

PROZORI – VAŽNI DIJELOVI GRAĐEVINA

Uvod

Prozor je jedna od najvažnijih, a za uspješno cjelovito djelovanje građevine i njezina najkritičnija komponenta. Uvijek je bio i ostaje arhitektonski element koji pročelju daje poseban naglasak i određuje njegov

toplinsko opterećenje prostora, te pripomogli novom vrednovanju prozorskih otvora kao izvora prirodno-gva svjetla.

Pritom su nastale teškoće zbog prevelikih toplinskih gubitaka kroz takve prozore. Posebno su reprezenta-

prozora, kakav je način otvaranja moguće izabrati i kako je veliko pojedino prozorsko krilo odnosno pojedina ostakljena površina, kakav je okov potrebno ugraditi i koji se materijali mogu uzeti u obzir za krilo, a koji za okvir. Čak i izabrana boja utječe na izbor materijala za prozorski okvir i krilo. Dodatni su kriteriji, koji uvjetuju konkretne odluke, na primjer zaštita od meteoroloških utjecaja (vodonepropusnost i zrako-propusnost na propuh, zaštita od sunca itd.) i elementi sigurnosti.

Suvremeni prozor obavlja više funkcija koje su međusobno čvrsto povezane. Povezano s njima govori se o svjetlosnoj, toplinskoj i zvučnoj udobnosti prostora, o kvaliteti zraka u prostoru, o zaštiti od atmosferskih utjecaja i o psihofizičkim učincima.

Prozor korisnicima prostora nudi vizualnu komunikaciju s vanjskom okolinom. Ponekad mora osiguravati osjećaj sigurnosti te nuditi mogućnost stvaranja intimnosti, kada se to želi. Dostatna površina i pravilan ras-



Stari drveni prozor pravilno ugrađen

značaj. Uloga prozora s obzirom na unutrašnjost građevine mijenjala se i nadograđivala ovisno o zahtjevima korisnika prostora.

Veliku je ulogu pri novom odnosu na prozorske površine imala i spoznaja na području zdravstva i psihologije. Oblikovala su se načela planiranja prostora koja osiguravaju odgovarajući stupanj stambene i radne udobnosti, gdje je važna i dnevna odnosno prirodna svjetlost i toplinska ugodnost u prostoru. Energetski problemi sedamdesetih godina 20. stoljeća upozorili su na slabu učinkovitost umjetne svjetlosti, i time povezanu potrošnju energije i

tivne građevine imale visoke troškove grijanja i teškoće s postizanjem zadovoljavajuće stambene i radne udobnosti u prostorima, što je smanjilo oduševljenje uporabom stakla u građevinama. Energetska je kriza imala s time povezan i pozitivan učinak koji se iskazao iznimnim razvojem tehnologije prozora i njihovih pojedinih dijelova: okvira, ostakljenja, okova i brtvi.

Oblikovna osnova građevine i potrebe te zahtjevi za prirodnim osvjetljenjem prostora uvjetuju oblik i veličinu prozora. O njima ovisi kakva je statička uloga prozora, kakav je način ugradnje odnosno pričvršćenja



Primjer prozora na mansardi s većom zastakljenom plohom

Građevni elementi

pored prozorskih ploha nudi odgovarajući stupanj prirodne osvijetljenosti prozora te time snižava potrebu za energijom za umjetnu rasvjetu i smanjuje toplinsko opterećenje prostora. Dodatno se, pametnim planiranjem sjenila, smanjuje potreba za hlađenjem zgrade. Dobre toplinske karakteristike prozora pripomažu smanjivanju troškova grijanja i vode energetske učinkovitosti cijele zgrade.

Kvalitetne komponente produljuju trajnost prozora i tehnološki vijek trajanja cijele zgrade te tako snižavaju troškove popravaka i održavanja. Suvremeni prozori s niskom toplinskom provodljivošću i malom zrakopropusnošću smanjuju transmisijske toplinske gubitke i pozitivno utječu na toplinsku bilancu zgrade te s time povezane troškove. Iznimno je važan i njihov pozitivan utjecaj na toplinsku udobnost u prostoru, u smislu načela održive gradnje, pa i njihov smanjeni negativni utjecaj na prirodni okoliš. Sve nabrojene činjenice povisuju tržišnu i uporabnu vrijednost zgrade.

