

Materijali za izradu prozora

Ivančić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:391770>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNE TEHNOLOGIJE

IVAN IVANČIĆ

MATERIJALI ZA IZRADU PROZORA
ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2019.GOD.)

AUTOR:	Ivan Ivančić 27.3.1995., Pula 0068223750
NASLOV:	Materijali za izradu prozora
PREDMET:	Drvo u graditeljstvu
MENTOR:	Doc.dr.sc. Vjekoslav Živković
IZRADU RADA JE POMOGAO:	Doc.dr.sc. Vjekoslav Živković
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet
AKAD. GOD.:	2018./2019.
DATUM OBRANE:	20.9.2019.
RAD SADRŽI:	Stranica: 37 Slika: 19 Tablica: 6 Navoda literature: 21

SAŽETAK:

Rad sadrži detaljan opis osnovnih materijala za izradu prozorskih okvirnica, doprozornika i krila. Materijale koje smo koristili za usporedbu jesu: drvo, PVC, aluminij te kombinacija drva i aluminija. Napravljena je usporedba u smislu ekološke prihvatljivosti, energetske učinkovitosti, vrste ostakljenja i cijene gotovih proizvoda na temelju prikupljenih cijena iz različitih tvrtka u Hrvatskoj. Svaki materijal ima svoje prednosti i nedostatke pa nije moguće sa sigurnošću utvrditi koji je materijal najbolji za izradu prozora. Potrebno je uzeti u obzir uvjete u kojima će se prozor nalaziti i zahtjeve koje mora ispunjavati pa tek onda odlučiti koji ćemo prozor iskoristiti kao najbolje rješenje.



IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

OB ŠF 05 07

Revizija: 1

Datum: 20.9.2019.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Ivan Ivančić

U Zagrebu, 20.9.2019.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KONSTRUKCIJA PROZORA	3
3. MATERIJALI ZA IZRADU PROZORA.....	11
3.1. Drvo kao materijal za izradu prozora.....	12
3.2. Plastika kao materijal za izradu prozora.....	15
3.3. Aluminij kao materijal za izradu prozora.....	17
3.4. Kombinacija drva i aluminija za izradu prozora	19
4. VRSTA OSTAKLJENJA.....	20
5. ENERGETSKA UČINKOVITOST PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA	
23	
6. EKOLOŠKA PRIHVATLJIVOST PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA	25
7. USPOREDBA PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA.....	27
7.1. Cjenovna usporedba prozora od različitih materijala.....	28
8. ZAKLJUČAK	35
9. LITERATURA:	36

1. UVOD

Prozor je element ugrađen u otvoru vanjskog zida, stropa ili krova zgrade, jedan je od važnijih arhitektonskih elemenata na građevini te znatno doprinosi samom izgledu građevine. Može povećati, ali i smanjiti materijalnu vrijednost zgrade. Omogućuje vizualnu vezu između unutarnjeg i vanjskog prostora i u velikoj mjeri određuju klimatske uvjete, kao što su temperatura, vlaga, svjetlo itd. Vrlo važan zahtjev kod prozora je njegov energetska učinkovitost. To znači da prozori moraju održavati određenu temperaturu u prostoru sa što manjim utroškom energije. Na energetska učinkovitost prozora utječu svi elementi prozora, no najveći utjecaj ima staklo budući da zauzima najveću površinu. Staklo čini 90 do 95 % površine prozora. Stakla mogu biti čista, obojena, s reflektirajućim premazima i filmovima, premazima s niskom emisijom, a također postoje i jedinice s inertnim plinom između staklenih površina. Aluminijski, čelik, drvo, polivinil-klorid te razne modifikacije i kombinacije tih materijala se koriste za izradu okvira prozora. Mehanizmi prijenosa topline kroz prozor uključuju konvekciju, kondukciju i radijaciju. Toplinska energija može proći kroz prozor (transmisija), apsorbirati se ili reflektirati. Najbitniji faktor pri proučavanju energetske učinkovitosti je ukupna vrijednost prijenosa topline (koeficijent U [$W/m^2 K$]).

Prozori moraju zadovoljiti konstrukcijske zahtjeve, ekološke zahtjeve, osigurati lako održavanje i čišćenje, te izolirati unutarnji prostor od buke i topline. Uz sve to moraju biti i cjenovno prihvatljivi. Kod proizvodnje prozora treba poštivati osnovna načela konstruiranja i zadane norme. U tablici 1 navedeni su zahtjevi za prozore.

Tablica 1: Zahtjevi za prozore (Zahtjevi za prozore, Turkulin, Živković, 2015., interni materijal za nastavu)

	PRIMARNI	SEKUNDARNI	OSTALI
1	Osvjetljenje	Toplinska zaštita	Brtvljenje
2	Trajno prozračivanje vjetrom	Zaštita od vjetra	Mogućnost velikih dimenzija krila
3	Naglo prozračivanje vjetrom	Zaštita od kiše	Velika širina
4	Trajno temperaturno zračenje	Zaštita od sunca	Velika visina
5	Naglo temperaturno zračenje	Zaštita od pogleda	Konstruktivske poteškoće
6	Vizualno povezivanje	Zvučna zaštita	Mogućnost ugradnje roleta, kapaka i sl.
7	Fizičko povezivanje	Zaštita od provale	Opasnost za korisnika
8	Psihičko povezivanje	Zauzimanje zidne površine	
9		Čišćenje, otvaranje i održavanje	

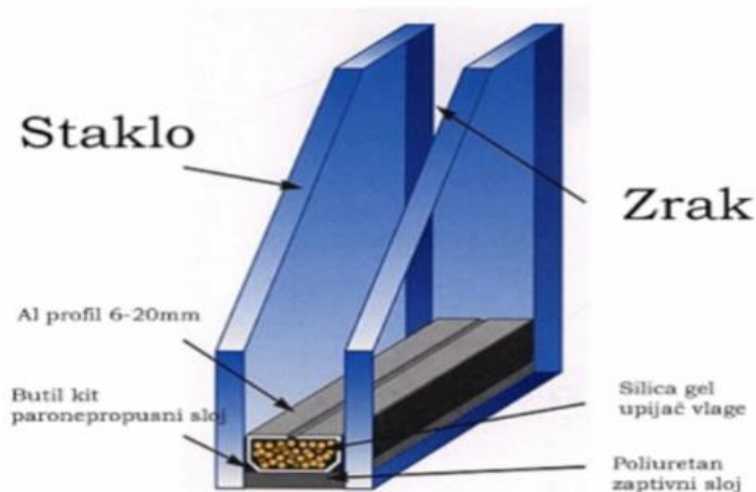
2. KONSTRUKCIJA PROZORA

Osnovne dijelove prozora čine: krilo, doprozornik, staklo, okov i brtve.

Prozorska krila su ostakljeni elementi koji se rabe za otvaranje i zatvaranje prozora i metalnim okovom pričvršćene su za doprozornik. Kod modernih prozora se najčešće upotrebljavaju 3 materijala: drvo, aluminij i plastika, dostupna je i kombinacija drva i aluminijske. Svaki od ta tri materijala ima svoje prednosti i nedostatke pa ovisno o uvjetima potrebno je odabrati najpogodniji materijal.

Doprozornik je nepomični dio prozora koji je ugrađen u otvor zida ili krova zgrade i na njega su montirana prozorska krila.

Prozorsko staklo je proziran pločasti predmet za ostakljivanje prozora. Uglavnom se upotrebljavaju dvostruka i trostruka izolacijska stakla (IZO stakla) male emisije, tzv. Low-e stakla koja znatno smanjuju koeficijent propuštanja topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$]. U širokoj primjeni zadržala su se dvostruka, po rubovima slijepljena stakla s hermetički zatvorenim međuprostorom koji je ispunjen zrakom ili plinom (argon, kripton, ksenon), što je prikazano na slici 1. Razmak između stakala iznosi najmanje 12 mm, dok je debljina obaju stakla u pravilu jednaka, najmanje po 4 mm. Dvostruka stakla mogu se sastaviti varenjem, lijepljenjem i lemljenjem. Po rubnim profilima su uloženi brtveni trajno elastični silikonski kit i higroskopno sredstvo u obliku zrnaca koji ne dozvoljava pojavu kondenzirane vlage unutar stakla (Lisak, 2013). Toplinska zaštita poboljšava se Low-e staklima koja su premazana s unutarnje strane (u međuprostoru izolacijskog stakla) posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčana svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (infracrveno zračenje); (Štromar, Zagorec, 2009).



Slika 1: IZO staklo (<https://energa.hr>)

Najvažnija svojstva IZO stakla su da zadržava:

- jednaku vrijednost toplinske izolacije
- zadane vrijednosti prolaska energije
- zadane vrijednosti prolaska svjetla
- bistrinu i čistoću unutarnjih stakla
- pravilan odraz slike okoliša (Vidoni, 2010).

Prozorski okov služi za povezivanje okvira krila s okvirom prozora kao i za otvaranje i zatvaranje krila. Okov omogućuje provjetravanje, povećava sigurnost i smanjuje gubitak topline. Svi funkcijski elementi okova najčešće su posloženi unutar krila i doprozornika, u utorima predviđenima za okov.

Brtve imaju ulogu spriječiti prodiranje zraka i vode između doprozornika i okvira krila, te poboljšati toplinsku i akustičnu izolaciju. Brtva se proizvodi od elastične plastične mase ili gume. Mogu se postaviti na doprozornik i na krilo prozora. Ona mora biti postavljena po cijelom okviru prozora i mora postojati mogućnost njezine izmjene. Utor za brtve mora biti što preciznije izrađen kako bi brtva omogućila što bolje brtvljenje.

