

Jak zlepšit okna a nejen ta

Jan Hollan

listopad 2000

Obsah

1	Těsnění	1
1.1	Komíny	2
1.2	Odtah nad vaříčem	2
1.3	Zatmelení spár	2
1.4	Škvíra pod dveřmi	2
1.5	Páska z pěnového polyetylénu	2
1.6	Těsní se nejteplejší spára	3
1.7	Jak postupovat	3
1.8	Oprava západek	3
1.9	Nejtrvanlivější řešení: drážky a duté profily	3
1.10	Nouzové těsnění tmelem	3
1.11	Kovotěs na vnějších rámech?	4
2	Není utěsnění příliš dokonalé?	4
2.1	Čichový vjem	4
2.2	Vlhkoměr	5
2.3	Vhodná vlhkost vzduchu	5
2.4	Stálé větrání	5
2.5	Kdy nevětrat	7
2.6	Byt jako jeden vzduchový prostor	7
2.7	Spíží apod.	7
3	Druhá, třetí, čtvrtá . . . vrstva v oknech	7
3.1	Tok energie oknem ven	8
3.2	Průhledná polyesterová fólie	8
3.3	Dvě dírky ven	8
3.4	Lepení fólie	9
3.5	Fólie do šroubovaného rámu se dvěma skly	9
3.6	Fólie budoucnosti	9

3.7	Není sklo lepší?	10
3.8	Skla odrážející dlouhovlnné záření	10
3.9	Superokna	10
4	Neprůhledné vrstvy	11
4.1	Okenice	11
4.2	Žaluzie s hliníkovým povrchem	11
4.3	Pokovené rolety	11
4.4	Kvalitní střešní okna	12

Úvod

Okna jsou velmi důležitou částí budov. Poskytují nám denní světlo a výhled ven. Světlo zvenku, hlavně když je ho hodně, nás (spolu s krátkovlnným infračerveným zářením) i hřeje a okna tak představují jediné topení, které je zadarmo. A konečně okny větráme, nebo dokonce jejich otevřením dokořán propojujeme vnitřek budovy s exteriérem.

Okna ale obvykle přinášejí i nevýhody, pokud je venku chladněji než patnáct stupňů. Plochou běžných oken uniká velmi mnoho energie z teplé budovy ven a kolem špatných oken proudí dovnitř či ven mnoho vzduchu, tím víc, čím je venku větší mráz. Bez vhodných doplňků můžou přinášet okna, opírá-li se do nich slunce, problém i v horkém období: uvnitř může být jejich vinou ještě větší vedro než venku.

Nevýhody oken lze naštěstí i jednoduchými a levnými prostředky výrazně omezit. Z nich nejznámější, nejsnazší a nevýznamnější je jejich utěsnění. Málo známé je zlepšování oken přidáním levné další čiré vrstvy a podobně málo známé je i použití pokovených fólií jakožto rolet, o kterém budeme mluvit na konci.

1 Těsnění

Utěsnění budovy ohromně přispěje ke zlepšení vnitřního prostředí hlavně v mrazivém období. U extrémně netěsných oken odpadne proud studeného vzduchu od okna k podlaze a dál a teploty v různých částech budovy se vyrovnají — stane se tak příjemně obyvatelná v téže ploše, jako na začátku podzimu. Ale i tehdy, když jste netěsnost dosud nepocítovali, se utěsněním pobyt uvnitřlepší: vyloučíte jím období suchého vzduchu, který je nepříjemný a nezdravý. Za suchý vzduch v nejchladnějších měsících mohou totiž právě škvíry kolem oken a dveří, případně ještě větší škvíry v konstrukci domu a ovšem komíny bez možnosti uzavírání.

1.1 Komíny

jsou první na řadě, pokud nejsou používány bez přestání po celé topné období. Pokud se ale komín občas používá, třeba jen čtvrt hodiny denně pro plynový ohřívač, je nezbytné aby poloha *klapky* či *přepážky*, kterou je obvykle uzavřen, byla nápadně

patrná. Ještě lepší je, když ohřívač nejde se zavřenou přepážkou vůbec spustit. Instalovat přepážku je jednodušší než vyrábět klapku — stačí naříznout plechovou rouru komína do poloviny obvodu a zasunout do něj plechový pruh s koncem zastříhnutým do půlkruhu. Pokud klapku kupujete, zkontrolujte, jestli je po uzavření dost těsná. Lehounká netěsnost je vhodná jen pro stálý plamínek plynového ohřívače, pokud jej užíváte (plamínek má příkon asi sto wattů a spotřebuje až sto kubických metrů plynu za rok, zavřená klapka by měla propustit nejvýše tři sta litrů vzduchu za hodinu).

1.2 Odtah nad vaříčem

v kuchyni je na tom podobně. I on by měl být uzavíratelný přepážkou či klapkou. Jeho uzavření by mělo být nápadně patrné, hlavně používáte-li plynovou troubu – je-li naopak používán, měl by být vybaven indikací, kolik vzduchu jím odchází, viz odstavec 2.4 „Stálé větrání“.

