

## Energija i gospodarski rast

MARINA LOLIĆ ČIPČIĆ

Sveučilišni odjel za stručne studije

Sveučilište u Splitu

Kopilica 5, 21000 Split

Hrvatska

[mlolic@oss.unist.hr](mailto:mlolic@oss.unist.hr)

ORCID ID: [orcid.org/0000-0001-9736-5767](https://orcid.org/0000-0001-9736-5767)

Pregledni rad / Review

UDK / UDC: 620.9:338.121=163.42=111

Primljeno / Received: 27. travnja 2023. / April 27<sup>th</sup>, 2023.

Prihvaćeno za objavu / Accepted for publishing: 20. rujna 2023. / September 20<sup>th</sup>, 2023.

DOI: 10.15291/oec.4162

**Sažetak:** Bez energije nema ni gospodarskog rasta. Stoga je za neometan razvoj gospodarstva nužno osigurati dovoljne količine energije po pristupačnim cijenama. Sve učestalije energetske krize determiniranjem dostupnosti i cijena energenata snažno utječu na potrebu implementacije energetskih i ekonomskih mjera i politika koje će omogućiti neometan razvoj gospodarstava. U navedenim okvirima, zadaća je znanstvenika ponuditi nositeljima politika jasan teorijski i empirijski koncept odnosa energije i gospodarskog rasta kako bi se usvojile energetske politike koje će minimizirati ranjivost gospodarstava i omogućiti održivi gospodarski rast i međunarodnu konkurentnost. Cilj ovoga istraživanja upravo je ukazati na proturječnosti ekonomske teorije i postojećih empirijskih istraživanja međuovisnosti energije i gospodarskog rasta. Dok teorije rasta u potpunosti zanemaruju ili, u najbolju ruku, marginaliziraju ulogu energije, istraživanja uzročnosti gospodarskog rasta i potrošnje energije sve su brojnija iako, još uvijek, inkonzistentna. Političke implikacije postojećih istraživanja stoje na klimavim nogama te bi se trebale uzeti s velikom dozom opreza. Jedino robusni i konzistentni rezultati istraživanja mogu poslužiti kao čvrsta baza donošenju adekvatnih i pravodobnih mjera ekonomske i energetske politike. Iako je dostupnost podataka jedno od ključnih ograničenja postojećih istraživanja, autori bi u svojim budućim istraživanjima trebali uvažavati multivarijantni okvir, primarno uvažavanjem cijena energije u modelima, te iskoristiti napredne ekonometrijske tehnike.

**Ključne riječi:** gospodarski rast, energija, teorije rasta, potrošnja energije, uzročnost

**JEL klasifikacija:** Q43, Q48, O44

### 1 Uvod

Transformacija materije neizostavni je dio proizvodnog procesa pri čemu navedena transformacija nije moguća bez energije (Cleveland et al., 2000; Hall i Kitgaard, 2012). Društvene i ekonomske spone društva isprepletene su energijom (Cottrel, 1955) kao vezivnim tkivom čijim bi se uklanjanjem

---

Rad se temelji na istraživanju iz doktorske disertacije Marine Lolić Čipčić obranjene 2020. godine te je prilagođen objavi u časopisu

današnjica kakvu poznajemo radikalno promijenila. Energija je, stoga, bila, jest i bit će okvir gospodarske aktivnosti (Abaidoo, 2011).

Sve učestalije energetske krize, koje se očituju kroz poremećaje u opskrbi energijom i/ili cjenovne energetske šokove, značajno utječu na gospodarsku realnost svjetskih ekonomija, posebice onih koje ne obiluju vlastitim izvorima energije. Navedene su ekonomije primorane anticipirati kretanja na energetskim tržištima i u skladu s tim pravodobno primjenjivati adekvatne politike da bi umanjile ranjivost vlastitih gospodarstava, amortizirale negativne utjecaje energetskih šokova i modificirale nacionalnu energetska strukturu proizvodnje i potrošnje energije kako bi ona mogla osigurati održiv gospodarski rast i međunarodnu konkurentnost.

Da bi navedeno uopće bilo moguće, nužno je razumjeti, odnosno ponuditi odgovore na pitanja:

1. Postoji li veza između energije i gospodarskog rasta i ako postoji, koliko je snažna?
2. Kolika je zastupljenost energije u teorijama rasta?
3. Postoji li uzročnost (engl. *causality*) između potrošnje energije i gospodarskog rasta?

S obzirom na sve snažniju potrebu učinkovite energetske politike, rasprava o povezanosti energije i gospodarskog rasta trebala bi ponuditi koherentno razumijevanje njihova odnosa pri čemu bi smjer uzročnosti između energije i gospodarskog rasta trebao biti odlučujuća komponenta ovoga odnosa i služiti kao podloga donošenju adekvatnih energetskih politika (Payne, 2010).

Problem proizlazi iz činjenice da iako je energija ključna s aspekta gospodarskog rasta i održivog razvoja (Borozan, 2018), njezina je uloga u teorijama rasta nepostojeća ili marginalna (Stern, 2019), dok istraživanja uzročnosti između potrošnje energije i gospodarskog rasta, iako brojna, još uvijek nisu producirala konzistentan i jasan teorijski i metodološki okvir (Ozturk, 2010).

Proučavanjem istraživanja koja su pokušala ponuditi odgovore na postavljena pitanja, cilj ovoga rada je uputiti na njihove zaključke, ograničenja, nekonzistentnosti kao i generalno nepostojanje znanstvenog konsenzusa, ali i istaknuti neospornu važnost energije u funkcioniranju gospodarstva što i dalje čini pitanja vezana uz odnos energije i gospodarskog rasta relevantnima i aktualnima. Postojeća kao i buduća istraživanja stoga su važna u smislu generiranja adekvatne podloge za donošenje primjerenih i pravodobnih ekonomskih mjera i politika.

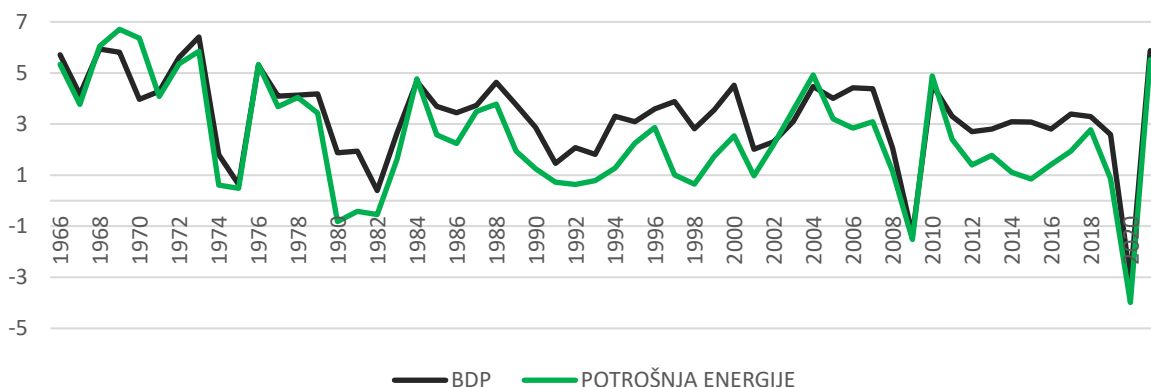
Rad je strukturiran u pet poglavlja. Nakon uvodnog dijela koji ističe aktualnost teme, problem i ciljeve istraživanja, u drugom je dijelu naznačena važnost energije s aspekta gospodarskog rasta, a u trećem dijelu upućuje se na (ne)zastupljenost energije u ekonomskoj teoriji, konkretno u teorijama rasta. Četvrti dio rada posvećen je pregledu istraživanja o uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta. Zaključna razmatranja i preporuke za daljnja istraživanja izneseni su u posljednjem poglavlju.

## **2 Važnost energije s aspekta gospodarskog rasta**

Od 1965. do 2021. godine potrošnja primarne energije u svijetu gotovo je učetverostručena (British Petroleum, 2022), dok je globalni realni bruto domaći proizvod (BDP) u istom razdoblju povećan čak šest puta (World Bank, 2023). Upravo rast potrošnje energije najbolje svjedoči o njezinoj važnosti (Malanima, 2014), a uzroci koji ponajviše pridonose rastu potrošnje energije snažna su globalna gospodarska ekspanzija i znakovit porast svjetske populacije. Pridruži li se ovome utjecaj strukturnih društvenih i ekonomskih promjena, primarno industrijalizacije, deagrarizacije, globalizacije i urbanizacije, dosadašnji rast potrošnje energije može se ne samo opravdati već i očekivati u budućnosti (Hajko et al., 2018). Ovome će, u bliskoj budućnosti, ponajviše pridonijeti gospodarska ekspanzija Kine i Indije (British Petroleum, 2022).

