

# Uloga vanjske stolarije u ukupnoj toplinskoj bilanci zgrade

---

**Strahija, Zoran**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:110:366972>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

ZORAN STRAHIJA

**ULOGA VANJSKE STOLARIJE U UKUPNOJ TOPLINSKOJ BILANCI  
ZGRADE**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2022.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

ZORAN STRAHIJA

**ULOGA VANJSKE STOLARIJE U UKUPNOJ TOPLINSKOJ BILANCI  
ZGRADE**

**THE IMPORTANCE OF EXTERIOR JOINERY IN THE TOTAL  
THERMAL BALANCE OF THE BUILDING**

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:

Jasmina Ovčar, v. pred.

ČAKOVEC, 2022.

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem svojoj mentorici Jasmini Ovčar, mag. ing. arh. i urb., na ukazanoj pomoći i stručnim savjetima koji su mi omogućili da kvalitetno obradim zadanu temu završnog rada. Zahvaljujem i svojoj supruzi i djeci, dragim roditeljima, kolegama studentima, te ostalim predavačima i profesorima na potpori tijekom cijelog studija.*

## SAŽETAK

*Kada se razmišlja o postavljanju stolarije na novoj ili zamjeni dotrajale vanjske stolarije na već postojećoj zgradi, postoji mnogo čimbenika koje treba uzeti u obzir. Investitori često žele, a projektanti preporučuju prozore koji se uklapaju u postojeći stil zgrade i one koji najbolje odgovaraju podneblju u kojem se gradi. Vanjska stolarija, u koju spadaju vrata i prozori, mora udovoljiti visokim standardima kvalitete u pogledu funkcije, estetike, ali i ekonomičnosti. Projektirani prozori moraju biti izdržljivi i dugotrajni. Prilikom odabira bitan je parametar lokacije objekta jer je u hladnijim krajevima potrebno razmišljati o sprječavanju ulaska hladnoće u objekt, dok je u klimatski toplijim krajevima potrebno spriječiti ulazak prekomjerne vrućine. S obzirom na lokaciju, najčešće se radi o potrebi zadovoljavanja oba kriterija – zaštite od nepotrebnog gubitka topline iz unutarnjeg prostora u vanjski, znatno hladniji prostor tijekom zimskog razdoblja, te zaštita od prekomjernog zagrijavanja unutarnjeg prostora vanjskim pretoplim zrakom tijekom ljetnog razdoblja. Sve su to karakteristike koje vanjska stolarija mora ispunjavati kako bi se zadovoljili strogo propisani uvjeti gradnje energetske učinkovitih zgrada.*

*Prilikom odabira određene vrste vanjske stolarije od izuzetne je važnosti i odabir materijala od kojih će biti izrađena. Na današnjem tržištu postoji široka lepeza materijala koji su dostupni i koji zadovoljavaju visoke standarde kvalitete, izdržljivosti, funkcionalnosti i estetike. Vanjska stolarija najčešće se izrađuje od drveta, PVC-a i aluminijske. Također, moguće su i kombinacije, najčešće vrlo traženi spoj drvo-aluminijske. Svaki od tih materijala ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Potrebno je već u fazi projektiranja razmotriti mogućnost da se otvori zgrada mogu zatvarati raznim vrstama materijala, te odabrati najbolji izbor u odnosu na postavljene prioritetne uloge među kojima je uz energetske karakteristike svakako od izuzetne važnosti i održivo gospodarenje materijalima.*

*Od davnina najviše je u zatvaranju otvora zgrade prozorima i vratima prednjačio drveni materijal. Iako je drvo kao izbor izuzetno kvalitetno i prihvatljivo, potrebno je uzeti u obzir da suvremeni svijet ima prilično okrutan i nezahvalan odnos prema drvetu i šumskim bogatstvima. Iskorištavanjem šumskih resursa bez novih pošumljavanja i očuvanja postojećih šuma dovodi se u pitanje samo postojanje ljudske vrste. Stoga je pojava novih materijala dobrodošla, kako bi rasteretila bespoštedno iskorištavanje prirodnih resursa. Smisao održivog razvoja čovječanstva počiva upravo na očuvanju prirodnih resursa koje je potrebno zaštititi od daljnje devastacije i sebične eksploatacije.*

*Odabir kvalitetnog materijala nije garancija da će neki proizvod biti kvalitetan ako izrada nije odrađena po pravilima struke. Kod vanjske stolarije također je bitna i završna montaža, pa se uz kvalitetan materijal i pravilnu izradu mora posebna pozornost posvetiti i posebno pažljivoj izradi detalja te montaži, u svrhu postizanja najboljih karakteristika ugrađenih prozora ili vrata.*

*Uloga kvalitetne vanjske stolarije izuzetno je bitna i potrebno je posvetiti mnogo pažnje prilikom procesa osmišljavanja objekta koji se gradi. Vanjska stolarija nije stavka na kojoj bi trebalo štedjeti jer ušteda u smislu jeftinijeg prozora može znatno smanjiti kvalitetu i ulogu u energetske ovojnice zgrade te u budućnosti donijeti neplanirane i neželjene troškove. Ako građevinska stolarija nije zadovoljavajuće kvalitete, bitno umanjuje kvalitetu života pa čak i ugrožava zdravlje osobama koje u tim prostorijama svakodnevno borave.*

***Ključne riječi:*** *ekonomičnost, energetska ovojnica zgrade, energetska učinkovitost, estetika, održivo gospodarenje materijalima, vanjska stolarija zgrade, zdravlje.*

# SADRŽAJ

## SAŽETAK

1. UVOD.....	6
2. ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADE.....	10
2.1. Energetski standard zgrade.....	16
2.2. Uloga vanjske stolarije u energetskej učinkovitosti zgrade .....	18
3. MATERIJALI ZA IZRADU VANJSKE STOLARIJE.....	20
3.1. PVC vanjska stolarija.....	21
3.2. Aluminijska vanjska stolarija .....	23
3.3. Drvena vanjska stolarija .....	25
3.4. Drvo-aluminij vanjska stolarija .....	29
4. ULOGA IZO-STAKLA.....	31
5. ULOGA OKOVA VANJSKE STOLARIJE.....	33
6. NAČIN UGRADNJE VANJSKE STOLARIJE .....	35
7. NAČINI OTVARANJA VANJSKE STOLARIJE .....	36
7.1. Zidna vanjska stolarija .....	36
7.2. Krovna vanjska stolarija.....	41
8. ULOGA VANJSKE STOLARIJE U UKUPNOJ TOPLINSKOJ BILANCI ZGRADE .....	44
9. ZAKLJUČAK .....	48
POPIS LITERATURE.....	49
POPIS SLIKA.....	50
POPIS TABLICA.....	51

## 1. UVOD

*Povijest arhitekture<sup>1</sup> je i povijest prozora*, rekao je Le Corbusier, švicarsko-francuski pionir moderne arhitekture. [1] Moderan prozor nije samo staklo i okvir, to je složeni element koji pruža više od samog pogleda iznutra prema van. Moderna arhitektura danas je pod snažnim utjecajem velikih tehnoloških mogućnosti i napredne proizvodnje prozora, što znači da inovacije u tehnologiji prozora i fasada<sup>2</sup> arhitektima otvaraju iznimne mogućnosti u projektiranju zgrada.

Dok su drevna Kina, Koreja i Japan naširoko koristili papirnate prozore, Rimljani su bili prvi za koje se znalo da su koristili staklo za prozore, oko 100. godine. Pronađene fragmente rimskog stakla prikazuje Slika 1., iz koje je vidljivo da su Rimljani poznavali tehniku proizvodnje stakla koja se nije uvelike promijenila do danas.



**Slika 1.** Fragmenti rimskog stakla

*Izvor:* <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/256998>

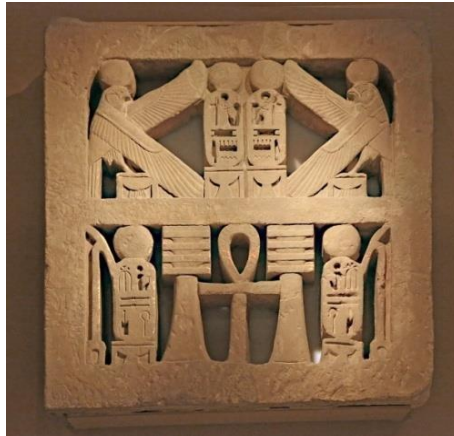
---

<sup>1</sup> Arhitektura – umjetnost organiziranja i konstruiranja prostora, pri čemu se uspostavljaju međusobni prostorni odnosi između unutrašnjosti i vanjštine građevine, odnosi između bliže i dalje okolice, te odnosi u sustavu organizacije naselja.

<sup>2</sup> Fasada – naziv za vanjski vidljivi dio neke građevine. One su uobičajeno perforirane prozorima, vratima i ventilacijskim otvorima. Fasadom se uobičajeno zove glavno lice zgrade, dio gdje se nalazi središnji ulaz, okrenut prema trgu, ulici, parku.



Prije Rimljana već su i stari Egipćani od svojih prozorskih okvira stvarali prava umjetnička djela. Slika 2. prikazuje jedan takav muzejski izložak prozora, gdje se vidi umjetnička vrijednost i majstorsko stvaralaštvo izrade prozorskih ukrasa od pješčenjaka.



**Slika 2.** Staroegipatski prozor od pješčenjaka

*Izvor: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/544719>*

U Engleskoj se prešani životinjski rog koristio prije nego što je staklo preuzelo primat početkom 17. stoljeća. Okviri su bili izrađeni od drveta, a prozori su bili mali kako bi se uštedjelo na staklu. U gregorijansko doba prozori sa šest staklenih okna po krilu postali su uobičajeni. Staklo<sup>3</sup> iz tog doba često je imalo nepravilnosti, mjehuriće zraka, izobličenja i valove koji se i danas mogu vidjeti, uglavnom na krilima prozora na nekim povijesnim zgradama. [2]

Značajniji napredak u automatizaciji proizvodnje stakla patentirao je 1848. g. inženjer Henry Bessemer, koji je osmislio i prvi oblik *float* stakla 1843. g. koji predstavlja tehnologiju izlivanja stakla na lim. Ovaj proces je unaprijedila i poboljšala kompanija Pilkington sredinom 20. stoljeća. To je omogućilo izradu prozora u punoj veličini od poda do stropa<sup>4</sup> u modernom stilu.

<sup>3</sup> Staklo – anorganska, amorfna, uglavnom prozirna tvar koja se dobiva taljenjem sirovina i brzim hlađenjem taline do velike viskoznosti, tj. do očvršćivanja u uvjetima u kojima ne nastaje kristalizacija, nego se zadržava zatečena struktura tekućine; zato je staklo termodinamički nestabilno.

<sup>4</sup> Strop – građevna konstrukcija koja natkriva zatvoreni prostor. Kao arhitektonski i građevni element, strop je donji dio međukatne konstrukcije koji oblikuje horizontalnu i ravnu plohu (odatle i francuski naziv *plafond*, od *plat*: ravan i *fond*: dno), po čemu se razlikuje od svoda, koji je zakrivljen.

Prije nego što je izumljeno dvostruko staklo, često su se izrađivali komplet-prozori sa zasebnim prozorskim staklima koja su se umetala u okvire za hladnih zimskih dana kako bi se sačuvalo toplinu unutar prostorije. Ta zasebna krila su se ljeti mijenjala kopcima diljem Italije, južne Francuske, Španjolske itd. ili komarnicima u drugim dijelovima Europe.

Prvi patent za zatvorenu jedinicu s dvostrukim staklom prijavljen je u SAD-u 1930-ih. Europa je 1973. g. imala ozbiljnu naftnu krizu i vlade su promijenile građevinske propise u nekim zemljama i nudile bespovratna sredstva i jeftine zajmove za poboljšanje učinkovitosti gradnje, uključujući prozore s dvostrukim staklom. [3] Danas su dvostruko ostakljeni prozori i vrata minimalni standard, dok se sve više preferira i potiče ugradnja trostrukog stakla. Materijali okvira za energetske učinkovite<sup>5</sup> prozore i vrata su drvo, aluminij, PVC i drvo-aluminijski kompoziti. PVC je popularan materijal za prozore i vrata jer ne trune, ne ljušti se, ne hrđa, ne raspada se i otporan je na vremenske uvjete kao i na udarce što doprinosi njegovim sigurnosnim prednostima, ali ima i mogućnost zadržavanja oblika unutar normalnih klimatskih temperatura. Aluminij je otporan na vitoperenje, koroziju i savijanje. Lagan je, izdržljiv, lako ga je obrađivati i može se bojati u sve boje po izboru investitora i projektanta. Kao materijal za izradu prozora iznimno je dugotrajan i ne zahtijeva gotovo nikakve radove na održavanju. Aluminij se može u potpunosti reciklirati što ga čini odličnim *eco-friendly* materijalom. Drvo je relativno lako obradiv prirodni materijal niske gustoće, nešto slabijih mehaničkih svojstava i slabije toplinske provodnosti. Zbog svog prirodnog porijekla i topline estetskog dojma može se reći da drvo kao tehnički materijal „ima dušu“. Umijeće obrade drveta podrazumijeva objedinjavanje nekoliko vrsta tehničkih znanja kao što su fizika, matematika i geometrija, ali i kreativnog izražavanja koji se odražava u kreiranju kako cijelog prozora/vrata tako posebno i dizajniranju do najsitnijeg detalja. Stariji majstori vole reći: *Drvo je materijal koji voli opraštati*. Smisao ove rečenice treba tražiti u objašnjenju da je drvom relativno lako raditi, da se greške u radu s drvom mogu prilično lako ispraviti te da drvo „daje puno više nego što je u samo drvo uloženo“.

