

ELEKTRIFIKACIJA RURALNIH KRAJEVA KORIŠTENJEM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Završni izvještaj



Izradili:
Mislav Kirac
Melani Furlan



*Empowered lives.
Resilient nations.*



*Empowered lives.
Resilient nations.*

Prosinac 2016.



Sadržaj

1	Sažetak	2
2	Ostvareni rezultati	3
3	Financijski resursi	5
4	Partneri	6
5	Metodološki pristup	7
5.1	Ekonomska isplativost autonomnog solarnog sustava	7
5.2	Modeliranje tehničkog sustava	9
5.3	Metodologija za izradu liste prioritetnih korisnika	10
6	Održivost projekta	11
6.1	Aktivnosti programa održavanja	11
6.2	Troškovi nadzora i osnovnog održavanja	11
7	Prilozi	12
7.1	Analiza rada solarnih sustava	12
7.2	Prilog 2: Popis kućanstava s postavljenim solarnim sustavima	12

1 Sažetak

Projekt ruralne elektrifikacije proveo je Program Ujedinjenih naroda za razvoj u Hrvatskoj (UNDP) u suradnji s Fondom za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, jedinicama lokalne i regionalne samouprave.

Ostvareni glavni ciljevi projekta:

1. Izrada registra neelektrificiranih kućanstava
2. Opremanje prioritetnih kućanstava autonomnim solarnim sustavima

Prioritetni korisnici projekta su kućanstava koja trajno ili veći dio godine borave u ruralnim krajevima Hrvatske udaljenim od elektroenergetske mreže. Obilaskom terena identificirano je 50 prioritetnih korisnika koji trajno borave u obiteljskim kućama bez pristupa električnoj energiji.

Prioritetna kućanstva opremljena su autonomnim solarnim sustavima koji su se pokazali 13 puta povoljnijim načinom elektrifikacije u odnosu na klasičnu obnovu mreže. Solarni sustavi omogućavaju kućanstvima korištenje električne energije dostatne za obavljanje svakodnevnih aktivnosti u domaćinstvu (osvjetljavanje prostorija, upotreba kućanskih aparata, korištenje TV-a i radija, korištenje drugih električnih uređaja) te se omogućava razvoj malih obiteljskih gospodarstva u nerazvijenim krajevima Hrvatske.

Paket uključuje fotonaponski sustav (PV1000, PV1500 ili PV3000) s baterijama, pomoćni agregat, LED žarulje i energetska efikasan hladnjak. Prioritetni korisnici su sustave dobili na trajno korištenje i bez naknade.

Troškovi opreme su sufinancirani najvećim dijelom sredstvima Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (FZOEU) (80%), Županija (10%) i UNDP-a (10%). Trošak pripreme i provedbe samog projekta osiguran je sredstvima UNDP-a.

Zelena energetska zadruga nastavit će koordinirati daljnje aktivnosti ukoliko se pokaže potreba za opremanjem dodatnih kućanstava.

Programom nadzora i osnovnog održavanja solarnih sustava osigurat će se održivost projekta. Program obuhvaća aktivnosti vezane uz nadzor i ispravan rad solarnih sustava te dojavu i ispravljanje eventualnih kvarova. U Program su uključeni svi korisnici projekta kojima su sustavi osigurani uz sufinanciranje jedinica lokalne i regionalne samouprave.

2 Ostvareni rezultati

Glavni rezultati i pozitivni učinci projekta:

1. Izrađen registar kućanstava koji nemaju pristup elektroenergetskoj mreži

Na temelju inicijalno prikupljenih podataka koje su UNDP-u dostavili UNHCR, HEP ODS, Županije, općine i drugi partneri, napravljen je plan terenskog obilaska. Obiđeno je više od 130 objekata koji su uvršteni u registar. U registru se nalazi više od 241 objekta.

Izrađen je i elektronski registar u koji su upisani svi korisnici solarnih sustava i koji je povezan s daljinskim sustavom za praćenje rada sustava. Registar se može koristiti za planiranje održavanja postojećih sustava i planiranja nastavka programa.

Pristupna adresa: ruralna.marioloncaric.com

Korisničko ime: korisnik

Lozinka: korisnik

2. 46 kućanstava opremljena autonomnim solarnim sustavima

U okviru projekta identificirano je 50 prioriternih kućanstava koja su trajno nastanjena, a nalaze se daleko od elektroenergetske mreže. Do kraja 2016. godine osigurana su sredstva i postavljeno je 46 autonomnih solarnih sustava. Za još 4 sustava u Sisačko-moslavačkoj Županiji izrađena projektna dokumentacija, a realizacija se očekuje u prvoj polovici 2017. godine.

Osim solarnih sustava, svih 46 kućanstava su opremljena i LED žaruljama, pomoćnim benzinskim agregatom te energetske efikasnim hladnjacima.

Popis kućanstava kojima je postavljen solarni sustav nalazi se u prilogu.

3. Jačanje kapaciteta jedinica lokalne i regionalne samouprave

Kroz provedbu programa, jedinice lokalne i regionalne samouprave bile su aktivno uključene u projekt, što je važno za daljnje gospodarenje sustavima. Također, aktivnim uključivanjem ojačani su administrativni kapaciteti, ali i tehničko razumijevanje problematike JL(R)S-ova.

JL(R)S-ovi su opremljeni svom tehničkom i administrativnom dokumentacijom koju je moguće koristiti u budućnosti za provedbu nastavka projekta ili sličnih programa.

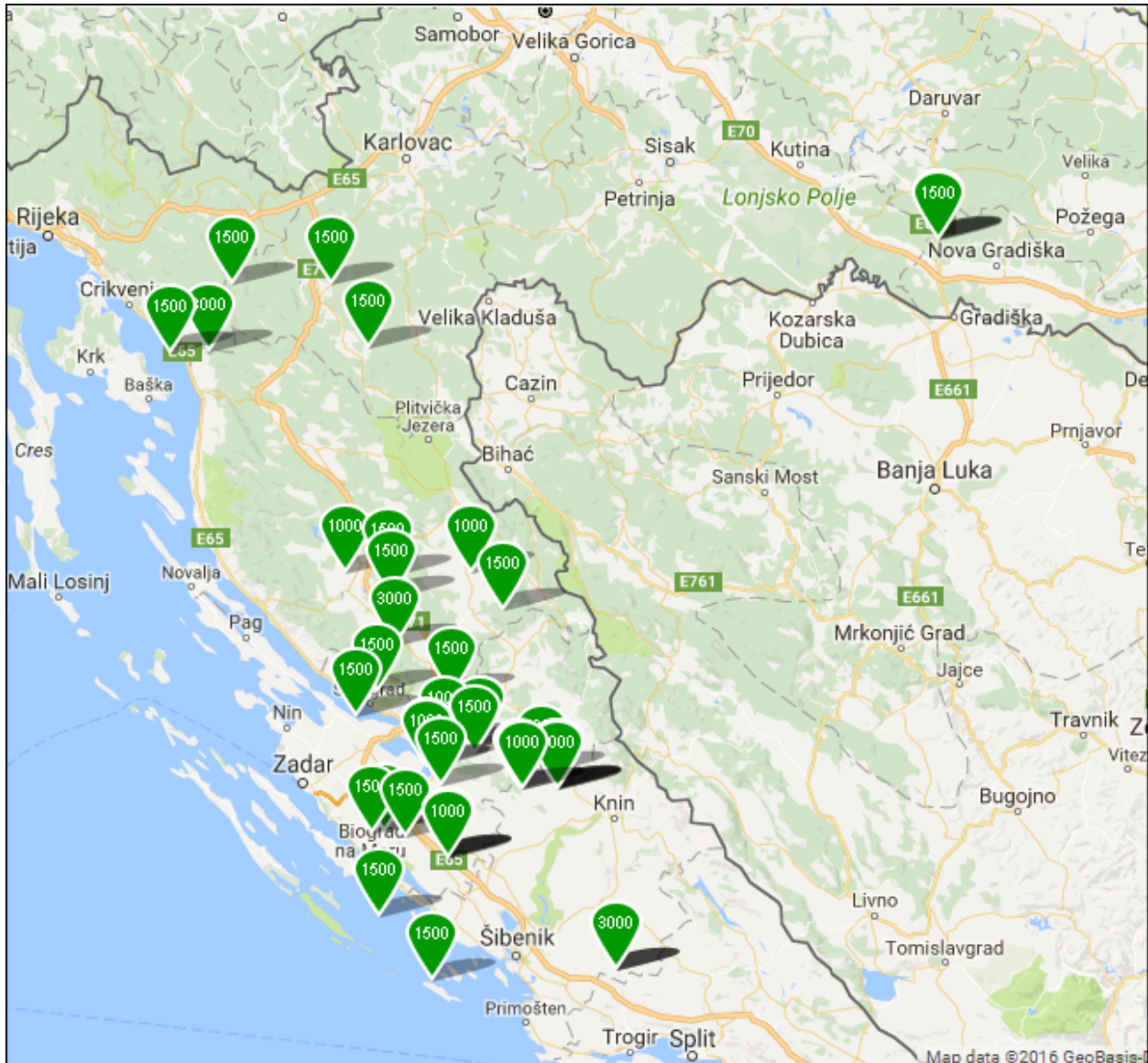
5. Jačanje razvoja industrije solarne opreme u Hrvatskoj