Kvaliteta prozora može se promatrati mjerljivim, objektivnim kriterijima i nemjerljivim, subjektivnim kriterijima. Prvima pripadaju ispunjavanje zahtjeva tehničke, funkcionalne i oblikovne prirode, a drugima, primjerice, estetski i do neke mjere oblikovni kriteriji.

Pristup kupovini prozora

Važno je znati za kakvu se namjenu kupuju prozori i izabrati kriterije na osnovi kojih se donosi odluka. Radi li se o novogradnji ili zamjeni prozora na zgradi kulturnoga naslijeđa, u postojećoj obiteljskoj kući ili stanu u višestambenoj zgradi? Kod novogradnji se može ravnati prema minimalnim zahtjevima propisa, a može se odlučiti za postizanje niskoenergetskoga standarda ili standarda pasivne gradnje. Pri obnovi kuće ili stana zamjena prozora može biti zbog njihove dotrajalosti ili sto-



Primjer loše i dobre prakse pri izmjeni prozora: gore – nakon obnove zaštićenoga pročelja, dolje – zajedno s obnovom pročelja

ga što se izmjenom starih prozora postižu znatne uštede troškova za grijanje i smanjuju troškovi održavanja, a u razumnom se roku investicija vraća.

Ako su izabrani kriteriji zadovoljavajuće protumačeni, preostaje potraga za odgovarajućim proizvodom. No, to i nije sasvim jednostavno jer proizvođači navode slične prednosti za svoje proizvode. Konkurencija na

tržištu je velika, informacije se brzo šire i slabi proizvođači se brzo otkriju. Naravno, teško je paušalno dati prednost jednom proizvođaču nad drugim. Razlike su u detaljima koji mogu biti stvar dogovora kupca i proizvođača (tip i debljina prozorskih profila, materijali i izvedba brtvljenja, tip ostakljenja, vrsta okova i sl.). Pritom treba istaknuti da mnogi proizvođači, posebno prozora od umjetnih masa, upotrebljavaju slične

ili jednake osnovne elemente, tj. prozorske profile, brtvila i okove te čak isti tip i znak ostakljenja. Važno je znaju li te osnovne komponente sastaviti u kvalitetan konačni proizvod i ugraditi ga sukladno pravilima struke.

Vrlo važno mjerilo pri izboru prozora njihova je cijena, iako ne bi bilo dobro izabrati samo na temelju tog kriterija, posebno ako su pri prvoj ugradnji ili izmjeni prozora postavljeni nešto viši ciljevi. Brižan investitor gledat će na dugoročne učinke i u kupovnoj cijeni u obzir uzeti npr. tehničke prednosti, ekološke utjecaje, jamstvene rokove, predviđene intervale održavanja.

Prozori su jedan od onih sastavnih dijelova zgrade za koje je važno da sačuvaju svoju funkcionalnost sve do kraja svog tehnološkoga vijeka trajanja. Za jednostavniju obiteljsku kuću analiza životnih troškova (*LCC- life circle cost*) možda nije najnužnija, ali je nužna kod poslovnih, javnih, višestambenih i sličnih zgrada.

Nezgodno bi bilo kada bi nakon nekoliko godina stanovanja ili rada u zgradi ili stanu građevnu stolariju trebalo mijenjati zbog nerazmjerno visokih toplinskih gubitaka, niske razine udobnosti u prostoru ili banalnih tehničkih manjkavosti. Stoga se na početku treba raspitati za dobavne i jamstvene rokove te servisne mreže i provjeriti hoće li ugradnju obaviti osposobljena ekipa. Prednost treba dati ponuđaču koji u paketu nudi prozorske klupčice, sjenila i druge proizvode, ugradnju svih tih elemenata i odvoz otpadnoga materijala. Nisu nevažne referencije i tradicija izvođača, moguća prijašnja iskustva, potvrde o kvaliteti proizvoda i sl. Ne bi bilo korektno tvrditi da noviji i trenutačno manje poznat proizvođač ne može ponuditi dobre proizvode, stoga treba od ponuđača zahtijevati pismene dokaze o ispitivanju tehničkih karakteristika prozora.

