

Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj s naglaskom na solarnu energiju

Međimorec, Nino

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:930983>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 52/ARZO/2023

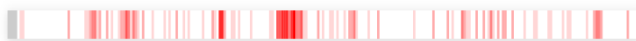
**Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj s
naglaskom na solarnu energiju**

Nino Medimorec, 3532/336

Koprivnica, lipanj 2023. godine

16.0%

PlagScan by Turnitin Results of plagiarism analysis from 29. 05. 2023. 15:44



Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj s naglaskom na solarnu energiju.docx ⚠

Date: 29. 05. 2023. 15:39



Sveučilište Sjever

Odjel za Ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

Diplomski rad br. 52/ARZO/2023

Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj s naglaskom na solarnu energiju

Student

Nino Međimorec, 3532/336

Mentor

Vladislav Brkić, Izv. prof. dr. sc.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Nino Međimorec	MATIČNI BROJ	3532/336
DATUM	21.3.2023.	KOLEGIJ	Upravljanje okolišem
NASLOV RADA	Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj s naglaskom na solarnu energiju		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Renewable energy sources in Republic of Croatia with an emphasis on solar energy		
MENTOR	Vladislav Brkić	ZVANJE	Izv. prof. dr. sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek - predsjednik		
	2. Prof. dr. sc. Božo Smoljan - član		
	3. Izv. prof. dr. sc. Vladislav Brkić - mentor		
	4. Izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj - zamjenski član		
	5.		

Zadatak diplomskog rada

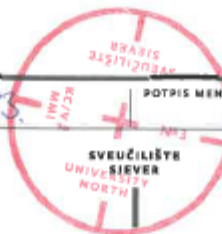
BROJ	52/ARZO/2023
OPIS	Zadatak predloženog diplomskog rada je prikazati obnovljive izvore energije, objasniti ih, istražiti njihovu zastupljenost u RH, te ih usporediti s neobnovljivim izvorima energije. Predviđanja su da će solarna energija biti jako bitan obnovljivi izvor energije u budućnosti, te zbog toga se na nju stavlja fokus u ovom radu. Želi se istražiti postotak povećanja udjela solarne energije u ukupno proizvedenoj energiji u RH u zadnjih 10 godina, zatim želi se istražiti isplativost izrade solarnih elektrana, malih kućnih te većih, na različitim zgradama i poduzećima. Na kraju, želi se istražiti strategija RH u vezi obnovljivih izvora energije, direktive EU i poticaje za prelaske na obnovljive izvore energije, a posebice na solarnu energiju.

ZADATAK URUČEN

22.3.2023.

POTPIS MENTORA

[Signature]



Sažetak

Globalno zatopljenje je nastalo ponajviše izgaranjem fosilnih goriva i postaje velika prijetnja za život na Zemlji zbog opasnosti od učestalih vremenskih nepogoda, izmještanja stanovništva, zagađenja okoliša i dr. Da bi se globalno zatopljenje smanjilo, potrebno se sve više okrenuti korištenju obnovljivih izvora energije. Takvi izvori energije su puno čišći i ne proizvode se štetni plinovi. U obnovljive izvore energije spadaju: energija vjetra, energija vode, energija sunca, energija vodika, geotermalna energija, energija biomase, energija plime i oseke, te energija valova. U diplomskom radu dan je primjer ulaganja u solarne elektrane određene snage fotonaponskih panela i prikaz smanjenja troškova potrošnje električne energije na godišnjoj razini. Također, izračunat je povrat investicije te ušteda nakon povrata investicije. Uz energiju sunca za postizanje buduće niskougljične proizvodnje električne energije, posebno je za Republiku Hrvatsku (RH) bitna i energija vjetra i geotermalna energija jer postoji veoma velik potencijali za iskorištavanje istih.

Abstract

Global warming is caused mainly by the burning of fossil fuels and is becoming a major threat to life on Earth due to the danger of frequent weather events, population displacement, environmental pollution, etc. In order to reduce global warming, it is necessary to turn more and more to the use of renewable energy sources. Such energy sources are very clean and no harmful gases are produced. Renewable energy sources include: wind energy, water energy, solar energy, conductor energy, geothermal energy, biomass energy, tidal energy, and wave energy. In this master thesis was given an example of investment in house solar power plant with a certain power of photovoltaic panels and a presentation on reduction of yearly electricity consumption costs. Also, the return on the investment is calculated. In addition to solar energy for achieving future low-carbon electricity production, wind energy and geothermal energy are also important, especially for the Republic of Croatia, because there are very large potentials for their exploitation.

Popis korištenih kratica

AC	Izmjenična struja
BDP	Bruto domaći proizvod
CHE	Crpna derivacijska visokotlačna hidroelektrana
CO ₂	Ugljikov dioksid
DC	Istosmjerna struja
EU	Europska Unija
GW	Gigavat
GWh	Gigavatsat
HEP	Hrvatska elektroprivreda
HEP ODS-a	Hrvatska elektroprivreda – operator distribucijskog sustava
kW	Kilovat
kWp	Kilovatsat peek (vršna snaga u idealnim uvjetima)
mHE	Mini hidroelektrana
MHE	Mala hidroelektrana
MW	Megavat
OIE	Obnovljivi izvori energije
PJ	Petadžul
PV	Fotonaponski paneli
RH	Republika Hrvatska
RHE	Reverzibilna pribranska hidroelektrana
UOKM	Ugovora o korištenju mreže

List of abbreviations used

AC	Alternating current
BDP	Gross domestic product
CHE	Pumped derivation high-pressure hydroelectric power plant
CO ₂	Carbon dioxide
DC	Direct current
EU	European Union
GW	A gigawatt
GWh	Gigawatt hours
HEP	Croatian Electricity Company
HEP ODS-a	Hrvatska elektroprivreda - operator of the distribution system
kW	Kilowatt
kWp	Kilowatsat peek (peak power in ideal conditions)
mHE	Mini hydroelectric power plant
MHE	A small hydroelectric power plant
MW	Megawatt
OIE	Renewable energy sources
PJ	Petajul
PV	Photovoltaic panels
RH	Republic of Croatia
RHE	Reversible hydroelectric power plant
UOKM	Agreement on the use of the network

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj.....	4
2.1.	Hidroenergija.....	5
2.1.1.	<i>Hidroenergija u svijetu</i>	7
2.1.2.	<i>Hidroenergija u Europskoj uniji</i>	8
2.1.3.	<i>Hidroenergija u Hrvatskoj</i>	9
2.2.	Energija vjetra	11
2.2.1.	<i>Energija vjetra u Europskoj Uniji</i>	12
2.2.2.	<i>Energija vjetra u Republici Hrvatskoj</i>	13
2.3.	Energija biomase	17
2.3.1.	<i>Energija biomase u Europskoj Uniji</i>	19
2.3.2.	<i>Energija biomase u Republici Hrvatskoj</i>	20
2.4.	Geotermalna energija	23
2.4.1.	<i>Geotermalna energija u Europskoj Uniji</i>	24
2.4.2.	<i>Geotermalna energija u Republici Hrvatskoj</i>	26
2.5.	Solarna energija.....	29
2.5.1.	<i>Solarna energija u Svijetu</i>	33
2.5.2.	<i>Solarna energija u Europskoj Uniji</i>	35
2.5.3.	<i>Solarna energija u Republici Hrvatskoj</i>	37
3.	Strategija niskougljičnog razvoja Europske Unije do 2030.godine s pogledom na 2050. godinu	39
3.1.	Strategija Republike Hrvatske u vezi obnovljivih izvora energije.....	41
4.	Primjer kućne solarne elektrane	44
5.	Zaključak.....	52
6.	Literatura.....	54

1. Uvod

Postoje neobnovljivi i obnovljivi izvori energije. Neobnovljivi izvori energije će se nakon određenog vremena istrošiti, dok se obnovljivi izvori energije stalno određenim postupcima obnavljaju. Potencijal obnovljivih izvora energije je izniman. Obnovljivi izvori energije imaju manji negativan utjecaj na okoliš od konvencionalnih fosilnih izvora energije. Znanstvenici i inženjeri konstantno rade na tehnologijama koje će omogućiti bolje iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Globalno zatopljenje je nastalo korištenjem fosilnih goriva i sada je velika prijetnja za planet Zemlju i stanovništvo. Da bi se globalno zatopljenje spriječilo, potrebno se sve više okrenuti korištenju obnovljivih izvora energije. Takvi izvori energije su puno čišći i ne proizvode se štetni plinovi. U obnovljive izvore energije spadaju: energija vjetra, energija vode, energija sunca, energija vodika, geotermalna energija, energija biomase, energija plime i oseke, te energija valova.

Neobnovljivi izvori energije, kao što je ugljen, prirodni plin i nafta, zahtijevaju skupa istraživanja i potencijalno opasno rudarenje i bušenje iako potreba za ugljikovodicima neće nestati budući su oni sirovina za mnoge proizvode. Pored toga zalihe rudnog blaga su ograničene te su potrebna dodatna ulaganja u otkrivanju novih zaliha što iziskuje nove, skuplje i ekološki prihvatljivije tehnologije.. Proizvodnjom obnovljive energije emitira se manja količina ugljika, što naravno pomaže u borbi protiv klimatskih promjena uzrokovanih ponajviše izgaranjem fosilnih goriva. Obnovljivi izvori energije su još uvijek nedovoljno iskorišteni, te taj sektor može privući mnoge tvrtke koje će u njega investirati. Te investicije mogu otvoriti brojna nova radna mjesta. Stoga obnovljivi izvori energije mogu igrati važnu ulogu u smanjenju nezaposlenosti, posebice kod zemalja u razvoju. Stvaranje velikog dijela energije iz obnovljivih izvora drži cijene električne energije stabilnim jer njihov trošak ovisi samo o početnoj investiciji i nema fluktuirajućih troškova. Dnevna cijena fosilnih goriva ovisi o raznim čimbenicima kao što je politička stabilnost u različitim regijama svijeta, ponudi i potražnji, raznim špekulacijama i sigurnosti opskrbe koja je naročito poremećena početkom rusko-ukrajinskog rata i početkom globalne pandemije covid virusom.

Dodatno, obnovljiva energija može se proizvoditi lokalno i stoga nije osjetljiva na daleke političke poremećaje. Zalihe ugljena, prirodnog plina i nafte su ograničene i prikrivene. Nepoznata i neadekvatna količina je zakopana duboko pod zemljom ili ispod oceana.

Obnovljivi izvori energije su puno čišći izvor energije nego fosilna goriva. Izgaranjem ugljena za dobivanje električne energije koriste se velike količine vode, koje često ostaju zagađene arsenom, živom i olovom, dok se u zrak ispušta ugljikov dioksid, sumporov dioksid, dušikov oksid i živa [1, 2, 3].

Elektrane na obnovljive izvore energije su suočene s nizom rizika vezanih uz dugoročne performanse rada. Najznačajniji izvori rizika odnose se na zakonodavstvo, gospodarstvo i resurse. Rizici povezani s resursima odnosno vremenskim prilikama (sušni i kišoviti periodi, vjetar) posebno su važni za proizvodnju energije obnovljivim izvorima. Zbog klimatskih promjena dolazi do promjene dostupnosti resursa obnovljivih izvora energije i u budućnosti bi se oni mogli značajno promijeniti. Posljednje izvješće Međunarodnog panela za klimatske promjene pokazuje da bi značajan porast koncentracije stakleničkih plinova mogao dovesti do zagrijavanja globalne prosječne temperature do 6,4 °C do 2100. godine.

Već danas su primjetne klimatske promjene, dok je budućnost neizvjesna. Za najbolje iskorištavanje obnovljivih izvora energije važno je procijeniti i predvidjeti utjecaj klimatskih promjena na iskorištavanje energije iz obnovljivih izvora. Budući da je energetska sektor jedan od glavnih uzročnici antropogenih klimatskih promjena, smanjenje proizvodnje CO₂ zahtijeva više i učinkovitije iskorištavanje obnovljivih izvora energije u budućnosti, naglašavajući potrebu za poboljšanim modeliranjem utjecaja klimatskih promjena na obnovljive izvore energije. Klimatski parametri variraju iz godine u godinu, tako da za pouzdanu procjenu klimatskih trendova važno je analizirati podatke iz dugih vremenskih razdoblja. Postojeći klimatološki podaci pokazuju da je tijekom 20. stoljeća većina regija u Hrvatskoj doživjela pad količine oborina i porast temperature u gotovo svakoj sezoni.

Planiranje elektroenergetskog sustava zahtijeva dugo vremena. Zbog procesa planiranja i izgradnje elektrane potrebno je u većini slučajeva do 10 godina. Jednom izgrađene elektrane obično imaju dug životni vijek, od 25 godina za vjetroelektrane, solarne elektrane i plinska postrojenja, do 60 godina za nuklearne elektrane i 80-100 godina za hidroelektrane postrojenja, gdje se oprema obično mijenja nakon 30 do 50 godina. Za tako duge vremenske raspone važno je nekako uključiti podatke o klimatskim promjenama u proces planiranja elektroenergetskog sustava. Na energetska tržištima odluka za ulaganje u novu elektranu mora biti ekonomski opravdana, jer gubitak od npr. 5 - 10% budućeg planiranog prihoda može napraviti razliku za ekonomski isplativ projekt. Osim toga, zbog neizvjesnosti resursa do koje može doći klimatskim promjenama povećava se potencijalni rizik za investitore [4].

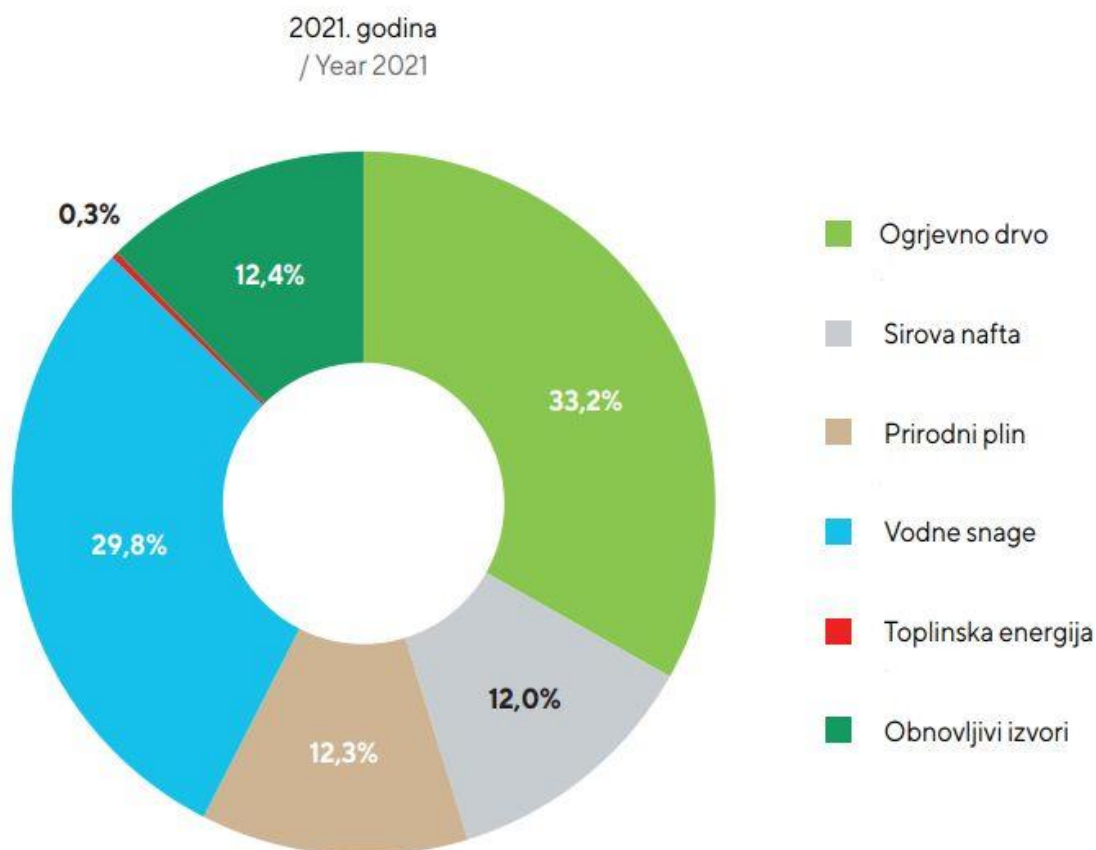
Najbrže rastući obnovljivi izvori energije su energija vjetra i energija sunca. Prema Međunarodnoj agenciji za obnovljivu energiju na kraju 2019. instalirana energija vjetra i sunca u svijetu porasla je na 623 GW za vjetroelektrane i 586 GW za solarne elektrane. U odnosu na prethodnu godinu, to je povećanje od oko 10% za vjetroelektrane i 20% za solarne elektrane. Hrvatski elektroenergetski sustav, kao i drugi elektroenergetski sustavi, također bilježi trend povećanja udjela obnovljivih izvora energije [5].

Cilj ovoga diplomskog rada je prikazati obnovljive izvore energije, objasniti ih, istražiti njihovu zastupljenost u RH, te ih usporediti s neobnovljivim izvorima energije. Predviđanja su da će solarna energija biti jako bitan obnovljivi izvor energije u budućnosti, te zbog toga se na nju stavlja fokus u ovom radu. Cilj je istražiti postotak povećanja udjela solarne energije u ukupno proizvedenoj energiji u RH u zadnjih 10 godina, zatim istražiti isplativost izrade solarnih elektrana, malih kućnih te većih, na različitim zgradama i poduzećima. Na kraju, cilj je istražiti strategiju RH u vezi obnovljivih izvora energije, direktive EU i poticaje za prelasku na obnovljive izvore energije, a posebice na solarnu energiju.

2. Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj

Potrošnja ukupne energije u Hrvatskoj iznosila je 2021. godine 413 PJ što je povećanje od 6,7% u odnosu na prethodnu 2020. godinu kad je ukupna potrošnja iznosila 387 PJ..

Ukupna proizvodnja primarne energije u Republici Hrvatski u 2021. godini (Slika 1) iznosila je 214,5 PJ. Od čega 29,8 % (63,9 PJ) pripada hidroenergiji, 33,2 % (71,2 PJ) je energija ogrjevnog drva i biomase, 12,3 % (26,4 PJ) prirodni plin, 12,0 % (25,7 PJ) sirova nafta, 12,7 % (27,3 PJ) pripada obnovljivim izvorima energije i toplinskoj energiji.



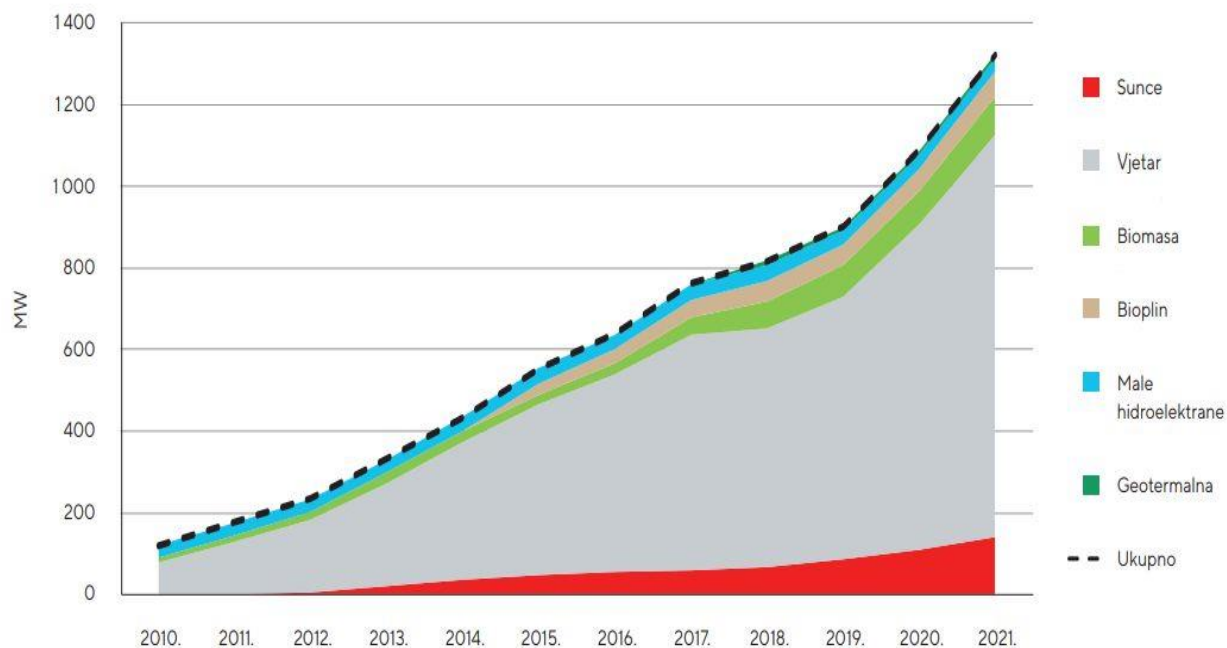
Slika 1 Udjeli u ukupnoj proizvodnji primarne energije u Republici Hrvatski u 2021. godini

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled, 2021., str. 45.

