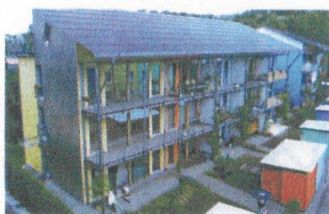


Okna v pasivni hiši

Za pasivne hiše so kakovostne toplotnoizolacijske zasteklitve odločilnega pomena. Z njimi je prvič možno projektirati hišo brez grelnih teles v neposredni bližini stekel, ne da bi bilo s tem zmanjšano toplotno ugodje.

Pri razvoju pasivne hiše je bilo ugotovljeno, da so kvalitetna okna ključnega pomena za doseganja standarda. V ta namen so bila razvita okna s toplotno prehodnostjo U_w največ 0,8 W/(m²K), ki imajo trislojno zasteklitve ($U_g \leq 0,8$ W/(m²K)) in okvirje s precej izboljšano toplotno izolativnostjo ($U_f \leq 0,8$ W/(m²K)). Skozi taka okna se kljub velikim steklenim površinam toplotne izgube drastično zmanjšajo, po drugi strani pa so možni tudi veliki dobitki sončnega obsevanja, kar je pomembno za energijsko bilanco hiše. Na južno orientiranih oknih lahko namreč tudi med decembrom in februarjem, ko je v našem geo-



V pasivni hiši so okenske površine večje, saj omogočajo dobitke sončnega sevanja.

grafskem prostoru najhladneje, računamo na pozitivno bilanco – toplotni dobitki skozi okna so večji od toplotnih izgub.

Toplotna prehodnost okna U_w («window») je določena z naslednjimi karakteristikami:

- U_g («glass» - steklo) – toplotna prehodnost zasteklitve,
- U_f («frame» - okvir) – toplotna prehodnost okvirja,
- vrsta distančnika, ki ločuje dve stekli in trajno zadržuje plin v medstekelnem prostoru; pri steklih za pasivne hiše so običajni distančniki iz aluminija dopolnjeni ali zamenjani z umetnimi snovmi, ki imajo manjšo toplotno prevodnost,
- globina, do katere se pogrezne steklo v okvir je 24–50 mm, večje globine bi zahtevale večje okvirje, kar bi povečalo delež okvirja v oknu,
- delež okvirja v celotni zasteklitvi, čim večja je površina zasteklitve, tem manjši je delež okvirja na njej.
- $U_{w,eff}$ – toplotna prehodnost vgrajenega okna

Steklo

Izolacijske zasteklitve za pasivne hiše so sestavljene iz treh stekel, medstekelni prostor je zaradi boljše toplotne izolativnosti polnjen z žlahtnimi plini, npr. z argonom, kriptonom ali (do nedavnega) ksenonom. Da bi skozi zasteklitve prodrlo čim manj dolgovalovnega toplotnega sevanja, je na steklo nanosena nevidna, izredno tanka plast večinoma srebrih oksidov (nizkoemisijski nanos). Zasteklitve

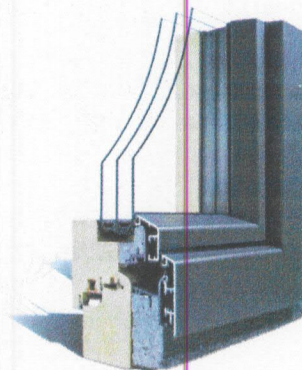
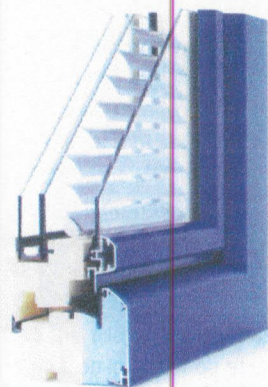
s takimi sestavami dosegajo toplotno prehodnost do $U_g = 0,4$ W/(m²K).

