



Preliminarna analiza korištenja obnovljivih izvora energije u višestambenoj zgradi Ulica Crvenog križa 10.

Izrađivač:

Društvo za oblikovanje održivog razvoja

Trg kralja Petra Krešimira IV. 2, Zagreb

Autori:

Dr.sc. Maja Božičević Vrhovčak

Daniel Rodik, dipl.ing.

Naručitelj:

SUVLASNICI NEKRETNINE k.č. 6955, k.o. Centar, zk.č. 2273/52, zk.o. Grad Zagreb, na adresi Ulica
Crvenog križa 10, Zagreb, koje zastupa predstavница suvlasnika Vanja Vučićević-Boras

Zagreb, siječanj 2017.

Sadržaj

1.	UVOD	3
2.	PODACI O ZGRADI I LOKACIJI	5
2.1.	Osnovni podaci	5
2.2.	Građevinski podaci	6
2.3.	Osnovni klimatski podaci	7
3.	POSTOJEĆI ENERGETSKI SUSTAVI	8
3.1.	Električna energija	8
3.2.	Prirodni plin (toplinska energija)	8
4.	PRIMJENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	10
4.1.	Opskrba električnom energijom	10
4.1.1.	Korištenje sunčeve energija za proizvodnju električne energije	10
4.1.2.	Korištenje energije vjetra za proizvodnju električne energije	16
4.1.3.	Poticanje uporabe obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj	20
4.2.	Opskrba toplinskom energijom	25
4.2.1.	Korištenje sunčeve energije za dogrijavanje potrošne tople vode (PTV) i prostora	25
4.2.2.	Korištenje energije biomase za grijanje prostora i PTV	31
4.2.3.	Korištenje geotermalne energije (dizalice topline) za grijanje prostora i PTV	37
4.2.4.	Poticanje korištenja obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe	45
5.	ZAKLJUČCI I PREPORUKE	47
6.	LITERATURA	48

1. UVOD

Preliminarna analiza korištenja obnovljivih izvora energije u višestambenoj zgradi u Ulica Crvenog križa 10 (dalje: Analiza) izrađuje se na zahtjev investitora – suvlasnika nekretnine k.č. 6955, k.o. Centar, zk.č. 2273/52, zk.o. Grad Zagreb, na adresi Ulica Crvenog križa 10, Zagreb, koje zastupa predstavnik suvlasnika Vanja Vučićević-Boras. Istovremeno je u tijeku izrada izvješća o energetske pregledu i izdavanje energetske certifikata za zgradu od strane ovlaštene osobe.

Ova analiza pokazuje mogućnosti vezane za korištenje obnovljivih izvora energije: sunca, vjetra, biomase i geotermalne energije (dizalica topline) prije svega u kontekstu zadovoljavanja energetske potreba zgrade – električne i toplinske energije. Također u analizi je izložen pregled tehnologija s opisima, primjerima i ograničenjima, a za svaku tehnologiju je predloženo tehničko rješenje s jednostavnim opisom, dimenzijama, potencijalom proizvodnje energije, okvirnom investicijom i jednostavnim periodom povrata ulaganja. Analiza je izrađena prema smjernicama za izradu *Elaborata alternativnih¹ sustava opskrbe energijom* koje su opisane u *Studiji primjenjivosti alternativnih sustava*.²

Korištenje obnovljivih izvora energije u zgradarstvu postaje sve veći imperativ ne samo kroz zakonski okvir i ostvarenje Europskih i nacionalnih političkih ciljeva, nego i kao potreba korisnika prostora, potrošača energije³ – koji vide priliku u proizvodnji energije za pokrivanje dijela svojih potreba. Razlozi za to su dugoročno smanjenje novčanih izdataka za energiju, smanjenje ovisnosti o konvencionalnim izvorima te ekološka svijest samih potrošača, u ovom slučaju stanara stambene zgrade.

Obnovljivi izvori energije su oni koji se u prirodi obnavljaju u vremenski relativno kratkom roku tokom prosječnog ljudskog vijeka ili kraće. Druga osnovna karakteristika im je da imaju malu ili nikakvu emisiju stakleničkih plinova kao glavnih uzročnika klimatskih promjena. Za usporedbu, fosilna goriva se stvaraju milijunima godina u slojevima zemlje, a njihovo korištenje (izgaranjem) emitira ugljični dioksid koji je glavni uzročnik efekta staklenika i klimatskih promjena. Osnovi izvori energije u prirodi potječu, izravno ili neizravno, od energije Sunca (izravno sunčevo zračenje, vjetar, vodotoci, biomasa), zatim energije Zemlje (geotermalna energija) i energije gravitacije (plima i oseka).

Analize istraživanja potencijala za korištenje obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj⁴ pokazuju izvrsne prirodne potencijale. Korištenje energije Sunca pogodno je na području cijele Hrvatske, prije svega za lokalnu proizvodnju toplinske energije sa solarnim toplinskim sustavima i električne s fotonaponskim sustavima. Kod zgrada većina nagiba krova je oko 30° što je vrlo blizu optimalnog kuta postavljanja kolektora ili panela za korištenje energije Sunca. Nadalje, korištenje energije vjetra s vjetroturbinama za proizvodnju električne energije najpogodnije je na lokacijama duž obale i u priobalnom pojasu, iako

¹ Umjesto "alternativni", pravilniji termin koji se češće upotrebljava je „obnovljivi“, u ovom slučaju - obnovljivi sustavi opskrbe energijom.

² Prema Zakonu o gradnji (NN 153/13) propisano je da se zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole za zgradu koja mora ispuniti zahtjeve energetske učinkovitosti prilaže *Elaborat alternativnih sustava opskrbe energijom* se izrađuje prema *Studiji primjenjivosti alternativnih sustava*. <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=22195>

³ Prema Zakonu o energiji (NN 120/12, 14/14, 95/15, 102/15), potrošač energije koji kupuje energiju za vlastite potrebe, odnosno vlastitu potrošnju, naziva se „krajnji kupac“

⁴ Projekt REPAM (Renewable Energy Policies Advocacy and Monitoring), Energetski institut Hrvoje Požar, Društvo za oblikovanje održivog razvoja, <http://www.eihrp.hr>, <http://www.door.hr>

postoji potencijal i u kontinentalnom pojasu i urbanim područjima gdje bi se mogli koristiti manji, lakši i tiši vjetrogeneratori. Biomasa kao najrašireniji oblik obnovljivih izvora koristi se većinom kao ogrjevno drvo u ruralnim područjima, ali sve više i kao gorivo u sustavima područnog grijanja uz zajedničku proizvodnju topline i električne energije (kogeneracija). Također, koriste se peleti i drvena sječka u visokoučinkovitim pećima za grijanje prostora i pripremu potrošne tople vode. Od ostalih izvora postoje značajni potencijali za korištenje geotermalne energija i malih hidroelektrana na vodotokovima, ali je njihovo korištenje ograničeno na određene lokacije.

2. PODACI O ZGRADI I LOKACIJI

2.1. Osnovni podaci

Zgrada u Ulici Crvenog križa 10 je zgrada isključivo stambene namjene, a nalazi se u užem centru grada Zagreba, koji je prema namjeni većinom stambene ili uslužne namjene.

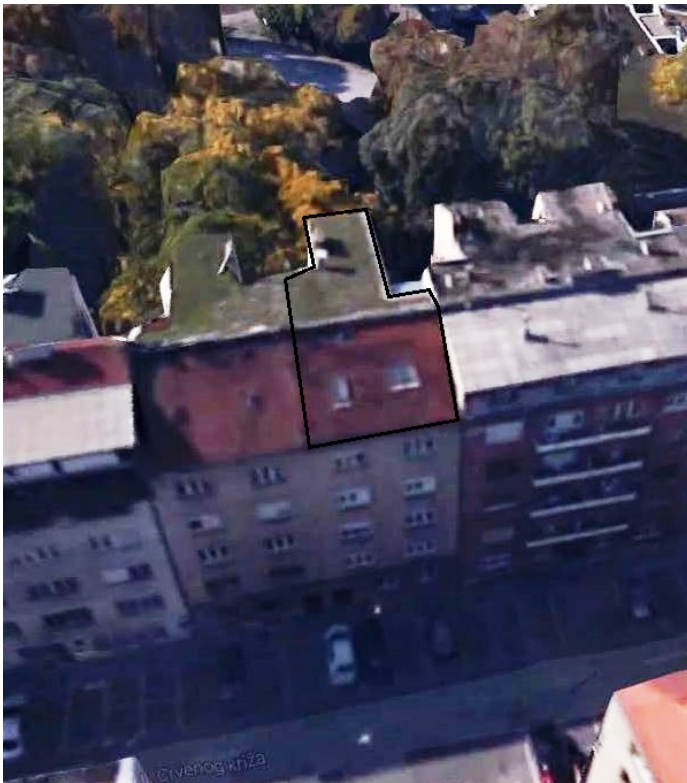
Zgrada je smještena na katastarskoj čestici 6955, k.o. Zagreb, Centar, izgrađena je 1940. godine i građevinski je dio uličnog bloka omeđena sa susjednih zgradama na katastarskim česticama 6954 i 6956.



Slika 1. Pročelje zgrade adrese Ulica Crvenog Križa 10, pogled s istočne strane (Izvor: Google maps)

Ukupna neto stambena površina iznosi 459,45 m², a površina katastarske čestice je 276 m². Zgrada se sastoji od 8 stanova na 7 etaža (suteran+prizemlje+5 katova) te od zajedničkih podrumskih prostorija, stubišta i dvorišta. Zgrada nije zaštićena kao kulturno dobro.

Istočna strana prema ulici ima kosi krov pod nagibom oko 35° dok zapadna dvorišna strana ima ravni krov ukupne površine 85 m².



Slika 2. Prikaz krova zgrade (Izvor: Google maps)

2.2. Građevinski podaci

Zgrada je građena punom opekom s klasičnom žbukom bez toplinske izolacije. Dio stolarije na vanjskoj ovojnici zamijenjen je s novom PVC stolarijom. Fasada je mjestimično u lošem stanju, pod utjecajem atmosferskih prilika. Krovšte je drvene konstrukcije, s crijepom, u relativno dobrom stanju. Drugi dio krova je ravna betonska ploča s hidroizolacijom.

Prema proračunu iz energetskog pregleda zgrade godišnja potrebna energija za grijanje iznosi **64 711 kWh/god.**

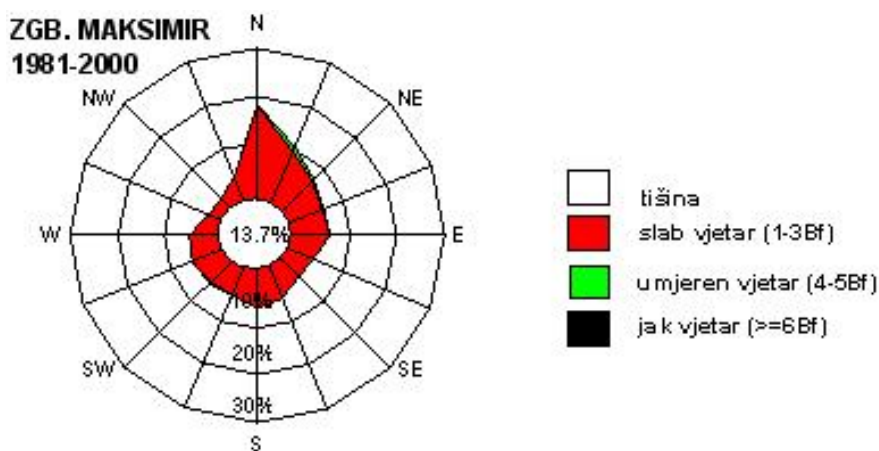
2.3.Osnovni klimatski podaci

Klimatski podaci za lokaciju Zagreb Maksimir prema 20-godišnjem prosjeku⁵ su sljedeći:

- Srednja dnevna temperatura u Siječnju: 1,0 °C
- Srednja dnevna temperatura u Srpnju: 21,3 °C
- Broj stupanj dana grijanja⁶: 2892

Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama⁷

- $\Theta_{min\ ym}$ [°C] temperatura za projektiranje grijanja: -12,8 °C
- $\Theta_{max\ ym}$ [°C] temperatura za projektiranje hlađenja: 29,6 °C
- Globalno sunčevo zračenje [MJ/m²]
 - za horizontalnu plohu kroz godinu: 4494 MJ/m²
 - za nagib 30° prema E,W: 4352 MJ/m²
 - za nagib 30° prema S : 44879 MJ/m²
- Srednja godišnja brzina vjetra je 1,76 m/s , sa srednjim mjesečnim vrijednostima od 1,5 m/s u siječnju, do 2,2 m/s u travnju.



Slika 3. Ruža vjetrova za lokaciju Zagreb Maksimir (Izvor: <http://www.eko.zagreb.hr>)

- Dnevna količina oborine, godišnji srednjak iznosi 2,3 mm.
- Srednja dnevna relativna vlažnost, godišnji prosjek iznosi 74%.

⁵ Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=34363>

⁶ Stupanj dan grijanja je umnožak broja dana grijanja i razlike između prosječne unutarnje i vanjske temperature, npr. za Zagreb-Grič stupanj dan grijanja iznosi 2.892,4, a za Split 1.749,3, a za Osijek 3.134,4.

⁷ Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN 97/2014

3. POSTOJEĆI ENERGETSKI SUSTAVI

U ovom poglavlju su opisani postojeći energetske sustavi za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju, pripremu potrošne tople vode (PTV-a) i rasvjetu te odgovarajući energenti. Također prema sakupljenim podacima od distributera električne energije i plina prikazana je prosječna potrošnja električne energije i plina. Svaka stambena jedinica ima individualno mjerenje potrošnje električne energije i plina.

3.1. Električna energija

Električna energija u kućanstvima na lokaciji se koristi za dodatno grijanje, klimatizaciju i ventilaciju, pripremu hrane, rasvjetu i uređaje. Prema podacima dobivenim od HEP ODS d.d. Elektra Zagreb, prosjek na temelju tri prošle godine (Tablica 1) pokazuje da je ukupna prosječna potrošnja zgrade 23629 kWh. Prosječna potrošnja po stanu iznosi stoga 3375 kWh godišnje⁸, a potrošnja električne energije za rasvjetu zajedničkih prostorija, stubišta i podruma, iznosi godišnje 164 kWh.

Tablica 1 Prosjek potrošnje električne energije po stambenim jedinicama (Izvor: HEP ODS d.d. Elektra Zagreb)

Stan	Prosječna godišnja potrošnja električne energije	
1	1963,7	kWh
2	1856,7	kWh
3	5452,8	kWh
4	1354,3	kWh
5	5188,8	kWh
6	2411,3	kWh
7	4525,3	kWh
8	712,3	kWh
Stubište	164	kWh
UKUPNO	23629,3	kWh

3.2. Prirodni plin (toplinska energija)

Plin se koristi kao energent u etažnim bojlerima za zagrijavanje prostora, pripremu potrošne tople vode (PTV), te za pripremu hrane. Prema podacima dobivenim od Gradske plinare Zagreb d.d. u tablici je prikazana potrošnja plina po stambenim jedinicama kao trogodišnji prosjek. Prosječna potrošnja po stanu je oko 8100 kWh godišnje (Tablica 2) uzimajući u obzir samo stanove u kojima se boravi.⁹

⁸ Prema podacima Državnog zavoda za statistiku prosječna potrošnja električne energije u 2012. u kućanstvima u Hrvatskoj iznosila je 3.766 kWh.

⁹ Minimalna standardna donja ogrjevna vrijednost Hd je 9,25 kWh/m³ prema podacima Gradske plinare Zagreb d.o.o.

Tablica 2 Prosjek potrošnje plina po stambenim jedinicama u kWh (Izvor: Gradska plinara Zagreb d.d.)

