

Ekonometrijska analiza utjecaja potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energije na ekonomski rast u zemljama Europske unije

Zovko, Božana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:114248>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu

Ekonomski fakultet

Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij

Ekonomija

**EKONOMETRIJSKA ANALIZA UTJECAJA POTROŠNJE
OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA
EKONOMSKI RAST U ZEMLJAMA EUROPSKE UNIJE**

Diplomski rad

Božana Zovko

Zagreb, rujan 2023.

Sveučilište u Zagrebu

Ekonomski fakultet

Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij

Ekonomija

**EKONOMETRIJSKA ANALIZA UTJECAJA POTROŠNJE
OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA
EKONOMSKI RAST U ZEMLJAMA EUROPSKE UNIJE**

**ECONOMETRIC ANALYSIS OF THE IMPACT OF
CONSUMPTION OF RENEWABLE AND NON-RENEWABLE
ENERGY SOURCES ON ECONOMIC GROWTH IN THE
EUROPEAN UNION COUNTRIES**

Diplomski rad

Student: Božana Zovko

JMBAG studenta: 0067557691

Mentor: izv. prof. dr. sc. Anita Čeh Časni

Zagreb, rujan 2023.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rad mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Božana Zorke

(vlastoručni potpis studenta)

Zagreb, 04.09.2023.

(mjesto i datum)

STATEMENT ON THE ACADEMIC INTEGRITY

I hereby declare and confirm by my signature that the final thesis is the sole result of my own work based on my research and relies on the published literature, as shown in the listed notes and bibliography.

I declare that no part of the thesis has been written in an unauthorized manner, i.e., it is not transcribed from the non-cited work, and that no part of the thesis infringes any of the copyrights.

I also declare that no part of the thesis has been used for any other work in any other higher education, scientific or educational institution.

Božana Zorke

(personal signature of the student)

Zagreb, 04.09.2023.

(place and date)

SAŽETAK

Za svakodnevni život i bilo kakve procese u gospodarstvu potrebni su različiti oblici energije. Zbog toga je važno zapitati se kako različiti izvori energije utječu na ekonomski rast neke zemlje. U tom je smislu predmet ovog diplomskog rada ekonometrijski analizirati kako potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije utječe na ekonomski rast u zemljama Europske unije. U radu je objašnjena uloga energije u ekonomskom rastu te su pobliže opisane vrste obnovljivih i neobnovljivih izvora energije. Cilj je istražiti i analizirati odnos bruto domaćeg proizvoda po stanovniku i potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, a pored toga analizirati kako varijable investicije u dugotrajnu imovinu i udio radne snage u ukupnom stanovništvu utječu na ekonomsku aktivnost. Za metodu istraživanja odabran je dinamički panel model budući da su brojne ekonomske relacije dinamičke prirode, odnosno sadašnje vrijednosti zavisne varijable ovise o njezinim prethodnim vrijednostima. Rezultati su pokazali da je u dugom roku statistički značajna samo varijabla investicije u dugotrajnu imovinu, dok su u kratkom roku sve varijable statistički značajne i pozitivno utječu na ekonomski rast. Time su rezultati ekonometrijske analize provedene u ovom radu konzistentni s istraživanjima kod kojih značajan utjecaj na BDP po stanovniku imaju potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku. S obzirom da energija igra jako važnu ulogu u proizvodnom procesu i da je za gospodarski i društveni razvoj jedna od ključnih odrednica, očekuje se da će rad doprinijeti sudionicima na tržištu, ali i ukazati koliko je važno pored potrošnje neobnovljivih izvora energije koristiti i obnovljive.

ABSTRACT

For everyday life and any processes in the economy, different forms of energy are needed. That is why it is important to ask how different sources of energy affect the economic growth of a country. Thus, the subject of this thesis is an econometric analysis of the impact of the consumption of renewable and non-renewable energy sources on economic growth in European Union countries. The paper explains the role of energy in economic growth and describes the types of renewable and non-renewable energy sources in detail. The goal is to investigate and analyse the relationship between gross domestic product per inhabitant and the consumption of renewable and non-renewable energy sources, and in addition to see how the variables of investment in durable assets and the share of the labour force in the total population affect economic activity. The dynamic panel model was chosen for the research method, since numerous economic relationships are of a dynamic nature, that is, the current values of the endogenous variable depend on its previous values. The results showed that in the long run only the variable investment in fixed assets is statistically significant, while in the short run all variables are statistically significant and have a positive effect on economic growth. Thus, the results of the econometric analysis carried out in this paper are consistent with previous research, which points out that the consumption of renewable and non-renewable energy sources per inhabitant significantly affects GDP per inhabitant. Given that energy plays a very important role in the production process and is one of the key determinants of economic and social development, it is expected that this thesis will contribute to market participants, but also show how important it is to use renewable energy sources in addition to non-renewable energy sources.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj istraživanja	1
1.2. Izvor i metoda prikupljanja podataka	1
1.3. Sadržaj i struktura rada	1
2. ULOGA ENERGIJE U EKONOMSKOM RASTU	2
2.1. Neoklasični model rasta.....	2
2.2. Endogeni modeli rasta	4
2.3. Uloga energije u ekonomskom rastu	7
3. OBNOVLJIVI I NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	9
3.1. Terminološko određenje obnovljivih izvora energije.....	9
3.1.1. Sunčeva energija	11
3.1.2. Energija vjetra	13
3.1.3. Hidroenergija	15
3.1.4. Biomasa, otpad i biogoriva	16
3.1.5. Geotermalna energija	19
3.2. Neobnovljivi izvori energije.....	21
4. PANEL ANALIZA UTJECAJA POTROŠNJE OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA EKONOMSKI RAST	26
4.1. Metodologija istraživanja	26
4.2. Pregled empirijskih istraživanja	28
4.3. Opis podataka korištenih u analizi.....	34
4.4. Rezultati analize	35
5. ZAKLJUČAK	40
LITERATURA.....	42
POPIS SLIKA	47
POPIS TABLICA.....	47

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Za razvoj ljudske civilizacije ključna je energija. Bez njezine upotrebe nezamisliv je rast i razvoj zemlje. Za normalno odvijanje svakodnevnice i neometano funkcioniranje gospodarskog procesa nužni su različiti oblici energije. S obzirom na važnost energije, postavlja se pitanje kako različiti izvori energije utječu na ekonomski rast. U ovome će se radu ekonometrijski analizirati utjecaj potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energije na ekonomski rast u zemljama Europske unije u periodu od 1990. do 2021. godine. Predmet ovoga rada je istražiti i analizirati međuovisnost bruto domaćeg proizvoda po stanovniku i potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, a pored toga vidjeti kako će na ekonomsku aktivnost utjecati investicije u dugotrajnu imovinu i udio radne snage u ukupnom stanovništvu.

1.2. Izvor i metoda prikupljanja podataka

Svi podaci korišteni u ovoj analizi preuzeti su iz baza podataka Eurostat-a Svjetske banke i drugih međunarodnih baza podataka, dok je za metodu istraživanja odabran dinamički panel model budući da su brojne ekonomske relacije dinamičke prirode, odnosno sadašnje vrijednosti zavisne varijable ovise o njezinim prethodnim vrijednostima. Jedna od prednosti panel podataka je i što omogućuju istraživaču bolje razumijevanje dinamike prilagodbe.¹

1.3. Sadržaj i struktura rada

U pet poglavlja ovog diplomskoga rada prikazani su rezultati istraživanja. U uvodu su definirani predmet i cilj istraživanja te metoda istraživanja i baze podataka iz kojih su preuzeti podaci. U ovom dijelu se navodi sadržaj i struktura rada. Poglavlje dva: Uloga energije u ekonomskom rastu opisuje neoklasični i endogeni model rasta te uloge energije u ekonomskom rastu. Treće poglavlje sadrži terminološko određenje odabranih obnovljivih i neobnovljivih izvora energije. U četvrtom poglavlju će se ekonometrijski analizirati utjecaj potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energija na ekonomski rast u zemljama Europske unije. Također, navedena je metodologija ekonometrijske analize, pregled dosadašnjih empirijskih istraživanja, korišteni podaci i rezultati provedene panel analize. Zaključak

¹ Jakšić, S., Erjavec, N., Čeh Časni, A. (2020) METODE PRIMIJENJENE MATEMATIČKE I STATISTIČKE ANALIZE. Zagreb, Ekonomski fakultet – Zagreb, str.369.

cjelokupnog rada prikazan je u zadnjem dijelu rada nakon čega je naveden popis literature, slika i tablica.

2. ULOGA ENERGIJE U EKONOMSKOM RASTU

Ekonomski rast je kvantitativna promjena ili ekspanzija u gospodarstvu neke zemlje. Gospodarski rast se konvencionalno mjeri kao postotak povećanja bruto domaćeg proizvoda (BDP-a) ili bruto nacionalnog proizvoda (BNP-a) tijekom jedne godine. Postoje dva razloga zbog kojih se javlja ekonomski rast u nekoj zemlji; kada gospodarstvo koristi resurse poput fizičkog, ljudskog ili prirodnog kapitala i pri tome raste ekstenzivno ili kada istu količinu resursa koristi učinkovitije (produktivnije) i tada raste intenzivno. Do rasta dohotka po stanovniku neće doći kada se do ekonomskog rasta dolazi korištenjem više radne snage, nego ako se svi resursi, koji uključuju i radnu snagu, koriste produktivnije. Tada će doći do većeg dohotka po stanovniku i do boljeg prosječnog životnog standarda ljudi (Svjetska banka, 2004).

Otkrivanje uzroka siromaštva ili bogatstva neke zemlje je oduvijek bio glavni motiv za istraživanje dugoročnog ekonomskog rasta (Mervar, 2003). Neoklasični model ekonomskoga rasta pojavljuje se u pedesetim godinama dvadesetoga stoljeća i s obzirom da analitička sredstva istraživača nisu omogućavala unaprjeđivanje postojećeg modela, tijekom sedamdesetih godina ekonomskim istraživanjima su se analizirale kratkoročne oscilacije u gospodarskoj aktivnosti. No, osamdesetih je fokus bio na objašnjavanju procesa dugoročnog ekonomskog rasta, a posebno na načinima kako taj proces unaprijediti (Mervar, 2003). Suvremenim teorijama ekonomskog rasta su doprinijele brojne ekonomske varijable, a neoklasični model i model endogenog rasta se smatraju najvažnijim modelima rasta. O njima će biti riječi u nastavku.

2.1. Neoklasični model rasta

Sagledavajući problem ekonomskog rasta klasičari su analizirali odnos između distribucije dohotka, akumulacije kapitala i rasta. Sir Roy Harrod i Evsey Domar su bili mišljenja da tržišne snage nisu dovoljne za osiguranje ravnotežnog rasta uz punu zaposlenost. Zato su postavili uvjete i izgradili model kojim bi se gospodarstvo usmjerilo ravnotežnom rastu (Mervar, 1999).

Neoklasična teorija rasta je ekonomski model rasta koji ocrtava čime stabilna stopa ekonomskog rasta rezultira pod utjecajem tri ekonomske sile: rad, kapital i tehnologija.² Početkom moderne teorije rasta smatra se neoklasični model rasta koji je razvio Solow. Taj model naglašava da se u proizvodnom procesu mogu supstituirati kapital i rad. Supstitutivnost rada i kapitala osigurava ravnotežni rast u Solowljevom modelu i time se izbjegava problem nestabilnosti koji se javlja u Harrod-Domarovom modelu s obzirom da je pretpostavka tog modela fiksni odnos kapitala i rada. Pored ove pretpostavke još je jedan poticaj za Solowa da izgradi novi model, a to je da Harrod-Domarov model upućuje da nije prisutna nikakva sila kojom bi se gospodarstvo vratilo na ravnotežnu putanju rasta s obzirom da se gotovo redovito nalazi izvan nje (Mervar, 1999).

Pretpostavke na kojima se zasniva Solowljev model:

- jedno dobro možemo koristiti ili za potrošnju ili za investicije,
- egzogeno zadana stopa štednje koja predstavlja konstantan udio u BDP-u,
- egzogeno zadana veličina radne snage,
- puna zaposlenost,
- savršena konkurencija,
- realni sektor gospodarstva (Mervar, 1999).

Osnovna jednadžba akumulacije kapitala u kojoj su sadržane glavne implikacije modela iz 1956. godine koji je izgradio Solow je:

$$\Delta k = sy - (n + \eta)k, \quad (1)$$

gdje je kapital po stanovniku označen s k , stopa štednje sa s , proizvodnja po stanovniku s y , stopa rasta stanovništva koja je egzogeno zadana s n , a stopa amortizacije fizičkog kapitala s η (Mervar, 1999).

Stopa rasta kapitala po stanovniku predstavlja stopu rasta štednje po stanovniku (sy) od koje se oduzima dio kapitala koji se izdvaja za novu radnu snagu (nk) i za zamjenu otpisanog dijela kapitala (ηk). Kada se dosegne razina odnosa kapitala i rada gdje su štednja po stanovniku i vrijednost kapitala kojom će se pripadnici radne snage opremiti i otpisani kapital zamijeniti jednaki, postiže se dugoročna ravnoteža. A svaki put kad se gospodarstvo

² Corporate Finance Institute (b.d.), Theories of Growth, preuzeto 10.02.2023. s <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/theories-of-growth/>

nađe izvan te točke, djelovat će sile koje će gospodarstvo „vući“ natrag u stanje dugoročne ravnoteže (Mervar, 1999).

Ako tehnološki napredak nije prisutan, razine kapitala, radne snage i proizvodnje se povećavaju po endogeno zadanoj stopi n , ali promjene veličina koje su mjerene po stanovniku izostaju. Ako je prisutan tehnološki napredak, po neoklasičnom modelu rasta i količina i proizvodnja fizičkog kapitala će se povećavati po stanovniku i to po stopi tehnološkog napretka koja je egzogeno dana. U situacijama kada je tehnološki napredak odsutan ili je javno dobro, model pretpostavlja da će stopa kojom dohodak po stanovniku raste konvergirati bez obzira na početne uvjete gospodarstva (Mervar, 1999).