Prednosti ugradnje brtvi u doprozornik:

- povećanje efektivne visine presjeka krila na najužem dijelu
- mogućnost ugradnje prozora s jednostrukim ostakljenjem

Prednosti ugradnje brtvi u prozorsko krilo:

- jezičasta brtva pri udaru vjetra još bolje brtvi i tako potpuno ostvaruje svoju funkciju
- zbog toplinskih dilatacija tijekom godišnjih promjena one bolje naliježu na krilo (u suprotnom bi ispale s doprozornika); (Jug, 2009)

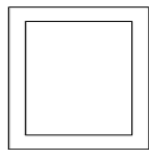
1. Doprozornik
2. Prozorsko krilo
3. Svi bridovi su zaobljeni
4. Drvena letvica za fiksiranje stakla
5. Aluminijska okapnica
6. Aluminijski profil na donjoj skošenoj okvirnici krila
7. Utor za prozračivanje stakla
8. Utor za otkapavanje vode
9. Površinska obrada
10. Brtvljenje stakla u trokutastom ili žljebastom utoru
11. Brtve između doprozornika i prozorskog krila



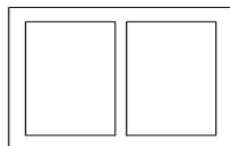
Slika 2: Presjek kroz drveni prozor (Zahtjevi i podjele prozora, Turkulin, Živković, 2015., interni materijal za nastavu)

Prozore možemo podijeliti u više kategorija:

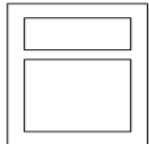
- prema obliku doprozornika (slika 3)
- broju krila (slika 4)
- načinu otvaranja i (slika 5)
- materijalu izrade



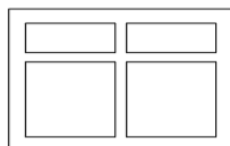
jednodijelni



dvodijelni s
vertikalnom
međuokvirnicom

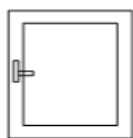


dvodijelni s
horizontalnom
međuokvirnicom

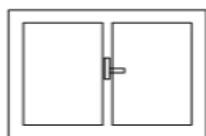


četverodijelni sa
srednjom
vertikalnom i
horizontalnom
međuokvirnicom

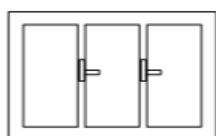
Slika 3: Podjela prozora prema obliku doprozornika (Prilagođeno prema-Turkulin, Živković, 2015)



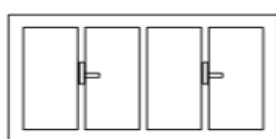
jednokrilni



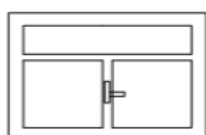
dvokrilni



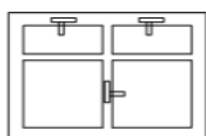
trokrilni



četverokrilni

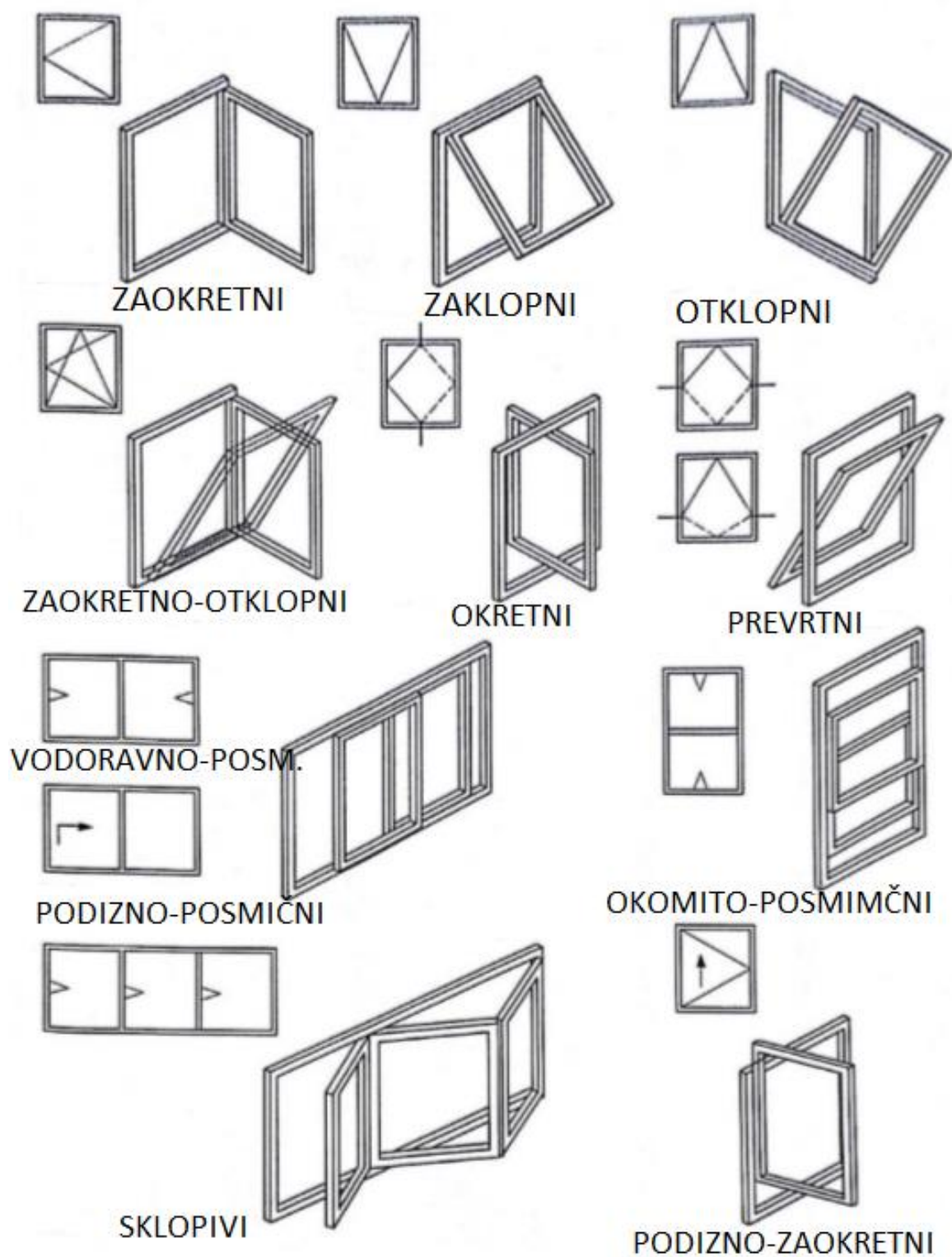


trokrilni s nadsvjetlom



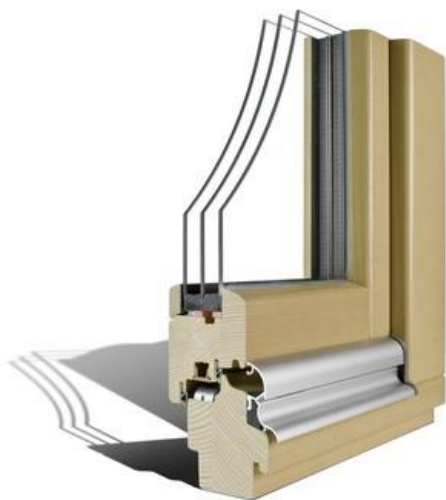
četverokrilni s nadsvjetlima

Slika 4: Podjela prozora prema broju krila (Prilagođeno prema-Turkulin, Živković, 2015)



Slika 5: Podjela prozora prema načinu otvaranja (Frgić, 2009)

Prema materijalu izrade prozore dijelimo na drvene (slika 6), drvo-aluminijske (slika 7), PVC (slika 8) i aluminijske (slika 9) što je detaljnije opisano u poglavlju *Materijali za izradu prozora*.



Slika 6: Presjek drvenog prozora
(<https://www.m-sora.si/hr>)



Slika 7: Presjek drvo-aluminijskog prozora
(<https://www.marlex.hr>)



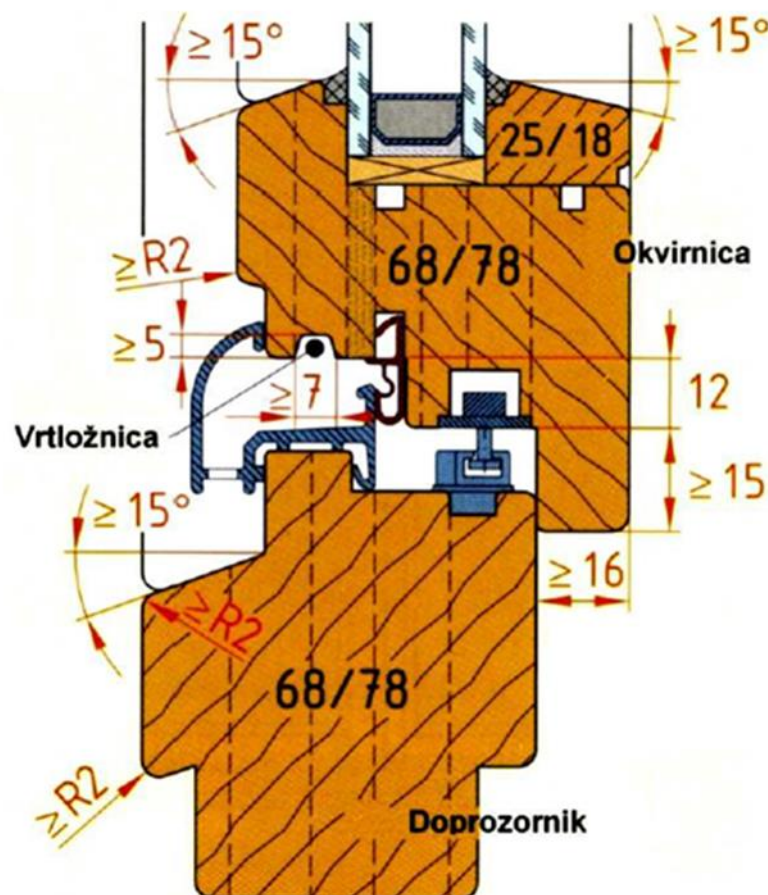
Slika 8: Presjek PVC prozora
(<https://www.troha-dil.hr>)



