

IMPLEMENTACIJA FOTONAPONSKIH (BIPV) I FOTONAPONSKO-TERMALNIH (BIPVT) FASADA ZA PAMETNI, ODRŽIVI I INKLUZIVNI EKONOMSKI RAST BOSNE I HERCEGOVINE

Mr. Arapčić Selma, dipl.ing.arh., email: arapcic@hotmail.com

"ATRIUS PROJEKT" d.o.o. za arhitektonske, inženjerijske, geodetske djelatnosti i consulting usluge Živinice, I ulica 61, Živinice, Bosna i Hercegovina

Sažetak: U radu se obrađuje tehnologija solarnih sistema BIPV i BIPVT - građevinske inovacije integrisane u fasadu objekta koje bi radi svojih performansi mogle predstavljati važan korak ka poboljšanju funkcionalnosti i efikasnosti Bosne i Hercegovine u procesu pristupanja Evropskoj Uniji. Implementacija BIPV i BIPVT sistema, ne samo da bi osigurala veće šanse ka integraciji Bosne i Hercegovine kroz ispunjene klimatsko-energetske ciljeve Strategije Evropa 2020, već bi i pokrenula porast tržišta i ekonomskog razvoja sa većom stopom zaposlenosti. Fotonaponski integrisani građevinski sistemi (BIPV – Building Integrated Photovoltaics) pored što predstavljaju pametnu proizvodnju energije i znatnu redukciju sagorijevanja fosilnih goriva za potrebe proizvodnje električne energije, te arhitektonsko-estetski izazov integracije solarnih fotonaponskih (PV) panela kao dio fasada, prozora, krova i zasjenjivača, predstavljaju i veliki prosperitet građevinskog i industrijskog sektora koji bi proizvodnjom i uslugom povećao nivo produktivnosti i zapošljavanja. Kombinacija BIPV sistema aktivnog povrata toplote u zatvorenom krugu (kao PV-T (fotonaponski toplotni hibridni sistem) s tekućinom) ili u otvorenom krugu sa usmjerenim zrakom, poznati kao fotonaponsko-termalni integrisani građevinski sistemi (BIPVT), mogu odigrati veliku ulogu u implementaciji EU direktive o energetske svojstvima novih zgrada i energetske sanacije postojećih zgrada. Ova studija također pokazuje nedavni razvoj različitih tehnologija primjene BIPV i BIPVT sistema i instalacija, kao i njihovu funkciju, cijenu i estetiku.

Ključne riječi: Strategija Evropa 2020, solarna energija, BIPV i BIPVT, zelena ekonomija Bosne i Hercegovine

IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC (BIPV) AND PHOTOVOLTAIC-THERMAL (BIPVT) FAÇADES FOR SMART, SUSTAINABLE AND INCLUSIVE ECONOMIC GROWTH OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract: The study deals with the technology of solar systems BIPV and BIPVT - building innovations integrated in the façades of the building that for its performance could represent an important step towards improving the functionality and efficiency in Bosnia and Herzegovina in the

process of accession to the European Union. The implementation of the BIPV and BIPVT system will not only ensure greater chances for the integration of Bosnia and Herzegovina through the fulfilled climate-energy goals of the Europe 2020 Strategy but would also trigger a growth in the market and economic development with a higher employment rate. Building Integrated Photovoltaics (BIPV), apart from being a smart energy production and a way for a significant reduction of fossil fuel combustion for the needs of electricity production, and the architectural-aesthetic challenge of integrating solar photovoltaic (PV) panels as part of façades, windows, roofs and blinds, represent the great prosperity of the construction and industrial sectors that would increase production and service productivity and employment. The combination of the BIPV Active Heat Recovery System in a closed loop (as PV-T) with liquid) or in open loop with forced air, known as building-integrated photovoltaic-thermal (BIPVT) systems, can play a major role in EU implementation of the directive on the energy properties of new buildings and energy recovery of existing buildings. This study also demonstrates the recent development of various technologies for applying BIPV and BIPVT systems and installations, as well as their function, price and aesthetics.

Key words: Europe 2020 Strategy, Solar Energy, BIPV and BIPVT, Green Economy of Bosnia and Herzegovina

1. Uvod

Podatak da Bosna i Hercegovina, zajedno sa Kosovom, još uvijek jedino vodi status potencijalnog kandidata pristupanja Evropskoj Uniji, za razliku od ostalih članica Zapadnog Balkana koje su dobile status kandidata, nam govori prvenstveno o lošoj integraciji Bosne i Hercegovine sa ostalim članicama Zapadnog Balkana a zatim i o dalje siromašno ispunjenim uslovima Evropske Strategije o pristupanju EU [15-17]²⁸⁸.

