

Održivost i isplativost primene solarne energije sa studijom slučaja

IVAN STEVOVIĆ

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

1. UVOD

U ovom radu su najpre date teoretske osnove o održivom razvoju i obnovljivim izvorima energije. Jedan od ključnih tehnoloških inovativnih pristupa očuvanju životne sredine i održivom razvoju, metodološki se odvija kroz intenziviranje primene obnovljivih izvora energije. Navedeni su svi vidovi obnovljivih izvora energije, sa fokusom na solarnu. Analiziran je potencijal solarne energije u svetu, sa indikativnim statističkim pokazateljima prednosti korišćenja solarne energije.

Cilj ovoga rada je bio da se preko kost-benefit analize i komparativnom metodom, kroz studiju slučaja dokaže isplativost i opravdanost primene solarne energije u funkciji održivog razvoja. Za konkretan primer izabrana je instalacija mikro solarne elektrane u ekološkom kampu na Adi Bojani, zoni sa najvećim brojem sunčanih dana u regionu.

Efekte dosadašnjeg privrednog razvoja na globalnom nivou direktno su prouzrokovali poremećaje u prirodi i životnoj sredini. Zahtev za dostizanjem održivog razvoja kao i potreba rešavanja globalnih problema koji pogađaju planetu na kojoj živimo, nametnuli su kao imperativ stvaranje daleko efikasnije politike zaštite životne sredine. Degradacija životne sredine mora se blagovremeno sprečavati raznim merama zaštite, uz istovremeno poštovanje određenih principa ekonomske politike, koji imaju suštinski značaj za ostvarivanje održivog razvoja. U uspostavljanju usklađenog odnosa između ekonomije i životne sredine, posebno treba uvažavati sledeće principe: unapređenje makroekonomske politike, efikasno korišćenje i pravilno vrednovanje prirodnih resursa, zasnovano na primeni jedinstvenih pokazatelja i sistema obračuna, smanjivanje intenziteta upotrebe resursa po jedinici proizvoda, podsticanje strukturnih promena u proizvodnji i potrošnji, uvođenje 'čistih' tehnologija u proizvodne procese i korišćenje ekonomskih instrumenata u zaštiti životne sredine [1]. U junu 1992 godine u Rio de Žaneiru je održana II konferencija Ujedinjenih Nacija o životnoj sredini i razvoju (United Nations Conference on Environment and Development-UNCED), na kojoj je koncepcija održivog razvoja elaborirana na mogoj široj osnovi nego ranije i inicirane su konkretne aktivnosti u cilju rešavanja fundamentalnih razvojnih i pitanja zaštite životne sredine na globalnom nivou. Konferencija je pokazala da svetom počinje da dominira uverenje da se ne smeju dopustiti, niti tolerisati aktivnosti koje mogu ugroziti životnu sredinu, život i zdravlje ljudi, danas i u budućnosti. Tom prilikom su, više nego ranije, afirmisani značaj očuvanja i unapređenja životne sredine za međunarodnu zajednicu i spoznaja da problemi narušavanja životne sredine mogu uspešno rešavati samo koordiniranim naporima i saradnjom svih zemalja. Na Konferenciji u Brazilu je zaključeno da pitanja životne sredine treba rešavati istovremeno sa rešavanjem siromaštva, nezaposlenosti, socijalnih tenzija i dugova, otvaranjem međunarodnog tržišta, transferom tehnologija, utvrđivanjem odgovornosti za stanje životne sredine, uz obavezu razvijenih zemalja da obezbede finansijsku pomoć nerazvijenim zemljama za potrebe zaštite životne sredine.

Izračunato je da se količina ugljen-dioksida u atmosferi povećava po stopi od 0,4% godišnje, što je posledica sagorevanja fosilnih goriva i uništavanja šuma. Time je efekat staklene bašte sve izrazitiji [1]. Zato su energija i različiti alternativni tehnološki postupci proizvodnje energije, danas strateški prioritet čovečanstva. Rezerve fosilnih goriva su definitivno ograničene. Odgovor na izraženi problem snabdevanja fosilnim gorivima postaje sve jasniji. Zahtev za očuvanjem kvaliteta životne sredine i imperativ održivog razvoja, upućuju nas da je potrebno izvršiti prelaz sa prljavih, fosilnih goriva na čiste izvore energije, koji su bazirani na obnovljivim resursima, kao što su Sunčeva energija, vetar, geotermalna energija, hidro-energija, i sl.