Stan	Prosjek godišnje potrošnje plina	
1	10838	kWh
2	8943	kWh
3	1696	kWh
4	4974	kWh
5	6785	kWh
6	2220	kWh
7	16746	kWh
UKUPNO	52201	kWh

4. PRIMJENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

U ovom dijelu prikazani su različiti oblici obnovljivih izvora energije, te njihova primjenjivost na lokaciji. Mogućnosti su prikazane kao tipska rješenja prema potrebi za opskrbom električne i toplinske energije. Karakteristike rješenja tj. energetske sustava djelomično su preuzete iz studije *Kataloga tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava*¹⁰. Studija predstavlja podlogu za izradu *Elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom* u slučaju zgrada s korisnom površinom manjom od 1000m², tj. za ispunjavanje zahtjeva energetske učinkovitosti prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

4.1. Opskrba električnom energijom

Svi krajnji kupci u zgradi imaju svoju električnu instalaciju u stanu i svoje brojilo električne energije. Obnovljivi izvori energije koji su na raspolaganju za dobivanje električne energije na razmatranoj lokaciji su energija sunca i energija vjetra, a raspoložive tehnologije su fotonaponski sustavi i vjetroagregati. Tehnički, na raspolaganju su dva rješenja:

- zajednički sustav s posebnim priključkom i brojilom, za prodaju električne energije u „vanjsku“ električnu mrežu;
- pojedinačni sustavi individualno spojeni na električne instalacije pojedinih stanova.

Kako spajanje na instalaciju pojedinih stanova omogućava namirivanje dijela vlastitih potreba za električnom energijom suvlasnika, ovo je rješenje razmatrano u nastavku teksta.

4.1.1. Korištenje sunčeve energija za proizvodnju električne energije

Fotonaponski sustav je sustav za generiranje električne energije iz Sunčevog zračenja pomoću fotoelektričnog efekta. Proizvedena električna energija se može predavati u elektrodistribucijsku mrežu, ili pohranjivati u akumulatorima za potrošnju prema potrebi. Fotonaponski moduli sastoje se od međusobno spojenih sunčanih (solarnih) ćelija u kojima se, prilikom obasjavanja Sunčevim zračenjem generira istosmjerni napon pomoću fotoelektričnog efekta. Sunčane ćelije proizvode se u tehnologijama monokristaličnog, multikristaličnog ili trakastog kristaličnog silicija, te u tehnologiji tankog filma. Ovisno o tehnologiji, učinkovitost pretvorbe Sunčeve energije u električnu kreće se od 4% za tehnologiju amorfne silicija do 16% za tehnologije monokristaličnog silicija. Tipičan odnos snage i površine fotonaponskih modula kreće se između 110 i 140 W/m² dok je za transparentne fotonaponske module taj odnos manji i iznosi oko 50 W/m². Serijskim i paralelnim spajanjem fotonaponskih modula ostvaruje se fotonaponsko polje željene snage, izlaznog napona i struje. Tablica 3 nudi pregled svojstava fotonaponskih modula izvedenih u različitim tehnologijama.

¹⁰ Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava, MGIPU, <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=26632>

Tablica 3 Svojstva fotonaponskih modula (Izvor: Studija primjenjivosti alternativnih sustava)

Vrsta						
Materijal	Monokristal	Polikristal	Amorfni silicij	Polikristal	Kadmij-telurid	Bakar-indij-diselenid
Učinkovitost (%)	11-16	13-16	4-7	5-8	6-9	6-8
Odnos površina/snaga (m ² /kW)	7-9	8-11	16-20		11-13	

Autonomni fotonaponski sustavi (otočni sustav) su sustavi koji nisu spojeni na električnu distributivnu mrežu, te zbog toga moraju imati i element za pohranu energije - akumulator. Prilikom projektiranja ovakvih sustava, u obzir treba uzeti očekivanu dnevnu proizvodnju po godišnjim periodima, očekivani režim rada (cjelogodišnje, sezonski) i učestalost korištenja sustava (svakodnevno, vikend), broj trošila, prosječno vrijeme korištenja i potrošnju i željenu autonomiju sustava.

Umreženi fotonaponski sustav sastoji se od fotonaponskih modula i DC/AC pretvarača. Kod umreženih fotonaponskih sustava, energija proizvedena u fotonaponskim modulima isporučuje se u elektrodistribucijsku mrežu, te otkupljuje od strane distributera, često po poticajnoj cijeni. Također, postoji i mogućnost „kupca s vlastitom proizvodnjom“, u okviru koje kupci dio vlastite potrošnje namiruju iz vlastitog fotonaponskog sustava, a u „vanjsku“ električnu mrežu isporučuju viškove kad do njih dođe ili preuzimaju električnu energiju kad im je u kućanstvu potrebno više nego sami u tom času proizvode.

Potencijalna mjesta za ugradnju su krovovi i fasade zgrada gdje ne postoji mogućnost od zasjenjivanja fotonaponskih modula od nekog drugog objekta (stabla, susjedni objekti i sl.). Za analiziranu zgradu pogodno mjesto je krov. Ovisno o režimu uporabe sustava (cjelogodišnja uporaba, sezonska uporaba) potrebno je odrediti optimalni kut nagiba na horizontalnu plohu. Optimalni mjesečni, sezonski i godišnji kutovi nagiba sunčanih sustava za pojedino područje Republike Hrvatske, kao i podaci o srednjim godišnjim i mjesečnim ozračenostima vodoravne plohe dani su u Priručniku za energetske korištenje Sunčevog zračenja – *Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske*¹¹.

Optimalni godišnji kutovi na području Republike Hrvatske kreću se između 25° i 30°, dok se sezonski optimalni kutovi kreću od 50° do 55° za zimsku sezonu (listopad – ožujak), odnosno 10° do 15° za ljetnu sezonu (travanj – rujan). U slučaju ugradnje fotonaponskog modula orijentiranog prema jugu i pod optimalnim kutom, može se očekivati godišnje generiranje između 1 MWh i 1,4 MWh električne energije za ugrađeni 1 kW sustava, dok u slučaju ugradnje modula u okomitom položaju (kod ugradnje u fasadu) između 0,65 MWh i 0,85 MWh električne energije za ugrađeni 1 kW sustava.

U slučaju ugrađivanja fotonaponskih modula u kosi krov, općenite smjernice za potencijalno mjesto ugradnje su:

- orijentacija dijela krova na koji se ugrađuju moduli prema jugu, uz dozvoljeno odstupanje od ±15°,
- nagib krova približno jednak optimalnom kutu nagiba fotonaponskih sustava za određeno geografsko područje i režim uporabe (cjelogodišnja, ljetna sezona, zimska sezona),
- bez zasjenjivanja od okolnih objekata.

¹¹ Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske, Priručnik za energetske korištenje Sunčevog zračenja, EIHP 2007. <https://bib.irb.hr/datoteka/298322.Matic-978-9536474547red.pdf>

U slučaju ugradnje fotonaponskih sustava na ravni krov zgrade, moguće je namještanje orijentacije i nagiba modula bez obzira na orijentaciju zgrade. U tom slučaju, module je potrebno orijentirati prema jugu, te namjestiti nagib modula u ovisnosti o optimalnom kutu za željeni režim rada. Također je potrebno odabrati položaj bez zasjenjivanja od okolnih objekata. Fotonaponske module moguće je integrirati i u fasadu.

Zbog okomitog postavljanja modula, očekivana proizvodnja električne energije je manja nego kod sustava postavljenih pod optimalnim kutom. Također, radi dnevnog hoda visine Sunca, očekivana godišnja energija je ravnomjerno raspoređena tijekom mjeseci.

Kod ugradnje postavljaju se sljedeći uvjeti:

- orijentacija dijela fasade na koji se ugrađuju moduli prema jugu, uz dozvoljeno odstupanje od $\pm 45^\circ$,
- bez zasjenjivanja od okolnih objekata,
- osigurana svjetlopropusnost (kod transparentnih fotonaponskih modula).

U svim slučajevima ugradnje, treba razmotriti:

- priključak na elektroenergetsku mrežu,
- očekivanu godišnju i mjesečnu generiranu energiju,
- vrijeme povrata investicije uz poticajnu cijenu za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora i bez poticajne cijene.

Prednosti fotonaponskih sustava:

- Izravna pretvorba Sunčeve energije u električnu,
- Nepostojanje pokretnih dijelova i bešuman rad,
- Minimalno održavanje,
- Raznolika mogućnost smještaja i ugradnje u građevinske elemente,
- Dugi životni vijek fotonaponskih modula (garancija oko 20 godina, ovisno proizvođaču) te mogućnost reciklaže

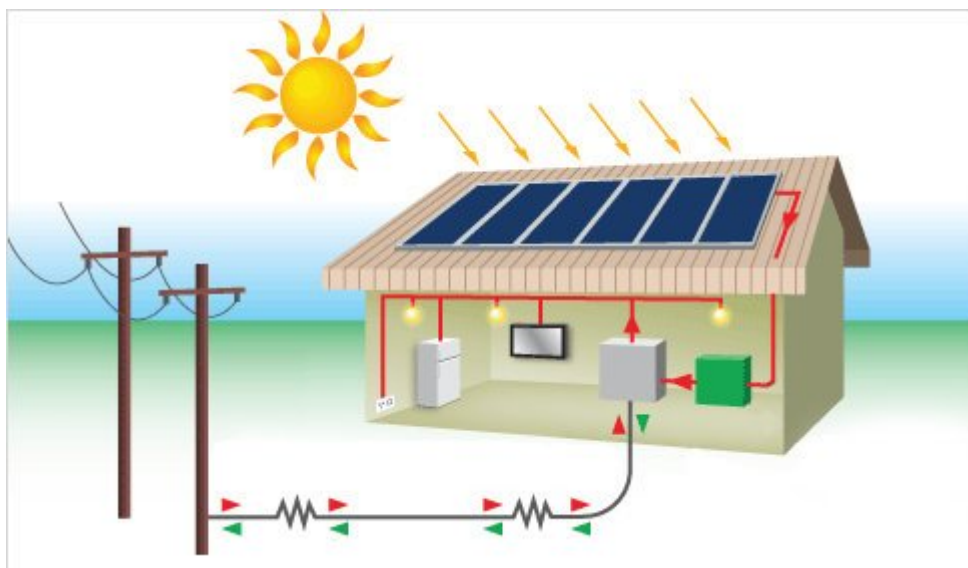
Nedostaci fotonaponskih sustava:

- Potrebni dodatni uređaji (DC/AC pretvarač) koji poskupljuju cijenu instalacije i smanjuju pouzdanost
- Sustav s baterijama i akumulacijom električne energije znatno poskupljuje investiciju
- Niska energetska učinkovitost
- Za održavanje pomoćnih uređaja potrebni specijalisti¹²

¹² Registar certificiranih instalatera dostupan je na internetskoj stranici Ministarstva graditeljstva, <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14890>.

Rješenje 1. Fotonaponski sustav 7 kW

Na lokaciji Ul. Crvenog Križa 10 postoji tehnička mogućnost korištenja fotonaponskog sustava za proizvodnju električne energije za vlastite potrebe i predaju viškova u elektrodistribuciju –tzv. mrežni sustav. Sustav s baterijama, koje služe za pohranu električne energije, (tzv. autonomni ili off-grid) nije razmatran zbog znatno veće početne investicije (skupoća baterija), te neisplativosti u odnosu na cijenu električne energije koju plaćaju suvlasnici zgrade. Na Slici 4 je prikazana jednostavna shema mrežnog fotonaponskog sustava.



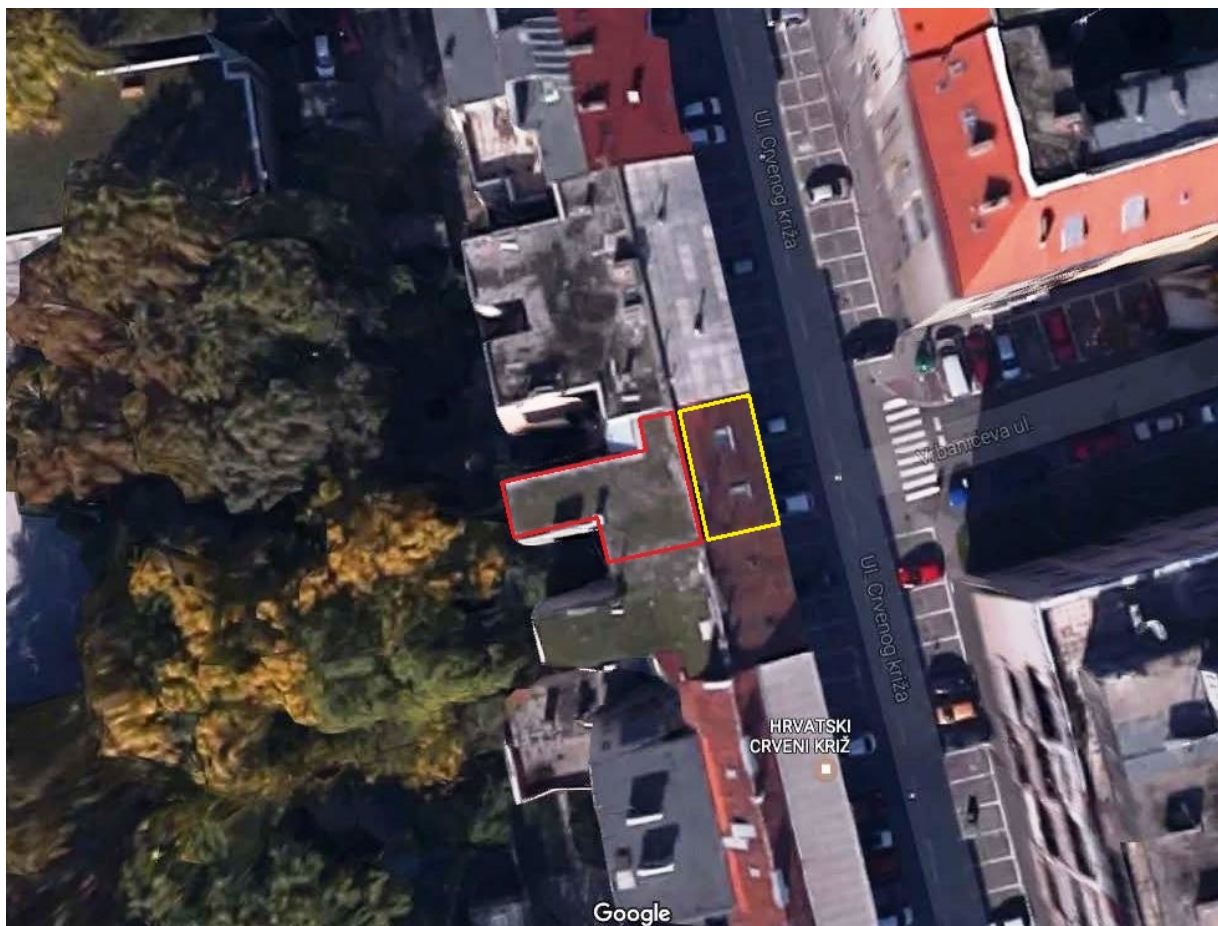
*Slika 4. Jednostavna shema mrežnog fotonaponskog sustava s jednim dvosmjernim brojilom
(Izvor: Studija primjenjivosti alternativnih sustava)*

Glavni elementi sustava su: fotonaponski paneli s pratećim priborom, DC/AC pretvarač i priključak na elektroenergetsku mrežu.

Napomena: Kako je u zgradi 7 stambenih jedinica – kupaca električne energije sa zasebnim brojilima električne energije i jedno brojilo za zajedničke prostorije, potrebno je tehnički riješiti raspodjelu proizvedene električne energije u fotonaponskom sustavu prema stambenim jedinicama, što znači povezati određeni dio instaliranih panela s električnim instalacijama pojedinog stana te od HEP ODS-a zatražiti promjenu uvjeta korištenja mreže za svakog krajnjeg kupca koji je na taj način nadgradio svoju instalaciju.