Implementacija savremene tehnologije solarnih sistema kao građevinske inovacije integrisane u fasadu objekta, radi svojih energetskih performansi, pametne proizvodnje energije i znatne redukcije sagorijevanja fosilnih goriva za potrebe proizvodnje električne energije, mogle bi predstavljati važan korak ka poboljšanju funkcionalnosti i efikasnosti Bosne i Hercegovine u procesu pristupanja Evropskoj Uniji. Osim ostvarenijih klimatsko-energetskih ciljeva Strategije Evropa 2020, doprinijela bi ostvarenju ostalih ciljeva za pametni i inkluzivni rast.

Sunčeva energija predstavlja najobilniji izvor energije među svim dostupnim obnovljivim izvorima koja može se pretvoriti u električnu energiju kroz PV (fotonaponske) ćelije pri različitoj učinkovitosti koja varira između 7 i 40% [1]. Korištenje solarne energije može se podijeliti na dva područja: solarna toplotna i fotonaponska. Solarna toplota se uglavnom odnosi na korištenje solarnog zračenja kako bi se osiguralo korisno grijanje. Neki od najboljih primjera uključuju pasivno solarno grijanje kuća i solarno grijanje vode. S druge strane, fotonaponi su namijenjeni pretvaranju solarne energije u električnu energiju, uglavnom pomoću solarnih ćelija na bazi silicija [2]. Treći tip klasifikacije solarne tehnologije je hibridni sistem koji predstavlja kombinaciju dva prehodno navedena sistema.

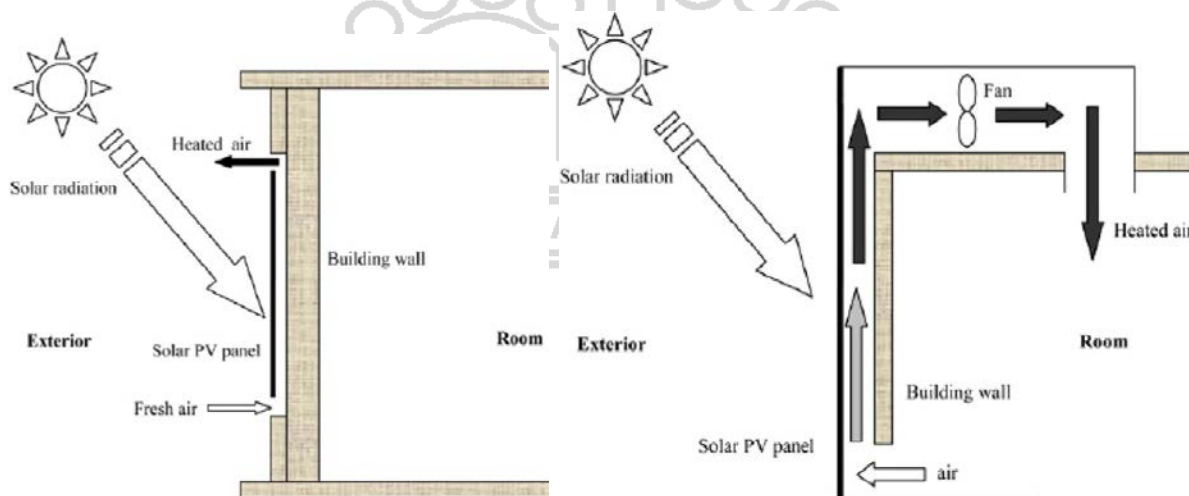
U ovom radu se istražuju primjene savremene tehnologije solarnih fotonaponskih, fotonaponskih-termalnih (hibridnih sistema) u vidu fasadnih sistema BIPV (fotonaponski integrisani građevinski sistem / Building Integrated Photovoltaics) i BIPVT (fotonaponsko-termalni integrisani građevinski sistem / Building Integrated Photovoltaics Thermal).

²⁸⁸ Podaci za istraživanje Evropske Strategije 2020, ciljeva i neispunjenih uslova potrebnih za pristupanje BiH u EU, preuzeti su sa različitih izvora navedenih u literaturi

Pregled primjene i usporedbe sistema, njihove energetske učinkovitosti, zajedno sa arhitektonsko-estetskim prednostima i razvojem građevinskog i industrijskog sektora, mogao bi jasno ukazivati na efikasna rješenja koja bi mogle doprinijeti ekonomskom poboljšanju.