Gotovo sve komponente autonomnih solarnih sustava koji su korišteni u okviru projekta proizvedeni su u Hrvatskoj. Solarni paneli, punjači, izmjenjivači, sustav daljinskog praćenja i druge komponente razvijene su i proizvedene u Hrvatskoj, a baterije su uvezene.

U okviru projekta, kroz postupak javne nabave, nabavljeno je opreme u vrijednosti 2,5 milijuna kuna.

B

Prikaz lokacija na mapi:



Vidljivost projekta u medijima

Aktivnosti projekta prenesene su u više od 40 članaka na web-portalima te su snimljena 4 televizijska priloga.

3 Financijski resursi

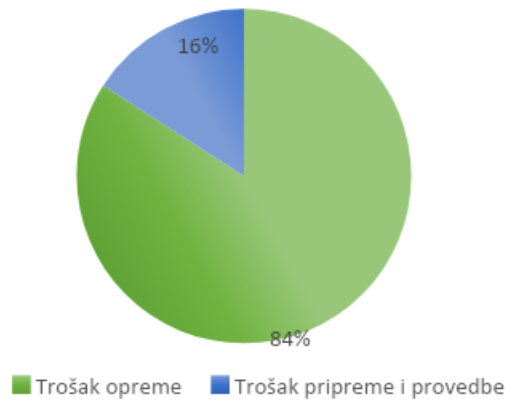
Struktura troškova i financijska konstrukcija

Ukupna vrijednost projekta iznosi 3.031.257 HRK.

Troškovi opreme za solarne sustave, agregate i hladnjake za 50 kućanstava iznosi 2.752.499 HRK.

Troškovi cjelokupne pripreme, koordinacije i provedbe iznosi 517.273 HRK.

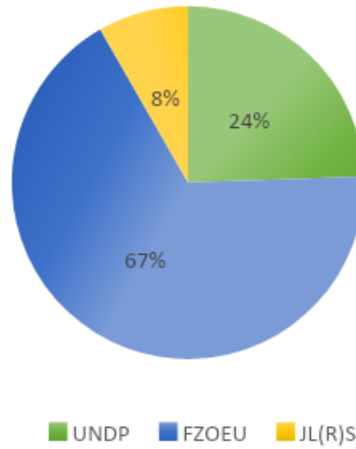
Raspodjela troškova



U sufinanciranju projekta sudjelovao je FZOEU, JL(R)S-ovi te UNDP.

Ukupno sufinanciranje FZOEU-a iznosi 2.209.999 HRK, JL(R)S-ova 271.773 HRK, a UNDP-a 800.000 HRK.

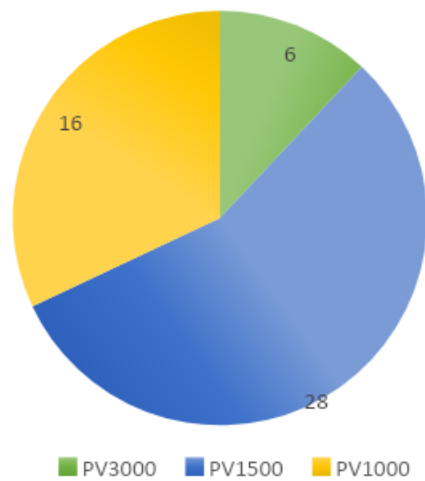
Financijska konstrukcija



Trošak za opremu

Ukupno je financirano 50 sustava za što ukupan trošak iznosi 2.368.724 HRK (bez agregata i hladnjaka), tj. u prosjeku 47.374 HRK/sustavu. Ukupno je postavljeno 76 kWp u fotonaponskim panelima. Specifični trošak iznosi 31,2 HRK/Wp instalirane snage u fotonaponskim modulima.

Struktura solarnih sustava



4 Partneri

Projekt ruralne elektrifikacije zahtijevao je uključenje socijalnih, financijskih i tehničkih partnera.

Lista partnera projekta:

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost
 Požeško-slavonska županija
 Sisačko-moslavačka županija
 Karlovačka županija
 Ličko-senjska županija
 Zadarska županija
 Šibensko-kninska županija
 Općina Gračac
 Grad Obrovac
 Grad Benkovac
 Solvis
 Infoton
 Galičak d.o.o.
 Visoka škola za informacijske tehnologije
 HEP ESCO
 UNHCR
 Srpsko narodno vijeće
 HEP ODS
 Državni ured za obnovu i stambeno zbrinjavanje

5 Metodološki pristup

5.1 Ekonomska isplativost autonomnog solarnog sustava

Klasična elektrifikacija podrazumijeva priključak objekta na nacionalni elektroenergetski sustav. Cijena izgradnje mrežne infrastrukture ovisi o udaljenosti objekta od mjesta priključka, potrebi za transformatorskom stanicom i vrsti terena.