Ukupna proizvodnja primarne energije u 2021. porasla je za 9,3 % u odnosu na prethodnu godinu (u 2020. iznosila je oko 196.2 PJ). Proizvodnja energije iz drugih obnovljivih izvora (vjetar, sunce, bioplin i geotermalna energija) porasla je za 16,6 % (2020. iznosila je 26,5 PJ), toplina iz dizalica topline za 9,1 % (u 2020. iznosila je 0,7 PJ), ogrjevno drvo i biomasa po 10,7 % (u 2021. iznosila je 71,2 PJ), a energija iskorištene hidroenergije za 23,8 % (u 2020. godini iznosio je 63,9

PJ). Pad proizvodnje prirodnog plina bio je 11,7 % (u 2020. iznosio je 26,4 PJ), dok je proizvodnja sirove nafte pala za 4,3 % (u 2020. godini iznosila je 25,8 PJ).

Cilj Europske unije, pa tako i Hrvatske je da se čim više poveća udio obnovljivih izvora energije, a da se stvari kreću u pravom smjeru pokazuju statistički podatci od 2010. godine do 2021. godine kada je došlo do velikog skoka udjela obnovljivih izvora energije (Slika 2). Obnovljivi izvori energije postaju sve važniji u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske.



Slika 2 Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj u 2021. godini

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled, 2021., str. 188

Kroz razdoblje od 2010. godine do 2021. godine dolazi do velikog skoka u proizvodnji električne energije vjetroelektranama, biomasom i bioplinom, dok se mali pomaci vide i u proizvodnji električne energije solarnim elektranama i geotermalnom energijom [6].

2.1. Hidroenergija

Hidroenergija je obnovljivi izvor energije iz kojeg se dobiva električna energija pomoću potencijalne energija vode koja se kreće s više visine na nižu visinu. Tehnologija hidroenergije je dobro istražena i široko korištena. U 2016. godini ukupno 159 zemalja svijeta je izvijestilo da koristi hidroenergiju. Hidroenergija je među najučinkovitijim tehnologijama za proizvodnju

obnovljive električne energije sa tipičnom učinkovitošću od 90%. Hidroenergija je troškovno konkurentna, a to je i danas jedina obnovljiva tehnologija koja može proizvesti električnu energiju po istoj ili nižoj cijeni u usporedbi s izvorima toplinske energije kao što su ugljen, nafta ili plin. Hidroenergija ima veliki potencijal za smanjenje emisija ugljika u globalnom elektroenergetskom sustavu zbog niskih emisija stakleničkih plinova i veliki potencijal za daljnje povećanje kapaciteta uz niske troškove proizvodnje. Osim doprinosa proizvodnji energije, hidroenergija ima vitalnu ulogu u tome da podrži stabilnosti mreže, sigurnosti opskrbe, skladištenja energije i balansiranja neregulirane proizvodnje iz drugih obnovljivih izvora kao što su vjetar i solarna energija. Hidro akumulacije mogu pružiti druge važne usluge kao što su vodoopskrba, navodnjavanje, kontrola poplava, plovidba i rekreacija. [6]. Problem hidroelektrana je to što uzrokuju značajne utjecaje na okoliš na lokalnoj i regionalnoj razini, kao što su: fragmentacija rijeke, koja sprječava prirodne migracije vodenih biota, dolazi do ozbiljne promjene riječnog toka i temperaturnih režima, dolazi do dramatičnog smanjenja transporta sedimenta i hidromorfološke degradacije nizvodnih riječnih dionica. Ovi višestruki utjecaji hidroelektrana obično rezultiraju oštećenjem ekološke cjelovitosti ekosustava koja se ogleda u nestanku ključnih vodenih vrsta i gubitku ekoloških funkcija [7, 8].

Kruženje vode na Zemlji važan je proces koji omogućuje održavanje života, ali u ovom kontekstu i o radu hidroelektrana. Rad hidroelektrana ovisi o količini dostupne vode. U kišnim godinama povećava se količina proizvedene energije, dok se u sušnim godinama drastično smanjuje. Voda konstantno cirkulira između atmosfere, oceana i kopna. Hidrološki ciklus (Slika 3) čini pet procesa, a to su: kondenzacija, oborine, infiltracija, otjecanje i evapotranspiracija.



Slika 3 Kruženje vode u zemljinom sustavu

Izvor: Gereš, D. (2004). Kruženje vode u zemljinom sustavu. *Građevinar*, 56(06), 355-365.

Klimatske promjene kompliciraju predvidljivost raspodjele vode. Vodu treba mudro iskorištavati jer ona pruža bogate prinose, napredak i život svih ljudi [9].

U hidroelektranama, potencijalna energija dospjele vode do svoje visine iznad turbine prvo se pretvara u kinetičku energiju, a zatim u električnu. Snaga koju voda sadrži naziva se bruto snaga P [W] i jednaka je [10]:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_b$$

gdje je:

ρ - gustoća vode [kg/m^3], iznosi $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$,

g - ubrzanje sile teže [m/s^2], $9,80665 \text{ m}/\text{s}^2$,

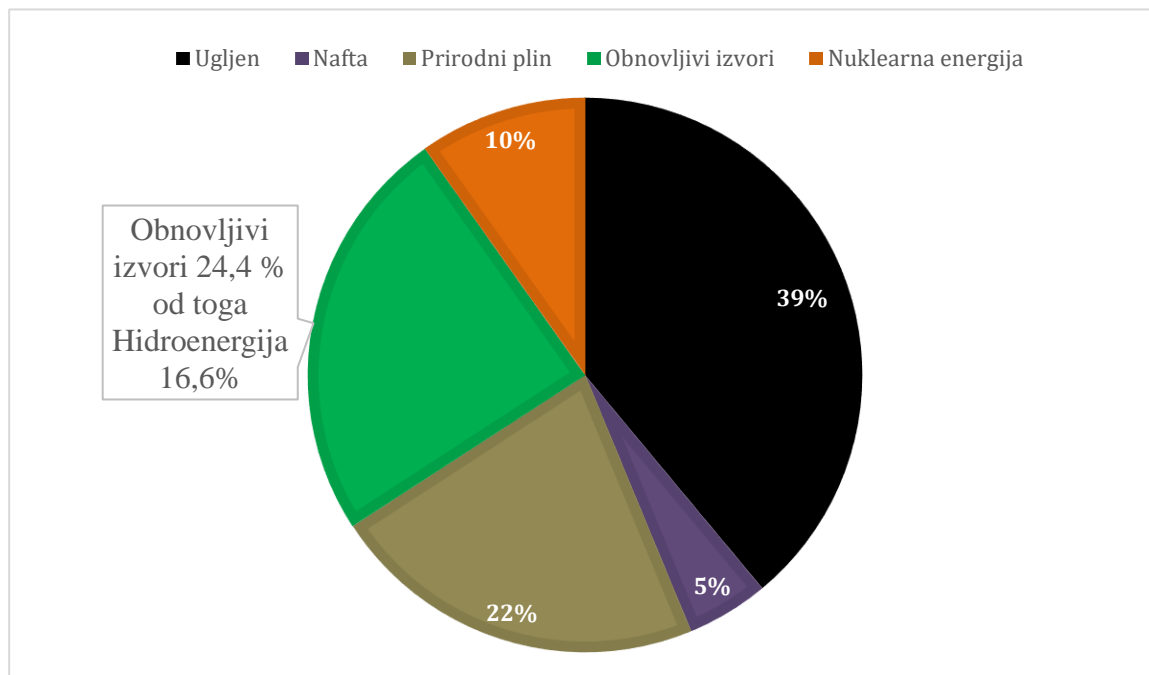
Q - srednja vrijednost protoka [m^3/s],

H_b - gornja visina vode (bruto) [m].

2.1.1. Hidroenergija u svijetu

Ukupno je proizvodnja hidroenergije (Slika 4) doprinosi gotovo 17% svjetske opskrbe električnom energijom (2016. g.), što znači da je više od 1 milijarde ljudi pokrilo svoju potražnju

za električnom energijom iz hidroelektrana.



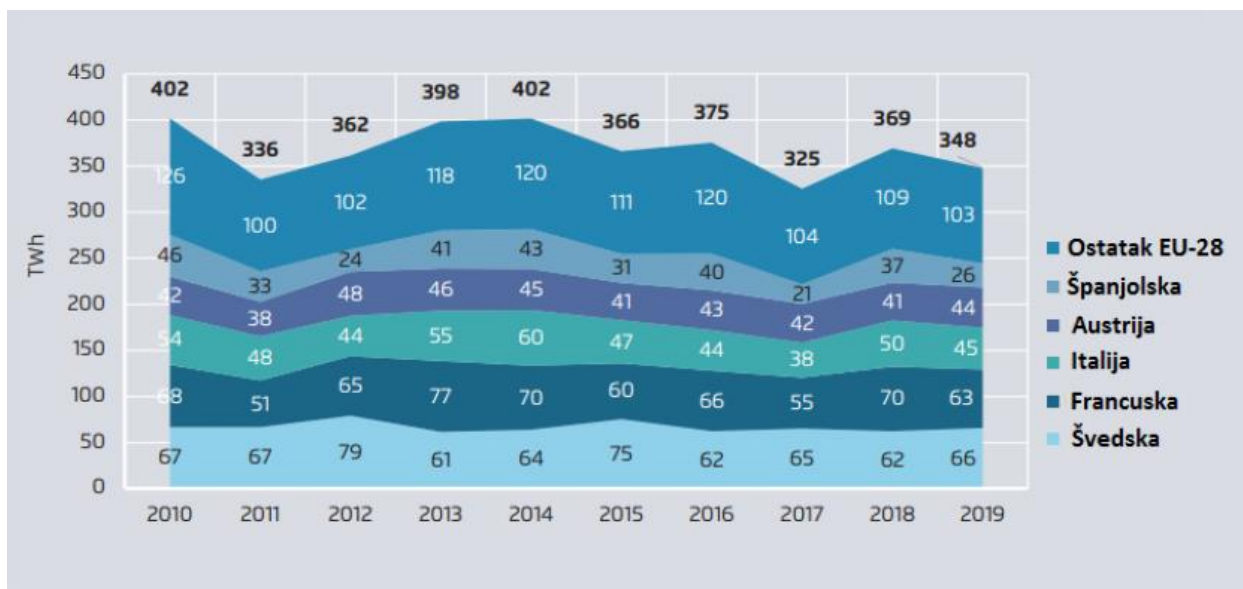
Slika 4 Proizvodnja električne energije u svijetu u 2016. godini

Izvor: Killingtveit, Å. (2019). Hydropower. In *Managing global warming* (pp. 265-315). Academic Press.

Hidroenergija je treći najveći izvor proizvodnje električne energije, iza ugljena (39%) i prirodnog plina (22%), ali daleko ispred nuklearnih elektrana (10%). Hidroenergija je najveći izvor obnovljive energije u sektoru električne energije s udjelom od 68% obnovljivih izvora energije, više nego dvostruko od svih ostalih obnovljivih izvora energije zajedno (32%). Tehnički potencijal za povećanje proizvodnje hidroenergije dovoljno je velik da zadovolji značajnu daljnju implementaciju i srednjoročno (2030.) i dugoročno (2050). Realan scenarij je udvostručenje godišnje proizvodnje (4102 TWh u 2016.) na preko 8000 TWh do 2050. [11].

2.1.2. Hidroenergija u Europskoj uniji

Trend pada proizvodnje električne energije hidroelektranama koji je u tijeku od 2014., nastavljen u 2019. Španjolska, Italija i Francuska imale su sušnu godinu, te je zbog toga smanjena proizvodnja električne energije hidroelektranama za 6%, odnosno za 21 TWh (Slika 5).



Slika 5 Proizvodnja električne energije hidroelektrana u Europskoj Uniji

Izvor: Agora Energiewende, Sandbag (2019): The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition

Količina oborina u 2019. godini odstupala je od norme i to na geografski neujednačen način. Austrija i Švedska su imale veću proizvodnju električne energije hidroelektranama, dok su Francuska, Španjolska i Italija imale manju proizvodnju. Gotovo 70% proizvodnje električne energije hidroelektranama u EU dolazi iz Švedske, Francuske, Italije, Austrije i Španjolske. Niska količina oborina uzrokovala je pustoš diljem Europe tijekom toplinskog vala [12].

2.1.3. Hidroenergija u Hrvatskoj

Hidroelektrane mogu biti velike i male, ovisno o instaliranoj snazi. Male su one koje imaju instaliranu snagu od 10 kW do 10 MW (klasifikacija u RH), dok su velike hidroelektrane one s instaliranom snagom većom od 10 MW. Male hidroelektrane se još dijele na mini i mikro. Hrvatska ima u sastavu Hrvatske elektroprivrede (HEP-a) 18 velikih hidroelektrana (ukupna instalirana snaga 2141 MW) i 8 malih hidroelektrana, a izvan sustava Hrvatske elektroprivrede (HEP-a) još 6 malih hidroelektrana. Ukupno instalirana snaga hidroelektrana je 2141 MW (2010.g.). Tih 2141 MW činilo je 2010.g. polovinu ukupno instalirane snage svih elektrana na području Republike Hrvatske [13]. Tablica 1 prikazuje hidroelektrane u Hrvatskoj.

Tablica 1 Hidroelektrane u Hrvatskoj

Izvor: <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-sjever/1718>

	Raspoloživa snaga (MW)	Prosječna proizvodnja (GWh)
HE Varaždin	94,6	450
HE Čakovec	77,4	350
HE Dubrava	79,8	350
HE Rijeka	36,8	84,5
HE Vinodol	90	136,66
CHE Fužine	4,5	2,89
RHE Lepenica	1,2	0,267
HE Zeleni vir	1,7	7,39
HE Senj	216	970
HE Sklope	22,5	85
HE Gojak	56	213,5
HE Lešće	42,29	102
HE Ozalj 1 i 2	5,74	23
RHE Velebit	276	430
HE Miljacka	24	122
MHE Krčić	0,375	2,0
HE Golubić	6,54	28,5
HE Jaruga	7,2	35
HE Peruća	61,2	120
HE Orlovac	237	353
HE Đale	40,8	128
HE Zakučac	576	1441
MHE Prančevići	1,15	/
HE Kraljevac	46,4	16,3
HE Dubrovnik	252	660,5
MHE Roški slap	1,8	7,5
MHE Dubrava	1,1	7,3
MHE Čakovec	1,1	6,8
MHE Zavrelje	2	4
mHE Čakovec	0,34	2,2
mHE Pleternica	0,22	/
MHE Finvest	1	3,2

Najveća hidroelektrana u Republici Hrvatskoj je HE Zakučac, raspoložive snage 576 MW i prosječne proizvodnje od čak 1441 GWh električne energije godišnje, što je oko trećine ukupne hidroenergije u Hrvatskoj [14].

2.2. Energija vjetra

Općenito, energija se može kategorizirati ili u kinetičku energiju (energija pokretnih objekata) ili potencijalnu energiju (energija koja je pohranjena). Različite vrste energije uključuju toplinsku energiju, energiju zračenja, kemijsku energiju, električnu energiju, energiju gibanja, zvučnu energiju, elastičnu energiju i gravitacijsku energiju. U slučaju energije vjetra, vjetroturbine uzimaju kinetičku energiju vjetra i pretvaraju tu kinetičku energiju u mehaničku snagu. Tu mehaničku snagu uglavnom koristimo u obliku električne energije. U osnovi, vjetar uzrokuje 3 stvari:

- Zagrijavanje atmosfere suncem,
- Rotacija Zemlje, i
- Nepravilnosti Zemljine površine.

Zrak pod visokim tlakom kreće se prema područjima niskog tlaka, a što je veća razlika u tlaku, to zrak struji brže i vjetar je jači. Vjetroturbine hvataju energiju vjetra i pretvaraju je u električnu energiju. Vjetroturbina je uređaj koji kinetičku energiju vjetra pretvara u električnu. Skupina vjetroturbina naziva se vjetroelektrana. Na vjetroelektrani, turbine daju snagu električnoj mreži. Ove turbine mogu se naći na kopnu ili na moru. Vjetroturbine se proizvode u širokom rasponu oblika i veličina, ali najčešći dizajn je onaj s 3 lopatice montirane na vodoravnoj osi. Njihova snaga kreće se od 100 kW do čak 12 MW. Mogu se postaviti na mnogo različitih lokacija: na brežuljcima, u otvorenim krajolicima, pričvršćeni za dno mora.

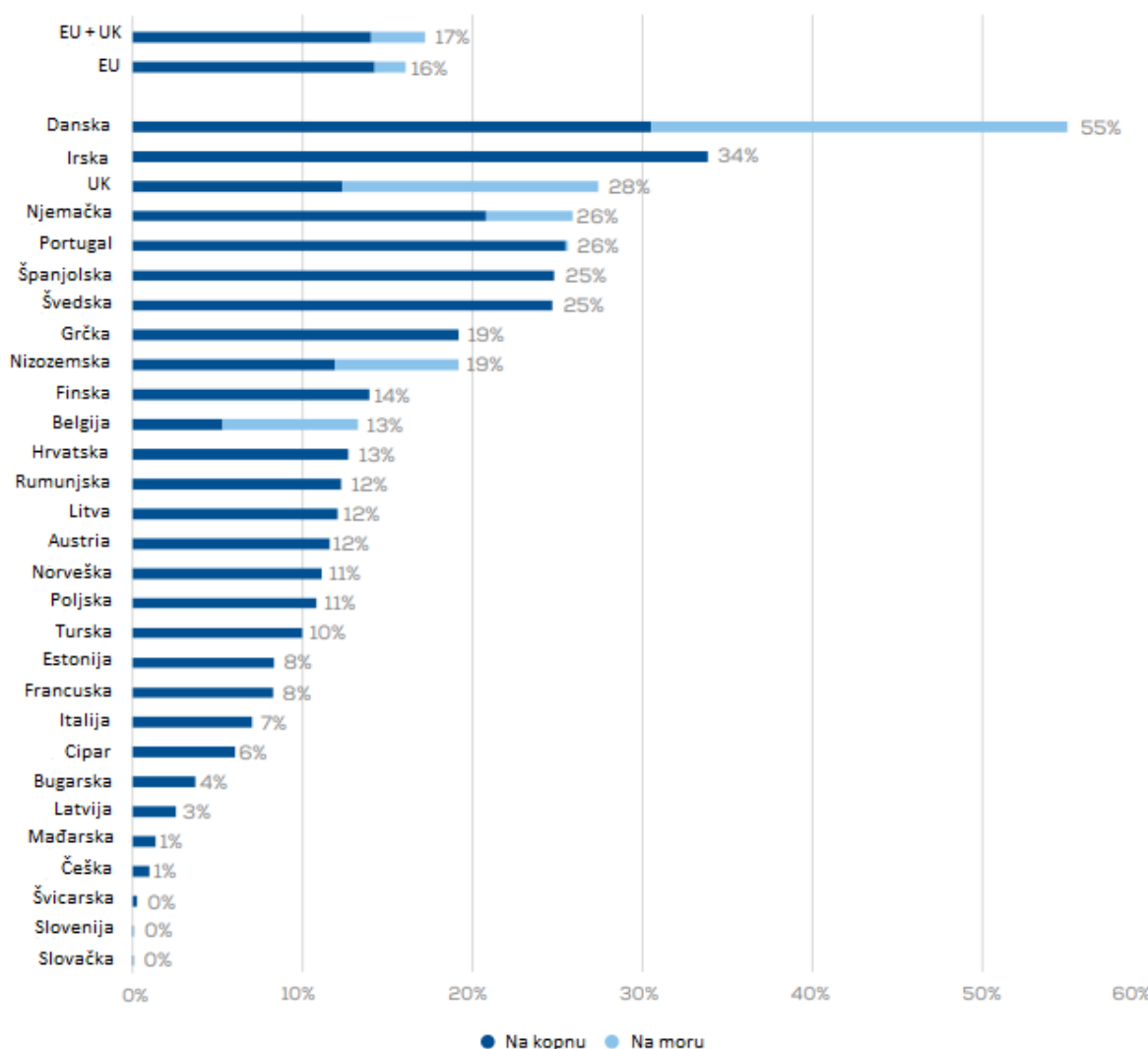
Postoje tri glavne varijable koje određuju koliko električne energije turbina može proizvesti:

- Brzina vjetra – jači vjetrovi omogućuju proizvodnju više električne energije. Više turbine su osjetljivije na jak vjetar. To znači da vjetroturbine proizvode električnu energiju pri brzini vjetra od 4-25 metara u sekundi.
- Radijus lopatica – što je veći radijus ili "površina zahvata" lopatica, to se može proizvesti više električne energije. Udvostručenje polumjera oštrice može rezultirati četiri puta većom snagom.
- Gustoća zraka – "teži" zrak više podiže rotor. Gustoća zraka je funkcija nadmorske visine, temperature i tlaka zraka. Mjesta na velikoj nadmorskoj visini imaju niži tlak

zraka i "lakši" zrak pa su manje produktivna mjesta turbina. Gusti "teški" zrak blizu razine mora učinkovitije pokreće rotore.

