2006). *Direktiva 2006/32/EZ o energijskoj efikasnosti krajnje potrošnje energije i energetskim uslugama*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=celex:32006L0032> (Pristupljeno: 7 oktobar 2022)
55. Evropski parlament i Vijeće (2009). *Direktiva 2009/125/EZ kojom se uspostavlja okvir za postavljanje ekodizajnerskih zahtjeva za energetski povezane proizvode*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125> (Pristupljeno: 7 oktobar 2022)
56. Evropski parlament i Vijeće (2010). *Direktiva 2010/31/EU o energijskoj efikasnosti zgrada*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0031> (Pristupljeno: 7 oktobar 2022)
57. Evropski parlament i Vijeće (2012). *Directive 2012/27/EU on energy efficiency*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0027> (Pristupljeno: 7 oktobar 2022)
58. Evropski parlament i Vijeće (2021). *Regulation (EU) 2021/1119. European Climate Law*. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119> (Pristupljeno: 7 oktobar 2022)
59. Fan, Y., Xia, Y., (2012). Exploring energy consumption and demand in China, *Energy*. 40, pp. 23-30.
60. Fang, C.Y., Hu, J.L., Lou, T.K., (2013). Environment-adjusted total-factor energy efficiency of Taiwan's service sectors, *Energy Policy*. Vol. 63, pp. 1160-1168.
61. Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., Pasurka, C., (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *Review of Economics and Statistics*. 71, pp. 90-98.
62. Farrell, M.J., (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A 120 Part 3, pp. 253-290.

63. Feenstra, Robert C., Inklaar, R., Timmer, M.P., (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*. 105(10), pp. 3150-3182.
64. Filippini, M., Hunt, L.C., (2011). Energy demand and energy efficiency in the OECD countries: a stochastic demand frontier approach, *The Energy Journal*. 32, pp. 59–80.
65. Filippini, M., Hunt, L.C., (2015). Measurement of energy efficiency based on economic foundations, *Energy Economics*. Volume 52, Supplement 1, pp. 5-16.
66. Filipović, S., Verbič, M., Radovanović, M., (2015). Determinants of energy intensity in the European Union: A panel data analysis. *Energy*. Elsevier, 92(P3), pp. 547-555.
67. Fleiter, T., Fehrenbach, D., Worrell, E., Eichhammer, W., (2012). Energy efficiency in the German pulp and paper industry-A model-based assessment of saving potentials. *Energy*. 40, pp. 84-99.
68. Gallani, S., Krishnan, R., Wooldridge, J., (2015). Applications of Fractional Response Model to the Study of Bounded Dependent Variables in Accounting Research. *SSRN Electronic Journal*. 10, pp. 21-39.
69. Geng, Q., Wang, Y., Wang, X., (2022). Research on the Impact of Environmental Regulation on the Regional Green Economy Efficiency of China Based on Super-Efficiency DEA-Tobit Model. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 31, No. 3, pp. 2611-2624.
70. Giacone, E., Mancò, S., (2012). Energy efficiency measurement in industrial processes, *Energy*. 38, pp. 331-345.
71. Gökgöz, F., Erkul, E., (2019). Investigating the energy efficiencies of European countries with super efficiency model and super SBM approaches. *Energy Efficiency*. 12, pp. 601–618.
72. Golany, B., Roll, Y., (1989). An application procedure for DEA. *Omega*. 17 (3), pp. 237–250.
73. Gomes, E.G., Lins, M.P.E., (2008). Modelling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models. *Journal of the Operational Research Society*. 59 (5), pp. 616–623.
74. Guo, X., Lu, C.C., Lee, J.H., Chiu, Y.H., (2017). Applying the dynamic DEA model to evaluate the energy efficiency of OECD countries and China. *Energy*. Volume 134, pp. 392-399.
75. Gupta, S., Kangur, A., Papageorgiou, C., Wane, A., (2014). Efficiency-Adjusted Public Capital and Growth. *World Economic Development*. Vol. 57, Issue C: pp. 164–78.
76. Halkos, G., Tzeremes, N., (2009). Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*. 68, pp. 2168–2176.
77. Halkos, G., Tzeremes, N., (2013). An additive two-stage DEA approach creating sustainability efficiency indexes. *Munich Personal RePEc Archive*. No. 44231.
78. Hammergren, L., (1998). *Political Will, Constituency Building, and Public Support in Rule of Law Programs*. Center for Democracy and Governance; Washington: U.S. Agency for International Development.
79. Han, L., Han, B., Shi, X., Su, B., Lv, X., Lei, X., (2018). Energy efficiency convergence across countries in the context of China's Belt and Road initiative. *Applied Energy*. 213, pp. 112–122.

80. Hao, Y., Gai, Z., Wu, H., (2020). How do resource misallocation and government corruption affect green total factor energy efficiency? Evidence from China, *Energy Policy*. Volume 143.
81. Hännesson, R., (2009). Energy and GDP growth, *International Journal of Energy Sector Management*. 3(2), pp. 157-170.
82. Hassen, A., Marwa, B.B., Hanen, A., (2017). Analysis of the technical efficiency, pure and scale efficiency of rained cereal farms: case of the upper semi-arid. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. Volume – 5, pp. 116-125.
83. Haynes, S.K.E., Ratick, S., Bowe, S., Cummings-Saxton, J., (1993). Environmental decision models: US experience and new approach to pollution management. *Environment International*. 19, pp. 261–275.
84. He, P., Yulong, S., Huayu, S., Jianhui, J., Zhongfu, Y., (2019). Does Environmental Tax Affect Energy Efficiency? An Empirical Study of Energy Efficiency in OECD Countries Based on DEA and Logit Model. *Sustainability*. 11 – 14, 3792.
85. Herrerias, M. J., (2012). World energy intensity convergence revisited: a weighted distribution dynamics approach. *Energy Policy*. 49(10), pp. 383-399.
86. Herrmann, S., Jochem, A., (2003). Real and nominal convergence in the Central and East European accession countries. *Intereconomics*. 38 (6), pp. 323-327.
87. Hoff, A., (2007). Second stage DEA: comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*. 181, pp. 425–435.
88. Honma, S., Hu, J.-L., (2008). Total-factor energy efficiency of regions in Japan. *Energy Policy*. 36 (2), pp. 821–833.
89. Hu, J.L., Wang, S.C., (2006). Total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy Policy*. 34 (2006), pp. 3206–3217.
90. Hu, J.L., Kao, C.H., (2007). Efficient energy-saving targets for APEC economies. *Energy Policy*. 35 (2007), pp. 373–382.
91. Hu J.L., Chang, T.P., (2016). Total-Factor Energy Efficiency and Its Extensions: Introduction, Computation and Application. In: Zhu J. (eds) Data Envelopment Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. vol 238.
92. Hu, J.L., Lio, M.C., Kao, C.H., Lin, Y.L., (2012). Total-factor Energy Efficiency for Regions in Taiwan. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 7. pp. 292-300.
93. Huang, H., Wang, T., (2017). The Total-Factor Energy Efficiency of Regions in China: Based on Three-Stage SBM Model. *Sustainability*. 9, pp. 16-64.
94. Huang, J., Yu, Y., Ma, C., (2018). Energy Efficiency Convergence in China: Catch-Up, Lock-In and Regulatory Uniformity. *Environmental & Resource Economics*. 70 (1), pp. 107-130.
95. International Energy Agency (2018), *The Role of Energy Efficiency*. Paris: International Energy Agency.
96. International Energy Agency (2009). *Progress with implementing energy efficiency policies in the G8*, Paris: International Energy Agency.

97. International Energy Agency (2023). *Data and statistics*. Dostupno na: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD> (Pristupljeno: 23 juli 2021)
98. International Energy Agency (2023). *World total final consumption by source*. Dostupno na: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption> (Pristupljeno: 23 juli 2021)
99. International Energy Agency, (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, Paris: International Energy Agency.
100. International Labour Organization (2023). *World Employment and Social Outlook*. Dostupno na: <https://www.ilo.org/wesodata/> (Pristupljeno: 23 juli 2021)
101. International Monetary Fund (2022). *Investment and Capital Stock Dataset*. Dostupno na: <https://data.imf.org/?sk=1CE8A55F-CFA7-4BC0-BCE2-256EE65AC0E4> (Pristupljeno: 10 oktobar 2022)
102. Inglesi-Lotz, R., Pouris, A., (2012). Energy efficiency in South Africa: a decomposition exercise, *Energy*. 42, pp. 113-120.
103. Jakovac, P., Vlahinić Lenz, N., (2016). *Energija i ekonomija u Republici Hrvatskoj: makroekonomski učinci proizvodnje i potrošnje električne energije*. Rijeka: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci.
104. Jänicke, M., (2012). Dynamic governance of clean-energy markets: how technical innovation could accelerate climate policies. *Journal of Cleaner Production*, Volume 22, Issue 1, pp. 50-59.
105. Jebali, E., Essid, H., Khraief, N., (2017). The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: A two-stage double bootstrap DEA approach, *Energy*. Volume 134, pp. 991-1000.
106. Jeff Wooldridge (2019, August 10). *Tobit or Fractional Regression? [Comment on the online Stata forum post Tobit or Fractional Regression?]*. the Stata Forum. <https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/1511665-tobit-or-fractional-regression>
107. Jeff Wooldridge (2021, August 30). *Postestimation tests for fractional probit model [Comment on the online Stata forum post Postestimation tests for fractional probit model]*. the Stata Forum. <https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/1625488-postestimation-tests-for-fractional-probit-model>
108. Jia, YP., Liu RZ., (2012). Study of the energy and environmental efficiency of the Chinese economy based on a DEA Model. *Procedia Environmental Sciences*.2012;13, pp. 2256-2263.
109. Jorda, P., Cascajo, R., Monzon, A.,(2012). Analysis of the Technical Efficiency of Urban Bus Services in Spain Based on SBM Models. *ISRN Civil Engineering*. 12. pp. 1-13.
110. Kamps, C., (2006). New Estimates of Government Net Capital Stocks for 22 OECD Countries, 1960–2001. *Staff Papers, International Monetary Fund*. Vol. 53, No. 1, pp. 120–150.
111. Kanellakis, M., Martinopoulos, G., Zachariadis, T., (2013). European energy policy—A review. *Energy Policy*. 62, pp. 1020–1030.

112. Kaufmann, D., Kraay, A., Mastruzzi, M., (2010). The Worldwide Governance Indicators: A Summary of Methodology, Data and Analytical Issues. *World Bank Policy Research Working Paper*. No. 5430.
113. Kim, A.B., Tyrrell, P., Roberts, K.D, (2023). *Index of Economic Freedom 2023 - The Heritage Foundation*. Dostupno na: https://www.heritage.org/index/pdf/2023/book/2023_IndexOfEconomicFreedom_FINAL.pdf (Pristupljeno: 25 avgust 2023)
114. Kopp, R.J., (1981). The Measurement of Productive Efficiency: A Reconsideration, *The Quarterly Journal of Economics*. 96, pp. 477-503.
115. Korhonen, P., Luptacik, M., (2003). Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*.154, pp. 437–446.
116. Lai, P., Du, M., Wang, B., Chen, Z., (2016). Assessment and Decomposition of Total Factor Energy Efficiency: An Evidence Based on Energy Shadow Price in China. *Sustainability*. 2016 8, 408.
117. Lansink, A.O., Bezlepkin, I., (2003). The effect of heating technologies on CO₂ and energy efficiency of Dutch greenhouse firms. *Journal of Environmental Management*.68, pp. 73–82.
118. Le Pen, Y., Sévi, B., (2010). On the non-convergence of energy intensities: Evidence from a pair-wise econometric approach. *Ecological Economics*. 69, pp. 641–650.
119. Lee, B.L., Wilson, C., Jr, Pasurka., Carl, A., Fujii, H., Managi, S., (2017). Sources of airline productivity from carbon emissions: An analysis of operational performance under good and bad outputs. *Journal of Productivity Analysis*.47 (3), pp. 223–246.
120. Li, G., (2019). Spatiotemporal Dynamics of Ecological Total-Factor Energy Efficiency and Their Drivers in China at the Prefecture Level. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. vol. 16(18), pp. 1-23.
121. Li, K., Lin, B., (2018). How to promote energy efficiency through technological progress in China? *Energy*. Volume 143, pp. 812-821.
122. Li, L.B., Hu, J.L., (2012). Ecological total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy Policy*. 46, pp. 216–224.
123. Li, Y., Liu, A.C., Wang, S.M., Zhan, Y., Chen, J., Hsiao, H.F., (2022). A Study of Total-Factor Energy Efficiency for Regional Sustainable Development in China: An Application of Bootstrapped DEA and Clustering Approach. *Energies*. 2022, 15(9), pp. 30-93.
124. Lin, J., Xu, C., (2017). The Impact of Environmental Regulation on Total Factor Energy Efficiency: A Cross-Region Analysis in China. *Energies*. 2017, 10, pp. 15-78.
125. Liddle, B., (2010). Revisiting world energy intensity convergence for regional differences. *Applied Energy* 87, pp. 3218–3225.
126. Liu, C., (2017). Total-factor energy efficiency of regions in China considering natural disaster effects. *Applied Ecology and Environmental Research*. 15, pp. 155-169.
127. Liu, X., Liu, L., Liu, X., Liu, G., (2015). An Improved Data Envelopment Analysis (DEA) Model to Measure China's Energy Efficiency. *Proceedings of the International*

Conference on Logistics, Engineering, Management and Computer Science. Atlantis Press, pp. 751-758.