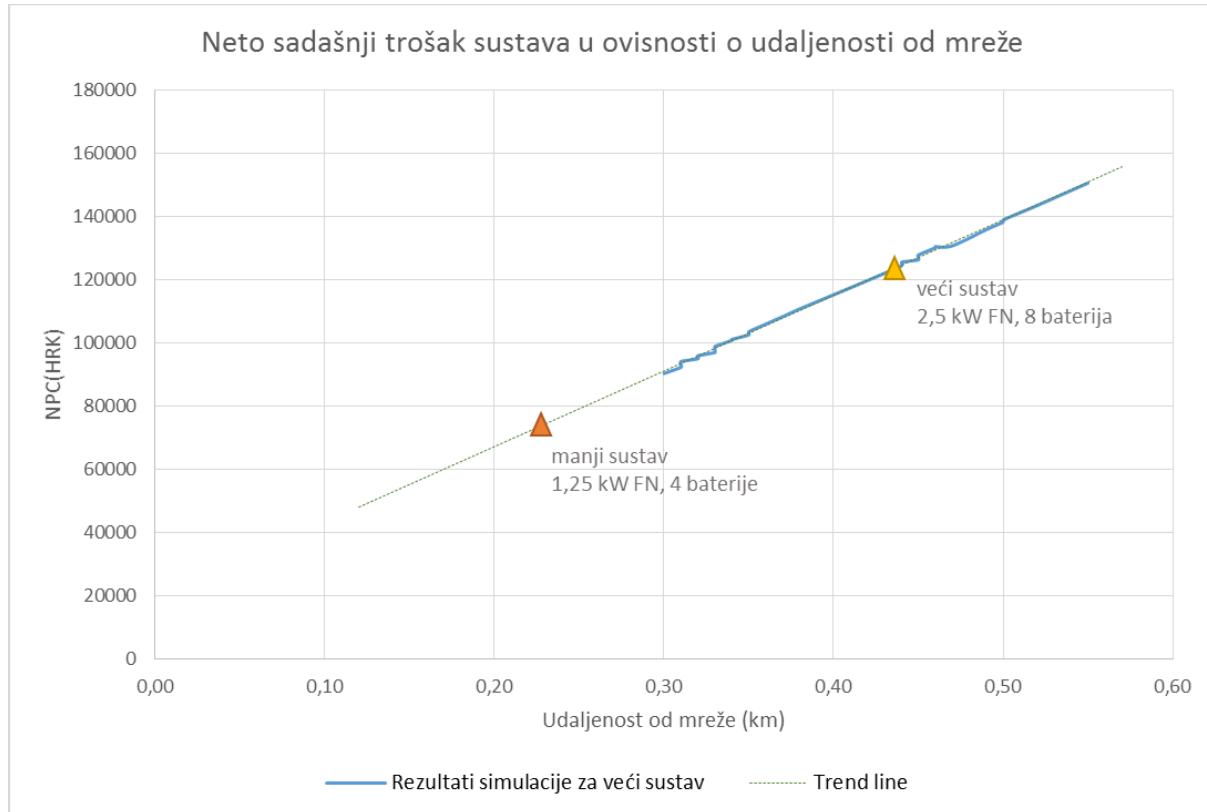
Za procjenu investicijskih troškova klasične elektrifikacije korišteni su podaci iz troškovnika za razvoj distribucijske mreže HEP-ODS-a.

Jedinične cijene klasične elektrifikacije

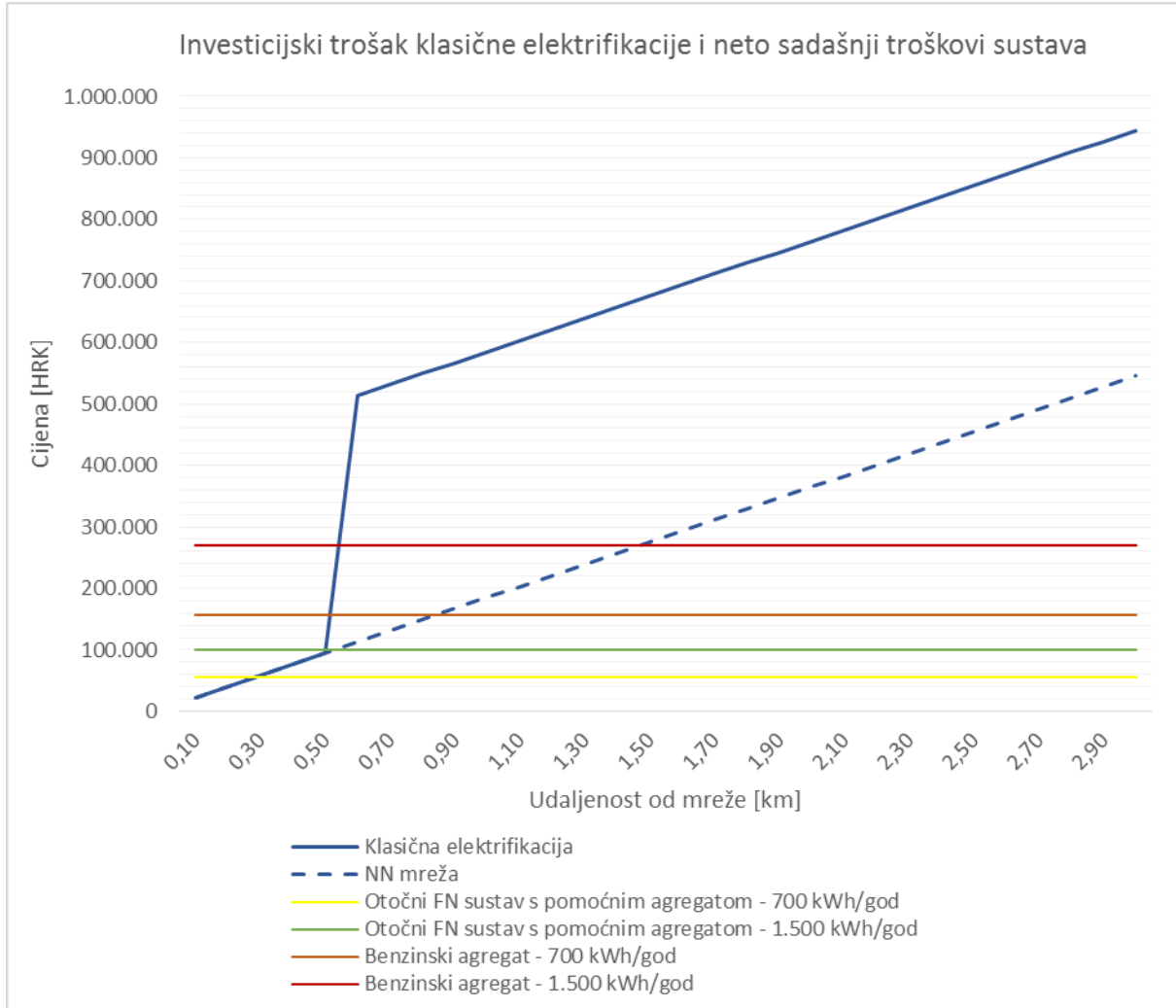
Stavka	Cijena (HRK)
Magistralni dalekovod 10(20) kV	295.000
Transformatorska stanica 10(20)/0,4 kV, 30 kVA	105.000
Niskonaponska mreža za 1 km linije - drveni stupovi	180.000
Niskonaponska mreža za 1 km linije - betonski stupovi	220.000
Priključak na objekt	5.000

Cijena električne energije proizvedene iz fotonaponskih sustava, kao i ostalih sustava na obnovljive izvore energije (OIE), trenutno je viša od cijene električne energije proizvedene iz velikih postrojenja na fosilna goriva. S obzirom na relativno visok investicijski trošak klasične elektrifikacije, instaliranje otočnih fotonaponskih sustava je daleko isplativije rješenje za objekte udaljene od elektroenergetske mreže.

Ovisnost neto sadašnjeg troška za veći sustav o udaljenosti od mreže, kako bi investicija bila isplativa u odnosu na klasičnu elektrifikaciju prikazana je na slici.



Ekonomska usporedba različitih rješenja proizvodnje električne energije za ruralno kućanstvo prikazana je na Slici 17. Uspoređeni su investicijski troškovi klasične elektrifikacije, troškovi korištenja isključivo benzinskog agregata te instaliranja otočnog FN sustava sa spremnikom energije i pomoćnim agregatom. Neto sadašnji trošak za različite sustave izračunat je za period od 30 godina, koliko je predviđeno trajanje projekta u simulacijskom programu. Uzeti su u obzir manji i veći sustavi, za potrebe kućanstva s ukupnom godišnjom potrošnjom električne energije od 700 kWh i 1.500 kWh.