2.2.1. Energija vjetra u Europskoj Uniji

U Europskoj Uniji 2022. godine energija vjetra je pokrivala 16% potreba za električnom energijom (Slika 6).



Slika 6 Postotak proizvodnje električne energije vjetroelektranama u Europskoj Uniji 2022. godine

Izvor: WindEurope, Wind energy in Europe 2022., Statistics and the outlook for 2023-2027, 2022.

Danska je imala najveći udio energije vjetra u proizvodnji električne energije 2022.g. s impresivnih 55%, a zatim slijedi Irska s 34%. Velika Britanija (više nije u Europskoj Uniji) je postala zemlja s trećim najvećim udjelom vjetra u proizvodnji električne energije s 28%. Njemačka

ima udio od 26%, Portugal 26%, Španjolska 25% i Švedska 25%. Udio vjetra je u 2022.g bio veći nego 2021. U Švedskoj i Finskoj je došlo do povećanja udjela vjetra od 6% odnosno 5% u usporedbi s 2021. godinom. Nizozemska je također zabilježila značajan porast udjela energije vjetra u proizvodnji električne energije, sa 12% u 2020. godini na 15% u 2021. godini i 19% u 2022. godini. Do tako značajnog porasta udjela vjetra u proizvodnji električne energije u Nizozemskoj je došlo zbog novo instaliranih kopnenih i morskih kapaciteta koji su udvostručeni od početka 2020. godine (2,6 GW na kopnu i 1,8 GW na moru) te povoljnih uvjeta vjetra u Sjevernom moru 2022. godine.

2.2.2. Energija vjetra u Republici Hrvatskoj

Instalirana električna snaga vjetroelektrana u Republici Hrvatskoj u 2021.g bila je 980,95 MW i nije se promijenila sve do danas. Udio proizvodnje električne energije vjetroelektranama u ukupnoj proizvodnji električne energije iznosio je 13% u 2022. godini (Slika 6) [15]. U Tablici 2 prikazane su sve instalirane vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj.

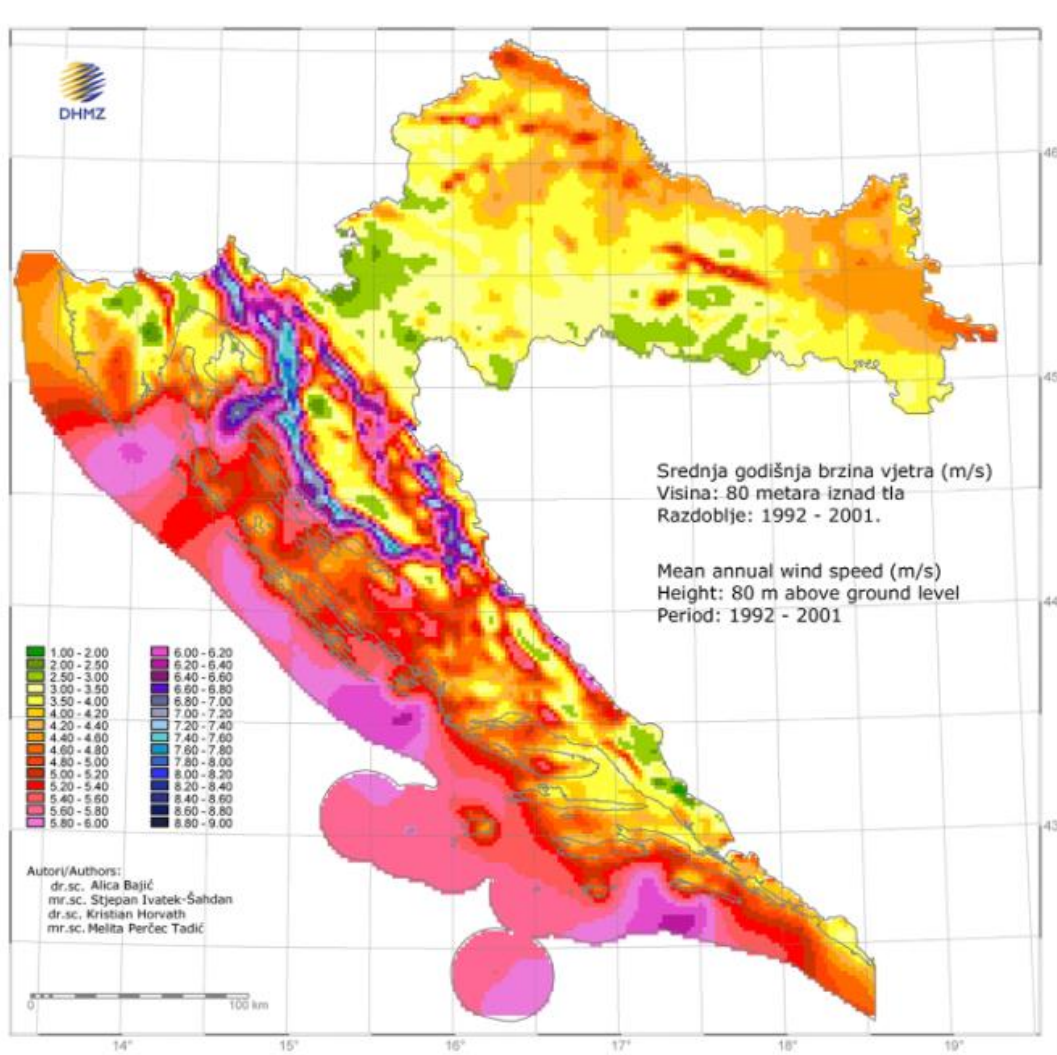
Tablica 2 Vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj

Izvor: <https://www.hops.hr/vjetroelektrane>

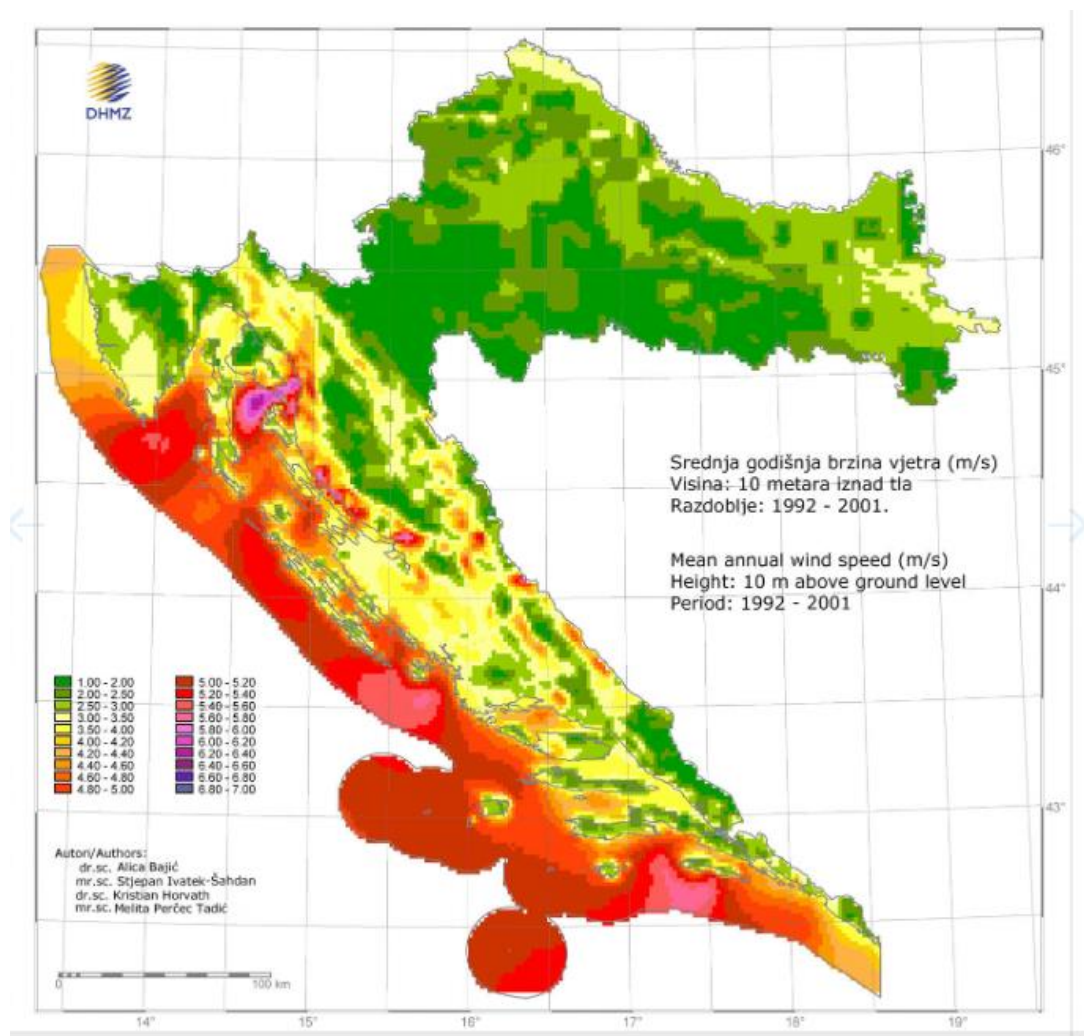
Vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj			
Vjetroelektrana	Odobrena snaga (MW)	Sklopljen UOKM	Priključak na mrežu (kV)
VE Ravne	5,95	prosinac 2006.	10
VE Trtar – Krtolin	11,2	prosinac 2017.	30
VE Orlice	9,6	lipanj 2009.	30
VE Vrataruša	42	srpanj 2009.	110
VE Crno Brdo	10	ožujak 2011.	10
VE ZD 2	18	studeni 2011.	110
VE ZD 3	18	studeni 2011.	110
VE Pometeno Brdo	20	studeni 2011.	110
VE Ponikve	34	listopad 2012.	110
VE Jelinak	30	prosinac 2012.	110
VE ST 1-2 Kamensko	20	lipanj 2013.	110
VE ST 1-1 Voštane	20	lipanj 2013.	110
VE ZD 4. Faza I.	9,2	srpanj 2013.	10
VE Velika Glava, Bubrig i Crni Vrh	43	prosinac 2013.	110
VE Zelengrad - Obrovac	42	ožujak 2014.	110
VE Ogorje	44	srpanj 2015.	110
VE Rudine	35	srpanj 2015.	110
VE Katuni	39	studeni 2016.	110
VE Glunča	22	listopad 2016.	110
VE ZD 6P + ZD6	54	lipanj 2017.	110
VE Lukovac	48	srpanj 2017.	110
VE Kom-Orjak-Greda	10	studeni 2018.	35
VE Krš Pađene	142	srpanj 2019.	220
VE Jasenice	10	kolovoz 2019.	35
VE Korlat	58	ožujak 2020.	110
VE Senj	156	listopad 2021.	220
VE Ljubač	20	studeni 2021.	35
VE Ljubač II	9,9	studeni 2021.	35
UKUPNO	980,95		

Hrvatska ima 28 instaliranih vjetroelektrana, a najveću snagu ima VE Krš Pađene i to 142 MW [16].

Hrvatska ima velik potencijal izgradnje vjetroelektrana što je prikazano na Slici 7 i Slici 8.



Slika 7 Atlas vjetra Hrvatske – srednja godišnja brzina vjetra (m/s) na visini od 80 metara iznad tla
Izvor: Atlas vjetra Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod



Slika 8 Atlas vjetra Hrvatske – srednja godišnja brzina vjetra (m/s) na visini od 10 metara iznad tla
Izvor: Atlas vjetra Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod [17].

Slike 7 i 8 prikazuju da najveći potencijal za izgradnju vjetroelektrana u Hrvatskoj imaju Dubrovačko – neretvanska županija, Splitsko – dalmatinska županija, Zadarska županija i Šibensko – kninska županija. Da bi lokacija za izgradnju vjetroelektrane bila gospodarski opravdana, godišnja srednja brzina vjetra lokacije mora biti viša od 5,5 m/s. Uz brzinu vjetra, na lokaciji je potrebno provjeriti ima li nekih ekstremnih vremenskih uvjeta: velike količine padalina, niske ili visoke temperature zraka ili pak ekstremnih vjetrova, da ne bi došlo do oštećenja, zaleđivanja ili nepravilnog rada vjetrogeneratora. Zatim, potrebno je ispitati konfiguraciju i pokrov terena i utjecaj na prirodu i okoliš [18].

2.3. Energija biomase

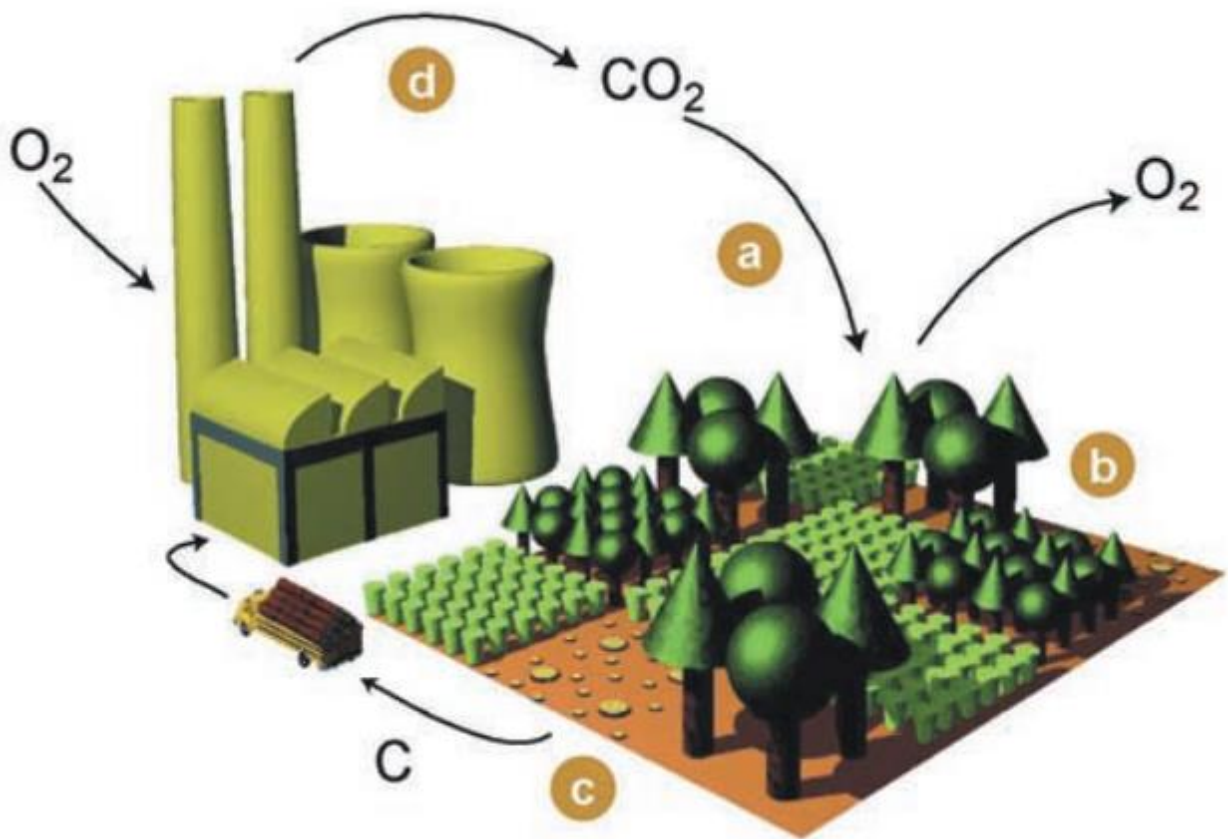
Biomasa se uglavnom sastoji od ugljikohidrata i lignina proizvedenih od CO₂ i vode kemijskom reakcijom fotosinteze, koja hvata sunčevu energiju i pohranjuje ju u biljkama. Energija biomase se može prikupiti i pohraniti za kasniju pretvorbu u drugi oblik energije. Sustavi proizvodnje biomase često se fokusiraju na proizvodnju hrane, stočne hrane ili vlakana, iako u nekim slučajevima postoji energetska nusprodukt. Svi ostaci biomase mogu proizvesti bioenergiju.

Biogorivo je izraz koji se koristi za opisivanje biomase prerađene u više pogodan oblik koja se koristi kao gorivo. Obično se odnosi na tekuća goriva, ali također može uključivati plin i kruta goriva kao što su drveni peleti. Dok se mnoge vrste biomase mogu izravno pretvoriti u toplinu ili energiju, neke vrste biomase su prikladnije za pretvorbu ili pročišćavanje u biogorivo. Biogoriva mogu imati niz poželjnih svojstava kao što su bolje skladištenje, lakoća rukovanja, kompatibilnost s postojećim gorivima i mogu imati veću gustoću energije.

Biomasa može biti biljnog ili životinjskog porijekla. Kao ostatak proizvoda iz berbe ili raznog brzorastućeg drveća ili raznih ostataka šumarske industrije. Često se koristi i otpad za proizvodnju biogoriva kao bioplina iz odlagališta i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Šumarstvo i poljoprivreda obično ostavljaju velike količine biomase: granje, slama, kora, lišće i druge ostatke koje treba smatrati sirovinom za bioenergiju. U nekim slučajevima postoji potreba ostaviti dio otpada radi zaštite ili poboljšanja kvalitete zemljišta. U drugim slučajevima uklanjanje ostataka može olakšati pripremu tla ili smanjiti rizik od pojave štetočina i bolesti. Domaće životinje također proizvode otpad koji nudi energetska potencijal. Životinjski se izmet koristi kao gorivo, tj. otpadna voda se obično razgrađuje za proizvodnju bioplina.