1.3 Zatmělení spár

Stálé škvíry jsou na řadě hned poté — často bývají mezi zdí a futry (čili zárubněmi) oken či dveří, mohou být nad zídkami pod snižujícím se stropem obytného podkroví a u lehkých nezděných budov i všude možné jinde. Všechny se utěsní zevnitř akrylátovým tmelem (kromě tuby si musíte koupit i vytlačovací „pistoli“).

1.4 Škvíra pod dveřmi

Pohyblivé části budovy se už neutěsní tak rychle. Začít je vhodné dveřmi do chladných prostor. Podstatné je opravit případně jejich *práh*, aby doléhal ke dveřím těsně. Pokud jsou dveře bez prahu, je utěsnění obtížné: někdy stačí na jejich spodní okraj připevnit jen pružný pruh plastu či například „Jekoru“, jindy je potřeba speciální výsuvná lišta. Používají se i husté kartáče, ty ale ve skutečnosti netěsní, jen zpomalují proud vzduchu.

1.5 Páska z pěnového polyetylénu

Boky a a vrch dveří se těsní podobně jako okna. Nejsnáze tak, že všude, kde ke svému rámu přiléhají s větší než črtmilimetrovou mezerou, nalepíme na rám proužek pěnového polyetylénu. Samolepicí proužky se prodávají v tloušťce 3 mm a stlačí se až na dvě desetiny milimetru. Nejprve kladou odpor, ale po dvaceti hodinách už zůstávají slehnuté do potřebné tenčí vrstvy a pruží jen zlehka. Tam, kde ani po týdnu není na proužku stlačení pod původní tloušťku patrné, může být vhodné přidat ještě jednu vrstvu. (Pokud je škvíra zřetelně tlustší než tři milimetry, můžeme rovnou užít proužku s tloušťkou 5 mm.)

Pružné těsnění z pěnového polyetylénu stojí pět až šest korun za metr délky a prodává se v bílé či šedé variantě. U nás se vyrábí v Technoplastu v Chropyni a prodává se kromě firemních prodejen i v některých „domácích potřebách“.

1.6 Těsní se nejteplejší spára

Zárubně mohou mít několik ploch, ke kterým dveře či rámy oken doléhají. Na kterou z nich těsnění patří? Na tu, která je *co nejdříve vevnitř*. Pokud by se totiž v zimě vzduch z místnosti, obsahující hodně páry, dostal až skoro ven, kondenzovala by tam voda a konstrukce okna by trpěla. Na vnější straně tlustého rámu má být leda ochrana proti vodě z deště či tajícího ledu, průběžné dokonalé těsnění ale ne (nebo musí být doplněno větracími otvory).

1.7 Jak postupovat

U oken, která mají dvě křídla, nezapomeňte na utěsnění škvíry mezi jedním a druhým křídlem. Problematické je utěsnění přechodu mezi stykem křídel a zárubní, ale drobná netěsnost nahoře či dole se dá prominout — je to konečně jen bod a ne dlouhá spára s velkým úhrnným průřezem. Pokud jsou škvíry, které chceme pěnovým polyetylémem utěsnit, z větší části jen kolem jednoho milimetru tlusté, je vhodné netěsnit celé okno (či dveře) najednou, ale postupně, každý den či týden další úsek, abychom se vyhnuli tomu, že celé těsnění těžko stlačíme (nebo je nestlačí řekněme dítě, které dveřmi za chvíli projde). Je lépe *načít raději více oken* či místností než utěsnit vždy celé okno naráz.

1.8 Oprava západek

Často bývá potřeba po instalování těsnění opravit i zavírací mechanismus okna, aby správně zapadl a pak okno přitlačil. U neutěsněných oken mohl i „viklavý“ systém nějak fungovat, ale pak už přestane stačit pro pohodlné zavírání.

1.9 Nejtrvanlivější řešení: drážky a duté profily

Pěnový polyetylén není jediným možným těsnícím prostředkem.

1.10 Nouzové těsnění tmelem

Rozhodně ale nečekejte až do jara, než se k náradí dostanete. To raději sáhněte po třetím možném těsnícím prostředku. Tím je opět tmel, akrylátový či silikonový. Případá vám divné, jak by se dalo *okno utěsnit tmelem*, aniž by se tím přilepilo? Není to vůbec těžké. Tmel v dostatečné vrstvě (podle toho, jak tlusté jsou těsněné spáry) naneste na očištěnou zárubeň a všechny plochy rámu, které s ním mohou přijít do styku, natřete pomocí štětce jedlým olejem. Pak rám s důvěrou přitlačte. Další den bude už tmel dostatečně ztuhlý, abyste mohli dveře či okno otevřít, přetečené okraje tmelu odříznout ostrým nožem a olej otřít. Nevýhoda tmelu je, že pokud při tuhnutí zmenší svůj objem, netěsní pak už dokonale. Je to ale pořád mnohem lepší než nechat škvíry zcela otevřené.

