



Fasada kao elektrana

Bijela knjiga

Fasada



Fotonaponska fasada koja je integrirana u zgradu je inovativna mogućnost kojom se generiranje energije može uklopiti u arhitekturu građevine uz istovremeno ispunjavanje najviših estetskih zahtjeva.



Sadržaj

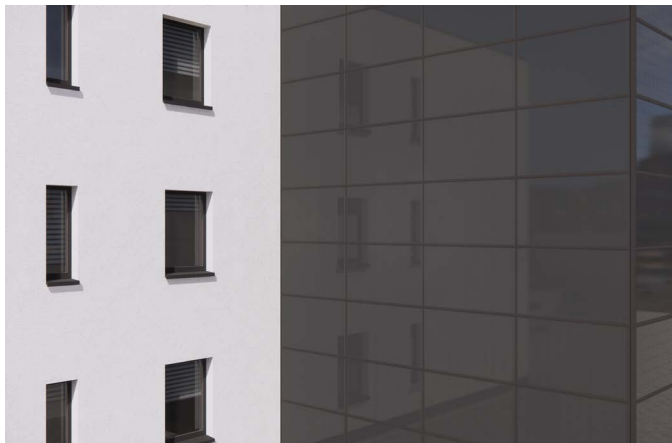


Osnove

02 Uvod

[03 Kako funkcionira fotonaponska tehnologija?](#)

[04 Vrste fotonaponskih modula](#)



Fotonaponska tehnologija integrirana u građevinu (BIPV)

[05 Fotonaponska tehnologija integrirana u građevinu \(BIPV\)](#)

[06 Izračun potencijala energetske učinkovitosti](#)

[07 Orijentacija, nagib i zasjenjivanje](#)

[08 Kontrola nad troškovima](#)

[09 Ima li ikakve koristi od fotonaponskih sustava na fasadi?](#)



Projektiranje i dizajn

10 Projektiranje i dizajn

[11 Primjeri projekata](#)

[12 StoVentec Photovoltaics Inlay](#)

[13 Dvostruka održivost s fasadnim fotonaponskim sustavima?](#)

[14 Pravo građenja i fotonaponska postrojenja](#)

[15 Važne norme i propisi](#)

[16 Studija slučaja: centrala poduzeća](#)

[17 Intervju s dipl. ing. Dieterom Moorom](#)

Uvod

Na sastanku na vrhu Ujedinjenih naroda (UN) na visokoj razini od 25. do 27. rujna 2015. godine usvojena je „Agenda 2030 za održivi razvoj“ pod nazivom „Transformacija našeg svijeta: Agenda 2030. za održivi razvoj“. Sve 193 države članice Ujedinjenih naroda obvezuju se raditi na provedbi Agende 2030 koja obuhvaća 17 ciljeva održivog razvoja (Sustainable Development Goals, SDGs) i to na nacionalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini do 2030. godine. Pet od navedenih ciljeva usmjereno je na zgrade. Time se ističe važnost osiguranja energetske učinkovitih zgrada.

Fotonaponski sustavi obično se postavljaju na krovove ili slobodne površine. Međutim, postoje i sustavi koji se mogu postaviti iznad vodenih površina (Floating PV), iznad poljoprivrednih površina (Agri PV), pa čak i na krovovima kamiona (VIPV). U Austriji je ukupna proizvodnja fotonaponskih postrojenja porasla za 36 % u 2022. godini. Fotonaponska tehnologija na fasadi još uvijek zauzima zanemarivu ulogu na tržištu.

Ova bijela knjiga predstaviti će mogućnosti fotonaponske tehnologije integriranu u građevinu (BIPV), a posebice fotonaponske sustave na fasadi.

Kako funkcionira fotonaponska tehnologija?

Fotonaponski moduli

Kada sunčeva svjetlost doprije na površinu solarnih ćelija, elektroni u poluvodičkom materijalu apsorbiraju fotone (svjetlosne čestice). Apsorbirani fotoni otpuštaju energiju elektronima u poluvodičkom materijalu i stvaraju parove elektrona i šupljine. Elektroni su pobuđeni tom energijom i mogu se slobodno kretati kroz materijal.

Od istosmjerne od izmjenične struje

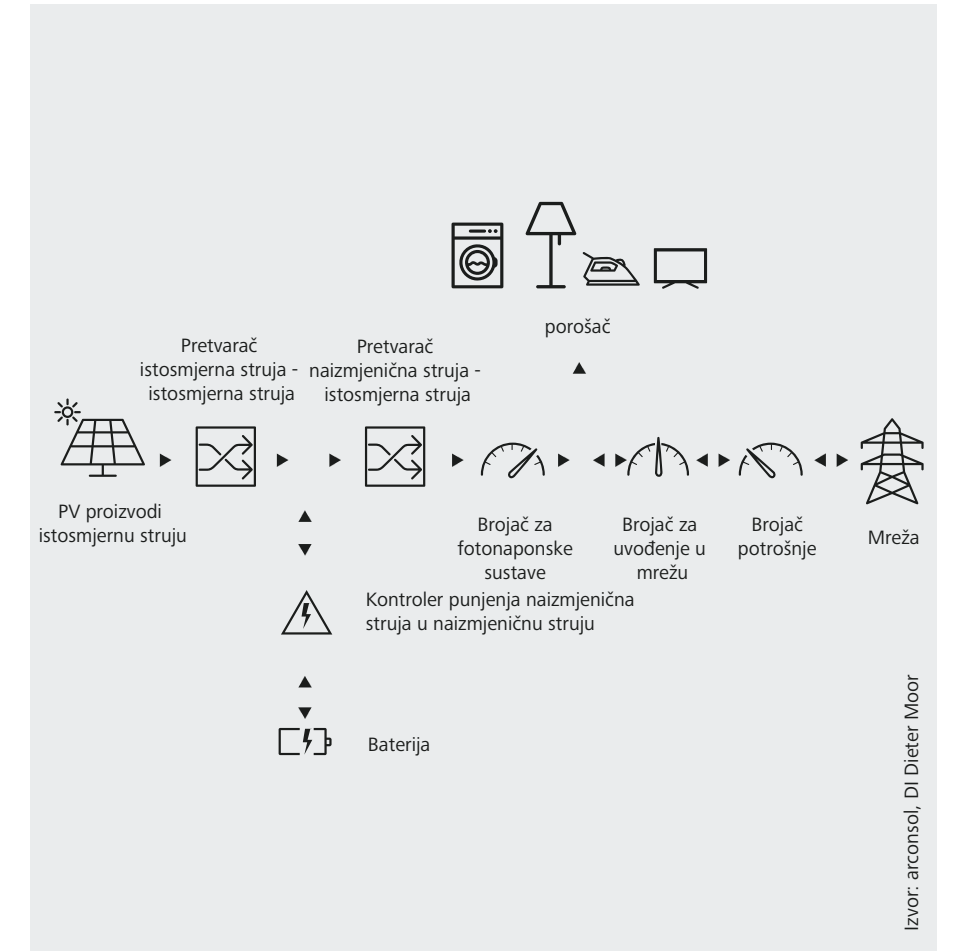
Takvim se kretanjem stvara istosmjerna struja (DC). Ona se mora pretvoriti u izmjeničnu struju (AC) pomoću pretvarača. Prinos se može potrošiti izravno, unijeti u vlastiti sustav za pohranu energije ili isporučiti u javnu mrežu.