Dobre toplinske karakteristike ne isključuju kvalitetu drugih značajki prozora

Energetska je učinkovitost jedan od bitnijih trajnosnih elemenata suvremenoga prozora. Toplinski otpor energetske učinkovitih prozora dosta je veći od starijih prozora, nekontrolirana izmjena zraka kroz spojeve zatvaranja je smanjena, viša površinska temperatura unutarnjega okna

nost $\approx 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) odnosno prozor sa zajedničkom toplinskom prolaznošću nižom od $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za prozore za pasivnu kuću, po definiciji *Pasivhaus Instituta* ta je granica ograničena na $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (npr. tros-truko ostakljenje, dva niskoemisij-ska sloja, izolacijski *distancer*, plemeniti plin).

U želji za što boljom energetske učinkovitosti zgrade ne smije se za-



Karakteristike ostakljenja i datum izrade napisan na distanceru između stakla

smanjuje gubitke zračenja čovjekova tijela u njegovoj neposrednoj blizini i usporava kretanje zraka uz nje. Toplinski su gubici iz prostora prema van smanjeni, smanjuje se i potrebna snaga sustava grijanja, troškovi grijanja su niži, a toplinska udobnost u prostoru poboljšana. U toplijem je razdoblju godine temperatura zračenja unutarnjega okna niža, što pridonosi manjem pregrijavanju prostora. Pozitivni se ekološki učinci odražavaju u smanjenoj emisiji štetnih tvari, posebno CO_2 u okolinu.

U većini je europskih država danas polazni standard dvostruko ostakljenje s niskoemisij-skim slojem i plinskim punjenjem (toplinska prolaz-

boraviti da prozori po svojoj osnovnoj funkciji nisu sustav za štednju energije. Njihova je zadaća osiguravanje prirodne svjetlosti i osunčavanje prostora, prozračivanje prostora (bez obzira na moguće sustave mehaničkoga prozračivanja s rekuperacijom) i dodir s vanjskom okolinom. Stoga treba pažljivo uzeti u obzir ideje i želje za staklima koja štite od sunca jer nekritične odluke ili izbor neprimjerenih proizvoda mogu uzrokovati izrazito slabu svjetlosnu udobnost u prostorima, što se negativno odražava na psihofizički osjećaj i sposobnost korisnika prostora te može dovesti do povećanja potrošnje energije za umjetno osvjetljenje. Prava kombinacija toplinskih i svjet-

losnih karakteristika stoga su ključ pametnoga izbora prozora jer su toplinska i svjetlosna udobnost u prostoru jednakovrijedni čimbenici.

Važnost zvučne zaštite

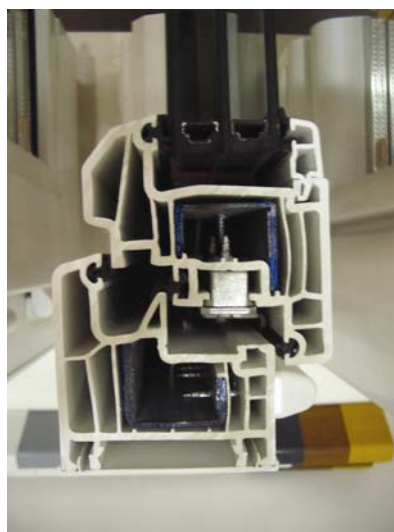
Kod prozora se mora pobrinuti za zvučnu izolaciju na trima ravninama: na spoju prozora s konstrukcijom (brtvljenje oboda prozorskoga okvira), na zatvaranjima (postavljanje brtvila) i preko samoga stakla. Zvučne karakteristike ostakljenja mogu se poboljšati na različite načine, na primjer uporabom prozorskih stakala različitih debljina, ugradnjom lijepljenih (lameliranih) prozorskih stakala ili s posebnim plinovima u prostoru između stakla. Pri uporabi takvih plinova mogu se ovisno o vrsti plina oslabiti toplinske karakteristike ostakljenja. Najčešće se rabio plemeniti *heksafluorid* koji je po *Kyotskom protokolu* uvršten u stakleničke plinove (slično i kao ugljikov dioksid, metan i još tri druga plina, tj. skupina plinova).