Ukupna površina ravnog krova iznad zapadnog dijela zgrade iznosi oko 85 m². Raspoloživa površina za postavljanje fotonaponskih panela je umanjena za prepreke i razmak između panela, te iznosi oko 65 m². Kosi krov površine oko 60m², koji je iznad istočnog dijela zgrade nije idealan zbog zapadne orijentacije te nije uzet u razmatranje. Raspoloživa površina također se može koristiti za postavljanje solarnih kolektora za PTV. Vidi poglavlje 4.2.1. Korištenje sunčeve energije za dogrijavanje PTV i prostora.

Napomena: Prije postavljanja potrebno je napraviti pregled krova i po potrebi toplinsku izolaciju i hidroizolaciju, jer bi nakon instaliranja sustava to bilo otežano.



Slika 5. Crveni okvir prikazuje raspoloživu površinu ravnog krova za postavljanje fotonaponskih panela i/ili solarnih kolektora, a žuti okvir prikazuje kosi krov koji nije uzet u razmatranje (Izvor: Google maps)

Paneli se mogu orijentirati prema Jugu (0°), pod nagibom od oko 10° kako bi dobili što veću pokrivenost s panelima i veću snagu. U tom slučaju vršna snaga sustava određena je raspoloživom površinom krova od 65m² te iznosi oko 7 kW (110W/m²).

Tablica 4 pokazuje proizvodnju električne energije po mjesecima prema ulaznim podacima:

Fixed system: inclination=10 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	7.42	230	1.28	39.7
Feb	13.20	371	2.27	63.5
Mar	20.90	649	3.70	115
Apr	27.20	815	4.92	148
May	31.40	972	5.85	181
Jun	33.30	1000	6.31	189
Jul	33.80	1050	6.44	200
Aug	30.40	941	5.78	179
Sep	22.70	681	4.18	125
Oct	15.80	490	2.84	88.1
Nov	8.33	250	1.46	43.8
Dec	5.85	181	1.01	31.3
Year	20.90	636	3.84	117
Total for year		7630		1400

Tablica 4 Procjena proizvodnje električne energije iz fotonaponskog sustava (Izvor: PVGIS, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>)

Ed: Prosječna dnevna proizvodnja električne energije iz zadanog sistema (kWh)

Em: Prosječna mjesečna proizvodnja električne energije iz zadanog sistema (kWh)

Hd: Prosječna dnevna suma ukupnog ozračenja po kvadratnom metru koji pada na panele zadanog sistema (kWh/m²)

Hm: Prosječna suma ukupnog ozračenja po mjesecima po kvadratnom metru koji pada na panele zadanog sistema (kWh/m²)

Ovakav sustav godišnje može proizvesti prosječno 7630 kWh, što iznosi oko trećine prosječne potrošnja električne energije u zgradi (23629 kWh). Investicija u sustav bila bi od 80.000 do 100.000 kn ovisno o složenosti instalacijskih radova. Očekivani životni vijek sustava je 23 godine¹³. Važno je napomenuti da će na smanjenje troška za električnu energiju najveći utjecaj imati režim korištenja električne energije u pojedinom stanu, odnosno koristi li vlasnik električnu energiju koju je proizveo, ili proizvedenu električnu energiju isporučuje u mrežu, a električnu energiju koja mu je potrebna u kućanstvu preuzima iz mreže, u popodnevnim i večernjim satima. Suvremeni sustavi poticaja nagrađuju istovremenost potrošnje i proizvodnje.

Predviđena godišnja proizvedena električna energija iz fotonaponskog sustava predstavlja i uštedu od 2,33 t ekvivalentne emisije CO₂¹⁴.

jednostavni period povrata investicije ovakvog sustava ovisi o poticajima koji će biti regulirani novim zakonskim okvirom što je opisano u poglavlju 4.1.3.

¹³ Prema Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015

¹⁴ Emisijski faktor za električnu energiju prema IPCC metodologiji u 2010. iznosi 0,306 tCO₂/MWh

4.1.2. Korištenje energije vjetra za proizvodnju električne energije

Suvremeno korištenje energije vjetra bazira se na proizvodnji električne energije pomoću vjetroelektrana. Većinom se postavljaju na otvorenim udaljenim lokacijama u okolišu, a moguća je i njihova montaža na krovu zgrade ili u samu strukturu građevine. Agregat vjetroelektrane čini vjetroturbina i pripadni električni generator koji su većinom u zajedničkom kućištu na zajedničkom vratilu. Dva su temeljna tipa vjetroatregata: s horizontalnim vratilom i s vertikalnim vratilom.

Vjetroatregati s horizontalnim vratilom su uobičajeni. Grade se u rasponu snaga od nekoliko vata do nekoliko megavata te su obično postavljeni na vrh stupa potrebne visine. Rotor vjetroturbine je obično s tri lopatice i okrenut u vjetar. Manji uređaji se usmjeravaju pomoću vjetrulje, a veći servomotorima pomoću senzora. Vjetroatregati s vertikalnim vratilom ne zahtijevaju veliku visinu stupa za montažu jer je turbinsko kolo (manjeg promjera) položeno u horizontalnoj ravnini. Ne zahtijevaju usmjeravanje, ali su slabije učinkovitosti.

Učinak vjetroelektrane ovisi o nekoliko faktora:

- Snaga koja se može dobiti od energije vjetra razmjerna je trećoj potenciji brzine vjetra
- Brzina vjetra se povećava s visinom. Podizanjem vjetroturbine na dvostruku visinu povećava se brzina vjetra za oko 10%, a time i snaga za više od 30%.
- Snaga turbine je razmjerna kvadratu promjera rotora turbine.
Pri većim brzinama se regulira snaga i održava na konstantnoj vrijednosti kako ne bi došlo do preopterećenja turbine i generatora, a kod određene maksimalne dopuštene brzine vjetra turbina se zaustavlja u svrhu zaštite od oštećenja.

Osnove primjene energije vjetra u urbanim zonama

Predviđanje potencijala energije vjetra i njenog doprinosa pri zadovoljenju energetske potrebe u urbanom okolišu korištenjem malih vjetroatregata montiranih na krovove zgrada danas je dio planiranja primjene obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u zgradarstvu.

Važni utjecajni parametri takvog planiranja su:

- Oblik krova zgrade na koju se montira mali vjetroatregat (ravni, kosi s različitim nagibom)
- Raspored zgrada u uličnom rasteru
- Oblik terena (zgrade na ravnom ili terenu s određenim nagibom).

Idealna lokacija za instalaciju urbanih vjetroatregata trebala bi biti pozicionirana u području gdje je srednja godišnja brzina vjetra velika, s ravnom ulicom paralelnom s dominantnim smjerom vjetra i dugim nizom zgrada uz vjetar.

Međutim, danas je vrlo malo naputaka o očekivanoj proizvodnji malih vjetroatregata montiranih na krovove urbanog okoliša koji bi dali instalaterima i potrošačima informaciju o njihovom optimalnom pozicioniranju. Kako je nužno izbjeći nerealno dugačko vrijeme povrata investicije zbog niskog faktora opterećenja, izbor lokacije za instalaciju malih vjetroatregata potrebno je pažljivo provesti. Utjecaj oblika zgrade, položaja objekata oko planirane lokacije i stupanj nagiba terena imaju ključnu ulogu za optimizaciju mjesta za postavljanje agregata, procjenu potencijala energije vjetra i proizvodnju električne energije kao i osnovne proračune isplativosti investicije.

Za bilo koju lokaciju na kojoj se planira iskorištavanje energije vjetra najvažniji podatak je srednja godišnja brzina vjetra. Ovo je osnovi problem za urbane lokacije jer je poznato kako ih karakteriziraju male brzine vjetra. Urbani vjetar je uz to i vrlo turbulentan, što povećava rizike od kvara i zamora materijala čime se još više povećavaju nesigurnosti procjene proizvodnje ovakvih postrojenja.

Na poremećaje toka strujanja svakako utječu blizina vegetacije, položaj prozora, ograda pa čak i promet u blizini što je ponekad potrebno uzeti u obzir pri planiranju ovakvih malih postrojenja. Obično su ovi utjecaji previše kompleksni za računalno modeliranje pa se primjenjuju razna pojednostavljenja. Unatoč nabrojanim otegotnim okolnostima korištenja, postoji potencijalno veliko tržište za razvoj i primjenu energije vjetra u urbanim zonama. Tipičan vjetroatregat koji se danas primjenjuje u urbanim područjima montiran je na stup visine 3 m, ima promjer rotora vjetroturbine 1-2 m, nazivnu snagu od 0.5 do 2.5 kW, a cijena se kreće oko 20.000 kuna zajedno s montažom.

Prvi korak pri vrjednovanju neke lokacije za instalaciju vjetroatregata je identifikacija lokalne brzine vjetra. Obično male vjetroturbine ne opravdavaju troškove ulaganja u standardne mjerne procedure namijenjene ispitivanju vjetropotencijala. Za ove svrhe preferira se koristiti postojeće podatke iz Atlasa vjetra¹⁵ ako su dostupni ili podatke s meteoroloških postaja. Atlas vjetra obično ima rezoluciju podataka svakih 1 ili 2 km² i ne daje direktnu informaciju pa je najbolje koristiti i podatke s lokalne meteorološke postaje, ako postoji dobra korelacija. Pri korištenju podataka iz Atlasa vjetra treba uzeti u obzir neke pretpostavke koje su u urbanim područjima drugačije, poput hrapavosti površine. Velika srednja godišnja brzina vjetra, kao najvažniji čimbenik nije sama dostatna za karakterizaciju urbane lokacije vjetroatregata dobrom. Prije svega zbog neravnomjernog vertikalnog profila vjetra u urbanim područjima kao i brojnih lokalno specifičnih utjecaja poput relativnog smjera vjetra, tipa objekta i njegove orijentacije, postoji velika nesigurnost pri korištenju malih vjetroatregata u urbanim područjima. Bolji rezultati proizvodnje električne energije mogu se očekivati u ruralnim područjima i u primjenama na visokim zgradama. Svaka lokacija u urbanom okolišu zahtijeva poseban pristup i pažljivo planiranje mjesta instalacije malih vjetroatregata.

¹⁵ Atlas vjetra Hrvatske, DHMZ, <http://mars.dhz.hr/web/index.htm>

Rješenje 2. Mala vjetroturbina u kombinaciji s FN sustavom

Na lokaciji Ul. Crvenog Križa 10 postoji tehnička mogućnost instaliranja malog vjetroatregata u kombinaciji s fotonaponskim sustavom za proizvodnju električne energije za vlastite potrebe i predaju viškova u elektrodistribuciju – tzv. mrežni sustav.

Prema interaktivnom Atlasu vjetra srednje godišnje brzine vjetra (v) na zadanoj lokaciji i različitim visinama su:

- 10 m, 2,07 m/s
- 80 m, 3,49 m/s

Gustoće snage vjetra (P) na zadanoj lokaciji i različitim visinama su:

- 10 m, 15,03 W/m²
- 80 m, 76,45 W/m²

Kao što je spomenuto u prethodnom dijelu, brzine vjetra u urbanim područjima mogu znatno odstupati prije svega zbog specifičnosti terena tj. pozicije zgrada u okruženju i hrapavosti površine. Tako da ove podatke treba uzeti s određenom tolerancijom. Relativno niska srednja godišnja brzina vjetra prema dobivenim podacima i urbano okruženje uvjetuje da na lokaciji nije isplativo postavljanje vjetrogeneratora veće snage koji se uključuju tek pri brzinama od 5-6 m/s, pa treba razmatrati vjetrogeneratore manje snage (2-3 kW ili manje) s malim brzinama uključivanja od oko 2 m/s.

Glavni element sustava je vjetrogenerator, a ostatak sustava je sličan ili isti kao i kod fotonaponskih modula.

Napomena: Isto kao i u Rješenju 1. pošto je u zgradi 7 stambenih jedinica – kupaca električne energije sa zasebnim brojilima električne energije i jedno brojilo za zajedničke prostorije, potrebno je tehnički riješiti raspodjelu proizvedene električne energije u kombiniranom (fotonapon-vjetrogenerator) sustavu prema stambenim jedinicama. Vrijede iste napomene o električnom povezivanju s pojedinim stanovima kao i za fotonaponski sustav te je potrebno zatražiti promjenu uvjeta korištenja mreže od HEP ODS-a.

Za postavljanje vjetrogeneratorsa potrebno je postaviti stupove pričvršćene na nosivu konstrukciju zgrade. Visina stupa mora biti najmanje 3 metra od krova. Uz pretpostavku da se postavlja vjetrogenerator snage 2 kW moguće bi bilo godišnje proizvesti oko 3000 kWh električne energije što iznosi oko 12% godišnje prosječne potrošnje električne energije u zgradi (23629 kWh). Investicija u vjetrogenerator i montažnu opremu bila bi od 16000 do 18000kn ovisno o složenosti instalacijskih radova.¹⁶ U cijenu nije uključen dio koji je zajednički s fotonaponskim sustavom (pretvarač, priključak na elektrodistribucijsku mrežu, brojila i razvod električne mreže). Očekivani životni vijek sustava je 20 godina. Kao i u slučaju fotonaponskog sustava, količina električne energije dobivene iz vjetroatregata najviše će doprinijeti financijskim uštedama u slučajevima kad se postiže istovremenost potrošnje i proizvodnje. Međutim, za razliku od dostupnosti energije sunca koja je dobro predvidiva i ovisi prvenstveno o dobu dana, predviđanje dostupnosti energije vjetra znatno je složenije, a u Zagrebu ovisi prvenstveno o kretanju ciklonačnih polja.

¹⁶ Small wind turbines, A unique segment of the wind power market, Zdenko Šimić, Juraj George Havelka, Maja Božičević Vrhovčak, Renewable Energy, No 50, Elsevier, 2013.

Predviđena godišnja proizvedena električna energija iz vjetrogeneratora predstavlja i uštedu od 0,9 t ekvivalentne emisije CO₂¹⁷.

Ovaj izračun je baziran na prosječnim brzinama vjetra za ovu lokaciju pa se stoga može smatrati samo informativnim. Mjerenje brzine vjetra na lokaciji bi omogućilo dobivanje podataka koji su realističniji s obzirom na konfiguraciju okolnog terena i položaj zgrade.

Jednostavni period povrata investicije ovakvog sustava ovisi o poticajima koji će biti regulirani novim zakonskim okvirom što je opisano u poglavlju 4.1.3.

¹⁷ Emisijski faktor za električnu energiju prema IPCC metodologiji u 2010. iznosi 0,306 tCO₂/MWh

4.1.3. Poticanje uporabe obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj ¹⁸

Sustav poticanja uporabe obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije koji je stupio na snagu 2007. i vrijedio do kraja 2015. godine omogućavao je tzv. povlaštenim proizvođačima električne energije sklapanje ugovora o dugoročnom poticajnom otkupu električne energije po cijeni višoj od tržišne. Proizvođači su električnu energiju po ugovorenoj cijeni mogli prodavati tijekom 14 godina (odnosno 12 godina, ovisno o važećim podzakonskim aktima), uz korekciju cijene uslijed inflacije.

Poticajna otkupna cijena za električnu energiju iz malih sunčanih (fotonaponskih) elektrana (do 10 kW) integriranih na krovove 2007. godine iznosila je 3,40 kn/kWh. U skladu s padom cijena fotonaponskih sustava, 2012. promijenile su se otkupne cijene, ali su se uveli i korekcijski faktori pa se električna energija iz integriranih sunčanih elektrana i sunčanih elektrana koje su se istovremeno gradile sa solarnim sustavima za pripremu tople vode otkupljivala po višoj cijeni.

U 2013. godini donesen je novi *Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije*¹⁹ koji je uveo korekciju otkupnih cijena ovisno o tome postoji li krajnji kupac energije u zgradi na kojoj se gradi sunčana elektrana (korekcija je ovisila o potrošnji takvog administrativno povezanog krajnjeg kupca). Važno je napomenuti da je sustav poticanja bio osmišljen tako da je investitorima, odnosno proizvođačima električne energije bilo važno isporučivati čim više električne energije u mrežu.