Unutar solarne ćelije

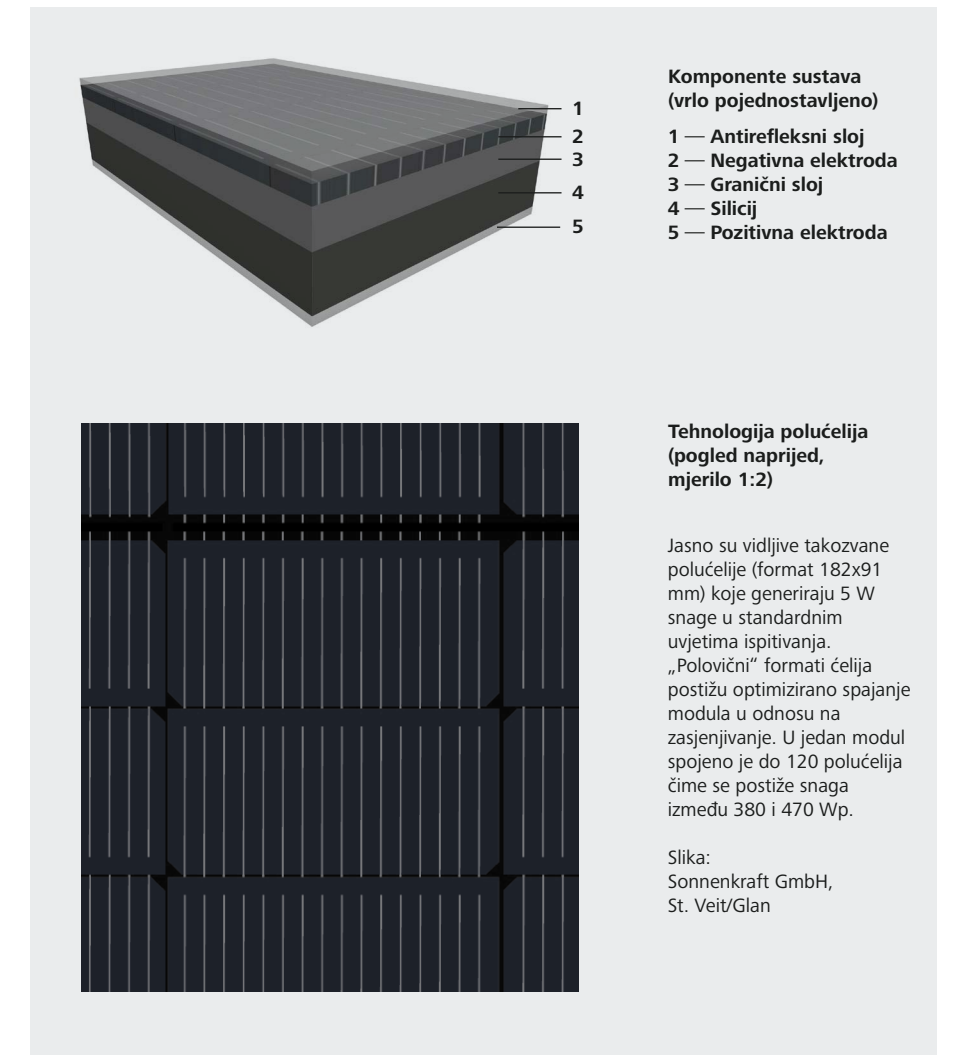
Sunčeva svjetlost pruža energiju u obliku elektromagnetskog zračenja koje stvara slobodne nosače naboja. Kako bi se iz tih naboja proizvela električna struja, nosači naboja se usmjeravaju od negativne prema pozitivnoj elektrodi.

Struktura solarnih ćelija prilagođena je tako da se uhvati što više svjetlosti i da se u aktivnom sloju mogu generirati slobodni nosači naboja. Za to je potrebno da negativna gornja elektroda bude transparentna - na gornjoj strani se mora nanijeti antirefleksni sloj, a po potrebi stražnja strana može biti zrcalno izvedena. Antirefleksni sloj osigurava tipičnu plavkastu odn. crnu boju solarnih ćelija.

Osnovni materijal za poluvodičke solarne ćelije je silicij, s time da komercijalno dostupni fotonaponski moduli koriste monokristalne ćelije. Za razliku od polikristalnih, ovi moduli imaju jednoboju površinu.



Izvor: arconsol, DI Dieter Moor





Vrste fotonaponskih modula

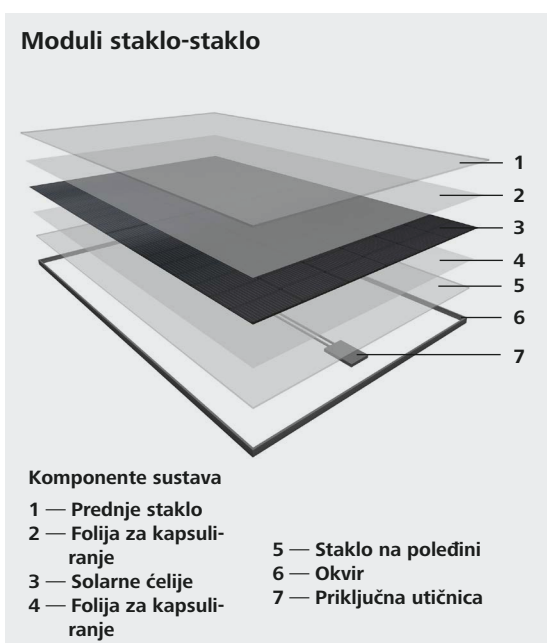
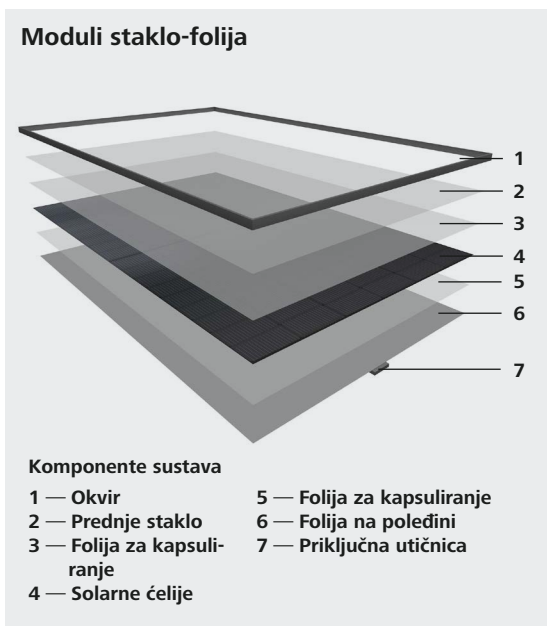
Načelno postoje dvije vrste konstrukcije fotonaponskih modula: moduli staklo-folija i moduli staklo-staklo.

Moduli staklo-folija imaju staklenu ploču na prednjoj strani solarnog modula. Na poleđinu se postavlja folija, ne samo iz estetskih razloga, već i radi postizanja specifičnog vizualnog izgleda.

Ovi moduli nude mogućnost uređenja u kojoj prednja strana osvaja prozirnom staklenom pločom, dok stražnja strana dobiva dodatnu vizualnu dimenziju pomoću postavljene folije. Ovakav dizajn otvara mogućnosti za različite estetske zahtjeve i skladno se uklapa u različita arhitektonska okruženja.

Moduli staklo-staklo, kao što i samo ime govori, sastoje se od staklene ploče na prednjoj i na stražnjoj strani solarnog modula. Ova dvostruka staklena struktura zatvara solarne ćelije sa svih strana i nudi pouzdanu zaštitu od vanjskih utjecaja kao što su ekstremne vrućine, jak vjetar i tuča.

Upotreba stakla na obje strane fotonaponskim modulima daje ne samo izdržljivu konstrukciju, već donosi i jasne prednosti u području zaštite od požara. Dvostruki sloj stakla minimizira mogućnost širenja požara zbog čega su ovi moduli siguran i održiv izbor.