2. BIPV i BIPVT

Novi i obećavajući način integracije obnovljivih izvora energije u izgrađeni okoliš je integrisanje fotonaponskih tehnologija u zgrade. Fotonaponski integrisani sistemi BIPV (Slika 1.) i inovativniji sistem BIPVT (Slika 2.) postat će jedan od najbrže rastućih segmenata solarne industrije širom svijeta uz pretpostavljeni rast kapaciteta od 50% od 2011. do 2017., i predviđa se još veći rast u idućih nekoliko godina [3].



Slika 1. Shematski dijagram integrisanog fotonaponskog sistema [9]

Slika 2. Shematski dijagram integrisanog fotonaponsko-termalnog sistema [9]

Za postizanje višenamjenskih uloga BIPV / BIPVT sistema, moraju se uzeti u obzir razni faktori, kao što su temperatura fotonaponskih modula, zasjenjenje, ugao ugradnje i orijentacija. Među tim faktorima, temperatura zračenja i fotonaponskog modula trebala bi se smatrati najvažnijim faktorima jer utiču i na električnu učinkovitost sistema i na energetske efikasnost zgrada u kojima su instalirani BIPV sistemi [4].

Prije izrade BIPV sistema potrebna je detaljna studija tipova solarnih modula, a također treba proučiti vrstu PV materijala koji se koristi u solarnom modulu kako bi ispitali koji modul je prikladniji, pouzdaniji i korisniji za sistem prema dizajnu, troškovima i okolišu. Također treba analizirati podatke o sunčevu zračenju i klimatskim uvjetima kako bi se na odgovarajući način integrisao, ugradio [6-8].

2.1. BIPV sistem

Fotonaponski integrisani građevni sistemi (BIPV) je integracija PV sistema u omotač (fasade i krovni omotač) zgrade. PV moduli služe dvostrukoj funkciji: izgradnje omotača koja je zamjena za konvencionalne građevinske materijale i funkciju generisanja energije. Inkrementalni trošak fotonaponskog sistema smanjen je izbjegavanjem troškova konvencionalnih materijala, a isto tako i njihov trošak vijeka trajanja može se poboljšati.

BIPV sistemi često imaju niže ukupne troškove nego samostojeći PV sistemi koji zahtijevaju odvojene posebne montažne sisteme.

2.2. BIPVT sistem

Fotonaponsko-termalni hibridni sistem (koji se naziva PV-T sistem) je uređaj koji omogućava simultano pretvaranje sunčevog zračenja u električnu i toplotnu energiju. Ovi sistemi sastoje se od PV panela odgovornog za pretvaranje energije u električnu energiju zbog Becquerelovog (Bq) / fotonaponskog efekta²⁸⁹, zatim toplotne energije putem procesa apsorpcije [12].

Integrisanje funkcija prikupljanja topline u fotonaponske panele (BIPVT) općenito pretvara 6-18% incidentne solarne energije²⁹⁰ u električnu energiju, a preostala solarna energija je "zarobljena" kako bi se koristila kao korisna toplota. Obično inače je to gubitak topline koji se rasipa vani tj. prema vanjskoj okolini. Rashladna tekućina, fluid, kao voda ili zrak, kruži iza panela, izvlačeći korisnu toplinu kako bi se ohladio panel. Rashladno sredstvo također služi za smanjenje temperature panela što je vrlo potrebno jer se učinkovitost panela smanjuje povećanjem temperature panela. To se može dobiti u otvorenoj ili u zatvorenoj konfiguraciji kruga. U jednoj konfiguraciji otvorenog kruga, vanjski zrak prolazi ispod PV panela, a dobivena toplota može se koristiti za grijanje prostora, predgrijavanje zraka za ventilaciju ili grijanje tople vode za domaćinstvo - bilo direktnim putem ili preko toplotne pumpe [2].

Fotonaponsko-termalni (hibridni) integrisani građevinski sistem (BIPVT) može se koristiti na novim i postojećim zgradama. Njihova je primjena na ovojnici zgrade vrlo raznovrsna i otvara mnoge mogućnosti za kreativne dizajnere.

2.3. BAPV sistem

Kao naziv BAPV (Building Applied Photovoltaic / fotonaponski aplicirani građevinski sistem) sugerise primjenu PV panela na zgradu. U ovoj metodi se moduli koriste samo za generisanje (proizvodnju) energije, čak i kao dio arhitektonskog sastava zgrade, ali ne zamjenjuju niti se koriste kao konstruktivna, građevinska komponenta. Mogu se montirati koplanarno, ali ne kao građevinski omotač krova, fasade, atrijuma ili zasjenjivača [5].

