

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA EFIKASNOST

Nenad Kažić¹

SAŽETAK:

U radu su analizirani različiti obnovljivi izvori energije i investiciona ulaganja po 1 kWh dobijene energije njihovim korišćenjem na nivou jedne godine. Cilj ove orijentacione analize je prije svega da omogući jasnije sagledavanje upotrebne vrijednosti i potencijala obnovljivih izvora i njihove primjene u cilju podizanja generalne efikasnosti u korišćenju energije. Kao referentni parametar je uzeta termoelektrana na ugajl sa odgovarajućim prilagođavanjima kako bi uporedna analiza imala koherentan oblik.

Ključne riječi: *energetska efikasnost, obnovljivi izvori, investiciono ulaganje*

1. UVOD

Jedan od osnovnih principa koji se ugrađuje u zakonsku regulativu koja se bavi energetsom efikasnošću u zgradarstvu je zasnovan na određenim ograničenjima u potrošnji energije. Drugim riječima, negdje je propisana maksimalna potrošnja energije za grijanje tokom jedne godine, negdje se ta ograničenja odnose na druge vidove potrošnje, a u posljednje vrijeme se propisuju ograničenja u potrošnji energije svedene na primarni oblik.

Međutim, i pored ovih ograničenja treba predvidjeti i slučajeve kada će ovi limiti biti prekoračeni, recimo u cilju očuvanja arhitektonske kreativne slobode. Kako onda pomiriti ova dva oprečna zahtjeva?

Jedno rešenje koje se odmah nudi je sledeće: u slučaju da objekat prekorači propisane limite, treba da plati određenu „kaznu” u skladu sa veličinom prekoračenja.

Kolika bi trebalo biti ta „kazna”?

¹ Nenad Kažić, Redovni profesor na Mašinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Tel.: + 382 (0)20 130 206 + 382 (0)69 381 825; e-mail: nenadk@ac.me

Kao kriterijum, mogla bi se uzeti sledeća logika: investitor treba da plati onu sumu kojom bi se mogla finansirati izgradnja obnovljivog izvora kapaciteta kojim se kompenzuje prekoračenje.

2. OBNOVLJIVI IZVORI KAO KOMPENZACIJA PREKORAČENJA LIMITIRANE POTROŠNJE

Proanalizirajmo efikasnost i cijenu obnovljivih izvora energije, kako bi se stekla slika o mogućim „kaznama” kojima se sankcioniše prekoračenje. Pri tome će se radi upoređenja obratiti pažnja i na ostale, neobnovljive izvore energije. Analiza koja slijedi baviće se „specifičnom investicijom”, tj. investicijom po $1 kWh$ dobijene energije tokom godinu dana ($I [Eu/kWh/g]$), uzimajući pri tome kao referentan životni vijek postrojenja $20 g.$ (mada je za neka od razmatranih postrojenja on znatno duži).

TERMOELEKTRANE

Strogo govoreći, investicija koja je potrebna da bi termoelektrana proizvodi-la $20 g.$ električnu energiju sastoji se iz 3 dijela: investicija u postrojenje-opremu ($1000 Eu/kW$), investicija u potrebno gorivo-ugalj ($20 Eu/MWh$) i investicija kojom bi se „kupilo” zagađenje izraženo kroz emitovanu količinu CO_2 & SO_2 ($30 Eu/t$). U slučaju termoelektrane, uzet je broj radnih sati postrojenja tokom godine $7000 h/g$ (faktor kapaciteta $c_F=0.8$), a faktor konverzije toplotne u električnu energiju 0.4 .

Kao rezultat je dobijena veličina specifične investicije u termoelektrani, $I_{TE}=1.60 Eu/kWh/g.$

VJETAR

Izgradnja vjetrogeneratora ima smisla tamo gdje je srednja brzina vjetra na ni-ovu godine veća od $6 m/s$, pri čemu se nominalna instalisana snaga definiše za brz-inu vjetra od oko $14 m/s$. Kako je snaga vjetrogeneratora proporcionalna (pribli-žno) trećem stepenu brzine, jasno je da analiza brzine vjetra na predviđenoj loka-ciji ima prvorazredan značaj. Dakle, ako imamo na raspolaganju provjeren poten-cijal vjetra, računica koja slijedi postaje svrsishodna.

Teorijska maksimalna efikasnost vjetrogeneratora je određena Betz-ovim limi-tom koji iznosi $59%$, dok se realna efikasnost vjetrogeneratora kreće oko vrijed-nosti $42%$. Faktor kapaciteta, kada je riječ o vjetru je reda veličine $c_F=0.3$. Što se tiče investicije, ona zavisi od situacije na terenu: da li je riječ o off-shore ili on-shore varijanti (pri čemu je ova druga skuplja), da li je električna mreža blizu ili

daleko, pristupačnost i sl. U ovom razmatranju se može uzeti kao referentna vrijednost investicije u opremu oko 1500 Eu/kW instalisane snage [4]. Kako je „gorivo” besplatno a uticaj na okolinu u smislu zagađenja zanemarljiv, ukupna investicija se odnosi samo na cijenu opreme. Uzimajući u obzir faktor kapaciteta dobija se specifična investicija $I_{vj}=0.6 \text{ Eu/kWh/g}$.

