

Dr.sc. Minea Skok  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[mkok@eihp.hr](mailto:mkok@eihp.hr)

Dr.sc. Lahorko Wagmann  
Hrvatska energetska regulatorna agencija  
[lwagmann@hera.hr](mailto:lwagmann@hera.hr)

Danko Vidović  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[dvidovic@eihp.hr](mailto:dvidovic@eihp.hr)

Tomislav Baričević  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[tbaricev@eihp.hr](mailto:tbaricev@eihp.hr)

## PROCIJENJENI UTJECAJ KRAJNJIH KUPACA S VLASTITOM PROIZVODNOM I KORISNIKA POSTROJENJA ZA SAMOOPSKRBU NA IZNOS NAKNADE ZA KORIŠTENJE PRIJENOSNE I DISTRIBUCIJSKE MREŽE

### SAŽETAK

Članak 44. Zakona o obnovljivim izvorima električne energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji uredio je obvezu otkupa električne energije od krajnjih kupaca s vlastitom proizvodnjom električne energije i korisnika postrojenja za samoopskrbu (kućanstva) pod određenim uvjetima. Dodatno istoimeni zakon propisuje i da se kod obračuna potrošnje električne energije, te naknade za korištenje mreže (kao i ostalih naknada) korisnika postrojenja za samoopskrbu treba vrednovati količina električne energije koja predstavlja razliku između preuzete i isporučene električne energije u pojedinoj tarifi. Usljed navedenog, kao i s obzirom da se umanjuje količina električne energije koju kupac preuzima iz distribucijske mreže, isplativost ugradnje vlastite proizvodnje kod krajnjih kupaca i korisnika postrojenja za samoopskrbu postaje veća te se očekuje njihova povećana pojava u narednim godinama. Pojava većeg broja kupaca s vlastitom proizvodnjom (KVP) i korisnika postrojenja za samoopskrbu (KPS) rezultirati će smanjenjem prihoda operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava. U članku su sažeto prikazani rezultati analiza, provedenih u 2019. godini, vezno uz mogući (procijenjeni) utjecaj krajnjih kupaca s vlastitom proizvodnjom i korisnika postrojenja za samoopskrbu na smanjenje prihoda operatora prijenosnog i distribucijskog sustava iz naknade za korištenje prijenosne i distribucijske mreže.

**Ključne riječi:** naknada, korištenje mreže, kupac s vlastitom proizvodnjom, korisnik postrojenja za samoopskrbu

## ASSESSMENT OF SELF-GENERATION IMPACT ON TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR AND DISTRIBUTION SYSTEM OPERATOR REVENUES

### SUMMARY

Article 44 of the Law on Renewable Sources and High Efficiency Cogeneration regulates the obligation to purchase electricity from customers who also produce their own energy from renewable energy sources (prosumers) under certain conditions. In addition, the law stipulates that energy supply and network charges (as well as other charges), are based on the net-metered energy (energy absorbed – energy injected) across two periods of a calendar month (i.e. on-peak period and off-peak period). In addition to this saving, there is also “self-consumption” saving due to the energy that is produced and consumed “behind the electricity meter”. These savings are enabling policies designed to increase the cost-effectiveness of installing self-generation by end customers in Croatia. The emergence of more prosumers (residential and commercial) will result (under the existing tariff methodology largely based on volumetric (kWh-based) charges) in lower revenues for transmission and distribution system operators. The article summarizes the results of the analyses carried out in 2019 dealing with the possible (estimated) impact of self-generation (prosumers) on the transmission and distribution network charges.

**Key words:** charge, network usage, prosumers, self-generation, self-consumption

## 1. UVOD

Paket „Čista energija za sve Europljane“ (*engl. Clean Energy Package for all Europeans*) trebao bi potaknuti da do 2050. godine gotovo polovina kućanstava iz Europske unije (EU) proizvodi električnu energiju iz obnovljivih izvora energije (OIE) [1]. Prema provedenim analizama tehnički raspoloživih površina krovova na građevinama u EU [2] postoji potencijal proizvodnje 680 TWh/god (~24,4 % trenutne potrošnje električne energije u EU). Udjeli fotonaponskih (FN) sustava na stambenim zgradama (*engl. residential prosumer*), odnosno na poslovnim/javnim zgradama (*engl. commercial prosumers*) su u EU u 2017. procijenjeni na 28 % odnosno 18 %, što znači da je trenutačno u EU nekoliko milijuna krovnih FN sustava.

Pojava većeg broja kupaca koji unutar svojih postrojenja i instalacija imaju postrojenje za proizvodnju električne energije može rezultirati smanjenjem prihoda operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava. Naime, u Republici Hrvatskoj (RH) vlastita proizvodnja električne energije umanjuje količinu električne energije koju kupac preuzima iz mreže. Kod svih krajnjih kupaca naknada za korištenje distribucijske mreže određuje se temeljem tarifnih elemenata preuzete električne energije (uz naknadu za obračunsko mjerno mjesto, te temeljem tarifnog elementa snage za kupce čija je priključna snaga veća od 20 kW). To je tzv. volumetrijski pristup koji u obračunu u obzir uzima samo izmjerenu električnu energiju. Veći broj kupaca s vlastitom proizvodnjom neminovno će dovesti do smanjivanja prihoda operatora sustava iz naknade za korištenje mreže. U nekom državama članicama EU to smanjenje prihoda bilo je značajno, zbog čega je Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA) odlučila izraditi studiju u kojoj se detaljno analizira utjecaj kupaca s vlastitom proizvodnjom u RH na naknadu za korištenje prijenosne i distribucijske mreže.

Utvrđivanje mogućnosti iskorištavanja OIE ne nekom području složeno je s obzirom da je potrebno razmotriti nekoliko utjecajnih čimbenika:

- a) Potencijal resursa (klimatološke značajke): za FN sustave to je Sunčevo zračenje i drugi relevantni parametri (temperatura, brzina vjetera),
- b) Tehnički potencijal: raspoloživa površina, tehnička učinkovitost sustava,
- c) Ekonomski potencijal: troškovi tehnologije, troškovi nabave (izgradnje), uvjeti financiranja,
- d) Tržišni potencijal: konkurentnost spram s drugih izvora, politika, pravni aspekti (zakonski okvir), poticaji, socio-kulturološki faktori, itd.

Studija je nastojala vrednovati svaki od aspekata iskorištavanja FN sustava na zgradama, a fokus je stavljen na kupce priključene na niskonaponsku (NN) distribucijsku mrežu. Analize su provedene na temelju sljedećih ulaznih podataka: obračunskih podataka s obračunskih mjernih mjesta (OMM)  $\leq 500$  kW (proizvođača i krajnjih kupaca) za 2018. godinu, značajki korisnika distribucijske mreže  $\leq 500$  kW: tarifna kategorija, tarifni model, priključna snaga, faznost, zatim podataka o zgradama, odnosno samostalnim uporabnim cjelinama zgrade, iz registara izvješća o energetskim pregledima zgrade i izdanih energetskih certifikata, te podataka prikupljenih kod popisa stanovništva 2011. godine o stambenim jedinicama: ukupan broj stanova u RH (po županijama, gradovima/općinama i naseljima) prema načinu korištenja, vrsti zgrade, te godini izgradnje. U ovom radu su prikazani rezultati predmetne studije.