3. BIPV I BIPVT kao toplotni izolator i energetska efikasna inovacija

Energetska efikasnost nove građevine zahtijeva upotrebu termoizolacije. Toplotni kapacitet građevinskog materijala može se mijenjati prema lokalnim klimatskim uslovima. Štaviše, mogu se procijeniti različite opcije projektovanja novih energetska efikasnih zgrada. Nadalje, detaljna ekonomska analiza i analiza troškova vijeka trajanja potrebni su za proučavanje troškova izgradnje zgrade sa integrisanim PV [11]. BIPV sistemi koji se primjenjuju kao toplotna izolacija u zgrade na područjima i sa vrućom i sa humidnom (vlažnom) klimom, pokazali su značajan uticaj izolacije u korištenju energije u stambenim zgradama [10].

²⁸⁹ Becquerelov (Bq) / fotonaponski efekat - otkriven 1839 godine od strane Edmonda Becquerela, opisujući proizvodnju električne struje kao proces kada se dvije ploče platine ili zlata urone u kiselu, neutralnu ili lužnatu otopinu te izlože na nejednolik način sunčevu zračenju

²⁹⁰ Incidentno Sunčevo zračenje ili insolacija („Incoming SOLar radiation”) predstavlja količinu solarne energije koja prođe atmosferu i dospije na površinu planete zavisno od geografske širine, godišnjeg doba, doba dana, vremenskih uslova, zagađenja atmosfere.

Pokazalo se da integrisanjem BIPVT-a u zgradu, a ne na zgradu, može rezultovati nižim sistemom troškova. To je ilustrirano nalazom da izolacija stražnjeg dijela BIPVT-a može biti nepotrebna kada je integrisana u krov iznad zatvorene atike ispunjene zrakom, budući da ovaj zračni prostor djeluje kao pasivna izolacijska barijera. Zbog temperaturne kontrole na krovu, sobna temperatura može se značajno smanjiti, a toplotna udobnost u zgradi može se znatno poboljšati.

Sve je veći interes za ove građevinski integrisane fasade, uglavnom zbog činjenice da mnoge zemlje danas uspostavljaju specifične ciljeve vezane uz nulte energetske zgrade (NZEBS²⁹¹). Naročito građevinski ugrađeni fotonaponski sistem s povratom toplotne energije (BIPVT) pokazuje veliki potencijal za integraciju u zgrade NZEBs.

Građevinski integrisane fotonaponske fasade mogle bi poslužiti kao učinkovit model u implementaciji EU direktive o energetskim svojstvima novih zgrada i energetske sanacije postojećih zgrada.

Većina zgrada u Bosni i Hercegovini ne sadrži toplotnu izolaciju jer je njihova izgradnja starija više od 30 godina. A u to vrijeme, kada su građene, nisu postojali standardi izolacije. Sa neophodnom potrebom za renoviranje tih građevina, građevinske fotonaponske fasade bi kao rješenje energetske obnove postojećih zgrada ne bi samo ostvarila velike energetske uštede, već i omogućila aktivnu proizvodnju solarne struje i grijanja.

3.1 Usporedno ispitivanje energetske efikasnosti BIPV i BIPVT (Tablica 3)

Tablica 3. Usporedne studije BIPV i BIPVT na različitim lokacijama [3]²⁹².

SISTEM	Lokacija	DOBIVENI REZULTATI	POSEBNE ZNAČAJKE
BIPV sistem	Turska	Dnevna prosječna električna efikasnost iznosi 4,52%, a toplotna efikasnost iznosi 27,2%.	A-Si polutransparentni PV modul je integrisan na "Trombov zid" ²⁹³ fasadu.
	Lisabon	Maksimalna električna efikasnost doseže do 10%, a toplotna je 12%.	Urađeno je modeliranje hibridnog BIPV-PCM ²⁹⁴ .
	Koreja	Proizvodnja energije. Efikasnost se može poboljšati do 47% promjenom mjesta zgrade u smislu azimuta i smanjenja sjenčenja.	Koristeći transparentne A-Si ćelije tankog filma, BIPV je urađen na prozorima koji pokrivaju prednju stranu zgrade.
	Indija	Analiza pokazuje da se poboljšanje performansi i životnog vijeka BIPV-a može postići hlađenjem od 10 °C bez gubitka snage.	Razvijen je dinamički model BIPV-termoelektričnog sistema uzimajući u obzir temperaturu PV ploče.
	Hong Kong	Godišnja toplotna efikasnost je 37,5%, a električna efikasnost 9,39%.	BIPVT na vertikalnom zidu potpuno klimatiziranog objekta, sa kolektorima opremljenim sa pločastim termalnim apsorberom i polikristalnim silicijskim

²⁹¹ NZEBs (Net-zero Energy Buildings / zgrade nulte energije) - Zgrada s nultom energetskom potrošnjom i nultom emisijom ugljen-dioksida godišnje