5.2 Modeliranje tehničkog sustava

U okviru projekta izrađena je metodologija za potrebe dimenzioniranja otočnih solarnih sustava koji će se koristiti za elektrifikaciju kućanstava obuhvaćena projektom. Metodologija je izrađena na temelju tehničkih, ekonomskih, društvenih i ekoloških kriterija.

Za potrebe dimenzioniranja otočnog sustava za kućanstvo u ruralnim krajevima modelirana je potrošnja energije koja odgovara minimalnoj potrošnji električne energije koja zadovoljava korištenje svih standardnih električnih uređaja, ali uz pretpostavku racionalnog korištenja električne energije i upotrebu LED rasvjete i energetske efikasne uređaja.

Za potrebe jednostavnijeg planiranja financijskih sredstava i provedbe postupka javne nabave opreme, modelirana su tri tipa sustava. Veliki sustav (PV3000) za potrebe kućanstva s tri ili više članova, srednji sustav (PV1500) za potrebe dvočlanog kućanstva te mali sustav (PV1000) za potrebe samačkog kućanstva za kojeg ne postoji gospodarski potencijal i potrebno je ispuniti samo osnovne potrebe za električnom energijom.

Dnevna krivulja opterećenja modelirana je prema uobičajenim navikama prosječnog kućanstva i specifičnim zahtjevima korištenja otočnih solarnih sustava. Ključni parametri za predviđanje potrošnje električne energije i dimenzioniranje sustava su broj članova kućanstva, energetska efikasnost, broj i instalirana snaga trošila, geografski položaj i orijentacija objekta. Pri modeliranju potreba za električnom energijom pretpostavlja se da se za pripremu potrošne tople vode i grijanje koristi drugi izvor energije.

Pretpostavljena godišnja potrošnja energije za tročlano kućanstvo (PV3000) iznosi 1.485 kWh, za dvočlano (PV1500) 684 kWh, a jednočlano 510 kWh.

Projektirana autonomija sustava u slučaju magle ili jake naoblake iznosi 2-3 dana uz uobičajeno korištenje.

Sustavi su projektirani da mogu zadovoljiti minimalno 90% energetskih potreba iz fotonaponskih panela, dok se preostali dio može nadomjestiti upotrebom benzinskog agregata, ali uz projektirano korištenje do 130 litara goriva godišnje.

5.3 Metodologija za izradu liste prioritetnih korisnika

Za potrebe provedbe projekta izrađena je metodologija za izradu liste prioritetnih kućanstava koja se koristila za evaluaciju potencijalnih kandidata (kućanstava) i izradu liste prioriteta.

Evaluacija se provodila kriterijskom analizom prema osnovnim i dopunskim kriterijima na osnovu kojih su se kandidatima dodjeljivali bodovi. Temelj za evaluaciju kandidata bio je pregled objekta u okviru kojeg se izradio zapisnik s pregleda objekta, a koji sadrži sve informacije potrebne za provedbu kriterijske analize.

Na osnovu informacija iz zapisnika s pregleda objekta i ostale prikupljene dokumentacije provela se kriterijska analiza prema osnovnim kriterijima, te uz uvjet zadovoljenja svih osnovnih kriterija provela se analiza prema dopunskim kriterijima. Na temelju analize dopunskih kriterija kandidatu su se dodijelili bodovi. Kandidati koji su zadovoljili sve osnovne kriterije uvrštavaju se na listu prioriteta, poredani prema broju bodova, od većeg prema manjem.

Osnovni kriteriji:

1. Ekonomski kriterij
2. Kriterij redundantnosti
3. Legaliziranost objekta

Dopunski kriteriji:

1. Prebivalište
2. Broj osoba u kućanstvu
3. Gospodarski potencijal
4. Indeks razvijenosti
5. Postojanje elektroenergetske mreže u prošlosti
6. Postojanje unutarnjih kućnih instalacija

6 Održivost projekta

U okviru projekta ruralne elektrifikacije, korisnici su solarne sustave dobili na trajno korištenje i bez naknade. Iako je trošak održavanja solarnih sustava minimalan, on i dalje predstavlja značajan financijski teret na krajnjeg korisnika. Dodatno, postoji velika vjerojatnost da u slučaju kvara solarnih sustava, krajnji korisnici ne bi imali mogućnosti organizirati i financirati popravak sustava.

S obzirom da su krajnji korisnici projekta ruralne elektrifikacije u pravilu slabijeg imovinskog stanja i bez mogućnosti da snose financijski trošak održavanja sustava, UNDP je u suradnji sa Zelenom energetske zadrugom razvio i ponudio JL(R)S-ovima program nadzora i osnovnog održavanja solarnih sustava.

Program održavanja osigurava nadzor i ispravan rad solarnih sustava te pravovremena dojava i ispravljanje eventualnih kvarova na sustavima.

6.1 Aktivnosti programa održavanja

1. **Praćenje i analiza rada sustava** - praćenje stanja napunjenosti i stanja baterija, analiza rada svih komponenti sustava (pretvarač, punjač, solarni moduli, regulator punjenja) putem web sučelja. Pravovremena identifikacija kvara sustava omogućava minimiziranje vremena do popravka ili zamjene komponenti sustava. Praćenjem načina korištenja sustava identificirat će se i spriječiti eventualno nepravilno korištenje sustava koje može dovesti do kvara.
2. **Komunikacija s korisnicima** - redovna komunikacija s korisnicima i otklanjanje manjih problema u radu sustava, pomoć i preporuke za korištenje sustava putem telefona. Prikupljanje povratnih informacija o eventualnim poteškoćama u korištenju sustava i prijedlozima za nadogradnju.
3. **Obilazak korisnika** - redovni godišnji obilazak svih kućanstava i provjera stanja sustava. Pregled priključenih trošila, način korištenja i provjera ispravnosti agregata.
4. **Organiziranje popravka** - prijava kvara i organiziranje servisa ili zamjene komponente potrebne za ispravan rad sustava. Ne uključuje i financiranje servisiranja i zamjene komponente.
5. **Izveštavanje** - izrada izvještaja o radu sustava, prijedlog mjera za unaprjeđenje sustava i otklanjanje učestalih problema.

6.2 Troškovi nadzora i osnovnog održavanja

Troškovi programa podijeljeni su u tri grupe i procijenjeni prema sljedećim aktivnostima:

1. Održavanje sustava u periodu od 5 godina - bez zamjene komponenti PV sustava, sanacija kvarova na sustavu, briga o radu sustava i agregata
2. Obilazak terena - godišnji obilazak kućanstava obuhvaćenih Programom, trošak obilaska podrazumijeva sve troškove terenskog rada - naknada za automobil, naknada za rad, smještaj po potrebi i ovisno o rasporedu obilaska
3. Praćenje rada sustava - podrazumijeva trošak nabave SIM kartica i prijenosa podataka, te analizu i praćenje rada sustava

U tablici u nastavku dani su troškovi po kućanstvu, i ovise o tipu sustava. Trošak obilaska terena izračunat je kao srednja vrijednost s obzirom na pojedinačne troškove za na svim lokacijama.

Tip sustava	PV1000	PV1500	PV3000
(1) Godišnji trošak O&M	454.58 kn	614.57 kn	1,128.06 kn
(2) Obilazak terena	438.95 kn	438.95 kn	438.95 kn
(3) Praćenje i analiza rada sustava	338.00 kn	338.00 kn	338.00 kn
Ukupan trošak po sustavu	1,231.52 kn	1,391.52 kn	1,905.00 kn

7 Prilozi

7.1 Prilog 1: Analiza rada solarnih sustava

7.2 Prilog 2: Popis kućanstava s postavljenim solarnim sustavima

Prilog 1.

