

ANALIZA UČINKOVITOSTI MIKROKOGENERACIJSKOG SUSTAVA

Nikolina Goleš¹, Gojmir Radica^{1*}, Petra Bagavac¹

¹Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 32, 21000 Split, Hrvatska

*Corresponding author e-mail: goradica@fesb.hr

Sažetak

U sklopu istraživanja koja se provode u Laboratoriju za toplinske strojeve pri Fakultetu elektrotehnike strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Splitu, razmatrana je mogućnost primjene mikrokogeneracijskih postrojenja s obnovljivim izvorom energije i gorivnim člankom. U tom smislu provedena je analiza stanja i potencijala za područje Splita. Najprikladniji objekti za primjenu mikrokogeneracije su oni kod kojih se toplinska energija troši kontinuirano, dulji vremenski period tijekom dana, tjedna, odnosno godine. Kao primjer primjene uzet je stambeni objekt veličine 70 m² na području Splita kojemu je izvršena analiza energetske potreba tokom godine pomoću satnih godišnjih vrijednosti potrebne topline i električne energije. Na osnovu toga dimenzionirano je kogeneracijsko postrojenje i definirani njegovi sastavni dijelovi. Mikrokogeneracijsko postrojenje opskrbljivalo bi kuću s električnom energijom i topline za grijanje kao i za zagrijavanje potrošne tople vode. Na taj način bi se zamijenio konvencionalni kotao u centralnom toplovodnom sustavu grijanja, a kako bi se u tom slučaju energija proizvodila na mjestu gdje se značajnim dijelom i troši, sigurnost opskrbe bi bila veća a troškovi prijenosa energije manji.

Ključne riječi

Kogeneracijski sustavi, mikrokogeneracija, solarni paneli, elektrolizator, gorivni članci, vodikove tehnologije

1 UVOD

U današnjem brzorastućem društvu sve je veća potreba za energijom. Primarnih izvora energije, poput ugljena, nafte i plina, svakim danom sve je manje.

Cijene energije i energenata će na globalnoj i lokanoj razini u narednom razdoblju rasti, što će utjecati na porast troškova stanovanja i poslovanja. Zato je potrebno dobro poznavati vlastitu energetiku u smislu tehničkih mogućnosti i troškova, te biti u stanju njome upravljati.

Sve se više govori o alternativnim izvorima energije koji bi trebali ne samo zamijeniti današnje izvore energije, nego i sačuvati okoliš, odnosno smanjiti efekt stakleničkih plinova (smanjiti emisiju CO₂). U tom smjeru, razvija se tehnologija vodika. Vodik se pojavljuje kao energetski nositelj koji omogućuje proizvodnju električne energije i topline te njihovu pohranu, pri čemu je jedini izlazni otpadni proizvod voda. Posebni značaj vodika je u primjeni gorivnih članaka kao tehničkog rješenja za proizvodnju električne energije, topline i potencijalno hladnoće. Premda rijetko zastupljena, elektroliza u sprezi s obnovljivim izvorima biti će dominantan izvor vodika u budućnosti.

2 KOGENERACIJSKI SUSTAVI

2.1 Kogeneracija

Kogeneracija ili suproizvodnja (engl. Combined Heat and Power ili CHP) je istodobna proizvodnja dva korisna oblika energije (električne i toplinske) u jedinstvenom procesu. Toplinska energija koja ostaje neiskorištena u konvencionalnoj elektrani (ili se ispušta u okoliš uz negativne učinke), koristi se za potrebe u raznim proizvodnim procesima ili, što je češći slučaj, za grijanje pojedinačnih građevina ili čak cijelih naselja. Toplinska energija može se koristiti za proizvodnju pare, zagrijavanje vode ili zraka.

Ukupna učinkovitost kogeneracije iznosi od 70 do 85% (od 27 do 45% električne energije i od 40 do 50% toplinske energije), za razliku od konvencionalnih elektrana gdje je ukupna učinkovitost od 30 do 51% (električne energije). [1] Uz to su smanjeni gubici u mreži, zagađenja u prijenosu i štetan učinak na okoliš a povećana je kvaliteta napona i pouzdanost opskrbe električnom energijom.

