



**PRIRUČNIK ZA IZRADU  
VANJSKE DRVENE STOLARIJE  
NA POVIJESNIM GRAĐEVINAMA**

MINISTARSTVO KULTURE I MEDIJA REPUBLIKE HRVATSKE  
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
2025.



PRIRUČNIK ZA IZRADU VANJSKE DRVENE STOLARIJE  
NA POVIJESNIM GRAĐEVINAMA

**Ministarstvo kulture i medija Republike Hrvatske  
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu**

**PRIRUČNIK ZA IZRADU VANJSKE DRVENE STOLARIJE  
NA POVIJESNIM GRAĐEVINAMA**

Autori:

izv. prof. dr. sc. Vjekoslav Živković  
prof. dr. sc. Hrvoje Turkulin

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Zagreb, 2025.

# SADRŽAJ

<b>PREDGOVOR</b> .....	5
<b>1. UVOD</b> .....	6
1.1. Povijesni razvoj i tipologija drvene stolarije .....	9
1.2. Prozori iz Graza i Beča .....	11
1.3. Izolacijske značajke dvostrukih prozora .....	15
1.4. Zatečeno stanje i primjeri izvornih prozora .....	18
<b>2. MATERIJALI ZA IZRADU PROZORA</b> .....	27
2.1. Vrste drva .....	29
2.2. Drveni elementi zamjenskih prozora .....	34
2.3. Vanjska krila i doprozornici .....	36
2.4. Unutarnja krila i doprozornici .....	37
2.5. Ulazna vrata .....	38
<b>3. LIJEPLJENJE</b> .....	44
<b>4. OSTAKLJENJA</b> .....	46
4.1. Kaljeno staklo .....	47
4.2. Djelomično kaljeno staklo .....	47
4.3. Laminirano sigurnosno staklo .....	47
4.4. Višestruko izolacijsko staklo .....	48
4.5. Vakuumsko staklo .....	48
4.6. Ugradnja stakla .....	48
<b>5. OKOV</b> .....	49
<b>6. POVRŠINSKA OBRADA</b> .....	51
<b>7. UGRADNJA</b> .....	53
<b>8. TEHNIČKA DOKUMENTACIJA</b> .....	55
8.1. Primjeri zamjenskih prozora .....	56
8.2. Prijedlog troškovničke stavke .....	64
<b>Korišteni izvori</b> .....	66



# PREDGOVOR

Dragi čitatelji,

Pred nama se nalazi priručnik čija je namjera osigurati stručnu i tehničku podlogu za praktičnu primjenu pri donošenju konzervatorskih odluka te potporu proizvođačima koji se bave serijskom ili unikatnom proizvodnjom vanjske drvene stolarije za povijesne građevine.

Posebna odgovornost proizlazi iz potrebe da se pri svakom zahvatu usklade zahtjevi zaštite kulturne baštine s današnjim standardima korištenja, energetske učinkovitosti i tehničke pouzdanosti.

To je svojevrsna konkretizacija Smjernica za energetska obnova zgrada sa statusom kulturnog dobra Ministarstva kulture i medija iz 2023. godine.

Drvena stolarija jedan je od bitnih elemenata povijesnih pročelja koji pridonose njihovim stilskim i oblikovnim vrijednostima. Njena izrada i obnova vezana je uz funkcionalne i dekorativne karakteristike koje su oblikovale graditeljsko nasljeđe različitih razdoblja. Ona je ujedno i jedan od bitnih čimbenika koji određuju energetska učinkovitost ovojnice zgrade pa time i njenu ukupnu energetska bilancu.

Priručnik nam donosi pregled povijesnog razvoja drvene stolarije, kriterije za procjenu postojećeg stanja, preporuke za materijale te smjernice za njenu izradu, ugradnju i završnu obradu. Naglasak je stavljen na očuvanje stilskih obilježja, kompetentnu izvedbu i dugoročnu održivost, uz prihvatljiva tehnička i energetska poboljšanja.

Posebna pozornost posvećena je prozorima tipa „kutija“, bilo da je riječ o prozorima tipa Beč ili tipa Graz. Obradeni su dvostruki prozori s energetska poboljšanim unutarnjim krilima, kao i jednostruki prozori s trostrukim izolacijskim staklom.

Primjeri dobre prakse odreda su realizirani u okviru obnove povijesnih građevina nakon serije potresa iz 2020. godine s epicentrima pored Markuševca i Petrinje.

Nadamo se da će ovaj dokument postati pouzdan i referentan alat svim dionicima u obnovi povijesne drvene stolarije te potaknuti visoku razinu stručne odgovornosti u budućim zahvatima na našem graditeljskom nasljeđu.

*Milan Pezelj,*  
dipl. ing. arh., glavni konzervator

# 1.

UVOD



U našim su gradskim jezgrama u velikoj mjeri prisutne zgrade građene između polovine devetnaestog i polovine dvadesetog stoljeća. Sve te zgrade, praktično bez iznimke, na stambenim dijelovima imaju ugrađene drvene, tzv. „kutijaste“ prozore – dvostruke prozore s razmaknutim krilima, ostakljene jednostrukim staklima. Naravno da su prisutne i vrijedne starije stambene i zgrade javne namjene, pred-barokne i barokne arhitekture, no na njima su izvorni drveni prozori bilo već izmijenjeni, bilo zahtijevaju poseban pristup u ocjeni i mogućnostima njihove sanacije i očuvanja. Noviji, „moderniji“ drveni prozori – koji već sada imaju povijesni značaj, a koji su u potpuno funkcionalnoj uporabi 70 i više godina – dvostruki su prozori s međusobno spojenim krilima (tzv. „krilo na krilo“). Takvi prozori također predstavljaju bitno stilsko obilježje pojedinog arhitektonskog razdoblja, pa se za sve njih postavlja pitanje: kako ih obnoviti ako više nisu funkcionalni, odnosno kakvim ih prozorima zamijeniti ukoliko se navedeno pokaže nužnim? Mnogi od tih prozora, već po svojoj konstrukciji, ali i s posljedicama starenja i propadanja tijekom vremena, danas ne zadovoljavaju osnovne potrebe korisnika i stvarno zahtijevaju rješenje za otklanjanje nedostataka, odnosno za zamjenu novima.

Svjedoci smo čestih intervencija na povijesnim zgradama koje očitno ne udovoljavaju bilo osnovnim principima zaštite kulturnih dobara, bilo elementarnoj vlasničkoj savjesti prema arhitektonskoj vrijednosti određene zgrade. Pritom korisnici ponekad sami zamjenjuju prozore (najčešće pri obnavljanju pročelja) te ne vode računa o odrednicama koje propisuju nadležni uredi za arhitekturu i urbanizam, odnosno zaštitu kulturne baštine. Ugrađuju se plastični ili metalni umjesto drvenih prozora, ugrađuju se slični drveni prozori ali drugačijih stilskih odrednica, pa čak se i postojeći prozori zamjenjuju onima potpuno novih oblikovnih rješenja (npr. jednostruki i jednokrlni, otklopno-zaokretni prozori umjesto originalnih, višedjelnih, dvostrukih prozora).

Različita stajališta konzervatora i investitora o tome kako riješiti problem starih, oštećenih prozora, ne moraju biti nasuprotna. Dokumenti ICOMOS-a (*International Council on Monuments and Sites*), međunarodne nevladine organizacije posvećene promicanju teorije, metodologije i tehnologija koje se primjenjuju pri konzervaciji, zaštiti i prezentaciji baštine, naglašavaju da laički protumačeni načelni pristup zaštite, po kojem se „ništa ne smije mijenjati i sve mora ostati u izvornom stanju“, nije ni sveprisutan niti obvezujući. Istina, osnovni princip zaštite jest da baštinu treba sačuvati u svakom mogućem smislu te u izvornom obliku. Ako su neka konstrukcija ili proizvod oslabljeni, u prvom bi ih redu trebalo nastojati popraviti, a ne zamijeniti. Kakogod, ti principi također naglašavaju da svaki zahvat na povijesnim građevinama mora imati za cilj poboljšanje kvalitete života stanovnika i korisnika prostora, kao i kvalitete okoliša.

Nemoguće je, s druge strane, dugoročno održavanje zatečenih dijelova zgrade u njenom nepromijenjenom izvornom obliku. Naime, neki od tehnički vrlo uspješnih izvornih materijala kojima su rađeni prozori i vrata, kao npr. zaštitna sredstva na osnovi pentaklorofenola ili bijeli naliči koji sadrže olovne okside, danas su zbog toksičnih karakteristika zakonom zabranjeni i uopće se više ne mogu naći na tržištu, čak niti za restauratorske radove.

Prihvatljivo očuvanje autentičnih vrijednosti zgrade postiglo bi se izradom zamjenskih prozora kao vjernih kopija izvornih prozora, tj. replika. U situaciji ugradbe, primjerice dodatnih aluminijskih prozora na unutarnjoj strani, relativno slaba izolacijska i uporabna svojstva postojećih drvenih prozora bila bi od zanemarive važnosti za ugodnu uporabu prostora, pa bi se moglo razmotriti izradu faksimila u smislu potpunog očuvanja povijesno-arhitektonskog značaja pročelja zgrade. Kakogod, tehničke značajke postojećih prozora su redovito slabe



(kutni spojevi su slabi, tanki poprečni presjeci okvirmica ne osiguravaju dobru postojanost oblika). Stoga je poželjno razmotriti izradu replika čije bi oblikovanje praktično u potpunosti odražavalo vanjski izgled pročelja i estetske karakteristike povijesnih izvornika, ali omogućilo mnogo bolju trajnost i uporabna svojstva novih prozora.

Kutni spojevi često nisu bili lijepljeni te su kao takvi podložni izvješanjima, njihovo saniranje rastavljanjem i ponovnim sljepljivanjem uz furnirske umetke je moguće, ali je vremenski i tehnički vrlo zahtjevno.

Postojeći profili krila redovito su preuski i preniski za ugradnju dodatne letvice i dvostrukog stakla (s podloškama 4 mm). Profili su redovito preniski za upuštanje utora za brtvu u unutarnja krila. Vanjska krila je nemoguće pravilno brtviti postojećim poluutorom za staklo predviđenim za staklarski kit; stakla se zbog slabe izolacije i starosti u pravilu moraju u potpunosti zamijeniti. Pojedina krila često treba odmijeniti novima, bilo zbog deformacija, bilo stoga što naprosto izostaju, a zamjenska je krila skupo i teško precizno izraditi prema, s vremenom deformiranom, doprozorniku na zgradi. Ugradnja prozora na tradicionalan način, tj. mokrim postupkom i žbukanjem međuprostora, ne omogućuje pravilnu toplinsku i zvučnu izolaciju spoja sa zidnim otvorom te ostavlja mogućnost navlaživanja drva iza zida. Stoga je u postojećem stanju nemoguće postići odgovarajuća poboljšanja građevinsko-fizičkih zahtjeva, dok naknadna obrada reške zahtijeva opsežne zidarske radove i ostavlja veliki rizik oštećivanja doprozornika. Cjelovita obnova pročelja zgrade zahtijeva i cjelovitu obnovu, odnosno zamjenu vanjske stolarije. Ono je vrlo dugotrajno ako se krila skidaju i nose u radionicu, a tehnološki neprimjereno ako se doprozornici obnavljaju na zgradi (neodgovarajuće klimatske prilike za pravilno nanošenje i otvrdnjavanje premaza, neodgovarajuća tehnika rada na gornjim ploham, otežano uklanjanje postojećeg premaza do drva).

Zbog potrebe za povećanjem energetske učinkovitosti pri izradi replika uglavnom se predviđa ugradnja IZO stakala na unutarnja krila, što često, zbog male širine okvirmica, nije izvedivo na postojećim krilima izvornih prozora. Iako se sanacija postojećih prozora u pravilu može provesti, ona bi, zbog velikog broja proizvoda koje treba obnoviti u kratkom vremenskom periodu, zahtijevala velik broj vrsnih stolara i iznimno dugo trajanje radova. S obzirom da se –

u svjetlu dinamike radova na obnovi zgrade i općeprihvaćenog interesa za čim bržim okončanjem poslova – izradom replika u poluindustrijskoj ili kvalitetnoj zanatskoj proizvodnji može u mnogo kraćem vremenu, uz procijenjeno iste (a možebitno ukupno i manje) troškove, postići zadovoljavajuće rješenje, često se postojeća stolarija u cijelosti zamjenjuje izradom nove stolarije koja oblikovno, estetski i povijesno-tehnički minimalno odstupa od postojeće, a osigurava dugotrajnu postojanost proizvoda i uporabno poboljšanje ovih elemenata zgrade.

Naposljetku, ove preporuke se odnose na izradu replika povijesnih prozora u Hrvatskoj. Osnovno načelo kojim se ovaj dokument vodi jest da oblikovno rješenje, pogotovo gledano s pročelja, mora ostati isto ili što sličnije izvornom stanju. Tehničko rješenje, međutim, teži poboljšanju uporabnih i tehničkih svojstava prozora koja, prema današnjim standardima struke, osiguravaju dovoljnu trajnost i pravilne uporabne vrijednosti proizvoda. Način otvaranja može eventualno biti promijenjen da se izbjegne nabavka skupoga stilskog okova ukoliko njegova primjena ne osigurava neminovno bolja uporabna svojstva (prozračivanje, izolacijske vrijednosti). Kakogod, smjerovi otvaranja, mogućnost raznovrsnog prozračivanja te izolacijska svojstva ostaju ista ili bolja. U drugim slučajevima radi se i replika okova, što se razmatra pri svakom pojedinom projektnom rješenju.

## 1.1. Povijesni razvoj i tipologija drvene stolarije

Dok su prve kuće prije nekoliko tisuća godina bile bez prozora, kasnije su imale otvore za svjetlo zaštićene životinjskom kožom, pergamentom, lanenim platnom ili prozirnim mineralnim pločama, a potpuno su se zatvarali drvenim kopcima. Još u 15. stoljeću ostakljeni prozori bili su rijetki u privatnim kućama. Proizvodnja stakla je bila skupa i dugo vremena moguća samo u malim formatima, pa su u početku postojali okrugli okviri s olovom, a kasnije se pojavilo pravokutno staklo u prozorima s prečkama.

Prozor u današnjem obliku potječe od tzv. „češkoga“, gotičkog kamenog prozora: u zidnom otvoru je bio ugrađen kameni raster u obliku križa koji je služio kao doprozornik, a na njega su nalijegala drvena krila (dva zaokretna krila u donjem dijelu, a nadsvjetlo u gornjem, Slika 1). Površina je već tada zaštićivana lanenim uljem. Okov je bio od kovanog željeza, u usijanom stanju umočen u laneno ulje radi zaštite od korozije (tzv. „bruniranje“). Ostakljenje su od 13. stoljeća činila okruglo zadebljana stakla ili romboidni isječki ravnoga stakla usađena u olovne okvire. Stabilizaciju od udara vjetra takvih krila činile su željezne letve ili H rasteri sidreni u kamene doprozornike o koje je bilo vezano ostakljenje s olovnim okvirima (vitraj). Ponekada su ugrađivani i dodatni prozori na vanjskoj strani zbog bolje toplinske zaštite (dvostruki udvojeni prozori).



*Slika 1, lijevo. Dvorac Veliki Tabor, Hum Košnički. Sklop građevina čiju jezgru čini rezidencija utvrđena obrambenim zidovima i polukružnim kulama, gradila je obitelj Rattkay od 1502. do 1507. godine.*

*Slika 1, desno. Kameni raster u obliku križa u zidnom otvoru služi kao doprozornik, a na njega su nalijegala drvena krila (zaokretna krila u donjem dijelu, a nadsvjetlo u gornjem).*

Središnje letvice u polju drvenih krila služile su za ugradnju stakala manjih dimenzija u veću plohu krila. Do baroknog doba središnje letvice bile su ne samo oblikovni, nego i konstrukcijski element: staklene su plohe bile ugrađene u utore u krilu. Pri zamjeni stakala ili popravcima je stoga bilo neophodno rastaviti cijelo krilo. Kutni spojevi tada nisu bili lijepljeni, nego samo sklopljeni čepom i raskolom, a poprečno osigurani drvenim klinom koji se pri popravcima vadio i zamjenjivao novim nakon ponovnog sklapanja krila. Pojavom primjene staklarskoga kita stakla su ugrađivana u vanjske poluutore krila, a bila su pričvršćena metalnim pločicama (tzv. trokutićima) ili čavličima te kitana u nanosu trokutastog presjeka.

Od 18. stoljeća kameni se raster doprozornika zamjenjuje drvenim srednjim prečkama. Sljedeća razvojna faza, koja nas dovodi do kutijastih prozora, bilo je izbacivanje uspravne srednje prečke i preklapanje okvirnica krila o dodatne sudarne letvice: jedno krilo zatvaranjem naliježe na uspravnu okvirnicu drugoga krila, a prozor je moguće otvoriti u punoj širini otvora. Prozor se sve više uvlači od fasade prema unutra, često se ugrađuje i u zidni pristupak.

Unatrag dvjestotinjak godina kutijasti prozori predstavljaju osnovni konstrukcijski tip prozora na zgradama, poglavito onima stambene namjene. Većina njih je još uvijek u uporabi, iako prema suvremenim standardima stanovanja ne udovoljavaju

zahtjevima energetske učinkovitosti, tj. toplinske izolacije. Procjenjuje se da samo u Njemačkoj ima još uvijek više od 50 milijuna ovakvih prozora na zgradama. Samo u Zagrebu bi se moglo nabrojati nekoliko stotina tisuća ovakvih proizvoda, a u cijeloj Hrvatskoj i višestruko više. Mnogi su povijesni prozori sustavno poboljšavani, no većina njih stoji u svom izvornom obliku, samo s obnovljenim površinskim slojem, i tako služe dulje od 100 godina. Već ovakva trajnost prozora govori u prilog tezi da ih je, pod uvjetom da su redovito održavani, bolje sustavno obnavljati nego zamjenjivati novima, što ima i značajne ekološke prednosti u pogledu smanjenja ugljičnog otiska i pohrane CO<sub>2</sub> u drvu.

Prozori s dvostrukim krilima, sa svojim toplinskim prednostima, razvoj su 19. stoljeća. Proizvodnja staklenih površina bilo koje veličine postala je moguća tek od sredine 20. stoljeća.



## 1.2. Prozori iz Graza i Beča

Tehnički naziv kutijastog prozora jest: „dvostruki prozor sa razmaknutim krilima“, pa takvi prozori dođu u nekoliko varijanti: jednostavniji (i poglavito stariji) imaju zaokretna krila od kojih se vanjska otvaraju na van, a unutarnja na unutra – tzv. prozor tipa Graz; kasnije konstrukcije (pretežno u 19. i 20 stoljeću) uglavnom imaju sva krila koja se otvaranjem zaokreću prema unutra – tzv. prozor tipa Beč (Slika 2).



*Slika 2a. Tipičan primjer prozora s dvostrukim krilima „tip Graz“ kod kojeg se vanjska krila otvaraju prema van s karakterističnim okovom za pričvršćenje u otvorenom stanju*



*Slika 2b. Prozor s dvostrukim krilima tipa Beč karakterizira otvaranje svih krila prema unutra, pri čemu su unutarnja krila većih dimenzija od vanjskih*

Složeniji prozori i oni većih dimenzija imaju i vodoravnu prečku, pri čemu se donja krila otvaraju zaokretno, a gornja krila zaokretno ili otklopno na unutra; zovemo ih „dvostruki prozor s razmaknutim zaokretnim krilima i nadsvjetlom“ (Slika 2b). Krila nadsvjetla se u najjednostavnijoj varijanti otvaraju zaokretno, no takvo posluživanje je nespretno jer zahtijeva uspinjanje na stolicu ili ljestve. Naprednije varijante prozora s otklopnim nadsvjetlom imala su polužni mehanizam za učestalo otklopno otvaranje krila radi prozračivanja, dok su jeftinija nadsvjetla samo jednostavnijim okovom bila pričvršćena na doprozornik, a otvarala su se samo za potrebe čišćenja (Slika 2b). Daljnji razvoj ovih prozora u smislu povećanja ukupnih dimenzija ostakljenih ploha uključuju i vertikalne prečke, pa imamo dvodijelne, dvostruke prozore s razmaknutim zaokretnim krilima i nadsvjetlima, nadalje prozore s ugrađenom kutijom za unutarnji zastor, kutijom za rolete itd. (Slika 2c). Ono što je, međutim, svojstveno za svaku varijantu i stupanj tehničkog razvoja ovoga tipa prozora, jest da su krila postavljena na vanjski i unutarnji rub relativno širokoga prozorskog daščanog okvira, te na taj način predstavljaju svojevrsnu „kutiju“ ugrađenu u zid, odatle izraz „kutijasti“ prozori. Širina ove kutije glavni je atribut razmjerno dobre izolacije kutijastih prozora: debeli zračni sloj predstavlja dobar toplinski izolator, a veliki razmak staklenih ploha predstavlja učinkovit akustički građevinski element (tzv. dvostruka ili rezonantna akustička konstrukcija).

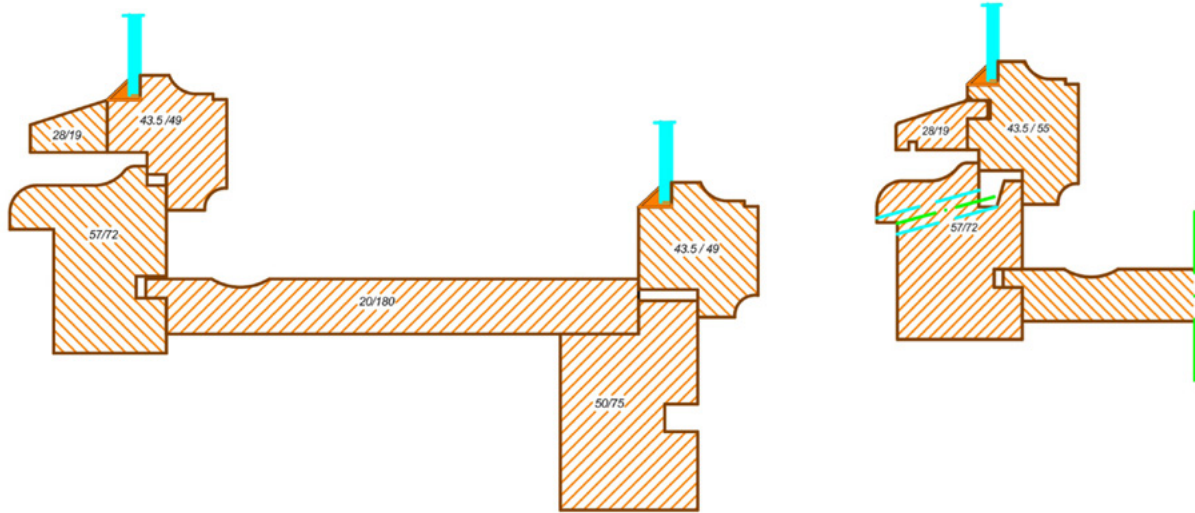


*Slika 2c. Složeni kutijasti prozor s vodoravnim i uspravnim razdjelnim prečkama, zaokretnim krilima i otklopnim nadsvjetlima te kutijom za vanjski zastor (roletu)*

Osnovni konstrukcijski tip ima veliki međurazmak krila (širina kutije 120-210 mm), što omogućuje solidnu zvučnu i toplinsku izolaciju. Svako krilo ima dva sudarna sljuba (tzv. meandarsku brtvu) na preklopima profila krila i doprozornika, što je s ukupno četiri sudarna sljuba koja su osiguravali zadovoljavajuću zrakotijesnost kod dobrog nalijeganja krila i kod dobrog funkcioniranja okova (Slika 3). Vodotijesnost se osigurava samo napuštanjem okapne letve (tzv. okapnice) nad spoj vanjskih krila s donjnjim okvirnicama vanjskoga okvira



doprozornika, bez elastičnog brtvljenja. U kvalitetnijih konstrukcija u vanjskom doprozorniku se dodatno izvodi kolekcijski kanal za prikupljanje i drenažu vode koja eventualno proдре u preklop (Slika 2 desno). Dodatnu zaštitu od tekućih oborina čine su „nadstrehe“ na gornjoj okvirnici doprozornika te uvučenost krila od pročelja (ugradnja u zidni pristupak). Kod zaokretnog otvaranja oba krila na unutra omogućeno je jednostavno posluživanje i zaštićenost krila od oborina, te čak i ograničena mogućnost provjetravanja u razdoblju oborina.



**Slika 3.** Vertikalni presjek dvostrukog prozora s razmaknutim krilima. Svako krilo ima dva sudarna sljuba (tzv. meandarsku brtvu) na preklapima profila. Prikaz dodatnoga dreniranog kolekcijskog kanala na vanjskom doprozorniku (desno) koji prikuplja vodu što se pri udarima vjetra zavlaci u preklapni spoj. Kanal je barem dvjema rupama spojen s vanjskom stranom lica da bi voda otjecala na vanjsku klupčicu.

