

PROBLEMATIKA OTVOROVÝCH KONŠTRUKCIÍ A VONKAJŠIEHO TIENENIA V SÚČASNOSTI

Ing. Marek Bartko¹

¹ Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika

Stručná história otvorových konštrukcií

Otvorové konštrukcie siahajú ďaleko do histórie, v podstate do doby kedy si človek začal hľadať strechu nad hlavou v podobe jaskýň alebo staval jednoduché domy a prístrešky. Jediným otvorom v takomto type prístreškov bol vstupný otvor. Postupne s vývojom obydľí pribúdali v nich aj rôzne typy otvorov v stenách a strechách, ktoré plnili určitú funkciu v podobe presvetlenia a vetrania, v niektorých typoch stavieb sa otvory vyskytovali ako spôsob ochrany pred možným nebezpečenstvom. Neustálym vývojom sa otvory približovali a zdokonaľovali do podoby v akej poznáme dnešné okenné konštrukcie. Značný vplyv na vývoj okenných konštrukcií malo niekoľko faktorov a to najmä: materiálová dostupnosť, civilizačné a klimatické prostredie a v neposlednom rade majetkové pomery. Z historických prameňov vieme, že otvory neboli spočiatku vyplnené.

Postupne ich ľudia uzatvárali dostupnými materiálmi ako napríklad opracovanou zvieracou kožou, tkaninou, rákosom, bambusom, perforovanými kamennými doskami, drevenými doskami, či papierom. Tieto výplne im okrem svetla, chladu, tepla, či ochrany proti hmyzu dodávali aj pocit bezpečia. Sklo ako výplň začali prvý používať Rimania, pričom ešte nepoznali techniku na výrobu plochého skla. Pomocou píšťal vyfukovali sklenené gule, ktoré následne stláčali a vytvárali ploché tabule. Toto sklo bolo spočiatku „slepé“, pretože na jednej strane bolo hladké ale na druhej strane drsné [1]. Rám okien tvorilo drevo. Sklo ako architektonický materiál sa výrazne začal používať v gotickom období. Na Slovensku to bolo približne v 14. storočí. Okenné konštrukcie boli v priebehu histórie ovplyvňované jednotlivými architektonickými slohmi. V klasicizme nastáva výrazná premena vzhľadu konštrukcie použitím žalúziových okeníc, ktoré sa neskôr nahrádzali vonkajšími zasklenými krídlami. Z počiatku sa dvojité okná vyrábali ako dve samostatné okenné krídla. Neskôr sa používali tzv. skrinkové okná vytvorené naraz z dvoch krídiel. Vnútorne krídla sa otvárali dovnútra a vonkajšie smerom von. Sklenená výplň sa vkladala do poldrážky priečky okenného krídla a potom sa vytmelila. Zasklenie s použitím tmelu znamenalo veľký prelom najmä odstránením prachnosti a vytvoril sa určitý plastický efekt. V období približne v druhej polovici 19. storočia sú všetky okná už dvojité a otvárajú sa dovnútra. Neskôr vyskúšali dvojité okná, okná zdvojené otvárané dovnútra. Postupne sa zmenil aj spôsob otvárania krídiel. Z pôvodného spôsobu otvárania okolo zvislej osi sa prešlo na otváranie spôsobom výsuvným a vyklápacím. Zasklenie pomocou tmelu a lišty už bolo samozrejmosťou. V tomto období sa ale objavuje používanie väčších sklenených tabúl s pomerne malou hrúbkou [2].

Súčasná okenná konštrukcia

Okenné konštrukcie ovplyvňujú vzhľad fasády, samotný stavebný objekt ako aj interiér najmä svojím tvarom, veľkosťou, členením, polohou, umiestnením na fasáde a v neposlednom rade materiálovým riešením. Výroba okien je úzko ovplyvnená niekoľkými faktormi a to najmä z hľadiska konštrukcie, estetického riešenia a hospodárnosti výrobných zariadení. Z tohto dôvodu je potrebné pre každú stavbu hľadať vhodné riešenie. Popri osvetlení priestorov denným svetlom

je dôležitý aj vplyv denného svetla na psychiku človeka a na pohodu ľudí v obytnom alebo pracovnom prostredí. Taktiež je potrebné vnímať pravidelné striedanie dňa a noci, počasie a v neposlednom rade kontakt s exteriérom.

V dnešnej dobe sa na výrobu okenných konštrukcií používa niekoľko typov materiálov. Ide o drevo, plast, kovy – hliník a oceľ a ich kombinácia. V našej oblasti sa najviac používajú plastové a drevené okná, v menšom rozsahu hliníkové.

Výplň tvorí najčastejšie zasklenie v podobe bežného plochého plaveného skla, či liateho skla, alebo iný priehľadný materiál napr. polykarbonát.

Drevené okenné konštrukcie

Drevo sa radí medzi najstaršie stavebné materiály, ktoré bolo používané aj pri výrobe okenných konštrukcií. Drevo je pomerne ľahko dostupný materiál, ľahko sa s ním pracuje, je šetrný k životnému prostrediu a je to dobrý tepelnoizolačný materiál. Drevo v sfére okenných konštrukcií má hlbokú históriu, čo môžeme pozorovať na dlhodobom vývoji geometrie prierezu okenného profilu až do dnešnej podoby lamelových profilov – tzv. eurohranolov. Dnešné lamelové profily preukazujú vyššie tepelno-technické parametre, primeranú infiltráciu vzduchu, vodotesnosť a zlepšenie akustických vlastností [2].

Eurohranol tvorí niekoľko vrstiev lamiel. Počet lamiel je 3 až 5, ktoré sa navzájom lepia. Pri eurohranoloch by mali byť dodržané tieto požiadavky:

- lepené škáry nesmú byť vystavené priamym poveternostným vplyvom,
- prierezy musia byť symetrické,
- pri spracovaní je potrebné dodržať vlhkosťnú toleranciu pre lepené drevo $12\% \pm 2\%$.

Druh dreva používaný na výrobu lamelových profilov:

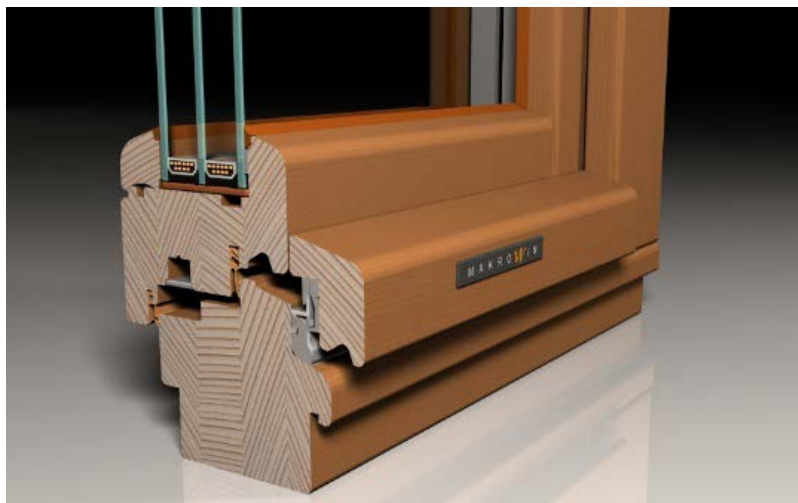
Smrek (najpoužívanější drevina), borovica, dub, mahagón, meranti, tík, oregonská pínia.

Výhody drevených okenných konštrukcií:

- dobré tepelno-technické vlastnosti,
- dobré mechanické vlastnosti,
- dlhodobá životnosť (pri pravidelnej údržbe),
- jednoduchá oprava prípadných porúch povrchu,
- prírodný materiál,
- variabilita vzhľadu konštrukcie a architektonického riešenia,
- vytvára pocitovo príjemnejšie prostredie pre človeka,
- ekologický, plne recyklovateľný materiál.