Analiza rada solarnih sustava

Sadržaj

1	Opis otočnog solarnog sustava	1
1.1	Kako električna energija dolazi do trošila?	2
1.2	Prilagodba potrošnje električne energije	2
1.3	Pregled sustava instaliranih u okviru projekta	3
2	Indikatori za ocjenjivanje rada tehničkog sustava	4
2.1	Analiza rada sustava	6
3	Zaključak	8

1 Opis otočnog solarnog sustava

Sunčeva energija može se koristiti za proizvodnju električne energije pomoću fotonaponskih ćelija. Pojednostavljeno, u fotonaponskoj ćeliji kristal silicija (ili drugi poluvodič) apsorbira svjetlost, a zračenje oslobađa elektrone i time stvara električnu energiju. Otočni (autonomni) fotonaponski sustavi najčešće se koriste na mjestima gdje nema drugih izvora struje, gdje je priključenje na mrežu opskrbe električnom energijom nedostupno ili su troškovi za izgradnju mreže preveliki.

Otočni sustavi su sustavi za proizvodnju električne energije koji nisu priključeni na elektroenergetsku mrežu. Sustave koji koriste obnovljive izvore energije karakterizira nestalnost proizvodnje električne energije (proizvode električnu energiju ovisno o vremenskim uvjetima).

Osnovne komponente sustava:

1. Fotonaponski moduli
2. Regulator punjenja
3. Izmjenjivač
4. Baterije

Sustavi su dimenzionirani prema Metodologiji za modeliranje optimalnog tehničkog sustava. Za potrebe jednostavnijeg planiranja financijskih sredstava i provedbe postupka javne nabave opreme, modelirana su tri tipska sustava. Sustav PV3000 za potrebe kućanstva s tri ili više članova, sustav PV1500 za potrebe dvočlanog kućanstva te sustav PV1000 za potrebe samačkog kućanstva za kojeg ne postoji gospodarski potencijal i potrebno je ispuniti samo osnovne potrebe za električnom energijom.

Sustav PV1000 sastoji se od 4 solarna modula (ukupne nazivne snage 1.000 W), 2 AGM baterije (svaka 200 Ah, 12 V) i izmjenjivač nazivne izlazne snage 3 kVA.

Sustav PV1500 sastoji se od 6 solarnih modula (ukupne nazivne snage 1.500 W), 4 AGM baterije (svaka 200 Ah, 12 V) i izmjenjivač nazivne izlazne snage 3 kVA.

Sustav PV3000 sastoji se od 12 solarnih modula (ukupne nazivne snage 3.000 W), 8 AGM baterija (svaka 200 Ah, 12 V) i izmjenjivač nazivne izlazne snage 5 kVA.

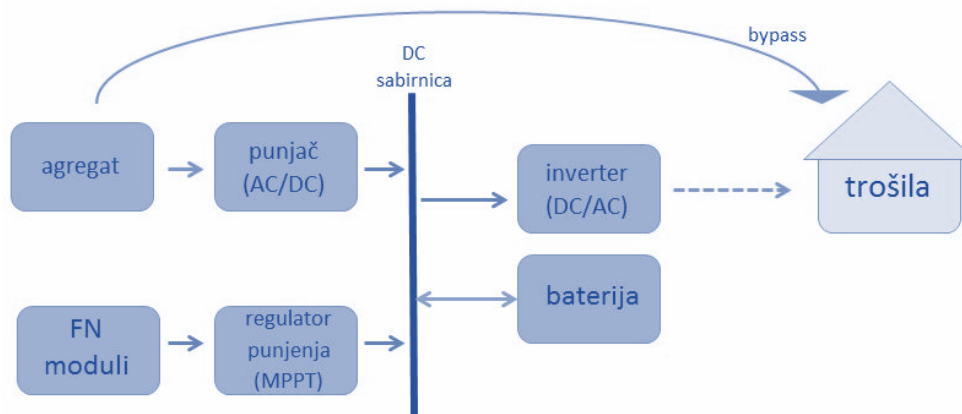
Pojedine komponente sustava imaju različiti očekivani životni vijek. Solarni FN paneli imaju vijek trajanja 25 godina, ali uz postupno smanjenje efikasnosti proizvodnje energije. Izmjenjivač ima očekivani vijek trajanja 10 godina, a baterije 7-10 godina, ovisno o načinu upotrebe.

Sustav je opremljen uređajem „bojler automatika“ koji može automatski uključiti bojler ili pumpe za vodu, u trenutku kada su baterije pune. Ovime se omogućava iskorištavanje viška energije koja se više ne može pohraniti u baterije na način da se zagrije topla voda u bojleru ili da se napuni rezervoar s vodom. Ovime se štedi energija u baterijama i produljuje njihov vijek trajanja. Uz navedene komponente solarnog sustava, korisnicima projekta je na korištenje dan i pomoćni agregat, namijenjen za povremeno korištenje – prilikom duljeg oblačnog ili maglovitog perioda.

1.1 Kako električna energija dolazi do trošila?

Fotonaponski modul je skup međusobno spojenih fotonaponskih ćelija koje služe za direktno pretvaranje sunčeve energije u električnu. Električna energija proizvedena fotonaponskim modulima pohranjuje se preko regulatora punjenja u solarne baterije. Izmjenjivač pretvara istosmjernu struju iz baterije u izmjeničnu, pri čemu trošilima osigurava i izmjenični napon 230 V/50 Hz. Ispravljač pretvara izmjeničnu električnu energiju u istosmjernu, a ima ulogu punjenja baterije iz smjera pomoćnog agregata i kontrolu punjenja. Preko zajedničke DC sabirnice omogućeno je punjenje baterije iz fotonaponskog modula i iz pomoćnog agregata. Premosni spoj agregata i trošila („bypass“) omogućava napajanje kućanstva energijom izravno iz agregata, što se koristi kada su izmjenjivač ili baterije u kvaru.

Pojednostavljena shema sustava prikazana je na slici 1.



Slika 1 Shema otočnog solarnog sustava

1.2 Prilagodba potrošnje električne energije

Električna energija dostupna za korištenje u kućanstvu u najvećoj će mjeri ovisiti o intenzitetu sunčeva zračenja. Zato je jedna od specifičnosti autonomnog solarnog sustava potreba za prilagodbom i planiranjem potrošnje električne energije ovisno o vremenskim uvjetima. Prilagodbom potrošnje kućanstva moguće je iskoristiti proizvodnju sustava na optimalan način i smanjiti potrebu za korištenjem pomoćnog agregata. Sustav proizvodi najviše energije kada sunčeve zrake upadaju okomito na površinu panela, odnosno između 11 i 15 sati. Sustav za vrijeme sunčanih dana, naročito ljeti, može proizvesti više energije nego što se može pohraniti u baterije.

1.3 Pregled sustava instaliranih u okviru projekta

U tablici u nastavku dan je pregled otočnih solarnih sustava instaliranih u okviru projekta.