## 2. MODELIRANJE PROIZVODNJE I POTROŠNJE

### 2.1. Modeliranje proizvodnje FN sustava

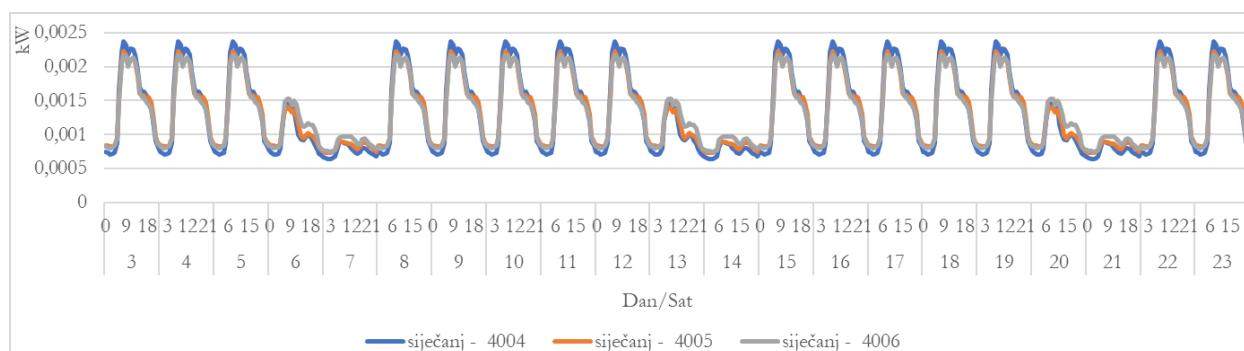
Procjenu potencijala energije Sunčevog zračenja, te procjenu proizvodnje električne energije dobro je temeljiti na priznatim izvorima podataka, analizi lokalnih i globalnih zasjenjenja na lokaciji te simulaciji rada fotonaponskog sustava u očekivanim srednjim klimatološkim uvjetima i uz pretpostavku korištene opreme. Stoga Energetski institut Hrvoje Požar (EIHP) u svojim analizama koristi komercijalni alat PVSol. Uzimajući u obzir ovisnost proizvodnje o nagibu i orijentaciji FN modula, te ograničenjima krovova postojećih građevina, u studiji je simuliran rad dvije inačice FN sustava – s modulima orijentiranim na Jug, nagiba  $30^\circ$  (blisko optimalnoj orijentaciji i nagibu), te s modulima orijentiranim na Istok i/ili Zapad, nagiba  $20^\circ$  (polovina FN polja orijentirana na istok, a druga polovina na zapad, i sve spojeno na jedan izmjenjivač). Tablica I prikazuje simulirane lokacije, povezana distribucijska područja te proizvodnosti za dvije inačice orijentacije FN sustava. Na opisani su način za obje orijentacije i svaku od lokacija (distribucijsko područje) dobiveni satni podaci proizvodnje normirani na 1 kW instalirane snage FN sustava.

Tablica I. Korištene lokacije i simulirane proizvodnosti za dvije orijentacije modula FN sustava

Lokacija	Distribucijsko područje	Proizvodnost [kWh/kW <sub>p</sub> ]		Lokacija	Distribucijsko područje	Proizvodnost [kWh/kW <sub>p</sub> ]	
		Jug, 30°	I/Z, 20°			Jug, 30°	I/Z, 20°
Zagreb	Elektra Zagreb	1.123,55	963,33	Sl. Brod	Elektra Slavonski Brod	1.257,70	1.050,27
	Elektra Zabok				Elektra Požega		
Varaždin	Elektra Varaždin	1.174,07	987,78	Karlovac	Elektra Karlovac	1.151,90	982,18
	Elektra Čakovec				Elektra Sisak		
	Elektra Koprivnica			Pula	Elektroistra Pula	1.445,73	1.182,98
Bjelovar	Elektra Bjelovar	1.186,77	1.002,44	Rijeka	Elektroprimoje Rijeka	1.262,15	1.038,44
	Elektra Križ			Zadar	Elektra Zadar	1.460,58	1.186,47
	Elektra Virovitica			Šibenik	Elektra Šibenik	1.500,31	1.210,47
Osijek	Elektroslavonija Osijek	1.279,11	1.061,40	Split	Elektrodalmacija Split	1.459,10	1.191,63
	Elektra Vinkovci			Dubrovnik	Elektrojug Dubrovnik	1.393,13	1.151,49
				Gospić	Elektrolika Gospić	1.295,56	1.088,76

## 2.2. Modeliranje potrošnje

Kako bi se za kućanstva modelirala satna potrošnja tijekom godine, primijenjena je nadomjesna krivulja opterećenja (NKO) karakteristične skupine kupaca (KSK) K0 koja je u službenoj primjeni na tržištu električne energije [3]. Za razliku od kućanstava, za poduzetništvo na NN oblik satne krivulje opterećenja ima značajan utjecaj na uštede KVP. U tom smislu je u studiji bilo bitno što vjerodostojnije modelirati značajke satne potrošnje poduzetništva na NN. S obzirom da je HEP ODS raspolagao reprezentativnim uzorkom izmjerenih 15-minutnih krivulja opterećenja poduzetništva na NN (~22.000) u analizama su korištene modelirane satne krivulje opterećenja utvrđene temeljem mjernih podataka HEP ODS-a u 2018. godini. Za svako distribucijsko područje posebno i svaki kalendarski mjesec utvrđene su satne krivulje opterećenja za tri karakteristična dana (radni dan, subotu i nedjelju/blagdan), Slika 1.



Slika 1. Modelirane satne krivulje opterećenja poduzetništva na NN - primjer tri distribucijska područja u siječnju: 4004, 4005 i 4006

## 3. ANALIZIRANI UZORAK KUPACA

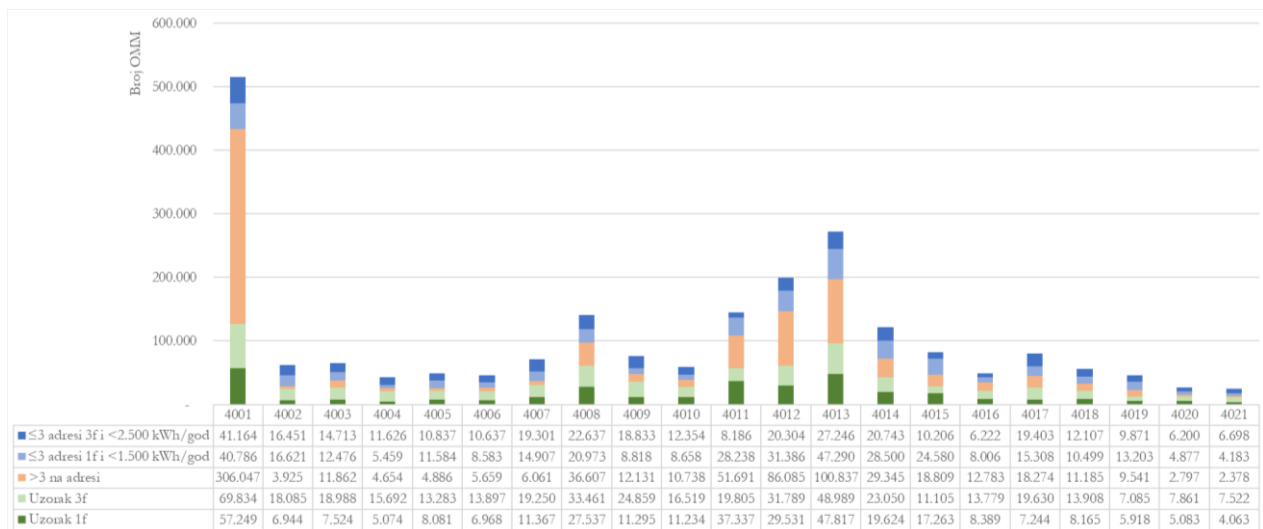
Postojeći zakonski okvir (ZOIEK [4]) ne uređuje odnose kod izgradnje FN sustava na višestambenim i poslovno-stambenim objektima. Obiteljske kuće koje nisu u najmu (dakle koristi ih vlasnik osobno), a jednako tako i poslovni prostori koji imaju vlastiti krov (ili fasadu), najjednostavniji su slučaj u pogledu izgradnje FN sustava. Osnovni razlozi ulaganja u FN sustav za ove grupe korisnika su uštede na računu za električnu energiju. Osim toga, vlastitom proizvodnjom korisnik se osigurava od

nepovoljnog utjecaja kojeg može imati budući porast cijena električne energije. Dodatni razlog su povoljne mjere poticanja. Građevine u kojima ne stanuju ili ne posluju vlasnici objekta (u najmu su) složeniji su pogledu uređivanja odnosa te donošenja odluke o investiranju.

