
ENERGY AND ENERGY RESOURCES IN NEOCLASSICAL AND ECOLOGICAL ECONOMIC THEORY

Sladana Mušikić

Toplička Academy of Vocational Studies - Department of Business Studies Blace, Serbia,
sladjana.musikic@vpskp.edu.rs

Slobodan Cvetanović

University Educons, Sremska Kamenica, Serbia, prof.cvet@gmail.com

Dragan Turanjanin

Toplička Academy of Vocational Studies - Department of Business Studies Blace, Serbia,
turjaninindragan@live.co

Abstract: The paper explains the treatment of energy and energy resources as drivers of economic growth in neoclassical and ecological economics. It was established that the key research interests of neoclassical analysts were focused on the analysis of the importance of physical capital and labor as primary factors of economic growth, it follows that energy and energy resources in the theoretical opus of neoclassicists were not given enough attention. Considering energy as an intermediate good, researchers of neoclassical provenance marginalize the importance of energy and energy resources in the development of the production process. Moreover, the neoclassical mainstream does not even implicitly place energy in its macroeconomic framework. In other words, the role of energy in neoclassical economic theory is absolutely underestimated. Confirmation of such an attitude is the fact that energy is not even mentioned in Robert Solow's model of economic growth, for which the author received the Nobel Prize in 1986. This despite the fact that the production of energy ranks in the same importance as the production of food or the provision of necessary quantities of water. Environmental economists have criticized the neoclassical theory of economic growth, especially from the aspect of the inevitable implications of the first and second laws of thermodynamics on production and long-term economic growth. Ecological economists, among other things, decisively advocated the opinion that energy enables the continuity and long-term sustainability of all economic activity, and that therefore energy resources represent the most important primary driver of economic growth. They rightly point out that ecological systems depend on energy inputs, where it is important to keep in mind the fact that all natural systems rely almost entirely on solar energy. According to ecological economists, energy security, economic growth, development and protection of the ecological environment are central, highly correlated goals and priorities of national economies. Security in meeting the energy needs of producers and consumers. Providing sufficient amounts of energy in an economically rational and ecological way is an important dimension for achieving a compromise between the economy and the environment. The rapid growth of production during the twentieth century required abundant energy inputs. The growth of energy consumption was partly conditioned by the growing activities of people and inefficient use of energy. Energy consumption also grew due to the rapid development of science, technology and industry as the main consumer of energy. At the same time, the dynamic growth of energy consumption has resulted in growing environmental pollution and disruption of the natural balance. The latest projections speak of even greater energy consumption in the coming years. Therefore, it is not surprising that the question of the availability of energy resources and the implications of energy use on the environment has been promoted as one of the key problems in the ecological economy.

Keywords: economic growth, factors of economic growth, energy resources, neoclassical economic theory, environmental economics.

ENERGIJA I ENERGETSKI RESURSI U NEOKLASIČNOJ I EKOLOŠKOJ EKONOSKOJ TEORIJI

Sladana Mušikić

Toplička akademija strukovnih studija - Odsek Visoka poslovna škola Blace, Srbija,
sladjana.musikic@vpskp.edu.rs

Slobodan Cvetanović

Univerzitet Edukons u Sremskoj Kamenici, Srbija, prof.cvet@gmail.com

Dragan Turanjanin

Toplička akademija strukovnih studija - Odsek Visoka poslovna škola Blace, Srbija,
turjaninindragan@live.co