Županija	Općina	Broj sustava	Period instalacije
Karlovačka	Ogulin	1 x PV3000 2 x PV1500	28.09. – 03.10.2015.
	Slunj	1 x PV1500	
	Krnjak	1 x PV1500	
Zadarska	Obrovac	4 x PV1500	02.03. – 05.03.2016.
	Benkovac	1 x PV1500	25.11.2015.
	Gračac	1 x PV3000 5 x PV1500 11 x PV1000	U tijeku*
Požeško-slavonska	Pakrac	3 x PV1500	30.03. – 1.04.2016.
Ličko-senjska	Udbina	1 x PV3000 2 x PV1500	27.10. – 18.11.2016.
	Lovinac	2 x PV1500	
	Donji Lapac	1 x PV1500 1 x PV1000	
	Plitvička jezera	1 x PV1000	
Šibensko-kninska	Ružić	2 x PV3000 2 x PV1500	U tijeku*
	Kistanje	1 x PV1500 2 x PV1000	
	Zaton	1 x PV1500	
Ukupno		46	

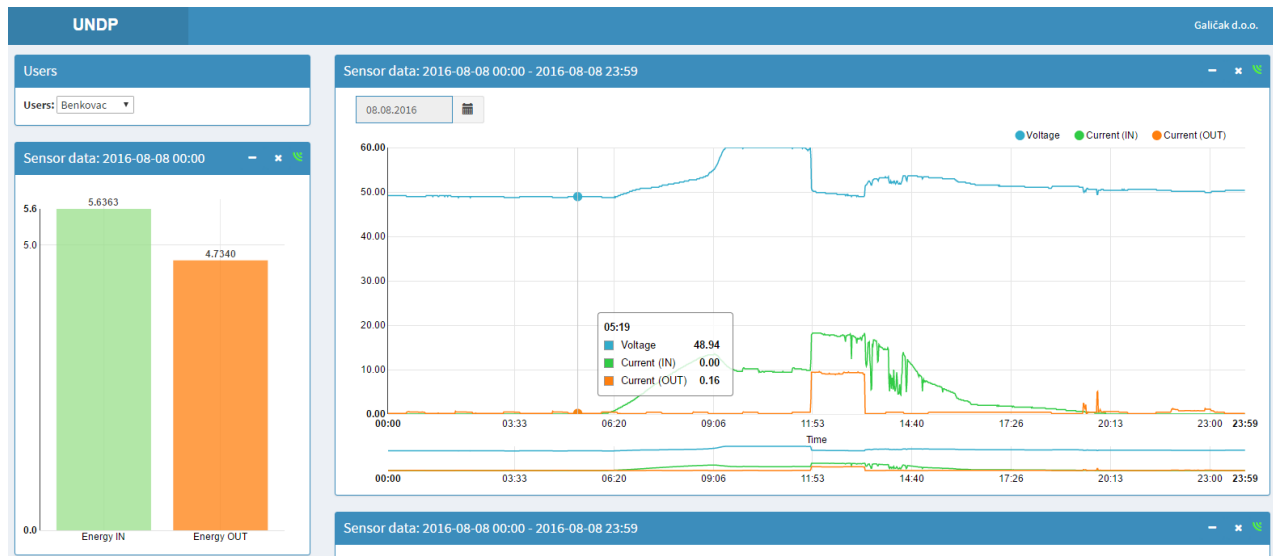
* Završetak instalacija u Šibensko-kninskoj i Zadarskoj županiji predviđen je do kraja 2016. godine.

2 Indikatori za ocjenjivanje rada tehničkog sustava

Jedna od aktivnosti programa održavanja je praćenje i analiza rada sustava – pri čemu se prati stanje napunjenosti i stanje baterija, te analizira rad svih komponenti sustava (pretvarač, punjač, solarni moduli, regulator punjenja) putem web sučelja. Pravovremena identifikacija kvara sustava omogućava minimiziranje vremena do popravka ili zamjene komponenti sustava. Praćenjem načina korištenja sustava identificirat će se i spriječiti eventualno nepravilno korištenja sustava koje može dovesti do kvara.

Sustav za daljinsko praćenje omogućava nadzor i analizu rada svih sustava instaliranih u sklopu projekta. Elektronski registar, u kojem se nalaze svi korisnici otočnih solarnih sustava instaliranih u sklopu projekta, povezan je s sustavom za daljinsko praćenje. Sustavima za praćenje pristupa se odabirom korisnika projekta u registru i klikom na poveznicu [Pregled u Svarog sustavu](#) ili direktno na undp.ddns.net.

Informacije o radu sustava koje se mjere i prikupljaju su napon na baterijama, struja na izlazu iz fotonaponskih modula i struja na izlazu iz izmjenjivača. Osim navedenih veličina, za odabrani sustav i odabrani dan, prikazano je da li su agregat, izmjenjivač i bojler uključeni ili isključeni. Na zasebnom grafu prikazuju se automatski izračunata proizvodnja i potrošnja električne energije u jednom danu. Prikaz sučelja za daljinsko praćenje rada sustava nalazi se na slici 2.



Slika 2 Sučelje za daljinsko praćenje rada sustava

Indikatori za ocjenjivanje rada otočnih solarnih sustava su:

1. Proizvedena električna energija (kWh/mjesec)
2. Potrošnja električne energije (kWh/mjesec)
3. Prosječna dnevna proizvodnja (kWh/dan)
4. Prosječna dnevna potrošnja (kWh/dan)
5. Iskorištenog solarnog resursa na promatranjoj lokaciji
6. Omjer proizvedene i potrošene električne energije

7. Cjelovitost podataka

Energija koja je ušla u sustav (proizvedena električna energija) računa se iz mjernih podataka o jakosti struje (A) na izlazu iz solarnih modula (48 V DC). Energija koja je izašla iz sustava (potrošnja električne energije) računa se iz mjernih podataka o jakosti struje (A) na izlazu iz izmjenjivača (230 V AC). Energija koja je izašla iz sustava pokazuje na koji način kućanstvo koristi sustav, i kolike su potrebe kućanstva za električnom energijom.

Prosječna dnevna proizvodnja i prosječna dnevna potrošnja pokazatelji su ispravnosti pretpostavki koje su uzete pri modeliranju tri tipa otočnih solarnih sustava. Pretpostavljena dnevna potrošnja dvočlanog kućanstva u ruralnim krajevima iznosi 1,9 kWh/dan, a godišnja 685 kWh/god, prema Metodologiji za modeliranje optimalnog tehničkog sustava. Za potrebe dimenzioniranja otočnog sustava za kućanstvo u ruralnim krajevima modelirana je potrošnja energije koja odgovara minimalnoj potrošnji električne energije koja zadovoljava korištenje svih standardnih električnih uređaja, a uz pretpostavku racionalnog korištenja električne energije i upotrebu LED rasvjete i energetske efikasne uređaja.

Iskorištenost solarnog resursa na promatranim lokacijama omjer je potencijala lokacije za proizvodnju električne energije i proizvodnje iz solarnog sustava u promatranom periodu. Podaci o prosječnoj mjesečnoj proizvodnji koju je moguće dobiti iz solarnih modula u Karlovačkoj Županiji prikupljeni su iz PVGIS sustava i prikazani u sljedećoj tablici.

Karlovačka Županija	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan
E (Wh/Wp)	117	133	134	144	134	101

Omjer ukupne proizvedene i potrošene električne energije u promatranom periodu pokazatelj je ispravnosti i cjelovitosti podataka prikupljenih sustavom za daljinsko praćenje. Očekivana razlika između ukupnog dnevnog ulaza i dnevnog izlaza na tjednoj razini iznosi oko 10%, pri čemu je ulaz uvijek veći od izlaza kada se ne koristi pomoćni agregat. Podaci iz sustava za daljinsko praćenje (Svarog) nisu potpuni zbog povremenih ispada mreže i nemogućnosti slanja podataka na server. Omjer broja podataka prikupljenih iz sustava za daljinsko praćenje i promatranog vremenskog perioda (travanj – rujan, ukupno 182 dana) pokazatelj je cjelovitosti podataka za odabrani sustav.