Grafikonom 1. prikazane su godišnje stope realnoga gospodarskog rasta u odnosu na stope rasta potrošnje energije u svijetu od polovice 20. stoljeća. Već na prvi pogled vidljiva je snažna pozitivna korelacija gospodarskog rasta i potrošnje energije o čemu svjedoči blisko kretanje njihovih stopa rasta.

Također, povezanost potrošnje energije i gospodarskog rasta jednako je snažna u cijelom promatranom razdoblju.



**Grafikon 1.** Svjetske godišnje stope rasta realnog BDP-a (u USD 2015.) i potrošnje energije (u eksadžulima – EJ) od 1966. do 2021. godine

Izvor: obrada autorice prema podacima The World Bank (2023) i British Petroleum (2022)

U posljednjim je desetljećima znatno smanjena energetska intenzivnost uz istovremeni rast energetske učinkovitosti (Stern, 2010b). Energija i gospodarski rast pozitivno su korelirani iako se energetska intenzivnost gospodarstava s vremenom smanjila te je uobičajeno niža u razvijenim zemljama nego u zemljama u razvoju (Stern, 2019). Pad energetske intenzivnosti indikator je strukturnih promjena u proizvodnji čiji je konačan cilj smanjenje potrošnje energije, primarno zbog sve veće volatilnosti i nepredvidivosti njezinih cijena, ali i problema s opskrbom. Pri tome je važno identificirati čimbenike s potencijalom determiniranja jačine povezanosti energije i gospodarskog rasta koji, prema Sternu (2010a), uključuju (Lolić Čipčić, 2020):

- stupanj supstitucije energije i ostalih proizvodnih inputa (uz postojeći stupanj razvoja tehnologije)
- tehnološki napredak/promjena
- promjene u strukturi potrošnje energije
- promjene u strukturi gospodarskog outputa.

U skladu s iznesenim, gospodarski rast neminovno podrazumijeva i rast potrošnje energije. Iznimno, ako je stopa gospodarskog rasta niža od stope rasta energetske učinkovitosti, realni je rast proizvodnje moguć i bez rasta potrošnje energije (Zon i Yetkiner, 2003). Rast cijena energije pozitivno je utjecao na razvoj energetske učinkovite tehnologije (Ley et al., 2016), ali u obzir se svakako treba uzeti i tzv. *rebound effect* koji implicira da se rastom energetske efikasnosti povećava (ne smanjuje!) potrošnja energije (Font Vivanco et al., 2016). Naime, potrošači energije preferiraju korist od rasta energetske učinkovitosti u vidu više razine energetske usluge naspram ušteda u smislu smanjene potrošnje na energente. Time se objašnjava povećana potrošnja energije razvijenih, posebno europskih gospodarstava, unatoč značajnim poboljšanjima u domeni energetske učinkovitosti (Herring, 2006).

Na ponudu i potražnju za energijom značajno utječu i političke odluke, zbog čega bi, uz ranije istaknute determinante potrošnje energije, one svakako trebale biti razmotrene (Schult-Bornemann, 2012). Kako navode Paavola i Adger (2005), upravo je institucionalna ekonomija dala svoj doprinos u razumijevanju važnosti energije za gospodarski rast i to primarno istraživanjem utjecaja institucija na poticanje energetske efikasnosti općenito i implementaciju energetske učinkovite rješenja (Paavola i Adger, 2005). Definiranjem institucionalnih okvira usmjeravaju se tokovi i struktura proizvodnje, potrošnje i razmjene energije (Vlahinić-Dizdarević i Žiković, 2010). Nositelji politike višim porezima i trošarinama pokušavaju minimizirati negativne učinke rasta cijena energenata (i potaknuti supstituciju skupih izvora

energije pristupačnijima), ali i prateće degradacije okoliša. Istovremeno, uvođenjem strateških rezervi energenata, žele zaštititi nacionalne ekonomije od eventualnih poremećaja u opskrbi i time asociranih troškova. Konačno, poticanjem samodostatnosti u proizvodnji energije, primarno obnovljive, nastoji se ograničiti i minimizirati energetska uvozna ovisnost. Upravo „stvaranje učinkovitog i transparentnog institucionalnog okvira koji će tržište učiniti konkurentnijim, potaknuti investicije te stimulirati tehnološke promjene, uz istovremenu zaštitu interesa potrošača pokazalo se ključnim elementom reformi u energetsom sustavu“ (Vlahinić-Dizdarević i Žiković, 2011, 13).

Unatoč istaknutoj međusobnoj povezanosti energije i gospodarskog rasta, u nastavku je nužno kratko izložiti povijesni pregled (ne)zastupljenosti energije u ekonomskoj teoriji kako bi se stekao uvid u važnost koja joj je u ekonomskoj znanosti do sada posvećena.

### **3 Uloga energije u teorijama rasta**

Navedena važnost energije, kako u teorijskom tako i u praktičnom smislu, implicira potrebu poimanja energije kao podloge gospodarskog razvoja i rasta (Walheer, 2018). Ključni proizvodni čimbenici, rad i kapital, ne mogu se proizvoditi bez energije. Stoga bi energija trebala imati podjednaku važnost u odnosu na ostale proizvodne čimbenike, primarno rad i kapital (Ayres et al., 2013). Ipak, kada se promatraju dosadašnje ekonomske teorije, lako se uočava podcijenjenost uloge energije u njima (Jakovac i Vlahinić Lenz, 2016). Štoviše, većina modela rasta u potpunosti zanemaruje ulogu energije (Stern, 2010b).

Nobelovom nagradom nagrađen temeljni model ekonomskog rasta, neoklasični model rasta Roberta Solowa (Solow, 1956), promatra energetske resurse kao intermedijarno dobro, zanemarujući ih kao proizvodne čimbenike, odnosno čimbenike rasta. Navedeni model kasnije je doživio nadogradnju uključivanjem obnovljivih i neobnovljivih resursa iako, u tom obliku, nije imao značajnu makroekonomsku primjenu (Stern i Kander, 2012). Fokus proširenih neoklasičnih modela rasta uglavnom je bio na zaštiti okoliša (Ockwell, 2008), stoga se može konstatirati da je energiji predviđena, i dana, minorna uloga (Stern i Cleveland, 2004).

Neoklasični model rasta Roberta Solowa (1956) općenito se smatra temeljem modernih teorija rasta. Taj model promatra rast kao funkciju kapitala i rada uz ključno uvođenje pojma ukupne faktorske proizvodnosti ili izvorno *Total Factor Productivity* (TFP). Ukupna faktorska proizvodnost uvedena je u model kao egzogeni faktor s ključnim doprinosom rastu. Naime, Solowljeva agregatna funkcija proizvodnje uvažava doprinose rada i kapitala rastu, no zbrajanjem njihova doprinosa ne dobiva se stopa ekonomskog rasta. Upravo razliku između dobivene i stvarne stope rasta objašnjava ukupna faktorska produktivnost. Opadajući prinosi na kapital, kao jedna od osnovnih pretpostavki modela, impliciraju degresivan rast doprinosa investicija gospodarstvu do točke zasićenja (saturacije) nakon koje, prema modelu, jedini izvor daljnjeg rasta može biti samo tehnološki napredak ili rast (egzogeno zadane!) ukupne faktorske produktivnosti. Točnost pretpostavke o opadajućim prinosima realno se, kroz vrijeme, trebala dokazati konvergiranjem gospodarstava s nižim BDP-om (koja bi rasla po višoj stopi), onima s višim BDP-om (koja bi rasla po nižoj stopi) (Barro i Sala-i-Martin, 2003), no to se nije dogodilo. Upravo je nepodudaranje stvarne ekonomske realnosti s pretpostavkama neoklasične teorije rasta potaknulo ekonomiste na njezino preispitivanje primarno kroz pokušaje endogenizacije, ranije egzogene, ukupne faktorske proizvodnosti (Mervar, 1999).