Nevýhody drevených okenných konštrukcií:

- častejšia údržba (5–10 rokov – podľa intenzity pôsobenia poveternostných vplyvov),
- citlivosť na ultra-fialové spektrum slnečného žiarenia – starnutie laku, postupná degradácia,
- pri zanedbanej údržbe vznik plesní, húb, napadnutie červotočom,
- vyššie obstarávacie náklady v porovnaní s plastovými oknami [4].



Obr. 131: Profil dreveného okna [3]

Plastové okenné konštrukcie

Výroba plastových okien siaha približne do 60-tych rokov 20. storočia, do západnej Európy, kde sa začal používať materiál na báze polymérov (PVC). PVC je typickým termoplastom, čo znamená že pri zvyšujúcej sa teplote mäkne a napokon sa taví. Zo začiatku sa vyrábali profily z mäkkého PVC, ktoré však nespĺňali všetky požiadavky a tak sa začal používať materiál PVC bez zmäkčovadiel. Prvé systémy okenných konštrukcií boli jednokomorové a dvojkomorové, neskôr sa vyvinuli trojkomorové, až sa začali vyrábať dnes používané päť a viac komorové systémy. Plastové okná zastávajú podiel na trhu viac ako 50%, čo spôsobila hlavne dlhá životnosť a takmer žiadna údržba plastových okenných profilov. Plastové okná sa často využívajú aj pri sanácii a obnove historických budov, predovšetkým tam kde sú kladené požiadavky na hospodárnosť, funkčnosť a tepelnú ochranu. A však pri veľkých plochách okenných konštrukcií je nutné dodatočné vystuženie profilov. Homogénne sfarbené profily sa ukazujú ako problematické, preto sa vyrábajú len v niekoľkých základných odtieňoch. Ovplyvňuje to najmä odolnosť voči UV žiareniu, ktorá sa za posledné roky výrazne zlepšila. Farebnosť profilov sa teda dosahuje kaširovaním, buď použitím granulátu alebo úpravou z fólie [2]. Dnešný trend tepelno-technických požiadaviek na stavebné konštrukcie požaduje vysoké nároky na tepelnoizolačné vlastnosti, ktoré je možné dosiahnuť pridaním tepelnej izolácie do jednotlivých komôr plastových profilov.

Výhody plastových okenných konštrukcií:

- výborné tepelno-technické vlastnosti,
- vysoká odolnosť voči poveternostným vplyvom a korózii,
- takmer žiadna údržba,
- veľká škála tvarov a usporiadania rámov,
- vysoká životnosť,
- nižšia hmotnosť,
- ochranná fólia pred zabudovaním,
- nízke obstarávacie náklady na rozdiel od ostatných typov okenných konštrukcií.

Nevýhody plastových okenných konštrukcií:

- menšia statická únosnosť v porovnaní s ostatnými okennými konštrukciami,
- nižšia odolnosť voči UV žiareniu v porovnaní s ostatnými okennými konštrukciami,
- vysoká tesnosť – potreba vetracích štrbín,
- pri nesprávnom používaní, možný vznik plesní [4].



Obr. 132: Profil plastového okna [5]

Hliníkové okenné konštrukcie

Okenné konštrukcie zo zliatin hliníka sú vhodné na použitie do stavieb občianskeho charakteru. Sú vhodné najmä na vyplnenie otvorov s väčšou plochou zasklenia. Profily vlysov sa vyrábajú pretláčaním hliníka cez matricu, čo umožňuje výrobu presných profilov s rôznymi tvarmi prierezov. Z týchto profilov možno vytvoriť okenné konštrukcie rôzneho tvaru (oblúkové, so šikmými hranami,...). Prvotné profily nespĺňali stanovené požiadavky z hľadiska tepelnej ochrany. Dnes vyrábané a používané profily s prerušeným tepelným mostom pozostávajú z dvoch častí, ktoré sú spolu spojené tepelným izolantom. Ten spĺňa tepelnoizolačnú aj statickú funkciu. Pri hliníkových okenných konštrukciách sa na ochranu a estetickú ochranu povrchu používa eloxovanie a farebné povrchové vrstvy [2].

Výhody hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoká odolnosť voči poveternostným vplyvom,
- vysoká statická odolnosť a únosnosť,
- štíhlosť, elegantnosť vzhľadu oproti plastovým a dreveným oknám,
- dlhodobá životnosť,
- nehorľavosť,
- dobré tepelno-technické vlastnosti pri prerušení tepelného mostu,
- vhodné pre veľké plochy zasklenia,
- vhodné pre budovy, kde je nutné navrhnuť bezpečnostné a nepriestrelné konštrukcie,
- v porovnaní s plastovými a drevenými oknami sú ľahšie.

Nevýhody hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoký súčiniteľ tepelnej vodivosti,
- potreba prerušenia tepelného mostu v konštrukcii rámu alebo krídla,
- vysoké obstarávacie náklady [4].



Obr. 133: Profil hliníkového okna [6]

Oceľové okenné konštrukcie

Okenné konštrukcie z ocele sa donedávna používali pre miestnosti druhoradého významu, či priemyselných a skladových objektov. Zapríčiňoval to hlavne fakt, že oceľ má vysoký súčiniteľ tepelnej vodivosti. S postupným rozvojom technológií sa začali vyrábať okenné konštrukcie s prerušeným tepelným mostom, ktoré je možné použiť už aj v bežných stavbách. Prerušenie tepelného mostu zabezpečuje tepelný izolant na základe polyamidu [2].



Obr. 134: Profil ocelového okna [7]

Výhody ocelových okenných konštrukcií:

- vysoká statická odolnosť a únosnosť,
- vhodné pre veľké plochy zasklenia,
- dobré tepelno-technické vlastnosti pri prerušení tepelného mostu.

Nevýhody ocelových okenných konštrukcií:

- vysoký súčiniteľ tepelnej vodivosti,
- nutnosť prerušenia tepelného mostu v konštrukcii rámu alebo krídla,
- nutná dodatočná ochrana profilov voči korózii.

Kombinované okenné konštrukcie

Drevo-hliníkové okenné konštrukcie

Pri kombinovaných okenných konštrukciách na báze dreva a hliníka sa dopĺňajú vlastnosti drevených a hliníkových okien. Nosnú konštrukciu tvorí drevo, ktoré je dobrým tepelným izolantom a z exteriérovej strany je osadený hliníkový profil, ktorý zase zabezpečuje ochranu voči poveternostným vplyvom. Používajú sa najmä na stavbách, ktoré pri vysokých tepelnoizolačných vlastnostiach požadujú bezúdržbový obvodový plášť.

Výhody drevo-hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoká odolnosť voči poveternostným vplyvom,
- dobré mechanické vlastnosti,
- dobré tepelno-technické vlastnosti,
- dlhodobá životnosť (pri pravidelnej údržbe),
- variabilita vzhľadu konštrukcie a architektonického riešenia,
- moderný dizajn,
- vytvára pocitovo príjemnejšie prostredie pre človeka,
- ekologický, plne recyklovateľný materiál.

Nevýhody drevo-hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoké obstarávacie náklady.



Obr. 135: Profil drevo-hliníkového okna [8]

Plast-hliníkové okenné konštrukcie

Pri kombinovaných okenných konštrukciách na báze plastu a hliníka sa dopĺňajú vlastnosti plastových a hliníkových okien. Nosnú konštrukciu tvorí plast, ktorý je dobrým tepelným izolantom a z exteriérovej strany je osadený hliníkový profil, ktorý zlepšuje odolnosť plastových profilov voči UV žiareniu.