Krila su samo zaokretna, dakle mogućnosti postupnog prozračivanja su ograničene. Krila nadsvjetla, ako se opreme otklopnim okovom, mogu pridonijeti kontroliranom postupnom prozračivanju (Slika 4). Ako su pak krila nadsvjetala izvedena kao čvrsto zatvorena krila, dakle nemaju otklopni okov za otvaranje radi provjetravanja, nego nasjedaju na vodoravnu prečku a o doprozornik se pričvršćuju zakačkama, tada je čišćenje svih ploha, osim unutarnje, omogućeno jedino skidanjem krila, što je nepraktično i vrlo nepovoljno sa sigurnosnog aspekta (fizička opasnost za čistača ili pad i oštećenje krila).

Prednosti otvaranja svih krila na unutra jesu lakše posluživanje, mogućnost ugradnje kapaka ili roleta s vanjske strane, izbjegavanje izloženosti krila oborinama i udarima vjetra u otvorenom položaju, manji rizik prodora vode u međuprostor, te – iznimno važno – lakše čišćenje svih ploha prozora, pogotovo na katovima (Slika 4).

Prednosti otvaranja vanjskih krila na van kod prozora tipa Graz – koji ima bolju zrakotijesnost kod udara vjetra jer krilo sve bolje naliježe na doprozornik – ima bolju odvodnju vode na donjim okvirnicama krila, mogućnost korištenja međuprostora za biljke, veću površinu ostakljenja itd. Sve te prednosti s vremenom su otpuštene u korist višestrukih prednosti otvaranja na unutra, pogotovo s poboljšanim rješenjima preklopa koja su osiguravala zadovoljavajuću vodotijesnost.

Dvostruki prozori često imaju i kutiju za unutarnji zastor, bez roleta, ponekada s kopcima. Unutarnje klupčice su drvene, stilski profiliranog ruba s napustom preko žbuke, a vanjske klupčice su metalne, pribijene čavlima sa širokom glavom na vanjsku ravnu plohu doprozornika, bez upuštenog poluutora za lim.

Glavni **nedostatak** kutijastih prozora je visoka cijena zbog složenosti profila, skupe i komplicirane izrade s mnogo ručnog rada te višestrukog okova. Uporabni nedostaci su ograničenost samo na zaokretno otvaranje barem jednog krila, smanjena svjetlosna propusnost zbog velike širine kutije i udjela razdjelnih prečki u plohi krila, komplicirano posluživanje te ograničena mogućnost prozračivanja pri oborinama.



**Slika 4.** Tipičan primjer prozora s dvostrukim krilima „tip Beč“ kod kojeg se sva krila, uključujući otklopno nadsvjetlo, otvaraju prema unutra



Krila su u pravilu zaokretna, dakle mogućnosti postupnog prozračivanja su ograničene. Krila nadsvjetla, ako se opreme otklopnim okovom, mogu pridonijeti kontroliranom postupnom prozračivanju, ali takva krila najčešće zahtijevaju poluzni mehanizam za otvaranje.

Suvremeni zahtjevi za energetsom učinkovitošću predviđaju toliko visoku izolacijsku učinkovitost svih ugrađenih građevnih proizvoda, odnosno toliko male gubitke topline, da ih je moguće ostvariti danas još uvijek kompliciranim i financijski ne pretjerano pristupačnim sustavima mehaničke ventilacije s povratom topline (tzv. rekuperacije zraka). U slučaju ugradnje spomenutog sustava za kontrolirano prozračivanje, otvaranje prozora preostaje rezervirano isključivo za potrebe vizualnog i fizičkog kontakta s okolišem te čišćenja, pa svaki način otvaranja krila osim zaokretnog postaje praktično besmislen. Pa ipak, izvorni izgled pročelja, navike korisnika da prozračuju svoje prostore upravo otvaranjem prozora, fizičko povezivanje korisnika s okolinom koje se također ostvaruje otvaranjem prozora, kao i situacije mogućeg otkazivanja sustava za mehaničku ventilaciju, predstavljaju argumente za zadržavanjem izvornog načina njihova otvaranja kad god je to moguće i praktično.

Naposljetku, promjena smjera otvaranja vanjskih prozora, tj. zamjena kutijastog prozora tipa Graz s tipom Beč uvjetovana je njihovom ulogom u očuvanju autentičnosti pročelja povijesnih građevina i moguća je tek iznimno uz suglasnost nadležnog konzervatora.

### 1.3. Izolacijske značajke dvostrukih prozora

#### Akustička svojstva

Dvostruki prozori predstavljaju izvrsno rješenje zvučne izolacije. Fizikalni princip kojim se to ostvaruje je izvedba tzv. „dvostrukog“ ili „rezonantnog“ građevnog elementa.

Učinkovitost izolacije prozora s obzirom na ugrađeno staklo ovisi o:

- broju stakala (čim više staklenih ploha, tim bolja izolacija)
- debljini i tehničkoj izvedbi pojedinih stakala (što je staklo deblje, dakle, i teže, izolacija je bolja), a višestruke staklene jedinice (dvostruka i trostruka IZO stakla) imaju osobito dobru akustičku izolaciju. Ako su debljine paralelnih stakala različite, izolacija je bolja (npr. 10-16-4 mm u odnosu na 4-16-4 mm)
- međurazmaku stakala (što je razmak veći, izolacija je bolja)
- brtvljenju stakala (čim je bolja zrakotijesnost, prolaz zvuka je manji).

Pritom je važno naglasiti i brtvljenje međusobnih spojeva krila te spoja krila s doprozornikom, kao i zvučnu izolaciju i brtvljenje doprozornika sa zidnom plohom da zvuk ne bi prolazio kroz reške. Dvostruki prozori s velikim razmakom stakala i mogućnošću ugradnje različitih stakala na vanjska i unutarnja krila, uz odgovarajuće brtvljenje, predstavljaju, dakle, mogućnost postizanja visoke akustičke izolacije (Tablica 1). To je važan argument za obnovu i nadogradnju postojećih kutijastih prozora, ali i za izradu tehnički poboljšanih replika pri zamjeni prozora na zgradi, čak i u najzahtjevnijim gradskim ulicama, odnosno brzim cestama (Tablica 2).

Tablica 1. Usporedne orijentacijske vrijednosti zvučne i toplinske izolacije različitih tipova prozora u ovisnosti o njihovom ostakljenju i brtvljenju

TIP PROZORA	OSTAKLJENJE I BRTVLJENJE			TOPLINSKA IZOLACIJA			ZVUČNA IZOLACIJA		
	Konstrukcija ostakljenja Staklo/ međurazmak/ staklo	Razmak stakala	Broj elastičnih brtvi	vrijednost staklene jedinice (U <sub>g</sub> )	Izolacijska vrijednost prozora (U <sub>w</sub> )	G vrijednost prozora	R <sub>g</sub> vrijednost staklene jedinice	R <sub>w</sub> vrijednost prozora	Razred zvučne izolacije
	mm	mm		w/m <sup>2</sup> K	w/m <sup>2</sup> K		dB	dB	
Jednostruki s 2-strukim IZO staklom	4/12/4	-	1	2,9	2,4	0,65	> 30	30	1/2
Jednostruki s trostrukim IZO staklom	4/9/4/9/4	-	2	2,0	1,9	0,55	≥ 42	40	3/4
Dvostruki spojeni (krilo na krilo)	4* + 3**	30-40	1	-	2,3	0,6	-	30-32	2
Kutijasti	3* + 3**	165	-		2,0-2,3	0,6		34	2
Kutijasti	4* + 4**	150	1		1,8-2,0	0,6		37	3
Kutijasti	6* + (4/12/4)**	> 100	2		1,6-1,9	0,6		40	4
Kutijasti	9/12/6* + 6/14/4**	>145	2		1,1	0,5		52	6

\* - vanjsko staklo ili staklena jedinica, \*\* - unutarnje staklo ili staklena jedinica

### Toplinska svojstva

Toplinska izolacija kutijastih prozora prikazana je u Tablici 3. Vidljivo je da u svakoj kategoriji dvostruki prozor s razmaknutim krilima predstavlja bolje rješenje od jednostrukih prozora. Izolacijska vrijednost replika od samo 1,2 [W/m<sup>2</sup>K] omogućuje čak i primjenu na nisko-energetskim i pasivnim zgradama. Visoka toplinsko-izolacijska učinkovitost kutijastih prozora, odnosno njihovih replika, proizlazi iz male toplinske vodljivosti drva, širokog zrako-izolacijskog prostora među krilima i odgovarajućeg brtvljenja.

U Tablici 1 shematski su prikazani tipovi prozora i njihove zone brtvljenja. Postoje dva nasuprotna zahtjeva na brtvljenje i izolaciju prozora: s jedne strane, treba omogućiti izmjenu zraka u prostoriji, a s druge strane, ta izmjena mora biti mala i kontrolirana da bi se izbjegli toplinski gubici zbog zrakopropunosti prozora.

Vanjsko krilo u osnovi štiti od prodora tekućih oborina. Ako dobro prijanja, te ako su i u njega usađene elastične brtve, onda ono pridonosi i otpornosti na prodor vjetra i zvukoizolacijskoj moći. Kakogod, unutar je krilo poglavito mjerodavno za brtvljenje interijera toplinsku i zvučnu izolaciju.

Treba napomenuti da ugradnja novih prozora (replika) s dobrim brtvljenjem prema zidnom otvoru i brtvljenjem vanjskih krila, može prouzročiti probleme kao što su: toplinski mostovi na doprozorniku (pogotovo na energetski poboljšanim fasadama), posljedičan rizik od kondenzacije (zamagljivanje i rošenje unutarnjih stakala) te razvoj plijesni, kako u zidnim spojevima, tako i u prostorijama. Stoga je potrebno voditi računa o osnovnom fizikalnom pravilu izrade replika: vanjska krila moraju slabije brtviti od unutarnjih, odnosno vanjska zona prozora mora biti više paropropusna od unutarnje. Na taj se način između stakala nađe zrak je hladniji od unutarnjeg prostora te se polako izmjenjuje s vanjskim zrakom.

Tablica 2. Razredi akustičkog opterećenja od prometa i zvučne izolacije te vrijednosti potrebne zvukoizolacijske vrijednosti prozora za pripadajuće opterećenje

Razred zvučne izolacije	Vrsta prometnice i broj vozila na sat	Udaljenost od zgrada (m)	Potrebna izolacijska moć prozora (dB)
1	Stambena prometnica 10-50	> 35	25-29
2	Stambena prometnica 10-50	25-35	30-34
3	Stambena prometnica 50-200	25-35	35-39
4	Glavna prometnica 1000-3000	100-300	40-44
5	Glavna prometnica 3000-5000	30-100	45-49
6	Brza cesta 3000-5000	< 100	>50

Vlaga koja bi migrirala u međuprostor krila iz zidnog otvora, odnosno kroz reške, na taj se način vrlo sporo i postupno, ali stalno izmjenjuje s vanjskim (u zimi hladnijim, dakle i apsolutno sušim) zrakom. Na taj se način izbjegava rizik kondenzacije u međuprostoru i u drvu doprozornika, a zbog spore izmjene zraka ne gubi se mnogo na toplinsko-izolacijskoj učinkovitosti. U načelu, kod kvalitetne izrade replika (s dobrim mehaničkim nasjedanjem vanjskih krila na doprozornik), bilo bi dovoljno brtviti samo unutarnje krilo.

Ako se brtve ugrađuju u oba krila, vanjska brtva treba biti nešto slabije tijesnosti nego unutarnja, ili se u vanjskim krilima izrađuju mali otvori za izmjenu zraka u međuprostoru. Ako pak oba krila trebaju dobro brtviti zbog povećanih zahtjeva za zvučnom izolacijom, moguća je primjena mehaničkog ventiliranja.

Tablica 3. Toplinsko-izolacijske vrijednosti različitih tipova prozora

Konstruktivni tip prozora	$U_w$ – vrijednost prozora (približno) [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Neobnovljeni prozori</b>	
Jednostruki prozor s jednostrukim staklom	4,6
Kutijasti prozor (bez sanacije)	2,5
<b>Jednostavno energetska saniranje</b>	
Jednostruki prozor s dvostrukim staklom ( $U_g = 1,4$ )	2,1
Kutijasti prozor nakon moderniziranja	1,5
<b>Visokoučinkovito saniranje, izrada replika</b>	
Jednostruki prozor s toplinski izolacijskim staklom ( $U_g = 1,0$ )	1,3
Kutijasti prozor nakon saniranja, <b>replike</b> kutijastog prozora	1,2

Pravilo, dakle, glasi: ako se ugrađuju dvostruke staklene jedinice, treba ih ugraditi na unutarnja krila, a samo u iznimnim zahtjevima i na vanjska krila. Ako se ugrađuju elastične brtve u spojeve krila i doprozornika, to treba obavezno načiniti na unutarnjim krilima, a samo u posebnim slučajevima i na vanjska krila. Čak i paropropusnost premaza treba biti različita: na unutarnja krila se nanosi deblji premaz ili onaj manje parodifuznosti, a na obloge kutije i na vanjska krila premaz veće parodifuznosti kako bi se omogućilo isušivanje drva i prirodan fizikalni proces tijekom zime kretanja vodene pare iz unutrašnjosti prema van.



## 1.4. Zatečeno stanje i primjeri izvornih prozora

Tijekom obnove povijesnih zgrada često budu dodatno oštećeni ionako već dotrajali prozori pa se kao logičnije rješenje nameće izrada zamjenskih prozora. Primjeri u nastavku ilustriraju pojave primijećene na skoro svim elementima stolarije: izvijenost, izvješnost krila, otvaranje kutnih spojeva, izostanak pojedinih krila ili njihovih dijelova (okapnica, okova), loše stanje ili otpadanje staklarskoga kita uz manjak pojedinih stakala, neodgovarajuće stanje površine (istrošenost sloja, popucalost premaza, pa čak i ljuštenje uz eroziju vanjske površine drva, neodgovarajuća ranija obnavljanja sloja površinske obrade uz izostanak uklanjanja ranijih slojeva premaza te uz nesmotreno zapunjavanje okapnih i kolekcijskih žljebova), kao i prisutnost već ranije ugrađivanih kvazi-replika. Nadalje, spoj sa zidom pri mokroj ugradbi nije brtvljen i toplinski izoliran pa ne omogućuje optimalnu zrakotijesnost, toplinsku izolaciju i povećava rizik kondenzacije pare, a drvo nije zaštićeno od vlaženja iz ziđa i od biološke zaraze.

Pri pregledu zgrade i donošenju odluke o njihovoj obnovi ili zamjeni novima treba obuhvatiti sve prozore kojima je moguće fizički pristupiti. Zatečene je prozore u pravilu moguće svrstati u neku od sljedećih skupina (Slika 5):

<b>IZ</b>	<b>izvorni zdrav:</b> proizvod je u zadovoljavajućem uporabnom stanju
<b>IO</b>	<b>izvorni oštećen:</b> proizvod nije potpuno ispravan, ali ga je moguće koristiti
<b>IT</b>	<b>izvorni truo / neupotrebljiv:</b> proizvod je prisutan, ali ga je nužno zamijeniti
<b>O</b>	<b>nema prozora:</b> nedostaje krilo ili čitav proizvod
<b>RZ</b>	<b>replika zdrava:</b> proizvod nije izvorni, ali je u zadovoljavajućem uporabnom stanju
<b>RO</b>	<b>replika oštećena:</b> proizvod nije potpuno ispravan, ali ga je moguće koristiti
<b>RT</b>	<b>replika trula / neupotrebljiva:</b> proizvod je prisutan, ali ga je nužno zamijeniti novim
<b>RN</b>	<b>replika neodgovarajuća:</b> proizvod se znatno razlikuje od izvornog



**Slika 5.** Pogled na zapadno pročelje zgrade Gliptoteke Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti pokazuje da su zatečeni prozori većinom izvorni oštećeni **IO** ili izvorni zahvaćeni truleži **IT**. Značajan broj prozora su i replike koje možemo svrstati kao zdrave **RZ**, oštećene **RO**, trule **RT** ili neodgovarajuće **RN**. Na dvije pozicije nema prozora **O**.

## Primjer 1: Zgrada Gliptoteke HAZU



*Slika 6. Zgrada Gliptoteke Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (lijevo); detalj replike prozora nakon obnove zgrade (desno)*

Niz zgrada zagrebačke Tvornice koža Vatroslava Šterna građenih od 1869. godine, adaptiran je za potrebe smještaja zbirke sadrenih odljeva dr. Antuna Bauera doniranih Gradu Zagrebu 1937. godine.

Pregledom svih elemenata stolarije na zgradi Gliptoteke HAZU, uočeno je da je konstruktivni tip svih prozora tzv. kutijasti tip konstrukcije, tj. dvostruki s razmaknutim krilima. Prozori se izvedbom ipak razlikuju na pojedinim zgradama kompleksa, pa čak i na pojedinim katovima unutar zgrade. Izvorni prozori su izvedeni s horizontalnim međuokvirnicama, tako da svaki otvor u pravilu zatvaraju po četiri zaokretna krila istih dimenzija. Na manjem broju pozicija su postavljeni prozori s nadsvjetlima te kutijasti tip konstrukcije kod kojeg je s vanjske strane drveni, a s unutarnje strane aluminijski prozor. Postojeća stolarija je dotrajala, u velikom obimu deformiranih krila te teško oštećena izostankom površinskog premaza i izloženošću atmosferilijama, čak i s izostankom pojedinih elemenata.

Na najvećem broju pozicija je riječ o dva karakteristična tipa prozora:

1. Dvostruki zaokretni četverokrilni prozor s horizontalnom međuokvirnicom
2. Dvostruki zaokretni prozor s nadsvjetlom

Kod oba tipa prozora glavna krila se otvaraju zaokretno na unutra, dok se nadsvjetlo otvara otklopno na škaru. Samo na prozorima tavanskog prostora neki se industrijski prozori otvaraju vanjskim krilima na van. Na nekim zgradama su razdjelne letvice (šprljci) izvedeni na način da je u drveni okvir vanjskih krila umetnuta tanka metalna rešetka od T profila koja dijeli polje krila u šest segmenata, u svaki od kojih je ugrađeno jednostruko staklo (Slike 7 do 9). Podjela unutarnjih krila u manja okna je izvedena pomoću vrlo tankih drvenih šprljaka u koje je također ugrađeno jednostruko staklo (Slika 7b).

Okov čine po dvije urezane zaokretne zglobnice na krilima. Okov za zatvaranje čine vidljivo postavljene kukaste šipke sa središnjim mehanizmom za zatvaranje te s prihvatnim metalnim ušicama s urezom na doprozornicima (Slike 7 i 8).

Površinska obrada je izvedena samo na vidljivim ploham, dok su plohe do zidnog otvora ostale neobrađene pri mokroj ugradnji. Međuprostor i špaleta su zažbukani, a spojevi nisu pokriveni opšavnim kutnim letvicama. Prozori su ugrađeni morkom ugradnjom (žbukanjem pri zidanju, Slike 8 i 9) u vanjski pristupak od fasadne opeke pod koju je podvučena vanjska klupčica, lim je plošno priljubljen i čavlicama pričvršćen na donju okvirnicu doprozornika.





**Slika 7 a i b.** Pogled iznutra na tipičan prozor na zgradi Gliptoteke. Unutarnja krila već izostaju. Sva krila se otvaraju zaokretno, središnjom kvakom i zaobljenim šipkama. S unutarnje strane krila i doprozornici djeluju razmjerno dobro. Pogled na tipično krilo izvana (slika desno) ukazuje na loše stanje površine drva, potpuno erodirani sloj površinske zaštite, razbijena stakla u pojedinim oknima, te poispadali staklarski kit iz metalnih poluutora. Okapne letvice na donjem krilu na ovoj poziciji više nema.

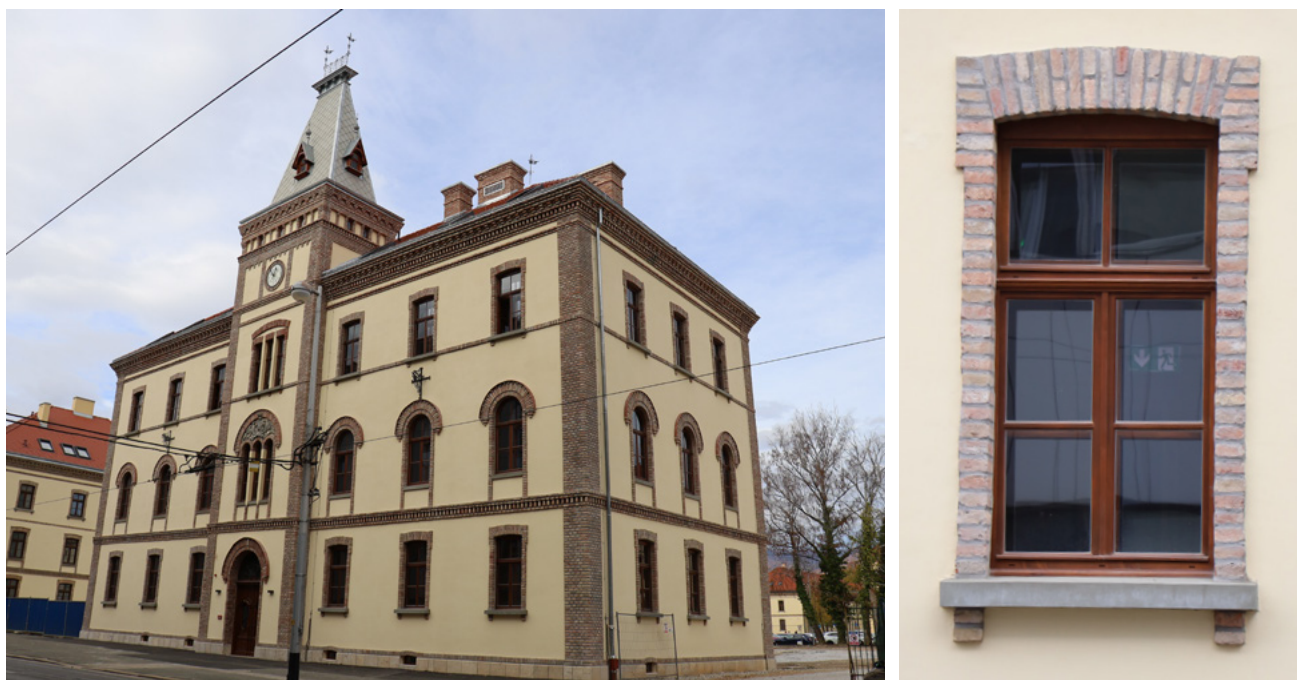


**Slika 8.** Na dva tipična prozora vanjska i unutarnja krila se otvaraju zaokretno. Podjela u polja napravljena je pomoću drvenih letvica. Gledano s unutarnje strane, sva krila djeluju zdravo. Uz pretpostavku da su svi izvorni prozori imali jednaku profilaciju i izgled, dimenzije letvica na lijevoj slici (A) te podjela unutarnjih krila u polja na desnoj (B), kao i različite zglobnice ukazuju na to da se ovdje (A) radi replikama koje nisu usklađene s izvornim proizvodima (B).



*Slika 9. Pogled s unutarnje strane na prozor s nadsvijetlom odaje dojam funkcionalnog proizvoda. Kakogod, u otvorenom stanju se vidi značajna deformacija vitoperosti vanjskoga krila. Osim očitih deformacija koje onemogućuju normalno korištenje prozora, ovo je i primjer neodgovarajuće replike ugrađene tijekom ranije obnove zgrade.*

## Primjer 2: Hrvatsko katoličko sveučilište



*Slika 10. Zgrada rektorata Hrvatskog katoličkog sveučilišta (lijevo), replika dvostrukog prozora s nadsvijetlom (desno)*



Sklop Domobranskih vojarni građenih od 1898. godine na temelju generalne osnove Milana Lenucija i detaljne osnove Janka Holjca prema projektima bečkog ateljea „Gruber & Völckner“ iz 1881. godine.

Na zgradi rektorata su također zatečeni prozori tzv. kutijastog tipa konstrukcije, tj. dvostruki s razmaknutim krilima i nadsvjetlima. Za razliku od prethodnog primjera, ovdje su tipični proizvodi:

1. Dvostruki prozor s nadsvjetlom
2. Dvostruki prozor s vertikalnom međuokvirnicom i nadsvjetlom

Kod oba tipa prozora se glavna vanjska i unutarnja krila te nadsvjetla otvaraju zaokretno, a vanjsko lučno nadsvjetlo se otvara otklopno na škare (Slika 11). Ovisno o položaju na fasadi, krila vanjskih nadsvjetla su blago lučno ili polukružno zaobljena. Sva unutarnja krila su pravokutna. Čvrste prečke su ugrađene na približno 2/3 visine, i to spojem četvrtastim čepom u zatvorenoj rupi i osiguranjem s po dva drvena klinca, odnosno s po dva čavla.

