

Solarni termalni sistemi integrisani u omotač zgrade

DANIJELA M. NIKOLIĆ, Univerzitet u Kragujevcu,

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

SAŠA B. JOVANOVIĆ, Univerzitet u Kragujevcu,

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

ASMINA D. SKERLIĆ, Univerzitet u Prištini

sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici,

Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica

Pregledni rad

UDC: 697.7

72.012.6:620.9

DOI: 10.5937/tehnika2205533N

Zgrade su još pre više decenija prepoznate kao veliki potrošači energije, i kao takve predstavljaju veliki potencijal za uštedu energije kroz sprovođenje širokog spektra mera za unapređenje energetske efikasnosti. Brojnim direktivama i procedurama koje su donete tokom proteklih 30 godina, sektor zgradarstva se obavezuje na korišćenje obnovljivih izvora energije. Među rešenjima za globalni energetski problem, kao i problem prevelike emisije štetnih gasova staklene bašte, prvenstveno CO₂, koji direktno utiču na globalno zagrevanje, korišćenje solarne energije je bez sumnje jedno od najprihvatljivijih ekoloških rešenja. Poslednjih godina je razvijen novi aspekt primene solarnih sistema u građevinskom sektoru – njihova integracija u omotač zgrade. Ovaj rad predstavlja pregled najnovijih istraživanja koja se odnose na solarne termalne sisteme integrisane u omotač zgrade. Prikazan je trenutni status na polju tehnologije solarnih termalnih sistema integrisanih u omotač zgrade. Opisane su različite vrste ovih sistema koje je moguće integrirati u omotač zgrade, i dat prikaz njihovih osnovnih performansi. Takođe su opisane i predstavljene moguće aplikacije solarnih termalnih kolektora u različitim delovima omotača zgrade (fasada, krov, nadstresnica, balkonska ograda). Primenom ovih sistema moguće je značajno uticati na smanjenje potrošnje energije u sektoru zgradarstva, kao i na zagađenje životne sredine, kroz smanjenje emisije CO₂.

Ključne reči: zgrada, omotač zgrade, solarni kolektori, solarni termalni sistemi

1. UVOD

Potrošnja energije u sektoru zgradarstva na globalnom nivou iznosi 20 - 40% ukupne potrošnje energije [1], dok je u Srbiji taj udeo u proseku oko 35%, međutim kada su u pitanju porodične zgrade sa individualnim sistemima grejanja on iznosi čak i preko 50% [2]. Najveći potrošač energije u zgradama je svakako sistem grejanja (oko 60%), zatim sistem za grejanje sanitarne vode, sistem za hlađenje, kao i električni uređaji. Sve veća potrošnja energije proteklih nekoliko decenija dovela je do veoma velikog zagađenja životne sredine, usled velike emisije štetnih gasova staklene bašte, prvenstveno CO₂. Ukupna emisija CO₂

koja potiče iz sektora zgradarstva u Evropskoj uniji iznosi 36% [3]. Iz navedenih razloga, jasno je da sektor zgradarstva predstavlja značajno polje za unapređenje energetske efikasnosti i smanjenje emisije štetnih gasova (CO₂, SO₂, NO_x) čime se doprinosi i smanjenju globalnog zagrevanja [4].

Počev od 90-ih godina prošlog veka, EU neprekidno donosi i unapređuje direktive i propise za povećanje energetske efikasnosti u sektoru zgradarstva, koji podrazumevaju što veću upotrebu obnovljivih izvora energije. Sistemi konverzije energije koji su bazirani na obnovljivim energetskim tehnologijama razvijaju se tako da budu isplativiji u odnosu na visoke cene nafte i naftnih derivata. Osim toga, oni imaju povoljan uticaj na životnu sredinu, što predstavlja njihovu najveću prednost.

Solarna energija predstavlja najznačajniji izvor obnovljive energije, jer je neiscrpna i njenom primenom gotovo da nema zagađenja životne sredine. Zbog veoma visokog nivoa zaštite životne sredine, veruje se

Adresa autora: Danijela Nikolić, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Sestre Janjić 6

e-mail: danijela1.nikolic@gmail.com

Rad primljen: 16.07.2022.