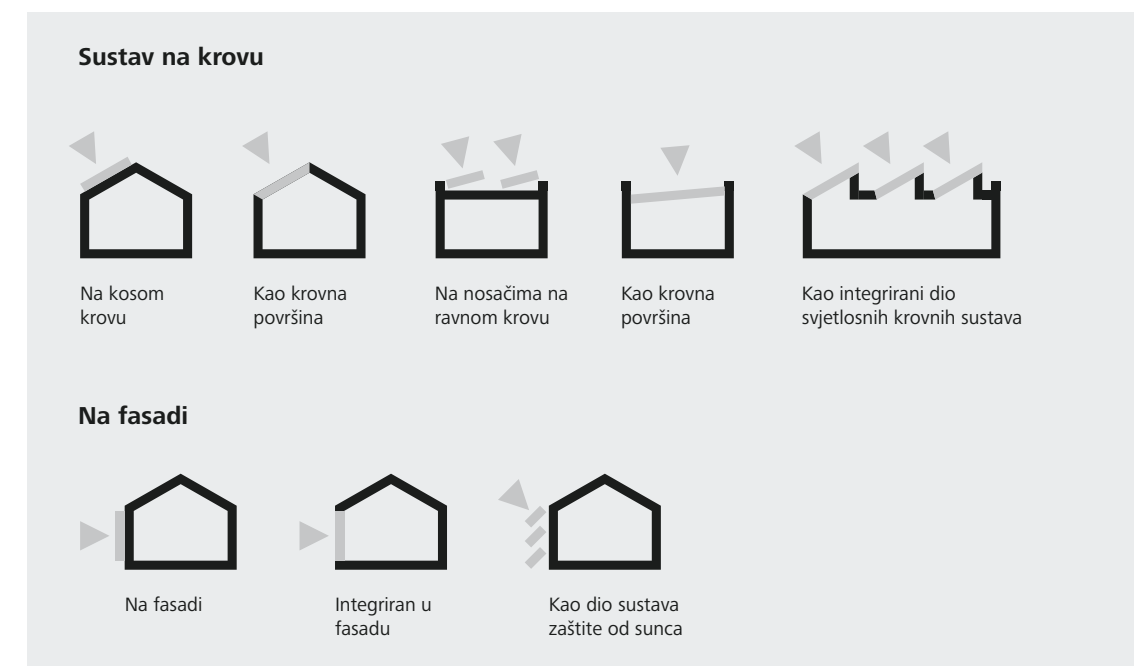
Fotonaponska tehnologija integrirana u građevinu

Fotonaponska tehnologija integrirana u građevinu (BIPV) pruža razne mogućnosti za učinkovito korištenje solarne energije u različitim komponentama. Na kosim krovovima se fotonaponski moduli mogu integrirati i na krov i u krov što omogućava optimalno iskorištavanje raspoložive površine. Ravni krovovi također se mogu učinkovito koristiti instaliranjem fotonaponskih modula na njih ili njihovom integracijom u sami krov.

Integracija solarnih modula ispred fasade otvara dodatne mogućnosti za uređenje i omogućuje fleksibilnu prilagodbu arhitektonskim uvjetima. I hladne fasade i tople fasade mogu poslužiti kao nosači za fotonaponski sustav i tako pridonijeti održivoj proizvodnji energije. Nadalje, stakleni krovovi i sustavi za zaštitu od sunca mogu se

opremiti fotonaponskim sustavima koji u tom slučaju pružaju ne samo hlad, već uz to proizvode i električnu energiju. Sve te raznovrsne mogućnosti primjene BIPV-a nude estetsku integraciju obnovljivih izvora energije u već izgrađenu okolinu.

Osim proizvodnje energije, fotonaponska tehnologija na ovješenoj ventiliranoj fasadi nudi i druge funkcije kao što su zaštita od topline, zaštita od vlage, zaštita građevinske supstance od vremenskih uvjeta, zvučna izolacija poboljšanjem indeksa zvučne izolacije do 12 dB te jednostavna mogućnost rastavljanja kod modularnih komponenti sustava.



Modeli integracije u građevinu

Integracija solarnih modula ispred fasade otvara dodatne mogućnosti za uređenje i omogućuje fleksibilnu prilagodbu arhitektonskim uvjetima.



Izračun potencijala energetske učinkovitosti

Snaga fotonaponskih generatora mjeri se jedinicom kilovat-pik (kWp). Ovaj izraz odnosi se na vršnu snagu fotonaponskog sustava koja se obično mjeri u kilovatima (kW). Što je veća vrijednost izražena u kWp, to više energije sustav može proizvesti pod optimalnim uvjetima.

Za izračun prinosa energije od fotonaponskog sustava, promatra se odnos nazivne snage fotonaponskog sustava (u kilovat-pik, kWp) i raspoložive površine. Pretpostavka je da postoji raspoloživa površina na fasadi od 30 m². Specifično potrebna površina može varirati ovisno o vrsti instalacije. U slučaju našeg primjera pretpostavljamo da fotonaponska fasada zahtijeva oko 4,7 m² po kWp.

Izračun instalirane snage (kWp)

$$\frac{\text{Raspoloživa površina [m}^2\text{]}}{\text{Specifično potrebna površina [m}^2\text{ po kWp]}} = \text{Instalirana snaga [kWp]}$$

Primjer: $\frac{30 \text{ m}^2}{4,7 \text{ m}^2/\text{kWp}} = 6,4 \text{ kWp}$



Izračun godišnje proizvodnje energije

Godišnja proizvodnja energije ovisi, naravno, o čimbenicima kao što je sunčevo zračenje na samoj lokaciji. U ovom slučaju pretpostavljamo da se naša fasada izrađuje u Beču u 22. okrugu. Na toj se lokaciji može računati sa specifičnim godišnjim prinosom od 796 kWh za svaki instalirani kWp.

Izračun godišnje proizvodnje energije (kWh)

Instalirana snaga (kWp)	x	Specifični faktor prinosa (kWh/kWp)	=	Godišnja proizvodnje energije [kWh]
Primjer: 6,4 kWp	x	796 kWh/kWp	=	5094 kWh/godina

Godišnja proizvodnja energije neovisna je o lokaciji

Kao i ovdje u Beču u 22. okrugu Donaustadt, mogao bi se pretpostaviti specifični godišnji prinos za svaki instalirani kWp. Fotografija: TRFilm, adobestock

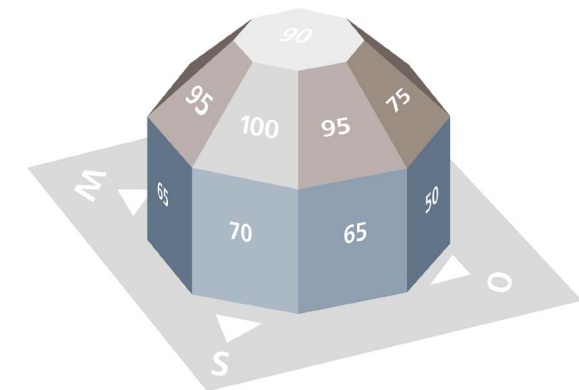
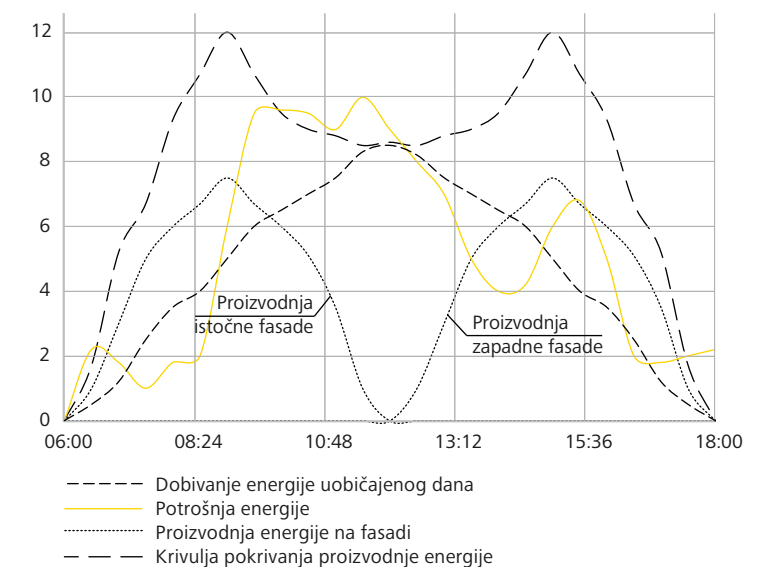
Orijentacija, nagib i zasjenjivanje