Složene daščane doprozorničke kutije imaju elemente doprozornika kutno spojenih jednostrukim čepom i raskolom, a onda perom i utorom te lijepljenjem/čavljanjem na daščanu oblogu kutije. Bočne stranice su na donjoj okvirnici kutno plošno spojene pravokutnim sučeljem čelnih rubova kosim stolarskim zupcima; na gornjoj strani su daske produljene u kutiju za unutarnji zastor i međusobno samo začavlane. Krila su kutno spojena jednostrukim čepom i raskolom s drvenim klincem te dodatno kutno ukrućena metalnim nauglicama s po tri vijka. Šprlji su čeono oblikovani kontraprofilom i spojeni drvenim moždanikom (Slika 14). Vanjske donje okvirnice krila imaju aplicirane (lijepljene) okapnice (Slike 12 i 13). Ostakljenje krila je jednostruko, običnim valjanim staklom debljine 3 mm, a staklo je učvršćeno staklarskim trokutićima klasičnim staklarskim kitom koji je u zatečenom stanju većinom rasušen i ispao (Slika 14).

Okov čine po tri urezane zaokretne zglobnice na glavnim krilima te po dvije zaokretna krila nadsvjetla. Okov za zatvaranje čine brave s kvakom i kliznim šipkama te s prihvatnim ušicama (bez valjčića) na doprozornicima.

Stolarija je trenutno dotrajala, u velikom obimu deformiranih krila i teško oštećena izostankom površinskog premaza i izloženošću atmosferilijama (Slike 12 do 14), uočeni su znakovi truleži, a pojedini elementi izostaju.



*Slika 11. Pogled iznutra na tipičan prozor na zgradi. Vanjsko krilo nadsvjetla se otvara otklopno, a sva ostala krila zaokretno, središnjom kvakom i kliznim šipkama. Posluživanje krila nadsvjetla zahtijeva uspon na klupčicu ili ljestve; otklopno krilno nadsvjetla sa središnjom rezicom se može otvoriti i motkom s kukom, no izvjesno se otvaralo rijetko, uglavnom za potrebe čišćenja.*



*Slika 12. Prikaz potpunog oštećenja i ljuštenja sloja površinskog premaza u donjem lijevom kutu vanjskog doprozornika i krila (crvena strelica). Vanjski dio špalete obložen je fasadnom opekom. Čelična rešetka ne pripada u stilsko razdoblje.*



*Slika 13, lijevo. Oštećenja boje desnog donjeg kuta doprozornika (crvena strelica), vidljiv je „S“ (zatični) prijelop vanjskoga krila s vertikalnim okvirnicama doprozornika. Potpuno je oljušten površinski zaštitni sloj i oštećena okvirnica vanjskog krila (desno).*



*Slika 14. Kutni spoj šprljka i okvirnice s detaljem trokutastog čavlića za ugradnju stakla*



### Primjer 3: Dioš (Marijin Dvor), Končanica



*Slika 15. Pogled na dvorac Dioš – rezidencijalnu građevinu nadomak Končanice (lijevo), zamjenski prozor s nadsvjetlom (desno)*

Dvorac Dioš, Marijin Dvor nadomak Končanice je zaštićeni spomenik kulture s oznakom Z-3074 u Registru Ministarstva kulture i medija RH. Ova vrlo specifična građevina iz 1904. godine, građena u hibridnom spoju historicizma i secesije prema projektu Foerk Ernöa i Sandy Gyule, a za potrebe udovice grofa Alajosza Tükorya, sadrži više specifičnih tipova prozora. Dio prozora je dvostruk (tzv. kutijasti), s posebno projektiranim drvenim okvirima koji su u dvije inačice služili i kao kutija za sklopivo sjenilo (Slika 16). U svojoj raskošnijoj inačici prisutnoj u reprezentativnim prostorima, sjenilo je u svom sklopljenom obliku dio prozorskoga okvira i gotovo se i ne primijeti, a u rasklopljenom stanju u potpunosti prekriva prozorska krila te tako u potpunosti zamračuje prostor. U nešto skromnijoj inačici, prozorsko je sjenilo sadržano u kutiji koja se nalazi uz doprozornik s unutrašnje strane otvora. To je rješenje prisutno u manje reprezentativnim prostorijama dvorca. U gospodarskim prostorima su zatečena unutarnja sjenila bez posebnih kutija. Sva su prozorska sjenila od masivnog drva i s više preklapanja, kako bi se mogla otvoriti ovisno o željenoj količini svjetlosti.

Osim dvostrukih dvokrilnih prozora s nadsvjetlima i unutarnjim sjenilima na objektu su pronađeni i modificirani dvostruki prozori sa spojenim krilima (tzv. krilo na krilo, Slike 17 i 18). Ovo je rješenje zatečeno u rezidencijalnom dijelu, i to kod prozora čija se sjenila sklapaju u bočnu kutiju što je vrlo neuobičajeno za ovaj period gradnje.





*Slika 16. Dvostruki prozor s razmaknutim krilima i nadsvjjetlom. Donja se krila otvaraju zaokretno, a gornja su otklopna. Vanjsko krilo nadsvjjetla je lučno, unutarne pravokutno. Prozor ima dekorativni opšav s bočnim kutijama u koje se sklapaju unutarnja drvena sjenila.*



*Slika 17. Tipičan primjer dvostrukog prozora sa spojenim krilima (tzv. krilo na krilo). Donja krila su zaokretna, gornja se otvaraju za potrebe čišćenja. Zamijeti deformaciju i odvajanje unutarnjeg krila od sklopa.*





*Slika 18. Detalj prozorskog krila s prethodne slike. Dodatni urez na doprozorniku (lijevo) je izveden za potrebe izvedbe inačice sa spojenim krilima. Profilacija krila i njihovo pozicioniranje pokazuje kako su za to vrijeme standardna vanjska krila bez posebne prilagodbe ovješena preko unutarnjih. Kasnije standardne inačice ovakvih prozora su odavale vizualni dojam današnjih prozora s IZO staklom.*

# 2.

## MATERIJALI ZA IZRADU PROZORA



Nekadašnji su prozori bili izrađeni od prvoklasnog drva (najčešće hrastovine, borovine ili ariševine), pa ako ne iskazuju mjesta truleži, taj će materijal – pravilno obnovljen i zaštićen – vrlo dobro služiti još desecima godina.

Prema konzervatorskim načelima, materijali koji se rabe u restauraciji bi morali biti isti kao što su na izvorniku. To je, međutim, u današnje vrijeme vrlo teško ostvariti. Opseg gradnje u prošlim stoljećima je bio mnogo manji nego danas, pa je kvalitetnog i skupog drva ariša, bora ili hrasta bilo dovoljno. Dostupnost hrastovine je i danas u Hrvatskoj zadovoljavajuća, što s obzirom na trenutnu političku situaciju na sjeveroistoku Europe nije slučaj s ariševinom. S druge strane, nema razloga da se za sve replike primjenjuje ariševina – danas poznajemo tehnike proizvodnje i zaštite kojima i od vrlo kvalitetne smrekovine i jelovine možemo načiniti prozore koji će, ukoliko budu redovito održavani, također dugo trajati.

U postupku izrade novih prozora na objektima koji su zaštićeno kulturno dobro ili su dio zaštićene kulturno-povijesne cjeline, primarno je potrebno zadržati istu vrstu drva (primjerice, ariševina, borovina ili hrastovina), odnosno vrstu od koje su bili izrađeni izvorni proizvodi. U slučaju nedostupnosti takve sirovine u dovoljnoj količini i kvaliteti, moguće je upotrijebiti jelovinu ili smrekovinu razreda kvalitete J10 u skladu s HRN EN 942 i HRN EN 14220. Obilježja navedena u Tablici 4 treba osigurati neovisno o primijenjenoj vrsti drva. Okvirnice doprozornika u izloženoj vanjskoj zoni i sve okvirnice krila moraju se izraditi od sirovine najbolje kvalitete razreda J10. Ostali dijelovi prozora se mogu izraditi od materijala slabijeg razreda sa svim prirodnim obilježjima koja ne umanjuju funkcionalnost i uporabivost gotovog proizvoda. Ispadajuće i nezdrave kvrge, bilo kakvi tragovi biološkog djelovanja, trulež ili bušotine kukaca, raspukline te uočljiva usukanost i veliki otklon žice nisu ni ovdje dopušteni.

Izbor vrste i kvaliteta drva moraju biti podložni kontroli, bilo uvidom u specifikaciju kupljenog materijala (račun, primka, dokumenti o sukladnosti), bilo kontrolnim pregledom proizvodnje.



## 2.1. Vrste drva

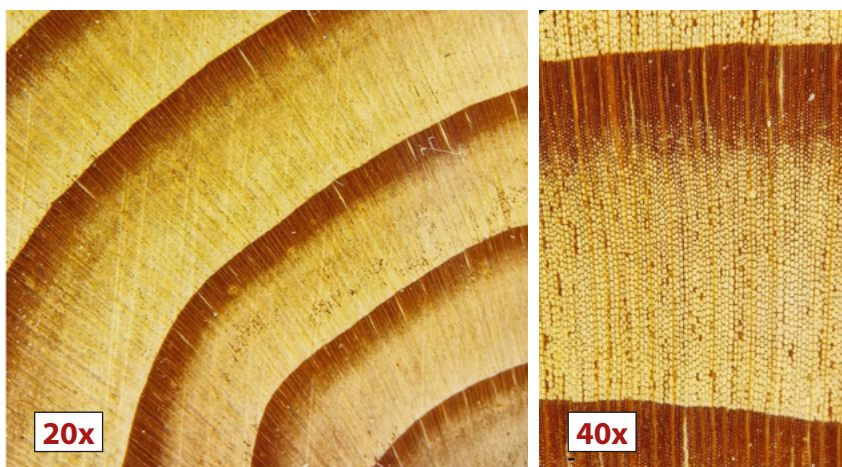
Prema ključu za identifikaciju, drvo četinjača je jednolike građe bez traheja (Slika 19), čije se staničje sastoji isključivo ili pretežno od traheida poredanih u pravilne radijalne nizove, vidljivih lupom. S druge pak strane, kod listača se tkivo barem djelomično sastoji i od traheja (vrlo širokih sudova) uklopljenih u vlaknasto i parenhimsko staničje (Slika 23).

### ARIŠEVINA

Zbog svoje iznimne čvrstoće i trajnosti, ariševina je posebno pogodna za vanjske radove kao građevno i tehničko drvo: za letve, jarbole, pragove, stupove za vodove, za tornjeve-antene, silose, za kace, bačve, drvene cijevi i šindru te za zidne obloge. Iako sve širom uporabom zaštitnih sredstava prirodna trajnost drva postaje manje važnom nego nekad, ipak se prednost ariševine u tom pogledu cijeni tamo gdje zaštićeno drvo nije dostupno.

Ariševina se ističe po dobroj prirodnoj postojanosti i otpornosti na truljenje, a uz to ima mali udjel slabo trajne bjeljike. Postojanija je od borovine, no ne kao i hrastovina. Tamo gdje se zahtijeva trajnost u uvjetima na otvorenom prostoru, a posebice u dodiru s tlom, npr. ograde, preporuča se obrada kemijskim zaštitnim sredstvima.

Drvo ariša je crvene do crveno smeđe srži sa smolenicama. Bijel je žućkasta do crvenkasto bijela širine od 15 do 30 mm. Godovi su markantni s oštrim prijelazom ranog drva u kasno. Zone kasnog drva su izrazito tamne (Slika 19). Traheide dobro vidljive lupom. Traci jedva uočljivi, vidljivi lupom.



Slika 19. Mikrografija poprečnog presjeka uzorka ariševine

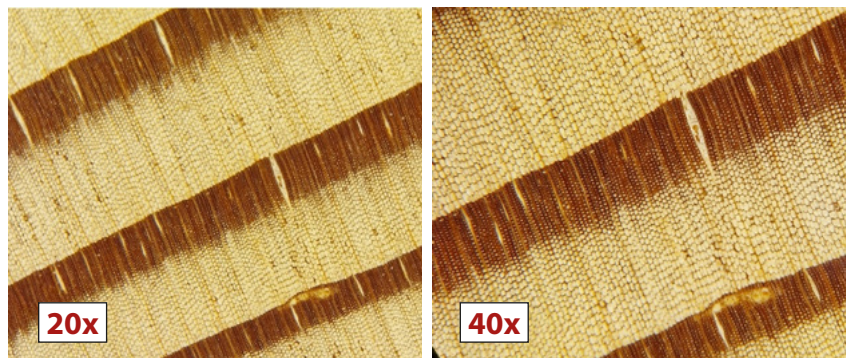
### BOROVINA

Borovina je osnovni materijal u stolarstvu sjeverne Europe. Upotrebljava se kao građevno i stolarsko drvo, za pokućstvo, prozore, vrata, podove, rudničko drvo, stupove za vodove, pragove, celulozno drvo i ploče vlaknatice. Najčešće stolarsko drvo je ono bijeloga bora (*Pinus sylvestris*).

Bjeljika je žućkasta ili crvenkasto bijela. Svježa srž je crvenkasto žuta, kasnije potamni do smečkaste i crvenkasto smeđe boje. Godovi su uočljivi sa svijetlim ranim i jako tamnim kasnim drvom. Prijelaz iz ranog u kasno drvo istog goda je oštar. Smolenice su brojne i na poprečnom presjeku uočljive prostim okom. Drvni traci su tanki i nevidljivi prostim okom (Slika 20).



Borovina pripada razredu prirodno umjereno postojećih vrsta drva. Srževina se srednje teško tretira sredstvima za zaštitu drva, dok je bjeljika propusna. Nezaštićena bjeljika podložna je napadu kuckara (*Anobidae*).



Slika 20. Mikrografija poprečnog presjeka uzorka borovine

### SMREKOVINA

Obična se smrekovina upotrebljava kao konstrukcijsko drvo za vanjsku i unutrašnju gradnju, za krovništa, podove, stubište, vrata, prozore, oplata stijena, u vodogradnji, mostogradnji i brodogradnji, kao rudničko drvo, u proizvodnji namještaja kao masivno drvo te u obliku furnira – kao ljušteno drvo za srednji sloj ploča, za gradnju glazbala, za proizvodnju šibica, za izradu ploča vlaknatica i iverica, kao sirovina u proizvodnji celuloze i papira, za stupove vodova (impregnirano), za izradu sanduka i bačava.

Drvo sadrži smolenice, dobro vidljivih godova, s postupnim prijelazom iz ranoga u kasno drvo. Smrekovina je žućkastobijela do smeđasta, sjajna. Bjeljika je malo manje sjajna, a srž se bojom ne razlikuje od nje (bakuljavo drvo). Tekstura je ponekad nepravilna: crljen drvo, usukanost, valovitost linije godova (smreka lještarska).

Prirodno je slabo postojana i neotporna na gljive, pa se ne preporučuje uporaba na otvorenom prostoru bez kemijske zaštite. Bjeljika je podložna napadu točkastog drvotočca (*Anobium punctatum* /De Geer/).

Prijelaz iz ranog u kasno drvo je postupan, granice goda jasne i izražene, boja kasnog drva je nešto tamnija od zona ranog drva. Sržni traci su nevidljivi ili jedva uočljivi okom, a vidljivi lupom. Smolenice su jedva uočljive prostim okom, a jasno vidljive pod povećanjem (Slika 21).



Slika 21. Mikrografija poprečnog presjeka uzorka smrekovine

## JELOVINA

Jelovina je, slično smrekovini, dobro građevno drvo za unutarnju gradnju i krovništva te za vodogradnju i stupove (impregnirana). Također se koristi za izradu pokućstva, furnira, ploča vlaknatica te u proizvodnji celuloze i papira. Upotrebljava se i za posebne proizvode kao što su: rezonantne kutije glazbala, cijevi orgulja, ambalažu i dr. Jelovina je prirodno slabo postojano drvo, neotporno na ksilofagne insekte i gljive. U našem podneblju su najopasnije gljive uzročnice smeđe truleži *Gloeophyllum abietinum* i *Gloeophyllum trabeum*. Zbog slabe propusnosti jelovina se teško impregnira.

Drvo jele je žućkastobijelo do crvenkastobijelo, bez sjaja i s neobojenom srži. Sirova srž manje je vlažna od sirove bjeljike. Godovi su uočljivi s postupnim prijelazom ranog u kasno drvo.

Prijelaz iz ranog u kasno drvo je postupan, granice goda jasne i izražene, boja kasnog drva je nešto tamnija od zona ranog drva. Sržni traci nisu uočljivi okom (Slika 22).

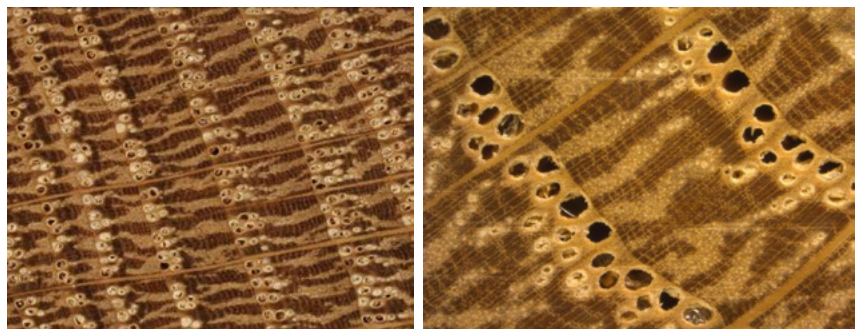


Slika 22. Mikrografija poprečnog presjeka uzorka jelovine

## HRASTOVINA

Drvo je prikladno za rezani furnir, namještaj od punog drva, parkete, drvene obloge i građevnu stolariju, bačve, škrinje, željezničke pragove, konstrukcijsko drvo srednje teških konstrukcija za vanjsku i unutarnju ugradnju, radničko drvo, tokarene proizvode i galanteriju. Dobro se reže i ljušti. Obradivost znatno ovisi o širini godova. Drvo uskih godova bolje se obrađuje. Čavle i vijke drži dobro. Za tanje elemente preporuča se predbušenje. Dobro se lijepi i površinski obrađuje. Dodir sa željezom izaziva modrenje ili tamna taninska obojenja. Srž je izrazito teško propusna, a bjeljika lako propusna.

Prstenasto porozno, jedričavo drvo. Pore ranog drva dobro vidljive prostim okom. Pore kasnog drva u radijalnom rasporedu, brojne, vidljive samo lupom. Pore srži ispunjene tilama. Neki traci odlično vidljivi prostim okom, ostali vidljivi samo lupom (Slika 23). Bjeljika srednje široka, 10 do 15 godova, žućkasto bijela. Srž svijetlosmeđa do žućkastosmeđa, u svježem stanju crvenkastosmeđa, starenjem potamni.



Slika 23. Mikrografija poprečnog presjeka hrastovine

U slučaju kombiniranja vrsta drva četinjača, potrebno ih je logično rasporediti na način da je ariševina korištena na mjestu najveće izloženosti atmosferilijama – vanjske okvirmice krila i doprozornika, smrekovina na mjestima manje izloženosti – kutija (futer) i unutarnji doprozornici, dok unutarnja krila mogu biti izrađena od jelovine.

### ***Izgled površine drva***

Vidljive površine drva trebaju biti takve da omoguće površinsku obradu i zaštitu drva bez ikakve dodatne obrade osim brušenja. Preporučljivo je koristiti građu radijalne i poluradijalne teksture, posebno na vidljivim ploham.

### ***Sadržaj vode***

Sadržaj vode drva za prozore treba kontrolirati prije ulaska u proizvodnju (što se dokazuje tehničkim listom, odnosno izjavom o svojstvima dobavljača građe, odnosno ispitivanjem prema HRN EN 13183-2) te treba iznositi  $13 \pm 2\%$ . U praksi se drvo za okvirmice suši i na niže sadržaje vode ( $11 \pm 2\%$ ) radi lakše mehaničke i površinske obrade. Obavezno je osigurati da sadržaj vode tijekom postupka izrade, odnosno prije završne površinske obrade i ugradnje, ostane nepromijenjen.

**Tablica 4.** Zahtjevi za pojedina obilježja drva u razredu kvalitete J10, J20 i J30 na vidljivoj plohi prema EN 942

<b>OBILJEŽJE</b>	<b>J10</b>	<b>J20</b>	<b>J30</b>
Usukanost žice	≤ 10 mm/m	≤ 10 mm/m	≤ 10 mm/m
Otklon žice	≤ 50 mm/m	≤ 50 mm/m	≤ 50 mm/m
Kvrge			
Max. % lica	30 %	30 %	30 %
Max. promjer	10 mm	20 mm	30 mm
Smolne vrećice, urast kore	≤ 3 mm x 75 mm na 2 m duljine	≤ 3 mm x 75 mm na 2 m duljine	≤ 3 mm širine, bez ograničenja duljine
Pukotine			
Max. širina	0,5 mm	0,5 mm	1,5 mm
Max. pojedinačna duljina	50 mm	100 mm	200 mm
Max. ukupna duljina pukotina kao postotak duljine svakog lica	10 %	10 %	25 %
Propiljeno srce	Nije dozvoljeno	Nije dozvoljeno	Dozvoljeno
Diskolorirana bjeljika (uključujući plavilo)	Nije dozvoljeno	Nije dozvoljeno	Dozvoljeno ukoliko je reparirano
Šteta od bube ambrozije (mušičavost)	Dozvoljeno ukoliko je reparirana	Dozvoljeno ukoliko je reparirana	Dozvoljeno ukoliko je reparirana
Bjeljika	Nije dozvoljeno	Nije dozvoljeno	Nije dozvoljeno
Širina godova	Do 4 mm	Do 4 mm	Do 4 mm

### ***Gustoća drva***

Gustoća drva ima izravan utjecaj na njegova mehanička svojstva i ponašanje tijekom vijeka uporabe proizvoda. Gustoća drva četinjača za prozore treba biti načelno najmanje  $350 \text{ kg/m}^3$ , odnosno najmanje  $450 \text{ kg/m}^3$  kod listača. Specifično, za izradu krila i izloženih dijelova doprozornika, gustoća mora biti: smrekovina i jelovina min.  $420 \text{ kg/m}^3$ , borovina i ariševina min.  $540 \text{ kg/m}^3$ , hrastovina min.  $680 \text{ kg/m}^3$ , što se dokazuje tehničkim listom ili ispitivanjem prema HRN ISO 13061-2:2015 prije početka proizvodnje. Za ostale vrste drva kontrola se provodi namjenski prema svakom pojedinom projektu.

### ***Lameliranje***

Ariševina, borovina i hrastovina se mogu primijeniti u cjelovitom obliku ako su poluradijalne teksture i potpuno prave žice. U slučaju odstupanja i u slučaju primjene jelovine i smrekovine, obavezno je primijeniti troslojne lamelirane (debljinski lijepljene) profile. Za potrebe izrade lameliranih vanjskih krila i izloženih okvirnica doprozornika moguće je postojeći profil okvirnice povećati na 56 x 60 mm.

Razred kvalitete J10 dopušta primjenu građe koja je spajana zupcima, tupim sljubom te širinski i debljinski. Minimalna duljina pojedinačnih lamela za međusobno spajanje iznosi 150 mm. Primjena zupčastog spoja nije prihvatljiva na izloženim licima krila i doprozornika. Primjena zupčastog spoja je dopuštena u ostalim slučajevima ukoliko se koristi pigmentirani nalič.