2.2 Vrste kogeneracije

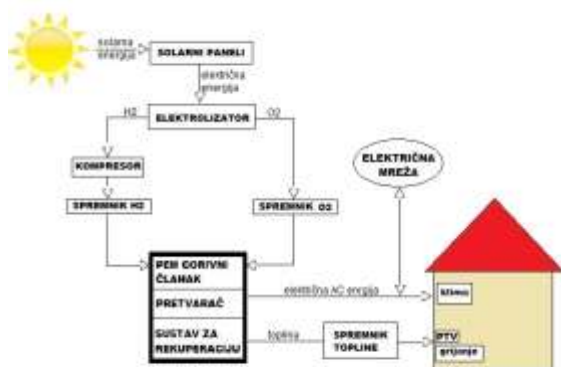
Kogeneracijska postrojenja dijele se na [2]:

- mikro-kogeneracije (≤ 50 kW)
- male kogeneracije (50 kW - 1 MW)
- srednje kogeneracije (1 - 35 MW)
- velike kogeneracije (> 35 MW)

3 PROJEKTIRANI MIKROKOGENERACIJSKI SUSTAV

3.1 Osnovne karakteristike

Radi se o sustavu koji omogućuje kućanstvu generiranje vlastite energije za grijanje, hlađenje i proizvodnju potrošne tople vode. Sustav gorivnih članaka bi mogao učiniti domove neovisnima o državnoj elektroprivredi. Cilj je pretvoriti svaki dom u samoodrživu stanicu za generiranje energije. Personalizirane energetske jedinice će se moći jeftino proizvoditi, distribuirati, ali i instalirati u kućanstva. Velike zapreke uvođenju gorivnih članaka je njihova učinkovitost i vjerojatno najpoznatiji problem poboljšanja postojećih gorivnih i sunčanih fotonaponskih pretvornika. Takav se sustav sastoji od krovnih fotonaponskih pretvornika koji bi proizvodili električnu struju koja bi se prolaskom kroz uređaj za elektrolizu koristila za rastavljanje vode na vodik i kisik. Ti bi se plinovi potom pohranjivali u posebnim spremnicima. Tijekom noći kada pretvornici više ne mogu proizvoditi električnu struju, električna energija bi se dobivala pretvorbom u gorivnim člancima u koje bi se iz spremnika polako puštali kisik i vodik prikupljeni tijekom dana. Kao nusprodukt dobivala bi se čista voda koja bi se prolaskom kroz sustav za rekuperaciju, ponovo mogla iskoristiti.



Slika 3.1. Projektirani mikrokogeneracijski sustav

Figure 3.1. Designed microCHP system

3.2 Komponente postrojenja

1. Fotonaponske ćelije

Solarna ćelija (zvana i fotonaponska ćelija) je poluvodički uređaj koji pretvara sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotonaponskog efekta. Na taj način proizvodi se energija iz neograničenog obnovljivog izvora bez buke i pokretnih dijelova. Grupe ćelija tvore solarne module, poznate i kao solarni paneli

ili fotonaponska ploča. Fotonaponski moduli uglavnom imaju staklenu ploču sprijeda (prema suncu), propuštajući svjetlo i u isto vrijeme štiteći poluvodič od ogrebotina i utjecaja vjetrom nošenih čestica, kiše, tuče, itd.

Rad solarne ćelije odvija se u tri koraka:

- 1) Fotoni iz sunčeve svjetlosti udaraju u solarni panel i poluvodički materijali poput silicija ih apsorbiraju.
- 2) Elektroni (negativno nabijeni ioni) se izbijaju iz atoma te mogu slobodno teći materijalom kako bi stvorili struju. Zbog posebne građe solarnih ćelija, elektroni se mogu gibati samo u jednom smjeru.
- 3) Polje solarnih ćelija pretvara energiju sunca u upotrebljivu količinu istosmjerne struje (DC).

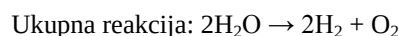
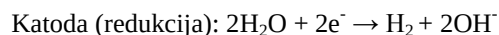
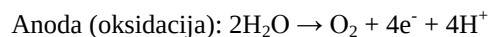
Jedna solarna ćelija uvijek daje napon od oko 0,5 volta, bez obzira na njezinu veličinu. Na višim naponima, pojedinačne ćelije se vežu u seriju. Više solarnih ćelija daje više snage (struje) koja se mjeri u amperima.

