

# Tehnički uvjeti, odabir i ispitivanje prozora prije ugradnje

Željko Štromar, Mijo Zagorec

## Ključne riječi

prozor,  
tehnički uvjeti,  
ispitivanje,  
odabir, prednosti,  
nedostaci,  
ugradnja

## Key words

window,  
technical conditions,  
testing, selection,  
advantages,  
deficiencies,  
installation

## Mots clés

fenêtre,  
conditions techniques,  
essai, sélection,  
avantages,  
défauts,  
installation

## Ключевые слова

окно,  
технические условия,  
испытание,  
выбор,  
преимущества,  
недостатки,  
установка

## Schlüsselworte

Fenster,  
technische Bedingungen,  
Prüfung,  
Auswahl,  
Vorteile,  
Nachteile,  
Einbau

Ž. Štromar, M. Zagorec

Pregledni rad

## Tehnički uvjeti, odabir i ispitivanje prozora prije ugradnje

Opisano je značenje prozora i tehnički uvjeti za njihovu obradu utvrđenu tehničkim propisima, bez obzira od kojeg su materijala izrađeni. Razrađen je prijedlog za odabir najpovoljnijeg prozora ovisno o vrsti materijala, a istaknute su njihove prednosti i nedostaci. Prikazani su rezultati provedenih laboratorijskih ispitivanja tehničkih svojstava drvenog, aluminijskog i PVC prozora. Provedene su ocjene rezultata ispitivanja u svrhu dokazivanja kvalitete prije njihove ugradnje.

Ž. Štromar, M. Zagorec

Subject review

## Technical conditions, selection and testing of windows before installation

The significance of windows is stressed, and technical conditions for their processing, as defined in relevant technical regulations, are presented, regardless of material they are made of. The proposal is given for the selection of the most appropriate window depending on the type of material, and advantages and deficiencies of windows are presented. The results of laboratory testing conducted to define technical properties of wooden, aluminium and PVC windows are given. Test results are analyzed in order to define quality of windows before their installation.

Ž. Štromar, M. Zagorec

Ouvrage de synthèse

## Conditions techniques, sélection et inspection des fenêtres avant l'installation

L'importance des fenêtres est mise en relief, et les conditions techniques pour leur traitement selon les règlements techniques appropriés sont présentées, quel que soit le matériau de leur fabrication. La suggestion est faite pour sélection de la fenêtre la plus appropriée en fonction de type de matériau, et les avantages et les défauts des fenêtres sont présentés. Les résultats des essais en laboratoire faits pour définir les propriétés techniques des fenêtres en bois, en aluminium et en PVC, sont fournis. Les résultats des essais ont été analysés afin de définir la qualité des fenêtres avant leur installation.

Ж. Штрома, М. Загорец

Обзорная работа

## Технические условия, выбор и испытания окон перед установкой

Описываются значения окон и технические условия их обработки, установленные техническими правилами, независимо от вида материала, из которого они изготовлены. Разработано предложение по выбору самого выгодного варианта окон в зависимости от вида материала, выделены их преимущества и недостатки. Приведены результаты проведенных лабораторных испытаний технических свойств окон с деревянными, алюминиевыми и ПВХ рамами. Проведена оценка результатов испытаний окон в целях доказательства их качества перед установкой.

Ž. Štromar, M. Zagorec

Übersichtsarbeit

## Technische Bedingungen, Auswahl und Prüfung von Fenstern vor dem Einbau

Beschrieben ist die Bedeutung der Fenster und die technischen Bedingungen für deren Bearbeitung, festgelegt durch technische Vorschriften, unabhängig davon von welchem Material sie erzeugt sind. Ausgearbeitet ist ein Vorschlag für die Auswahl des zusagendsten Fensters abhängig von der Materialart, und hervorgehoben sind deren Vor- und Nachteile. Dargestellt sind die Ergebnisse der durchgeführten Laboruntersuchungen der technischen Eigenschaften des Fensters aus Holz, Aluminium und PVC. Durchgeführt sind Bewertungen der Prüfungsergebnisse mit dem Ziel der Qualitätsnachweisung vor dem Einbau.

Autori: Mr. sc. **Željko Štromar**, dipl. ing. građ., Institut IGH d.d. Zagreb; mr. sc. **Mijo Zagorec**, dipl. ing. građ., Rendićeva 29, Zagreb

## 1 Uvod

Iako je u nas objavljeno više radova o prozorima i ostakljenju prozora i pročelja [1, 2, 3, 4], ipak se pokazalo da još uvijek nema rada kojim se obuhvaća cjelovito značenje, tehnički zahtjevi i ispitivanje prozora. Da bi prozori kao elementi za zatvaranje otvora u obodnim zidovima zgrada pridonijeli ispunjenju bitnih zahtjeva za građevinu, nastojalo se obrazložiti značenje prozora, njihove prednosti i nedostatke ovisno o materijalima od kojih se izrađuju, izbor vrste prozora te laboratorijsko ispitivanje tehničkih svojstava gotovih prozora. Pritom su najvažniji pokazatelji rezultati laboratorijskih ispitivanja tehničkih svojstava prozora kao gotovih elemenata, da bi se utvrdilo hoće li se takvi prozori ponašati u uporabi onako kako je projektom predviđeno.

Rad se zasniva na spoznajama stečenim nadzorom ugradbe prozora u visokogradnji izrađenih od tri vrste materijala (drvo, aluminij, polivinilklorid i tvrdi PVC) za koje su provedena sva potrebna ispitivanja.

## 2 Objašnjenje temeljnih pojmova

Obrazloženi su temeljni pojmovi kojima se u ovome radu služilo. Bitni su zahtjevi za građevinu nadređeni kriteriji koje građevina mora zadovoljiti [5]. U smislu Zakona o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07) bitni zahtjevi jesu: mehanička otpornost i stabilnost; zaštita od požara; higijena, zdravlje i zaštita okoliša; sigurnost pri uporabi; zaštita od buke; ušteda energije i toplinska zaštita. Budući da su zgrade po strukturi i po namjeni vrlo složene građevine za njih vrijede svi navedeni bitni zahtjevi.