2. ODRŽIVI RAZVOJ KAO METODOLOŠKI PRISTUP

U Ženevi, na trgu ispred zgrade UN, se nalazi ogromna stolica sa jednim nogarom koji je kraći od ostalih. Ona simbolično predstavlja održivi razvoj sa njegove četiri osnovne komponente: ekonomski, socijalni, kulturni i ekološki razvoj. Ako je bilo koji od četiri nogara kraći, na toj se stolici ne može sedeti – nema održivog razvoja, ne može biti održive privrede. Koncepciju održivog ili usklađenog razvoja, ne bi trebalo shvatiti kao strogo određenu definiciju, već kao proces promena i metodološki pristup u rešavanju odnosa, koji se uspostavlja između društvenih, ekonomskih i prirodnih sistema i podsistema.

Takav metodološki pristup se može samo postepeno ostvarivati, jer su i zahtevi koji se postavljaju pred ljudsko društvo veoma kompleksni. Tu se misli, u prvom redu, na formiranje nove ekološke svesti, na povećanje odgovornosti državne uprave, odgovarajuću reviziju postojećeg ekonomskog i pravnog poretka

i veće uključivanje nauke u rešenje aktuelnih problema zaštite životne sredine. Smatra se da dosadašnji pokazatelji društvenog razvoja više ne mogu na validan i celovit način odlikovati nivo društvenog progressa. Najčešće je bio korišćen nacionalni dohodak po stanovniku kao pokazatelj ekonomskog razvoja, ali uglavnom preveden u pokazatelja nivoa životnog standarda, što se pokazalo krajnje nezadovoljavajućim i jednostranim pristupom. Ovakvo stanje je posledica dugogodišnjeg neusklađenog odnosa između životne sredine i privrednog razvoja. Ekonomska nauka treba da ponudi model za adekvatno sagledavanje i vrednovanje troškova aktivnosti koje zagađuju životnu sredinu, što za sada nije bio slučaj. Danas je često akcenat na tehničko tehnološkom i industrijskom razvoju, u ime ekonomskog razvoja i stvaranja većih profita. Zanemaruje se socijalni i kulturni razvoj, a najugroženija je životna sredina. Čiste vode, hrane, čiste energije je sve manje. Resursi se smanjuju i postavlja se pitanje kakvu ćemo planetu ostaviti generacijama koje dolaze iza nas. U literaturi [3] se nude tri odgovora na pitanje: „...Kakvi bi se još zaključci mogli izvući iz rasprave o našim odgovornostima prema budućim generacijama?“ Prvo, dužni smo da uložimo iskren i ozbiljan napor da razvijemo alternativne energetske izvore. Postoje stvarni rizici od neprekidnog oslanjanja na fosilna goriva i nuklearnu energiju. Opravdano možemo predvideti opasnosti koje slede iz oslanjanja na te energetske izvore, a u našoj je moći da ih minimiziramo. Propuštanje da preduzmemo korake kako bismo te opasnosti izbegli jednaka je grubom namaru. Drugo, dužni smo da očuvamo resurse. Sudeći po sadašnjem tempu, poznate rezerve fosilnih goriva i uranijuma istrošićemo za dvesta godina. Trošenje tih resursa, pogotovo kada poznate tehnologije mogu toliko povećati efikasnost da ih možemo očuvati bez značajnog žrtvovanja udobnosti, ljude budućnosti lišava pravične šanse da dostignu stil života koji je srazmeran našem. Princip ekoeфикаsnosti predstavlja dobru polaznu tačku za očuvanje. Konačno, budućim generacijama dugujemo razumnu šansu zbog ograničenih resursa. Na planeti Zemlji se dešava demografska eksplozija. Postavlja se pitanje da li rast populacije treba ograničiti, tako da se na svet ne donose ljudi, koji će imati male šanse da vode minimalno pristojan život. Pored toga, mora se priznati da je siromaštvo glavni faktor, koji u isti mah i pogoršava i podstiče hiperpopulaciju [6].

Dostignuća koncepta održivog razvoja se prate odgovarajućim indikatorima, zasnovanim na savremenim ekološkim zakonitostima, koji identifikuju uzročno posledične veze između ekonomske politike i politike zaštite i unapređivanja životne sredine. Pouzdan indikator upozorava nas na problem pre nego što on postane preozbiljan i pomaže da se shvati šta treba preduzeti da bi se taj problem rešio. Indikatori održivog razvoja ukazuju gde su uzročno posledične veze između privrede, životne sredine i društva slabe i pokazuju nam putokaz kako rešiti te probleme.