Výhody plast-hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoká odolnosť voči poveternostným vplyvom,
- dobré tepelno-technické vlastnosti,
- dlhodobá životnosť (pri pravidelnej údržbe),
- variabilita vzhľadu konštrukcie a architektonického riešenia,
- moderný dizajn.

Nevýhody drevo-hliníkových okenných konštrukcií:

- vysoké obstarávacie náklady.



Obr. 136: Profil plast-hliníkového okna [9]

Zasklenie okenných konštrukcií

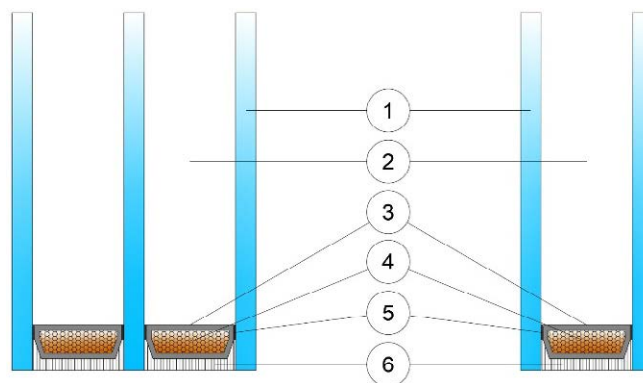
Sklo je veľmi starý stavebný materiál. Prešlo dlhým vývojom až do podoby skiel používaných v súčasnosti. Sklo je základný prvkom transparentných systémov obalových konštrukcií budov. Zasklenie okenných konštrukcií musí okrem základných stavebno fyzikálnych požiadaviek spĺňať aj ďalšie funkcie ako napríklad z hľadiska požiarnej bezpečnosti či ochrany osôb a majetku – bezpečnostné zasklenia. Zasklenie môže tvoriť jednoduchý alebo viacnásobný systém zasklenia [10].

Jednoduchý systém zasklenia

Jednoduchý systém zasklenia tvorí jedna sklenená tabuľa. Tá môže byť z plochého skla (FLOAT), plochého ťahaného skla, liateho skla, bezpečnostného skla, absorpčného či reflexného skla ale aj zo skla so zvýšenou požiarnou odolnosťou a z ohýbaného skla. Z hľadiska tepelnej ochrany sa jednoduchý systém zasklenia neodporúča používať do otvorových konštrukcií budov s trvalým pobytom osôb. A však môže sa použiť v prípade použitia napr. dvojitého okna [2].

Viacnásobný systém zasklenia

Viacnásobný systém zasklenia predstavujú min. dve a viac tabúľ skla (s rovnakými alebo rozdielnymi vlastnosťami) s viac alebo menej dokonale uzatvoreným priestorom medzi tabuľami, ktorý je vyplnený vzduchom alebo vzácnymi plynmi. Šírku medzier medzi tabuľami určuje dištančný profil, ktorý je vyplnený absorpčným materiálom pre kontrolu a reguláciu vlhkosti v uzavretej dutine. Obvodové spojenie tabúľ skla a dištančných profilov je zabezpečené trvalo plastickým tmelom. Vonkajší okraj izolačného skla je po celom obvode utesnený trvalo pružným tmelom, ktorý zabraňuje prenikaniu vlhkosti do dutiny [2].



Obr. 137: Rezy štandardných izolačných skiel s dištančným rámikom (1 – sklo, 2 – priestor medzi sklami (vzduch, vzácny plyn), 3 – dištančný profil, 4 – absorpčný materiál, 5 – trvalo plastický tmel, 6 – trvalo pružný tmel) [2]

Nízkoemisný systém zasklenia

Nízko emisný systém zasklenia tvoria izolačné sklá s tepelnou ochranou. Tento systém vzniká povlakovaním vonkajšieho povrchu (tj. zo strany vzduchovej vrstvy) vnútorného skla. Vzniknutá nízkoemisná vrstva odráža dlhovlnné infračervené žiarenie, čím zabraňuje úniku tepla z priestoru miestnosti. Čo znamená, že znižuje tepelné straty a výrazne znižuje spotrebu energie potrebnej na vykurovanie [10].

Izolačné sklá s protislnečnou ochranou (reflexné a absorpčné)

Použitím izolačného skla s protislnečnou ochranou nastáva zníženie tepelných ziskov zo slnečného žiarenia. Nahradením vonkajšej tabule izolačného skla sklom s reflexnými alebo absorpčnými vlastnosťami sa znižujú nepriaznivé vplyvy nadmerného slnečného žiarenia. Sklá s protislnečnou ochranou môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- systémy zasklenia s protislnečnou ochranou s aplikáciou vonkajšieho skla farebného v hmote s absorpčnou charakteristikou,
- systémy zasklenia s protislnečnou ochranou s aplikáciou číreho vonkajšieho skla farebného v hmote s absorpčnou aj reflexnou charakteristikou.

Vyšší účinok protislnečnej ochrany sa dá dosiahnuť aplikáciou skla aj s absorpčnou aj s reflexnou charakteristikou [2].

Izolačné sklá s tepelnou a protisnečnou ochranou

Selektívne mikrovrstvy na jednej alebo na viacerých stranách sklenených tabúl sú jedným zo spôsobov na dosiahnutie ekonomického systému zasklenia tohto typu. Selektívne mikrovrstvy znižujú účinok slnečnej radiácie na vnútornú klímu, ale aj radiačnú zložku transferu tepla z budov. Systémy zasklenia s tepelnou aj protisnečnou ochranou môžeme koncipovať v troch princípoch:

- s dvoma selektívnymi mikrovrstvami orientovanými do vnútorného prostredia,
- s jednou selektívnou mikrovrstvou situovanou zvyčajne na vnútornom povrchu vonkajšieho skla,
- s jednou selektívnou mikrovrstvou situovanou v ojedinelých prípadoch na vonkajšom povrchu vnútorného skla [2].

Izolačné sklá s ochranou proti hluku

Zvukovoizolačné sklo je charakteristické tým, že má vynikajúce vlastnosti zabráňujúce šíreniu hluku vzduchom z prostredia do prostredia. Používa sa v prípadoch, kde sa očakáva zvýšená hladina hluku, napr. v blízkosti frekventovaných ciest, železníc, letísk a pod. Hodnota indexu vzduchovej nepriezvučnosti závisí od konštrukčného riešenia systému zasklenia. Od vzdialenosti medzi tabuľami skla, od hrúbky skiel a od uzavretého prostredia medzi tabuľami skla.

Bezpečnostné sklá

Izolačné sklá používané pre bezpečnostné systémy sa navrhujú v závislosti od úrovne bezpečnosti a stupňa rizika ohrozenia. Požiadavky na odolnosť systému zasklenia sú veľmi rozdielne a zodpovedá im veľké množstvo bezpečnostných systémov. Úroveň ochrany proti nárazom je daná dvoma faktormi: energetickou hladinou nárazu a maximálnou veľkosťou dotykovej plochy nárazu. Často je používaná kombinácia bezpečnostného systému s poplachovým systémom. Poplachové bezpečnostné systémy zasklení sú koncipované na báze dvoch poplachových zariadení, a to: na báze vizuálne prístupového poplachového drôtu s momentom odstrašujúceho dojmu a na báze vizuálne neprístupného poplachového pavúka s momentom prekvapenia [2].

Požiarné izolačné sklá

Požiadavky požiarnej odolnosti pre požiarné izolačné sklá si vyžadujú, aby systém zasklenia transparentnej konštrukcie budovy, ktorá je súčasťou požiarnej ochrany, bol do určitej miery ohňovzdorný, teda odolával požiaru. Najnovšie požiarné systémy zasklenia využívajú dvojnásobný systém zasklenia, ktorý aplikuje vrstvené požiarné sklá založené na lepení dvoch alebo viacerých sklenených tabúl bezpečnostnými vrstvami [2].