Rezime: U radu je ekspliciran tretman energije i energetske resursa u svojstvu pokretača ekonomskog rasta u neoklasičnoj i ekološkoj ekonomiji. Konstatovano je da su ključni istraživački interesi neoklasičnih analitičara bili usmereni na analzu značaja fizičkog kapitala i rada kao primarnim faktora privrednog rasta, usled čega energiji i energetske resursima u teorijskom opusu neoklasičara ni izdaleka nije poklonjena dovoljna pažnja. Tetirajući energiju kao intermedijarno dobro istraživači neoklasične provenijencije marginalizuju važnost energije i energetske resursa u odvijanju procesa proizvodnje. Štaviše, neoklasični mejnstrim čak ni implicite ne stavlja kategoriju energije u svoj makroekonomski okvir. Drugim rečima, uloga energije je u neoklasičnoj ekonomskoj teoriji je apsolutno potcenjena. Potvrda takvog stava je činjenica da energija nije čak ni pomenuta u modelu ekonomskog rasta Roberta Soloua za koji je autor dobio 1986. godine Nobelovu nagradu. Ovo uprkos činjenici da se proizvodnja energije po važnosti svrstava u isti rang značaja kao i produkcija hrane ili osiguranje neophodnih količina vode.

Ekološki ekonomisti su kritikovali neoklasičnu teoriju ekonomskog rasta, posebno sa aspekta neminovnih implikacija prvog i drugog zakona termodinamike na proizvodnju i dugoročni ekonomski rast. Ekološki ekonomisti su, pored ostalog, decidno zastupali mišljenje da energija omogućava kontinuitet i dugoročnost celokupne ekonomske aktivnosti, te da stoga energetske resursi predstavljaju najvažniji primarni pokretač ekonomskog rasta. Sa punim pravom ističu da ekološki sistemi zavise od energetske inputa, pri čemu je važno imati u vidu činjenicu da se svi prirodni sistemi gotovo u potpunosti oslanjaju na solarnu energiju. Energetska sigurnost, ekonomski rast razvoj i zaštita ekološkog okruženja po ekološkim ekonomistima su centralni međusobno visoko koreliranih ciljevi i prioriteta nacionalnih privreda. Sigurnost u zadovoljavanju energetske potreba proizvođača i potrošača. Omogućavanje dovoljnih količina energije na ekonomski racionalan a uz to i ekološki načina predstavlja važnu dimenziju za postizanje kompromisa između ekonomije i životne sredine.

Ubrzani rast proizvodnje tokom dvadesetog veka zahtevao je obilne inpute energije. Rast energetske potrošnje delom je bio uslovljen rastućim aktivnostima ljudi i neefikasne upotrebe energije. Potrošnja energije je rasla i usled brzog razvoja nauke, tehnologije i industrije kao glavnog potrošača energije. Istovremeno, dinamičan rast potrošnje energije za posledicu je imao rastuću zagađenost životne sredine i narušavanje prirodne ravnoteže. Najnovije projekcije govore o još većoj potrošnji energije u dolazećim godinama. Zato ne čudi činjenica da je pitanje raspoloživosti energetske resursa i implikacije korišćenja energije na životnu sredinu promovisano u jedan od ključnih problema u ekološkoj ekonomiji.

Ključne reči: privredni rast, faktori privrednog rasta, energetske resursi, neoklasična ekonomska teorija, ekološka ekonomija.

1.UVOD

Na rast interesovanja ekonomske nauke za složena pitanja povezana sa energijom svakako su delovale okolnosti kontinuiranog rasta potrošnje energije i iscrpljenosti energetske resursa. Takođe, u značajnoj meri na rast interesovanja teoretičara i praktičnih pregalaca menadžmenta za najrazličitije aspekte upotrebe i upravljanja proizvodnjom i potrošnjim energije uticali su sve izraženiji problemi povezani sa narušavanjem životne sredine (Latas, 2021).

Istoriju upotrebe energetske resursa u sve složenijim uslovima produkcije materijalnih dobara moguće je pratiti putem promena u domenu energetske izvora i sve sofisticiranijim energetske tehnologijama. Organizacija ekonomskog života se danas u velikoj meri oslanja na upotrebu fosilnih goriva, što dovodi do nezaustavljivog povećanja njihove potrošnje, uz izraženu degradaciju životne sredine (Cvetanović et al, 2020).