²⁹² [3] - Tabela usporedne studije BIPV i BIPVT sistema preuzeta iz naučnog članka "Comparison of BIPV and BIPVT: A review" kao skup informacija prikupljene sa različitih autorovih izvora literature

²⁹³ Trombov zid - zid postavljen na osunčanoj strani objekta načinjen od materijala koji može da se ponaša kao termička masa (kapacitet materijala da zadržava toplotu) - kamen, metal, beton, opeka ili rezervoar za vodu

²⁹⁴ PCM (Phase Change Materials / fazno promjenljivi materijali) - materijali koji mijenjaju agregatno stanje, koriste se za poboljšanje toplotnih performansi i energetske potrošnje

			čelijama.
BIPVT sistem	Sjeverna Koreja	Prosječna toplotna i električna učinkovitost iznosi 30%, a električna učinkovitost 17%.	Analiziran je sistem grijanja u kombinaciji s vodenim tipom PVT kolektora, ugrađenog na krovu eksperimentalne jedinice.
	Indija	HIT ²⁹⁵ proizvodi maksimalnu godišnju el. energiju (810 kW h) a silicij proizvodi maksimalnu godišnju topl. energiju (464 kW h). Godišnja ukupna topl. energija (2497 kW h) i eksergija (834 kW h) maksimalno je za HIT PV modul.	Fotonaponsko-termalni integrisani poluprozirni građevinski sistem (BISPVT ²⁹⁶) ugrađen kao krov prostorije.
	Malezija	Primarna ušteda energije proizvedena iz BIPVT-a je oko 73% do 81%. PVT energetska učinkovitost od 55-62% veća je od PVT eksergijske učinkovitosti od 12-14% u satnoj varijanti BIPVT sistema.	Dizajnirani, postavljeni i ispitivani visokoučinkoviti polikristalni PV modul i spiralni strujni apsorber.
	Kanada	Primjena dva ulaza na BIPVT kolektoru povećava topl. učinkovitost za oko 5%. Dodavanje vertikalnog ostakljenog solarnog zračnog kolektora poboljšava topl. učinkovitost za oko 8% koja postaje značajnija sa postavljenom žičanom mrežom u kolektoru za oko 10%. Razvijeni model primjenjuje se na BIPVT krov postojeće solarne kuće s četiri simulirana ulaza, a toplotna učinkovitost je poboljšana za 7%.	Analiziran je BIPVT sistem sa ostakljenim zračnim kolektorom i višestrukim ulazima.
	Kina	Tehnička izvodivost ETFE ²⁹⁷ integrisane fotonaponske strukture, omogućava način proširenja primjene BIPVT-a na ETFE strukture membrana.	Razvijen je prototip sastavljen od tri sloja ETFE-a i A-Si PV ploče. Proveden je niz eksperimenata u ljetnim mjesecima pod sunčanim i oblačnim uslovima.
	Indija	Godišnja električna eksergija iznosi 16.209 kW h, toplotna eksergija 1531 kW h, a ukupna toplotna učinkovitost je 53,7%.	BIPVT kao krov zgrade sa površinom od 65 m ² . Analiza je provedena kako bi se odabrao odgovarajući BIPVT pogodan za hladne klimatske uslove Indije.
	Novi Zeland	Neto električni prinos PV / T sistema povećan je za oko 9,4%.	Proučava se efekat protoka distribucije različitih veličina PV prinosa na BIPVT kolektor.
	Indija	Dn. prosječna el. učinkovitost a-Si modula bez zračnog kanala je 7,25%, a sobna temp. oko 18,7° C, dok je sa zračnim kanalom utvrđeno 7,57% i 15,2°C.	Izgradnja BIOPVT ²⁹⁸ temelji se na fotonaponskim modulima sa tankim filmom.

4. BIPV I BIPVT kao građevinski materijal i arhitektonska inovacija

Fotonaponski integrisani građevinski sistemi predstavljaju arhitektonsko-estetski izazov integracije solarnih fotonaponskih panela kao dio fasada, prozora, krova i zasjenjivača, te

²⁹⁵ HIT (Heterojunction Intrinsic Thin Layer / heterospoj s ultratankim slojem bez primjesa) – tanki amorfni sloj monokristalnog silicija na obje strane ploče

²⁹⁶ BISPVT (Building Integrated Semi-transparent Photovoltaic Thermal / polu-prozirni fotonaponsko-termalni građevinski sistem) – polu-transparentna vrsta BIPVT sistema

²⁹⁷ ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene / Etilen tetrafluoroetilen) – Fluoropolimer, tkanina (mebrana / jastuk) s prevlakom koja propušta difuznu svjetlost u dnevnom spektru.