2.2. Endogeni modeli rasta

Analiziranju osobina *stabilnog ravnotežnog stanja* i utvrđivanja pod kojim uvjetima u njega može stići gospodarstvo koje se ne nalazi u tom stanju je posvećen veliki dio teorija ekonomskog rasta (Mervar, 2003). Neoklasični model u kojem je dugoročan rast određen tehnološkim napretkom ima nekoliko nedostataka. Temelj samog modela, tehnološki napredak je egzogeno zadan (izvan modela), odnosno nije objašnjen unutar modela, a teorijski okvir modela se temelji na pretpostavkama koje nisu dostupne za neke ekonomiste (misli se na savršenu konkurenciju, vlasničke odnose, marginalistički pristup određivanju cijena i slično). Također, u modelu se pretpostavlja funkcija proizvodnje s opadajućim prinosima i model ne objašnjava ulaganje u istraživanje i razvoj, ubrzanje stope rasta tehnološkog napretka i slično. Zbog toga su razvijeni modeli koji nadopunjuju Solowljev model, ali i oni koji nisu direktno povezani s njim, ali adresiraju neke od ovih nedostataka.³

Za razliku od tradicionalnog neoklasičnog modela, noviji teorijski doprinosi za ekonomski rast kažu da nije snaga koja djeluje izvan ekonomskog sustava, nego njegov endogeni proizvod (Mervar, 1999). Tako su se pojavili novi modeli rasta. U prvoj grupi modela eksternalije su te koje potiču rast, a u drugoj tehnološke promjene nastale ulaganjem u R&D. Treća grupa modela se bavi široko definiranim pojmom kapitala kao sredstvom kojim će se generirati endogeni rast (Mervar, 2003).

³ Arhivalitika.hr (b.d.), Endogeni modeli rasta - o proizvodnji ideja u gospodarstvu, preuzeto 10.02.2023. s <https://arhivalitika.hr/blog/b2b2-9-endogeni-modeli-rasta-o-proizvodnji-ideja-u-gospodarstvu/>

Modeli zasnovani na eksternalijama

Paul Romer je svojim radom iz 1990. godine dao veliki doprinos razvoju endogenih modela rasta. Romerov model najbolje pokazuje kako se ulaganjem u istraživanje i razvoj došlo do tehnološkog napretka. Motivacija za samo ulaganje je tržišni poticaj, odnosno činjenica da ulaganjem u R&D možemo doći do profita. Pored toga, model pokazuje da eksternalije imaju važnu ulogu, to jest prelijevanje znanja i načini na koji se prelijevanje sprječava, a tehnologija podrazumijeva troškove, a njih snose poduzeća koja ulažu u R&D.⁴ Kada se investira u kapital tehnološki se napreduje i to zato što eksternalije imaju konstantne prinose s obzirom na razmjer ako gledamo na razini pojedinog poduzeća, ali rastuće prinose na opseg na razini cijelog gospodarstva.

Neoklasičnom modelu po svojoj ideji je najbližija upravo ova grupa modela endogenog rasta jer se akumulacijom kapitala i investicije može utjecati na rast, ali je kapital potrebno shvatiti u širom smislu od tradicionalnog modela. U kapital su uključeni i fizički i ljudski kapital kako bi se postigla prilagodba Solowljevog modela. Ljudski kapital se stječe školovanjem na poslu ili „učenjem putem rada“ i formalnim obrazovanjem (Mervar, 2003).

„Učenjem kroz rad“ poduzeća će steći određeno znanje i ono je odmah dostupno i besplatno svima. Samim time za cijelo gospodarstvo je razina znanja u vremenu t ista. To prikazuje jednadžba:

$$A_t = \xi K_t^\theta, \theta > 0 \quad (2)$$

pri čemu je razina tehnologije označena kao A_t , kapital kao K_t , θ elastičnost A_t na promjenu K_t , a ξ konstanta. Iz jednadžbe je vidljivo da razina znanja, to jest tehnologije ovisi o akumuliranom kapitalu u vremenu t i rastuća je funkcija investicija (Mervar, 2003).

⁴ Arhivanalitika.hr (b.d.), Endogeni modeli rasta - o proizvodnji ideja u gospodarstvu, preuzeto 10.02.2023. s <https://arhivanalitika.hr/blog/b2b2-9-endogeni-modeli-rasta-o-proizvodnji-ideja-u-gospodarstvu/>

Modeli zasnovani na istraživanju i razvitku

U Solowljevom i Romerovom modelu kao ključna odrednica dugoročnog rasta istaknut je tehnološki napredak. Romer ističe da kao posljedica ulaganja u istraživanje i razvoj nastaje tehnološki napredak, ali i da na dugoročan rast utječe učinkovitost, a ne razina ulaganja.⁵ Romer (1990) je razvio prvi model održivog rasta ove grupe i to tako što je nadogrudio neke Schumpeterove (1942) ideje. U spomenutim modelima prisutan je neki oblik prelijevanja, bilo da je riječ o eksternalijama ili javnom dobru. Privatni prinosi se mogu smanjivati, a društveni zbog prisutnosti eksternalija neće opadati pa je ravnoteža u uvjetima savršene konkurencije suboptimalna. Modeli koji imaju monopolsku moć pretpostavljaju da u gospodarstvu postoji odvojeni tehnološki sektor koji će ostale sektore opskrbiti novim tehnologijama. Proizvođači nakon što kupe novu tehnologiju stječu pravo korištenja. Proizvođači prodaju proizvode po cijeni višoj od graničnog troška njihove proizvodnje, kako bi pokrili troškove u koje je uključena i početna investicija u nove tehnologije (Mervar, 1999).

AK model

Unatoč odsutnosti rastućih prinosa, u AK modelu rast je endogen. U savršeno konkurentnim tržištima s konstantnim prinosima poduzeća stalno povećavaju količinu kapitala koji predstavlja vodeću snagu ekonomskog rasta. Među novim modelima rasta po svojoj strukturi AK modeli su najjednostavniji (kronološki su se pojavili poslije modela zasnovanih na istraživanju i razvoju). Autori određuju donju granicu za privatne prinose na kapital kako bi investicije ostale profitabilne (Mervar, 2003). U AK modelu tehnološki napredak nije egzogen već ovisi o akumuliranju kapitala u gospodarstvu, a sama akumulacija kapitala je posljedica optimizacije koja se događa na razini poduzeća. Samim time sve je određeno unutar modela. AK model neki smatraju polovičnim endogenim modelom rasta s obzirom da se njime ne može objasniti priroda veze tehnološkog napretka i kapitala. Ovaj model je primjeren model za objašnjenje tehnološkog napretka u modelima rasta.⁶

⁵ Arhivanalitika.hr (b.d.), Endogeni modeli rasta - o proizvodnji ideja u gospodarstvu, preuzeto 10.02.2023. s <https://arhivanalitika.hr/blog/b2b2-9-endogeni-modeli-rasta-o-proizvodnji-ideja-u-gospodarstvu/>

⁶ Ibid.

2.3. Uloga energije u ekonomskom rastu

Bez upotrebe različitih vrsta energije koji predstavljaju osnovne inpute u proizvodnji i svakodnevnom životu stanovništva ne možemo zamisliti gospodarski razvoj gospodarstva i društva. Još od prapovijesnih razdoblja civilizacije energija je pokretala ljudski razvoj. Bez velikog doprinosa energije povijesne transformacije društava ne bi bile moguće. U početku su gospodarstva bila agrarna, a potom se industrijskom revolucijom došlo do informatičke ere. Cjelokupni razvoj društva je povezan s potrošnjom energije toliko dugo koliko znamo i za samu civilizaciju (Gelo, 2010). Teorijski i empirijski dokazi pokazuju da su korištenje i proizvodnja energije usko povezani s dostupnošću energije koja igra ključnu ulogu u omogućavanju rasta. Međutim, veća dostupnost energije, tehnološki napredak i korištenje kvalitetnijih goriva omogućili su korištenje manje energije po jedinici proizvodnje i smanjili ograničenja koja energetske resursi postavljaju na učinak gospodarstva i gospodarski rast. Unatoč tome, energija je važna za rast, jer je proizvodnja funkcija kapitala, rada i energije (Stern, 2011).

Neki analitičari tvrde da rast potrošnje energije izravno uzrokuje rast BDP-a, kao što i mnoge studije navode da je potrošnja energije visoko pozitivno korelirana s gospodarskim rastom. Ima li gospodarski rast prednost nad potrošnjom energije ili potrošnja energije potiče gospodarski rast ispitano je u brojnim studijama, no empirijski su dokazi mješoviti i proturječni (Asghar, 2008). Iz perspektive politike, važno je znati smjer uzročnosti, recimo između potrošnje energije i gospodarskog razvoja, tako da se mjere za očuvanje energije mogu ili ne moraju poduzeti ovisno o smjeru uzročnosti između potrošnje energije i gospodarskog rasta (Rufael, 2006). Na primjer, jednosmjerna kauzalnost od gospodarskog rasta do potrošnje energije implicira ekonomiju koja je manje ovisna o energiji, stoga politika očuvanja energije nema utjecaja na gospodarski rast. Ali uzročnost od potrošnje energije do gospodarskog rasta implicira da u gospodarstvu ovisnom o energiji politike očuvanja energije mogu naštetiti gospodarskom rastu. Bezuzročnost u oba smjera znači da politika očuvanja energije ne utječe na gospodarski rast. Konačno, dvosmjerna kauzalnost ukazuje da i visoka razina ekonomske aktivnosti i potrošnja energije međusobno utječu. Potrošnja energije i gospodarski rast jako su ovisni i mjere očuvanja energije mogu negativno utjecati na gospodarski rast (Asghar, 2008).

Toman i Jemelkova (2003) ističu da je energetske razvoj, koji je tumačen u širem smislu kao povećanje pružanja i korištenja energetske usluga, sastavni dio pojačanog

ekonomskog razvoja. Napredna industrijalizirana društva koriste više energije po jedinici ekonomske proizvodnje i daleko više energije po stanovniku nego siromašnija društva, posebno ona koja su još uvijek u predindustrijskom stanju.

Energija igra važnu ulogu u životima ljudi i u aktivnostima gospodarstva, kako kao ljestvica gospodarskog i društvenog razvoja tako i kao osnovna humanitarna potreba. Stoga se potrošnja energije po stanovniku zemlje smatra važnim pokazateljem gospodarskog razvoja. U današnjem svijetu, energija se ne smatra samo proizvodnim inputom, već se smatra i strateškom robom koja predstavlja temelj međunarodnih odnosa i oblikuje svjetsko gospodarstvo i politiku. Uvjeti pod kojima se energija nabavlja i problemi koji se javljaju tijekom procesa nabave izravno utječu na konkurenciju na nacionalnoj i međunarodnoj razini; ti uvjeti također oblikuju proizvodne strukture zemalja i predstavljaju jedan od glavnih pokazatelja osnovnih ekonomskih varijabli. Zbog svih ovih razloga energija je jedno od najvažnijih pitanja u današnjem svijetu. Iako energija nije jedini input koji određuje razinu proizvodnje i stupanj gospodarskog razvoja zemlje, ona je vrlo važna za gospodarski rast. Samo uz potrošnju određene količine energije zemlje mogu postići određenu razinu gospodarskog rasta. U današnjem svijetu čini se da nije moguće proizvoditi dobra i usluge, održavati proizvodni proces ili ponuditi ta dobra i usluge potrošačima na odgovarajući način bez energije (IAEA, 2009). Stoga bi zemlje trebale nabaviti dovoljnu količinu energije na troškovno učinkovit, svjestan kvalitete, siguran način – bez prekida – kako bi postigle ciljeve održivog rasta i poboljšale svoj životni standard (Esen i Bayrak, 2017).

Činjenica da je prošireno pružanje i korištenje energetske usluge snažno povezano s gospodarskim razvojem ostavlja otvorenim to koliko je energija važna kao uzročni čimbenik u gospodarskom razvoju (Toman i Jemelkova, 2003).

3. OBNOVLJIVI I NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

3.1. Terminološko određenje obnovljivih izvora energije

Skupni naziv za energiju koja se proizvodi korištenjem zemljinih prirodnih resursa, poput sunčeve svjetlosti, vjetra, vodenih resursa (rijeka, valovi, plima i oseka), topline sa zemljine površine ili biomase je obnovljiva energija. Tijekom procesa, kojim će se obnovljivi izvori pretvoriti u energiju, se neće emitirati staklenički plinovi zbog čega se obnovljiva energija još naziva i „čistom energijom“. Europska unija je bila prvi pokretač obnovljive energije i uložila je značajne napore, putem EU zakona, kako bi bolje integrirala obnovljive izvore u europske energetske sustave. U težnji za globalnim vodstvom u obnovljivim izvorima energije, EU je postavila jasan put koji drugi trebaju slijediti.⁷

Prijedlog za reviziju Direktive o obnovljivoj energiji objavljen je u srpnju 2021. od strane Europske komisije. Cilj Komisije je ubrzati korištenje obnovljivih izvora energije u EU kako bi dala odlučujući doprinos ambiciji smanjenja neto emisije stakleničkih plinova. Nastoji se smanjiti emisiju za najmanje 55% do 2030. godine i do 2050. godine postati klimatski neutralan i to je sve dio paketa „Europskog zelenog plana“.⁸

Obnovljiva energija se smatra ekološki prihvatljivom i čistom jer ne oštećuje ozbiljno okoliš, a uz to ima jako nisku emisiju ugljika i stakleničkih plinova, za razliku od fosilnih goriva koji emitiraju visoke razine ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova koji su odgovorni za klimatske promjene, globalno zatopljenje i degradaciju kvalitete zraka. Korištenjem obnovljive energije atmosfera je čišća, a to uvelike utječe na zdravlje stanovništva. Pored toga, obnovljiva energija je održivi izvor energije i može pomoći zemljama koje su u procesu razvoja i pri tome se oslanjaju na fosilna goriva s obzirom da mogu jamčiti stabilnu i veliku opskrbu energijom kroz dugi niz godina. Obnovljiva energija je, također, i jeftinija alternativa većini tradicionalnih izvora energije, a prijeći na obnovljive izvore energije znači imati stabilne cijene energije diljem svijeta jer trošak obnovljive energije ovisi samo o početnom trošku instalacije tehnologija. Sama proizvodnja obnovljive energije odvija se u udaljenim okruženjima i ta područja dobiju određeni udio proizvedene energije, a to u konačnici dovodi do ekonomske i društvene regeneracije tog područja. Korištenjem obnovljive energije uštedjet