Sjene koje bacaju drveće, zgrade ili druge prepreke može značajno smanjiti energetske potencijal. Međutim, zasjenjivanje je u mnogim slučajevima neizbježno. Kako bi se ipak osigurala visoka učinkovitost i spriječila zahvaćenost cijelog fotonaponskog sustava, preporučljivo je ugraditi nekoliko pretvarača i string invertera za slučajeve zasjenjivanja. Ova ciljana podjela može osigurati da se utjecaj sjena ograniči na pojedinačne dijelove sustava čime se posljedično optimiziraju ukupne performanse.

Još jedan važan aspekt kod instalacije fotonaponskih fasada je orijentacija samih modula. Orijentacija na istok i zapad nudi prednost što omogućuje sabiranje dodatnog dnevnog svjetla tijekom sati izvan vršnih sati u danu. To omogućuje učinkovitije korištenje raspoložive sunčeve energije tijekom dana u usporedbi s isključivom orijentacijom na jug. Tako se na najbolji mogući način iskorištava sunce tijekom dana, počevši od izlaska sunca na istoku do zalaska sunca na zapadu, a time i energija koja se apsorbira putem fasade.

Zbog različitog nagiba krovnih i fasadnih fotonaponskih modula prema suncu, na fasadi se postižu oko 30 % manji prinosi energije nego na krovu. Međutim, značajna prednost je to što prinos energije koji se generira svakog mjeseca bolje odgovara stvarnoj potrebi tijekom godine jer kada je sunce u nižem položaju, to znači da se osobito u hladnijim mjesecima više energije generira na fasadi nego na krovu.

Proizvodnja struje na fasadi po potrebi
Izvor: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor



Postotak prinosa energije od sunčevog zračenja, ovisno o orijentaciji i nagibu za integraciju na krov i fasadu

Kako se suprotstaviti trajnom zasjenjivanju, primjerice zbog prozorskih klupica ili balkona?

Prozorske klupice moraju ispunjavati određene norme tako da se zasjenjivanje ne može spriječiti. Međutim, moguće je utjecati korištenjem nekoliko pretvarača. Alternativno bi se u svakom modulu mogao instalirati i optimizator performansi koji regulira najveću moguću snagu po modulu.

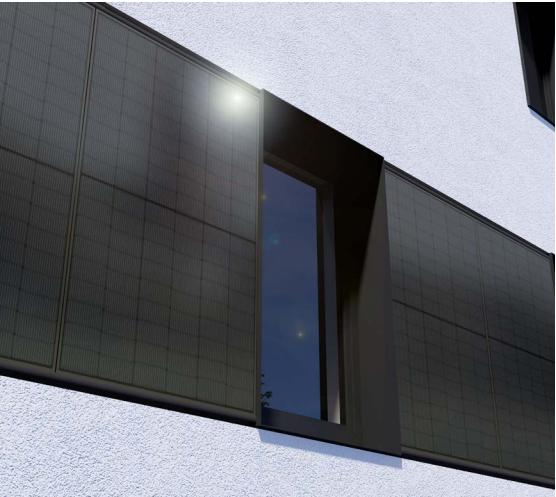
Kontrola nad troškovima

Troškovi se razlikuju ovisno o odabranoj vrsti solarne ćelije i komponentama modula. Ovdje se arhitektonsko tržište ne može usporediti s masovnim tržištem. Na masovnom tržištu proizvodi koji su dostupni često dolaze u standardiziranim formatima iz Azije. Nasuprot tome, arhitektonsko tržište za individualne projekte nudi slobodu pri izboru boja i oblika za personalizirane projekte fotonaponskih fasada.

Ako se fotonaponski moduli koriste u izvedbi integriranoj u građevinu, potrebno je napraviti razliku između tzv. „svakako postojećih troškova“ fasade i nadoplate za fotonaponski sustav. Komponente fasade, s iznimkom fasadne obloge, ostaju identične! Fotonaponski moduli zamjenjuju fasadne obloge kao što su žbuka, staklo, klinker ili pločasti materijali. Stoga treba razmotriti razliku u odnosu na navedene materijale. Prije svega potrebno je uzeti u obzir da je izvedba fotonaponskih modula u fasadi jedini dizajn fasade koji aktivno može generirati novčani prihod.

A energija potrebna za proizvodnju fotonaponskih

modula amortizira se već u prvim godinama njihove uporabe. Tvrtka Sto Ges.m.b.H, primjerice, preuzima fotonaponske module na kraju njihovog životnog vijeka te ih koristi za proizvodnju drugih proizvoda u okviru kružnog gospodarstva.



Pregled troškova i koristi

Izvor: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor

	Tip	Izvedba	Prednost	Nedostatak
	Low Budget	Fotonaponski moduli sa standardnim formatima, preostala površina ispunjava se konvencionalnim materijalima	Niski troškovi, standardizirano projektiranje	Mogući kompromisi s aspekta arhitektonske kvalitete, djelomično veliki kontrast
	Medium	Fotonaponski moduli sa standardnim formatima, ali s prilagođenim bojama i/ili površinama	Nešto bolja prihvatljivost s arhitektonskog aspekta zbog manje kontrasta	Nešto veći troškovi, rokovi isporuke zbog posebnih rješenja
	High End	Fotonaponski moduli optimalno prilagođeni geometriji zgrade i arhitekturi u pogledu formata, oblika i boja	Fotonaponski elementi mogu se gotovo neprimjetno uklopiti u zgradu, maksimalna prihvatljivost s arhitektonskog aspekta	Vrlo visoki troškovi projektiranja i ukupni troškovi, malo ponuđača

Ima li ikakve koristi od fotonaponskih sustava na fasadi?

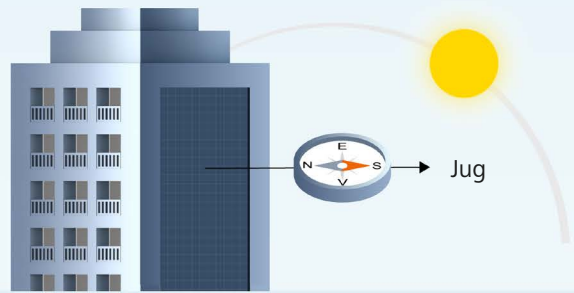
Većina ljudi do sada je samo na krovovima vidjela fotonaponske sustave. No fotonaponski moduli također se mogu integrirati u ovojnicu zgrade na fasadi. Godišnji prinos instalirane snage između ostalog ovisi o:



▶ Lokacija zgrade

▶ Vremenski uvjeti

▶ Orijentacija (smjer) modula



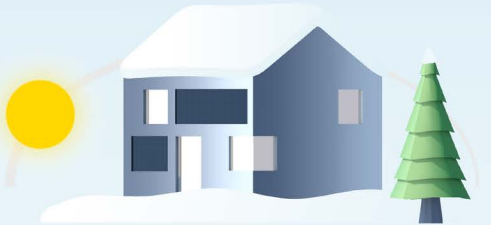
Idealna orijentacija fotonaponskih modula na površinama zgrada

Fotonaponska fasada okrenuta prema jugu u idealnim uvjetima može postići najveći prinos. Ali i druge orijentacije mogu biti logičan odabir.