Rad prihvaćen: 30.08.2022.

da bi solarnu energiju trebalo koristiti umesto drugih oblika energije, čak i kada su troškovi neznatno veći. Dakle, solarne sisteme bi trebalo koristiti uvek kada je to moguće u cilju postizanja održivog razvoja i održive budućnosti. Solarna energija se koristi za generisanje električne energije (fotonaponski paneli) ili toplotne energije (solarni kolektori), a takođe može da se koristi i za istovremeno generisanje električne i toplotne energije (hibridni solarni prijemnici).

Generisanje toplotne energije pomoću energije Sunca vrši se preko solarnih termalnih sistema, koji sadrže solarne kolektore - posebne vrste razmenjivača toplote koji pretvaraju energiju sunčevog zračenja u unutrašnju energiju transportnog fluida. Kada su u pitanju porodične kuće, ova vrsta solarnih prijemnika se koristi najčešće za grejanje prostora i sanitarne tople vode.

Fasade, horizontalni ili kosi krovovi zgrada, hotela i dvorana i hala različitih namena predstavljaju površine na koje se u sam omotač zgrade mogu ugraditi solarni sistemi – fotonaponski paneli (BIPV – Building integrated Photovoltaic) i solarni kolektori (BISTS – Building integrated Solar Thermal Collectors). Tada govorimo o solarnim sistemima integrisanim u omotač zgrade. Arhitektonska integracija zavisi od strukture, funkcionalnih i estetskih varijacija solarnih sistema i konfiguracije same zgrade. Veoma važna osobina arhitektonske integracije ovakvih sistema je multi-funkcionalnost.

Razvoj multi-funkcionalnih solarnih fasada i krovova koji proizvode toplotnu i električnu energiju i obezbeđuju zaštitu od vremenskih nepogoda, svetla i buke je danas veoma veliki istraživački izazov.

2. INTEGRISANI SOLARNI TERMALNI SISTEMI – PODELA I FUNKCIJA

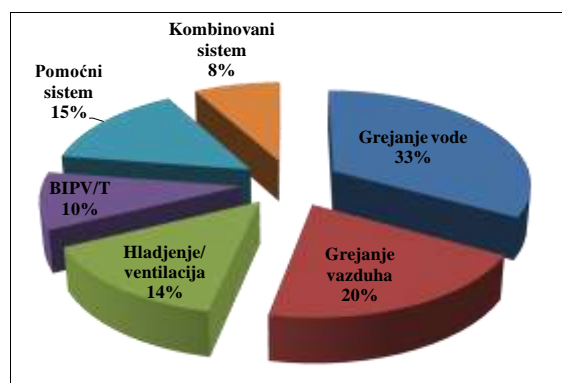
Glavni kriterijumi za klasifikaciju svih solarnih termalnih sistema (STS) zasnovani su na metodi prenosa solarne energije (transformisane u toplotnu energiju) iz kolektora (aktivni ili pasivni), nosilaca energije (vazduh, voda, voda-glikol, ulje, itd.) i uređaja za skladištenje za prikupljene energije (zagrevanje tople vode i/ili prostora, hlađenje, procesna toplota ili mešovita primena). Solarni termalni kolektori koji se ugrađuju u omotač zgrade (BISTS), mora da ispune brojne uslove, za razliku od običnih kolektora koji se postavljaju na krov ili fasadu zgrade. Solarni kolektori, osim što služe za zagrevanje vode, ukoliko su integrisani u omotač zgrade, mora da zamene neke konvencionalne materijale koji se koriste u omotaču, da štite od raznih vremenskih uslova, imaju svojstvo izolacije, odgovarajući stepen transparentnosti itd.

Iako je opseg primene toplotne energije obiman, sve studije pokazuju da se energija koristi za obezbeđi-

vanje jedne ili kombinacije sledećih funkcija:

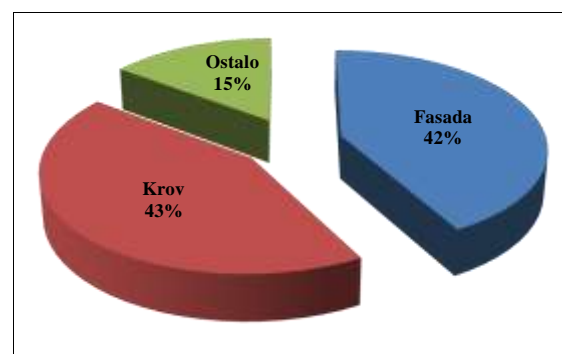
- Grejanje vode
- Grejanje vazduha- prostora
- Hlađenje i ventilacija
- Kombinovani sistem
- Pomoćni sistem

Brojne studije su urađene, i na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja dat je grafički prikaz primene BISTS-a [5], odakle se može zaključiti da su sistemi za grejanje vode i vazduha, tj. prostora najčešći oblik primene BISTS-a, sa udelom od preko 50 % (slika 1).