Slika 9: Presjek aluminijskog prozora
(<http://maxmaradoo.com>)

Za osiguranje konstrukcijske postojanosti potrebno je voditi računa o konstrukcijskim detaljima osiguranja postojanosti prozora (slika 10), a to su:

- skošenje prema van (min. 15°)
- zaobljenje rubova (R2)
- okapnica odvojena od krila 1 mm zbog stvaranja podtlaka
- spojevi lameliranih okvirnica ne smiju biti na skošenju zbog otjecanje vode
- brtvljenje stakla



Slika 10: Konstrukcijski detalji osiguranja postojanosti prozora

3. MATERIJALI ZA IZRADU PROZORA

Prozori se danas uglavnom izrađuju od:

- Drva: hrast, ariš, bor, jela, smreka i egzotične vrste drva
- Polimernih materijala: polivinil-klorid, tvrdi PVC, poliuretan, poliester ojačan staklenim vlaknima i dr.
- Metala: aluminij, čelik i dr.
- kombinacija drva i aluminija

Koriste se i drugi materijali poput betona, inoksa, bronce itd., ali u zanemarivoj mjeri. Osim kombinacije drva i metala postoje i druge kombinacije, npr. kombinacija drva i plastike, metala i plastike, drva i pluta, drva i poliuretana, drva i stakla, te metala i stakla. Ove se kombinacije jako rijetko upotrebljavaju, posebice na hrvatskom tržištu.

Zahtjevi za prozore s vremenom su postajali sve veći. Javlja se sve veće prozorske površine i sve više zgrade. Time su prozori jače opterećeni udarima vjetrova i oborinama. Doprozornici i okviri moraju biti čvrsti kako bi podnijeli veliku masu stakla i jake udare vjetrova. Aluminijski su prozori svojom čvrstoćom i malom potrebom održavanja stekli veliku prednost u odnosu na drvene prozore pa su tako najzastupljeniji na visokim i velikim poslovnim zgradama gdje je otežan pristup prozorima. Plastični prozori su također istisnuli tradicionalne drvene prozore pa su sada najzastupljeniji na tržištu. Plastika i drvo kao materijal za izradu prozora koriste se najviše u privatnim kućama i stanovima gdje su potrebna dobra termoizolacijska i estetska svojstva (Jambrošić, 2005).

Odabir materijala ponajprije ovisi o mjestu korištenja prozora, očekivanim troškovima izrade i održavanju. Spomenute vrste materijala imaju različita tehnička svojstva, tako da svaki od njih ima određene prednosti i nedostatke. Zato pri projektiranju i izradi prozora treba što više iskoristiti prednosti tih materijala i poduzeti mjere za sprječavanje štetnih posljedica koje mogu nastati zbog nedostataka tih materijala (Štromar, Zagorec, 2009).

Kupnja prozora je poprilično visoka investicija koja se mora isplatiti na dugi niz godina. Prozori su vrlo bitan građevni element svakog prostora i stoga je važno

voditi računa o brojnim elementima koje ne smijemo zanemariti ako u konačnici želimo biti zadovoljni rezultatima.

3.1. Drvo kao materijal za izradu prozora

Drvo je tradicionalan materijal za izradu prozora. Ima mogućnost široke primjene ali i zahtijeva dobru pripremu, obradu i zaštitu. Drvo štedi energiju, prirodan je i obnovljiv materijal s višestrukim mogućnostima uporabe. Pokazao se kao dobar izbor materijala za proizvodnju prozora, a za razliku od prozorskih okvira od aluminija ili plastike nije potrebna proizvodnja sirovine. Materijal za izradu prozora dobiva se pažljivom selekcijom počevši od pilane pa sve do montaže (Kavran i dr., 2013). Drvo za izradu prozora je potrebno osušiti na sadržaj vlage od oko 12 %. Prednosti drvenih prozora su njegova tehnička i estetska svojstva. Danas se profili drvenih prozora uglavnom rade od lameliranog drva zbog nedostatka kvalitetne sirovine i radi poboljšanja dimenzijske stabilnosti i čvrstoće. Zbog svoje stabilne strukture drvo posjeduje visoke vrijednosti čvrstoće i pogodno je za obrađivanje. Značajna prednost drvenih prozora u odnosu na druge materijale je njegova mogućnost popravka u uporabi. Nadalje, drvo je dobar izolator zvuka i topline što je jako bitno kod prozora i po tom pitanju puno je bolji izbor od metalnih prozora. Drvo ima veliku prednost u ekološkom smislu. Moguća je obnovljivost sirovine i biološki je razgradiv materijal, također akumulira veliku količinu ugljičnog dioksida. Moguće ga je iskoristiti i kao izvor energije njegovim spaljivanjem. Svaka vrsta drva ima različita mehanička svojstva, odnosno tvrdoću, čvrstoću, elastičnost itd. Sva ta svojstva utječu na obradu drva i na njegovu trajnost. Najkvalitetniji prozori izrađuju se od hrastovine i ariševine. Izrađuju se prozori i od manje trajnih vrsta drva poput jelovine i smrekovine ali je tada potrebna bolja površinska obrada. Kvalitetni prozori mogu se napraviti i od nekih vrsta egzota, iako kod nas to nije običaj, u tablici 2 su prikazane najčešće korištene vrste drva i njihove karakteristike. Europski trend nalaže njihovo izuzimanje iz masivne industrijske proizvodnje kako bi se smanjila nekontrolirana eksploatacija tropskih šuma i kako bi se potaknulo još bolje gospodarenje vlastitim šumama. Kako je drvo prirodni proizvod, često se javljaju i oscilacije u kvaliteti. One su uglavnom uvjetovane klimatskim prilikama i prirodnim svojstvima rasta drva (npr. razlike u boji, pojava smole i sl.). Kako bi se što duže

održala funkcionalna svojstva i dugi vijek trajanja drvenih prozora potrebna je redovita njega drvene površine. Najveći nedostatak drvenog prozora je njegova dimenzijska nestabilnost, odnosno bubrenje i utezanje koje se događa promjenom vlažnosti i zbog kojeg može doći do pukotina i deformacija. U nedostatke možemo ubrojiti još i podložnost djelovanju biološke razgradnje i vanjskim atmosferilijama. Samim time povećani su zahtjevi za održavanjem, što znači redovito obnavljanje površinske obrade drva. Sunčeva svjetlost i kiša najčešći su uzroci propadanja drvenih prozora. Poboljšanu upotrebljivost drva za izradu prozora možemo postići pravilnim izborom materijala, fizičkom i konstrukcijskom zaštitom i pravilnom površinskom obradom. Osim što pridonosi estetici prozora, površinska obrada štiti drvo od sunčeve svjetlosti i bioloških štetnika. Preporučeni premazi za zaštitu drvenih prozora su debeloslojni lazurni premazi i pigmentirani lakovi zbog velike potrebe dimenzijske stabilnosti drvenih prozora. Dobro izrađeni i zaštićeni prozori nikada ne budu toliko jako navlaženi da se razvije trulež. Postojanost kvalitetnih drvenih prozora je neupitna i mnogobrojni primjeri svjedoče da oni traju koliko i zgrada. Iako zvuči čudno, drveni prozori dobro se ponašaju i u kontaktu s vatrom te emitiraju puno manje dima u odnosu na ostale materijale. Drveni prozori uspješno podnose temperature i do 200°C dok recimo PVC prozori ne mogu odolijevati temperaturama višim od 110-130°C. i gube svoju stabilnost (Jambrošić, 2005; Štromar, Zagorec, 2009).



Slika 11: Presjek drvenog prozora (<https://www.drveniprozori.me>)

Tablica 2: svojstva važnijih domaćih vrsta drva za primjenu u građevnoj stolariji (Jambrošić 2005).