128. Lovell, C.A.K., Pastor, J.T., Turner, J.A., (1995). Measuring macroeconomic performance in the OECD: A comparison of European and non-European countries. *European Journal of Operational Research*.87, pp. 507–518.

129. Lozano, S., Gutiérrez, E., Moreno, P., (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs. *Applied Mathematical Modelling*.37, pp. 1665–1676.

130. Lu, F., Lu, Y., Lei, N., (2021). Measurement and Analysis of Urban Total Factor Energy Efficiency in China. *E3S Web of Conferences*.261, pp. 10-20.

131. Ma, C., Stern D.I., (2008). China's changing energy intensity trend: a decomposition analysis, *Energy Economics*. 30, pp. 1037-1053.

132. Maidamisa, A.A., Ahmad, R., Ismail Abd Aziz, M., (2012). A Comparative Analysis of Window Width Selection Technique in Data Envelopment Analysis. *International Journal of Computer Applications*. 41(5), pp. 21-26.

133. Mandal, S. K., (2010). Do undesirable output and environmental regulation matter in energy efficiency analysis? Evidence from Indian cement industry. *Energy Policy*. 38, pp. 6076–6083.

134. Mardani, A., Zavadskas E.K., Streimikiene D., Jusoh A., Khoshnoudi M., (2017). A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 70, pp. 1298-1322.

135. Markandya, A., Pedroso-Galinato, S., Streimikiene, D., (2006). Energy intensity in transition economies: Is there convergence towards the EU average? *Energy Economics*. 28, pp. 121–145.

136. Martinsen, D., Krey, V., Markewitz, P., (2007). Implications of high energy prices for energy system and emissions—the response from an energy model for Germany. *Energy Policy*. 35, pp. 4504–4515.

137. McDonald, J., (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*.197(2), pp. 792–798.

138. Mervar, A., (2003). Esej o novijim doprinosima teoriji ekonomskog rasta. *Ekonomski pregled*, 54 (3-4), pp. 369-392.

139. Metcalf, G. E., (2008). An empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level, *Energy Journal*. 29(3), pp. 1-26.

140. Meng, M., Payne, J. E., Lee, J., (2013). Convergence in per capita energy use among OECD countries. *Energy Economics*. 36 (3), pp. 536-545.

141. Mohd, S.A., Khan, N., Ramli, R., Azizul Baten, M.D., (2015). Enhanced DEA model with undesirable output and interval data for rice growing farmers performance assessment. *AIP Conference Proceedings*. 1691, 030016.

142. Monfort, P., (2008). *Convergence of EU regions: Measures and evolution*. Working papers 01/2008, Directorate-General for Regional Policy, EU.

143. Morikawa, M., (2012). Population density and efficiency in energy consumption: an empirical analysis of service establishments. *Energy Economics* 2013; 34(5), pp. 1617-1622.

144. Mukherjee, K., (2008). Energy use efficiency in the Indian manufacturing sector: An interstate analysis. *Energy Policy*. 36(2), pp. 662–672.
145. Munter, A., (2021). *Fact Sheets on the European Union – 2021*. Dostupno na: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/home> (Pristupljeno: 20 decembar 2022)
146. Mustață, A., Shevchuk, V., (2021). *Osam koraka ka pravednoj (energetskoj) tranziciji na Zapadnom Balkanu*. Prague: CEE Bankwatch Network.
147. Nikbakht, M., Hajiani, P., Ghorbanpur, A., (2022). Assessment of the total-factor energy efficiency and environmental performance of Persian Gulf countries: a two-stage analytical approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 30, pp. 10560–10598.
148. North, D. C., (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*, Cambridge: Cambridge University Press.
149. Ockwell, D. G., (2008). Energy and economic growth: Grounding our understanding in physical reality, *Energy Policy*. 36, pp. 4600-4604.
150. ODYSSEE project (2020). *Definition of data and energy efficiency indicators in ODYSSEE data base*. Dostupno na: <https://www.odyssee-mure.eu%2Fprivate%2Fdefinition-indicators.pdf&usg=AOvVaw0uRODHP4PrVcCvP0a5bnVr&opi=89978449> (Pristupljeno: 10 decembar 2022)
151. Ohene-Asare, K, Turkson, C., (2019). Total-Factor Energy Efficiency and Productivity of ECOWAS States: A Slacks-Based Measure with Undesirable Outputs, *Journal of African Business*. vol. 20(1), pp. 91-111.
152. Ohene-Asare, K., Tetteh, E.N., Asuah, E.L., (2020). Total factor energy efficiency and economic development in Africa. *Energy Efficiency*. 13, pp. 1177–1194.
153. Ozkara, Y., Atak, M., (2015). Regional total-factor energy efficiency and electricity saving potential of manufacturing industry in Turkey. *Energy*. 93, pp. 495-510.
154. Paavola, J., Adger, W. N., (2005). Institutional ecological economics, *Ecological Economics*. 53, pp. 353-368.
155. Panteli, M., Delipalla, S., (2022). The Impact of Institutions on Economic and Environmental Performance: Evidence From Europe, *South East European Journal of Economics and Business*, vol.17, no.2, pp.125-141.
156. Papke, L. E., Wooldridge, J. M., (1996). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. *Journal of Applied Econometrics*. 11(6), pp. 619–632.
157. Papke, L. E., Wooldridge, J. M., (2008). Panel data methods for fractional response variables with an application to test pass rates. *Journal of Econometrics*. Volume 145, Issues 1–2, pp. 121-133.
158. Pardo, N., Moya, JA., (2013). Prospective scenarios on energy efficiency and CO₂ emissions in the European iron & steel industry, *Energy*. 54, pp. 113-128.
159. Pardo Martínez, C.I., (2011). Energy efficiency development in German and Colombian non-energy-intensive sectors: a non-parametric analysis. *Energy Efficiency*. 4, pp. 115–131.
160. Patterson, M. G., (1996). What is energy efficiency?: concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*. 24 (5), pp. 377–390.

161. Persson, T., Tabellini, G., (2001). *Political Economics: Explaining Economic Policy*. Cambridge: MIT Press.
162. Petrović, P., Gligorić Matić, M., (2021). *Konvergencija periferije ka razvijenoj EU i faktori koji je opredeljuju: Empirijsko istraživanje i implikacije za Srbiju*. Beograd: Centar za izdavačku delatnost, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
163. Peykani, P., Farzipoor Saen, R., Seyed Esmaeili, F. S., Gheidar-Kheljani, J., (2021). Window data envelopment analysis approach: A review and bibliometric analysis. *Expert systems*. vol. 38, no. 7, e12721.
164. Rabar, D., (2010). Ocjenjivanje efikasnosti poslovanja hrvatskih bolnica metodom analize omeđivanja podataka. *Ekonomski pregled: mjesečnik Hrvatskog društva ekonomista Zagreb*. 61 (9-10), pp. 511-533.
165. Rajbhandari, A., Zhang, F. (2017). Does Energy Efficiency Promote Economic Growth? Evidence from a Multi-Country and Multi-Sector Panel Data Set. *Policy Research Working Paper*. 8077.
166. Ramalho, J.J.S., da Silva, J.V., (2009). A two-part fractional regression model for the financial leverage decisions of micro, small, medium and large firms. *Quantitative Finance*. 9(5), pp. 621–636.
167. Ramalho, E.A., Ramalho, J.J.S., Henriques, P.D., (2010). Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. *Journal of Productivity Analysis*. 34, pp. 239–255.
168. Ramalho, E.A., Ramalho, J.J.S., Murteira, J.M.R, (2011). Alternative Estimating And Testing Empirical Strategies For Fractional Regression Models. *Journal of Economic Surveys*. Wiley Blackwell, vol. 25(1), pp. 19-68.
169. Ramsey, J.B., (1969). Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* 31(2), pp. 350–371.
170. Reinhard, S., Lovell, C.A.K., Thijssen, G., (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*. 121, pp. 287–303.
171. Rodrik, D., (2000). Institutions for high-quality growth: What they are and how to acquire them, *Studies in Comparative International Development*. vol 35(3), pp. 3-31.
172. Rodrik, D., (2013). Unconditional convergence in manufacturing. *The Quarterly Journal of Economics*. 128(1), pp. 165-204.
173. Roodman, D., (2009). A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 71, pp. 135-158.
174. Ru, L., Si, W., (2015). Total-factor energy efficiency in China's sugar manufacturing industry, *China Agricultural Economic Review*. 7(3), pp. 360-373.
175. Rühl, C., Appleby, P., Fennema, J., Naumov, A., Schaffer, M., (2012). Economic development and the demand for energy: A historical perspective on the next 20 years. *Energy Policy*. 50(0), pp. 109-116.
176. Sala-i-Martin, X., (1996). The Classical Approach to Convergence Analysis. *The Economic Journal*. 106 (437), pp. 1019-1036.
177. Sandbag Climate Campaign CIC (2023). *Electricity Data Explorer*. Dostupno na <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/> (Pristupljeno: 15 april 2023)

178. Sarafidis, V., Yamagata, T., Robertson, R., (2009). A test of cross-section dependence for a linear dynamic panel model with regressors. *Journal of Econometrics*. 148,pp. 149-161.
179. Scheel, H., (2001). Undesirable outputs in efficiency evaluations. *European Journal of Operational Research*. 132, pp. 400–410.
180. Seiford, L.M., Zhu, J., (2001). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*. 142, pp. 16–20.
181. Shang, Y., Liu, H., Lv, Y., (2020). Total factor energy efficiency in regions of China: An empirical analysis on SBM-DEA model with undesired generation. *Journal of King Saud University - Science*. Volume 32-3, pp. 1925-1931.
182. Shen, N., Liao, H., Deng, R., Wang, Q., (2019). Different types of environmental regulation and the heterogeneous influence on the environmental total factor productivity: empirical analysis of China's industry. *Journal of Cleaner Production*. 211, pp. 171–184.
183. Shen, N., Zhou, J., Zou, W., (2015). Energy Efficiency Measures and Convergence in China, Taking into Account the Effects of Environmental and Random Factors. *Polish Journal of Environmental Studie*. 24 (1), pp. 257-267.
184. Shi, D., (2007). Regional differences in China's energy efficiency and conservation potentials. *China & World Economy*. 15 (1), pp. 96–115.
185. Silajdžić, S., Mehić, E., (2016). Absorptive capabilities, FDI, and economic growth in transition economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, 52(4), 904-922.
186. Silajdžić, S., Mehić, E., (2018). Trade Openness and Economic Growth: Empirical Evidence from Transition Economies Chapters, in: Vito Bobek (ed.), *Trade and Global Market*, IntechOpen.
187. Sineviciene, L., Sotnyk, I., Kubatko, O., (2017). Determinants of energy efficiency and energy consumption of Eastern Europe post-communist economies. *Energy & Environment*. 28(8), pp. 870–884.
188. Singh, J., (2016). Why energy efficiency matters and how to scale it up. *Live wire knowledge note series*. Washington D.C. World Bank Group.
189. Simar, L., Wilson, P., (2007). Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes. *Journal of Economics*. 136, pp. 31–64.
190. Song, F., Zheng, X., (2012). What drives the change in China's energy intensity: Combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level, *Energy Policy*. 51, pp. 445-453.
191. Stanišić, N., (2017). *Makroekonomske koristi od unapređenja energetske efikasnosti u stambenim zgradama u Srbiji*. Bon: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
192. StataCorporation (2015). *Statabase Reference Manual, Release 14*. Dostupno na: https://www.academia.edu/31066670/STATA_BASE_REFERENCE_MANUAL_RELEASE_14 (Pristupljeno: 18 maj 2023)
193. Statalist Forums (2023). *Postestimation tests for fractional probit model*. Dostupno na: <https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/1625488-postestimation-tests-for-fractional-probit-model> (Pristupljeno: 18 maj 2023)