Tmel může být rychlou alternativou i u oken ve výšce, která se nikdy neotvírají. Ty lze tenkým proužkem tmelu utěsnit v zavřeném stavu, a když je někdo jednou za pár let otevřít přece jen bude chtít, snadno tmel odřízne nožem. Tmel se hodí i u ventilačních okének, které se jen pootevírají nějakou soustavou pák, pokud se na jejich rámy dostaneme alespoň štětečkem, abychom je naolejovali a zajistili tak, aby se ke tmelu nepřichytily.

1.11 Kovotěs na vnějších rámech?

Klasická okna, která mají vnitřní a vnější rámy, často těsněním opatřena jsou, obvykle ale jen na vnějších rámech — jsou to ony tenké plechy zvané též kovotěs. Těsnění ale patří hlavně na rám vnitřní (viz výše) a ono vnitřní těsnění musí těsnit mnohem lépe než to na vnějších rámech. Proč? Proto, aby celou zimu nebyvala chladná skla vnějších oken zarosená od vlhkosti z interiéru. Nejen, že pak přes ně není vidět ven, ale navíc se se jejich rámy stékaající vodou rychle ničí, hlavně jsou-li dřevěné. Pokud taková zarosená vnější okna doma máte, začněte právě s těsněním jejich vnitřních křídel, ještě dřív než s komíny a dveřmi.

2 Není utěsnění příliš dokonalé?

Určitě není. Čím dokonalejší utěsnění, tím lépe. Samozřejmě, v utěsněné budově je potřeba pamatovat na větrání ještě mnohem víc než předtím. Dokonale to může zařídit jen automatický větrací systém s čidlem oxidu uhličitého a zařízením, v němž odcházející vzduch ohřívá ten, který přichází zvenčí. I bez takového systému se lze ale řídit dvěma signály.

2.1 Čichový vjem

když přijдете zvenčí, je tím nejjednodušším ukazatelem: vzduch uvnitř nemá mít nepříjemný zápach. Pokud má, je nutno *průvanem krátce vyvětrat*. To může být i případ těsné budovy, do které se vracíme řekněme po víkendů. Je-li tomu ale tak, je to signál, že v budově jsou zdroje zapáchajících látek, které je nutné *odstranit*: např. špatný nábytek.

Prízemní budovy v oblastech vyvřelých hornin může být po delší nepřítomnosti vhodně důkladně provětrat také proto, abychom vypustili nahromaděný radon, podobně je to i u budov betonových.

V době, kdy jsme uvnitř, nás další přiměřené větrání kupodivu nic nestojí: výkon, který je potřeba na ohřátí venkovního vzduchu, zhruba dodají naše vlastní těla.

2.2 Vlhkoměr

Jinou indikací, zda ventilace budovy není nevhodně malá, je vlhkost vzduchu. Do utěsněné budovy je *nezbytné* umístit vlhkoměr. Ten ostatně můžeme zakoupit už

o sezónu dříve, abychom si všimli, jak nevhodně suchý je v zimě vzduch, dokud je budova netěsná.

Vlhkoměr může být vlasový nebo elektronický. V obou případech jeho údaje musíme občas *ověřit pomocí teploměru* s koncem volně umístěným ve vzduchu. Zaznamenáme si jeho teplotu (snažíme se odhadnout i desetiny stupně) a pak konec se rtutí či lihem (nebo čidlo elektronického teploměru) obalíme např. kouskem toaletního papíru a *smočíme vodou*. Po deseti minutách zaznamenáme teplotu znovu. Bude asi o několik stupňů nižší. Relativní vlhkost vzduchu pak odečteme z následující tabulky. V prvním jejím sloupci je Celsiova teplota (suchého teploměru), v posledním maximální absolutní vlhkost při této teplotě (/ 1 g H₂O na 1 m³ vzduchu). Sloupce se třemi hodnotami udávají relativní vlhkost pro případ klidného vzduchu, mírně proudícího vzduchu a ofukovaného vlhkého teploměru (např. ventilátorem).

2.3 Vhodná vlhkost vzduchu

v období, kdy je venku mráz, je v interiéru alespoň 45 % (pokud klesne pod 40 %, přestože budova nebyla týden neobývaná, utěsnění je velmi nedostatečné a interiér se stává nezdravý), nejvýše ale 60 %. Pokud je větší, je načase větrat. V období, když ranní teploty jsou kolem 5 °C, platí hodnoty asi o deset procent vyšší.