2. Elektrolizator

Proces proizvodnje vodika elektrolizom vode se odvija potpuno bez emisije CO₂, te vodik kao takav predstavlja gorivo budućnosti. Energija potrebna za proces elektrolize vode je u ovom radu solarna energija, koja se preko solarnog fotonaponskog modula direktno pretvara u električnu energiju.

Električni izvor napajanja spojen je na dvije elektrode, tj. na dvije ploče (obično od inertnog metala kao što su platina ili nehrđajući čelik) koje se nalaze u vodi. Elektroliza počinje primjenom vanjskog izvora napona između elektroda u prisustvu elektrolita (npr. Natrijevog klorida ili sumporne kiseline). Elektrolitskom disocijacijom će se vodik pojaviti na katodi (negativno nabijenoj elektrodi) uslijed procesa redukcije, a kisik će se pojaviti na anodi (pozitivno nabijenoj katodi) uslijed procesa oksidacije.

Razvijanje plinova uzrokuje nastanak mjehurića, koji se mogu vidjeti oko obje elektrode. Sljedeće polureakcije opisuju gore navedene procese [3]:



Elektrolizatori se dijele prema mediju koji se koristi:

- Alkalni elektrolizator
- PEM elektrolizatori (Polymer electrolyte membrane)
- Parni (visokotemperaturni) elektrolizatori

PEM elektrolizator koristi polimerni elektrolit koji može raditi i na 700 do 900°C (viša temperatura daje veću efikasnost). Nadalje, PEM elektrolizatori vrlo dobro funkcioniraju s električnim sustavima na obnovljive izvore energije koji daju promjenjive količine energije. Općenito govoreći, PEM elektrolizatori su najbolji za male sustave, osobito one s promjenjivim izlazom snage, dok su alkalni u prednosti u radu u velikim sustavima povezanim na električnu mrežu.

3. Spremnik za vodik

Postoje različite vrste spremnika za vodik: spremnik za komprimirani plin, tekući vodik, metalne hidride, kemijske hidride, itd. Ipak, najjednostavnija i najčešće korištena metoda za pohranu jako velike količine snage jest pohrana vodika u obliku komprimiranog plina. Vodik ima vrlo malu gustoću (0,08376 kg/m³ pri sobnim uvjetima) te stoga njegova pohrana zahtjeva mnogo prostora (11,93 m³ za 1 kg vodika). Ukoliko ga komprimiramo na 200 bara, 1 kg vodika zahvaća 0,068 m³ prostora u spremniku. Tlačenje se može izvršiti elektrolizatorom ili kompresorom. Vodik se obično pohranjuje pod tlakom od 200 bara u čeličnim spremnicima u obliku cilindra koji mogu biti povezan i u pakete. Takav spremnik pri 200 bara sadrži 0,625 kg vodika a teži oko 50 kg.

4. Spremnik za kisik

Kisik pri sobnim uvjetima ima gustoću 1,429 kg/m³ pa njegova pohrana zahtjeva 0,7 m³ za 1 kg kisika.

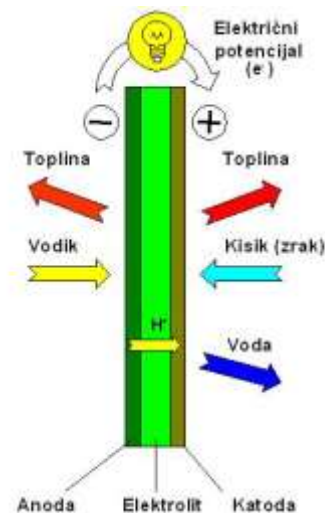
5. PEM gorivni članak

U gorivom članku elektroliza vode protiče u suprotnom smjeru. Od vodika i kisika, uz oslobađanje topline nastaju elektricitet i voda.