Posebno pozornost zasluži obrobje zasteklitve. Pri oknih za pasivno hišo, kjer imata steklo in okvir dobro toplotno izolativnost, lahko toplotni most predstavlja distančnik, ki ob robu povezuje dve stekleni plošči. Pri superizolacijskih steklih je težko doseči ustrezno toplotno izolativnost z aluminijevimi distančniki, ki se običajno uporabljajo (aluminij ima toplotno prevodnost $\lambda \approx 230$ W/(mK)). Pri pasivnih hišah morajo imeti zasteklitve distančnike iz umetnih snovi ($\lambda \approx 2$ W/(mK)).

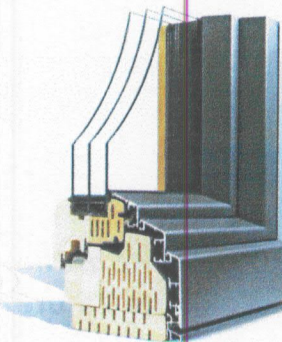
Pri pasivni hiši so za letno toplotno bilanco dobitki sončnega obsevanja zelo pomembni. Največji dobitki se pričakuje skozi stekla, še posebej, če so ta večjih površin na južni fasadi. Nizkoemisijski nanosi, ki preprečujejo prehod toplote iz notranosti zgradbe, pa znižujejo tudi prehod celotnega sončnega sevanja v prostor. Čim več je nizkoemisijskih nanosov na steklu, tem manjši je faktor prehoda celotnega sončnega sevanja g . Standard pasivne hiše zahteva visoko prepustnost celotnega sončnega sevanja v prostor, in sicer $g \geq 50$ odstotkov. Tako so tudi pozimi možni neto dobitki.

Okvir

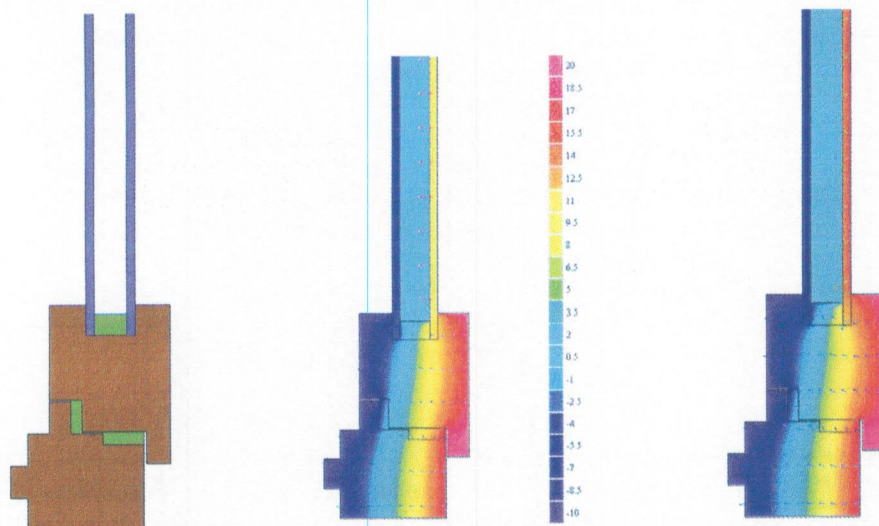
Pri zasteklitvi imajo pomembno vlogo tudi okvirji. Na splošno je delež okvirjev pri oknih podcenjen, čeprav lahko predstavljajo 30 do 35 odstotkov površine



Okenski okvirji za pasivne hiše – dodatna plast toplotne izolacije izboljša toplotno izolativnost (foto: zgoraj arhiv Internorm, spodaj arhiv M Sora)



Okenski okvir iz lesa – toplotna prehodnost skozi okvir je zmanjšana z zaprtimi komorami zraka (Foto: arhiv M Sora)