194. Stata (2023). *Fractional outcome regression*. Dostupno na: <https://www.stata.com/features/overview/fractional-outcome-models/> (Pristupljeno: 22 maj 2023)
195. Stern, D. I., (2012). Modelling international trends in energy efficiency, *Energy Economics*. 34(6), pp. 2200-2208.
196. Sun, J., Li, S., (2014). *Total Factor Energy Efficiency of Yangtze River Delta Region in China*. Louvain-la-Neuve: European Regional Science Association (ERSA).
197. Sun, H., Edziah, B.K., Sun, C., Kporsu, A.K., (2019). Institutional quality, green innovation and energy efficiency. *Energy Policy*. 135, pp. 1-14.
198. Sueyoshi, T., Goto, M., (2013). DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO₂ of industrial nations. *Energy Economics*. Volume 40, pp. 370-382.
199. Šegota, A. Vlahinić Lenz, N., Maradin, D., (2017). Environmental Total-Factor Energy Efficiency in the EU countries. *6th International Scientific Symposium "Economy of Eastern Croatia - Vision and Growth"*. pp. 675-685.
200. Šiljak, Dž., (2018). Beta Convergence among Former Socialist Countries. *South East European Journal of Economics and Business*. 13(2), pp. 72-83.
201. Škrinjarić, T., (2016). Analiza relativne efikasnosti industrije osiguranja evropskih zemalja korištenjem analize omeđivanja podataka. *Ekonomski pregled*. 67(1), pp. 3-26.
202. Šporčić, M., Martinić, I., Landekić, M., Lovrić, M., (2008). Analiza omeđivanja podataka kao metoda efikasnosti – mogućnosti primjene u šumarstvu. *New Forestry Mechanisation*. Vol.29 No.1. 29., pp. 51-59.
203. Todaro, M. P., Smith, S. C., (2011). *Economic development*, Harlow: Pearson/Addison-Wesley.
204. UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2023). *Energy consumption in the UK 2021*. Dostupno na: <https://www.gov.uk/government/statistics/energy-consumption-in-the-uk-2021> (Pristupljeno: 9 februar 2023)
205. U.S. Energy Information Administration (2023). *International emissions - CO₂ emissions*. Dostupno na: <https://www.eia.gov/international/data/world/total-energy/total-energy-consumption> (Pristupljeno: 14 april 2023)
206. Uvalić, M., (2014). Regional cooperation in the Western Balkans: The Eight Regional Energy Market in Europe, In: C. Cambini and A. Rubino (eds), *Regional Energy Initiatives. MedReg and the Energy Community*, London and New York: Routledge, pp. 101-118.
207. Uvalić, M., Bartlett, W., (2022). Towards an inclusive model of development in the Western Balkans. In: W. Bartlett & M. Uvalić (eds) *Towards Economic Inclusion in the Western Balkans*, pp. 347-370.
208. Vlada Federacije Bosne i Hercegovine (2008). *Strateški plan i program razvoja energetskog sektora Federacije Bosne i Hercegovine sa aktivnostima srednjeročnog razvoja do 2020. godine*. Dostupno na: <http://www.fbihvlada.gov.ba/bosanski/izdvajamo/SPP-sept-08-PRIJEDLOG.pdf> (Pristupljeno: 11 april 2021)

209. Vlada Republike Srbije (2022). *Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine*. Dostupno na: <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SIGlasnikPortal/viewdoc?uid=fb846064-aaf9-4f24-b51e-9cc78458db32> (Pristupljeno: 11 april 2021)
210. Vlahinić-Dizdarević, N., Šegota, A., (2012). Ukupna faktorska energijska efikasnost u zemljama Evropske unije. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci*. 30 (2), pp. 247-265.
211. Vlahinić-Lenz, N., Šegota, A., Maradin, D., (2018). Total-factor Energy Efficiency in EU: Do Environmental Impacts Matter? *International Journal of Energy Economics and Policy*. 8(3), pp. 92-96.
212. Wang, Z., Wang, X., (2022). Research on the impact of green finance on energy efficiency in different regions of China based on the DEA-Tobit model. *Resources Policy*. Volume 77, 102695.
213. Wang, ZH., Zeng, HL., Wei, YM., Zhang, YX., (2012). Regional total factor energy efficiency: An empirical analysis of industrial sector in China. *Applied Energy*. 97, pp. 115–123.
214. Wang, C.N., Ho, H.X., Hsueh, M.H., (2017). An Integrated Approach for Estimating the Energy Efficiency of Seventeen Countries, *Energies*. 10(10), pp. 15-97.
215. Wang, L.W., Le, K.D., Nguyen, T.D., (2019). Assessment of the Energy Efficiency Improvement of Twenty-Five Countries: A DEA Approach. *Energies*. 2019, 12, pp. 15-35.
216. Wang, Y., Li, Y., Kong, F., (2012). Energy Efficiency Analysis of Beijing Using the DEA-Tobit Two Stage Method. *Advanced Materials Research*. 608-609, pp. 1210-1214.
217. Watanabe, M.; Tanaka , K., (2007). Efficiency analysis of Chinese industry: a directional distance function approach. *Energy Policy*. 35, pp. 6323–6331.
218. Williams, R., (2012). Using the margins command to estimate and interpret adjusted predictions and marginal effects. *The Stata Journal*. (2012) 12, Number 2, pp. 308–331.
219. Wilson, B., Trieu, L.H., Bowen, B., (1994). Energy efficiency trends in Australia. *Energy Policy*. 22, pp. 287–295.
220. Wooldridge, J. M., (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: MIT Press.
221. Wu, Y., (2012). Energy intensity and its determinants in China's regional economies. *Energy Policy*. 41, pp. 703–711.
222. Wu, F., Fan, W., Zhou, P., Zhou, D.Q., (2012). Industrial energy efficiency with CO₂ emissions in China: a nonparametric analysis. *Energy Policy*. 49, pp. 164–172.
223. Wulff, J. N., (2015). Interpreting Results From the Multinomial Logit Model: Demonstrated by Foreign Market Entry. *Organizational Research Methods*. 18(2), pp. 300–325.
224. Xiaoli, Z., Rui, Y., Qian, M., (2014). China's total factor energy efficiency of provincial industrial sectors. *Energy*. 65, pp. 52–61.
225. Xing-Ping, Z., Xiao-Mei, C., Jia-Hai, Y., Xiao-Jun, G., (2011). Total-factor energy efficiency in developing countries. *Energy Policy*. 39, pp. 644–650.

226. Xu, Q., Ding, S., An, J., (2017). Empirical Study on Total Factor Productive Energy Efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei Region-Analysis based on Malmquist Index and Window Model. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 104(1):012017.
227. Xu, T., You, J., Li, H., Shao, L., (2020). Energy Efficiency Evaluation Based on Data Envelopment Analysis: A Literature Review. *Energies*. 2020 (13), pp. 35-48.
228. Xue, Y., Wang, Q., Yue, X., (2020). Total Factor Energy Efficiency Measurement in the Provinces of China Along the 'Belt and Road'. *IEEE Access*. vol. 8, pp. 35995-36008.
229. Yang, H.-H., Chang, C.-Y., (2009). Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms. *Telecommunications Policy*. 2009, 33, pp. 98-108.
230. Yang, Z., Wang, D., Tianyi, D., Zhang, A., Zhou, Y., (2018). Total-Factor Energy Efficiency in China's Agricultural Sector: Trends, Disparities and Potentials. *Energies*. 2018, 11, 853.
231. Yang, Z., Wei, X., (2018). The measurement and influences of China's urban total factor energy efficiency under environmental pollution: Based on the game cross-efficiency DEA. *Journal of Cleaner Production*. Volume 209, pp. 439-450.
232. Yang, Z., Wei, X., (2019). Analysis of the total factor energy efficiency and its influencing factors of the Belt and Road key regions in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 26, pp. 4764-4776.
233. Yeager, T., (1999). *Institutions, Transition Economies, And Economic Development, Political Economy of Global Interdependence*, Boulder: Westview Press.
234. Yu B., (2020). Industrial structure, technological innovation, and total-factor energy efficiency in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(8), pp. 8371-8385.
235. Yu, D., He, X., (2020). A bibliometric study for DEA applied to energy efficiency: Trends and future challenges. *Applied Energy*. Elsevier, vol. 268(C), 115048.
236. Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z., Ge, J., (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*. 68, pp. 306-316.
237. Zhang, X.P., Cheng, X.M., Yuan, J.H., Gao, X.J., (2011). Total-factor energy efficiency in developing countries. *Energy Policy*. 39, pp. 644-650.
238. Zhang, N., Choi, Y., (2013). Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis. *The Social Science Journal*. Volume 50, Issue 2, pp. 225-234.
239. Zhang, S., Li, D., Li, S., Jiang, H., Shen, Y., (2017). Analysis of regional total factor energy efficiency in China under environmental constraints: based on undesirable-minds and DEA window model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volume 69.
240. Zhang W., Pan, X., Yan, Y., Pan, X., (2017). Convergence analysis of regional energy efficiency in China based on large-dimensional panel data model. *Journal of Cleaner Production*. Volume 142, Part 2, pp. 801-808.
241. Zhang, YJ., Sun, YF., Huang, J., (2018). Energy efficiency, carbon emission performance, and technology gaps: Evidence from CDM project investment. *Energy Policy*. Elsevier, vol. 115(C), pp. 119-130.

242. Zhao, X.L., Rui, Y., Qian, M., (2014). China's total factor energy efficiency of provincial industrial sectors. *Energy*.65, pp. 52–61.
243. Zhao, C., Zhang, H., Zeng, Y., Li, F., Liu, Y., Qin, C., Yuan, J., (2018). Total-Factor Energy Efficiency in BRI Countries: An Estimation Based on Three-Stage DEA Model. *Sustainability*. 2018, 10, 278.
244. Zhou, P., Ang, B. W., (2008). Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. *Energy Policy*. 36(8), pp. 2911–2916.
245. Zofio, J.L., Prieto, A.M., (2001). Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO₂ emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*. 23, pp. 63–83.

PRILOZI

Prilog 1. Pregled istraživanja determinanti UFEE

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	DO (Godine obuhvaćene istraživanjem)	Metoda	Determinante
1.	Hu i Kao (2007)	AOP	Rad, kapital i potrošnja energije.	BDP	17 APEC ekonomija (1991-2000)	Model regresije panel podataka	Procenat dodane vrijednosti BDP-a po industriji i uslužnim sektorima.
2.	Li i Hu (2012)	AOP - SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂ i sumpor-dioksid (SO ₂)	30 regija u Kini (2005-2009)	Model skraćene regresije	Odnos izdataka za istraživanje i razvoj prema BDP-u; odnos ukupnog uvoza i izvoza u BDP-u; odnos sekundarnih djelatnosti prema BDP-u; odnos subvencija za tretman industrijskog zagađenja prema BDP-u.
3.	Fang <i>et al.</i> (2013)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	Uslužni sektori na Tajvanu (2001-2008)	Tobit model	Udjeli u BDP-u, udjeli korištenja radne snage, udjeli potrošnje energije te odnos kapitala i rada.
4.	Zhao <i>et al.</i> (2014)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije, kapital i CO ₂	BDP	30 administrativnih regija i 6 oblasti Kine (2006-2012)	Regresija	Veličina ekonomije, tehnologija i ekonomska struktura.
5.	Shen <i>et al.</i> (2015)	Trostepen i AOP Model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, emisije polutanata	30 provincija u Kini (2000-2012)	SFA metoda	Državna intervencija, industrijska struktura, ekonomska otvorenost, potrošnja energije, bogatstvo energetskih resursa i cijena energije.
6.	Ru i Si (2015)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije, kapital i sirovine	Proizvodnja šećera	Kineska industrija proizvodnje šećera (2002/2003 - 2012/2013)	Frakciona regresijska analiza (probit model)	Mješovita proizvodnja šećera; Kapacitet drobljenja šećerne trske po danu; Stvarne količine usitnjene šećerne trske; Operativna stopa rada; Standardna potrošnja uglja; ukupna stopa oporavka; sigurna produktivnost.
7.	Cheng (2016)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP	Nije primjenjivo (1991-2012)	Panel kointegracija	Industrijska struktura zemlje, nivo obrazovanja, struktura potrošnje energije, tehnološki napredak i utjecaj vlade.
8.	Castro <i>et al.</i> (2016)	AOP SBM	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP, CO ₂	G7 i BRICS države (1993-2010)	Tobit model	BDP po glavi stanovnika, godine školovanja, očekivani životni vijek pri rođenju i broj patenata.
9.	Zhang <i>et al.</i> (2017)	AOP	Radna snaga, potrošnja	BDP	30 administrativ	β -konvergenacija	Ekonomski razvoj, direktna strana ulaganja i utjecaj vlade.