Prozor je građevni element ugrađen u otvoru vanjskog zida, stropa ili krova zgrade funkcija kojega jest da pridonese ispunjavanju bitnih zahtjeva za građevinu i da, također, omogućiti prirodnu osvjetljenost, ventilaciju i pogled u vanjski prostor („oči zgrade“). On je veza između unutarnjeg i vanjskog prostora zgrade. Ventilacija unutarnjeg prostora postiže se otvaranjem prozorskih krila, a zaštita od atmosferilija, toplinska zaštita i zvučna zaštita njihovim zatvaranjem [6]. Glavni konstrukcijski dijelovi prozora jesu: doprozornik kao nepomičan dio i krila kao pokretni dijelovi te staklo ugrađeno u krila ili u nepomičan dio prozora.

Doprozornik je nepomičan dio prozora koji se čvrsto ugrađuje u otvor obodnog zida, stropa ili krova zgrade [6].

Prozorsko je krilo ostakljen ili neostakljen pokretni element koji se rabi za otvaranje i zatvaranje prozora i koji je metalnim okovom pričvršćen za doprozornik [6].

Prozorsko je staklo tanak i proziran pločasti građevni proizvod namijenjen ostakljivanju prozora [6, 7]. Za

ostakljivanje prozora rabe se dvostruka i trostruka izolacijska stakla male emisije tzv. Low-e stakla koja znatno smanjuju koeficijent propuštanja topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. Low-e stakla premazana su s unutarnje strane (u međuprostoru izolacijskog stakla) posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčana svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja).

Sukladnost građevnog proizvoda, općenito, znači da njegova tehnička svojstva ispunjavaju zahtjeve neke tehničke specifikacije [8].

Uporabljivost građevnog proizvoda znači da njegova tehnička svojstva osiguravaju ispunjavanje bitnih zahtjeva pojedinačne točno određene građevine koja se gradi i rabi po točno određenim uvjetima [8].

Starenje polimernih materijala jest ukupnost svih ireverzibilnih kemijskih i fizikalnih procesa koji se tijekom vremena zbivaju u tim materijalima. Gledano s aspekta degradacije, starenje polimernih materijala je dugotrajna degradacija [9].

Tehnički je zahtjev odredba koja sadrži kriterije (uredbe) koje treba ispuniti (udovoljiti) [8].

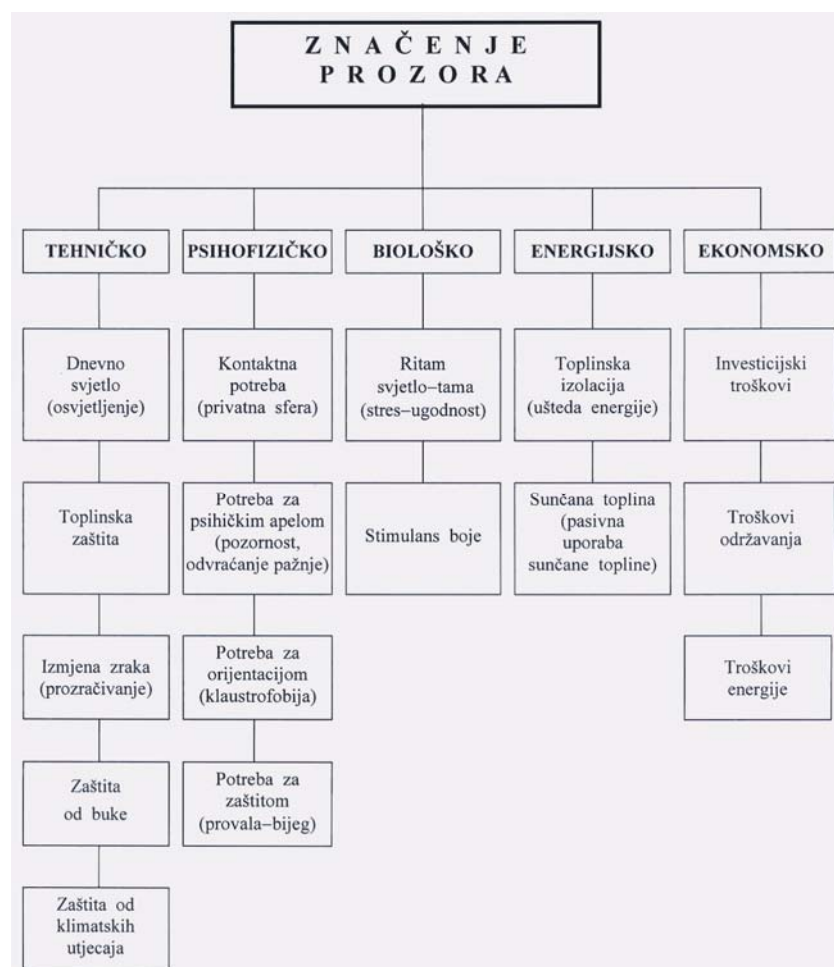
## 3 Značenje prozora

Osnovna svrha prozora (bez otpornosti na požar) jest da što više pridonose ispunjavanju bitnih zahtjeva za građevinu-zgradu i time zdravom, sigurnom i udobnom boravljenju u prostoru zgrade [10]. Prozori moraju:

- biti dovoljno otporni na sva vanjska djelovanja kojima su podvrgnuti tijekom uporabe da bi time zadovoljili zahtjeve trajnosti
- ispunjavati zahtjeve propisanih tehničkih svojstava koja su određena ovisno o njihovoj namjeni (bitni zahtjevi, tehnički zahtjevi i dr.).

S obzirom na učinkovitost rasvjete, ventilaciju pripadajuće prostorije i pogled u vanjski prostor pokazalo se da je kod jednokrilih prozora najbolji oblik prozora pravokutnik (visina veća od širine) i kvadrat, a rjeđe krug.