Temperaturni profil prečnega prereza okna z dvojno zasteklivitvijo in lesenim okvirjem z dvakratnim tesnjenjem; sredina: starejša dvojna »termopan« zasteklitev ($U > 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$); desno: zasteklitev s stekli z nizkoemisijским nanosom, medstekelni prostor je polnjen s plinom argonom ($U \approx 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) (izračun in risba: Miha Praznik)

celotnega okna. Vgrajevanje visoko izolativnih stekel v običajne okvirje, ki predstavljajo velik toplotni most, je neekonomično. V zadnjih letih se je na trgu pojavilo precej kakovostnih okvirjev z boljšo toplotno izolativnostjo – $U_f = 0,7\text{--}0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, s katerimi je pri oknih mogoče doseči $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ustrezni okvirji so iz različnih gradiv. Na okvirje iz lesa, PVC in aluminija (tu je največ težav, ker je aluminij dober prevodnik toplote) je na različne načine vgrajena toplotna izolacija, kar izboljša njihovo toplotno izolativnost. V ta namen se uporabljajo celulozni kosmiči, poliuretanska pena, toplotna izolacija iz lesnih vlaken in podobno. V zadnjem času so bili razviti tudi okenski okvirji brez dodatne toplotne izolacije. Izboljšano toplotno izolativnost pridobijo s posebnim oblikovanjem okvirja. V tretji generaciji okenskih okvirjev za pasivne hiše postaja okvir vse ožji, kar izboljša tako estetsko kot funkcionalno vrednost. Okvir ni več agresivno širok (običajno imajo okna za pasivno hišo, certificirana na Passivhaus Institutu dr. Wolfgang Feist, širino okvirja 12 do 13 cm, okna nove generacije pa le 8,6 cm) in je precej lažji. Poleg tega pa ima okno zaradi manjšega deleža okvirja tudi nižjo toplotno prehodnost U_w .

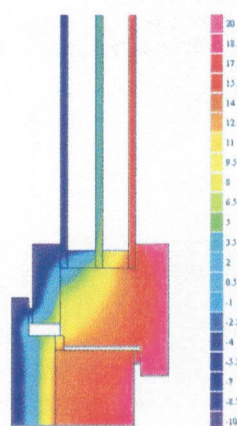
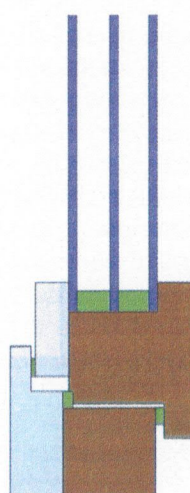
Okno

Okno, vgrajeno v steno pasivne hiše, mora imeti dobre toplotnoizolacijske lastnosti, tako da se njegova notranja površinska temperatura čim bolj približa temperaturi zraka v prostoru. To je potrebno po eni strani zaradi preprečevanja kondenzacije zračne vlage, predvsem pa zaradi temperaturnega ugodja. Temperatura notranje površine okna je tako visoka, da se zrak ob njem ne ohlaja. To bi namreč povzročilo hitrejše kroženje zraka v prostoru, s tem pa občutek prepiha ali vleka. Vse to se dogaja v objektih, ki niso dobro izolirani.

Na slikah so prikazane temperaturne razmere prečnega prereza okna pri različni toplotni izolativnosti stekel in okvirjev v primerih, ko je temperatura zraka zunaj $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, znotraj $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. Temperature so prikazane v obliki barvne skale: od vijolične in modre za nizke do rdeče za višje temperature.

Iz temperaturnega profila prečnega prereza okna je razvidno, da ima pri oknu s »termopan« zasteklivitvijo (dvoslojna zasteklitev in suhi zrak v medstekelnem prostoru) okvir boljšo toplotno izolativnost kot steklo. Na notranjem steklu in na stiku stekla z lesom pride do kondenzacije zračne vlage že pri običaj-

nih vrednostih zračne vlažnosti. Pri zasteklitvi z $U \approx 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ki se trenutno največ uporablja,



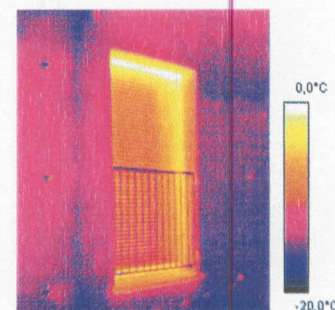
Temperaturni profil prečnega prereza okna s trislojno zasteklivitvijo z dvema nizkoemisijским nanosoma in plinom argonom v medstekelnem prostoru ($U \approx 0,7\text{--}0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) (izračun in risba: Miha Praznik)

ima steklo boljše toplotne karakteristike kot okvir, sicer pa imata steklo in okvir višji površinski temperaturi kot »termopan« okno, zato se kondenzacija zračne vlage pojavi le pri izjemno vlažnem zraku v prostoru. Na stiku stekla in okvirja se kondenzat lahko pojavi že pri rahlo povečani vlažnosti zraka.

