

# Estetska komponenta postavljanja fotonaponskih ćelija na krovovima i pročeljima niskoenergetskih zgrada

---

Vincek, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:829233>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-10**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

IVONA VINCEK

**ESTETSKA KOMPONENTA POSTAVLJANJA FOTONAPONSKIH ČELIJA  
NA KROVOVIMA I PROČELJIMA NISKOENERGETSKIH ZGRADA**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2023.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

IVONA VINCEK

ESTETSKA KOMPONENTA POSTAVLJANJA FOTONAPONSKIH ĆELIJA  
NA KROVOVIMA I PROĀELJIMA NISKOENERGETSKIH ZGRADA

AESTHETIC COMPONENT OF THE INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC CELL  
ON ROOFS AND FACADES OF LOW-ENERGY BUILDINGS

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Jasmina Ovĉar, v. pred.

ĀAKOVEC, 2023.

**MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU**  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 5. siječnja 2023.

država: **Republika Hrvatska**  
Predmet: **Održivost arhitekture**  
Grana: **2.01.01 arhitektonsko projektiranje**

**ZAVRŠNI ZADATAK br. 2022-OR-R-55**

Pristupnik: **Ivona Vincek (0313025739)**  
Studij: **Redoviti preddiplomski stručni studij Održivi razvoj**  
Smjer: **Održiva gradnja**

Zadatak: **Estetska komponenta postavljanja fotonaponskih ćelija na krovovima i pročeljima niskoenergetskih zgrada**

Opis zadatka:

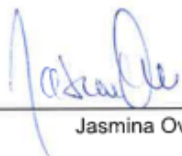
Imperativ gradnje zgrada prema nZeb standardu koja je jedina prihvatljiva i zakonski regulirana održiva gradnja, otvara mnoga pitanja i mogućnosti postizanja energetske učinkovitosti zgrada. Kako bi bila na odgovarajućem stupnju prihvatljivosti u pogledu zakonske regulative, energetske učinkovitosti, smanjivanja CO2 te primjenjivosti obnovljivih izvora energije potrebne prvenstveno za zagrijavanje te osvijetljavanje unutarnjeg prostora, suvremene zgrade, ali i energetska obnova postojećih zgrada, implementiraju fotonaponske ćelije kao obnovljivi izvor koji koristi Sunčevu energiju. S obzirom da arhitektura mora svojim rješenjima zadovoljiti funkciju, konstrukciju i estetiku zgrade, prilikom zadovoljavanja energetske učinkovitosti potrebno je posebnu pozornost voditi i o estetskom izričaju. Na žalost, danas je rezultat postizanja energetske učinkovitosti zgrada često uzrokom neprihvatljivih estetskih rješenja. U tom pogledu ovim radom potrebno je izvesti istraživanje stvarnog stanja na terenu, zabilježiti zgrade s implementiranim fotonaponskim ćelijama te evidentirati pozitivne i negativne primjere, uz preporuku za kvalitetan arhitektonski pristup prilikom projektiranja, rekonstruiranja ili energetske obnove zgrada.

Sadržaj: 1. Uvod; 2. Energetska učinkovitost zgrada - nZeb zgrade; 3. Obnovljivi izvor energije - Sunce; 4. Fotonaponske ćelije - pozitivni i negativni estetski otisak; 5. Preporuke za projektiranje zgrada s implementiranim fotonaponskim ćelijama; 6. Zaključak

Zadatak uručen pristupniku: 5. siječnja 2023.

Rok za predaju rada: 20. rujna 2023.

Mentor:



Jasmina Ovčar, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

## ZAHVALA

*Iskreno zahvaljujem mentorici Jasmini Ovčar, mag. ing. arh. i urb., v. pred., koja me nesebično i hrabro vodila kroz cjelokupno školovanje na Međimurskom veleučilištu u Čakovcu. Zahvaljujem joj za sve ideje, svaki savjet, ali i za svaku kritiku koju mi je uputila, kako u mentorstvu i profesorskim predavanjima, tako i u životnim situacijama. Zahvaljujem svim profesoricama i profesorima koji su mi prenosili znanja tijekom mog školovanja na Veleučilištu. Također zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su me strpljivo i ustrajno bodrili i pružali podršku kroz cijelo moje školovanje.*

*Hvala!*

*Ivona Vincek*

## SAŽETAK

*Imperativ gradnje zgrada prema nZeb standardu, koja je jedina aktualno prihvatljiva i zakonski regulirana održiva gradnja, otvara i postavlja mnogo pitanja i mogućnosti postizanja energetske učinkovitosti zgrada. Kako bi zgrada bila na odgovarajućem stupnju prihvatljivosti u pogledu zakonske regulative, energetske učinkovitosti, smanjivanja CO<sub>2</sub> te primjenjivosti obnovljivih izvora energije kao prioritarnog izvora pri zadovoljavanju potrebe za zagrijavanje te osvjetljavanje unutarnjeg prostora suvremene zgrade, kod novoprojektiranih zgrada, ali i prilikom energetske obnove postojećih zgrada, implementiraju se fotonaponske ćelije. Fotonaponske ćelije predstavljaju suvremeno rješenje koristeći obnovljive izvore energije, u ovom slučaju Sunčevu energiju. S obzirom na to da arhitektura mora svojim rješenjima zadovoljiti funkciju, konstrukciju i estetiku zgrade, prilikom projektiranja te postavljanja fotonaponskih ćelija potrebno je posebnu pozornost voditi i o estetskom izričaju. Solarni paneli su složene konstrukcije koje zahtjevaju više pažnje kod projektiranja nego inače, stoga velika većina ljudi odbija koristiti ovu vrstu iskorištavanja obnovljivih izvora energije. Nažalost, danas je rezultat postizanja energetske učinkovitosti zgrada često uzrok neprihvatljivih estetskih rješenja. Zgrade „pate“ u obziru na estetski izgled te je to dodatan faktor koji ljude odbija od korištenja solarnih panela. U tom pogledu, tema ovoga završnog rada je kako implementirati fotonaponske ćelije (i solarne panele) u današnjoj suvremenoj gradnji na estetski prihvatljiv način, uz prikaze pozitivnih i negativnih primjera iz prakse. Kroz analize i komentare priloženih primjera, predočene su mjere i preporuke za dobro projektirane i uklopljene solarne panele bez narušavanja estetske komponente zgrada i građevina.*

**Ključne riječi:** *energetska učinkovitost, estetska komponenta, fotonaponske ćelije, nZeb zgrade, obnovljivi izvori energije, održiva gradnja, solarni kolektori*

## Sadržaj:

## SAŽETAK

<b>1. Uvod</b> .....	7
<b>2. Energetska učinkovitost zgrada – nZeb zgrade</b> .....	8
2.1. Zakonodavni okviri .....	8
2.2. Karakteristike nZeb zgrada .....	11
2.3. Temeljna načela projektiranja .....	15
<b>3. Obnovljivi izvori energije</b> .....	23
3.1. Voda.....	24
3.2. Vjetar .....	28
3.3. Sunce .....	30
<b>4. Energetska učinkovitost – iskorištavanje potencijala Sunca</b> .....	33
4.1. Solarni kolektori.....	34
4.2. Fotonaponske ćelije.....	36
<b>5. Preporuke za projektiranje fotonaponskih ćelija i solarnih panela na zgradama</b> .....	37
5.1. Funkcionalni aspekt.....	37
5.2. Konstrukcijski aspekt .....	40
5.3. Estetski aspekt .....	42
<b>6. Fotonaponske ćelije i solarni paneli u graditeljstvu</b> .....	46
6.1. Pozitivni primjeri.....	46
6.2. Negativni primjeri .....	48
<b>7. Zaključak</b> .....	49
Literatura .....	50
Popis slika.....	51
Popis tablica.....	54
PRILOG 1. Primjer energetskog certifikata zgrade za stambenu zgradu.....	55

## 1. Uvod

Korištenje obnovljivih izvora energije za sobom povlači slojevit pristup projektiranju zgrade uz detaljniji i oprezniji način projektiranja zgrada te posebno instalacijskog sustava koji se odnosi na potrebe zagrijavanja i hlađenja zgrade, zagrijavanja vode, postupak dobivanja i korištenja električne energije i dr. Obnovljivi izvor energije s najvećim potencijalom iskoristivosti je Sunce. Sunčeva energija je neiscrpan izvor energije i ujedno neovisan o drugim oblicima energije. Najlakši a najučinkovitiji način korištenja Sunčeve energije su solarne elektrane, odnosno solarni paneli. Postavljanje i uklapanje solarnih panela zahtijeva posebni arhitektonski pristup uz brigu o estetskoj komponenti zgrada nakon postavljanja panela. Estetski izgled zgrade ogledalo je dobro promišljenog projektiranja, suradnje svih vrsta inženjera od idejnog koncepta pa do izvedbenih detalja, pri čemu arhitekti posebnu pozornost posvećuju uklapanju solarnih panela u cjelokupni izgled zgrade. Ugledajući se na razvijene zemlje sjeverne Europe, solarni paneli dobivaju sve veću lepezu mogućnosti izbora u pogledu pozicioniranja u odnosu na arhitektonske elemente zgrade. Sve češća je pojava inovativnih rješenja koja su nadišla uobičajeno postavljanje panela na krovove zgrada. Krovovi su često prenatrpani i preopterećeni solarnim panelima do te mjere da postaje upitan estetski efekt zgrade. U tom smislu, funkcija znatno potiskuje estetiku, a što kod dobrih arhitektonskih rješenja nikako nije prihvatljivo. Prateći aktualnu zakonsku regulativu i pravilnike o izgradnji i rekonstrukciji, definitivno je nužnost razmišljanja, projektiranja i postavljanja panela za iskorištavanje Sunčeve energije postala prioritetnim izborom energije, te je upravo stoga potrebno proanalizirati mogućnosti i načine pristupanja novim arhitektonskim rješenjima tako da estetska komponenta ne bude zapostavljena. Pred arhitekta je postavljen izazov postizanja novih kvalitetnih rješenja uvažavajući potrebu i zakonsku obvezu korištenja Sunčeve energije najmanje u razini postizanja kvalitete nZeb zgrade, što često predstavlja znatno estetsko prilagođavanje prvobitno zamišljenog idejnog rješenja. U današnjoj praksi postoje vrlo lijepa i inovativna rješenja, ali isto tako i potpuna zanemarivanja estetskog aspekta, što je ovim radom prikazano s namjerom formiranja stava čitatelja te razvijanja svijesti o zadanom problemu.



## 2. Energetska učinkovitost zgrada – nZeb zgrade

Energetska učinkovitost zgrade definira se kao uporaba manje količine energije za obavljanje istog posla. Ona je najdjelotvorniji način postizanja održivog razvoja, odnosno u ovom pogledu, održive gradnje.

### 2.1. Zakonodavni okviri

U skladu s europskim zakonodavstvom, nacionalnim zakonodavstvom, međusektorskom suradnjom, EU projektima i međusobnim educiranjima u području energetike želi se postići smanjenje emisija CO<sub>2</sub> te povećati energetska učinkovitost u zgradarstvu. Direktiva 2010/31/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 19. svibnja 2010., koja govori o učinkovitosti zgrada, navodi nužnost uvođenja mjera i kriterija za uštedu energije u zgradama te potrebu povećanja broja zgrada koje su energetske učinkovite. Vođena ovom direktivom, od država članica Europska unija zahtijeva da od 31. prosinca 2020. sve zgrade moraju biti zgrade gotovo nulte energije. Republika Hrvatska se ulaskom u Europsku uniju obvezala da će pratiti EU odluke, te je tako i u Hrvatskoj donesena dopuna Zakona o gradnji, koja se odnosi na područje energetske učinkovitosti u graditeljstvu [1]. Prema Zakonu o gradnji (NN RH 153/13, 20/17, 39/19, 125/19), koji je na snazi od prosinca 2019. godine, zgrada gotovo nulte energije definira se kao: *zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva*. Članak 20. (NN 125/19) stavak 3. Zakona o gradnji kaže da: *svaka zgrada, ovisno o vrsti i namjeni, mora biti projektirana i izgrađena tako da je moguće bez značajnijih troškova osigurati individualno mjerenje potrošnje energije, energenata i vode s mogućnošću daljinskog očitavanja za pojedine posebne dijelove zgrade* [1]. Prema toj odluci projektant je dužan prije izvedbe glavnog projekta nove zgrade obratiti pozornost na mogućnost iskorištavanja obnovljivih izvora energije te udio i način korištenja takve vrste izvora prikazati u glavnom projektu. Glavni projekt mora biti u skladu s odredbama za zgrade gotovo nulte energije koje propisuje Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, koji je na snazi od 2020. godine i sastoji se od šest priloga u kojima su detaljno opisani problemi i njihova rješenja, kao što su: toplinski mostovi, popis najvećih dopuštenih vrijednosti i koeficijenata

---

prolaska topline, tablične vrijednosti proračuna energetske gubitaka i slično. Na europskoj razini najznačajniji dokument u području energetske učinkovitosti zgrada je Direktiva 2002/91/EC o energetskim karakteristikama zgrada (*Directive of Energy Performance of Buildings*), koja propagira obvezu štednje energije u zgradama Europske unije.

Ona definira pet bitnih zahtjeva, a to su:

- uspostavljanje općeg okvira za metodologiju proračuna energetske karakteristika zgrada
- primjena minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade
- primjena minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za postojeće zgrade prilikom većih rekonstrukcija
- energetska certifikacija
- redovna kontrola sustava grijanja te sustava hlađenja i klimatizacije u zgradama, kako bi se utvrdila njihova učinkovitost.