Kakav je stupanj zvučne izolacije i time tip prozora potreban moguće je izračunati s obzirom na odnose na danoj lokaciji (na primjer blizina prometnica). Pritom su važni prijedlozi tehničke službe proizvođača. Standardno dvostruko ostakljenje uobičajeno osigurava dobru temeljnu zvučnu zaštitu ako se ne radi o izvorima izrazitije buke. Ali prozor s vrlo dobrim ostakljenjem neće biti dobra zvučna zaštita ako je brtvljenje na zatvaranju manjkavo.

Drveni ili PVC prozori

Najčešća su pitanja, govori li se o prozorima, izbor drvenoga ili PVC (*Polyvinyl chloride*) prozora. Tome se mogu dodati i pitanja o metalnim prozorima. Kao što je već mnogo puta rečeno i napisano – na ta se pitanja ne može odgovoriti jednoznačno. Temeljna je pretpostavka da su svi prozori na tržištu dobri za uporabu i da ispunjavaju propisane tehničke zahtjeve.

Tehnički gledano, danas je moguće postići jednakovrijedne toplinske, svjetlosne i zvučne karakteristike bez obzira na upotrijebljeni materijal. Pri konačnoj će se odluci povrh subjektivnih mjerila (recimo osobno preferiranje određenoga materijala) u obzir uzimati položaj i orijentacija prozora odnosno izloženost vremenskim utjecajima, mogućnost čišćenja i održavanja (sigurnost i dostupnost i s vanjske strane) te drugi čimbenici.

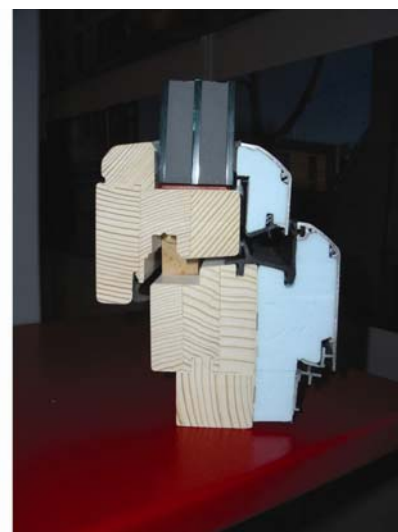


Suvremeni prozorski profili: a. višekomorni PVC profil s ojačanjima (Interles) i b. kombinacija drvo – izolacijsko punjenje – aluminij (Internorm)

Uobičajeno vrijedi da su PVC (ili metalni) prozori dugoročno otporniji na vremenske utjecaje bez posebnoga održavanja, kod drvenih je obvezatno obnavljanje završnih slojeva svakih nekoliko godina, posebno na izloženijim lokacijama. Kod drvenih je prozora popravak manjih oštećenja i ogrebotina jednostavniji nego kod PVC prozora. Ako je još do prije nekoliko godina u mnogim državama vrijedilo da su PVC prozori znak tehnološkoga napretka i u velikoj su mjeri istisnuli drvene prozore, posljednjih se godina drveni prozori polako ali sigurno vraćaju – nešto zbog bolje zaštite drvene konstrukcije, nešto zbog ekoloških razloga, u dobroj mjeri zbog prestiža, drvo je još uvijek jedan od najplemenitijih materijala u zgradarstvu.