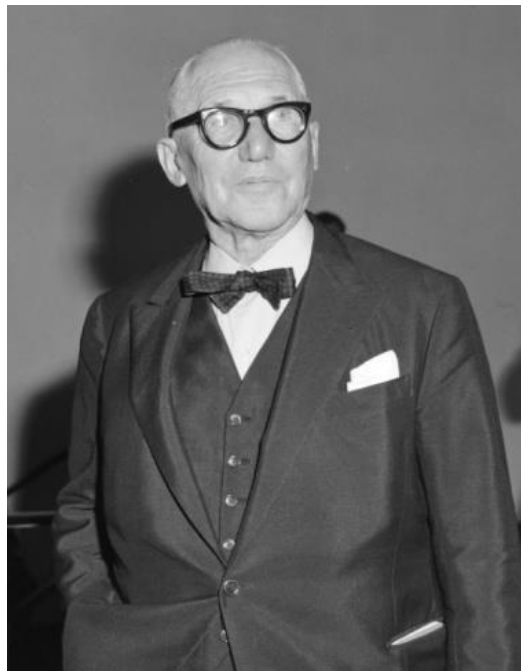
Građevinski propisi zahtijevaju zadovoljavanje određenih energetskih uvjeta za građevine, što se često postiže kako dimenzioniranjem<sup>6</sup> prozora tako i njihovim ispravnim pozicioniranjem

---

<sup>5</sup> Energetske učinkovite – suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane. Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije za obavljanje istog posla.

<sup>6</sup> Dimenzioniranje – proračun koji obuhvaća određivanje najmanjih dimenzija pojedinih dijelova tehničkih konstrukcija, isključujući mogućnost pojave loma, deformacija ili gubitka prvobitnoga oblika elastične ravnoteže pod djelovanjem zadanoga opterećenja.

ovisno o stranama svijeta. Uštede pri potrošnji energije, ali i benefiti kod pravilno postavljenog prozora mogu biti značajni. Dobar arhitekt pri osmišljavanju građevine već kod prvih poteza olovkom po papiru mora razmišljati o mnogim elementima, a otvori za vrata i prozore jedan su od najbitnijih. U svojoj podsvijesti svaki arhitekt bi trebao imati sjajnu izreku velikog arhitekta Le Corbusiera koja glasi: „Povijest arhitekture je povijest borbe za svjetlost!“ [4]



**Slika 3.** Pionir moderne arhitekture Le Corbusier (Charles-Édouard Jeanneret-Gris)

*Izvor: <https://worldarchitecture.org/profiles/phefp/charlesedouardjeanneretgris>*

Sunčeva svjetlost ima velik utjecaj na očuvanje dobrog zdravlja i kvalitetu življenja, pozitivno utječe na raspoloženje i dobro opće stanje te povećava koncentraciju i sposobnost rada i učenja. Također, svjetlost čini prostor toplim i privlačnim. Suvremenim načinom života čovjek boravi u zatvorenim prostorima i do 90 % svog vremena i stoga je iznimno važno da ambijent i klima u tim prostorijama budu ugodni i zdravi. Ljudska potreba za svjetlošću je prirodna i njezin nedostatak i izloženost čovjeka umjetnom osvjetljenju smanjuje kvalitetu života, produktivnost i loše utječe na zdravlje. Premalo svjetlosti prostorije čini manjima, dok dovoljna količina prirodnog svjetla ostavlja dojam prostranosti i komfora. Za kvalitetno osvjetljenje prostorija preporuka je da su one osvijetljene minimalno 2 sata dnevnom svjetlom tijekom dana. Količina potrebnog dnevnog svjetla uvjetovana je veličinom prostorije te se

preporučuje da površina prozorskih otvora iznosi oko 20 % tlocrtne površine prostorije, što znači da bi prostorija od 100 m<sup>2</sup> trebala imati oko 20 m<sup>2</sup> prozora. Prirodna dnevna svjetlost ima mnogo pozitivnih učinaka na čovjeka, a udobnost, povećanje produktivnosti i očuvanje zdravlja najvažniji su od njih.

## 2. ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADE

Proces energetske certifikacije zgrada donosi niz ključnih promjena koje su uvjetovane Direktivom 2002/91/EC Europskog parlamenta o energetskim svojstvima zgrade. Ista je unesena u niz tehničkih propisa i pravilnika koji se primjenjuju i u Republici Hrvatskoj.

U skladu s preuzimanjem mnogih standarda i propisa, od dana ulaska Hrvatske u EU, preuzeta je i obveza u pogledu energetske učinkovitosti postojećih i novoprojektiranih zgrada. Za svaku novu zgradu obavezan je energetski pregled i izrada energetskog certifikata<sup>7</sup> dok prodaja, kupnja ili najam postojećeg stana ili poslovnog prostora bez energetskog certifikata nisu mogući, odnosno nisu u skladu s propisanim uvjetima.

Uz analizu energetskih karakteristika zgrade u smislu toplinske zaštite, energetski pregled uključuje analizu energetskih svojstava sustava:

- grijanja i hlađenja
- klimatizacije i ventilacije
- pripreme potrošnje tople vode
- elektroinstalacije i rasvjete
- prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane, ostvarive uštede, procjenu i razdoblje povrata investicije.

Konkretno, to znači da se nakon energetskog pregleda izrađuje energetski certifikat s podacima o potrošnji energije na kojem je prikazan energetski razred građevine s godišnjom potrebom topline za grijanje. [5]

Postoji osam razreda energetske učinkovitosti, od **A+** (koji je najučinkovitiji) do **G** (oznaka najmanje učinkovitosti). Izradom energetskog certifikata za zgrade prvenstveno se može

---

<sup>7</sup> Energetski certifikat – dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade. Sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat, podatke o termotehničkim sustavima, klimatske podatke, podatke o potrebnoj energiji za referentne i stvarne klimatske podatke, objašnjenja tehničkih pojmova te popis primijenjenih propisa i normi.

utjecati na primjenu mjera za smanjenje troškova održavanja i potrošnje energenata, jer što je energetska razred bolji, manja je potrošnja sredstava za grijanje, odnosno hlađenje.

Najviše energije se gubi kroz fasadu te je izuzetno važno pravilno dimenzionirati i postaviti toplinsku izolaciju na svim vanjskim zidovima zgrade i površinama uz negrijane prostore.

Kao rezultat postiže se iznimno velika ušteda, smanjenje temperaturnih oscilacija u zgradi, efikasnije održavanje temperature u prostoru, sporiji prolazak topline kroz zidove tijekom ljeta i zadržavanje svježine te sprječavanje naglog hlađenja i stvaranje kondenzata.<sup>8</sup>

Sve to rezultira dobivanjem ugodnijeg životnog prostora, smanjenjem troškova te povećanjem vrijednosti nekretnine.

Toplina koja se gubi tijekom zime ovisi o geometriji građevine, vrsti te načinu ugradnje prozora i vrata, fasadi, krovu, te svim ostalim površinama koje graniče između unutarnjeg i vanjskog prostora. Odnos gubitaka aproksimativno iznose: preko krova 25 %, preko fasade 35 %, kroz pod 15 % te kroz vrata i prozore 25 %.

Cijene energije i energenata imaju tendenciju porasta u nadolazećem razdoblju, zbog globalnih i lokalnih geopolitičkih<sup>9</sup> zbivanja, što direktno utječe i na porast troškova stanovanja. [6]

Mjere kojima se mogu poboljšati energetska svojstva zgrade uz male troškove i brzi povrat investicije (do 3 godine) su:

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata te postavljanje minimalno dvostrukog IZO-ostakljenja
- reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta
- toplinsko izoliranje postojećeg kosog krova ili stropa prema negrijanom tavanu debljim slojem izolacije
- ugradnja termostatskih ventila<sup>10</sup> na radijatore
- redovito servisiranje i podešavanje sustava grijanja i hlađenja
- ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela
- zamjena trošila energetski efikasnijima – energetskog razreda A.

---

<sup>8</sup> Kondenzat – oslobađanje vlage iz pare koja prelazi u tekuće stanje.

<sup>9</sup> Geopolitika – znanost koja analizira odnose politike, povijesti i socijalne znanosti s geografijom.

<sup>10</sup> Termostatski ventil – ventil na radijatoru koji omogućuje reguliranje temperature u svakoj prostoriji zasebno.

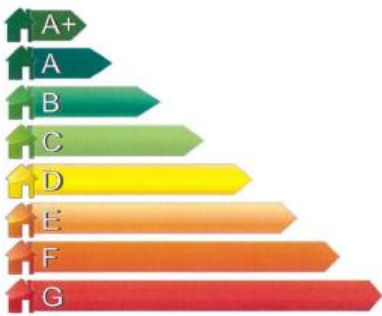
Mjere kojima se mogu poboljšati energetska svojstva zgrade uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od tri godine) su:

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim proizvodima
- toplinsko izoliranje neizolirane zgrade
- povećanje toplinske izolacije izolirane zgrade (zidovi, podovi, krov te plohe prema negrijanim prostorima)
- centraliziranje sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode
- analiziranje sustava grijanja i hlađenja i po potrebi zamjena energetski učinkovitijim sustavom (ugradnja novog plamenika, automatske regulacije, ugradnja novog kotla, promjena izvora energije). [6]

Zbog velike potrošnje energije za grijanje odnosno hlađenje energetska obnova zgrada u budućnosti bi trebala postati jedna od najznačajnijih aktivnosti u građevinarstvu. Taj proces u Republici Hrvatskoj je započet i pomaci na tom području su vidljivi i potrebno je još više naglasiti važnost poštovanja propisa gradnje energetski učinkovitih zgrada. Korištenjem suvremenih tehnologija toplinskih izolacija i standarda kao kod pasivnih i niskoenergetskih kuća, moguće je smanjenje potrošnje energije grijanja i hlađenja za gotovo 85 %. [6]

Još je bitno napomenuti i da energetski certifikat izrađen jednom za cijelu zgradu vrijedi deset godina te da se odnosi i na svaki stan pojedinačno, čime se bitno umanjuju troškovi provedbe ove zakonske obveze po svakom stanu. Dugoročno gledano, navedenim mjerama smanjuju se iznosi računa za energiju, čime se opravdava svaka investicija u pogledu poboljšavanja energetskih svojstava zgrade. [6]

Slika 4. prikazuje primjer izrađenog energetskog certifikata višestambene zgrade za stan na 1. katu. Uz opće informacije o zgradi vidljivi su i podaci o energetskom razredu u koji spada spomenuta zgrada nakon izrađenog energetskog certifikata.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE			
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (Narodne novine 88/2017)			
SZ2 / Višestambena zgrada			
Stan na 1. katu			
Pavla Pavunića 16		10313	GRABERJE IVANIČKO
Ulica i kućni broj		Poštanski broj	Mjesto
<b>PODACI O ZGRADI</b>		<input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija	
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)		Višestambena zgrada	
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava		zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom	
Vlasnik / investitor		"INA Industrija nafte" d.d.	
k.č.br.	2787/1	k.o.	Caginec
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade Ak [m <sup>2</sup> ]	29,42	Godina izgradnje / rekonstrukcije	1969
Građevinska (bruto) površina zgrade [m <sup>2</sup> ]	33,93	Mjerodavna meteorološka postaja	SISAK
Faktor oblika fo [m <sup>-1</sup> ]	0,88	Referentna klima	Kontinentalna
<b>ENERGETSKI RAZRED ZGRADE</b>		Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje Q <sup>*</sup> H,nd [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija E <sub>prim</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
		245	315
		F	D
Specifična godišnja isporučena energija E <sub>del</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		278	
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> a)]		61	
Upisati "nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade (E <sub>prim</sub> ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZ			
<b>ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT</b>			
Oznaka energetskog certifikata	P_207_2012_10162_SZ2	Datum izdavanja	14.12.2020.
Naziv ovlaštene pravne osobe	INTERKONZALTING d.o.o.	Datum važenja	14.12.2030.
Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe /vlastoručni potpis	Krešimir Bačun, dipl. ing. grad.	Registarski broj	P-207/2012
<b>PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA</b>			
Dio zgrade	Ime i prezime ovlaštene osobe	Naziv pravne osobe	Registarski broj
Građevinski	.		
Strojarski	.		
Elektrotehnički	.		

Slika 4. Primjer energetskog certifikata višestambene zgrade

Izvor: [https://www.ina.hr/wp-content/uploads/2021/02/EC\\_Graberje-Ivanic%CC%81ko-Pavla-Pavunic%CC%81a-16.pdf](https://www.ina.hr/wp-content/uploads/2021/02/EC_Graberje-Ivanic%CC%81ko-Pavla-Pavunic%CC%81a-16.pdf)

Stan za koji je izrađen ovaj certifikat spada u energetski razred F što je jako loše, te se u daljnjoj razradi energetskog certifikata u dijelu koji se odnosi na preporuku za povećanje energetskih svojstava na temelju ekonomski opravdanih mjera preporučuje zamjena rasvjetnih tijela, izrada fasade i svakako zamjena dotrajale vanjske stolarije novom stolarijom s trostrukim IZO-staklom.

Uvjeti, pravila i propisi za izgradnju energetske učinkovitih zgrada obuhvaćeni su Zakonom o energetske učinkovitosti. Ovaj Zakon uređuje područje učinkovitog korištenja energije, donošenje planova na lokalnoj, područnoj (regionalnoj) i nacionalnoj razini za poboljšanje energetske učinkovitosti te njihovo provođenje, mjere energetske učinkovitosti, obveze energetske učinkovitosti, obveze regulatornog tijela za energetiku, operatora prijenosnog sustava, operatora distribucijskog sustava i operatora tržišta energije u vezi s prijenosom, odnosno transportom i distribucijom energije, obveze distributera energije, opskrbljivača energije i/ili vode, a posebice djelatnost energetske usluge, utvrđivanje ušteda energije te prava potrošača u primjeni mjera energetske učinkovitosti. [7]

Uz ovaj Zakon, vrlo je bitan i Pravilnik o sustavu energetske učinkovitosti kojim se propisuju elementi sustava obveza energetske učinkovitosti i način njegova provođenja, što obuhvaća određivanje udjela novih ušteda koje će se ostvariti putem sustava obveza, načine i razdoblja te rokove izvještavanja stranaka obveznika, metode za izračun ušteda energije, pravila za prijenos ostvarenih ušteda, opseg obuhvata pojma i obveze povezanih osoba i način raspodjele obveza među njima, trajanje razdoblja kumuliranja, nadoknadu ušteda neostvarenih sustavom obveza, poticanje povećanja energetske učinkovitosti prioritarno u kućanstvima koja su pogođena energetske siromaštvom ili u socijalnim prostorima za stanovanje, trgovanje utvrđenim uštedama energije, uvjete pod kojima se mora ostvariti ulaganje i poticanje energetske učinkovitosti, namjenu sredstava uplaćenih na ime neostvarene uštede te uvjete za ostvarivanje prava na plaćanje sredstava na ime neostvarene uštede u ratama. [8]

Energetski učinkovite kuće mogu se podijeliti:

#### **a) Učinkovita kuća (niskoenergetska kuća)**

Učinkovita kuća je stambena zgrada koja ima veću energetske učinkovitost nego što to zakonodavac propisuje. To se može postići modernim načinom gradnje i upotrebom tehnologije pomoću koje se ostvaruje ušteda energije.