<i>R.b.</i>	<i>Autor/i (Godina objave)</i>	<i>Metoda</i>	<i>Inputi</i>	<i>Output/i</i>	<i>DO (Godine obuhvaćene istraživanjem)</i>	<i>Metoda</i>	<i>Determinante</i>
			energije i kapital		nih regija u Kini (2000-2014)		
10.	Sineviciene <i>et al.</i> (2017)	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Slovenija, Slovačka, Češka, Rumunija, Poljska, Litvanija, Letonija, Estonija, Bjelorusija, Ruska Federacija i Ukrajina	GLS regresija	BDP po glavi stanovnika, cijena energije (nafta), cijena energije (plin), dodana vrijednost industrije, CO ₂ , tehnološki izvoz, bruto investicije u dugotrajnu imovinu i institucionalna varijabla.
11.	Huang i Wang (2017)	AOP SBM	Kapital, radna snaga i energetska ulaganja	BDP, SO ₂	276 gradova u Kini (2000-2012)	Regresijski prostorni ekonometrijski model	Struktura industrije, nivo tehnologije, infrastruktura, vladine intervencije i bogatstvo energetske resursa
12.	Lin i Xu (2017)	AOP SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, SO ₂ i hemijska potreba za kiseonikom	30 provincija, općina i regija u Kini (2006-2015)	Tobit model	Okolišna regulativa, industrijska struktura, tehnološki napredak, energetska struktura i stepen otvorenosti ekonomije.
13.	Jebali <i>et al.</i> (2017)	AOP	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, radna snaga i potrošnja energije	BDP	Mediterranske države (2009-2012)	Regresija	Bruto nacionalni dohodak po stanovniku, gustina naseljenosti i korištenje obnovljive energije
14.	Yang <i>et al.</i> (2018)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	Dodana vrijednost u poljoprivredi	30 provincija i tri regije u Kini (2001-2011)	Tobit model	Cijena energije, ekonomska struktura, struktura poljoprivredne proizvodnje, tehnološke promjene i nivo prihoda.
15.	Borožan (2018)	AOP	Bruto investicije u dugotrajnu imovinu, ukupna finalna potrošnja energije, stopa	BDP	25 EU NUTS-2 regija (2005-2013)	Tobit model	Visoko obrazovanje, ljudski resursi u nauci i tehnologiji, gustina naseljenosti, prosječne cijene električne energije, recesija, stopa nezaposlenosti, klimatski uslovi i stepen razvijenosti.

R.b.	Autor/i (Godina objave)	Metoda	Inputi	Output/i	DO (Godine obuhvaćene istraživanjem)	Metoda	Determinante
			zaposlenosti				
16.	Yang i Wei (2018)	AOP Malmquist indeks	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpadne vode, hemijska potreba za kiseonikom, amonijak, azot, SO ₂ , dim i prašina	17 regija inicijative „Pojas i put“ (2005-2015)	Tobit model	Ekonomski razvoj, industrijska struktura, zagađenje okoliša, otvaranje, istraživanje i razvoj, državne finansije, bogatstvo resursa i energetske faktori.
17.	He et al. (2019)	AOP	Potrošnja uglja, potrošnja nafte, potrošnja gasa, ljudski resursi, kapital	BDP, SOx, CO, CO ₂ , metan	32 OECD države (1995-2016)	Logit model	Energijska efikasnost bez neočekivane proizvodnje - ugalj; energijska efikasnost bez neočekivanog izlaza - nafta; energijska efikasnost bez neočekivanog izlaza - gas; energijska efikasnost uključujući neočekivani izlaz - ugalj; energijska efikasnost uključujući neočekivani izlaz - nafta; energijska efikasnost uključujući neočekivani izlaz - gas; cijena energije; energetska struktura; tehnologije zaštite okoliša i industrijska struktura.
18.	Li (2019)	Malmquist-Luenberger indeks	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpadne vode, SO ₂ i prašina	283 grada u Kini (2003-2013)	Regresijski prostorni model (SAR)	Ekonomski rast, tehnološki napredak, izdaci za nauku, industrijska struktura, fiskalna decentralizacija i direktna strana ulaganja.
19.	Yu (2020)	AOP super SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, hemijska potražnja za kiseonikom, SO ₂	30 provincija u Kini (2003-2016)	Dinamički prostorni panel model (DSPM)	Međuindustrijska struktura, unutarindustrijska struktura, ulaganja u inovacije, inovativna proizvodnja, ekonomski razvoj, struktura ljudskog kapitala, kontrola industrijskog zagađenja, direktna strana ulaganja, nivo urbanizacije i vladina intervencija.
20.	Cheng et al. (2020)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	30 provincija u Kini (1997-2016)	β-konvergenција	Nivo urbanizacije, industrijska struktura, energetska struktura, tehnološki nivo, stepen tržišnosti, direktna strana ulaganja i okolišna regulativa.
21.	Ohene-Asare et al. (2020)	AOP SBM	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	46 afričkih država (1980-2011)	Model skraćene regresije	Bruto nacionalni dohodak po glavi stanovnika, nivo tehnologije, ekonomska struktura

<i>R.b.</i>	<i>Autor/i (Godina a objave)</i>	<i>Metoda</i>	<i>Inputi</i>	<i>Output/ i</i>	<i>DO (Godine obuhvaćene istraživanjem)</i>	<i>Metoda</i>	<i>Determinante</i>
							zemlje, cijene energije i stanovništvo.
22.	Hao <i>et al.</i> (2020)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpadne vode, otpadni gas i čvrsti otpad u industrij i	30 provincija u Kini (2005-2016)	Panel regresija	Korupcija, stepen ekonomskog razvoja, stepen razvijenosti spoljne trgovine, regionalni tehnički nivo i industrijska struktura.
23.	Nikbakht <i>et al.</i> (2022)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, CO ₂	Države Perzijskog zaljeva (2000-2014)	Tobit model	BDP po glavi stanovnika, cijena nafte, stepen industrijalizacije, veličina populacije, stopa citiranosti naučnih radova, direktna strana ulaganja i stepen komercijalne otvorenosti u oblasti energijske efikasnosti.
24.	Geng <i>et al.</i> (2022)	AOP Super-SBM model	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, emisije industrijskih otpadnih plinova, industrijske otpadne vode i industrijski čvrsti otpad	Provincije u Kini (2008-2020)	Tobit model	Ekološka regulativa, regionalni ekonomski razvoj, direktna strana ulaganja, fiskalna decentralizacija, ulaganja u fiksnu imovinu i industrijska struktura.
25.	Wang i Wang (2022)	AOP	Radna snaga, potrošnja energije i kapital	BDP, otpad	Regije u Kini	Tobit model	Nivo tržišne orijentacije, tehnološki napredak, direktna strana ulaganja, struktura potrošnje energije i cijene energije.

Prilog 2. Detaljni rezultati analize prozora u okviru analize omeđivanja podataka za utvrđivanje UFEE

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Albanija	Prozor 1	0,54	0,58	1,00	0,67												0,70
Albanija	Prozor 2		0,57	0,89	0,64	1,00											0,78
Albanija	Prozor 3			0,89	0,64	1,00	0,89										0,86
Albanija	Prozor 4				0,65	1,00	0,83	0,83									0,83
Albanija	Prozor 5					1,00	0,80	0,80	1,00								0,90
Albanija	Prozor 6						0,91	0,87	1,00	0,89							0,92
Albanija	Prozor 7							0,84	1,00	0,86	0,82						0,88
Albanija	Prozor 8								1,00	0,75	0,67	0,77					0,80
Albanija	Prozor 9									0,93	0,73	1,00	0,89				0,89
Albanija	Prozor 10										0,54	1,00	0,78	0,53			0,71
Albanija	Prozor 11											0,79	0,55	0,52	1,00		0,72
Albanija	Prozor 12												0,53	0,50	0,54	1,00	0,64
Albanija	Prosjek	0,54	0,58	0,93	0,65	1,00	0,86	0,84	1,00	0,86	0,69	0,89	0,69	0,52	0,77	1,00	0,79
Austrija	Prozor 1	0,75	0,79	0,85	0,86												0,81
Austrija	Prozor 2		0,79	0,85	0,86	0,89											0,85
Austrija	Prozor 3			0,85	0,86	0,88	0,83										0,85
Austrija	Prozor 4				0,83	0,82	0,80	0,86									0,83
Austrija	Prozor 5					0,82	0,79	0,86	0,87								0,83
Austrija	Prozor 6						0,78	0,85	0,85	0,84							0,83
Austrija	Prozor 7							0,77	0,78	0,77	0,80						0,78
Austrija	Prozor 8								0,62	0,61	0,63	0,63					0,62
Austrija	Prozor 9									0,61	0,63	0,63	0,64				0,63
Austrija	Prozor 10										0,58	0,58	0,59	0,60			0,59
Austrija	Prozor 11											0,52	0,53	0,55	0,58		0,55
Austrija	Prozor 12												0,49	0,50	0,53	0,53	0,51
Austrija	Prosjek	0,75	0,79	0,85	0,85	0,85	0,80	0,83	0,78	0,71	0,66	0,59	0,56	0,55	0,56	0,53	0,71
Belgija	Prozor 1	0,67	0,70	0,72	0,70												0,70
Belgija	Prozor 2		0,70	0,72	0,70	0,72											0,71

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Belgija	Prozor 3			0,72	0,70	0,72	0,71										0,71
Belgija	Prozor 4				0,72	0,72	0,72	0,76									0,73
Belgija	Prozor 5					0,72	0,73	1,00	1,00								0,86
Belgija	Prozor 6						0,71	1,00	1,00	1,00							0,93
Belgija	Prozor 7							0,71	0,72	0,71	1,00						0,78
Belgija	Prozor 8								0,60	0,59	0,62	0,62					0,61
Belgija	Prozor 9									0,59	0,62	0,62	0,62				0,61
Belgija	Prozor 10										0,59	0,59	0,59	0,60			0,59
Belgija	Prozor 11											0,55	0,55	0,56	0,56		0,55
Belgija	Prozor 12												0,52	0,53	0,53	0,54	0,53
Belgija	Prosjek	0,67	0,70	0,72	0,70	0,72	0,71	0,87	0,83	0,72	0,71	0,59	0,57	0,56	0,55	0,54	0,68
Bugarska	Prozor 1	0,83	0,67	0,64	0,60												0,69
Bugarska	Prozor 2		0,67	0,66	0,61	0,53											0,62
Bugarska	Prozor 3			0,66	0,62	0,53	0,52										0,58
Bugarska	Prozor 4				0,69	0,60	0,56	0,54									0,60
Bugarska	Prozor 5					0,67	0,61	0,57	0,54								0,60
Bugarska	Prozor 6						0,59	0,56	0,54	0,54							0,56
Bugarska	Prozor 7							0,49	0,48	0,49	0,48						0,49
Bugarska	Prozor 8								0,39	0,39	0,39	0,39					0,39
Bugarska	Prozor 9									0,39	0,39	0,39	0,40				0,39
Bugarska	Prozor 10										0,39	0,39	0,40	0,40			0,39
Bugarska	Prozor 11											0,38	0,39	0,39	0,40		0,39
Bugarska	Prozor 12												0,38	0,38	0,39	0,40	0,39
Bugarska	Prosjek	0,83	0,67	0,65	0,63	0,58	0,57	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,52
Bosna i Hercegovina	Prozor 1	0,66	0,65	0,65	0,60												0,64
Bosna i Hercegovina	Prozor 2		0,65	0,65	0,60	0,53											0,61
Bosna i Hercegovina	Prozor 3			0,65	0,60	0,53	0,51										0,57
Bosna i Hercegovina	Prozor 4				0,64	0,55	0,52	0,51									0,56
Bosna i Hercegovina	Prozor 5					0,64	0,53	0,51	0,51								0,55
Bosna i Hercegovina	Prozor 6						0,55	0,51	0,51	0,53							0,53