Biomasa se smatra „neutralnom“ u proizvodnji energije jer sadrži ugljik koji kruži u okolišu (Slika 9), za razliku od ugljika u fosilnim gorivima koja su zapravo ograničen resurs, a njegova upotreba predstavlja jednosmjerni tok od ispod površine zemlje do atmosfere. Biomasa nastaje procesom fotosinteze u biljkama koje hvataju sunčevu energiju i atmosferski ugljik. Ako ima više ugljika u kopnenom dijelu biosfere, bit će manje u atmosferi.



Slika 9 Tok kruženja ugljika tijekom proizvodnje energije biomasom

Izvor: Bioenergy, I. E. A. (2005). Benefits of bioenergy. IEA bioenergy: ExCo.

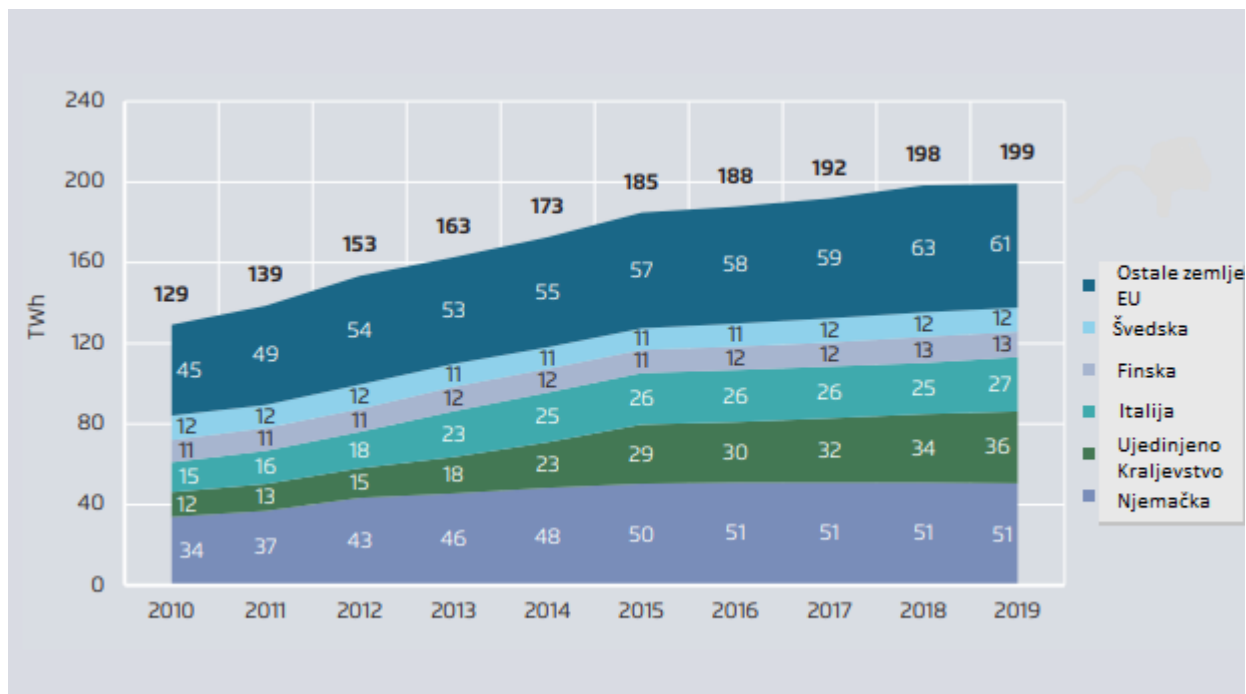
Na Slici 9 prikazano je recikliranje ugljika dok se energija nakuplja u biomasi usjeva i šuma te se troši u elektrani.

- a): CO₂ se nakuplja u rastućim usjevima i šumama;
- b): kisik (O₂) se oslobađa, a ugljik (C) se skladišti u biomasi biljaka;
- c): ugljik iz biomase transportira se u elektranu;
- d): elektrana sagorijeva biomasu, oslobađajući CO₂ koji su skladištile biljke natrag u atmosferu. Uzimajući u obzir procesni ciklus u cjelini, nema emisije CO₂ od spaljivanja biomase.

Izvori biomase koji su već koncentrirani na jednom mjestu, često kao otpadni proizvod drugog procesa, obično su najjeftiniji budući da zahtijevaju najmanje skupljanja i rukovanja i nemaju troškova proizvodnje. Mnogi šumski i žetveni ostaci nisu konkurentni s fosilnim gorivima kada su raspršeni na velikim površinama. Troškovi će biti minimalizirani ako se biomasa može dobiti na jednom mjestu, na primjer od nusproizvoda pilane i ako je bioelektrana ili biotoplana u blizini [19].

2.3.1. Energija biomase u Europskoj Uniji

Procvat energije biomase nastavlja usporavati. Proizvodnja biomase porasla je za samo 1% u 2019. To je jedna petina stope rasta od 2010. do 2018. (Slika 10).



Slika 10 Generiranje električne energije biomasaom u 28 zemalja Europske Unije

Izvor: Agora Energiewende, Sandbag (2019): The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition

Rast u ključnim zemljama poput Njemačke i Italije je ili zaustavljen ili jako usporen, a potrošnja biomase je blago pala u jedanaest zemalja EU. Više od 50% proizvodnje biomase u EU je u Njemačkoj, Ujedinjenom Kraljevstvu i Italiji, dok najveći dio rasta od 2018. do 2019. zabilježen u Velikoj Britaniji i Italiji. Biomasa ne ispunjava zahtjev EU-a "Čista energija za sve" kojim se žele smanjiti emisije CO₂. Emisije postrojenja na biomasu su daleko od nule (unatoč tome što još uvijek ima nultu ocjenu u EU), a njegove čestice uzrokuju onečišćenje zraka. Budući rast obnovljivih izvora mora se oslanjati na vjetroelektrane i solarne elektrane [12].

2.3.2. Energija biomase u Republici Hrvatskoj

Prema Hrvatskom operateru tržišta energijom (HROTE-u) Hrvatska je 31.12.2020. imala 39 elektrana na biomasu (instalirana snaga 86169 kW) (Tablica 3) i 41 elektranu na bioplin (instalirana snaga 45,922 kW) (Tablica 4).

Tablica 3 Elektrane na biomasu u Republici Hrvatskoj

Izvor: <https://www.hrote.hr/izvjestaji>

Proizvođač	Postrojenje	Instalirana snaga (kW)
LIKA ENERGO EKO d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na biomasu	1000
Univerzal d.o.o.	Energana Varaždin	2740
Strizivojna Hrast d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na bazi izgaranja drvene biomase	3000
PELET GRUPA d.o.o.	Proizvodnja električne energije i kućnog peleta iz biomase	1000
PANA ENERGY d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje	1000
SLAVONIJA OIE d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na bazi izgaranja drvene biomase	4660
BE-TO GLINA d.o.o.	Bioelektrana – toplana	1000
UNI VIRIDAS d.o.o.	„VIRIDAS BIOMASS“ 9,99 MW	8600
SPIN VALIS INTERNACIONAL d.o.o.	Projekt SPIN VALIS 1525 kWe	1525
SERVICE & ENGINEERING INDUSTRY d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje 60 kW i sušare-ZRK	60
ASTEK 15 d.o.o.	Izgradnja elektrane na biomasu MARINA	300
SENSE ESCO BELIŠĆE d.o.o.	Plinifikacijsko kogeneracijsko postrojenje na biomasu	1070
SAVA d.o.o.	Izgradnja kogeneracijskog postrojenja na bazi izgaranja drvene biomase	2000
WHITEFIELD ENERGY d.o.o.	Kogeneracijsko energetska postrojenje	1000
BIO SNAGA d.o.o.	Kogeneracija na drvenu biomasu	495
VRBOVSKO EKO ENERGIJA d.o.o.	Projekt Vrbovsko 1900 kWe	1900
DRVNI CENTAR GLINA d.o.o.	Elektrana na biomasu BE-TO DRVNI CENTAR	4600
SOLITUDO d.o.o.	Kogeneracija Nard - Valpovo	499

ĐAKOVO HRAST d.o.o.	Izgradnja kogeneracijskog postrojenja na bazi izgaranja drvene biomase	3300
HEP proizvodnja d.o.o.	BE-TO OSIJEK 3 MWe/ 10 MWt	3000
KIRCEK ENERGY d.o.o.	ORC KOGENERACIJA NA DRVNU BIOMASU	700
Brana d.o.o.	Kogeneracija na drvnu biomasu elektrana „Brana“	495
ENERGIJA VOĆIN d.o.o.	Kogeneracija na drvnu biomasu	495
BIOMASS TO ENERGY BENKOVAC d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje	4900
HEP proizvodnja d.o.o.	KOGENERACIJSKA ELEKTRANA NA BIOMASU BE-TO SISAK 3 MWe/ 10 MWt	3000
Brana Dar d.o.o.	Kogeneracija na drvnu biomasu	495
ENERGIJA INVEST d.o.o.	Kogeneracija na drvnu biomasu	495
ENERGY 9 d.o.o.	ENERGY 9	5000
BIO ENERGANNA BJELOVAR	Elektrana na biomasu	1000
ENTRAF d.o.o.	MTE Logorište	960
ENNA Biomasa Vukovar d.o.o.	ENNA Biomasa Vukovar	495
ENERGOSTATIK d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na biomasu „GRUBIŠNO POLJE“	5000
BIOMASS TO ENERGY ŽUPANJA d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje Županja	4930
A&A BIOENERGY VIRO d.o.o.	Kogeneracija na biomasu 3 MW Virovitica	3000
AGER ALPHA d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje za proizvodnju električne energije iz drvene biomase	495
MAKSIM TRADE ENERGIJA d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na drvnu biomasu	1000
BIOENERGETIKA d.o.o.	Izrada kogeneracijskog postrojenja na bazi izgaranja biomase	1000
BE-TO KARLOVAC d.o.o.	Elektrana na biomasu	5000
ENERGANNA GOSPIĆ 1 d.o.o.	EG1 kogeneracijsko postrojenje na drvnu biomasu 5 MW	4960
Ukupno instalirana snaga	/	86169
Ukupan broj postrojenja	39	

Najveću instaliranu snagu ima postrojenje Viridas biomass od 8,6 MW.

Tablica 4 Elektrane na bioplin u Republici Hrvatskoj

Izvor: <https://www.hrote.hr/izvjestaji>

Proizvođač	Postrojenje	Instalirana snaga (kW)
OSATINA Grupa d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ivankovo	1000
BOVIS d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ivankovo 2	1000
OSATINA Grupa d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Tomašanci	1000
FARMA TOMAŠANCI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Tomašanci 2	1000
BIO DVOR d.o.o.	Bioplinsko postrojenje u sklopu farme pilića Rosulje	135
FARMA MUZNIH KRAVA MALA BRANJEVICA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Mala Branjevica 2	1000
NOVI AGRAR d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Mala Branjevica 1	1000
LANDIA d.o.o.	Landia – Gradina	1000
ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Gradec	2000
ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje MITROVAC	2000
OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Slaščak	1000
MOSLAVINA PROIZVODI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Bojana	1000
BR Bioplin Crnac 1 d.o.o.	Elektrana na bioplin Crnac 1	1000
OSILOVAC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Osilovac	999
Obrt OBITELJSKO POLJOPRIVREDNO GOSPODARSTVO VRČEK	BIOPLINSKA ELEKTRANA	250
ENERGIJA GRADEC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Popovac	1800
Energija Gradec d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Ovčara	2000
BIOPLIN-MAKS d.o.o.	BIOPLIN ROVIŠĆE	999
BIOEL d.o.o.	BPE BIOEL	999
MIAGRO ENERGO d.o.o.	Bioplin Kućanci	490
FARMA MUZNIH KRAVA ORLOVNJAK d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Orlovnjak	1700
BIOPLINARA ORGANICA KALNIK 1 d.o.o.	BIOPLINARA ORGANICA KALNIK 1 d.o.o.	2000
Trgovačko društvo SLK PROJEKT d.o.o.	Bioplinsko postrojenje HERCEGOVAC	1064
BIOPLINSKA ELEKTRANA OREHOVEC d.o.o.	Bioplinska elektrana Orehovec	999
MOSLAVINA PROIZVODI d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Bojana 2	1000
BIOINTEGRA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje „Slatina“	2000
MATVEJ d.o.o.	Elektrana na bioplin „MATVEJ“	1000

DAR PRIRODE d.o.o.	Bioplinsko postrojenje	299
AGROPROTEINKA-ENERGIJA d.o.o.	Postrojenje za proizvodnju bioplina i električne energije	1000
BIOPLIN GUDOVAC d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Gudovac	1000
OSATINA GRUPA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Slašćak 2	1000
MICO d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Hrastin	300
Clip Bio Plus d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Clip Bio Plus	300
BIOENERGIJA KLISA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Klisa	1400
VDM ENERGIJA d.o.o.	Bio postrojenje Donji Miholjac	999
VDM ENERGIJA d.o.o.	Bio postrojenje Viljevo	999
EKO KOTOR d.o.o.	Bioelektrana-energana na bioplin EKO KOTOR 1	990
BIOPLIN PROIZVODNJA d.o.o.	Bioplinsko postrojenje „Slatina“	1000
NTC GAJ d.o.o.	Bioplinsko postrojenje „Gaj“	2000
ECO-BIOGAS d.o.o.	Bioplinsko postrojenje Pisarovina	1200
Ukupno instalirana snaga	/	45922
Ukupan broj postrojenja	41	

Bioplinska postrojenja s najvećom instaliranom snagom su ona sa snagom od 2 MW [20].

2.4. Geotermalna energija

Geotermalna energija spada u obnovljive izvore energije, a nastaje zbog vruće zemljine unutrašnjosti. Koristi se za grijanje i hlađenje te proizvodnju električne energije. Najveće prednosti geotermalne energije su da je čista, sigurna za okoliš i da su velike rezerve geotermalne energije praktički neiscrpne. Za razliku od nekih oblika zelene energije, poput solarne ili energije vjetra, iskorištavanje geotermalne energije nije vezano uz doba dana ili vremenske prilike. Dakle, u globalnoj energetskej tranziciji, geotermalna energija bi se također trebala koristiti uz energije sunca i vjetra.

Za iskorištavanje geotermalne energije razvijene su tri tehnologije:

- tehnologija izravne uporabe u kojoj se proizvodi toplina izravno iz tople vode u zemlji;
- tehnologija za proizvodnju električne energije na koju geotermalna elektrana može raditi;
- tehnologija korištenja geotermalne energije dizalicama topline, uz koje se koristi relativno konstantna temperatura tla neposredno ispod površine zemlje za grijanje, ali i za hlađenje.

Ovisno o dubini geotermalnih izvora, postoje tri razine (vodene) geotermalne energije:

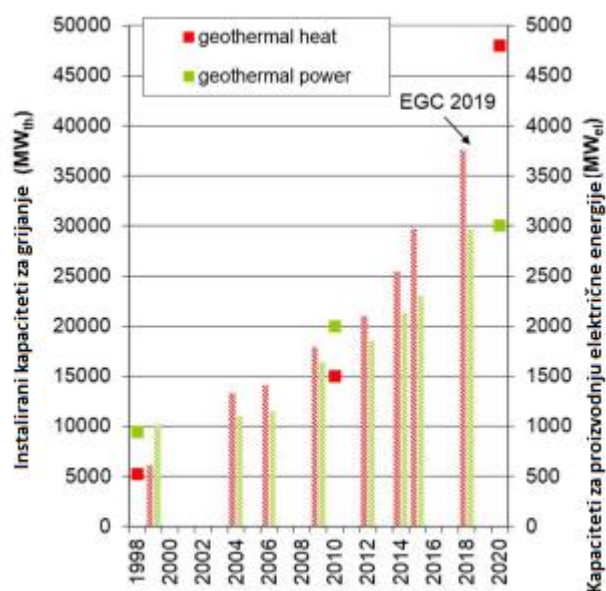
- geotermalna energija između 30 i 600 metara dubine - voda na vrlo niskim temperaturama zahtijeva korištenje dizalica topline za izravno grijanje prostora. Koristi se uglavnom za grijanje bazena ili staklenika;
- geotermalna energija na dubini između 600 i 2500 metara – visoka temperatura vode između 30 i 90 °C omogućuje njezinu izravnu upotrebu za opskrbu toplinskih mreža;
- visokoenergetska geotermalna energija na dubini većoj od 2500 metara, gdje temperatura vode prelazi 100 °C se koristi za proizvodnju električne energije [21].

2.4.1. Geotermalna energija u Europskoj Uniji

Trenutačna proizvodnja električne energije iz geotermalne energije u Europi iznosi oko 2960 MW (2019.g.). Instalirani kapaciteti geotermalnog grijanja od srednjih do nisko temperaturnih izvora prelaze 10 600 MWth, od kojih se oko polovica koristi za grijanje kuća. Što se tiče plitkih izvora geotermalne energije (toplinske pumpe iz zemlje i podzemna skladišta toplinske energije), još uvijek postoji značajan rast kapaciteta od najmanje 26.900 MWth koji je ostvaren do kraja godine 2018.

Većina zemalja u Europi koristi geotermalnu energiju za grijanje i to geotermalnu energiju iz plitkih izvora energije. Izravno korištenje dubokih geotermalnih izvora je regionalno koncentrirano zbog odgovarajućim geološkim uvjeta. Koristi se prvenstveno u Istočnoj i Jugoistočnoj Europi, zatim Francuskoj i Njemačkoj. Osim Islanda, Italija i Turska imaju značajne udjele geotermalne energije u svojem energetsom miksu električne energije.

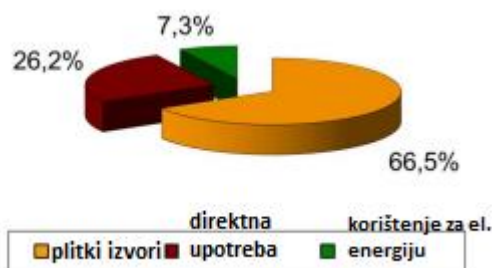
Slika 11 prikazuje porast korištenja geotermalne energije u Europskoj Uniji.



Slika 11 Usporedba instaliranih kapaciteta geotermalne energije u Europi od 1998.g do 2018.g.

Izvor: European Geothermal Congress, EGC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019.

Kroz dvadesetak godina došlo je do velikog porasta u korištenju geotermalne energije zbog direktiva Europske Unije o povećanju udjela obnovljivih izvora energije u energetsom miksu. Slika 12 prikazuje postotak korištenja geotermalne energije u različite svrhe, te iz različitih izvora.

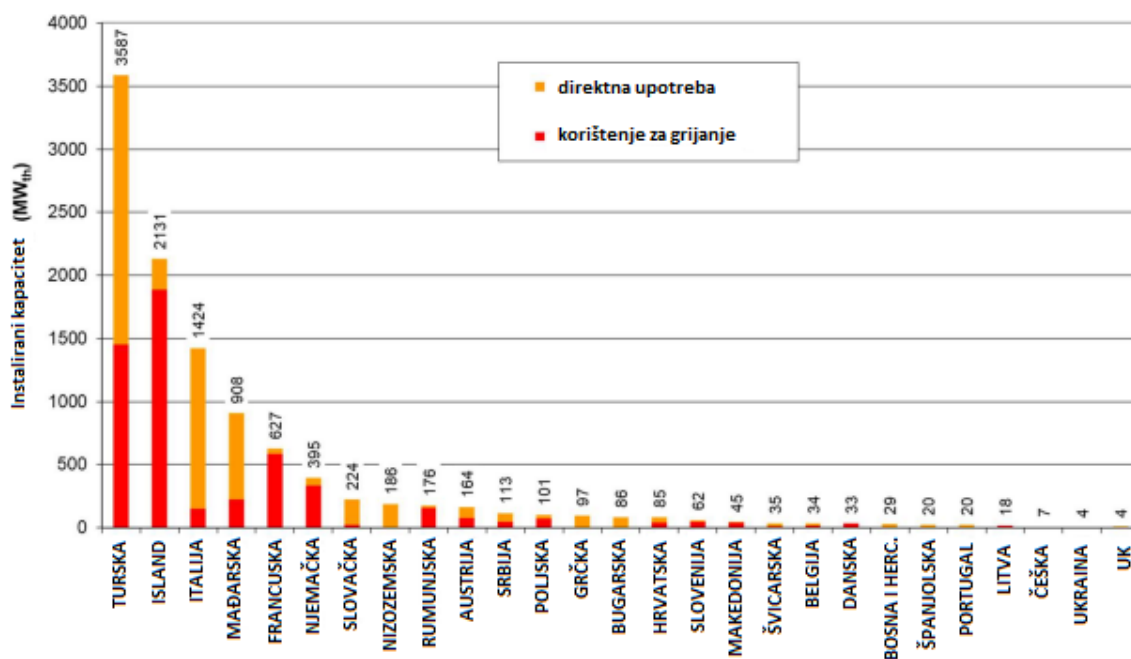


Slika 12 Korištenje geotermalne energije u različite svrhe, te iz različitih izvora 2019.g.