Što je gubitak topline kroz ovojnicu zgrade manji, to je energetske učinkovitost veća, što rezultira smanjenjem potrebe za energijom (grijanjem i/ili hlađenjem). No, detaljna tehnička definicija energetske učinkovite kuće ne postoji. Ponekad se za tu vrstu zgrade ovisno o njezinoj opremi koristi i izraz „niskoenergetska kuća“. [9]



## **b) Pasivna kuća**

Pasivnom kućom prema definiciji Instituta za pasivne kuće u Darmstadtu smatra se zgrada koja godišnje ne prekoračuje potrebu za energijom od 15 kilovatsati (kWh) po kvadratnom metru. Dodatna karakteristika tipična za ovu vrstu kuće jest da je velik dio potrebe za grijanjem pokriven Sunčevom energijom ili otpadnom toplinom samih stanara te tehničkom opremom. Tako je u ovom kontekstu i nastao naziv „pasivne” kuće. Dodatna karakteristika standarda za pasivne kuće je visoka učinkovitost toplinske izolacije takvih zgrada. [9]

## **c) Kuća nulte energije**

Kuća nulte energije je zapravo modernija verzija pasivne kuće. Obje vrste kuća imaju slična svojstva toplinske izolacije i povrata topline. No, niskoenergetska kuća svoju potrebu za energijom tijekom godine sama namiruje, primjerice upotrebom solarnih panela<sup>11</sup> ili geotermalnih pumpi. Stoga izraz „kuća nulte energije” može navesti na krivi zaključak. Jer ovisno o godišnjem dobu grijanje, topla voda ili struja u takvoj zgradi ovise među ostalim o energiji iz eksternih izvora. Ali stanari svakako imaju koristi jer im je račun za struju manji. Ovaj tip građevine ima i dodatnu prednost, a to je da u usporedbi s drugim zgradama ima neutralni ugljični otisak, budući da tijekom godine proizvede točno onoliko energije koliko potroši. Ona ovisno o godišnjem dobu ipak može crpiti energiju iz eksternih izvora, kada npr. u zimskim mjesecima solarni paneli ne proizvedu onoliko energije koliko je potrebno. Kuća s viškom energije zadovoljava najviše tehničke standarde, iako se pojam kao takav još nije službeno uvriježio. [9]

## **d) Trolitarska kuća**

Trolitarske kuće naziv su dobile po potrebnoj ekvivalentnoj godišnjoj potrošnji loživa ulja<sup>12</sup> za njihovo grijanje po metru četvornom, što približno odgovara energetske broju od 30 kilovatsati po kvadratu. Kako bi smanjile potrošnju energije u odnosu na niskoenergetske

---

<sup>11</sup> Solarni panel – poluvodički uređaj koji pretvara Sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta.

<sup>12</sup> Loživo ulje ili mazut su goriva dobivena frakcijskom destilacijom nafte, kao destilatna i/ili ostatna goriva. Loživa ulja su svi tekući naftni proizvodi koji izgaraju u pećima i kotlovima za proizvodnju topline ili se koriste u motorima za dobivanje snage, kao pogonsko gorivo u industriji, termoelektranama, brodski pogon i dr. To je skupina tekućih naftnih proizvoda, smjesa ugljikovodika visokog vrelišta koja najviše služi kao visokokalorično gorivo za loženje.

kuće, u pravilu se, uz postizanje još bolje toplinske izolacije ovojnice zgrade, u takve kuće ugrađuju tzv. dizalice topline i/ili solarni kolektori za poboljšanje energetske učinkovitosti. [9]

#### **e) Energetski samodostatna kuća**

Svu potrebnu energiju dobiva iz Sunčeve energije. Kuća nije priključena na javnu energetska mrežu. Ljetni višak električne energije sprema se za zimsko razdoblje. Elektrolizom vode dobivaju se vodik i kisik, koji se odvojeno spremaju. Zimi se koriste kao gorivo u gorivim ćelijama. [9]

#### **f) Kuća s viškom energije**

Zgrada s viškom energije troši još manje energije nego kuća nulte energije. Ova kuća tijekom godine proizvede više energije nego što je stanarima potrebno. Ali to ne znači da je energetski neovisna. Dodatne prednosti kuće s viškom energije su te da će povećanjem broja električnih automobila zgrada koja sama proizvodi energiju u budućnosti u značajnoj mjeri moći pridonijeti širenju takvih automobila jer će omogućiti električnim automobilima za punjenje da se prikopčaju na struju koju je proizvela. Iako je napuštanje tradicionalnih izvora energije u svijetu još uvijek predmet kontroverzi, kuće s viškom energije mogu doprinijeti smanjenju ovisnosti o fosilnim izvorima energije. [9]

### **2.1. Energetski standard zgrade**

Energetski standardi zgrada odražavaju se u različitim vrijednostima. Sljedeći popis prikazuje maksimalnu potrebu za energijom različitih tipova zgrada. Što je vrijednost manja, to se manje energije mora trošiti za grijanje zgrade. Deset kilovatsati odgovara otprilike energiji koja se dobiva od jedne litre loživog ulja. Navedeni iznosi smatraju se referentnim vrijednostima, osim vrijednosti koje su navedene za pasivne kuće.

**Tablica 1.** Potreba za energijom različitih tipova kuće (godišnja potrošnja energije u kWh za grijanje kvadratnog metra prostora)

Tip kuće	Potreba za energijom u kWh
Kuća s viškom energije	= 0 kWh (m <sup>2</sup> ·a)
Kuća nulte energije	= 0 kWh (m <sup>2</sup> ·a)
Pasivna kuća	≤ 15 kWh (m <sup>2</sup> ·a)
Niskoenergetska kuća	≤ 70 kWh (m <sup>2</sup> ·a)
Standardna kuća (starogradnja)	≤ 160 kWh (m <sup>2</sup> ·a)
Stambena kuća (koja nije sanirana)	≤ 300 kWh (m <sup>2</sup> ·a)

Izvor: <https://www.planradar.com/hr/energetski-ucinkovita-gradnja/> (autorova obrada)

Tablica 1. sadrži podatke koji jasno prikazuju uštede koje se ostvaruju izgradnjom energetske učinkovitih zgrada. Iako su ulaganja u izgradnju takvih zgrada znatno veća nego kod tradicionalnih, dugoročno gledano, uštede na troškovima za energiju grijanja takvih objekata su veliki i očekivanje isplativosti takvih zgrada je opravdana.

Kada se radi o potrebi za energijom, značajnu ulogu igra izolacija različitih dijelova kuće. Sljedeća tablica prikazuje prosječni koeficijent prijenosa topline (U-vrijednost) pojedinih dijelova različitih tipova kuća. Što je U-vrijednost manja, to je situacija energetske učinkovitosti bolja jer niža U-vrijednost znači da manje topline izlazi iz različitih dijelova ovojnice kuće. Sljedeće brojke mogu se također smatrati referentnim vrijednostima. One variraju ovisno o definiciji te ovisno o vrsti i starosti prikazanih dijelova kuće.

**Tablica 2.** U-vrijednosti dijelova različitih tipova kuće (koeficijent prijenosa topline)

Tip kuće	Krov	Vanjski zidovi	Pod	Prozori i vrata
Pasivna kuća	≤ 0,10 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,12 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Niskoenergetska kuća	≤ 0,20 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,30 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 1,50 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Standardna kuća	≤ 0,20 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 1,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)

Izvor: <https://www.planradar.com/hr/energetski-ucinkovita-gradnja/> (autorova obrada)

Tablica 2. prikazuje podatke koji jasno ukazuju na to da su prozori i vrata vrlo bitna stavka u toplinskoj bilanci kuće i da uvelike doprinose štednji odnosno potrošnji energije. Izgradnja energetske učinkovitih zgrada postala je standard koji utječe ne samo na investitore, stanare i korisnike zgrada već i na građevinski sektor u cjelini.

Tko želi plaćati manje račune za grijanje, kod izgradnje kuće mora obratiti pažnju na odgovarajuće sirovine<sup>13</sup>, tehnologije i stručno znanje poduzeća koja izvođe građevinske radove.

## 2.2. Uloga vanjske stolarije u energetske učinkovitosti zgrade

Građevina je skup građevinskih elemenata koji su međusobno povezani, koji se međusobno nadopunjuju i koji uz svoje mnoge zadaće koje obavljaju u svojoj srži imaju ono najosnovnije, a to je pružiti sklonište, utočište i dom. Dobro je poznata izreka da se kuća gradi od temelja. Temelji kao najbitniji element garancija su da i kuća u cijelosti ima dobre izgleda biti kvalitetno izgrađena. Današnja gradnja ima pregršt propisa i zakona koje je potrebno poštovati i u skladu s njima graditi da bi se zadovoljili svi standardi. A jedan od najvažnijih koje treba poštovati je i energetska učinkovitost zgrada. Energetska učinkovitost zgrada strateški je prioritet Europske unije kojoj pripada i Republika Hrvatska koja usklađivanjem svojeg zakonodavstva, povezivanjem međunarodnih, nacionalnih i regionalnih dionika, EU projektima, te poticanjem istraživanja u području energetike nastoji poboljšati svoju sveukupnu energetske bilancu s time da EU ne određuje koja su minimalna svojstva za gotovo nula energetske zgrade, već je to prepušteno državama članicama da ih same odrede prema vlastitim mogućnostima i na osnovi troškovno optimalnih analiza. [19] Jedna od najvažnijih točaka poboljšanja energetske učinkovitosti je i obnova postojećih zgrada te izgradnja novih gdje se točno propisuju elementi koju takva izgradnja mora poštovati. Jedan od tih elemenata je i vanjska stolarija.

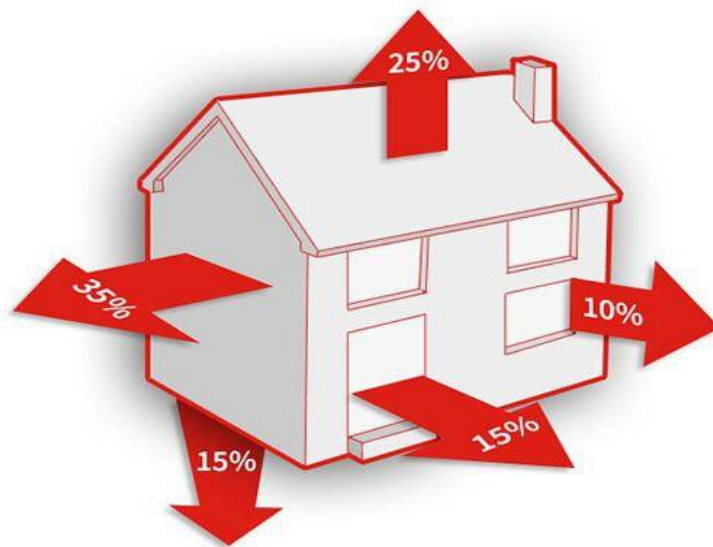
Važnost kvalitetne i energetske učinkovite stolarije prepoznata je kao jedan od najvažnijih čimbenika poboljšanja ukupne energetske bilance. No, kako je zgrada skup građevinskih elemenata koji čine cjelinu, isto tako je i vanjska stolarija skup elemenata koji prije svega imaju zadaću provjetravanja i propuštanja svjetlosti, ali i poboljšanja ukupne energetske bilance zgrade. Ti elementi uključuju i vrstu materijala od kojeg je stolarija izrađena, okove,

---

<sup>13</sup> Sirovina – prirodni neobrađeni resursi nakon dobivanja iz prirodnih izvora. Služe izravnoj potrošnji, koriste se kao oprema ili kao materijal za daljnju preradu/obradu tijekom proizvodnje. Od sirovina se dobivaju materijali.

ostakljenje i montažu. Kvalitetan spoj svih tih elemenata u konačnici daje željeni rezultat, a to je očuvanje energije i stanovanje u ekološki prihvatljivim i održivim zgradama.

Vanjska stolarija je najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade koji istovremeno djeluje kao prijemnik sunčane svjetlosti u prostor i kao zaštita od vanjskih utjecaja i gubitka energije. Upravo je ova tvrdnja dokaz važnosti ispravnog odabira kvalitetne vanjske stolarije kao bitnog elementa energetske učinkovitosti.



**Slika 5.** Prikaz gubitaka topline stambene zgrade

*Izvor: <http://gradnja.dportal.info/>*

Slika 5. prikazuje toplinske gubitke stambene zgrade gdje je vidljivo da kroz vanjsku stolariju ona gubi oko 10 % kroz prozore te 15 % kroz vrata, što iznosi 25 % od ukupno izgubljene topline. Uzimajući u obzir sve veću cijenu energenata pa čak i njihovu nedostupnost, investicija u kvalitetnu vanjsku stolariju predstavlja razumno, ekonomski isplativo i ekološki održivo razmišljanje.

### 3. MATERIJALI ZA IZRADU VANJSKE STOLARIJE

Za izradu vanjske stolarije danas su dostupni mnogi materijali. Najčešće se koriste drvo, PVC i aluminij te njihove kombinacije. No, uz te najčešće korištene, također se mogu koristiti i polivinil klorid, tvrdi PVC, poliuretan<sup>14</sup>, poliester ojačan staklenim vlaknima, beton, inoks, bronca i dr. Za izradu drvene vanjske stolarije najčešće se koriste jela, smreka, bor, ariš, ali i neke egzotične vrste drveta. [11]

Zahtjevi za sve većom kvalitetom i izdržljivošću materijala sve su izraženiji. Današnja gradnja podrazumijeva visoke zgrade i velike staklene površine koje su izložene jakim udarima vjetra i oborinama pa upravo zbog toga vanjska stolarija mora biti čvrsta i otporna. Odabir vanjske stolarije ovisi o lokaciji objekta na koji se stolarija ugrađuje, troškovima izrade i troškovima održavanja, tako da svaki od navedenih materijala ima svoje prednosti, ali i nedostatke.