Poticanje svih obnovljivih izvora energije bilo je ograničeno tzv. „kvotom“ pa je ugovore o otkupu bilo moguće sklapati dok se ne dostigne određena snaga izgrađenih, odnosno planiranih postrojenja. Zbog velikog interesa, potaknutog vrlo visokim poticajnim cijenama, za sunčane elektrane postavljena su ograničenja na ugovaranje pojedinačno za 2012., 2013. i 2014. godinu. Ta bi se kvota napunila vrlo brzo, već nekoliko dana nakon početka godine, a nesrazmjer između interesa za ugovaranje poticajne otkupne cijene za električnu energiju iz malih sunčanih elektrana i ograničenja kvotom predstavljao je razlog za veliko nezadovoljstvo sustavom poticanja upravo u ovom segmentu.

Početkom 2016. godine na snagu je stupio novi *Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji*²⁰ koji je donio velike izmjene u odnosu na raniji sustav poticaja. Više ne postoji mogućnost sklapanja dugoročnog ugovora o otkupu ukupne proizvedene električne energije po povlaštenoj cijeni, već se očekuje znatno veći angažman povlaštenih proizvođača električne energije na tržištu električne energije nego ranije.

¹⁸ Poglavlje 4.1.3. je preuzeto i prilagođeno iz članka „Poticanje uporabe obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj“, Društvo za oblikovanje održivog razvoja, 2016., <http://www.door.hr>

¹⁹ NN 133/2013

²⁰ NN 100/15

Investitori zainteresirani za ulaganje u korištenje obnovljivih izvora energije na raspolaganju imaju sljedeća tri oblika potpore:

1. Poticanje tržišnom premijom.

Nositelj projekta, izabran kao najpovoljniji ponuđač na natječaju za dodjelu tržišne premije, sklapa ugovor o tržišnoj premiji s operatorom tržišta električne energije. Na natječaj se prijavljuju projekti s referentnim cijenama električne energije (uobičajeno LCOE – Levelized cost of Electricity, nivelirana cijena električne energije) - Kad izgradi postrojenje, proizvođač mora na tržištu električne energije pronaći kupca za svoju električnu energiju (trgovca električnom energijom, opskrbljivača električnom energijom, drugog proizvođača električne energije) po tržišnim cijenama ili prodavati na burzi električne energije (ako zadovoljava uvjete za takvu prodaju). Pritom dodatno prihoduje tržišnu premiju koja je jednaka razlici između referentne vrijednosti električne energije utvrđene ugovorom o tržišnoj premiji (planirana cijena proizvodnje) i referentne tržišne električne energije u obračunskom razdoblju (cijene po kojoj operator tržišta procjenjuje da će se u tom mjesecu prodavati električna energija na burzama električne energije). Proizvođač za svoju proizvedenu električnu energiju ima mogućnost dobiti i tzv. jamstva podrijetla električne energije (eng. Guarantees of Origin) – elektroničke isprave kojima se dokazuje podrijetlo električne energije i koje se mogu prodavati neovisno o električnoj energiji.

2. Poticanje zajamčenom otkupnom cijenom do 30 kW.

Ovo je zapravo nastavak prijašnjeg sustava kojeg se samo iznimno dopušta jer se radi o obliku poticanja koje ne razvija tržište električne energije. Povlašteni proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora priključne snage sklapa s operatorom tržišta električne energije ugovor o otkupu neto isporučene električne energije po zajamčenoj otkupnoj cijeni. Pravo na sklapanje takvog ugovora ostvaruju nositelji projekata koji su izabrani kao najpovoljniji ponuđači na javnom natječaju koji priprema i provodi operator tržišta električne energije najmanje jednom godišnje.

3. Kupci s vlastitom proizvodnjom do 500 kW.

Krajnji kupac s vlastitom elektranom, čija je priključna snaga do 500 kW, pri čemu priključna snaga u smjeru isporuke električne energije u mrežu ne prelazi priključnu snagu u smjeru preuzimanja električne energije iz mreže, ima mogućnost da unutar jednostavnog okvira osigura prodaju svojih viškova električne energije u mrežu, a koju nije potrošio u svojim trošilima. Ovakav kupac potpisuje ugovor o opskrbi s odabranim opskrbljivačem kojim se ujedno regulira prodaja viškova po zakonski određenoj cijeni.

Kupac s vlastitom proizvodnjom

Kupac s vlastitom proizvodnjom je krajnji kupac električne energije na čiju je instalaciju priključeno proizvodno postrojenje za proizvodnju električne energije.

Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji je omogućio određene pogodnosti za manje kupce s vlastitom proizvodnjom i to oni koji zadovoljavaju sljedeće ključne uvjete:

- ukupna priključna snaga svih proizvodnih postrojenja na jednom obračunskom mjernom mjestu ne prelazi 500 kW
- priključna snaga krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom u smjeru isporuke električne energije u mrežu ne prelazi priključnu snagu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom u smjeru preuzimanja električne energije iz mreže

- krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom isporučuje električnu energiju preko istog obračunskog mjernog mjesta preko kojeg kupuje električnu energiju od opskrbljivača.

Za takvog kupca, opskrbljivači su dužni na zahtjev kupca kojem isporučuju električnu energiju sklopiti ugovor koji sadrži odredbe o preuzimaju viškova proizvedene električne energije, ukoliko kupac podnese takav zahtjev, u roku od 30 dana od podnošenja zahtjeva.

- Ukoliko je u obračunskom razdoblju kupac s vlastitom proizvodnjom potrošio više električne energije nego što je proizveo, električna energija koju je opskrbljivač preuzeo u tom obračunskom razdoblju ima vrijednost najmanje 90% prosječne jedinične cijene koju je kupac u tom razdoblju platio opskrbljivaču za električnu energiju, bez naknada za korištenje mreže i drugih naknada i poreza. Kupac s vlastitom proizvodnjom može sa svojim opskrbljivačem sklopiti i povoljniji ugovor.
- Ukoliko je u obračunskom razdoblju kupac s vlastitom proizvodnjom isporučio električne energije (E_i) više nego je sam potrošio (E_p), propisana minimalna cijena po kojoj ju je opskrbljivač dužan preuzeti je niža nego kad kupac troši više nego što sam proizvodi, i iznosi 90% prosječne jedinične umanjene za mrežarine, davanje i poreze, i pomnožene s razlomkom E_p/E_i . Kupac s vlastitom proizvodnjom može proizvedenu električnu energiju prodavati i drugom tržišnom sudioniku, nije u obvezi prodavati ju svojem opskrbljivaču.

Vidi se da je cilj ovog sustava poticati proizvodnju električne energije za vlastite potrebe, a ne proizvodnju za isporuku u mrežu, što je bio sustav kakav je bio na snazi do kraja 2015. godine. Prvenstvena motivacija kupca s vlastitom proizvodnjom za ulaganje u vlastitu elektranu je smanjenje ovisnosti o električnoj energiji iz mreže.

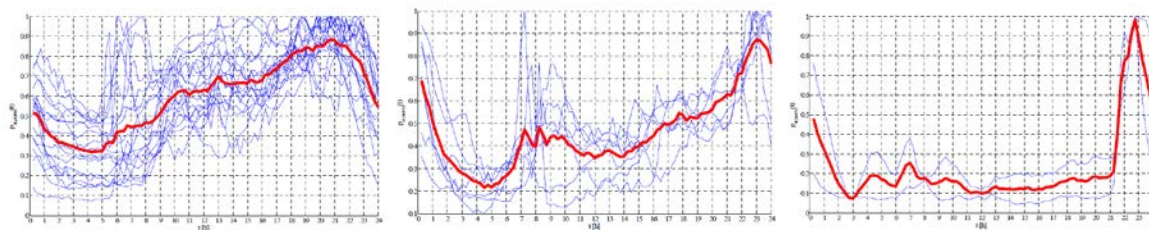
Razmotrimo slučaj u kojem proizvodi upravo onoliko električne energije koliko i sam troši. U tom će slučaju u određenim razdobljima kupac preuzimati električnu energiju iz mreže (npr. tijekom noći), a u određenim razdobljima će isporučivati viškove (u slučaju da se radi o sunčanoj elektrani: u razdobljima maksimalnog osunčanja). Zbog jednostavnosti, razmotrimo dvije krajnosti. U prvom slučaju se potrošnja i proizvodnja savršeno poklapaju i istovremene su, a u drugom slučaju se do ukupne proizvodnje dolazi u različitom dijelu dana od potrošnje.

U prvom slučaju, nema razmjene s mrežom, kupac svoju ukupnu potrošnju namiruje iz elektrane s vlastitog krova, a za svaki kWh koji je utrošio izbjegava trošak cijene električne energije za krajnje kupce koji danas iznosi oko 1 kn/kWh. Isplativost investicije može se izračunati na isti način kao da računamo isplativost uz poticajnu otkupnu cijenu od 1 kn/kWh.

U drugom slučaju, kupac će svoju ukupnu potrošnju namiriti iz mreže, po cijeni od oko 1 kn/kWh, a svoju ukupnu potrošnju će prodati po cijeni od oko 40 lp/kWh. Isplativost investicije može se računati tako da računamo isplativost uz poticajnu otkupnu cijenu od 40 lp/kWh.

U stvarnosti, u razdobljima maksimalnog osunčanja kupac će najčešće proizvoditi i više nego što sam troši pa će viškove isporučivati u mrežu, dok će za vrijeme dok nema sunca – u predvečerje ili tijekom noći – imati veću potrošnju od proizvodnje pa će električnu energiju preuzimati iz mreže. To znači da će u razdobljima dok su potrebe jednake proizvodnji kupac sam namirivati vlastite potrebe, da će se u razdobljima dobrog osunčanja i niske potrošnje glavnina proizvedene električne energije isporučivati mrežu, dok će se dio potrošnje dešavati u razdobljima bez sunca kad će se potrebe namirivati električnom energijom preuzetom iz mreže.

Koliki dio proizvedene električne energije će se odmah koristiti, a koliki će se razmjenjivati s vanjskom mrežom ovisi o dozačenoj sunčevoj energiji, ali još i više o karakteristikama potrošnje kupca odnosno o stilu života. Dnevnu krivulju potrošnje za tri tipične grupe kućanstava prikazuje sljedeća slika.



Slika 6. Tipične dnevne krivulje potrošnje za tri grupe kućanstava (Izvor: Delbianco, L et al, CIRED 2010.)

Financijski bi najisplativije za kupca s vlastitom proizvodnjom bilo namirivanje svojih ukupnih potreba pomoću električne energije koju je sam proizveo, što je ekvivalentno poticajnoj otkupnoj cijeni od cca 1 kn/kWh (krajnja cijena električne energije za kupca na niskom naponu) i na granici je isplativosti. Međutim, očigledno je da je električna energija nužna i u dijelu dana u kojem ne sja sunce i da će kupac dio energije kupovati iz mreže po cijeni od oko 1 kn/kWh, dok će svoje viškove isporučivati po cijeni od oko 40 lp/kWh. Isplativost takvog sustava najviše ovisi o profilu proizvodnje i potrošnje.

Imajući u vidu da sunčane elektrane još nisu potpuno konkurentne, za isplativost ulaganja u sunčanu elektranu potreban je još neki oblik poticaja povrh osigurane isporuke viškova kod kupaca s vlastitom proizvodnjom. Takvi će sustavi biti isplativi ili ukoliko im opskrbljivač ponudi višu otkupnu cijenu električne energije od propisane (minimalne) ili ukoliko se za početnu investiciju osigura sufinanciranje.

4.2. Opskrba toplinskom energijom

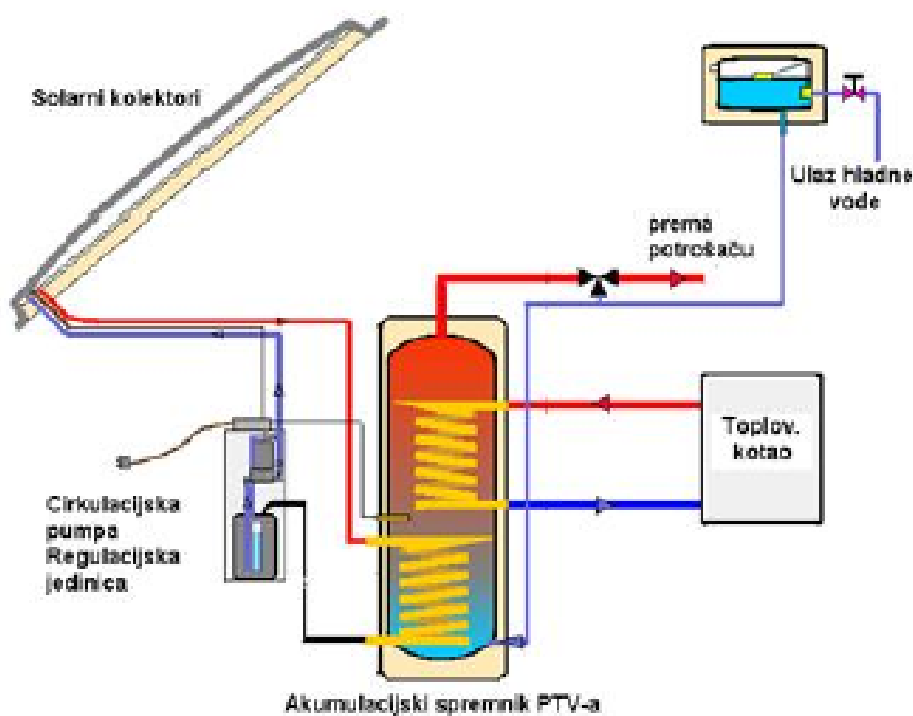
Za korištenje obnovljivih izvora energije za opskrbu toplinskom energijom, dobro je razmotriti uvođenje centralnog toplinskog sustava zgrade i razvođenje toplinske energije po stanovima uz ugradnju kalorimetra za svaki stan.

Ovdje nije analizirana ugradnja sustava cijevi po zgradi ni potrebne intervencije u stanovima, ali je važno napomenuti da su one povezane s relativno visokim investicijama koje je potrebno detaljno razmotriti u slučaju interesa suvlasnika za neko od opisanih rješenja.

4.2.1. Korištenje sunčeve energije za dogrijavanje potrošne tople vode (PTV) i prostora

Sustavi za grijanje vode Sunčevom energijom uobičajeno se koriste za pripremu sanitarne potrošne tople vode (PTV), a rjeđe za dodatno grijanje prostora. Također, s obzirom na način strujanja radnog fluida, sunčani sustavi se mogu podijeliti na sustave s prisilnom i prirodnom cirkulacijom.

Tipičan sustav za pripremu sanitarne tople vode manjeg i srednjeg kapaciteta (npr. za obiteljske zgrade) prikazan je na Slici 7.



Slika 7. Tipični sunčani sustav za grijanje PTV s jednim spremnikom (Izvor: Studija primjenjivosti alternativnih sustava)

Osnovni dijelovi sunčanog toplovodnog sustava su kolektori, akumulacijski spremnik te pumpa i regulacija kod sustava s prisilnom cirkulacijom. Radni fluid tj. nosioc topline preuzima apsorbirano sunčevo zračenje u kolektoru i predaje ga vodi u akumulacijskom spremniku preko izmjenjivača topline koji se sastoji od cijevi savijenih u spiralu radi bolje izmjene topline i zauzimanja manjeg prostora. Kod većih sustava koriste se izmjenjivači smješteni unutar (spiralni) ili izvan spremnika (pločasti). U periodima nedovoljnog osunčanja ili povećane potrošnje u većini sunčanih sustava voda se dogrijava preko dodatnog izmjenjivača topline kroz koji struji topla voda iz kotla na lož ulje, plin, el. energiju ili biomasu. U ljetnim mjesecima je za dogrijavanje uputno koristiti električni grijač ugrađen direktno u spremnik (koji služi i kao zaštita od smrzavanja zimi), obzirom da sustav centralnog grijanja ne radi, tako da zagrijavanje cijelog kotla i vode u sustavu nije ekonomično.