### ***Popravci drva umecima***

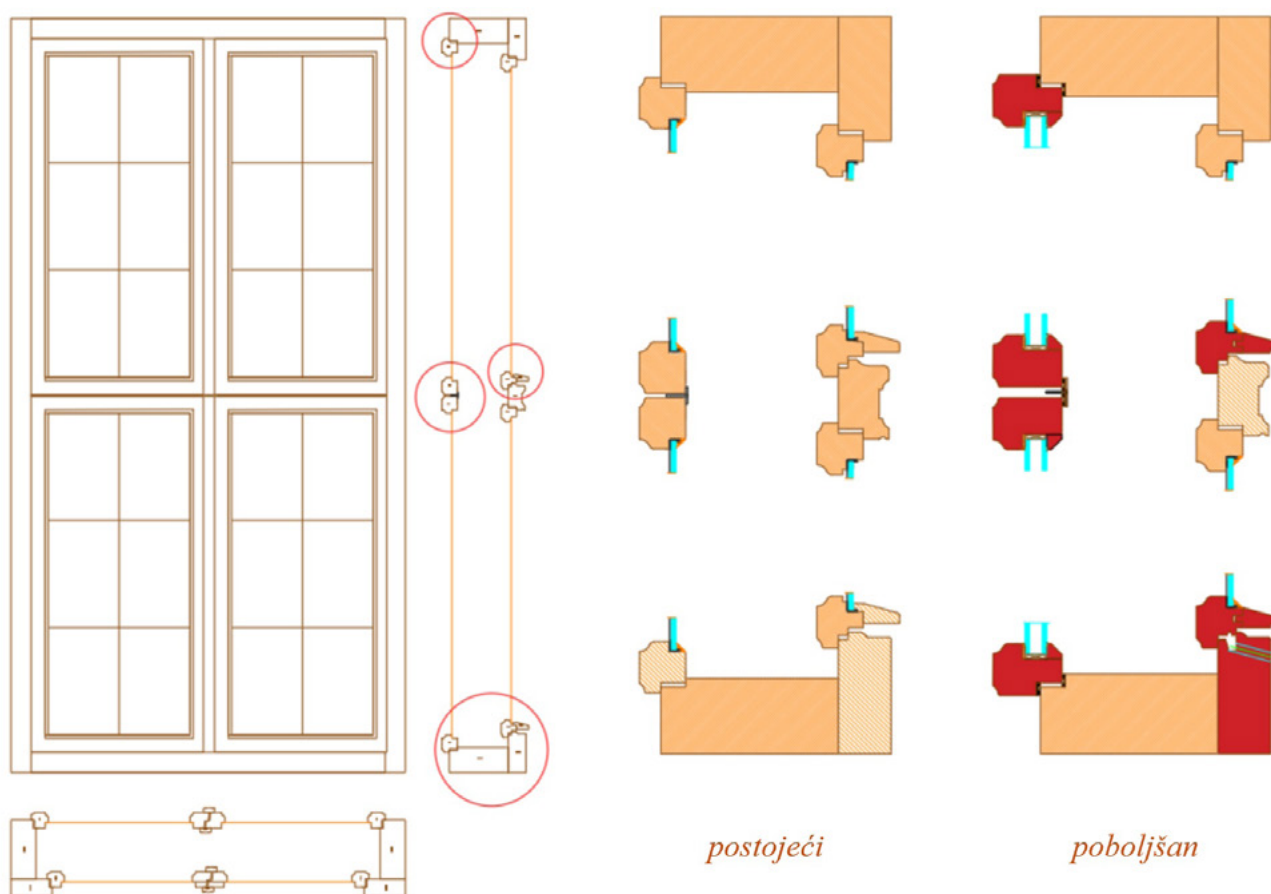
Mjesta na kojima su prisutne ispadajuće ili nezdrave kvrge, pukotine šire od 0,5 mm, smolne vrećice te urast kore treba zapuniti kitom ili odgovarajućim umecima. Svaki umetak treba biti od iste ili slične vrste drva, treba imati istu širinu goda i orijentaciju vlakana kao okolno drvo, treba biti čvrsto ulijepljen voodootpornim ljepilom klase D4, treba imati isti sadržaj vode kao i materijal u koji se uljepljuje i treba zapuniti cijelu dubinu rupe. Nije dopuštena prisutnost bilo kakvih umetaka ukoliko se radi o primjeni transparentnog sredstva za površinsku obradu, u ostalim je slučajevima dopuštena prisutnost najviše dva umetka. Umetak kojim se zapunjava mjesto kvрге naknado se tretira kao zdrava srasla kvрга. Ukoliko zdrave srasle kvрге ostaju na vanjskim licima, a površinska obrada predviđa primjenu vodenih naliča (npr. bijele boje), temeljni premaz mora biti dokazanih svojstava na probijanje mrlja od kvрга.



## 2.2. Drveni elementi zamjenskih prozora

Krila i doprozornike je potrebno izraditi kao repliku postojećih proizvoda – prozor s dvostrukim razmaknutim krilima. Način otvaranja vanjskih i unutarnjih krila treba ostati kao na izvornim prozorima. Kod dvostrukih prozora, kod kojih su se izvorno vanjska krila otvarala zaokretanjem na van, što je tehničkom i uporabnom smislu nepovoljnija varijanta od otvaranja svih krila na unutra, može se, u ovisnosti o arhitektonskim i konzervatorskim mjerilima, predložiti i projektiranje posebne izvedbe kutijastog prozora s istom raspodjelom okana, ali s otvaranjem i vanjskih krila na unutra uz zadržavanje gotovo istoga vizualnog dojma.

Krila nadsvjetla se ili otvaraju mehanizmom kao na izvorniku (najčešće oba otklopno na unutra) ili se ne otvaraju u dnevnoj uporabi, ali se moraju dati otvoriti za potrebe čišćenja. Kutni spojevi i čelni spojevi razdjelnih prečki i letvica moraju biti s posebnom pozornošću tijesno spojeni i bojani.



**Slika 24.** Primjer povećanja toplinske izolacije dvostrukih prozora s razmaknutim krilima. Presjek izvornog prozora je prikazan u sredini, a uporabna poboljšana varijanta desno. Poboljšanja su postignuta prilagodbom unutarnjeg krila u smislu povećanja debljine i minimalnog povećanja visine presjeka uz zadržavanje zatečene profilacije i ugradnju izolacijskog stakla te dvije brtve u krilu i doprozorniku. Vanjske donje okvirmice krila imaju okapnicu spojem pomoću utora i pera uz dodatni okapni žljeb, dok je u vanjskoj donjoj okvirmici doprozornika izveden kolekcijski kanal i drenažni otvor.

### Opće preporuke:

1. Preporuča se načiniti novu stolariju koja će, općim izgledom, rasporedom elemenata, dimenzijama ploha i razdjelnicama te profilacijom, odgovarati estetskom izgledu izvornih proizvoda, ali će imati sasvim nova, poboljšana uporabna i tehnička svojstva (Slika 24). Ovdje valja tolerirati odstupanje od izvornih dimenzija profila krila i doprozornika u svrhu poboljšanja uporabno-tehničkih svojstava i pod uvjetom da navedeno ne mijenja bitno izvorni izgled pročelja.
2. Građevnu stolariju treba prilagoditi kako tehnički tako i fizički, uz minimalnu izmjenu postojećeg izgleda. Tehnička prilagodba podrazumijeva ugradnju izolacijskog stakla i elastičnih brtvi na unutarnja krila, čemu treba prilagoditi (povećati presjek) okvirnica krila, dok se u estetskom smislu predlaže izraditi nove obuhvatne doprozornike (tzv. *futer štokove*) kako bi se pokrila cijela širina obnovljenog zida. Ovakvi bi se prošireni daščani elementi izrađivali od masivnih drvenih ili furnirskih ploča.
3. Gdje su ranije postojale, potrebno je pažljivo razmotriti pitanje obnove ili izrade replika metalnih rešetki za ostakljenje vanjskih krila. Ukoliko su one bile vrlo precizno izrađene i ujednačene po dimenzijama, moguće ih je sačuvati, obnoviti pjeskarenjem i ponovnom zaštitom metala te uporabiti na novim krilima čija bi osnovna dimenzija bilo svijetli otvor vanjskih krila, a tome bi se prilagodile vanjske dimenzije profila i sudari s doprozornicima. Ukoliko se pak rešetke međusobno razlikuju, predlaže se napraviti repliku ovih rešetki i ugrađivati ih u nova, standardno izrađena krila po mjerama sudara krila s doprozornicima. Nove rešetke bi se dodatno mogle izvesti s većom debljinom poluutora za prihvat debljeg stakla i kvalitetnije ostakljenje većim površinama nalijeganja kita. Pa ipak, valja voditi računa da metalne rešetke predstavljaju toplinski most, tj. da umanjuju izolacijska svojstva prozora.
4. Postojeći presjeci okvirnica su najčešće „preslabi“, a površine kutnih spojeva nedovoljne za prihvat teže staklene jedinice, čak i u situacijama kada su vanjska krila ukrućena metalnim rešetkama na kojima su poluutori za ostakljenje. Stoga se predlaže minimalno povećanje dimenzija poprečnih presjeka okvirnica kako vanjskih, tako i unutarnjih krila, ali dominantno podebljanjem, a minimalno povišenjem presjeka (da se ne ugrozi postojeći oblik i svjetlosna propusnost prozora). Poluutori na rešetkama postojećih vanjskih krila su redovito preplitki za prihvat kita i debljeg stakla (>4 mm), pa ih se preporučuje izvesti dubljima, što praktično neće mijenjati oblikovni izgled krila.
5. Poluutor za ugradnju stakla treba, kad god je to moguće i prikladno, izvesti s unutarnje strane kako bi se izbjegla ugradnja stakla klasičnim staklarskim kitom te time osigurala postojanost i dugovječnost proizvoda. U tom slučaju staklo je moguće ugraditi s profiliranom letvicom.
6. Kutijaste prozore treba, gdje god je to moguće, ugraditi uz nužnu modifikaciju unutarnjeg dijela zidnog otvora skošenjem ploha za dobivanje bolje svjetlosne propusnosti.
7. Replike trebaju biti projektirane tako da sadrže preporučene kombinacije staklenih jedinica, elastične brtve i prilagodljivi okov za pripasivanje, a sve u svrhu osiguranja odgovarajućih suvremenih zahtjeva za stambene prostore.

### 2.3. Vanjska krila i doprozornici

Svaki profil treba imati najmanje dva sudarna sljuba, lamelirani tri. Vanjski sudarni spoj donjih okvirnica krila i doprozornika treba imati unutarnji okapni žljeb barem na donjoj okvirnici krila te drenirani kolekcijski kanal u donjoj horizontalnoj okvirnici doprozornika.

Osim navedenog, potrebno je osigurati sljedeće prilagodbe u svrhu ostvarivanja sukladnosti prozora sa suvremenim zahtjevima i propisima:

1. Prilagodba detalja preklopa donje okvirnice doprozornika i krila zbog poboljšanja odvođenja vode (Slika 20).
2. Kad god je moguće, poluutor za staklo izvesti s unutarnje strane s prikladnim skošenjem gornjeg brida za bolje prianjanje trajnoelastičnog kita na vanjskoj strani. U slučaju potrebe za ugradnjom lameliranog stakla, povećati debljinu okvirnica krila.
3. Umjesto klasičnog krtog staklarskog kita, kada je moguće treba primijeniti trajnoelastični sintetski kit koji samo izgledom odgovara staklarskom kitu.
4. Kada to uvjeti izloženosti oborinama dopuštaju, vanjska krila izvesti bez elastične brtve.
5. Kad god dimenzije presjeka okvirnica dopuštaju, za ostvarivanje kutnog spoja okvirnica treba koristiti dvostruki čep i raskol. Alternativno je moguće koristiti jednostruki čep i raskol u kombinaciji s kutnim metalnim ojačanjima (nauglicama).
6. Profilacija lica svih okvirnica mora biti što je moguće sličnija profilaciji izvornika (glodani bridovi, skošenja ploha).



## 2.4. Unutarnja krila i doprozornici

I u ovom slučaju, svaki profil treba imati najmanje dva sudarna sljuba, a lamelirani tri. Osim navedenog, potrebno je osigurati sljedeće izmjene u svrhu ostvarivanja sukladnosti prozora sa suvremenim zahtjevima i propisima:

1. Povećati dimenzije presjeka unutarnjeg krila i doprozornika tako da može prihvatiti izolacijsku staklenu jedinicu prema projektu.
2. Ugraditi najmanje dvostruko izolacijsko staklo (2 x 4 mm na međurazmaku 12 mm) u kombinaciji s izolacijskim premazom i plemenitim plinom između stakala ili, bolje, staklenu jedinicu većih i različitih debljina stakla i međurazmaka, već prema projektu.
3. Krilo i doprozornik profilirati tako da se osigura najmanje dvostruki, a po mogućnosti i trostruki preklop.
4. U slučaju dvostrukog preklopa, ugraditi najmanje jednu elastičnu brtvu u unutarnji sudarni sljub profila, po cijelom obodu, bez prekida u uglovima (vareno, lijepljeno). Kod trostrukog preklopa preporuča se ugraditi i dodatnu elastičnu brtvu na srednji preklop po cijelom obodu krila.
5. U slučaju da vanjska krila imaju fiksnu horizontalnu međuokvirnicu i nadsvjetlo, unutarnja krila trebaju biti izvedena na isti način (s horizontalnom međuokvirnicom – prečkom).

## 2.5. Ulazna vrata

Okvirnice ulaznih vrata treba načiniti dvodimenzijskim lameliranjem. Kutni spojevi se izvode zatvorenim čepom u podužnoj rupi vertikalnih okvirnica. Lijepljenje aplikacija na krilo izvodi se jednodimenzionalnim PUR ljepilom i drvenim moždanicima. Okvirnica krila prozorčica također trebaju biti lamelirana, kutno spojena čepom i raskolom uz čavljanje. Okvir (doprozornik) prozorčica ima donju okvirnicu s dva preklopna sljuba, s vanjskim bridom skošenim na van, u prvom poluutoru donje okvirnice izglovan je kolekcijski žljeb, na sredini dreniran prema van (obavezna unutarnja površinska obrada drenaže ili uljepljivanje cjevčice). Alternativno je moguće izvesti fiksno ostakljenje IZO staklom u poluutor s letvicom s unutarnje strane čija profilacija odgovara postojećem krilu (Slika 25).



*Slika 25. Pogled na ulazna vrata s unutarnje strane. Vrata su dvokrilna s lučnim nadsvjetlom i manjim zaobljenim ostakljenim krilima koja omogućuju provjetravanje i kada su vrata zatvorena. Glavno krilo je izviješeno i vitopero do mjere da ga je nemoguće zatvoriti; okviri prozorskih krila su razljepljeni i popucali.*





*Slika 26. Detalj središnjeg dijela ulaznih vrata. Ostakljeno krilo je s vanjske strane nadstvođeno bogatim ukrasima koji su izvedeni od nekoliko segmenata te lijepljenjem i čavlima pričvršćeni za glavno krilo. Rešetka od kovanog željeza je upuštena u poluutor okvira krila.*



*Slika 27. Uredno izveden kutni spoj vertikalnih, horizontalnih i zaobljenih elemenata s vanjske strane krila. Detalj desno pokazuje da su opšavi spajani i po debljini zbog lakše izvedbe i uštede materijala, a kutno su spajani „na gerung“ (tupim kutnim sučeljem pod 45°) radi izbjegavanja izloženosti čelnog presjeka drva.*



**Slika 28.** Unutarnje krilo je izvedeno kao dvoslojna konstrukcija; lijepljenje je provedeno sa zamakom tupih sučelja lučnih segmenata. Krila su ostakljena staklom iz 3 dijela koje je ugrađeno letvicama s unutarnje strane.

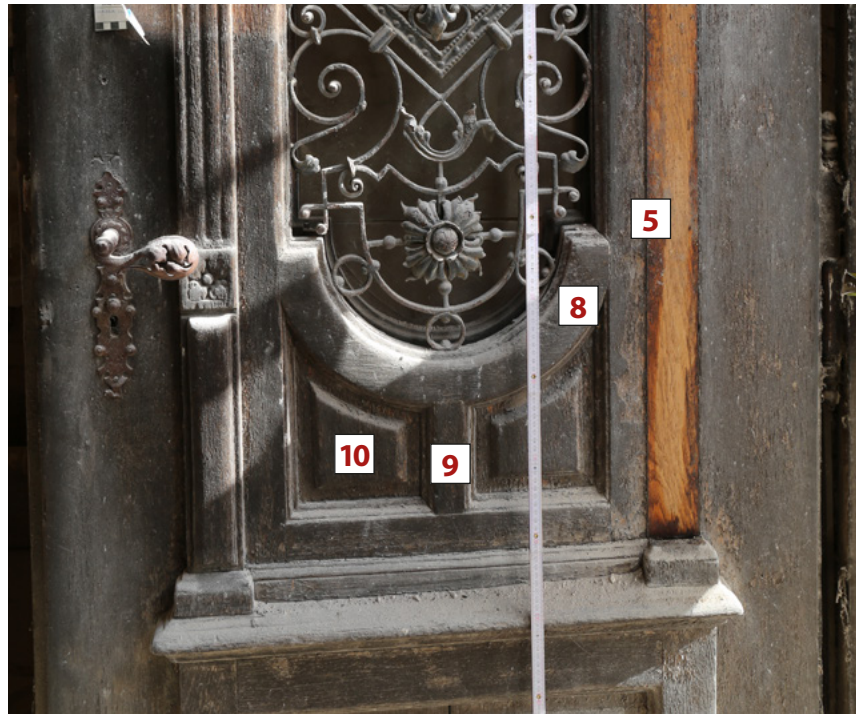


**Slika 29.** Loše stanje dovratnika s unutrašnje strane zida zbog truleži i nepravilnog izlijevanja betonske ploče do previsoke kote.

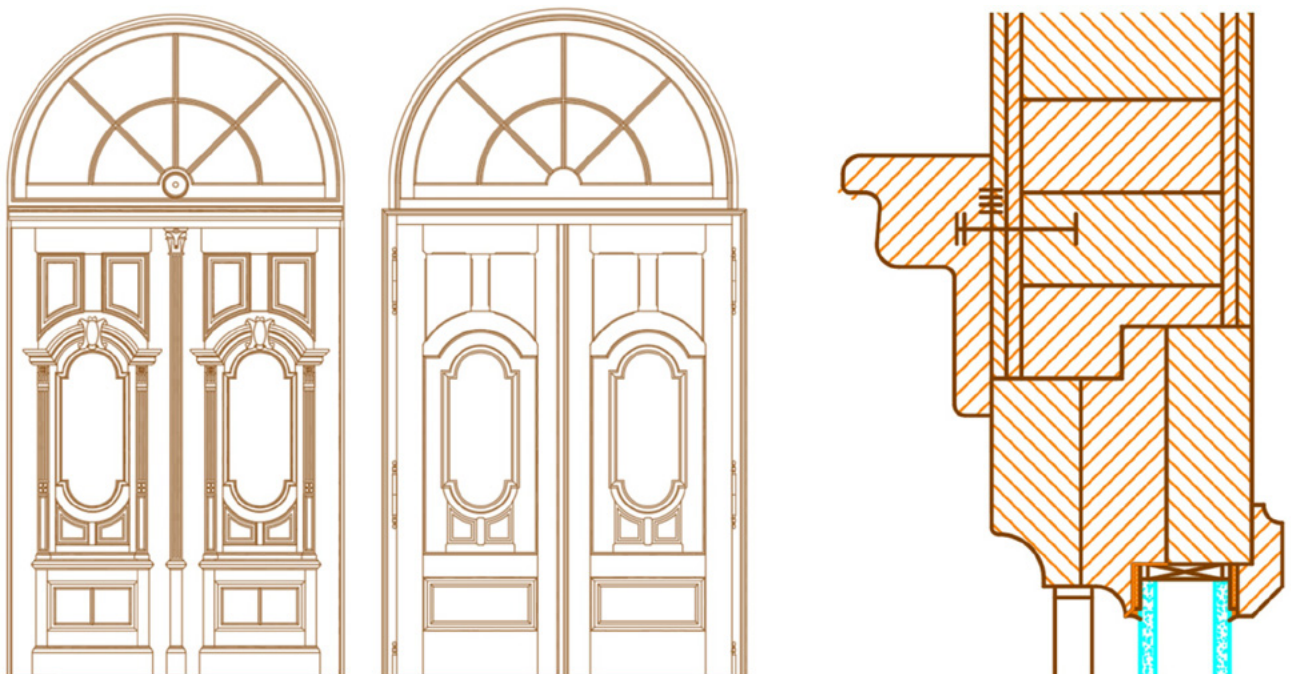


**Slika 30.** Prikaz konstrukcije vratnog krila. Osnovni okvir čine glavne horizontalne (gornja i donja) okvirnica te vertikalne okvirnice (1) s dodatnom lučno izvedenom horizontalnom (2) i ravnom vertikalnom (3) međuokvirnicom. U tako načinjen okvir umetnute su drvene uklade (4) te dodatni okvir (5) za ostakljeno krilo (6). Spoj osnovnog okvira (1) i dodatnog okvira (5) zaštićen je nalijepljenim i začavlanim, bogato ukrašenim drvenim opšavom (7).





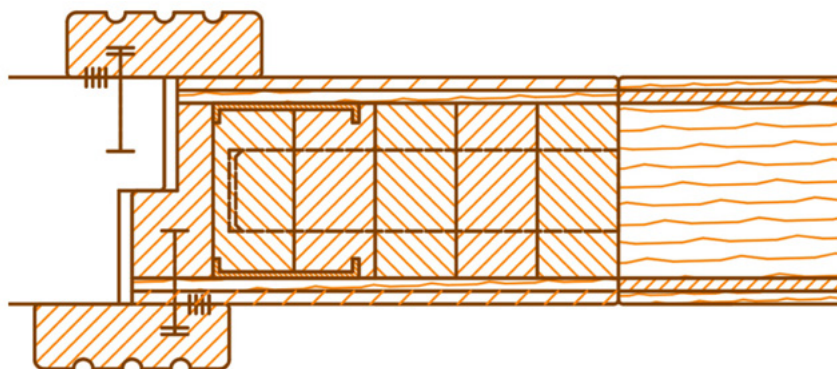
*Slika 31. Unutar dodatnog okvira (5) umetnuta je još jedna lučno izvedena horizontalna (8) i vertikalna međuokvirnica (9) unutar kojih su dodatne drvene uklade (10).*



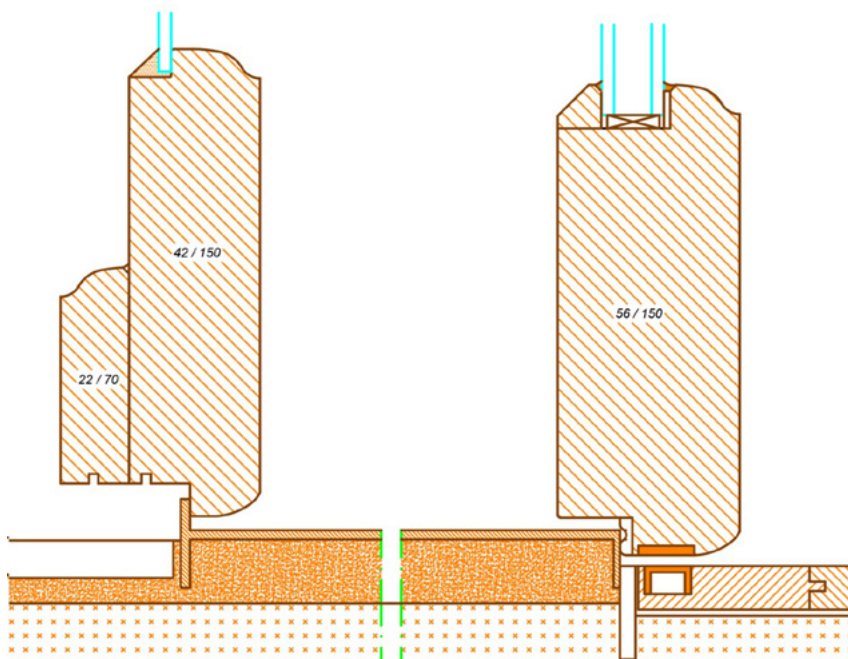
*Slika 32. Nacrt i vertikalni presjek središnjeg dijela funkcionalno poboljšanog krila ulaznih vrata, čiji osnovni okvir čini široski uslojena ploča izvana obložena plemenitim furnirom drva hrasta. Umjesto krila s jednostrukim staklom predviđen je lamelirani okvir s poluutorom i IZO staklo. Staklena jedinica je s unutarnje strane fiksirana drvenom letvicom čija profilacija odgovara postojećem krilu.*



*Slika 33. Horizontalni presjek funkcionalno poboljšanog krila. Središnji okvir je stabiliziran aluminijskim ili čeličnim U profilom kako bi se izbjegle eventualne deformacije u uporabi. Dodavanjem dodatnog poluutora po obodu postignut je trostruki preklop krila što povoljno utječe na poboljšanje toplinsko izolacijskih svojstava.*