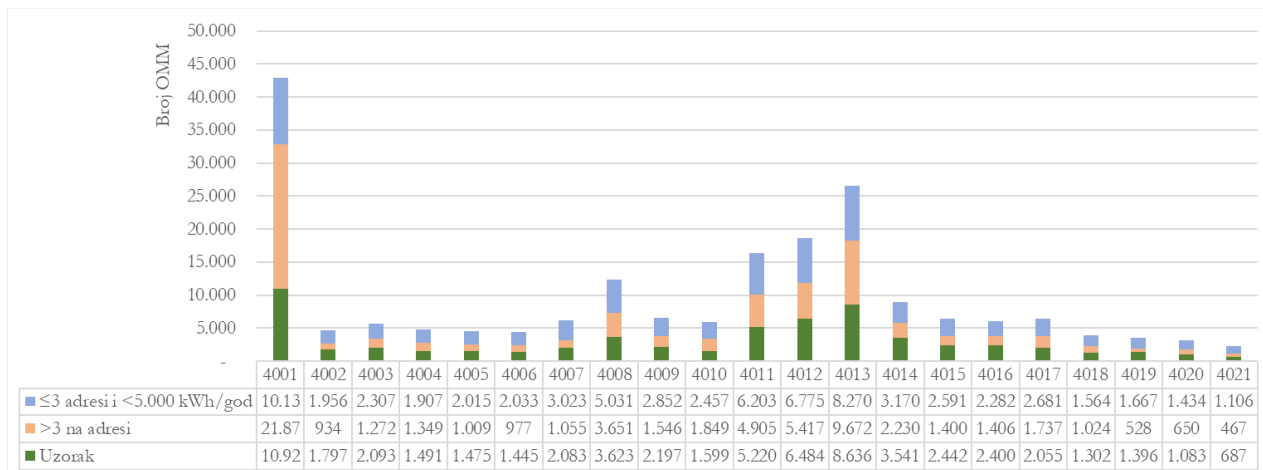
Iz tog razloga studija je od ukupnog broja kućanstava u RH (2.220.180 OMM) i poduzetništva na NN (200.379 OMM) analizirala samo ona OMM (krajnje kupce) za koje vrijedi da ih je do najviše tri na istoj adresi (Slika 2). Na taj je način iz ukupnog broja OMM isključeno: 746.295 kućanstava i 64.948 poduzetnika na NN.



Slika 2. Raspodjela ukupnog broja kućanstava i poduzetništva na NN prema adresi (stanje 2018.)



Slika 3. Smanjenje inicijalnog skupa kupaca kategorije kućanstva prema kriterijima adrese i potrošnje



Slika 4. Smanjenje inicijalnog skupa kupaca poduzetništvo na NN prema kriterijima adrese i potrošnje

Dodatno je uzorak na kojem su provedene analize reduciran po kriteriju minimalne godišnje potrošnje s obzirom da se uz važeće cijene električne energije i specifične troškove FN sustava kod predmetnih kupaca ugradnja FN sustava ne isplati. Korišteni su sljedeći kriteriji: za kućanstva godišnja potrošnja električne energije  $\geq 1.500$  kWh/god (jednofazni), te  $\geq 2.500$  kWh/god (trofazni), te za poduzetništvo na NN: godišnja potrošnja električne energije  $\geq 5.000$  kWh/god.

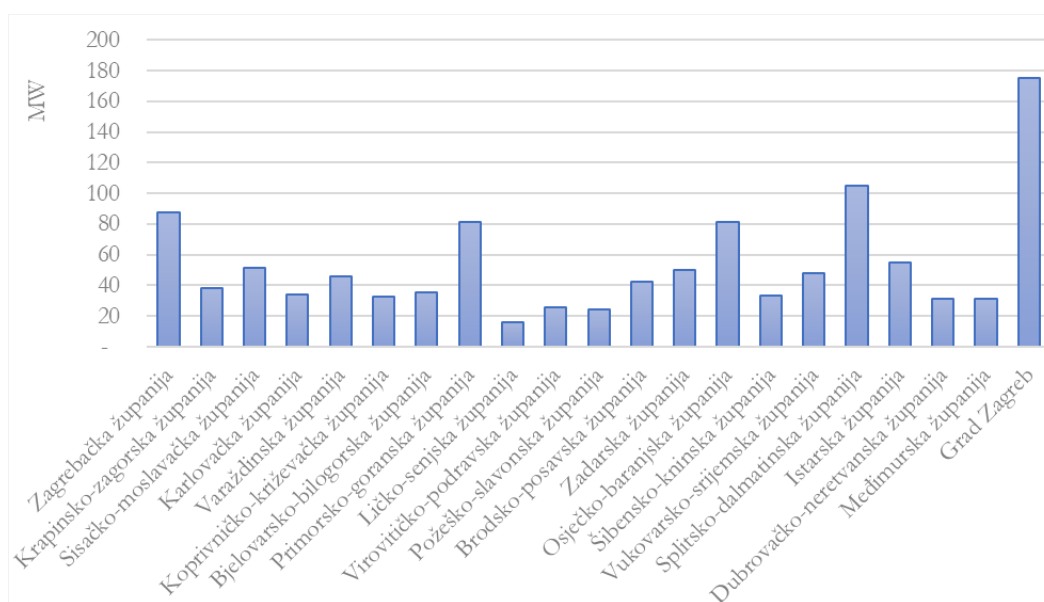
Kod kućanstava su iz uzorka isključena i 545 OMM iz tarifnog modela Crni. Konačni uzorak na kojem su provedene analize u studiji sadržavao je: 792.098 kućanstava, 36 % ukupnog broja u RH (Slika 3). U analiziranom uzorku je bilo 43 % jednofaznih i 57% trofaznih kućanstava, te 66,7 % kućanstava iz tarifnog modela Bijeli (528.237 OMM), 33,2 % Plavi (262.951 OMM) i 0,1 % Crveni (910 OMM). Uzorak je sadržavao 63.976 poduzetništva na NN, 32 % ukupnog broja (Slika 4).

Za studiju je bio bitan podatak o faznosti postojećih priključaka budući je, sukladno trenutačno važećim Mrežnim pravilima distribucijskog sustava [5], uređeno da priključna snaga proizvođača s jednofaznim priključkom iznosi do uključivo 3,68 kW (16 A po fazi).

### 3.2. Kriterij raspoložive krovne površine zgrada

Prema dostupnim podacima, fond zgrada RH 2011. godine je obuhvaćao ukupnu površinu od 198.133.193 m<sup>2</sup>. Praćenjem kretanja fonda zgrada kroz podatke o izdanim građevinskim dozvolama i završenim zgradama, te srušenim zgradama, utvrđena je promjena u fondu zgrada po godinama za razdoblje od 2011. do 2019. godine. Za kraj 2018. godine ukupna površina stambenog sektora procijenjena je na 150 km<sup>2</sup> od čega se na razini RH ~60% odnosi na obiteljske kuće, a preostali dio na višestambeni sektor. Procjena stanja nestambenog fonda zgrada 2011. utemeljena je na Dugoročnoj strategiji za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada RH te izdanim građevinskim dozvolama za nestambene zgrade u razdoblju od 2002. do 2018. godine. Za kraj 2018. ukupna površina nestambenog sektora procijenjena je na 57 km<sup>2</sup>, od čega 42 km<sup>2</sup> komercijalne namjene, te 15 km<sup>2</sup> javne namjene.