SOLARNA ENERGIJA

– Fotoelektrični solarni paneli

Investicija u fotoelektričnu instalaciju zavisi u prvom redu od lokacije kojom je definisan i raspoloživi solarni fluks, pa samim tim i površina fotoelektričnih panela. Imajući to na umu, kao mjerodavna za našu analizu se može uzeti vrijednost reda veličine 6000 Eu/kW instalisane snage. Sa druge strane, u Primorju (našem) raspoloživi godišnji solarni fluks je reda veličine $1600 \text{ kWh/m}^2/\text{g}$, što odgovara faktoru kapaciteta $c_p=0.23$.

Na osnovu ovih vrijednosti dobija se tražena specifična investicija $I_{FP} \sim 4 \text{ Eu/kWh/g}$.

– Solarni toplotni kolektori

Ovi kolektori su veoma rasprostranjeni i služe za zagrijavanje vode. Zavisno od tipa oni u našim krajevima godišnje prikupe od $300\text{-}700 \text{ kWh/m}^2/\text{g}$ toplotne energije. Uzimajući veću vrijednost kao mjerodavnu i ulaganje od 700 Eu/m^2 instalacije, dolazimo do investicije $I_{ST} \sim 1 \text{ Eu/kWh/g}$.

Treba imati na umu da se, za razliku od prethodnih slučajeva, ovdje radi o toplotnoj energiji. Kako se naše poređenje zasniva na električnoj a ne toplotnoj energiji, bilo bi potrebno uključiti i investiciju za dodatnu opremu kojom se toplota konvertuje iz toplotne u električnu energiju. To bi u znatnoj mjeri pokvarilo sliku o potrebnoj investiciji.

– Solarni dimnjak

Ova tehnologija predstavlja još jedan od egzotičnih načina dobijanja električne energije iz solarne. Koristi se sila „uzgona” koja je posledica razlike u temperaturama fluida. Kroz solarne kolektore struji spoljni vazduh, zagrijava se i odlazi u visoki dimnjak. Zbog razlike u gustinama između toplog vazduha u dimnjaku i okolnog hladnog, javlja se uzgonska sila, odnosno struja vazduha kroz dimnjak koja pokreće turbinu postavljenu na njenom putu. Na taj način se proizvodi struja.

Može se pokazati da bi ovakva elektrana snage 200 MW imala sledeće karakteristike:

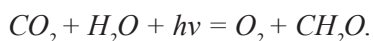
Površina kolektora	Krug prečnika $D=6 \text{ km}$
Prečnik dimnjaka	$d=150 \text{ m}$
Visina dimnjaka	$H=1 \text{ km}$
Efikasnost	$\eta=1\%$.

Procijenjena investicija na ovom primjeru je:

Dimnjak 300 mil Eu , Kolektor 500 mil Eu , Turbina 150 mil Eu , Faktor kapaciteta $c_F=0.23$. Tražena investicija po kWh/g je oko $2.5 \text{ Eu} / kWh / g$.

– Biomasa

Biomasa se može shvatiti kao oblik konvertovane solarne energije. Proces fotosinteze predstavlja taj proces konverzije i može se predstaviti reakcijom



Međutim, koliko god na prvi pogled izgleda ekološki prihvatljiva, efikasnost ovakvog načina konverzije solarne energije je vrlo mala. To je posljedica pipeline procesa konverzije, od kojih svaki ima svoj koeficijent efikasnosti. U konkretnom slučaju procesi se nižu jedan za drugim, pri čemu svaki proces izaziva smanjenje na izlazu u odnosu na ulaz:

- + Refleksija od lišća (smanjenje 25%);
- + Selektivna apsorpcija spektra zračenja (efikasnost 50%);
- + Hemijski proces u biljci (efikasnost 33%);
- + Sezonska aktivnost biljke (efikasnost 33%);
- + Faktor geometrije upada (efikasnost 20%);
- + Novostvoreni materijal – „višak“ (60%).

Nakon što solarna energija prođe ovaj proces, samo 0.5% se konvertuje u biomasu [1]. Dakle, jedan vrlo neefikasan proces, pogotovo ako bismo htjeli da dođemo do električne energije.

– Biodizel

Efikasnost procesa pretvaranja biomase u biodizel je u najboljem slučaju 50%. Prema tome, efikasnost konverzije solarne energije u biodizel je reda veličine 0.25%. Drugim riječima, u našim krajevima imali bismo oko $4 kWh/m^2/g$, u krajnjoj liniji toplotne energije.