⁷ European Commission website (b.d.), Renewable energy in Europe, preuzeto 11.02.2023. s https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/energy_climate_change_environment/events/documents/in_focus_renewable_energy_in_europe_en.pdf

⁸ European Commission website (b.d.), Commission presents Renewable Energy Directive revision, preuzeto 11.02.2023. s https://ec.europa.eu/info/news/commission-presents-renewable-energy-directive-revision-2021-jul-14_en

će se na operativnim troškovima kao i troškovima održavanja, jer se koristi tehnologija koja generira energiju iz sunca, vjetra, pare ili prirodnih procesa i nije potrebno platiti punjenje goriva. Tehnologije obnovljivih izvora energije omogućuju ljudima lokalnu proizvodnju energije i samim time manje ovise o uvezenoj energiji i više pridonose energetskej neovisnosti zemlje u cjelini.⁹

Pored svih navedenih pozitivnih stvari obnovljivih izvora energije, navest će se i neki nedostaci. Ako ih se uspoređuje s tradicionalnim oblicima proizvodnje, u tehnologiji obnovljivih izvora energije prilikom proizvodnje velikih količina energije prisutni su izazovi. Još uvijek velike količine električne energije proizvode fosilna goriva i još nekoliko godina će prevladavati takva ravnoteža različitih izvora energije. Ako atmosferski uvjeti nisu dovoljno dobri, električna energija pomoću tehnologije obnovljivih izvora se ne može proizvesti jer u potpunosti ovise o vremenskim prilikama (primjerice suncu i vjetru). Tehnologijama obnovljivih izvora energije nedostaje potrebna učinkovitost s obzirom da su značajno nove na tržištu i da im nedostaje dovoljno znanja pa su i troškovi instalacije i održavanja za takve objekte dosta visoki. To dovodi do problema s predviđanjem, a ulagači strepe od ulaganja svog novca zbog straha da njihov povrat neće doći prilično brzo. Pored toga, postavljanje postrojenja za proizvodnju obnovljive energije zahtjeva velik početni kapital, s obzirom da postrojenja poput vjetroturbina, solarnih panela i hidroelektrana zahtijevaju početna ulaganja za izgradnju i troškovi održavanja su visoki. Postavljanje dalekovoda predstavlja dodatne troškove s obzirom da proizvedenu električnu energiju treba isporučiti u mjesta i gradove. Često se zanemaruju troškovi skladištenja obnovljive energije. Na ovaj način prikupljenu energiju je potrebno pohraniti instaliranom baterijom ili će se ona izgubiti, a troškovi skladištenja nisu mali. Korištenjem fosilnih goriva grade se resursi koji su potrebni za obnovljive izvore energije pa mnogi oblici obnovljive energije ili njihovi proizvodni procesi emitiraju stakleničke plinove poput čestica u zraku, ugljičnog dioksida ili metan i zagađuju. Biomasa izgara organsku tvar izravno u atmosferu i smatramo je čistim izvorom, no to ne vrijedi za svaki obnovljivi izvor.¹⁰

⁹ Conserve Energy Future (b.d.), What is renewable energy?, preuzeto 11.02.2023. s <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>

¹⁰ Ibid.

3.1.1. Sunčeva energija

Sunce je neiscrpan obnovljivi izvor energije i glavni izvor elektromagnetskog zračenja koje prolazi atmosferom, ono daje energiju koja održava život i pokreće atmosferu. Termonuklearnim reakcijama u unutrašnjosti Sunca dobiva se ogromna količina energije čije se zalihe svakodnevno koriste, a to su ugljen, nafta i zemni plin. Važnost Sunca se očituje u tome što u jako kratkom vremenu oslobodi puno energije koja bi se trebala iskorištavati s obzirom na sve prisutniju energetska krizu te istraživati na koje načine se energija sunčeva zračenja pretvara u korisne oblike energije.¹¹

Sunčevo zračenje daje ogromnu količinu energije te je potrebno kratko vrijeme da bi se podmirile potrebe za energijom svih ljudi koji žive na ovom planetu. Iako se određena količina energije sunčeva zračenja reflektira natrag u svemir, ipak Zemlja od Sunca godišnje dobiva oko 1,07·10¹⁸ kWh energije, što je i dalje puno puta više od količine energije koja se potroši iz svih primarnih izvora. Površina Zemlje ili atmosfera apsorbiraju energiju koja se pretvara u toplinsku energiju.¹²

Sunčevo zračenje je svjetlost koju emitira sunce, još poznato kao elektromagnetsko zračenje. Svako mjesto na Zemlji tijekom godine prima sunčevu svjetlost, no svaka točka na površini Zemlje ne dobije jednaku količinu sunčevog zračenja nego ona varira. Solarne tehnologije hvataju to zračenje i pretvaraju ga u korisne oblike energije. Postoje dvije glavne vrste tehnologije solarne energije: fotonaponske (engl. Photovoltaics, PV) i koncentrirane solarne energije (engl. Concentrated solar power, CSP).¹³

Postoje elektronički uređaji koji će sunčevu svjetlost direktno pretvoriti u električnu energiju, a to su fotonaponski uređaji (PV) ili solarne ćelije. Moderna solarna ćelija nalazi se u pločama postavljenim na krovovima i kalkulatorima. Solarne fotonaponske instalacije koristimo za pružanje električne energije na komercijalnoj razini ili osobnu upotrebu, a moguće ih je organizirati u manje konfiguracije za mini-mreže. Korištenje solarne fotonaponske energije za napajanje mini-mreža izvrstan je način da se omogući pristup električnoj energiji ljudima koji ne žive blizu vodova za prijenos električne energije, posebno u zemljama koje se razvijaju i imaju izvrsne izvore solarne energije.

¹¹ Majdandžić, Lj., Fotonaponski sustavi, Priručnik, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu, str.1., dostupno na: http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf

¹² Majdandžić, Lj., op.cit., str.2.

¹³ Energy.gov (b.d.), How does solar work, preuzeto 11.02.2023. s <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>

Kako bi usmjeravala sunčeve zrake koncentrirana solarna energija (CSP) koristi ogledala. Zrake zagrijavaju tekućinu koja stvara paru koja se koristi za pogon turbine i proizvodnju električne energije. CSP proizvodi električnu energiju u velikim elektranama na način da ima polje zrcala koja preusmjeravaju zrake na visoki tanki toranj. Glavna prednost CSP elektrane nad fotonaponskom elektranom je ta što se električna energija može proizvoditi i nakon što sunce zađe i to sve zahvaljujući tome što se može opremiti rastaljenim solima u kojima se može pohraniti toplina.¹⁴

¹⁴ International Renewable Energy Agency (b.d.), Solar, preuzeto 11.02.2023.. s <https://www.irena.org/solar>

3.1.2. Energija vjetra

Vjetar nastaje neravnomjernim zagrijavanjem zemljine površine od strane sunca. Budući da se zemljina površina sastoji od različitih vrsta tla i vode, ona različitim brzinama apsorbira sunčevu toplinu. Jedan primjer ovog neravnomjernog zagrijavanja je dnevni ciklus vjetra. Tijekom dana zrak iznad kopna zagrijava se brže od zraka iznad vode. Topli zrak nad kopnom se širi i diže, a teži, hladniji zrak zauzima njegovo mjesto i tako stvara vjetar. Noću se zrak brže hladi iznad kopna nego iznad vode i zato su vjetrovi obrnuti. Najčešće korišteni proizvod energije vjetra je električna energija.¹⁵

Energija vjetra se pretvara u električnu energiju pomoću mehaničkog uređaja koji se naziva vjetroturbina i pomoću nje se kinetička energija vjetra pretvara u mehaničku. Nakon toga se mehanička energija pretvara u električnu u generatoru turbine. Takva proizvedena električna energija može se pohraniti u bateriju ili izravno koristiti.¹⁶ A vjetroelektrana predstavlja skup vjetroturbina na određenoj lokaciji koje se zajedno koriste za proizvodnju električne energije. Ona je često veliko postrojenje koje može biti površine više stotina četvornih kilometara i daje električnu energiju u električnu mrežu koju ljudi mogu koristiti.¹⁷

Energija vjetra predstavlja čist, održiv i obilat izvor energije. Električna energija koja se proizvede ne sadrži emisije stakleničkih plinova. A još jedna od prednosti je da je energija vjetra vrlo isplativa; iako vjetroturbine mogu biti relativno skupe za postavljanje, početno ulaganje se lako nadoknadi zbog niskih troškova održavanja i rada. A pored toga, cijena energije vjetra nastavlja padati kako tehnologija napreduje. Godine 2021. obnovljivi izvori su službeno postali najjeftiniji izvor energije na svijetu, što je uglavnom posljedica poboljšanja tehnologije koja je smanjila troškove instalacije kao i troškove rada i održavanja. Vjetroturbine, iako su masivne, zauzimaju relativno malo kopnenog prostora te ju je moguće izgraditi na farmi, a uz to zadržati i poljoprivrednu vrijednost te zemlje. Uz to vjetroturbine osiguravaju stabilan dotok prihoda koji može pomoći poljoprivrednicima da se nose s nepredvidljivošću poljoprivrede.¹⁸ No pored svega navedenog, postoje i određeni nedostaci energije vjetra. Teško je točno predvidjeti koliko će električne energije vjetroturbina proizvesti tijekom vremena s obzirom da učinkovitost vjetroturbine u proizvodnji električne

¹⁵ U.S. Energy Information Administration (b.d.), Wind explained, preuzeto 12.02.2023. s <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/>

¹⁶ Renewable Energies and the Environment – Renovables Verdes (b.d.), Wind turbine, preuzeto 12.02.2023. s <https://www.renovablesverdes.com/en/wind-turbine/>

¹⁷ Energy education (b.d.), Wind farm vs Wind turbine, preuzeto 12.02.2023. s https://energyeducation.ca/encyclopedia/Wind_farm_vs_wind_turbine

¹⁸ Perch energy (b.d.), Wind power pros&cons: Advantages, disadvantages of wind energy, preuzeto 12.02.2023. s <https://www.perchenergy.com/blog/energy/advantages-disadvantages-wind-energy>

energije ovisi o vremenu. To znači da energija vjetra nije uvijek dostupna za otpremu u vrijeme najveće potražnje za električnom energijom. Mehaničkim radom i vrtlogom vjetra koji se stvara okretanjem lopatica stvara se buka i to je jedan od najvećih nedostataka energije vjetra. Prilikom okretanja velikih lopatica vjetroturbina, njihove oštrice mogu ozlijediti i ubiti vrste koje lete u njih, poput ptica i šišmiša. Uz to, u mnogim slučajevima turbine i proizvodna mjesta mogu biti smješteni prilično daleko od naseljenih centara u kojima je potrebna električna energija. Dakle, dalekovodi su dodatni dio infrastrukture koji se mora izgraditi da bi ovaj oblik proizvodnje energije bio uspješan.¹⁹

Slika 1 Vjetroelektrana



Izvor: <https://www.poynter.org/> (2023)

¹⁹ Energy Sage (b.d.), Wind energy pros and cons, preuzeto 12.02.2023. s <https://www.energysage.com/about-clean-energy/wind/pros-cons-wind-energy/>

3.1.3. Hidroenergija

Voda je najraširenija tekućina na svijetu i bez nje bi život bio nemoguć. Oko 71% Zemljine površine je prekriveno vodom. Riječ je o tekućini bez okusa, boje i mirisa, a može poprimiti tri agregatna stanja (Potočnik, 2002.).

Voda koja se nalazi iza brane pada s određene visine i iz potencijalne gravitacijske energije vode prelazi se u kinetičku energiju koja pogoni vodnu turbinu, a potom se kinetička pomoću turbine pretvara u mehaničku energiju. Pri tom se osovinu turbine rotira i pogoni generator koji proizvodi električnu energiju. Razina vode nije uvijek ista i protok vode nije konstanta pa je tako razlika između razine proizvodnje hidroelektrane i snage koja će biti instalirana velika. Kada hidroelektrana radi s protokom koji je instaliran i kada svi dijelovi hidroelektrane mogu biti u pogonu dobije se instalirana snaga koja se izražava u kW (MW, GW ili TW). Snagu koju hidroelektrana može proizvesti u nekom trenutku nazivamo raspoloživa snaga. Važno obilježje hidroelektrane je moguća proizvodnja koju dobijemo kao aritmetičku sredinu mogućih godišnjih proizvodnji promatranih kroz duži niz godina (Udovičić, 1993).

Glavna prednost izgradnje hidroelektrane je izbjegavanje emisije onečišćujućih i stakleničkih plinova prilikom proizvodnje električne energije iz vodotoka. Električna energija koja se dobije u hidroelektranama ne ovisi o kretanju cijene i ponude fosilnih goriva na tržištu. Hidroelektrane danas rade s predvidljivim životnim vijekom od 100 godina i visoko su automatizirane te se početna investicija mnogostruko isplati. Pored toga imaju dobru kontrolu rada, odnosno brzo se uključuju u elektroenergetski sustav. Akumulacijske hidroelektrane kontroliraju navodnjavanje šireg područja, reguliraju tok rijeka, brane od poplava i slično. S druge strane, gradnjom hidroelektrane mijenja se postojeće stanje u okolišu; kada se riječni kontinuitet prekine mijenja se pronos sedimenta u obliku pijeska i mulja i ne mogu se koristiti prirodni putovi (Lovrić i Lovrić, 2013).

3.1.4. Biomasa, otpad i biogoriva

Energetski izvori biološkog podrijetla, proizvodi fotosinteze koristili su čovjeku oduvijek kao hrana, ali i kao gorivo. Prije nego su se počela upotrebljavati fosilna goriva, drvo je bilo izvor energije. Energija iz obnovljivih izvora se može proizvoditi kroz duži period u usporedbi s energijom koja je dobivena preradom fosilnih goriva (Damić, 2012). Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora za biomasu kaže da je proizvod biljne tvari koja potječe iz poljoprivrede ili šumarstva, a koristi se kao gorivo kako bi se upotrijebio njihov energetska sadržaj. Otpad koji predstavlja biomasu je biljni otpad iz poljoprivrede i šumarstva ili iz prehrambene industrije ako se koristi za dobivanje toplinske energije, otpad od pluta, vlaknasti biljni otpad iz proizvodnje papira iz celuloze i primarne celuloze, drveni otpad osim drvnog otpada koji može sadržavati halogenirane organske spojeve ili teške metale kao posljedica obrade sredstvima za zaštitu drveta ili premazima.²⁰

Relevantni zakonski akti EU-a definiraju biogorivo kao tekuće ili plinovito pogonsko gorivo koje je proizvedeno od biomase. Ono može biti proizvedeno iz otpada ili ostataka biorazgradivih ribarskih, šumarskih ili poljoprivrednih proizvoda ili iz biorazgradivog industrijskog i komunalnog otpada. Ovisno o iskorištenim sirovinama razlikujemo dvije vrste biogoriva:

- konvencionalna goriva (prva generacija biogoriva) i
- napredna biogoriva (druga ili treća generacija biogoriva).