Strategija održivog razvoja, kao uravnoteženog razvoja između tehničko tehnoloških, ekonomskih, socijalnih, kulturnih i parametara zaštite životne sredine, predstavlja jedini ispravan pristup privrednom razvoju. Zato je neophodna edukacija mladih, svih slojeva društva i privrednih aktera, u smislu holističkog pristupa problemu održivosti. Samo uz poštovanje svih kriterijuma održivog razvoja, može se obezbediti uravnotežen, produktivan i uspešan civilizacijski razvoj.

3. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA

Sa stanovišta ljudskog merila vremena resursi mogu biti klasifikovani kao neobnovljivi i obnovljivi. Neobnovljivi resursi postoje u ograničenoj količini na različitim mestima u Zemlji. Oni se mogu obnovljati samo pomoću geoloških, fizičkih i hemijskih procesa tokom stotina ili milijardi godina. Takav je slučaj sa bakrom, aluminijumom i naftom. Ovi resursi se nazivaju i iscrpljivim zbog toga što ih ljudi koriste brže nego što se oni geološki formiraju.

Pod obnovljivim izvorima energije se podrazumevaju nekonvencionalni izvori energije koje nam je priroda dala u izobilju, a koji ne mogu da se potroše, odnosno koji se obnavljaju. U okviru globalne borbe za politiku očuvanja kvaliteta životne sredine i strategiju održivog razvoja, sve države sveta prihvataju određene međunarodne obaveze, koje se odnose na povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije i smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte. Obnovljivi izvori energije neuporedivo manje zagađuju životnu sredinu, u odnosu na neobnovljive izvore, kao što su npr. termo i nuklearne elektrane. Obnovljivi izvori energije obuhvataju: energiju sunčevog zračenja, vetropotencijal, vodeni potencijal, geotermalni potencijal, biomasu, gorivne ćelije, itd.

Prema instalisanoj snazi izvora dele se na: *Mikro*, snage manje od 5 kW, *Mali*, snage od 5 kW do 5 MW, *Srednji*, snage od 5 MW do 50 MW i *Veliki*, snage veće od 50 MW.

4. SOLARNA ENERGIJA - ZELENA OBNOVLJIVA ENERGIJA

Solarna energija je čista obnovljiva energija, ili tkzv. zelena energija. Naziva se čista energija, jer njeno korišćenje ne zagađuje životnu sredinu. Iako se Sunce kao zvezda hladi, u razmeri ljudskog veka i trajanja, za sunčevu energiju se može reći da je neiscrpna. Zato spada u obnovljive izvore energije.

Sunčeva energija je i besplatna. Time korišćenje solarnih kolektora za dobijanje toplotne energije, postaje finansijski vrlo isplativa opcija. Računa se da su troškovi grejanja i zagrevanja vode veći od 60% od ukupnih energetske potrebe neke zgrade. Moguće je pokriti 50-65% godišnjih potreba za toplom vodom sa sunčevom energijom i odgovarajuće dimenzioniranim sistemom [9]. Celokupne potrebe za toplom vodom leti u većini slučajeva mogu biti zadovoljene sa sistemima solarnog zagrevanja. Tada se konvencionalni sistem potpuno može isključiti. Ovo je posebna prednost, jer leti sistem radi sa niskim nivoom korišćenja kapaciteta zbog manje potražnje za zagrevanjem.

Tehnologije solarne energije zabeležile su loš početak u prošlom veku, sa ranim usponom solarnih grejača vode u Kaliforniji koje je pratio prvi i drugi naftni šok. Ove tehnologije obećavale su isplativu, bogatu, obnovljivu i čistu energiju. Postavlja se pitanje da li je došlo vreme da se ova obećanja ispune i da solarna energija postane konkurentna na globalnom nivou. Do sada je samo mali broj zemalja uložilo napore u razvoj i primenu tehnologija proizvodnje energije iz energije Sunca, centralne zvezde našeg sistema. Glavni razlog je skeptičnost zbog troškova ovih ulaganja, koje je pokolebalo mnoge zemlje čak i kad ih je samo par godina delilo od uspeha [5].

Potencijal solarne energije je ogroman. Solarna energija nudi značajnu količinu snage: oko 885 miliona teravat časova (TWh) godišnje stigne na površinu zemlje, što predstavlja 6200 puta više nego što je utrošeno primarne komercijalne energije u 2008. godini i 4200 puta više energije nego što će ljudi potrošiti 2035. godine prema procenama Internacionalne energetske agencije [1]. To zapravo znači da je suncu potreban jedan čas i 25 minuta da pošalje količinu energije koja se trenutno potroši u toku jedne godine. Dok rezerve fosilnih goriva pokrivaju 46 godina potrošnje ulja, 58 godina prirodnog gasa i skoro 150 godina uglja, sunčeva energija prikupljena u toku jedne godine, ukoliko bi celokupna mogla da se prikupi i sačuva, pokrila bi 6000 godina ukupne potrošnje energije [4]. Kada bi se samo jedna desetina solarne energije prikupila i raspodelila, prema izveštaju International Energy Agency, iz 2011. godine, problemi snabdevanja energijom bi potpuno nestali.