2.4 Stálé větrání

Krátké větrání průvanem dokořán otevřenými okny není jedinou možností, jak v budově udržovat příjemné prostředí. V chladném období roku je také možné *otevřít některou z klapek či přepážek*, např. tu nad vařičem v kuchyni, a k tomu i nějaký *přívod vzduchu zvenčí*. Tím může být pootevřené okénko nebo zvláštní průduch na opačném konci bytu, kde nás přítok studeného vzduchu moc neruší. Pootevření stačí velmi malé, je-li venku mráz, ale je potřeba mnohem větší, je-li tam nad 10 °C. V zimě je možné, že samotné otevření nějakého komína povede k takovému tahu (ten snadno ověříme nějakým peříčkem či navlhčeným prstem) vinou zbylých netěsností, že žádný přívod vzduchu do budovy otvírat nemusíme. Teprve až budeme potřebovat proud vzduchu ještě větší, např. po zapálení kamen na dřevo, může být potřeba otevřít přívod vydatnější, pokud kamna nebudou pěkně „táhnout“. Otevřít nějaký přívod vzduchu bývá také potřeba, když zapneme ventilátor nad vařičem v kuchyni (v každém případě tehdy, když je v provozu plynová trouba) — hodí se mít u jeho otvoru pověšený nějaký nápadný proužek látky, který nám ukáže, zda odtah funguje jak má.

2.5 Kdy nevětrat

Stálé zimní větrání je potřeba zastavit, když budovu opouštíme — jinak by v zimě nepříjemně vyschla a buď i vystydla, nebo alespoň spotřebovala spoustu energie zbytečně.

Relativní vlhkosti vzduchu / 1 %

tepl. /°C	rozdíl teplot suchého a vlhkého teploměru / 1 °C						max.vl. /g·m ⁻³
	1	2	3	4	5	6	
3	78 83 85	56 67 70	35 51 56				6.0
4	79 84 86	58 68 72	38 53 58	18 38 44			6.4
5	80 85 86	61 70 73	41 55 60	22 41 47	4 27 34		6.8
6	81 85 87	62 71 74	44 57 61	26 43 49	9 30 37	17 25	7.3
7	82 86 87	64 72 75	47 59 63	30 46 51	13 33 39	20 28	7.8
8	83 86 88	66 73 76	49 60 64	33 48 53	17 36 42	24 31	8.3
9	84 87 88	67 74 77	52 62 65	36 50 54	21 38 44	6 27 34	8.8
10	84 87 89	69 75 77	54 63 67	39 52 56	24 41 46	10 29 36	9.4
11	85 88 89	70 76 78	56 65 68	41 54 58	28 43 48	14 32 38	10.0
12	86 88 89	71 77 79	57 66 69	44 55 59	31 45 50	18 35 40	10.7
13	86 89 90	72 78 80	59 67 70	46 57 60	33 47 51	21 37 42	11.4
14	87 89 90	74 79 80	61 68 71	48 58 62	36 49 53	24 39 44	12.1
15	87 89 90	75 79 81	62 69 72	50 60 63	39 50 54	27 41 46	12.8
16	88 90 91	76 80 81	64 70 73	52 61 64	41 52 56	30 43 48	13.6
17	88 90 91	76 81 82	65 71 73	54 62 65	43 53 57	33 45 49	14.5
18	88 90 91	77 81 82	66 72 74	56 63 66	45 55 58	35 47 50	15.4
19	89 91 91	78 82 83	67 73 75	57 64 67	47 56 59	37 48 52	16.3
20	89 91 92	79 82 83	69 74 75	59 65 68	49 57 60	39 50 53	17.3
21	90 91 92	79 83 84	70 74 76	60 66 69	51 59 61	42 51 54	18.3
22	90 91 92	80 83 84	71 75 77	61 67 69	52 60 62	43 52 55	19.4
23	90 92 92	81 84 85	71 76 77	62 68 70	54 61 63	45 54 57	20.6
24	91 92 92	81 84 85	72 76 78	64 69 71	55 62 64	47 55 58	21.8
25	91 92 92	82 84 85	73 77 78	65 70 71	56 63 65	48 56 59	23.0

tepl. /°C	rozdíl teplot suchého a vlhkého teploměru / 1 °C								
	7	8	9	10	11	12	13	14	
12	5 25 31	15 23	6 14	6	v klidném vzduchu v mírně se pohybujícím vzduchu ofukovaný				
13	9 27 34	18 25	9 17	9					
14	13 30 36	21 28	12 20	4 12					
15	16 32 38	5 24 30	15 22	7 15	8				
16	19 35 40	9 26 32	18 25	10 18	11	4			
17	22 37 41	12 29 34	21 27	13 20	6 13	7			
18	25 39 43	15 31 36	6 23 29	16 22	9 16	9	3		
19	28 40 45	18 33 38	9 26 31	18 25	12 18	5 12	6		
20	30 42 46	21 35 39	12 28 33	4 21 27	14 20	8 14	9	3	
21	33 44 48	24 37 41	15 30 35	7 23 28	17 23	10 17	4 11	6	
22	35 45 49	26 38 42	18 32 36	10 25 30	19 25	13 19	7 13	8	
23	37 47 50	29 40 44	21 34 38	13 27 32	6 21 26	15 21	9 16	4 10	
24	39 48 51	31 42 45	23 35 39	16 29 34	9 23 28	17 23	12 18	6 13	
25	41 49 52	33 43 46	26 37 41	18 31 35	11 25 30	5 20 25	14 20	9 15	

Výjimku tvoří jen chaty a jiné budovy obývané jen občas. Po odchodu je necháme vystydnout a je vhodné je nechat mírně větrat, aby voda, kterou jsme po sobě zanechali (ve vzduchu a ve zdech) mohla odejít pryč a relativní vlhkost nestoupala nad 70 %. Výborně izolovanou masivní budovu ale takto větrat nemusíme, pokud se vrátíme už za týden — teplota v ní klesne tak málo, že voda ze vzduchu nezačne kondenzovat.