Navedeni indikatori će se promatrati u periodu od dva tromjesečja u 2016. godini.

1. tromjesečje: travanj, svibanj, lipanj

2. tromjesečje: srpanj, kolovoz, rujan

Analiziraju se tri otočna solarna sustava PV1500, postavljena za tri dvočlana kućanstva u Karlovačkoj (Ogulin) i Zadarskoj Županiji (Benkovac i Obrovac).

Električna trošila priključena na promatrane solarne sustave su uobičajena trošila u domaćinstvima u ruralnim krajevima Hrvatske – energetske efikasne hladnjak, LED rasvjeta, televizor, mali električni bojler, mali kućanski aparati.

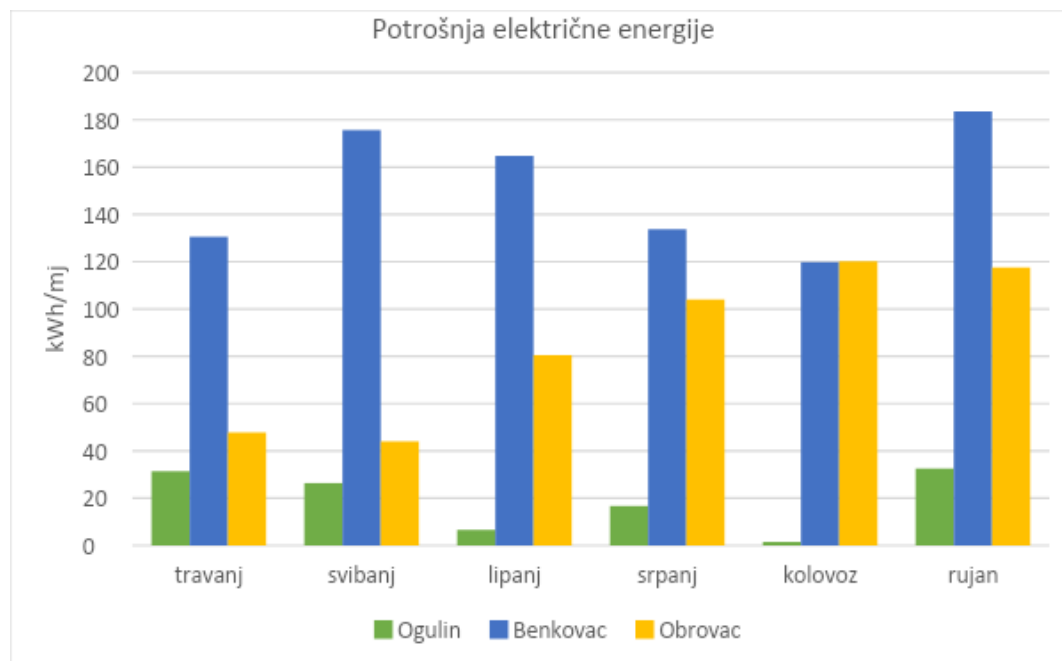
2.1 Analiza rada sustava

U tablicama u nastavku prikazani su podaci za prethodno navedene i definirane indikatore za ocjenjivanje rada otočnog solarnog sustava.

#	I D	Proizvodnja električne energije (kWh)						Prosječna dnevna proizvodnja (kWh/dan)	
		travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan		ukupno
1	2	25,36	22,94	x	14,34	x	29,42	99,09	0,90
2	3	127,95	148,13	133,39	116,67	102,19	153,49	781,83	4,27
3	7	52,29	51,91	80,92	97,16	112,00	104,38	498,67	2,74

#	I D	Potrošnja električne energije (kWh)						Prosječna dnevna potrošnja (kWh/dan)	
		travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan		ukupno
1	2	31,37	26,37	x	16,69	x	32,58	115,05	1,05
2	3	130,53	175,71	164,82	133,70	119,81	183,59	908,17	4,96
3	7	47,73	44,03	80,49	104,02	120,23	117,55	514,06	2,83

Na grafu na slici 3 prikazane je potrošnja električna energija u kućanstvima po mjesecima u promatranom periodu.

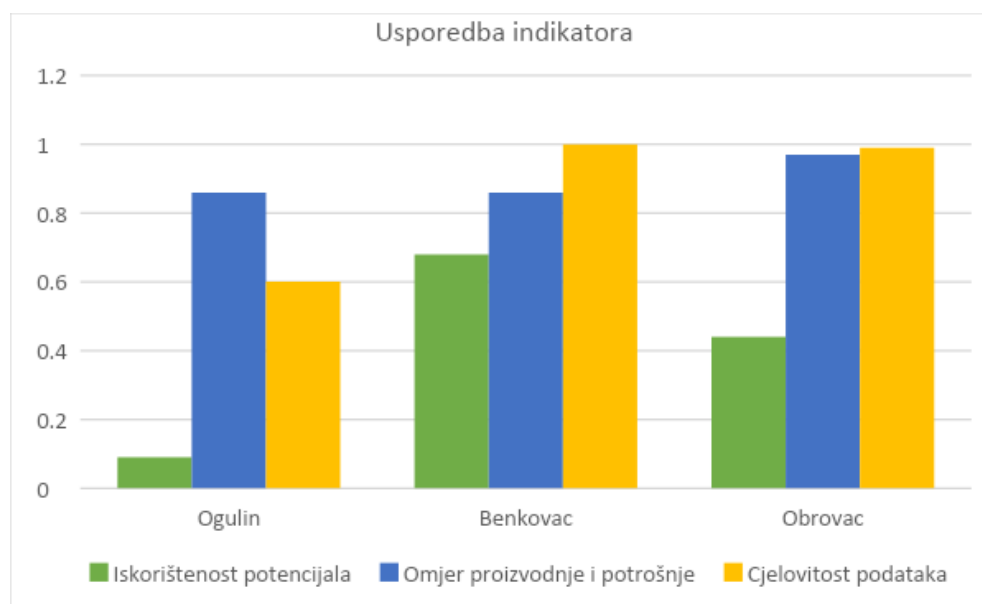


Slika 3 Potrošnja električne energije po mjesecima

#	ID	Datum instalacije	Lokacija	Iskorištenost solarnog resursa	Omjer proizvodnje i potrošnje	Cjelovitost podataka
1	2	1.10.2015.	Ogulin	9% *	0,86	60%
2	3	25.11.2015.	Benkovac	68%	0,86	100%
3	7	03.03.2016.	Obrovac	44%	0,97	99%

*Podaci za solarni sustav u Ogulinu nisu usporedivi s podacima u Benkovcu i Obrovcu radi nepotpunih podataka iz sustava za daljinsko praćenje.

Grafom na slici 4 prikazana je usporedba indikatora iz prethodne tablice.



Slika 4 Usporedba indikatora

Podaci za sustav u Ogulinu nisu potpuni u promatranim tromjesečjima (cjelovitost podataka iznosi 60%) i pouzdanost indikatora je manja nego za sustave u Benkovcu i Ogulinu. Proizvodnja i potrošnja električne energije u mjesecima kada je cjelovitost podataka za ovaj sustav veća od 90% (travanj, svibanj, srpanj, rujna) male su s obzirom na potencijal proizvodnje električne energije iz solarnog sustava snage 1.5000 W na promatranj lokaciji.