Solarnu energiju moguće je upotrebiti na aktivan i pasivan način. Aktivan način podrazumeva direktno pretvaranje sunčevih zraka u toplotu ili električnu energiju, dok pasivan način se bazira na energetske efikasnosti pri korišćenju sunčeve energije za grejanje stambenih i drugih objekata. Pasivno korišćenje sunčeve energije omogućava izgradnju objekata uz maksimalnu uštedu energije. Osnovni princip prilikom projektovanja zgrada su veliki kapacitet zgrade, skladištenje i kasnija upotreba sačuvane toplote, kao i sprečavanje nekontrolisanog gubitka toplotne energije [1].

Sunčeva energija, zajedno sa koncentrisanim sistemima koji koriste reflektujuće materijale kao što su ogledala za koncentrisanje energije sunca, a zatim pretvaraju toplotu u električnu energiju, su sve isplativije rešenje za snabdevanje električnih mreža, iako još uvek ima mnogo veću cenu od alternativnih tehnologija. Sistemi solarnih fotonaponskih ćelija (na engleskom photo voltaik, skraćeno PV), koji neposredno pretvaraju sunčevu svetlost u električnu energiju, naročito su primenljivi u ruralnoj elektrifikaciji u onim područjima koja nemaju uslove za mikro-hidroelektrane. Ovaj tip sistema moguće je koristiti za proizvodnju električne energije, ispuštanje vode i njeno održavanje, zdravstvene sisteme i komunikacije. Negativni efekti upotrebe fotovoltaičnih sistema su zanemarljivi, ali proizvodnja njihovih ćelija zahteva pažljivu kontrolu zbog upotrebe potencijalno otrovnih i opasnih materijala.

Mnogo isplativije rešenje je upotreba solarnih kolektora kako bi se dobila toplotna energija. Procenjuje se da su troškovi grejanja i zagrevanja vode veći od 60% od ukupnih energetske potreba pojedine zgrade. Sa sunčevom energijom i adekvatnim dimenzioniranim sistemom moguće je pokriti 50-65% godišnjih potreba za toplom vodom [7]. Ukupna potreba za toplom vodom leti u većini slučajeva mogla bi biti zadovoljena sa sistemima solarnog zagrevanja. U tom slučaju, konvencionalni sistem bi u potpunosti mogao biti isključen. Ovo predstavlja veliku prednost, obzirom da leti sistem radi sa niskim nivoom korišćenja kapaciteta zbog manje potražnje za zagrevanjem [11].

Potrošnja energije u urbanim sredinama danas predstavlja dve trećine ukupne potrošnje energije u svetu. Od toga 40% otpada na potrošnju u stambenim objektima. Sve je prisutnija višenamenska upotreba fotonaponskih panela. Maksimalno se koriste tehnološke inovacije, u smislu ugradnje solarnih panela i folija u građevinske konstrukcije, autobuska čekališta, poslovne zgrade, bašte, parkove, automobile i razne detalje za širu potrošnju [12]. Posebno je opravdana primena fotonaponskih sistema za oblaganje fasada. To su tzv. fasadni fotonaponski sistemi, na srpskom skraćeno FFNS, ili na engleskom BIPV – *building integrated photovoltaics* [2].

Koštanje 1m² fotonaponskih panela, prilagođenih za ugradnju na fasadu, se nalazi u opsegu cena za 1m² standardnih fasadnih obloga, različitih kvaliteta [8]. Ako se uporede sa cenom mermera i ukrasnog fasadnog kamena, može se zaključiti da je cena praktično ista, što znači da se benefiti od dodatne proizvodnje električne energije, dobijaju bez dodatnih ulaganja [10].

5. STUDIJA SLUČAJA – EKOLOŠKI KAMP KAO MINI KOMPANIJA

Dragonproject je prva surf škola – ekološki kamp na obali Jadranskog mora i prostoru Balkana, koja danas funkcioniše kao organizovani ekološki sportsko rekreativni edukativni kamp, na mikrolokaciji u zoni najatraktivnije turističke ponude na crnogorskom primorju i kao takav se može posmatrati kao mini kompanija, koja funkcioniše na slobodnom tržištu.