Sveukupno značenje suvremenih prozora u odnosu na unutarnji i vanjski prostor dobro je razložio Seifert [11], prema kojem prozori imaju tehničko, psihofizičko, biološko, energijsko i ekonomsko značenje (slika 1.). Unatoč tako detaljno prikazanom značenju, Seifert je ipak izostavio estetsku ulogu prozora kao građevnih elemenata pročelja zgrade, što je u nas Pravilnikom o tehničkim normativima za projektiranje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu (NN 21/90) bilo obuhvaćeno.



Slika 1. Shema s opisom značenja prozora u zgradarstvu [1]

#### 4 Tehnički zahtjevi za prozore

U smislu Tehničkog propisa za prozore i vrata (NN 69/06), tehnička svojstva prozora moraju biti takva da u predviđenom roku trajanja građevine, uz propisanu odnosno projektom određenu ugradbu i održavanje, podnesu sve utjecaje pri uobičajenoj uporabi, tako da građevina u koju su ugrađeni ispunjava propisane bitne zahtjeve za građevinu. Zato prozori kao gotovi završno obrađeni građevni elementi, bez obzira na vrstu materijala od kojeg su izrađeni, moraju ispuniti veći broj tehničkih zahtjeva određenih spomenutim Pravilnikom o tehničkim normativima za projektiranje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu. Tim su Pravilnikom tehnički zahtjevi razvrstani na opće uvjete i na posebne tehničke uvjete odnosno tehničke zahtjeve [12].

Opći uvjeti koje tijekom uporabe moraju ispunjavati svi građevinski završni radovi, prema tome i završno-obrađeni i ugrađeni prozori, jesu:

- funkcija u skladu s namjenom te atmosferskim, fizikalno-klimatskim i drugim uvjetima određenim za područje u kojem se zgrada nalazi

- postojanost (nepromjenljivost) oblika, boje i strukture materijala i elemenata u propisanom vremenu trajanja
- stabilnost (otpornost) svih elemenata na opterećenja
- sigurnost za korisnike zgrade, prolaznike, promet, susjedne zgrade i okoliš
- preciznost (točnost) izvedbe u granicama dopuštenih odstupanja
- trajnost ugrađenih materijala
- estetski uvjeti u eksterijeru i u interijeru
- racionalna i ekonomična rješenja s obzirom na cijenu izradu i troškove održavanja
- higijensko– tehnički uvjeti što se tiče lakog održavanja te sprječavanja ozljeda i eventualnih štetnih utjecaja za korisnike zgrade
- kvaliteta materijala i građevnih proizvoda treba biti takva da su njihova tehnička svojstva sukladna tehničkim svojstvima određenim hrvatskom normom (HRN), a koja je proizašla iz europske norme (EN).

Sada vrijede odredbe Tehničkog propisa za prozore i vrata (članak 8.) kojim je određeno da se svojstva prozora i drugih vanjskih otvora za predvidive uvjete uobičajene uporabe zgrade i predvidive utjecaje okoliša na zgradu moraju odrediti projektom zgrade osobito u vezi sa sljedećim:

- otpornosti na opterećenje vjetro
- vodopropusnosti koja mora odgovarati utjecaju kiše pri predviđenom djelovanju vjetra
- zrakopropusnosti za prozore koji se ugrađuju u prostorima i prostorijama koje moraju ispunjavati uvjete izmjene zraka i/ili toplinskih gubitaka ventilacijom (kuhinje, kupaonice, radne i pomoćne prostorije i sl.) sukladno posebnom propisu
- propuštanjem topline za prozore koji se ugrađuju između vanjskog prostora i grijanih prostorija odnosno između prostorija koje imaju različitu unutarnju projektiranu temperaturu sukladno posebnom propisu
- zvučnom izolacijom za prozore koji se ugrađuju između prostora i/ili prostorija s različitim razinama buke sukladno posebnom propisu

- otpornosti na požar i propuštanjem dima za prozore koji se ugrađuju između prostora i/ili prostorija koje pripadaju različitim požarnim sektorima sukladno posebnom propisu, i to samo za prozore otporne na požar!

Zatim, Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08), članak 20. i 25., određeni su sljedeći posebni tehnički zahtjevi:

- zrakopropusnost prozora, balkonskih vrata i krovnih prozora mora ispuniti zahtjeve određene u tablici 1.

Tablica 1. Razredi zrakopropusnosti prozora, balkonskih vrata i krovnih prozora

| Redni broj  | Br. katova zgrade       | Razred zrakopropusnosti prema HRN EN 12207-1:2002 |
|---|-------------------------|---|
| 1.  | zgrada do 2. kata       | razred 2  |
| 2.  | zgrada s više od 2 kata | razred 3  |
| razred 1 je najveće, a razred 4 najmanje zrakopropusnosti |                         |   |

- za zgradu koja se grije na temperaturu 18 °C ili višu koeficijent propusnosti topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora i drugih prozirnih elemenata u oplošju grijanog dijela zgrade ne smije biti veći od 1,80  $W/(m^2 \cdot K)$
- za zgradu koja se grije na temperaturu višu od 12 °C, a manju od 18 °C, koeficijent propusnosti topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora i/ili drugih prozirnih elemenata koji se ugrađuju u oplošju grijanog dijela zgrade ne smije biti veći od 3,00  $W/(m^2 \cdot K)$
- za zgradu koja se grije na temperaturu višu od 12 °C, a manju od 18 °C, koeficijent prolaska topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], stjenki kutija za rolete ne smije biti veći od 0,80  $W/(m^2 \cdot K)$ .

Konačno, u prilogu Tehničkog propisa za prozore i vrata dan je popis prihvaćenih europskih i međunarodnih norma kojima se određuju tehnička svojstva i drugi zah-

tjevi te potvrđivanje sukladnosti prozora i vrata od kojih su najbitnije sadržane u tablici 4., posljednji stupac, kao i norme: HRN EN 12608:2003, HRN EN 13115:2001, HRN EN ISO 10077-1:2002 i HRN EN ISO 10077-2:2004.