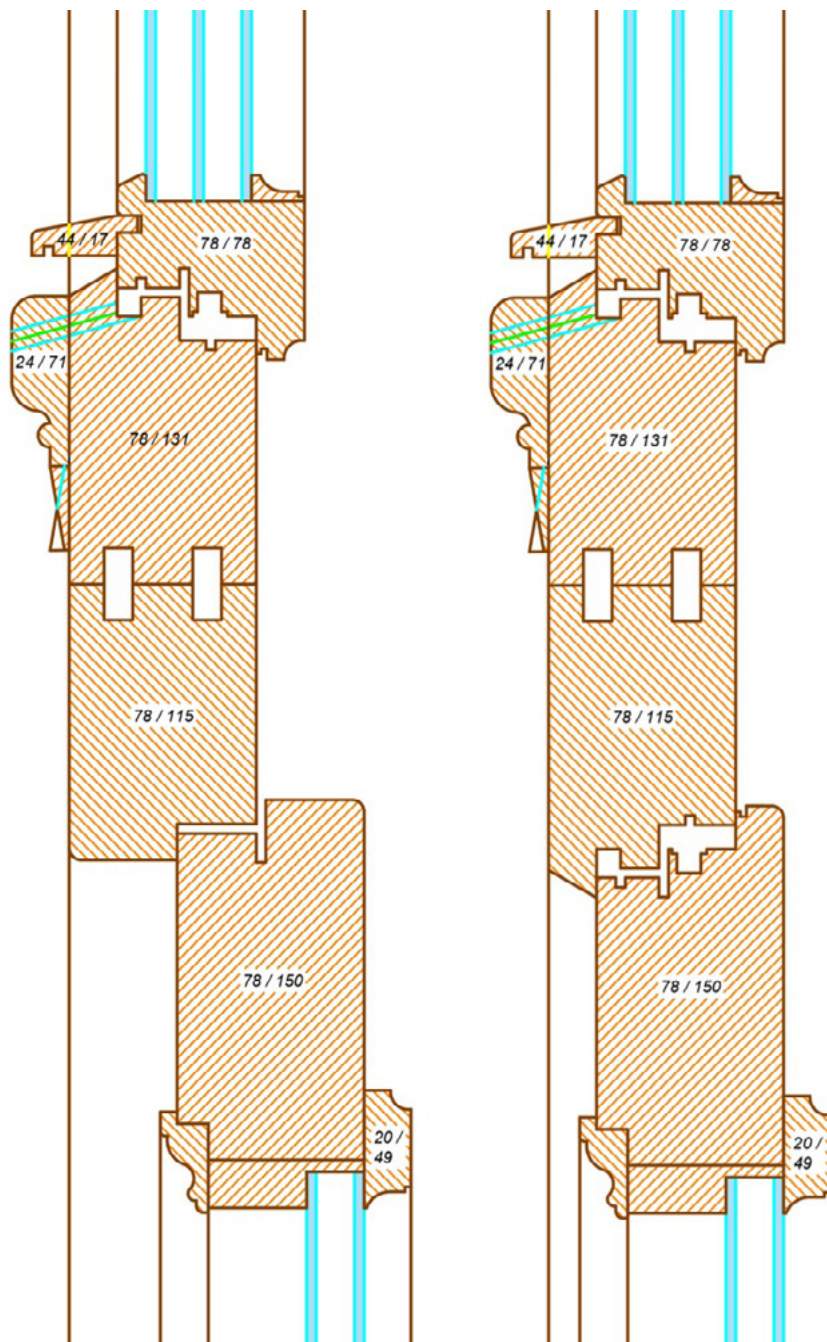


*Slika 34. Prijedlog izvedbe pragova dvostrukih vrata verande. Vanjsko krilo ima dodatnu drvenu okapnicu i naslanja se na metalni profil. Unutarnje krilo ima elastičnu brtvu u poluutoru i dodatnu brtvu. Razina završne podne obloge verande mora biti niža od kote čeličnog profila na pragu. Dvostruko brtvljenje unutarnjih vrata na pragu je moguće ostvariti pomoću podizne magnetne brtve.*



*Slika 35. Dvokrilna ulazna vrata s drvenim ukladama i staklom s lučnim nadsvjetlom (nacrt lijevo i detalj gore)*

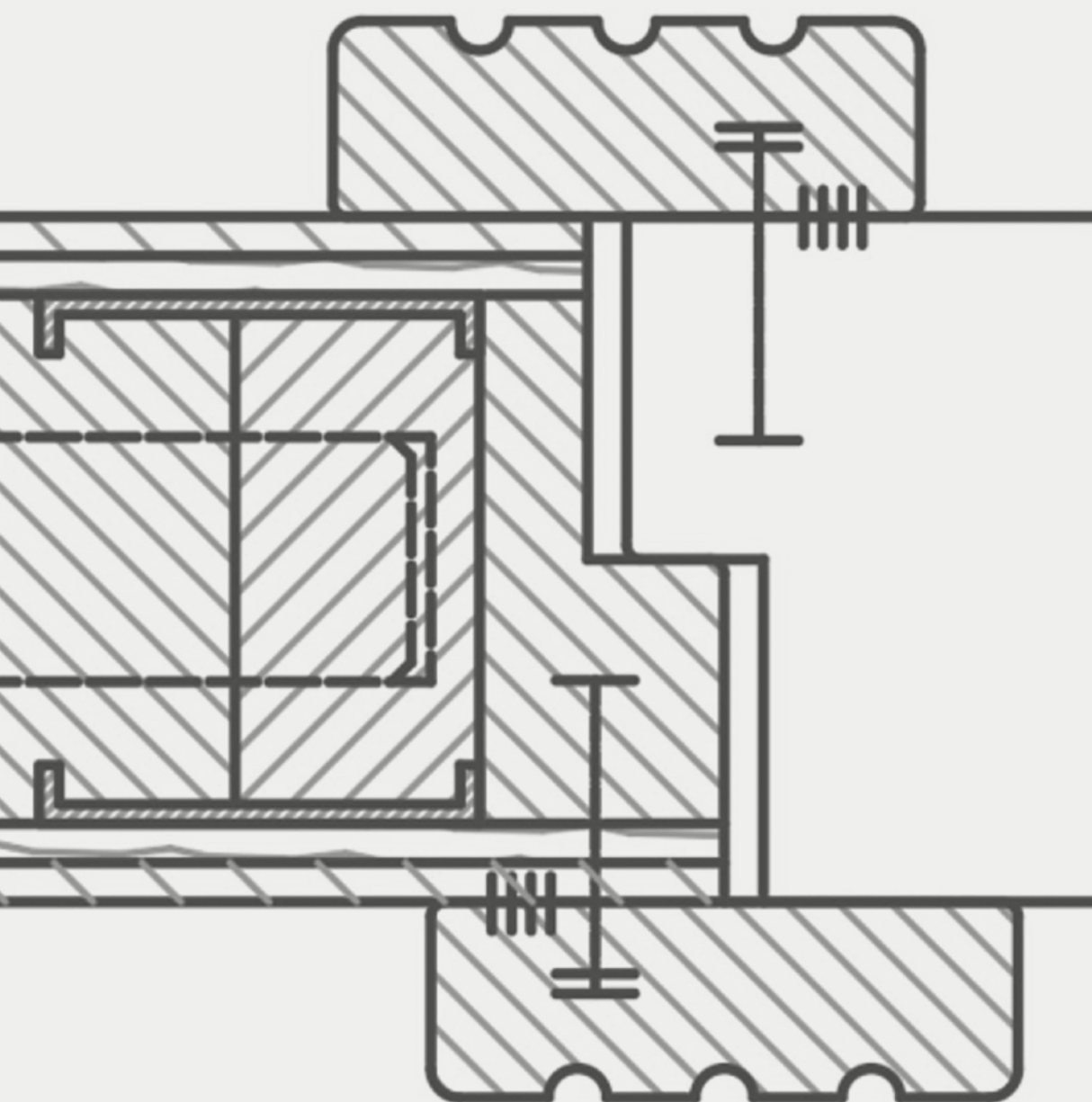




*Slika 36. Vertikalni presjek dvokrilnih ulaznih vrata sa staklom i ostakljenim lučnim nadsvjetlom. Vanjska profilacija svih elemenata u potpunosti je uskladena s izvornikom. Preklopi kod vrata su izvedeni tradicionalno (lijevo), odnosno u skladu s profilacijom prozora (desno).*

# 3.

## LIJEPLJENJE



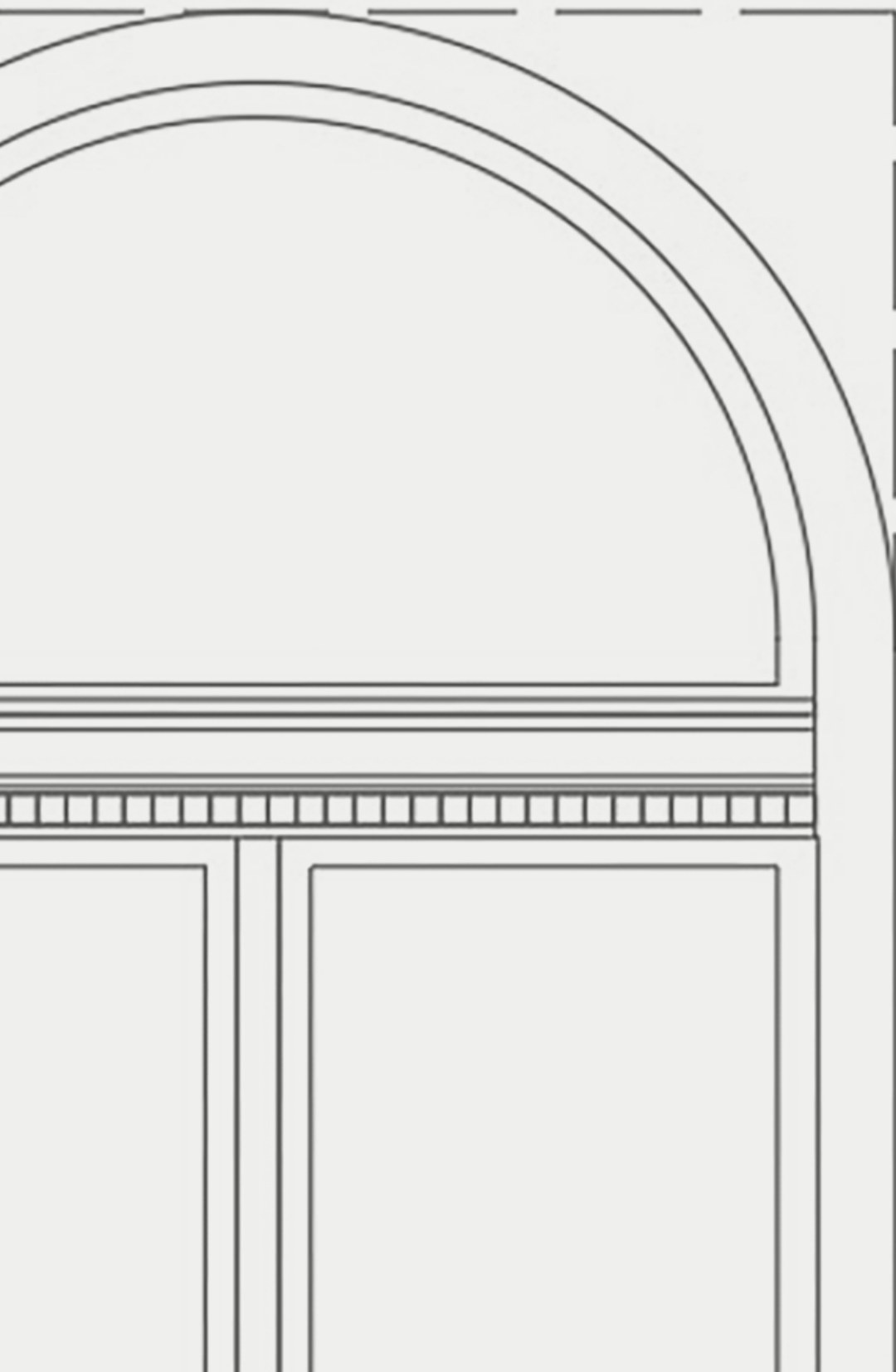
Ljepila za drvo trebaju biti vodootporna, odnosno trebaju udovoljiti kriterijima razreda D4 prema HRN EN 204 (npr. polivinil-acetatna ljepila, PVAc) ili C4 prema HRN EN 12765 (termoreaktivna ljepila za drvo za nekonstrukcijske primjene). Lijepljenje elemenata vanjskih doprozornika na kutiju i njihovih kutnih spojeva (vanjskih doprozornika i čvrstih prečaka, kutnih spojeva vanjskih krila) treba izvesti primjenom konstrukcijskih 1K PUR ljepila za razred uporabe 1 prema HRN EN 15425 (vlaga iznad 85 % i često vlaženje – puna izloženost vanjskim vremenskim uvjetima, produljena izloženost visokim temperaturama).

Alternativno je moguće primijeniti i izocijanatno (EPI) ljepilo klase I prema HRN EN 16254. Sredstva za zapunjavanje trebaju biti slične trajnosti kao i ljepilo te otporni na vremenske utjecaje. Uz tehničku dokumentaciju prozora i vrata treba kontrolirati i tehnički list za ljepilo. Sredstva za zapunjavanje se ne smiju primjenjivati na izloženim licima stolarije.



# 4.

## OSTAKLJENJA



Ovisno o procesu proizvodnje postoje različite vrste stakla:

- Float (ili vučeno) staklo (staklo dobiveno u postupku izvlačenja)
- Prozorsko staklo koje je preteča float stakla i koje ima blago zakrivljenu površinu (nalazimo ga na prozorima starih kuća)
- Ornamentalno i lijevano staklo sa strukturiranom površinom
- Žičano staklo: staklo s umetnutom žičanom mrežom služi za sprječavanje pojave krhotina u slučaju puknuća uslijed npr. požara

Staklo je moguće premazivati i toplinski obrađivati kako bi se postizalo različite vizualne efekte, usmjeravalo svjetlost u prostor ili postizala različita strukturalna i sigurnosna svojstva. Prema mehaničkim i toplinskim aspektima razlikujemo: obično staklo, kaljeno staklo, kaljeno sigurnosno staklo, laminirano staklo, laminirano sigurnosno staklo, vatrostalno staklo (staklo otporno na požar), izolacijsko staklo, staklo za zaštitu od sunca.

Za ostakljivanje prozora i vrata uglavnom se koristi vučeno (tzv. float) staklo. Pa ipak, puno je slučajeva kada se koriste posebne vrste tzv. sigurnosnog stakla poput kaljenog sigurnosnog stakla, djelomično kaljenog stakla, laminiranog sigurnosnog stakla ili staklenih jedinica za povećanje toplinske izolacije poput višestrukog izolacijskog stakla ili vakuumskog stakla.

#### **4.1. Kaljeno staklo**

Kaljeno sigurnosno staklo se termički obrađuje na visokim temperaturama uz naknadno brzo hlađenje površinskog sloja. Sporije hlađenje toplijeg srednjeg sloja stvara vlačna naprezanja u ovom i tlačna naprezanja u površinskom sloju. U slučaju loma staklo se raspada u četvrtaste fragmente bez stvaranja oštih rubova. Negativnost ovog postupka je nemogućnost bilo kakve naknadne obrade poput obrade rubova ili brušenja.

#### **4.2. Djelomično kaljeno staklo**

Djelomično kaljeno staklo je podvrgnuto istom postupku kaljenja, međutim hlađenjem se stvaraju manja tlačna naprezanja, uz povećanu krutost na savijanje i otpornost na naknadno izlaganje povišenim temperaturama. Djelomično kaljeno staklo može se proizvesti do 8 mm debljine. Način loma je više nalik onom kod običnog stakla. Najčešće se koristi u proizvodnji laminiranoga sigurnosnog stakla.

#### **4.3. Laminirano sigurnosno staklo**

Laminirano sigurnosno staklo je stakleni kompozit sačinjen od najmanje dvije staklene plohe međusobno spojene polietilenskom ili polivinil butiralnom folijom. Navedene folije su elastične i otporne na kidanje te tako osiguravaju da u slučaju loma stakla fragmenti ostanu zalijepljeni za foliju te da staklo zadrži dovoljnu nosivost čime se smanjuje rizik od ozljeda. Tipične primjene laminiranoga sigurnosnog stakla obuhvaćaju ostakljivanja iznad korisnika, ograde ili hodne plohe.

Ovisno o materijalu u međusloju, ovakva stakla mogu imati i poboljšanu zvučnu izolaciju, protuprovalna svojstva, zaštitu od požara i dima korištenjem borosilikatnog stakla sa zaštitnim slojem, otpornost na metke i eksploziju ili zaštitu od zračenja.

#### **4.4. Višestruko izolacijsko staklo**

Višestruko izolacijsko staklo je sačinjeno od najmanje dviju međusobno razmaknutih staklenih ploha. Rubni odstoynici osiguravaju razmak između ploha koji je ispunjen suhim zrakom ili plemenitim plinom (najčešće argonom) uz rubno brtvljenje po obodu staklene jedinice. Osnovna prednost višestrukog izolacijskog stakla u usporedbi s jednostrukim njegova je znatno bolja toplinska i zvučna izolacija. Daljnje poboljšanje izolacijskih svojstava moguće je postići dodavanjem treće ili četvrte staklene plohe, čime se dobivaju dva, odnosno tri zračna sloja.

Tehnička i uporabna svojstva višestrukog izolacijskog stakla mogu se dodatno poboljšavati kombiniranjem staklenih ploha različite debljine i/ili s laminiranim sigurnosnim staklom, dodatnim povećanjem zračnog sloja između ploha, uporabom premaza i zaštitnih folija, primjenom toplinski poboljšanih odstoynika po obodu staklenih jedinica ili ispunama s drugim plemenitim plinovima poput kriptona ili ksenona.

Za poboljšanje toplinske izolacije najčešće se koristi dvostruko ili trostruko izolacijsko staklo s premazom niske emisije, tzv. low-E premazom, kako bi se smanjio gubitak topline zračenjem.

#### **4.5. Vakuumsko staklo**

Povećanje toplinske izolacije prozora moguće je ostvariti i primjenom staklenih jedinica kod kojih je, umjesto plemenitog plina, postignut vakuum između gotovo spojenih staklenih ploha. Dvije plohe float stakla uobičajene debljine međusobno su spojene elastičnim rubnim brtvilom na razmaku do približno 0,5 mm s dodatnim jedva uočljivim nosačima kako bi se spriječile deformacije i spajanje ploha. Ova vrsta ostakljenja se trenutno koristi uglavnom na zaštićenim spomenicima kulture. Ovdje treba posebno voditi računa o odnosu nosivosti drvenih okvirnica razmjerno malih presjeka i teških staklenih ploha.

#### **4.6. Ugradnja stakla**

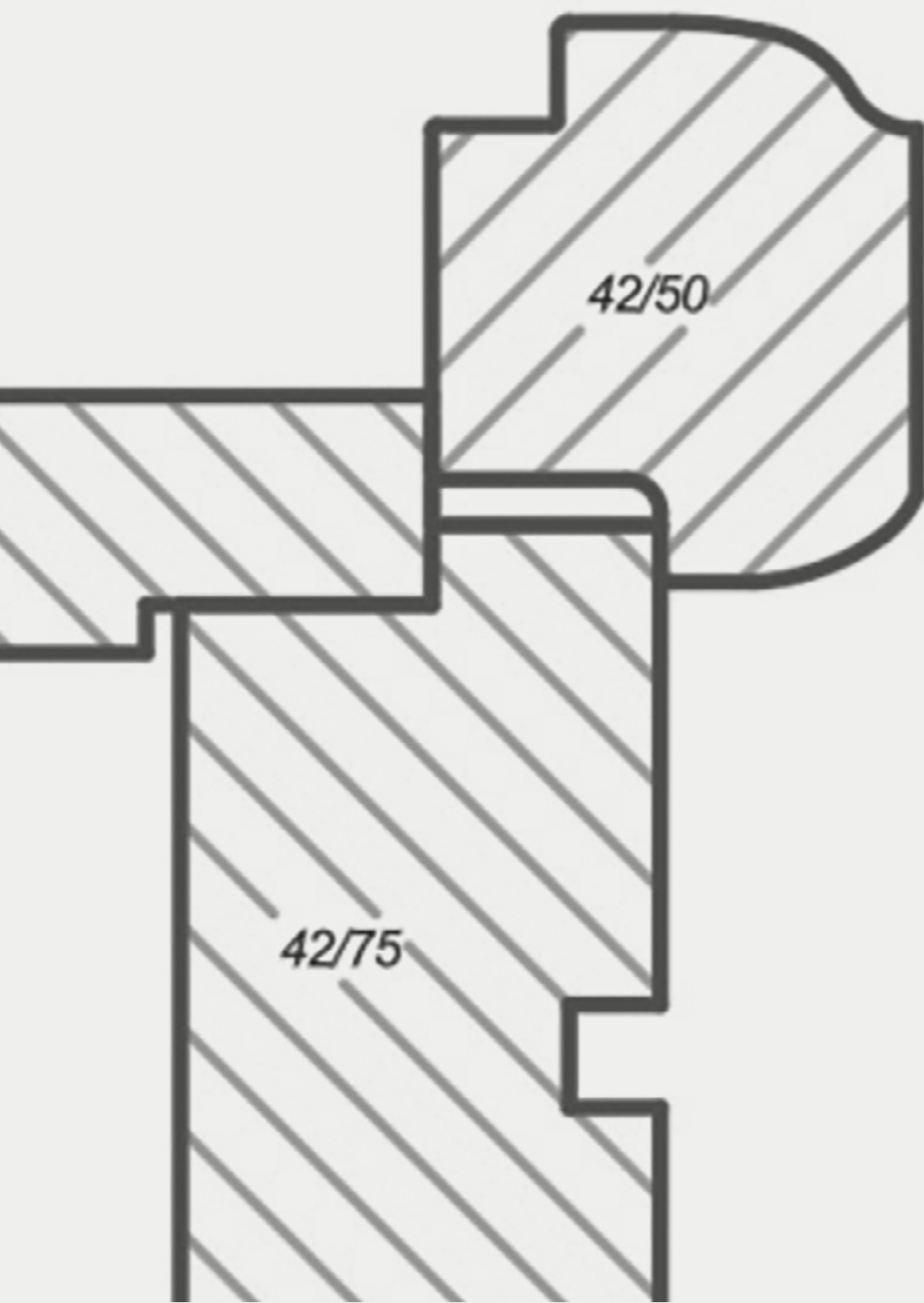
Staklo je kod izvornih prozora na povijesnim zgradama ugrađeno u poluutor s vanjske strane korištenjem trokutastih čavlića i tradicionalnog staklarskog kita. Budući da staklarski kit uslijed djelovanja atmosferilija s vremenom postane krt, izgubi vezivna svojstva i često potpuno nestane s donjih i bočnih okvirnica krila, kao praktično rješenje se nameće izrada poluutora za staklo s unutarnje strane, uz zadržavanje vanjskog skošenja koje će imitirati nekadašnji staklarski kit i primjenu trajno elastičnog kita na kontaktnim ploham s vanjske strane. Alternativno je, ovisno o dostupnosti, moguće primijeniti suvremene specijalne kitove za ugradnju s vanjske strane kod zamjenskih elemenata građevne stolarije.

Ostakljenje prozora zasnovano je na principu da je kod dvostrukog prozora vanjsko ostakljenje izvedeno s jednostrukom ravno vučenim staklom debljine 4 mm, a unutarnje ostakljenje je ili vakuumsko ostakljenje, ili izolacijsko staklo. U slučaju jednostrukog prozora, prednost treba dati vakuumskom staklu uz odgovarajuće povećanje dimenzija okvirnica krila zbog znatnog povećanja mase stakla, ili izradi prozora s uobičajenim izolacijskim staklom uz prethodnu suglasnost konzervatora.



