

ZASTAKLJENJA KAO FUNKCIONALNI ELEMENTI OMOTAČA ENERGETSKI EFIKASNIH ZGRADA

*Aleksandra Krstić**

Ključne reči: *energetski efikasne zgrade, komponente zastakljenja, solarni zidovi, fotonaponski moduli integrisani u omotač zgrade*

SAŽETAK:

Zastakljenja su neophodno prisutna u formiranju funkcionalnih elemenata omotača energetski efikasnih zgrada. U radu su tretirana zastakljenja solarnih zidova u slučaju pasivnih solarnih sistema i zastakljenja fotonaponskih modula integrisanih u omotač zgrada u slučaju aktivnih solarnih sistema. Klasifikacija i analiza tipova zastakljenja, koji se najčešće primenjuju, i postavka osnovnih principa njihove materijalizacije, su predmet razmatranja u radu.

1. UVOD

Upotreba solarne energije uticala je na razvoj novih koncepata projektovanja i gradnje arhitektonskih objekata. Pasivni, aktivni i hibridni solarni sistemi kreirali su nove građevinske komponente i strukture zgrada, a glavnu ulogu dobijaju južno orijentisani delovi omotača zgrada. Zastakljenje je neizbežna sastavna komponenta južno orijentisanih ravni omotača energetski efikasnih objekata sa pasivnim i aktivnim solarnim sistemima. Ono značajno utiče na izgled zgrade i urbanističkih sklopova. U strukturi zgrada sa pasivnim solarnim sistemima zastakljenja se može javiti u vidu solarnih prozora i zastakljenih fasadnih pregrada, lanterni i krovnih prozora, staklenika, zastakljenih balkona, lodja i unutrašnjih dvorišta, kao spoljna obloga solarnih zidova, a sa aktivnim solarnim sistemima u okviru solarnih kolektora i fotoelektričnih modula.

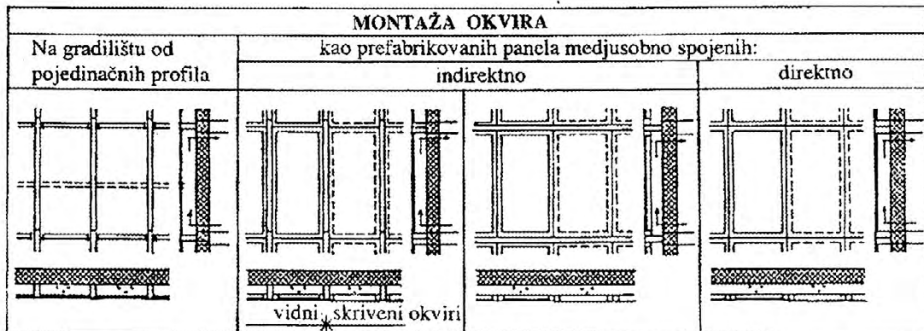
* Dr Aleksandra Krstić, vanredni profesor, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar revolucije 73/II, 11000 Beograd.

Klasifikacija i razmatranje tipova zastakljenja koji se najčešće primenjuju za gradnju energetske efikasne kuća i postavka osnovnih principa njihove materijalizacije, značajnih za pravilno funkcionisanje i uspeli dizajn omotača, su predmet razmatranja u ovom radu. Oni predstavljaju podlogu za industrijalizovanu proizvodnju zastakljenja, prema kojoj se značajnije mora orijentisati i naša građevinska industrija.

2. ZASTAKLJENJA SOLARNIH ZIDOVA

U funkcionalnom i strukturalnom smislu, razlikujemo sledeće vrste solarnih zidova: Tromb-Mišelov zid, solarni zid sa transparentnom izolacijom, solarni zid za snabdevanje svežim zagrejanim vazduhom i solarni zid sa integrisanim fotonaponskim modulima. Prva tri tipa solarnih zidova pripadaju komponentama pasivnih solarnih sistema, dok su solarni zidovi sa integrisanim PV modulima komponente aktivnih solarnih sistema, te će biti razmotreni u okviru trećeg poglavlja.

Tromb-Mišelov zid je dvoslojna struktura sastavljena od masivnog termoakumulirajućeg sloja sa unutrašnje i zastakljenja sa spoljne strane. Solarni zid sa transparentnom izolacijom sadrži i treći sloj - termoizolaciju postavljenu između zastakljenja i masivnog sloja. U oba slučaja zastakljenje je konstruisano po principima zid-zavesa i podseća na takve fasade.