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Bosna i Hercegovina	Prozor 7							0,50	0,49	0,51	0,49						0,50
Bosna i Hercegovina	Prozor 8								0,42	0,43	0,42	0,42					0,42
Bosna i Hercegovina	Prozor 9									0,43	0,42	0,42	0,41				0,42
Bosna i Hercegovina	Prozor 10										0,42	0,42	0,41	0,41			0,42
Bosna i Hercegovina	Prozor 11											0,42	0,41	0,41	0,40		0,41
Bosna i Hercegovina	Prozor 12												0,41	0,40	0,39	0,40	0,40
Bosna i Hercegovina	Prosjek	0,66	0,65	0,65	0,61	0,57	0,53	0,51	0,48	0,48	0,44	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,51
Kipar	Prozor 1	0,51	0,52	0,53	0,50												0,52
Kipar	Prozor 2		0,50	0,52	0,49	0,48											0,50
Kipar	Prozor 3			0,52	0,49	0,48	0,49										0,49
Kipar	Prozor 4				0,49	0,48	0,49	0,50									0,49
Kipar	Prozor 5					0,48	0,49	0,50	0,53								0,50
Kipar	Prozor 6						0,49	0,49	0,53	0,53							0,51
Kipar	Prozor 7							0,47	0,50	0,50	0,49						0,49
Kipar	Prozor 8								0,45	0,45	0,45	0,45					0,45
Kipar	Prozor 9									0,45	0,45	0,45	0,46				0,45
Kipar	Prozor 10										0,44	0,45	0,46	0,44			0,45
Kipar	Prozor 11											0,44	0,45	0,43	0,45		0,44
Kipar	Prozor 12												0,45	0,43	0,44	0,45	0,44
Kipar	Prosjek	0,51	0,51	0,52	0,49	0,48	0,49	0,49	0,50	0,48	0,46	0,45	0,45	0,43	0,45	0,45	0,48
Češka Republika	Prozor 1	0,46	0,49	0,53	0,54												0,50
Češka Republika	Prozor 2		0,49	0,53	0,54	0,51											0,52
Češka Republika	Prozor 3			0,53	0,54	0,51	0,52										0,53
Češka Republika	Prozor 4				0,56	0,53	0,54	0,55									0,54
Češka Republika	Prozor 5					0,53	0,53	0,55	0,54								0,54
Češka Republika	Prozor 6						0,53	0,54	0,53	0,54							0,53
Češka Republika	Prozor 7							0,50	0,49	0,49	0,51						0,50
Češka Republika	Prozor 8								0,37	0,37	0,39	0,42					0,39
Češka Republika	Prozor 9									0,37	0,39	0,42	0,43				0,40
Češka Republika	Prozor 10										0,37	0,39	0,40	0,42			0,39

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Češka Republika	Prozor 11											0,37	0,37	0,38	0,40		0,38
Češka Republika	Prozor 12												0,36	0,37	0,38	0,39	0,38
Češka Republika	Prosjek	0,46	0,49	0,53	0,54	0,52	0,53	0,53	0,48	0,44	0,41	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,46
Njemačka	Prozor 1	0,88	0,92	1,00	1,00												0,95
Njemačka	Prozor 2		0,92	1,00	1,00	0,93											0,96
Njemačka	Prozor 3			1,00	1,00	0,93	0,95										0,97
Njemačka	Prozor 4				1,00	0,89	0,91	1,00									0,95
Njemačka	Prozor 5					0,89	0,91	1,00	1,00								0,95
Njemačka	Prozor 6						0,91	1,00	1,00	1,00							0,98
Njemačka	Prozor 7							0,94	0,94	0,93	1,00						0,95
Njemačka	Prozor 8								0,93	0,92	0,99	1,00					0,96
Njemačka	Prozor 9									0,90	0,97	0,98	1,00				0,96
Njemačka	Prozor 10										0,93	0,95	0,97	1,00			0,96
Njemačka	Prozor 11											0,91	0,93	0,96	1,00		0,95
Njemačka	Prozor 12												0,90	0,94	1,00	1,00	0,96
Njemačka	Prosjek	0,88	0,92	1,00	1,00	0,91	0,92	0,99	0,97	0,94	0,97	0,96	0,95	0,97	1,00	1,00	0,96
Danska	Prozor 1	0,80	0,79	0,82	0,83												0,81
Danska	Prozor 2		0,79	0,82	0,83	0,80											0,81
Danska	Prozor 3			0,82	0,83	0,80	0,80										0,81
Danska	Prozor 4				0,82	0,79	0,79	0,85									0,81
Danska	Prozor 5					0,78	0,79	0,85	0,90								0,83
Danska	Prozor 6						0,77	0,82	0,88	0,88							0,84
Danska	Prozor 7							0,73	0,77	0,78	0,84						0,78
Danska	Prozor 8								0,58	0,58	0,61	0,63					0,60
Danska	Prozor 9									0,58	0,61	0,63	0,64				0,62
Danska	Prozor 10										0,60	0,62	0,62	0,66			0,62
Danska	Prozor 11											0,59	0,59	0,62	0,63		0,61
Danska	Prozor 12												0,56	0,59	0,60	0,63	0,59
Danska	Prosjek	0,80	0,79	0,82	0,83	0,80	0,79	0,81	0,78	0,71	0,66	0,62	0,60	0,62	0,62	0,63	0,72
Španija	Prozor 1	0,85	0,90	0,89	0,92												0,89

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Španija	Prozor 2		0,90	0,89	0,92	0,90											0,91
Španija	Prozor 3			0,89	0,92	0,90	0,92										0,91
Španija	Prozor 4				0,91	0,91	0,92	0,93									0,92
Španija	Prozor 5					0,91	0,92	0,93	0,91								0,92
Španija	Prozor 6						0,91	0,92	0,91	1,00							0,93
Španija	Prozor 7							0,85	0,85	0,88	0,92						0,88
Španija	Prozor 8								0,82	0,84	0,87	1,00					0,88
Španija	Prozor 9									0,84	0,87	0,96	1,00				0,92
Španija	Prozor 10										0,83	0,87	0,91	1,00			0,90
Španija	Prozor 11											0,84	0,87	0,89	1,00		0,90
Španija	Prozor 12												0,82	0,83	0,85	1,00	0,88
Španija	Prosjek	0,85	0,90	0,89	0,92	0,91	0,91	0,91	0,87	0,89	0,87	0,92	0,90	0,91	0,93	1,00	0,91
Estonija	Prozor 1	0,87	0,98	1,00	0,78												0,91
Estonija	Prozor 2		0,98	1,00	0,75	0,74											0,87
Estonija	Prozor 3			1,00	0,75	0,74	0,72										0,80
Estonija	Prozor 4				0,78	0,69	0,68	0,79									0,73
Estonija	Prozor 5					0,68	0,68	0,78	0,72								0,71
Estonija	Prozor 6						0,72	1,00	0,74	0,75							0,80
Estonija	Prozor 7							0,79	0,68	0,68	0,82						0,74
Estonija	Prozor 8								0,57	0,56	0,60	0,62					0,59
Estonija	Prozor 9									0,56	0,60	0,62	0,63				0,60
Estonija	Prozor 10										0,59	0,61	0,62	0,61			0,61
Estonija	Prozor 11											0,59	0,60	0,59	0,61		0,60
Estonija	Prozor 12												0,58	0,57	0,58	1,00	0,68
Estonija	Prosjek	0,87	0,98	1,00	0,77	0,71	0,70	0,84	0,68	0,64	0,65	0,61	0,61	0,59	0,60	1,00	0,75
Finska	Prozor 1	0,57	0,55	0,60	0,62												0,59
Finska	Prozor 2		0,55	0,60	0,62	0,57											0,59
Finska	Prozor 3			0,60	0,62	0,57	0,56										0,59
Finska	Prozor 4				0,63	0,57	0,56	0,60									0,59
Finska	Prozor 5					0,56	0,56	0,60	0,60								0,58

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Finska	Prozor 6						0,54	0,58	0,58	0,56							0,57
Finska	Prozor 7							0,53	0,53	0,52	0,52						0,53
Finska	Prozor 8								0,42	0,40	0,41	0,42					0,41
Finska	Prozor 9									0,40	0,41	0,42	0,42				0,41
Finska	Prozor 10										0,41	0,42	0,42	0,44			0,42
Finska	Prozor 11											0,40	0,40	0,42	0,42		0,41
Finska	Prozor 12												0,39	0,40	0,41	0,41	0,40
Finska	Prosjek	0,57	0,55	0,60	0,62	0,57	0,55	0,58	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,42	0,41	0,41	0,50
Francuska	Prozor 1	0,93	0,96	1,00	1,00												0,97
Francuska	Prozor 2		0,96	1,00	1,00	1,00											0,99
Francuska	Prozor 3			1,00	0,99	0,99	1,00										0,99
Francuska	Prozor 4				0,97	0,94	0,95	1,00									0,96
Francuska	Prozor 5					0,94	0,95	1,00	1,00								0,97
Francuska	Prozor 6						0,95	1,00	1,00	1,00							0,99
Francuska	Prozor 7							0,93	0,93	0,93	1,00						0,95
Francuska	Prozor 8								0,93	0,92	1,00	1,00					0,96
Francuska	Prozor 9									0,92	1,00	1,00	1,00				0,98
Francuska	Prozor 10										0,97	0,97	0,97	1,00			0,98
Francuska	Prozor 11											0,93	0,93	0,95	1,00		0,95
Francuska	Prozor 12												0,91	0,93	0,97	1,00	0,95
Francuska	Prosjek	0,93	0,96	1,00	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,94	0,99	0,97	0,95	0,96	0,99	1,00	0,97
Grčka	Prozor 1	0,78	0,96	1,00	0,81												0,89
Grčka	Prozor 2		0,94	1,00	0,81	0,75											0,88
Grčka	Prozor 3			1,00	0,81	0,75	0,73										0,82
Grčka	Prozor 4				1,00	0,80	0,75	0,65									0,80
Grčka	Prozor 5					0,84	0,74	0,65	0,64								0,72
Grčka	Prozor 6						0,73	0,64	0,63	0,66							0,66
Grčka	Prozor 7							0,58	0,57	0,60	0,61						0,59
Grčka	Prozor 8								0,43	0,45	0,46	0,46					0,45
Grčka	Prozor 9									0,45	0,46	0,46	0,46				0,46

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjeak
Grčka	Prozor 10										0,46	0,45	0,46	0,46			0,46
Grčka	Prozor 11											0,43	0,44	0,44	0,46		0,44
Grčka	Prozor 12												0,42	0,43	0,44	0,45	0,44
Grčka	Prosjeak	0,78	0,95	1,00	0,86	0,79	0,74	0,63	0,57	0,54	0,50	0,45	0,44	0,44	0,45	0,45	0,64
Hrvatska	Prozor 1	0,62	0,64	0,67	0,64												0,64
Hrvatska	Prozor 2		0,64	0,67	0,64	0,60											0,64
Hrvatska	Prozor 3			0,67	0,64	0,60	0,59										0,63
Hrvatska	Prozor 4				0,68	0,60	0,60	0,61									0,62
Hrvatska	Prozor 5					0,60	0,59	0,60	0,60								0,60
Hrvatska	Prozor 6						0,59	0,59	0,59	0,62							0,60
Hrvatska	Prozor 7							0,54	0,54	0,56	0,57						0,56
Hrvatska	Prozor 8								0,43	0,45	0,45	0,45					0,45
Hrvatska	Prozor 9									0,45	0,45	0,45	0,47				0,45
Hrvatska	Prozor 10										0,45	0,45	0,46	0,46			0,46
Hrvatska	Prozor 11											0,43	0,45	0,45	0,45		0,45
Hrvatska	Prozor 12												0,43	0,43	0,44	0,45	0,44
Hrvatska	Prosjeak	0,62	0,64	0,67	0,65	0,60	0,59	0,59	0,54	0,52	0,48	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,54
Mađarska	Prozor 1	0,57	0,60	0,60	0,61												0,60
Mađarska	Prozor 2		0,60	0,60	0,61	0,58											0,60
Mađarska	Prozor 3			0,60	0,61	0,58	0,57										0,59
Mađarska	Prozor 4				0,65	0,58	0,58	0,60									0,61
Mađarska	Prozor 5					0,58	0,58	0,60	0,61								0,59
Mađarska	Prozor 6						0,57	0,58	0,59	0,62							0,59
Mađarska	Prozor 7							0,53	0,54	0,56	0,58						0,55
Mađarska	Prozor 8								0,42	0,43	0,44	0,44					0,43
Mađarska	Prozor 9									0,43	0,44	0,44	0,44				0,44
Mađarska	Prozor 10										0,44	0,44	0,44	0,45			0,44
Mađarska	Prozor 11											0,42	0,42	0,43	0,45		0,43
Mađarska	Prozor 12												0,41	0,42	0,44	0,45	0,43
Mađarska	Prosjeak	0,57	0,60	0,60	0,62	0,58	0,57	0,58	0,54	0,51	0,48	0,44	0,43	0,43	0,44	0,45	0,52