Konvencionalna goriva se proizvode iz poljoprivrednih kultura koje služe i za proizvodnju ljudske i životinjske hrane poput uljarice, šećerne repe, šećerne trske i žitarica, dok se napredna biogoriva proizvode iz otpada ili ostataka i ne koriste se za proizvodnju ljudske i životinjske hrane.

Tijekom svoga rasta sirovina troši količinu ugljika koja se proizvodi izgaranjem pa u usporedbi s fosilnim gorivima biogoriva proizvode manje stakleničkih plinova, a posebno ugljičnog dioksida. Kada se uzgajaju kulture koje će se koristiti za proizvodnju biogoriva oslobađaju se staklenički plinovi, ali dodatni plinovi se oslobađaju prilikom prenamjene i obrađivanja novih područja za uzgajanje prehrambenih kultura.²¹

²⁰ https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_04_42_827.html

²¹ Ibid.

Biomasa se pretvara u energiju različitim procesima, uključujući:

1. izravno izgaranje za proizvodnju topline,
2. termokemijsku pretvorbu za proizvodnju krutih, plinovitih i tekućih goriva,
3. kemijsku pretvorbu za proizvodnju tekućih goriva,
4. biološku pretvorbu za proizvodnju tekućih i plinovitih goriva.²²

Izravno izgaranje najčešći je način pretvaranja biomase u korisnu energiju. Sva biomasa može se spaljivati izravno za grijanje zgrada i vode, za toplinu industrijskih procesa i za proizvodnju električne energije u parnim turbinama.²³

Termokemijska pretvorba biomase uključuje *pirolizu i rasplinjavanje*. To su procesi toplinske razgradnje. U zatvorenim posudama pod tlakom koje se nazivaju *rasplinjači* na visokim temperaturama se zagrijavaju sirovine biomase. Glavna razlika je temperatura procesa i količina kisika koji je prisutan tijekom procesa pretvorbe.²⁴

- Tijekom *pirolize* organski materijal se zagrijava na 800–900°F (400–500°C) uz gotovo potpuni nedostatak slobodnog kisika. Goriva kao što su drveni ugljen, bioulje, obnovljivi dizel, metan i vodik proizvode se pirolizom biomase.
- *Hidroobrada* je proces kojim se prerađuje bio-ulje (koji je proizveden procesom brze pirolize) s vodikom u uvjetima povišene temperature i tlaka uz prisutan katalizator za proizvodnju obnovljivog benzina, obnovljivog mlaznog goriva i obnovljivog dizela.
- *Rasplinjavanjem* se organski materijal zagrijava na 1400–1700°F (800–900°C), a uz to se ubrizgava slobodni kisik i/ili para za proizvodnju sinteznog plina ili sintetskog plina. Sintetski plin je plin bogat ugljičnim monoksidom i vodikom, a može se koristiti kao gorivo za grijanje, za dizel motore, za proizvodnju električne energije u plinskim turbinama i za grijanje.²⁵

Biološka pretvorba uključuje fermentaciju za pretvaranje biomase u etanol i anaerobnu digestiju koja služi za proizvodnju obnovljivog prirodnog plina, a etanol se koristi kao gorivo

²² U.S. Energy Information Administration (b.d.), Biomass explained, preuzeto 13.02.2023. s <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>

²³ Ibid.

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid.

za vozila. Bio plin ili biometan je obnovljivi prirodni plin koji se proizvodi u anaerobnim digestorima u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda te u mljekarstvu i stočarstvu.²⁶

²⁶ Ibid.

3.1.5. Geotermalna energija

Unutar površine zemlje dobiva se energija koju voda i/ili para prenose na samu površinu Zemlje i ona se naziva geotermalna energija. U blizini tektonski aktivnih područja nalaze se izvori visoke ili srednje temperature koji su potrebni za proizvodnju električne energije. Koriste se za proizvodnju električne energije. Geotermalna energija ne ovisi o vremenskim uvjetima i ima vrlo visoke faktore kapaciteta što predstavlja njezinu glavnu prednost. Zbog toga geotermalne elektrane mogu opskrbljivati osnovno opterećenje električnom energijom i u nekim slučajevima pružati pomoćne usluge za kratkoročnu i dugoročnu fleksibilnost.²⁷

Postoje tri tipa postrojenja koja koriste geotermalnu energiju kako bi proizveli električnu energiju, a koji će se tip elektrana primijeniti ovisi o karakteristikama geotermalnog resursa. Veličina postrojenja ovisi o mogućnosti plasmana energije i proizvodnosti bušotina.

U prvom tipu postrojenja se koriste protutlačne turbine, a kao geotermalni fluid koriste se zasićena smjesa pare i vode ili suha para. U ovom tipu postrojenja para i voda će se odvojiti u separatoru, a potom para pokrenuti turbinu, a izdvojena voda se vratiti u ležište.

Drugi tip postrojenja za proizvodnju električne energije koristi kondenzacijske turbine, a para se nakon što prođe kroz nju pri nižem tlaku kondenzira. Para se može odvajati pri različitim radnim tlakovima i stupnjevima ovisno o raspoloživom tlaku i temperaturi.

Treći tip predstavlja binarno postrojenje. Moguće je koristiti geotermalne resurse s temperaturom i do 90°C s obzirom da se razvila tehnologija lako hlapljivih kapljevina. Izmjenjivači topline predaju toplinu drugom radnom fluidu koji isparava kod niže temperature. Ta para pokreće turbinu generatora, nakon čega se kondenzira i u zatvorenom krugu ponovno ulazi u izmjenjivač. Upravo je ovaj tip postrojenja ekološki najprihvatljiviji jer nema direktnog utjecaja na okoliš i u zatvorenom ciklusu će se geotermalna voda ponovno utisnuti u ležišta (Pravica et al., 2006).

Iskorištavanje geotermalne energije predstavlja jedan od ekološko najprihvatljivijih načina komercijalne proizvodnje energije, raspoloživa je tijekom cijele godine s iskorištenjem većim od 95% u procesu pretvorbe geotermalne u električnu energiju. Ali do utjecaja na

²⁷ International Renewable Energy Agency (b.d.), Geothermal energy, preuzeto 13.02.2023. s <https://www.irena.org/geothermal>

okoliš dolazi i kod procesa korištenja geotermalne energije. U procesu pretvorbe geotermalne u električnu energiju emitiraju se plinovi i pare, zagrijava se okoliš, stvara se buka te se potencijalno zagađuju površinske vode. Međutim, ti utjecaji na okoliš su znatno manje izraženi od drugih vrsta postrojenja za proizvodnju električne energije. Korištenjem geotermalne energije izbjegavaju se kisele kiše te se znatno smanjuje emisija stakleničkih plinova i drugih oblika zagađenja zraka. Geotermalnim fluidom nazivamo smjesu vode, raznih plinova otopljenih soli i minerala. S porastom temperature, koncentracija otopljenih soli i minerala se povećava i to može dovesti do povećane koncentracije nekih elemenata. Posljedično, u cilju zaštite okoliša, zahtijeva se izgradnja dodatnih postrojenja za njihovo izdavanje, a površina koja se koristi za izgradnju bušotina, cjevovoda i postrojenja je u usporedbi s drugim fosilnim ili nuklearnim izvorima energije znatno manja (Pravica et al., 2006).

3.2. Neobnovljivi izvori energije

Obnovljivi i neobnovljivi izvori energije su izvori koje ljudsko društvo koristi za svakodnevno funkcioniranje. Razlika između ove dvije vrste resursa je u tome što se obnovljivi resursi mogu prirodno obnoviti, dok neobnovljivi resursi ne mogu. Neobnovljivi izvori energije uključuju ugljen, prirodni plin, naftu (jednim nazivom fosilna goriva) i nuklearnu energiju. To znači da su neobnovljivi resursi ograničeni u ponudi i da se ne mogu koristiti na održiv način. Jednom kad se ti resursi potroše ne mogu se nadomjestiti, što predstavlja veliki problem za čovječanstvo budući da trenutno pomoću njih zadovoljavamo većinu naših energetske potrebe.²⁸

Fosili ili okamine su ostaci okamenjenih biljaka ili životinja na sedimentnim stijenama koji su se nataložili još u davno doba. Još se nazivaju fosilnim ili mineralnim gorivima. Nakon što su se na dnu mora, oceana ili u tlu prije mnogo milijuna godina počeli taložiti različiti ostaci flore i faune, vremenom ih je prekrilo sloj mulja i pijeska i pod dovoljno visokim temperaturama i velikim tlakovima ostaci su se pretvorili u fosilna goriva.²⁹

Glavne prednosti fosilnih goriva su prilagodljivost potrebama, skladištenju i transportu u prirodnom obliku, raspoloživost i niske investicije za izgradnju postrojenja za njihovo dobivanje i održavanje zbog postojanja instalirane snage.³⁰

Razlikuju se kruta, tekuća i plinovita goriva, a prema podrijetlu prirodna (primarna) i umjetna (sekundarna). Prirodna fosilna goriva se koriste u svom prirodnom stanju, dok je umjetna potrebno preraditi prije uporabe.³¹

Ugljen

Među raspoloživim zalihama fosilnih goriva ugljen je najrašireniji energent. Unatoč tome što ima relativno nisku cijenu i jednostavne tehnologije za konverziju energije i siguran transport, znatno je manja zastupljenost u potrošnji u odnosu na tekuća i plinovita goriva. A nepraktičnost za korištenje u širokoj potrošnji je glavni razlog tome. Ugljen se uglavnom koristi u termoelektranama za proizvodnju električne i toplinske energije.³² S obzirom da se

²⁸National Geographic Society (b.d.), Nonrenewable Resources, preuzeto 15.02.2023. s <https://education.nationalgeographic.org/resource/nonrenewable-resources>

²⁹ Šilić, Đ., Stojković, V., Mikulić, D. (2012) Goriva i maziva. Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica, str.35.

³⁰ Ibid. str.35.

³¹ Ibid. str.36.

³² Ibid. str.37.

prilikom izgaranja emitiraju plinovi i ostatci izgaranja (pepeo) u atmosferu koji ponekad sadrže sastojke koji zrače, eksploatacija ugljena ima veliki neželjeni ekološki utjecaj.³³

Oko 9 milijardi tona CO² završi u atmosferi nakon izgaranja ugljena, a na proizvodnju električne energije odnosi se čak 70% od tog iznosa. Procjenjuje se da od ukupne svjetske emisija CO² jedna trećina otpada na proizvodnju električne energije. S obzirom da je cilj da se velike svjetske rezerve ugljena koriste, a da se pri tome ne doprinosi globalnom zatopljenju razvijaju se nove tehnologije čistog ugljena. Golema sredstva i napor ulažu se u istraživanje i razvoj tehnologije čistog ugljena jer se upravo kroz njih nazire nada za čistu električnu energiju, a pri pojmu čisti ugljen misli se na ugljen očišćen od primjesa.³⁴

Prirodni plin

Prirodni plin (ili zemni plin) je fosilno gorivo i sastavom je smjesa ugljikovodika koja se najvećim dijelom sastoji od metana (CH₄).³⁵ Zalihe prirodnog plina su ograničene, kao i svakog drugog fosilnog goriva. Najčešće se koristi u proizvodnji električne i toplinske energije te u sustavima grijanja i pripreme tople vode, a sve je veći postotak motornih vozila koji se pogone na prirodni plin. Udio metana u prirodnom plinu varira ovisno o svjetskim nalazištima pa promjenjivost njegova sastava može biti jedan od problema u njegovoj uporabi. Ovisno o izvorištu sastav mu se mijenja.³⁶

Kada se koristi za pogon motornih vozila prirodni plin je potrebno komprimirati u posebne spremnike pod visokim tlakom kako bi motorno vozilo moglo ponijeti što veću količinu u spremniku. Prirodni plin u takvom stanju naziva se stlačeni prirodni plin – SPP (*engl. Compressed Natural Gas – ili CNG*). Ukapljeni prirodni plin – UPP (*engl. Liquefied Natural Gas – ili LNG*) se dobije ukapljivanjem prirodnog plina na temperaturi od -162°C (i atmosferskom tlaku) i to da bi mu se volumen smanjio za oko 600 puta. Najčešće se to događa ako je plin potrebno prevoziti tankerima na velike udaljenosti.³⁷

Kako se potražnja za energijom povećava, u budućnosti je neće biti moguće namiriti samo većim udjelom obnovljivih izvora i mjerama energetske učinkovitosti. Prirodni plin ima

³³ Ibid. str.38.

³⁴ Bogdan, Ž., et al. (2007). 'TEHNOLOGIJE ČISTOG UGLJENA U STRATEGIJI RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA', *Journal of Energy*, 56(4), str.400. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/16916> (Datum pristupa: 15.02.2023.)

³⁵ Šilić, Đ., Stojković, V., Mikulić, D. (2012) Goriva i maziva. Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica, str.108.

³⁶ Ibid. str.110.