Systémy zasklenia so špeciálnymi zaskleniami

Tepelné zrkadlo (Heat Mirror)

Jedná sa o systém zasklenia, ktorý môžeme označiť aj ako izolačné sklo novej generácie, ktoré bolo pôvodne vyvinuté pre kozmický priemysel a pre extrémne podmienky v kozme. Tepelné zrkadlo tvorí polyesterová fólia pokrytá špeciálnymi vrstvami oxidov kovov v šiestich až dvanástich vrstvách, ktorá selektívne prepúšťa slnečné žiarenie. Najčastejšie sa aplikuje ako stredná vrstva medzi dvoma transparentnými sklami v izolačnom dvojskle. Použitím technológie tepelného zrkadla (heat mirror) vieme dosiahnuť súčiniteľ prechodu tepla od 1,6 až do 0,3 W/(m².K).

Elektrický vykurovací systém zasklenia

V dnešnej modernej architektúre sa čoraz viac využívajú veľké presklené plochy na fasádach budov. Tie však majú tendenciu v lete vytvárať skleníkový efekt a v zime zase spôsobujú rýchlejšie ochladenie priestoru. Vykurovaním, či klimatizačným systémom sa tieto problémy nedajú dostatočne vyriešiť. Preto sa vyvinul nový systém zasklenia IQ Glass. Ide o vyhrievací inteligentný systém z dvoch tepelne tvrdených bezpečnostných skiel. Vnútorná strana skla zo strany interiéru izolačného dvojskla je pokrytá neviditeľným vodivým povlakom, ktorý rovnomerne vyžaruje teplo do vnútorného prostredia. Vonkajšie sklo má na vnútornej strane izolačného dvojskla povlak, ktorý odráža teplo smerom dovnútra a chlad smerom von.

Elektrochromické zasklenie

Jedná sa o zasklenie, v ktorom sa využíva zmena optických a čiastočne tepelnotechnických vlastností zasklenia elektrickou alebo neelektrickou aktiváciou. Zmena optických vlastností môže

nastať ako reakcia na teplotu (termochromické a termotropické materiály), slnečné žiarenie (fotochromické materiály a fotochromické plyny), či elektrické napätie (tekuté kryštály, disperzné častice v priestore medzi sklami a elektrochromické materiály). Optické vlastnosti môžu prechádzať z číreho do sfarbeného stavu a opačne skokom, alebo regulovane tj. postupne. Všeobecne je možné vyvolať zmenu optických vlastností pohltením, odrazením, rozptýlením svetla alebo ich kombináciou [2].

Vákuové zasklenie

Vákuové zasklenie je jednou z technológií, ktorá je v súčasnosti vo vývoji. Vytvorením vákua medzi sklami možno tepelné straty izolačného systému zasklenia redukovať výrazným spôsobom. Na základe teoretických úvah je možné povedať, že hodnoty súčiniteľa prechodu tepla sa pri izolačnom dvojskle môžu pohybovať okolo $0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, dokonca pri izolačnom trojskle s použitím štyroch nízkoemisných vrstiev hodnota U_g pod $0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ [11].

Samočistiace zasklenie

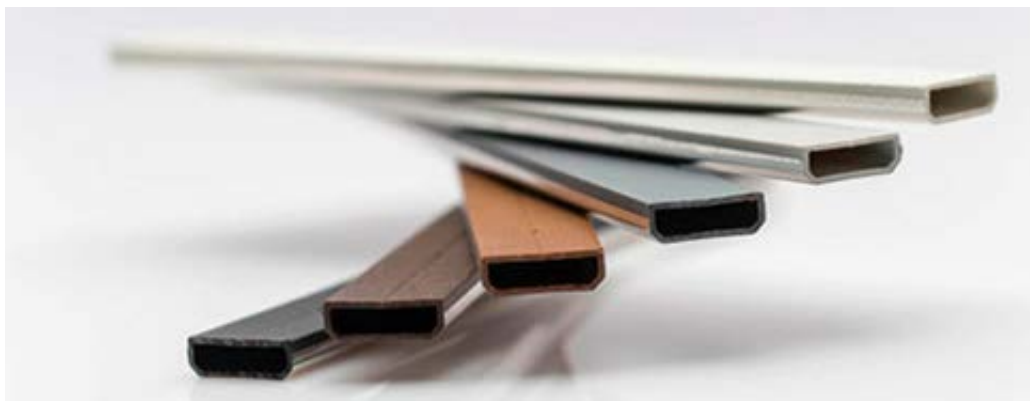
Samočistiace sklo sa skladá z číreho skla, na ktorom je nanesený transparentný povlak fotokatalytického minerálneho a hydrofilného materiálu. Tento povlak sa nanáša postupne počas výroby skla. Povlak využíva dvojité účinky UV lúčov denného svetla a vody na odstránenie nečistôt nahromadených na vonkajšej strane zasklenia. Samočistenie sa prejavuje napríklad počas dažďa, kedy voda zmýva organické nečistoty rozložené pôsobením UV lúčov na zasklenie [12].

Plynová výplň zasklenia

Výplň medzi tabuľami skla v systémoch zasklenia tvorí nejaký plyn alebo vzduch (najhoršie vlastnosti). Použitím vzácnych plynov ako argón (dobré tepelnotechnické vlastnosti), xenón (dobré tepelnoizolačné vlastnosti - príliš vysoká cena), kryptón (dobré tepelnoizolačné vlastnosti - vysoká cena) a podobne sa zlepšujú tepelnoizolačné vlastnosti a zvukovoizolačné vlastnosti okennej konštrukcie. Ich pozitívny vplyv na vzduchovú nepriezvučnosť sa prejaví najmä nad rezonančným kmitočtom. Použitím inertných plynov sa nedosahujú také dobré zvukovoizolačné vlastnosti. Najčastejšie používaným inertným plynom do zvukovoizolačných zasklení bol fluorid sírový (SF_6), ktorý však bol nariadením Európskeho parlamentu a komisie v podobne európskej smernice 842/2006 zakázaný [4].

Dištančné rámičky

Dištančné rámičky určujú šírku medzery medzi tabuľami zasklenia. Vyrábajú sa z rôznych materiálov. Prvé profily sa vyrábali z hliníku, a však ten má vysoký súčiniteľ tepelnej vodivosti a preto dochádzalo k orosovaniu zasklenia po obvode. Dnes sa hliníkové dištančné profily používajú len tam kde nie sú kladené nároky na tepelnú ochranu. Najpoužívanejšie sú dnes termo-plastické rámičky. Plastové dištančné rámičky je možné používať len v prípade keď sú opatrené kovovou fóliou aby nedochádzalo k difúzii plynu do exteriéru. Dištančné rámičky reprezentujú tepelný tok v dôsledku interakcie medzi rámom, zasklením a výplňou zasklenia vo forme lineárneho stratového súčiniteľa Ψ_g . Úlohou dištančných rámičiek je zabrániť úniku vzácneho plynu zo systému zasklenia a zabrániť úniku vodných pár [13].



Obr. 138: Prehľad dištančných rámičiek [14]

Tieniace zariadenia

Základným princípom tienenia je zamedzenie prenikaniu slnečného žiarenia do interiéru budov, čím sa zabráňuje prehrievaniu a oslneniu obyvateľov. Avšak použitie tienenia má vplyv na viacero faktorov a to:

- tepelnú pohodu – zamedzuje úniku tepla v zime a prehrievaniu interiéru v lete,
- svetelnú pohodu – reguluje svetlo v miestnosti, zamedzuje oslneniu,
- zvukovú pohodu – znižuje hluk prenikajúci z exteriéru,
- dobrú kvalitu vzduchu – umožňuje udržanie sviežeho a zdravého ovzdušia (vetranie a tieňenie súčasne) [15].