Sunčevi kolektori se najčešće montiraju na krovove, terase ili u vrtove, te ih se kad god je to moguće usmjerava u pravcu juga uz odstupanje do $\pm 30^\circ$. Spremnik ne smije biti previše udaljen od kolektora koji ga zagrijava kako bi se što je više moguće smanjili toplinski gubici u spojnim cjevovodima. Različitim se konstrukcijskim rješenjima nastoji osigurati što veća temperaturna stratifikacija (raspodjela) po visini spremnika, kako bi se što više povećala količina topline koju nosilac topline može predati na izmjenjivaču u donjem dijelu spremnika te snizila izlazna temperatura nosioca topline (manji toplinski gubici u kolektoru), a istovremeno postigla u najkraćem vremenu što viša temperatura vode koja se odvodi iz spremnika. S tim se ciljem u veći spremnik obično ugrađuje i jedan manji za potrošnu toplu vodu ili pak dodatni izmjenjivač. Na taj se način sprječava miješanje hladne potrošne vode sa zagrijanom vodom iz cijelog spremnika i posljedično narušavanje temperaturne stratifikacije u spremniku. Nasuprot sustavima s prisilnom cirkulacijom treba spomenuti i sustave s prirodnom cirkulacijom kod kojih nosilac topline cirkulira uslijed razlike gustoće dijela fluida u spremniku i kolektoru. Prednost im je što nije potrebno ugraditi niti regulaciju niti pumpu, no imaju nižu efikasnost zbog manjih protoka u kolektoru i većih toplinskih gubitaka ukoliko je spremnik montiran izvan objekta. Stoga su takvi sustavi prikladni za pripremu PTV-a u manjim objektima u ljetnim mjesecima.

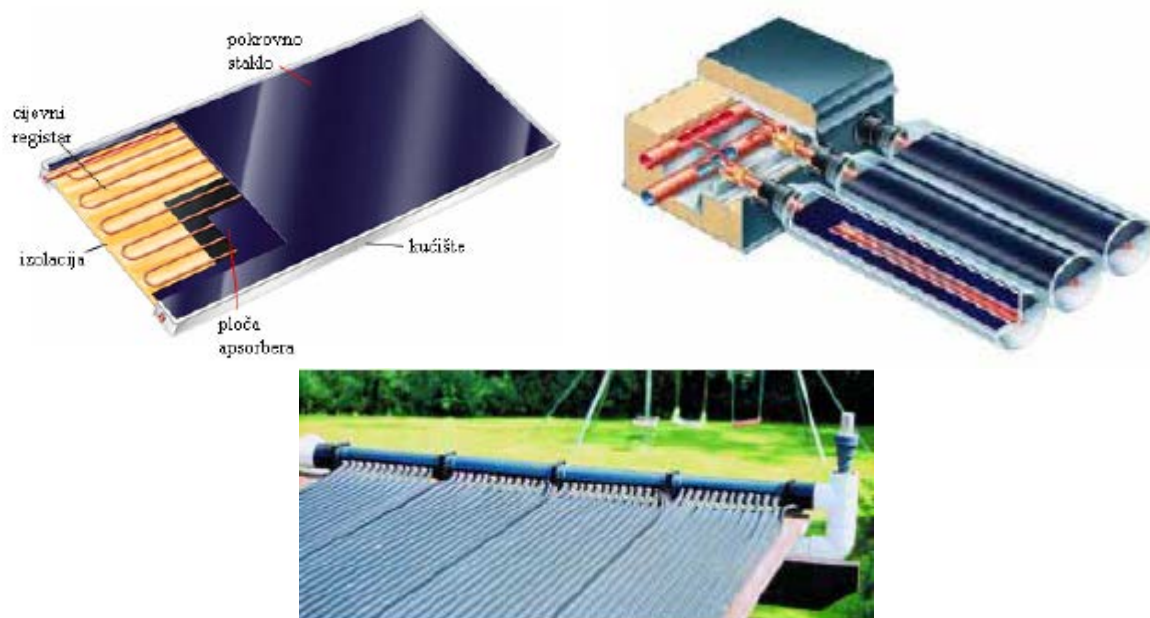
Grijanje prostora

Konstrukcijskim rješenjima poput dvostrukog spremnika ili zasebnog izmjenjivača se osigurava nužna odvojenost kruga potrošne tople vode od kruga grijanja, a koje se obično izvodi kao podno ili zidno (može i kao radijatorsko). S obzirom na velike razlike u insolaciji između ljetnih i zimskih mjeseci (oko 5 puta) kod takvih se sustava javljaju problemi viška prikupljene energije u ljetnim mjesecima, koja se onda može koristiti primjerice za zagrijavanje bazena, apsorpcijsko hlađenje prostora ili pak za pokrivanje znatno većih potreba za PTV-om u ljetnim mjesecima, kao što je to slučaj s apartmanima u obiteljskim kućama i hotelima tijekom ljetne sezone.

Vrste sunčanih kolektora

Sunčani kolektori se mogu podijeliti na pločaste, vakuumske i neostakljene apsorbere. Na našem su tržištu najviše zastupljeni pločasti kolektori uz manji broj vakuumskih. Pločasti kolektori se sastoje od tanke (0,3-0,5 mm) metalne apsorberske ploče prosječnih dimenzija 1×2 m na koju su pričvršćene cijevi kroz koje teče nosioc topline. Sunčevo se zračenje apsorbira u tankom premazu apsorberske ploče (apsorpcija 90-95%). Apsorbirana se toplota potom provodi kroz materijal ploče i cijevi do nosioca topline. Apsorber s cijevima je smješten u izolirano (min.vuna, stiropor, spužva) kućište (metalno ili plastično) i pokriven specijalnim staklom visoke propusnosti (90%) radi smanjenja toplinskih gubitaka od zagrijane apsorberske ploče na okoliš te zaštite od vremenskih utjecaja. Vakuumski kolektori se sastoje od određenog broja staklenih vakuumiranih cijevi (6-10) u kojima se nalaze metalne (bakrene) cijevi kroz koje protječe nosilac

topline (voda, propilen glikol/voda, alkohol, freon i dr.) preuzimajući toplinu od apsorbera koji može biti u obliku ravne trake ili trake obavijene oko same unutrašnje cijevi. Iz staklenih cijevi je izvučen zrak kako bi se smanjili toplinski gubici s apsorbera na okolišni zrak, što povoljno utječe na krivulju efikasnosti vakuumskih kolektora koja je manje strma nego kod pločastih. To znači da u odnosu na pločaste vakuumski kolektori postižu bolju učinkovitost u zimskim mjesecima a u ljetnim omogućuju postizanje većih temperatura. Njihov glavni nedostatak u odnosu na pločaste kolektore je znatno viša cijena koja ne prati povećanje učinkovitosti te gubitak vakuuma tijekom nekoliko godina korištenja a time i pad učinkovitosti. Također omjer ukupne površine (projicirane površine koju cijeli sklop cijevi zauzima npr. na krovu, a na koju se svodi cijena i efikasnost kolektora) i stvarne/efektivne površine apsorbera je nepovoljniji u odnosu na pločaste kolektore. Posebnu grupu neostakljenih kolektora čine tzv. apsorberi. Napravljeni su od UV otporne gume ili plastike, a zbog velikih toplinskih gubitaka su prikladni samo za niskotemperaturne aplikacije (24 ± 32) °C poput plivačkih propadanja materijala uslijed direktne izloženosti vremenskim uvjetima i UV zračenju, odlikuju ih niska cijena i jednostavnost ugradnje.



Slika 8. Različite vrste solarnih kolektora (L-D: pločasti, vakuumski, neostakljeni)

Učinkovitost kolektora

Učinkovitost kolektora je definirana omjerom korisne topline prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu apsorbera kolektora. Na učinkovitost kolektora ponajviše utječu svojstva premaza apsorbera te kvaliteta pričvršćivanja cijevi za apsorbersku ploču (tj. veličina toplinskog otpora provođenju topline prema nosiocu topline u cijevima). Na ovo posljednje treba obratiti pozornost jer mnogi proizvođači u tehničkoj dokumentaciji uz kolektore navode samo karakteristike premaza (apsorpcija 90-95%) i stakla (propusnost 90%) koji su danas manje više standardni. Stoga je pri nabavci kolektora uputno zatražiti i krivulju učinkovitosti rada kolektora koja omogućuje određivanje učinkovitosti kolektora (time i njegovog toplinskog učina) pri proizvoljnim radnim i vremenskim uvjetima (osunčanje, temperatura zraka i nosioca topline) te usporedbu toplinskih karakteristika raznih modela kolektora. Najbolje karakteristike imaju spojevi ostvareni laserskim zavarivanjem cijevi za ravnu ploču te specijalnim postupcima točkastog lemljenja. Kako se vidi iz dijagrama učinkovitost kolektora pada sa smanjenjem

insolacije i temperature zraka, te s povećanjem srednje temperature nosioca topline. Stoga je poželjno osigurati da temperatura u kolektoru ne bude previsoka s obzirom na željenu temperaturu vode u spremniku (50°C). Pri tome važnu ulogu ima temperaturna stratifikacija u spremniku, učinkovitost izmjenjivača kolektorskog kruga u spremniku kao i pravilan odabir protoka nosioca topline (tj. pumpe i promjera cjevovoda) te način spajanja i broj kolektora u spoju.

Dimenzioniranje sustava

Kod sunčanih sustava namijenjenih isključivo pripremi PTV odabir broja kolektora i njihovog nagiba te veličine spremnika ponajviše ovisi dnevnoj potrošnji vode u pojedinom dijelu godine, klimatskom području (kontinentalni ili primorski dio), te orijentaciji kolektora u odnosu na strane svijeta. Tipične vrijednosti za obitelj s 4-5 članova su 5-6 m² kolektora u kontinentalnom dijelu i 4 m² u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 Lit. Tada je kroz cijelu godinu moguće prikupiti oko 600 kWh/m² toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m² u primorskom dijelu naše zemlje. Ti se podaci odnose na visokoučinkovite pločaste kolektore (npr. Tinox apsorber) instalirane pod kutem 45° i usmjerene prema jugu, uz pokrivanje svih potreba za energijom u ljetnim mjesecima, te najkraći period povrata investicije (omjer investicije i godišnje uštede na pojedinom energentu) koji u odnosu na grijanje vode plinom iznosi 24 godina u kontinentalnom dijelu i 16 godina u primorskom dijelu, te u odnosu na električno grijanje 8,5 odnosno 5,5 godine.

Dakako, kod većih sustava periodi povrata investicije su znatno niži jer u investiciju za sunčani dio sustava ne ulazi cijeli spremnik nego samo povećanje cijene u odnosu na spremnik koji bi se instalirao za klasično grijanje kotlom.

S obzirom na vrlo niske vrijednosti osunčanja tijekom hladnije polovice godine u našim krajevima, te posebice niske temperature u kontinentalnom dijelu koje dodatno snižavaju učinkovitost kolektora (oko 35% zimi dok u ljeti >55%), uporaba sunčanih sustava za grijanje prostora zahtijeva stručni odabir i dimenzioniranje sustava uz dobru procjenu stvarnih potreba za energijom kako bi tehničko rješenje sustava bilo ekonomski prihvatljivo.

Prednosti:

- Besplatan izvor toplinske energije
- Niska cijena kolektora u usporedbi s fotonaponskim
- Relativno jednostavna instalacija, regulacija i održavanje

Nedostaci

- Nedostupnost za vrijeme naoblake i noću.
- Slaba izdašnost zimi
- Potreba za akumulacijom topline

Rješenje 3. Sunčevi toplinski sustav za grijanje PTV-a

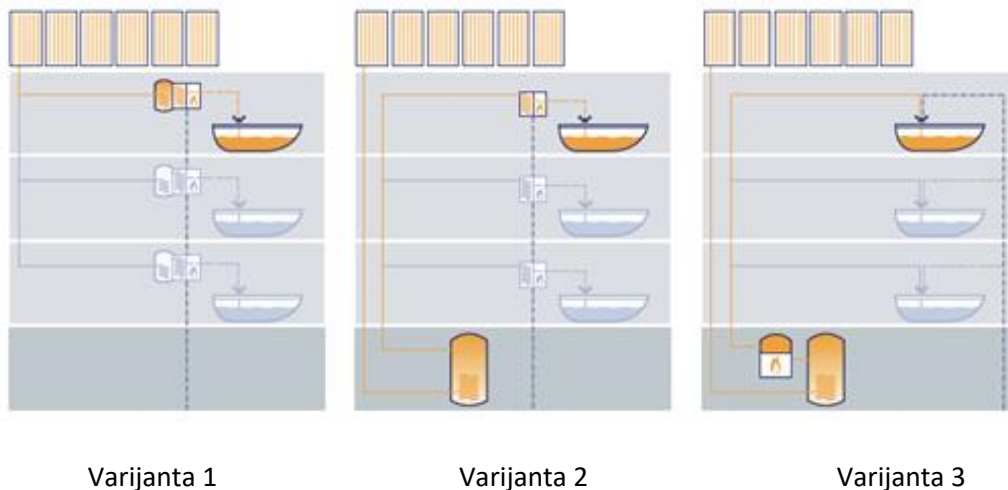
Na lokaciji Ul. Crvenog Križa 10 postoji tehnička mogućnost korištenja sunčevog sustava za grijanje PTV-a koja se koristi u zgradi. Radi ograničene površine za instalaciju i slabe osunčanosti u zimskim mjesecima, u ovom rješenju nije predložen sustav koji bi se koristio za dogrijavanje prostora.

Na slici 9. prikazane su tri varijante spajanja sunčevog toplinskog sustava.

Prve dvije varijante pretpostavljaju da stanovi zadrže etažne plinske bojlere za dogrijavanje. Prva varijanta je da svaki stan ima svoj spremnik topline, a druga pretpostavlja zajednički spremnik topline. Treća varijanta pretpostavlja zamjenu postojećih etažnih bojlera sa zajedničkim sustavom - jednim (ili dva spremnika) i jednim kotlom na biomasu (Rješenje 4) za dogrijavanje.

Solarni kolektori se mogu smjestiti na dijelu ravnog krova, a smještaj spremnika topline moguć je u tavanskom prostoru ili u podrumskim zajedničkim prostorijama. S obzirom na površinu krova moguće je postaviti oko 20 m² solarnih pločastih kolektora pod kutem od 40°.

Napomena: Prije postavljanja solarnih toplinskih kolektora na krov obavezno je potrebno napraviti statički proračun čvrstoće konstrukcije, zbog znatne težine. Isto se preporučuje prije postavljanja spremnika topline u tavanskom prostoru. Također kao i kod fotonaponskih modula prije postavljanja potrebno je napraviti pregled krova i po potrebi toplinsku izolaciju i hidroizolaciju, jer bi nakon instaliranja sustava to bilo otežano. Na površini ravnog krova mogu se postaviti samo solarni kolektori ili fotonaponski paneli s pretpostavljenim površinama (snagama). Ako bi se postavljala oba sustava, površine (snage) bi bile smanjene.



Slika 9. Različite mogućnosti spajanja solarnog sustava za grijanje PTV-a u stambenoj zgradi

Varijanta 1

Prema površini kolektora trebalo bi ugraditi spremnike od oko 150 litara u svaku stambenu jedinicu, koji bi se dogrijavali s postojećim etažnim bojlerima. Prije daljnje analize ove varijante treba provjeriti mogućnosti smještaja.

Varijanta 2

Prema površini kolektora trebalo bi ugraditi jedan spremnik od oko 1000 litara u zajedničkoj prostoriji uz dogrijavanje PTV pomoću postojećih plinskih bojlera.

Varijanta 3 (kombinacija Rješenja 3 i 4)

Pretpostavlja uklanjanje postojećeg sustava grijanja s etažnim plinskim bojlerima i zamjenu sa zajedničkim sustavom za grijanje PTV-a i prostora na biomasu i sunčevu energiju. Potrebno je napomenuti kako grijanje na biomasu zahtijeva kontinuiranu nabavu i skladištenje ogrjeva.