Izvor: European Geothermal Congress, EGC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019.

Najviše se geotermalna energija u Europi 2019.g koristila iz plitkih izvora 66,5% od ukupno korištene geotermalne energije, dok je najmanje korištena geotermalna energija za proizvodnju električne energije 7,3%.

Na Slici 13 prikazani su instalirani kapaciteti za geotermalnu energiju u Europi.



Slika 13 Prikaz instaliranih kapaciteta geotermalne energije za direktnu upotrebu i korištenje za grijanje

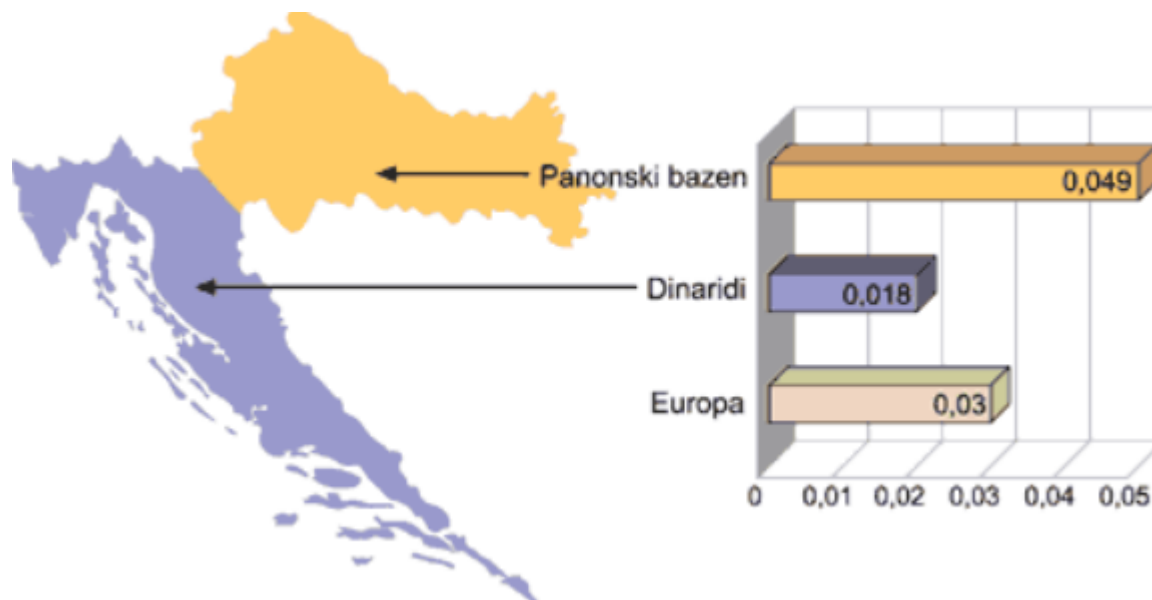
Izvor: European Geothermal Congress, EGC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019.

Turska predvodi među zemljama Europe u upotrebi geotermalne energije sa čak 3587 MW instaliranih kapaciteta, od koji se manje od 1500 MW koristi za grijanje, a više od 2000 MW za direktnu upotrebu. Republika Hrvatska ima instalirano 85 MW kapaciteta za korištenje geotermalne energije [22].

2.4.2. Geotermalna energija u Republici Hrvatskoj

Zemljopisno, Hrvatska se nalazi na raskrižju srednje Europe, Balkana i Mediterana. Hrvatska je zemlja s velikom raznolikošću prema geografskim značajkama – od obala Jadranskog mora preko visokih planina Dinarskog gorja do velikih riječnih nizina u Panonskom bazenu. Geografske razlike sjevernog i južnog dijela Hrvatske izravna su posljedica geoloških obilježja zemlje. Hrvatska je u osnovi smještena u dvije glavne regionalne geološke provincije: Panonski bazen na sjeveru, i Dinaridi na jugu (Slika 14). O visokom geotermalnom potencijalu Hrvatske na području Panonskog bazena govore brojna lječilišta s temperaturama u rasponu od 17°C do 65°C.. Korištenje geotermalnih voda nije se puno promijenilo i još uvijek se uglavnom koristi za

medicinsku terapiju. Danas u Hrvatskoj ima 18 lječilišta, od kojih se 17 nalazi na sjeveru, a samo jedno na jugozapadu zemlje.



Slika 14 Geotermalni gradijenti za područje Republike Hrvatske

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Geothermal Energy Utilisation Potential in Croatia, Field and Study Visits' Report, 2017.

Slika 14 prikazuje da Sjeverni dio Hrvatske ima velik geotermalni potencijal u usporedbi s prosjekom u Europi. Geotermalni potencijal područja Panonskog bazena se vidi na 30 prirodnih izvora termalne vode uglavnom u zapadnom dijelu Hrvatske. Oni su temperatura do 65°C i često su razvijani s novim bušotinama kako bi se dosegle više temperature vode ili povećani protok. Tijekom istraživanja nafte i plina na području Panonskog bazena pronađeni su izvori s visokim temperaturama vode. Izbušeno je više od 4000 dubokih bušotina i gotovo pedeset naftnih i plinskih polja, a pet geotermalnih polja pušteno je u proizvodnju. Slika 15 prikazuje geotermalna polja u Republici Hrvatskoj.



Slika 15 Geotermalna nalazišta u Republici Hrvatskoj

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Geothermal Energy Utilisation Potential in Croatia, Field and Study Visits' Report, 2017.

Iako je tijekom istraživanja nafte i plina otkriven niz obećavajućih geotermalnih nalazišta (Slika 15) samo ih je pet razvijeno u geotermalna polja. Od toga su tri operativna sa više ili manje učinkovitosti, a dva su u razvoju.

Geotermalno polje Zagreb

Polje se nalazi na jugozapadnom ulazu u Zagreb. Otkriveno je 1977. godine nakon ispitivanja naftne bušotine Stupnik-1, koja je izbušena 1964. godine. Polje je površine oko 54 km². Do sada je izbušeno ukupno 14 bušotina na dubinama od 881 – 1374 metra s prosječnom temperaturom od 75 °C. Geotermalna energija na ovom polju trenutno se koristi u dva tehnološka sustava:

- Tehnološki sustav "Mladost" sa 3 bušotine. Geotermalna voda se koristi za grijanje bazena i pratećih sadržaja sportsko-rekreacijskog centra Mladost.
- Tehnološki sustav nedovršenog objekta Sveučilišne bolnice Zagreb sa 4 bušotine za grijanje prostora.

Stupanj iskorištenja toplinske energije na geotermalnom polju Zagreb manji je od 2 %, samo 0,34 MWt, dok je ukupna izlazna snaga 17,7 MWt.

Geotermalno polje Bizovac

Ležište termalne vode Bizovac pronađeno je 1967. godine tijekom istraživanja nafte i plina. Još jedna bušotina izbušena iste godine dovela je do otkrića većih količina termalne vode. Još nekoliko bušotina izbušeno je sljedećih godina. Voda se crpi iz dubine između 1.761 i 1.841 metra.. Temperatura vode je 96,8°C. Voda iz ovog polja ima povoljna terapijska svojstva što je bilo temelja za otvorenje Bizovačkih toplica. Osim u terapijske svrhe, voda se koristi za grijanje prostora.

Geotermalno polje Ivanić

Ležište geotermalne vode Ivanić otkriveno je u blizini tradicionalno naftnog područja na dubini od 1300 m. Temperatura vode bušotine je 60°C sa karakterističnim mirisom ulja. Zauljena voda je korisna u liječenju različitih stanja kože i drugih zdravstvenih problema, pa je na lokaciji izgrađena Specijalna bolnica za kožne i reumatske bolesti.

Geotermalno polje Kutnjak-Lunjkovec

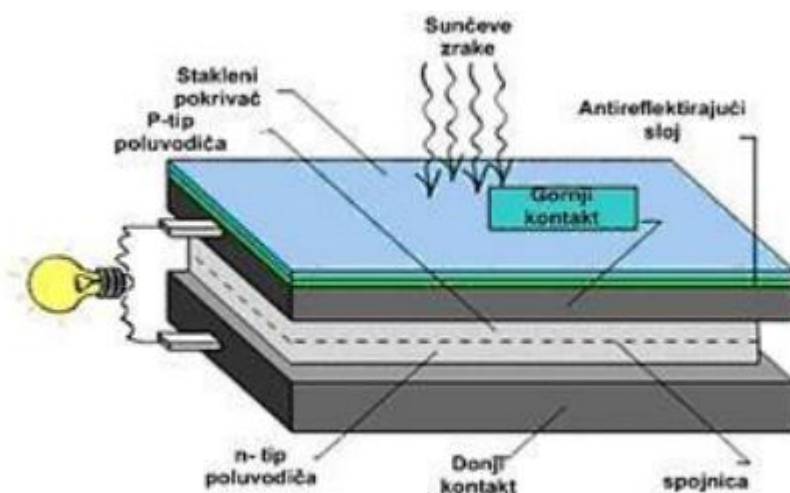
Istraživanjem nafte i plina u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske otkriveno je geotermalno ležište Kutnjak-Lunjkovec. Geotermalno ležište otkriveno je na dubini od 2000 m. Temperatura vode je od 125-140°C. Na geotermalnom polju Kutnjak-Lunjkovec očekuje se proizvodnja električne energije (do 10 MWe), te izravno korištenje topline npr. u plastenicima, zatim za grijanje udaljenijeg prostora ili za toplice (do 125 MWt). Kako nema dotoka vode u ležištu, iskorištena (ohlađena) geotermalna voda mora se ubrizgati natrag u ležište.

Geotermalno polje Velika Ciglena

Na ovom geotermalnom polju je izgrađena prva geotermalna elektrana u Hrvatskoj snage 16,5 MW koja je najveća u kontinentalnoj Europi. Temperatura vode je 172°C. Elektrana je postala operativna od ožujka 2019. godine [23].

2.5. Solarna energija

Sunčeva energija dolazi na zemlju u obliku topline i svjetlosti. Putem do zemlje većina energije se gubi raspršivanjem, refleksijom i apsorpcijom od strane oblaka. Raspodjela sunčevog zračenja i njegov intenzitet dva su ključna čimbenika koji određuju učinkovitost fotonaponskih (PV) panela. Solarna energija se dobiva pretvaranjem svjetlosne energije (fotona) u električnu energiju, uglavnom putem fotonaponskih panela (Slika 16).

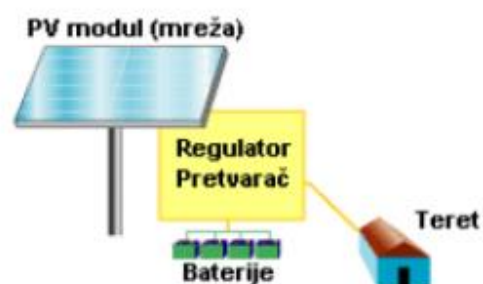


Slika 16 Presjek fotonaponske ćelije

Izvor: Šikić, L. (2016). *Energija sunca i solarne inovacije za budućnost* (Doctoral dissertation, Polytechnic of Sibenik. Management).

Kada sunce obasja solarnu ploču, fotonaponske ćelije u ploči apsorbiraju energiju sunčeve svjetlosti. Ova energija stvara električne naboje koji se kreću kao odgovor na unutarnje električno polje u ćeliji i tako uzrokuju protok struje. Električna energija prikupljena fotonaponskim panelima je istosmjerna struja (DC). Istosmjerna struja zatim odlazi u pretvarač gdje se pretvara u izmjeničnu struju (AC). Izmjeničnom strujom se onda napajaju kuće, firme, automobili ili može biti poslana u električnu mrežu.

Fotonaponski sustav (Slika 17) se može koristiti kao dodatan izvor energije na mreži, kod kojeg se višak energije predaje na mrežu ili kao samostalni sustav gdje se višak energije pohranjuje u baterije [24, 25].



Samostalni (off-grid) sustav

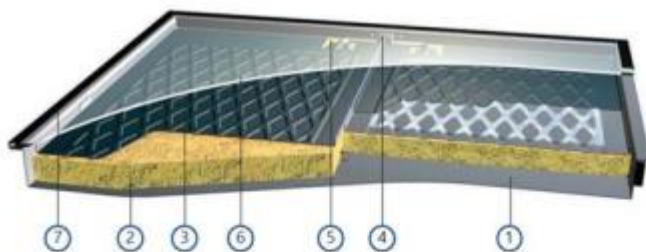


Dodatni izvor energije na mreži (on-grid)

Slika 17 Fotonaponski sustavi

Izvor: Šikić, L. (2016). *Energija sunca i solarne inovacije za budućnost* (Doctoral dissertation, Polytechnic of Sibenik. Management).

Solarni kolektori (Slika 18) pretvaraju sunčevo zračenje u toplinu. Solarni kolektori koriste sunčevu energiju za zagrijavanje zraka ili vode u kućanstvu ili za grijanje industrijskih postrojenja.



1. Aluminijsko kuciste sa ugrađenim nosačima za montazu
2. Termalna izolacija (mineralna vuna)
3. Aluminijski apsorber sa specijalnim kanalima po kojemu putuje radni medij
4. Spojnica 1/2"
5. Ventilacijski otvor (sprječava pojavu kondenzata na staklu)
6. ESG specijalno staklo 3,2 mm debljine
7. Aluminijski rubni profil sa brtvom

Slika 18 Presjek solarnog kolektora

Izvor: Marić, F. (2019). *Solarni sustav grijanja vode za obiteljsku kuću* (Doctoral dissertation, Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Mechanical Engineering).

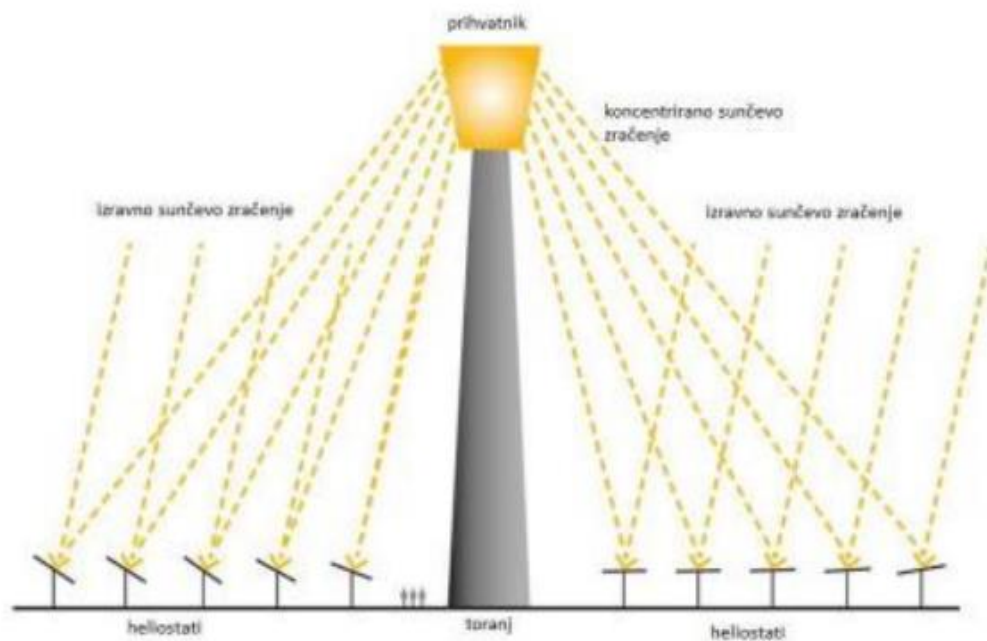
Postoje i moderne solarne elektrane s centralnim tornjem (Slika 19) kod kojih se voda zagrijava u tornju, prelazi u vodenu paru, te vodena para pokreće generator i proizvodi se električna energija. Sunčeve zrake se fokusiraju ogledalima (heliostatima) koja su programirana da prate sunce. Miču se lijevo desno, gore i dole. Prilikom jačeg naleta vjetra aktivira se dodatno osiguranje ogledala [25, 26].



Slika 19 Elektrana sa solarnim tornjem

Izvor: Marić, F. (2019). Solarni sustav grijanja vode za obiteljsku kuću (Doctoral dissertation, Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Mechanical Engineering).

Solarni toranj i heliostati (Slika 20) su najvažniji dijelovi elektrane sa fokusiranjem sunčeve energije. Pomicanjem zrcala se želi postići čim veće iskorištenje sunčeve energije [27].

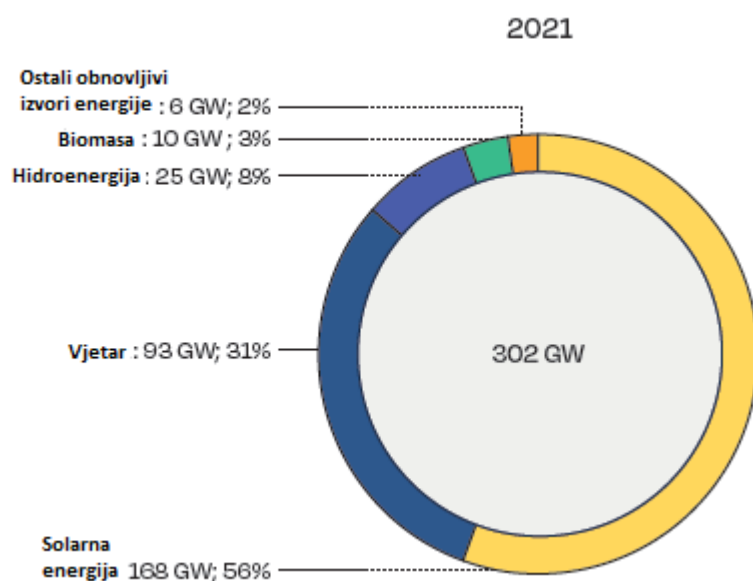


Slika 20 Koncept solarnog tornja

Izvor: Ivančan, J. (2020). *Termalne solarne elektrane* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Department of Physics. Division of Experimental Physics. Division Chair of Fundamental Physics).