Slika 1 – Podela BISTS prema funkciji

Većina postojećih instalacija BISTS-a je postavljena u samu fasadu zgrade ili njenu krovnu konstrukciju (slika 2), dok je 15 % klasifikovano kao „ostalo“ i obuhvata mnoštvo mogućnosti integracija (solarne nadstrešnice, zasenjivači, balkonske ograde i sl.).



Slika 2 – Integracija BISTS-a prema elementima omotača zgrade u koje se postavljaju

3. ARHITEKTONSKA INTEGRACIJA I DIZAJN SOLARNIH TERMALNIH SISTEMA

Dodavanje integrisanih solarnih termalnih uređaja na omotač zgrade zahteva da se oni fizički integrišu direktno u građevinske elemente zgrade ili da se naknadno ugrade. Na različite načine svaki od njih značajno utiče na izgled zgrade. U drugom slučaju to su samostalni uređaji koji da bi se smatrali integrisanim, treba da budu funkcionalni deo strukture zgrade ili arhitektonski integrisani u njen dizajn [6].

Solarni termalni sistemi mogu se integrisati u jednoslojne i dvoslojne fasade. Za fasade sa jednim slojem, vrši se integrisanje u parapetnu ili zidnu strukturu kao posebnu građevinsku komponentu, dok je ventilisana dvoslojna fasada sama po sebi već solarni termalni kolektor. Dizajn i funkcionalna varijabilnost oba tipa fasada, kao izazovi i obaveze savremenog arhitektonskog projektovanja, mogu se postići transparentnim i netransparentnim strukturama solarnih termalnih kolektora.

Dizajn solarnih kolektora integrisanih u zgradu je kompleksan proces zbog brojnih ograničenja koja se odnose na arhitekturu i konstrukciju zgrade, poziciju zgrade u okruženju, klimu, karakteristike postojećeg sistema za grejanje itd. Najčešće primenjivana forma je ravan zastakljen kolektor, ali konkavni i konveksni oblici su takođe raspoloživi. Boja solarnih kolektora integrisanih u zgradu zavisi isključivo od boje apsorbera.

Predviđanje količine energije koja će biti apsorbirana solarnim termalnim kolektorima, ukazuje na potrebnu površinu omotača zgrade koja je prikladna za STS integraciju. Površina omotača u koju su integrisani solarni kolektori, zavisi od potreba zgrade za toplom vodom, termičkih gubitaka i raspoloživih površina za ugradnju ovakvih sistema.

Procena izvodljivosti zgrada za solarnu termalnu integraciju se zasniva na skupu kriterijuma [7, 8] koji obuhvataju klimatske i urbanističke kriterijume planiranja, karakteristike sistema građevinskih tehnologija i arhitektonske kriterijume relevantne za integraciju STS-a.

Efikasnost sistema je uslovljena orijentacijom i nagibom apsorberske ploče solarnog kolektora. Nije preporučljiva upotreba solarnih termalnih panela na periodično zasenčenim površinama omotača zgrade, upravo zbog niske efikasnosti i mogućih oštećenja pokrivenog stakla.

Kvalitet i estetske karakteristike STS-a (npr. dimenzije, oblik, vrsta materijala, boja, tekstura površine itd.) imaju značajan uticaj na estetiku zgrade i imaju veliki uticaj na ekonomičnost, energetske performanse i funkcionalne aspekte. Sa arhitektonskog aspekta, mogu se tražiti različite specifikacije u pogledu: mogućnosti plasmana, mogućnosti primene, mogućnosti funkcionisanja, propusnosti svetlosti, dimenzija i oblika, boje i izgleda modula [9].