Sodobna okna za pasivne hiše imajo trislojno zasteklitev z nizkoemisijским nanosom in plinom argonom v medstekelnem prostoru, okvir pa ima visoko toplotno izolativnost ($U \approx 0,7\text{--}0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Notranji površinski temperaturi na steklu in na stiku stekla z lesenim okvirjem sta precej višji kot pri običajnem oknu z dvoslojno zasteklivitvijo (okoli $17 \text{ }^\circ\text{C}$). Visoka površinska temperatura praktično ne povzroča občutka sevalne asimetrije, kot je sicer pogost pojav pri ostalih zasteklitvah, prav tako se prepreči pojav kondenzacije vodne pare, ki nastopi šele pri 85-odstotni relativni zračni vlažnosti, kar pa je v običajnih zgradbah praktično nemogoče (kratkotrajno lahko takšno relativno vlažnost dosežemo v majhni kopalnici, npr. po dolgotrajnem tuširanju z zelo vročo vodo).

Vgradnja okna brez toplotnega mostu

Okno že samo po sebi predstavlja toplotni most, saj ima kljub izrednim lastnostim še



Termografski posnetek okna na nizkoenergijski hiši, ki predstavlja toplotni most v ovojni zgradbi. Okno z dvoslojno zasteklivitvijo in okvirjem, ki ni toplotno izoliran ($U_w = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), je vgrajeno na zunanji rob zidane stene, izolirane z 20 cm toplotne izolacije. Okno in izvedba nista primerna za pasivno hišo.

vedno slabše toplotnoizolacijske karakteristike kot zunanja stena. Z nepravilno vgradnjo okna se toplotne izgube še povečajo. Za zagotavljanje standarda pasivne hiše je pomembno, da je okno vgrajeno brez toplotnega mostu in dosega vrednost $U_{w,eff} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



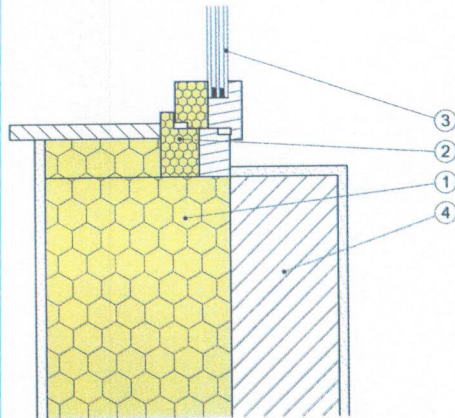
Točkovna pritrditev okna na zunanjo stran stene in postopek tesnjenja



Pravilna vgradnja okna – zgornje okno pred vgraditvijo in spodnje po vgraditvi toplotne izolacije

Pri masivnih stenskih konstrukcijah se okno vgradi v plast toplotne izolacije na zunanji strani stene z uporabo točkovnih pritrditev. Fuge med oknom in zunanjo steno je treba učinkovito zatesniti. Toplotna izolacija mora čimbolj prekrivati okvir, kar izboljšuje toplotno zaščito. Vgradnja okna brez prekrivanja lahko tudi do 70 odstotkov poveča linijsko toplotno prehodnost pri zgradbi. Cilj pasivnih hiš je zmanjšati linijsko toplotno prehodnost ψ pod $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$.

Pod okenskimi policami se lahko pojavi kondenzat, kar je treba upoštevati pri izbiri toplotne izolacije na tem mestu.