Sustav bi uključivao: solarne kolektore 20m², jednim (ili dva) spremnika topline, kotao na pelet, regulaciju, pumpnu grupu i razvod cijevi.

Ukupna toplinska energija koju bi mogao proizvesti sunčevi sustav je oko 6200kWh godišnje. Izračun proizvodnje se bazira na ulaznim podacima: prosječna osunčanost za područje Zagreba na plohi pod nagibom 40° i prosječna učinkovitost solarnog sustava od 20m². Investicija u solarni dio sustava (solarni kolektori, elektronička regulacija, pumpe, razvod cijevi) bila bi od 40.000 do 55.000 kn ovisno o dodatnim instalacijskim radovima.

Metodologija izračuna jednostavnog perioda povrata investicije prikazana je u tablici:

	Bez poticaja	Sa stopom 60% bespovratnih poticaja
Početna investicija	40.000 kn	16.000 kn
Godišnja novčana ušteda u potrošnji primarnog energenta (plin) za grijanje PTV	8400 kWh * 0,293 kn/kWh = 2460 kn	8400 kWh * 0,293 kn/kWh = 2460 kn
Jednostavni period otplate = Investicija/God. novčana ušteda	16 godina	6,5 godina

Potrebno je napomenuti da izračun ne obuhvaća potrebne investicije u stanovima.

Prema okvirnom izračunu²¹ moguća je godišnja ušteda toplinske energije za grijanje potrošne tople vode od 8400 kWh, što je ušteda od oko 2460 kn godišnje prema sadašnjoj cijeni plina u Zagrebu od 0,293 kn/kWh sa PDV-om²² za tarifni model TM1. Investicija će se isplatiti kada akumulacija ušteda radi manjih troškova plina ostvarena kroz godine postane veća od investicije. U tablici se vidi da se nakon 16 godina funkcioniranja sustava investicija isplaćuje. Uzeta je u obzir pretpostavka iste cijene plina kroz godine. U slučaju dobivanja poticaja uz stopu sufinanciranja od 60% (vidi poglavlje 4.2.4 Poticanje korištenja obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe) moguće je smanjiti jednostavni period povrata investicije na 6,5 godina.

Predviđena godišnja proizvedena toplinska energija iz sunčevog sustava predstavlja i uštedu od 1,25 t ekvivalentne emisije CO₂²³.

²¹ Pravilnik o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015

²² <http://www.gpz-opskrba.hr/zagreb-javna-usluga-opskrbe-plinom-cijene-plina-247/247>

²³ Emisijski faktor za plin prema IPCC metodologiji u 2010. iznosi 0,202 tCO₂/MWh

U slučaju varijante 3 tj. objedinjavanja rješenja 3 i 4 moguća je manja investicija zbog zajedničkih dijelova i radova, te veća ušteda zbog zamjene plina s jeftinijim energentom (pelet), što znači kraći period otplate. Očekivani životni vijek sustava u sve tri varijante je 20 godina²⁴.

4.2.2. Korištenje energije biomase za grijanje prostora i PTV

Biomasa je nefosilizirana organska tvar (biljnog i životinjskog porijekla) iz koje se, na različite načine, može dobiti obnovljiva energija u svim svojim korisnim oblicima (toplinska, kemijska i mehanička).

Najjednostavniji način dobivanja energije iz biomase je izravnim izgaranjem drva u neobrađenom ili obrađenom obliku. Druge mogućnosti su neizravne:

- Proizvodnja bioplina rasplinjavanjem drveta ili anaerobnim vrenjem biljnog materijala
- Proizvodnja biogoriva (bioetanol ili biodiesel)

Biomasa za energetske potrebe se najčešće smatra šumska biomasa (ogrjevno drvo, drvni ostatak pri komercijalnom iskorištavanju šuma ili redovitom održavanju šuma, brzorastuće nasade); poljoprivredna biomasa (energetski usjevi, žetveni ostatak, stajski gnoj, poljoprivredne proizvode ili dijelove istih koji nisu prikladni za prehranu ljudi) i organski dio otpada iz komunalnog otpada, otpada prerađivačke industrije (drvena, prehrambena, tekstila, kožarska, papira...), otpada iz ugostiteljstva i pročišćavanja otpadnih voda i kanalizacije.

Kod primjene biomase u zgradarstvu potrebno je razdvojiti:

1. oblike biomase koji se mogu transportirati od mjesta nastanka do mjesta pretvaranja u korisni oblik energije (nosioci energije biomase)
2. oblike biomase koji se redovito pretvaraju što bliže mjestu nastanka u nosioca ili korisni oblik energije za koje je potreban poseban sustav (toplovod, elektroenergetska mreža, plinovod) transporta do korisnika (energetski objekti biomase)

Nosioci energije biomase su obično razni oblici drvene biomase (ogrjevno drvo, briketi, peleti, drvena sječka, blanjevina, piljevina...) i biogoriva (biodizel, bioetanol, biometan). Najšira primjena energije biomase u zgradarstvu se odnosi na dobivanje toplinske energije iz različitih oblika krute biomase za grijanje prostora, pripremu tople vode i/ili kuhanje.

Biogoriva su prvenstveno namijenjena potrebama prometa, a u zgradarstvu se može primijeniti biodizel kao zamjensko gorivo kotlova na lož ulje.

Najveći dio krute biomase predstavlja drvo u različitim oblicima: ogrjevno drvo, drvni ostatak nastao prilikom održavanja i komercijalnog iskorištavanja šuma, drvni ostatak kod održavanja voćnjaka, vinograda i maslinika, parkova i zelenih površina, drvni ostatak iz drvnoprerađivačke industrije (blanjevina, piljevina, kora, otpilci, okrajci), drvena masa nakon čišćenja vodotokova i prometnica (bez zemlje i korijenja). Kruta biomasa ima različite parametre koji ovise o vrsti sirovine, količini vlage, ogrjevnoj površini te udjelu pepela. Zato se drvnom biomasom trguje u volumnim (puni kubik, prostorni metar, rasuti metar), a ne masenim jedinicama, odnosno za projektiranje korištenja je potrebno znati njihovu gustoću (Tablica 5).

²⁴ Prema Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015

Tablica 5 Prosječni volumni odnosi različitih vrsta drvene biomase u m3 (Izvor: Studija primjenjivosti alternativnih sustava)

Jedinica mjere	Primjer krute biomase	Puni kubik	Prostorni metar	Rasuti metar
Puni kubik	Prostorno drvo	1	1,43	2,43
Prostorni metar	Cjepanice, metrice, briketi	0,7	1	1,7
Rasuti metar	Blanjevina, piljevina, peleti	0,41	0,59	1

Iako se nosioci energije mogu prodavati na tržištu u različitim oblicima, dostupnost i opravdanost korištenja pojedinog oblika biomase će ovisiti o stadiju razvitka tog segmenta tržišta (globalno tržište) ili blizini njezina izvora (lokalno tržište) pri čemu valja imati na umu da korištenje lokalne biomase uključuje aktivaciju lokalnog gospodarstva (poljoprivreda, šumarstvo, drvnoprerađivačka industrija).

Prilikom planiranja sustava za korištenje krute biomase, raspoloživa biomasa određuje odabir ložišta, a potražnja za grijanjem prostora i potražnja za grijanjem tople vode određuju daljnje smjernice za dimenzioniranje spremnika za toplu vodu, izmjenjivača topline, dimnjaka, skladišta i načina punjenja ložišta (ručno ili automatski). Kod korištenja energije biomase za grijanje prostora i pripremu tople vode često se kombiniraju solarni termalni sustavi za zagrijavanje vode van sezone grijanja.

Izravno loženje biomasom

Biomasa se toplina generira u uređajima od najjednostavnijih peći za grijanje prostorija i kuhanje, toplovodnih i vrelovodnih kotlova raznih veličina do velikih, potpuno automatiziranih kotlova za blokovsko ili daljinsko grijanje velikog kapaciteta. Pri tome jedinice s fluidizacijskim ložištem premašuju učinke od 10 MW. Karakteristike kotla i pratećih uređaja, napose skladišta goriva, bitno ovise o vrsti biomase. Na tržištu postoje i peći s ložištima prilagođenim za sagorijevanje različitih krutih goriva. Tablica 6 prikazuje osnovne značajke drvenih goriva.

Tablica 6 Svojstva drva i drvnih prerađevina za loženje (Izvor: Studija primjenjivosti alternativnih sustava)

Vrsta drvene biomase	Postupak sušenja	Udio vode	Ogrijevna vrijednost	Sadržaj energije	Ekvivalent lož ulja	Udio pepela
		%	MJ/kg	kWh/kg	l	kg
Tvrdo drvo (bukva)	Na zraku	18	14,6	4,1	407	4,1
	Prirodno	35	11,1	3,1	308	3,3
	Sirovo	50	7,9	2,2	219	2,5
Meko drvo (lela)	Na zraku	18	14,9	4,1	414	4,9
	Prirodno	35	11,3	3,1	314	3,9
	Sirovo	50	8,1	2,3	225	3
Peleti	Iz sušionice	10	17	4,7	471	5,3
Piljevina	Iz sušionice	10	17	4,5	453	5,4
Blanjevina	Iz sušionice	10	17	4,4	442	5,8

Kotlovi loženi biomasom su znatno tromiji u ponašanju od npr. onih loženih plinom. Stoga nisu podesni za nagle promjene opterećenja, iako se regulacijom učinak može sniziti do 30% nazivne snage. U sustavu stoga treba predvidjeti akumulacijski spremnik za polaznu vodu dovoljnog kapaciteta za kompenzaciju oscilacija opterećenja.

Navedene poteškoće moguće je izbjeći pokrivanjem samo baznog opterećenja kotlom na biomasu, a za vršno opterećenje predvidjeti konvencionalni (npr. plinski) kotao. Takav je pristup povoljan i u slučaju sezonske varijacije opterećenja, ali donosi složenu regulaciju dvaju sustava sasvim različitih pogonskih svojstava.

Rasplinjavanje

Rasplinjavanje je postupak dobivanja gorivog plina u generatorima plina (generatorski plin) nepotpunim izgaranjem drva uz nedovoljni dovod zraka. Sastav plina ovisi o korištenom gorivu, načinu vođenja procesa (temperatura i oksidant). O sastavu ovisi ogrjevna moć plina. Plin dobiven rasplinjavanjem može se koristiti na mjestu nastanka u posebnim toplovodnim kotlovima s ložištima koja se sastoje od generatora plina i komore izgaranja u neposrednom susjedstvu.

Drugi je način korištenja plina u udaljenim potrošačima, pri čemu dolaze do izražaja sve prednosti plina kao goriva. Tipičan primjer je pogon plinskog motora u kogeneracijskom postrojenju. Poteškoće koje se javljaju pri rasplinjavanju svode se na osjetljivost regulacije na poremećaje u privodu goriva i oscilacije njegove kakvoće. Sam plin sadrži leteći pepeo i razne pare nastale isplinjavanjem. Njih je potrebno izdvojiti (taloženjem i kondenzacijom) prije uporabe plina jer mogu izazvati ozbiljne poteškoće u pogonu, naročito motora i turbina.

Anaerobno vrenje

Anaerobno vrenje (ili anaerobna digestija) je postupak dobivanja bioplina iz organskog dijela biomase bez prisustva zraka. Pri složenom biokemijskom procesu truljenja oslobađa su bioplin koji se sastoji od metana (CH_4) i ugljik dioksida (CO_2) čiji je udio obrnuto proporcionalan. Uspješni procesi generiraju bioplin s udjelom od 60% metana koji predstavlja ogrjevnu vrijednost dobivenog bioplina. Vrenje se odvija u velikim bazenima gdje se biomasa i otpad podvrgavaju djelovanju mikroorganizama koji nizom anaerobnih pretvorbi degradiraju velike organske molekule ugljikovodika te masti i proteina do neprobavljivih ostataka, dok je produkt takve fermentacije gorivi plin i digestat – kruti i tekući ostatak vrenja kojeg je moguće koristiti u poljoprivredi kao organsko gnojivo.

Iako se temelje na principu anaerobnog vrenja, tehnologije za dobivanje bioplina se razlikuju s obzirom na vrstu supstrata tako da razlikujemo bioplinska postrojenja na sirovinu iz poljoprivrede, deponijski plin, otpadni mulj iz pročišćavanja otpadnih voda, namirnice isteklog roka trajanja i organsku frakciju komunalnog otpada.

Skladištenje biomase

S obzirom na relativno nisku energetska vrijednost biomase i manju gustoću u usporedbi s konvencionalnim fosilnim gorivima, ona zahtijeva spremišta, koja su veličinom primjerena intenzitetu potrošnje i kapacitetu potrošača. Spremišta biomase su obično zidane prostorije ili silosi. U njima je potrebno osigurati ventilaciju koja održava ili čak smanjuje vlagu te sprječava kompostiranje i razvoj plijesni i mikroorganizama koji mogu biti opasni po zdravlje. Kompostiranje se izbjegava i ograničenjem visine nasipa (max. 10 m). Velika spremišta biomase zahtijevaju i redovito prevrtanje. Ukoliko ona dolazi mokra, potrebno je predvidjeti i drenažu dna skladišta.

Potrebno je također osigurati odgovarajući pristup skladištu primjeren načinu dovoza i unutarnjeg transporta. Ovisno o svojstvima i sastavu biomase (trupci, cjepanice, sječka, pelete i sl.) transport se obavlja transporterima razne vrste, što uključuje viljuškare, vijčane transportere, konvejjere, pneumatski transport itd.

Prednosti korištenja biomase:

- Korištenje obnovljivog izvora energije
- Mogućnost kontinuirane proizvodnje energije, što nije slučaj kod sunčeve energije i energije vjetra
- Biomasa je ekonomična alternativa fosilnim gorivima
- Zrela tehnologija

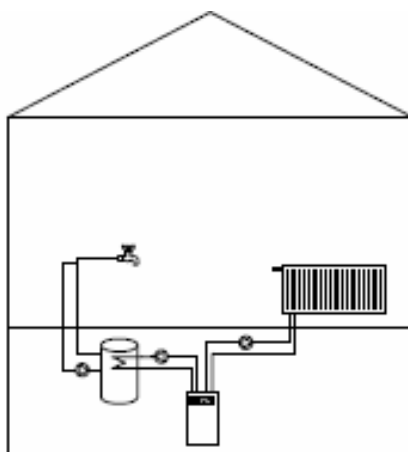
Nedostaci korištenja biomase (u usporedbi s konvencionalnim sustavima):

- Niži sadržaj energije u usporedbi s fosilnim gorivima
- Energetski sustavi s biomasom mogu imati specifične uvjete gradnje, održavanja i upravljanja s obzirom na dobavu, transport i skladištenje sirovine
- Dobava biomase je zahtjevnija od dobave plinovitih i kapljevih goriva
- Raspoloživost biomase može varirati pa je potrebno analizirati mogućnosti korištenja raznih vrsta.

Rješenje 4. Zamjena energenta za grijanje s biomasom - peletima za grijanje prostora i PTV

Na lokaciji Ul. Crvenog Križa 10 postoji tehnička mogućnost ugradnje kotla na peleta za grijanje prostora i PTV-a umjesto postojećih etažnih plinskih bojlera. Ovo rješenje predviđa uklanjanje postojećih etažnih plinskih bojlera.

Prema *Katalogu tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava*²⁵ prikazana je jednostavna shema sustava na biomasu za grijanje prostora i potrošne tople vode. Nazivni učin sustava za grijanje prema ukupnoj stambenoj površini od 465 m² i godišnjoj potrebnoj energiji za grijanje koja iznosi **64 711 kWh/a**²⁶ bio bi najmanje 20 kW.