Električni izvor napajanja spojen je na dvije elektrode gorivog članka koje su razdvojene srednje krutom polimernom membranom, odnosno elektrolitom. Struju vodika je potrebno ovlaživati radi povećanja trajnosti membrane. Ovaj elektrolit omogućava elektrolitsku disocijaciju, što znači da dopušta samo protonima da prođu kroz njega kako bi došli do katode. Elektroni to ne mogu. Oni moraju pratiti vanjski put do katode. Na katodi kroz jednu cjevčicu ulazi kisik iz zraka, te se spaja s onim vodikovim protonom (koji je

prošao kroz elektrolitsku membranu) i elektronom (koji je stigao u isto vrijeme nakon što je obavio zadatak proizvodnje struje), pa kao produkt nastaje voda.

Ovo spajanje se događa zbog platine (katalizatora) koja je raspoređena po česticama ugljika od kojeg su rađene elektrode.



Slika 3.2. Princip rada PEM gorivnog članka

Figure 3.2. Scheme of PEM Fuel Cell

Gorivni članci se serijski i paralelno vežu da bi se dobila istosmjerna struja traženih parametara. Međusobno povezani gorivni članci tvore gorivni svežanj. Gorivni svežanj zahtijeva periferne instalacije za pripremu procesnih veličina i odvod proizvedene energije, upravljanje procesom, te za mehaničku i električku zaštitu.

6. Pretvarač DC/AC

Energetski sustav s gorivnim člancima sadrži i pretvarač do kojeg se dovodi istosmjerni napon. Pretvarači su u postrojenju kao dobavljači snage, napredni DC/AC inverteri. Istosmjerna struja pretvara se elektroničkim energetskim pretvaračima u trofaznu izmjeničnu struju. Pretvarač se u sustavu nalazi u sklopu PEM kogeneracijske jedinice zajedno sa sustavom za rekuperaciju toplinske energije.

7. Sustav za rekuperaciju toplinske energije

Zaprima otpadnu toplu vodu koja nastaje prilikom rada PEM gorivog članka te zajedno s njim čini kogeneracijski sustav. Ovim načinom se povećava učinkovitost sustava cjelokupnog sustava.

4 PRORAČUN POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE I KLIMATIZACIJU STAMBENOG OBJEKTA

Za stambeni prostor ukupne površine 69,34 m² u prizemlju kuće u Splitu koji sadrži hodnik, kuhinju i dnevni boravak, wc i tri spavaće sobe, proračunati su:

- Gubici topline prema HRN EN 12 831:2004,
- Cijevna mreža
- Dobici topline prema VDI 2078,
- Godišnja potrošnja energije

4.1 Gubici topline kroz zimsko vremensko razdoblje

Ukupni gubitak topline za određeni prostor prema HRN EN 12 831 čine transmisijski i ventilacijski gubici topline te dodatni toplinski učin potreban za ponovno zagrijavanje:

$$\dot{Q}_{opr,pr} = \dot{Q}_{T,pr} + \dot{Q}_{V,pr} + \dot{Q}_{zag,pr} \quad (1)$$

Transmisijski gubici

$$\dot{Q}_{T,pr} = (\dot{H}_{T,ok-ov,pr} + \dot{H}_{T,ok-ng,pr} + \dot{H}_{T,do-ov,pr} + \dot{H}_{T,sus,pr}) \cdot (t_{zr,proj} - t_{ok}) \quad (2)$$

$\dot{H}_{T,ok-ov,pr}$ = gubici preko zidova van

$\dot{H}_{T,ok-ng,pr}$ = gubici preko susjednih negrijanih prostorija

$\dot{H}_{T,do-ov,pr}$ = gubici kroz tlo

$\dot{H}_{T,sus,pr}$ = gubici preko susjednih grijanih prostorija

$t_{zr,proj}$ = projektna temperatura zraka u prostorima

t_{ok} = vanjska projektna temperatura zraka

Ventilacijski gubici

$$\dot{Q}_{V,pr} = \dot{H}_{V,pr} \cdot (t_{zr,proj} - t_{ok}) \quad (3)$$

$\dot{H}_{V,pr}$ = koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka grijane prostorije, W/K

Dodatni učin:

$$\dot{Q}_{zag,pr} = A_{pr} f_{zag} \quad (4)$$

A_{pr} = površina poda grijanog prostora, m²

f_{zag} = korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje koji je ovisan o vremenu potrebnom za zagrijavanje nakon prekida rada grijanja, W/m²

Ukupni gubici topline:

	Prostorija	t_{pr} [°C]	A_{pr} [m ²]	Q_{pr} [W]	$1.15Q_{pr}$ [W]
1	d. boravak i kuhinja	20	18,98	1748,92	2011,258
2	soba 1	20	9,9	613,54	705,571
3	soba 2	20	14,965	1004,16	1154,784
4	soba 3	20	13,53	932,99	1072,9385
5	WC	22	4,62	406,664	467,6636
6	Hodnik	18	7,3425	415,36	477,664
	Σ		69,34	5121,634	5889,88
				Usvojeno:	6000

Tablica 4.1. Ukupni gubici topline

Table 4.1. The total amount of heat loss

Uzevši u obzir pad tlaka kroz cijevnu mrežu, ova vrijednost povećana je na 6079 W.

Zbog ogrjevnih tijela, prosječna snaga tijekom jednog dana za grijanje stambenog objekta iznosi:

$$\dot{Q}_g = 6,079 \text{ kW}$$

$$Q = 145,896 \text{ kWh}$$

4.2 Dobici topline kroz ljetno vremensko razdoblje

Ukupni dobici topline prema VDI 2078 jednaki su zbroju unutarnjih i vanjskih dobitaka topline:

$$\dot{Q}_{uk} = \dot{Q}_{un} + \dot{Q}_{vanj} \quad (5)$$

Unutarnji dobici topline

$$\dot{Q}_{un} = \dot{Q}_{os} + \dot{Q}_{ras} + \dot{Q}_{suo} + \dot{Q}_u \quad (6)$$

$\dot{Q}_{os}$ = toplina koju odaju osobe
 $\dot{Q}_{ras}$ = toplina koju odaju rasvjetna tijela
 $\dot{Q}_{suo}$ = toplina koju odaju strojevi, uređaji i oprema
 $\dot{Q}_u$ = dobici topline iz susjednih prostorija

Vanjski dobici topline

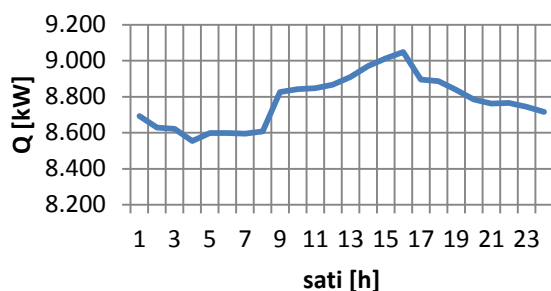
$$\dot{Q}_{vanj} = \dot{Q}_v + \dot{Q}_{proz_konv} + \dot{Q}_{proz_zr} \quad (7)$$

$\dot{Q}_v$ = dobici topline prolaskom kroz vanjski zid
 $\dot{Q}_{proz_konv}$ = dobici prolaskom kroz ostakljene plohe
 $\dot{Q}_{proz_zr}$ = dobici zračenjem kroz ostakljene plohe

Ukupni dobici topline:

$$\dot{Q}_k = 8,75 \text{ kW}$$

$$Q = 210 \text{ kWh}$$



Dijagram 1. Toplinski dobici stambenog objekta tijekom dana

Diagram 1. Heat energy of household gained during the day

5 ANALIZA UČINKOVITOSTI

Zadaća projektanta kogeneracijskog postrojenja je da s jedne strane zadovolji toplinske potrebe objekta, a s druge strane da dimenzionira i optimizira sve dijelove postrojenja da bi ono radilo u prihvatljivom tehničkom i ekonomskom režimu. Nije povoljno kada postrojenje radi u režimu čestog variranja snage ili prečestog uključivanja i isključivanja. S obzirom da je toplinsko opterećenje promatranog objekta izrazito promjenljivo, ugradit ćemo spremnik tople vode za grijanje i sanitarnu toplu vodu koji bi na neki način izravnavao krivulju režima rada postrojenja. Višak toplinske energije u određenom trenutku spremao bi se u spremnik, dok bi se u slučaju manjka topline sistem opskrbljivao pohranjenom energijom u spremniku.