²⁹⁸ BIOPVT (Building Integrated Opaque Photovoltaic Thermal / neprozirni fotonaponsko-termalni građevinski sistem) – netransparentna vrsta BIPVT sistema

uključuje zamjenu krovnih šindri ili zidnih obloga sa PV pločama. Ima značajne prednosti u odnosu na uobičajeniju "add on" metodu. To ne samo da uklanja dodatnu komponentu već i eliminiše problem konstrukcije nosača na već postojeću fasadu zgrade koji su potrebni za pričvršćivanje panela na zgradu. Ove strategije dovode do mnogo viših nivoa ukupne izvedbe, a istovremeno može pružiti i poboljšanu trajnost. Dodatne prednosti integrisanog fotonaponskog sistema nad uobičajenim neintegrisanim sistemima su da se početni trošak može nadoknaditi smanjenjem normalnih troškova gradnje, građevinskog materijala i rada na dijelovima fasada zamijenjene BIPV modulima. Dugoročni su i vrlo pouzdani, te prosječna garancija ovakve vrste građevinskog proizvoda je 20-25 godina [2].

Osim inovativnog dizajna i energetske učinkovitosti, fotonaponski integrisani građevinski sistemi predstavljaju i odličan finansijski model za ostvarivanje dohotka kroz građevinski i industrijski sektor koji bi proizvodnjom i uslugom povećao nivo produktivnosti, stručnog usavršavanja, zapošljavanja, što vodi do porasta tržišta i ekonomskog razvoja BiH.

4.1. Primjena sistema BIPV i BIPVT (Tablica 4)

Tablica 4. Opisane su različite primjene BIPV i BIPVT sistema [3]²⁹⁹.

Tipovi	Aplikacije	Slike
BIPV		
BIPV svjetlarnik	Jedno od najzanimljivijih mjesta za primjenu BIPV-a u pri kojoj PV daju el. energiju i svjetlost u zgradu. PV moduli i nosive konstrukcije koje se koriste za ovu vrstu primjene slične su onima koje se koriste u poluprozirnim staklenim fasadama. Svjetlarnici stvaraju fascinantne svjetlosne šetnice i podove i omogućuju stimulativno arhitektonsko oblikovanje svjetla i sjene.	
BIPV sistemi za sjenčenje / zasjenjivači	PV moduli različitih oblika mogu se koristiti kao elementi za sjenčenje iznad prozora ili kao dio gornje ostakljene strukture. Budući da mnoge građevine već prethodno sadrže neku strukturu zaštite od sunca, upotreba BIPV zasjenjivača ne bi trebala dodatno opterećivati građevinsku strukturu. Ovi sistemi mogu također koristiti kao tragači ³⁰⁰ za nagnjanje PV panela u cilju dostizanja maksimalne snage i osiguravanja varijabilnog stepena sjenčenja.	
BIPV solarna fasada	Fasada čini vanjsku vremensko nepropusnu ovojniciu zgrade. U modernim zgradama, ova fasada je često pričvršćena na konstrukciju zgrade i ne doprinosi strukturnoj stabilnosti te se naziva ne-opterećenom vertikalnom zidnom aplikacijom. Može se koristiti mnogo različitih vrsta konstrukcija. To uključuje profilirane metalne ploče, obloge ili staklene i aluminijske zavjese. Fasada može i zahtijevati da korisnik zgrade ima opciju otvaranja prozora za prozračivanje. Tipovi BIPV fasadnih sistema su različiti, sistemi zidova sa ciglom ili kamenom, zidne "zavjese", prefabrikovane betonske ploče s različitim vrstama završnih obloga, termički izolovane žbuke, metalne obloge, pločice i ploče od kamena, stakleni i čelični fasadni sistemi, itd.	
Krovni BIPV sistemi	Krovovi su idealno skladni za BIPV integraciju jer pružaju veliku, neiskorištenu površinu za integraciju i obično su učinkovitiji od sistema postavljenih na tlu, radi manje šanse za zasjenjivanje sistema. Danas je BIPV ili PV sistem široko korišten na krovu zbog velike prednosti	

²⁹⁹[3] - Tabela različite primjene BIPV i BIPVT sistema preuzeta iz naučnog članka "Comparison of BIPV and BIPVT: A review" kao skup informacija prikupljene sa različitih autorovih izvora literature