Energetski certifikat danas je, uz građevinsku dozvolu i uporabnu dozvolu, obavezan dokument vezan uz svaku zgradu. Zakonski je određeno da svaka nova zgrada stambene ili nestambene namjene mora imati važeći energetski certifikat. On predočuje energetska svojstva zgrade i svrha mu je pružanje informacija vlasnicima i/ili korisnicima zgrada, kao i potencijalnim kupcima i najmoprimcima, o energetskom razredu i svojstvima zgrade. Certifikat vrijedi deset godina i izdaje ga ovlaštena osoba. Sastoji se od općih podataka o vlasniku i zgradi, osobi koja provodi energetske certificiranje, energetskih razreda koji predstavljaju indikatore energetske svojstva zgrade (prilog 1), rezultate proračuna, prijedloge mjera te potpis ovlaštene osobe koja je izradila i izdala energetski certifikat. Energetska svojstva zgrade izražavaju se ukupnom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici korisne površine zgrade [2].

Zgrada se svrstava u određeni energetski razred proračunom dobivenim potrebnom energijom za grijanje, odnosno koliko godišnje kWh (kilovatsati) toplinske energije zgrada

potroši po kvadratu korisne površine zgrade pri referentnim uvjetima.<sup>1</sup> Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetske razreda prema energetske ljestvici od A+ do G, u kojoj A+ označava energetske najpovoljniji razred, a G energetske najnepovoljniji energetske razred. Energetske razredi za stambene i nestambene zgrade razlikuju se u vrijednosti QH n,d.<sup>2</sup>

Za stambene zgrade QH n,d odnosi se na potrebnu toplinsku energiju pri referentnim klimatskim uvjetima izraženima u kWh/m<sup>2</sup>a, dok se za nestambene zgrade QH n,d odnosi na relativnu vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, koja se izražava u postotcima (tablice 1. i 2.) [2].

**Tablica 1.** Energetske razredi i QH n,d ref. vrijednosti za stambene zgrade

Energetski razred	Q <sub>H,nd,ref</sub> – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m <sup>2</sup> a)
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Izvor: [Što je energetske razred zgrade? \(energetskocertificiranje.com.hr\)](http://energetskocertificiranje.com.hr) [1]

<sup>1</sup> Referentni uvjeti – uvjeti pri zadanoj klimatske zoni pri unutarnjoj temperaturi od 20 °C.

<sup>2</sup> QH n,d – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje.

**Tablica 2.** Energetski razredi i QH n,d rel. vrijednosti u % za nestambene zgrade

Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ – relativna vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje u %
A+	$\leq 15$
A	$\leq 25$
B	$\leq 50$
C	$\leq 100$
D	$\leq 150$
E	$\leq 200$
F	$\leq 250$
G	$> 250$

Izvor: [Što je energetski razred zgrade? \(energetskocertificiranje.com.hr\)](http://energetskocertificiranje.com.hr) [1]

Osim energetskih razreda, certifikat se sastoji i od prijedloga mjera koji uključuje mjere koje utječu na energetski razred i koje ne utječu na energetski razred, a odnose se na troškovno optimalno ili troškovno učinkovito poboljšanje energetskih svojstava zgrade odnosno samostalne uporabne cjeline zgrade osim ako nema realnog potencijala za poboljšanje energetske učinkovitosti u odnosu na propisane zahtjeve [2]. Predložene mjere posebno su važne i učinkovite kod energetske obnove postojećih zgrada jer striktno propisuju kojim mjerama se može postići povećanje energetske učinkovitosti zgrade, na koji način, te koji se razred može postići primjenom navedenih mjera. To je dobar pokazatelj kako stručnjacima, tako i vlasnicima što se može/mora poduzeti kako bi se poboljšala energetska učinkovitost zgrade.

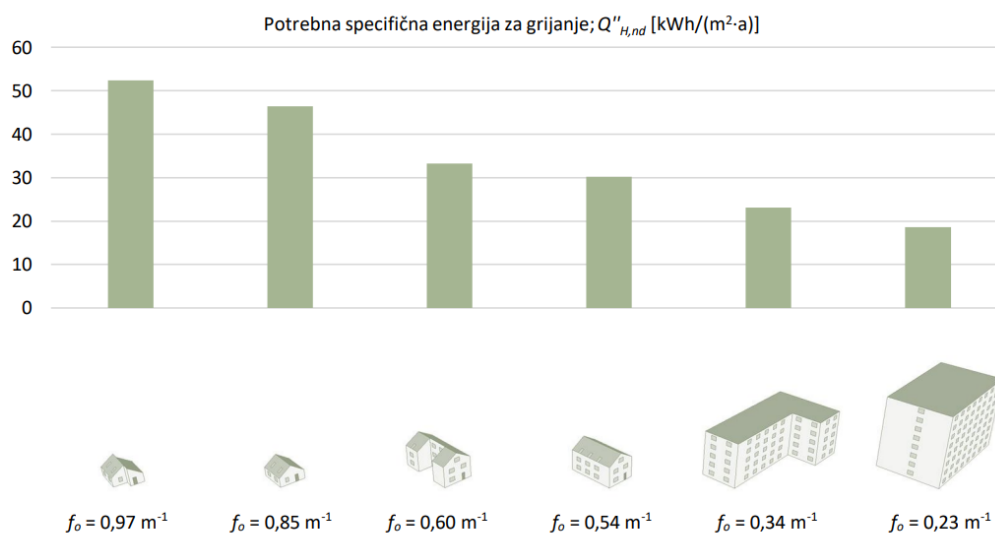
## 2.2. Karakteristike nZeb zgrada

Naziv nZeb zgrada<sup>1</sup> uveden je za obilježavanje zgrade gotovo nulte energije, što znači da takva zgrada ima vrlo visoka energetska svojstva te odgovarajući udio energije iz obnovljivih izvora energije. Kako bi neka zgrada mogla biti nZeb zgrada, mora biti u skladu sa zakonskom regulativom. Za postizanje nZeb standarda gradnje potrebno je prethodno ispuniti uvjete i određene zahtjeve koji su propisani ovisno o vrsti i/ili namjeni, lokaciji i faktoru oblika zgrade. Vrste zgrada prema kojima se određuju kriterij su:

- obiteljska kuća
- višestambena zgrada
- uredska zgrada
- zgrada za obrazovanje
- zgrada trgovine (na veliko i malo)
- hotel i restoran
- bolnica
- sportska dvorana
- ostale nestambene zgrade

Zahtjevi također ovise i o faktoru oblika zgrade  $f_o$  [ $m^{-1}$ ]. Faktor oblika zgrade predstavlja odnos oplošja i obujma grijanog dijela zgrade, a računa se po formuli:  $f_o = A/V$  ( $m^{-1}$ ), pri čemu je  $A$  oplošje grijanog dijela zgrade, a  $V$  obujam grijanog dijela zgrade. Oplošje  $A$  ( $m^2$ ) je ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade, odnosno ovojnica grijanog dijela. Obujam  $V$  ( $m^3$ ) je bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojem je oplošje  $A$  ( $m^2$ ). Oplošje i obujam zgrade u ovom primjeru su inverzni, što znači da će toplinski gubici kroz ovojnicu zgrade biti manji ako je oplošje grijanog prostora ( $A$ ) manji u odnosu na obujam zgrade ( $V$ ).

Na slici 1. prikazan je odnos između specifične energije potrebne za grijanje i faktora oblika zgrade.



**Slika 1.** Faktor oblika prema veličini i razvedenosti zgrade i potrebna specifična energija za grijanje

Izvor: [Smjernice\\_2\\_dio\\_nZEB\\_mgipu.pdf \(gov.hr\)](#) [1]

<sup>1</sup> nZeb zgrada – zgrada koja ima vrlo velika energetska svojstva, odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se pokriti energijom iz obnovljivih izvora energije, uključujući energiju koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, također iz obnovljivih izvora energije

S obzirom na parametar faktora oblika zgrade, može se zaključiti da zgrade koje su razvedenog oblika imaju veće gubitke topline od zgrada jednostavnoga tlocrtnog oblika i čistih linija volumena.

Osnovne karakteristike zgrade gotovo nulte energije ulaze u sve korake i segmente projektiranja i izgradnje, te se u skladu s tim mora obratiti pozornost na mnogo više čimbenika nego što je to bilo uobičajeno u prethodnim desetljećima izgradnje. Faktor oblika zgrade, debljina zidova, namjena zgrade, pozicioniranje otvora vrata i prozora u zgradu samo

---

su neki od segmenata koji imaju iznimno važnu ulogu pri projektiranju nZeb zgrada. Kriterij koji je od značajne važnosti je da zgrada, kako bi bila/postala nZeb zgrada, minimalno 30 % energije koja se koristi za grijanje i/ili kao primarna vrsta energije mora podmiriti energijom dobivenom od obnovljivih izvora energije [3].

Zgrade gotovo nulte energije određene su:

- godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q_{h,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]
- godišnjom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] koja ovisno o namjeni uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu
- minimalnim udjelom isporučene energije podmirenim iz obnovljivih izvora energije
- ispunjavanjem zahtjeva o zrakopropusnosti, koji se dokazuje ispitivanjem na zgradi prije tehničkog pregleda zgrade [3].

Tablica 3. prikazuje najveće dopuštene vrijednosti za nove i nZeb zgrade u pogledu grijanja/hlađenja prostora do 18 °C ili više; ovisno o vrsti zgrade, lokaciji zgrade (kontinentalni ili primorski dio); faktor oblika zgrade prikazani su  $Q_{h,nd}$  i  $E_{prim}$ .

**Tablica 3.** Najveće dopuštene vrijednosti za nove ili nZeb zgrade za grijanje/hlađenje prostora do 18 °C ili više

ZAHTJEVI ZA NOVE ZGRADE i nZEB / GOEZ	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]						$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]			
	NOVA ZGRADA i nZEB / GOEZ						NOVA		nZEB / GOEZ	
	VRSTA ZGRADE	kontinent, $\Theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\Theta_{mm} > 3$ °C			kont	prim	kont
$f_0 \leq 0,20$		$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$\Theta_{mm} \leq 3$ °C	$\Theta_{mm} > 3$ °C	$\Theta_{mm} \leq 3$ °C	$\Theta_{mm} > 3$ °C
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/

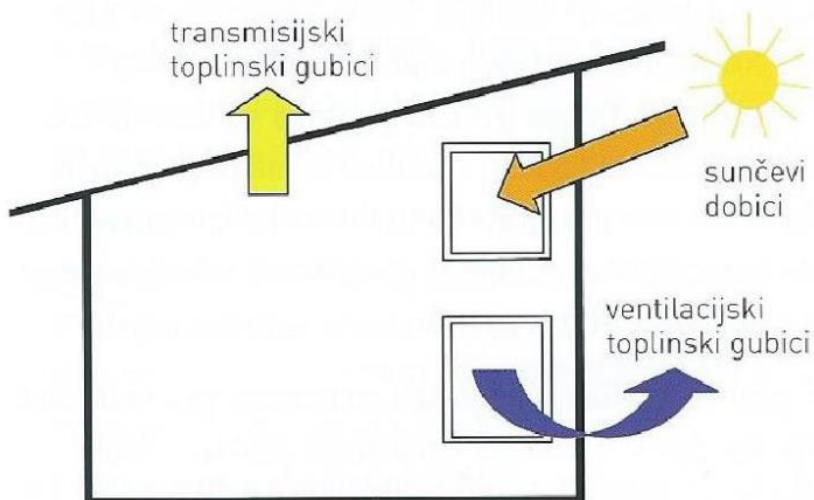
Izvor: [Smjernice\\_2\\_dio\\_nZEB\\_mgipu.pdf \(gov.hr\)](#) [2]

### 2.3. Temeljna načela projektiranja

Osnovni koncept niskoenergetske ili nZeb zgrade je smanjivanje toplinskih gubitaka i optimiziranje solarnih odnosno Sunčevih dobitaka. Odnos između toplinskih gubitaka i dobitaka u zgradi u dužem razdoblju naziva se toplinska bilanca zgrade, a prikazana je slikom 2.[4]. U interesu povoljne energetske bilance je da se postigne ravnoteža između toplinskih dobitaka i gubitaka. Toplinski dobitci zgrade očituju se u dobitcima kroz ostakljene otvore zgrade i od unutarnjih izvora topline (ljudi, uređaji, rasvjeta i dr.), dok se gubitci očituju u transmisivskim gubitcima kroz plašt zgrade i gubitcima provjetranjem.



Kada se postigne ravnoteža između toplinskih gubitaka i dobitaka, može se reći da je postignut standard pasivne kuće, a to je standard koji priželjkujemo da se u skorije vrijeme postigne u što većem broju novih i rekonstruiranih ili energetski obnovljenih zgrada.



**Slika 2.** Prikaz dobitaka i gubitaka kroz ovojnicu zgrade

Izvor: Zbašnik-Senegačnik Martina (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH [2]

Da bi simbioza toplinskih gubitaka i toplinskih dobitaka u praksi bila moguća, potrebno je obratiti pažnju na temeljna načela projektiranja nZeb zgrada. Dobitci Sunčeva zračenja bitan su čimbenik kod uporabe obnovljivih izvora energije. Ono se dovodi u zgradu kroz prozirne dijelove zgrade odnosno kroz ostakljenja, a to su najčešće prozori. Iskorištavanje dobitaka Sunčeva zračenja kroz ostakljenja ovisi o pozicioniranju staklenih dijelova zgrade kako ne bi došlo do većih toplinskih gubitaka od toplinskih dobitaka. Najviše dobitaka Sunčeva zračenja očekuje se na južnoj strani zgrade te se preporuča da staklene površine na južnoj strani budu što veće. Sjeverna strana je puno manje izložena Suncu te je stoga ondje najbolje izbjegavati staklene površine ili, ako su nužne, ostvariti da budu što manje. Kako bi se smanjili transmisijski toplinski gubici, potrebno je pravilno i prema smjernicama za

energetsku učinkovitost projektirati arhitektonske elemente zgrade tako da propuštaju što manje topline iz unutarnjeg prostora prema vanjskom.