Ključna stvar kod izbora vanjske stolarije je koeficijent prolaska topline ( $U_w$ ), koji se odnosi na količinu topline koja se gubi po  $m^2$  površine građevnog elementa u jedinici vremena kod razlike u temperaturi od  $1^\circ$  Kelvina. Što je taj koeficijent manji, to vanjska stolarija ima bolja izolacijska svojstva i štedi energiju za grijanje ili hlađenje prostora. Na koeficijent prolaska topline ( $U_w$ ) vanjske stolarije (gotovog elementa) utječu:

- izolacijska svojstva profila izražena u koeficijentu prolaska topline profila;  $U_f$
- izolacijska svojstva stakla izražena u koeficijentu prolaska topline stakla;  $U_g$
- kvaliteta ugradnje – loša montaža može umanjiti sve izolacijske benefite nove vanjske stolarije. [11]

Važeći propisi nalažu da koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata treba biti manji od  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Preporuka za gradnju suvremene energetske učinkovite zgrade je korištenje prozora sa sljedećim  $U_w$  koeficijentima:

- $\leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  za kontinentalnu Hrvatsku
- $\leq 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  za primorsku Hrvatsku.

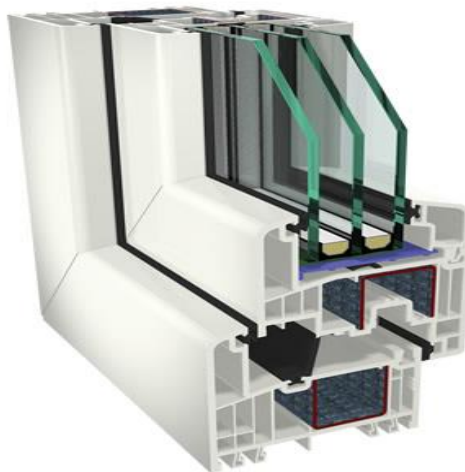
---

<sup>14</sup> Poliuretan – polimerni materijal građen od linearnih, granatih i umreženih makromolekula u kojima su uretanske skupine povezane s polieterskim ili poliesterskim segmentima. Dobiva se stupnjevitom polimerizacijom diizocijanata i dialkohola u polarnim otapalima uz odgovarajuće katalizatore.

### 3.1. PVC vanjska stolarija

Osnovni dio svake PVC vanjske stolarije čine PVC krilo i PVC okvir. S obzirom na to da je ova stolarija izrađena od polivinil klorida koji je veoma lagan materijal, iznimno je bitna težina profila. Laganiji profili teže nose strukturu stolarije, dok oni teži daju više sigurnosti i imaju dulji vijek trajanja. Uz težinu profila, bitna je još jedna karakteristika, a to je širina profila. Što je profil širi, on je ujedno jači i ima bolja zvučna i izolacijska svojstva. Profili za PVC stolariju sastoje se od određenog broja poprečnih zračnih komora, a dijeli ih plastična pregrada unutar samog profila. Najčešći su profili s pet komora ukupne širine 70-76 mm ili sa šest komora ukupne širine 80-83 mm. Veća širina profila ne mora nužno značiti i bolja izolacijska svojstva ako tu širinu profila ne prati i gušći raspored komora. Kvalitetniji profili unutar srednje zračne komore sadrže čelično ojačanje koje povećava čvrstoću profila i omogućuje nošenje težih stakala. Kvaliteta profila ovisi o debljini vidljivih i nevidljivih stijenki profila. Vidljive stijenke su one koje se nalaze na vanjskoj ili unutarnjoj strani profila, dok su one nevidljive unutar samog profila. U skladu s time profili se mogu podijeliti na:

- A klasu – debljina vidljivih stijenki minimalno 2,8 mm, a nevidljivih 2,5 mm
- B klasu – debljina vidljivih stijenki minimalno 2,5 mm, a nevidljivih stijenki 2 mm
- C klasu – debljina obje vrste stijenki ispod A i B klase i predstavlja najmanje popularnu klasu profila. [13]



**Slika 6.** PVC profil s troslojnim IZO-staklom

*Izvor: <http://aluisometric.hr/pvc-stolarija/prozori/>*

Slika 6. prikazuje PVC profil sa šest zračnih komora debljine stijenke 2,5 mm i čeličnim ojačanjem u srednjoj komori. Vrlo bitna stavka ovakvog profila su brtve i njihov broj na

okviru i prozoru. Osnovna funkcija brtvi na PVC stolariji je zaštita od prašine, vode, vjetra i buke. U praksi su najčešći sustavi s dvije ili tri brtve. Kod sustava s tri brtve dodana je srednja brtva koja pruža dodatnu zaštitu u teškim vremenskim uvjetima odnosno pridonosi zaštiti okova npr. na mjestima visoke slanosti u zraku (u priobalju). Srednja brtva može biti postavljena ili na krilo ili na okvir. Profili sa srednjom brtvom osim navedenih prednosti mogu imati i nešto bolji koeficijent toplinske provodljivosti profila u usporedbi s profilom bez srednje brtve.

Kod određivanja kvalitete PVC stolarije bitan je i termički koeficijent širenja koji ukazuje na sposobnost odupiranja stolarije na promjene koje uzrokuju temperature na unutarnjoj i vanjskoj strani stolarije. Kvalitetan PVC profil ima niski koeficijent termičkog širenja. Vanjska stolarija koja je sklona velikim promjenama može kvalitetno funkcionirati samo u proljeće i jesen kada su razlike između vanjske i unutarnje temperature manje. Ako se uzme za primjer da je širenje stolarije 1 %, na razlici temperature od 40 stupnjeva dolazi se do podatka da bi se na balkonskim vratima od 2 m vanjska stijenka trebala suziti za 2 cm, a unutrašnja proširiti za 2 cm. Budući da profil kompenzira dio topline kroz svoje tijelo, teško može doći do ovolikog odstupanja, ali ispušćenje srednjeg djela krila prema unutrašnjosti prostorije je očito. Posljedica toga je teško zatvaranje i rukovanje s prozorima, a nerijetko dolazi i do pucanja okova. Naravno, deformacija se sama po sebi riješi kada se izjednače temperature, ako stolarija ima čelično ojačanje da kompenzira nastalu deformaciju. Nije dovoljno da je materijal čvrst do neke granice, već mora biti stabilan i nakon te granice.

Još jedna bitna karakteristika PVC profila je i njegova postojanost. Postojanost PVC-a podrazumijeva njegovu otpornost na vremenske uvjete s vanjske strane, ali u nekim situacijama i s unutarnje strane. Profili pod utjecajem Sunca i svih drugih vremenskih promjena mijenjaju svoje svojstvo, a osobito svoju površinu koja je direktno u dodiru sa Sunčevim utjecajem. Kod profila lošije kvalitete, promjene u boji pa čak i pojave zrnatosti na površini vidljivi su već nakon par godina izloženosti. Postojanost, odnosno promjene u boji i teksturi PVC profila nije toliko problem funkcionalnosti i ne utječe na svojstva prozora, koliko predstavlja problem estetike.

Prednosti PVC vanjske stolarije su: dugotrajnost, velika energetska učinkovitost, povoljna cijena, mali troškovi održavanja, dobra izolacija od buke, odličan omjer uloženo/dobiveno. Uz prednosti, PVC stolarija ima i svoje nedostatke, a to su: PVC nije prirodan materijal i sadrži kemikalije koje mogu štetno utjecati na čovjeka i prirodu, ne može se prirodno razgraditi,



sklonost pojavi kondenzacije<sup>15</sup> i plijesni u prostorijama s PVC stolarijom zbog prevelike zabrtvljenosti, nemogućnost zatvaranja velikih otvora jer PVC nema čvrstoću da izdrži težinu i opterećenje na velikom rasponu. Kod PVC stolarije često dolazi do pojave površinskog statičkog elektriciteta koji pospješuje taloženje fine prašine na površini profila i time negativno utječe na higijenske uvjete u pripadajućoj prostoriji.

Vrijednost koeficijenta prolaska topline okvira ovisi o broju komora. Najčešće su vrijednosti dosadašnjih PVC profila  $U_f < 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dok je kod novijih modela  $U_f < 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [12]

### 3.2. Aluminijska vanjska stolarija

Zbog odličnih karakteristika aluminijskih profila i aluminijske općenito, vanjska stolarija izrađena od aluminijske sve je češći izbor investitora i arhitekata prilikom gradnje zgrada raznih vrsta i namjena. Aluminijski profili od kojih se izrađuje stolarija odlikuju se malom težinom, velikom čvrstoćom, otpornošću na koroziju i habanje, jednostavnošću obrade profila, postojanošću na atmosferske utjecaje i sl. te se mogu u potpunosti vrlo jednostavno reciklirati. Takvi profili izrađuju se procesom izvlačenja iz visokokvalitetnog aluminijskog te se njihova površina može zaštititi plastifikacijom, bojanjem ili eloksiranjem<sup>16</sup>. Okov koji se ugrađuje u stolariju također je izrađen iz aluminijske legure i može izdržati velika opterećenja.

Stolarija izrađena od aluminijske ugrađuje se na objekte koji zahtijevaju laganu konstrukciju, veće ostakljene površine i kada je povećana potreba za čvrstoćom i postojanošću. Budući da je aluminij materijal koji se relativno lako obrađuje, moguće su izvedbe u raznim oblicima.

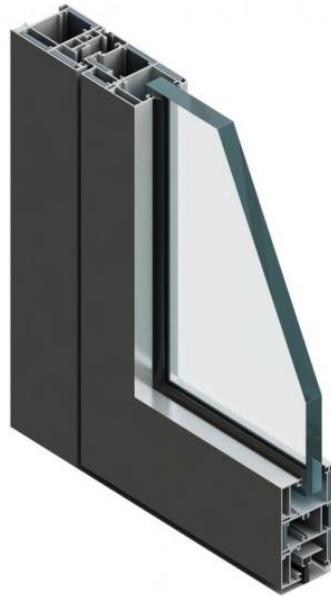
Profili za aluminijsku vanjsku stolariju mogu se podijeliti na profile bez prekinutog i s prekinutim toplinskim mostom. Najznačajnija razlika između ta dva profila je u toplinskoj izolaciji profila. Zato je bitno pravilno odabrati vrstu profila za ALU stolariju koju se ugrađuje na objekt. [14]

Profil bez prekinutog toplinskog mosta (Slika 7.) još se naziva i hladni profil. Karakteristika ovog profila je da se on izvlači u jednom komadu. Budući da je aluminij kao materijal odličan vodič topline, ovakvi se profili koriste samo tamo gdje toplinska izolacija nije potrebna

<sup>15</sup> Kondenzacija – u fizici predstavlja prijelaz tvari iz plinovitog u tekuće agregatno stanje, pojava suprotna isparavanju. Tako nastala tekućina naziva se kondenzat. Kondenzaciju olakšavaju čestice prašine i ioni, koji djeluju kao središta ili jezgre kondenzacije.

<sup>16</sup> Eloksiranje – postupak kojim se s pomoću električne struje na predmetima od aluminijske i od njegovih slitina proizvodi sloj aluminijske oksida, koji ih može štiti od korozije i habanja; može služiti kao električni ili toplinski izolator, ili kao podloga za zaštitne namaze boja i lakova.

(unutarnji prozori, vrata i pregradne stijene, grilje). Ako bi se takvi profili koristili za izradu vanjske stolarije, došlo bi do stvaranja jake kondenzacije na prozorima s unutarnje strane, odnosno u prostoriji. Najčešća širina takvih profila je 45-50 mm. [14]

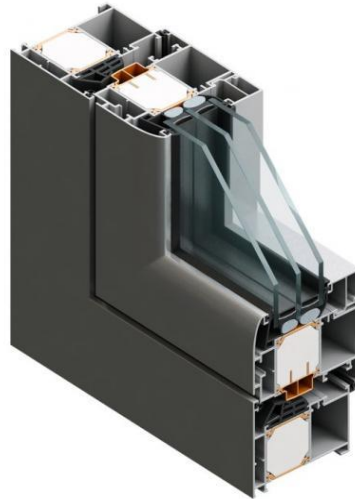


**Slika 7.** ALU profil bez prekinutog toplinskog mosta

*Izvor: <https://iveta-prozori-i-vrata.hr/alu-profili/>*

Profili s prekinutim toplinskim mostom (Slika 8.) sastoje se od tri dijela: vanjski i unutarnji aluminijski profil te poliamidni<sup>17</sup> (plastični) štap koji ih spaja u jedan profil. Spajanjem s poliamidnim štapom prekida se toplinski most unutar aluminijskog profila. Takvi profili imaju dobru toplinsku izolaciju i koriste se za vanjsku stolariju. Najčešća širina profila je 65 mm, međutim u današnje vrijeme se javljaju profili širine 77-92 mm. Toplinska provodljivost takvih profila iznosi  $U_f = 2$  do  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a zvučna izolacija im je oko 33 dB. [14]

<sup>17</sup> Poliamid – kristalasti, uglavnom plastomerni materijali kojima ponavljane jedinice sadrže alifatske ili aromatske segmente povezane amidnim vezama.



**Slika 8.** ALU profil s prekinutim toplinskim mostom

*Izvor: <https://www.novomont.hr/proizvodi/>*

Aluminijska stolarija ima mnoge prednosti od kojih su najbitnije: aluminij je lagan, čvrst i dostupan materijal koji je otporan na habanje, koroziju i vremenske utjecaje. Aluminij je u potpunosti reciklirajući materijal te je stoga ekološki prihvatljiv. Otporan je na savijanje što ga čini pogodnim za zatvaranje površina većih dimenzija. Aluminij posjeduje odlična svojstva toplinske izolacije koja se kreće 2,3 – 1,1 W/m<sup>2</sup>K što u kombinaciji s mogućnošću ugradnje IZO-stakala debljine do 58 mm na širinu profila od 85 mm daje odlične rezultate očuvanja topline unutar prostorije. Aluminijska stolarija može se izvesti u svim mogućim bojama RAL karte. Nedostaci aluminijske stolarije su visoka cijena, pojava kondenzacije i slaba otpornost na vremenske uvjete u primorskim krajevima, posebno na sol, te loša zvučna izolacija.