Specifikacije rezultiraju velikom varijabilnošću omotača sa BISTS-om. Glavne mogućnosti kao ključ za arhitektonsko planiranje/integraciju i proces dizajniranja BISTS-a se razmatraju i strukturiraju u sledeće relevantne parametre: položaj na omotaču zgrade, funkcionalne mogućnosti, estetske mogućnosti i konstrukcijske opcije montaže.

Jasno je da je multifunkcionalnost kolektora pogodna za integraciju i može pružiti prednost dizajneru da koristi manje građevinskih elemenata, jer kolektor ispunjava nekoliko funkcija. Pored prikupljanja sunčeve energije, BISTS sistemi menjaju konvencionalne materijale za oblaganje zgrada.

Integrisani solarni termalni sistemi mora da budu u stanju da funkcionišu kao deo tipičnog omotača zgrade koji ispunjava neophodne funkcije u pogledu zaštite od vremenskih prilika, toplotne izolacije, prihvaćenog nivoa vidljivosti i pasivnog solarnog dobitka.

Pored toga, solarni termalni kolektori treba da obezbede efikasnu kombinaciju neprozirnih delova sa transparentnim delovima i pokretnim elementima, odnosno njihovu kompatibilnost u smislu materijala i funkcije. Ovo je veoma interesantan aspekt integracije koji treba da smanji upotrebu materijala i troškove.

U pogledu funkcija, kada je propusnost svetlosti u pitanju, ona zahteva novi tip poluprovodnih kolektora. Različiti stepeni prenosa svetlosti i zanimljivi svetlosni efekti mogu biti proizvedeni unutar zgrade. Na primer, varijacije profila, delimično korišćenje apsorbera i prozirnih površina u otvoru, preusmeravanje svetlosti lamelama, različiti rasporedi i udaljenosti između vakuumskih cevi mogu rezultirati različitim efektima koji se postižu senkama i svetlom (slika 3) [10, 11].



Slika 3 – Polutransparentni BISTS ugrađeni u dvostruki omotač zgrade u Parizu [5]

Zatamnivanjem, fasadni paneli pružaju pasivni način ograničavanja prekomernih solarnih dobitaka, i dobre mogućnosti kombinovanja modula sistema u uređajima za zatamnivanje, a daju i manje rashladno opterećenje [12].

4. ESTETSKE KARAKTERISTIKE BISTS-A

Estetske mogućnosti kao što su dimenzije, oblik, spojevi, boje, tekstura solarnog kolektora zavise prvenstveno od materijala i konstrukcionih elemenata kolektora koji se koriste. Čak i vrsta tečnosti koja se koristi (tečnost za solarne sisteme za grejanje vode ili gas za solarne sisteme grejanja vazduha) može uticati na eventualni izgled.

Kao problem u proizvodnji solarnih termalnih sistema koji se integrišu u omotač zgrade, identifikovana je proizvodnja STS-a u fiksnim veličinama jer je relativno malo kompanija koje su u stanju da ih proizvedu u pojedinačnoj proizvodnji. Kao alternative, predložena je kolekcija polimera čije komponente se mogu proizvoditi jeftinije i fleksibilnije, pa bi se lako mogle proizvesti tačne dimenzije potrebne za integraciju kolektora, svih oblika i veličina. Komponente bi bile lakše za transport i za instalaciju, i potencijalno bi mogle biti proizvedene u raznim atraktivnim nijansama. Napredni plastični materijali, kao polikarbonat, podnose visoke temperature i zadržavaju odlične osobine i u vlažnim uslovima. Specifičan izgled ovakvih solarnih kolektora može se dobiti bojom keramičkim česticama i strukturom prozirnog sloja [13, 14].

Formati ravnih kolektora predstavljaju najčešći oblik zbog dostupnosti proizvoda za ravnu površinu, ali konkavni i konveksni oblici su takođe dostupni i mogu biti potrebni jer su ovi oblici obično prisutni u savremenoj arhitekturi. Uopšteno, sledeći tipovi solarnih termalnih kolektora stoga mogu biti odabrani:

- Pločasti kolektori.
- Zakrivljeni kolektori.
- Vakuumske cevi.

Zbog visokih cena zakrivljenog stakla, ako je zakrivljena površina omotača zgrade pokrivena solarnim kolektorima, krivulju obično formira odgovarajući broj ravnih kolektora (slika 4).