Sve velike recesije prate energetske šokovi, a cena energije podiže očekivanja o inflaciji urokovane jednim delo, rastom vena energije. Globalna energetska kriza 1970-ih uzrokovana eskalacijom cena sirove nafte jedan je od upozoravajućih znakova da nekontrolisana i neracionalna upotreba energije neminovno dovodi do pojave globalnih ekonomskih poremećaja. Najnovija energetska kriza je ukazala na ranjivost svetskog energetske sistema, koji se temelji na potrošnji neobnovljivih izvora energije, nefleksibilnosti potrošnje i potrebi da se ta zamena realizuje obnovljivim izvorima energije (Cvetanović, & Andrejević Panić, 2022).

Može se konstatovati da će rasti interesovanja istraživača u oblasti ekonomije energetike i u narednom periodu kao posledice korenitih promena u međunarodnim političkim i ekonomskim okolnostima i stvaranja nove svetske realnosti. Naime, očigledno je da je ratni sukob u Ukrajini od svog početka, februara 2022. godine do današnjih dana doveo do više nego poremećenih svetskih odnosa čiji je jedan od manifestaonih oblika energetska kriza koja je posebno do izražaja došla na evropskom kontinentu (<https://www.euractiv.com>, pristupljeno 15. 02. 2023).

Istine radi, mnogo pre 2022. godine, postalo je evidentno da svaka zemlja mora voditi računa o ponudi i tražnji energije u uslovima rastuće potrošnje, s jedne, i smanjenih zaliha neobnovljivih izvora energije, s druge strane (Kander & Stern, 2014). A da se ne govori o aktualizaciji pitanja energetske sigurnosti nakon terorističkog napada na magistralni gasovod Severni tok 2. septembra meseca predhodne godine.

2. ENERGIJA I ENERGETSKI RESURSI U TEORIJSKOM OPUSU NEOKLASIČNIH EKONOMISTA

Neoklasična ekonomska teorija tvrdi da nacionalne ekonomije koje se dostigle industrijski razvoj proizvodnje neće doći u situaciju insuficijencije prirodnih resursa uključujući i energetske resurse budući da rast cena energetike shodno logici tržišne ekonomije primorava krajnje potrošače da efikasnije koriste energiju, s jedne, i što je možda još važnije, rast cena prirodnih i energetske resursa stimuliše supstituciju prirodnih resursa, inputima stvorenih od strane čoveka, s druge strane. Sa ove vremenske distance može se osporiti održivost ovakvog tvrdjenja. Naime, čest je slučaj da upotreba sve efikasnijih energetske tehnologija u krajnjoj instanci dovodi do prekomerne eksploatacije energetske resursa. Ova pojava je u ekonomskoj teoriji poznata pod nazivom efekat odbojnosti, ili Dževonsov paradoks po britanskom istraživaču Viljemu Stenliju Dževonsu (1835-1885). Ovaj autor je u delu Pitanje uglja (The coal) objavljenom 1865. godine godine konstatovao da unapređenje efikasnosti eksploatacije uglja kao energetske resursa za posledicu ima rast umesto smanjenja njegove upotrebe. Dugim rečima, po Dževonsu, smanjenje upotrebe uglja kao pogonskog goriva teško da se može oslanjati isključivo na premisi usavršavanja tehnologije, što nije u skladu sa logikom konvencionalnog ekonomskog rasuđivanja. Na određeni način ovakavo razišljanje je opravdano imajući u vidu da je reč o vremenu u kome je bila nesporna dominacija uglja kao energetske resursa u procesu industrijalizacije privrede Velike Britanije. Ali, paralelno sa napredovanjem industrijalizacije problem potencijalne iscrpljivosti ovog energenta bio je sve izraženiji i pored njegovih ogromnih rezervi.

Savremena istraživanja korelacije između ekonomskog rasta i potrošnje energije uglavnom potvrđuju tezu da izraženija stopa ekonomskog rasta korenspondira sa većom upotrebom energije. Od ovako sročene konstatacije odstupaju visoko razvijene i tehnološki avangardne nacionalne ekonomije koje zahvaljujući širokoj lepezi novih tehnoloških rešenja mogu smanjiti potrošnju energije uz istovremeni rastući trend uvećanja vrednosti bruto domaćeg proizvoda.