Obr. 139: Vonkajšie tieniace zariadenia [16]

Vonkajšie tieniace zariadenia

K vonkajším tieniacim zariadeniam radíme všetky tieniace prvky, ktoré sa nachádzajú na vonkajšom povrchu budovy. V osobitných prípadoch majú aj vlastnú nosnú konštrukciu. Najčastejšie sa používajú vonkajšie žalúzie, rolety, markízy, slnolamy, tieňenie tkaninami, okenice, tieniace panely a pergoly [16].

Vonkajšie žalúzie

Vonkajšie žalúzie sú umiestnené z vonkajšej strany budovy a sú tvorené jednotlivými lamelami vzájomne spojenými tzv. rebríkom. Žalúzie sú pri pohybe vedené buď vo vodiacich lištách alebo prostredníctvom vodiacich laniek, čo zabráňuje ich pohybu do nevyžiadaného smeru. Pokiaľ nie sú žalúzie používané je možnosť ich uložiť do boxu nad okenným otvorom. Výhodou žalúzií je možnosť plynulého nastavenia sklonu lamiel, čo umožňuje reguláciu osvetlenia interiéru. Vonkajšie žalúzie môžu byť ovládané kľúčkou, šnúrou alebo motoricky. Okrem hlavnej funkcie ochrany proti slnečnému žiareniu, plnia vonkajšie žalúzie ďalšie funkcie ako: ochrana súkromia obyvateľov, zníženie hluku, zníženie tepelných strát a tiež sú výrazným architektonickým prvkom [15].



Obr. 140: Vonkajšia žalúzia [17]

Vonkajšie rolety

Vonkajšie rolety sú taktiež umiestnené z vonkajšej strany budovy. Sú charakterizované závesom z profilovaných lamiel, ktoré sa pohybujú v postranných vodiacich lištách a na hornej strane sa navíjajú do boxu. Slnečné žiarenie sa dá regulovať postupným dvíhaním a spúšťaním roliet. Vonkajšie rolety sa môžu ovládať pomocou popruhov, šnúry, kľúčky alebo motoricky. Samotná roleta plní okrem hlavnej funkcie ochrany proti slnečnému žiareniu, aj ďalšie funkcie ako: zvuková izolácia, tepelná izolácia, ochrana súkromia obyvateľov, výrazný architektonický prvok, ochrana proti hmyzu a v prípade bezpečnostných roliet aj zabezpečenie objektu [15, 16].



Obr. 141: Vonkajšia roleta [18]

Markízy

Markízy slúžia k tieneniu balkónov, terás, záhradných posedí, zimných záhrad, či obchodných výkladov. Vďaka svojej konštrukcii a použitému materiálu predstavujú výrazný dizajnový prvok. Veľká časť markíz je riadená motorom a je napojená na slnečné, veterné a časové senzory [15].



Obr. 142: Vonkajšia markíza [19]

Slnolamy

Slnolamy sú pomerne nové tieniace zariadenia, ktoré sa v našej oblasti najviac používajú pri administratívnych budovách, či obytných domoch aj keď pomaly sa stále viac používajú aj pri rodinných domoch. Slnolamy svojou konštrukciou výrazne dotvárajú architektonický tvar budovy. Primárnym cieľom slnolamov je redukovať prienik priameho slnečného žiarenia do interiéru a zabrániť nadmernému prehrievaniu. Nebránia však nepriamemu slnečnému žiareniu, teda do interiéru preniká dostatok denného svetla. Sú veľmi odolné voči poveternostným vplyvom (slnko, dážď, vietor, mráz, sneh) [15].



Obr. 143: Slnolam [20]

Látkové fasádne tienenie

Látkové fasádne tienenie predstavuje alternatívu k vonkajším žalúziám alebo roletám. Zachytáva slnečné žiarenie pred budovou a zabráňuje tak prehrievaniu interiéru. Dostupné je veľké množstvo technických variantov. Napríklad tyč s navinutou látkou môže byť uložená v hornej kazete alebo boxe, látka môže byť po stranách fixovaná vo vodiacich lištách. Niektoré typy zase môžu obsahovať výklopnú konštrukciu podobnú markízam. Fasádne látkové tienenie môže byť riadené motorom a napojené na slnečné, veterné, či časové senzory. Okrem základnej funkcie ochrany voči slnečnému žiareniu, je výrazným doplnkom na fasáde najmä vďaka farebným variáciám. Výhodou týchto zariadení je možná voľba intenzity prechodu svetla do interiéru [15].



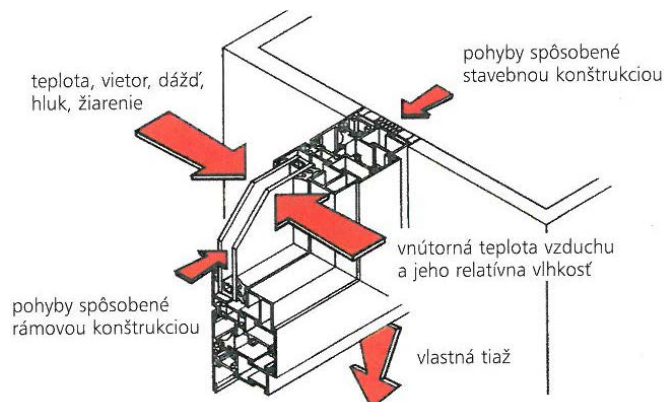
Obr. 144: Látkové exteriérové tienenie [21]

Detail osadenia okien

Funkčnosť a životnosť okenných konštrukcií úzko súvisí so správnym zabudovaním do vopred pripraveného stavebného otvoru. Pri nesprávnom zabudovaní nastáva riziko vzniku rôznych porúch. Po osadení okna do stavebného otvoru sledujeme pôsobenie rôznych vplyvov na detail osadenia.

Na správne riešenie detailu osadenia okien nadväzujú aj súčasné nároky na funkciu detailu, ktorými sú:

- univerzálnosť, teda možnosť osadzovania okna do rozličných konštrukčných sústav budov, aj v procese rekonštrukcie, či modernizácie,
- možnosť osadzovania okna po vyhotovení omietok obvodových stien budov,
- možnosť osadzovania okna z interiéru budovy, teda nie je potrebné exteriérové lešenie,
- jednoduchá montáž, nízka stavenisková prácnosť spojená s osadením okna na stavbe, jednoduchá demontáž pri výmene okna,
- možnosť vyrovnávať výrobné tolerancie hrubej stavby,
- schopnosť preniesť požiadavky na mechanické vlastnosti okna do obvodovej steny,
- fyzikálna celistvosť obvodovej steny v detaile osadenia [22].