2.6 Byt jako jeden vzduchový prostor

Zatímco navenek má být budova co nejtěsnější, jednotlivé teplé místnosti jednoho bytu mají být dobře vzduchově propojené, a to i při zavřených dveřích. Pokud dveře těsní, měly by být místnosti spojeny otvory, přes které vzduch dobře proudí. Vhodný vláknitý materiál v nich přitom může omezit prostup zvuku. Otvory by měly být u spodních i horních okrajů místností (v nouzi stačí na horním okraji dveří místo u stropu). K čemu takové opatření? K tomu, abyste využívali celý objem bytu např. i tehdy, když v jediné místnosti je více lidí a nevyhovuje jim pootevřené okno. Vyvětrat celý byt průvanem můžete teprve, až odejdou. Je-li v těsném bytě nejprve zcela čerstvý vzduch a byt má objem osmdesát metrů krychlových, začíná být i při přítomnosti deseti lidí vyvětrání opravdu naléhavé až po dvou hodinách a tři lidé mohou spát bez větrání klidně celou noc.

2.7 Spíž apod.

Těsnění patří naopak na dveře do místností, které chceme nechat chladné — tedy určitě na spíž. Pokud by se totiž do nich trvale dostával vzduch z vytápěných místností, který obsahuje dost vodní páry, relativní vlhkost vzduchu v chladné místnosti by byla velmi vysoká, což je obvykle opak toho, co si přejeme. Utěsnění takové místnosti vůči ostatnímu interiéru by proto mělo být lepší než jejich utěsnění navenek — u spíže je dokonce vhodné, když je mírně provětrávána (tehdy ale musí být vůči ní zbytek domu izolován téměř stejně důkladně, jako proti venkovnímu prostředí).

3 Druhá, třetí, čtvrtá ... vrstva v oknech

Plochou běžných oken uniká v zimě velmi mnoho tepla ven z budovy. Aby takový výrazný tepelný tok mohl probíhat, musí být už první, nejnitražnější plocha okna o dost chladnější než vnitřek místnosti — tok tepla ven je přímo úměrný rozdílu teplot povrchu skla a protější stěny či vzduchu v místnosti.

Chladné sklo v okně se v mraze projeví nepříjemně už v nepříliš dobře utěsněném domě, pokud zrovna vaříme nebo se sprchujeme: sráží se na něm vzdušná vlhkost. U důkladně utěsněného domu bývá orosené v mraze trvale. Jestliže tepelnou propustnost okna snížíme, zabráníme tím i jeho orosování.

3.1 Tok energie oknem ven

Energie teče z budovy oknem dvěma způsoby: jednak si povrchy předávají energii zářením, přičemž teplejší povrch vyzařuje více než povrch chladnější, a jednak je teplo vedeno plynem (běžně vzduchem).

Vzduch vede teplo sice mnohem hůře než hustší látky, ale při vrstvě tlustší než několik milimetrů už se začíná uplatňovat jeho proudění a při vrstvě nad pět centimetrů už se jeho izolační vlastnosti takřka nezlepšují (pokud nejde o chladnou plochu dole a teplou nahoře).

Sklo v okně má tepelnou vodivost mnohonásobně větší než vzduch, ale na tom nezáleží. Podstatné je, že *je neprostopupné pro dlouhovlnné infračervené záření* a že tedy brání tomu, aby rovnou na sebe mohly zářit plochy velmi rozdílných teplot venku a uvnitř. Stejně dokonale přerušuje proudění vzduchu mezi oblastmi různých teplot.

Okno tedy izoluje tím lépe, čím více vrstev skla v něm je — pokud jsou od sebe všechny dostatečně vzdáleny, tj. alespoň dva centimetry.

Klasická cesta zlepšení okna spočívá v přidání další vrstvy skla, někdy teprve druhé, jindy už třetí. Podobnou službu jako obyčejné sklo nám ale poskytne třicetkrát levnější průhledná polyesterová fólie. Jen ji musíme umístit, stejně jako bychom to udělali v případě další tabule skla, alespoň dva centimetry (lépe až čtyři, v nouzi ale poslouží i jeden centimetr) od nejbližší skleněné plochy.

3.2 Průhledná polyesterová fólie

se nejsnáze doplní na takový rám, který má sklo jen na jedné straně — na druhou přilepíme fólii a mezi ní a sklem zůstane mezera na tloušťku rámu, tedy alespoň třicetimetrová. Fólie se snadno přichytí několika kousky dvojstranné lepicí pásky a pak se po celém obvodu hermeticky přilepí průhlednou lepicí páskou (izolepou). Než se ale do lepení pustíme, musíme vykonat dvě nezbytné operace.