U celini uzevši, predstavnici neoklasične ekonomske teorije minimiziraju važnost energije i energetske resursa u odvijanju procesa proizvodnje. I. "Neoklasična ekonomska teorija čak ni implicitno ne stavlja energiju u svoj makroekonomski okvir. Dakle, uloga energije jeste isorijski, teorijski i gledajući modele ekonomskog rasta podcjenjena u ekonomskoj teoriji. Čak ni osnovni model ekonomskog rasta za koji je Solow dobio Nobelovu nagradu uopšte ne uključuje energiju i tzv. energetske resurse" (Jakovac, & Vlahinić, Lenz, 2015, str. 549).

Primarni faktori proizvodnje su inputi, koji postoje na početku perioda koji se razmatra i ne koriste se direktno u proizvodnji (iako mogu biti degradirani i mogu se dodati), dok su međinputi odnosno intermedijarna dobra ona koja se stvaraju i u potpunosti se troše u proizvodnji tokom perioda proizvodnje koji se razmatra. Mejnstrim ekonomisti obično misle na fizički kapital, rad i zemljište kao primarni faktori proizvodnje, dok su intermedijarna dobra energeti i materijali. Pristup ovih ekonomskih teoretičara stavio je u fokus analize tzv. primarne pokretače rasta, posebno, fizičkog kapitala i zemljišta dok je ulogu energije i energetske resursa u svojstvu pokretača u potpunosti apstrahovao.

3. ENERGETSKI RESURSI KAO FAKTOR PRIVREDNOG RAZVOJA U EKOLOŠKOJ EKONOMIJI

Energetske resurse moguće je sagledavati u širem kontekstu ukupnih prirodnih uslova za dinamiziranje privrednog razvoja. U zavisnosti od privrednih karakteristika eksploatacije, kao i od naučnotehnoloških dometa u pogledu mogućnosti njihovog korišćenja, pojedini energetske resursi imaju veći ili manji značaj za globalni privredni razvoj.

Sve što se pojavljuje u svetu, razumljivo uključujući i procese u ekonomiji, zavisi od energije. Svaki proces u ekonomiji, imajući u vidu i transfer informacija kao deo privrednih procedura preko energetske omogućava da se na privredne sisteme mogu primeniti osnovni zakoni termodinamike, kao što se uostalom oni mogu primeniti i u fizici, hemiji, biologiji, tehnologiji, itd.

Dobrim delom usled razarajućih posledica turbulencija na tržištu energetske resursa došlo je do mnogobrojnih kritičkih opservacija različitih ekonomskih pravaca dijametralno različito postuliranih u poređenju sa neoklasičnom školom (Vlahinić-Dizdarević, & Žiković, 2011). Jedan od pravaca temeljenih na kritici neoklasičnih teorijskih postulata se odnosi na ekološku ekonomiju.

U godinama nakon Drugog svetskog rata na globalnom planu došlo je do uzuzetno velikog rasta energetske potrošnje kao posledice rastućih aktivnosti ljudi i neefikasne upotrebe energije. Potrošnja energije je rasla usled brzog razvoja nauke, tehnologije i industrije kao glavnog potrošača energije. Istovremeno, dinamičan rast potrošnje energije za posledicu je imao rastuću zagađenost životne sredine i narušavanje prirodne ravnoteže (Turanjanin et al, 2020).

Prvi zakon termodinamike (zakon očuvanja energije) govori da se ukupna energija dovedena nekom sistemu troši na izvršeni rad i na povećanje unutrašnje energije tog sistema. Jedna od najpoznatijih definicija prvog zakona termodinamike glasi: „Nemoguće je napraviti perpetuum mobile prve vrste, odnosno mašinu koja bi beskonačno dugo vršila koristan rad bez utroška energije. Prvi zakon termodinamike je poznat i kao princip očuvanja energije, odnosno činjenica da ukupna količina energije ostaje nepromenjena bez obzira kakvi se procesi događaju. Drugim rečima, energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo može da menja svoj oblik. Kako u modernoj fizici i