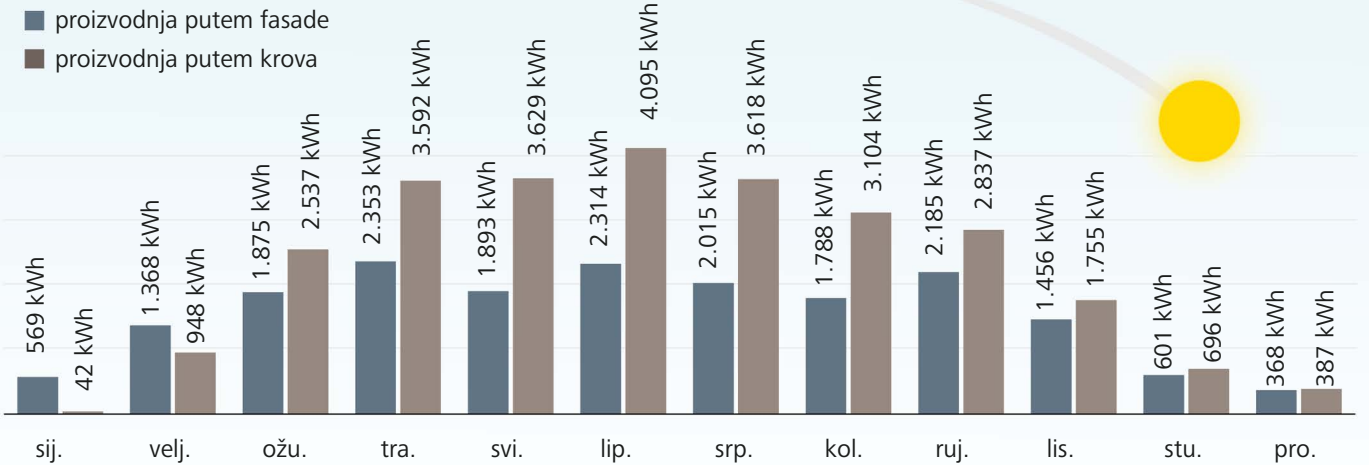
▶ Plus: veće generiranje energije putem većih površina na visokim zgradama

Naoružani za zimu uz fotonaponsku fasadu

Orijentacijom na istok ili zapad proizvodnja struje se pomiče u jutarnje odn. večernje sate. Budući da je položaj sunca niži u hladnijim mjesecima, na fasadi se može generirati više energije nego na krovu. I struja se proizvodi točno kada je ona potrebna - čim vani počinje padati mrak i zahlti.



Proizvodnja energije u sustavu od 30 kWp s usporedbom tijekom godine





Projektiranje i dizajn

Integracija fotonaponske tehnologije u fasade razvila se u inovativnu i održivu metodu proizvodnje energije koja ne pruža samo funkcionalne prednosti, nego i dodanu estetsku vrijednost. Uspješna realizacija projekata s fotonaponskim fasadama zahtijeva ne samo stručno tehničko znanje, nego i usku suradnju između arhitekata, inženjera, električara i drugih stručnjaka.

Opcije uređenja

Iako za fotonaponske fasade ne postoje „standardni formati“, u projektiranju se možete osloniti na određene standardne tipove modula koji su najčešće dimenzija oko 2 m². Međutim, neki proizvođači omogućuju i formate do 4,5 ili čak 5,0 metara visine čime je moguće realizirati elemente u visini cijelih katova.

Glede oblika modula, prvenstveno su dostupni pravokutni elementi. Uz standardne oblike se razmatraju i posebni formati poput trokuta. Odluka o njihovom aktivnom ili neaktivnom korištenju ovisi o samom dizajnu kako bi se u konačnici osigurala skladna integracija u cjelokupno uređenje zgrade. Isto tako moguće je projektirati module sa zaobljenjima. Fotonaponski paneli svojim strukturnim bojama ili pigmentima pružaju mogućnost za postizanje estetske raznolikosti. Pigmenti se mogu ili ispisati na

module ili se oblažu staklene ploče fotonaponskog panela. Prilikom uporabe pigmenata, klasični sitotisak omogućava široki raspon boja koje mogu realizirati tvrtke specijalizirane za obradu stakla. Prednja strana najčešće je jetkana ili pjeskarena kako bi se postigla difuzna površina i time smanjila refleksija odn. odsjaj.

Ovisno o svojstvima površine i boji dolazi do smanjenja učinkovitosti koje ima izravan utjecaj na prinos energije od fotonaponskih panela.

Regulacija temperature

Fotonaponski moduli osjetljivi su na temperaturu i prekomjerna vrućina može utjecati na njihove performanse. Istovremeno, učinkovito hlađenje modula može dovesti do poboljšanja učinkovitosti i produljenog životnog vijeka. Primjenom posebnih materijala i konstrukcija moguće je postići pasivno hlađenje. Reflektirajuće površine i izbor materijala s niskom toplinskom vodljivošću (drvo, mineralna vuna, aerogel, stiropor) su moguće opcije za smanjenje zagrijavanja modula.

Primjeri projekata



Projekt Röösl, CH
Sitotisak je, primjerice, odabran u slučaju ove zgrade u Švicarskoj. Struktura fotonaponskog sustava prilagođena je prema strukturi drva radi postizanja skladnog dizajna.

Fotografija: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor



Projekt Seestraße, CH
Eksperiment s digitalnim tiskom na fotonaponske panele. Trošak u ovom slučaju iznosi 1000 CHF po četvornom metru, uklj. ETICS i potkonstrukciju. Načelno se do sada najviše dokazao sitotisak.

Fotografija: HuggenbergerFries, Architekten AG



Projekt Allschwil, CH
Uzorak šahovnice izveden pomoću sitotiska. Boje su podešene na način da iz daljine djeluju skladno, a iz blizine su vidljive različite nijanse boje. Ispisi preko samih ćelija sprječavaju prodiranje na površinu.

Fotografija: Johannes Marburg, www.cipv.ch

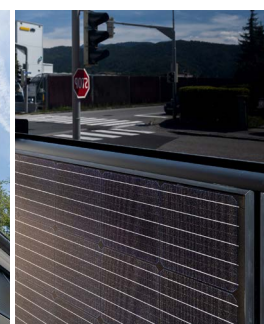


Bornholm Hospital, DK
U Bornhomu u Danskoj na fasadu su postavljeni fotonaponski elementi pod različitim kutovima kako bi se umjesto zagladijene strukture postigao određeni uzorak na samoj fasadi.

Fotografija: solarlab global



Primjena boja na samim ćelijama prije svega se primjenjuje kod vrlo upečatljivih fasada ili u stilu uređenja mozaikom. Ovdje je izvedivo oko 10 različitih boja, a dobivena koloracija stvara sjaj u mnogim drugim tonovima boja. Međutim, treba uzeti u obzir da je u tom kontekstu slabija mogućnost realizacije homogenih boja. Fotografija: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor



Sto Tehnički centar, Villach, AT
Mješovita fasada od monokristalnih fotonaponskih modula s punim ćelijama i ovješanih ventiliranih staklenih panela. Moduli s djelomično zacrnjenim konektorima montirani su na način da su zamjenjivi.

Fotografija: Christian Schellander, artboxx



StoVentec Photovoltaics Inlay

StoVentec Photovoltaics Inlay nudi estetski privlačan sustav za regenerativna rješenja za fasade. Sustav obuhvaća dvostruko ostakljeni modul s crnom folijom za kapsuliranje. Pojedinačni konektori ćelija obojeni su u crno.