Boja BISTS sistema zavisi pre svega od boje apsorbera (slika 5) ili selektivne boje filtera, ali u određenoj meri i od pokrivnog materijala. Primena solarnih kolektora sa obojenim apsorberima je novi koncept i u pogledu izgleda celokupnog solarnog sistema. Analizama je zapaženo da je povećanje troškova primenom ovakvih obojenih solarnih kolektora (korišćenje većih površina kolektora da bi se prevazišla niža efikasnost obojenog apsorbera) uravnoteženo postignutim estetskim izgledom sa arhitekturom zgrade [5].



Slika 4 - Zakrivljena površina omotača zgrade formirana odgovarajućim brojem pločastih kolektora, AEE - Institut za održive tehnologije (AEE INTEC, Gleisdorf - Germany) [5]

Uopšteno, neprovidni solarni kolektori su obično integrisani u neprovidne elemente fasade ili krova. STS sistemi koji su arhitektonski prijatni, imaju dobar materijal i kompoziciju boja, koji se dobro prilagođavaju ukupnoj modularnosti, stvaraju zadovoljavajuću kompoziciju koja će rezultovati dobrom integracijom i visokim arhitektonskim kvalitetom [10, 15].



Slika 5 – Različite boje apsorbera BISTS kolektora i različite boje fasade zgrade

5. IMPLEMENTACIJA STS-A U OMOTAČ ZGRADE

S obzirom na strukturu i geometriju omotača zgrade, solarni termalni kolektori se mogu integrisati na više načina [16, 17], i to u:

- fasade - vertikalni zidovi, zupčasti zid (vertikalni ili horizontalni), kosi zid,
- krov - krovni prozori, ravni krov, kosi krov,
- uređaji za zasenjivanje fasada i krova – horizontalni, vertikalni, kosi zasenjivači,
- nadstrešnice - horizontalne i kose,
- balkonske ograde - vertikalne i kose,
- zakrivljene ili fleksibilne fasade i krovne površine.

Ravni kolektori su primenljivi i za integralno zastakljenje i za konvencionalne elemente u svim strukturnim delovima omotača zgrade, dok su vakuumski kolektori, zbog oblika i razmaka između cevi, pogodni za nadstrešnice, različite zasenjivače, i balkonske ograde.

A. Spoljašnji zidovi - fasada

Savremeni tehnologija integriše solarne termalne kolektore u omotač zgrade. Primer STS integrisanih u spoljasnje zidove dat je na sledećim slikama.

Slika 6 predstavlja primer ugrađenih solarnih termalnih kolektora u fasadu zgrade istraživačkog centra u Sjedinjenim Američkim Državama. Ovi kolektori se koriste u sistemima za grejanje, a takođe i u sistemima za klimatizaciju istraživačkog centra.



Slika 6 – Zgrada John W. Olver Transit centra u Grinfieldu, Masačusets, SAD [18]

Slika 7 prikazuje primenu STS na spoljašnjem zidu stambene zgrade, pri čemu se kolektori koriste za grejanje sanitarne tople vode.



Slika 7 – Zgrada John W. Olver Transit centra u Grinfieldu, Masačusets, SAD [18]

B. Krovovi

Solarni termalni kolektori se mogu ugraditi kao deo krovnog omotača zgrade, bez obzira da li se radi o ravnom, kosom ili zakrivljenom krovu (Slike 8, 9).



Slika 8 – STS integrisan u kosi krovni omotač zgrade



Slika 9 – STS integrisan u deo krovnog omotača

Krovni keramički crep takođe može biti sa integrisanim solarnim kolektorima koji simuliraju izgled tradicionalnih krovnih pokrivača (slika 10).



Slika 10 – Crep sa integrisanim solarnim kolektorima

Zanimljivi izgled krova može se ostvariti konstrukcijom sa zastakljenim krovom ispod kojih su integrisani cevi/kanali solarnog kolektora. Oni zamenjuju normalan crep obezbeđujući zaštitu od vremenskih uticaja [19].

C. Zasenjivači i nadstrešnice

Zasenjivači sa integrisanim solarnim kolektorima konvertuju solarnu energiju u toplotnu i istovremeno sprečavaju prolazak sunčevih zraka i pregrevanje prostora unutar zgrade. Solarni sistemi integrisani u omotač zgrade koji se primenjuju kao zasenjivači, postavljaju se ispred zastakljenih površina na takav način da dozvole prolaz svetlosti u unutrašnjost zgrade, nesmetano otvaranje i zatvaranje prozora i ventilaciju, kao i shodno potrebama, udeo solarnog zračenja unutar zgrade zavisi od godišnjeg doba.