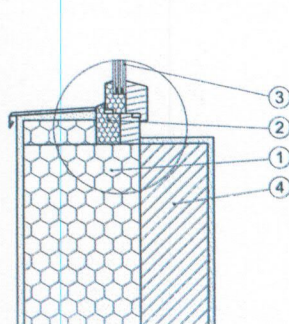


Pravilna vgradnja okna v masivno in lahko leseno steno

- 1 – toplotna izolacija
- 2 – toplotnoizolacijski okvir
- 3 – toplotnoizolacijsko steklo
- 4 – masivna stena

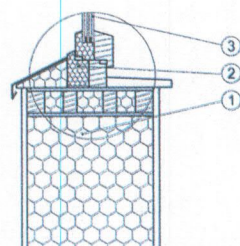
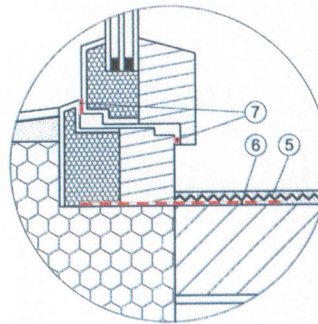
Pri masivnih zgradbah se okna obvezno vgrajujejo v plast toplotne izolacije, tj. pred konstrukcijo zidu, okenski okvir pa se prekrije s toplotno izolacijo. Pri minimalnem prekrivanju okvirja za 40–50 mm je stik brez toplotnega

mostu, $\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$. Pri lahkih lesenih stenah je okvir na sredini stene in na podkonstrukciji iz masivnih lesenih letev (špaleta), med katerimi je toplotna izolacija. Toplotni most je minimalen.



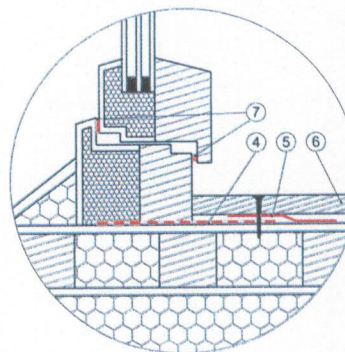
Zrakotesna vgradnja okna v masivno steno

- 1 – toplotna izolacija
- 2 – toplotnoizolacijski okvir
- 3 – toplotnoizolacijsko steklo
- 4 – opečna stena
- 5 – podlaga za omet
- 6 – tesnilni trak
- 7 – okenska tesnila



Zrakotesna vgradnja okna v lahko steno

- 1 – toplotna izolacija
- 2 – toplotnoizolacijski okvir
- 3 – toplotnoizolacijsko steklo
- 4 – tesnilni trak
- 5 – lepilni trak
- 6 – privijačena okenska polica



Zrakotesna vgradnja oken

V pasivnih hiši je zrakotesnost izredno pomembna. Okna morajo imeti zato vsaj dve tesnili, zelo pomembna pa je zrakotesna vgradnja. Zrakotesna ravnina mora biti sklenjena po celotnem obodu zgradbe, zato morajo biti stiki med oknom in stensko konstrukcijo skrbno zalepljeni s posebnimi trakovi.

Okna so zelo pomemben element kvalitetnega toplotnega ovoja v pasivnih hiši. Pri izbiri je nujno potrebno preveriti, če imajo ustrezne certifikate, ki zagotavljajo predpisano kakovost. Na žalost imajo kvalitetna okna precej visoko ceno, zato se investitorji velikokrat odločijo za nekoliko slabša okna z malenkostno nižjo ceno. Tudi po nasvetu prodajalcev, ki nimajo ustreznih kvalifikacij za strokovno presojo, pa jih kljub vsemu prodajajo za najbolj kakovostna. Taka odločitev je največkrat neracionalna in se na dolgi rok gotovo ne izplača. Pri pasivni hiši je najbolj pomembna prav optimalna izbira komponent. Na račun dobrega toplotnega ovoja s kvalitetnimi sestavnimi deli, ki so vgrajeni brez toplotnih mostov in zrakotesno, se lahko odpovemo zmogljivejšemu, drageму in tehnično zahtevnejšemu ogrevalnemu sistemu. In okna so tisti sestavni del ovoja zgradbe, ki pri optimizaciji ne dopušča poenostavitve. G