3.3 Dvě dírky ven

Nejprve do rámu musíme *provrtat dvě dírky*, která povedou z budoucí dutiny do chladnějšího prostoru, tedy směrem ven. To zajistí, že v dutině bude vzduch s nižší absolutní vlhkostí, než má vzduch vnitřní. Do dírek se umístí vláknitý materiál (vata), který umožní velmi pomalé proudění vzduchu a vyrovnávání tlaku, ale nepustí dovnitř prach. Dutina pak může zůstat trvale čistá.

K tomu ale musí být čistá už na začátku — a to je také největší kus práce, totiž *dokonale umýt sklo*, které pak už nebude přístupné. Je to nutno dělat či alespoň dokončit *při dobrém světle*, tedy nejlépe na slunci, jinak nečistoty na skle snadno přehlédneme. Pochopitelně, důkladně očistíme i samotný rám.

3.4 Lepení fólie

Pak stačí nalepit na horní a dolní rohy rámu malé kousky dvojstranné lepicí pásky (u větších oken případně i na jedno či více míst mezi rohy), vzít roli s nedotčenou a nezaprášenu fólií, přiložit ji k horní části rámu a odrolovat dolů. Od role se fólie odřízne velmi ostrým nožem a pak se odříznou i případné přečnívající okraje. Je-li fólie hrbatá, lze to napravit opatrným odlepením, napnutím a opětovným přitíštěním v místech, kde je provizorně přichycena. Pak se oblepí důkladně obyčejnou tenkou průhlednou lepicí páskou, přičemž ji lze ještě dále napínat.

Má-li být fólie dobře vypnutá, je potřeba ji instalovat buď na slunci nebo v noci při silném osvětlení zevnitř. Jinak totiž žádné faldy na ní nevidíme, tak tenká a průhledná je (nebo má být). Vypnutí fólie je ale jen záležitost estetická, pokud na okno moc nevidíme (např. je beztak téměř stále zakryto závěsem), možná na jejím vypnutí vůbec nezáleží. Pokud ale náhodou záleží, můžeme je dodatečně vylepšit zahřátím fólie. Jde to pomocí infrazářiče (ale ne moc dobře, protože krátkovlnné infračervené záření fólie většinou propouští) nebo pomocí fénu (proud vzduchu ale fólii prohýbá).

U klasických oken se dvěma rámy za sebou tak můžeme rychle a levně zvýšit počet průhledných vrstev ze dvou na čtyři. Tím tepelná propustnost okna klesne skoro dvakrát a každý takto upravený metr čtvereční ušetří za topnou sezónu více než sto korun, při materiálových nákladech i pod deset korun. Až se po zimní sezóně nebo někdy později bude už fólie zdát špinavá (je měkká a nelze ji tedy čistit tak dobře jako sklo), klidně ji odstraníme a na podzim instalujeme novou.

3.5 Fólie do šroubovaného rámu se dvěma skly

Thusté dvojitě rámy, které mají sklo z obou stran, dávají možnost umístit fólii dovnitř, takže se nemůže zaprášit či poškrábat. Před instalováním fólie musíme samozřejmě obě budoucí dutiny opatřit otvory, které zajistí, že uvnitř bude tentýž vzduch jako venku, a do otvorů vedoucích ven dát vatu, viz výše. Po opětovném smontování rámu spáru důkladně zatmelíme, takže dutina se už nikdy uvnitř nezašpiní. Vatu v otvůrcích můžeme jednou za pět let vyměnit, bude-li její vnější část už moc špinavá.

3.6 Fólie budoucnosti

Časem se jistě dočkáme i fólií speciálních, které jsou sice zcela průhledné pro světlo, ale pro dlouhovlnné infračervené záření se chovají podobně jako alobal: téměř všechno odrážejí. Vzhledem k tomu, že záření mezi jednotlivými vrstvami okna odnáší více než polovinu energie (vedení tepla vzduchem je až na druhém místě), nahradí jedna taková vrstva, která záření nepohlcuje, ale odráží zpět, více než dvě vrstvy obyčejné. Učme se ale zacházet už s dnešními, „obyčejnými“ fóliemi.

3.7 Není sklo lepší?

Oproti polyesterové fólii je lepší jistě v tom smyslu, že jeho plochu vystavenou okolí lze dokonale čistit. Polyesterová fólie schovaná v dutině se ale nešpiní a fólii přístupnou můžeme místo čištění vyměnit. Sklo má naopak nevýhodu, že je někdy příliš těžké.

Oxidované uhlovodíky, jako polyester, propouštějí dlouhovlnné záření málo a od skla se tedy moc neliší. Neoxidované polymery, jako polyetylén nebo polypropylén, pohltní ve vrstvě o tloušťce setiny milimetru jen deset procent dlouhovlnného záření a téměř všechno propustí. Dokonale přerušují jen proudění vzduchu. Jejich účinek je tak oproti sklu ani ne poloviční. Přesto dvě fólie, jedna na vnějším a druhá na vnitřním okně, i když jsou z málo vhodného polypropylénu, poskytnou lepší službu než jedna přidaná vrstva skla, a to za zlomek ceny.