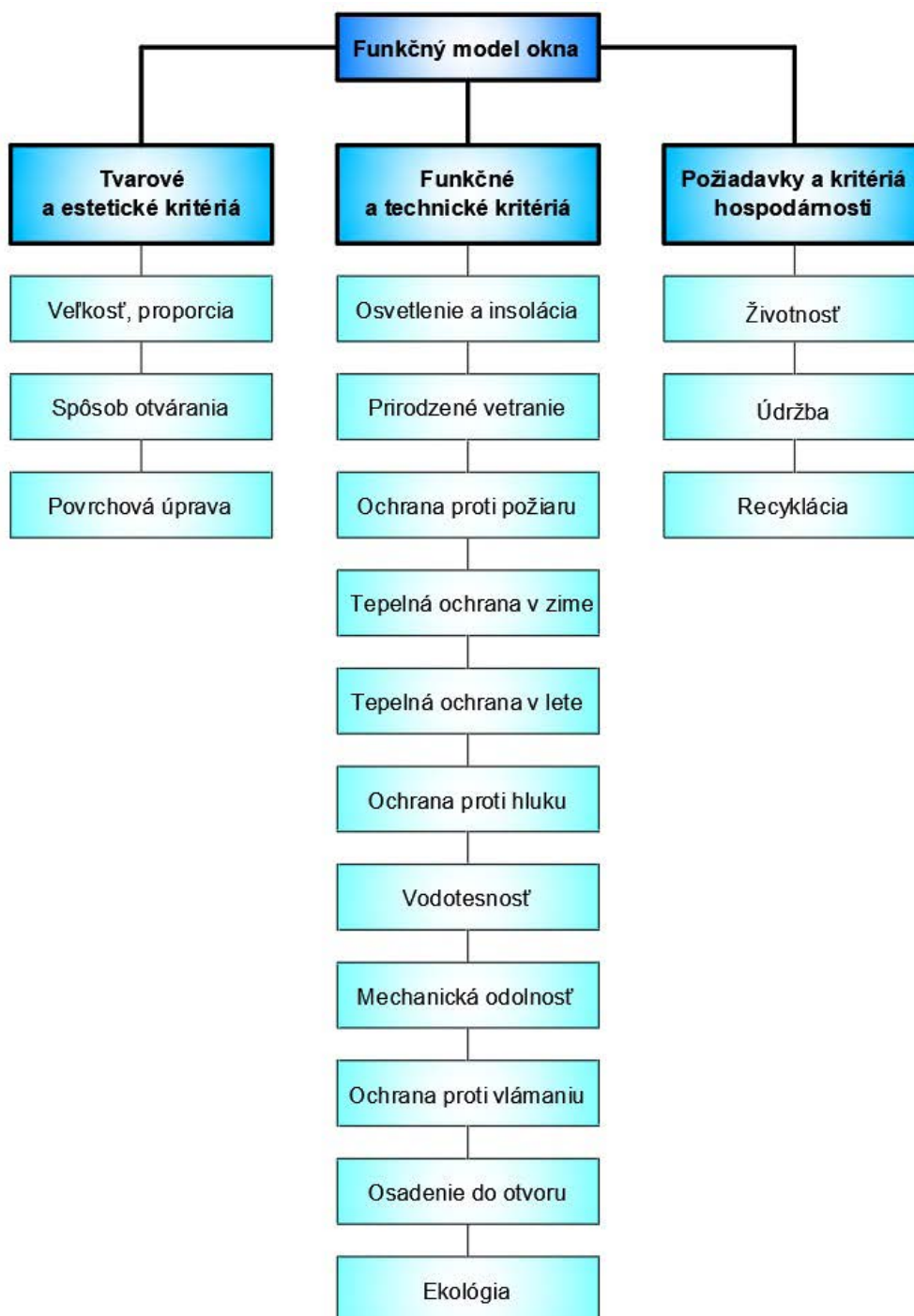
Obr. 145: Detail osadenia okna [22]

Funkčné požiadavky na otvorové konštrukcie

Požiadavky kladené na okno ako súčasť obalovej konštrukcie budovy vo forme požiadaviek a kritérií uvádza funkčný model okna.

Funkčný model musí spĺňať tieto kritériá:

- tvarové a estetické,
- funkčné a technické,
- požiadavky a kritériá hospodárnosti [2].



Obr. 146: Funkčný model okna [2]

Tepelno-technické vlastnosti otvorových konštrukcií

Okenné konštrukcie predstavujú z hľadiska tepelnej techniky nehomogénne konštrukcie v dôsledku rozdielnych tepelno-technických vlastností rámovej konštrukcie a zasklenia. Z tepelno-technického hľadiska sú pri okenných konštrukciách rozhodujúce dve veličiny a to: vnútorná povrchová teplota okennej konštrukcie (hygienické kritérium) a súčiniteľ prechodu tepla (kritérium minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebnej konštrukcie).

Vnútorná povrchová teplota okennej konštrukcie (Hygienické kritérium) – STN 730540-2 [23]
Najnižšia vnútorná povrchová teplota výplní otvorov

$$\theta_{si,w} > \theta_{si,w,N} = \theta_{dp}.$$

Pre normalizované podmienky vnútorného vzduchu $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ a $\varphi_i = 50\%$ je teplota rosného bodu $\theta_{dp} = 9,26^\circ\text{C}$

Najnižšia vnútorná povrchová teplota stavebnej konštrukcie vrátane ostení a nadpraží

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} = \theta_{si,80} + \Delta\theta_{si}.$$

Pre normalizované podmienky vnútorného vzduchu podľa STN 73 0540-3 pri teplote vnútorného vzduchu $\theta_{ai} = 20^\circ\text{C}$ a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu $\varphi_{si} = 50\%$ je $\theta_{si,80} = 12,6^\circ\text{C}$

Súčiniteľ prechodu tepla otvorových konštrukcií (kritérium minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebných konštrukcií) – STN 730540-2 [23]

Vonkajšie okná a dvere bytových a nebytových budov musia mať súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie:

$$U_W \leq U_{W,N}.$$

Konštrukcia / komponent	Súčiniteľ prechodu tepla [W/(m².K)]		
	Odporúčaná hodnota $U_{W,r1}$ normalizovaná (požadovaná) od 1. 1. 2016	Cieľová hodnota od 1.1. 2021	
		$U_{W,r2}$ normalizovaná (požadovaná)	$U_{W,r3}$ odporúčaná
Okná, dvere v obvodovej stene	1,00	0,85	0,65
Okná v šikmej strešnej konštrukcii	1,40	1,20	1,00
Dvere do ostatných priestorov			
– bez zádveria	2,50	≤ 2,00	
– so zádverím	3,00	≤ 2,00	

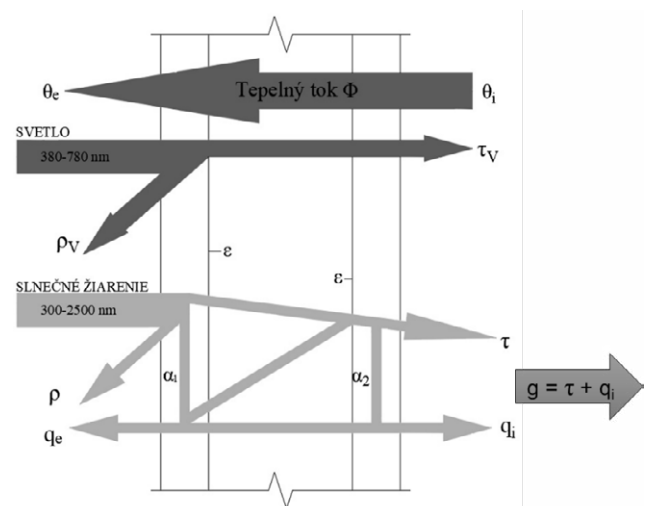
Tab. 18: Prehľad normových požiadaviek na súčiniteľ prechodu tepla

Svetelné a solárne vlastnosti otvorových konštrukcií

Solárne vlastnosti zasklenia sú charakterizované pohltivosťou žiarenia α , odrazivosťou žiarenia ρ a priepustnosťou žiarenia τ .

Celková priepustnosť slnečnej energie g je výsledkom pôsobenia dvoch tokov:

- toku spôsobeného priamym prechodom cez zasklenie τ ,
- sekundárne vyžiareného toku do interiéru q_i , ktorý odovzdá zasklenie v dôsledku svojho zohriatia [13].