³⁰⁰ Tragači ili lokatori - Sistemi praćenja položaja Sunca (prikupljanje solarne energije kroz najduži mogući period i najtačnije usklađivanje s obzirom na pomak Sunca tokom godišnjih doba)

	integracije krovnih elemenata.	
Poluprozirne BIPV fasade	Prozirne i poluprozirne solarne fasade ne samo da apsorbiraju, reflektiraju i transformiraju dio incidentne sunčeve svjetlosti u električnu energiju izravno ili neizravno ili prenoseći toplotnu energiju u zgradu koristeći električnu ili mehaničku opremu.	
Ugradnja BIPV-a sa prozirnim A-Si tankim PV filmom	BIPV se instalira pomoću transparentnog amorfno silikonskog tankog filma BIPV modula.	
BIPV zakrivljene pločice od gline	Proizvodi od BIPV pločica mogu pokriti cijeli krov ili samo dijelove krova. Oni su obično postavljeni u module s izgledom i svojstvima standardnog crijeva i zamjenjuju određeni broj pločica. Ovo je dobar izbor za naknadnu ugradnju krovova. Vrsta i oblik pločica se razlikuju. Neki proizvodi pločica slični su zakrivljenim keramičkim pločicama i njihove površine neće biti toliko učinkovite zbog zakrivljene površine, ali mogu biti više estetični.	
Stakleni strop s transparentnim BIPV modulima	Moduli BIPV koriste se kao stakleni strop koji dodatno pridonosi estetici zgrade.	
Vanjski zidovi zgrade	PV moduli mogu se dodati na postojeće zidove čime se poboljšava estetska pojava fasade. Pošto su dodani na strukturu, nema potrebe za apliciranjem vremensko-nepropusne barijere, budući da je ova uloga već izvedena strukturom ispod modula.	
BIPVT		
BIPVT sa kanalom	Pod panelom je napravljen kanal za strujanje zraka kao medij za hlađenje.	
PVT "vodeni" kolektor integrisan u krov	Sistem grijanja zgrada kombinuje se s vodenim tipom PVT kolektora koji je ugrađen u krov eksperimentalne jedinice.	
BIPVT sistem postavljen na krovu zgrade	BIPVT sistem integrisan na krovu zgrade kako bi se stvorila veća električna energija i toplotna energija potrebna za grijanje prostora.	
PCM integriše BIPVT	Element za toplotnu pohranu, PCM integriše BIPVT. (PCM - fazno promjenljivi materijali)	
BIPVT ETFE transparentna membrana)	Dizajnirana konstrukcija ETFE sa integrisanim fotonaponskim panelima za iskorištavanje solarne energije u ETFE sistemima može održavati rad membrana fotonaponskim elektricitetom i zbog zatvorenih membrana osigurati način sakupljanja toplotne energije.	

6. Budući opseg djelovanja i istraživanja

Uključivanje sistema BIPV i BIPVT u fasade građevinskih objekata otvara put za izgradnju nultih energetske zgrade čiji je potencijal u smislu potrošnje i distribucije električne energije, smanjenja globalnog zagrijavanja i emisije stakleničkih plinova, sve više prepoznatljiv. Potrebno je mnogo više istraživanja da bi se razvio simulacijski program za predviđanje energetske ponašanja sistema BIPV i BIPVT i optimizacije njihovih performansi. U bliskoj budućnosti, sa konstantnim razvojem i poboljšanjima, BIPV i BIPVT će se obilnije primjenjivati na građevinskim objektima. Povezivanje PV sa građevinskim sektorom, upute za ventilacijske izvedbe, priprema BIPV/T standarda, jako su potrebni za veću primjenu. Također treba riješiti nekoliko termofizikalnih izazova u izgradnji za opštu primjenu BIPV/T sistema u različitim klimatskim uslovima.

BIPV/T, kao konstruktivna, arhitektonska i estetska integracija fotonaponskih ćelija te građevinska pokrivač krova i fasade, već je na evropskom tržištu uveliko dostupna u raznim oblicima proizvoda za fasadne i krovne ugradnje. Postoji ogroman neiskorišten potencijal za proizvodnju električne energije na izvoru potrošnje energije zbog slobodnih površina dostupnih na krovovima i fasadama.

7. Zaključak

Osim proizvodnje energije koja dodatno omogućava aktivno solarno grijanje i dnevnu rasvjetu, BIPV/BIPVT sistemi imaju ostale prednosti kao što su: redukcija emisije karbonskog dioksida u zgradi, toplotna izolacija, akustična izolacija, zaštita od sunca, modulacija dnevnog svjetla, povećana udobnost, povećanje tržišne vrijednosti zgrade, inovativni dizajn, ekološka prihvatljivost i održivost.