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Irska	Prozor 1	1,00	0,97	1,00	0,92												0,97
Irska	Prozor 2		1,00	1,00	0,92	1,00											0,98
Irska	Prozor 3			1,00	0,92	1,00	1,00										0,98
Irska	Prozor 4				1,00	0,93	1,00	1,00									0,98
Irska	Prozor 5					0,95	1,00	1,00	1,00								0,99
Irska	Prozor 6						0,92	0,97	0,97	1,00							0,97
Irska	Prozor 7							0,87	0,88	0,90	1,00						0,91
Irska	Prozor 8								0,67	0,68	0,75	1,00					0,78
Irska	Prozor 9									0,68	0,75	1,00	0,97				0,85
Irska	Prozor 10										0,73	1,00	0,93	1,00			0,92
Irska	Prozor 11											1,00	0,90	0,95	1,00		0,96
Irska	Prozor 12												1,00	0,97	1,00	1,00	0,99
Irska	Prosjek	1,00	0,99	1,00	0,94	0,97	0,98	0,96	0,88	0,82	0,81	1,00	0,95	0,97	1,00	1,00	0,95
Italija	Prozor 1	0,95	0,98	1,00	0,99												0,98
Italija	Prozor 2		0,98	1,00	0,99	1,00											0,99
Italija	Prozor 3			1,00	0,99	1,00	1,00										1,00
Italija	Prozor 4				1,00	0,95	0,97	1,00									0,98
Italija	Prozor 5					0,95	0,97	1,00	1,00								0,98
Italija	Prozor 6						0,97	1,00	0,97	1,00							0,98
Italija	Prozor 7							1,00	0,93	0,97	1,00						0,98
Italija	Prozor 8								0,93	1,00	1,00	1,00					0,98
Italija	Prozor 9									0,94	0,98	0,97	1,00				0,97
Italija	Prozor 10										0,95	0,94	0,97	1,00			0,96
Italija	Prozor 11											0,89	0,94	0,97	1,00		0,95
Italija	Prozor 12												0,89	0,92	0,95	1,00	0,94
Italija	Prosjek	0,95	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,96	0,98	0,98	0,95	0,95	0,97	0,98	1,00	0,98
Litvanija	Prozor 1	0,91	0,96	1,00	0,96												0,96
Litvanija	Prozor 2		0,96	1,00	0,96	0,69											0,90
Litvanija	Prozor 3			1,00	0,96	0,69	0,69										0,84
Litvanija	Prozor 4				1,00	0,77	0,75	0,80									0,83

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Litvanija	Prozor 5					0,86	0,83	0,94	1,00								0,91
Litvanija	Prozor 6						0,79	0,87	0,91	1,00							0,89
Litvanija	Prozor 7							0,81	0,85	0,93	1,00						0,90
Litvanija	Prozor 8								0,54	0,58	0,65	0,58					0,59
Litvanija	Prozor 9									0,59	0,65	0,58	0,58				0,60
Litvanija	Prozor 10										0,70	0,58	0,58	0,58			0,61
Litvanija	Prozor 11											0,57	0,57	0,58	0,59		0,58
Litvanija	Prozor 12												0,71	0,82	0,94	1,00	0,87
Litvanija	Prosjek	0,91	0,96	1,00	0,97	0,76	0,76	0,86	0,82	0,78	0,75	0,58	0,61	0,66	0,76	1,00	0,81
Luksemburg	Prozor 1	0,85	0,90	1,00	0,97												0,93
Luksemburg	Prozor 2		0,90	1,00	0,97	1,00											0,97
Luksemburg	Prozor 3			1,00	0,97	1,00	0,96										0,98
Luksemburg	Prozor 4				1,00	0,97	0,97	1,00									0,99
Luksemburg	Prozor 5					0,97	1,00	1,00	1,00								0,99
Luksemburg	Prozor 6						1,00	1,00	1,00	1,00							1,00
Luksemburg	Prozor 7							1,00	1,00	0,93	1,00						0,98
Luksemburg	Prozor 8								1,00	0,89	0,95	1,00					0,96
Luksemburg	Prozor 9									0,84	0,89	0,93	1,00				0,92
Luksemburg	Prozor 10										0,89	0,93	1,00	1,00			0,96
Luksemburg	Prozor 11											0,93	1,00	1,00	1,00		0,98
Luksemburg	Prozor 12												1,00	0,99	0,99	1,00	0,99
Luksemburg	Prosjek	0,85	0,90	1,00	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,92	0,94	0,95	1,00	0,99	0,99	1,00	0,97
Latvija	Prozor 1	0,77	0,87	1,00	1,00												0,91
Latvija	Prozor 2		0,87	1,00	1,00	0,61											0,87
Latvija	Prozor 3			1,00	1,00	0,61	0,54										0,79
Latvija	Prozor 4				1,00	0,62	0,56	0,63									0,70
Latvija	Prozor 5					0,61	0,55	0,63	0,66								0,61
Latvija	Prozor 6						0,56	0,63	0,66	0,68							0,63
Latvija	Prozor 7							0,58	0,61	0,62	0,63						0,61
Latvija	Prozor 8								0,50	0,51	0,51	0,53					0,51

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Latvija	Prozor 9									0,51	0,51	0,53	0,53				0,52
Latvija	Prozor 10										0,51	0,52	0,53	0,54			0,52
Latvija	Prozor 11											0,51	0,51	0,53	0,54		0,52
Latvija	Prozor 12												0,50	0,51	0,52	0,52	0,51
Latvija	Prosjek	0,77	0,87	1,00	1,00	0,61	0,55	0,62	0,61	0,58	0,54	0,52	0,52	0,53	0,53	0,52	0,65
Sjeverna Makedonija	Prozor 1	0,56	0,59	0,62	0,64												0,60
Sjeverna Makedonija	Prozor 2		0,58	0,61	0,64	0,66											0,62
Sjeverna Makedonija	Prozor 3			0,61	0,64	0,66	0,67										0,64
Sjeverna Makedonija	Prozor 4				0,67	0,70	0,71	0,66									0,69
Sjeverna Makedonija	Prozor 5					1,00	0,90	0,69	0,67								0,81
Sjeverna Makedonija	Prozor 6						0,79	0,72	0,67	0,73							0,73
Sjeverna Makedonija	Prozor 7							0,71	0,66	0,70	0,75						0,71
Sjeverna Makedonija	Prozor 8								0,54	0,56	0,57	0,59					0,56
Sjeverna Makedonija	Prozor 9									0,56	0,57	0,58	0,59				0,57
Sjeverna Makedonija	Prozor 10										0,57	0,58	0,59	0,58			0,58
Sjeverna Makedonija	Prozor 11											0,58	0,58	0,57	0,57		0,58
Sjeverna Makedonija	Prozor 12												0,67	0,57	0,56	0,61	0,60
Sjeverna Makedonija	Prosjek	0,56	0,59	0,61	0,65	0,75	0,77	0,69	0,64	0,64	0,62	0,58	0,61	0,57	0,56	0,61	0,63
Malta	Prozor 1	1,00	1,00	1,00	1,00												1,00
Malta	Prozor 2		1,00	1,00	1,00	1,00											1,00
Malta	Prozor 3			1,00	1,00	1,00	0,87										0,97
Malta	Prozor 4				1,00	1,00	0,85	1,00									0,96
Malta	Prozor 5					1,00	0,93	1,00	1,00								0,98
Malta	Prozor 6						1,00	1,00	0,98	1,00							1,00
Malta	Prozor 7							1,00	0,98	1,00	1,00						1,00
Malta	Prozor 8								1,00	1,00	1,00	1,00					1,00
Malta	Prozor 9									1,00	1,00	1,00	1,00				1,00
Malta	Prozor 10										1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
Malta	Prozor 11											1,00	1,00	0,96	1,00		0,99
Malta	Prozor 12												1,00	0,96	1,00	1,00	0,99

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek	
<i>Malta</i>	<i>Prosjek</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>0,91337</i>	<i>1,00</i>	<i>0,99</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>0,98</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>0,99</i>	
Crna Gora	Prozor 1	1,00	1,00	1,00	1,00												1,00	
Crna Gora	Prozor 2		1,00	1,00	1,00	1,00											1,00	
Crna Gora	Prozor 3			1,00	1,00	1,00	1,00										1,00	
Crna Gora	Prozor 4				1,00	1,00	0,88	1,00									0,97	
Crna Gora	Prozor 5					1,00	0,89	1,00	1,00								0,97	
Crna Gora	Prozor 6						1,00	1,00	1,00	1,00							1,00	
Crna Gora	Prozor 7							1,00	1,00	1,00	1,00						1,00	
Crna Gora	Prozor 8								1,00	1,00	1,00	1,00					1,00	
Crna Gora	Prozor 9									1,00	1,00	1,00	1,00				1,00	
Crna Gora	Prozor 10										1,00	1,00	1,00	1,00			1,00	
Crna Gora	Prozor 11											1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	
Crna Gora	Prozor 12												1,00	1,00	1,00	0,84	0,96	
<i>Crna Gora</i>	<i>Prosjek</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>0,94</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<i>0,84</i>	<i>0,99</i>
Holandija	Prozor 1	0,69	0,72	0,75	0,76												0,73	
Holandija	Prozor 2		0,72	0,75	0,76	0,72											0,74	
Holandija	Prozor 3			0,75	0,76	0,72	0,71										0,73	
Holandija	Prozor 4				1,00	0,74	0,73	0,76									0,80	
Holandija	Prozor 5					0,74	0,73	0,76	0,75								0,74	
Holandija	Prozor 6						0,72	0,75	0,74	0,74							0,74	
Holandija	Prozor 7							0,71	0,70	0,70	0,74						0,71	
Holandija	Prozor 8								0,63	0,64	0,67	0,67					0,65	
Holandija	Prozor 9									0,63	0,66	0,67	0,68				0,66	
Holandija	Prozor 10										0,64	0,65	0,66	0,68			0,66	
Holandija	Prozor 11											0,63	0,64	0,65	0,67		0,65	
Holandija	Prozor 12												0,61	0,63	0,65	0,66	0,64	
<i>Holandija</i>	<i>Prosjek</i>	<i>0,69</i>	<i>0,72</i>	<i>0,75</i>	<i>0,82</i>	<i>0,73</i>	<i>0,72</i>	<i>0,74</i>	<i>0,70</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>	<i>0,66</i>	<i>0,65</i>	<i>0,65</i>	<i>0,66</i>	<i>0,66</i>	<i>0,70</i>	
Poljska	Prozor 1	0,80	0,88	1,00	1,00												0,92	
Poljska	Prozor 2		0,88	1,00	1,00	1,00											0,97	
Poljska	Prozor 3			1,00	1,00	1,00	1,00										1,00	

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Poljska	Prozor 4				1,00	0,96	0,93	1,00									0,97
Poljska	Prozor 5					1,00	0,93	1,00	0,98								0,98
Poljska	Prozor 6						0,93	1,00	0,97	0,95							0,96
Poljska	Prozor 7							1,00	0,96	0,93	1,00						0,97
Poljska	Prozor 8								1,00	0,89	0,95	1,00					0,96
Poljska	Prozor 9									0,89	0,95	1,00	0,98				0,96
Poljska	Prozor 10										0,90	1,00	0,92	1,00			0,96
Poljska	Prozor 11											0,84	0,83	0,88	1,00		0,89
Poljska	Prozor 12												0,76	0,80	0,90	1,00	0,87
Poljska	Prosjek	0,80	0,88	1,00	1,00	0,99	0,95	1,00	0,98	0,91	0,95	0,96	0,87	0,89	0,95	1,00	0,94
Portugal	Prozor 1	0,64	0,69	0,71	0,73												0,69
Portugal	Prozor 2		0,69	0,71	0,73	0,71											0,71
Portugal	Prozor 3			0,71	0,73	0,71	0,80										0,74
Portugal	Prozor 4				0,72	0,70	0,74	0,74									0,73
Portugal	Prozor 5					0,69	0,74	0,73	0,73								0,72
Portugal	Prozor 6						0,72	0,72	0,71	0,73							0,72
Portugal	Prozor 7							0,64	0,64	0,65	0,65						0,64
Portugal	Prozor 8								0,46	0,47	0,47	0,47					0,47
Portugal	Prozor 9									0,47	0,47	0,47	0,49				0,48
Portugal	Prozor 10										0,47	0,47	0,48	0,49			0,48
Portugal	Prozor 11											0,45	0,46	0,47	0,49		0,47
Portugal	Prozor 12												0,44	0,45	0,47	0,48	0,46
Portugal	Prosjek	0,64	0,69	0,71	0,73	0,70	0,75	0,71	0,63	0,58	0,52	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,60
Rumunija	Prozor 1	0,63	0,73	0,89	1,00												0,81
Rumunija	Prozor 2		0,73	0,88	1,00	0,73											0,83
Rumunija	Prozor 3			0,88	1,00	0,73	0,68										0,82
Rumunija	Prozor 4				1,00	0,76	0,69	0,67									0,78
Rumunija	Prozor 5					0,79	0,68	0,67	0,67								0,70
Rumunija	Prozor 6						0,67	0,66	0,67	0,74							0,68
Rumunija	Prozor 7							0,59	0,60	0,67	0,71						0,64