U ovom poglavlju su prikazani rezultati istraživanja na temu profitabilnosti i održivosti primene solarne obnovljive čiste, tkzv. zelene energije. Cilj je od osnivanja kampa bio da se zadrži sopstveni identitet, koji je različit u odnosu na potrebe današnjeg prosečnog mladog turista, da ga pomeri iz kafića ka vodenim sportovima koji koriste vetar kao obnovljivi izvor energije za pokretanje, ka zdravom životu i kvalitetnoj životnoj sredini.

Dragonproject ekološki kamp na Adi Bojani postoji od 1993. godine, poštuje standarde međunarodnih asocijacija iz oblasti bezbednosti na plaži i vodi, kvaliteta opreme i stručnosti instruktora. U kampu je osnovna delatnost tako koncipirana da je istovremeno i promocija zaštite životne sredine i održivog razvoja.

Eksperimentalna mikro solarna elektrana snage 200W bila je postavljena 12km jugoistočno od Ulcinja, u ekološkom kampu „Kite&Windsurf school Dragonproject“, čime je ovaj ekološki sportsko rekreativni edukativni kamp bio jedinstven u regionu i svetu. Proizvodnja je trajala 36 dana i kontinualno je merena.

Na kraju eksploatacionog perioda je izračunata ukupna proizvodnja električne energije i urađene tehno ekonomske analize.

U okviru ovoga eksperimenta je definisan skup logičkih aktivnosti koje su obezbedile istovremeno sinergijsko ostvarivanje ekoloških ciljeva i determinisane proizvodnje električne energije, u funkciji zadovoljenja konzuma izolovanog tehničkog sistema.

Urađene su i tehno-ekonomske analize za 3 alternativna rešenja snabdevanja i metodom ukupnih troškova izveden je dokaz o isplativosti i održivosti, kao i izbor optimalnog rešenja. Kite & windsurf kamp je predstavljao izolovani sistem, jer u najbližoj okolini nije bilo dalekovodne mreže, da bi se moglo obezbediti snabdevanje električnom energijom.

U prethodnom periodu snabdevanje električnom energijom je obezbeđeno preko agregata, koji je za sirovinu trošio benzin, pravio buku i remetio kvalitet netaknute prirode.

Izolovani tehnički sistem je bio objekat i uređaji škole ekstremnih sportova, kod kojih se za kretanje koristi snaga vetra.

Kamp je kompletno organizovan po principima održivog razvoja i očuvanja kvaliteta životne sredine. Bilo je potrebno obezbediti snabdevanje električnom energijom i omogućiti funkcionisanje frižidera, osvetljenja, muzičke linije, računara i telefona.

Konfiguracija terena, topografija, vegetacija su sledeći: peščana plaža Ada Bojana, ravno, sa blago zatalasanim peščanim dinama u zaleđu, rastinje – trava i žbunje, otvoreno ka vetrovima sa pućine. Na izbor mikrolokacije su uticali tehnički uslovi: nagib krovne konstrukcije, upadni ugao sunćevih zraka i orijentacija ka jugu.

Na osnovu prognoze potrošnje elektrićne energije u kampu i na bazi raspoloživih finansijskih sredstava, projektovan je tehnički sistem, koji se sastojao od:

- dva fotonaponska panela ukupne snage 200W,
- akumulatorske baterije kapaciteta 140Ah, (pri dvadesetoćasovnom režimu pražnjenja),
- regulatora punjenja i
- invertora nominalne snage 500W.

Imperativ održivog razvoja i zahtev za očuvanjem kvaliteta životne sredine, inicirali su da je potrebno izvršiti prelaz sa prljavih, fosilnih goriva na izvore čiste energije, koji su bazirani na obnovljivim resursima, kao što je npr. energija Sunca. Zato je instalirana solarna elektrana.

Iako su u sistemu snabdevanja elektrićnom energijom, kolićina svetlosti, osunćanost i oblaćnost, stohastićke ulazne velićine, koje karakteriše visok stepen entropije, planirana je i urađena optimizacija rada sistema.

Da bi se za različite vrednosti ulaza, tj. raylićite stepene osunćanosti, obezbedilo da sistem funkcioniše u relativno stabilnom stanju, definisan je cilj: uspostaviti dinamićku ravnotežu sistema, bez obzira na entropiju ulaznih velićina! Koncipirana je principijalna šema rada solarne elektrane.

5.1 Proizvodnja i potrošaći

Solarni fotonaponski paneli su postavljeni na drvenu krovnu konstrukciju sojenice, pod uglom od 10° u odnosu na horizontalu.