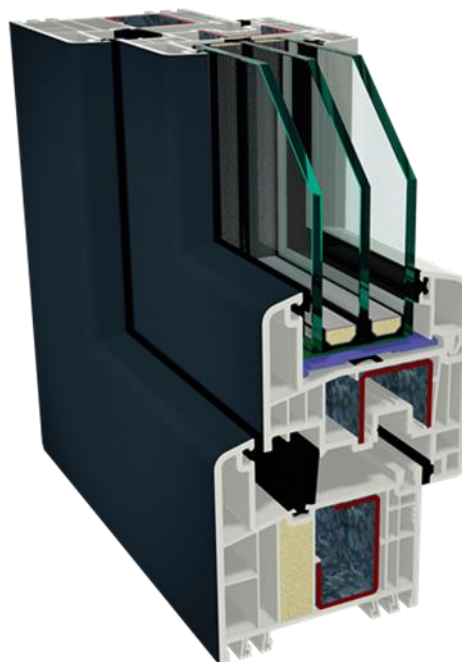
Vrsta drva	Prirodna trajnost	Upojnost za vodu	Stabilnost dimenzija i oblika	Otpornost na djelovanje gljiva/insekta	Mogućnost impregnacije	Primjene
Četinjače						
Jelovina	mala	srednja do velika	srednja	mala	srednja	Vanjske i unutarnje konstrukcije, prozori i vrata
Smrekovina	mala	mala	srednja	mala	bjeljika umjereno, srž slabo	Najvažnije srednjoeuropsko građevno drvo za sve masivne i lamelirane elemente
Borovina-srž	umjerena	mala	srednja	mala ili umjerena	umjerena	Kvalitetno građevno drvo za vanjske konstrukcije, prozore i vrata
Borovina-bjeljika	nikakva	Vrlo velika	srednja	slaba	jako dobra	Nekvalitetan materijal, tlačno impregniran rabi se za prozore, oplata, ograde
Ariševina	dobra	mala	srednja	bjeljika slabo, srževina umjereno	bjeljika umjereno, srž slabo	Ekskluzivno drvo za kuće, prozore, vrata, podove, masivne konstrukcije
Listače						
Bukovina	nikakva	vrlo velika	mala	vrlo mala ili mala	vrlo velika	Sva unutarnja uporaba uključujući podove; vani samo impregnirana
Pitoma kestenovina	dobra	mala	srednja	srž postojana	umjerena	Problemi sa sušenjem i izlučivanjem tanina, inače odlično građevno drvo za sve vanjske i unutarnje primjene
Hrastovina	velika	mala	srednja	srž vrlo postojana	bjeljika dobro, srž slabo	Najvažnija listača za gradnju, svi vidovi unutarnje i vanjske uporabe
Jasenovina	nikakva	velika	mala	mala	slaba	Unutarnja primjena (vrata, stubišta, podova itd.)
Bagremovina	vrlo velika	vrlo mala	srednja	iznimno postojana	vrlo slaba	Najkvalitetnije građevno drvo, teško za obradu

3.2. Plastika kao materijal za izradu prozora

PVC kao materijal za izradu prozora počeo se je koristiti sredinom 20. stoljeća, a danas je najzastupljeniji materijal na tržištu prozora. Prozori od plastičnih masa su u početnim fazama primjene bili izrađivani od različitih sastava plastične mase, kao i stakloplastičnih kompozita, da bi se danas ustalilo korištenje polivinil klorida (PVC). Polivinil klorid se umrežava i plastificira kako bi se postigla odgovarajuća mehanička svojstva. Površina profila je pigmentirana, uglavnom je to titan-dioksid ili cink-oksidi. Time se povećava refleksija, smanjuje se zagrijavanje te se poboljšavaju mehanička svojstva i svjetlosna stabilnost površine. PVC može doći u plastificiranom, odnosno omekšanom obliku i koristi se za srednje preklopne dijelove i za brtve. Za okvirnice se koristi PVC u neplastificiranom, odnosno krutom obliku (UPVC – unplasticized polyvinyl chloride) zbog toga jer normalni polimer ima malu krutost, veliko pužanje kod stalnih opterećenja i veliku termoplastičnost. Plastični prozori nisu toliko kruti kao drveni ili metalni pa imaju prevelik koeficijent toplinske dilatacije i dolazi do pužanja materijala i trajnih oštećenja. To je ujedno i razlog zašto se izrađuju u svijetlim ili bijelim tonovima. Kako bi se nastojalo izbjeći takve situacije prozorski profili se izvedu u velikim dimenzijama s više komora ili se ojačavaju čeličnim profilima. PVC profili ojačani čelikom su znatno skuplji i teži od običnih okvira što predstavlja dodatni problem. Proizvođači stalno nastoje poboljšati materijale kako bi imali što bolja tehnička svojstva pa je današnji PVC znatno kvalitetniji u odnosu na onaj s početka primjene PVC-a u proizvodnji prozora (Jambrošić, 2005).

Razlog zašto su u današnje vrijeme PVC prozori toliko popularni i njihove najveće prednosti jesu jednostavno održavanje i relativno dobar vijek trajanja. Izrađeni su od relativno jeftinog i lakog materijala. Moguća je strojna izrada šupljih profila, ojačanja, spajanja i ostakljivanja u tvornici u različitim oblicima i veličinama, ovisno o namjeni prozora. Nadalje, jednostavna mogućnost poboljšanja poprečnih presjeka šupljih profila brojem komora u svrhu povećanja toplinske izolacijskih svojstava i trajnosti (slika 12). Plastični prozori imaju vrlo dobra toplinska izolacijska svojstva pa je moguće zadovoljiti visoke zahtjeve koeficijenta prolaska topline, i tek nešto slabija zvučna izolacijska svojstva u odnosu na drvene prozore. Primjenom suhog ustakljivanja i brtvljenja, koja je postala standard na ovim prozorima, osigurava se vrlo dobra zrakotijesnost i vodootpornost ovih prozora.

Iako su plastični prozori relativno jeftini, ako se proizvode od kvalitetne sirovine, s dodacima UV apsorbera, čeličnih ojačanja, dvostrukog ili trostrukog brtvljenja itd. tada znaju biti i dosta skuplji od drvenih prozora odgovarajuće kvalitete. Najveći problem s plastičnim prozorima je u tome što se ne mogu popravljati, tj. kad dođe do oštećenja poput kredanja, pucanja, itd. površina je trajno uništena i tada se moraju zamijeniti kompletni prozori. Još jedna mana kod PVC prozora je pojava površinskog statičkog elektriciteta koji pospješuje taloženje prašine na površinama profila i time negativno utječe na higijenske uvijete u prostoriji. Spomenuto je da plastični prozori nisu zahtjevni za održavanje pa bi tako samo povremenim pranjem PVC prozori morali imati vijek trajanja koliko i zgrada. U velikoj mjeri to nije tako, česti primjeri slabe trajnosti jesu površinsko žućenje, kredanje, razvoj krtosti i pucanje te ispadanje okova. Promjenom temperature te starenjem i stalnom opterećenju dolazi do velikih promjena mehaničkih svojstava PVC prozora. Mali modul elastičnosti, odnosno nedovoljna krutost materijala uzrok je deformacija i istezanja profila što rezultira teškim zatvaranjem i otvaranjem prozora. Zbog navedenih problema, šuplji profili ojačavaju se čeličnim profilima, no oni poskupljuju cijenu izrade i čine prozor težim. Čelični profili se ne mogu koristiti u kutnom spoju profila pa se prozor opet može deformirati u određenim okolnostima (Štromar, Zagorec 2009).



Slika 12: Presjek PVC prozora (<https://www.gealan.de/hr>)

3.3. Aluminij kao materijal za izradu prozora

Aluminijski prozori su najzastupljeniji metalni prozori na tržištu. Razlog tome su dobra uporabna svojstva i dostupnost sirovine. Aluminij je veoma pogodan materijal za izradu prozora zbog njegove velike krutosti i čvrstoće te otpornosti na vanjske uvjete. Njegova je trajnost znatno veća u odnosu na drvene ili plastične prozore a potreba za održavanjem vrlo mala.

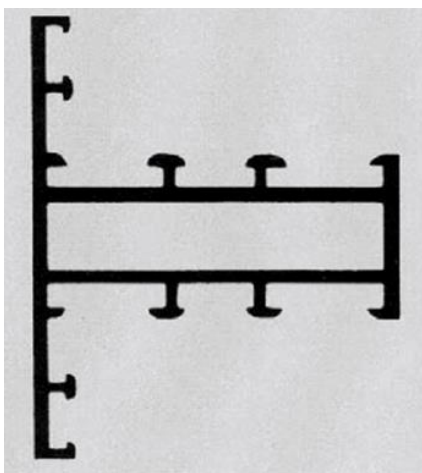
Postoje dvije vrste aluminijskih profila za izradu prozora, a to su:

Aluminijski profili bez prekinutog termičkog mosta ili hladni profili.

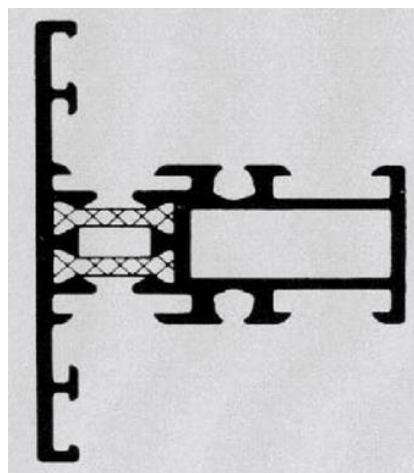
Najčešće se upotrebljavaju u interijerima i na objektima gdje toplinska izolacija nije od velikog značaja jer takvi aluminijski prozori imaju vrlo slaba izolacijska svojstva. Npr. sustav više prostora na istom katu odvojenih aluminijskim pregradnim stijenama.

Aluminijski profil s prekinutim termičkim mostom.

Ti se profili sastoje od dva dijela međusobno spojenih poliamidnim štapom koji ima ulogu izolatora. Na taj se način smanjuje prijenos topline kroz aluminijski profil. Takvom izvedbom profila dobiva se puno bolja toplinska izolacija prozora, a samim time i veća cijena prozora.