Za ovaj slučaj izabran je kapacitet spremnika od 80 kWh. Ovaj iznos je izabran na temelju zahtjeva da njegov kapacitet može podnijeti sat vremena punog

toplinskog opterećenja [4]. Volumen spremnika možemo dobiti iz izraza:

$$V_s = \frac{C}{c \cdot (t_0 - t_u)} \cdot b \quad (8)$$

$$V_s = 2300 \text{ l}$$

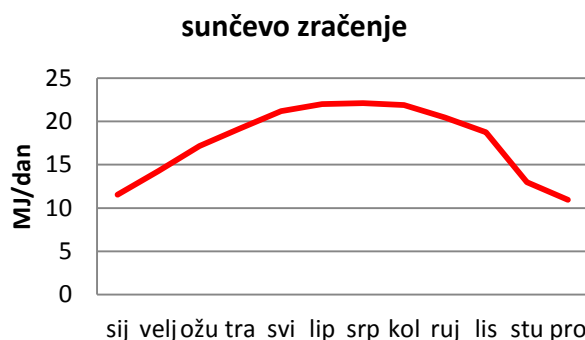
gdje je:

$C = 80 \text{ kWh} = 288000 \text{ kJ}$ – kapacitet (akumulirana količina topline) spremnika
 $c_w = 4.2 \text{ kJ/kgK}$ – specifična topline vode
 $t_0 = 60^\circ\text{C}$ – srednja najviša temperatura vode u spremniku
 $t_u = 25^\circ\text{C}$ – dozvoljena najniža temperatura u spremniku
 $b = 1.1 \dots 1.2$ – faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine spremnika

Spremnik se zapravo sastoji od dva manja spremnika, onog za vodu potrebnu za grijanje i onog za sanitarnu toplu vodu.

5.1 Procjena raspoloživog sunčevog zračenja

Zemljopisni položaj, vremenski uvjeti te blaga mediteranska klima pružaju optimalne uvjete za korištenje Sunčeve energije na području južne Dalmacije, a grad Split spada u sam vrh raspoloživog Sunčevog potencijala u Hrvatskoj.



Dijagram 2. Prosječno dnevno sunčevo zračenje

Diagram 2. Average daily solar radiation

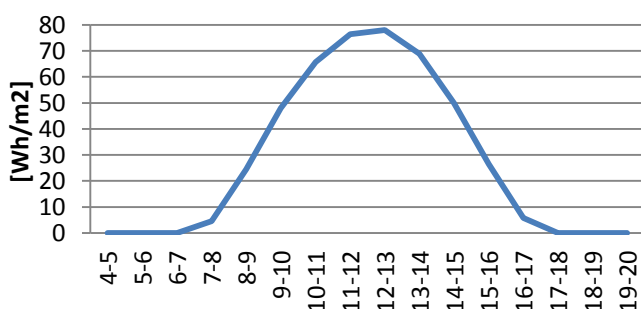
5.2 Procjena količine vodika koju možemo dobiti elektrolizom

Monokristalne Si-ćelije mogu pretvoriti 1000 W/m^2 sunčevog zračenja u 140 W električne energije s površinom ćelija od 1 m^2 , što znači da im je učinkovitost 14%. [5]

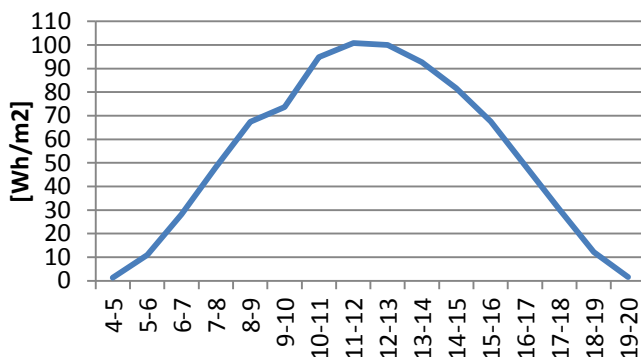
	solarna energija [kWh/m ²]	električna energija [kWh/m ²]
Siječanj	3,20	0,45
Veljača	3,96	0,55
Ožujak	4,76	0,67
Travanj	5,33	0,75
Svibanj	5,88	0,82
Lipanj	6,11	0,86
Srpanj	6,14	0,86
Kolovoz	6,08	0,85
Rujan	5,68	0,80
Listopad	5,21	0,73
Studeni	3,61	0,50
Prosinac	3,04	0,43

Tablica 5.1. Pretvorba solarne u električnu energiju
Table 5.1. Solar heat to electric power conversion