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Rumunija	Prozor 8								0,47	0,53	0,56	0,58					0,53
Rumunija	Prozor 9									0,53	0,55	0,58	0,62				0,57
Rumunija	Prozor 10										0,52	0,54	0,58	0,61			0,56
Rumunija	Prozor 11											0,50	0,53	0,57	0,61		0,55
Rumunija	Prozor 12												0,49	0,53	0,56	0,61	0,55
Rumunija	Prosjek	0,63	0,73	0,88	1,00	0,75	0,68	0,65	0,60	0,62	0,58	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61	0,67
Srbija	Prozor 1	0,55	0,58	1,00	1,00												0,78
Srbija	Prozor 2		0,59	1,00	1,00	0,59											0,79
Srbija	Prozor 3			1,00	1,00	0,59	0,57										0,79
Srbija	Prozor 4				1,00	0,62	0,61	0,61									0,71
Srbija	Prozor 5					1,00	0,89	0,86	0,78								0,88
Srbija	Prozor 6						1,00	1,00	0,81	0,77							0,90
Srbija	Prozor 7							1,00	0,82	0,78	0,71						0,83
Srbija	Prozor 8								1,00	0,95	0,67	0,63					0,81
Srbija	Prozor 9									1,00	0,70	0,65	0,67				0,75
Srbija	Prozor 10										1,00	0,91	1,00	0,92			0,96
Srbija	Prozor 11											0,61	0,62	0,61	1,00		0,71
Srbija	Prozor 12												0,59	0,58	0,69	1,00	0,72
Srbija	Prosjek	0,55	0,58	1,00	1,00	0,70	0,77	0,87	0,85	0,87	0,77	0,70	0,72	0,70	0,85	1,00	0,80
Slovačka	Prozor 1	0,40	0,44	0,49	0,51												0,46
Slovačka	Prozor 2		0,44	0,49	0,51	0,49											0,48
Slovačka	Prozor 3			0,49	0,51	0,49	0,51										0,50
Slovačka	Prozor 4				0,53	0,51	0,53	0,56									0,53
Slovačka	Prozor 5					0,51	0,53	0,55	0,58								0,54
Slovačka	Prozor 6						0,52	0,55	0,57	0,57							0,55
Slovačka	Prozor 7							0,51	0,52	0,52	0,55						0,53
Slovačka	Prozor 8								0,42	0,42	0,44	0,45					0,43
Slovačka	Prozor 9									0,42	0,44	0,45	0,45				0,44
Slovačka	Prozor 10										0,44	0,45	0,45	0,44			0,44
Slovačka	Prozor 11											0,44	0,43	0,43	0,44		0,43

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Slovačka	Prozor 12												0,42	0,42	0,42	0,44	0,42
Slovačka	Prosjek	0,40	0,44	0,49	0,51	0,50	0,53	0,54	0,52	0,48	0,47	0,45	0,44	0,43	0,43	0,44	0,47
Slovenija	Prozor 1	0,52	0,55	0,59	0,58												0,56
Slovenija	Prozor 2		0,55	0,59	0,58	0,57											0,57
Slovenija	Prozor 3			0,59	0,58	0,57	0,56										0,58
Slovenija	Prozor 4				0,59	0,58	0,57	0,59									0,58
Slovenija	Prozor 5					0,57	0,57	0,59	0,58								0,58
Slovenija	Prozor 6						0,56	0,59	0,58	0,59							0,58
Slovenija	Prozor 7							0,55	0,54	0,54	0,59						0,55
Slovenija	Prozor 8								0,44	0,45	0,48	0,48					0,46
Slovenija	Prozor 9									0,44	0,47	0,48	0,49				0,47
Slovenija	Prozor 10										0,47	0,48	0,48	0,49			0,48
Slovenija	Prozor 11											0,46	0,47	0,47	0,49		0,47
Slovenija	Prozor 12												0,45	0,46	0,48	0,50	0,47
Slovenija	Prosjek	0,52	0,55	0,59	0,58	0,57	0,57	0,58	0,53	0,51	0,50	0,48	0,47	0,47	0,48	0,50	0,53
Švedska	Prozor 1	0,88	0,93	1,00	1,00												0,95
Švedska	Prozor 2		0,93	1,00	1,00	1,00											0,98
Švedska	Prozor 3			1,00	1,00	1,00	1,00										1,00
Švedska	Prozor 4				0,89	0,89	0,88	1,00									0,92
Švedska	Prozor 5					0,87	0,87	1,00	1,00								0,93
Švedska	Prozor 6						0,85	0,96	0,98	1,00							0,95
Švedska	Prozor 7							0,86	0,90	0,93	1,00						0,92
Švedska	Prozor 8								0,66	0,69	0,85	1,00					0,80
Švedska	Prozor 9									0,69	0,85	1,00	0,97				0,88
Švedska	Prozor 10										0,65	0,88	0,83	1,00			0,84
Švedska	Prozor 11											0,63	0,63	0,65	1,00		0,73
Švedska	Prozor 12												0,57	0,60	0,64	0,64	0,61
Švedska	Prosjek	0,88	0,93	1,00	0,97	0,94	0,90	0,95	0,88	0,83	0,84	0,88	0,75	0,75	0,82	0,64	0,86
Velika Britanija	Prozor 1	0,92	0,95	1,00	0,98												0,96
Velika Britanija	Prozor 2		0,95	1,00	0,98	0,96											0,97

Država	Prozor	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	Prosjek
Velika Britanija	Prozor 3			1,00	0,98	0,96	0,96										0,98
Velika Britanija	Prozor 4				1,00	0,92	0,92	1,00									0,96
Velika Britanija	Prozor 5					0,92	0,92	1,00	1,00								0,96
Velika Britanija	Prozor 6						0,90	0,97	0,96	1,00							0,96
Velika Britanija	Prozor 7							0,89	0,89	0,92	1,00						0,92
Velika Britanija	Prozor 8								0,86	0,89	1,00	1,00					0,94
Velika Britanija	Prozor 9									0,87	1,00	1,00	1,00				0,97
Velika Britanija	Prozor 10										1,00	1,00	0,97	1,00			0,99
Velika Britanija	Prozor 11											1,00	0,95	1,00	1,00		0,99
Velika Britanija	Prozor 12												0,92	1,00	1,00	1,00	0,98
Velika Britanija	Prosjek	0,92	0,95	1,00	0,99	0,94	0,93	0,97	0,93	0,92	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	0,97

Prilog 3. Detaljni rezultati frakcione i linearne regresione analize uključujući prosječne marginalne efekte

Stata output - *frakciona probit regresija*

```
xtset DO Godina
      panel variable:  DO (strongly balanced)
      time variable:  Godina, 2007 to 2019
      delta: 1 year
```

```
xtgee UFEE IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina, family(binomial) link(probit)
i(DO) corr(indep)
```

Iteration 1: tolerance = 5.185e-07

```
GEE population-averaged model
Group variable:          DO
Link:                   probit
Family:                 binomial
Correlation:           independent

Number of obs   =   406
Number of groups =   33
Obs per group:
    min =   7
    avg =  12.3
    max =  13

Scale parameter:          1
Wald chi2(18) =   36.01
Prob > chi2   =   0.0070

Pearson chi2(406):      49.66
Deviance =   58.59
Dispersion (Pearson):  .1223134
Dispersion =  .1443212
```

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
IES	.0137619	.0146834	0.94	0.349	-.015017 .0425407
BIDI	.0025284	.0006269	4.03	0.000	.0012997 .003757
BNDPC	.000013	7.77e-06	1.68	0.094	-2.21e-06 .0000282
CE	-3.022214	1.848977	-1.63	0.102	-6.646142 .6017135
PEEFE	1.957027	1.119338	1.75	0.080	-.2368344 4.150889
GN	.0007792	.0004492	1.73	0.083	-.0001012 .0016596
Godina					
2008	-.0107814	.4195393	-0.03	0.979	-.8330632 .8115005
2009	-.1819436	.4074854	-0.45	0.655	-.9806004 .6167132
2010	-.2184699	.4023059	-0.54	0.587	-1.006975 .5700353
2011	-.0627419	.4049743	-0.15	0.877	-.8564769 .7309931
2012	-.1606183	.4002934	-0.40	0.688	-.9451789 .6239424
2013	-.2658121	.3939987	-0.67	0.500	-1.038035 .5064112
2014	-.3430352	.3911744	-0.88	0.381	-1.109723 .4236525
2015	-.409014	.3888944	-1.05	0.293	-1.171233 .353205
2016	-.4801825	.3867459	-1.24	0.214	-1.238191 .2778256
2017	-.5106191	.3862358	-1.32	0.186	-1.267627 .2463892
2018	-.4453767	.38919	-1.14	0.252	-1.208175 .3174217
2019	-.3644701	.3913144	-0.93	0.352	-1.131432 .402492
_cons	-.9124903	1.021853	-0.89	0.372	-2.915284 1.090304

```
. margins, dydx(_all)
```

```
Average marginal effects      Number of obs    =       406  
Model VCE      : Conventional
```

```
Expression      : Pr(UFEE4kv != 0), predict()  
dy/dx w.r.t.   : IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN 2008.Godina 2009.Godina 2010.Godina  
                2011.Godina 2012.Godina 2013.Godina  
                2014.Godina 2015.Godina 2016.Godina 2017.Godina 2018.Godina  
2019.Godina
```

		Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0041231	.0043863	0.94	0.347	-.0044738	.0127201
BIDI	.0007575	.0001793	4.22	0.000	.000406	.001109
BNDPC	3.90e-06	2.30e-06	1.69	0.090	-6.15e-07	8.42e-06
CE	-.9054708	.5491106	-1.65	0.099	-1.981708	.1707661
PEEFE	.5863354	.3319905	1.77	0.077	-.064354	1.237025
GN	.0002335	.0001336	1.75	0.080	-.0000283	.0004952
Godina						
2008	-.0027519	.1070707	-0.03	0.979	-.2126067	.2071029
2009	-.049284	.1097657	-0.45	0.653	-.2644209	.1658529
2010	-.0598725	.1092469	-0.55	0.584	-.2739924	.1542475
2011	-.0163193	.1050139	-0.16	0.877	-.2221427	.1895041
2012	-.0432048	.1066767	-0.41	0.685	-.2522874	.1658778
2013	-.0739161	.1076242	-0.69	0.492	-.2848556	.1370235
2014	-.0975518	.1086174	-0.90	0.369	-.310438	.1153343
2015	-.1184026	.1093038	-1.08	0.279	-.332634	.0958288
2016	-.1414962	.1099687	-1.29	0.198	-.357031	.0740386
2017	-.1515435	.1103389	-1.37	0.170	-.3678038	.0647167
2018	-.1301288	.110163	-1.18	0.238	-.3460442	.0857866
2019	-.1042627	.1092343	-0.95	0.340	-.3183579	.1098326

```
Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.
```

Stata output - *frakciona logit regresija*

xtgee UFEE4kv IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina, family(binomial) link(logit)
i(DO) corr(indep)

Iteration 1: tolerance = 2.840e-07

GEE population-averaged model		Number of obs	=	406
Group variable:	DO	Number of groups	=	33
Link:	logit	Obs per group:		
Family:	binomial	min	=	7
Correlation:	independent	avg	=	12.3
		max	=	13
		wald chi2(18)	=	32.36
Scale parameter:	1	Prob > chi2	=	0.0199
Pearson chi2(406):	49.42	Deviance	=	58.36
Dispersion (Pearson):	.1217203	Dispersion	=	.1437317