## 5 Prednosti i nedostaci prozora ovisno o materijalu

Prozori koji se rabe u građevinama visokogradnje izrađuju se uglavnom od tri vrste materijala, i to: od drva (hrast, ariš, bor, jela, smreka i egzotične vrste drva, npr. meranti i dr.), od metala (aluminij, čelik i dr.) i od polimernih materijala (polivinil-klorid, tvrdi PVC, poliuretani, poliester ojačan staklenim vlaknima i dr.). Valja napomenuti da se u najnovije vrijeme pojavljuju različiti prototipovi prozora od kojih treba spomenuti kombinaciju drva i aluminija, pri čemu aluminijski profil s vanjske strane služi kao obloga za zaštitu punoga drvenog profila, ali za koje još nisu objavljeni rezultati laboratorijskih ispitivanja.

Predmet razmatranja prednosti i nedostataka prozora u ovom radu ovisno o materijalima jesu: drveni prozori, prozori od aluminija i prozori od tvrdog PVC-a koji se sada uglavnom rabe kod nas u visokogradnji i za koje su provedena kompletna laboratorijska ispitivanja (tablica 4.).

Spomenute vrste materijala imaju različita tehnička svojstva, tako da svaki od njih ima određene prednosti, ali i nedostatke. Zato pri projektiranju i izradi prozora treba što više iskoristiti prednosti i poduzeti mjere za sprječavanje štetnih posljedica koje mogu nastati zbog nedostataka tih materijala.

Toplinsko – tehničke karakteristike prema HRN U.J5.600:1987 Toplinska tehnika u zgradarstvu – tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada za hrast, aluminij i tvrdi PVC prikazane su u tablici 2.

### 5.1 Prozori izrađeni od punih drvenih profila

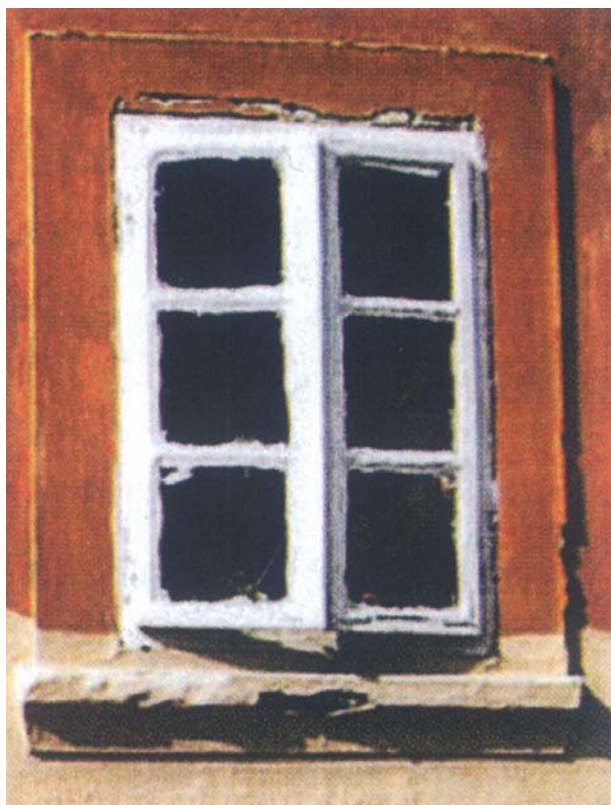
Drvo je glede svojih prirodnih svojstava najpodesniji materijal za izradu prozora ako ga se tijekom uporabe redovito održava. Prednosti su prozora od drvenih profila:

- najstariji su prozori s najvećim iskustvom u uporabi i održavanju (slika 2.)

Tablica 2. Projektirane vrijednosti toplinsko-tehničkih karakteristika materijala za izradu prozora

| Materijal                  | Gustoća $\rho$<br>$kg/m^3$ | Toplinska<br>provodljivost $\lambda$<br>$W/(m \cdot K)$ | Specifični toplinski<br>kapacitet $c_p$<br>$J/(kg \cdot K)$ | Toplinski<br>koeficijent $\alpha_t$<br>$mm/m/100^\circ C$ |
|----------------------------|----------------------------|---|---|---|
| Hrast                      | 700 do 800                 | 0,21  | 2090 do 2510  | 2,5   |
| Smreka, bor                | 500 do 600                 | 0,14  | 2090  | 2,5   |
| Aluminij                   | 2700                       | 203,00  | 940   | 2,4   |
| Polivinil-klorid tvrdi PVC | 1400                       | 0,23  | 960   | 6,0   |

- suvremena izrada završno obrađenih prozora (izrada punih drvenih profila, spajanje, ostakljivanje i bojenje) u stolarskim radionicama
- dobra toplinsko – izolacijska svojstva drvenih profila (tablica 2.)
- velike mogućnosti odabira izgleda vanjskih površina (impregnacija drva i bojenje različitim vrstama boja pa čak i prozirnim – lazurnim bojama koje ne sakrivaju strukturu drva).



Slika 2. Izgled staroga drvenog prozora

Nasuprot opisanim prednostima postoje i nedostaci prozora od drvenih profila:

- neujednačena (anizotropna) mehanička svojstva drva kao prirodnog organskog materijala,
- promjene temperature i vlage mogu imati štetne posljedice na trajnost prozora (pukotine, deformiranje, kalanje i dr.)
- potreba redovitog obnavljanja površinske zaštite drva višeslojnim bojenjem nakon skidanja sloja stare boje
- kraća trajnost drvenih prozora od aluminijskih
- sve veće smanjenje zaliha kvalitetnih vrsta drva koja se rabe za građevno – stolarske radove (hrast, ariš i dr.) jer se doprozornici i prozorska krila izrađuju od punog drva.

### 5.2 Prozori izrađeni od šupljih vučenih aluminijskih profila

Prednosti prozora od aluminijskih profila s prekinutim toplinskim mostom jesu:

- strojna izrada i površinska zaštita vučenih šupljih profila u tvornici
- spajanje i ostakljivanje prozorskih okvira u specijaliziranim radionicama
- mogućnost izrade velikih prozora pa čak i ostakljenja cijelih pročelja (staklena pročelja kod poslovnih zgrada)
- velika trajnost i lijep izgled nakon površinske zaštite profila bojenjem ili eloksiranjem.