3.8 Skla odrážející dlouhovlnné záření

Mnohem lepší než nepříliš tenká polyesterová fólie je jen speciální sklo, jehož jedna strana je opatřena neviditelnou vrstvou, zabraňující zářivému přenosu energie. Na rozdíl od oné speciální „fólie budoucnosti“ takové sklo už k dostání je. Mluví se o skle s tvrdou (odolnou) *vrstvou nízké emisivity*.¹ Pokud chceme přidat skutečně další sklo, pak by mělo být výhradně takové. Podobně stojí za to použít sklo s nízkou schopností vyzařování místo obyčejného, když vyměňujeme rozbitou tabuli.

Fólie, které takřka nepohlcují dlouhovlnné infračervené záření (tj. co nejtenčí polypropylénové) se ideálně uplatní právě spolu s takovým sklem. Potlačení zářivého přenosu energie na čtvrtinu, které vrstva nízké emisivity na skle zajistí, doplní potlačením proudění vzduchu, aniž v další vytvořené dutině zářivý přenos opět zvýší.

3.9 Superokna

Výměna tabule skla ale dává ještě lepší možnost: nahradit ji speciálním dvojsklem se zanedbatelným zářivým přenosem v dutině nebo ještě lépe souvrstvím trojitým, kde prostřední vrstvu tvoří fólie „Heat Mirror“, oboustranně výborně odrážející dlouhovlnné infračervené záření.² To je jistě věc řádově dražší, ale není to nesmysl. Trojitá souvrství tohoto typu (mohou být i ze tří vrstev skla, jsou pak ale zbytečně těžší

¹Emisivita aneb schopnost vyzařování ε je číslo od nuly do jedné. Stejnou hodnotu má číslo zvané absorptivita aneb pohltivost α , tedy podíl záření, které se při dopadu na danou plochu pohltí, $\varepsilon \equiv \alpha$. Totožnost obou čísel plyne z „druhé věty termodynamiky“. Jiným číslem od nuly do jedné je reflektivita, aneb odrazivost ρ . Pro těleso, které je pro dané záření neprostupné, je součet obou čísel jednička, tj. vysoce odrazné neprostupné plochy (s reflektivitou např. 0,9) mají nízkou emisivitu (0,1). To je případ kovových vrstev. Jde-li ale o vrstvu, např. plastovou fólii, pro dané záření zčásti prostupnou, je zde je ještě další číslo, propustnost aneb transmisivita τ . Pak platí, že součet všech tří čísel je jednička, $\varepsilon + \rho + \tau = 1$. Nízkou emisivitu mají tedy i tenké polypropylénové fólie. Speciální vrstvičku, která má zabránit dlouhovlnnému infračervenému vyzařování ze skla, bychom proto přesněji měli nazývat „povlak vysoké dlouhovlnné odrazivosti“.

²Tedy s velmi malou pohltivostí (na rozdíl od obyčejného skla) a současně s nulovou propustností (stejně jako sklo). Zatímco dlouhovlnné záření fólie odráží z 87%, světlo jen ze dvou procent.

a tlustší) plněná argonem nebo (mají-li být tenká) *kryptonem*³ se označují jako *superokna*. Izolují lépe než metrová cihlová zeď. Právě jim patří budoucnost. Okna jimi opatřená už nejen že nebudou slabším místem izolace budovy, ale naopak spolehlivými „kamny“. Dobře topí sice i obyčejná stará okna, ale jen když jimi svítí slunce (tehdy dokonce topí líp, protože propouštějí více slunečního záření). Za zimních nocí unikne obyčejnými okny ven více tepla, než ve dne poskytnou. U superoken, nejsou-li orientována rovnou na sever, je tomu vždy naopak.

4 Neprůhledné vrstvy

v oknech, to zní jako nesmysl. Takové okno je přece k ničemu.

Ne tak docela. Za dlouhých zimních nocí mnohými okny nepotřebujeme vidět ven a neprůhledná, dokonce neprůsvitná vrstva nijak nevadí. Zato může velmi snížit únik tepla oknem ven.

4.1 Okenice

jsou tím nejučinnějším doplňkem, pokud dobře těsní a jejich hlavní částí je vrstva izolační hmoty tlustá alespoň pět centimetrů. V okenici může být okénko několika-násobně zasklené, které poskytuje omezený výhled ven a ve dne pouští do místnosti trochu světla. Je-li vnitřní plocha okenice světlá, u velkých oken významně přispívá k osvětlení místnosti (jinak je okno vlastně velmi černá plocha). Lepší než bílá je plocha kovově lesklá, *hliníková* – ta má totiž i další výhodu, že zamezí zářivému přenosu mezi vnější plochou skla a okenicí.

4.2 Žaluzie s hliníkovým povrchem

Jinou možností jsou žaluzie, nejlépe opět s čistě aluminiovým povrchem. Stačí, když je hliník na žaluzii aplikován jen jako tenká vrstva, například nalepen na dřevěných lamelách.