Utvrđivanje tehničkog potencijala za ugradnju FN sustava na građevinama u nekom području složeni je postupak kojim se bave mnogi radovi. EIHP-ova procjena potencijala korištenja FN sustava na građevinama temelji se na ukupnoj površini stambenog i nestambenog sektora, uz pretpostavke udjela povoljnih objekata u pojedinom sektoru, prosječnoj katnosti objekata, te faktoru ispune krovne površine. Ukupni potencijal FN sustava na građevinama procijenjen je na nešto manje od 1.500 MW (pretpostavljeno je da prosječno 1 m<sup>2</sup> raspoložive površine odgovara 0,12 kWp). Slika 5 sadrži procjenu tehničkog potencijala korištenja FN sustava na obiteljskim kućama (građevinama s najviše 2 stana) po županijama. U studiji su predmetni podaci korišteni kako bi se ograničilo korištenje FN sustava u pojedinim županijama (distribucijskim područjima).



Slika 5. Procjena potencijala korištenja FN sustava na obiteljskim kućama

## 4. ULAZNI PARAMETRI I PRETPOSTAVKE

### 4.1. Investicijski i operativni troškovi FN sustava

Troškovi FN sustava jedan su od parametara koji najznačajnije utječu na isplativost ulaganja. Podrazumijevaju sve sastavnice FN sustava: fotonaponske module, izmjenjivač i komponente koje se zbirno nazivaju komponentama uravnoteženja sustava („*balance of system - BOS*“), a uključuju troškove podkonstrukcije modula, sigurnosni sustav, priključak na mrežu, sustav za upravljanje i nadzor, troškove izgradnje FN sustava i priključka, ispitivanje i puštanje u pogon, nadzor i inspekciju, projektiranje, ishođenje dokumentacije, troškove financiranja,... Fotonaponski moduli i izmjenjivači su poprilično standardizirani proizvodi. U pravilu ne ovise o lokaciji ugradnje FN sustava. Ipak, određeni uvjeti poput poreza na uvoz mogu utjecati na konačnu cijenu modula. Što se tiče BOS komponenti, troškovi su dosta složeni i značajno se razlikuju od zemlje do zemlje, te mjesta ugradnje FN sustava. Razlog tome su različiti klimatološki uvjeti (Sunčevo zračenje), geografska lokacija, pristup i cijene robe/proizvoda, uvjeti financiranja, sigurnosni propisi, uvjeti na tržištu odnosno zakonski okvir. U slučaju manjih FN sustava do 20 kWp troškovi „BOS“ imaju relativno visoki udjel u ukupnim troškovima (~50%).

Za hrvatsko tržište u studiji su korišteni sljedeći specifični investicijski troškovi (CAPEX): za FN sustave ≤ 20 kWp: 1.500 €/kWp (s PDV), te za FN sustave > 20 kWp: 1.250 €/kWp (s PDV). U analizama se podrazumijevalo da su u navedenim troškovima sadržani i troškovi priključenja na distribucijsku mrežu. Pored navedenih investicijskih troškova, pretpostavljena je zamjena izmjenjivača nakon 12 godina, a za troškove izmjenjivača pretpostavljeno 0,1 €/Wp.

Osim investicijskih troškova, FN sustavima su svojstveni troškovi održavanja i pogona (operativni troškovi, OPEX). Redovni godišnji operativni troškovi su procijenjeni na 1 % ukupne investicije, a uključuju troškove poput čišćenja FN panela, popravaka, polica osiguranja i sl. Za ekonomski životni vijek (efektuiranja) FN sustava smatra se da je 25 godina. U analizama je korištena tipična vrijednost degradacije za polikristalinične module koja iznosi ~0,5 % godišnje.

### 4.2. Tarifne stavke i porast cijena električne energije

U analizama su razmatrani samo kupci na niskom naponu, i to kupci u tarifnim modelima: Plavi, Bijeli i Crveni, s obzirom da studija ne očekuje da će se u tarifnim modelima Žuti i Crni pojaviti KVP odnosno KPS. Kod obračuna za korištenje mreže primijenjeni su važeći iznosi tarifnih stavki za distribuciju [6] i prijenos električne energije [7] u 2019., te je predviđen budući porast stavki: 0,5%/god.

Tablica II. Tarifne stavke za opskrbu krajnjih kupaca kategorije poduzetništvo na NN korištene u studiji

Tarifni model	Radna energija		Naknade
	VT	NT	Opskrbna
	[kn/kWh], bez PDV	[kn/kWh], bez PDV	[kn/mj], bez PDV
<b>Crveni</b>	0,54	0,32	35
Bijeli	0,62	0,39	35
<b>Plavi</b>	0,56		35

Iako u fokusu studije nije bilo istraživanje utjecaja vlastite proizvodnje na obračun opskrbe električnom energijom, utjecaj je svejedno bilo potrebno vrednovati s obzirom da su uštede i u tom dijelu računa presudne za donošenje odluke o optimalnoj instaliranoj snazi FN sustava te isplativosti ulaganja. Za svakog pojedinog kupca nije bio raspoloživ podatak o njegovom opskrbljivaču, a time niti pripadajuće tarifne stavke za opskrbu. Stoga je u analizama odlučeno:

- za sva kućanstva (tarifni modeli: Plavi, Bijeli, Crveni) se koriste tarifne stavke koje se odnose na univerzalnu opskrbu (udjel HEP Elektra u opskrbi kućanstava u listopadu 2019. je bio 88 %),
- za poduzetništvo na NN (tarifni modeli: Plavi, Bijeli, Crveni) se koriste prosječne tarifne stavke utvrđene na temelju podataka koje opskrbljivači dostavljaju regulatornoj agenciji za potrebe utvrđivanja tarifnih stavki za zajamčenu opskrbu električnom energijom.

Osim prethodno navedenih tarifnih stavki za radnu energiju i naknade za opskrbu, u „obračun opskrbe“ pripadaju i naknada za obnovljive izvore: 0,105 kn/kWh, te: kod kućanstava solidarna naknada: 0,03 kn/kWh, a kod poduzetništva trošarina za poslovnu uporabu električne energije: 0,00375 kn/kWh.

Studijom je predviđen porast prosječnih cijena električne energije za krajnje kupce koji je preuzet iz EU PRIMES referentnog scenarija, prema „EU Reference Scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050“ [8]: 1,4%/god za RH. Navedeni porast je primijenjen na dio računa koji se odnosi na „obračun opskrbe“: tarifne stavke za opskrbu električnom energijom, naknadu za OIEK, opskrbnu naknadu i solidarnu naknadu.