Slika 1. Struktura i mogućnosti montaže zastakljenja utiču na izgled solarnog zida

Osnovnu konstrukciju zastakljenog sloja čine dve vrste komponenti - profili i ploče zastakljenja. Ako se tretiraju kao pojedinačne komponente koje se spajaju na gradilištu, zastakljenje je sastavljeno od komponenti nižeg reda i potrebna je skela za njihovu montažu. Kada je zastakljenje formirano od okvira sa ispunom od staklenih ploča, dobijamo gotove panele koji se međusobno direktno ili indirektno mogu

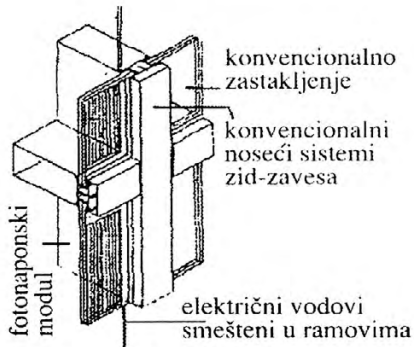
spajati. Raznovrsnošću dimenzija, oblika i materijala profila i okvira moguće je postići različite dizajne fasada (Sl.1). Profili mogu biti vidni ili skriveni iza zastakljenja, što takodje daje nove oblikovne mogućnosti. Drvo, plastika i metal su materijali koji se koriste za konstrukciju profila. Plastični i metalni profili su najčešće u upotrebi jer su manjih dimenzija te omogućavaju veće staklene površine nego u slučaju drvenih profila, a i lakši su za održavanje. U slučaju metalnih profila potrebno je da se u nivou zastakljenja, i to spoljnog, ako se javlja veći broj zastakljenih slojeva, ostvari prekid hladnog mosta u konstrukciji profila.

Tretman zastakljenja kao nezavisnog sloja u okviru solarnih zidova omogućava da se ono, kao isti produkt, primeni u sklopu novoizgrađenog solarnog zida ili u postupku transformisanja masivnih zidova u solarne tokom obnove postojećih objekata. Takav tretman daje osnove za industrijsku proizvodnju komponenti solarnih zidova.

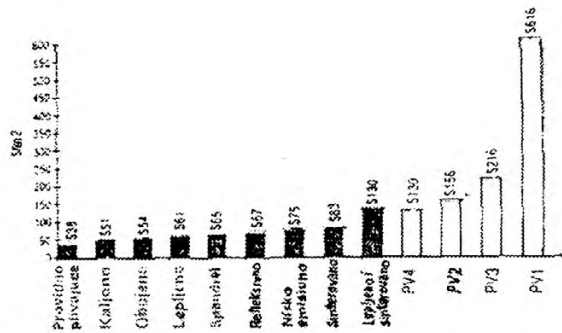
3. ZASTAKLJENJA KOMPONENTI AKTIVNIH SOLARNIH SISTEMA

Komponente aktivnih solarnih sistema su: solarni kolektori i solarni moduli - fotonaponski - PV moduli koji proizvode: a. električnu energiju i b. električnu i toplotnu energiju. Ove komponente mogu biti odvojene od strukture objekta - "autonomne" ili "integrisane" u nju. Sa arhitektonskog aspekta su značajni "integrisani" sistemi. Njihov razvoj je usmeren na tri oblasti: moduli integrisani u fasadne vertikalne i nagnute (zastakljene) površine - fotonaponski solarni zidovi, integrisani krovni moduli i FV krovni crep i šindra. U prva dva slučaja prisutna su zastakljenja kao spoljni završni sloj. Solarne ćelije se postavljaju između dve folije od etil-vinil-acetata i ugradjuju između dva sigurnosna stakla. To obezbeđuje hermetičku zatvorenost i zaštitu od korozije [4]. Materijal od koga su izradjene solarne ćelije utiče na izgled modula, a time i objekta. Moduli sa solarnim ćelijama od monokristalnog Si su crni, od polikristalnog Si plavi, blistavi, a amorfno Si braonkaste boje, neprozirni i poluprozirni. Upotrebom dvoslojnih antirefleksionih obloga dobija se širok opseg kolora FV modula. Time se obezbeđuje bolje uklapanje u okolinu.