# 5.

OKOV



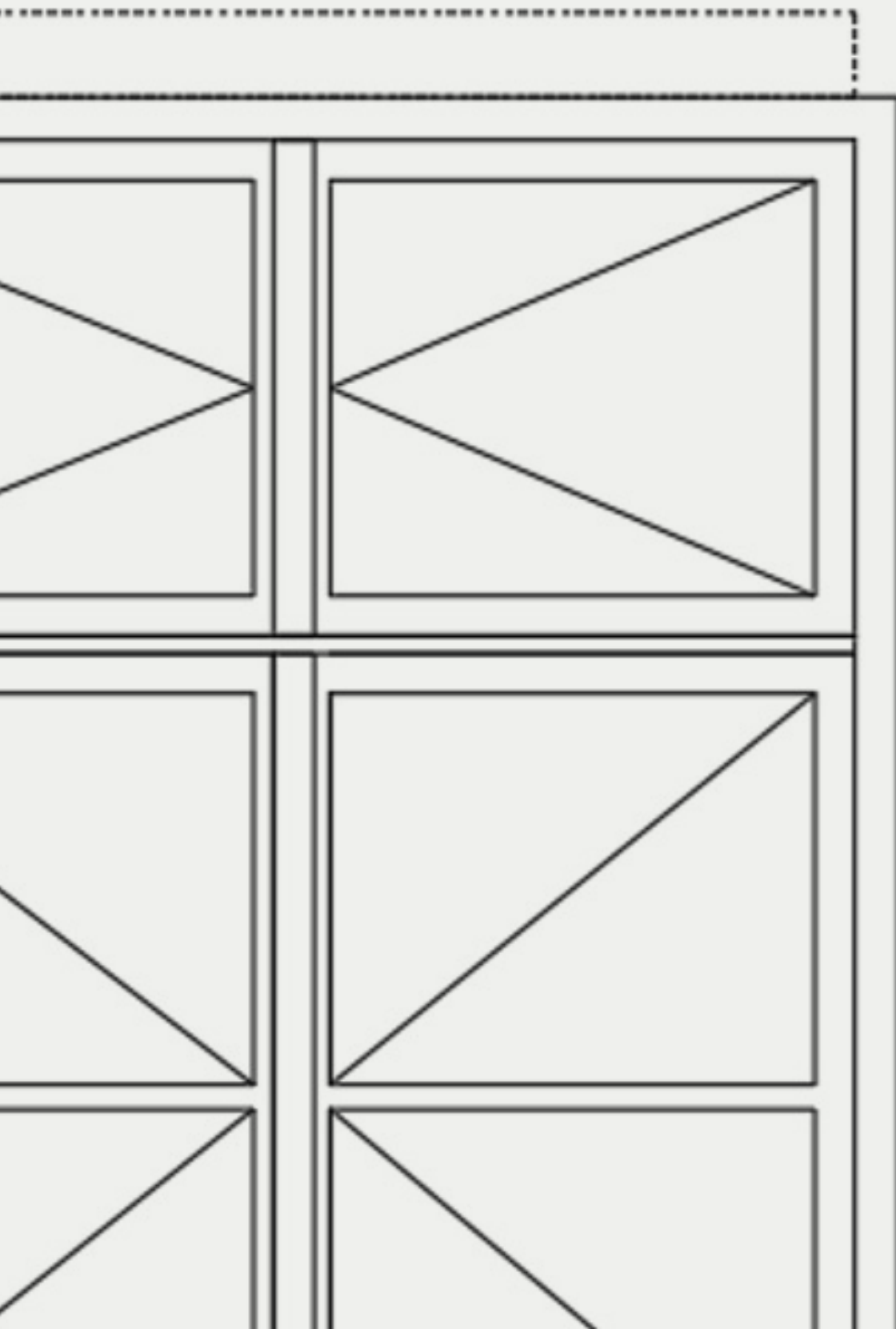
Okov je bitan tehnički, ali i estetski element povijesnih prozora. Prilikom restauracije ili stolarskog popravka prozora postojeći okov se skida, čisti, po potrebi reparira i ponovno ugrađuje, ili se pak izrađuju vjerne kopije povijesnog okova. Na replikama je moguće primijeniti i moderniji okov koji ima vidljive dijelove izvedene sa stilskim obilježjima. Tako se na tržištu nađu elementi čije kvake, prihvatnici i zglobnice izgledaju kao stilski uzori, ali omogućuju jednostavnije posluživanje, bolje zatvaranje i prilagodbu nalijeganja krila na sudarne sljubove na doprozorniku.

Okov čine jednostavne zaokretne zglobnice (po dvije ili tri na krilu) i kvake sa zatičcima. Na jednokrillnim prozorima na krilima se ugrade po dvije „poluolive“ (ručice s jezičastim zatičcima), na dvokrillnim prozorima jedna središnje pozicionirana „oliva“ (okretna kvaka) sa središnjim zatičkom i zadornim šipkama (rezama) koje ulaze u prihvatnike na doprozorniku, ponekada u metalne ušice (stremene), a najčešće u prihvatnike s valjčićem.

U postupku obnove prozora uobičajena je i obnova te ponovna ugradnja originalnog okova – šipki i okretnih dijelova, zglobnica, kvaki i ručica, što je opravdano u slučaju manjeg broja jedinica. Međutim, obnova i ponovna ugradnja originalnog okova na velikom broju jedinica (na većim zgradama) ili na replikama nije opravdana jer može značajno usporiti proces gradnje, a neće osigurati poboljšanje toplinsko-izolacijskih i zvuko-izolacijskih svojstava. Na tržištu treba pronaći isti ili vizualno po mogućnosti najsličniji okov kako se ne bi umanjilo estetska svojstva proizvoda i građevine. U slučaju ugradnje replika stilskog okova, očice za prihvat zatičnih šipki na doprozorniku trebaju imati valjčiće (prozori s nadsvjjetlom), a šipke na krajevima trebaju biti klinoliko oblikovane da se omogući pritezanje brtve unutarnjih krila pri zatvaranju.

# 6.

## POVRŠINSKA OBRADA





Površinska obrada i zaštita novih proizvoda kojima zamjenjujemo postojeće treba biti načinjena suvremenim pigmentiranim naličima koji će osigurati dugotrajnu zaštitu i estetski dojam povijesnih proizvoda. Sve plohe prozora, pa i one nevidljive i plohe okrenute prema zidu, potrebno je površinski obraditi na isti način.

Površinsku obradu treba provesti u četiri koraka:

1. Impregniranje čela (krajeva) prije lijepljenja
2. Impregnacija sastavljenih okvira
3. Temeljni premaz
4. Završni sloj

Čela (krajeve) svih okvira treba uroniti u organsku otopinu zaštitnog sredstva tijekom 3 min prije sastavljanja, tj. lijepljenja okvira. Nakon sastavljanja okvira, provesti impregnaciju cijele plohe okvira uranjanjem ili izdašnim premazivanjem zaštitnim sredstvom. Zaštitno sredstvo treba biti u skladu s HRN EN 113 ili HRN EN 152-1, što se dokazuje sigurnosno – tehničkim listom ili izvještajem o ispitivanju.

Temeljni premaz je po mogućnosti otapalni, nanesen u 2 sloja uranjanjem ili izdašnim premazivanjem kistom. Temeljni premaz mora imati deklarirana izolacijska svojstva od probijanja smole i tanina.

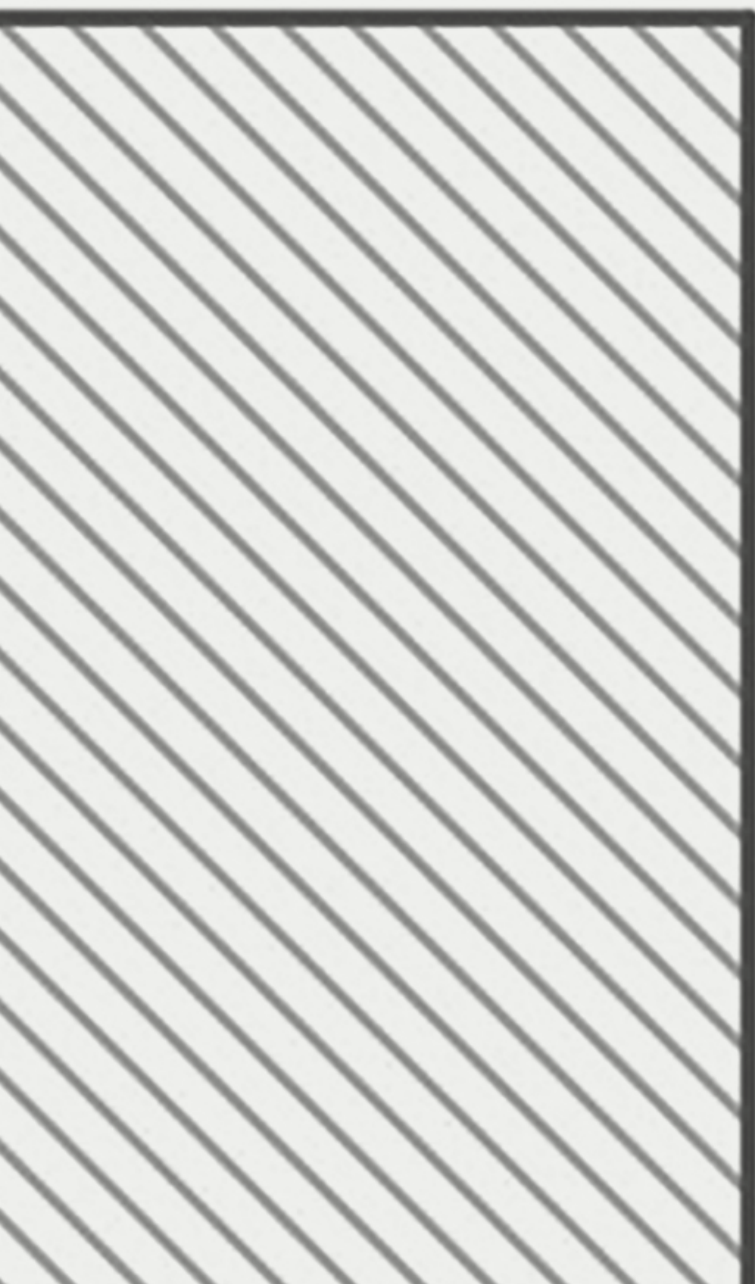
Završni sloj je paropropusni, UV stabiliziran, elastični pokrivni polumat lak deklariran za vanjsku stolariju, min. 200 mm mokrog filma.

Iznimno je važno osigurati minimalno 100 mm debljine suhog filma. Po potrebi nanijeti 2 završna sloja za dobivanje minimalne tražene debljine suhog filma.

Zbog zahtjeva parodifuznosti cijelog sustava, strogo se preporučuje primijeniti dvije vrste završnih premaza: one manje paropropusne za unutarnja krila i plohe doprozornika, a više paropropusne premaze za vanjska krila, kutije doprozornika i njegove vanjske okvira.

# 7.

## UGRADNJA



Ugradnja zamjenskih prozora sigurno više neće biti načinjena mokrim načinom (uzidavanjem u žbuku) jer je to nepovoljno za trajnost drva i za izolacijska svojstva kako samih prozora tako i ovojnice cijele zgrade. Umjesto toga, spoj prozora sa zidom načinit će se modernim izolacijskim i elastično-brtvenim materijalima koji se neće vidjeti, a koji će umanjiti prijenos vibracija (i time bitno poboljšati zvučnu izolaciju) te dodatno pridonijeti zrakotijesnosti, paronepropusnosti i toplinskoj izolaciji spoja.

Pravilnim brtvljenjem prilikom ugradnje prozora umanjuju se neželjeni ventilacijski gubici prisutni kod izvorno ugrađenih proizvoda. Imajući u vidu potrebu za zadržavanjem izvornog izgleda zgrade i druge zahtjeve konzervatora, potrebno je poduzeti sve razumne radnje kako bi se osigurala odgovarajuća zrakonepropusnost zgrade.

RAL ugradnja stolarije je energetska učinkovita metoda brtvljenja prozora i vrata pomoću paropropusnih traka s unutarnje strane i vodootpornih, paropropusnih membrana s vanjske strane kako bi se spriječila nekontrolirana migracija ili neželjeni prodor vlaga i hladnog zraka koji rezultiraju gubicima topline, pojavom hladnih mostova i plijesni. Ovaj standard rezultira troslojnim brtvljenjem, osiguravajući ugodnu mikroklimu u prostoru uz istovremeni izlazak viška vlage iz prostora, što je ključno za niskoenergetske i pasivne kuće.

Osnovni princip RAL ugradnje stolarije se zasniva na odvajanju unutarnje i vanjske klime uspostavljanjem kontrolirane propusnosti zraka uz minimalne gubitke topline. To se postiže trostrukim sustavom brtvljenja:

1. Paronepropusna traka za brtvljenje nanosi se s unutarnje strane kako bi se spriječio ulazak vlažnog zraka iz prostorije u spoj.
2. Poliuretanska pjena ispunjava prostor između doprozornika i zida, pružajući toplinsku izolaciju i zrakonepropusnost.
3. Vodonepropusna traka (membrana) omogućuje izlazak vlage iz zida, ali sprječava ulazak oborinske vode u spoj izvana.

Ovdje je posebice važno napomenuti kako navedeni princip ugradnje može biti učinkovit jedino ukoliko trake čvrsto pristanju na kontaktne zidne plohe s obje strane, što je moguće ostvariti uz kvalitetnu pripremu zidnog otvora. Alternativno je umjesto kombinacije RAL traka i poliuretanske pjene moguće primijeniti ekspanzirajuću RAL spužvastu traku koja je manje osjetljiva na lokalne neravnine unutar zidnog otvora.

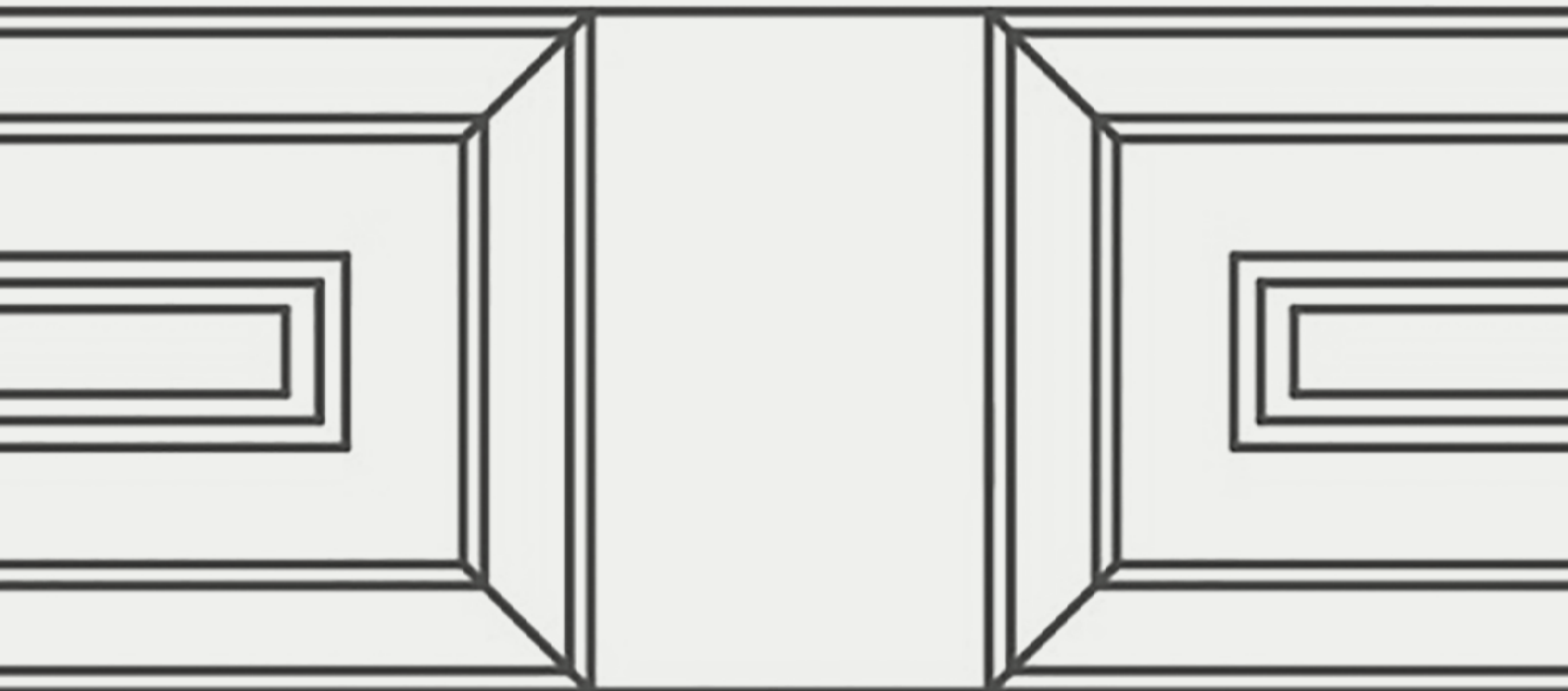
Iako je ovaj sustav idealan za novogradnju, uspješno se može primijeniti i u projektima obnove za poboljšanje energetske učinkovitosti i kontrole vlage u postojećim zgradama.

Konzervatori i projektanti trebaju usuglasiti detalje ugradnje kojim će se osigurati optimalna zrakonepropusnost jer specifičnosti obnove zgrade i izgled pročelja ne omogućuju uvijek primjenu svih navedenih mjera brtvljenja.



# 8.

## TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

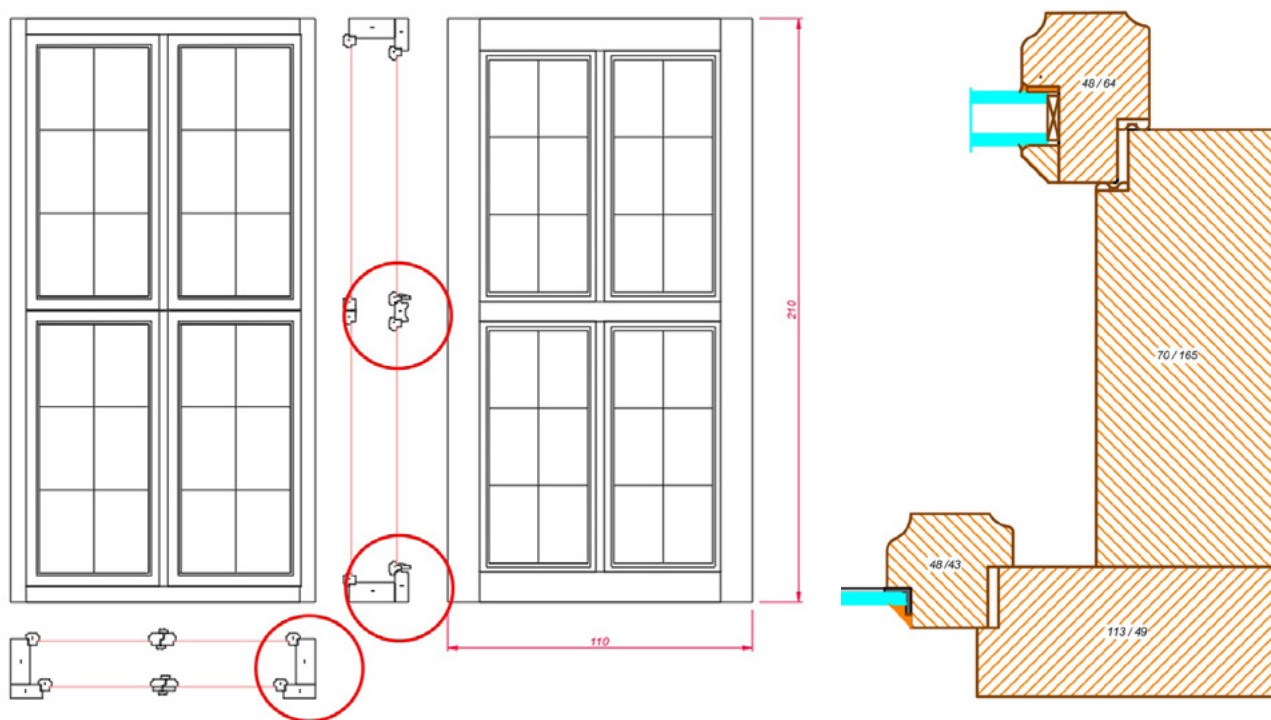


Prije početka obnove zgrada koja su zaštićeni spomenici kulture potrebno je napraviti detaljnu snimku postojećeg stanja svih bitnih elemenata zgrade. Ovo uključuje po potrebi konzervatorsko-restauratorski elaborat, projekt pročelja s nacrtima elemenata stolarije, snimku i ocjenu postojećeg stanja stolarije s mjerama za restauraciju ili zamjenu, detaljne specifikacije materijala i tipskih detalja, te konačno radioničke nacрте svake stolarske stavke.

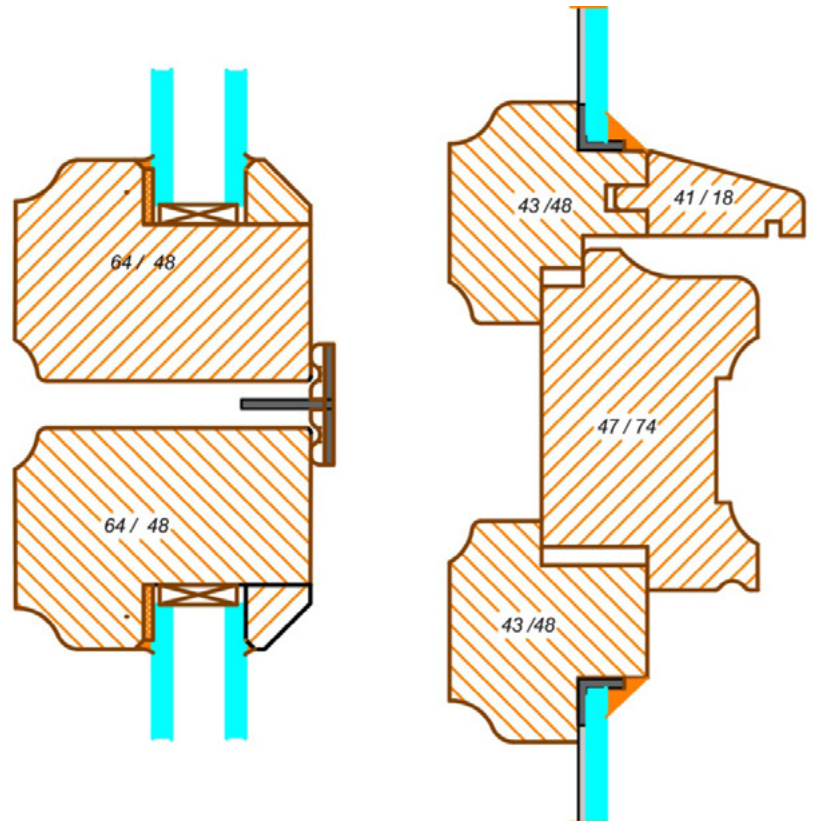
Prije izrade radioničkih crteža proizvođač treba uzeti točne mjere otvora i snimiti dubinu ugradnje doprozornika / dovratnika.

Preporuka konzervatorima je osigurati kontrolu, odnosno pregled materijala za izradu prozorskih okvira, tj. prozora, pregled i kontrolu radioničkih nacрта i detalja ugradnje, pregled uzorka i prateće dokumentacije prije ugradnje na zgradi te kontrolirati ugradnju svih prozorskih jedinica.

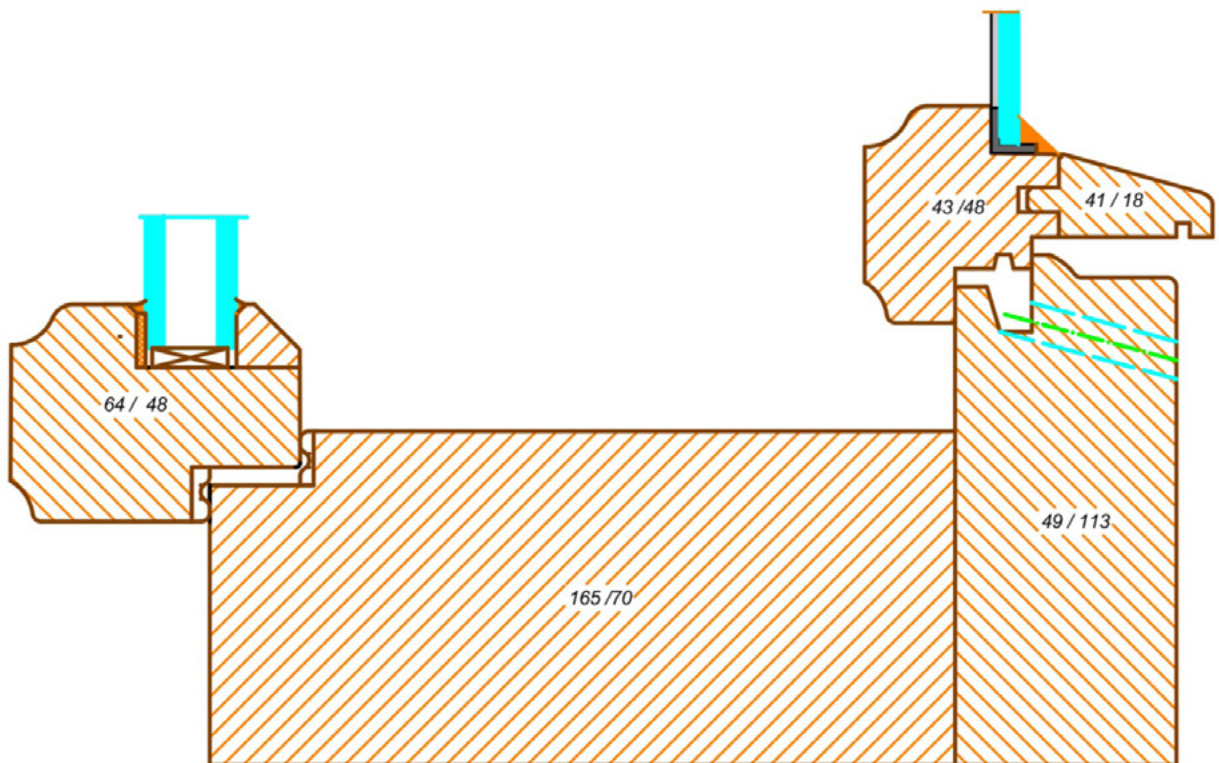
### 8.1. Primjeri zamjenskih prozora



**Slika 37.** Shema dvostrukog četverokrlnog prozora s razmaknutim krilima na zgradi Gliptoteke HAZU. Pogled s unutarnje strane (lijevo), pogled izvana (u sredini). Zaokruženi detalji su prikazani na slikama u nastavku. Prijedlog horizontalnog presjeka funkcionalno unaprijeđenog prozora uz minimalne izmjene u odnosu na postojeći: vanjske okvirske krila zadržavaju isti presjek i konture profila, presjek unutarnjeg prozora je prilagođen ugradnji dviju brtvi i izolacijskog stakla (desno).