Obr. 147: Distribúcia tokov a žiarenia cez zasklenie [13]

Výskum otvorových konštrukcií na KPSU SvF UNIZA

V roku 2011 bolo vybudované pavilónové laboratórium na katedre pozemného staviteľstva a urbanizmu, ktoré v súčasnosti pozostáva z troch miestností so zameraním na obvodové plášte pre budovy s takmer nulovou potrebou energie. V laboratóriu boli zabudované tri okenné konštrukcie, konkrétne: plastové, plastové s termomodulmi a drevené okno. Všetky okná boli zasklené izolačným trojsklom s plynovou výplňou. Okná už v dobe inštalácie spĺňali kritériá pre domy s takmer nulovou potrebou energie. Okenná stena v ktorej sú zabudované okná je orientovaná na juh s miernym natočením na západ (cca 15°). Vnútornú klímu laboratória zabezpečuje klimatizačná jednotka, ktorá udržiava teplotu vzduchu na 20°C a vlhkosť vzduchu na 50%, teda podľa štandardných

okrajových podmienok určených normou STN 730540:2019. Z exteriérovej strany pôsobia na okná reálne klimatické podmienky, ktoré sú zaznamenávané experimentálnou meteorologickou stanicou umiestnenou na streche budovy laboratória. Od spustenia laboratória boli zaznamenávané, okrem teplôt vzduchu aj povrchové teploty z exteriérovej a interiérovej strany 36 termočlánkami v 5 minútovom časovom kroku. Monitorované miesta boli na ráme, krídle a zasklení. V roku 2015 boli doplnené meracie zariadenia vo forme teplovodivých platničiek na meranie hustoty tepelného toku. V roku 2017 bolo doplnených ďalších 21 termočlánkov.

V roku 2020 prešiel obvodový plášť laboratória rekonštrukciou, v rámci ktorej bolo vybudované zateplenie z minerálnej vlny v hrúbke 160 mm a plastové okno bolo nahradené hliníkovým oknom. Plastové okno bolo neskôr použité na meranie v klimatickej komore. Po rekonštrukcii obvodového plášťa, boli nanovo nainštalované termočlánky v počte 60. Na každé okno sa osadilo 20 termočlánkov, desať zo strany interiéru desať zo strany exteriéru. Ďalej boli osadené teplovodivé platničky na meranie hustoty tepelného toku do stredu zasklenia každého okna. Monitorované miesta ostali pôvodné, rám, krídlo a zasklenie. Interval záznamu sa zmenil na jednu minútu.

V roku 2022 bolo v rámci laboratória dobudované tienenie vo forme exteriérových žalúzií. Z hľadiska meraní boli doinštalované pyranometre za meranie intenzity slnečného žiarenia, pred každé okno z interiérovej strany. Intenzitu slnečného žiarenia zo strany exteriéru zachytáva pyranometer, ktorý je súčasťou mobilnej meteorologickej stanice osadenej na fasáde laboratória.



Obr. 148: Pavilónové laboratórium – 2011



Obr. 149: Pavilónové laboratórium – 2020



Obr. 150: Pavilónové laboratórium – 2022

Ďalej bol osadený jeden luxmeter na meranie intenzity osvetlenia zo strany interiéru a druhý luxmeter zo strany exteriéru. Interval záznamu údajov z týchto zariadení je jedna minúta.

Meranie plastového okna, ktoré bolo odstránené z pavilónového laboratória

Hodnoty súčiniteľa prechodu tepla zasklením vypočítané na základe nameraných tepelných tokov v pavilónovom laboratóriu a v klimatickej komore preukazujú podobné hodnoty, avšak výrazne sa líšia od hodnôt udávaných výrobcu. Súčiniteľ prechodu tepla zasklením ukazuje rozdiel v porovnaní s hodnotami od výrobcu cca 90%. Hodnoty celkovej priepustnosti slnečnej energie v porovnaní s hodnotou od výrobcu sú dosť podobné. Hodnoty namerané v pavilónovom laboratóriu v porovnaní s hodnotou od výrobcu ukazujú zhoršenie len o cca 5,5%. Pri hodnotách nameraných v klimatickej komore nastáva zhoršenie približne o 14%. Na základe týchto zistení môžeme povedať, že tepelno-technické vlastnosti plastového okna po 10-ročnej eksploatacii vykazujú zhoršenie. Toto zhoršenie parametrov ovplyvňuje: možný únik výplňového plynu zo systému zasklenia, nestacionárny stav, najmä z exteriérovej strany (slnečné žiarenie, vietor, dážď) a taktiež prúdenie vzduchu v blízkosti konštrukcie.

Súčiniteľ prechodu tepla [W/(m ² .K)]	Uvedené výrobcom	Zasklenie pavilón	Zasklenie klim. komora s hotboxom	Zasklenie klim. komora bez hotboxu
U_g	0,5	0,92	0,94	0,96

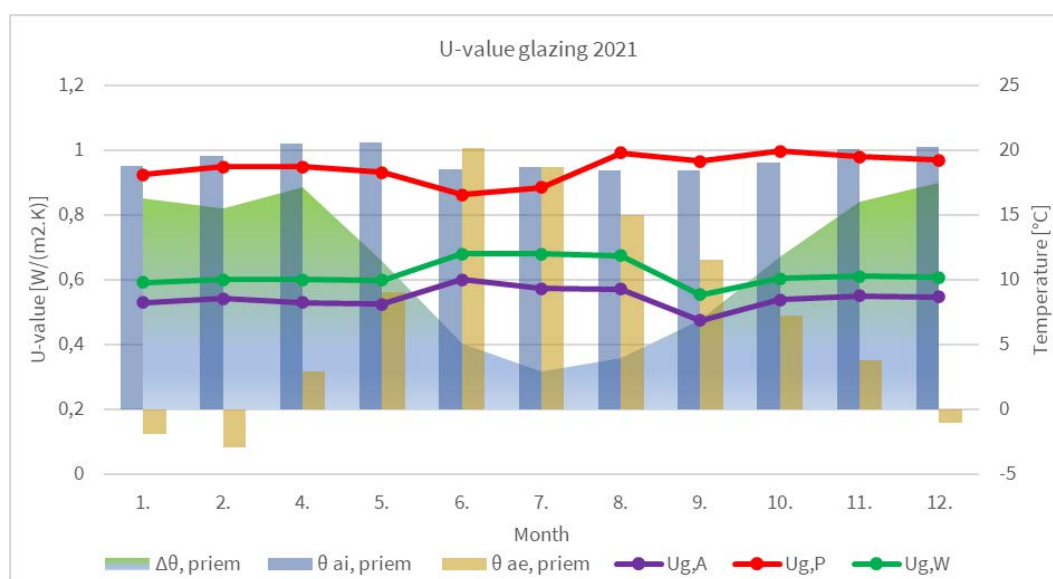
Tab. 19: Porovnanie súčiniteľa prechodu tepla zasklením z nameraných údajov

Priemerný súčiniteľ prechodu tepla zasklením za rok 2021 a 2022

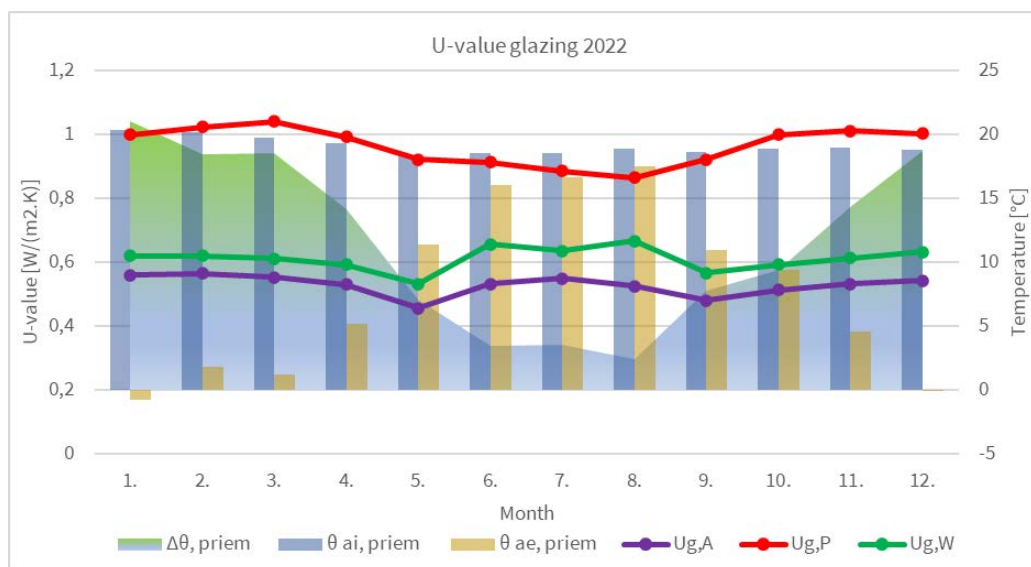
	$U_{g,priem}$ [W/(m ² .K)] 2021	$U_{g,priem}$ [W/(m ² .K)] 2022
Hliníkové okno	0,5449	0,5257
Plastové okno	0,9467	0,9606
Drevené okno	0,6193	0,6087