2.5.1. Solarna energija u Svijetu

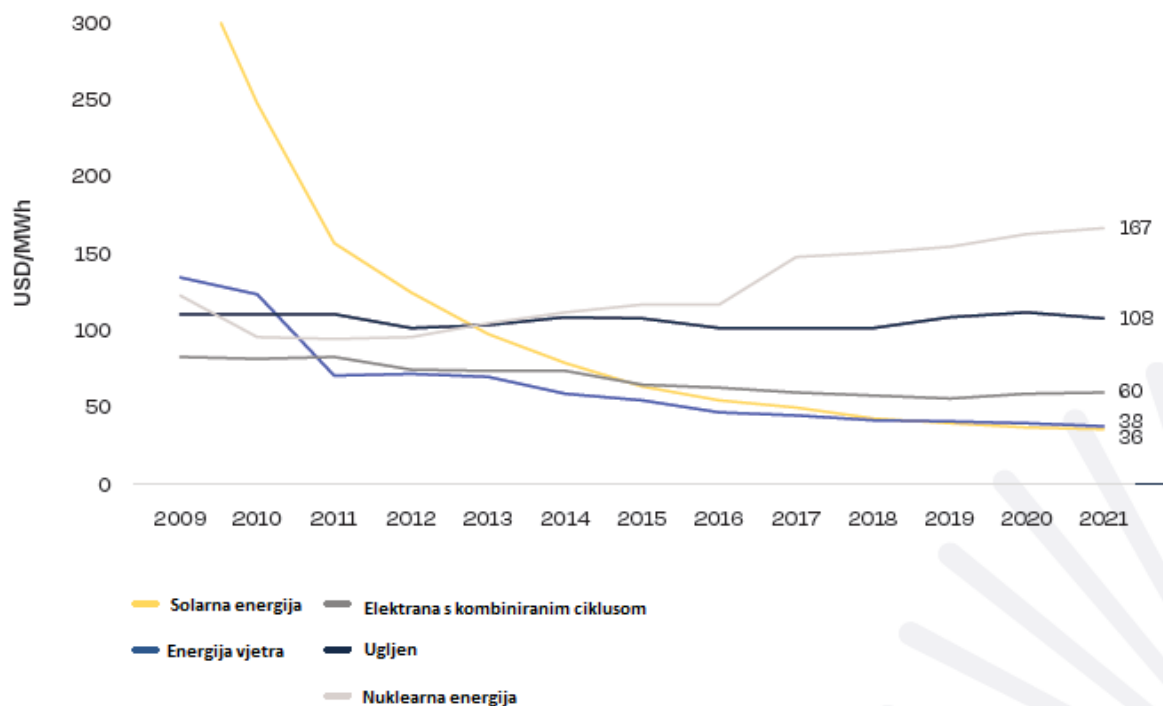
U 2021. godini diljem svijeta je postavljeno 167,8 GW novih kapaciteta za solarnu energiju, a to je udio od 56% od svih novih instaliranih kapaciteta obnovljivih izvora energije (Slika 21). U usporedbi s 2020. godinom, taj udio je tada iznosio 47%.



Slika 21 Postavljeni novi kapaciteti obnovljivih izvora energije u 2021. godini

Izvor: Solar power Europe: Global Market Outlook for solar power 2022 – 2026.

Uloga sunca u globalnoj energetskej tranziciji postaje sve veća, s obzirom da je 2021. godine instalirano više kapaciteta za solarnu energiju nego za sve ostale oblike obnovljivih izvora energije zajedno. Trošak proizvodnje električne energije solarnih elektrana u odnosu na druge tehnologije se u zadnjih desetak godina drastično smanjio (Slika 22).

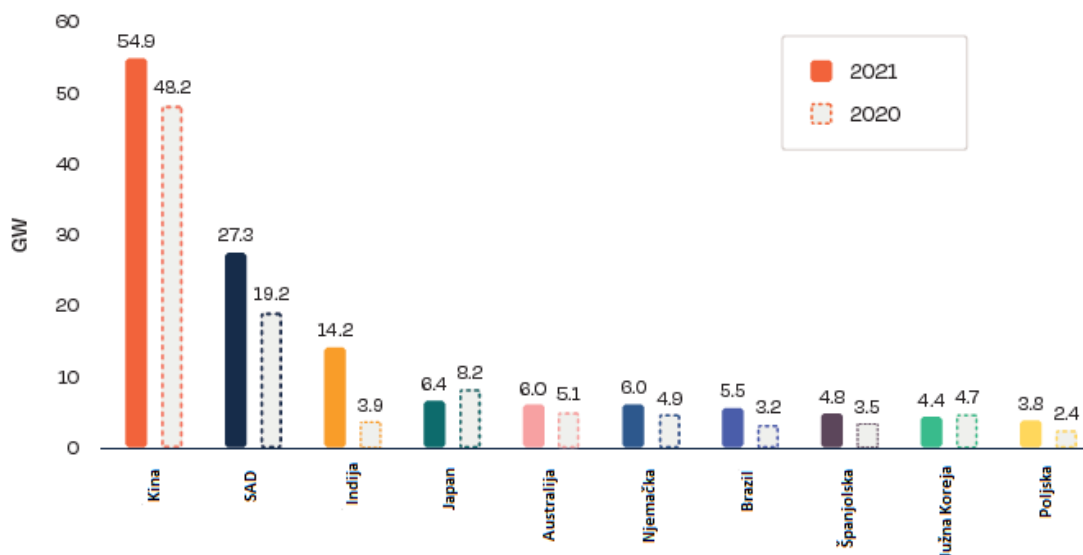


Slika 22 Trošak proizvodnje električne energije solarnim elektranama u usporedbi s drugim izvorima energije od 2009.g. – 2021. g.

Izvor: Solar power Europe: Global Market Outlook for solar power 2022 – 2026.

Solarne elektrane sada imaju niže troškove proizvodnje od proizvodnje električne energije fosilnim gorivima ili nuklearnom energijom, a trenutno su i niži troškovi proizvodnje i od proizvodnje električne energije vjetroelektranama u mnogim regijama diljem svijeta. U usporedbi s 2009.g. početkom promatranog razdoblja, trošak proizvodnje električne energije sunčevom energijom je smanjen za 90%.

Većina od 10 najvećih solarnih tržišta u 2021. ostala je ista kao i 2020. godine, ali su se mnoge pozicije promijenile zbog različita dinamika rasta (Slika 23).



Slika 23 Države s najviše fotonaponskih panela, 2020 – 2021.g.

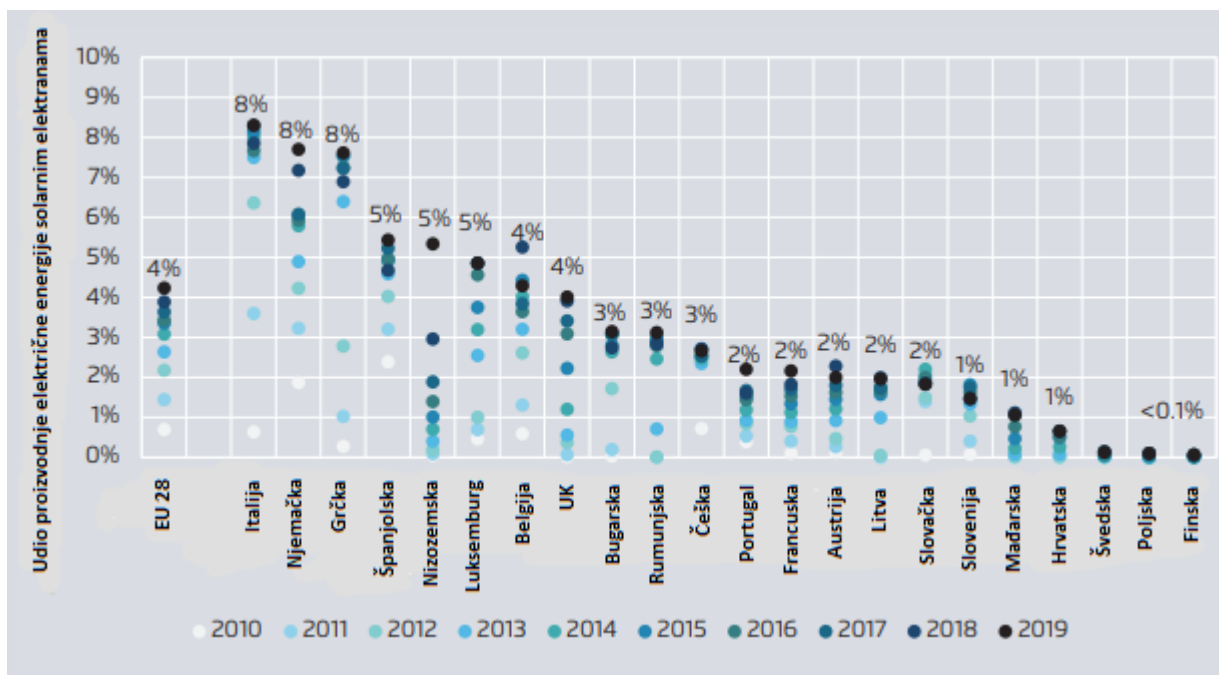
Izvor: Solar power Europe: Global Market Outlook for solar power 2022 – 2026.

Kina je zadržala svoju poziciju tržišnog lidera u 2021. godini, dodajući dvostruko veći kapacitet solarne energije od drugog po veličini tržišta, Sjedinjenih Američkih Država. Nakon godinu dana oštrog porasta u 2019. godini, kinesko tržište je usporilo s dodatnih 54,9 GW u 2021. godini, što je još uvijek rast od 14% [28].

2.5.2. Solarna energija u Europskoj Uniji

Solarnom se energijom proizvodi 4% europske električne energije, ali ova stopa značajno varira od zemlje do zemlje. Malta ima najveći udio solarne energije u proizvodnji električne

energije, proizvodi 9 % električne energije iz solarne energije, dok se za drugo mjesto bore Italija, Njemačka i Grčka sa 8% (Slika 24).

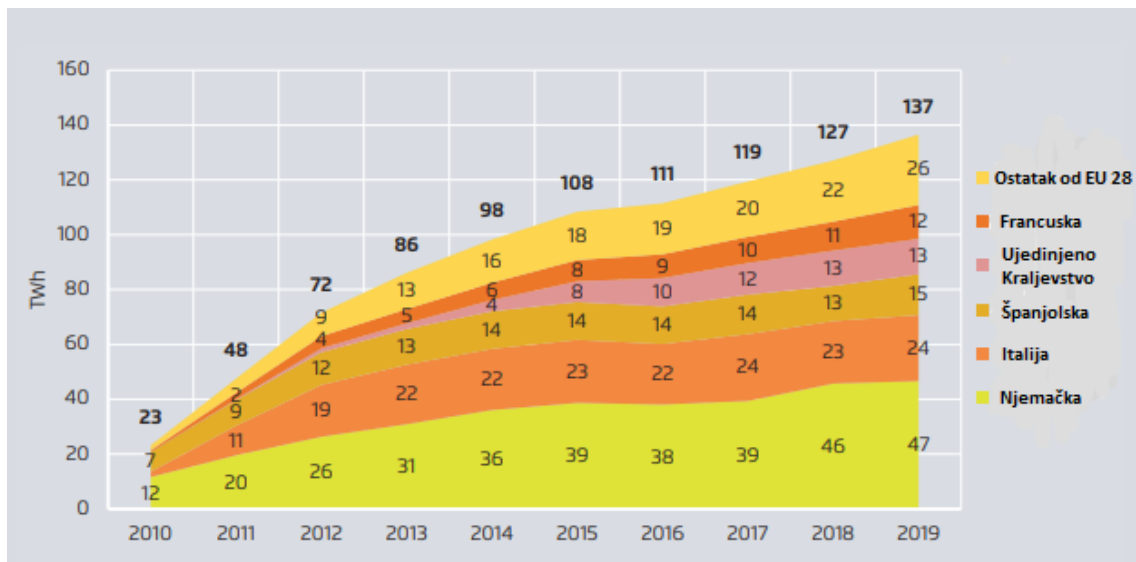


Slika 24 Solarna energija kao udio u proizvodnji električne energije država EU

Izvor: Agora: Energiewende, Sandbag (2019): The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition

S druge strane, neke zemlje su gotovo bez solarne proizvodnje: Poljska, Finska, Estonija, Latvija, Švedska i Irska jedva da se registriraju, pa čak i sunčana Hrvatska i Slovenija imaju samo 1%.

Nizozemska solarna proizvodnja najviše je porasla u 2019. (+ 3 TWh), a zatim Španjolska (+ 2,1 TWh) i Francuska (+ 1,7 TWh). Ove tri zemlje pridonijele su povećanjem proizvodnje solarne energije od 54% u cijeloj EU (Slika 25).



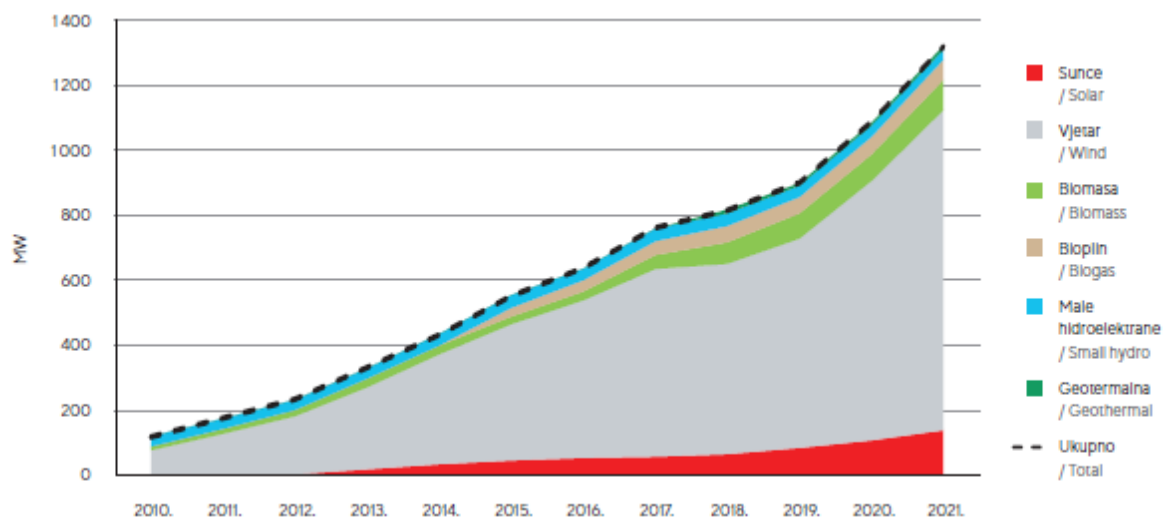
Slika 25 Proizvodnja električne energije solarnim elektranama

Izvor: Agora: Energiewende, Sandbag (2019): The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition

Ključ za rast solarne energije u EU i šire je njezina konkurentnost. Solarna energija je često jeftinija nego bilo koji drugi izvor energije danas. Krivulja smanjenja troškova pada sve bržim tempom nego za bilo koju drugu tehnologiju. Španjolska je bila najveće solarno tržište u Europi u 2019. Instalirala je 4,7 GW snage fotonaponskih panela, a slijede je Njemačka (+4 GW) i Nizozemska (+2,5 GW). Francuska je instalirala 1 GW, a Poljska je bila peta s 0,8 GW. Zajedno je ovih pet zemalja instaliralo 78% novih solarnih kapaciteta EU-a. Stope solarnih instalacija mogle bi se gotovo utrostručiti u naredne 3 godine na 41,4 GW godišnje [12].

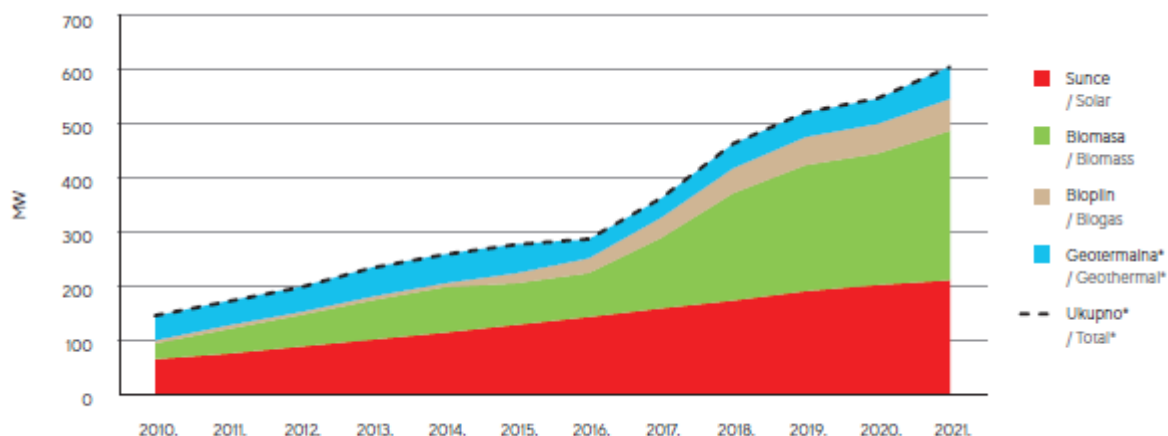
2.5.3. Solarna energija u Republici Hrvatskoj

U 2021. godini dolazi do porasta instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije (Slika 26), i toplinske energije (Slika 27). iz solarne energije.



Slika 26 Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj

Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled, 2021.



Slika 27 Instalirani kapaciteti za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj

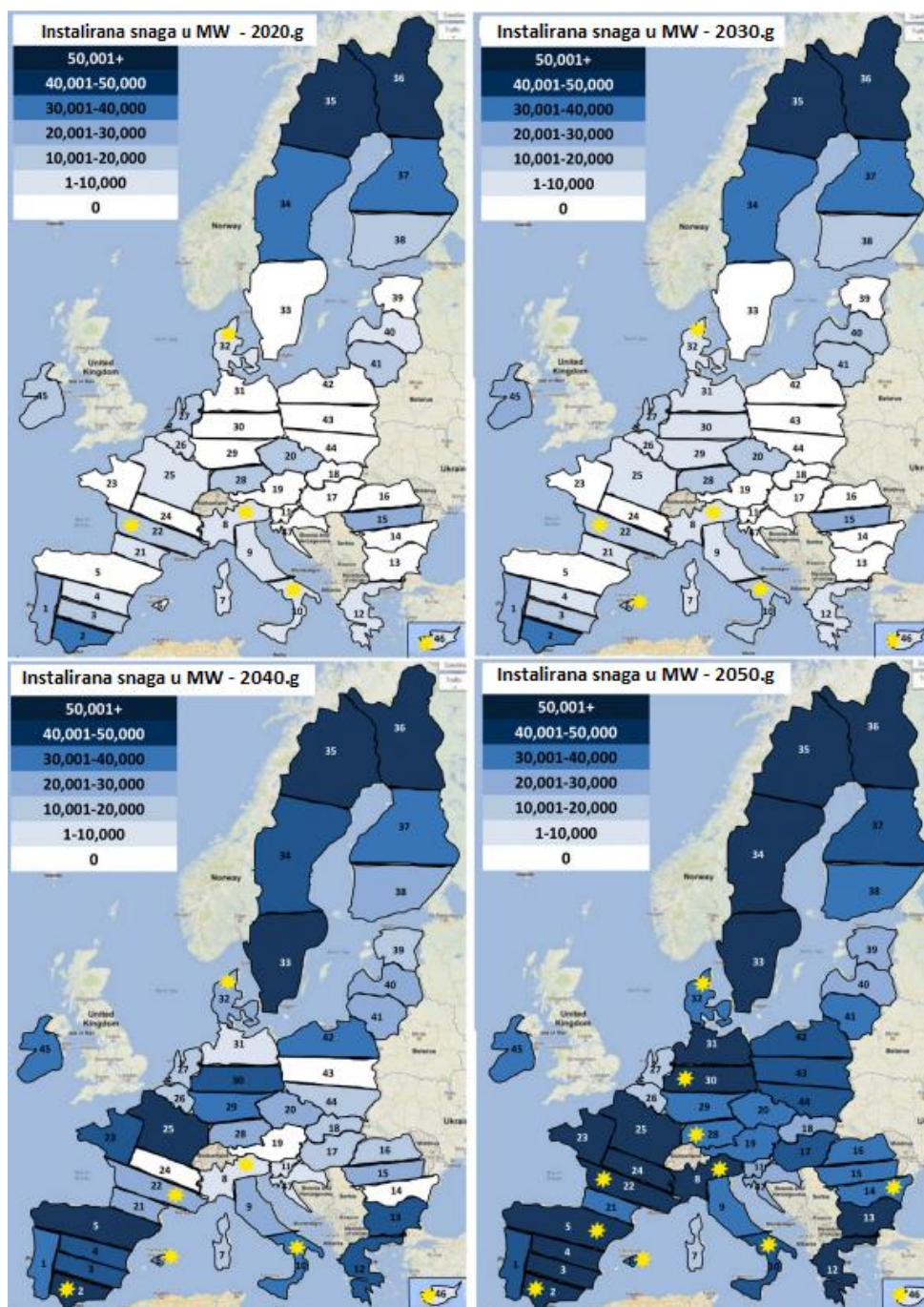
Izvor: Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled, 2021.