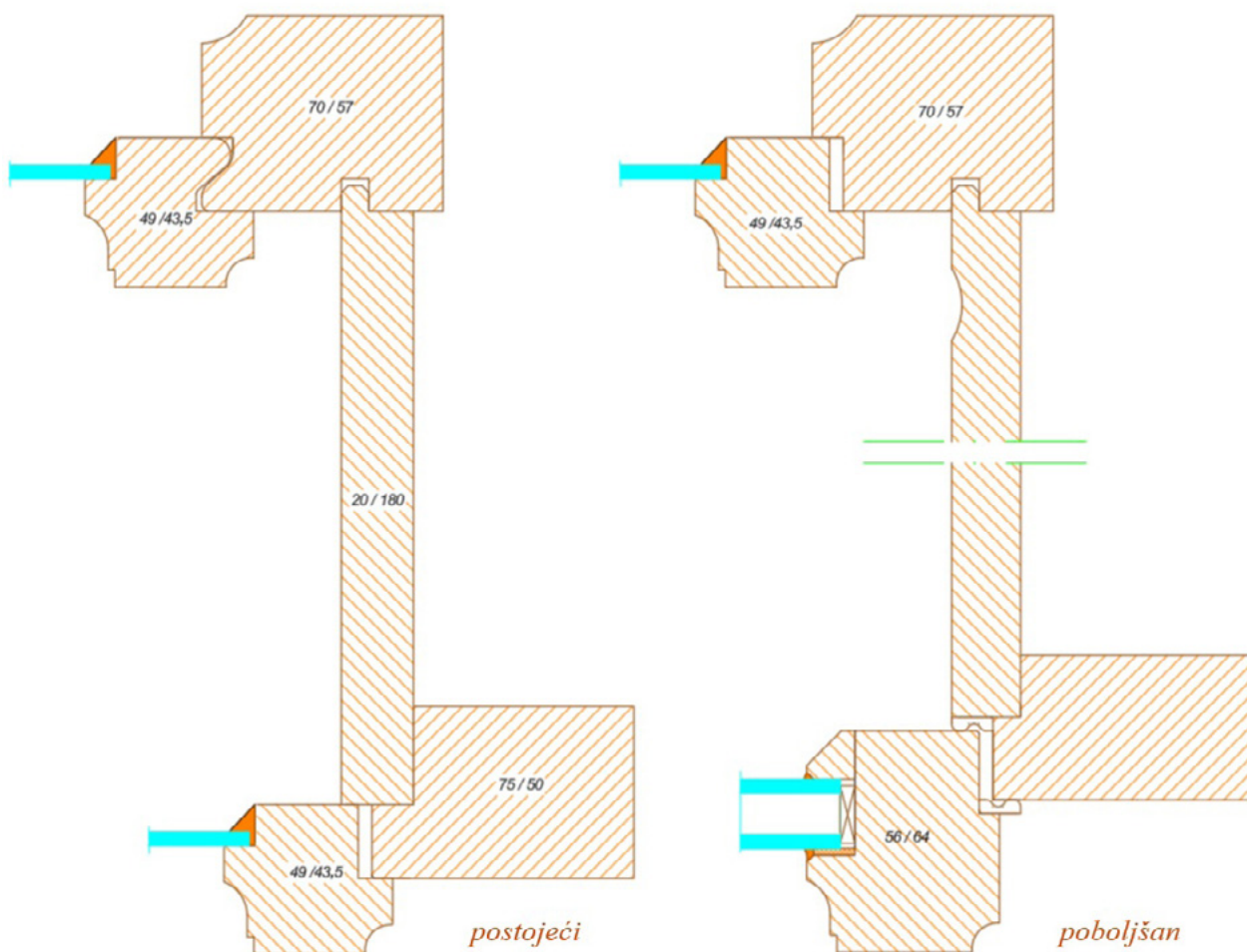
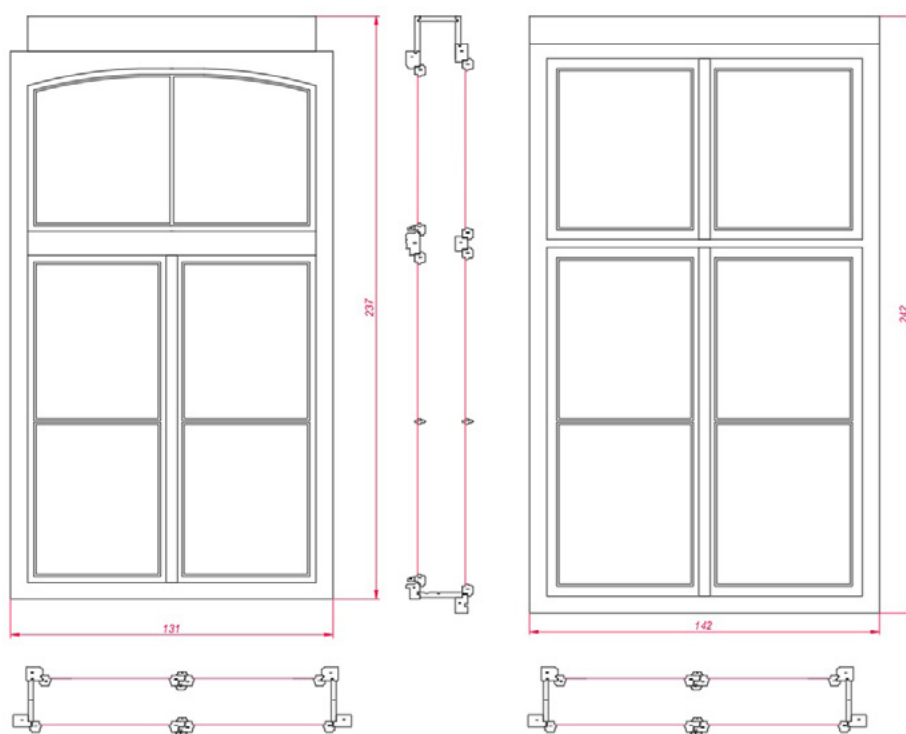
**Slika 38,** Presjek horizontalne međuokvirnice unaprijedenog četverokrilnog unutarnjeg doprozornika i krila (lijevo) i vanjskog doprozornika i krila (desno)



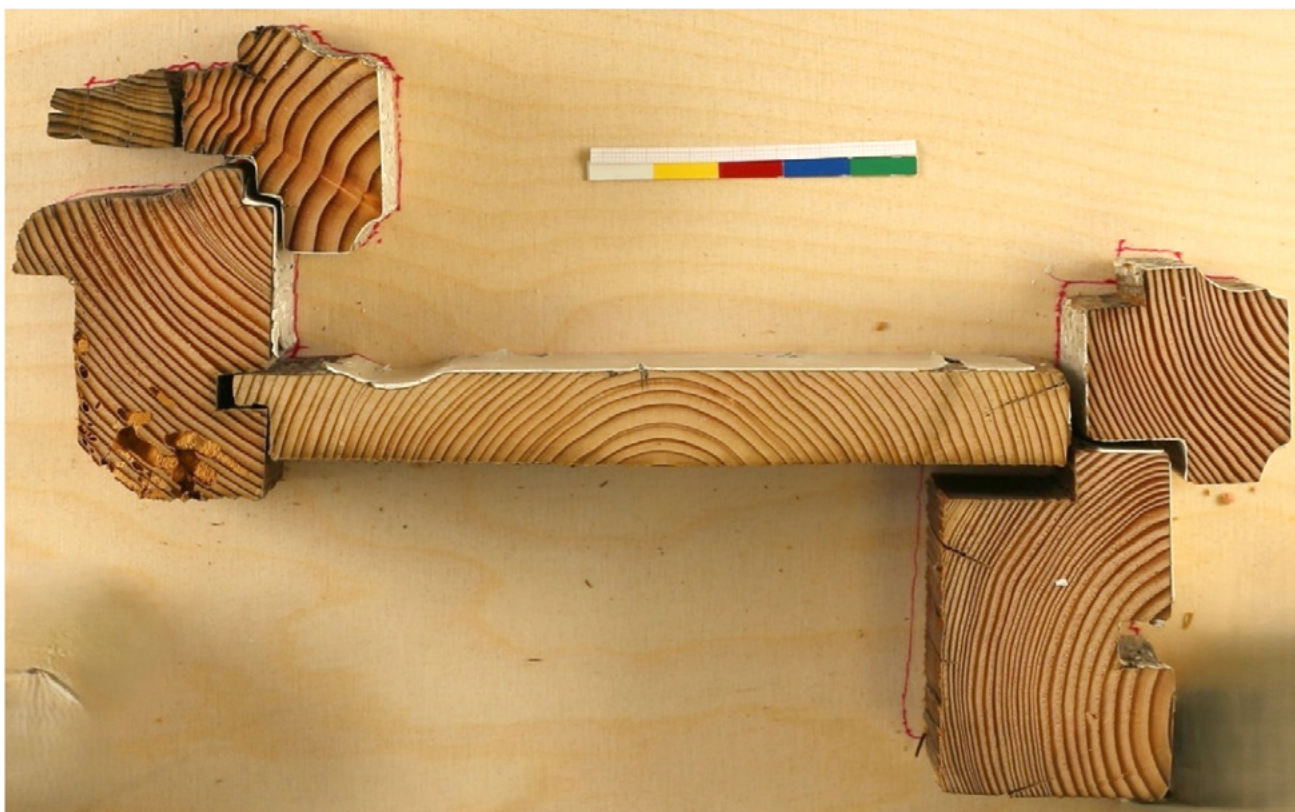
**Slika 39,** Prijedlog vertikalnog presjeka funkcionalno unaprijedenog prozora. Gornji dio horizontalne okvirnice vanjskog doprozornika je skošen prema van kako bi se poboljšalo otjecanje oborinske vode. Ovaj detalj je preuzet s horizontalnih međuokvirnica postojećih prozora. Presjek vanjskog krila je u ovoj inačici istovjetan izvornom. Čak i bez izmjena dimenzija, moguća je ugradnja okapne letvice s perom u utor. Povećanje presjeka unutarnjeg krila na 64 / 48 mm omogućuje ugradnju staklene jedinice s dvostrukim staklom, a elastična brtva na krilu i doprozorniku dodatno poboljšanje toplinsko-izolacijskih svojstava. Usad brtvi nije naznačen – on ovisi o izvođačevim tehničkim preferencijama i odabranoj brtvi. Ostale profilacije su identične izvorniku.



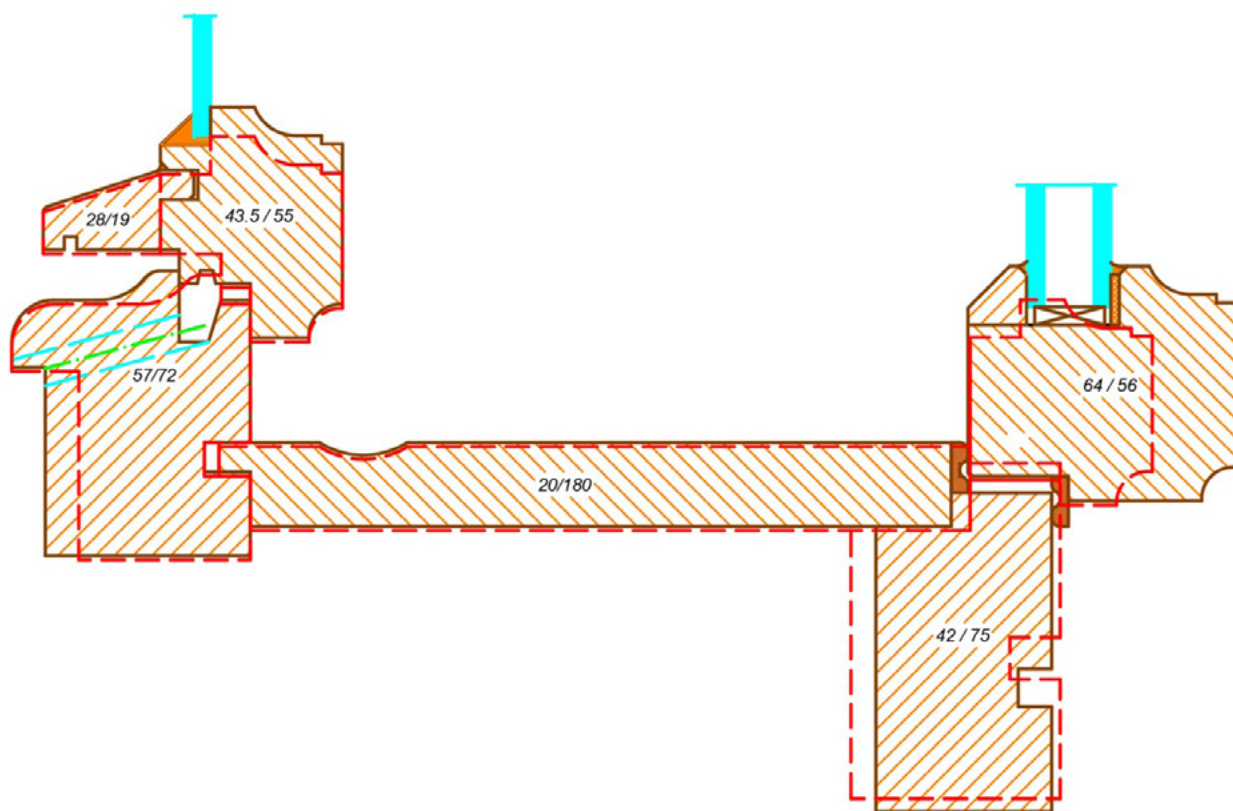
**Slika 40.** Shema dvostrukog prozora s razmaknutim krilima i s otklopnim nadsvjetlom. Pogled s vanjske strane (lijevo), pogled iznutra (desno).



**Slika 41.** Horizontalni presjek dvostrukog prozora s razmaknutim krilima. Unutarnja krila imaju dvostruki tupi sudarni sljub; vanjska krila imaju trostruki sudarni sljub – tipičnu profilaciju uklinjenog vanjskog brida krila u „S“ – preklopni profil na doprozorniku).

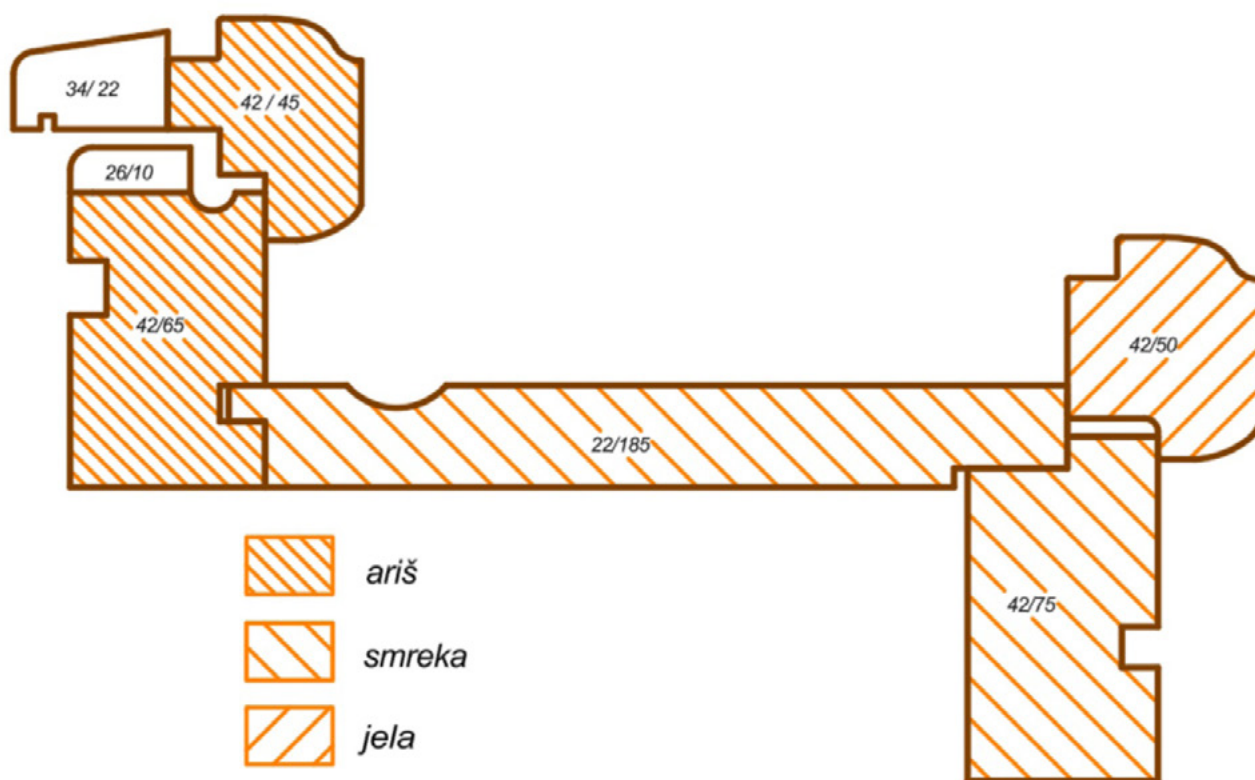
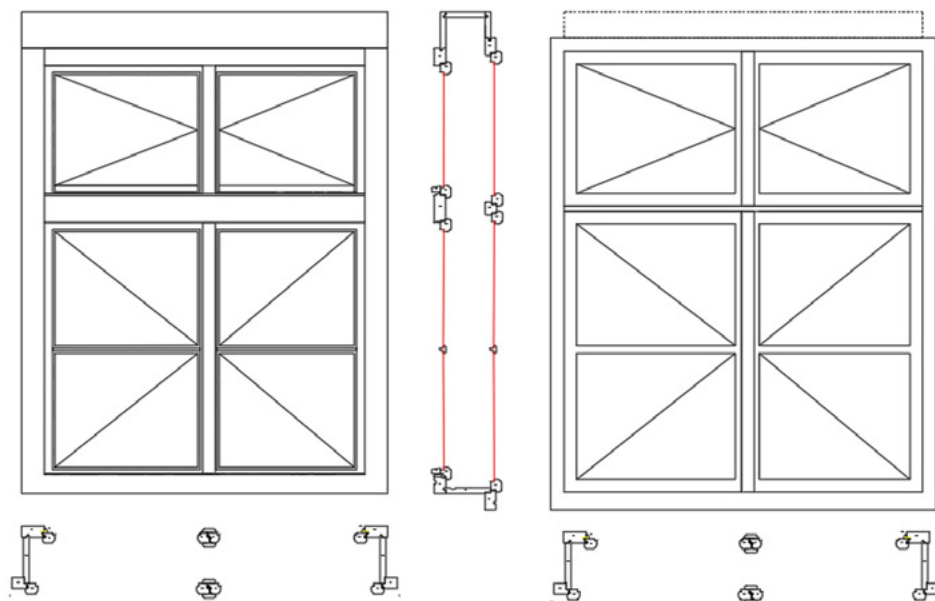


**Slika 42.** Fotografija presjeka dvostrukog prozora s razmaknutim krilima s nadsvijetlom pokazuje deformacije i oštećenja uslijed niza godina uporabe i nedostatnog održavanja.



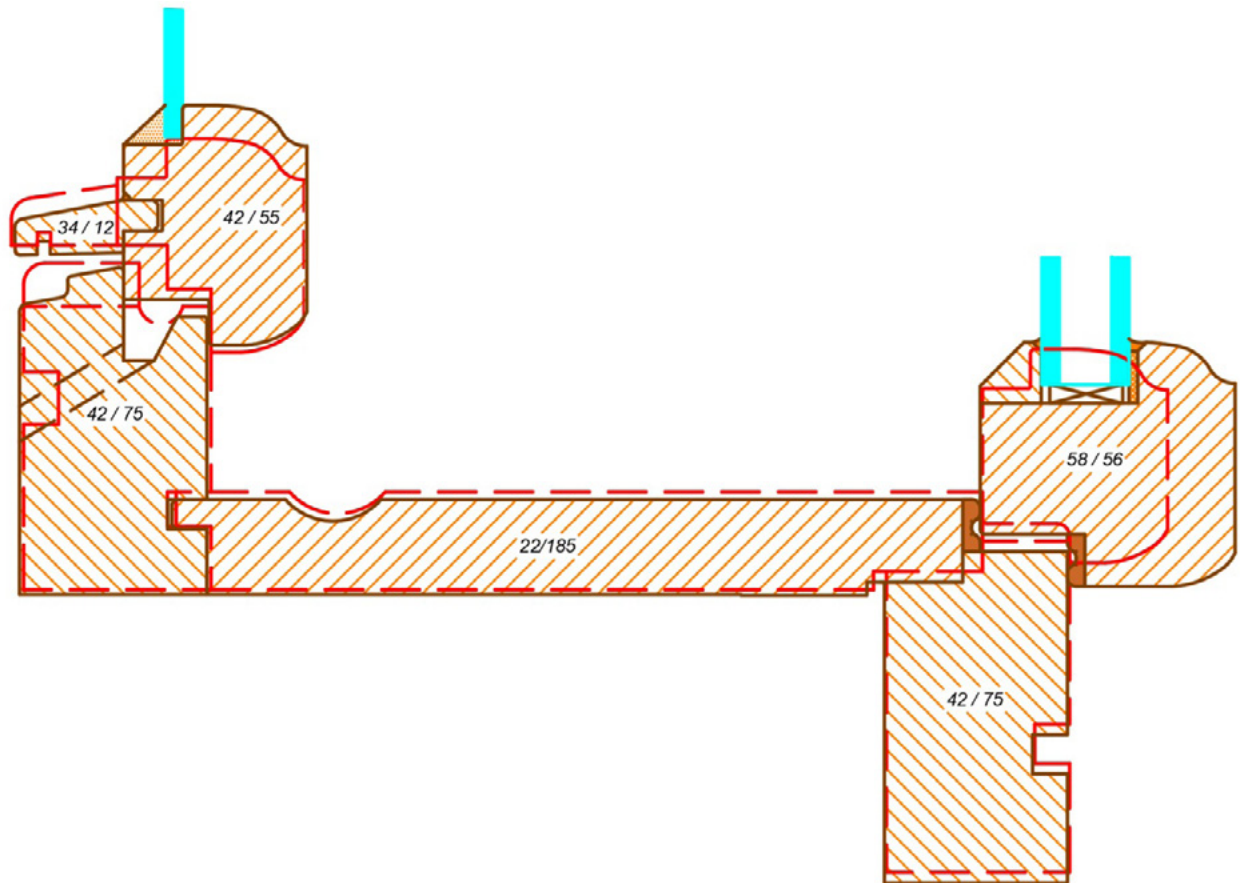
**Slika 43.** Prijedlog vertikalnog presjeka funkcionalno unaprijeđenog prozora sa Slike 36. Crtkane linije predstavljaju izvorni profil. Gornji dio horizontalne okvirnice vanjskog doprozornika je skošen prema van kako bi se poboljšalo otjecanje oborinske vode. Ovaj detalj je preuzet s horizontalnih međuokvirnica postojećih prozora. Presjek vanjskog krila je u ovoj inačici istovjetan izvornom. Uz minimalno povišenje, međutim, moguća je ugradnja okapne letvice s perom u utor, kao i veća površina čepova i raskola u kutnim spojevima. Povećanje presjeka unutarnjeg krila na 64 / 56 mm omogućuje ugradnju staklene jedinice s dvostrukim staklom, a elastična brtva na unutarnjem krilu i doprozorniku dodatno poboljšanje toplinsko-izolacijskih svojstava.

**Slika 44.** Shema dvostrukog prozora s razmaknutim krilima i zaokretnim nadsvijetlom. Pogled s vanjske strane (lijevo), pogled iznutra (desno).



**Slika 45.** Vertikalni presjek zatečenog prozora izrađen u kombinaciji više vrsta drva četinjača: vanjske horizontalne okvirnice krila i doprozornika su izrađene od drva ariša (lijevo), „futer“ (daščani okvir kutije) i unutarnja horizontalna okvirnica doprozornika od drva smreke (sredina i desno), a unutarnja okvirnica krila je izrađena od drva jela (desno). Na pojedinim pozicijama su naknadno dodane (ili je kasnije zamijenjena) okapna letvica na krilo i dodatna letvica na doprozornik (dio crteža bez šrafure, lijevo).