Endogene teorije rasta, počevši inicijalno s modelima Romera (1986) i Lucasa (1988), napuštaju ograničavajuću pretpostavku neoklasičnog modela rasta o opadajućim prinosima te promatraju ključne faktore rasta kao produkt gospodarskog sustava. Iako se navedene teorije još uvijek razvijaju, do sada razvijeni modeli mogli bi se kategorizirati u tri skupine (Barro i Sala-i-Martin, 2003): modeli koji se

zasnivaju na eksternalijama, modeli koji se zasnivaju na istraživanju i razvoju te tzv. AK modeli u kojima se koristi proširena definicija kapitala koji, stoga, uključuje i fizički i ljudski kapital.

Neoklasični modeli rasta generalno promatraju energiju kao inertnu u procesu proizvodnje (Alam, 2006), pa ipak, suočeni s konstantnim smanjenjem raspoloživih količina neobnovljivih prirodnih resursa, pojedini relevantni neoklasični modeli rasta pokušali su preispitati narav pretpostavke o održivom razvoju. Upravo je ograničena raspoloživost neobnovljivih prirodnih resursa temelj rasprave o utjecaju navedene oskudnosti resursa na gospodarski rast (Smulders, 2004). Oskudnost prirodnih resursa u kontekstu teorija rasta inicijalno su obuhvatili modeli Solowa (1974), Stiglitz (1974) i Dasgupta i Heala (1974), predstavljajući neoklasični teorijski okvir debate o proučavanju oskudnosti prirodnih resursa u kontekstu gospodarskog rasta. Ipak, navedeni, pa ni kasniji modeli ne navode ograničene prirodne resurse o kojima je riječ, pa se tako decidirano nigdje ne spominju ni energetske resurse (Valente i Di Maria, 2008).

Prema Stiglitzu (1980), da bi uopće postojao problem oskudnosti prirodnih resursa za gospodarski rast, nužno je ispunjavanje dviju ključnih pretpostavki. To su: neobnovljivost prirodnih resursa i nemogućnost njihove supstitucije alternativnim proizvodnim čimbenicima. Neoklasično viđenje, pri tome, pretpostavlja racionalizaciju potrošnje i supstitucije ograničenih prirodnih resursa tržišnim mehanizmom, konkretnije rastom njihovih cijena. S obzirom na to da su energetske resurse u vremenima nastanka ovih teorija bili prilično cjenovno pristupačni kao i dostupni (dakle, ni skupi, ni oskudni), nije im se pridavala prevelika važnost (Stern i Kander, 2012). Nadalje, istraživanja upućuju i na prilično nisku stopu elastičnosti supstitucije fizičkog i prirodnog kapitala (Stern, 2010b), kao i energetskih resursa ostalima (Koetse et al., 2008). Zbog niske mogućnosti supstitucije dolazi do ograničavanja rasta koje se može kompenzirati isključivo povećanjem energetske učinkovitosti (Smulders, 2004). Ovdje je nužno istaknuti i ranije naznačeni tzv. rebound učinak koji implicira pozitivnu vezu između rasta energetske učinkovitosti i potrošnje energije, što zbog tehnološkog napretka rezultira rastom (a ne smanjenjem) potrošnje energije. Neoklasičari su, nadalje, smatrali da će djelotvorno tržište potaknuti tehnološke inovacije koje bi onemogućile ograničavajući utjecaj rasta cijena i/ili ograničene dostupnosti prirodnih resursa na ekonomski rast (Hall i Klitgaard, 2006; Cleveland i Costanza, 2008).

Neoklasičnu perspektivu realnog rasta kritizirao je i Ockwell (2008) zbog zanemarivanja zakona termodinamike koji također promatra proizvodni proces u kontekstu raspoloživosti i dostupnosti prirodnih resursa zbog čega su, prema njegovu mišljenju, prirodni resursi, pa tako i energija, ključan proizvodni resurs.

Kritičari neoklasičnih modela rasta, počevši s Georgescu-Roegenom (1971; 1975), ističu i zanemarivanje negativnih eksternalija, konkretnije, učinka potrošnje neobnovljivih prirodnih resursa na okoliš. Na temelju navedene kritike proizašla je tzv. ekološka ekonomija prema kojoj, zbog isticanja važnosti prirodnih resursa, prirodni kapital treba predstavljati dio klasične definicije kapitala kao temelja za gospodarski rast (Ayres i Warr, 2009).

Sagledavajući teorijsku okosnicu modela rasta i uloge energije u njima, može se konstatirati da su postojeća stajališta kontradiktorna. S jedne strane, ekološki ekonomisti promatraju prirodne resurse, pa tako i energiju, kao ključan proizvodni faktor (Murphy i Hall, 2010), dok ih s druge strane neoklasični ekonomisti uopće ne smatraju faktorima rasta, a samim time ni ograničavajućim faktorima rasta (Stern, 2011).

Pojedini modeli ipak uključuju u proizvodne funkcije i energiju (cf. Hudson i Jorgenson, 1974; Jorgenson, 1984; Berndt i Wood, 1979; Stern, 1993; 2000; 2011; Lee, 2005; Apergis et al., 2010; Acemoglu et al., 2012; Lin et al., 2013; Fallahi i Voia, 2015; Calel i Dechezlepretre, 2016; Esso i Keho, 2016; Bretschger et al., 2017; Bretschger i Schaefer, 2017; Du i Lin, 2017; Costa-Campi et al., 2018).

Proizvodnim se funkcijama, u svojstvu proizvodnog resursa, dodaje i energija, zajedno s, odnosno uz kapital i rad.

Ponukani naftnim šokovima 1970-ih, nekolicina je autora također uključila energiju u svoje modele, odnosno tzv. KLEM proizvodne funkcije (K – kapital, L – rad, E – energija, M – materijali) (cf. Hudson i Jorgenson, 1974; Berndt i Wood, 1979; Jorgenson, 1984). Kritičari njihovih modela isticali su primarno nizak udio troškova energije u ukupnom BDP-u velikog dijela zemalja OECD-a (4 – 5 %) da bi se ona promatrala kao proizvodni resurs (Denison, 1979). S druge se strane, kao kontraargument, može navesti i konstatacija, među ostalim i Ayres et al. (2013), o uvažavanju inputa u skladu s njegovim udjelom u ukupnim troškovima pozivajući se na realno nisku mogućnost supstitucije energenata, odnosno njihovu komplementarnost s radom i kapitalom zbog koje, zbog smanjene dostupnosti energetske resursa, pada i proizvodnost kapitala i rada.

Konačno, važno je istaknuti i relativno nov smjer istraživanja koji je prvi put modelski počeo uvažavati ne samo energente (količinu) već i njihove cijene. Berk i Yetkiner (2014) su tako konstruirali AK model rasta uvažavajući, među ostalim, i energiju i njezine cijene. Autori svoj pristup argumentiraju time da su upravo transportni sektor i sektor kućanstva odgovorni za veći dio potrošnje energije zbog čega u dvosektorskom endogenom modelu rasta pronalaze mjesta energiji. Njihovi rezultati impliciraju dugoročan negativan utjecaj cijena energije na BDP kao i na potrošnju energije kućanstava.

Sagledavajući iznesene konstatacije, pretpostavke, argumentacije i kontraargumentacije niza spomenutih teorija rasta, lako se može izvesti zaključak o marginalnoj, gotovo nepostojećoj ulozi energije u njima. Imajući to u vidu, u nastavku je pregled najekstenzivnijeg područja istraživanja odnosa energije i gospodarskog rasta, a to su istraživanja o uzročnosti gospodarskog rasta i potrošnje energije.

#### 4 Pregled istraživanja o uzročnosti energije i gospodarskog rasta

Istraživanje Krafta i Krafta (1978), inicirano prvim naftnim šokovima 1970-ih, smatra se pionirskim istraživanjem uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta. Od tada do danas, respektabilan broj istraživanja bavio se navedenom tematikom. „Upravo su istraživanja o uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta izvor kontroverzi u području makroekonomske energetike jer rezultati postojećih istraživanja nisu ponudili nedvojbene zaključke o navedenoj tematici“ (Carmona et al., 2017).