Primjer vrlo dobre pozicije ostakljenja i staklenih površina je poslovna zgrada u Gdańsku u Poljskoj, gdje su arhitekti dobro iskoristili položaj stabala i biljaka u blizini zgrade te pozicionirali sve staklene površine prema južnoj strani svijeta (slika 3.).



**Slika 3.** Primjer ostakljenja poslovne zgrade u Poljskoj [3]

Izvor: Trend koji osvaja građevinski sektor značajno će promijeniti jedan tip zgrada (baustela.hr)

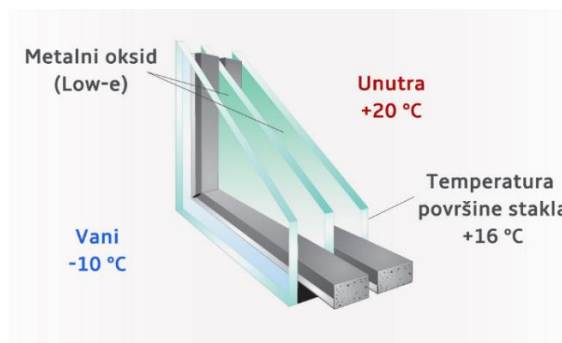
Sunce mijenja svoju poziciju ovisno o dobu dana i o godišnjem dobu, stoga je bitno da se prati kut pada Sunčevih zraka na pojedinoj lokaciji. U zimskim mjesecima Sunce je na nižoj poziciji, pa su i njegove zrake pod manjim kutom, dok je ljeti suprotno (slika 4.). U skladu s tim potrebno je projektirati ostakljene otvore, posebno na južnoj strani zgrade.



**Slika 4.** Kut upada Sunčevih zraka

Izvor: Zbašnik-Senegačnik Martina (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH [4]

Za što bolje iskorištavanje Sunčevih zraka najbolje je uz objekt s južnoga, istočnoga i zapadnog pročelja posaditi listopadno drveće, koja će ljeti pružati zaštitu od jakih Sunčevih zraka s juga, dok će zimi, s obzirom na to da lišće pada, propuštati kroz grane niske zrake Sunca do zgrade, pa i u zgradu. Osim orijentacije staklenih površina, bitna je i vrsta stakla koja se koristi. Zgrade nZeb kategorije koriste izolacijsko ostakljenje koje se sastoji od triju slojeva stakla umjesto uobičajenih dvaju slojeva. Međuprostor ovoga izolacijskog stakla punjen je plemenitim plinom, najčešće argonom, kriptonom ili ksenonom kako bi staklo imalo još bolja izolacijska svojstva. Na staklo je nanesen nevidljiv, vrlo tanak sloj čiji je sastav većinom srebrov oksid. Taj sloj naziva se niskoemisijnski nanos (Low-e premaz). Njegova svrha je spriječiti da kroz staklo prolaze dugovalentne toplinske zrake ljeti, a isto tako spriječiti i prolaz unutarne topline prema van zimi (slika 5.) [4].

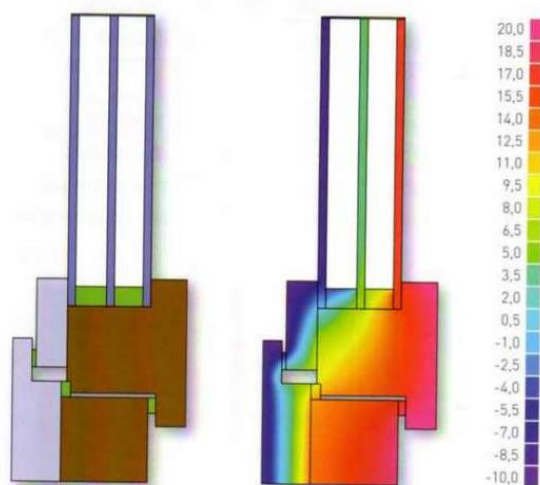


**Slika 5.** Prozor s niskoemisijnskim premazom

Izvor: [Stakla - PVC i ALU centar \(pvc-alu-centar.eu\)](http://Stakla - PVC i ALU centar (pvc-alu-centar.eu)) [5]

Prozori, kao glavna vrsta ostakljenja, trebaju imati dobre toplinskoizolacijske karakteristike. One bi trebale približiti unutarnju površinsku temperaturu prozora što više temperaturi zraka u prostoru, čime bi se, osim toplinskih gubitaka, postigla i veća ugodnost u prostoru.

Slika 6. prikazuje površinske temperature na prozoru s trostrukim ostakljenjem i doprozornikom bez toplinskog mosta. Poželjno je da prozori budu postavljeni tako da kut upada Sunčevih zraka bude što je više moguće okomit, što je najpovoljnije kod tavanskih kosih prozora. Staklene površine najvažnija su komponenta pasivnoga korištenja Sunčeve energije. Trebaju omogućiti kratkovalnom Sunčevu zračenju da zagrijava prostor te da istovremeno ima dovoljno dnevnog svjetla.



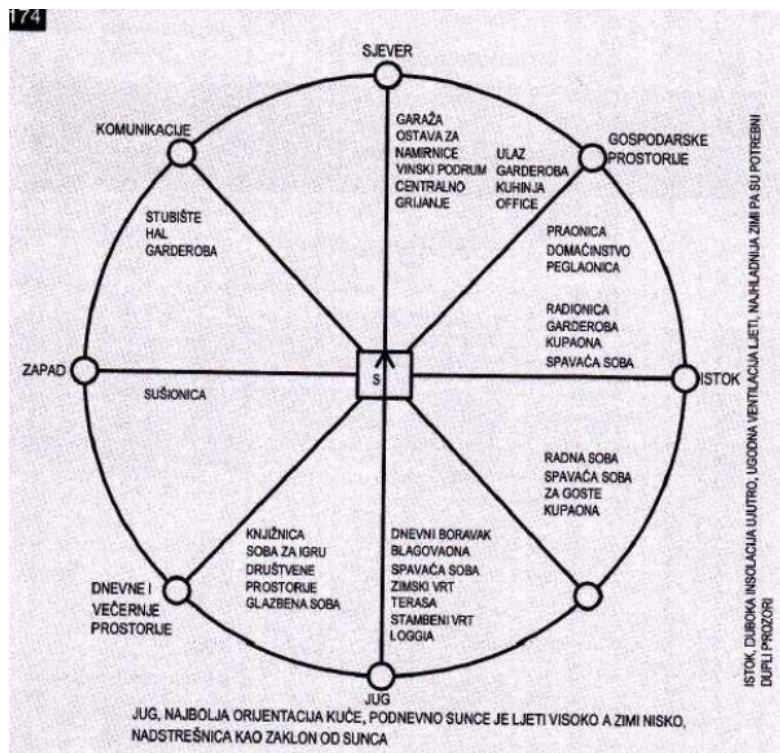
**Slika 6.** Temperaturni profili poprečnog presjeka trostruko ostakljenog prozora s niskoemisivskim nanosom i argonom u međuprostoru

Izvor: Zbašnik-Senegačnik Martina (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH [6]

Da bi svi ovi temeljni dijelovi projektiranja nZeb zgrade vezani uz ostakljenje zgrade bili korisni i maksimalno pridonijeli iskorištavanju Sunčeva zračenja, vrlo je važno voditi računa o još dvama ključnim čimbenicima koji utječu na ukupno iskorištavanje Sunčeve energije, a to su orijentacija zgrade i toplinska izolacija zgrade. Količina dobitaka Sunčeva zračenja ovisi o godišnjem dobu i dnevnom kretanju Sunca te orijentaciji pročelja. Gledajući doba

dana, ujutro je najviše obasjana istočna strana, a kasno poslijepodne zapadna strana. Južna strana najviše Sunčeve svjetlosti dobiva ljeti, a istočna i zapadna nešto manje. Zimi je obratno. Uzimajući godišnja doba i doba dana u obzir, najviše do izražaja dolazi jug, kao najpovoljnija strana za „prikupljanje toplinske Sunčeve energije“. Zgrada orijentirana na jug ima veću mogućnost za pasivno iskorištavanje energije, što znači i da u zimskim razdobljima ima mogućnost iskorištavanja maksimalne Sunčeve energije.

Slika 7. prikazuje preporučene strane svijeta ovisno o namjeni prostorije, za stambene zgrade. Iz slike je vidljivo da prostorije koje zahtijevaju više osvjetljenja i veću toplinsku ugodnost u pogledu postizanja više temperature zahtijevaju pozicioniranje s južne strane, dok nusprostorije ili pomoćne prostorije orijentacijski zauzimaju sjevernu poziciju.



**Slika 7.** Orijentacija prostorija unutar zgrade

Izvor: Uvod u arhitektonsko projektiranje, Ljerka Bjondić [7]



Kako bi se maksimalnu Sunčevu energiju moglo pohraniti i kvalitetno iskoristiti, vanjska ovojnica zgrade mora biti odrađena „bez greške“ – to podrazumijeva kontinuiranost, dovoljnu debljinu toplinskog sloja u skladu s proračunom te izostanak toplinskih mostova. Toplinska izolacija zgrade predstavlja toplinski plašt zgrade koji čine vanjski zidovi, vanjska vrata, staklene površine i prozori, uključujući i pod prema tlu te krov prema otvorenom prostoru. Uloga toplinske izolacije je da tvori granicu između dvaju temperaturnih područja. Ona mora biti jedna neprekinuta cjelina, što znači da mora prekriti sve prozore, vrata i okvire prozora, koji također moraju biti toplinski izolirani, svaki za sebe kao zaseban sustav, te s dobrim preklopnim detaljima. Kao toplinskoizolacijski materijali u nZeb zgradama koriste se već dobro poznati izolacijski materijali kao što su mineralne vune, pjenjeno staklo i slično (slika 8.).



**Slika 8.** Slojevi toplinske izolacije

Izvor: Kapacitet motora: Izolacija zidova kamenom vunom (motora-kapacitet.blogspot.com) [8]

Posljednjih godina sve se češće koriste prirodni materijali, u skladu s održivošću graditeljstva, kao što su ovčja vuna, slama, konoplja, drvena vlakna i slično. Toplinskoizolacijska svojstva navedenih materijala gotovo su jednaka svojstvima klasičnih toplinskoizolacijskih materijala. Osim što su dobri izolatori, prirodni materijali ne štete okolišu te ih je lakše proizvesti i preraditi nego umjetne toplinskoizolacijske materijale. Na slici 9. prikazani su izolacija izrađena od drvenih vlakana, izolacija izrađena od ovčje vune

te zid obložen izolacijom od konoplje. Ovakav tip izolacije iznimno je dobar zbog svoje održivosti i ekološke prihvatljivosti [4].

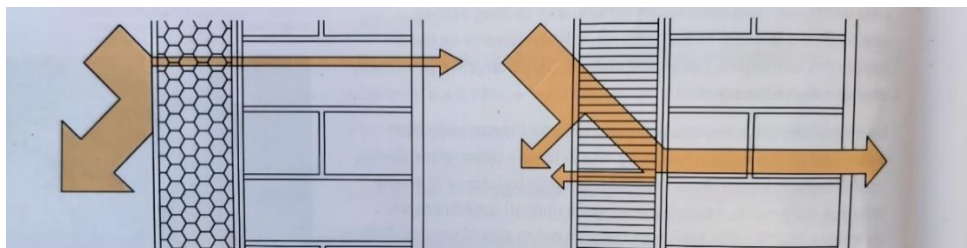


**Slika 9.** Primjeri izolacije od prirodnih materijala – drvena vlakna, ovčja vuna i konoplja

Izvor: obrada autorice [9]

Uz prirodne materijale, sve popularnija postaje takozvana prozirna toplinska izolacija, a izumljena je osamdesetih godina prošlog stoljeća. Ona ima svojstva kao i ostali materijali za toplinsku izolaciju. Osim što sprečava prolaz unutarnje topline prema van, u znatno većem postotku propušta Sunčeve zrake u prostor nego obična toplinska izolacija, što se vidi na slici 10. Svojstvo propuštanja Sunčeva zračenja omogućuje joj da, osim izolacije, bude i pretvornik Sunčeve energije. Formirana je od stakla, prozirnih umjetnih tvari ili kartona i sastavljena od usporedno poredanih tankih cijevi ili okruglica u kojima je spremljen zrak koji ima ulogu toplinskog izolatora. Preporučena debljina uobičajene toplinske izolacije je između 25 cm i 40 cm, ovisno o materijalu i sastavu zida. Prozirna izolacije može biti dvostruko tanja, čak samo 10 cm debljine, a proizvodi se u obliku panela u okvirima. Masivan zid na koji je postavljena prozirna izolacija najčešće je obojen u crno ili neku drugu tamnu boju radi bolje apsorpcije topline. Dobri sustavi prozirne izolacije postižu faktor ukupnog prolaza Sunčeva zračenja i do 65 % te prolaza topline  $U=0,8-0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ovaj tip izolacije funkcionira tako da je s unutarnje strane prekrivena prozirnima folijama kako bi se ćelije zatvorile te tako sprečavale i smanjivale konvekcijske ventilacijske gubitke. Smanjivanjem

konvekcijskih ventilacijskih gubitaka ujedno se smanjuju toplinski gubici koji nastaju provođenjem, te to uvelike utječe na toplinsku bilancu zgrade<sup>3</sup> [4].



**Slika 10.** Prolaz Sunčevih zraka kroz običnu izolaciju (neprozirnu) i prozirnu izolaciju

Izvor: Zbašnik-Senegačnik Martina (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH [10]

### 3. Obnovljivi izvori energije

Prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 138/21), Republika Hrvatska se obvezuje da će smanjiti emisije stakleničkih plinova u razdoblju od 2020. do 2050. godine. Također je prihvatila Europsku direktivu 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Sukladno tomu, ključan element u tom nastojanju je korištenje obnovljivih izvora energije.