Koeficijent prolaska topline ovih prozorskih okvira je visok zbog velike toplinske vodljivosti metala i kreće se u rasponu  $U_f = 1,5$  do 3,2 W/m<sup>2</sup>K.[12]

### 3.3. Drvena vanjska stolarija

Drvo je jedan od najzastupljenijih i najdostupnijih materijala u građevinarstvu. Mogućnosti iskorištavanja drveta su velike, ali drvo zahtijeva određenu pripremu, pravilnu obradu i kvalitetnu zaštitu. Drvo je prirodan materijal, štedi energiju i obnovljiv je izvor energije. Za razliku od aluminija ili PVC-a, drvo ne zahtijeva proizvodnju sirovine. Za proizvodnju potrebno je pripremiti drvenu građu koja se pažljivom selekcijom suši na minimalno 12 % vlage.

Danas se kod proizvodnje drvene vanjske stolarije najčešće koristi lamelirano drvo<sup>18</sup> zbog nedostatka kvalitetne sirovine, maksimalnog iskorištavanja materijala, ali i konstrukcijske stabilnosti i čvrstoće. [10]

S obzirom na trajnost materijala, pretpostavka je da vlasnici nemaju niti potrebu niti namjeru stolariju na građevini mijenjati dokle ona zadržava svoje osnovne karakteristike i funkcije, stoga preporuke često idu u prilog upravo stolariji od drva. Drvo je kroz povijest bilo standardni materijal za izradu stolarije. Ono je bilo upotrebljavano kako za izradu vanjske stolarije, tako i za izradu unutarnje i građevne stolarije. Posljednjih desetljeća, u skladu s razvojem i zahtjevima arhitekture i pronalaskom novih građevinskih tehnika, tehnologija, materijala i njihovog iskorištavanja, pojavila se potreba za drugim vrstama materijala u izradi stolarije kao što su razni metali ili kompoziti PVC-a. Drvo je time bilo potisnuto u drugi plan na određeno vrijeme. Ipak, posljednjih godina se u svijetu, pa tako i u Republici Hrvatskoj, trendovi opet mijenjaju i drvo se polako vraća na svoje zasluženo mjesto jednog od najboljih materijala za izradu vanjske stolarije. [11]

Vrijednost drvene vanjske stolarije posebno se može primijetiti na objektima pod zaštitom spomenika kulture. Ti objekti su očiti dokaz kako je drvo provjeren i siguran odabir kad je stolarija u pitanju. Prozori i vanjska vrata proizvedeni prije mnogo godina i postavljeni na takve objekte očiti su primjer kako se i tada dostupnom tehnologijom izrade i obrade drva moglo kvalitetno zaštititi građevinu od vanjskih utjecaja i zadržati toplinu unutar zgrade. Imajući to na umu, današnja tehnologija izrade, kvalitetni materijali i pravilno održavanje zasigurno daju još dulji životni vijek drvenom prozoru i vratima. [12]

---

<sup>18</sup> Lamelirano drvo – građevinski materijal dobiven od tankih drvenih elemenata podjednake širine (dasaka) postavljenih jedan preko drugog, lijepljenih u međusobnim spojnim ravninama određenim vrstama ljepljiva pod određenim uvjetima i predstavlja najčešće štapasti element konstrukcije praktično neograničenih dimenzija poprečnog presjeka i dužine.



**Slika 9.** Vanjska drvena stolarija na objektu iz 1860. godine

*Izvor: <https://www.prozorivrata.com/hr/odrziva-buducnost-svjedoka-proslosti/>*

Slika 9. prikazuje primjer kako se kvalitetna drvena vanjska stolarija vrlo efektno i vizualno atraktivno može uklopiti u izgled zgrade izgrađene u 19. stoljeću.

Drveni prozori ne vežu toliko prljavštine na sebe, a sva eventualna oštećenja lako se saniraju. Dokazano je da drveni prozori imaju iznimnu toplinsku i zvučnu izolaciju. Dimenzijska stabilnost drva i mogućnost izrade velikih stijena iz jednog komada bez deformacija i time posljedica na brtvljenje, velike su prednosti drva. Postoji mnogo razloga za korištenje drvene stolarije. Drvo je prirodan materijal i ako se na dobar način tretira i održava, ono će nagraditi svoje vlasnike značajnom dugotrajnošću i izdržljivošću. Prozorski okviri i vrata od drva uvijek izgledaju izuzetno atraktivno, a ova atraktivnost se vremenom održala tako da je drvena stolarija i danas upečatljiv vizualni element na svakoj fasadi. Jedna od prednosti drvene stolarije je da se za izradu stolarije mogu koristiti različite vrste drva, a to podrazumijeva i različit estetski dojam. [13]

Slika 10. prikazuje drveni prozor izrađen od jelovine. Iz presjeka je vidljivo da ovaj prozor sadrži dvostruko IZO-staklo te trostruke brtve, dvije na krilu i jednu na doprozorniku. Aluminijski elementi služe kao zaštita od oborina te dodatno brtvljenje na spoju.



**Slika 10.** Presjek drvenog prozora

*Izvor: <https://www.pana.hr/proizvodi/prozori/#drvo>*

Drveni prozori „dišu“, što je posebno važno za prostorije s većom količinom vlage u zraku (npr. kuhinje, kupaonice ili spavaće sobe), ali i za prostorije sa suhim zrakom (npr. kod centralnog grijanja). Drvo difuzijom izbacuje suvišnu vlagu izvan prostorije odnosno, u suprotnom slučaju, ubacuje potrebnu vlagu u prostor. Još jedna bitna pozitivna karakteristika drveta je da nema pojave formiranja hladnog mosta na stolariji što znači da se na njoj neće pojaviti kondenzat, a s formiranjem kondenzata dolazi i do pojave plijesni koja bi mogla biti posebno neugodna za zdravlje čovjeka. Stoga je i iz higijensko-zdravstvenih uvjeta izbor drvenih prozora izuzetno prihvatljiv. [11]

Osim prirodne boje i teksture drva, stolariji će specifičan izgled dati i eventualno rezbarenje i premazivanje različitim zaštitnim sredstvima ili bojenje u određenu boju, što je njezina velika prednost. Stolarija izrađena od drugih vrsta materijala dolazi predfabricirana i nemoguće joj je promijeniti izgled osim u slučaju da ju se kompletno zamijeni.

Glavni nedostaci drvene vanjske stolarije su cijena i održavanje. Drvena stolarija relativno je skupa u odnosu na PVC i aluminij. To proizlazi iz činjenice početnog ulaganja u kvalitetan

materijal. Drvenu vanjsku stolariju potrebno je svakih nekoliko godina održavati, odnosno izbrusiti i ponovno zaštititi i obojati odgovarajućim zaštitnim premazima. Ti radovi iziskuju podosta vremena i financijskog ulaganja u maksimalnim intervalima od svakih četiri do pet godina. Također, drvo ima neujednačena mehanička svojstva zbog svojeg organskog podrijetla zbog čega promjene temperature i vlage mogu uzrokovati pukotine i deformacije.

Drvo je lijep, prirodan i čovjeku ugodan materijal, a u dom unosi osjećaj topline i ugođaj kakav samo prirodan materijal može dati. Osim atraktivnosti, pouzdanosti i funkcionalnosti u prilog drvenoj stolariji spada i činjenica da proizvodnja drvene stolarije nema negativan utjecaj na okoliš pa tako niti na globalno zagrijavanje. Štoviše, izračunom svakog pojedinog elementa za proizvodnju drvene stolarije dolazi se do negativnih vrijednosti tzv. potencijala globalnog zagrijavanja.<sup>19</sup> To znači da drveni prozori i vrata utječu na smanjenje emisije ugljičnog dioksida u atmosferi i posljedično tome smanjenju efekta staklenika jer se za proizvodnju drvene stolarije potroši puno manje energije nego je to slučaj kod drugih vrsta stolarija. Kada se sagledaju sve pozitivne strane drvene vanjske stolarije uz ono malo negativnih kojih ima, zaključak je da je ova vrsta stolarije superioran izbor u odnosu na druge.

Koeficijent prolaska topline kod okvira drvenih prozora primarno je definiran debljinom prozorskog profila (najčešća dimenzija danas je 68 mm) i koeficijentom toplinske provodljivosti materijala:  $\lambda = 0,13\text{--}0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  te se postiže vrijednost koeficijenta prolaska topline  $U_f = 1,1 - 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . [12]

### 3.4. Drvo-aluminij vanjska stolarija

Zajedničko svim drvo-aluminij stolarijama je drvo iznutra, a aluminij izvana čime se postižu najbolje vrijednosti ta dva materijala te se omogućuje optimalna zvučna zaštita. Također, ovakva stolarija omogućuje jedinstvenu toplinsku izolaciju.

Iako je na samom početku investicija za drvo-aluminij prozore veća, ona se svakako dugoročno isplati. Zbog duljeg vijeka trajanja, štednje energije te visokih izolacijskih

---

<sup>19</sup> Potencijal globalnog zagrijavanja – toplina koju apsorbira bilo koji staklenički plin u atmosferi, kao umnožak topline koju bi apsorbirala ista masa ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>). GWP je 1 za CO<sub>2</sub>. Za ostale plinove to ovisi o plinu i vremenskom okviru. Neki plinovi, poput metana, imaju velik GWP, jer tona metana upija puno više topline od tone CO<sub>2</sub>. Neki se plinovi, opet poput metana, s vremenom raspadaju, a njihova apsorpcija topline, ili GWP, tijekom sljedećih 20 godina veći je višekratnik CO<sub>2</sub> nego će njihova apsorpcija topline trajati više od 100 ili 500 godina. Vrijednosti GWP-a procjenjuju se i ažuriraju za svaki vremenski okvir kako se metode poboljšavaju.

vrijednosti i očuvanja zdravlja, navedena stolarija postaje sve više ekonomična<sup>20</sup>, a posebno je atraktivna zbog izgleda i veoma jednostavnog održavanja.

Drvo koje se koristi za izradu ovakve stolarije mora biti kvalitetno, a sastoji se od troslojno lamelirane jele ili smreke. Aluminijski dio prozora štiti prozorski okvir od raznih vremenskih neprilika, a profili se proizvode u raznim dimenzijama i bojama. Posebnu pozornost kod izrade ovakve vrste stolarije potrebno je posvetiti spoju drva i aluminijskog. Naime, drvo i aluminij nemaju ista termička svojstva pa stoga i njihov spoj ne smije biti krut. Spoj mora biti takav da omogućuje nesmetano širenje i sakupljanje aluminijskog, odnosno „rad drveta“ uslijed utjecaja temperaturnih promjena.



**Slika 11.** Presjek drvo-aluminijskog prozora s troslojnim IZO-staklom

*Izvor: <https://fermati.hr/proizvodi/drvo-aluminij.html>*

Slika 11. prikazuje drvo-aluminijski prozor gdje se vidi unutarnji dio izrađen od lameliranog drva (jela) na koji je posebnim prihvatnicima montiran aluminijski profil ispunjen poliuretanom za bolja izolacijska svojstva.

Prednosti drvo-aluminijske stolarije su u tome što se drvo i aluminij nadopunjuju u svojim najpovoljnijim svojstvima. Aluminij štiti drvo od štetnih vanjskih utjecaja i otporan je na utjecaj atmosferilija pa je time izbjegnuta potreba obaveznog redovitog održavanja vanjskog

<sup>20</sup> Ekonomičnost – jedno od osnovnih načela poslovanja, koje se očituje u zahtjevu da se određeni učinak (vrijednost proizvodnje), kao izlaz (*output*) iz ekonomskog sustava, ostvari uz što manje troškove za ostvarenje tih učinaka (proizvodnje), kao ulaz (*input*) u ekonomski sustav.



dijela prozora, dok drvo čuva unutarnju toplinu prostorije i sprječava pojavu vlage ispod prozora. Spoj ova dva materijala rješava problem sa zvučnom izolacijom koju imaju prozori izrađeni od aluminija, dok se istovremeno mogu izrađivati prozori znatno većih dimenzija nego samo drveni (zbog čvrstoće aluminija). Najveći, pa gotovo i jedini nedostatak ovakve stolarije je njezina cijena.

Ovakvi prozori postižu vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U_f = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  te se u kombinaciji s višestrukim Low-E premazima (niskoemisijski premaz od srebrnih oksida postavljen s unutarnje strane stakla) ostakljenih dijelova postiže vrijednost prozora s koeficijentom prolaska topline nižim od  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [12]

#### 4. ULOGA IZO-STAKLA

Prilikom izbora stakla potrebno je obratiti posebnu pozornost. Prozori standardno dolaze s dvostrukim, a u novije vrijeme preporučuje se, i sve više koristi, trostruko IZO-ostakljenje. U praksi se najčešće koriste dvoslojna stakla 4-16-4, i troslojna 4-16-4-16-4. Ove oznake označavaju stakla debljine 4 mm, te hermetički zatvoren prostor između stakala od 16 mm koji može biti ispunjen zrakom ili plinom (najčešće argonom<sup>21</sup>). Oznaka Low-E se odnosi na staklo s niskom emisijom koje se dobiva nanošenjem mikroskopski tankog premaza metala. Takvo staklo reflektira toplinu dok istovremeno propušta svjetlost. [14]

- obično IZO-staklo 4-16-4  $- U_g = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- IZO-staklo 4-16-4 s Low-E premazom  $- U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- IZO-staklo 4-16-4 s Low-E premazom i ispunjeno argonom  $- U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Staklo osim na toplinsku utječe i na zvučnu izolaciju, koja se izražava u dB. Standardno staklo 4-16-4 ima zvučnu izolaciju od 33 dB, što u praksi znači da umanjuje vanjsku buku za navedeni iznos te pruža zadovoljavajuću zvučnu izolaciju. Ako je potrebna bolja zvučna izolacija, preporučuje se lijepljeno tj. lamistal staklo ili pak staklo veće debljine.

---

<sup>21</sup> Argon – kemijski element rednog broja 18 i atomske mase 39,948. U periodnom sustavu elemenata predstavlja ga simbol Ar. Netoksičan je plemeniti plin bez boje, okusa i mirisa i najčešći je plemeniti plin u Zemljinj atmosferi (1 % atmosfere). Otkriven je 1984. godine.

Lamistal staklo sastoji se od 2 ili 3 stakla zalijepljena PVB folijom. Osim dodatne zvučne izolacije, lamistal stakla se prilikom pucanja ne raspršuju nego komadi stakla ostaju zalijepljeni na foliji.