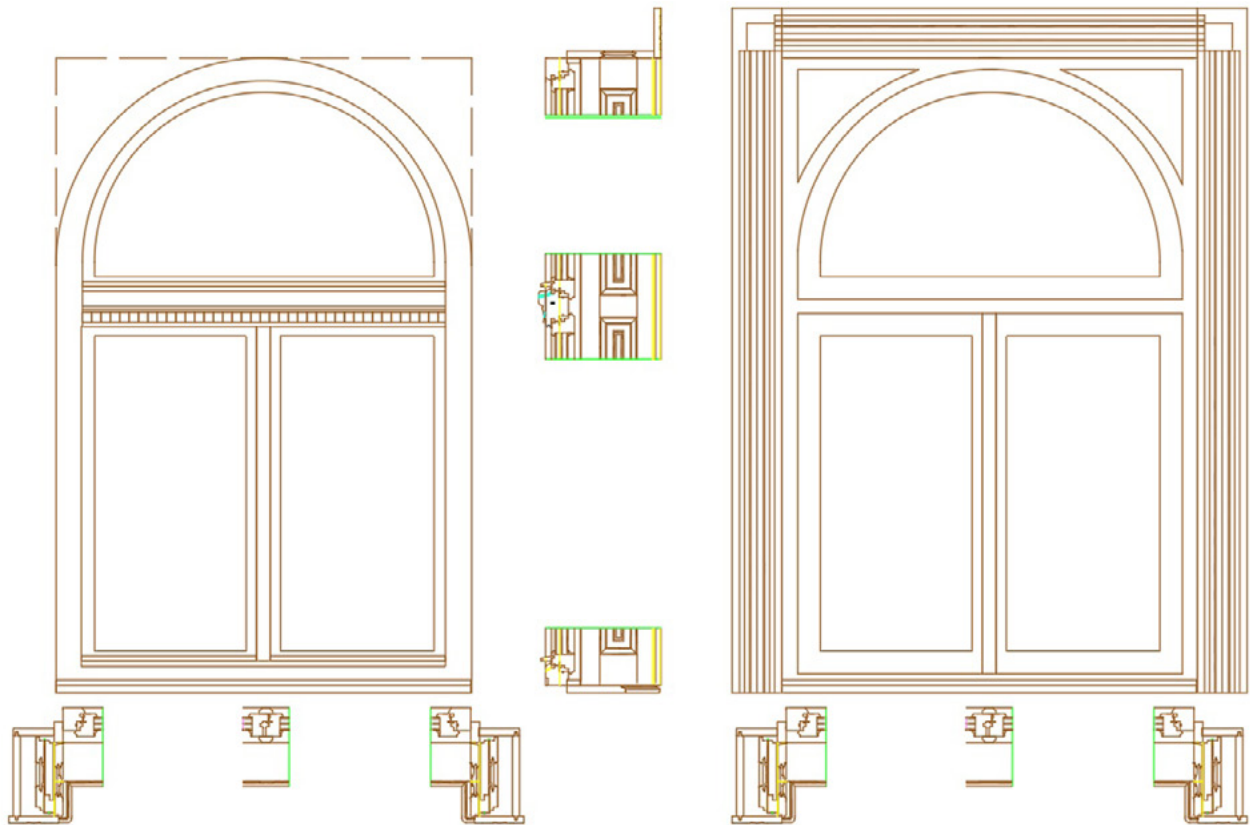


**Slika 46.** Vertikalni presjek funkcionalno unaprijeđenog prozora. Crtkane linije predstavljaju izvorni profil. Gornji dio horizontalne okvirnice vanjskog doprozornika skošen je prema van kako bi se poboljšalo otecanje oborinske vode. Ovaj detalj je preuzet s horizontalnih međuokvirnica postojećih prozora. Presjek vanjskog krila je minimalno povišen kako bi omogućio ugradnju okapne letvice s perom u utor. Utor za letvicu na vanjskom krilu ima skošenje s gornje strane kako bi se osigurala veća površina nalijeganja trajnoelastičnog kita. Povećanje presjeka unutarnjeg krila na 56 / 56 omogućuje ugradnju staklene jedinice s dvostrukim staklom, a elastična brtva na unutarnjem krilu i doprozorniku dodatno poboljšanje toplinsko-izolacijskih svojstava. Usad brtvi nije naznačen, ovisi o izvođačevim tehničkim preferencijama i bit će podložan kontroli pri pregledu radioničkih nacрта i prototipa. Ostale profilacije su identične izvorniku.

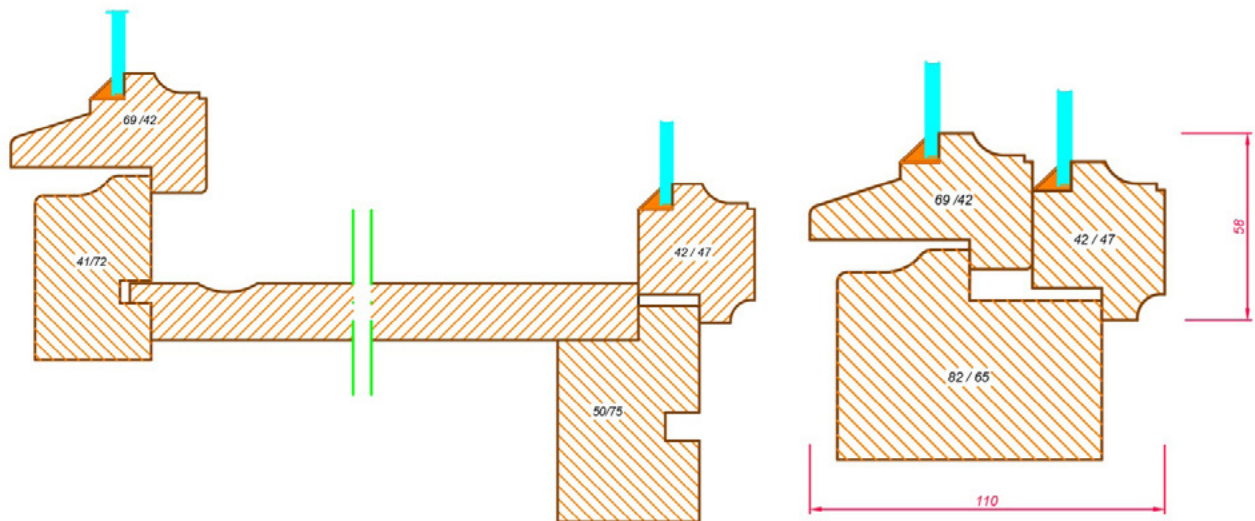
U nastavku je primjer objekta na kojem su prije obnove zatečena dva karakteristična tipa prozora – prozor s razmaknutim krilima (tzv. kutijasti) te prozor sa spojenim krilima (tzv. krilo na krilo). Podvarijante ovih proizvoda podrazumijevaju prozor s unutarnjim drvenim sjenilom (kapkom) koji se zatvara u bočnu kutiju i sa zidnom oblogom ispod parapeta, prozor s unutarnjim drvenim sjenilom (kapkom) bez bočne kutije i bez zidne obloge te prozor bez unutarnjih sjenila i obloga (Slike 16 do 18).

Nakon detaljnog pregleda i analize konzervator je prihvatio ujednačenje tipa tako da je predmet razrade i izrade postao prozor s trostrukim IZO staklom ukupne debljine 44 mm (4-16-4-16-4). Presjeci okvirnica krila i doprozornika su 78/78 mm kako bi se s unutarnje strane omogućilo izvođenje profiliranih letvica za ostakljenje u skladu s izvornom profilacijom krila te dodatno vanjske drvene okapnice na donjoj okvirci krila. Debljina vratnih krila je usklađena s debljinom okvirnice prozora, dok se širina okvirnice izvodi prema izvorniku. Krila su zaokretna, osim nadsvjetla koja su zbog širine izvedena kao otklopna. Detalji i profilacije svih ukrasnih stilskih elemenata su izvedeni prema izvorniku (Slike 47 do 49). Dimenzije kutije za unutarnje kapke i položaj završne ukrasne opšavne lajsne s unutarnje strane stolarije su prilagođeni točnoj poziciji ugradnje prozora i debljini strukturalno ojačanog zida, uz zadržavanje zatečene profilacije i proporcija elemenata. Ostali opšavi i profili su izvedeni prema izvorniku.

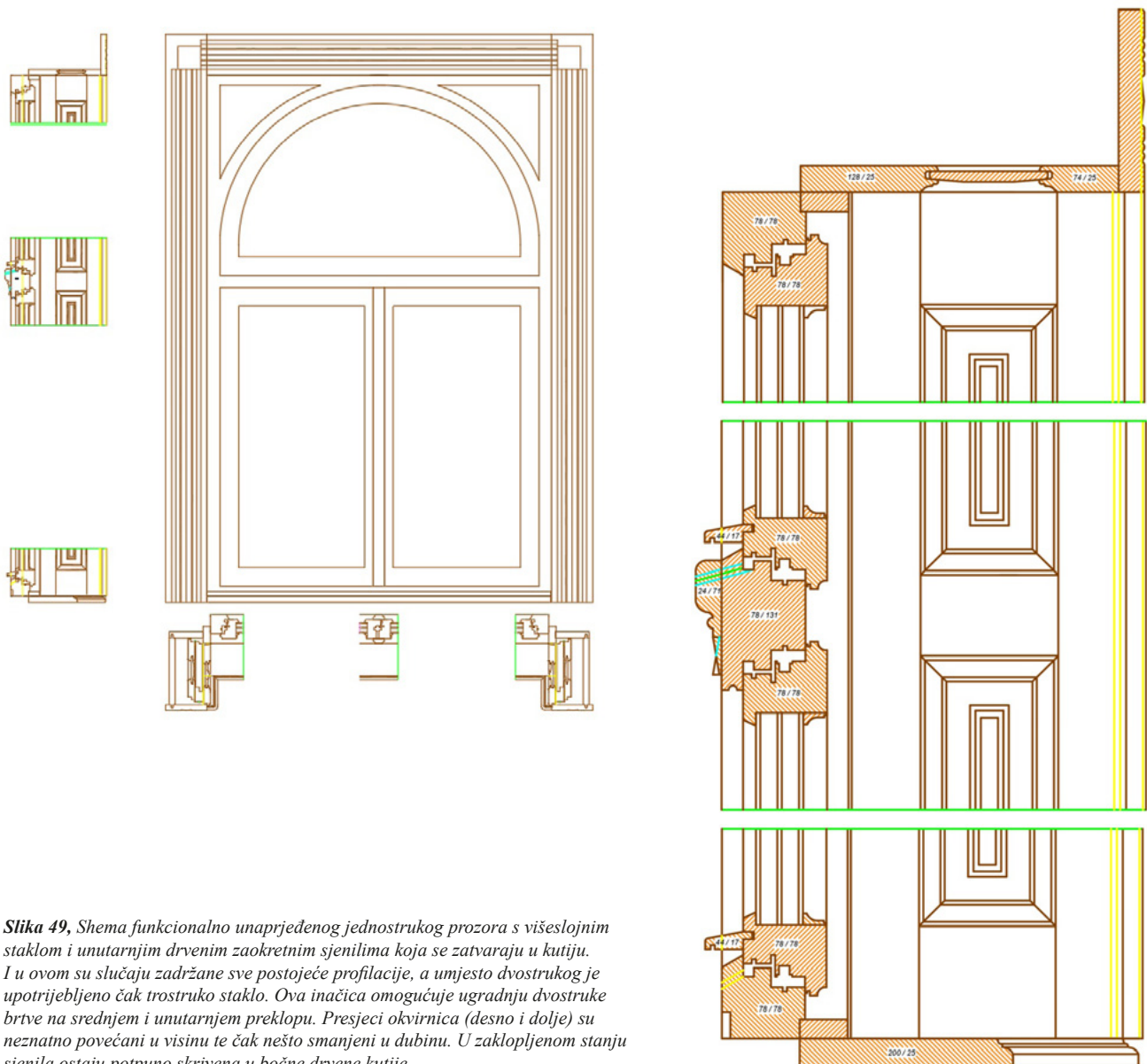




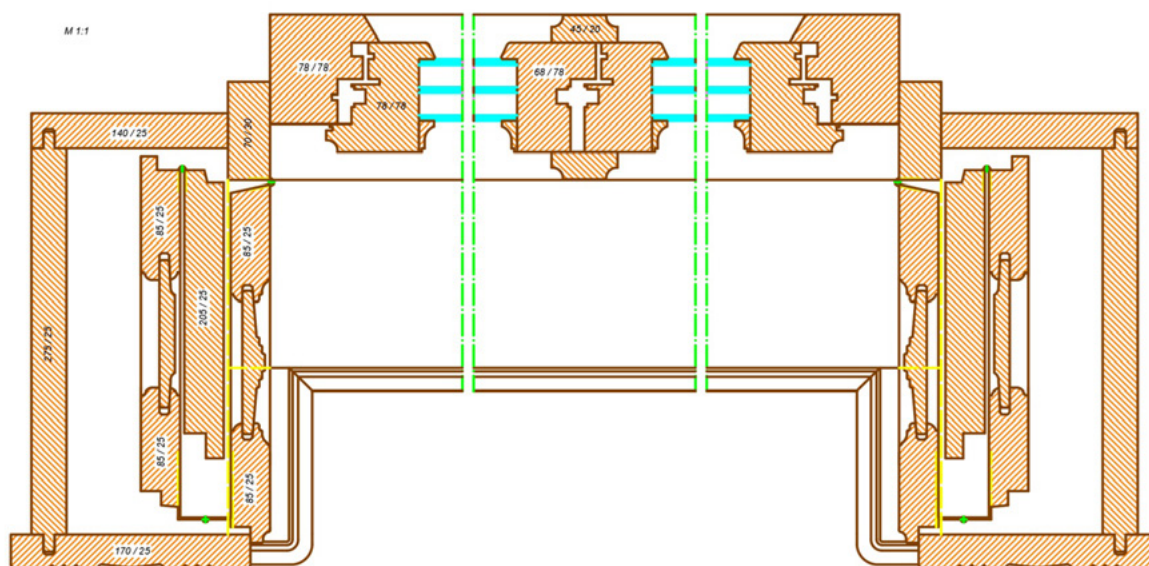
**Slika 47.** Shema funkcionalno unaprjeđenog jednostrukog prozora s višeslojnim staklom i unutarnjim drvenim zaokretnim sjenilima koja se zatvaraju u kutiju



**Slika 48.** Vertikalni presjek zatečenog prozora s razmaknutim krilima (lijevo) i prozora s dvostrukim spojenim krilima (izvedba krilo na krilo) (desno). U pravilu su prozori sa spojenim krilima opremljeni unutarnjim drvenim sjenilima koja se zatvaraju u kutije vizualno čineći opšav po obodu prozora prikazana na sljedećim slikama. Prisutnost ovakve kombinacije prozora, sjenila i opšava je rezultirala unifikacijom i promjenom tipa prozora u svrhu poboljšanja toplinske izolacije uz zadržavanje izvorne profilacije.



*Slika 49, Shema funkcionalno unaprjeđenog jednostrukog prozora s višeslojnim staklom i unutarnjim drvenim zaokretnim sjenilima koja se zatvaraju u kutiju. I u ovom su slučaju zadržane sve postojeće profilacije, a umjesto dvostrukog je upotrijebljeno čak trostruko staklo. Ova inačica omogućuje ugradnju dvostruke brtve na srednjem i unutarnjem preklopu. Presjeci okvira (desno i dolje) su neznatno povećani u visinu te čak nešto smanjeni u dubinu. U zaklopljenom stanju sjenila ostaju potpuno skrivena u bočne drvene kutije.*



## 8.2. Prijedlog troškovničke stavke

U nastavku se nalazi generički opis troškovničke stavke za dvostruki prozor s razmaknutim krilima kod kojeg je vanjski dio prozora izveden po uzoru na izvorni, dok je unutarnji modificiran u svrhu povećanja toplinske i zvučne izolacije, što je moguće koristiti ili prilagoditi prema specifičnostima pojedine zgrade i postupka obnove.

### OPĆE NAPOMENE

Vanjska stolarija se izvodi po uzoru na izvornu stolariju.

Svi detalji moraju biti odobreni od strane nadležnog konzervatora. Svu stolariju potrebno je rekonstruirati sukladno izvornim gabaritima, proporcijama, oblikovanju i dimenzijama pojedinačnih elemenata te ugraditi na istoj poziciji u odnosu na ravninu pročelja. Ugradnju stakla ostvariti povećanjem debljine, uz minimalno zadiranje u izvornu širinu krila. Pri rekonstrukciji stolarije nužna je primjena, po mogućnosti, izvorne vrste materijala i vrste zaštite i završne obrade (ličenje u izvornom tonu u tvornici ili radionici, sukladno nalazu konzervatorsko-restauratorskih radova), kao i primjena okova koji je oblikovanjem i dimenzijama sličan izvorniku.

Stavka uključuje detaljnu izmjeru i izradu radioničkih nacрта i/ili uzoraka prozora i vrata, ishođenje konačne suglasnosti nadležnog konzervatora te sav potreban rad i materijal, kao i sve dodatne radove i materijale potrebne za izradu i ugradnju do pune uporabivosti na zgradi.

Sve mjere za stolariju obavezno kontrolirati na licu mjesta.

Ugradnja uključuje dopremu prozora na gradilište, ugradnju, dodatno spajanje kod ugradnje složenijih proizvoda sa svim potrebnim pomoćnim materijalom i priborom (vijci, ljepila, pokrovne letvice, izolacijske pjene i drugo).

Ugradnju prozora izvesti prema uputama proizvođača prozora, sa svim pomoćnim materijalima (dodatne letve, brtve, hidroizolacije) u uredno pripremljen zidni otvor. Plohe zidnog otvora trebaju biti čiste i ravne kako bi se osiguralo učinkovito brtvljenje primjenom paronepropusne trake za brtvljenje s vanjske strane, poliuretanske pjene u srednoj zoni te vodonepropusne trake s vanjske strane prozora. Ovdje je posebice važno napomenuti kako je navedeni princip ugradnje učinkovit jedino ukoliko trake čvrsto prijanjaju na kontaktne zidne plohe s obje strane, što je moguće ostvariti uz kvalitetnu pripremu zidnog otvora. Alternativno je umjesto kombinacije RAL traka i poliuretanske pjene moguće primijeniti ekspandirajuću RAL spužvastu traku koja je manje osjetljiva na lokalne neravnine unutar zidnog otvora.

Svi prozori i vanjska vrata izvode se od drvenih profila – masivnog ili lameliranog drva <navesti botaničku vrstu u opisu stavke>. Drvo klase J10 prema EN 942 je osušeno na  $13\pm 2\%$  sadržaja vode. Vanjski profil je istovjetan postojećem, dok je unutarnji profil povećanog presjeka <navesti dimenzije presjeka> kako bi mogao prihvatiti izolacijsku staklenu jedinicu.

Vanjsko krilo ostakljeno <npr. običnim staklom debljine 4 mm>, a unutarnje izolacijskim staklom 4+16+4 mm sa zaštitnim premazom za smanjenje gubitaka topline (npr. LOW E). Vanjska krila se (ne)brtve po obodu, a unutarnja su kontinuirano dvostruko brtvljena kako bi osigurala otpornost na opterećenje vjetrom, vodonepropusnost, toplinsku i zvučnu zaštitu. Dobavljač prozora i vrata mora prije ugradbe dostaviti dokaze sukladnosti sa zahtjevima relevantnih normi za građevnu stolariju ili dokaze o kvaliteti korištenih materijala prilikom njihove izrade.

U cijenu stavke uključene su i unutarnje drvene i vanjske limene prozorske klupčice, po potrebi slijepi doprozornici, brave, rozete, kvake (sukladno odobrenju konzervatora) i drugi sustavi za otvaranje (otvaranje na visini).

Ličenja sve stolarije <akrilnim lakom> uključena u jedinične cijene stavaka. Ton i vrsta boje po odabiru predstavnika nadležne konzervatorske službe. Prije izrade svih stavaka izvoditelj je obavezan izraditi ugradbene radioničke detalje, a prije ugradnje tražiti ovjeru radioničke dokumentacije od strane nadzora i konzervatora.

Prije izrade radioničkih crteža proizvođač treba uzeti točne mjere otvora i snimiti dubinu ugradnje doprozornika / dovratnika. Dimenzije kutije za unutarnje kapke i završne ukrasne opšavne lajsne s unutarnje strane stolarije treba prilagoditi točnoj poziciji ugradnje prozora. Osobitu pozornost treba posvetiti osiguranju odvodnje na onim pozicijama gdje s vanjske strane nije moguća ugradnja limene okapnice. Položaj svake pojedine horizontalne međuokvirnice unutrašnjega drvenog sjenila prilagoditi poziciji kemfera na doprozorniku.

#### SPECIFIČNI DIO OPISA

Nakon općih napomena, detaljno navesti zahtjeve za proizvod u smislu osiguranja izrade, dopreme i ugradnje npr. dvostrukog, dvokrilnog prozora u zidarskom otvoru određenih dimenzija, uz navod dodatnih specifičnosti koje su prisutne a nisu obuhvaćene uvodnim napomenama. Posebice istaknuti i deklarirati, ako je potrebno, oblikovanje i profilaciju rubova krila i doprozornika, sanaciju i rekonstrukciju okova te više tonalnu završnu bradu.



## Korišteni izvori

1. *Energetische Sanierung historisch wertvoller Fenster. Forschungsbericht.* Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, 2012.
2. Huckfeldt, Wenk: *Holzfenster. Konstruktion, Schäden, Sanierung, Wartung.* Rudolf Müller Verlag, 2009.
3. *Holzfenster und -türen.* Band II. *Konstruktion, Anschlüsse, Oberflächen, Energieeinsparung.* Rudolf Müller Verlag, 2012.
4. Pech, Pommer, Zeininger: *Fenster.* Springer Verlag, 2005.
5. Müller R: *Das Türenbuch. Fachwissen für Planung und Konstruktion.* Fraunhofer IRB Verlag, 2017.
6. Lerner, H.; Lautgeb, F.; Mairinger, E.: *Leitfaden Fnestersanierung,* Beč: bauXund GmbH, str. 95.
7. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 1: *Classification and selection.* EN 927-1:2013.
8. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 2: *Performance specification.* EN 927-2:2014.
9. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 3: *Natural weathering test.* EN 927-3:2019.
10. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 5: *Assessment of the liquid water permeability.* EN 927-5:2006.
11. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 6: *Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV lamps and water.* EN 927-6:2018.
12. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 7: *Assessment of knot staining resistance of wood coatings.* EN 927-7:2020.
13. *Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood.* Part 10: *Resistance to blocking of paints and varnishes on wood.* EN 927-10:2019.
14. *Runderneuerung von Kastenfenstern aus Holz.* VFF Leitfaden HO.09, 2003.
15. *Smjernice za zgrade gotovo nulte energije,* drugi dio. MGIPU, 2019.
16. *Tehnički propis za prozore i vrata.* NN, 69/06.
17. *Timber and wood-based materials in external windows, external door leaves and external doorframes – Requirements and specifications.* EN 14220:2006.
18. *Timber in joinery – General requirements.* EN 942:2007.
19. VdL GL 14. *Guideline Requirements for Wood Coatings Systems: Requirements for coating systems for factory-coating of wooden windows, wood-metal windows and wooden front doors.*
20. <https://www.grazinteressiertmich.at/denkausfl%C3%BCge/denkausfl%C3%BCge-2022/kastenfenster/>
21. HRN EN 350 (2016): Trajnost drva i proizvoda na osnovi drva – Ispitivanje i razredba otpornosti drva i materijala na osnovi drva na biološke štetnike
22. HRN ISO 13061-1 (2015): Fizikalna i mehanička svojstva drva – Metode ispitivanja za manje uzorke masivnog drva – 1. dio: Određivanje sadržaja vode za provođenje ispitivanja fizikalnih i mehaničkih svojstava
23. HRN ISO 13061-2 (2015): Fizikalna i mehanička svojstva drva – Metode ispitivanja za manje uzorke masivnog drva – 2. dio: Određivanje gustoće za provođenje ispitivanja fizikalnih i mehaničkih svojstava
24. HRN EN 13031-1 (2008): Sadržaj vode piljenog drva – dio 1: Određivanje gravimetrijskom metodom
25. HRN EN 14220 (2008): Drvo i drvni materijali za vanjske prozore, vanjska krila vrata i dovratnike: zahtjevi i specifikacije.
26. HRN EN 16245 (2016): Adhezivi – Polimerizirani izocijanat u emulziji za nosive drvene konstrukcije – Klasifikacija i zahtjevi izvedbe
27. HRN EN 15425 (2008): Adhezivi – Jednokomponentni poliuretani za nosive drvene konstrukcije – Klasifikacija i zahtjevi izvedbe