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
IES	.0257294	.0246663	1.04	0.297	-.0226156 .0740744
BIDI	.0047433	.0012453	3.81	0.000	.0023025 .0071842
BNDPC	.0000213	.0000134	1.59	0.112	-4.97e-06 .0000475
CE	-5.285625	3.10795	-1.70	0.089	-11.3771 .8058456
PEEFE	3.306423	1.899234	1.74	0.082	-.4160066 7.028853
GN	.0013364	.0008644	1.55	0.122	-.0003577 .0030306
Godina					
2008	-.0287292	.7349651	-0.04	0.969	-1.469234 1.411776
2009	-.3162546	.7057428	-0.45	0.654	-1.699485 1.066976
2010	-.3732704	.6947711	-0.54	0.591	-1.734997 .988456
2011	-.1250283	.7026166	-0.18	0.859	-1.502132 1.252075
2012	-.2805868	.6914363	-0.41	0.685	-1.635777 1.074603
2013	-.4566926	.6784996	-0.67	0.501	-1.786527 .8731421
2014	-.599306	.6726165	-0.89	0.373	-1.91761 .7189982
2015	-.7099158	.6677538	-1.06	0.288	-2.018689 .5988577
2016	-.8228545	.6638867	-1.24	0.215	-2.124048 .4783395
2017	-.8764956	.6629481	-1.32	0.186	-2.17585 .4228587
2018	-.7760058	.6684622	-1.16	0.246	-2.086168 .534156
2019	-.6420778	.6731394	-0.95	0.340	-1.961407 .6772511
_cons	-1.696787	1.72203	-0.99	0.324	-5.071904 1.678329

```
. margins, dydx(_all)
```

```
Average marginal effects          Number of obs    =        406
Model VCE      : Conventional
```

```
Expression      : Pr(UFEE4kv != 0), predict()
dy/dx w.r.t.   : IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN 2008.Godina 2009.Godina 2010.Godina
2011.Godina 2012.Godina 2013.Godina
                2014.Godina 2015.Godina 2016.Godina 2017.Godina 2018.Godina
2019.Godina
```

	dy/dx	Delta-method Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0045941	.0043835	1.05	0.295	-.0039974	.0131855
BIDI	.0008469	.000212	3.99	0.000	.0004314	.0012625
BNDPC	3.80e-06	2.36e-06	1.61	0.108	-8.34e-07	8.43e-06
CE	-.943766	.5483659	-1.72	0.085	-2.018543	.1310113
PEEFE	.5903729	.3349609	1.76	0.078	-.0661384	1.246884
GN	.0002386	.0001533	1.56	0.120	-.0000619	.0005392
Godina						
2008	-.0042309	.1082087	-0.04	0.969	-.2163161	.2078543
2009	-.0499298	.1105389	-0.45	0.651	-.2665821	.1667224
2010	-.0596897	.1096714	-0.54	0.586	-.2746418	.1552623
2011	-.0188636	.1054962	-0.18	0.858	-.2256324	.1879051
2012	-.0439379	.1068622	-0.41	0.681	-.253384	.1655083
2013	-.0743601	.1077817	-0.69	0.490	-.2856083	.1368881
2014	-.1004498	.1090168	-0.92	0.357	-.3141188	.1132193
2015	-.121485	.1096518	-1.11	0.268	-.3363986	.0934286
2016	-.143597	.1103066	-1.30	0.193	-.3597938	.0725999
2017	-.1542974	.110733	-1.39	0.163	-.37133	.0627352
2018	-.1343525	.1107083	-1.21	0.225	-.3513368	.0826318
2019	-.1085058	.1099134	-0.99	0.324	-.3239322	.1069205

```
Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.
```


Wald test modela frakcione probit regresije

```
xtgee UFEE IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina, family(binomial) link(probit)
i(DO) corr(indep)
```

Iteration 1: tolerance = 5.185e-07

```
GEE population-averaged model          Number of obs   =       406
Group variable:                        DO              Number of groups =       33
Link:                                  probit          Obs per group:
Family:                                binomial        min =          7
Correlation:                           independent     avg =         12.3
                                                max =          13
Scale parameter:                        1              wald chi2(18)   =       36.01
                                                Prob > chi2     =       0.0070
Pearson chi2(406):                      49.66          Deviance        =       58.59
Dispersion (Pearson):                   .1223134       Dispersion      =       .1443212
```

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0137619	.0146834	0.94	0.349	-.015017	.0425407
BIDI	.0025284	.0006269	4.03	0.000	.0012997	.003757
BNDPC	.000013	7.77e-06	1.68	0.094	-2.21e-06	.0000282
CE	-3.022214	1.848977	-1.63	0.102	-6.646142	.6017135
PEEFE	1.957027	1.119338	1.75	0.080	-.2368344	4.150889
GN	.0007792	.0004492	1.73	0.083	-.0001012	.0016596
Godina						
2008	-.0107814	.4195393	-0.03	0.979	-.8330632	.8115005
2009	-.1819436	.4074854	-0.45	0.655	-.9806004	.6167132
2010	-.2184699	.4023059	-0.54	0.587	-1.006975	.5700353
2011	-.0627419	.4049743	-0.15	0.877	-.8564769	.7309931
2012	-.1606183	.4002934	-0.40	0.688	-.9451789	.6239424
2013	-.2658121	.3939987	-0.67	0.500	-1.038035	.5064112
2014	-.3430352	.3911744	-0.88	0.381	-1.109723	.4236525
2015	-.409014	.3888944	-1.05	0.293	-1.171233	.353205
2016	-.4801825	.3867459	-1.24	0.214	-1.238191	.2778256
2017	-.5106191	.3862358	-1.32	0.186	-1.267627	.2463892
2018	-.4453767	.38919	-1.14	0.252	-1.208175	.3174217
2019	-.3644701	.3913144	-0.93	0.352	-1.131432	.402492
_cons	-.9124903	1.021853	-0.89	0.372	-2.915284	1.090304

```
. predict yh
(option mu assumed; Pr(UFEE4kv != 0))
(23 missing values generated)
```

```
. gen yhsq=yh*yh
(23 missing values generated)
```

```
. gen yhcu=yh*yh*yh
(23 missing values generated)
```

```
. xtgee UFEE4kv IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina yhsq yhcu, family(binomial)
link(probit) i(DO) corr(indep)
```

Iteration 1: tolerance = 3.865e-06
Iteration 2: tolerance = 6.879e-08

```
GEE population-averaged model          Number of obs   =       406
Group variable:                        DO              Number of groups =       33
```

```

Link:                probit          Obs per group:
Family:             binomial         min =           7
Correlation:       independent       avg =          12.3
                                                max =          13
                                                wald chi2(20) = 38.91
Scale parameter:   1                 Prob > chi2     = 0.0068
Pearson chi2(406): 49.40             Deviance        = 58.32
Dispersion (Pearson): .1216798       Dispersion      = .1436492

```

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0052807	.0222351	0.24	0.812	-.0382992	.0488606
BIDI	.0010822	.003225	0.34	0.737	-.0052386	.007403
BNDPC	3.69e-06	.0000205	0.18	0.857	-.0000365	.0000439
CE	-1.057813	4.435291	-0.24	0.811	-9.750824	7.635197
PEEFE	.7172222	2.791143	0.26	0.797	-4.753317	6.187761
GN	.0003073	.0011668	0.26	0.792	-.0019795	.0025941
Godina						
2008	-.0041083	.4175288	-0.01	0.992	-.8224498	.8142332
2009	-.0601555	.4781621	-0.13	0.900	-.997336	.877025
2010	-.0707135	.5036592	-0.14	0.888	-1.057867	.9164404
2011	-.0212323	.4132955	-0.05	0.959	-.8312766	.7888121
2012	-.0533164	.4577393	-0.12	0.907	-.9504689	.8438361
2013	-.0878789	.5370417	-0.16	0.870	-1.140461	.9647034
2014	-.1148345	.6069621	-0.19	0.850	-1.304458	1.074789
2015	-.1374979	.6738575	-0.20	0.838	-1.458234	1.183238
2016	-.1622917	.746735	-0.22	0.828	-1.625865	1.301282
2017	-.1720548	.7813293	-0.22	0.826	-1.703432	1.359323
2018	-.1481867	.7178718	-0.21	0.836	-1.555189	1.258816
2019	-.1209446	.6354123	-0.19	0.849	-1.36633	1.124441
yhsq	.9590689	4.736617	0.20	0.840	-8.32453	10.24267
yhcu	.5326592	5.584699	0.10	0.924	-10.41315	11.47847
_cons	-.6605957	1.497418	-0.44	0.659	-3.595481	2.27429

```
. test yhsq yhcu
```

```
( 1) yhsq = 0
( 2) yhcu = 0
```

```
chi2( 2) = 0.30
Prob > chi2 = 0.8620
```

Wald test modela frakcione logit regresije

```
. xtgee UFEE4kv IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina, family(binomial) link(logit)
i(DO) corr(indep)
```

Iteration 1: tolerance = 2.840e-07

```
GEE population-averaged model          Number of obs    =    406
Group variable:                        DO              Number of groups =    33
Link:                                  logit           Obs per group:
Family:                                binomial        min =    7
Correlation:                           independent     avg =   12.3
                                                max =    13
                                                wald chi2(18)  =    32.36
Scale parameter:                       1              Prob > chi2     =    0.0199
Pearson chi2(406):                      49.42         Deviance        =    58.36
Dispersion (Pearson):                   .1217203      Dispersion      =   .1437317
```

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0257294	.0246663	1.04	0.297	-.0226156	.0740744
BIDI	.0047433	.0012453	3.81	0.000	.0023025	.0071842
BNDPC	.0000213	.0000134	1.59	0.112	-4.97e-06	.0000475
CE	-5.285625	3.10795	-1.70	0.089	-11.3771	.8058456
PEEFE	3.306423	1.899234	1.74	0.082	-.4160066	7.028853
GN	.0013364	.0008644	1.55	0.122	-.0003577	.0030306
Godina						
2008	-.0287292	.7349651	-0.04	0.969	-1.469234	1.411776
2009	-.3162546	.7057428	-0.45	0.654	-1.699485	1.066976
2010	-.3732704	.6947711	-0.54	0.591	-1.734997	.988456
2011	-.1250283	.7026166	-0.18	0.859	-1.502132	1.252075
2012	-.2805868	.6914363	-0.41	0.685	-1.635777	1.074603
2013	-.4566926	.6784996	-0.67	0.501	-1.786527	.8731421
2014	-.599306	.6726165	-0.89	0.373	-1.91761	.7189982
2015	-.7099158	.6677538	-1.06	0.288	-2.018689	.5988577
2016	-.8228545	.6638867	-1.24	0.215	-2.124048	.4783395
2017	-.8764956	.6629481	-1.32	0.186	-2.17585	.4228587
2018	-.7760058	.6684622	-1.16	0.246	-2.086168	.534156
2019	-.6420778	.6731394	-0.95	0.340	-1.961407	.6772511
_cons	-1.696787	1.72203	-0.99	0.324	-5.071904	1.678329

```
. predict yh
(option mu assumed; Pr(UFEE4kv != 0))
(23 missing values generated)
```

```
. gen yhsq=yh*yh
(23 missing values generated)
```

```
. gen yhcu=yh*yh*yh
(23 missing values generated)
```

```
. xtgee UFEE4kv IES BIDI BNDPC CE PEEFE GN i.Godina yhsq yhcu , family(binomial)
link(logit) i(DO) corr(indep)
```

Iteration 1: tolerance = 4.220e-08

```
GEE population-averaged model          Number of obs    =    406
Group variable:                        DO              Number of groups =    33
Link:                                  logit           Obs per group:
Family:                                binomial        min =    7
```

```

Correlation:                independent                avg =      12.3
                                max =      13
                                wald chi2(20) =    32.89
Scale parameter:            1                        Prob > chi2 =    0.0347

Pearson chi2(406):          49.45                    Deviance =    58.28
Dispersion (Pearson):      .1217997                Dispersion =   .1435434

```

UFEE4kv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
IES	.0182448	.0398656	0.46	0.647	-.0598903	.09638
BIDI	.0031936	.0060024	0.53	0.595	-.0085708	.014958
BNDPC	.0000135	.0000338	0.40	0.690	-.0000527	.0000797
CE	-3.53493	7.629658	-0.46	0.643	-18.48878	11.41893
PEEFE	2.224565	4.702017	0.47	0.636	-6.991219	11.44035
GN	.0008581	.001979	0.43	0.665	-.0030206	.0047369
Godina						
2008	-.0169302	.7372359	-0.02	0.982	-1.461886	1.428026
2009	-.1982062	.8409857	-0.24	0.814	-1.846508	1.450095
2010	-.2342377	.8809649	-0.27	0.790	-1.960897	1.492422
2011	-.0736201	.7298627	-0.10	0.920	-1.504125	1.356885
2012	-.1748349	.8040285	-0.22	0.828	-1.750702	1.401032
2013	-.2918642	.9374573	-0.31	0.756	-2.129247	1.545518
2014	-.3912811	1.06659	-0.37	0.714	-2.481759	1.699197
2015	-.4667577	1.178953	-0.40	0.692	-2.777463	1.843947
2016	-.5474199	1.294556	-0.42	0.672	-3.084703	1.989864
2017	-.5839899	1.356302	-0.43	0.667	-3.242292	2.074312
2018	-.5093724	1.25878	-0.40	0.686	-2.976536	1.957792
2019	-.4148444	1.122491	-0.37	0.712	-2.614887	1.785198
yhsq	-1.319072	8.249982	-0.16	0.873	-17.48874	14.8506
yhcu	2.518806	10.01557	0.25	0.801	-17.11136	22.14897
_cons	-1.148132	2.621829	-0.44	0.661	-6.286824	3.990559

```
. test yhsq yhcu
```

```
( 1) yhsq = 0
( 2) yhcu = 0
```

```

chi2( 2) =    0.08
Prob > chi2 =    0.9619

```