³⁷ Ibid. str.110.

veliku priliku postati glavni energent po potrošnji u svijetu upravo zbog svoje visoke energetske vrijednosti i široke primjenjivosti, a zbog malih emisija ugljičnog dioksida i onečišćujućih tvari njegov udio u energetske miks u će i dalje rasti.³⁸

Nafta

Iz sirovog zemnog ulja – nafte procesom frakcijske destilacije u rafinerijama se dobivaju sva mineralna tekuća goriva. Sastav nafte čine mješavine ugljikovodika različite molekularne mase i druge organske komponente. Ispod površine zemlje ili morskog dna naftu nalazimo kao zapaljivu tamnu viskoznu tekućinu u stijenama različite starosti.³⁹ Početkom industrijskog korištenja nafte smatra se 1859. godina kada je Edwin L. Drake u Titusvillu u Pensilvaniji izveo prvo sondiranje tako što je bušio na dubinu od 23m, a dnevna proizvodnja iznosila je oko 4 m³ nafte. Nafta se sve do kraja 19. stoljeća koristila za proizvodnju petroleja i za osvjetljenje loživog ulja, a u tom periodu je krenula i proizvodnja mineralnih mazivih ulja. Razvijem motora s unutarnjim izgaranjem započela je i proizvodnja benzina, a posljedično i masovnije vađenje nafte.⁴⁰

Važnost energetike, industrije, prometa, poljoprivrede u suvremenom gospodarstvu je monopolizirala gospodarsku granu nafte. Tako su stvorene multinacionalne kompanije, veliki koncerni petrokemijske industrije koje danas upravljaju svijetom. U bezobzirnoj borbi za profitom, izazivaju se velike krize i ratovi. Središte krvavih ratova i političkih kriza su bile mnoge zemlje na Bliskom i Srednjem istoku te u Južnoj Americi, a neke su još uvijek. Glavne žrtve ovog udara su slabije zemlje i one koje nisu ekonomski razvijene. Neke zemlje su se uspjele osloboditi prevlasti naftnih kartela tako što su nacionalizirale svoje prirodne izvore nafte i postrojenja za preradu, ali na lokacijama najvećih pričuva moćnici na razne načine uspijevaju zadržati u svojim rukama bogatstvo koje bi trebalo pripadati i drugima. Jedan od bitnih uzroka kriza u svijetu je kontrola nad izvorima tog najvažnijeg strateškog proizvoda od strane zemalja proizvođača nafte (takozvanog „crnog zlata“) i njihova velika moć u geopolitičkim odnosima.⁴¹

Visoka potrošnja nafte kod zemalja uvoznica u svijetu ostavlja mogućnost energetske "ranjivosti" i korištenja nafte kao „oružja“, posebice razvijenih Zapadnih zemalja i Japana.

³⁸ Banovac, E. (2018) Prirodni plin – bitan energent 21. stoljeća. *Plin: stručni časopis za plinsko gospodarstvo i energetiku*, 18 (4), str.8.

³⁹ Šilić, Đ., Stojković, V., Mikulić, D. (2012) Goriva i maziva. Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica, str.45.

⁴⁰ Ibid. str.46.

⁴¹ Ibid str.59.

Naftno tržište se sedamdesetih godina našlo u situaciji naglo narušene ravnoteže. Dva važna događaja koja su svijet suočila s razdobljem skupe nafte i naftnom krizom bila su u razdoblju od 1974. do 1979. godine. Tijekom naftne krize cijene nafte rasle su toliko da su uzrokovale svjetsku recesiju, što znači da je u odnosu na projiciranu stopu rasta svjetskog BDP-a stopa rasta svjetskog bruto domaćeg proizvoda bila smanjena za dva do tri posto.⁴²

Nuklearna energija

Nuklearna ili atomska energija nastaje kada se dvije atomske jezgre sudare ili se sudari atomska jezgra s nekom česticom, npr. s neutronom. Tom reakcijom nastaju nove jezgre i čestice. Nuklearnom energijom nazivamo energiju koja se oslobađa ili troši u nuklearnim reakcijama (pretvorbama) koje su nastale spontano ili su izazvane.⁴³

Nuklearna energija se pojavila kao rezultat naftnih šokova u energetskej svjetskoj politici. Na isti način na koji je nafta bila poboljšanje u odnosu na ugljen, nuklearna energija je bila tehnološko poboljšanje u odnosu na naftu i samom pojavom nuklearne energije, rizik energetske ovisnosti o nafti se smanjio. Važna razlika u odnosu na prijašnja poboljšanja bila je vrlo visok rizik, s obzirom na moguće posljedice koje bi uslijedile nakon što bi se dogodio kvar na elektrani i nuklearna kataklizma za cijeli svijet.⁴⁴

Europski gospodarski i socijalni odbor iznosi mišljenje na zahtjev češkog predsjedništva Vijeća EU na temu Uloga nuklearne energije u stabilnosti cijena energije u EU-u. Ističu da postoji opasnost od povećanja cijena energije zbog pojave dodatnih troškova za zaštitu i sigurnost izazvanih ratom.⁴⁵ Također, postoje države članice koje su u svoju kombinaciju izvora energije uključile nuklearnu energiju i to će kratkoročno doprinijeti stabilnosti opskrbe energijom gdje je to tehnički izvedivo i u velikoj mjeri utjecati na stabilnost cijena. Granični troškovi nuklearne energije su u odnosu na troškove elektrana na ugljen i troškove plinskih elektrana stabilni i mnogo niži. Nuklearna energija je dostupna na zahtjev, a nuklearne elektrane svojim radom ne ispuštaju veliku količinu CO₂ kao i kod

⁴² Gelo, T. (2010) *Makroekonomika energetskeg tržišta*. Zagreb, Politička kultura., str.37.

⁴³ On-line izdanje Hrvatske enciklopedije, enciklopedijski članak, Nuklearna energija, preuzeto 17.02.2023. s <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=44375>

⁴⁴ Gelo, T. (2010) *Makroekonomika energetskeg tržišta*. Zagreb, Politička kultura., str.40.

⁴⁵ Rat u Ukrajini.

obnovljivih izvora energije pa njihov granični trošak ne uključuje troškove CO₂ i promjene u cijeni ugljika na njih nemaju utjecaja.⁴⁶

Da bi plan EU-a, kojim želi postati prvi klimatski neutralan kontinent do 2050., bio ostvaren potrebno je energetske prijevici na izvore energije s minimalnim emisijama. Kada kombiniramo izvore energije nemoguće je povećati udio obnovljivih izvora energije bez rezerve trenutno dostupnih stabilnih izvora energije (energija iz fosilnih goriva i nuklearna energija). Također, određenu kapacitete energije je potrebno skladištiti kako bi određen iznos energije uvijek bio dostupan i tako izbjegao prekid opskrbe energijom. Ruski plin predstavlja stabilan izvor energije, a nuklearna energija je jedini izvor koji ima niske emisije i čijim bi se korištenjem ovisnost o plinu iz Rusije smanjila.⁴⁷ Tehnologija s najnižim očekivanim troškovima u 2025. je nuklearna tehnologija koja je ujedno fleksibilna i niskougljična tehnologija. Sličan doprinos uz usporedive troškove mogu pružiti samo velike akumulacijske hidroelektrane, no one uvelike ovise o prirodnim značajkama pojedinačnih zemalja.⁴⁸

⁴⁶ Dokument Europskog gospodarskog i socijalnog odbora TEN/776, Razmatračko mišljenje na zahtjev češkog predsjedništva Vijeća EU-a, str.3., preuzeto 17.02.2023. s <https://webapi2016.eesc.europa.eu/v1/documents/EESC-2022-01184-00-00-AS-TRA-HR.docx/content>

⁴⁷ Ibid. str.5.

⁴⁸ Ibid. str.7.

4. PANEL ANALIZA UTJECAJA POTROŠNJE OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA EKONOMSKI RAST

4.1. Metodologija istraživanja

Za potrebe empirijskog dijela ovoga rada korištena je panel analiza. U vremenskim modelima se varijable promatraju samo kroz vrijeme, a u prostornim modelima se u samo jednom trenutku promatra više jedinica. Mjereći karakteristike jedinica kroz vrijeme dobijemo panel podatke (eng. panel data) ili longitudinalne podatke koji sadrže komponente vremena t i prostora i . U panelu se opažaju podaci o jedinicama N kroz određeni period. Mjerenjem varijabli x i y dobijemo podatke za analizu, a zapisuju se ovako:

$$(x_{it}, y_{it}), i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T, \quad (3)$$

a jedinica koja se analizira označena je s i , a razdoblje analize s t . Broj opažanja u panelu jednak je $N \times T$.⁴⁹

Razlikuju se statički i dinamički modeli, ovisno o zavisnoj varijabli. Kao osnovne vrste statičkih panel modela ističu se model s fiksnim efektom i model sa slučajnim efektom. Mnoge su ekonomske relacije dinamičke prirode, a jedna je od prednosti panel podataka što omogućuju istraživaču bolje razumijevanje dinamike prilagodbe. Dinamička povezanost se može okarakterizirati uključivanjem u model zavisne varijable s pomakom među ostale regresore. U ovome radu je korištena dinamička panel analiza zbog relacija koje su uglavnom dinamičke prirode, a to znači da sadašnja vrijednost zavisne varijable ovisi o prethodnim vrijednostima te varijable.⁵⁰

Radi jednostavnosti, pretpostavlja se da je samo prvi pomak svake od varijabli relevantan za kratkoročnu povezanost u svakoj zemlji pa prema tome panel ARDL (1,1,1) koji se procjenjuje je oblika:

$$BDP_{it} = \delta_i + \beta_{10i} OIE_NRE + \beta_{11i} OIE_NRE_{i,t-1} + \beta_{20i} L_{it} + \beta_{21i} L_{i,t-1} + \gamma_i BDP_{i,t-1} + \eta_{it} \quad (4)$$

pri čemu je realni BDP po stanovniku zavisna varijabla, a nezavisne su bruto domaća potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku i udio radne snage u

⁴⁹ Jakšić, S., Erjavec, N. & Čeh Časni, A. (2020) op.cit., str.358.

⁵⁰ Čeh Časni, A. (2014). Radionica Stata 13: Izabrani procjenitelji za dinamičke heterogene modele, Terme Jezerčica

ukupnom stanovništvu. Izvorne vrijednosti varijabli su transformirane u prirodne logaritme za potrebe provođenja empirijske analize.

Prvi korak analize (nakon transformacije varijabli) bio je testirati prisustvo jediničnih korijena. Panel testovi jediničnih korijena temelje se na istim principima kao i testovi jediničnih korijena koji se provode za vremenske nizove. Naime, jedan od glavnih razloga primjene testova jediničnih korijena (i kointegracije) na panel podatke je poboljšanje statističke snage tih testova u odnosu na snagu koju imaju u analizi pojedinačnih nizova. Ovu su činjenicu potvrdili tzv. panel testovi jediničnih korijena prve generacije. Panel podaci općenito sadrže nemjerljivu heterogenost prikazujući parametre modela kao prostorno specifične. U mnogim je empirijskim istraživanjima neprikladno pretpostaviti da su prostorne jedinice nezavisne. U cilju otklanjanja ovih poteškoća, razvijeno je nekoliko vrsta panel testova jediničnih korijena u kojima se dopuštaju različiti oblici prostorne zavisnosti (druga generacija panel testova jediničnih korijena). Razlikuju se testovi jediničnog korijena sa zajedničkim procesima (engl. Tests With Common Unit Root Proceses); najpoznatiji testovi iz te skupine su: Levin, Lin i Chu (LLC), Breitungov i Hadrijev test te testovi s individualnim procesima jediničnog korijena (engl. Tests With Individual Unit Root Processes), a u tu skupinu spadaju Im, Pesaran i Shinov (IPS) te Fisherovi testovi (ADF i PP test).⁵¹

Nakon testova jediničnoga korijena provjeravalo se postojanje kointegrirajuće povezanosti između odabranog skupa varijabli. Proveden je panel test kointegracije koji je razvio Westerlund. Osnovna je ideja spomenutih testova, testirati nultu hipotezu o nepostojanju kointegracije i to pretpostavljajući da je faktor korekcije pogreške u uvjetnom panel modelu ispravljanja pogreške (engl. *conditional panel error-correction model*) jednak nuli. Testne veličine pripadaju normalnoj distribuciji i općenito omogućuju uvođenje specifične kratkoročne dinamike za pojedinu jedinicu, kao i specifičnih trend parametara i parametara nagiba specifičnih za jedinicu te isto tako mogu uključiti prostornu zavisnost (engl. *cross-sectional dependence*), (Persyn i Westerlund, 2008.).⁵²

Uz to, korištene su dinamičke metode za heterogene panele koji su razvili Pesaran i dr. (1999) tradicionalni združeni procjenitelj grupe (engl. *pooled mean group estimator*, PMG) i prosječni procjenitelj grupe (engl. *mean group estimator*, MG). MG metoda (Pesaran i Smith, 1995) procjenjuje sve parametre posebno, po načelu „zemlja po zemlja“, a potom daje njihovu prosječnu vrijednost. S druge strane, PMG metoda (Pesaran, Shin, i Smith, 1999) uključuje

⁵¹ Jakšić, S., Erjavec, N. & Čeh Časni, A. (2020) op.cit., str.372.

⁵² Jakšić, S., Erjavec, N. & Čeh Časni, A. (2020) op.cit., str.379.

zduživanje (engl. *pooling*) i uprosječivanje (engl. *averaging*) kroz grupe s ciljem da se dobije aritmetička sredina koeficijenata korekcije pogreške koji su procijenjeni i ostalih parametara modela u kratkom roku. Nadalje, u PMG metodi konstantni članovi, kratkoročni koeficijenti i varijance pogrešaka relacije variraju po grupama, a dugoročni koeficijenti su jednaki po grupama (Basarac Sertić i dr., 2015).⁵³

A u metodi slučajnih i fiksnih učinaka je obrnuto; mijenjaju se ili grupni ili vremenski učinci dok svi ostali i dugoročni i kratkoročni koeficijenti te varijance grešaka ostaju fiksne za sve zemlje u uzorku i ta metoda se naziva DFE metoda (eng. *Dynamic Fixed Effects*). PMG procjenitelj je značajno precizniji i točniji s obzirom da koristi prednosti oba pristupa i predstavlja kompromis između dviju metoda. Ova metoda pretpostavlja da su koeficijenti varijabli u dugom roku jednaki (Pesaran, 1999). Na kraju se za usporedbu MG i DFE procjenitelja koristio Hausmanov test.

4.2. Pregled empirijskih istraživanja

U ovom dijelu je dan pregled empirijskih istraživanja koji su analizirali odnos ekonomskog rasta i potrošnje energije.