Obnovljivi izvori energije u hrvatskom se Zakonu o energiji (NN 120/12, 14/14, 95/15, 102/15, 68/18) definiraju kao: *izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično, posebno energija vodotoka, vjetra, neakumulirana Sunčeva energija, biodizel, biomasa, bioplin, geotermalna energija itd.* Korištenje obnovljivih izvora ne šteti

<sup>3</sup> Toplinska bilanca zgrade – odnos između toplinskih gubitaka i dobitaka u zgradi u dužem razdoblju.



okolišu te tako doprinosi njegovu očuvanju. Brojni su izvori obnovljive energije, a neki od najpoznatijih i najiskorištenijih su Sunce, vjetar i voda.

### 3.1. Voda

Voda je najstariji poznati obnovljivi izvor energije te se njezina snaga koristi već stotinama godina. Počeci uporabe vodene snage bili su mlinovi (slika 11.) i vodenice, korištene za proizvodnju brašna iz pšenice, piljenje drva ili oblikovanje kamenja za gradnju. Snaga i energija vode u prošlosti se koristila i za svrhe rudarskih radova te izvlačenje metalnih ruda i kamenja iz kamenoloma i rudnika.



**Slika 11.** Mlin u Gračacu

Izvor: Gračanski mlin ([gracanski-melin.hr](http://gracanski-melin.hr)) [11]

Voda sama po sebi ima energiju koja se nalazi u dvama oblicima. Prvi oblik je energija koja se koristi kako bi voda tekla, a drugi oblik je potencijalna energija koja se „sprema“ i ne iskorištava se. Prilikom tečenja vode, potencijalna energija prelazi u kinetičku te se upravo ta energija korisno upotrebljava za svrhu obnovljivih izvora energije. Danas se snaga vode najviše upotrebljava za proizvodnju električne energije uz pomoć građevina koje su namijenjene i projektirane za taj proces. Najpoznatija građevina koja se koristi za pretvaranje vodene energije u električnu energiju je hidroelektrana. Prva hidroelektrana u svijetu puštena je u pogon 25. kolovoza 1895. na slapovima Niagare, a samo dva dana kasnije puštena je u pogon i prva hidroelektrana u Hrvatskoj, ujedno i prva u Europi. Hidroelektrana Jaruga (slika

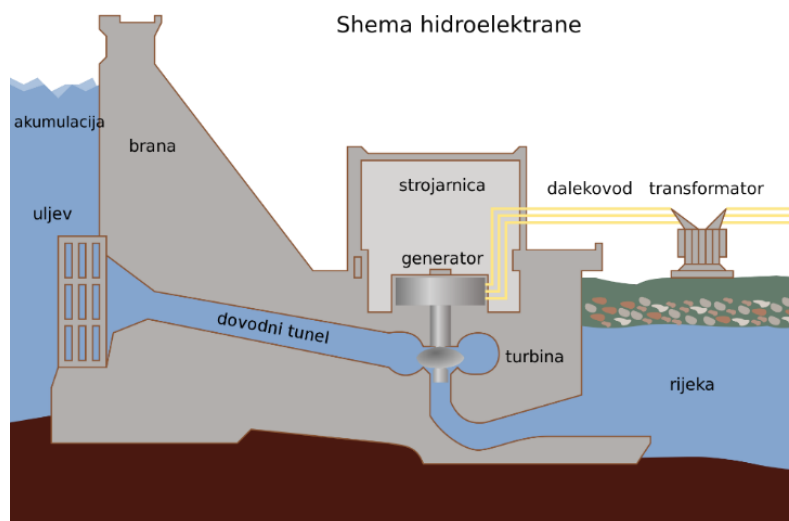
12.) najstarija je hidroelektrana u Europi i nalazi se na donjem dijelu slapa Skradinski buk na rijeci Krki. Danas je ta hidroelektrana u vlasništvu Nacionalnog parka Krka te nije u pogonu.



**Slika 12.** Hidroelektrana Jaruga

Izvor: HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest [12]

Hidroelektrana je složeno postrojenje u kojem se odvijaju složeni procesi pretvaranja vodene snage u električnu energiju. Potencijalna energija se najprije pretvara u kinetičku energiju njezina strujanja te potom u mehaničku energiju, koja vrti propelere turbine koja pokreće glavni generator, koji pretvara mehaničku energiju u električnu (slika 13.).



**Slika 13.** Prikaz dijelova hidroelektraneIzvor: [HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest](#) [13]

Na području Republike Hrvatske nalazi se 17 velikih hidroelektrana (više od 10 MW)<sup>4</sup> koje su akumulacijskog i protočnog tipa, oko 20 manjih hidroelektrana (0,5 do 10 MW) te nekoliko mini i mikro hidroelektrana (0,1 do 0,5 MW). Na slici 14. prikazana su područja velikih i manjih hidroelektrana u Republici Hrvatskoj.

**Slika 14.** Karta hidroelektrana u Republici HrvatskojIzvor: [HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest](#) [14]

<sup>4</sup> MW – unificirana kratica SI jedinice za snagu, megawatt.

Najveća hidroelektrana u Hrvatskoj je HE Zakučac (slika 15.), koja godišnje proizvede oko 500 MW te isporučuje trećinu energije u Hrvatskoj.



**Slika 15.** HE Zakučac

Izvor: HEP Proizvodnja d.o.o. - HE Zakučac [15]

Sjeverni dio Republike Hrvatske većinski je opskrbljen energijom rijeke Drave, a jedna od poznatijih je i Hidroelektrana Varaždin, prikazana na slici 16. [5]





**Slika 16.** HE Varaždin na rijeci Dravi

Izvor: [HEP Proizvodnja d. o. o. – HE Varaždin](#) [16]

### 3.2. Vjetar

Vjetar je bogat, čist i lako dostupan izvor energije. Njegov nastanak je vrlo složen proces koji je uvjetovan brojim čimbenicima i međuprocima u atmosferi. On je određen smjerom, brzinom i jačinom. Brzina vjetra mjeri se anemometrom, a izražava se uobičajenim mjernim jedinicama za brzinu: metar u sekundi (m/s), kilometar na sat (km/h) ili čvorovima. Jačina vjetra određuje se Beaufortovom ljestvicom. Smjer vjetra najčešće se određuje ružom vjetrova.

Kroz povijest vjetar i korištenje snage vjetra bili su od velikog značaja za razvitak pomorstva, vjetrenjača i dr. Danas se snaga vjetra također iskorištava pomoću vjetrenjača odnosno vjetroagregata. Vjetroagregat je stroj koji pokreće snaga vjetra rotirajući lopatice rotora. Kinetička energija vjetra pretvara se u mehaničku energiju koja se preko električnih agregata pretvara u električnu. Iako to možda nije očito, energija vjetra povezana je sa Sunčevom energijom. Vjetar je uzrokovan neravnomjernim Sunčevim zagrijavanjem Zemljine površine. Kada se zagrije, vrući zrak se diže, a hladan struji kako bi zauzeo njegovo mjesto.

Ključan faktor pretvaranja energije vjetra u električnu energiju su vjetroturbine. Vjetroturbine su prosječno visoke oko 90 m, a lopatice vjetroturbina su duge oko 61 m, što

bi značilo da je jedna vjetroturbina velika kao Kip slobode u New Yorku. Vjetroelektrane su se u Hrvatskoj počele razvijati 1988., kada je tvrtka Končar postavila prvi vjetroagregat u brodogradilištu Uljanik, no njegov rad je ubrzo obustavljen.

Prva vjetroelektrana puštena u pogon je Vjetroelektrana Ravne 1 (slika 17.) na Pagu, koja se sastoji od sedam vjetroagregata te je i danas u pogonu. Republika Hrvatska trenutno ima 24 vjetroelektrane, od kojih su 22 u redovitoj funkciji, a dvije su u probnom radu. U pogonu je ukupno 325 vjetroagregata, koji godišnje isporučuju oko 1788 GWh električne energije, a njihov položaj prikazan je na slici 18. Najveća vjetroelektrana u Hrvatskoj je VE Senj, koja je puštena u pogon 2021. godine te je u probnom radu, a predviđena snaga joj je 530 GWh električne energije [6].



**Slika 17.** VE Ravne 1 na Pagu

Izvor: [Vjetroelektrana Ravne 1 – Wikiwand](#) [17]

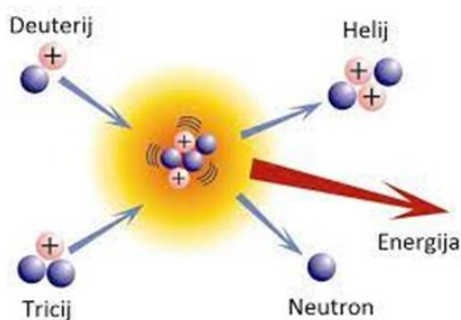


**Slika 18.** Karta vjetroelektrana u Hrvatskoj

Izvor: [1200 MW do 2020.? Hrvatskoj treba nova strategija vjetroenergetike - Poslovni dnevnik](#) [18]

### 3.3. Sunce

Sunce je Zemlji najbliža zvijezda, tako da je neposredno ili posredno izvor velike raspoložive energije na Zemlji. Osim što se za Sunce kaže da je „izvor života na Zemlji“, ono je i neiscrpni izvor energije te time dobiva naziv najefikasnijeg izvora energije, zbog čega se sve više počinju koristiti fotonaponske ćelije i solarni paneli u svim primjenama. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u Sunčevoj jezgri, gdje je temperatura čak 15 milijuna °C. Reakcija koja se događa zove se nuklearna fuzija, a radi se o nastajanju helija spajanjem atoma vodika. Ovom reakcijom oko 600 milijuna tona atoma vodika prelazi u helij u jednoj sekundi. Taj proces oslobađa iznimno puno energije jer se oko 4 milijuna tona vodika pretvara u energiju (slika 19.).



**Slika 19.** Molekulski prikaz nuklearne fuzije

Izvor: [EPortfolio!dlfile.action;jsessionid=AE5A628835ECF85B13F08B73C445A83D](https://eportfolio.dlfile.action;jsessionid=AE5A628835ECF85B13F08B73C445A83D) (fer.hr) [19]

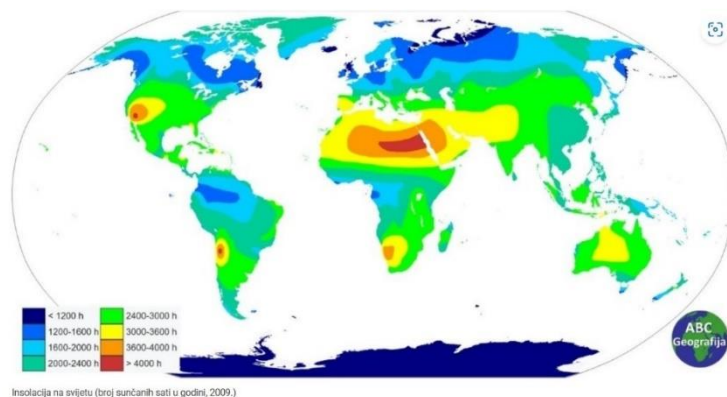
Znanstvena istraživanja pokazala su da je ukupna energija koja dolazi od Sunca prema Zemlji veća od ukupne energije koja se može dobiti iz zaliha ugljena i nafte, što je prikazano na slici 20. Iako se većina te energije iskoristi u prirodnim procesima kao što su fotosinteza, isparavanje i strujanje, i dalje ostaje dovoljno energije koja se može pretvoriti u korisnu energiju odnosno u električnu energiju jer je ona najpotrebnija i najkorisnija za suvremeno čovječanstvo [7].



**Slika 20.** Odnos Sunčeva zračenja i zaliha drugih energenata

Izvor: Sunčeva - solarna energija - Eko-sustav d.o.o. [20]

Sunce, kao i svaka druga zvijezda, isijava određenu količinu svjetlosti. Na Zemlji se ta količina svjetlosti zove insolacija. Insolacija dolazi od latinske riječi *insolatio*, što znači osunčenje ili osunčavati. Meteorologija definira insolaciju kao: *vrijeme u kojem je neko mjesto na Zemlji izravno ozračeno Sunčevim zrakama* [7]. Slika 21. prikazuje kartu svijeta na kojoj je bojama označeno koliko sunčanih sati ima u određenom dijelu svijeta. Može se primijetiti da središnji dio Zemlje dobiva najviše sunčanih sati, što je i očekivano jer je to područje Zemlje stalno izloženo Suncu barem u jednom dijelu dana.



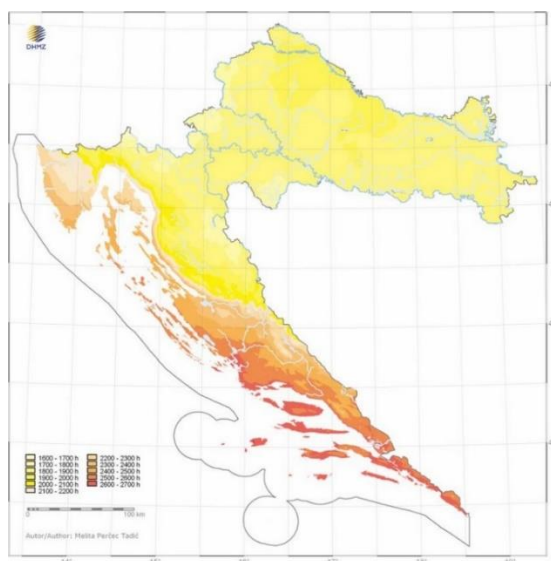
**Slika 21.** Sunčani sati u svijetu;

Izvor: <https://abcgeografija.com teme/insolacija/> [21]



Razlikuju se stvarno osunčavanje i astronomski moguće osunčavanje. Stvarno osunčavanje ovisi o otvorenosti obzora, duljini vidljivog dijela dana i naoblakama, dok je astronomsko moguće osunčavanje ono koje se može izračunati pomoću Sunčeve deklinacije i zemljopisne širine koja se odnosi na promatrano mjesto. Insolacija se mjeri u satima na dan, mjesec ili godinu [7].