Kod zahtjeva za povećanom otpornošću na udarce ili provalu, osim laminiranog stakla koriste se kaljena<sup>22</sup> stakla koja se dodatno obrađuju zagrijavanjem na visoke temperature te naglim hlađenjem. Rezultat je povećana otpornost na udarce, savijanje i temperaturu. [14]

Napredak u proizvodnji IZO-stakala prikazan je Slikom 12. Analiziranjem termičkih svojstava višeslojnog stakla proizvođači su došli do zaključka da višeslojnost ima veliki učinak na zadržavanje topline unutar prostorije s obzirom na vanjsku temperaturu.



**Slika 12.** Presjeci IZO-stakala s odnosima temperatura kod konstantne vanjske i unutarnje temperature zraka

Izvor: <https://www.alanis.hr/Izo-staklo/izo-staklo>

<sup>22</sup> Kaljenje – proces termičke obrade stakla, sa svrhom povećavanja njegove mehaničke čvrstoće i sigurnosti ljudi u slučaju loma. Osim što je puno čvršće, tj. ima veću otpornost na savijanje, u slučaju pucanja se lomi u mnogo sitnih komadića, veličine svega nekoliko milimetara.

Slika 12. prikazuje vrijednosti koje imaju IZO-stakla u odnosu na vanjsku temperaturu. Najbolje vrijednosti, naravno, ima trostruko IZO-staklo ispunjeno argonom. Koeficijent prolaza topline ( $U_g$ ) kod trostrukog stakla iznosi  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kod dvostrukog ispunjenog argonom iznosi  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dok kod dvostrukog IZO-stakla ispunjenog zrakom iznosi tek  $2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Zvučna izolacija ( $R_w$ ) kod najslabijeg stakla iznosi 32 dB, kod srednjeg 34 dB, dok kod trostrukog IZO-stakla iznosi 36 dB. Ova analiza pokazuje bitnu ulogu kvalitetnog ostakljenja u ukupnoj energetske bilanci zgrade i koliko je upravo ostakljena površina bitan element stolarije.

## 5. ULOGA OKOVA VANJSKE STOLARIJE

Okov je svakako jedan od najbitnijih elemenata stolarije koji utječe na trajnost proizvoda, lakoću rukovanja i sigurnost objekta. Ovisno o vrsti, okov omogućava otvaranje na zaokret, otklopno („na kip“), kombinirano zaokretno/otklopno ili neku drugu mogućnost otvaranja. Ovisno o broju i tipu zapornih elemenata okov utječe na stupanj sigurnosti odnosno osiguranja od provalnika. Vrlo je bitna završna obrada okova cinčanjem<sup>23</sup> šestovalentnim cinkom koji uz redovno podmazivanje osigurava trajnost od više desetaka godina.

Na tržištu postoje brojne vrste okova kao i proizvođači, a samim time i njegova kvaliteta. Istaknute karakteristike okova o kojima treba voditi računa su kvaliteta, ušteda energije, dizajn i laka prilagodba. Naravno, cijena ovisi upravo o prethodno nabrojenim elementima.

Svi okovi su dimenzionirani da podnesu opterećenja koja se nalaze u pokretnom elementu (krilu) poput težine stakla odnosno ispune. Svako naknadno opterećivanje krila može dovesti do oštećenja okova ili njihovog odmicanja. [15]

Vrlo je važna redovna kontrola i održavanje elemenata okova. Vremenski interval između pojedinih kontrola ovisi o situaciji tj. okolini u kojoj se nalazi, te frekvenciji otvaranja i zatvaranja prozora i vrata. [15]

Vizualnom kontrolom moguće je uočiti nepravilnosti koje mogu uzrokovati okovi te na osnovi toga izvršiti ispravnu mjeru za održavanje. Prvi pokazatelji nekvalitetnih okova su problemi koji se javljaju prilikom otvaranja i zatvaranja prozora. [15]

---

<sup>23</sup> Cinčanje – nanošenje tankog sloja cinka na površinu metalnih predmeta radi zaštite od korozije. Prevlačenje cinkom najzastupljeniji je postupak zaštite čelika i željeza metalizacijom.

Svi nedostaci vezani za okov mogu se relativno lako riješiti popravkom ili zamjenom pojedinih dijelova, a ako je potrebno, i cjelokupni okov je moguće zamijeniti novim okovom, a da pritom prozor ne gubi na svojoj prvobitnoj kvaliteti.

Slika 13. prikazuje primjere okova ugrađenih na drvenoj i PVC stolariji.



**Slika 13.** Primjer okova za drvenu i PVC vanjsku stolariju

*Izvor: <https://www.maco.eu/hr-HR/Proizvodi/>*

## 6. NAČIN UGRADNJE VANJSKE STOLARIJE

Ugradnja vanjske stolarije bitan je element koji se mora poštovati kako bi stolarija u konačnoj izvedbi bila funkcionalna i dugotrajna. Od iznimne je važnosti da se stolarija postavi precizno, prilikom montaže centrirano vodoravno i horizontalno jer u protivnom se može dogoditi da se prozori nekontrolirano otvaraju ili da vanjske klupčice nemaju dovoljnu kosinu prema van kako bi voda otjecala.

Građevinski otvor uvijek je nešto veći nego sam okvir stolarije iz razloga što se taj prazan prostor popunjava pjenom čime se postiže odlična toplinska i zvučna izolacija. Kada je primjerice riječ o prozoru, građevinski otvor u koji se ugrađuje prozor mora biti za 1 do 2 cm veći od veličine samog prozora. U slučaju da veličina prozora u odnosu na veličinu građevinskog otvora nije dobro određena ili da prozor nije dobro centriran i pravilno pričvršćen, uslijed toplinskih dilatacija može doći do funkcionalnih problema s prozorom – poteškoća kod otvaranja/zatvaranja ili u drastičnim slučajevima do pucanja doprozornika. Svaki od materijala vanjske stolarije ima različite reakcije na temperaturne razlike te je stoga uvijek potrebno razmišljati o slobodnom prostoru između zida i elementa stolarije kako bi se on mogao nesmetano širiti i skupljati.

Prije ugradnje, s okvira stolarije skidaju se krila te se okvir smješta u za to pripremljeni otvor. Okvir se zatim, ako je potrebno, učvršćuje drvenim „kajlama“ te se pristupa pričvršćivanju okvira za zid turbo-vijcima direktno kroz okvir, te u nekim slučajevima uz pomoć metalnih ankeri. Na vijke se stavljaju ukrasne kapice koje ujednačuju boju između stolarije i mjesta na kojima stoji vijak. Prazan prostor između okvira stolarije i zida se popunjava ekspanzijskom brtvećom masom (poliuretanskom pjenom) čime se postiže kvalitetna zvučna i termička izolacija. Nakon montaže okvira ponovno se postavlja krilo na okvir, obavlja se kontrola postavljenih elemenata te, ako je potrebno, radi se naknadno fino pozicioniranje krila.

Kako bi se onemogućio prodor prašine, vlage ili vode između prozora i zidarskog otvora, preporuča se popunjavanje proreza silikonskim kitovima visoke kvalitete, postojanosti i opstojnosti kod različitih temperatura, budući da moraju omogućiti sigurno brtvljenje i dovoljno rastezanje kako ne bi puknuli kod toplinskih rastezanja prozora.

## 7. NAČINI OTVARANJA VANJSKE STOLARIJE

Bez obzira na to iz koje vrste materijala je izrađena vanjska stolarija, svima je zajedničko da imaju veoma sličan okov koji se u njih ugrađuje, čime im je definiran način otvaranja. Ono što je zajedničko drvenoj, PVC i aluminijskoj stolariji je to da se prozori mogu izraditi za određenu situaciju i potrebu na zgradi. U kontekstu načina otvaranja prozori mogu biti zaokretni, otklopni, otklopno-zaokretni, rotirajući, fiksni, klizni gore/dolje ili lijevo/desno ili potpuno osebujni prozori za specijalne namjene. Potrebno je razlikovati način otvaranja prozora od klasifikacije vrste prozora. Pod pojmom vrsta prozora podrazumijevaju se njihove osnovne značajke, dok se pod načinom otvaranja podrazumijevaju razni mehanizmi otvaranja koji ovise o funkciji pojedinog prozora, o njegovoj poziciji te u skladu s tim ugrađenom okovu.

S obzirom na osnovnu klasifikaciju vrste prozora i s obzirom na položaj na zgradi postoje dvije osnovne skupine, a to su zidna i krovna vanjska stolarija. Dok je zidna stolarija uobičajena, tradicionalna, krovna se stolarija razvija sa suvremenim stilom života te sve češćim željama i izvedbama prenamjena klasičnih tavanskih prostora u funkcionalne cjeline, čime se stvara i potreba za osvjetljavanjem i provjetravanjem prostora smještenih ispod kosih krovnih površina.

### 7.1. Zidna vanjska stolarija

Kao što i njihov naziv govori, ova stolarija se ugrađuje na zidove, odnosno okomite površine zgrade. Zidna stolarija zahtijeva odgovarajuću količinu manipulativnog prostora kako bi se njezina funkcija otvaranja i zatvaranja mogla neometano odvijati. Najvažniji čimbenici koje treba uzeti u obzir su širina raspona u koji će se ugraditi prozor ili vrata, raspoloživi unutarnji prostor (granice prostora, smještaj namještaja i dr.) i potrebne performanse u pogledu propusnosti zraka i vodonepropusnosti, toplinske izolacije, zvučne izolacije i sigurnosti. S obzirom na načine otvaranja razlikuju se sljedeće vrste prozora:

#### a) otklopni prozor

Ova vrsta prozora ima samo jednu mogućnost otvaranja, a to je otklopno otvaranje ili tzv. na kip. Uobičajeno se još nazivaju i nagibni prozori zbog svojeg karakterističnog otvaranja oko donje vodoravne osi. Iznimno, u skladu s potrebama ili željama investitora, ili kao rezultat specifičnosti položaja, moguće je otvaranje i oko gornje vodoravne osi. Ovakvi prozori

pogodni su za prostorije u kojima je potrebno stalno provjetravanje bez potpunog otvaranja prozora. Kod ovih prozora potrebno je spomenuti da se teže čiste jer njihovo krilo nije moguće u potpunosti otvoriti bez da se „otpusti“ njihov okov koji ga drži u otvorenoj poziciji. Zbog svoje jednostavnosti i samo jedne funkcije, okov za ovu vrstu prozora je lagan za održavanje, dugotrajan te vrlo prihvatljive cijene.



**Slika 14.** Primjer otklopnog PVC prozora

*Izvor: <https://www.prozorivrata.com/>*

#### **b) otklopno-zaokretni prozor**

Otklopno-zaokretni prozor je kombinacija prozorskog krila koje se otvara otklopno („na kip“) i zaokretno, tj. okreće se i oko svoje vertikalne osi, lijeve ili desne. Na ovu vrstu prozora montira se odgovarajući okov koji omogućuje obje vrste otvaranja na jednom prozorskom krilu. To znači da jedno prozorsko krilo može biti u jednom trenutku otvoreno „na kip“ dok u drugoj situaciji može biti potpuno otvoreno zaokretno. Kod dvokrilnih prozora preporuča se kombinacija jednog otklopno-zaokretnog krila s jednim samo zaokretnim krilom. Način otvaranja ovih prozora definira se zakretanjem ručice prozora.

Ovaj tip otvaranja prozora izuzetno je prihvatljiv jer odgovara svim potrebama korisnika, ovisno o situacijama. Upravo zbog toga su i najčešća vrsta prozora kod opremanja stambenih zgrada. Prilikom projektiranja i definiranja načina otvaranja potrebno je voditi brigu o manipulativnom prostoru za zaokretno krilo, kako ne bi bilo u suprotnosti s načinom korištenja prostora. Ispravna pozicija okova i način otvaranja zaokretnog krila može znatno doprinijeti funkcionalnosti prozora i prostora u kojem se nalazi, dok je kriva pozicija često uzrokom da se zaokretni sustav zbog nefunkcionalnosti ne koristi.

Slika 15. prikazuje standardni drveni dvodijelni dvokrilni prozor s jednim otklopnim i jednim otklopno-zaokretnim krilom.



**Slika 15.** Primjer drvenog prozora s otklopnim i otklopno-zaokretnim krilom

*Izvor: <https://www.valdi.com/timber/tilt-and-turn-windows/>*

### **c) klizni prozori i vrata**

Osim što su vrlo praktični, ove prozore odlikuje mehanizam za čije funkcioniranje nije potrebna velika količina prostora. Ponekad se još nazivaju i klizne stijene. Klizni prozori otvaraju se pomoću kotačića koji se kotrljaju po donjoj ili gornjoj vodilici. Karakteristika ovih prozora je da mogu zatvoriti veće površine i propuštaju puno više svjetlosti u prostoriju jer nemaju srednje konstrukcijske komade. Pogodni su za terase, apartmane i prostorije u kojima se želi naglasiti pogled te prohodnost između prostorija ili prema vanjskom prostoru. Okov za ovu vrstu prozora skuplji je od onog za otklopno-zaokretne prozore te mora biti iznimne čvrstoće. Potrebno je posvetiti dosta vremena i iskustva prilikom montaže i finog namještanja kako bi se klizni prozori neometano i lagano otvarali i zatvarali. Postoje tri vrste kliznih prozora, a to su: otklopno-klizni prozori, podizno-klizni prozori i prozori kod kojih krila klize jedna pored drugih.

Klizni prozori su izuzetno praktični i funkcionalni jer prilikom otvaranja ne zahtijevaju manipulativni prostor, tj. ne zauzimaju prostor za otvaranje, pa je stoga lakše organizirati funkcionalno korištenje unutarnjeg prostora što uključuje i lakše opremanje namještajem.



Posebno je pogodno koristiti ovaj sistem otvaranja kod vanjskih balkonskih vrata, gdje se stalnom postavom „otvoreno“ osigurava nesmetana komunikacija vanjskog i unutarnjeg prostora te njihovo vizualno povezivanje.

Slika 16. prikazuje upravo takvu varijantu aluminijske staklene stijene.