Tamne monokristalne solarne ćelije u kombinaciji sa zacrnjenim konektorima ćelija jamče ujednačen crni izgled površine. Povezivanje s klasičnom potkonstrukcijom za OVF omogućeno je našom patentiranom šinom za umetanje StoVentec Profile Inlay. Modul StoPhotovoltaics Inlay nudi se u formatima 1722 x 1134 x 35 mm ili 1748 x 1143 x 40 mm (430 Wp). Sloboda pri uređenju ostvaruje se odabirom uspravnog ili plegenutog položaja modula odn. kombinacijom s drugim fasadnim materijalima poput stakla, žbuke, kamena ili klinkera.

Za sve fotonaponske projekte prethodi opsežno savjetovanje, a kao dio usluge uključuje i simulaciju očekivanog godišnjeg prinosa energije. Podržavamo Vas u svakoj fazi konstrukcijskog i energetskeg projektiranja fasadno integriranih fotonaponskih sustava.

Kontakt



Romana Vrca
Sto Ges.m.b.H.

Ul. Franje Lučića 32a 10000 Zagreb
M: +385-99-37 75 444
E: r.vrca@sto.com
W: www.sto.hr

Sustav

Detalji

Snaga sustava

- nazivna snaga fotonaponskog modula: 425 Wp
- prinos električne energije ovisi o lokaciji i usmjerenju

Reakcija na požar

- reakcija na požar prema EN 13501-1: B-s1, d0, teško zapaljivo (s 80 mm ventilacijskog otvora)

Zvučna izolacija

- poboljšanje zvučne izolacije do 12 dB (A)

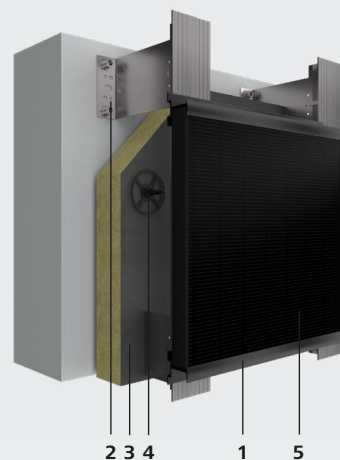
Održivost

- jednostavna mogućnost rastavljanja u pojedinačne komponente zahvaljujući modularnim komponentama sustava
- mogućnost povrata neispravnih ili dotrajalih fotonaponskih modula

Napomene

- jamstvo za učinak: min. 97 % u prvoj godini, nakon toga maksimalno smanjenje za 0,7 % godišnje do 25 godina

Komponente



- 1 — Potkonstrukcija
2 — Usidrenje
3 — Izolacija
4 — Pričvršćenje
5 — Fotonaponski modul

Dvostruka održivost s fasadnim fotonaponskim sustavima?

Tijekom razdoblja od trideset godina
moguće je uštedjeti 252.750 kg CO₂ **.
S rastućom tendencijom!



u kg CO₂e



≈170

Emisija CO₂ kod 1 m² fotonaponskog modula*



Izbjegnete emisije
CO₂ zahvaljujući
proizvodnji struje
putem 1 m² foto-
naponskog modula
u 30 godina

≈1.687



Budući da se proizvodnja struje kod foto-
naponske tehnologije odvija bez emisija
CO₂, povrat uložene količine energije se
ostvaruje već nakon 3 godine rada.

Vrijeme povrata energije fotonaponskih fasada



3 godine

OVF sustavom StoVentec Photovoltaics Inlay istovremeno se iskorištavaju dvije mogućnosti za uštedu CO₂: ušteda energije zahvaljujući fasadnoj izolaciji i CO₂ neutralna proizvodnja struje. Tim se sustavom generira najmanje desetstruka količina energije koja je potrebna za njezinu proizvodnju.

Godišnja potrošnja u kg CO₂e

Vrsta zgrade i stambena površina
Fotonaponsko postrojenje u m²



100-250 m² 1-2
stambene jedinice
10 m² fotonaponskih
modula



251-500 m² 3-6
stambenih jedinica
25 m² fotonaponskih
modula



501-1.000 m² 7-12
stambenih jedinica
50 m² fotonaponskih
modula



> 1.000 m² 12
stambenih jedinica
100 m² fotonapon-
skih modula

Godišnja potrošnja u kg CO₂e (vrijedno-
sti potrošnje prema razini grijanja)

720

1.775

3.500

7.000

Potencijal uštede s fasadnim izolacij-
skim sustavom StoVentec

25 %

25 %

40 %

40 %

Godišnji potencijal uštede s fasadnim
izolacijskim sustavom StoVentec
u kg CO₂e

180

450

1.400

2.800

Potencijal uštede u kg CO₂e
pomoću neutralne proizvodnje
struje

562

1.406

2.812

5.625

Pravo građenja i fotonaponska postrojenja

Poštivanje Pravilnika o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara, ima ključnu ulogu.

Za zgrade u razredima zgrada od 1 do 3 vrijedi da fasade moraju ispunjavati samo zahtjeve reakcije na požar u skladu s Pravilnikom. Kod zgrada razreda 4 i 5 fasade moraju biti izvedene na način da se u odnosu na drugi kat iznad izvora požara učinkovito ograniči širenje požara putem fasade i otpadanje velikih dijelova fasade.

Generalno treba voditi računa o povećanoj opasnosti od širenja požara i dima, kao i o eventualnim poteškoćama u suzbijanju požara odn. u korištenju opreme za spašavanje od strane vatrogasne službe, uzimajući u obzir razred zgrade i broj nadzemnih katova.

Nadalje, potrebno je uzeti u obzir da fotonaponski paneli moraju izdržati određene zahtjeve savijanja, osobito pod utjecajem vjetrova i vremenskih prilika. Klasični paneli ovdje često dolaze do svojih granica.

Ovaj ciljani zahtjev ispunjen je u svakom slučaju ako postoji pozitivno izvješće o ispitivanju akreditiranog ispitnog tijela u skladu s ÖNORM B 3800-5 „Reakcija građevinskih materijala i komponenti na požar – 5. dio: Reakcija fasada na požar – Zahtjevi, ispitivanja i ocjene”.

Instalacija

Planiranje instalacije fotonaponskih fasada zahtijeva cjelovito sagledavanje situacije, prvenstveno u kontekstu arhitektonskog projektiranja. Pažljivo odabrani sustav za montažu i optimalno polaganje kabela jamče ne samo sigurnu instalaciju, već i maksimalnu proizvodnju energije. Obavezno treba razmotriti zaštitu od munje i prenapona kako bi se zaštitio ne samo sustav, već i cijela zgrada. U pogledu zaštite od požara, instalacija vatrogasnih prekidača predstavlja važan sigurnosni aspekt. Oni u slučaju požara omogućuju hitnim službama da na siguran način isključe fotonaponski sustav čime im se olakšava rad prilikom suzbijanja požara. Odabir otpornih materijala i izdržljivih sustava za montažu pomaže u zaštiti fotonaponske fasade od raznih utjecaja iz okoline (tuča, potresi, snijeg).

Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara, Prilog 2, Tablica 4.

TABLICA 4.