Postoje i nedostaci prozora od aluminijskih profila:

- relativno veliko toplinsko, osobito uzdužno, produženje profila
- lošija toplinskoizolacijska svojstva od drvenih i tvrdih PVC profila
- velika toplinska provodljivost (tablica 2.)
- korozijska agresija pod utjecajem alkalija.

### 5.3 Prozori izrađeni od šupljih ekstrudiranih PVC profila

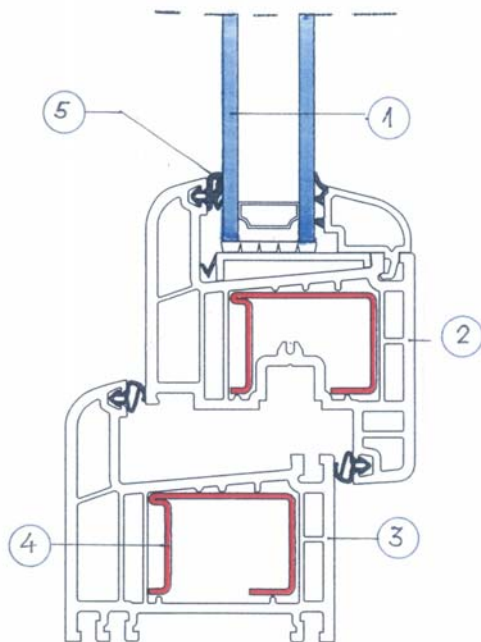
Prednosti prozora od PVC profila jesu:

- strojna izrada šupljih profila u tvornici u različitim oblicima i veličinama
- ojačanje, spajanje i ostakljivanje šupljih prozorskih profila u specijaliziranim radionicama, ovisno o veličini i namjeni prozora
- mogućnost poboljšanja poprečnih presjeka šupljih profila brojem komora u svrhu povećanja toplinsko – izolacijske moći te poboljšanja svojstava materijala radi povećanja otpornosti na djelovanje atmosfere pri vanjskoj uporabi (povećanje trajnosti) (slika 3.)
- nije potrebno višestruko zaštitno premazivanje bojom ni stalno obnavljanje tih premaza tijekom uporabe
- dobra toplinskoizolacijska svojstva šupljih profila.

Nedostaci prozora od tvrdih PVC profila:

- relativno velike promjene mehaničkih svojstava ovisno o promjeni temperature, vrsti, intenzitetu i trajanju opterećenja te starenju [13,14]
- relativno veliko temperaturno istezanje po duljini profila koje zahtijeva poseban postupak za pričvršćivanje doprozornika u otvor u zidu

- nedovoljna krutost profila (mali modul elastičnosti  $E$ ) radi čega treba obvezatno takve šuplje profile s unutarnje strane ojačati zaštićenim čeličnim profilima, što poskupljuje cijenu izrade većih prozora



LEGENDA: 1. Dvostruko izolacijsko staklo;  
2. Krilo od šupljeg PVC profila;  
3. Doprozornik od šupljeg PVC profila;  
4. Čelični profil za ojačanje; 5. Brtva

Slika 3. Izgled poprečnog presjeka donjeg dijela plastičnog prozora (doprozornik i krilo) izrađenog od šupljih PVC profila

- pojava površinskog statičkog elektriciteta koji pospešuje taloženje fine prašine na površini profila i time negativno utječe na higijenske uvjete u pripadajućoj prostoriji.

Napominje se, da suvremeni tvrdi PVC koji je namijenjen za uporabu u građevinarstvu ima bitno bolja tehnička svojstva od početnog materijala jer proizvođači stalno nastoje da ih pri proizvodnji i preradi što više poboljšaju [13].

## 6 Odabir najpovoljnije vrste prozora

Budući da tržište nudi velik broj različitih drvenih, aluminijskih i PVC prozora, projektanti pri projektiranju moraju odabirati onu vrstu prozora koja će za projektiranu zgradu najbolje odgovarati.

Glavna pretpostavka za odabir najpovoljnije vrste prozora jest da su svi proizvođači pribavili, za svaku vrstu prozora koje proizvode, certifikat o sukladnosti proizvoda s normom HRN EN 14351-1:2006 i izdali izjavu o sukladnosti:

*Približna metoda* odabira temelji se na tehničkim i ekonomskim karakteristikama prozora, pri čemu projektant uspoređuje prednosti i nedostatke prozora i procjenjuje tehničke i ekonomske karakteristike prozora u ovom slučaju za tri glavne vrste materijala - drvo, aluminij i tvrdi PVC i nakon toga odabire za projektiranu građevinu najpovoljniju vrstu prozora (tablica 3.). Tom je meto-

Tablica 3. Približna metoda odabira najpovoljnije vrste prozora ostakljenih dvoslojnim izolacijskim staklom na temelju usporedbe prednosti i nedostataka te tehničkih i ekonomskih karakteristika prozora za potrebe idejnog projekta zgrade

| TEHNIČKE I EKONOMSKE KARAKTERISTIKE PROZORA  | VRSTA MATERIJALA                   |                        |   |
|--|------------------------------------|------------------------|---|
|  | Drvo (zaštićeno bojom)             | Aluminij (eloksiran)   | Tvrdi PVC (ojačan iznutra čeličnim profilima) |
| Prednosti  | velike                             | najveće                | velike  |
| Nedostaci  | veliki                             | najmanji               | srednji                                       |
| Trajnost materijala  | velika                             | najveća                | velika  |
| Nabavna cijena i cijena ugradbe  | velika                             | najveća                | velika  |
| Troškovi održavanja  | veliki (redovito pranje i bojenje) | mali (redovito pranje) | mali (redovito pranje)                        |
| Higijenska svojstva  | dobra                              | odlična                | dobra   |
| Garancija proizvođača  | velika                             | velika                 | velika  |
| Zrakopropusnost nakon brtvljenja (pri promjenljivim tlakovima zraka – vjetar)  | mala                               | najmanja               | mala  |
| Vodopropusnost nakon brtvljenja (pri kišenju bez tlaka i pod tlakom zraka – vjetar)  | mala                               | najmanja               | vrlo mala                                     |
| Otpornost na djelovanje vjetra (progib, otpornost na djelovanje promjenljivog tlaka zraka, otpornost na djelovanje impulsa i najveći tlak opterećenja) | velika                             | najveća                | velika  |
| Zvučna izolacija od buke – indeks zvučne izolacije, $R_w$  | dobra                              | dobra                  | dobra   |
| Toplinska izolacija – koeficijent prolaska topline, $U_f$  | vrlo dobra                         | dobra                  | dobra   |
| OCJENA   | vrlo dobar                         | najbolji               | vrlo dobar                                    |

dom utvrđeno da su aluminijski prozori najbolji, ali i najskuplji, a drveni i PVC prozori su približno jednake kvalitete i cijene.