Integracija fotonaponskih modula u strukturu objekta obezbeđuje značajne ekonomske beneficije. Obezbeđenje prostora za njihovo lociranje i izrada nosećeg sistema ne zahtevaju posebne troškove, jer se sistemi montaže zid-zavesa mogu u potpunosti primeniti za montažu FV modula (Sl.2). Nije potrebna prethodna izrada fasade konvencionalnim materijalima, jer ih FV moduli zamenjuju, što umanjuje cenu fasade. Za zastakljenje kosih fasadnih ravni i krovova atrijuma i staklenika primenjuju se poluprozirni FV moduli, dok se za fasade i krovove mogu koristiti neprozirni i poluprozirni moduli.



Sl.2. Montaža FV modula



Sl.3. Cene materijala za zastakljivanje [-]

PV1=\$4.40/W, 140W/m² (kristalni silicijum)

PV2=\$3.00/W, 52W/m² (amorfni silicijum)

PV3=\$2.00/W, 108W/m² (unapredjeni film.)

PV4=\$1.00/W, 129W/m² (unapredjeni film.)

Ocena FV sistema se uglavnom bazira na proceni potrebnog perioda za vraćanje sredstava uloženi u njihovu instalaciju, dok to nije slučaj kod konvencionalnih sistema fasada. Zid-zavesa, bilo da je reč o primeni stakla, kamena, metalnih panela ili njihovih kombinacija, nisu jeftin način izrade fasada. Konkurentnost FV sistema mora se postići cenom i performansama u pogledu efikasnosti, fleksibilnosti i raznovrsnosti dimenzija, oblika i izgleda, što još nisu karakteristike FV sistema. Na slici 3 uočava se da su najskuplji moduli od kristalnog silicijuma, koji su i visokoeffikasni, potom od amornog Si, niske efikasnosti, a najjeftiniji su unapredjeni FV moduli sa tankim filmovima od legura amornog Si, srednje efikasnosti, koji se smatraju modulima budućnosti [3] i omogućavaju formiranje slojevitih solarnih ćelija. Moraju se uzeti u obzir i troškovi potrebni za noseće prečke i okvire, tehniku spajanja električnih kablova, ventilaciju koja utiče na efikasnost ćelija, održavanje i obezbedjenje normativa za konstrukciju (stabilnost, protivpožarna zaštita i sl), koji su uostalom prisutni i u slučaju klasičnih zid-zavesa. Može se uočiti da što se cena FV modula više približava ceni stakala, to se cena integrisanih sistema više približava ceni sistema veza električnih kablova i izmenjivačkih uredjaja, tj. zavisi od njih.

3.1. SISTEMI INTEGRISANI U FASADE - PV ZIDOVI

Fasadni integrisani FV moduli postavljaju se na vertikalnim i nagnutim fasadnim ravnima. Mogu prekrivati celu površinu fasade ili njene delove. Takodje, u

ove sisteme ubrajaju se i moduli integrisani u nastrešnice. Fasadni moduli mogu biti proizvedeni u veličinama do 2,1m x 3,2m, omogućavajući da velike površine budu pokrivene bez horizontalne podele zastakljenja. Tehnologija integrisanja PV modula u fasade pruža nove mogućnosti za arhitektonski dizajn. Koristeći različite aranžmane solarnih ćelija, može biti ostvarena raznovrsna svetlosna propustljivost. Interesantni svetlosni efekti unutar objekta postižu se upotrebom amorfnih, svetlosno propustljivih solarnih ćelija ili variranjem razmaka između ćelija [3]. Fasadni moduli mogu imati finalizirajući sloj od stakla različitih performansi, termoizolacionog, sigurnosnog itd. Skoro svi sistemi konstrukcije i montaže zid - zavesa mogu se primeniti za polaganje fasadnih fotonaponskih modula (Sl.1). Moduli mogu biti sa okvirom, što je neophodno za autonomne sisteme, ili bez okvira, kao stakleni paneli, što omogućava raznovrsnost ugradnje u slučaju integrisanih sistema.

Razvoj fasada sa solarnim modulima koje proizvode električnu i toplotnu energiju, je u toku i usmeren je na industrijsku proizvodnju modula [5]. Solarni moduli se sastoje od tri sloja. Spoljni sloj, u kojem su ugrađene solarne ćelije, i unutrašnji sloj sa toplotnom izolacijom, odvojeni su vazдушnim slojem namenjenim cirkulaciji vazduha. Topao vazduh obezbeđen u srednjem sloju, može biti upotrebljen za zagrevanje objekta po principu solarnih zidova. Veliki mono- i multi-kristalni fotovoltazni moduli, kao i solarne ćelije od polutransparentnih filmova od amornog silicijuma, koje mogu da kontrolišu upad svetlosti, smatraju se najpodesnijim za izradu ovih fasada [5]. Tehnike montaže zid-zavesa od prefabrikovanih panela pogodne su za konstrukciju ovog tipa PV fasada (Sl.1).