Uobičajeno se empirijski testiraju sljedeće četiri različite hipoteze uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta (Lolić Čipčić, 2020):

1. hipoteza rasta (engl. *growth hypothesis*)
2. hipoteza očuvanja (engl. *conservation hypothesis*)
3. hipoteza povratnog utjecaja (engl. *feedback hypothesis*)
4. hipoteza neutralnosti (engl. *neutrality hypothesis*).

**Hipoteza rasta** implicira jednosmjernu uzročnost od potrošnje energije prema gospodarskom rastu. Njezin dokaz upućuje na inverzan utjecaj ograničenja potrošnje energije na gospodarski rast. Ova hipoteza promatra energiju kao proizvodni input komplementaran radu i kapitalu ukazujući na izniman značaj energije u gospodarskom rastu. Dokazivanjem ove hipoteze energija se nameće kao limitirajući faktor rasta. Drugim riječima, smanjenje potrošnje energije umanjuje i gospodarski rast. Navedeno može biti, i nerijetko jest, posljedica cjenovnih energetske šokova koji djelovanjem učinka dohotka smanjuju energetske potrošnje. Konačno, dokazivanje hipoteze rasta indikator je i nositeljima politike o štetnom učinku politika usmjerenih na ograničavanje potrošnje energije

**Hipoteza očuvanja**, suprotno od hipoteze rasta, implicira jednosmjernu uzročnost od gospodarskog rasta prema potrošnji energije, smatrajući utjecaj energije na gospodarski rast, u najboljem slučaju, skromnim. Navedenom se hipotezom energija promatra kao nusprodukt gospodarskog rasta, a ne kao njegov limitirajući faktor. Dokazivanje ove hipoteze stoga je ujedno i nositeljima politike indikacija da

moгу usvajati energetske učinkovite politike i tehnologije čija će implementacija rezultirati limitiranjem potrošnje energije, ali ne i limitiranjem gospodarskog rasta

**Hipoteza povratnog utjecaja** sugerira dvosmjernu uzročnost, odnosno obostrano djelovanje gospodarskog rasta i potrošnje energije, promatrajući ih u komplementarnom kontekstu.

Konačno, dokazivanje **hipoteze neutralnosti** sugerira nepostojanje veze između gospodarskog rasta i potrošnje energije. Dvosmjerna uzročnost sugerira da se energija i gospodarski rast međusobno nadopunjuju dok hipoteza neutralnosti podrazumijeva nepostojanje međusobne veze što ujedno znači da bilo kakva ograničenja u količini potrošnje energije nemaju nikakav utjecaj na gospodarski rast.

Važno je istaknuti da se navedene teorijske tvrdnje (i njima pripadajuće hipoteze) općenito temelje na pozitivnoj uzročnosti (Jakovac, 2018), ali kada je uzročnost negativna, tumačenje ovisnosti gospodarskog rasta o energiji postaje manje intuitivno i otvara vrata nizu alternativnih tumačenja. Zapravo, kada postoji negativna uzročnost od potrošnje energije prema gospodarskom rastu, povećanje potrošnje energije dovodi do skromnijega gospodarskog rasta. Intuitivno, ovo bi jednostavno moglo opisati rastuću ekonomiju koja zahtijeva sve manju količinu energije, potencijalno u skladu s tvrdnjom da s rastom gospodarstva, proizvodnja prelazi na manje energetske intenzivne uslužne sektore (Wolde-Rufael, 2005). Međutim, zbog političkih, ekonomskih i socijalnih razlika među gospodarstvima, tumačenja takve uzročnosti mogu biti brojna. Zapravo, može se tvrditi i da je ova negativna uzročnost od potrošnje energije prema gospodarskom rastu posljedica prekomjerne upotrebe energije u neproduktivnim sektorima zajedno s ograničenjima kapaciteta ili neučinkovitim opskrbom energijom. Objašnjenje negativne uzročnosti mogu ponuditi infrastrukturna, politička ili menadžerska ograničenja koja vrše pritisak na smanjenje potrošnje energije. Politički čimbenici u kombinaciji s lošim upravljanjem ili neadekvatnom raspodjelom prihoda zemlje mogu uzrokovati široko rasprostranjenu neučinkovitost, siromaštvo i smanjenu potražnju za dobrima i uslugama, uključujući i energiju (Squalli, 2007).

Tablicom 1. kronološki su navedena značajnija istraživanja navedene tematike s naznakom: autor, godine, uzorak i rezultati analize te rezultati istraživanja. Već pogledom na tablicu nameće se zaključak o brojnosti istraživanja (iako je pregledom obuhvaćen tek dio), što se može dovesti direktno u vezu s nepostojanjem znanstvenoga konsenzusa o navedenoj tematici, ali i s relevantnošću analizirane teme. Rezultati istraživanja prilično su heterogeni te se, kao posljedica, ne može izvući njihov „zajednički nazivnik“.

**Tablica 1.** Pregled istraživanja o uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta

Autor(i)	Uzorak i razdoblje analize	Rezultati *
Kraft i Kraft (1978)	SAD (1947–1974)	BDP $\rightarrow$ E
Ackra i Long (1980)	SAD (1950–1970)	E $\neq$ BDP
Yu i Hwang (1984)	SAD (1947–1979)	E $\neq$ BDP
Abosedra i Baghestani (1991)	SAD (1947–1987)	BDP $\rightarrow$ E
Hwang i Gum (1991)	Tajvan (1961–1990)	BDP $\leftrightarrow$ E
Yu i Jin (1992)	SAD (1974–1990)	E $\neq$ BDP
Stern (1993)	SAD (1947–1990)	BDP $\rightarrow$ E
Cheng (1996)	SAD (1947–1990)	E $\neq$ BDP
Masih i Masih (1996)	Malezija (1955–1990), Filipini (1955–1991) i Singapur (1960–1990) Indonezija (1960–1990), Pakistan (1955–1990)	E $\neq$ BDP BDP $\leftrightarrow$ E
Cheng (1997)	Brazil (1963–1993)	E $\rightarrow$ BDP

	Meksiko (1949–1993) i Venezuela (1952–1993)	$E \neq BDP$
Cheng i Lai (1997)	Tajvan (1955–1993)	$BDP \rightarrow E$
Glasure i Lee (1997)	Južna Koreja i Singapur (1961–1990)	$E \neq BDP$ $E \rightarrow BDP$
Masih i Masih (1997)	Koreja (1961–1990) i Tajvan (1961–1990)	$BDP \leftrightarrow E$
Cheng (1998)	Japan (1952–1995)	$BDP \rightarrow E$
Masih i Masih (1998)	Šri Lanka i Tajland (1955–1991)	$E \rightarrow BDP$
Cheng (1999)	Indija (1952–1995)	$BDP \rightarrow E$
Asafu-Adjaye (2000)	Indija, Indonezija i Turska (1973–1995) Tajland i Filipini (1971–1995)	$E \rightarrow BDP$ $BDP \leftrightarrow E$
Soytas et al. (2001)	Turska (1960–1995)	$E \rightarrow BDP$
Stern (2000)	SAD (1948–1994)	$E \rightarrow BDP$
Yang (2000)	Tajvan (1954–1997)	$BDP \leftrightarrow E$
Aqueel i Butt (2001)	Pakistan (1955–1996)	$BDP \rightarrow E$
Fatai et al. (2002)	Novi Zeland (1960–1999)	$E \neq BDP$
Glasure (2002)	Koreja (1961–1990)	$BDP \leftrightarrow E$
Hondroyiannis et al. (2002)	Grčka (1960–1999)	$BDP \leftrightarrow E$
Soytas i Sari (2003)	Argentina (1950–1990), Koreja i Italija (1953–1991) Turska, Francuska, Japan i Njemačka (1950–1992) Indonezija (1960–1992), Poljska (1965–1994), Kanada, UK i SAD (1950–1992)	$BDP \leftrightarrow E$ $E \rightarrow BDP$ $E \neq BDP$
Altinay i Karagol (2004)	Turska (1950–2000)	$E \neq BDP$
Fatai et al. (2004)	Indija i Indonezija (1960–1990) Australija i Novi Zeland (1960–1990) Tajland i Filipini (1960–1990)	$E \rightarrow BDP$ $BDP \rightarrow E$ $BDP \leftrightarrow E$
Ghali i El-Sakka (2004)	Kanada (1961–1997)	$BDP \leftrightarrow E$
Oh i Lee (2004)	Koreja (1970–1999)	$BDP \leftrightarrow E$
Paul i Bhattacharya (2004)	Indija (1950–1996)	$BDP \leftrightarrow E$
Wolde-Rufael (2004)	Shanghai (1952–1999)	$BDP \rightarrow E$
Hatemi-J i Irandoust (2005)	Švedska (1965–2000)	$BDP \rightarrow E$
Lee (2005)	18 zemalja u razvoju (1975–2001)	$E \rightarrow BDP$
Lee (2006)	Njemačka, UK, Švedska, SAD, Belgija, Nizozemska, Kanada, Švicarska, Francuska, Italija, Japan (1975–2001)	$E \neq BDP$ $BDP \leftrightarrow E$ $E \rightarrow BDP$ $BDP \rightarrow E$
Soytas i Sari (2006)	Njemačka, Francuska, SAD, Kanada, Italija, Japan, UK (1960–2004)	$BDP \rightarrow E$ $E \rightarrow BDP$ $BDP \leftrightarrow E$
Ho i Siu (2007)	Hong Kong (1966–2002)	$E \rightarrow BDP$
Lee i Chang (2007)	Tajvan (1954–2002)	$E \rightarrow BDP$
Jobert i Karanfil (2007)	Turska (1960–2003)	$E \neq BDP$
Lee i Chang (2007)	22 razvijene zemlje (1965–2002)	$BDP \leftrightarrow E$