Potrošači izolovanog sistema su bili: pumpa za vodu snage 800W, frižider snage 380W, zamrzivač snage 400W, frižider snage 200W, frižider snage 105W, pojačalo i zvučnici snage 100W, 2 prenosiva računara, 6 sijalica snage 60W i 3 do 5 jednovremeno uključenih punjača za kamere, fotoaparate i mobilne telefone.

Sa ciljem povećanja organizovanosti i stabilnosti sistema, tj. stabilnosti snabdevanja potrošača el. energijom, prikupljene su odgovarajuće informacije.

Te informacije su bile: praćenje intenziteta i trajanja osunčanosti, merenje proizvodnje na dnevnom nivou i praćenje rada sistema pri uključenju različitih potrošača.

Analizirano je: priključenje inkadescentne sijalice od 75 W, priključenje fluorescentne sijalice od 15 W, priključenje frižidera od 200 W i priključenje frižidera od 105 W.

Sprovedena merenja (u trajanju od 36 dana) i prikupljene informacije, predstavljali su mehanizam koji je povratno omogućio održavanje dinamičke ravnoteže sistema.

Informacije su poslužile da se napravi povratna sprega za kontrolu delovanja dinamičkog sistema. Ovaj tehnički sistem je zahtevao prilagodljivost potrošača u odnosu na ograničenja proizvodnih kapaciteta. Finalnim korisnicima usluga prilagodljivost nije bila problem. Bili su posvećeni održivim sportovima i očuvanoj prirodi.

5.2. Cene

Cene fotonaponskih panela i kompletne opreme za proizvodnju solarne energije kontinualno padaju. Primera radi oprema za solarnu elektranu snage 1 MW, sa invertorom i akumulatorom, bila je 7×10^6 €, u Beogradu 2001. godine. Cena iste opreme, danas je pala 7 puta i kupuje se za 1×10^6 €. Uzrok pada cena leži u:

- omasovljenju proizvodnje,
- ubrzanom razvoju proizvodnih tehnologija i
- ulasku kineskih proizvoda na tržište EU, koja je skoro "zaratila" sa Kinom zbog damping cena.

5.3. Period povraćaja uloženog kapitala

Ukupna investicija za izvedenu solarnu elektranu je 1000 €. Kada bi se proizvedena električna energija davala u sistem, proizvedeni kWh bi, po danas važećim feed in tarifama bio plaćen 20.66€/kWh. Izmerena, tj. ostvarena dnevna proizvodnja električne energije u Kite&windsurf school, bila je 1kWh/dan. Iz toga proističe da će solarna elektrana povratiti uloženi kapital približno za 1000/0.2066 sati rada, tj. za približno 3 godine, što se vidi i iz tabele 1.

5.4. Tehno ekonomska i komparativna analiza

Tehno ekonomska i komparativna analiza su urađene i prikazane u tabeli 1, za realno radno vreme solarne elektrane u iznosu od 18h dnevno, od 8h ujutro do 2h posle ponoći, samo 90 dana u sezoni, tj. od 1. jula do 30. septembra.

Tabela 1: Proračun koeficijenta rentabilnosti

Za vek trajanja od 20godina	Solarna elektrana	Benzinski agregat	Dizel agregat
Investicioni troškovi	1000€	700€	800€
Troškovi održavanja i gorivo (dnevno)	0€/dan	20€/dan	16€/dan
Troškovi održavanja i gorivo (godišnje)	0€/god	7300€/god	5840€/god
Proizvodnja električne energije (na dnevnom nivou)	1kWh-radi 18h/dan	1kWh-radi 8h/dan	1kWh-radi 8h/d
Cena 1kWh na tržištu energije	20.66c€/kWh	7c€/kWh	7c€/kWh
Period povrata uloženog kapitala	269dana	556dana	635dana
Kvantitativni uticaj na ž. sredinu	5	1	2
Koeficijent rentabilnosti $r = B / C$	1.51	0.003	0.004

Pretpostavke sa kojima se ušlo u proračun su bile: eksploatacioni period traje 90dana/godišnje, agregat troši 15l/dan (iskustveni podatak). Izračunati su benefiti B, imajući u vidu cenu električne energije i investiciona koštanja C, pa je izvršeno poređenje koeficijenta rentabilnosti r, za solarnu elektranu, benzinski i dizel agregat.