Potrebno je da integrisani FV moduli postavljeni na neprozirnim delovima fasade budu dobro ventilisani sa unutrašnje strane da bi se smanjila temperatura ćelija i povećala efikasnost. Debljina prostora za ventilaciju mora biti najmanje 5cm, a optimalno 20cm. Solarne ćelije postavljene na zastakljenim površinama umanjuju transmisiju dnevne svetlosti i zahvat sunčeve energije u zastakljenom prostoru, a kao senila pokazuju lošije performanse od izolacionih stakala jer apsorbuju solarno zračenje i zagrevaju prostor. Preporučuje se dvostruko zastakljenje sa niskoemisionim prevlakama koje redukuju upad infracrvenog zračenja na solarne ćelije [1].

3.2. SISTEMI INTEGRISANI U KROV

Fotonaponski sistemi integrisani u krov koji kao spoljnu oblogu imaju zastakljenje su krovni moduli koji se obično grupišu u nizove. Ovaj sistem je sličan sistemu fasadnih integrisanih modula, u smislu strukture modula i tehnika polaganja. Pravilna tehnika postavljanja i zaptivanja omogućava da krovni moduli funkcionišu kao zaštita od atmosferskih uticaja. Sistem za kačenja čine okviri koji nose module i zaptivka ili pokrivne lajsne za zaštitu spojeva modula. Ispod modula formiraju se kanali za cirkulaciju vazduha, koji ulazi kroz otvore na strehi, a toplota se izvodi kroz otvore na slemenu.

4. ZAKLJUČAK

Zastakljenja su neizbežna funkcionalna komponenta južno orijentisanih ravni omotača energetske efikasne zgrade. Ona značajno utiču na izgled objekata i urbanističkih sklopova. Razvoj zastakljenja u pogledu poboljšanja funkcionalnih i oblikovnih performansi, zahteva ispunjenje sledećih zahteva: bezbednost od loma i rasipanja stakla, selektivna propustljivost sunčevih zraka u cilju postizanja ili sprečavanja zahvata sunčevih zraka u slučaju pasivnih sistema i sprečavanja pregrevanja solarnih ćelija u slučaju aktivnih sistema, efikasnost ventilacionih sistema, raznovrsnost boja obloga PV modula u cilju postizanja vizuelnih efekata, pristupačnost transparentnih termoizolacija u pogledu cena u cilju postizanja bolje efikasnosti i prilagodljivosti solarnih zidova, istraživanje nosećih sistema, posebno u pogledu oblikovnih karakteristika i uslova montaže.

LITERATURA

- [1] Busso, H., Muller, H.: Photovoltaic - integration of a new technology in Architecture , IVth European Conference o Solar Energy in Architecture and Urban Planning, 26-29 mart 1996, Berlin, H.S. Stephens&Associates, str. 551-553.
- [2] Clarke, J.A. et al: Photovoltaic-integrated building facades , IVth World Renewable Energy Congress o Renewable Energy, Energy Efficiency and the Environment, 15-21 jun 1996, Denver, Colorado, USA, Pergamon Press, str. 475-479.
- [3] Kiss, G., Kinkead, J.: Optimal building integrated photovoltaic applications , IVth European Conference o Solar Energy in Architecture and Urban Planning, 26-29 mart 1996, Berlin, H.S. Stephens&Associates, str. 562-566.
- [4] Prospektni materijal firme OPTISOL, OPTISOL Solar Energy Facades , Pilkington Solar International GmbH.
- [5] Solar house 1 , Commission of the european communities, ERG, Dublin,1993, str. 10,11.

GLAZING AS FUNCTIONAL COMPONENT OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS ENVELOPES

ABSTRACT:

In the design of functional components of energy efficient buildings glazing is without fail present. Glazing of solar walls in the case of passive solar systems and glazing of photovoltaic modules of buildings with active solar systems are discussed in the paper. Classification and analysis of glazing types that are most often in use and principles of their construction are taken into consideration in the paper.