## 5. DONOŠENJE ODLUKE O INVESTIRANJU U FN SUSTAV

Objavljen je značajan broj radova koji analiziraju faktore kojima se rukovode krajnji kupci (fizičke i pravne osobe) prilikom donošenja odluke o investiranju u FN sustav. Studija [9] ih dijeli na financijske i ne-financijske. Financijski faktori uključuju početne troškove, troškove kredita, financijske koristi (u smislu smanjenih računa za električnu energiju i raspoložive poticaje) i očekivanu stopu povrata (i razdoblje povrata) investicije. Kod kućanstava (fizičkih osoba) na donošenje odluke utječu i ne-financijski faktori: stav o estetici FN sustava na građevini (povećanje vrijednosti građevine), percepcija o jednostavnosti instaliranja FN sustava, ekologija („zeleni“ stil života), želja za većom autonomijom i prestižem (energetska neovisnost), sklonosti prema novim tehnologijama, kao i trenutni trendovi (moda) povezano s OIE. U zemljama EU s višim BDP-om ekologija je na drugom mjestu faktora (iza ušteda u računu) koji utječu na odluku o ugradnji FN sustava. Prema anketama i provedenom istraživanju iz studije [9] iz 2017. pokazalo se da je za krajnje kupce u RH koji ugrađuju FN sustave na stambenim zgradama presudan faktor za donošenje odluke financijska korist od smanjenja računa za električnu energiju: 82,8 % ispitanika. 10,3% je navelo da je presudna bila preporuka (tuđe iskustvo), 1,7 % ekologija i 5,2 % „ostalo“.

Jedan od bitnih preduvjeta za donošenje odluke o izgradnji FN sustava je jednostavnost postupka, dostupnost informacija (o postupku promjene statusa, poticajima, tehnologiji) i mogućnost vjerodostojnog utvrđivanja ušteda. Za KPS i KVP u RH model poticanja i utvrđivanja ušteda koje iz njega proizlaze nije jednostavan što je bitan preduvjet donošenja odluka. Kada uštede nije moguće jednostavno i vjerodostojno procijeniti to ili sprječava odluku ili stvara prostor za manipulacije netočnim informacijama. Primjerice, temeljem odredbi ZOIEK [4] (članak 44.):

- za utvrđivanje ušteda /isplativosti kod kućanstava bitno je poznavati mjesečne potrošnje (taj je podatak velikoj većini kućanstava nepoznat zbog šestomjesečnih očitavanja brojila). Sam oblik satne/15 min potrošnje nije presudan za uštede, osim u dijelu raspodjele mjesečne potrošnje na VT i NT kod TM Bijeli i Crveni (za TM Plavi nije). No niti taj podatak velikoj većini kućanstava nije poznat jer se radi o mjesečnim vrijednostima,
- jedinična cijena preuzimanja viškova električne energije od KVP (poduzetništvo) ovisna je o omjeru ukupne električne energije koju je KVP preuzeo iz mreže i ukupne električne energije koju je KVP predao u mrežu unutar obračunskog razdoblja (mjeseca). Stoga je analiza optimalne instalirane snage FN postrojenja složena budući ovisi o nizu veličina: obliku krivulje opterećenja i proizvodnje KVP (razdjela na VT i NT, razdjela po danima, razdjela po mjesecima), cijeni preuzimanja i cijeni isporuke električne energije u mrežu, itd.

Pokazalo se da je za kućanstva najčešće primarni kriterij u ocjeni isplativosti investicije jednostavno razdoblje povrata (PBP). Prema [9], ukoliko je razdoblje povrata dulje od 10 godina kupac nije siguran u uštede zbog mogućih promjena okolnosti; npr. selidba kupca, ukidanje ili promjena u mjerama poticanja,.. Primjerice, ukoliko se usporede mjere poticanja FN sustava, za razliku od poticajnih cijena (FIT) koje su predmet ugovornog odnosa između HROTE-a i povlaštenog proizvođača u razdoblju 14 godina, u slučaju mjere poticanja „neto-mjerenjem“ i „neto-obračunom“ postoji rizik od ukidanja i promjena u načinu poticanja. Samim time je prirodan stav kupaca prilikom donošenja odluke o što kraćem razdoblju povrata. Osim toga, pokazuje se da financijska situacija krajnjeg kupca i životna dob utječu na donošenje odluke. Kod poduzetništva je uobičajeno vrednovanje više pokazatelja što je primijenjeno u studiji (PBP, dPBP, IRR).

Moguće je zaključiti kako nije jednostavno vjerodostojno utvrditi moguće scenarije u pogledu vremenske dinamike ugradnje vlastite proizvodnje kod krajnjih kupaca. Puno je utjecajnih parametara kojima bi trebalo raspolagati kao bi se moglo zaključivati o načina odlučivanja krajnjih kupaca u RH kada je riječ o vlastitoj proizvodnji. Stoga se studija u to nije upuštala, već je primijenila drugačiji pristup. Cilj studije je bio utvrditi kojim se krajnjim kupcima priključenim na distribucijsku mrežu trenutačno isplati

(prema studijom definiranim kriterijima) ugraditi FN sustav na građevini (iako to ne znači da će do njihove odluke stvarno doći, odnosno ako i „da“, kada će se ostvariti). Kako bi se mogle odrediti uštede i posljedično isplativost ulaganja u FN sustav, u studiji je za svakog krajnjeg kupca iz razmatranog uzorka bilo potrebno odrediti onu instaliranu snagu FN sustava uz koju će za zadane kriterije isplativosti kao i tehnička ograničenja (poglavlje 3), utjecaj na prihode operatora biti najveći. Kod kućanstva su korišteni sljedeći kriteriji prilikom utvrđivanja „najveće“ instalirane snage FN sustava:

- za jednofazna OMM analizirana je snaga 3 kWp,
- za trofazna OMM analizirane su snage 3 kWp, 5 kWp, 7 kWp i 10 kWp,
- sukladno ZOIEK, moralo je biti zadovoljeno da priključna snaga KPS u smjeru isporuke električne energije u mrežu (instalirana snaga FN sustava) ne prelazi priključnu snagu KPS u smjeru preuzimanja električne energije iz mreže („kao kupca“ iz EES),
- sukladno ZOIEK KPS, da bi zadržao svoj status, mora u kalendarskoj godini u mrežu isporučiti manje električne energije nego što je preuzeo iz mreže.

Kod poduzetništva na NN su korišteni sljedeći kriteriji prilikom utvrđivanja „najveće“ instalirane snage FN sustava:

- za jednofazna OMM analizirana je snaga 3 kWp,
- za trofazna OMM analizirane su sljedeće snage [kWp]:

500	450	400	350	300	250	200	150	100	50	30	25	20	15	10	7	5	3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	---	---	---

- sukladno ZOIEK, moralo je biti zadovoljeno da priključna snaga KVP u smjeru isporuke električne energije u mrežu (instalirana snaga FN sustava) ne prelazi priključnu snagu KVP u smjeru preuzimanja električne energije iz mreže („kao kupca“ iz EES).

Za svako OMM provedeno je više simulacija koje odgovaraju različitim instaliranim snagama (kako je prethodno navedeno) i to za obje orijentacije FN sustava. Odabrana snaga FN sustava za neko OMM (krajnjeg kupca) je **najveća** od razmatranih snaga uz koju je za obje orijentacije FN sustava ispunjeno:

- za kućanstava: jednostavno razdoblje povrata (PBP) <10 godina,
- za poduzetništvo na NN:
  - jednostavno razdoblje povrata (PBP) <12,5 godina,
  - diskontirano razdoblje povrata (dPBP) ≤25 godina, te
  - interna stopa profitabilnosti (IRR) ≥ 8 %.

Vrednovanjem „najveće“ snage uz zadane kriterije isplativosti, studijom je procijenjen najveći utjecaj koji bi ugradnja isplativih FN sustava kod predmetnih kupaca mogla imati na prihode operatora.