Energetska sanacija zgrade u BiH, i općenito projekat energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije, kroz implementaciju BIPV / BIPVT sistema predstavlja veliku investiciju koja može potaknuti razvoj lokalne privrede. Pa je stoga ključni izazov kako razviti efikasan model finansiranja i implementacije BIPV/BIPVT rješenja koja će BiH omogućiti bliženje ostvarenja ciljeva o udjelu energije Strategije Evropa 2020 .

Dugoročni razvoj ekonomski i ekološki održivog tržišta obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti učinit će BiH ne samo bliže ispunjavanju evropskih ciljeva već gospodarstvo manje ovisnim o uvozu fosilnih goriva i povremenom uvozu električne energije. Također doprinijeti smanjenju sveukupne emisije stakleničkih plinova i dugoročno imati pozitivan učinak na okoliš.

Istraživanje pokazuje da postoji praznina u području BIPVT sistema za građevinski sektor, a sadrži veliki potencijal da bi, kao izuzetno značajna gospodarska djelatnost sa obilježja proizvodnog i uslužnog sektora, mogla znatno ubrzati ekonomski razvoj, unaprijeđenje konkurentnosti tržišta i poticati razvoj tehnologija, novih materijala i inovativnosti.

Nomenklatura

- A-Si - amorfni silicij
- BIPV - fotonaponski integrisani građevinski sistem
- BAPV - fotonaponski aplicirani građevinski sistem
- BIPVT - fotonaponsko-termalni integrisani građevinski sistem
- BIOPVT - neprozirni fotonaponsko-termalni integrisani građevinski sistem
- BISPVT - polu-prozirni fotonaponsko-termalni građevinski sistem
- ETFE - etilen-tetrafluoretilen transparentna membrana / jastuk

- HIT - heterospoj s ultratankim slojem bez primjesa
- NZEB - zgrade nulte energije
- PCM - fazno promjenjivi materijali
- PV - fotonapon
- STC - standardi u ispitivanju proizvoda

Literatura

- [1] Francis E.D., Raghu B., Vera Narayana D., [2016], Cooling Techniques For photovoltaic Module For Improving Its Conversion efficiency: A Review // International Journal of Engineering Inventions, Br. 5, Vol. 5, Str. 69-73
- [2] Anderson T.N., et al, [2009], Performance of a building integrated photovoltaic/thermal (BIPVT) solar collector // Solar Energy, Br. 4, Vol. 83, Str. 445-455
- [3] Debbarma M., Sudhakar K., Baredar P., [2017], Comparison of BIPV and BIPVT: A review // Resource-Efficient Technologies, Br. 3, Vol. 3, Str. 263-271
- [4] Penga C., Huang Y., Wu Z., [2011], Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China // Energy and Buildings, Vol. 43, Str. 3592-3598
- [5] Cronemberger J., et al, [2014], BIPV technology application: highlighting advances, tendencies and solutions through Solar Decathlon Europe houses // Energy and Buildings, Vol. 83, Str. 44-56
- [6] Kalejs J.P., [2002], Silicon ribbons and foils F state of the art // Solar Energy Materials and Solar Cells, Br. 1-4, Vol. 72, Str. 139-153
- [7] Tiwari G.N., Mishra R.K., Solanki S.C., [2011], Photovoltaic modules and their applications: a review on thermal modeling // Applied Energy, Br. 7, Vol. 88, Str. 2287-2304
- [8] Chow T.T., [2010], A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology // Applied Energy, Br. 2, Vol. 87, Str. 365-379
- [9] Quesada G., et al, [2012], A comprehensive review of solar facades. Opaque solar facades // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Br. 5, Vol. 16, Str. 2820-2832
- [10] Bojic M., Yika F., [2005], Cooling energy evaluation for high-rise residential buildings in Hong Kong // Energy and Buildings, Br. 4, Vol. 37, Str. 345-351
- [11] Bojic M., Yik F., Sat P., [2001], Influence of thermal insulation position in building envelope on the space cooling of high rise residential buildings in Hong Kong // Energy and Buildings, Br. 6, Vol. 33, Str. 569-581
- [12] Majdandžić Lj., [2010], Solarni sustavi, Zagreb, Graphis d.o.o.
- [13] Polysolar Ltd, [2015], Guide to BIPV - Building Integrated Photovoltaics <http://www.polysolar.co.uk/documents/2017%20Guide%20to%20BIPV.pdf> [14/10/2017]
- [14] Pavković B., et al., [2012], Priručnik za energetska certificiranje zgrada DIO 2, Zagreb, Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP
- [15] Hodžić A., [2014], Pregled Strategije Evropa 2020 - Strategija za pametan, održiv i inkluzivni rast, http://dei.gov.ba/dei/dokumenti/informativni_clanci/default.aspx?id=13225&langTa g=hr-HR [14/10/2017]