Tehno ekonomska i komparativna analiza - za vek trajanja 20 godina su prikazane u tabeli 1, pri čemu se zna da fotonaponski paneli mogu da rade 20 godina, a dizel i benzinski agregat – teško. Sva računarska zaokruženja su išla na štetu rešenja sa fotonaponskim panelima i u korist dizel i benzinskog

agregata, međutim, zaključak je nedvosmisleno da solarna elektrana, u odnosu na druga 2 alternativna rešenja, predstavlja daleko funkcionalnije, održivije i rentabilnije rešenje.

6. ZAKLJUČAK

Stanje životne sredine na planeti Zemlji je do te mere alarmantno, da je svim zemljama sveta jasno da čovečanstvo može opstati samo poštovanjem principa održivog razvoja, tj. uravnoteženim ekonomskim, kulturnim i socijalnim razvojem, uz adekvatnu brigu o životnoj sredini.

Kako su proizvođači električne energije, koji koriste neobnovljive resurse, jedni od najvećih zagađivača na planeti, jasan je imperativ razvoja strategija održivog razvoja i usmerenja ka obnovljivim izvorima energije. Održivi razvoj je proces koji dozvoljava da se razvoj ostvaruje bez degradiranja, ili iscrpljivanja onih resursa na kojima se i zasniva.

To je moguće ostvariti ili upravljanjem resursa na način da se oni mogu samoobnavljati u meri u kojoj se koriste, tj. većom zastupljenošću i upotrebom obnovljivih resursa. Takvim pristupom, resursi mogu da služe budućim, u istoj meri, kao i sadašnjim generacijama. Konceptija održivog razvoja bazira se na 3 osnovna principa, a to su:

- principi ekološke održivosti, koji obezbeđuje da razvoj bude kompatibilan sa održavanjem vitalnih ekoloških procesa, biološke raznovrsnosti i bioloških resursa;
- princip socijalne i kulturne održivosti, koji obezbeđuje da razvoj bude kompatibilan sa kulturnim i tradicionalnim vrednostima ljudskih zajednica i doprinosi jačanju njihovog identiteta;
- princip ekonomske održivosti, koji obezbeđuje da razvoj bude ekonomski efikasan i da se resursima upravlja na način da njih mogu uspešno da koriste i buduće generacije.

Zahtev za dostizanjem održivog razvoja kao i potreba rešavanja globalnih problema koji pogađaju planetu na kojoj živimo, nametnuli su kao imperativ stvaranje daleko efikasnije politike zaštite životne sredine.

Degradacija životne sredine mora se blagovremeno sprečavati zaštitnim merama, uz istovremeno poštovanje određenih principa ekonomske politike koji imaju suštinski značaj za ostvarivanjem održivog razvoja.

Primena obnovljivih izvora energije, a posebno solarne energije, značajno je rešenje u okviru koncepta održivog razvoja.

Ekološki sportsko rekreativni edukativni kamp Dragonproject je izabran za primer i analizu u ovome radu, jer je, iako mali, vrlo karakterističan upravo iz aspekta održivog razvoja. Urađen je demo projekat i u kampu je instalirana mikro solarna elektrana, koja je omogućila snabdevanje električnom energijom, bez negativnih uticaja na životnu sredinu.

Tehno ekonomske analize i dobijeni koeficijenti rentabilnosti pokazuju daleko veću isplativost pri proizvodnji električne energije iz solarne elektrane, nego kada se poređenje napravi sa benzinskim i dizel agregatom. Efekti u odnosu na životnu sredinu su takođe neuporedivo povoljniji kod solarne elektrane.

Analizirana studija slučaja, iako predstavlja male instalacije i ne velike profite, jeste relevantan primer i kao reprezentativni uzorak pokazuje da investiranje u proizvodnju solarne energije ispravna i rentabilna zamena za prljave tehnologije proizvodnje električne energije, tj. da svako investiranje u solarnu energiju može da bude istovremeno isplativo i u funkciji održivog razvoja.

LITERATURA

1. Beloev I, Nedev N, Evstatiev B. (2015), Evaluation of the energy production from photovoltaic installations located in urban areas, *Ecologica*, 77, 34-42
2. Dincer, F. (2011), The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 713-720.
3. Džozef, R. de Žarden (2006), *Ekološka etika—uvod u ekološku filozofiju*.
4. Finnveden, G., Nilsson, M., Johansson, J., Persson, Å., Moberg, Å., & Carlsson, T. (2003), Strategic environmental assessment methodologies—applications within the energy sector. *Environmental impact assessment review*, 23(1), 91-123.
5. Florini, A. (2011), The International Energy Agency in global energy governance. *Global Policy*, 2(s1), 40-50.
6. Horvat, V., & Tomašević, T. (2012), Green Parties in Europe: Potential Routes of Future Development. *Croatian International Relations Review*, 17(64/65), 15-29.
7. Lund, P. (2007), Impacts of EU carbon emission trade directive on energy-intensive industries—Indicative micro-economic analyses. *Ecological Economics*, 63(4), 799-806.
8. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008), A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, 40(3), 394-398.