Slika 10. Podsustav proizvodnje toplinske energije u višestambenoj zgradi (Izvor: Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava)

Glavni elementi sustava su: kotao, pelet set (spremnik, pelet transporter, plamenik), elektronička regulacija, pumpa i spremnik tople vode. Sustav bi se uklopio u postojeći razvod toplovodnih cijevi tako da opskrbljuje ogrjevna tijela u stanovima – radijatore i izljevna mjesta – s potrošnom toplom vodom. Investicija u sustav na biomasu obuhvaćala bi i instalacijske radove.

Kotao bi trebao biti spojen na postojeći dimnjak ili ako to nije moguće trebalo bi instalirati novi dimnjak fasadnog tipa. Sustavi bi mogao biti smješten u dvorištu ili u podrumskim zajedničkim prostorijama, tako da je što dostupniji za dostavu goriva. Nositelj energije ili energent može biti drvna sječka ili peleti.

²⁵ Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, *Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava*
<http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=26632>

²⁶ Iz izvješća o energetske pregledu zgrade



Slika 11. Moguće lokacije kotla na pelete (dvorište i podrum)

Investicija u sustav bila bi od 30.000 do 50.000 kn ovisno o dodatnim instalacijskim radovima. Cijena drvnih peleta je oko 0,3 kn/kWh²⁷, a sadašnja cijena plina u Zagrebu za kućanstva je 0,29 kn/kWh²⁸, pa je stoga vidljivo da ova investicija za sada ne bi ostvarivala značajne financijske uštede ako bi zgrada trošila istu količinu energije za grijanje. Uz pretpostavku budućeg povećanja cijene plina, nižih cijena investicije (npr. s poticajima i razvojem tehnologije) i nižih cijena energenta (pelet, drvena sječka) vrlo je vjerojatno da će investicija u sustav biti isplativa. Tim više ako se investicija razmatra prilikom zamjene plinskih bojlera zbog dotrajalosti, te se odabere novi energent čije korištenje doprinosi uštedi emisija CO₂. Potrebno je napomenuti da ovakav sustav zahtijeva brigu oko nabave peleta, njihova skladištenja i punjenja ložišta.

Zamjena energenta uz pretpostavku iste potrošnje toplinske energije predstavlja uštedu od 10 t ekvivalentne emisije CO₂ jer se izbjegava korištenje plina²⁹.

Očekivani životni vijek sustava je 20 godina³⁰.

U slučaju kombinacije s Rješenjem 3 plinski bojleri bi se zamijenili sa zajedničkim sustavom za grijanje PTV-a i prostora na biomasu i sunčevu energiju. Sustav bi uključivao: solarne kolektore ukupne površine 20m², pumpnu grupu za solarni dio, jedan (ili dva) spremnika topline, kotao na pelet, pumpnu grupu za kotao, elektroničku regulaciju i razvod cijevi.

²⁷ <http://www.servis-perkovic.hr/montaza-centralnog-grijanja/financijska-usporedba-energenata.aspx>

²⁸ <http://www.gpz-opskrba.hr/zagreb-javna-usluga-opskrbe-plinom-cijene-plina-247/247>

²⁹ Emisijski faktor za plin prema IPCC metodologiji u 2010. iznosi 0,202 tCO₂/MWh

³⁰ Prema Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015

4.2.3. Korištenje geotermalne energije (dizalice topline) za grijanje prostora i PTV

Dizalice topline (engl. heat pumps) su uređaji koji služe za podizanje temperaturne razine nosioca toplinske energije te za tu svrhu troše rad prema II. zakonu termodinamike. U širokoj tehničkoj primjeni su uglavnom dvije vrste: dizalica topline s kompresijom radne tvari i apsorpcijska dizalica topline.

Korištenje topline okoliša

U svrhu grijanja prostora najčešće se koristi toplina podzemlja ugradnjom dubinskih ili površinskih izmjenjivača topline u tlo. Ako je na raspolaganju vodotok dovoljne izdašnosti, jezero ili more vrlo ih je povoljno koristiti kao izvor topline. Manje povoljan izvor je zrak okoline zbog malog toplinskog kapaciteta i poteškoća s izlučivanjem inja na isparivaču pri temperaturama nižim od 0°C. Dizalica topline povoljno se koristi i za povrat otpadne topline iz ventilacijskih i klimatizacijskih sustava. Općenito je poželjno da se kao toplinski spremnik, u svrhu postizanja što više učinkovitosti, koriste raspoloživi okolni izvori kao toplinski spremnici. Pritom se mogu promatrati ove varijante:

a. Vanjski zrak kao toplinski spremnik

Toplinski ili rashladni spremnik je vanjski zrak, što je standardna izvedba dizalice topline. Koeficijent učina (Coefficient of performance –COP) grijanja ili hlađenja je najniži u ovom slučaju i direktno je ovisan o vanjskoj temperaturi. Uz nove generacije kompresora i integrirane standardne sustave za odmrzavanje, dizalice topline mogu funkcionirati i na ekstremno niskim vanjskim temperaturama. Korištenje vanjskog zraka kao toplinskog spremnika za pogon grijanja ili hlađenja se ne klasificira kao korištenje obnovljivih izvora energije, te se u europskoj praksi i ne potiče.

b. Korištenje okolnih površinskih voda

Ovaj princip se odnosi na korištenje raspoloživih bliskih vodenih masa kao toplinskih spremnika za potrebe grijanja i hlađenja. To podrazumijeva morsku vodu u obalnom području, rijeke, jezera i druge bliske vode stajaćice. Točka zahvata i ispusta vode moraju biti dovoljno udaljene, a izvedba cjevovoda od zahvata do postrojenja mora udovoljavati tehničkim i prostornim zahtjevima. Ovdje se javlja problem filtriranja vode na zahvatu – mikroorganizmi kod morske vode, mulj kod riječne itd. i drugi čimbenici koji izvedbu čine složenom.

c. Korištenje bliskih toplinskih izvora

Moguće je i korištenje obližnje raspoložive otpadne topline u kombinaciji sa sunčevim toplinskim kolektorima. U načelu, kod korištenja vanjskog zraka kao toplinskog spremnika, uvijek treba razmotriti mogućnost iskorištavanja obližnjih izvora topline koji su inače neiskorišteni. Otpadni zrak iz ventilacije, otpadna toplina iz industrijskih procesa i slično, daju mogućnosti bitnog povećanja energetske učinkovitosti dizalice topline, te njihovo korištenje treba poticati. Kombinacija s toplinskim sunčanim kolektorima se klasificira kao korištenje obnovljivog izvora energije za potrebe grijanja, no zbog složenosti i cijene sustava, te manje raspoloživosti izvora topline, treba analizirati isplativost ovog principa.

d. Korištenje topline tla

Korištenje topline tla predstavlja najšire područje kombiniranja rada dizalica topline s obnovljivim izvorima energije. Razlikujemo korištenje duboke geotermalne energije, koje je zbog složenosti i cijene zahvata u većini slučajeva neisplativo, osim ako se radi o kombiniranom korištenju geotermalnih voda (za toplice, lječilišta dr.) Korištenje plitke geotermalne energije je izvedivo u različitim opcijama:

- **polje plošnih kolektora**, koji iskorištavaju većinom sunčevu energiju akumuliranu u zemlji s manjim udjelom geotermalne energije - koriste se površinski slojevi tla čija je temperatura razmjerno konstantna tijekom cijele godine; plošni kolektori sastoje se od horizontalno postavljenih cijevi ispod površine zemlje, kroz koje cirkulira radni medij, cijevi su na dubini od 1,2 -1,5 m i prenose toplinu od tla do dizalice topline;
- **korištenje podzemne vode**, koje imaju relativno konstantnu prosječnu godišnju temperaturu od +8°C do +12°C, podzemna voda se crpi iz jednog bunara, vodi do dizalice topline i ohlađena vraća u drugi udaljeni bunar;
- **korištenje geotermalne topline** putem vertikalno položenih sonde koje se polažu na dubinu od 60 do 100 m ili više. Polažu se obično dvije sonde, i kroz jedan krak cijevi ulazi ohlađeni radni medij, a kroz drugi se zagrijava vraća u dizalicu topline.

Kod svih slučajeva korištenja dizalica topline s kompresijom radne tvari u svrhu hlađenja, bitno je razmotriti mogućnosti korištenja nastale otpadne topline koja se mora odvoditi. Ukoliko se takva toplina može upotrijebiti za pripremu PTV ili druge svrhe, onda je pravilno ogrjevn/rashladni učin računati na temelju ukupno dobivene korisne energije, rashladne i toplinske, te na taj način poticati ovakav princip korištenja otpadne topline iz dizalice.

Princip rada geotermalnih dizalice topline

Geotermalne dizalice topline koriste se pri temperaturama geotermalnog fluida ili tla od 5–35 °C, kada izravni sustavi grijanja ili hlađenja geotermalnom energijom nisu ekonomski isplativi. Instaliranje geotermalnih dizalica topline u Europi ima značajan porast u zadnjem desetljeću, s 20 % godišnjim prirastom. Individualni sustavi mogu biti u rasponu od 5 kW za grijanje kuća, pa sve do velikih sustava, snaga većih i od 150 MW. Sustavi najčešće služe za potrebe grijanja, a faktor iskorištenja kapaciteta kreće se od 2 000 do 6 000 sati godišnje, ovisno o namjeni za grijanje, hlađenje ili oboje.

Osnovne komponente sustava su kompresor s elektromotorom, povratni i prigušni ventil te dva izmjenjivača topline (kondenzator i isparivač). Dodatni izmjenjivač topline (pregrijač) može se pridodati zbog grijanja potrošne tople vode. Rashladno sredstvo je obično R-407C ili R-410A, koje za razliku od prvobitno korištenog freona 12 (CF₂Cl₂) ne djeluje negativno na ozon.

Postoje dva osnovna tipa sustava geotermalnih dizalica topline, s otvorenim i zatvorenim krugom. Ova dva tipa se mogu podijeliti na sljedeće podsustave:

1) Sustav sa zatvorenim krugom

- Okomiti
- Vodoravni
- Zatvoreni sustav s površinskom vodom

2) Sustav s otvorenim krugom

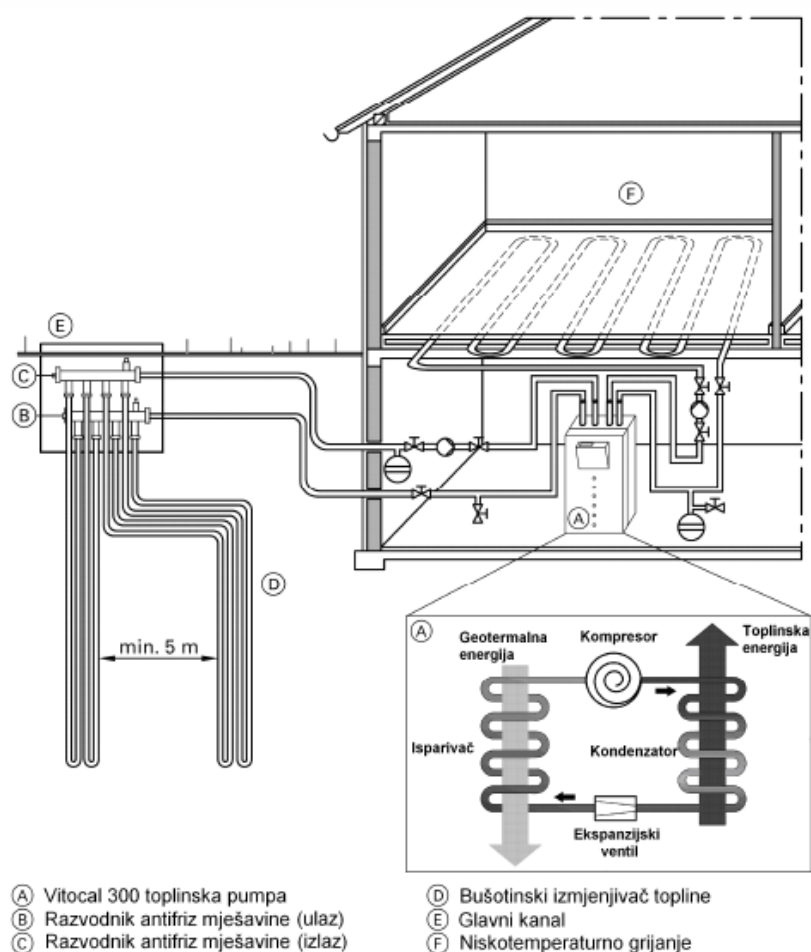
- dvije bušotine (proizvodna i utisna, ili izljev)

Okomiti izmjenjivači ili toplinske sonde su osobito prikladni, pa i nužni, u gusto naseljenim područjima gdje nema raspoloživog zemljišta. Sonde se polažu na dubine od 30 do 60, a najviše do 100 m, pri čemu se kao najčešći materijal za cijevi koristi polietilen (PE) koji jamči dobru izmjenu topline i jednostavno rukovanje, a otporan je prema uvjetima u podzemlju (vlaga, tlak, glodavci, mikroorganizmi). U zemlju se najčešće polažu dvije osnovne izvedbe:

- kao dvostruka U cijev, pri čemu kroz jedan krak ulazi ohlađeni radni medij, a kroz drugi se u toplinsku crpku vraća ugrijan
- kao koaksijalne cijevi, pri čemu je unutarnja od PE i kroz nju struji hladni radni medij, dok je vanjska metalna i kroz nju prema toplinskoj crpki struji ugrijani medij

Ovisno o uvjetima u tlu, može se ostvariti prosječni učin od 50 do 100 W/m duljine sonde, odnosno dubini tla, a kada u tlu ima (toplih) podzemnih voda, moguće su i veće vrijednosti.

Osim topline tla, kao toplinski izvor za toplinske crpke se može koristiti i toplina podzemnih voda, pri čemu je sustav po svojoj izvedbi vrlo sličan geotermalnim toplanama. Osnovni je preduvjet takvog rješenja raspoloživost podzemnih voda u većim količinama. Pri tome su također potrebne dvije bušotine (bunari) na udaljenosti najmanje 15 m. Iz jedne od njih se crpi podzemna voda prosječne temperature 10 °C i uvodi u isparivač toplinske crpke u kojem se hladi predajući toplinu radnoj tvari te se potom, kroz drugu bušotinu, ohlađena vraća natrag u podzemlje. Pri tome se velika pozornost treba obratiti na kvalitetu i sastav podzemne vode i tla jer razne nečistoće mogu uzrokovati smetnje i začepljenje cjevovoda. Isparivač toplinske crpke također se treba izvesti od korozijski postojanih materijala (npr. nehrđajućih čelika) zbog mogućih udjela korozivnih tvari.



Slika 12. Shema geotermalne dizalice topline sa zatvorenim vertikalnim krugom (Izvor: <http://www.viessmann.com>)

Potencijali za korištenje geotermalne energije na području Zagreba³¹

Na području korištenja geotermalne energije posebno je značajno Geotermalno polje Zagreb koje se nalazi na jugozapadnom prilazu Zagrebu. Otkriveno je 1977. godine nakon hidrodinamičkih ispitivanja u negativnoj naftnoj bušotini Stupnik-1 koja je izrađena još 1964. godine. Polje obuhvaća prostor od cca 54 km². Rijeka Sava dijeli ga infrastrukturno na sjeverni dio s dominantnim rekreacijskim zonama Jarun i Mladost i južni dio u kojemu dominira Sveučilišna bolnica Zagreb u izgradnji. Na užem i širem području Grada Zagreba nalazi se četrnaest bušotina.

Na području Zagreba postoji nekoliko izvedenih sustava za grijanje obiteljskih kuća s dizalicom topline i zemnim sondama, čak i u užem centru Grada.³²

³¹ Mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije na području Grada Zagreba, Grad Zagreb, http://www.eko.zagreb.hr/UserDocsImages/dokumenti/brosure/Zagreb_OIE_studija_final.pdf

³² http://www.geoservis.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=20

Prednosti dizalica topline:

- Dizalice topline podižu temperaturnu razinu topline uz relativno mali utrošak mehaničke energije (kompresor - električna pumpa)
- Omogućavaju iskorištavanje toplinskog potencijala niskotemperaturnih izvora topline
- Pouzdani uređaji

Nedostaci dizalica topline:

- Za pogon koriste dodatnu mehaničku energiju
- Energetska učinkovitost pada s porastom raspona dizanja temperaturne razine nosioca topline

Rješenje 5. Dizalica topline u sustavu grijanja prostora i PTV-a

U cilju daljnjeg razmatranja ovog rješenja potrebno je ustanoviti da li na lokaciji postoje tehnička ograničenja (dovoljno prostora, postojeće podzemne instalacije) za bušotinu u svrhu instalacije zemne sonde koja je dio sustava za grijanje i hlađenje prostora s dizalicom topline.