Instalirana toplinska snaga solara je 210,7 MW, dok je instalirana električna snaga 138,3 MW [6].

3. Strategija niskougljičnog razvoja Europske Unije do 2030.godine s pogledom na 2050. godinu

Ublažavanje klimatskih promjena jedan je od najvećih izazova s kojima se suočava moderno društvo, a koje je usko povezano s pitanjem budućnosti energetske sustava. Europska komisija predložila je obvezujući cilj neto nulte emisije stakleničkih plinova kako bi se postigla klimatska neutralnost EU do 2050., u skladu s klimatskim mjerama iz Pariškog sporazuma, koji ima za cilj ograničiti globalno zagrijavanje znatno ispod 2 °C, ili po mogućnosti ispod 1,5 °C. Kako bi se postigao cilj ugljično neutralne EU do 2050., potrebno je razviti održiv i konkurentan energetske sustav. To znači smanjenje emisije stakleničkih plinova i povećanje učinkovitosti energetske sustava. Prometni sektor je dominantan u konačnoj potrošnji energije u EU – na njega otpada oko 30% ukupne potrošnje energije, zatim slijede kućanstva i industrija. Još uvijek se ovisi o fosilnim gorivima koja su odgovorna za više od četvrtine emisija stakleničkih plinova u EU.

Na slici 28 prikazana je distribuciju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora u cijeloj EU u sljedećih 30 godina.

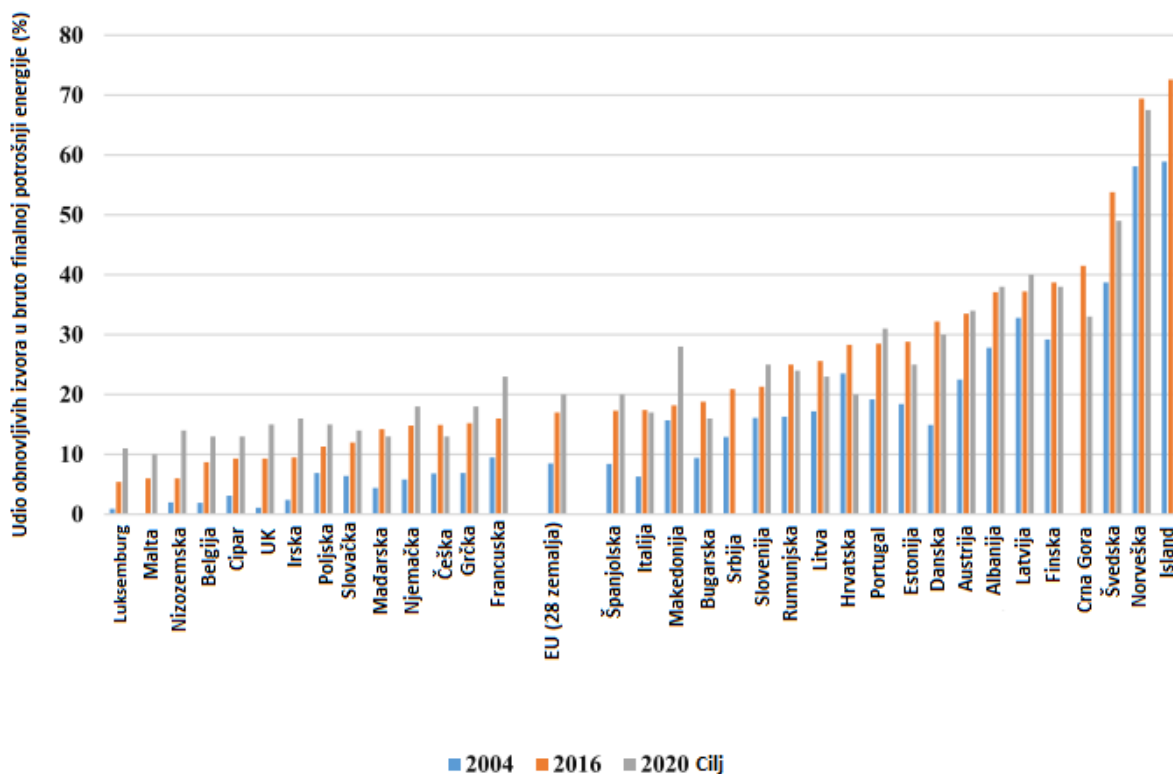


Slika 28 Distribucija proizvodnje električne energije u 27 članica EU s prikazom trenutnog stanja 2020.g. i budućih predviđanja za 2030., 2040. i 2050. godinu

Izvor: Potrč, S., Čuček, L., Martin, M., & Kravanja, Z. (2021). Sustainable renewable energy supply networks optimization—The gradual transition to a renewable energy system within the European Union by 2050. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111186.

Prijelazni koraci od desetogodišnjih razdoblja razmatraju se tako da su prikazane četiri karte, gdje prva karta (gore lijevo) predstavlja trenutnu optimiziranu proizvodnju električne energije iz

OIE diljem EU. Za 2030. potrebno je postići 50% OIE udjela u bruto potrošnji električne energije, za 2040. treba postići 75% udjela a, za 2050. trebala bi se dogoditi potpuna tranzicija u sektoru električne energije. Pretpostavljeno je i postupno povećanje potražnje za električnom energijom. Turbine na vjetar imaju prednost u odnosu na fotonaponske panele jer mogu generirati električnu energiju zimi. [29]. Na slici 29 prikazan je udio potrošnje električne energije u odabranim Europskim zemljama.



Slika 29 Udio potrošnje električne energije u odabranim Europskim zemljama

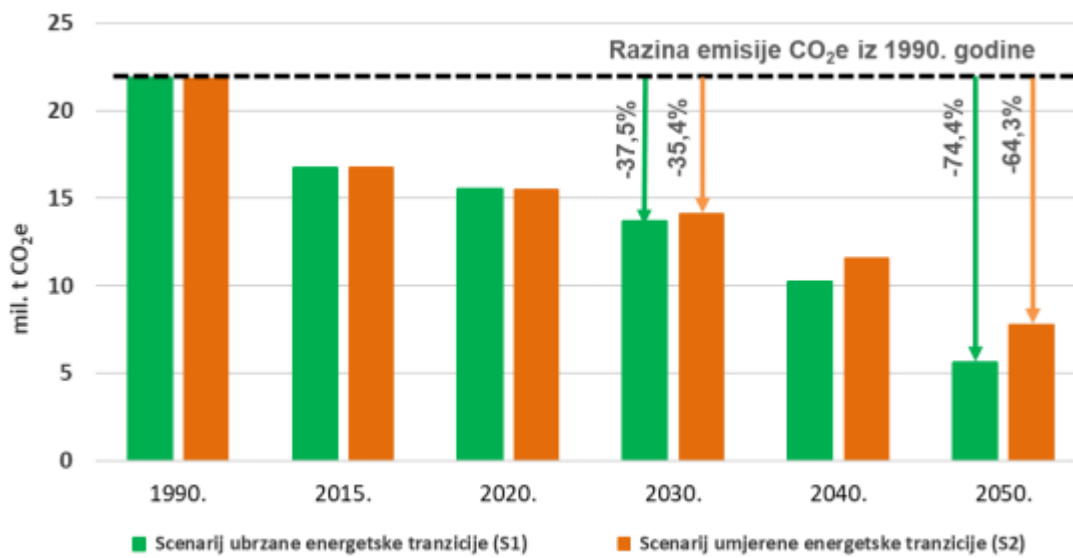
Izvor: Child, M., Kemfert, C., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). Flexible electricity generation, grid exchange and storage for the transition to a 100% renewable energy system in Europe. *Renewable energy*, 139, 80-101.

Republika Hrvatska je ispunila svoje ciljeve za 2020. godinu u vezi OIE u bruto finalnoj potrošnji (Slika 29).

3.1. Strategija Republike Hrvatske u vezi obnovljivih izvora energije

U Republici Hrvatskoj je donesena strategija niskougljičnog razvoja do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu. Europska komisija je 2019. godine podijelila klimatsku ambiciju u Europskom zelenom planu. U planu je iskazano da Europska Unija želi postati klimatski neutralna do 2050. godine, a do 2030. godine se žele smanjiti emisije stakleničkih plinova svih članica za 55%. Da bi se takav scenarij ostvario, potrebno je postići održivi razvoj gospodarstva i učinkovito

koristiti resurse. Isto tako, potrebno je smanjiti energetske ovisnost i onečišćenje zraka, te tako pozitivno utjecati na zdravlje i kvalitetu života građana. Kao jedan od glavnih ciljeva ističe se povećanje udjela obnovljivih izvora energije. Povećanjem udjela obnovljivih izvora energije dolazi i do smanjenja proizvodnje otpada, smanjenja ovisnosti o uvozu energenata, smanjenja emisija stakleničkih plinova (Slika 30) i u konačnici dolazi do razvoja industrijskog sektora vezanog za tehnološki razvoj postrojenja za obnovljive izvore energije i novih radnih mjesta.

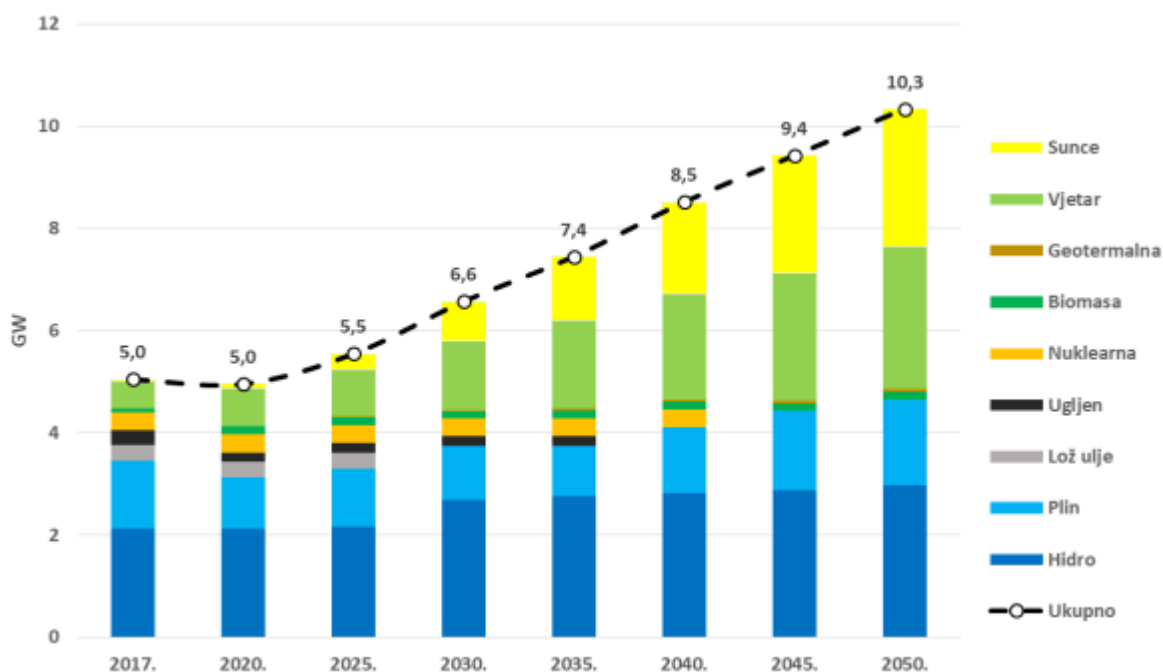


Slika 30 Projekcija ukupnih emisija stakleničkih plinova u scenarijima S2 i S1

Izvor: Republika Hrvatska, ministarstvo zaštite okoliša i energetike: Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, Zagreb, veljača 2020. godine

U 2030. godini je pretpostavljeno smanjenje emisija stakleničkih plinova od 35,4% do 37,5%, a do 2050. godine od 64,3% do 74,4% do 2030. godine.

Republika Hrvatska ima cilj za ostvarivanjem 60% udjela OIE u proizvodnji energije, a do 2050. godine 82% (Slika 31). Da bi se ciljevi ostvarili, potrebno je promijeniti strukturu utrošenih oblika energije. Očekuje se porast udjela električne energije i vodika, a smanjuje se udio prirodnog plina te krutih i tekućih fosilnih goriva. Slika 31 prikazuje snage elektrana u Republici Hrvatskoj do 2050. godine.



Slika 31 Snaga elektrana u Republici Hrvatskoj do 2050. godine

Izvor: Republika Hrvatska, ministarstvo zaštite okoliša i energetike: Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, Zagreb, veljača 2020. godine

Snage vjetroelektrana prema ovom scenariju rastu na oko 1360 MW u 2030. ,a na oko 2800 MW u 2050. godini. U prosjeku je tijekom tridesetogodišnjeg razdoblja potrebno izgraditi oko 80 MW novih vjetroelektrana godišnje.

Primarni model proizvodnje energije iz obnovljivih izvora je sustav obveznih cijena, Feed-in tarife (FIT) u kojima se naknada (kompenzacija) najvećim dijelom dodjeljuje administrativno, zatim Feed-in premium- FiP u kojoj se dodjeljuje na temelju natječaja, te zatim sustav kvota zelenih certifikata. Taj sustav je bio nužan, da bi investitori bili spremni riskirati na novim tržištima [30, 31].

4. Primjer kućne solarne elektrane

U ovom poglavlju prikazan je primjer postavljanja solarne elektrane na krov kuće.

Lokacija solarne elektrane: Koprivnica

Vrsta krova: kosi krov površine 150m²

Tablica 5 Primjer okvirnih podataka vezanih uz kućnu solarnu elektranu

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

	Brojčani iznos	Mjerna jedinica
Predložena snaga fotonaponske elektrane	2,9	kWp
Broj fotonaponskih panela	7	/
Okvirna površina krova potrebna za instalaciju	17	m ²
Očekivana godišnja potrošnja električne energije	3900	kWh
Očekivana godišnja potrošnja u doba visoke tarife	2535	kWh
Očekivana godišnja proizvodnja fotonaponske elektrane	3441	kWh

U kući se koristi centralno grijanje na plin i također se koristi plinska ploča za kuhanje. Sa sedam fotonaponskih panela postigla bi se cjelokupna samoopskrba električnom energijom u doba visoke tarife kada je cijena električne energije viša (Slika 32). Kod zimskog računanja vremena: visoka tarifa je od 07-21 sati, a kod ljetnog računanja vremena visoka tarifa je od 08-22 sata.

Slika 32 prikazuje udio samoopskrbe u doba visoke tarife.

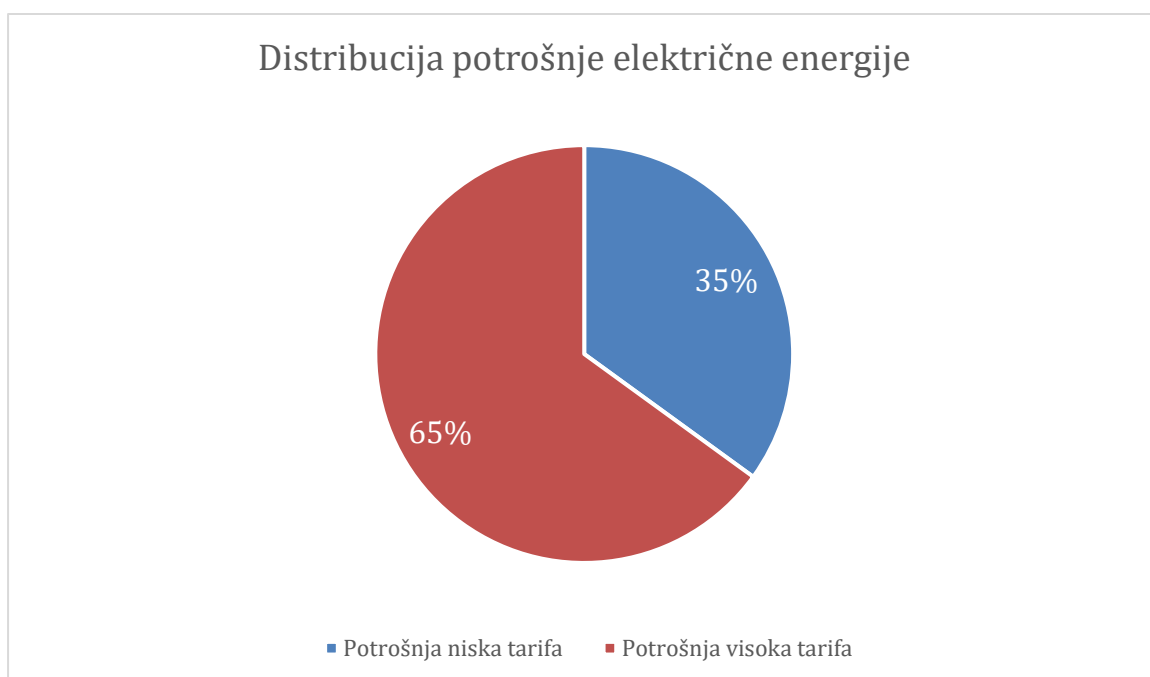


Slika 32 Udio samoopskrbe u doba visoke tarife

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

U Republici Hrvatskoj svi korisnici električne energije koriste neku vrstu tarifnog modela prema kojem im se obračunava potrošnja. Kod jednotarifnog brojila, cijena kilovatsata je jednaka tijekom cijelog dana, a kod višetarifnog brojila obračun se može vršiti prema istoj dnevnoj tarifi (Tarifni model Plavi) ili prema višoj i nižoj dnevnoj tarifi (Tarifni model Bijeli).

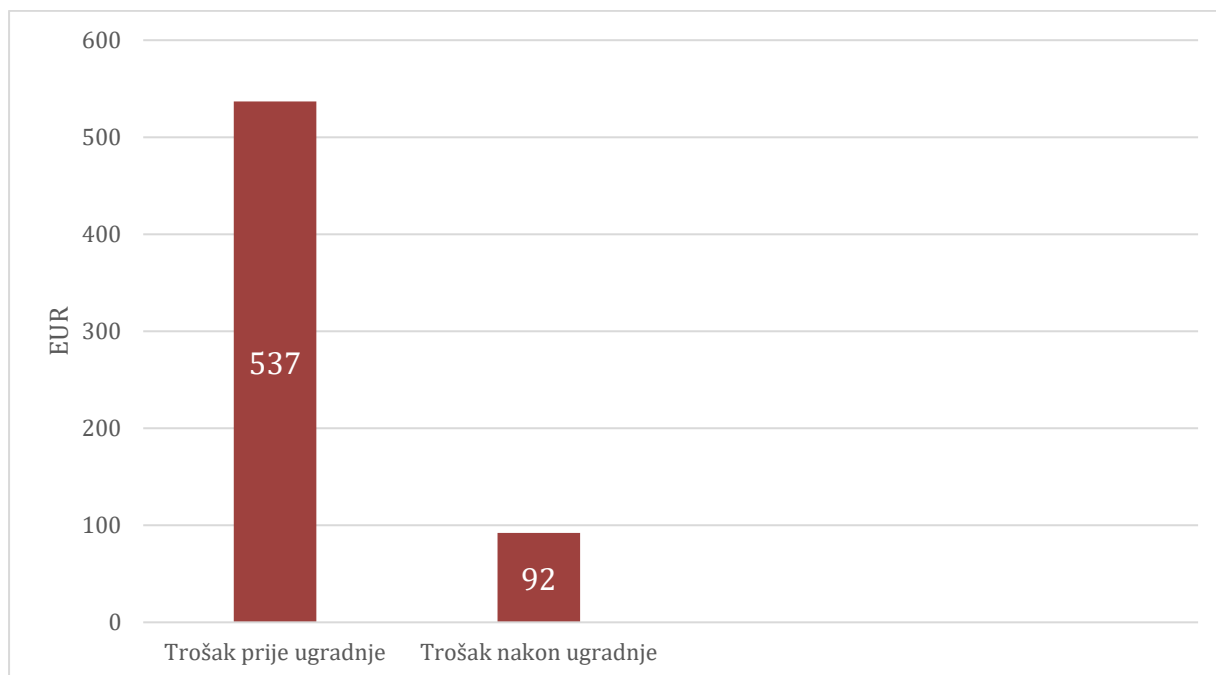
Kuća korištena za primjer 65% električne energije koristi u doba visoke tarife (Slika 33).