	18 zemalja u razvoju (1971–2002)	BDP → E
Mehrara (2007)	Iran, Kuvajt, Ujedinjeni Arapski Emirati, Saudijska Arabija, Bahrein, Oman, Alžir, Nigerija, Meksiko, Ekvador, Venezuela (1971–2002)	BDP → E
Zamani (2007)	Iran (1967–2003)	BDP → E
Ang (2008)	Malezija (1971–1999)	BDP → E
Chiou-Wei et al. (2008)	Filipini i Singapur (1971–2003)	BDP → E
	SAD (1960–2003), Tajland i Koreja (1971–2003)	E ≠ BDP
	Tajvan (1954–2006) i Hong Kong (1971–2003)	BDP ↔ E
Erbaykal (2008)	Turska (1970–2003)	E → BDP
Huang et al. (2008)	82 gospodarstva niske, srednje i visoke razine dohotka (1972–2002)	E ≠ BDP BDP → E
Lee et al. (2008)	22 zemlje OECD-a	BDP ↔ E
Lee i Chang (2008)	16 azijskih ekonomija; dugi rok, kratki rok (1971–2002)	E → BDP E ≠ BDP
Narayan i Smith (2008)	G7 (1972–2002)	E → BDP
Bowden i Payne (2008)	SAD (1949–2006)	E → BDP
Gelo (2008)	Hrvatska (1953–2005)	BDP → E
Odhambo (2009)	Tanzanija (1971–2006)	E → BDP
Payne (2009)	SAD (1949–2006)	E ≠ BDP
Zhang i Cheng (2009)	Kina (1960–2007)	BDP → E
Odhambo (2010)	Južna Afrika i Kenija (1972–2006) Kongo (1972–2006)	E → BDP BDP → E
Tsani (2010)	Grčka (1960–2006)	E → BDP
Imran i Siddiqui (2010)	Bangladeš, Indija i Pakistan (1971–2008)	BDP → E
Vlahinić-Dizdarević i Žiković (2010)	Hrvatska (1993–2006)	BDP → E
Žiković i Vlahinić Dizdarević (2011)	Belgija, Danska, Irska, Norveška, Švedska, Hrvatska, Latvija, Litva, Moldavija, Slovenija (1980–2007) Austrija, Češka, Slovačka, Malta, Bugarska, Bosna i Hercegovina (1980–2007)	BDP → E E → BDP
Ying et al. (2011)	Kina (1954–1997)	BDP → E
Kakar et al. (2011)	Pakistan (1980–2009)	E → BDP
Narayan i Popp (2012)	93 zemlje (1980–2006)	Prevladava E ≠ BDP, zatim E → BDP
Borozan (2013)	Hrvatska (1992–2010)	E → BDP
Jakovac (2013)	Hrvatska (1952–1989) Hrvatska (1993–2010)	E → BDP BDP → E
Vlahinić i Jakovac (2014)	Hrvatska (1952–2011)	E → BDP (LR) BDP ↔ E (SR)
Ozturk i Bilgili (2015)	G7 (1980–2009)	E → BDP

Saidi i Hamammi (2015)	58 zemalja (1990–2012)	E → BDP
Cho et al. (2015)	80 zemalja	E → BDP (Non-OECD), BDP → E (OECD)
Alp (2016)	23 zemlje OECD-a (1980–2012)	inkonkluzivno
Asafu-Adjaye et al. (2016)	53 zemlje (1990–2012)	inkonkluzivno
Chen et al. (2016)	26 zemalja OECD-a (1991–2013)	BDP → E
Kasperowicz i Štreimikiene (2016)	18 EU gospodarstava (1995–2012)	E → BDP
Narayan (2016)	135 zemalja (2005–2014)	E → BDP (35 zemalja), BDP → E (90 zemalja)
Pablo-Romero i DeJesús (2016)	188 zemalja (1993–2010)	E → BDP
Aali- Bujari et al. (2017)	19 zemalja OECD-a (1977–2014)	BDP → E
Carmona et al. (2017)	USA (1973–2015)	BDP ↔ E
Hammani (2017)	17 članica MENA-e (1980–2012)	E → BDP
Lu (2017)	16 azijskih gospodarstava (1990–2012)	BDP → E
Omar i Bayrak (2017)	75 zemalja neto uvoznica energije (1985–2012)	E → BDP
Qi i Li (2017)	EU 28 (1990–2014)	E → BDP
Yaser (2017)	119 zemalja (1975–2015)	inkonkluzivno
Acheampong (2018)	116 zemalja (1990–2014)	E → BDP
Nasreen et al. (2020)	18 azijskih gospodarstava (1980–2017)	BDP → E
Dorsman et al. (2018)	EU (1975–2010)	E → BDP
Gozgor et al. (2018)	29 zemalja OECD-a (1990–2013)	E → BDP
Kirikalleli et al. (2018)	35 zemalja OECD-a	E → BDP
Paramati et al. (2018)	G20 (1960–2016)	inkonkluzivno
Saad and Taleb (2018)	12 zemalja EU-a (1990–2014)	BDP → E
Stjepanović (2018)	30 zemalja (1994–2016)	E → BDP
Belaid i Zrelli (2019)	Mediterranske zemlje (1990–2014)	E → BDP
Chontanawat (2019)	ASEAN 5 (1971–2012)	BDP → E
Garaineri Hajek (2019)	23 europske zemlje	BDP → E
Zafar et al. (2019)	Zemlje u razvoju (1990–2015)	E → BDP
Ahmad et al. (2020)	SSA (1970–2017)	E → BDP
Ajmii Inglesi- Lotz (2020)	26 zemalja OECD-a	E → BDP (pretežno)
Alqaralleh (2020)	30 europskih zemalja (2000–2018)	BDP → E
Buhari et al. (2020)	32 europske zemlje (1995–2014)	BDP → E
Chen et al. (2020)	89 zemalja (1990–2015)	BDP → E
Tiwari et al. (2020)	12 azijskih gospodarstava (1971–2018)	BDP → E
Ummalla and Goyari (2020)	BRICS (1992–2014)	E → BDP
Safi et al. (2021)	EU (1995–2008)	BDP → E
Shojaee i Seyedin (2021)	Srednjoeuropska gospodarstva	BDP → E

Xuyen et al. (2021)	Kina, Indija, Indonezija, Japan, Južna Koreja, Filipini, Tajvan, Tajland (2018)	BDP → E (Japan) E ≠ BDP (ostali)
Kim i Park (2022)	Koreja (1971–2014)	BDP → E (SR) E ≠ BDP (LR)

\* „E → BDP“ hipoteza rasta; „BDP → E“ hipoteza očuvanja, „BDP ↔ E“ hipoteza povratnog utjecaja i „E ≠ BDP“ hipoteze neutralnosti, LR – dugi rok, SR – kratki rok

Izvor: izrada autorice prema Ozturk (2010), Lolić Čipčić (2020) i Mutumba et al. (2021)

S obzirom na navedeno, proteklih se desetak godina nekolicina autora uhvatila ukoštac s istraživanjem literature i metaanalizama o vezi potrošnje energije i gospodarskog rasta kako bi sumiranjem postojećih rezultata stekli uvid u specifičnosti koje dovode do heterogenosti rezultata i njihove sličnosti.