Sadorsky (2009) je radio istraživanje na uzorku G7 skupine zemalja koristeći metodu vektorske autoregresije za razdoblje od 1980. do 2005. i pokazao da su glavni pokretači povećanja potrošnje obnovljivih izvora energije u dugom roku povećanje emisije ugljičnog dioksida po stanovniku i povećanje realnog BDP-a po stanovniku. Pored toga, negativan utjecaj na potrošnju obnovljivih izvora energije ima rast cijene nafte. Postoje određena kratkotrajna odstupanja od dugoročne ravnoteže i ona traju od 1.3 godine (u Francuskoj) do 7.3 godina (u Japanu). Pomoću FMOLS modela procijenjene su dugoročne elastičnosti koje pokazuju da će povećanje realnog BDP-a po osobi za 1% dovesti do povećanja potrošnje obnovljivih izvora energije za 8.44%. A pored toga, potrošnja obnovljivih izvora energije će se povećati za 5,23% ako se emisija ugljičnog dioksida poveća za 1% po osobi.⁵⁴

⁵³ Fatur Šikić, T. (2018). 'Utjecaj potrošnje energije na ekonomski rast u razvijenim i post-tranzicijskim zemljama Europske unije', Disertacija, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet, citirano: 17.02.2023., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:192:479264>, str.153.-154.

⁵⁴Sadorsky, P., (October 2009) Renewable energy consumption and income in emerging economies, *Energy Policy*, Volume 37, Issue 10, 2009, Pages 4021-4028, preuzeto s <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509003176?via%3Dihub>

Apergis i Payne (2011) su na uzorku od 16 zemalja u razvoju za razdoblje od 1990. do 2007. analizirali odnos između ekonomskog rasta i potrošnje električne energije iz obnovljivih i neobnovljivih izvora. Analiza je pokazala da postoji dugoročni ravnotežni odnos između realnog BDP-a, bruto investicija u fiksni kapital, radne snage i potrošnje električne energije dobivene iz obnovljivih i neobnovljivih izvora. U tom istraživanju koristili su panel kointegracijske testove. Uz to, u dugom roku postoji dvosmjerna, a u kratkom roku jednosmjerna uzročnost i to polazeći od ekonomskog rasta do potrošnje električne energije iz obnovljivih izvora. A ako se promatra odnos potrošnje električne energije iz neobnovljivih izvora i ekonomskog rasta, uzročnost postoji u oba smjera i to i u dugom i u kratkom roku.⁵⁵

Tiwari (2011) je rezultatima svoje analize pokazao da stopa rasta potrošnje neobnovljivih izvora energije negativno utječe na ekonomski rast, dok pozitivan utjecaj ima stopa rasta potrošnje obnovljivih izvora energije. Istraživanje je uključivalo 14 EU članica te Norvešku, Švicarsku i Tursku u razdoblju 1965.-2009. Za metodu istraživanja odabrana je vektorska autoregresija panel podataka (PVAR).⁵⁶

Inglesi-Lotz (2016) pokazuje na primjeru OECD zemalja da je na gospodarski rast utjecaj potrošnje obnovljivih izvora energije ili njezinog udjela u ukupnom energetsom miksu pozitivan i statistički značajan. U analizi su korišteni godišnji podaci za OECD zemlje u razdoblju od 1990. do 2010. unutar multivarijatnog okvira temeljenog na Cobb-Douglasovoj proizvodnoj funkciji. Rezultati Pedronijevog kointegracijskog testa su otkrili da između realnog BDP-a ili realnog BDP-a po stanovniku, realne bruto investicije u fiksni kapital, potrošnje obnovljivih izvora energije, zaposlenosti i izdataka za istraživanje i razvoj postoji dugoročna ravnotežna povezanost. Procjene su pokazale da će povećanje potrošnje obnovljivih izvora energije za 1% povećati BDP za 0.105% te BDP po stanovniku za 0.10%, a povećanje udjela obnovljivih izvora energije unutar energetske miksa zemalja će povećati BDP za 0.089% i BDP po stanovniku za 0.090%. Rad je imao za cilj utvrditi utjecaj

⁵⁵Apergis, N. i Payne, J.E., On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries, *Energy Syst* (2011) 2; 299-312, preuzeto s <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12667-011-0037-6.pdf>

⁵⁶ Tiwari, A.K., Comparative performance of renewable and nonrenewable energy source oneconomic growth and CO2 emissions of Europe and Eurasian countries: APVAR approach, *Economics Bulletin*, 2011., Volume 31, Issue 3, pages 2356-2372, preuzeto s https://www.academia.edu/1381064/Comparative_performance_of_renewable_and_nonrenewable_energy_source_on_economic_growth_and_CO2_emissions_of_Europe_and_Eurasian_countries_A_PVAR?auto=citations&from=cover_page

obnovljivih izvora energije na gospodarski rast gospodarstava OECD-a u nastojanjima da se pomogne kreatorima politike provedba novih politika.⁵⁷

Fatur Šikić (2020) je radila istraživanje na dvije skupine zemalja. Prvu skupinu su čini 16 razvijenih EU zemalja promatranih od 1990. do 2018. godine, dok je u drugoj skupini 11 post-tranzicijskih EU zemalja s podacima iz perioda od 1995. do 2018. godine. Za usporedbu korišteni su rezultati dobiveni za razdoblje do 2014. godine. Kako bi se kvantificirao kratkoročni i dugoročni utjecaj korišten je PMG procjenitelj, združeni procjenitelj aritmetičke sredine grupe. U dugom roku u obje skupine zemalja potrošnja i obnovljivih i neobnovljivih izvora energije ima značajan utjecaj na ekonomski rast. Međutim, rezultati za razvijene zemlje se razlikuju od rezultata za post-tranzicijske EU zemlje. Na ekonomski rast pozitivno utječe potrošnja neobnovljivih izvora energije, a negativno potrošnja obnovljivih izvora energije i to u uzorku razvijenih EU zemalja. Rezultati su suprotni u drugoj skupini zemalja. U post-tranzicijskim zemljama postoji tendencija da pređe na čišće i učinkovitije energetske opcije koje će potaknuti ekonomski rast.⁵⁸

Živković, S. i Vlahinić-Dizdarević, N. (2011.) su ispitali postoji li i koji je smjer uzročne povezanosti potrošnje nafte i gospodarskog rasta. Analiza je rađena na malim europskim zemljama za razdoblje od 1980. do 2007. za razvijene zemlje, a za zemlje u tranziciji su korišteni podaci od 1993. do 2007. Rezultati analize su pokazali da male europske države mogu podijeliti u dvije skupine. Prvu skupinu čine najrazvijenije europske zemlje i niz tranzicijskih zemalja, a uzročnost se kreće od realnog BDP-a do potrošnje nafte. Smjer kauzalnosti kod najrazvijenijih zemalja je posljedica visokorazvijenog postindustrijskog društva koje ima jak tercijarni sektor. Kod tranzicijskih gospodarstava, smjer kauzalnosti se povezuje s tranzicijskom depresijom i procesom deindustrijalizacije, a sve je rezultiralo naglim industrijskim padom i smanjenom potražnjom za industrijskom naftom. Drugu skupinu karakterizira uzročnost koja teče od potrošnje nafte do gospodarskog rasta. U takvom slučaju potreban je angažman države za dodatne resurse u subvencioniranju cijena nafte i osiguravanje stabilnih i dugoročnih izvora nafte za gospodarstvo. Smanjenje

⁵⁷ Inglesi-Lotz, R., The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application, *Energy Economics*, Volume 53, January 2016, Pages 58-63, preuzeto s https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/52499/InglesiLotz_Impact_2016.pdf?sequence=1

⁵⁸ Fatur Šikić, T. (2020). 'Utjecaj potrošnje energije na ekonomski rast u razvijenim i post-tranzicijskim zemljama Europske unije', *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci*, 38(2), str. 475-497., preuzeto s <https://doi.org/10.18045/zbefri.2020.2.475>

potrošnje nafte u takvim bi zemljama zbog raznih razloga moglo dovesti do pada gospodarskog rasta.⁵⁹

Belke i Dreger (2010) su ispitivali dugoročni odnos između potrošnje energije i stvarnog BDP-a, uključujući cijene energije, za 25 zemalja OECD-a od 1981. do 2007. Primijenili su metode Johansen-Juselius modificirani test za kointegraciju među zajedničkim komponentama te panel VEC. Njihovo glavno empirijsko otkriće je da su uobičajene komponente potrošnje energije, ekonomski rast i cijena energije kointegrirane. Kreatori politike bi trebali uzeti u obzir međunarodni utjecaj na potražnju za energijom kada osmišljavaju učinkovite energetske politike. Osim toga, energetske tvrtke trebaju točne informacije o potražnji za energijom kako bi mogle predvidjeti buduće potrebe i uzeti u obzir potreban kapacitet za zadovoljavanje buduće potrošnje energije⁶⁰

Bildirici i Kayıkçı (2012) su analizirali kauzalnu povezanost između varijabli potrošnja energije i ekonomski rast po stanovniku. U analizi su uključene odabrane europske zemlje u tranziciji: Albanija, Bjelorusija, Bugarska, Češka, Mađarska, Litva, Poljska, Rumunjska i Slovačka. Primijenjena je ARDL metoda. Da se donese odluka o politici ekonomskog rasta i opskrbi energijom, autori smatraju da je ključna stvar kako je strukturiran energetska intenzitet. Za Bugarsku i Slovačku su dobiveni rezultati koji podupiru hipotezu rasta. Opcije koje odgovaraju ovim zemljama su energetske politike kojima je cilj poboljšati energetska infrastrukturu i povećati opskrbu energije s obzirom da potrošnja energije povećava ekonomski rast. Međutim, postoje dokazi koji u kratkom i dugom roku podupiru hipotezu očuvanja za Albaniju i pokazuju da se može provesti politika smanjenja potrošnje energije bez posljedičnih promjena za ekonomski rast. Za Bjelorusiju, Češku i Rumunjsku postoji dvosmjerni odnos između varijabli potrošnja energije i ekonomski rast i to u oba roka, što znači da je potvrđena hipoteza povratne veze.⁶¹

Kasperowicz i Streimikiene (2016) su analizom na 18 EU zemalja došli do zaključka da u dugom roku postoji pozitivna veza između ekonomskog rasta, bruto fiksnog kapitala, potrošnje energije. Podaci zemalja se odnose na razdoblje od 1995. do 2012. godine. Bilo

⁵⁹ Živković, S., i Vlahinić-Dizdarević, N. (2011). 'OIL CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH INTERDEPENDENCE IN SMALL EUROPEAN COUNTRIES', Economic research - Ekonomska istraživanja, 24(3), str. 15-32. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/77583>

⁶⁰ Belke, A. i Dreger, C., Energy Consumption and Economic Growth - New Insights into the Cointegration Relationship, June 2010, Energy Economics 33(5):782-789, preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/227348935_Energy_Consumption_and_Economic_Growth_-_New_Insights_into_the_Cointegration_Relationship

⁶¹ Bildirici, M.E. i Kayıkçı, F. (2012) Economic Growth and Electricity Consumption in Emerging Countries of Europa: An Ardl Analysis, Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 25:3, 538-559, preuzeto s <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1331677X.2012.11517522?needAccess=true>

kakvi šokovi u opskrbi energije će dovesti do smanjenja proizvodnje s obzirom da je energija jako važna za ekonomski rast EU zemalja.⁶²

Sonia Pearson (2021) je istraživala učinak obnovljivih izvora energije na gospodarski rast u Hrvatskoj za razdoblje 1996.-2018. Metoda panel ARDL koristi se za pronaći dugoročne odnose između obnovljive energije, potrošnje energije i gospodarskog rasta. Empirijska analiza pokazuje da u kratkom i dugom roku obnovljivi izvori energije imaju pozitivne i značajne učinke na gospodarski rast. Rezultati impliciraju da bi hrvatski kreatori politike trebali nastaviti promicati ulaganja u obnovljive izvore energije posebice kako bi turisti postali ekološki svjesniji, a EU provoditi svoj plan za ekološki učinkovitu industrijalizaciju.⁶³

⁶² Kasperowicz, R. i Streimikiene, D., Economic growth and energy consumption: comparative analysis of V4 and “old” EU countries, July 2016, Journal of International Studies 9(2):181-194, preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/306105900_Economic_growth_and_energy_consumption_comparative_analysis_of_V4_and_old_EU_countries

⁶³ Pearson, S. (2021). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth in Croatia, Zagreb International Review of Economics & Business, 24(1), str. 113-126. <https://doi.org/10.2478/zireb-2021-0006>

Tablica 1 Pregled teorijskih istraživanja

Autor i godina	Korištene metode	Vremenski period	Zemlje uključene u analizu
Sadorsky (2009)	FMOLS, DOLS i OLS	1980.-2005.	G7
Apergis, Payne (2011)	panel kointegracija	1990.-2007.	16 zemalja
Tiwari (2011)	vektorska autoregresija panel podataka (PVAR)	1965.-2009.	14 EU članica, Norveška, Švicarska, Turska
Inglesi Lotz (2016)	OLS	1990.-2010.	OECD
Fatur Šikić (2020)	Statistička i dinamička panel-regresijska analiza te analiza konvergencije	(1990.-2018.) te (1995.-2018.)	16 razvijenih EU te 11 post-tranzicijskih EU
Živković i Vlahinić-Dizdarević (2011)	Johansen-Juselius, kointegracija, VEC	1980.-2007. i 1993.-2007.	razvijene i tranzicijske zemlje Europe
Belke i Dreger (2010)	Johansen-Juselius modificirani test; kointegracija; panel VEC	1981.-2007.	25 članica OECD-a
Bildirici i Kayikci (2012)	ARDL	1970.-2010.	europske zemlje u tranziciji
Kasperowicz i Streimikiene (2016)	FMOLS i DOLS	1995.-2012.	18 EU zemalja
Pearson (2021)	ARDL	1996.-2018.	Hrvatska

4.3. Opis podataka korištenih u analizi

U empirijskom dijelu rada, analizirane su zemlje Europske Unije, njih 27 i promatrane u razdoblju od 32 godine, od 1990. do 2021. Dakle, N iznosi 27, dok su vremenske jedinice godine, $T=32$. Ukupan broj opažanja iznosi 864. Svi podaci za varijable koje će se testirati dostupni su u bazama podataka: Eurostat-a, Svjetske banke i drugih međunarodnih baza podataka. Promatrana zavisna i nezavisne varijable su:

- BDP = zavisna varijabla = realni BDP po stanovniku (iskazan u stalnim cijenama 2015 US\$),
- OIE_NRE = nezavisna varijabla = bruto domaća potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku u 1000 toe,
- K_pop = nezavisna varijabla = investicije u dugotrajnu imovinu (u stalnim cijenama 2015 US\$),
- L = nezavisna varijabla = udio radne snage u ukupnom stanovništvu (iznad 15 godina).