Prema strukturi i geometriji, solarni zasenjivači mogu da budu:

- ravni zasenjivači sa integrisanim kolektorima na horizontalnoj ili kosoj nadstrešnici iznad prozora (slika 11),
- integrisani vakumski solarni kolektori na horizontalnoj nadstrešnici iznad prozora ili kao zaslon sa horizontalno, vertikalno ili koso postavljenim vakuumskim cevima (slika 12).

U slučaju pokretnih zasenjivača, omotač zgrade postaje promenljiva struktura koja se prilagođava dnevnim i godišnjim promenama.

Stambena zgrada sa višenamenskim solarnim hibridnim žaluzinama [5] podignuta je u Los Angelesu pored znaka „Hollywood“ (slika 13). Za dizajn zgrade karakterističan je spoj pasivne i aktivne solarne tehnologije. Fasada sa BIST sistemom spaja tri funkcije: zagrevanje vode, prigušenje svetlosti i prirodno hlađenje [20].



Slika 11 - Ravni zasenjivači sa integrisanim STS na kosoj nadstrešnici iznad vrata i prozora



Slika 12 - Konvencionalna konstrukcija sa integrisanim solarnim kolektorima sa vertikalnim vakuumskim cevima



Slika 13 - Stambena zgrada sa višenamenskim integrisanim solarnim hibridnim žaluzinama u Los Angelesu

D. Balkonske ograde

Zasenjivači sa integrisanim ravnim solarnim kolektorima ili kolektorima sa vakuumskim cevima se dosta koriste za balkonske ograde (slike 14, 15).



Slika 14 - Balkonska ograda sa integrisanim solarnim kolektorima sa vakuumskim cevima



Slika 15 - Balkonska ograda sa zasenjivačem i integrisanim ravnim solarnim kolektorom

6. ZAKLJUČAK

Savremeni razvoj nauke i tehnologije poslednjih decenija i veliki porast stanovništva uslovio je enormno veliku potrošnju energije na svetskom nivou, što je rezultiralo i velikim zagađenjem životne sredine. U potrazi za rešavanjem aktuelnih problema, kao prihvatljiva opcija nametnula se solarna energija, iz razloga što je nepresušan i čist obnovljivi izvor energije. Poslednjih godina se u sektoru zgradarstva razvio novi trend – integrisanje solarnih sistema u omotač zgrade, koji pruža značajne uštede energije u zgradama i samim tim smanjuje zagađenje životne sredine.

U ovom radu su predstavljeni koncepti solarnih termalnih sistema integrisanih u omotač zgrade, uključujući aspekte integracije, funkcionalnosti solarnih termalnih kolektora i napomene o njihovoj efikasnosti. Prilikom postavljanja solarnih termalnih sistema koji se integrišu u omotač, treba ih i estetski uskladiti sa

arhitekturom zgrade i okruženjem. BISTS može da pokrije deo energetske potrebe zgrade i može da se kombinuje sa drugim obnovljivim izvorima energije (toplotne pumpe, kotlovi na biomasu, vetrogeneratori).

Solarni termalni sistemi koji se integrišu u omotač zgrade su relativno nov proizvod i nova tehnologija koja se pojavila protekle decenije. Očekivano je u bliskoj budućnosti usavršavanje ovih sistema i njihovih karakteristika, smanjenje cene i masovnija upotreba, s obzirom na sve veći udeo korišćenja obnovljivih izvora energije i pad cena uređaja koji koriste solarnu konverziju.

8. ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektima TR 33015 i III 42006, koji su finansirani od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori se zahvaljuju pomenutoj instituciji na finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] M. Bojić, N. Nikolić, D. Nikolić, J. Skerlić, I. Miletić, A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building, *Energy and Buildings*, Vol. 43. No. 6, pp. 2407-2415, 2011.
- [2] R. Cvejić, J. Cvejić, Energetska efikasnost – unapređenje energetske razreda stambenog objekta, *Energija – ekonomija – ekologija*, broj 1-2, str. 177-183, 2015.
- [3] <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>, pristupljeno 20.03.2022.
- [4] V. Đukić, B. Đukić, S. Stević, Energetska efikasnost u funkciji zaštite životne sredine, *Energija – ekonomija – ekologija*, Broj 3-4, str. 27-32, 2015.
- [5] Grupa autora, *Building Integrated Solar Thermal Systems – Design and Applications Handbook*, CO-ST Action TU1205 (BISTS), 2017
- [6] C. Peng, Y. Huang, Z. Wu, Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China, *Energy and Buildings*, Vol 43. No12, pp. 3592-3598, 2011.
- [7] L. Aelenei, M. Smyth, W. Platzer, B. Norton, D. Kennedy, S. Kalogirou, C. Maurer, Solar Thermal Systems – Towards a systematic characterization of building integration, *Energy Procedia*, Vol 91, pp. 897 – 906, 2016.
- [8] A. Krstic-Furundzic, Measures and Techniques for Improvement of Thermal Performances of Inherited Buildings External Walls, in Proc. *World Renewable Energy Congress-VI, Renewable Energy: The Energy for 21th Century*, Pergamon, UK, pp. 356-361, 2000.
- [9] A. Krstic-Furundzic, T. Kotic, J. Terzovic, Architectural Aspect of Structural Design of Glass facades/Glass Skin Applications, in Proc. *Conference on Architectural and Structural Applications of Glass. Faculty of Civil Engineering and Geosciences*, Netherlands, pp. 891-900, 2012.
- [10] S. Roberts, N. Guariento, *Building integrated photovoltaics: a handbook*. Basel. Walter de Gruyter, 2009.
- [11] S. Roberts, N. Guariento, *Building integrated photovoltaics: a handbook*, Basel. Walter de Gruyter, 2011.
- [12] W. E. Scholes, J. W. Sargent, Designing against noise from road traffic, *Applied Acoustics*, Vol 4. No 3, pp. 203-234, 1971.
- [13] A. Lee, Move up on new material, *Renewable Energy World Magazine*, Vol.14, No. 4, pp. 14-15, 2005.
- [14] SolarNor AS advertising material, Integrated Solar Systems.
- [15] M. Probst, C. Roecker, Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST), *Solar Energy*, Vol 81. No 9, pp. 1104-1116, 2007.
- [16] T. H. Reijenga, *Solar systems in architecture, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Wiley, Chichester, 2003.
- [17] Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis, Th. Nousia, Solar collectors with coloured absorbers, *Solar Energy*, Vol. 68, No. 4, pp. 343–356, 2000.
- [18] <https://www.constructionspecifier.com/solar-air-heating-systems-101-ensuring-efficient-and-economical-renewable-energy/>, pristupljeno 24.03.2022.
- [19] Y. Yang., Q. Wang, D. Xiu, Z. Zhao, Q. Sun, A building integrated solar collector: All-ceramic solar collector, *Energy and Buildings*, Vol 62, pp. 15-17, 2013.
- [20] <https://www.archdaily.com/>, pristupljeno 25.03.-2022.

SUMMARY

SOLAR THERMAL SYSTEMS INTEGRATED IN THE BUILDING ENVELOPE

Buildings were recognized as large energy consumers, and they represent great potential for energy savings through the implementation of a wide range of measures for improving of energy efficiency. Through numerous directives and procedures that have been adopted over the past 30 years, the building sector is committed to the use of renewable energy sources. Among the solutions to the global energy problem, as well as the problem of excessive emissions of greenhouse gases, primarily CO₂, which directly affect global warming, the use of solar energy is one of the most acceptable environmental solutions. In the recent years, a new aspect of the application of solar systems in the construction sector has been developed - their integration into the building envelope. This paper presents an overview of the latest research related to solar thermal systems integrated into the building envelope. The current status in the field of technology of solar thermal systems integrated into the building envelope is presented in paper. Different types of these systems that can be integrated into the building envelope are described, and their basic performance is presented. Possible applications of solar thermal collectors in different parts of the building envelope (facade, roof, overhangs, balcony) are also described and presented. By applying these systems, it is possible to significantly influence to the reduction of energy consumption in the building sector, as well as environmental pollution by reducing CO₂ emissions.

Key Words: *building, building envelope, solar collectors, solar thermal system*