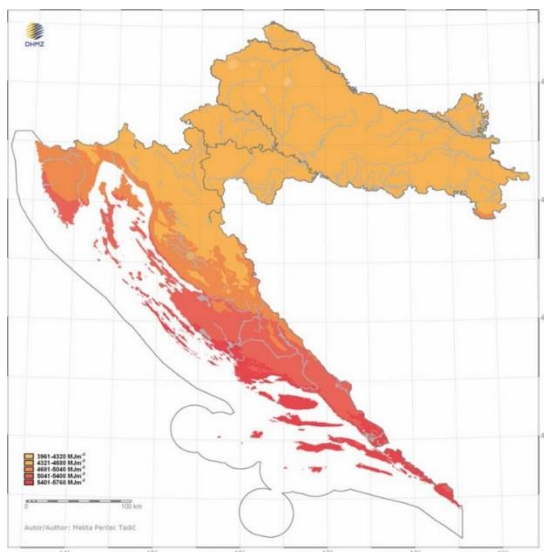
Analizirajući sliku 22., može se primijetiti da Republika Hrvatska ima najviše sati osunčavanja na području srednjeg i južnog Jadrana, što godišnje iznosi približno 2700 sati. Prema unutrašnjosti Hrvatske osunčavanje se smanjuje do približno 2000 sati, pa je tako Zagreb na 1800 sati osunčavanja godišnje, što iznosi 4,9 sunčana sata dnevno. Za usporedbu, najosunčaniji grad u Hrvatskoj je Hvar s 2697 sunčanih sati na godinu, i to je u prosjeku 7,4 sunčana sata dnevno [8].



**Slika 22.** Sunčevo zračenje u Hrvatskoj

Izvor: [DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod](#) [22]

Slika 23. prikazuje područja s najvećim potencijalom za iskorištavanje Sunčeve energije, a to su područje južne Hrvatske i priobalje.



**Slika 23.** Sunčeva energija u Hrvatskoj

Izvor: DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod [23]

Sunčeva energija se može iskorištavati na dva načina, aktivno i pasivno. Aktivno iskorištavanje je iskorištavanje Sunčeve energije pomoću nekih pomagala kao što su solarni paneli ili kolektori, solarne ćelije i slično, dok je pasivno iskorištavanje ono iskorištavanje koje se može kreirati bez pomagala, putem projektiranja zgrade, orijentacije zgrade i orijentacije staklenih površina na zgradi [7].

Drugo poglavlje ovog rada, pod nazivom Energetska učinkovitost zgrade – nZeb zgrade, tumačenje je na koji način je moguće postići što efikasnije pasivno iskorištavanje Sunčeve energije u zgradarstvu. Poštovanje načela projektiranja energetski učinkovitih zgrada od velike je važnosti jer samo dobro projektirana i izvedena zgrada može kvalitetno i učinkovito aktivno iskorištavati Sunčevu energiju. Korištenje solarnih kolektora i fotonaponskih ćelija na zgradama koje nisu dosegle određenu kvalitetu u pogledu energetske učinkovitosti besmisleno je te ne opravdava svoju svrhu i osnovnu namjeru.

#### **4. Energetska učinkovitost – iskorištavanje potencijala Sunca**

Suvremena tehnologija omogućila je postavljanje i korištenje fotonaponskih ćelija u gotovo svim područjima i oblicima. Promatrajući mnoga aktualna arhitektonska rješenja,

fotonaponske ćelije i solarni paneli sve su češće sastavni dio većine zgrada i pomoćnih građevina, ponekad više ili manje estetski prihvatljivih. Međutim, sve je više slučajeva gdje su ljudi otkrili mogućnost iskorištavanja Sunčeve energije izvan građevinske struke. Tako se Sunčeva energija počela koristiti za prometne svrhe: rasvjetu prometnih znakova, obilježavanje prometnih znakova svjetlom, napajanje uređaja za kupnju parkirnih karata te rasvjetu ulica i šetnica. Manji solarni sustavi postavljeni su na uređaj/znak ili u njega, te su oku jedva vidljivi, dok je kolektor vidljiv i pozicioniran na vrhu uređaja/znaka kako bi apsorbirao i pratio kut pada Sunčevih zraka. Ovakva primjena obnovljivih izvora energije, u ovom slučaju Sunca, uvelike pomaže u daljnjem širenju svijesti o uštedi energije te korištenju obnovljivog izvora energije. Širenjem ideje o korištenju solarnih panela i fotonaponskih ćelija širi se i znanje o razlikama između dvaju navedenih sustava, koji, naizgled isti a zapravo različiti, funkcioniraju u simbiozi.

#### **4.1. Solarni kolektori**

Solarni kolektori, poznatiji kao solarni paneli, konstruirani su kako bi prikupljali Sunčevu svjetlost te je pretvarali u toplinu, koja se prvenstveno koristi za grijanje tople vode u zgradama. Mogu predstavljati i izvor električne energije, ali je to neekonomična opcija.

Oni apsorbiraju Sunčevo zračenje te je pomoću crpke prenose do potrošača. Solarni kolektori mogu biti izvedeni na dva načina, a to su ravni pločasti kolektori i cijevni vakuumski kolektori. Razlika između ravnih pločastih i cijevnih vakuumskih kolektora je da je kod vakuumskih kolektora evakuiran prostor između apsorbira i stakla radi smanjenja toplinskih gubitaka uslijed konvekcije. Oni se također razlikuju i vizualno, pa ih je vrlo lako razlikovati (slika 24.).



**Slika 24.** Usporedba pločastih i vakuumskih kolektora

Izvor: Solarni sustavi i solarni kolektori i oprema - Ferro-Term [24]

Temperatura koja se može postići na ravnim pločastim kolektorima doseže do 150 °C. Ovako visoka temperatura ne predstavlja problem kolektorima zbog njihove ravne površine koja im omogućava izrazito veliku apsorpcijsku mogućnost. Velika apsorpcijska moć znači veliku iskoristivost i veću isplativost.

Ravni pločasti kolektori su među jeftinijim oblicima kolektora, stoga se većina ljudi odlučuje upravo za tu varijantu. Vakuumski kolektori izgledom su zahtjevniji od pločastih kolektora, stoga ih je i zahtjevnije uklapati u dijelove zgrada. Vakuumirane cijevi omogućuju minimalne toplinske gubitke prema okolini, te su tako energetske isplativije. Osim energetske isplativosti, znatno su efikasnije od pločastih kolektora. Uspoređujući rad sustava za pripremu tople vode pločastih i vakuumskih kolektora, vakuumski kolektori su učinkovitiji od pločastih za 30 %. Cijevi mogu primiti na sebe temperature čak do 200 °C i iskoristiti je za rad sustava. Okretnost i fleksibilnost cijevi vakuumskim kolektorima omogućuje jednostavnije uklapanje na zgradu, dok pločasti kolektori zahtijevaju postavljanje najčešće samo na krovove, vakuumski se kolektori mogu postavljati i na okomite površine i fasade [9].

## 4.2. Fotonaponske ćelije

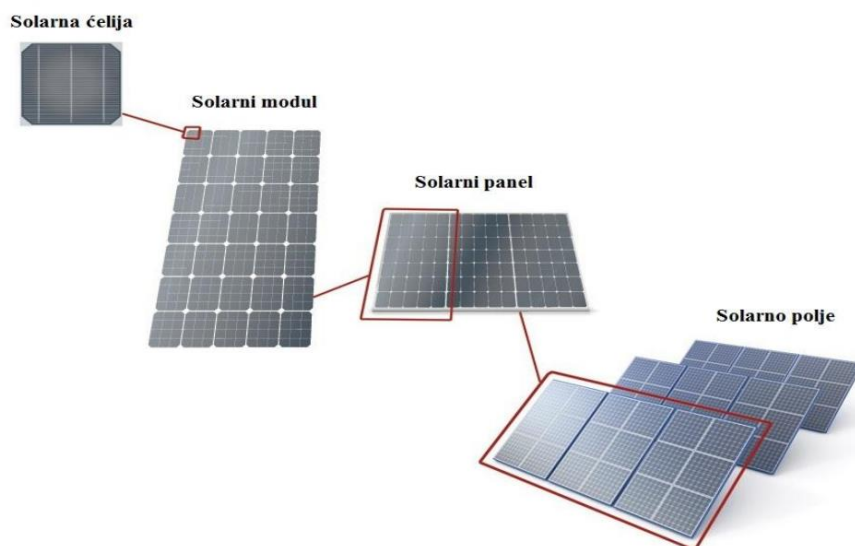
Fotonaponske ćelije, odnosno fotonaponski sustavi, proizvode električnu energiju kroz fotonaponske procese uz pomoć kolektora. Fotonaponske ćelije mogu biti sastavljene od monokristalnih ili polikristalnih materijala. Sustavi se sastoje od velikog broja fotonaponskih ćelija (slika 25.). Broj ćelija po panelu varira između 60 i 75 ćelija, a ovisi o proizvođaču.



**Slika 25.** Fotonaponska ćelija

Izvor: [Fotonaponska ćelija - Princip rada, karakteristike i efikasnost - Automatika.rs](#) [25]

Spajanjem fotonaponskih ćelija dobivaju se solarni paneli koji se mogu vidjeti na krovovima današnjih zgrada (slika 26.) [9].



Slika 26. Sklapanje ćelija u sustav

Izvor: [SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU \(etfos.hr\)](http://www.etfos.hr) [26]

## 5. Preporuke za projektiranje fotonaponskih ćelija i solarnih panela na zgradama

Dizajn solarnih panela i fotonaponskih ćelija vrlo je specifičan te je njihovo uklapanje kompleksan proces i velik je izazov za arhitekte. Osim dizajnom solarnih panela i fotonaponskih ćelija, njihovo uklapanje ograničeno je svojstvima zgrade, klimatskim uvjetima, orijentacijom zgrade, postojećim sustavima za grijanje ili napajanje i dr.

Postoje razne preporuke za projektiranje koje su se razvile unazad nekoliko godina kako bi se paneli i solarni kolektori što bolje uklopili u zgradu. Preporuke ovise o funkcionalnom i konstrukcijskom aspektu, a dodatna zadaća im je da pokušaju obuhvatiti sve probleme u vezi postavljanja i uklapanja panela i kolektora na zgrade ili u kompleks zgrada kako bi one djelovale kao samostalna funkcionalno-konstruktivno-estetska cjelina.

### 5.1. Funkcionalni aspekt

Funkcionalnim aspektom smatra se spajanje postojećeg dijela građevine sa solarnim panelima ili fotonaponskim ćelijama kako bi se postigla energetska učinkovitost zgrade tako

da se opskrbljuje iz obnovljivih izvora energije, konkretno Sunca, za što više potreba zgrade, a prvenstveno za dobivanje električne energije i tople potrošačke vode.

Nastojeći spojiti funkciju i estetiku postavljenih solarnih panela, arhitekti i inženjeri strojarstva i elektrotehnike u mogućnosti su ponuditi niz izazovnih rješenja, koja iz dana u dan iznenađuju svojom inovativnošću i domišljatošću. Prateći tu zamisao, mogu se uklopiti u uređaje za natkrivanje (kupole, tende, zasjenjivače balkona, manje nadstrešnice vezane na građevinu, sjenice i dr.), postati dio fasade, biti dio ravnih i kosih krovova, kao dodatni ugradbeni uređaj ili samonosivi.

Zasjenjivač balkona prikazan na slici 27. iskazuje dvostruku funkcionalnost: solarni paneli stvaraju hladovinu i zaklon od Sunca na lijevom balkonu te istovremeno upijaju Sunčevo zračenje pretvarajući ga u energiju za potrebe stambenog prostora.



**Slika 27.** Solarni panel kao zasjenjivač balkona

Izvor: [Solarni paneli na balkonu i loži: značajke, recenzije \(nastava.info\)](#) [27]

Sve više novih trgova ili parkova ima tzv. solarne klupe. Solarne klupe funkcionalan su dio trga, parka, šetnice i sličnih cjelina, a služe najčešće, uz svrhu sjedenja, za svrhu napajanja mobilnih uređaja. Manji solarni paneli ugrađeni su na klupu ili pored nje, te tako koriste



solarnu energiju za napajanje. Primjer solarne klupe, koju ima i Međimursko veleučilište u Čakovcu, prikazan je na slici 28. Izradila ju je varaždinska tvrtka Solvis d. o. o.; klupica se nalazi ispred Veleučilišta te ima svoju funkcionalnu, konstruktivnu i estetsku autonomnost.



**Slika 28.** Solarna klupa ispred zgrade MEV-a

Izvor: arhiva autorice [28]

Inovacija na tržištu u pogledu funkcionalnosti su solarne rolete, prikazane na slici 29. Imaju funkciju zasjenjivanja unutarnjeg prostora i smanjenja pregrijavanja, a s vanjske strane nalaze se mikrosolarni paneli koji upijaju Sunčevu energiju.





**Slika 29.** Solarne rolete [29]

Izvor: [Solarne roletne koje proizvode čistu energiju u vašem stanu \(gradnja.rs\)](http://gradnja.rs)

Iskorištavanje postojećih dijelova zgrade za postavljanje solarnih panela može biti izazovno zbog konstrukcije i orijentacije odabranog dijela zgrade, stoga se prije izvođenja ovakvog pothvata moraju uzeti u obzir svi faktori, kako bi sve funkcioniralo ispravno te doprinosilo svojoj pravoj svrsi.

## 5.2. Konstrukcijski aspekt

Solarni paneli svojim svojstvima mogu predstavljati zasebne konstrukcije. Oni imaju određenu nosivost i vlastitu težinu, koja se može uklopiti u manje građevinske konstrukcije. Najbolji primjer iskorištavanja ovih svojstava je postavljanje solarnih panela kao pokrova ili kao fasadnog sloja. Najčešće su to nadstrešnice za automobile, manje nadstrešnice iznad terasa i slično.