Realni BDP po stanovniku koji predstavlja zavisnu varijablu iskazan je u stalnim cijenama 2015. u USD. Prvu nezavisnu varijablu čini bruto domaća potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku te je sve iskazano u 1000 toe (tisuće tona ekvivalentne nafte).* Drugu nezavisnu varijablu čine investicije u dugotrajnu imovinu (po stanovniku). Investicije u dugotrajnu imovinu uključuju izgradnju cesta, željeznica i slično, uključujući škole, bolnice, poslovne, industrijske i privatne stambene zgrade, poboljšanja zemljišta; kupnju postrojenja, strojeva i opreme, a podaci su u stalnim cijenama iz 2015. godine izraženi u američkim dolarima. I posljednja nezavisna varijabla je stopa sudjelovanja u radnoj snazi, to jest udio stanovništva u dobi od 15 i više godina koje je ekonomski aktivno; svi ljudi koji opskrbljuju radnu snagu za proizvodnju dobara i usluga tijekom određenog razdoblja.

4.4. Rezultati analize

U priloženim tablicama dani su rezultati ekonometrijske analize. U tablici 2 su rezultati panel testova jediničnih korijena za promatrane varijable s uključenim trendom, dok su u tablici 3 prikazani isti rezultati testova, ali s diferenciranim varijablama s uključenim trendom.

Tablica 2 Rezultati panel testova jediničnih korijena (varijable u razinama s uključenim trendom)

Varijable	Metoda	p-vrijednost
lBDPpc	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.9762
	Fisher-ADF	0.8467
	Fisher-PP	0.8467
l OIE_NRE	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.0000
	Fisher-ADF	0.0004
	Fisher-PP	0.0004
l L	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.0000
	Fisher-ADF	0.0000
	Fisher-PP	0.0000
l K_pop	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.6212
	Fisher-ADF	0.0743
	Fisher-PP	0.0743

Tablica 3 Rezultati panel testova jediničnih korijena (diferencirane varijable s uključenim trendom)

Varijable	Metoda	p-vrijednost
d.lBDPpc	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.0000
	Fisher-ADF	0.0000
	Fisher-PP	0.0000
d.l OIE_NRE	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.0000
	Fisher-ADF	0.0000
	Fisher-PP	0.0000
d.l L	Im, Pesaran i Shin (IPS)	0.0000

	Fisher-ADF	0.0000
	Fisher-PP	0.0000
d.l K_pop	Fisher-ADF	0.0000
	Fisher-PP	0.0000

Da bi se provjerila kointegriranost varijabli korišten je Westerlundov test kointegracije. Nulta hipoteza pretpostavlja da ne postoji kointegracija varijabli, dok alternativna pretpostavlja da su neke varijable kointegrirane. U ovome radu provjeravana je kointegriranost između zavisne i nezavisnih varijabli. Nulta hipoteza je odbačena te se zaključuje da postoji kointegriranost između realnog BDP-a po stanovniku i nezavisnih varijabli.

Tablica 4 Rezultat Westerlundovog testa kointegracije

Test	Nulta hipoteza	Alternativna hipoteza	p-vrijednost
Westerlund	Nema kointegracije	Postoji kointegracija	0.0000

U sljedećem koraku analize korištene su metode procjene za dinamičke heterogene panele: prosječni procjenitelj grupe (engl. *mean group estimator, MG*), združeni procjenitelj aritmetičkih sredina grupa (engl. *pooled mean group estimator, PMG*) te dinamički model s fiksnim efektima (engl. *Dynamic Fixed Effects*) kod kojeg je glavna pretpostavka da su dugoročni i kratkoročni koeficijenti i varijance grešaka za sve zemlje u uzorku jednaki. A kako bi se provjerilo je li model pravilno specificiran, testirana je hipoteza o dugoročnoj homogenosti pomoću Hausmanovog testa.

Tablica 5 PMG, MG i DFE procjenitelj

Varijable	Pooled mean group procjenitelj (PMG)	Mean group procjenitelj (MG)	Dinamički fiksni efekti (DFE)
Dugoročni koeficijenti			
1 OIE_NRE	0.285364*** (0.001) [0.0835796]	2.317537 (0.193) [1.782168]	0.1232645 (0.452) [0.1637442]
1 L	-0.4537248*** (0.001)	-0.2673662 (0.883)	-0.9082782** (0.015)

	[0.1415321]	[1.819531]	[0.3730015]
1 K_pop	0.6095265*** (0.000) [0.283576]	0.4335479** (0.049) [0.2202246]	0.622923*** (0.000) [0.0485676]
Kratkoročni koeficijenti			
Faktor korekcije pogreške	-0.0778807*** (0.000) [0.012054]	-0.1092699*** (0.000) [0.0188539]	-0.062619*** (0.000) [0.0082654]
1 OIE_NRE	0.207094*** (0.000) [0.0316091]	0.1875098*** (0.000) [0.0360488]	0.1873651*** (0.000) [0.0178211]
1 L	0.2412033*** (0.002) [0.0759799]	0.2617433*** (0.003) [0.0878682]	0.1334612*** (0.000) [0.0370152]
L K_pop	0.1703984*** (0.000) [0.0120354]	0.1568212*** (0.000) [0.0126235]	0.1458514*** (0.000) [0.0081288]
Konstanta	0.3113726*** (0.000) [0.0504753]	0.2303507 (0.372) [0.2582904]	0.4636909*** (0.000) [0.1106569]
Hausman test	1.000		

Napomena: standardne pogreške procjene parametara modela dane su u uglatim zagradama. Zvezdice *, **, *** označavaju redom: značajnost na razini signifikantnosti od 10%, 5% i 1%.

Izvor: izračun autorice

U nultoj se hipotezi pretpostavlja da razlika između nerestriktivnog (konzistentnog) MG procjenitelja i DFE procjenitelja nije signifikantno različita od nule. Ako nulta hipoteza o homogenosti dugoročnih parametara nije odbačena na razini signifikantnosti od 0,05 onda je prikladno koristiti PMG procjenitelj (jer on u kratkom roku dopušta heterogenost parametara). Iz Tablice 5 razvidno je da je p-vrijednost Hausmanova testa veća od 0.05 pa se na bilo kojoj razini signifikantnosti nulta hipoteza ne odbacuje. Zaključak je da je za ove podatke prikladnije koristiti restriktivan i konzistentan MG procjenitelj.

Iz priloženoga se može zaključiti da su statistički neznačajni dugoročni koeficijenti potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije i udio radne snage u ukupnom stanovništvu i ne utječu na gospodarski rast. Koeficijent za investicije u dugotrajnu imovinu je statistički značajan na 5% te sugerira elastičnost BDP po stanovniku na promjene u navedenoj varijabli od 0.434.

U kratkom roku sve varijable za koje je rađena analiza su statistički signifikantne na razini signifikantnosti 1% sugerirajući da je elastičnost BDP-a po stanovniku na promjene u potrošnji obnovljivih i neobnovljivih izvora energije 0.188, udio radne snage u ukupnom stanovništvu ima koeficijent 0.262 te investicije u dugotrajnu imovinu 0.157.

U odnosu na rad Fatur Šikić (2020) po uzoru na koji je pisan i ovaj rad, rezultati se u određenim varijablama razlikuju s obzirom da su u radu Fatur Šikić zemlje promatrane u dvije različite skupine i za različita razdoblja. Za razvijene EU-15 zemlje prikladan je MG procjenitelj i to je pokazano Hausmanovim testom. Na temelju ekonometrijske analize za razvijene EU zemlje potvrđene su hipoteze da u razvijenim EU zemljama u dugom roku varijabla potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije statistički značajno pozitivno utječe na ekonomski rast. U kratkom roku samo varijabla investicije u dugotrajnu imovinu po stanovniku ima statistički značajan utjecaj. U analizi post-tranzicijskih zemalja korišten je PMG procjenitelj i na temelju ekonometrijske analize utvrđeno je da potrošnja neobnovljivih izvora energije po stanovniku statistički značajno utječe na ekonomski rast. Utjecaj je pozitivan u kratkom roku, a negativan u dugom. Zbog toga se hipoteza odbija i uz 10% vjerojatnosti je utvrđeno da u post-tranzicijskim zemljama potrošnja obnovljivih izvora energije po stanovniku značajno utječe na ekonomski rast.

Rezultati ekonometrijske analize provedene u ovom radu su konzistentni sa dosadašnjim provedenim istraživanjima čiji su rezultati pokazali da varijable potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku ima značajan utjecaj na BDP po stanovniku. Apergis i Payne (2011) su u svome radu zaključili da postoji dugoročni ravnotežni odnos između realnog BDP-a, bruto investicija u fiksni kapital, radne snage i potrošnje električne energije iz obnovljivih i neobnovljivih izvora, dok i u dugom i kratkom roku postoji dvosmjerna uzročnost između potrošnje električne energije iz neobnovljivih izvora i ekonomskog rasta. Pored toga, potvrđeni su rezultati Tiwari (2011) koji je na istraživanju za 14 EU članica te Norvešku, Švicarsku i Tursku dokazao da potrošnja energije iz oba izvora utječe na ekonomski rast. Empirijska analiza Sonie Pearson (2021), kojom je istraživala učinak obnovljivih izvora energije na gospodarski rast u Hrvatskoj, je pokazala da i

u dugom i u kratkom roku obnovljivi izvori imaju pozitivne i značajne učinke na ekonomski rast.

5. ZAKLJUČAK

Ekonomski rast se konvencionalno mjeri kao postotak povećanja bruto domaćeg ili bruto nacionalnog proizvoda tijekom jedne godine i javlja se iz dva razloga: kada gospodarstvo koristi više resurse poput fizičkog ili prirodnog kapitala i pri tome raste ekstenzivno ili kada istu količinu resursa koristi učinkovitije (produktivnije) i tada raste intenzivno. Do većeg dohotka po glavi stanovnika će doći ako se ekonomski rast postigne produktivnijim korištenjem svih resursa. Dva najvažnija modela rasta su neoklasični model i model endogenog rasta.

U brojnim studijama ispitano je ima li gospodarski rast prednost nad potrošnjom energije ili potrošnja energije potiče gospodarski rast no empirijski su dokazi mješoviti i proturječni. No ono sigurno je da je pružanje i korištenje energetske usluge povezano s gospodarskim razvojem.

Obnovljiva energija se smatra ekološki prihvatljivom i čistom jer ne dovodi do ozbiljnog oštećenja okoliša, a uz to ima malu emisiju ugljika i stakleničkih plinova, za razliku od fosilnih goriva koji emitiraju visoke razine ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova koji su odgovorni za klimatske promjene, globalno zatopljenje i degradaciju kvalitete zraka. U radu su pobliže objašnjeni sunčeva energija, energija vjetra, hidroenergija, biomasa, otpad i biogoriva, geotermalna energija te ugljen, nafta, prirodni plin i nuklearna energija.

U ovome radu ekonometrijski je dinamičkim panel modelom analizirano kako potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije utječe na ekonomski rast u zemljama Europske unije u razdoblju od 1990. do 2021. godine. Broj opažanja iznosi 864. Navedena metoda istraživanja odabrana je s obzirom da su brojne ekonomske relacije dinamičke prirode, to jest sadašnje vrijednosti zavisne varijable ovise o njezinim prethodnim vrijednostima, a i pomoću panel podataka istraživaču je omogućeno bolje razumijevanje dinamike prilagodbe.

Prvi korak analize (nakon transformacije varijabli) bio je testirati prisustvo jediničnih korijena, a potom se provjeravalo postojanje kointegrirajuće povezanosti između odabranog skupa varijabli. Proveden je panel test kointegracije koji je razvio Westerlund. Zavisna varijabla je realni BDP po stanovniku, dok su nezavisne bruto domaća potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku, investicije u dugotrajnu imovinu i udio radne snage u ukupnom stanovništvu. Korištene su dinamičke metode za heterogene panele i to prosječni procjenitelj grupe (MG procjenitelj) i tradicionalni združeni procjenitelj grupe

(PMG procjenitelj). Na kraju se za usporedbu MG i DFE procjenitelja koristio Hausmanov test.

Westerlundovim testom je zaključeno da postoji kointegriranost između navedenih varijabli, a Hausmanovim testom da je za ove podatke bilo prikladno koristiti restriktivan i konzistentan MG procjenitelj. Rezultati su pokazali da dugoročni koeficijenti potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije te udio radne snage u ukupnom stanovništvu nisu statistički značajni i samim time ne utječu na gospodarski rast. Na razini signifikantnosti od 5% statistički je značajan koeficijent za investicije u dugotrajnu imovinu. U kratkom roku sve varijable za koje je rađena analiza su statistički signifikantne na razini od 1% sugerirajući da je elastičnost BDP-a po stanovniku na promjene u varijabli potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije 0.188, u varijabli udio radne snage u ukupnom stanovništvu 0.262 te u investicije u dugotrajnu imovinu 0.157.

Analiza je rađena po uzoru na rad Fatur Šikić (2020) čiji su rezultati različiti za obje skupine zemalja za koje su rađeni; razvijene EU-15 zemlje i post-tranzicijske zemlje. No rezultati ekonometrijske analize provedene u ovom radu su konzistentni sa dosadašnjim provedenim istraživanjima Apergis i Payne (2011), Tiwari (2011) i Sonia Pearson (2021) koja ističu da potrošnja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije po stanovniku značajno utječe na BDP po stanovniku.

S obzirom da energija ima jako važnu ulogu u proizvodnom procesu i da je za gospodarski i društveni razvoj jedna od ključnih odrednica, očekuje se da će rad doprinijeti nosiocima ekonomske politike, ali i ukazati koliko je važno pored potrošnje neobnovljivih izvora energije koristiti i obnovljive. S ciljem diverzifikacije opskrbe energije i manje ovisnosti o uvozu energije fokus politike razvoja energetskeg sektora bi trebao biti na povećanju korištenja obnovljivih izvora energije, razvoju tehnologije s niskom razinom ugljika, povećanju kapitala i ulaganju u energetske infrastrukturu. Od iznimne je važnosti educiranje energetske stručnjake i prenošenje znanja o učinkovitosti energije na širi sloj stanovništva koji su glavni potrošači energije, a među kojima vlada rasipnički mentalitet. Mjere koje će provoditi nositelji energetske politike će se razlikovati s obzirom na različitu razvijenost zemalja Europske Unije i zbog toga ih je potrebno pratiti odvojeno i u skladu s time birati adekvatne energetske mjere kako se zemlje ne bi suočavale s određenim izazovima u provedbi svojih planova.