## 5. REZULTATI OČEKIVANOG FINANCIJSKOG UTJECAJA NA OPERATORE

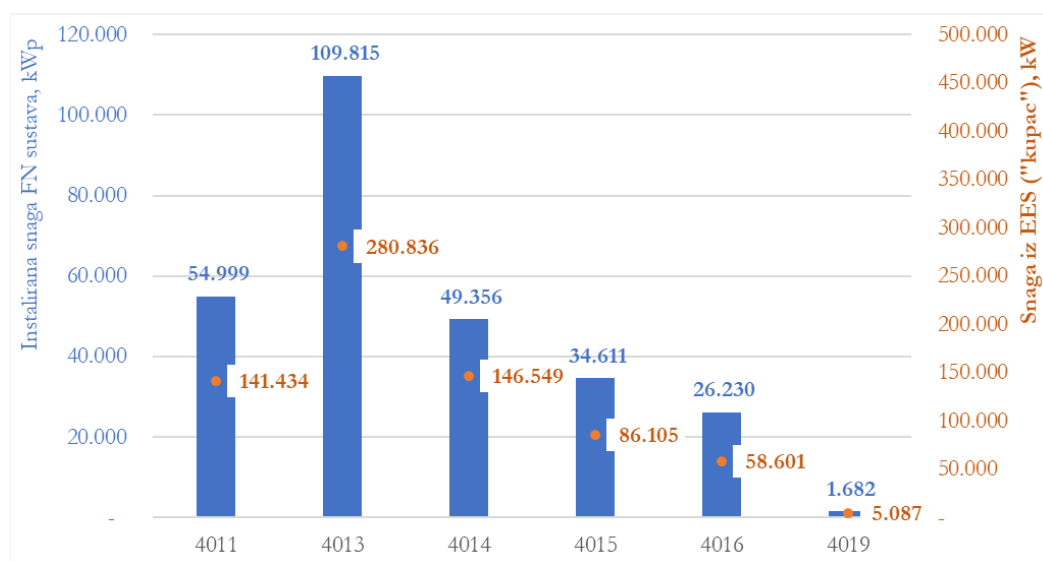
### 5.1. Kućanstva

Uz kriterij isplativosti „PBP<10 godina za obje orijentacije FN sustava“, u RH je trenutačno isplativo ugraditi FN sustave kod 104.536 kućanstava (4,7 % ukupnog broja kućanstava). Ukupno instalirana snaga predmetnih FN sustava je 400.338 kWp. Ako se uzme u obzir raspoloživa površina krovova obiteljskih kuća po županijama (Slika 5), trenutačno je isplativo ugraditi FN sustave kod 63.321 kućanstava (2,8 % ukupnog broja kućanstava), Slika 6. Ukupno instalirana snaga predmetnih FN sustava je 276.693 kWp. Slika 7 prikazuje OMM iz razmatranog uzorka kućanstava (obojana po županijama) pri čemu su osjenčana OMM kod kojih se pokazala isplativa ugradnja FN sustava ukupne snage 276,7 MWp (OMM su osjenčana s težinskim faktorom instalirane snage pri čemu toplije boje osjenčanja odgovaraju većim instaliranim snagama). Moguće je primijetiti kako je (bez dodatnih poticaja) ugradnja FN sustava isplativa samo u 6 distribucijskih područja (8 županija) u područjima u kojima je zračenje najveće.

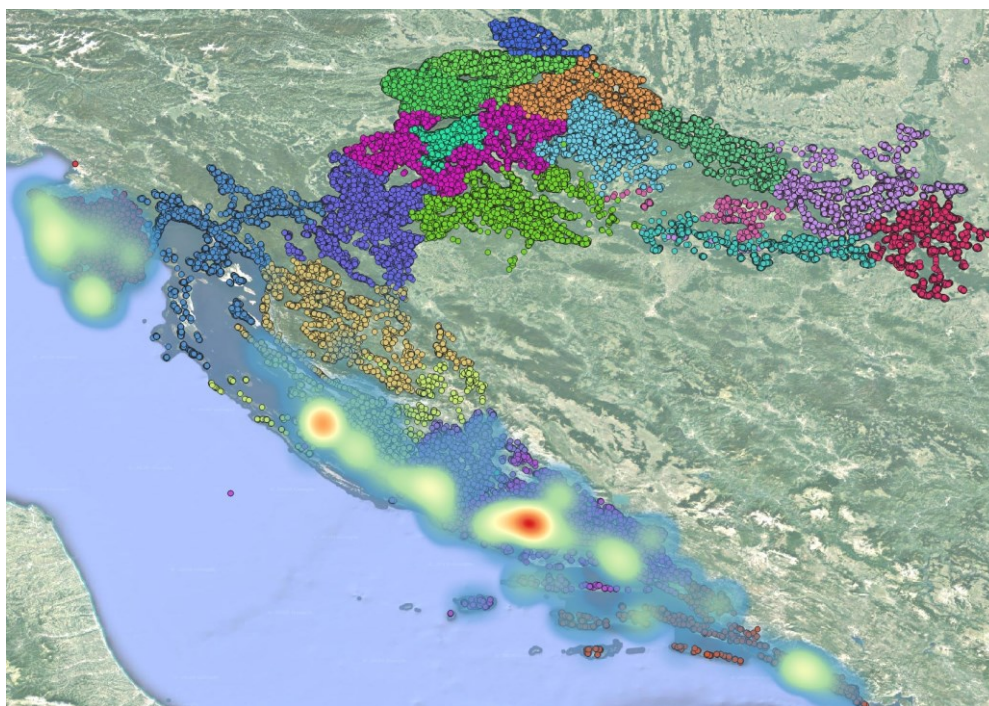
Prosječna instalirana snagu FN sustava kod kućanstava iznosi 4,4 kWp. Od 63.321 kućanstva kojima se isplati ugradnja FN sustava, 82 % ih je iz tarifnog modela Bijeli, te 18 % iz tarifnog modela



Plavi. Ukupan broj jednofaznih sustava je 22.675 (36 % ukupnog broja), što odgovara instaliranoj snazi 68.025 kWp.



Slika 6. Ukupno instalirana snaga FN sustava kod KPS i ukupna priključna snaga „kupac“ iz EES po distribucijskim područjima



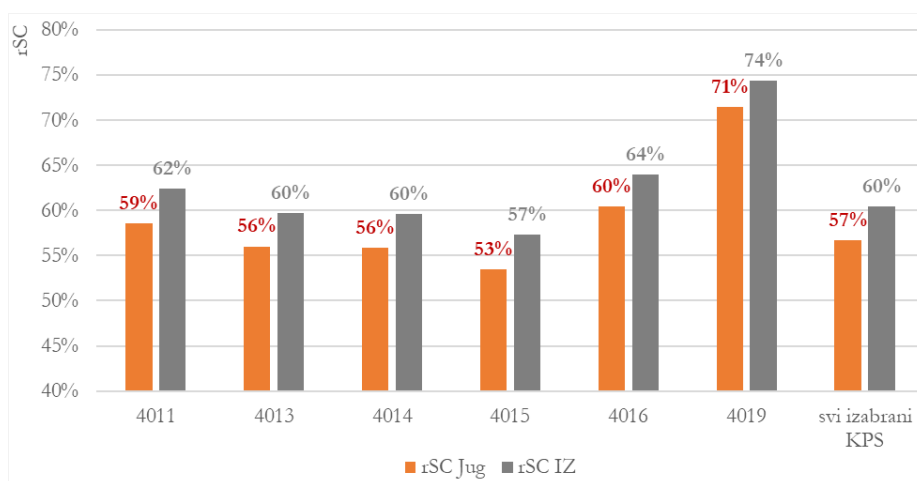
Slika 7. Razmatrani uzorak kućanstava i osjenčanje po instaliranoj snazi FN sustava (276,7 MWp)

Slika 8 prikazuje relativne udjele samoopskrbe (rSC) KPS na godišnjoj razini. Moguće je primijetiti vrijednosti iz raspona 53 %-74% što je manje nego kod poduzetništva na NN (76 % - 99 %). Promatrano zbirno za sve KPS rSC iznosi 57 % (Jug 30°) - 60 % (IZ 20°). Slika 9 prikazuje bilancu potrošnje i proizvodnje te primo/predaje električne energije na sučelju s distribucijskom mrežom, svih KPS na godišnjoj razini. U pogledu korištenja mreže od strane KPS moguće je primijetiti da je preuzimanje električne energije iz mreže značajnih 66% (Jug) - 70% (IZ) potrošnje KPS.