– GEOTERMALNA ENERGIJA – DUBOKE BUŠOTINE

Sa napretkom tehnologije bušenja, prije svega u naftnoj industriji, mogućnost korišćenja geotermalne energije sa velikih dubina (3-5 km) postala je ostvarljiva. Cijena bušenja se kreće oko $1000-2000 \text{ Eu/m}$. Prave se po dvije bušotine do

„vrućih” džepova-stijena, pri čemu se kroz jednu bušotinu ubrizgava voda, prolazi kroz stijene, zagrijava se i izlazi kroz drugu bušotinu gdje na površini oda je toplotu i vraća se u proces. Dakle, iz bušotina se dobija toplota koja se u elektrani pretvara u električnu energiju. Uobičajena snaga jedinica ovih postrojenja je oko 8 MW.

Ova vrsta postrojenja je još u pionirskoj fazi i orijentaciona investicija za njih je oko 5000 Eu/kW [5], uz faktor kapaciteta $c_F=0.9$. Uz ovako usvojene vrijednosti, investicija po kWh iznosi $I_{MH}=0.6 Eu/kWh/g$.

– MALE HIDROELEKTRANE

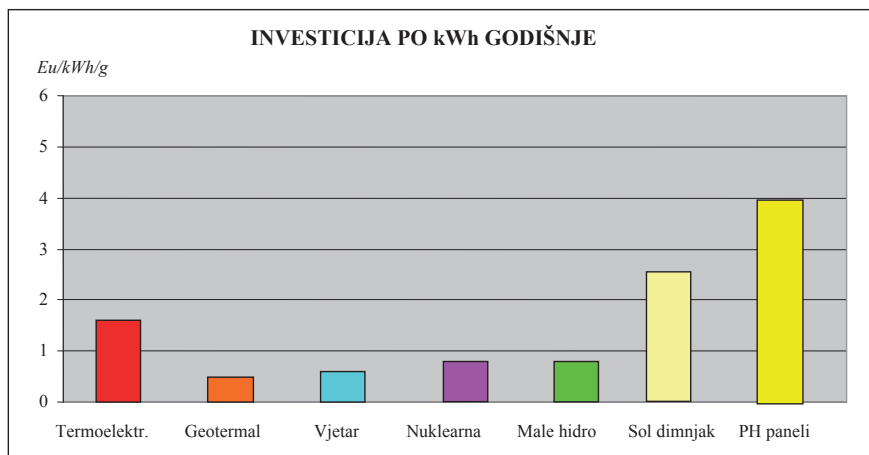
Cijena izgradnje malih hidroelektrana se kreće u relativno širokom opsegu (1000-3000 Eu/kW), što je vezano prije svega za prirodu lokacije gdje je predviđena izgradnja. Ako uzmemo kao mjerodavnu 2000 Eu/kW i faktor kapaciteta $c_F=0.25$, dobija se tražena investicija $I_{MH}=0.9 Eu/kWh/g$.

– NUKLEARNA ENERGIJA – FISIJA

Iako trenutno kontroverzan izvor energije, nuklearna energija se opet pojavljuje kao jedno od mogućih odgovora na zaoštrene probleme vezane za potrošnju energije. Kao što je i ona sama problematična, to isto važi i za investicije koje se odnose na njenu primjenu. Danas se barata sa različitim cijenama, mada se kao reprezentativna može uzeti cijena opreme reda 4500 Eu/kW [2] instalisane snage, pri faktoru kapaciteta $c_F=0.9$ (oko 8000 radnih časova godišnje). Cijena obogaćenog goriva je oko 2000 Eu/kg i od njega se dobija oko 360.000 kWh električne energije u nuklearnoj elektrani [3]. Cijena skladištenja goriva je oko 0.1 Cent Eu/kWh a cijena zatvaranja elektrane na kraju radnog vijeka iznosi oko 10% [3] investicione vrijednosti. Na osnovu ovih podataka dobija se da je specifična investicija za nuklearnu energiju $I_{NU}=0.8 Eu/kWh/g$.

3. ZAKLJUČAK

Smisao u korišćenju dobijenih rezultata treba tražiti prije svega u procesu osmišljavanja principa na kojima bi se zasnivala politika energetske efikasnosti. Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao uporište na osnovu koga bi se mogle definirati mjere kojima bi se kontrolisala primjena rezona energetske efikasnosti.



4. LITERATURA

1. J. Andrews, N. Jelley: *Energy Science*, Oxford University Press, 2007.
2. J. Vujić: *Održiva nuklearna energetika: izazovi i mogućnosti*, Zlatibor 2009.
3. B. L. Cohen: *The Nuclear Energy Option*, Plenum Press, 1990.
4. American Wind Energy Association: *The Economics of Wind Energy*, 2009
5. Petratherm: *Annual Report*, 2008

RENEWABLE SOURCE OF ENERGY AND ENERGY EFFICIENCIES

ABSTRACT:

In this paper, the investment per 1 kWh/year obtained from different renewable source of energy during one year is analysed. The main aim of this preliminary analyses is to provide beter understuding of potential and usefullness of these sources of energy as weel as its role in the process of increasing energy efficiencies in general. In order to provide cohernt forme, in this comparative analyses the coil thermal power plant withe aproprate modification, as referent point is used.