LITERATURA

1. Apergis, N. i Payne, J.E. (2011), On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries, *Energy Syst* 2, 299-312, preuzeto s <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12667-011-0037-6.pdf>
2. Arhivanalitika.hr (b.d.), Endogeni modeli rasta - o proizvodnji ideja u gospodarstvu, preuzeto 09. srpnja 2022. s <https://arhivanalitika.hr/blog/b2b2-9-endogeni-modeli-rasta-o-proizvodnji-ideja-u-gospodarstvu/>
3. Banovac, E. (2018) Prirodni plin – bitan energent 21. stoljeća. *Plin: stručni časopis za plinsko gospodarstvo i energetiku*, 18 (4), 4-8.
4. Belke, A. i Dreger, C. (2010), Energy Consumption and Economic Growth - New Insights into the Cointegration Relationship, *Energy Economics* 33(5), preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/227348935_Energy_Consumption_and_Economic_Growth_-_New_Insights_into_the_Cointegration_Relationship
5. Bildirici, M.E. i Kayıkcı, F. (2012), Economic Growth and Electricity Consumption in Emerging Countries of Europa: An Ardl Analysis, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 25:3, preuzeto s <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1331677X.2012.11517522?needAccess=true>
6. Bogdan, Ž., et al. (2007). 'TEHNOLOGIJE ČISTOG UGLJENA U STRATEGIJI RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA', *Journal of Energy*, 56(4), str. 398-431, preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/16916> (Datum pristupa: 19.01.2023.)
7. Conserve Energy Future (b.d.), What is renewable energy?, preuzeto 10.srpnja 2022. s <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>
8. Corporate Finance Institute (b.d.), Theories of Growth, preuzeto 09.srpnja 2022. s <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/theories-of-growth/>
9. Čeh Časni, A. (2014). Radionica Stata 13: Izabrani procjenitelji za dinamičke heterogene modele, Terme Jezerčica
10. Damić, D. (2012). 'Upotrebljivost dual fuel motora pogonjenih proizvodnim plinom s aspekta smanjenja onečišćenja zraka – moguća alternativa klasičnim dizelskim motorima', *Pomorstvo*, 26(1), str. 3-25. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/83495> (Datum pristupa: 05.08.2022.)
11. Dokument Europskog gospodarskog i socijalnog odbora TEN/776, Razmatračko mišljenje na zahtjev češkog predsjedništva Vijeća EU-a, str.3., preuzeto 19.01.2023. s

<https://webapi2016.eesc.europa.eu/v1/documents/EESC-2022-01184-00-00-AS-TRA-HR.docx/content>

12. Energy education (b.d.), Wind farm vs Wind turbine, preuzeto 24.07.2022. s https://energyeducation.ca/encyclopedia/Wind_farm_vs_wind_turbine
13. Energy Sage (b.d.), Wind energy pros and cons, preuzeto 24.07.2022. s <https://www.energysage.com/about-clean-energy/wind/pros-cons-wind-energy/>
14. Energy.gov (b.d.), How does solar work, preuzeto 23.07.2022. s <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>
15. Esen, Ö., Bayrak, M. (2017), "Does more energy consumption support economic growth in net energy-importing countries?", *Journal od Economics, Finance and Administrative Science*, 22(42), 75-95, <https://doi.org/10.1108/JEFAS-01-2017-0015>
16. European Commission website (b.d.), Commission presents Renewable Energy Directive revision, preuzeto 10.srpnja 2022. s https://ec.europa.eu/info/news/commission-presents-renewable-energy-directive-revision-2021-jul-14_en
17. European Commission website (b.d.), Renewable energy in Europe, preuzeto 10.srpnja 2022. s https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/energy_climate_change_environment/events/documents/in_focus_renewable_energy_in_europe_en.pdf
18. Europski revizorski sud (b.d.), Tematsko izvješće br.18/2016.: Sustav EU-a za certifikaciju održivih biogoriva, preuzeto 4.8.2022. s https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_18/SR_BIOFUELS_HR.pdf
19. Fatur Šikić, T. (2020), *Utjecaj potrošnje energije na ekonomski rast u razvijenim i post-tranzicijskim zemljama Europske unije*, doktorski rad, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka
20. Gelo, T. (2010) *Makroekonomika energetskeg tržišta*, Zagreb: Politička kultura.
21. Narodne novine (b.d.), Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, preuzeto 27.02.2023. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_04_42_827.html
22. IAEA – International Atomic Energy Agency (b.d.), Annual Report for 2009, preuzeto s <https://www.iaea.org/publications/reports/annual-report-2009>
23. Inglesi-Lotz, R. (2016), The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application, *Energy Economics*, Volume 53, preuzeto s https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/52499/InglesiLotz_Impact_2016.pdf?sequence=1

24. International Renewable Energy Agency (b.d.), Geothermal energy, preuzeto 6.8.2022. s <https://www.irena.org/geothermal>
25. International Renewable Energy Agency (b.d.), Solar, preuzeto 23.07.2022. s <https://www.irena.org/solar>
26. Jakšić, S., Erjavec, N., Čeh Časni, A. (2020.) Metode primijenjene matematičke i statističke analize, Zagreb, Ekonomski fakultet – Zagreb
27. Kasperowicz, R. i Streimikiene, D. (2016), Economic growth and energy consumption: comparative analysis of V4 and “old” EU countries, *Journal of International Studies* 9(2), preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/306105900_Economic_growth_and_energy_consumption_comparative_analysis_of_V4_and_old_EU_countries
28. Lovrić, M., Lovrić, D. (2013) Obnovljivi izvori energije u Hrvatskoj: prednosti i nedostaci, *Zaštita okoliša, Kem. Ind.* 62 (7-8) 279–282. <https://hrcak.srce.hr/file/154676>
29. Majdandžić, Lj., Fotonaponski sustavi, Priručnik, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu, dostupno na: http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf
30. Mervar, A. (1999.), Pregled modela i metoda istraživanja gospodarskog rasta, *Privredna kretanja i ekonomska politika*, 9(73), 20-61., preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/19373>
31. Mervar, A. (2003). 'ESEJ O NOVIJIM DOPRINOSIMA TEORIJI EKONOMSKOG RASTA', *Ekonomski pregled*, 54(3-4), 369-392. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/25440>
32. National Geographic Society (b.d.), Nonrenewable Resources, preuzeto 19.01.2023. s <https://education.nationalgeographic.org/resource/nonrenewable-resources>
33. On-line izdanje Hrvatske enciklopedije, enciklopedijski članak, Nuklearna energija, preuzeto 19.01.2023. s <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=44375>
34. Pearson, S. (2021), The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth in Croatia, *Zagreb International Review of Economics & Business*, 24(1), preuzeto s <https://doi.org/10.2478/zireb-2021-0006>
35. Perch energy (b.d.), Wind power pros&cons: Advantages, disadvantages of wind energy, preuzeto 24.07.2022. s <https://www.perchenergy.com/blog/energy/advantagesdisadvantages-wind-energy>
36. Pesaran, M. H., Shin, Y. and R. P. Smith. 1999. “Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels.” *Journal of the American Statistical Association* 94 (446): 621 – 634.
37. Potočnik, V., (2002.), *Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj*, Ministarstvo za zaštitu okoliša i prostornog uređenja, Zagreb

38. Pravica, Z., Kulenović, I. & Golub, M. (2006.) Ekološki aspekti iskorištavanja geotermalne energije. U: Franković, B. (ur.) *Energy And Environment 2006 Vol. II*. Rijeka, Hrvatski savez za sunčanu energiju, str. 207-214
39. Renewable Energies and the Environment – Renovables Verdes (b.d.), Wind turbine, preuzeto 24.07.2022. s <https://www.renovablesverdes.com/en/wind-turbine/>
40. Sadorsky, P., (October 2009) Renewable energy consumption and income in emerging economies, *Energy Policy*, 37(10), preuzeto s <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509003176?via%3Dihub>
41. Stern, D. I. (2011) The role of energy in economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219(1), 26-51.
42. Soubbotina, Tatyana P. (2004), *Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development*, 2nd edition, The World Bank, Washington, D.C.
43. Šilić, Đ., Stojković, V., Mikulić, D. (2012.) *Goriva i maziva*, Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica,
44. Tiwari, A.K. (2011), Comparative performance of renewable and nonrenewable energy source on economic growth and CO2 emissions of Europe and Eurasian countries: APVAR approach, *Economics Bulletin*, 31(3), preuzeto s https://www.academia.edu/1381064/Comparative_performance_of_renewable_and_nonrenewable_energy_source_on_economic_growth_and_CO2_emissions_of_Europe_and_Eurasian_countries_A_PVAR?auto=citations&from=cover_page
45. Toman, M.A. and Jemelkova, B., 2003. Energy and Economic Development: An Assessment of the State of Knowledge, *The Energy Journal*, 93-112., preuzeto s <https://www.jstor.org/stable/pdf/41323014.pdf>
46. U.S. Energy Information Administration (b.d.), Biomass explained, preuzeto 4.8.2022. s <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>
47. U.S. Energy Information Administration (b.d.), Wind explained, preuzeto 24.07.2022. s <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/>
48. Udovičić, B. (1993) *Energetika*, Zagreb: Školska knjiga, str. 69-70
49. Yemane Wolde-Rufael, (2006), [Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries](#), *Energy Policy*, 34, (10), 1106-1114
50. Zahid Asghar, (2008), [Energy–GDP relationship: a causal analysis for the five countries of South Asia](#), *Applied Econometrics and International Development*, 8, (1), 167-1

* u tablici su navedeni izvori energije koji su korišteni kao ukupan iznos obnovljivih i neobnovljivih izvora energije

Antracit	Prirodni plin	Toplina okoline
Koksni ugljen	Nafta i naftni proizvodi (isključujući dio biogoriva)	Primarna kruta biogoriva
Ostali bitumenski ugljen	Sirova nafta	Drveni ugljen
Subbitumenski ugljen	Ostali proizvodi od nafte	Čisti biobenzin
Ligniti	Tekućine prirodnog plina	Mješoviti biobenzin
Koks iz koksne peći	Sirovine za rafinerije	Čisti biodizel
Plinski koks	Aditivi i oksigenati (isključujući dio biogoriva)	Električna energija
Patentirano gorivo	Ostali ugljikovodici	Mješoviti bio jet kerozin
Briketi od smeđeg ugljena	Rafinerijski plin	Ostala tekuća biogoriva
Katran ugljena	Etan	Bioplinovi
Proizvedeni plinovi	Ukapljeni naftni plinovi	Industrijski otpad (neobnovljiv)
Koksni plin	Nafta	Obnovljivi komunalni otpad
Vjetar	Zrakoplovni benzin	Neobnovljivi otpad
Plin iz visoke peći	Motorni benzin	Nuklearna toplina
Ostali prikupljeni plinovi	Mlazno gorivo na bazi benzina	Toplina
Treset i proizvodi od treseta	Mlazno gorivo tipa kerozin (isključujući dio biogoriva)	Bioenergija
Uljni škriljvac i naftni pijesak	Ostali kerozin	Fosilna energija
White spirit i industrijski alkohol s posebnim vrelištem	Plinsko ulje i dizel ulje (isključujući dio biogoriva)	Hidro energija
Maziva	Lož ulje	Plima, val, ocean
Parafinski voskovi	Geotermalna energija	Solarna toplina
Naftni koks	Obnovljivi izvori energije i biogoriva	Solarni fotonapon
Bitumen		

POPIS SLIKA

Slika 1 Vjetroelektrana.....	14
------------------------------	----

POPIS TABLICA

Tablica 1 Pregled teorijskih istraživanja	33
Tablica 2 Rezultati panel testova jediničnih korijena (varijable u razinama s uključenim trendom)	35
Tablica 3 Rezultati panel testova jediničnih korijena (diferencirane varijable s uključenim trendom)	35
Tablica 4 Rezultat Westerlundovog testa kointegracije	36
Tablica 5 PMG, MG i DFE procjenitelj	36

Božana Zovko

Državljanstvo: hrvatsko Datum rođenja: 16. lipnja 1997. Spol: Žensko

E-adresa: zovkobozana198@gmail.com

Kućna: Sutinska 6, 10000 Zagreb (Hrvatska)

RADNO ISKUSTVO

Administrativni poslovi

MINISTARSTVO PROSTORNOGA UREĐENJA, GRADITELJSTVA I DRŽAVNE IMOVINE [srpnja 2022. – kolovoza 2023.]

Adresa: Savska cesta 41, Zagreb,

Administrativni poslovi

MINISTARSTVO PROSTORNOGA UREĐENJA, GRADITELJSTVA I DRŽAVNE IMOVINE [srpnja 2021. – kolovoza 2021.]

Adresa: Vinogradska cesta 25, Zagreb,

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

STUDENTICA EKONOMSKOG FAKULTETA

Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Adresa: Trg John F. Kennedy 6, 10000 Zagreb (Hrvatska), Zagreb

Internetska stranica: <https://www.efzg.unizg.hr/>

MATURANTICA GIMNAZIJE FRA DOMINIKA MANDIĆA

Gimnazija fra Dominika Mandića

Adresa: Kardinala Alojzija Stepinca, 88220 Široki Brijeg (BiH),

JEZIČNE VJEŠTINE

Materinski jezik/jezici: hrvatski

Drugi jezici:

engleski

SLUŠANJE C1 ČITANJE C2 PISANJE B2

GOVORNA PRODUKCIJA C1

GOVORNA INTERAKCIJA C1

njemački

SLUŠANJE A1 ČITANJE B2 PISANJE B1

GOVORNA PRODUKCIJA A2

GOVORNA INTERAKCIJA A2

Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2: iskusni korisnik

DIGITALNE VJEŠTINE

eViews / Rstudio / Synesis / Windows / MS Office (MS Word, MS PowerPoint, MS Excel, MS) / Komunikacijski programi (Skype Zoom TeamViewer)

VOZAČKA DOZVOLA

Vozačka dozvola: B1

Vozačka dozvola: B