Mogući uzroci plijesni

Često je laičko objašnjenje za nastanak plijesni i u novogradnjama i pri zamjeni postojećih prozora novim ugradnja plastične stolarije. Ali problem nije tako jednostavan. Plastični se prozori najčešće okrivljuju zato što se podsvjesno izjednačava učinak PVC okvira i mikroklima u plastičnoj vrećici. Nekoliko dužnih metara PVC prozorskih profila sigurno ne



oslabljuje odnose u prostoru, u prvo me redu relativnu vlažnost unutar-njega zraka. Taj je materijal zato posve krivo optužen za moguću štetu koja nastaje nakon njegove ugradnje. Prostori ništa bolje ne *dišu* preko drvenih okvira (kao što zidovi ne *dišu* da bi se njima uravnotežila mikroklima u prostoru i nadomjestilo prozračivanje).

Istina je da su suvremeni prozori zrakonepropusniji. To je uz strože zahtjeve za ukupni toplinski otpor jedan od važnijih elemenata suvremenih tehničkih propisa, jer se time smanjuju nekontrolirani toplinski gubici iz prostora kroz reške i spojeve zatvaranja. Ako smo se nekada mogli oslanjati na takav propuh kao dodatno osiguranje od previsoke vlažnosti unutarnjega zraka, pri če-



Primjeri kondenzacije na suvremenim energetski učinkovitim ostakljenjima: lijevo - na donjem rubu unutarnjega stakla u području distancera do kojega često dolazi noću u zagrijanim prostorima, a uzrokuje probleme drvenom okviru, desno - na većem dijelu unutarnjega stakla siguran znak prevelikoga opterećenja prostora vlagom

mu su bila od pomoći i lokalna ložišta svojim prirodnim izvlaživanjem, pri ugradnji suvremenih prozora potrebno je prostore dodatno, tj. temeljitije prozračivati otvaranjem prozora.

To je u praksi ponekad teško osigurati, ovisno i o stambenim navikama i o svrsi uporabe prostora. Stoga je dobro pobrinuti se za dostatno kontrolirano mehaničko prozračivanje s rekuperacijom (vraćanje otpadne topline) posvuda gdje je to tehnički izvedivo i ekonomski opravdano, uzimajući u obzir moguće posljedice propusta takvoga sustava na zdravlje korisnika, troškove održavanja i slično. Tipičan su primjer višestambene zgrade s neprofitnim, tj. socijalnim stanovima. Čak i pojam *niskoenergetska gradnja* označava isključivo zgrade, to jest stanove gdje se – povrh svih drugih zahvata za učinkovitu uporabu energije – pobrinulo za prozračivanje takve vrste.

Granice energetske učinkovitosti prozora

Pri energetskim odnosno toplinskim karakteristikama prozora granica je učinkovitosti uvjetovana samo praktičnim mogućnostima (ocjenom ekonomske opravdanosti na osnovi LCC analiza) uporabe, a ne tehničkim od-



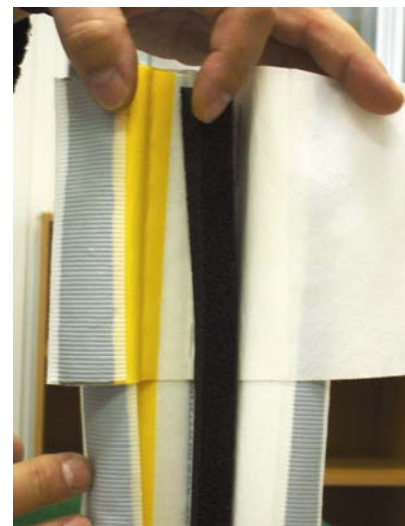
Detalj klasične ugradnje prozora s montažnom pjenom na: a) drvenu i b) masivnu konstrukciju



nosno tehnološkim problemima. Kao mjerilo se upotrebljava toplinska prolaznost U (W/m^2K) koja je sastavljena od toplinske prolaznosti prozirnoga (ostakljenja) i neprozirnoga (okvir, krilo, prečke) dijela prozora. Pri ostakljenju ta karakteristika ovisi o broju prozorskih stakala i niskoemisijских slojeva, plinu u prostoru između stakala i materijalu *distancera* ostakljenja.