materija sama po sebi predstavlja oblik energije (što je okarakterisano u poznatoj Ajnštajnovoj jednačini $E=mc^2$), prvi zakon termodinamike odnosi se na isti fizički princip, koji je opisan u dva fundamentalna zakona: zakon o održanju energije i zakon o održanju mase. Šta god da koristimo kao resurs, to mora da završi negde u okruženju, i ne može se uništiti. Procesiranje resursa u bilo kojoj fazi proizvodnog procesa generiše otpad, pri čemu je ukupna količina otpada jednaka količini korišćenih prirodnih resursa. Na primer, potrošnja uglja u nekoj godini jednaka je količini otpadnih gasova i čvrstih čestica koji nastaju sagorevanjem uglja. Nešto od toga će se pojaviti u obliku šljake, nešto kao ugljen-dioksid, itd. Sastav otpada zavisi od resursa ali i od tehnologije transformacije koja se koristi, ali će uvek masa toka resursa od okruženja ka ekonomiji i otpada od ekonomije ka okruženju biti ista. Ovo predstavlja veoma važnu činjenicu o međuzavisnosti ekonomije i okruženja a to je da korišćenje većih količina resursa neminovno dovodi i do generisanja veće količine otpada, kao i da smanjenje mase otpada zahteva smanjenje mase resursa koji se ekstrahuju iz prirode. Na osnovu prvog zakona termodinamike, odnosno zakona o održanju mase, može se zaključiti da nivo na kome je regulisna upotreba neobnovljivih resursa utiče na količine otpada, odnosno zagađenja sredine. Ukoliko porast cene nekog resursa smanjuje njegovu upotrebu, onda će to smanjiti i količine otpada, odnosno zagađenja koja potiču od korišćenja tog resursa.

Iako je količina energije konstantna, o čemu govori prvi zakon termodinamike, nije konstantan i njen kvalitet, što je suština drugog zakona termodinamike (zakon entropije). Postoji nekoliko formulacija ovog zakona. Kako su zakoni termodinamike otkriveni prilikom istraživanja rada parnih mašina, koje služe za pretvaranje toplote u rad, sasvim je logično da su prve formulacije drugog zakona vezane za ove pojmove. Najpoznatije formulacije drugog zakona termodinamike su: a) nije moguće ostvariti cikličan proces u kome bi se toplota uzimala iz izvora toplote i pretvarala u potpunosti u rad, i b) toplota može spontano prelaziti samo sa toplijeg tela na hladnije telo.

Suština drugog zakona termodinamike je da svaki put kada se izvrši transformacija nekog oblika energije, smanjuje se količina slobodne energije koja ima sposobnost za vršenje rada u budućnosti. Veličina stanja kojom se meri količina energije koja nije više sposobna za vršenje rada naziva se entropija. Zbog toga se drugi zakon termodinamike naziva i zakonom entropije. U zatvorenom izolovanom sistemu, entropija može samo da raste ili da ostane ista. Prvi ekonomista koji je razmatrao ozbiljnije ovu temu bio je Nikolas Georgescu-Roegen (Georgescu-Roegen, 1971), koji zaključuje da zakon entropije neibežno osuđuje civilizaciju na stagnaciju kada se sve zalihe energije niske entropije potroše. Energija je fundamentalna za ekonomske sisteme i život u celini. Mereno u vrednostima bruto domaćeg proizvoda, energetske resursi učestvuju sa oko pet posto u strukturi ukupnog autputa. Ipak, ostalih 95 procenata autputa apsolutno zavisi od inputa energije (Harris, 2009, str. 279).

Energetski resursi kao razvojni činilac imaju dinamički karakter te se stoga njihov značaj za privredni rast i razvoj na globalnom nivou menja tokom vremena. Protagonisti ekološke ekonomije “naglašavaju važnost energetske resursa, naročito fosilnih goriva, za savremene ekonomske sisteme. Svi ekološki sistemi zavise od energetske inputa, ali prirodni sistemi se gotovo u potpunosti oslanjaju na solarnu energiju. Ubrzani rast proizvodnje tokom dvadesetog veka zahtevao je ogromne inpute energije, a globalni ekonomski sistemi će imati još veću potražnju energije u 21.veku. Raspoloživost energije i implikacije korišćenja energije na životnu sredinu jesu centralna pitanje ekološke ekonomije” (Jakovac, & Vlahinić, Lenz, 2015).