Slika 13: Aluminijski profil bez prekinutog toplinskog mosta (Veršić, 2014)



Slika 14: Aluminijski profil s prekinutim toplinskim mostom (Veršić, 2014)

Aluminij je relativno lagan materijal, te čvrst i lako obradiv. Prozori imaju veliku trajnost, dobru otpornost prema koroziji i vrlo ugodan izgled nakon površinske zaštite profila bojanjem ili eloksiranjem. Iako su aluminijски profili otporni na koroziju, njihova površina pod utjecajem klimatskih promjena postaje sve lošija. Dolazi do ljuštenja boje, gubitka sjaja, površina postaje matirana i javlja se točkastost u raznim nijansama sive boje. Površinska postojanost može se poboljšati postupkom anodiziranja (anodna oksidacija) i dodatnog lakiranja. Kod takvih situacija potrebno je kroz određeno vrijeme obnavljati lak pa tako dolazi do problema održavanja, pogotovo na visokim nepristupačnim zgradama. Bojanje aluminija zna biti problematično zbog vrlo uskih zazora među sljubovima profila i reškama okova pa to može dovesti do zadiranja i zabrtvljenja okvira i nemogućnosti uporabe. Aluminijски profili imaju veliku uzdužnu toplinsku dilataciju te dolazi do produljenja profila, za razliku od drvenih i plastičnih profila koji bubre u širinu. To zahtjeva izradu velikih zazora kako ne bi došlo do zadiranja i oštećenja okova pri uporabi na vrlo visokim ili vrlo niskim temperaturama. Aluminij je vrlo dobar vodič topline što je nepovoljan faktor kod upotrebe za prozorske profile. Njegova loša toplinsko izolacijska svojstva omogućuju nepoželjan transfer energije i pojavu kondenzacije vlage. Posljedice pojave kondenzacije su zapinjanje okova, oštećenje brtvi te matiranje staklenih površina (Jambrošić, 2005). Zbog svih navedenih mana dolazimo do zaključka kako je aluminij, usprkos tome što je snažan i lako obradiv materijal, sveukupno gledajući nepovoljan za izradu prozorskih okvira, k svemu tome još je i najskuplji u odnosu na drvo i plastiku.



Slika 15: Presjek aluminijskog profila (<https://www.hueck.com>)

3.4. Kombinacija drva i aluminijski za izradu prozora

Upotrebom drvo-aluminijskih prozora spaja se prirodna estetika drva s visokom otpornošću aluminijski. Tradicijski drveni prozori u kombinaciji s aluminijem čine spoj moderne tehnologije i dizajna. Kombinirani prozori drva i aluminijski ističu najbolje osobine tih materijala te nude najbolje rješenje trajne i financijski pravilne izvedbe prozora. Drveni profili koriste se kod unutarnje strane prozora dok je aluminijemski profil na vanjskoj strani prozora. Upotrebom drva osigurava se estetska vrijednost i vrhunska izolacijska svojstva. Aluminijski profil ima zadatak eliminirati osnovne nedostatke drva, a to su podložnost propadanju uslijed djelovanja atmosferilija, a time i potreba za obnavljanjem površine drva. Postoji i mogućnost skidanja aluminijemski obloge u trenucima kada je potrebna obnova površinske obrade ili pak kompletna zamjena ukoliko je došlo do oštećenja u upotrebi. Takve prozore odlikuje jako dugi vijek trajanja, međutim imaju i poprilično visoku cijenu.

Najvažnije značajke drvo-aluminijskih prozora su:

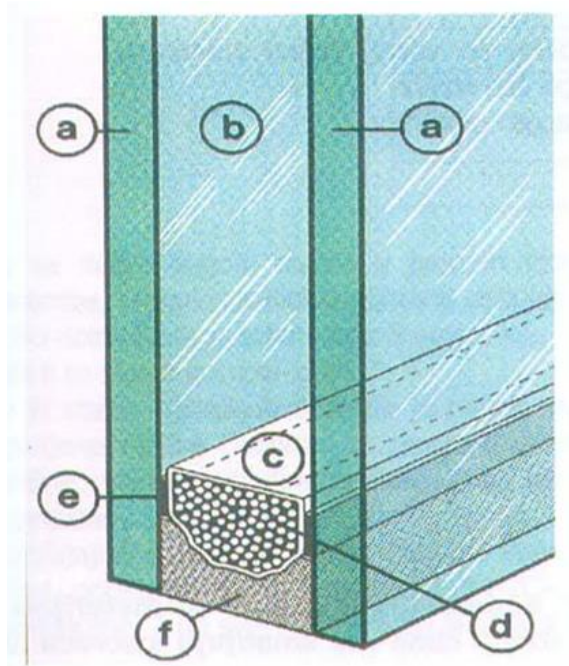
- Maksimalna trajnost
- Obnavljanje površinskog sloja
- Velika ušteda topline (Jug, 2009)

Drvo-aluminijski prozori izrađuju se tako da se na standardne ili malo prilagođene drvene profile preko sustava kopči montira okvir od aluminijemski obloga. Na taj se način omogućuje ventilacija sloja drva uz metal. Potrebno je napomenuti da je to problematičan detalj ovih prozora i može dovesti do katastrofalnih grešaka ukoliko se ne izvede pravilno. Kopče, osim što učvršćuju aluminijemski obloge s drvom imaju i ulogu izolatora, odnosno prekidaju toplinski most između vanjske hladnoće i u drvene konstrukcije. Drvo-aluminijski prozori dolaze i u kombinaciji sa ispunom od poliuretanske pjene. Ona služi kao materijal za povezivanje aluminijemski dijela s drvenom konstrukcijom i osigurava dobra toplinsko izolacijska svojstva. Ovakvi tipovi prozora najviše se koriste kod izgradnje pasivnih kuća (Jambrošić, 2005).

4. VRSTA OSTAKLJENJA

Staklena površina čini otprilike 70% površine prozora. Kako bi se smanjili toplinski gubici i izbjegla pojava kondenzacije jednostruka stakla zamijenjena su višestrukim kvalitetnijim staklima. Potrebno je voditi računa o broju stakla i njegovoj debljini. Ne smije se pretjerati jer je čvrstoća konstrukcije prozora ograničena. Iako je toplinska vodljivost stakla vrlo dobra, korištenjem višestrukih staklenih površina smanjuje se transmisijski gubitak topline zbog većeg broja slojeva izolirajućeg zraka između staklenih površina. Najčešće se koriste dvostruka ili trostruka izolacijska stakla, tzv. IZO stakla (Lisak, 2013; Veršić 2014)

IZO staklo se sastoji od sljedećih dijelova:

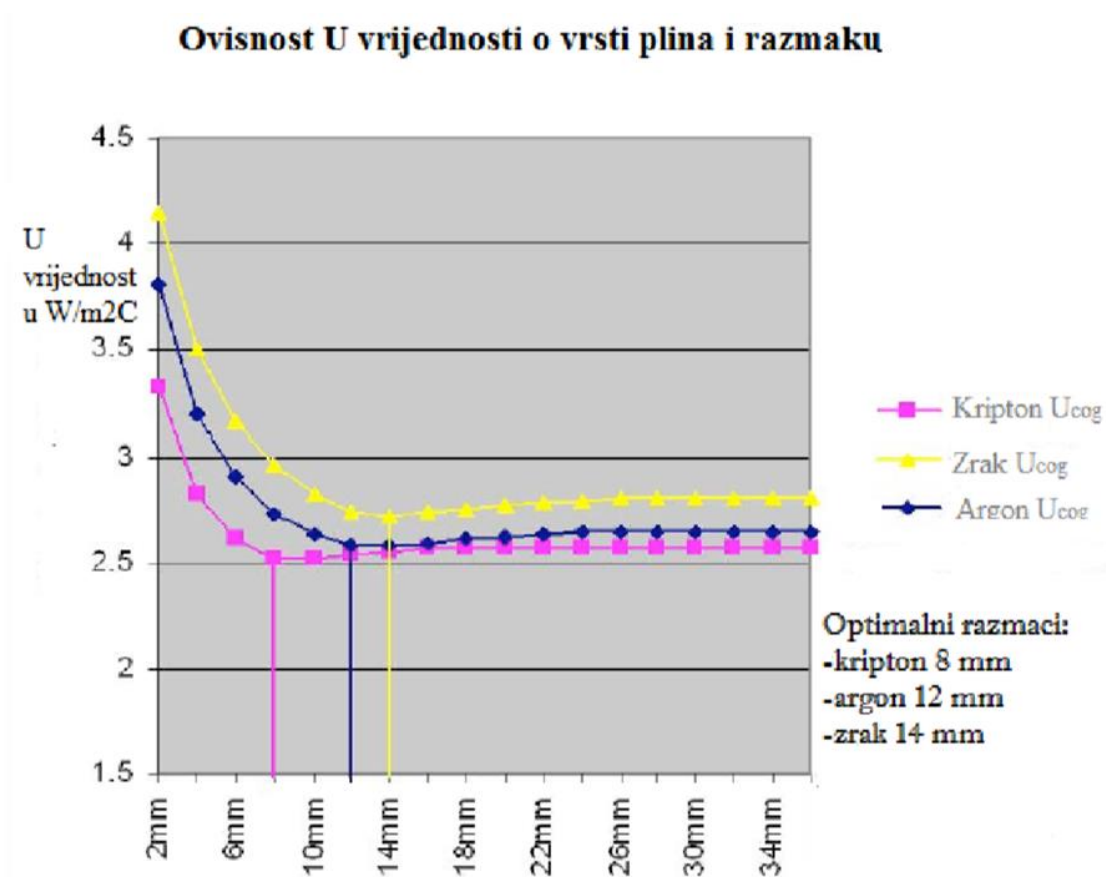


- a. staklo (npr. 2x4mm)
- b. međuprostor (zrak ili plinsko punjenje)
- c. okvir „odstojnik“
- d. higroskopno sredstvo za odvlaživanje
- e. unutarnje brtvilo, (butil 5g/m)
- f. vanjsko brtvilo, 65-70ml/m

Slika 16: IZO staklo (Veršić, 2014)

IZO staklo je sastavljeno od više staklenih ploča, uglavnom debljine 4 mm, odvojenih najmanje jednim, hermetički zatvorenim međuprostorom u razmaku od minimalno 12 mm koji je ispunjen zrakom ili plinom.