9. Solangi, K., Islam, M., Saidur, R., Rahim, N., & Fayaz, H. (2011), A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2149-2163.
10. Valada, R. (2009). Nacionalna strategija održivog razvoja. Održivi razvoj Srbije: Naša zajednička budućnost: Beograd, Republika Srbija, Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj i Kabinet potpredsednika Vlade za evropske integracije.
11. Veselinović, M., Zdravković, D., & Radukić, S. (2012). Perspektive korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji. *FACTA UNIVERSITATIS-Economics and Organization*(3), 381-391.
12. Čajka, Z., Jovanović, L., (2015), Principi održivosti i održivi proizvodi, *Ecologica*, 77, 87-93

IZVOD

Strategija održivog razvoja, kao uravnoteženog razvoja između tehničko tehnoloških, ekonomskih, socijalnih, kulturnih i parametara zaštite životne sredine, predstavlja jedini ispravan pristup privrednom razvoju. Imperativ održivog razvoja je postao paradigma savremenog sveta. Harmoničan odnos između ekonomije i životne sredine, delom se može postići efikasnim korišćenjem i pravilnim vrednovanjem prirodnih resursa, tj. prelaskom na čiste obnovljive resurse, uz korišćenje ekonomskih instrumenata u zaštiti životne sredine. Predmet istraživanja ovog rada su mogućnosti primene solarne energije u funkciji održivog razvoja. Pored statističkih pokazatelja isplativosti, na primeru Kite & windsurf ekološkog kampa su urađene i tehno-ekonomske analize za 3 alternativna rešenja snabdevanja energijom. Metodom ukupnih troškova je izveden dokaz o isplativosti i održivosti primene solarne energije, kao i izbor optimalnog rešenja. Istraživanje je sprovedeno na Kite & windsurf ekološkom kampu, koji je predstavljao izolovani sistem, jer u najbližoj okolini nije bilo dalekovodne mreže, da bi se moglo obezbediti snabdevanje električnom energijom. U okviru ovoga eksperimenta je definisan skup logičkih aktivnosti koje su obezbedile istovremeno sinergijsko ostvarivanje ekoloških ciljeva i determinisane proizvodnje električne energije, u funkciji zadovoljenja konzuma izolovanog tehničkog sistema. Cilj ovoga rada je bio da se istraže mogućnosti primene solarne energije i na konkretnom primeru Kite & windsurf ekološkog kampa kao mini kompanije, koja posluje u uslovima slobodnog tržišta, dokaže sinergijski efekat isplativosti i održivosti u isto vreme.

Cljučne reči: Održivi razvoj, isplativost, obnovljivi izvori energije, solarne energije, ekološki kamp, mini kompanija, studija slučaja.

ABSTRACT

SUSTAINABILITY AND PROFITABILITY OF SOLAR ENERGY APPLICATION WITH CASE STUDY

The strategy of sustainable development, as balanced development between technological, technical, economic, social, cultural and environmental protection parameters, is the only correct approach to economic development. The imperative of sustainable development has become a paradigm of the modern world. The harmonious relationship between the economy and the environment, partly can be done by efficient using and proper valuation of natural resources, ie. by switching to clean renewable resources, with the application of economic instruments in environmental protection. The subject of this study is the possible applications of solar energy in terms of sustainable development. In addition to statistical indicators of profitability in the event of Kite & windsurf ecological camp were made and techno-economic analysis of the 3 alternative solutions for energy supply. Method total cost is derived proof of the effectiveness and sustainability of the application of solar energy, as well as the selection of optimal solutions. The research was conducted at Kite & windsurf ecological camp, which represented an isolated system, because it was the nearest electrical grid that could provide electricity supply. In the context of this experiment is defined by a set of logical operations that are provided at the same time synergistically achieve environmental goals and determined the production of electricity in the function of meeting the consumption of isolated technical system. The aim of this study was to investigate the possibilities of solar energy application and to demonstrates the synergistic effect of the cost-effectiveness and sustainability, at the same time, on the particular case study of Kite & windsurf ecological camp as a mini company, which operates under free market conditions.

Keywords: Sustainable development, profitability, renewable energy, solar energy, ecological campus, mini companies, case study.