*Točna metoda* sastoji se u tome da projektanti moraju pomno provoditi odabir ne na temelju neke proizvoljne rang-liste, nego na temelju analize svih bitnih podataka kao što su:

- prikladnost tehničkih svojstava materijala od kojeg su prozori izrađeni (fizikalna, mehanička, kemijska i tehnološka svojstva) u skladu s općim uvjetima i posebnim tehničkim uvjetima
- najpovoljnija fizikalna, mehanička i izolacijska svojstva prozora (zrakopropusnost, vodopropusnost, otpornost na vjetar, zvučna izolacija i toplinska izolacija) ovisno o zahtjevima određenim u hrvatskim normama (HRN EN) koja su opisana u tablici 4.
- racionalna–ekonomična gradnja (nabavna cijena, cijena ugradbe i troškovi održavanja)
- trajnost materijala i proizvoda (jamstvo proizvođača za materijale i proizvode)
- estetski zahtjevi ovisno o pročelju zgrade
- higijensko - tehnički zahtjevi i drugo.

Tek na temelju tako provedene analize bitnih podataka i tehničkih karakteristika i uz eventualne manje kompromise između projektanta i investitora, projektant treba za projektiranu zgradu odabrati one prozore koji imaju najbolja tehnička svojstva, racionalnu cijenu nabave i ugradbe, male troškove održavanja, najdulju trajnost (racionalna gradnja stanova) i drugo. Napominje se, da su se suvremeni prozori od tvrdog PVC-a u tom pogledu pokazali kao vrlo konkurentni.

## 7 Ispitivanje tehničkih svojstava prozora

Tijekom uporabe prozori su stalno izloženi izmjeničnim djelovanjima i u zatvorenom i u otvorenom položaju, odnosno pri otvaranju i zatvaranju. Budući da je proračunima teško točno obuhvatiti sve bitne parametre, vrlo je važno laboratorijskim ispitivanjem dokazati da prozori zadovoljavaju sve propisane bitne zahtjeve. Zato se, u skladu s Tehničkim propisom za prozore i vrata, prozori i vrata smiju ugraditi u građevinu (zgradu):

- ako ispunjavaju propisane zahtjeve i ako su za prozore i vrata dane izjave o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa, tj. Pravilnika o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 1/05)
- ako je za prozor odnosno vrata dokazana uporabljivost u skladu s projektom i ovim Propisom, tj. ako

su prozori i vrata proizvedeni prema projektu za potrebe ugradnje u tu građevinu.

### 7.1 Program ispitivanja

Program ispitivanja gotovih prozora u svrhu dokazivanja kvalitete opsežan je poradi njihova višestrukog značenja, kao i zbog niza izmjeničnih djelovanja čijem će utjecaju prozori biti izloženi tijekom uporabe. U skladu s hrvatskim normama to su sljedeća ispitivanja: zrakopropusnost, vodopropusnost, otpornost na djelovanje vjetra, zvučna izolacija na zračni zvuk i koeficijent propusnosti topline,  $U_f$ . Program ispitivanja gotovih prozora od drvenih, aluminijskih i tvrdih PVC profila, rezultati ispitivanja i vrednovanje rezultata ispitivanja prema normama (HRN EN) dani su u tablici 4.

Napominje se da su svi ispitivani drveni, aluminijski i PVC prozori završno obrađeni i imaju jedno otklopno–zaoštreto krilo. Vanjske su mjere prozora u skladu s normiranim veličinama:

širina doprozornika  $\check{s} = 1,22$  m i visina doprozornika  $h = 1,47$  m.

Drveni je prozor izrađen od egzotičnog drva *meranti* i ostakljen dvostrukim izolacijskim staklom ukupne debljine 26 mm sljedećeg sastava: staklo *Clima Guard* debljine 6 mm + međuprostor ispunjen argonom širine 16 mm + float staklo debljine 4 mm. Brtve između krila i doprozornika su od gume.

Aluminijski je prozor izrađen od profila s prekinutim toplinskim mostom i ostakljen dvostrukim izolacijskim staklom ukupne debljine 26 mm sljedećeg sastava: float staklo debljine 6 mm + zračni međuprostor širine 16 mm + Low–e staklo debljine 4 mm. Brtve između krila i doprozornika su od gume.

PVC prozor je izrađen od profila s pet šupljina – komora i ostakljen dvostrukim izolacijskim staklom ukupne debljine 24 mm sljedećeg sastava: float staklo debljine 4 mm + međuprostor ispunjen argonom širine 16 mm + Low–e staklo debljine 4 mm. Brtve između krila i doprozornika su od gume.

### 7.2 Rezultati ispitivanja

Vrednovanjem rezultata ispitivanja tehničkih svojstava finalno obrađenih drvenih, aluminijskih i PVC prozora utvrđeno je:

- rezultati ispitivanja zadovoljavaju zahtjeve hrvatskih norma
- rezultati ispitivanja mogu se, na temelju utvrđenih vrijednosti razvrstati u visoke razrede kvalitete.