Tehnologije koje se upotrebljavaju u gradnji niskoenergetskih i pasivnih kuća obuhvaćaju, na primjer, trostruko ostakljenje sa dva niskoemisijска sloja, plemenitim plinom i izolacijskim *distancerom*. Kod okvira i krila od PVC-a toplinske se karakteristike u osnovi poboljšavaju povećanjem broja komora, kod drvenih povećanjem debljine. Kombinacijom materijala, kao što su PVC i PU-punjenje (poliuretansko),

Trenutačno u graditeljstvu prevladava klasičan način ugradnje prozora s pomoću poliuretanske pjene, prekrivnih letvica i silikonskoga kita iako je



Elementi za *RAL* montažu na prozorskom okviru

ugradnja s brtvljenjem u tri dijela (ugradnja po njemačkim *RAL smjernicama*) uvijek bolji standardni način ugradnje. Pojednostavljeno rečeno radi se o zrakonepropusnoj i paronepropusnoj brani (npr. posebna folija) na unutarnjem spoju okvira i konstrukcije, slojem toplinske zaštite odnosno brane (npr. samoekspanzijska traka) na srednjem dijelu i paropropusnoj te vodonepropusnoj brani (npr. posebna folija) na vanjskome spoju. Takav je način ugradnje obvezatan ako se radi o niskoenergetskim kućama.

Ugradnja i održavanje prozora

Za dugotrajan i pravilan rad te učinkovitost prozora potrebno je redovito održavanje svih njegovih dijelova sukladno uputama proizvođača. To je i obvezatno zbog jamstvenih zahtjeva. Uobičajeno su jamstveni uvjeti (jamstveni rok) navedeni već u ponudi. Slična načela vrijede i za kupnju i za ugradnju. Među proizvođačima nema po tome bitnih razlika. Oni navode jamstveni rok za proizvod ili njegov dio iz vlastite proizvodnje, za komponente koje proiz-

vode kooperanti (npr. ostakljenje, okovi, brtvila) vrijede jamstveni rokovi koje propisuju ti proizvođači.

Zaključak

Prozor je jedan od elemenata zgrade s najintenzivnijim razvojem u posljednja dva desetljeća. Teško je očekivati da će se trend razvoja ili poboljšanja i na području učinkovite upotrebe energije nastavljati takvom brzinom. Ne radi se samo o cijeni prozora, već i o tehničkim praktičnim razlozima. Na primjer povećanje broja prozorskih stakala u sustavu ostakljenja negativno bi utjecalo na svjetlosne odnose u prostoru i težinu prozora, širenje prozorskoga okvira i krila zbog toga i zbog estetskih razloga nije više smisljeno. Najviše rezerve imaju proizvođači krovnih prozora i proizvođači sjenila te različitih nadzornih i upravljačkih sustava kao sastavnih elemenata prozorskoga sustava.

Umjesno je očekivati da će tehnologije prozora i prozorskoga ostakljenja koji su danas nestandardni sutra postati uobičajena praksa po dostupnim cijenama. To je povezano i s

predviđenim zaoštavanjem zahtjeva tehničkih propisa sljedećih godina, sukladno europskim direktivama s područja energetske učinkovitosti zgrada.

Dakle, svrhovito treba promišljati planiranje i izvedbu različitih analiza za usporedbu troškova i ušteda, tj. za učinke u cijelome vijeku trajanja prozora (zgrade).

I pri izboru prozora vrijedi: jeftiniji proizvod ne znači da je povoljniji, a skuplji proizvod ne znači da je nepovoljniji, posebno gledajući cijeli vijek trajanja. Nije pametno zbog postizanja niže cijene stvarati kompromise na štetu kvalitete proizvoda. Dugoročno se to osvećuje primjerice češćim održavanjem i obnovom, slabijim tehničkim karakteristikama, stambenim neudobnostima i kraćoj trajnosti (troškovi održavanja i rada).

Mr.sc. Miha Tomšič, dipl. ing. građ.

Center za bivalno okolje, građbeno fiziko in energijo

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.,
Ljubljana