Švedska je pokazala svoju inovativnost i domišljatost u korištenju solarnih panela u konstrukcijske svrhe te je prva počela koristiti solarne panele za svrhu fasadnog sloja, što je prikazano na slici 30. Rezultat je oblikovanje vanjske fasade samonosivim panelima, što predstavlja završni sloj vanjskoga nosivog zida, istovremeno preuzimajući funkciju vanjskog omotača zgrade i energetskog „punjača“ jer je naizgled ostakljeni dio zgrade zapravo sustav fotonaponskih ćelija. Zgrada je estetski ne samo prihvatljiva nego i vrlo izazovna suvremenog izgleda te odiše održivošću. Konstruktivni element vanjskog zida u svojim je dodatnim slojevima omogućio nenapadno postavljanje panela.



**Slika 30.** Primjer stambene zgrade u Švedskoj

Izvor: Švedski fasadni paneli napajaju objekte solarnom energijom (gradnja.rs) [30]

Nadstrešnice za automobile ili manje nadstrešnice iznad terasa idealne su za postavljanje solarnih panela kao samostalnih konstruktivnih sustava, odnosno za iskorištavanje panela kao svojevrsnog pokrova nadstrešnice – spojeni funkcionalni i konstruktivni aspekt, uz dozu estetike. Solarni paneli svojim svojstvima nosivosti i izdržljivosti mogu biti iskorišteni kao samostalan pokrov, te se tako smanjuje korištenje standardnih pokrova za nadstrešnice kao što su pleksiglas, lim i dr., čime se dodatno doprinosi održivosti kako u pogledu materijalnih resursa, tako i financijskih. Primjer takve nadstrešnice prikazan je na slici 31.



**Slika 31.** Solarni paneli kao samostalan pokrov

Izvor: SUTIVAN-BRAČ - Solarprojekt d.o.o. [31]

Veliki trgovački centri i veće stambene zgrade počele su s iskorištavanjem postojećih i/ili novih nadstrešnica na vlastitim parkiralištima za korištenje solarne energije. Na slici 32. vidi se iskorištenost nadstrešnica na postojećem parkiralištu zgrade /trgovačkog centra/, što predstavlja idealan spoj funkcionalnog i konstruktivnog aspekta te je potpuno primjer održivog načina razmišljanja i gospodarenja materijalima, prostorom i energijom.



**Slika 32.** Iskorištenost nadstrešnica na parkiralištima

Izvor: [Solarna parkirališta su energetska ideja koja pobjeđuje. Zašto onda nisu norma? \(video\) - Automania.hr \[32\]](#)

### 5.3. Estetski aspekt

Estetskim aspektom smatra se sve vidljivo na zgradi i oko nje. Kao i kod funkcionalnog aspekta, obraća se pažnja da svi dijelovi funkcioniraju zajedno, ali i da imaju estetski smisao. S estetskoga gledišta na izgled zgrade najviše utječe fasada. Solarni paneli i fotonaponske ćelije samostalni su sustavi koji se mogu integrirati u jednoslojne ili dvoslojne fasade. Također se mogu implementirati i na kose i zakrivljene zidove.

Slika 33. prikazuje ravne pločaste solarne panele koji imaju sposobnost savijanja do određenog kuta, te se tako mogu postavljati i na zakrivljene podloge poput ulaza u podzemne garaže ili zakrivljene nadstrešnice.



**Slika 33.** Prikaz zakrivljenih panela na neravnoj podlozi

Izvor: [Flexible Solar panels | Solaren Power Philippines \(solaren-power.com\)](#) [33]

Postavljanje solarnih panela na stambene zgrade može biti složeno zbog nedostatnog prostora, stoga se sve češće razvijaju ideje postavljanja panela na fasadu zgrade. Na slici 34. prikazano je domišljato rješenje postavljanja solarnih panela na stambenu zgradu. Postavljanjem panela u trakama između prozora nije „ugrožen“ nijedan prozor, postignut je estetski niz, a površina za postavu panela je dovoljno velika za potrebe zgrade.



**Slika 34.** Solarni paneli na stambenoj zgradi uklopljeni u fasadu

Izvor: [Solarni sistemi dozvoljeni na balkonima i terasama stambenih zgrada u Beču | Visoko.ba](#) [34]



Balkonske ograde često mogu biti estetski upitno uređene, no zbog svoga čestog položaja orijentacije prema jugu postale su idealno mjesto za postavljanje solarnih panela. Ovo je idealno rješenje za zgrade koje nemaju mjesta na krovu zgrade, obiteljske kuće koje nemaju povoljnu orijentaciju krova a žele koristiti solarnu energiju ili pak za one kojima je estetski ljepše uklopljeno na ovaj način u odnosu na standardno postavljanje na krov. Ovaj primjer također predstavlja spoj funkcije, konstrukcije i estetike, s ciljem održivosti zgrade.



**Slika 35.** Iskorištavanje solarnih panela kao balkonskih ograda

Izvor: [Fotonaponski sustav s balkona: ušteda na računu i koristi za okoliš \(planeta-design.com\)](http://planeta-design.com) [35]

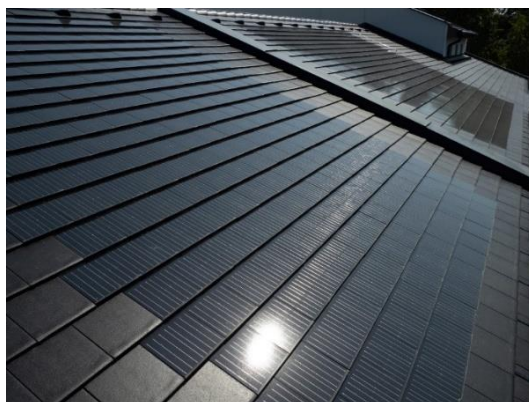
Postavljanje solarnih panela na krov također može biti estetski prihvatljivo odrađeno uz inovacije crepova koji se danas nude na tržištu. Crepovi s integriranim solarnim panelima imaju isti učinak kao i klasični solarni paneli, no imaju prednost u odnosu na obične panele jer nema dodatnog opterećenja na konstrukciju krova i vizualno su prihvatljiviji. Postoji više opcija na tržištu, koje variraju od boje i vrste crijepa, vrste panela koji su uklopljeni do načina na koje su uklopljeni, što sve prvenstveno ovisi o proizvođaču. Slika 36. predstavlja primjer solarnih panela uklopljenih na tradicionalnom crijepu. S obzirom na kosinu krovne površine, efikasnost postavljanja panela na kose krovove gotovo da nema adekvatnu zamjenu. Stoga je razvijanje ovakvih modela od velike važnosti u pogledu energetske dobitaka.



**Slika 36.** Solarni paneli uklopljeni u tradicionalni crijep

Izvor: [Solarne pločice \(planeta-design.com\)](http://planeta-design.com) [36]

Osim što se mogu uklapati u crijep, solarni paneli mogu se uklapati i u druge vrste pokrova, kao što je npr. lim. Lim po svojim svojstvima ima predispozicije da se na njega vrlo lako postavljaju solarni paneli, no često nisu dobro usklađeni u pogledu fizikalnih, kemijskih i drugih svojstava. Sukladno s idejom ugradnje solarnih panela u već gotov crijep za pokrov, zamisao se proširila i na uklapanje panela u limene pokrove. Uklapanje u ovu vrstu pokrova doprinijelo je estetskom izgledu zgrade i omogućilo daljnje razmišljanje o uklapanju panela i u druge vrste pokrova (slika 37.).



**Slika 37.** Limeni krov s ugrađenim solarnim panelima

Izvor: [Solarne pločice \(planeta-design.com\)](http://planeta-design.com) [37]

## 6. Fotonaponske ćelije i solarni paneli u graditeljstvu

Kad se postavlja pitanje pozicioniranja fotonaponskih ćelija, u većini slučajeva odgovor je – na krov. Krov je idealno i efikasno rješenje zbog svojstava koje sam po sebi ima, no ne mora biti i jedino moguće rješenje. Česti primjeri postavljanja solarnih sustava na krovove zgrada dokazuju da takva opcija može biti neukusna ili neestetska, što na kraju narušava kompletan izgled zgrade i okoliša, užeg i šireg. Vidljivost fotonaponskih ćelija i solarnih panela primarno utječe na izgled kompletne zgrade, stoga većina ljudi ne prihvaća takvu opciju postavljanja, što često rezultira i odbijanjem korištenja solarnih panela i fotonaponskih ćelija.

### 6.1. Pozitivni primjeri

Postavljanje solarnih panela i fotonaponskih ćelija vrlo je zahtjevan proces koji iziskuje iskustvo u projektiranju i razmišljanje o estetskom izgledu zgrade već prilikom razrade idejnih rješenja pa sve do kasnijih izvedbenih detalja. Iako postoji više negativnih primjera izgleda zgrada s ugrađenim solarnim panelima ili fotonaponskim ćelijama, sve više se pojavljuju zgrade koje svojim modernim izgledom i dobrim uklapanjem solarnih panela privlače pozornost ljudi i struke. Dobro izvedeno postavljanje rezultat je dobrog promišljanja i sve većeg uključivanja arhitektonskog mišljenja koje interaktivno razvija funkcionalnu, konstruktivnu i estetsku dimenziju. Uključujući dobro pozicioniranje, prateći preporuke za projektiranje i uzimajući u obzir estetske komponente, zgrada može dobiti potpuno nov izgled, koristeći pritom elemente za iskorištavanje solarne energije kao obnovljivog izvora energije.

Na slici 38. prikazano je odlično uklapanje solarnih panela u pokrov krova. Na izgled neprimjetni solarni paneli idealno su uklopljeni u zgradu, prateći boju pokrova krova i debljinu panela. Primjećuje se da je ostavljen prostor na krovu, što znači da ako bi zgrada zahtijevala više energije, postoji mogućnost uklapanja dodatnih panela na isti način kao i za prethodne panele.



**Slika 38.** Solarni paneli koji su dobro uklopljeni u pokrov krova

Izvor: Fotovoltaik za domaćinstva i stambene jedinice (solarnaenergija365.com) [38]

Dobro postavljeni paneli moraju pratiti i nagib krova, kao i orijentaciju prema južnoj i jugozapadnoj strani. Razvedenošću krovne plohe, a time i pokrovom krova, pruža se velika mogućnost pravilnog postavljanja panela uz maksimalno iskorištavanje energetskih dobitaka Sunca. Na primjeru slike 39. vidljivo je vrlo dobro uklapanje – prema orijentaciji, boji, teksturi – nenametljivost postavljenih krovnih panela ni na koji način nije ugrozila estetski doživljaj kuće, a doprinijela je njezinoj energetskoj učinkovitosti i održivosti.



**Slika 39.** Postavljeni solarni paneli prate razvedenost i orijentaciju krova

Izvor: Što trebate znati prije postavljanja solarnih panela - Salvia Kornati (kadulja.com) [39]



## 6.2. Negativni primjeri

Krovovi u većini slučajeva u potpunosti prekriveni panelima, što je prikazano na slici 40., često predstavljaju težak estetski element za zgradu. Paneli koji nisu postavljeni simetrično i jednako rezultat su krivog mjerenja i projektiranja solarnog sustava. Krov privlači svu pozornost, zgrada ostaje gotovo neupečatljiva, a jedan tavanski prozor kao „greška“.



**Slika 40.** Primjer krova preopterećenog panelima

Izvor: [Upotreba solarne energije u Bosni i Hercegovini | Manager.ba](#) [40]

Paneli su relativno veliki uređaji koje je teško ukomponirati u zgradu i njezine komponente te njihovo postavljanje ovisi o drugim, već navedenim čimbenicima, na koje se ne može puno utjecati prilikom postavljanja panela. Dobar odabir pozicije, jednakost panela u vrsti i veličini, odabir boje pokrova i panela te geometrijska točnost pri izvedbi doprinose modernom i suvremenom izgledu zgrade.

Postojeće zgrade koje se opremaju solarnim panelima vrlo često ne ostavljaju mnogo prostora za kvalitetna rješenja. S druge strane, novoprojektirane zgrade mogu atraktivnim izgledom čak privući pažnju promatrača i osvojiti postignućem energetske učinkovitosti ne narušavajući estetski dojam.

Primjer lošeg uklapanja boje solarnih panela u pokrov krova prikazan je na slici 41.



**Slika 41.** Loša uklopljenost boje panela s bojom pokrova

Izvor: ZiP info - Kako do podrške u realizaciji solarne elektrane za kućanstvo (zgradonacelnik.hr) [41]

## 7. Zaključak

Fotonaponske ploče izvrstan su način iskorištavanja najpotencijalnijega obnovljivog izvora energije – Sunca. Zakonskim okvirima propisani su kriteriji za iskorištavanje obnovljivih izvora energije i kriteriji za nZeb gradnju, te se i tako pokušava promicati korištenje obnovljivih vrsta energije u svim segmentima. Današnja oprema i tehnologija dovela je postavljanje solarnih fotonaponskih panela na vrlo visoku razinu kvalitete i učinkovitosti. Iako je uvriježeno mišljenje da se paneli postavljaju isključivo na krovove, ovim se radom pokazalo da postoji i cijeli niz drugih opcija, koje sa sobom nose veću održivost u pogledu raspolaganja materijalnim i financijskim resursima te posebno s boljim rezultatima u pogledu zadovoljavanja estetskih kriterija zgrade. Imperativ održivosti zgrada, smanjenja zagađenja i smanjenja troškova energetske potrebe zgrada stavlja investitore, vlasnike, arhitekte, inženjere i izvođače u potpuno nov položaj dizajniranja zgrada. Fotonaponske ćelije postale su sastavni i neizostavni dio krovova, pročelja, nadstrešnica, urbane opreme i dr., te je potrebno unaprijed razmišljati i o estetskoj komponenti.