Tablica 4. Metode, rezultati i vrednovanje rezultata ispitivanja tehničkih svojstava završno obrađenih jednokrlnih prozora izrađenih od punih drvenih profila, šupljih aluminijskih profila s prekinutim toplinskim mostom te šupljih PVC profila ojačanih iznutra sa šupljim čeličnim profilima.

| TEHNIČKA SVOJSTVA                   | METODE ISPITIVANJA                            | REZULTATI ISPITIVANJA DRVENOG PROZORA  | REZULTATI ISPITIVANJA ALUMINIJSKOG PROZORA   | REZULTATI ISPITIVANJA PVC PROZORA  | VREDNOVANJE REZULTATA ISPITIVANJA DRVENOG, ALUMINIJSKOG I PVC PROZORA   |
|-------------------------------------|---|--|--|--|---|
| Zrakopropusnost                     | HRN EN 1026:2001                              | U rasponu tlaka od 0 do 600 Pa protok zraka po jedinici duljine sljubnice između krila i doprozornika je tolik da se može razvrstati u razred 4. | U rasponu tlaka od 0 do 600 Pa protok zraka po jedinici duljine sljubnice između krila i doprozornika je tolik da se može razvrstati u razred 3. | U rasponu tlaka od 0 do 600 Pa protok zraka po jedinici duljine sljubnice između krila i doprozornika je tolik da se može razvrstati u razred 3. | Prema HRN EN 12207 drveni prozor je razvrstan u razred 4, aluminijski prozor u razred 3 i PVC prozor u razred 3. (Razred 1 je najveće, a razred 4 je najmanje zrakopropusnosti).  |
| Vodopropusnost                      | HRN EN 1027:2001, Metoda 1A                   | U rasponu tlaka od 0 do 600 Pa ispitni uzorak je propustio vodu kod tlaka 150 Pa.  | U rasponu tlaka od 0 do 600 Pa nije došlo do procurivanja vode.  | U rasponu tlaka od 0 do 300 Pa nije došlo do procurivanja vode.  | Prema HRN EN 12208 drveni prozor je razvrstan u razred 3 A, aluminijski prozor u razred 9 A i PVC prozor u razred 7 A. (Razred 1 A je najmanje, a razred 9 A je najveće vodopropusnosti).   |
| Otpornost na djelovanje vjetra      | HRN EN 12211:2002 i HRN EN 1026:2001          | Najveće relativno čeoono savijanje pri tlaku zraka $P_1 = 1200$ Pa za razred 3 iznosi: $F_{rp} < 1 / 300$  | Najveće relativno čeoono savijanje pri tlaku zraka $P_1 = 1200$ Pa za razred 3 iznosi: $F_{rp} < 1 / 300$  | Najveće relativno čeoono savijanje pri tlaku zraka $P_1 = 1200$ Pa za razred 3 iznosi: $F_{rp} < 1 / 300$  | Prema HRN EN 12210 drveni prozor je razvrstan u razred C, aluminijski prozor u razred C i PVC prozor u razred C. (Razred A je najveće, a razred C je najmanjeg progiba).  |
|                                     |   | Nakon opterećenja s 50 impulsa promjenjivog tlaka zraka $P_2 = \pm 600$ Pa nisu nastala vidljiva oštećenja i promjene u funkcioniranju prozora.  | Nakon opterećenja s 50 impulsa promjenjivog tlaka zraka $P_2 = \pm 600$ Pa nisu nastala vidljiva oštećenja i promjene u funkcioniranju prozora.  | Nakon opterećenja s 50 impulsa promjenjivog tlaka zraka $P_2 = \pm 600$ Pa nisu nastala vidljiva oštećenja i promjene u funkcioniranju prozora.  | Prema HRN EN 12210 drveni prozor, aluminijski prozor i PVC prozor otporan je na djelovanje promjenjivog tlaka zraka.  |
|                                     |   | Nakon ispitivanja sigurnosti s dva impulsa: jedan – 1800 Pa, a drugi + 1800 Pa nisu nastala a prozor. se nije otvorio                            | Nakon ispitivanja sigurnosti s dva impulsa: jedan – 1800 Pa, a drugi + 1800 Pa nisu nastala napuknuća a prozor. se nije otvorio                  | Nakon ispitivanja sigurnosti s dva impulsa: jedan – 1800 Pa, a drugi + 1800 Pa nisu nastala napuknuća a prozor. se nije otvorio                  | Prema HRN EN 12210 drveni prozor, aluminijski prozor i PVC prozor siguran je na djelovanje impulsa (udar) zraka.  |
| Zvučna izolacija na zračni zvuk     | HRN EN ISO 140-3:1998 i HRN EN ISO 717-1:1998 | Indeks zvučne izolacije prozora iznosi: $R_{Wf}(C; C_{50,500}; C_{50,500}) = 34 (-1; -4; 0; -4) \text{ dB}$ .                                    | Indeks zvučne izolacije prozora iznosi: $R_{Wf}(C; C_{50,500}; C_{50,500}) = 33 (0; -4; -1; -5) \text{ dB}$ .                                    | Indeks zvučne izolacije prozora iznosi: $R_{Wf}(C; C_{50,500}; C_{50,500}) = 33 (-1; -4; -1; -5) \text{ dB}$ .                                   | Prema HRN U.16.201 drveni prozor, aluminijski prozor i PVC prozor razvrstani su u razred II (30 do 34) dB. (Razred IV je najmanje, a razred I i specijalni razred C 3. (Razred C 1 je najmanje otpornosti, a razred C 4 je najveće otpornosti). |
| Koeficijent prolaska topline, $U_f$ | HRN EN ISO 12567-1: 2002                      | Koeficijent prolaska topline prozora iznosi: $U_f = 1,50 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$  | Koeficijent prolaska topline prozora iznosi: $U_f = 1,44 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$  | Koeficijent prolaska topline prozora iznosi: $U_f = 1,38 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$  | Drveni, aluminijski i PVC prozori zadovoljavaju, jer su utvrđeni koeficijenti prolaska topline manji od najveće dopuštene vrijednosti 1,80 W / (m <sup>2</sup> · K) za zgrade koje se griju na temperaturu 18 °C ili više.                      |



Usporedbom rezultata ispitivanja drvenoga, aluminijskoga i PVC prozora utvrđeno je:

- zrakopropusnost kod drvenog prozora je najmanja (razred 4.), a kod aluminijskog i tvrdog PVC prozora je veća (razred 3.)
- vodopropusnost svih triju prozora vrlo je različita: kod aluminijskog prozora je najmanja kod PVC prozora je veća, a kod drvenog je prozora najveća, i to radi razlike u kvaliteti ugradbe brtava između doprozornika i krila prozora
- konačna je otpornost na djelovanje vjetra za sve tri vrste prozora jednaka (razred C3.) iako su rezultati ispitivanja čeonog savijanja međusobno različiti
- vrijednosti indeksa zvučne izolacije za sve tri vrste prozora međusobno se malo razlikuju (razred II.)
- vrijednost koeficijenta propusnosti topline za sve tri vrste prozora znatno je manja od najveće dopuštene vrijednosti  $1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  koja je određena Tehničkim propisom o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, i to za zgrade koje se griju na temperaturu  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ili više.

Napominje se, da su na temelju višegodišnjih ispitivanja fizikalnih, mehaničkih i izolacijskih svojstava prozora stečena sljedeća iskustva:

- vrijednosti rezultata ispitivanja fizikalnih svojstava (zrakopropusnost i vodopropusnost pri kišenju) ovise neposredno o kvaliteti brtvljenja prozora, tako, primjerice, što su sljubnice između krila i doprozornika te doprozornika i zida više razmahnute, to je zrakopropusnost i vodopropusnost prozora veća i obrnuto
- vrijednosti rezultata ispitivanja mehaničkih svojstava (otpornost na djelovanje vjetra) ovise neposredno o debljini profila doprozornika i krila prozora, točnije o krutosti profila, tj., što su presjeci profila i mo-

duli elastičnosti doprozornika i prozorskih krila veći, to je i njihova otpornost veća

- vrijednosti rezultata ispitivanja ukupne zvučne i toplinske izolacije ovise također o kvaliteti brtvljenja prozora, a osobito o ostakljenju (vrsti izolacijskog stakla – dvostruko ili trostruko izolacijsko staklo), debljini staklenih ploča i razmaku između staklenih ploča te koeficijentu duljinskog propuštanja topline i vrsti okvira.

## 8 Zaključak

Prozori su veoma važni u zgradarstvu zbog velikog udjela u ispunjavanju bitnih zahtjeva za zgrade, odnosno doprinosa zdravom i ugodnom boravljenju ljudi u zatvorenim prostorima zgrade. Zato je vrijedećim propisima određen velik broj općih i posebnih tehničkih uvjeta – zahtjeva za prozore i balkonska vrata.

Približnom metodom odabira najpovoljnije vrste prozora za određenu građevinu (zgradu) koja se temelji na tehničkim i ekonomskim karakteristikama prozora utvrđeno je da su aluminijski prozori najbolji, ali i najskuplji, a da su drveni prozori i prozori od tvrdog PVC-a približno jednake kvalitete i cijene. Međutim, pri odabiru prozora velik utjecaj imaju i estetsko – oblikovne karakteristike materijala od kojih se prozori izrađuju, kao i karakteristike građevine u koju će prozori biti ugrađeni. Naime, pri rekonstrukciji povijesnih zgrada u zaštićenim povijesnim jezgrama kriterij odabira prozora mora biti u skladu s postojećim prozorima koji su dotrajali, a mora ih se zamijeniti.

Konačno, rezultati ispitivanja tehničkih svojstava završeno obrađenih drvenih, aluminijskih i PVC prozora ostakljenih izolacijskim staklom, ukupne debljine 26 mm odnosno 24 mm, pokazali su ne samo da *zadovoljavaju* zahtjeve hrvatskih norma (HRN EN), nego da su po kvaliteti razvrstani u visoke razrede kvalitete.

## LITERATURA

- [1] Vikip, W.: *Prozori, vrata i kapije od drva i metala*, Građevinska knjiga, Beograd 1963.
- [2] Vujović, O.: *Utjecaj ostakljenja na temperaturno stanje zatvorenih prozora*, Građevinar 41 (1989) 12, 561 – 566
- [3] Stanuga, G.: *Staklo na fasadama*, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb 1993.
- [4] Buljan, N.: *Laboratorijsko ispitivanje stakleno – aluminijskih fasada*, Građevinar 51 (1999) 6, 405-413
- [5] Direktiva za građevne proizvode 89/106/EEZ
- [6] Vrkljan, Z.: *Otvori (Prozori)*, Tehnička enciklopedija, 10. svezak, str.105–115, izdanje i naklada Leksikografskoga zavoda “Miroslav Krleža”, Zagreb, 1986.
- [7] Klindt, L. B. und Klein, W.: *Glas als Baustoff*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln – Braunsfeld, 1977.
- [8] EN 45020:1998. Normizacija i srodne djelatnosti – Rječnik općih naziva (ISO/IEC Upute 2 :1996)
- [9] Zagorec, M.: *Otpornost na starenje hidroizolacijske krovne trake*, Građevinar 51 (1999) 11, 733 – 737
- [10] Grandjean, E.: *Wohnphysiologie – Grundlagen gesunden Wohnens*, Verlag für Architektur Artemis Zürich, 1973
- [11] Menck, H. und Seifert, E.: *Neue Fenster für alte Fassaden*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln – Braunsfeld 1986
- [12] Zagorec, M.: *Analiza tehničke regulative građevinsko – završnih radova za zgradarstvo*, Graditeljstvo GO21 51 (2007) 5, 68 – 78
- [13] Saechtling, H. und Andree, M. W.: *Bauen mit Kunststoffen; Fenster, Fenster- Wände und Türen*, Carl Hanser Verlag München 1973
- [14] Zagorec, M.; Kostrenčić, Z.: *Čimbenici bitnih promjena mehaničkih svojstava kod mekog poli(vinil-klorida)*. Simpozij o istraživanjima i primjeni suvremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, svezak 2, str. 99 –107., XVIII kongres JUDIMK, Portorož, 1986.