Tab. 20: Priemerný súčiniteľ prechodu tepla zasklením nameraný v roku 2021 a 2022

Keď sa pozrieme na celoročný priebeh U-value zasklenia vidíme, že v zimných a jesenných mesiacoch majú podobný, resp. zhodný priebeh. V letom období, kedy sú okná vystavované nadmerným teplotám a slnečnému žiareniu, namerané hodnoty kolíšu a sú nestabilné.



Obr. 151: Súčiniteľ prechodu tepla zasklením – 2021



Obr. 152: Súčiniteľ prechodu tepla zasklením – 2022

Intenzita slnečného žiarenia

Z výsledkov zobrazených v tabuľkách vieme povedať, že pri lamelách žalúzií, ktoré boli v horizontálnej polohe došlo k zníženiu solárnych ziskov o 70%. Pri lamelách žalúzií v polohe naklonenej o 45° došlo k zníženiu o 77% a pri vertikálnej polohe lamiel žalúzií došlo k zníženiu solárnych ziskov až o 99%.

Poloha žalúzií	Priemerná vnútorná povrchová teplota T_{si} [°C] (stred zasklenia)	Priemerná celková priepustnosť slnečnej energie g [-]	U_g [W/(m².K)]
Unshaded window	24	0,36	0,55

Tab. 21: Prehľad nameraných údajov pri netienenom okne

Poloha žalúzií	Priemerná vnútorná povrchová teplota T_{si} [°C] (stred zasklenia)	Priemerná celková priepustnosť slnečnej energie g [-]	Faktor tienenia F_c [-]	U_g [W/(m².K)]
Horizontal	20,20	0,11	0,30	0,58
45°	23,10	0,08	0,23	0,57
Vertical	20,20	0,01	0,01	0,54

Tab. 22: Prehľad nameraných údajov pri tienenom okne

Použitá literatúra

- [1] SOME WINDOW HISTORY. *Bella Vista Windows & Doors* [online]. Dostupné na: <https://www.bellavistawindowsanddoors.com/blog/some-window-history>
- [2] PUŠKÁR, A.; SZOMOLÁNYIOVÁ, K.; FUČILA, J.; VAVROVIČ, B. 2008. *Okná, zasklené steny, dvere, brány*. Bratislava : JAGA GROUP, s.r.o.
- [3] Profil dreveného okna. 2023. *MAKROWIN* [online]. Detva: MAKROWIN Dostupné na: <https://makrowin.sk/produkty/drevene-okna/> [cit. 2023-03-06].
- [4] PETRYL, Z.; ŠUBRT, R. 2012. *Moderní okna*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- [5] Profil plastového okna. 2023. *Vekra* [online]. Lázně Toušeň: Vekra. Dostupné na: <https://www.vekra.cz/produkt/vekra-premium-evo/> [cit. 2023-03-06].
- [6] Profil hliníkového okna. 2023. *Slovaktual* [online]. Pravenec: Slovaktual. Dostupné na: <https://www.slovaktual.sk/produkty/hlinikove-okna/w-77hi/> [cit. 2023-03-06].

- [7] Profil oceľového okna. 2023. *Marpol* [online]. Sered': Marpol. Dostupné na: <https://marpol.info/sk/vchodove-brany/vchodove-brany-do-bytovych-domov/kovove-brany/systemy-economy/> [cit. 2023-03-06].
- [8] Profil drevo-hliníkového okna. 2023. *MAKROWIN* [online]. Detva: MAKROWIN. Dostupné na: https://makrowin.sk/en/products/wood-aluminium-windows/makrowin-retro/04_retro-fix-2/ [cit. 2023-03-06].
- [9] Profil plast-hliníkového okna. 2023. *Slovaktual* [online]. Pravenec: Slovaktual. Dostupné na: <https://www.slovaktual.sk/produkty/plastove-okna/optim/> [cit. 2023-03-06].
- [10] BIELEK, B. 1999. *Sklo a sklenené systémy transparentných konštrukcií budov, ich základná klasifikácia a miesto v modernej architektúre na prahu tretieho tisícročia. Zborník prednášok z medzinárodného sympózia*. Bratislava : Vyd. STU.
- [11] SACK, N. 1999. *Fenster der zukunft wird Teil der Haustechnik sein. Bauelemente BAU: Marketingmagazin fur Bauausstatter*. Stuttgart: s.n.
- [12] SAINT-GOBAIN GLASS: MEMENTO. 2005. *Príručka o sklách a klených systémoch*.
- [13] CHMÚRNY, I.; TOMAŠOVIČ, P.; HRAŠKA, J. 2013. *Fyzika vnútorného prostredia*. Bratislava: Vyd. STU.
- [14] Prehľad dištančných rámkov. 2023. *Amokna* [online]. Gorzów Wielkopolski: Amokna. Dostupné na: <https://www.amokna.net/tips/warm-frame-what-it-and-what-it-used> [cit. 2023-03-06].
- [15] LUBINOVÁ, Š. a kol. 2013. *Stínení oken*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- [16] HRAŠKA, J. 2020. *Tieniaca technika budov. Typológia, navrhovanie a hodnotenie*. Bratislava: SPEKTRUM STU.
- [17] Vonkajšia žalúzia. 2023. *Netokna* [online]. Nitra-Mlynárce: Netokna. Dostupné na: <https://www.netokna.sk/produkty/vonkajsie-zaluzie/> [cit. 2023-03-06].
- [18] Vonkajšia roleta. 2023. *SUŠA* [online]. Skalica. Dostupné na: <https://susa-okna.sk/2023/01/30/vonkajsie-hlinikove-rolety/> [cit. 2023-03-06].
- [19] Vonkajšia markíza. 2023. *Visor* [online]. Bratislava: Visor. Dostupné na: <https://visor.sk/markizy/> [cit. 2023-03-06].
- [20] Slnolam. 2023. *HORIZONT-žalúzie* [online]. Košice: HORIZONT-žalúzie. Dostupné na: <https://horizont-zaluzie.sk/en/node/323> [cit. 2023-03-06].
- [21] Látkové exteriérové tienenie. 2023. *Sun System SR* [online]. Skalica: Sun System SR. Dostupné na: <https://www.sunsystem.sk/clony/detail/najpredavanesie-screenove-rolety-zipscreen/> [cit. 2023-03-06].
- [22] PUŠKÁR, A.; ŽÚDEL, R.; SNOPOKO, P. 2007. *Smernica pre montáž okien*. Bratislava: s.n.
- [23] STN EN 73 0540-2+Z1+Z2. 2019. *Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie*. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR.

Kontakty

Ing. Marek Bartko: marek.bartko@uniza.sk