Slika 33 Distribucija potrošnje električne energije

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Instalacijom sedam (7) fotonaponskih panela snage 2,9 kWp, postigla bi se godišnja ušteda na računima za električnu energiju od 445, 12 eura (Slika 34).



Slika 34 Graf troškova godišnje potrošnje električne energije prije i nakon ugradnje fotonaponskih panela

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Nakon ugradnje fotonaponskih panela trošak godišnjih računa za električnu energiju se smanjio s 537 eura na 92 eura, što je ušteda od 445 eura, odnosno 83%. Očekivana godišnja potrošnja električne energije je 3900 kWh, dok je očekivana godišnja proizvodnja fotonaponske elektrane 3441 kWh.

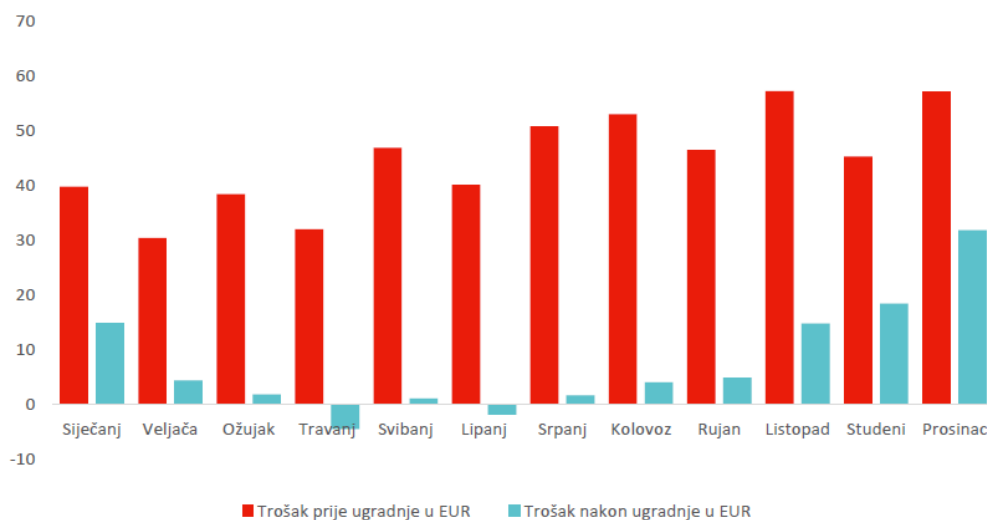
S obzirom da je godišnja ušteda na računima za električnu energiju 445,12 eura i životni vijek elektrane 25 godina, kad se pomnože ta dva iznosa dobivena je ukupna ušteda za životnog vijeka projekta fotonaponske elektrane od 11128,05 eura. Podijeli li se iznos početne investicije od 5262,46 eura s godišnjom uštedom na računima za električnu energiju od 445,12 eura dobije se vrijeme povrata investicije od 11,82 godina (Slika 35).



Slika 35 Ukupna ušteda za životnog vijeka fotonaponskih panela

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

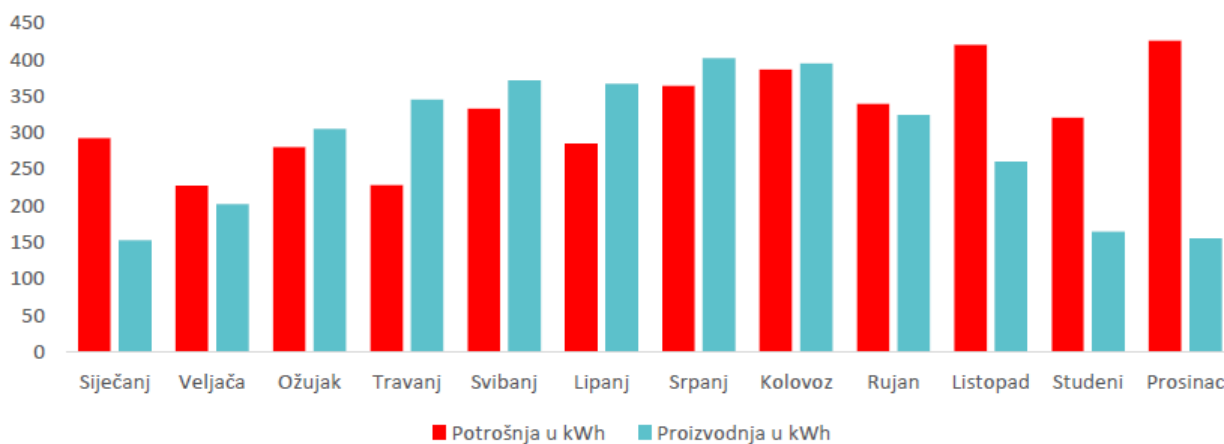
Na Slici 36 prikazan je grafikon troškova električne energije kroz godinu prije i nakon ugradnje fotonaponskih panela.



Slika 36 Troškovi električne energije kroz godinu prije i nakon ugradnje fotonaponskih panela

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Na Slici 37 prikazana je proizvodnja električne energije fotonaponskim panelima u usporedbi sa potrošnjom električne energije u stambenoj kući.



Slika 37 Usporedba proizvodnje i potrošnje električne energije u kWh

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

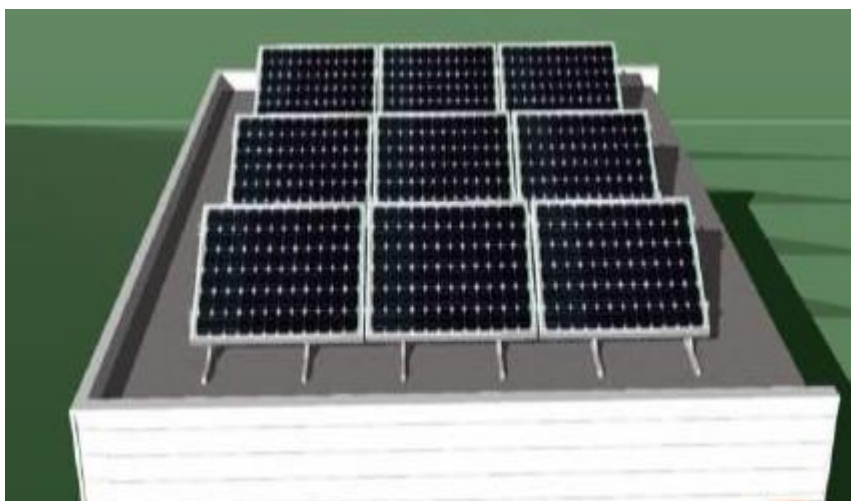
Na Slici 38 je prikazana postavljena solarna elektrana na kosom krovu.



Slika 38 Primjer solarne elektrane na kosom krovu

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Na Slici 39 je prikazana solarna elektrana na ravnom krovu.



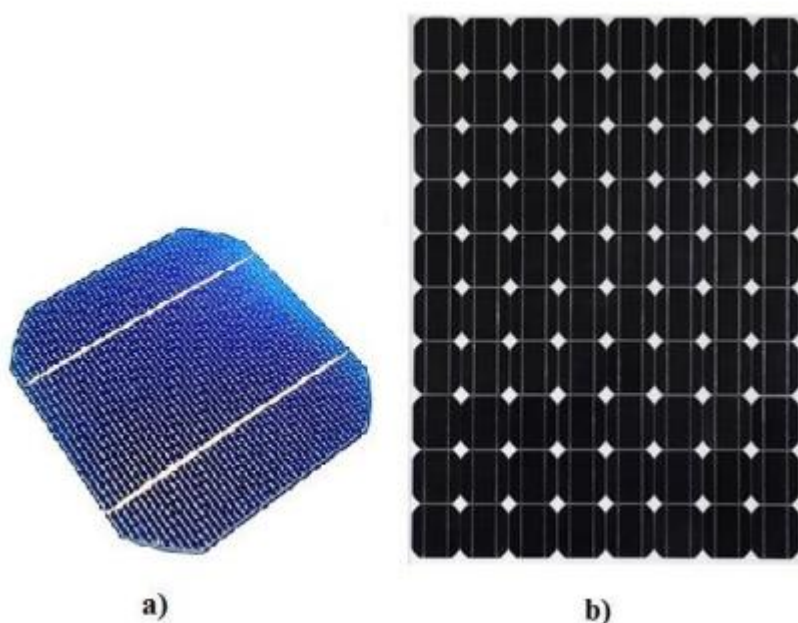
Slika 39 Primjer solarne elektrane na ravnom krovu

Izvor: <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Ponuda koja je zatražena od tvrtke E.ON po sistemu ključ u ruke uključuje:

- Projektiranje solarne elektrane,
- Isporuka i ugradnja kućne solarne elektrane 2,9 kWp
- Priprema projektne dokumentacije
- Ishođenje mogućnosti priključenja od strane HEP ODS-a
- Montaža elektrane
- Puštanje elektrane u pogon
- Garantirani otkup viška proizvedene el. energije
- 10 godina osiguranja

Tip predloženih solarnih panela: monokristalni (Slika 40), raspon snage 400W – 450W



Slika 40 Monokristalna silicijeva ćelija (a) i panel (b)

Izvor: Jambrešić, T. (2020). *Recikliranje solarnih panela* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek. Department of Core Courses. Chair of Mathematics, Physics and Mechanical Engineering).

Brand fotonaponskih panela: Trina Solar

Cijena solarne elektrane: **5262,46 eura**

PDV se obračunava po stopi od **0%** za isporuku i ugradnju solarnih panela

Proizvođačko jamstvo na Trina fotonaponske panele je 15 godina, a garancija na linearni pad proizvodnje je 25 godina (minimalno 85% snage nakon 25 godina rada). Jamstvo na fotonaponski izmjenjivač Enphase (mikroinverteri) - 25 godina garancije [32].

5. Zaključak

Kako bi se postigao cilj Europske Unije o ugljičnoj neutralnosti, sve članice trebaju smanjiti emisije CO₂ i povećati korištenje obnovljivih izvora energije, pa tako i Republika Hrvatska nastoji pridonijeti tome cilju. U Republici Hrvatskoj se koristi sve više obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije. Razne državne mjere poticanja izgradnje solarnih elektrana i pad cijena solarnih panela, doveli su do porasta korištenja energije sunca.

Primjer investicije solarne elektrane snage fotonaponskih panela od 2,9 kWp u vrijednosti 5262,46 eura prikazuje smanjenje troškova potrošnje električne energije od 83% na godišnjoj razini. Povrat investicije se očekuje nakon 11,82 godine, te u svojem životnom vijeku projekta se očekuje i ušteda nakon prvih 11,82 godine pa do kraja životnog vijeka fotonaponskih panela od 5865,59 eura. Uz energiju sunca za postizanje buduće ugljične neutralnosti posebno je za RH bitna i energija vjetra i geotermalna energija jer postoji velik potencijal za njihovo iskorištavanje.

Sveučilište
Sjever



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Nino Medimovec (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Obzorji izvan energije u Republici Srpskoj s naglaskom na obnovu energije (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Nino Medimovec
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Nino Medimovec (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Obzorji izvan energije u Republici Srpskoj (upisati naslov) čiji sam autor/ica. s naglaskom na obnovu energije

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Nino Medimovec
(vlastoručni potpis)

6. Literatura

- [1] Herzog, A. V., Lipman, T. E., & Kammen, D. M. (2001). Renewable energy sources. Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Forerunner Volume-‘Perspectives and overview of life support systems and sustainable development, 76.
- [2] Shahzad, U. (2012). The need for renewable energy sources. *energy*, 2, 16-18.
- [3] Knezović, N., & Rozić, Ž. (2020). Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije. e-Zbornik, elektronički zbornik radova Građevinskog fakulteta, 10(19), 39-46.
- [4] Pašičko, R., Branković, Č., & Šimić, Z. (2012). Assessment of climate change impacts on energy generation from renewable sources in Croatia. *Renewable Energy*, 46, 224-231.
- [5] Holjevac, N., Baškarad, T., Đaković, J., Krpan, M., Zidar, M., & Kuzle, I. (2021). Challenges of high renewable energy sources integration in power systems—the case of croatia. *Energies*, 14(4), 1047.
- [6] Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled, 2021.
- [7] Huđek, H., Žganec, K., & Pusch, M. T. (2020). A review of hydropower dams in Southeast Europe—distribution, trends and availability of monitoring data using the example of a multinational Danube catchment subarea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109434.
- [8] Steinhurst, W., Knight, P., & Schultz, M. (2012). Hydropower greenhouse gas emissions. *Conservation Law Foundation*, 24(6).
- [9] Gereš, D. (2004). Kruženje vode u zemljinom sustavu. *Građevinar*, 56(06), 355-365.
- [10] Pandey, B., & Karki, A. (2016). *Hydroelectric energy: renewable energy and the environment*. CRC Press.
- [11] Killingtveit, Å. (2019). Hydropower. In *Managing global warming* (pp. 265-315). Academic Press.
- [12] Agora Energiewende, Sandbag (2019): *The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition*
- [13] Radolović, V. (2016). *Primjena obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj* (Doctoral dissertation, University of Pula. Faculty of economics and tourism" Dr. Mijo Mirković").
- [14] <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-sjever/1718> Posjećeno: 20.4.2023.
- [15] WindEurope (2022.), *Wind energy in Europe 2022., Statistics and the outlook for 2023-2027*
- [16] <https://www.hops.hr/vjetroelektrane> Posjećeno: 21.4.2023.
- [17] Atlas vjetra Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_8 (09.09.2021.)
- [18] Brezovec, M. (2022). *Vjetroelektrane u Hrvatskoj* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek. Department of Power Engineering. Electromagnetic Compatibility Laboratory).
- [19] Bioenergy, I. E. A. (2005). *Benefits of bioenergy*. IEA bioenergy: ExCo.
- [20] <https://www.hrote.hr/izvjestaji> Posjećeno: 21.4.2023.
- [21] Žagar, K. *Geotermalna energija, državni zbor, Republika Slovenija, Ljubljana, 2022.*
- [22] *European Geothermal Congress (2019.), EGC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe*
- [23] Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, *Geothermal Energy Utilisation Potential in Croatia, Field and Study Visits’ Report, 2017.*
- [24] *Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: A review* G.K. Singh
- [25] Šikić, L. (2016). *Energija sunca i solarne inovacije za budućnost* (Doctoral dissertation, Polytechnic of Sibenik. Management).
- [26] Marić, F. (2019). *Solarni sustav grijanja vode za obiteljsku kuću* (Doctoral dissertation, Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Mechanical Engineering).
- [27] Ivančan, J. (2020). *Termalne solarne elektrane* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Department of Physics. Division of Experimental Physics. Division Chair of Fundamental Physics).
- [28] *Solar power Europe (2021.) : Global Market Outlook for solar power 2022 – 2026.*
- [29] Potrč, S., Čuček, L., Martin, M., & Kravanja, Z. (2021). Sustainable renewable energy supply networks optimization—The gradual transition to a renewable energy system within the European Union by 2050. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111186.
- [30] *Republika Hrvatska, ministarstvo zaštite okoliša i energetike: Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, Zagreb, veljača 2020. godine*

- [31] <https://oie.hr/en/i-energy-transition-why-we-needed-feed-in-tarrifs-and-why-we-are-switching-to-premium-model/> Posjećeno: 25.5.2023.
- [32] <https://www.eon.hr/hr/kucanstva/solarna-energija.html>

Popis slika

Slika 1 Udjeli u ukupnoj proizvodnji primarne energije u Republici Hrvatski u 2021. godini.....	4
Slika 2 Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj u 2021. godini	5
Slika 3 Kruženje vode u zemljinom sustavu	7
Slika 4 Proizvodnja električne energije u svijetu u 2016. godini	8
Slika 5 Proizvodnja električne energije hidroelektrana u Europskoj Uniji	9
Slika 6 Postotak proizvodnje električne energije vjetroelektranama u Europskoj Uniji 2022. godine	12
Slika 7 Atlas vjetra Hrvatske – srednja godišnja brzina vjetra (m/s) na visini od 80 metara iznad tla	15
Slika 8 Atlas vjetra Hrvatske – srednja godišnja brzina vjetra (m/s) na visini od 10 metara iznad tla	16
Slika 9 Tok kruženja ugljika tijekom proizvodnje energije biomasom.....	18
Slika 10 Generiranje električne energije biomasom u 28 zemalja Europske Unije	19
Slika 11 Usporedba instaliranih kapaciteta geotermalne energije u Europi od 1998.g do 2018.g.	25
Slika 12 Korištenje geotermalne energije u različite svrhe, te iz različitih izvora 2019.g.	25
Slika 13 Prikaz instaliranih kapaciteta geotermalne energije za direktnu upotrebu i korištenje za grijanje	26
Slika 14 Geotermalni gradijenti za područje Republike Hrvatske	27
Slika 15 Geotermalna nalazišta u Republici Hrvatskoj	28
Slika 16 Presjek fotonaponske ćelije	30
Slika 17 Fotonaponski sustavi	31
Slika 18 Presjek solarnog kolektora	31
Slika 19 Elektrana sa solarnim tornjem	32
Slika 20 Koncept solarnog tornja	32
Slika 21 Postavljeni novi kapaciteti obnovljivih izvora energije u 2021. godini	33
Slika 22 Trošak proizvodnje električne energije solarnim elektranama u usporedbi s drugim izvorima energije od 2009.g. – 2021. g.	34
Slika 23 Države s najviše fotonaponskih panela, 2020 – 2021.g.	35
Slika 24 Solarna energija kao udio u proizvodnji električne energije država EU	36
Slika 25 Proizvodnja električne energije solarnim elektranama	37

Slika 26 Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj	38
Slika 27 Instalirani kapaciteti za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj	38
Slika 28 Distribucija proizvodnje električne energije u 27 članica EU s prikazom trenutnog stanja 2020.g. i budućih predviđanja za 2030., 2040. i 2050. godinu.....	40
Slika 29 Udio potrošnje električne energije u odabranim Europskim zemljama	41
Slika 30 Projekcija ukupnih emisija stakleničkih plinova u scenarijima S2 i S1	42
Slika 31 Snaga elektrana u Republici Hrvatskoj do 2050. godine	43
Slika 32 Udio samoopskrbe u doba visoke tarife	45
Slika 33 Distribucija potrošnje električne energije.....	45
Slika 34 Graf troškova godišnje potrošnje električne energije prije i nakon ugradnje fotonaponskih panela.....	46
Slika 35 Ukupna ušteda za životnog vijeka fotonaponskih panela	47
Slika 36 Troškovi električne energije kroz godinu prije i nakon ugradnje fotonaponskih panela	48
Slika 37 Usporedba proizvodnje i potrošnje električne energije u kWh	48
Slika 38 Primjer solarne elektrane na kosom krovu	49
Slika 39 Primjer solarne elektrane na ravnom krovu	49
Slika 40 Monokristalna silicijeva ćelija (a) i panel (b).....	50

Popis tablica

Tablica 1 Hidroelektrane u Hrvatskoj	10
Tablica 2 Vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj	14
Tablica 3 Elektrane na biomasu u Republici Hrvatskoj	20
Tablica 4 Elektrane na bioplin u Republici Hrvatskoj	22
Tablica 5 Primjer okvirnih podataka vezanih uz kućnu solarnu elektranu.....	44