4. ZAKLJUČAK

Neoklasični mejnstrim je na energetske resurse i energiju gledao kao na intermedijarno dobro, što se u odnosu na prethodnu ekonomsku misao (klasičnu ekonomsku teoriju) može označiti kao korak unazad. Konkretno, istraživački interesi neoklasičara u teoriji ekonomskog rasta i razvoja su bili usmereni prema primarnim inputima kao što su kapital i rad dok je intermedijarnim inputima (među kojima i energiji) data indirektna važnost. Ovo i pored nepobitne činjenice da zapravo energija omogućava kontinuitet i dugoročnost ceokupne ekonomske aktivnosti i to ne samo kao dopuna standardnih proizvodnih inputa (rada i kapitala), već bez nje proizvodnja uopšte ne bi bila moguća.

Višestruki rast cena energenata koji se dogodio kao posledica tri naftne krize tokom osme decenije dvadesetog veka doveo je velikih diskusija o osnovnim razlozima stagnacije produktivnosti u privredi, što je razumljivo imalo brojne reperkusije na teorijsko vrednovanje energetske resursa u svojstvu pokretača ekonomskog rasta i razvoja. Ekološki ekonomisti su, pored ostalog, decidno zastupali mišljenje da energija omogućava kontinuitet i dugoročnost celokupne ekonomske aktivnosti, te da stoga energetske resursi predstavljaju najvažniji primarni faktor privrednog rasta.

Perspektiva ekološke ekonomije fokusira se na kvalitetno druge faktore koji su od suštinske važnosti za privredni rast. Sa punim pravom ističu da ekološki sistemi zavise od energetske inputa, pri čemu je važno imati u vidu činjenicu da se svi prirodni sistemi gotovo u potpunosti oslanjaju na solarnu energiju. Ubrzani rast proizvodnje tokom dvadesetog veka zahtevao je obilne inpute energije, a sve projekcije govore o još većoj tražnji energije u

ovom veku. Drugim rečima, raspoloživost energije i implikacije korišćenja energije na životnu sredinu jesu ključna pitanja ekološke ekonomije.

LITERATURA

- Cvetanovic, S., & Andrejević Panić, A. (2021). *Promene fokusa u percepciji ekonomskog razvoja*. Sremska Kamenica: Univerzitet Edukons.
- Cvetanović, S., Turanjanin, D., & Mandić, S. (2020). Teorijska objašnjenja međuzavisnosti ekonomskog rasta i kvaliteta životne sredine. *Ecologica*, 27 (95): 345-35
- Haris, Dž. (2009). *Ekonomija životne sredine i prirodnih resursa: savremeni pristup*. Data Status, Beograd.
- Jakovac, P., & Vlahinić, Lenz, N. (2015). Uloga energije s aspekta ekonomske teorije. *Ekonomski pregled*, 66 (6): 527-557.
- Kander, A., & Stern, D. (2014). Economic growth and the transition from traditional to modern energy in Sweden. *Energy Economics*, 46: 56-65.
- Latas, T. (2021). *Liberalizacija tržišta električne energije u Srbiji i perspektive razvoja jedinstvene berze električne enegije Jugoistočne Evrope (SEPEX)*. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet Singidunum.
- Turanjanin, D., Cvetanović, S., & Grujić, M. (2020). Eco innovations in the function of improving environmental quality management. *Ecologica*, 27 (97) 89-94.
- Vlahinić-Dizdarević, N., & Žiković, S. (2011). *Ekonomija energetskog sektora – izabrane teme*. Ekonomskii fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
- <https://www.euractiv.com> (pristupljeno 15. 02. 2022).
- [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(22\)00063-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(22)00063-8/fulltext), 2023