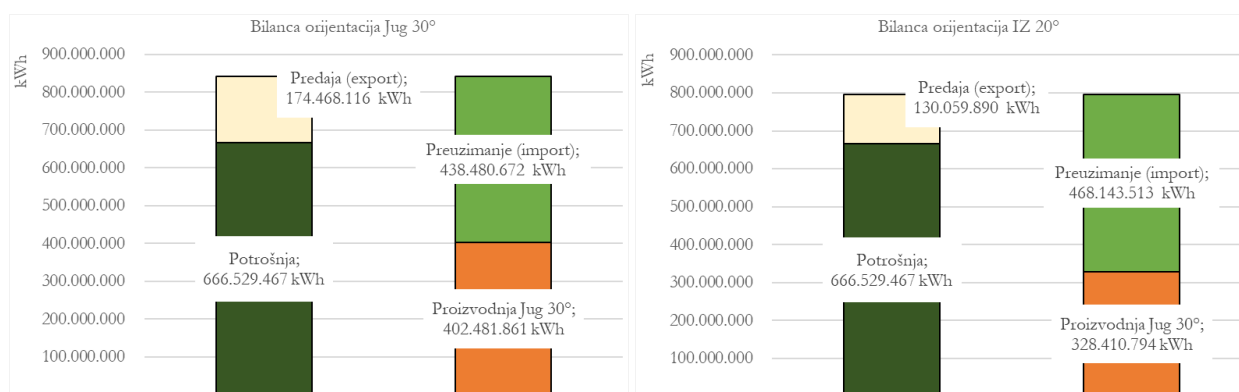
Jednostavno razdoblje povrata investicije u pojedine FN sustave je 7 - 9,9 godina.

Prihod operatora u dijelu koji se odnosi na promatrane KPS smanjuje se kod ODS-a na 43% (Jug) – 52% (IZ) postojećih prihoda od predmetnih kupaca, a kod OPS-a na 39% (Jug) – 49% (IZ) postojećih prihoda od predmetnih kupaca. Procijenjeno ukupno godišnje smanjenje prihoda u računu za

korištenje distribucijske mreže u prvoj godini korištenja iznosi: 77,2 (IZ) – 91,5 (Jug) mil. kn. Dakle, 2,4 %-2,8% prihoda HEP ODS-a od naknade za korištenje distribucijske mreže u 2018. godini. Procijenjeno ukupno godišnje smanjenje prihoda u računu za korištenje prijenosne mreže u prvoj godini korištenja iznosi: 34,6 (IZ) – 41,1 (Jug) mil. kn. Dakle, 2,5 %-2,9 % prihoda HOPS-a od naknade za korištenje prijenosne mreže u 2018. godini.



Slika 8. Relativni udjel samoopskrbe (rSC) KPS za dvije orijentacije FN sustava



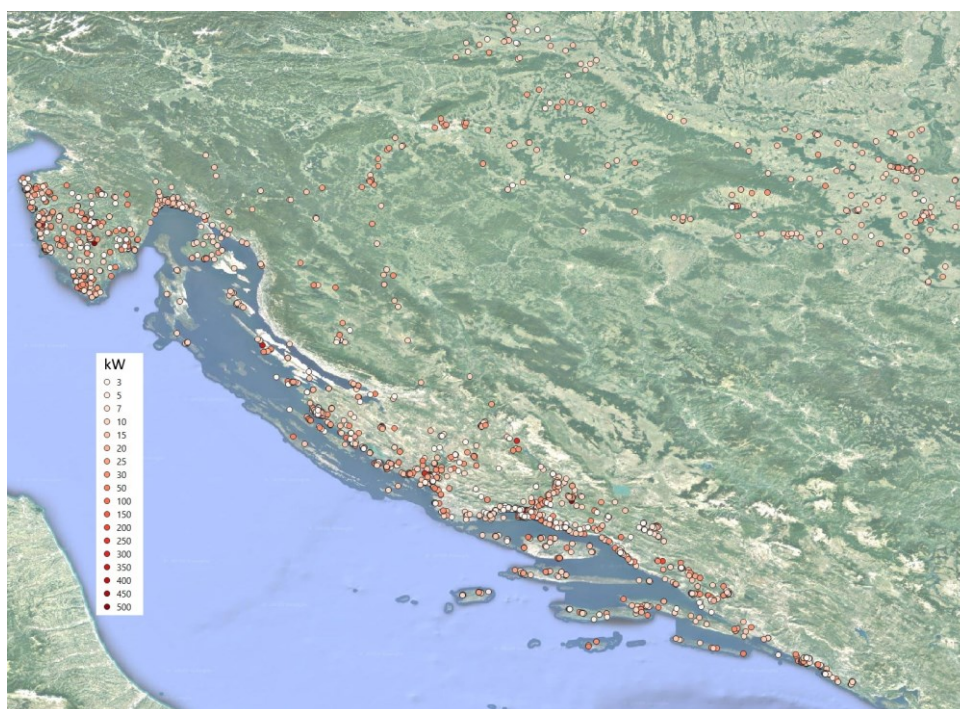
Slika 9. Bilanca potrošnje, proizvodnje, predaje („export“) i preuzimanja („import“) električne energije KPS na godišnjoj razini za dvije orijentacije FN sustava

## 5.2. Poduzetništvo na NN

Prema korištenim pokazateljima u RH je trenutno isplativo ugraditi FN sustave kod 3.460 poduzetnika na NN (1,7 % ukupnog broja poduzetništva na NN), Slika 10. Ukupno instalirana snaga predmetnih FN sustava je 91.539 kWp.

Većina FN sustava je  $\leq 30$  kWp. Prosječna instalirana snagu FN sustava iznosi 26,46 kWp. Od 3.460 kupaca kategorije poduzetništvo na NN kojima se isplati ugradnja FN sustava, 37 % ih je iz tarifnog modela Crveni, 58 % Bijeli i 5 % Plavi. Ukupan broj jednofaznih FN sustava je 136 (4 % ukupnog broja), što odgovara instaliranoj snazi 408 kWp.