4.3 Pokovené rolety

Možností méně známou jsou rolety z tenké pokovené fólie. Ty nevydrží venku, lze je umístit na vnitřní stranu okna, nejlépe ale, podobně jako žaluzie, mezi skla. Stažená roleta, je-li dost těsná, samozřejmě odděluje vzduch v obou polovinách dutiny a přerušuje zářivý přenos energie; to by ovšem uměla i vložená skleněná vrstva. Kovová vrstvička na roletě ale zářivý přenos téměř vyloučí a izolační schopnost dutiny mezi

Viditelný odraz na fólii je při kolmém dopadu čtyřikrát slabší než na skle, prozradí se též purpurovým zbarvením. Zatím nejlepší je fólie s označením hmtc88, okna s ní nabízí <http://www.rivallglass.cz>.

³Hermeticky spleené souvrství, ve kterém by byl vzduch, je anachronický nesmysl. Taková mižerná okna jsou též lživě označovaná jako „vakuovaná“.

skly se tak stane téměř čtyřikrát lepší (u polypropylénové rolety odráží aluminiová vrstva dlouhovlnné záření i skrze fólii).

Hotové pokovené rolety lze i zakoupit, ale jejich cena bývá mnoho set korun za metr čtvereční. Používá se přitom fólií tlustých a hrbatých. Alternativou jsou levné tenké fólie. Výhodou dostatečně tence pokovené rolety je, že je přes ni mírně vidět ven a ráno není uvnitř tma. Podobně jako pokovená žaluzie je roleta současně výbornou ochranou proti slunci za letních veder.

Plastové pokovené rolety i žaluzie je vhodné umísťovat do utěsněných dutin mezi skly, kde zůstanou trvale čisté a jejich odrazivost pro dlouhovlnné infračervené záření se během let nebude zmenšovat. Pro sešroubovaná okna se širokou dutinou je to ještě lepší alternativa než rozdělit jejich dutinu průhlednou fólií.

Se dvěma dostatečně těsnými aluminiovými roletami začne okno v noci izolovat skoro čtyřikrát lépe než předtím, a začne být zbytečně mít pod ním radiátor.

Problém je jen s ovládním rolet či žaluzií v nepřístupné dutině – kolem jejich šňůrek by mělo proniknout tak málo vzduchu z interiéru, že jej v dutině bude nejvýše jedna desetina (zbytek by měl být vzduch venkovní, protékající v zimě pomalu dutinou díky dvojici prachotěsných otvůrků, viz odst. 3.3 „Dvě dírky ven“ Samozřejmě, problém by nenastal, kdyby ovládním bylo elektrické.

4.4 Kvalitní střešní okna

Ve střešních oknech by takové rolety měly být instalovány v každém případě. Nejen proti letnímu slunci, ale i proti zimním ztrátám — ty jsou u oken namířených do mrazivého vzduchu vysoko nad zemí zřetelně větší než u oken svislých. Pomůže jen více dutin (minimálně 2) s potlačeným zářivým přenosem uvnitř okenního souvrství.

U šikmých oken je snadné docílit výborné těsnosti rolet, protože se jejich spodní lišta a okraje musí opírat o vodící boční lišty uvnitř rámu.

Střešní okno vhodné skladby tak obsahuje odshora postupně: obyčejné sklo, vzduchovou dutinu rozdělitelnou na třetiny dvěma roletami a dole pak „superokno“ s fólií Heat Mirror uvnitř (v nouzi lze použít špičkově izolující dvojsklo). Taková okna asi zatím nikdo nevyrobí, ale požadovat byste je měli, nemusí být o mnoho dražší než ta běžná. Při zatažených roletách je i v tuhých mrazech teplota jejich vnitřního skla jen o dva stupně nižší, než má vzduch v místnosti.

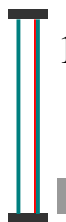
Měrná tepelná propustnost různých zasklení / ($1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

měkké vrstvy

(uvnitř argon)

(krypton)

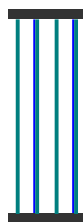
tvrdé vrstvy



1,5



0,7



0,9

skla s čirými
tenkými vrstvami



6



2,8



1,8



1,3

obyčejná
skla,
v dutinách
vzduch

Zasklení s různým počtem průhledných vrstev, obyčejných a se speciálními povrchovými vrstvami. Údaje platí pro okna svislá, okna střešní propouštějí tepla poněkud více vinou silnější konvekce hlavně nad nimi a pod nimi (více jsou ovlivněna okna bez speciálních vrstev a jen s jednou dutinou). Tím dokonalejší zasklení si střešní okna zaslouží.

Stejně dobře jako trojité zasklení se dvěma povrstvenými skly izoluje trojice, kde je mezi dvěma obyčejnými skly fólie „hmtc88“ (a v dutinách samozřejmě krypton).

Čtyřnásobné zasklení je použitelné jen u starých bytelných oken, kde se na každé křídlo přidá sklo s okolnou odraznou vrstvou (v dutinách je ovšem vzduch, čímž jsou izolační schopnosti omezené).