Sve veća svijest o korištenju obnovljivih izvora energije utjecala je na domišljatost rješenja problema napajanja manjih pomagala koja se koriste u svakodnevnom životu. Širenjem svijesti o „zelenoj gradnji“ i korištenju prirodnih resursa korak smo bliže ostvarenju Direktive Europske unije. Prateći arhitektonske savjete, postavljanje fotonaponskih panela ne mora ispasti neuredno i neukusno, nego može biti vrlo zanimljivo i neobično, a istovremeno suvremeno, moderno i, što je najvažnije, održivo.

## Literatura

- [1] Zakon o gradnji (2019.) Dostupno na: [Zakon o gradnji - Zakon.hr](#) (1.4.2023.)
- [2] Pravilnik o energetsom pregledu i energetsom certificiranju zgrade (2017.) Dostupno na: [Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju \(nn.hr\)](#) (1.4.2023.)
- [3] Smjernice za zgrade gotovo nulte energije (2016.) Dostupno na: [Smjernice\\_2\\_dio\\_nZEB\\_mgipu.pdf \(gov.hr\)](#) (4.4.2023.)
- [4] Zbašnik Senegačnik M. PASIVNA KUĆA, Zagreb SUN ARH d. o. o.; 2009.
- [5] Državni hidrometeorološki zavod - Sektor za hidrologiju (2014.) Dostupno na: [smd14\\_oskorus.pdf \(klima.hr\)](#) (16.5.2023.)
- [6] Durišić R. Ž. VJETROELEKTRANE, Beograd Akademska misao; 2019. Dostupno na: [155296.pdf \(knjizara.com\)](#) (11.6.2023.)
- [7] EKO-SUSTAV, Sunčeva - solarna energija [Elektronički časopis] 2020. Dostupno na: [Sunčeva - solarna energija - Eko-sustav d.o.o. \(11.6.2023.\)](#)
- [8] Državni hidrometeorološki savez (2017.) Dostupno na: [DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod](#)
- [9] Solarni kolektori (2017.) Dostupno na: [Solarni kolektori - MC Solar](#)

## Popis slika:

<b>Slika 1.</b> Faktor oblika prema veličini i ravedenosti zgrade i potrebna specifična energije za grijanje ..... <a href="#">Smjernice 2 dio nZEB mgipu.pdf (gov.hr)</a> [1] (4.4.2023.) .....	13
<b>Slika 2.</b> Prikaz dobitaka i gubitaka kroz ovojnici zgrade [2]...(4.4.2023.).....	16
<b>Slika 3.</b> Primjer ostakljenja poslovne zgrade u Poljskoj [3]...(4.4.2023.).....	17
<b>Slika 4.</b> Kut upada Sunčevih zraka [4]...(4.4.2023.).....	18
<b>Slika 5.</b> Prozor s niskoemisijjskim premazom ... <a href="#">PVC i ALU centar - Optimalna kvaliteta s dugotrajnom garancijom (pvc-alu-centar.eu)</a> [5]...(4.4.2023.).....	18
<b>Slika 6.</b> Temperaturni profili poprečnog presjeka trostruko ostakljenog prozora s niskoemisijjskim nanosom i argonom u međuprostoru [6]... (4.4.2023.).....	19
<b>Slika 7.</b> Orijehtacija prostorija unutar zgrade [7]... (10.4.2023.).....	20
<b>Slika 8.</b> Slojevi toplinske izolacije [8]... (10.4.2023.).....	21
<b>Slika 9.</b> Primjeri izolacije od prirodnih materijala [9] <a href="#">Mar-Produkt - Ekološki izolacijski sustavi od prirodnih drvenih vlakana</a> (drvena vlakna), : <a href="#">ARHITEKTURA+EKOLOGIJA (arhiteko.hr)</a> (ovčja vuna), <a href="#">Iznenadujući svet konoplje: KONOPLJA- najodrživiji građevinski materijal na Zemlji (udruzenjekonoplja.net)</a> (konoplja)... (10.4.2023.) .....	22
<b>Slika 10.</b> Prolaz Sunčevih zraka kroz običnu izolaciju (neprozirnu) i prozirnu izolaciju [10]... (10.4.2023.) .....	23
<b>Slika 11.</b> Mlin u Gračacu... <a href="#">Gračanski melin (gracanski-melin.hr)</a> [11]...( 2.5.2023.) .....	24

---

<b>Slika 12.</b> Hidroelektrana Jaruga... <a href="#">HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest</a> [12]...(2.5.2023.).....	25
<b>Slika 13.</b> Prikaz dijelova hidroelektrane ... <a href="#">HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest</a> [13]...(2.5.2023.) .....	26
<b>Slika 14.</b> Karta HE u Republici Hrvatskoj... <a href="#">HEP Proizvodnja d.o.o. - Povijest</a> [14]...(2.5.2023.) .....	26
<b>Slika 15.</b> HE Zakućac... <a href="#">HEP Proizvodnja d.o.o. - HE Zakućac</a> [15]...(2.5.2023.)27	
<b>Slika 16.</b> HE Varaždin na rijeci Dravi... <a href="#">HEP Proizvodnja d.o.o. - HE Varaždin</a> [16]...(2.5.2023.) .....	28
<b>Slika 17.</b> VE Ravne 1 na Pagu... <a href="#">Vjetroelektrana Ravne 1 - Wikiwand</a> [17]...(6.5.2023.) .....	29
<b>Slika 18.</b> Karta VE u Hrvatskoj... <a href="#">1200 MW do 2020.? Hrvatskoj treba nova strategija vjetroenergetike - Poslovni dnevnik</a> [18]... (6.5.2023.).....	29
<b>Slika 19.</b> Molekulski prikaz nuklearne fuzije... .....	30
<a href="#">EPortfolio!dlFile.action;jsessionid=AE5A628835ECF85B13F08B73C445A83D</a> (fer.hr) [19]... (10.5.2023.)	
<b>Slika 20.</b> Odnos Sunčeva zračenja i zaliha drugih energenata... <a href="#">Sunčeva - solarna energija - Eko-sustav d.o.o.</a> [20]... (10.5.2023.).....	31
<b>Slika 21.</b> Sunčani sati u svijetu... <a href="#">Je li Hrvatska sunčana zemlja? - ABC Geografija</a> [21]...( 11.5.2023.) .....	31
<b>Slika 22.</b> Sunčevo zračenje u Hrvatskoj... <a href="#">DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod</a> [22]... (11.5.2023.) .....	32
<b>Slika 23.</b> Sunčeva energija u Hrvatskoj... <a href="#">DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod</a> [23]...( 11.5.2023.) .....	33

---

---

<b>Slika 24.</b> Usporedba pločastih kolektora i vakuumskih kolektora ... <a href="#">Solarni sustavi i solarni kolektori i oprema - Fero-Term</a> [24]... ( 25.5.2023.).....	35
<b>Slika 25.</b> Fotonaponska ćelija... <a href="#">Fotonaponska ćelija - Princip rada, karakteristike i efikasnost - Automatika.rs</a> [25]... ( 25.5.2023.).....	36
<b>Slika 26.</b> Sklapanje ćelija u sustav... <a href="#">SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU (etfos.hr)</a> [26]... (25.5.2023.).....	37
<b>Slika 27.</b> Solarni panel kao zasjenjivač balkona... <a href="#">Solarni paneli na balkonu i loži: značajke, recenzije (nastava.info)</a> [27]... (12.6.2023.) .....	38
<b>Slika 28.</b> Solarna klupa ispred zgrade MEV-a [28]...(15.6.2023.).....	39
<b>Slika 29.</b> Solarne rolete... <a href="#">solarne roletne   Gradnja</a> [29]...(20.6.2023.).....	40
<b>Slika 30.</b> Primjer stambene zgrade u Švedskoj... <a href="#">Švedski fasadni paneli napajaju objekte solarnom energijom (gradnja.rs)</a> [30]... (18.6.2023.) .....	41
<b>Slika 31.</b> Solarni paneli kao samostalan pokrov... <a href="#">Početna - Solarprojekt d.o.o.</a> [31]...(18.6.2023.).....	41
<b>Slika 32.</b> Iskorištenost nadstrešnica na parkiralištima... <a href="#">Solarna parkirališta su energetska ideja koja pobjeđuje. Zašto onda nisu norma? (video) - Automania.hr</a> [32]...(18.6.2023.).....	42
<b>Slika 33.</b> Prikaz zakrivljenih panela na neravnoj podlozi... <a href="#">Flexible Solar panels   Solaren Power Philippines (solaren-power.com)</a> [33]... (18.6.2023.).....	43
<b>Slika 34.</b> Solarni paneli na stambenoj zgradi uklopljeni u fasadu... <a href="#">Beč: Solarni sistemi dozvoljeni na balkonima i terasama stambenih zgrada - Poslovne novine</a> [34]... (18.6.2023.) .....	43

---

---

<b>Slika 35.</b> Iskorištavanje solarnih panela kao balkonskih ograda... <a href="#">Fotonaponski sustav s balkona: ušteda na računu i koristi za okoliš (planeta-design.com)</a> [35]... (18.6.2023.) .....	44
<b>Slika 36.</b> Solarni paneli uklopljeni u tradicionalni crijep... <a href="#">Solarne pločice (planeta-design.com)</a> [36]... (20.6.2023.) .....	45
<b>Slika 37.</b> Limeni krov s ugrađenim solarnim panelima... <a href="#">Solarne pločice (planeta-design.com)</a> [37]...(20.6.2023.) .....	45
<b>Slika 38.</b> Solarni paneli koji su dobro uklopljeni u pokrov krova... <a href="#">Fotovoltaik za domaćinstva i stambene jedinice (solarnaenergija365.com)</a> [38]... (17.6.2023.).....	47
<b>Slika 39.</b> Postavljeni solarni paneli prate razvedenost i orijentaciju krova <a href="#">Što trebate znati prije postavljanja solarnih panela - Salvia Kornati (kadulja.com)</a> [39]... (17.6.2023.) .....	47
<b>Slika 40.</b> Primjer krova preopterećenog panelima... <a href="#">Upotreba solarne energije u Bosni i Hercegovini   Manager.ba</a> [40]...(17.6.2023.) .....	48
<b>Slika 41.</b> Loša uklopljenost boje panela s bojom pokrova ... <a href="#">ZiP info - Solarne elektrane za kućanstva - besplatna predavanja - Zgradonačelnik.hr (zgradonacelnik.hr)</a> [41]...(17.6.2023.) .....	49
 <b>Popis tablica:</b>	
<b>Tablica 1.</b> Energetski razredi i QH n,d ref. vrijednosti za stambene zgrade... <a href="#">ificiranje.com.hr/sto-je-energetski-razred-zgrade/</a> [1]... (12.6.2023.) .....	10
<b>Tablica 2.</b> Energetski razredi i QH n,d rel. vrijednosti u % za nestambene zgrade. .... <a href="#">ificiranje.com.hr/sto-je-energetski-razred-zgrade/</a> [2] (12.6.2023.).....	11
<b>Tablica3.</b> Najveće dopuštene vrijednosti za nove ili nZeb zgrade za grijanje/hlađenje... <a href="#">Smjernice 2 dio nZEB mgipu.pdf (gov.hr)</a> [3]...(11.5.2023.).....	15

---


## PRILOG 1. Primjer energetskog certifikata zgrade za stambenu zgradu


Izvor: arhiva Moderna d. o. o.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE			
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (Narodne novine, 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)			
STAMBENA ZGRADA - OBITELJSKA KUĆA			
Naziv zgrade			
-			
Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade			
ULICA STJEPANA RADIĆA 20		42214	
Ulica i kućni broj		Poštanski broj	
Beletinec			
Mjesto			
<b>PODACI O ZGRADI</b>		<input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija	
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)		Obiteljske kuće	
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava		zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom	
Vlasnik / Investitor		OPĆINA SVETI ILIJA	
k.č.br.	1854	k.o.	Beletinec
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_k$ [m <sup>2</sup> ]	50,03	Godina izgradnje / rekonstrukcije	1960 / 1960
Građevinska (bruto) površina zgrade [m <sup>2</sup> ]	83,21	Mjerodavna meteorološka postaja	VARAŽDIN
Faktor oblika $f_o$ [m <sup>-1</sup> ]	1,49	Referentna klima	Kontinentalna
<b>ENERGETSKI RAZRED ZGRADE</b>		Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q^{*}_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
		<b>G</b> 403,39	<b>G</b> 990,29
Upisati "nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ <sup>1</sup>			
Pojedinačno zaštić. kulturno dobro/unutar zaštić. kult.-povijes. cjeline		Ne	
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> a)] <sup>1</sup>		0 25 50 75 100 125 150 175 200	
144,83			
<b>ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT</b>			
Oznaka energetskog certifikata	P_910_2015_11301_521	Datum izdavanja	29.5.2023.
Datum važenja	29.5.2023.	Registarski broj	P-910/2015
Naziv ovlaštene pravne osobe	MODERNA d.o.o.		
Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe /potpis	Hrvoje Matotek, mag. ing. el. Dokument je elektronički potpisan. Valjanost elektroničkog potpisa i potpisnikov identitet može se provjeriti na stranici koja je prilog ovog dokumenta.		
<b>PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA</b>			
Dio	Građevinski	Strojarski	Elektrotehnički
Ime i prezime ovlaštene osobe			
Naziv pravne osobe			
Registarski broj			
Potpis			
<sup>1</sup> za stvarne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava			
		ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str.1/4	