Tablicom 2. prikazana je sinteza rezultata njihovih istraživanja oslanjajući se primarno na broj istraživanja obuhvaćenih analizom kao i na naznaku učestalosti prihvaćanja ranije objašnjenih hipoteza istraživanja.

Pogled na tablicu upućuje ponovno na ranije istaknuti problem manjka konzistentnosti rezultata, neovisno o broju analiziranih istraživanja.

**Tablica 2.** Pregled rezultata istraživanja literature i metaanaliza o uzročnosti potrošnje energije i gospodarskog rasta

	E → BDP	BDP → E	BDP ↔ E	E ≠ BDP	Ukupno	N
Payne (2010)	23,1 %	19,5 %	28,2 %	29,2 %	100 %	102
Omri (2014)	29 %	23 %	27 %	21 %	100 %	136
Sebri (2015)	27,5 %	12,4 %	32,6 %	27,5 %	100 %	153
Jakovac (2018)	23,5 %	24,2 %	31,8 %	20,5 %	100 %	132
Gozgor et al. (2018)	25 %	21 %	41 %	13 %	100 %	136
AlKhars et al. (2019)	18 %	26 %	43 %	13 %	100 %	59
Mutumba et al. (2021)	43,8 %	27,2 %	18,5 %	10,5 %	100 %	1240

\* „E → BDP“ hipoteza rasta; „BDP → E“ hipoteza očuvanja, „BDP ↔ E“ hipoteza povratnog utjecaja i „E ≠ BDP“ hipoteza neutralnosti, N – broj obuhvaćenih istraživanja

Izvor: obrada autorice

Uz istraživanja navedena u Tablici 2., treba istaknuti i istraživanja literature i metaanalize sljedećih autora: Ozturk (2010), Bouoiyour et al. (2014), Menegaki (2014), Kalimeris et al. (2014), Hajko (2017). Rezultati navedenih analiza nisu usporedivi s onima prikazanim Tablicom 2. zbog metodoloških razlika u pristupu analizi, ali jednako ne nude konzistentne rezultate.

S obzirom na recentnost kao i iznimno velik broj obuhvaćenih istraživanja kojim značajno odudaraju od ostalih metaanaliza i, još važnije, generiraju robusnije rezultate, na ovom je mjestu važno naznačiti zaključke metaanalize Mutumba et al. (2021). Autori su analizirali rezultate 1 240 istraživanja, kako pojedinačnih tako i grupacija zemalja, te zaključuju da su među njima najzastupljenije ekonomije Kine, SAD-a, Francuske, Italije, Njemačke i Indije, kao i grupacije zemalja OECD-a (Organisation for Economic Co-operation and Development), EU-a (Europska unija) i MENA-e (Middle East/North Africa). Nadalje autori zaključuju da se u razvijenim gospodarstvima češće dokazuje hipoteza očuvanja, a zemljama OPEC-a (Organization of the Petroleum Exporting Countries) i zemljama u razvoju hipoteza rasta. U skladu s navedenim, razvijene zemlje sposobne su ostvariti daljnji gospodarski rast čak i uz smanjenu potrošnju energije (Kamah et al., 2021) te mogu ustrajati na ciljevima rasta energetske učinkovitosti, zelene energije i održivog rasta. S druge strane, zemljama u razvoju uzročnost ide od

potrošnje energije prema gospodarskom rastu te bi ograničavanje rasta potrošnje energije limitiralo njihov rast. Potonje bi ekonomije stoga trebale usvajati politike koje potiču daljnji rast potrošnje energije (Omri et al., 2014). Ipak, Mutumba et al. (2021) unatoč iznošenju navedenih zaključaka, pozivaju na oprez temeljen na visokom stupnju heterogenosti rezultata obuhvaćenih studija.

Razlike u rezultatima studija koje ispituju prirodu odnosa potrošnje energije i gospodarskog rasta mogu se objasniti različitim metodologijama istraživanja, razdobljima analize, specifikacijama modela (Chiou Wei et al., 2008) kao i različitim strukturama energetske potrošnje, ali i pristranošću (subjektivnošću) pri uključivanju i/ili ispuštanju objasnidbenih varijabli autora (Ozturk, 2010). Uz navedene metodološke heterogenosti, razlici u rezultatima istraživanja potencijalno pridonose i različiti zakonodavni i institucionalni okviri u skladu s kojima funkcioniraju analizirana gospodarstva (Hondroyannis et al., 2002) te promjene u energetskej strukturi kao posljedica različitih razvojnih faza pojedinoga gospodarstva (Yuan et al., 2008). Hajko (2017), nadalje, konstatira da je vjerojatno većina rezultata u literaturi podložna značajnim metodološkim propustima, pristranosti i izvještavanju o lažno pozitivnim rezultatima, pri čemu je vjerojatno ograničena pokrivenost energetskim podacima (kao i njihova niska, uglavnom godišnja, frekvencija) glavni uzrok problema. Ovom problemu autori nerijetko doskaču većim brojem gospodarstava (ili dezagregacijom podataka) što povećava broj zapažanja, ali, u konačnici, najčešće povećava i heterogenost rezultata. Ovakav je slučaj kod panel analiza koje rezultiraju značajnijim disparitetima rezultata što se dovodi u vezu s razlikama u razini razvoja i nacionalnim specifičnostima obuhvaćenih gospodarstava, resursima i različitim obuhvatom vremenskih podataka te razlikama u ekonometrijskim tehnikama što može dodatno uzrokovati razlike ili lažne sličnosti u rezultatima (Mutumba et al., 2021). Također, istraživanja uglavnom u potpunosti zanemaruju predznak kao i intenzitet uzročne veze gospodarskog rasta i potrošnje energije (Jakovac, 2018). Konačno, tome se mogu pridodati i nejasni kriteriji oko dezagregiranja podataka, ali i, još važnije, nepostojanje konsenzusa oko ekonomske teorije (oblika proizvodne funkcije) koja se koristi kao temelj istraživanja (Mutumba et al., 2021).

## **5 Zaključna razmatranja**

Istraživanjem literature o međuodnosu energije i gospodarskog rasta, ovim je radom istaknuta važnost energije kao neizostavne podloge za neometan gospodarski razvoj, ali i puno manje poznato zanemarivanje ekonomske teorije, primarno teorija rasta, njezina doprinosa gospodarskom rastu. Razvoj teorija rasta još uvijek je u tijeku no, unatoč tome, u dosadašnjim je teorijama rasta energija bila ili u potpunosti zanemarena ili tek marginalno uključena (Jakovac i Vlahinić Lenz, 2016).

Akademaska rasprava o vezi energije i gospodarskog rasta ponajviše je uzela maha u domeni istraživanja uzročnosti između potrošnje energije i ekonomskog rasta je proizvela golemu količinu znanstvene literature. Unatoč tome, znanje o uzročnosti energije i gospodarskog rasta još uvijek je prilično neodređeno, čak i kontroverzno. Još uvijek nije generiran jasan teorijski okvir, odgovarajuća specifikacija modela kao ni metodologija kojom bi se povezao gospodarski rast i potrošnja energije. Iako brojne, postojeće studije nisu uspjele identificirati opće čimbenike koji modeliraju odnos energije i gospodarskog rasta kao ni smjer i intenzitet njihove uzročnosti. Tako su postojeći empirijski rezultati nerijetko utemeljeni na neadekvatnim specifikacijama zbog čega rezultati pokazuju vrlo malo ili nimalo koherentnosti. To proizvodi mnoštvo članaka, a realno, vrlo malo novih saznanja. Iako napredak u ekonometrijskim metodama pruža nekoliko moćnih alata za analizu i razumijevanje odnosa energija – ekonomski rast, istraživanja koje ih primjenjuju i dalje su podložna kritikama koje proizlaze iz proturječnosti njihovih rezultata što uvelike otežava stvaranje ikakve valjane podloge za donošenje makroekonomske politike. Dodatna istraživanja koja primjenjuju istu metodologiju i varijable, samo promjenom analiziranog razdoblja, nemaju nikakav daljnji potencijal za doprinos postojećoj literaturi o

odnosu energije i gospodarskog rasta (Ozturk, 2010). Štoviše, samo će se potencijalno povećati količina oprečnih rezultata. Nastavno na to, može se zaključiti da je detektirana uzročnost nerijetko rezultat vrlo specifičnih uvjeta istraživanja te može biti pod snažnim utjecajem odabranih varijabli i/ili primijenjene ekonometrijske tehnike.