Plinovi koji se koriste za ispunjenje međuprostora su najčešće argon, kripton ili ksenon. Navedeni plinovi se stavljaju da bi se ostvarilo smanjenje koeficijenta prolaza topline, odnosno manji toplinski gubici kroz prozor, vidljivo u tablici 3. Što je plin teži bolja je i toplinska izolacija, no treba voditi računa o širini međuprostora jer svaki plin zahtjeva različitu širinu (Vidoni, 2010). Npr. za zrak je optimalna širina 14 mm, za argon 12 mm, za argon 12 mm, za kripton i xenon 8 mm (slika 17).



Slika 17: Ovisnosti koeficijenta prolaska topline o vrsti plina i razmaku staklenih površina; optimalni razmaci (USAID ECO-III Project Office AADI Building).

Tablica 3: Utjecaj vrste stakla na toplinsku i zvučnu izolaciju prozora (Jambrošić, 2005)

TABLIČNI PRIKAZ TOPLINSKE I ZVUČNE ZAŠTITE	Toplinska izolacija stakla (W/m ² K)*	Toplinska izolacija prozorskog elementa (W/m ² K)*	Zvučna izolacija prozorskog elementa (dB)**
Ostakljenje 4-16-4 Dvostruko izolacijsko staklo	2,3	3,0	35
Ostakljenje 4-16-4 Dvostruko izolacijsko staklo sa zaštitnim slojem, ispunjeno plinom	1,1	1,4	34
Ostakljenje 4-12-4 Dvostruko izolacijsko staklo sa zaštitnim slojem, ispunjeno plinom	1,0	1,3	38
Ostakljenje 4-12-4-12-4 Trostruko izolacijsko staklo sa zaštitnim slojem, ispunjeno plinom	0,7	1,1	36
Ostakljenje 4-14-4-6-5 Trostruko izolacijsko staklo sa kvalitetnom zaštitom od buke	1,2	1,3	40
Ostakljenje 9-20-6 Dvostruko izolacijsko staklo, jedan zaštitni sloj, visoka zaštita od buke	1,4	1,5	43
Ostakljenje 9-18-8 Dvostruko izolacijsko staklo sa dva zaštitna sloja te vrhunskom zaštitom od buke	1,4	1,5	46

*manje je bolje **veće je bolje

Kako bi se izbjegla pojava vlage u međuprostoru između dva stakla koristi se higroskopno sredstvo.

Unutarnje brtvilo (butil) služi za internu izolaciju izo stakla. Butil osigurava nizak prolaz vlage, pare i plina, a ima otpornost na starenje, pucanje i termičku stabilnost. Butil je skraćeni naziv za polyisobutylen, a stroj ga nanosi zagrijanog na odstoju aluminijsku letvicu prije lijepljenja odstojnika na staklenu površinu. Ima izuzetnu vezivnu sposobnost za staklo, aluminij i inox.

Kao vanjsko brtvilo koristi se polisulfid, dvokomponentni kit koji se nanosi na izo staklo nakon prolaska stakla kroz stroj za pranje stakla i stiskanja u preši. Može se koristiti i jednokomponentno vruće taljivo (termoplastično) ljepilo koje ima odlična fizičko kemijska svojstva, te vrlo dobru otpornost na visoke i niske temperature.

Vruće taljivo ljepilo se vrlo brzo vulkanizira pa se koristi u slučajevima kada trebamo u kratkom roku izraditi izo staklo za ugradnju.

Korištenjem Low-E premaza niske emisije smanjuje se prolaz topline kroz staklo. Low-e premaz je tanki sloj na bazi vanadijeva dioksida. Nanošenjem premaza samo sa vanjskih površina stakala dozvoljava se ulaz topline ali ne i izlaz, tako da staklo djeluje poput toplinskog ventila. Low-E premaz je bezbojan i ne utječe na prolazak svjetla. Debljina sloja premaza je oko 100-150 nanometara a njegovo nanošenje na staklenu površinu tijekom proizvodnje stakla osigurava mu jednaki vijek trajanja. Nemoguće ga je ukloniti sa stakla pa vremenski utjecaji ne djeluju štetno po njega, može se ništiti samo razbijanjem stakla (Vidoni, 2010).

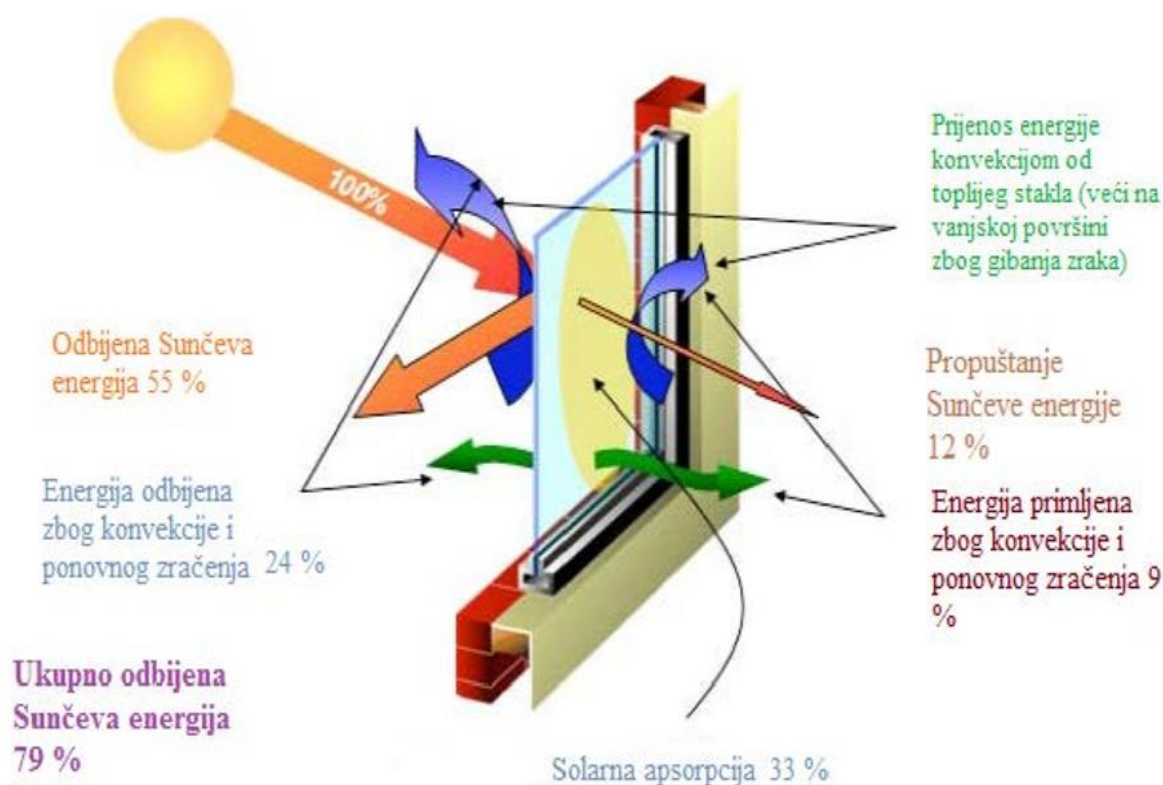
5. ENERGETSKA UČINKOVITOST PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA

Energetska učinkovitost je pojednostavljeno rečeno upotreba manje količine energije za obavljanje iste funkcije, bilo da se radi o grijanju ili hlađenju prostora. Danas se sve više vodi računa o energetske učinkovitosti, te je sve važnija i aktualnija tema upravo zbog toga jer svaki gubitak topline predstavlja dodatni trošak. Zgrade kao najveći pojedinačni potrošači energije svojim dugim vijekom trajanja uvelike zagađuju okoliš. S obzirom na veliku potrošnju energije i veliku emisiju ugljičnog dioksida, sve aktualnije postaju energetske učinkovite stambene zgrade i kuće. Upravo su prozori i vanjski zidovi najveći potrošači topline, čine i preko 70% ukupnih gubitaka topline kroz ovojnicu zgrade, s time da su gubici energije kroz prozore i desetak put veći nego oni kroz zidove.

Vrlo važan detalj kod energetske učinkovitosti je kvalitetna ugradnja prozora te kvaliteta izrade. Jako je bitno da spojevi između prozorskih profila i zidova budu kvalitetno odrađeni kako ne bi dolazilo do prolaska topline, te nastajanja površinske kondenzacije koja uzrokuje pojave plijesni. Toplinski gubici nastaju uslijed kondukcije, odnosno prijelaza topline kroz materijal prozora i uslijed ventilacije tj. strujanja zraka kroz otvoren li zatvoren prozor. Uzevši u obzir činjenicu da prozor djeluje kao prijemnik koji propušta sunčevu energiju u prostor, a istovremeno i kao

zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka može se zaključiti da ja energetska učinkovitost jedno od najvažnijih svojstava prozora.

Najistaknutija vrijednost koja se koristi za opis energetske učinkovitosti prozora je koeficijent prolaza topline „U“ ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$). Njime se mjeri razina prijenosa topline u wattima (W) koja prođe kroz metar kvadratni materijala određene debljine, za jedan sat, ako je temperaturna razlika ulazne i izlazne površine 1°K (Kelvin). U skladu s novim Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Na starim se zgradama koeficijent „U“ prozora kreće oko $3,00\text{--}3,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pa i više. Na niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između $0,80\text{--}1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (EE projekt, 2005).



Slika 18: Prijenos topline kroz prozor (USAID ECO-III Project Office AADI Building)

Kako bi se spriječili veliki gubici toplinske energije potrebno je osigurati dobro brtvljenje, prekinuti toplinski most u profilu i nizak koeficijent prolaska topline. Najčešće se izrađuju prozori s dvostrukim ostakljenjem, odnosno trostrukim ostakljenjem kod pasivnih kuća kojima je zadatak minimalna potrošnja energije.