Proizvodnja električne energije iz sustava u Benkovcu i Obrovcu zadovoljavajuće je visoka s obzirom na potencijal proizvodnje instaliranog solarnog sustava (iskorištenost solarnog resursa za promatrane lokacije iznosi 68% i 44%). Potrošnja električne energije u ovim kućanstvima dva puta je veća je od potrošnje predviđene Metodologijom (prosječna dnevna potrošnja iznosi 4,96 i 2,83 kWh).

Visoki omjer proizvodnje i potrošnje (0,86 i 0,97) pokazuje ispravnosti prikupljenih podataka te da kućanstvo nije imalo potrebu za korištenjem pomoćnog agregata u promatranim tromjesečjima.

3 Zaključak

Podaci izračunati preko veličina napona i struje prikupljenih putem sustava Svarog pokazatelj su ispravnosti rada sustava i provjera pretpostavki uzetih pri dimenzioniranju sustava, te pokazatelj navika dvočlanog kućanstva u ruralnim krajevima u korištenju električne energije. Potrebe pojedinog kućanstva za električnom energijom značajno variraju. U promatranom periodu i u slučajevima kada je stvarna potreba do dva puta veća od modelirane, instalirani otočni solarni sustav je u potpunosti zadovoljava.

Pri modeliranju sustava predviđeno je da kućanstva koriste agregat za dopunjavanje baterija nekoliko sati mjesečno u periodu od studenog do veljače. Iskustvo rada otočnog solarnog sustava u zimskim mjesecima pokazalo je da je potreba kućanstva za korištenjem pomoćnog agregata za zadovoljavanje vlastite potrošnje mala.

Prilog 2.

Lista kućanstava u kojima je postavljen solarni sustav

Županija	Ime osobe	Ime grada ili općine	Naziv naselja/zaselka	Sustav	k.č.	k.o.
Karlovačka	Ilija Radulović	Ogulin	Brezno	PV3000	5725/1	Drežnica
Karlovačka	Milan Kekić	Slunj	Cvijanović Brdo	PV1500	1002	Cvijanović Brdo
Karlovačka	Nedjeljka Radulović	Ogulin	Lisine (Drežnica)	PV1500	17/1	Drežnica
Karlovačka	Željko Busić	Ogulin	Šimrakovica	PV1500	1149	Ponikve
Karlovačka	Svetozar Vujašković	Krnjak	Vujaškovići	PV1500	34	Velika Crkvina
Zadarska	Drina Vrkić	Benkovac	Dobra Voda	PV1500	1034/3 6	Radašinovci
Zadarska	Petar Veselinović	Obrovac	Golubić (Gornji Čabrići)	PV1500	238/3	Golubić
Zadarska	Branko Drača	Obrovac	Karin Gornji	PV1500	1439/2	Karin
Zadarska	Ilija Radeka	Obrovac	Karin Gornji	PV1500	173/3	Karin
Zadarska	Jovan Gagić	Obrovac	Zelengrad (Vrulje)	PV1500	316	Zelengrad
Zadarska	Simo Dragišić	Gračac	Tiškovac Lički	PV3000	816	Tiškovac
Zadarska	Blagoje Bogunović	Gračac	Rastičevo (k.br. 7)	PV1000	1689	Prljevo
Zadarska	Andrija Dimić	Gračac	Rastičevo (k.br. 22)	PV1000	1562	Prljevo
Zadarska	Nikola Bogunović	Gračac	Rastičevo (k.br. 6)	PV1000	1737	Prljevo
Zadarska	Miloš Đekić	Gračac	Vrace	PV1000	7485	Štikada
Zadarska	Ilija Guteša	Gračac	Bruvno (TP Bruvanjski Cerovac)	PV1500	2863	Bruvno
Zadarska	Stevo Simić	Gračac	Drenovac Osredački (k.br. 9)	PV1500	445	Drenovac Lički
Zadarska	Stevan Jarić	Gračac	Drenovac Osredački (k.br. 10)	PV1500	432	Drenovac Lički
Zadarska	Zora Ševo	Gračac	Drenovac Osredački (k.br. 14)	PV1000	411	Drenovac Lički
Zadarska	Smilja Ševo	Gračac	Drenovac Osredački (k.br. 19)	PV1000	479	Drenovac Lički
Zadarska	Dušan Ševo	Gračac	Drenovac Osredački (k.br. 17)	PV1000	404/1	Drenovac Lički
Zadarska	Miloš Surla	Gračac	Gubavčevo Polje	PV1500	1862	Glogovo
Zadarska	Puniša Surla	Gračac	Gubavčevo Polje	PV1000	1860	Glogovo
Zadarska	Lazo Jakšić	Gračac	Glogovo	PV1500	1143/4	Glogovo
Zadarska	Bogdan Miljuš	Gračac	Plečaši (Bruvno)	PV1000	5364/2	Bruvno
Zadarska	Ilija Gaćeša	Gračac	Vrace	PV1000	7327/3	Štikada
Zadarska	Gorana Matacin	Gračac	Gračac	PV1000	3565/5	Gračac
Požeško-slavonska	Ana Krajnović	Pakrac	Cikote	PV1500	17	Cikote

Požeško-slavonska	Ivan Peći (sin)	Pakrac	Cikote	PV1500	23/2	Cikote
Požeško-slavonska	Dušan Krajnović	Pakrac	Cikote	PV1500	42	Cikote
Ličko-senjska	Mane Korać	Udbina	Grabušić	PV1500	1	Debelo Brdo
Ličko-senjska	Kosa Šijan	Udbina	Debelo brdo - Šijani	PV1500	3525	Debelo Brdo
Ličko-senjska	Jovica Radovanac	Udbina	Gornji Mekinjar	PV3000	857	Mekinjar
Ličko-senjska	Vujo Kljajić	Lovinac	Gornja Ploča	PV1500	1911	Ploča
Ličko-senjska	Milan Čelić	Lovinac	Raduč	PV1500	577	Raduč
Ličko-senjska	Jovo Ovuka	Donji Lapac	Bušević	PV1500	11/7	Bušević
Ličko-senjska	Dragan Čučak	Donji Lapac	Malo Seoce	PV1000	50	Seoce
Ličko-senjska	Obren Barač	Plitvička Jezera	Kozjan	PV1000	648	Kozjan
Sisačko-moslavačka	Milan Lalić	Glina	Mali Obljaj	PV3000	37	Obljaj
Sisačko-moslavačka	Dragica Vranešević	Topusko	Bukovica	PV1500	1164/1	Bukovica
Sisačko-moslavačka	Daroslav Babić	Glina	Gornji Klasnić	PV1500	2270	Klasnić
Sisačko-moslavačka	Sofija Orjević	Kutina	Janja Lipa	PV1000	852/2	Janja Lipa
Šibensko-kninska	Mirjana Buzov	Ružić	Pasci / Buzovi	PV3000	*223	Mirlović Polje
Šibensko-kninska	Paško Buzov	Ružić	Pasci / Buzovi	PV3000	*223	Mirlović Polje
Šibensko-kninska	Jure Buzov	Ružić	Pasci / Buzovi	PV1500	*224	Mirlović Polje
Šibensko-kninska	Marija Perković	Ružić	Pasci / Buzovi	PV1500	k17	Čavoglave
Šibensko-kninska	Rade Vukša	Kistanje	Parčići/Vukše	PV1500	540	Parčić
Šibensko-kninska	Andrija Vukša	Kistanje	Parčići/Vukše	PV1000	*68/4	Parčić
Šibensko-kninska	Jovan Vukša	Kistanje	Parčići/Vukše	PV1000	528	Parčić
Šibensko-kninska	Nenad Bilušić	Šibenik	Zaton	PV1500	1416/1 5	Zaton-Raslina