Ako je taj uvjet zadovoljen na lokacije se može predvidjeti instalacija sustava dizalice topline umjesto postojećih plinskih bojlera za grijanje i klima uređaja za hlađenje.



Slika 13. Primjer instalacije dizalice topline sa zemnim sondama za grijanje stambene zgrade

Napomena: Za korištenje dizalica topline s okomitim izmjenjivačima topline (zemnim sondama) potrebna su geomehanička i vodoistražna ispitivanja od strane ovlaštenih stručnih tvrtki. Također u slučaju korištenja topline podzemne vode potrebno je ishoditi i vodopravne uvjete od strane Hrvatskih voda, a na temelju programa vodoistražnih radova.

Instalacija uključuje sljedeće dijelove sustava:

- Dizalica topline (toplinska pumpa)
- Bušotina s okomitim izmjenjivačem topline
- Razvod cijevi i spojevi na postojeći sustav grijanja (radijatore)

Dizalicu topline moguće je smjestiti u podrumске prostorije zgrade ili u zasebnu kotlovnicu u dvorištu.

Kako bi se odredila dimenzija sustava (snaga) potrebno je napraviti proračun na temelju potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade. Prema izračunima godišnja potrebna energija za grijanje iznosi 64 711 kWh/god.

Dimenzije sustava ovisit će o toplinskoj izolaciji zgrade koja se planira postaviti na zgradu kao dio integralne energetske obnove³³. U tom slučaju potrebno bi bilo manje toplinske energije za grijanje te bi snaga sustava bila manja, nego u sadašnjem slučaju. Okvirne snage sustava su oko 20kW za postojeću zgradu bez toplinske izolacije. Sustav dizalice topline moguće je kombinirati s Rješenjem 3. Sunčevim toplinskim sustavom i/ili Rješenjem 4. Kotlom na pelete.

Cijena dizalice topline na tržištu se kreće oko 40.000kn bez montaže i bušotine sa zemnim sondama koja čini znatni udio u investiciji, a čija cijena ovisi o dubini i vrsti (oko 35Eur/m2). Od ostalih troškova tu su: geomehanički i vodoistražni radovi, izrada strojarskog projekta i troškovnika, dobivanje dozvola i suglasnosti, te ostali strojarski i građevinski radovi.

Prema gruboj procjeni ukupna investicija bi bila od 100.000 do 200.000kn. Sadašnji trošak za grijanje u zgradi iznosi, prema trogodišnjem prosjeku potrošnje plina od 51551 kWh i cijeni plina³⁴, oko 12.000 kn.

Tablica 7 prikazuje metodologiju izračuna jednostavnog perioda povrata investicije:

Tablica 7 Metodologija izračuna jednostavnog perioda povrata investicije

	Bez poticaja	Sa stopom 60% bespovratnih poticaja
Početna investicija	150.000 kn	60.000 kn
Prosječni godišnji troškovi potrošnje plina za grijanje i PTV	51551 kWh * 0,293 kn/kWh = 15.100 kn	15.100
Godišnji troškovi električne energije za toplinsku pumpu	9.300 kn	9.300 kn
Godišnja novčana ušteda u potrošnji primarnog energenta (plin) za grijanje (Prosječni godišnji troškovi plina – godišnji troškovi električne energije za toplinsku pumpu)	15.100 kn – 9.300 kn = 5.800 kn	5.800 kn
Jednostavni period otplate = Investicija/God. novčana ušteda	26 godina	10 godina

Potrebno je napomenuti da izračun ne obuhvaća potrebne investicije u stanovima. Godišnji troškovi energije za grijanje s dizalicom topline bi se ograničili na potrošnju električne energije za pumpe i kompresor. Ako pretpostavimo koeficijent učina od 5,5 (za 1kW električne energije dobivamo 5,5kW toplinske energije) potrošnja električne energije bi iznosila oko 9300kWh godišnje tj. prema ugovorenim tarifnom sustavu oko 9300 kn. Novčana ušteda je razlika troška za plin i procjene budućeg troška električne energije. Investicija će se isplatiti kada akumulacija ušteda radi manjih troškova plina ostvarena kroz godine postane veća od investicije. U tablici se vidi da se nakon 26 godina funkcioniranja sustava investicija isplaćuje. Uzeta je u obzir pretpostavka iste cijene plina i električne energije kroz godine. U slučaju dobivanja poticaja uz stopu sufinanciranja od 60% (vidi poglavlje 4.2.4 Poticanje korištenja

³³ Integralna energetska obnova se potiče kroz programe sufinanciranja opisane u poglavlju 4.2.4., a uključuje mjere energetske učinkovitosti (toplinske zaštite ovojnice s izolacijom vanjskih zidova, krova, podova prema negrijanim dijelovima, zamjena dotrajale vanjske stolarije – prozori i vrata) te korištenje OIE (visokoučinkoviti sustavi grijanja, zamjenu postojećeg sustava grijanja PTV-a sa sustavom koji koristi OIE -sunčevi toplinski sustavi, dizalica topline, sustavi na biomasu).

³⁴ <http://www.gpz-opskrba.hr/zagreb-javna-usluga-opskrbe-plinom-cijene-plina-247/247>

obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe) moguće je smanjiti jednostavni povrat investicije na 10 godina.

Očekivani životni vijek sustava je 25 godina³⁵.

Korištenje dizalice topline uz pretpostavku iste potrošnje toplinske energije predstavlja uštedu od 7,5 t ekvivalentne emisije CO₂ jer se izbjegava korištenje plina uz manje korištenje električne energije³⁶.

U ovom izračunu radi jednostavnosti su uzete u obzir sljedeće pretpostavke:

- Trenutne cijene plina i električne energije. Promjene cijena plina i električne energije u budućnosti mogu utjecati na period otplate (skuplji plin – kraći, skuplja električna energija – duži)
- Postojeće grijanje izvedeno je s radijatorima. Isti sustav s podnim grijanjem u niskotemperaturnom režimu rada može povećati koeficijent učina a time i energetske uštede.
- Postojeća toplinska svojstva zgrade tj. vanjske ovojnice (bez toplinske izolacije vanjskih zidova i krova). Toplinska izolacija bi smanjila gubitke topline kroz ovojnicu, što bi utjecalo na potrošnju energije za grijanje i dimenziju sustava (manja investicija i manja potrošnja)
- Rješenje nije predviđeno za hlađenje. U tom slučaju investicija bi bila veća ali i veće uštede ako bi se ukinula potreba za standardnim klima uređajima.

³⁵ Prema Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015

³⁶ Emisijski faktor za plin prema IPCC metodologiji u 2010. iznosi 0,202 tCO₂/MWh

4.2.4. Poticanje korištenja obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe

Najznačajniji izvor sredstava za poticanje korištenja obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe u objektima namijenjenim stanovanju predstavljaju sredstva koja su za tu svrhu namijenjena u okviru Prioritetne osi Promicanje energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014-2020, unutar Investicijskog prioriteta Potpora energetske učinkovitosti, naprednom gospodarenju energijom i korištenju obnovljivih izvora energije u javnoj infrastrukturi (uključujući javne zgrade) i u stambenom sektoru.³⁷

Unutar navedenog investicijskog prioriteta, jedan od zadanih specifičnih ciljeva je smanjenje potrošnje energije u stambenim zgradama (višestambene zgrade i obiteljske kuće). Imajući u vidu iznos sredstava namijenjen ovom specifičnom cilju, očekuje se da će se tim sredstvima ostvariti 30% cilja zadanog Programom obnove višestambenih zgrada i Programom obnove obiteljskih kuća. Očekuje se da će se potrošnja energije za grijanje i hlađenje nakon obnove smanjiti za 70% te da će ukupne godišnje energetske uštede iznositi oko 40 GWh. Pretpostavljeno je da će iznos namijenjen ovom specifičnom cilju biti viši nego za industriju/usluge, ali niži nego za zgrade javne namijene. Kao i u slučaju zgrada javne namijene, obnovljivi izvori energije uključeni su u okviru integralne obnove zgrade, prvenstveno za grijanje i hlađenje.

Do trenutka objave ove studije, objavljen je jedan poziv na dostavu projektnih prijedloga Energetske obnove stambenih zgrada³⁸. U pozivu je navedeno kako se njime želi doprinijeti smanjenju potrošnje energije stambenih zgrada, kao i povećanju korištenja obnovljivih izvora energije u njima. Kao svrha poziva navedeno je „Doprinijeti ostvarenju ciljeva i mjera određenih u Nacionalnom programu energetske obnove višestambenih zgrada i Trećem nacionalnom akcijskom planu energetske učinkovitosti. Procjenjuje se da će tijekom programskog razdoblja 2014.-2020. oko 7000 kućanstava u sklopu višestambenih zgrada imati koristi od poboljšanog gospodarenja energijom i smanjenja potrošnje energije. U području obnovljivih izvora energije postoji značajni potencijal u upotrebi biomase, solarne energije i dizalica topline. Taj potencijal bit će ostvaren kroz integrirani pristup, tj. tako da se sustavi za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora za potrebe višestambenih zgrada primjene uz mjere energetske učinkovitosti, prvenstveno u svrhe proizvodnje energije za potrebe grijanja/hlađenja.“

Kao prihvatljive aktivnosti korištenja obnovljivih izvora energije navode se zamjena postojećeg sustava grijanja potrošne vode sustavom koji koristi OIE te ugradnja sustava za solarno grijanje odnosno pripremu potrošne tople vode, dizalica topline, toplana ili kotlova na biomasu itd.

Pozivom je predviđeno sufinanciranje do 60% sredstava potrebnih za provedbu projekata. U tekstu piše kako će se pratiti smanjenje primarne potrošnje energije u zgradama stambenog sektora, kao razlika potrošnje primarne energije zgrade prije i poslije energetske obnove mjereno u GWh/godina. Međutim, kao podloga se navodi energetski certifikat prije i poslije obnove, dok važeći energetski certifikati ne uzimaju u obzir primarnu potrošnju energije već samo toplinske potrebe zgrade.

Natjecaji za sufinanciranje energetske obnove stambenih zgrada predstavljat će odličnu mogućnost za sufinanciranje korištenja obnovljivih izvora energije za toplinske potrebe, ali je čim prije potrebno provesti

³⁷ Korištenje europskih strukturnih i investicijskih fondova za financiranje projekata energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije, UČINKOVITOST NEKAKO, OBNOVLJIVI NIKAKO!, DOOR, Siječanj 2017.

http://www.door.hr/wp-content/uploads/2017/02/EEOIE_ESI_HR.pdf

³⁸ <http://www.strukturnifondovi.hr/natjecaji/1297>

već dugo najavljivane izmjene u energetskeim certifikatima za zgrade i građevine te na taj način omogućiti praćenje promjena u potrošnji primarne energije zgrade.

5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Prema provedenoj preliminarnoj analizi korištenja obnovljivih izvora energije u zgradi Ul. Crvenog križa 10 predloženo je pet rješenja. Tri rješenja korištenja obnovljivih izvora energije (OIE) za namirenje energetske potrebe zgrade se odnose na proizvodnju toplinske energije, a dva na proizvodnju električne energije.

Svi izračuni su pojednostavljeni i temelje se na prosječnim vrijednostima, te služe više za orijentaciju suvlasnika. Da bi se odabrala odgovarajuća oprema potrebno je napraviti projekt za svako od navedenih rješenja s troškovnikom i detaljnom financijskom analizom.

Sadašnji sustav grijanja izveden je s plinskim bojlerima i radijatorima kao ogrjevnim tijelima, te uz trenutnu cijenu prirodnog plina u Gradu Zagrebu, njegova zamjena s predloženim rješenjima koja koriste obnovljive izvore energije uglavnom nije ekonomski isplativa u rokovima kraćim od 10 godina bez subvencioniranja investicije. Međutim ako se uzme u obzir nestalna cijena plina, dotrajalost i potreba za zamjenom postojećih plinskih bojlera i najavljeni sustavi poticaja investicije za očekivati je i kraći period ekonomske isplativosti.

Osim financijskog doprinosa koji ipak još uvijek ovisi o sustavu poticaja, važne je naglasiti ekološki doprinos prilikom korištenja obnovljivih izvora energije u smislu smanjenja emisije CO₂ zbog uštede na primarnom energentu za grijanje – plinu i smanjenoj potrebi za potrošnjom električne energije. Ovaj doprinos može se uzeti u obzir kao poboljšanje „zelenog“ imidža zgrade.

Prema novom Pravilniku o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju koji još nije stupio na snagu energetske certificiranje će uključivati i proračun specifične godišnje primarne energije i specifične godišnje emisije CO₂, pa će zgrada koja koristi OIE stoga biti u boljem energetske razredu zbog manje ukupne potrošnje primarne energije i manje emisije CO₂. To će se povoljnije odraziti na bodovanje kod prijave projekata korištenja OIE za subvencije.

Pošto je paralelno s ovom studijom u izradi energetske certifikat koji će u Izvješću o energetske pregledu donijeti prijedloge mjera za povećanje energetske učinkovitosti, preporuka je da zgrada planira integralnu energetske obnovu – mjere energetske učinkovitosti i mjere korištenja OIE. Toplinska izolacija vanjske ovojnice (fasada, krov i vanjska stolarija) će uzrokovati smanjenje potrebe za grijanjem prostora. Ako se taj zahvat uzme u obzir prilikom projektiranja sustava OIE pravilno će se odabrati dimenzije sustava koji će biti manjih snaga, a time i manjih početnih investicija. Planiranje i korištenje OIE za proizvodnju električne energije moguće je pokrenuti na lokaciji i nezvezano o mjerama energetske učinkovitosti, ali svakako nakon potpune sanacije krova (hidro i termoizolacije).

Također valja unaprijed tehnički riješiti raspodjelu proizvedene energije po brojlama suvlasnika – krajnjih kupaca električne energije. Ekonomska isplativost proizvodnje električne energije iz OIE uvelike ovisi o novom tarifnom sustavu poticaja za proizvodnju električne energije za namirenje vlastitih potreba i subvencioniranja početnih investicija.

6. LITERATURA

- Zakon o gradnji, NN 153/13
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN 97/2014
- Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske, Priručnik za energetske korištenje Sunčevog zračenja, EIHP 2007. <https://bib.irb.hr/datoteka/298322.Matic-978-9536474547red.pdf>
- Zakon o obnovljivim izvorima energije i učinkovitoj kogeneraciji, NN 100/15
- Studija primjenjivosti alternativnih sustava, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=22195>
- Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=26632>
- Small wind turbines, A unique segment of the wind power market, Zdenko Šimić, Juraj George Havelka, Maja Božicević Vrhovčak, Renewable Energy No 50, Elsevier, 2013.
- Analiza potencijala plitkih geotermalnih resursa u sustavima toplinskih pumpi na Području grada Zagreba , Tomislav Kurevija. <http://hrcak.srce.hr/30460>
- Pravilnik o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije, Prilog I, NN 71/2015
- Mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije na području Grada Zagreba, Grad Zagreb, http://www.eko.zagreb.hr/UserDocsImages/dokumenti/brosure/Zagreb_OIE_studija_final.pdf
- Korištenje europskih strukturnih i investicijskih fondova za financiranje projekata energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije, UČINKOVITOST NEKAKO, OBNOVLJIVI NIKAKO!, DOOR, Siječanj 2017. http://www.door.hr/wp-content/uploads/2017/02/EEOIE_ESI_HR.pdf