Između površina stakala nalazi se zrak ili plin argon koji služe kao izolatori. Na unutarnjem staklu koristi se i nevidljivi Low-e premaz koji sprječava gubitak topline na način da je reflektira natrag u prostor (Lisak,2013).

Evidentno je da energetske učinkoviti prozori efikasnije održavaju temperaturu u prostoriji zahvaljujući dobroj izolaciji, smanjuju kondenzaciju čime se postiže manja vlaga u prostoriji te niži računi za grijanje. Sve to čini prostor ugodnijim za boravak u njemu.

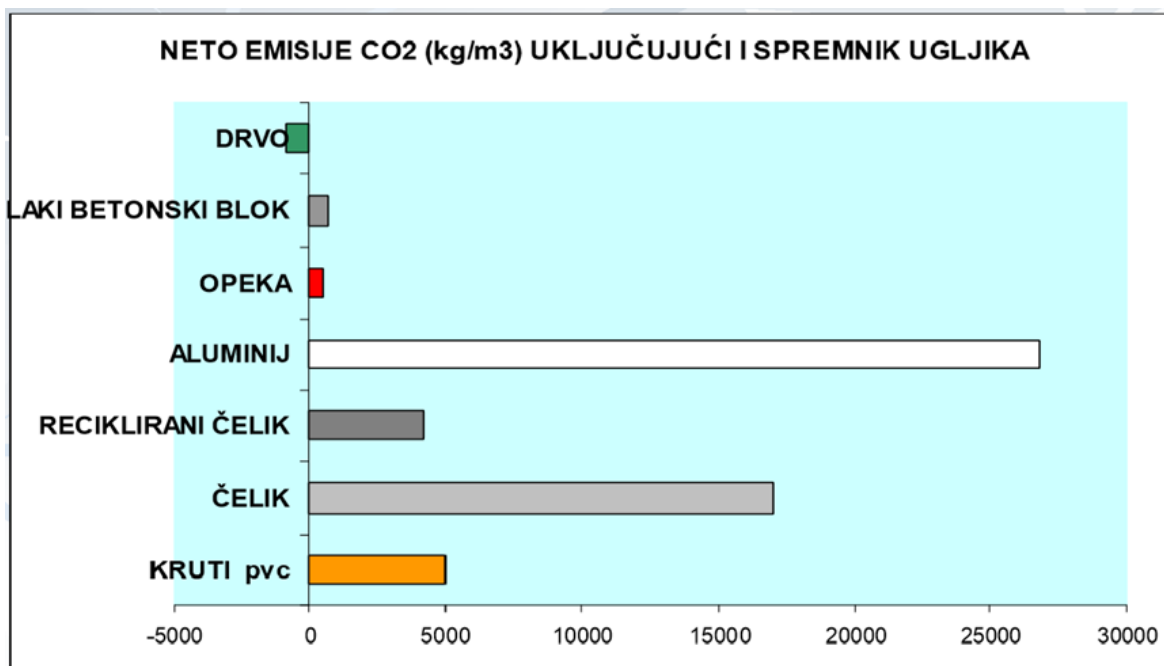
6. EKOLOŠKA PRIHVATLJIVOST PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA

Danas se sve više vodi računa o ekologiji pa tako i proizvođači i prodavači žele naglasiti da su njihovi prozori ekološki. Pojam „ekološki“ ima više značenja.

Najčešća interpretacija "ekoloških prozora" je da se za njihovu proizvodnju ne upotrebljavaju materijali sa štetnim kemikalijama. Usporedba materijala s obzirom na ekološku prihvatljivost prikazana je u tablici 4.

PVC prozori često su na lošem glasu kad su u pitanju ekološke karakteristike. Uglavnom su to samo predrasude. PVC prozori koji su trenutno na tržištu u potpunosti su sigurni za ljude i cjelokupno prirodno okruženje i ne emitiraju vinil-klorid u okolinu što je česta zablude. Dapače, PVC prozori su ekološki prihvatljivi jer su u velikom dijelu proizvedeni od recikliranih materijala. Plastik je moguće reciklirati čak i do 7 puta i time izravno pridonosi smanjenju količine otpada od plastike na odlagalištima i omogućava smanjenje svjetske potrošnje nafte (Aikon Distribution, 2017).

Drvo, kako u šumi, tako i kao gotov proizvod pohranjuje veliku količinu ugljičnog dioksida te ispušta kisik. Doprinosi velikim uštedama CO₂ jer je toplinski učinkovit materijal pa štedi energiju, 15 je puta toplinski učinkovitiji od betona, 400 puta od čelika, te čak 1770 puta toplinski učinkovitiji od aluminija (slika 19). Vrlo je pogodan materijal za recikliranje a može se iskoristiti i kao povrat energije u obliku spaljivanja (Turkulin, n.d.).



Slika 19: Graf emisije CO₂ različitih materijala (Turkulin, n.d.)

Bez provedbe globalne energetske politike, neizbježno je daljnje uništavanje prirodnog okoliša. Potrebno je značajno smanjenje emisije plinova koji nastaju, između ostalog, i proizvodnjom toplinske energije za kućanstva. Stare, dotrajale prozore potrebno je zamijeniti jer stvaraju velike gubitke energije. Proizvodi se velika količina energije, time se povećavaju troškovi i emisija plinova ispuštenih u atmosferu. Upravo zbog toga se u posljednje vrijeme toliko naglašavaju štedljive i pasivne zgrade koje osiguravaju manju potrošnju energije i smanjenje emisija.

Ekološki prozori moraju osigurati dobru izolaciju i nizak koeficijent prolaska topline. Ulaganjem u nove prozore zajamčena je znatno veća toplinska udobnost, niži računi za grijanje, a korisnik će pridonijeti borbi za bolju sudbinu našeg planeta.

U Sjedinjenim Američkim Državama testirano je jedno inovacijsko rješenje. Poluvodički polimer u obliku tankog filma nanesenog na prozirnu površinu (npr. prozorsko staklo) apsorbira sunčevu svjetlost i pretvara je u električnu energiju. Princip rada sličan je solarnim panelima. Možemo se nadati da će takvi prozori postati prozori budućnosti (Aikon Distribution, 2017, <https://www.aikondistribution.com>).

Tablica 4: Usporedba materijala s obzirom na ekološku prihvatljivost (Jelačić, Greger, 2001)

	drvo	plastika	aluminij	čelik	beton
odlaganje i recikliranje					
potrošnja energije					
zdravlje i sigurnost					
nabavka sirovine					
obnovljivosti obilje					


prednost


dobro


slabost

7. USPOREDBA PROZORA OD RAZLIČITIH MATERIJALA

Kada je u pitanju izbor idealnog materijala za proizvodnju prozora, bilo to drvo, PVC, aluminij, ili kombinacije tih materijala ne može se ponuditi jednostran ili općeniti odgovor. Izbor ovisi o konstrukciji prozora i o zahtjevima pojedinog vida uporabe, pa se prema namjeni zgrade, arhitektonskim zahtjevima i prema financijskim mogućnostima izabire optimalni materijal i sustav konstrukcije i ugradnje.

Tablica 5: Usporedba materijala s obzirom na vijek trajanja (Popp, Waltenberger, 2015)

Materijal okvirnice	Procijenjeni vijek (god.)	Obilježje
Aluminij	43,6	Male potrebe za održavanjem
PVC	24,1	Male potrebe za održavanjem, teško se popravlja
Drvo	39,6	Češće održavanje, moguće popravljati
Drvo – aluminij	46,7	Male potrebe za održavanjem, moguće popravljati

7.1. Cjenovna usporedba prozora od različitih materijala

Cjenovna usporedba provedena je na temelju prikupljanja cijena prozora kod domaćih tvrtki koje se bave izradom prozora od drva, PVC-a, aluminija ili drvo-aluminija.

Karakteristike prozora koje su postavljene kao baza za usporedbu cijena prozora jesu sljedeće:

1. Materijal:

- Drvo
- Drvo-aluminij
- PVC
- Aluminij

2. Dimenzije:

- 600x600 mm; profil 68 mm
- 1200x1400 mm; profil 68 mm; 2-krilni prozor
- 2100x800; profil 95 mm

3. Koeficijent prolaska topline

- $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tablica 6: Cjenovna usporedba prozora od različitih materijala

TVRKA	MATERIJAL	DIMENZIJE (mm)		KOEF. PROLASKA TOPLINE (W/m ² K)	OSTAKLJENJE	CIJENA (kn)
EMSI Stolarija	Drvo (jelovina- smrekovina)	600x600 (profil 68 mm)		1,3	IZO 4-18-4	638,00
				1,1	IZO 4-18-4, Low-E, plin	670,00
				0,7	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e; 2 x plin	718,00
		1400x1200 2 krila (profil 68 mm)		1,3	IZO 4-18-4	1.719,00
				1,1	IZO 4-18-4, Low-E, plin	1.853,00
				0,7	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e; 2 x plin	2.055,00
		800x2100 (profil 95 mm)		1,3	IZO 4-18-4	1.464,00
				1,1	IZO 4-18-4, Low-E, plin	1.598,00
				0,7	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e; 2 x plin	1.800,00
IVETA d.o.o.	Drvo smrekovina	600 X 600	68 mm	1,3	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e	1.164,00
				1,1	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e; 2 x Argon	1.202,94
			93 mm	0,7	IZO 4-16-4-16- 4; Low-e; 2 x Argon	1.277,58
		1400 X 1200 (2 krila)	68 mm	1,3	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e	3.332,76
				1,1	IZO 4-16-4-12- 4; Low-e; 2 x Argon	3.415,14
			93 mm	0,7	IZO 4-16-4-16- 4; Low-e; 2 x Argon	5.129,22
		800x2100 (profil 95 mm)		1,3	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e	3.106,68
				1,1	IZO 4-12-4-12- 4; Low-e; 2 x Argon	3.183,48
				0,7	IZO 4-16-4-16- 4; Low-e; 2 x Argon	4.190,76