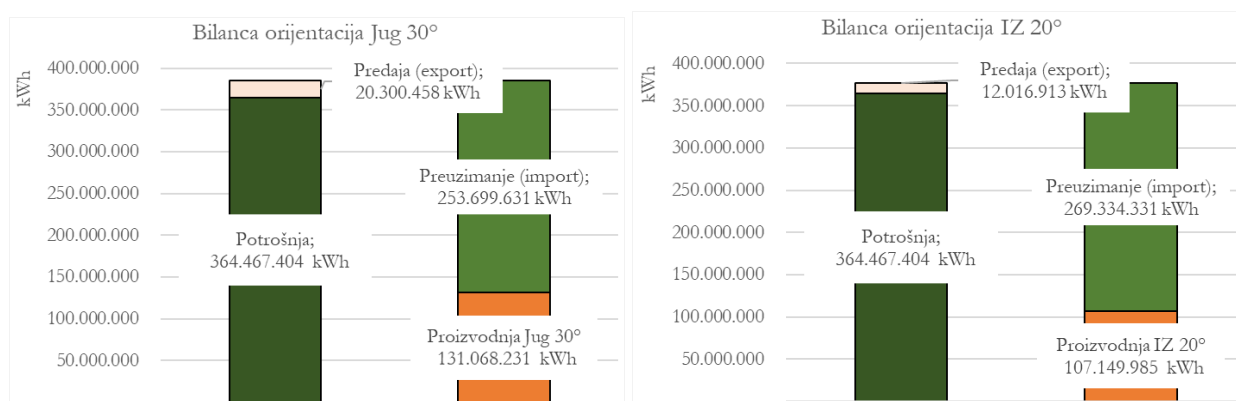
Relativni udjel samoopskrbe (rSC) KPS na godišnjoj razini promatrano zbirno za sve KVP iznosi visokih 85 % (Jug 30°) - 89 % (IZ 20°). Razlog tome su instalirane snage FN sustava koje su, s obzirom na važeći ZOIEK, u studiji izabrane optimalno, u smislu da je na mjesečnoj razini neto razmjena (import - export) vrlo rijetko negativna (važeći ZOIEK to potiče). Važno je napomenuti kako prethodno navedeno ne znači da KVP na satnoj ili minutnoj razini ne predaju značajne količine električne energije u distribucijsku mrežu (važeći ZOIEK to ne sprječava niti ne destimulira). Slika 11 prikazuje bilancu potrošnje i proizvodnje te primo/predaje električne energije na sučelju s distribucijskom mrežom, svih KVP na godišnjoj razini. U pogledu korištenja mreže od strane KVP moguće je primijetiti da je preuzimanje električne energije iz mreže značajnih je 70% (Jug) - 74% (IZ) potrošnje svih KVP.



Slika 10. 3.460 poduzetništva na NN u RH kojima je isplativo ugraditi FN sustav

Jednostavno razdoblje povrata investicije u pojedine FN sustave je 5,4 - 10,2 godina. Diskontirano razdoblje povrata investicije u pojedine FN sustave (temeljno na ukupnim investicijskim i operativnim troškovima FN sustava u životnom vijeku) je iz raspona 8 - 25 godina.

Prihod operatora u dijelu koji se odnosi na promatrane KVP smanjuje se kod ODS-a na 67% (Jug) – 72% (IZ) postojećih prihoda od predmetnih kupaca, a kod OPS-a na 66% (Jug) – 71% (IZ) postojećih prihoda od predmetnih kupaca. Procijenjeno ukupno godišnje smanjenje prihoda u računu za korištenje distribucijske mreže u prvoj godini korištenja iznosi: 18,3 (IZ) – 21,9 (Jug) mil. kn. Dakle, 0,57 %-0,68 % prihoda HEP ODS-a od naknade za korištenje distribucijske mreže u 2018. godini. Procijenjeno ukupno godišnje smanjenje prihoda u računu za korištenje prijenosne mreže u prvoj godini korištenja iznosi: 6,6 (IZ) – 7,9 (Jug) mil. kn. Dakle, 0,47 %-0,56 % prihoda HOPS-a od naknade za korištenje prijenosne mreže u 2018. godini.



Slika 11. Bilanca potrošnje, proizvodnje, predaje („export“) i preuzimanja („import“) električne energije KVP na godišnjoj razini za dvije orijentacije FN sustava

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati studije koju je izradio EIHP za potrebe Hrvatske energetske regulatorne agencije u 2019. godini. U studiji je detaljno procijenjen utjecaj kupaca s vlastitom

proizvodnjom u RH (KPS i KVP) na prihode operatora prijenosnog i distribucijskog sustava iz naknade za korištenje prijenosne i distribucijske mreže. Fokus studije je bio na krajnjim kupcima na NN distribucijskoj mreži, dakle nisu vrednovani krajnji kupci na SN i VN, kao niti „skupine krajnjih kupaca koji djeluju zajedno“ odnosno „energetske zajednice građana“. Vodeći računa o trenutno važećim odredbama zakonodavnog okvira studija se bavila samo FN sustavima na krovovima u vlasništvu krajnjeg kupca ( $\leq 3$  OMM na istoj adresi). Osim toga, za kupce u kategoriji poduzetništvo na NN studijom nije vrednovan utjecaj na promjenu prihoda ODS-a od tarifnog elementa prekomjerne jalove energije, dok za kupce u Crvenom tarifnom modelu (kućanstva i poduzetništvo na NN) nije vrednovan utjecaj na smanjenje prihoda od tarifnog elementa obračunske vršne radne snage (za to bi trebalo dobro poznavati krivulju opterećenja svakog pojedinog kupca).

Uz kriterij isplativosti  $PBP < 10$  god, te uzimajući u obzir procijenjenu raspoloživu površinu krovova obiteljskih kuća po županijama, u RH se trenutno isplati ugraditi 63.321 FN sustava kod kućanstava (KPS). Ukupno instalirana snaga isplativih FN sustava je 276.693 kWp. Uz kriterije isplativosti:  $PBP < 12,5$  god,  $dPBP \leq 25$  god i  $IRR \geq 8\%$ , u RH se trenutno isplati ugraditi 3.460 FN sustava kod poduzetništva na NN (KVP). Moguće je primijetiti kako je već sada, prema kriterijima isplativosti koje je koristila studija, isplativo ugraditi ~370 MWp FN sustava (kod 66.781 krajnjih kupaca na NN), što se dosta dobro poklapa s predviđenih 350 MW integriranih FN projekta iz Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu **Error! Reference source not found.** Prirodno, neće se svi krajnji kupci kojima se isplati ugradnja FN sustava odlučiti na ugradnju, isto kao što će se za ugradnju možda odlučiti oni kojima se prema kriterijima ove studije to trenutno ne isplati. O tome je potrebno voditi računa prilikom vrednovanja rezultata studije u pogledu utjecaja na iznose prihoda operatora prijenosne i distribucijske mreže. Oni bi se kod oba operatora, uz pretpostavku ugradnje FN sustava kako ih predviđa studija (2,8 % kućanstava te 1,7 % poduzetništva na NN, ukupne snage 370 MWp), potencijalno mogli smanjiti za 3%-3,5% prihoda koje su operatori ostvarili u 2018. godini: za HEP ODS: 96-113 mil.kn./god, te za HOPS 41-49 mil.kn./god.

## 7. LITERATURA

- [1] [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc\\_id=Searchresult&WT.ria\\_c=null&WT.ria\\_f=3608&WT.ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=null&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search)
- [2] K. Bodis, I. Kougias, A. Jager-Waldau, N. Taylor, S. Szabo, "A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114 (2019).
- [3] NKO KSK u primjeni na TEE u RH, HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., <http://www.hep.hr/ods/opskrbljivaci/pravila-primjene-nadomjesnih-krivulja-opterecenja/podaci-za-izracun-2017/606>
- [4] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visoko učinkovitoj kogeneraciji, Narodne novine, br. 100/15, 111/18
- [5] Mrežna pravila distribucijskog sustava, Narodne novine, br. 74/18
- [6] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_12\\_112\\_2185.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_112_2185.html)
- [7] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_12\\_112\\_2186.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_112_2186.html)
- [8] EU Reference Scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050, [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft\\_publication\\_REF2016\\_v13.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf)
- [9] Study on residential prosumers in the European Energy Union, DG JUST/2015/CONS/FW/C006/0127, May, 2017, [https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/study-residential-prosumers-energy-union\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/study-residential-prosumers-energy-union_en.pdf)
- [10] [https://www.sabor.hr/sites/default/files/uploads/sabor/2019-10-31/111602/STRATEGIJA\\_ENERG\\_RAZVOJ\\_2030.pdf](https://www.sabor.hr/sites/default/files/uploads/sabor/2019-10-31/111602/STRATEGIJA_ENERG_RAZVOJ_2030.pdf)