**Slika 16.** Primjer aluminijske klizne stijene

<https://www.justvaluedoors.co.uk/aluminium-patio-doors>

#### **d) harmo-prozori i vrata**

Ovi prozori ili vrata otvaraju se na način da se jedno krilo preklapa na drugo, pri čemu se s njihovim potpunim otklonom dobiva velika količina svjetlog i prohodnog prostora. Mogućnosti otvaranja i njihove kombinacije kod harmo-prozora i vrata su velike i diktira ih prostorija i njezina namjena. Harmo-prozorima i harmo-vratima najčešće se opremaju objekti kao što su dvorane, bazeni, restorani, kafići, odnosno objekti koji u zimskim hladnim mjesecima trebaju pregradu, a ljeti prolaz i prozračnost.

Za razliku od kliznih prozora i vrata, kod harmo-varijante moguće je postići veću otvorenost, pa čak i privid da uopće ne postoje vrata/prozor, čime se postiže prozračnost i posebno kvalitetna vizualna povezanost unutarnjeg i vanjskog prostora.

Klizna i harmo-varijanta posebno su povoljne u blagim klimatskim uvjetima te na lokacijama gdje se očekuje mogućnost otvorenosti prema vanjskom prostoru u duljem vremenskom razdoblju.

Slika 17. prikazuje aluminijsku harmo-stijenu stambenog prostora s vrlo efektinim povezivanjem dnevnog unutarnjeg prostora s korištenjem prostora terase.



**Slika 17.** Primjer aluminijske harmo-stijene

*Izvor: <https://www.dual-pvc.hr/alu-harmo-vrata>*

#### e) fiksni prozori i stijene

Ova vrsta prozora učvršćena je na zid bez ikakvih mogućnosti zatvaranja ili otvaranja. Općenito, predviđeni su za prijenos svjetlosti i topline u prostoriju, pri čemu izostaje element provjetravanja te se koristi u situacijama kada je potrebno samo svjetlo, toplina ili se želi naglasiti pogled. Sve više se koriste kod izgradnje niskoenergetskih i pasivnih kuća koje nemaju potrebu za provjetranjem u klasičnom smislu (otvaranje prozora).

Slika 18. prikazuje pasivnu kuću s ugrađenim fiksnim prozorima i stijenama.



**Slika 18.** Primjer fiksnih prozora kod pasivne kuće

*Izvor: <https://www.archiexpo.com/prod/alumil-sa/>*

Međutim, trebalo bi voditi brigu da iako su estetski vrlo elegantni te je njihova cijena oslobođena utroška na okovu, ipak je povremeno otvaranje prozora radi prirodnog provjetravanja neophodno i pruža zdrav i prirodan sustav zračenja unutarnjih prostora.

## 7.2. Krovna vanjska stolarija

Krovna vanjska stolarija najčešće podrazumijeva krovne prozore, ali isto tako u nju spadaju i tipske krovne terase i balkoni, krovna vrata te svjetlosni tuneli. Krovni prozori odlično su rješenje za prostorije gdje nije moguće postaviti klasične vertikalne prozore da bi se dobila potrebna dnevna svjetlost i provjetravanje. Krovni prozori ugrađuju se u konstrukciju krova te se limenim opšavima osigurava njihova vodonepropusnost. Moraju biti izrađeni od kvalitetnih i izdržljivih materijala jer su svakodnevno izloženi atmosferskim utjecajima koji su mnogo više izraženi na krovu zgrade nego na njezinim vertikalnim površinama. Postoje dvije vrste krovnih prozora s obzirom na otvaranje, a to su: krovni prozori sa središnjim ovjesom i krovni prozori s dvostrukim ovjesom.



**Slika 19.** Krovni drveni prozor sa središnjim ovjesom

*Izvor: <https://www.krovni-prozori.eu/proizvod>*

Slika 19. prikazuje drveni krovni prozor sa središnjim ovjesom koji omogućava jednostavno otvaranje i zatvaranje prozora. Kod ovakvog prozora potrebno je imati na umu da ispod njega mora biti slobodan prostor bez namještaja kako bi se lako došlo do ručice za otvaranje i provjetravanje. [16]

Nešto skuplji, ali puno praktičniji je krovni prozor s dvostrukim ovjesom. Ovu vrstu prozora karakterizira otvaranje prema van za 45° čime se dobiva neometan pogled i dojam otvorenog prostora, ali isto tako i mogućnost zaokretanja krila za 180° čime se uvelike olakšava čišćenje vanjske površine stakla. Ovi prozori idealni su za tavanke prostore s višim parapetnim<sup>24</sup> zidom. [16]



**Slika 20.** Primjer aluminijskog krovnog prozora s dvostrukim ovjesom

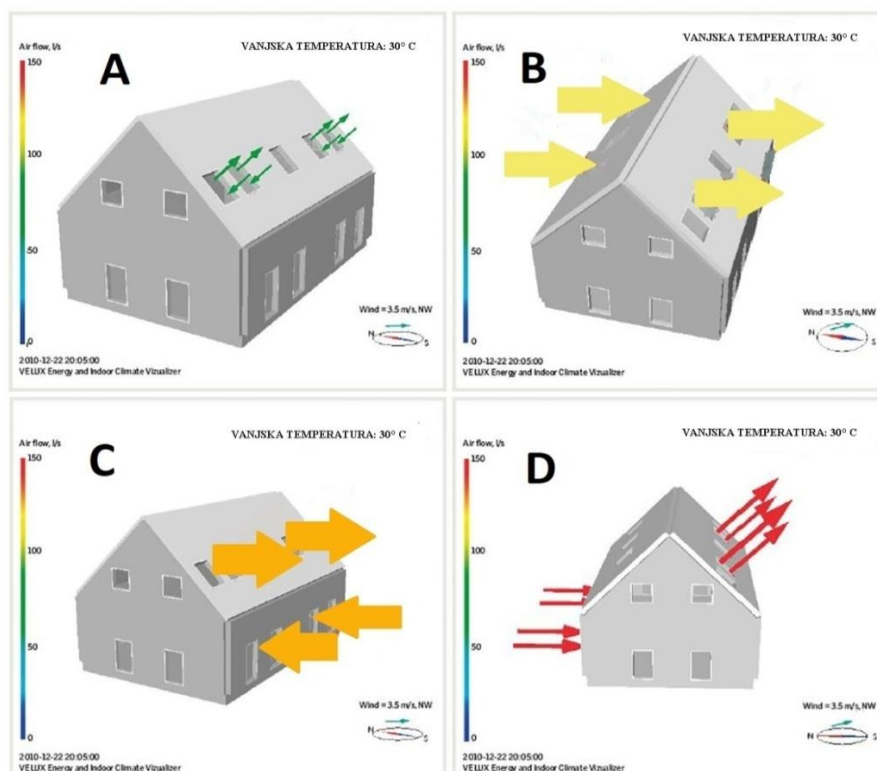
<https://www.velux.hr/proizvodi/krovni-prozori?consent=preferences,statistics,marketing&ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Važan element funkcionalnosti krovnog prozora je njegovo pozicioniranje. Preporuča se njegova orijentacija prema jugu kako bi se dobilo što više svjetlosti tijekom dana, ali i da bi se prikupilo nešto topline tijekom zimskih mjeseci. Nezavisna istraživanja su pokazala da pravilno postavljeni i dimenzionirani krovni prozori mogu smanjiti potrošnju električne energije za osvjetljenje prostorije i do 30 %.

Imajući na umu da građevinski propisi nalažu da je za stambene prostorije najmanja svjetla površina prozora jednaka jednoj osmini tlocrtna površine prostorije, ponekad je otežano dobivanje takve količine svjetlosti krovnim prozorima. To se može riješiti ugradnjom mijena i pomoćnih rogova prilikom konstrukcije krovišta, ili jednostavno postavljanjem većeg broja krovni prozora. Krovni prozori mogu se pokrivnim okvirima spajati u nizove ili u obliku kazeta slagati jedan pokraj ili iznad drugih. [17]

<sup>24</sup> Parapet – zidani dio ispod otvora prozora. Zid ukupne visine od poda do donjeg ruba donjeg dijela doprozornika.

Dobivanje svjetlosti od izuzetne je važnosti prilikom prenamjene tavanskih prostorija u prostor za život i/ili rad. No, uz te najočitije i najraširenije dobrobiti, krovni prozori mogu obavljati i još jednu vrlo bitnu funkciju, a to je odvod toplog zraka. Dobro je poznato da se topli zrak diže i dolazi do najviše točke zgrade (tzv. efekt dimnjaka), a to je tavan, odnosno potkrovlje kod stambenih zgrada. Taj proces se odvija stalno i neprekidno jer ljudske aktivnosti kao što su disanje, kuhanje, pranje i sl. povećavaju temperaturu unutarnjeg prostora te stvaraju vlagu. Ta vlaga s toplim zrakom prodire preko pukotina u konstrukcije krovišta što u konačnici može dovesti do uništenja same konstrukcije. Uzme li se u obzir činjenica da tijekom ljetnih mjeseci temperatura na vanjskoj krovnoj površini može doseći i do 90° Celzijusovih, boravak u loše izoliranim i neventiliranim potkrovljima može biti iznimno neugodan. Kvalitetno pozicionirani krovni prozori mogu vrlo učinkovito „efektom dimnjaka“ vrući i vlažan iskorišteni zrak odvesti iz prostorija i iz cjelokupne zgrade u vanjski prostor. Krovni prozori su zbog svoje pozicije za tu zadaću puno učinkovitiji od vertikalnih zidnih prozora. Iz tog je razloga preporučljivo krovne prozore postavljati u najvišim točkama prostora potkrovlja.



**Slika 21.** Analiza protoka zraka kod krovnih prozora

Izvor: <https://www.velux.com/what-we-do/research-and-knowledge/deic-basic-book/ventilation/natural-ventilation-with-roof-windows>

Slikom 21. prikazana je analiza protoka zraka kod krovnih prozora. Situacija A pretpostavlja da kuća ima otvorene krovne prozore samo s jedne strane. Mjerenja pokazuju da tako postavljene i otvorene prozori izmjenjuju otprilike 50-60 litara zraka u sekundi. Izmijenjena količina zraka nije dovoljna da se ohladi tavanški prostor te temperatura tog prostora iznosi oko 35 °C. Situacija B pretpostavlja da zgrada ima otvorene prozore na obje krovne površine. Tako otvoreni prozori izmjenjuju otprilike 100 litara zraka u sekundi i zadržavaju temperaturu na otprilike 32 – 33 °C. Situacija C pretpostavlja ulaz zraka s donje etaže na istoj strani (jug) na kojoj su otvoreni i krovni prozori. Mjerenja pokazuju da kod ovako otvorenih prozora izmjena zraka iznosi otprilike 120-130 litara u sekundi i da se temperatura može održavati na otprilike 31 °C. Situacija D pokazuje se najučinkovitijom konfiguracijom za provjetravanje prostorija. Svježi zrak ulazi sa sjeverne strane te izlazi kroz visoko pozicionirane krovne prozore na južnoj strani. Količina zraka koja se izmijeni tijekom ovakvog provjetravanja iznosi više od 150 litara u sekundi. Budući da se u zgradu uvlači hladniji zrak (zbog sjeverne strane), temperatura unutarnjeg prostora osjetno je niža od vanjskih 30 °C te boravak u tim prostorijama čini mnogo ugodnijim.

Ovakve analize dokazuju vrijednost krovnih prozora u poboljšanju uvjeta za boravak u potkrovljima, ali i u prostoru cijele zgrade. Pravilno projektirani, pozicionirani i orijentirani građevinski objekt može se puno lakše nositi sa situacijama i problemima na koje čovjek nema direktnog utjecaja, ali isto tako čovjek može vrlo lako iskoristiti prirodne zakonitosti kako bi boravak u svojim životnim prostorima učinio ugodnijim, zdravijim, funkcionalnijim i ekonomičnijim. Ovime se potvrđuje tvrdnja da cjelokupnu zgradu treba planirati i osmisliti do najsitnijih detalja, doslovno od temelja do krova. Osim toga, krov i krovni prozori najčešće su vidljivi dijelovi zgrada, pa zajedno s vanjskim zidnim ploham doprinose estetskom djelovanju pojedine zgrade i njezinom skladu s okolinom. [18]

## **8. ULOGA VANJSKE STOLARIJE U UKUPNOJ TOPLINSKOJ BILANCI ZGRADE**

Prema nekim procjenama i istraživanjima, preko 40 % ukupne potrošnje energije u Republici Hrvatskoj otpada na kućanstva i zgrade zbog velikog broja korisnika i potrošača koji se u njima nalaze. Koji učinak na okoliš ima neka zgrada ovisi o aktivnostima koje se u njoj obavljaju i koliko energije je potrebno za njezino funkcioniranje. Energija koja se troši u zgradi koristi se za grijanje, klimatizaciju, rasvjetu, pripremu tople vode i dr. Količina energije koja je potrebna za sve ove zadaće ovisi o karakteristikama sustava unutar zgrade,



klimatološkom položaju zgrade, načinu izgradnje i konstrukcijskim svojstvima materijala te navikama korisnika zgrade. Najviše energije troši se na grijanje i hlađenje prostorija te pripremu tople vode. Zgrade koje su energetske učinkovite svojim korisnicima pružaju istu razinu komfora uz manju potrošnju energenata. Kvalitetno optimiran energetski koncept omogućava nisku potrošnju energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora uz što nižu cijenu investicije, te rezultira troškovno optimalnim rješenjem koje zadovoljava nZEB standard. [19]

Energetska bilanca zgrade predstavlja uravnoteženost proizvedene i dobivene energije s izgubljenom i potrošenom energijom. Energetska bilanca zgrade predstavlja sumu sveukupne energije potrebne za učinkovito funkcioniranje zgrade.

Ako su toplinski dobici zgrade (toplinska energija dobivena od Sunca i proizvedena unutarnjim toplinskim izvorima; ljudi, oprema i dr.) jednaki toplinskim gubicima (transmisijski gubici i gubici od provjetravanja), toplinska ugodnost unutar zgrade je samoodrživa.