Pročelja

Građevni dijelovi	Zgrada podskupine (ZPS)													
	ZPS 1		ZPS 2		ZPS 3		Visoke zgrade							
Ovješeni ventilirani elementi pročelje														
Klasificirani sustav	D		D-d1		D-d1		C -d1		B -d1		A2-d1			
ili														
Izvedba sa slijedećim klasificiranim komponentama														
Vanjski sloj	D		D		D		A2-d1	B-d1		A2-d1	B-d1	A2-d1		
Podkonstrukcija														
– štapasta	D		D		D		D	ili	D	C	ili	C	A2	
– točkasta	A2		A2		A2		A2		A2	A2		A2	A2	
Izolacija	D		D		D		B		A2		B		A2	A2
Toplinski kontaktni sustav pročelja														
Klasificirani sustav	D		D		D		C -d1		C -d1		A2-d1			
ili														
Sastav slojeva sa slijedećim klasificiranim komponentama														
– pokrovni sloj	B-d1		B-d1		B-d1		B-d1		B-d1		A2-d1			
– izolacijski sloj	E		E		D		B		A2		A2			



Važne norme i propisi

Elektrotehničke norme • HRN EN IEC 61730-1 Kvalifikacija sigurnosti fotonaponskog (PV) modula • 1. dio: Zahtjevi za konstrukciju (IEC 61730-1:2016; EN IEC 61730-1:2018) • HRN EN IEC 61215-1-2 Zemaljski fotonaponski (PV) moduli • Ocjena projekta i odobrenje tipa • Dio 1-2: Posebni zahtjevi za ispitivanje fotonaponskih modula (PV) na bazi tankoslojnog kadmij telurija (CdTe) • HRN EN 61646 Tankoslojni zemaljski fotonaponski moduli – kvalifikacija dizajna i odobrenje tipa	Norme za upotrebu stakla u građevinama • HRN EN 14449 Staklo u graditeljstvu • Višeslojno staklo i višeslojno sigurnosno staklo • HRN EN 12600 Staklo u graditeljstvu • Ispitivanje klatnom • Ispitna metoda udarom i razredba za ravno staklo • HRN EN 356 Staklo u graditeljstvu • Sigurnosno staklo • Ispitivanje i razredba otpornosti na ručni napad • HRN EN 12150-2 Staklo u graditeljstvu • Termički kaljeno natrijkalcijevo silikatno staklo • 2. dio: Vrednovanje sukladnosti/Norma za proizvod • HRN EN 1863-2 Staklo u graditeljstvu • Toplinski ojačano natrijkalcijevo silikatno staklo • 2. dio: Vrednovanje sukladnosti/Norma za proizvod • HRN EN 1279 Staklo u graditeljstvu • Izolacijsko staklo • HRN EN ISO 12543 Staklo u graditeljstvu • Višeslojno staklo i višeslojno sigurnosno staklo • HRN EN 1063 Staklo u graditeljstvu • Sigurnosno staklo • Ispitivanje i razredba otpornosti na propucavanje	Norme i pravilnici za ovješene ventilirane fasade • Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara • HRN EN 1991-1-4 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije • Dio 1-4: Opća djelovanja • Djelovanja vjetra • HRN EN 1991-1-4 NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra – Nacionalni dodatak • HRN EN 1991-1-3 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije • Dio 1-3: Opća djelovanja • Opterećenja snijegom • HRN EN 1995-1-1 - Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija • Dio 1-1: Općenito • Opća pravila i pravila za zgrade
---	--	---



Studija slučaja: centrala poduzeća

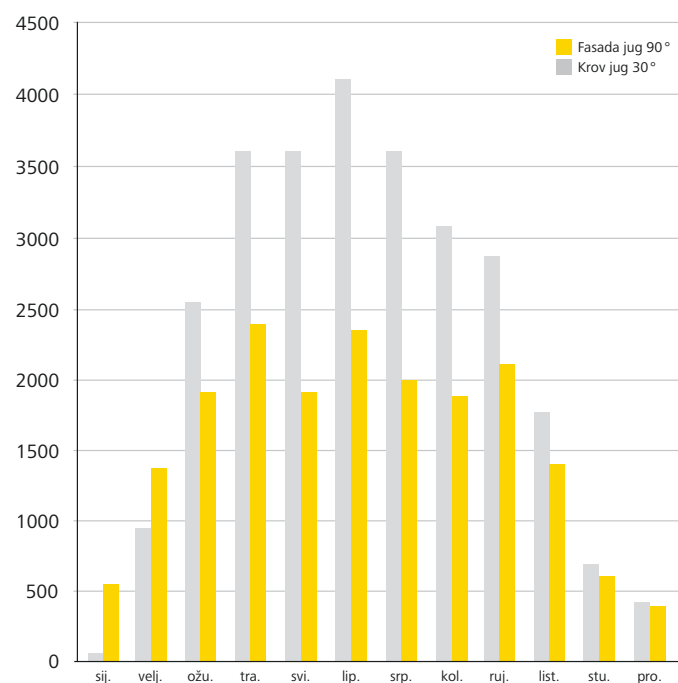
Nova zgrada recepcije i ureda izgrađena je kao zgrada nulte energije prema standardu pasivnih kuća i dodijeljena joj je platinasta oznaka Njemačkog društva za održivu gradnju (DGNB). Najznačajniji dio ove zgrade je energetska koncept s minimalnom potrošnjom i održivom proizvodnjom energije. Dio energije generiraju fotonaponski moduli koji su postavljeni na krovu i na jugoistočnoj fasadi. Na fasadu su montirani fotonaponski moduli iz fasadnog sustava StoVentec Photovoltaics. U kombinaciji s drugim ovješnim ventiliranim fasadnim sustavima tvrtke Sto (StoVentec R i StoVentec Glass), na lokaciji Weizen je stvoren arhitektonski sofisticiran i održiv objekt.

Za sve fotonaponske projekte prethodi opsežno savjetovanje, a kao dio usluge



Zgrada recepcije Sto centrale u Weizenu, DE
 U našoj zgradi recepcije primijenjene su četiri različite površine: staklo, fotonaponski moduli, žbuka i plastični fasadni elementi od Verolitha. Ona je zgrada nulte energije s platinastim certifikatom društva DGNB.
 Fotografija: Alexander Matthews, Drone Copter

uključuje i simulaciju očekivanog godišnjeg prinosa energije. Mjerenje stvarno ostvarenih prinosa energije na Sto zgradi 16 u 2018. i 2019. godini pokazuje da odgovaraju prethodno izračunatim prinosima struje. Podržavamo Vas u svakoj fazi konstrukcijskog i energetskog projektiranja fasadno integriranih fotonaponskih sustava.



Usporedba generirane energije putem fasade/krova kod sustava od 30 kWp

Intervju s dipl. ing. Dieterom Moorom, arconsol

Stručnjak ste u području arhitektonskog savjetovanja za solarna rješenja. Možete li nam se ukratko predstaviti i reći nam nešto o Vašem znanju u području solarnih rješenja za zgrade? Kako ste došli na ideju specijalizirati se u tom polju?

Prije otprilike 22 godine specijalizirao sam se za obnovljive energije, a zatim sam, nakon rada za opskrbljivača energijom u tom području, upao u solarnu industriju. Kao dugogodišnji direktor jedne tvrtke za proizvodnju fotonaponskih modula koji su namijenjeni za integraciju u građevine, imao sam priliku steći veliko iskustvo. Tijekom tog razdoblja često sam, nažalost, morao utvrditi da projekti nisu uvijek bili optimalno planirani, počevši od početne skice preko simulacija i detaljnog projekta pa sve do realizacije. Ta spoznaja o nužnosti urednog projektiranja dovela me, prije otprilike godinu i pol, do osnivanja vlastitog inženjerskog ureda arconsol. (poveznica: www.arconsol.com)

Koje buduće trendove vidite u području generiranja solarne energije?