Količina proizvedene električne energije po satu za siječanj kao najhladniji i srpanj kao najtopliji mjesec, prikazana je sljedećim dijagramima:



Dijagram 3. Energija koju solarni paneli proizvedu u siječnju
Diagram 3. Energy produced by solar panels in January



Dijagram 4. Energija koju solarni paneli proizvedu u srpnju
Diagram 4. Energy produced by solar panels in July

Vidljivo je da je za ljetne i zimske mjesece početak kao i vrijeme rada solarnih panela drugačiji, pa tako zimi radi otprilike od 7 sati ujutro do 17 sati popodne (10 sati) a ljeti već od 4 sata ujutro pa sve do 20 sati navečer (16 sati). O vremenu rada izravno ovisi i proizvodnja električne energije potrebne za proizvodnju vodika.

Najjednostavniji i ekološki najbolji, ali i skuplji način proizvodnje vodika je poznati nam postupak elektrolize vode.

Uzevši u obzir površinu krova kuće, odlučujem se za elektrolizator s napajanjem od 22 kW. Za rad elektrizatora bit će nam potrebno 60 m² solarnih panela.

	napajanje el. energijom (60 m ²) [kWh]	dobivena količina vodika za 22 kW	
siječanj	26,89	4,890	Nm ³ /h
veljača	33,26	6,048	Nm ³ /h
ožujak	40,02	7,276	Nm ³ /h
travanj	44,78	8,141	Nm ³ /h
svibanj	49,39	8,980	Nm ³ /h
lipanj	51,36	9,338	Nm ³ /h
srpanj	51,60	9,382	Nm ³ /h
kolovoz	51,02	9,277	Nm ³ /h
rujan	47,72	8,677	Nm ³ /h
listopad	43,72	7,949	Nm ³ /h
studeni	30,28	5,506	Nm ³ /h
prosinac	25,57	4,650	Nm ³ /h

Tablica 5.2. Dobivena količina vodika (u Nm³/h) elektrolizatorom sa snagom 22 kW

Table 5.2. Hydrogen amount (in Nm³/h) gained by electrolyzer with power supply of 22 kW

5.3 Procjena učinkovitosti gorivnih članaka

Ogrjevnost vodika (gornja):
142 MJ/kg = 39,4 kWh/kg.

Iz jednadžbe stanja ($pV=nRT$) izračunamo da 1 Nm³ vodika sadrži 0,0893 kg. Iz ovih podataka lako je izračunati da je ogrjevnost vodika 3,52 kWh/Nm³.

Drugi podatak koji je potreban za izračun jest efikasnost gorivnog članka. A to ovisi o njegovoj konstrukciji i njegovoj polarizacijskoj krivulji, odnosno naponu na koji radi. Najčešće je to 80%.

	dostupna količina i energija vodika		snaga koju daje gorivni članak s $\eta=0,8$ od raspoložive kol.vodika	preostala snaga nakon potrošnje 14,784 kW vodika za rad PEM gorivnog članka
	[Nm ³]	[kWh]	[kW]	[kW]
siječanj	4,890	17,212	13,769	-1,015
veljača	6,048	21,289	17,031	2,247
ožujak	7,276	25,612	20,489	5,705
travanj	8,141	28,657	22,926	8,142
svibanj	8,980	31,609	25,287	10,503
lipanj	9,338	32,870	26,296	11,512
srpanj	9,382	33,023	26,419	11,635
kolovoz	9,277	32,655	26,124	11,340
rujan	8,677	30,541	24,433	9,649
listopad	7,949	27,981	22,385	7,601
studeni	5,506	19,381	15,505	0,721
prosinac	4,650	16,366	13,093	-1,691

Tablica 5.3. (Električna) snaga gorivnog članka

Table 5.3. Electrical power generated from Fuel Cells

Iz Tablice 5.3. vidljivo je da u zimskim mjesecima postoji manjak potrebne energije iz čega proizlazi da bi tijekom ta 4 mjeseca (studeni, prosinac, siječanj i veljaču) istu trebalo nadomjestiti iz električne mreže.

Također vidimo da postoji određeni višak proizvedene energije u ljetnom periodu koji nadilazi potrebe ovog kućanstva u vidu klimatizacije. On bi se mogao iskoristiti u svrhu potrošne tople vode ili se prodati u električnu mrežu, ovisno o stupnju isplativosti.