Političke implikacije temeljene na detektiranom smjeru uzročnosti za pojedino gospodarstvo treba pažljivo formulirati jer se, u pravilu, ne temelje na čvrstim dokazima, stoga bi znanstvenici trebali imati na umu da kreatora politika ne zanimaju ni vremenski obuhvat ni metodologija istraživanja, već samo robusnost i konzistentnost rezultata (Karanfil, 2009).

Ipak, nemogućnost određivanja općeg pravila koje bi definiralo smjer uzročnosti energije i gospodarskog rasta ne može dovesti u pitanje da rast zahtijeva energiju kao ni da rast energetske učinkovitosti izazvane tehnološkim napretkom nije oslabio ovu jaku vezu (Kalimeris et al., 2014). Nepostojanje znanstvenoga konsenzusa trebalo bi stoga biti poticaj za daljnje istraživanje za koje preporuke uključuju primjenu alternativne metodologije i kompleksnijega multivarijantnog okruženja. Također, istraživanjem na sektorskim razinama povećala bi se količina podataka koji su inače ograničeni kako dostupnošću tako i niskom frekvencijom (gotovo isključivo godišnjom). Uvažavajući kritike Walheera (2018) i Sterna (2019) o zanemarivanju cijena energije u istraživanju uzročnosti njezine potrošnje i gospodarskog rasta, kao prijedlog za daljnje istraživanje bilo bi primarno uvažavanje cijena energije. Naime, i prvi impuls koji je lansirao istraživanja uzročnosti gospodarskog rasta i potrošnje energije bili su naftni cjenovni šokovi 1970-ih koji su uzrokovali do tada nevidene cijene nafte. Unatoč tome, ograničenja rasta koja su uslijedila nakon tih naftnih šokova do danas nisu poslužila kao adekvatna argumentacija za uključivanje cijena energije kao neizostavne varijable koja modelira odnos potrošnje energije i gospodarskog rasta. Realnost energetske krize 2022. godine, potaknute sukobom Rusije i Ukrajine, i njezina utjecaja na dostupnost i cijene energenata ponajbolji je svjedok važnosti navedenih varijabli u modeliranju potražnje za pojedinim oblicima energija, ali i vezi potrošnje pojedinih oblika energije i gospodarskog rasta.

## ***Literatura***

Abaidoo, R. (2011). Economic growth and energy consumption in an emerging economy: augmented Granger causality approach, *Research in Business and Economics Journal*, Vol. 4, 1-15

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., Hemous, D. (2012). The environment and directed technical change, *American Economic Review*, Vol. 102, 131-166

Alam, M.S. (2006). Economic Growth with Energy, MPRA Paper 1260, University Library of Munich, Germany

AlKhars, M., Miah, F., Jiang, Y., Ozturk, I., Ahmad, F. (2019). A systematic review of relationship between energy consumption and economic growth in GCC countries, *Sustainability*, 12 (3845)

Apergis, N., Payne, J.E., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth, *Ecological Economics*, 69, 2255–2260

Ayres, R.U., van den Bergh, J.C.J.M., Lindenberger, D., Warr, B. (2013). The underestimated contribution of energy to economic growth, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol 27, 79-88

Ayres, R.U., Warr, B. (2009). *The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity*, Edward Elgar, Cheltenham

- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X. (2003). *Economic Growth*, 2nd ed. MIT Press, Cambridge, MA.
- Berk, Y., Yetkiner I. H. (2014). Energy Prices and Economic Growth: Theory and Evidence in the Long Run, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 228-235
- Berndt, E.R., Wood, D.O. (1979). Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity, *American Economic Review*, 69, 3, 342-54
- Borozan, D. (2018). Decomposing the changes in European final energy consumption, *Energy Strategy Reviews*, 22, 26-36
- Bouoiyour, J., Selmi, R., Ozturk, I. (2014). The Nexus between Electricity Consumption and Economic Growth: New Insights from Metaanalysis. MPRA Paper No. 55238.
- Bretschger, L., Lechthaler, F., Rausch, S., Zhang, L. (2017). Knowledge diffusion, endogenous growth, and the costs of global climate policy, *European Economic Review*, 93, 47-72
- Bretschger, L., Schaefer, A. (2017). Dirty history versus clean expectations: Can energy policies provide momentum for growth?, *European Economic Review*, 99, 170-190
- British Petroleum (2022). *Statistical Review of World Energy*, preuzeto sa: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (02/2023)
- Calel, R., Dechezlepretre, A. (2016). Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market, *Review of Economics and Statistics*, 98, 173-191
- Carmona, M., Congregado, E., Feria, J., Iglesias, J. (2017). The energy-growth nexus reconsidered: Persistence and causality, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 342-347
- Chiou-Wei, S., Zhu, Z., Chen, S., Hsueh, S. (2016). Controlling for relevant variables: Energy consumption and economic growth nexus revisited in an EGARCH-m model, *Energy*, 109, 391-399
- Cleveland, C., Costanza, R. (2008). Net energy analysis, chapter in *Encyclopedia of Earth*, Ed. Cleveland, C., Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington, DC.
- Cleveland, C.J., Kaufmann, R.K., Stern, D.I. (2000). Aggregation and the role of energy in the economy, *Ecological Economics*, 32, 301-317
- Costa-Campi M.T., Garca-Quevedo J., Trujillo-Baute, E. (2018). Electricity regulation and economic growth, *Energy Policy*, 113, 232-238
- Cottrel, F. (1955). *Energy and Society: the relation between energy, social change and economic development*, McGraw Hill Book Company Inc. New York
- Dasgupta, P., Heal, G. (1974). The Optimal Depletion of Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, 41 (5), 3-28
- Denison, E. (1979). *Accounting For Slower Economic Growth*, The Brookings Institution, Washington, D.C.
- Du, K., Lin, B. (2017). International comparison of total-factor energy productivity growth: A parametric Malmquist index approach, *Energy*, 118, 481-488

- Esso, L.J., Keho, Y. (2016). Heading Energy consumption, economic growth and carbon emissions: Cointegration and causality evidence from selected African countries, *Energy*, 114, 492-497
- Fallahi, F., Voia, M.C. (2015). Convergence and persistence in per capita energy use among OECD countries: Revisited using confidence intervals, *Energy Economics*, 52, 246-253
- Font Vivanco, D., McDowall, W., Freire-Gonzales, J., Kemp, R., van der Voet, E. (2016). The foundations of the environmental rebound effect and its contribution towards a general framework, *Ecological Economics*, 125, 60-69
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge, MA, Harvard University Press
- Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and economic myths, *Southern economic journal*, 41 (3), 347-381
- Gozgor, G., Lau, C.K.M., Lu, Z. (2018). Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries, *Energy*, 153, 27-34
- Hajko, V. (2017). The failure of Energy-Economy Nexus: A meta-analysis of 104 studies, *Energy*, 125, 771-787
- Hajko, V., Sebri, M., Al-Saidi, M., Balsalobre-Lorente, D. (2018). *The Economics and Econometrics of the Energy-Growth Nexus*, Chapter 1 - The Energy-Growth Nexus: History, Development and New Challenges, 1-46
- Hall, C.A.S., Klitgaard, K.A. (2006). The need for a new, biophysical-based paradigm in economics for the second half of the age of oil, *International Journal of Transdisciplinary Research*, 1 (1), 4-22
- Hall, C.A.S., Klitgaard, K.A. (2012). *Energy and the Wealth of Nations: Understanding the Biophysical Economy*, Springer
- Herring, H. (2006). Energy efficiency - a critical view, *Energy*, 31, 1, 10-20
- Hondroyannis, G., Lolos, S., Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. *Energy Economics*, 24, 4, 319-336
- Hudson, E.A., Jorgenson, D. (1974). U.S. Energy Policy and Economic Growth, 1975-2000, *Bell Journal of Economics*, 5 (2), 461-514
- Jakovac, P. (2013). Empirical analysis on economic growth and energy consumption relationship in Croatia, *Economic Research*, 26(4), 21-24
- Jakovac, P. (2018). Causality between Energy Consumption and Economic Growth: Literature Review // *Proceedings of INTCESS 2018 - 5th International Conference on Education and Social Sciences / Uslu, Ferit (ur.)*. Istanbul, 280-289
- Jakovac, P., Vlahinić Lenz, N. (2016). Energija i ekonomija u Republici Hrvatskoj: Makroekonomski učinci proizvodnje i potrošnje električne energije, *Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci*
- Jorgenson, D. W. (1984). The Role of Energy in Productivity Growth, *The Energy Journal*, 5 (3), 11-26