IVETA d.o.o.	PVC	600x600	80 mm	1,3	IZO 4-16-4; Low-e	419,00
				1,1	IZO 4-16-4; Low-e; Argon	434,71
			84 mm	0,7	IZO 4-16-4-16-4; Low-e; 2 x Argon	539,71
		1400 X 1200 (2 krila)	80 mm	1,3	IZO 4-16-4; Low-e	1.380,46
				1,1	IZO 4-16-4; Low-e; Argon	1.411,56
			84 mm	0,7	IZO 4-16-4-16-4; Low-e; 2 x Argon	1.845,77
		800x2100	80 mm	1,3	IZO 4-16-4; Low-e	1.140,12
				1,1	IZO 4-16-4; Low-e; Argon	1.173,17
			84 mm	0,7	IZO 4-16-4-16-4; Low-e; 2 x Argon	1.580,62
LOKVE	Drvo (smrekovina , ariševina, hrastovina)	600x600	68 mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	1.205,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	1.246,00
			92 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	1.389,00
		1400x1200 2 krila	68mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	3.071,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	3.262,00
			92mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	3.544,00
		800x2100	68mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	2.930,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	3.121,00
			92mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	3.378,00

LOKVE	Drvo-Aluminij (smrekovina, ariševina, hrastovina)	600x600	90 mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	1.739,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	1.780,00
			110 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	1.951,00
		1400x1200 2 krila	68mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	4.437,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	4.628,00
			110 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	5.570,00
		800x2100	68mm	1,3	IZO 2 stakla; Low-E	4.2334,00
				1,0	IZO 3 stakla; Low-E	4.425,00
			110 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E	4.786,00
Pana Windows	Drvo (jelovina- smrekovina)	600x600	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	1.780,34
			92 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	2.136,41
		1400 X 1200 (2 krila)	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	4.230,99
			92 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	5.077,19
		800x2100	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	3.792,06
			92 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	4.550,47

Pana Windows	Drvo-Aluminij	600x600	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	2.670,51
			80 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	3.418,26
		1400 X 1200 (2 krila)	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	6.346,49
			80 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	8.123,50
		800x2100	68 mm	1,4	IZO 4-20-4; Low-E; Argon	5.688,09
			80 mm	0,8	IZO 3 stakla; Low-E; Argon	7.280,75
MARLEX d.o.o.	Aluminij	600x600	69 mm	1,57	IZO 4-16-4; Argon	1.369,66
			79 mm	1,14	IZO 4-18-4-20-4; Low-E; Argon	1.560,96
		1400x1200 2 krila	69 mm	1,45	IZO 4-16-4; Argon	4.030,09
			79 mm	1,00	IZO 4-18-4-20-4; Low-E; Argon	4.622,86
		800x2100	69 mm	1,39	IZO 4-16-4; Argon	3.313,30
			79 mm	0,93	IZO 4-18-4-20-4; Low-E; Argon	3.901,56
	Drvo/Aluminij	600x600 (profil 90 mm)		1,14	IZO 4-18-4-20-4; Low-E; Argon; Chromatech Ultra crni	1.852,82
		1400x1200 2 krila (profil 90 mm)		0,95		5.044,32
		800x2100 (profil 90 mm)		0,89		3.930,52

ZOMA	Aluminij	600x600 (profil 85 mm)		1,45	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	1.875,33
		1400x1200 2 krila (profil 85 mm)		1,26	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	4.251,94
		800x2100 (profil 85 mm)		1,19	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	3.421,50
	PVC	600x600	83 mm	1,11	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	549,09
			76 mm	1,47	4-16-4; Low-E; Argon	422,25
		1400x1200 2 krila	83 mm	1,00	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	1.614,52
			76 mm	1,40	4-16-4; Low-E; Argon	1.288,69
		800x2100	83mm	0,97	IZO 4-14-4-14-4; Low-E; Argon	1.381,64
			76 mm	1,35	4-16-4; Low-E; Argon	1.034,93
HOCO STABIL d.o.o.	PVC	600x600 (profil 90 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	1.626,50
		1400x1200 2 krila (profil 90 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	4.271,59
		800x2100 (profil 90 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	3.770,71
	Drvo/Aluminij (smrekovina)	600x600 (profil 85 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	3.744,33
		1400x1200 2 krila (profil 85 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	7.913,88
		800x2100 (profil 85 mm)		0,7	IZO 4-18-4-18-4; Argon	6.581,22

IKS Fenster	Aluminij	600x600 (profil 65 mm)	1,3	IZO 4-16-4	2.003,40
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	2.027,62
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	2.094,69
		1400x1200 2 krila (profil 65 mm)	1,3	IZO 4-16-4	5.581,77
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	5.672,47
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	5.922,32
		800x2100 (profil 95 mm)	1,3	IZO 4-16-4	4.199,39
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	4.297,29
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	4.575,38
	PVC	600x600 (profil 82.5 mm)	1,3	IZO 4-16-4	979,59
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	998,23
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	1.055,52
		1400x1200 2 krila (profil 82.5 mm)	1,3	IZO 4-16-4	2.634,94
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	2.666,66
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	2.763,99
		800x2100 (profil 82.5 mm)	1,3	IZO 4-16-4	1.880,65
			1,1	IZO 4-16-4, Low-E	1.948,41
			0,7	IZO 4-14-4-14-4; Low-e;Argon	2.156,77

8. ZAKLJUČAK

Kako bi se osigurao što dulji vijek trajanja prozora i dobra energetska učinkovitost potrebno je izabrati najkvalitetnije prozore. Drvo kao materijal za izradu prozora zahtjeva najmanje utrošene energije pri izradi prozora i za njegovo recikliranje, dobar je izolator topline i može se reći kako je s ekološkog i energetskog pogleda najzahvalniji materijal za izradu prozora. Njegov je najveći nedostatak dimenzijska nestabilnost i pojava truleži ukoliko je izravno izložen atmosferilijama pa zahtjeva redovito održavanje površine. Kao najadekvatnije rješenje za to postoje prozori u kombinaciji drva i aluminijskog. Vanjski dio prozora koji je osjetljiv na vremenske utjecaje zaštićen je aluminijskom oblogom. Takvi su prozori trenutno najskuplji na tržištu. Aluminijski prozori nisu zahtjevni za održavanje, imaju veliku čvrstoću ali su dobar vodič topline i nakon određenog vremena površina postaje neugledna i dosta su skuplji u odnosu na drvene i plastične prozore. PVC prozori su trenutno najprodavaniji. Odlikuju ih dobra toplinska svojstva i prihvatljiva cijena. Mana PVC prozora je njihova površinska postojanost i toplinska dilatacija.

Tablica usporedbe cijene nam pokazuje kako su PVC prozori najjeftiniji na tržištu, a drveni prozori tek malo skuplji od njih. Aluminijski prozori su u prosjeku tridesetak posto skuplji u odnosu na drvo i PVC, dok su drvo-aluminijski prozori čak i 50 % skuplji od drvenih ili PVC prozora.

Prozor je jedan od najvažnijih elemenata zgrade i prije kupnje potrebno je znati može li određeni prozor zadovoljiti zahtjeve koje je potrebno ispuniti. Veoma je bitan pažljiv odabir prozora.

9. LITERATURA:

Frgić, V., (2009), Drvne konstrukcije-namještaj 3, Zagreb: Element

Jambrošić, T., (2005), Usporedba materijala za izradu prozora, Završni rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Jug, I., (2009), Detalji konstrukcijske zaštite drvenih prozora, Završni rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Kavran, M., Dijan, A., Ištvančić, S., Šimunović, R., Kotur, N., (2013), Tržište prozora, Centar za razvoj i marketing hrvatski drvni klaster.

Lisak, M., (2013), Novi konstrukcijski oblici prozora, Završni rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Marković, A., (2016), Proračun energetske pokazatelja prozora, završni rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu.

Popp, M., Waltenberger, L., (2015), Fenstwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau.

Štromar, Ž., Zagorec, M., (2009), Tehnički uvjeti, odabir i ispitivanje prozora prije ugradnje, Građevinar, 61, 1153-1161.

USAID ECO-III Project Office AADI Building, Hauz Khas, New Delhi, Glazing Design and Selection Guide, nacrt dokumenta: 2007., str. 6-25

Veršić, Z., (2014), Tehnička regulativa gradnje, prozori i stakla, zahtjevi i toplinsko izolacijske karakteristike, Graditeljski odjel, Tehničko Veleučilište u Zagrebu.

Vidoni, N., (2010), Detalji konstrukcije drvenih prozora s aspekta funkcije i izrade, Završni rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Turkulin, H., Živković, V., (2015), Zahtjevi i podjele prozora, interni materijali za nastavu, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Web izvori:

Aikon Distribution (2017), Ecological windows, which means? (Internet)
<raspoloživo na: <https://www.aikondistribution.com/blog/ecological-windows-which-means,39>> (pristupljeno 25.8.2019.)

Slike preuzete s:

URL: <https://energa.hr>

URL: <https://www.m-sora.si/hr>

URL: <https://www.marlex.hr>

URL: <https://www.troha-dil.hr>

URL: <http://maxmaradoo.com>

URL: <https://www.drveniprozori.me>

URL: <https://www.gealan.de/hr>

URL: <https://www.hueck.com>