6 EKONOMSKA RAZMATRANJA

Udio troškova pogonskog agregata u pravilu raste s porastom veličine, odnosno snage postrojenja dok sa smanjenjem veličine postrojenja raste udio troškova električnih i kontrolnih sistema, strojarskih instalacija a posebno rastu troškovi inženjeringa i vođenja projekta.

Investicijski troškovi pojavljuju se samo na početku, dakle neposredno nakon donošenja odluke o investiranju.

Troškovi održavanja kogeneracijskog postrojenja relativno su visoki a ovise o vrsti kogeneracijske jedinice, njenoj snazi i uvjetima rada. Međutim, oni se pojavljuju na godišnjoj razini tijekom životnog vijeka sustava.

Uzevši u obzir sve navedeno, troškovi proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije upotrebom gorivnih članaka i kogeneracije veći su od troškova proizvodnje energije iz klasičnih elektrana što čini cijenu nekonkurentnom na tržištu električne energije.

Zakonska energetska regulativa u Hrvatskoj u kojoj se pravno regulira poticanje korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracije, te način isplate poticaja povlaštenim proizvođačima, temelji se na smjernicama Europskog zakonodavstva i energetskih zakona u Republici Hrvatskoj. Za sada se potiče samo proizvodnja električne energije, dok za proizvodnju toplinske energije trenutno nema predviđenih subvencija.

7 ZAKLJUČAK

Izvršena je analiza stvarnih i proračunatih podataka zaključilo se da je zbog svoje osunčanosti, lokacija grada Splita izrazito pogodna za postavljanje fotonaponskog sustava te primjenu kogeneracijskog sustava s elementima opisanim u ovom radu.

U radu je predložen mikrokogeneracijski sustav s gorivnim člankom jer smatramo da su gorivni članci tehnologija budućnosti. Primjena vodika kao energetskog nositelja biti će nezaobilazna u elektroenergetici za stacionarna postrojenja, a uz kogeneraciju najefikasniji i najčišći način pretvorbe drugih energenata u električnu energiju.

Iako su troškovi proizvodnje električne energije iz obnovljivi izvora energije upotrebom gorivnih članaka veći od troškova proizvodnje energije iz klasičnih elektrana, kogeneracijska postrojenja u Europi polako postaju sve češći način zadovoljenja energetskih potreba bilo u kućanstvima bilo u uslužnom i industrijskom sektoru. Razlog tome jest ekološki osjetljivija energetska politika Europske unije, sve veća efikasnost malih kogeneracija, njihova kompaktnost, te sigurna i pouzdana opskrba električnom energijom.

Od daljnjih istraživanja i razvoja očekuje se napredak tehnologije skladištenja vodika, te povećanje korisnosti i životnog vijeka gorivih članaka.

8 LITERATURA

- [1] Hrvatski operater tržišta energije d.o.o., s Interneta: <http://www.hrote.hr/default.aspx?id=92>
- [2] Željka Hrs Borković: „Vodič za sudionike u projektiranju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada“, 2007.
- [3] Elektroliza vode, s Interneta: http://hr.swewe.net/word_show.htm/?88022_1&El_ektroliza_vode
- [4] HEP ODS d.o.o., s Interneta: <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>
- [5] Solarna fotonaponska energija, s Interneta: http://hr.wikipedia.org/wiki/Solarna_fotonaponska_energija
- [6] C. A. Vincent, B. Scorsati: „Modern Batteries, An introduction to electrochemical Power“, 1997.
- [7] Car, S.; Firak, M.; Đonlagić, B.: „Primjena vodika u elektroenergetici“, 15. Forum – Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb, 2006.
- [8] Sandro Nižetić: „Grijanje i klimatizacija“, predavanja, FESB Split, 2012.
- [9] Frano Barbir: “Hydrogen Islands - Utilization of Renewable Energy for an Autonomous Power Supply”, FESB Split 2014.
- [10] F. Barbir, T. Molter, L. Dalton: „Efficiency and weight trade-off analysis of regenerative fuel cells as energy storage for aerospace applications“, International Journal of Hydrogen Energy 30, 2005.