GRADEVINSKI DIJELOVI ZGRADE				
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H'_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,50			
KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE	$U$ [W/(m <sup>2</sup> K)] <sup>2</sup>	$U_{dop}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Ispunjeno	
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetranom tavanu	1,89	0,30	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE	
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetranom tavanu	0,99	0,25	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE	
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu	1,20	0,40	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE	
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže			<input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE	
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C	2,98	0,40	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE	
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja	3,60	1,60	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE	
Vanjska vrata s neprozirnim vratnim krilom			<input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE	
Stropovi i zidovi između samostalnih uporabnih cjelina zgrade (stanova, poslovnih prostora)			<input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE	
Broj izmjena zraka kod razlike tlakova od 50 Pa izmjerenoj prilikom ispitivanja zrakopropusnosti prema važećem TPRUETZZ na novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prije tehničkog pregleda zgrade, $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	8,00			
PODACI O TERMOTEHNIČKIM SUSTAVIMA ZGRADE				
Način grijanja zgrade	<input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> etažno	<input type="checkbox"/> centralno	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Način pripreme potrošne tople vode	<input type="checkbox"/> lokalno	<input type="checkbox"/> centralno	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Izvor energije za grijanje zgrade	<input type="checkbox"/> prirodni plin <input type="checkbox"/> loživo ulje <input type="checkbox"/> drvo (cjepanice) <input type="checkbox"/> daljinski izvor	<input type="checkbox"/> ukapljeni naftni plin <input type="checkbox"/> električna energija <input type="checkbox"/> drvena biomasa <input type="checkbox"/> -----	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Izvor energije za pripremu potrošne tople vode	<input type="checkbox"/> prirodni plin <input type="checkbox"/> loživo ulje <input type="checkbox"/> drvo (cjepanice) <input type="checkbox"/> daljinski izvor	<input type="checkbox"/> ukapljeni naftni plin <input type="checkbox"/> električna energija <input type="checkbox"/> drvena biomasa <input type="checkbox"/> -----	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Način hlađenja zgrade	<input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> etažno	<input type="checkbox"/> centralno	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Izvori energije koji se koriste za hlađenje zgrade	<input type="checkbox"/> električna energija	<input type="checkbox"/> -----	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Vrsta ventilacije	<input type="checkbox"/> prisilna bez sustava povrata topline	<input type="checkbox"/> prisilna sa sustavom povrata topline	<input checked="" type="checkbox"/> prirodna	
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	<input type="checkbox"/> dizalica topline <input type="checkbox"/> biomasa <input type="checkbox"/> -----	<input type="checkbox"/> solarni kolektori <input type="checkbox"/> fotonapon <input type="checkbox"/> -----	<input checked="" type="checkbox"/> nema	
Sustav automatizacije i upravljanja zgradom (SAUZ)	<input type="checkbox"/> DA	<input checked="" type="checkbox"/> NE		
Sustav samoregulacije	<input type="checkbox"/> DA	<input checked="" type="checkbox"/> NE		
Zgrada ima dizalo	<input type="checkbox"/> DA	<input checked="" type="checkbox"/> NE		
ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI <sup>3</sup>		STVARNI KLIMATSKI PODACI <sup>1</sup>	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	20.181,47	403,39	21.276,97	425,28
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$	450,47	9,00	224,98	4,50
Godišnja potrebna energija za rasvjetu $E_L$	0,00	0,00	0,00	0,00
Godišnja isporučena energija $E_{del}$	30.897,57	617,58	32.540,83	650,43
Godišnja primarna energija $E_{prim}$	49.544,11	990,29	52.196,33	1.043,30
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE NA LOKACIJI ZGRADE				
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{el,RES}$ [kWh/a]				0,00
Godišnja proizvedena toplinska energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{th,RES}$ [kWh/a]				0,00
Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad tehničkih sustava [%]				0
<sup>2</sup> upisuju se $U$ vrijednosti za prethodne građevne dijelove zgrade (najvećih ukupnih ploština)				
<sup>3</sup> za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava				


ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str.2/4

PRIJEDLOG MJERA					
<p>- prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske svojstava zgrade temeljem <i>Izveštaja o energetskom pregledu zgrade</i></p> <p>- za nove zgrade se daju preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom, očuvanja topline i ispunjenje energetske svojstava zgrade</p>					
Redni broj	Element zgrade na koji se mjera odnosi	Opis mjera	JPP [a] <sup>4</sup>		
1.	VANJSKI ZIDOV	Toplinsko izoliranje vanjskih zidova (preporuka debljine izolacije 14 cm i $\lambda=0,039$ W/mK).	6,00		
2.	POD NA TLU	Toplinsko izoliranje poda na tlu (preporuka debljine izolacije 8 cm i $\lambda=0,033$ W/mK) – mjera se preporuča samo u slučaju veće rekonstrukcije.	33,00		
3.	POD PREMA NEG. PODRUMU	Toplinsko izoliranje poda prema negiranoj podrumu (preporuka debljine izolacije 10 cm i $\lambda=0,039$ W/mK).	4,00		
4.	RAVNI KROV	Toplinsko izoliranje ravnog krova (preporuka debljine izolacije 16 cm i $\lambda=0,033$ W/mK).	9,00		
5.	STROP PREMA PROVJ. TAVANU	Toplinsko izoliranje stropa prema provjetranom tavanu (preporuka debljine izolacije 15 cm i $\lambda=0,035$ W/mK).	8,00		
6.	OTVORI	Zamjena otvora toplinski kvalitetnijim (preporuka $U_{w} \leq 1,40$ W/(m <sup>2</sup> K) i $U_{g} \leq 1,10$ W/(m <sup>2</sup> K)).	28,00		
7.	SUSTAV POTROŠNJE EL. ENERGIJE	Ugradnja FN sustava za proizvodnju el. en. zgrade te njegovo pripajanje na postojeći priključak. Snagu FN elektrane potrebno je uskladiti s distributerom i/ili opskrbljivačem el. energije.	5,00		
8.	TERMOTEHNIČKI SUSTAV	Ugradnja energetski učinkovitijeg sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode (PTV-a) koji kao energent koristi obnovljive izvore energije (OIE).	5,00		
9.	TERMOTEHNIČKI SUSTAV	Ugradnja solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode (PTV-a).			
10.	SUSTAV POTROŠNJE EL. ENERGIJE	Zamjena postojeće energetske neučinkovite rasvjete s novom energetski učinkovitijom LED rasvjetom.			
11.	CIJELA ZGRADA	Kontrolirano provjetranje unutarnjih prostorija, posebno u zimskim mjesecima kada treba izbjeći neželjene ventilacijske gubitke.			
12.	CIJELA ZGRADA	Redovita provjera i popravak okova na prozorima i vratima.			
13.	CIJELA ZGRADA	Kod zamjene dotrajalih dijelova, instalacija, uređaja i opreme, iste je potrebno zamijeniti dijelovima jednakih ili boljih energetske karakteristika.			
14.	CIJELA ZGRADA	Održavanje u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu mora biti takvo da se tijekom trajanja očuvaju njezina tehnička svojstva.			
15.	CIJELA ZGRADA	Predmetna zgrada, instalacije, uređaji i oprema moraju se koristiti za sve vrijeme trajanja na način sukladan njihovoj namjeni.			
Opis preporučene kombinacije mjera za poboljšanje energetske svojstava zgrade			Potencijal razreda ( $E_{prim}$ ) <sup>5</sup>	Potencijal smanjenja CO <sub>2</sub> [t/a] <sup>6</sup>	JPP [a] <sup>4</sup>
1+2+3+4+5+6			C	3,82	8
DETALJNIJE INFORMACIJE (uključujući one koje se odnose na troškovnu učinkovitost prijedloga mjera ili preporuka)					
<p>Nakon provedbe kombinirane građevinske mjere poboljšanja vanjske ovojnice zgrade poboljšali bi se energetske razredi, te bi novi razred po QH<sub>nd</sub>-u bio C, dok bi energetske razred po specifičnoj primarnoj energiji također bio C. Ujedno bi se smanjila ukupna potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke s 21.276,97 kWh/a na 4.990,86 kWh/a, odnosno s 425,28 kWh/(m<sup>2</sup> a) na 99,76 kWh/(m<sup>2</sup> a), što predstavlja uštedu od 76,54 % po QH<sub>nd</sub>-u. Primarna energija smanjila bi se s 52.196,33 kWh/a na 12.767,66 kWh/a, a emisija CO<sub>2</sub> smanjila bi se s 5,00 t godišnje na 1,17 t godišnje. Detaljne informacije navedene su u izvješću o energetskom pregledu izrađenim pod brojem 11301/2023 od strane MODERNA d.o.o. Čakovec, po voditelju Hrvoju Matoteku, mag.ing.el. od svibnja 2023. godine.</p>					

<sup>4</sup> jednostavni period povrata investicije izračunat za stvarne klimatske podatke i stvarni režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava, izražen u godinama

<sup>5</sup> potencijal razreda za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava, izražen u  $E_{prim}$

<sup>6</sup> potencijal smanjenja CO<sub>2</sub> izračunat za stvarne klimatske podatke i stvarni režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava, izražen u tonama u godini



OBJAŠNJENJE SADRŽAJA ENERGETSKOG CERTIFIKATA	
<b>Općenito</b>	<p>Energetski certifikat je certifikat iz kojega je vidljivo energetska svojstva zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade izračunato u skladu sa Metodologijom provođenja energetskog pregleda zgrade.</p> <p>Energetski certifikat daje i prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade radi smanjenja potrošnje energije.</p> <p>Zgrade se klasificiraju u jedan od ukupno 8 energetskih razreda (A+, A, B, C, D, E, F, G), gdje A+ označava energetska najpovoljniji, a G energetska najnepovoljniji razred.</p> <p>Rok važenja energetskog certifikata je 10 godina.</p> <p>Energetski certifikat se odnosi na zgradu u cjelini ili na samostalnu uporabnu cjelinu.</p>
<b>Prva stranica</b>	<p>Navode se osnovni podatci o zgradi. Za promatrane zgrade navedene su <u>vrijednosti specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje <math>Q_{t,ind}</math></u> [kWh/(m<sup>2</sup>a)], <u>specifične godišnje primarne energije <math>E_{prim}</math></u> [kWh/(m<sup>2</sup>a)] izračunate prema <u>Algoritmu za izračun energetskih svojstava zgrade</u> za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava (npr. propisana unutarnja proračunska temperatura u sezoni grijanja/hlađenja, standardno razdoblje korištenja, propisano vrijeme rada sustava grijanja/hlađenja/ventilacije/klimatizacije/rasvjete), na temelju kojih se određuju dva energetska razreda promatrane zgrade, grafički prikazani u strelicama.</p> <p>Referentni klimatski podatci su klimatski podatci za meteorološke postaje preuzete kao karakteristične za područje kontinentalnog i za područje primorskog dijela Hrvatske.</p> <p>Stvarni klimatski podatci su klimatski podatci dobiveni statističkom obradom prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji zgrade.</p> <p>Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje <math>Q_{t,ind}</math> [kWh/a] je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.</p> <p>Godišnja primarna energija <math>E_{prim}</math> [kWh/a] je računski određena godišnja energija iz obnovljivih i neobnovljivih izvora koja nije podvrgnuta niti jednom postupku pretvorbe.</p> <p>nZEB (Nearly zero-energy buildings) - Zgrada gotovo nulte energije je zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva utvrđena u skladu s <i>TPRUETZZ</i><sup>7</sup>.</p> <p>Navodi se podatak je li zgrada ima status pojedinačno zaštićenog kulturnog dobra (Z) ili se nalazi unutar zaštićene kulturno-povijesne cjeline (C).</p> <p>Navedena vrijednost specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub> [kg/(m<sup>2</sup>a)] izračunata je za stvarne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i rada tehničkih sustava, te grafički prikazana.</p> <p>Navodi se datum izdavanja i datum važenja certifikata, te podatci o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog certifikata. Ukoliko se radi o zgradi sa složenim tehničkim sustavom, u provedbi energetskog pregleda i izradi energetskog certifikata moraju sudjelovati sve tri struke.</p>
<b>Druga stranica</b>	<p>Navode se izračunate vrijednosti koeficijenta prolaska topline pojedinih građevnih dijelova zgrade za pretežite građevne dijelove zgrade (najvećih ukupnih ploština) i pripadajuće vrijednosti najvećih dopuštenih koeficijenata prolaska topline propisane u <i>TPRUETZZ</i><sup>7</sup>. Opisan je tehnički sustav zgrade (grijanje, priprema potrošne tople vode, hlađenje, ventilacija, obnovljivi izvori energije, sustav automatizacije i upravljanja zgradom, sustav samoregulacije, dizalo), te su navedene vrijednosti proračunskih parametara izračunatih u sklopu energetskih potreba zgrade za referentne i stvarne klimatske podatke.</p> <p>Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje <math>Q_{c,ind}</math> [kWh/a] je računski određena količina topline koju sustavom hlađenja treba tijekom jedne godine odvesti iz zgrade za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja hlađenja zgrade.</p> <p>Godišnja potrebna energija za rasvjetu <math>E_l</math> [kWh/a] je računski određena količina godišnje potrebne energije za unutarnju rasvjetu što uključuje potrebnu energiju za osvjetljavanje prostora, te parazitarne gubitke na sustavu kontrole rada rasvjete.</p> <p>Godišnja isporučena energija <math>E_{del}</math> [kWh/a] je godišnja potrebna količina energije, izražena po nositelju energije, koja se dovodi u tehnički sustav u zgradi kroz granicu sustava kako bi se zadovoljile potrebe za grijanjem, hlađenjem, ventilacijom i klimatizacijom, potrošnom toplom vodom i rasvjetom.</p> <p>Na kraju stranice se navodi podatak o proizvodnji obnovljive energije (električne i toplinske) na lokaciji zgrade.</p>
<b>Treća stranica</b>	<p>Navodi <u>prijedlog mjera za povećanje energetskih svojstava zgrade</u> s prikazom jednostavnog perioda povrata investicije JPP u godinama za svaku predloženu mjeru.</p> <p>Za preporučenu kombinaciju mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koja se u konačnici predlaže, istaknut je potencijal energetskog razreda (<math>E_{prim}</math>), godišnji potencijal smanjenja CO<sub>2</sub> i jednostavni period povrata investicije JPP u godinama.</p>

<sup>7</sup> Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama



1 A B E 3 0 9 7 - B R C 1 - 4 8 E U - 8 E 5 F - 5 C A 5 E 4 A 5 0 F B 2

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str.4/4