To je moguće u slučaju ako vrijedi sljedeća bilanca:

- $Q + Q_{\text{sun}} + Q_{\text{in}} = Q_{\text{gg}} + Q_{\text{ven}} + Q_{\text{trans}}$

gdje su toplinski dobici:  $Q$  – primarna energija goriva korištenog za grijanje prostora,  $Q_{\text{sun}}$  – dobivena toplinska energija od Sunca i  $Q_{\text{in}}$  – dobivena unutarnja toplinska energija, a toplinski gubici  $Q_{\text{gg}}$  gubici nastali u sustavu grijanja,  $Q_{\text{ven}}$  gubici u sustavu ventilacije i  $Q_{\text{trans}}$  transmisijski gubici. [20]

Energetska bilanca balansira toplinske dobitke s toplinskim gubicima gdje se, u slučaju ravnoteže, postiže toplinska ugodnost. Gubici energije nastaju zbog nesavršenosti sustava. Toplinski gubici sustava grijanja ( $Q_{\text{gg}}$ ) nastaju zbog korištenja goriva koje nije moguće u potpunosti iskoristiti, gubici zbog ventilacijskog sustava postoje zbog provjetravanja i ventilacije zgrade, gdje se sa svakom izmjenom zraka u zgradi dio energije prenosi u okolinu. Transmisijski gubici rezultat su nesavršenosti toplinske izolacije objekta zbog čega se kroz vanjske zidove, otvore (vrata i prozore), podove i krovove dio energije rasipa u okolinu. Oni ovise o karakteristikama materijala korištenog u izgradnji, kvaliteti toplinske izolacije, kvaliteti stolarije i dr. [20]

Uzimajući u obzir činjenicu da se 75 % gubitaka energije jedne zgrade realizira kroz vanjske zidove, krov i pod zgrade, dok na otvore prozora i vrata odlazi 25 %, uloga vanjske stolarije u ukupnoj toplinskoj bilanci izuzetno je velika. Vanjska stolarija izrađena po današnjim modernim standardima i ostakljena odgovarajućim IZO-staklom ima i do tri puta manje toplinske gubitke od stolarije s jednostrukim staklom i jednom brtvom. Obradom tih podataka te proračunom dolazi se do rezultata da bi se s energijom koja je potrebna da bi se zagrijala jedna zgrada izgrađena prije 30-ak godina moglo zagrijati tri do četiri niskoenergetske kuće i čak osam do deset pasivnih kuća.

Tablica 3. pojednostavljeni je proračun troškova grijanja prostorija u kojima se nalaze različite vrste vanjskih prozora.

**Tablica 3:** Primjeri potrošnje energije za grijanje loživim uljem po  $m^2$  površine kod različitih tipova prozora.

Vrsta prozora	$U_w$ koeficijent	Godišnja potrošnja goriva ( $l/m^2$ )
Stari drveni prozor s jednostrukim staklom	4.5	50
Jednostruki drveni prozor s dvostrukim IZO-staklom	2.8	30
Drveni prozor s dvostrukim IZO-staklom	1.4	15
Drveni prozor s trostrukim IZO-staklom	0.8	8
PVC prozor s 3 komore i dvostrukim IZO-staklom	1.9	20
PVC prozor s 5 ili 6 komora i dvostrukim IZO LOW-E staklom	1.2	13
PVC prozor s 6 komora i trostrukim IZO LOW-E staklom	0.7	7
ALU prozor s dvostrukim IZO LOW-E staklom	1.3	14
ALU prozor s trostrukim IZO LOW-E staklom	0.8	8

Izvor: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/> i <https://www.pana.hr/testiranje-prozora-u-laboratoriju-ift-rosenheim/> - autorova obrada

Tablica 3. prikazuje vrijednosti koeficijenta prolaska topline za svaku vrstu stolarije (ovisno o vrsti materijala te načinu ostakljenja) te količinu potrošnje loživog ulja za grijanje po  $m^2$  površine prostorije u kojoj se nalazi spomenuta stolarija. Vidljivo je da s napretkom tehnologije proizvodnje stolarije i postavljanja kvalitetnog ostakljenja vrijednosti  $U_w$  koeficijenta osjetno padaju te da se troškovi grijanja, odnosno količina potrošenog loživog



ulja smanjuje kako se povećavaju izolacijska svojstva materijala, odnosno profila i vrste ostakljenja, od kojih je izrađena stolarija.

Vanjska stolarija ključan je element kod stvaranja prostora ugodnog za život. Spoj estetike i funkcionalnosti njezina je temeljna značajka. Ako korisnici zgrade imaju svjež zrak, dovoljno sunčane svjetlosti, sigurnost, toplinsku izolaciju, zaštitu od buke i vremenskih prilika, slobodno se može reći da vanjska stolarija u potpunosti ispunjava svoju zadaću. Zbog svoje složene toplinske funkcije izuzetno je važan čimbenik u ukupnoj toplinskoj bilanci zgrade. Iako su prozori dijelovi zgrade kroz koju se gubi najviše topline, oni su i elementi kroz koje u zgradu ulaze svjetlost i toplina. Pasivni dobici od topline Sunčevog zračenja mogu doprinijeti smanjenju troškova za grijanje zimi, ali s druge strane, ljeti mogu povećati troškove hlađenja koji se pojavljuju u ljetnim mjesecima. Odnosi troškova za grijanje i hlađenje ovise o materijalu vanjske stolarije, ostakljenju, orijentaciji otvora i eventualnim sustavima zasjenjenja, a sve to su zadaci koje mora riješiti dobar projektant prepoznajući mogućnost iskorištavanja toplinskih dobitaka i smanjivanja transmisijskih gubitaka kroz sve ostakljene površine na zgradi. Za uspostavljanje ravnoteže u energetske bilanci zgrade potrebno je u obzir uzeti lokaciju zgrade, klimu, pozicioniranje otvora, njihovu veličinu te potrebu zasjenjenja. Međutim, pozicioniranje i pravilno dimenzioniranje otvora za prozore i vrata od ključne je važnosti za postizanje kvalitete unutarnjeg prostora. Kada se svi elementi pravilno analiziraju i projektiraju, rezultat je zgrada koja postiže energetske ravnotežu.

## 9. ZAKLJUČAK

Kada se razmišlja o postavljanju stolarije na novoj ili zamjeni dotrajale vanjske stolarije na već postojećoj zgradi, postoji mnogo čimbenika koje treba uzeti u obzir. Vanjska stolarija, u koju spadaju vrata i prozori, mora udovoljiti visokim standardima kvalitete u pogledu funkcije, estetike, ali i ekonomičnosti. Projektirani prozori i vrata moraju biti izdržljivi i dugotrajni. Prilikom odabira bitan je parametar lokacije objekta, jer je u hladnijim krajevima potrebno razmišljati o sprječavanju ulaska hladnoće u objekt, dok je u klimatski toplijim krajevima potrebno spriječiti ulazak nepotrebne vrućine. Odnosno, s obzirom na lokaciju, najčešće se radi o potrebi zadovoljavanja oba kriterija – zaštite od nepotrebno gubitka topline iz unutarnjeg prostora u vanjski, znatno hladniji prostor, tijekom zimskog razdoblja, te zaštita od prekomjernog zagrijavanja unutarnjeg prostora vanjskim pretoplom zrakom tijekom ljetnog razdoblja. Sve su to karakteristike koje vanjska stolarija mora ispunjavati kako bi se zadovoljili strogo propisani uvjeti gradnje energetski učinkovitih zgrada.

Prilikom odabira određene vrste vanjske stolarije od izuzetne je važnosti i odabir materijala od kojih će biti izrađeni. Svaki od materijala za izradu vanjske stolarije koji su obrađeni ovim radom ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti svakog pojedinog materijala trebalo bi iskoristiti i naglasiti, dok bi nedostatke trebalo kompenzirati ili njihov učinak smanjiti na najmanju moguću mjeru imajući na umu da uloga stolarije nije samo toplinska izolacija, već je to i prozračivanje i propuštanje dnevne svjetlosti. U skladu s tim, osim izbora materijala, od velike važnosti je i pravilno pozicioniranje i dimenzioniranje otvora, promatranje cijele zgrade kao cjeline te omogućavanje da se osim osiguravanja toplinske postojanosti zgrade ostvari i kvalitetna insolacija, po potrebi zaštita od insolacije te neizostavno kvalitetno prirodno provjetravanje, budući da su to sve parametri koji doprinose dobicima i/ili gubicima energije zgrade, ali isto tako doprinose i ukupnoj ugodnosti boravka u unutarnjem prostoru te osiguravaju zdravu unutarnju mikroklimu.

Uloga kvalitetne vanjske stolarije izuzetno je bitna i potrebno je posvetiti mnogo pažnje prilikom procesa osmišljavanja objekta koji se gradi. Vanjska stolarija nije stavka na kojoj bi trebalo štedjeti jer ušteda u smislu jeftinijeg prozora i vrata može znatno smanjiti kvalitetu energetske ovojnice zgrade te u budućnosti donijeti neplanirane i neželjene permanentne troškove. Upravo ulaganje u kvalitetnu vanjsku stolariju doprinosi povećanju energetske učinkovitosti zgrade na način da doprinosi toplinskoj bilanci zgrade znatno smanjujući potrošnju energije potrebne za održavanje potrebne ugodne mikroklime unutarnjih prostora.

**POPIS LITERATURE**

- [1] <https://quotes.thefamouspeople.com/le-corbusier-2118.php> (preuzeto 24. 5. 2022.)
- [2] <https://www.paarhammer.com.au/blog/history-of-windows> (preuzeto 25. 5. 2022.)
- [3] <https://www.clerawindows.com/blog/windows-glass-glazing-a-brief-history/>  
(preuzeto 25. 5. 2022.)
- [4] <https://quotes.thefamouspeople.com/le-corbusier-2118.php> (preuzeto 24. 5. 2022.)
- [5] <https://www.fzoeu.hr/hr/enu-u-zgradarstvu/7571> (preuzeto 25. 5. 2022.)
- [6] <https://www.gskg.hr/default.aspx?id=2339> (preuzeto 26. 5. 2022.)
- [7] <https://www.zakon.hr/z/747/Zakon-o-energetske-ucinkovitosti> (preuzeto 25. 7. 2022.)
- [8] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_04\\_41\\_847.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_04_41_847.html) (preuzeto 25. 7. 2022.)
- [9] Zbašnik Senegačnik, M. (2009.) Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.
- [10] Štromar, Ž., Zagorec, M., (2009), Tehnički uvjeti, odabir i ispitivanje prozora prije ugradnje, Građevinar, 61, 1153-1161.
- [11] Kavran, M., Dijan, A., Ištvančić, S., Šimunović, R., Kotur, N., (2013), Tržište prozora, Centar za razvoj i marketing hrvatski drveni klaster.
- [12] Simović Veselin dr.sc., (2002), Leksikon građevinarstva. MM Masmedia.
- [13] <https://www.prozorivrata.com> (preuzeto 3. 6. 2022.)
- [14] <http://www.ve-metal.hr/tipovi-aluminijskih-profila/> (preuzeto 9. 6. 2022.)
- [15] <https://www.staklarstvo.hr/> (preuzeto 5. 6. 2022.)
- [16] Velux Design Guide, priručnik – digitalno izdanje, (2022), Velux Hrvatska d.o.o.
- [17] Neufert, E. (2002), Elementi arhitektonskog planiranja, Golden Marketing d.o.o.
- [18] Peulić Đ. (2002) Konstruktivni elementi zgrada, Croatiaknjiga Zagreb.
- [19] Smjernice za zgrade gotovo nulte energije, Vlada RH – MGIPU, 2019.
- [20] <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/energetska-bilanca-zgrade/>

**POPIS SLIKA**

<b>Slika 1.</b> Fragmenti rimskog stakla (preuzeto 5. 6. 2022.) .....	6
<b>Slika 2.</b> Staroegipatski prozor od pješčenjaka (preuzeto 5. 6. 2022.).....	7
<b>Slika 3.</b> Pionir moderne arhitekture: Charles-Édouard Jeanneret-Gris (preuzeto 7. 6. 2022.)...9	
<b>Slika 4.</b> Primjer energetske certifikata višestambene zgrade (preuzeto 9. 6. 2022.) .....	13
<b>Slika 5.</b> Prikaz gubitaka topline stambene zgrade (preuzeto 11. 6. 2022.) .....	19
<b>Slika 6.</b> PVC profil s troslojnim IZO-staklom (preuzeto 12. 6. 2022.).....	21
<b>Slika 7.</b> ALU profil bez prekinutog toplinskog mosta (preuzeto 12. 6. 2022.) .....	24
<b>Slika 8.</b> ALU profil s prekinutim toplinskim mostom (preuzeto 14. 6. 2022.) .....	25
<b>Slika 9.</b> Vanjska drvena stolarija na objektu iz 1860. godine (preuzeto 15. 6. 2022.).....	27
<b>Slika 10.</b> Presjek drvenog prozora (preuzeto 16. 6. 2022.) .....	28
<b>Slika 11.</b> Presjek drvo-aluminij prozora sa troslojnim IZO-staklom (preuzeto 17. 6. 2022.)..30	
<b>Slika 12.</b> Presjeci IZO-stakala s odnosima temperatura (preuzeto 18. 6. 2022.).....	32
<b>Slika 13.</b> Primjer okova za drvenu i PVC vanjsku stolariju (preuzeto 18. 6. 2022.).....	34
<b>Slika 14.</b> Primjer otklopnog PVC prozora (preuzeto 18. 6. 2022.).....	37
<b>Slika 15.</b> Primjer otklopno-zaokretnog drvenog prozora (preuzeto 19. 6. 2022.).....	38
<b>Slika 16.</b> Primjer aluminijske klizne stijene (preuzeto 19. 6. 2022.).....	39
<b>Slika 17.</b> Primjer aluminijske harmo-stijene (preuzeto 21. 6. 2022.) .....	40
<b>Slika 18.</b> Primjer fiksnih prozora kod pasivne kuće (preuzeto 22. 6. 2022.) .....	40
<b>Slika 19.</b> Krovni drveni prozor sa središnjim ovjesom (preuzeto 23. 6. 2022.).....	41
<b>Slika 20.</b> Primjer ALU krovnog prozora s dvostrukim ovjesom (preuzeto 24. 6. 2022.) .....	42
<b>Slika 21.</b> Analiza protoka zraka kod krovnih prozora (preuzeto 26. 6. 2022.) .....	43

**POPIS TABLICA**

<b>Tablica 1.</b> Potreba za energijom različitih tipova kuće (godišnja potrošnja energije za grijanje po kvadratnom metru) .....	17
<b>Tablica 2.</b> U-vrijednosti dijelova različitih tipova kuće (koeficijent prijenosa topline).....	7
<b>Tablica 3.</b> Primjeri potrošnje energije za grijanje loživim uljem po m <sup>2</sup> površine kod različitih tipova prozora.....	46