- Kalimeris, P., Richardson, C., Bithas, K. (2014). A meta-analysis investigation of the direction of the energy-GDP causal relationship: implications for the growthdegrowth dialogue, *Journal of Cleaner Production*, 67, 1–13
- Kamah, M., Riti, J.S., Bin, P. (2021). Inclusive growth and environmental sustainability: the role of institutional quality in sub-Saharan Africa, *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 34885–34901
- Karanfil, F. (2009). How many times again will we examine the energy-income nexus using a limited range of traditional econometric tools? *Energy Policy*, 37, 4, 1191-1194
- Koetse, M.J., de Groot, H.L.F., Florax, R.J.G.M. (2008), Capital-energy substitution and shifts in factor demand: A meta-analysis, *Energy Economics*, 30 (5), 2236-2251
- Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy Development*, 3, 401-403
- Lee, C.C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis, *Energy Economics*, 27 (3), 415-427
- Ley, M., Stucki, T., Woerter, M. (2016). The Impact of Energy Prices on Green Innovation, *The Energy Journal*, 37, 1, 41-75
- Lin E.Y.Y., Chen P.Y., Chen C.C. (2013). Measuring green productivity of country:A generalized metafrontier Malmquist productivity index approach, *Energy*, 55, 481-488
- Lolić Čipčić, Marina (2020). Utjecaj cijena nafte na makroekonomske pokazatelje hrvatskog gospodarstva, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), 3-42
- Malanima, P. (2014). *Energy in History*, poglavlje u knjizi *The Basic Environmental History*, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer Ur.: M. Agnoletti, S. Neri Serneri
- Mervar, A. (1999). Pregled modela i metoda istraživanja gospodarskog rasta // *Privredna kretanja i ekonomska politika*, 9 (1999), 73; 20-61
- Murphy, D.J., Hall, C.A.S. (2010). Year in review: EROI or energy return on (energy) invested, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185, 102–118
- Mutumba, G., Odongo, T., Okurut, N.T., Bagire, V. (2021). A survey of literature on energy consumption and economic growth, *Energy Reports* 7(4), 9150-9239
- Ockwell, D.G. (2008). Energy and economic growth: Grounding our understanding in physical reality, *Energy Policy*, 36, 12, 4600-4604
- Omri, A., Nguyen, D.K., Rault, C. (2014). Causal interactions between CO2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous equation models, *Economic Modelling*, 42, 382–389
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus, *Energy Policy*, 38, 340-349

- Paavola, J., Adger, W.N. (2005). Institutional ecological economics, *Ecological economics*, 53, 353-368
- Payne, J.E. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth, *Journal of Economic Studies*, 37 (1), 53-95
- Romer, P.R. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth, *The Journal of Political Economy*, 94 (5), 1002-1037
- Schult-Bornemann, K. H. (2012). Energy prognosis until 2030; reserves; transport fuels, *Fuel Systems for IC Engines*, 3-8
- Sebri, M. (2015). Use renewables to be cleaner: Meta-analysis of the renewable energy consumption–economic growth nexus, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 657–665
- Smulders, S. (2004). International capital market integration: Implications for convergence, growth, and welfare, *International Economics and Economic Policy*, 1(2), 173-194
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–94
- Solow, R. (1974). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, 41 (5), 29-45
- Squalli, J. (2007). Electricity consumption and Economic growth: Bounds and Causality Analysis of OPEC members. *Energy Economics*, 29, 1192–1205
- Stern, D.I. (1993). Energy and economic growth in the USA: a multivariate approach, *Energy Economics*, 15 (2), 137–150
- Stern, D.I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy, *Energy Economics*, 22, 267–283
- Stern, D.I. (2010a). Modelling international trends in energy efficiency and carbon emissions, *Environmental Economics Research Hub, Research Report 54*
- Stern, D.I. (2010b). The role of energy in economic growth, *CCEP Working paper*, 3.10
- Stern, D.I. (2011). The role of energy in economic growth, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219 (1), 26–51
- Stern, D.I. (2019). *Routledge Handbook of Energy Economics*, Chapter Energy and economic growth, 1st Edition Imprint Routledge, eBook ISBN 9781315459653
- Stern, D.I., Cleveland, C.J. (2004). Energy and Economic Growth, *Rensselaer Working Paper in Economics No. 0410*. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY.
- Stern, D.I., Kander, A. (2012). The Role of Energy in the Industrial Revolution and Modern Economic Growth, *The Energy Journal*, 33 (3)
- Stiglitz, J. (1974). Growth with Exhaustible Natural Resources: The Competitive Economy, *Review of Economic Studies*, 41 (5), 139-152
- Stiglitz, J. (1980). A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources, *NBER Working Paper Series*, Reprint No. 77

- Valente, S., Di Maria, C. (2008). Hicks meets Hotelling: The direction of technical change in capital-resource economies, *Environment and Development Economics*, 13 (6), 691-717
- Vlahinić-Dizdarević, N., Žiković, S. (2010). The role of energy in economic growth: the case of Croatia, *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci: časopis za ekonomsku teoriju i praksu*, 28 (1), 35-60
- Vlahinić-Dizdarević, N., Žiković, S. (2011). *Ekonomija energetskog sektora: izabrane teme*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci
- Walheer, B. (2018). Labour productivity growth and energy in Europe: A production-frontier approach, *Energy*, 152, 129-143
- Wolde-Rufael, Y. (2005). Energy demand and economic growth: The African experience, *Journal of Policy Modeling*, 2005, 27, 8, 891-903
- World Bank (2023). *World Development Indicators, GDP growth, annual %*, API\_NY.BDP.MKTP.KD.ZG\_DS2\_en\_excel\_v2\_5350131 (01/2023)
- Yuan, J., Kang, J., Zhao, C., Hu, Z. (2008). Energy consumption and economic growth: evidence from China at both aggregated and disaggregated levels, *Energy Economics*, 30, 3077–3094
- Zon, A., Yetkiner, I.H. (2003). An endogenous growth model with embodied energy-saving technical change, *Resource and Energy Economics*, 25, 81-103

## **Energy and economic growth**

MARINA LOLIĆ ČIPČIĆ

University department of professional studies

University of Split

Kopilica 5, 21000 Split

Croatia

[mlolic@oss.unist.hr](mailto:mlolic@oss.unist.hr)

ORCID ID: [orcid.org/0000-0001-9736-5767](https://orcid.org/0000-0001-9736-5767)

**Abstract:** Without energy, there is no economic growth, therefore, for the smooth development of the economy, it is necessary to ensure sufficient amounts of energy at affordable prices. Increasingly frequent energy crises, by determining the availability and prices of energy, strongly influence the need to implement energy and economic measures and policies that will enable unhindered economic growth. Taking this into account, the task of scientists is to offer policy makers a clear theoretical and empirical concept of the relationship between energy and economic growth in order to adopt energy policies that will minimize the vulnerability of economies and enable sustainable economic growth and international competitiveness. The goal of this paper is to point out the contradictions between economic theory and existing empirical research on the interdependence of energy and economic growth. While growth theories completely ignore or, at best, marginalize the role of energy, research into the causality of economic growth and energy consumption is numerous, however, still inconclusive. The political implications of existing research are unsupported and should be taken with a great deal of caution. Only robust and consistent research results can serve as a solid basis for adopting adequate and timely economic and energy policy measures. Although the availability of data is one of the key limitations of the existing research, the authors should respect the multivariate framework in their future research, primarily through the consideration of energy prices in the models and use advanced econometric techniques.

**Keywords:** economic growth, energy, theories of growth, energy consumption, causality

**JEL classification:** Q43, Q48, O44