Da biste mogli govoriti o budućnosti, prvo morate pogledati što je bilo u prošlosti. Moram reći da je prilično fascinantno što se sve zbilo u posljednjih 20 godina. Na primjer, povećanje učinkovitosti u fotonaponskoj tehnologiji, ali i brojke instalacija takvih sustava diljem svijeta. U području arhitektonskih rješenja, koja su u središtu mog rada, već se mogu prepoznati značajni trendovi za budućnost. S jedne strane, oni uključuju postojeće tehnologije koje omogućuju fotonaponske module u boji, kao i poluprozirna rješenja. Mišljenja sam da će ova opcija dominirati tržištem arhitektonskih rješenja u sljedećih nekoliko godina.

Kako bi ti razvoji mogli utjecati na branšu u cjelini?

S jedne strane, još će se više arhitekata odlučiti baviti ovom temom. A s druge strane, moguće je pretpostaviti da će graditelji, agencije za nekretnine

i privatni investitori pokazivati sve veći interes jer nove mogućnosti fotonaponske tehnologije nude zanimljivija rješenja od konvencionalnih sustava koji se postavljaju na krovove.

Postoje li nove tehnologije ili inovativni pristupi za koje smatrate da su posebno obećavajući?

Prvenstveno prepoznajem potencijal u optimizaciji procesa i cjelokupnoj izvedbi projekata, što posebno vrijedi za složene projekte. Ovdje mi na pamet pada ključna riječ „BIM“ (*Building Information Modelling*). Posebno kod privremeno zasjenjenih fotonaponskih fasada dobro je razmijeniti 3D modele s arhitektima i stručnim projektantima kako bi se mogle izvesti početne simulacije. To bi bilo od koristi za cijelu branšu. Iako još uvijek postoje neke mogućnosti za optimizaciju na strani modula, prema mojoj procjeni najveći potencijal se krije u daljnjem poboljšanju procesa i suradnje u okviru projekata.

Koji su tipični izazovi pri implementaciji sustava fotonaponskih fasada i na koji ih se način može savladati? Kako na to gledate, posebno s aspekta zaštite od požara i koordinacije između izvođača različitih radova?

Jedna od najvećih poteškoća zasigurno je nedovoljna upoznatost s fotonaponskim fasadama. Trenutna slika u glavi uključuje puno sustava na krovovima ili fotonaponskih sustava na slobodnim površinama. Nasumične pojave fotonaponskih modula na balkonima samo pojačavaju takav dojam. Stoga je potrebna velika edukativna kampanja kako bi se arhitektima ukazalo na to da postoje i arhitektonski privlačni koncepti sustava. Pretpostavka iz Vašeg pitanja da koordinacija između izvođača različitih radova - tj. rješenja na mjestu njihovog križanja - može biti problematična, također predstavlja jednu od velikih tema. Svijet staklenih fasada i graditeljstva još uvijek nije savršeno isprepleten sa svijetom električne ili fotonaponske energije. Tu još



uvijek predstoji puno napornog rada. Zaštita od požara također je tema o kojoj se puno raspravlja od slučaja katastrofalnog požara koji se zbio u neboderu Grenfell Tower u Londonu 2017. godine. Nadležne službe za graditeljstvo sada su iznimno oprezne i više ne ulaze u nikakve rizike. Osobito su pooštreni zakoni i smjernice u području fotonaponskih sustava. Ovu je temu potrebno riješiti pri projektiranju fotonaponskih fasada, posebno u području visokogradnje. Ne postoje fotonaponski moduli koji se smatraju „negorivima“.

Koje se pogreške često događaju prilikom projektiranja i izvedbe? I koje su Vaše preporuke za izbjegavanje istih?

Najveće pogreške često proizlaze iz različitih razina znanja među uključenim osobama. Evo da objasnim na jednom primjeru: Iskusni projektant elektroinstalacija projektira fotonaponsku fasadu i procjenjuje troškove na temelju svog iskustva sa standardnim fotonaponskim sustavima. Na temelju tog iskustva procjenjuje da su troškovi nešto veći i nada se da je rezultat što bliži onome u stvarnosti. U tom slučaju može doći do neugodnih iznenađenja jer neke stvari jednostavno nisu uzete u obzir. Često dolazi do neslaganja tijekom izvođenja radova jer sučelja nisu optimalno projektirana. Da bismo izbjegli takve probleme, preporučujem pojačanu suradnju. Prije nego što se izvođač određenih radova uplaši da će izgubiti cijeli posao, bilo bi bolje dodijeliti djelomične poslove stručnjacima iz određenog područja ili ih uključiti već u proces projektiranja. Suradnja može pomoći u tome da se izvođači različitih radova bolje međusobno koordiniraju i da cjelokupni proces teče nesmetano.

Kakvu ulogu igra dizajn u prihvatljivosti i implementaciji fotonaponskih sustava u građevinama?

Ona se razlikuje od slučaja do slučaja. U nekim projektima dizajn ne igra nikakvu ulogu, dok je u drugim projektima glavna tema. Zanimljivo je promatrati koliko se pristupi mogu razlikovati. Tako su, primjerice, iznimno svjetlucave solarne čelije nalik mramoru za jednog arhitekta pravi hit, dok je drugom arhitektu glavni cilj „prikriti“ solarne čelije usprkos njihovoj visokoj učinkovitosti.

Ovo se pitanje uvijek mora promatrati u kontekstu konkretnog projekta.

Imate li neko posebno iskustvo ili neki projekt koji Vam je posebno ostao u sjećanju?

To je nedvojbeno bio projekt za Svjetsku izložbu Expo 2017. u Astani u Kazahstanu. Tema sajma bila

je „Energija budućnosti“, a organizatori su imali viziju da se fotonaponski krov integrira u 80 metara veliku kuglu od čelika i stakla. Cijeli proces, od osmišljavanja dizajna u suradnji s arhitektima Adrian Smith + Gordon Gill iz Chicaga (ovaj je ured planirao i Burj Khalifu u Dubaiju, trenutno najvišu zgradu na svijetu) preko faze ponude pa sve do konačne uspješne isporuke, bio je zaista pravi izazov. Na tom smo projektu stekli ogromno iskustvo. No, najbolje je kada stanete ispod krova i vidite „vlastiti rad“ koji je cijeli naš tim uspio realizirati, tada vas preplave osjećaji ponosa i zadovoljstva.

Kako gledate na budućnost proizvodnje energije, a posebno generiranja solarne energije na fasadi u narednih 10 godina?

Rado bih kristalnu kuglu za ovo pitanje. [smijeh] Budućnost proizvodnje energije teško se može predvidjeti. Kada sagledate pokazatelje iz fotonaponske industrije, često se može primijetiti takozvano cikličko formiranje cijena (eng. *pork cycles*), jedna pojava iz ekonomije. Pojednostavljeno, to znači da se u vrijeme visokih cijena proizvoda, u ovom slučaju fotonaponskih modula, povećavaju ulaganja u proizvodnju. Nakon što su tržišta preplavljena velikom količinom dostupnih proizvoda, cijene padaju zbog viška ponude. Trenutačno možemo vidjeti slične pojave s iznimno niskim cijenama fotonaponskih modula iz Azije. Fotonaponski sustavi nikada nisu bili tako pristupačni kao sada.

Kod fasadnih sustava situacija je nešto drugačija. Mnogi okvirni uvjeti, kao što su pravni propisi, dugoročno gledano se kreću u stabilnom smjeru rasta. Prema mom mišljenju, takvih ciklusa u tom pogledu neće biti.

Kada biste mogli uputiti jednu želju prema industriji, političarima i izvođačima, kako bi glasila?

Poruka upućena industriji: Pojačajte suradnje. Poruka upućena političarima: Stvorite stabilne okvirne uvjete. Poruka upućena poduzećima: Držite se i ne odustajte.

Kontakt



dipl. ing. Dieter Moor,
arconsol

Steingasse 9/11
4020 Linz
M: 0660 / 574 37 44
E: dieter.moor@arconsol.com
www.arconsol.com